

G50 沪渝高速公路石忠段

K1535+950-K1536+400 段出城侧红线外陡崖危岩带落石预防性养护

施 工 图 设 计

(全一册)

中交第一公路勘察设计研究院有限公司

二〇二一年四月

G50 沪渝高速公路石忠段

K1535+950-K1536+400 段出城侧红线外陡崖危岩带落石预防性养护

施 工 图 设 计

项 目 负 责 人：武素琴

院 主 管 领 导：秦玲

分院（子公司）总工程师：刘林青

总 工 程 师：秦玲

分院院长（子公司经理）：周宇

总 经 理：沈志

中交第一公路勘察设计研究院有限公司

二〇二一年四月

重庆高速公路股份有限公司

渝高股司函（2021）11号

重庆高速公路股份有限公司

关于 G50 沪渝高速公路石忠段

K1536+100-K1536+400 红线外陡坡

危岩排危治理的函

石柱土家族自治县交通局：

石柱土家族自治县二级路辖区老童溪四队和尚坝段县道（以下简称县道）边坡陡崖危岩已多次发生危及县道和高速公路通行安全的落石崩塌事件，安全隐患突出。2020年7月10日，重庆市交通局养护处召集贵局及我司相关人员共同协商该边坡隐患治理事宜。会议议定由贵局负责土地征用，我司负责落石崩塌处治，双方协作尽快消除安全隐患。我司也于2020年8月完成了施工图设计并做好施工准备，但一直因土地征用未解决，施工无法进场。

为尽快消除道路安全隐患，恳请贵局务必在2021年3月10号前落实征地工作，确保我司能进场施工。若不能按期完成，我司拟采取备选处治方案，改为在高速公路和县道间设置防撞墩等阻拦设施处治，确保高速公路安全运营。

特此函告，请予支持为感！



重庆高速公路股份有限公司

2021年2月6日

（联系人：汪伟；电话：13340245805）

重庆高速公路股份有限公司专家审查意见稿纸

审查内容	石忠段 K1536 红线外边坡设计文件审查		
专家姓名	朱攀军	职称/职务	研究员
专家单位	招商局重庆交通科研院	专业	岩土工程
		联系电话	18008377311

一、鉴于重庆市政府协调与建设的路路边不能高出的问题，只能采用此方案，缓冲危岩的作用。

二、同意采用双钢柱、双网的支护方案；

三、明确有钢柱的施工工艺和控制；

四、验算钢柱的埋置深度。

五、应充分考虑岩层前缘（地质不良）的安全致取位置。

专家签名：朱攀军 日期：2021.4.7



目 录

一、施工图设计说明	1-15
1. 概述	1
1.1 工程概况	1
1.2 任务由来	1
1.3 执行和参照的技术标准、规范	1
1.4 设计方案的选择及设计概况	2
1.5 对设计审查意见的执行情况	2
1.6 质量管理	2
2. 自然及区域地质概况	2
2.1 自然地理	2
2.2 气象与水文	3
2.3 地形地貌	3
2.4 地层岩性	4
2.5 地质构造及地震	4
2.6 水文地质	4
3. 陡崖危岩特征及概况	4
3.1 陡崖所在斜坡稳定性分析	4
3.2 陡崖危岩带整体特征	5
3.3 典型危岩体特征分析	6
3.4 危岩变形破坏模式分析	6
3.5 危岩体坠落运动轨迹	7
3.6 危岩带落石灾况	9
4 危岩形成原因	9
4.1 内部因素	9
4.2 外部因素	9
5、落石防护工程技术方案	10
5.1 等级划分	10
5.2 治理设计原则	10

5.3 防护工程措施论证	10
5.4 落石防护方案	11
5.6 工程造价	11
6 施工组织计划	11
6.1 施工组织	11
6.2 施工条件	11
6.3 建筑材料供应和运输条件	11
6.4 施工方法及施工工序	11
6.5 现场施工管理	13
6.6 交通保通措施	13
7 环境影响评价	13
7.1 施工对环境影响评价	13
7.2 环境保护设计	14
7.3 环境管理与环境监测	14
8 问题与建议	15
二、工程数量表	16
三、图纸	17-20
1、工程布置断面图	17
2、被动防护系统布置安装标准图	18
3、被动网基础结构图	19
4、被动网施工安装方法	20
5、排水沟修复设计图	21
四、预算	22-41

G50 沪渝高速石忠路 K1535+950~K1536+400 段

出城侧红线外陡崖危岩带落石预防性养护工程

施工图设计说明

1 概述

1.1 工程概况

石忠高速公路是指重庆石柱县至忠县高速公路，是 G50 沪渝高速公路的一部分，起自忠县冉家坝，终于石柱与湖北利川交界处冷水乡，全长 80 公里，设有忠县、普乐、磨子、大歇、石柱、沙子、河源和冷水 8 个收费站，已于 2009 年初通车。

高速公路沿线红线外陡崖存在大量危岩，严重威胁高速公路运营安全。截止目前，沿线大部分危岩已经进行过处治，且处治效果良好，但仍有部分危岩还未进行处治，特别是 K1535+950~K1536+400 段出城侧红线外陡崖危岩带因为和高速公路垂直距离大，水平距离小，且部分危岩体的垂直卸荷裂隙即将贯通，对高速公路存在极大威胁，急需进行处治。

1.2 任务由来

2020 年 5 月 11 日我中交第一公路勘察设计研究院有限公司在收到《2020 年边坡经常性巡检项目（含设计）》成交通知书后，组织专业人员赴现场开展工作。本项目的工作内容为对重庆高速公路股份有限公司所辖的长万路、石忠路的红线外陡崖危岩带带边坡、重点边坡、普通边坡，丰忠路的普通边坡进行巡查及边坡处治设计任务。

2020 年 5 月 12 日至 5 月 26 日在重庆高速公路股份有限公司石忠管理中心李智蔚主任的带领下，我项目组人员对位于石忠高速公路红线外陡崖危岩带进行了现场调查。调查发现，K1535+950~K1536+400 段出城侧红线外陡崖危岩带危险性高，对高速公路的危害性大，急需采取工程措施进行处理。因此，我项目组立即将此段边坡的调查情况整理成书面材料，向重庆高速公路股份有限公司进行汇报。重庆高速公路股份有限公司领导对此非常重视，认为高速公路运营安全第一，刻不容缓，特委托我项目组进行危岩灾害防护设计。



图 1.1 在石忠管理中心李智蔚主任带领下对边坡进行调查

1.3 执行和参照的技术标准、规范

本次防护工程设计所依据相关的标准、规范及基础资料如下：

- (1) 《重庆市高速公路边坡养护管理手册（试行）》
- (2) 《高速公路高边坡检查评价标准（中铁）》
- (3) 《在役公路边坡工程风险评估技术规范》（T/CECS G:E70-01-2019）
- (4) 《岩土工程勘察规范》（GB50021—2001）
- (5) 《地质灾害防治工程设计规范》（DB50/5029—2004）
- (6) 《建筑边坡工程技术规范》（GB50330—2013）
- (7) 《重庆市地质灾害防治工程设计规范》（DB50/5029—2004）
- (8) 《公路养护技术规范》（JTJH10-2009）
- (9) 《公路工程地质勘察规范》（JTG C20—2011）
- (10) 《建筑边坡工程鉴定与加固技术规范》（GB50843-2013）
- (11) 《公路路基设计规范》（JTG D30—2015）

- (12) 《成交通知书》（业主提供）
 (13) 《待检边坡明细表》（业主提供）

1.4 设计方案的选择及设计概况

接到委托书后，我公司设计人员于2020年5月25日进行了现场踏勘。并根据现场实际情况，拟定了三个设计方案，方案一：在坡体上设置主动防护网、岩腔嵌补、锚杆锚墩及被动防护网等主要进行主动防护；方案二：在高速公路和地方道路之间的隔离带设置拦石墙；方案三：在高速公路和地方道路之间设置被动防护网，并于2020年6月28日提交了方案设

计报告。

起初，业主考虑到主动防护方案（方案一）需要和地方政府沟通，且沟通困难，而最初的被动防护网方案会侵占高速公路部分应急车道，因此和与会的各位专家决定采用拦石墙方案，会后，我公司设计人员在方案设计的基础上，进行了施工图设计，并于7月11日提交了施工图设计报告。

但由于拦石墙防护落石效果有限，业主最终又重新考虑选用了主动防护方案（方案一），即在坡体上设置主动防护网、岩腔嵌补、锚杆锚墩及被动防护网等主要进行主动防护，我公司设计人员又在方案一的基础上，进行了施工图设计，并于8月2日重新提交了施工图设计报告。

但由于地方政府迟迟不能解决征地问题，导致方案一也最终搁浅，无法实施。2021年3月11日，业主又一次要求设计人员至现场重新踏勘，由于地方道路和石忠高速公路之间的隔离带宽度有限（仅1.2m~2.1m），且业主要求施工过程中不能破坏已有工程设施，导致拦石墙工程无法实施，最终商量决定，对原来提出的被动防护网方案进行优化。会后，我公司设计人员根据现场实际情况对被动防护网方案进行了重新设计，并于2021年3月25日完成了施工图设计，2021年4月2日业主组织在重庆高速集团1305会议室召开了石忠路1536红线外边坡设计文件（被动防护网方案）评审会。会后，我公司根据专家意见对设计文件进行了修改，并最终完成了施工图设计文件。

1.5 对设计审查意见的执行情况

本次施工图设计中，根据招商局重庆交科院的咨询意见进行了修改，现对意见的执行情况进行说明。

1.5.1 咨询意见

- 的作用；
- (1) 鉴于与地方政府协调与高速公路路路边不能占多的问题，只能采用此方案，缓冲危岩的作用；
 - (2) 同意采用双钢柱、双网的拦挡方案；
 - (3) 明确钢柱的施工工艺和控制；
 - (4) 验算钢柱的埋置深度；
 - (5) 应参考危岩防治（地质灾害）的安全系数取值。

1.5.2 意见执行情况

对原设计方案（采用双钢柱、双网）的钢柱的基础埋深参考危岩防治（地质灾害）的安全系数进行了验算，并对基础埋置深度进行了调整，并在设计文件中明确了钢柱的施工工艺和控制过程。

1.6 质量管理

在设计工作过程中，严格执行ISO-9000质量管理体系的标准及我院《质量手册》的有关规定，严格实行“两校三审”制。

2 自然及区域地质概况

2.1 自然地理

项目区位于沪渝高速 K1535+950~K1536+400 段出城侧红线外，交通较为方便（图 2.1）。



图 2.1 项目地理位置

2.2 气象与水文

项目区属于亚热带温暖湿润季风气候区，气候温和、降雨充沛，雨热季同期，年内四季分明，春雨、夏伏旱、秋绵雨、冬干的气候特点。据石柱气象资料表明，1957—1993 年，多年平均降雨日数为 156 天，多年平均降雨量为 1285mm，实测最多年降雨量 1701mm，年际变化大且年内分配不均，4~9 月份的降雨占年降雨量的 76.7%，10~3 月份占 23.3%。

