

企业资质等级：地质灾害防治勘查甲级/设计甲级/工程勘察综合甲级

资质证书编号：112018120447 / 11201813063 / B111023089

2025 年延庆区普通公路沿线地质灾害防治工程 施工图设计

(工程编号：2024 灾设 014)



企业资质等级：地质灾害防治勘查甲级/设计甲级/工程勘察综合甲级

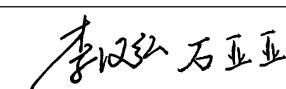
资质证书编号： 112018120447 / 11201813063 / B111023089

2025 年延庆区普通公路沿线地质灾害防治工程 施工图设计

(工程编号：2024 灾设 014)

图纸版次： 01-D1 设计阶段：施工图设计

图纸分册： 第一册，共两册 第一册 工程设计总说明

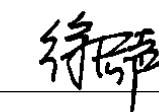
项目工程师： 李汉弘 石亚亚 

项目审核人： 刘力阳 

项目负责人： 周子舟 范铁强 

项目审定人： 廖俊展 

总工程师： 周宏磊 

法定代表人： 徐宏声 



北京市勘察设计研究院有限公司
BGI ENGINEERING CONSULTANTS LTD.



图纸分册内容一览表

图纸分册	设计内容	备注
第一册	工程设计总说明	
第二册	施工图设计图册	

工程设计总说明目录

1 工程概况及设计依据	1
1.1 任务由来	1
1.2 工程概况	1
1.3 设计输入资料	2
1.4 主要技术规范与标准	2
2 场地环境、工程地质条件与地质灾害特征	3
2.1 地理环境	3
2.1.1 地理环境	3
2.1.2 气象条件	3
2.1.3 水文条件	3
2.1.4 社会经济状况及交通条件	4
2.2 地质环境	4
2.2.1 地形地貌特征	4
2.2.2 地层岩性	4
2.2.3 地质构造	8
2.2.4 抗震设计条件	9
2.2.5 水文地质	9
2.3 治理区地质灾害基本特征	9
2.3.1 地质灾害类型、位置、范围及规模	9
2.3.2 崩塌体的物质组成与结构	10
2.3.3 变形破坏特征与危害程度	10
3 总体设计思路	10
3.1 治理目的	10
3.2 设计原则	10
3.3 防治工程等级	11
3.4 工况与安全系数	11
3.5 设计参数与强度标准	11
3.5.1 主要材料参数及强度	11
3.5.2 钢筋锚固与连接要求	11

3.5.3 建议的岩土体参数取值	11
4 治理工程设计方案	11
4.1 坡面危岩清理	11
4.2 削方减载	12
4.3 岩石锚杆	12
4.4 混凝土挡土墙	12
4.5 被动防护网	12
4.6 引导防护系统（覆盖式引导网和张口式引导网）	12
4.7 钢筋混凝土挡土墙	12
4.8 锚喷	12
4.9 绿化工程	12
5 主要工程量	12
6 施工技术要求	12
6.1 坡面危岩清理	12
6.2 削方减载	12
6.3 岩石锚杆	13
6.4 被动防护网	14
6.5 引导防护系统	16
6.5.1 覆盖式引导网	16
6.5.2 张口式引导网	17
6.5.3 安全风险	17
6.5.4 预防措施	18
6.6 混凝土挡土墙	18
6.6.1 安全风险	19
6.6.2 预防措施	19
6.7 钢筋混凝土挡土墙	19
6.7.1 安全风险	20
6.7.2 预防措施	20
6.8 锚喷	20
6.8.1 安全风险	21
6.8.2 预防措施	21
6.9 绿化工程	22
6.10 质量检验	22
7 施工安全与环境保护	22
7.1 施工注意事项	22
7.2 周边环境条件、工程风险分析及应急措施要求	22
7.3 关于保障工程周边环境安全和工程施工安全的建议	23

8 工程运营维护与检修	23
8.1 例行检查范围	23
8.2 例行维修检查的频率与时间	23
9 其他说明	23

附表/附件:

- (1) 附表 1: 边坡特征及治理方法一览表
- (2) 附表 2: 地质灾害隐患防治工程量统计表
- (3) 附图 1: X002 千小路 K6+800-K43+900 沿线地质灾害隐患点分布图
- (4) 附图 2: X003 河东路 K2+800-K14+550 沿线地质灾害隐患点分布图
- (5) 附图 3: X004 刘干路 K2+650-K13+350 沿线地质灾害隐患点分布图
- (6) 附图 4: X008 大西路 K7+600—K20+950 沿线地质灾害隐患点分布图
- (7) 附图 5: X012 松闫路 K0+700—K16+200 沿线地质灾害隐患点分布图
- (8) 附图 6: X015 永偏路 K0+700-K13+150 沿线地质灾害隐患点分布图
- (9) 附图 7: X032 外石路 K0+500-K5+560 沿线地质灾害隐患点分布图
- (10) 附图 8: X038 涞赤路旧线 K0+400-K5+560 沿线地质灾害隐患点分布图
- (11) 附图 9: X039 黑艾路 K2+600-K6+700 沿线地质灾害隐患点分布图
- (12) 附图 10: X211 四宝路 K16+500-K26+100 沿线地质灾害隐患点分布图
- (13) 附件 1: 防治工程计算书

工程设计总说明

1 工程概况及设计依据

1.1 任务由来

受北京市交通委员会延庆公路分局（以下简称“委托单位”）委托，北京市勘察设计研究院有限公司（以下简称“我院”）承担了2025年延庆区普通公路沿线地质灾害防治工程的设计工作。

