

G50 沪渝高速公路石忠段  
K1536+100~K1536+400 段出城侧红线外危岩防护

# 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

二〇二〇年六月

## 目 录

一、设计说明.....	1	6 施工组织计划.....	11
1. 概述.....	1	6.1 施工组织.....	11
1.1 工程概况.....	1	6.2 施工条件.....	11
1.2 任务由来.....	1	6.3 建筑材料供应和运输条件.....	11
1.3 执行和参照的技术标准、规范.....	1	6.4 现场施工管理.....	11
1.4 质量管理.....	1	6.5 施工交通及施工总布置.....	11
2. 自然及区域地质概况.....	2	6.6 施工方法及施工工序.....	11
2.1 自然地理.....	2	6.7 施工进度计划.....	13
2.2 气象与水文.....	2	7 工程监测设计.....	13
2.3 地形地貌.....	2	7.1 监测工程的目的与任务.....	13
2.4 地层岩性.....	3	7.2 监测设计依据与原则.....	13
2.5 地质构造及地震.....	3	7.3 监测工作现状.....	13
2.6 水文地质.....	3	7.4 监测工作设计方案.....	14
3. 陡崖危岩特征及概况.....	4	8 环境影响评价.....	15
3.1 陡崖所在斜坡稳定性分析.....	4	8.1 施工对环境影响评价.....	15
3.2 陡崖危岩带整体特征.....	4	8.2 环境保护设计.....	15
3.3 典型危岩体特征分析.....	5	8.3 环境管理与环境监测.....	16
3.4 危岩变形破坏模式分析.....	6	9 问题与建议.....	16
3.5 危岩体坠落运动轨迹.....	6	二、工程数量表.....	18
3.6 危岩崩落致灾情况.....	9	三、图纸.....	19-28
4 危岩形成原因.....	9	1、工程布置立面示意图.....	19
4.1 内部因素.....	9	2、工程布置断面图.....	20-22
4.2 外部因素.....	9	3、SNS 被动防护网设计图.....	23-25
5、危岩防护工程技术方案.....	9	4、SNS 主动式柔性网设计图.....	26-27
5.1 等级划分.....	9	5、锚杆锚墩结构图.....	28
5.2 治理设计原则.....	9		
5.3 防护工程措施论证.....	10		
5.4 危岩体处治方案.....	10		



## G50 沪渝高速石忠路 K1536+000~K1536+420 段出城侧红线外危岩防护

# 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 K1536+000~K1536+420 段出城侧红线外危岩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、石忠路的红线外危岩带边坡、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 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危岩进行了现场调查。调查发现，K1536+000~K1536+420 段出城侧红线外危岩危险性高，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) 《岩土工程勘察规范》（GB50021—2001）
- (2) 《地质灾害防护工程设计规范》（DB50/5029—2004）
- (3) 《建筑边坡工程技术规范》（GB50330—2013）
- (4) 《重庆市地质灾害防护工程设计规范》（DB50/5029—2004）
- (5) 《公路养护技术规范》（JTJH10-2009）
- (6) 《公路工程地质勘察规范》（JTG C20—2011）
- (7) 《建筑边坡工程鉴定与加固技术规范》（GB50843-2013）
- (8) 《在役公路边坡工程风险评价技术规程》（T/CECS G:E70-01-2019）
- (9) 《成交通知书》（业主提供）
- (10) 《待检边坡明细表》（业主提供）

#### 1.4 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 K1536+000~K1536+420 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  $27^\circ$ ，地形坡度较陡，整体地形坡度约  $60^\circ$ ，高程 850~950，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  $77^\circ$ 。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  $40^\circ$ ，斜坡正下方为地方道路，省道宽

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 K1536+000~+300 和 K1536+300~+420。

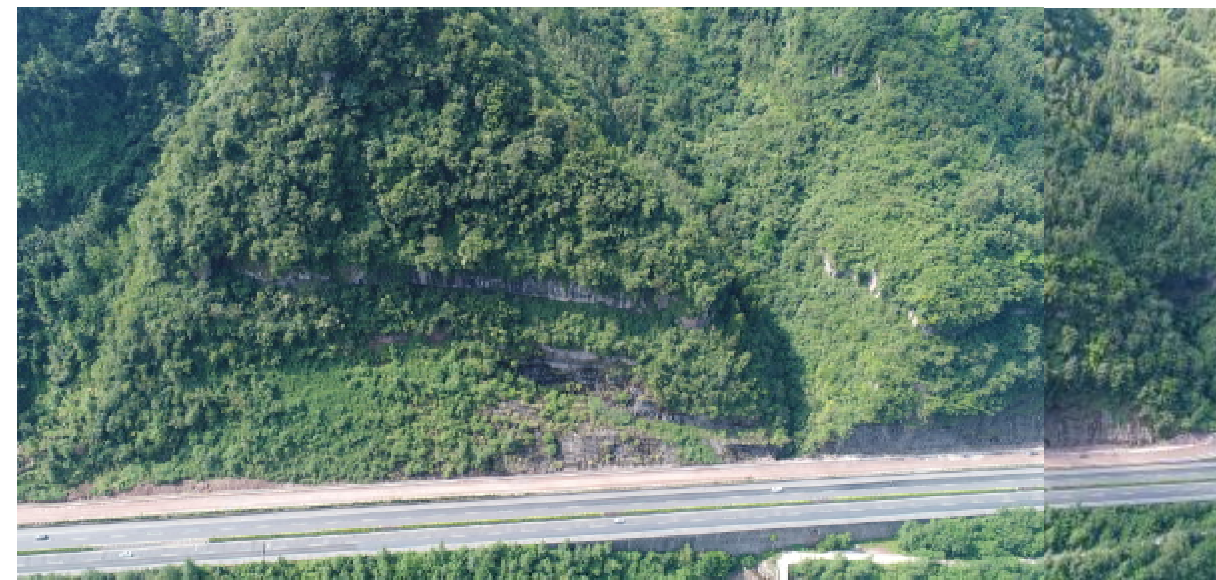


图 2.1 项目地理位置

#### (1) K1536+000~K1536+300 段危岩带

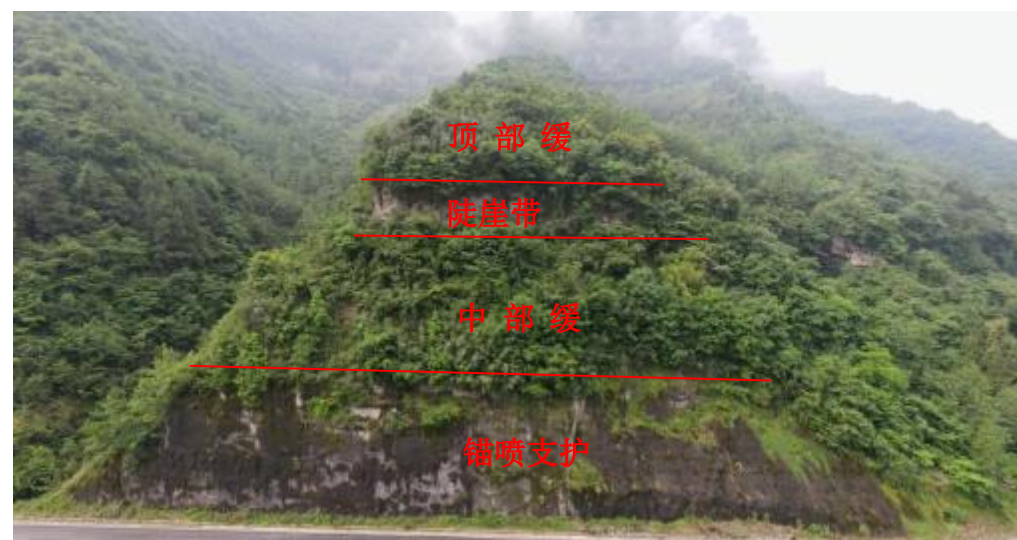
该段陡崖危岩带所在斜坡长约 300m，高约 120m，危岩带所处山体由上至下总体呈缓—陡—缓—陡形状，坡体顶部较缓，植被发育。缓坡下部边缘为陡崖带，陡崖带长约 100m，高 10~25m，坡度  $80\sim 90^\circ$ ，距公路垂直高度约 30~40m。从立面看，陡崖从左到右逐渐变宽。左侧陡崖下部为缓坡，平均坡度约  $40^\circ$ ，一坡到底，坡体植被发育。陡崖右侧向下部延伸变宽，立面形态呈“刀状”，最宽处约 30m。陡崖岩体裸露，岩性为中风化以砂岩，岩层为近水平层理，主要发育有两组裂隙，裂隙间充填碎石及泥土。右侧陡崖下部与路堑边坡中间为缓坡平台，平台从左往右向下倾斜，宽 2~3m，平台上有崩塌积及残坡积块石、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  $50\sim 60^\circ$ ，坡体表面未防护。



照片 2.2 K1536+000~K1536+300 段边坡地形地貌示意图

### (2) K1536+300~K1536+420 段陡崖危岩带

该段陡崖危岩带所在斜坡长约 120m，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。陡崖底座为紫红色泥岩，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°，缓坡上为崩坡积及残坡积块石、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+300~K1536+420 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 ( $Q_4^{el+dl}$ )

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 1.3），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。

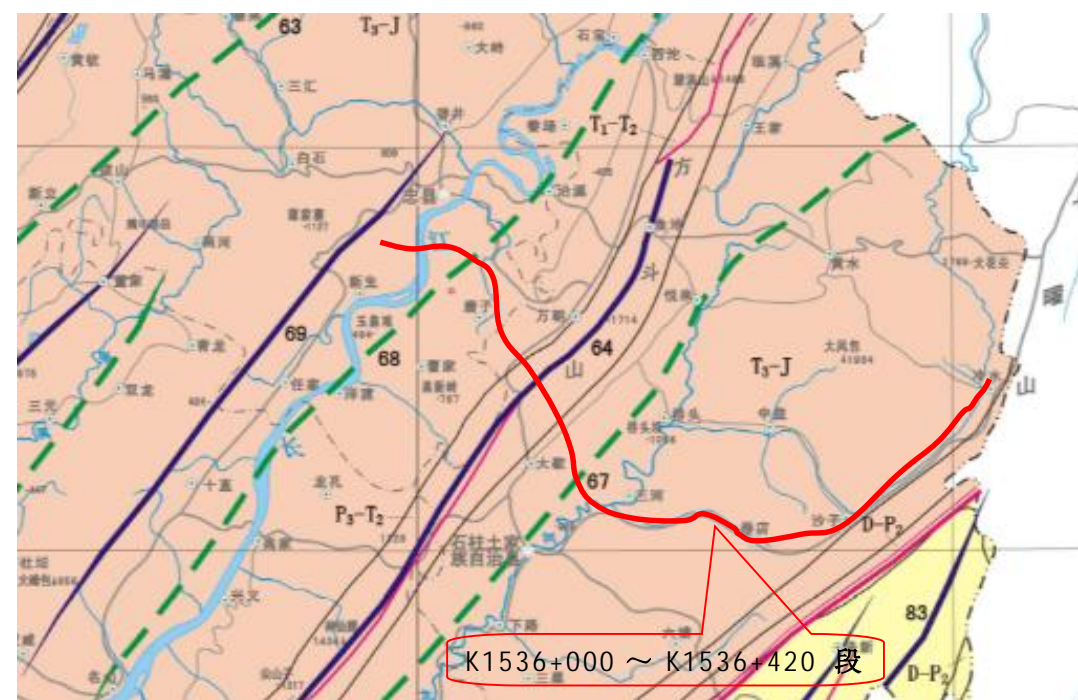


图 2.4 项目区构造纲要图

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 VI 度, 地震动反应谱特征周期为 0.35s。

## 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, 透水性好, 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缝中有地下水出露, 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, 岩质边坡可能发生的破坏模式如下:

- ① 顺层滑动破坏;
- ② 楔形体破坏;
- ③ 坡体表面的掉块、小规模坍塌。

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°

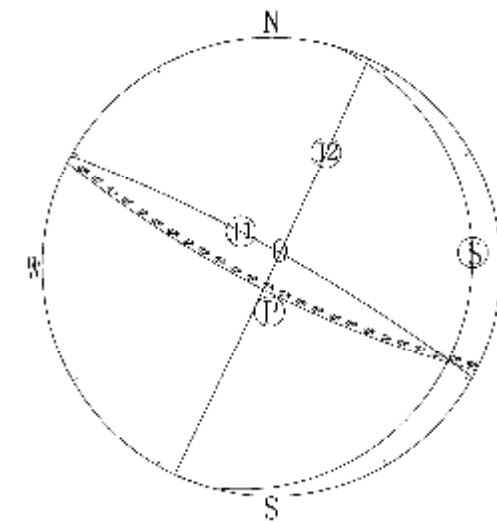


图 3.1 赤平投影图

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: 该斜坡体整体稳定。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 3.0~600m<sup>3</sup>, 危岩单体总方量约 3000 m<sup>3</sup>。





