G65包茂高速公路彭水至酉阳段安全韧性提升项目

两阶段施工图设计

（K1743+700～K1931+400）

全长：187.7公里

第四篇　桥梁、涵洞

第四册　第二分册 共二分册

北京交科公路勘察设计研究院有限公司

北京公科固桥技术有限公司

二〇二五年十二月

G65包茂高速公路彭水至酉阳段安全韧性提升项目

两阶段施工图设计

（K1743+700～K1931+400）

全长：187.7公里

工程设计图纸报审专用章
证书编号：A111009147,A211009144
资质范围：
级，建筑行业建筑工程甲级，市政行业（排水工程、道路工程、桥梁工程）乙级，风景园林工程设计专项
有效期至2027年12月31日
北京市规划和自然资源委员会监制

牵头单位：北京交科公路勘察设计研究院有限公司

成员单位：北京公科固桥技术有限公司

资质证书：	公路行业甲级	A111009147
	工程勘察综合类甲级	B111009147
	公路工程桥梁隧道工程专项	交检桥隧京第006-2025号

发证机关：中华人民共和国住房和城乡建设部

项目负责人：

技术负责人：

部门负责人：

总工程师：

分管副总经理：

总经理：

G65包茂高速公路彭水至酉阳段安全韧性提升项目两阶段施工图设计

册号	分册情况	分册内容	
第一册	全一册	第一篇 总体设计	项目地理位置图、总说明、路线平面图（工点落图）、主要技术经济指标表（工点一览表）、附件、制度体系
第二册	全一册	第二篇 路线（交安）	设计说明、路线韧性提升一览表、安全设施工程数量表、安全设施横断面布置图、安全设施布设图表、通用图等
第三册	第一分册	第三篇 路基、路面	设计说明、路基路面韧性提升一览表、路基标准横断面图、路基防护工程设计图、工程数量汇总表
	第二分册		路基工点设计图（S3-5-1～S3-5-12）
	第三分册		路基工点设计图（S3-5-13～S3-5-25）
	第四分册		路基工点设计图（S3-5-26～S3-5-37）、路面工程数量表、路面结构设计图、路基、路面排水工程设计图
第四册	第一分册	第四篇 桥梁、涵洞	设计说明、桥梁韧性提升一览表、铁绩坝大桥、宋家沟大桥、郁江3#桥、瓦窑堡特大桥、肖家坡大桥、洞塘大桥、蒲花河大桥、烟登堡特大桥、关隘口大桥、大涵互通亭子堡大桥、大河铺2#大桥、皂桷树大桥、黔江西互通1#桥桥梁设计图表
	第二分册		武陵山特大桥、细沙河特大桥、干溪沟特大桥桥梁设计图表、桥梁韧性提升通用图
第五册	第一分册	第五篇 隧道	隧道韧性提升一览表、共和隧道、董家湾隧道设计说明、韧性提升一览表、工程数量表、韧性提升设计图
	第二分册		大龙洞隧道、蔡家堡隧道设计说明、韧性提升一览表、工程数量表、韧性提升设计图
	第三分册		沙坝隧道、斑竹林隧道设计说明、韧性提升一览表、工程数量表、韧性提升设计图
	第四分册		正阳1号隧道、酉黔隧道设计说明、韧性提升一览表、工程数量表、韧性提升设计图、隧道路面恢复工程数量表
	第五分册		黑水隧道设计说明、韧性提升一览表、工程数量表、韧性提升设计图、隧道路面恢复工程数量表、桃花源隧道图表（暂不含）
	第六分册		隧道机电
第六册	全一册	第六篇 路线交叉、第七篇 交通工程及沿线设施、第十篇 筑路材料、 第十一篇 施工方案	设计说明、服务区韧性提升一览表、平面图、纵断面图、匝道连接部设计图、匝道标高设计图、服务区内路基与路面设计图表、服务区内桥涵设计图表、服务区范围房建和交安相关设计图表、筑路材料、施工组织设计
第七册	全一册	第十二篇 施工图设计预算	造价图表
第八册	第一分册	基础资料	施工图设计工程地质勘察总说明、工作量一览表、柱状图、路基工点勘察报告
	第二分册		隧道工点勘察报告

第四篇　桥梁

本 册 目 录

序号	图 表 名 称	图 表 号	页 数	备 注
1	2	3	4	5
	第四册（第二分册 共二分册）			
	第四篇 桥梁 涵洞			
1	K1810+038.0 武陵山特大桥	S4-2-1	共40页	
2	K1880+190.0 细沙河特大桥	S4-2-2	共40页	
3	K1805+359.0 干溪沟特大桥	S4-2-3	共60页	
4	**桥梁韧性提升通用图**			
5	桩基增大截面钢筋构造图	TYT-1-1	共1页	
6	墩柱增加防撞钢筋构造图	TYT-1-2	共1页	
7	混凝土缺陷修补示意图	TYT-1-3	共2页	
8	桥下道路侧桥墩防撞护栏设计图	TYT-1-4	共6页	
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				
21				
22				
23				
24				
25				
26				
27				
28				
29				
30				

序号	图 表 名 称	图 表 号	页 数	备 注
1	2	3	4	5
31				
32				
33				
34				
35				
36				
37				
38				
39				
40				
41				
42				
43				
44				
45				
46				
47				
48				
49				
50				
51				
52				
53				
54				
55				
56				
57				
58				
59				
60				
61				
62				

武陵山特大桥

目　　录

G65包茂高速公路彭水至酉阳段安全韧性提升项目两阶段施工图设计

序号	图表名称	图号	页数	备注		序号	图表名称	图号	页数	备注
1	武陵山特大桥安全韧性提升工程设计说明	S4-2-1	29			27				
2	武陵山特大桥安全韧性提升工程数量汇总表	S4-2-1-1	1			28				
3	武陵山特大桥安全韧性提升工程总体布置图	S4-2-1-2	2			29				
4	斜拉索更换构造图	S4-2-1-3	1			30				
5	斜拉索编号示意图	S4-2-1-4	1			31				
6	斜拉索长度、重量表	S4-2-1-5	3			32				
7	斜拉索索力表	S4-2-1-6	1			33				
8	斜拉索防火能力提升设计构造图	S4-2-1-7	2			34				
9	拉索更换施工顺序示意图	S4-2-1-8	1			35				
10	桥面铺装更换构造设计图	S4-2-1-9	2			36				
11	伸缩缝更换橡胶带示意图	S4-2-1-10	1			37				
12	桥梁表观病害处治示意图	S4-2-1-11	4			38				
13	施工导序示意图	S4-2-1-12	1			39				
14	附：部分原竣工图纸	S4-2-1-13	22			40				
15						41				
16						42				
17						43				
18						44				
19						45				
20						46				
21						47				
22						48				
23						49				
24						50				
25						51				
26						52				

设 计 说 明

1 工点概述

1.1 工程概况

武陵山特大桥位于包茂高速彭黔段，桥位中心桩号为 K1810+038。桥跨布置为 30+（155+360+155）+4×30m，全长 840m。其中主桥 155+360+155m 为双塔双索面预应力混凝土斜拉桥；引桥第 1 跨为 30m 简支 T 梁，5~8 跨为 30m 先简支后结构连续 T 梁。

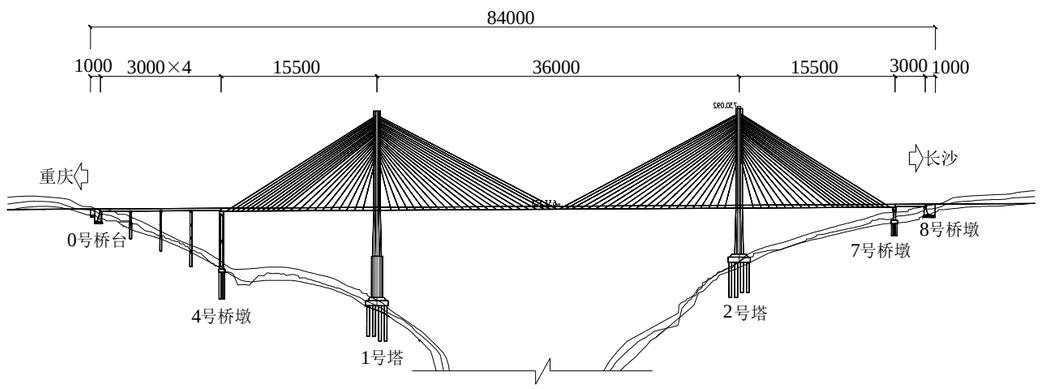
桥梁起点第一跨引桥位于分离式路基段，半幅桥宽采用 12m，通过调整中央分隔带宽度以适用路基的变化，其余部分为整体式路基段，纵坡-0.6%。主桥横向布置为 1.3m（布索区）+0.5m（防撞护栏）+11m（车行道）+0.5m（防撞护栏）+0.5m（中分带）+0.5m（防撞护栏）+11m（车行道）+0.5m（防撞护栏）+1.30 m（布索区）=27.10m。



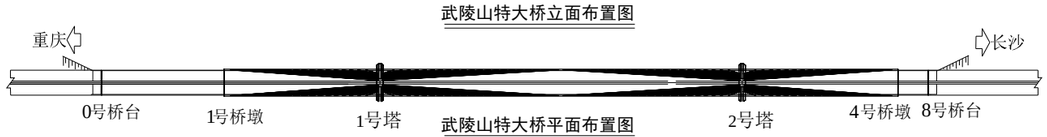
大桥立面照



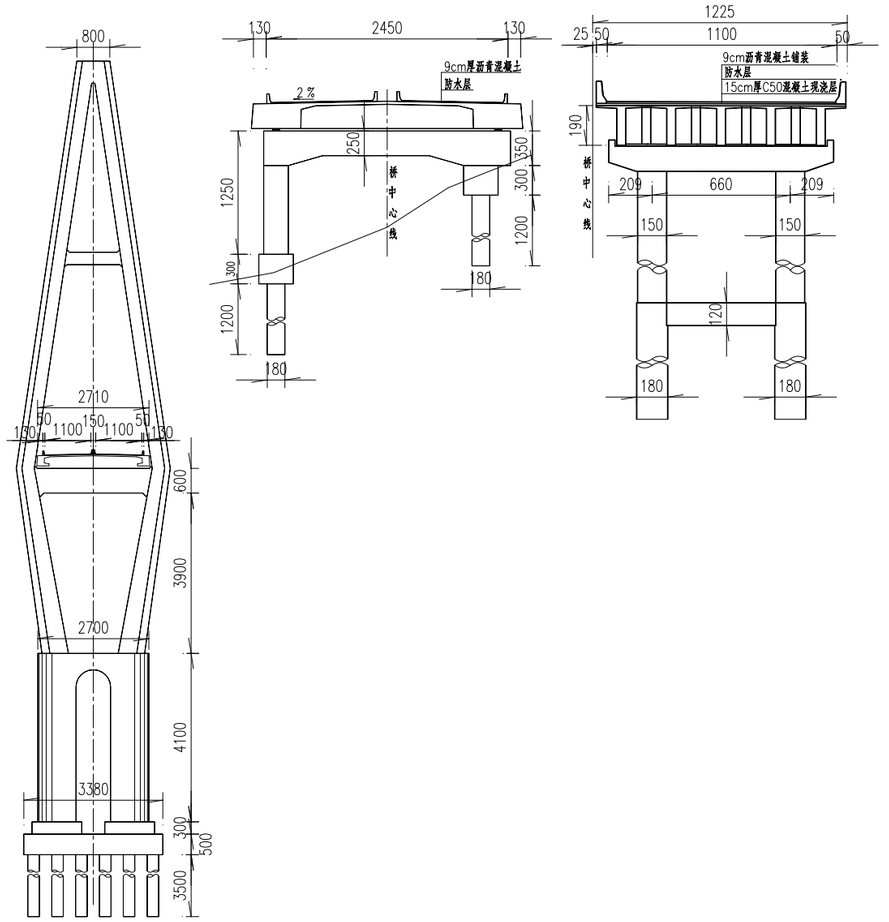
大桥正面照



武陵山特大桥立面布置图



武陵山特大桥平面布置图



大桥典型横断面图

主梁顶面全宽 27.1m，梁高 2.5m；主梁顶板厚 0.32m，设双向 2%横坡。梁肋带底板截面，底板宽 3.0m；梁肋实体截面，底板宽 5.7m。主梁与主塔通过下横梁实行临时固结，施工完成后为全漂浮体系。

横梁标准间距 8m，中跨两个节段间距 6m，边跨实体截面段间距 5m。横梁为预应力混凝土结构。

全桥斜拉索共 180 根，除 0 号索与 1 号索间距为 14.0m 外，其余斜拉索间距与横梁间距对应为 8、6 和 5m。斜拉索规格有 PES7-283、265、223、199、163、139 等六种。采用低松驰镀锌高强钢丝，直径 7mm，抗拉强度标准值 f_{pk}=1670Mpa。拉索防护采用热挤黑色 PE 外包彩色 PE 护套。拉索采用冷铸镦头锚，塔端为张拉端，梁端为固定端，斜拉索两端锚具均采用

张拉端锚具。

主塔由塔座、塔墩、下塔柱、上塔柱、塔冠、上横梁、下横梁等组成。塔柱的形式是“宝石”型，属于空间索塔。下横梁以上塔高 99.08m，塔柱横桥向宽 4.35m，顺桥向宽 6.5m，为减小迎风阻力，采用多棱形空心截面。下横梁以下塔高 45.0m，塔柱横桥向宽 4.4~6.4m，顺桥向宽 6.5~8.5m。3 号墩塔柱下设圆端形墩身，高 41.0m。上塔柱为斜拉索锚固区，采用 U 形预应力束加固，平衡斜拉索水平分力。

每个塔墩基础由 24 根φ2.8m 的钻孔桩组成群桩基础，桩基均为嵌岩桩。

1、4 号桥墩为过渡墩，采用双柱框架形桥墩，基础为钻孔灌注桩。

引桥 T 梁预制梁高 1.9m，半幅桥每孔横向布置 5 片 T 梁，梁距 2.4m，梁间横向采用 50cm 宽湿接头连接。

引桥下部构造采用双柱式墩，钻孔灌注桩基础。

桥台采用重力式 U 型台，明挖扩大基础。

7 主桥采用 GPZ（Ⅱ）5DX 和 GPZ（Ⅱ）5SX 支座各二套，引桥采用 GPZ(Ⅱ)1.25DX 支座 40 套、GPZ(Ⅱ)2.0DX 支座 10 套。

1、4 号墩顶主桥与引桥相接处采用 D800 型伸缩缝，0 号、8 号桥台处采用 D80 型伸缩缝。

武陵山特大桥于 2009 年竣工通车，至今已运营约 16 年。

2 设计依据

2.1 相关图纸、报告等文件

《西部开发省际公路通道重庆至长沙公路黔江至彭水段 D18 合同段 干溪沟 1 号特大桥两阶段施工图》（中交第二公路勘察设计研究院）

《西部开发省际公路通道重庆至长沙公路黔江至彭水段 D18 合同段 干溪沟 1 号特大桥竣工图》（四川路桥）

《重庆高速公路集团有限公司东南营运分公司 2020 年至 2021 年桥隧定期检查（监测）及设计项目 DN 标》（贵州宏信创达工程检测咨询有限公司）

《重庆高速公路集团有限公司东南营运分公司 2022 年至 2024 年桥隧定期检查（监测）及设计项目 DN 标》（招商局重庆公路工程检测中心有限公司）

《G65 包茂高速彭水至酉阳段安全韧性提升项目 K1743+700-K1931+400 工程可行性研究报告》（北京交科公路勘察设计研究院有限公司，2025.5）

《G65 包茂高速彭水至酉阳段安全韧性提升工程 公路安全韧性评估》（工可阶段评估 桥涵专业工程评估报告）（北京公科固桥技术有限公司，2025.4）

《G65 包茂高速彭黔段武陵山特大桥（K1810+038）主桥特殊检查》（北京公科固桥技术有限公司检测中心 2025.9）

2.2 主要规范或标准

（1）《钢结构防火涂料》（GB 14907—2018）

（2）《斜拉桥用热挤聚乙烯高强钢丝拉索》（GB/T 18365—2018）

（3）《桥梁缆索用热镀锌或锌铝合金钢丝》（GB/T 17101—2019）

（4）《缆索用环氧涂层钢丝》（GB/T 25835—2010）

（5）《纳米孔气凝胶复合绝热制品》（GB/T 34336—2017）

（6）《玻璃纤维无捻粗纱布》（GB/T18370—2014）

（7）《建筑材料及制品燃烧性能分级》（GB 8624—2012）

（8）《建筑设计防火规范》（GB 50016—2018）

（9）《建筑钢结构防火技术规范》（GB 51249—2017）

（10）《大跨度斜拉桥平行钢丝拉索》（JT/T 775—2016）

（11）《公路斜拉桥设计规范》（JTG/T 3365-01—2020）

（12）《公路桥涵设计通用规范》（JTG D60—2015）

（13）《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》（JTG 3362—2018）

（14）《公路桥涵养护规范》（JTG 5120—2021）

（15）《公路缆索结构体系桥梁养护技术规范》（JGJ/T5122—2021）

（16）《公路桥梁钢结构防腐涂装技术条件》（JT/T 722—2023）

（17）《公路桥梁用氟碳面漆》(JT/T 1168—2017）

（18）《公路桥涵施工技术规范》（JTG/T 3650—2020）

（19）《桥梁缆索防腐缠包带》（HG/T 5600—2019）

（20）《电缆防火阻燃设计与施工》（06D105）

2.3 主要技术标准

（1）公路等级：高速公路

（2）设计车速：80km/h

（3）原设计荷载：公路—I 级（JTGD60-2004）

（4）洪水频率：1/300

（5）地震作用：地震动峰值加速度：0.05g，按 0.1g 设防。

3 韧性不足主要问题及分析

3.1 拉索

（1）外观：斜拉索系统存在 78 处拉索刮伤，1 处较严重，锚头挤压变形、锚头轻微锈蚀，防尘罩锈蚀，黄油变质，锚头封死，密封胶开裂、阻尼器螺栓锈蚀等问题。





PE 护套划伤



锚具锈蚀



密封胶开裂



锚杯积水 黄油变质



防尘罩积水



锚头轻微锈蚀



尘罩底座锈蚀，漏油



阻尼器锈蚀



护筒锈蚀



锚头轻微锈蚀



锚头轻微锈蚀

（2）拉索锈蚀检测

拉索磁致伸缩导波无损检测共 20 处，信号评定全部为 I 区。斜拉索上下锚头评定标度全部为 1；斜拉索端部有 6 处反射回波信号相对偏弱，评定标度为 2，斜拉索锈蚀状态不确定。

择取信号异常较典型性 6 根斜拉索（相对较差）1T-L-M16#、1T-L-M17#、1T-L-M18#、1T-R-M02#、2T-L-M18#、2T-L-S10#以及信号未见明显异常（相对较好）的典型性斜拉索 1T-R-S04#、1T-R-S05#，在距梁端防水罩高度约 0.4m 处位置点将斜拉索 PE 护套开窗，开窗检测评判结论如下：

其中 2 根拉索钢丝镀锌层存在小面积析白，钢丝夹缝局部极少量淡黄色锈蚀斑点，锈斑分布面积占开窗表面积的比例小于 10%，斜拉索内部钢丝技术状况评定标度全部为 2。



锈斑面积比例小于 10%



锈斑面积比例小于 10%

3.2 主梁

索节段梁进行过粘贴钢板条加固，目前依然存在较多破损、露筋、混凝土剥落、蜂窝、麻面等表观病害；6 条纵向裂缝，总长 4.90m，宽度 0.10mm。



主梁节段梁筋已维修



主梁蜂窝麻面、露筋



主梁纵向裂缝



主梁混凝土剥落、露筋

3.3 索塔

索塔塔柱存在少量竖向裂缝、横向裂缝，宽度 0.12mm；混凝土露筋等。



索塔露筋



索塔裂缝

3.4 下部结构

主要病害表现为桥墩露筋锈胀。




盖梁露筋

3.5 桥面系

桥面铺装有 6 处坑槽。




桥面铺装破损、坑槽

伸缩缝堵塞，锚固区存在纵向裂缝，胶条存在老化破损。



胶条破损



锚固区开裂

3.6 桥面铺装厚度

采用取芯法验证桥面铺装厚度，原设计铺装厚 9cm。经检查桥面铺装抽检 20 处，有 13 处实际厚度大于设计值，7 处实际厚度小于设计值，厚度介于 5.8~25.0cm 之间。

3.7 桥面线形

2016 年冬季～2019 年夏季，武陵山特大桥桥面线形实测挠度曲线与理论挠度曲线整体趋势一致，且实测挠度值与理论计算值接近。全桥实测挠度最大点为 Z75 测点，实测挠度值为 28.09mm，小于理论值 34.20mm。

2022 年~2024 年，桥面原有测点已全部破坏，2025 年与 2024 年测量数据(夏季）对比，最大差值为-0.01187m，位于主跨跨中位置。

3.8 索力复核

（1）本次与成桥测试结果相差 10%以上的有 18 根斜拉索。

（2）本次与 2024 年测试结果相差 10%以上的有 24 根斜拉索。

3.9 病害发展分析

2023 年 7 月、8 月针对主梁及索塔进行了部分得混凝土病害进行部分维修，2024 年定期检测前针对全桥的裂缝、裂缝、露筋、蜂窝麻面、破损、斜拉索相关病害。本次检查结果与 2023 年、2024 年定期检查报告中的检查结果对比，发现斜拉索锚头黄油部分进行更换、部分裂缝修补后有重新开裂现象，部分裂缝也有发展。

3.10 技术状况评定

根据《公路桥梁技术状况评定标准》（JTG/T H21-2011）4.1.5 的规定，主桥整体技术状况评分为 88.00，整体技术状况等级评定为 2 类。

3.11 火灾

斜拉索位于护栏外侧，路段存在易燃品运输车辆，斜拉索距离行车道较近，未设置防火措施，构件与可能起火点横向安全距离小，高温辐射或燃烧直接影响构件，因此武陵山特大桥索结构受火灾扰动明显。

3.12 安全韧性评估结果

特性指标	表征指标	标度取值	
冗余性	承受能力	3	斜拉索位于护栏外侧，与可能起火点横向安全距离小

特性指标	表征指标	标度取值	
	结构监测与监测预警	5	设备运行正常，监测与报警高效。告警阻拦装置符合《关于进一步加强监测警提升公路防灾抗灾能力的通知》要求，设备运行正常
	设防能力	4	该桥梁按照《公路桥涵设计通用规范》（JTGD60-2004）设计
	技术状况	5	上部结构技术状况为 2 类
应变性	外部扰动持续力	/	/
稳健性	恢复能力	3	该桥斜拉索未设置防火措施
恢复性	最大抗风险能力	5	火灾可能导致拉吊杆（索）等可更换构件的损伤
适应性	最低服务能力	/	/

武陵山特大桥评估分数为 **76.4**。

4 结构验算

4.1 计算模型及主要参数

（1）恒载

一期恒载：混凝土容重取为 26kN/m^3。

二期恒载：整个二期恒载按实际布置取值。

（2）汽车荷载

根据设计说明，汽车荷载取值如下：公路Ⅰ级。双向 6 车道，考虑到实际状况中重车的影响，汽车荷载按 1.02 倍取值。

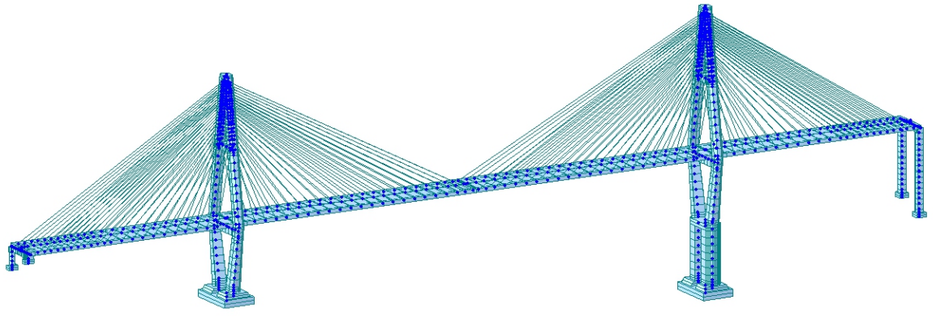
（3）温度作用

均匀温度作用考虑为：整体升温 20℃，整体降温 20℃；考虑主梁截面温度梯度、索塔温差、拉索温差。

（4）荷载组合

根据《公路桥涵设计通用规范》（JTG D60-2015）的验算荷载以及荷载组合方式。

纵向总体计算采用桥梁通用程序 Midas Civil，按空间杆系进行结构分析。按照设计施工流程图的施工顺序进行结构离散，主塔、主梁、主墩及横隔板均采用梁单元模拟，桥面板采用板单元模拟，斜拉索采用桁架单元模拟。



建立有限元计算模型

4.2 现状工况验算结果

4.2.1 索力验算

按现行规范对基于检测结果的结构工况进行验算，并考虑了实际荷载的修正以及桥梁实测铺装超方情况。主桥原结构铺装设计为 9cm 沥青混凝土，根据实测铺装厚度推算，超方约 16KN/m。

现状索力验算结果

序号	拉索编号	斜拉索规格	拉索内力 N_d（kN）	$\gamma_0 N_d/A$ (MPa)	拉索强度设计值（MPa）	拉索强度修正值（MPa）	安全系数	结论
1	2 号塔 B22	PES7-283	8760	885	900	855	0.97	不满足
2	2 号塔 B21	PES7-241	7153	848	900	855	1.01	满足
3	2 号塔 B20	PES7-241	6887	817	900	855	1.05	满足
4	2 号塔 B19	PES7-241	6878	816	900	855	1.05	满足
5	2 号塔 B18	PES7-241	6714	796	900	855	1.07	满足
6	2 号塔 B17	PES7-223	6395	820	900	855	1.04	满足
7	2 号塔 B16	PES7-223	6324	811	900	855	1.05	满足
8	2 号塔 B15	PES7-223	5938	761	900	855	1.12	满足
9	2 号塔 B14	PES7-199	5399	775	900	855	1.10	满足
10	2 号塔 B13	PES7-199	5364	770	900	855	1.11	满足
11	2 号塔 B12	PES7-163	4556	799	900	855	1.07	满足
12	2 号塔 B11	PES7-163	4344	762	900	855	1.12	满足
13	2 号塔 B10	PES7-163	4442	779	900	855	1.10	满足
14	2 号塔 B9	PES7-163	4408	773	900	855	1.11	满足
15	2 号塔 B8	PES7-163	4380	768	900	855	1.11	满足
16	2 号塔 B7	PES7-163	4356	764	900	855	1.12	满足
17	2 号塔 B6	PES7-163	4276	750	900	855	1.14	满足
18	2 号塔 B5	PES7-139	4059	835	900	855	1.02	满足

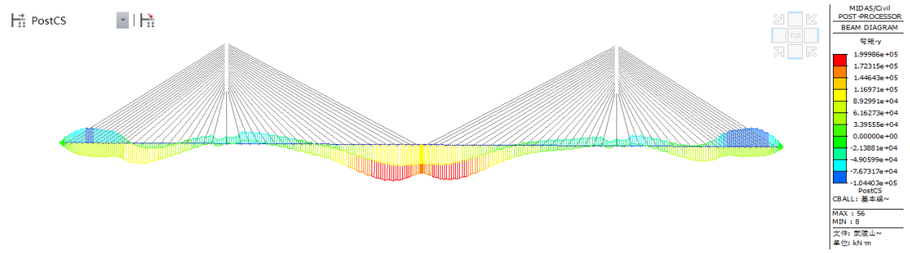
序号	拉索编号	斜拉索规格	拉索内力 N_d (kN)	$\gamma_0 N_d/A$ (MPa)	拉索强度设计值 (MPa)	拉索强度修正值 (MPa)	安全系数	结论
19	2 号塔 B4	PES7-139	4019	826	900	855	1.03	满足
20	2 号塔 B3	PES7-139	4013	825	900	855	1.04	满足
21	2 号塔 B2	PES7-139	3981	819	900	855	1.04	满足
22	2 号塔 B1	PES7-199	5710	820	900	855	1.04	满足
23	2 号塔 0	PES7-199	5650	812	900	855	1.05	满足
24	2 号塔 A1	PES7-199	5482	787	900	855	1.09	满足
25	2 号塔 A2	PES7-139	3833	788	900	855	1.08	满足
26	2 号塔 A3	PES7-139	3913	805	900	855	1.06	满足
27	2 号塔 A4	PES7-139	3993	821	900	855	1.04	满足
28	2 号塔 A5	PES7-139	4123	848	900	855	1.01	满足
29	2 号塔 A6	PES7-163	4482	786	900	855	1.09	满足
30	2 号塔 A7	PES7-163	4712	826	900	855	1.03	满足
31	2 号塔 A8	PES7-163	4870	854	900	855	1.00	满足
32	2 号塔 A9	PES7-199	5247	754	900	855	1.13	满足
33	2 号塔 A10	PES7-199	5431	780	900	855	1.10	满足
34	2 号塔 A11	PES7-199	5660	813	900	855	1.05	满足
35	2 号塔 A12	PES7-199	5832	838	900	855	1.02	满足
36	2 号塔 A13	PES7-199	5814	835	900	855	1.02	满足
37	2 号塔 A14	PES7-199	5921	850	900	855	1.01	满足
38	2 号塔 A15	PES7-199	5985	860	900	855	0.99	不满足
39	2 号塔 A16	PES7-223	6118	784	900	855	1.09	满足
40	2 号塔 A17	PES7-223	6155	789	900	855	1.08	满足
41	2 号塔 A18	PES7-223	6086	780	900	855	1.10	满足
42	2 号塔 A19	PES7-223	5891	755	900	855	1.13	满足
43	2 号塔 A20	PES7-223	5559	713	900	855	1.20	满足
44	2 号塔 A21	PES7-223	5751	737	900	855	1.16	满足
45	2 号塔 A22	PES7-241	6676	792	900	855	1.08	满足
46	3 号塔 A22	PES7-241	6859	813	900	855	1.05	满足
47	3 号塔 A21	PES7-223	5871	753	900	855	1.14	满足
48	3 号塔 A20	PES7-223	5673	727	900	855	1.18	满足
49	3 号塔 A19	PES7-223	5987	767	900	855	1.11	满足
50	3 号塔 A18	PES7-223	6172	791	900	855	1.08	满足
51	3 号塔 A17	PES7-223	6238	800	900	855	1.07	满足
52	3 号塔 A16	PES7-199	6067	871	900	855	0.98	不满足
53	3 号塔 A15	PES7-199	6051	869	900	855	0.98	不满足
54	3 号塔 A14	PES7-199	5981	859	900	855	1.00	不满足
55	3 号塔 A13	PES7-199	5818	836	900	855	1.02	满足
56	3 号塔 A12	PES7-199	5818	836	900	855	1.02	满足
57	3 号塔 A11	PES7-199	5638	810	900	855	1.06	满足
58	3 号塔 A10	PES7-199	5398	775	900	855	1.10	满足
59	3 号塔 A9	PES7-199	5200	747	900	855	1.14	满足
60	3 号塔 A8	PES7-163	4910	861	900	855	0.99	不满足
61	3 号塔 A7	PES7-163	4641	814	900	855	1.05	满足
62	3 号塔 A6	PES7-163	4427	776	900	855	1.10	满足
63	3 号塔 A5	PES7-163	4103	719	900	855	1.19	满足
64	3 号塔 A4	PES7-163	4012	704	900	855	1.22	满足
65	3 号塔 A3	PES7-163	3985	699	900	855	1.22	满足
66	3 号塔 A2	PES7-163	3955	694	900	855	1.23	满足
67	3 号塔 A1	PES7-199	5670	814	900	855	1.05	满足
68	3 号塔 0	PES7-199	5648	811	900	855	1.05	满足
69	3 号塔 B1	PES7-199	5491	789	900	855	1.08	满足
70	3 号塔 B2	PES7-139	3848	791	900	855	1.08	满足
71	3 号塔 B3	PES7-139	3925	807	900	855	1.06	满足
72	3 号塔 B4	PES7-139	3980	818	900	855	1.04	满足
73	3 号塔 B5	PES7-139	4062	835	900	855	1.02	满足
74	3 号塔 B6	PES7-163	4319	757	900	855	1.13	满足
75	3 号塔 B7	PES7-163	4414	774	900	855	1.10	满足
76	3 号塔 B8	PES7-163	4415	774	900	855	1.10	满足
77	3 号塔 B9	PES7-163	4432	777	900	855	1.10	满足
78	3 号塔 B10	PES7-163	4460	782	900	855	1.09	满足
79	3 号塔 B11	PES7-163	4333	760	900	855	1.13	满足
80	3 号塔 B12	PES7-163	4568	801	900	855	1.07	满足
81	3 号塔 B13	PES7-199	5379	773	900	855	1.11	满足
82	3 号塔 B14	PES7-199	5419	778	900	855	1.10	满足
83	3 号塔 B15	PES7-223	5962	764	900	855	1.12	满足
84	3 号塔 B16	PES7-223	6345	813	900	855	1.05	满足
85	3 号塔 B17	PES7-223	6413	822	900	855	1.04	满足
86	3 号塔 B18	PES7-241	6724	797	900	855	1.07	满足
87	3 号塔 B19	PES7-241	6869	815	900	855	1.05	满足
88	3 号塔 B20	PES7-241	6868	815	900	855	1.05	满足
89	3 号塔 B21	PES7-241	7085	840	900	855	1.02	满足
90	3 号塔 B22	PES7-283	8645	873	900	855	0.98	不满足

结论：部分拉索不满足要求，约 50%索力安全系数储备偏低。

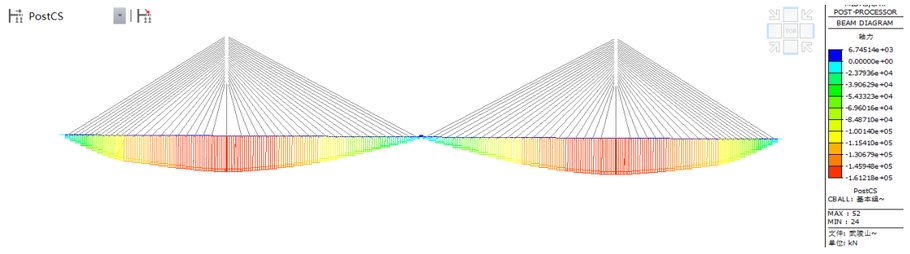
4.2.2 主梁验算

（1）主梁内力验算

弯矩、轴力结果满足规范要求。

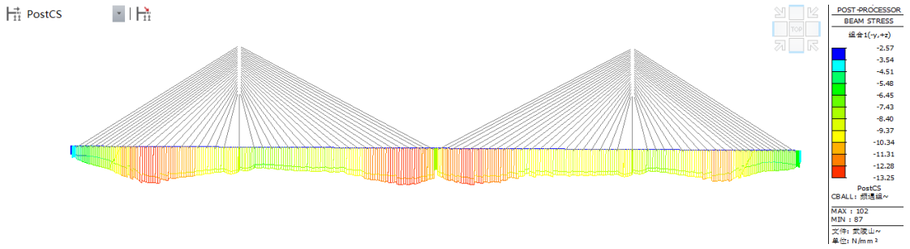


承载能力极限状态下主梁弯矩包络（单位：kN.m）

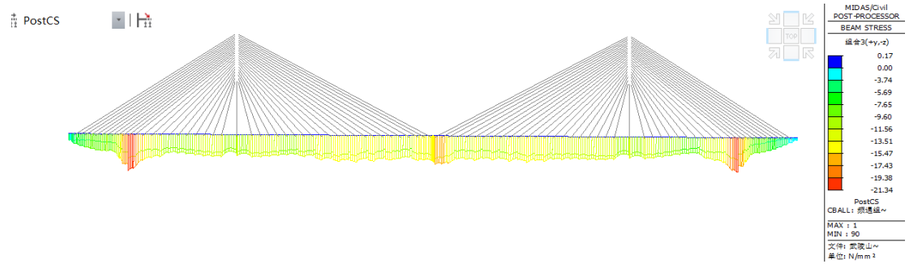


承载能力极限状态下主梁轴力包络（单位：kN.m）

（2）正截面抗裂验算：满足要求。

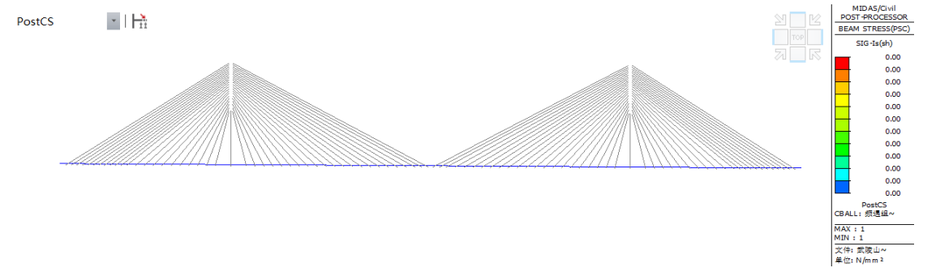


使用阶段主梁上缘组合应力包络图（单位：MPa）



使用阶段主梁下缘组合应力包络图（单位：MPa）

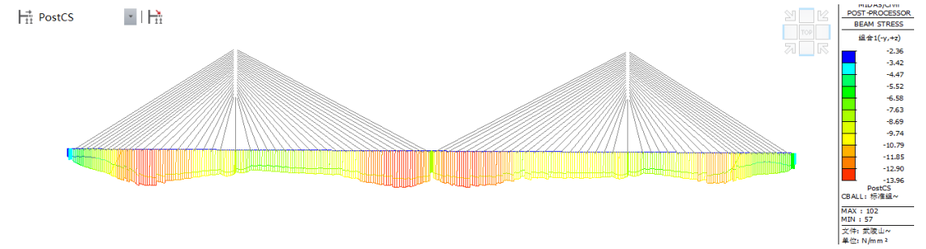
（3）斜截面抗裂验算



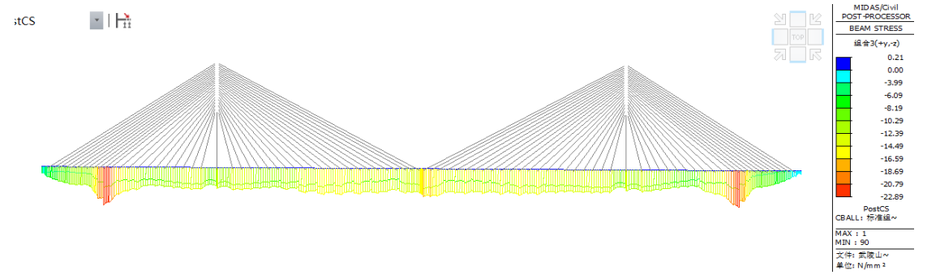
使用阶段主梁最大主拉应力（单位：MPa）

σ_{tp} =0MPa≤0.4f_{tk} =1.096MPa，满足要求。

（4）正截面压应力验算



使用阶段正截面压应力上缘包络图（单位：MPa）

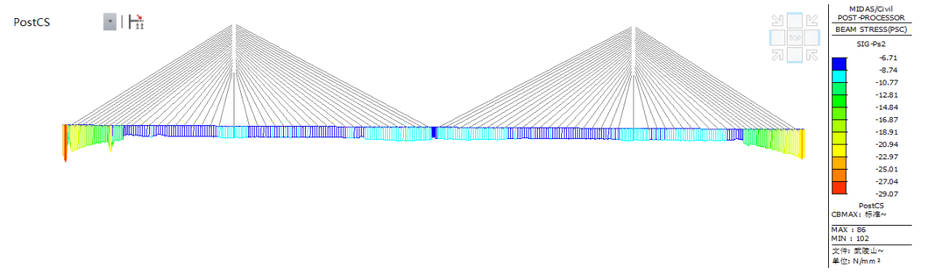


使用阶段正截面压应力下缘包络图（单位：MPa）

顶缘 $\sigma_{kc}+\sigma_{pc}$ =9.63MPa≤0.5f_{ck} =17.75MPa，满足规范要求；

底缘 $\sigma_{kc}+\sigma_{pc}$ =16.95MPa≤0.5f_{ck} =17.75MPa，满足规范要求。

（5）斜截面主压应力验算：



使用阶段主梁主压应力（单位：MPa）

σ_{cp} =21MPa≤0.6f_{ck} =23.10MPa，满足规范要求。

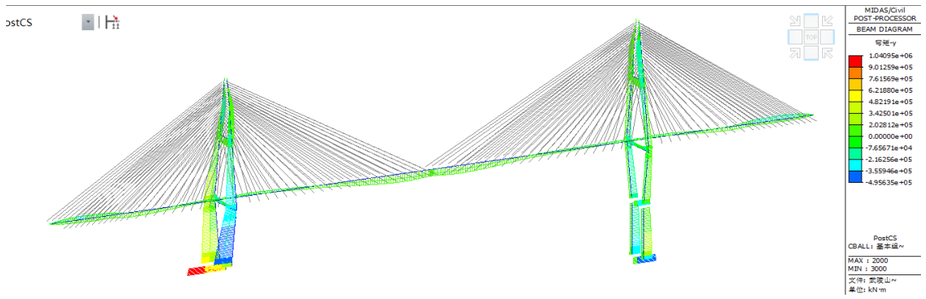
（6）主梁挠度验算

按照《公路斜拉桥设计规范》（JTGT 3365-01—2020）7.2.5 条规定，混凝土主梁正负挠度绝对值之和不应超过跨径的 1/500。

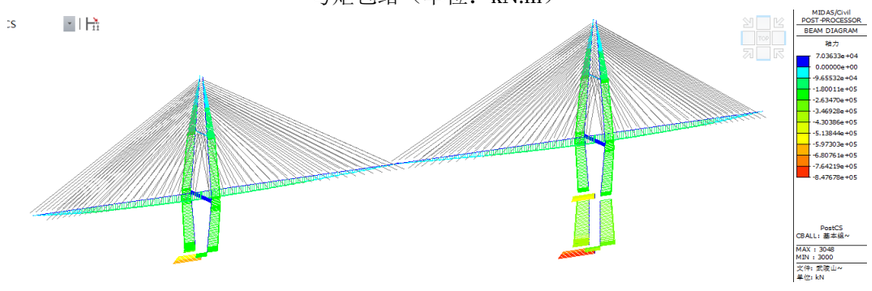
25.05cm＜36000/500=72cm，挠度验算满足规范要求。

4.2.3 主塔验算

（1）内力



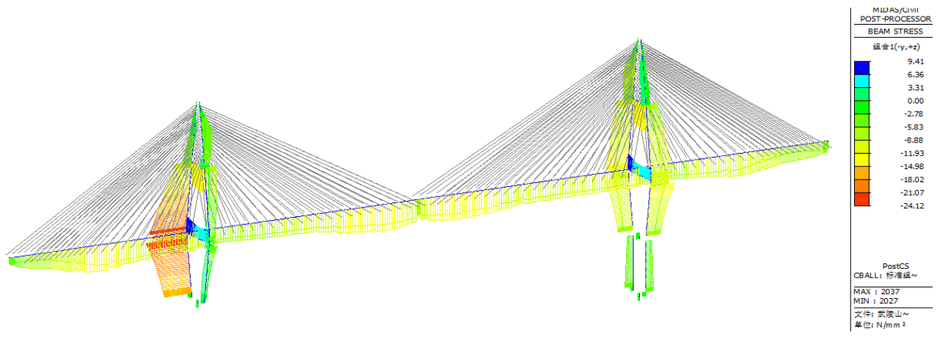
弯矩包络（单位：kN.m）



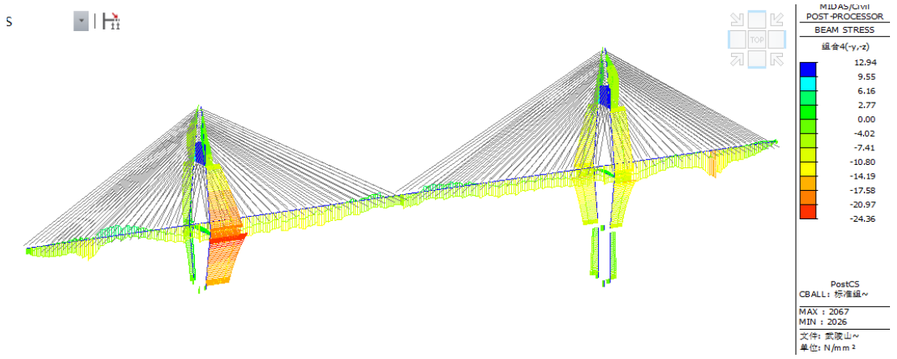
轴力包络（单位：kN）

承载能力满足规范要求。

（2）应力



桥塔上缘组合应力（单位：MPa）



桥塔下缘组合应力（单位：MPa）

在正常使用极限状态下，桥塔顶缘最大压应力为 17.76MPa，发生在中塔柱与下横梁交界处；底缘最大压应力为 24.59MPa，发生在中塔柱与下横梁交界处。桥塔顶底缘应力均满足规范要求。

5 韧性提升方案

5.1 拉索提升方案

针对大桥拉索抗火灾能力不足以及索力验算索体承载能力不足的问题，综合考虑现有拉索的寿命以及更换拉索施工难度及社会影响，并结合初步设计评审意见，拟定采用**一次性更换全部拉索并增加索体防火措施方案**。

5.2 拉索更换

更换拉索与原设计规格一致。新换索采用环氧涂层钢丝成品拉索体系，钢丝采用低松驰高强钢丝，直径 7mm，抗拉强度标准值 f_{pk}=1860MPa（对比原设计强度 1670MPa），型号为：PES（C）7-139、PES（C）7-163、PES（C）7-199、PES（C）7-223、PES（C）7-241、PES（C）7-283。拉索外包黑色内层彩色外层的双层 HDPE 低应力全防腐结构。采用冷铸镦头锚。新索与旧索的对比如下，施工前应再次复核拉索直径与套管孔道，确保可以顺利安装。

拉索与预埋管适配性表

原设计拉索型号	预埋套管内径（mm）	更换拉索型号	更换拉索锚杯外径（mm）
PES7-139	260	PES（C）7-139	250
PES7-163	284	PES（C）7-163	270
PES7-199	310	PES（C）7-199	300
PES7-223	331	PES（C）7-223	315
PES7-241	347	PES（C）7-241	330
PES7-283	359	PES（C）7-283	345

本桥拉索已安装外置阻尼器，本次换索后恢复，恢复前应检查是否有老化或功能受损情况，根据检查结果确定是否更换新索配套的外置阻尼器。

5.3 拉索增加防火措施

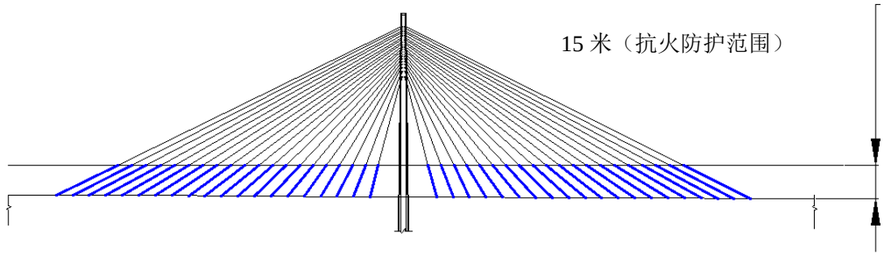
5.3.1 设防标准

（1）火灾热释放功率标准为 200MW;

（2）斜拉索设防时间为 60min;

（3）斜拉索钢丝设防温度为 300℃;

（4）设防范围为桥面以上垂直高度 15m 的拉索结构。



斜拉索抗火防护范围

5.3.2 索体锚固端防火方案

桥面以上 0～防水罩高度，含导索管、防水罩，增设耐火涂料层。采用 6mm 厚的环氧防火涂料进行防护。面漆颜色与拉索一致或指定。具体组成如下：

防水罩及以下高度拉索防火涂料

位置	涂装用料	道数	干膜厚度（μm）
桥面 0~防水罩高度	锚固区原防护层	/	/
	表面清洁拉毛，去除面漆层	/	/
	环氧防火涂料	1	3000
	增强高温纤维网	1	/
	环氧防火涂料	1	3000
	氟碳面漆	2	2×40

5.3.3 索体防火方案

防水罩高度~15m 高度，采用高硅氧气凝胶毡防火套防护。

具体组成为：2 层 5mm 高硅氧铝硅气凝胶毡+0.7mm 不锈钢罩+PVF 缠包带的方案进行防护。

高硅氧气凝胶毡采用螺旋缠绕式施工，环向、纵向均采取对接方式，材料经加工覆布背胶（在高硅氧气凝胶毡所有外表面均通过特殊的缝纫工艺复合耐高温无碱玻璃纤维布，在无碱玻璃纤维布外增加高粘防水背胶（丁基胶带）），可以紧实的贴合在斜拉索表面。

高硅氧气凝胶毡防火套方案

位置	防护材料	道数	厚度
防水罩~15m 高度	高硅氧铝硅气凝胶毡	2	2*5mm
	不锈钢护套	1	0.7mm
	PVF 缠包带	1	/

防火套施工完毕后，其外侧还应外包一层原拉索成品含有螺旋线的 HDPE 护套。

5.4 一般病害维修方案

5.4.1 裂缝维修

对于一般混凝土构件裂缝，根据缝宽大小采取以下措施进行处理：

（1）裂缝宽度<0.15mm，采用环氧树脂胶泥进行封闭；

（2）裂缝宽度≥0.15mm，采用低压注射环氧树脂胶进行修补。

5.4.2 混凝土表面缺陷

对于桥塔、主梁锈胀、表面砼蜂窝麻面及剥落情况，首先将松散不密实的混凝土凿除，直至露出新鲜的混凝土为止，然后用高压水清除混凝土表面，进行钢筋除锈、阻锈处理，最后用环氧砂浆对凿开的混凝土区域进行手工修补。

对混凝土蜂窝麻面、风化、泛白、泛碱等病害，首先凿除松散的混凝土，然后用环氧砂浆对凿开的混凝土区域进行手工修补。

5.4.3 钢筋除锈

对外露钢筋表面的氧化层应利用钢刷予以清除，直至露出新鲜坚实部分。

对由钢筋锈蚀探查确定的钢筋锈蚀区域应对该部位混凝土表面破损、腐化、松散等缺陷区域进行凿除、清理，确保表面无油污、油脂、蜡状物等影响渗透的污物。在其外表面涂刷渗透型钢筋阻锈剂，形成保护膜，阻止钢筋的锈蚀，涂刷后再进行破损修补。

5.5 伸缩缝处理

更换破损的橡胶带。

5.6 桥面铺装处理

经调查该路段大型货车占比较高，桥面已出现破损车辙等病害。

主桥原结构铺装设计为 9cm 沥青混凝土，实测沥青厚度为 6~25cm，桥面平整度较差，为提高行车安全，本次提升工程进行适当的调坡处理。总体原则为基本维持现状总铺装层厚度不变，先将桥面沥青层全部刨除，在铺装较厚处底层增设 C50 轻质混凝土调平层，通过植筋

加强与梁顶面连接，上面沥青面层为 4cmSMA-13 改性沥青混凝土+5cmGAC-20C 改性沥青混凝土。

C50 轻质混凝土的设置原则为：当铺装总厚度大于 17cm 时，增设 C50 轻质混凝土，当铺装总厚度小于 17cm 时，均为沥青混凝土，通过下面层 GAC-20C 沥青混凝土厚度调节。

C50 轻质混凝土最薄处按 8cm 控制，最厚处按 26cm 控制。

由于检测取芯时，桥梁无法封闭交通，因此取芯数量及分布不能完全反应铺装的实际厚度，加之本桥桥面起伏较大，在施工期间封闭交通后，应对铺装厚度和梁顶标高进行详细的测量，并以此作为完善的调坡设计依据。如发现实际厚度与上述检测结果有较大的差异，应及时上报设计及业主单位商议解决方案。

引桥铣刨 2cm 后，重铺 2cm 高粘高弹改性沥青 SMA-8 超薄罩面。

5.7 护栏提升

见标段交安部分图纸。

5.8 提升后结构验算

本次更换拉索同时也进行铺装改造和护栏等级提升，现状桥梁铺装起伏较大，为行车安全，本次重做桥面铺装时结合纵坡线型进行适度的局部调平，铺装较厚位置底层由轻质混凝土替换，铺装估算恒载略有增加。而外侧护栏由混凝土护栏变更为钢护栏，恒载减少，最终二期恒载基本与桥梁现状持平。

本次提升，拉索抗拉强度由 1670MPa 提升至 1860MPa，按现行规范对提升后的拉索结构进行验算，结果如下。

提升后索力验算结果

序号	拉索编号	斜拉索规格	拉索内力 N_d（kN）	$\gamma_0 N_d/A$ (MPa)	拉索强度设计值（MPa）	安全系数	结论
1	2 号塔 B22	PES(C)7-283	8287	837	1005	1.20	满足
2	2 号塔 B21	PES(C)7-241	7381	875	1005	1.15	满足
3	2 号塔 B20	PES(C)7-241	7116	844	1005	1.19	满足
4	2 号塔 B19	PES(C)7-241	7126	845	1005	1.19	满足
5	2 号塔 B18	PES(C)7-241	6955	825	1005	1.22	满足
6	2 号塔 B17	PES(C)7-223	6627	849	1005	1.18	满足
7	2 号塔 B16	PES(C)7-223	6600	846	1005	1.19	满足
8	2 号塔 B15	PES(C)7-223	6243	800	1005	1.26	满足
9	2 号塔 B14	PES(C)7-199	5601	804	1005	1.25	满足
10	2 号塔 B13	PES(C)7-199	5229	751	1005	1.34	满足
11	2 号塔 B12	PES(C)7-163	4103	719	1005	1.40	满足
12	2 号塔 B11	PES(C)7-163	3599	631	1005	1.59	满足
13	2 号塔 B10	PES(C)7-163	3892	682	1005	1.47	满足
14	2 号塔 B9	PES(C)7-163	4148	727	1005	1.38	满足
15	2 号塔 B8	PES(C)7-163	4389	770	1005	1.31	满足
16	2 号塔 B7	PES(C)7-163	4533	795	1005	1.26	满足
17	2 号塔 B6	PES(C)7-163	4504	790	1005	1.27	满足
18	2 号塔 B5	PES(C)7-139	4281	880	1005	1.14	满足
19	2 号塔 B4	PES(C)7-139	4232	870	1005	1.15	满足
20	2 号塔 B3	PES(C)7-139	4204	864	1005	1.16	满足
21	2 号塔 B2	PES(C)7-139	4174	858	1005	1.17	满足
22	2 号塔 B1	PES(C)7-199	5939	853	1005	1.18	满足
23	2 号塔 0	PES(C)7-199	6165	885	1005	1.13	满足
24	2 号塔 A1	PES(C)7-199	5995	861	1005	1.17	满足
25	2 号塔 A2	PES(C)7-139	4215	867	1005	1.16	满足
26	2 号塔 A3	PES(C)7-139	4238	872	1005	1.15	满足
27	2 号塔 A4	PES(C)7-139	4255	875	1005	1.15	满足
28	2 号塔 A5	PES(C)7-139	4340	892	1005	1.13	满足
29	2 号塔 A6	PES(C)7-163	4675	820	1005	1.23	满足
30	2 号塔 A7	PES(C)7-163	4852	851	1005	1.18	满足
31	2 号塔 A8	PES(C)7-163	4993	876	1005	1.15	满足
32	2 号塔 A9	PES(C)7-199	5312	763	1005	1.32	满足
33	2 号塔 A10	PES(C)7-199	5462	784	1005	1.28	满足
34	2 号塔 A11	PES(C)7-199	5610	806	1005	1.25	满足
35	2 号塔 A12	PES(C)7-199	5886	845	1005	1.19	满足
36	2 号塔 A13	PES(C)7-199	5987	860	1005	1.17	满足
37	2 号塔 A14	PES(C)7-199	6101	876	1005	1.15	满足
38	2 号塔 A15	PES(C)7-199	6155	884	1005	1.14	满足
39	2 号塔 A16	PES(C)7-223	6315	809	1005	1.24	满足
40	2 号塔 A17	PES(C)7-223	6345	813	1005	1.24	满足
41	2 号塔 A18	PES(C)7-223	6257	802	1005	1.25	满足
42	2 号塔 A19	PES(C)7-223	6085	780	1005	1.29	满足
43	2 号塔 A20	PES(C)7-223	5754	738	1005	1.36	满足
44	2 号塔 A21	PES(C)7-223	5958	764	1005	1.32	满足
45	2 号塔 A22	PES(C)7-241	6584	781	1005	1.29	满足

序号	拉索编号	斜拉索规格	拉索内力 N_d (kN)	$\gamma_0 N_d/A$ (MPa)	拉索强度设计值 (MPa)	安全系数	结论
46	3 号塔 A22	PES(C)7-241	6638	787	1005	1.28	满足
47	3 号塔 A21	PES(C)7-223	5901	756	1005	1.33	满足
48	3 号塔 A20	PES(C)7-223	5676	728	1005	1.38	满足
49	3 号塔 A19	PES(C)7-223	6023	772	1005	1.30	满足
50	3 号塔 A18	PES(C)7-223	6228	798	1005	1.26	满足
51	3 号塔 A17	PES(C)7-223	6354	814	1005	1.23	满足
52	3 号塔 A16	PES(C)7-199	6233	895	1005	1.12	满足
53	3 号塔 A15	PES(C)7-199	6238	896	1005	1.12	满足
54	3 号塔 A14	PES(C)7-199	6219	893	1005	1.13	满足
55	3 号塔 A13	PES(C)7-199	6084	874	1005	1.15	满足
56	3 号塔 A12	PES(C)7-199	6149	883	1005	1.14	满足
57	3 号塔 A11	PES(C)7-199	5964	857	1005	1.17	满足
58	3 号塔 A10	PES(C)7-199	5734	824	1005	1.22	满足
59	3 号塔 A9	PES(C)7-199	5497	790	1005	1.27	满足
60	3 号塔 A8	PES(C)7-163	5084	891	1005	1.13	满足
61	3 号塔 A7	PES(C)7-163	4868	854	1005	1.18	满足
62	3 号塔 A6	PES(C)7-163	4599	806	1005	1.25	满足
63	3 号塔 A5	PES(C)7-163	4215	739	1005	1.36	满足
64	3 号塔 A4	PES(C)7-163	4095	718	1005	1.40	满足
65	3 号塔 A3	PES(C)7-163	4052	711	1005	1.41	满足
66	3 号塔 A2	PES(C)7-163	4030	707	1005	1.42	满足
67	3 号塔 A1	PES(C)7-199	5768	829	1005	1.21	满足
68	3 号塔 0	PES(C)7-199	6124	880	1005	1.14	满足
69	3 号塔 B1	PES(C)7-199	6039	867	1005	1.16	满足
70	3 号塔 B2	PES(C)7-139	4259	876	1005	1.15	满足
71	3 号塔 B3	PES(C)7-139	4284	881	1005	1.14	满足
72	3 号塔 B4	PES(C)7-139	4285	881	1005	1.14	满足
73	3 号塔 B5	PES(C)7-139	4313	887	1005	1.13	满足
74	3 号塔 B6	PES(C)7-163	4518	792	1005	1.27	满足
75	3 号塔 B7	PES(C)7-163	4549	798	1005	1.26	满足
76	3 号塔 B8	PES(C)7-163	4417	775	1005	1.30	满足
77	3 号塔 B9	PES(C)7-163	4265	748	1005	1.34	满足
78	3 号塔 B10	PES(C)7-163	4102	719	1005	1.40	满足
79	3 号塔 B11	PES(C)7-163	3908	685	1005	1.47	满足
80	3 号塔 B12	PES(C)7-163	4284	751	1005	1.34	满足
81	3 号塔 B13	PES(C)7-199	5332	766	1005	1.31	满足
82	3 号塔 B14	PES(C)7-199	5706	820	1005	1.23	满足
83	3 号塔 B15	PES(C)7-223	6388	819	1005	1.23	满足
84	3 号塔 B16	PES(C)7-223	6757	866	1005	1.16	满足
85	3 号塔 B17	PES(C)7-223	6793	871	1005	1.15	满足
86	3 号塔 B18	PES(C)7-241	7157	849	1005	1.18	满足
87	3 号塔 B19	PES(C)7-241	7315	868	1005	1.16	满足
88	3 号塔 B20	PES(C)7-241	7287	864	1005	1.16	满足
89	3 号塔 B21	PES(C)7-241	7516	891	1005	1.13	满足
90	3 号塔 B22	PES(C)7-283	8373	846	1005	1.19	满足

结论：拉索满足要求且安全系数有所提升。

5.9 换索工况验算

审查意见建议采用半封闭交通方案，因此以半封闭交通工况进行模拟，为加快施工，本次拉索更换计算考虑同时拆除更换单塔对称两根斜拉索，大桥可满足受力要求。施工时可根据需要进一步优化施工工序。

具体为封闭单侧单向交通，更换另一侧拉索，采用单塔单侧对称更换，即同时卸载单塔对应相同编号的两根拉索。由于通车条件限制，审查意见建议换索采用单幅封闭，单幅更换拉索施工。

目前列出换索过程索力验算结果如下。

5.9.1 拉索验算

换索时索力变化值见下表：（选取 22#、21#、20#、19#、16#、10#、5#、4#、3#、2#、1#、0#为典型工况代表）。

换索工况索力变化

编号	换索前索力 KN	拆 22#索		拆 21#索		拆 20#索		拆 19#索	
		索力 KN	变化率	索力 KN	变化率	索力 KN	变化率	索力 KN	变化率
A22	5516	-	—	5832	5.7%	5806	5.3%	5792	5.0%
A21	4982	5312	6.6%	—	—	5266	5.7%	5258	5.5%
A20	4892	5197	6.2%	5179	5.9%	—	—	5185	6.0%
A19	5021	5301	5.6%	5291	5.4%	5306	5.7%	—	—
A18	4996	5250	5.1%	5248	5.0%	5269	5.5%	5301	6.1%
A17	4905	5096	3.9%	5101	4.0%	5122	4.4%	5154	5.1%
A16	4946	5115	3.4%	5125	3.6%	5150	4.1%	5186	4.9%
A15	4686	4833	3.1%	4848	3.5%	4876	4.1%	4914	4.9%

编号	换索前索力 KN	拆 22#索		拆 21#索		拆 20#索		拆 19#索	
		索力 KN	变化率	索力 KN	变化率	索力 KN	变化率	索力 KN	变化率
A14	4206	4318	2.7%	4336	3.1%	4363	3.7%	4399	4.6%
A13	3895	3987	2.4%	4008	2.9%	4037	3.6%	4074	4.6%
A12	3020	3080	2.0%	3099	2.6%	3123	3.4%	3154	4.4%
A11	2589	2633	1.7%	2652	2.4%	2676	3.4%	2704	4.4%
A10	2747	2771	0.9%	2790	1.6%	2811	2.3%	2837	3.3%
A9	2893	2902	0.3%	2920	0.9%	2939	1.6%	2961	2.4%
A8	3048	3044	-0.1%	3061	0.4%	3077	1.0%	3096	1.6%
A7	3140	3128	-0.4%	3142	0.1%	3156	0.5%	3170	1.0%
A6	3123	3106	-0.5%	3118	-0.2%	3128	0.2%	3139	0.5%
A5	3025	3008	-0.6%	3016	-0.3%	3022	-0.1%	3029	0.1%
A4	3003	2986	-0.6%	2992	-0.4%	2996	-0.2%	3000	-0.1%
A3	3002	2987	-0.5%	2990	-0.4%	2992	-0.3%	2994	-0.3%
A2	2982	2969	-0.4%	2970	-0.4%	2971	-0.4%	2971	-0.4%
A1	4204	4187	-0.4%	4187	-0.4%	4186	-0.4%	4184	-0.5%
0	4311	4302	-0.2%	4300	-0.3%	4297	-0.3%	4292	-0.4%
B1	4049	4044	-0.1%	4041	-0.2%	4039	-0.2%	4034	-0.4%
B2	2878	2875	-0.1%	2873	-0.2%	2872	-0.2%	2869	-0.3%
B3	2928	2924	-0.1%	2923	-0.2%	2922	-0.2%	2920	-0.3%
B4	2974	2971	-0.1%	2970	-0.1%	2970	-0.1%	2969	-0.2%
B5	3069	3066	-0.1%	3066	-0.1%	3067	-0.1%	3067	-0.1%
B6	3288	3287	0.0%	3288	0.0%	3290	0.1%	3293	0.2%
B7	3437	3440	0.1%	3442	0.1%	3445	0.2%	3451	0.4%
B8	3556	3565	0.3%	3568	0.3%	3572	0.4%	3582	0.7%
B9	3724	3745	0.6%	3750	0.7%	3757	0.9%	3774	1.3%
B10	3851	3886	0.9%	3891	1.0%	3901	1.3%	3924	1.9%
B11	3978	4028	1.3%	4035	1.4%	4047	1.7%	4077	2.5%
B12	4210	4278	1.6%	4286	1.8%	4301	2.2%	4338	3.0%
B13	4304	4393	2.1%	4402	2.3%	4419	2.7%	4463	3.7%
B14	4397	4509	2.5%	4518	2.8%	4538	3.2%	4590	4.4%
B15	4440	4575	3.0%	4448	0.2%	4608	3.8%	4668	5.1%
B16	4511	4690	4.0%	4713	4.5%	4729	4.8%	4806	6.5%
B17	4537	4745	4.6%	4704	3.7%	4787	5.5%	4872	7.4%
B18	4469	4705	5.3%	4872	9.0%	4748	6.2%	4841	8.3%
B19	4324	4588	6.1%	4911	13.6%	4632	7.1%	0	—
B20	4044	4332	7.1%	4810	18.9%	0	—	4361	7.8%
B21	4207	4514	7.3%	—	—	4481	6.5%	4465	6.1%
B22	4705	0	—	5363	14.0%	4925	4.7%	4909	4.3%

续前表

编号	换索前索力 KN	拆 16#索		拆 10#索		拆 5#索		拆 4#索	
		索力 KN	变化率	索力 KN	变化率	索力 KN	变化率	索力 KN	变化率
A22	5516	5718	3.7%	5542	0.5%	5506	-0.2%	5507	-0.2%
A21	4982	5198	4.3%	5020	0.8%	4977	-0.1%	4976	-0.1%
A20	4892	5136	5.0%	4944	1.1%	4890	0.0%	4888	-0.1%
A19	5021	5295	5.5%	5089	1.4%	5024	0.1%	5019	0.0%
A18	4996	5302	6.1%	5083	1.7%	5004	0.2%	4998	0.0%
A17	4905	5190	5.8%	4995	1.8%	4917	0.2%	4909	0.1%
A16	4946	—	—	5055	2.2%	4964	0.4%	4954	0.2%
A15	4686	5003	6.8%	4816	2.8%	4711	0.5%	4698	0.3%
A14	4206	4489	6.7%	4344	3.3%	4237	0.7%	4223	0.4%
A13	3895	4172	7.1%	4061	4.3%	3936	1.1%	3918	0.6%
A12	3020	3238	7.2%	3186	5.5%	3064	1.5%	3046	0.9%
A11	2589	2787	7.6%	2815	8.7%	2651	2.4%	2627	1.5%
A10	2747	2915	6.1%	—	—	2846	3.6%	2810	2.3%
A9	2893	3032	4.8%	3191	10.3%	3043	5.2%	2993	3.5%
A8	3048	3157	3.6%	3298	8.2%	3269	7.3%	3200	5.0%
A7	3140	3221	2.6%	3344	6.5%	3463	10.3%	3368	7.3%
A6	3123	3180	1.8%	3284	5.2%	3600	15.3%	3466	11.0%
A5	3025	3055	1.0%	3127	3.4%	—	—	3470	14.7%
A4	3003	3017	0.5%	3073	2.3%	3483	16.0%	—	—
A3	3002	3004	0.1%	3043	1.4%	3366	12.1%	3531	17.6%
A2	2982	2974	-0.3%	2996	0.5%	3251	9.0%	3385	13.5%
A1	4204	4179	-0.6%	4193	-0.3%	4490	6.8%	4657	10.8%
0	4311	4276	-0.8%	4267	-1.0%	4396	2.0%	4460	3.5%
B1	4049	4018	-0.8%	4049	0.0%	4340	7.2%	4500	11.1%
B2	2878	2862	-0.6%	2907	1.0%	3150	9.5%	3276	13.8%
B3	2928	2918	-0.3%	2993	2.2%	3296	12.6%	3449	17.8%
B4	2974	2974	0.0%	3083	3.7%	3459	16.3%	0	—
B5	3069	3081	0.4%	3226	5.1%	0	—	3507	14.3%
B6	3288	3321	1.0%	3535	7.5%	3768	14.6%	3625	10.2%
B7	3437	3492	1.6%	3753	9.2%	3762	9.5%	3661	6.5%
B8	3556	3638	2.3%	3945	10.9%	3778	6.2%	3705	4.2%
B9	3724	3862	3.7%	4293	15.3%	3908	4.9%	3843	3.2%
B10	3851	4033	4.7%	0	—	3975	3.2%	3928	2.0%
B11	3978	4209	5.8%	4479	12.6%	4061	2.1%	4027	1.2%
B12	4210	4493	6.7%	4585	8.9%	4264	1.3%	4239	0.7%
B13	4304	4641	7.8%	4585	6.5%	4338	0.8%	4320	0.4%

编号	换索前索力 KN	拆 16#索		拆 10#索		拆 5#索		拆 4#索	
		索力 KN	变化率	索力 KN	变化率	索力 KN	变化率	索力 KN	变化率
B14	4397	4789	8.9%	4607	4.8%	4418	0.5%	4405	0.2%
B15	4440	4886	10.0%	4595	3.5%	4452	0.3%	4443	0.1%
B16	4511	0	—	4637	2.8%	4517	0.1%	4511	0.0%
B17	4537	4978	9.7%	4628	2.0%	4540	0.1%	4535	0.0%
B18	4469	4812	7.7%	4532	1.4%	4469	0.0%	4466	-0.1%
B19	4324	4586	6.1%	4366	1.0%	4323	0.0%	4322	0.0%
B20	4044	4236	4.7%	4070	0.6%	4043	0.0%	4042	0.0%
B21	4207	4355	3.5%	4224	0.4%	4207	0.0%	4206	0.0%
B22	4705	4814	2.3%	4715	0.2%	4705	0.0%	4705	0.0%

续前表

编号	换索前索力 KN	拆 3#索		拆 2#索		拆 1#索		拆 0#索	
		索力 KN	变化率	索力 KN	变化率	索力 KN	变化率	索力 KN	变化率
A22	5516	5509	-0.1%	5511	-0.1%	5509	-0.1%	5515	0.0%
A21	4982	4976	-0.1%	4977	-0.1%	4974	-0.2%	4980	0.0%
A20	4892	4887	-0.1%	4886	-0.1%	4882	-0.2%	4889	-0.1%
A19	5021	5017	-0.1%	5015	-0.1%	5009	-0.2%	5016	-0.1%
A18	4996	4993	-0.1%	4990	-0.1%	4982	-0.3%	4990	-0.1%
A17	4905	4904	0.0%	4900	-0.1%	4891	-0.3%	4898	-0.1%
A16	4946	4947	0.0%	4941	-0.1%	4930	-0.3%	4938	-0.2%
A15	4686	4689	0.1%	4681	-0.1%	4668	-0.4%	4676	-0.2%
A14	4206	4212	0.1%	4203	-0.1%	4190	-0.4%	4197	-0.2%
A13	3895	3904	0.2%	3893	-0.1%	3878	-0.4%	3883	-0.3%
A12	3020	3032	0.4%	3021	0.0%	3006	-0.5%	3010	-0.3%
A11	2589	2608	0.7%	2593	0.2%	2578	-0.4%	2578	-0.4%
A10	2747	2782	1.3%	2761	0.5%	2743	-0.1%	2737	-0.4%
A9	2893	2954	2.1%	2923	1.0%	2907	0.5%	2888	-0.2%
A8	3048	3145	3.2%	3103	1.8%	3091	1.4%	3051	0.1%
A7	3140	3293	4.9%	3234	3.0%	3234	3.0%	3160	0.6%
A6	3123	3361	7.6%	3280	5.0%	3303	5.8%	3175	1.7%
A5	3025	3341	10.4%	3244	7.2%	3299	9.1%	3116	3.0%
A4	3003	3498	16.5%	3357	11.8%	3472	15.6%	3171	5.6%
A3	3002	—	—	3577	19.2%	3786	26.1%	3297	9.8%
A2	2982	3594	20.5%	—	—	4292	43.9%	3484	16.8%
A1	4204	4911	16.8%	5314	26.4%	—	—	5431	29.2%
0	4311	4529	5.1%	4570	6.0%	4628	7.4%	—	—
B1	4049	4745	17.2%	5135	26.8%	—	—	5278	30.4%

编号	换索前索力 KN	拆 3#索		拆 2#索		拆 1#索		拆 0#索	
		索力 KN	变化率	索力 KN	变化率	索力 KN	变化率	索力 KN	变化率
B2	2878	3473	20.7%	—	—	4161	44.6%	3379	17.4%
B3	2928	—	—	3483	19.0%	3697	26.3%	3223	10.1%
B4	2974	3455	16.2%	3316	11.5%	3434	15.5%	3143	5.7%
B5	3069	3376	10.0%	3280	6.9%	3338	8.8%	3160	3.0%
B6	3288	3519	7.0%	3439	4.6%	3465	5.4%	3341	1.6%
B7	3437	3585	4.3%	3527	2.6%	3529	2.7%	3458	0.6%
B8	3556	3650	2.6%	3608	1.5%	3597	1.2%	3559	0.1%
B9	3724	3794	1.9%	3757	0.9%	3737	0.3%	3716	-0.2%
B10	3851	3893	1.1%	3866	0.4%	3845	-0.2%	3838	-0.3%
B11	3978	4001	0.6%	3982	0.1%	3962	-0.4%	3964	-0.4%
B12	4210	4221	0.3%	4208	0.0%	4190	-0.5%	4196	-0.3%
B13	4304	4307	0.1%	4299	-0.1%	4284	-0.5%	4291	-0.3%
B14	4397	4396	0.0%	4390	-0.2%	4378	-0.4%	4386	-0.3%
B15	4440	4437	-0.1%	4433	-0.2%	4423	-0.4%	4431	-0.2%
B16	4511	4507	-0.1%	4504	-0.2%	4495	-0.4%	4503	-0.2%
B17	4537	4533	-0.1%	4531	-0.1%	4525	-0.3%	4532	-0.1%
B18	4469	4465	-0.1%	4464	-0.1%	4459	-0.2%	4465	-0.1%
B19	4324	4321	-0.1%	4320	-0.1%	4317	-0.2%	4321	-0.1%
B20	4044	4042	0.0%	4041	-0.1%	4039	-0.1%	4042	0.0%
B21	4207	4206	0.0%	4206	0.0%	4204	-0.1%	4207	0.0%
B22	4705	4705	0.0%	4704	0.0%	4703	0.0%	4705	0.0%

注：（1）索力变化率正值为增大，负值为减小；

（2）拆除时极限索力按基本组合计算，考虑了铺装拆除影响。

计算结果可以看出，换索时索力有较大变化的范围主要围绕着被拆除索附近拉索。长索拆除时，相邻索力增长约 6~7%，变化幅度较小；短索拆除时，相邻索力变化幅度较大，可达 20%~40%，变化幅度较大。拉索最大应力小于规范要求的 1.25fd，可满足设计强度要求。

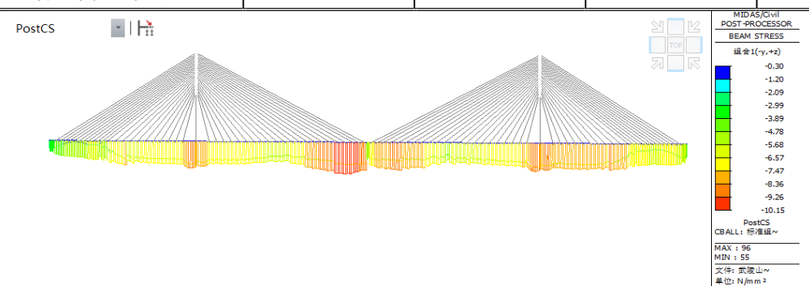
5.9.2 主梁验算

部分关键拉索卸载时主梁应力结果如下。

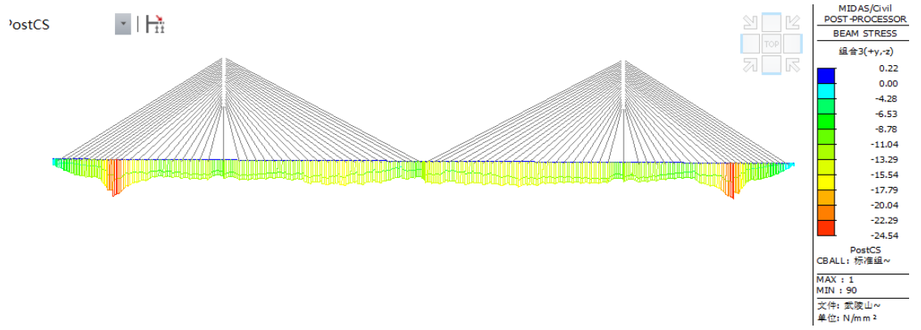
半封闭双塔单侧对称换索主梁应力结果（MPa）

阶段	上缘		下缘	
	拉应力	压应力	拉应力	压应力
拆除 2#塔左侧 2 根 22#拉索	-0.3	-10.15	0.22	-24.54
拆除 2#塔左侧 2 根 21#拉索	-0.85	-10.22	0.21	-23.85
拆除 2#塔左侧 2 根 20#拉索	-1.18	-10.46	0.21	-23.48

阶段	上缘		下缘	
	拉应力	压应力	拉应力	压应力
拆除 2#塔左侧 2 根 19#拉索	-1.37	-10.85	0.21	-23.31
拆除 2#塔左侧 2 根 18#拉索	-1.59	-11.21	0.21	-22.81
拆除 2#塔左侧 2 根 17#拉索	-1.45	-11.89	0.21	-22.65
拆除 2#塔左侧 2 根 16#拉索	-1.23	-12.01	0.16	-22.92
拆除 2#塔左侧 2 根 12#拉索	-1.01	-9.51	0.22	-22.13
拆除 2#塔左侧 2 根 10#拉索	-0.92	-9.38	0.22	-22.05
拆除 2#塔左侧 2 根 8#拉索	-0.88	-9.39	0.22	-22.9
拆除 2#塔左侧 2 根 5#拉索	-0.92	-9.49	0.21	-23.27
拆除 2#塔左侧 2 根 4#拉索	-0.95	-9.52	0.21	-23.27
拆除 2#塔左侧 2 根 3#拉索	-0.97	-9.55	0.21	-23.23
拆除 2#塔左侧 2 根 2#拉索	-0.99	-9.57	0.21	-23.17
拆除 2#塔左侧 2 根 1#拉索	-1.04	-10.16	0.23	-23.26
拆除 2#塔左侧 0#拉索	-0.94	-10.62	0.18	-23.13
拆除 3#塔左侧 2 根 22#拉索	-0.41	-9.88	0.44	-24.42
拆除 3#塔左侧 2 根 21#拉索	-0.57	-9.63	0.72	-24.03
拆除 3#塔左侧 2 根 20#拉索	-0.63	-9.51	0.75	-23.86
拆除 3#塔左侧 2 根 19#拉索	-0.68	-9.72	0.58	-23.74
拆除 3#塔左侧 2 根 18#拉索	-0.73	-10.27	0.41	-23.60
拆除 3#塔左侧 2 根 17#拉索	-1.41	-9.91	0.18	-22.96
拆除 3#塔左侧 2 根 16#拉索	-0.84	-9.9	0.16	-23.31
拆除 3#塔左侧 2 根 12#拉索	-0.99	-9.43	0.12	-22.93
拆除 3#塔左侧 2 根 10#拉索	-1.02	-9.53	0.15	-22.86
拆除 3#塔左侧 2 根 8#拉索	-1.03	-9.72	0.18	-22.84
拆除 3#塔左侧 2 根 5#拉索	-1.02	-9.6	0.2	-22.87
拆除 3#塔左侧 2 根 4#拉索	-1.02	-9.6	0.21	-22.88
拆除 3#塔左侧 2 根 3#拉索	-1.01	-9.6	0.22	-22.89
拆除 3#塔左侧 2 根 2#拉索	-1.01	-9.6	0.23	-22.89
拆除 3#塔左侧 2 根 1#拉索	-1.02	-10.28	0.29	-22.88
拆除 3#塔左侧 0#拉索	-0.98	-10.86	0.13	-22.94

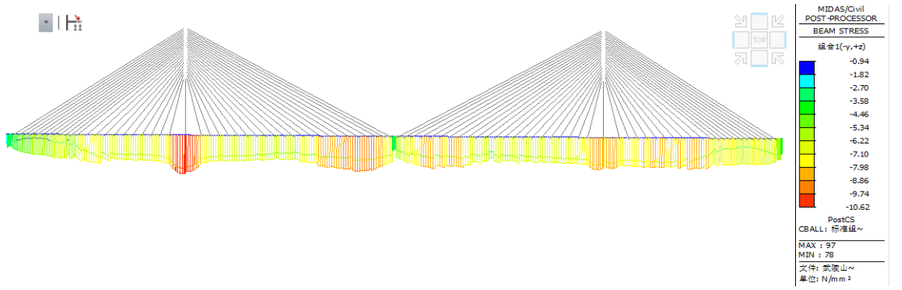


（a）主梁上缘应力

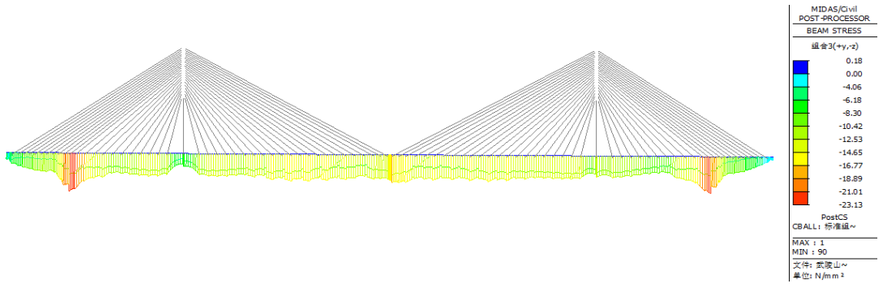


（b）主梁下缘应力

拆除#22 拉索主梁应力图（MPa）



主梁上缘应力



主梁下缘应力

拆除#0 拉索主梁应力图（MPa）

5.9.3 桥塔验算

在正常使用极限状态下，桥塔顶缘最大压应力为 18.3MPa，发生在中塔柱与下横梁交界处；底缘最大压应力为 16.2MPa，发生在中塔柱与下横梁交界处。桥塔顶底缘应力均满足规范要求。

5.10 安全韧性提升分数

根据《公路韧性提升评价指南》第 3.3.3 条规定，桥涵单项工程修复后的安全韧性评分估值为 92.8，提升率 21%。

6 主要材料及技术要求

6.1 拉索

拉索钢丝采用镀锌铝钢丝，钢丝强度等级 1860MPa，满足《桥梁缆索用热镀锌或锌铝合金钢丝》（GB/T 17101—2019）的相关要求。拉索索体采用双层 PE 护套，拉索性能满足《大跨度斜拉桥平行钢丝拉索》（JT/T 775—2016）和《斜拉桥用热挤聚乙烯高强钢丝拉索》（GB/T 18365—2018）标准要求。钢丝环氧涂层的材料、涂覆、技术要求、实验方法等应执行《缆索用环氧涂层钢丝》（GB/T 25835—2010）。

锚具为冷铸锚具，锚杯材料采用 42CrMo，螺母材料采用 40Cr，锚具表面采用粉末渗锌+封闭漆防腐工艺，总厚度 80~120μm；防腐材料要求采用防腐油脂。内置减振器及不锈钢防水罩采用厂家定型产品。

整个拉索体系应包括环氧涂层钢丝、锚具组件、HDPE 索套管、不锈钢套管、拉索附属件（保护、索箍、防水罩、索套管伸缩缝补偿装置等）、内置式减震器、防腐材料。HDPE 护套采用带双螺旋的圆管式套管。

6.2 高硅氧铝硅气凝胶毡

本产品以玻璃纤维细纱为主要原材料，先通过针刺工艺制得高硅氧玻璃纤维毡，然后注入铝硅气凝胶，通过 ET 超临界干燥工艺，最终制成高硅氧铝硅气凝胶毡。其性能应满足《纳米孔气凝胶复合绝热制品》（GB/T34336—2017）的要求。

本产品在传统的高硅氧气凝胶毡的制作工艺中，加入改性成分，使得气凝胶组分在 1100℃的工况期间微孔结构不塌陷，仍旧能够维持优异的隔热效率。而常规的高硅氧气凝胶毡，在超过 800℃的时候氧化硅基的气凝胶微孔会塌陷，从而失去气凝胶应有的隔热性能，仅剩下高硅氧针刺毡原始的隔热性能了，这也是为什么常规的气凝胶毡在超过 800℃的时候导热系数会大幅度增加的原因，本产品可以有限改善这个问题，可以实现更长时间的隔热效果。

气凝胶技术指标

序号	检测项目	技术要求	技术要求	检测标准
1	导热系数（W/（m·K））800℃		≤0.051	YB/T 4130
	导热系数（W/（m·K））1000℃		≤0.106	
2	加热永久线变化（600℃×24h）/%		≥-5.0	GB/T 17911
3	体积密度（kg/m3）		200±40	GB/T 34336
4	抗拉强度（kPa）		≥200	GB/T 17911
5	憎水率（%）		≥98	GB/T 10299
6	不燃性	质量损失率（%）	≤50	GB/T 5464
		持续燃烧时间（s）	=0	
		炉内温升（℃）	≤30	
	总热值（MJ/kg）		≤2.0	GB/T 14402

气凝胶尺寸及允许偏差

序号	项目	规格	允许偏差
1	长度（mm）	20m	±0.5
2	宽度（mm）	100	+10，-3.0
3	厚度δ（mm）	5mm	+2.0，不允许负偏差

6.3 高硅氧布

采用两元或者三元法高硅氧连续纤维织布，摒弃无碱玻璃纤维布（最高耐温度 650℃）或者玄武岩纤维布（最高耐温度 800℃）以及用无碱玻璃纤维布酸洗出来的假高硅氧布（最高耐温度 900℃），在酸碱环境、抗紫外线等耐候性特征方面具有绝佳的优势。

高硅氧布技术指标

检测项目	标准值	参照标准
厚度	0.3mm	GB/T7689
耐温度	1100℃	企标
氧化硅含量	≥96%	光谱仪
工艺方法	二元或三元法	企标
抗拉强度	纬向≥350N/25mm	GB/T7689
	径向≥500N/25mm	GB/T7689

6.4 陶瓷化涂层

在高硅氧布表面做的特殊涂层，常温下为硅胶质状态，与布致密结合，可以起到防水，防潮，耐酸碱，抗老化的作用，施工作业期间更能起到密封气凝胶的作用，避免气凝胶粉体对人体和环境造成危害。高温环境下该涂层会陶瓷化，作为保护布和气凝胶毡的第一道防线，增加整体防火材料系统的防火时间。

