

重庆渝蓉高速公路九顶山隧道病害处治



# 施 工 图 设 计

第一册 共二册

華設設計集團股份有限公司

二〇二二年七月



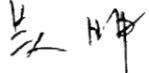
# 重庆渝蓉高速公路九顶山隧道病害处治

# 施 工 图 设 计

第一册 共二册

★第一册 第五篇 隧道

第二册 第十二篇 施工图预算

项目负责人	 曹政	技术负责人	
所长	 张晖	副总裁	
主管副总工程师	 方忠	总 裁	
编制单位	华 设 设 计 集 团 股 份 有 限 公 司		
证书编号	甲级 A132003518		
编制日期	二〇二二年七月		

--未盖文件专用章为非正式文件



## 1 项目概况

受重庆渝蓉高速公路有限公司委托，华设设计集团股份有限公司承担了 2021 年定期检查与经常性检查、设计服务任务。根据招标文件和业主要求，本次隧道病害处治设计结合《云雾山隧道、九顶山隧道、巴岳山隧道 2021 年隧道定期检查评定报告》，针对《重庆渝蓉高速公路云雾山隧道、九顶山隧道、巴岳山隧道项目专项检测报告》中发现的病害进行专项处治设计，本册设计文件为九顶山隧道病害处治设计。

九顶山隧道为双向六车道高速公路隧道，为长隧道，其中左线起讫桩号为 K46+500~K47+913，长 1413m；右线起讫桩号为 YK46+513.5~YK47+911.5，长 1398m，2013 年 12 月隧道建成通车。运行 1 年后，发现右洞路面中间部位出现纵向开裂，由于处于质量缺陷期内，要求原施工单位进行了钻孔注浆加固处理。

## 2 设计依据

(1) 《成渝高速公路复线（重庆境）H 合同段两阶段施工图设计》（重庆市交通规划勘察设计院）2011 年 1 月；

(2) 《成渝高速公路复线（重庆境）H 合同段（K45+476~K56+046）竣工图设计》2013 年 6 月；

(3) 《重庆渝蓉高速公路有限公司 2021 年-2025 年定期检查与经常性检查、设计服务项目二标段 2021 年隧道定期检查评定报告》（华设设计集团股份有限公司工程质量检测中心）2021 年 11 月；

(4) 《重庆渝蓉高速公路有限公司 2021 年-2025 年定期检查与经常性检查、设计服务项目二标段 2022 年隧道定期检查评定报告》（华设设计集团股份有限公司工程质量检测中心）2022 年 5 月；

(5) 《重庆渝蓉高速公路云雾山隧道、九顶山隧道、巴岳山隧道项目专项检测报告》（重庆华盛检测技术有限公司）2022 年 4 月；

(6) 《重庆渝蓉高速公路九顶山隧道病害处治施工图设计专家审查意见》（2022 年 4 月 21 日）；

(7) 《重庆高速公路集团有限公司关于 2022 年渝蓉公司九顶山隧道病害处治工程施工图

设计审查会的纪要》（2022 年 5 月 23 日）；

(8) 《渝蓉高速九顶山隧道病害处治施工图设计审查会专家意见》（2022 年 6 月 23 日）；

(9) 与业主签订的合同；

(10) 其他相关规范或标准。

## 3 整治原则与标准

本次处治主要以检测结果及显现出来的病害为处治依据，只对处治段落负责。经与建设单位多次实地调查、反复论证，充分考虑交通压力、经济制约及气候变化等因素，本次病害整治仅处治对隧道结构安全、行车安全已构成严重威胁的病害，主要为路面开裂、错台及衬砌裂缝、渗漏水等。对于轻微病害和未明显显现的病害暂不作处治，建议加强检查及监测，并根据病害发展情况，有针对性的采取养护措施，另行择机处治。

### 3.1 整治原则

隧道病害处治设计应遵循“因地制宜、技术可行、经济合理、高效安全、动态设计”的原则，着重在以下几个方面：

(1) 隧道整治应遵循检测、设计、施工的程序进行，恢复隧道结构安全性、耐久性及使用功能，满足正常运营要求；

(2) 对于目前显现出来的严重病害或严重缺陷的问题进行彻底处治，对于目前尚处于轻微病害或轻微缺陷的问题根据现场实际情况进行加固处治；

(3) 隧道应在有安全保障的前提下进行结构加固，保证施工的安全性；

(4) 隧道整治应结合病害程度、地质条件、加固方案等，考虑施工风险，制定应急预案，并配备相应的安全、救援等设施；

(5) 隧道整治应遵循动态设计与信息化施工的原则，制定监测方案，通过监测反馈信息，优化设计或调整施工方案；

(6) 由于质量缺陷检测手段和评判技术的局限性，缺陷整治施工过程中应进一步核实缺陷范围，评价其安全性，据此对整治措施进行调整、验证；整治后应对段内结构变形情况、运营状态、防水效果进行一年的监测，无异常后，方可结束整治工作。

### 3.2 设计标准

维持原设计标准不变。

## 4 设计评审主要意见及执行情况

### 4.1 对重庆渝蓉高速公路九顶山隧道病害处治施工图设计专家审查意见（2022年4月21日）的执行情况

意见一：建议结合检测报告，进一步核实路面纵向开裂段落及仰拱处治范围。建议路面纵向开裂处治范围根据现场开挖情况可适当向两端延伸，以确保处治效果。

执行情况：按意见进一步核实隧道路面纵向开裂段落及仰拱处治范围。具体处治段落长度可根据实际开挖情况向两端进行适当的延伸，以确保处治效果。

意见二：建议结合路面变形程度、仰拱结构、仰拱填充的施工质量，细化仰拱拆换和仰拱加固两种处治方案的适用段落。

执行情况：按意见进一步细化仰拱拆换和仰拱加固两种处治方案的适用段落。

意见三：隧道衬砌结构裂缝处治，建议对宽度 0.2mm 及以上的裂缝全部处理，以增强结构耐久性，并补充网状裂缝处治措施。

执行情况：按意见对宽度 0.2mm 及以上的裂缝全部处理，同时补充网状裂缝处置措施，采用表面处治方案进行凿除修补。

意见四：拆换仰拱处治推荐采用封闭单洞隧道整幅一体施工的方案。建议可结合现场监控量测数据，采取跳槽开挖施工的方案，加快施工进度，缩短工期，减少断道的影响。

执行情况：按意见执行，采用封闭单洞隧道整幅施工方案。结合现场监控量测数据，为加快施工进度，缩短工期，可采取跳槽开挖施工方案，每次拆除和开挖的长度不得大于 3 米，跳槽间距不应小于 15m。

意见五：建议优化统一混凝土等级，减小种类，以利于施工。

执行情况：按意见执行，隧道二次衬砌仰拱混凝土等级为 C35，仰拱底部换填混凝土为 C15 素混凝土。

### 4.2 对 2022 年渝蓉公司九顶山隧道病害处治工程施工图设计审查会专家审查意见（2022 年 5 月 23 日）的执行情况

意见一：建议在设计文件中补充病害发展情况、历史维修记录、病害分布图等内容。

执行情况：按意见执行，补充病害发展情况、历史维修记录、病害分布图等。

意见二：采取“动态设计、动态施工”的设计原则，针对仰拱回填材料质量病害及仰拱病害分类采取对应的处治措施，并优化处治设计方案。

执行情况：按意见执行，进一步优化处治设计方案。

意见三：建议考虑病害连续处治范围，不宜采用零星多短段落处治方式。

执行情况：按意见执行，对于病害连续的段落尽可能集中进行处治，避免多段落零星处治。

意见四：建议补充完善弃渣场设计、质量验收标准要求和施工安全措施等内容。

执行情况：按意见执行，鉴于项目隧道为运营期间的病害处治，与新建隧道有较大不同，经与建设单位沟通，拟采用云雾山隧道 K17+750 处现状弃渣场进行弃渣，具体施工单位应与建设单位做好相关沟通工作；同时，在文件中补充质量验收要求、施工安全措施等内容。

意见五：建议在设计文件中明确施工处治周期，便于后续工程管理。

执行情况：按意见补充施工计划横道图，明确施工处治周期。

意见六：建议补充整治段落后期监测点的布置和观测要求。

执行情况：按意见补充处治段落后期监测点的布置和观测要求。

### 4.3 对渝蓉高速九顶山隧道病害处治施工图设计审查会专家意见（2022 年 6 月 23 日）的执行情况

意见一：根据施工揭露情况，确定施工处治方案及范围。

执行情况：按意见执行，根据动态设计原则，施工时根据开挖揭露情况，动态调整施工处治方案及处治范围。

意见二：进一步优化仰拱病害处治方案。

执行情况：按意见执行，进一步优化仰拱病害处治方案。

意见三：将仰拱加固处治段落调整为仰拱拆换处治方案。

执行情况：按意见执行，将 K47+231.5~K47+241.5 段处治方案调整为仰拱拆换处治方案。

### 5 设计执行或参考的规范、规程

- (1) 《公路隧道设计规范 第一册 土建工程》(JTG 3370.1-2018)；
- (2) 《公路隧道设计细则》(JTG/T D70-2010)；
- (3) 《公路隧道施工技术规范》(JTG/T 3660-2020)；
- (4) 《公路隧道养护技术规范》(JTG H12-2015)；
- (5) 《公路隧道加固技术规范》(JTG/T 5540-2018)；
- (6) 《公路养护安全作业规程》(JTG H30-2015)；
- (7) 《公路养护工程质量检验评定标准 第一册 土建工程》(JTG 5220-2020)；
- (8) 《公路工程质量检验评定标准 第一册 土建工程》(JTG F80/1-2017)；
- (9) 《公路工程混凝土结构耐久性设计规范》(JTG/T 3310-2019)；
- (10) 《公路水泥混凝土路面设计规范》(JTG D40-2011)；
- (11) 《公路沥青路面设计规范》(JTG D50-2017)；
- (12) 《建筑设计防火规范》(GB 50016-2014)；
- (13) 《公路交通安全设施设计规范》(JTG D81-2017)；
- (14) 《混凝土结构后锚固技术规程》(JGJ 145-2013)；
- (15) 《混凝土结构工程用锚固胶》(GB/T 37127-2018)；
- (16) 《混凝土结构加固设计规范》(GB50367-2013)；
- (17) 《混凝土结构设计规范》(GB 50010-2010) (2015 版)；
- (18) 《岩土锚杆与喷射混凝土支护工程技术规范》(GB 50086-2015)；
- (19) 《重庆市混凝土结构加固施工及验收规程》(DBJ 50-049-2006)；
- (20) 《地下工程防水技术规范》(GB 50108-2008)；
- (21) 《地下防水工程质量验收规范》(GB 50208-2011)；
- (22) 《地下工程渗漏治理技术规程》(JGJ/T 212-2010)；
- (23) 《公路隧道维修加固实例集》(JTG/T 5440-2018)；
- (24) 《混凝土中钢筋检测技术标准》(JGJ/T 152-2019)。

### 6 隧道原设计概况

#### 6.1 主要技术标准

- (1) 公路等级：双向六车道高速公路；
- (2) 隧道设计速度：120km/h；
- (3) 隧道建筑限界：

① 隧道主洞建筑限界净宽为 15.25m (1.0+0.75+3×3.75+1.25+1.0)，净高为 5.0m；

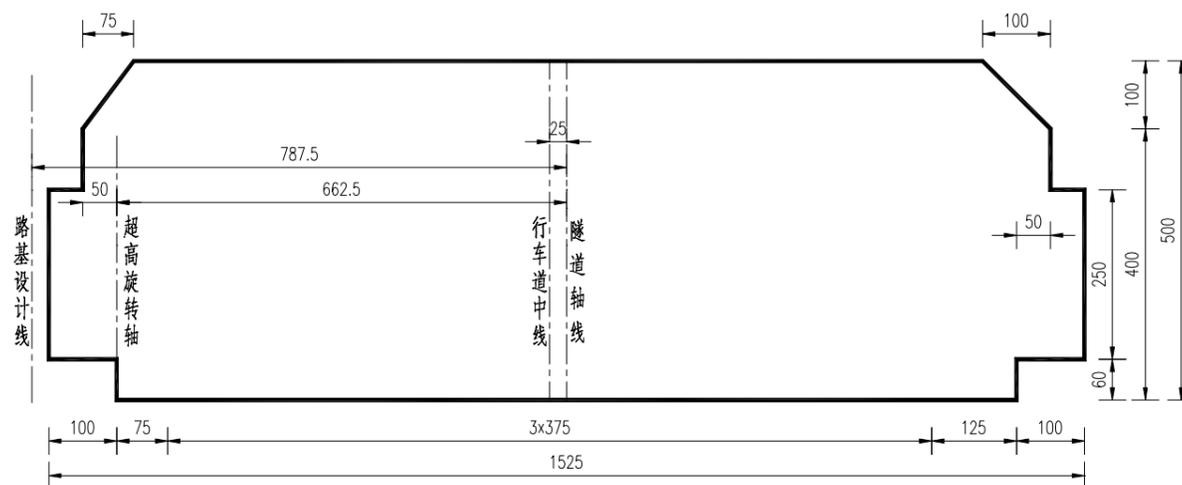


图 6-1 隧道主洞建筑限界图 (注：单位为 cm，下同)

② 隧道紧急停车带建筑限界净宽为 17.50m(1.0+0.75+3×3.75+3.5+1.0)，净高为 5.0m；

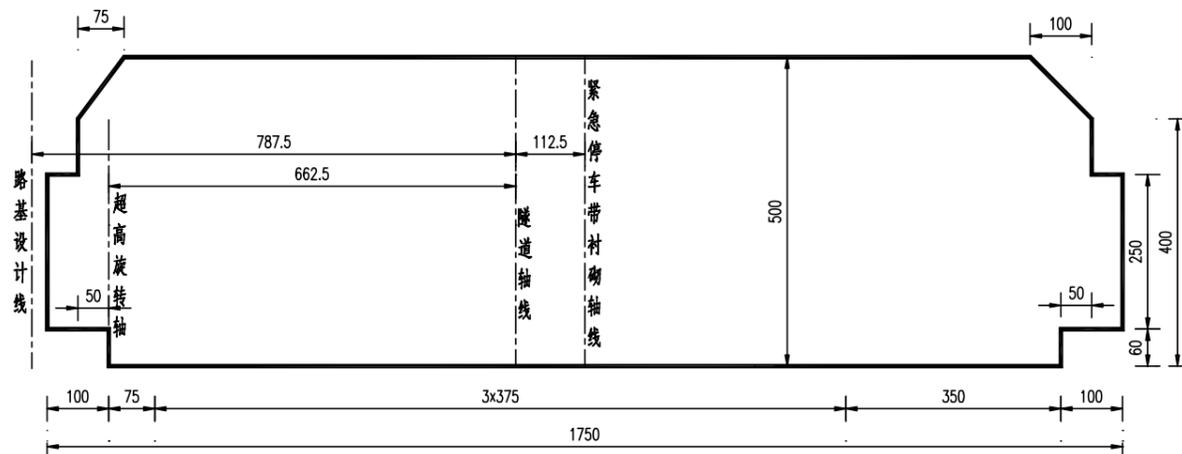


图 6-2 隧道紧急停车带建筑限界图

- (4) 隧道路面横坡：单向坡 2% (直线段)，超高不大于：±2%。
- (5) 隧道内最大纵坡：±3%，最小纵坡：±0.3%。

编制：曹政

复核：陈浩

审核：周恒

审定：方忠强

图表号：S-0

(6) 设计荷载：公路-I 级。

(7) 隧道防水等级：二级；二次混凝土抗渗等级不小于 P8。

## 6.2 隧道工程地质

### 1、地理位置、地形地貌

九顶山隧道进洞口位于重庆市大足县石马镇刘家湾，距洞口西侧 200m 处有一条村级水泥公路，该公路与钢梁到龙水二级公路相连，路口距洞口约 3km，交通条件一般。出洞口位于重庆市大足县登云镇雷家湾，洞口附近有一条乡村机耕道通过，该机耕道与钢梁到龙水二级公路相连，路口距洞口约 5km，交通条件一般。

隧址区属构造剥蚀丘陵地貌区，隧道穿越九顶山，山脊走向  $25^\circ$ ，沿走向地形高低起伏较大，形成一连串塔状和馒头状山包；隧道走向  $264^\circ-270^\circ$ ，与九顶山山脊走向交角  $60^\circ$ 。隧址区内地形最高标高点位于 K47+100 山脊线上，标高 494.8m，最低标高点位于隧道进洞口西侧 K46+450 处，标高 360m，隧道穿过地带相对高差 134m，隧道最大埋深 116.8m。隧址区大部分基岩裸露，植被较茂盛。

### 2、气象、水文

隧址区属亚热带温湿气候区，湿度大，冬冷夏热，降雨丰富，夏季多暴雨，据当地气象局资料：年平均气温： $18.24^\circ\text{C}$ ，月平均气温：最高  $36^\circ\text{C}$ 、最低  $5.4^\circ\text{C}$ ，极端最高温度  $41.7^\circ\text{C}$ 、极端最低温度  $-3.5^\circ\text{C}$ ，一年中最热为 7、8、9 三个月，最冷为 1 月；年平均相对湿度 79.9%，月平均相对湿度最大 92%、最小 64.3%；年平均降水量 1094.88mm，降水多集中在 5-9 月，占全年总降水量的 64.6%，月最大降水量 321.3mm、最小降水量 2.4mm，2005 年 6 月 25 日大足日最大降水量 184.5mm；年平均风速 1.11m/s。

### 3、地质构造

隧址区区域构造为新华夏系构造西川沉降带中部龙女寺旋卷构造，该构造是一外旋顺时针，内旋反时针的旋转构造，区内有兴隆场、荷包场和黄家场三个短轴低背斜，其余广大地区为倾角  $0.5-50^\circ$  的平缓宽展的安岳-大足向斜。隧址区位于安岳-大足向斜近轴部，主要由保罗系上统泥岩夹少量薄层砂岩组成，岩层倾向  $350-25^\circ$ ，倾角  $2-5^\circ$ ，产状较稳定，未见次级翻曲和断层，构造简单。

隧址区中风化岩体较完整，裂隙不发育。

### 4、地层岩性

据地质调绘及钻孔揭露，隧址区分布地层主要为第四系残坡积层及保罗系上统遂宁组，岩性由新至老分述如下：

#### (1) 残坡积层 ( $Q_4^{cl+dl}$ )

以粉质粘土为主，夹少量角砾、碎石、块石，呈红褐色、灰褐色，大部分地段厚度较小，厚 0~2m，零星分布在缓坡地带。隧道出口处沟谷内厚度较大，厚 1~3m。

#### (2) 侏罗系上统遂宁组 ( $J_3^{su}$ )

由泥岩夹少量薄层砂岩组成，泥岩呈紫红色、棕红色，泥质结构，中厚层状构造，主要由粘土矿物组成，含砂质及钙质团块夹砂质条带，强风化岩体较破碎，钻探揭露厚度 2.38~3.15m；中风化岩体较完整，层间结合较好~一般，钻探揭露最大厚度 84m（未揭穿）。隧道全部位于该层之内。

### 5、不良地质现象

隧址区斜坡植被较发育，无滑坡、崩塌、泥石流、采空区、岩溶等不良地质现象。

### 6、地震

隧址区属川东弱震区，据历史记载，在该地区及附近地区未发生 VI 度以上（含 VI 度）破坏性地震发生。根据国家地震局《中国地震烈度区划图（1990）》及《中国地震动参数区划图》（GB18306-2001）附件《中国地震动峰值加速度区划图》（1:40 万），隧址区地震基本烈度为 VI 度，设计基本地震加速度值为 0.05g，设计特征周期 0.35s。

### 7、隧道洞身工程地质评价

#### (1) 围岩稳定性评价

隧道围岩以 IV 级为主，IV 级围岩占 63.6~74.8%，其余为 V 级围岩，围岩岩体较完整。

##### 1) IV 级围岩稳定性

组成 IV 级围岩的地层岩性主要为洞身段保罗系上统遂宁组地层泥岩，属软岩，岩体完整~较完整，层间结合较好~一般，拱部及侧壁无支护时可产生较大的坍塌，由于岩层呈水平状，顶部岩层易坍塌，采用设置超前支护(超前锚杆)和格栅钢架防塌方，短开挖，快支护，局部岩体完整性较差地段加强超前支护（采用超前小导管）。

##### 2) V 级围岩稳定性

组成 V 级围岩的地层岩性主要为洞口段保罗系上统遂宁组地层泥岩，岩质软弱，以极软岩为主，风化裂隙较发育，强风化带较厚，层间结合一般。洞口浅埋段洞顶易坍塌，侧壁经常小

坍塌，浅埋时易出现地表下沉（陷）或坍至地表，采用加强超前支护（洞口第一环为大管棚，其余段为自进式超前锚杆管棚+超前小导管）和工字钢架防塌方，短开挖、快支护、勤量测、早封闭。

(2) 偏压问题评价

隧道大体垂直岩层走向布设，穿越一山脊，岩层产状平缓，不存在顺层偏压现象。

(3) 地应力及地温

据区域资料，本区的地应力不高，水平主应力对围岩洞壁的稳定性影响不大，隧址区属于自重应力为主的应力场，对围岩洞顶的稳定不利，隧道在施工中可能产生局部洞顶掉块、剥离、洞壁片帮现象。施工中应及时支护，并加强监测预防。

隧址区出露地层为保罗系上统遂宁组沉积岩，在隧道区及邻近无岩浆侵入体及形成的岩浆岩类，无活断层存在，隧道最大埋深约 125m，按地热增温率计算，地温在现有基础上仅升高约 1~2°，施工中加强通风，不会造成热害。

6.3 隧道平面及纵断面设计

表 6-1 隧道平、纵面指标一览表

隧道名称	桩号	隧道长度 (m)	平面线型	纵坡坡度(%) / 坡长(m)
九顶山隧道	K46+500~K47+913	1413	R-3900m, Ls-400m 与 R-3018.8m, Ls-350m	+2.65/1413
	YK46+513.5~YK47+911.5	1398	R-3900m, Ls-300m 与 R-2979.42m, Ls-350m	+2.65/1398

6.4 隧道建筑限界与内轮廓设计

1、隧道主洞

隧道主洞建筑限界宽 15.25m，高 5.0m，隧道衬砌内轮廓拟定为三心圆曲墙结构，隧道内轮廓拱顶净高 8.20m，净宽 16.24m，内净空面积 108.35m<sup>2</sup>，同时还考虑了通风照明、消防、交通工程等营运管理设施所需空间。

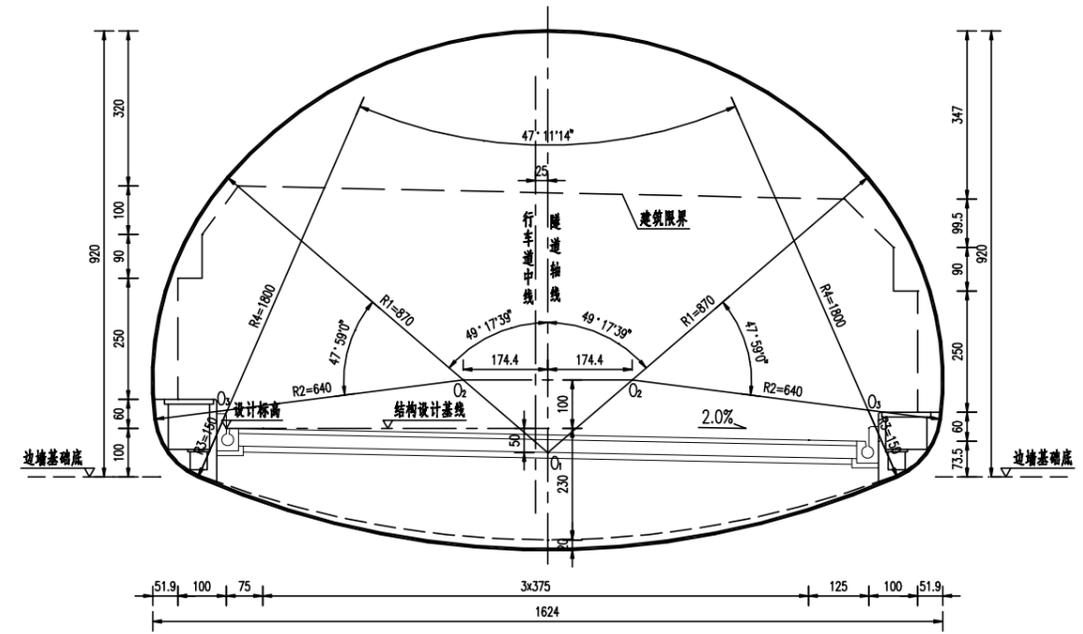


图 6-3 隧道主洞内轮廓设计图

2、隧道紧急停车带段

隧道紧急停车带衬砌内轮廓拟定：结合停车带加宽宽度、主洞衬砌内轮廓形式确定，拟定为与主洞相似的三心圆曲边墙结构，拱部大圆半径 R1=1018.4m，边墙小圆半径也 R2=6.4m。紧急停车带内轮廓净宽 18.49m，净高 8.716m，内净空面积 130.83m<sup>2</sup>。

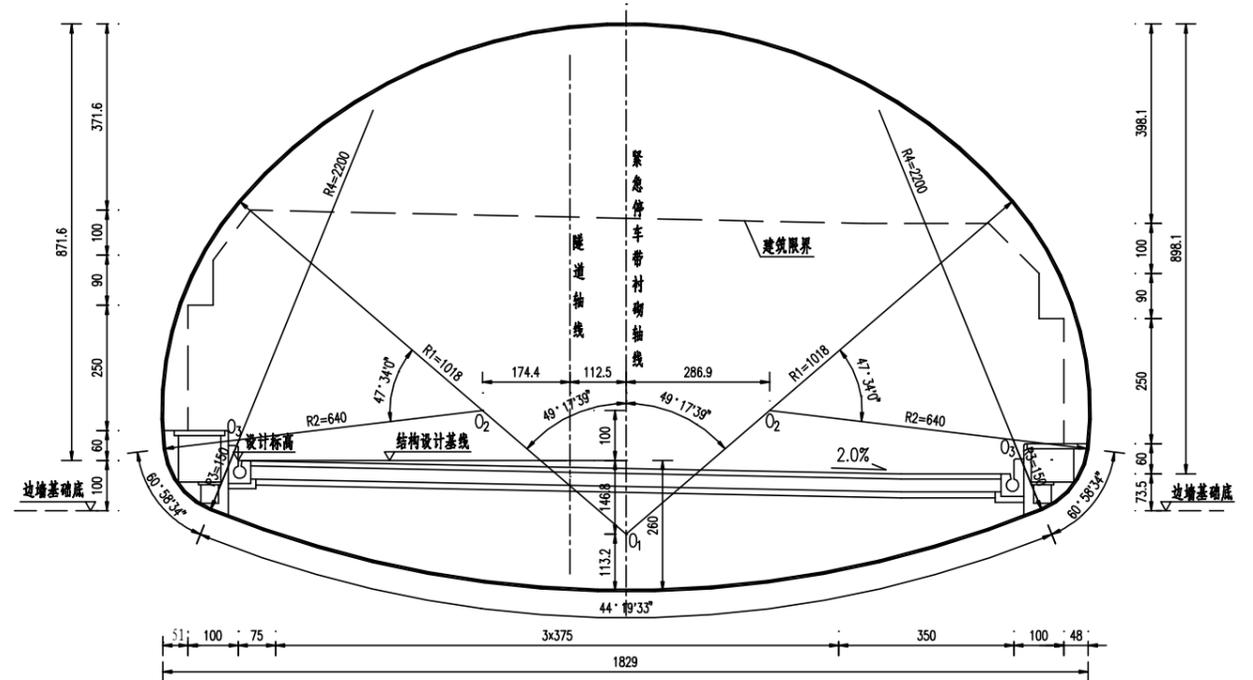


图 6-4 隧道紧急停车带内轮廓设计图

## 6.5 隧道洞身结构设计

九顶山隧道洞身均为 IV、V 级围岩，按新奥法原理进行设计，采用复合式衬砌，初期支护以喷、锚、网为主，二次衬砌为模筑钢筋混凝土。支护参数根据结构分析与工程类比相结合确定（见表 5.2），IV、V 级围岩衬砌设置仰拱，同时围岩较差地段的衬砌向围岩较好地段延伸 10 米。

表 6-2 隧道各级围岩支护参数表

项目	V 级围岩	V 级围岩	IV 级围岩	IV 级围岩紧急停车带	IV 级围岩车行横洞交叉口加强衬砌	
衬砌类型	S5a	S5	S4	ST4	SJ4	
初期支护	C25 早强喷砼	26cm	26cm	20cm	26cm	24cm
	Φ6.5 钢筋网	@20×20cm	@15×15cm, 双层	@20×20cm	@20×20cm	@20×20cm
	系统锚杆	Φ25 中空注浆锚杆, @70×100cm, L=4.0m	Φ25 中空注浆锚杆, @50×100cm, L=4.5m	Φ22 砂浆锚杆, @80×100cm, L=3.5m	Φ25 中空注浆锚杆, @70×100cm, L=4.0m	Φ22 砂浆锚杆, @80×100cm, L=4m
预留变形量	15cm	13cm	10cm	12cm	10cm	
二次衬砌	70cmC30 防水钢筋砼	60cmC30 防水钢筋砼	50cmC30 防水钢筋砼	60cmC30 防水钢筋砼	50cmC30 防水钢筋砼	
仰拱	70cmC30 防水钢筋砼	60cmC30 防水钢筋砼	50cmC30 防水钢筋砼	60cmC30 防水钢筋砼	50cmC30 防水钢筋砼	
辅助施工措施	洞口第一环为超前大管棚, 其余段超前小导管	超前小导管	围岩完整段超前锚杆, 围岩破碎段超前小导管	超前小导管	超前锚杆	
初期支护加劲措施	20b 工字钢 @50cm (含仰拱)	20a 工字钢 @70cm	钢格栅拱 @80cm	20b 工字钢 @70cm (含仰拱)	18 工字钢 @80cm	

## 6.5 隧道防排水设计

### 1、隧道洞身防排水

隧道洞身防水是在二次衬砌与初期支护之间铺设 PAS-D 分区自粘防水卷材及无纺布，二次衬砌施工缝设膨胀止水条，沉降缝设 E 型止水带。明洞段防水是在明洞衬砌背后满铺两层无纺布夹一层 PAS-D 分区自粘防水卷材进行防水，明洞外露部分拱墙背满做一层甲种防水层，再满涂一层 SRW 防水涂膜(银灰色，厚 2mm)。

### 2、隧道衬砌排水

(1) 衬砌背后环向设置 3Φ50 单壁打孔波纹管（环向盲沟）；

(2) 在衬砌两边墙脚外侧纵向设置 Φ116/100HDPE 双壁打孔波纹管（纵向盲沟）；

(3) 在两侧检修道下设置纵向排水边沟。

(4) 在两侧路缘带设置开口路缘边沟。

隧道排水设施的联系：衬砌背后地下水通过环向盲沟汇集至纵向排水盲沟，通过横向连接管排入纵向排水边沟，排出洞外。洞内清洗水通过纵向路缘边沟排出洞外，路缘边沟按间距 50m 设置沉沙池。

为增强二次衬砌的自防水功能，在二次衬砌拱墙中掺加 GNA 膨胀防水剂，掺量为混凝土用量的 5~8%。

## 6.6 隧道路面结构设计

洞内路面采用复合路面，面层为 4cm 厚改性沥青玛蹄脂碎石+乳化沥青粘层+6cm 厚中粒式沥青混凝土（AC-20-I）+防水粘结层，其下为 26cm 厚水泥混凝土面板，水泥混凝土抗弯拉强度不小于 5.0MPa，基层为 15cmC20 混凝土，无仰拱地段基层下设 26~44cm 厚 C20 混凝土整平层，基层和整平层设计弯拉强度不小于 1.8MPa。

## 6.7 隧道管沟设计

隧道检修道高度为 60cm，行车方向左右侧检修道宽度均为 75cm，其中内侧强电缆沟为 85×93cm（宽×深），外侧弱电缆沟（或通讯沟）为 85×66.5cm（宽×深）。

## 6.7 隧道内装饰设计

本路段隧道装饰采用边墙涂浅色防火涂料，拱部涂深色防火涂料。隧道检修道以上全隧喷涂专用防火涂料，涂料要求耐火极限 2h，采用 HC 升温曲线试验时，距混凝土表面 25mm 处的钢筋温度<300℃，或混凝土表面温度<380℃。但涂料总厚度不宜小于 10mm，此外，刷涂后隧道边墙面 2m 高范围内反射率应≥0.7，以利于照明。

车行横通道和人行横通道均不装饰。

编制：曹政

复核：陈浩

审核：周恒

审定：方忠强

图表号：S-0

## 7 隧道专项检测病害情况

根据 2021 年 11 月《重庆渝蓉高速公路有限公司 2021 年-2025 年定期检查与经常性检查、设计服务项目二标段 2021 年隧道定期检查评定报告》检测情况，发现九顶山隧道主要病害为路面纵向开裂、检修道及电缆沟侧壁倾斜破损，于是委托重庆华盛检测技术有限公司对九顶山隧道进行专项检测，检测结果如下。

### 7.1 路面裂缝

隧道左洞检查共发现路面纵向裂缝 11 条，共长 230m，最大裂缝宽度 2.6cm；隧道右洞检查共发现路面纵向裂缝 11 条，共长 194m，最大裂缝宽度 2.5cm。



图 7-1 K47+024~K47+016 路面纵向裂缝



图 7-2 K47+014~K46+930 路面纵向裂缝

### 7.2 仰拱填充质量

隧道左洞 ZK47+625~ZK47+025 段仰拱填充质量检测（采用电磁法），共计 2 条测线，通过雷达检测共发现 14 处缺陷，其中空洞 9 处，不密实 5 处。其中 ZK47+562~ZK47+397 段病害较为集中。ZK47+840~ZK47+630、ZK47+030~ZK46+500 仰拱填充质量检测：共发现 8 处缺陷，空洞 1 处，不密实 7 处。ZK46+722~ZK46+712、ZK46+830~ZK46+815、ZK47+010~ZK46+929 病害较为集中。

隧道右洞 K46+560~K47+060 段仰拱填充质量检查（采用电磁法），共计 2 条测线，通过雷达检测共发现 9 处缺陷，其中空洞 7 处，不密实 2 处。其中 K46+590~K46+742 段、K46+960~K47+047 段病害较为集中。K46+520~K46+550、K47+080~K47+750 仰拱填充质量检测：共发现 7 处缺陷，均为不密实。K46+530~K46+550、K47+080~K47+200、K47+480~K47+750

病害较为集中。

### 7.3 路面隧底钻芯

对九顶山隧道左、右洞路面隧底钻芯取样各 22 处发现，隧底仰拱填充均差，仰拱质量差，仰拱破碎且粗糙。取芯均暂未发现钢筋；围岩均为泥质灰岩，完整性较好，节理较发育，遇水强度低。

部分典型钻芯情况如下图，全部钻孔数据情况详见专项检测报告。

钻孔日期	2022-3-17	里程桩号	ZK47+223	工程名称	九顶山隧道左洞
相对桩号	柱状图	进尺深度	芯样简述		
ZK0+00		4m	0-0.1m 之间为沥青混凝土层，表面粗糙；0.1-1.0m 之间为水泥混凝土层，完整性较好；1.0m-1.8m 之间建筑垃圾材料填充；1.8m-3.0m 为泥炭土层，质量较好；3.0m-4.0m 之间岩石完整性较差，结构较破碎。		

图 7-3 ZK47+223 断面芯样简述



图 7-4 ZK47+223 断面芯样图

钻孔日期	2021/11/9	里程桩号	K46+960	工程名称	九顶山隧道右洞
钻孔编号	柱状图	进尺深度	芯样简述		
3-1		7m	0-0.1m 之间为沥青混凝土层，表面粗糙；0.1-0.9m 之间为水泥混凝土层，表面粗糙完整性较好；0.9m-2.5m 之间碎石土；2.5m-3.0m 之间水泥混凝土层，完整性较好；3.0m-4.1m 间岩体极破碎，4.1m-7.0m 间岩体完整性较差，局部夹土严重，层理较发育。		

图 7-5 K46+960 断面芯样简述



图 7-6 K46+960 断面芯样图

7.4 路面线形

本次专项检测采用精密水准仪对隧道路面纵向和横向（横坡）线形进行测量，线位如下图所示。

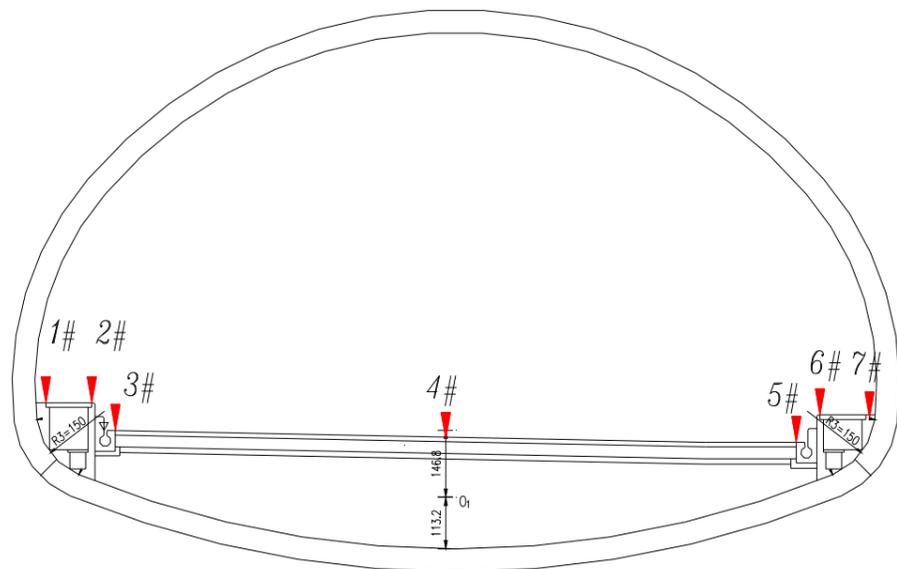


图 7-7 路面线形测线布置图

隧道左洞路面线形检测，检测发现 ZK47+580~ZK47+130 段线性坡度正常，ZK47+080~ZK47+020 段 7 条测线线性沉降。

隧道右洞路面线形检测，检测发现 K46+560~K46+990 段线性坡度正常，K46+990~K47+030、K47+030~K47+060 区间的 7 条测线线形起拱。

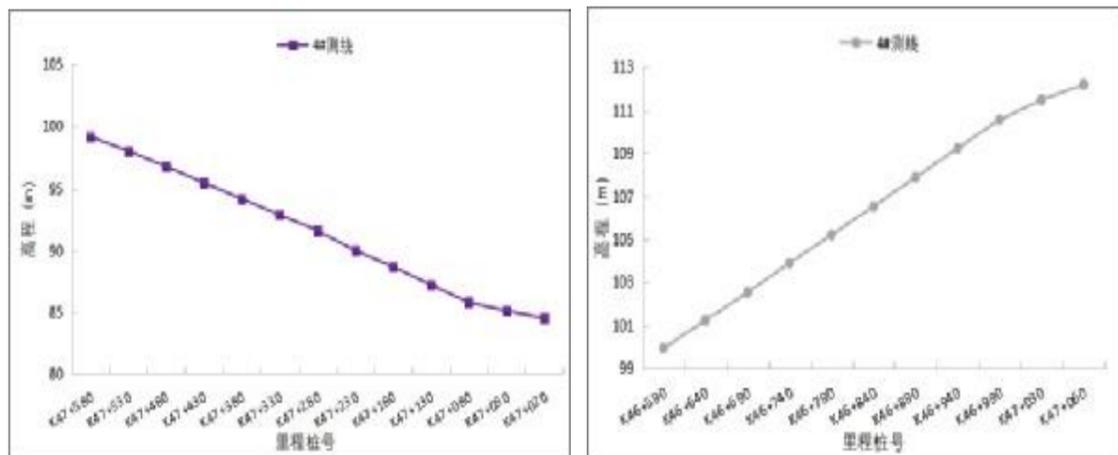


图 7-8 路面线形检测曲线

8 2022 年隧道定期检查评定报告

针对九顶山隧道各类型病害情况，华设计集团股份有限公司工程质量检测中心于 2022 年 5 月，对九顶山隧道病害位置及情况进行了详细的定期检查，具体情况如下。

1、隧道左洞

①路面纵向裂缝均位于第二车道，共 10 条，累计 265m，最长单条裂缝长 58m，裂缝宽度 2~26mm；

②检修道及电缆沟侧壁倾斜破损左右侧共 71 处，倾斜变形最大高差 7cm，单处开裂破损最长 28m。

③衬砌裂缝共有 115 条，总长 394.08m，网状裂缝 1 处，面积 0.26m<sup>2</sup>。形态上有纵向裂缝总长 188.79m、环向裂缝总长 145.53m、斜向裂缝总长 60.02m 及网状裂缝（总 0.26m<sup>2</sup>），当前裂缝形态类型以纵向裂缝和环向裂缝为主，局部伴有渗漏水情况。

2、隧道右洞

①路面纵向裂缝均位于第二车道，共 9 条，累计 185m，最长单条裂缝长 102m，裂缝宽度 2~25mm；

②检修道及电缆沟侧壁倾斜破损左右侧共 69 处，倾斜变形最大高差 10cm，单处开裂破损最长 18m；

③衬砌裂缝共有 156 条，总长 374.93m，其中网状裂缝 10 处，面积 1.71m<sup>2</sup>。形态上有纵向裂缝总长 220.34m、斜向裂缝总长 52.16m、环向裂缝总长 98.44m、半圆裂缝总长 3.99m 及网状裂缝（总 5.33m<sup>2</sup>），当前裂缝形态类型以纵向裂缝和环向裂缝为主，局部伴有渗漏水情况。



图 8-2 检修道及电缆沟倾斜、破损病害



图 8-1 路面纵向裂缝、错台病害



图 8-3 隧道衬砌裂缝病害



编制：曹政

复核：陈浩

审核：周恒

审定：方忠强

图表号：S-0

### 9 拟处治段落原设计情况

本次隧道病害处治段原设计围岩等级及衬砌型式见下表。

表 9-1 隧道病害处治段原设计围岩等级和衬砌型式统计表

序号	桩号范围	长度 (m)	衬砌类型	围岩级别	岩性
1	ZK46+680~ZK46+729	49	S4	IV级	侏罗系上统遂宁组 (J <sub>3</sub> <sup>sn</sup> )，岩性主要为泥岩，泥岩属极软岩。
2	ZK46+729~ZK46+738	9	S5a		
3	ZK46+766~ZK46+786	20	S5a	V级	
4	ZK46+903~ZK46+906	3	S5a	IV级	
5	ZK46+906~ZK46+916	10	S4		
6	ZK47+213~ZK47+222.5	9.5	SJ4	IV级	
7	ZK47+222.5~ZK47+231	8.5	ST4		
8	ZK47+267~ZK47+301	34	S4	IV级	
9	ZK47+328~ZK47+340	12			
10	ZK47+358~ZK47+379	21			
11	ZK47+397~ZK47+569	172			
12	ZK47+626~ZK47+641	15			
13	K46+590~K46+638	48			S5a
14	K46+638~K46+742	104	S4	IV级	
15	K46+793.5~K46+803.5	10			
16	K46+833.5~K46+845.5	12			
17	K46+935.5~K47+037.5	102			
18	K47+037.5~K47+047	9.5			
19	K47+231.5~K47+241.5	10			
20	K47+380.5~K47+385.5	5			
21	K47+455.5~K47+467.5	12			
22	K47+543.5~K47+566.5	23			
23	K47+678.5~K47+687.5	10			S5a

隧道病害处治段各衬砌型式主要支护参数见下表。

表 9-2 隧道病害处治段各衬砌型式主要支护参数表

项目	V级围岩	IV级围岩	IV级围岩 紧急停车带	IV级围岩车行横洞 交叉口加强衬砌
衬砌类型	S5a	S4	ST4	SJ4

初期支护	C25 早强喷砼	26cm	20cm	26cm	24cm
	Φ6.5 钢筋网	@15×15cm, 双层	@20×20cm	@20×20cm	@20×20cm
	Φ25 中空注浆锚杆	@50×100cm, L=4.5m	/	@70×100cm, L=4.0m	/
	Φ22 砂浆锚杆	/	@80×100cm, L=3.5m	/	@80×100cm, L=4.0m
预留变形量	15cm	10cm	12cm	10cm	
二次衬砌	70cmC30 防水钢筋砼	50cmC30 防水钢筋砼	60cmC30 防水钢筋砼	50cmC30 防水钢筋砼	
仰拱	70cmC30 防水钢筋砼	50cmC30 防水钢筋砼	60cmC30 防水钢筋砼	50cmC30 防水钢筋砼	
辅助施工措施	洞口第一环为超前大管棚, 其余段超前小导管	围岩完整段超前锚杆, 围岩破碎段超前小导管	超前小导管	超前锚杆	
初期支护加劲措施	20b 工字钢@50cm (含仰拱)	钢格栅拱@80cm	20b 工字钢@70cm (含仰拱)	18 工字钢@80cm	

### 10 隧道主要病害原因分析

根据九顶山隧道多次检测结果统计得知，九顶山隧道病害情况主要为：

- ①路面纵向裂缝较多，裂缝连续较长，开裂宽度较大，存在错台现象；
- ②检修道及电缆沟侧壁变形破损严重，全隧道普遍存在，且现场未见配筋；
- ③路面线形局部发生沉降、起拱；
- ④路面钻心表明隧道仰拱回填及仰拱结构质量差；
- ⑤隧道衬砌裂缝较多，局部伴有渗漏水情况。

#### 1、隧道路面、检修道开裂病害原因分析

由于九顶山隧道原设计电缆沟侧壁为独立预制结构，整体性较差，结构受力敏感，对于隧道衬砌结构传递的为围岩应力表征明显，结构脆弱，受力时易发生变形破坏。根据检测结果及现场察看，未见结构钢筋，加重了电缆沟侧壁的破坏情况。

隧道路面纵向裂缝产生的原因大多是在施工完成后发生了不均的地基沉降，或者由于隧道仰拱结构施工质量问题，导致隧道拱脚两侧受挤压力作用较大，致使路面纵向裂缝的产生。

根据九顶山隧道雷达检测和路面钻芯资料可知，隧道仰拱回填及仰拱结构存在施工质量不达标甚至未按设计施作等现象，仰拱回填多以碎石夹黏土为主，局部钻孔甚至发现建筑垃圾，隧道基底以泥岩为主，可能遇水软化，导致隧道基底承载力不足，仰拱及两侧拱脚受水平应力

编制：曹政

复核：陈浩

审核：周恒

审定：方忠强

图表号：S-0

挤压，传递至电缆沟和路面，随即产生路面纵向裂缝、路面线形变化、电缆沟变形破损等病害。

## 2、隧道衬砌裂缝病害原因分析

隧道裂缝产生的原因很多，施工方面的原因有前期喷锚支护不到位、衬砌厚度不够、拆模过早、混凝土浇筑不连续、混凝土配合比；材料方面的原因有温差作用、收缩徐变；地质方面的原因包括围岩岩性、地形地貌、地下水等，下面将针对不同类型的裂缝分析其产生原因。

### (1) 边墙环向裂缝产生原因

①温度因素：季节性温差较大，在运营期间，因季节温差变化，衬砌混凝土也存在热胀冷缩，冬季冷缩将促进施工期温度裂缝的发展，或在开裂后的各段中间再次产生较大拉应力，导致模块二次开裂，如此往复，直至中间最大拉应力小于混凝土抗拉强度后，裂缝不再扩展或产生。

②干缩主要作用在衬砌施工完成后的一小段时间内，其作用原理和温度冷缩一致。

③从地基基础学分析，将地基看作均匀地基，衬砌看作弹性条形基础，其上作用均布荷载，此时衬砌中部沉降比边缘大，衬砌越长，差异越大，导致衬砌从模板中底脚开始拉裂。

### (2) 拱部环向裂缝产生原因

主要为衬砌纵向出现地压不均，衬砌两端出现不均沉降，致使衬砌自拱顶开始受弯断裂。

### (3) 纵向裂缝产生原因

因为水泥水化热和冷却的热胀冷缩以及硬化时的失水干缩，产生竖向拉应力，当该应力超过混凝土抗拉强度及其自重应力时，衬砌将产生开裂。

### (4) 拱顶部位纵向裂缝产生原因

其产生原因主要可能为衬砌拱顶地压较小，拱腰地压大，荷载分布近似“马鞍形”。产生此种荷载分布形式的主要原因：一是目前施工工艺限制，拱部难以回填密实；二是由于光面爆破技术把握不够。引起超挖而又未能及时回填或回填不规范，导致原来应由拱顶承受的山体压力转到拱腰部位，造成了隧道拱部荷载的“马鞍形”分布，从而与原来假定的衬砌与围岩密贴不相符合，拱腰内缘由原来的受压变为受拉，拱顶内缘由受拉变为受压，拱腰内缘出现拉裂缝，而拱顶内缘则出现压裂裂缝等破坏特征。

### (5) 边墙部位斜向裂缝产生原因

主要为水平温度应力和干缩应力与竖向温度应力和干缩应力复合作用，超过混凝土抗拉承载力和自重应力，而产生开裂，加之季节温度变化，使已开裂裂缝发展或使二次衬砌开裂。

此外，有可能为边墙较大侧向地压力和第 1 类因素复合左右所致：若多种因素非同时出现，

而是先后出现时，衬砌则表现出纵环交错开裂。

### (6) 拱顶部位斜向裂缝产生原因

产生原因主要为环向和纵向开裂因素在拱部同时复合作用。包括“马鞍形”荷载因素与水平冷缩和干缩应力复合作用。

此外，纵向沉降不均因素与“马鞍形”荷载因素同时复合作用等。衬砌水平和垂直方向抗拉强度均低于相应方向应力，导致斜向裂缝出现，若多种因素非同时出现，而是先后出现时，衬砌则表现出纵环交错开裂。

## 11 隧道病害处治设计

### 11.1 隧道仰拱处治设计

针对九顶山隧道存在的病害情况，考虑技术经济和施工工期等因素，拟采用仰拱拆换方案和注浆加固方案进行处治。

#### 1、处治原则

隧道仰拱处治方案的选择应根据路面变形程度（路面纵向裂缝宽度、长度、错台高度等）、仰拱及仰拱填充施工质量（密实度、配筋情况等）、检修道破损倾斜（破损长度、倾斜高差等）等进行综合确定。

①对于隧道路面纵向开裂（错台）长、裂缝宽度大、仰拱及仰拱回填质量极差（不符合原设计要求）、检修道破损倾斜严重等多种病害同时存在，且集中的隧道段落，拟采用仰拱拆换方案。

②对于隧道路面纵向开裂短、裂缝宽度小，仰拱及仰拱回填质量较好，或路面无裂缝，仰拱填充质量较差的段落，拟采用注浆加固（小导管竖向注浆加固）方案。

根据专项检测报告和定期检测报告数据，结合隧道仰拱处治原则，初步确定两种处治方案的对应段落，统计结果详见下表和隧道病害处治段落分布图。

表 11-1 隧道拟处治段病害及处治方式统计表

序号	桩号范围	长度 (m)	衬砌类型	病害描述	处治方式
1	ZK46+680~ ZK46+729	49	S4	2 车道路面纵向裂缝长 58m，宽 1.8cm； 检修道侧壁破损严重； 仰拱填充、仰拱质量极差。	仰拱拆换
	ZK46+729~ ZK46+738	9	S5a		

编制：曹政

复核：陈浩

审核：周恒

审定：方忠强

图表号：S-0

序号	桩号范围	长度 (m)	衬砌类型	病害描述	处治方式	
2	ZK46+766~ ZK46+786	20	S5a	2 车道路面纵向裂缝长 20m, 宽 1.8cm; 检修道侧壁破损严重; 仰拱填充、仰拱质量较差。	仰拱拆换	
3	ZK46+903~ ZK46+906	3	S5a	2 车道路面纵向裂缝长 13m, 宽 1.8cm; 检修道倾斜变形严重, 高差 6cm, 侧壁开裂破损单 处最长 28m; 仰拱填充、仰拱质量较差。	仰拱拆换	
	ZK46+906~ ZK46+916	10	S4			
4	ZK47+213~ ZK47+222.5	9.5	SJ4	2 车道路面纵向裂缝长 18m, 宽 1.8cm; 检修道倾斜变形严重, 高差 6cm, 侧壁开裂破损单 处最长 25m; 仰拱填充、仰拱质量较差。	仰拱拆换	
	ZK47+222.5~ ZK47+231	8.5	ST4			
5	ZK47+267~ ZK47+301	34	S4	2 车道路面纵向裂缝长 34m, 宽 2.6cm; 检修道侧壁开裂破损严重, 单处最长 24m; 仰拱填充、仰拱质量较差。	仰拱拆换	
6	ZK47+328~ ZK47+340	12		2 车道路面纵向裂缝长 12m, 宽 2.6cm; 路面存在错台现象; 右边墙环向裂缝, 长 2m, 宽 0.24mm; 仰拱填充、仰拱质量较差。		
7	ZK47+358~ ZK47+379	21		2 车道路面纵向裂缝长 21m, 宽 4mm; 右边墙斜向裂缝, 长 2.5m, 宽 0.2mm; 右边墙纵向裂缝, 长 3m, 宽 0.22mm; 右边墙环向裂缝, 长 1.8m, 宽 0.26mm; 路面存在错台现象, 长 20m; 仰拱填充、仰拱质量较差。	仰拱拆换	
8	ZK47+397~ ZK47+416	19		仰拱填充质量较差, 局部不密实。	注浆加固	
9	ZK47+416~ ZK47+443	27		2 车道路面纵向裂缝长 27m, 宽 2.1cm; 右边墙纵向裂缝, 长 3m, 宽 0.35mm; 左边墙纵向裂缝, 长 5m, 宽 0.32mm; 检修道侧壁破损严重; 仰拱填充、仰拱质量较差。	仰拱拆换	
10	ZK47+443~ ZK47+557	114		仰拱填充质量较差, 局部有空洞。	注浆加固	
11	ZK47+557~ ZK47+569	12		2 车道路面纵向裂缝长 12m, 宽 1.5cm; 检修道倾斜变形严重, 侧壁开裂破损单处最长 21m; 仰拱填充、仰拱质量较差。	仰拱拆换	
				2 车道路面纵向裂缝长 15m, 宽 1.2cm;		
12	ZK47+626~ ZK47+641	15				
13	K46+590~ K46+638	48		S5a	仰拱填充质量较差, 局部不密实。	注浆加固
14	K46+638~ K46+742	104		S4	2 车道路面纵向裂缝长 3m, 宽 2.1cm, 仰拱填充质 量较差, 局部有空洞。	注浆加固

序号	桩号范围	长度 (m)	衬砌类型	病害描述	处治方式
15	K46+793.5~ K46+803.5	10	S4	2 车道路面纵向裂缝长 9m, 宽 8mm; 检修道侧壁破损严重; 仰拱填充、仰拱质量较差。	仰拱拆换
16	K46+833.5~ K46+845.5	12		2 车道路面纵向裂缝长 12m, 宽 1.8cm; 右边墙环向裂缝, 长 2m, 宽 0.24mm; 检修道侧壁破损严重; 仰拱填充、仰拱质量较差。	
17	K46+935.5~ K47+037.5	102		2 车道路面纵向裂缝长 102m, 宽 1.2cm; 路面存在错台现象, 2 处, 共长 17m; 左边墙环向裂缝, 长 4m, 宽 0.34mm; 右边墙斜向裂缝, 长 1m, 宽 0.4mm; 右边墙纵向裂缝, 长 3m, 宽 0.35mm; 左边墙纵向裂缝, 长 5m, 宽 0.32mm; 路面线形沉降; 检修道侧壁开裂破损严重, 单处最长 18m; 仰拱填充、仰拱质量极差。	
18	K47+037.5~ K47+047	9.5	S4	仰拱填充、仰拱质量极差, 局部有空洞。	注浆加固
19	K47+231.5~ K47+241.5	10	S4	2 车道路面纵向裂缝长 10m, 宽 1.6cm; 检修道侧壁开裂破损严重; 仰拱填充、仰拱质量较差。	仰拱拆换
20	K47+378.5~ K47+387.5	9		2 车道路面纵向裂缝长 5m, 宽 1.7cm,	注浆加固
21	K47+455.5~ K47+467.5	12		2 车道路面纵向裂缝长 12m, 宽 1.5cm; 检修道侧壁开裂破损严重; 仰拱填充、仰拱质量较差。	仰拱拆换
22	K47+543.5~ K47+566.5	23		2 车道路面纵向裂缝长 23m, 宽 1.9cm; 仰拱填充、仰拱质量较差。	
23	K47+678.5~ K47+687.5	9		S5a	

统计如下:

九顶山隧道左洞仰拱拆换段落 10 处, 长 230m; 注浆加固 2 处, 长 133m。

九顶山隧道右洞仰拱拆换段落 7 处, 长 178m; 注浆加固 4 处, 长 170.5m。

仰拱拆换及注浆加固方案还应根据现场开挖后的仰拱实际情况进一步判定, 本设计方案仅根据专项检测和定期检测数据进行初步确定, 如与实际开挖情况存在不符的情况, 还应立即上报业主、设计、监理等相关单位, 从两种方案中选取更贴合实际的一种, 必要时可采用其它处治方案, 具体处治段落长度也应根据实际开挖情况进行适当的延长或缩短, 以确保处治效果。

编制: 曹政

复核: 陈浩

审核: 周恒

审定: 方忠强

图表号: S-0

## 2、仰拱拆换方案

①在两侧电缆沟盖板高度施作  $\Phi 89 \times 5\text{mm}$  注浆钢管锁脚,单根长度为 4.0m,纵向间距 1.0m,每侧布设两根。在锁脚钢管施工前,应先采用电磁感应法或雷达法等手段探清二次衬砌结构钢筋位置,钻孔施工时应注意避开,且钻孔位置应尽量位于结构主筋中间。现场钢筋检测应满足《混凝土中钢筋检测技术标准》(JGJ/T 152-2019)的规定和要求,钢筋间距检测允许偏差为  $\pm 2\text{mm}$ 。植筋钻孔深度允许偏差  $\pm 10\text{mm}$ ,植筋钻孔位置允许偏差 5mm。浆液采用单液水泥浆,水灰比 1:1,注浆压力建议值 0.3~0.6MPa(可通过现场实验确定最终注浆压力),水泥采用 42.5 级普通硅酸盐水泥。