照片 3.1 K1536+000~K1536+300 段坡顶陡崖危岩带



照片 3.2 K1536+300~K1536+420 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 3.0~600m<sup>3</sup> 不等。



照片 3.4 典型危岩照片



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



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 危岩体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，在自重力作用下与

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

平均速度

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





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积堆积体 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 <sub>n</sub>	切向恢复系数 R <sub>t</sub>
堆积体边坡 H <sub>1</sub>	50	0.3	0.8
路堑边坡 H <sub>2</sub>	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

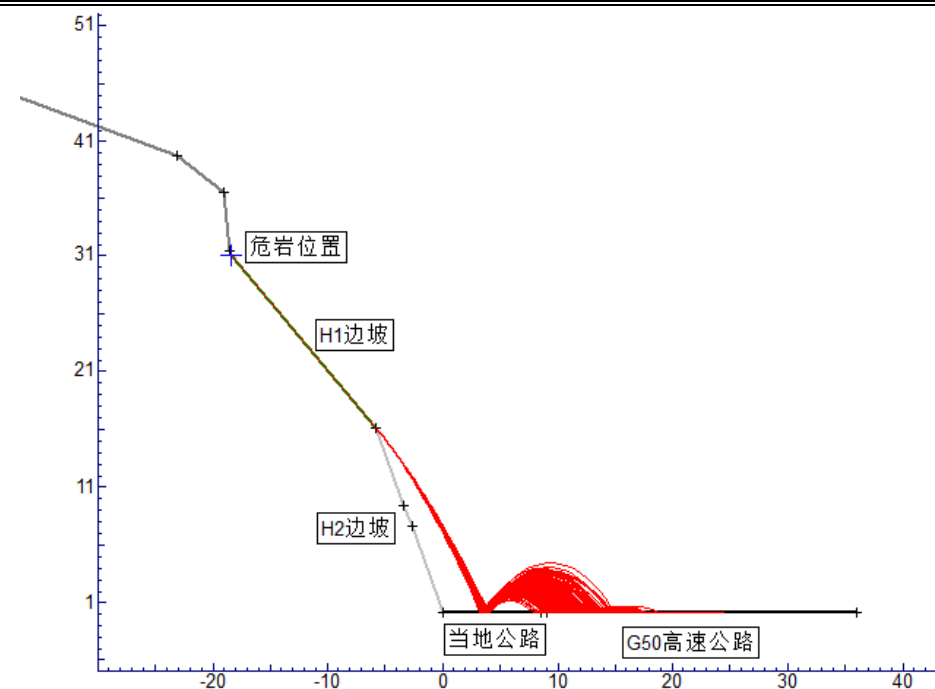


图 1 落石的运动轨迹

由运动轨迹图可看出，落石由危岩带掉落后，先是在崩坡积堆积体边坡 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 坡顶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

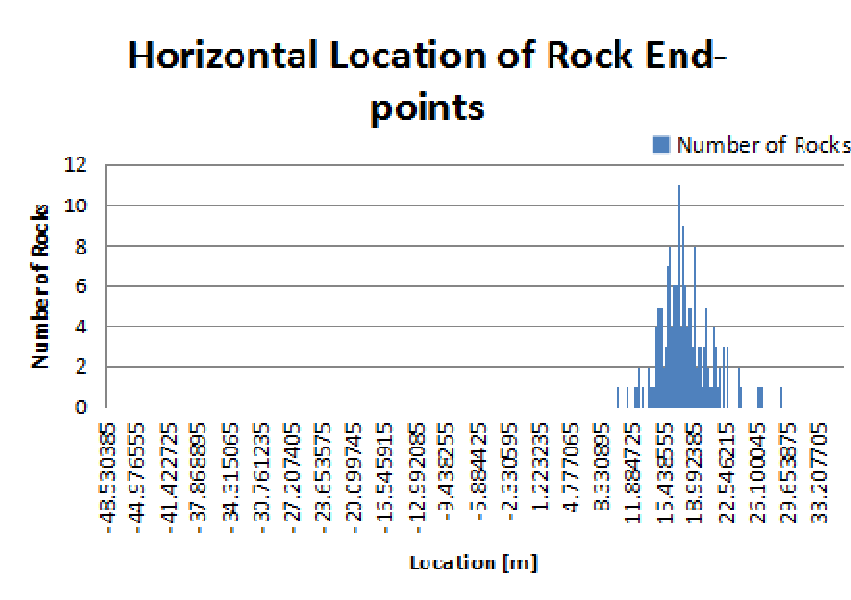


图 2 落石最终掉落点分布范围

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。

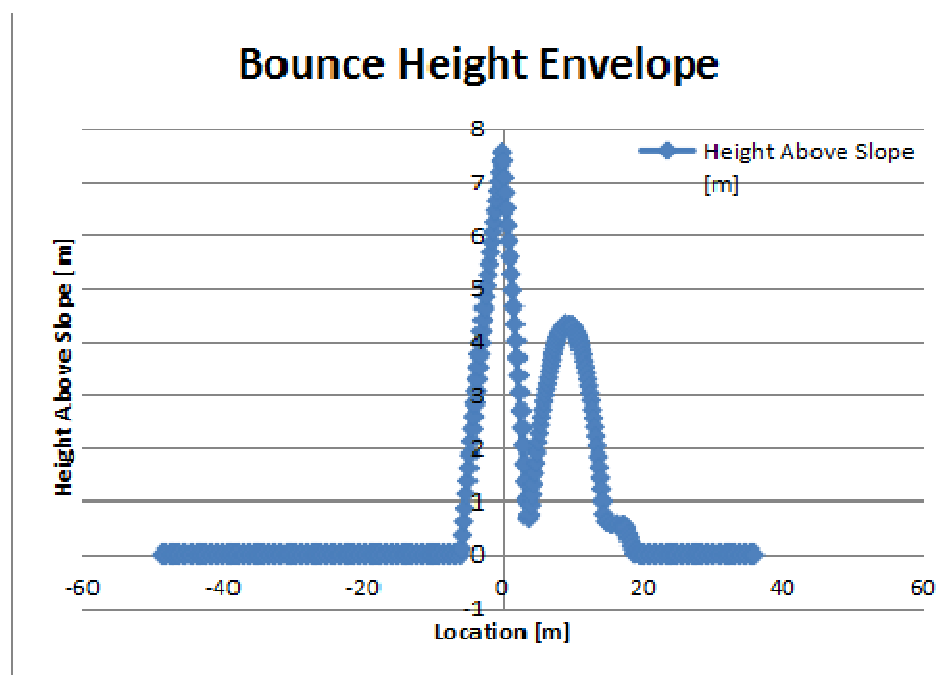
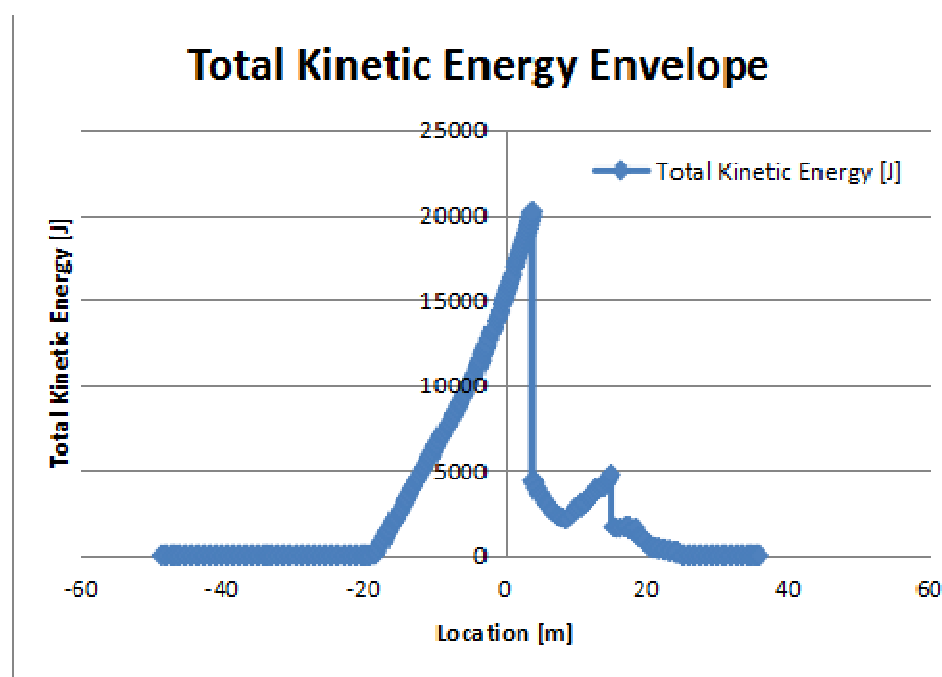


图 3 落石弹跳距坡面或地面的高度

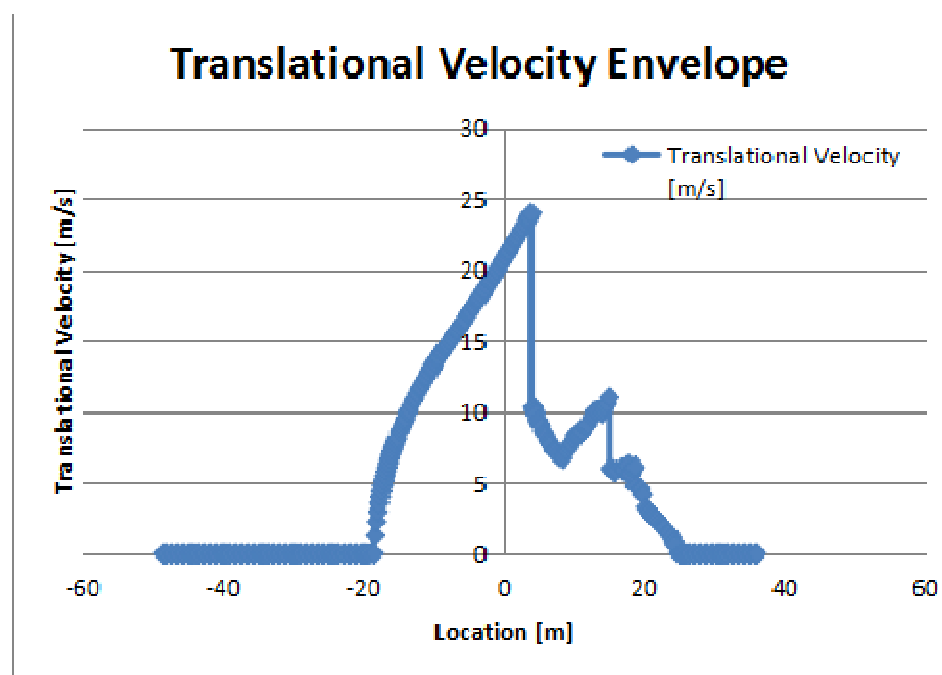
落石由 H2 边坡坡顶坡掉落，与地方道路路面碰撞并发生弹跳，并在距离坡脚  $X=9.3\text{m}$  时弹跳最高  $y=4.342\text{m}$ 。在  $X=8.5\text{m}$  预设挡墙处，弹跳高度  $H=4.268\text{m}$ 。

### (4) 动能



在  $x=8.5$  预设挡墙处，运动能量  $M=2140.8\text{J}$ 。

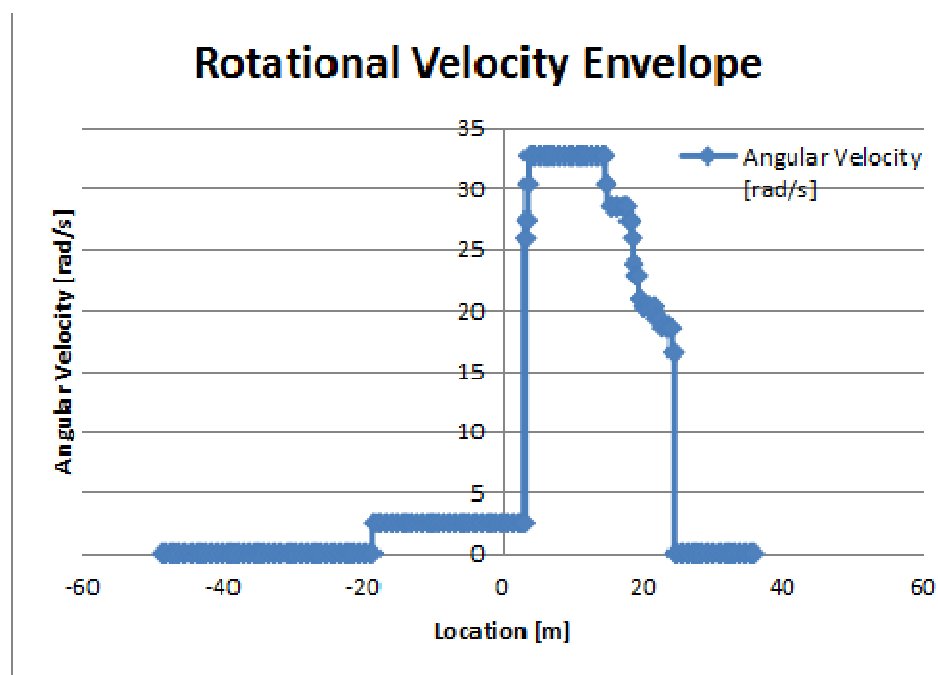
### (5) 水平速度



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，与之发生冲撞，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 危岩崩落致灾情况