本次设计范围：北京市延庆区X002千小路K6+800-K43+900沿线（6处台账点、6处治理点，累计治理路段长0.39km）、X003河东路K2+800-K14+550沿线（3处台账点、3处治理点，累计治理路段长0.35km）、X004刘干路K2+650-K13+350沿线（2处台账点、2处治理点，累计治理路段长0.16km）、X008大西路K7+600-K20+950沿线（11处台账点、11处治理点，累计治理路段长0.85km）、X012松闫路K0+700-K16+200沿线（5处台账点、1处治理点，累计治理路段长0.3km）、X015永偏路K0+700-K13+150沿线（6处台账点、3处治理点，累计治理路段长0.28km）、X032外石路K0+500-K5+650沿线（5个台账点，无需治理）、X038滦赤路旧线K0+400-K5+560沿线（7处台账点、6处治理点，累计治理路段长0.38km）、X039黑艾路K2+600-K6+700沿线（3处台账点、3处治理点，累计治理路段长0.26km）、X211四宝路K16+500-K26+100沿线（5处台账点、3处治理点，累计治理路段长0.20km），共有53处台账点，其中39处治理点需治理，累计治理路段长3.16km。

1.2 工程概况

拟治理工程位于北京市延庆区北京市延庆区X002千小路、X003河东路、X004刘干路、X008大西路、X012松闫路、X015永偏路、X032外石路、X038滦赤路旧线、X039黑艾路、X211四宝路沿线。道路路幅宽度约6~10m，道路等级为县级公路，工程场地地理位置示意见图1-1~图1-4。

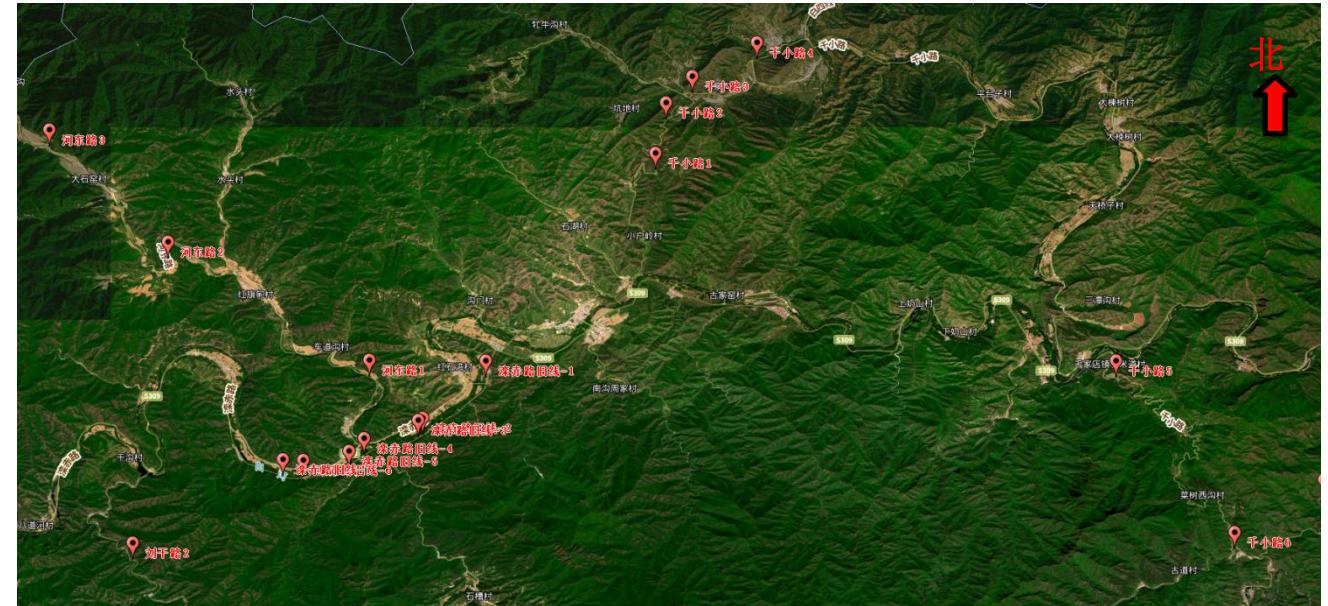


图1-1 X002千小路、X003河东路、X038滦赤路旧线、工程场地地理位置示意图



图1-2 X004刘干路、X038滦赤路旧线、X039黑艾路工程场地地理位置示意图



图 1-3 X008 大西路、X012 松闫路、X015 永偏路、X032 外石路工程场地地理位置示意图



图 1-4 X211 四宝路工程场地地理位置示意图

本项目延庆区 X002 千小路、X003 河东路、X004 刘干路、X008 大西路、X012 松闫路、

X015 永偏路、X032 外石路、X038 涠赤路旧线、X039 黑艾路、X211 四宝路沿线路段均为早期修筑时形成的人工开挖边坡，均为切坡路段，部分路段边坡坡度大。自道路边坡形成后，在风化卸荷、降水及人类工程活动等各种自然的或人为的内、外营力的综合作用下，部分路堑边坡现状均存在不同程度的崩塌、坠石及落石等地质灾害隐患，影响道路交通安全。

1.3 设计输入资料

- (1) 委托单位提供的拟治理路段一览表（电子版）；
- (2) 拟治理各路段地形测绘资料；
- (3) 2025 年延庆区普通公路沿线地质灾害防治工程勘查工程地质勘查报告（工程编号 2024 灾勘 016）；
- (4) 现场踏勘与调查。