陶瓷化涂层技术指标

检测项目	标准值	参照标准
厚度	0.03mm	GB/T7689
剥离强度	≥3Mpa	企标
外观质量	表面色泽均匀，无气孔、基本平整	企标
抗开裂性(耐久性)	T-Bar 冷热循环≥40 个循环后不开裂不脱落	企标
耐热性	≥45 分钟（在烃类温升条件下）	企标
	高温（800）环境下陶瓷化	企标

6.5 缝纫工艺

将高硅氧布基耐高温保护材料将防火隔热主材高硅氧气凝胶毡用特殊工艺缝制起来，形成系统性的完整产品，缝纫用线采取耐高温耐候性强的复合材料缝纫线。

缝纫线技术要求

材质	规格	耐高温性能
高硅氧缝纫线	线径 0.2	1000℃

6.6 PVF 缠包带

护套表面清洁后，现场以不小于 50%的搭接率螺旋缠包一层氟碳缠包带（PVF），氟碳缠包带（PVF）结构如下：氟碳聚合物（PVF）复合膜/粘结剂/离型膜，根据景观要求选择合适的颜色氟碳聚合物（PVF）复合膜，缠包带各项基本性能指标应满足以下要求：

氟碳缠包带（PVF）基本性能指标

序号	性能项目	单位	性能指标	检测标准
1	外观		厚度均匀，无色差，分切无锯齿	目测
2	缠包带厚度（不含离型膜）	μm	120±5	GB/T 7125
3	抗拉强度（纵向）	N/mm	≥7	GB/T 30776
4	断裂伸长率（纵向）	%	≥90	GB/T 30776
5	抗撕裂强度（纵向）	kN/m	≥5	GB/T 16578.1
6	粘结力	N/10mm	≥5.5	GB/T 2792
		N/10mm	≥5.5	

为保证 PVF 胶带使用于缆索的长期耐久性，应按照下表测试方法，提供 PVF 缠包带做加速老化试验（测试技术条件为：85±2℃，85±2%RH）测试报告，加速老化试验时间不少于 1200 小时，加速老化试验后胶带性能必须达到下表要求：

氟碳缠包带（PVF）耐老化性能指标

序号	性能项目		单位	性能指标	检测标准
1	湿热老化后性能（85℃，RH85%，1080h）	抗拉强度（纵向）	N/mm	≥5	GB/T 30776
		断裂伸长率（纵向）	%	≥72	GB/T 30776
		粘结力 与 HDPE	N/10mm	≥5.5	GB/T 2792
		粘结力 对 PVF	N/10mm	≥5.5	GB/T 2792
2	紫外荧光老化后（0.76W/m2@340nm，1080h，GB/T 16422.3-2022）	色差ΔE	—	≤1	CIE 色差仪

6.7 丁基胶带

为了让防火隔热材料更好的跟缆索紧密贴合，在本成品防火隔热产品的背面施加一层丁基胶带。丁基胶带采用丁基橡胶与聚异丁烯等原料共混而成，具有耐高温、防水、粘结性强等多种特性，其性能应满足《丁基橡胶防水密封胶粘带》（JC/T 942—2022）的要求。

丁基胶带技术指标

序号	检测项目		技术要求 高分子防水卷材	性能指标 金属板
1	初始粘结力（23℃）/N		≥60 且无粘结破坏	
2	耐热性（100℃，2h）		无滑移、流淌、变形	
3	剪切状态下的粘合性（N/mm）		≥3.0	≥8.0
4	剥离强度（N/mm）	标准条件	≥0.6	
		热处理（80℃，168h）	≥0.5	
		碱处理（饱和氢氧化钙溶液，168h）	≥0.5	
		浸水处理（168h）	≥0.5	

6.8 环氧防火涂料

环氧防火涂料应满足《钢结构防火涂料》（GB14907—2018）的要求。技术指标下表所示，表中指标 5、6 为型式试验内容，需根据项目要求明确检测频次。防火涂料进场前需提供：

（1）耐老化性能测试报告要求按 ASTMD4587 标准或同等标准进行的无面漆情况下至少 10000 小时以上且该耐老化测试后的防火性能衰减 15%以内的第三方测试报告或证书；

（2）耐水性要求防火涂层无面漆情况下不含底材质量的涂层自身吸水率 0.2%以内的第三方测试报告或证书。

环氧防火涂料技术指标

序号	检测项目	技术要求
1	干膜厚度(含纤维网)	≥6mm
2	粘接强度	≥3MPa

序号	检测项目	技术要求
3	干燥性能(20±5℃)	≥24 小时(移动时间); ≥5 天(完全固化时间)
4	外观质量	表面色泽均匀，无气孔、基本平整
5	抗开裂性(耐久性)	T-Bar 冷热循环≥40 个循环后不开裂不脱落
6	抗火性能	≥45 分钟（在烃类温升条件下）
7	涂装性能	底层油漆和防火涂料兼容性匹配; 面漆需采用满足结构耐久性要求的材料。建议采用氟碳面漆，厚度不小于 60um

6.9 氟碳面漆

氟碳面漆性能指标应满足《悬索桥主缆系统防腐涂装技术条件》（JT/T 694—2007）和《公路桥梁钢结构防腐涂装技术条件》（JT/T 722—2023），并从严要求。

序号	性能项目	单位	性能指标	检测标准
1	颜色和外观		符合商定标准样板或色卡及其色差范围，漆膜平整	目测
2	固体含量（%）		≥60	GB/T 1725
3	细度（μm）		≤30	GB/T 1724
4	干燥时间	表干（h）	≤1	GB/T 1728
		实干（h）	≤24	
5	柔韧性（mm）		1	GB/T 1731
6	耐冲击性（cm）		50	GB/T 1732
7	拉断伸长率		≥50%	GB/T 528
8	耐水性		72h 漆膜无变化	GB/T 1733
9	耐盐水性		72h 漆膜无变化	GB/T 9274
10	耐磨性(1kg·500r)		≤0.05g	GB/T 1768
11	耐酸性(10%H_2SO_4)		168h 漆膜无异常	GB/T 9274
12	耐碱性(10%NaOH)			
13	氟含量（%）		≥24	HG/T 3792
14	人工加速老化		3000h	GB/T 1865

7 施工工艺及要求

7.1 总体施工顺序

施工准备→交通疏导→半幅封闭→半幅铺装拆除→半幅换索施工→半幅铺装恢复→半幅索力调整→另半幅同样顺序施工→最后全桥索力复测及调整→恢复交通

其它提升工程可在换索施工中同步进行。

7.2 防火施工

7.2.1 气凝胶毡施工

（1）气凝胶毡施工前，斜拉索表面应清理干净，无油渍、水渍或其他影响产品施工质量的杂物附着。

（2）10cm 宽度的气凝胶毡螺旋缠绕，施工应控制气凝胶毡对接缝的宽度，施工方向为由低往高。

（3）气凝胶毡缠绕应牢靠。两层气凝胶毡的环向拼缝、纵向拼缝均错开。

7.2.2 密封层施工

（1）采用厚度为 0.70mm 不锈钢护套固定在防火层外侧。

（2）防火段与非防火段应设过渡段，过渡段先采用丁基胶带按不小于 50%层叠比例进行螺旋缠绕过渡，过渡段缠绕长度为沿着不锈钢顶部端面上下各 50cm 。丁基胶带外表面均匀刮涂密封胶，密封胶表面刷涂氟碳面漆，以达到美观和增强防水的目的。

7.2.3 环氧防火涂料施工

（1）涂装所用的面漆、稀释剂等，应配套供应。

（2）对于双组分涂料，应按当日（班）需要量，严格按照产品说明书上规定的比例调配，涂料应充分搅拌均匀后方可施工，推荐采用电动或气动搅拌装置；放置一定的熟化期（按产品说明书要求），以使充分反应才能使用；涂料的使用时间按产品说明书规定的使用期执行。

（3）漆料在开桶前应倒置并用力摇荡，开桶后再搅拌均匀，如有杂质、漆皮等需过滤。

（4）为保证环氧防火涂料与原涂层的结合力，防火涂料施工前使用专用工具（钢丝刷、钢丝轮、千叶片配合角磨机） 去除构件原面漆涂层，保留原环氧涂层即可，必要时刷涂一道环氧底漆或中间漆。

（5）防火涂料施工前，构件表面应清理干净，无油渍、水渍或其他影响产品施工质量的杂物附着。

（6）防火涂料涂刷需均匀，不可存在漏涂、表面不平整情况。

（7）当涂层出现下列情况时应重涂：涂层干燥固化不好，粘结不牢或粉化、空鼓、脱落时；涂层表面有浮浆或裂缝宽度大于 1.0mm 时；涂层厚度小于设计规定厚度的 95%时。

（8）增强高温纤维网采用全铺网工艺。

7.3 防火验收标准

施工单位进场前，应结合系统特点和《公路工程质量检验评定标准(JTG F80—2017)》，

形成适用于本项目的验收标准，通过评审后，作为本项目的验收依据。

7.3.1 基本规定

（1）工程采用的材料、半成品、产品、器具和设备应进行进场检验，按各专业工程施工验收规范的规定和设计要求进行复验，并应经监理工程师检查认可。

（2）各施工工序应按施工技术标准进行质量控制，每道施工工序完成后，经施工单位自检合格后，才能进行下一道工序施工，并做好交接检验记录。

（3）工程开工前，施工单位与监理单位共同确定重要工序。重要工序应经监理工程师检查认可，才能进行下一道工序施工。

（4）施工质量验收应在施工单位自检合格的基础上进行。

（5）本工程所采用的高硅氧气凝胶毡进场时应进行见证取样检验。

检验批最小抽样数量

检验批的容量	最小抽样数量	检验批的容量	最小抽样数量
2 ~ 15	2	151 ~ 280	13
16 ~ 25	3	281 ~ 500	20
26 ~ 90	5	501 ~ 1200	32
91 ~ 150	8	1201 ~ 3200	50

（6）对于设计选用的具有防火性能要求的材料，应查验其产品出厂合格证（或质保书）采购合同和由具有法定资质的检验机构出具的含防火极限或燃烧性能测试项目的型式检验报告。

7.3.2 进场检验

各类材料进场后随机抽样进行小样检验，或按要求送交第三方检测，检测结果应符合设计要求。

7.3.3 高硅氧气凝胶毡

（1）高硅氧气凝胶毡应符合国家现行产品标准的规定和设计要求，并应具备产品合格证、有资质的检测机构出具的检验合格报告和型式认可证书。

检查数量：全数检查。

检查方法：查验产品合格证、检验合格报告和型式认可证书。

（2）在材料进场后，应对其隔热性能进行见证取样检验，实测的等效热传导系数不应大于等效热传导系数的设计取值，其允许偏差为+10%。

检查数量：按施工进货的生产批次确定，每一批次应抽检一次。

检查方法：按现行国家标准《建筑构件防火试验方法 第 1 部分：通用要求》（GB/T 9978.1）规定的防火性能试验方法测试。试件的防火保护层厚度取毡状防火材料的厚度， 并应按《建筑钢结构防火技术规范》（GB51249）的规定计算等效热传导系数。

（3）气凝胶毡表面应平整，无孔洞、凸出物、缺损、泛出物。

检查数量：全数检查。

检查方法：观察检查。

（4）气凝胶毡缠绕应牢靠，对接缝应紧密、无明显缝隙， 搭接缝应紧实、无明显空鼓。气凝胶毡拼缝位置应符合设计要求。

检查数量：全数检查。

检查方法：观察检查，核查隐蔽工程验收记录。

（5）气凝胶毡防护高度应符合设计要求，不允许负偏差。

检查数量：全数检查。

检查方法：尺量检查，现场按图核对。

7.3.4 PVF 缠包带

（1）现场施工条件保证

①应采用具有张力、角度控制的自动缠带机，提升自动化程度，减少人工干预；

②确保施工环境清洁，防止灰尘、雨水、油污污染；

③禁止雨中施工，缠带完成后应尽快完成加热，间隔不能超过 24 小时，施工中如有露水也需要用干布擦净表面水分。

（2）施工质量保证

①确保设备完好；

②安排经过培训的熟练的操作工进行操作；

③严格按工艺进行施工，安排专职质检员跟踪检查过程质量；

④每根拉索区域为一个完整的施工单元，每天必须完成施工单元内的所有工序；

⑤当天未缠包完的缠包带应用封箱带包覆保护。

7.3.5 防火涂料

防火涂料验收宜在涂装完成后 14 天内进行，可按构件分批次验收，验收要求如表所示。

检验批最小抽样数量

序号	检验要求	质量指标	检测手段和频率
1	外观	平整，颜色和厚度均匀	目测，每个构件至少一次
2	增强网铺设	边缘和阳角处需铺设，不空鼓、不漏贴	/

3	干燥	指触干硬	目测，每个构件至少一次
4	硬度	Shore D 大于 70	随机抽查，或有异常时
5	干膜厚度	6mm	PA2 85/15 规则
6	结合力	>3MPa 或满足敲凿法测试要求	随即抽查，拉拔力测试或敲凿法测试

7.4 拉索更换

7.4.1 总体要求

（1）在正式施工前及编制施工方案之前，详细了解施工现场实际情况，详细研究设计文件，制定详细、合理的施工方案。

（2）根据项目的特性、规模、性质等因素，合理的组织相关人员确保施工人员的协同配合，提高施工效率。确保施工人员能够高效完成各项任务。为确保斜拉索更换整体目标得以实现，在组织人员方面要选用具有类似施工经验的施工人员进行施工，选用斜拉索更换的熟练工人进行施工操作。操作人员如电工、焊工等，需取得特殊作业人员资格上岗证后方可上岗。

（3）根据项目现场实际情况分析，在确保安全和工期的前提下，优化调整合理的施工方案。如起重吊装的机具，与项目实际情况相符的施工平台。所采用的机械设备必须经年检合格。所采用的材料必须经检验合格。

（4）根据项目施工的重点及难点进行分析，本项目高空作业、起重作业频繁。安全责任为重中之重，本项目主要控制要点为在放索和安装新索时，需要确保其同步性，及时监控桥面标高、索塔变形情况在放索过程中需分级、对称、同步进行，并做好桥面、索塔各观测点监控测量。

大桥斜拉索编号依次从短索至长索编号，编号为“B22、B21...B2、B1、0、A1、A2...A21、A22”。工程总体采用“从长索至短索依次对称更换方式”的施工方案，为确保桥梁拉索更换整体安全性，斜拉索更换直接利用原有封装钢板和垫板，在桥梁半封闭交通状态下进行。更换斜拉索时，以“以桥面线性为主，索力为辅”的原则进行控制，整个更换斜拉索过程应对主塔和主梁变形进行监控，原则上新更换的拉索索力与旧索索力相等，且更换前后桥面标高不变（以上旧索索力和桥面标高均在半封闭交通状态下实测）。

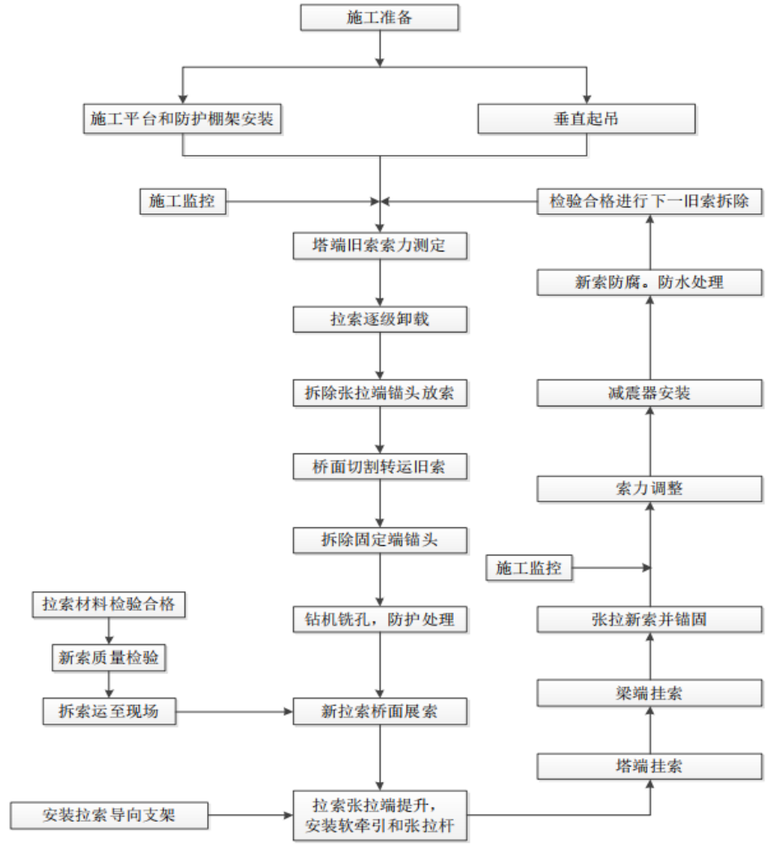
换索顺序原则：先换长索，然后向主塔方向前进，最后换短索。

对称的原则：单塔对称的顺序进行，每塔一次更换同一索号的一对索。

单塔的更换顺序：A22/B22 → A21/B21 → A20/B20 …… → A3/B3 → A2/B2 → A1/B1 → 0。

病害严重的索先换的原则：病害较为严重的索即使目前工作状态正常，在更换其临近索时会受到应力重分布等因素的影响，索力突然增大或拉索内应力发生较大幅度变化，从而产生对结构安全而言难于预料的反应。通过普查全桥斜拉索病害，统计病害比较严重的斜拉索编号，考虑优先更换病害严重的斜拉索。

7.4.2 斜拉索更换流程



更换拉索总流程图

7.4.3 施工准备要点

（1）材料准备

在进场后换索施工前，必须对全桥斜拉索上下锚点坐标进行逐一复测，采用复测结果基础上修正后的长度确定拉索下料长度。工厂生产新斜拉索以此为依据，进行斜拉索生产。

（2）搭设施工平台

①塔外施工平台：为方便塔端旧索切割及下放、锚头拆除牵引出索道孔和新索锚头于塔端的安装，在每个索塔安装施工吊篮，确保索头安全通过索道孔。

②塔顶吊架：在塔顶索塔外壁侧，设置悬挑钢吊架，此支架作为设备及塔端索体安装辅助吊点。

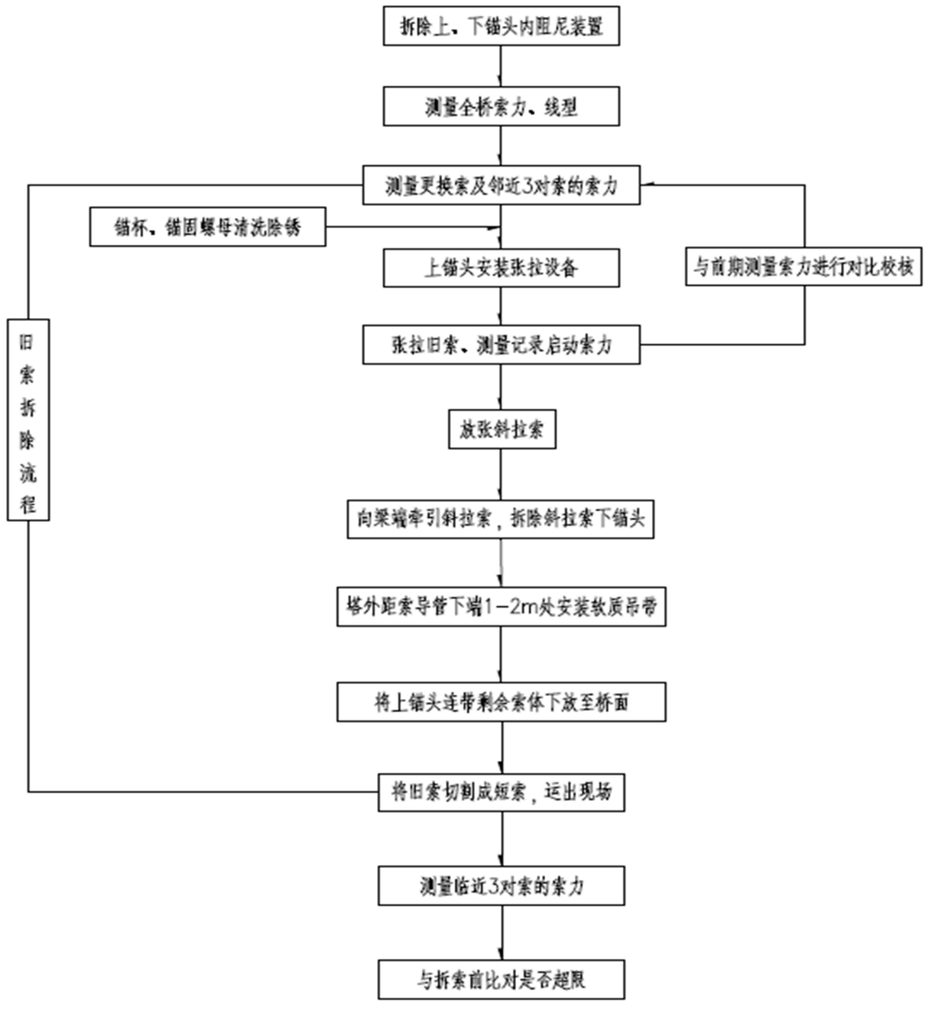
③塔内施工平台：采用满堂式盘扣支架。

④梁底施工挂篮：在人行道两侧安装梁底施工挂篮，用于斜拉索拆除、锚具安装等施工。

7.4.4 拆除旧索

（1）拆除旧索顺序

旧索拆除按以下工序进行：



旧索拆除流程图

（2）旧索测量

采集相关数据：桥面高程、斜拉索索力等原桥数据，作为后期新斜拉索安装技术依据。

由于目前检测手段测定索力偏差较大，建议利用放张千斤顶将螺母张拉至脱离锚垫板0.5mm（可用塞尺测量），并在千斤顶与反力架间设置压力环，此时千斤顶的张拉力作为新索安装的张拉索力。

（3）拆除旧索附属构件

施工人员在塔外平台用角磨机将塔外减震器外的钢筋进行切割并用撬棍将减震橡胶进行取出，如塔外减震橡胶老化严重与索体粘合在一起，无法取出。可适当用卷扬机连接索体将索体提升，使索体与减震橡胶有适当空间，再用撬棍进行拆除。如有遇到减震器橡胶与预埋管粘接牢靠，则等待索体放张后带动减震橡胶一并带出预埋管，再进行拆除。

拆除拉索两端锚具保护罩。吊装至桥面归堆堆放。

用砂轮切割机将桥面防水罩进行拆除，再用撬棍将预埋管内减震橡胶进行拆除并清除预埋管内的杂物。

③清理锚杯杂物

用扳手将上下锚头封板进行拆除，并清理锚垫板上的杂物。

④螺牙除锈

锚具螺牙及锚杯内螺牙有锈蚀的地方用钢丝轮进行除锈处理。仔细检查螺纹有损坏的地方，用锉刀将螺纹进行处理。并用有机溶液将锚具螺纹及锚杯内螺纹浸透。

（4）旧索放张

在斜拉索更换过程中，旧放张是重中之重。大桥结构使用索体使用时间长，病害存在不确定性，难以确定结构的承载能力，所以施工复杂，技术难度大。

为确保放索的张拉设备有效性，采用合适吨位的千斤顶进行放张。为确定旧斜拉索放张的设备和工法，科学、合理、安全进行施工，索力大于 5 吨时，采用千斤顶、张拉杆、撑脚及相应组件在塔端进行放张；在索力小于 5 吨时，采用卷扬机、滑轮组、抱箍组合在梁端进行放张。

①安装张拉杆前，将张拉杆、张拉螺母上的螺纹上的油污、脏物擦拭除锈，保证各工件能顺利旋动。

②检查旧索锚杯规格，选择合适规格的张拉杆倒运至塔内安装。

③张拉设备安装好之后，检查各工件连接可靠。确保脚撑安放在稳固平面上，脚撑、张拉螺母、锚垫板等处受压面均为面接触。

④安装千斤顶、油泵，安装好后检查压力表和千斤顶是否按照校准报告配对使用。

⑤按换索施工前测得索力为依据，卸索以斜拉索索力和锚头回缩量双控，每次 1cm～5cm

同步放松（具体数值按分级索力减小的对应回缩量确定）。放松时密切注意两侧松张的索力，变形保持同步，以保证索塔两侧不产生偏载，受力平衡。

⑥分 3 阶段张拉对称的两根索，每个阶段的张拉力，分别为测试索力的 50%、80%、100%，操作设备张拉到达每阶段索力时，应暂停持荷 5min，等待技术人员的下一级张拉力指令。

⑦张拉对称的两根索到最后一阶段接近测试索力时，观察锚固螺母是否与锚垫板产生松动。当位移传感器报警，提升锚固螺母与锚垫板产生松动，此时的索力为该根斜拉索的启动索力。记录启动索力值并与索力测试值比对。如果发现张拉力与换索施工前测得的索力值相差较大，停止张拉，并上报设计及监控方。

⑧在张拉到测试索力的 80%之后，应谨慎操作，使压力表读数缓慢上升，直至启动索力。张拉到启动索力并使锚固螺母松动后，旋松锚固螺母至其与锚杯齐平。长索在张拉杆后接长短张拉杆，通过张拉杆前后端的锚固螺母来回倒顶，完成放张退索。

⑨千斤顶缓慢回油，分 5 级将斜拉索索力放张。每一级索力分别为启动索力的 90%、80%、60%、30%、直至斜拉索索力小于 5t。在每一级放张到位后持荷 5min，测量锚杯或张拉杆向索导管内回缩量，并读取监控系统数据，如出现异常应立即停止放张，并上报设计及监理方。确保两根索每一级放张的索力和轴向回缩量长度一致。

（5）拆除上、下锚头

在塔端将斜拉索卸载至索力小于 5 吨后（因索体垂度影响，不能直接在塔端将索力卸载为零），拉索在桥面距梁端索导管上端口 4-6m 处安装哈弗夹，连接梁端卷扬机牵引系统。

启动牵引系统，将索体向梁端牵引，卸载下锚头锚固螺母的锚固力。锚固螺母与锚垫板间脱开 2mm，则通过对讲机发出信号，指示牵引系统操作人员停止牵引。

拆除梁端锚固螺母，将下锚头锚杯连带索导管中的索体沿索导管牵引上桥面。确认自牵引点以下索体的索力已完全卸载的情况下，在索导管上端出口用气割将斜拉索体逐丝割断，解除下锚头的连接。

桥面卷扬机继续放松，使斜拉索后端沿桥面慢慢向塔跟滑动，直到斜拉索不能继续滑动为止。在距塔端索导管下端口 1-2m 处的索体上安装哈弗夹及软吊带。

在塔外提升系统下放索体时在索导管内同步下放上锚头，以免上锚头在索导管内卡死，直至上锚头、张拉杆完全露出索导管下端。

（6）斜拉索下放及转运

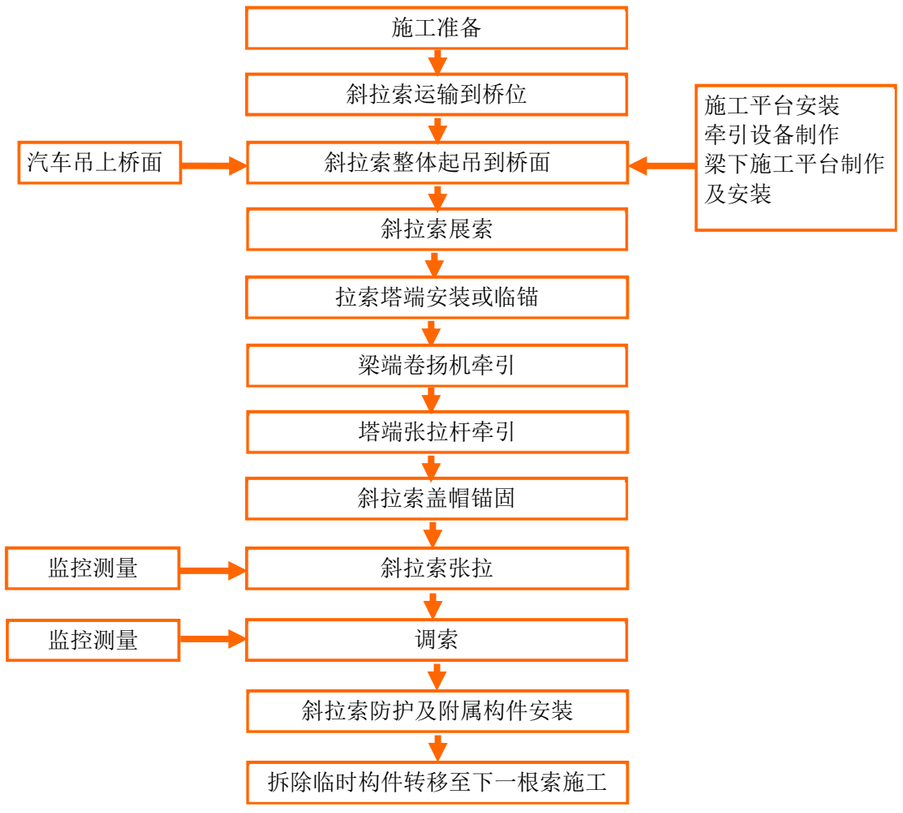
启动塔顶提升系统，匀速缓慢将索体下放到桥面。在下放索体过程中，在索体下放置圆木（或带轮子的小车），让索体下落在圆木上，防止索体直接接触地面。

在旧索下放的过程中利用桥面的卷扬机牵引系统将旧索在桥面理顺，然后用卷扬机沿桥面将拆下来的旧索整束牵引至桥面，切割、卷盘、装车运离施工现场至指定地点存放。

7.4.5 新索安装

（1）安装流程顺序

斜拉索挂设及张拉主要包括运输、索上桥面、展索、挂设、张拉、索力调整及减振装置安装等工作。根据斜拉索的质量、锚固牵引力的大小以为张拉端的布置及空间要求，本桥斜拉索安装工程拟用以下工艺流程进行挂设。



新斜拉索挂设工艺流程图

（2）安装要点

①起吊

拉索使用软吊带多点对称吊装，并在索盘周围垫木方，防止索盘上斜拉索展开完接触到桥面导致 PE 受损。

②展索

避免斜拉索与桥面的直接接触而刮伤斜拉索 PE 套，斜拉索在桥面移动时采用放索小车，

由于承重较大，建议采用全钢结构。

随时观察斜拉索的姿态，保证拉索最小弯曲半径不小于 20 倍索径，以免造成拉索外层 PE 破裂或过度拉伸。

③牵引

安装斜拉索前应计算出克服索自重所需要的牵引力，以便选择卷扬机、吊机及滑轮组配置方式。根据设计提供的索力及斜拉索相关技术参数，对每对索张拉端不同工况的牵引力进行计算，确定牵引张拉杆组合形式，同时对每根索牵引阶段的牵引力进行计算确定张拉杆长度。牵引过程中，应及时记录各阶段牵引索力，并与计算所得的牵引索力进行对比，实时修正。

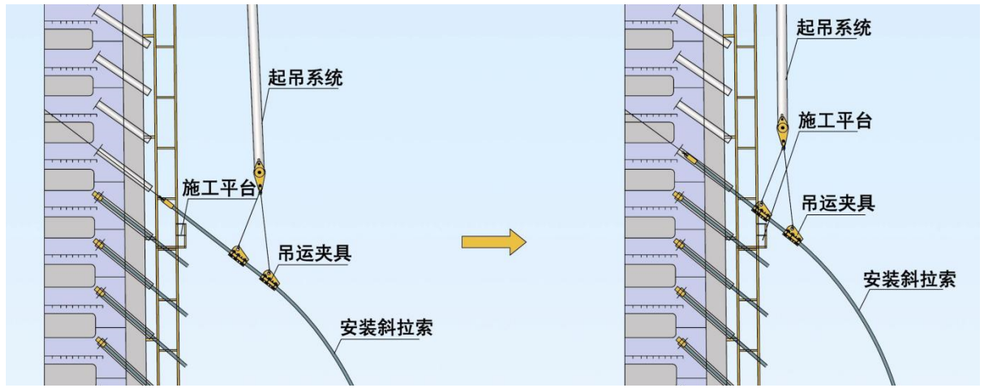
卷扬机牵引系统，建议在同斜拉索接触处加垫 10mm 厚的橡胶，施工过程中可以很好地保护斜拉索免受损伤。型号选择安全系数控制在 3.0 以上。索体 PE 受力有限，为不损伤索体外保层，本工程卷扬机牵引系统牵引力控制在 5T 以内。

④挂索

汽车吊应使用软吊带多点对称吊装。

在索盘周围垫木方，防止索盘上斜拉索展开完接触到桥面 PE 受损。

时刻观察塔内卷扬机牵引力，拉力过大则须暂停检查是否有卡顿或预埋管变形。



塔端挂索示意图

斜拉索塔端挂索完成后，依次进行下端入洞作业。下端入洞采用 5T 卷扬机牵引哈弗抱夹作业。下穿过程利用汽车吊将部分斜拉索提起，以降低下穿过程中牵引力。

（3）斜拉索的张拉及索力调整

①根据测定的原索力，对新索进行张拉控制，并记录相对应的数据。

②调索应遵循的原则为：调整后索力满足旧索拉拔测定索力。

③调索前计算各级调整值并列出相应的延伸量。

④调索前作好索力检测和其他各种观测的准备工作。

⑤调索按预定级次的相应张拉力，通过电动油泵进油或回油逐级调整索力。如果是降低索力，则先进油使锚圈能够松动，旋开锚环后可回油使斜拉索索力降低。

⑥按照测定的索力分级张拉，各个千斤顶同步之差不大于油表读数的最小分格，索力中值误差小于±5%。

⑦张拉采用索力及桥梁线型双控措施。以桥梁线型为主、索力为辅。采用频振法测索力，测量出频率后换算成梁体或塔体应力，用以指导张拉控制。拉索张拉过程中必须同时进行索塔变位观测并与设计变位值校核。

⑧斜拉索正式张拉分两次，在挂索完成后进行第一次张拉；为了减少温度、日照对张拉和梁体标高的影响，斜拉索的第二次张拉（也叫调索）应定在温度较稳定的时间进行。采用分级张拉，张拉程序为：0→0.15σ→0.30σ→→0.8σ→1.0σ。

⑨调索要求：以桥面线性控制为主，索力为辅的原则进行调索。

⑩索后主梁标高恢复到原桥状态，使桥面线性流畅，索力均匀，梁体结构也能处于较佳工作状态，基本消除徐变、非线性影响，使索力、主梁应力、索塔应力都处于安全的工作范围内。

（4）斜拉索的附属设施安装

①减震器安装

将减振器平推入预埋管后，通过对减振器契块顶压使减振橡胶沿径向膨胀，从而将斜拉索契紧，然后旋紧契块尾部的螺母将契块锁定。然后再按设计要求安装减振器。

②锚头防腐、防水罩安装

先将防水罩下端的密封圈装好，再将防水罩套在索护管上，接着向防水罩内注入密封剂，再将上端密封圈及橡胶防水罩安装好。

斜拉索上端连接装置和下端防水罩以及上下端锚具的保护罩安装需按产品工艺进行。

斜拉索两端预埋管口处的防水罩保证密封。斜拉索两端锚具外露部分涂抹防腐油脂。

斜拉索减震器应根据产品说明进行安装，必须由专业技术人员或在其指导下进行。

7.4.6 拉索更换施工注意事项

（1）旧索放张

应对称进行，尽量保证主塔两侧受力平衡而不产生偏载。

卸索过程中，应全过程跟踪观测梁顶面标高变化，并与理论计算值进行对比，如有异常，应立刻停止斜拉索卸索工作，待找出原因后方可进行。

（2）换索顺序

应逐对更换，并采取双向对称进行方式，更换完成以后。同一索号更换完成后再进行下一索号更换。在更换斜拉索时，每束均按设计给定的索力进行张拉锚定，待同一索号斜拉索全部束均更换完毕后，全部的束再同时张拉进行索力调整，使其达到给定的索力。

（3）新索张拉

张拉新索应缓慢、分级进行；当索力达到设计索力时，持荷 5min,此时需检查更换的新索索力是否达到原有索力，桥面高程是否恢复到换索前的高程。当确认索力和高程恢复到原有的索力和高程时，才可进行下一根拉索的更换。

（4）换索后的索力调整

拉索更换工程中主要技术指标是索力和桥面标高，若对索力的大小及分布控制出现偏差，将会引起斜拉桥主梁内力分布变化，有可能最终使结构偏离原设计的理想状态，因此，换索后需进行必要的索力调整。调索的计算方法主要有影响矩阵法、逼近法、数学规划法等，应结合具体工程进行选择方案反复调整。

调索的原则是应兼顾主梁混凝土应力、主梁线形以及塔位的变化。具体来讲，调索应使主梁的局部下挠有所缓解，尽可能接近竣工线形；同时应使主梁上、下缘混凝土应力适度增减，避免产生过大的拉应力，以保障主梁的安全。

7.5 裂缝灌浆

对结构上、下部存在的所有可见裂缝进行封闭处理。裂缝宽度 W≥0.15mm 的裂缝采用裂缝灌注胶进行低压灌缝处理；裂缝宽度 W＜0.15mm 的裂缝涂抹环氧胶泥进行封缝处理。裂缝灌缝采用低压注胶法，在注入过程中应始终保持 0.2～0.4MPa 的压力，修补材料注入到宽度仅 0.02mm 的裂缝末端，同时均匀缓慢的压力可以将裂缝中积存的空气压入混凝土的毛细孔中，并通过混凝土的自然呼吸过程排出，有效避免产生气阻而确保修补质量。

灌浆胶采用优质 A 级环氧灌缝胶，选用粘度适宜的灌浆胶，确保裂缝之间的胶体能均匀密实地渗透进去。无论产品本身或施工时都不得掺加任何溶剂。裂缝灌注胶的性能应不低于国家标准《混凝土结构加固设计规范》(GB 50367-2013)表 4.6.1 裂缝修补胶(注射剂)或《公路桥梁加固设计规范》（JTG/T J22-2008）要求的基本性能指标，主要设计指标要求如下表：

裂缝灌注胶的性能指标要求

性能项目		试验方法标准	性能指标
钢-钢拉伸抗剪强度标准值 （MPa）		GB/T 7124	≥10
胶	拉伸强度 （MPa）	GB/T2568	≥20
体性能	受拉弹性模量 （MPa）	GB/T 2568	≥1500
	抗弯强度（MPa）	GB/T 2570	≥30，且不得呈脆性（碎裂状）破坏
	抗压强度（MPa）	GB/T 2569	≥50
不挥发物含量（固体含量）（%）		GB/T 14683	≥99

（1）表面处理

① 用钢丝刷沿裂缝走向清理约 5cm 范围的表面混凝土，仔细清理混凝土的表面；

② 锤子和钢纤凿除两侧疏松的混凝土块和沙粒，露出坚实的混凝土表面；

③ 用略潮湿的抹布清除表面的浮尘，并彻底晾干，用丙酮去除表面的油污，如缝内潮湿，要等其充分干燥，必要时可用喷灯烘干。

（2）粘结注入座和密封裂缝

① 制好封口胶，搅拌均匀，用抹刀将少许胶刮在注入座底面的四边，将注入座固定在混凝土上；

② 注入座的布置应掌握以下原则：沿缝的走向，每米约布置 3 个，裂缝分岔处的交叉点应设注入座，选混凝土表面平整处设置，避开剥落部位，对于贯通缝，可在一侧布置注入座，另一侧完全封闭，缝宽较大且内部通畅时，可以按每米 2 个的密度来布置；

③ 封口胶将裂缝密封，与注入座衔接的地方要特别注意。

（3）封口胶的固化：

密封完成后，让封口胶自然固化，注意固化过程中防止其接触水。

（4）注入灌注胶

材料：裂缝灌注胶。

工具：注入器、密封良好的进口黄油枪、加线增强管(内径 9mm，耐压 5kg/cm2 以上）、喉箍(蜗轮蜗杆式，直径 10～16mm）、阀门、过滤器、桶、搅拌棒、丙酮、秤(精确到 10g）、钳子、螺丝刀、生料带）。

注入器种类较多，需根据各注入器的使用说明确定施工工序，一般施工工序如下：

①将注入器的连接端(蓝色）安装在注入座上，把卡口部分的两扣卡紧，用力不要过猛，以免损坏座的颈部，注意使橡胶密封圈处于正常位置。同一条裂缝上的注入器同时安装好；

②按顺序连接工具，螺纹配合处用生料带缠绕密封；

③将灌注胶的两种成分混合搅拌均匀，一次能用完一整套包装的量时不必称量；全部混合即可；用量较少时要分别称量两种成分，按规定配比配合；

④将混合好的胶装入黄油枪，盖好盖。将黄油枪倒置，打开阀门，推动黄油枪活塞，排除

系统中的空气；

⑤当过滤器中有胶流出时，将它连接到注入器的注入端(白色），卡紧卡口，慢慢推动黄油枪的活塞，开始注入。每次推动都要达到活塞的尽头，一般 3～5 秒推动一下。当橡胶管膨胀至充满限制套时停止注入；

⑥一个注入器注完后，先关闭阀门，再小心的脱开白色端的连接，避免蓝色端之间的连接松动，移到下一个注入器继续注入；

⑦水平走向的裂缝从一端开始逐个注入，倾斜或垂直走向的裂缝要从较低一端开始向上推进。如果注入器膨胀后收缩较快，说明该处裂缝深，缝内空间大，要补灌，直到能保持膨胀状态；

⑧操作时要两人配合，一人操作黄油枪，另一人托扶注入器和阀门，不要让注入座的颈部不正常受力。

（5）清洗工具

必须用丙酮反复清洗，除去残余的胶，然后用清水漂洗、晾干。

（6）灌注胶的固化

让灌注胶自行固化，可用手捏注入管以了解固化进程。

（7）保温措施

当施工温度在 5～15℃时，密封胶及注入胶应选用冬季用型号。

7.6 裂缝封闭

对所有宽度小于 0.15mm 的裂缝，无论缝宽大小，在进行裂缝的灌浆过程中一并封闭，不需再做处理。对外表颜色较深的原封缝物均要清除干净，重新采用环氧胶泥刮抹，要求颜色与原混凝土颜色相近，外观平整。

7.7 混凝土表面缺陷处理

混凝土表面修补按照病害情况分两种情况进行处理。对疏松层较浅、病害范围较小的区域采用丙乳砂浆修补，对孔洞及深度超过 6mm 的深层疏松层采用丙乳细石混凝土修补。在用丙乳砂浆或丙乳细石混凝土修补混凝土表面缺陷时，应严格按照丙烯酸脂共聚乳液产品说明和《港口水工建筑物修补加固技术规范》（JTS311—2011）执行。

7.8 丙乳砂浆使用方法及注意事项

丙乳需贮存在 0℃以上的环境中，丙乳砂浆施工要求气温高于 5℃。

一般使用 42.5 级以上的硅酸盐或普通硅酸盐水泥，砂子需过 2.5mm 筛，水泥及砂子均需满足有关规范规定。

施工前须清除基底表面污物、尘土和松软、脆弱部分，并对基面加以喷砂或人工凿毛（深度 1～2mm），然后用清水冲洗干净，施工前应使待施工面处于饱和状态（但不应有积水），在薄层修补区的边缘宜凿一道 3～5cm 的深齿槽，增加修补面与老混凝土的粘结。

根据工程要求，选定灰砂比及丙乳掺量，应选灰砂比 1：（1.5～2）砂浆，丙乳掺量为水泥用量 25～30％。施工前根据现场水泥和砂子及施工和易性要求通过试拌确定水灰比。

丙乳砂浆拌制时，先将水泥、砂子拌均匀，再加入经试拌确定的水量及丙乳，充分拌和均匀，材料必须称量正确，尤其是水和丙乳，拌和过程中不能随意扩大水灰比，每次拌制的砂浆，要求能在 30～45 分钟内使用完，不宜一次拌和过多数量。

在涂抹砂浆时，修补面上需先用丙乳净浆打底，净浆配比为 1kg 丙乳加 2kg 水泥拌制成浆，在净浆未硬化间，即铺筑丙乳砂浆。仰面和立面施工，涂层厚度超过 7mm 时，需分二次抹压，以免重垂脱空，砂浆铺筑到位后，用力压实，随后就抹面，注意向一个方向抹面，不要来回多次抹，不需第二次收光。修补面积较大时，可隔块跳开分段施工。

丙乳砂浆早期干缩偏大，应特别注意加强早期养护，丙乳砂浆表面略干后，宜用农用喷雾器喷雾养护。一昼夜后再洒水养护七天即可自然干燥，在阳光直射或风口部位，注意遮光、保湿。

如果施工面为斜面或曲面，施工应从较低部位开始，然后依次施工到较高部位，修补面积较大宜分段分块间隔施工，以避免砂浆干缩开裂。

7.9 丙乳细石混凝土施工方法及注意事项

采用丙乳细石混凝土配合比参照前述丙乳砂浆配合比由实验室确定，要求一天抗压强度不小于 30MPa，7 天抗压强度不小于 50MPa，28 天抗压强度不小于 60MPa。可添加适量膨胀剂，补偿收缩。

修补施工程序：

①首先将疏松区劣质混凝土凿除，其周边宜凿成规则的多边形，开凿范围以见新鲜密实混凝土为止，开凿区以及孔洞四周边宜做成台阶状，台阶高差以不小于 3cm 为宜。

②剔除开凿表面（新旧混凝土结合面）的浮石，并清洗开凿表面，应使混凝土表面充分润湿。

③在保持结合面湿润但无自由水的情况下，涂刷丙乳净浆，立模浇筑丙乳细石混凝土并振捣密实，终凝后及时拆模覆盖湿麻袋保持潮湿 7 天。

④养护 7 天后，在修补区的外露表面无尘埃、无自由水且湿润的条件下，用丙乳净浆在纵横向分批涂抹。

丙乳细石混凝土施工技术要求与丙乳砂浆施工技术要求基本相似，可参照执行，这里不再赘述。

7.10 钢筋除锈

（1）工艺流程

锈蚀钢筋部位定位→凿除松散混凝土→锈迹清除→涂刷阻锈剂→表面封堵

（2）施工工序

①观察并标出结构物钢筋锈蚀部位；

②沿锈蚀钢筋方向清理混凝土，若钢筋已沿圆周方向全部锈蚀，则需将钢筋全截面凿出，如果结构物的钢筋锈蚀导致钢筋截面少于原直径的 2/3，则需沿该钢筋走势，凿致该钢筋完整处，根据规范要求，搭焊同直径钢筋；

③用钢刷清除钢筋表面的浮锈，使之露出光洁部分，若钢筋发生全截面锈蚀，则一定要进行全截面除锈，否则不能保证施工质量；

④采用烷氧基类或氨基类喷涂型阻锈剂进行防锈、阻锈处理，阻锈剂的质量和性能指标应符合《混凝土结构加固设计规范》（GB50367—2013）表 4.7.2 和表 4.7.3 的规定；

⑤采用丙乳砂浆修复破损部位。

8 换索施工监控要求

换索施工监控的目的是依据施工过程中监测的结构响应及时修正结构计算参数，以更好地指导下一步施工，使换索后结构受力和线形满足设计要求，并保证换索过程中的结构安全。

8.1 监控原则

（1）斜拉索更换完成后的主梁线形应和换索前应保持一致，结构受力控制在材料允许范围内。

（2）新索张拉过程应实行“标高、索力双控”模式，以主梁标高控制为主以索力控制或调整为辅。

（3）更换过程中如发现主梁标高、索力偏差或变化较大，应立即叫停施工，查明原因并进行相应整改后方可继续施工

（4）充分考虑昼夜温差影响，在温度较均匀的凌晨到日出前进行换索量测。

（5）充分考虑主梁结构的空间效应。

8.2 施工监控内容

换索施工监控应包含的主要内容有：斜拉索张拉施工监控、主梁状态监控、主塔状态监控、索力监控等。重点监控项目包括相邻索力监测、主梁应力应变监测、主塔偏移量监测、主梁线形监测、斜拉索张拉过程中张拉力及伸长量监测等。

（1）索力监测

索力监测主要是针对待更换索的临近拉索，在换索前、换索中（旧索分级卸载过程、旧索拆除完成、新索分级张拉过程）、换索后对其拉索索力进行测量监控。施工前应对全桥所有斜拉索索力进行测量，新索全部安装完成后应对全桥斜拉索索力再次进行测量复核。

（2）应力（应变）增量监测

主梁应力（应变）监测主要是指对即将更换的斜拉索所在的混凝土纵梁、桥面板、横隔板等关键断面的应力（应变）进行监测。斜拉索更换前后，关键断面和部位的混凝土表面应力（应变）应基本保持一致，或偏差量应在允许范围之内。

（3）主梁变形及主塔偏位监测

主塔变形监测应在塔顶安装变位观测点，在换索施工过程中实时观测塔顶变位情况，在每根斜拉索拆除及更换施工结束后必须对塔顶偏位进行观测并记录。

主梁线形监测应在典型断面梁底安装观测点，在斜拉索拆除、新索安装等工况对主梁典型断面标高变化形进行观测并记录。

（4）裂缝观测

换索过程中，结构受力薄弱部位和受力较大的部位，以及已出现裂缝的部位，有可能出现新裂缝或原有裂缝继续扩展，须在换索、调索过程中连续观测。当出现异常情况时，应立即叫停施工，待研究分析后，优化调索方案，并须采取有效措施保证结构安全。

（5）结构温度的监测

结构温度是影响主梁变形的重要因素之一，在换索过程中，应加强对结构各控制截面的温度进行测量记录。

9 其它施工注意事项

（1）本设计中未提及的有关施工规定，均须严格按照《公路桥涵施工技术规范》（JTG/T3650—2020）、《公路桥梁加固施工技术规范》（JTG/T J23—2008）等有关标准、规范、规程执行；有关标准、规范、规程等若有新版本则按新版本执行， 当不同规范的条文要求不

一致时，应按高标准执行。

（2）质量验收标准为《公路工程质量评定检验评定标准》（JTG F80/1—2017）、《公路桥涵施工技术规范》（JTG/T3650—2020）、《公路桥梁加固施工技术规范》（JTG/TJ23—2008）等有关标准规范；相关规范若有新版本则按新版本执行。

（3）开工前，施工单位应仔细阅读并复核设计文件、图纸及相关基础资料，领会设计意图，必要时应进行补充调查，施工单位必须按照图纸及有关说明的要求施工，若有疑问应及时向监理工程师提出，并经业主转设计单位。

（4）请施工单位自行踏勘、调查，须充分考虑现状条件对施工带来的困难，自行考虑，做好交通组织方案及应急预案，保证施工安全、质量。

（5）图纸中所有列出材料，均要求厂家出示国家规定单位的检验证书，进场后的原材料必须进行工地检验，确认合格后方能使用。不得使用非正式厂家生产的或无检验证的低、劣质钢材及其他原材料。

（6）斜拉索原设计设置有螺旋线以防止风雨振，采用防火体系后桥面以上 15m 高度范围护套螺旋线遭到破坏，应采用带有螺旋线的 HDPE 套管恢复其外观，确保斜拉索防风雨振性能无较大改变。

（7）正式施工前应先进行试验段施工，以确保施工工艺、施工方案可行。

（8）施工期间，交通组织和安全风险管理至关重要。施工组织方案、交通组织方案及应急预案应经专项评审或监理工程师批准后方可实施。

（9）危大工程风险源提示

根据住房城乡建设部办公厅关于实施《危险性较大的分部分项工程安全管理规定》有关问题的通知的要求，现列出本次设计范围内的涉及危险性较大的分部分项工程。

①高空作业。斜拉索防火相关工程施工整个流程均属于高空作业，进行缆索系统施工时，攀登和悬空高处作业人员以及搭设高处作业安全设施的人员，必须经过专业技术培训，并定期进行体格检查。患有高血压、心脏病及酒后、精神不振者严禁从事缆索系统施工。作业人员拴安全带、戴安全帽、穿防滑鞋。高空作业人员配给工具袋。小型工具及材料放入袋内，较大的工具，拴好保险绳。不得随手乱放，防止坠落伤人，严禁从高空向下乱扔乱丢。

②起重吊装。起重设备应有检测合格证明。起重机械操作人员取得操作合格证，不准将机械设备交给无本机操作证的人员操作，对机械操作人员要建立档案，专人管理。操作人员按照机械说明规定，严格执行工作前的检查制度和工作中注意观察、工作后的检查保养制度。保持机械操作室整洁，严禁存放易燃易爆物品。不酒后操作机械，机械不带病运转、超负荷运转。起重作业严格按照《建筑机械使用安全技术规程》（JGJ 33—2012）和《建筑安装工人安全技术操作规程》规定的要求执行。起重臂下严禁站人。定期组织机电设备安全大检查。对检查中查出的安全问题按照“三不放过”原则进行调查处理，制定防范措施，防止机械事故的发生。

③火灾和毒气挥发风险。防腐材料为易燃物质，各种溶剂多为有毒或易燃液体，挥发出的气体与空气混合可成为爆炸性气体,为此现场应设置专用库房，材料库房应能通风并备置消防器材。施工单位应制定详细有效的环保措施，控制施工过程中的环境污染。涂料产品的有机挥发物含量(VOC)应符合国家有关法律法规要求。

10 施工交通组织及施工安排

10.1 施工交通组织

10.1.1 方案论述

针对大桥全部更换拉索施工周期长、风险高、对交通影响大的特点，对桥梁换索的多种方案进行了结构计算模拟。根据审查意见及计算结果，推荐半幅封闭的施工方案。

由于桥上作业面狭窄、桥梁规模大、不确定因素较多，换索施工风险很大，施工单位应根据桥梁具体施工进度情况及当地交管部门的要求制定安全可靠的交通组织设计方案。交通组织设计方案还应结合本线路韧性提升工程其它临近工点的交通组织实施情况，统筹考虑实施。

推荐采用半幅封闭半幅施工方案，总工期约 12 个月。

10.1.2 建议导行方案

在占道施工前，提前 10 天向社会发布公告，告知广大市民提前做好出行安排。在拟更换索半幅车道区域，封闭交通，占用 2 个车道；另半幅两个车道供车辆双向通行。

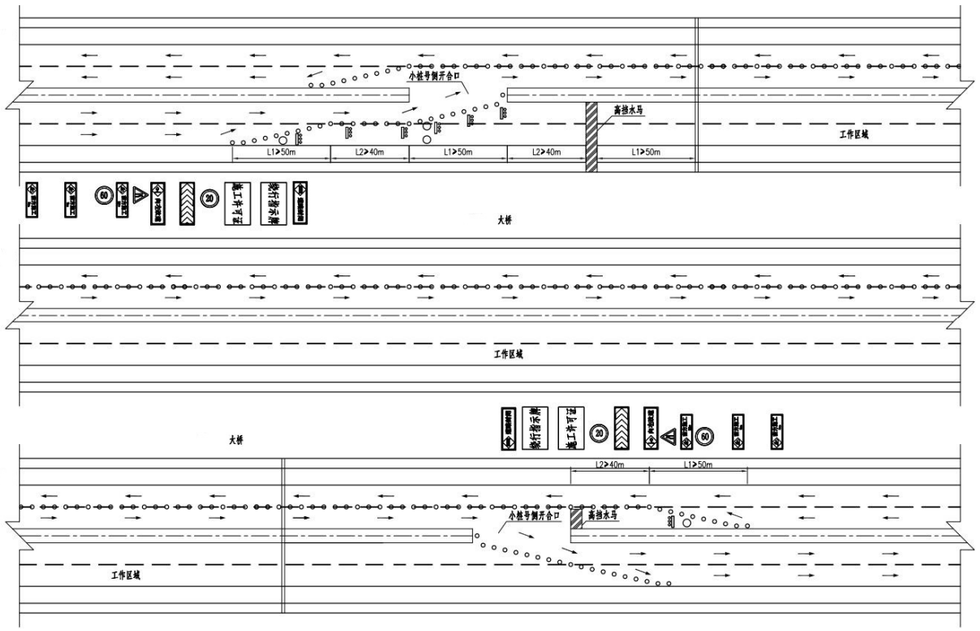
封闭区域前方设置提示区、缓冲区。

为保障安全和施工便利，在桥塔区域纵桥向 18m 范围内搭设承重防护棚。承重防护棚要求具有足够的强度、刚度和稳定性，并且横桥向跨越机动车道，以保证施工作业安全。由于本桥位于高速公路上，过往车辆较多，导行区域承重防护棚采用双层防护棚。

封闭区域塔柱下方不设置防护棚，仅车辆通行半幅设置防护棚。



交通管制及防护棚示意



交通管制平面图

本维修加固工程对交通运营有较大的影响，为保证施工期间交通的正常运作，还应注意以下几点：

①施工期间采取措施对过往车辆进行提前有效分流，主要路口设置引导标志牌，并通过各种渠道广播限行路段，提前引导车辆变更路线，减少交通的拥堵。

②施工期间应严格按《公路养护安全作业规程》（JTG H30-2015）设置施工标志、限速标志、反光锥形交通路标和其他安全设施；联系交警部门，施工临时交通管制时间，周围设立醒目警示标志，安排专人职守，以免影响施工。设立安全警戒线和警示牌：警戒范围不小于 200m，安全警示牌应标明警示语。

③施工单位应根据桥梁维修加固内容做好完善的施工组织计划和详细的施工方案，合理安排施工各环节工序，达到施工连续不中断，并尽可能减少施工对交通的影响。

10.2 施工安排

加固施工应对称、均衡地进行。

提升改造施工工期预计为 12 个月。

施工总体安排

时间 工作内容	第 1 月	第 2 月	第 3 月	第 4 月	第 5 月	第 6 月	第 7 月	第 8 月	第 9 月	第 10 月	第 11 月	第 12 月
施工准备、交通维护、搭设施工平台	—											
左幅铺装拆除	—											
左幅拉索更换		—	—	—	—							
左幅桥面系改造					—	—						
左幅调索						—						
右幅铺装拆除							—					
右幅拉索更换							—	—	—	—		
右幅桥面系改造											—	
全桥索力复测调整												—
裂缝处理+局部病害修补+护栏提升				—	—					—	—	
拉索防火套及附件安装					—						—	
拆除临时设备、恢复交通												—

11 问题与建议

（1）本设计根据检测报告反映病害进行分析和设计，并以此为依据提出提升设计方案。本设计中桥梁构件编号与检测报告同检测报告。

（2）维修施工后，应严格限制超载车辆通行，避免桥跨结构处于超负荷的状态，延长桥梁使用期限。加强日常检查和定期检测，发现问题及时处理。

（3）加固用到的关键材料都应进行抽样检测，由监理现场鉴封处理后送至鉴定单位（要求鉴定单位具备相应资质）检测，各项指标应达到国家及行业相应技术规范和规程的要求。未尽事宜应严格遵照《公路桥涵施工技术规范》（JTG/T 3650-2020）、《公路桥梁加固施工技术规范》（JTG/T J23-2008）及《混凝土结构加固设计规范》（GB 50367-2013）的相关条款进行。

（4）**为保证大桥拉索更换施工质量、施工安全，建议选择承担大桥拉索更换工程的施工方应具有相应专业承包资质和丰富的拉（吊）索更换施工和监控经验的专业队伍和专业人员**

承担。监理单位应全过程旁站监督，以保证本次拉索更换的整体质量，达到拉索更换预期的目的。

（5）桥梁维护施工期间，施工单位应采取措施确保交通安全。防止施工单位采用有损于结构构件的工艺、方法或机具等，维修措施必须征得设计和监理单位的同意。

（6）本施工图设计以检测报告反映病害内容和数量为依据，施工中如发现新的缺陷、病害及与本文件不一致的地方，应及时与业主、监理工程师、设计单位取得联系，共同商定解决办法。工程数量以业主、监理确认的现场实际发生工程数量为准。

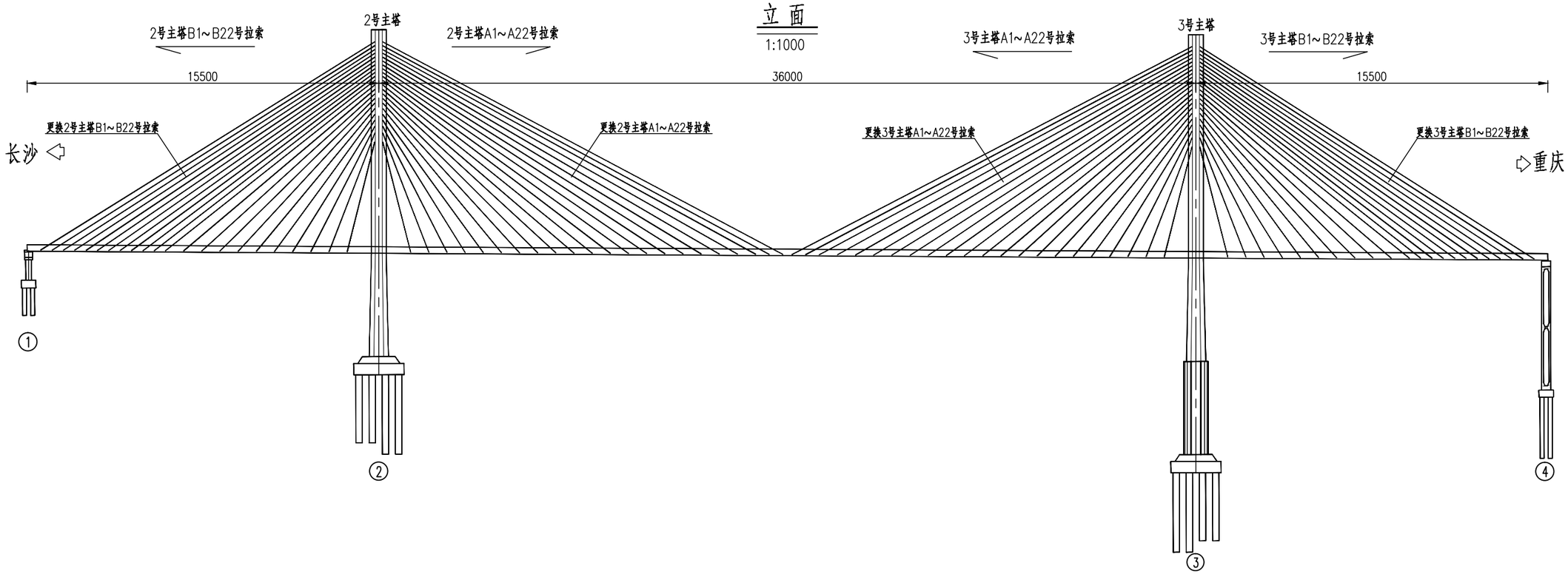
（7）施工过程中应对桥梁关键部位进行监测。

（8）其它未尽事宜，由设计单位、监理工程师、施工单位及业主协商解决。

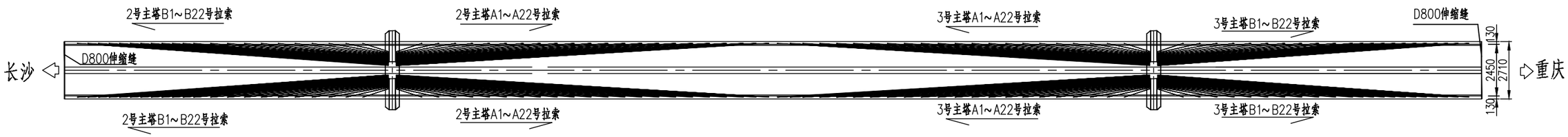
武陵山特大桥安全任性提升工程数量汇总表

项目		单位	斜拉索	桥面铺装	其他	合计
混凝土	沥青混凝土	m^3		1259.6		1259.6
防水层		m^2		1417.1		1417.1
拆除原桥铺装		m^3		15745.0		15745.0
引桥精铣刨2.0cm原沥青路面		m^2		1574.5		1574.5
引桥铺筑高粘高弹改性沥青碎石封层		m^2		3300.0		3300.0
引桥铺筑2cm高粘高弹改性沥青SMA-8		m^2		3300.0		3300.0
铺装D16植筋孔		个		3300.0		3300.0
植筋胶		升		174945.0		174945.0
钢筋	HRB400	kg		22512.0		22512.0
斜拉索	PES(C)7-139	t	89.1			89.1
	PES(C)7-163	t	195.8			195.8
	PES(C)7-199	t	330.9			330.9
	PES(C)7-223	t	378.8			378.8
	PES(C)7-241	t	246.3			246.3
	PES(C)7-283	t	59.6			59.6
拆除原桥拉索			1300.5			1300.5
斜拉索锚具	LZM7-139	套	64			64.0
	LZM7-163	套	80			80.0
	LZM7-199	套	100			100.0
	LZM7-223	套	68			68.0
	LZM7-241	套	40			40.0
	LZM7-283	套	8			8.0
拆除原桥拉索锚具		套	360			360.0
支座除锈		m^2			0.5	0.5
伸缩缝更换橡胶带		m			542.0	542.0
病害处治	裂缝封闭	m			5460.0	5460.0
	裂缝灌胶	m			300.3	300.3
	混凝土破损	m^2			54.0	54.0
斜拉索索体防火	环氧防火涂料	m^2			576.9	576.9
	增强高温纤维网	m^2			288.4	288.4
	氟碳面漆	m^2			576.9	576.9
	5mm高硅氧铝硅气凝胶毡	m^2			3448.1	3448.1
	0.7mm不锈钢	m^2			1724.1	1724.1
	PVF缠包带	m^2			1724.1	1724.1
	带螺旋线的HDPE套管	m^2			1724.1	1724.1

立面
1:1000



平面
1:1000



安全韧性提升方案:

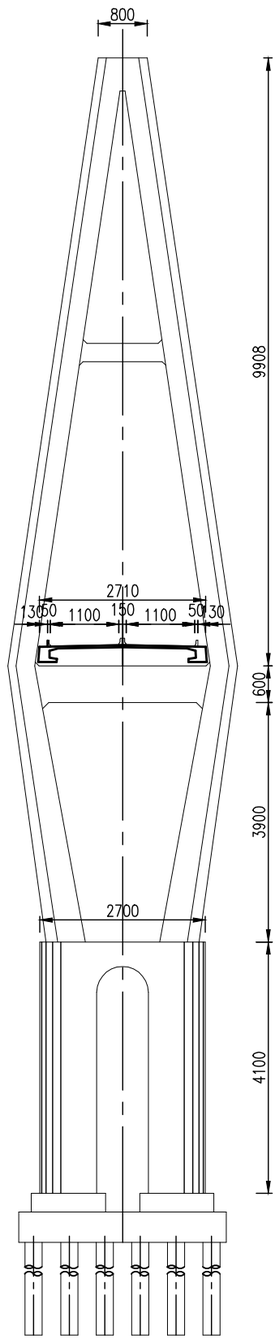
1、更换全桥拉索。
2、桥面垂直高度15m范围内，对拉索进行外包防火套处理。
3、裂缝及混凝土表观病害处治。
4、支座除锈。
5、更换铺装为：4cmSMA-13改性沥青混凝土+6cmGAC-20C改性沥青混凝土。
6、伸缩缝更换橡胶带。

注：

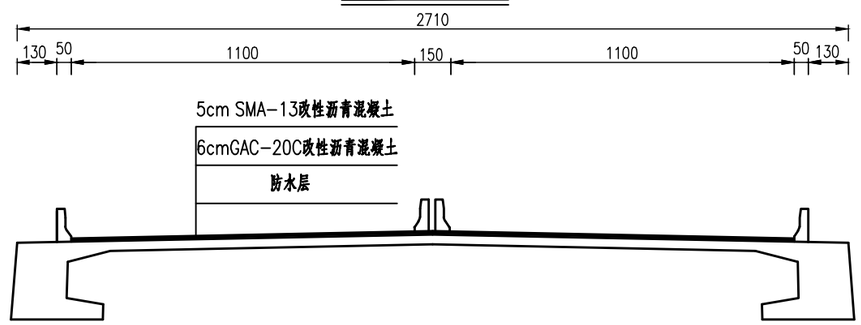
1、本图除注明外，其余均以厘米计。
2、荷载标准：公路Ⅰ级。
3、武陵山特大桥起讫点桩号分别为YK62+225.57和K63+058。起点至K62+305.105位于分离式路基段，K62+305.105至终点为整体式路基段，纵坡-0.6%。
4、全桥桥跨布置：30+（155+360+155）+4x30米，其中主桥155+360+155米部分为预应力混凝土斜拉桥。1、4号桥墩各设一道D-800型伸缩缝。

北京交科公路勘察设计研究院有限公司 北京公科固桥技术有限公司	G65包茂高速公路彭水至酉阳段 安全韧性提升项目两阶段施工图设计	武陵山特大桥安全韧性提升工程总体布置图	设计		复核		审核		审定		图号	S4-2-1-2

索塔断面



主梁标准横断面



安全韧性提升方案:

1、更换全桥拉索。
2、桥面垂直高度15m范围内，对拉索进行外包防火套处理。
3、裂缝及混凝土表观病害处治。
4、支座除锈。
5、更换铺装为：4cmSMA-13改性沥青混凝土+6cmGAC-20C改性沥青混凝土。
6、伸缩缝更换橡胶带。

注：

1、本图除注明外，其余均以厘米计。

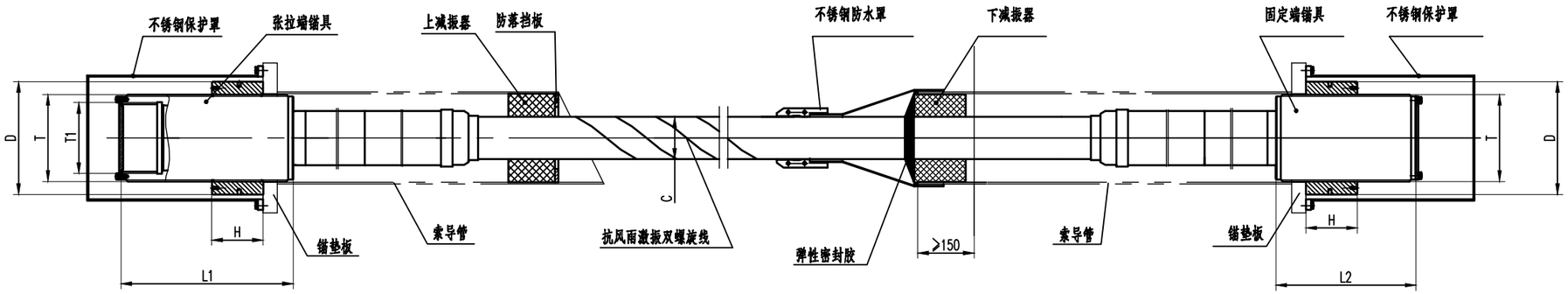
2、荷载标准：公路Ⅰ级。

3、武陵山特大桥起讫点桩号分别为YK62+225.57和K63+058。起点至K62+305.105位于分离式路基段，K62+305.105至终点为整体式路基段，纵坡-0.6%。

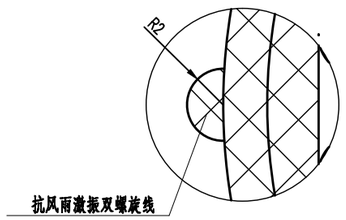
4、全桥桥跨布置：30+（155+360+155）+4x30米，其中主桥155+360+155米部分为预应力混凝土斜拉桥。1、4号桥墩各设一道D-800型伸缩缝。

北京交科公路勘察设计研究院有限公司 北京公科固桥技术有限公司	G65包茂高速公路彭水至酉阳段 安全韧性提升项目两阶段施工图设计	武陵山特大桥安全韧性提升工程总体布置图	设计		复核		审核		审定		图号	S4-2-1-2

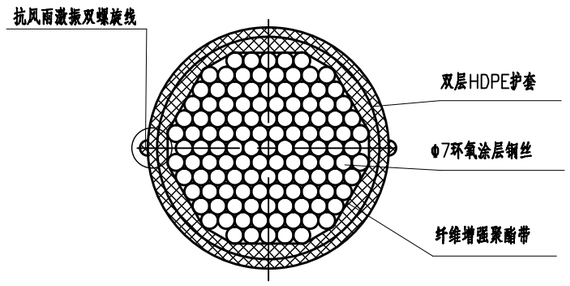
斜拉索构造示意



A大样



拉索断面构造示意



拉索主要参数表

拉索规格	T	T1	L1	L2	D	H	C	钢束面积	斜拉索钢丝单位重	张拉端锚具	固定端锚具	对应斜拉索编号	
mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	(cm²)	(kg/m)	(套)	(套)	2#塔	3#塔
PES(C)7-139	Tr250x12	Tr180x12	460	350	Φ325	135	Φ117	53.49	42.0	32	32	A2~A5,B2~B5	A2~A5,B2~B5
PES(C)7-163	Tr270x12	Tr195x12	510	375	Φ350	135	Φ124	62.73	49.2	40	40	A6~A8,B6~B12	A6~A8,B6~B12
PES(C)7-199	Tr300x14	Tr215x14	540	395	Φ385	155	Φ134	76.58	60.1	50	50	0、A1、A9~A15,B1、B13、B14	0、A1、A9~A16,B1、B13、B14
PES(C)7-223	Tr315x14	Tr225x14	575	410	Φ405	180	Φ145	85.82	67.4	34	34	A16~A21,B15~B17	A17~A21,B15~B17
PES(C)7-241	Tr330x16	Tr235x16	585	415	Φ425	180	Φ148	92.75	72.8	20	20	A22,B18~B21	A22,B18~B21
PES(C)7-283	Tr345x16	Tr245x16	610	425	Φ445	200	Φ158	108.91	85.5	4	4	B22	B22

技术要求

1、本图尺寸均以毫米计；

2、拉索钢丝采用环氧涂层钢丝。钢丝强度等级1860MPa，满足GB/T25835-2010《缆索用环氧涂层钢丝》的相关要求；松弛率≤4.5%(0.7 σb，1000h,20℃)；

3、拉索索体采用双层PE护套，拉索性能满足JT/T 775-2016《大跨度斜拉桥平行钢丝拉索》和GB/T 18365-2018《斜拉桥用热挤聚乙烯高强钢丝拉索》标准要求；拉索索体表面设置抗风雨激振双螺旋线,螺旋线螺距为8倍索径±50mm，高度约2mm；

4、锚具为冷铸锚具，锚杯材料采用:42CrMo，螺母材料采用:40Cr，锚具表面采用粉末渗锌+封闭漆防腐工艺，总厚度80~120 μm；

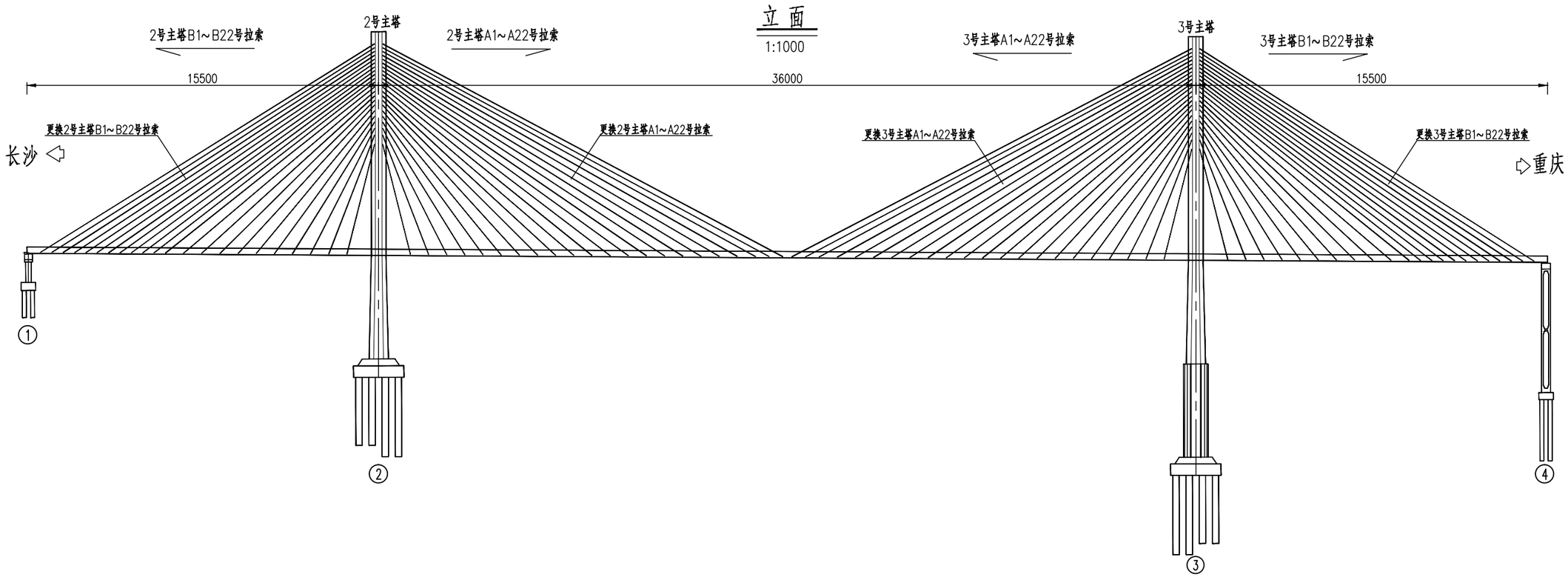
5、内置减振器及不锈钢防水罩采用厂家定型产品；

6、斜拉索张拉到位后，两端锚头均应设置不锈钢保护罩(材质：022Cr17Ni12Mo2)，梁端保护罩采用可视化锚具保护罩(可视化采用设置可视化树脂实现)，保护罩内锚头表面均匀涂抹油性蜡，油性蜡性能指标满足GB/T 30826-2014《斜拉桥钢绞线拉索技术条件》中6.1.1.6中表2的要求；在桥梁使用过程中应定期对锚具进行复查、补涂，防止锚具锈蚀；

7、下减振器安装后需在上端面覆盖弹性密封胶，将索体与索导管口的间隙完全封堵，与防水罩一起在管口形成双重密封措施；

8、挂索施工完成后，拉索锚具外露表面须作等同桥梁钢结构防腐要求的二次防腐，由施工方自行负责。

北京交科公路勘察设计研究院有限公司 北京公科固桥技术有限公司	G65包茂高速公路彭水至酉阳段 安全韧性提升项目两阶段施工图设计	斜拉索更换构造图	设计	赵炳明	复核	曾聚	审核	张志旺	审定		图号	S4-2-1-3



注：

1、本图除注明外，其余均以厘米计。

2、斜拉索编号：

0为0号索，A1~A22为中跨斜拉索，B1~B22为边跨斜拉索。

北京交科公路勘察设计研究院有限公司 北京公科固桥技术有限公司	G65包茂高速公路彭水至酉阳段 安全韧性提升项目两阶段施工图设计	斜拉索编号示意图	设计		复核		审核		审定		图号	S4-2-1-4

2号塔单侧斜拉索工程数量表

斜拉索编号	斜拉索规格	斜拉索无应力下料长度L(m)	斜拉索钢丝单位重(Kg/m)	单根斜拉索钢丝重(t)	斜拉索锚具型号	张拉端锚具数量(套)
B22	PES(C)7-283	173.93	85.5	14.871	LMZ7-283	2
B21	PES(C)7-241	168.8	72.8	12.289	LMZ7-241	2
B20	PES(C)7-241	163.695	72.8	11.917	LMZ7-241	2
B19	PES(C)7-241	158.581	72.8	11.545	LMZ7-241	2
B18	PES(C)7-241	153.492	72.8	11.174	LMZ7-241	2
B17	PES(C)7-223	148.439	67.4	10.005	LMZ7-223	2
B16	PES(C)7-223	143.376	67.4	9.664	LMZ7-223	2
B15	PES(C)7-223	138.354	67.4	9.325	LMZ7-223	2
B14	PES(C)7-199	133.264	60.1	8.009	LMZ7-199	2
B13	PES(C)7-199	128.258	60.1	7.708	LMZ7-199	2
B12	PES(C)7-163	123.246	49.2	6.064	LMZ7-163	2
B11	PES(C)7-163	118.133	49.2	5.812	LMZ7-163	2
B10	PES(C)7-163	110.719	49.2	5.447	LMZ7-163	2
B9	PES(C)7-163	103.453	49.2	5.090	LMZ7-163	2
B8	PES(C)7-163	96.339	49.2	4.740	LMZ7-163	2
B7	PES(C)7-163	89.426	49.2	4.400	LMZ7-163	2
B6	PES(C)7-163	82.337	49.2	4.051	LMZ7-163	2
B5	PES(C)7-139	75.483	42.0	3.170	LMZ7-139	2
B4	PES(C)7-139	69.002	42.0	2.898	LMZ7-139	2
B3	PES(C)7-139	62.862	42.0	2.640	LMZ7-139	2
B2	PES(C)7-139	56.99	42.0	2.394	LMZ7-139	2
B1	PES(C)7-199	51.154	60.1	3.074	LMZ7-199	2
0	PES(C)7-199	51.884	60.1	3.118	LMZ7-199	2
A1	PES(C)7-199	51.316	60.1	3.084	LMZ7-199	2
A2	PES(C)7-139	57.288	42.0	2.406	LMZ7-139	2
A3	PES(C)7-139	63.152	42.0	2.652	LMZ7-139	2
A4	PES(C)7-139	69.376	42.0	2.914	LMZ7-139	2
A5	PES(C)7-139	75.91	42.0	3.188	LMZ7-139	2
A6	PES(C)7-163	82.827	49.2	4.075	LMZ7-163	2
A7	PES(C)7-163	89.925	49.2	4.424	LMZ7-163	2
A8	PES(C)7-163	96.9	49.2	4.767	LMZ7-163	2
A9	PES(C)7-199	104.097	60.1	6.256	LMZ7-199	2
A10	PES(C)7-199	111.408	60.1	6.696	LMZ7-199	2
A11	PES(C)7-199	118.812	60.1	7.141	LMZ7-199	2
A12	PES(C)7-199	126.344	60.1	7.593	LMZ7-199	2
A13	PES(C)7-199	133.794	60.1	8.041	LMZ7-199	2
A14	PES(C)7-199	141.287	60.1	8.491	LMZ7-199	2
A15	PES(C)7-199	148.878	60.1	8.948	LMZ7-199	2
A16	PES(C)7-223	156.643	67.4	10.558	LMZ7-223	2
A17	PES(C)7-223	164.343	67.4	11.077	LMZ7-223	2
A18	PES(C)7-223	172.07	67.4	11.598	LMZ7-223	2
A19	PES(C)7-223	179.867	67.4	12.123	LMZ7-223	2
A20	PES(C)7-223	187.711	67.4	12.652	LMZ7-223	2
A21	PES(C)7-223	193.777	67.4	13.061	LMZ7-223	2
A22	PES(C)7-241	199.809	72.8	14.546	LMZ7-241	2

北京交科公路勘察设计研究院有限公司 北京公科固桥技术有限公司	G65包茂高速公路彭水至酉阳段 安全韧性提升项目两阶段施工图设计	斜拉索编号示意图	设计		复核		审核		审定		图号	S4-2-1-5

3号塔单侧斜拉索工程数量表

斜拉索编号	斜拉索规格	斜拉索无应力下料长度（m）	斜拉索钢丝单位重（Kg/m）	单根斜拉索钢丝重（t）	斜拉索锚具型号	张拉端锚具数量（套）
A22	PES(C)7-241	198.822	72.8	14.474	LMZ7-241	2
A21	PES(C)7-223	192.81	67.4	12.995	LMZ7-223	2
A20	PES(C)7-223	186.766	67.4	12.588	LMZ7-223	2
A19	PES(C)7-223	178.947	67.4	12.061	LMZ7-223	2
A18	PES(C)7-223	171.176	67.4	11.537	LMZ7-223	2
A17	PES(C)7-223	163.452	67.4	11.017	LMZ7-223	2
A16	PES(C)7-199	155.755	60.1	9.361	LMZ7-223	2
A15	PES(C)7-199	148.13	60.1	8.903	LMZ7-199	2
A14	PES(C)7-199	140.566	60.1	8.448	LMZ7-199	2
A13	PES(C)7-199	133.036	60.1	7.995	LMZ7-199	2
A12	PES(C)7-199	125.616	60.1	7.550	LMZ7-199	2
A11	PES(C)7-199	118.118	60.1	7.099	LMZ7-199	2
A10	PES(C)7-199	110.749	60.1	6.656	LMZ7-199	2
A9	PES(C)7-199	103.474	60.1	6.219	LMZ7-199	2
A8	PES(C)7-163	96.31	49.2	4.738	LMZ7-163	2
A7	PES(C)7-163	89.385	49.2	4.398	LMZ7-163	2
A6	PES(C)7-163	82.333	49.2	4.051	LMZ7-163	2
A5	PES(C)7-139	75.47	42.0	3.170	LMZ7-139	2
A4	PES(C)7-139	68.993	42.0	2.898	LMZ7-139	2
A3	PES(C)7-139	62.834	42.0	2.639	LMZ7-139	2
A2	PES(C)7-139	57.042	42.0	2.396	LMZ7-139	2
A1	PES(C)7-199	51.127	60.1	3.073	LMZ7-199	2
0	PES(C)7-199	51.882	60.1	3.118	LMZ7-199	2
B1	PES(C)7-199	51.294	60.1	3.083	LMZ7-199	2
B2	PES(C)7-139	57.302	42.0	2.407	LMZ7-139	2
B3	PES(C)7-139	63.161	42.0	2.653	LMZ7-139	2
B4	PES(C)7-139	69.389	42.0	2.914	LMZ7-139	2
B5	PES(C)7-139	75.928	42.0	3.189	LMZ7-139	2
B6	PES(C)7-163	82.851	49.2	4.076	LMZ7-163	2
B7	PES(C)7-163	89.957	49.2	4.426	LMZ7-163	2
B8	PES(C)7-163	96.941	49.2	4.769	LMZ7-163	2
B9	PES(C)7-163	104.081	49.2	5.121	LMZ7-163	2
B10	PES(C)7-163	111.396	49.2	5.481	LMZ7-163	2
B11	PES(C)7-163	118.846	49.2	5.847	LMZ7-163	2
B12	PES(C)7-163	123.997	49.2	6.101	LMZ7-163	2
B13	PES(C)7-199	129.007	60.1	7.753	LMZ7-199	2
B14	PES(C)7-199	134.035	60.1	8.056	LMZ7-199	2
B15	PES(C)7-223	139.131	67.4	9.377	LMZ7-223	2
B16	PES(C)7-223	144.175	67.4	9.717	LMZ7-223	2
B17	PES(C)7-223	149.261	67.4	10.060	LMZ7-223	2
B18	PES(C)7-241	154.4	72.8	11.240	LMZ7-241	2
B19	PES(C)7-241	159.487	72.8	11.611	LMZ7-241	2
B20	PES(C)7-241	164.622	72.8	11.984	LMZ7-241	2
B21	PES(C)7-241	169.737	72.8	12.357	LMZ7-241	2
B22	PES(C)7-283	174.877	85.5	14.952	LMZ7-283	2

全桥斜拉索工程数量表

斜拉索规格	斜拉索钢丝单位重(Kg/m)	斜拉索钢丝重量(t)	斜拉索钢丝总重(t)	斜拉索锚具型号	张拉端锚具数量(套)
PES(C)7-139	42	89.055	1300.5	LZM7-139	64
PES(C)7-163	49.2	195.757		LZM7-163	80
PES(C)7-199	60.1	330.945		LZM7-199	100
PES(C)7-223	67.4	378.828		LZM7-223	68
PES(C)7-241	72.8	246.274		LZM7-241	40
PES(C)7-283	85.5	59.646		LZM7-283	8