②拆除既有电缆沟、路面结构、侧向排水沟、仰拱填充及仰拱衬砌,仰拱拆换位置为初期支护底部,即原施工图仰拱分界位置。拆除后根据监控量测数据及现场结构稳定情况,必要时增设临时横向支撑及拱脚支撑。

③在仰拱基底开挖到位后,应清除虚碴、软土、杂物等,然后铺设 30cm 厚 C15 混凝土垫层;整平仰拱底基础,使底部平顺,保证仰拱混凝土结构的成形。

④对于原设计采用 S5a、SJ4 衬砌的段落,考虑初期支护仰拱钢架已封闭成环,为不影响隧道整体结构受力及安全,考虑仅对隧道二次衬砌的仰拱结构进行拆换,初期支护仰拱需保留。在拆除仰拱结构施工中,应注意对初期支护仰拱的保护,若发现初期支护存在病害等异常情况,请及时上报相关单位采用对策措施。

⑤仰拱衬砌钢筋绑扎、仰拱衬砌 C35 混凝土浇筑。仰拱浇筑时必须采用模板浇筑。

⑥新旧混凝土交接处应进行凿毛处理,并与水平面呈  $5 \sim 10^\circ$  夹角,清洗干净后涂抹界面胶,采用  $\Phi 22\text{mm}$  植筋,共长 124cm,其中一端锚入新浇混凝土长度为 80cm,植筋段长度为 44cm,植筋采用 A 级胶。为保证结合部位混凝土充填密实,边墙处模板应与水平面呈  $60 \sim 65^\circ$  夹角,高度取 30cm,以增加入料口宽度,方便施工,此外入料口应高出结合面不小于 10cm,人工振捣密实,待模板拆除后按设计轮廓线凿除多余混凝土。

⑦待仰拱结构混凝土浇筑完成并达到设计强度后,再进行 C15 素混凝土仰拱回填施工,最后施作排水系统及电缆沟等附属结构。

⑧恢复路面结构及标志标线。

## 3、注浆加固方案

①在隧道路面上打设  $\Phi 42 \times 4\text{mm}$  注浆小导管,纵向、横向布置间距为  $185\text{cm} \times 1.875\text{cm}$ ,按梅花型布置,小导管长度随仰拱填充层厚度进行调整。若隧道路面上存在纵向裂缝,注浆钻

孔应布设在裂缝位置,以尽量保证注浆加固效果。注浆浆液采用单液水泥浆,水灰比 1:1,注浆压力建议值 0.5~1.0MPa(可通过现场实验确定最终注浆压力),水泥采用 42.5 级普通硅酸盐水泥。

②注浆管每处破除直径 10cm 的孔洞,破除 4cm 厚的沥青上面层,注浆管由沥青下面层开始打设,注浆管端部距离仰拱结构顶面应不小于 20cm,避免注浆管破坏仰拱结构。注浆结束后,对沥青面层进行修复处治,以防对行车造成不利影响。

## 4、植筋技术要求

### (1) 植筋材料

①植筋钢筋采用 HRB400 钢,植筋之前应加工成设计形状。植筋应满足相关规范的锚固要求。

②植筋胶粘剂采用 A 级胶(改性环氧类结构胶粘剂,非快固型),植筋胶必须进行安全性能检验,检验抗剪强度标准值时,应根据置信水平为 0.90,强度保证率为 95%,试件数量不少于 15 个的要求确定。

③植筋胶材料除满足轴向拉拔测试以外,还必须具备相关认证:抗震性能报告、抗疲劳性能试验报告、室温下的长期性能、高温下的长期性能、孔中湿度的影响、钢筋焊接等试验报告、耐久性报告。

④植筋胶应满足在潮湿环境下可以施工而不降低技术性能的要求,并提供相应认证报告。

⑤采用的植筋胶必须具有耐腐蚀性能试验评价报告来证明植筋材料本身不对钢筋产生腐蚀性,同时植筋材料的吸水率不得超过 0.06%,以避免渗入的水分腐蚀钢筋。

⑥为保证植筋胶的材料质量,其填料必须在工厂制胶时添加,严禁在施工现场掺入。

⑦植筋材料必须通过毒性检验,严禁使用乙二胺作为环氧树脂的固化剂,严禁掺入挥发性有毒溶剂和非反应性稀释剂,在不污染环境的同时不会产生对人体有害的挥发剂。

### (2) 施工技术要求

①植筋采用的钢筋应要求采取机械切断,不容许采用氧割。植入钢筋的抗拉屈服强度标准值为 400MPa,抗拉强度设计值为 360MPa。采用植筋胶施工,应在全面施工前做植筋锚固强度试验,植筋间距、边距和埋深必须按图纸要求施工。

②钢筋植入深度应扣除混凝土表面剥落层及出现裂缝层。

③植筋施工前,应先采用电磁感应法或雷达法等手段探清明洞结构钢筋位置,植筋施工时应注意避开,且植筋位置应尽量位于明洞结构主筋中间。现场钢筋检测应满足《混凝土中钢筋

检测技术标准》(JGJ/T 152—2019)的规定和要求,植筋还应避开变形缝等部位。

④植筋施工应控制时机,避免植入钢筋长期暴露锈蚀,否则要采取防锈措施。

### (3) 施工工艺

①准备:检查被植筋位置混凝土表面是否完好,采用钢筋探测仪核对主筋位置。

②钻孔:根据植筋直径对照相应的孔径和孔深进行打孔,钻孔过程中,若未达到设计孔深而碰到结构主筋,不可打断或破坏,应另行在附近选孔位,原孔位应采用较衬砌混凝土高一个强度等级的水泥砂浆、聚合物水泥砂浆或锚固胶粘剂进行填实。钻孔深度允许偏差为 $\pm 10\text{mm}$ ,钢筋位置允许偏差小于 $5\text{mm}$ 。

③清孔:先将喷嘴伸入成孔底部并吹入洁净无油的压缩空气,向外拉出喷嘴,反复3次;将硬毛刷插入孔中,往返旋转清刷3次;再将喷嘴伸入孔中底部吹气,向外拉出喷嘴,反复3次;对要植入钢筋上的锈迹、油污进行除锈与清理;植筋前用丙酮或工业酒精擦拭孔壁、孔底和植入钢筋。

④注胶:植筋用胶粘剂应采用专用灌注器或注射器进行灌注,灌注量宜为孔深的 $2/3$ ,并保证在植入钢筋后有少许胶粘剂溢出。

⑤植筋:注入胶粘剂后应立即单向旋转插入钢筋,直至达到设计深度,并保证植入钢筋与孔壁间的空隙基本均匀,校正钢筋的位置和垂直度,植筋弯锚方向可沿支座纵向,并在植筋胶粘剂完全固化前将植筋弯锚部分固定,避免植筋转动。胶粘剂完全固化前,不得触动或振动已植钢筋,以免影响其粘结性能。

### (4) 植筋拉拔试验

①拉拔试验为非破损试验,应由具有相关资质的机构进行,试验完毕后,试验单位应出具试验报告。

②现场试验方法、抽样规则、检验结果评定按照《混凝土结构后锚固技术规程》(JGJ 145—2013)附录C锚固“承载力现场检验方法及评定标准”进行。

### (5) 注意事项

①锚孔内胶粘剂应饱满,不得有为固结现象;植入钢筋不得有松动,表面不应有损伤,钢筋不得弯曲 $90^\circ$ 以上。在固化期内禁止扰动钢筋。

②清孔时不仅要采用吹气筒气泵等工具,同时也必须采用毛刷等设备清除附着在孔壁上的灰尘,必须严格保证植筋与拼接钢筋的可靠焊接。

③仰拱浇筑前,应对明洞结构表面进行凿毛处理,凿毛标准为:首先必须将混凝土表面的

浮浆凿掉,露出石子,凿深 $1\text{cm}\sim 2\text{cm}$ ,凿完后用风枪先吹掉混凝土残渣,再用高压水冲洗干净,保证凿毛的混凝土面清洁。

④不得采用将胶粘剂直接涂抹在钢筋上植入孔中的植筋方式。

⑤植筋过程中,为确保安全,每处植筋应依次施工且每钻一孔植一根筋,严禁大面积钻孔而不植筋。

⑥为保证植筋的使用寿命,减少后期养护及隧道大修的工作量,植筋胶应获得100年使用寿命与性能保证的认证。

⑦植筋建议由有丰富经验的专业施工队伍来实施,植筋施工和质量验收应满足《混凝土结构后锚固技术规程》(JGJ 145—2013)、《混凝土结构加固设计规范》(GB50367—2013)、《工程结构加固材料安全性鉴定技术规范》(GB 50728-2011)等规范的规定和要求,现场应按相关规范进行植筋试验确定相关参数。

### 5、施工注意事项

①隧道内施工时应封闭交通,保证施工条件及施工安全。

②施工各阶段均应加强相邻段变形监控量测,做好临时支撑措施及相关应急预案,必要时增加型钢横撑或锁脚锚管等临时防护措施,消除安全隐患,以确保施工安全。

③锁脚锚管施工前先标识出需钻孔的位置,孔角为 $30^\circ\sim 45^\circ$ 进行钻孔,钻孔深度大于锚管锚固长度的 $95\%$ ,但超长值不大于 $10\text{cm}$ 。锁脚钢管与衬砌混凝土之间空隙应注浆密实,并焊接垫板,不得脱空。

④临时横向支撑钢管在施工期间,禁止过大的触碰与扰动,应注意经常观察支撑接触位置的松动情况,如有松动,应及时查明原因并夯紧密贴。

⑤提前规划好开挖顺序及施工段落,首先切割路面,然后由中心向两侧采用机械配合人工开挖路面及仰拱,开挖至处治设计轮廓,不得爆破。

⑥隧底采用跳槽方式开挖,隧底每次拆除段落不大于 $3\text{m}$ ,跳槽间距不小于 $15\text{m}$ ,拆除过程中必须对隧道变形、开裂情况进行监控,一旦发现异常应立即停止施工,及时采取相应的处置措施。

⑦仰拱应一次浇筑成型,并由仰拱中心向两侧对称进行,仰拱浇筑采用整幅浇筑,严禁分幅施工。仰拱与边墙衔接处应捣鼓密实,浇筑前应植筋,植筋与仰拱钢筋连接牢固,做好新旧结构之间的连接,严禁采用不饱和聚酯树脂和醇酸树脂作为胶黏剂。

⑧仰拱混凝土强度达到设计强度 $70\%$ 以上后,后续仰拱填充方可施工。填充混凝土表面要

求平整，横坡、纵坡与设计一致。不得在施工中为了减少工序，采取仰拱同仰拱填充采用同一强度等级混凝土一次灌注的方法。

⑨植筋钻孔前可用钢筋探测仪探测隧道结构植筋部位钢筋位置，或凿去保护层暴露钢筋，若植筋孔位处存在钢筋，则应适当调整钻孔位置。钻孔施工遇到钢筋或预埋件时应立即停钻，并适当移动钻孔孔位，若移动值太大应及时通知设计单位予以处理。

⑩植筋用胶黏剂应采用专用灌注器或注射器进行灌注，灌注量宜为孔深的 2/3，并保证在植入钢筋后有少许胶黏剂溢出。注入胶黏剂后应立即单向旋转插入钢筋，直至达到设计深度，并保证植入钢筋与孔壁间的间隙基本均匀，校正钢筋的位置和垂直度。

⑪拆除时宜从高程高处往低处进行，并设置临时集水坑，及时抽排积水，避免长期浸泡基底基岩。

## 11.2 隧道路面病害处治设计

1、对于仰拱拆换段，在仰拱 C15 混凝土回填达到设计强度后，分别浇筑路面 15cm 厚 C20 混凝土基层、26cm 厚水泥混凝土面板，然后对水泥混凝土面板进行抛丸处理，施做防水粘结层，铺设 6cm 沥青混凝土路面，并在铺设 4cm 厚改性沥青玛蹄脂碎石时需掺加阻燃剂。

2、对于仰拱注浆加固段，注浆管处破除直径 10cm 的孔洞，拆除 4cm 厚的沥青上面层，注浆结束后，对沥青面层进行修复处治，以防对行车造成不利影响。

## 11.3 隧道防排水设计

处治设计：①对仰拱拆除新建过程中破坏的隧底排水系统及时进行修复，确保隧道纵向排水通畅；②全隧道路缘边沟和侧向排水沟检查疏通，确保排水通畅。

## 11.4 隧道检修道修复及排水边沟改造

处治设计：对由于仰拱拆换拆除掉或破损严重的电缆沟侧壁、边沟按照原设计恢复重建。

## 11.5 隧道交安设施设计

(1) 突起路标

隧道内白色双面反光突起路标设置间隔为 15m，突起路标位于车道分界线上。

(2) 振荡标线

车道边缘线采用白色热熔反光振动标线，车道分界线为实线，采用白色热熔反光振动标线，标线宽 20cm，厚 7mm。路面标线应符合现行《公路标线涂料》（JT/T 280）、《道路交通标线质量要求和检测方法》（GB/T 16311）的规定。

本文件仅对隧道仰拱病害处治段落范围的交安设施进行修复，隧道其它段的交安设施设计不在本次设计范围。

## 11.6 隧道衬砌裂缝处治设计

隧道衬砌存在纵向、环向及斜向裂缝，通过裂缝修补可以封闭裂缝，防止混凝土保护层的碳化和有害离子对钢筋混凝土的腐蚀，延长结构适用年限，同时改善结构外观。

根据相关规范和类似工程经验，并结合本次处治的具体措施，对裂缝宽度  $0.2\text{mm} \leq B < 0.5\text{mm}$  的裂缝采用表面封闭法进行处治，对于  $0.5 \leq B < 1\text{mm}$  的裂缝采用骑缝钻孔灌浆，对于  $B \geq 1\text{mm}$  的裂缝采用斜向钻孔灌浆。对宽度  $< 0.2\text{mm}$  边墙部位的裂缝不进行处治。

(1) 表面封闭法

对宽度  $B < 0.5\text{mm}$  的裂缝采用环氧树脂砂浆涂刷进行表面封闭，环氧树脂砂浆满足《环氧树脂砂浆技术规程》（DL/T 5193-2021）的要求。

施工工艺要求如下：

①观察裂缝状态，确定裂缝长度及宽度。

②基层处理：清除裂缝表面的灰尘、油污。用钢丝刷及压缩空气将混凝土碎屑粉尘清理干净，清除宽度为裂缝左右两侧各 5cm 左右。

③在裂缝表面涂刷环氧树脂砂浆材料，涂刷宽度为 5cm 左右，厚度 2~3mm。

(2) 低压钻孔注浆处理法

钻孔注浆处理法的工序为：裂缝清理→裂缝描述→布（钻）孔→埋管、封缝→压风检查→注浆→质量检查→表面修饰。

具体施工工序及要求如下：

①观察裂缝状态，确定裂缝长度及宽度。

②基层处理：清除裂缝表面的灰尘、油污。用钢丝刷及压缩空气将混凝土碎屑粉尘清理干净。

③钻孔：对于  $0.5\text{mm} \leq B < 1.0\text{mm}$  的裂缝采用骑缝钻孔，对于  $B \geq 1\text{mm}$  的裂缝采用斜向钻孔。

一般按照 20~40cm 距离设置一个钻孔，钻孔的位置尽量设在裂缝较宽、开口较畅通和裂缝交叉的部位，钻孔间距参见下表。

表 11-2 钻孔间距参考表

裂缝宽度 (mm)	0.5≤B<1	B≥1
间距 (cm)	20	40

④安设注浆管：先将注浆嘴放入孔内，再用环氧胶泥或快凝水泥封闭固定。

⑤封闭裂缝：采用环氧胶泥或快凝水泥进行封缝。

⑥注浆：首先将化学注浆泵注浆压力调至起始压力 0.1MPa，当持续进浆时可将压力逐级上升至 0.2MPa，最高压力至 0.4MPa。波动范围应不大于注浆压力的 10%，注浆压力结合现场实际情况确定。相邻孔出纯浆后可采用阻塞封堵或并灌方式灌注（并灌孔最多不超过 3 个），直到最后一个注浆孔出浆，将其封堵，达到结束标准时结束注浆。注浆材料性能参见下表。

表 11-3 改性环氧化学注浆材料参数表

比重 (20℃)	起始粘度 (MPa.s/20℃)	表面张力 (10-5N/cm, 20℃)	接触角 (20℃)	初凝时间 (h)
1.03-1.06	2.5-12.5	38.4-40.8	15°-39°	8-78

⑦注入完毕：注浆压力升至 0.4MPa 时，当进浆量≤0.01ml，持续 10min，可结束注浆。

⑧注浆浆材固化后，拆下注浆嘴并进行封口抹平。

⑨在表面进行涂刷衬砌混凝土近色涂料。

(3) 材料性能

裂缝修补用胶液采用可在潮湿环境下固化的改性环氧树脂胶，基本性能指标见下表。

表 11-4 裂缝修补胶液基本性能指标表

性能项目		性能指标
胶体性能	抗拉强度 (MPa)	≥25
	抗拉弹性模量	≥1500
	抗压强度 (MPa)	≥50
	抗弯强度 (MPa)	≥30, 且不得呈脆性破坏
钢-钢拉伸抗剪强度标准值 (MPa)		≥15
钢-干态混凝土正拉黏结强度 (MPa)		≥2.5, 且为混凝土内聚破坏
钢-湿态混凝土正拉黏结强度 (MPa)		≥1.8, 且为混凝土内聚破坏
不挥发物含量 (固体含量) (%)		≥99

11.7 隧道结构渗漏水病害处治设计

(1) 对于渗漏情况一般的小水裂缝采取堵水的原则，将地下水堵在支护结构外面，确保今后的营运安全。处治步骤如下：

- ①先通过注浆管采用改性聚氨酯对裂缝进行堵水处理；
- ②再通过注浆管对裂缝注入改性环氧树脂浆液进行加固补强；
- ③切除并打磨注浆管，并涂刷改性环氧树脂材料；
- ④涂装饰层，恢复表面原状。

(2) 施工缝、沉降缝处渗漏情况一般的采取明装接水盒引排。

施作明装接水盒时，应先清理打磨接水盒安装部位的衬砌混凝土，直至露出平整的新鲜混凝土面。安装接水盒时，须按照先拱部、后边墙、再沟底的顺序施作。采用下茬压上茬的方式连接，接茬长度不得小于 15cm，接茬部位的内外层接水盒内外表面均须涂刷聚硫密封胶，且接茬部位须设置胀锚螺栓，在拱顶部位不允许设置接头。用于固定接水盒的 M10 胀锚螺栓环向间距为 30cm，钻孔深度为 6cm。用于填充封闭接水盒与衬砌混凝土间缝隙的建筑聚硫密封胶须满足《聚硫建筑密封胶》(JC/T 483-2006) 的要求，且具有一定的厚度，胀锚螺栓端部也须涂抹密封胶。

注意事项如下：

①施工前应仔细复核现场实际情况，根据现场实际情渗漏水情况，确定设置接水盒范围，并根据现场实际进行计量。

②施工前，应做好施工准备，人员、机械、材料等应准备充足，并应做好施工组织和统筹安排，在保证安全、质量的前提下，尽量缩短工期。

③施工单位应加强质量意识，精心组织，精心施工，杜绝因施工原因造成病害和施工不规范时的整治效果欠佳。

④在施工过程中，必须加强施工人员的安全、防护等措施。

⑤与交管、路政部门沟通、协调，确定合理的车辆疏导方案，并据此进行隧道施工组织设计；尽量减小隧道施工对区域交通的影响，避免造成严重的交通堵塞。

(3) 对于渗漏情况较为严重的大水裂缝，其地下水比较丰富，运营后出现开裂常年漏水，或降雨后大量渗漏水，有一定的水压力的漏水裂缝。不宜采用堵水的方式进行处理，否则会使衬砌背后水压增大，不利于衬砌结构的安全。通过钻孔引排的方式进行处理，可以减少水对结构的压力，将渗漏水引至两边的排水沟，将水排除，保证衬砌结构的安全稳定。

(4) 主要材料及性能要求

①改性聚氨酯

表 11-5 改性聚氨酯材料性能

指标名称	指标
适用时间/ $\geq$ min	20 (黏度不大于 10mPa·s)
不透水性 (0.3Mpa, 30min)	不渗漏
固体含量/ $\geq$ %	94
涂膜表干时间/h $\leq$	4 (不粘手)
涂膜实干时间/h $\leq$	12 (不黏着)

②改性环氧树脂

表 11-6 改环氧树脂固化后的物理性能

指标名称	指标
抗拉强度 (kg/cm <sup>2</sup> )	650-850
抗弯强度 (kg/cm <sup>2</sup> )	900-1200
抗压强度 (kg/cm <sup>2</sup> )	1100-1300
抗冲强度 (kg·cm/cm <sup>2</sup> )	10-20
耐热性 (℃马丁法)	105-130

③聚合物防水砂浆

聚合物防水砂浆应满足《聚合物水泥防水砂浆》(JC/T984—2005)要求外,还应符合下表中的技术要求:

表 11-7 聚合物防水砂浆的技术指标

项目	标准	
凝结时间	初凝/min $\geq$	45
	终凝/h $\leq$	12
抗渗压力	7d $\geq$	1.2MPa
	28d $\geq$	1.8MPa
抗压强度	28d $\geq$	25MPa
抗折强度	28d $\geq$	8MPa
粘结强度	7d $\geq$	1MPa
	28d $\geq$	1.2MPa

12 质量控制指标与材料要求

12.1 路面材料及指标要求

12.1.1 沥青混凝土面层

本项目隧道路面沥青面层与路基段沥青上面层和中面层采用的沥青材料一致,其中上面层 SMA-13、下面层 AC-20C 采用 SBS 改性沥青,SHRP 性能等级 PG76-22,其基质沥青选用 A 级 70 号道路石油沥青,以提高改性沥青的高温稳定性。其各项技术指标应满足《公路沥青路面设计规范》(JTG D50-2017)、《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40-2004)要求。

表 12-1 70 号 A 级道路石油沥青技术要求

指标	单位	沥青标号 70 号	试验方法 <sup>①</sup>
针入度 (25℃, 5s, 100g)	0.1mm	60~80	T0604
针入度指数 PI	/	-1.5~+1.0	T0604
软化点 (R&B), 不小于	℃	46	T0606
60℃ 动力粘度, 不小于	Pa·s	180	T0620
10℃ 延度, 不小于	cm	20	T0605
15℃ 延度, 不小于	cm	100	T0605
蜡含量 (蒸馏法), 不大于	%	2.2	T0615
闪点, 不小于	℃	260	T0611
溶解度, 不小于	%	99.5	T0607
密度 (15℃)	g/cm <sup>3</sup>	实测记录	T0603
TFOT(或 RTFOT)后 <sup>②</sup>			T0610 或 T0609
质量变化, 不大于	%	±0.8	
残留针入度比, 不小于	%	61	T0604
残留延度 (10℃), 不小于	cm	6	T0605
残留延度 (15℃), 不小于	cm	15	T0605

应用于沥青混凝土路面上面层的 SBS 改性沥青应满足《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40-2004)中表 4.6.2 中的技术要求见下表:

编制: 曹政

复核: 陈浩

审核: 周恒

审定: 方忠强

图表号: S-0

表 12-2 SBS 改性沥青技术指标要求

试验项目		技术指标	试验方法
针入度 (25℃、100g、5s), 不小于	(0.1mm)	40~60	JTJ T0604-2011
针入度指数 PI		≥+0.0	JTJ T0604-2011
延度 (5℃、5cm/min), 不小于	(cm)	20	JTJ T0605-2011
软化点 (TR&B), 不小于	(℃)	60	JTJ T0606-2011
运动粘度 (135℃), 不大于	(Pa·s)	3	JTJ T0625-2000
闪点, 不小于	(℃)	230	JTJ T0611-1993
溶解度, 不小于	(%)	99	JTJ T0607-1993
弹性恢复 (25℃), 不小于	(%)	75	JTJ T0662-2000
离析, 软化点差, 不大于	(℃)	2.5	JTJ T0661-2000
RTFOT后 残余物	质量损失, 不大于	(%)	±1.0
	针入度比 (25℃)	(%)	65
	延度 (5℃), 不小于	(cm)	15

同时满足 SHRP PG76-22 技术要求, 详见下表:

表 12-3 改性沥青 SHRP PG76-22 技术要求

SHRP性能等级	PG76-22		
原样沥青	/		
动态剪切, $G^*/\sin\delta$ , 最小1.0kPa 试验温度 @10rad/s, (℃)	℃	76	AASHTO M320-03 T315-04
RTFOT试验后沥青	AASHTO M320-03 T240-03		
动态剪切, $G^*/\sin\delta$ , 最小2.2kPa 试验温度 @10rad/s, (℃)	℃	76	AASHTO M320-03 T315-04
压力老化后沥青 (老化温度100℃)	AASHTO M320-03 R28-02		
动态剪切, $G^*/\sin\delta$ , 最小5000kPa 试验温度 @10rad/s, (℃)	℃	31	AASHTO M320-03 T315-04
蠕变劲度, S最大300MPa, m值最小0.3 试验温度 @60s, (℃)	℃	-12	AASHTO M320-03 T313-04

沥青面层间粘层采用改性乳化沥青, 其应满足下表所列技术要求。

表 12-4 粘层用 PCR 改性乳化沥青技术要求

项目	技术要求	试验方法
破乳速度	快裂或中裂	T 0658
粒子电荷	+	T 0653
1.18mm筛剩余量, %	≤0.1	T 0652
沥青标准粘度 $C_{25.3}$ , s	8~25	T 0621

蒸发残留物	含量, %	≥50	T 0651
	针入度 (25℃), 0.1mm	40~120	T 0604
	软化点, ℃	≥50	T 0606
	延度5℃, cm	≥20	T 0605
	溶解度 (三氯乙烯), %	≥97.5	T 0607
与矿料的粘附性, 裹覆面积		≥2/3	T 0654
贮存稳定性	1d, %	≤1	T 0655
	5d, %	≤5	

12.1.2 石料技术要求

粗集料各项技术指标应满足重庆市高速公路集料准入要求。表层碎石应采用耐磨性好、与沥青黏附性强的玄武岩, 下面层可采用石灰岩轧制碎石作为粗集料, 粗集料应洁净、干燥、无风化, 具有良好的颗粒形状, 粗集料的技术要求应满足《公路沥青路面设计规范》(JTJ D50-2017)、《公路沥青路面施工技术规范》(JTJ F40-2004)的要求。

采石场在生产过程中必须彻底清除覆盖层及泥土夹层。生产碎石用的原石不得含有土块、杂物, 集料成品不得堆放在泥土地上。集料应严格分级加工堆放, 并采取有效的隔离措施。

为保证沥青混凝土表面层的抗滑能力, 选用坚硬耐磨的玄武岩料作为表面层沥青混合料所用石料, 选用石灰岩碎石作为中、下层沥青混凝土所用石料。所选用粗集料应该洁净、干燥、表面粗糙, 质量应符合下表所示的技术要求:

表 12-5 石料技术要求

指标	技术要求		试验方法
	上面层	下面层	
集料压碎值 不大于 %	26	28	T0316
洛杉矶磨耗损失 不大于 %	28	30	T0317
表观相对密度 不小于 %	2.60	2.60	T0304
对沥青的粘附性 不小于 %	5级	4级	T0616
坚固性 不大于 %	12	12	T0314
细长扁平颗粒含量(混合料) 不大于 %	15	18	T0312
其中粒径大于9.5mm 不大于 %	12	15	
其中粒径小于9.5mm 不大于 %	18	20	

编制: 曹政

复核: 陈浩

审核: 周恒

审定: 方忠强

图表号: S-0

水洗法<0.075mm颗粒含量 不大于 %	1	1	T0310	
软石含量 不大于 %	3	5	T0320	
石料磨光值(面层石料) 不小于 BPN	42	-----	T0321	
吸水率 不大于 %	2.0	3.0	T0304	
石料的破碎面 不小于 %	一个面	100	90	T0346
	两个面	90	80	T0346

注：其中磨光值对于底层可不作要求。

面层用集料的级配组成应符合下表所列的技术要求：

表 12-6 沥青面层粗集料规格

规格名称	公称粒径 (mm)	通过下列筛孔 (mm) 的质量百分率 (%)								
		31.5	26.5	19.0	16	13.2	9.5	4.75	2.36	0.6
S8'	10~25	100	90-100	-	-	0-15		0-5		
S9'	10~20		100	90-100	-	0-15		0-5		
S10	10~15			100	-	90-100	0-15	0-5		
S12	5~10				-	100	90-100	0-15	0-5	
S14	3~5				-		100	90-100	0-15	0-3

为了利于混合料级配设计和质量控制，各层集料的分级建议如下：

上面层：采用 4 种规格集料，按公称粒径分为：S16(0~3mm)、S14(3~5mm)、S12 (5~10mm)、S10 (10~15mm)。

下面层：采用 5 种规格集料，按公称粒径分为：S16(0~3mm)、S14(3~5mm)、S12 (5~10mm)、S10 (10~15mm)、S9' (15~20mm)。

细集料应洁净、干燥、无风化、无杂质，并有适当的颗粒级配，其质量应满足下表所列的技术要求：

表 12-7 细集料质量技术要求

指标	单位	技术要求	试验方法
表观相对密度	—	≥2.50	T0328
坚固性 (>0.3mm部分)	%	≤12	T0340
水洗法<0.075mm颗粒含量	%	≤15	T0310
亚甲蓝值	g/kg	≤25	T0349
砂当量	%	≥60	T0334
棱角性 (流动时间)	S	≥30	T0345

细集料采用机制砂，不采用石屑，应采用立式冲击破碎设备生产机制砂，同时必须安装有

效除尘装置。规格应符合下列要求：

表 12-8 沥青混合料用机制砂规格

规格	公称粒径(mm)	水洗法通过各筛孔的质量百分率(%)							
		9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
S16	0~3		100	80~100	50~80	25~60	8~45	0~25	0~15

12.1.3 抗剥落剂

如沥青混凝土各面层采用的石料，与沥青的粘附性达不到要求，应采用添加抗剥落剂的方式来增加集料与沥青的粘附性。可掺加水泥作为抗剥落剂，掺量由配合比设计及各项性能验证后确定，一般在沥青混合料中掺入总质量 1%~2%的水泥代替矿粉。必要时选用质量优良，长期抗剥落性能好的抗剥落剂来提高石料与沥青的粘附能力，掺加剂量由沥青混合料的水稳定性检验确定。

12.1.4 阻燃剂

隧道内采用阻燃沥青路面，阻燃沥青的氧指数须不小于 24 (试验方法 GB-T 10707-2008)，阻燃剂用量一般为沥青用量的 5%。

阻燃改性沥青技术要求应满足下表的要求：

表 12-9 阻燃改性沥青技术指标要求

试验项目	技术指标	试验方法	
针入度 (25℃、100g、5s)，不小于	(0.1mm)	40~60	JTJ T0604-2000
针入度指数 PI		≥+0.0	T0604
延度 (5℃、5cm/min)，不小于	(cm)	20	JTJ T0605-1993
软化点 (Tr&B)，不小于	(℃)	70	JTJ T0606-2000
运动粘度 (135℃)，不大于	(Pa·s)	3	JTJ T0625-2000
闪点，不小于	(℃)	230	JTJ T0611-1993
氧指数 不小于		24	GB10707-89
溶解度，不小于	(%)	99	JTJ T0607-1993
弹性恢复 (25℃)，不小于	(%)	85	JTJ T0662-2000
离析，软化点差，不大于	(℃)	2.5	JTJ T0661-2000

编制：曹政

复核：陈浩

审核：周恒

审定：方忠强

图表号：S-0

RTFOT 后 残余物	质量损失, 不大于	(%)	±1.0	JTJ T0610-1993
	针入度比 (25℃), 不小于	(%)	65	JTJ T0604-2000
	延度 (5℃), 不小于	(cm)	15	JTJ T0605-1993

12.1.5 防水粘结层

隧道防水粘结层采用与桥面铺装混凝土调平层顶面水性沥青基涂料防水层相同的材料, 材料要求如下:

表 12-10 水性沥青基防水粘结剂技术指标 (JT/T 535-2015)

项目		性能指标	
		I 型	
外观		搅拌后为黑色或蓝褐色均质液体, 搅拌棒上不粘附任何明显颗粒	
固体含量 (%)		≥50	
干燥时间 (h)	表干时间	≤4	
	实干时间	≤10	
耐热性		160℃ 无流淌、滑动、滴落	
不透水性		0.3MPa, 30min不渗水	
黏结强度 (MPa)		≥0.4	
低温柔性		-15℃ 无裂纹、断裂	
无处理延伸性 (%)		≥500	
盐处理	断裂延伸率 (%)	≥500	
	低温柔性	-10℃ 无裂纹、断裂	
	质量增加 (%)	≤2.0	
耐腐蚀性	耐碱 (20℃)	3%Ca(OH) <sub>2</sub> 溶液浸泡15d, 无分层、变色、气泡	
	耐酸 (20℃)	3%HCL溶液浸泡15d, 无分层、变色、气泡	
高温抗剪 (60℃), MPa		≥0.16	
热碾压后抗渗水		0.1MPa, 30min不渗水	
热老化	断裂延伸率 (%)	≥300	
	低温柔性	-10℃ 无裂纹、断裂	
	加热伸缩率 (%)	≤1.0	
	质量损失 (%)	≤1.0	

12.1.6 沥青混合料配合比设计

本次设计沥青混合料的矿料级配要求如下

表 12-11 沥青混合料的矿料级配

规格	通过下列筛孔 (mm) 的质量百分率 (%)												
	31.5	26.5	19	16	13.2	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
SMA-13				100	90-100	50-75	20-34	15-26	14-24	12-20	10-16	9-15	8-12
AC-20C		100	90-100	78-92	62-80	50-72	26-45	16-44	12-33	8-24	5-17	4-13	3-7

沥青混凝土 SMA-13、AC-20C 的性能要求如下表所示:

表 12-12 沥青混合料性能要求

技术指标	改性沥青 SMA-13	改性沥青 AC-20C	试验方法
马歇尔稳定度(KN)	≥6.0	≥8.0	T0709-2011
流值(mm)	—	1.5~4	T0709-2011
空隙率 VV %	3.0~4.0	4.0~6.0	T0705-2011
矿料间隙率 VMA %	≥17.0	≥13.0	T0705-2011
沥青饱和度 VFA %	75~85	65~75	T0705-2011
马歇尔残留稳定度 %	≥80	≥85	T0709-2011
冻融劈裂试验残留强度比 %	≥80	≥80	T0729-2000
60℃动稳定度 DS 次/mm	≥3000	≥2800	T0719-2011
渗水系数 ml/min	≤80	≤120	T0730-2011
低温弯曲应变 -10℃με	≥2500	≥2500	T0715-2011
击实次数 次	两面各50	两面各75	T0702-2011

12.1.7 水泥混凝土路面

水泥混凝土路面所用的水泥、粗集料、细集料、水等材料应满足《公路水泥混凝土路面施工技术细则》(JTG/T F30-2014) 相关规定要求。

水泥: 采用道路硅酸盐水泥, 水泥强度等级 52.5#, 要求 3 天、7 天抗折强度分别达到 4MPa、28 天抗折强度达到 7MPa。

粗集料: 用灰岩轧制成的碎石, 形状接近立方体, 针片状颗粒含量不大于 15%, 水洗法 <0.075mm 的颗粒含量不大于 1%, 其压碎值不得大于 14%, 软弱颗粒含量不大于 5%, 最大粒径不应超过 31.5mm。

编制: 曹政

复核: 陈浩

审核: 周恒

审定: 方忠强

图表号: S-0

细集料：采用质地坚硬、耐磨、洁净的天然砂，或用花岗岩轧制的机制砂，水洗法 $<0.075\text{mm}$ 的颗粒含量不大于 3%，细度模数宜在 2.5 以上。

水：用于混凝土的水不应含有影响混凝土质量的物质。

填缝材料：填缝材料应具有与混凝土板壁粘结牢固、回弹性好、不溶于水、不渗水、高温时不挤出、不流淌、抗嵌入能力强、耐老化龟裂，负温拉伸量大，低温时不脆裂、耐久性好等性能。本次设计填缝料采用常温施工式沥青橡胶类填缝材料，其技术指标应复合下表的规定：

表 12-13 常温施工式沥青橡胶类填缝材料技术指标

试验项目	高弹性型
失粘（固化）时间（h）	3~16
弹性复原率（%）	$\geq 90$
流动度（mm）	0
(-10℃) 拉伸量（mm）	$\geq 25$
与混凝土粘结强度（MPa）	$\geq 0.4$
粘结延伸率（%）	$\geq 400$

为防止水泥混凝土面板切缝反射至沥青面层，在水泥混凝土面板的接缝处铺设自粘式玻纤格栅，其技术要求如下表。

表 12-14 自粘式玻纤格栅

名称	指标
经纬向抗拉强度	$\geq 80\text{kN/m}$
经纬向断裂时伸长率	$\leq 4\%$
弹性模量	$60 \times 10^6 \text{ kPa}$
熔点	218℃
材质	涂弹性胶状聚合物和压力敏感性 粘结背胶。
粘结背胶	压力敏感性
网格尺寸	12.5mm×12.5mm
网眼目数(纵横向)	2±0.15
幅宽	1.5m
卷长	100m
单位面积重量	370g/m <sup>2</sup>

12.1.8 沥青面层质量管理和检查验收

一、改性乳化沥青粘层

① 粘层材料的各项指标应符合设计要求和施工规范的规定。

② 喷洒的粘层油必须成均匀雾状，在路面全宽度内均匀分布成一薄层，不得有洒花漏空或成条状，也不得有堆积。喷洒不足的要补洒，喷洒过量处应予刮除，不得污染其他构造物。

乳化沥青生产过程中，必须按下表规定的检查项目与频度，对原材料进行抽样检验。

表 12-15 施工过程中材料质量检查的项目与频度

材料	检查项目	检查频率	平行试验的次数或一次试验的试样数
改性乳化沥青	蒸发残留物含量	每2~3天一次	2
	蒸发残留物针入度	每2~3天一次	3
	蒸发残留物软化点	每2~3天一次	2
	蒸发残留物延度	必要时	3

注：1、本表所列内容为日常施工过程中质量检查的项目与要求。

2、“必要时”指施工各方任何一个部门对其质量发生怀疑，提出需要检查时，或是根据需要商定的检查频度。

二、沥青混凝土

(1) 原材料的质量检查：包括沥青、粗集料、细集料、填料。

(2) 混合料的质量检查：油石比、矿料级配、稳定度、流值、空隙率、残留稳定度；混合料出厂温度、运到现场温度、摊铺温度、初压温度、碾压终了温度；混合料拌和均匀性。

(3) 面层质量检查：厚度、平整度、宽度、高程、横坡度、压实度、横向偏位；摊铺的均匀性。

(4) 面层混合料的离析包括沥青混合料的温度离析和沥青混合料的级配离析。离析可以暂时作如下控制：

① 施工过程中采用红外温度探测器检测的温度差不应超过 20℃；

② 核子密度仪检测的密度不应超过 0.075g/cm<sup>3</sup>（大体上相当于空隙率相差 3%）；

③ 构造深度的大值与平均值之比不应超过 1.5。

(5) SMA 表面层的质量控制

① 拌合温度必须达到规范要求。

② SMA 为间断级配，粗集料粒径单一、量多，细集料少，矿粉用量多。所以上料过程会

编制：曹政

复核：陈浩

审核：周恒

审定：方忠强

图表号：S-0

产生冷料仓粗集料斗不够而热料仓料斗亏料，细料仓细料溢仓的现象。这是影响 SMA 拌合质量的重要因素，施工中应加强控制。

- ③ 拌合过程中，要求集料始终保持干燥状态。
- ④ 禁止使用回收粉。
- ⑤ 必须考虑纤维稳定剂如何能均匀的添加到混合料中的措施。
- ⑥ 混合料当天拌合，当天用完。
- ⑦ 对 SMA 混合料的马歇尔试验，主要的检测项目是 VV（孔隙率）、VMA（压实沥青混合料的矿料间隙率）、VCA（粗集料的骨架间隙率）、VFC（压实沥青混合料的沥青饱和度）。
- ⑧ SMA 混合料检查项目中最重要的的项目是压实度。

表 12-16 沥青路面个面层施工阶段的质量检查标准

项目	检查频度	质量要求或允许差	试验方法	
外观	随时	无油斑、离析、轮迹	目测	
接缝	随时	紧密、平整、顺直、无跳车	目测、三米直尺	
施工温度	每车料一次	符合规范规定	T0981	
矿料级配，与生产设计标准级配的差（%）	0.075mm	逐盘在线检测	计算机采集数据计算	
	≤2.36mm			±2
	≥4.75mm			±5
	0.075mm	逐机检查，每天汇总	总量检验	
	≤2.36mm			±1
	≥4.75mm	1次，取平均值评定	±2	
	0.075mm	每台拌和机每天上、下午各1次	T0725	
	≤2.36mm			±2
≥4.75mm	±5			
沥青含量（油石比），与生产设计的差（%）	逐盘在线检测	±0.3	计算机采集数据计算	
	逐机检查，每天汇总1次，取平均值评定	±0.1	总量检验	
	每日每机上、下午各1次	±0.3	T0722	
马歇尔	稳定度（kN）	每日每机上、下午各1次	符合本设计要求	T0709

试验	流值（0.1mm）	符合本设计要求	
	空隙率（%）		
压实度（%）	每层1次/200m/车道	不小于98（马歇尔密度），93~97（最大理论密度）	T0924
厚度（代表值）（mm） 不超过	1次/200m/车道	4	T0912
平整度标准差（mm），不大于	每车道连续检测	基层为2.4、下面层为1.8，中面层为1.5，上面层为1.2	T0932
宽度（m）	2处/100m	不小于设计宽	T0911
纵断面高程（mm）	3处/100m	±10	T0911
横坡度（%）	3处/100m	±0.3	T0911
渗水系数 ml/min 不大于	1次/200m/车道	见附注	T0971
摩擦系数	1处/200m	SFC60≥54	T0964
构造深度		≥0.55mm	T0961

附注：建议的渗水系数为：中、下面层渗水系数不大于 100ml/min，合格率不小于 80%；上面层渗水系数不大于 100ml/min，合格率不小于 90%。

表 12-17 沥青路面交工检查与验收的主要质量标准

项目	检测频率	质量要求或允许偏差	试验方法
外观	随时	表面平整密实，不得有明显轮迹、裂缝、推挤、油斑、油包等缺陷，且无明显离析	目测
面层总厚度	代表值(5点/km)	设计值的-5%	T0912
	极值(5点/km)	设计值的-10%	T0912
表面层厚度	代表值(5点/km)	设计值的-10%	T0912
	极值(5点/km)	设计值的-20%	T0912
压实度	代表值(5点/km)	实验室标准密度的96%	T0924、T0922
		最大理论密度的92%	
路表平整度	标准差(全线连续)	1.2mm	T0932
	IRI(全线连续)	2.0m/km	T0933
路表渗水系数	1次/200m/车道	100 ml/min，合格率80% (100ml/min，合格率90%)	T0971
纵断面高程	20断面/km	±15mm	T0911
横坡度	20断面/km	±0.3%	T0911
构造深度	5点/km	≥0.55	T0961/62/63
横向力系数	全线连续	≥54	T0965

三、隧道沥青混合料的施工

编制：曹政

复核：陈浩

审核：周恒

审定：方忠强

图表号：S-0

- (1) 对隧道底部的地下水应采取疏导方式，设置完善的排水系统。
- (2) 施工过程中需确保通风良好，采取防火、防毒措施，制定切实可行的消防和疏散预案。
- (3) 各种施工机械应符合隧道净空的要求，选用宽度较窄的摊铺机铺筑，运料车应能完全卸料，具有足够的行车通道。
- (4) 铺筑沥青面层前水泥混凝土桥面板表面应做铣刨处理，清除浮浆，除去过高的突出部位。

四、隧道铣刨处理

- (1) 隧道路面防水粘结层施工前，必须采用专用铣刨设备对水泥混凝土路面进行精铣刨处理，精铣刨必须采用专用的精铣刨鼓；精铣刨鼓的铣刨刀头间距要适合于水泥混凝土面层的铣刨。
- (2) 铣刨厚度以清除水泥混凝土表面浮浆为度，一般铣刨深度为 3~5mm，下刀深度为 8~10mm，处理之后的层面要形成一定的纹理。
- (3) 多台铣刨机作业采用并行作业，两次作业重叠宽度 10~20cm，并使搭接部分不出现高低差。
- (4) 铣刨过程中，自卸车随铣刨机行驶，同步进行接料清理，铣刨结束后(铣刨面干燥后)，首先采用人工方式将铣刨后产生的粗颗粒清扫干净，然后等桥面实干以后，采用“钢刺猬”(清扫机)刷扫一遍，最后采用空压机将灰尘吹干净，完成界面处理。
- (5) 具体铣刨方案必须报监理工程师和业主审批，铣刨处理检测项目及标准见下表。

表 12-18 铣刨处理检测项目及标准

序号	检查项目	规定值或允许误差	检查方法和频率
1	表面清洁度	无附着杂物、尘土	目测、全面
2	去除深度	3-5mm	目测、全面
3	露骨率	≥70%	目测、全面
4	粗糙度	表面粗糙均匀	目测、全面

12.2 植筋胶黏剂

本项目植筋胶黏剂采用 A 级胶(改性环氧类结构胶粘剂，非快固型)，技术参数应满足《混凝土结构加固设计规范》(GB 50367-2013)、《混凝土结构后锚固技术规程》(JGJ 145-2013)和《混凝土结构工程用锚固胶》(GB/T 37127-2018)的相关规定。

表 12-19 改性环氧树脂类锚固胶性能指标(非快固型)

序号	项目		性能要求	
1	外观质量		无分层、结块、沉淀	
2	基本性能	劈裂抗拉强度/MPa	≥8.5	
		抗弯强度/MPa	≥50	
			且不得呈碎裂状破坏	
		抗拉强度/MPa	≥60	
		无约束线性收缩率/%	≤0.3	
		钢对钢(钢片法)拉伸抗剪强度,标准值/MPa	≥10.0	
		钢对钢 T 冲击剥离长度/mm	≤25	
		约束拉拔条件下带肋钢筋与混凝土的粘结强度/MPa	30MPa 强度的混凝土	≥11.0
			60MPa 强度的混凝土	≥17.0
热变形温度/℃		≥65		
不挥发物含量/%		≥99		
3	可操作时间/min	桶装	≥20	
		注射筒装	≥10	
	下垂度/mm		≤2.0	
	施工温度范围		产品说明中标称的温度范围	
4	长期性能	耐湿热老化性能,钢对钢(钢片法)拉伸抗剪强度降低率/%	≤10	
		耐长期应力作用能力	蠕变的变形值小于 0.4mm	
		耐疲劳应力作用能力,200 万次	试件不破坏	
		耐热老化能力,钢对钢(钢片法)拉伸抗剪强度降低率/%	≤5	

12.3 植筋

1、基本要求

- (1) 所用材料的品种、型号、规格和质量应符合相关技术规范的规定并满足设计要求。
- (2) 植筋前应探测原结构内部钢筋位置，钻孔时不应对其造成损伤。
- (3) 植筋孔位附近的混凝土应密实，无裂缝和疏松层，含水率及施工环境条件应符合胶黏

编制: 曹政

复核: 陈浩

审核: 周恒

审定: 方忠强

图表号: S-0

剂的使用要求。

(4) 植筋的数量不得少于设计要求，植筋插入锚孔深度不得小于设计深度的 95%。植筋间距及植筋至构件边缘距离不得小于构造规定值。

(5) 需焊接的植筋应采取降温措施，不得因焊接降低胶黏剂的技术性能。

2、检查项目

表 12-20 植筋实测项目

控制项目	规定值或允许偏差	检查方法
钻孔直径 (mm)	+3, 0	尺量：抽查 10%，且不少于 5 根
钻孔深度 (mm)	+10, 0	尺量：抽查 10%，且不少于 5 根
钻孔倾斜 (°)	≤5	测角仪：抽查 10%，且不少于 5 根
孔中心偏位 (mm)	±30	尺量：抽查 10%，且不少于 5 根
Δ 拉拔力 (kN)	在合格标准内	按检查：抽查 2~3%，且不少于 5 根

注：项次 5 的检查频率当采用非破损方法或植筋量小时用高限，采用破损方法或植筋量大时用低限。

3、外观鉴定

- (1) 锚孔内胶黏剂应饱满。
- (2) 钢筋表面应无颗粒状或片状老锈及损伤，焊接不得松脱、开焊。

12.4 注浆锁脚锚管加固

1、基本要求

(1) 所用材料类型、质量、规格和性能、形式、制作和架设应满足设计要求和符合现行技术规范的规定。

(2) 钢管桩角度符合设计要求，注浆应饱满，尤其是锁脚钢管与衬砌混凝土之间空隙应注浆密实，垫板焊接牢靠，不得脱空。

2、检查项目

表 12-21 注浆锁脚锚管加固实测项目

控制项目		规定值或允许偏差	检查方法
注浆孔	深度 (mm)	不小于设计值	尺量
	孔间距 (mm)	±50	尺量

	孔径 (mm)	+5, 0	尺量
浆液	配合比	符合设计要求	试验
	强度 (MPa)	符合设计要求	试验
	填充率 (%)	≥90	压力控制、稳压时间、完成时进浆量满足要求
注浆管	数量 (根)	不小于设计	统计
	长度 (mm)	+5, 0	尺量
	排距 (mm)	±10	尺量

3、外观鉴定

锁脚锚管端头浆液饱满，锚垫板与衬砌密贴。

12.5 拆换仰拱

1、基本要求

(1) 所用材料类型、质量、规格和性能、形式、制作和架设应满足设计要求和符合现行技术规范的规定。

- (2) 加强施工组织管理，及时进行，使支护结构尽快封闭。
- (3) 仰拱浇筑前应清除积水、杂物、虚渣等。
- (4) 仰拱超挖严禁用虚土、虚渣回填。仰拱基底承载力应满足设计要求。
- (5) 仰拱曲率、仰拱与边墙连接应满足设计要求并符合施工技术规范规定。
- (6) 仰拱回填混凝土浇筑之前表面应无积水和杂物。
- (7) 仰拱回填混凝土应在仰拱混凝土强度达到设计强度的 70% 后进行。

2、检查项目

表 12-22 仰拱实测项目

控制项目	规定值或允许偏差	检查方法
Δ 混凝土强度 (MPa)	在合格标准内	按 JTG F80/1—2017 检查
Δ 仰拱厚度 (mm)	不小于设计图纸规定	水准仪：每 20m 检查一个断面，每个断面检查 5 点
仰拱埋置深度	满足设计要求	尺量：每个断面检查 3 处
保护层厚度 (mm)	≥50	凿孔检查：每 20m 检查一个断面，每个断面检查 3 点
底面高程 (mm)	±15	水准仪：每 20m 检查 5 点

编制：曹政

复核：陈浩

审核：周恒

审定：方忠强

图表号：S-0

表 12-23 仰拱回填实测项目

控制项目	规定值或允许偏差	检查方法
混凝土强度 (MPa)	在合格标准内	按 JTG F80/1—2017 检查
顶面高程(mm)	±10	水准仪：每 20m 检查 5 点

3、外观鉴定

- (1) 仰拱混凝土表面应密实、无露筋。
- (2) 仰拱回填表面应无开裂。

12.6 混凝土裂缝修补

1、基本要求

- (1) 裂缝修补所用材料的品种、性能、规格应符合相关技术规范的规定并满足设计要求。
- (2) 应按设计要求对混凝土表面进行处理，含水率应与修补材料的使用要求相适应。表面封闭时基面应清洁、密实、坚固；灌胶时裂缝两侧基面应清理出密实新鲜混凝土，表面应清洁、干燥。
- (3) 在裂缝交叉点、端部及宽度较大处应设灌胶嘴，且在封缝胶固化后应检查其气密性，应无漏气。
- (4) 修补工艺、顺序应符合设计要求。

2、检查项目

表 12-24 裂缝表面封闭实测项目

控制项目	规定值或允许偏差	检查方法
Δ 混凝土强度 (MPa)	在合格标准内	按 JTG F80/1—2017 检查
Δ 仰拱厚度(mm)	不小于设计图纸规定	水准仪：每 20m 检查一个断面，每个断面检查 5 点

注：项次 1 封闭面积不满 100m<sup>2</sup> 者，按 100m<sup>2</sup> 处理。

表 12-25 裂缝灌浆实测项目

控制项目	规定值或允许偏差	检查方法
灌胶嘴间距 (mm)	符合设计要求	尺量：抽查 10%
灌胶压力 (MPa)	符合设计要求	压力表读数：全部
停胶后持压时间 (min)	符合设计要求	计时器：全部

Δ 灌缝饱满程度	饱满	观察芯样、压力机：按设计规定，设计未规定时每检验批取 3~5 个芯样
Δ 劈裂抗拉强度(MPa)	符合设计要求	

注：采用相同材料和方法的灌浆裂缝为 1 个检验批。

3、外观鉴定

- (1) 应无漏封闭或漏灌胶的裂缝。
- (2) 裂缝封闭的表面应平整，无裂缝、脱落，粘贴物表面应无气泡、空鼓。
- (3) 灌浆嘴应清除，封缝胶应无大块堆积和流挂。

12.7 隧道混凝土路面

1、基本要求

- (1) 基层质量必须符合规定要求，并进行弯沉测定，验算的基层整体模量应满足设计要求。
- (2) 水泥的强度、物理性能和化学成分应符合国家标准及有关规范的规定。
- (3) 粗细集料、水、外掺剂及接缝填缝料应符合设计和施工规范要求。
- (4) 施工配合比应根据现场测定水泥的实际强度进行计算，并经试验，选择采用最佳配合比。
- (5) 接缝的位置、规格、尺寸和传力杆、拉力杆的设置以及面板补强钢筋的布设等符合图纸和规范要求。
- (6) 路面拉毛或机具压槽等抗滑措施，其构造深度应符合施工规范要求。
- (7) 面层与其他构造物相接应平顺，检查井井盖顶面高程应高于周边路面 1~3mm。混凝土路面铺筑后按施工规范要求养生。

2、检查项目

表 12-26 水泥混凝土路面铺筑检查实测项目

控制项目	规定值或允许偏差	检查方法
Δ 弯拉强度 (MPa)	在合格标准之内	按 JTG F80/1-2017 检查
Δ 板厚度 (mm)	代表值	-5
	合格值	-10
	极值	-15
		按 JTG F80/1-2017 检查

编制：曹政

复核：陈浩

审核：周恒

审定：方忠强

图表号：S-0

控制项目		规定值或允许偏差	检查方法
平整度	$\sigma$ (mm)	$\leq 1.32$	平整度仪: 全线每车道施工段连续, 按每 100m 计算 IRI 或 $\sigma$
	IRI(m/km)	$\leq 2.2$	
	最大间隙 h(mm)	3	3m 直尺: 单向每 100m 施工长度测 1 处×10 尺
抗滑构造深度 (mm)		一般路段不小于 0.7 且不大于 1.1; 特殊路段不小于 0.8 且不大于 1.2	铺砂法: 每 1500m <sup>2</sup> 测 1 处
横向力系数 SFC		一般路段 $\geq 50$ ; 特殊路段 $\geq 55$	按 JTG F80/1-2017 检查
相邻板高差 (mm)		$\leq 2$	抽量: 每条胀缝 2 点, 每 100m 施工长度抽检纵、横缝各 1 条, 每条 2 点
纵、横缝顺直度 (mm)		$\leq 10$	纵缝 20m 拉线, 每 200m 测 4 处; 横缝沿板宽拉线, 每 200m 测 4 处
中线平面偏位 (mm)		20	经纬仪: 每 200m 测 4 点
路面宽度 (m)		$\pm 20$	尺量: 每 200m 测 4 处
纵断面高程 (mm)		+10, -5	水准仪: 每 200m 测 4 断面
横坡 (%)		$\pm 0.15$	水准仪: 每 200m 测 4 断面

### 12.8 排水设施

#### 1、基本要求

- (1) 所用材料的类型、规格、数量、质量和性能应满足设计要求并符合相关规范的规定。
- (2) 排水设施的断面形状、尺寸、位置和埋设深度以及纵坡应满足设计要求。
- (3) 修复部分与原结构搭接应平顺。

#### 2、检查项目

表 12-27 排水设施维修实测项目

控制项目	规定值或允许偏差	检查方法
$\Delta$ 混凝土强度 (MPa)	在合格标准内	按 JTG F80/1-2017 检查
断面尺寸 (mm)	$\pm 10$	尺量: 每 10m 测 1 处
纵向坡度 (%)	符合设计要求	水准仪: 每 50m 测 2 点
顶面高程 (mm)	0, -20	水准仪: 每 30m 测 1 处, 中间拉线

#### 3、外观鉴定

- (1) 排水应畅通, 应无淤积。
- (2) 排水设施应完好, 应无渗漏。

### 12.9 检修道

#### 1、基本要求

- (1) 维修所用的材料类型、规格、质量应满足设计要求并符合相关技术规范的规定。
- (2) 与原检修道的衔接处应平顺, 无错台。

#### 2、检查项目

表 12-28 检修道维修实测项目

控制项目		规定值或允许偏差		检查方法
$\Delta$ 混凝土强度 (MPa)		在合格标准内		按 JTG F80/1-2017 检查
检修道宽度 (mm)		$\pm 10$		尺量: 每 25m 检查 1 处
检修道盖板厚度 (mm)		+5		尺量: 每 25m 检查 1 处
预制板铺设	相邻板高差 (mm)	有照明	3	水平尺: 每 25m 检查 1 处
		无照明	2	
相邻板缝宽 (mm)		符合设计要求		尺量: 每 25m 检查 1 处