1.4 主要技术规范与标准

- (1) 《建筑与市政地基基础通用规范》（GB 55003-2021）；
- (2) 《混凝土结构通用规范》（GB 55008-2021）；
- (3) 《建筑边坡工程技术规范》（GB 50330-2013）；
- (4) 《建筑地基基础设计规范》（GB 50007-2011）；
- (5) 《混凝土结构设计标准》（GB/T 50010-2010）（2024 年版）；
- (6) 《建筑抗震设计标准》（GB/T 50011-2010）（2024 年版）；
- (7) 《中国地震动参数区划图》（GB 18306-2015）；
- (8) 《地质灾害治理工程实施技术规范》（DB11/T 1524—2018）；
- (9) 《边坡柔性防护网系统》（JT/T 1328-2020）；
- (10) 《铁路边坡柔性被动防护产品落石冲击试验方法与评价》（TB/T 3449-2016）；
- (11) 《危岩落石柔性防护网工程技术规范》（试行）（T/CAGHP 066-2019）；
- (12) 《地质灾害防治条例》（2003 年 11 月 19 日）；
- (13) 《挡土墙图集》（国家建筑标准设计图集 17J008）；
- (14) 《岩土锚杆（索）技术规程》（CECS 22: 2005）
- (15) 《边坡支护工程设计标准图集》（QBGI C0301 - 2024）
- (16) 《公路工程技术标准》（JTG B01-2014）
- (17) 《公路工程抗震规范》（JTG B02-2013）
- (18) 《公路路基设计规范》（JTG D30-2015）

(19) 其他规范、标准。

2 场地环境、工程地质条件与地质灾害特征

2.1 地理环境

2.1.1 地理环境

延庆区位于北京市西北部，东邻怀柔区，南接昌平区，西与河北省怀来县接壤，北与河北省赤城县相邻，拟治理工程位于北京市延庆区 X002 千小路、X003 河东路、X004 刘干路、X008 大西路、X012 松闫路、X015 永偏路、X032 外石路、X038 淩赤路旧线、X039 黑艾路、X211 四宝路沿线。

2.1.2 气象条件

延庆属大陆性季风气候，属温带与中温带、半干旱与半湿润带的过渡地带。气候冬冷夏凉。最热月份气温比承德低 0.8 摄氏度，是著名的避暑胜地，有首都北京的“夏都”之称。据延庆地区气象观测资料（1959~2009 年），全县年平均温度 8.5℃，七月平均气温 23℃，一月平均气温则为 -8.8℃；多年平均日照时数 2826.3 小时，年总辐射量为 5288.82MJ/m²；无霜期短，年均无霜期 155~165 天，初霜日在 10 月下旬，终霜日在 3 月下旬；年平均风速为 2.6m/s，主导风向为西南风，大于 17 m/s 的大风日数平均 39 天。最大冻土深度约 1.00~1.35m。

降雨量多年平均为 447.7mm，历年最大降雨量为 747.1mm(1964 年)，最小降雨量为 144.9mm (2003 年)。每年降雨多集中在 7、8 月份，占年降水量的 60~70%，1、2 月份降雨量最小。24 小时最大降雨量为 205.0mm，大于等于 50mm 暴雨量日数不到 1 天，时最大降雨量为 35.5mm，10 分钟最大降雨量为 18.0mm。各区域多年降雨量及多年月平均降雨量参见图 2.1-1 (“延庆区各区域多年降雨量等值线”) 及 2.1-2 (“延庆区多年月平均降雨量柱状图”)。