注：

1、本图尺寸除注明者外，余均以厘米计。

2、每种编号的斜拉索全桥共2根。

3、表中斜拉索索力是指塔端空间索力。

4、由于牵索挂篮施工的需要斜拉索在塔上、梁上均设置了张拉端锚具。

5、本桥斜拉索采用Φ7mm高强平行钢丝，σb=1860Mpa。

6、A9~A22、B9~B22号斜拉索采用体外减振器，全桥共112套。

北京交科公路勘察设计研究院有限公司 北京公科固桥技术有限公司	G65包茂高速公路彭水至酉阳段 安全韧性提升项目两阶段施工图设计	斜拉索编号示意图	设计		复核		审核		审定		图号	S4-2-1-5

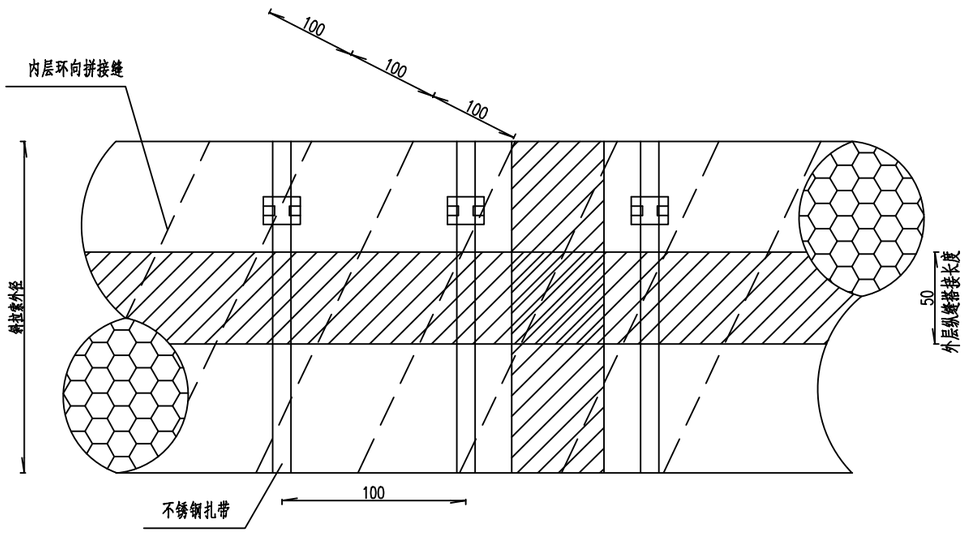
2#塔斜拉索索力表

拉索位置及编号	计算索力	拉索位置及编号	计算索力	拉索位置及编号	计算索力
2# 塔边跨左侧B1#拉索	4469.4	2# 塔中跨左侧A9#拉索	3698.6	2# 塔边跨右侧B17#拉索	4948.0
2# 塔边跨左侧B2#拉索	3120.4	2# 塔中跨左侧A10#拉索	3814.5	2# 塔边跨右侧B18#拉索	5063.8
2# 塔边跨左侧B3#拉索	3083.1	2# 塔中跨左侧A11#拉索	3929.6	2# 塔边跨右侧B19#拉索	5105.4
2# 塔边跨左侧B4#拉索	3031.6	2# 塔中跨左侧A12#拉索	4144.2	2# 塔边跨右侧B20#拉索	4994.2
2# 塔边跨左侧B5#拉索	3011.7	2# 塔中跨左侧A13#拉索	4218.3	2# 塔边跨右侧B21#拉索	5100.6
2# 塔边跨左侧B6#拉索	3071.5	2# 塔中跨左侧A14#拉索	4309.1	2# 塔边跨右侧B22#拉索	5649.2
2# 塔边跨左侧B7#拉索	3066.2	2# 塔中跨左侧A15#拉索	4345.3	2# 塔中跨右侧A1#拉索	4320.7
2# 塔边跨左侧B8#拉索	2968.2	2# 塔中跨左侧A16#拉索	4410.2	2# 塔中跨右侧A2#拉索	3022.2
2# 塔边跨左侧B9#拉索	2824.5	2# 塔中跨左侧A17#拉索	4457.0	2# 塔中跨右侧A3#拉索	3024.7
2# 塔边跨左侧B10#拉索	2698.8	2# 塔中跨左侧A18#拉索	4424.5	2# 塔中跨右侧A4#拉索	3033.1
2# 塔边跨左侧B11#拉索	2567.9	2# 塔中跨左侧A19#拉索	4332.8	2# 塔中跨右侧A5#拉索	3098.0
2# 塔边跨左侧B12#拉索	3007.4	2# 塔中跨左侧A20#拉索	4124.2	2# 塔中跨右侧A6#拉索	3300.7
2# 塔边跨左侧B13#拉索	3890.1	2# 塔中跨左侧A21#拉索	4353.3	2# 塔中跨右侧A7#拉索	3437.2
2# 塔边跨左侧B14#拉索	4211.7	2# 塔中跨左侧A22#拉索	4924.1	2# 塔中跨右侧A8#拉索	3541.1
2# 塔边跨左侧B15#拉索	4704.0	2# 塔边跨右侧B1#拉索	4470.9	2# 塔中跨右侧A9#拉索	3690.0
2# 塔边跨左侧B16#拉索	4975.8	2# 塔边跨右侧B2#拉索	3121.2	2# 塔中跨右侧A10#拉索	3804.4
2# 塔边跨左侧B17#拉索	4947.8	2# 塔边跨右侧B3#拉索	3084.0	2# 塔中跨右侧A11#拉索	3914.8
2# 塔边跨左侧B18#拉索	5064.3	2# 塔边跨右侧B4#拉索	3033.0	2# 塔中跨右侧A12#拉索	4123.2
2# 塔边跨左侧B19#拉索	5106.7	2# 塔边跨右侧B5#拉索	3014.0	2# 塔中跨右侧A13#拉索	4189.3
2# 塔边跨左侧B20#拉索	4996.2	2# 塔边跨右侧B6#拉索	3075.6	2# 塔中跨右侧A14#拉索	4342.7
2# 塔边跨左侧B21#拉索	5103.2	2# 塔边跨右侧B7#拉索	3072.5	2# 塔中跨右侧A15#拉索	4368.9
2# 塔边跨左侧B22#拉索	5660.0	2# 塔边跨右侧B8#拉索	2951.4	2# 塔中跨右侧A16#拉索	4429.6
2# 塔中跨左侧A1#拉索	4319.6	2# 塔边跨右侧B9#拉索	2818.8	2# 塔中跨右侧A17#拉索	4472.5
2# 塔中跨左侧A2#拉索	3022.1	2# 塔边跨右侧B10#拉索	2692.1	2# 塔中跨右侧A18#拉索	4438.1
2# 塔中跨左侧A3#拉索	3024.8	2# 塔边跨右侧B11#拉索	2560.7	2# 塔中跨右侧A19#拉索	4346.2
2# 塔中跨左侧A4#拉索	3033.6	2# 塔边跨右侧B12#拉索	2999.7	2# 塔中跨右侧A20#拉索	4138.8
2# 塔中跨左侧A5#拉索	3098.9	2# 塔边跨右侧B13#拉索	3879.9	2# 塔中跨右侧A21#拉索	4369.7
2# 塔中跨左侧A6#拉索	3302.4	2# 塔边跨右侧B14#拉索	4204.4	2# 塔中跨右侧A22#拉索	4948.0
2# 塔中跨左侧A7#拉索	3439.8	2# 塔边跨右侧B15#拉索	4705.6	2# 塔左侧0#拉索	3470.5
2# 塔中跨左侧A8#拉索	3544.9	2# 塔边跨右侧B16#拉索	4976.7	2# 塔右侧0#拉索	3473.4

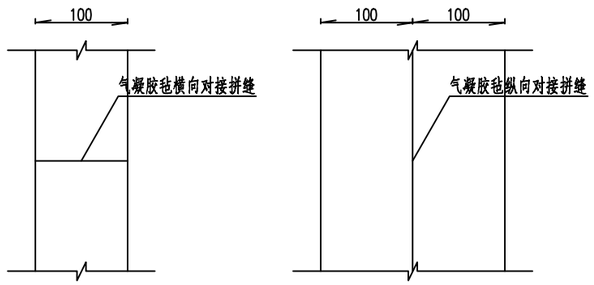
3#塔斜拉索索力表

拉索位置及编号	计算索力	拉索位置及编号	计算索力	拉索位置及编号	计算索力
3# 塔左侧0#拉索	3475.0	3# 塔边跨左侧B7#拉索	3086.4	3# 塔中跨右侧A15#拉索	4453.8
3# 塔右侧0#拉索	3477.4	3# 塔边跨左侧B8#拉索	2984.9	3# 塔中跨右侧A16#拉索	4465.0
3# 塔中跨左侧A1#拉索	4307.2	3# 塔边跨左侧B9#拉索	2880.7	3# 塔中跨右侧A17#拉索	4525.7
3# 塔中跨左侧A2#拉索	2976.2	3# 塔边跨左侧B10#拉索	2794.7	3# 塔中跨右侧A18#拉索	4458.5
3# 塔中跨左侧A3#拉索	2957.2	3# 塔边跨左侧B11#拉索	2707.3	3# 塔中跨右侧A19#拉索	4330.8
3# 塔中跨左侧A4#拉索	2960.7	3# 塔边跨左侧B12#拉索	3067.1	3# 塔中跨右侧A20#拉索	4088.0
3# 塔中跨左侧A5#拉索	3034.8	3# 塔边跨左侧B13#拉索	3874.1	3# 塔中跨右侧A21#拉索	4290.4
3# 塔中跨左侧A6#拉索	3257.0	3# 塔边跨左侧B14#拉索	4207.3	3# 塔中跨右侧A22#拉索	4825.8
3# 塔中跨左侧A7#拉索	3439.5	3# 塔边跨左侧B15#拉索	4728.6	3# 塔边跨右侧B1#拉索	4429.5
3# 塔中跨左侧A8#拉索	3612.9	3# 塔边跨左侧B16#拉索	5022.3	3# 塔边跨右侧B2#拉索	3102.9
3# 塔中跨左侧A9#拉索	3847.6	3# 塔边跨左侧B17#拉索	5018.3	3# 塔边跨右侧B3#拉索	3079.9
3# 塔中跨左侧A10#拉索	4036.6	3# 塔边跨左侧B18#拉索	5176.5	3# 塔边跨右侧B4#拉索	3036.3
3# 塔中跨左侧A11#拉索	4219.0	3# 塔边跨左侧B19#拉索	5240.0	3# 塔边跨右侧B5#拉索	3021.4
3# 塔中跨左侧A12#拉索	4361.9	3# 塔边跨左侧B20#拉索	5152.2	3# 塔边跨右侧B6#拉索	3087.1
3# 塔中跨左侧A13#拉索	4322.2	3# 塔边跨左侧B21#拉索	5232.9	3# 塔边跨右侧B7#拉索	3097.9
3# 塔中跨左侧A14#拉索	4432.8	3# 塔边跨左侧B22#拉索	5829.2	3# 塔边跨右侧B8#拉索	2988.3
3# 塔中跨左侧A15#拉索	4452.0	3# 塔中跨右侧A1#拉索	4271.8	3# 塔边跨右侧B9#拉索	2883.3
3# 塔中跨左侧A16#拉索	4462.7	3# 塔中跨右侧A2#拉索	2967.5	3# 塔边跨右侧B10#拉索	2796.8
3# 塔中跨左侧A17#拉索	4521.7	3# 塔中跨右侧A3#拉索	2953.4	3# 塔边跨右侧B11#拉索	2709.9
3# 塔中跨左侧A18#拉索	4453.0	3# 塔中跨右侧A4#拉索	2958.9	3# 塔边跨右侧B12#拉索	3069.2
3# 塔中跨左侧A19#拉索	4323.4	3# 塔中跨右侧A5#拉索	3034.3	3# 塔边跨右侧B13#拉索	3876.1
3# 塔中跨左侧A20#拉索	4114.2	3# 塔中跨右侧A6#拉索	3256.7	3# 塔边跨右侧B14#拉索	4208.4
3# 塔中跨左侧A21#拉索	4308.7	3# 塔中跨右侧A7#拉索	3439.2	3# 塔边跨右侧B15#拉索	4729.4
3# 塔中跨左侧A22#拉索	4838.9	3# 塔中跨右侧A8#拉索	3612.9	3# 塔边跨右侧B16#拉索	5022.7
3# 塔边跨左侧B1#拉索	4392.7	3# 塔中跨右侧A9#拉索	3846.9	3# 塔边跨右侧B17#拉索	5018.0
3# 塔边跨左侧B2#拉索	3094.1	3# 塔中跨右侧A10#拉索	4036.9	3# 塔边跨右侧B18#拉索	5175.8
3# 塔边跨左侧B3#拉索	3076.8	3# 塔中跨右侧A11#拉索	4218.9	3# 塔边跨右侧B19#拉索	5238.9
3# 塔边跨左侧B4#拉索	3036.2	3# 塔中跨右侧A12#拉索	4362.4	3# 塔边跨右侧B20#拉索	5150.8
3# 塔边跨左侧B5#拉索	3024.2	3# 塔中跨右侧A13#拉索	4323.0	3# 塔边跨右侧B21#拉索	5274.0
3# 塔边跨左侧B6#拉索	3093.4	3# 塔中跨右侧A14#拉索	4434.1	3# 塔边跨右侧B22#拉索	5854.9

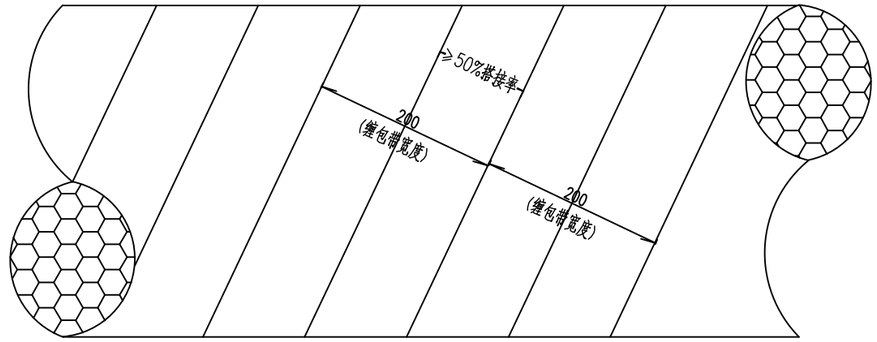
斜拉索高硅氧气凝胶毡包裹大样



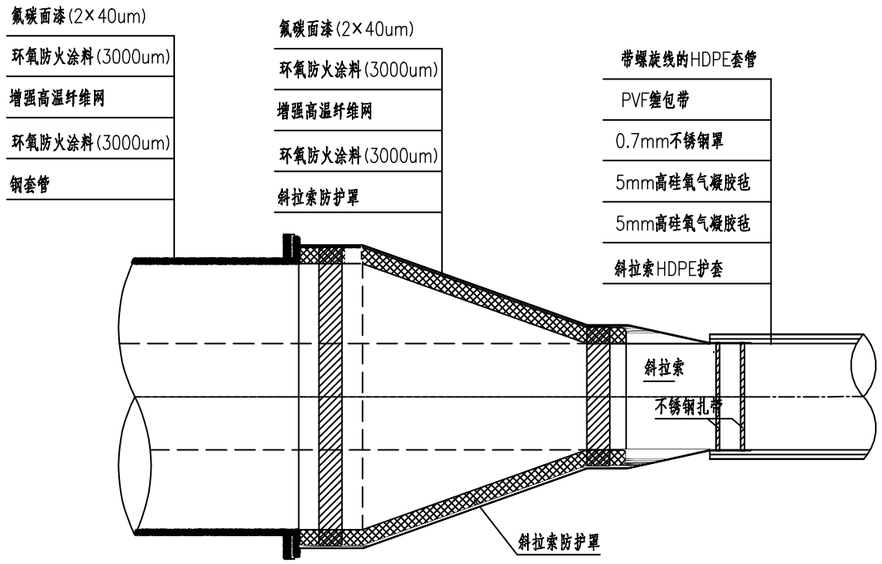
斜拉索内层高硅氧气凝胶毡拼接缝大样



斜拉索PVF缠包带包裹大样



斜拉索梁端锚固耐火方案



防护材料数量表

位置	防护材料	道数	厚度	全桥数量(m^2)
桥面以上0-防护罩区域主缆	环氧防火涂料	2	3000um	576.9
	增强高温纤维网	1	/	288.4
	氟碳面漆	2	40um	576.9
防护罩以上区域主缆	5mm高硅氧铝硅气凝胶毡	2	/	3448.1
	0.7mm不锈钢	1	/	1724.1
	PVF缠包带	1	/	1724.1
	带螺旋线的HDPE套管	1	/	1724.1

注：

1、本图尺寸除注明外，均以 mm 为单位。

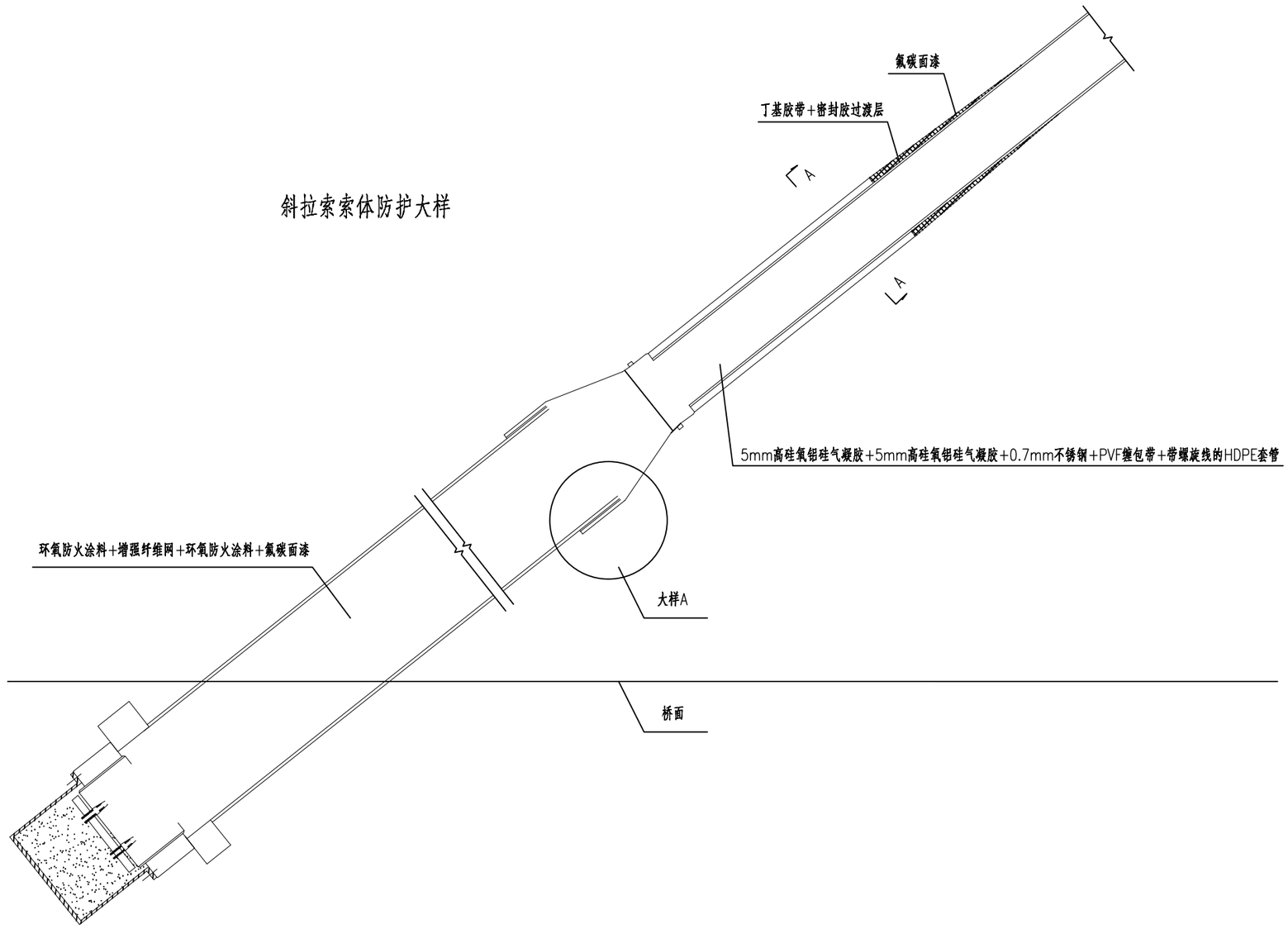
2、斜拉索高硅氧气凝胶毡施工完毕后，外套0.7mm不锈钢罩，并立即进行缠包带的施工，按叠合 > 50%搭接率进行缠包，将不锈钢罩完全包裹覆盖，PVF 缠包带表面应平整、干净，无杂物、灰尘和其他污染物，无破洞等缺陷。

3、斜拉索缠包方向为从低往高。为保持拉索外观一致性，最外层缠包带应完全覆盖缠绕的气凝胶毡，并在施工完毕后进行外观检查。确保整个拉索表面具有平整光滑的外观质量。

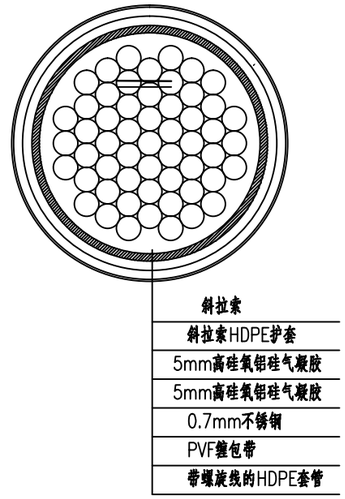
4、防火段与非防火段应设过渡段，过渡段先采用丁基胶带按>50%层叠比例进行螺旋缠绕过渡，过渡段缠绕长度为沿着不锈钢顶部端面上下各50cm，丁基胶带外表面均匀刮涂密封胶，密封胶表面刷涂氟碳面漆，以达到美观和增强防水的目的。

北京交科公路勘察设计研究院有限公司 北京公科固桥技术有限公司	G65包茂高速公路彭水至酉阳段 安全韧性提升项目两阶段施工图设计	斜拉索防火能力提升设计构造图	设计		复核		审核		审定		图号	S4-2-1-7

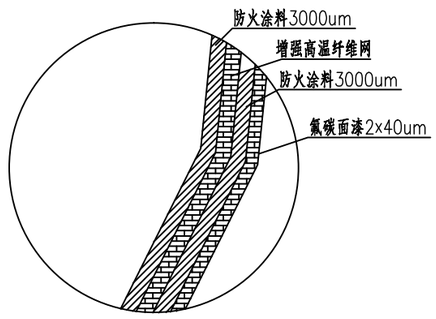
斜拉索索体防护大样



A–A



大样A



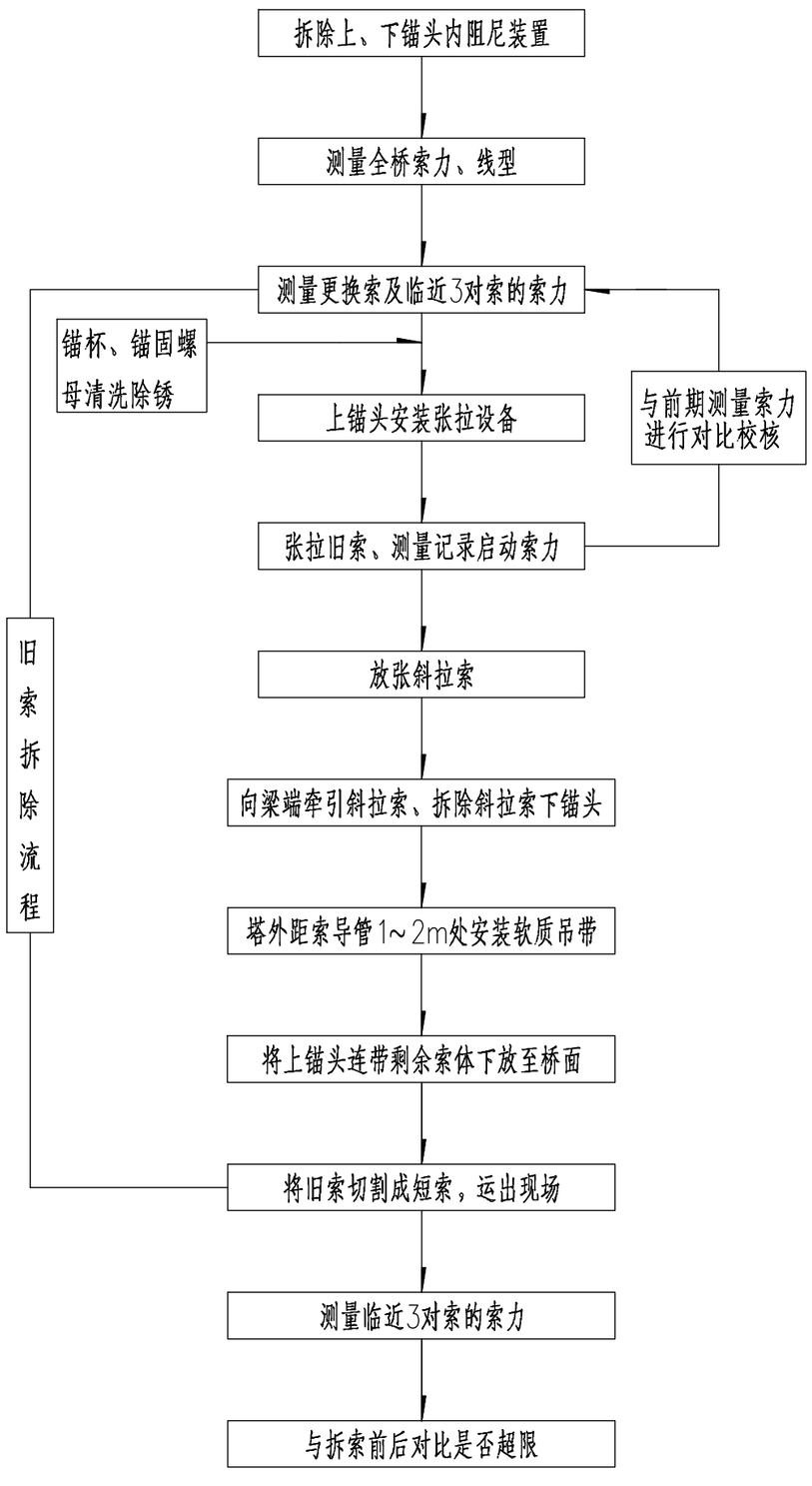
注：1、本图尺寸除注明外，均以 mm 为单位。

2、本桥采用双层缠绕式高硅氧气凝胶毡进行防护，t = 5mm + 5mm。

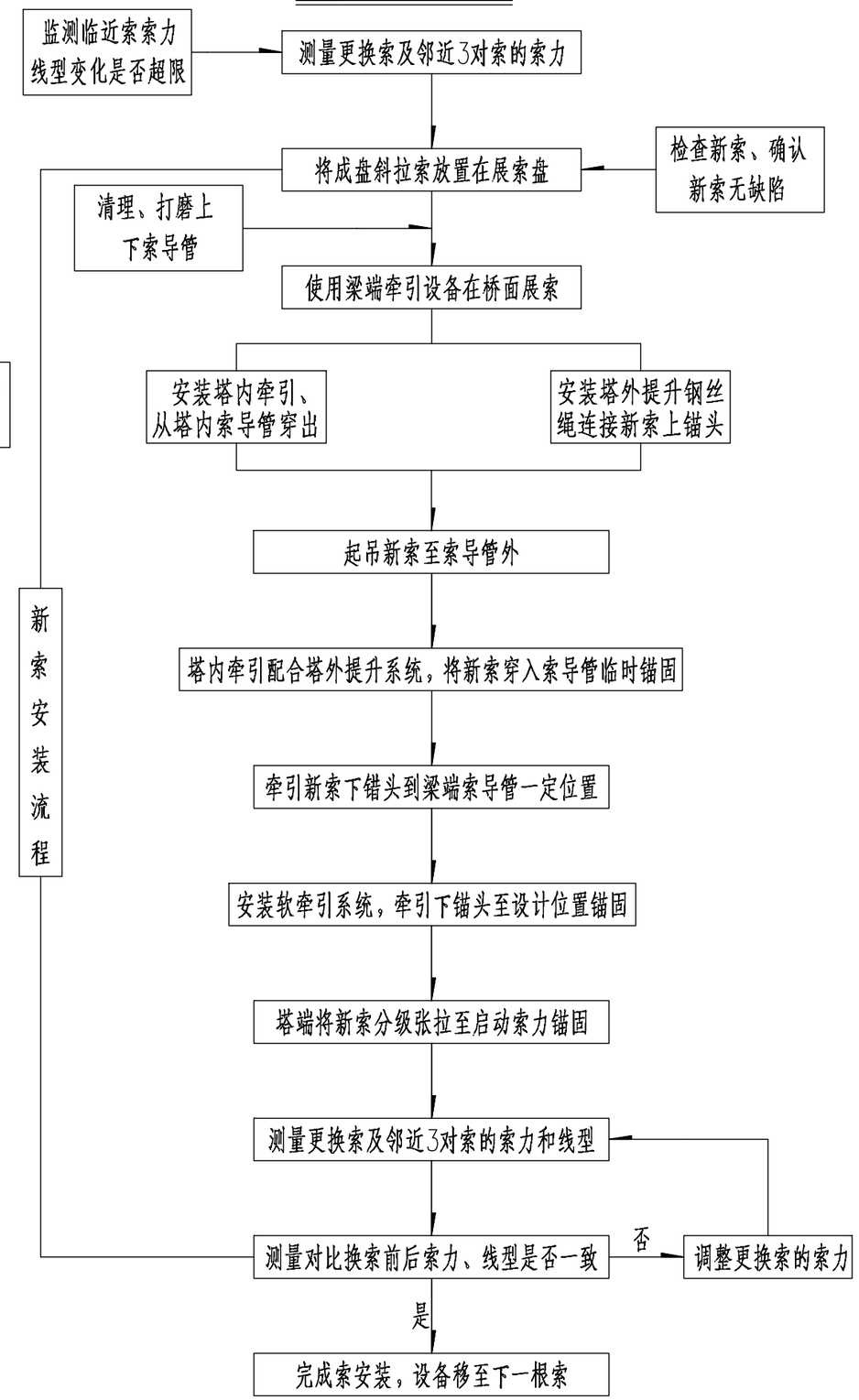
3、高硅氧气凝胶毡采用螺旋缠绕式施工，环向、纵向均采取对接方式，材料经加工覆布背胶，可以紧实的贴合在斜拉索表面。施工应控制气凝胶毡对接缝的宽度，缝宽不大于 1mm，拼缝间隙采用防火涂料填平。

北京交科公路勘察设计研究院有限公司 北京公科固桥技术有限公司	G65包茂高速公路彭水至酉阳段 安全韧性提升项目两阶段施工图设计	斜拉索防火能力提升设计构造图	设计	丛绵明	复核	曾霞	审核	纪志旺	审定		图号	S4-2-1-7

一根旧索拆除流程图



一根新索安装流程图



注：

1.图中一对索指同一里程线处上下游两根索。

2.旧常张拉之后,放张之前应测量该索准确的成桥索力值，如发现旧索实际成桥索力与前期实测索力相差较大，应及时通知设计单位复核设计。

双塔同一侧对称更换拉索，即同时卸载两个桥塔对应相同编号的4根拉索。

4.本次换索的原则是换索后应恢复原结构的内力状态和线型。全桥换索前应通过监测系统记录当前成桥线型和内力，与换索完成后的数据进行对比。

5.旧索放张、新索张拉。索力测量过程中建议封闭全桥交通。

6.部分封闭交通期间汽车吊等较重的施工器械在施工完毕后应全部下桥。

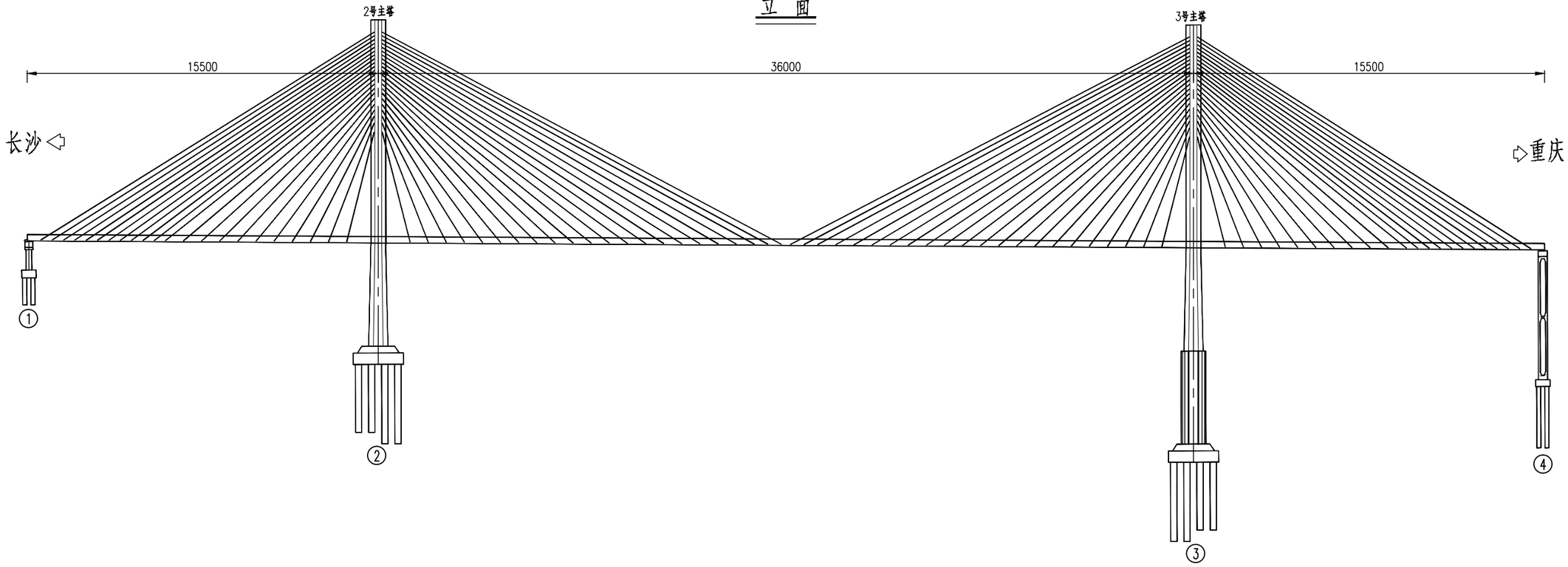
7.旧索的拆除和新索的安装应依次进行，即本阶段旧索拆除工作全部完成后方可开始新索安装，禁止交叉进行。

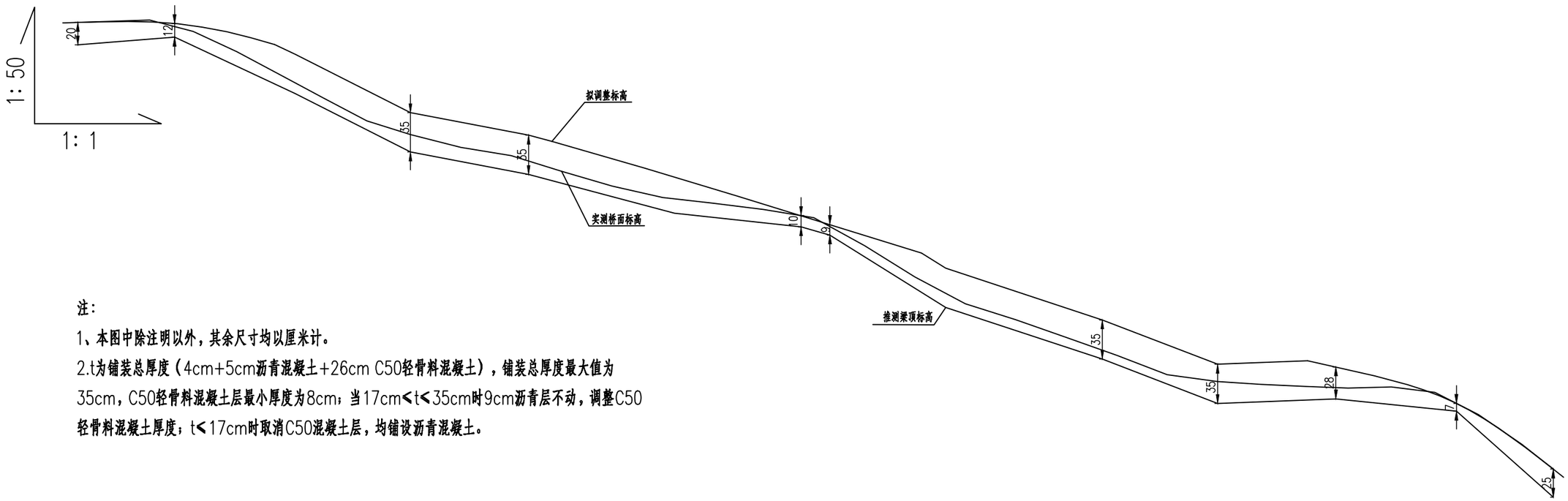
8.待安装新索上桥前应将桥上所有拆除的旧索运出现场，每根新索安装过程中仅该待安装的新索可置于桥上，禁止将其他拉索也放置在桥上。

9.整个换索过程中应全程观测并记录益测系统的数据。如出现异常应立即停止施工。

北京交科公路勘察设计研究院有限公司 北京公科固桥技术有限公司	G65包茂高速公路彭水至酉阳段 安全韧性提升项目两阶段施工图设计	拉索更换施工顺序示意图	设计	赵炳明	复核	曾毅	审核	熊志旺	审定	杨	图号	S4-2-1-8

立 面





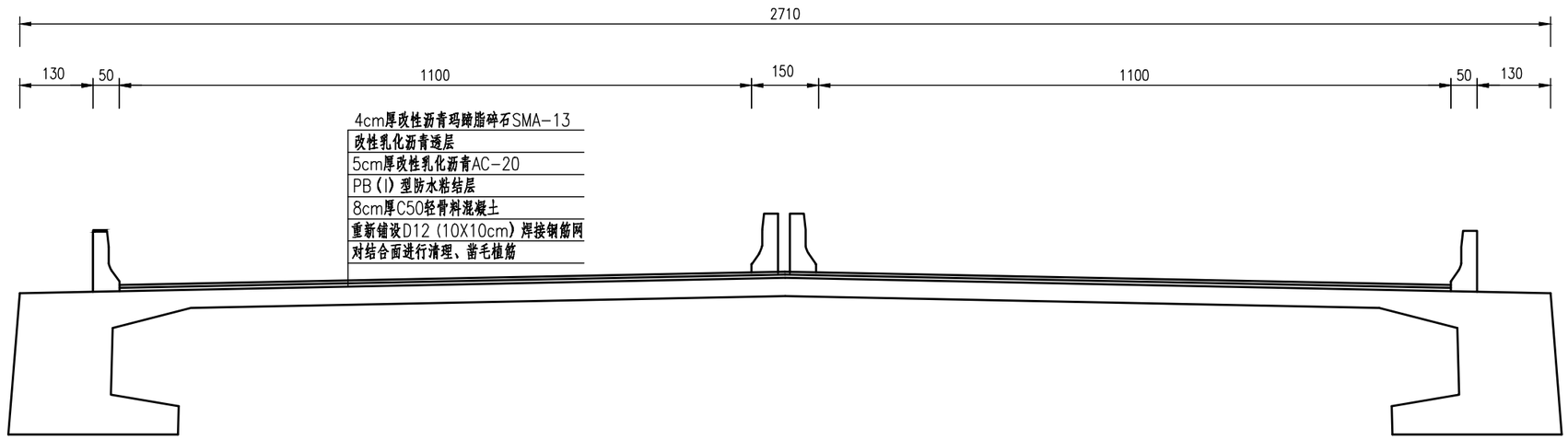
注：

1、本图中除注明以外，其余尺寸均以厘米计。

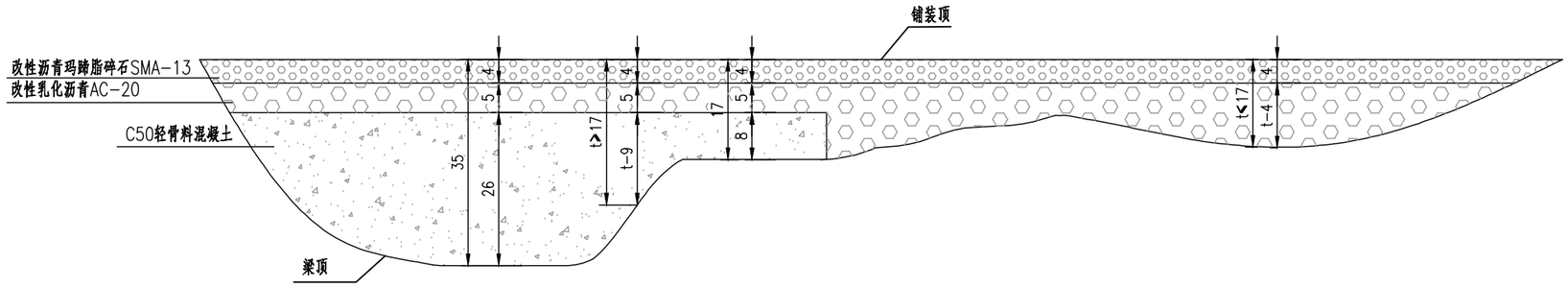
2.t为铺装总厚度（4cm+5cm沥青混凝土+26cm C50轻骨料混凝土），铺装总厚度最大值为35cm，C50轻骨料混凝土层最小厚度为8cm；当17cm≤t≤35cm时9cm沥青层不动，调整C50轻骨料混凝土厚度；t≤17cm时取消C50混凝土层，均铺设沥青混凝土。

北京交科公路勘察设计研究院有限公司 北京公科固桥技术有限公司	G65包茂高速公路彭水至酉阳段 安全韧性提升项目两阶段施工图设计	桥面铺装更换构造设计图	设计		复核		审核		审定		图号	S4-2-1-9

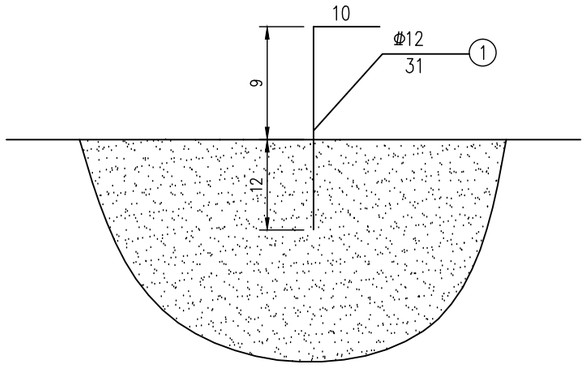
主桥桥面铺装示意



主桥桥面铺装修复大样



植筋大样



主桥桥面铺装材料数量表

名称及规格	数量
D12钢筋网(kg)	279631.2
φ12植筋(kg)	48158.9
C50轻骨料混凝土(m^3)	1259.6
沥青砼(m^3)	1417.1
D16植筋孔(个)	174945
植筋胶(升)	22512

注：

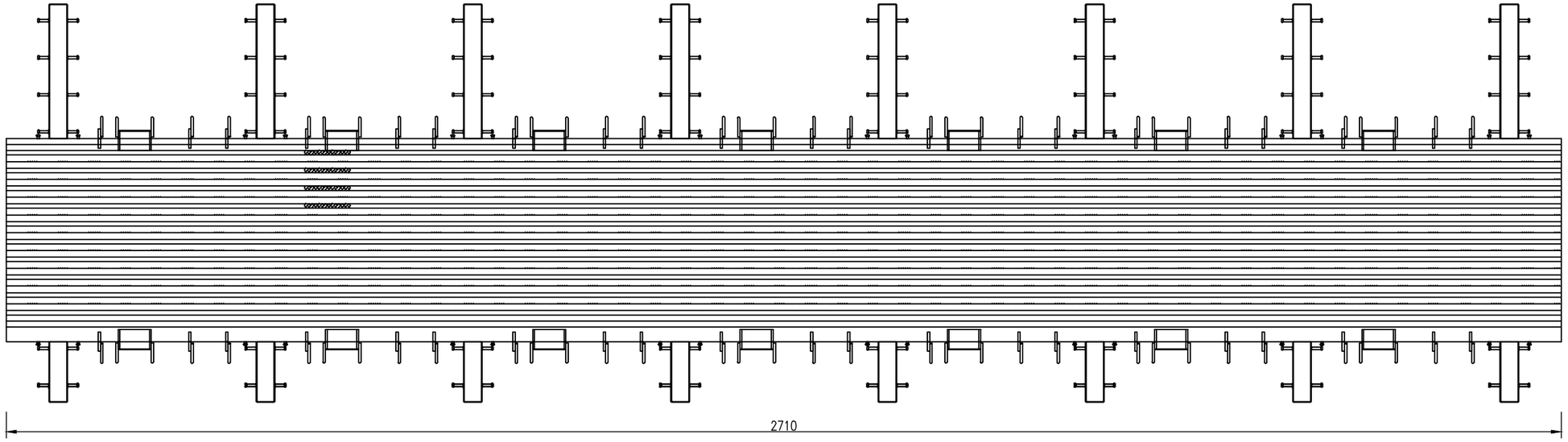
1、本图中除注明以外，其余尺寸均以厘米计。

2.t为铺装总厚度（4cm+5cm沥青混凝土+26cm C50轻骨料混凝土），铺装总厚度最大值为35cm，C50轻骨料混凝土层最小厚度为8cm；当17cm≤t≤35cm时9cm沥青层不动，调整C50轻骨料混凝土厚度；t≤17cm时取消C50混凝土层，均铺设沥青混凝土。

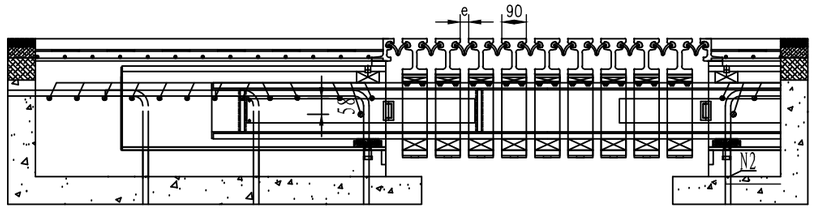
3.由于老桥桥面凹凸不平，图中数量为暂估量，最终以现场实际计量为准。

北京交科公路勘察设计研究院有限公司 北京公科固桥技术有限公司	G65包茂高速公路彭水至酉阳段 安全韧性提升项目两阶段施工图设计	桥面铺装更换构造设计图	设计	赵绵明	复核	曾毅	审核	龚志旺	审定		图号	S4-2-1-9

伸缩缝平面示意



伸缩缝断面示意

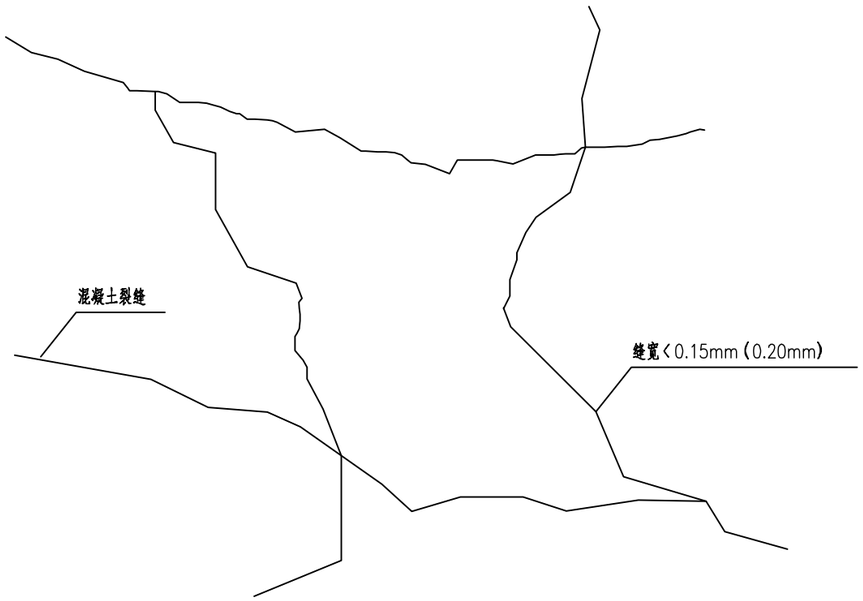


主桥伸缩缝材料数量表

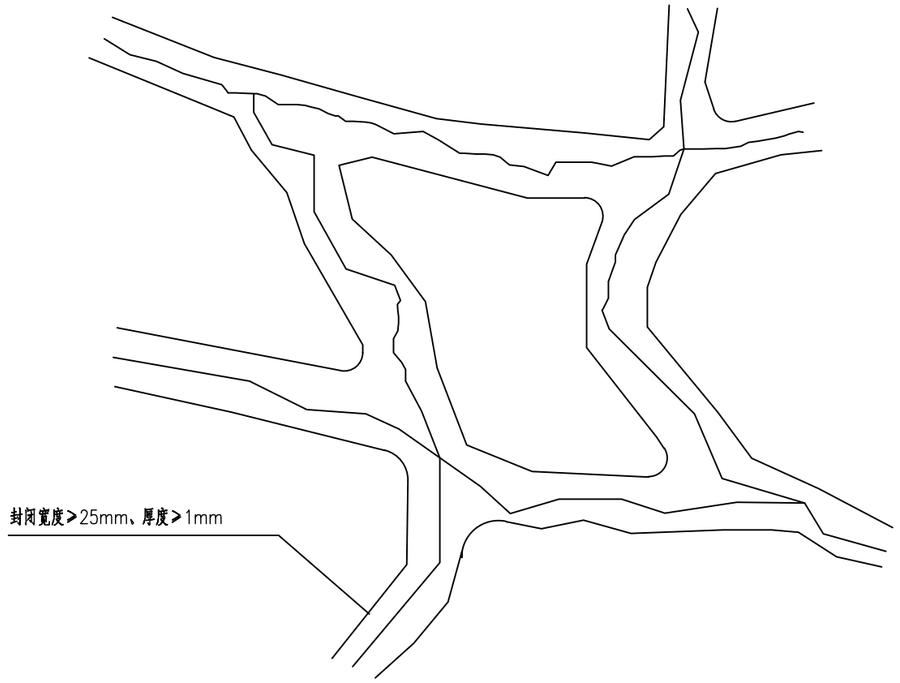
材料	伸缩缝更换橡胶带
单位	m
数量	542.0

北京交科公路勘察设计研究院有限公司 北京公科固桥技术有限公司	G65包茂高速公路彭水至酉阳段 安全韧性提升项目两阶段施工图设计	伸缩缝更换橡胶带示意图	设计		复核		审核		审定		图号	S4-2-1-10

裂缝示意图



裂缝封闭示意图



混凝土裂缝封闭工程数量表

病害位置	裂缝封闭（m）
主桥	5460

注：

1.本图适用于对包茂高速彭黔段武陵山特大桥的裂缝进行封闭处治。

2.对宽度<0.15mm的裂缝进行表面封闭处理。

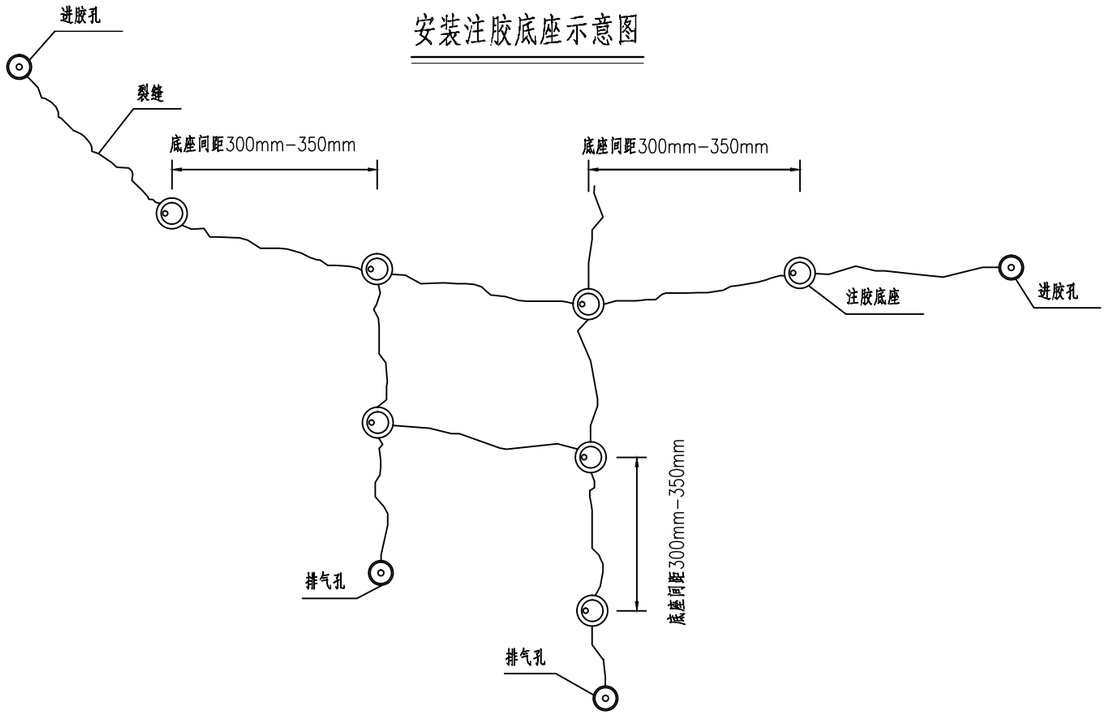
3.裂缝处理前先对裂缝两侧3~5cm范围混凝土表面清理干净，以免影响封闭效果。

4.裂缝表面封闭处理时直接将封闭胶涂刮在裂缝混凝土表面，应做到连续无间断,确保封闭密实。

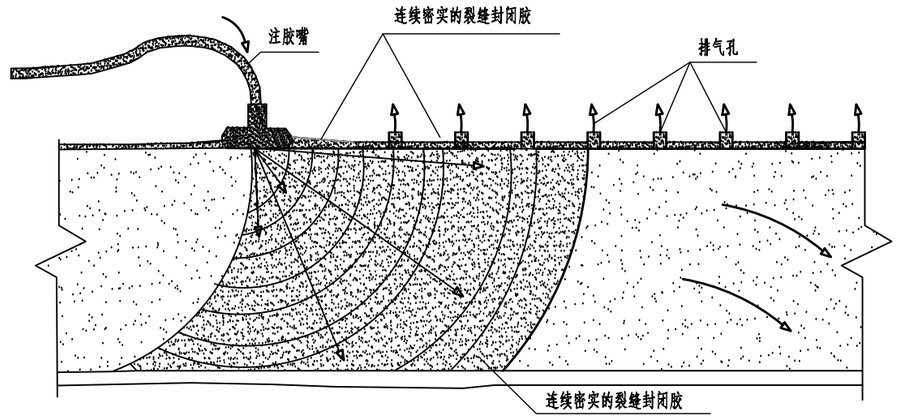
5.本桥裂缝病害根据《包茂高速彭黔段武陵山特大桥主桥应急检查》报告绘制，裂缝封闭处治工程数量以现场实际情况为准。

北京交科公路勘察设计研究院有限公司 北京公科固桥技术有限公司	G65包茂高速公路彭水至酉阳段 安全韧性提升项目两阶段施工图设计	桥梁表观病害处治示意图	设计		复核		审核		审定		图号	S4-2-1-11

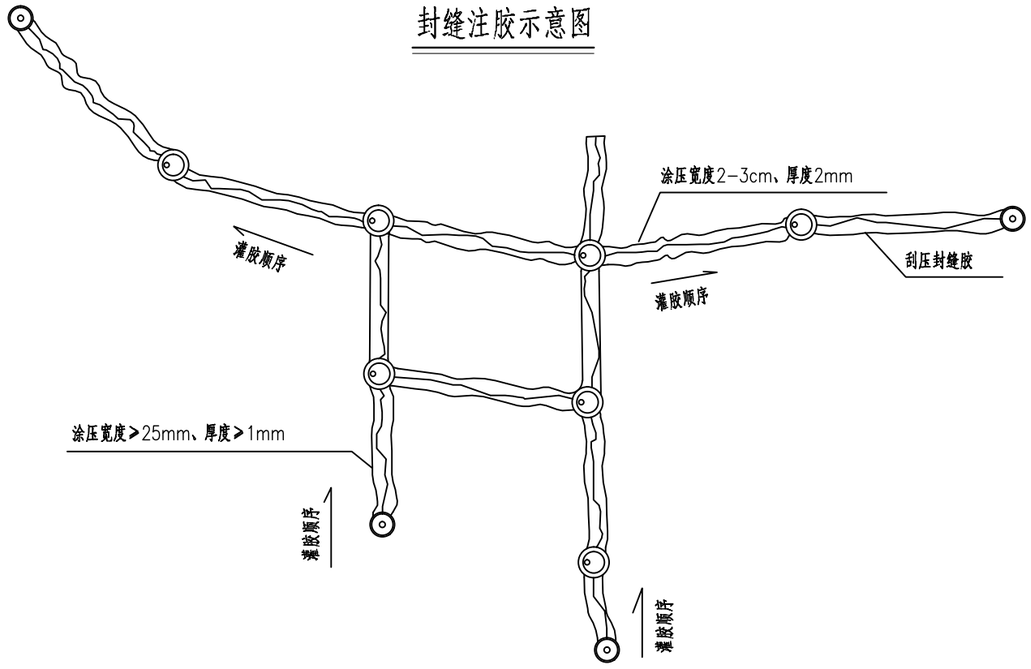
安装注胶底座示意图



压力灌胶示意图



封缝注胶示意图



混凝土裂缝灌胶工程数量表

病害位置	裂缝灌胶（m）
主桥	300.3

注：

1.本图适用于对包茂高速彭黔段武陵山特大桥的裂缝进行封闭处治。

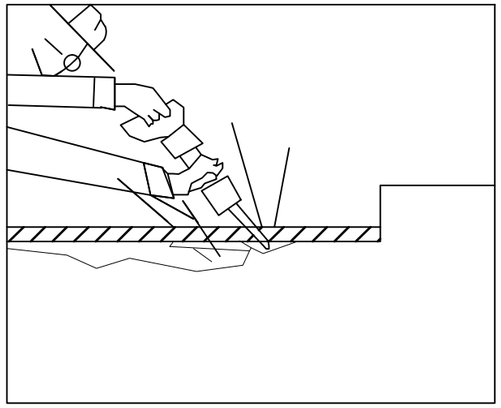
2.对宽度≥0.15mm的裂缝进行压力灌胶修补处理。

3.裂缝处理前先对裂缝两侧3~5cm范围混凝土表面清理干净，以免影响封闭效果。

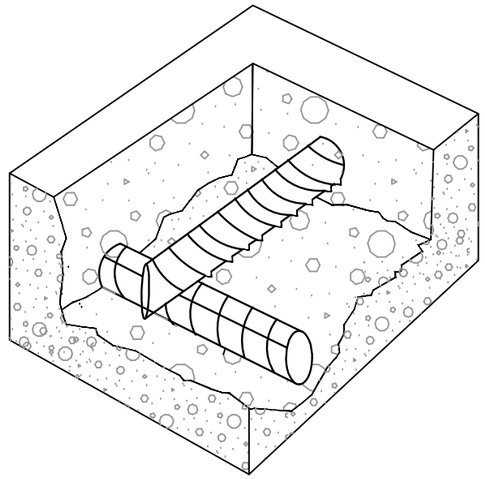
4.本桥裂缝病害根据《包茂高速彭黔段武陵山特大桥主桥应急检查》报告绘制，裂缝灌胶处治工程数量以现场实际情况为准。

北京交科公路勘察设计研究院有限公司 北京公科固桥技术有限公司	G65包茂高速公路彭水至酉阳段 安全韧性提升项目两阶段施工图设计	桥梁表观病害处治示意图	设计	丛绵明	复核	曾春	审核	纪志旺	审定	杨	图号	S4-2-1-11

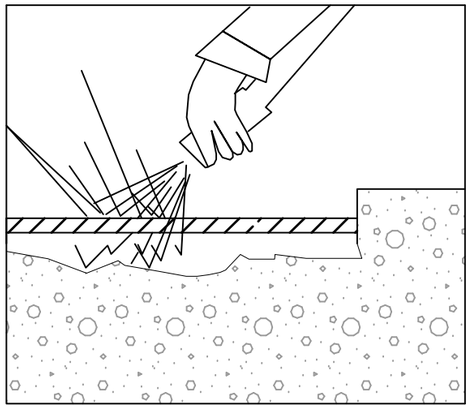
露筋、钢筋锈蚀病害处治图



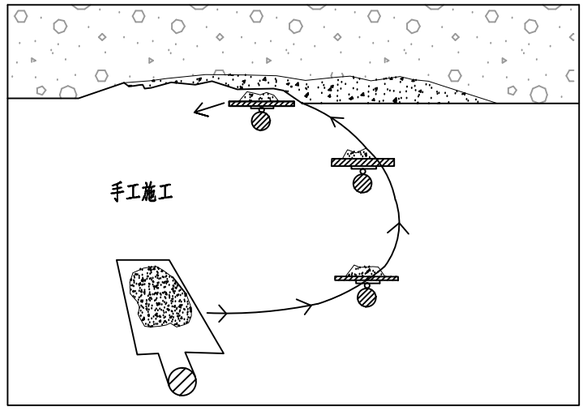
1.人工凿除锈蚀钢筋周围的混凝土



2.将松散不密实的混凝土凿除，直至露出新鲜的混凝土为止。

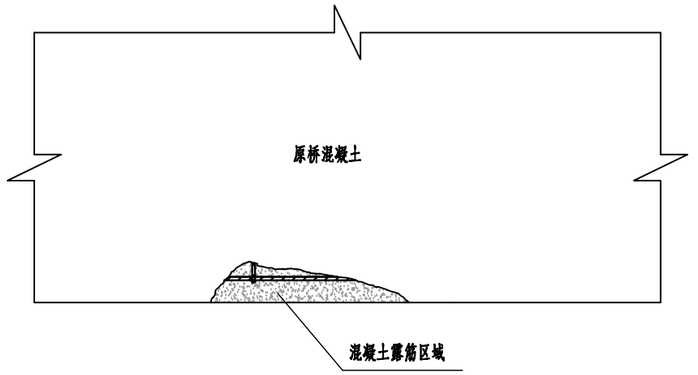


3.高压水清除混凝土表面，进行钢筋除锈、阻锈处理



4.用环氧砂浆对凿开的混凝土区域进行手工修补

混凝土露筋示意图



混凝土破损露筋工程数量表

病害位置	凿除混凝土（m^2）	阻锈剂（m^2）	环氧砂浆（m^2）
主桥	54.0	54.0	54.0

注：

1.对包茂高速彭黔段武陵山特大桥的混凝土破损露筋进行除锈、环氧砂浆修补处治。

2.露筋、钢筋锈蚀病害处治流程：

（1）人工凿除松散不密实的混凝土；

（2）高压水清除混凝土表面，用钢丝刷对钢筋除锈；

（3）混凝土表面和钢筋干燥后，对钢筋人工用毛刷涂刷一层阻锈剂；

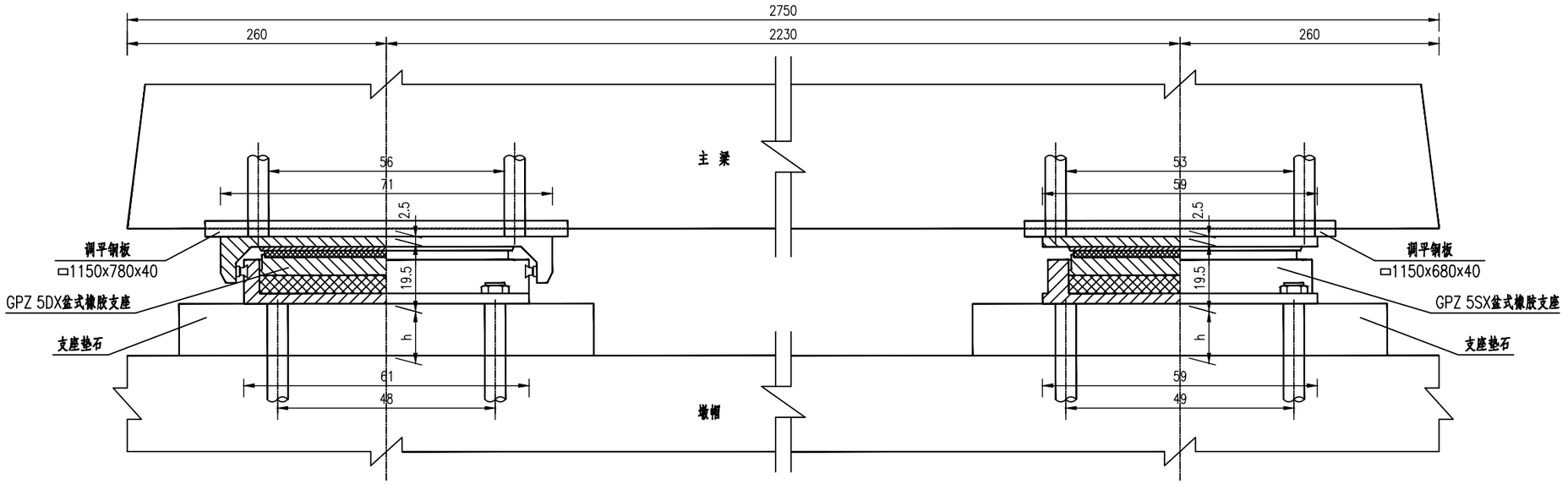
（4）用环氧砂浆填塞凿开区域，然后捣实、抹平。

3.凿除和修补厚度应根据保护层厚度和主筋植筋对凿除深度进行要求，本图暂按5cm计。

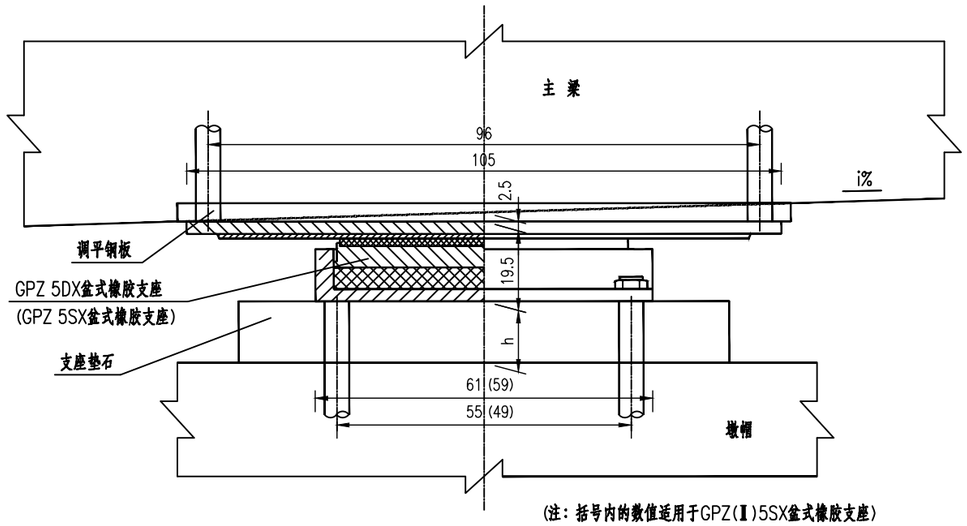
4.本桥破损露筋病害《包茂高速彭黔段武陵山特大桥主桥应急检查》报告绘制绘制，破损露筋处治工程数量以现场实际情况为准。

北京交科公路勘察设计研究院有限公司 北京公科固桥技术有限公司	G65包茂高速公路彭水至酉阳段 安全韧性提升项目两阶段施工图设计	桥梁表观病害处治示意图	设计		复核		审核		审定		图号	S4-2-1-11

横桥向支座安装图



顺桥向支座安装图



(注：括号内的数值适用于GPZ(Ⅰ)5SX盆式橡胶支座)

全桥支座数量表

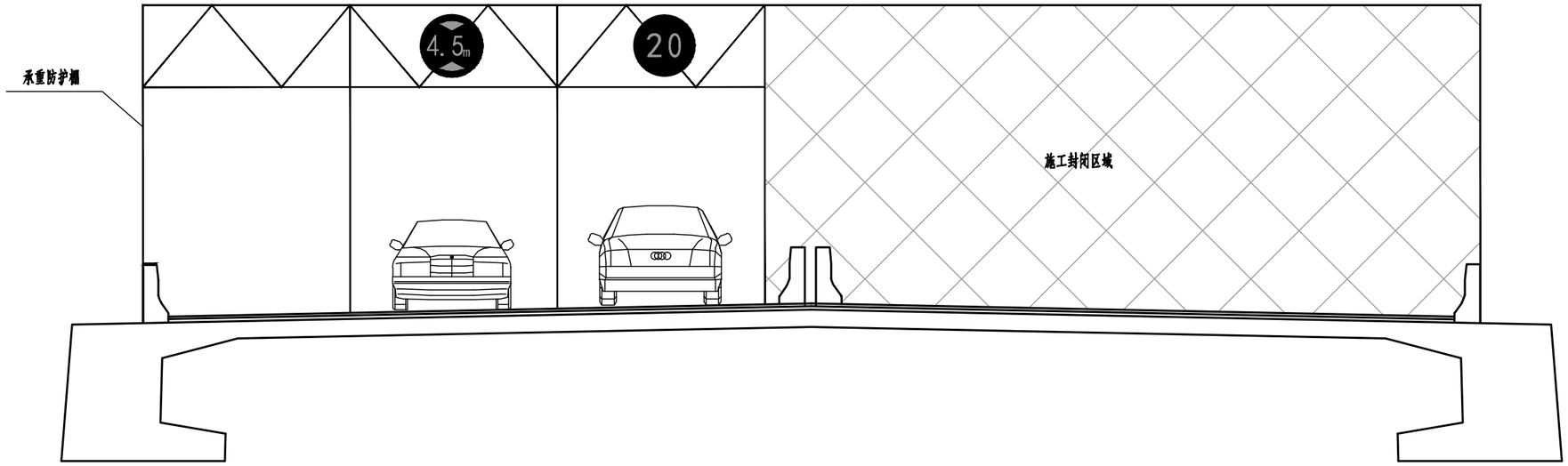
病害位置	支座除锈（m^2）
支座	0.5

注：

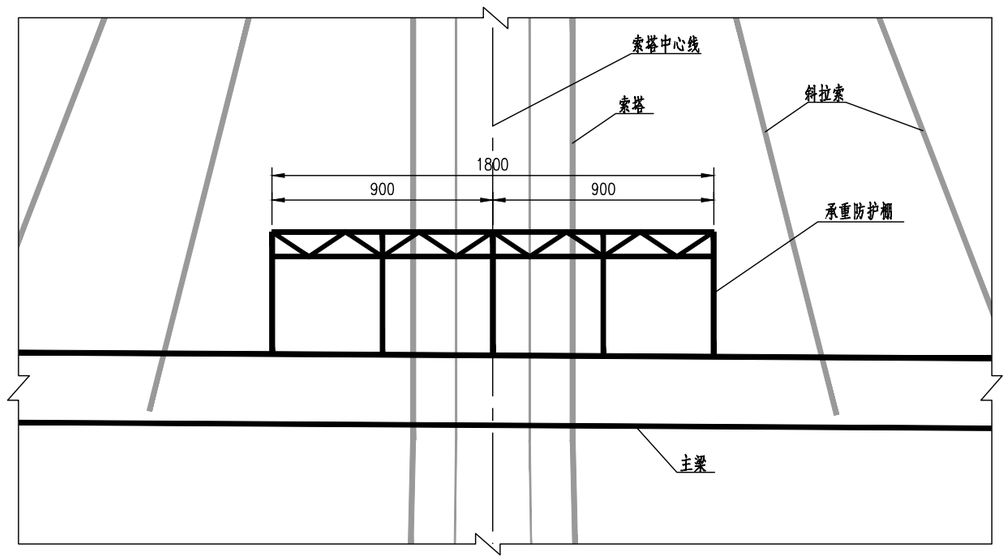
1、本图尺寸均以厘米为单位。

北京交科公路勘察设计研究院有限公司 北京公科固桥技术有限公司	G65包茂高速公路彭水至酉阳段 安全韧性提升项目两阶段施工图设计	桥梁表观病害处治示意图	设计	丛绵明	复核	曾豪	审核	纪志旺	审定		图号	S4-2-1-11

施工导序示意



承重防护棚纵桥向布置示意

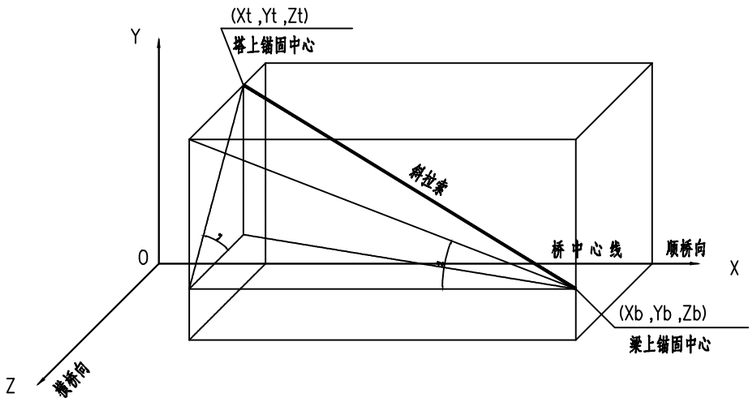


注：

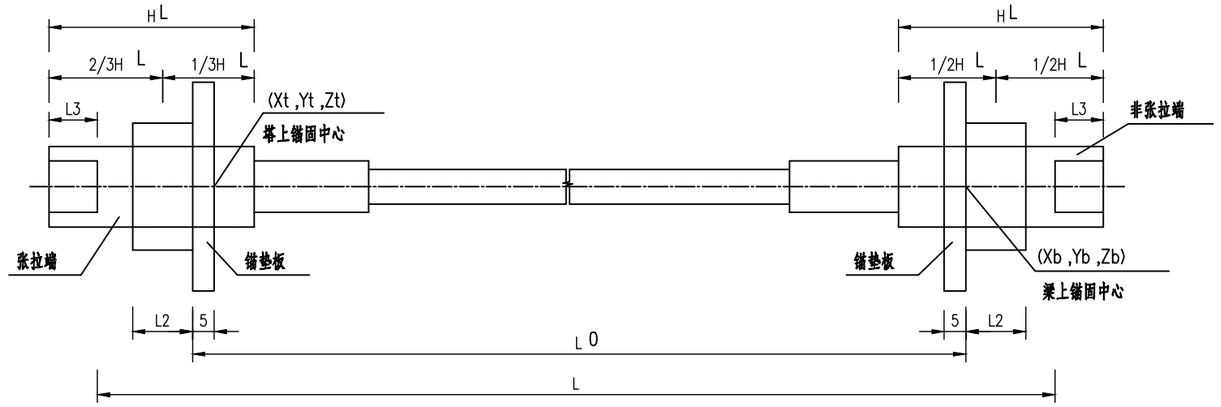
1、本图除注明外，其余均以厘米计。

北京交科公路勘察设计研究院有限公司 北京公科固桥技术有限公司	G65包茂高速公路彭水至酉阳段 安全韧性提升项目两阶段施工图设计	施工导序示意图	设计		复核		审核		审定		图号	S4-2-1-12

斜拉索坐标系图



斜拉索图



附注：

1、本图尺寸除注明者外，余均以厘米计。

2、本图坐标系约定：X轴为顺桥向，Y 轴垂直向上，Z 轴为横桥方向；表中X坐标为各点桩号，Y 坐标为标高，Z坐标为各点到路中心线的距离。

3、每种编号的斜拉索全桥共2根。

4、表中斜拉索索力是指塔端空间索力。

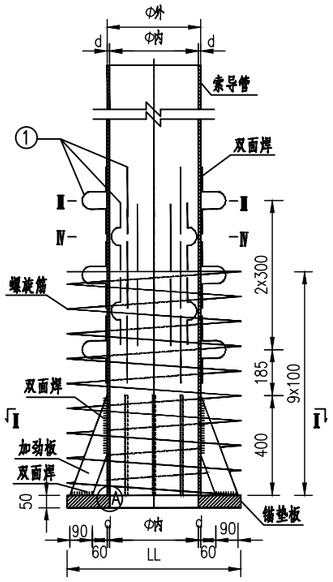
5、由于牵索挂篮施工的需要斜拉索在塔上、梁上均设置了张拉端锚具。

6、本桥斜拉索采用Φ7mm高强平行钢丝，　　σb=1670Mpa。

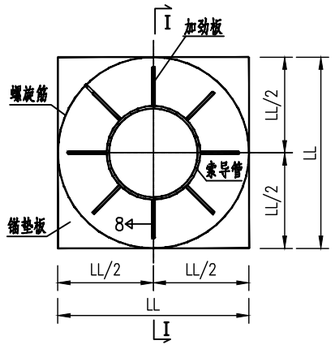
7、A9～A22、B9～B22号斜拉索采用体外减振器，全桥共112套。

北京交科公路勘察设计研究院有限公司 北京公科固桥技术有限公司	G65包茂高速公路彭水至酉阳段 安全韧性提升项目两阶段施工图设计	原斜拉索构造图	设计	丛绵明	复核	曾雯	审核	张志旺	审定	杨	图号	S4-2-1-13

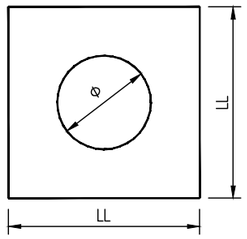
Ⅰ－Ⅰ



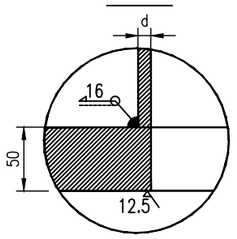
Ⅱ－Ⅱ



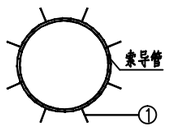
锚垫板大样



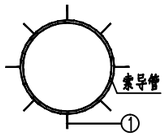
A大样

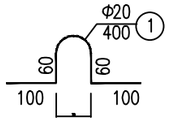


Ⅳ－Ⅳ

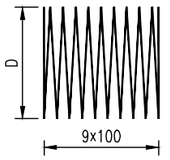


Ⅲ－Ⅲ





螺旋钢筋大样



尺寸及数量表 (全桥)

锚具规格	锚垫板			螺旋筋			加劲钢板数量(块)
	LLxLLx50 (mm)	Φ (mm)	数量(块)	D (mm)	长度 (cm)	数量(根)	
PESM7-139	600x600x50	260	32	600	2075.8	32	256
PESM7-163	700x700x50	284	40	700	2421.1	40	320
PESM7-199	700x700x50	310	50	700	2421.1	50	400
PESM7-223	700x700x50	331	34	700	2421.1	34	272
PESM7-241	700x700x50	347	20	700	2421.1	20	160
PESM7-283	700x700x50	359	2	700	2421.1	2	16

索导管及钢筋数量表 (全桥)

名称	规格 (mm)	共长 (m)	单位重 (kg/m)	共重 (kg)	合计 (kg)
索导管	Φ273x6.5	84.260	42.720	3599.59	47406.0
	Φ299x7.5	132.768	53.916	7158.32	
	Φ325x7.5	175.522	58.725	10307.53	
	Φ351x10	153.278	84.096	12890.07	
	Φ377x15	88.276	136.132	12017.19	
	Φ377x9	17.548	81.679	1433.30	
螺旋筋	Φ20	4199.062	2.47	10371.68	17485.28
N1筋	Φ20	0.4x7200	2.47	7113.60	

锚垫板钢板及加劲钢板数量表 (全桥)

名称	规格 (mm)	数量 (块)	单位重 (kg/块)	共重 (kg)	合计 (kg)
锚垫板	700x700x50	148	192.325	28464.1	32985.7
	600x600x50	32	141.300	4521.6	
10mm厚加劲钢板		1440	1.978	2848.3	2848.3

2号塔斜拉索索导管尺寸表

斜拉索编号	B22	B21	B20	B19	B18	B17	B16	B15	B14	B13	B12	B11	B10	B9	B8	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1
索导管长度(mm)	4381	4330	4275	4215	4156	4093	4030	3968	3901	3832	3761	3700	3557	3411	3262	3112	2971	2828	2688	2556	2439	2345
索导管内径Φ内(mm)	359	347	347	347	347	331	331	331	310	310	284	284	284	284	284	284	284	260	260	260	260	310
索导管外径Φ外(mm)	377	377	377	377	377	351	351	351	325	325	299	299	299	299	299	299	299	273	273	273	273	325
索导管壁厚d(mm)	9	15	15	15	15	10	10	10	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	6.5	6.5	6.5	6.5	7.5

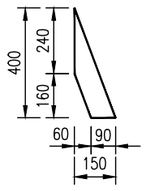
斜拉索编号	0	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15	A16	A17	A18	A19	A20	A21	A22
索导管长度(mm)	2294	2351	2447	2567	2700	2840	2984	3125	3275	3427	3573	3715	3854	4000	4141	4280	4424	4556	4687	4817	4948	5014	5072
索导管内径Φ内(mm)	310	310	260	260	260	260	284	284	284	310	310	310	310	310	310	310	331	331	331	331	331	331	347
索导管外径Φ外(mm)	325	325	273	273	273	273	299	299	299	325	325	325	325	325	325	325	351	351	351	351	351	351	377
索导管壁厚d(mm)	7.5	7.5	6.5	6.5	6.5	6.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	10	10	10	10	10	10	15

3号塔斜拉索索导管尺寸表

斜拉索编号	A22	A21	A20	A19	A18	A17	A16	A15	A14	A13	A12	A11	A10	A9	A8	A7	A6	A5	A4	A3	A2	A1
索导管长度(mm)	5063	5005	4938	4807	4676	4545	4404	4267	4128	3986	3840	3701	3559	3413	3261	3111	2971	2828	2688	2556	2439	2345
索导管内径Φ内(mm)	347	331	331	331	331	331	310	310	310	310	310	310	310	310	284	284	284	260	260	260	260	310
索导管外径Φ外(mm)	377	351	351	351	351	351	325	325	325	325	325	325	325	325	299	299	299	273	273	273	273	325
索导管壁厚d(mm)	15	10	10	10	10	10	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	6.5	6.5	6.5	6.5	7.5

斜拉索编号	0	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9	B10	B11	B12	B13	B14	B15	B16	B17	B18	B19	B20	B21	B22
索导管长度(mm)	2294	2351	2447	2567	2700	2840	2984	3126	3276	3425	3570	3720	3782	3846	3914	3982	4043	4106	4169	4228	4288	4342	4393
索导管内径Φ内(mm)	310	310	260	260	260	260	284	284	284	284	284	284	284	310	310	331	331	331	347	347	347	347	359
索导管外径Φ外(mm)	325	325	273	273	273	273	299	299	299	299	299	299	299	325	325	351	351	351	377	377	377	377	377
索导管壁厚d(mm)	7.5	7.5	6.5	6.5	6.5	6.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	10	10	10	15	15	15	15	9

加劲钢板大样

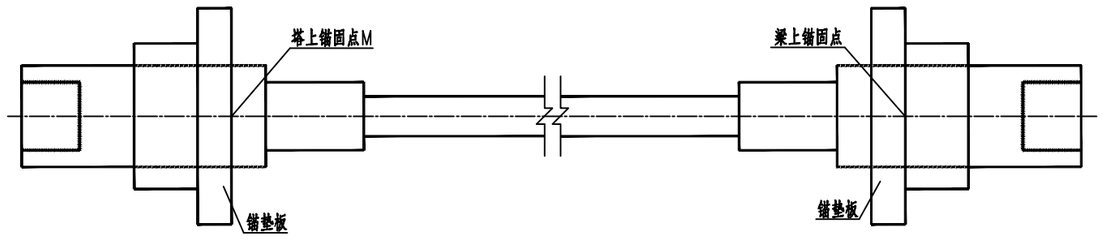


附注：

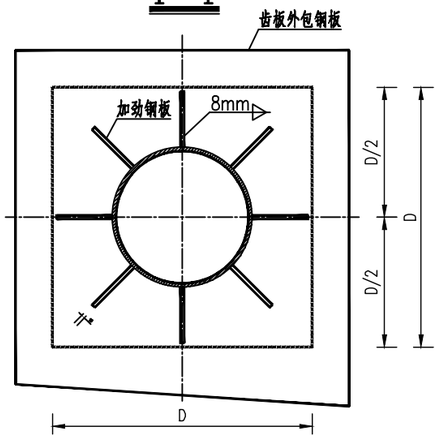
1. 本图尺寸单位除括号内特别注明外，其余均以毫米计。
2. 锚垫板、索导管、加劲钢板、N1钢筋及螺旋筋先焊接成组合构件后再上桥。锚垫板与索导管管壁之间采用单面坡口焊接。
3. N1钢筋双面焊接在索导管上，同一圆周上等间距焊接8根，层与层之间交错布置，每根索导管上焊40根N1钢筋。

北京交科公路勘察设计研究院有限公司 北京公科固桥技术有限公司	G65包茂高速公路彭水至酉阳段 安全韧性提升项目两阶段施工图设计	原主梁斜拉索索导管及锚垫板构造图	设计	赵绳明	复核	曾雄	审核	彭志明	审定	杨	图号	S4-2-1-13

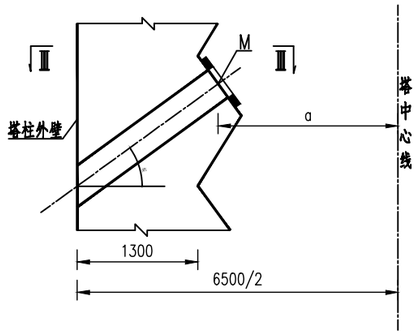
斜拉索锚固点图



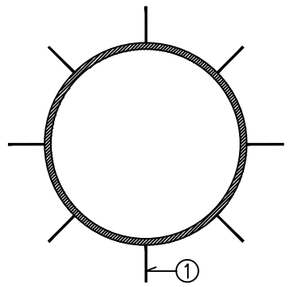
Ⅰ－Ⅰ



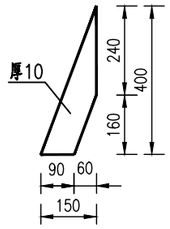
A大样图



Ⅱ－Ⅱ



加劲钢板大样



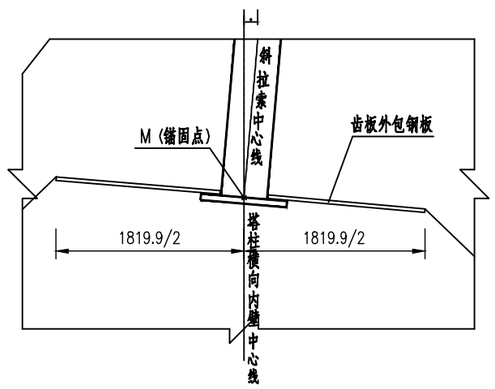
桥塔索导管及钢筋数量表(全桥)