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激发因素。

#### (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体崩落高发期的重要原因。

## 5、危岩防护工程技术方案

### 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，确定红线外危岩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危岩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尽可能不破坏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；

⑥建设监测预警系统，合理布设监测网点，建立健全群测群防网络，以求实时跟踪掌握危岩体稳定性状况，在突发性灾害发生的情况下最大程度地减小人员伤亡和灾害损失；

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主要内容：危岩的清理、危岩凹腔嵌补、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，施工速度缓慢。

##### 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；缺点是由于单体危岩工作面很小，不能多台机械同时施工，施工速度缓慢。

##### 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，以控制落实运动范围和轨迹，引导落实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毁坏。

#### （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 危岩体处治方案

根据该红线外陡崖危岩的地形、地貌、地层岩性及危岩发育特征，该红线外危岩防治工程设计包括以下主要内容：危岩的清理+主动防护（凹腔嵌补+主动防护网+锚杆锚墩）+危岩导向及拦截（被动防护网）等，具体内容如下：

#### （1）清理危岩

对陡崖带上松动或摇晃的的危岩进行清理，确保施工安全和减小后期崩塌落石发育的概率，清理方量 200m<sup>3</sup>。



### (2) 支撑嵌补

对 K1536+000~K1536+420 段陡崖危岩体下部有风化凹腔的地方,采用 M10 浆砌块石(清理的危岩和坡体上危岩崩落遗留的落石)进行嵌补,对危岩带下部进行支撑,使岩体不要出现“悬空”现象,并尽量使坡面平整, M10 浆砌块石方量 120m<sup>3</sup>。

### (3) 主动防护网

对 K1536+180~K1536+420 段斜坡上部陡崖部位的危岩体采用主动网进行紧固,以免对其下部的地方道路和高速公路造成危害。主动防护网工程数量为 3500m<sup>2</sup>。

### (4) 锚杆锚墩

对 K1536+180~K1536+420 段陡崖危岩带上个别块体较大的危岩体采用锚杆锚墩进行加固。预估锚杆 200 根,每根长 9m,共计 1800m。

### (5) 被动防护网

在 K1536+000~K1536+300 段陡崖危岩带的缓坡上设置一道高 5m 的被动防护网,用以拦截上部陡崖危岩带上崩落下来的危岩,被动网长 250m,共计 1250m<sup>2</sup>。

主要工程数量:清理危岩 200m<sup>3</sup>,主动防护网 3500m<sup>2</sup>,M10 浆砌片石 120m<sup>3</sup>,锚杆锚墩单孔长度为 9m,共计 200 孔,总长 1800m,被动防护网长 250m,高 5m,共计 1250m<sup>2</sup>。

本项目建筑安装工程费为 191.7944 万元,总造价金额为 252.5894 万元。

## 6 施工组织计划

### 6.1 施工组织

由于沿线特殊的地形条件和施工条件,致使施工难度非常大。为了避免灾害进一步发展且保证施工过程中的安全,防止意外事故发生,处治措施的主要工程中的主动防护网、被动防护网及锚墩需要专业化施工队伍承担。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 高速公路和地方道路旁边,交通运输条件良好,因防护工程措施设置在斜坡体上,需要开挖一定的临时施工便道,施工便道长度为 500m。

#### (2) 施工及生活用水

当地雨水丰沛,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,可联系当地供电局由农网接入,也可自备发电机组自行解决。

### (4) 占地与临建

临时占地与临建,可利用坡脚的安全场地,解决场地临时土石方堆放、材料堆放及加工场地等。施工期间,需要临时占用部分 S 地方道路路面,因此,需要对 S 地方道路进行交通管制,开放最内侧行车道供车流行驶,其他车道暂时关闭。危岩防治工程范围内应永久性征地,占地、拆迁应与当地政府协商解决。

## 6.3 建筑材料供应和运输条件

本项目采用的建筑材料主要为主动防护网、被动防护网、H 型钢、水泥及普通钢材,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。

其它零星材料可由当地建材市场采购。

## 6.4 现场施工管理

(1) 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,编制防治工程施工组织设计,报监理工程师批准后执行。施工过程中,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的异常情况时,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。

(2) 监理单位在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。

## 6.5 施工交通及施工总布置

危岩体治理有一定的施工难度,人员、物资、交通运输、供电、供水、建筑材料等方面需做好总体调配,统筹安排,为此对施工工序、施工布置安排等提出原则要求。

施工布置以少占地、尽量减少对天然坡体的扰动破坏、临时设施距工地就近为原则,按施工工序有条理进行。

各施工区域之间独立性较大,一般情况下可以并行施工而无相互影响,为缩短施工工期,各防治区域可按照合适的施工顺序同时施工,确保施工质量的同时兼顾施工工期的缩短。

## 6.6 施工方法及施工工序

防治工程方案主要包含的工程有:清除危岩、岩腔嵌补、主动防护网、被动防护网和锚杆锚墩。



### 6.6.1 清除危岩

(1) 在清理工作作业面之前, 确定应该清理的危岩松石, 并一一指定不同组别, 进行逐一人工清理。

(2) 施工总体思路是先防护后施工, 先浮石、浮土后危岩, 边施工边监测, 从上之下逐层清理, 针对浮石浮土采取一看、二敲、三撬的作业方法, 对可能随时滚落的零小危石、活石按轻重缓急定人、定时处理; 对于危岩体采用人工配合机械(采用小型柴油机做动力, 金刚石锯片回转切割) 凿成小块, 然后清除。

(3) 清理操作者必须做好防护措施, 拴好安全带, 清理时, 随绳慢下, 脚在松动岩石上方, 采用随身凿石撬杠等工具, 对指定的松动岩石块和有竖向裂纹的岩石进行清理, 并实时进行必要的放坡或者放阶, 保证防护工程施工期间无石块松动塌落, 避免高空坠落伤人。

(4) 清理下来的石块必须采用挂篮等安全方式的运输下来, 不得堆放在高处, 更不得将石料顺坡滚下, 以防发生意外。

(5) 可根据清理下来的危岩的硬度开凿出块、片石, 做为岩腔嵌补支撑浆切块石使用, 无法使用危岩体弃渣可采取就地掩埋。

(6) 严禁在危石下方作业, 休息和存放机具。作业面应与装运作业面相互错开, 严禁上、下交叉作业。

### 6.6.2 岩腔嵌补

在危岩下部的凹腔内砌筑 M10 浆砌块石(其中的块石可利用清理的危岩和坡体上危岩崩落遗留的落石) 进行支撑处理, 墙高根据岩腔高度确定, 基底应修建内倾反坡, 坡比 0.2:1, 基础应深入下伏的中风化泥岩中。在支撑体顶部与危岩体底部接触位置高度 200mm 内应掺入少量微膨胀剂, 使墙顶应与危岩体底部充填密实。

### 6.6.3 主动防护网

(1) 预先对坡面防护区域的浮土、浮石进行清理, 从防护区域下沿中部开始向上和两侧防线测量确定锚杆孔位。

(2) 打钢丝绳锚杆孔, 坡体边沿孔深达到 3m, 坡体中部孔深达到 2m。钢丝绳锚杆由  $\Phi 16$  钢丝绳中部对折套穿马蹄形环套组成。按要求的深度钻孔并清孔, 孔深应比钢丝绳锚杆长度长 50mm 以上, 孔径为 45mm, 插入钢丝绳锚杆并注浆, 注浆养护不少于 2 天。

(3) 构架支撑绳结构, 采用  $\Phi 16$  的纵向钢丝绳和横向钢丝绳组成 4.5m $\times$ 4.5m 正方形模式布置的锚杆相连接并进行预张拉。

(4) 缝合与张拉, 在每张钢绳网与四周支撑绳间用缝合绳缝合连接拉紧, 并进行张拉, 使柔性防护系统对坡面施以一定的预紧压力。从而提高表层岩体的稳定性, 以防止崩塌落石

的发生。同时在钢绳网下铺设小网孔 GA/2.2/50 $\times$ 60 双绞六边形网, 以阻止小尺寸岩块的崩落或限制局部岩体的破坏。

(5) 安装后的横向直径  $\Phi 16$  支撑绳, 张拉紧后(用拉紧力不小于 5KN 的紧线器或手动葫芦) 两端各用两个绳卡与锚杆外露环固定连接。从上向下铺挂格栅网, 网与网重叠宽度不小于 5cm, 两张格栅网间及格栅网与支撑绳间缝合用直径 1.5mm 的铁丝扎结, 扎结点间距不大于 1m。格栅网铺设的同时, 从上向下铺设钢绳网并用直径为 8mm 钢绳缝合, 每张钢绳网均用一根长 31m 或 27m 的缝合绳与四周支撑绳进行固定联结并预张拉。

### 6.6.4 锚杆锚墩

(1) 锚杆的总体施工工序为: 施工准备、测量放样——锚杆钻孔、安放、注浆——安装锚头垫板、封锚。

(2) 根据图纸要求布设锚杆孔位和定向。为便于钻机安设和施钻, 应平整场地, 并清理孔位周围的松土、危石。

(3) 按布设好的孔位进行钻孔, 钻孔时须保持设计角度得稳定, 并随时加以检测, 如有偏差应及时纠正。钻孔倾斜允许偏差为 3%, 孔口位置偏差为  $\pm 50$ mm; 孔深允许偏差为 +200mm。钻孔时孔口应安装吸尘装置。

(4) 锚杆成孔禁止开水钻进, 以确保锚杆施工不恶化边坡稳定条件。有塌孔、缩孔等不良钻进现象时, 须立即停钻, 及时进行固壁灌浆处理(灌浆压力 0.1~0.3MPa), 待水泥砂浆初凝后, 重新扫孔钻进, 现场做好记录。钻进过程中应对每孔地层变化、钻进速度(钻速、钻压等)、漏风、反渣、地下水情况以及一些特殊情况作现场记录。

(5) 钻孔完成后应清空洗渣, 将孔内岩屑和岩粉清除干净。

(6) 锚杆孔灌注水泥砂浆, 水灰比 0.38~0.45, 灰砂比 1:1~1:2, 水泥砂浆体强度不低于 30MPa。砂浆应拌合均匀, 随伴随用, 一次拌合的砂浆应在初凝前用完, 并严防石块杂物混入。

(7) 锚杆杆体使用前应平直、除锈、除油。杆体设对中支架, 对中插入孔内长度不应小于图纸规定的 95%, 锚杆安装后, 不得随意敲击, 3d 内不得悬挂重物。

(8) 一根锚杆孔应一次性灌注完毕, 采用从孔底到孔口返浆式注浆, 注浆压力 0.3~0.5MPa, 注浆时注浆管应插至距孔底 50~100mm, 随砂浆的注入慢慢匀速拔出。砂浆灌注必须饱满密实, 第一次注浆完毕, 水泥砂浆凝固收缩后, 孔口应进行二次注浆。

(9) 每段工程应取代表性段落对锚杆进行抗拔试验, 要求锚杆抗拔力大于图纸规定, 通过试验修正施工参数, 指导大面积施工。

(10) 锚头部分锚杆采用加工螺纹, 螺母紧固的方式, 螺母靠山侧部位设置规格为 150mm



×150mm 厚 25mm 的钢垫板，安装垫板前用 C30 混凝土将坡面调平，最后按设计用混凝土封闭锚头。

### 6.6.5 被动防护网

被动防护网的施工技术要求及施工方法详见《被动网施工安装方法》。

### 6.7 施工进度计划

施工进度表

工程单元	工期（月）							
	月	月	月	月	月	月	月	月
1 前期准备	■	■						
2 清理危岩		■	■					
3 岩腔支撑嵌补			■	■				
4 柔性防护网（主动、被动）				■	■	■	■	
5 锚杆锚墩					■	■	■	■
6 工程验收							■	■

## 7 工程监测设计

### 7.1 监测工程的目的与任务

#### 7.1.1 监测目的

该陡崖带危岩体活动较频繁，近年来时常发生落石，威胁下方高速公路和地方道路运营安全员设施。目前危岩体尚无变形监测网点及设施，为及时了解危岩体在施工期和运行期的变形活动特征，预测变形趋势，判断其稳定状态，保证施工安全，并对防治效果进行检测，必要时采取补救措施，为今后危岩体治理提供经验，有必要对危岩体的变形（治理前后）进行监测，建立整个项目区的地质灾害监测网络。

#### 7.1.2 监测任务

- ①建立健全监测网络，监测预报危岩体变形发展趋势；
- ②在整个防治工程施工过程中进行跟踪监测，超前预报，确保施工期间项目区施工人员、居民生命财产安全。
- ③监测成果用于施工期间反馈设计，指导优化后续工程施工；竣工后用于检验防治效果。
- ④施工完成后，进行长期监测，实时跟踪危岩的变形破坏趋势，以便及时发现和预报险情，采取相应措施，防止突发灾害一旦发生造成大的人员伤亡和经济损失。