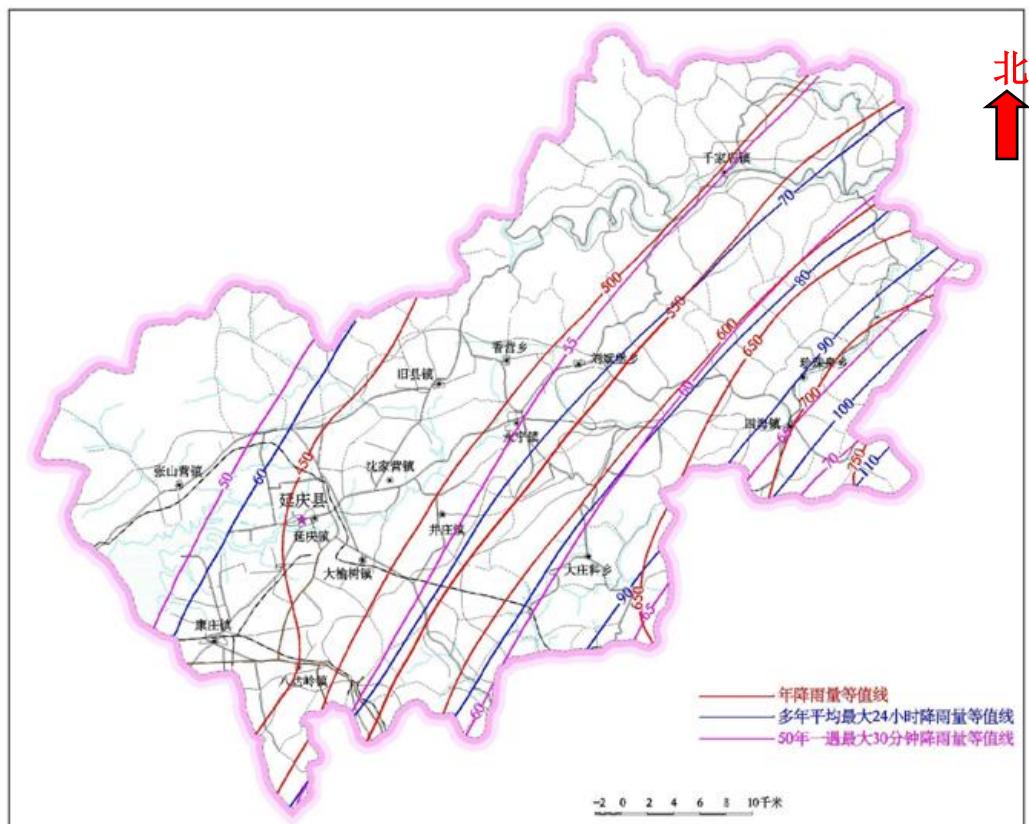


图 2.1-1 延庆区各区域多年降雨量等值线

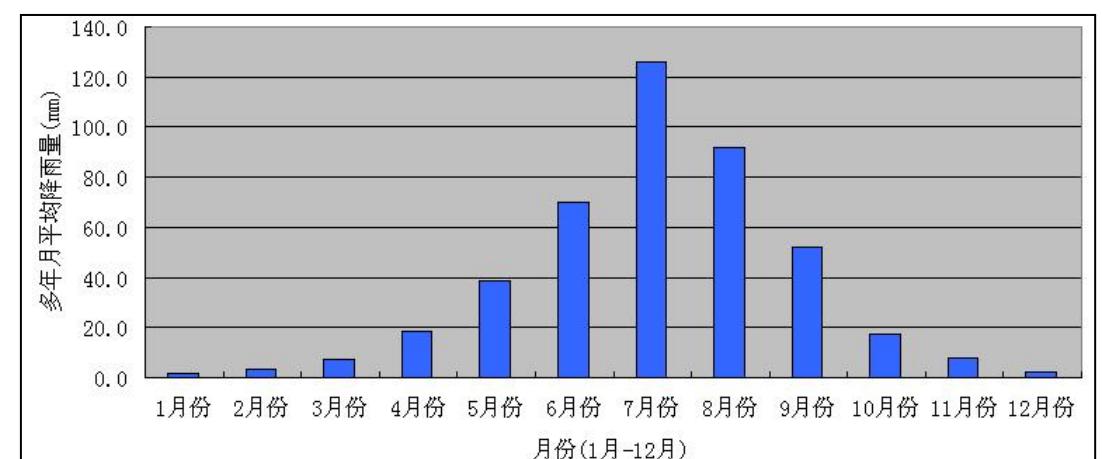


图 2.1-2 延庆区多年月平均降雨量柱状图

2.1.3 水文条件

全区共有四级以上河流 18 条，其中主要河流有白河、妫水河两条，总属海河水系，分属潮白河、永定河两大水系，参见图 2-12。

白河发源于河北省沽源县域内，古称沽河，属潮白河水系。在香营乡北梁西入境，沿县境北部曲折东流，在千家店镇摩天岭南出境进入怀柔。县内河长 55 公里，河宽 30~70m，流域面积 828.1km²。河道径流多在汛期产生，据下堡水文站观测多年平均径流量为 2.603 亿 m³。县域内有白河支流 4 条，分别是黑河、菜食河、红旗甸河及大庄科河。其中菜食河、大

庄科河发源于县域内，黑河、红旗甸河发源于河北省赤城县。

妫水河，亦称妫河，古称怀来河、清水河和清夷水等，属永定河水系。发源于延庆区城东北15km的黑龙潭，南流至小庄科有新华营河（发源于黑汉岭）汇入，自东向西横贯延庆山区盆地，在康庄镇大路村北汇入官厅水库。妫水河河道弯曲，河长18.5km，河宽75~250m，流域面积1073.6km²。多年平均径流量为 $1.18 \times 10^8 m^3$ ，汛期径流量达 $0.58 \times 10^8 m^3$ 。妫水河共有古城河、佛峪口河、蔡家河、三里河、西二道河、小张家口河、西拨子河、帮水峪河及养鹅池河等9条支流，其中以古城河和佛峪口河较大，常年有基流，其余均属季节性河流。从1985年建立观测站至2003年，丰水位480.95m；从建站到目前，洪水位482.01m，最高洪峰流量38.9m^{3/s}，发生在1998年7月6日；枯水位480.18m，人工断面河底高程为480.15m。