#### 3、外观鉴定

- (1) 检修道构建连接应牢固、密贴, 线形直顺, 表面平整。
- (2) 勾缝应密实均匀, 无杂物污染。

### 12.10 渗、漏水处治

#### 1、基本要求

- (1) 水管不得堵塞, 管道材料应具有抗老化性和足够强度。
- (2) 应先清除衬砌表面灰尘及劣化部分。
- (3) 槽内止水材料应填充密实。
- (4) 水泥砂浆防水层各层之间应结合牢固, 无空鼓现象。
- (5) 水泥砂浆防水层施工缝留茬位置应正确, 接搓应按层次顺序操作, 层层搭接紧密。

#### 2、检查项目

编制: 曹政

复核: 陈浩

审核: 周恒

审定: 方忠强

图表号: S-0

表 12-29 埋管引排水实测项目

控制项目	规定值或允许偏差	检查方法
管槽尺寸 (mm)	不小于设计值	尺量: 每 10m 测 2 处
管槽间距 (mm)	±20	尺量: 每 10m 测 2 处
水管埋设位置 (mm)	±20	尺量: 每 10m 测 2 处
连接固定点间距 (mm)	±20	尺量: 每管检查 3 处

3、外观鉴定

- (1) 引、排水管应完好畅通、无渗水现象，并与衬砌附着牢固。
- (2) 止水砂浆表面应平顺，均匀密实。

12.11 路面标线划设

1、基本要求

- (1) 路面标线的颜色、形状和设置位置应符合现行《道路交通标志和标线 第 3 部分：道路交通标线》(GB 5768.3) 的规定和设计要求。
- (2) 路面标线材料应符合设计要求和现行《路面标线涂料》(JT/T 280)、《路面标线应玻璃珠》(GB/T 24722)、《道路预成形标线带》(GB/T 24717)、《路面防滑标线》(JT/T 712) 的相关规定；局部补划的路面标线材料及形状宜与相邻路段原有路面标线一致。
- (3) 路面标线喷涂前应先清洁路面，保持路面干燥，无起灰现象。
- (4) 复划标线前对基底原路面标线的清理应符合设计要求。
- (5) 反光标线玻璃珠应撒布均匀，施划后标线应无起泡、剥落现象。

2、检查项目

表 12-30 突起路标更换、增设实测项目

控制项目	规定值或允许偏差	检查方法
标线长度 (mm)	2000~6000	钢卷尺: 每 200m 测 1 处, 每处测 2 段
	1000	
标线纵向间距 (mm)	2000~9000	钢卷尺: 每 200m 测 1 处, 每处测 2 个间距
	1000	
标线宽度 (mm)	+6, 0	钢卷尺: 每 100m 测 1 处

标线厚度 (mm)	符合设计要求	标线厚度测量仪或卡尺: 每 200m 测 1 处, 每处测 2 点
标线横向偏位 (mm)	≤30	钢卷尺: 每 100m 测 1 处
Δ 反光标线逆反射亮度系数 (mcd.m <sup>-2</sup> .lx <sup>-1</sup> )	符合设计要求	标线逆反射测试仪、干湿表面逆反射标线测试仪: 每 200m 测 1 处, 每处测 5 点

3、外观鉴定

- (1) 标线应具有良好的视认性，颜色均匀、边缘整齐；线形应流畅，应与道路线形相协调。
- (2) 标线表面不应出现网状裂缝、断裂裂缝和起泡等现象；标线边缘不应出现明显毛边，复划标线应覆盖基底原路面标线。

12.12 突起路标

1、基本要求

- (1) 突起路标产品应符合现行《突起路标》(GB/T 24725) 的规定和设计要求。
- (2) 突起路标的布设应符合设计要求和现行《道路交通标志和标线 第 3 部分：道路交通标线》(GB 5768.3) 的规定。
- (3) 突起路标应在路面干燥、清洁并经测量定位后施工。
- (4) 突起路标与路面应黏结牢固。

2、检查项目

表 12-31 突起路标更换、增设实测项目

控制项目	规定值或允许偏差	检查方法
安装角度 (°)	±5	量角尺: 抽检 10%
纵向间距 (mm)	±100	钢卷尺: 抽检 10%
横向偏位 (mm)	±50	钢卷尺: 抽检 10%

3、外观鉴定

- (1) 突起路标不得有明显的损伤、破裂和脱落；黏结剂不得造成路面污染。
- (2) 突起路标安装线形应顺畅，并应与道路线形协调一致。

13 监控量测设计

在隧道病害整治过程中，应对围岩和支护进行量测，必测项目：结构病害状况观察、周边

编制: 曹政

复核: 陈浩

审核: 周恒

审定: 方忠强

图表号: S-0

收敛、拱顶下沉。通过现场量测获得围岩和支护工作状态的有关数据，来判断围岩和支护结构体系的稳定性及工作状态，从而选择和修正支护参数及指导施工。量测方法及布置按《公路隧道施工技术规范》（JTG/T 3660-2020）相关规定执行。

作为病害整治工程，施工过程中对病害段尤其应加强结构病害状况观察，病害观察应从以下两个方面入手：裂缝增加情况观察；裂缝、错台展开情况和地下水发育程度等观察。观察过程中应做好宽度、长度、日期等现场标注。量测小组每天及时整理量测数据资料，如发现隧道存在位移变化、裂缝展开、错台严重等现象，应及时采取有效的临时支撑，保证隧道稳定，并立即报告相关单位，研究合理的处治方案。

在仰拱拆换段按纵向间距 5m 各布置一个拱顶下沉及周边收敛监测断面。并在施工过程中，对施工部位前后 10m 范围进行监测。

在施工过程，对衬砌结构沉降变化速率应控制在 1mm/d，累计变化值控制在 10mm 以内。若有异常变形，则须迅速采取有效措施，并及时通报参建各方，调整施工方法，保证隧道上部结构的安全。监测频率应保证每天两次，在该段施工完后，量测频率可适当减少。

在施工过程中还应加强对衬砌结构外观观察，如裂缝的发展等情况。监测时间应延长至工程完成后的 2~3 个月左右，以监测病害处治段落是否继续发展。运营期间需加强对隧道的日常维护和裂缝的观察，必要时可进行隧道的长期监测工作。

## 14 施工安全设计

### 14.1 施工风险评价

由于本项目隧道位于高速公路上，车流量较大，本次交通组织拟采用边通车、边施工的方式，存在一定的交通风险。因此，隧道病害处治施工前应合理编制交通组织方案，确保施工期间的交通安全。

### 14.2 隧道施工安全作业方案

施工前应详细阅读掌握本设计文件，领会设计意图，并应贯彻《中华人民共和国安全生产法》“安全第一，预防为主，综合治理”的方针，严格按《公路隧道施工技术规范》（JTG/T 3660-2020）、《公路工程施工安全技术规范》（JTG F90-2015）等规范规程的相关要求，详细

编制实施性施工组织设计，包括隧道各项施工工序详细的施工安全措施和应急预案。

为了保障施工作业人员和设备的安全以及车辆的安全运行，规范病害处治工程的施工安全管理和作业行为，特制定以下安全要求：

#### 14.2.1 施工作业安全

- 1、在全路段上进行施工作业的人员必须全部穿反光背心。
- 2、必须按照要求摆放相关标示牌、警示牌、警示灯，并指派专人负责维持交通并管理安全标志摆放情况。
- 3、在施工过程中，除安全管理人员摆放安全标志外，禁止其他作业人员进入车辆通行的车道。
- 4、在作业时必须要有专职安全人员，不得做出违规、危险的操作行为，更不得在施工中嬉戏、打闹等。
- 5、洞内施工照明必须满足作业要求，并覆盖整个工作区域，贴好反光贴，同时警示灯必须开启。

#### 14.2.2 洞内高空作业

由于隧道病害处治工程中涉及大量高空作业，因此施工单位应在施工前要编制专项施工方案，并在施工中严格按照高空作业要求进行施工。

- 1、高空作业时使用的安全带，各种部件不得任意拆卸，有损坏的不得使用，安全帽必须戴稳，系好下颌带。
- 2、登高作业中使用的各种梯子要坚固，放置要平稳。使用的梯具必须定期检查，梯具不能作为长时间和 2 人以上共同工作的高空立足工具。

#### 14.2.3 雨、雾天安全作业

- 1、雨、雾天必须在隧道外作业控制区警告区、上游缓冲区增设置警示灯，相应增加反光标志。
- 2、必要时设置黄色警示灯，并且增加旗手、安全员分布在绕行出入点路口进行职守。

## 15 隧道弃碴设计

1、弃碴必须满足环保和水土保持的要求，设计阶段经与建设单位沟通，本项目弃碴选择现状云雾山隧道 K17+750 处弃碴场，弃碴运距约 28.75km。弃碴应遵循少占农田，不占好田的原则，尽量利用荒坡、荒沟堆弃。

2、施工前施工单位应与建设单位沟通弃碴相关事宜，弃碴时应务必保证碴场的安全及稳定，必要时可根据弃碴场情况增设挡墙。弃碴挡墙可采用 C15 片石混凝土或 C15 混凝土，坡面防护采用 M10 浆砌片石；有条件复垦时，碴顶整平换以 0.6m 厚的原土。无条件复垦时，碴面整平后进行绿化。

## 16 隧道后续养护

为掌握隧道加固后隧道的运营情况和隧道病害、隐患段的发展情况，及早发现对隧道安全和功能有影响的病害，以便尽早采取防治病害的措施，确保隧道安全畅通。隧道检查应按《公路工程养护技术规范》（JTG H30-2015）展开日常检查、定期检查、特别检查和专项检查，并根据检查结果展开养护和预防性养护，尤其应重视后续预防性养护。

对未处治的段落应根据病害和隐患的发展情况，有针对性的采取养护措施，应在运营过程中加强观测，并择机处治。

## 17 环境保护

### 17.1 施工单位应建立健全文明施工及环境保护制度

- 1、责任制：健全责任制，明确项目部、各施工队的责任人、环保员，使责任落实到人。
- 2、教育制：加强管理施工人员的文明施工及环境保护法规教育，增强管理施工人员的文明施工及环境保护意识。
- 3、检查制：定期组织对施工现场文明施工及环境情况进行监测、检查，发现异常情况及时整改。
- 4、奖罚制：健全文明施工及环境保护经济奖罚制度，加强对各施工队文明施工及环保指标考核，优则表扬奖励，劣则批评处罚。

### 17.2 加强文明施工及环境保护措施

- 1、工程施工中固体废物应妥善处理，减少对环境污染。
  - (1) 废旧混凝土、旧路面混凝土、旧基层材料等固体废物必须按照相关的规范、标准进行处理，严禁随意丢弃或沿沟、坡、河道倾倒。
  - (2) 清理水沟、检查井及沟渠施工开挖的淤泥、砂土等材料应妥善处置，禁止随意堆放或倾倒河道，防止再次冲入沟渠造成淤积。
  - (3) 妥善处理临时改道时养护道路所用材料的取用和丢弃，防止污染环境或破坏农田。
- 2、加强对废水、污水管理，保护水质
  - (1) 施工废水、生活污水按批准的方法处理后排入排污系统。
  - (2) 对含有沉积物的污水须经过过滤、沉淀处理或其它措施达标后才能排放。
  - (3) 施工机械防止严重漏油，各种废油和含有油污的废水须用集油池处理，严禁废油和含有油污水直接排放。
  - (4) 施工期间，水泥、油料、化学品等堆放要严格管理，防止在雨季或暴雨时将物料随雨水一起排入地表及附近河流，造成污染。
- 3、加强施工现场防尘措施，控制粉尘。
  - (1) 加强施工临时改道道路的养护，施工区段的场地和运输道路要经常用洒水车进行洒水，防止风吹扬尘。
  - (2) 易于引起粉尘的细集料或松散料，堆放后适时遮盖或适当洒水润湿。运输时要用帆布或其它盖套进行覆盖。
  - (3) 隧道内临时放行期间，尽量不进行机械切割、凿除等扬尘作业，从事此类作业的现场操作人员必须配备必要的劳保防护用品。
- 4、加强对废气、噪声控制，减少噪声、废气污染。
  - (1) 建筑施工场地的噪音应符合《建筑施工场界噪声排放标准》（GB12523-2011）的规定，并遵守当地有关部门夜间施工的规定。
  - (2) 隧道内临时放行期间，加强机械通风，保持隧道内的空气质量。
  - (3) 禁止燃烧垃圾、废弃材料等。
- 5、加强项目驻地的卫生、防疫工作，并设专职人员负责。

## 18 隧道施工交通组织设计

为保证高速公路隧道施工期的施工、运营安全有序开展，首先应提早在交通媒体、可变信息标志、临时交通标志等方式及时发布前方隧道内的作业信息，以便车辆提前分流。

隧道病害处治施工应在保障施工人员、设备和车辆运行安全的前提下，充分考虑施工对交通安全保通状况的影响，保障交通通行。根据隧道段落、部位及施工特点，合理选择适当的交通组织方式。

### 18.1 封闭隧道单洞

对于隧道内需进行仰拱拆换处治的，采用单洞全幅封闭施工，可根据实际交通情况选择另一洞单向轮流行车或双向限速行车的交通组织方式。施工前应做好施工交通组织方案报批工作。

1、仰拱拆换施工或进行其他不满足半幅通车条件作业时，需采用单洞封闭的方式。

2、隧道仅进行左边墙或右边墙处治施工时，如不影响交通安全，可封闭一侧车道，另一侧车道通行。

2、施工时在不相互影响情况下，可跳槽多工作面同时进行作业。

3、注意减少施工对已处治段路面的影响。

### 18.2 封闭隧道单洞内部分车道

对于常规病害处治，在不影响交通安全的前提下，可封闭隧道单洞内施工区域所在的一或两个车道，其余车道保持通行。隧道封闭时，作业控制区域由以下区域组成：警告区、上游过渡区、纵向缓冲区、工作区（施工作业的隧道单洞）、下游过渡区、终止区。养护安全设施的设置应按照现行《公路养护安全作业规程》（JTGH30-2015）要求布置。

管制长度：警告区长度 1800m，上游过渡区长度 200m，纵向缓冲区长度 200m，工作区域按实际施工段落确定，下游过渡区长度为 50m，终止区 50m。

标志摆放：封闭段始于隧道施工区域前方 400m，上游过渡区应在洞口前方布置完成。

①距离封闭段 1800m 处在右侧边坡及中央绿化带的上方，摆设“前方施工 1800m”标志牌。

②距离封闭段 900m 处，在摆设“60”限速标志；

③距离封闭段 600m 处，摆设“40”限速标志。

④距离封闭段 450m 处，摆设“车道变窄标志”。

⑤封闭段后方 10m 位置摆放“施工长度 XXm”标志和“变向”标志。

⑥在施工区前方 10m 位置采用带警示灯护栏横向封闭。

⑦施工区域应采用配备灯具进行照明。

⑧在下游过渡区后 50m 处摆设“限速解除 40”标志。

### 18.3 安全管理措施

(1) 洞内施工作业时，必须中断交通，为缩短影响交通时间，宜采取早强材料。在开放交通情况下加固施工时，必须制订突发事件应急预案。

(2) 施工单位必须按照《安全生产法》和《公路工程施工安全技术规范》、《公路养护安全作业规程》的要求落实责任，建立机构，完善制度。保证人员及设备安全。

(3) 根据施工组织计划确定作业路段封闭长度。

(4) 安全警戒人员按交通管理部门和路政管理部门相关要求进行培训。

(5) 配备专职安全员不定时巡视，并及时恢复碰到吹倒甚至损坏的设施。

(6) 工作车辆设置明显标志。

(7) 作业前向道路交通主管单位报送封闭申请与封闭方案，得到批准后再实施作业。

(8) 作业区位置处于弯道视距不良的路段时，在控制区内增加标志数量。

(9) 进行作业时，顺交通流方向设置安全设施。作业完成后，逆交通流方向撤除有关安全设施，恢复正常交通。

(10) 施工单位应在现场配置多名专职安全员，佩戴红色标志，检查安全规则实施情况。安全员在各交叉口执勤时，首先保证社会车辆通行。

(11) 结合施工路段交通管制特点，制定安全施工手册，严格要求现场操作人员穿警示背心、安放明显的灯光警示标志。

(12) 应严格按病害处治方案进行，当现场情况发生变化时，应及时停止施工，妥善处理，方可继续进行施工，严禁未经许可随意改变施工方案。

(13) 施工中若出现病害情况与设计不符时，应及时反馈并调整处治措施，避免发生工程事故。

(14) 施工过程中对病害段尤其应加强结构病害状况观察，并做好记录。量测小组每天及时整理量测数据资料，如发现隧道存在位移变化、裂缝展开、错台严重等现象，应及时采取有

效的临时支撑，保证隧道稳定，并立即报告相关单位，研究合理的处治方案。

(15) 施工时，操作人员应采取有效的劳动防护措施。加固现场应设置有害气体和噪音等的检测设施。

#### (16) 安全标志

在现场周围配备、架设并维修必要的标志。标志包括：警告与危险标志、安全与控制标志、指路标志与标准的道路标志。所有标志的尺寸、颜色、文字和架设地点均应经有关方面认可。

#### (17) 突发事件的安全管理

- ①按相关规定报送相关单位和向社会发布信息；
- ②配合实行交通管制，采取措施减少次生事故发生；
- ③进行人员救护和疏散，尽量减少人员伤亡；
- ④配合所在地政府和相关专业机构做好处置工作；
- ⑤尽快清除障碍，恢复交通组织秩序。

## 18.4 应急预案

1、成立施工项目经理为组长的安全保畅小组，小组成员要以高度的责任心进行安全保畅工作。若出现紧急情况，要以人员安全、交通保畅为第一要务，在最短的时间内赶到现场，协助交警尽快组织处理。

2、联系应急救援车辆，用于紧急救援和抢险工作。

3、加强宣传，争取过往车辆司乘人员的理解，与养护管理部门及时沟通，并制作警示灯、警示牌和指示运行线路的各种反光牌告知行驶者的变换路线等，协助执法单位加强交通管理，使车辆在交通管制路段按时段、按顺序行驶，不因争抢车道引起交通堵塞。

4、若有事故发生，安全保畅小组配合事故调查处理小组的工作，按要求写出书面的事故报告。

## 19 施工注意事项

1、整治工程施工前，必须制定详细周密的施工组织设计，并作出专门的安全生产施工方案和交通组织方案，报监理批准和相关单位审批，批准后方可组织施工。施工单位必须建立质量保证体系，每道工序要经过监理检查并做好必要的记录和保存影像资料；上道工序不合格，决

不允许进行下一道工序施工。

2、由于病害工程的特殊性，施工前及施工过程中应全面检查隧道中的病害现象，如实际病害（包括发生地段、病害类型和数量）与本设计不一致应立即与建设单位、检测单位、设计单位联系，及时反馈并调整处治措施，避免发生工程事故。

3、施工前必须制定各种施工事故的安全预案，并提交相关单位批准后方可开工。

4、施工期间，应向社会公布车辆绕行公告，同时交通组织及安保工作应由路政、高管、运营、交警部门统一协调，确保隧道施工期间运营安全。

5、由于部分隧道渗漏水病害具有季节性，施工时，可根据实际渗漏水病害情况进行处治。

6、病害处治属于高风险的特殊施工，并且不允许再次处治和失败，因此建议邀请有隧道病害处治施工经验的施工队伍来进行处治，以避免造成二次病害带来的更大的经济损失和社会影响。

7、施工单位在整治缝宽较大的纵（斜）向裂缝时，对检测报告进行仔细核对，应注意核实裂缝处是否存在衬砌厚度不足或背后有空洞且为素混凝土的情况，并将情况及时反馈给建设单位、检测单位、设计单位。

8、施工时应注意对工作台架的稳定性、洞内照明和安全警示标志的使用安全。

9、对于渗漏水不严重病害处治施工时，起拱线以上二次衬砌钻孔排水应注意避免钻穿防水层。

10、仰拱拆换或仰拱加固是处治工程的关键项目之一，是为了彻底解决底部承载力和结构问题，因此施工时必须严格按设计要求、施工规范进行作业，确保仰拱质量，开挖后应查验底部基础是否稳定坚实，若基础不能满足要求时，应对基础进行加固或换填处理。

11、仰拱拆换时一次拆除和开挖的长度不大于 3m；仰拱一次浇筑长度不得大于 6m，且在拱墙衬砌施工缝处，在施工缝前或后单方向不得大于 2m。需等先期拆换段的仰拱结构达到设计强度要求时才能进行下次开挖或拆除。

12、仰拱拆除开挖后下方虚渣必须清理干净，超挖部分应以同级混凝土回填；仰拱混凝土应加外模整幅施作，使仰拱成形，仰拱施工缝与原衬砌施工缝应在同一位置。当仰拱衬砌混凝土必须半幅浇注时，须按设计及相关规范要求做好接缝及接缝处防水处理。

13、仰拱拆除开挖时一定要考虑安全措施，拆换时必须进行衬砌结构变形监控量测和拱墙衬砌结构观察，随时注意衬砌结构变化和衬砌表面是否有新裂缝出现，判别和原有裂缝是否有发展的可能。拆除路面和仰拱前必须先施作锁脚锚管，必要时增设临时横向支撑及拱脚支撑，

待浇筑仰拱二次衬砌时拆除，留作下一循环使用。

14、路面、仰拱及仰拱回填拆除开挖时应尽量采用机械或人工拆除，若必须采用爆破拆除时，应严格控制爆破，保证不影响衬砌结构安全。根据《爆破安全规程》（GB6722-2014）的规定，以及考虑到隧道为已运营隧道，且相关区段隧道围岩以IV级为主，为避免路面及仰拱开挖爆破影响隧道衬砌结构安全，要求现场开挖爆破震动速度应控制在5cm/s以内。

15、在施工作业时，一定要保护好电缆线等，并要求有专人看护。

16、锚杆施作建议采用履带式潜孔钻施工，轻便快速。

17、仰拱拆除开挖时，应注意对拱脚纵向排水管的保护与恢复，可采用钢板或钢管进行临时防护。拆除仰拱后，应及时在拆除段上游端采用软管或HDPE管临时将上游管沟的水排入下游未拆除段对应的管沟中排走。

18、隧道施工过程中必须采取有力措施保护好预埋的各种排水盲沟，避免淤塞和破坏，以保证隧道运营阶段各排水措施功能正常发挥，并注意洞内排水，洞内的渗水、施工用水必须及时沿临时边沟或永久边沟及时排出洞外，不得散流。现场应提前准备抽水泵等排水设备，及时将积水抽排走。

19、在仰拱混凝土浇筑前，必须采取措施将积水抽干，并应将基底的软化土体、虚碴、杂物等清除干净。

20、衬砌应和电缆沟内壁一并关模施工，浇筑完毕后凿除入料口处多余混凝土，并打磨平整。混凝土衬砌施工时，应注意对原有预留、预埋管线及洞室保护和恢复。

21、施工中如发现异常，应及时与相关各方进行沟通，制定合理的处治方案。

22、隧道预埋件与交通工程的预埋件在局部地段可能有一定的冲突，施工过程中应根据实际情况协调相关单位后作一定的调整。

23、隧道施工应注意对周围生态环境的保护，隧道洞渣不得随意堆放。本次处治施工中所有的弃渣必须运到场外云雾山隧道现状弃渣场。

24、由于施工图设计文件完成和提交距施工单位进场存在时间差，隧道病害会随时间发展，尤其是长期未得到及时有效处治的条件下，病害发展会加剧，为防患于未然，在隧道的施工前，应结合设计文件展开隧道施工隐患调查和防控措施制定工作，通过对隐患现场调查，对于裂缝深度与宽度扩展较大的段落，应会同参建各方共同制定处治加固措施，并在施工中采取合理的防控措施和必要的应急预案避免影响隧道施工和结构安全，对各种预案和特殊处理方案应具有一定的预判，使其更有针对性，保证隧道顺利施工。

## 20 建议

1、由于隧道病害仍在不断发展，因此在隧道病害处治前应加强对病害段的巡察观测，并及时向各方通报发展变化情况。

2、拆除衬砌结构施工时，可采用在该段衬砌下方路面铺钢板方式对路面进行保护，以免砸坏及污染路面。

3、隧道维修加固从设计-施工-管理整个环节来看，属于精细化工程，应充分重视。

4、隧道维修设计应充分遵循动态设计的准则，根据开挖后的现场情况灵活调整、优化设计方案，不可生搬硬套。

5、由于隧道维修实施会对既有交通造成不可避免的影响，前期设计应充分论证交通分流方案的可行性，在保证整治有效的前提下，最大限度减少交通影响。

隧道工程数量表

编号	项目	单位	左线	右线	合计		
1	拆除工程	路面结构、电缆沟等拆除	m <sup>3</sup>	1862.02	1433.76	3295.78	
2		C15片石混凝土拆除	m <sup>3</sup>	4085.12	3123.90	7209.02	
3		仰拱C30混凝土拆除	m <sup>3</sup>	1752.19	1074.28	2826.47	
4		石方(IV级)	m <sup>3</sup>	267.96	406.00	673.96	
5	仰拱拆换	Φ89×5mm锁脚注浆钢管桩	m	3680.00	2848.00	6528.00	
6		水泥浆	m <sup>3</sup>	34.50	26.70	61.20	
7		钢垫板	kg	1626.10	1258.46	2884.56	
8		HRB400钢筋(锁脚钢管钢筋笼)	kg	29410.10	22760.86	52170.96	
9		仰拱扩挖	m <sup>3</sup>	1411.78	1259.05	2670.83	
10		底部C15混凝土换填	m <sup>3</sup>	985.40	878.80	1864.20	
11		C35混凝土(仰拱衬砌)	m <sup>3</sup>	2037.21	1495.49	3532.70	
12		HPB300钢筋(仰拱衬砌)	kg	8578.86	5887.04	14465.90	
13		HRB400钢筋(仰拱衬砌)	kg	142742.68	102731.98	245474.66	
14		预埋Φ42×4mm注浆小导管	m	184.00	142.40	326.40	
15		C35水泥浆液(CW/C=1:1.4)	m <sup>3</sup>	9.20	7.12	16.32	
16		Φ22植筋(HRB400钢筋)	根	3680.00	2848.00	6528.00	
17		C15混凝土仰拱回填	m <sup>3</sup>	4427.69	3401.58	7829.27	
18		界面胶	kg	460.00	356.00	816.00	
19		注浆加固	Φ42×4mm注浆小导管	m	703.57	901.95	1605.52
20			水泥浆	m <sup>3</sup>	172.90	221.65	394.55
21		电缆沟	HRB400钢筋	kg	3279.80	2538.28	5818.08
22			HPB300钢筋	kg	1000.50	774.30	1774.80
23	C30混凝土(盖板)		m <sup>3</sup>	39.56	30.62	70.18	
24	C30混凝土(沟身)		m <sup>3</sup>	153.87	119.08	272.95	
25	Φ22植筋(HRB400钢筋)		根	2300.00	1780.00	4080.00	
26	纵向水沟	HPB300钢筋	kg	1656.00	1281.60	2937.60	
27		C30混凝土(盖板)	m <sup>3</sup>	10.58	8.19	18.77	
28		C30混凝土(沟身)	m <sup>3</sup>	62.10	48.06	110.16	
29	路缘边沟	HPB300钢筋	kg	3808.80	2947.68	6756.48	
30		C30混凝土	m <sup>3</sup>	93.84	72.62	166.46	
31	路缘石	Φ22植筋(HRB400钢筋)	根	2387.50	2552.50	4940.00	
32		HPB300钢筋	kg	6665.90	7126.58	13792.48	
33		C30混凝土	m <sup>3</sup>	119.38	127.63	247.00	
34	沉砂池	HRB400钢筋	kg	95.90	68.50	164.40	
35		C30混凝土	m <sup>3</sup>	1.75	1.25	3.00	

隧道工程数量表

编号	项目	单位	左线	右线	合计	
36	侧埋暗沟	HPB300钢筋	kg	276.00	213.60	489.60
37		HRB400钢筋	kg	1426.00	1103.60	2529.60
38		无纺布(400g/m <sup>2</sup> )	m <sup>2</sup>	259.90	201.14	461.04
39		1.5mm厚EVA防水板	m <sup>2</sup>	115.00	89.00	204.00
40		级配碎石	m <sup>3</sup>	9.20	7.12	16.32
41	侧埋暗沟	C15混凝土基座	m <sup>3</sup>	10.12	7.83	17.95
42		Φ200双壁打孔波纹管	m	230.00	178.00	408.00
43	横向盲沟	Φ50双壁单侧打孔波纹管	m	283.77	220.32	504.09
44		无纺布(400g/m <sup>2</sup> )	m <sup>2</sup>	85.78	66.60	152.38
45		1.5mm厚EVA防水板	m <sup>2</sup>	85.78	66.60	152.38
46		级配碎石	m <sup>3</sup>	1.62	1.26	2.88
47		M20防水砂浆封底	m <sup>3</sup>	0.93	0.72	1.65
48	路面结构	4cm厚改性沥青马蹄脂碎石(阻燃)	m <sup>2</sup>	2949.33	2267.72	5217.05
49		乳化沥青粘层	m <sup>2</sup>	2949.33	2267.72	5217.05
50		6cm厚中粒式沥青混凝土(AC-20-I)	m <sup>2</sup>	2949.33	2267.72	5217.05
51		防水粘层	m <sup>2</sup>	2949.33	2267.72	5217.05
52		26cm厚水泥混凝土面板	m <sup>2</sup>	2949.33	2267.72	5217.05
53		15cm厚C20混凝土基层	m <sup>2</sup>	2903.33	2232.12	5135.45
54		自粘式玻纤格栅	m <sup>2</sup>	79.92	61.77	141.69
55		路面胀缝(每道)	HPB300钢筋	kg	3358.43	2120.16
56	HRB400钢筋		kg	12365.90	7806.54	20172.44
57	路面纵缝	HRB400钢筋	kg	910.88	629.05	1539.93
58	横向施工缝	HPB300钢筋	kg	3967.43	3482.20	7449.63
59	交安设施	白色双面反光突起路标	个	32.08	23.73	55.82
60		白色热熔型高亮度标线涂料(线宽20cm)	m	920.00	712.00	1632.00
61		减速震动标线	m <sup>2</sup>	89.10		89.10
62	监控量测		项			1.00
63	电缆沟托架	∠40×40×4mm镀锌角钢	m	713.00	551.80	1264.80
64		-50×5mm接地扁钢	m	460.00	356.00	816.00
65		M10×110mm钢制膨胀螺栓	个	920.00	712.00	1632.00
66		-50×5mm引出扁钢	m	6.00	4.40	10.40

隧道工程数量表

编号	项目		单位	左线	右线	合计	
67	裂缝处治	表面封闭法	环氧树脂砂浆	m <sup>3</sup>	13.69	12.00	25.69
68		钻孔注浆法	Φ16钻孔	m	320.00	306.90	626.90
69			环氧树脂浆液	kg	320.00	306.90	626.90
70			环氧树脂封缝胶	kg	80.00	76.73	156.73
71	渗漏水处治	钻孔注浆法	Φ16钻孔	m	150.00	150.00	300.00
72			改性环氧树脂浆液	kg	160.00	160.00	320.00
73			聚氨酯浆液	kg	140.00	140.00	280.00
74			改性环氧树脂抹面	m <sup>2</sup>	10.00	10.00	20.00
75		明装接水盒法	混凝土表面打磨	m <sup>2</sup>	2.42	2.11	4.53
76			Φ100钻孔	m	8.00	7.00	15.00
77			PVC防水板	m <sup>2</sup>	80.32	70.28	150.60
78			304不锈钢板	kg	562.24	491.96	1054.20
79			环氧树脂	kg	120.48	105.42	225.90
80			M10膨胀螺栓	套	1344.00	1176.00	2520.00
81			聚硫建筑密封胶	kg	128.48	112.42	240.90
82			粘钢胶	kg	36.16	31.64	67.80
83	隧道施工台架		m <sup>2</sup>	25.00	25.00	50.00	
84	监控量测		项			1.00	

注:

1、本表工程量仅为预估工程数量,可根据现场实际病害情况调整,最终以实际发生为准。

重庆渝蓉高速公路有限公司

重庆渝蓉高速公路九顶山隧道  
病害处治施工图设计

九顶山隧道工程数量表

设计

曹政

复核

陈浩

审核

周恒

日期

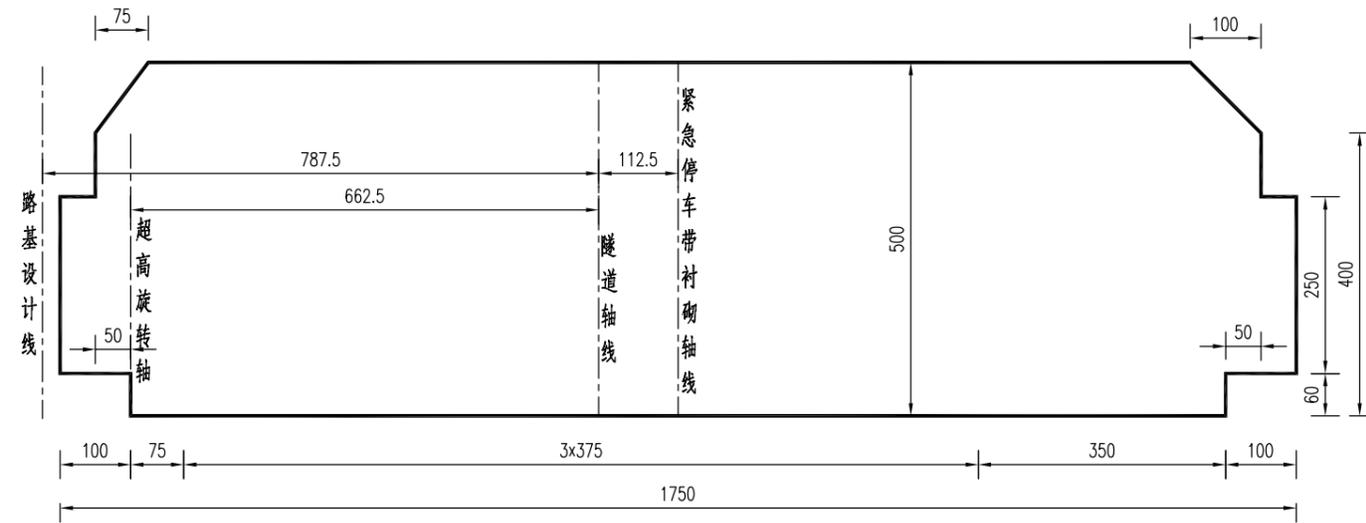
2022.07

图表号

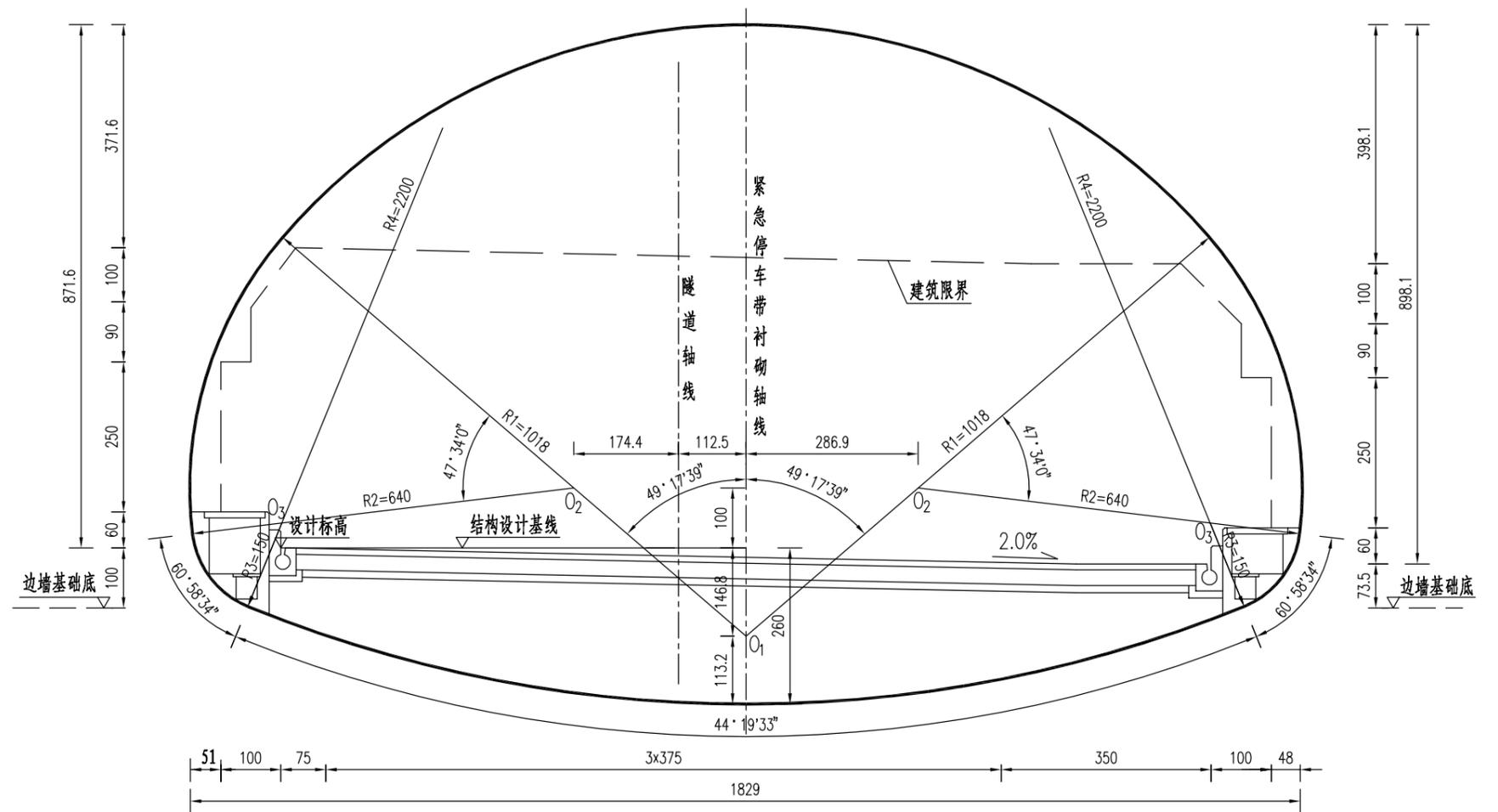
S-1

华设设计集团股份有限公司





隧道紧急停车带建筑限界图 1:100

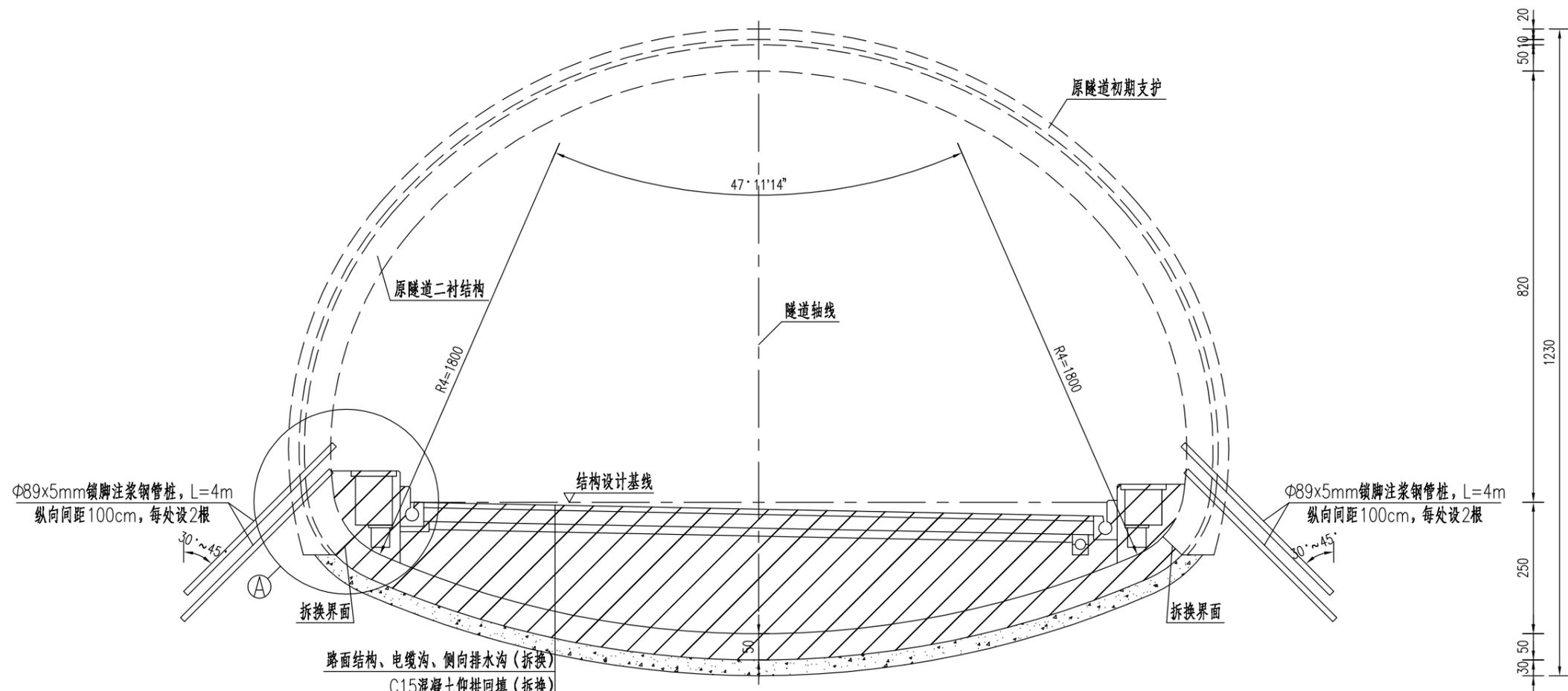


隧道紧急停车带内轮廓及建筑限界设计图 1:100

注:

- 1、本图尺寸均以cm为单位。
- 2、隧道建筑限界宽17.50m,高5.0m。
- 3、本图来源于九顶山隧道竣工图。隧道衬砌内轮廓净宽18.49m,净高8.716m,内净空面积 $S=130.83\text{m}^2$ 。

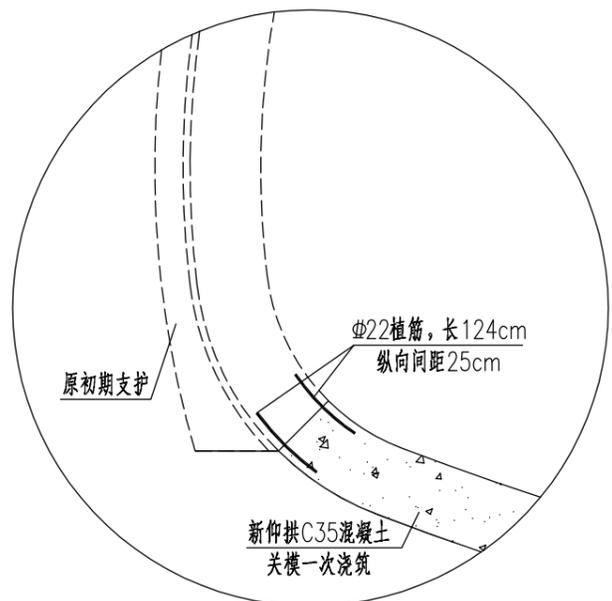
重庆渝蓉高速公路有限公司	重庆渝蓉高速公路九顶山隧道 病害处治施工图设计	隧道紧急停车带 内轮廓及建筑限界设计图	设计	复核	审核	审定	日期	图表号	华设设计集团股份有限公司
			曹政	陈浩	周恒	方旭	2022.07	S-3	



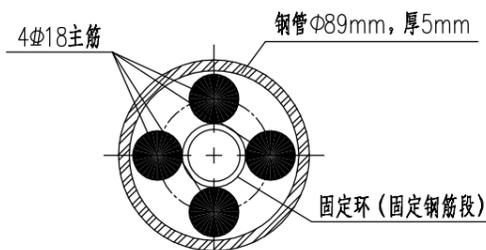
- 路面结构、电缆沟、侧向排水沟 (拆换)
- C15混凝土仰拱回填 (拆换)
- C35钢筋混凝土仰拱结构 (拆换)
- C15混凝土换填 (暂估30cm厚)

隧道仰拱拆换处治设计图 1:100

(适用于S4型衬砌段)



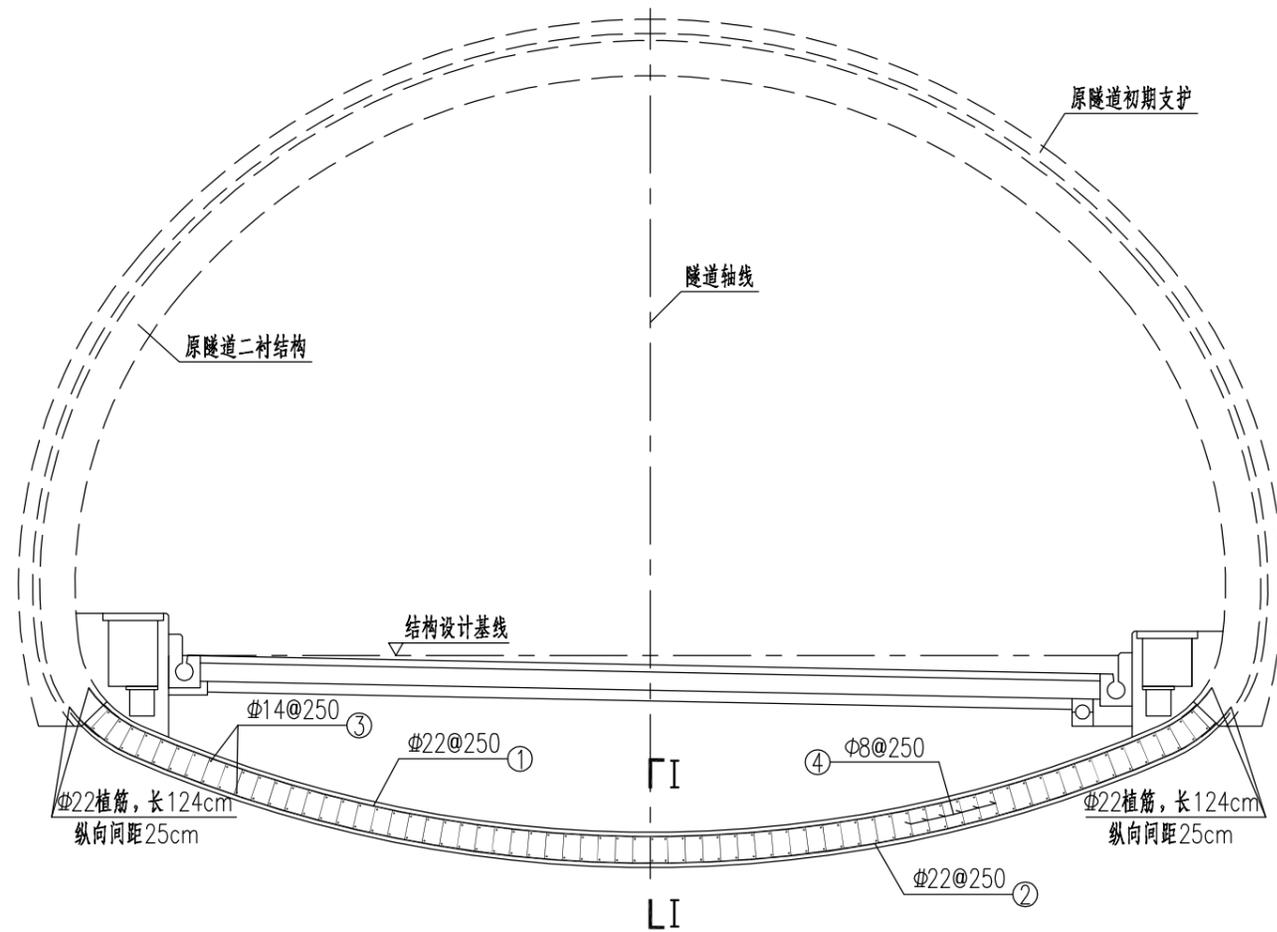
A部大样图 1:50



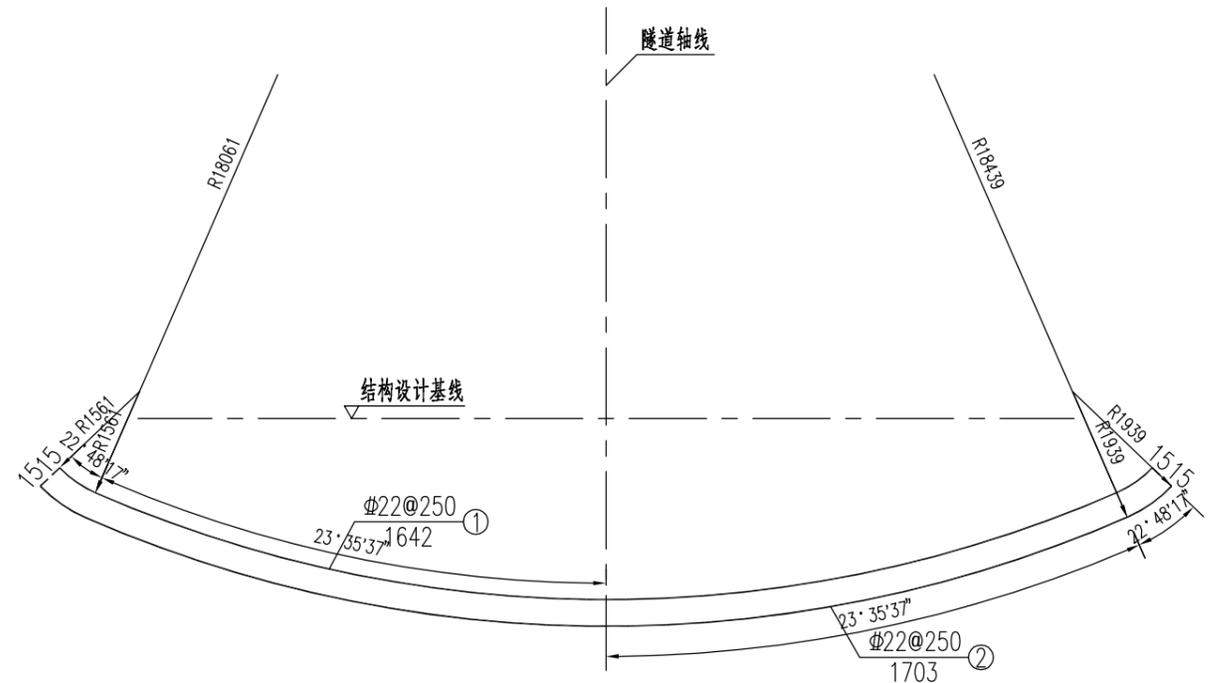
钢筋笼横断面图 示意

注:

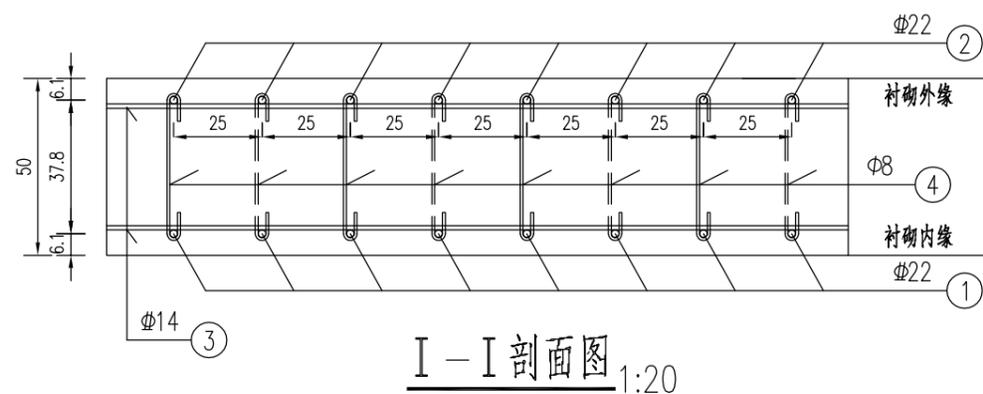
- 1、本图尺寸除钢筋以mm计以外,其余均以cm计。
- 2、本图适用于九顶山隧道原设计S4型衬砌仰拱拆换段落。
- 3、新做仰拱结构通过植筋与拱墙原有结构相锚接成整体,植筋采用Φ22mm钢筋,植筋锚入拱墙结构深度为44cm,且在新做仰拱结构内的锚固长度应不小于35d(当采用弯锚时锚固长度不小于29d)。
- 4、锁脚钢管与衬砌混凝土之间空隙应注浆密实,并焊接垫板,不得脱空。
- 5、在89mm锁脚钢管施工前,应先采用电磁感应法或雷达法等手段探清二次衬砌结构钢筋位置,施工时应注意避开。
- 10、植筋胶粘剂采用A级胶(改性环氧类结构胶粘剂,非快固型),应按现行《混凝土结构加固设计规范》(GB50367-2013)、《混凝土结构工程用锚固胶》(GB/T 37127-2018)的规定进行粘结抗剪强度和毒性检验,严禁使用乙二胺作为环氧树脂的固化剂,严禁掺入挥发性有毒溶剂和非反应性稀释剂。
- 11、植筋施工和质量验收应满足《混凝土结构后锚固技术规程》(JGJ 145-2013)、《公路隧道加固技术规范》(JTG/T 5440-2018)、《混凝土结构加固设计规范》(GB50367-2013)等规范的规定和要求,现场应按相关规范进行植筋试验确定相关参数,其中植筋拉拔试验为非破坏试验。
- 12、植筋钻孔前可用钢筋探测仪探测隧道结构植筋部位钢筋位置,或凿去保护层暴露钢筋,若植筋孔位处存在钢筋,则应适当调整钻孔位置。且植筋位置应尽量位于结构主筋中间。现场钢筋检测应满足《混凝土中钢筋检测技术标准》(JGJ/T 152-2019)的规定和要求,钢筋间距检测允许偏差为±2mm,植筋钻孔深度允许偏差±10mm,植筋钻孔位置允许偏差5mm。钻孔施工遇到钢筋或预埋件时应立即停钻,并适当移动钻孔孔位,若移动值太大应及时通知设计单位予以处理。
- 13、植筋用胶黏剂应采用专用灌注器或注射器进行灌注,灌注量宜为孔深的2/3,并保证在植入钢筋后有少许胶黏剂溢出。注入胶黏剂后应立即单向旋转插入钢筋,直至达到设计深度,并保证植入钢筋与孔壁间的间隙基本均匀,校正钢筋的位置和垂直度。
- 15、植筋应由有施工经验的专业施工队伍来施工。
- 3、工程量以业主、监理确认的实际工程量为准。



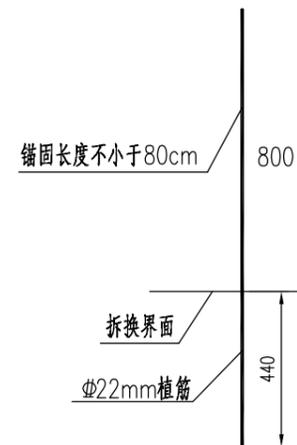
仰拱拆换配筋设计图 1:100  
(适用于S4型衬砌段)



仰拱钢筋大样图 1:100



I-I 剖面图 1:20



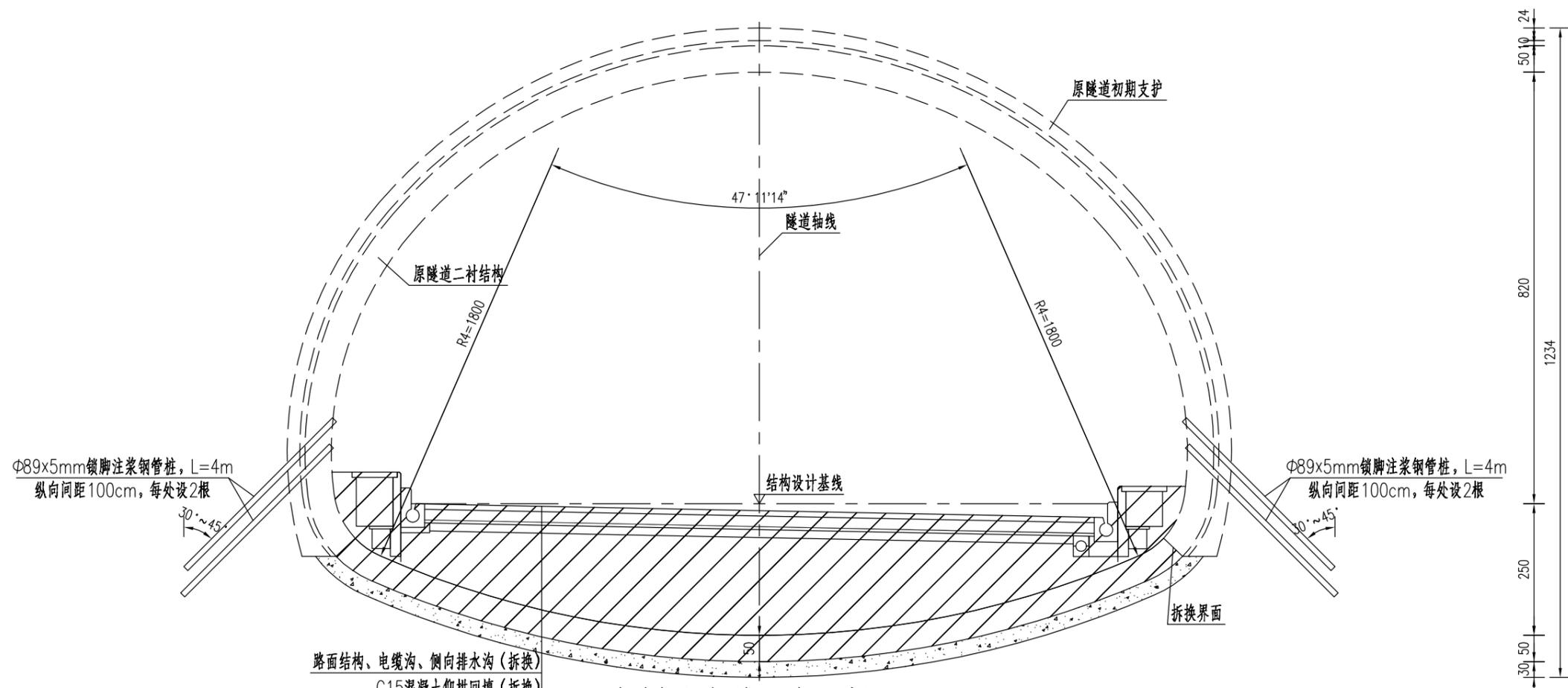
植筋大样图 1:20

每延米隧道仰拱钢筋数量明细表

钢筋编号	钢筋类别	直径 (mm)	每根长 (cm)	根数	总长 (m)	重量 (Kg)	合计 (Kg)
①	HRB400	Φ22	1642	4	65.68	195.99	561.13
②	HRB400	Φ22	1703	4	68.12	203.27	
③	HRB400	Φ14	100	134	134.00	161.87	31.34
④	HPB300	Φ8	59.2	134	79.33	31.34	