名称	规格(mm)	共长(m)	单位重(kg/m)	共重(kg)	合计(kg)
索导管	Φ273x6.5	120.16	42.720	5086.24	30197.02
	Φ299x7.5	94.50	53.916	5036.29	
	Φ325x7.5	150.59	58.725	8755.90	
	Φ351x10	64.06	84.096	5304.78	
	Φ377x15	38.19	133.912	5114.10	
	Φ377x9	7.64	81.679	3683.72	
螺旋筋	Φ20	4247.45	2.47	10491.2	17604.8
N1筋	Φ20	0.4x7200	2.47	7113.60	

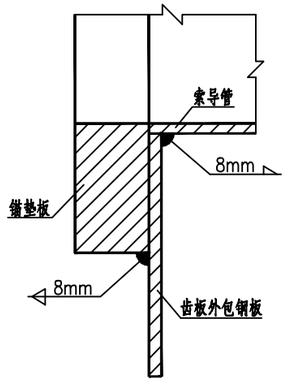
锚垫板A3钢板及加劲钢板数量表(全桥)

名称	规格(mm)	数量(块)	单位重(kg/块)	共重(kg)	合计(kg)
锚垫板	700x700x50	148	192.325	28464.1	32985.7
	600x600x50	32	141.300	4521.6	
10mm厚加劲钢板		1440	1.978	2848.3	2848.3

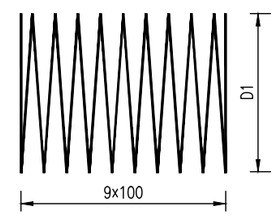
Ⅲ－Ⅲ

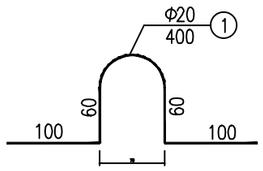


B大样图



螺旋筋

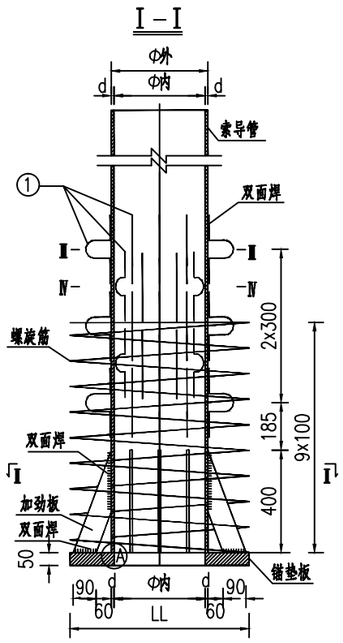


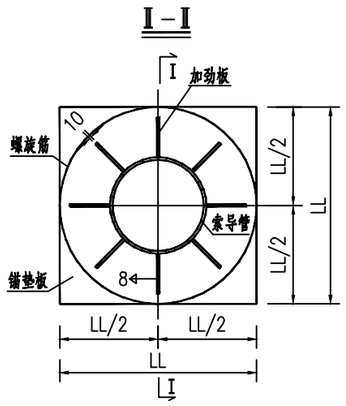


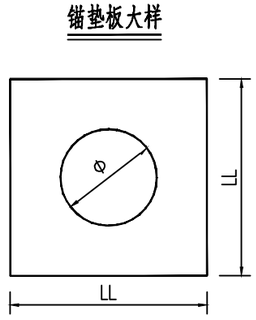
附注：

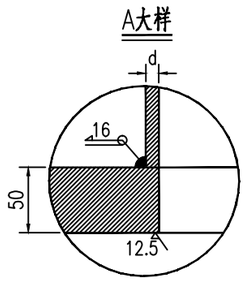
1、本图尺寸标高以米计，其余除注明者外均以毫米为单位。
2、索导管、锚垫板、加劲钢板、齿板外包钢板及螺旋筋、1号钢筋先焊接成组合构件后再上桥安装。
3、索导管切割后两端磨光，与锚垫板相接端磨光顶紧，出口端的内侧面磨成圆弧倒角。
4、索导管施工安装完成后，出口剖面与塔的外表面平齐。
5、N1钢筋双面焊接在索导管上，同一圆周上等间距焊接8根，层与层之间交错布置，每根索导管上焊40根N1钢筋。
6、图中索导管出口标高已计入斜拉索垂度修正。
7、斜拉索锚具为PESM7系列，其数量已计入主梁设计图中。
8、表中L为索导管最长点长度，δ为索导管壁厚，ΦG为索导管外径。

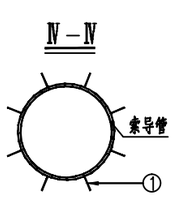
北京交科公路勘察设计研究院有限公司 北京公科固桥技术有限公司	G65包茂高速公路彭水至酉阳段 安全韧性提升项目两阶段施工图设计	原上塔柱斜拉索索导管及锚垫板构造图	设计	赵锦明	复核	曾毅	审核	鲍志旺	审定		图号	S4-2-1-13

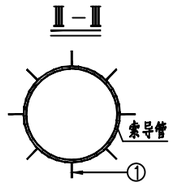


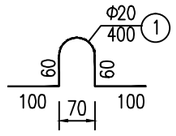












尺寸及数量表（全桥）

锚具规格	锚垫板			螺旋筋			加劲钢板数量
	LLxLLx50 (mm)	Φ (mm)	数量 (块)	D (mm)	长度 (cm)	数量 (根)	数量 (块)
PESM7-139	600x600x50	260	32	600	2075.8	32	256
PESM7-163	700x700x50	284	40	700	2421.1	40	320
PESM7-199	700x700x50	310	50	700	2421.1	50	400
PESM7-223	700x700x50	331	34	700	2421.1	34	272
PESM7-241	700x700x50	347	20	700	2421.1	20	160
PESM7-283	700x700x50	359	2	700	2421.1	2	16

索导管及钢筋数量表（全桥）

名称	规格 (mm)	共长 (m)	单位重 (kg/m)	共重 (kg)	合计 (kg)
索导管	Φ273x6.5	84.260	42.720	3599.59	47406.0
	Φ299x7.5	132.768	53.916	7158.32	
	Φ325x7.5	175.522	58.725	10307.53	
	Φ351x10	153.278	84.096	12890.07	
	Φ377x15	88.276	136.132	12017.19	
	Φ377x9	17.548	81.679	1433.30	
螺旋筋	Φ20	4199.062	2.47	10371.68	17485.28
N1筋	Φ20	0.4x7200	2.47	7113.60	

2号塔斜拉索索导管尺寸表

斜拉索编号	B22	B21	B20	B19	B18	B17	B16	B15	B14	B13	B12	B11	B10	B9	B8	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1
索导管长度(mm)	4381	4330	4275	4215	4156	4093	4030	3968	3901	3832	3761	3700	3557	3411	3262	3112	2971	2828	2688	2556	2439	2345
索导管内径$\Phi_{内}$(mm)	359	347	347	347	347	331	331	331	310	310	284	284	284	284	284	284	284	260	260	260	260	310
索导管外径$\Phi_{外}$(mm)	377	377	377	377	377	351	351	351	325	325	299	299	299	299	299	299	299	273	273	273	273	325
索导管壁厚d(mm)	9	15	15	15	15	10	10	10	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	6.5	6.5	6.5	6.5	7.5

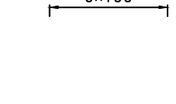
斜拉索编号	0	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15	A16	A17	A18	A19	A20	A21	A22
索导管长度(mm)	2294	2351	2447	2567	2700	2840	2984	3125	3275	3427	3573	3715	3854	4000	4141	4280	4424	4556	4687	4817	4948	5014	5072
索导管内径$\Phi_{内}$(mm)	310	310	260	260	260	260	284	284	284	310	310	310	310	310	310	310	331	331	331	331	331	331	347
索导管外径$\Phi_{外}$(mm)	325	325	273	273	273	273	299	299	299	325	325	325	325	325	325	325	351	351	351	351	351	351	377
索导管壁厚d(mm)	7.5	7.5	6.5	6.5	6.5	6.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	10	10	10	10	10	10	15

3号塔斜拉索索导管尺寸表

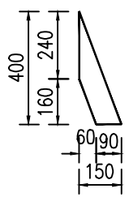
斜拉索编号	A22	A21	A20	A19	A18	A17	A16	A15	A14	A13	A12	A11	A10	A9	A8	A7	A6	A5	A4	A3	A2	A1
索导管长度(mm)	5063	5005	4938	4807	4676	4545	4404	4267	4128	3986	3840	3701	3559	3413	3261	3111	2971	2828	2688	2556	2439	2345
索导管内径$\Phi_{内}$(mm)	347	331	331	331	331	331	310	310	310	310	310	310	310	310	284	284	284	260	260	260	260	310
索导管外径$\Phi_{外}$(mm)	377	351	351	351	351	351	325	325	325	325	325	325	325	325	299	299	299	273	273	273	273	325
索导管壁厚d(mm)	15	10	10	10	10	10	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	6.5	6.5	6.5	6.5	7.5

斜拉索编号	0	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9	B10	B11	B12	B13	B14	B15	B16	B17	B18	B19	B20	B21	B22
索导管长度(mm)	2294	2351	2447	2567	2700	2840	2984	3126	3276	3425	3570	3720	3782	3846	3914	3982	4043	4106	4169	4228	4288	4342	4393
索导管内径$\Phi_{内}$(mm)	310	310	260	260	260	260	284	284	284	284	284	284	284	310	310	331	331	331	347	347	347	347	359
索导管外径$\Phi_{外}$(mm)	325	325	273	273	273	273	299	299	299	299	299	299	299	325	325	351	351	351	377	377	377	377	377
索导管壁厚d(mm)	7.5	7.5	6.5	6.5	6.5	6.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	10	10	10	15	15	15	15	9

螺旋钢筋大样



加劲钢板大样



锚垫板钢板及加劲钢板数量表（全桥）

名称	规格 (mm)	数量 (块)	单位重 (kg/块)	共重 (kg)	合计 (kg)
锚垫板	700x700x50	148	192.325	28464.1	32985.7
	600x600x50	32	141.300	4521.6	
10mm厚加劲钢板		1440	1.978	2848.3	2848.3

附注：

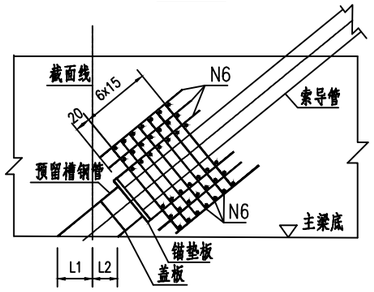
1.本图尺寸单位除括号内特别注明外，其余均以毫米计。

2.锚垫板、索导管、加劲钢板、N1钢筋及螺旋筋先焊接成组合构件后再上桥。锚垫板与索导管管壁之间采用单面坡口焊接。

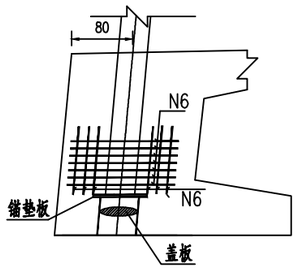
3.N1钢筋双面焊接在索导管上，同一圆周上等间距焊接8根，层与层之间交错布置，每根索导管上焊40根N1钢筋。

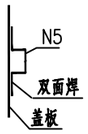
北京交科公路勘察设计研究院有限公司 北京公科固桥技术有限公司	G65包茂高速公路彭水至酉阳段 安全韧性提升项目两阶段施工图设计	主梁斜拉索索导管及锚垫板构造图	设计	赵锦明	复核	曾聚	审核	鲍志旺	审定	图号	S4-2-1-13

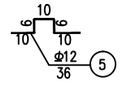
纵断面 (1~22号索)



横断面 (0~22号索)







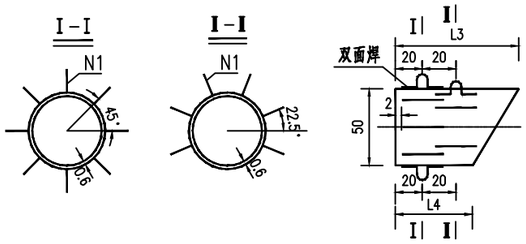
2号塔主梁斜拉索锚固预留槽尺寸表

索号	L1	L2	L3	L4	索号	L1	L2	L3	L4
B22	78.7	16.3	135.4	54.6	A1	−10.6	63.5	61.9	43.9
B21	76.8	17.1	133.6	54.2	A2	−3.0	57.6	65.6	43.6
B20	74.9	17.9	131.8	53.7	A3	4.4	52.6	70.7	43.3
B19	72.7	18.7	129.7	53.2	A4	11.6	48.2	76.1	43.4
B18	70.5	19.6	127.7	52.6	A5	18.4	44.3	81.7	43.8
B17	68.2	20.6	125.8	52.1	A6	25.0	40.8	87.2	44.4
B16	65.9	21.5	123.3	51.6	A7	31.1	37.7	92.5	45.2
B15	63.6	22.5	121.2	51.1	A8	37.4	34.7	98.0	46.1
B14	61.1	23.6	118.8	50.5	A9	43.5	31.8	103.6	47.2
B13	58.5	24.7	116.4	49.9	A10	49.3	29.2	108.8	48.2
B12	55.8	25.8	113.9	49.4	A11	54.8	26.8	113.8	49.3
B11	53.5	26.8	111.7	48..9	A12	60.0	24.6	118.7	50.5
B10	48.0	29.3	106.6	47.8	A13	65.5	22.2	123.8	51.7
B9	42.2	31.8	101.4	46.7	A14	70.7	20.1	128.7	52.9
B8	36.2	34.6	95.9	45.7	A15	75.8	18.0	133.5	54.1
B7	29.9	37.7	90.3	44.8	A16	81.0	15.9	138.4	55.4
B6	23.8	40.8	84.9	44.1	A17	85.8	14.0	142.9	56.6
B5	17.2	44.2	78.6	43.6	A18	90.5	12.1	147.4	57.8
B4	10.3	48.1	73.3	43.3	A19	95.1	10.3	151.8	59.0
B3	3.0	52.4	67.3	43.4	A20	99.7	8.5	156.2	60.2
B2	−4.5	57.2	61.1	44.3	A21	102.1	7.6	158.5	60.9
B1	−12.5	62.8	54.0	46.6	A22	104.1	6.8	160.4	61.4
0	--	--	50.0	50.0					

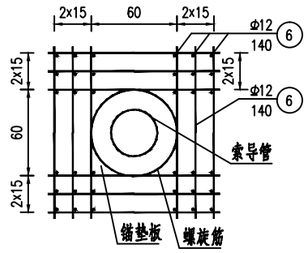
3号塔主梁斜拉索锚固预留槽尺寸表

索号	L1	L2	L3	L4	索号	L1	L2	L3	L4
A22	102.9	6.8	158.6	60.9	B1	−10.6	63.5	61.9	43.9
A21	100.9	7.6	156.6	60.3	B2	−3.0	57.6	65.6	43.6
A20	98.5	8.5	154.3	59.7	B3	4.4	52.6	70.7	43.3
A19	93.9	10.3	149.9	58.5	B4	11.6	48.2	76.1	43.4
A18	89.3	12.1	145.5	57.3	B5	18.4	44.3	81.7	43.8
A17	84.6	14.0	141.0	56.1	B6	25.0	40.8	87.2	44.4
A16	79.5	16.0	136.2	54.8	B7	31.1	37.7	92.5	45.2
A15	74.6	18.0	131.5	53.6	B8	37.4	34.7	98.1	46.1
A14	69.5	20.0	126.7	52.4	B9	43.4	31.9	103.5	47.1
A13	64.3	22.2	121.8	51.2	B10	49.2	29.3	108.7	48.2
A12	58.8	24.5	116.7	50.0	B11	54.9	26.7	114.0	49.4
A11	53.5	26.8	111.8	48.9	B12	57.3	25.7	116.1	49.9
A10	48.1	29.2	106.7	47.8	B13	59.7	24.7	118.4	50.4
A9	42.3	31.8	101.5	46.8	B14	62.3	23.6	120.8	51.0
A8	36.1	34.7	95.9	45.7	B15	64.8	22.5	123.1	51.5
A7	29.9	37.7	90.3	44.8	B16	67.1	21.6	125.3	52.0
A6	23.7	40.8	84.9	44.1	B17	69.4	20.6	127.4	52.6
A5	17.2	44.2	79.2	43.6	B18	71.7	19.6	129.6	53.1
A4	10.3	48.1	73.3	43.3	B19	73.9	18.8	131.7	53.6
A3	3.0	52.4	67.3	43.4	B20	76.1	17.9	133.7	54.2
A2	−4.5	57.2	61.1	44.3	B21	78.1	17.1	135.6	54.7
A1	−12.5	62.8	54.0	46.6	B22	79.9	16.3	137.3	55.1
0	--	--	50.0	50.0					

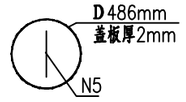
预留槽钢管大样图

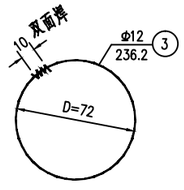


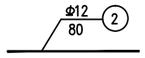
锚下钢筋网构造图



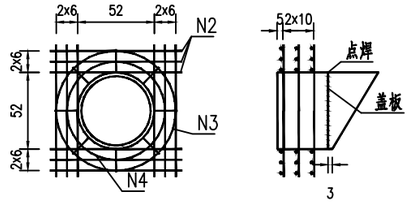
盖板大样



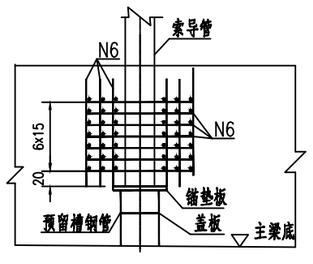


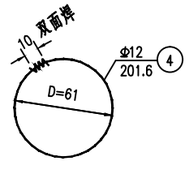


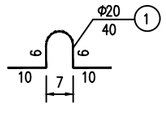
预留槽钢筋布置图



纵断面 (0号索)







工程数量表

编号	钢筋直径 (mm)	单根长 (cm)	单位重 (kg/m)	单根斜拉索根数	全桥根数	共长 (m)	共重 (kg)	合计 (kg)
1	Φ20	40	2.47	14	2520	1008.00	2489.8	2489.8
2	Φ12	80	0.888	36	6480	5184.00	4603.4	33613.3
3	Φ12	236.2		3	540	1275.48	1132.6	
4	Φ12	201.6		3	540	1088.64	966.7	
5	Φ12	36		1	180	64.80	57.5	
6	Φ12	140		120	21600	30240.00	26853.1	
D500x6钢管			73.0	1	180	195.00	14235.0	14235.0
Q235钢板 δ=2mm			2.91	1	180		523.8	523.8

附注：

1.本图尺寸除注明者外，其余均以厘米计。

2.图中L1、L2值分别规定在截面线以左、以右为“+”值，若为“−”值则表示在相反的一侧。

3.钢筋若与预应力孔道相碰，钢筋有适当挪动。

4.锚下钢筋网与钢导管垂直。

5.四根N6钢筋焊接在锚垫板的四个角上，作为锚下钢筋网的架立钢筋。

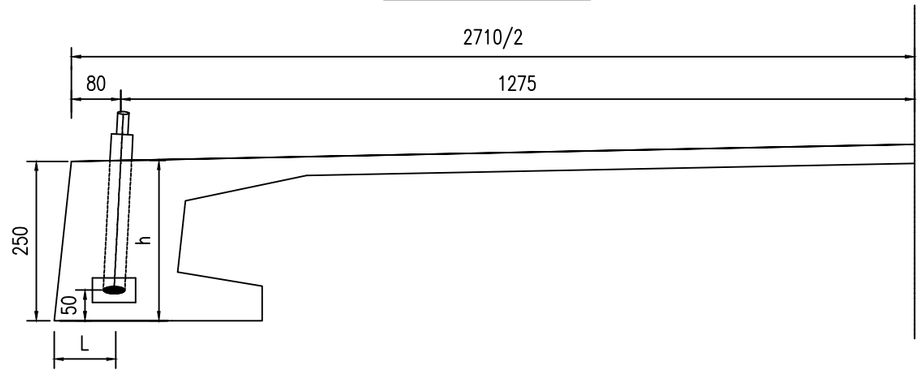
6.N1钢筋应焊接在预留槽钢管上。

7.图中L1、L2、L3、L4数值的计算已计入斜拉索垂度修正的影响。

8.在安装预留槽钢管时，斜割面与梁底面精确齐平。

北京交科公路勘察设计研究院有限公司 北京公科固桥技术有限公司	G65包茂高速公路彭水至酉阳段 安全韧性提升项目两阶段施工图设计	主梁斜拉索锚固预留槽及锚下钢筋布置图	设计	赵锦明	复核	曾豪	审核	纪志旺	审定		图号	S4-2-1-13

适用于0~22号索



2号塔主梁斜拉索锚点位置表

拉索编号	B22	B21	B20	B19	B18	B17	B16	B15	B14	B13	B12	B11	B10	B9	B8	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1
截面号n	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
b (m)	3.785	3.733	3.677	3.616	3.555	3.488	3.322	3.357	3.284	3.211	3.133	2.065	2.905	2.737	2.559	2.371	2.185	1.983	1.766	1.533	1.282	1.012
h (m)	2.516	2.516	2.516	2.516	2.516	2.516	2.516	2.516	2.516	2.516	2.516	2.516	2.516	2.516	2.516	2.516	2.516	2.516	2.516	2.516	2.516	2.516
L (m)	0.761	0.762	0.764	0.765	0.767	0.769	0.771	0.772	0.774	0.776	0.779	0.781	0.784	0.786	0.789	0.792	0.797	0.801	0.806	0.811	0.818	0.827

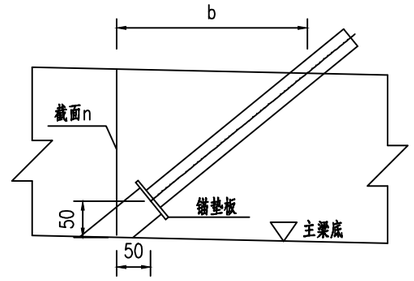
拉索编号	0	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15	A16	A17	A18	A19	A20	A21	A22
截面号n	26	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49
b (m)	0.500	1.011	1.282	1.533	1.766	1.983	2.184	2.370	2.557	2.739	2.908	3.067	3.219	3.376	3.525	3.870	3.817	3.952	4.084	4.213	4.343	4.408	4.465
h (m)	2.516	2.516	2.516	2.516	2.516	2.516	2.516	2.516	2.516	2.516	2.516	2.516	2.516	2.516	2.516	2.516	2.516	2.516	2.516	2.516	2.516	2.516	2.516
L (m)	0.686	0.827	0.818	0.811	0.806	0.801	0.797	0.793	0.790	0.786	0.783	0.781	0.778	0.776	0.774	0.772	0.769	0.767	0.765	0.763	0.761	0.760	0.759

3号塔主梁斜拉索锚点位置表

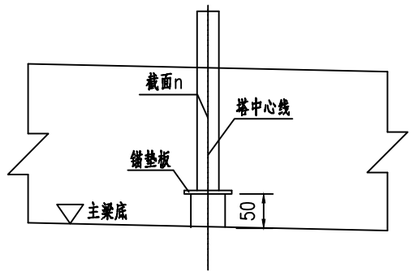
拉索编号	A22	A21	A20	A19	A18	A17	A16	A15	A14	A13	A12	A11	A10	A9	A8	A7	A6	A5	A4	A3	A2	A1
截面号n	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72
b (m)	4.465	4.408	4.342	4.213	4.084	3.952	3.810	3.670	3.526	3.376	3.219	3.067	2.908	2.740	2.557	2.370	2.185	1.983	1.766	1.534	1.282	1.012
h (m)	2.516	2.516	2.516	2.516	2.516	2.516	2.516	2.516	2.516	2.516	2.516	2.516	2.516	2.516	2.516	2.516	2.516	2.516	2.516	2.516	2.516	2.516
L (m)	0.759	0.760	0.761	0.763	0.765	0.767	0.770	0.772	0.774	0.776	0.778	0.781	0.783	0.786	0.790	0.793	0.797	0.801	0.806	0.811	0.818	0.827

拉索编号	0	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9	B10	B11	B12	B13	B14	B15	B16	B17	B18	B19	B20	B21	B22
截面号n	74	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97
b (m)	0.500	1.011	1.282	1.533	1.765	1.983	2.185	2.371	2.559	2.736	2.904	3.073	3.140	3.210	3.284	3.356	3.422	3.488	3.554	3.616	3.677	3.733	3.785
h (m)	2.516	2.516	2.516	2.516	2.516	2.516	2.516	2.516	2.516	2.516	2.516	2.516	2.516	2.516	2.516	2.516	2.516	2.516	2.516	2.516	2.516	2.516	2.516
L (m)	0.686	0.827	0.818	0.811	0.806	0.801	0.797	0.793	0.789	0.786	0.784	0.780	0.778	0.777	0.775	0.772	0.771	0.769	0.767	0.765	0.764	0.762	0.761

适用于1~22号索



适用于0号索



附注：

1.本图尺寸除注明者外，余以厘米计。

2.表中b值为各斜拉索中心与裸梁梁顶面交点距截面n的水平距离，已计入斜拉索垂度修正的影响。

3.截面号位置见《主梁一般构造图》。

4.表中h值指斜拉索与梁顶的交点距梁底的高度。

北京交科公路勘察设计研究院有限公司 北京公科固桥技术有限公司	G65包茂高速公路彭水至酉阳段 安全韧性提升项目两阶段施工图设计	主梁斜拉索锚固点位置图	设计	丝绵明	复核	曾雄	审核	张志旺	审定	图号	S4-2-1-13

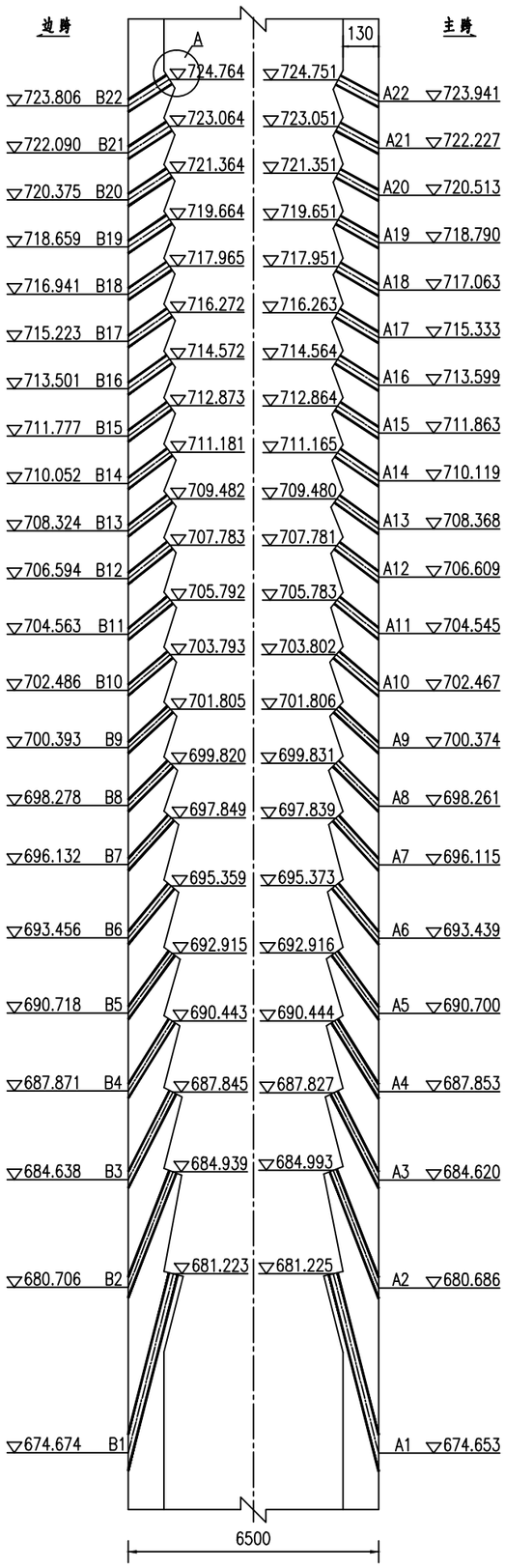
北京交科公路勘察设计研究院有限公司
北京公科固桥技术有限公司

G65包茂高速公路彭水至酉阳段
安全韧性提升项目两阶段施工图设计

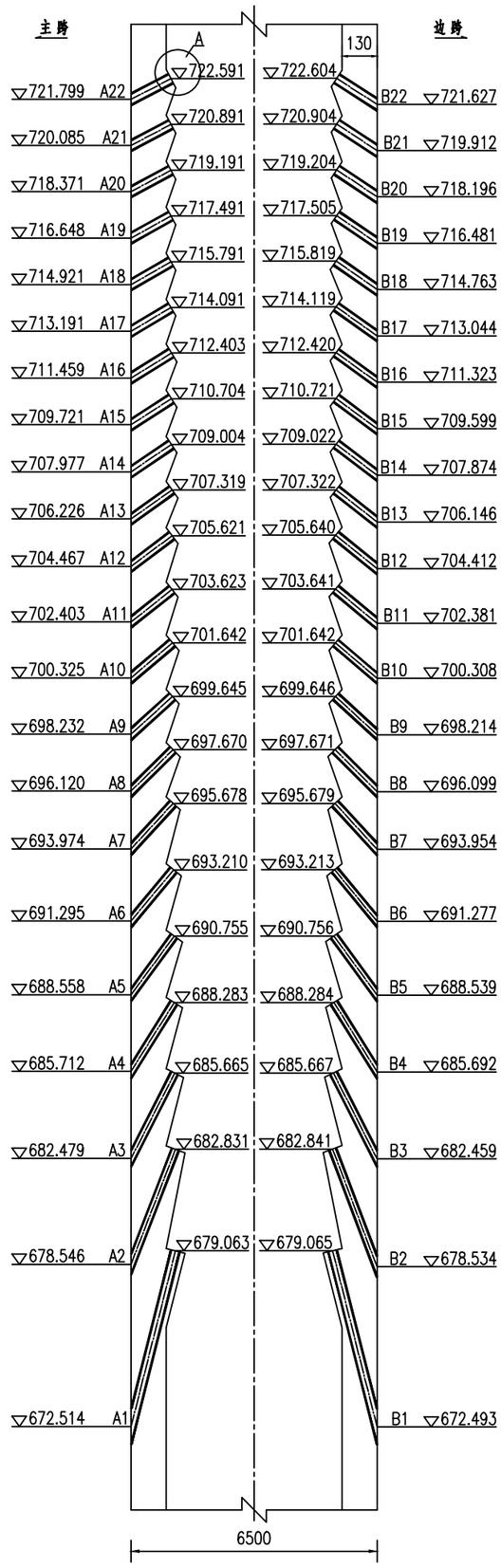
上塔柱斜拉索索导管及锚垫板构造图(1)

设计	复核	审核	审定	图号
				S4-2-1-13

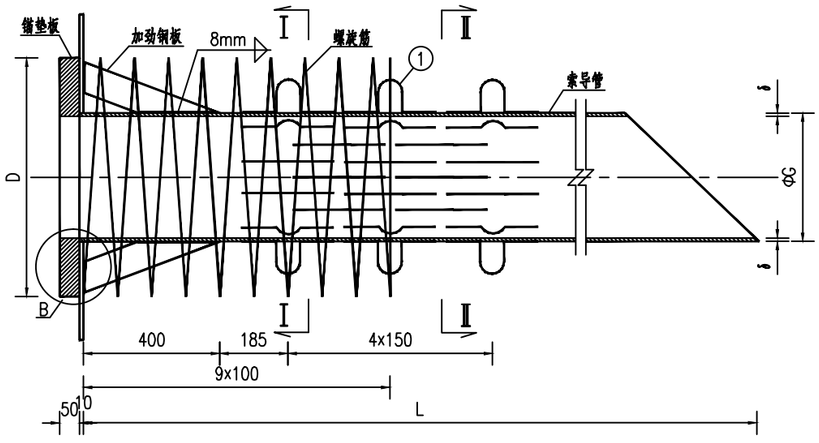
2号塔锚固区剖面



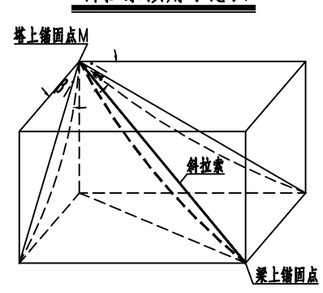
3号塔锚固区剖面



索导管剖面



斜拉索倾角示意图



附注：

1、本图尺寸标高以米计，其余除注明者外均以毫米为单位。

2、相关剖面及大样图，详见《上塔柱斜拉索索导管及锚垫板构造图(三)》。

2号塔斜拉索对应索导管材料尺寸表

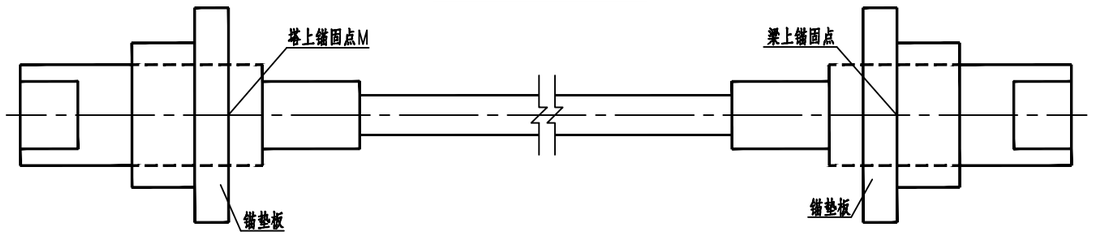
索号	锚具规格	C (mm)	δ (mm)	ΦG (mm)	D (mm)	L (mm)	竖向角 αi (°)	横向角 βi (°)	螺旋筋 D1 (mm)	螺旋筋 长度 (mm)	a (mm)
B22	PESM7-283	109	9.0	377	700	1904	32.56747	83.49825	700	24210.7	1750
B21	PESM7-241	110	15.0	377	700	1914	32.98490	83.53316	700	24210.7	1750
B20	PESM7-241	112	15.0	377	700	1925	33.41040	83.56507	700	24210.7	1750
B19	PESM7-241	113	15.0	377	700	1936	33.83831	83.59228	700	24210.7	1750
B18	PESM7-241	114	15.0	377	700	1948	34.31501	83.62543	700	24210.7	1750
B17	PESM7-223	117	10.0	351	700	1965	34.79940	83.65392	700	24210.7	1740
B16	PESM7-223	118	10.0	351	700	1980	35.34828	83.69078	700	24210.7	1740
B15	PESM7-223	120	10.0	351	700	1997	35.96940	83.73655	700	24210.7	1740
B14	PESM7-199	123	7.5	325	700	2018	36.59624	83.77484	700	24210.7	1730
B13	PESM7-199	125	7.5	325	700	2038	37.29172	83.81941	700	24210.7	1730
B12	PESM7-163	128	7.5	299	700	2051	38.03358	83.86379	700	24210.7	1730
B11	PESM7-163	131	7.5	299	700	2087	38.76323	83.92818	700	24210.7	1720
B10	PESM7-163	138	7.5	299	700	2145	40.51292	83.98947	700	24210.7	1720
B9	PESM7-163	147	7.5	299	700	2232	42.53088	84.05749	700	24210.7	1710
B8	PESM7-163	159	7.5	299	700	2341	44.85535	84.12993	700	24210.7	1700
B7	PESM7-163	174	7.5	299	700	2496	47.55160	84.20670	700	24210.7	1680
B6	PESM7-163	190	7.5	299	700	2656	50.48382	84.31288	700	24210.7	1680
B5	PESM7-139	215	6.5	273	600	2914	53.93791	84.42055	600	20758.4	1650
B4	PESM7-139	246	6.5	273	600	3258	58.11088	84.54648	600	20758.4	1650
B3	PESM7-139	298	6.5	273	600	3878	63.05152	84.69205	600	20758.4	1620
B2	PESM7-139	380	6.5	273	600	4906	68.93999	84.87366	600	20758.4	1620
B1	PESM7-199	557	7.5	325	700	7422	75.85968	85.13844	700	24210.7	1600
0	PESM7-199	——	7.5	325	700	3360	90.00000	81.21022	700	24210.7	--
A1	PESM7-199	557	7.5	325	700	7446	75.90643	85.15469	700	24210.7	1600
A2	PESM7-139	385	6.5	273	600	4984	69.03516	84.89523	600	20758.4	1600
A3	PESM7-139	296	6.5	273	600	3875	63.19807	84.72633	600	20758.4	1630
A4	PESM7-139	246	6.5	273	600	3276	58.30565	84.58730	600	20758.4	1650
A5	PESM7-139	215	6.5	273	600	2931	54.17483	84.46839	600	20758.4	1650
A6	PESM7-163	191	7.5	299	700	2688	50.75214	84.36590	700	24210.7	1670
A7	PESM7-163	173	7.5	299	700	2469	47.84625	84.26617	700	24210.7	1690
A8	PESM7-163	160	7.5	299	700	2369	45.17289	84.19370	700	24210.7	1690
A9	PESM7-199	147	7.5	325	700	2259	42.92540	84.13835	700	24210.7	1710
A10	PESM7-199	139	7.5	325	700	2184	40.92706	84.07568	700	24210.7	1710
A11	PESM7-199	130	7.5	325	700	2098	39.17725	84.01689	700	24210.7	1730
A12	PESM7-199	124	7.5	325	700	2049	37.64276	83.96233	700	24210.7	1730
A13	PESM7-199	118	7.5	325	700	2006	36.19601	83.92364	700	24210.7	1730
A14	PESM7-199	112	7.5	325	700	1946	34.89190	83.88450	700	24210.7	1750
A15	PESM7-199	108	7.5	325	700	1915	33.72969	83.84878	700	24210.7	1750
A16	PESM7-223	104	10.0	351	700	1899	32.74893	83.83059	700	24210.7	1750
A17	PESM7-223	101	10.0	351	700	1877	31.80429	83.79959	700	24210.7	1750
A18	PESM7-223	97	10.0	351	700	1834	30.95674	83.77313	700	24210.7	1770
A19	PESM7-223	94	10.0	351	700	1817	30.20022	83.75185	700	24210.7	1770
A20	PESM7-223	92	10.0	351	700	1803	29.53267	83.73796	700	24210.7	1770
A21	PESM7-223	91	10.0	351	700	1794	29.12079	83.70354	700	24210.7	1770
A22	PESM7-241	90	15.0	377	700	1793	28.69510	83.66033	700	24210.7	1770

3号塔斜拉索对应索导管材料尺寸表

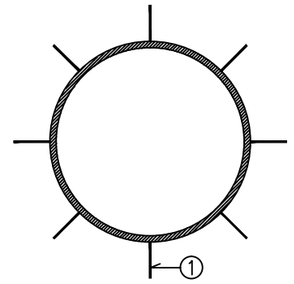
索号	锚具规格	C (mm)	δ (mm)	ΦG (mm)	D (mm)	L (mm)	竖向角 αi (°)	横向角 βi (°)	螺旋筋 D1 (mm)	螺旋筋 长度 (mm)	a (mm)
A22	PESM7-241	90	15.0	377	700	1782	28.15198	83.51631	700	24210.7	1770
A21	PESM7-223	91	10.0	351	700	1783	28.58028	83.56256	700	24210.7	1770
A20	PESM7-223	92	10.0	351	700	1792	28.99723	83.60032	700	24210.7	1770
A19	PESM7-223	94	10.0	351	700	1806	29.67301	83.61854	700	24210.7	1770
A18	PESM7-223	97	10.0	351	700	1822	30.43831	83.64445	700	24210.7	1770
A17	PESM7-223	100	10.0	351	700	1842	31.29543	83.67613	700	24210.7	1770
A16	PESM7-199	104	7.5	325	700	1878	32.18852	83.69697	700	24210.7	1750
A15	PESM7-199	108	7.5	325	700	1903	33.24331	83.73514	700	24210.7	1750
A14	PESM7-199	112	7.5	325	700	1933	34.41857	83.77637	700	24210.7	1750
A13	PESM7-199	118	7.5	325	700	1933	35.73785	83.82137	700	24210.7	1730
A12	PESM7-199	124	7.5	325	700	2036	37.20160	83.86598	700	24210.7	1730
A11	PESM7-199	130	7.5	325	700	2084	38.75414	83.92654	700	24210.7	1730
A10	PESM7-199	139	7.5	325	700	2170	40.52457	83.99158	700	24210.7	1710
A9	PESM7-199	147	7.5	325	700	2245	42.54649	84.06066	700	24210.7	1710
A8	PESM7-163	160	7.5	299	700	2353	44.81439	84.12117	700	24210.7	1690
A7	PESM7-163	173	7.5	299	700	2480	47.52634	84.20202	700	24210.7	1690
A6	PESM7-163	191	7.5	299	700	2671	50.46577	84.30892	700	24210.7	1670
A5	PESM7-139	215	6.5	273	600	2913	53.92861	84.41863	600	20758.4	1650
A4	PESM7-139	246	6.5	273	600	3258	58.10570	84.54537	600	20758.4	1650
A3	PESM7-139	296	6.5	273	600	3855	63.04861	84.69251	600	20758.4	1630
A2	PESM7-139	385	6.5	273	600	4962	68.93872	84.86993	600	20758.4	1600
A1	PESM7-199	557	7.5	325	700	7422	75.85926	85.13821	700	24210.7	1600
0	PESM7-199	——	7.5	325	700	3360	90.00000	81.21001	700	24210.7	--
B1	PESM7-199	557	7.5	325	700	7447	75.90717	85.15497	700	24210.7	1600
B2	PESM7-139	385	6.5	273	600	4985	69.04049	84.89528	600	20758.4	1600
B3	PESM7-139	296	6.5	273	600	3876	63.20244	84.72736	600	20758.4	1630
B4	PESM7-139	246	6.5	273	600	3277	58.31321	84.58892	600	20758.4	1650
B5	PESM7-139	215	6.5	273	600	2932	54.18674	84.47084	600	20758.4	1650
B6	PESM7-163	191	7.5	299	700	2689	50.77255	84.37002	700	24210.7	1670
B7	PESM7-163	173	7.5	299	700	2497	47.87435	84.27184	700	24210.7	1690
B8	PESM7-163	160	7.5	299	700	2371	45.21017	84.20126	700	24210.7	1690
B9	PESM7-163	147	7.5	299	700	2247	42.91279	84.13585	700	24210.7	1710
B10	PESM7-163	139	7.5	299	700	2172	40.91820	84.07393	700	24210.7	1710
B11	PESM7-163	132	7.5	299	700	2116	39.27576	84.03710	700	24210.7	1710
B12	PESM7-163	130	7.5	299	700	2093	38.55404	83.97596	700	24210.7	1710
B13	PESM7-199	125	7.5	325	700	2052	37.73549	83.91697	700	24210.7	1730
B14	PESM7-199	123	7.5	325	700	2031	37.04800	83.87554	700	24210.7	1730
B15	PESM7-223	121	10.0	351	700	2023	36.42868	83.84000	700	24210.7	1730
B16	PESM7-223	119	10.0	351	700	2005	35.81474	83.79735	700	24210.7	1730
B17	PESM7-223	117	10.0	351	700	1990	35.27204	83.76326	700	24210.7	1730
B18	PESM7-241	116	15.0	377	700	1986	34.79323	83.73707	700	24210.7	1730
B19	PESM7-241	113	15.0	377	700	1948	34.32214	83.70689	700	24210.7	1750
B20	PESM7-241	112	15.0	377	700	1937	33.89918	83.68203	700	24210.7	1750
B21	PESM7-241	110	15.0	377	700	1926	33.47869	83.65262	700	24210.7	1750
B22	PESM7-283	109	9.0	377	700	1916	33.06553	83.62015	700	24210.7	1750

北京交科公路勘察设计研究院有限公司 北京公科固桥技术有限公司	G65包茂高速公路彭水至酉阳段 安全韧性提升项目两阶段施工图设计	上塔柱斜拉索索导管及锚垫板构造图(2)	设计	赵炳明	复核	崔磊	审核	张志旺	审定	图号 S4-2-1-13

斜拉索锚固点图



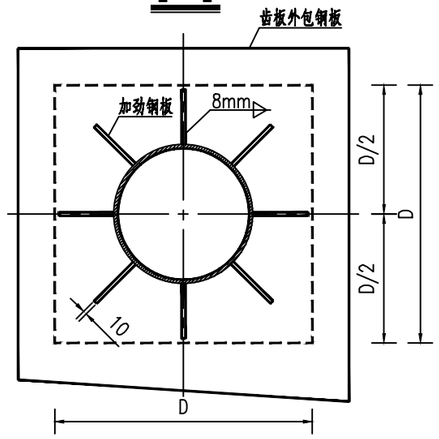
Ⅱ－Ⅱ



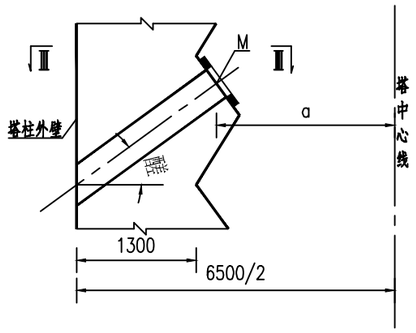
桥塔索导管及钢筋数量表（全桥）

名称	规格 (mm)	共长 (m)	单位重 (kg/m)	共重 (kg)	合计 (kg)
索导管	Φ273x6.5	120.16	42.720	5086.24	30197.02
	Φ299x7.5	94.50	53.916	5036.29	
	Φ325x7.5	150.59	58.725	8755.90	
	Φ351x10	64.06	84.096	5304.78	
	Φ377x15	38.19	133.912	5114.10	
	Φ377x9	7.64	81.679	3683.72	
螺旋筋	Φ20	4247.45	2.47	10491.2	17604.8
N1筋	Φ20	0.4x7200	2.47	7113.60	

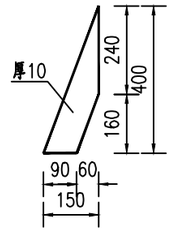
Ⅰ－Ⅰ



A大样图



加劲钢板大样



锚垫板A3钢板及加劲钢板数量表（全桥）

名称	规格 (mm)	数量 (块)	单位重 (kg/块)	共重 (kg)	合计 (kg)
锚垫板	700x700x50	148	192.325	28464.1	32985.7
	600x600x50	32	141.300	4521.6	
10mm厚加劲钢板		1440	1.978	2848.3	2848.3

附注：

1、本图尺寸标高以米计，其余除注明者外均以毫米为单位。

2、索导管、锚垫板、加劲钢板、齿板外包钢板及螺旋筋、1号钢筋先焊接成组合构件后再上桥安装。

3、索导管切割后两端磨光，与锚垫板相接端磨光顶紧，出口端的内侧面磨成圆弧倒角。

4、索导管施工安装完成后，出口剖面与塔的外表面平齐。

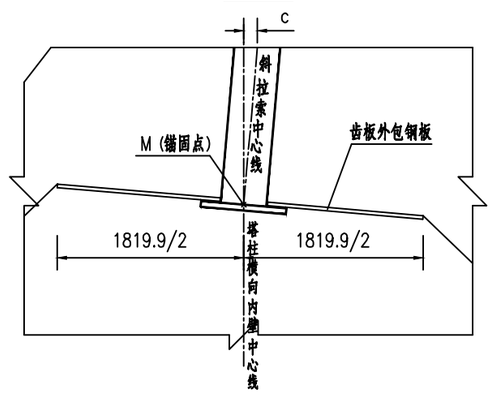
5、N1钢筋双面焊接在索导管上，同一圆周上等间距焊接8根，层与层之间交错布置，每根索导管上焊40根N1钢筋。

6、图中索导管出口标高已计入斜拉索垂度修正。

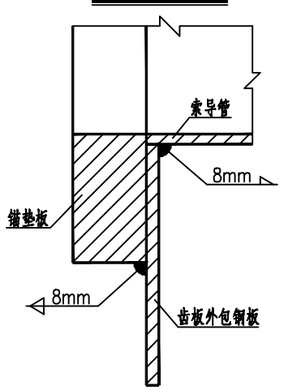
7、斜拉索锚具为PESM7系列，其数量已计入主梁设计图中。

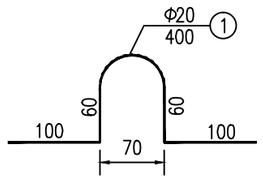
8、表中L为索导管最长点长度，δ为索导管壁厚，ΦG为索导管外径。

Ⅲ－Ⅲ

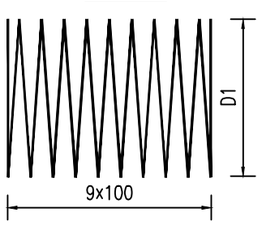


B大样图



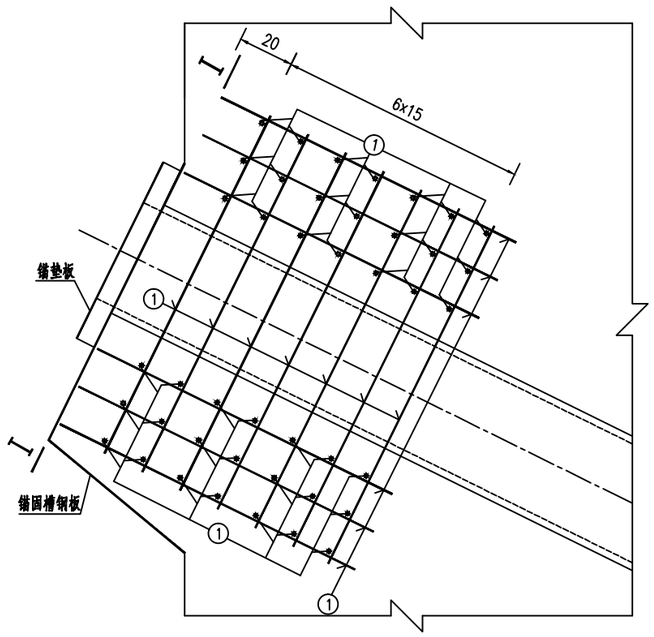


螺旋筋

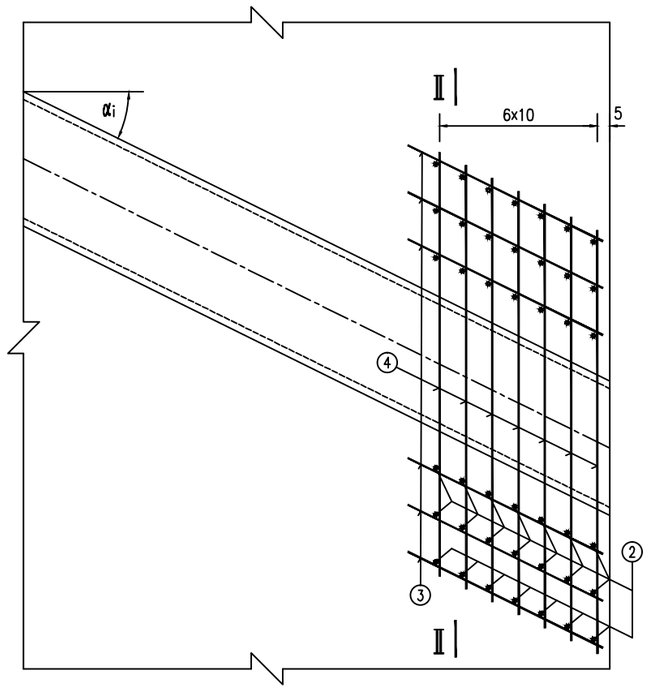


北京交科公路勘察设计研究院有限公司 北京公科固桥技术有限公司	G65包茂高速公路彭水至酉阳段 安全韧性提升项目两阶段施工图设计	上塔柱斜拉索索导管及锚垫板构造图(3)	设计	丛绮明	复核	曾霞	审核	鲍志旺	审定		图号	S4-2-1-13

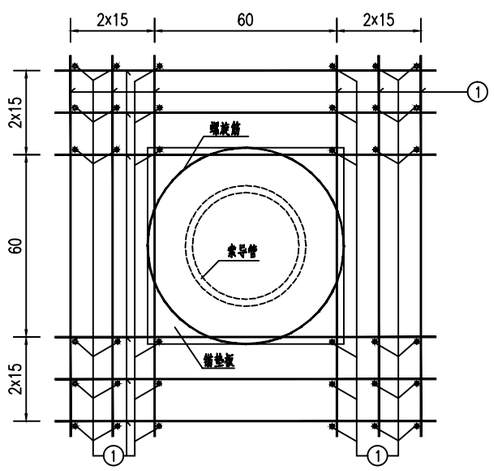
锚下钢筋立面 (A1~A22、B1~B22号索)



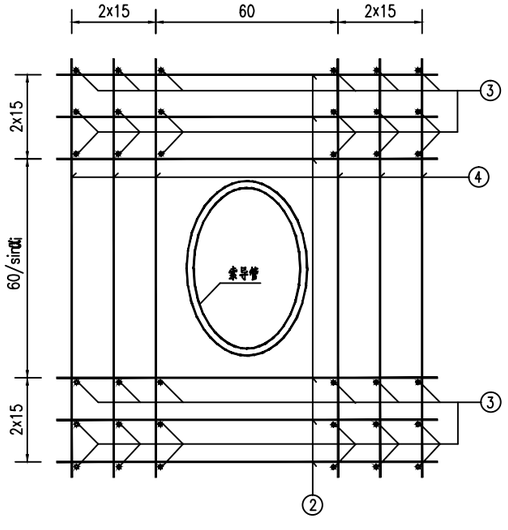
索导管出口钢筋立面 (A1~A22、B1~B22号索)

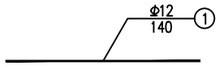


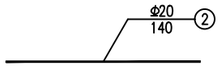
Ⅰ－Ⅰ

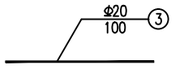


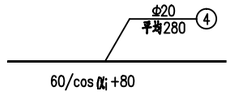
Ⅱ－Ⅱ











锚下钢筋数量表

编号	规格	单根长 (cm)	根数	共重 (kg)	共长 (m)	合计 (kg)
1	Φ12	140	176x120	29568.0	26256.4	26256.4
2	Φ20	140	176x42	10348.8	25561.5	92334.5
3	Φ20	100	176x36	6336.0	15649.9	
4	Φ20	280	176x42	20697.6	51123.1	

附注：

1、本图尺寸除钢筋直径以毫米计外，余均以厘米计；

2、图中αi见图《斜拉索导管及锚垫板构造图》；

北京交科公路勘察设计研究院有限公司 北京公科固桥技术有限公司	G65包茂高速公路彭水至酉阳段 安全韧性提升项目两阶段施工图设计	上塔柱斜拉索锚下钢筋布置图	设计	赵绳明	复核	曾毅	审核	鲍志旺	审定		图号	S4-2-1-13

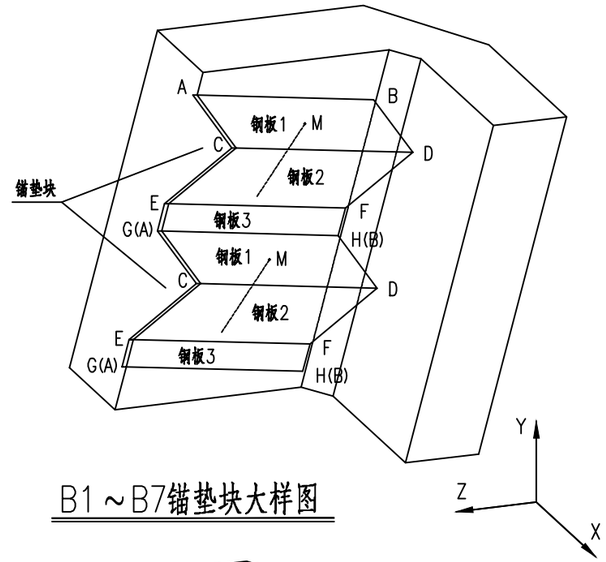
2号塔墩边跨拉索锚垫块各顶点及拉索锚点坐标表

坐标(m) / 拉索编号	拉索锚点M			A			B			C			D		
	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z
B1	62411.400	681.223	8.736	62411.050	681.387	9.621	62411.050	681.234	7.824	62411.750	681.212	9.647	62411.750	681.060	7.850
B2	62411.380	684.939	8.183	62411.050	685.145	9.063	62411.050	684.984	7.267	62411.710	684.894	9.100	62411.710	684.733	7.304
B3	62411.380	687.845	7.751	62411.050	688.093	8.624	62411.050	687.927	6.829	62411.710	687.763	8.674	62411.710	687.596	6.879
B4	62411.350	690.443	7.365	62411.050	690.712	8.236	62411.050	690.541	6.441	62411.650	690.344	8.290	62411.650	690.173	6.495
B5	62411.350	692.915	6.998	62411.050	693.218	7.863	62411.050	693.042	6.069	62411.650	692.787	7.927	62411.650	692.612	6.133
B6	62411.320	695.359	6.635	62411.050	695.668	7.499	62411.050	695.489	5.705	62411.590	695.229	7.564	62411.590	695.050	5.771
B7	62411.320	697.849	6.265	62411.050	698.183	7.125	62411.050	698.001	5.332	62411.590	697.696	7.197	62411.590	697.514	5.404
B8	62411.300	699.820	5.972	62411.050	700.160	6.831	62411.050	699.975	5.039	62411.550	699.665	6.905	62411.550	699.480	5.112
B9	62411.290	701.805	5.677	62411.050	702.156	6.534	62411.050	701.970	4.742	62411.530	701.641	6.611	62411.530	701.455	4.819
B10	62411.280	703.793	5.381	62411.050	704.153	6.238	62411.050	703.964	4.446	62411.510	703.623	6.316	62411.510	703.434	4.525
B11	62411.280	705.792	5.084	62411.050	706.169	5.938	62411.050	705.979	4.146	62411.510	705.605	6.022	62411.510	705.415	4.230
B12	62411.270	707.783	4.788	62411.050	708.156	5.643	62411.050	707.963	3.851	62411.490	707.602	5.725	62411.490	707.410	3.934
B13	62411.270	709.482	4.536	62411.050	709.863	5.389	62411.050	709.669	3.598	62411.490	709.295	5.473	62411.490	709.101	3.682
B14	62411.270	711.181	4.283	62411.050	711.570	5.135	62411.050	711.375	3.344	62411.490	710.987	5.222	62411.490	710.792	3.431
B15	62411.260	712.873	4.032	62411.050	713.256	4.885	62411.050	713.059	3.094	62411.470	712.687	4.969	62411.470	712.490	3.179
B16	62411.260	714.572	3.779	62411.050	714.963	4.631	62411.050	714.765	2.841	62411.470	714.380	4.718	62411.470	714.182	2.927
B17	62411.260	716.272	3.526	62411.050	716.669	4.377	62411.050	716.470	2.587	62411.470	716.074	4.466	62411.470	715.875	2.676
B18	62411.250	717.965	3.275	62411.050	718.353	4.127	62411.050	718.153	2.337	62411.450	717.776	4.213	62411.450	717.576	2.423
B19	62411.250	719.664	3.022	62411.050	720.058	3.874	62411.050	719.857	2.084	62411.450	719.472	3.961	62411.450	719.270	2.171
B20	62411.250	721.364	2.770	62411.050	721.763	3.620	62411.050	721.561	1.830	62411.450	721.167	3.709	62411.450	720.965	1.919
B21	62411.250	723.064	2.517	62411.050	723.468	3.367	62411.050	723.266	1.577	62411.450	722.862	3.457	62411.450	722.659	1.667
B22	62411.250	724.764	2.264	62411.050	725.174	3.113	62411.050	724.970	1.324	62411.450	724.558	3.205	62411.450	724.354	1.415

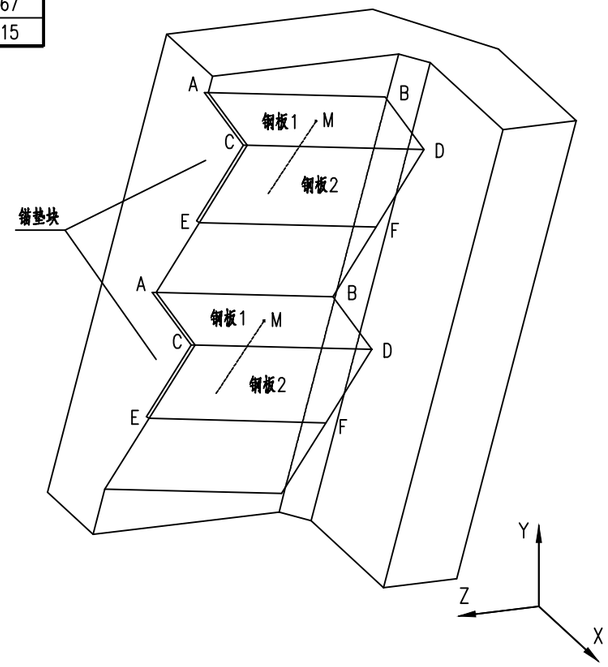
2号塔墩边跨拉索锚垫块各顶点及拉索锚点坐标表

坐标(m) / 拉索编号	E			F			G			H		
	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z
B1	62411.297	679.412	9.915	62411.297	679.260	8.118	---	---	---	---	---	---
B2	62411.371	683.094	9.367	62411.371	682.933	7.572	---	---	---	---	---	---
B3	62411.256	685.963	8.941	62411.256	685.796	7.146	---	---	---	---	---	---
B4	62411.170	688.544	8.557	62411.170	688.373	6.763	---	---	---	---	---	---
B5	62411.129	690.987	8.194	62411.129	690.812	6.401	---	---	---	---	---	---
B6	62411.106	693.429	7.831	62411.106	693.250	6.038	---	---	---	---	---	---
B7	62411.110	695.896	7.465	62411.110	695.714	5.672	---	---	---	---	---	---
B8	62411.050	698.284	7.110	62411.050	698.100	5.317	62411.050	698.183	7.125	62411.050	698.001	5.332
B9	62411.050	700.261	6.816	62411.050	700.074	5.024	62411.050	700.160	6.831	62411.050	699.975	5.039
B10	62411.050	702.257	6.519	62411.050	702.069	4.728	62411.050	702.156	6.534	62411.050	701.970	4.742
B11	62411.050	704.254	6.223	62411.050	704.063	4.431	62411.050	704.153	6.238	62411.050	703.964	4.446
B12	62411.050	706.270	5.923	62411.050	706.078	4.132	62411.050	706.169	5.938	62411.050	705.979	4.146
B13	62411.050	708.257	5.628	62411.050	708.063	3.837	62411.050	708.156	5.643	62411.050	707.963	3.851
B14	62411.050	709.964	5.374	62411.050	709.769	3.583	62411.050	709.863	5.389	62411.050	709.669	3.598
B15	62411.050	711.671	5.120	62411.050	711.474	3.330	62411.050	711.570	5.135	62411.050	711.375	3.344
B16	62411.050	713.357	4.870	62411.050	713.159	3.079	62411.050	713.256	4.885	62411.050	713.059	3.094
B17	62411.050	715.063	4.616	62411.050	714.864	2.826	62411.050	714.963	4.631	62411.050	714.765	2.841
B18	62411.050	716.769	4.362	62411.050	716.569	2.572	62411.050	716.669	4.377	62411.050	716.470	2.587
B19	62411.050	718.453	4.112	62411.050	718.252	2.322	62411.050	718.353	4.127	62411.050	718.153	2.337
B20	62411.050	720.159	3.859	62411.050	719.957	2.069	62411.050	720.058	3.874	62411.050	719.857	2.084
B21	62411.050	721.864	3.605	62411.050	721.661	1.816	62411.050	721.763	3.620	62411.050	721.561	1.830
B22	62411.050	723.569	3.352	62411.050	723.365	1.562	62411.050	723.468	3.367	62411.050	723.266	1.577

B8～B22锚垫块大样图



B1～B7锚垫块大样图



附注：

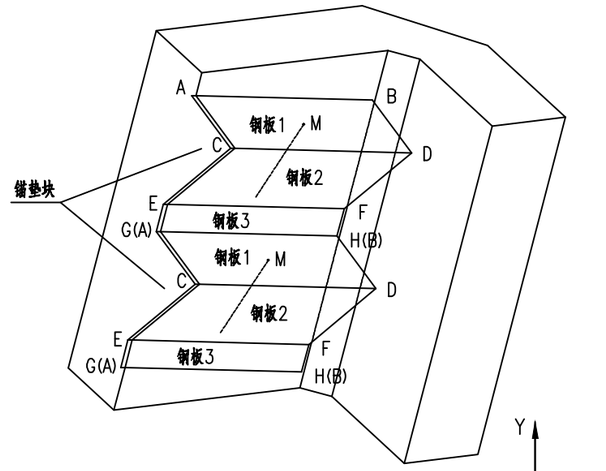
1. 本图表中数据均以米为单位。
2. 本图坐标系约定：X轴为顺桥向，Y轴垂直向上，Z轴为横桥向。表中X坐标为各点桩号，Y坐标为各点标高，Z坐标为各点到路中心线的距离。
3. 本图适用于2号塔墩边跨拉索在塔柱上的锚垫块。
4. 拉索锚垫块外包钢板1、钢板2、钢板3的构造大样和结构尺寸见《主塔拉索锚垫块外包钢板尺寸表（1）》。

北京交科公路勘察设计研究院有限公司 北京公科固桥技术有限公司	G65包茂高速公路彭水至酉阳段 安全韧性提升项目两阶段施工图设计	主塔拉索锚垫块各点坐标表（1）	设计		复核		审核		审定		图号	S4-2-1-13

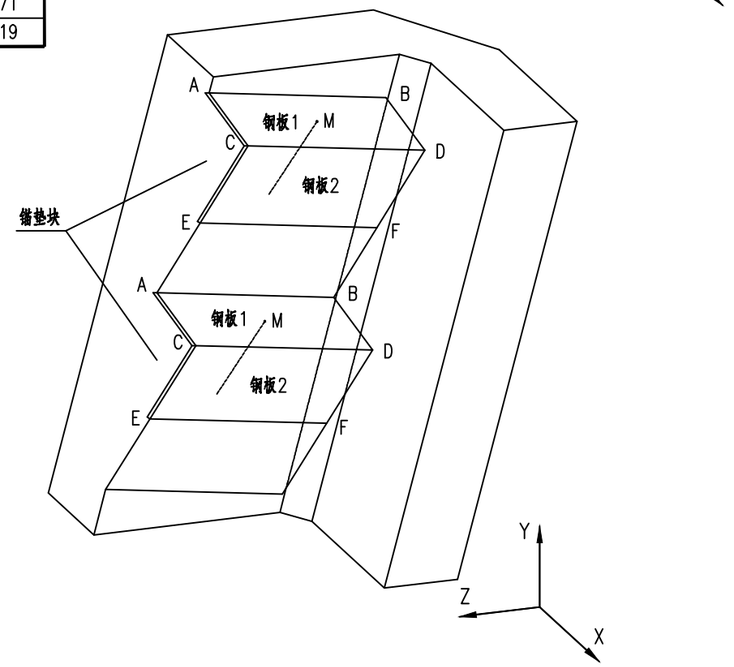
2号塔墩中跨拉索锚垫块各顶点及拉索锚点坐标表

坐标(m) / 拉索编号	拉索锚点M			A			B			C			D		
	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z
A1	62414.600	681.225	8.735	62414.950	681.388	9.621	62414.950	681.236	7.824	62414.250	681.215	9.647	62414.250	681.062	7.850
A2	62414.600	684.993	8.175	62414.950	685.205	9.054	62414.950	685.045	7.258	62414.250	684.941	9.093	62414.250	684.780	7.297
A3	62414.630	687.827	7.754	62414.950	688.069	8.628	62414.950	687.903	6.833	62414.310	687.750	8.675	62414.310	687.584	6.880
A4	62414.650	690.444	7.365	62414.950	690.712	8.235	62414.950	690.542	6.441	62414.350	690.347	8.289	62414.350	690.177	6.495
A5	62414.650	692.916	6.998	62414.950	693.217	7.863	62414.950	693.043	6.069	62414.350	692.790	7.926	62414.350	692.616	6.132
A6	62414.670	695.373	6.633	62414.950	695.686	7.496	62414.950	695.509	5.702	62414.390	695.236	7.563	62414.390	695.059	5.769
A7	62414.690	697.839	6.266	62414.950	698.161	7.128	62414.950	697.981	5.335	62414.430	697.697	7.197	62414.430	697.517	5.404
A8	62414.690	699.831	5.970	62414.950	700.177	6.829	62414.950	699.994	5.036	62414.430	699.667	6.904	62414.430	699.485	5.112
A9	62414.710	701.806	5.676	62414.950	702.152	6.535	62414.950	701.968	4.742	62414.470	701.644	6.610	62414.470	701.460	4.818
A10	62414.710	703.802	5.380	62414.950	704.168	6.235	62414.950	703.982	4.443	62414.470	703.623	6.316	62414.470	703.437	4.524
A11	62414.730	705.783	5.085	62414.950	706.143	5.942	62414.950	705.955	4.150	62414.510	705.611	6.021	62414.510	705.423	4.229
A12	62414.730	707.781	4.788	62414.950	708.157	5.642	62414.950	707.968	3.851	62414.510	707.595	5.726	62414.510	707.406	3.934
A13	62414.730	709.480	4.536	62414.950	709.871	5.388	62414.950	709.680	3.596	62414.510	709.279	5.476	62414.510	709.089	3.684
A14	62414.750	711.165	4.286	62414.950	711.543	5.139	62414.950	711.351	3.348	62414.550	710.978	5.223	62414.550	710.786	3.432
A15	62414.750	712.864	4.033	62414.950	713.255	4.885	62414.950	713.062	3.094	62414.550	712.666	4.972	62414.550	712.473	3.181
A16	62414.750	714.564	3.780	62414.950	714.966	4.630	62414.950	714.773	2.839	62414.550	714.354	4.721	62414.550	714.161	2.930
A17	62414.750	716.263	3.528	62414.950	716.678	4.376	62414.950	716.483	2.585	62414.550	716.043	4.470	62414.550	715.848	2.680
A18	62414.770	717.951	3.277	62414.950	718.344	4.128	62414.950	718.149	2.338	62414.590	717.753	4.216	62414.590	717.558	2.425
A19	62414.770	719.651	3.024	62414.950	720.053	3.874	62414.950	719.857	2.084	62414.590	719.445	3.965	62414.590	719.249	2.174
A20	62414.770	721.351	2.772	62414.950	721.762	3.620	62414.950	721.565	1.830	62414.590	721.137	3.713	62414.590	720.940	1.923
A21	62414.770	723.051	2.519	62414.950	723.468	3.367	62414.950	723.270	1.577	62414.590	722.832	3.461	62414.590	722.634	1.671
A22	62414.770	724.751	2.266	62414.950	725.174	3.113	62414.950	724.975	1.323	62414.590	724.527	3.210	62414.590	724.328	1.419

A8～A22锚垫块大样图



A1～A7锚垫块大样图



2号塔墩中跨拉索锚垫块各顶点及拉索锚点坐标表

坐标(m) / 拉索编号	E			F			G			H		
	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z
A1	62414.702	679.415	9.914	62414.702	679.262	8.117	---	---	---	---	---	---
A2	62414.605	683.141	9.360	62414.605	682.980	7.565	---	---	---	---	---	---
A3	62414.763	685.950	8.943	62414.763	685.784	7.148	---	---	---	---	---	---
A4	62414.825	688.547	8.557	62414.825	688.377	6.762	---	---	---	---	---	---
A5	62414.870	690.990	8.194	62414.870	690.816	6.400	---	---	---	---	---	---
A6	62414.890	693.436	7.830	62414.890	693.259	6.037	---	---	---	---	---	---
A7	62414.896	695.897	7.465	62414.896	695.717	5.672	---	---	---	---	---	---
A8	62414.950	698.262	7.113	62414.950	698.079	5.320	62414.950	698.161	7.128	62414.950	697.981	5.335
A9	62414.950	700.277	6.814	62414.950	700.093	5.021	62414.950	700.177	6.829	62414.950	699.994	5.036
A10	62414.950	702.253	6.520	62414.950	702.067	4.728	62414.950	702.168	6.535	62414.950	701.968	4.742
A11	62414.950	704.269	6.220	62414.950	704.081	4.428	62414.950	704.178	6.235	62414.950	703.982	4.443
A12	62414.950	706.244	5.927	62414.950	706.054	4.135	62414.950	706.143	5.942	62414.950	705.955	4.150
A13	62414.950	708.258	5.628	62414.950	708.067	3.836	62414.950	708.157	5.642	62414.950	707.968	3.851
A14	62414.950	709.972	5.373	62414.950	709.780	3.581	62414.950	709.871	5.388	62414.950	709.680	3.596
A15	62414.950	711.644	5.124	62414.950	711.450	3.333	62414.950	711.543	5.139	62414.950	711.351	3.348
A16	62414.950	713.356	4.870	62414.950	713.162	3.079	62414.950	713.255	4.885	62414.950	713.062	3.094
A17	62414.950	715.067	4.616	62414.950	714.872	2.825	62414.950	714.966	4.630	62414.950	714.773	2.839
A18	62414.950	716.778	4.361	62414.950	716.583	2.570	62414.950	716.678	4.376	62414.950	716.483	2.585
A19	62414.950	718.444	4.114	62414.950	718.248	2.323	62414.950	718.344	4.128	62414.950	718.149	2.338
A20	62414.950	720.154	3.860	62414.950	719.957	2.069	62414.950	720.053	3.874	62414.950	719.857	2.084
A21	62414.950	721.862	3.606	62414.950	721.665	1.815	62414.950	721.762	3.620	62414.950	721.565	1.830
A22	62414.950	723.568	3.352	62414.950	723.369	1.562	62414.950	723.468	3.367	62414.950	723.270	1.577

附注：

1. 本图表中数据均以米为单位。
2. 本图坐标系约定：X轴为顺桥向，Y轴垂直向上，Z轴为横桥向。表中X坐标为各点桩号，Y坐标为各点标高，Z坐标为各点到路中心线的距离。
3. 本图适用于2号塔墩中跨拉索在塔柱上的锚垫块。
4. 拉索锚垫块外包钢板1、钢板2、钢板3的构造大样和结构尺寸见《主塔拉索锚垫块外包钢板尺寸表（2）》。

北京交科公路勘察设计研究院有限公司 北京公科固桥技术有限公司	G65包茂高速公路彭水至酉阳段 安全韧性提升项目两阶段施工图设计	主塔拉索锚垫块各点坐标表（2）	设计	丛锦明	复核	曾霞	审核	纪志旺	审定	图号	S4-2-1-13

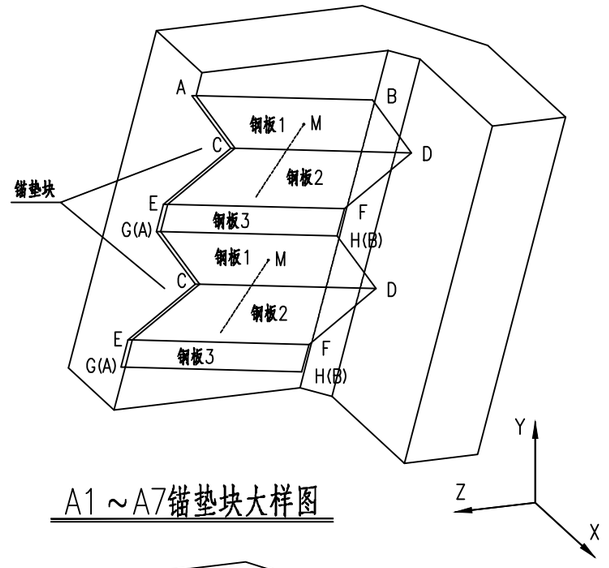
3号塔墩中跨拉索锚垫块各顶点及拉索锚点坐标表

坐标(m) / 拉索编号	拉索锚点M			A			B			C			D		
	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z
A1	62771.400	679.063	8.736	62771.050	679.227	9.621	62771.050	679.074	7.824	62771.750	679.052	9.647	62771.750	678.900	7.850
A2	62771.400	682.831	8.176	62771.050	683.044	9.054	62771.050	682.883	7.258	62771.750	682.778	9.093	62771.750	682.617	7.297
A3	62771.370	685.665	7.754	62771.050	685.909	8.628	62771.050	685.742	6.833	62771.690	685.588	8.676	62771.690	685.421	6.881
A4	62771.350	688.283	7.365	62771.050	688.553	8.235	62771.050	688.381	6.441	62771.650	688.184	8.290	62771.650	688.013	6.495
A5	62771.350	690.755	6.998	62771.050	691.058	7.863	62771.050	690.883	6.069	62771.650	690.627	7.927	62771.650	690.452	6.133
A6	62771.330	693.210	6.633	62771.050	693.527	7.496	62771.050	693.348	5.703	62771.610	693.071	7.564	62771.610	692.892	5.770
A7	62771.310	695.678	6.266	62771.050	696.003	7.128	62771.050	695.821	5.335	62771.570	695.534	7.197	62771.570	695.352	5.405
A8	62771.310	697.670	5.970	62771.050	698.020	6.828	62771.050	697.835	5.036	62771.570	697.504	6.905	62771.570	697.320	5.112
A9	62771.290	699.645	5.677	62771.050	700.996	6.534	62771.050	699.810	4.742	62771.530	699.481	6.611	62771.530	699.295	4.819
A10	62771.290	701.642	5.380	62771.050	702.012	6.235	62771.050	701.824	4.443	62771.530	701.460	6.317	62771.530	701.271	4.525
A11	62771.270	703.623	5.085	62771.050	703.988	5.941	62771.050	703.797	4.150	62771.490	703.448	6.021	62771.490	703.258	4.230
A12	62771.270	705.621	4.788	62771.050	706.002	5.642	62771.050	705.810	3.850	62771.490	705.432	5.726	62771.490	705.239	3.935
A13	62771.270	707.319	4.536	62771.050	707.717	5.387	62771.050	707.523	3.596	62771.490	707.115	5.476	62771.490	706.922	3.685
A14	62771.250	709.004	4.286	62771.050	709.389	5.138	62771.050	709.194	3.348	62771.450	708.815	5.224	62771.450	708.620	3.433
A15	62771.250	710.704	4.033	62771.050	711.102	4.884	62771.050	710.906	3.093	62771.450	710.502	4.973	62771.450	710.305	3.182
A16	62771.250	712.403	3.780	62771.050	712.815	4.629	62771.050	712.617	2.839	62771.450	712.190	4.722	62771.450	711.992	2.932
A17	62771.230	714.091	3.530	62771.050	714.482	4.381	62771.050	714.283	2.591	62771.410	713.899	4.468	62771.410	713.700	2.678
A18	62771.230	715.791	3.277	62771.050	716.192	4.127	62771.050	715.993	2.337	62771.410	715.589	4.217	62771.410	715.390	2.427
A19	62771.230	717.491	3.024	62771.050	717.902	3.873	62771.050	717.702	2.083	62771.410	717.280	3.966	62771.410	717.080	2.175
A20	62771.230	719.191	2.772	62771.050	719.611	3.619	62771.050	719.410	1.829	62771.410	718.972	3.714	62771.410	718.771	1.924
A21	62771.230	720.891	2.519	62771.050	721.317	3.366	62771.050	721.115	1.576	62771.410	720.667	3.462	62771.410	720.465	1.672
A22	62771.230	722.591	2.266	62771.050	723.023	3.112	62771.050	722.820	1.322	62771.410	722.362	3.210	62771.410	722.159	1.421

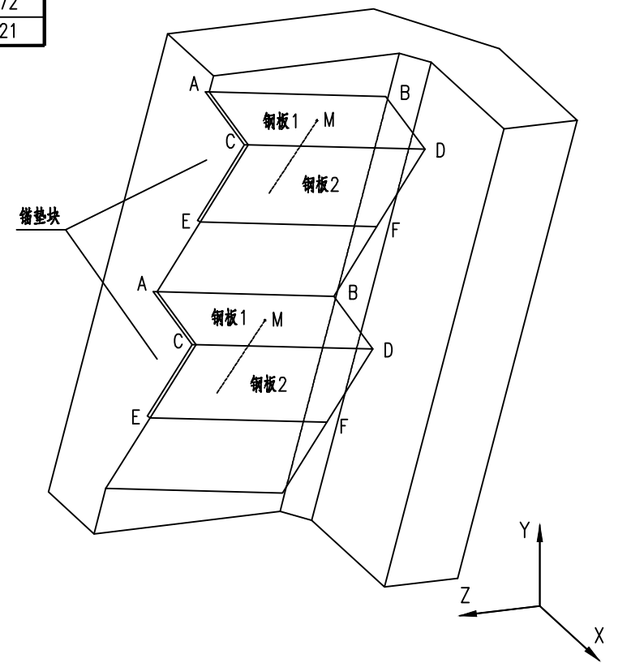
3号塔墩中跨拉索锚垫块各顶点及拉索锚点坐标表

坐标(m) / 拉索编号	E			F			G			H		
	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z
A1	62771.297	677.252	9.915	62771.297	677.100	8.118	---	---	---	---	---	---
A2	62771.395	680.978	9.361	62771.395	680.817	7.565	---	---	---	---	---	---
A3	62771.237	683.788	8.943	62771.237	683.621	7.148	---	---	---	---	---	---
A4	62771.175	686.384	8.557	62771.175	686.213	6.763	---	---	---	---	---	---
A5	62771.129	688.827	8.194	62771.129	688.652	6.401	---	---	---	---	---	---
A6	62771.109	691.271	7.831	62771.109	691.092	6.038	---	---	---	---	---	---
A7	62771.103	693.734	7.465	62771.103	693.552	5.672	---	---	---	---	---	---
A8	62771.050	696.104	7.113	62771.050	695.920	5.320	62771.050	696.003	7.128	62771.050	695.821	5.335
A9	62771.050	698.121	6.813	62771.050	697.934	5.021	62771.050	698.020	6.828	62771.050	697.835	5.036
A10	62771.050	700.097	6.519	62771.050	699.909	4.728	62771.050	699.996	6.534	62771.050	699.810	4.742
A11	62771.050	702.113	6.220	62771.050	701.923	4.428	62771.050	702.012	6.235	62771.050	701.824	4.443
A12	62771.050	704.089	5.926	62771.050	703.896	4.135	62771.050	703.988	5.941	62771.050	703.797	4.150
A13	62771.050	706.103	5.627	62771.050	705.909	3.836	62771.050	706.002	5.642	62771.050	705.810	3.850
A14	62771.050	707.818	5.372	62771.050	707.623	3.581	62771.050	707.717	5.387	62771.050	707.523	3.596
A15	62771.050	709.490	5.123	62771.050	709.293	3.333	62771.050	709.389	5.138	62771.050	709.194	3.348
A16	62771.050	711.203	4.869	62771.050	711.005	3.078	62771.050	711.102	4.884	62771.050	710.906	3.093
A17	62771.050	712.915	4.614	62771.050	712.717	2.824	62771.050	712.815	4.629	62771.050	712.617	2.839
A18	62771.050	714.582	4.367	62771.050	714.383	2.576	62771.050	714.482	4.381	62771.050	714.283	2.591
A19	62771.050	716.292	4.112	62771.050	716.092	2.322	62771.050	716.192	4.127	62771.050	715.993	2.337
A20	62771.050	718.002	3.858	62771.050	717.801	2.068	62771.050	717.902	3.873	62771.050	717.702	2.083
A21	62771.050	719.711	3.604	62771.050	719.509	1.814	62771.050	719.611	3.619	62771.050	719.410	1.829
A22	62771.050	721.418	3.351	62771.050	721.214	1.561	62771.050	721.317	3.366	62771.050	721.115	1.576

A8～A22锚垫块大样图



A1～A7锚垫块大样图



附注：

1. 本图表中数据均以米为单位。
2. 本图坐标系约定：X轴为顺桥向，Y轴垂直向上，Z轴为横桥向。表中X坐标为各点桩号，Y坐标为各点标高，Z坐标为各点到路中心线的距离。
3. 本图适用于3号塔墩中跨拉索在塔柱上的锚垫块。
4. 拉索锚垫块外包钢板1、钢板2、钢板3的构造大样和结构尺寸见《主塔拉索锚垫块外包钢板尺寸表（3）》。

北京交科公路勘察设计研究院有限公司 北京公科固桥技术有限公司	G65包茂高速公路彭水至酉阳段 安全韧性提升项目两阶段施工图设计	主塔拉索锚垫块各点坐标表（3）	设计	赵绵明	复核	曾爱	审核	熊志旺	审定	图号	S4-2-1-13

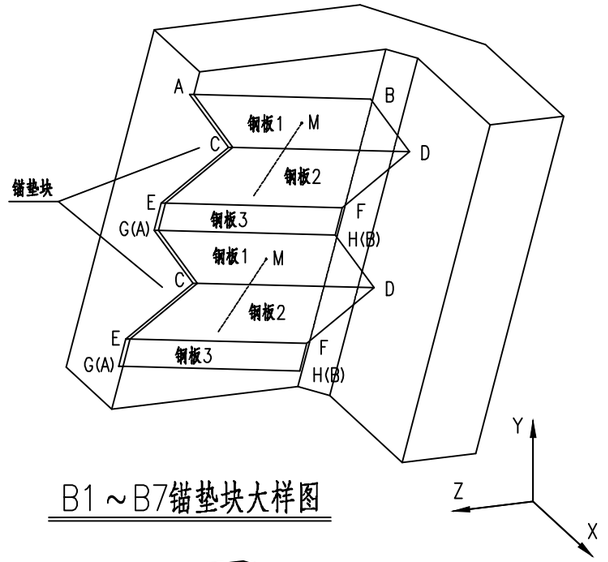
3号塔墩边跨拉索锚垫块各顶点及拉索锚点坐标表

坐标(m) / 拉索编号	拉索锚点M			A			B			C			D		
	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z
B1	62774.600	679.065	8.735	62774.950	679.228	9.621	62774.950	679.076	7.824	62774.250	679.055	9.647	62774.250	678.902	7.850
B2	62774.600	682.841	8.174	62774.950	683.054	9.052	62774.950	682.894	7.256	62774.250	682.789	9.092	62774.250	682.629	7.296
B3	62774.630	685.667	7.754	62774.950	685.909	8.628	62774.950	685.743	6.833	62774.310	685.590	8.675	62774.310	685.425	6.880
B4	62774.650	688.284	7.365	62774.950	688.552	8.235	62774.950	688.382	6.441	62774.350	688.187	8.289	62774.350	688.017	6.495
B5	62774.650	690.756	6.998	62774.950	691.056	7.863	62774.950	690.883	6.069	62774.350	690.630	7.926	62774.350	690.456	6.132
B6	62774.670	693.213	6.633	62774.950	693.526	7.496	62774.950	693.349	5.702	62774.390	693.076	7.563	62774.390	692.899	5.769
B7	62774.690	695.679	6.266	62774.950	696.000	7.128	62774.950	695.820	5.335	62774.430	695.537	7.197	62774.430	695.357	5.404
B8	62774.690	697.671	5.970	62774.950	698.016	6.829	62774.950	697.834	5.036	62774.430	697.508	6.904	62774.430	697.325	5.111
B9	62774.710	699.646	5.676	62774.950	699.993	6.535	62774.950	699.808	4.742	62774.470	699.484	6.610	62774.470	699.300	4.818
B10	62774.710	701.642	5.380	62774.950	702.008	6.235	62774.950	701.822	4.443	62774.470	701.463	6.316	62774.470	701.277	4.524
B11	62774.710	703.641	5.083	62774.950	704.023	5.936	62774.950	703.836	4.144	62774.470	703.445	6.022	62774.470	703.258	4.230
B12	62774.710	705.640	4.786	62774.950	706.031	5.637	62774.950	705.841	3.846	62774.470	705.438	5.726	62774.470	705.249	3.934
B13	62774.730	707.322	4.536	62774.950	707.698	5.390	62774.950	707.507	3.598	62774.510	707.138	5.473	62774.510	706.947	3.681
B14	62774.730	709.022	4.283	62774.950	709.405	5.136	62774.950	709.212	3.345	62774.510	708.831	5.221	62774.510	708.639	3.430
B15	62774.730	710.721	4.031	62774.950	711.111	4.882	62774.950	710.918	3.091	62774.510	710.524	4.970	62774.510	710.331	3.179
B16	62774.730	712.420	3.778	62774.950	712.817	4.629	62774.950	712.623	2.838	62774.510	712.217	4.718	62774.510	712.023	2.927
B17	62774.730	714.119	3.525	62774.950	714.523	4.375	62774.950	714.328	2.585	62774.510	713.911	4.466	62774.510	713.716	2.676
B18	62774.730	715.819	3.273	62774.950	716.229	4.122	62774.950	716.032	2.331	62774.510	715.606	4.214	62774.510	715.409	2.424
B19	62774.750	717.505	3.022	62774.950	717.892	3.875	62774.950	717.694	2.084	62774.550	717.315	3.960	62774.550	717.118	2.170
B20	62774.750	719.204	2.770	62774.950	719.596	3.621	62774.950	719.398	1.831	62774.550	719.011	3.708	62774.550	718.812	1.918
B21	62774.750	720.904	2.517	62774.950	721.301	3.368	62774.950	721.102	1.578	62774.550	720.706	3.456	62774.550	720.507	1.666
B22	62774.750	722.604	2.264	62774.950	723.006	3.115	62774.950	722.806	1.324	62774.550	722.402	3.204	62774.550	722.202	1.414