## 7.2 监测设计依据与原则

### 7.2.1 监测设计依据

- (1) 地质依据
  - ①《沪渝高速石柱段 K1510-K1544 区间 9 段陡崖危岩初步调查报告》；
- (2) 技术依据
  - ①《岩土工程勘察规范》（GB50021—2001）；
  - ②《岩土工程试验监测手册》（林宗元主编）；
  - ③《岩土工程安全监测手册》；
  - ④《地质灾害防护工程设计规范》（DB50/5029-2004）。

### 7.2.2 监测设计原则

#### (1) 建立有效简便的监测网络

充分利用现有监测设施和资料基础上，建立系统化、立体化监测网络，在治理、施工全过程中及时测定和预报危岩体的位移、应力等变化情况，确保施工安全，并为长期稳定性预测研究提供资料。

#### (2) 采取多种手段进行综合监测

监测工作采取地面变形监测、锚固工程应力监测等综合手段。各种监测成果相互印证，提高监测成果资料的可靠性。

#### (3) 监测点尽可能进行长期监测

贯彻全过程监测的工作思路，包括地表变形监测、施工安全监测、防治效果监测，以监测结果作为反馈设计、指导施工和检验防治效果的依据。工程完工后变形监测点、防治效果监测点应转为长期监测点。

#### (4) 监测仪器选择原则

- 1) 仪器的可靠性和长期稳定性；
- 2) 足够的测量精度、灵敏度及相应量程；
- 3) 现场使用比较方便、简单；
- 4) 仪器不易损坏，尤其是长期监测仪器应具有防风、防雨、防腐、防潮、防震、防雷电干扰等与环境相适应的性能。

## 7.3 监测工作现状



目前尚未建立起专业有效的监测网络，当地有关部门很难投入大量人力、物力来开展危岩体变形监测。现阶段需根据危岩体的具体实际建立地表位移和应力监测，共同组成陡崖带危岩体的监测网络。

## 7.4 监测工作设计方案

### 7.4.1 监测手段

一般而言，用于危岩体变形监测的手段主要有：

#### (1) 地表位移监测

常规的大地变形测量是监测岩体水平位移和垂直位移的大小、方向及速率变化的重要手段。

#### (2) 裂缝相对位移监测

在岩体上后部发育的裂缝处设置地表裂缝相对位移监测，目的是直观地了解岩体裂缝变形发展状况，配合其他监测手段指导防灾减灾工作。

#### (3) 目视观察

安排指定人员定期、不定期查看岩体变形迹象，以及防护工程是否失效，发现问题，及时上报有关部门，以便及时妥善处理。

### 7.4.2 监测工作方案

监测工作采用地表变形监测、裂缝位移监测、锚杆应力、应变监测，以及巡视检查。

#### (1) 地表裂缝监测

对拉裂缝埋设  $0.2 \times 0.2$  米的位移观测标，裂缝应位于观测标的中间。观测标用 M10 水泥砂浆埋设，间距酌情考虑。

观测时间要求：在整治工程开始前至少要观测一次，整治期间 5~10 天观测一次，整治后每 10~15 天观测一次，不少于一个水文年。

#### (2) 地表位移监测

采用视准线法，在危岩体的顶部埋设位移观测桩，危岩体外埋设控制桩。控制桩应保证其位于稳定岩土体上，并利于对观测点进行监测测量；观测桩应分散布置于危岩体上，要求能反映整个危岩体的位移变化情况并且不宜损坏、通视情况良好。

观测时间要求：在整治工程开始前至少要观测一次，整治期间 5~10 天观测一次，整治后每 10~15 天观测一次，不少于一个水文年。

#### (3) 支挡结构物应力监测

选择实施锚杆锚墩加固的危岩体进行应力监测。对锚杆应力采用钢筋应力计进行监测，了解锚杆的受力大小。

监测时间要求：工程完工后测定一次，以后每 7~10 天测定一次，只需稳定后延长两个月。在暴雨后应作加密监测。在久雨期间应连续监测。

#### (4) 巡视检查

巡视检查应有一套完整的管理制度，坚持日常巡视检查、年度巡视检查、特别巡视检查相结合，专业巡视检查与群众巡视检查相结合。每次检查均应做好详细的现场记录，必要时照像或摄影。在巡视检查中如发现异常迹象，经复查后，应立即报告。

施工阶段由施工单位自行建立简易观测点，在采用仪器进行外观监测的空档期，专人负责，进行抹缝、贴条、拉绳、人工巡视等简单观测，以防发生突发的变形滑动，影响施工安全。

### 7.4.3 监测工作技术设计

#### (1) 监测对象和范围

根据危岩体勘察报告确定的威胁范围作为本次监测网布置范围。

#### (2) 监测等级

根据《规程》规定，一般场地危岩体观测，应按《规程》变形测量等级的三级进行观测，即按沉降观测时观测点高差中误差  $\leq 1.5\text{mm}$ ，位移观测时观测点坐标误差  $\leq 10\text{mm}$  精度要求进行观测。

#### (3) 测量精度

a.地表变形监测：点位误差要求不超过 5 mm；水准测量每公里中误差要求不超过 2 mm。

b.地表裂缝的测量精度为 1 mm。

#### (4) 监测周期的确定

本防护工程的监测包括施工期间的安全监测和施工完毕后的防治效果监测。施工初期，每 3 天监测 1 次。在施工过程中，根据危岩体的自身稳定性和施工的扰动程度，可每天一次；在遇暴雨、发现变形增快或监测过程中发现有大变形的可能时，应缩短监测周期，可采用实时监测方式进行。施工期间监测时限以施工开始作为起始，施工结束作为终止。防治工程结束后，进入防治效果监测阶段。防治效果监测周期，以能系统反映所测变形的变化过程且不遗漏其变形时刻为原则，一般为每 10 天观测一次，监测时间为工程竣工后的一个水文年。





### (5) 监测控制点

#### ①选点

按《规程》要求，控制点须选设在变形影响范围以外且便于长期保存的稳定位置，变形观测点选设在变形体上能反映变形特征的位置，观测点应尽量均匀布设。为此，在威胁区外布设 5 个控制点，在未清除的危岩体上布设 10 个变形观测点。

#### ②埋石

a. 岩体上的控制点埋设采用水泥砂浆现场浇固有“十”字中心的钢筋标志，岩体上凿孔深度不小于 10cm，建筑物顶上凿孔深度不小于 5cm，埋好后，标志顶部露出岩体面顶 5cm。

b. 岩体上的变形观测点埋石与控制点相同。

c. 土体上的滑坡观测点埋设预制有“十”字中心的钢筋混凝土标石，标石埋深不小于 1m，标石顶部露出地面 20cm。

### (6) 监控量测报送程序及资料附表

#### ①、资料报送程序

a. 应按照监测方案、规定频率、精度对该段陡崖危岩体进行监测，监测资料须在当天进行整理分析、稳定判断。

b. 监测资料包括人工巡视记录表、监测数据等，测点埋设考证表。

c. 测点埋设记录、监测仪器、监测资料必须真实与连续，并经驻地监理签认。

#### ②、资料报送内容

a. 危岩体观测系统点位布置图；

b. 观测成果表；

c. 观测点位移与沉降综合曲线图；

d. 观测成果分析资料。

e. 报警联系函

### 7.4.5 监测工作人员及设备

#### (1) 人员配置

根据监测设计工作量，需 2 个工作人员，其中测量技术人员 1 人。另外，为健全群测群防监测网络，当地政府和有关职能部门尚需抽调组织一定的人力物力，力求群专结合，对滑坡实施长期有效的监测预警工作。

#### (2) 仪器设备

全站仪 1 台、水准仪 1 台、对讲机 2 个、钢卷尺 1 把、锚杆测力计及其配套设备。

### 7.4.6 监测工作量

综上所述，危岩体拟布设的监测工作量如下表所示。

危岩体防治工程监测主要工程量表

监测工作量					
监测内容		数量	监测周期	监测期限	工作量
		(点)	(次/月)	(年)	(点/次)
地表位移监测	水平	10	3	2	720
	垂直	10	3	2	720
地表裂缝监测		5	3	2	360
应力监测		3	3	2	216
监测基准点		4			

## 8 环境影响评价

### 8.1 施工对环境影响评价

#### 8.1.1 建设项目概况

该建设项目为高速公路红线外危岩防护工程，以保护其下方石忠高速公路和地方道路上行人的生命、财产不受到影响。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，确定红线外危岩防治工程等级为二级。

#### 8.1.2 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。

#### 8.1.3 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，施工后对周边环境影响较小，在施工过程中加强对大气、噪声、污水、废料、交通环境的保护措施可以将其对环境的影响降至很小的程度。

### 8.2 环境保护设计

#### 8.2.1 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，减低处理成本，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。

### 8.2.2 噪声防治

(1) 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少施工噪声对高速公路和地方道路的上车辆的行车干扰。

(2) 注意机械保养，使机械保持最低声级水平；安排工人轮流进行机械操作，减少接触高噪声的时间；对在声源附近工作时间较长的工人，发放防声耳塞、头盔等，对工人进行自身保护。

### 8.2.3 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限运输，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。

### 8.2.4 水污染防治

施工现场废水和固体废弃物水流流入水体包括水泥、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。

注浆产生的污染，施工机械设备产生的污染，以及其他相关配套设施产生的污染并队水源产生较大影响，为此施工中采取以下措施，保护水源不受污染。

施工现场注浆废水必须经沉淀池沉淀并符合国家规定标准后方可排放。

(2) 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。

(3) 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。

## 8.3 环境管理与环境监测

### 8.3.1 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。

### 8.3.2 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管理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。

### 8.3.3 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。

## 9 问题与建议

(1) 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。

(2) 防治工作应坚持工程防护与监测预警相结合，应对危岩体加强预警监测工作。

(3) 由于情况紧急，危岩防护方案设计时没有测量资料和地勘资料依据，仅根据现场踏勘与走访资料进行设计，致使地形等有现场有一定的差异，将会导致工程量的计算与实际将会有所差异。建议，施工时对现场进行复测，以核对设计工程量。



(4) 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，建议重庆高速公路股份有限公司尽快与当地政府协商一致，共同对危岩进行处治，以保障高速公路与地方道路的通行安全。

(5) 由于拦石网是被动防护构件，崩塌落石容易积累，拦石网也易在滚石的长期冲击作用下发生损坏。因此工程施工结束后，后期的维护管理显得尤为重要。拦石网的维护管理主要是两个方面：

- 1) 及时清理拦石网拦截的飞石，防止积石过多撕裂拦石网。
- 2) 对飞石冲击作用下损坏的拦石网及时进行修复以保证其防护功能。



## 工程数量表

G50沪渝高速石忠路K1536+100~K1536+400段出城侧红线外危岩防治

项目	工程材料		锚杆	钻孔	C25混凝土	M10浆砌片石	清除危岩	岩石倒运	柔性网	M30水泥砂浆	辅助工程量		永久占地	临时工程		
											脚手架	竹架板		临时占地	临建	便道
	根	m	m	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	m	
清理危岩							200.0	200.0								
嵌补岩腔						120.0										
主动防护网	420.0	980.0	1064.0						3500.0	30.3	9200.0	400.0	3600.0			500
锚杆锚墩	200.0	1800.0	1840.0	0.6		18.0			52.0							
被动防护网（长250m）									1250				2125			
合 计	620.0	2780.0	2904.0	0.6	120.0	218.0	200.0	4750.0	82.3	9200.0	400.0	5725.0				500