2.3 地形地貌

项目区整体地貌类型属于中低山斜坡地貌，地形特征为斜坡，斜坡整体坡向约 27°，地形坡度较陡，整体地形坡度约 60°，高程 850~950m，高差约 100m，斜坡顶部发育陡崖带，该陡崖带平面形态呈“刀状”，陡崖顶高程约 900~925m，陡崖底分布高程约 885~900m，陡崖带高度约 15~25m，坡度约 77°。陡崖带距离高速公路水平距离约 45~75m，垂直高差约 45~50m，陡崖带下部斜坡地形坡脚较陡，整体约 40°，斜坡正下方为地方道路，宽约 8.5m，靠山侧有边沟和 1m 宽的碎落台，该段高速公路位于地方道路外侧，与之并行，两者之间有宽约 1m 的分隔带。

该危岩带被位于 K1536+300 处的峡谷分为两部分，分别是 K1535+950~K1536+250 和 K1536+250~+400。

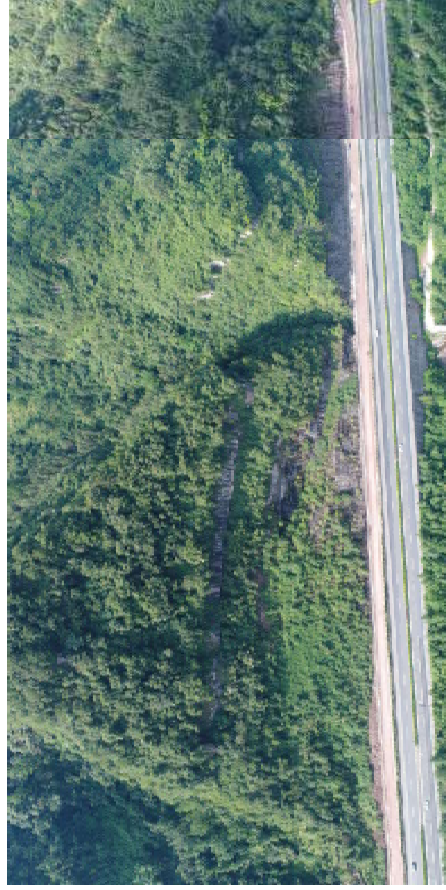


图 2.1 项目地理位置

(1) K1535+950~K1536+250 段危岩带

该段陡崖危岩带所在斜坡长约 300m，高约 120m，危岩带所处山体由上至下总体呈缓—

陡—缓—陡形状，坡体顶部较缓，植被发育。缓坡下部边缘为陡崖带，陡崖带长约 100m，高 10~25m，坡度 80~90°，距公路垂直高度约 30~40m。从立面看，陡崖从左到右逐渐变宽。左侧陡崖下部为缓坡，平均坡度约 40°，一坡到底，坡体植被发育。陡崖右侧向下部延伸变宽，立面形态呈“刀状”，最宽处约 30m。陡崖岩体裸露，岩性为中风化以砂岩，岩层为近水平层理，主要发育有两组裂隙，裂隙间充填碎石及泥土。右侧陡崖下部与路堑边坡中间为缓坡平台，平台从左往右向下倾斜，宽 2~3m，平台上有崩塌积及残积块石、碎石、泥土等堆积体，胶结良好，植被发育。路堑边坡为建设高速公路时开挖形成，高 3~10m，坡度 50~60°，坡体表面未防护。



照片 2.2 K1535+950~K1536+250 段边坡地形地貌示意图

(2) K1536+250~K1536+400 段陡崖危岩带

该段陡崖危岩带所在斜坡长约 150m，高约 80m，坡面呈三角形。山体由上至下总体呈缓—陡—缓—陡形状，坡体顶部较缓，植被发育，紧接其下边缘处为陡崖带，陡崖带长约 100m，高 10~15m，坡度 80~90°，距公路垂直高度约 30~40m。陡崖危岩带岩性为中风化砂岩，岩层产状近水平，主要发育有两组裂隙，裂隙裂隙间充填少量碎石及泥土。陡崖底座为紫色泥岩，受风化影响，局部已经剥蚀掏空，形成凹腔。陡崖下部相对较缓，为中间缓坡带，坡度 40~50°，缓坡上为崩塌积及残积块石、碎石、泥土等堆积体，表层覆盖落叶，植被发育。下部为建设高速公路开挖边坡形成的路堑边坡，高 10~15m，坡度 60~70°，坡体表面采用锚喷混凝土护面。



照片 2.3 K1536+250~K1536+400 段边坡地形地貌示意图

2.4 地层岩性

项目区出露地层主要为第四系松散堆积层，下伏侏罗系中统沙溪庙组泥岩及砂岩，受长期构造影响和外应力作用，岩体节理裂隙发育。主要特征详述如下：

- (1) 第四系全新统残坡积层 (Q_4^{st-dl})
覆盖于地表的第四系残坡积、崩坡积层等广泛分布于区内，层厚随着位置不同不尽相同。
- (2) 侏罗系中统沙溪庙组 J_2S^2

泥岩、砂质泥岩，紫红色、暗紫色，含钙质硅质结核，薄—中厚层状构造，强风化岩体多呈碎块状，节理裂隙发育，岩质较软，弱风化岩体局部裂隙发育，属软质岩，易风化崩解。砂岩，灰色，厚层状，钙泥质胶结，胶结物中普遍含石膏，弱风化，岩体成大块状，垂直裂隙发育，岩体被切割成大块状，完整性较好，岩质较坚硬。

2.5 地质构造及地震

项目区位于石柱向斜南东翼（见图 2.4），岩层呈近水平产状， $286^\circ \angle 8^\circ$ ，受构造的影响，项目区主要发育两组裂隙，裂隙① $209^\circ \angle 82^\circ$ ，间距 0.3~2.0m，平直，无填充，延伸长度 2.5~15m 为该段陡崖带发育危岩的主控结构面；裂隙② $295^\circ \angle 89^\circ$ ，间距 0.3~1.5m，延伸长度 1.5~3.5m。

据《中国地震动参数区划图》（GB18306—2015）及《建筑抗震设计规范》（GB50011—2010）2016 版，调查区地震动峰值加速度为 0.05g，地震基本烈度值小于 VII 度，地震动反应谱特征周期为 0.35s。

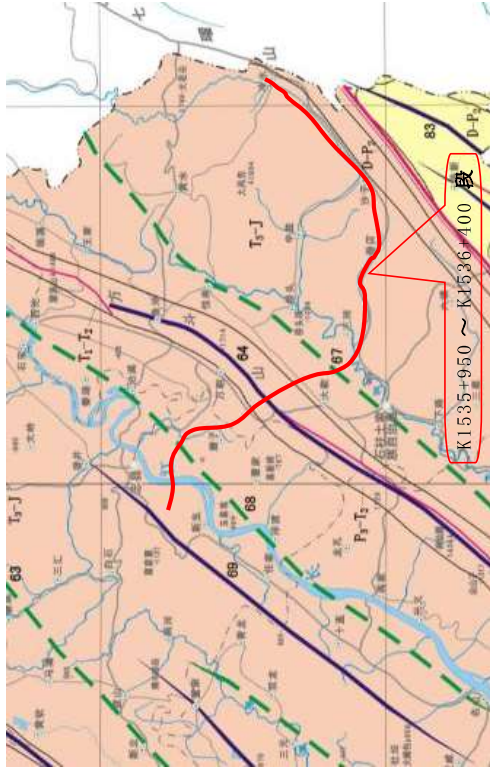


图 2.4 项目区构造纲要图

2.6 水文地质

项目区属亚热带湿润季风气候区，气候温和，雨量充沛，地表径流发育。浅层地下水埋藏普遍，交替循环较强，为低矿化度淡水。根据赋存介质的不同，区内地下水可分为第四系松散岩类孔隙水和基岩裂隙水两大类，以基岩裂隙水为主。

(1) 第四系松散岩类孔隙水

第四系松散岩类孔隙水含水层，具有结构松散，透水性的特点，一般受地形条件及本身土体结构的控制，其赋水条件一般，水量较小，受大气降水及地表水体补给，主要受季节变化影响较大，部分渗补给基岩裂隙水。

(2) 基岩裂隙水

基岩裂隙水的含水岩层为砂岩，砂岩中的裂隙是地下水储存、运移的主要通道，泥岩为相对隔水层。基岩裂隙水主要接受大气降雨入渗补给，接受补给后，沿裂隙迅速下渗，在低洼地带或砂、泥岩接触带以泉点或渗水的形式出露于地表，部分继续下渗。

在降雨期间边坡中下部砂岩岩体裂隙中有地下水出露，平常期间局部坡面有湿润现象，总体而言地下水较发育。

3 陡崖危岩特征及概况

3.1 陡崖所在斜坡稳定性分析

根据现场调查，斜坡区地层结构简单，分布连续，区域稳定性相对较好，自然边坡稳定

性较好。该段边坡主要为中风化砂岩夹强风化泥岩，为岩质边坡，根据现场调查到的岩层产状、节理裂隙和斜坡坡向（见主要结构面特征一览表），绘制边坡区各结构面赤平投影图（如下图所示）。

主要结构面特征一览表

编号	类型	产状	
		倾向	倾角
1	坡面倾向 P	27°	78°
2	岩层产状 S	286°	8°
3	节理裂隙 J1	209°	82°
4	节理裂隙 J2	295°	89°

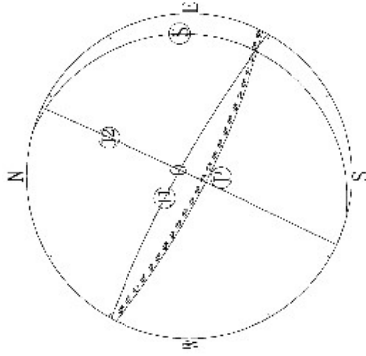


图 3.1 赤平投影图

经采用赤平投影图分析，岩层产状 S 与边坡坡面 P 倾向近垂直相交，属于稳定结构；节理 J1 与边坡倾向反向相交，属于稳定结构；节理 J2 与坡面大角度相交，属于基本稳定结构；S 与 J2、J1 与 J2 的交线及 S 与 J1 的交线均与边坡坡面反向相交，属于稳定结构。

综上所述：该斜坡整体稳定。因砂岩陡崖基座为泥岩，泥岩遇水容易崩解，使陡崖下部形成大量空腔，岩体易产生卸荷裂隙，加上项目区受地质构造影响，节理裂隙比较发育。受以上因素控制，陡崖临空面易产生危岩崩落。