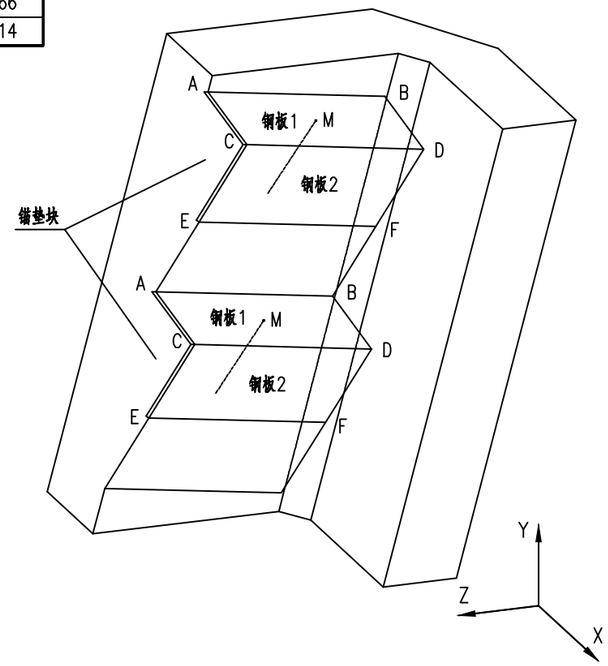
3号塔墩边跨拉索锚垫块各顶点及拉索锚点坐标表

坐标(m) / 拉索编号	E			F			G			H		
	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z
B1	62774.702	677.255	9.914	62774.702	677.102	8.117	---	---	---	---	---	---
B2	62774.604	680.989	9.359	62774.604	680.829	7.563	---	---	---	---	---	---
B3	62774.765	683.790	8.943	62774.765	683.625	7.148	---	---	---	---	---	---
B4	62774.825	686.387	8.557	62774.825	686.217	6.762	---	---	---	---	---	---
B5	62774.870	688.830	8.194	62774.870	688.656	6.400	---	---	---	---	---	---
B6	62774.890	691.276	7.830	62774.890	691.099	6.037	---	---	---	---	---	---
B7	62774.896	693.737	7.465	62774.896	693.557	5.672	---	---	---	---	---	---
B8	62774.950	696.101	7.113	62774.950	695.919	5.320	62774.950	696.000	7.128	62774.950	695.820	5.335
B9	62774.950	698.117	6.814	62774.950	697.933	5.021	62774.950	698.016	6.829	62774.950	697.834	5.036
B10	62774.950	700.093	6.520	62774.950	699.907	4.728	62774.950	699.993	6.535	62774.950	699.808	4.742
B11	62774.950	702.109	6.220	62774.950	701.921	4.428	62774.950	702.008	6.235	62774.950	701.822	4.443
B12	62774.950	704.124	5.921	62774.950	703.935	4.129	62774.950	704.023	5.936	62774.950	703.836	4.144
B13	62774.950	706.131	5.622	62774.950	705.941	3.831	62774.950	706.031	5.637	62774.950	705.841	3.846
B14	62774.950	707.798	5.375	62774.950	707.606	3.584	62774.950	707.698	5.390	62774.950	707.507	3.598
B15	62774.950	709.505	5.121	62774.950	709.312	3.330	62774.950	709.405	5.136	62774.950	709.212	3.345
B16	62774.950	711.212	4.867	62774.950	711.017	3.077	62774.950	711.111	4.882	62774.950	710.918	3.091
B17	62774.950	712.918	4.614	62774.950	712.722	2.823	62774.950	712.817	4.629	62774.950	712.623	2.838
B18	62774.950	714.624	4.360	62774.950	714.427	2.570	62774.950	714.523	4.375	62774.950	714.328	2.585
B19	62774.950	716.329	4.107	62774.950	716.132	2.316	62774.950	716.229	4.122	62774.950	716.032	2.331
B20	62774.950	717.992	3.860	62774.950	717.794	2.069	62774.950	717.892	3.875	62774.950	717.694	2.084
B21	62774.950	719.697	3.606	62774.950	719.498	1.816	62774.950	719.596	3.621	62774.950	719.398	1.831
B22	62774.950	721.402	3.353	62774.950	721.202	1.563	62774.950	721.301	3.368	62774.950	721.102	1.578

B8～B22锚垫块大样图



B1～B7锚垫块大样图



附注：

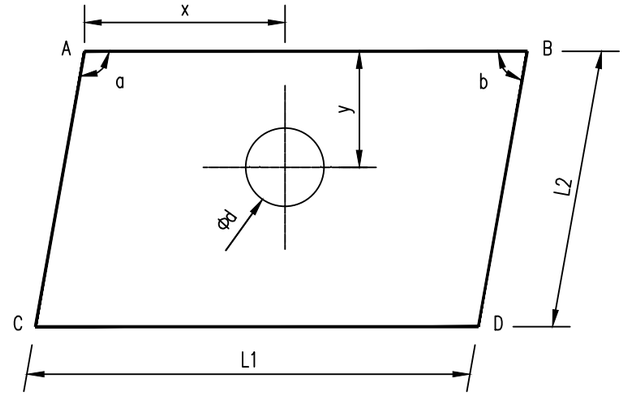
1. 本图表中数据均以米为单位。
2. 本图坐标系约定：X轴为顺桥向，Y轴垂直向上，Z轴为横桥向。表中X坐标为各点桩号，Y坐标为各点标高，Z坐标为各点到路中心线的距离。
3. 本图适用于3号塔墩边跨拉索在塔柱上的锚垫块。
4. 拉索锚垫块外包钢板1、钢板2、钢板3的构造大样和结构尺寸见《主塔拉索锚垫块外包钢板尺寸表（4）》。

北京交科公路勘察设计研究院有限公司 北京公科固桥技术有限公司	G65包茂高速公路彭水至酉阳段 安全韧性提升项目两阶段施工图设计	主塔拉索锚垫块各点坐标表（4）	设计	赵绵明	复核	曾雄	审核	张志明	审定	图号	S4-2-1-13

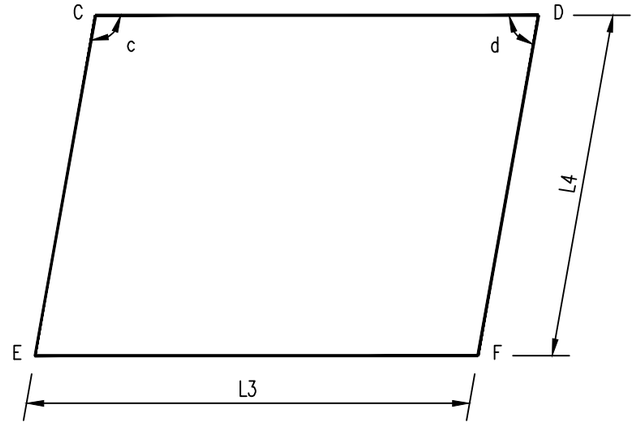
2号塔墩边跨拉索锚垫块外包钢板尺寸表

钢板尺寸 / 拉索编号	钢板 1							
	L1(mm)	L2(mm)	x(mm)	y(mm)	Φd(mm)	角a(度)	角b(度)	钢板重(kg)
B1	1803.6	721.8	896.3	360.9	325	90.8758	89.1241	102.2
B2	1803.1	707.0	894.2	353.4	273	91.1928	88.8072	100.1
B3	1802.7	740.0	892.2	369.9	273	91.4221	88.5779	104.7
B4	1802.5	706.0	891.5	352.9	273	91.5810	88.4190	99.9
B5	1802.3	741.3	890.2	370.5	273	91.6879	88.3121	104.8
B6	1802.1	698.9	890.4	349.3	299	91.7563	88.2437	98.8
B7	1802.0	730.5	889.6	365.1	299	91.7916	88.2084	103.3
B8	1801.9	707.4	889.6	353.5	299	91.8276	88.1724	100.0
B9	1801.8	708.4	889.5	354.0	299	91.8468	88.1532	100.1
B10	1801.7	706.2	889.4	352.9	299	91.8539	88.1461	99.8
B11	1801.6	732.6	889.9	366.1	325	91.8539	88.1461	103.6
B12	1801.5	712.0	889.4	355.8	325	91.8221	88.1779	100.6
B13	1801.4	723.9	889.3	361.8	325	91.8052	88.1948	102.3
B14	1801.4	735.6	889.2	367.6	325	91.7861	88.2139	104.0
B15	1801.3	712.6	889.7	356.1	325	91.7696	88.2304	100.7
B16	1801.3	723.4	889.6	361.5	351	91.7462	88.2538	102.2
B17	1801.2	733.2	889.6	366.4	351	91.7278	88.2722	103.6
B18	1801.2	706.9	890.0	353.3	351	91.7145	88.2855	99.9
B19	1801.2	715.5	890.0	357.6	377	91.6967	88.3033	101.1
B20	1801.1	723.6	889.9	361.6	377	91.6825	88.3175	102.3
B21	1801.1	731.8	889.9	365.7	377	91.6640	88.3360	103.4
B22	1801.1	740.0	889.9	369.8	377	91.6425	88.3575	104.6

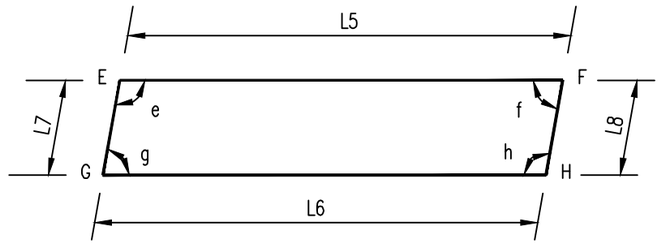
钢板1大样图



钢板2大样图



钢板3大样图



2号塔墩边跨拉索锚垫块外包钢板尺寸表

钢板尺寸 / 拉索编号	钢板 2					钢板 3								
	L3(mm)	L4(mm)	角c(度)	角d(度)	钢板重(kg)	L5(mm)	L6(mm)	L7(mm)	L8(mm)	角e(度)	角f(度)	角g(度)	角h(度)	钢板重(kg)
B1	1803.6	1875.4	93.4858	86.5142	265.0	---	---	---	---	---	---	---	---	---
B2	1803.1	1851.1	93.2708	86.7292	261.6	---	---	---	---	---	---	---	---	---
B3	1802.7	1875.6	93.0519	86.9481	265.1	---	---	---	---	---	---	---	---	---
B4	1802.5	1882.1	92.9005	87.0995	266.0	---	---	---	---	---	---	---	---	---
B5	1802.3	1892.9	92.7626	87.2374	267.5	---	---	---	---	---	---	---	---	---
B6	1802.1	1882.9	92.6736	87.3264	266.1	---	---	---	---	---	---	---	---	---
B7	1802.0	1881.9	92.5721	87.4279	265.9	---	---	---	---	---	---	---	---	---
B8	1801.9	1482.7	92.4318	87.5682	209.5	1801.9	1802.0	102.3	99.9	92.5840	87.4160	87.3392	92.6608	14.3
B9	1801.8	1475.8	92.3743	87.6257	208.5	1801.8	1801.9	102.2	100.0	92.5116	87.4884	87.4160	92.5840	14.3
B10	1801.7	1454.7	92.3174	87.6826	205.6	1801.7	1801.8	102.2	100.0	92.4436	87.5564	87.4884	92.5116	14.3
B11	1801.6	1441.9	92.2567	87.7433	203.8	1801.6	1801.7	102.1	100.1	92.3823	87.6177	87.5564	92.4436	14.3
B12	1801.5	1416.8	92.2027	87.7973	200.2	1801.5	1801.6	102.1	100.1	92.3179	87.6821	87.6177	92.3823	14.3
B13	1801.4	1137.9	92.0952	87.9048	160.8	1801.4	1801.5	101.8	100.4	92.2735	87.7265	87.6821	92.3179	14.3
B14	1801.4	1124.2	92.0506	87.9494	158.9	1801.4	1801.4	101.8	100.4	92.2289	87.7711	87.7265	92.2735	14.3
B15	1801.3	1109.4	92.0264	87.9736	156.8	1801.3	1801.4	101.7	100.5	92.1907	87.8093	87.7711	92.2289	14.3
B16	1801.3	1116.7	91.9864	88.0136	157.8	1801.3	1801.3	101.8	100.4	92.1449	87.8551	87.8093	92.1907	14.3
B17	1801.2	1105.0	91.9491	88.0509	156.2	1801.2	1801.3	101.7	100.5	92.1080	87.8920	87.8551	92.1449	14.3
B18	1801.2	1094.0	91.9344	88.0656	154.6	1801.2	1801.2	101.5	100.7	92.0795	87.9205	87.8920	92.1080	14.3
B19	1801.2	1104.2	91.9066	88.0934	156.0	1801.2	1801.2	101.6	100.6	92.0464	87.9536	87.9205	92.0795	14.3
B20	1801.1	1094.9	91.8787	88.1213	154.7	1801.1	1801.2	101.5	100.7	92.0192	87.9808	87.9536	92.0464	14.3
B21	1801.1	1085.9	91.8464	88.1536	153.4	1801.1	1801.1	101.6	100.6	91.9873	88.0127	87.9808	92.0192	14.3
B22	1801.1	1076.7	91.8119	88.1881	152.2	1801.1	1801.1	101.6	100.5	91.9524	88.0476	88.0127	91.9873	14.3

附注：

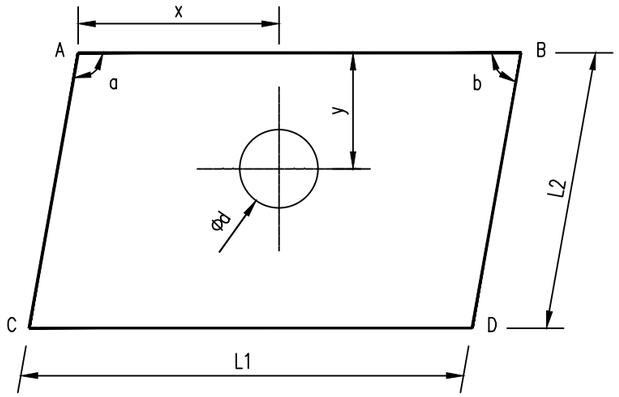
1. 本图尺寸以毫米为单位。
2. 锚垫块外包钢板均采用Q235钢，钢板厚均为10毫米。
3. 锚垫块外包钢板1、钢板2、钢板3的外侧表面角点坐标见《主塔拉索锚垫块各点坐标表（1）》。
4. 锚垫块外包钢板之间的联接采用焊接，图中尺寸为钢板联接好后的外侧表面尺寸，按1:1放样精确下料施工。
5. 锚垫块外包钢板1的AC边、钢板2的CE边、钢板3的EG边始终放置在远离桥轴线的一侧，而对应的BD、DF、FH边则放置在靠近桥轴线的一侧。
6. 锚垫块与塔柱顺桥向的两内侧面相接，外包钢板以外部分的模板现场制作。
7. 钢板1和钢板2为平行四边形。
8. 锚垫块外包钢板1与拉索索导管及锚垫板的连接详见《斜拉索索导管及锚垫板构造图（1）》，钢板1的Φd尺寸未计施工误差。
9. 本图所示每一种规格尺寸的外包钢板全桥共2块，全部钢板总重 13803.6 kg。
10. 本图适用于2号塔墩边跨拉索在塔柱上的锚垫块。

北京交科公路勘察设计研究院有限公司 北京公科固桥技术有限公司	G65包茂高速公路彭水至酉阳段 安全韧性提升项目两阶段施工图设计	主塔拉索锚垫块外包钢板尺寸表（1）	设计	丝绵明	复核	曾豪	审核	纪志旺	审定		图号	S4-2-1-13

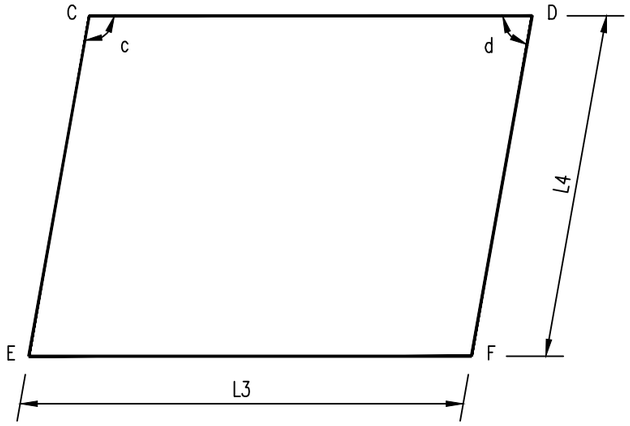
2号塔墩中跨拉索锚垫块外包钢板尺寸表

钢板尺寸 / 拉索编号	钢板 1							
	L1(mm)	L2(mm)	x(mm)	y(mm)	Φd(mm)	角a(度)	角b(度)	钢板重(kg)
A1	1803.6	721.7	896.3	360.8	325	90.8769	89.1231	102.2
A2	1803.1	749.4	893.7	374.6	273	91.1954	88.8046	106.1
A3	1802.8	716.6	892.5	358.2	273	91.4304	88.5696	101.4
A4	1802.6	704.6	891.5	352.1	273	91.5938	88.4062	99.7
A5	1802.4	739.2	890.2	369.4	273	91.7063	88.2937	104.5
A6	1802.2	722.1	889.9	360.9	299	91.7798	88.2202	102.1
A7	1802.1	700.2	889.9	349.9	299	91.8214	88.1786	99.0
A8	1801.9	731.7	889.1	365.7	299	91.8625	88.1375	103.4
A9	1801.9	703.2	889.3	351.4	299	91.8943	88.1057	99.4
A10	1801.8	730.9	888.7	365.2	325	91.9075	88.0925	103.3
A11	1801.7	694.6	889.3	347.1	325	91.9118	88.0882	98.2
A12	1801.6	718.3	888.8	359.0	325	91.9099	88.0901	101.5
A13	1801.6	742.8	888.4	371.2	325	91.9155	88.0845	105.0
A14	1801.5	697.0	888.1	348.3	351	91.9150	88.0850	98.5
A15	1801.5	717.9	888.8	358.7	351	91.9122	88.0878	101.5
A16	1801.5	736.8	888.4	368.2	351	91.9186	88.0814	104.1
A17	1801.4	756.2	888.1	377.9	351	91.9125	88.0875	106.9
A18	1801.4	697.2	889.1	348.4	351	91.9072	88.0928	98.5
A19	1801.4	712.9	888.8	356.2	351	91.9039	88.0961	100.8
A20	1801.3	727.4	888.6	363.5	351	91.9047	88.0953	102.8
A21	1801.3	736.7	888.6	368.2	351	91.8824	88.1176	104.1
A22	1801.3	746.6	888.6	373.1	377	91.8523	88.1477	105.5

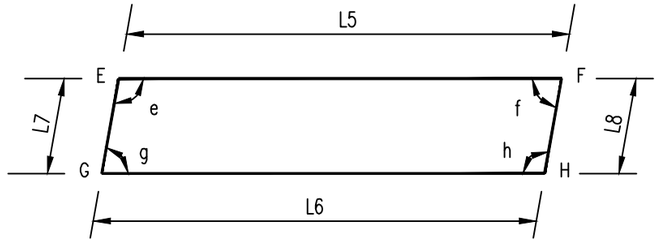
钢板1大样图



钢板2大样图



钢板3大样图



2号塔墩中跨拉索锚垫块外包钢板尺寸表

钢板尺寸 / 拉索编号	钢板 2					钢板 3								
	L3(mm)	L4(mm)	角c(度)	角d(度)	钢板重(kg)	L5(mm)	L6(mm)	L7(mm)	L8(mm)	角e(度)	角f(度)	角g(度)	角h(度)	钢板重(kg)
A1	1803.6	1875.0	93.5023	86.4977	265.0	---	---	---	---	---	---	---	---	---
A2	1803.1	1854.1	93.2867	86.7133	262.0	---	---	---	---	---	---	---	---	---
A3	1802.8	1875.3	93.0854	86.9146	265.0	---	---	---	---	---	---	---	---	---
A4	1802.6	1880.7	92.9423	87.0577	265.8	---	---	---	---	---	---	---	---	---
A5	1802.4	1892.7	92.8093	87.1907	267.5	---	---	---	---	---	---	---	---	---
A6	1802.2	1887.1	92.7186	87.2814	266.7	---	---	---	---	---	---	---	---	---
A7	1802.1	1878.5	92.6346	87.3654	265.5	---	---	---	---	---	---	---	---	---
A8	1801.9	1513.2	92.4856	87.5144	213.8	1801.9	1802.1	102.2	100.0	92.6478	87.3522	87.2797	92.7203	14.3
A9	1801.9	1462.7	92.4481	87.5519	206.7	1801.9	1801.9	102.0	100.2	92.5924	87.4076	87.3522	92.6478	14.3
A10	1801.8	1465.3	92.3892	87.6108	207.1	1801.8	1801.9	102.1	100.1	92.5298	87.4702	87.4076	92.5924	14.3
A11	1801.7	1426.7	92.3498	87.6502	201.6	1801.7	1801.8	102.0	100.2	92.4710	87.5290	87.4702	92.5298	14.3
A12	1801.6	1435.5	92.2991	87.7009	202.9	1801.6	1801.7	102.0	100.2	92.4164	87.5836	87.5290	92.4710	14.3
A13	1801.6	1122.7	92.1866	87.8134	158.7	1801.6	1801.6	101.7	100.5	92.3777	87.6223	87.5836	92.4164	14.3
A14	1801.5	1093.5	92.1755	87.8245	154.5	1801.5	1801.6	101.7	100.5	92.3386	87.6614	87.6223	92.3777	14.3
A15	1801.5	1108.2	92.1468	87.8532	156.6	1801.5	1801.5	101.7	100.5	92.3029	87.6971	87.6614	92.3386	14.3
A16	1801.5	1085.9	92.1231	87.8769	153.5	1801.5	1801.5	101.4	100.8	92.2847	87.7153	87.6971	92.3029	14.3
A17	1801.4	1064.8	92.0878	87.9122	150.5	1801.4	1801.5	101.6	100.6	92.2537	87.7463	87.7153	92.2847	14.3
A18	1801.4	1049.6	92.0913	87.9087	148.3	1801.4	1801.4	101.5	100.7	92.2272	87.7728	87.7463	92.2537	14.3
A19	1801.4	1073.5	92.0768	87.9232	151.7	1801.4	1801.4	101.4	100.8	92.2059	87.7941	87.7728	92.2272	14.3
A20	1801.3	1057.0	92.0602	87.9398	149.4	1801.3	1801.4	101.3	100.9	92.1921	87.8079	87.7941	92.2059	14.3
A21	1801.3	1044.1	92.0245	87.9755	147.6	1801.3	1801.3	101.6	100.6	92.1576	87.8424	87.8079	92.1921	14.3
A22	1801.3	1033.8	91.9812	88.0188	146.1	1801.3	1801.3	101.8	100.4	92.1144	87.8856	87.8424	92.1576	14.3

附注：

1. 本图尺寸以毫米为单位。
2. 锚垫块外包钢板均采用Q235钢，钢板厚均为10毫米。
3. 锚垫块外包钢板1、钢板2、钢板3的外侧表面角点坐标见《主塔拉索锚垫块各点坐标表（2）》。
4. 锚垫块外包钢板之间的联接采用焊接，图中尺寸为钢板联接好后的外侧表面尺寸，按1:1放样精确下料施工。
5. 锚垫块外包钢板1的AC边、钢板2的CE边、钢板3的EG边始终放置在远离桥轴线的一侧，而对应的BD、DF、FH边则放置在靠近桥轴线的一侧。
6. 锚垫块与塔柱顺桥向的两内侧面相接，外包钢板以外部分的模板现场制作。
7. 钢板1和钢板2为平行四边形。
8. 锚垫块外包钢板1与拉索索导管及锚垫板的连接详见《斜拉索索导管及锚垫板构造图（1）》，钢板1的Φd尺寸未计施工误差。
9. 本图所示每一种规格尺寸的外包钢板全桥共2块，全部钢板总重 13737.6 kg。
10. 本图适用于2号塔墩中跨拉索在塔柱上的锚垫块。

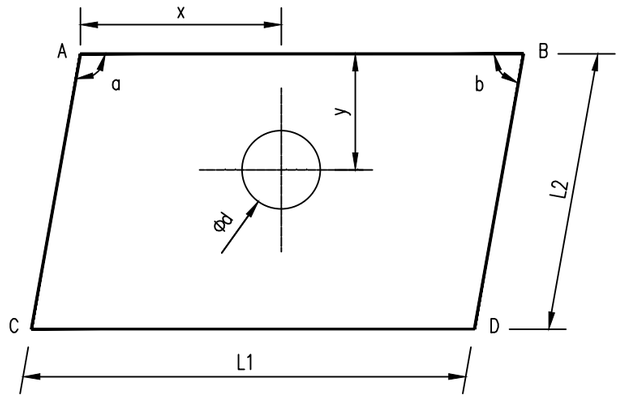
3号塔墩中跨拉索锚垫块外包钢板尺寸表

钢板尺寸 / 拉索编号	钢板 1							
	L1(mm)	L2(mm)	x(mm)	y(mm)	Φd(mm)	角a(度)	角b(度)	钢板重(kg)
A1	1803.6	721.8	896.3	360.9	325	90.8757	89.1243	102.2
A2	1803.1	749.9	893.7	374.9	273	91.1915	88.8085	106.1
A3	1802.7	717.6	892.5	358.7	273	91.4224	88.5776	101.5
A4	1802.5	706.1	891.5	352.9	273	91.5807	88.4193	99.9
A5	1802.3	741.4	890.2	370.5	273	91.6871	88.3129	104.9
A6	1802.1	725.0	890.0	362.3	299	91.7544	88.2456	102.5
A7	1802.0	703.7	890.0	351.7	299	91.7893	88.2107	99.5
A8	1801.8	736.2	889.2	367.9	299	91.8227	88.1773	104.1
A9	1801.8	708.2	889.5	353.9	325	91.8487	88.1513	100.1
A10	1801.7	736.8	888.9	368.2	325	91.8552	88.1448	104.1
A11	1801.6	700.9	889.5	350.3	325	91.8529	88.1471	99.1
A12	1801.5	725.5	889.1	362.5	325	91.8445	88.1555	102.5
A13	1801.4	750.8	888.6	375.2	325	91.8437	88.1563	106.1
A14	1801.4	705.2	889.4	352.4	351	91.8368	88.1632	99.7
A15	1801.3	727.0	889.1	363.3	351	91.8280	88.1720	102.7
A16	1801.3	748.0	888.8	373.8	351	91.8176	88.1824	105.7
A17	1801.3	690.3	889.7	345.0	351	91.8175	88.1825	97.6
A18	1801.2	707.7	889.5	353.7	351	91.8067	88.1933	100.0
A19	1801.2	724.2	889.2	361.9	351	91.7983	88.2017	102.3
A20	1801.2	739.4	889.0	369.5	351	91.7944	88.2056	104.5
A21	1801.1	749.2	889.0	374.4	351	91.7685	88.2315	105.9
A22	1801.1	759.6	889.0	379.6	377	91.7350	88.2650	107.3

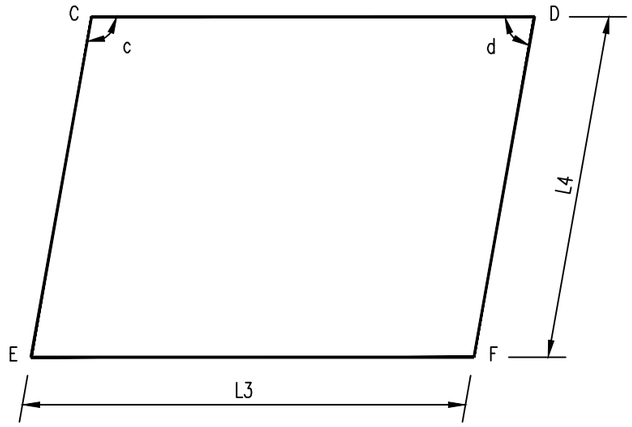
3号塔墩中跨拉索锚垫块外包钢板尺寸表

钢板尺寸 / 拉索编号	钢板 2					钢板 3								
	L3(mm)	L4(mm)	角c(度)	角d(度)	钢板重(kg)	L5(mm)	L6(mm)	L7(mm)	L8(mm)	角e(度)	角f(度)	角g(度)	角h(度)	钢板重(kg)
A1	1803.6	1875.4	93.4856	86.5144	265.0	---	---	---	---	---	---	---	---	---
A2	1803.1	1854.1	93.2619	86.7381	262.0	---	---	---	---	---	---	---	---	---
A3	1802.7	1875.4	93.0526	86.9474	265.0	---	---	---	---	---	---	---	---	---
A4	1802.5	1880.8	92.9015	87.0985	265.8	---	---	---	---	---	---	---	---	---
A5	1802.3	1892.9	92.7608	87.2392	267.5	---	---	---	---	---	---	---	---	---
A6	1802.1	1887.5	92.6633	87.3367	266.7	---	---	---	---	---	---	---	---	---
A7	1802.0	1878.6	92.5721	87.4279	265.5	---	---	---	---	---	---	---	---	---
A8	1801.8	1507.8	92.4163	87.5837	213.1	1801.8	1802.0	102.4	99.8	92.5753	87.4247	87.3439	92.6561	14.3
A9	1801.8	1456.7	92.3738	87.6262	205.9	1801.8	1801.8	102.1	100.1	92.5148	87.4852	87.4247	92.5753	14.3
A10	1801.7	1458.5	92.3085	87.6915	206.1	1801.7	1801.8	102.2	100.0	92.4457	87.5543	87.4852	92.5148	14.3
A11	1801.6	1419.4	92.2627	87.7373	200.6	1801.6	1801.7	102.1	100.1	92.3806	87.6194	87.5543	92.4457	14.3
A12	1801.5	1427.4	92.2061	87.7939	201.7	1801.5	1801.6	102.1	100.1	92.3201	87.6799	87.6194	92.3806	14.3
A13	1801.4	1113.9	92.0895	87.9105	157.4	1801.4	1801.5	101.8	100.4	92.2755	87.7245	87.6799	92.3201	14.3
A14	1801.4	1084.4	92.0723	87.9277	153.2	1801.4	1801.4	101.8	100.4	92.2305	87.7695	87.7245	92.2755	14.3
A15	1801.3	1098.5	92.0381	87.9619	155.2	1801.3	1801.4	101.7	100.4	92.1892	87.8108	87.7695	92.2305	14.3
A16	1801.3	1074.7	91.9956	88.0044	151.9	1801.3	1801.3	101.7	100.5	92.1511	87.8489	87.8108	92.1892	14.3
A17	1801.3	1057.7	92.0020	87.9980	149.5	1801.3	1801.3	101.4	100.8	92.1302	87.8698	87.8489	92.1511	14.3
A18	1801.2	1080.2	91.9777	88.0223	152.6	1801.2	1801.3	101.6	100.6	92.0986	87.9014	87.8698	92.1302	14.3
A19	1801.2	1061.7	91.9485	88.0515	150.0	1801.2	1801.2	101.5	100.7	92.0726	87.9274	87.9014	92.0986	14.3
A20	1801.2	1044.5	91.9277	88.0723	147.6	1801.2	1801.2	101.4	100.8	92.0544	87.9456	87.9274	92.0726	14.3
A21	1801.1	1031.0	91.8889	88.1111	145.7	1801.1	1801.2	101.7	100.5	92.0167	87.9833	87.9456	92.0544	14.3
A22	1801.1	1020.2	91.8428	88.1572	144.2	1801.1	1801.1	101.8	100.4	91.9704	88.0296	87.9833	92.0167	14.3

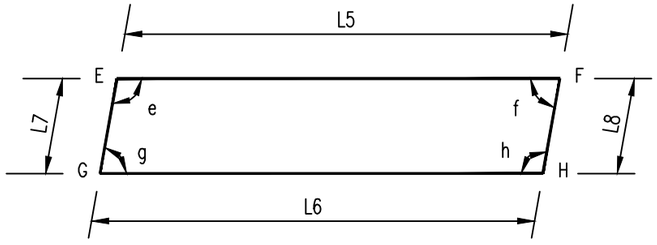
钢板1大样图



钢板2大样图



钢板3大样图



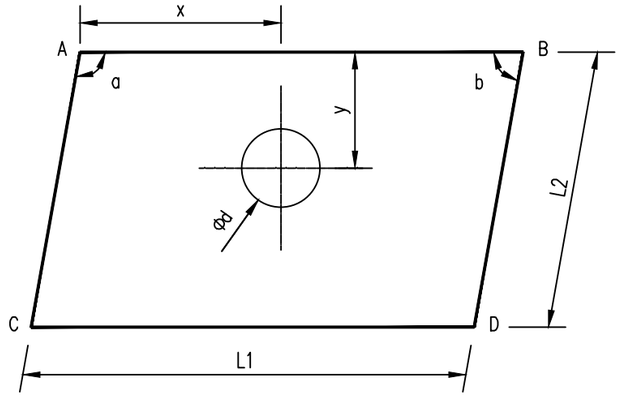
附注：

1. 本图尺寸以毫米为单位。
2. 锚垫块外包钢板均采用Q235钢，钢板厚均为10毫米。
3. 锚垫块外包钢板1、钢板2、钢板3的外侧表面角点坐标见《主塔拉索锚垫块各点坐标表（3）》。
4. 锚垫块外包钢板之间的联接采用焊接，图中尺寸为钢板联接好后的外侧表面尺寸，按1:1放样精确下料施工。
5. 锚垫块外包钢板1的AC边、钢板2的CE边、钢板3的EG边始终放置在远离桥轴线的一侧，而对应的BD、DF、FH边则放置在靠近桥轴线的一侧。
6. 锚垫块与塔柱顺桥向的两内侧面相接，外包钢板以外部分的横板现场制作。
7. 钢板1和钢板2为平行四边形。
8. 锚垫块外包钢板1与拉索索导管及锚垫板的连接详见《斜拉索索导管及锚垫板构造图（1）》，钢板1的Φd尺寸未计施工误差。
9. 本图所示每一种规格尺寸的外包钢板全桥共2块，全部钢板总重 13730.6 kg。
10. 本图适用于3号塔墩中跨拉索在塔柱上的锚垫块。

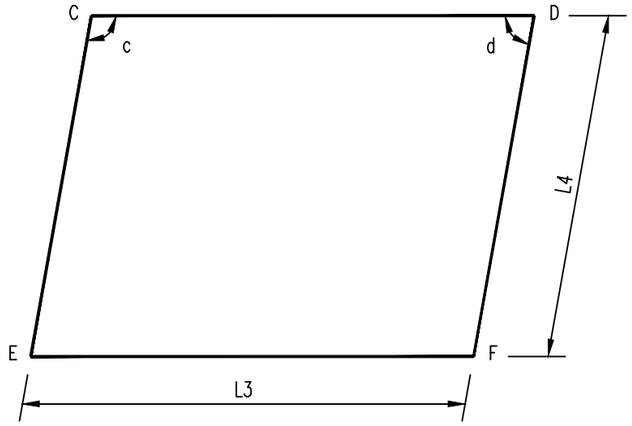
3号塔墩边跨拉索锚垫块外包钢板尺寸表

钢板尺寸 / 拉索编号	钢板 1							
	L1(mm)	L2(mm)	x(mm)	y(mm)	Φd(mm)	角a(度)	角b(度)	钢板重(kg)
B1	1803.6	721.7	896.3	360.8	325	90.8769	89.1231	102.2
B2	1803.1	749.4	893.7	374.6	273	91.1952	88.8048	106.0
B3	1802.8	716.6	892.5	358.2	273	91.4307	88.5693	101.4
B4	1802.6	704.5	891.5	352.1	273	91.5944	88.4056	99.7
B5	1802.4	739.0	890.2	369.4	273	91.7073	88.2927	104.5
B6	1802.2	721.9	889.9	360.8	273	91.7817	88.2183	102.1
B7	1802.1	699.9	889.9	349.8	299	91.8242	88.1758	99.0
B8	1802.0	731.2	889.1	365.4	299	91.8666	88.1334	103.4
B9	1801.9	703.4	889.3	351.5	299	91.8929	88.1071	99.4
B10	1801.8	731.0	888.7	365.3	299	91.9064	88.0936	103.3
B11	1801.7	756.2	888.2	377.9	325	91.9248	88.0752	106.9
B12	1801.6	768.0	888.1	383.8	325	91.8967	88.1033	108.6
B13	1801.6	716.8	889.1	358.2	325	91.8716	88.1284	101.3
B14	1801.5	728.0	889.0	363.8	325	91.8559	88.1441	102.9
B15	1801.5	738.6	888.9	369.1	325	91.8424	88.1576	104.4
B16	1801.4	749.4	888.8	374.5	325	91.8224	88.1776	105.9
B17	1801.4	759.3	888.7	379.5	325	91.8070	88.1930	107.3
B18	1801.3	768.4	888.6	384.0	351	91.7962	88.2038	108.6
B19	1801.3	706.8	889.7	353.3	351	91.7816	88.2184	99.9
B20	1801.3	714.5	889.6	357.1	377	91.7699	88.2301	101.0
B21	1801.2	722.4	889.6	361.0	377	91.7542	88.2458	102.1
B22	1801.2	730.3	889.5	365.0	377	91.7353	88.2647	103.2

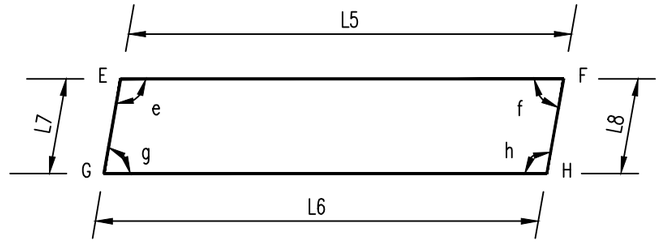
钢板1大样图



钢板2大样图



钢板3大样图



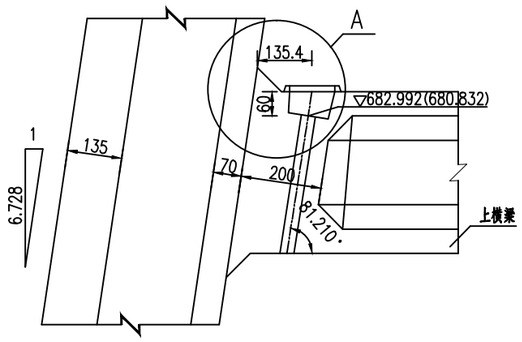
3号塔墩边跨拉索锚垫块外包钢板尺寸表

钢板尺寸 / 拉索编号	钢板 2					钢板 3								
	L3(mm)	L4(mm)	角c(度)	角d(度)	钢板重(kg)	L5(mm)	L6(mm)	L7(mm)	L8(mm)	角e(度)	角f(度)	角g(度)	角h(度)	钢板重(kg)
B1	1803.6	1875.0	93.5026	86.4974	265.0	---	---	---	---	---	---	---	---	---
B2	1803.1	1853.9	93.2870	86.7130	262.0	---	---	---	---	---	---	---	---	---
B3	1802.8	1875.7	93.0859	86.9141	265.1	---	---	---	---	---	---	---	---	---
B4	1802.6	1880.6	92.9438	87.0562	265.8	---	---	---	---	---	---	---	---	---
B5	1802.4	1892.7	92.8116	87.1884	267.5	---	---	---	---	---	---	---	---	---
B6	1802.2	1887.1	92.7226	87.2774	266.7	---	---	---	---	---	---	---	---	---
B7	1802.1	1878.5	92.6401	87.3599	265.4	---	---	---	---	---	---	---	---	---
B8	1802.0	1513.7	92.4928	87.5072	213.9	1802.0	1802.1	102.2	100.0	92.6554	87.3446	87.2741	92.7259	14.3
B9	1801.9	1462.9	92.4458	87.5542	206.7	1801.9	1802.0	102.1	100.1	92.5900	87.4100	87.3446	92.6554	14.3
B10	1801.8	1465.2	92.3876	87.6124	207.1	1801.8	1801.9	102.1	100.1	92.5280	87.4720	87.4100	92.5900	14.3
B11	1801.7	1434.2	92.3467	87.6533	202.7	1801.7	1801.8	101.7	100.5	92.4912	87.5088	87.4720	92.5280	14.3
B12	1801.6	1411.7	92.2842	87.7158	199.5	1801.6	1801.7	102.1	100.1	92.4301	87.5699	87.5088	92.4912	14.3
B13	1801.6	1108.7	92.1756	87.8244	156.7	1801.6	1801.6	102.0	100.2	92.3711	87.6289	87.5699	92.4301	14.3
B14	1801.5	1132.7	92.1456	87.8544	160.1	1801.5	1801.6	101.8	100.4	92.3296	87.6704	87.6289	92.3711	14.3
B15	1801.5	1120.2	92.1086	87.8914	158.3	1801.5	1801.5	101.7	100.5	92.2941	87.7059	87.6704	92.3296	14.3
B16	1801.4	1108.0	92.0657	87.9343	156.6	1801.4	1801.5	101.8	100.4	92.2514	87.7486	87.7059	92.2941	14.3
B17	1801.4	1096.3	92.0298	87.9702	154.9	1801.4	1801.4	101.6	100.6	92.2174	87.7826	87.7486	92.2514	14.3
B18	1801.3	1085.7	92.0022	87.9978	153.4	1801.3	1801.4	101.5	100.7	92.1912	87.8088	87.7826	92.2174	14.3
B19	1801.3	1074.1	92.0048	87.9952	151.8	1801.3	1801.3	101.6	100.6	92.1610	87.8390	87.8088	92.1912	14.3
B20	1801.3	1104.8	91.9903	88.0097	156.1	1801.3	1801.3	101.5	100.7	92.1361	87.8639	87.8390	92.1610	14.3
B21	1801.2	1096.1	91.9604	88.0396	154.9	1801.2	1801.3	101.6	100.6	92.1067	87.8933	87.8639	92.1361	14.3
B22	1801.2	1087.3	91.9280	88.0720	153.7	1801.2	1801.2	101.6	100.6	92.0743	87.9257	87.8933	92.1067	14.3

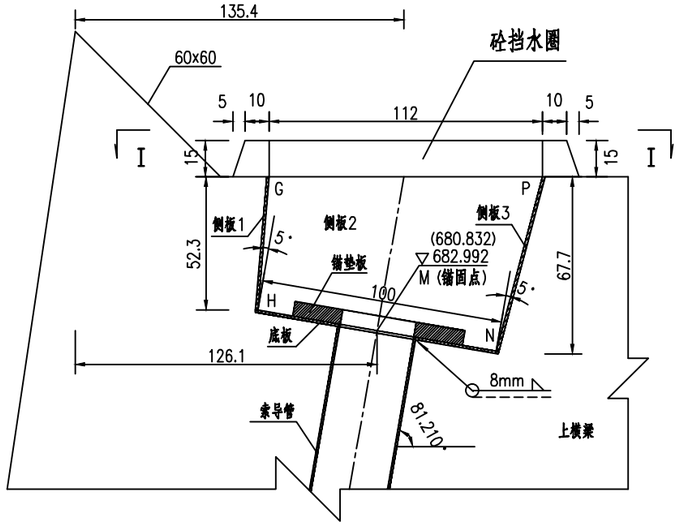
附注：

1. 本图尺寸以毫米为单位。
2. 锚垫块外包钢板均采用Q235钢，钢板厚均为10毫米。
3. 锚垫块外包钢板1、钢板2、钢板3的外侧表面角点坐标见《主塔拉索锚垫块各点坐标表（4）》。
4. 锚垫块外包钢板之间的联接采用焊接，图中尺寸为钢板联接好后的外侧表面尺寸，按1:1放样精确下料施工。
5. 锚垫块外包钢板1的AC边、钢板2的CE边、钢板3的EG边始终放置在远离桥轴线的一侧，而对应的BD、DF、FH边则放置在靠近桥轴线的一侧。
6. 锚垫块与塔柱顺桥向的两内侧面相接，外包钢板以外部分的模板现场制作。
7. 钢板1和钢板2为平行四边形。
8. 锚垫块外包钢板1与拉索索导管及锚垫板的连接详见《斜拉索索导管及锚垫板构造图（一）》，钢板1的Φd尺寸未计施工误差。
9. 本图所示每一种规格尺寸的外包钢板全桥共2块，全部钢板总重 13860.0 kg。
10. 本图适用于3号塔墩边跨拉索在塔柱上的锚垫块。

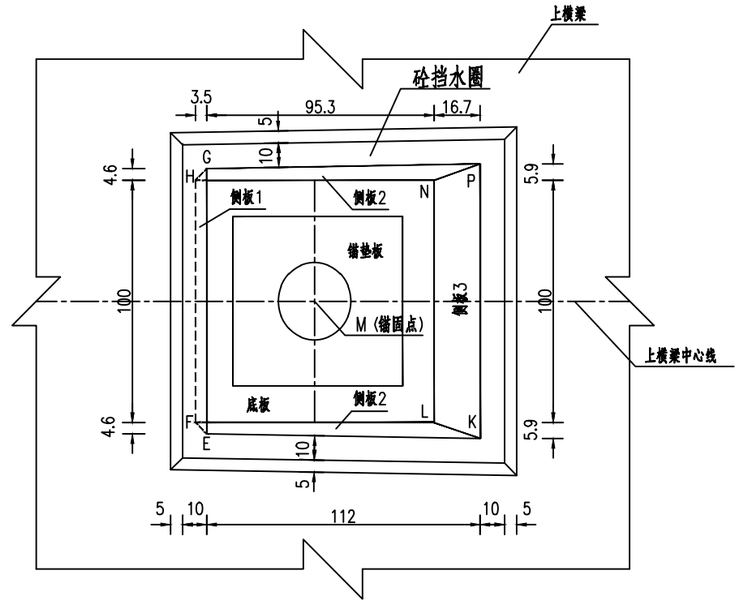
0号索锚固区剖面



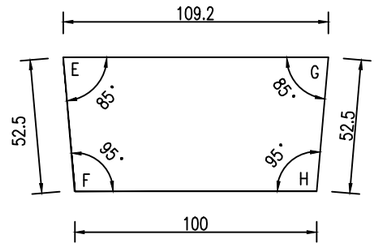
A大样图



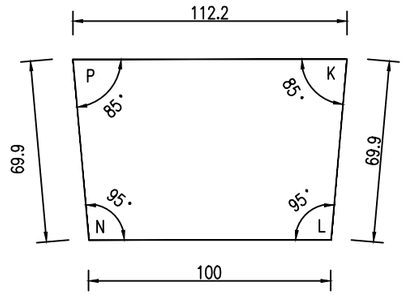
I－I



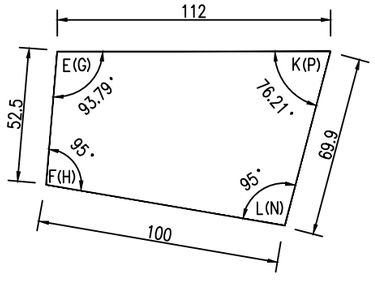
侧板1（δ=10mm）



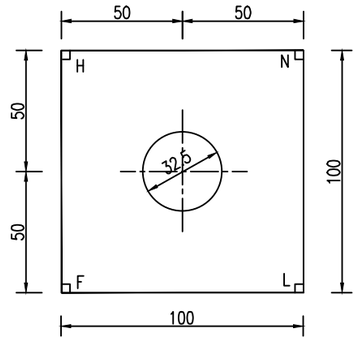
侧板3（δ=10mm）



侧板2（δ=10mm）



底板（δ=10mm）



一个桥塔0号索锚固槽钢板数量表

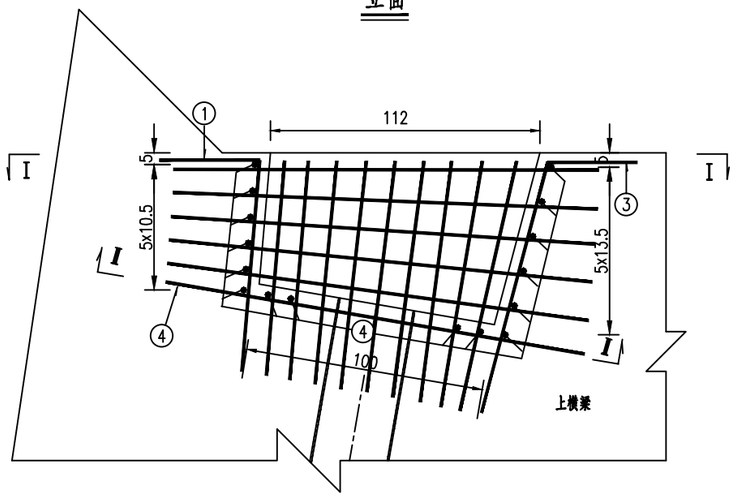
名称	规格 (mm)	数量 (块)	单位重 (kg/块)	共重 (kg)	全桥合计 (kg)
侧板1	δ=10	2	42.9	85.8	1152.8
侧板2	δ=10	4	58.0	232.0	
侧板3	δ=10	2	50.8	101.6	
底板	δ=10	2	78.5	157.0	

附注：

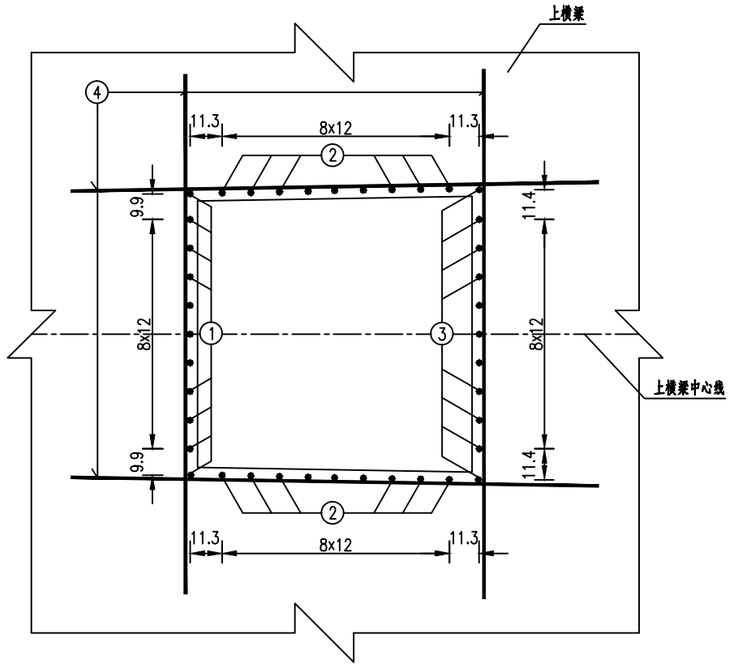
1.本图尺寸标高以米计，其余除注明者外均以厘米为单位。

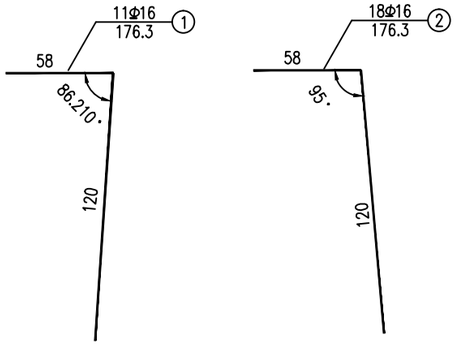
2.图中数据带括号者，括号外为2号塔尺寸，括号内为3号塔尺寸。

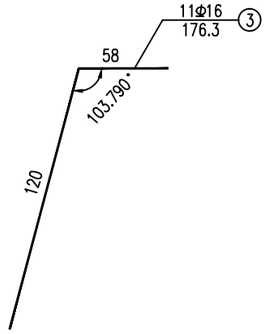
立面



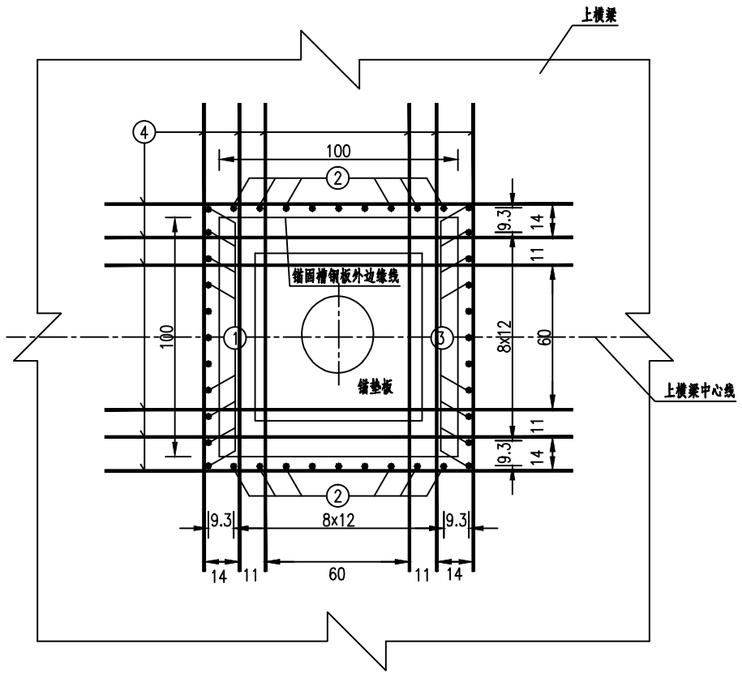
I－I

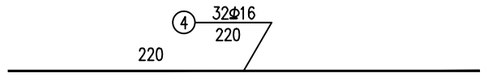






Ⅱ－Ⅱ





一个桥塔0号索锚固槽钢筋数量表

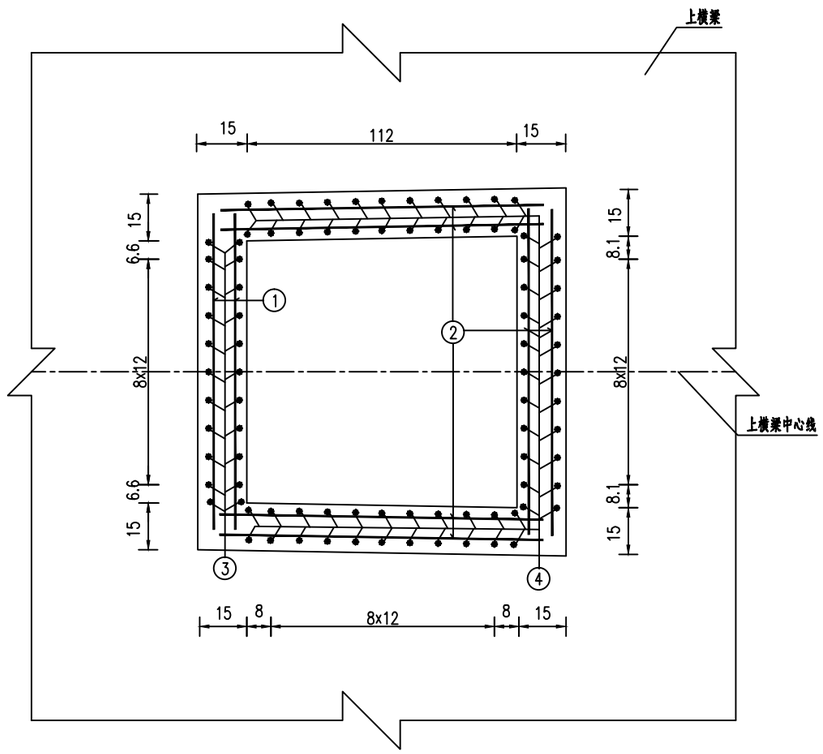
编号	规格	单根长 (cm)	一个塔墩根数	共长 (m)	共重 (kg)
1	φ16	176.3	22	38.79	61.3
2	φ16	176.3	36	63.47	100.3
3	φ16	176.3	22	38.79	61.3
4	φ16	220	64	140.80	222.5
全桥合计：	φ16：	890.8 (kg)			

附注：

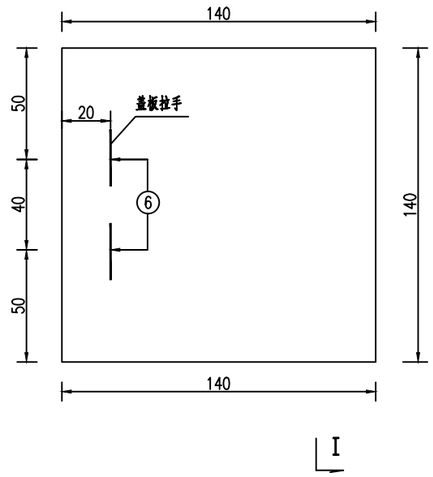
本图尺寸除注明者外，钢筋直径以毫米，尺寸以厘米计。

北京交科公路勘察设计研究院有限公司 北京公科固桥技术有限公司	G65包茂高速公路彭水至酉阳段 安全韧性提升项目两阶段施工图设计	0号斜拉索锚固槽钢筋布置图	设计	赵锦明	复核	曾霞	审核	张志旺	审定	杨	图号	S4-2-1-13

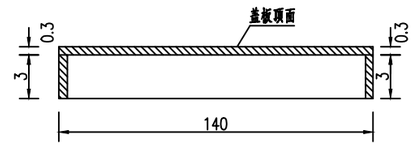
挡水圈平面



挡水圈钢盖板

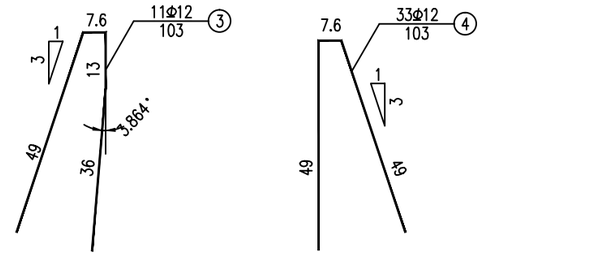


I－I

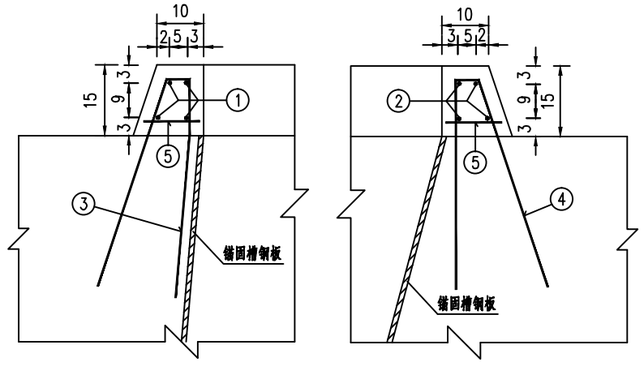


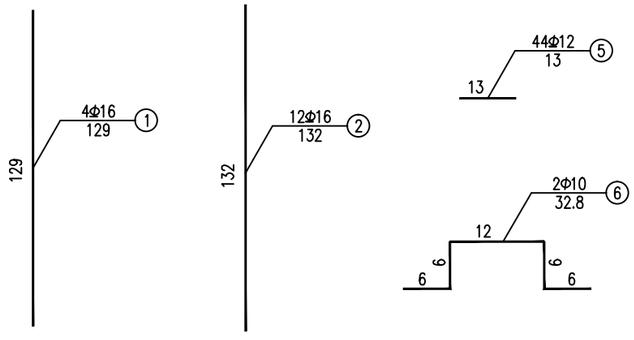
一个桥塔0号索锚固槽挡水圈钢筋数量表

编号	规格	单根长(cm)	一个塔墩根数	共长(m)	共重(kg)
1	Φ12	129	8	10.32	9.2
2	Φ12	132	24	31.68	28.1
3	Φ12	103	22	22.66	20.1
4	Φ12	103	66	67.98	60.4
5	Φ12	13	88	11.44	10.2
6	Φ10	32.8	4	1.31	0.8
全桥合计:		Φ10: 1.6 (kg)		Φ12: 256.0 (kg)	



挡水圈立面





一个桥塔0号索锚固槽挡水圈钢盖板数量表

名称	规格(mm)	数量(块)	单位重(kg/块)	共重(kg)	全桥合计(kg)
挡水墙钢盖板	δ=3	2	50.1	100.2	200.4

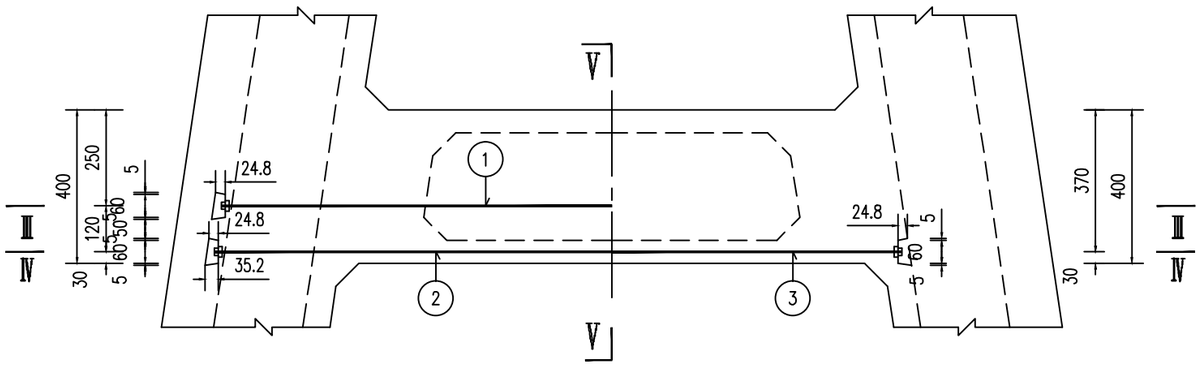
附注：

1.本图尺寸除注明者外，钢筋直径以毫米，尺寸以厘米计。

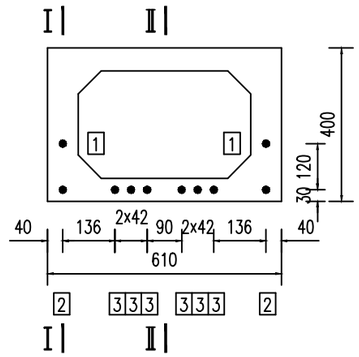
2.挡水圈钢盖板四周带边，边高3厘米。为防止钢盖板脱落，挡水圈盖板四边设螺栓与挡水圈连接。

北京交科公路勘察设计研究院有限公司 北京公科固桥技术有限公司	G65包茂高速公路彭水至酉阳段 安全韧性提升项目两阶段施工图设计	0号斜拉索锚固槽挡水圈钢筋布置图	设计	丛绵明	复核	曾豪	审核	纪志旺	审定		图号	S4-2-1-13

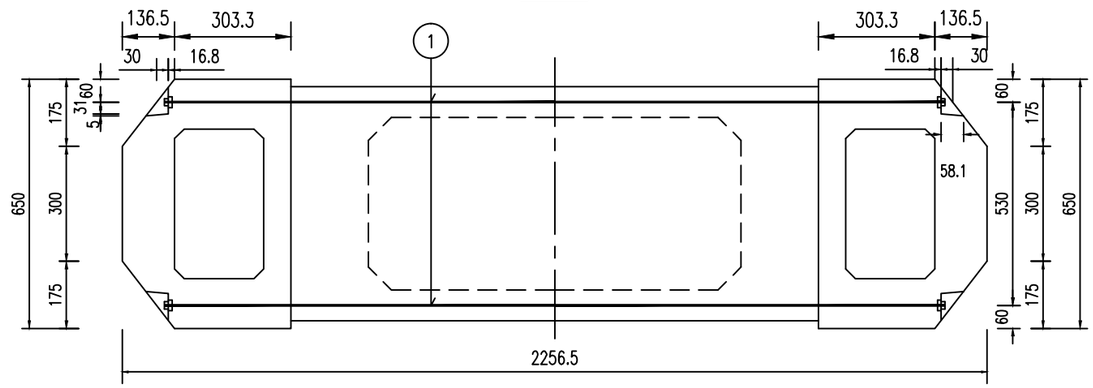
1/2Ⅰ－Ⅰ　1/2Ⅱ－Ⅱ



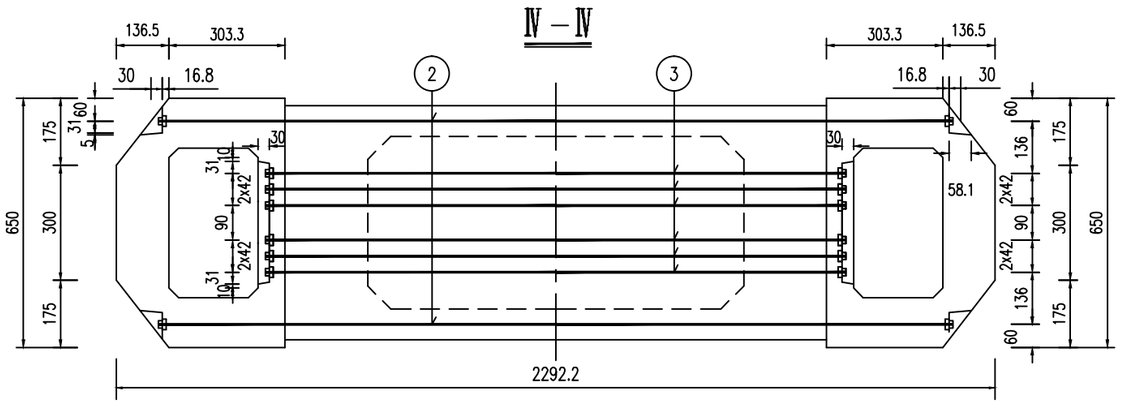
Ⅴ－Ⅴ



Ⅲ－Ⅲ



Ⅳ－Ⅳ



钢束明细及材料数量表

编号	根数	下料长 (cm)	波纹管 (cm)	一端引伸量 (cm)	一道横梁数量		
					钢束重 (kg)	波纹管Φ外=127 (m)	锚具15-22 (套)
1	2	2187.1	1957.2	6.2	1060.5	39.14	4
2	2	2222.8	1992.8	6.3	1077.8	39.86	4
3	6	1664.2	1434.2	4.4	2420.9	86.06	12
全桥两道横梁合计					9118.4	330.12	40

附注：

1、本图尺寸均以厘米为单位。

2、预应力钢束采用符合ASTM A416-97a标准规定的低松弛钢绞线，单根直径为15.24mm，标准强度为1860MPa，每束张拉力为4124.7KN。

3、混凝土浇筑完毕并达到设计强度的85%后，张拉预应力钢束。钢束张拉完毕后及时进行管道压浆，及时浇筑预留槽口混凝土。

4、预应力钢束张拉顺序为：上、下均衡，左右对称张拉。钢束两端各预留85cm的工作长度。

5、预应力钢束采用两端张拉，张拉力与引伸量双控制，以张拉力为主。表中所列钢束引伸量是已扣除初始张拉力（10%的张拉力）后的每端引伸量。

北京交科公路勘察设计研究院有限公司 北京公科固桥技术有限公司	G65包茂高速公路彭水至酉阳段 安全韧性提升项目两阶段施工图设计	主塔上横梁预应力钢束布置图	设计		复核		审核		审定		图号	S4-2-1-13

细沙河特大桥

目　　录

G65包茂高速公路彭水至酉阳段安全韧性提升项目两阶段施工图设计

序号	图表名称	图号	页数	备注		序号	图表名称	图号	页数	备注
1	细沙河特大桥安全韧性提升工程设计说明	S4-2-2	26			27				
2	细沙河特大桥安全韧性提升工程数量汇总表	S4-2-2-1	1			28				
3	细沙河特大桥安全韧性提升工程总体布置图	S4-2-2-2	2			29				
4	吊杆更换构造图	S4-2-2-3	1			30				
5	吊杆编号示意图	S4-2-2-4	1			31				
6	吊杆长度、重量表	S4-2-2-5	1			32				
7	主拱圈涂装提升图	S4-2-2-6	1			33				
8	吊杆防火能力提升设计构造图	S4-2-2-7	2			34				
9	吊杆更换施工顺序示意图	S4-2-2-8	1			35				
10	桥面铺装更换构造设计图	S4-2-2-9	2			36				
11	桥面铺装钢筋构造图	S4-2-2-10	1			37				
12	桥梁表观病害处治示意图	S4-2-2-11	3			38				
13	更换伸缩缝止水带构造图	S4-2-2-12	1			39				
14	临时兜吊系统构造图	S4-2-2-13	2			40				
15	交通组织工程数量表	S4-2-2-14	1			41				
16	交通组织平面示意图	S4-2-2-15	1			42				
17	附：部分原竣工图纸	S4-2-2-16	1			43				
18						44				
19						45				
20						46				
21						47				
22						48				
23						49				
24						50				
25						51				
26						52				

设 计 说 明

1 工点概述

细沙河特大桥位于包茂高速黔酉段，桥梁全全长 383.00m，桥位中心桩号为 K1880+190。桥跨布置为 190+（3×20）+（3×20）+（3×20）m，全长 381.1m。其中主桥 190m 为钢管混凝土桁架中承式拱桥，净矢跨比为 1/4.5，主拱轴线为悬链线，拱轴系数 1.347，拱肋为等截面钢管混凝土桁架结构，主桥行车道系由预制钢筋混凝土小 T 梁及横梁组成；引桥为 30m 先简支后结构连续 T 梁。

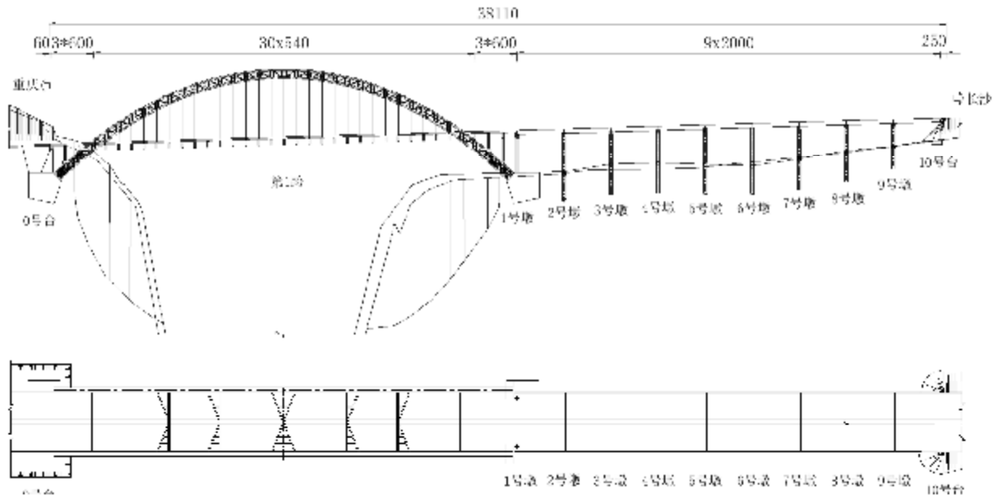
引桥分左右幅，半幅桥宽采用 12.25m；主桥桥面宽为 24.5m，主桥横向布置为 0.5m（防撞护栏）+11m（车行道）+1.5m（中分带）+11m（车行道）+0.5m（防撞护栏）=24.5m。



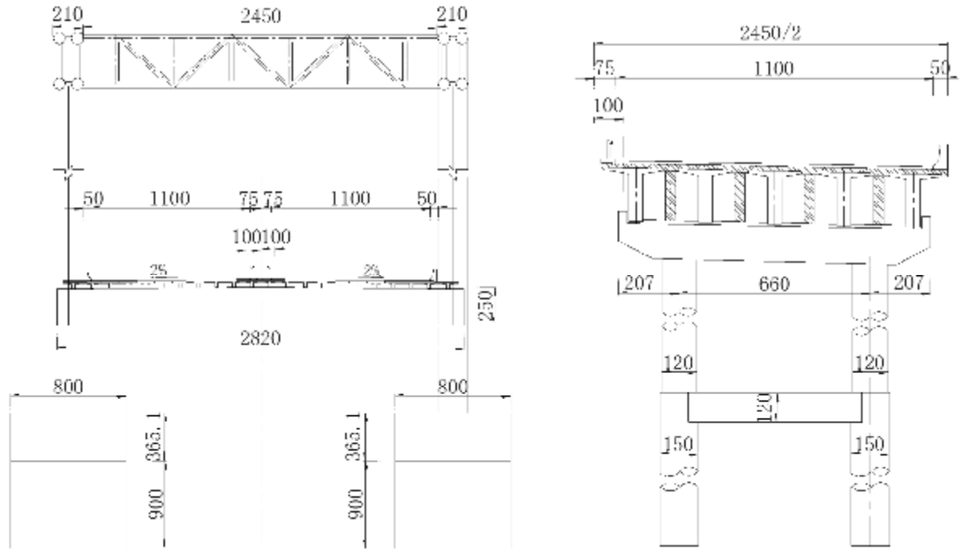
大桥立面照



大桥正面照



大桥布置图



大桥典型横断面图

拱肋断面采用Φ850mm 钢管组成拱肋上、下弦杆，截面高 4.0 米，宽 2.1 米，水平向由Φ400×10mm 钢管横向连接两根主钢管。腹杆采用Φ400×10mm 钢管。

主拱肋钢管采用Φ850×14mm 钢管，灌注混凝土，混凝土采用早强、缓凝、微膨胀 C50 混凝土。拱脚附近 4 根钢管间用砼填实，形成实体结构。

横向联系：

两道拱肋之间设有七道横撑以保证拱肋横向稳定。其中拱顶设一道钢管桁架“米”字型横撑，桥面至拱顶之间共设四道钢管桁架 K 字撑，桥面与拱肋相交处共设两道钢桥道横梁。

吊杆：

本桥吊杆间距 5.4m，吊杆采用 PES7-91 丝、PES7-109 丝镀锌高强平行钢丝，标准强度 f_{pk}=1670MPa，设计荷载 1814KN。桥道横梁附近的三根短吊杆采用 PES7-109 丝，安全系数 3.8，锚具采用 LZM（K）7-109-Ⅲ型吊杆锚具；其余吊杆采用 PES7-91 丝，安全系数 3.2，锚具采用 LZM（K）7-91(109)-Ⅲ型吊杆锚具。为便于今后换索，设计时将锚头外露，加防护罩保护。所有的吊杆两端均设球形铰。

吊杆露出桥面以上 2.5m 范围内，用外套不锈钢管防护。

桥面系：

主桥行车道系由预制钢筋混凝土小 T 梁及横梁组成。

小 T 梁为预制钢筋混凝土结构，拱上立柱间的小 T 梁跨径 6m，吊杆间的小 T 梁跨径 5.4m，

小 T 梁预制部分高 50cm。

横梁根据用途不同分 3 种型式，即吊杆横梁、拱上及立柱横梁、桥道横梁。前两种横梁为预制预应力混凝土 T 梁；桥道横梁为钢横梁。桥道横梁与三根短吊杆横梁之间以链杆相连。

小 T 梁与三根短吊杆横梁之间设四氟滑板支座，与其它横梁均固接。

拱座基础：

主拱拱座为分离式扩大基础，基底落在完整基岩上。

引桥桥台大涵岸采用肋板式台，黔江岸采用重力式桥台，两台均采用扩大基础。

细沙河特大桥于 2009 年竣工通车，至今已运营约 16 年。

2 设计依据

2.1 相关图纸、报告等文件

《西部开发省际公路通道重庆至长沙公路大涵至黔江段 E3 合同段 细沙河特大桥两阶段施工图》（中国公路工程咨询监理总公司）

《西部开发省际公路通道重庆至长沙公路大涵至黔江段 E3 合同段 细沙河特大桥竣工图》（中港第二航务工程局）

《重庆高速公路集团有限公司东南营运分公司 2020 年至 2021 年桥隧定期检查（监测）及设计项目 DN 标》（贵州宏信创达工程检测咨询有限公司）

《重庆高速公路集团有限公司东南营运分公司 2022 年至 2024 年桥隧定期检查（监测）及设计项目 DN 标》（招商局重庆公路工程检测中心有限公司）

《G65 包茂高速彭水至酉阳段安全韧性提升项目 K1743+700-K1931+400 工程可行性研究报告》（北京交科公路勘察设计研究院有限公司，2025.5）

《G65 包茂高速彭水至酉阳段安全韧性提升工程 公路安全韧性评估》（工可阶段评估 桥涵专业工程评估报告）（北京公科固桥技术有限公司，2025.4）

《G65 包茂高速黔酉段细沙河特大桥（K1879+616）主桥特殊检查》（北京公科固桥技术有限公司检测中心 2025.9）

2.2 主要规范或标准

（1）《钢结构防火涂料》（GB 14907—2018）

（2）《单丝涂覆环氧涂层预应力钢绞线》（GB/T 25823—2010）

（3）《挤压锚固钢绞线拉索》（JT / T 850—2013）

（4）《纳米孔气凝胶复合绝热制品》（GB/T 34336—2017）

（5）《玻璃纤维无捻粗纱布》（GB/T18370—2014）

（6）《建筑材料及制品燃烧性能分级》（GB 8624—2012）

（7）《建筑设计防火规范》（GB 50016—2018）

（8）《建筑钢结构防火技术规范》（GB 51249—2017）

（9）《公路钢管混凝土拱桥设计规范》（JTG T D65-06—2015）

（10）《公路桥涵设计通用规范》（JTG D60—2015）

（11）《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》（JTG 3362—2018）

（12）《公路钢结构桥梁设计规范》（JTG D64-2015）

（13）《公路桥涵养护规范》（JTG 5120—2021）

（14）《公路缆索结构体系桥梁养护技术规范》（JGJ/T5122—2021）

（15）《公路桥梁钢结构防腐涂装技术条件》（JT/T 722—2023）

（16）《公路桥梁用氟碳面漆》(JT/T 1168—2017）

（17）《公路桥涵施工技术规范》（JTG/T 3650—2020）

（18）《桥梁缆索防腐缠包带》（HG/T 5600—2019）

（19）《电缆防火阻燃设计与施工》（06D105）

2.3 主要技术标准

（1）公路等级：高速公路

（2）设计车速：80km/h

（3）原设计荷载：公路—I 级（JTGD60-2004）

（4）洪水频率：1/300

（5）地震作用：地震动峰值加速度：0.05g，按 0.1g 设防。

3 韧性不足主要问题及分析

3.1 拱肋及横撑

拱肋及横撑存在 15 处涂层缺陷，1 处露筋。



防腐涂装缺陷



防腐涂装缺陷



防腐涂装缺陷



防腐涂装缺陷

3.2 吊杆

（1）外观检查

吊杆存在 12 处刮伤；锚头存在 5 处锈蚀、部分锚头黄油积块、变质、乳化；多处防尘罩锈蚀及积水。



黄油变质积块



锚头锈蚀



下锚头锈蚀积水



防尘罩锈蚀

（2）吊索锈蚀检测

吊杆磁致伸缩导波无损检测共 15 处，信号评定全部为 I 区。吊索上下锚头评定标度全部为 1；吊杆端部有 10 处反射回波信号相对偏弱，评定标度为 2，吊杆锈蚀状态不确定。

择取 5 根吊杆，其中信号异常较典型性 4 根吊杆（相对较差）1-19#、1-26#、2-05#、2-11#以及信号未见明显异常（相对较好）的典型性吊杆 2-24#，在距桥面高度约 1.4m 处位置点将吊杆 PE 护套开窗，开窗检测评判结论如下：

2 根吊杆出现极少量冷凝水珠（含检测状况较好的吊杆），所有 5 根吊杆均出现钢丝镀锌层析白，其中有 3 根（均为检测状况相对较差）出现大面积析白，钢丝夹缝局部极少量淡黄色锈蚀斑点，锈斑分布面积占开窗表面积的比例小于 10%，吊索内部钢丝技术状况评定标度全部为 2。



锈斑面积比例小于 10%



锈斑面积比例小于 10%



锈斑面积比例小于 10%



锈斑面积比例小于 10%

3.3 桥面板

桥面板存在较多破损、露筋、混凝土剥落、露筋等表观病害；存在少量纵向裂缝、竖向裂缝。横隔板存在少量斜向裂缝，纵向裂缝，横向裂缝，部分宽度超限。



桥面板破损



桥面板麻面、露筋

3.4 下部结构

盖梁、墩身存在露筋，处受水侵蚀等。



盖梁露筋



受水侵蚀

3.5 桥面系

桥面铺装存在 3 处车辙，1 处露骨。

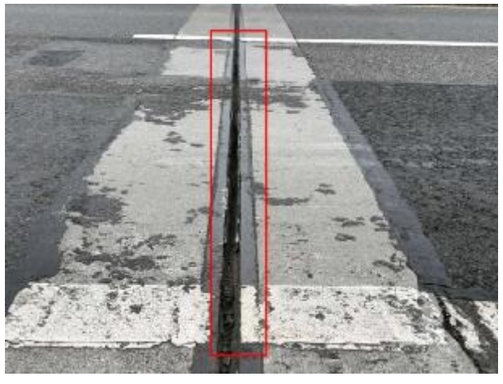


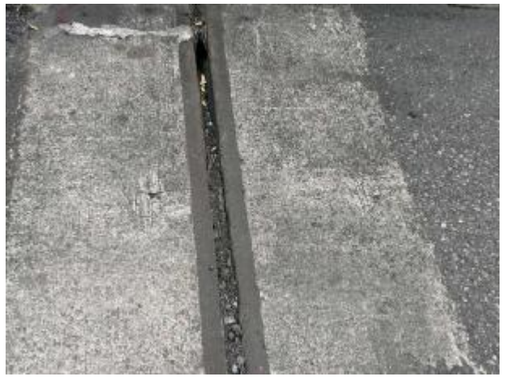
铺装车辙



铺装露骨

伸缩缝堵塞，锚固区存在纵向裂缝，胶条存在老化破损。





伸缩缝胶条老化破损

3.6 桥面铺装厚度

采用取芯法验证桥面铺装厚度，原设计铺装厚 9cm。桥面铺装抽检 6 处，厚度介于 9.1~11.9cm 之间。

3.7 桥面线形

该桥左、右幅桥面线形平顺，整体线形测量值符合桥梁正常变化情况。

3.8 索力复核

本次与 2024 年测试结果相比，左幅索力差值在 0.24%~6.24%。

本次与 2024 年测试结果相比，右幅索力差值在 0.33%~7.04%。

3.9 病害发展分析

2023 年 4 月份针对桥梁进行混凝土表面防腐涂装、裂缝封闭胶、短吊杆更换、增设检修道、增设钢纵梁、增设钢牛腿、钢结构防腐涂装、支座防锈蚀处理、不锈钢防雨罩等维修处置工作。本次检查结果与 2023 年、2024 年定期检查报告中的检查结果对比，发现混凝土的大面积修补区域出现了少量网状裂缝以及横向裂缝等，部分裂缝修补后有重新开裂现象，部分裂缝也有发展。

3.10 技术状况评定

根据《公路桥梁技术状况评定标准》（JTG/T H21-2011）4.1.5 的规定，主桥技术状况评分为 90.57，技术状况等级评定为 2 类。

3.11 火灾

吊索位于护栏外侧，路段存在易燃品运输车辆，吊索距离行车道较近，未设置防火措施，构件与可能起火点横向安全距离小，高温辐射或燃烧直接影响构件，因此大桥吊索结构受火灾扰动明显。

3.12 安全韧性评估结果

特性指标	表征指标	标度取值	
冗余性	承受能力	3	吊索位于护栏外侧，与可能起火点横向安全距离小
	结构监测与监测预警	5	设备运行正常，监测与报警高效。告警阻拦装置符合《关于进一步加强监测警提升公路防灾抗灾能力的通知》要求，设备运行正常
	设防能力	4	该桥梁按照《公路桥涵设计通用规范》(JTGD60-2004）设计
	技术状况	5	上部结构技术状况为 2 类
应变性	外部扰动持续力	/	/
稳健性	恢复能力	3	该桥吊索未设置防火措施
恢复性	最大抗风险能力	5	火灾可能导致拉吊杆（索）等可更换构件的损伤
适应性	最低服务能力	/	/

大桥评估分数为 **76.4**。

4 结构验算

4.1 计算模型及主要参数

（1）恒载

一期恒载：混凝土容重取为 26kN/m^3。

二期恒载：整个二期恒载按实际布置取值。

（2）汽车荷载

根据设计说明，汽车荷载取值如下：公路Ⅰ级。双向 6 车道，考虑到实际状况中重车的影响，汽车荷载按 1.02 倍取值。

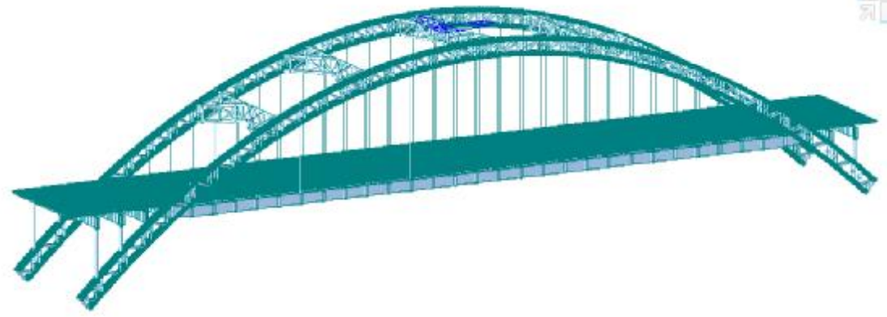
（3）温度作用

均匀温度作用考虑为：整体升温 20℃，整体降温 20℃；考虑主梁截面温度梯度、索塔温差、吊索温差。

（4）荷载组合

根据《公路桥涵设计通用规范》（JTG D60-2015）的验算荷载以及荷载组合方式。

根据设计图纸中的结构布置及尺寸，采用软件 Midas/Civil 建模。主拱采用钢-混凝土联合截面模拟，吊杆采用桁架单元模拟，桥面系 T 梁采用纵梁、横梁组成的梁格模拟。