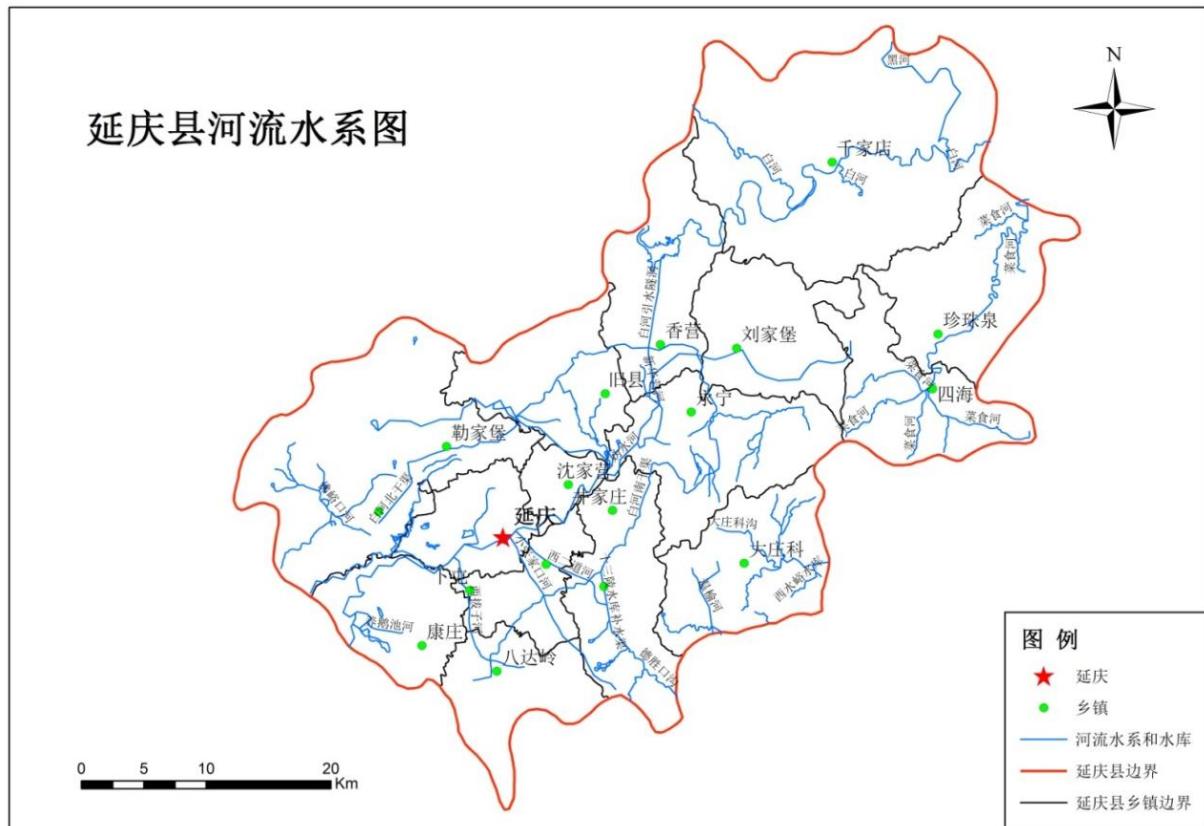


图 2.1-4 延庆区河流水系图

根据《建筑地基基础设计规范》(GB 50007—2011)和《北京地区建筑地基基础勘察设计规范》(DBJ 11-501-2009)(2016年版)，大西路和四宝路拟治理段的标准冻结深度为1.20m，其他拟防治道路的标准冻结深度为1.35m。

2.1.4 社会经济状况及交通条件

拟治理路段包含较多的旅游景点，是重要的经济重镇，交通便利。

2.2 地质环境

2.2.1 地形地貌特征

延庆区位于延怀盆地东部，是冀北山区内部北东东向断裂控制下的新生代断陷盆地。延庆盆地整体地势东北高、西南低，自北东向南西倾斜，盆地海拔高程约为470~580m。延庆盆地中部为妫水河冲积平原区，西北、东南两侧为山地、山麓斜坡，山前地带分布有孤山和残丘，参见图2.2-1（“延庆区地形地貌示意图”）、图2.2-2（“典型地形地貌照片”）。