3.2 陡崖危岩带整体特征

受构造裂隙切割，陡崖带岩体破碎，发育多处危岩单体，单体方量 3.0~600m³，危岩单体总方量约 3000 m³。



照片 3.1 K1535+950~K1536+250 段坡顶陡崖危岩带



照片 3.2 K1536+250~K1536+400 段坡顶陡崖危岩带

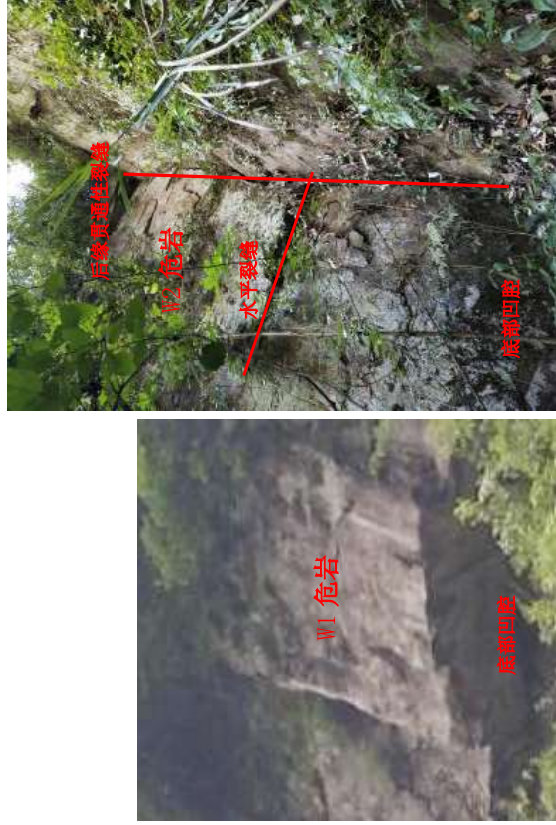


照片 3.3 泥岩、砂岩接触带部位形成岩腔



3.3 典型危岩体特征分析

危岩体被陡倾裂隙切割，受层面和外倾裂隙控制，其在空间几何形态上，表现为四方柱体、三棱锥体、四方锥体、板状体、部分呈不规则体，体积 3.0~600m³ 不等。



照片 3.4 典型危岩照片



图 3.7 陡崖带卸荷裂隙形成危岩体



图 3.8 陡崖带构造裂隙形成危岩



图 3.9 危岩顶部构造裂隙切割形成松动块石

3.4 危岩变形破坏模式分析

危岩体随裂隙不断发展及岩石不断的差异风化作用，在暴雨、震动、风化等外动力作用下，将转化为崩塌破坏。根据对危岩体调查分析，针对每个危岩块体的分布、空间几何形态、结构特征、变形特征、软弱基座及影响因素等方面的具体分析，项目区危岩失稳破坏方式可归纳为滑移式、坠落式和倒倾式。

(1) 坠落式

该破坏方式主要是因为岩腔向崖内进一步扩展，砂岩块体失去支撑，在自重作用下与



图 3.5 陡崖下部小块危岩体即将坠落

图 3.6 陡崖带构造裂隙形成危岩



母岩突然脱离，居高临下产生崩塌，其破坏突然性明显，破坏危害后果严重。该类破坏方式是本勘查区危岩的主要破坏模式。

(2) 滑移式

该破坏模式为危岩体三面临空（三棱、四方柱体），斜靠在母岩上，易发生此类破坏，主要因为下部泥岩基座在外力作用下，抗滑力降低，不能承受上部块体的重力，导致危岩块体整体沿剪切面破坏。

(3) 倾倒式

该破坏方式主要为陡倾的岩体在自重弯曲作用下，向临空方向作悬臂梁弯曲、拉裂，根部岩体被折裂、压碎，从而出现转动倾倒破坏。危岩临空高度较大时表现为岩体高空坠落。

根据现场调查，陡崖带上的危岩单体主要呈坠落式，次为滑移式，倾倒式少见。

3.5 危岩体坠落运动轨迹

项目区危岩失稳破坏方式可归纳为滑移式、倾倒式及坠落式，根据现场调查，陡崖带上的危岩单体主要呈坠落式，次为滑移式，倾倒式少见，且坠落式对高速公路危害最大，因此，本次设计只对坠落式运动轨迹进行计算。

3.5.1 计算假设

将边坡的二维剖面坡面简化为折线，滚石转动时，本身简化为刚性的均匀球体，运动过程中不变形、不破裂；滚石平动时，简化为质量集中的质点；滚石运动过程中能量损失产生自与边坡坡面的摩擦，包括滑动摩擦和滚动摩擦，以及坡面材料的塑形变形，其他能量损失如发热、发光及发声不计。

3.5.2 速度及动能计算公式

滚石的全部运动形式近似的简化为在坡面上的滑动、滚动和碰撞以及在空中的斜抛和自由落体。根据计算出的速度，可得滚石的动能。

(1) 滚石滑动时

$$v = \sqrt{v_0^2 + 2gH(1 - \mu \cot \alpha)}$$

其中 v_0 为滚石滑动开始时初速度 (ms-1)

(2) 滚石滚动时

$$v = \sqrt{v_0^2 + 2(gH - fgL \cos \alpha) \frac{r^2}{r^2 + d^2}}$$

平均速度

角速度

$$\omega = \frac{v}{r}$$

(3) 滚石与坡面碰撞时

滚石在与坡面碰撞后，法向和切向的平动速度分量分别为

$$v_{2n} = R_n v_{1n}, \quad v_{2t} = R_t v_{1t}$$

(4) 滚石斜抛运动时

滚石斜抛时，不计其滚动，只计平动速度

$$v = \sqrt{(v_0 \cos \alpha)^2 + (v_0 \sin \alpha + g \frac{x - x_0}{v_0 \cos \alpha})^2}$$

3.5.3 计算参数选取

K1536 段边坡危岩下坡面分成两段，一段为植被覆盖的崩坡堆积体 H1，高 15.0m，坡度 50°。一段为开挖路堑喷混凝土护面边坡 H2，高 16.1m，坡度 70°。地方道路与高速公路路面均为沥青混凝土路面，地方道路与坡脚距离 L1=1.0m，地方道路宽 L2=7.5m，地方道路与 G50 高速公路隔离带宽 L3=1.0m，G50 高速公路宽 L4=26m。落石计算质量 m=70Kg，计算选取参数如下表：

表 3.5.3-1 落石计算参数

边坡	坡度	法向恢复系数 R_n	切向恢复系数 R_t
堆积体边坡 H ₁	50	0.3	0.8
路堑边坡 H ₂	70	0.4	0.9
路面	0	0.32	0.85

3.5.4 计算结果分析

(1) 运动轨迹

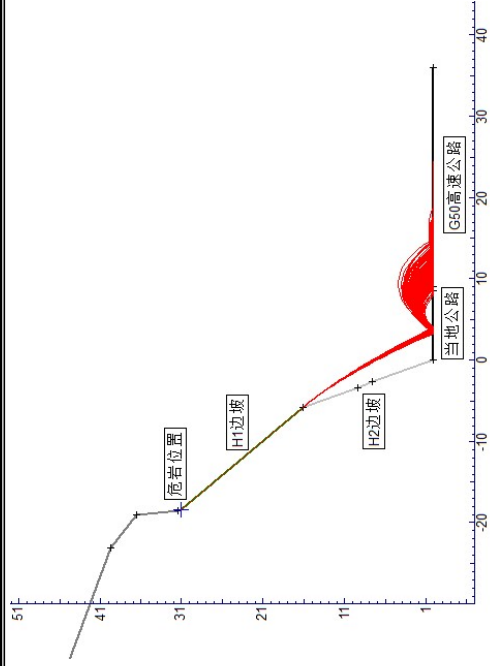


图 1 落石的运动轨迹

由运动轨迹图可看出，落石由危岩带掉落，先是在崩坡堆积体边坡 H1 坡面上滑动和滚动，并不发生跳跃。当落石滚落到路堑边坡 H2 坡面上时，落石发生跳跃，直接由路堑边坡 H2 坡面跳跃到地方道路路面上，并不在路堑边坡 H2 坡面上接触运动。落石落到地方道路路面，与之发生冲撞，耗散大部分能量，剩下的能量使落石发生弹跳并再次与路面碰撞，再次耗散能量并再次弹跳，直至落石停止运动。

(2) 运动位置

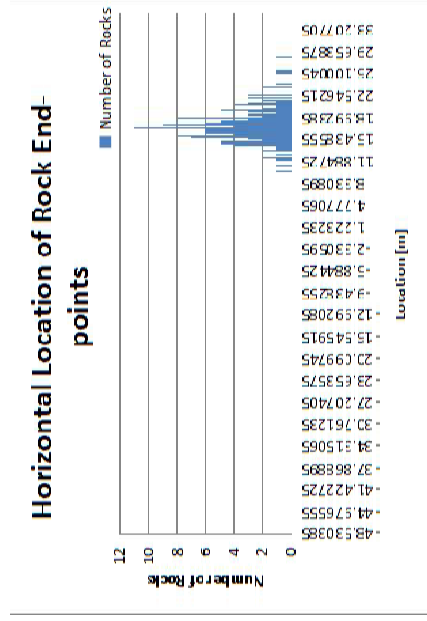


图 2 落石最终掉落点分布范围

由图 2 落石最终停止点分布范围可知，若无防护措施，落石最终位置分布在距离坡脚 10~30m 范围内，特别是 15~22m 掉落的概率最大。

(3) 弹跳高度

经计算，落石弹跳高度见图 3。

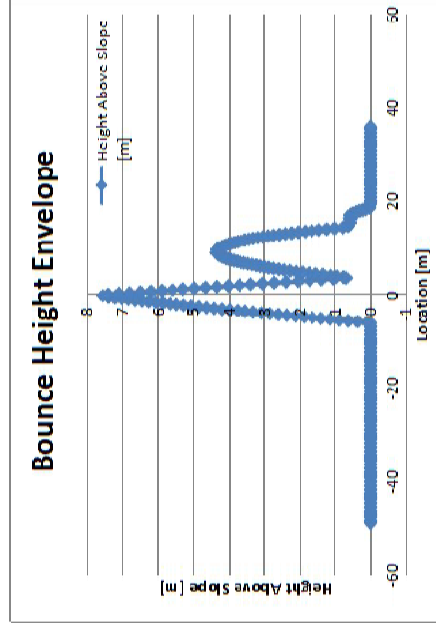
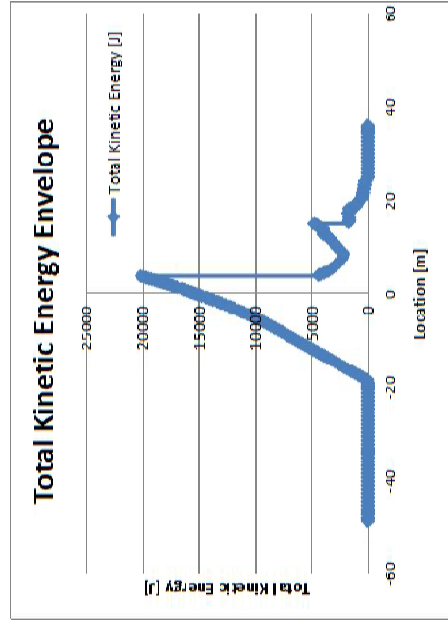