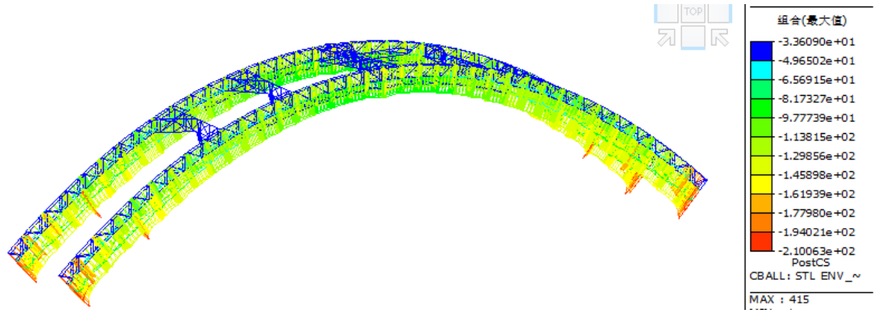


建立有限元计算模型

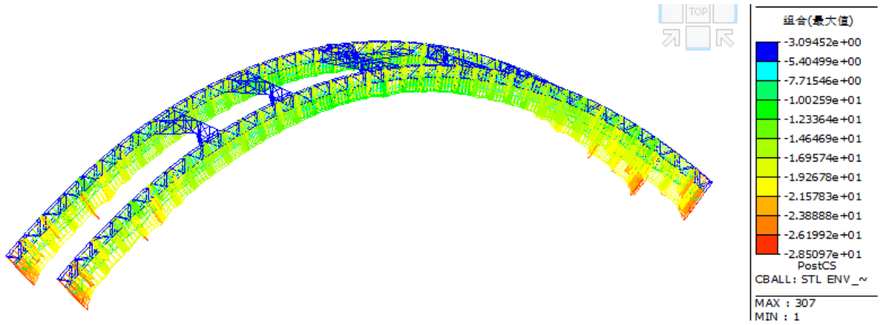
4.2 现状工况验算结果

4.2.1 主拱圈验算

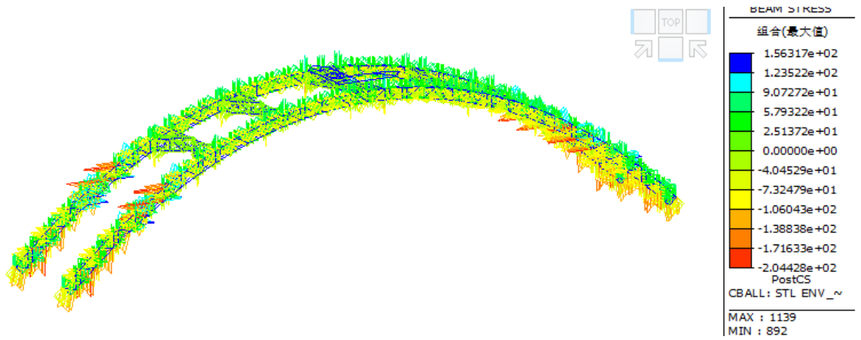
（1）承载能力极限验算



基本组合下钢管混凝土钢材正应力包络图



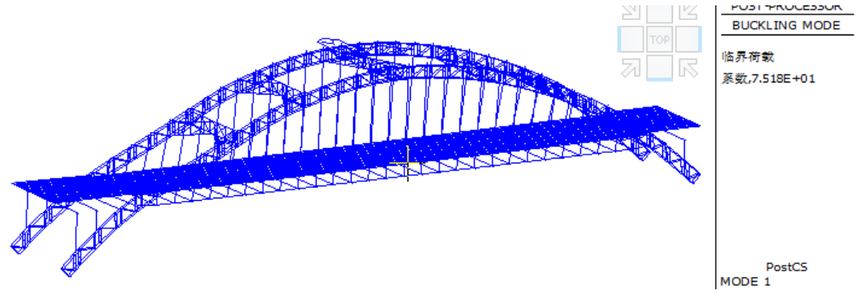
基本组合下钢管混凝土混凝土正应力包络图



基本组合下拱圈组合截面和钢管正应力包络图

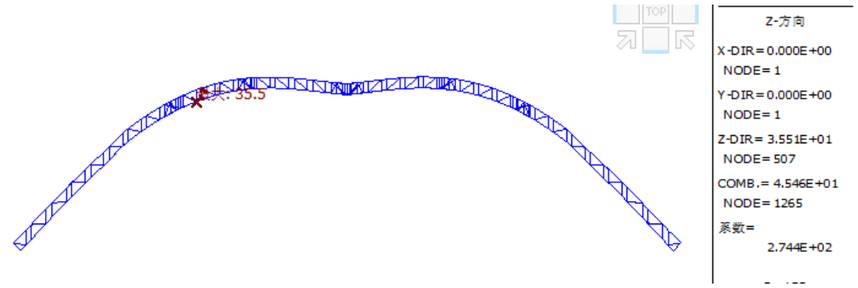
结果满足要求。

（2）主拱稳定性验算

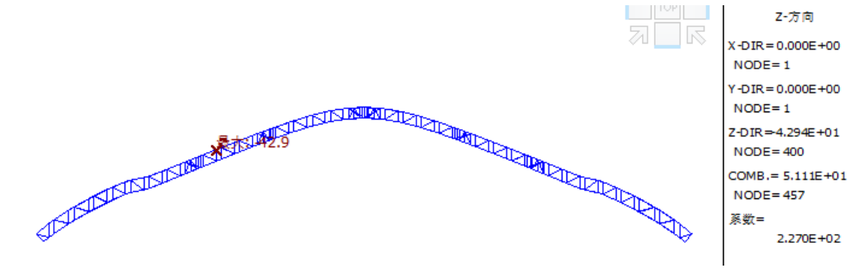


根据规范《公路钢管混凝土拱桥设计规范》（JTG/T D65—2015）要求，主拱圈稳定系数不应小于 4.0，计算结果满足要求。

（3）主拱变形验算



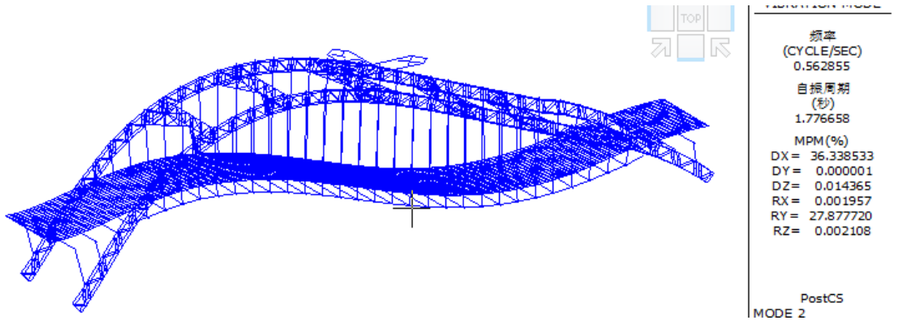
汽车荷载拱圈竖向最大位移



汽车荷载拱圈竖向最小位移

根据规范《公路钢管混凝土拱桥设计规范》（JTG/T D65—2015）要求，钢管混凝土主拱在车道荷载（不计冲击力）作用下的最大竖向挠度（正负挠度绝对值之和）不应大于 L/1000。（35.5+42.9）=78.4mm<190000/1000=190mm。

（4）主拱频率计算



经计算原桥频率为 0.56Hz。

4.2.2 吊杆验算

根据规范《公路钢管混凝土拱桥设计规范》（JTG/T D65—2015）验算，考虑钢束锈蚀，原设计破断力进行 0.9 的折减。

吊杆内力验算结果

序号	吊索编号	吊索规格	吊索内力（kN）	规范限值（KN）	修正值（KN）	安全系数	结论
1	下游 1	PES7-109	1370	7005	6305	4.60	满足
2	下游 2	PES7-109	1572	7005	6305	4.01	满足
3	下游 3	PES7-109	1599	7005	6305	3.94	满足
4	下游 4	PES7-91	1366	5848	5264	3.85	满足
5	下游 5	PES7-91	1441	5848	5264	3.65	满足
6	下游 6	PES7-91	1431	5848	5264	3.68	满足
7	下游 7	PES7-91	1418	5848	5264	3.71	满足
8	下游 8	PES7-91	1412	5848	5264	3.73	满足
9	下游 9	PES7-91	1411	5848	5264	3.73	满足
10	下游 10	PES7-91	1671	5848	5264	3.15	满足
11	下游 11	PES7-91	1408	5848	5264	3.74	满足
12	下游 12	PES7-91	1406	5848	5264	3.74	满足
13	下游 13	PES7-91	1404	5848	5264	3.75	满足
14	下游 14	PES7-91	1401	5848	5264	3.76	满足
15	下游 15	PES7-91	1396	5848	5264	3.77	满足
16	下游 16	PES7-91	1401	5848	5264	3.76	满足
17	下游 17	PES7-91	1402	5848	5264	3.75	满足
18	下游 18	PES7-91	1406	5848	5264	3.74	满足
19	下游 19	PES7-91	1409	5848	5264	3.74	满足
20	下游 20	PES7-91	1410	5848	5264	3.73	满足
21	下游 21	PES7-91	1412	5848	5264	3.73	满足
22	下游 22	PES7-91	1418	5848	5264	3.71	满足
23	下游 23	PES7-91	1430	5848	5264	3.68	满足
24	下游 24	PES7-91	1423	5848	5264	3.70	满足
25	下游 25	PES7-91	1324	5848	5264	3.98	满足
26	下游 26	PES7-109	1601	7005	6305	3.94	满足
27	下游 27	PES7-109	1714	7005	6305	3.68	满足
28	下游 28	PES7-109	1265	7005	6305	4.98	满足

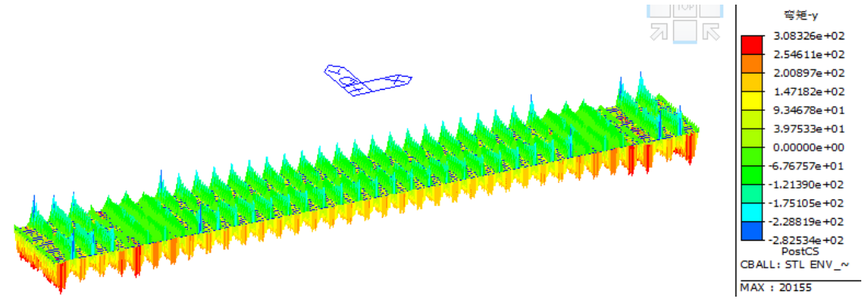
结论：经计算，吊杆安全系数最小值=3.15，满足规范要求。

4.2.3 桥面板验算

（1）持久状况承载能力验算：

细沙河特大桥桥面板为先简支后结构连续钢筋混凝土结构。根据《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》（JTG 3362—2018）进行抗弯抗剪承载能力验算。

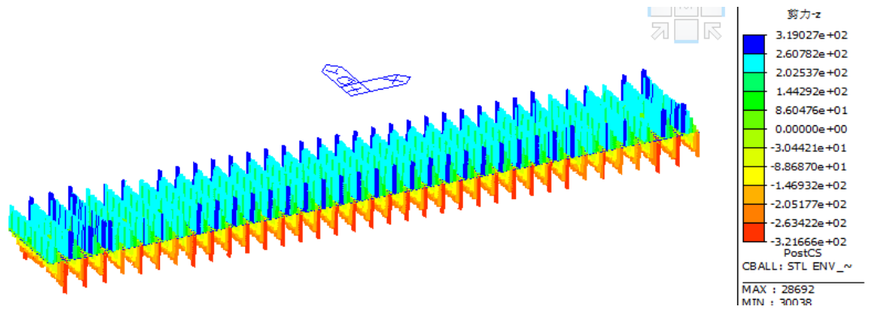
抗弯承载力验算：



基本组合下 T 梁纵梁弯矩包络图

根据计算 T 梁截面抗弯承载力 398.51>308.3kN·m，满足规范要求。

抗剪承载力验算：



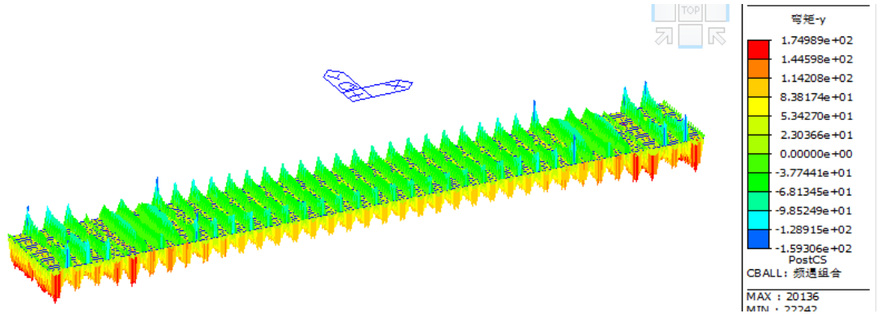
基本组合下 T 梁纵梁剪力包络图

根据计算 T 梁截面抗剪承载力 350.6＞321kN，满足规范要求。

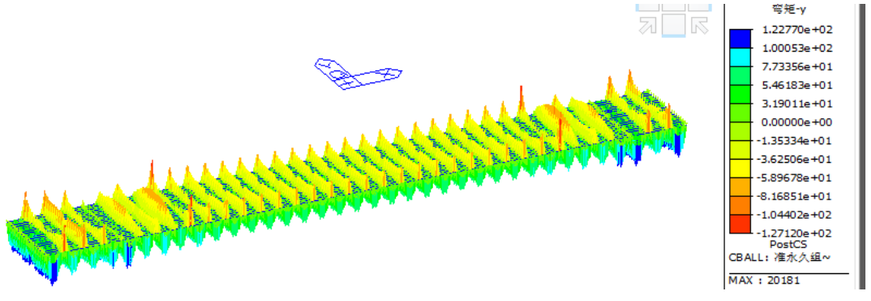
（2）持久状况正常使用极限状态验算

细沙河特大桥桥面板为先简支后结构连续钢筋混凝土结构。根据《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》（JTG 3362—2018）进行裂缝宽度及竖向挠度验算。

① 裂缝宽度验算



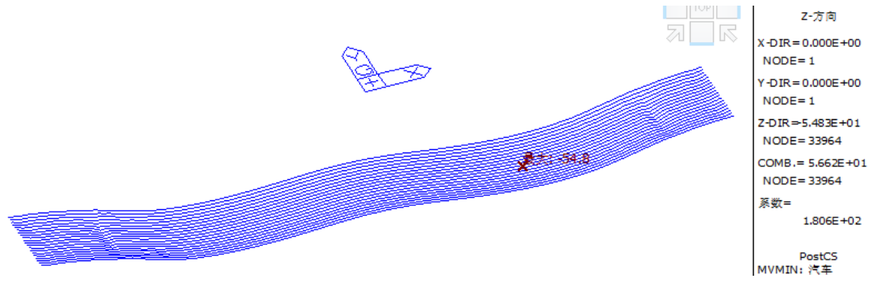
频遇组合下 T 梁纵梁弯矩包络图



准永久组合下 T 梁纵梁弯矩包络图

根据计算 T 梁最大裂缝 0.11<0.2mm，满足规范要求。

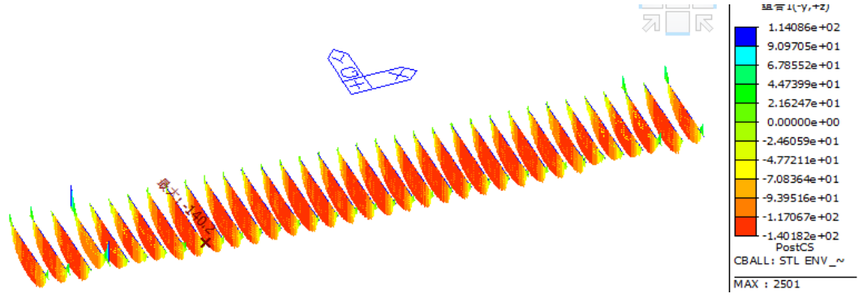
② 竖向挠度验算



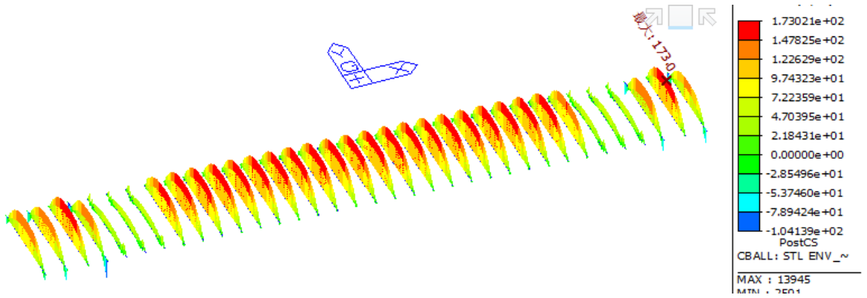
根据计算 T 梁在汽车荷载下竖向挠度为 55.8<l/600=316.6mm，满足规范要求。

4.2.4 钢横梁验算

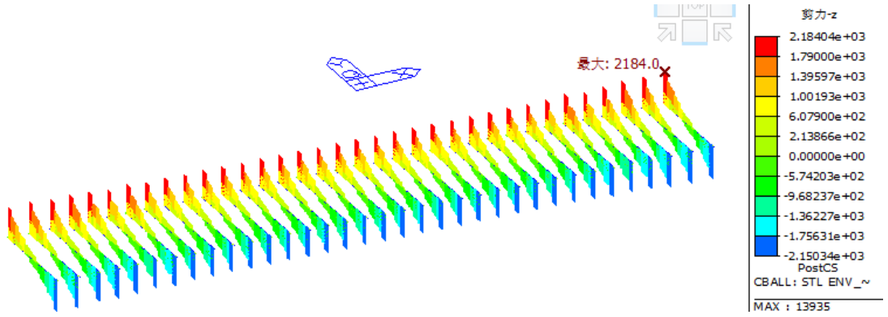
钢横梁材质为 Q345qD 钢板，根据《公路钢结构桥梁设计规范》（JTG D64-2015）要求，顶底板为 20mm 厚钢材，对应抗拉抗压强度设计值为 270MPa；腹板为 16mm 厚钢板，抗剪强度设计值为 110MPa。



基本组合下钢横梁上缘正应力结果



基本组合下钢横梁下缘正应力结果



基本组合下钢横梁剪力结果

根据计算，钢横梁正应力最大值为 177MPa<270MPa；剪应力最大值为 29.3MPa<110MPa，满足规范要求。

5 韧性提升方案

5.1 吊杆提升方案

针对大桥吊杆抗火灾能力不足以及吊杆内部已经存在明显锈蚀的问题，采用更换吊索并增加索体防火措施方案。对于近年更换的 4 根短吊杆，保留不做更换。

5.2 吊杆更换

由于 23 年本桥已更换短吊杆，新吊杆采用叉耳式吊杆+钢拉杆结构，本次保留已更换的 4 根短吊杆。

由于本桥导索套管内径较小，经核查无法更换同丝数平行钢丝吊杆成品索，因此改为采用高强度钢绞线整束挤压锚替换，新换钢绞线整束挤压锚采用标准强度 1960MPa 钢绞线，原 PES7-91（破断索力 5848）更换为 GJ15-22（破断索力 6028kN），原型号 PES7-109（破断索力 7005）更换为 GJ15-27（破断索力 7398kN），其公称破断索力均比原吊杆略有提高。

新索与旧索的对比如下，施工前应再次复核吊索直径与套管孔道，确保可以顺利安装。

吊杆与预埋管适配性表

原设计吊索型号	预埋套管内径（mm）	预埋套管内径（mm）	更换拉索型号	更换吊杆锚杯外径（mm）
PES7-91	上预埋管φ245×12	221	GJB-22	160
	下预埋管φ219×7	205		
PES7-109	上预埋管φ273×14	245	GJB-27	175
	下预埋管φ245×12	221		

5.3 吊杆增加防火措施

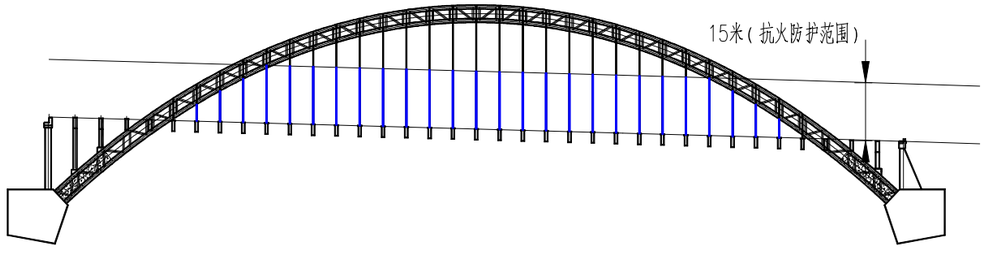
5.3.1 设防标准

（1）火灾热释放功率标准为 200MW;

（2）吊索设防时间为 60min;

（3）吊索钢丝设防温度为 300℃;

（4）设防范围为桥面以上垂直高度 15m 的吊杆结构。



吊杆抗火防护范围

5.3.2 吊杆锚固端防火方案

桥面以上 0～防水罩高度，含导索管、防水罩，增设耐火涂料层。采用 6mm 厚的环氧防火涂料进行防护。面漆颜色与吊杆一致或指定。具体组成如下：

防水罩及以下高度吊杆防火涂料

位置	涂装用料	道数	干膜厚度（μm）
桥面 0~防水罩高度	锚固区原防护层	/	/
	表面清洁拉毛，去除面漆层	/	/
	环氧防火涂料	1	3000
	增强高温纤维网	1	/
	环氧防火涂料	1	3000
	氟碳面漆	2	2×40

5.3.3 吊杆防火方案

防水罩高度~15m 高度，采用高硅氧气凝胶毡防火套防护。

具体组成为：2 层 5mm 高硅氧铝硅气凝胶毡+0.7mm 不锈钢罩+PVF 缠包带的方案进行防护。

高硅氧气凝胶毡采用螺旋缠绕式施工，环向、纵向均采取对接方式，材料经加工覆布背胶（在高硅氧气凝胶毡所有外表面均通过特殊的缝纫工艺复合耐高温无碱玻璃纤维布，在无碱玻璃纤维布外增加高粘防水背胶（丁基胶带）），可以紧实的贴合在吊索表面。

高硅氧气凝胶毡防火套方案

位置	防护材料	道数	厚度
防水罩~15m 高度	高硅氧铝硅气凝胶毡	2	2*5mm
	不锈钢护套	1	0.7mm
	PVF 缠包带	1	/

5.4 一般病害维修方案

5.4.1 裂缝维修

对于一般混凝土构件裂缝，根据缝宽大小采取以下措施进行处理：

（1）裂缝宽度<0.15mm，采用环氧树脂胶泥进行封闭；

（2）裂缝宽度≥0.15mm，采用低压注射环氧树脂胶进行修补。

5.4.2 混凝土表面缺陷

对于混凝土锈胀、表面砼蜂窝麻面及剥落情况，首先将松散不密实的混凝土凿除，直至露出新鲜的混凝土为止，然后用高压水清除混凝土表面，进行钢筋除锈、阻锈处理，最后用环氧砂浆对凿开的混凝土区域进行手工修补。

对混凝土蜂窝麻面、风化、泛白、泛碱等病害，首先凿除松散的混凝土，然后用环氧砂浆对凿开的混凝土区域进行手工修补。

5.4.3 钢筋除锈

对外露钢筋表面的氧化层应利用钢刷予以清除，直至露出新鲜坚实部分。

对由钢筋锈蚀探查确定的钢筋锈蚀区域应对该部位混凝土表面破损、腐化、松散等缺陷区域进行凿除、清理，确保表面无油污、油脂、蜡状物等影响渗透的污物。在其外表面涂刷渗透型钢筋阻锈剂，形成保护膜，阻止钢筋的锈蚀，涂刷后再进行破损修补。

5.5 伸缩缝处理

更换破损的橡胶带。

5.6 桥面铺装处理

经调查该路段特大型货车占比非常高，桥面出现较严重的破损车辙等病害。

原结构铺装为 8cm 钢筋混凝土+9cm 沥青混凝土，为改善桥面板受力状态，提高桥面板刚度，本次提升设计维持原设计铺装层厚度不变，改为 8cm 厚 ECC 工程水泥基复合材料+5cmAC-20C 改性沥青混凝土+4cmSMA-13 沥青玛蹄脂碎石混合料。

引桥拆除桥面沥青及混凝土铺装后，同样重铺 8cm 厚 ECC 工程水泥基复合材料+5cmAC-20C 改性沥青混凝土+4cmSMA-13 沥青玛蹄脂碎石混合料。

5.7 主拱圈防火措施

对主拱圈钢结构表面进行防火处理，设防范围为桥面以上垂直高度 15m 以内的主拱圈结构，其防火方案参照 5.3.2 索体锚固端的处理方法，采用 6mm 厚的环氧防火涂料进行防护。

5.8 主拱圈防腐

对主拱圈出现的涂装缺陷进行修复，采用 S04 长效型涂层配套体系。

5.9 护栏提升

见交安部分图纸。

5.10 提升后结构验算

5.10.1 索力验算

本次提升拱桥吊杆强度由 1670MPa 钢丝更换为 1960MPa 钢绞线（22/27 束），原型号 PES7-109、PES7-91 更换为 OVM.GJ15-22（破断力为 5729kN）、OVM.GJ15-27（破断力为 7031kN）。按现行规范对结构提升后的吊杆进行验算，结果如下。

吊杆内力验算结果

序号	吊杆编号	吊杆规格	吊杆内力（kN）	规范限值（KN）	安全系数	结论
1	下游侧吊杆 1	保留钢拉杆	1370	7005	5.11	满足
2	下游侧吊杆 2	GJ15-27	1572	7031	4.47	满足
3	下游侧吊杆 3	GJ15-27	1599	7031	4.40	满足
4	下游侧吊杆 4	GJ15-22	1366	5729	4.19	满足
5	下游侧吊杆 5	GJ15-22	1441	5729	3.98	满足
6	下游侧吊杆 6	GJ15-22	1431	5729	4.00	满足
7	下游侧吊杆 7	GJ15-22	1418	5729	4.04	满足
8	下游侧吊杆 8	GJ15-22	1412	5729	4.06	满足
9	下游侧吊杆 9	GJ15-22	1411	5729	4.06	满足
10	下游侧吊杆 10	GJ15-22	1671	5729	3.43	满足
11	下游侧吊杆 11	GJ15-22	1408	5729	4.07	满足
12	下游侧吊杆 12	GJ15-22	1406	5729	4.07	满足
13	下游侧吊杆 13	GJ15-22	1404	5729	4.08	满足
14	下游侧吊杆 14	GJ15-22	1401	5729	4.09	满足
15	下游侧吊杆 15	GJ15-22	1396	5729	4.10	满足
16	下游侧吊杆 16	GJ15-22	1401	5729	4.09	满足
17	下游侧吊杆 17	GJ15-22	1402	5729	4.09	满足
18	下游侧吊杆 18	GJ15-22	1406	5729	4.07	满足
19	下游侧吊杆 19	GJ15-22	1409	5729	4.07	满足
20	下游侧吊杆 20	GJ15-22	1410	5729	4.06	满足
21	下游侧吊杆 21	GJ15-22	1412	5729	4.06	满足
22	下游侧吊杆 22	GJ15-22	1418	5729	4.04	满足
23	下游侧吊杆 23	GJ15-22	1430	5729	4.01	满足
24	下游侧吊杆 24	GJ15-22	1423	5729	4.02	满足
25	下游侧吊杆 25	GJ15-22	1324	5729	4.33	满足
26	下游侧吊杆 26	GJ15-27	1601	7031	4.39	满足
27	下游侧吊杆 27	GJ15-27	1714	7031	4.10	满足
28	下游侧吊杆 28	保留钢拉杆	1265	7005	5.54	满足

经计算，吊杆安全系数最小值=3.43，满足规范要求，并有所提升。

5.10.2 断杆工况验算

（1）索力验算

断索后吊杆内力验算结果

序号	吊杆编号	吊杆规格	吊杆内力（kN）	设计破断力（KN）	安全系数
1	下游 1	保留钢拉杆	-	7005	-
2	下游 2	GJ15-27	2839	7031	2.48

序号	吊杆编号	吊杆规格	吊杆内力（kN）	设计破断力（KN）	安全系数
3	下游 3	GJ15-27	1529	7031	4.60
4	下游 4	GJ15-22	1522	5729	3.76
5	下游 5	GJ15-22	1395	5729	4.11
6	下游 6	GJ15-22	1430	5729	4.01
7	下游 7	GJ15-22	1439	5729	3.98
8	下游 8	GJ15-22	1436	5729	3.99
9	下游 9	GJ15-22	1430	5729	4.01
10	下游 10	GJ15-22	1428	5729	4.01
11	下游 11	GJ15-22	1423	5729	4.03
12	下游 12	GJ15-22	1420	5729	4.04
13	下游 13	GJ15-22	1420	5729	4.04
14	下游 14	GJ15-22	1417	5729	4.04
15	下游 15	GJ15-22	1398	5729	4.10
16	下游 16	GJ15-22	1417	5729	4.04
17	下游 17	GJ15-22	1369	5729	4.19
18	下游 18	GJ15-22	1423	5729	4.03
19	下游 19	GJ15-22	1427	5729	4.01
20	下游 20	GJ15-22	1435	5729	3.99
21	下游 21	GJ15-22	1441	5729	3.98
22	下游 22	GJ15-22	1451	5729	3.95
23	下游 23	GJ15-22	1454	5729	3.94
24	下游 24	GJ15-22	1445	5729	3.96
25	下游 25	GJ15-22	1608	5729	3.56
26	下游 26	GJ15-27	1553	7031	4.53
27	下游 27	GJ15-27	1597	7031	4.40
28	下游 28	保留钢拉杆	1565	7005	4.48

经计算，提升后吊杆安全系数最小值=2.48，满足规范《公路钢管混凝土拱桥设计规范》第 5.8.1 节，吊杆在短暂工况下 2.0 安全系数的要求。

（2）挠度验算

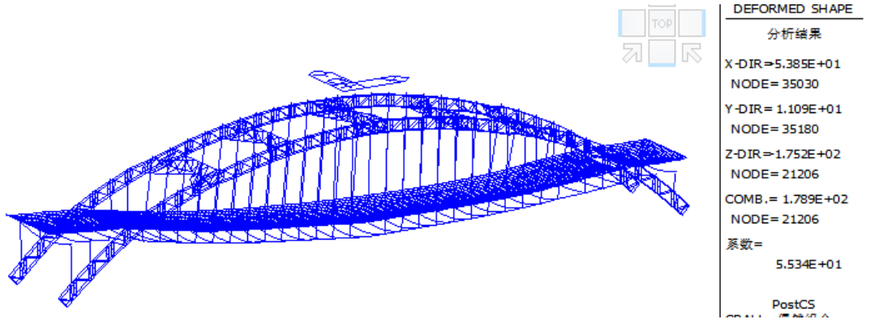
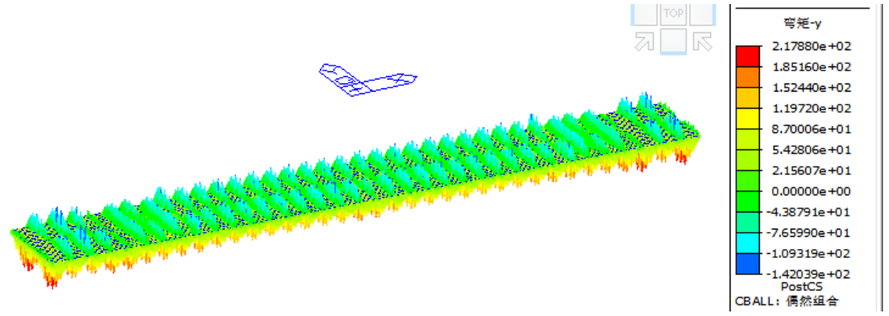


图 **错误!文档中没有指定样式的文字。**-1 吊杆断裂偶然作用组合下结构位移结果

根据计算，竖向最大挠度为 175<l/600=316.6mm，满足规范要求。

（3）T 梁承载力验算

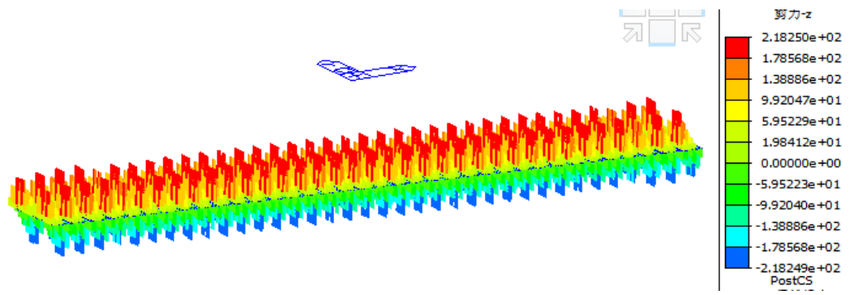
抗弯承载力验算：



T 梁纵梁弯矩包络图

根据计算 T 梁截面抗弯承载力 398.5>218kN·m，满足规范要求。

抗剪承载力验算：



T 梁纵梁剪力包络图

根据计算 T 梁截面抗剪承载力 350.6＞218kN，满足规范要求。

可以看出在吊杆断裂后桥面板整体下挠，且位移增加较小，断裂位置 T 梁受力未超出 T 梁承载能力，避免发生结构脆性破坏。

5.10.3 换吊杆工况验算

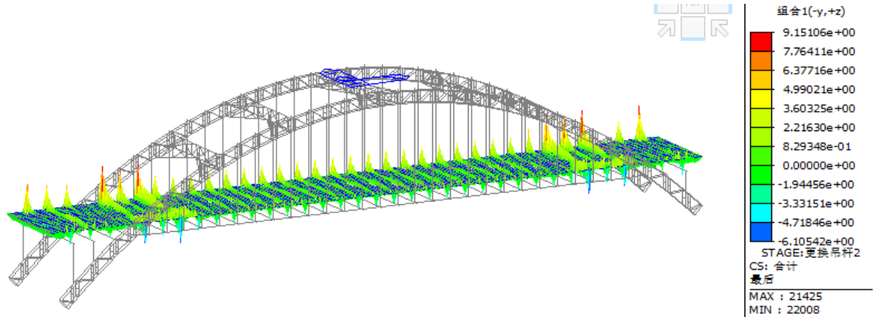
模拟更换吊杆施工情况，保守按单根吊杆完全拆除模拟计算，取吊杆力最大的 2 号吊杆作为典型状况计算。

荷载组合为：恒载+拆除吊杆荷载。

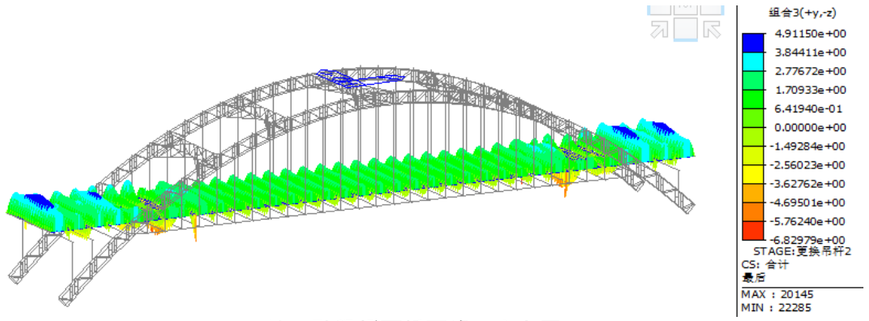
（1）受压区混凝土边缘的压应力验算

按照《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》(JTG3362-2018)第 7.2.4 条规定，钢筋混凝土受弯构件正截面应力应符合下列规定：

受压区混凝土边缘的压应力 σ cct≤0.80fck’



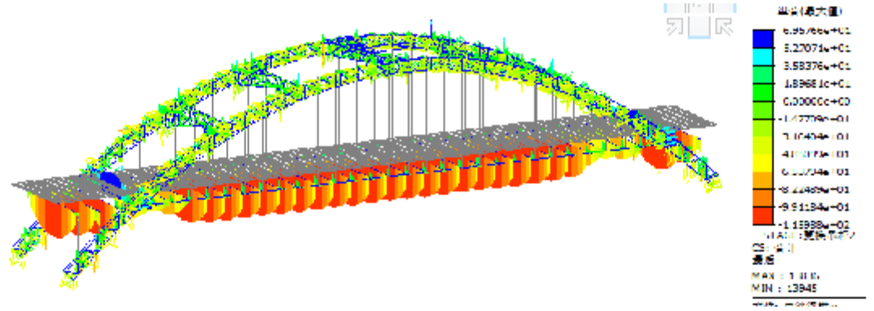
施工阶段桥面板上缘压应力图



施工阶段桥面板下缘压应力图

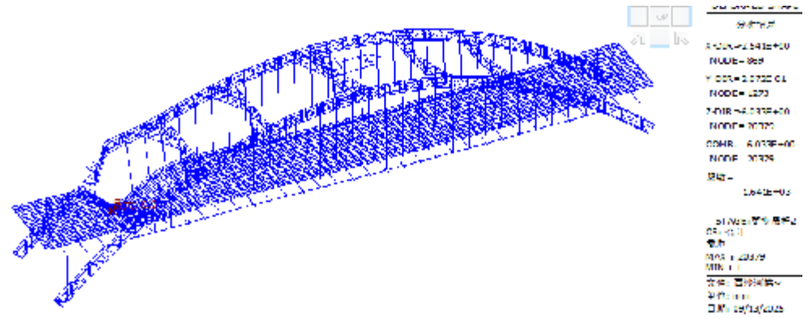
经计算最大压应力 6.83<16.08MPa，满足规范要求。

（2）钢结构应力



经计算钢结构应力最大为 116.0<270MPa，满足规范要求。

（3）结构位移



拆除吊杆时结构最大竖向位移增量为-6mm。

5.11 安全韧性提升分数

根据《公路韧性提升评价指南》第 3.3.3 条规定，桥涵单项工程修复后的安全韧性评分估值为 92.8，提升率 21%。

6 主要材料及技术要求

6.1 吊杆

吊杆采用 GJ15-22、GJ15-27 高强钢绞线整束挤压成品索，锚头直径为 160mm、175mm，其标准强度为 1960MPa，弹性模量 2.00×10^5MPa，吊杆索体采用 PE 护套，其性能指标应满足《挤压锚固钢绞线拉索》（JT／T 850—2013）标准的要求。钢丝环氧涂层的材料、涂覆、技术要求、实验方法等应执行《单丝涂覆环氧涂层预应力钢绞线》（GB/T 25823—2010）。

6.2 高硅氧布

采用两元或者三元法高硅氧连续纤维织布，摒弃无碱玻璃纤维布（最高耐温度 650℃）或

者玄武岩纤维布（最高耐温度 800℃）以及用无碱玻璃纤维布酸洗出来的假高硅氧布（最高耐温度 900℃），在酸碱环境、抗紫外线等耐候性特征方面具有绝佳的优势。

高硅氧布技术指标

检测项目	标准值	参照标准
厚度	0.3mm	GB/T7689
耐温度	1100℃	企标
氧化硅含量	≥96%	光谱仪
工艺方法	二元或三元法	企标
抗拉强度	纬向≥350N/25mm	GB/T7689
	径向≥500N/25mm	GB/T7689

6.3 陶瓷化涂层

在高硅氧布表面做的特殊涂层，常温下为硅胶质状态，与布致密结合，可以起到防水，防潮，耐酸碱，抗老化的作用，施工作业期间更能起到密封气凝胶的作用，避免气凝胶粉体对人体和环境造成危害。高温环境下该涂层会陶瓷化，作为保护布和气凝胶毡的第一道防线，增加整体防火材料系统的防火时间。

陶瓷化涂层技术指标

检测项目	标准值	参照标准
厚度	0.03mm	GB/T7689
剥离强度	≥3Mpa	企标
外观质量	表面色泽均匀，无气孔、基本平整	企标
抗开裂性(耐久性)	T-Bar 冷热循环≥40 个循环后不开裂不脱落	企标
耐热性	≥45 分钟（在烃类温升条件下）	企标
	高温（800）环境下陶瓷化	企标

6.4 缝纫工艺

将高硅氧布基耐高温保护材料将防火隔热主材高硅氧气凝胶毡用特殊工艺缝制起来，形成系统性的完整产品，缝纫用线采取耐高温耐候性强的复合材料缝纫线。

缝纫线技术要求

材质	规格	耐高温性能
高硅氧缝纫线	线径 0.2	1000℃

6.5 PVF 缠包带

护套表面清洁后，现场以不小于 50%的搭接率螺旋缠包一层氟碳缠包带（PVF），氟碳缠包带（PVF）结构如下：氟碳聚合物（PVF）复合膜/粘结剂/离型膜，根据景观要求选择合适的颜色氟碳聚合物（PVF）复合膜，缠包带各项基本性能指标应满足以下要求：

氟碳缠包带（PVF）基本性能指标

序号	性能项目	单位	性能指标	检测标准
1	外观		厚度均匀，无色差，分切无锯齿	目测
2	缠包带厚度（不含离型膜）	μm	120±5	GB/T 7125
3	抗拉强度（纵向）	N/mm	≥7	GB/T 30776
4	断裂伸长率（纵向）	%	≥90	GB/T 30776
5	抗撕裂强度（纵向）	kN/m	≥5	GB/T 16578.1
6	粘结力	N/10mm	≥5.5	GB/T 2792
		N/10mm	≥5.5	

为保证 PVF 胶带使用于吊索的长期耐久性，应按照下表测试方法，提供 PVF 缠包带做加速老化试验（测试技术条件为：85±2℃，85±2%RH）测试报告，加速老化试验时间不少于 1200 小时，加速老化试验后胶带性能必须达到下表要求：

氟碳缠包带（PVF）耐老化性能指标

序号	性能项目		单位	性能指标	检测标准
1	湿热老化后性能（85℃，RH85%，1080h）	抗拉强度（纵向）	N/mm	≥5	GB/T 30776
		断裂伸长率（纵向）	%	≥72	GB/T 30776
		粘结力 与 HDPE	N/10mm	≥5.5	GB/T 2792
		粘结力 对 PVF	N/10mm	≥5.5	GB/T 2792
2	紫外荧光老化后（0.76W/m2@340nm，1080h，GB/T 16422.3-2022）	色差ΔE	—	≤1	CIE 色差仪

6.6 丁基胶带

为了让防火隔热材料更好的跟吊索紧密贴合，在本成品防火隔热产品的背面施加一层丁基胶带。丁基胶带采用丁基橡胶与聚异丁烯等原料共混而成，具有耐高温、防水、粘结性强等多种特性，其性能应满足《丁基橡胶防水密封胶粘带》（JC/T 942—2022）的要求。

丁基胶带技术指标

序号	检测项目		技术要求	性能指标
			高分子防水卷材	金属板
1	初始粘结力（23℃）/N		≥60 且无粘结破坏	
2	耐热性（100℃，2h）		无滑移、流淌、变形	
3	剪切状态下的粘合性（N/mm）		≥3.0	≥8.0
4	剥离强度	标准条件	≥0.6	

序号	检测项目		技术要求	性能指标
			高分子防水卷材	金属板
	（N/mm）	热处理（80℃，168h）	≥0.5	
		碱处理（饱和氢氧化钙溶液，168h）	≥0.5	
		浸水处理（168h）	≥0.5	

6.7 环氧防火涂料

环氧防火涂料应满足《钢结构防火涂料》（GB14907—2018）的要求。技术指标下表所示，表中指标 5、6 为型式试验内容，需根据项目要求明确检测频次。防火涂料进场前需提供：

（1）耐老化性能测试报告要求按 ASTMD4587 标准或同等标准进行的无面漆情况下至少 10000 小时以上且该耐老化测试后的防火性能衰减 15%以内的第三方测试报告或证书；

（2）耐水性要求防火涂层无面漆情况下不含底材质量的涂层自身吸水率 0.2%以内的第三方测试报告或证书。

环氧防火涂料技术指标

序号	检测项目	技术要求
1	干膜厚度(含纤维网)	≥6mm
2	粘接强度	≥3MPa
3	干燥性能(20±5℃)	≥24 小时(移动时间); ≥5 天(完全固化时间)
4	外观质量	表面色泽均匀，无气孔、基本平整
5	抗开裂性(耐久性)	T-Bar 冷热循环≥40 个循环后不开裂不脱落
6	抗火性能	≥45 分钟（在烃类温升条件下）
7	涂装性能	底层油漆和防火涂料兼容性匹配; 面漆需采用满足结构耐久性要求的材料。建议采用氟碳面漆，厚度不小于 60um

6.8 氟碳面漆

氟碳面漆性能指标应满足《悬索桥主缆系统防腐涂装技术条件》（JT/T 694—2007）和《公路桥梁钢结构防腐涂装技术条件》（JT/T 722—2023），并从严要求。

序号	性能项目	单位	性能指标	检测标准
1	颜色和外观		符合商定标准样板或色卡及其色差范围，漆膜平整	目测
2	固体含量（%）		≥60	GB/T 1725
3	细度（μm）		≤30	GB/T 1724
4	干燥时间	表干（h）	≤1	GB/T 1728
		实干（h）	≤24	
5	柔韧性（mm）		1	GB/T 1731
6	耐冲击性（cm）		50	GB/T 1732
7	拉断伸长率		≥50%	GB/T 528
8	耐水性		72h 漆膜无变化	GB/T 1733
9	耐盐水性		72h 漆膜无变化	GB/T 9274
10	耐磨性(1kg·500r)		≤0.05g	GB/T 1768
11	耐酸性(10%H_2SO_4)		168h 漆膜无异常	GB/T 9274
12	耐碱性(10%NaOH)			
13	氟含量（%）		≥24	HG/T 3792
14	人工加速老化		3000h	GB/T 1865

6.9 ECC 工程水泥基复合材料

ECC 工程水泥基复合材料采用聚丙烯纤维增强 ECC，抗压强度 50MPa，极限压应变 0.4~0.65%，抗折强度不小于 10MPa

ECC 工程水泥基复合材料性能指标

性能参数	单位	ECC 工程水泥基复合材料
抗拉屈服强度	（N/mm^2）	2.5
抗拉强度	（N/mm^2）	3.2
拉伸极限应变	（%）	>2.5
抗压强度	（N/mm^2）	46.5
弹性模量	（$X10^4N/mm^2$））	1.76
抗折强度	（N/mm^2）	14.6
粘结强度	（N/mm^2）	2.26

7 施工工艺及要求

7.1 总体施工顺序

施工准备→交通疏导→半幅封闭→半幅铺装拆除→半幅更换吊杆→半幅铺装恢复→半幅索力调整→另半幅同样顺序施工→最后全桥索力复测及调整→恢复交通

其它提升工程可在换索施工中同步进行。

7.2 防火施工

7.2.1 气凝胶毡施工

（1）气凝胶毡施工前，吊索表面应清理干净，无油渍、水渍或其他影响产品施工质量的杂物附着。

（2）10cm 宽度的气凝胶毡螺旋缠绕，施工应控制气凝胶毡对接缝的宽度，施工方向为由

低往高。

（3）气凝胶毡缠绕应牢靠。两层气凝胶毡的环向拼缝、纵向拼缝均错开。

7.2.2 密封层施工

（1）采用厚度为 0.70mm 不锈钢护套固定在防火层外侧。

（2）防火段与非防火段应设过渡段，过渡段先采用丁基胶带按不小于 50%层叠比例进行螺旋缠绕过渡，过渡段缠绕长度为沿着不锈钢顶部端面上下各 50cm 。丁基胶带外表面均匀刮涂密封胶，密封胶表面刷涂氟碳面漆，以达到美观和增强防水的目的。

7.2.3 环氧防火涂料施工

（1）涂装所用的面漆、稀释剂等，应配套供应。

（2）对于双组分涂料，应按当日（班）需要量，严格按照产品说明书上规定的比例调配，涂料应充分搅拌均匀后方可施工，推荐采用电动或气动搅拌装置；放置一定的熟化期（按产品说明书要求），以使充分反应才能使用；涂料的使用时间按产品说明书规定的使用期执行。

（3）漆料在开桶前应倒置并用力摇荡，开桶后再搅拌均匀，如有杂质、漆皮等需过滤。

（4）为保证环氧防火涂料与原涂层的结合力，防火涂料施工前使用专用工具（钢丝刷、钢丝轮、千叶片配合角磨机） 去除构件原面漆涂层，保留原环氧涂层即可，必要时刷涂一道环氧底漆或中间漆。

（5）防火涂料施工前，构件表面应清理干净，无油渍、水渍或其他影响产品施工质量的杂物附着。

（6）防火涂料涂刷需均匀，不可存在漏涂、表面不平整情况。

（7）当涂层出现下列情况时应重涂：涂层干燥固化不好，粘结不牢或粉化、空鼓、脱落时；涂层表面有浮浆或裂缝宽度大于 1.0mm 时；涂层厚度小于设计规定厚度的 95%时。

（8）增强高温纤维网采用全铺网工艺。

7.3 防火验收标准

施工单位进场前，应结合系统特点和《公路工程质量检验评定标准(JTG F80—2017)》，形成适用于本项目的验收标准，通过评审后，作为本项目的验收依据。

7.3.1 基本规定

（1）工程采用的材料、半成品、产品、器具和设备应进行进场检验，按各专业工程施工验收规范的规定和设计要求进行复验，并应经监理工程师检查认可。

（2）各施工工序应按施工技术标准进行质量控制，每道施工工序完成后，经施工单位自检合格后，才能进行下一道工序施工，并做好交接检验记录。

（3）工程开工前，施工单位与监理单位共同确定重要工序。重要工序应经监理工程师检查认可，才能进行下一道工序施工。

（4）施工质量验收应在施工单位自检合格的基础上进行。

（5）本工程所采用的高硅氧气凝胶毡进场时应进行见证取样检验。

检验批最小抽样数量

检验批的容量	最小抽样数量	检验批的容量	最小抽样数量
2 ~ 15	2	151 ~ 280	13
16 ~ 25	3	281 ~ 500	20
26 ~ 90	5	501 ~ 1200	32
91 ~ 150	8	1201 ~ 3200	50

（6）对于设计选用的具有防火性能要求的材料，应查验其产品出厂合格证（或质保书）采购合同和由具有法定资质的检验机构出具的含防火极限或燃烧性能测试项目的型式检验报告。

7.3.2 进场检验

各类材料进场后随机抽样进行小样检验，或按要求送交第三方检测，检测结果应符合设计要求。

7.3.3 高硅氧气凝胶毡

（1）高硅氧气凝胶毡应符合国家现行产品标准的规定和设计要求，并应具备产品合格证、有资质的检测机构出具的检验合格报告和型式认可证书。

检查数量：全数检查。

检查方法：查验产品合格证、检验合格报告和型式认可证书。

（2）在材料进场后，应对其隔热性能进行见证取样检验，实测的等效热传导系数不应大于等效热传导系数的设计取值，其允许偏差为+10%。

检查数量：按施工进货的生产批次确定，每一批次应抽检一次。

检查方法：按现行国家标准《建筑构件防火试验方法 第 1 部分：通用要求》（GB/T 9978.1）规定的防火性能试验方法测试。试件的防火保护层厚度取毡状防火材料的厚度， 并应按《建筑钢结构防火技术规范》（GB51249）的规定计算等效热传导系数。

（3）气凝胶毡表面应平整，无孔洞、凸出物、缺损、泛出物。

检查数量：全数检查。

检查方法：观察检查。

（4）气凝胶毡缠绕应牢靠，对接缝应紧密、无明显缝隙， 搭接缝应紧实、无明显空鼓。气凝胶毡拼缝位置应符合设计要求。

检查数量：全数检查。

检查方法：观察检查，核查隐蔽工程验收记录。

（5）气凝胶毡防护高度应符合设计要求，不允许负偏差。

检查数量：全数检查。

检查方法：尺量检查，现场按图核对。

7.3.4 PVF 缠包带

（1）现场施工条件保证

①应采用具有张力、角度控制的自动缠带机，提升自动化程度，减少人工干预；

②确保施工环境清洁，防止灰尘、雨水、油污污染；

③禁止雨中施工，缠带完成后应尽快完成加热，间隔不能超过 24 小时，施工中如有露水也需要用干布擦净表面水分。

（2）施工质量保证

①确保设备完好；

②安排经过培训的熟练的操作工进行操作；

③严格按工艺进行施工，安排专职质检员跟踪检查过程质量；

④每根吊索区域为一个完整的施工单元，每天必须完成施工单元内的所有工序；

⑤当天未缠包完的缠包带应用封箱带包覆保护。

7.3.5 防火涂料

防火涂料验收宜在涂装完成后 14 天内进行，可按构件分批次验收，验收要求如表所示。

检验批最小抽样数量

序号	检验要求	质量指标	检测手段和频率
1	外观	平整，颜色和厚度均匀	目测，每个构件至少一次
2	增强网铺设	边缘和阳角处需铺设，不空鼓、不漏贴	/
3	干燥	指触干硬	目测，每个构件至少一次
4	硬度	Shore D 大于 70	随机抽查，或有异常时
5	干膜厚度	6mm	PA2 85/15 规则
6	结合力	>3MPa 或满足敲凿法测试要求	随即抽查，拉拔力测试或敲凿法测试

7.4 更换吊杆

7.4.1 更换吊杆施工方法

根据大桥的结构形式，考虑桥面系对施工条件的影响，建议施工单位采用临时兜吊的方法。为保证临时吊杆与老吊杆、新吊杆之间的索力转移平稳，分四级加载和卸载。主要特点是，在原吊杆分级卸载的情况下，通过张拉临时吊杆，该处吊杆力全部由临时吊杆承担，从而完成吊杆力的第一次转换；拆除旧吊杆后安装好新吊杆，通过分级张拉新吊杆并同步卸载临时吊杆张拉力，完成吊杆力的二次转换。

7.4.2 更换吊杆施工流程

本桥单根吊杆更换主要施工流程如下：

施工准备→测量桥面标高→安装临时兜吊系统→逐级张拉临时吊杆/逐级切割解除原吊杆钢丝→卸除旧吊杆、安装新吊杆→逐级张拉新吊杆至设计值/逐级卸载临时吊杆力→拧紧螺母定位→更换下一对吊杆→全桥标高复测→吊杆防护处理。

（1）更换吊杆施工前，应封闭半幅交通，测量桥面各点标高，并在各吊杆处桥面行车道边缘两侧设置高程观测点。根据桥面标高测量结果，拟合合理桥面线形，并上报业主及设计单位，征得同意后，可将拟合标高作为更换吊杆标高控制目标值。

标高测量时，要求桥梁结构在相对稳定的条件下进行测量。全桥吊杆更换完毕后，根据桥面标高情况，部分吊杆还需进行二次张拉。

（2）在桥面处组装工作平台，安装好临时提升系统中的梁底托架与提升装置。在组装过程中要注意保持两侧平衡，防止产生倾斜。在吊杆下锚头安装横梁提升系统。系统拼装完毕后应按设计控制张拉力进行试张拉。提升装置张拉千斤顶可视更换吊杆的实际施工空间设置在拱顶或者桥梁吊杆下锚头。

更换吊杆施工建议使用本设计文件中的临时兜吊系统，施工单位也可根据自身施工机具特点及施工经验在此基础上进行兜吊结构优化，在使用前应充分验算分析和现场试验，确保安全。

（3）旧吊杆的拆除步骤如下：

①切除旧吊杆上下锚头处钢盖板或封锚混凝土，并清理干净，直到露出锚具不影响旧吊杆的取出。注意不要损伤锚具。

②在距离桥面高约 1.5m 位置，用切割机将吊杆外套钢管沿纵向剖开 50cm，割去防护钢管，注意不要损伤钢丝。

③用千斤顶对临时吊杆进行整体张拉，并应分级缓慢进行。

张拉至恒载的 25%左右，检查各千斤顶及顶升系统是否稳固，否则应回油重新调整再次加力至恒载的 25%，并记录控制点标高；再次张拉临时吊杆至恒载的 50%左右，读取并记录控制点标高，分析顶升位移是否均衡、一致，并检查油路系统是否正常，是否有漏油、供油不畅等现象，如有应立即停止加载，及时整改，同时观察桥梁横向是否有移位现象；若一切正常，重复上述步骤继续张拉辅助索至 75%、100%恒载，当临时吊杆张拉力超过恒载后，受以高度控制为准。要求实时监测横梁吊点处标高，其上下变化值与相邻跨吊点的高程变动差控制在±3mm 内，不得超过 3mm。

在张拉临时吊杆过程中每升高一级就安装专用保护环，以防止油管爆裂或油缸泄漏造成梁体急落而损坏。临时吊杆应保持同步张拉，保持兜吊系统平衡，张拉过程中若出现异常，应及时调整。

当油表显示千斤顶超过了计算顶力或百分表显示梁体出现异常时，则立即停止加压检查原因，分析清楚原因后再进行梁体的顶升工作。

④对临时吊杆进行张拉的同时，要对桥面及拱肋标高进行实时监测，桥面标高上下位移不能超过 3mm。临时吊杆达到设计拉力或者标高变化在规定范围内后，用切割机在桥面处分丝割断部分旧吊杆钢丝，切除过程中须注意观察桥面标高变化，桥面标高下降 3mm 后，再次张拉，使桥面标高在原标高值基础上按+3mm～-3mm 之间变化。在拆除旧吊杆的过程中，应注意记录桥面标高变化、千斤顶顶升行程与顶升力，以便为下一根吊杆的拆除提供参考。

⑤吊杆的拆除依据对称的原则，从跨中向两端逐对间隔拆除，每拆除一根旧吊杆，则相应的换上一根新吊杆，在拆除吊杆的过程中，应时刻监测桥面的标高，如出现较大的变动应立即停工，待查明原因并确定处理方案后方可继续施工。

⑥为确保新吊杆安装和原预埋管管壁的防腐，吊杆拆除后，应先将锚窝与套管内的混凝土残渣清理干净，并对预埋钢管和上下锚垫板进行除锈处理。具体步骤为：先用钢刷去除原有锚垫板表面的铁锈，直至露出金属本色，然后再用丙酮进行二次清洗。

（4）用卷扬机吊起新吊杆后，安装锚头。预紧锚索并逐步分级张拉，同时同步分级卸载临时吊杆。张拉完成后，临时吊杆也相应卸载完成，取出临时吊杆，移除临时吊杆系统。张拉过程应密切关注桥面标高、拱肋标高的变化情况，将桥面标高的变化值控制在-3～+3mm 范围之内。张拉过程中，采用吊杆索力、桥面标高双控原则进行，以桥面标高控制为主。吊杆更换完成后，各吊杆桥面标高与更换前的桥面标高差值不得大于 3mm，并与相邻吊杆桥面高差也不得大于 3mm。吊杆更换过程中可根据桥面标高的变化情况，对吊杆索力进行调整，防止出现开裂等不良病害。吊杆安装完成后，将临时吊杆系统移至其它部位进行下一吊杆的更换施工。穿新吊杆时应注意以下几点：

①吊点绑扎牢固，防止脱落损伤吊杆或伤人；

②穿吊杆时锚孔入口用麻布围垫，防止吊杆进入锚孔时刮伤吊杆；

③吊杆锚头穿进锚孔时一定要垂直慢慢穿，防止锚头螺纹磨伤。

（5）吊杆更换完成后，在吊杆钢丝束上安装防护套固定支架，将不锈钢板卷制的吊杆防护套焊接在固定支架上，不锈钢防护套接缝可焊接或铆接。施工完成后再安装下导管防水罩和防护罩。

吊杆更换过程中应注意监测拱肋和桥面板等构件是否出现开裂、变形过大等异常情况，如有出现，应立即停止施工，查明原因、排除安全隐患后方可继续施工。吊杆更换施工的每道工序均应验收，前一工序检查合格后方可进行下一道工序的施工。吊杆更换完成后，应保证新吊杆系统具有良好的防腐性能。

7.4.3 更换吊杆施工顺序

建议先更换上游侧吊杆，再更换下游侧吊杆；同侧从跨中向两端逐对间隔拆除更换。为保证安全及施工的方便，提高施工效率，拟按照先试更换，再全面更换的原则确定顺序。

7.4.4 更换吊杆施工注意事项

吊杆更换施工中应注意以下事项：

（1）吊杆更换施工前应对桥面高程进行测定，并记录在案，以便施工过程中的标高控制需要。桥面标高测量时应注意记录环境温度，并在不同温度下分别测定，以备比较。

（2）吊杆的卸载与张拉过程应严格控制桥面标高变化，并注意观察桥面有无裂缝产生，否则应适当调整，防止桥面板因变形过大而开裂。

（3）每次张拉临时吊杆后，应注意观察临时吊杆系统的受力情况，确认临时替代系统安全正常后再进行旧吊杆的拆除。

（4）施工所用千斤顶应经过标定后再使用，每次起动千斤顶必须同步进行。

（5）切开钢管拱肋上封锚盖板后，擦干净垫板表面，复测上垫板顶面及吊杆横梁底面的标高是否与设计相符，否则吊杆长度应作相应调整，吊杆过长时也可采用高强钢垫板调整。

（6）在搭设工作平台时要注意上下游两侧的平衡，防止吊杆横梁产生倾斜，必要时可采用配重适当调整。

（7）先进行一对吊杆的更换，取得经验后，才可按上述方法更换其它吊杆。

（8）吊杆更换施工的每道工序均应验收，前一工序检查合格后方可进行下一道工序的施工。

7.4.5 更换吊杆施工监控

一般情况下，吊杆更换过程中采用内力和标高双控制，以桥面标高控制为主，既要保证桥面标高变化不允许超过允许值，又要保证索力值在设计范围内。本吊杆更换施工过程中，主要以标高进行控制，桥面标高的变化值应控制在-3～+3mm 范围之内；吊杆更换完成后，各吊杆桥面标高与更换前的桥面标高差值不得大于 3mm；由于缺少原设计吊杆索力数据，本设计图纸中提供的吊杆张拉控制应力仅供初步控制参考，应以实际张拉力为准控制，施工时若出现较大差异，应及时通知设计单位，共同查找原因，协商解决。

在吊杆更换前，需测量桥面标高作为桥梁的初始位置，桥面标高通常采用高精度的水准仪进行测量。另外，还要在桥上根据需要布置各个测点，比如测量吊杆的长度变化要在吊杆的上下吊点固定测量位置；测量桥面标高要设置一个不受影响的固定测试位置以架设仪器，安排固定好各个测点的位置等。

在吊杆更换过程中，需要跟踪测量的是桥面标高、被更换吊杆的伸长量和对临时吊杆加载的油压表读数等。对临时吊杆每级加载后、每次割断钢绞线后和新吊杆各级张拉后，均需要测量桥面标高、吊杆的伸长量，并记录油压表的读数。其中吊杆的长度测量可以采用高精度全站仪或千分尺等，测量吊杆上、下锚固中心点的空间坐标。

吊杆更换后，要再次测量桥面标高并与桥面初始位置进行比较；测试新吊杆索力与设计值进行对照；测定吊杆下吊点挠度的变化情况，并把这些作为索力是否需要调整的依据。如果发现桥梁线形或吊杆索力与目标值有较大的差异，查明原因，如果需要对吊杆进行二次调索，则调整吊杆的索力和桥梁的线形，保证工程质量和桥梁运营安全。

7.5 ECC 工程水泥基复合材料施工工艺

7.5.1 施工步骤

（1）基层处理

桥面处理：清除原桥梁体顶面的油污、锈蚀及杂质，必要时进行喷砂处理，确保表面粗糙度达标，以提高粘结力。

桥面植筋：在原梁体顶面植入抗剪连接钢筋，梅花形布置。

（2）ECC 材料制备

配合比设计：根据抗裂、抗疲劳性能要求，优化纤维掺量（如 PP 纤维）、水泥基材料比例及外加剂（如减水剂）的添加。

搅拌与运输：采用强制式搅拌机，确保纤维均匀分散，避免结团；运输过程中需保持连续性，防止离析。

（3）ECC 铺装层施工

浇筑与摊铺：采用分段连续浇筑方式，从桥面低处向高处推进，避免冷缝产生。摊铺时需人工辅助调整均匀性。

振捣与整平：使用平板振捣器或插入式振捣棒密实，避免过振导致纤维上浮。表面采用振动梁或刮尺整平，确保平整度误差≤3mm。

表面处理：初凝后采用硬质毛刷横向拉毛，深度 0.5-1mm，增强与后续铺装层的粘结力。

7.5.2 注意事项

（1）材料与设备

ECC 需现场拌制，避免长时间存放导致纤维结团；胶粘剂需在有效期内使用，涂布前需检测粘结强度。

设备需专用（如纤维分散机），确保施工效率与质量。

（2）环境控制

施工温度宜为 5-35℃，雨天或高温时段（如 11:00-15:00）需暂停作业，避免材料性能劣化。

冬季施工时，需采取保温措施（如覆盖电热毯），保持 ECC 入模温度≥5℃。

（3）施工安全

高空作业人员需佩戴安全带，桥面设置防滑设施，防止坠落；临时用电需符合规范，避免漏电风险。

（4）质量控制

每批次 ECC 需检测流动性（坍落度 8~12cm）及抗折强度；铺装层厚度误差控制在±5mm 以内。胶粘剂涂布后需检测粘结强度，避免层间剥离。

7.5.3 养护要求

（1）初期养护

终凝后立即覆盖塑料薄膜或土工布，保持湿润状态，防止水分过快蒸发导致塑性收缩裂缝。养护周期>7 天。

夏季可采用喷雾保湿，冬季覆盖保温材料（如棉毡），避免温度降引发开裂。

（2）长期维护

养护期间禁止车辆通行，开放交通前需检测表面抗滑构造深度（≥0.6mm）及平整度。

定期检查接缝密封性，及时修补局部破损，延长铺装层使用寿命。

（3）特殊条件养护

考虑到部分桥位位于山区，施工期间温度可能低于 5℃，且道路交通量较大，为避免对交通造成较大影响，缩短施工工期，快速恢复交通，，可采用蒸汽养护对新浇筑结构进行养护。

①ECC 摊铺完成后，用薄膜覆盖进行保湿养护。

②混凝土构件强度达到 2.5MPa 前，不得在其上踩踏，不得使其承受行人、运输工具、模板、支架及脚手架等荷载，应分别满足 GB50164-2011 和 JTG/TF50-2011 的规定。

③ECC 终凝后，及时开始蒸汽养护，养护温度 50~60℃，养护时间 6-8h。养护棚内的相对湿度≥95%

④混凝土构件拆模前，应采取塑料布、帆布覆盖等适当的保温和保湿措施。

⑤混凝土构件拆模后，应及时对新暴露的混凝土构件表面进行保湿养护，并立即搭建蒸汽养护棚罩，调试蒸汽阀门，密封蒸汽养护棚，按制定的蒸汽养护方案进行升温。

⑥混凝土构件蒸汽养护用水的要求与混凝土浇筑时拌和用水相同，采用蒸汽发生器时须增加净水设施。

⑦混凝土构件蒸汽养护期间，应对有代表性的结构进行温度监控，定时测定混凝土构件内部温度、表面温度以及环境温度、相对湿度等环境参数，并根据混凝土构件内部温度和环境参数的变化情况及时调整养护方案，严格控制混凝土构件的内外温差以满足要求。

⑧温控指标宣符合下列规定:

混凝土浇筑体在入模温度基础上温升值不宜大于 0℃;

蒸汽养护期间，养护水温与混凝土构件表面温度之差不得大于 15℃；

混凝土浇筑体的里表温差（不含混凝土收缩的当量温度）不宜大于 25℃；

混凝土浇筑体表面与大气温差不宜大于 20℃；

蒸汽养护时的升温阶段，升温速度不大于 15℃/h；养护结束后，应以不超过 20℃/h 的降温速度将温度逐渐降至现场气温。

⑨蒸汽养护的棚罩自养护开始到养护结束应保持密闭状态，不应出现大面积漏气现象。

⑩蒸汽养护的预养温度上升至养护方案的规定温度时，降温前应保持温度恒定，温度的变化幅度不宜超过+3℃。

⑪蒸汽养护结束后不得立即拆除养护棚罩，待棚内温度接近环境温度且梁体里表温差、表面温度与环境温度之差小于 15℃时方可拆除。

⑫蒸汽养护后应继续对混凝土构件表面进行覆盖保湿养护，混凝土构件强度经检测达到设计强度后方可终止保湿养护。

7.6 裂缝灌浆

对结构上、下部存在的所有可见裂缝进行封闭处理。裂缝宽度 w≥0.15mm 的裂缝采用裂缝灌注胶进行低压灌缝处理；裂缝宽度 w＜0.15mm 的裂缝涂抹环氧胶泥进行封缝处理。裂缝灌缝采用低压注胶法，在注入过程中应始终保持 0.2～0.4MPa 的压力，修补材料注入到宽度仅 0.02mm 的裂缝末端，同时均匀缓慢的压力可以将裂缝中积存的空气压入混凝土的毛细孔中，并通过混凝土的自然呼吸过程排出，有效避免产生气阻而确保修补质量。

灌浆胶采用优质 A 级环氧灌缝胶，选用粘度适宜的灌浆胶，确保裂缝之间的胶体能均匀密实地渗透进去。无论产品本身或施工时都不得掺加任何溶剂。裂缝灌注胶的性能应不低于国家标准《混凝土结构加固设计规范》(GB 50367-2013)表 4.6.1 裂缝修补胶(注射剂)或《公路桥梁加固设计规范》（JTG/T J22-2008）要求的基本性能指标，主要设计指标要求如下表：

裂缝灌注胶的性能指标要求

性能项目		试验方法标准	性能指标
钢-钢拉伸抗剪强度标准值 （MPa）		GB/T 7124	≥10
胶体性能	拉伸强度 （MPa）	GB/T2568	≥20
	受拉弹性模量 （MPa）	GB/T 2568	≥1500
	抗弯强度（MPa）	GB/T 2570	≥30，且不得呈脆性（碎裂状）破坏
	抗压强度（MPa）	GB/T 2569	≥50
不挥发物含量（固体含量）（%）		GB/T 14683	≥99

（1）表面处理

① 用钢丝刷沿裂缝走向清理约 5cm 范围的表面混凝土，仔细清理混凝土的表面；

② 锤子和钢纤凿除两侧疏松的混凝土块和沙粒，露出坚实的混凝土表面；

③ 用略潮湿的抹布清除表面的浮尘，并彻底晾干，用丙酮去除表面的油污，如缝内潮湿，要等其充分干燥，必要时可用喷灯烘干。

（2）粘结注入座和密封裂缝

① 制好封口胶，搅拌均匀，用抹刀将少许胶刮在注入座底面的四边，将注入座固定在混凝土上；

② 注入座的布置应掌握以下原则：沿缝的走向，每米约布置 3 个，裂缝分岔处的交叉点

应设注入座，选混凝土表面平整处设置，避开剥落部位，对于贯通缝，可在一侧布置注入座，另一侧完全封闭，缝宽较大且内部通畅时，可以按每米 2 个的密度来布置；

③ 封口胶将裂缝密封，与注入座衔接的地方要特别注意。

（3）封口胶的固化：

密封完成后，让封口胶自然固化，注意固化过程中防止其接触水。

（4）注入灌注胶

材料：裂缝灌注胶。

工具：注入器、密封良好的进口黄油枪、加线增强管(内径 9mm，耐压 5kg/cm2 以上）、喉箍(蜗轮蜗杆式，直径 10～16mm）、阀门、过滤器、桶、搅拌棒、丙酮、秤(精确到 10g）、钳子、螺丝刀、生料带）。

注入器种类较多，需根据各注入器的使用说明确定施工工序，一般施工工序如下：

①将注入器的连接端(蓝色）安装在注入座上，把卡口部分的两扣卡紧，用力不要过猛，以免损坏座的颈部，注意使橡胶密封圈处于正常位置。同一条裂缝上的注入器同时安装好；

②按顺序连接工具，螺纹配合处用生料带缠绕密封；

③将灌注胶的两种成分混合搅拌均匀，一次能用完一整套包装的量时不必称量；全部混合即可；用量较少时要分别称量两种成分，按规定配比配合；

④将混合好的胶装入黄油枪，盖好盖。将黄油枪倒置，打开阀门，推动黄油枪活塞，排除系统中的空气；

⑤当过滤器中有胶流出时，将它连接到注入器的注入端(白色），卡紧卡口，慢慢推动黄油枪的活塞，开始注入。每次推动都要达到活塞的尽头，一般 3～5 秒推动一下。当橡胶管膨胀至充满限制套时停止注入；

⑥一个注入器注完后，先关闭阀门，再小心的脱开白色端的连接，避免蓝色端之间的连接松动，移到下一个注入器继续注入；

⑦水平走向的裂缝从一端开始逐个注入，倾斜或垂直走向的裂缝要从较低一端开始向上推进。如果注入器膨胀后收缩较快，说明该处裂缝深，缝内空间大，要补灌，直到能保持膨胀状态；

⑧操作时要两人配合，一人操作黄油枪，另一人托扶注入器和阀门，不要让注入座的颈部不正常受力。

（5）清洗工具

必须用丙酮反复清洗，除去残余的胶，然后用清水漂洗、晾干。

（6）灌注胶的固化

让灌注胶自行固化，可用手捏注入管以了解固化进程。

（7）保温措施

当施工温度在 5～15℃时，密封胶及注入胶应选用冬季用型号。

7.7 裂缝封闭

对所有宽度小于 0.15mm 的裂缝，无论缝宽大小，在进行裂缝的灌浆过程中一并封闭，不需再做处理。对外表颜色较深的原封缝物均要清除干净，重新采用环氧胶泥刮抹，要求颜色与原混凝土颜色相近，外观平整。

7.8 混凝土表面缺陷处理

混凝土表面修补按照病害情况分两种情况进行处理。对疏松层较浅、病害范围较小的区域采用丙乳砂浆修补，对孔洞及深度超过 6mm 的深层疏松层采用丙乳细石混凝土修补。在用丙乳砂浆或丙乳细石混凝土修补混凝土表面缺陷时，应严格按照丙烯酸脂共聚乳液产品说明和《港口水工建筑物修补加固技术规范》（JTS311—2011）执行。

7.9 丙乳砂浆使用方法及注意事项

丙乳需贮存在 0℃以上的环境中，丙乳砂浆施工要求气温高于 5℃。

一般使用 42.5 级以上的硅酸盐或普通硅酸盐水泥，砂子需过 2.5mm 筛，水泥及砂子均需满足有关规范规定。

施工前须清除基底表面污物、尘土和松软、脆弱部分，并对基面加以喷砂或人工凿毛（深度 1～2mm），然后用清水冲洗干净，施工前应使待施工面处于饱和状态（但不应有积水），在薄层修补区的边缘宜凿一道 3～5cm 的深齿槽，增加修补面与老混凝土的粘结。

根据工程要求，选定灰砂比及丙乳掺量，应选灰砂比 1：（1.5～2）砂浆，丙乳掺量为水泥用量 25～30％。施工前根据现场水泥和砂子及施工和易性要求通过试拌确定水灰比。

丙乳砂浆拌制时，先将水泥、砂子拌均匀，再加入经试拌确定的水量及丙乳，充分拌和均匀，材料必须称量正确，尤其是水和丙乳，拌和过程中不能随意扩大水灰比，每次拌制的砂浆，要求能在 30～45 分钟内使用完，不宜一次拌和过多数量。

在涂抹砂浆时，修补面上需先用丙乳净浆打底，净浆配比为 1kg 丙乳加 2kg 水泥拌制成浆，在净浆未硬化间，即铺筑丙乳砂浆。仰面和立面施工，涂层厚度超过 7mm 时，需分二次抹压，以免重垂脱空，砂浆铺筑到位后，用力压实，随后就抹面，注意向一个方向抹面，不要来回多次抹，不需第二次收光。修补面积较大时，可隔块跳开分段施工。

丙乳砂浆早期干缩偏大，应特别注意加强早期养护，丙乳砂浆表面略干后，宜用农用喷雾器喷雾养护。一昼夜后再洒水养护七天即可自然干燥，在阳光直射或风口部位，注意遮光、保湿。

如果施工面为斜面或曲面，施工应从较低部位开始，然后依次施工到较高部位，修补面积较大宜分段分块间隔施工，以避免砂浆干缩开裂。

7.10 丙乳细石混凝土施工方法及注意事项

采用丙乳细石混凝土配合比参照前述丙乳砂浆配合比由实验室确定，要求一天抗压强度不小于 30MPa，7 天抗压强度不小于 50MPa，28 天抗压强度不小于 60MPa。可添加适量膨胀剂，补偿收缩。

修补施工程序：

①首先将疏松区劣质混凝土凿除，其周边宜凿成规则的多边形，开凿范围以见新鲜密实混凝土为止，开凿区以及孔洞四周边宜做成台阶状，台阶高差以不小于 3cm 为宜。

②剔除开凿表面（新旧混凝土结合面）的浮石，并清洗开凿表面，应使混凝土表面充分润湿。

③在保持结合面湿润但无自由水的情况下，涂刷丙乳净浆，立模浇筑丙乳细石混凝土并振捣密实，终凝后及时拆模覆盖湿麻袋保持潮湿 7 天。

④养护 7 天后，在修补区的外露表面无尘埃、无自由水且湿润的条件下，用丙乳净浆在纵横向分批涂抹。

丙乳细石混凝土施工技术要求与丙乳砂浆施工技术要求基本相似，可参照执行，这里不再赘述。

7.11 钢筋除锈

（1）工艺流程

锈蚀钢筋部位定位→凿除松散混凝土→锈迹清除→涂刷阻锈剂→表面封堵

（2）施工工序

①观察并标出结构物钢筋锈蚀部位；

②沿锈蚀钢筋方向清理混凝土，若钢筋已沿圆周方向全部锈蚀，则需将钢筋全截面凿出，如果结构物的钢筋锈蚀导致钢筋截面少于原直径的 2/3，则需沿该钢筋走势，凿致该钢筋完整处，根据规范要求，搭焊同直径钢筋；

③用钢刷清除钢筋表面的浮锈，使之露出光洁部分，若钢筋发生全截面锈蚀，则一定要进行全截面除锈，否则不能保证施工质量；

④采用烷氧基类或氨基类喷涂型阻锈剂进行防锈、阻锈处理，阻锈剂的质量和性能指标应符合《混凝土结构加固设计规范》（GB50367-2013）表 4.7.2 和表 4.7.3 的规定；

⑤采用丙乳砂浆修复破损部位。

7.12 锚筋施工工艺及操作要求

（1）材料

植筋结构胶应采用优质 A 级改性环氧树脂类植筋结构胶。植筋胶结构胶应具有良好的触变性，且具有足够的粘结强度和耐久性，其性能应符合《混凝土结构加固技术规范》(GB50367-2013)、《混凝土结构后锚固技术规程》（JGJ 145-2013 ）或《公路桥梁加固设计规范》（JTG/T J22-2008）的基本性能指标的要求，各项设计指标要求如下：

植筋胶的性能指标要求

性能项目			试验方法标准	性能指标
胶体性能	粘度（25℃）（MPas）		GB/T 12007.4	≥50000
	劈裂抗拉强度（MPa）		GB50367-2013	≥8.5
	抗弯强度（MPa）		GB50367-2013	≥50
	抗压强度（MPa）		GB50367-2013	≥65
粘接能力	钢与钢（钢套筒法）拉伸抗剪强度标准值（MPa）		GB50367-2013	≥18
	约束拉拔条件下带肋钢筋与混凝土的粘结强度（MPa）	C30 直径 25mm L=150cm	GB50367-2013	平均值≥11.0;混凝土破坏
		C50 直径 25mm L=125cm	GB50367-2013	平均值≥17.0;混凝土破坏
不挥发物含量（固体含量）（%）			GB/T 2793	≥99

种植锚固的胶粘剂其填料必须在工厂制胶时添加，严禁在施工现场加入。

（2）植筋施工方法

定位：按设计要求标示钻孔位置、型号，若孔位碰到原结构中已有钢筋，钻孔位置可适当调整。但均应植在箍筋内侧，且钻孔应尽可能靠近预接长的已有钢筋。

钻孔：孔深与锚筋埋设深度相同，孔径比锚筋大 2～4mm，孔位应避让构造钢筋，孔道应顺直。按《桥梁加固施工技术规范》（JTG/T J23-2008）附录 A.2.1 要求进行钻孔植筋。

清理钻孔：孔道先用硬鬃毛刷清理，再以高压干燥空气吹去孔底灰尘、碎片和水分，孔内应保持干燥。

灌胶：将植筋胶由孔底灌注至孔深 2/3 处，待插入锚筋后，胶即充满整个孔洞。

插入锚筋：锚筋插入前应清除插入部分的表面污物，并须插到孔底，孔口多余的胶应清

除。污物应先以钢刷清除，再用丙酮擦净，并予拭干。

在胶液干固之前，避免扰动锚固钢筋和在孔位附近有明水。

为确保加固施工质量，减小焊接对植筋影响，植筋施工应严格按《植筋锚固技术暂行规定》（建固规[2002]007 号）和设计要求进行。植筋钻完孔后，应立即清理干净，并予以植埋，避免成片植筋孔，长时间空待。严禁采用胶粘剂直接涂抹在钢筋上植入孔中的植筋方式；对施工的盲孔应立即清孔干净后用植筋环氧胶回填。

（3）植筋加固材料与施工质量的检验与验收

施工开始前，应由监理及业主确认植筋胶等产品合格证、产品质量检验报告，各项性能应满足上表的要求。

材料性能抽样检验。当工程的结构胶用量小于 1 吨时，应作一组试样进行抗拉强度、抗剪强度及正拉粘结强度检验；用量大于 1 吨时，应每增加 l 吨增加一组试验。受检的结构胶胶应由独立试验室人员在不小于两个包装单位中随机抽取。

施工质量检验及验收。同规格，同型号，基本相同部位的锚栓组成一个检验批，做锚固抗拔承载力现场非破坏性检验。抽取数量按每批锚栓总数 1%计算，且不少于 3 根。检验结果评定按《混凝土结构后锚固技术规程》（JGJ 145-2013）附录 A 锚固承载力现场检验方法进行。

（4）对植筋的焊接施工应采取以下措施：

植筋的焊点离胶面距离不小于 10cm。

采取降温措施，如焊接施工时用冰水浸透棉纱布包裹植筋胶面根部钢筋。

严禁对一根植筋连续焊接，应采用循环焊接施工的方法，即对一批焊接钢筋逐点、逐根焊接。

7.13 钢构件防腐涂装

7.13.1 涂层体系

根据本桥所处环境(C3，Im1)，依据《公路桥梁钢结构防腐涂装技术条件》（JT/T 722—2008），采用 S04 长效型桥梁钢结构外表面涂层配套体系进行涂装防腐，范围为拱圈涂装破损位置，涂装结构如下表所示，钢结构的涂装颜色由业主确定。

外露钢材表面涂层配套体系

序号	涂层	涂装用料	道数/最低干膜厚μm
1	底涂层	环氧富锌底漆	1/60
2	底漆	环氧(厚浆)漆	（1~2）/100
3	面漆	丙烯酸聚氨酯面漆	2/80
4	总干膜厚度		240μm

7.13.2 涂装施工工艺

（1）涂装施工要求说明

作业环境条件要求：环境温度 5～48℃。

湿度：不超过 90%，表面无结露。

不可以在大风及雨、雪、雾等环境下进行涂装作业。

在桥下正对作业区湖面上布置 30×30 帆布平台承接施工中掉落的固体杂物。

（2）涂装材料进场要求

各种材料进场时必须有生产厂家的出厂质量证明，按现行有关标准进行复验，做好复验检查记录。

在房间下储存材料，避免阳光直射和极端的气候，在推荐的条件下保质期 12 个月。

（3）涂装前的表面处理要求

除油，除尘，高压水清洗，表面使用动力工具处理至 St3 级，对于坚固的旧涂层，待涂料供应商测试过兼容性和附着力后，可予以保留或去除；

盐分测试：采用 ISO 8502-6 取样，ISO 8502-9 测试，盐分小于 50mg/m2 方可进行下步施工，否则将采用高压水清洗的方式对表面进行清洁；

（4）材料混合

①底涂

聚硫环氧树脂防护涂层材料为 A、B 双组分材料，一套 20 升材料分在两个铁桶内各装 10 升，使用安装有浆叶的低转速搅拌器分别搅拌 A 组分（树脂）和 B 组分（固化剂）并去除沉淀。然后将 B 组分加入到 A 组分中并混合 2~3 分钟达到彻底混合。然后立即使用，使用时间为 60 分钟。

②聚硫面涂

聚硫面涂材料为 A、B 双组分材料，一套 20 升材料，混合比例 2：1，A 组分为 13.33 升置于 20 升铁桶之中，B 组分 6.67 升置于 10 升铁桶之中，使用安装有浆叶的低转速搅拌器搅拌 A 组分（树脂）并去除沉淀。然后将 B 组分加入到 A 组分中并混合 2~3 分钟达到彻底混合。然后立即使用，使用时间为 60 分钟。

（5）各工序涂装间隔时间要求

使用刷子、滚筒或者无气喷涂设备进行涂层施工（喷嘴尺寸 0.4-0.6mm@2500psi 压力）对垂直表面，单层涂层的厚度达到 250 微米。由于涂层的质量较重，如果涂的过厚，可能会发生流挂。在之前的涂层完全干燥后 8-10 小时，再进行下一道涂层。需要小心仔细的施工来确保

涂层具有优异的连续性。

7.13.3 质量检验与验收

涂层质量检验与验收参见下表。

涂装质量检验指标与验收方法

序号	内容	标准	方法
1	水冲洗去除油污和其它污染物	SSPC-SP1	目视
2	动力工具打磨至 St3 级	ISO8501-1	 目视
3	灰尘 2 级以上	ISO8502-3	目视或者压敏胶带
4	盐分测试	＜50mg/m^2	ISO 8502-6 取样 ISO 8502-9 测试
5	相对湿度低于 85%	/	湿度、露点仪
6	环境温度、钢材表面温度大于 5 度低于 40 度	/	红外线温度计
7	露点温度高于钢板温度 3 度以上	/	湿度、露点仪
8	涂层厚度参照工艺要求	ISO2808-2007	湿膜卡或者干膜测厚仪

7.14 锚筋施工工艺及操作要求

（1）材料

植筋结构胶应采用优质 A 级改性环氧树脂类植筋结构胶。植筋胶结构胶应具有良好的触变性，且具有足够的粘结强度和耐久性，其性能应不低于国家标准《工程结构加固材料安全性鉴定技术规范》(GB 50728-2011)表 4.2.2-3 及《公路桥梁加固设计规范》（JTG/T J22-2008）表 4.6.6 的基本性能指标的要求，各项设计指标要求如下：

植筋胶的性能指标要求

性能项目			检验条件	A 级胶性能指标
胶体性能	劈裂抗拉强度（MPa）		在（23±2）℃、（50±5）%RH 条件下，以 2mm/min 加荷速度进行测试	≥8.5
	抗弯强度（MPa）			≥50，且不得呈现碎裂状破坏
	抗压强度（MPa）			≥65
粘接能力	钢对钢拉伸抗剪强度（MPa）	标准值	（23±2）℃、（50±5）%RH	≥10
	钢对钢拉伸抗剪强度（MPa）	平均值	（60±2）℃、10min	≥11
			（-45±2）℃、30min	≥12
约束拉拔条件下带肋钢筋（或全螺杆）与混凝土粘结强度			（23±2）℃、（50±5）% RH	C30 ϕ25 l=150 ≥11
				C60 ϕ25 l=125 ≥17
钢对钢 T 冲击剥离长度（mm）			（23±2）℃、（50±5）%RH	≤25
热变形温度（℃）			使用 0.45MPa 弯曲应力的 B 法	≥65
不挥发物含量（固体含量）（%）			（105±2）℃、（180±5）min	≥99