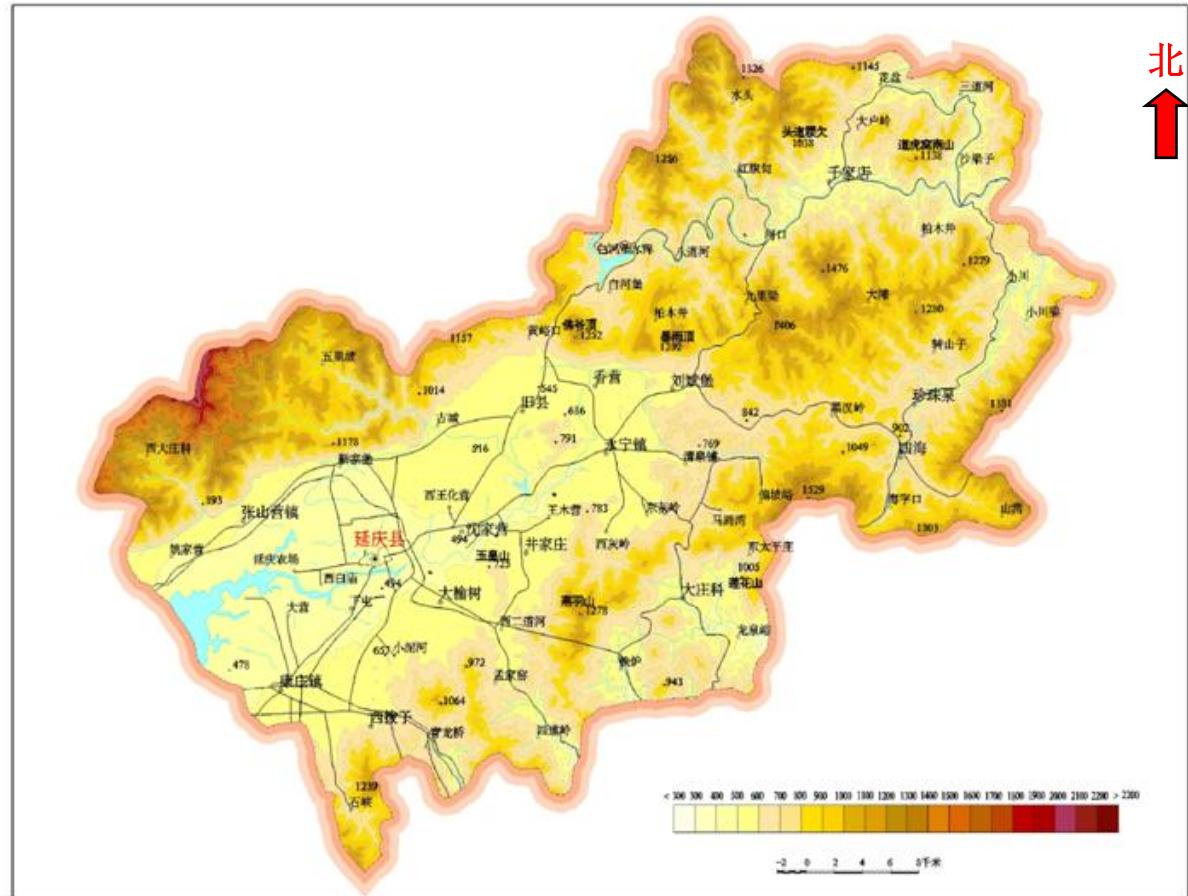


图 2.2-1 延庆区地形地貌示意图



图 2.2-2 典型地形地貌照片

2.2.2 地层岩性

根据区域地质资料和现场调查，本次地灾隐患点附近出露的地层主要为新生界、中生界

和中元古界地层。

(1) 新生界第四系堆积层

第四系主要分布在沟谷处与山坡表层，按成因可分为人工堆积层、崩坡积层、残坡积层。

崩坡积层 (Q4col+pl)：主要分布在道路边坡坡顶附近，岩性以碎石、黏性土为主，厚度变化较大，密实度一般较差。

(2) 中生界

场区内中生界主要为侵入岩、火山碎屑岩、沉积岩及火山岩，白垩系大海陀超单元组合之鱼儿场沟单元之王于家黑云石英二长岩单元(K1w)花岗岩；侏罗系土城子组(Jt)凝灰质砂岩、安山岩和后城组(J3h)粉砂岩；燕山晚期二长($\eta \gamma$)花岗岩和次火山岩(q $\tau \pi$)石英粗面花岗岩。

(4) 中元古界

场区内中元古界主要为蓟县系沉积岩，岩性为雾迷山组(Jxw)白云岩、长城系高于庄组(Chg)白云岩。

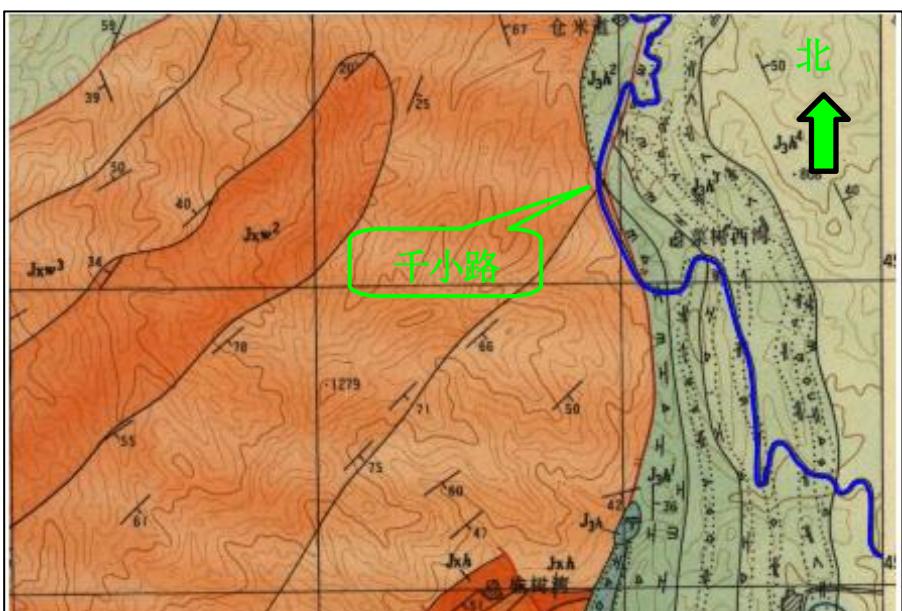


图 2.3-a 千小路 (四海幅)