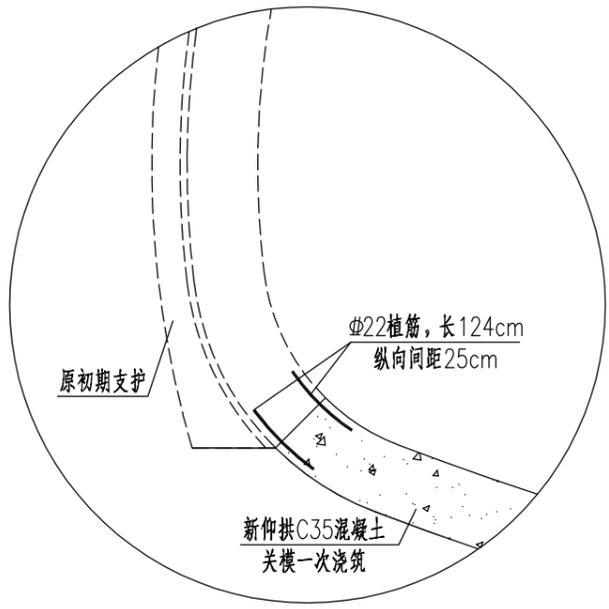
注:

- 1、本图尺寸除钢筋以mm计以外,其余均以cm计。
- 2、本图适用于九顶山隧道原设计S4型衬砌仰拱拆换段落。
- 3、仰拱衬砌主筋保护层厚度为50mm。
- 4、为满足结构受力要求,箍筋④按梅花形布置(沿外侧环筋),间距25cm×50cm(纵×环),环向受力主筋在纵向上按25cm等间距布置。
- 5、本图中工程数量表中未计搭接、损耗及绑扎钢筋数量。

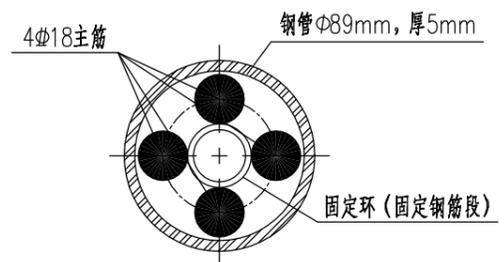


- 路面结构、电缆沟、侧向排水沟 (拆换)
- C15混凝土仰拱回填 (拆换)
- C35钢筋混凝土仰拱结构 (拆换)
- C15混凝土换填 (暂估30cm厚)

**隧道仰拱拆换处治设计图** 1:100  
(适用于SJ4型衬砌段)



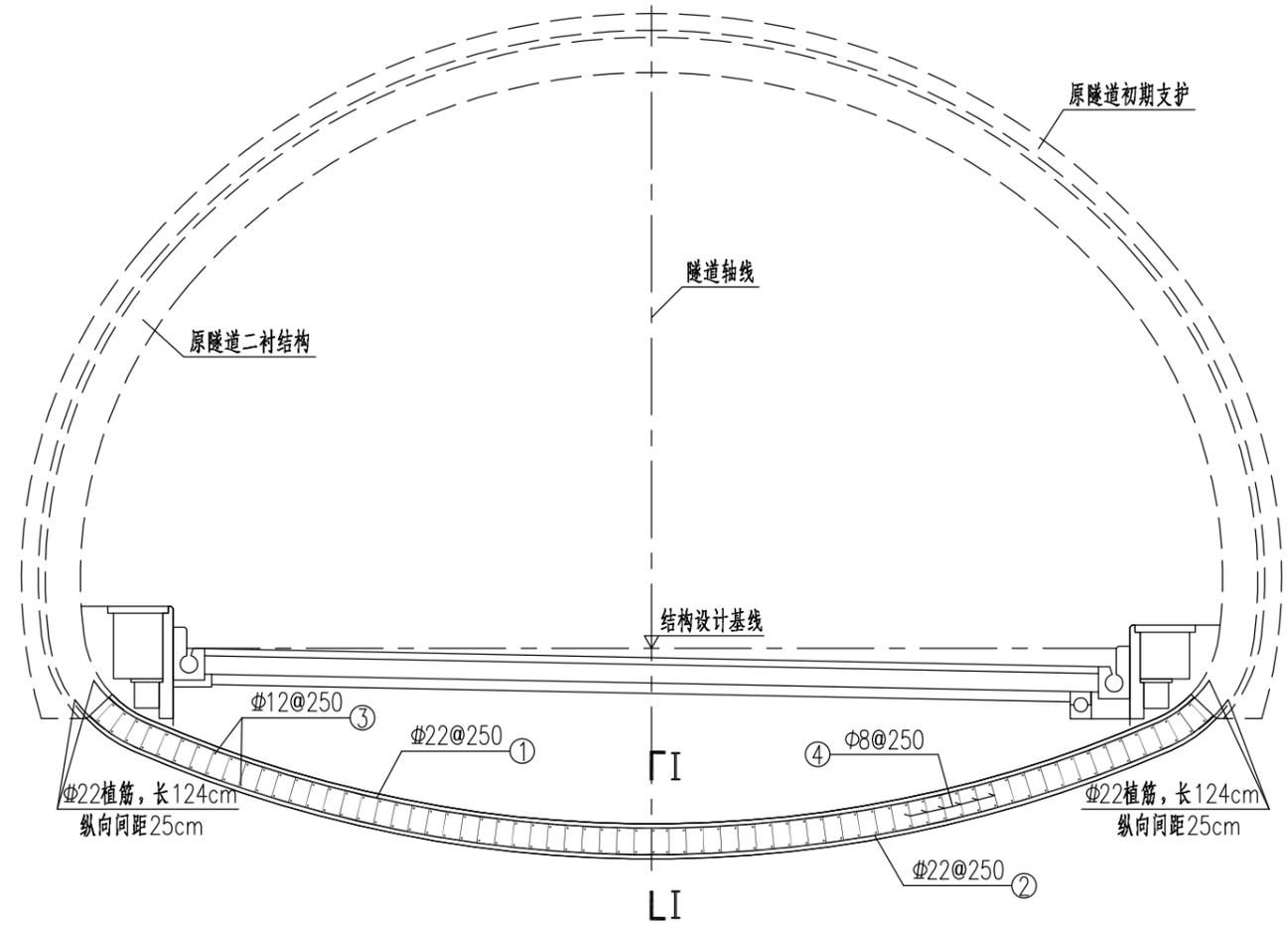
**A部大样图** 1:50



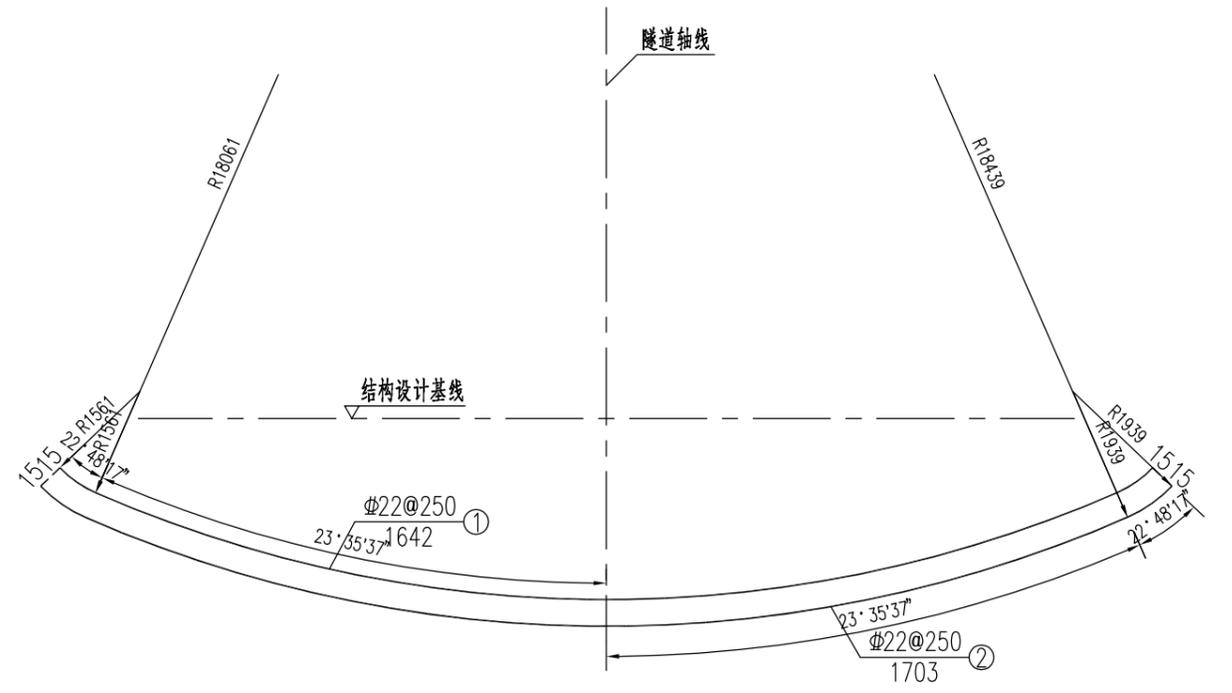
**钢筋笼横断面图** 示意

- 注:
- 1、本图尺寸除钢筋以mm计以外,其余均以cm计。
  - 2、本图适用于九顶山隧道原设计SJ4型衬砌仰拱拆换段落。
  - 3、新做仰拱结构通过植筋与拱墙原有结构相锚接成整体,植筋采用 $\Phi 22$ mm钢筋,植筋锚入拱墙结构深度为44cm,且在新做仰拱结构内的锚固长度应不小于35d(当采用弯锚时锚固长度不小于29d)。
  - 4、锁脚钢管与衬砌混凝土之间空隙应注浆密实,并焊接垫板,不得脱空。
  - 5、在89mm锁脚钢管施工前,应先采用电磁感应法或雷达法等手段探清二次衬砌结构钢筋位置,施工时应注意避开。
  - 10、植筋胶黏剂采用A级胶(改性环氧类结构胶黏剂,非快固型),应按现行《混凝土结构加固设计规范》(GB50367-2013)、《混凝土结构工程用锚固胶》(GB/T 37127-2018)的规定进行粘结抗剪强度和毒性检验,严禁使用乙二胺作为环氧树脂的固化剂,严禁掺入挥发性有毒溶剂和非反应性稀释剂。
  - 11、植筋施工和质量验收应满足《混凝土结构后锚固技术规程》(JGJ 145-2013)、《公路隧道加固技术规范》(JTG/T 5440-2018)、《混凝土结构加固设计规范》(GB50367-2013)等规范的规定和要求,现场应按相关规范进行植筋试验确定相关参数,其中植筋拉拔试验为非破坏试验。
  - 12、植筋钻孔前可用钢筋探测仪探测隧道结构植筋部位钢筋位置,或凿去保护层暴露钢筋,若植筋孔位处存在钢筋,则应适当调整钻孔位置。且植筋位置应尽量位于结构主筋中间。现场钢筋检测应满足《混凝土中钢筋检测技术标准》(JGJ/T 152-2019)的规定和要求,钢筋间距检测允许偏差为 $\pm 2$ mm,植筋钻孔深度允许偏差 $\pm 10$ mm,植筋钻孔位置允许偏差5mm。钻孔施工遇到钢筋或预埋件时应立即停钻,并适当移动钻孔孔位,若移动值太大应及时通知设计单位予以处理。
  - 13、植筋用胶黏剂应采用专用灌注器或注射器进行灌注,灌注量宜为孔深的2/3,并保证在植入钢筋后有少许胶黏剂溢出。注入胶黏剂后应立即单向旋转插入钢筋,直至达到设计深度,并保证植入钢筋与孔壁间的间隙基本均匀,校正钢筋的位置和垂直度。
  - 15、植筋应由有施工经验的专业施工队伍来施工。
  - 3、工程量以业主、监理确认的实际工程量为准。

重庆渝蓉高速公路有限公司	重庆渝蓉高速公路九顶山隧道 病害处治施工图设计	隧道仰拱拆换处治设计图	设计	复核	审核	审定	日期	图表号	华设设计集团股份有限公司
			曹政	陈浩	周恒	方旭	2022.07	S-4	



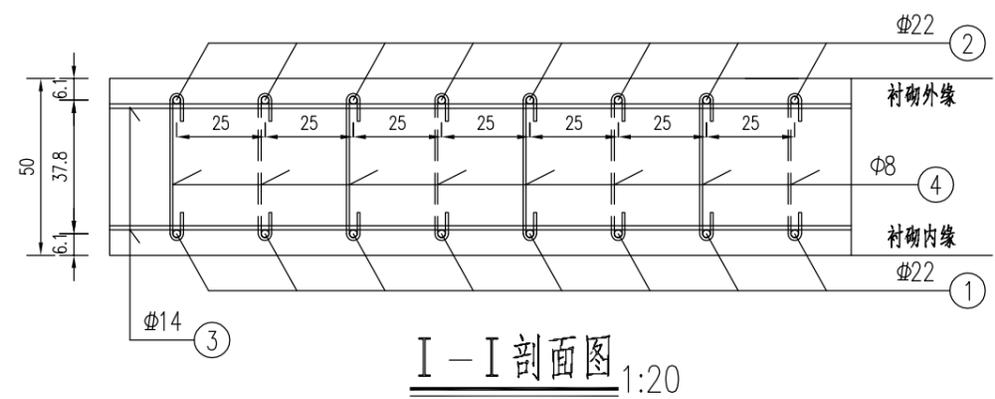
仰拱拆换配筋设计图 1:100  
(适用于SJ4型衬砌段)



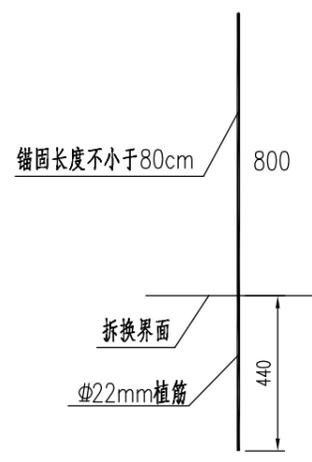
仰拱钢筋大样图 1:100

每延米隧道仰拱钢筋数量明细表

钢筋编号	钢筋类别	直径 (mm)	每根长 (cm)	根数	总长 (m)	重量 (Kg)	合计 (Kg)
①	HRB400	Φ22	1642	4	65.68	195.99	561.13
②	HRB400	Φ22	1703	4	68.12	203.27	
③	HRB400	Φ14	100	134	134.00	161.87	31.34
④	HPB300	Φ8	59.2	134	79.33	31.34	



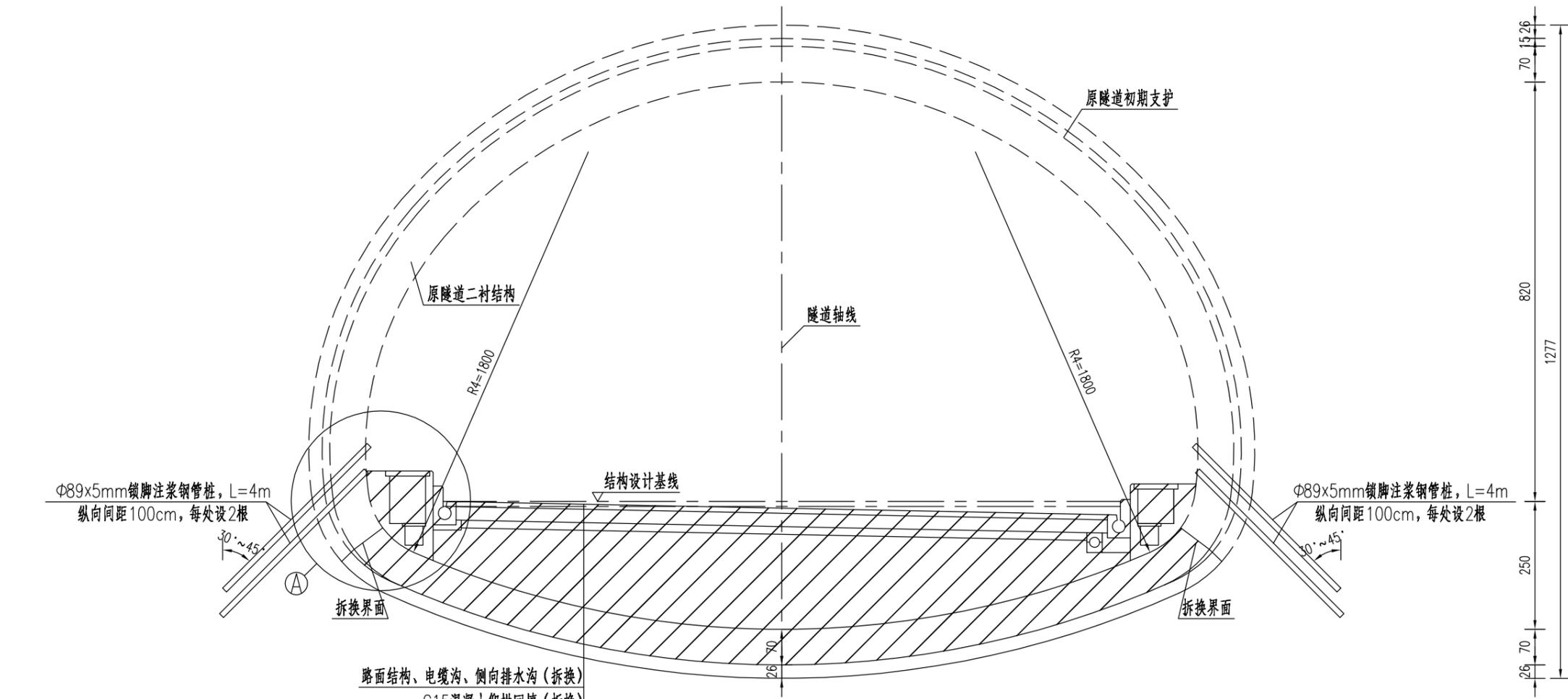
I-I 剖面图 1:20



植筋大样图 1:20

注:

- 1、本图尺寸除钢筋以mm计以外,其余均以cm计。
- 2、本图适用于九顶山隧道原设计SJ4型衬砌仰拱拆换段落。
- 3、仰拱衬砌主筋保护层厚度为50mm。
- 4、为满足结构受力要求,箍筋④按梅花形布置(沿外侧环筋),间距25cm×50cm(纵×环),环向受力主筋在纵向上按25cm等间距布置。
- 5、本图中工程数量表中未计搭接、损耗及绑扎钢筋数量。



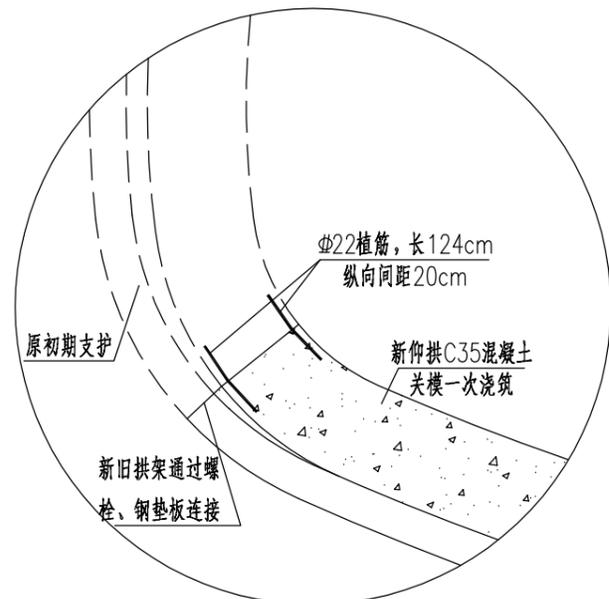
- 路面结构、电缆沟、侧向排水沟 (拆换)
- C15混凝土仰拱回填 (拆换)
- C35钢筋混凝土仰拱结构 (拆换)
- 原仰拱初支结构 (保留)

隧道仰拱拆换处治设计图 1:100

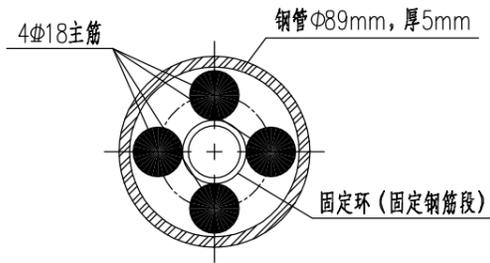
(适用于S5a型衬砌段)

注:

- 1、本图尺寸除钢筋以mm计以外,其余均以cm计。
- 2、本图适用于九顶山隧道原设计S5a型衬砌仰拱拆换段落。S5a型衬砌仰拱拆换仅拆换仰拱二次衬砌混凝土,初期支护不拆换。施工时应注意不得破坏初期支护钢架及混凝土。
- 3、新做仰拱结构通过植筋与拱墙原有结构相锚接成整体,植筋采用 $\Phi 22$ mm钢筋,植筋锚入拱墙结构深度为44cm,且在新做仰拱结构内的锚固长度应不小于35d(当采用弯锚时锚固长度不小于29d)。
- 4、锁脚钢管与衬砌混凝土之间空隙应注浆密实,并焊接垫板,不得脱空。
- 5、在89mm锁脚钢管施工前,应先采用电磁感应法或雷达法等手段探清二次衬砌结构钢筋位置,施工时应注意避开。
- 10、植筋胶粘剂采用A级胶(改性环氧类结构胶粘剂,非快固型),应按现行《混凝土结构加固设计规范》(GB50367-2013)、《混凝土结构工程用锚固胶》(GB/T 37127-2018)的规定进行粘结抗剪强度和毒性检验,严禁使用乙二胺作为环氧树脂的固化剂,严禁掺入挥发性有毒溶剂和非反应性稀释剂。
- 11、植筋施工和质量验收应满足《混凝土结构后锚固技术规程》(JGJ 145-2013)、《公路隧道加固技术规范》(JTG/T 5440-2018)、《混凝土结构加固设计规范》(GB50367-2013)等规范的规定和要求,现场应按相关规范进行植筋试验确定相关参数,其中植筋拉拔试验为非破坏试验。
- 12、植筋钻孔前可用钢筋探测仪探测隧道结构植筋部位钢筋位置,或凿去保护层暴露钢筋,若植筋孔位处存在钢筋,则应适当调整钻孔位置。且植筋位置应尽量位于结构主筋中间。现场钢筋检测应满足《混凝土中钢筋检测技术标准》(JGJ/T 152-2019)的规定和要求,钢筋间距检测允许偏差为 $\pm 2$ mm,植筋钻孔深度允许偏差 $\pm 10$ mm,植筋钻孔位置允许偏差5mm。钻孔施工遇到钢筋或预埋件时应立即停钻,并适当移动钻孔孔位,若移动值太大应及时通知设计单位予以处理。
- 13、植筋用胶黏剂应采用专用灌注器或注射器进行灌注,灌注量宜为孔深的2/3,并保证在植入钢筋后有少许胶黏剂溢出。注入胶黏剂后应立即单向旋转插入钢筋,直至达到设计深度,并保证植入钢筋与孔壁间的间隙基本均匀,校正钢筋的位置和垂直度。
- 15、植筋应由有施工经验的专业施工队伍来施工。
- 3、工程量以业主、监理确认的实际工程量为准。

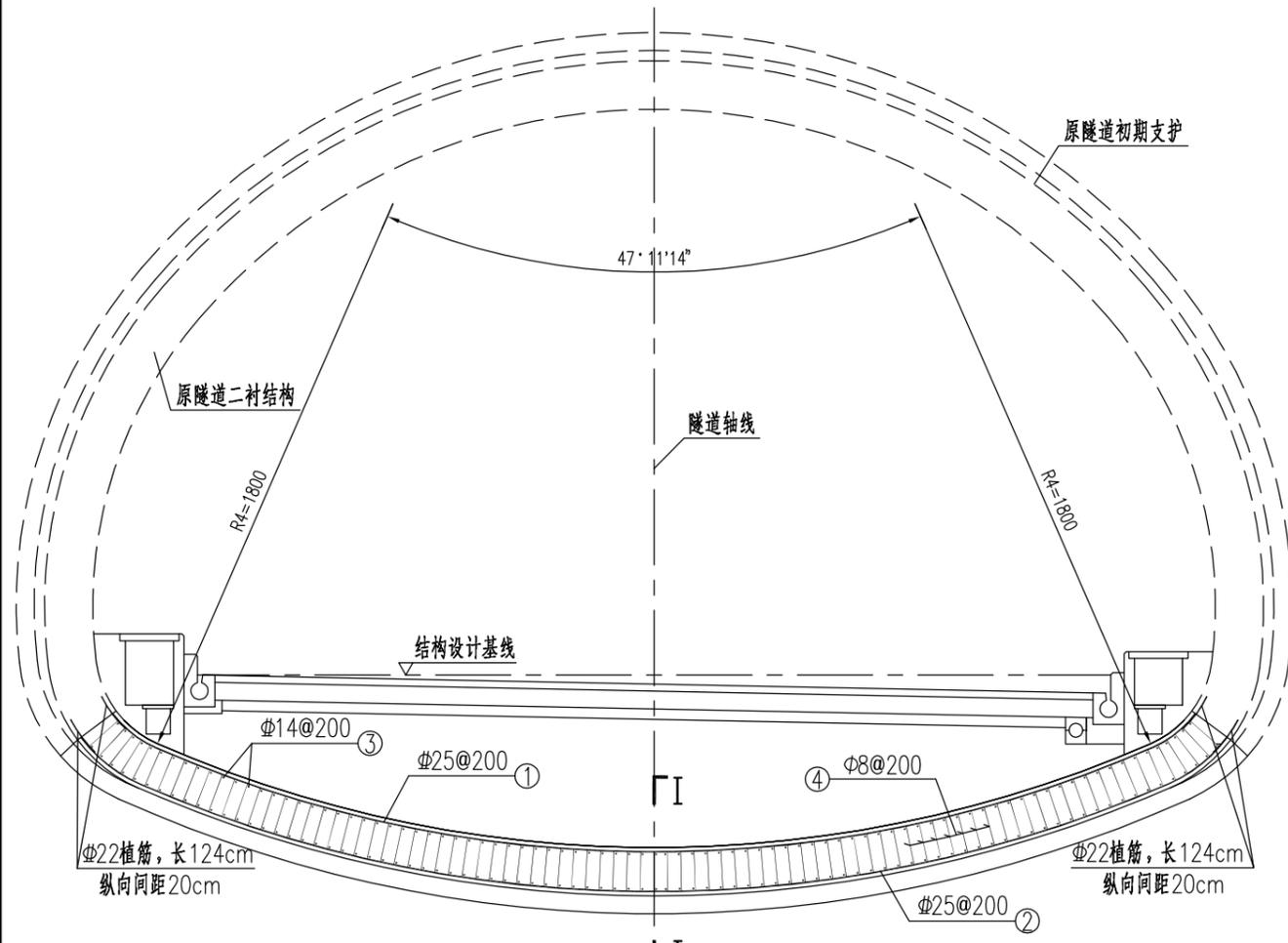


A部大样图 1:50

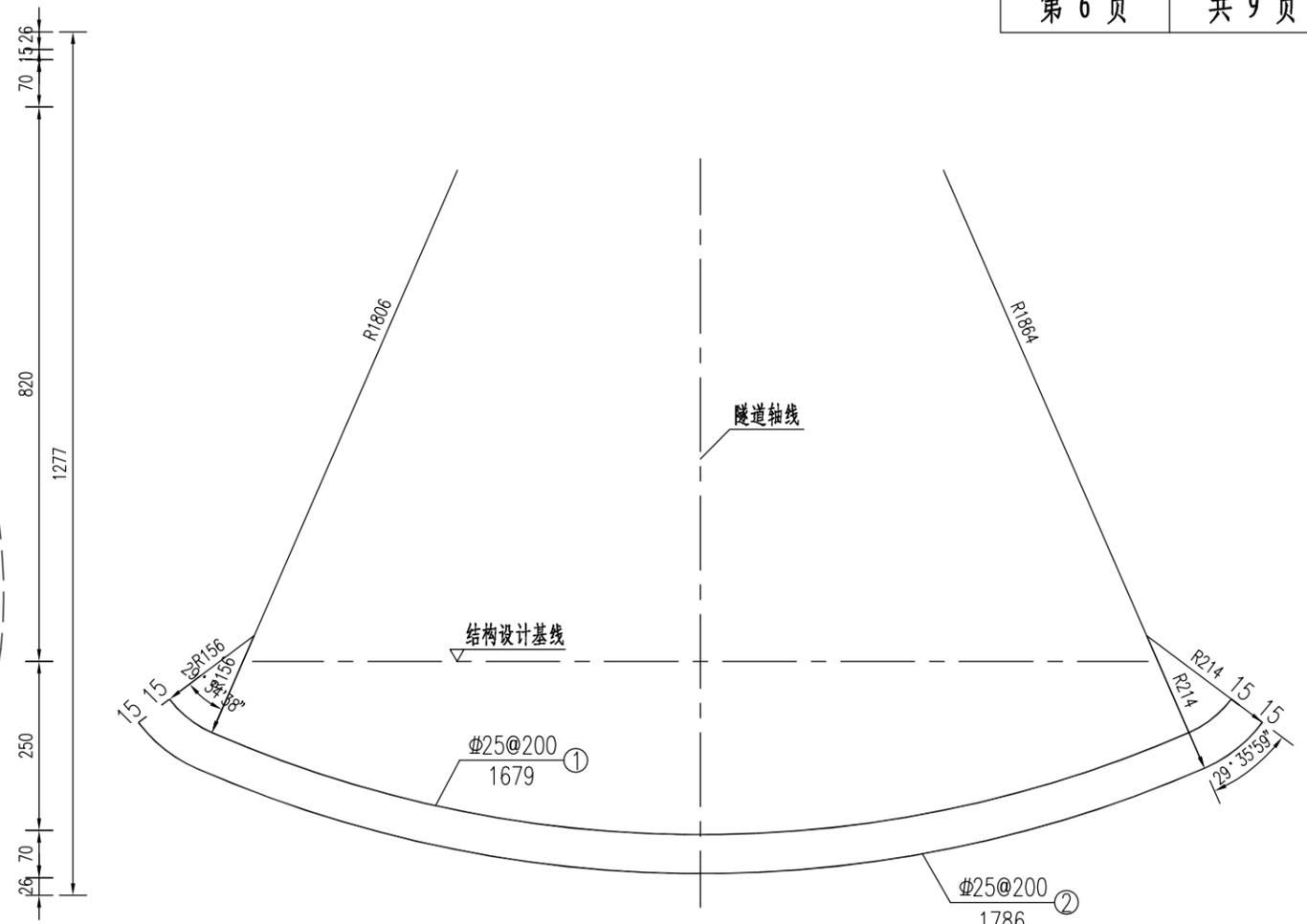


钢筋笼横断面图 示意

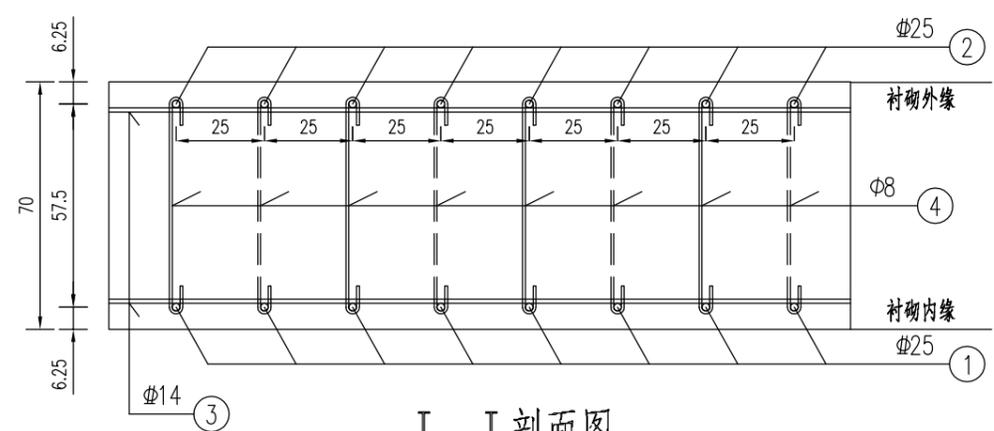
重庆渝蓉高速公路有限公司	重庆渝蓉高速公路九顶山隧道 病害处治施工图设计	隧道仰拱拆换处治设计图	设计	复核	审核	审定	日期	图表号	华设设计集团股份有限公司
			曹政	陈浩	周恒	方旭	2022.07	S-4	



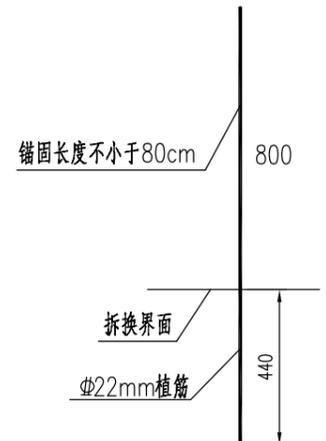
LI  
仰拱拆换配筋设计图 1:100  
(适用于S5a型衬砌段)



仰拱钢筋大样图 1:100



I-I剖面图 1:20

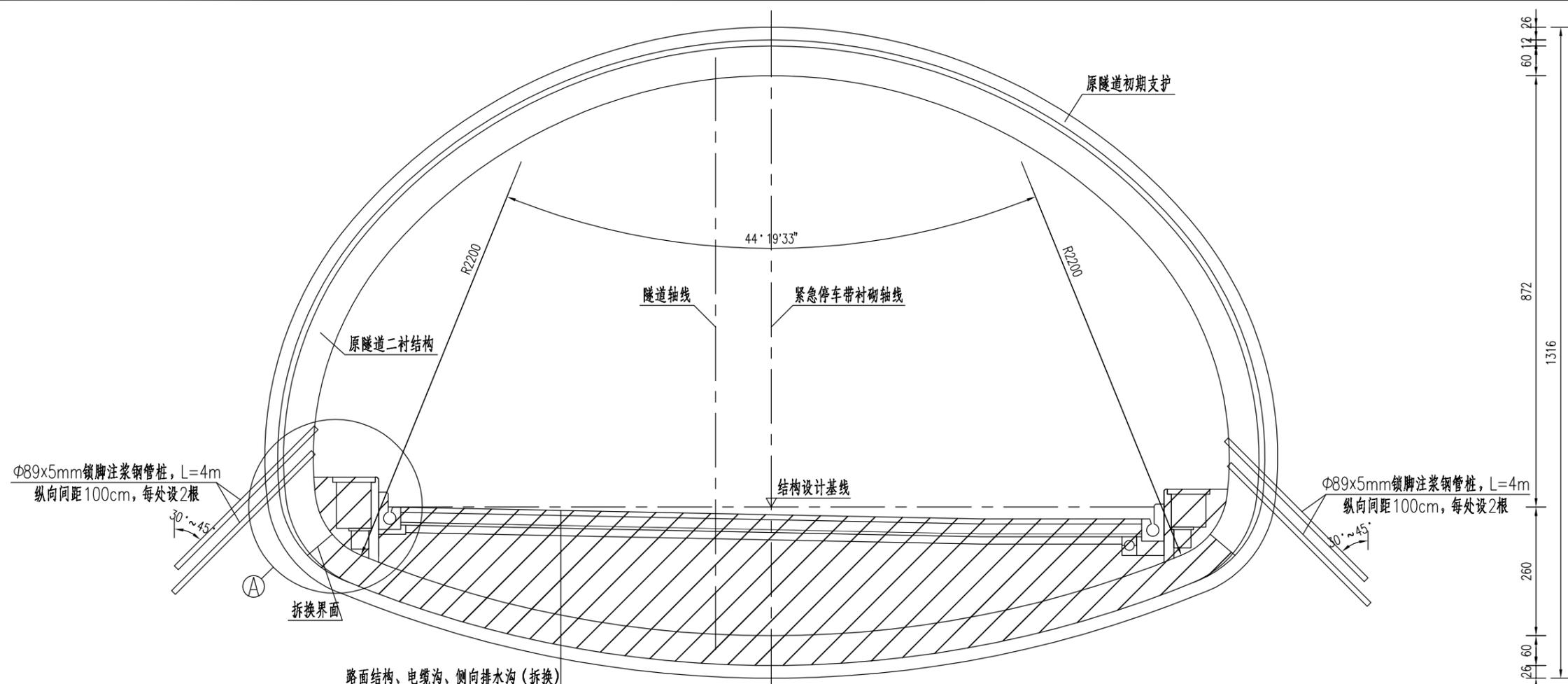


植筋大样图 1:20

每延米隧道仰拱钢筋数量明细表

钢筋编号	钢筋类别	直径 (mm)	每根长 (cm)	根数	总长 (m)	重量 (Kg)	合计 (Kg)
①	HRB400	$\phi 25$	1679	5	83.95	323.54	877.89
②	HRB400	$\phi 25$	1786	5	89.30	344.16	
③	HRB400	$\phi 14$	100	174	174.00	210.19	
④	HPB300	$\phi 8$	76.2	218	166.12	65.62	

- 注：
- 1、本图尺寸除钢筋以mm计以外，其余均以cm计。
  - 2、本图适用于九顶山隧道原设计S5a型衬砌仰拱拆换段落。
  - 3、仰拱衬砌主筋保护层厚度为50mm。
  - 4、为满足结构受力要求，箍筋④按梅花形布置（沿外侧环筋），间距20cm×40cm（纵×环），环向受力主筋在纵向上按20cm等间距布置。
  - 5、本图中工程数量表中未计搭接、损耗及绑扎钢筋数量。

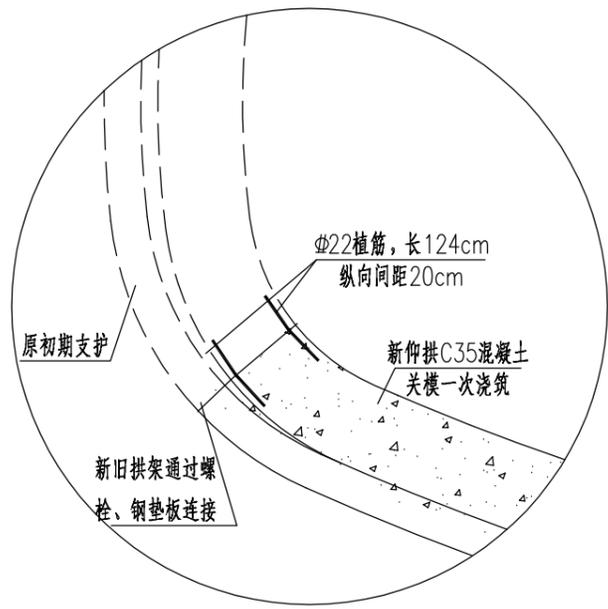


- 路面结构、电缆沟、侧向排水沟 (拆换)
- C15混凝土仰拱回填 (拆换)
- C35钢筋混凝土仰拱结构 (拆换)
- 原仰拱初支结构 (保留)

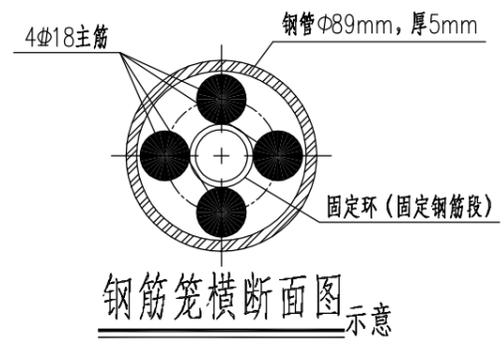
**隧道仰拱拆换处治设计图** 1:100  
(适用于ST4型衬砌段)

注:

- 1、本图尺寸除钢筋以mm计以外，其余均以cm计。
- 2、本图适用于九顶山隧道原设计ST4型衬砌仰拱拆换段落。ST4型衬砌仰拱拆换仅拆换仰拱二次衬砌混凝土，初期支护不拆换。施工时应注意不得破坏初期支护钢架及混凝土。
- 3、新做仰拱结构通过植筋与拱墙原有结构相锚接成整体，植筋采用 $\Phi 22$ mm钢筋，植筋锚入拱墙结构深度为44cm，且在新做仰拱结构内的锚固长度应不小于35d (当采用弯锚时锚固长度不小于29d)。
- 4、锁脚钢管与衬砌混凝土之间空隙应注浆密实，并焊接垫板，不得脱空。
- 5、在89mm锁脚钢管施工前，应先采用电磁感应法或雷达法等手段探清二次衬砌结构钢筋位置，施工时应注意避开。
- 10、植筋胶黏剂采用A级胶（改性环氧类结构胶黏剂，非快固型），应按现行《混凝土结构加固设计规范》（GB50367-2013）、《混凝土结构工程用锚固胶》（GB/T 37127-2018）的规定进行粘结抗剪强度和毒性检验，严禁使用乙二胺作为环氧树脂的固化剂，严禁掺入挥发性有毒溶剂和非反应性稀释剂。
- 11、植筋施工和质量验收应满足《混凝土结构后锚固技术规程》（JGJ 145-2013）、《公路隧道加固技术规范》（JTG/T 5440-2018）、《混凝土结构加固设计规范》（GB50367-2013）等规范的规定和要求，现场应按相关规范进行植筋试验确定相关参数，其中植筋拉拔试验为非破坏试验。
- 12、植筋钻孔前可用钢筋探测仪探测隧道结构植筋部位钢筋位置，或凿去保护层暴露钢筋，若植筋孔位处存在钢筋，则应适当调整钻孔位置。且植筋位置应尽量位于结构主筋中间。现场钢筋检测应满足《混凝土中钢筋检测技术标准》（JGJ/T 152-2019）的规定和要求，钢筋间距检测允许偏差为 $\pm 2$ mm。植筋钻孔深度允许偏差 $\pm 10$ mm，植筋钻孔位置允许偏差5mm。钻孔施工遇到钢筋或预埋件时应立即停钻，并适当移动钻孔孔位，若移动值太大应及时通知设计单位予以处理。
- 13、植筋用胶黏剂应采用专用灌注器或注射器进行灌注，灌注量宜为孔深的2/3，并保证在植入钢筋后有少许胶黏剂溢出。注入胶黏剂后应立即单向旋转插入钢筋，直至达到设计深度，并保证植入钢筋与孔壁间的间隙基本均匀，校正钢筋的位置和垂直度。
- 15、植筋应由有施工经验的专业施工队伍来施工。
- 3、工程量以业主、监理确认的实际工程量为准。



**A部大样图** 1:50



**钢筋笼横断面图** 示意

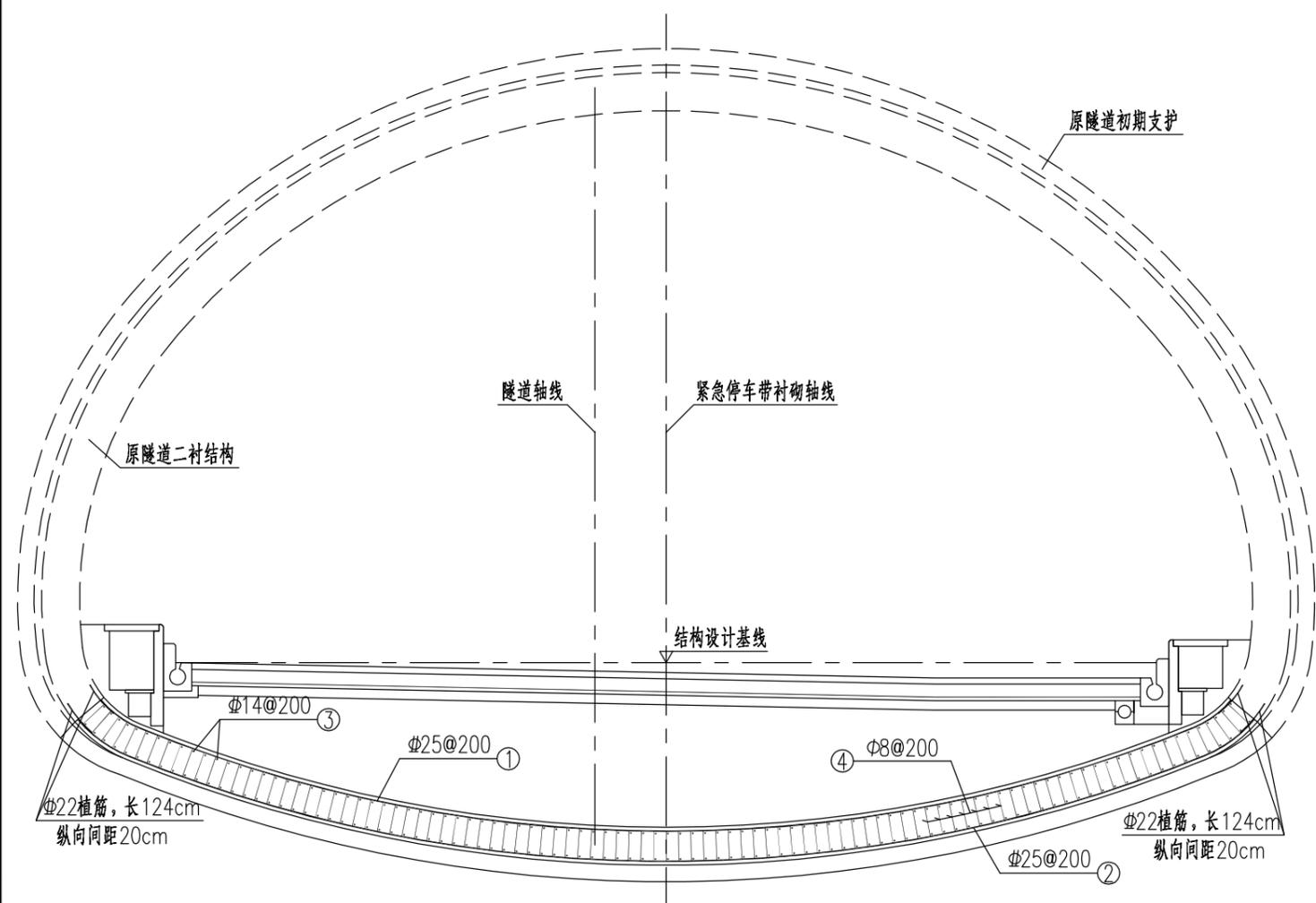
设计	复核	审核	审定	日期	图表号
曹政	陈浩	周恒	方旭	2022.07	S-4

注:

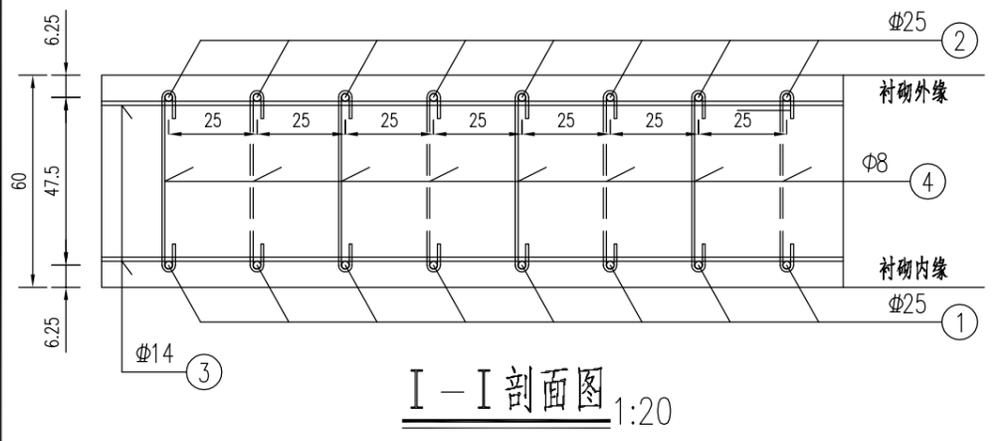
- 1、本图尺寸除钢筋以mm计以外,其余均以cm计。
- 2、本图适用于九顶山隧道原设计ST4型衬砌仰拱拆换段落。
- 3、仰拱衬砌主筋保护层厚度为50mm。
- 4、为满足结构受力要求,箍筋①按梅花形布置(沿外侧环筋),间距20cm×40cm(纵×环),环向受力主筋在纵向上按20cm等间距布置。
- 5、本图中工程数量表中未计搭接、损耗及绑扎钢筋数量。

每延米隧道仰拱钢筋数量明细表

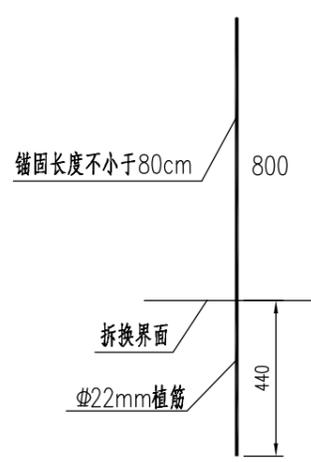
钢筋编号	钢筋类别	直径 (mm)	每根长 (cm)	根数	总长 (m)	重量 (Kg)	合计 (Kg)
①	HRB400	Φ25	1889	5	94.45	364.01	978.36
②	HRB400	Φ25	1972	5	98.60	380.00	
③	HRB400	Φ14	100	194	194.00	234.35	63.54
④	HPB300	Φ8	66.2	243	160.87	63.54	



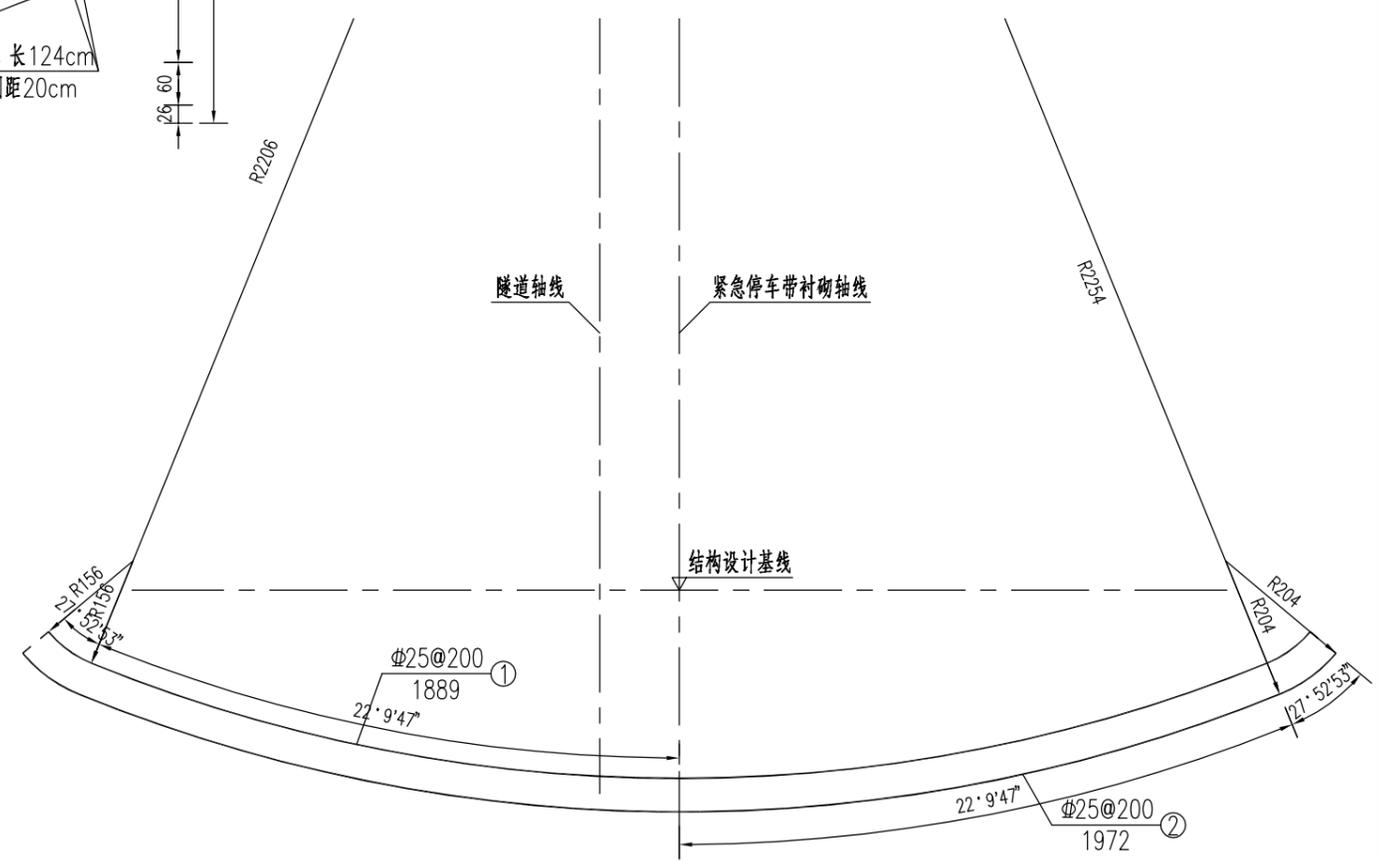
仰拱拆换配筋设计图 1:100  
(适用于ST4型衬砌段)



I-I剖面图 1:20



植筋大样图 1:20



仰拱钢筋大样图 1:100

仰拱拆换工程数量表 (每延米)

项目	单位	数量				备注	
		S5a型数量	ST4型数量	S4型数量	SJ4型数量		
拆除工程	路面结构、电缆沟等拆除	m³	8.57	10.05	8.57	8.57	包括沥青层、面层、基层和边沟
	C15片石混凝土拆除	m³	17.55	23.27	17.55	17.55	
	C30混凝土(仰拱二次衬砌)	m³	12.00	11.46	8.12	8.12	
仰拱拆换	Φ89x5mm锁脚注浆钢管桩	m	16	16	16	16	
	水泥浆	m³	0.15	0.15	0.15	0.15	
	钢垫板	kg	7.07	7.07	7.07	7.07	150x150x10mm
	钢筋笼(HRB400钢筋)	kg	127.87	127.87	127.87	127.87	
	仰拱扩挖	m³	0	0	7.45	7.45	包括仰拱底部换填扩挖部分
	底部C15混凝土换填	m³	0	0	5.20	5.20	暂估深度30cm,以实际发生为准
	C35混凝土(仰拱衬砌)	m³	12.00	11.46	8.21	8.21	自密性微膨胀混凝土
	HPB300钢筋	kg	65.62	63.54	31.34	31.34	
	HRB400钢筋	kg	877.89	978.36	561.13	561.13	
	预埋Φ42x4mm注浆小导管	m	0.80	0.80	0.80	0.80	壁厚4mm
	C35水泥浆液(CW/C=1:1.4)	m³	0.04	0.04	0.04	0.04	砼接合部注浆量
	Φ22植筋(HRB400钢筋)	根	16	16	16	16	包含钻孔、钢筋(L=124cm)及植筋胶
	C15混凝土仰拱回填	m³	19.11	22.92	19.11	19.11	普通硅酸盐水泥、加粉煤灰
	界面胶	kg	2	2	2	2	

改性环氧树脂类锚固胶性能指标 (非快固型)

序号	项目	性能要求	
1	外观质量	无分层、结块、沉淀	
2	劈裂抗拉强度/MPa	>8.5	
	抗弯强度/MPa	>50,且不得呈碎裂状破坏	
	抗拉强度/MPa	>60	
	无约束线性收缩率/%	<0.3	
	钢对钢(钢片法)拉伸抗剪强度,标准值/MPa	>10.0	
	钢对钢T冲击剥离长度/mm	<25	
	约束拉拔条件下带肋钢筋与混凝土的粘结强度/MPa	30MPa强度的混凝土	>11.0
		60MPa强度的混凝土	>17.0
	热变形温度/°C	>65	
	不挥发物含量/%	>99	
3	可操作时间/min	桶装	>20
		注射筒装	>10
	下垂度/mm	<2.0	
	施工温度范围	产品说明中标称的温度范围	
4	耐湿热老化性能,钢对钢(钢片法)拉伸抗剪强度降低率/%	<10	
	耐长期应力作用能力	蠕变的变形值小于0.4mm	
	耐疲劳应力作用能力,200万次	试件不破坏	
	耐热老化能力,钢对钢(钢片法)拉伸抗剪强度降低率/%	<5	

注:

- 1、本图尺寸除钢筋以mm计以外,其余均以cm计。
- 2、本图适用于九顶山隧道仰拱拆换段落。
- 3、在两侧检修道高度施作Φ89x5mm注浆钢管桩锁脚,钢管内设4Φ18钢筋笼,单根长度为4.0m,纵向间距1.0m,每侧两根,注浆孔径20mm,浆液采用单液水泥浆,水灰比1:1,注浆压力建议值0.3~0.6MPa(可通过现场实验确定最终注浆压力),水泥采用42.5级普通硅酸盐水泥。
- 4、仰拱拆换位置为初期支护底部,即原施工图仰拱分界位置。仰拱每次拆除和开挖的长度不大于3.0m,仰拱浇筑长度不得大于6.0m,且需等先期开挖拆换段的仰拱结构达到设计强度要求时才能进行下次开挖或拆除。必要时增设临时横向支撑及拱脚支撑,待浇筑仰拱二次衬砌时拆除,留作下一循环使用。
- 5、仰拱开挖后,若基底属于原施工超挖回填洞渣,则应清除该松散部分,采用C15混凝土换填。整平仰拱基底,使底部平顺,保证仰拱混凝土的成形。一次性浇筑C35防水钢筋混凝土仰拱,仰拱施工时应整幅施作。仰拱应采用模板关模施工,混凝土必须振捣密实,保证混凝土的密实性,新浇筑仰拱混凝土采用自密性微膨胀混凝土,同时预埋Φ42x4mm注浆管进行注浆充填,以保证新旧混凝土之间接触密实。
- 6、在新旧混凝土交接面应凿毛,清洗干净后涂抹界面胶,并采用Φ22植筋,长124cm,钻孔深44cm,需采用植筋胶。
- 7、仰拱浇筑时应加设外模板,施工缝与原二衬混凝土施工缝宜在同一位置。
- 8、仰拱衬砌混凝土、路面排水边沟及检查井等直接接触地下水的结构,采用C30混凝土。
- 9、在89mm锁脚钢管施工前,应先采用电磁感应法或雷达法等手段探清二次衬砌结构钢筋位置,植筋施工时应注意避开,且植筋位置应尽量位于结构主筋中间。现场钢筋检测应满足《混凝土中钢筋检测技术标准》(JGJ/T 152-2019)的规定和要求,钢筋间距检测允许偏差为±2mm,植筋钻孔深度允许偏差±10mm,植筋钻孔位置允许偏差5mm。
- 10、植筋胶粘剂采用A级胶(改性环氧类结构胶粘剂,非快固型),应按现行《混凝土结构加固设计规范》(GB50367-2013)、《混凝土结构工程用锚固胶》(GB/T 37127-2018)的规定进行粘结抗剪强度和毒性检验,严禁使用乙二胺作为环氧树脂的固化剂,严禁掺入挥发性有毒溶剂和非反应性稀释剂。
- 11、植筋施工和质量验收应满足《混凝土结构后锚固技术规程》(JGJ 145-2013)、《公路隧道加固技术规范》(JTG/T 5440-2018)、《混凝土结构加固设计规范》(GB50367-2013)等规范的规定和要求,现场应按相关规范进行植筋试验确定相关参数,其中植筋拉拔试验为非破坏性试验。
- 12、植筋钻孔前可用钢筋探测仪探测隧道结构植筋部位钢筋位置,或凿去保护层暴露钢筋,若植筋孔位处存在钢筋,则应适当调整钻孔位置。钻孔施工遇到钢筋或预埋件时应立即停钻,并适当移动钻孔孔位,若移动值太大应及时通知设计单位予以处理。
- 13、植筋用胶粘剂应采用专用灌注器或注射器进行灌注,灌注量宜为孔深的2/3,并保证在植入钢筋后有少许胶黏剂溢出。注入胶黏剂后应立即单向旋转插入钢筋,直至达到设计深度,并保证植入钢筋与孔壁间的间隙基本均匀,校正钢筋的位置和垂直度。
- 14、锁脚钢管与衬砌混凝土之间空隙应注浆密实,并焊接垫板,不得脱空。
- 15、植筋应由有施工经验的专业施工队伍来施工。

重庆渝蓉高速公路有限公司

重庆渝蓉高速公路九顶山隧道  
病害处治施工图设计

隧道仰拱拆换处治设计图

设计  
曹政

复核  
陈浩

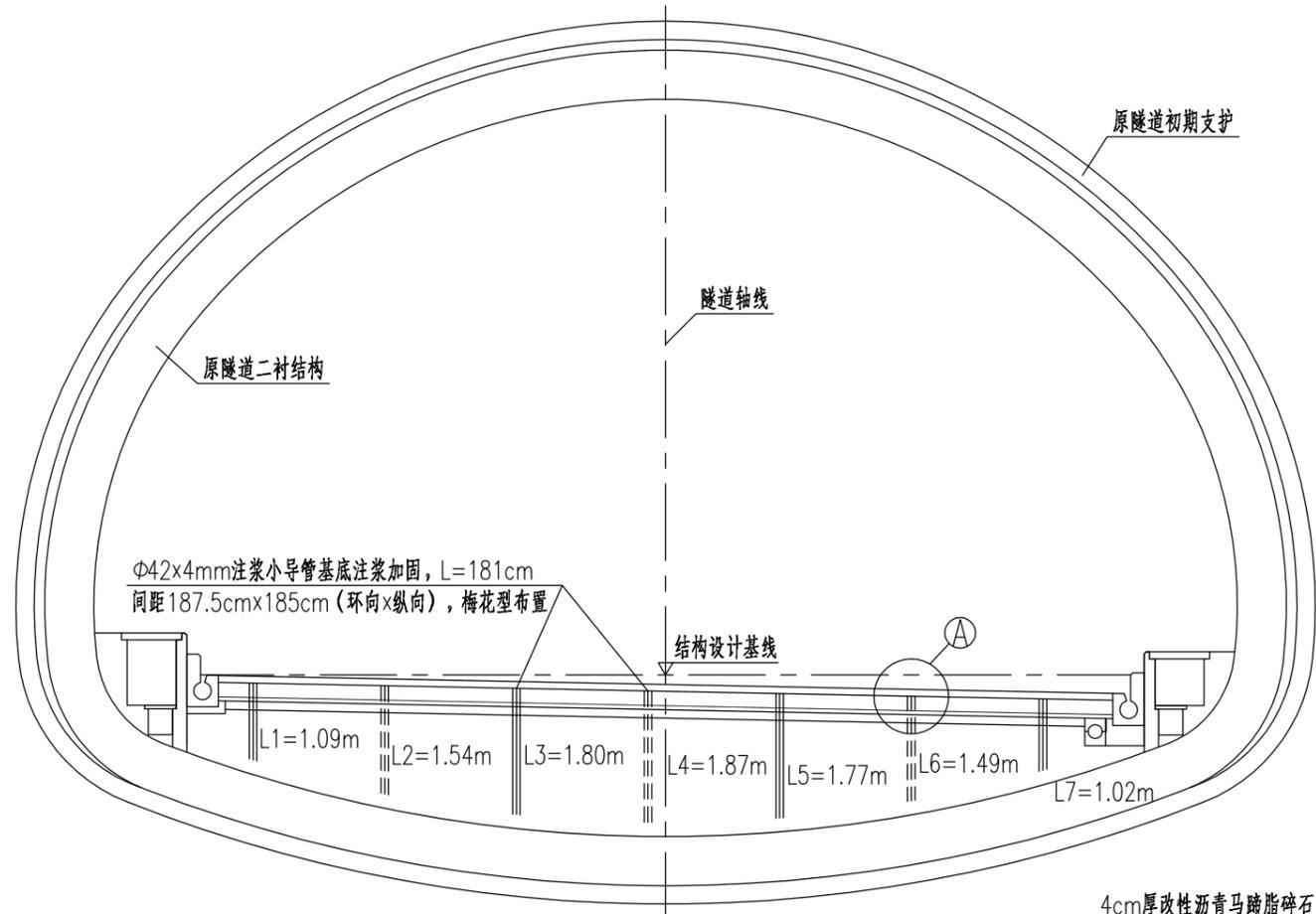
审核  
周恒

审定  
方旭

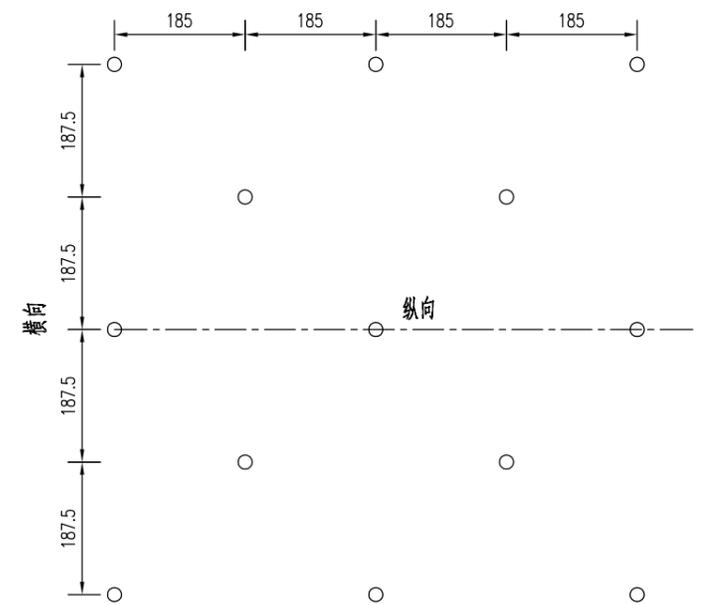
日期  
2022.07

图表号  
S-4

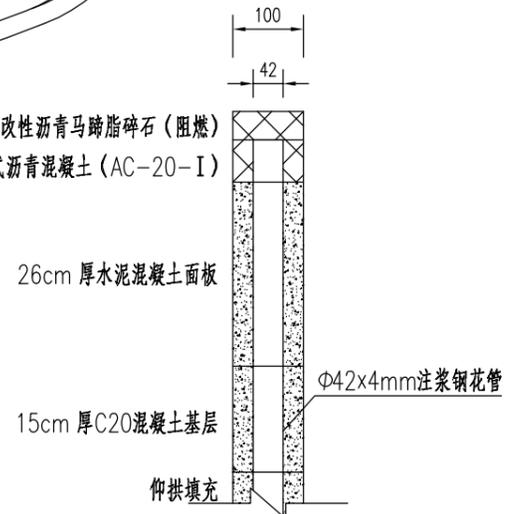
华设设计集团股份有限公司



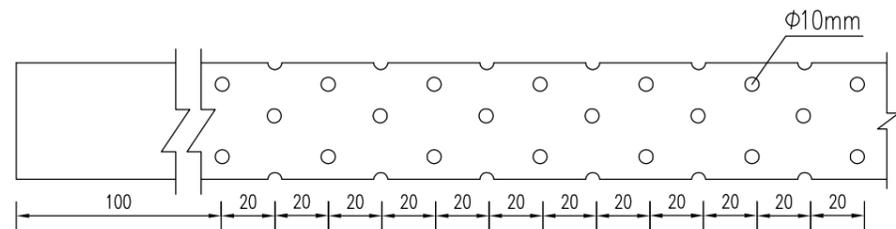
隧道注浆加固处治设计图 1:100



注浆小导管平面展布图 1:100



A部大样图 1:10



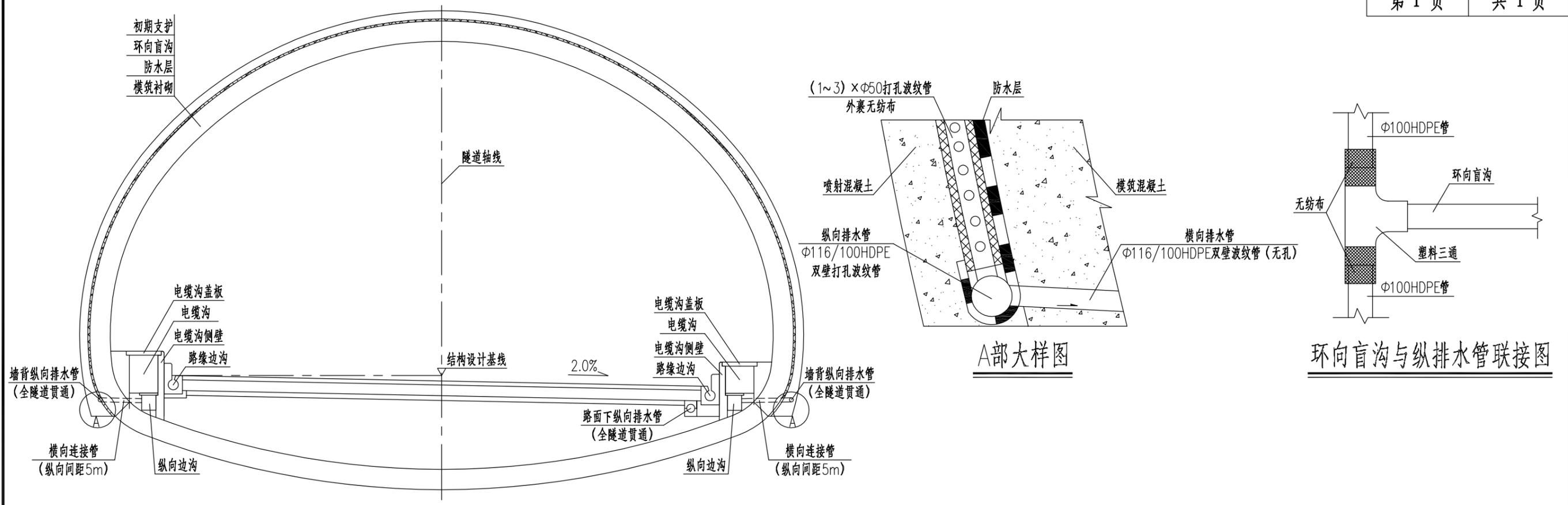
钢花管展示图示意

每延米工程数量表

项 目	单 位	数 量	备 注	
注浆 加固	Φ42×4小导管	根	7	壁厚4mm
		m	5.29	平均每根长1.51m
	水泥浆	m <sup>3</sup>	1.30	

注:

- 1、本图尺寸除钢筋以mm计以外,其余均以cm计。
- 2、本图适用于九顶山隧道注浆加固段落。
- 3、对隧底打设Φ42x4mm注浆钢花管,纵、横向间距185cmx187.5cm,平均长1.81m,梅花型布置,注浆花管前端做成尖锥状,尾部焊接Φ6加筋箍,管壁四周钻Φ10mm注浆孔,钢花管尾部50cm不设压浆孔。注浆管端部距离仰拱结构顶面应不小于20cm,避免注浆管破坏仰拱结构。
- 4、注浆浆液采用水泥浆液,注浆压力0.5~1.0MPa,水泥浆水灰比:1:1,水泥采用42.5级普通硅酸盐水泥,注浆结束后,采用注浆液封孔,孔口抹平。
- 5、注浆管每处破除直径10cm的孔洞,破除沥青上层,注浆管由沥青下层开始打设,注浆结束后,修补沥青面层。

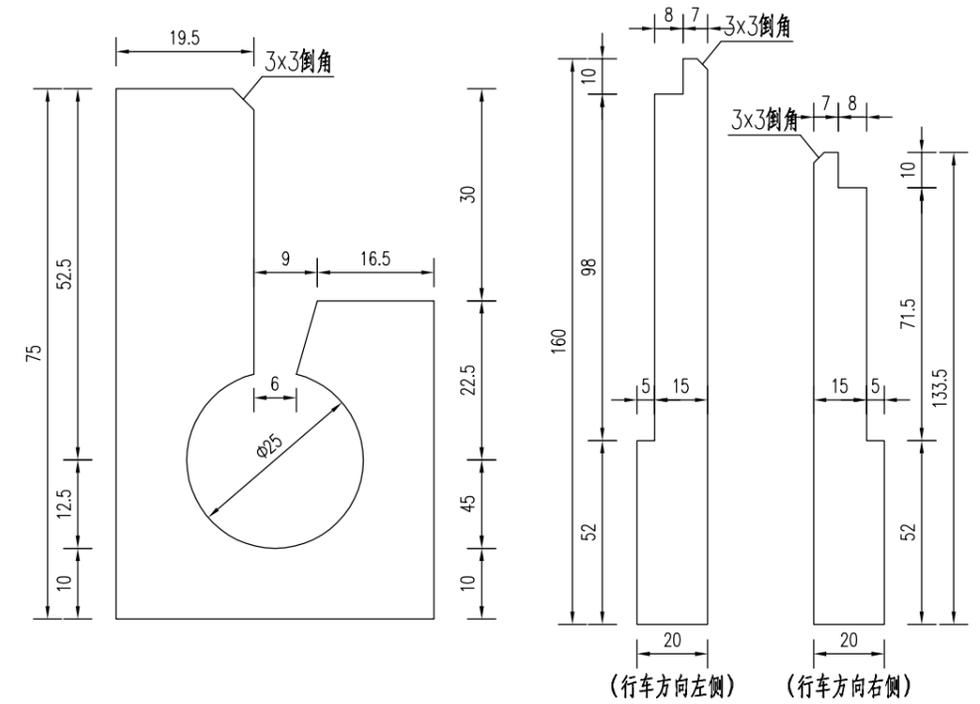
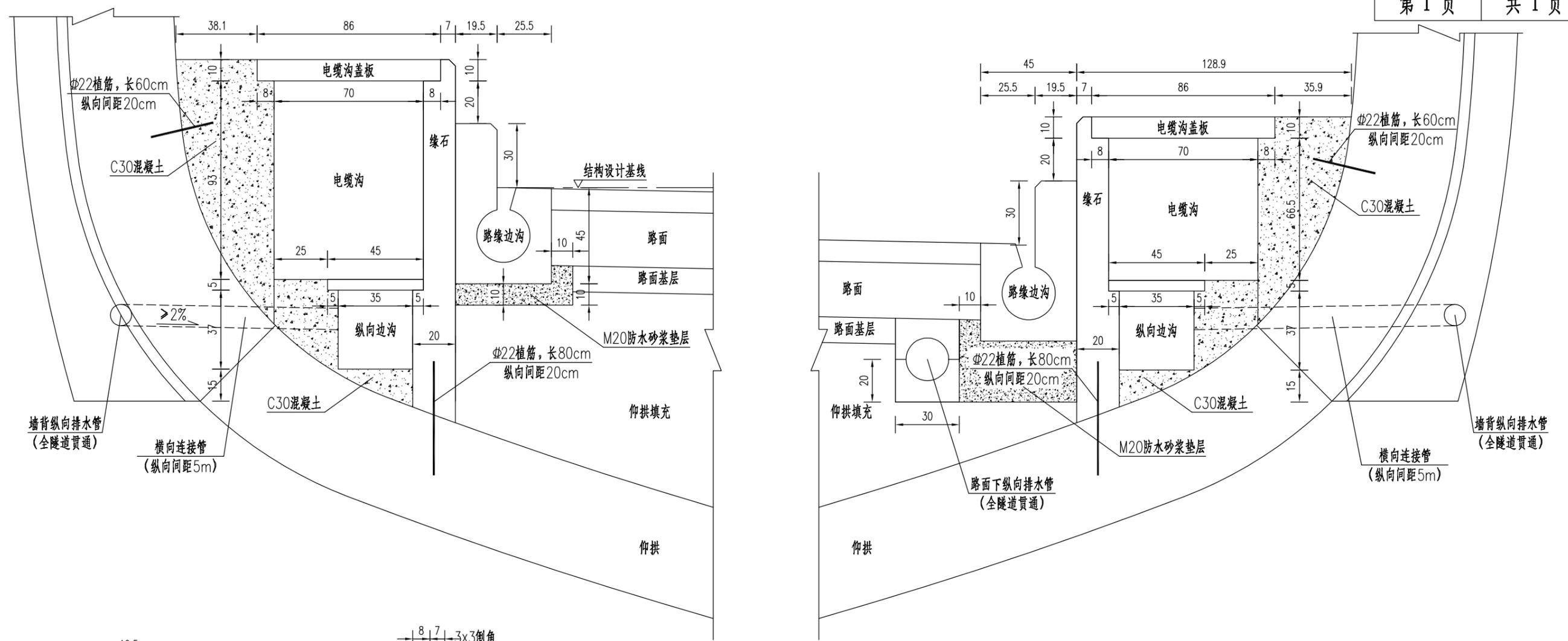


隧道洞身防排水设计图 1:100

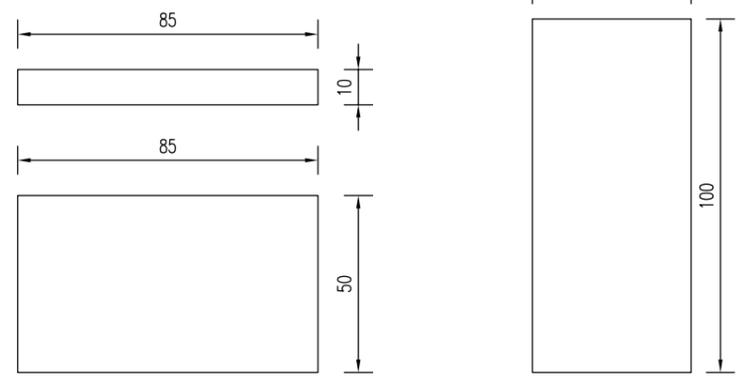
每延米隧道电缆沟、路缘边沟及缘石工程数量表

工程项目	块数	HRB400钢筋 (Kg)	HPB300钢筋 (Kg)	C30混凝土 (m³)	垫圈螺母 (Kg/套)	M20防水砂浆 (m³)	Φ22植筋 (根)	备注
电缆沟盖板	4	14.26	4.35	0.172	0.0936/0.8			单块长50cm
电缆沟沟身				0.669			10	植筋每根长60cm, 钻孔30cm
纵向水沟盖板	2		7.20	0.046				单块长100cm
纵向水沟沟身				0.27				两侧
路缘边沟	2		16.56	0.408				单块长100cm
路缘石	2		27.92	0.50			10	单块长100cm, 植筋每根长60cm, 钻孔30cm
合计		38.14	56.03	2.065	0.0938/0.8	0.23	10	

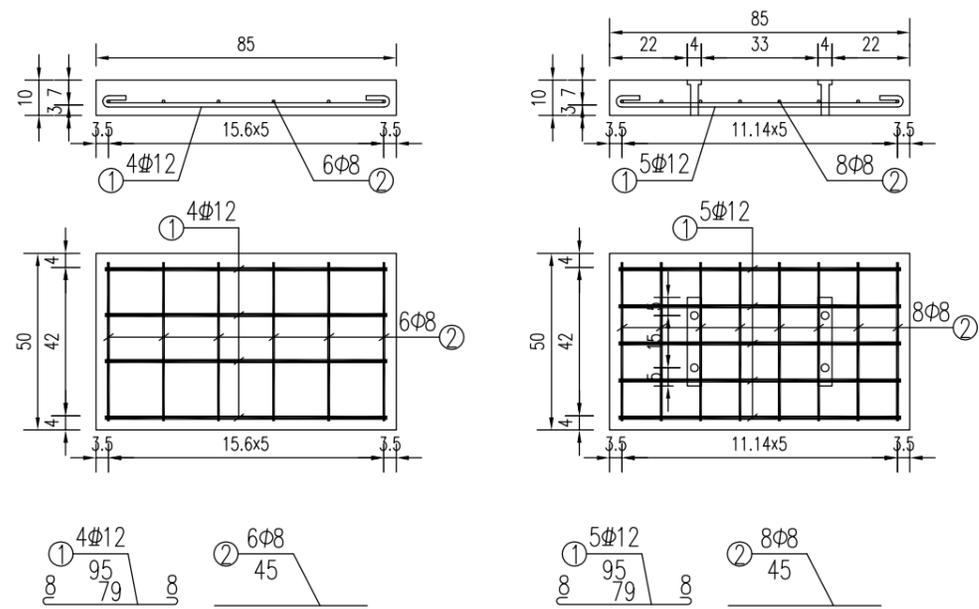
注：  
 1、本图尺寸除管径以mm计外，余均以cm为单位。  
 2、本图用于仰拱拆换段对排水系统进行恢复。  
 3、隧道侧壁纵向排水盲管采用Φ116/100HDPE双壁打孔波纹管，隧道横向连接管Φ116/100HDPE双壁无孔波纹管，横向连接管的纵向间距5m，局部地下水丰富地段适当加密。纵向排水管沿隧道两侧全隧贯通。



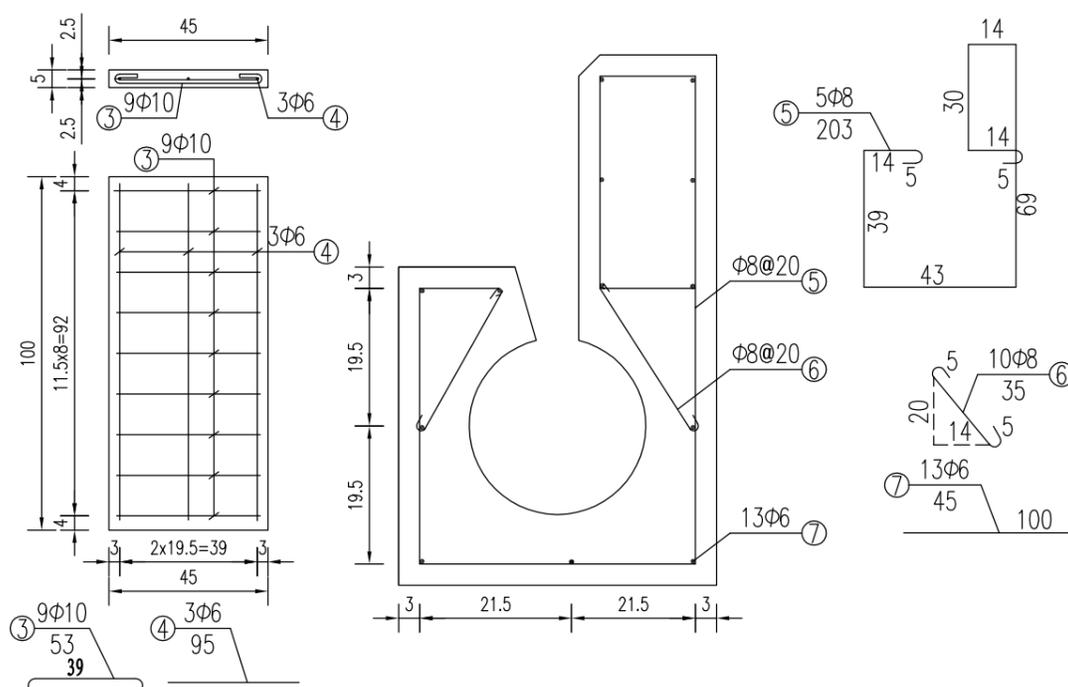
隧道洞身管沟设计图 1:20



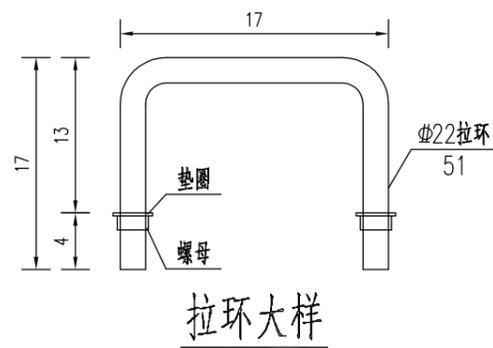
- 注:
- 1、本图尺寸除管径以mm计外,余均以cm为单位。
  - 2、盖板采用预制安装,路缘边沟和路缘石可采用现浇或预制安装。
  - 3、现浇(或安装)路缘边沟前,应清除松渣、积水,并采用M20防水砂浆座底。
  - 4、路缘石与衬砌结构间采用80cm长 $\Phi 22$ 钢筋进行植筋,纵向间距为20cm。
  - 5、现浇(或预制)路缘石时,应注意预留横向连接管穿管孔。
  - 6、仰拱拆换时应注意保护电缆沟侧壁,若电缆沟损坏,应采用C30混凝土进行恢复,并在电缆沟与衬砌结构间采用60cm长 $\Phi 22$ 钢筋进行植筋,纵向间距为20cm。
  - 7、盖板安装前,应清除电缆沟内的杂物,安装完毕,其缝隙以M20防水水泥砂浆填塞密实。
  - 8、洞内管沟安装完后,其缝隙以M20水泥砂浆填塞密实。
  - 9、电缆沟盖板分为固定和活动盖板两类,活动盖板每10m设置一块。
  - 10、本图未考虑超高,超高段工程量以现场实际发生为准。



电缆沟盖板(固定)配筋图 1:20 电缆沟盖板(活动)配筋图 1:20



纵向排水沟盖板配筋图 1:20 路缘边沟配筋图 1:10



拉环大样

单块电缆沟盖板钢筋明细表

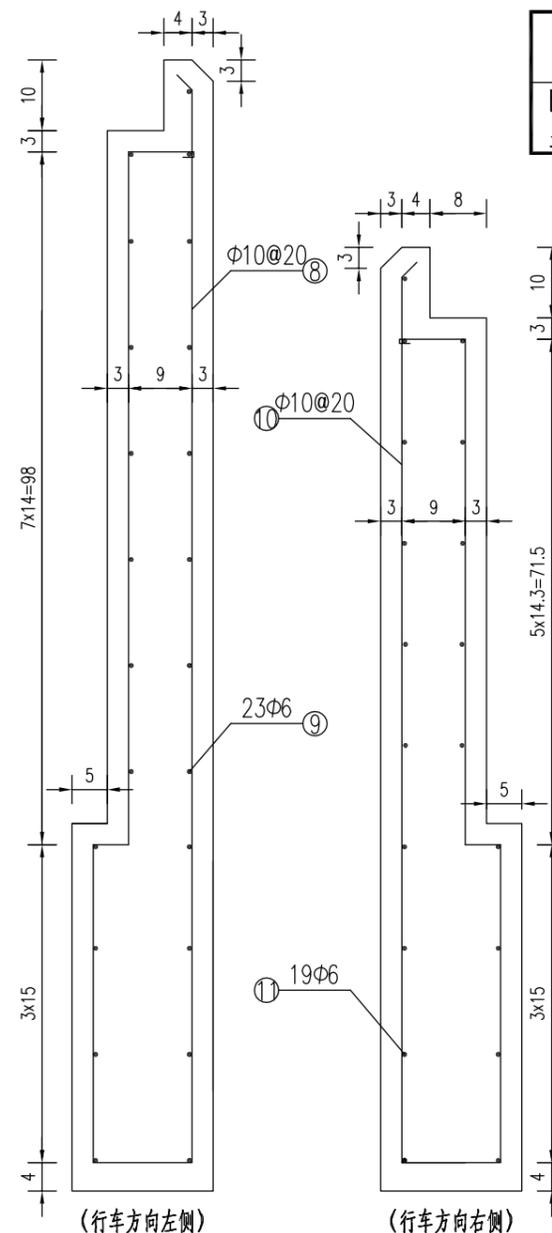
	编号	直径 (mm)	每根长 (cm)	根数	总长 (m)	总重 (kg)	合计 (kg)	C30混凝土 (m <sup>3</sup> )	垫圈螺母 (kg/套)	备注
固定盖板	①	Φ12	95	4	3.80	3.37	4.44	0.043		长50cm
	②	Φ8	45	6	2.70	1.07				
活动盖板	①	Φ12	95	5	4.75	4.22	8.68	0.043	0.469/4	
	②	Φ8	45	8	3.60	1.42				
	拉环	Φ22	51	2	1.02	3.04				

每延米电缆沟沟身钢筋明细表

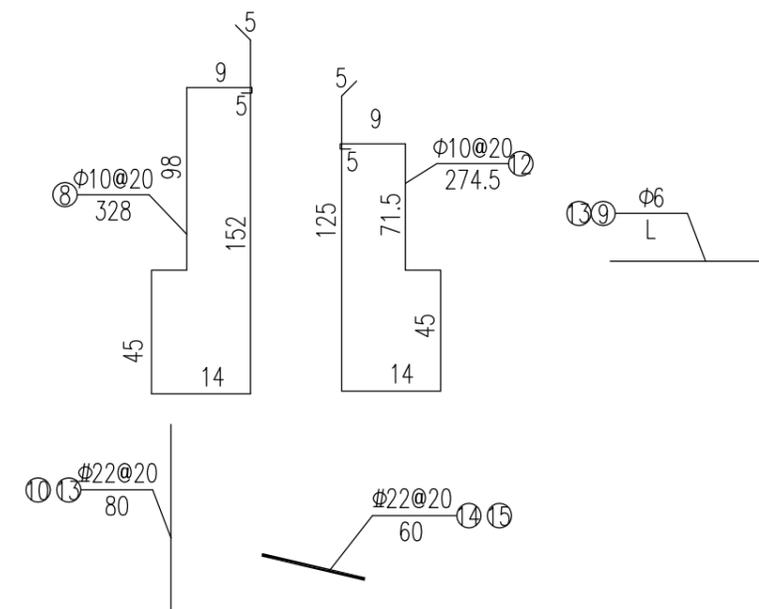
	编号	直径 (mm)	每根长 (cm)	根数	总长 (m)	总重 (kg)	合计 (kg)	C30混凝土 (m <sup>3</sup> )	备注
固定盖板	④	Φ22	60	5	3.0	8.952	17.904	0.669	包含钻孔、钢筋 (L=60cm) 及植筋胶
	⑤	Φ22	60	5	3.0	8.952			

每延米路缘石钢筋明细表

缘石部位	编号	直径 (mm)	每根长 (cm)	根数	总长 (m)	总重 (kg)	合计 (kg)	C30混凝土 (m <sup>3</sup> )	备注
行车方向左侧	⑧	Φ10	328	5	16.40	10.12	15.23	0.27	⑧和⑨为植筋, 包含钻孔、钢筋 (L=80cm) 及植筋胶
	⑩	Φ6	100	23	23	5.11			
	⑪	Φ22	80	5					
行车方向右侧	⑫	Φ10	274.5	5	13.73	8.47	12.69	0.23	
	⑬	Φ6	100	19	19	4.22			
	⑭	Φ22	80	5					



(行车方向左侧) (行车方向右侧)



路缘石配筋图 1:10

单块纵向边沟盖板钢筋明细表

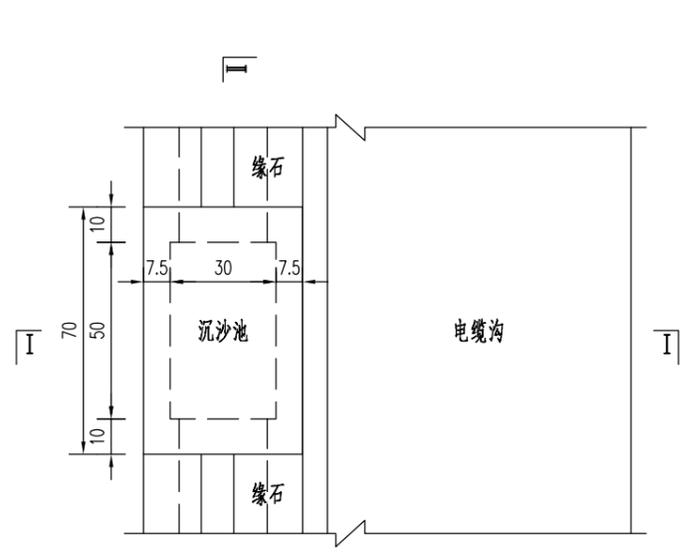
编号	直径 (mm)	每根长 (cm)	根数	总长 (m)	总重 (kg)	合计 (kg)	C30混凝土 (m <sup>3</sup> )	备注
⑧	Φ10	53	9	4.77	2.94	3.6	0.023	长100cm
④	Φ6	95	3	3.72	0.63			

延米路缘边沟钢筋明细表

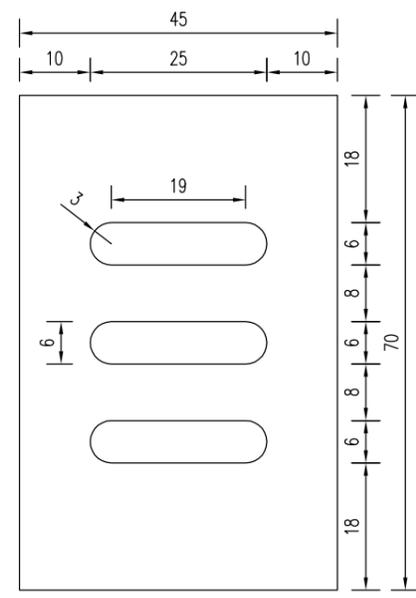
编号	直径 (mm)	每根长 (cm)	根数	总长 (m)	总重 (kg)	合计 (kg)	C30混凝土 (m <sup>3</sup> )
⑤	Φ8	203	5	10.15	4.01	8.28	0.2038
⑥	Φ8	35	10	3.5	1.38		
⑦	Φ6	100	13	13	2.89		

注:

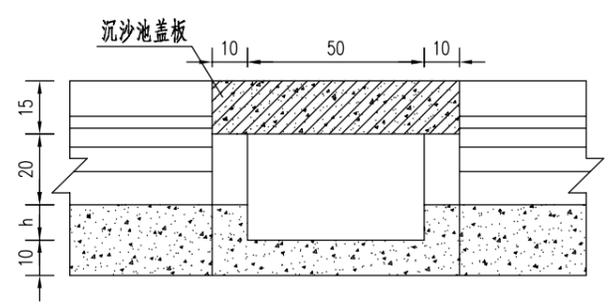
- 1、本图尺寸除钢筋直径以mm计和注明者外, 余均以cm为单位。
- 2、本图未考虑超高, 超高段工程量以现场实际发生为准。



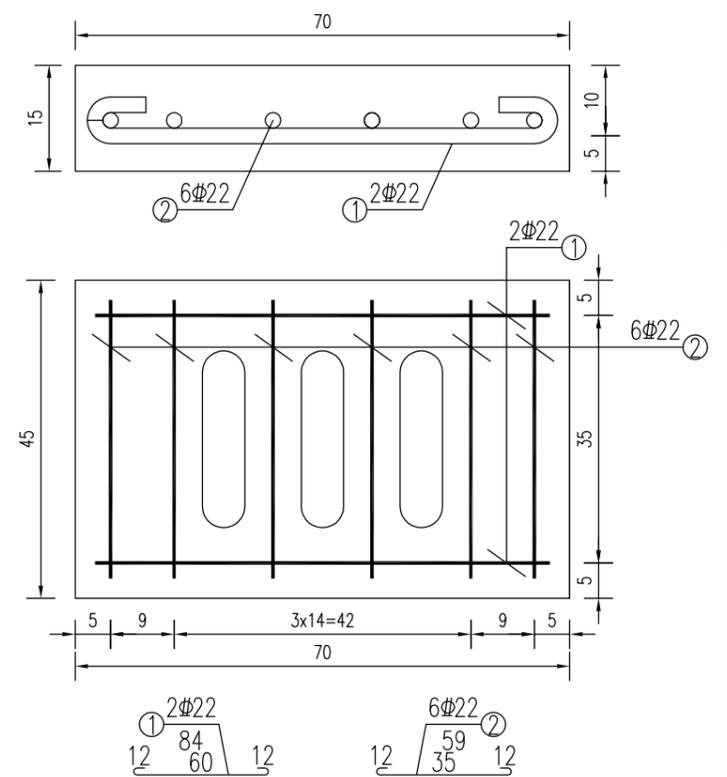
路缘边沟沉沙池平面图 1:20



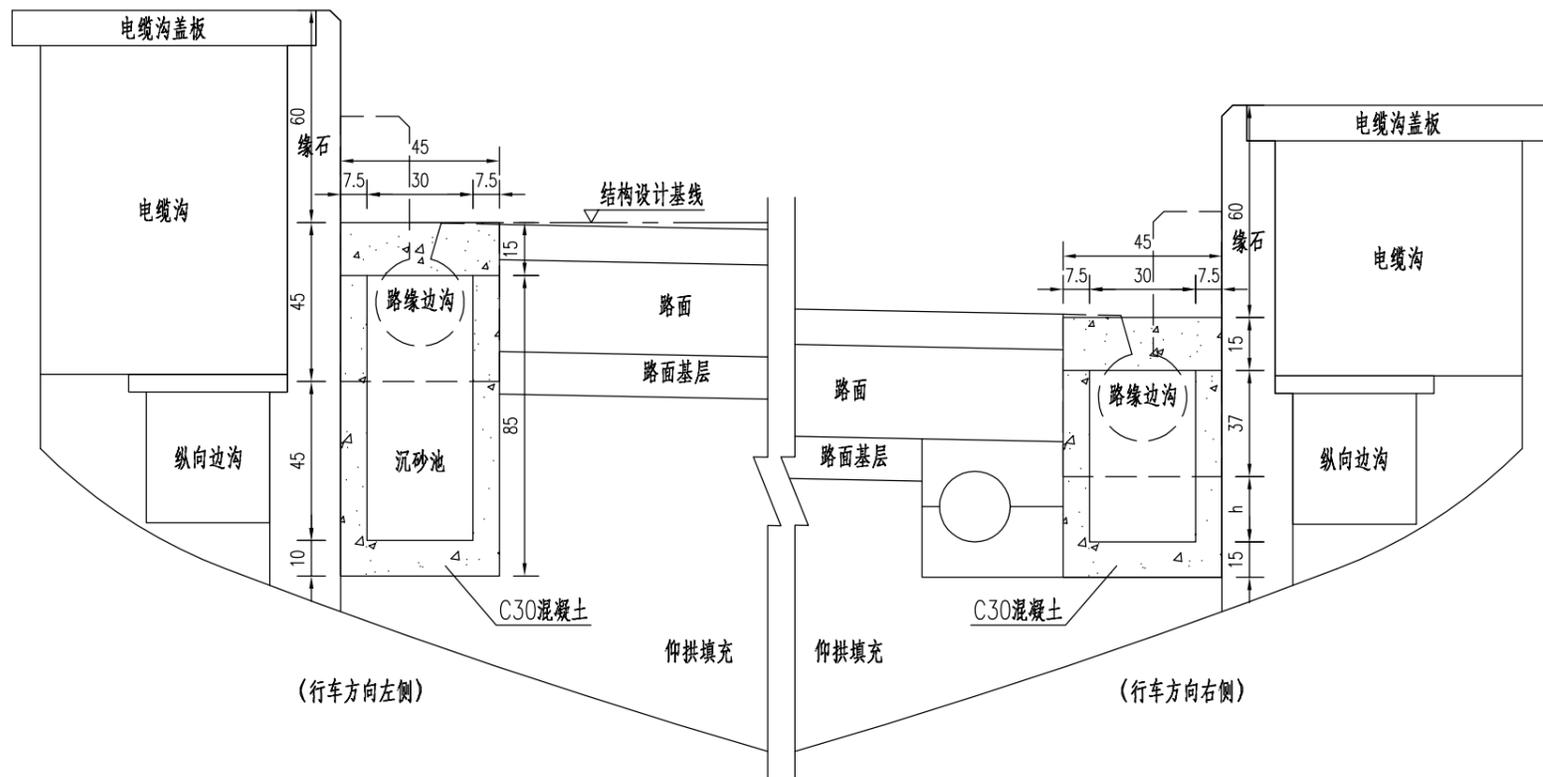
侧沟沉沙池盖板大样图 1:10



II-II 剖面 (侧面图) 1:20



沉沙池盖板配筋图 1:10



I-I 剖面 (立面图) 1:20

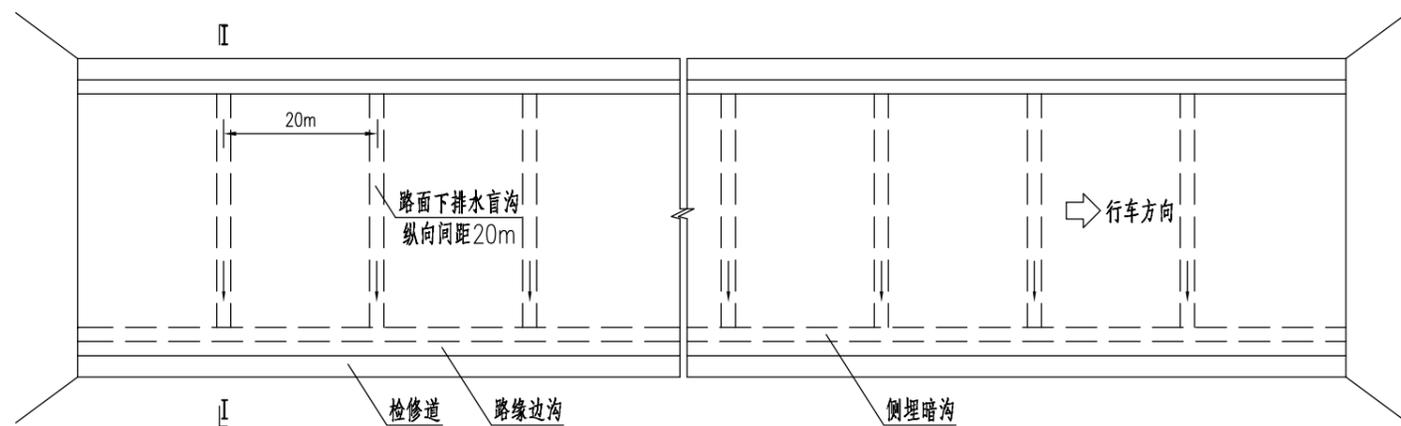
单块盖板钢筋明细表

编号	直径 (mm)	每根长 (cm)	根数	总长 (m)	总重 (kg)	合计 (kg)	C30混凝土 (m³)
①	Φ22	84	2	1.68	5.01	15.57	0.047
②	Φ22	59	6	3.54	10.56		

一处沉砂池增加工程数量表

项目	HRB400钢筋	C30混凝土
单位	kg	m³
数量	13.70	0.25

- 注:
- 1、本图尺寸均以cm为单位。
  - 2、侧沟沉沙池纵向设置间距为50m。
  - 3、沉沙池侧壁采用C30混凝土与路缘边沟底同时浇筑。
  - 4、本图未考虑超高，超高段工程量以现场实际发生为准。



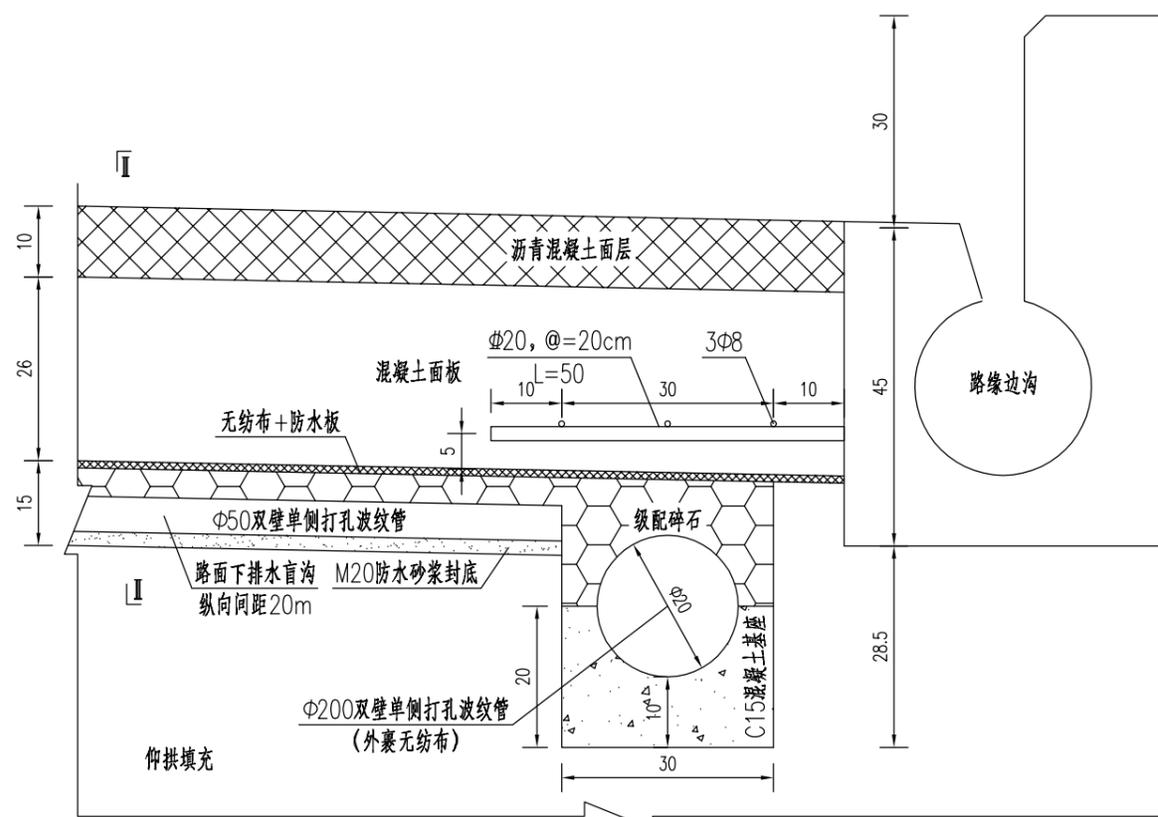
路面下排水系统平面布置图 示意

延米侧埋暗沟工程数量表

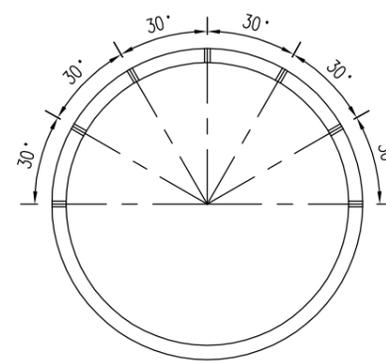
项目	钢筋		400g/m <sup>2</sup> 无纺布	1.5mm厚EVA防水板	级配碎石	C15混凝土基座	Φ200双壁打孔波纹管
	HPB300	HRB400					
单位	kg	kg	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m
数量	1.20	6.20	1.13	0.50	0.04	0.044	1

一道横向盲沟工程数量表

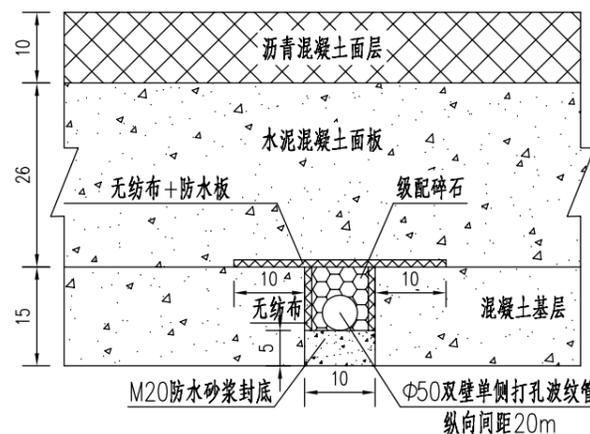
项目	Φ50双壁单侧打孔波纹管	400g/m <sup>2</sup> 无纺布	1.5mm厚EVA防水板	级配碎石	M20防水砂浆封底
单位	m	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>
数量	12.24	3.7	3.7	0.07	0.063



I—I 剖面图 1:10  
(正常段)



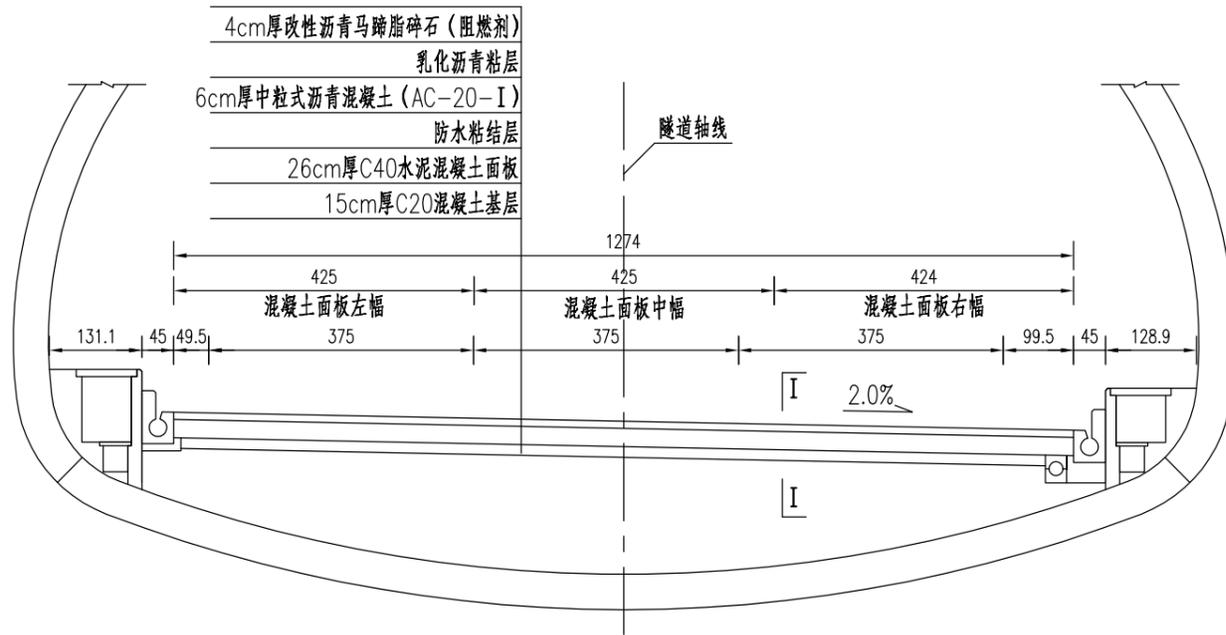
双壁单侧打孔波纹管示意图 示意



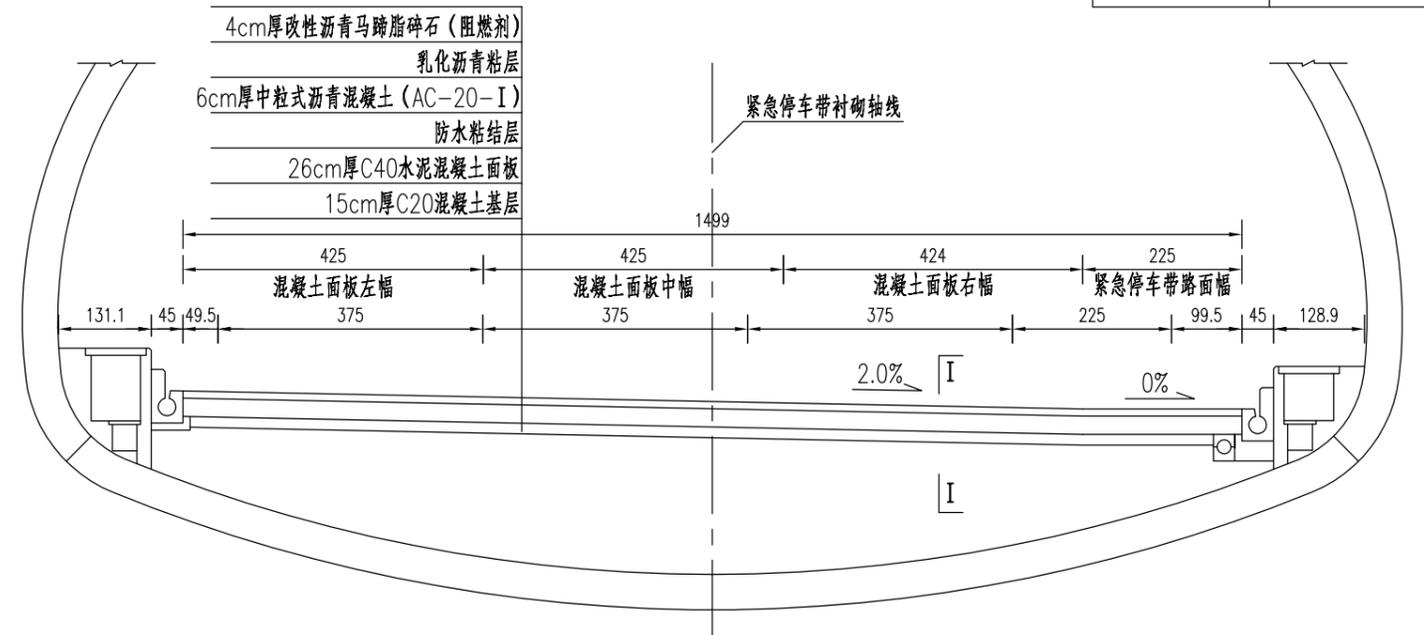
II-II 剖面图 1:10

注:

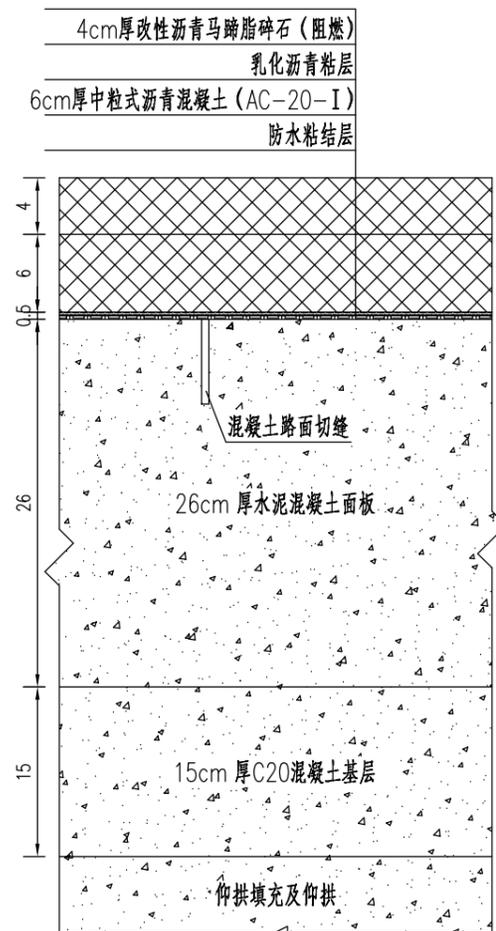
- 1、本图尺寸除钢筋、管径以mm计外，余均以cm为单位。
- 2、本图适用于隧道仰拱换拱处治段落。
- 3、回填圆卵石应选用坚硬耐久的级配碎石或卵石，集料应洁净（必须冲洗）并过筛，粒径最小不得小于2cm，最大不得大于5cm。
- 4、为避免混凝土浇筑时灰浆下渗，侧埋暗沟和横向盲沟级配碎石回填层覆盖一层无纺布和塑料薄膜。
- 5、为防止淤积，双壁打孔波纹管外裹一层无纺布。
- 6、侧埋暗沟与横向盲沟设置目的是排除路面地下水，确保沥青混凝土面层的耐久性。横向盲沟设置间距为10m，地下水丰富地段可适当加密。
- 7、超高段横向盲沟保持向行车方向右侧2%的流水坡，本图未考虑超高，超高段工程量以现场实际发生为准。