种植锚固的胶粘剂其填料必须在工厂制胶时添加，严禁在施工现场加入。

（2）植筋施工方法

定位：按设计要求标示钻孔位置、型号，若孔位碰到原结构中已有钢筋，钻孔位置可适当调整。但均应植在箍筋内侧，且钻孔应尽可能靠近预接长的已有钢筋。

钻孔：孔深与锚筋埋设深度相同，孔径比锚筋大 2～4mm，孔位应避让构造钢筋，孔道应顺直。按《桥梁加固施工技术规范》（JTG/T J23-2008）附录 A.2.1 要求进行钻孔植筋。

清理钻孔：孔道先用硬鬃毛刷清理，再以高压干燥空气吹去孔底灰尘、碎片和水分，孔内应保持干燥。

灌胶：将植筋胶由孔底灌注至孔深 2/3 处，待插入锚筋后，胶即充满整个孔洞。

插入锚筋：锚筋插入前应清除插入部分的表面污物，并须插到孔底，孔口多余的胶应清除。污物应先以钢刷清除，再用丙酮擦净，并予拭干。

在胶液干固之前，避免扰动锚固钢筋和在孔位附近有明水。

为确保加固施工质量，减小焊接对植筋影响，植筋施工应严格按《植筋锚固技术暂行规定》（建固规[2002]007 号）和设计要求进行。植筋钻完孔后，应立即清理干净，并予以植埋，避免成片植筋孔，长时间空待。严禁采用胶粘剂直接涂抹在钢筋上植入孔中的植筋方式；对施工的盲孔应立即清孔干净后用植筋环氧胶回填。

（3）植筋加固材料与施工质量的检验与验收

施工开始前，应由监理及业主确认植筋胶等产品合格证、产品质量检验报告，各项性能应满足上表的要求。

材料性能抽样检验。当工程的结构胶用量小于 1 吨时，应作一组试样进行抗拉强度、抗剪强度及正拉粘结强度检验；用量大于 1 吨时，应每增加 l 吨增加一组试验。受检的结构胶胶应由独立试验室人员在不小于两个包装单位中随机抽取。

施工质量检验及验收。同规格，同型号，基本相同部位的锚栓组成一个检验批，做锚固抗

拔承载力现场非破坏性检验。抽取数量按每批锚栓总数 1%计算，且不少于 3 根。检验结果评定按《混凝土结构后锚固技术规程》（JGJ 145-2013）附录 A 锚固承载力现场检验方法进行。

（4）对植筋的焊接施工应采取以下措施：

植筋的焊点离胶面距离不小于 10cm。

采取降温措施，如焊接施工时用冰水浸透棉纱布包裹植筋胶面根部钢筋。

严禁对一根植筋连续焊接，应采用循环焊接施工的方法，即对一批焊接钢筋逐点、逐根焊接。

8 换索施工监控要求

施工监控的目的是依据施工过程中监测的结构响应及时修正结构计算参数，以更好地指导下一步施工，使换吊杆后结构受力和线形满足设计要求，并保证换吊杆过程中的结构安全。

8.1 监控原则

（1）吊杆更换完成后的桥面线形应和更换前应保持一致，结构受力控制在材料允许范围内。

（2）新吊索张拉过程应实行“标高、索力双控”模式，以主梁标高控制为主以索力控制或调整为辅。

（3）更换过程中如发现主梁标高、索力偏差或变化较大，应立即叫停施工，查明原因并进行相应整改后方可继续施工

（4）充分考虑昼夜温差影响，在温度较均匀的凌晨到日出前进行换索量测。

（5）充分考虑主梁结构的空间效应。

8.2 施工监控内容

换索施工监控应包含的主要内容有：吊索张拉施工监控、主梁状态监控、索力监控等。重点监控项目包括相邻索力监测、主梁应力应变监测、主梁线形监测、吊索张拉过程中张拉力及伸长量监测等。

（1）索力监测

索力监测主要是针对待更换索的临近拉索，在换索前、换索中（旧索分级卸载过程、旧索拆除完成、新索分级张拉过程）、换索后对其吊杆索力进行测量监控。施工前应对全桥所有吊杆索力进行测量，新索全部安装完成后应对全桥索力再次进行测量复核。

（2）应力（应变）增量监测

主梁应力（应变）监测主要是指对即将更换的吊杆所在的横梁、纵梁、桥面板等关键断面的应力（应变）进行监测。吊杆更换前后，关键断面和部位的混凝土表面应力（应变）应基本保持一致，或偏差量应在允许范围之内。

（3）主梁变形及主塔偏位监测

主梁线形监测应在典型断面梁底安装观测点，在吊杆拆除、安装等工况对典型断面标高变化形进行观测并记录。

（4）裂缝观测

吊杆更换过程中，结构受力薄弱部位和受力较大的部位，以及已出现裂缝的部位，有可能出现新裂缝或原有裂缝继续扩展，须在换吊杆过程中连续观测。当出现异常情况时，应立即叫停施工，待研究分析后，优化方案，并须采取有效措施保证结构安全。

（5）结构温度的监测

结构温度是影响主梁变形的重要因素之一，在换吊杆过程中，应加强对结构各控制截面的温度进行测量记录。

9 其它施工注意事项

（1）本设计中未提及的有关施工规定，均须严格按照《公路桥涵施工技术规范》（JTG/T3650—2020）、《公路桥梁加固施工技术规范》（JTG/T J23—2008）等有关标准、规范、规程执行；有关标准、规范、规程等若有新版本则按新版本执行， 当不同规范的条文要求不一致时，应按高标准执行。

（2）质量验收标准为《公路工程质量评定检验评定标准》（JTG F80/1—2017）、《公路桥涵施工技术规范》（JTG/T3650—2020）、《公路桥梁加固施工技术规范》（JTG/TJ23—2008）等有关标准规范；相关规范若有新版本则按新版本执行。

（3）开工前，施工单位应仔细阅读并复核设计文件、图纸及相关基础资料，领会设计意图，必要时应进行补充调查，施工单位必须按照图纸及有关说明的要求施工，若有疑问应及时向监理工程师提出，并经业主转设计单位。

（4）请施工单位自行踏勘、调查，须充分考虑现状条件对施工带来的困难，自行考虑，做好交通组织方案及应急预案，保证施工安全、质量。

（5）图纸中所有列出材料，均要求厂家出示国家规定单位的检验证书，进场后的原材料必须进行工地检验，确认合格后方能使用。不得使用非正式厂家生产的或无检验证的低、劣质

钢材及其他原材料。

（6）正式施工前应先进行试验段施工，以确保施工工艺、施工方案可行。

（7）施工期间，交通组织和安全风险管理至关重要。施工组织方案、交通组织方案及应急预案应经专项评审或监理工程师批准后方可实施。

（8）危大工程风险源提示

根据住房城乡建设部办公厅关于实施《危险性较大的分部分项工程安全管理规定》有关问题的通知的要求，现列出本次设计范围内的涉及危险性较大的分部分项工程。

① 高空作业。拉（吊）索防火相关工程施工整个流程均属于高空作业，进行缆索系统施工时，攀登和悬空高处作业人员以及搭设高处作业安全设施的人员，必须经过专业技术培训，并定期进行体格检查。患有高血压、心脏病及酒后、精神不振者严禁从事缆索系统施工。作业人员拴安全带、戴安全帽、穿防滑鞋。高空作业人员配给工具袋。小型工具及材料放入袋内，较大的工具，拴好保险绳。不得随手乱放，防止坠落伤人，严禁从高空向下乱扔乱丢。

②起重吊装。起重设备应有检测合格证明。起重机械操作人员取得操作合格证，不准将机械设备交给无本机操作证的人员操作，对机械操作人员要建立档案，专人管理。操作人员按照机械说明规定，严格执行工作前的检查制度和工作中注意观察、工作后的检查保养制度。保持机械操作室整洁，严禁存放易燃易爆物品。不酒后操作机械，机械不带病运转、超负荷运转。起重作业严格按照《建筑机械使用安全技术规程》（JGJ 33—2012）和《建筑安装工人安全技术操作规程》规定的要求执行。起重臂下严禁站人。定期组织机电设备安全大检查。对检查中查出的安全问题按照“三不放过”原则进行调查处理，制定防范措施，防止机械事故的发生。

③火灾和毒气挥发风险。防腐材料为易燃物质，各种溶剂多为有毒或易燃液体，挥发出的气体与空气混合可成为爆炸性气体,为此现场应设置专用库房，材料库房应能通风并备置消防器材。施工单位应制定详细有效的环保措施，控制施工过程中的环境污染。涂料产品的有机挥发物含量(VOC)应符合国家有关法律法规要求。

10 施工交通组织及施工安排

10.1 施工交通组织

10.1.1 方案论述

针对大桥全部更换吊杆施工周期长、风险高、对交通影响大的特点，对桥梁更换吊杆的多种方案进行了结构计算模拟，推荐半幅封闭的施工方案。

由于桥上作业面狭窄、桥梁规模大、不确定因素较多，换索施工风险很大，施工单位应根据桥梁具体施工进度情况及当地交管部门的要求制定安全可靠的交通组织设计方案。交通组织设计方案还应结合本线路韧性提升工程其它临近工点的交通组织实施情况，统筹考虑实施。

推荐采用封闭外侧车道的施工方案，总工期约 6 个月。

本维修加固工程对交通运营有一定的影响，临时防护措施难以保证行车安全，因此建议桥梁进行全封闭施工，为保证施工期间交通的正常运作，施工单位可根据桥梁具体施工进度情况及当地交管部门的要求制定合理的交通组织设计方案，并尽可能减少施工对交通的影响。

（1）施工期间采取措施对过往车辆进行提前有效分流，主要路口设置引导标志牌，并通过各种渠道广播限行路段，提前引导车辆变更路线，减少交通的拥堵。

（2）施工期间应严格按《公路养护安全作业规程》（JTG H30-2015）设置施工标志、限速标志、反光锥形交通路标和其他安全设施；联系交警部门，施工临时交通管制时间，周围设立醒目警示标志，安排专人职守，以免影响施工。设立安全警戒线和警示牌：警戒范围不小于200m，安全警示牌应标明警示语。

（3）施工单位应根据桥梁维修加固内容做好完善的施工组织计划和详细的施工方案，合理安排施工各环节工序，达到施工连续不中断，并尽可能减少施工对交通的影响。

10.2 施工安排

提升改造施工工期预计为 6 个月。

时间 工作内容	第 1 月	第 2 月	第 3 月	第 4 月	第 5 月	第 6 月
施工准备、交通维护、搭设施工平台	—					
左幅铺装拆除	—					
左幅吊杆更换		—				
左幅桥面系改造		—	—			
左幅调索			—			
右幅铺装拆除				—		
右幅吊杆更换				—	—	
右幅桥面系改造					—	—
全桥索力复测调整						—
裂缝处理+局部病害修补+护栏提升		—	—			
吊杆防火套及附件安装		—	—		—	

时间 工作内容	第 1 月	第 2 月	第 3 月	第 4 月	第 5 月	第 6 月
拆除临时设备、恢复交通						——

11 问题与建议

（1）本设计根据检测报告反映病害进行分析和设计，并以此为依据提出提升设计方案。本设计中桥梁构件编号与检测报告同检测报告。

（2）维修施工后，应严格限制超载车辆通行，避免桥跨结构处于超负荷的状态，延长桥梁使用期限。加强日常检查和定期检测，发现问题及时处理。

（3）加固用到的关键材料都应进行抽样检测，由监理现场鉴封处理后送至鉴定单位（要求鉴定单位具备相应资质）检测，各项指标应达到国家及行业相应技术规范和规程的要求。未尽事宜应严格遵照《公路桥涵施工技术规范》（JTG/T 3650-2020）、《公路桥梁加固施工技术规范》（JTG/T J23-2008）及《混凝土结构加固设计规范》（GB 50367-2013）的相关条款进行。

（4）**为保证大桥吊杆更换施工质量、施工安全，建议选择承担大桥吊杆更换工程的施工方应具有相应专业承包资质和丰富的吊杆更换施工和监控经验的专业队伍和专业人员承担。**监理单位应全过程旁站监督，以保证本次吊杆更换的整体质量，达到吊杆更换预期的目的。

（5）桥梁维护施工期间，施工单位应采取措施确保交通安全。防止施工单位采用有损于结构构件的工艺、方法或机具等，维修措施必须征得设计和监理单位的同意。

（6）本施工图设计以检测报告反映病害内容和数量为依据，施工中如发现新的缺陷、病害及与本文件不一致的地方，应及时与业主、监理工程师、设计单位取得联系，共同商定解决办法。工程数量以业主、监理确认的现场实际发生工程数量为准。

（7）施工过程中应对桥梁关键部位进行监测。

（8）其它未尽事宜，由设计单位、监理工程师、施工单位及业主协商解决。

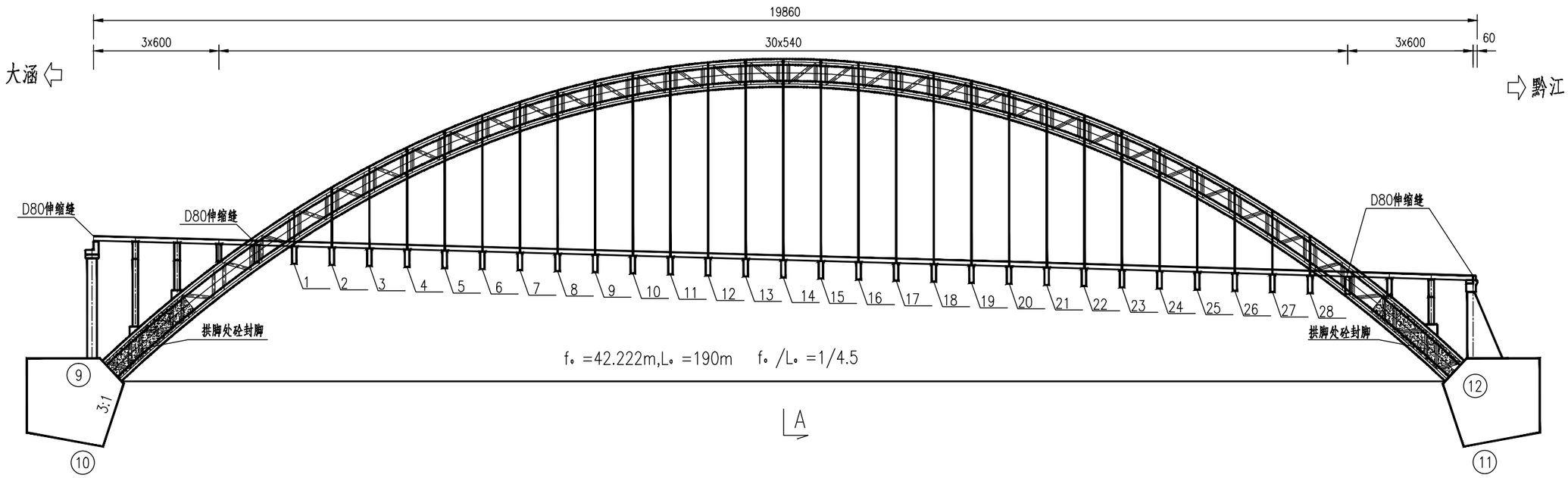
细沙河特大桥安全任性提升工程数量汇总表（一）

项目		单位	吊杆	桥面铺装	其他	合计
混凝土	C60混凝土	m^3		873.3		873.3
	沥青混凝土	m^3		724.7		724.7
防水层		m^2		9615.1		9615.1
拆除原桥铺装		m^3		898.2		898.2
引桥精铣刨2.0cm原沥青路面		m^2		3960.0		3960.0
引桥铺筑高粘高弹改性沥青碎石封层		m^2		3960.0		3960.0
引桥铺筑2cm高粘高弹改性沥青SMA-8		m^2		3960.0		3960.0
铺装D16植筋孔		个		107704.0		107704.0
植筋胶		升		13859.3		13859.3
钢筋	HPB300	kg				
	HRB400	kg		200412.9		200412.9
吊杆	15-27	kg	3052.0			3052.0
	15-22	kg	28060.9			28060.9
拆除原桥吊杆		kg	38595.9			38595.9
拆除锚具	LZM(K)7-109-Ⅰ型吊杆锚具	套	24			24.0
	LZM(K)7-91-Ⅰ型吊杆锚具	套	88			88.0
更换锚具	M15-27	套	16			16.0
	P15-27	套	16			16.0
	M15-22	套	88			88.0
	P15-22	套	88			88.0
拆除原桥吊杆锚具		套	112			112.0

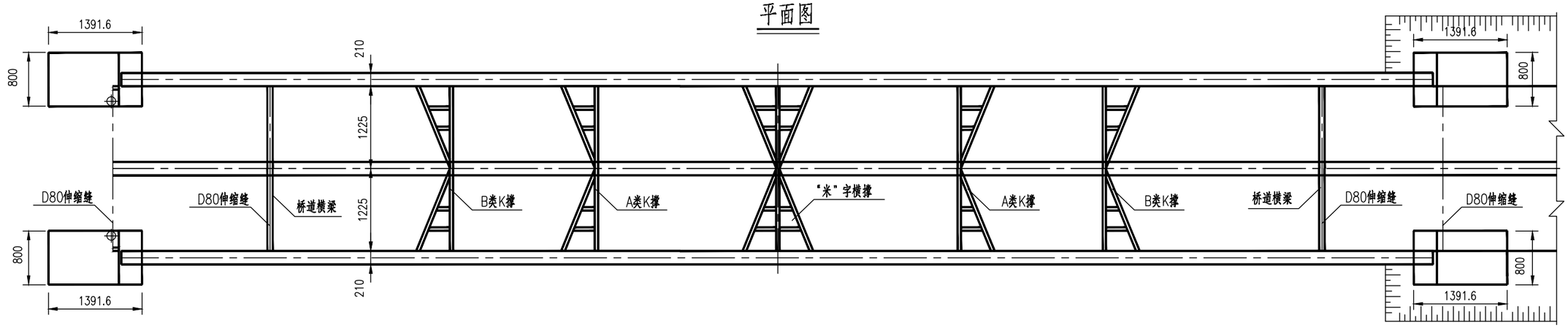
细沙河特大桥安全任性提升工程数量汇总表（二）

项目		单位	吊杆	桥面铺装	其他	合计
主拱防火	膨胀型环氧防火涂料	m^2			1920	1919.7
	碳纤维增强网	m^2			1920	1919.7
	氟碳面漆	m^2			3666	3666.2
拱圈涂装缺陷修复		m^2			96	95.5
伸缩缝更换橡胶带		m			49	49.0
病害处治	裂缝封闭	m			6733	6732.6
	裂缝灌胶	m			354	354.2
	混凝土破损	m^2			32	32.0
吊杆防火	环氧防火涂料	m^2			79.4	79.4
	增强高温纤维网	m^2			39.7	39.7
	氟碳面漆	m^2			79.4	79.4
	5mm高硅氧铝硅气凝胶毡	m^2			570.0	570.0
	0.7mm不锈钢	m^2			285.0	285.0
	PVF膜包带	m^2			285.0	285.0
临时兜吊系统	40a热轧普通槽钢	kg	39866.4			39866.4
	Q355B钢材	kg	51268.0			51268.0
	Φ15.2mm钢绞线	kg	17388.0			17388.0
	锚垫板	套	448.0			448.0
	锚具	套	448.0			448.0
	千斤顶	个	448.0			448.0
	异形钢垫板（Q335B）	套	112			112.0

立面图



平面图

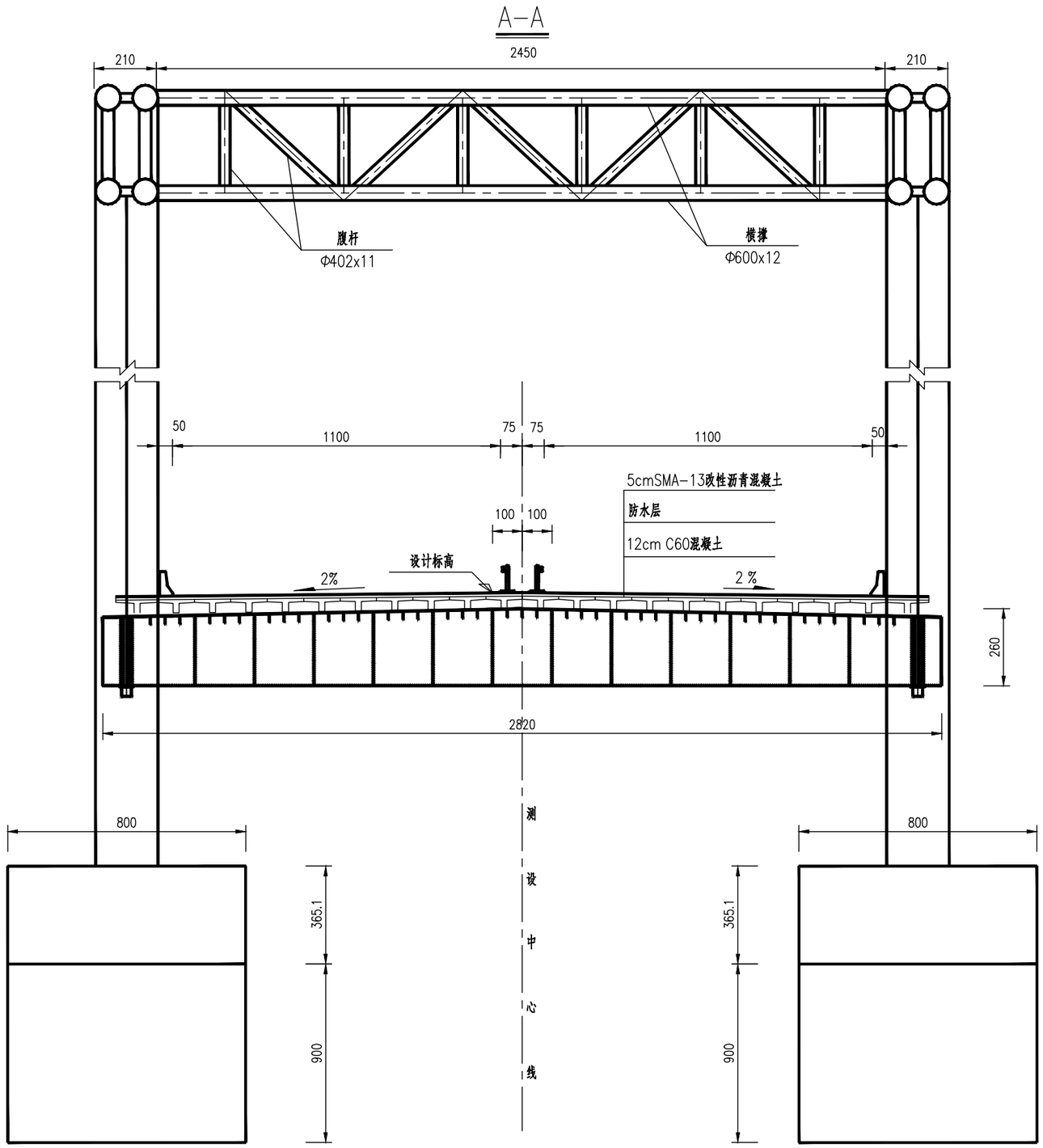


安全韧性提升方案:

1、更换全桥拉索。
2、桥面垂直高度15m范围内，对拉索进行外包防火套处理。
3、对主拱圈钢结构的外表面进行防腐涂装处理。
4、裂缝及混凝土表观病害处治。
5、损坏支座整排更换。
6、更换铺装为：12cm混凝土（双层配筋）+5cmSMA-13改性沥青混凝土。
7、伸缩缝更换橡胶带。

注:
1、图中尺寸除高程和里程以米计外，余均以厘米计。
2、设计荷载:公路Ⅰ级
3、桥面宽度：0.5m（防撞护栏）+11.0m（行车道）+1.5m（中央分隔带）11.0m（行车道）+0.5m（防撞护栏）=24.5m。

北京交科公路勘察设计研究院有限公司 北京公科固桥技术有限公司	G65包茂高速公路彭水至酉阳段 安全韧性提升项目两阶段施工图设计	细沙河特大桥安全韧性提升工程总体布置图	设计		复核		审核		审定		图号	S4-2-2-2

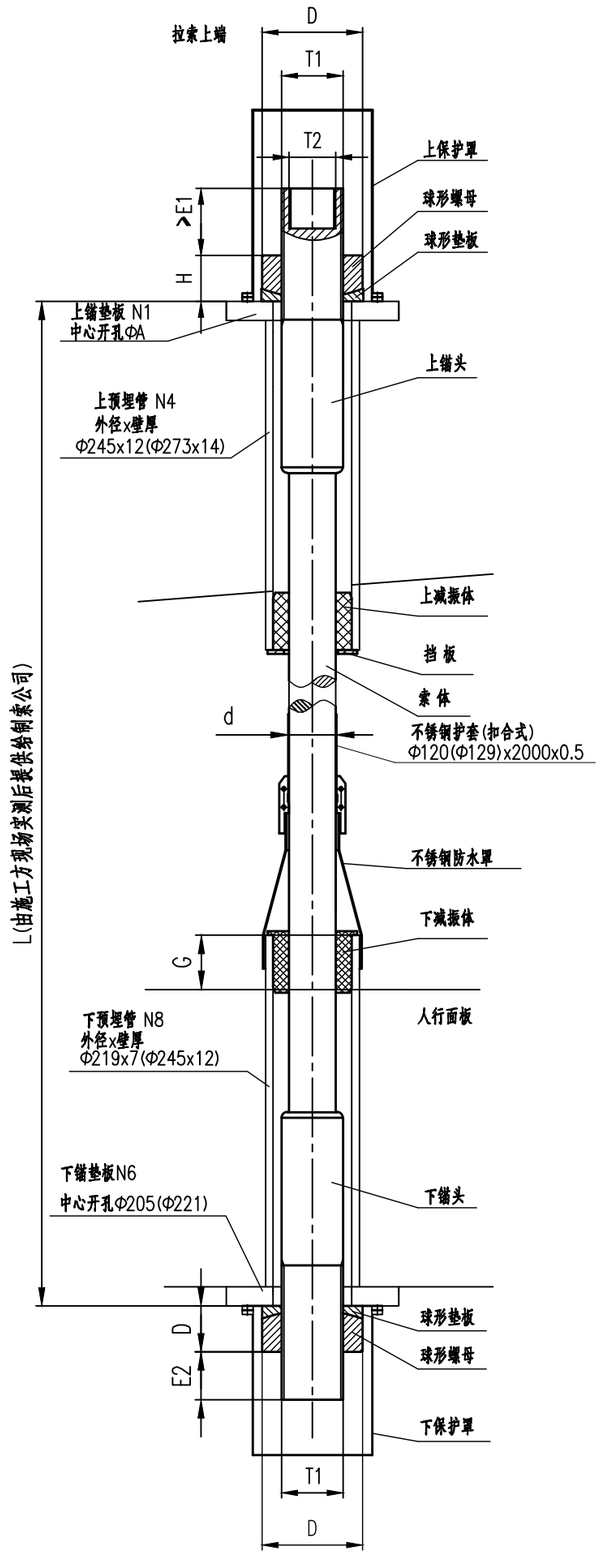


安全韧性提升方案:

1、更换全桥拉索。
2、桥面垂直高度15m范围内，对拉索进行外包防火套处理。
3、对主拱圈钢结构的外表面进行防腐涂装处理。
4、裂缝及混凝土表观病害处治。
5、损坏支座整排更换。
6、更换铺装为：12cm混凝土（双层配筋）+5cmSMA-13改性沥青混凝土。
7、伸缩缝更换橡胶带。

注:
1、图中尺寸除高程和里程以米计外，余均以厘米计。
2、设计荷载:公路Ⅰ级
3、桥面宽度：0.5m（防撞护栏）+11.0m（行车道）+1.5m（中央分隔带）11.0m（行车道）+0.5m（防撞护栏）=24.5m。

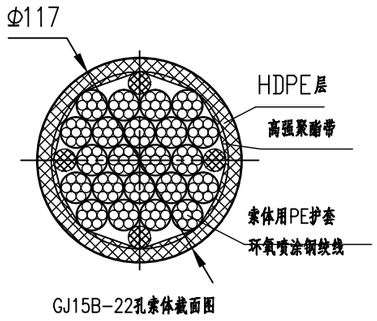
北京交科公路勘察设计研究院有限公司 北京公科固桥技术有限公司	G65包茂高速公路彭水至酉阳段 安全韧性提升项目两阶段施工图设计	细沙河特大桥安全韧性提升工程总体布置图	设计		复核		审核		审定		图号	S4-2-2-2



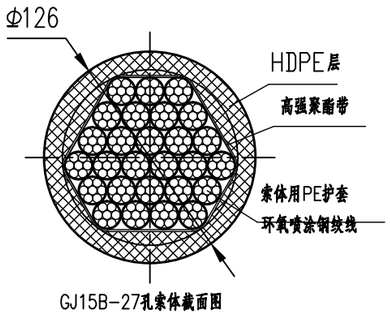
拉索参数表

拉索规格	公称破断索力kN	T1	T2	D	H	E1	E2	d	G	吊杆编号
GJ15B-22	6028	Tr160x12	M122x8	Φ240	150	145	35	Φ117	≥100	4~25
GJ15B-27	7398	Tr175x12	M122x8	Φ260	150	145	35	Φ126	≥100	1~3、26~28

备注：由于上端锚垫板开孔ΦA数值未知，螺母外径尺寸为暂定值，实际可根据上端锚垫板开孔值进行调整。



GJ15B-22孔索体截面图



GJ15B-27孔索体截面图

说 明

1、拉索在上端张拉，张拉内螺纹为T2，拉索调节量±80mm；

2、拉索索体采用1960MPa级别22/27根Φ15.2mm索体用环氧喷涂PE护套钢绞线缠包后热挤HDPE，拉索外径为dmm；

3、拉索满足JT/T850-2013《挤压锚固钢绞线拉索》中的相关要求；

4、钢绞线满足GB/T25823-2010《单丝涂覆环氧涂层预应力钢绞线》中的相关要求；

5、图中L值为上锚垫板N4端面至下锚垫板N6端面的距离，为制索所需提供的长度值；

6、在施工时，拉索拆除包装后，施工方应立即在两端锚头外表面均匀涂抹一层阻蚀密封蜡（需热熔），张拉完成后应在两端球形螺母与面也同样均匀涂抹一层阻蚀密封蜡（需热熔）；

7、张拉完成后保证张拉端锚头高出球形螺母端面不小于E1值，固定端锚头高出球形螺母端面不小于E2值；

8、为防止雨水倒灌，梁端预埋管露出人行面板的垂直距离应不小于G值；

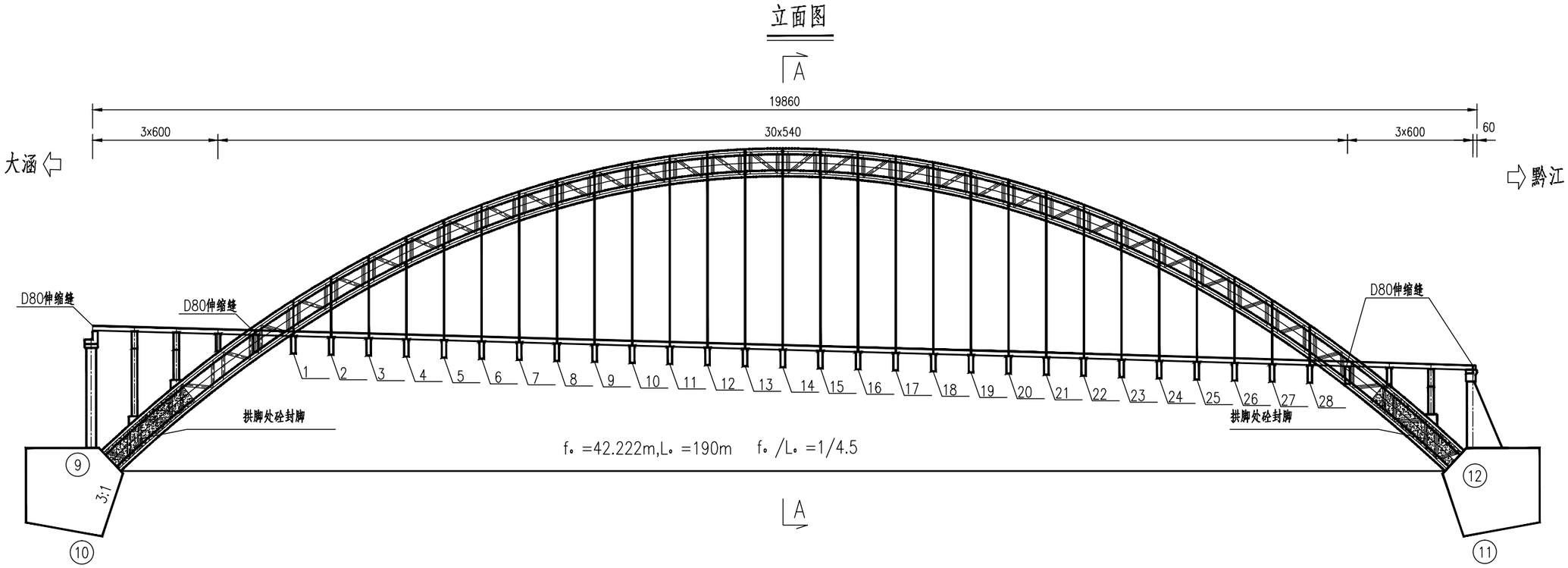
9、本图括号内参数对应GJ15B-27，括号外参数对应GJ15B-22；

10、现场施工防腐处理：施工完成后，施工方必须及时对拉索外露钢构件外表面进行与桥梁其他钢构件同等的防腐处理；

11、本图中所有尺寸单位均为mm。

北京交科公路勘察设计研究院有限公司 北京公科固桥技术有限公司	G65包茂高速公路彭水至酉阳段 安全韧性提升项目两阶段施工图设计	吊杆更换构造图	设计	赵绵明	复核	曾雯	审核	龙志旺	审定		图号	S4-2-2-3

立面图



注:

1、图中尺寸除高程和里程以米计外，余均以厘米计。

北京交科公路勘察设计研究院有限公司 北京公科固桥技术有限公司	G65包茂高速公路彭水至酉阳段 安全韧性提升项目两阶段施工图设计	吊杆编号示意图	设计		复核		审核		审定		图号	S4-2-2-4

吊杆工程数量表

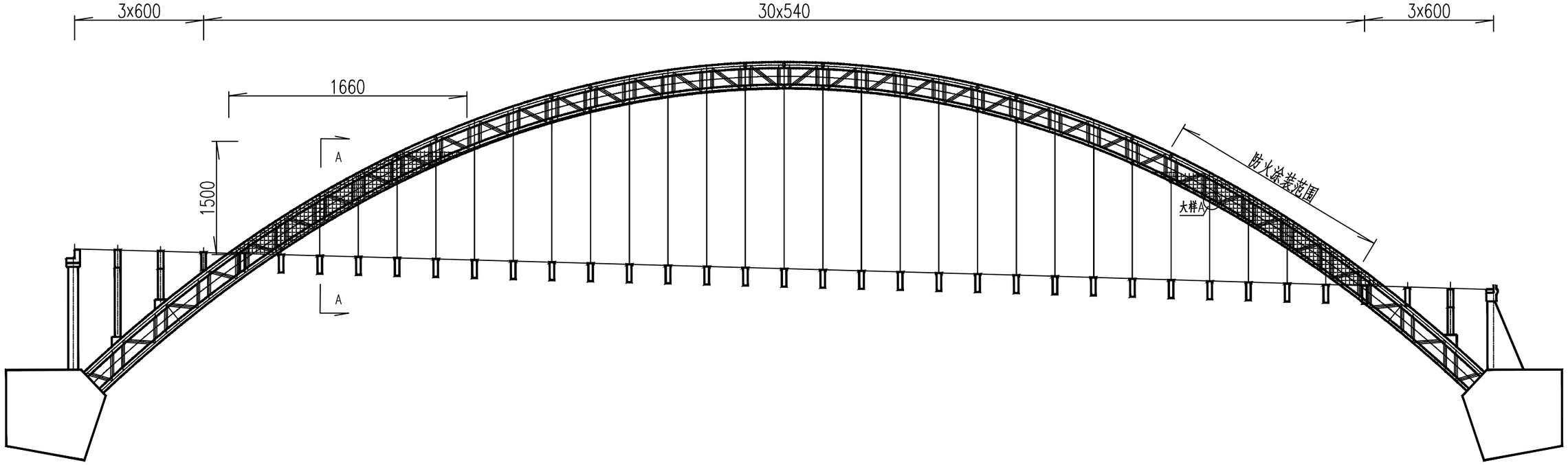
吊杆编号	吊杆规格	吊杆理论计算长度(m)	每米钢绞线理论重(Kg/m)	索体单位重(Kg/m)	根数	总长(m)	钢绞线总重量(Kg)	吊杆锚具型号	锚具数量(套)
2	15-27	11.033	29.673	36.81	2	22.066	654.8	M15-27锚具	4
3	15-27	14.224	29.673	36.81	2	28.448	844.1	M15-27锚具	4
4	15-22	17.096	24.178	30.59	2	34.192	826.7	M15-22锚具	4
5	15-22	19.727	24.178	30.59	2	39.454	953.9	M15-22锚具	4
6	15-22	22.085	24.178	30.59	2	44.17	1067.9	M15-22锚具	4
7	15-22	24.174	24.178	30.59	2	48.348	1169.0	M15-22锚具	4
8	15-22	25.997	24.178	30.59	2	51.994	1257.1	M15-22锚具	4
9	15-22	27.558	24.178	30.59	2	55.116	1332.6	M15-22锚具	4
10	15-22	28.858	24.178	30.59	2	57.716	1395.5	M15-22锚具	4
11	15-22	29.901	24.178	30.59	2	59.802	1445.9	M15-22锚具	4
12	15-22	30.689	24.178	30.59	2	61.378	1484.0	M15-22锚具	4
13	15-22	31.221	24.178	30.59	2	62.442	1509.7	M15-22锚具	4
14	15-22	31.499	24.178	30.59	2	62.998	1523.2	M15-22锚具	4
15	15-22	31.523	24.178	30.59	2	63.046	1524.3	M15-22锚具	4
16	15-22	31.293	24.178	30.59	2	62.586	1513.2	M15-22锚具	4
17	15-22	30.809	24.178	30.59	2	61.618	1489.8	M15-22锚具	4
18	15-22	30.068	24.178	30.59	2	60.136	1454.0	M15-22锚具	4
19	15-22	29.07	24.178	30.59	2	58.14	1405.7	M15-22锚具	4
20	15-22	27.811	24.178	30.59	2	55.622	1344.8	M15-22锚具	4
21	15-22	26.291	24.178	30.59	2	52.582	1271.3	M15-22锚具	4
22	15-22	24.507	24.178	30.59	2	49.014	1185.1	M15-22锚具	4
23	15-22	22.455	24.178	30.59	2	44.91	1085.8	M15-22锚具	4
24	15-22	20.133	24.178	30.59	2	40.266	973.6	M15-22锚具	4
25	15-22	17.533	24.178	30.59	2	35.066	847.8	M15-22锚具	4
26	15-27	14.646	29.673	36.81	2	29.292	869.2	M15-27锚具	4
27	15-27	11.525	29.673	36.81	2	23.05	684.0	M15-27锚具	4

吊杆更换数量汇总表

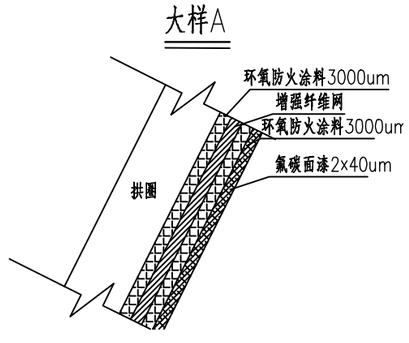
名称及规格		单位	数量
钢绞线	15-27	kg	3052.046
	15-22		28060.89
锚具	固定端P15-27	套	16
	张拉端M15-27		16
	固定端P15-22		88
	张拉端M15-22		88
吊杆拆除数量	钢丝	kg	38595.93
	锚具	套	112

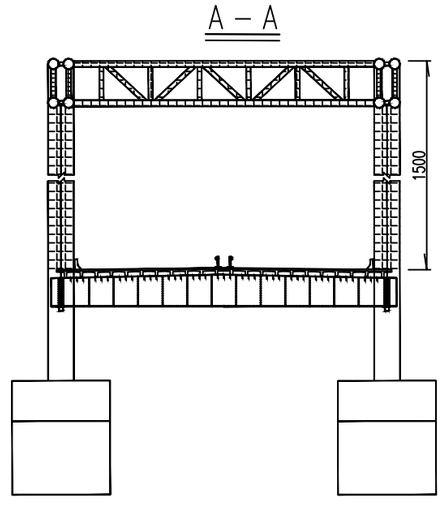
北京交科公路勘察设计研究院有限公司 北京公科固桥技术有限公司	G65包茂高速公路彭水至酉阳段 安全韧性提升项目两阶段施工图设计	吊杆长度、重量表	设计	丛绮明	复核	曾霞	审核	纪志旺	审定		图号	S4-2-2-5

立面



位置	防火涂料	道数	干膜厚度（um）	面积（m^2）	合计（m^2）
主拱圈	膨胀型环氧防火涂料	1	3000	1276.2	膨胀型环氧防火涂料 1919.7 碳纤维增强网 1919.7 氟碳面漆 3666.2
	碳纤维增强网	/	/	1276.2	
	氟碳面漆	2	40	2552.4	
主拱横向联系	膨胀型环氧防火涂料	1	3000	538.1	
	碳纤维增强网	/	/	538.1	
	氟碳面漆	2	40	1076.1	
竖杆	膨胀型环氧防火涂料	1	3000	67.8	
	碳纤维增强网	/	/	67.8	
	氟碳面漆	2	40	135.6	
斜杆	膨胀型环氧防火涂料	1	3000	37.7	
	碳纤维增强网	/	/	37.7	
	氟碳面漆	2	40	75.4	
拱圈涂装缺陷修复	95.5（m^2）				

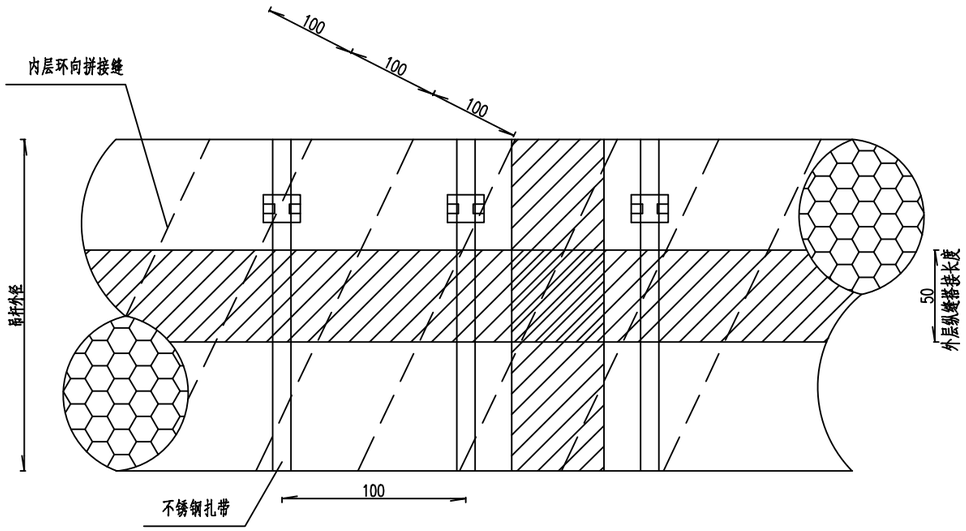




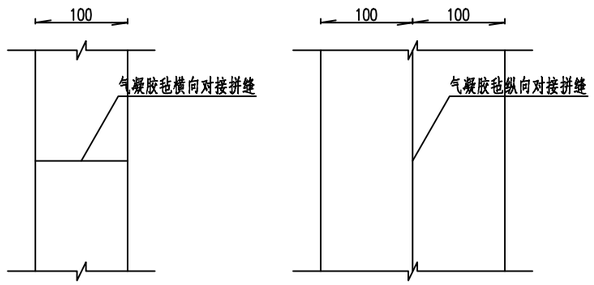
注：　1、本图尺寸除注明外，均以 cm 为单位。

北京交科公路勘察设计研究院有限公司 北京公科固桥技术有限公司	G65包茂高速公路彭水至酉阳段 安全韧性提升项目两阶段施工图设计	主拱圈涂装提升图	设计	丛绮明	复核	曾霞	审核	纪志旺	审定	图号	S4-2-2-6

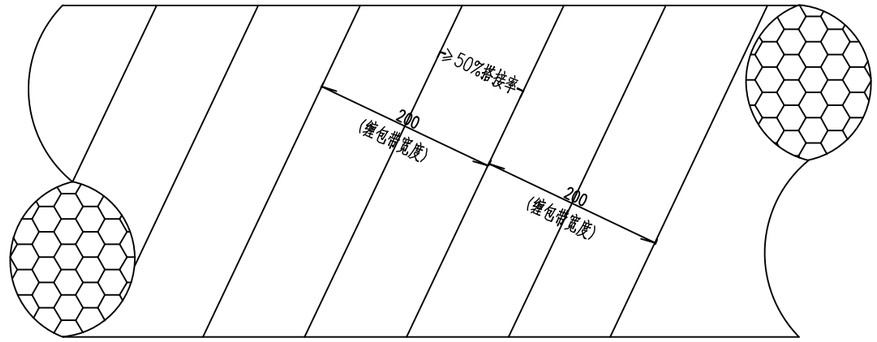
吊杆高硅氧气凝胶毡包裹大样



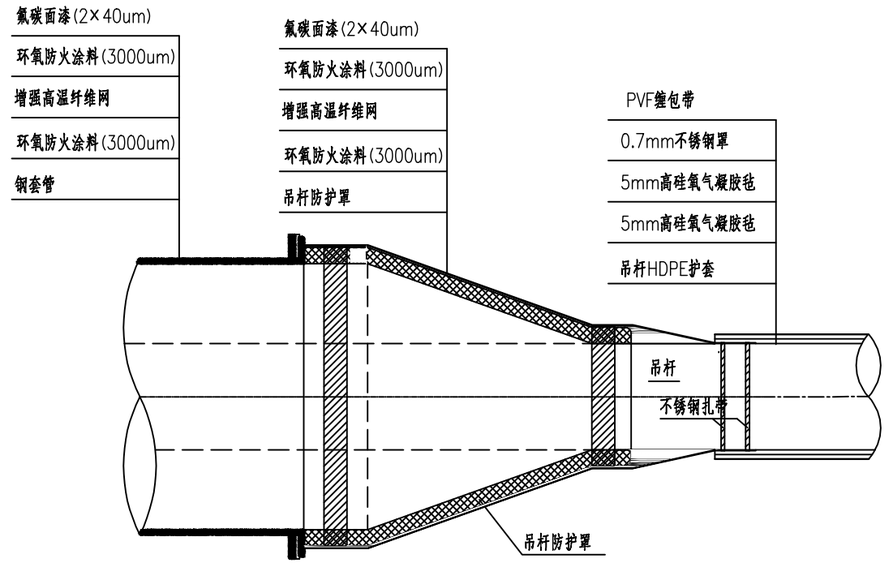
吊杆内层高硅氧气凝胶毡拼接缝大样



吊杆PVF缠包带包裹大样



吊杆梁端锚固耐火方案



防护材料数量表

位置	防护材料	道数	厚度	全桥数量(m^2)
桥面以上0-防护罩区域主缆	环氧防火涂料	2	3000um	79.4
	增强高温纤维网	1	/	39.7
	氟碳面漆	2	2×40um	79.4
防护罩以上区域主缆	5mm高硅氧铝硅气凝胶毡	2	/	570.0
	0.7mm不锈钢	1	/	285.0
	PVF缠包带	1	/	285.0

注：

1、本图尺寸除注明外，均以 mm 为单位。

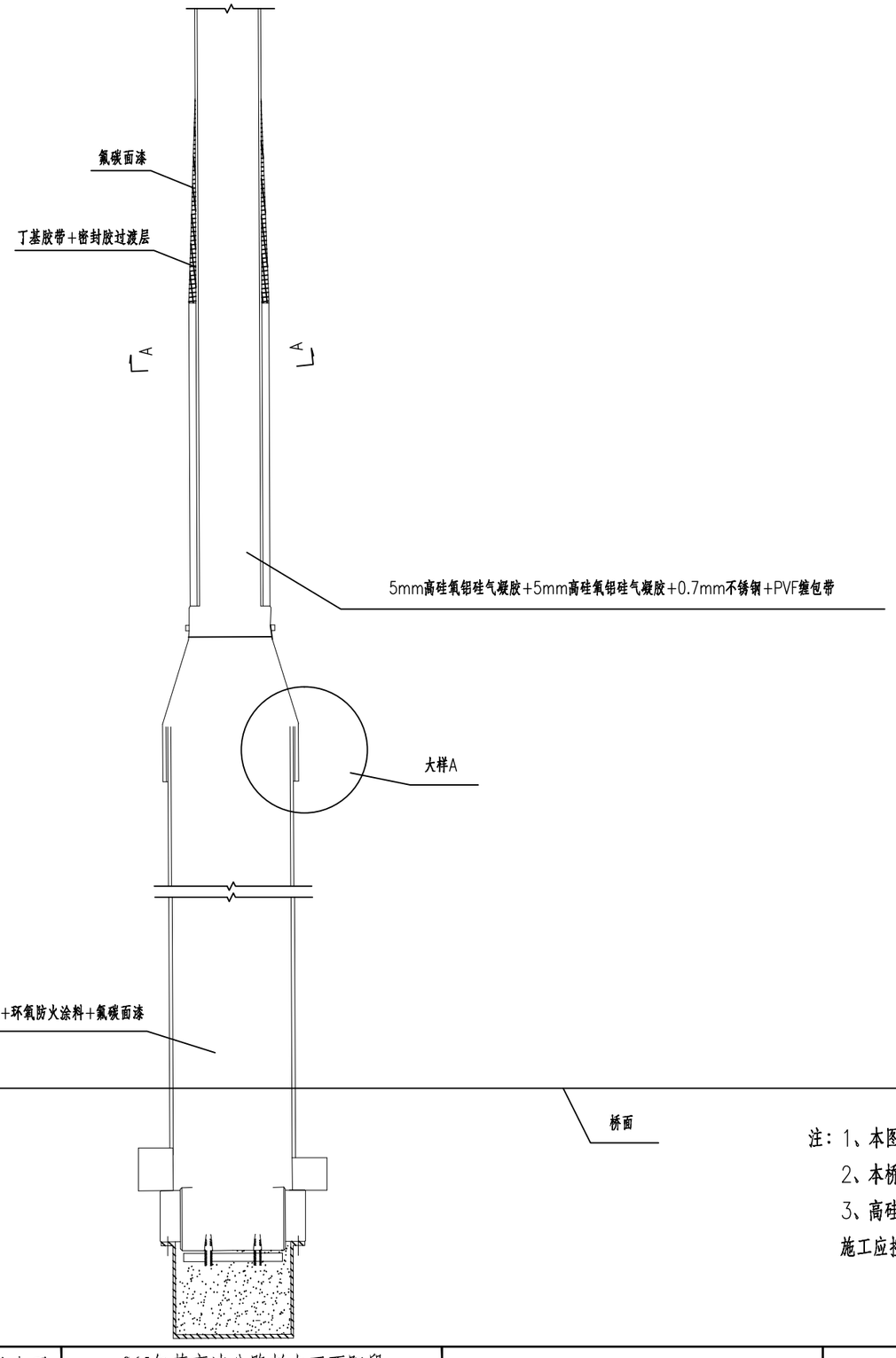
2、吊杆高硅氧气凝胶毡施工完毕后，外套0.7mm不锈钢罩，并立即进行缠包带的施工，按叠合 > 50%搭接率进行缠包，将不锈钢罩完全包裹覆盖，PVF 缠包带表面应平整、干净，无杂物、灰尘和其他污染物，无破洞等缺陷。

3、吊杆缠包方向为从低往高。为保持拉索外观一致性，最外层缠包带应完全覆盖缠绕的气凝胶毡，并在施工完毕后进行外观检查。确保整个拉索表面具有平整光滑的外观质量。

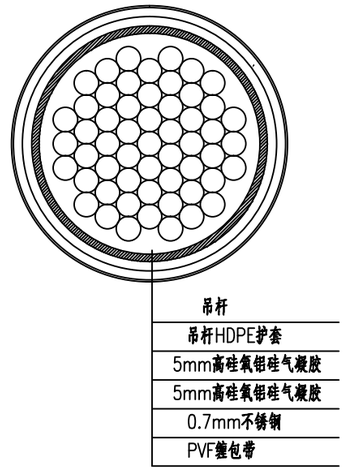
4、防火段与非防火段应设过渡段，过渡段先采用丁基胶带按>50%层叠比例进行螺旋缠绕过渡，过渡段缠绕长度为沿着不锈钢顶部端面上下各50cm，丁基胶带外表面均匀刮涂密封胶，密封胶表面刷涂氟碳面漆，以达到美观和增强防水的目的。

北京交科公路勘察设计研究院有限公司 北京公科固桥技术有限公司	G65包茂高速公路彭水至酉阳段 安全韧性提升项目两阶段施工图设计	吊杆防火能力提升设计构造图	设计	赵炳明	复核	曾震	审核	张志旺	审定	杨	图号	S4-2-2-7

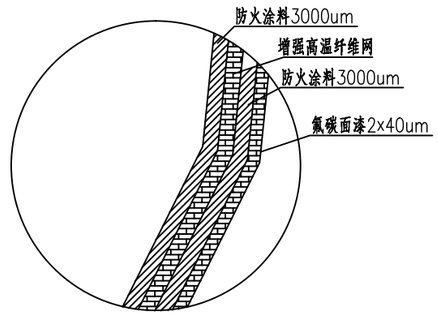
吊杆防护大样



A–A



大样A

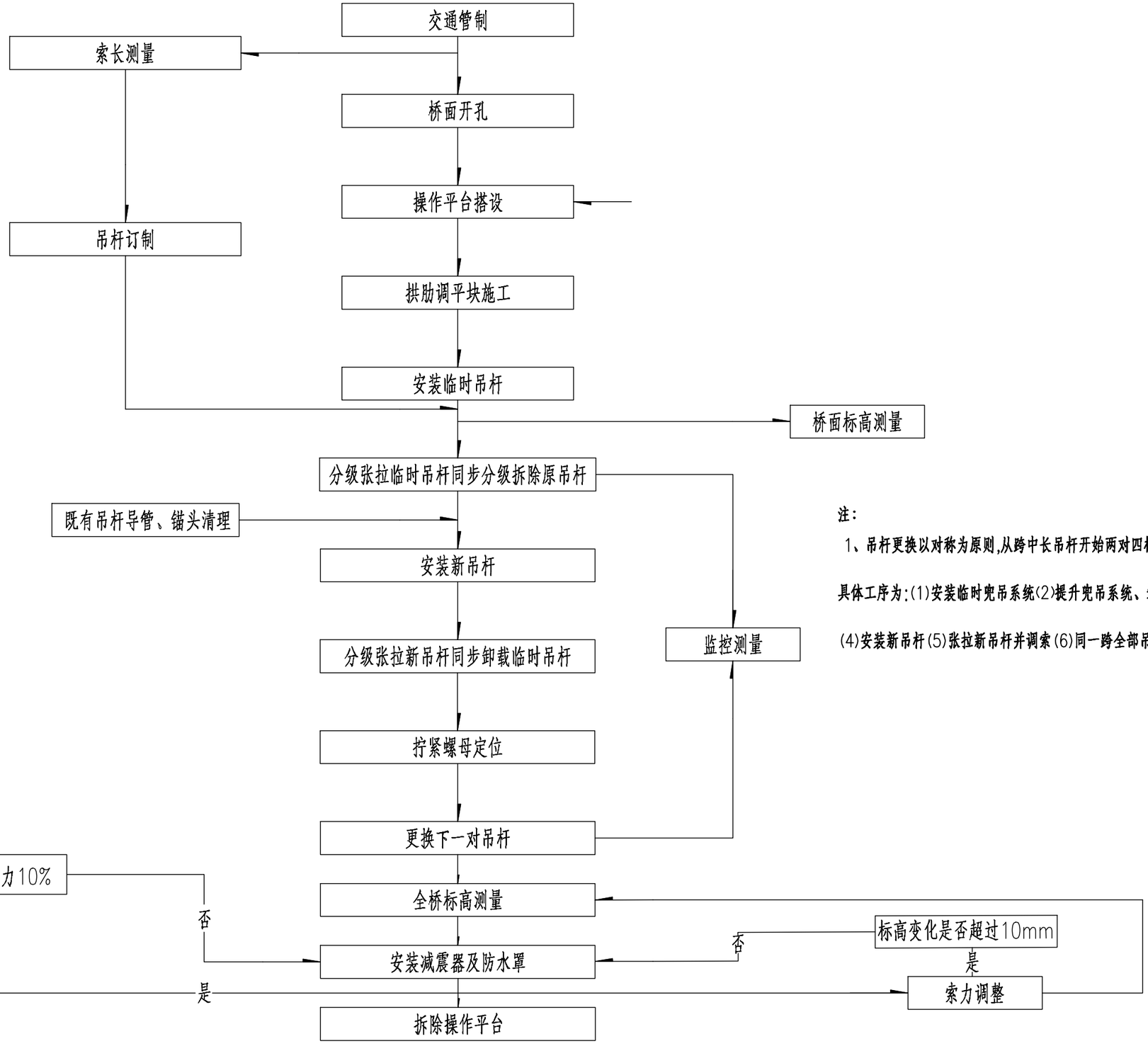


注：1、本图尺寸除注明外，均以 mm 为单位。

2、本桥采用双层缠绕式高硅氧气凝胶毡进行防护，t = 5mm + 5mm。

3、高硅氧气凝胶毡采用螺旋缠绕式施工，环向、纵向均采取对接方式，材料经加工覆布背胶，可以紧实的贴合在吊杆表面。施工应控制气凝胶毡对接缝的宽度，缝宽不大于 1mm，拼缝间隙采用防火涂料填平。

北京交科公路勘察设计研究院有限公司 北京公科固桥技术有限公司	G65包茂高速公路彭水至酉阳段 安全韧性提升项目两阶段施工图设计	吊杆防火能力提升设计构造图	设计		复核		审核		审定		图号	S4-2-2-7



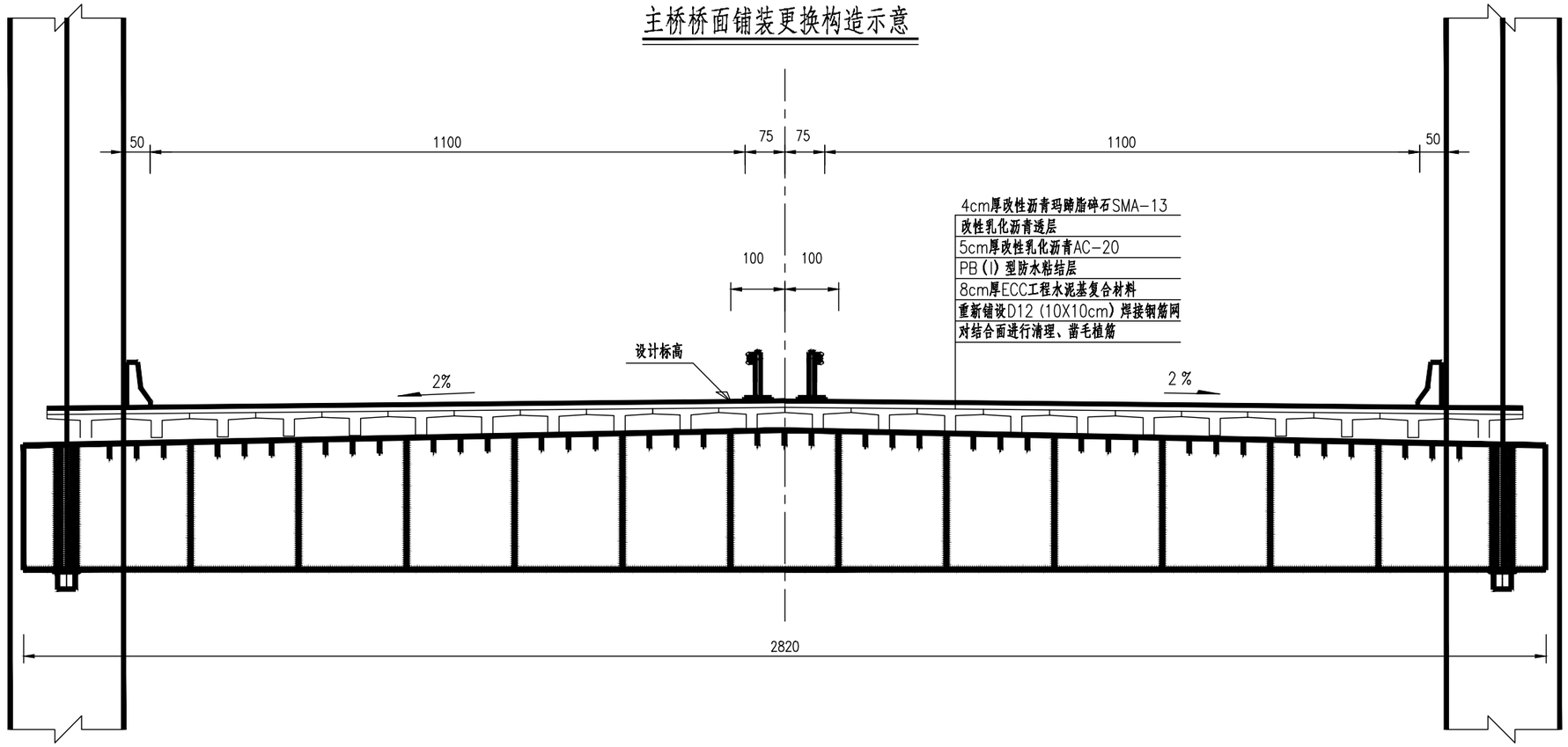
注：

1、吊杆更换以对称为原则,从跨中长吊杆开始两对四根同时更换依次向拱两侧方向进行。

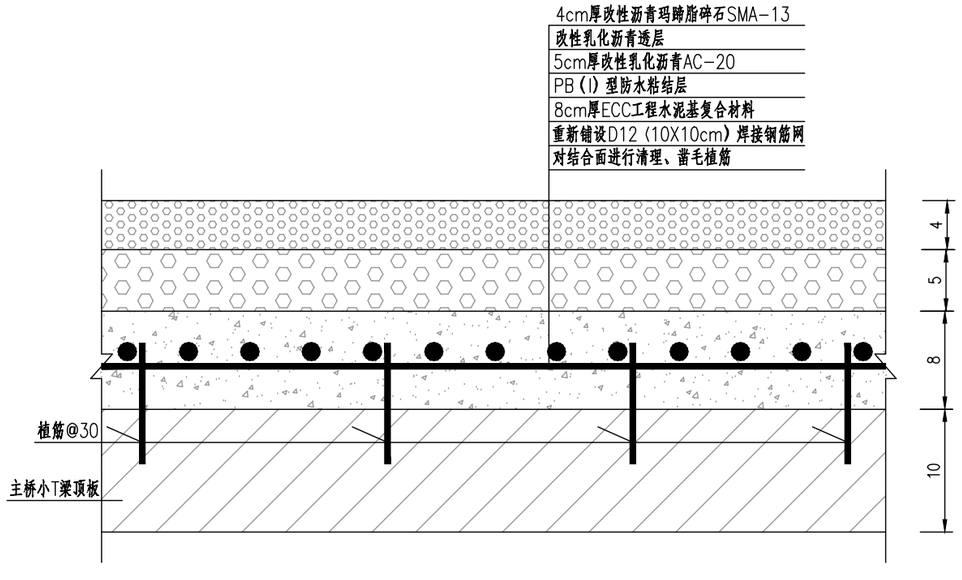
具体工序为:(1)安装临时兜吊系统(2)提升兜吊系统、卸载旧吊杆内力(3)拆除旧吊杆;(4)安装新吊杆(5)张拉新吊杆并调索(6)同一跨全部吊杆安装完毕后重新全跨调索.

北京交科公路勘察设计研究院有限公司 北京公科固桥技术有限公司	G65包茂高速公路彭水至酉阳段 安全韧性提升项目两阶段施工图设计	吊杆更换施工顺序示意图	设计		复核		审核		审定		图号	S4-2-2-8

主桥桥面铺装更换构造示意



桥面铺装破损修复大样



注：

1、图中尺寸除高程和里程以米计外，余均以厘米计。

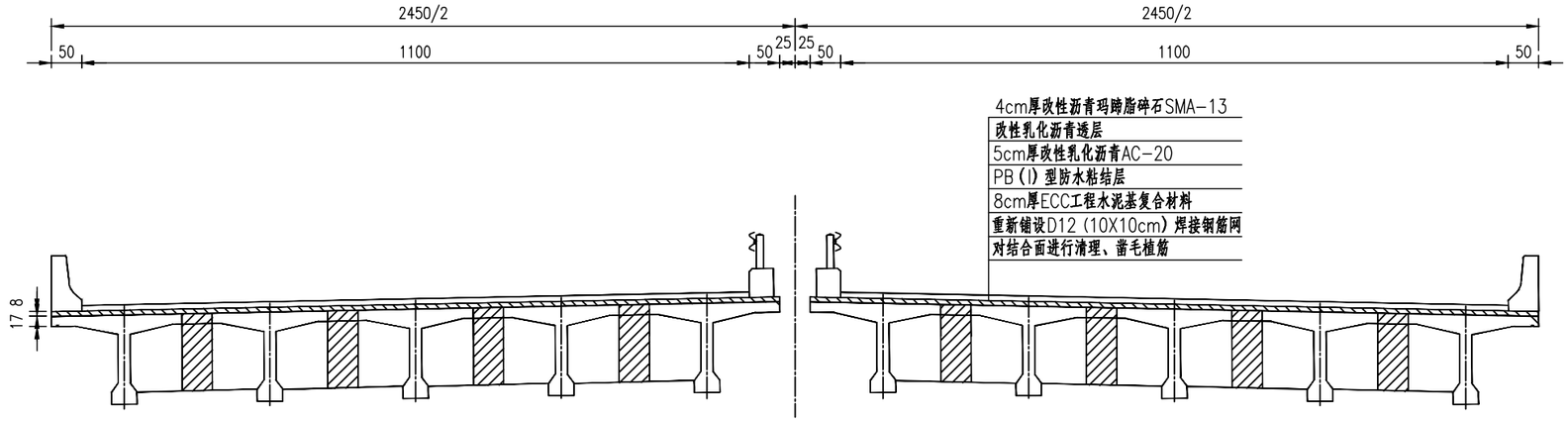
2、桥面宽度：0.5m（防撞护栏）+11.0m（行车道）+1.5m（中央分隔带）11.0m（行车道）+0.5m（防撞护栏）=24.5m。

3、调平层混凝土采用聚丙烯纤维增强ECC材料。

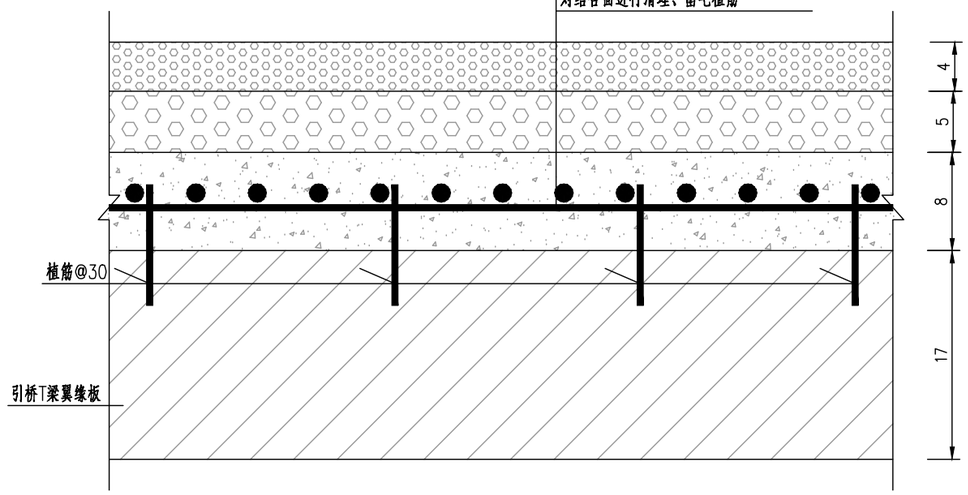
4、浇筑ECC混凝土之前，须对梁体顶面进行凿毛，要求凿毛贯砂深度6mm，凿除冲刷处表面砂浆层和松动不密实部位的混凝土，清理表面粉尘及油污，并去除结构表面碳化层。

北京交科公路勘察设计研究院有限公司 北京公科固桥技术有限公司	G65包茂高速公路彭水至酉阳段 安全韧性提升项目两阶段施工图设计	桥面铺装更换构造设计图	设计		复核		审核		审定		图号	S4-2-2-9

引桥桥面铺装更换构造示意



桥面铺装破损修复大样



引桥桥面铺装钢筋明细表

名称及规格	数量
D12钢筋网(kg)	78321.6
Φ12植筋(kg)	13488.7
ECC工程水泥基复合材料(m^3)	352.8
沥青砼(m^3)	264.2
D16植筋孔(个)	49000
植筋胶(升)	6305.3

注:

1、图中尺寸除高程和里程以米计外,余均以厘米计。

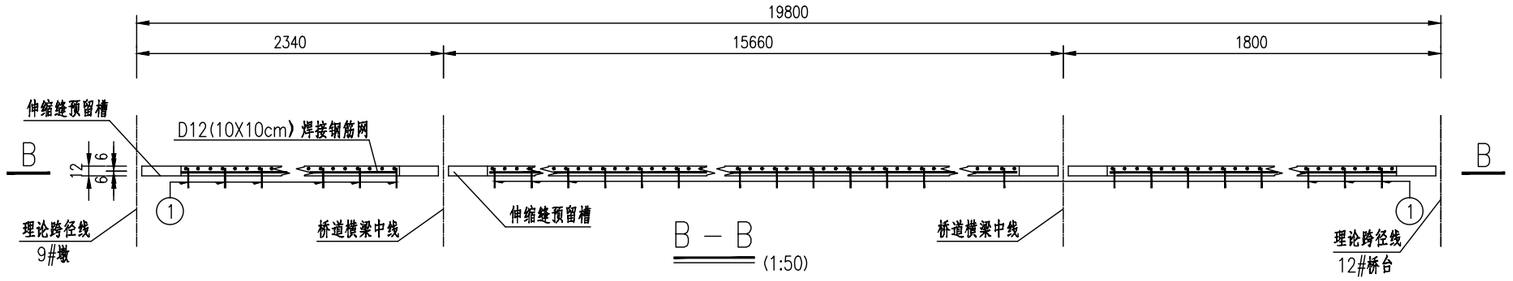
2、桥面宽度:0.5m(防撞护栏)+11.0m(行车道)+1.5m(中央分隔带)+11.0m(行车道)+0.5m(防撞护栏)=24.5m。

3、调平层混凝土采用聚丙烯纤维增强ECC材料。

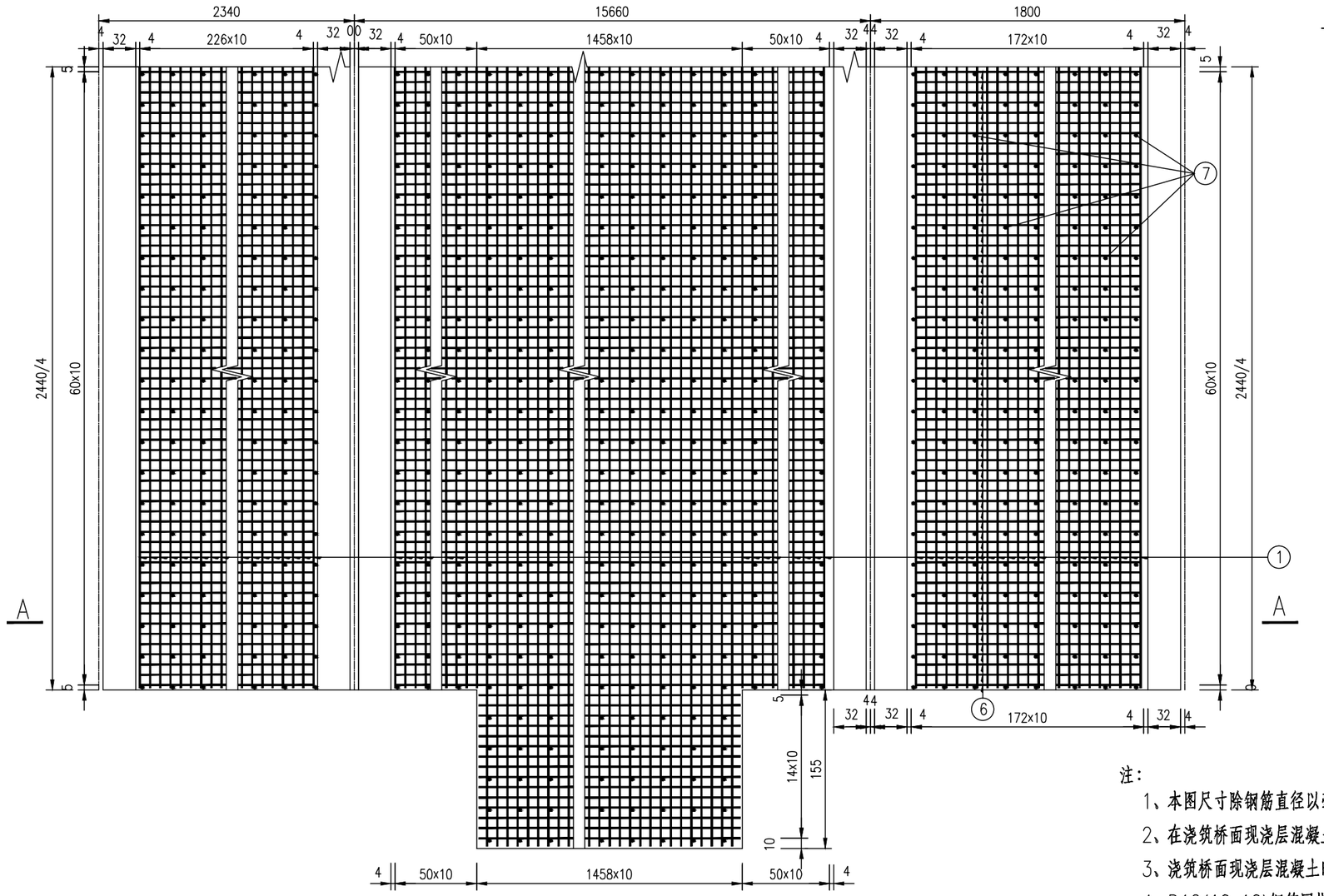
4、浇筑ECC混凝土之前,须对梁体顶面进行凿毛,要求凿毛贯砂深度6mm,凿除冲刷处表面砂浆层和松动不密实部位的混凝土,清理表面粉尘及油污,并去除结构表面碳化层。

北京交科公路勘察设计研究院有限公司 北京公科固桥技术有限公司	G65包茂高速公路彭水至酉阳段 安全韧性提升项目两阶段施工图设计	桥面铺装更换构造设计图	设计		复核		审核		审定		图号	S4-2-2-9

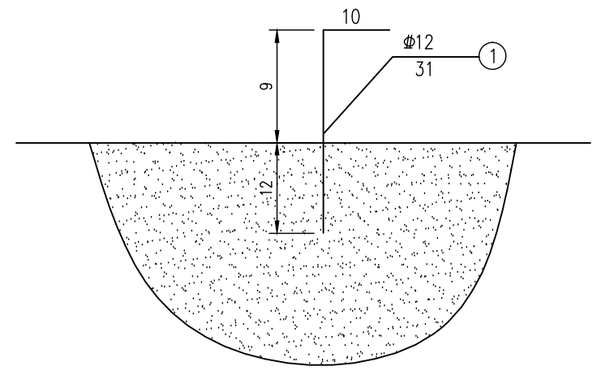
A－A (1:50)



B－B (1:50)



植筋大样



主桥桥面铺装钢筋明细表

名称及规格	数量
D12钢筋网(kg)	92442.6
φ12植筋(kg)	16160.0
ECC工程水泥基复合材料(m^3)	520.5
沥青砼(m^3)	468.5
D16植筋孔(个)	58704
植筋胶(升)	7554

注：

1、本图尺寸除钢筋直径以毫米计外，余均以厘米计。

2、在浇筑桥面现浇层混凝土前，保证了预制梁顶面混凝土拉毛并清洗干净。

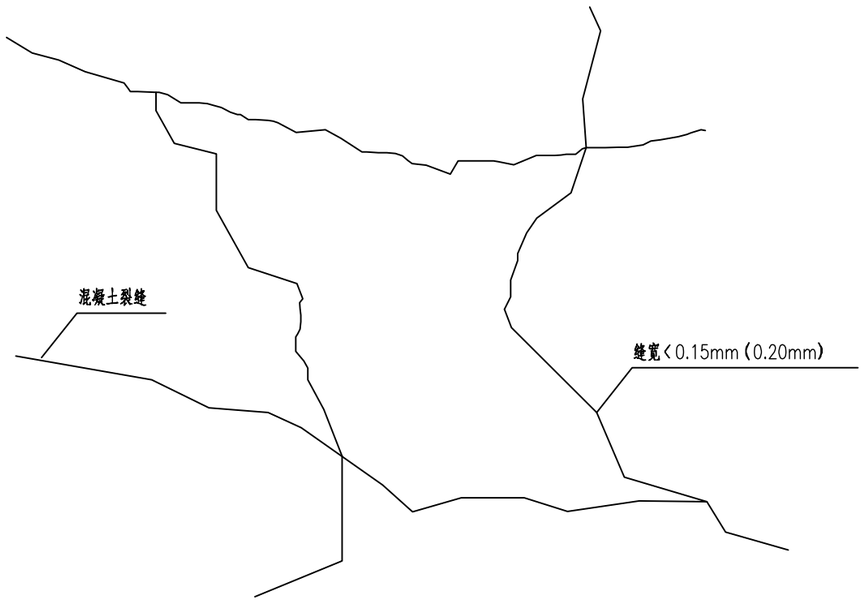
3、浇筑桥面现浇层混凝土时，准确预埋了伸缩缝及防撞护栏预埋件。

4、D12(10x10)钢筋网横梁顶处均保持连续,N1为植筋伸入主梁12cm，间距30cm，若与主梁钢筋或预应力有冲突可适当移动位置。

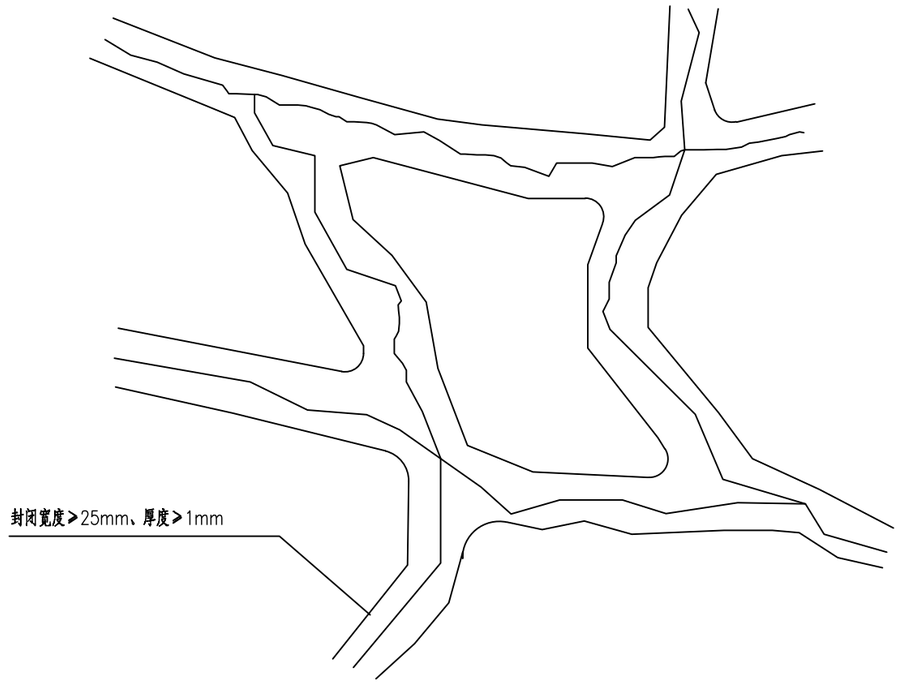
5、本图适用于细沙河特大桥主桥。

北京交科公路勘察设计研究院有限公司 北京公科固桥技术有限公司	G65包茂高速公路彭水至酉阳段 安全韧性提升项目两阶段施工图设计	桥面铺装钢筋构造图	设计	赵炳明	复核	曾毅	审核	张志旺	审定		图号	S4-2-2-10

裂缝示意图



裂缝封闭示意图



混凝土裂缝封闭工程数量表

病害位置	裂缝封闭（m）
主桥	6732.6

注：

1.本图适用于对包茂高速彭黔段细沙河特大桥的裂缝进行封闭处治。

2.对宽度<0.15mm的裂缝进行表面封闭处理。

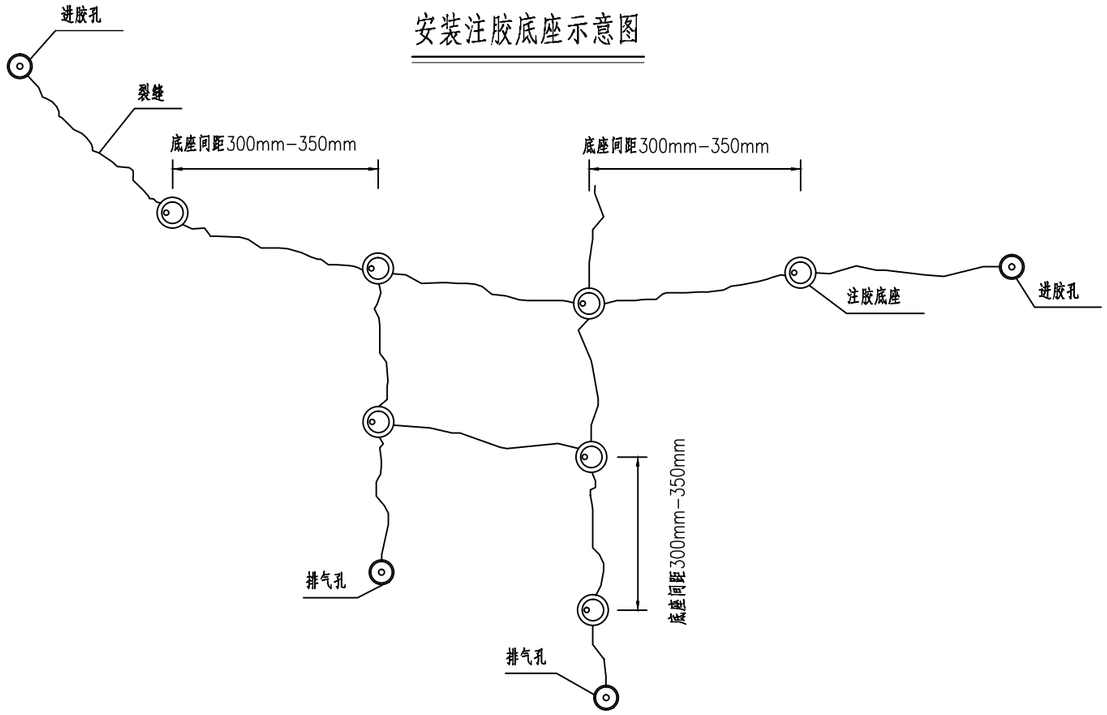
3.裂缝处理前先对裂缝两侧3~5cm范围混凝土表面清理干净，以免影响封闭效果。

4.裂缝表面封闭处理时直接将封闭胶涂刮在裂缝混凝土表面，应做到连续无间断,确保封闭密实。

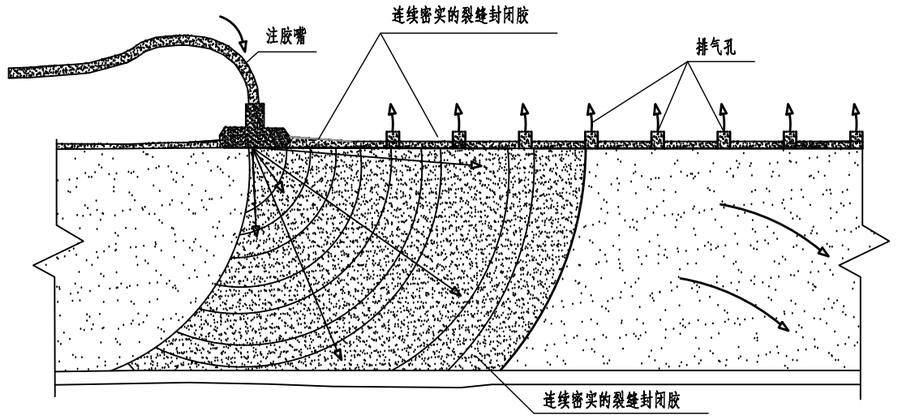
5.本桥裂缝病害根据《包茂高速彭黔段细沙河特大桥主桥应急检查》报告绘制，裂缝封闭处治工程数量以现场实际情况为准。

北京交科公路勘察设计研究院有限公司 北京公科固桥技术有限公司	G65包茂高速公路彭水至酉阳段 安全韧性提升项目两阶段施工图设计	桥梁表观病害处治示意图	设计		复核		审核		审定		图号	S4-2-2-11