图 3 落石弹跳距坡面或地面的高度

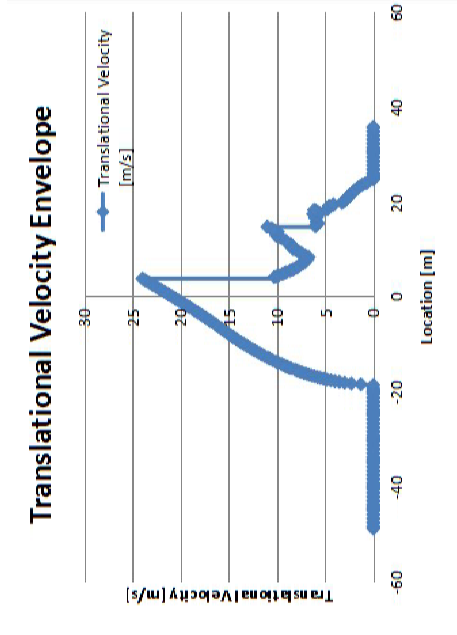
落石由 H2 边坡顶部坡掉落，与地方道路路面碰撞并发生弹跳，并在距离坡脚 X=9.3m 时弹跳最高 y=4.342m。在 X=8.5m 预设挡墙处，弹跳高度 H=4.268m。

(4) 动能



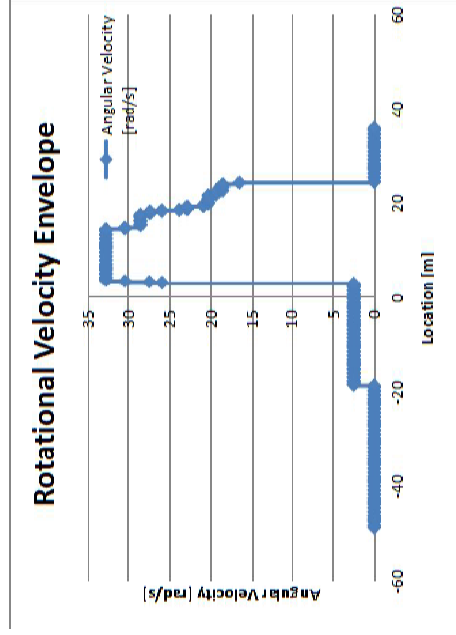
在 x=8.5 预设挡墙处，运动能量 M=2140.8J。

(5) 水平速度



在预设挡墙处 $x=8.5\text{m}$ 处，速度 $v=6.875\text{m/s}$ 。

(6) 自转速度



在预设挡墙处 $x=8.5\text{m}$ 处，自转角速度 $w=32.654\text{rad/s}$ 。

综上所述，落石从坡体上坠落之后，落到地方道路路面，与之发生碰撞，耗散大部分能量，剩下的能量使落石发生弹跳后再次坠落。若无防护措施，落石最终位置分布在距离坡脚 10~30m 范围内，特别是 15~22m 掉落的概率最大，高速公路边界距坡脚的距离为 10m，由此可以判定，落石最终落在高速公路上的概率极大。

3.6 危岩带落石致灾情况

根据调查，该处危岩带时常有石块掉落，特别是 2019 年 6 月 12 日 9:30 左右，该处危岩体发生崩塌落石，落石坠入高速公路内，造成渝 HE6691 牌号的小型客车车辆受损的交通事故，所幸无人员伤亡。

经现场实地核查，发现该段红线外边坡陡崖目前仍分布有大量危岩体，一旦坠落，将会极大地威胁到高速公路运营安全。

4 危岩形成原因

4.1 内部因素

主要指地形地貌、岩土类型、地质构造这三个方面，是危岩形成的基本因素。

(1) 地形地貌

主要是山体的坡度和山坡的表面构造，陡崖带坡体陡立，自然坡度多为 $60\sim 80^\circ$ ，多呈凸出山咀和凹陷岩腔状，坡体高约 50m，风化强烈，为危岩体的崩落提供了良好的地形条件。

(2) 岩土类型

岩土体是产生危岩体崩落的物质条件。该段陡崖带边坡主要发育有上部砂岩和下覆泥岩。砂岩岩质较硬，泥岩岩质软，岩质软硬不同，风化速度和深度也各不相同，泥岩的风化速度和深度要大于砂岩的风化速度。由于风化的差异，造成地形上凹腔的产生，易产生坠落形式的块石崩落。

(3) 地质构造

地质构造作用造成了岩土体结构面的发育，为块石崩落母体提供了良好的边界条件。陡崖坡体发育的裂隙、节理等结构面，以及良好的临空面，为块石崩落提供了有利条件。

4.2 外部因素

外部因素主要是指地震、气象、人类活动等地质环境因素，是危岩体掉落的重要诱发因素。

(1) 地震

地震基本烈度为 VI 度，据悉，历史上重庆地区地震活动频繁。地震作用造成岩体松动、折断，裂隙加大，形成危岩体。

(2) 气象

该段边坡由于地形高差大、坡度陡，陡崖裂隙发育，降雨极易造成岩体的快速充分而降

低岩土体的稳定性。重庆地区每年七八月份多雨，这是造成区内降雨型危岩带落石高发期的重要原因。

5 落石防护工程技术方案

5.1 等级划分

根据《地质灾害防治工程勘查规范》(DB50/143-2003)规定,由于危岩体位于高速公路红线外边坡上,直接威胁高速公路和地方道路上行人的生命和财产安全,虽然危岩体体量较大,危岩破碎带范围较广,但危岩体的崩落不具备同时性,所以造成损失较小,确定红线外陡崖危岩带防治工程等级为二级。

5.2 治理设计原则

设计严格贯彻“以人为本,预防为主,合理避让,重点治理”的指导思想,防护工程以安全适用、经济合理、技术可行、施工方便、绿色环保为总的原则,具体地讲:

- ①根据石忠高速红线外陡崖危岩带的危害对象与损失大小,确定防护工程的等级为二级。防护工程尽可能安全可靠,确保高速公路的运营安全;
- ②尽可能不破环项目区固有的自然环境平衡,尽量减少对坡体的扰动;
- ③治理方案要力保防护工程与项目区生态和人居环境的协调;
- ④防护工程设计要针对各危岩体的特点,因地制宜,遵循各类工程配合使用、综合整治的原则,并尽可能缩短施工周期,以便防护工程尽早发挥功效;
- ⑤防护工程应充分分析和考虑危岩体自重、地下水产生的动、静水压力和地震力等因素及其组合;

在治理方案设计中贯彻绿色环保的理念,在工程造价相当的前提下,优先选用更有利于环境的防治措施,尽量避免破坏生态环境。

5.3 防护工程措施论证

危岩防护工程设计包括以下内容:危岩的清理、危岩凹陷腔嵌补、危岩导向及拦截等。

(1) 清理危岩

清除危岩是消除危岩危害最根本、最彻底的方法之一,具体到各危岩体,从危岩体方量大小和清除难易程度确定能否清除。人工清运弃渣后不会产生次生灾害,有利保护下方的植被,此外,采用自上而下的施工顺序,随施工进行可有效提高危岩体的安全度。

(2) 主动防护

1) 嵌补

因危岩体下部存在岩腔,下部悬空是造成危岩形成的主要因素,采取适当的嵌补可消除危岩体的危害,对环境影响小,但工作面小,施工进度缓慢。

2) 锚固工程

采用锚杆对各危岩体进行锚固,然后采用主动防护网。优点是弃渣很少,对环境的影响很小,且不产生次生灾害;缺点是对于单体危岩工作面很小,不能多台机械同时施工,施工进度缓慢。

3) 主动防护网

主动防护网是以钢丝绳网为主的各类柔性网覆盖包裹在所需防护斜坡或岩石上,以限制坡面岩石土体的风化剥落或破坏以及危岩崩塌(加固作用),或将落石控制于一定范围内运动(围护作用)。

4) 帘式网

帘式网是采用锚杆、支撑绳、纵横向拉绳等构件将柔性金属网自然覆盖在具有潜在地质灾害的坡面上,或顶部结合钢柱、拉锚绳、支撑绳等固定方式将柔性金属网以一定的角度张开,以控制落石运动范围和轨迹,引导落石滑落或滚落到预设地点的一种柔性防护系统。适用于山体较高、坡面较陡、落石频发、坡面堆积层较厚或表面风化严重、植被较好、环保要求高、落石清理困难等特点的边坡防护效果极好。

(3) 被动防护

1) 拦石墙

受地形条件的限制,主动防护体系往往难以实施,防治危岩的被动体系可起到事半功倍的效果。拦石墙是被动防护技术之一,通常布设于在陡崖和陡坡脚适当部位,用来阻挡危岩体、坡面滚石,防止对其下部建筑物及人员造成伤害。其后部布设一定厚度的缓冲层,用来承受落石的冲击作用,并向拦石墙墙身传递和扩散,避免拦石墙墙身直接受落石冲击。墙后设置落石槽起到增加有效拦截高度、减缓冲击和拦蓄落石的作用。

2) 被动防护网

被动防护是由钢丝绳网、环形网、(需拦截小块落石时附加一层铁丝格栅)、固定系统(锚杆、拉锚绳、基座和支撑绳)减压环和钢柱四个主要部分构成。钢柱和钢丝绳网连接组合构成一个整体,对所防护的区域形成面防护,从而阻止崩塌岩石土体的下坠,起到边坡防护作用。适用于建筑设施旁有缓冲地带的高山峻岭,把岩崩拦截在建筑设施之外,避开灾害

对建筑设施的破坏。

(4) 综合治理

由于危岩体威胁范围广，应当根据不同危岩体的具体实际，因地制宜，对症下药，采取适合的防治手段。

5.4 落石防护方案

由于该项目主动防护措施征地和施工组织极为困难，难以实施，因此根据该红线外陡崖危岩体的地形、地貌、地层岩性、危岩发育特征及危岩体与路线的关系，本次提出在地方道路和高速公路中间设置被动防护网对落石进行拦截。