有仰拱地段隧道主洞路面结构图 1:100



有仰拱地段隧道紧急停车带路面结构图 1:100



I-I 剖面 1:100

自粘式玻纤格栅指标表

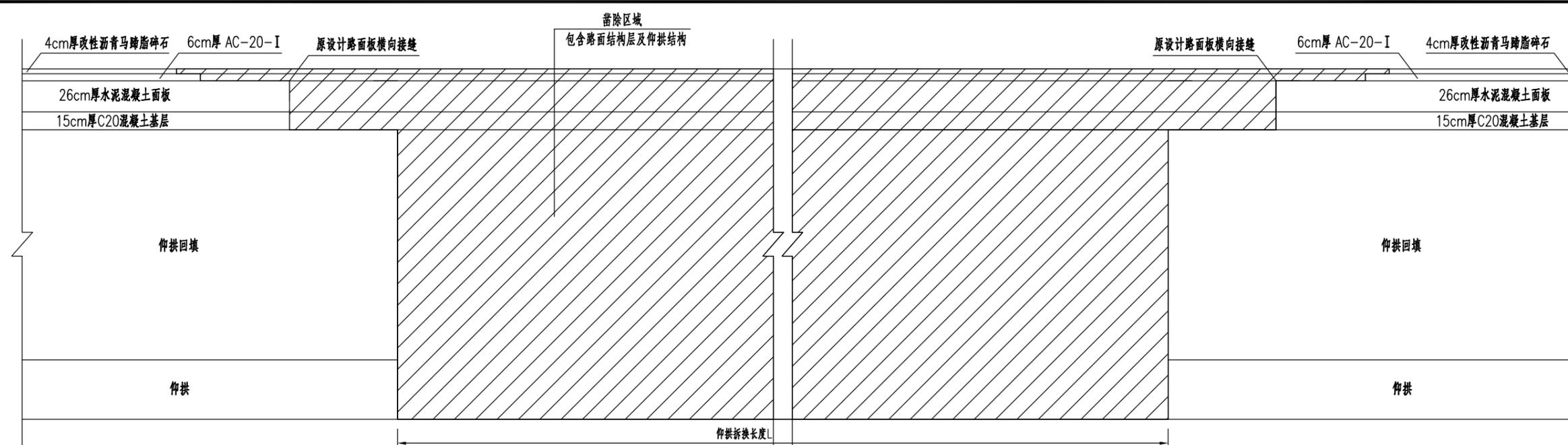
名称	指标
经纬向抗拉强度	>80kN/m
经纬向断裂时伸长率	<4%
弹性模量	60×10 <sup>6</sup> KPa
熔点	218℃
材质	涂弹性胶状聚合物和压力敏感性粘胶。
粘胶背胶	压力敏感性
网格尺寸	12.5mm×12.5mm
网眼目数(纵横向)	2±0.15
幅宽	1.5m
卷长	100m
单位面积重量	370g/m <sup>2</sup>

每延米隧道路面工程数量表

材 料	单 位	数 量		备 注
		主 洞	紧 急 停 车 带	
4cm厚改性沥青玛蹄脂碎石(阻燃剂)	m <sup>2</sup>	12.74	14.99	仰拱拆换端部路面 工程量按实计量
乳化沥青粘层	m <sup>2</sup>	12.74	14.99	
6cm厚中粒式沥青混凝土(AC-20-I)	m <sup>2</sup>	12.74	14.99	
防水粘层	m <sup>2</sup>	12.74	14.99	
26cm厚C40水泥混凝土面板	m <sup>2</sup>	12.74	14.99	
15cm厚C20混凝土基层	m <sup>2</sup>	12.54	14.79	
自粘式玻纤格栅	m <sup>2</sup>	0.347	0.360	

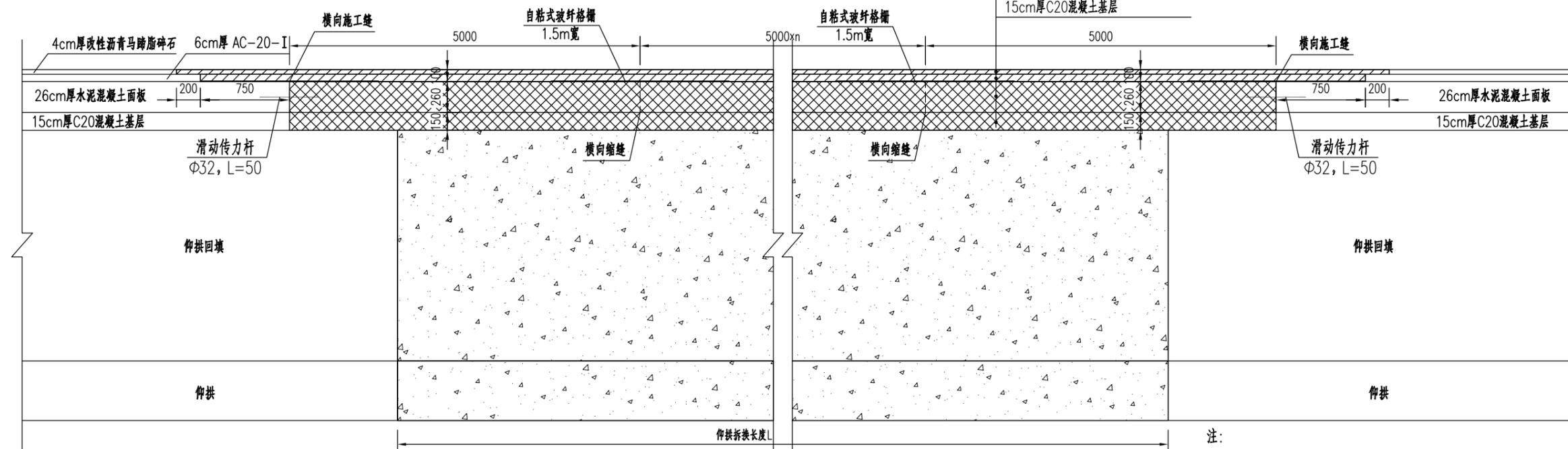
注:

- 1、本图尺寸以cm为单位。隧道采用复合式路面结构形式。
- 2、复合式路面的结构形式为：上面层为4cm厚改性沥青玛蹄脂碎石(阻燃剂)，中间层为6cm厚中粒式沥青混凝土(AC-20-I)，下设26cm厚C40水泥混凝土面板，其设计抗弯拉强度不小于5.0MPa，基层采用15cm厚C20混凝土，混凝土面板表面应喷砂打毛。
- 3、为防止隧道清洗水下渗淤积，在中面层和混凝土面板之间应设置防水粘层，防水粘层的技术要求与桥面防水粘层一致。
- 4、为防止混凝土面板切缝反射至沥青面层，在混凝土面板的接缝处铺设自粘式玻纤格栅，铺设宽度为1.5m。
- 5、隧道路面破除时应破除至原设计路面板块横向接缝处，将原有水泥混凝土板整幅拆换，以确保水泥混凝土板板长满足《公路水泥混凝土路面设计规范》(JTG D40-2011)的相关要求。
- 6、水泥混凝土面板分仓及接缝、角隅补强等按《公路水泥混凝土路面设计规范》(JTG D40-2011)办理。每日施工终了或路面混凝土浇筑过程中因故中断时，必须设置横向施工缝，其位置宜设在胀缝或缩缝处，设在缩缝处的施工缝应采用加传力杆的平缝形式(B型缩缝)。
- 7、仰拱拆换端部拆除和恢复工程量无法准确计算，工程数量应以现场实际发生并经监理及业主认可的最终数量为准。



仰拱、仰拱回填及路面凿除示意图

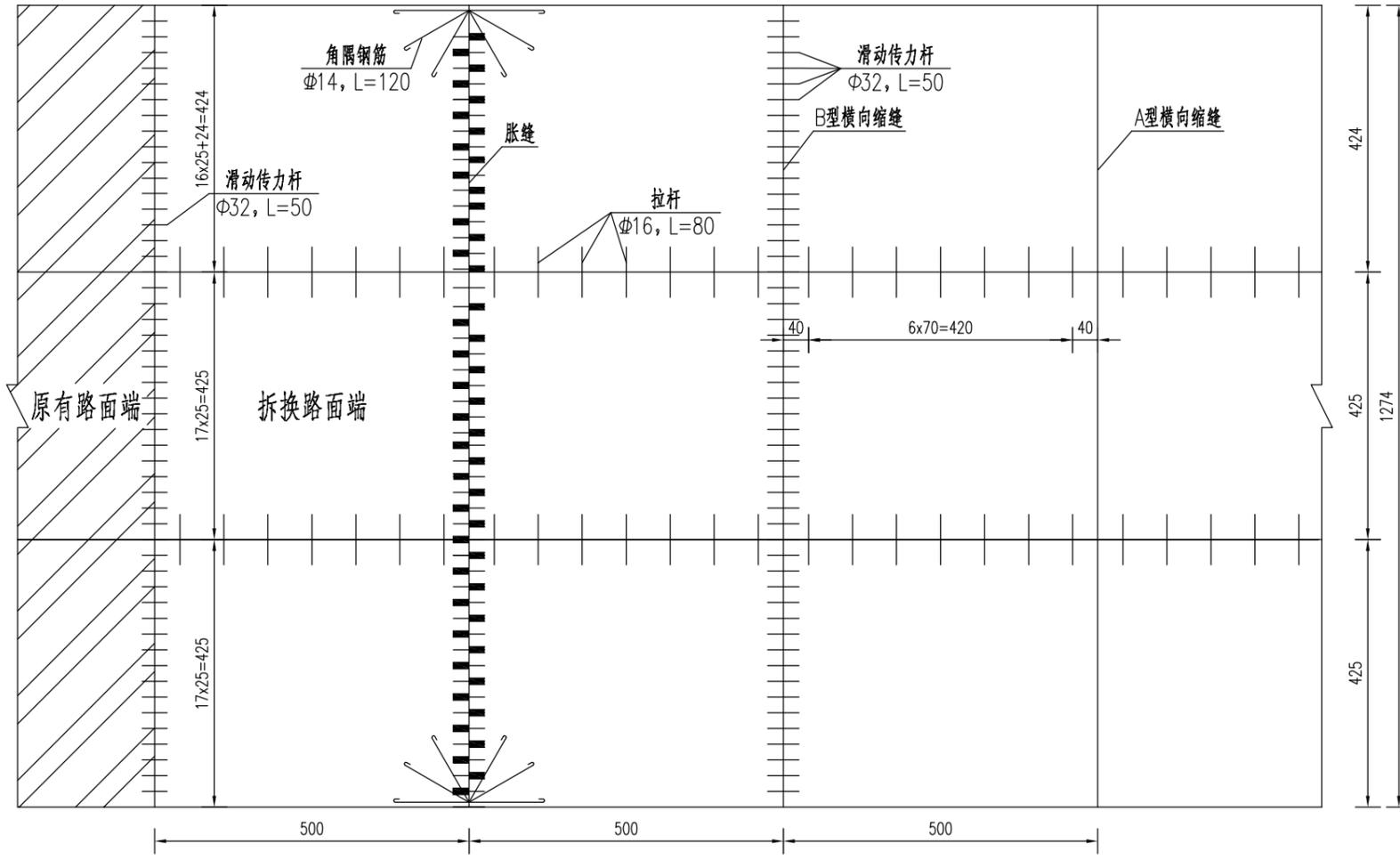
- 4cm厚改性沥青马踏脂碎石 (阻燃料)
- 乳化沥青粘层
- 6cm厚中粒式沥青混凝土 (AC-20-I)
- 防水粘层
- 26cm厚C40水泥混凝土面板
- 15cm厚C20混凝土基层



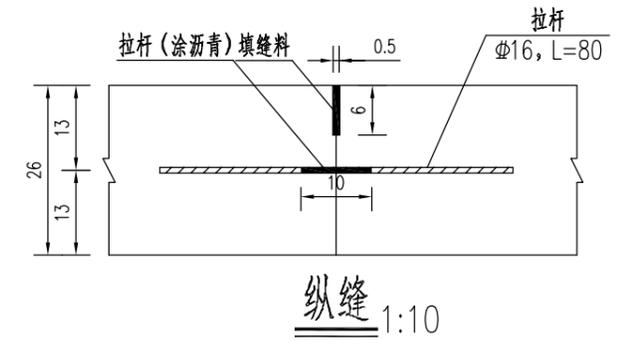
仰拱、仰拱回填及路面恢复示意图

- 注:
- 1、本图尺寸均以mm计。
  - 2、仰拱拆换时,仰拱和仰拱填充根据病害段落进行拆除并重新恢复,隧道路面破除时应破除至原设计横向接缝,将原有水泥混凝土板整幅替换,以确保水泥混凝土板板长满足《公路水泥混凝土路面设计规范》(JTG D40-2011)的相关要求。
  - 3、为了做好新旧路面搭接,沥青上面层应比沥青下面层多拆除20cm,沥青下面层应比水泥混凝土面板多拆除75cm,并在新旧沥青面层间及沥青面层与水泥混凝土面板间铺设乳化沥青粘层。
  - 4、为防止混凝土面板切缝反射至沥青面层,在混凝土面板的接缝处铺设自粘式玻纤格栅,铺设宽度为1.5m。
  - 5、新旧混凝土板接缝处设横向施工缝,端部传力杆采用植筋形式伸入原有混凝土板中,传力杆采用Φ50钢筋,长度为50cm,间距为25cm。
  - 6、工程数量以现场实际发生并经监理及业主认可的最终数量为准。

重庆渝蓉高速公路有限公司	重庆渝蓉高速公路九顶山隧道 病害处治施工图设计	隧道仰拱结构与路面拆除及恢复设计图	设计	复核	审核	日期	图表号	华设设计集团股份有限公司
			曹政	陈浩	周恒	2022.07	S-12	

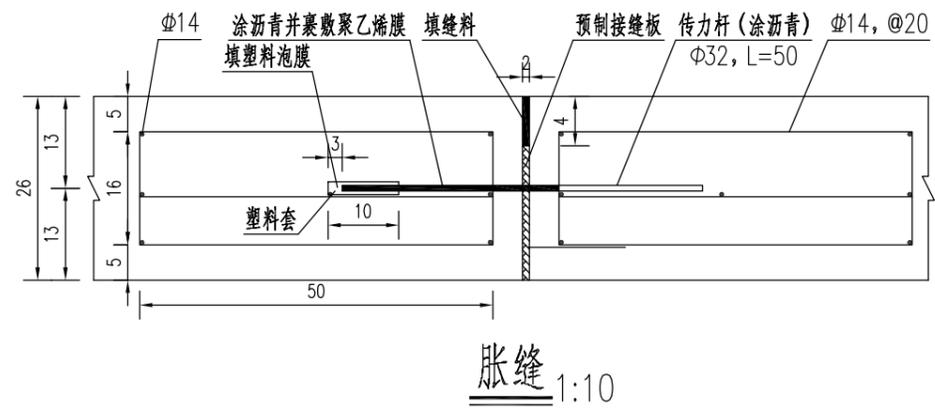


隧道主洞路面分仓设计图 1:100



每延米纵缝钢筋用量表

项目	直径 (mm)	根数	每根长 (cm)	总长 (m)	总重 (Kg)
拉杆	16	2.8	80	2.24	3.534



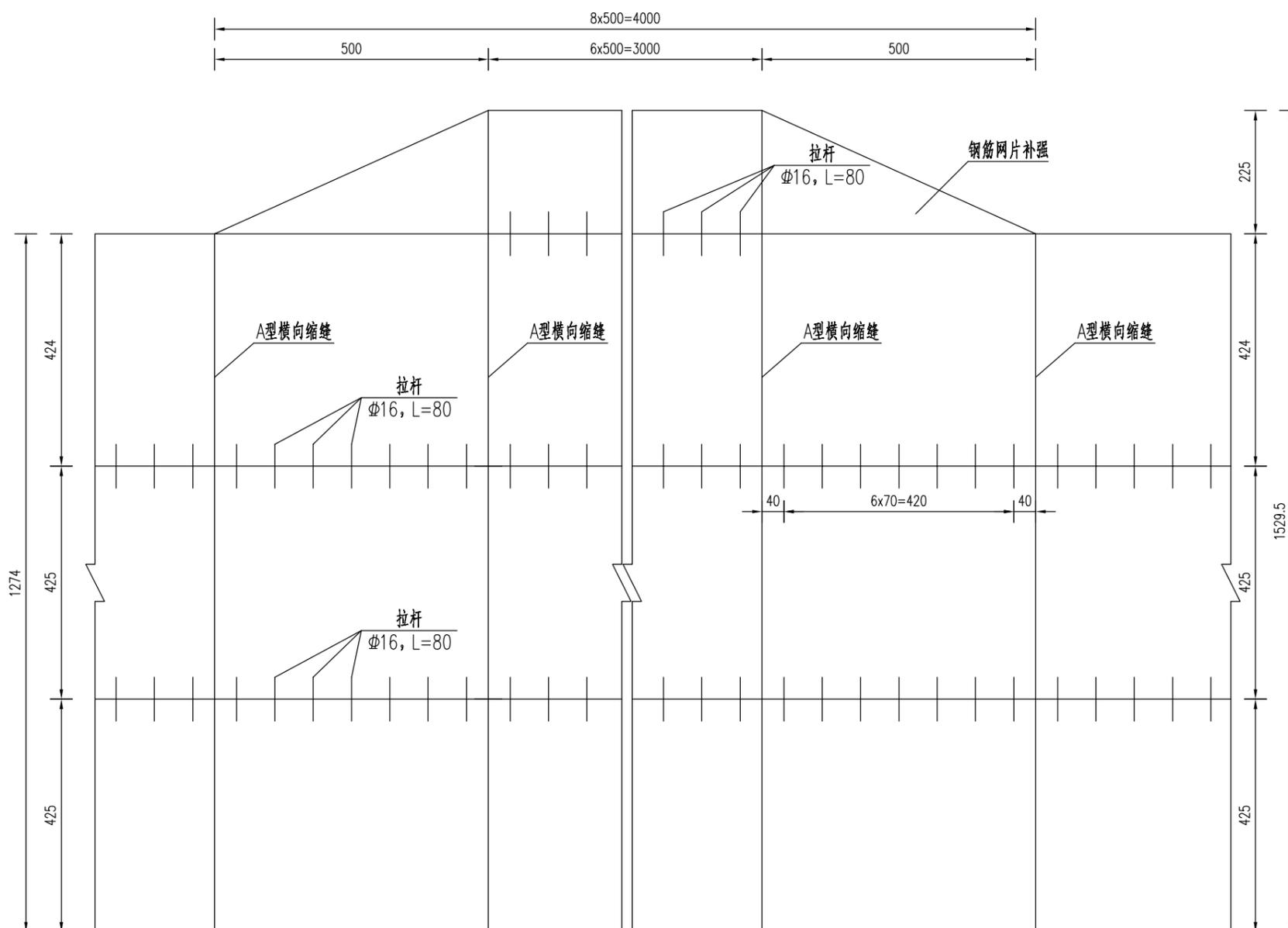
胀缝 1:10

一道胀缝钢筋用量表

项目	直径 (mm)	根数	每根长 (cm)	总长 (m)	总重 (Kg)	合计 (Kg)
传力杆	32	48	50	24.00	151.44	151.44
角隅补强	14	16	129	20.64	24.93	557.61
定位筋	14	14	1274	178.36	215.46	
			130	202	317.22	

注:

- 1、本图尺寸除钢筋直径以mm计外,其余均以cm为单位。
- 2、胀缝设置于新旧路面相接处的最后一道横缝处,胀缝设置填缝板及可滑动的传力杆,横向缩缝采用假缝(A型缩缝),在临近胀缝处2条缩缝(B型缩缝)设置传力杆。
- 3、每日施工终了或路面混凝土浇筑过程中因故中断时,必须设置横向施工缝,其位置宜设在胀缝或缩缝处,设在缩缝处的施工缝应采用加传力杆的平缝形式(B型缩缝),应根据实际施工情况进行设置。
- 4、纵缝采用平缝加拉杆型,在新旧路面相接处设置一道传力杆。
- 5、填缝料采用聚氨酯焦油或橡胶沥青和聚氨酯胶泥。



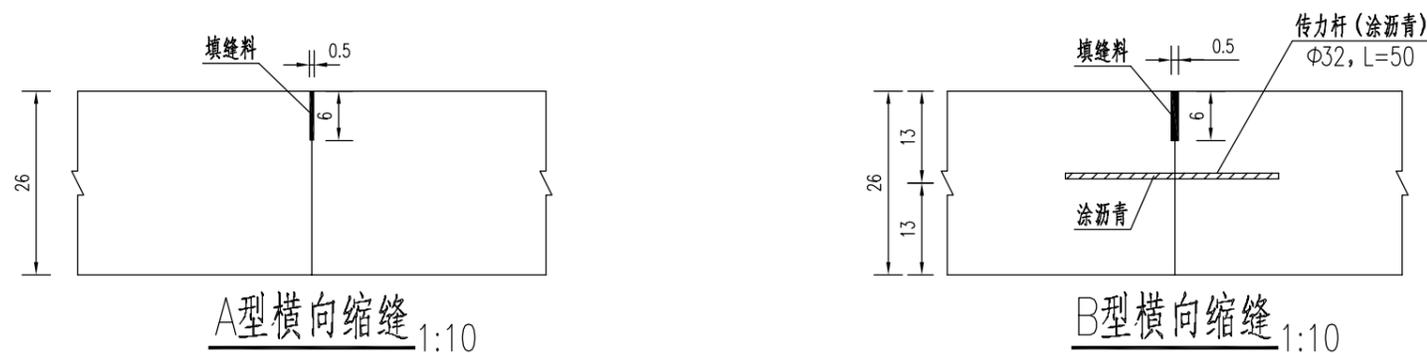
一处紧急停车带路面接缝及角隅补强钢筋钢筋用量表

项目	直径 (mm)	根数	每根长 (cm)	总长 (m)	总重 (Kg)	合计 (Kg)
拉杆	Φ16	42	80	33.6	53.02	346.08
钢筋网	Φ6	/	/	1125.0	293.06	

一道横向施工缝 (B型横向缩缝) 钢筋用量表

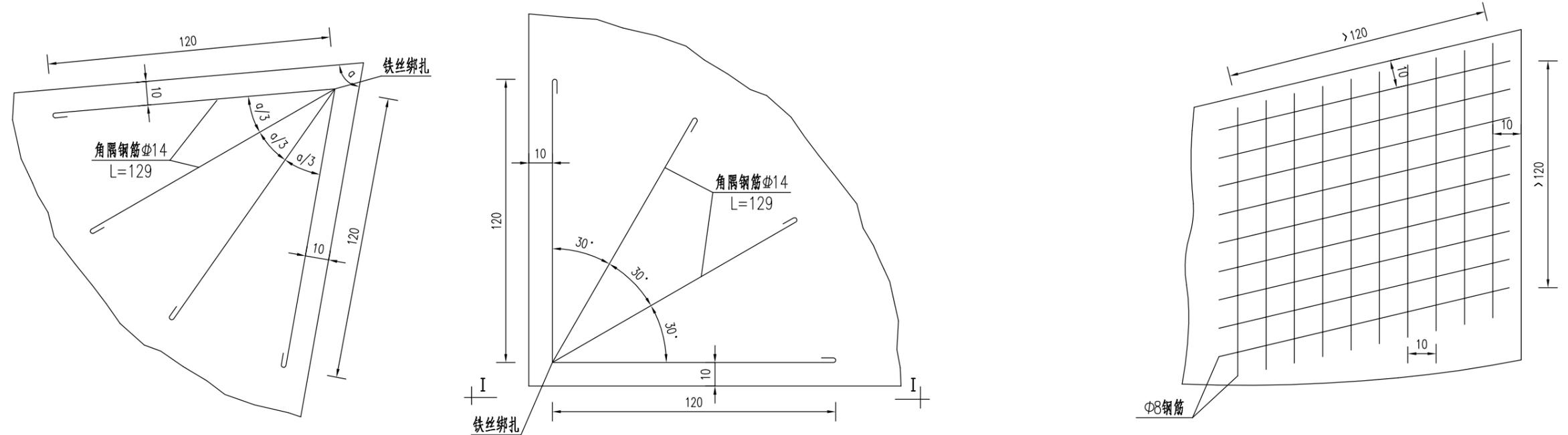
项目	直径 (mm)	根数	每根长 (cm)	总长 (m)	总重 (Kg)
传力杆	Φ32	48	50	24.0	151.4

紧急停车带路面分仓设计图 1:100



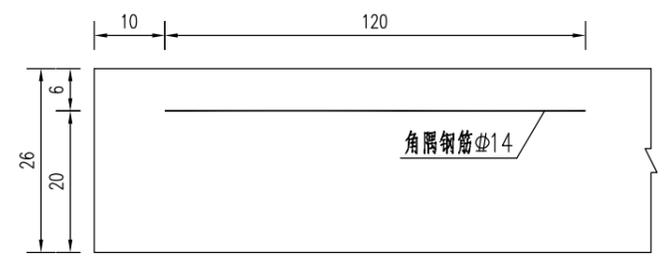
注:

- 1、本图尺寸除钢筋直径以mm计外,其余均以cm为单位。
- 2、胀缝设置于新旧路面相接处的最后一道横缝处,胀缝设置填缝板及可滑动的传力杆,横向缩缝采用假缝(A型缩缝),在临近胀缝处2条缩缝(B型缩缝)设置传力杆。
- 3、每日施工终了或路面混凝土浇筑过程中因故中断时,必须设置横向施工缝,其位置宜设在胀缝或缩缝处,设在缩缝处的施工缝应采用加传力杆的平缝形式(B型缩缝),应根据实际施工情况进行设置。
- 4、纵缝采用平缝加拉杆型,在新旧路面相接处设置一道传力杆。
- 5、填缝料采用聚氨酯焦油或橡胶沥青和聚苯乙烯胶泥。

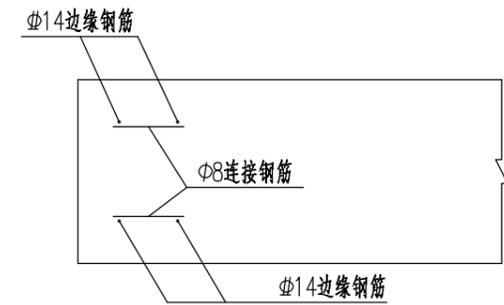
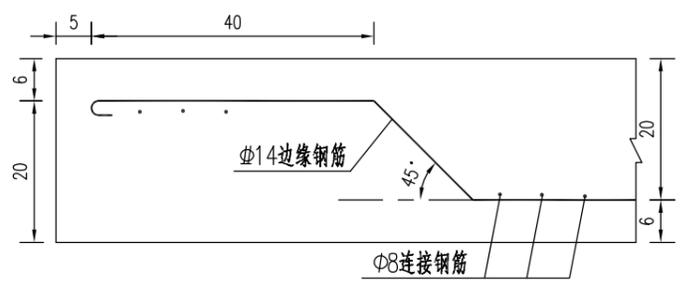


发针形补强钢筋布置图 1:10

钢筋网补强布置图



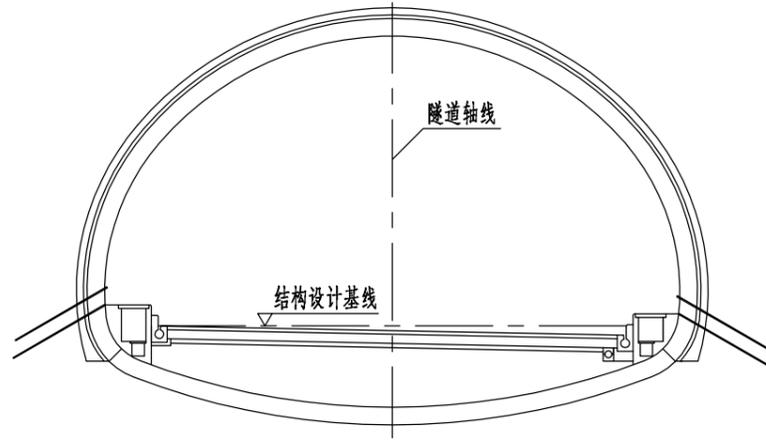
I-I 1:10



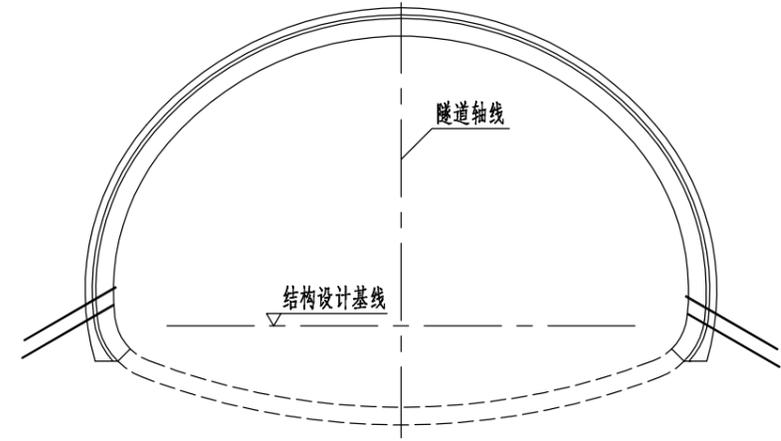
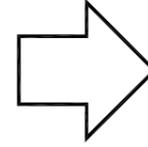
边缘钢筋布置图 1:10

- 注:
- 1、本图尺寸除钢筋直径以mm计外,其余均以cm为单位。
  - 2、在胀缝、施工缝和自由边的面层角隅及锐角面层角隅,边角处设角隅钢筋用于补强,当 $\alpha < 70^\circ$ 时,采用钢筋网补强,钢筋网设于板的上部,距板顶6cm。
  - 3、混凝土面层自由边缘下基础薄弱或接缝为未设传力杆的平缝时,可在面层边缘的下部设置边缘钢筋补强,补强钢筋采用2根 $\Phi 14$ 螺纹钢筋分别布置于距顶、底面6cm处,钢筋两端向上弯起,隧道内边缘补强钢筋布置位置和数量根据现场路面施工情况确定。

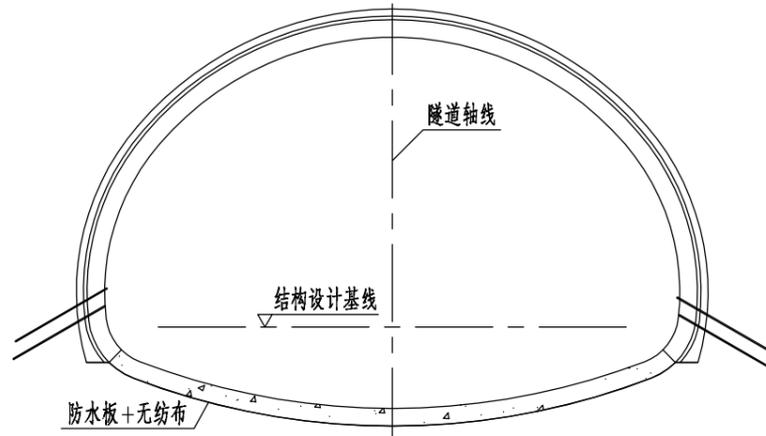
重庆渝蓉高速公路有限公司	重庆渝蓉高速公路九顶山隧道 病害处治施工图设计	隧道混凝土面板 角隅补强和边缘配筋设计图	设计	复核	审核	日期	图表号	华设设计集团股份有限公司
			曹政	陈浩	周恒	2022.07	S-14	



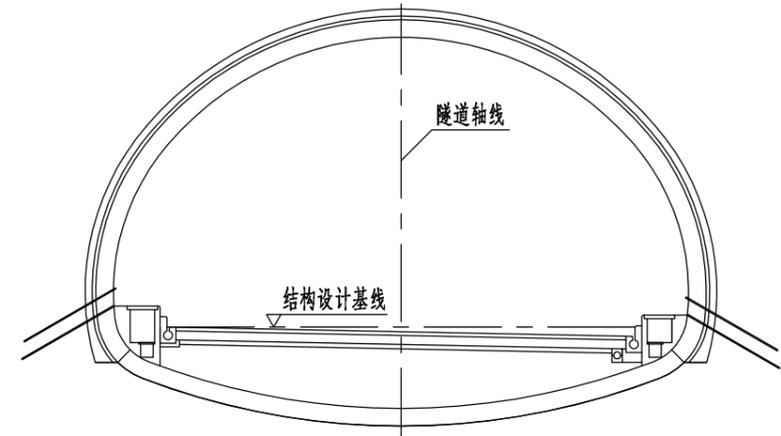
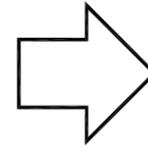
第一步：边墙锁脚锚管施作；



第二步：路面、电缆沟、仰拱填充、仰拱衬砌、排水系统等拆除或开挖；



第三步：清底、整平，防排水系统施作，仰拱衬砌施作；



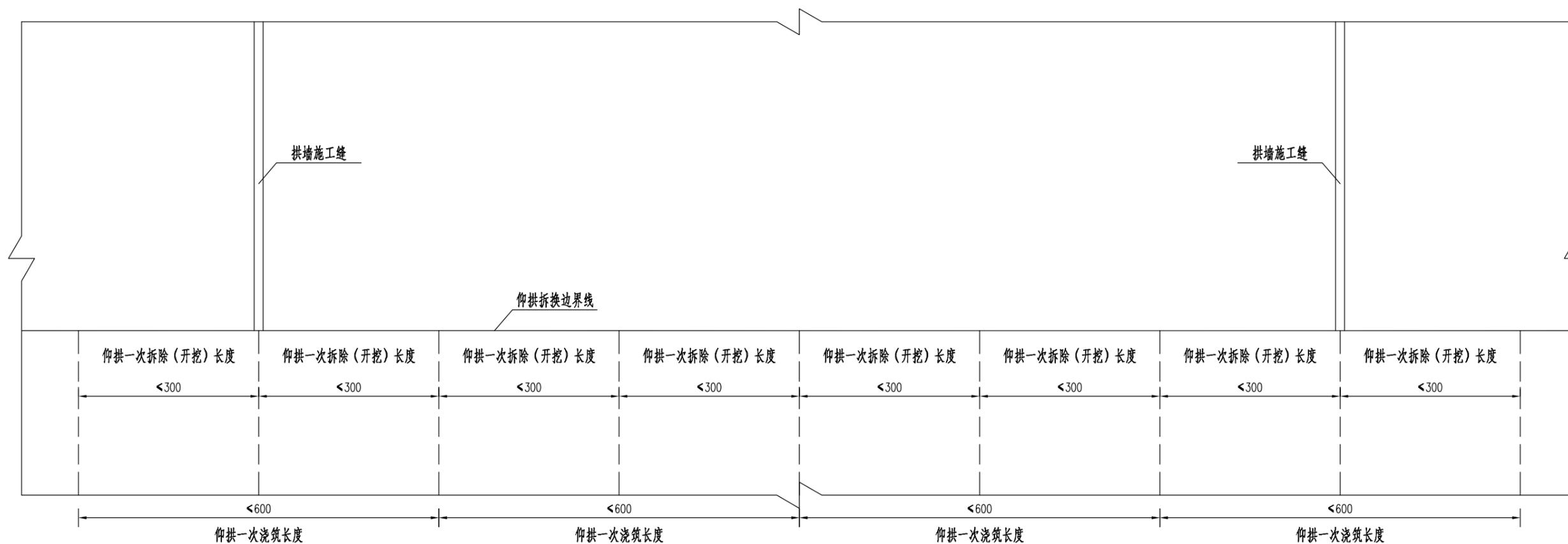
第四步：路面、电缆沟、仰拱填充、排水系统等恢复。

全幅施工方案示意图

注：

- 1、本图尺寸以cm计。
- 2、本图为仰拱拆换段全幅施工方案图，详见设计说明。
- 3、仰拱拆换时一次拆除和开挖的长度不大于3米；仰拱浇筑长度不得大于6m，且在拱墙衬砌施工缝处，在施工缝前或后单方向不得大于1米。需等先期拆换段的仰拱结构达到设计强度要求时才能进行下次开挖或拆除（一次拆除和开挖长度可根据一拱衬砌的长度进行适当调整，且不大于3m）。为加快施工进度减少断道影响可采取跳槽开挖施工，跳槽间距不应小于10m。
- 4、必要时增设临时横向支撑及拱脚支撑，待浇注仰拱二次衬砌时拆除，留作下一循环使用。
- 5、为保证隧道仰拱一次成形，使隧道结构具有完整性本次设计采取仰拱一次浇筑成形方案。施工中采用栈桥保证施工车辆通行。

重庆渝蓉高速公路有限公司	重庆渝蓉高速公路九顶山隧道 病害处治施工图设计	隧道仰拱拆换施工方案图	设计	复核	审核	日期	图表号	华设设计集团股份有限公司
			曹政	陈浩	周恒	2022.07	S-15	

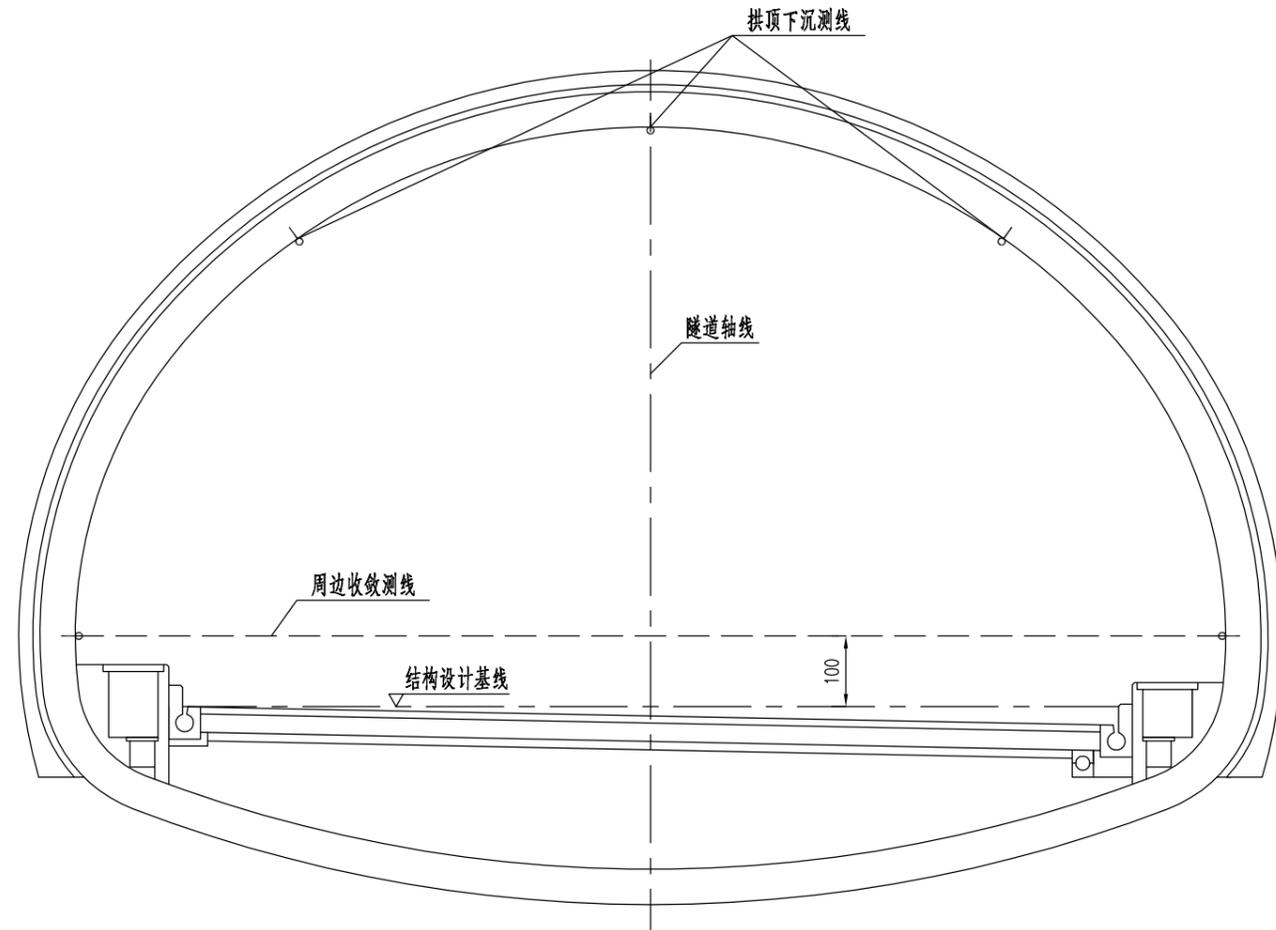


拆除(开挖)长度控制示意图

注:

- 1、本图尺寸以cm计。
- 2、本图为仰拱拆换段全幅施工方案图，详见设计说明。
- 3、仰拱拆换时一次拆除和开挖的长度不大于3米；仰拱浇筑长度不得大于6m，且在拱墙衬砌施工缝处，在施工缝前或后单方向不得大于1米。需等先期拆换段的仰拱结构达到设计强度要求时才能进行下次开挖或拆除（一次拆除和开挖长度可根据一摸衬砌的长度进行适当调整，且不大于3m）。为加快施工进度减少断道影响可采取跳槽开挖施工，跳槽间距不应小于10m。
- 4、必要时，应增设临时支护钢架，待浇注仰拱二次衬砌时拆除，留作下一循环使用。
- 5、为保证隧道仰拱一次成形，使隧道结构具有完整性本次设计采取仰拱一次浇筑成形方案。施工中采用栈桥保证施工车辆通行。

重庆渝蓉高速公路有限公司	重庆渝蓉高速公路九顶山隧道 病害处治施工图设计	隧道仰拱拆换施工方案图	设计	复核	审核	日期	图表号	华设设计集团股份有限公司
			曹政	陈浩	周恒	2022.07	S-15	



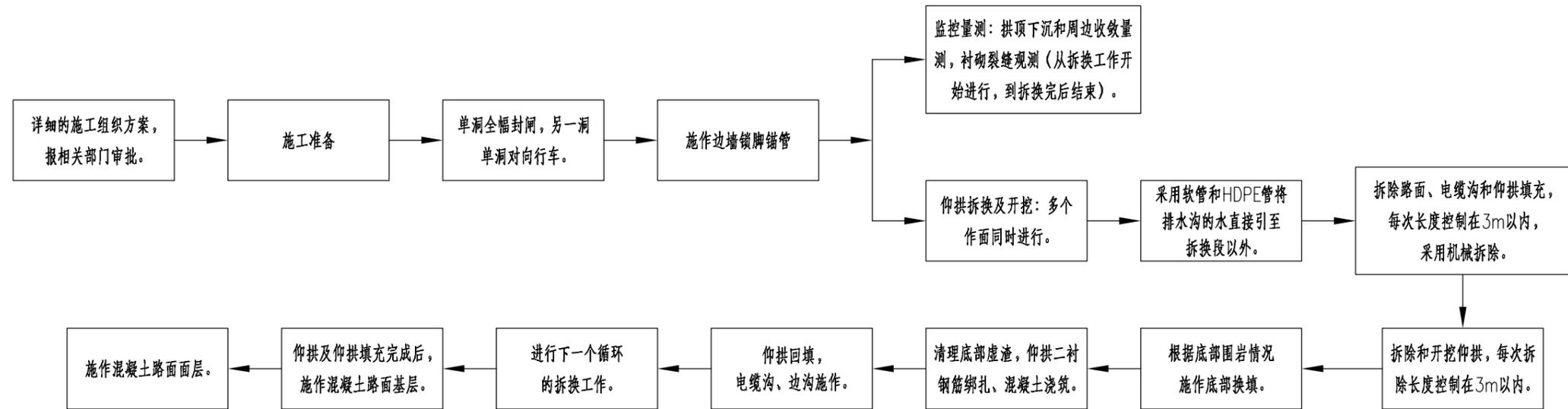
隧道仰拱拆换段监控量测断面布置图 1:100

隧道监控量测工程数量表

项目	单位	每5米数量	九顶山隧道总数量	备注
拱顶下沉	个	1	46	布设位置及数量可根据
周边收敛	个	1	46	现场实际情况进行调整

注：

- 1、本图尺寸以cm计，本图适用隧道仰拱拆换及仰拱加固段，在施工时必须对衬砌结构变形进行监测。
- 2、在仰拱拆换过程中，按纵向间距5m各分别布置一个拱顶下沉及周边收敛监测断面。并在施工过程中，对施工部位前后10m范围进行监测。
- 3、在施工过程，对衬砌结构沉降变化速率应控制在1mm/d，累计变化值控制在10mm以内。若有异常变形，则须迅速采取有效措施，并及时通报参建各方，调整施工方法，保证隧道上部结构的安全。
- 4、监测频率应保证每天两次，在该段施工完后，量测频率可适当减少。
- 5、在施工过程中还应加强对衬砌结构表观观察，如裂缝的发展等情况。
- 6、监测时间应延长至工程完成后的2-3个月左右，以监测病害处治段落是否继续发展。运营期间需加强对隧道的日常维护和裂缝的观察，必要时可进行隧道的长期监测工作。
- 7、施工时应制定详细的应急抢险预案，保证施工时工程和安全。

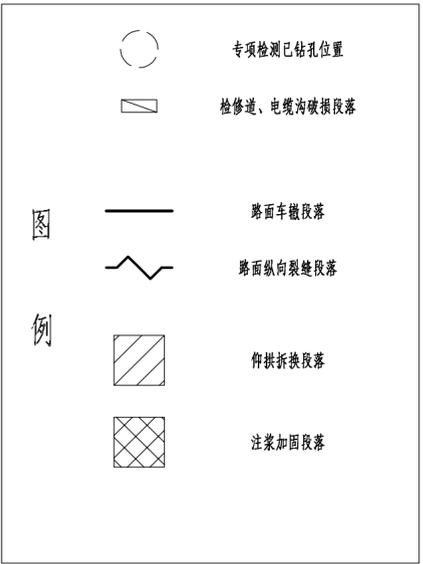
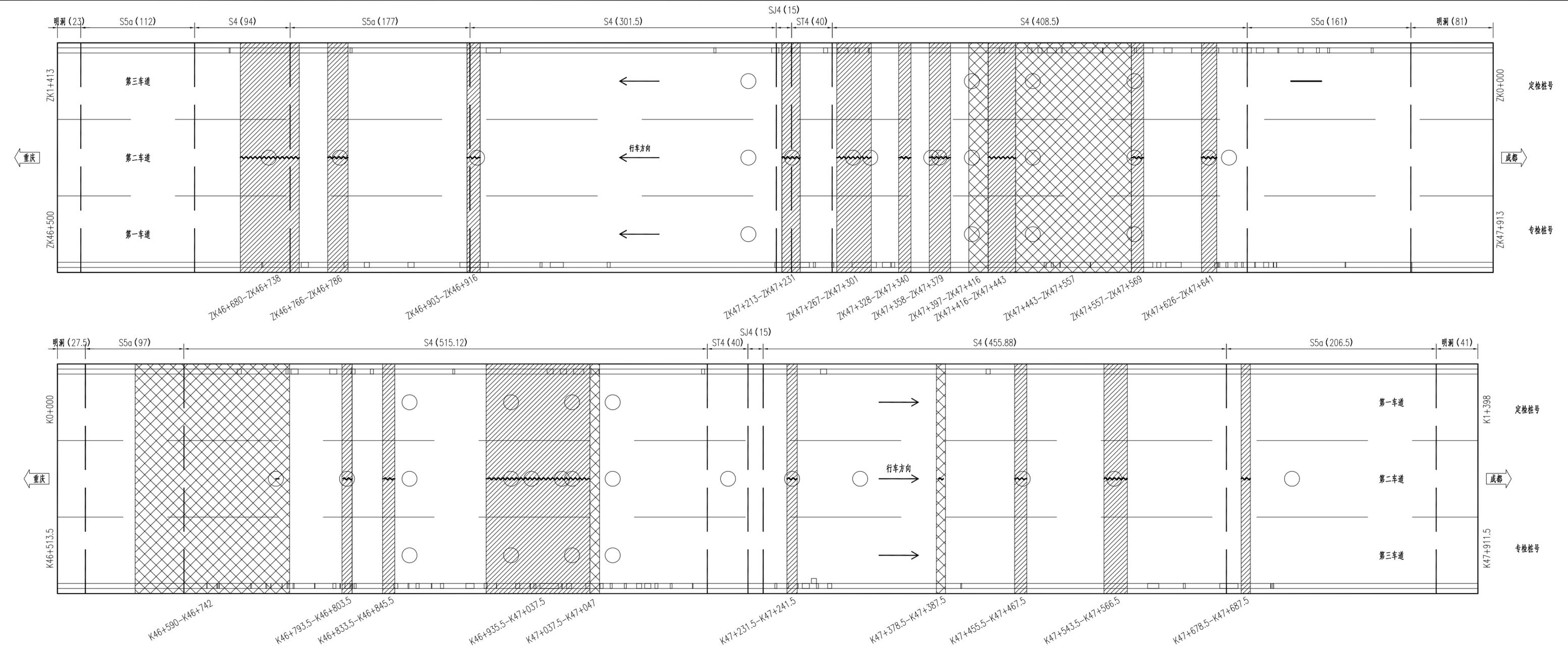


仰拱拆换施工组织方案流程图

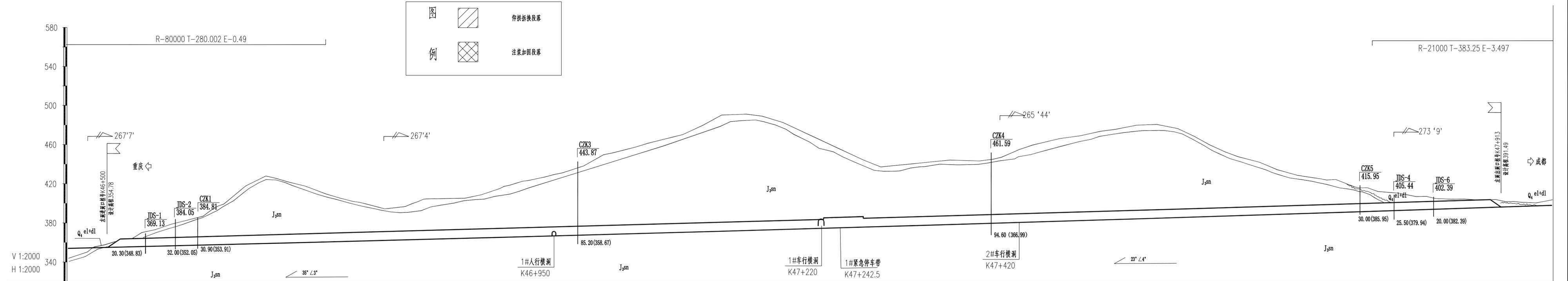
注：

- 1、施工过程中注意交通组织安全，保证施工安全。
- 2、弃渣必须全部清理干净，不得用于回填，弃渣的处理必须运至场外规定弃渣场。
- 3、仰拱衬砌拆除时尽可能采用机械拆除，拆除时若遇仰拱和拱墙间有钢筋连接，必须采用切割将钢筋切断，不得强制拔除，防止对拱部衬砌造成破坏。
- 4、仰拱及衬砌的拆除，控制在3m每一循环。
- 5、拆除过程中必须加强衬砌结构变形监测。
- 6、拆除过程中应采用钢管或钢板等保护好洞内机电设施和电缆电线。
- 7、为保证隧道仰拱一次成形，使隧道结构具有完整性，本次设计建议采取仰拱一次浇筑成形方案。由于一次开挖长度不长，若遇紧急情况必须恢复一个车道通车，可采用栈桥或利用洞渣在短时间内回填恢复一个临时车道来保证救援通行。

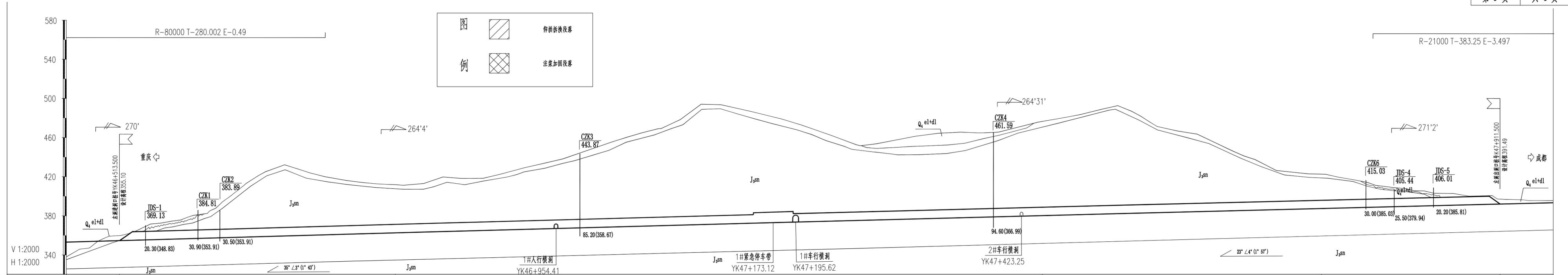
重庆渝蓉高速公路有限公司	重庆渝蓉高速公路九顶山隧道病害处治施工图设计	隧道施工组织方案流程图	设计	复核	审核	日期	图表号	华设设计集团股份有限公司
			曹政	陈浩	周恒	2022.07	S-17	



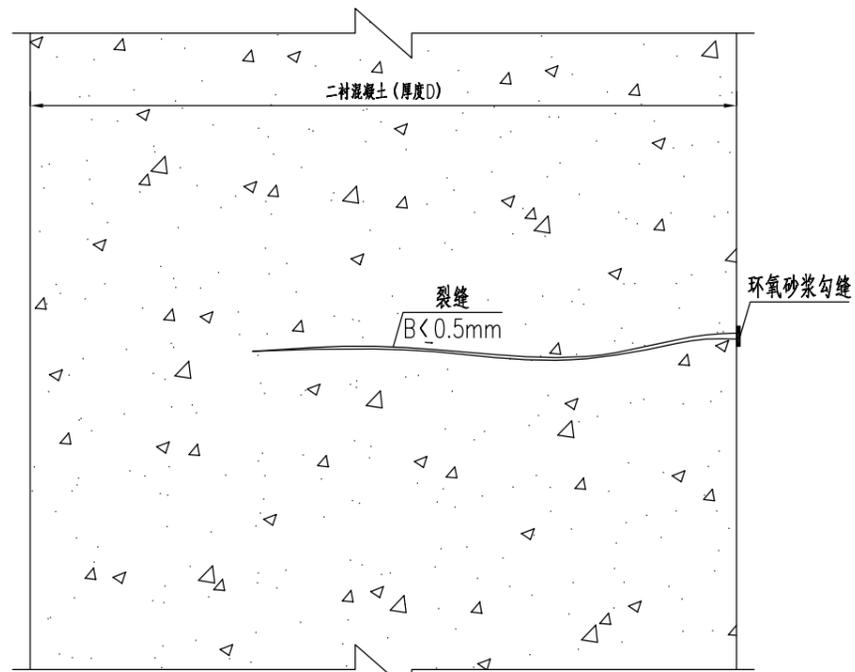
重庆渝蓉高速公路有限公司	重庆渝蓉高速公路九顶山隧道病害处治施工图设计	隧道病害处治段落平面分布图	设计 曹政	复核 陈浩	审核 周恒	审定 方志松	日期 2022.06	图表号 S-18	华设计集团股份有限公司
--------------	------------------------	---------------	----------	----------	----------	-----------	---------------	-------------	-------------