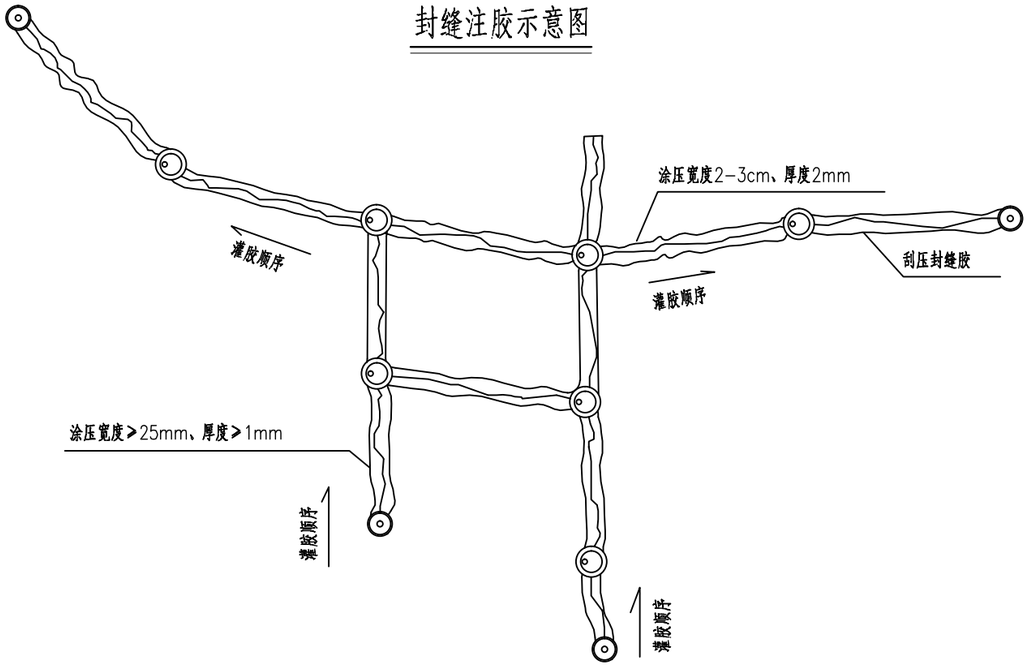
安装注胶底座示意图



压力灌胶示意图



封缝注胶示意图



混凝土裂缝灌胶工程数量表

病害位置	裂缝灌胶（m）
主桥	354.2

注：

1.本图适用于对包茂高速彭黔段细沙河特大桥的裂缝进行封闭处治。

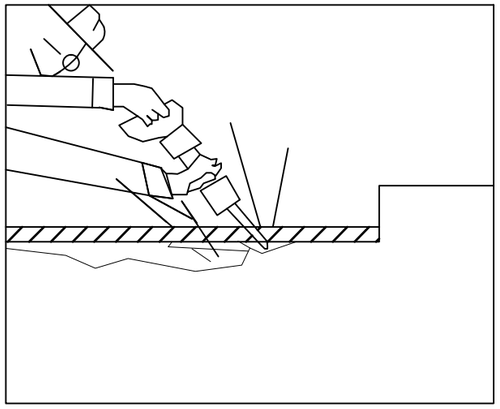
2.对宽度≥0.15mm的裂缝进行压力灌胶修补处理。

3.裂缝处理前先对裂缝两侧3~5cm范围混凝土表面清理干净，以免影响封闭效果。

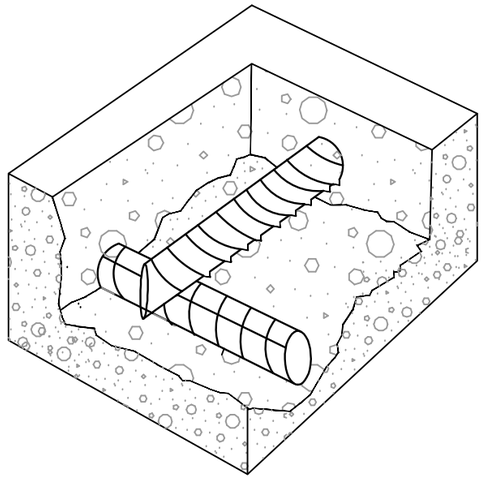
4.本桥裂缝病害根据《包茂高速彭黔段细沙河特大桥主桥应急检查》报告绘制，裂缝灌胶处治工程数量以现场实际情况为准。

北京交科公路勘察设计研究院有限公司 北京公科固桥技术有限公司	G65包茂高速公路彭水至酉阳段 安全韧性提升项目两阶段施工图设计	桥梁表观病害处治示意图	设计		复核		审核		审定		图号	S4-2-2-11

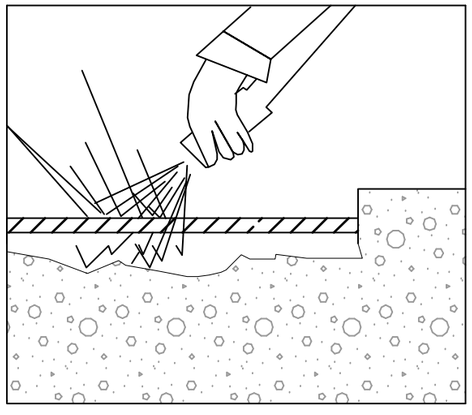
露筋、钢筋锈蚀病害处治图



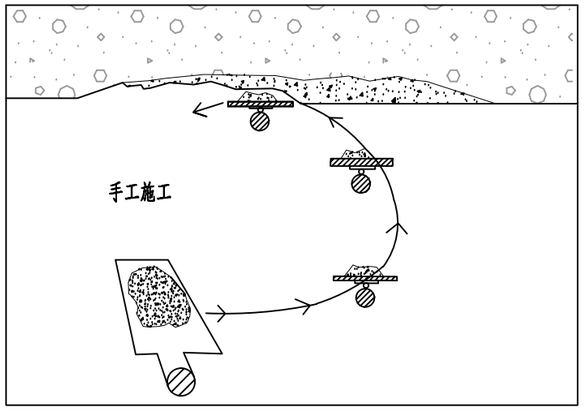
1.人工凿除锈蚀钢筋周围的混凝土



2.将松散不密实的混凝土凿除，直至露出新鲜的混凝土为止。

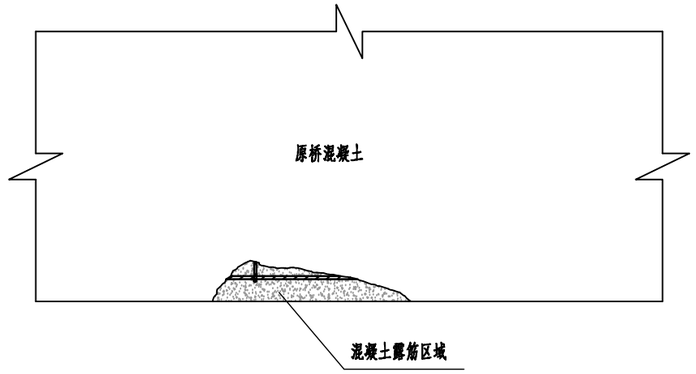


3.高压水清除混凝土表面，进行钢筋除锈、阻锈处理



4.用环氧砂浆对凿开的混凝土区域进行手工修补

混凝土露筋示意图



混凝土破损露筋工程数量表

病害位置	凿除混凝土（m^2）	阻锈剂（m^2）	环氧砂浆（m^2）
主桥	32.0	32.0	32.0

注：

1.对包茂高速彭黔段细沙河特大桥的混凝土破损露筋进行除锈、环氧砂浆修补处治。

2.露筋、钢筋锈蚀病害处治流程：

（1）人工凿除松散不密实的混凝土；

（2）高压水清除混凝土表面，用钢丝刷对钢筋除锈；

（3）混凝土表面和钢筋干燥后，对钢筋人工用毛刷涂刷一层阻锈剂；

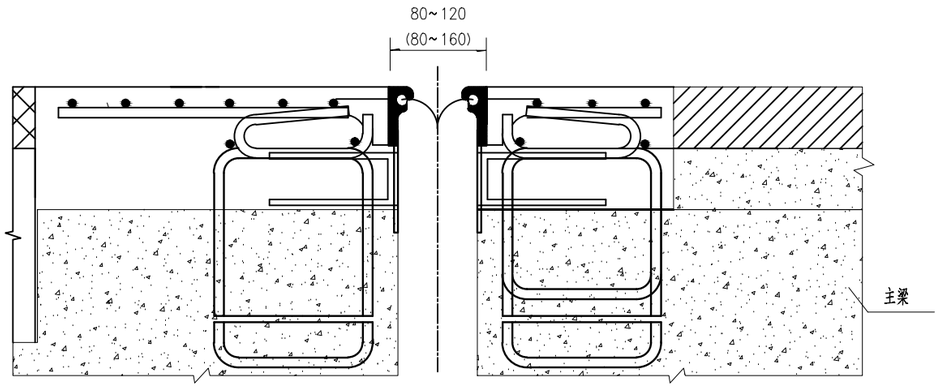
（4）用环氧砂浆填塞凿开区域，然后捣实、抹平。

3.凿除和修补厚度应根据保护层厚度和主筋植筋对凿除深度进行要求，本图暂按5cm计。

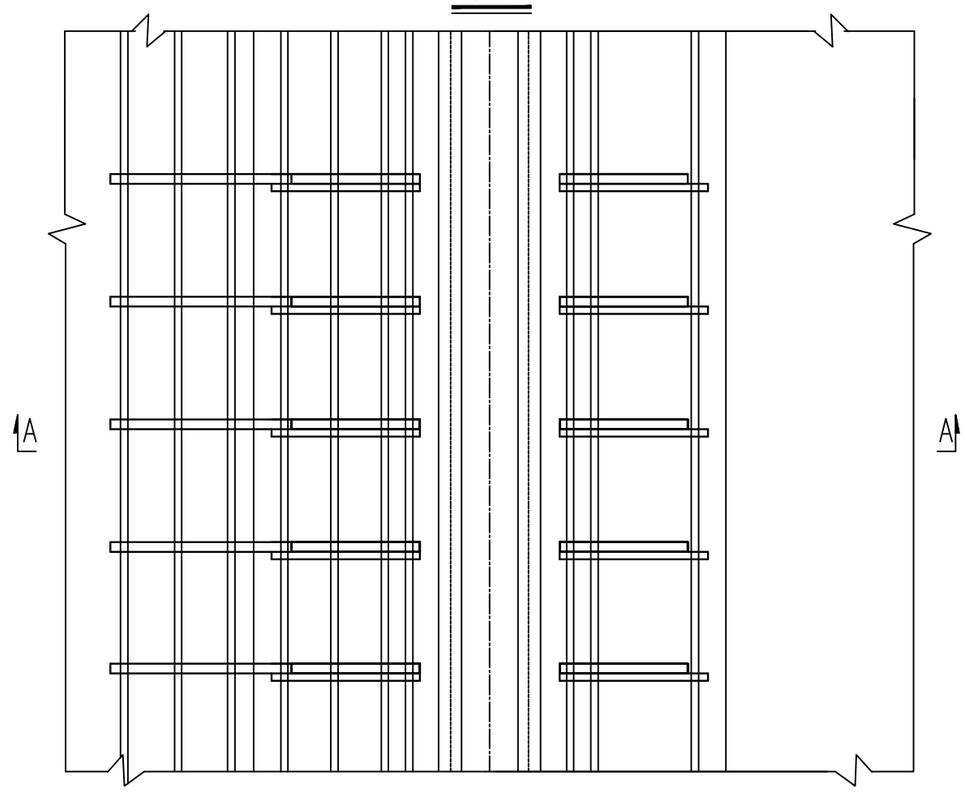
4.本桥破损露筋病害《包茂高速彭黔段细沙河特大桥主桥应急检查》报告绘制绘制，破损露筋处治工程数量以现场实际情况为准。

北京交科公路勘察设计研究院有限公司 北京公科固桥技术有限公司	G65包茂高速公路彭水至酉阳段 安全韧性提升项目两阶段施工图设计	桥梁表观病害处治示意图	设计	丛绮明	复核	曾霞	审核	龙志旺	审定		图号	S4-2-2-11

A-A



平面



伸缩缝更换橡胶带数量表

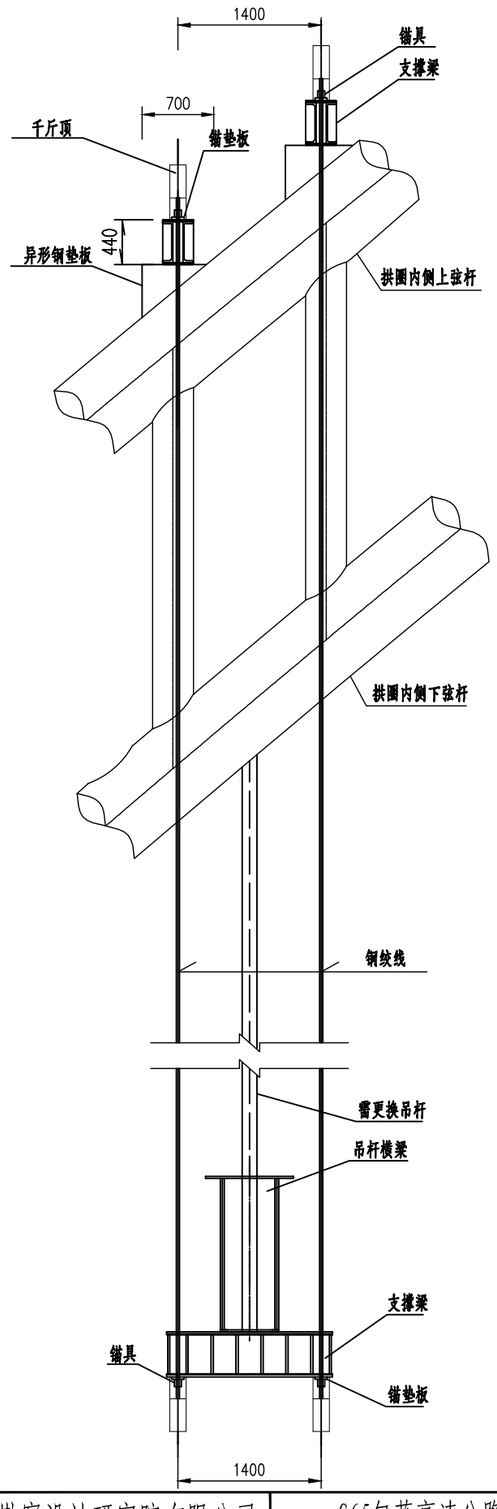
位置	更换橡胶带数量（m）
伸缩缝	49

注

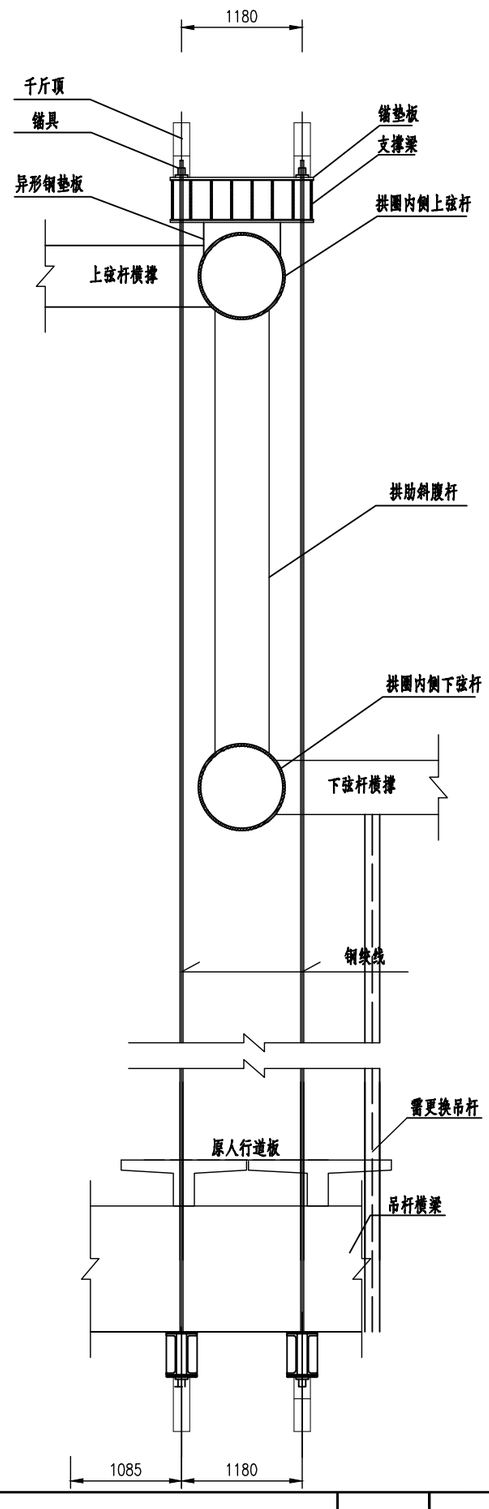
1.图中尺寸除注明外，其余均以毫米为单位。

北京交科公路勘察设计研究院有限公司 北京公科固桥技术有限公司	G65包茂高速公路彭水至酉阳段 安全韧性提升项目两阶段施工图设计	更换伸缩缝止水带构造图	设计		复核		审核		审定		图号	S4-2-2-12

兜吊系统立面布置图



兜吊系统断面布置图



注：

1.本图尺寸单位均以毫米计。

2.本次吊杆更换提供的兜吊系统仅供施工单位参考，施工单位在使用前应充分验算分析，确保安全。施工单位也可根据自身施工机具特点及施工经验选择安全可靠的提升系统。

3.当兜吊平台的搭设与拱圈横纵腹杆等杆件冲突时，可适当移动兜吊平台位置进行躲避，但应保持兜吊平台的对称性，以保持提升稳定性。

4.更换吊杆的兜吊系统由钢绞线锚固系统及辅助提升系统组成。锚固系统共4个锚固单元，每个锚固单元由3根Φ15.2mm的1860MPa钢绞线组成，共12根钢绞线。辅助提升系统的吊架、托架、拱顶撑架中的型钢及钢垫板等材质均采用Q355B级，且用焊接固定。

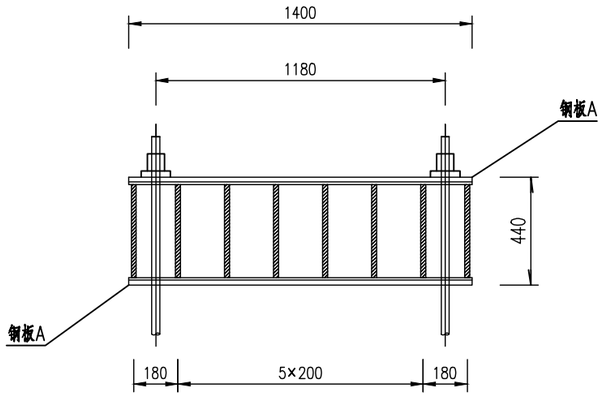
5.提升系统通过焊接在拱顶撑架上的异形钢垫板传力于主拱圈下弦杆，垫板随所换吊杆处拱肋斜度不同应做相应割除以调平，使之与主拱圈贴合。

6.提升横梁时应保持所有千斤顶行程同步，提升平台系统应在装配完毕后按设计索力进行试张拉，确保牢固可靠后方可提升吊梁换索。

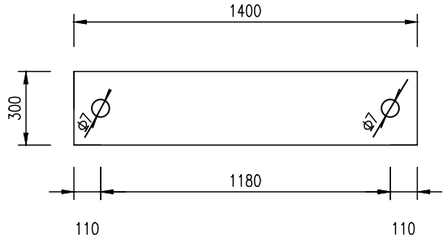
7.本图仅为临时支撑示意图，基于竣工图资料绘制，施工前必须复核原结构的尺寸再进行下料，以现场实测尺寸为准。

北京交科公路勘察设计研究院有限公司 北京公科固桥技术有限公司	G65包茂高速公路彭水至酉阳段 安全韧性提升项目两阶段施工图设计	临时兜吊系统构造图	设计		复核		审核		审定		图号	S4-2-2-13

140cm支撑梁立面布置图



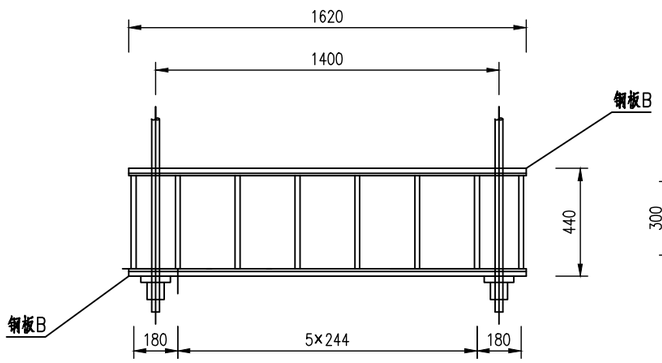
钢板A平面布置图



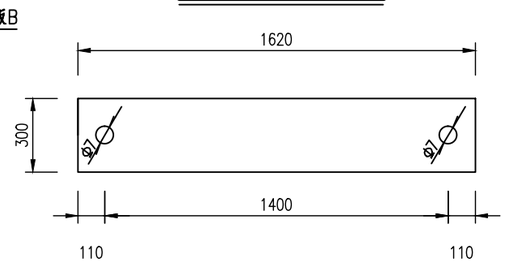
兜吊系统材料数量表（一处）

名称	规格（mm）	数量	单件重（Kg）	共重（Kg）	总重（Kg）
40a热轧普通槽钢	40a×1400	4	82.5	330	711.9
	40a×1620	4	95.5	381.9	
加劲肋	379×90×20	64	5.36	343.04	915.5
钢板A	1400×300×20	4	66.34	265.36	
钢板B	1620×300×20	4	76.8	307.1	
⌀15.2mm钢绞线	15.2×23500（均）	12	25.88(估列)		310.5
锚垫板：8套					
锚具：8套					
千斤顶 :8个					
异形钢垫板（Q335B）:2套					

162cm支撑梁立面布置图



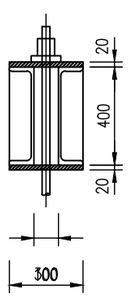
钢板B平面布置图



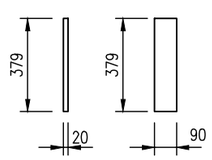
兜吊系统材料数量汇总表（共56处）

名称	总重（Kg）
40a热轧普通槽钢	39866.4
Q355B钢材	51268.0
⌀15.2mm钢绞线	17388.0
锚垫板(套)	448.0
锚具(套)	448.0
千斤顶（个）	448.0
异形钢垫板（Q335B）(套)	112.0

支撑梁断面布置图



加劲肋大样图



注：

1.本图尺寸单位均以毫米计。

2.本次吊杆更换提供的兜吊系统仅供施工单位参考，施工单位在使用前应充分验算分析，确保安全。施工单位也可根据自身施工机具特点及施工经验选择安全可靠的提升系统。

3.当兜吊平台的搭设与拱圈横纵腹杆等杆件冲突时，可适当移动兜吊平台位置进行躲避，但应保持兜吊平台的对称性，以保持提升稳定性。

4.更换吊杆的兜吊系统由钢绞线锚固系统及辅助提升系统组成。锚固系统共4个锚固单元，每个锚固单元由3根⌀15.2mm的1860MPa钢绞线组成，共12根钢绞线。辅助提升系统的吊架、托架、拱顶撑架中的型钢及钢垫板等材质均采用Q355B级，且用焊接固定。

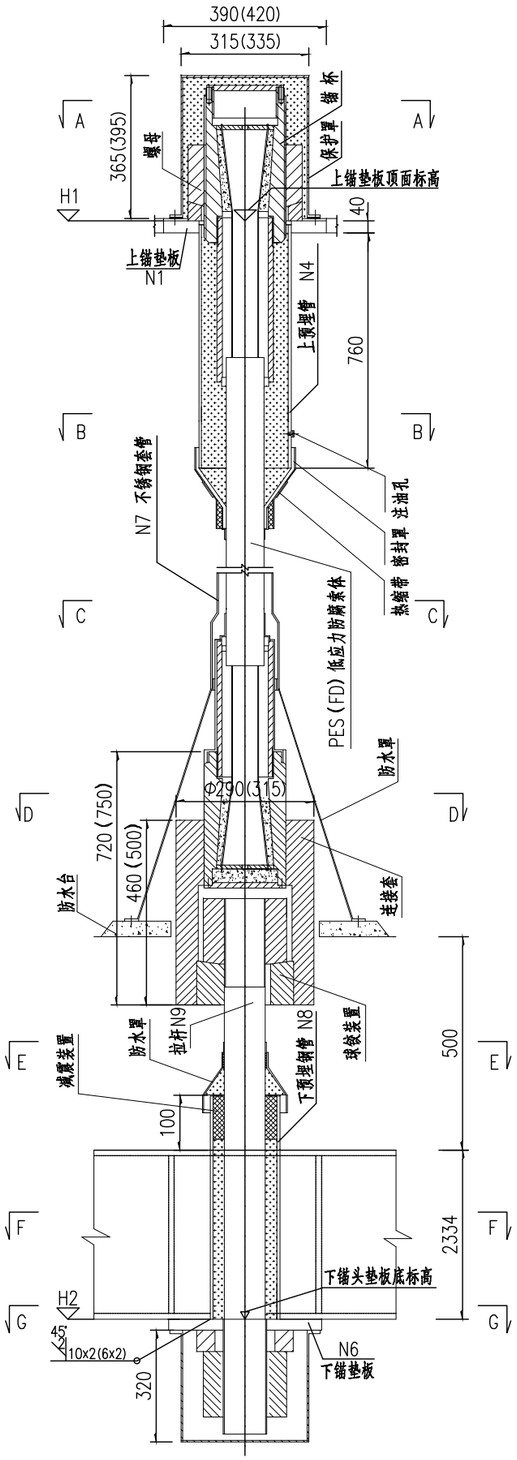
5.提升系统通过焊接在拱顶撑架上的异形钢垫板传力于主拱圈下弦杆，垫板随所换吊杆处拱肋斜度不同应做相应割除以调平，使之与主拱圈贴合。

6.提升横梁时应保持所有千斤顶行程同步，提升平台系统应在装配完毕后按设计索力进行试张拉，确保牢固可靠后方可提升吊梁换索。

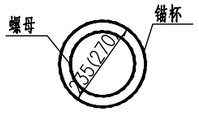
7.本图仅为临时支撑示意图，基于竣工图资料绘制，施工前必须复核原结构的尺寸再进行下料，以现场实测尺寸为准。

北京交科公路勘察设计研究院有限公司 北京公科固桥技术有限公司	G65包茂高速公路彭水至酉阳段 安全韧性提升项目两阶段施工图设计	临时兜吊系统构造图	设计	赵绵明	复核	曾霞	审核	彭志旺	审定	陈	图号	S4-2-2-13

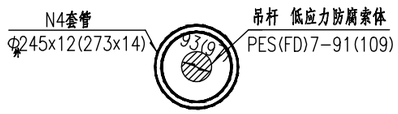
吊杆大样图



A－A



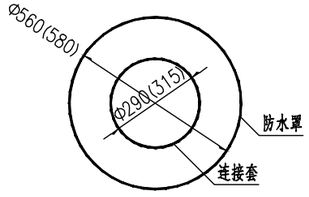
B－B



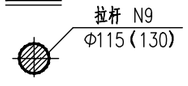
C－C



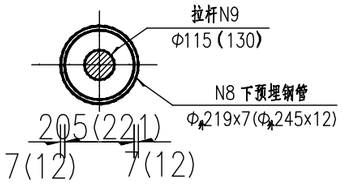
D－D



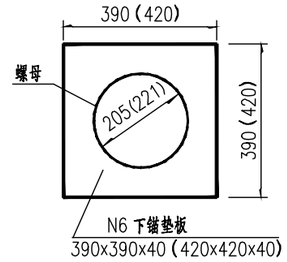
E－E



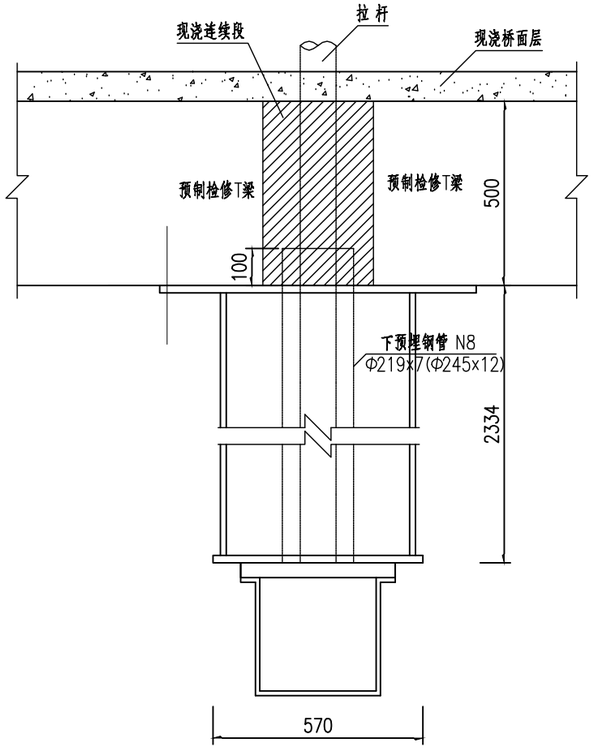
F－F



G－G



A大样图



注：

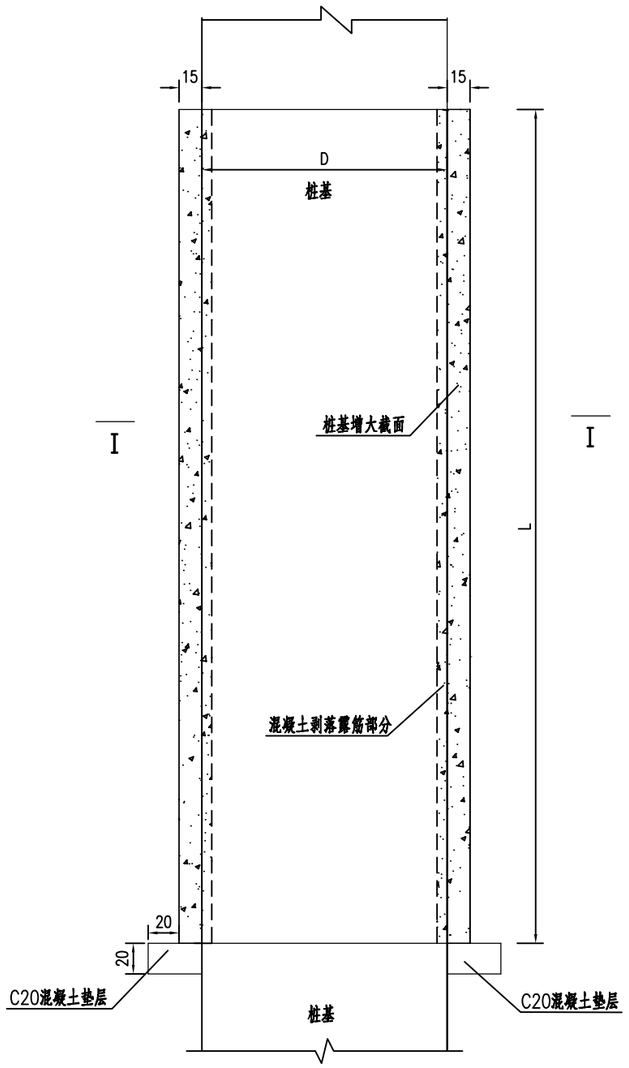
1、本图尺寸均以毫米为单位。

2、本图与《吊杆布置竣工图》配合使用。

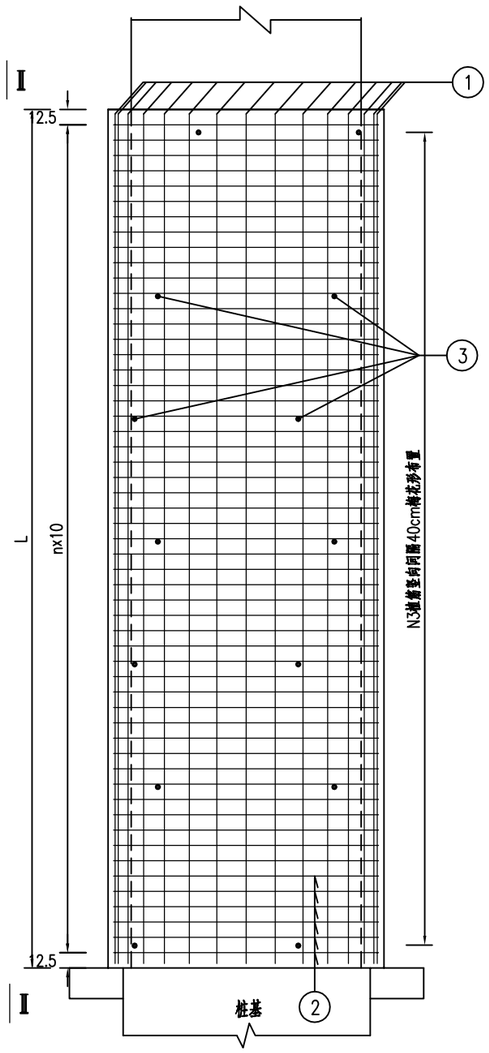
3、本图中括号里面的数据为吊杆采用109丝的，括号外的为采用吊杆91丝的。

北京交科公路勘察设计研究院有限公司 北京公科固桥技术有限公司	G65包茂高速公路彭水至酉阳段 安全韧性提升项目两阶段施工图设计	原吊杆一般构造图	设计	丛绵明	复核	曾春	审核	龙志旺	审定		图号	S4-2-2-16

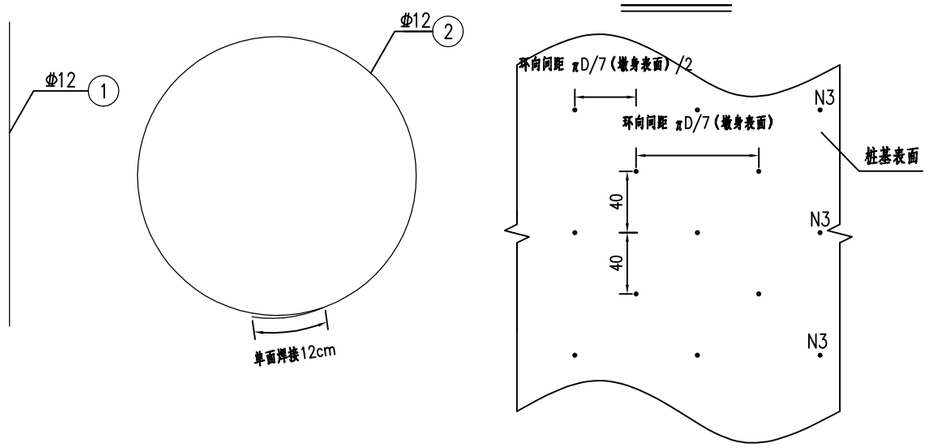
桩基加固立面构造示意图

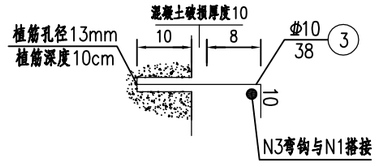


桩基加固钢筋立面布置图

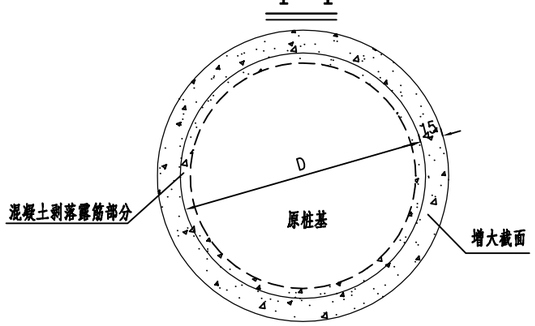


Ⅱ－Ⅱ展开

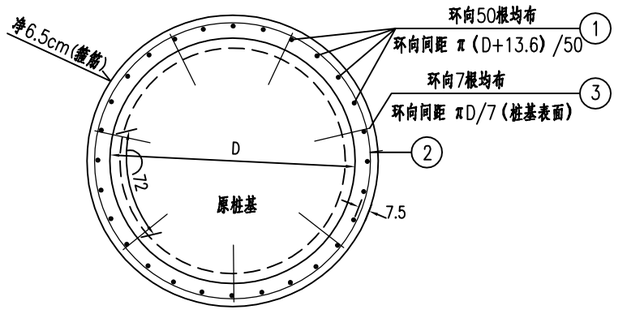




Ⅰ－Ⅰ



桩基加固钢筋平面布置图



注：

1．图中尺寸除钢筋规格以mm计外，其余均以cm为单位。

2．加固施工前先凿除松散破损的混凝土，对锈蚀钢筋进行除锈，如钢筋锈蚀严重，应采用等直径钢筋进行补焊补强，其余部分凿毛，直到露出新鲜混凝土骨料，涂刷钢筋除锈阻锈剂，再植筋，然后涂刷界面胶，提高新旧混凝土界面结合效果。

3．加固混凝土选用自密实混凝土，箍筋外缘混凝土最小保护层厚度为净65mm。

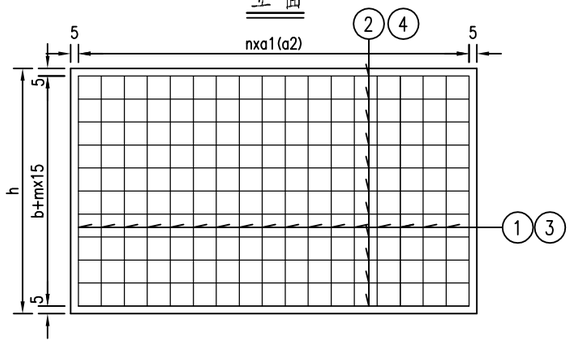
4．加固完成后新增混凝土外表面涂刷海工防腐涂料，具体要求详见图纸说明。

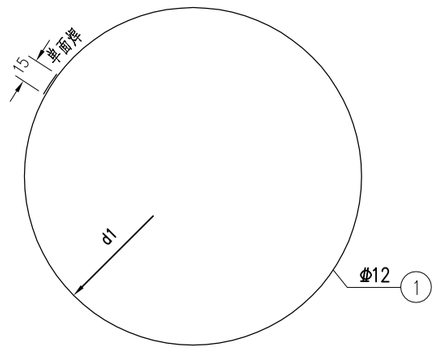
5．本图植筋按植入新鲜混凝土中10cm计量。局部破损混凝土存在3cm～5cm厚度不确定范围，修补加固混凝土可能存在超量，植筋外露长度加长，本图按截面增厚15cm进行统计计量，混凝土超量和植筋外露长度应以实际放样为准。

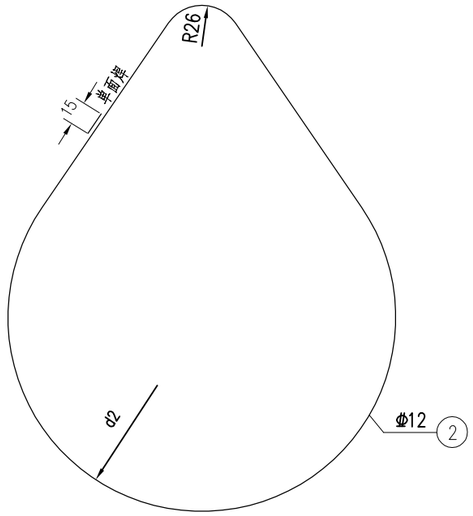
6．墩柱植筋孔径为13mm，孔深10cm，环竖向采取梅花型布置，弯钩搭接在N1钢筋上。植筋时应注意钻孔不得与原桩基内钢筋冲突，钻孔采用梅花型布置。

北京交科公路勘察设计研究院有限公司 北京公科固桥技术有限公司	G65包茂高速公路彭水至酉阳段 安全韧性提升项目两阶段施工图设计	桥梁韧性提升通用图 桩基增大截面钢筋构造图	设计	丛瑞明	复核		审核		审定		图号	TYT-1-1

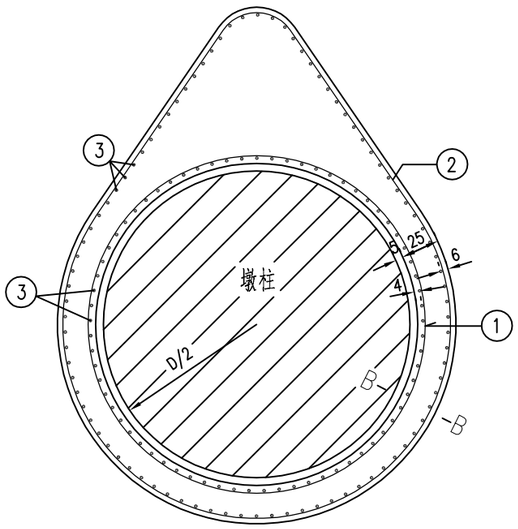
立面



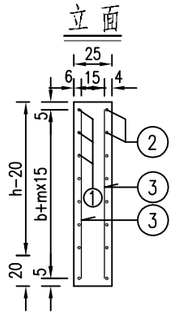


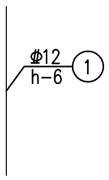


A–A



立面





注:

1、本图尺寸除钢筋直径以毫米计外，其余均以厘米为单位。

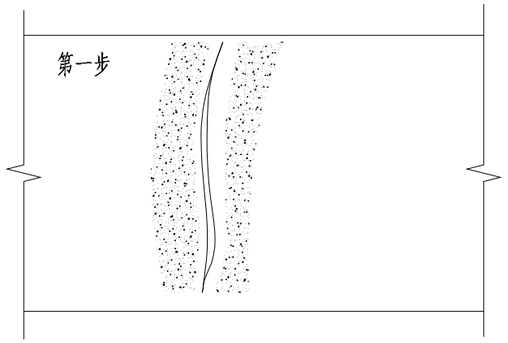
2、桥墩防撞设施为圆筒形，厚25cm，其内侧边缘距离墩身5cm，防撞设施与墩身之间间隙用砂填充。

3、N1和N2钢筋在闭口处采用单面焊接连接，焊缝长度不小于10d，d为钢筋直径。

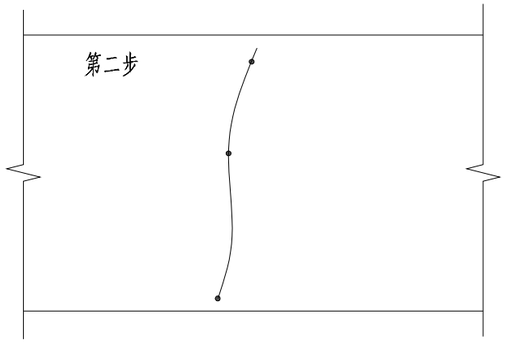
4、参数a1、a2最大值不应大于20cm，具体详见参数表。

北京交科公路勘察设计研究院有限公司 北京公科固桥技术有限公司	G65包茂高速公路彭水至酉阳段 安全韧性提升项目两阶段施工图设计	桥梁韧性提升通用图 墩柱增加防撞钢筋构造图	设计	丛端明	复核		审核		审定		图号	TYT-1-2

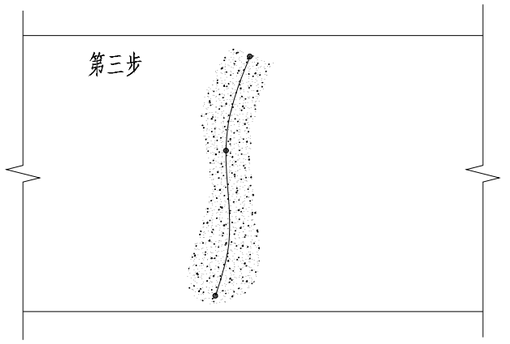
压力注胶法施工工序



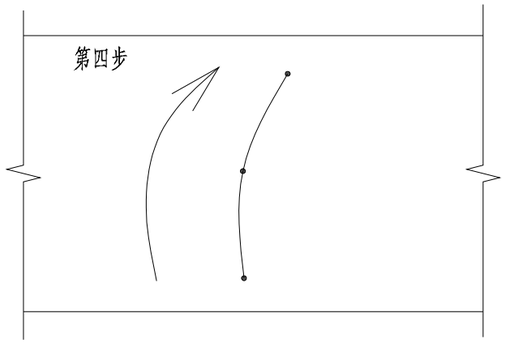
（1）表面处理：清除混凝土表面裂缝两侧粉尘，再用丙酮擦拭干净。



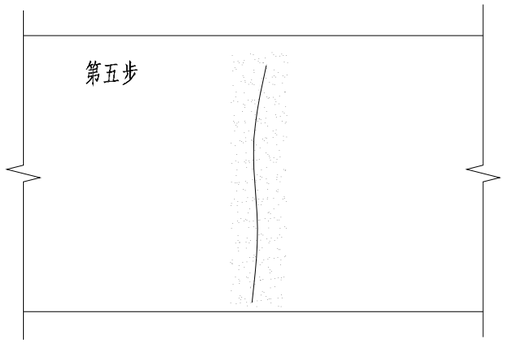
（2）埋设注胶嘴：沿裂缝方向骑缝埋设注胶嘴。



（3）封闭裂缝：用环氧胶泥或环氧树脂胶液贴玻璃丝布直接封缝。

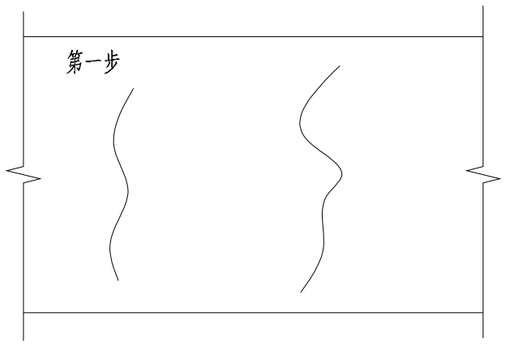


（4）灌注裂缝：配置灌注胶，按从下向上的注胶次序对裂缝进行灌注。

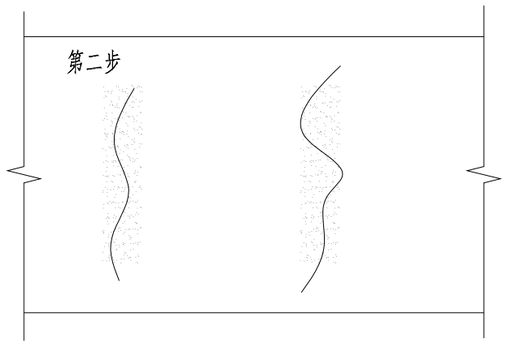


（5）封口处理：拆下灌胶嘴或灌胶盒等设施，再用块固化胶液把灌胶嘴处抹平封口。

表面封闭法施工工序



（1）表面处理：清除砼表面粉尘、油垢，用丙酮或酒精擦拭混凝土表面。



（2）封闭裂缝：待干燥后用排笔反复涂刷裂缝修补胶，涂层厚度达1mm左右。

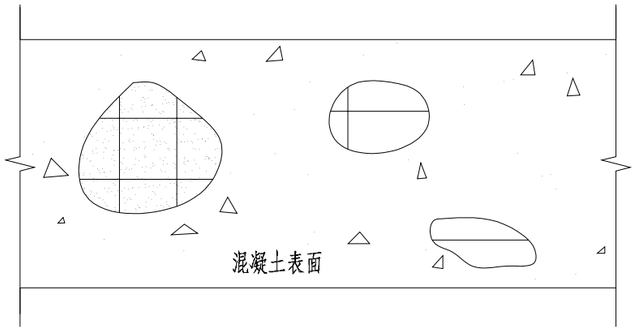
注：

1、对于宽度大于等于0.15mm的裂缝，采用压力注胶法封闭。

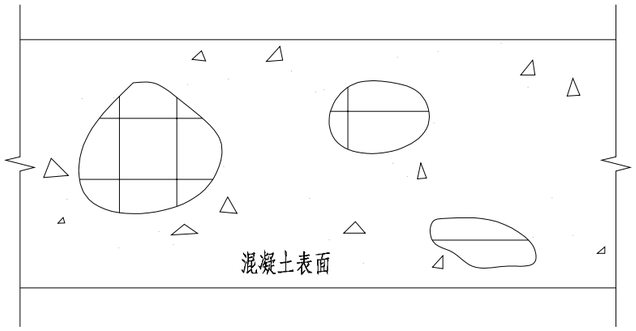
2、对于宽度小于0.15mm的裂缝，采用表面封闭法封闭。

北京交科公路勘察设计研究院有限公司 北京公科固桥技术有限公司	G65包茂高速公路彭水至酉阳段 安全韧性提升项目两阶段施工图设计	桥梁韧性提升通用图 混凝土裂缝修补示意图	设计	丛瑞明	复核		审核		审定		图号	TYT-1-3

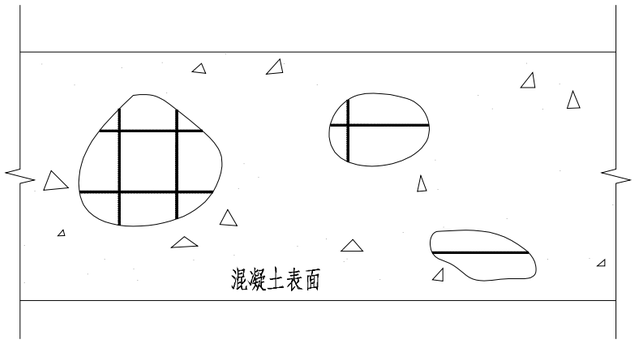
混凝土缺陷修补施工工序



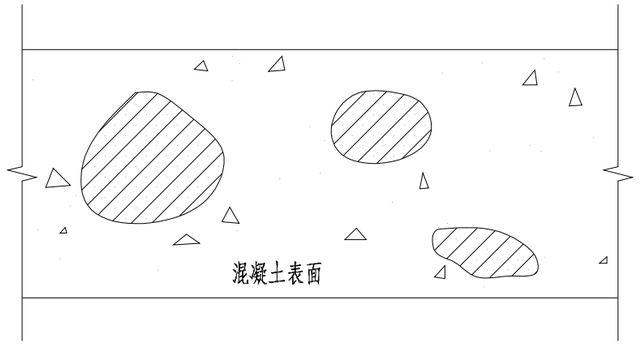
一、病害情况：混凝土破损、鼓胀、蜂窝、麻面、钢筋外露锈蚀等。



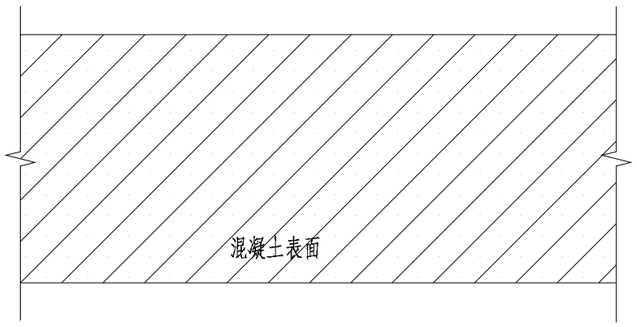
二、表面处理：凿除松散混凝土，用空压机清除表面粉尘，对外露钢筋进行除锈处理。



三、钢筋防锈：在钢筋表面涂刷阻锈剂.



四、混凝土表面修补：采用聚合物水泥砂浆涂抹混凝土表面，遇空洞较大时，可考虑酌情添加细骨料。



五、表面防护：待砂浆达到强度后将表面打磨平整，再涂刷两层环氧树脂胶黏剂。

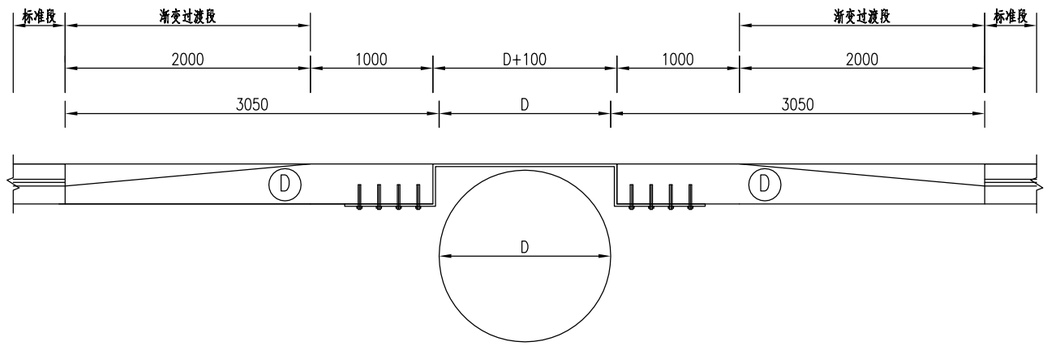
注：

1、本图适用于混凝土结构物表面破损、胀裂、蜂窝麻面以及钢筋外露锈蚀的修补。

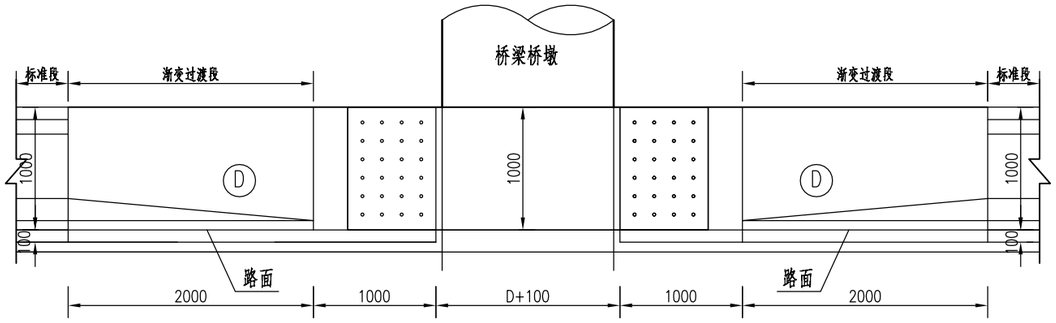
2、混凝土局部破损修补工程以现场实际发生的工程量为准。

北京交科公路勘察设计研究院有限公司 北京公科固桥技术有限公司	G65包茂高速公路彭水至酉阳段 安全韧性提升项目两阶段施工图设计	桥梁韧性提升通用图 混凝土缺陷修补示意图	设计	丛锦明	复核		审核		审定		图号	TYT-1-3

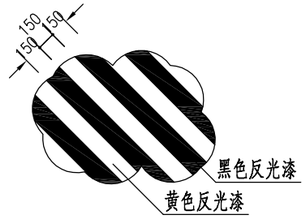
桥梁桥墩防撞护栏平面示意图



桥梁桥墩防撞护栏立面示意图



防撞墙侧面反光漆示意图



钢板及墩柱侧面Ⅳ类反光膜示意图



注：

1．本图尺寸均以毫米计。

2．防撞岛中的防撞墙均为现浇，外侧面应刷黄黑相间的反光漆。

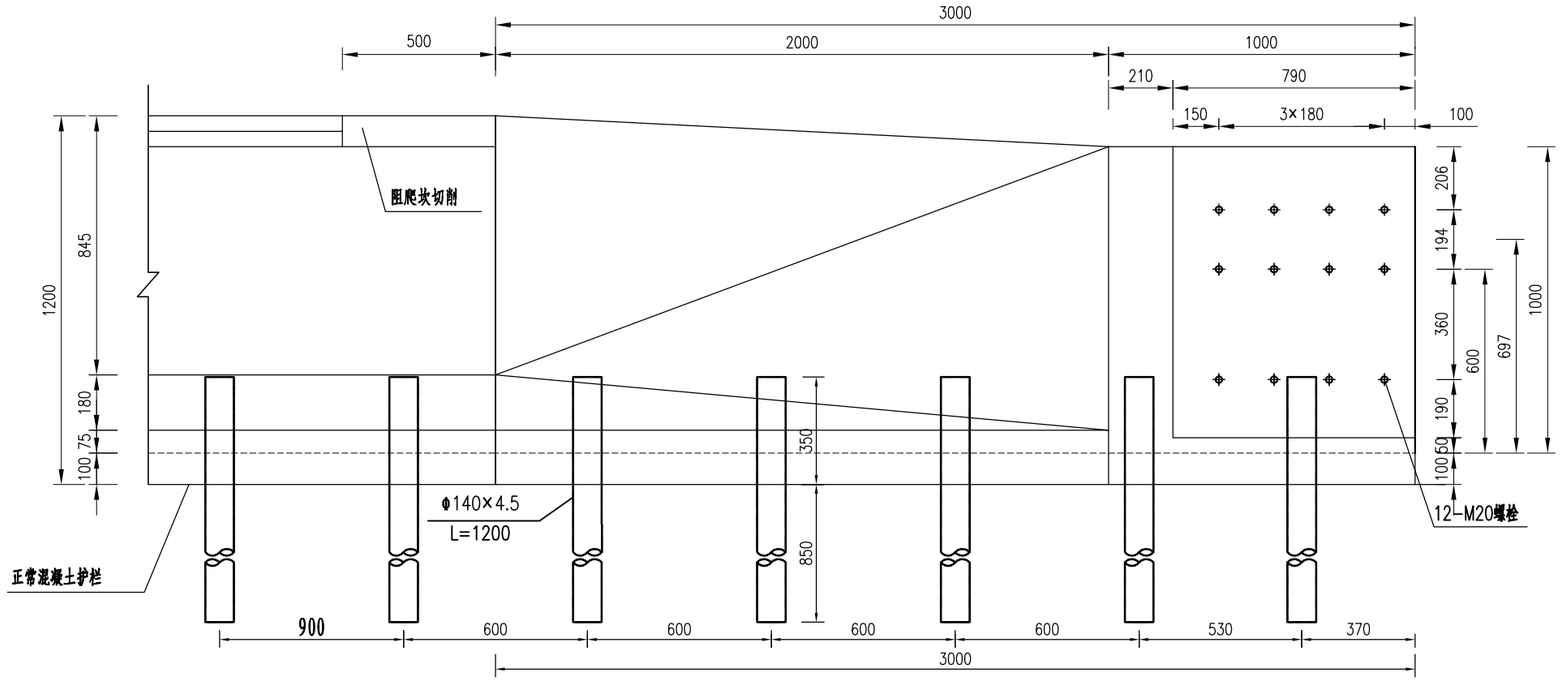
3．防撞岛过渡渐变段混凝土护栏长度为3000mm。

4．混凝土护栏截面形式通过过渡渐变段为由标准路基护栏逐渐过渡为直墙形式，须保证截面平顺过渡，且任何部位不得侵入建筑界限，过渡段外侧面应刷黄黑相间的反光漆。

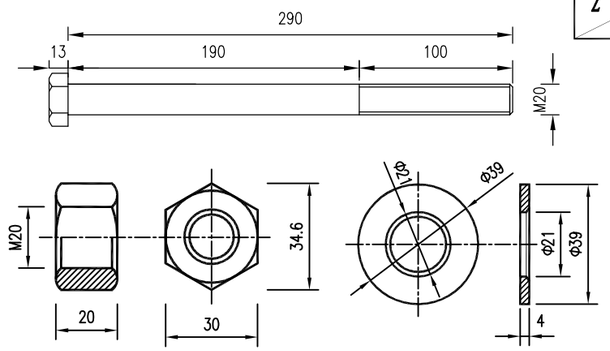
5．钢板外侧面应粘贴Ⅳ类黄黑相间反光膜。

6．另位于护栏顶位置往上至离护栏顶2米高之间的墩柱部分同样需贴Ⅳ类黄黑相间反光膜。

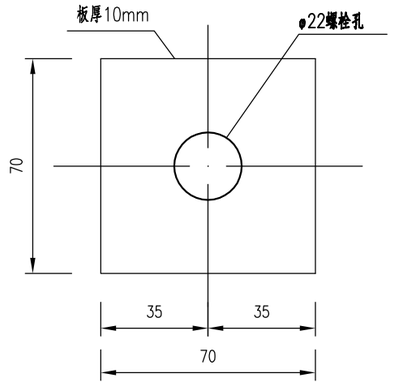
北京交科公路勘察设计研究院有限公司 北京公科固桥技术有限公司	G65包茂高速公路彭水至酉阳段 安全韧性提升项目两阶段施工图设计	桥梁韧性提升通用图 桥下道路侧桥墩防撞护栏设计图	设计	丛翊明	复核	曾赛	审核	彭志旺	审定		图号	TYT-1-4



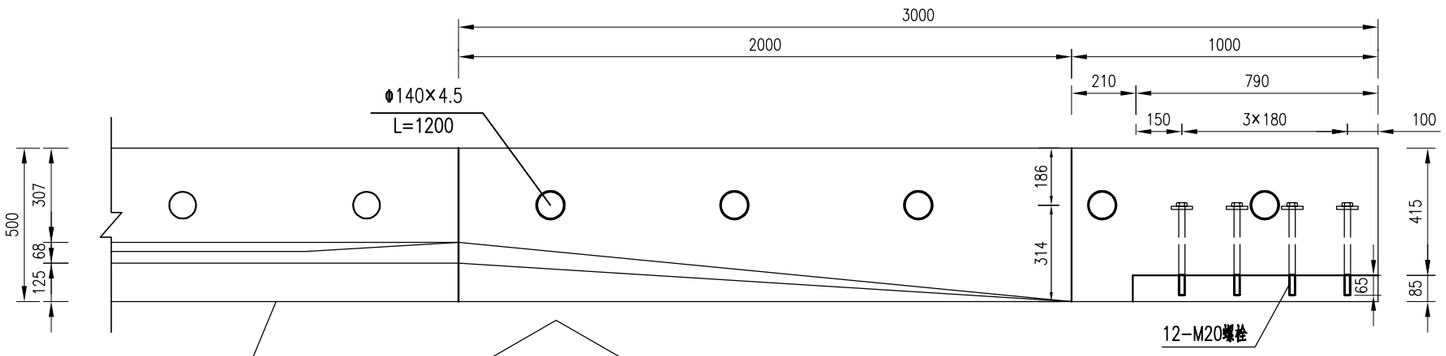
翼墙过渡段立面图



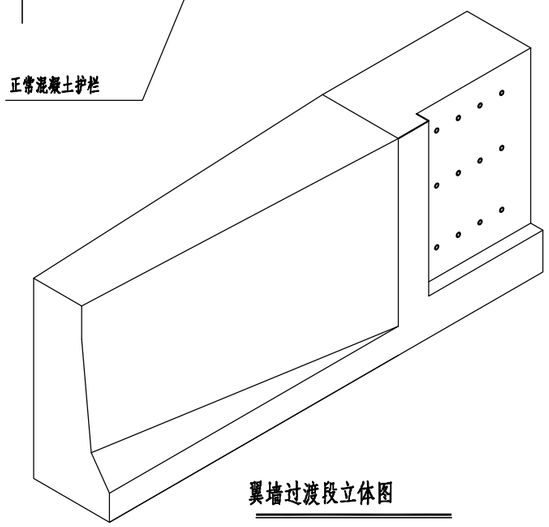
端部锚固螺栓(套)



锚固垫片平面图



翼墙过渡段平面图



翼墙过渡段立体图

单个过渡段钢构件材料数量表

编号	名称	规格(mm)	材料	件数	单件重(kg)	总重(kg)
1	预埋螺栓(套)	M20×290	8.8级	12	0.835	10.02
2	锚固垫片	70×70×10	Q345B	12	0.39	4.68
3	立柱	Φ140×4.5×1200	Q345B	5	18.05	90.25
合计(kg)					104.95	

注：

1.本图尺寸均以mm为单位。

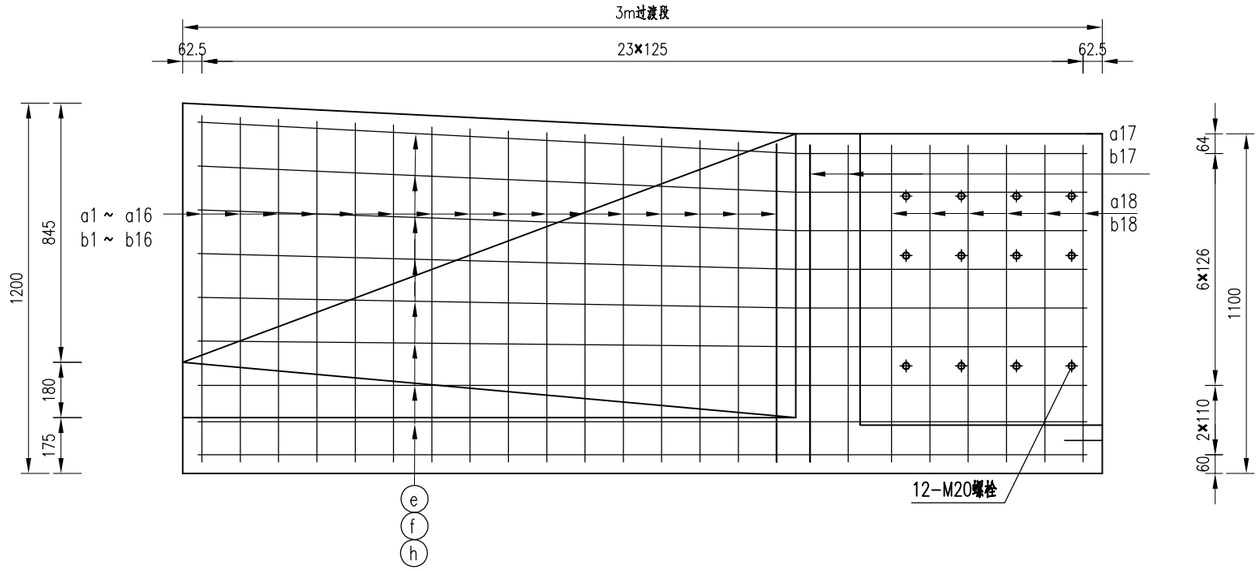
2.本图为与SS级混凝土护栏顺接的翼墙过渡段，其它等级桥梁混凝土护栏可参照实施，

3.M20螺栓可预埋方式或植筋方式锚固在过渡段墙体内，植筋方式M20为全螺纹螺杆，植筋工艺满足相关技术规范要求，正式植筋施工前应在施工现场做试验段进行拉拔试验。

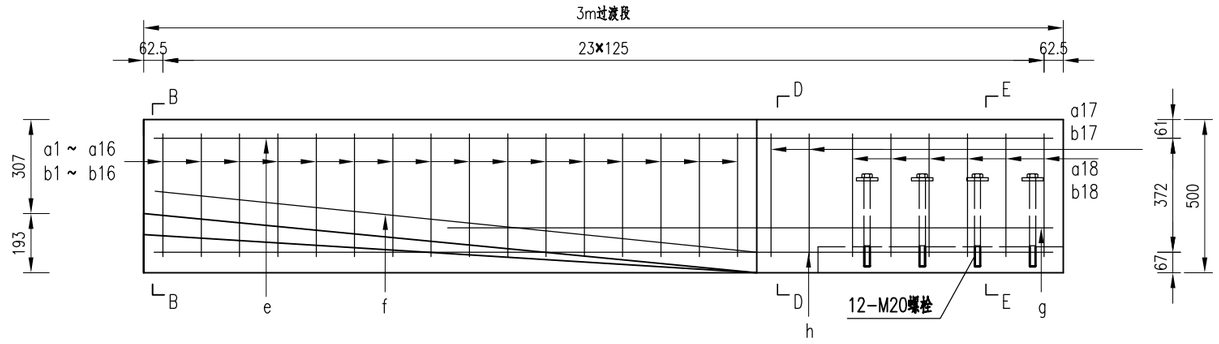
4.所有钢构件均应进行金属防腐处理，处理方式和要求与路基段波形梁护栏的一致。

北京交科公路勘察设计研究院有限公司 北京公科固桥技术有限公司	G65包茂高速公路彭水至酉阳段 安全韧性提升项目两阶段施工图设计	桥梁韧性提升通用图 桥下道路侧桥墩防撞护栏设计图	设计	丛娜明	复核	曾赛	审核	纪志旺	审定		图号	TYT-1-4

过渡段配筋立面图



过渡段配筋平面图



注：

1.本图尺寸均以mm为单位；

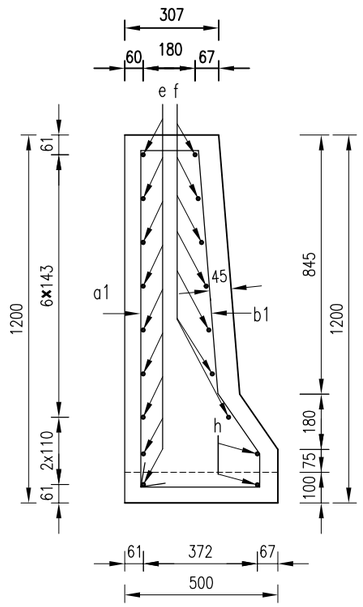
2.本图适用于波形梁护栏与SS级混凝土护栏翼墙过渡段结构配筋设计；

3.混凝土护栏过渡段钢筋与M20螺栓位置冲突时，可适当调节钢筋位置。

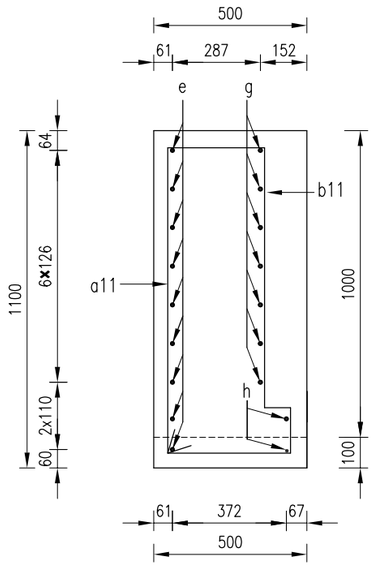
4.护栏迎撞面混凝土的钢筋保护层厚度不得小于45mm。

北京交科公路勘察设计研究院有限公司 北京公科固桥技术有限公司	G65包茂高速公路彭水至酉阳段 安全韧性提升项目两阶段施工图设计	桥梁韧性提升通用图 桥下道路侧桥墩防撞护栏设计图	设计	丛锦明	复核		审核		审定		图号	TYT-1-4

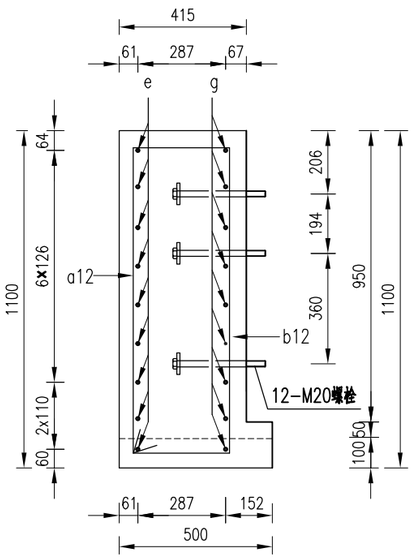
B-B断面图

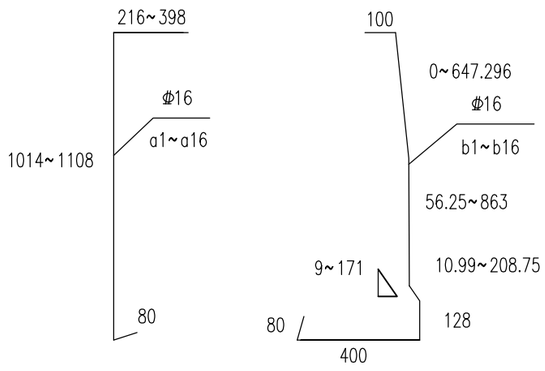


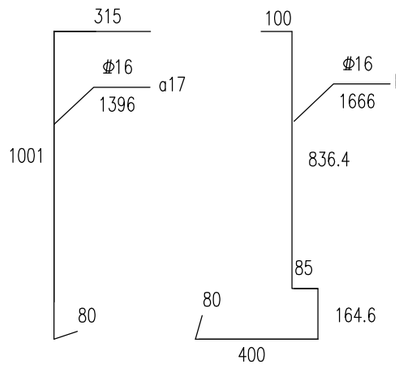
D-D断面图

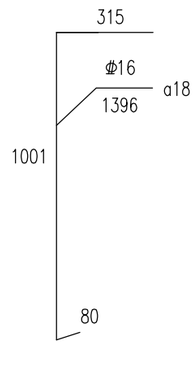


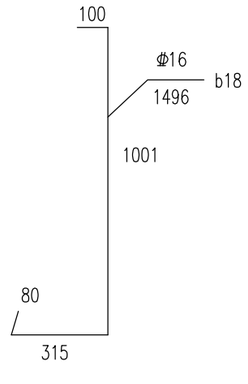
E-E断面图



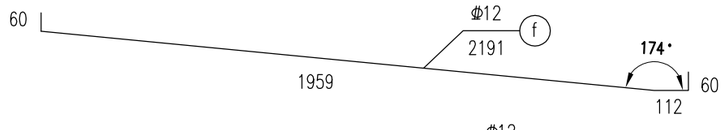
















单个混凝土过渡段结构材料数量表

钢筋编号	直径 (mm)	长度 (mm)	根数 (根)	总长 (m)	钢筋质量 (kg/m)	共重 (kg)	总重 (kg)
1	Φ16	3202	1	3.202	1.58	5.06	172.91
2	Φ16	3194	1	3.194	1.58	5.05	
3	Φ16	3186	1	3.186	1.58	5.03	
4	Φ16	3178	1	3.178	1.58	5.02	
5	Φ16	3171	1	3.171	1.58	5.01	
6	Φ16	3163	1	3.163	1.58	5.00	
7	Φ16	3155	1	3.155	1.58	4.98	
8	Φ16	3147	1	3.147	1.58	4.97	
9	Φ16	3139	1	3.139	1.58	4.96	
10	Φ16	3131	1	3.131	1.58	4.95	
11	Φ16	3123	1	3.123	1.58	4.93	
12	Φ16	3115	1	3.115	1.58	4.92	
13	Φ16	3108	1	3.108	1.58	4.91	
14	Φ16	3100	1	3.100	1.58	4.90	
15	Φ16	3092	1	3.092	1.58	4.89	
16	Φ16	3084	1	3.084	1.58	4.87	
17	Φ16	3062	2	6.124	1.58	9.68	
18	Φ16	2892	6	17.352	1.58	27.42	
e	Φ12	3020	9	27.180	0.888	24.14	
f	Φ12	2191	7	15.337	0.888	13.62	
g	Φ12	2062	8	16.496	0.888	14.65	
h	Φ12	2225	2	4.450	0.888	3.95	
C30混凝土							1.75 m^3

注：

1.本图尺寸均以mm为单位；

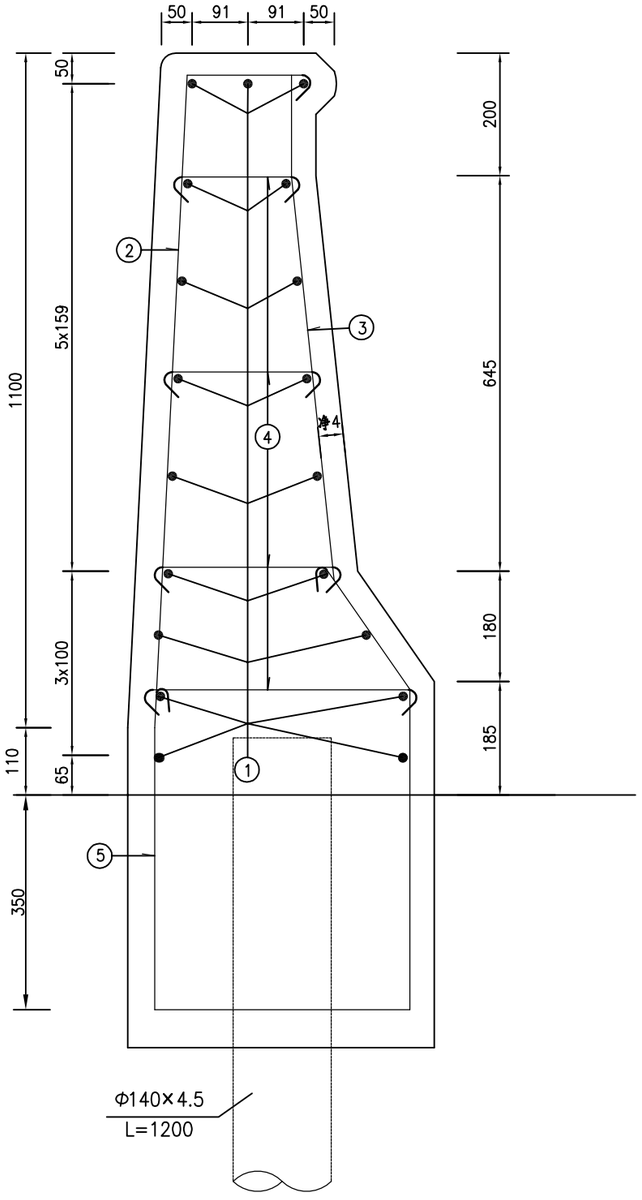
2.材料数量表中1-10号钢筋为整体计算钢筋，如1号钢筋为a1+b1。

3.护栏迎撞面混凝土的钢筋保护层厚度不得小于45mm。

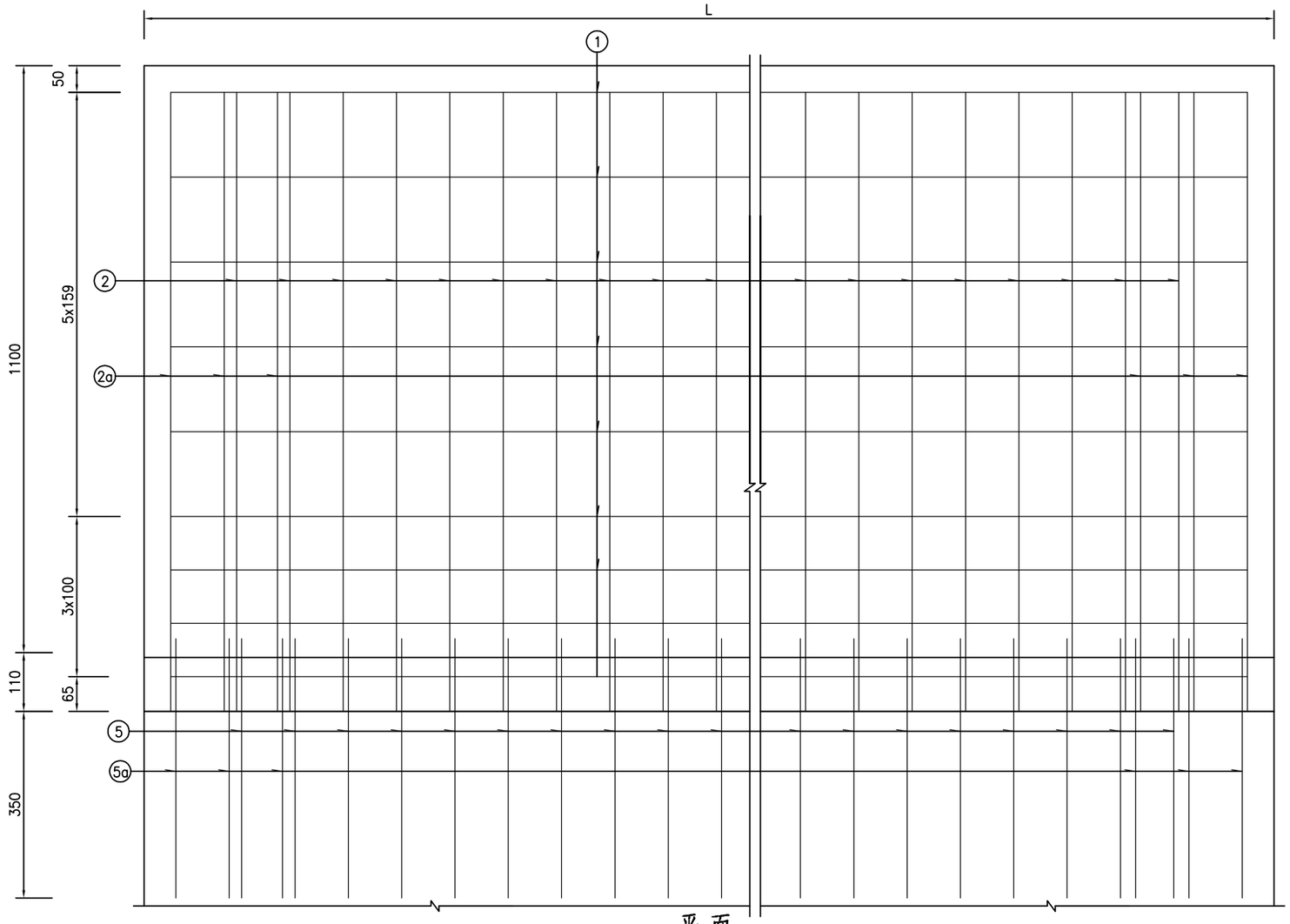
北京交科公路勘察设计研究院有限公司 北京公科固桥技术有限公司	G65包茂高速公路彭水至酉阳段 安全韧性提升项目两阶段施工图设计	桥梁韧性提升通用图 桥下道路侧桥墩防撞护栏设计图	设计	丛锦明	复核		审核		审定		图号	TYT-1-4

SS级加强型墙式护栏钢筋构造

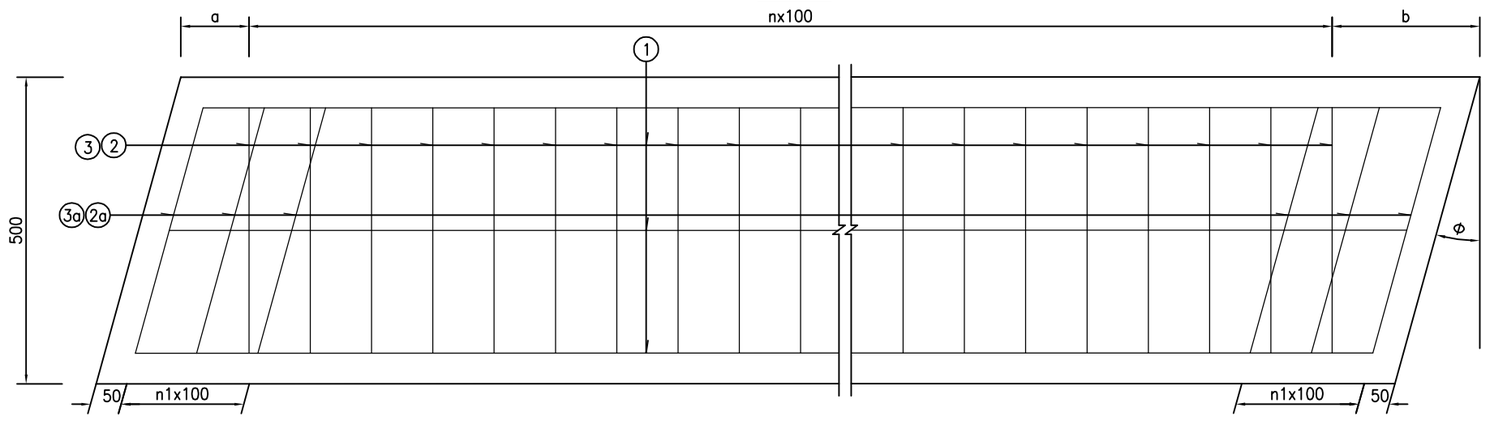
耳墙护栏



立面



平面



注：

1.本图尺寸均以毫米为单位。

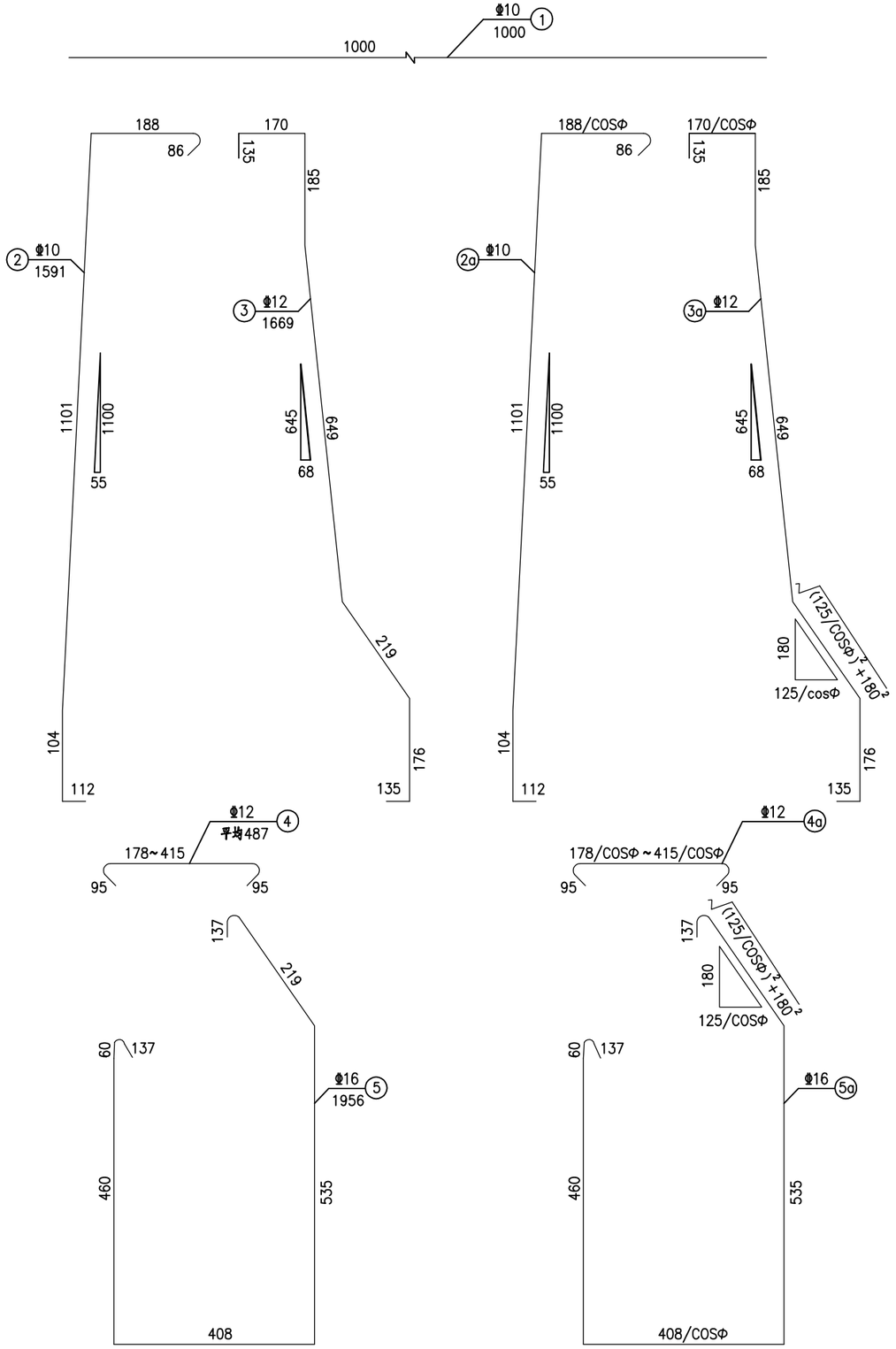
2.对于外部轮廓有圆倒角的位置，本图标注所指示的位置均为圆弧切线的交点。

3.N2~N5钢筋纵桥向间距均为100mm；N5、N5a钢筋须预埋在耳墙内。

4.图中防撞护栏材料数量按延米统计。

5.护栏施工前应详读相关设计图纸，施工时注意预埋相关构件及预留槽口。

北京交科公路勘察设计研究院有限公司 北京公科固桥技术有限公司	G65包茂高速公路彭水至酉阳段 安全韧性提升项目两阶段施工图设计	桥梁韧性提升通用图 桥下道路侧桥墩防撞护栏设计图	设计	丛锦明	复核		审核		审定		图号	TYT-1-4



参数表

斜交角度Φ（°）	n	n1	a（mm）	b（mm）
0	9	0	50	50

每延米护栏材料数量表

斜交角度Φ（°）	编 号	直 径（mm）	单根长（cm）	根 数	共 长（m）	共 重（Kg）	总 重（Kg）	C30混凝土（m^3）
0	1	Φ10	1000	19	19.00	11.7	Φ10: 21.5	0.425
	2	Φ10	1591	10	15.91	9.8		
	3	Φ12	1669	10	16.69	14.8	Φ12: 32.1	
	4	Φ12	平均487	40	19.48	17.3		
	5	Φ16	1956	10	19.56	30.9	Φ16: 30.9	

注：

1.本图尺寸均以毫米为单位。

北京交科公路勘察设计研究院有限公司 北京公科固桥技术有限公司	G65包茂高速公路彭水至酉阳段 安全韧性提升项目两阶段施工图设计	桥梁韧性提升通用图 桥下道路侧桥墩防撞护栏设计图	设计	丛绳明	复核	曾鑫	审核	彭志旺	审定		图号	TYT-1-4