根据危岩落石计算软件计算的结果，危岩体在边坡坡顶掉落，与地方道路路面碰撞并发生弹跳，在预设被动防护网处，弹跳高度 $H=4.268\text{m}$ ，冲击运动能量 $M=2140.8\text{J}$ 。本次设计在对 G50 高速公路危害较大的 K1535+980-K1536+200 段、K1536+270-K1536+370 段和地方道路之间的隔离带设置双层 RXI-1500 被动防护网，被动防护网露出地面高度为 6.0m，长 320m，H 型钢柱总高 7.5m，埋深 1.5m，钢柱基础采用 C20 钢筋混凝土现浇砌筑，基础沿公路走向方向长 1.5m，宽 1.2m，高 1.7m，在每两个钢柱之间设置斜拉锚绳，锚绳上部先在钢柱顶部 1.5m 高度的位置将两根钢柱缠绕两圈之后系牢固，下部与地锚的钢丝绳锚杆连接，地锚采用在长 0.60m，宽 0.60m，深 2.60m 现浇的 C20 混凝土基础中设置一根钢丝绳锚杆，钢丝绳锚杆长 2.50m。

主要工程数量：C20 混凝土 303.2m³，钢筋 HPB (300) 21.780t，HRB (400) 9.240t，H 型钢柱 132 根 49.995t，R12/3/300 环形网 3840m²。

5.5 工程造价

本项目建筑安装工程费为 183.5662 万元，总造价金额为 218.4413 万元。

6 施工组织计划

6.1 施工组织

由于落石防护工程，位于高速公路和地方道路之间，施工空间狭小，施工难度较大。为了保证施工过程中的安全，防止意外事故发生，施工单位应根据工程规模，做出详尽的施工组织计划，投入必要的工程设备和技术、施工人员，以满足施工安全、工程质量和工期要求。

6.2 施工条件

(1) 道路交通条件

施工场地位于 G50 高速公路上，且位于地方道路旁边，交通运输条件良好。

(2) 施工及生活用水

当地雨水充沛，水资源丰富，水质优良，对钢筋砼有弱腐蚀性，施工用水和生活用水可就地取用。

(3) 施工用电

施工用电设备主要为卷扬机、搅拌机、电焊等，用电功率较小，未施工方便，可自备发电机自行解决。

(4) 临时占地

临时占用部分高速公路路面，需进行交通管制，开放最内侧行车道供车流行驶，其他车道暂时关闭。

6.3 建筑材料供应和运输条件

本项目采用的主要建筑材料拦石网、H 型钢及普通钢材，需要向符合国家质量标准的厂家购买，从重庆市购置，运距 250km，均以汽车沿高速公路运至工地。
混凝土需要从石柱县购买商混。

其它零星材料可由当地建材市场采购。

6.4 施工方法及施工工序

防护工程主要包含的工程为：被动防护网。

(1) 按设计要求并结合现场实际地形进行测量定位。柱间距标准值为 5m。必要时，在保持系统走向总长度和各分段长度不变的前提下，可以适当进行调整。

(2) 钢柱基础开挖和浇筑。

①H 型钢柱埋入基础内长度 1.5m，H 型钢柱基础采用 C20 钢筋混凝土现浇砌筑，砌筑时，先浇筑 20cm 厚基底，然后将钢筋笼和 H 型钢柱按设计要求放置好；将两根钢柱采用钢丝绳扎成一体，钢丝绳两端采用绳卡进行固定，钢丝绳分布间距约 1.5m，并对钢柱进行临时支撑，以保证钢柱不会倾倒；

②因钢柱基础紧贴高速公路的防撞墙和临近地方道路，因此在基坑开挖过程中必须做好对坑壁（特别是隔离带两侧）的临时支护，避免高速公路的防撞墙或地方道路路基在基坑开挖过程中遭到破坏。

③各拉锚钢丝绳锚杆基础为 C20 混凝土，钢丝绳锚杆在混凝土中预埋，钢丝绳锚杆是由 18mm

钢绞线对折后在折叠处加一个鸡心环用 U 型扣固定。

④ 钢柱及拉锚基础采用人工开挖，禁止爆破作业。基坑开挖过程中必须做好对坑壁（特别是隔离带两侧的）的临时支护，避免高速公路或地方道路路基在基坑开挖过程中遭到破坏。

⑤ 当基础位置处土层或软质岩石地层厚度小于（钢筋）混凝土基础深度时，土层或软质岩石地层部分的地基采用 C20(钢筋)混凝土，其下部直接钻凿锚杆孔，形成复合基础，钢柱基础的锚杆设置于《钢柱基础图(顶面)》中的 B 位置，锚杆孔直径 80mm，孔内灌注 M30 水泥砂浆，对中插入直径 28mm 的钢筋，钢柱基础的锚杆总长度不小于 3.5m，并保证基础连接部分不小于 0.9m，拉锚基础的钢绳锚杆总长度不小于 2.5m，待砂浆强度达到 70%后，再施工（钢筋）混凝土基础，钢柱基础的锚杆外露部分与基础钢筋进行连接。

⑥ 混凝土浇筑完成后，应按有关规定进行养护，混凝土浇筑应密实、平整，无蜂窝麻面，不漏筋、无缺损、强度符合设计要求。

⑦ 基础混凝土达到设计强度的 75%以上时，方可进行后续施工。

(3) 拉锚基础浇筑

① 钢丝绳锚杆的位置由其与相邻基座间的水平距离确定，该距离标准值取决于系统高度，必要时允许有 10%的调整量。

② 按设计开挖基坑，基坑内预埋锚杆并浇筑标号不低于 C20 的基础砼(亦可在浇筑基础砼后钻孔安装锚杆)，在进行张拉、紧固等工序前，混凝土养护不得少于三天。

(4) 拉锚绳安装

① 将上拉锚绳的挂环挂于距钢柱顶端 1.5m 的位置上，然后将拉锚绳的另一端与对应的上拉锚杆环套连接并用绳卡暂时固定；

② 之后即可用绳卡将拉锚绳与钢丝绳锚杆固定连接（本设计中拉锚绳和支撑绳的紧固绳卡数量均为 4 个，绳卡间距宜为钢丝绳直径的 6~7 倍，其 U 形螺栓应位于尾绳段一侧）。

(5) 上支撑绳安装

① 将第一根上支撑绳的挂环端暂时固定于端柱（分段安装时为每一段的起始钢柱）的底部，然后沿平行于系统走向的方向上调直支撑绳并放置于基座的下侧，将减压环调节就位；

② 将该支撑绳的挂环挂于端柱的柱顶挂座上（对于单支撑绳系统的端部第一根支撑绳，挂环应挂于端柱基座的挂座上，然后顺钢柱绕柱顶挂座）；

③ 在后续钢柱处，将支撑绳置于挂座内侧，直到本段最后一根钢柱并向下绕至该钢柱基座的挂座上，再用绳卡暂时固定；

④ 再次调整减压环位置，当确认减压环全部正确就位后张紧支撑绳并用绳卡紧固；

⑤ 从第一根支撑绳的最后一根钢柱向第一根钢柱的方向按相同方法反向安装第二根支撑绳；

⑥ 在距减压环约 40cm 处用一个绳卡将两根上支撑绳相互并结（一般为标准紧固力矩的 30%）。

(6) 下支撑绳安装

该工序在环形网挂到上支撑绳后进行。其方法与上支撑绳类似，但支撑绳均宜直接从网块的底排网孔穿过，对于带减压环的支撑绳，待支撑绳到达减压环的正确位置时套入减压环，但并结绳卡与相邻钢柱间的带减压环支撑绳段亦不得穿入网孔内。

(7) 环形网的安装

① 环形网的起吊就位方法宜根据现场施工场地、机具（起吊滑轮组、钢丝绳、粗麻绳、葫芦、梯子等）、人力条件以及经验和习惯而定。一般宜采用以下方法：

(a) 用一根起吊绳（钢丝绳或专门准备的粗麻绳）穿过环形网上沿第二排网孔，一端固定在临近钢柱的顶端，另一端穿过悬挂固定于上支撑绳上的起吊滑轮组或临近钢柱的柱顶挂座并使尾绳端垂落到地面附近；

(b) 拉动起吊绳尾端，直到环形网上沿上支撑绳水平为止，再用绳卡将网与上支撑绳暂时进行松动连接，此后起吊绳可以松开抽出；同时宜用一根绳子穿过网的底排网孔并固定到基座上使网片底沿靠近钢柱，以便下支撑绳的安装，待下支撑绳安装好后即可抽出该绳；

(c) 重复上述步骤直到全部网片暂时挂到上支撑绳上为止，并侧向移动网块使其位于正确位置；此后即可进行下支撑绳安装（工序 6）；

② 缝合连接

(a) 将按单张网缝合边总长约 1.3 倍截短的缝合绳在其中点上做上标志；

(b) 从系统的一端开始，先将缝合绳中点固定在每一张网的上沿中点处支撑绳上。从中点开始各用一半缝合绳向两侧逐步将网与两根支撑绳（单支撑绳时为一根）缠绕在一起；对于朝向钢柱一侧的绳段，直到用绳卡将两根支撑绳并结在一起的地方之后，用缝合绳将网与不带减压环的一根支撑绳缠绕在一起，当到达柱顶挂座时，将缝合绳从挂座的前侧穿过(不能缠绕到挂座上)，转向下继续将网与支撑绳（上支撑绳的与钢柱平行的单绳段）缝合，直到网片侧边最后一个网孔处将绳端回转过并用两个绳卡紧固；对于朝向相邻网片一侧的绳段，当到达相邻网片时，将缝合绳转向下与相邻网片边缝合，直到网片侧边最后一个网孔处将绳

端回合并后用 3 个绳卡紧固（必须注意的是缝合绳在任何位置处均不得与钢柱和基座直接连接）。

(c) 当支撑绳分段设置而使一段拦石网的部分中部钢柱有与其平行的单支撑绳段时，由于钢柱间距的非完全均匀布置，环形网边缘可能不在钢柱处，此时在缝合完毕后宜用绳卡先在该绳段顶端处将支撑绳固定定位，然后松开该绳段尾端原固定绳卡，将该绳段顺钢柱交叉穿过网孔至基座挂座，再用绳卡重新将其固定，此后即可拆下柱顶定位绳卡。

③网片底排网孔由于采用了下支撑绳直接穿过方式，其间不再需要进行缝合连接。

(8) 格栅安装

(1) 格栅铺挂在环形网的内侧，应叠盖环形网边缘并折到网的外侧约 15cm，用扎丝固定到网上；

(2) 格栅底部应沿斜坡向上敷设 0.5m 左右，并为使下支撑绳与地面间不留缝隙，宜用一些石块将格栅底部压住；

(3) 每张格栅间叠盖约 10cm；

(4) 用扎丝将格栅固定到网上，每平方米固定约 4 处。

6.5 现场施工管理

由于本项目的特殊性，建议充分做好现场施工管理工作。施工单位应按相关要求，编制防护工程施工组织设计，报监理工程师批准后执行。施工单位应从以下几个方面加强管理，保证项目的顺利实施。