编制： 张文成

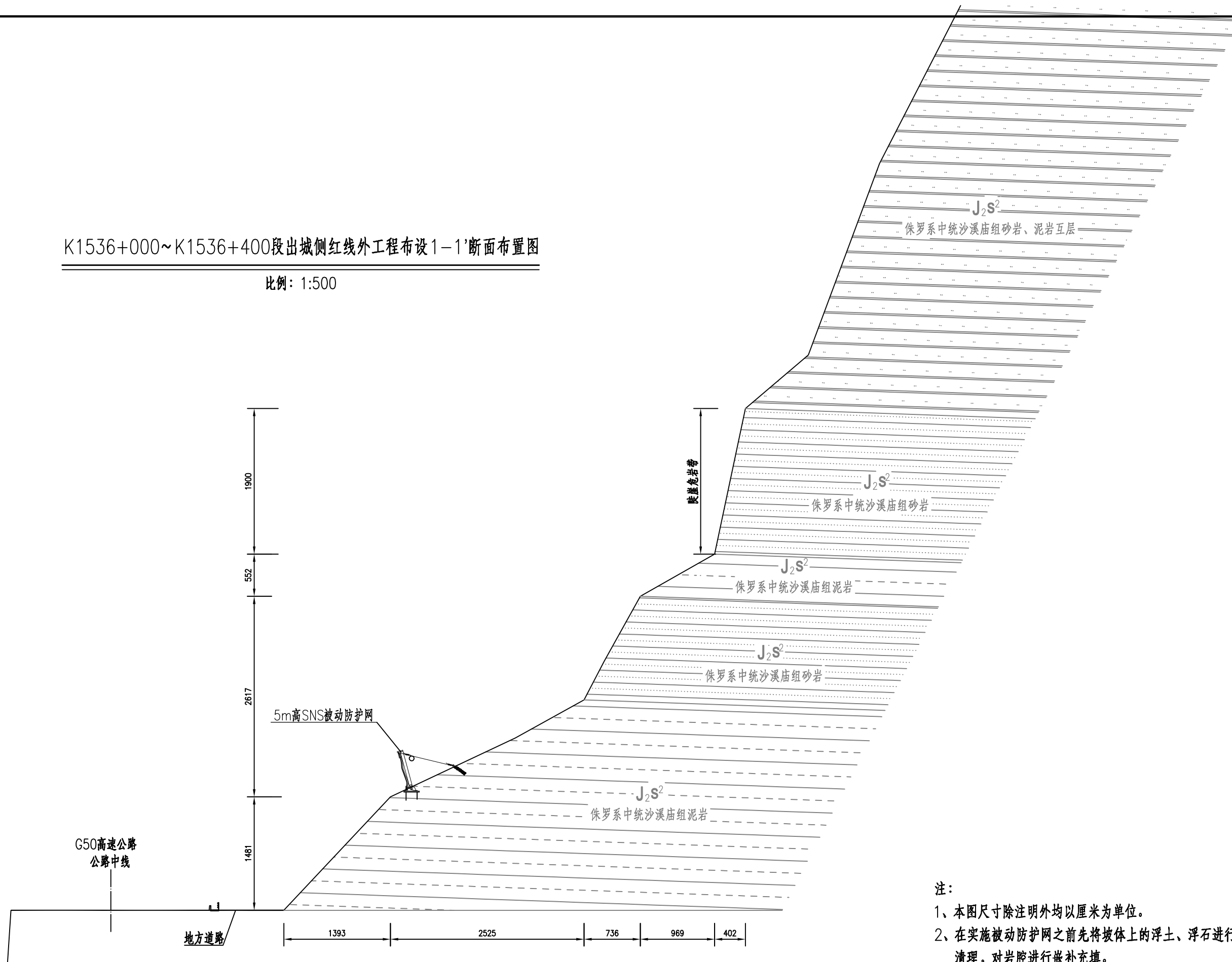
复核： 李琛

审核： 武素琴



K1536+000~K1536+400段出城侧红线外工程布设1-1'断面布置图

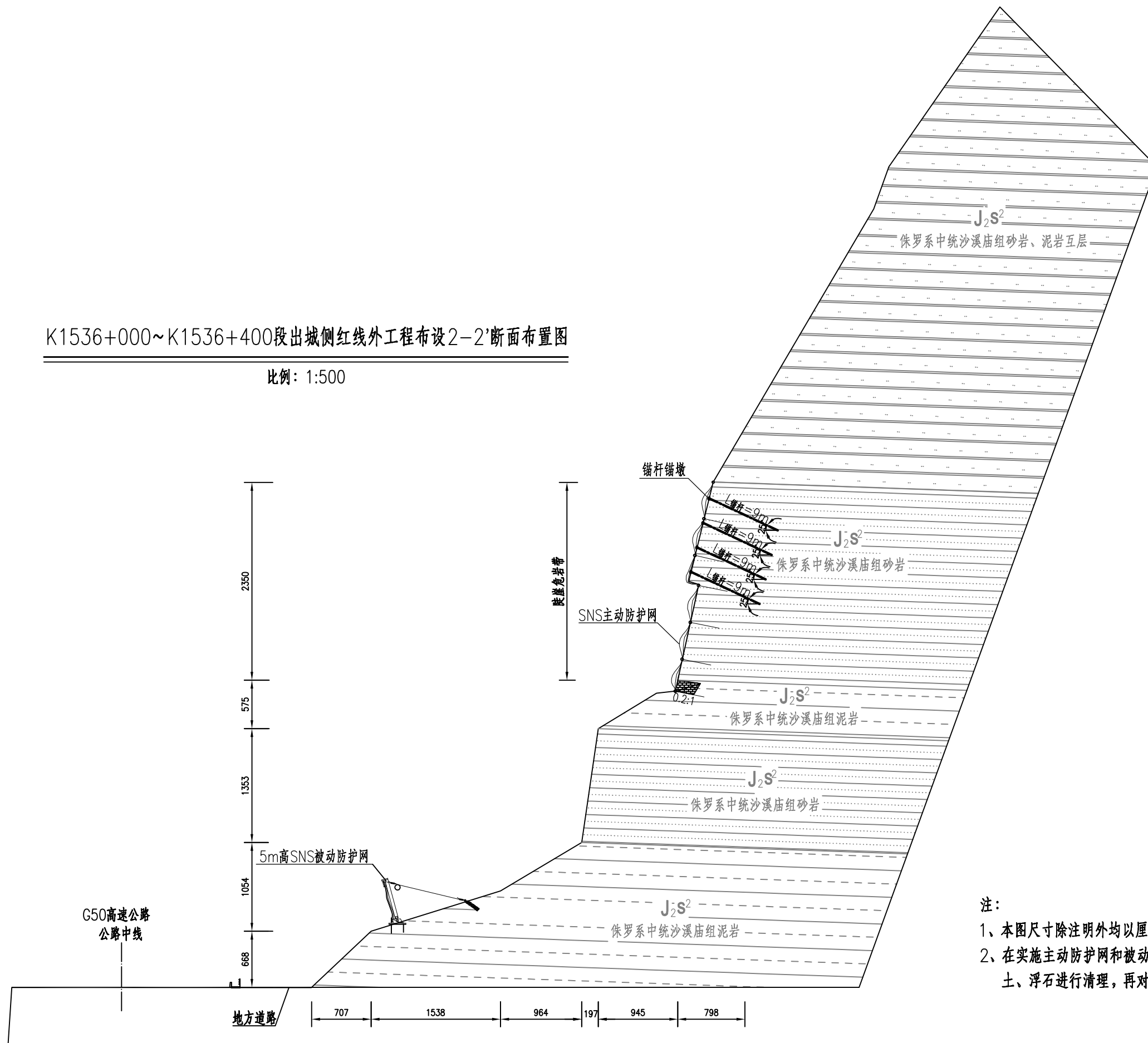
比例: 1:500



- 注:
- 1、本图尺寸除注明外均以厘米为单位。
  - 2、在实施被动防护网之前先将坡体上的浮土、浮石进行清理,对岩腔进行嵌补充填。

K1536+000~K1536+400段出城侧红线外工程布设2-2'断面布置图

比例: 1:500

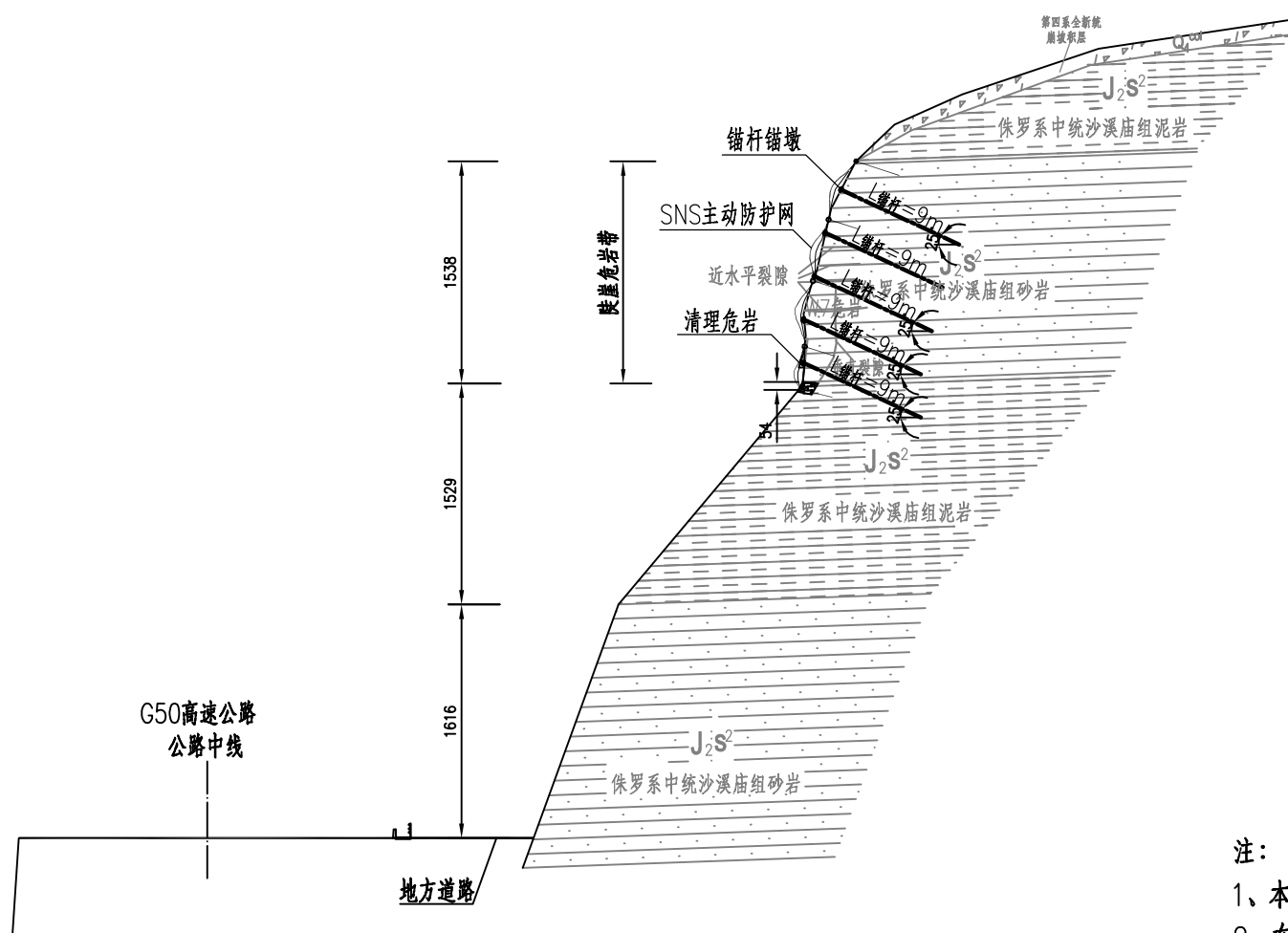


注:

- 1、本图尺寸除注明外均以厘米为单位。
- 2、在实施主动防护网和被动防护网之前先将坡体上的浮土、浮石进行清理,再对岩腔进行嵌补充填。

K1536+000~K1536+400段出城侧红线外工程布设3-3'断面布置图

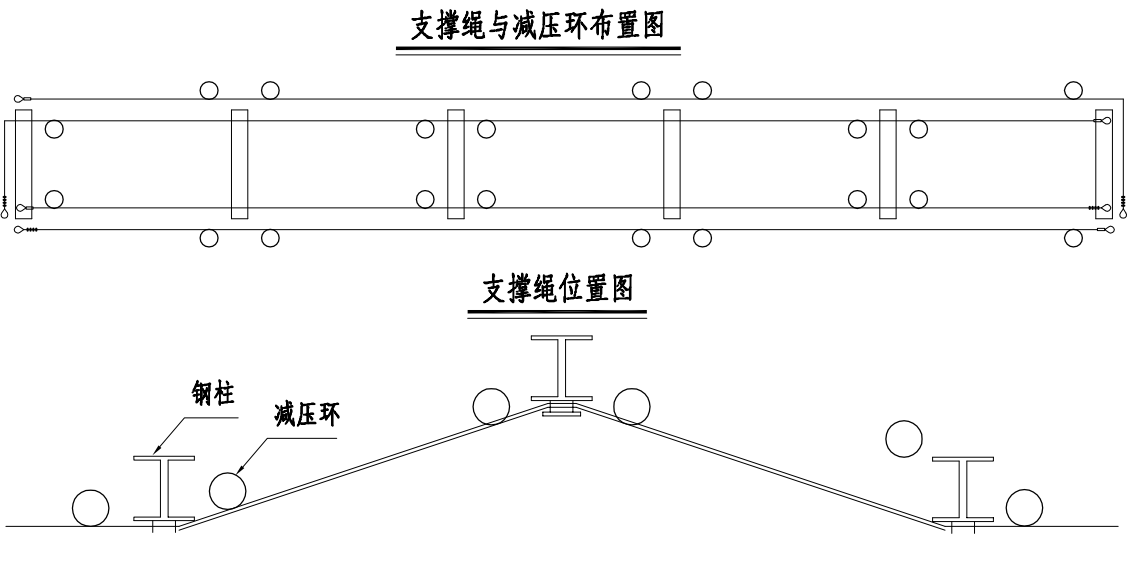
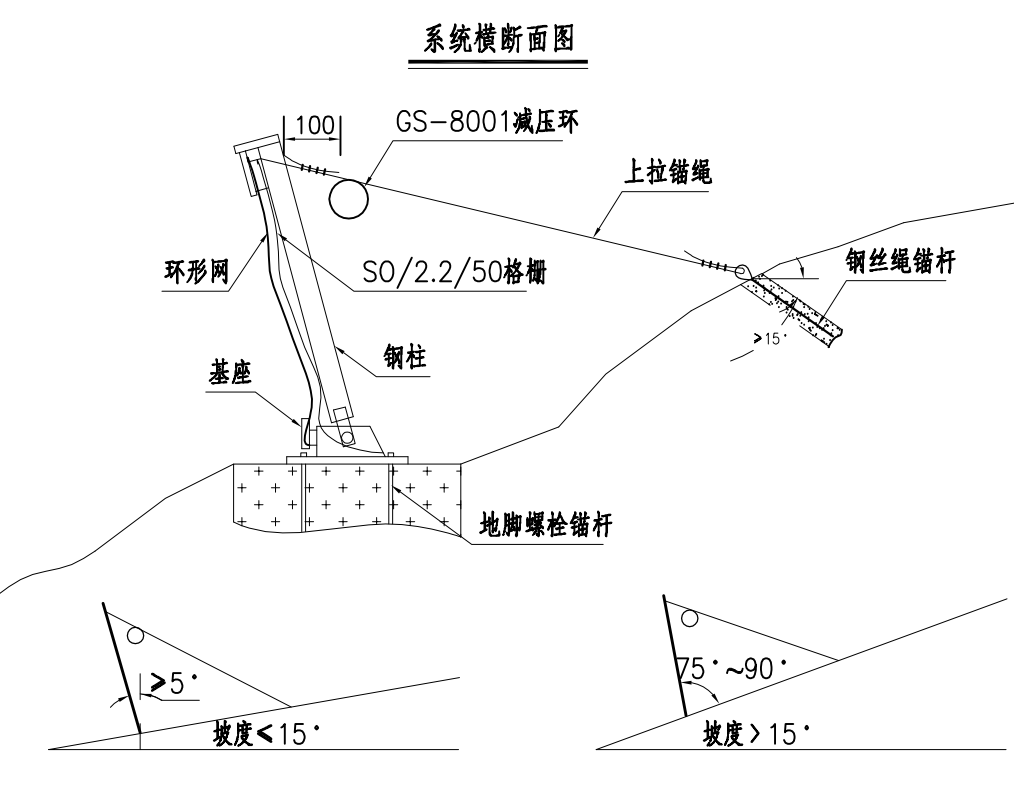
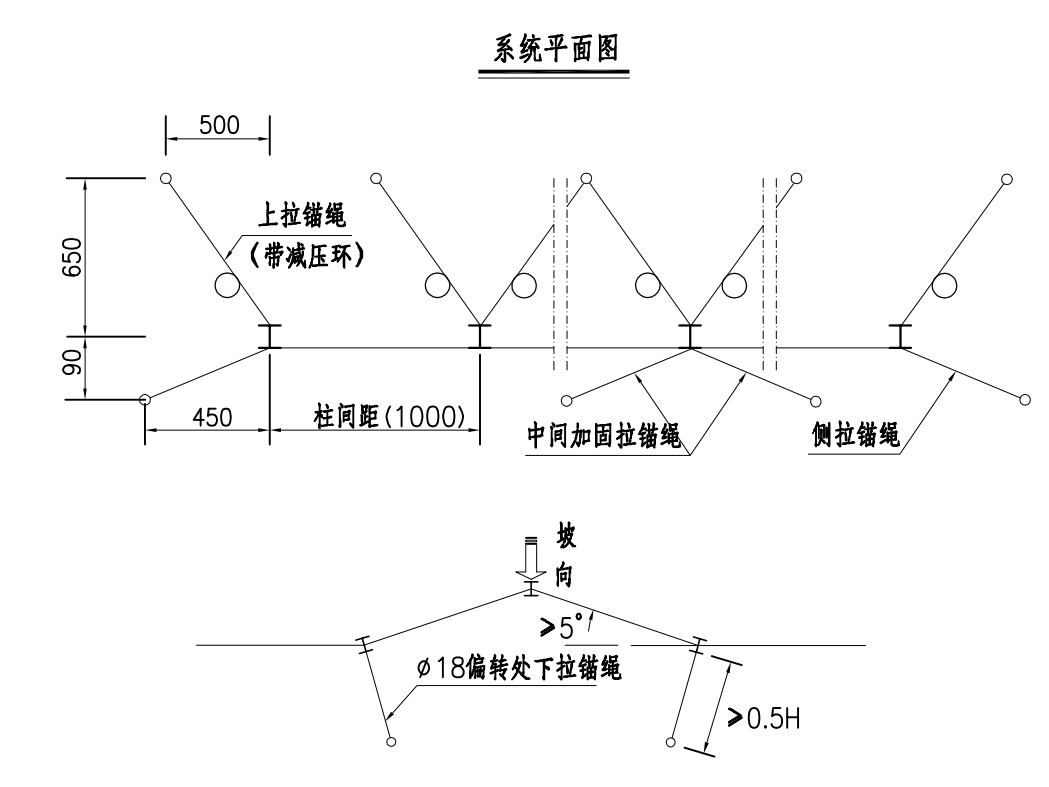
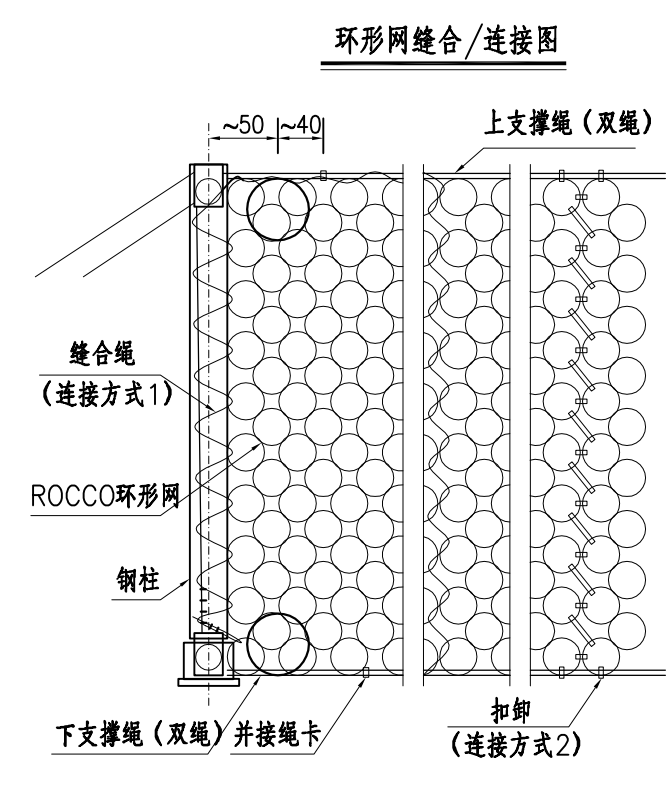
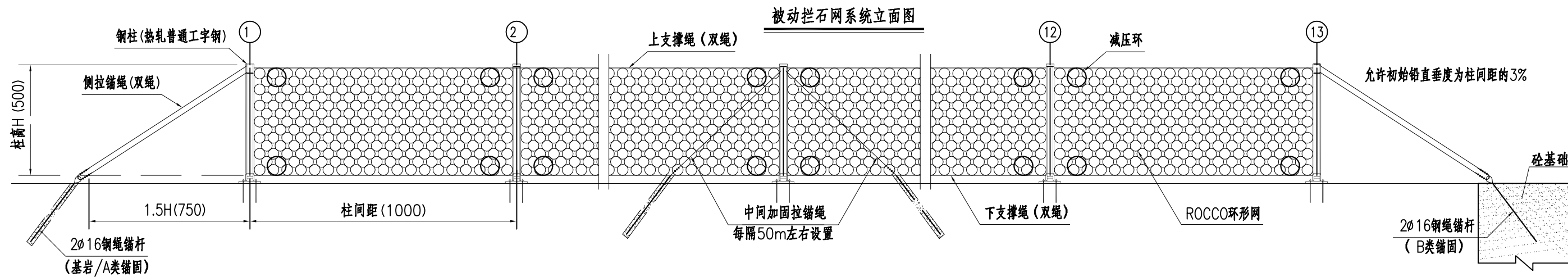
比例: 1:500



注:

- 1、本图尺寸除注明外均以厘米为单位。
- 2、在实施主动防护网和锚杆之前先将坡体上的浮土、浮石进行清理,对岩腔进行嵌补充填,之后从防护区域上沿中部开始向下和两侧防线测量确定锚杆孔位。
- 3、锚杆锚墩的横向和纵向间距均为3.0m。



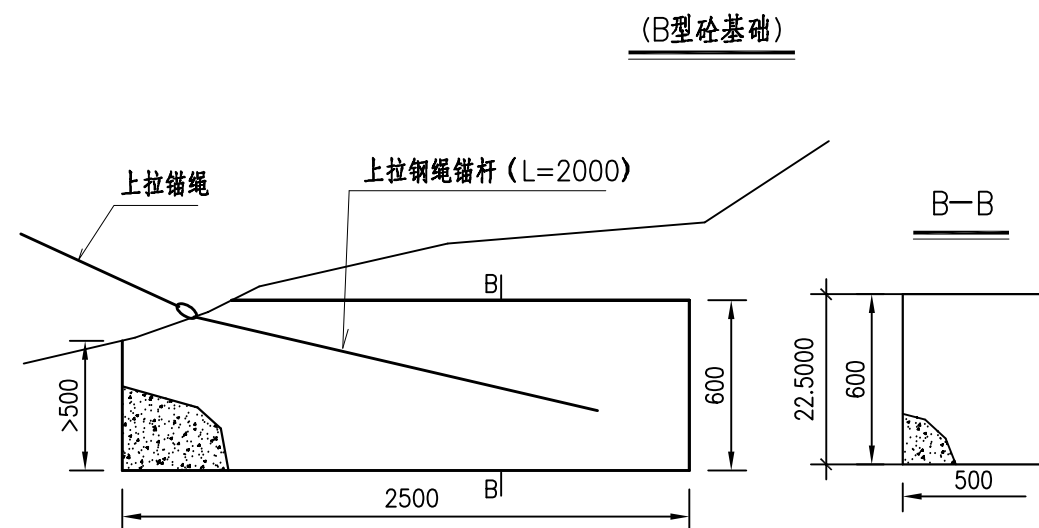
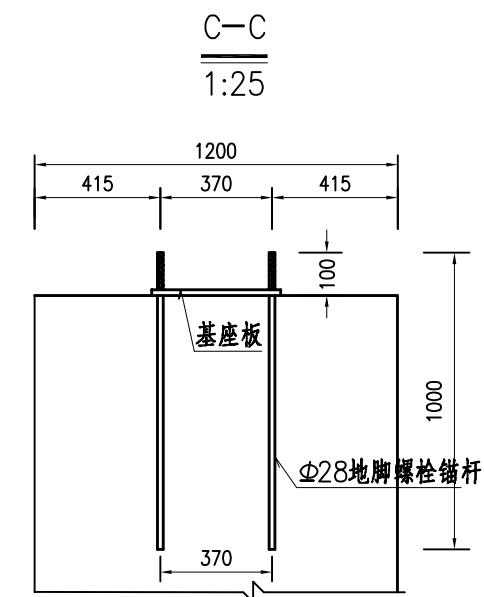
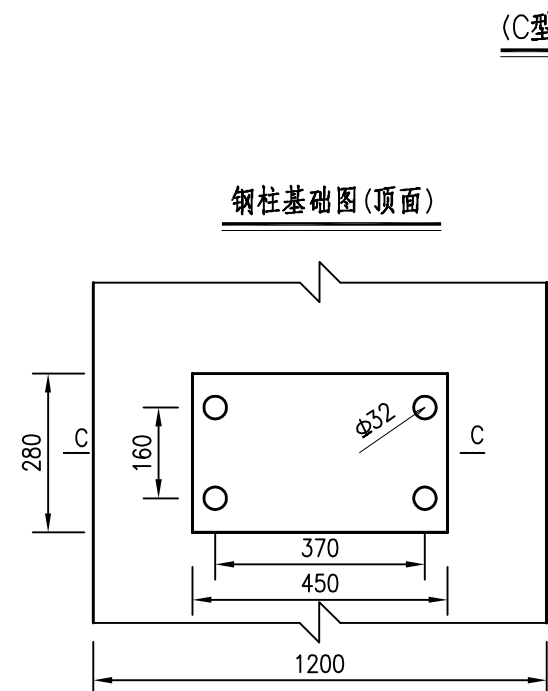
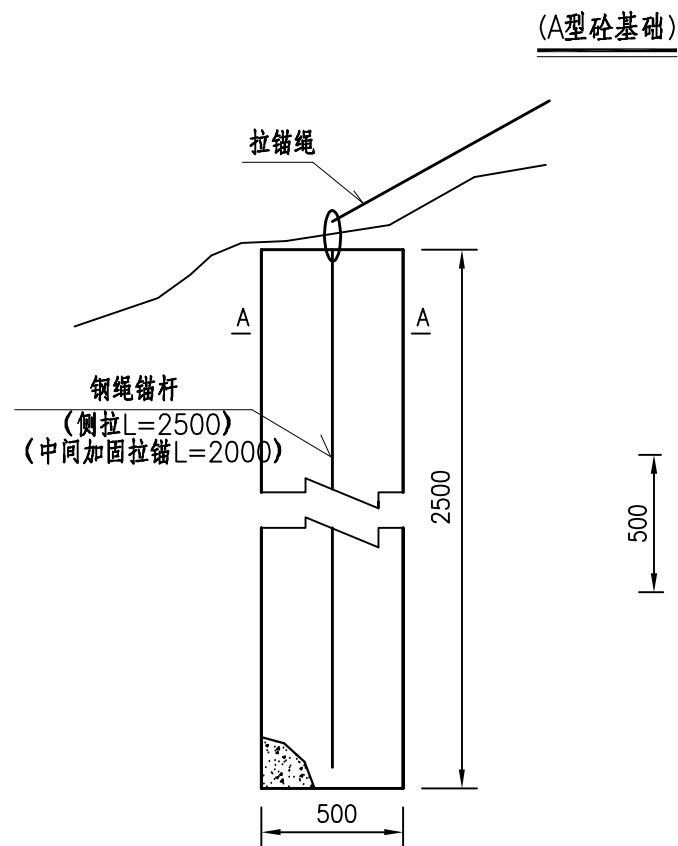