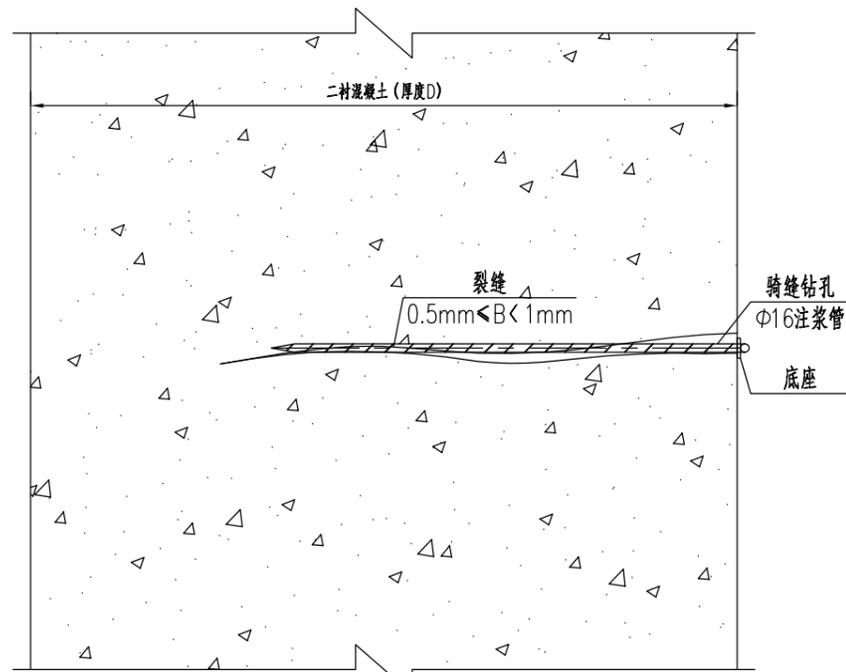
工程地质及水文地质特征	隧道进口斜坡处基岩裸露，为侏罗系上统遂宁组泥岩，泥岩为极软岩。岩层产状平缓，倾角小于5°，强风化层厚2.8~3.1m，中风化岩体较完整，中厚层状，岩石层间结合一般，岩体主要发育二组裂隙。隧道洞轴线与斜坡走向交角25度左右，与岩层走向交角0~5°。混岩Rc=3.9MPa，完整性系数Kv=0.53~0.87，K1=0.4，K2=0，K3=0，[BQ]=19~201地下水贫乏，雨后可能有少量渗水呈滴状渗出。	隧道穿越侏罗系上统遂宁组泥岩，岩性主要为泥岩，泥岩属极软岩。岩层产状平缓，倾角小于5°，岩层倾角2~5°，主要发育二组节理。岩体较完整，为中厚层状结构，层间结合一般，自稳能力差。泥岩Rc=3.4Mpa，完整性系数Kv=0.59~0.87，K1=0.4，K2=0，K3=0，[BQ]=19.4地下水贫乏，部分裂隙发育段存在滴状或线状出水。	隧道穿越侏罗系上统遂宁组泥岩，岩性主要为泥岩，泥岩属极软岩。岩层产状平缓，倾角小于5°，岩体较完整，为中厚层状结构，层间结合一般，自稳能力差。泥岩Rc=6.2Mpa，完整性系数Kv=0.9，K1=0.2，K2=0，K3+0，[BQ]=251地下水贫乏，部分裂隙发育段存在滴状或线状出水。	隧道穿越侏罗系上统遂宁组泥岩，岩性主要为泥岩，泥岩属极软岩。岩层走向与洞轴线夹角65°~80°，岩层倾角2~5°，主要发育二组节理。岩体较完整，为中厚层状结构，层间结合一般，自稳能力差。泥岩Rc=6.2Mpa，完整性系数Kv=0.9，K1=0.2，K2=0，K3+0，[BQ]=251地下水贫乏，部分裂隙发育段存在滴状或线状出水。	隧道穿越侏罗系上统遂宁组泥岩，岩性主要为泥岩，泥岩属极软岩。岩层产状平缓，倾角小于5°。顶板岩石厚度薄，岩体较完整，为中厚层状结构，层间结合一般，自稳能力差。泥岩Rc=3.4Mpa，完整性系数Kv=0.59~0.87，K1=0.4，K2=0，K3=0，[BQ]=19.4地下水贫乏，部分裂隙发育段存在滴状或线状出水。	隧道出口上伏第四系残坡积层粉质粘土，厚度约为0~7m下伏侏罗系上统遂宁组泥岩。出洞口顶板岩石厚度薄~元，土层较厚，强风化层厚度大。自稳能力差，成洞条件差，地下水贫乏，雨后可能有少量渗水呈滴状渗出。
围岩级别	V(125)	IV(114)	V(157)	IV(785)	V(159)	VI(73)
衬砌类型	明洞(23)	S5a(112)	S4(94)	S4(301.5)	S5(161)	明洞(81)
病害处治段落 (m)	K46+500~K46+500	K46+500~K46+523	K46+635~K46+729	K46+903~K46+906	K47+205~K47+222.5	K47+671~K47+681
坡度/坡长	267'7"	267'4"	265'44"	273'9"	35° 3'	23° 4'
桩号	K46+460	K46+480	K46+500	K46+520	K46+540	K46+560
地面高程	343.406	350.461	358.165	362.593	371.104	382.009
设计高程	353.640	354.308	354.780	355.258	355.740	362.009
桩号	K46+580	K46+600	K46+620	K46+640	K46+660	K46+680
地面高程	369.13	384.05	401.083	417.952	428.159	442.666
设计高程	369.13	384.05	401.083	417.952	428.159	442.666
桩号	K46+700	K46+720	K46+740	K46+760	K46+780	K46+800
地面高程	384.81	402.39	420.890	439.719	458.694	478.906
设计高程	384.81	402.39	420.890	439.719	458.694	478.906
桩号	K46+820	K46+840	K46+860	K46+880	K46+900	K46+920
地面高程	405.44	424.28	443.820	463.738	483.620	503.519
设计高程	405.44	424.28	443.820	463.738	483.620	503.519
桩号	K46+940	K46+960	K46+980	K47+000	K47+020	K47+040
地面高程	402.39	421.29	440.975	460.999	481.025	501.051
设计高程	402.39	421.29	440.975	460.999	481.025	501.051
桩号	K47+060	K47+080	K47+100	K47+120	K47+140	K47+160
地面高程	402.39	421.29	440.975	460.999	481.025	501.051
设计高程	402.39	421.29	440.975	460.999	481.025	501.051
桩号	K47+180	K47+200	K47+220	K47+240	K47+260	K47+280
地面高程	402.39	421.29	440.975	460.999	481.025	501.051
设计高程	402.39	421.29	440.975	460.999	481.025	501.051
桩号	K47+300	K47+320	K47+340	K47+360	K47+380	K47+400
地面高程	402.39	421.29	440.975	460.999	481.025	501.051
设计高程	402.39	421.29	440.975	460.999	481.025	501.051
桩号	K47+420	K47+440	K47+460	K47+480	K47+500	K47+520
地面高程	402.39	421.29	440.975	460.999	481.025	501.051
设计高程	402.39	421.29	440.975	460.999	481.025	501.051
桩号	K47+540	K47+560	K47+580	K47+600	K47+620	K47+640
地面高程	402.39	421.29	440.975	460.999	481.025	501.051
设计高程	402.39	421.29	440.975	460.999	481.025	501.051
桩号	K47+660	K47+680	K47+700	K47+720	K47+740	K47+760
地面高程	402.39	421.29	440.975	460.999	481.025	501.051
设计高程	402.39	421.29	440.975	460.999	481.025	501.051
桩号	K47+780	K47+800	K47+820	K47+840	K47+860	K47+880
地面高程	402.39	421.29	440.975	460.999	481.025	501.051
设计高程	402.39	421.29	440.975	460.999	481.025	501.051
桩号	K47+900	K47+920	K47+940	K47+960	K47+980	K47+998
地面高程	402.39	421.29	440.975	460.999	481.025	501.051
设计高程	402.39	421.29	440.975	460.999	481.025	501.051



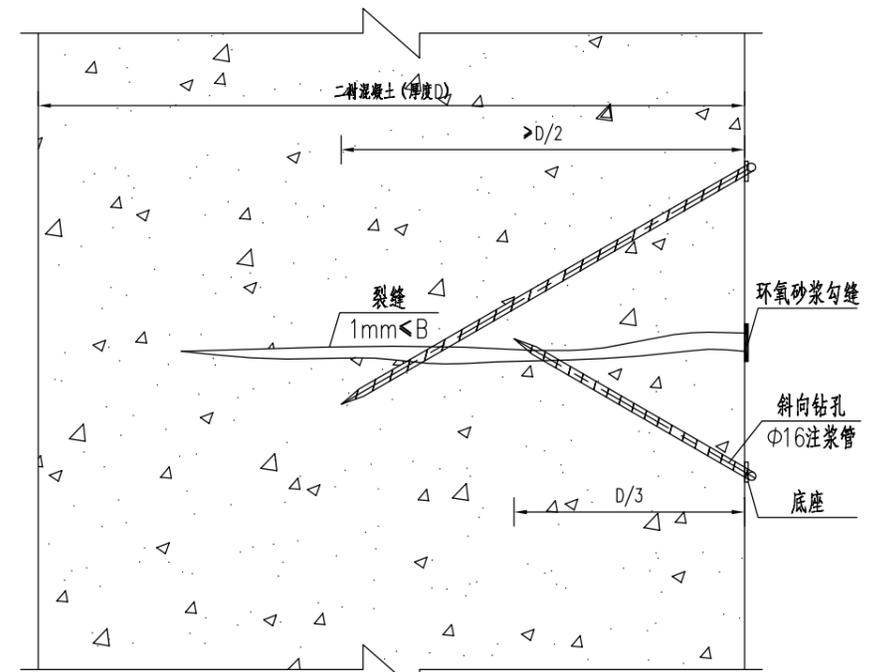
工程地质及水文地质特征	<p>隧道进口斜坡处基岩裸露，为侏罗系上统遂宁组泥岩，泥岩为极软岩，岩层产状平缓，倾角小于5°，强风化层厚2.8~3.1m，中风化岩体较完整，中厚层状，岩石层间结合一般，岩体主要发育二组裂隙。隧道前轴线和斜坡走向交角25度左右，与岩层走向交角0~5°，混岩Rc=3.9MPa，完整性系数Kv=0.53~0.87，K1=0.4，K2=0，K3=0，[BQ]=194~201地下水贫乏，雨后可能有少量渗水呈滴状渗出。</p>		<p>隧道穿越侏罗系上统遂宁组地层，岩性主要为泥岩，泥岩属极软岩，岩层走向与洞轴夹角65°~80°，岩层倾角2~5°，主要发育二组节理。岩体较完整，为中厚层状结构，层间结合一般，自稳能力差。泥岩Rc=6.2MPa，完整性系数Kv=0.9，K1=0.2，K2=0，K3=0，[BQ]=251。地下水贫乏，部分裂隙较发育段存在滴状或线状出水。</p>		<p>隧道出口上伏第四系残坡积层粉质黏土，厚度约为1~3m，下伏侏罗系上统遂宁组泥岩。泥岩为极软岩，岩层产状平缓，倾角小于5°，强风化层厚2.8~3.1m，中风化岩体较完整，中厚层状，层间结合较好。岩体发育二组裂隙。顶板岩石厚度薄，强风化层厚度大，成洞条件差。泥岩Rc=3.4MPa，完整性系数Kv=0.59~0.87，K1=0.4，K2=0，K3=0，[BQ]=194。地下水贫乏，雨后可能有少量渗水呈滴状渗出。</p>		<p>隧道出口上伏第四系残坡积层粉质黏土，厚度约为2~8m，下伏侏罗系上统遂宁组泥岩。出洞口顶板岩石厚度薄~无，土层较厚，强风化层厚度大，自稳能力差，成洞条件差，地下水贫乏，雨后可能有少量渗水呈滴状渗出。</p>																																																																				
围岩级别	V(14.5)		IV(1046)		V(196)		VI(41.5)																																																																				
衬砌类型	S5a(97)		S4(515.12)		S4(455.88)		S5a(206.5)																																																																				
病害处治段落 (m)	注浆加固 (152)		仰拱拆换 (102)		仰拱拆换 (9)		仰拱拆换 (9)																																																																				
坡度/坡长			2.650		1500.000(1721.697)																																																																						
地面高程	338.149	346.832	358.109	351.120	369.216	373.258	377.348	382.077	395.655	411.785	424.760	432.92	435.359	420.088	416.285	413.694	412.190	411.261	412.979	419.340	417.888	418.211	422.849	428.546	432.419	437.730	444.935	451.269	458.211	464.008	469.403	477.733	483.088	489.235	492.798	483.534	478.534	472.463	465.661	457.910	450.962	453.243	457.253	461.023	463.501	464.836	464.000	464.601	469.300	474.905	478.238	482.032	487.119	491.570	482.863	470.453	465.780	462.681	453.429	443.999	436.504	423.802	423.700	422.392	419.475	416.028	410.742	407.933	404.441	402.095	401.591	398.757	397.664	395.091	394.760
设计高程	353.840	354.308	354.780	355.258	355.740	356.228	356.720	357.218	357.720	358.228	358.740	359.258	359.780	360.308	360.838	361.368	361.898	362.428	362.958	363.488	364.018	364.548	365.078	365.608	366.138	366.668	367.198	367.728	368.258	368.788	369.318	369.848	370.378	370.908	371.438	371.968	372.498	373.028	373.558	374.088	374.618	375.148	375.678	376.208	376.738	377.268	377.798	378.328	384.448	380.978	381.038	382.038	382.598	383.098	383.628	384.158	384.688	385.218	385.748	386.278	386.808	387.338	387.868	388.398	388.917	389.417	389.898	390.360	390.802	391.226	391.631	392.017			
桩号	YK46+460	YK46+480	YK46+500	YK46+520	YK46+540	YK46+560	YK46+580	YK46+600	YK46+620	YK46+640	YK46+660	YK46+680	YK46+700	YK46+720	YK46+740	YK46+760	YK46+780	YK46+800	YK46+820	YK46+840	YK46+860	YK46+880	YK46+900	YK46+920	YK46+940	YK46+960	YK47+000	YK47+040	YK47+080	YK47+120	YK47+160	YK47+200	YK47+240	YK47+280	YK47+320	YK47+360	YK47+400	YK47+440	YK47+480	YK47+520	YK47+560	YK47+600	YK47+640	YK47+680	YK47+720	YK47+760	YK47+800	YK47+840	YK47+880	YK47+920	YK47+940																								



裂缝表面封闭处治设计图 (示意)



骑缝钻孔低压注浆处治设计图 (示意)



斜向钻孔低压注浆处治设计图 (示意)

表面封闭法处治工程数量表

项目	单位	延米量	备注
环氧树脂砂浆	m <sup>3</sup>	0.30	预估工程量, 以实际发生为准。

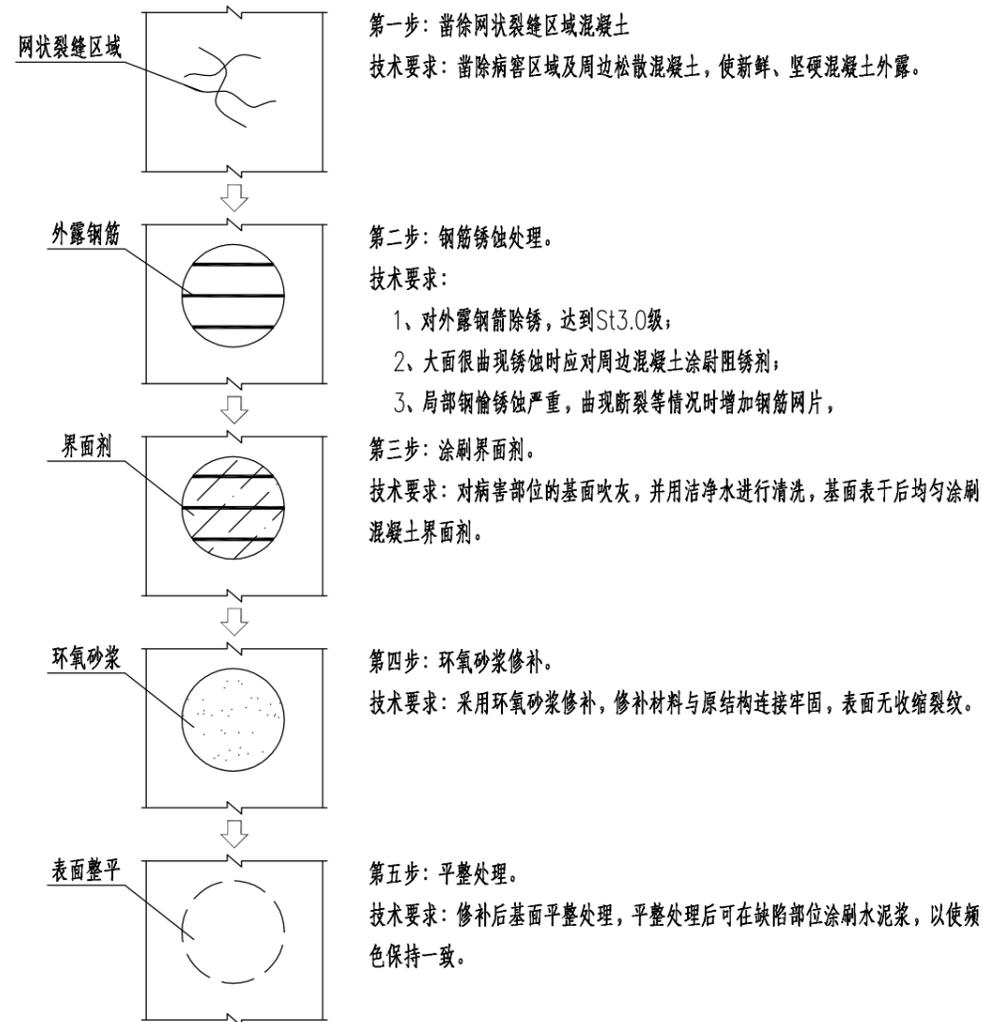
钻孔注浆法处治工程数量表

项目	单位	延米量	备注
Φ16钻孔	m	0.80	预估工程量, 以实际发生为准。
环氧树脂浆液	kg	0.80	
环氧树脂封缝胶	kg	0.20	

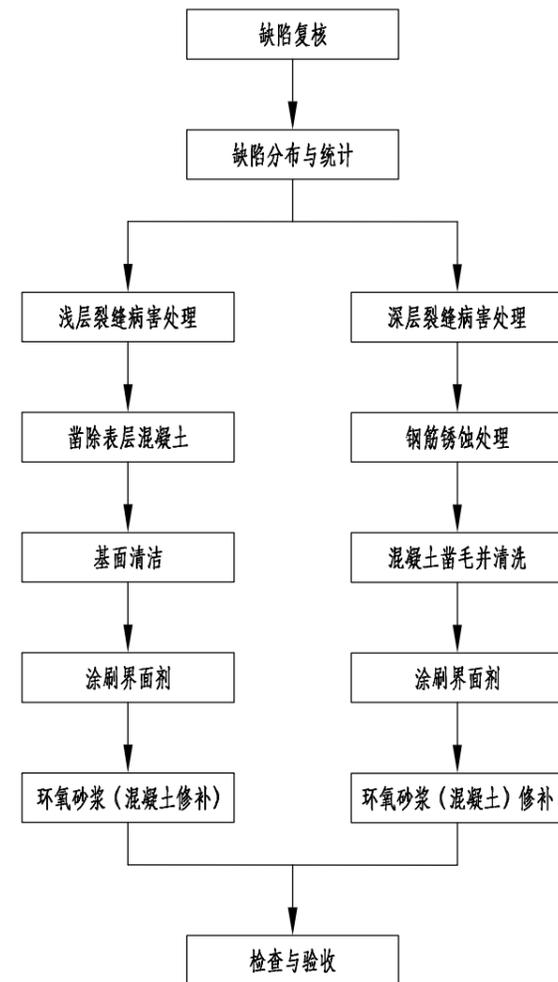
注:

- 1、本图适用于隧道裂缝处治。
- 2、裂缝表面封闭处治适用于裂缝宽度0.2mm以上且小于0.5mm的情况, 其施工工艺如下:
  - ①观察裂缝状态, 确定裂缝长度及宽度。
  - ②基层处理: 清除裂缝表面的灰尘、油污, 用钢丝刷及压缩空气将混凝土碎屑粉尘清除干净, 并用丙酮清洗。
  - ③在裂缝表面涂刷环氧树脂砂浆材料, 涂刷宽度为5cm左右, 厚度不小于3mm。
- 3、骑缝钻孔注浆处治适用于宽度不小于0.5mm的裂缝情况, 其施工工艺如下:
  - ①观察裂缝状态, 确定裂缝长度及宽度。
  - ②基层处理: 清除裂缝表面的灰尘、油污, 用钢丝刷及压缩空气将混凝土碎屑粉尘清除干净。
  - ③钻孔: 对于宽度 $\geq 0.5\text{mm}$ , 且 $< 1.0\text{mm}$ 的裂缝采用骑缝钻孔, 对于 $> 1.0\text{mm}$ 的裂缝采用斜向钻孔。一般按照20-40cm距离设置一个钻孔, 钻孔的位置尽量设在裂缝较宽、开口较畅通和裂缝交叉的部位。
  - ④安设注浆管: 先将灌浆嘴放入孔内, 再用环氧树脂封闭固定。
  - ⑤封闭裂缝: 采用环氧树脂进行封缝。
  - ⑥灌浆: 首先将化学灌浆泵灌浆压力调至起始压力0.1MPa, 当持续灌浆时可将压力逐级上升至0.2MPa, 最高压力至0.4MPa。波动范围应不大于灌浆压力的10%, 灌浆压力结合现场实际情况确定。相邻孔出浆后可采用阻塞封堵或并灌方式灌注(并灌孔最多不超过3个), 直到最后一个灌浆孔出浆, 将其封堵, 达到结束标准时结束灌浆。
  - ⑦注入完毕: 灌浆压力升至0.4MPa时, 当进浆量 $\leq 0.01\text{ml}$ , 持续10min, 可结束灌浆。
  - ⑧灌浆浆材固化后, 拆下注浆嘴并进行封口抹平。
  - ⑨在表面进行涂刷衬砌混凝土近色涂料。
- 4、实际处治裂缝位置及数量应根据现场实际情况调整。对宽度 $< 0.2\text{mm}$ 边墙部位的裂缝不进行处治。
- 5、灌缝注胶技术性能指标如下:
 

起始粘度 (Mpa·s/20℃): 2.5-12.5, 表面张力 (10 N/cm, 20℃): 38.4-40.8, 接触角 (20℃): 15°-39°, 初凝时间 (h): 8-78, 比重 (20℃): 1.03-1.06。



衬砌网状裂缝处治设计图 (示意)

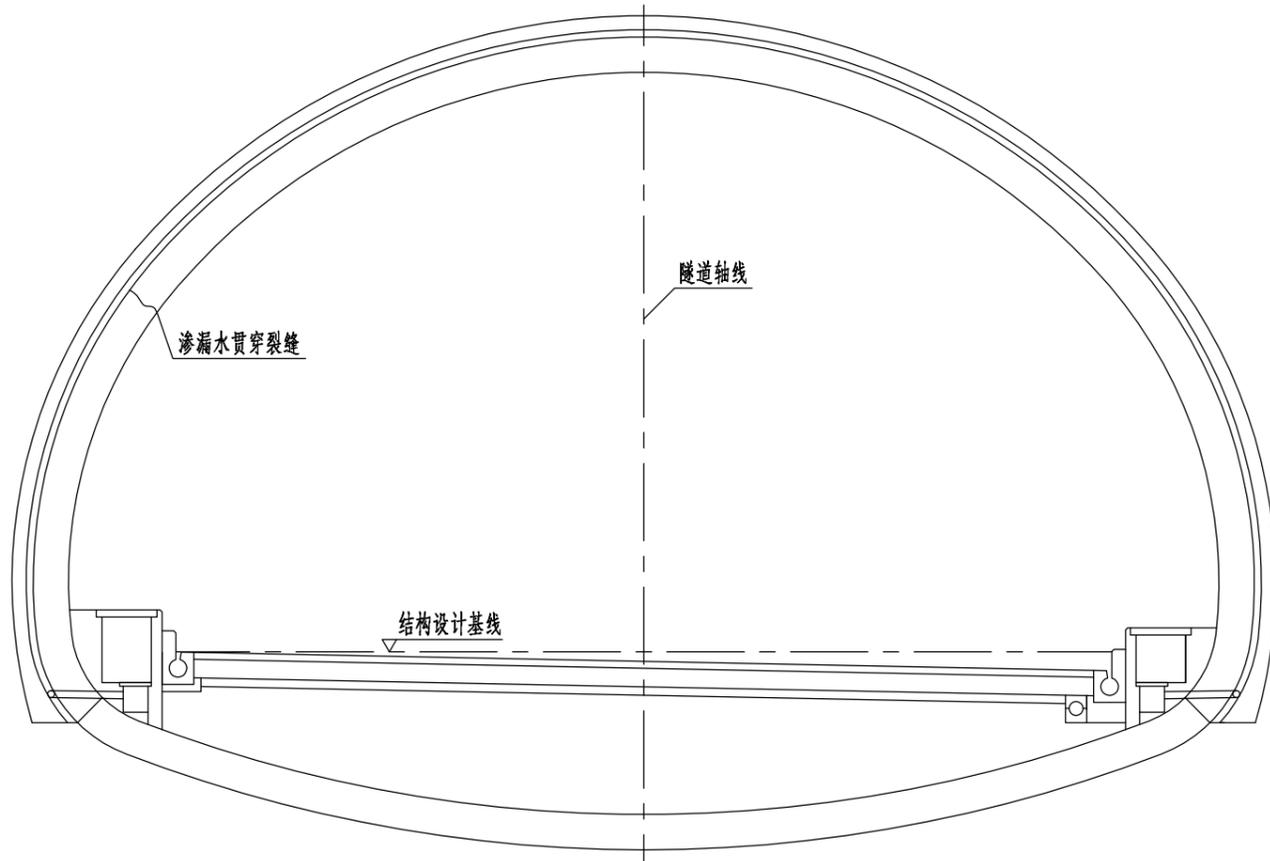


衬砌网状裂缝处治工艺流程图 (示意)

注：

- 1、本图适用于隧道裂缝处治。
- 2、对衬砌网状裂缝病害处治前，应对裂缝进行复核。
- 3、对衬砌网状裂缝病害处治主要包括：
  - (1) 混凝土浅层裂缝处理；
  - (2) 混凝土深层裂缝处理；
  - (3) 钢筋锈蚀处理。
- 4、工程量以业主、监理确认的实际工程量为准。

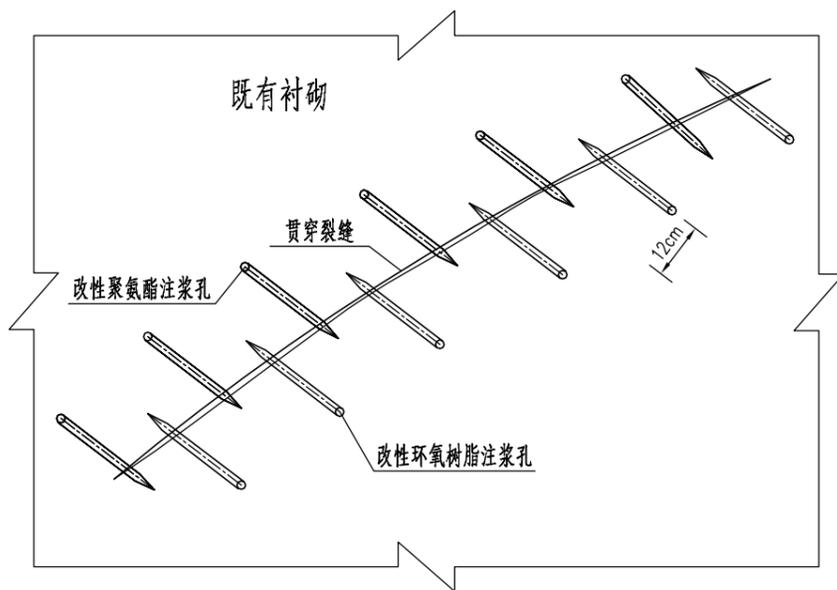
重庆渝蓉高速公路有限公司	重庆渝蓉高速公路九顶山隧道 病害处治施工图设计	隧道衬砌裂缝处治设计图	设计	复核	审核	审定	日期	图表号	华设设计集团股份有限公司
			曹政	陈浩	周恒	方旭	2022.07	S-21	



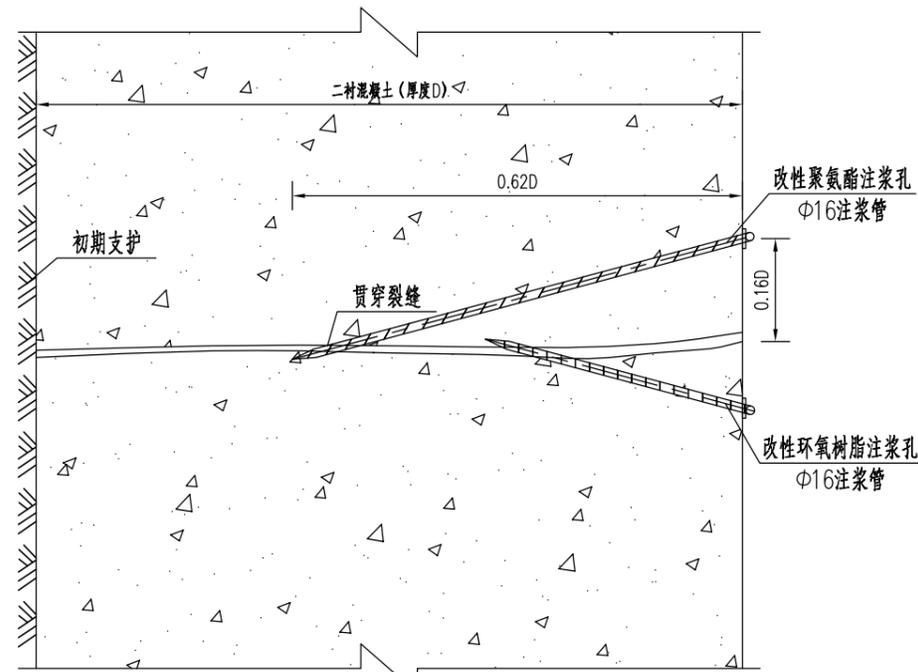
渗漏水裂缝处治横断面图 1:100

钻孔注浆法处治工程数量表 (每延米)

项目	钻孔 (m)	灌胶 (kg)	灌聚氨酯 (kg)	抹面 (m <sup>2</sup> )
裂缝渗漏水堵漏	3.0	3.2	2.8	0.2



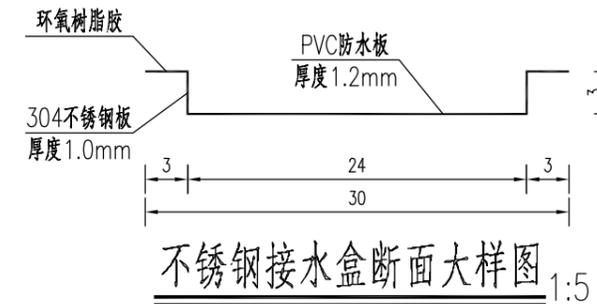
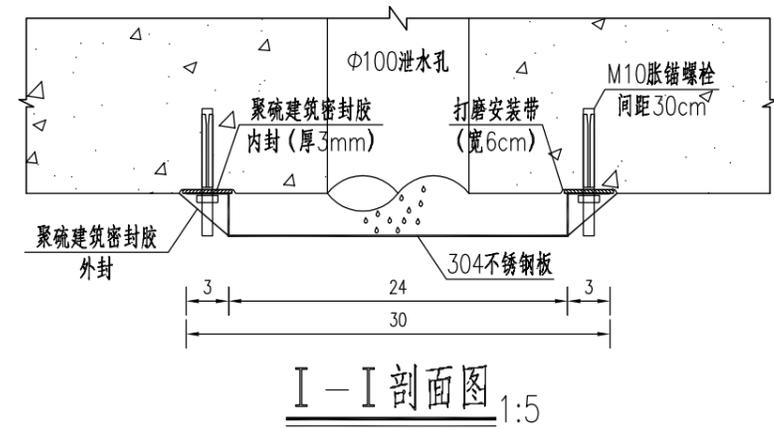
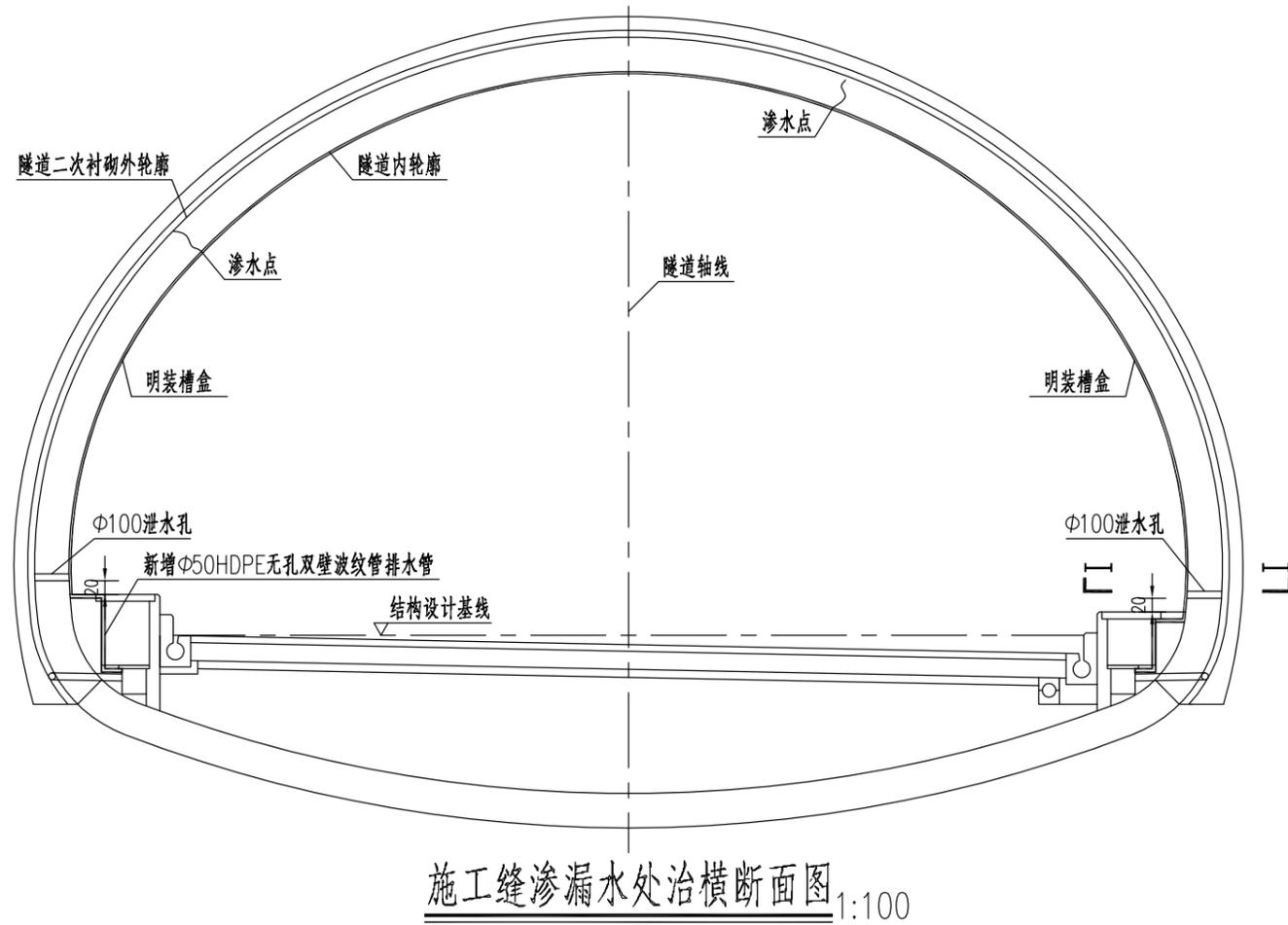
渗漏水裂缝处治平面图 (示意)



渗漏水裂缝处治剖面图 (示意)

注:

- 1、本图尺寸除钢筋以mm计以外,其余均以cm计。
- 2、本图适用于宽度 $B > 1.0\text{mm}$ 的渗漏水衬砌裂缝,注浆浆液宜选用改性环氧树脂浆液。
- 3、施工顺序:  
 第一步:表面打磨,清除表层;  
 第二步:钻孔,安装注浆管,注浆管应穿透裂缝,间距12cm;  
 第三步:先注入改性聚氨酯浆液进行堵水处理,直到浆液填满裂缝为止;  
 第四步:再注入改性环氧树脂浆液进行加固补强,直到浆液填满裂缝为止;  
 第五步:打磨注浆管,在裂缝两侧各5cm范围内涂刷2遍且厚度不少于1mm的改性环氧树脂材料;  
 第六步:涂刷装饰层,恢复原状。
- 4、实际裂缝位置及数量应根据现场实际情况进行调整。
- 5、工程量以业主、监理确认的实际工程量为准。

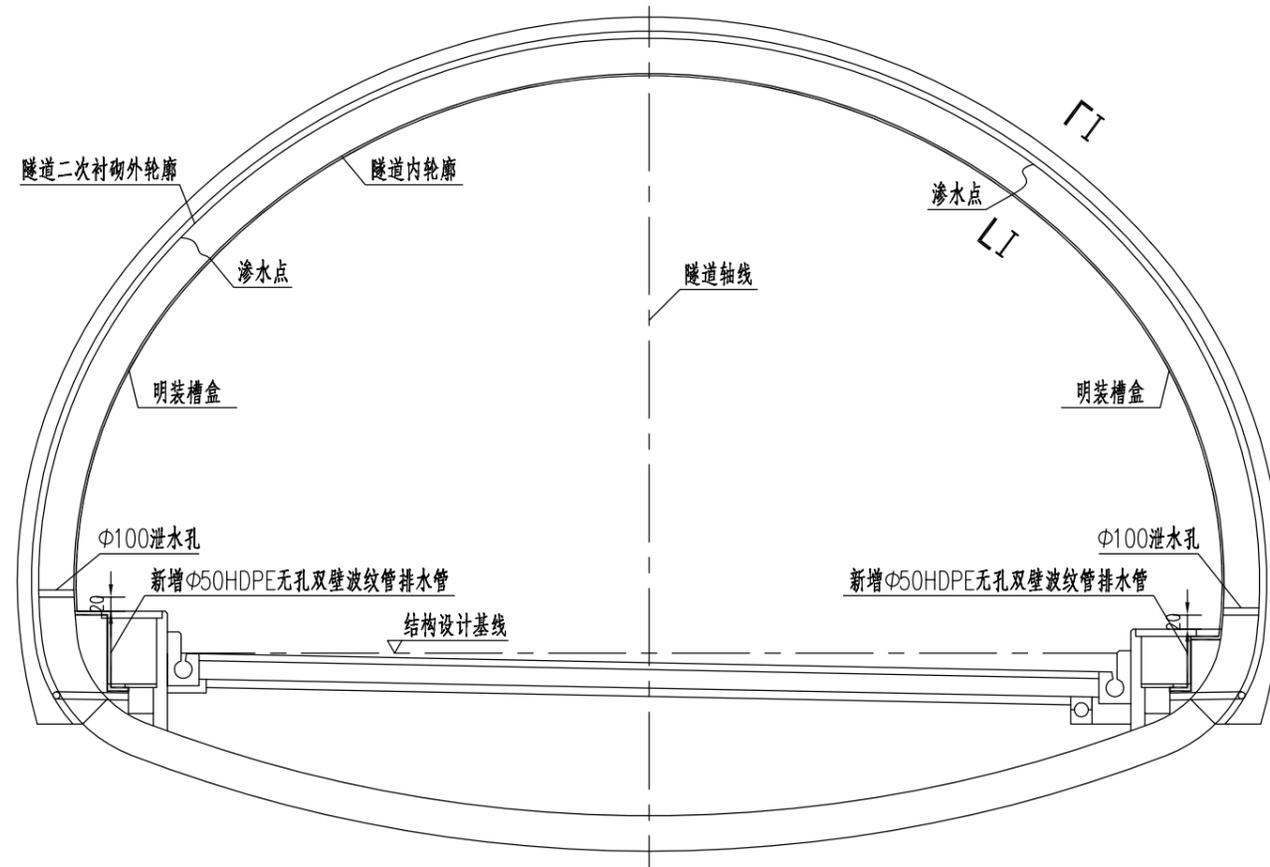


施工缝渗漏水明装接水盒引排工程数量表 (每环)

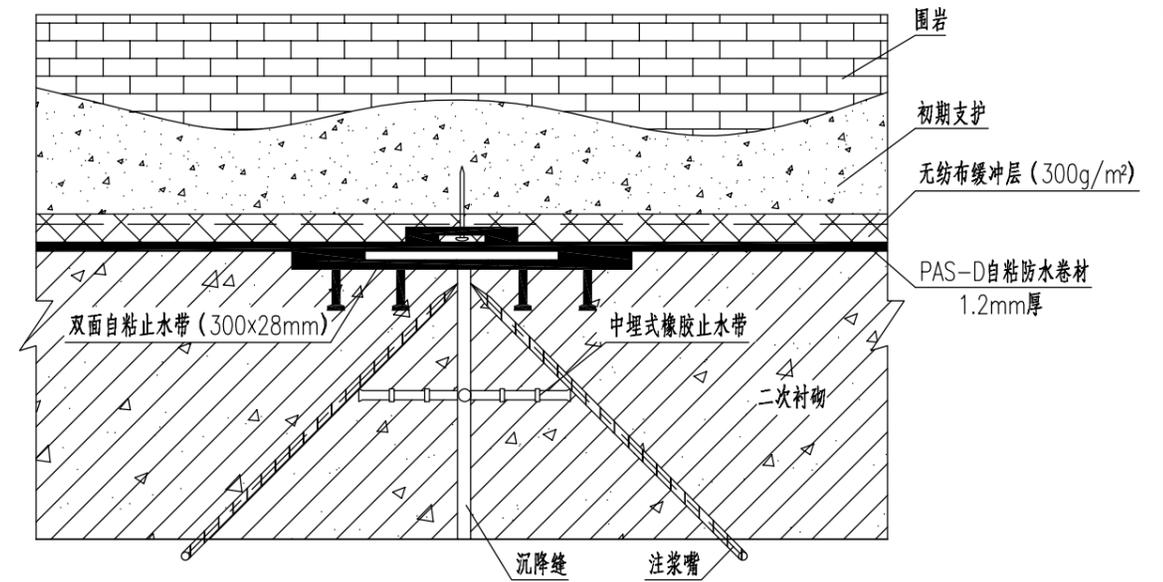
项 目	单 位	数量 (每环25.1m)	备注
混凝土表面打磨	m <sup>2</sup>	0.302	
φ100钻孔	m	1.00	每处
PVC防水板	m <sup>2</sup>	10.04	1.2mm厚
304不锈钢板	kg	70.28	2.8kg/m
环氧树脂	kg	15.06	
M10胀锚螺栓	套	168	M10×120
聚硫建筑密封胶	kg	16.06	
粘钢胶	kg	4.52	预留

注:

- 1、本图尺寸除管(孔)径以mm计外,其余均以cm计。
- 2、本图适用于施工缝处渗漏水病害;应首先对施工缝渗漏水部位进行钻孔注浆处治,然后再施作接水盒,根据现场实际需要,可采取全环或局部设置接水盒。
- 3、采用在渗漏水施工缝部位衬砌表面明装接水盒的方法处治。接水盒的宽度可以根据现场实际情况调整。接水盒施工工艺如下:
  - (1) 使用环氧树脂胶将PVC防水板牢固粘贴于接水盒上。
  - (2) 在电缆沟盖板上部20cm高度渗水施工缝部位钻φ100孔(位置和数量可根据现场实际渗漏水情况进行调整),钻孔深度至防水板部位即可。
  - (3) 在施工缝左右两侧沿环向打磨衬砌混凝土表面灰尘和浮浆,直至露出平整新鲜面,打磨宽度为6cm。
  - (4) M10胀锚螺栓孔环向间距30cm,将接水盒敷设在渗漏水施工缝部位衬砌混凝土表面,接水盒须完全覆盖渗漏水施工缝,且尽量将施工缝置于接水盒中间部位。
  - (5) 在新鲜混凝土表面涂抹聚硫建筑密封胶。
  - (6) 沿环向敷设接水盒,用M10胀锚螺栓固定接水盒,并用聚硫建筑密封胶封住螺栓端头。
  - (7) 接水盒底部与电缆沟底交界部位,凿除部分电缆沟衬砌混凝土,将渗漏水通过φ50HDPE无孔双壁波纹管排水管引排至侧向排水沟排出。
- 4、严重渗水施工缝处治过程中,应按现场实际情况核实,不允许疏忽缺漏,导致处治不彻底。



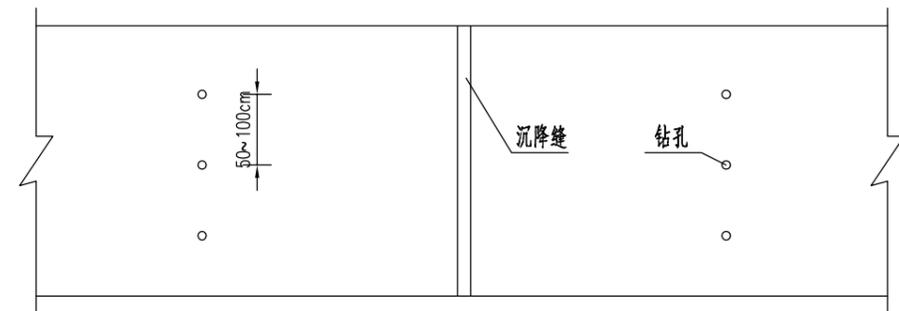
变形缝渗漏水处治横断面图 1:100



I-I 剖面图

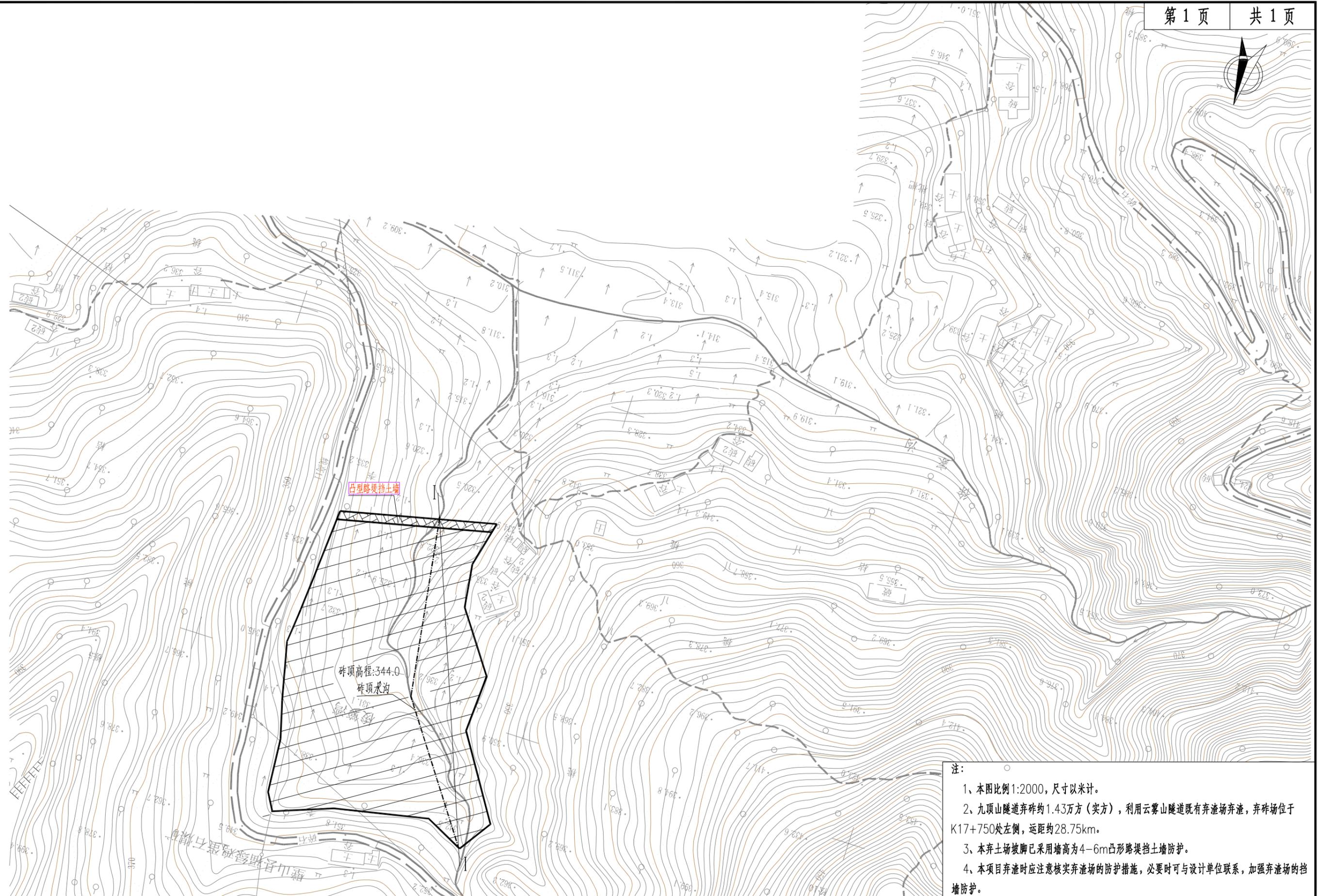
注:

- 1、本图尺寸除管(孔)径以mm计外,其余均以cm计。
- 2、本因适用于变形缝处渗漏水病害,应首先对变形缝渗漏水部位进行钻孔注浆处治,然后再施作接水盒,根据现场实际需要,可采取全环或局部设置接水盒。
- 3、对于中埋止水带宽度已知且水压或渗流量大的变形缝,宜采取钻孔斜穿过结构止水带迎水面,并注入油性聚氨酯灌浆材料止水,钻孔间距50~100cm,并在止水后于中埋止水带两翼边缘部位注入可在潮湿环境下固化的环氧树脂灌浆材料。对于查清漏水点位置的,注浆范围宜为漏水部位上下各2m,对于未查清漏水位置的,宜沿整条变形缝注浆止水。
- 4、采用在渗漏水变形缝部位衬砌表面明装接水盒的方法处治。接水盒的宽度可以根据现场实际情况调整。接水盒施工工艺如下:
  - (1)使用环氧树脂胶将PVC防水板牢固粘贴于接水盒上。
  - (2)在电缆沟盖板上部20cm高度渗水施工缝部位钻φ100孔(位置和数量可根据现场实际渗漏水情况进行调整),钻孔深度至防水板部位即可。
  - (3)在施工缝左右两侧沿环向打磨衬砌混凝土表面灰尘和浮浆,直至露出平整新鲜面,打磨宽度为6cm。
  - (4)M10胀锚螺栓环向间距30cm,将接水盒敷设在渗漏水变形缝部位衬砌混凝土表面,接水盒须完全覆盖渗漏水变形缝,且尽量将变形缝置于接水盒中间部位。
  - (5)在新鲜混凝土表面涂抹聚硫建筑密封胶。
  - (6)沿环向敷设接水盒,用M10胀锚螺栓固定接水盒,并用聚硫建筑密封胶封住螺栓端头。
  - (7)接水盒底部与电缆沟底交界部位,凿除部分电缆沟衬砌侧混凝土,将渗漏水通过φ50HDPE无孔双壁波纹管引排至侧向排水沟排出。
- 5、严重渗水变形缝处治过程中,应按现场实际情况核实,不允许疏忽遗漏,导致处治不彻底。



钻孔平面布置图

重庆渝蓉高速公路有限公司	重庆渝蓉高速公路九顶山隧道 病害处治施工图设计	隧道渗漏水处治设计图	设计	复核	审核	审定	日期	图表号	华设设计集团股份有限公司
			曹政	陈浩	周恒	方旭	2022.07	S-22	



注:

- 1、本图比例1:2000, 尺寸以米计。
- 2、九顶山隧道弃碎石约1.43万方(实方), 利用云雾山隧道既有弃渣场弃渣, 弃渣场位于K17+750处左侧, 运距约28.75km。
- 3、本弃渣场坡脚已采用墙高为4-6m凸形路堤挡土墙防护。
- 4、本项目弃渣时应注意核实弃渣场的防护措施, 必要时可与设计单位联系, 加强弃渣场的挡墙防护。

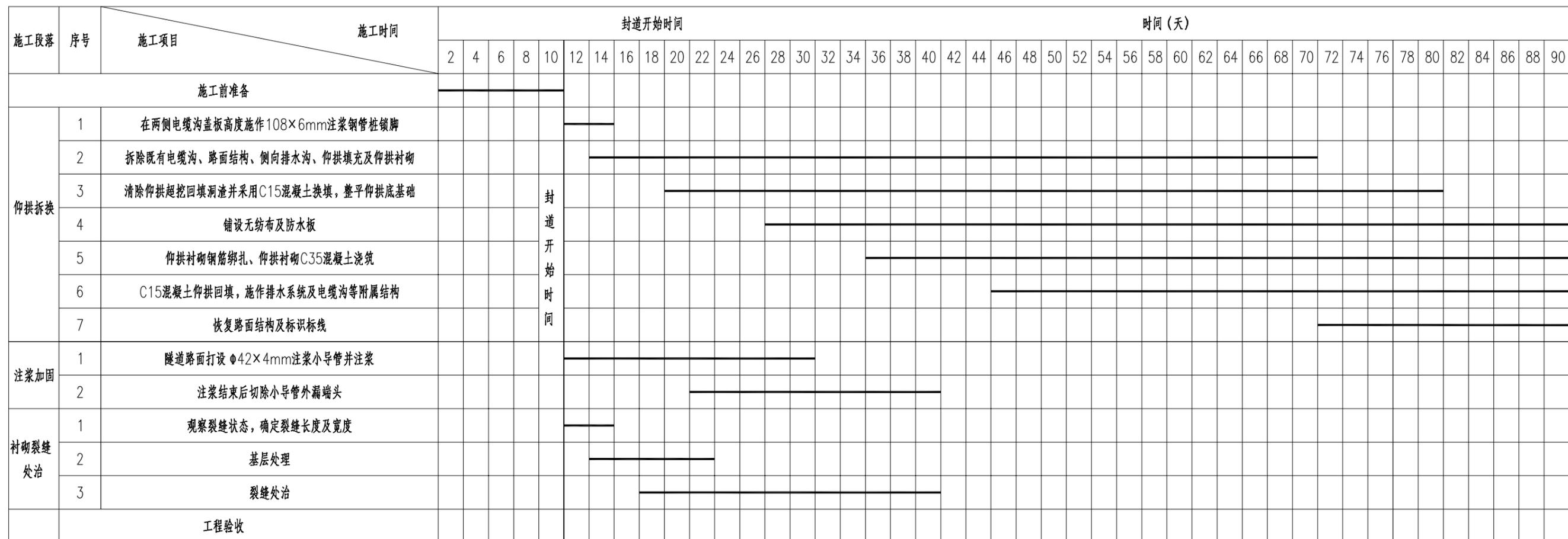
重庆渝蓉高速公路有限公司

重庆渝蓉高速公路九顶山隧道  
病害处治施工图设计

九顶山隧道弃碎石设计图

设计	复核	审核	日期	图表号
曹政	陈浩	周恒	2022.07	S-23

华设设计集团股份有限公司



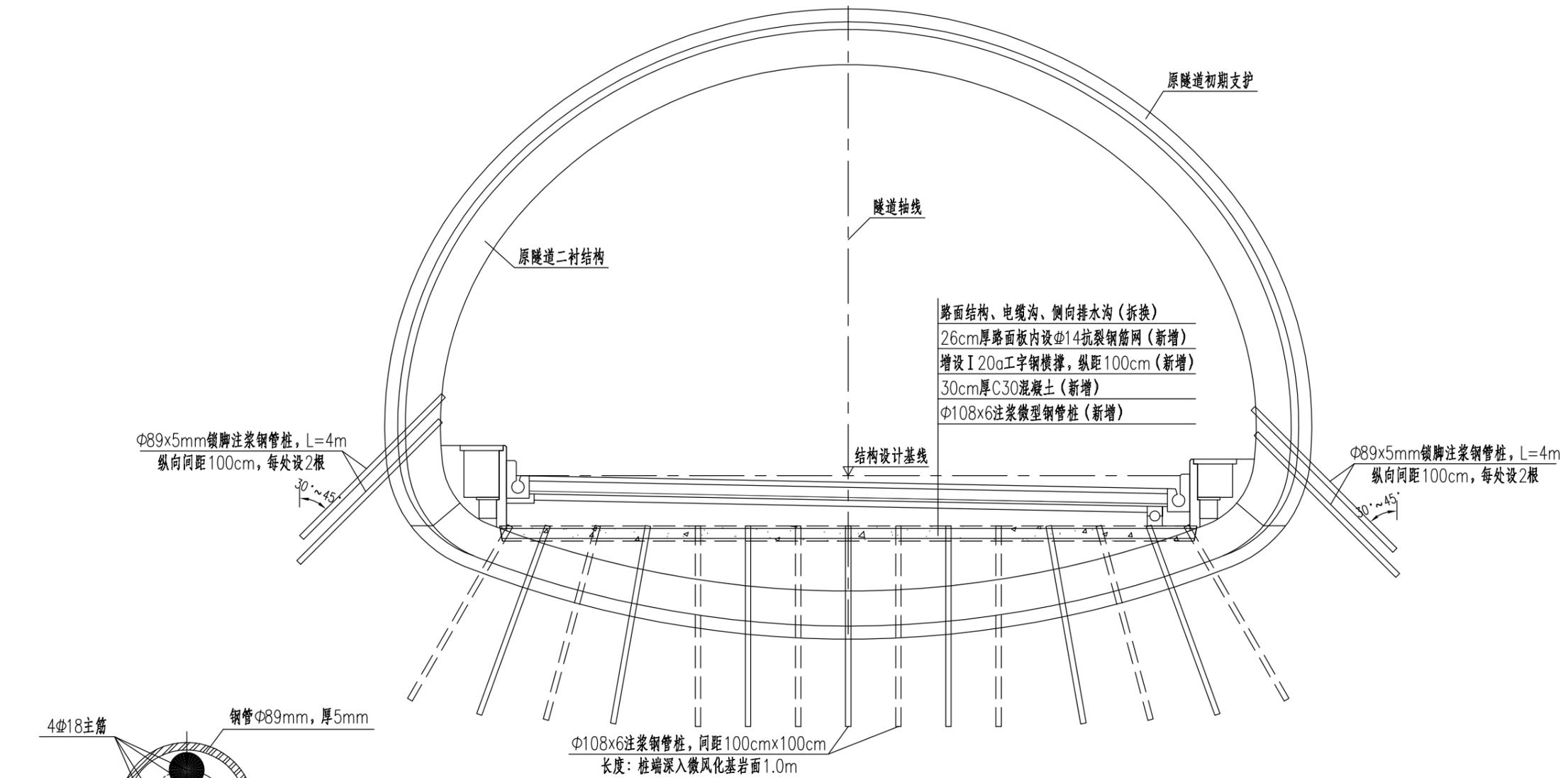
施工横道图

注：

- 1、本图为隧道病害处治施工计划表。
- 2、本计划图根据病害处治以往经验编排，预计150天（其中封道时间140天）。
- 3、计划编制时按正常施工进行编排，同时未考虑因节假日停工等影响。
- 4、为缩短施工工期，减小封道产生的社会影响，在保证施工环境的情况下，建议在施工时同时开展2-3个工作面对隧道衬砌及仰拱同时进行施工。但需保证车辆及机械运行，材料及机具设备的堆放等工作。