(1) 证照齐全：

焊工、电工等特殊作业人员必须持证上岗，业主方应要求“持证”施工。

(2) 控制工程质量：

施工中应严格执行相关规范，每一道工序，每一个环节都要严格把关，精心操作。施工现场要狠抓全面质量管理，成立 QC 小组，发现质量问题，及时进行 PDCA 循环。

(3) 抓好安全生产：

严格执行重庆市建委[2001]26 号文及渝建安发[2001]13 号文件精神，严格执行安全操作规程及相关技术规范。施工用电应由专业电工按规范架设，切忌乱拉乱接。现场施工人员应戴好安全帽，穿好防护用品，机械设备安装应周正、水平、稳固，H 型钢柱安装过程中，必须保证其垂直、稳固，严防倾倒，发现安全隐患，及时整改。

由于是涉路施工，施工过程中，因公路交通量大，过境车辆来往频繁，交通安全问题不

容忽视因此，本项目需加强对施工人员的安全教育，强化安全意识。按规范及相关规定要求，做好现场施工质量管理，按照国家有关规定，做好交通安全和安全防护工作。当发现涉及人身安全异常情况时，应及时采取必要的防护与保护措施，确保施工人员的生命安全，防止因施工造成的交通事故。

(4) 搞好文明施工

施工现场的临时设施、机械设备、管线等应合理布置，整洁有序。应特别重视施工用水的排放，避免污染环境。

(5) 控制施工进度

施工方案中应编制网络图，抓住关键线路，在保证质量的前提下，压缩工期。现场应排好工序，理顺各工序之间衔接关系，合理调配资源，尽量安排平行作业，确保项目进度按计划完成。

监理单位应按相关规定做好质量、进度等项监理工作的同时，应督促、检查施工单位的安全防范工作。并对投资进行有效控制。

质量监督的重点是：钢柱基础的钢筋布设计符合要求，钢丝绳锚杆的有效长度足够，各构造物标高严格按设计控制，混凝土及砂浆应有试配并严格按试配配合比控制。所有原材料必须有质保书，并经复检后投入使用。

6.6 交通保障措施

施工场地主要设置在石忠高速公路，为保持高速公路和地方道路上车辆正常通行，需采取保障措施，应该做好施工安全措施。

(1) 施工前先与当地交警、交通执法大队、道路运管保护及安全检查办等部门取得联系，并积极与其合作协调营造良好的作业环境和通行环境；并在开工前提前通知业主及当地政府和交警部门，以便及时向社会各界告知施工信息。

(2) 因施工场地主要设置在石忠高速公路上，该高速公路车流量很大，本次拟采用利用高速公路快车道进行保通，慢车道至路基外边缘进行封闭施工的方法。因此，施工区域附近需做车辆并道处理。

(3) 施工期间，由于道路封闭，两车道变一车道，不可避免会影响路面通行能力，因此必须加强施工期间路面通行管理、统筹协调，确保公路畅通。为保障施工安全，必须规划好安全施工控制区域。本次施工作业区域，主要在慢车道和应急车道内，快车道和慢车道间必须采取硬性防撞措施进行渠化。

- (4) 施工现场, 夜间必须设置照明设备, 以确保行车安全。
- (5) 施工所用的工程材料、施工机械、设备, 严禁随意堆放。
- (6) 按照规范设置施工标志牌、道路封闭标牌、限速标志、交通安全锥等。
- (7) 加强对施工人员进行进场前的保通知识教育, 使施工人员充分认识道路畅通对工程顺利施工的至关重要性, 达到人人重视保通工程, 人人关心保通工程。
- (8) 为保证施工过程中的人员安全, 防止意外事故发生, 施工单位应设临时防护网一道。
- (9) 施工过程中, 严禁施工机械及人员越过防护网以外作业。

如果施工过程中需要占用地方道路, 还需要根据相关规范要求对地方道路进行保通。

7 环境影响评价

7.1 施工对环境影响评价

7.1.1 建设项目概况

该建设项目为高速公路红线外陡崖危岩带落石预防性养护工程, 以保护其下方石忠高速公路上行机动车辆的安全不受影响。虽然危岩体体积较大, 危岩破碎带范围较广, 但危岩体的崩落不具备同时性, 所以造成损失较小, 确定红线外陡崖危岩带防治工程等级为二级。

7.1.2 建设项目周围环境现状

G50 沪渝高速公路陡崖带位于高速公路正上方红线外, 现部分危岩体存在严重安全隐患, 危及其下方石忠高速公路和地方道路上行人的生命和财产安全。

7.1.3 建设项目对环境可能造成影响及评价

该建设项目施工时对周边环境存在一定的影响, 施工后对周边环境的影响较小, 在施工过程中加强对大气、污水、废料、废料的保护措施可以将其对环境的影响降至很小的程度。

7.2 环境保护设计

7.2.1 固体废弃物的处理

本工程在施工过程中, 会产生大量的固体废弃物, 包括建筑渣土、生活垃圾、废弃散装建筑材料、废弃的包装材料、粪便等。固体废弃物对环境的危害主要表现在侵占土地、污染土壤、污染水源、污染大气、影响环境卫生, 因此在施工过程中采取以下措施进行处理。

- (1) 回收利用。对建筑渣土可视情况加以利用; 废钢可按需要用作金属原材料; 废电池等应分散回收, 集中处理。

- (2) 减量化处理。对固体废物进行分选、破碎、压实浓缩、脱水后减少其最终处置量, 减低成本, 降低对环境的污染。在减量化处理过程中, 也可采用焚烧、热解、堆肥等技术措施。

7.2.2 噪声防治

因施工地段距住宅区较远, 可以不考虑噪音污染, 但施工过程中应尽量减小施工噪声对高速公路和地方道路的上车辆的行车干扰。

7.2.3 大气污染防治

本工程工程量不大, 上场机械设备不多, 且集中施工; 施工弃渣少, 施工中采取切实有效的措施对施工现场的空气污染进行防治。

- (1) 选择低污染的设备, 并安装空气污染控制系统。
- (2) 在运输、存储水泥和粉煤灰等易飞扬物时, 采取覆盖、密封、洒水等措施防治和减少扬尘。
- (3) 车辆进出工地不得超跟运输, 防治沿途撒漏。
- (4) 严禁在现场燃烧任何废弃物及有毒废料 (废机油、废塑料等)。生活营地使用清洁能源, 保证炉灶烟尘符合标准。

7.2.4 水污染防治

施工现场废水和固体废弃物水流入水体包括水泥、各种油类、混凝土外加剂、重金属、酸碱盐、非金属无机毒物等, 是造成水污染的主要来源。

- (1) 施工现场存放油料的地面进行防渗处理, 如采用防渗混凝土地面、铺防油毡等措施。在使用过程中, 要采取防止油料跑、冒、滴、漏等措施, 防止土壤受到污染。
- (2) 施工现场的临时食堂, 污水排放设置有效的隔油池, 定期清理, 防止污染。

7.3 环境管理与环境监测

7.3.1 设置环境保护管理机构

环境保护管理机构应独立于施工单位, 由专人专班进行环境保护的管理, 其基本任务是负责组织、落实、监督施工单位的环境保护工作。

7.3.2 环境保护管理机构的主要职责

- (1) 贯彻执行环境保护法规和标准;
- (2) 根据现场实际情况组织制定和修改环境保护规章制度并监督执行;



- (3) 制定并组织实施环境保护规划和计划；
- (4) 领导和组织环境监测，科学布置监测采样点，要求布置合理，能准确反映污染物排放及附近环境质量情况；
- (5) 检查环境保护设施的运行；
- (6) 推广应用环境保护先进技术和经验；
- (7) 组织开展施工单位的环境保护专业技术培训，提高人员素质水平。

7.3.3 环境监测

- (1) 定期监测建设项目排放的污染物是否符合国家或省、自治区、直辖市所规定的排放标准；
- (2) 分析所排污染物的变化规律，制定污染控制措施提供依据；
- (3) 负责污染事故的监测及报告。

8 问题与建议

- (1) 该段边坡危岩带较高，距离高速公路和地方道路很近，危险性大，危害严重，仅进行被动防护不能完全杜绝危岩落石对高速公路的影响，被动防护网，防护能级有限，易被崩落的石块损坏，后期仍需要加强对该段危岩的巡查。有条件时应对该段红线外陡崖危岩体进行彻底处治。
- (2) 被动防护网施工过程中，由于施工空间不足，需占用部分地方道路和高速公路，施工过程中需要进行保通。
- (3) 沿线地质灾害以危岩为主，施工期间应安排专人巡视监测异常情况，一旦发生危岩崩落迅速疏导人员迅速撤离。

工程数量表

重庆市G50沪渝高速公路石忠路K1535+950~K1536+400段出城侧红线外陡崖危岩带落石预防性养护工程

项目	工程材料		钢筋			H型钢柱			钢绳锚杆		C20混凝土	柔性网		开挖土方	夯填土方
			HPB300	HRB400	HW200×200	总长	重量	根	长度	R12/3/300环形网		m ²			
			t	t	根	m	t								
	21.780	9.240	132	990.0	49.995	68	170.0	202.0	3840						
拉锚墩								63.6							
排水沟修复								37.6						9	7
合计	21.780	9.240	132	990.0	49.995	68	170.0	303.2	3840				9	7	