未注明构件规格表

构件名称	RXI-750	备注
环形网	R7/3/300	
支撑绳	φ16	双绳
上拉锚绳	φ14	单绳
侧拉锚绳	φ14	双绳
中间加固拉锚绳	φ14	单绳
下拉锚绳	φ14	单绳
缝合绳	φ12	连接方式1
网间卸扣	1/2"	连接方式2
网与支撑绳间卸扣	5/8"	一般不采用

- 主要施工工序:
- 1、锚杆及基座定位。
  - 2、钻凿锚杆孔(岩质地层A类锚固)。
  - 3、基座及锚杆安装。
  - 4、钢柱及拉锚绳安装与调试。
  - 5、支撑绳安装与调试。
  - 6、环型网的铺挂与连接(采用缝合绳连接方式)。
  - 7、格栅的铺挂。
- 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 = 5m 的RXI-750 其他高度时只需相应调整钢柱规格型号以及环形网、拉锚绳、支撑绳等的尺寸规格,并按图中计算方式确定拉锚绳平面布置位置。
  - 4、图中钢柱砼基础仅在强破碎或土质地基时采用,侧拉锚绳钢丝绳锚杆长度建议采用2.5m,其余钢丝绳锚杆长度建议采用2m。

被动防护网基础布置图(RXI-750型, H=5m)



注:

- 1、本图尺寸以毫米为单位。
- 2、当基础位置处地层为基岩裸露或覆盖层很薄时,直接钻凿锚杆孔,其锚杆尺寸方位与本图同;钢柱砼基础地脚螺栓锚杆孔径不小于 $\phi 45$ ,基础顶面用薄层C20细石砼或M20水泥砂浆抹平;拉锚绳锚杆孔径不小于 $\phi 45$ 。
- 3、当基础位置处地层为厚度小于砼基础深度的覆盖层时,覆盖层部分用片石砼置换,下部直接钻凿锚杆孔,形成复合基础。否则,应采用C15片石砼挡墙基础。
- 4、片石砼基础采用人工开挖,禁止爆破作业;片石砼基础顶面与SNS系统走向中心线处地面齐平。
- 5、钢柱基础长轴(A-A)方向与该基础中心和其左右基础中心连线的平分线方向一致。
- 6、钢柱砼基础侧壁外露高度超过30cm时,需采用C20钢筋砼,钢筋笼采用 $\phi 16$ 螺纹钢制作,钢筋保护层厚度不小于20mm;对地面以下的埋入式钢柱基础和各拉锚绳锚杆基础为C20素砼。
- 7、钻孔注浆锚杆采用M20水泥砂浆或纯水泥浆。
- 8、地脚螺栓锚杆由 $\phi 28$ 螺纹钢加工制作,总长L=1.0m,顶端丝口M27 $\times$ 100,并配相应垫片和螺母。

## RXI型被动防护系统施工安装方法

1. 按设计并结合现场实际地形对锚杆进行测量定位。

(1) 系统走向(基座间连线)应尽可能为水平直线,必须避开较大的地形起伏或在必要时进行平整处理(填平凹坑、整平凸起体或沿等高线放线)。当系统走向不是直线时,应根据其走向变化情况设计增加下拉锚绳。

(2) 柱间距标准值为10m。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,可以在8m~10m范围内进行调整。

(3) 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,但必须注意的是除上拉锚杆以外的所有锚杆均不得位于上坡侧。

2. 按设计开挖基坑(一般在土质或强破碎地基时采用,对覆盖层不厚的地方,当开挖至基岩而尚未达到设计深度时,可在基坑内的锚孔位置处钻凿锚杆孔,待锚杆插入基岩并灌浆后才灌注上部基础砂)或钻凿孔径不小于 $\phi 42$ 的锚杆孔(一般在岩石地基时采用)。

3. 基坑内预埋锚杆并浇筑标号不低于C20的基础砂(亦可在浇筑基础砂后钻孔安装锚杆),或者锚杆孔内插入锚杆并灌注标号不低于M20的水泥砂浆或水灰比0.45~0.5的纯水泥浆。在进行张拉、紧固等工序前,砂或注浆体养护不得少于三天。

4. 基座安装:将基座套入地脚螺栓并用螺母拧紧。

#### 5. 钢柱及拉锚绳安装

(1) 将钢柱顺坡向上放置并使钢柱底部位于基座处;

(2) 将上拉锚绳的挂环挂于钢柱顶端挂座上,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;

(3) 选择性工序:中间加固和下拉锚绳以及端部钢柱的侧拉锚绳,其安装可以同上拉锚绳一起进行,也可在钢柱安装后进行;

(4) 将钢柱缓慢抬起并对准基座,然后将钢柱底部插入基座中,最后插入连接螺栓并拧紧;

(5) 通过上拉锚绳的收放来按设计调整好钢柱的方位,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)。

#### 6. 上支撑绳安装

(1) 将第一根上支撑绳的挂环暂时固定于端柱(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(对于单支撑绳且不带减压环的RXI-250和RXI-500型系统,该工序及后面与减压环相关的工序省去);

(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,然后顺钢柱绕过柱顶挂座);

(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(RXI-250和RXI-500单支撑绳系统无此工序);

(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%)。

#### 7. 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。

#### 8. 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端垂落到地面附近;

(b) 拉动起吊绳尾端,直到环形网上沿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9);

#### (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,直到网片侧边下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边沿缝合,直到网片侧边下一个网孔处将绳端回转合并后用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,环形网边沿可能不刚好在该钢柱处,此时在缝合完后宜用绳卡先在该绳段柱顶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。

#### 9. 格栅安装

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

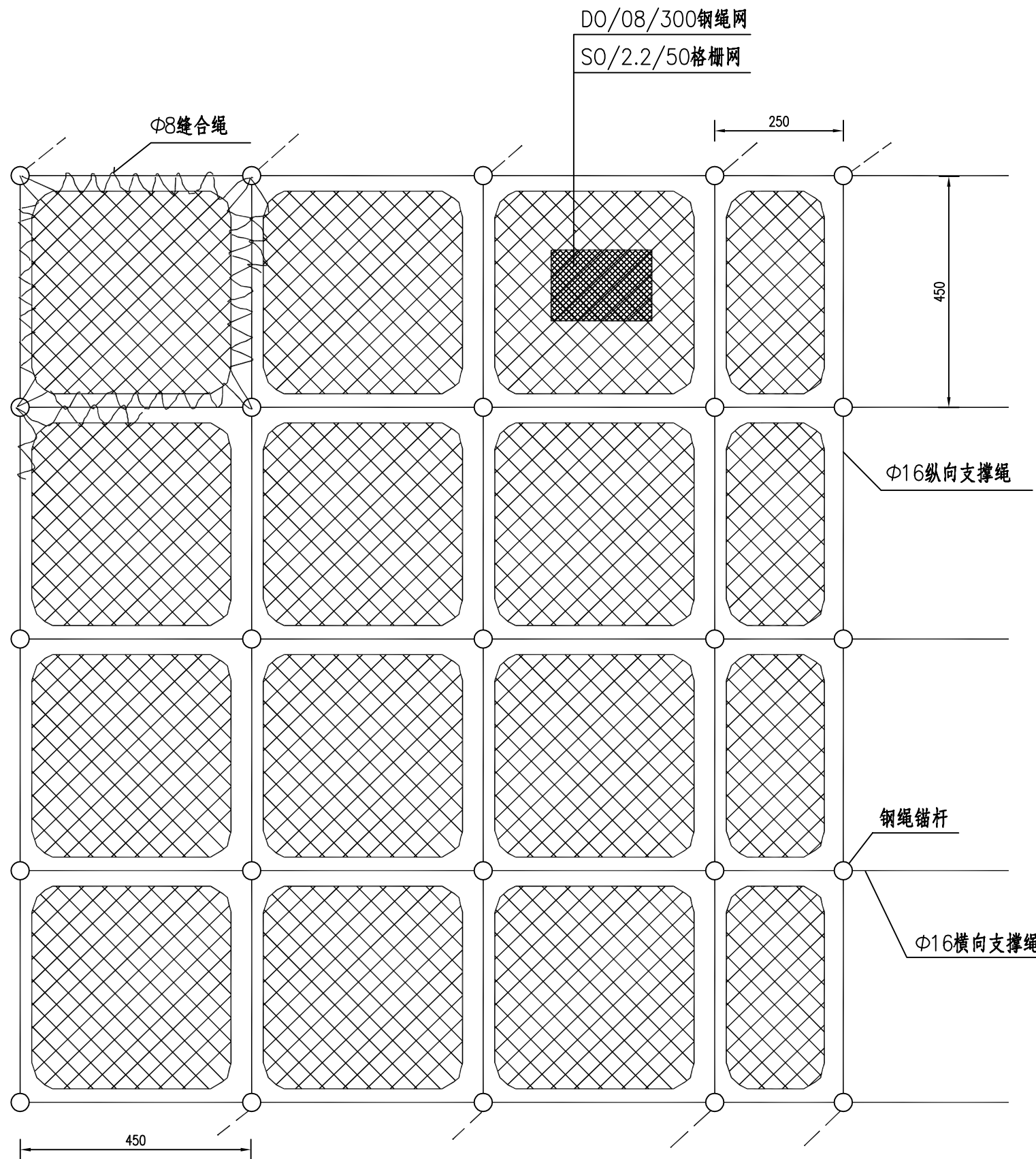
(2) 格栅底部应沿斜坡向上敷设0.5m左右,并为使下支撑绳与地面间不留缝隙,宜用一些石块将格栅底部压住;

(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。

系统标准布置及缝合图

1:100



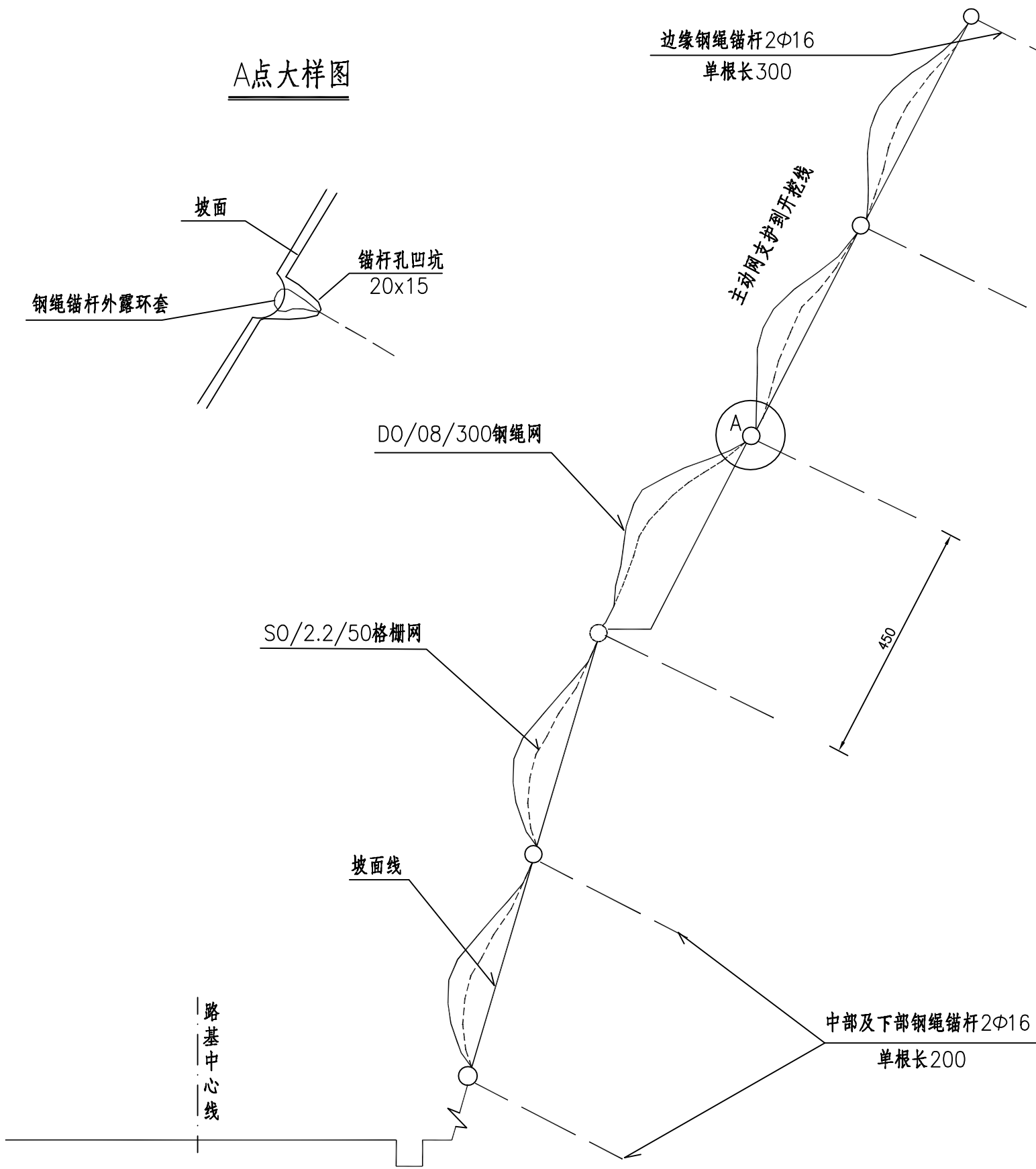
主动防护网材料工程数量表 (100m<sup>2</sup>)