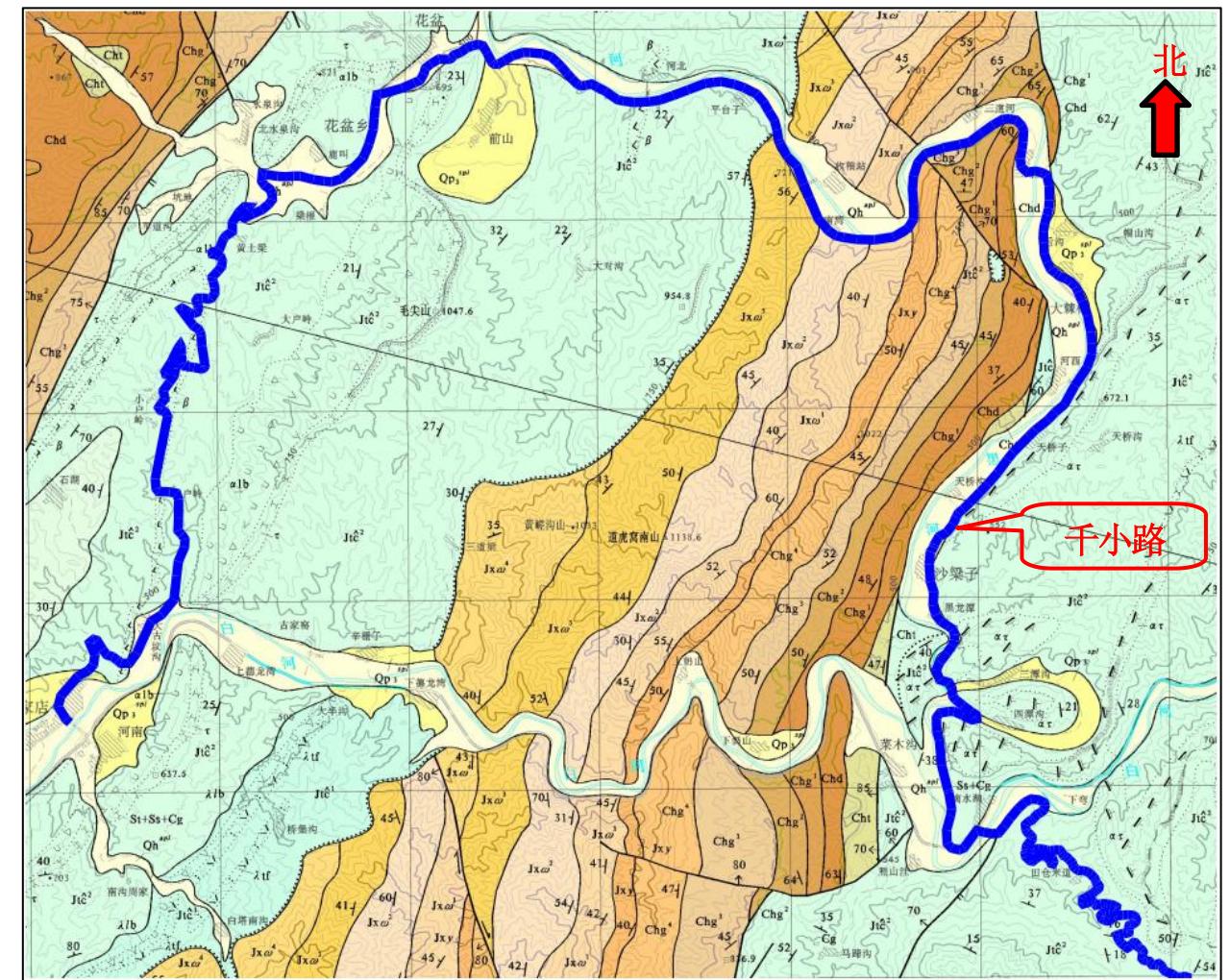


图 2.3-b 千小路 (三道营子幅)

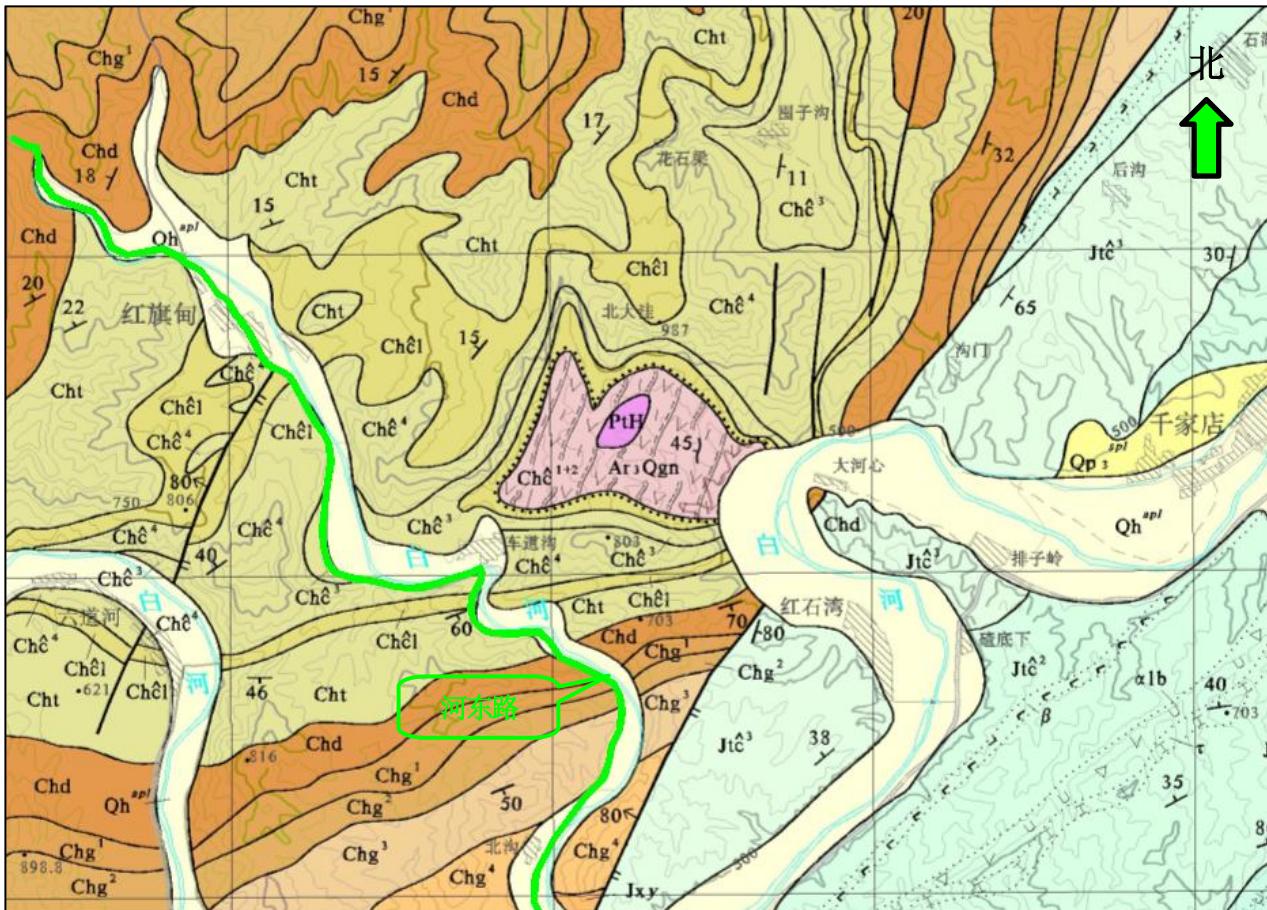


图 2.3-c 河东路(三道营子幅)