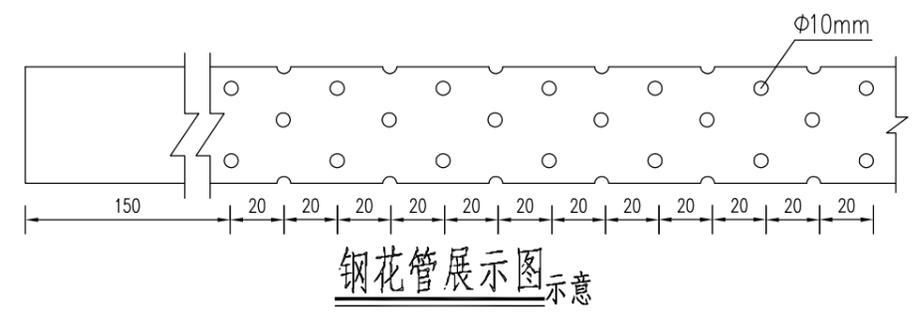
重庆渝蓉高速公路有限公司	重庆渝蓉高速公路九顶山隧道病害处治施工图设计	施工计划横道图	设计	复核	审核	日期	图表号	华设计集团股份有限公司
			曹政	陈浩	周恒	2022.07	S-24	





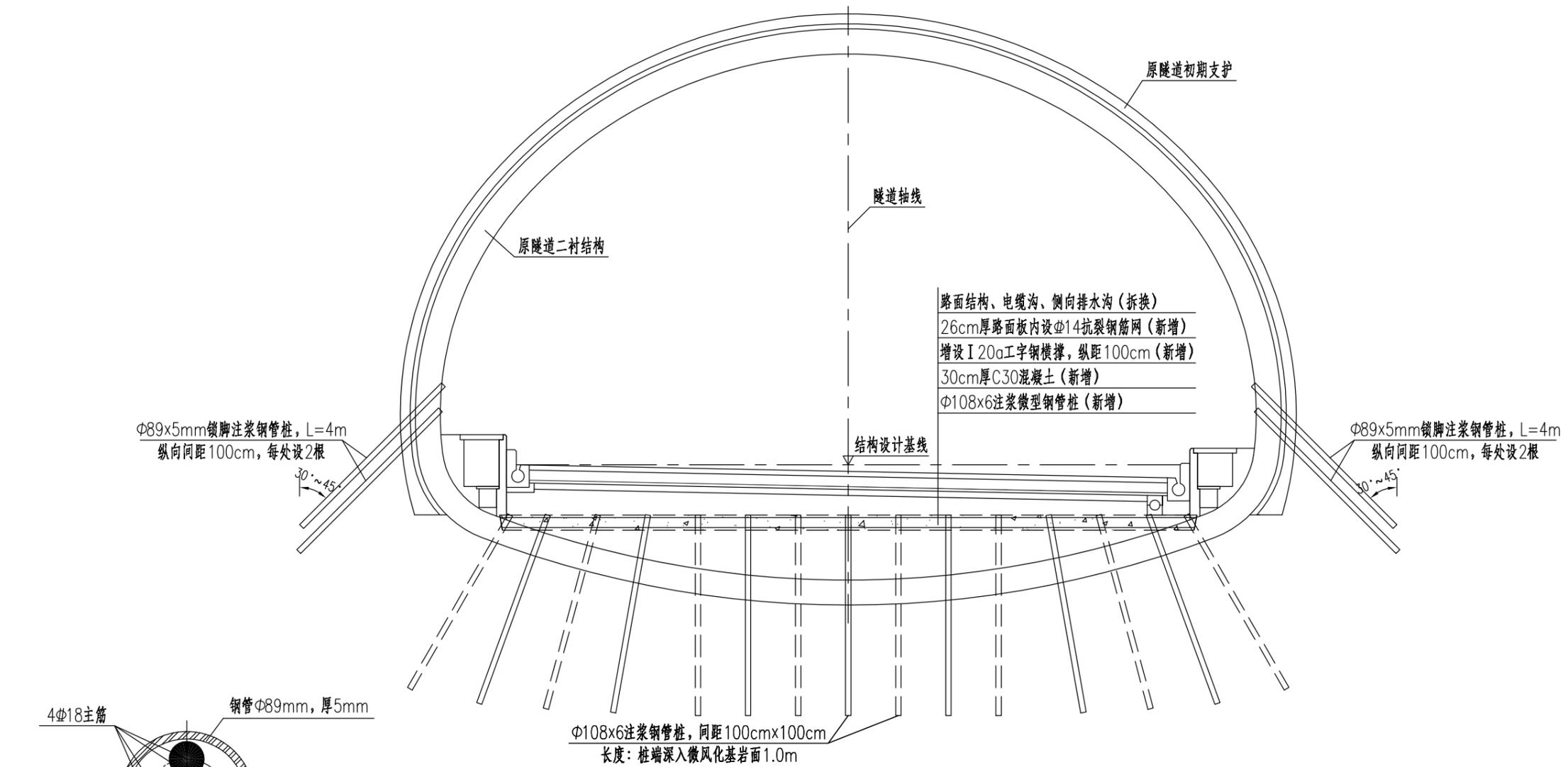
隧道仰拱加固处治设计图 1:100  
(适用于S5a型衬砌段)

钢筋笼横断面图示意

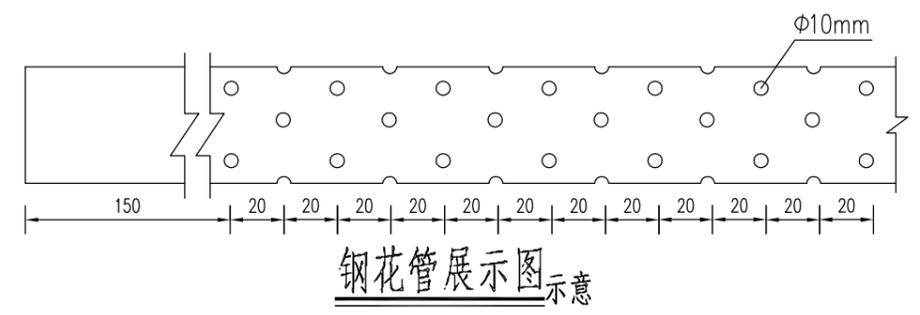
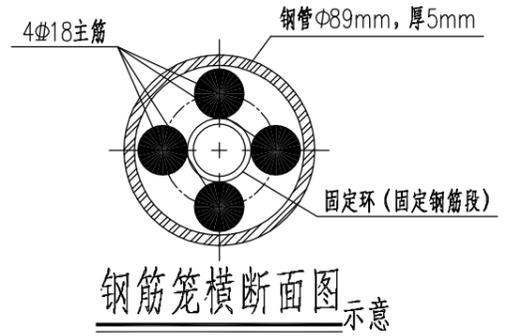


- 注:
- 1、本图尺寸除钢筋以mm计以外,其余均以cm计。
  - 2、本图为九顶山隧道仰拱加固处治预案图。
  - 3、在两侧电缆沟盖板高度施作Φ89x5mm注浆钢管桩锁脚,钢管内设4Φ18钢筋笼,单根长度为4.0m,纵向间距1.0m,每侧两根,注浆孔径20mm,浆液采用单液水泥浆,水灰比1:1,注浆压力建议值0.3~0.6MPa(可通过现场实验确定最终注浆压力),水泥采用42.5级普通硅酸盐水泥。
  - 4、拆除既有电缆沟、路面结构、侧向排水沟和部分仰拱回填,对隧底打设Φ108x6注浆钢管桩,纵横向间距100cmx100cm,桩长根据现场钻探情况可做调整,平均按4m长计列,切除钢管桩外露端头,设置I 20a型钢横向支撑梁,支撑梁纵向采用Φ22钢筋连接,环向间距60cm,支撑梁与注浆钢管桩采用钢筋焊接连接牢固,共同受力,型钢横向支撑梁两端与原衬砌采用锚栓连接牢固,保证整体受力,然后浇筑30cm厚C30混凝土,形成横向支撑梁+注浆钢管桩复合结构,然后施作仰拱回填。
  - 5、按照原设计恢复路面结构、电缆沟、侧向排水沟等,其中26cm厚面板内增设Φ14抗裂钢筋网(HRB400级),钢筋网距板内下缘5cm,间距20cmx20cm。
  - 6、仰拱衬砌混凝土、(中心排水沟)路面排水边沟及检查井等直接接触地下水的结构,采用C30混凝土。

重庆渝蓉高速公路有限公司	重庆渝蓉高速公路九顶山隧道 病害处治施工图设计	隧道仰拱加固处治设计图	设计	复核	审核	审定	日期	图表号	华设设计集团股份有限公司
			曹政	陈浩	周恒	方旭	2022.07	S-25	

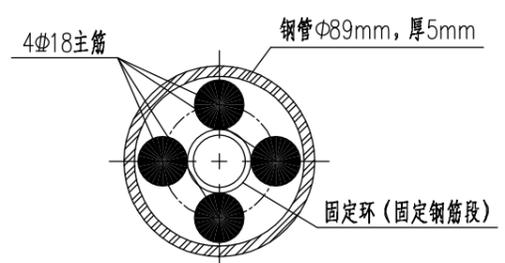
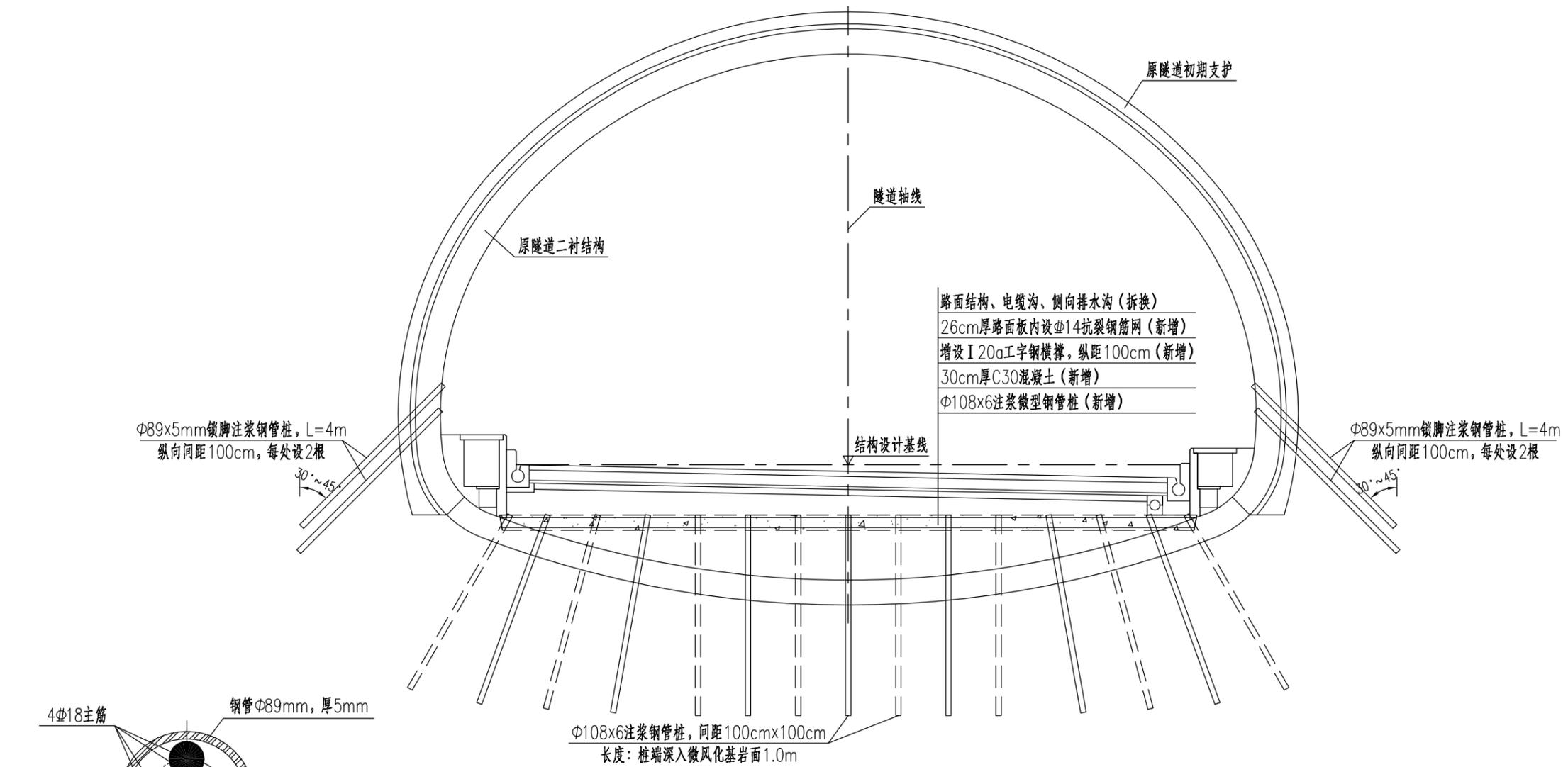


隧道仰拱加固处治设计图 1:100  
(适用于S4型衬砌段)

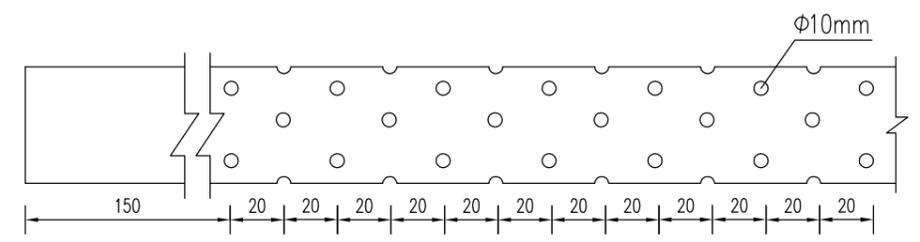


- 注:
- 1、本图尺寸除钢筋以mm计以外,其余均以cm计。
  - 2、本图为九顶山隧道仰拱加固处治预案图。
  - 3、在两侧电缆沟盖板高度施作 $\Phi 89 \times 5$ mm注浆钢管桩锁脚,钢管内设4 $\Phi 18$ 主筋,单根长度为4.0m,纵向间距1.0m,每侧两根,注浆孔径20mm,浆液采用单液水泥浆,水灰比1:1,注浆压力建议值0.3~0.6MPa(可通过现场实验确定最终注浆压力),水泥采用42.5级普通硅酸盐水泥。
  - 4、拆除既有电缆沟、路面结构、侧向排水沟和部分仰拱回填,对隧底打设 $\Phi 108 \times 6$ mm注浆钢管桩,纵横向间距100cm $\times$ 100cm,桩长根据现场钻探情况可做调整,平均按4m长计列;切除钢管桩外露端头,设置I 20a型钢横向支撑梁,支撑梁纵向采用 $\Phi 22$ 钢筋连接,环向间距60cm,支撑梁与注浆钢管桩采用钢筋焊接连接牢固,共同受力,型钢横向支撑梁两端与原衬砌采用锚栓连接牢固,保证整体受力,然后浇筑30cm厚C30混凝土,形成横向支撑梁+注浆钢管桩复合结构,然后施作仰拱回填。
  - 5、按照原设计恢复路面结构、电缆沟、侧向排水沟等,其中26cm厚面板内增设 $\Phi 14$ 抗裂钢筋网(HRB400级),钢筋网距板内下缘5cm,间距20cm $\times$ 20cm。
  - 6、仰拱衬砌混凝土、(中心排水沟)路面排水边沟及检查井等直接接触地下水的结构,采用C30混凝土。

重庆渝蓉高速公路有限公司	重庆渝蓉高速公路九顶山隧道 病害处治施工图设计	隧道仰拱加固处治设计图	设计	复核	审核	审定	日期	图表号	华设设计集团股份有限公司
			曹政	陈浩	周恒	方旭	2022.07	S-25	



钢筋笼横断面图示意

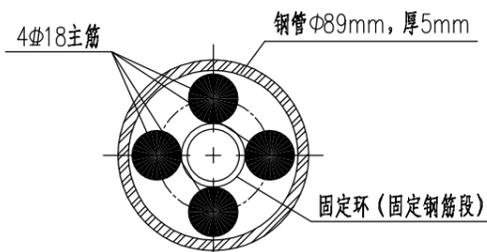
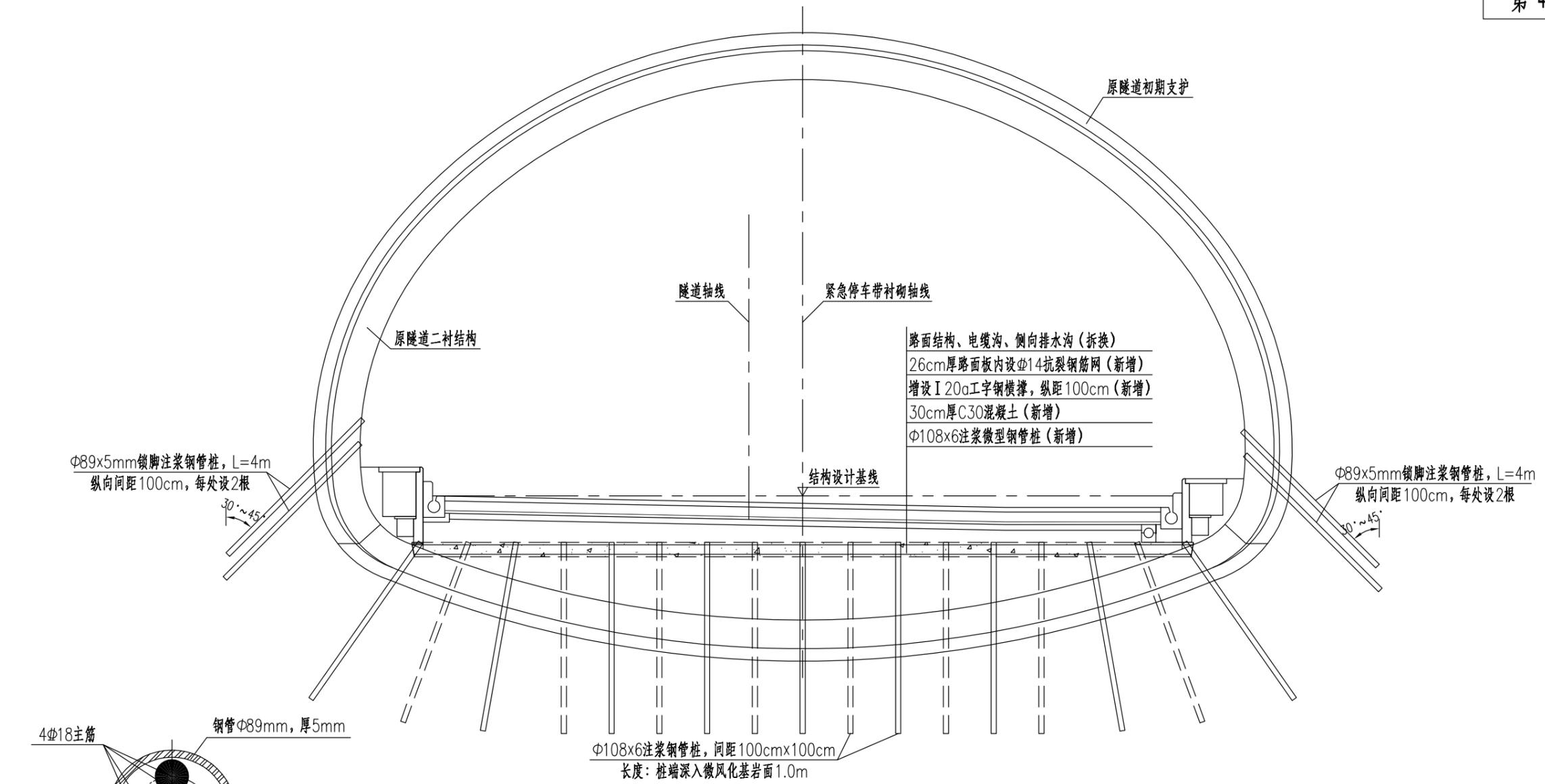


钢花管展示图示意

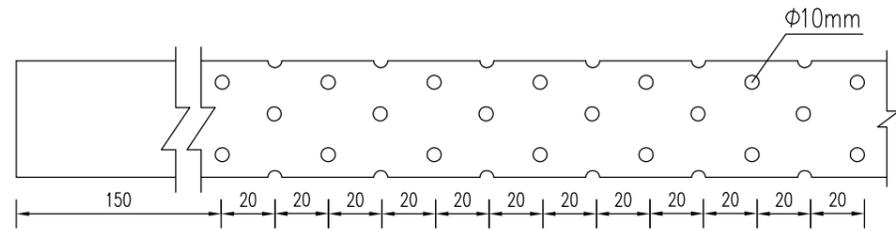
隧道仰拱加固处治设计图 1:100  
(适用于 SJ4 型衬砌段)

- 注:
- 1、本图尺寸除钢筋以 mm 计以外,其余均以 cm 计。
  - 2、本图为九顶山隧道仰拱加固处治预案图。
  - 3、在两侧电缆沟盖板高度施作 φ89x5mm 注浆钢管桩锁脚,钢管内设 4φ18 钢筋笼,单根长度为 4.0m,纵向间距 1.0m,每侧两根,注浆孔径 20mm,浆液采用单液水泥浆,水灰比 1:1,注浆压力建议值 0.3~0.6MPa (可通过现场实验确定最终注浆压力),水泥采用 42.5 级普通硅酸盐水泥。
  - 4、拆除既有电缆沟、路面结构、侧向排水沟和部分仰拱回填,对隧道打设 φ108x6mm 注浆钢管桩,纵横间距 100cmx100cm,桩长根据现场钻探情况可做调整,平均按 4m 长计列,切除钢管桩外露端头,设置 I 20a 型钢横向支撑梁,支撑梁纵向采用 φ22 钢筋连接,环向间距 60cm,支撑梁与注浆钢管桩采用钢筋焊接连接牢固,共同受力,型钢纵向支撑梁两端与原衬砌采用锚栓连接牢固,保证整体受力,然后浇筑 30cm 厚 C30 混凝土,形成横向支撑梁+注浆钢管桩复合结构,然后施作仰拱回填。
  - 5、按照原设计恢复路面结构、电缆沟、侧向排水沟等,其中 26cm 厚面板内增设 φ14 抗裂钢筋网 (HRB400 级),钢筋网距板内下缘 5cm,间距 20cmx20cm。
  - 6、仰拱衬砌混凝土、(中心排水沟)路面排水边沟及检查井等直接接触地下水的结构,采用 C30 混凝土。

重庆渝蓉高速公路有限公司	重庆渝蓉高速公路九顶山隧道 病害处治施工图设计	隧道仰拱加固处治设计图	设计	复核	审核	审定	日期	图表号	华设设计集团股份有限公司
			曹政	陈浩	周恒	方旭	2022.07	S-25	



钢筋笼横断面图示意

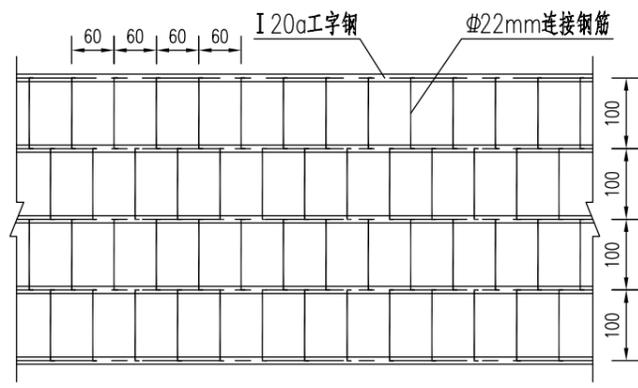


钢花管展示图示意

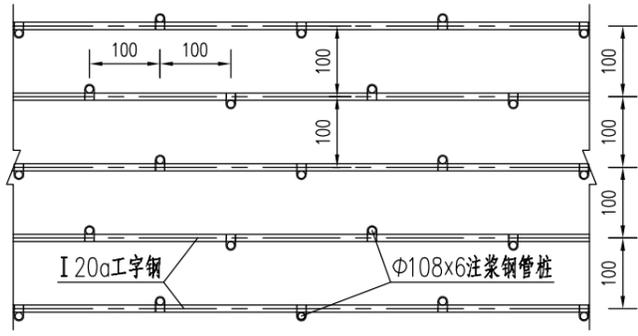
隧道仰拱加固处治设计图 1:100  
(适用于ST4型衬砌段)

注:

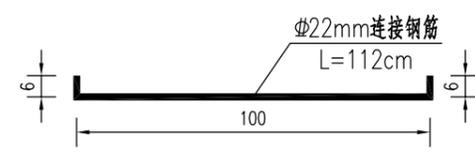
- 1、本图尺寸除钢筋以mm计以外,其余均以cm计。
- 2、本图为九顶山隧道仰拱加固处治预案图。
- 3、在两侧电缆沟盖板高度施作Φ89x5mm注浆钢管桩锁脚,钢管内设4Φ18钢筋笼,单根长度为4.0m,纵向间距1.0m,每侧两根,注浆孔径20mm,浆液采用单液水泥浆,水灰比1:1,注浆压力建议值0.3~0.6MPa(可通过现场实验确定最终注浆压力),水泥采用42.5级普通硅酸盐水泥。
- 4、拆除既有电缆沟、路面结构、侧向排水沟和部分仰拱回填,对隧底打设Φ108x6mm注浆钢管桩,纵向间距100cmx100cm,桩长根据现场钻探情况可做调整,平均按4m长计列,切除钢管桩外露端头,设置I20a型钢横向支撑梁,支撑梁纵向采用Φ22钢筋连接,环向间距60cm,支撑梁与注浆钢管桩采用钢筋焊接连接牢固,共同受力,型钢纵向支撑梁两端与原衬砌采用锚栓连接牢固,保证整体受力,然后浇筑30cm厚C30混凝土,形成横向支撑梁+注浆钢管桩复合结构,然后施作仰拱回填。
- 5、按照原设计恢复路面结构、电缆沟、侧向排水沟等,其中26cm厚面板内增设Φ14抗裂钢筋网(HRB400级),钢筋网距板内下缘5cm,间距20cmx20cm。
- 6、仰拱衬砌混凝土、(中心排水沟)路面排水边沟及检查井等直接接触地下水的结构,采用C30混凝土。



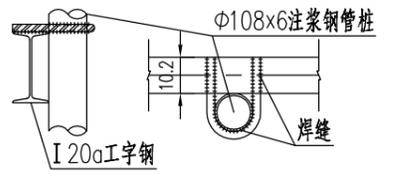
工字钢横撑平面布置图 1:100



注浆钢管桩平面布置图 1:100

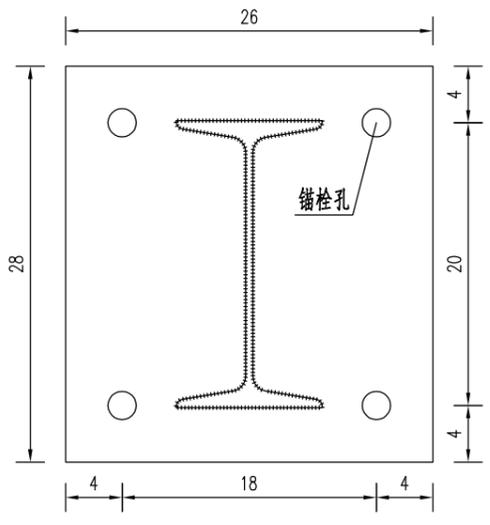


连接钢筋大样图 1:20



注浆钢管桩大样图 1:20

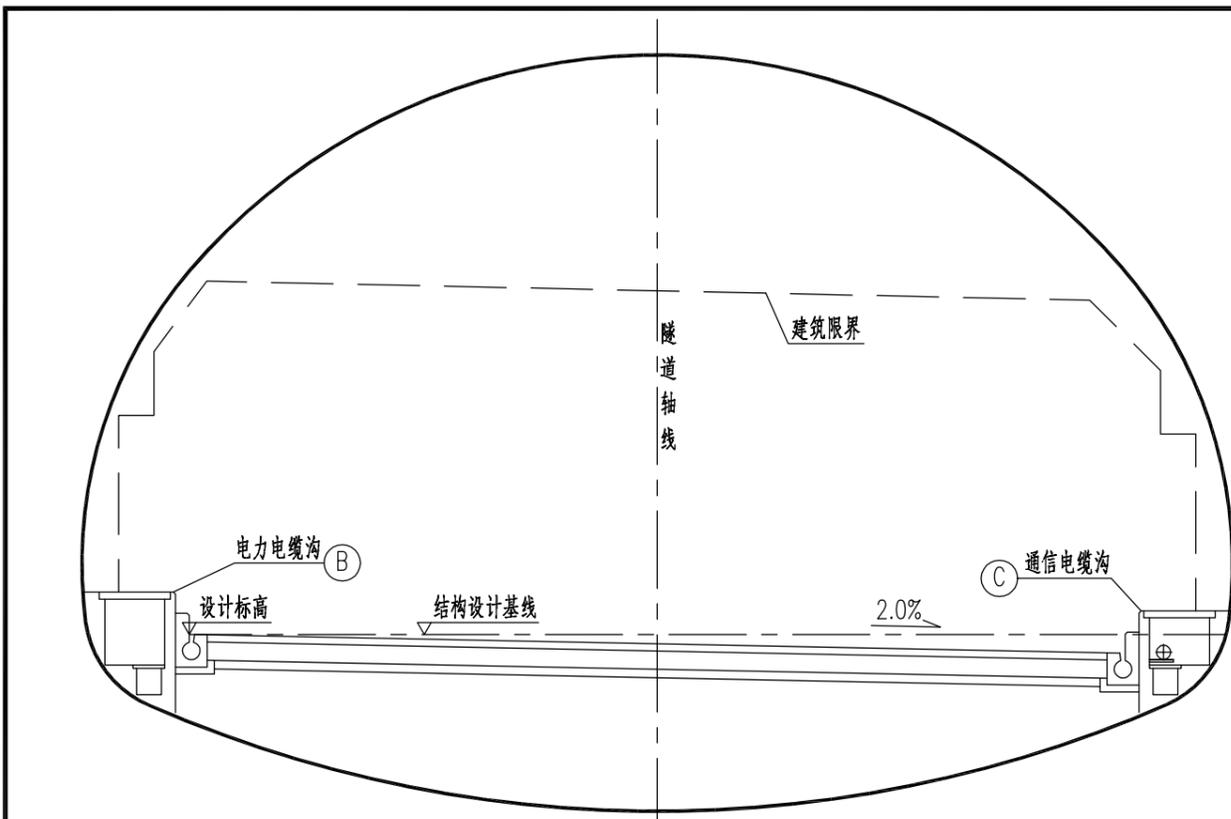
九顶山隧道仰拱加固处治工程数量表 (每延米)



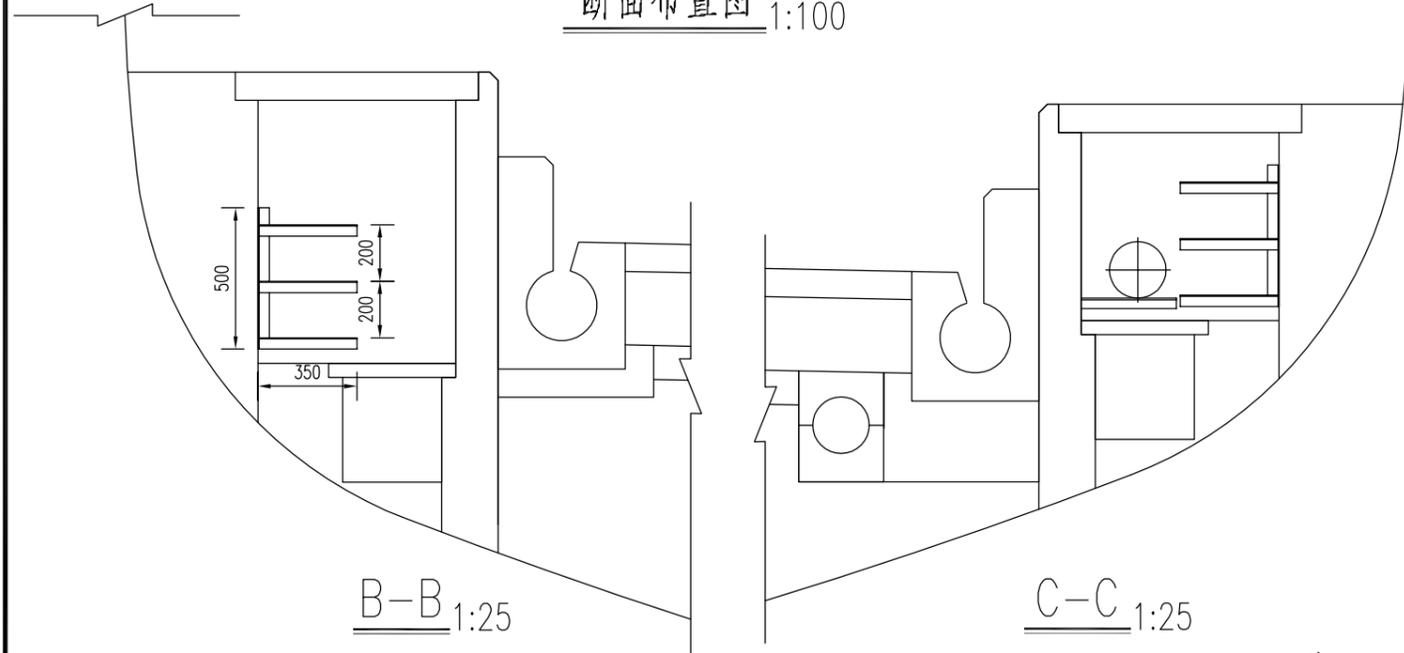
连接钢板大样图 1:5

项 目	单 位	S5a型数量	S4型数量	SJ4型数量	ST4型数量	备 注	
拆除工程	路面结构、电缆沟等拆除	m <sup>3</sup>	8.47	8.47	8.47	9.59	包括沥青层、面层、基层和边沟
	C15片石混凝土拆除	m <sup>3</sup>	9.05	9.05	9.05	9.98	
	C30混凝土(仰拱衬砌)	m <sup>3</sup>	0.16	0.16	0.16	0.15	用来卡嵌、锚固型钢及钢板
仰拱加固	Φ89x5mm锚脚注浆钢管桩	m	16	16	16	16	
	钢垫板	kg	7.07	7.07	7.07	7.07	150x150x10mm
	Φ108x6mm注浆钢管桩	根/m	7.5/30	7.5/30	7.5/30	8.5/34	
	水泥浆	m <sup>3</sup>	0.77	0.77	0.77	0.87	
	钢筋笼(HRB400钢筋)	kg	127.87	127.87	127.87	127.87	
	I 20a工字钢	m/kg	13.88/431.24	13.88/431.24	13.88/431.24	16.31/506.74	
	Q235钢板(280x260x15mm)	kg	17.14	17.14	17.14	17.14	
	连接钢筋(HRB400钢筋)	根/kg	23.5/78.54	23.5/78.54	23.5/78.54	27.5/91.91	
	焊接钢筋(HRB400钢筋)	kg	11.64	11.64	11.64	13.19	
	Φ14钢筋网(HRB400钢筋)	kg	153.90	153.90	153.90	181.08	20cmx20cm
	C30混凝土	m <sup>3</sup>	4.16	4.16	4.16	4.89	
C15混凝土仰拱回填	m <sup>3</sup>	5.08	5.08	5.08	5.28	普通硅酸盐水泥、加粉煤灰	

注：路面、电缆沟及排水工程详见相应图纸



断面布置图 1:100

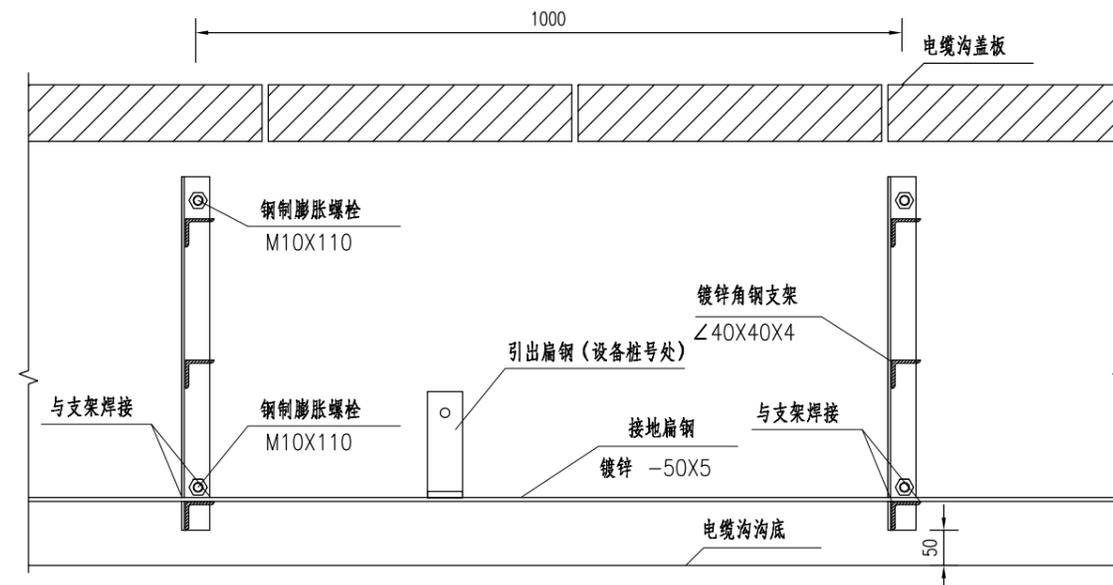


B-B 1:25

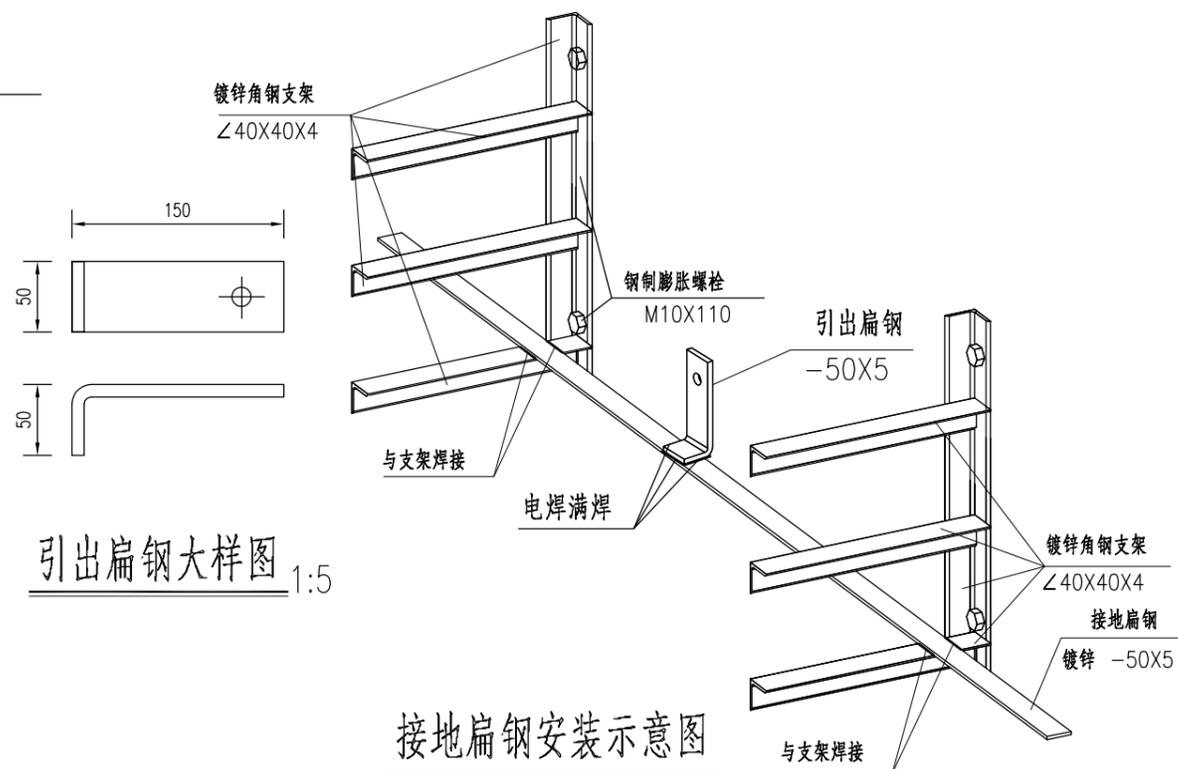
C-C 1:25

双侧电缆沟托架工程数量表

序号	名称	规格及型号	单位	数量	备注
1	镀锌角钢	∠40X40X4	m	3.10	每延米工程量, 防腐处理
2	接地扁钢	-50X5	m	2.0	每延米工程量, 镀锌扁钢
3	钢制膨胀螺栓	M10X110	个	4	每延米工程量
4	引出扁钢	-50X5	m	0.4	每处工程量



A-A 1:10

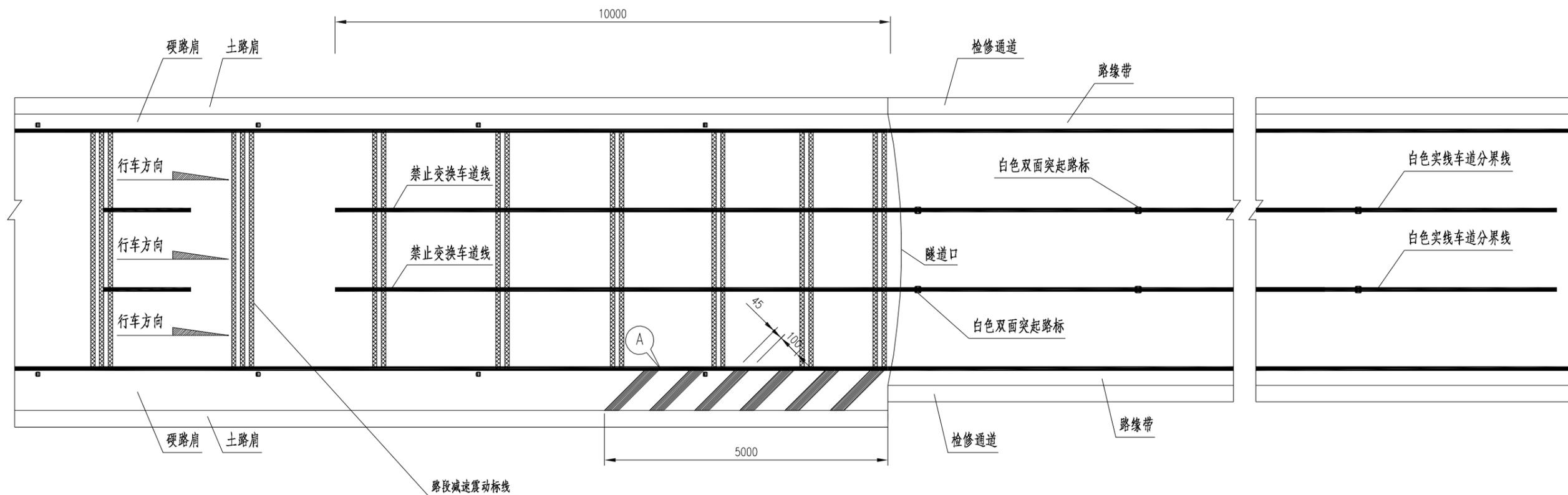


引出扁钢大样图 1:5

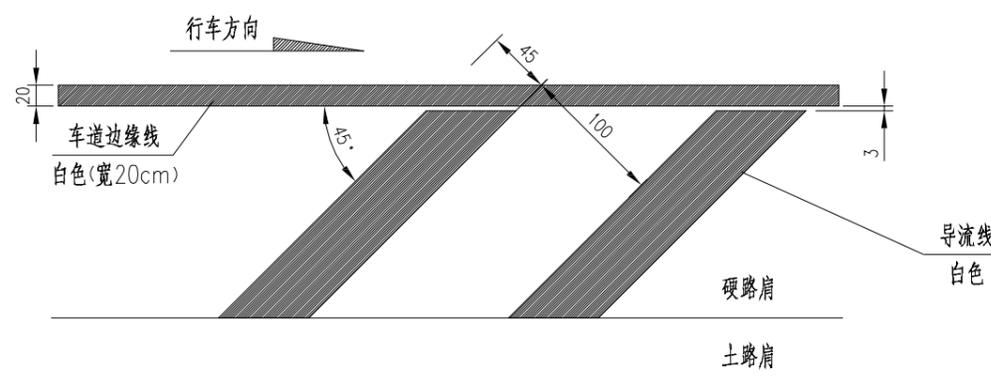
接地扁钢安装示意图

注:

- 1、图中尺寸均以毫米计;
- 2、本图适用于隧道电力电缆沟和通信电缆沟;
- 3、电缆支架间隔每米一付, 并与通体镀锌扁钢-50X5焊接连通, 在隧道洞口与接地网相焊接; 电缆支架角钢及扁钢均应作防腐处理;
- 4、接地扁钢的搭接长度必须大于其宽度, 接地扁钢与支架必须满焊;
- 5、通信电缆沟中, 电缆支架的横向角钢托臂长度可根据水管的布置情况进行调整。



隧道入口标线大样图

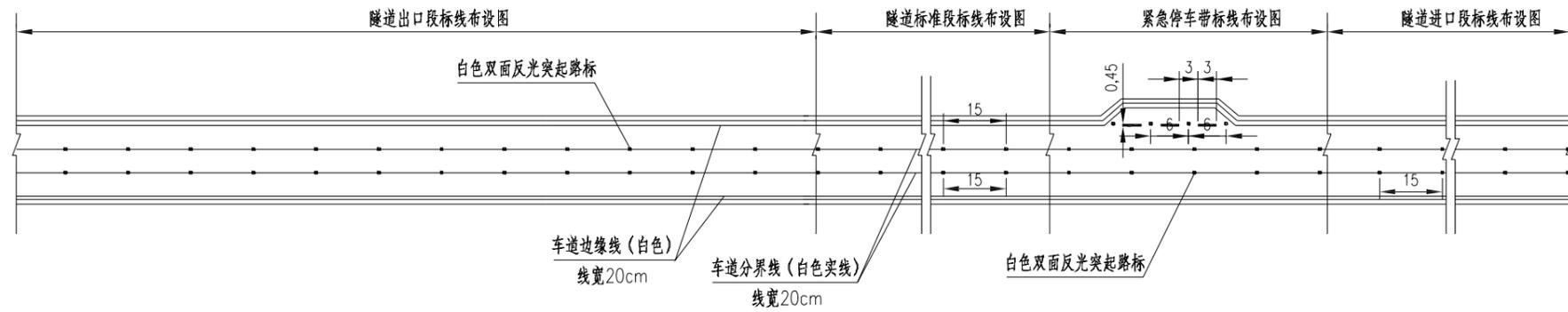


A 大样图 1:50

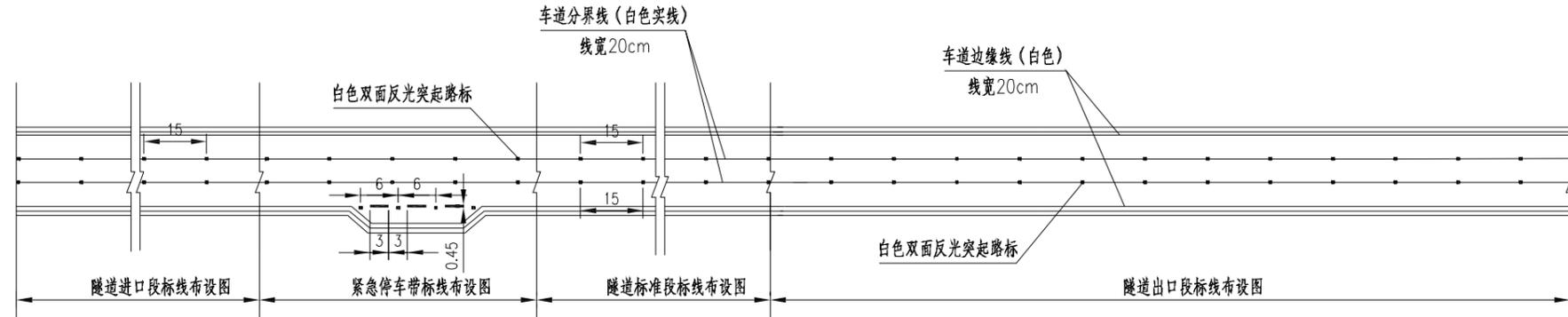
说明:

1. 本图尺寸以cm计。
2. 禁止变换车道线适用于隧道出入口处。

重庆渝蓉高速公路有限公司	重庆渝蓉高速公路九顶山隧道 病害处治施工图设计	隧道入口标线布设图	设计	复核	审核	日期	图表号	华设设计集团股份有限公司
			曹政	陈浩	周恒	2022.07	S-27	



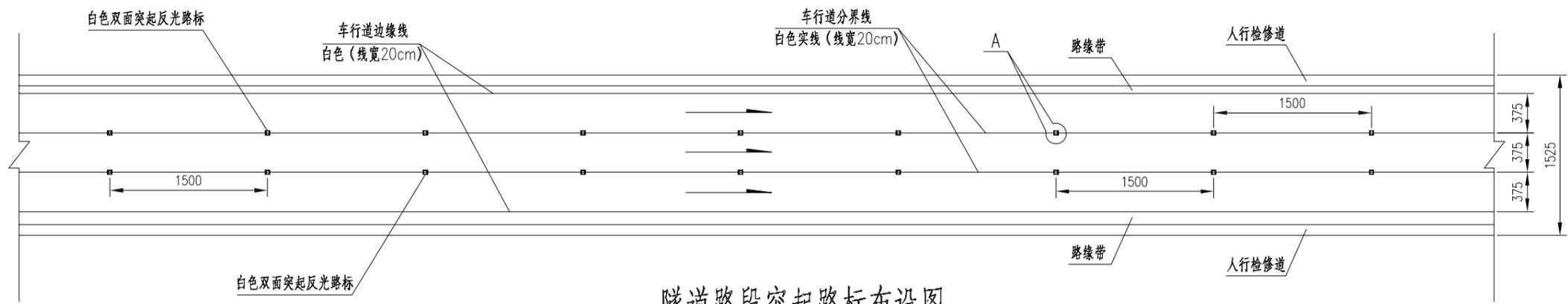
左侧隧道标线总体平面布设图 1:1000



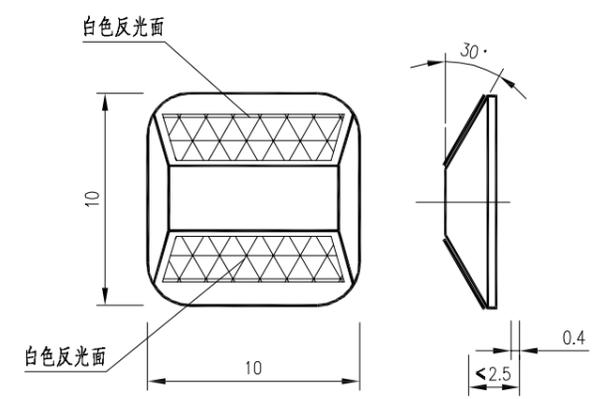
右侧隧道标线总体平面布设图 1:1000

- 注:
- 1、图中尺寸以m计。
  - 2、白色双面反光突起路标标准段每间隔15m布设一个，紧急停车带处每6m布设一个。
  - 3、隧道内车道分界线采用白色实线，线宽20cm，材料采用白色热熔型高亮度标线涂料。

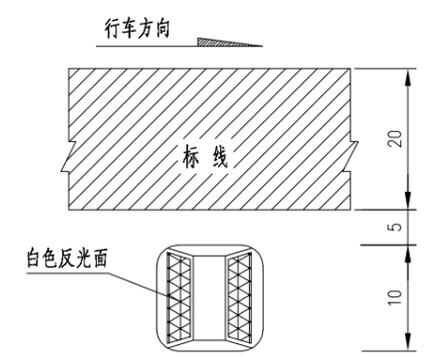
重庆渝蓉高速公路有限公司	重庆渝蓉高速公路九顶山隧道 病害处治施工图设计	隧道标线总体平面布设图	设计	复核	审核	日期	图表号	华设设计集团股份有限公司
			曹政	陈浩	周恒	2022.07	S-28	



隧道路段突起路标布设图 1:500



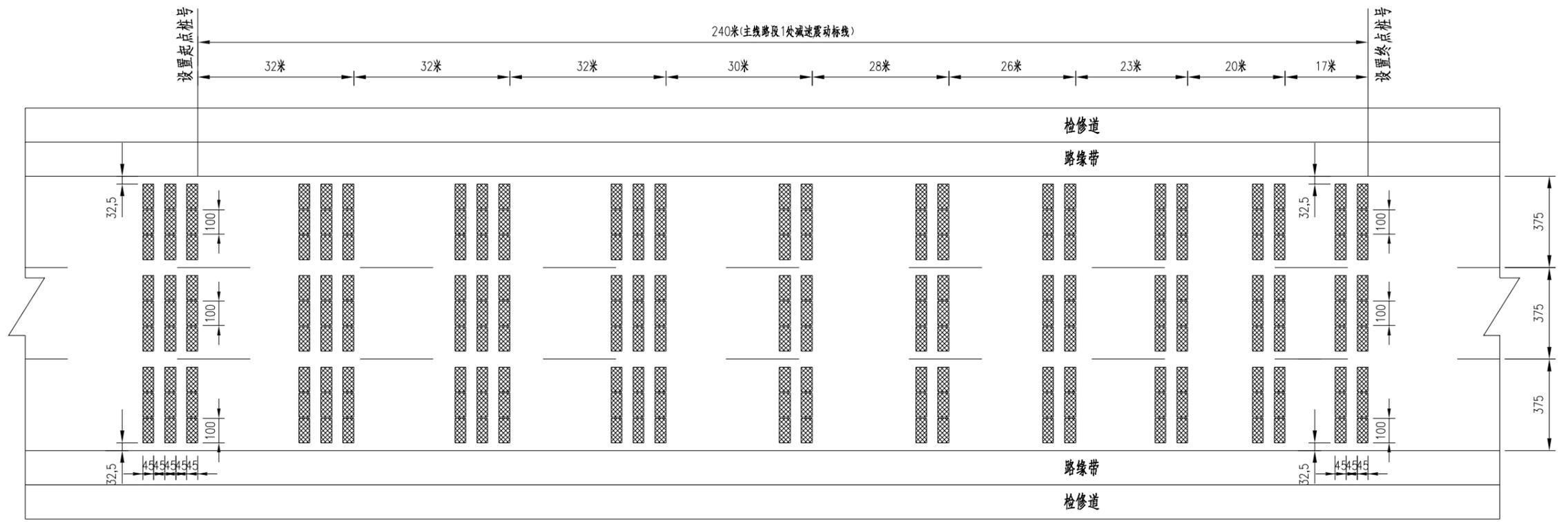
白色双面反光突起路标大样图 1:5



A大样 1:10

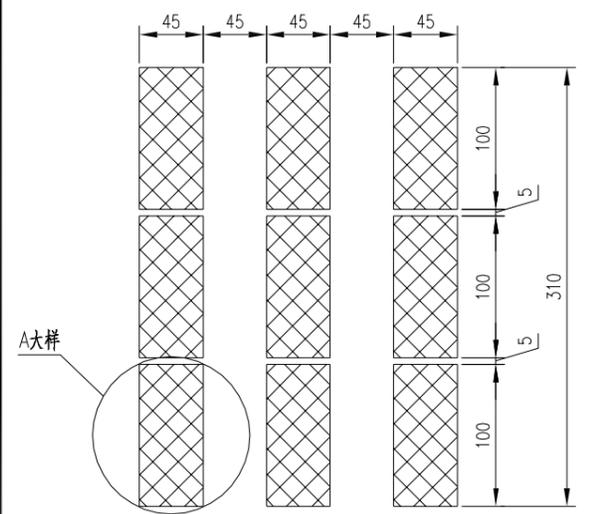
- 注：
- 1、本图尺寸以cm计。
  - 2、本项目隧道路段采用白色双面反光突起路标。
  - 3、突起路标在隧道路段布设与车行道分界线上；其余路段布设于车行道边缘线旁。
  - 4、突起路标在高速主线采取间距15m布设。

重庆渝蓉高速公路有限公司	重庆渝蓉高速公路九顶山隧道 病害处治施工图设计	突起路标大样图	设计	复核	审核	日期	图表号	华设设计集团股份有限公司
			曹政	陈浩	周恒	2022.07	S-29	

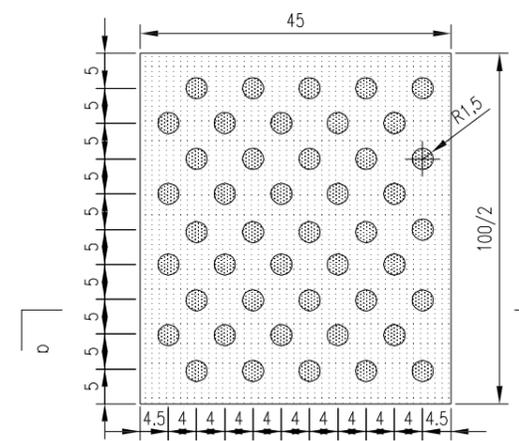


路段减速震动标线平面布置图 1:200

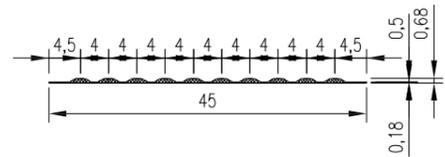
行车方向



减速震动标线大样图 1:50



A大样图 1:10



a-a大样图 1:10

主线路段减速震动标线布设一览表

路线	起讫桩号	数量/m <sup>2</sup>	备注
隧道左线	ZK46+500-ZK46+740	32.40	恢复标线工程量根据仰拱拆换段落进行计算
	ZK47+200-ZK47+440	56.70	

注:

- 1、本图尺寸以cm为单位。
- 2、减速震动标线采用热熔突起型涂料。
- 3、施工时必须保证路面清洁干燥，并在路面上涂布不少于100g/m<sup>2</sup>的底漆，待底漆充分干燥后才施划震动标线，同时在其表面撒布不少于500g/m<sup>2</sup>的反光玻璃微珠。
- 4、经核查，隧道左线有2处因隧道仰拱拆换路面破除施工，需按原设计恢复减速震动标线。