序号	材料	单位	数量	型号	规格
1	钢绳网	m <sup>2</sup> /张	101.25/5	Φ8mm	
2	支撑绳	m	100	Φ16mm	
3	缝合绳	m	160	Φ8mm	
4	钢绳锚杆	根	12	Φ16mmx2	
5	绳卡	个	32	Φ16mm	
6	绳卡	个	20	Φ8mm	
7	扎丝	kg	0.5		
8	格栅网	张	5	50mmx50mm (网格间距)	2.4mx9.2m

注:

- 1 图中尺寸除钢绳直径和网孔规格以mm为单位外,其余尺寸均以cm为单位。
- 2 本图为主动防护网设计图,适用于路基边坡整体稳定的崩塌碎落发育的岩质边坡防护。
- 3 交错布置的支撑绳构成的每一个挂网单元各铺设一张4mx4m的钢绳网,钢绳网下满铺格栅网。
- 4 每张钢绳网用一根Φ8的缝合绳与支撑绳缝合联结。

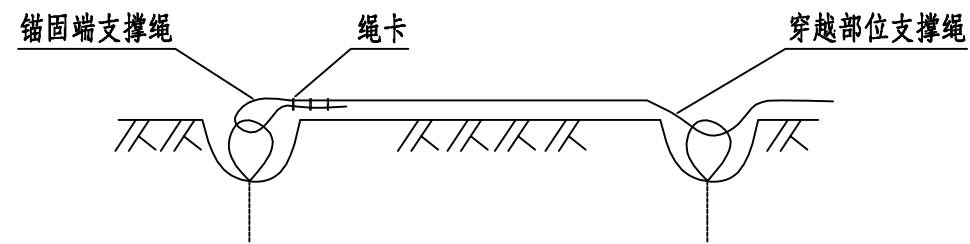
A点大样图



代表性断面图

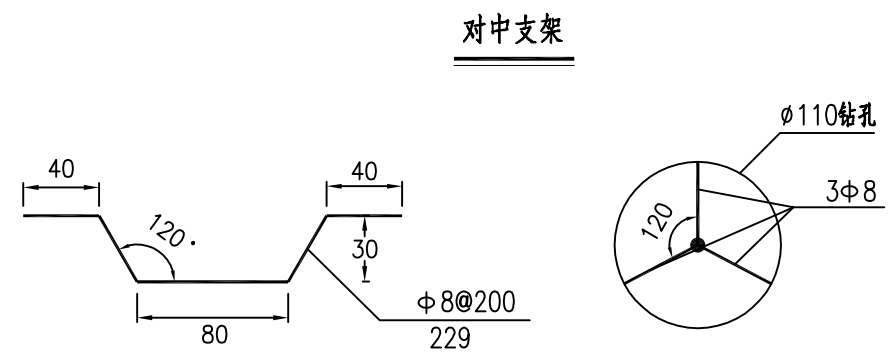
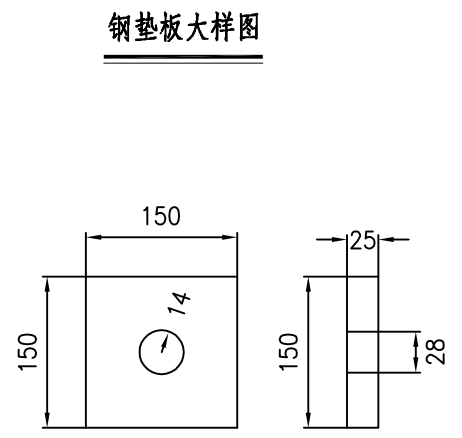
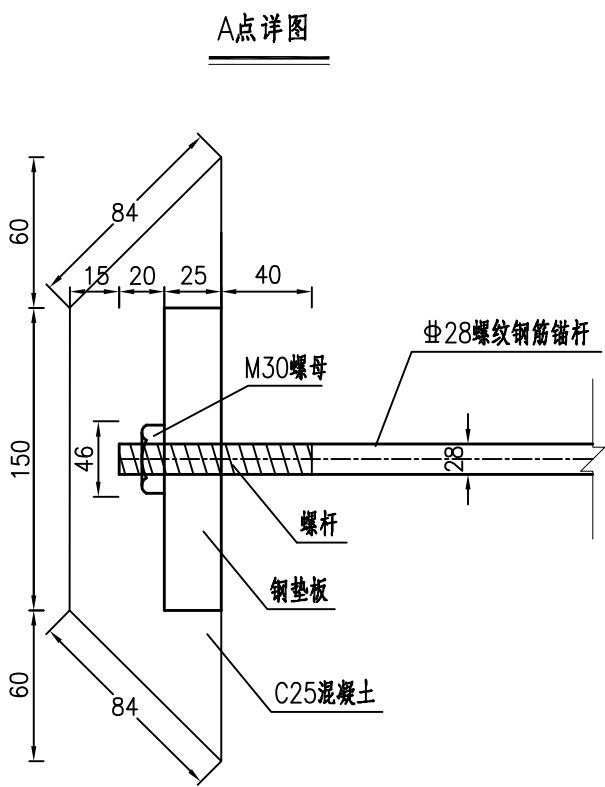
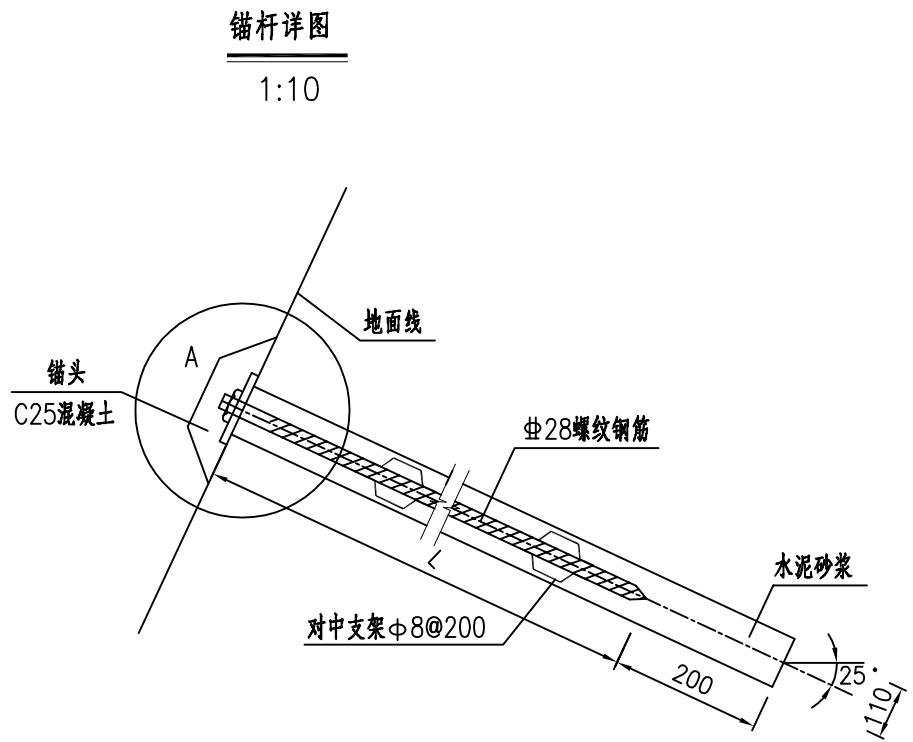
1:50

主动网支撑绳安装示意图



注

- 1 本图中单位除直径和网孔规格以mm计外,其余尺寸均以cm计。
- 2 本图适用于主动防护系统。防护系统说明:纵横交错的Φ16纵向支撑绳和Φ12纵向支撑绳与4.5X4.5m正方形模式(边沿局部根据需要有时为4.5X2.5m)布置的锚杆相联结并进行预张拉,支撑绳构成的每个4.5X4.5m(或4.5X2.5m)网格内铺设一张D0/08/300/4X4m(或4X2m)型钢丝绳网,每张钢丝绳网与四周支撑绳间用缝合绳缝合联结并拉紧,该预张拉工艺能使系统对坡面施以一定的法向预紧压力,从而提高表层岩土体的稳定性,尽可能地阻止崩塌落石的发生并将小部分落石限制在一定的空间内运动,同时,在钢绳网下铺设小网孔的S0/2.2/50型格栅网,以阻止小尺寸岩块的塌落。
- 3 施工顺序及工艺:①对坡面防护区域的浮土及浮石进行清除。②放线测量确定锚杆孔位(根据地形条件,孔间距可有0.3m的调整量),并在每一孔位处凿一定深度不小于锚杆外露环套长度的凹坑,一般口径20cm,深15cm。③按设计深度钻凿锚杆孔并清孔,孔深应比设计锚杆长度长30cm,孔径不小于Φ90,当受凿岩设备限制时,构成每根锚杆的两股钢绳可分别锚入两个孔径不小于Φ90的锚孔内,形成人字形锚杆,两股钢绳间夹角为15~30°,以达到同样的锚固效果。④注浆并插入锚杆(锚杆外露环套顶端不能高出地表,且环套段不能注浆,以确保支撑绳张拉后尽可能紧贴地表),采用不低于M20的水泥砂浆,孔内应确保浆液饱满,在进行下一道工序前注浆体养护不少于三天。⑤安装纵向支撑绳,张拉紧后两端各用2~4个(支撑绳长度小于15m时为2个,大于30m时为4个,其间为3个)绳卡与锚杆外露环套固定连接。⑥从上向下铺挂格栅网,格栅网间重叠宽度不小于5cm,两张格栅网间的缝合以及格栅网与支撑绳间用Φ1.2铁丝按1m间距进行扎结(有条件时本工序可在前一工序前完成即将格栅网置于支撑绳之下)。⑦从上向下铺设钢绳网并缝合,缝合绳为Φ8钢绳,每张钢绳网均用一根长约31m(或27m)的缝合绳与四周支撑绳进行缝合并预张拉,缝合绳两端各用两个绳卡与网绳进行固定连接。
- 4 坡体较破碎时,可根据实际情况,适当加长钢绳锚杆。



**单根锚杆工程数量表**

材料项目	单位	数量	
		9m锚杆	
Φ28螺纹钢	Kg/套	43.47	
M28螺母	Kg/套	1	
钢垫板	Kg/套	7.8	
水泥砂浆	m <sup>3</sup> /套	0.26	
Φ110钻孔	m/套	9.2	
钢筋支架	Kg/套	0.98	
C25混凝土	m <sup>3</sup> /套	0.003	

注:

- 1、本图尺寸除钢筋及螺帽直径以毫米计外，余均以厘米计。
- 2、锚杆长度为9米，每2m设置对中支架。
- 3、锚杆孔钻完后及时安装锚杆杆体，锚头可采用锚杆对焊螺帽加螺母紧固，或锚杆加工螺纹并用螺母紧固的方式。
- 4、锚杆体使用前应平直、除锈、除油。
- 5、锚杆注浆采用M30水泥砂浆，砂浆强度不低于30MPa，注浆压力，宜为0.3~0.5MPa。  
当孔内浆液初凝后，应及时进行二次补浆，以使浆液饱满，浆液中应加入适量膨胀剂。
- 6、锚杆孔位偏差不应大于50mm，孔底偏差不应大于锚杆长度的3%。
- 7、其他未尽事宜参见相关规范。