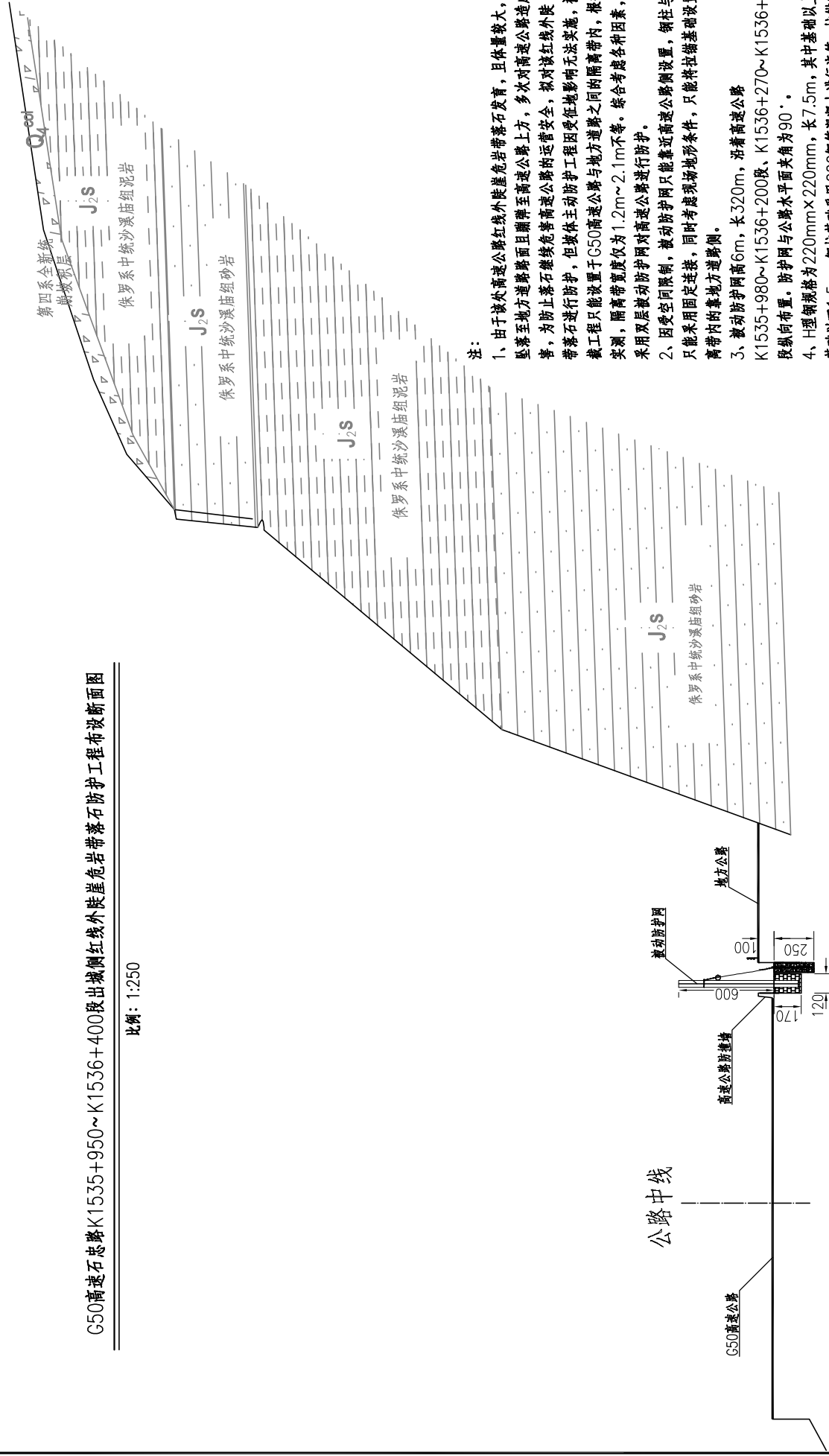
编制：张文成

复核：李琛

审核：武素琴

G50高速石忠路K1535+950~K1536+400段出城侧红线外陡崖危岩带落石防护工程布设断面图

比例: 1:250

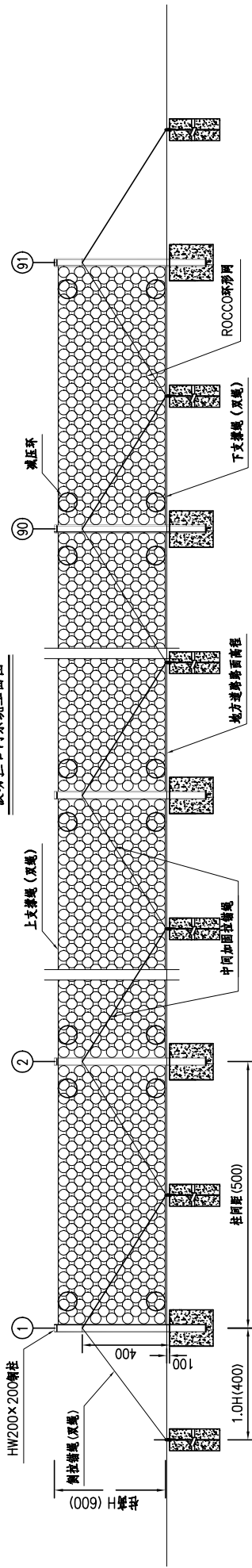


注:

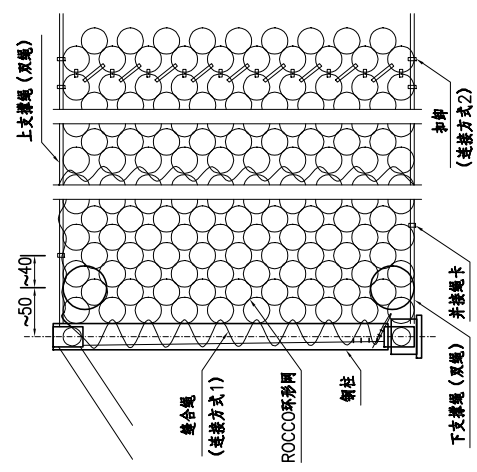
- 1、由于该处高速公路红线外陡崖危岩带落石发育，且体量较大，时常坠落至地方道路路面且蹦弹至高速公路上方，多次对高速公路造成危害，为防止落石继续危害高速公路的运营安全，拟对该红线外陡崖危岩带落石进行防护，但坡体主动防护工程因受征地对地影响无法实施，被动拦截工程只能设置于G50高速公路与地方道路之间的隔离带内，根据现场实测，隔离带宽度仅为1.2m~2.1m不等。综合考虑各种因素，本次采用双层被动防护网对高速公路进行防护。
- 2、因受空间限制，被动防护网只能靠近高速公路网设置，钢柱与基础只能采用固定连接，同时考虑现场地形条件，只能将拉锚基础设置在隔离带内的靠地方道路侧。
- 3、被动防护网高6m，长320m，沿着高速公路K1535+980~K1536+200段、K1536+270~K1536+370段纵向布置。防护网与公路水平夹角为90°。
- 4、H型钢规格为220mm×220mm，长7.5m，其中基础以上6m，基础以下1.5m，钢柱基础采用C20钢筋混凝土进行浇筑，拉锚基础采用C20混凝土进行浇筑。
- 5、基坑开挖过程中必须做好对坑壁（特别是隔离带两侧的）的临时支护，避免高速公路或地方道路路基在基坑开挖过程中遭到破坏。

西安中交公路岩土工程有限责任公司	G50高速石忠路K1535+950~K1536+400段出城侧红线外陡崖危岩带落石预防性养护工程设计	工程布置断面图	设计	张义成	复核	李琛	审核	代森举	图号	S-1	日期	2020.06
------------------	--	---------	----	-----	----	----	----	-----	----	-----	----	---------

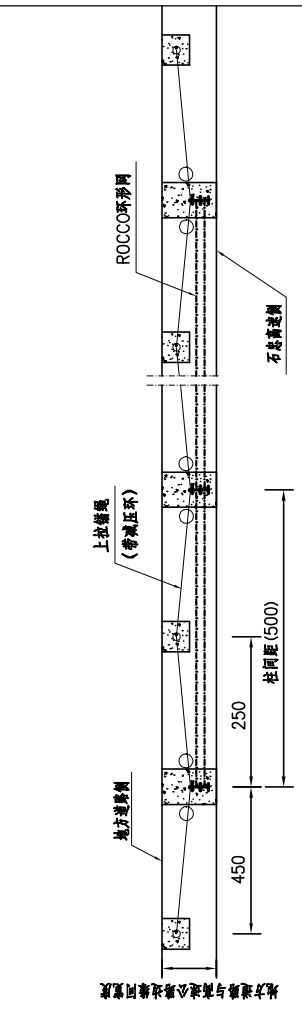
被动拦石网系统立面图



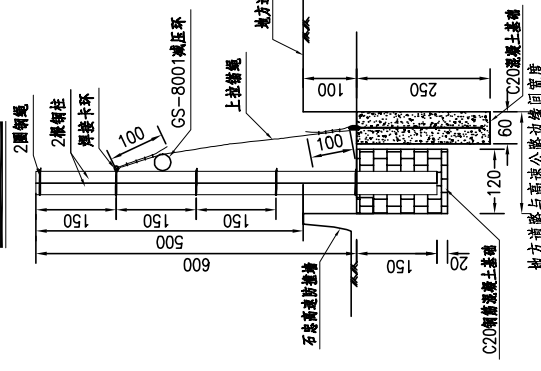
环形网缝合/连接图



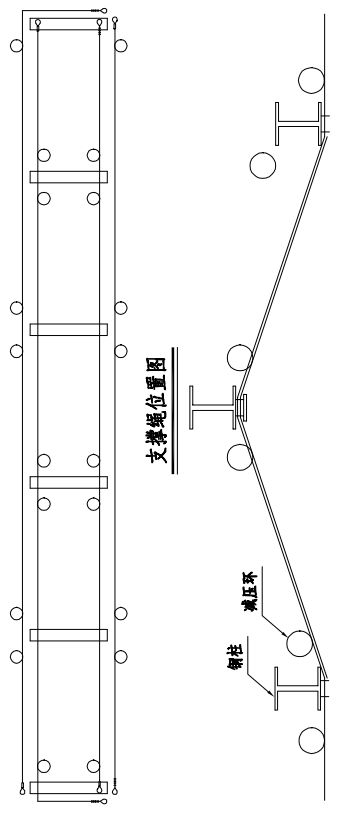
系统平面图



系统横断面图



支索绳与减压环布置图



未注明构件规格表

构件名称	规格	备注
环形网	RXI-1500	
钢柱	R12/3/300	
支索绳	HW200x200	
上拉索绳	φ22	双绳
侧拉索绳	φ18	双绳
中间加固拉索绳	φ18	双绳
下拉索绳	φ18	双绳
缝合绳	φ14	双绳
网间扣	1/2"	连接方式1
网与支索绳间扣	5/8"	连接方式2
		一般不采用

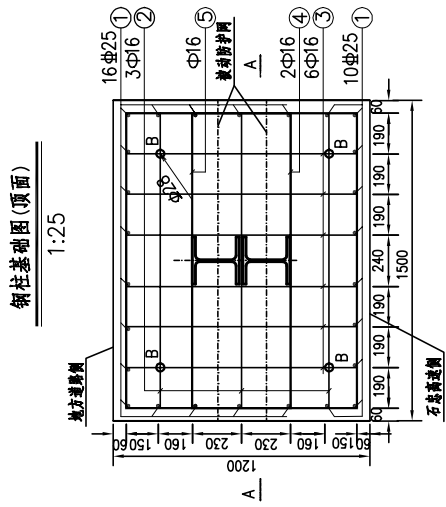
主要施工工序:

- 1、钢杆及基座定位。
- 2、基座及钢杆安装。
- 3、钢柱及拉索绳安装与调试。
- 4、支索绳安装与调试。
- 5、环形网的钢柱与连接 (采用缝合绳连接方式)。
- 6、格栅的铺设。

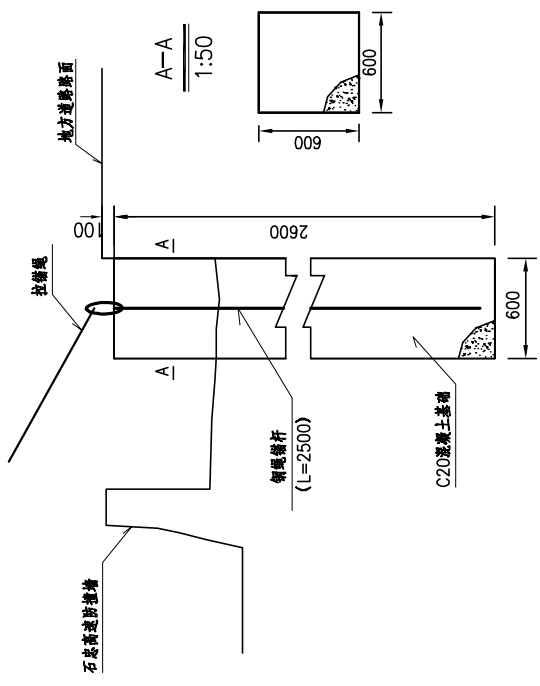
注:

- 1、图中标注尺寸均以厘米为单位。
- 2、本设计图为布置安装标准图, 有关位置尺寸可根据实际情况做适当调整。
- 3、图中标明尺寸适用于高度 H = 6m 的 RXI-1500 其他高度时需相应调整钢柱规格型号以及环形网、拉索绳、支索绳等的尺寸规格, 并按图中计算方式确定拉索绳平面布置位置。
- 4、图中钢柱基础仅在强破碎或土质地基时采用, H型钢柱采用 220mmx220mm 规格, 高 7.5m, 其中埋入地下基础 1.5m, 两根钢柱采用钢绳绑扎成一体, 钢绳间距 1.5m。

被动防护网钢柱基础布置图



拉锚锚墩基础布置图

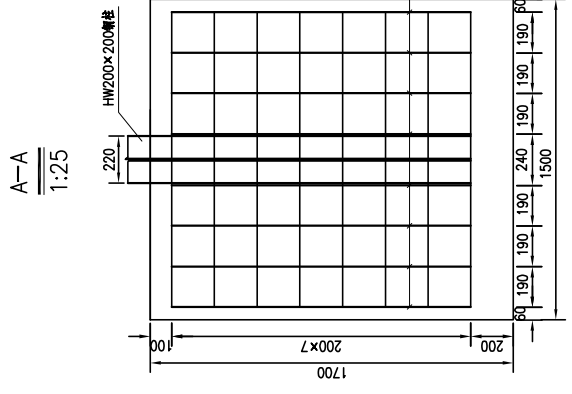


钢柱基础钢筋明细表 (1处)

序号	截面	直径	长度(mm)	根数	总长(m)
①	1400	Φ25	1400	26	36.400
②	1398	Φ16	1598	24	38.352
③	1098	Φ16	1298	48	62.304
④		Φ16	4462	12	53.544
⑤		Φ16	4540	12	54.480

混凝土及钢筋数量汇总表 (1处)

规格	总长(m)	单位重量(kg/m)	重量(kg)	规格	重量(kg)
Φ25	36.400	3.85	140.14	HPB300钢筋:	0.330t
Φ16	208.68	1.58	329.71	HRB400钢筋:	0.140t
				C20混凝土:	3.06m ³



- 注:
- 1、本图尺寸以毫米为单位;
 - 2、本图的基础适用于土层和软质岩石地层;
 - 3、H型钢柱基础埋入地下长度1.5m,采用C20钢筋混凝土浇筑。砌筑时,先浇筑20cm厚基底,然后将钢筋笼和H型钢柱放入;
 - 4、各拉锚钢筋锚杆基础为C20混凝土,钢筋锚杆在混凝土中预埋,锚绳锚杆是通过Φ18钢筋热对折后在折叠处加一个鸡心环用U型扣固定。
 - 5、钢柱及拉锚基础采用人工开挖,禁止爆破作业。基坑开挖过程中必须做好对坑壁(特别是远离带两侧的)的临时支护,避免高速公路或地方道路路基在基坑开挖过程中遭到破坏。
 - 6、当基础位置处土层或软质岩石地层厚度小于(钢筋)混凝土基础深度时,土层或软质岩石地层部分的地基采用C20(钢筋)混凝土,其下部直接钻普通锚杆孔,形成复合基础,钢柱基础的锚杆设置于《钢柱基础图(顶面)》中的B位置,锚杆孔直径80mm,孔内灌注M30水泥砂浆,对中插入直径28mm,钢柱基础的锚杆总长度不小于3.5m,保证基础连接部分不小于0.9m,拉锚基础的锚绳锚杆总长度不小于2.5m,待砂浆强度达到70%后,再施工(钢筋)混凝土基础,钢柱基础的锚杆外露部分与基础钢筋进行连接。

RX型被动防护系统施工安装方法

1、按设计要求并结合实际地形进行测量定位。柱间距标准值为5m。必要时，在保证系统走向是立波和各分段长度不受的前提下，可以适当进行调整。

2、立柱基础浇筑。

(1) H型钢立柱基础采用C20钢筋混凝土浇筑，钢筋绑扎过程中应设计要求放置量好H型钢立柱，将两根立柱采用钢丝绳扎成一体，钢绳两端采用绳卡进行固定，钢绳分布间距约1.5m，并对立柱进行临时支撑，以保证立柱不会倾倒；

(2) 混凝土浇筑完成后，应校核基础定位进行养护，混凝土浇筑应密实、平整，无蜂窝、无缺棱、无缺损、强度符合设计要求。

(3) 基础混凝土达到设计强度的75%以上时，方可进行后续施工。

3、拉锚基础浇筑

(1) 钢丝绳锚杆的位置由其与相邻基座间的水平距离确定，该距离标准值即等于系统高度，必要时允许有10%的测量。

(2) 按设计开挖基坑，基坑内预埋锚杆并浇筑标号不低于C20的基础砼(亦可在浇筑基础砼后补浇锚杆)，在进行张拉、紧固等工序前，混凝土养护不得少于三天。

4、拉锚绳安装

(1) 将上拉锚绳的挂环挂于距立柱顶端1.5m的位置上，然后将拉锚绳的另一端与对应的上拉锚杆环套连接并用绳卡暂时固定；

(2) 之后即可用绳卡将拉锚绳与钢丝绳锚杆牢固连接(本设计中拉锚绳和支撑绳的紧固绳卡数量均为4个，绳卡间距宜为钢丝绳直径的6~7倍，其U型锚栓应位于绳股一侧)。

5、上支撑绳安装

(1) 将第一根上支撑绳的挂环端暂时固定于立柱(分段安装时为每一段的起始立柱)的底部，然后再平行于系统走向的方向向上调直支撑绳并放置于基座的下侧，将减压环调节就位。

(2) 将该支撑绳的挂环挂于立柱的柱顶挂座上(对于单支撑绳系统的端部第一根支撑绳，挂环应挂于立柱基座的挂座上，然后顺立柱绕立柱顶挂座)；

(3) 在后续立柱处，将支撑绳置于挂座内侧，直到该段最后一根立柱并向下装至该立柱基座的挂座上，再用绳卡暂时固定；

(4) 再次调整减压环位置，当确认减压环全部正确就位后系紧支撑绳并用绳卡紧固；

(5) 从第一根支撑绳的最后一根立柱向第一根立柱的方向按相同方法反向安装第二根支撑绳；

(6) 在距减压环约40cm处用一个绳卡将两根上支撑绳相互并结(一般为标准紧固力矩的30%)。

6、下支撑绳安装

该工序在环形网挂到上支撑绳后进行。其方法与上支撑绳类似，但支撑绳均直接从同段的底座网孔穿过。对于带减压环的支撑绳，待支撑绳到达减压环的正确位置时套入减压环，但并结绳卡与相邻立柱间的带减压环支撑绳亦不得穿入网孔内。

7、环形网的安装

(1) 环形网的起吊就位方法宜根据现场施工场地、机具(起吊滑车组、钢丝绳、粗麻绳、葫芦、梯子等)、人力条件以及起吊和吊重而定，一般采用以下方法：

a、用一根起吊绳(钢丝绳或专用准备的粗麻绳)穿过环形网上部第二排网孔，一端固定在临近立柱的顶端，另一端穿过基座固定于上支撑绳上的起吊滑车组或临近立柱的柱顶挂座并使尾端垂落到地面附近；

b、拉动起吊绳尾端，直到环形网上部上升到上支撑绳水平为止，再用绳卡将网与上支撑绳暂时进行滑动连接，此后起吊绳可以离开抽出，同时宜用一根绳子穿过网的底座网孔并固定到基座上使网片底座靠近立柱，将下支撑绳的安装，将下支撑绳安装好后即可抽出该绳；

c、重复上述步骤直到全部网片暂时挂到上支撑绳上为止，并侧向移动网块使其位于正确位置，此后即可进行下支撑绳安装(工序6)；

(2) 缝合连接

a、将按单张网缝合边总长均1.3倍截短的缝合绳在其中点做上标志；

b、从系统的一端开始，先将缝合绳中点固定在每一张网的上沿中点处支撑绳上，从中点开始各用一半缝合绳向两侧逐步将网与两根支撑绳(单支撑绳时为一根)缠绕在一起，对于朝向立柱一侧的绳段，直到用绳卡将两根支撑绳并结在一起的地方之后，用缝合绳将网与不带减压环的一根支撑绳缠绕在一起，当到达柱顶挂座时，将缝合绳从挂座的前侧穿过(不能缠绕到挂座上)，转向下继续将网与支撑绳(上支撑绳的与立柱平行的绳股)缝合，直到网片侧边最后一个网孔处将绳端回转合并后用两个绳卡紧固，对于朝向相邻网片一侧的绳段，当到达相邻网片时，将缝合绳转向下与相邻网片边缝合，直到网片侧边最后一个网孔处将绳端回转合并并用三个绳卡紧固(必须注意的是缝合绳在任何位置处均不得与立柱和基座直接连接)。

c、当支撑绳分段设置而使一段立柱网的部分中部立柱有与其平行的单支撑绳段时，由于立柱间距的非完全均匀布置，环形网边沿可能不刚好在该立柱处，此时在缝合绳并结处先用绳卡先在该绳段立柱顶处将支撑绳固定定位，然后松开该绳段尾端固定绳卡，将该绳段原绳柱交叉穿过网孔至基座挂座，再用绳卡重新将其固定，此后即可拆下柱顶定位绳卡。

(3) 网片底座排网孔由于采用了下支撑绳直接穿过方式，其间不再需要进行缝合连接。

8、格栅安装

(1) 格栅缝挂设在环形网的内侧，应垂直于环形网上缘并折到网的外侧约15cm，用扎丝固定到网上；

(2) 格栅底部应沿斜面向上敷设0.5m左右，并对放下支撑绳与地面间不留缝隙，宜用一些石块将格栅底部压实；

(3) 每张格栅间覆盖约10cm；

(4) 用扎丝将格栅固定到网上，每平方米固定约4处。

西安中交公路岩土工程有限公司	G50高速石忠路K1535+950~K1536+400段出城侧红线外陡崖危岩带落石预防性养护工程设计	被动网施工安装方法	设计	张成	复核	李琛	审核	代森	图号	S-4	日期	2020.06
----------------	--	-----------	----	----	----	----	----	----	----	-----	----	---------