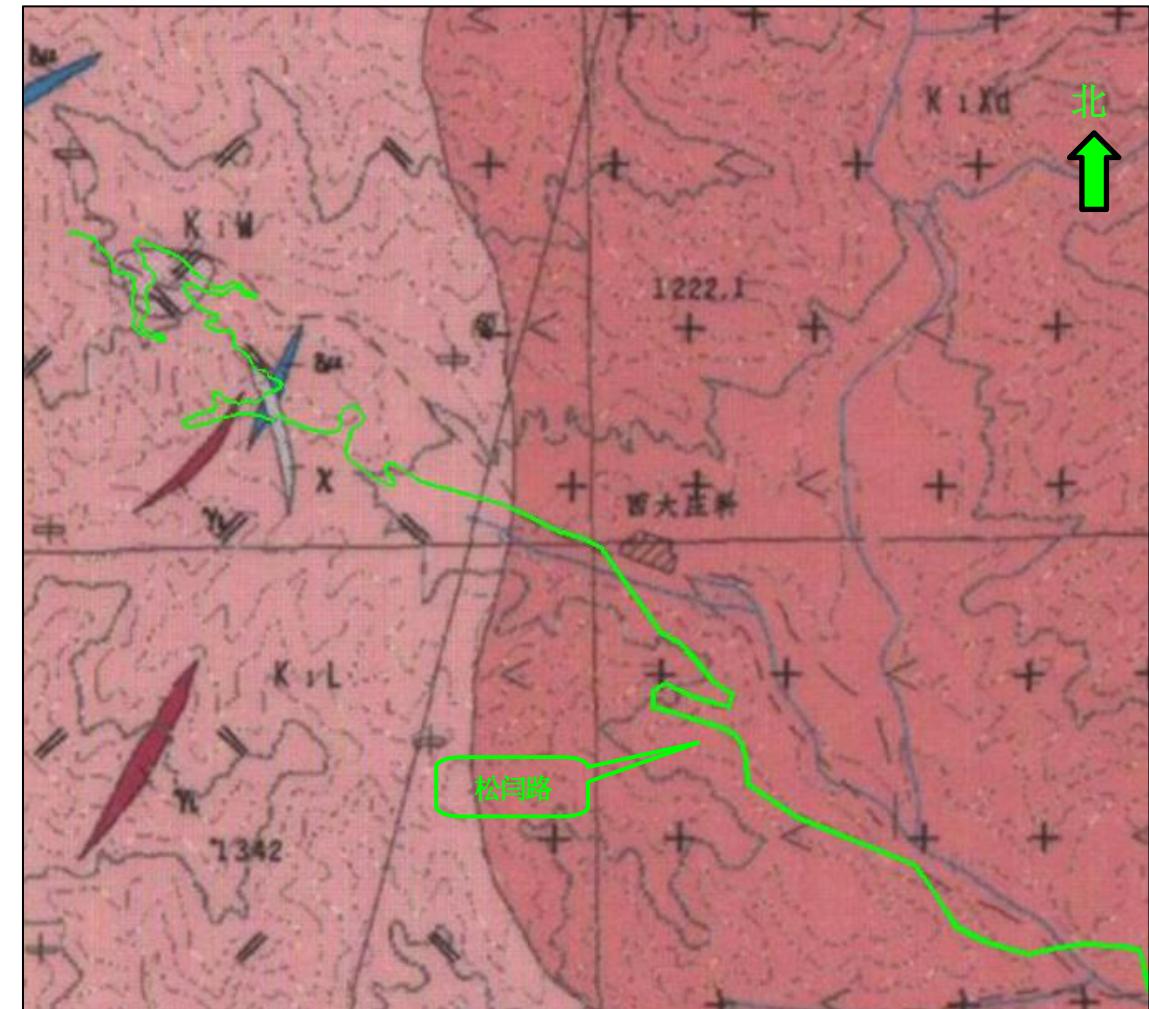


图 2.3-e 松闫路(靳家堡幅)

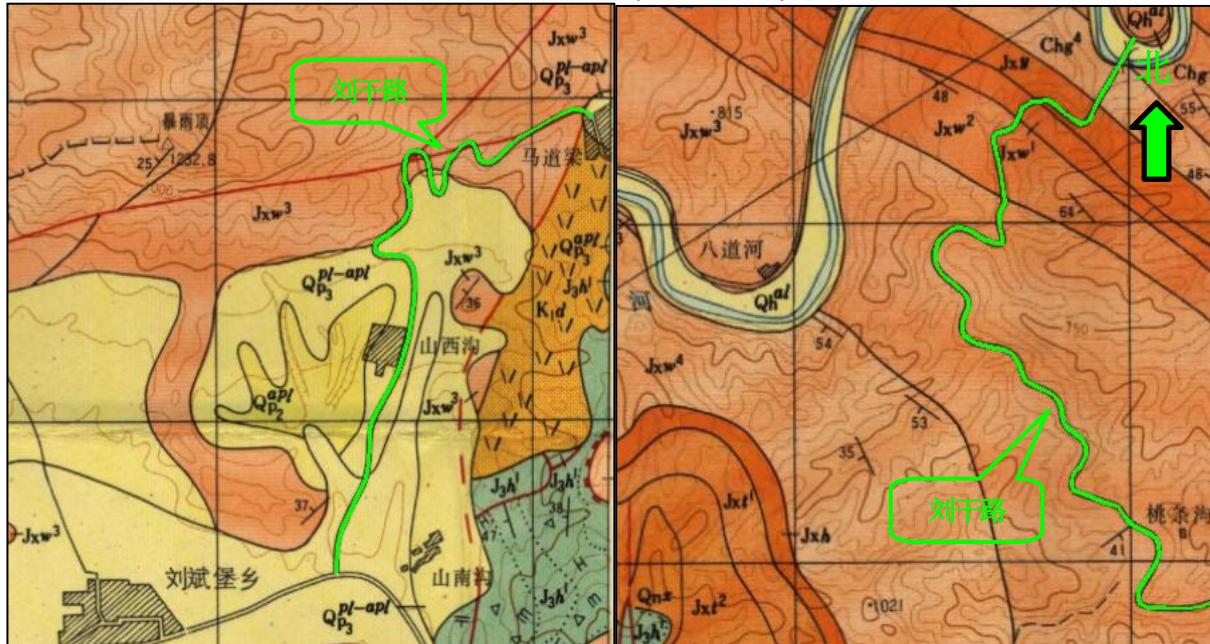


图 2.3-d 刘干路(永宁幅)

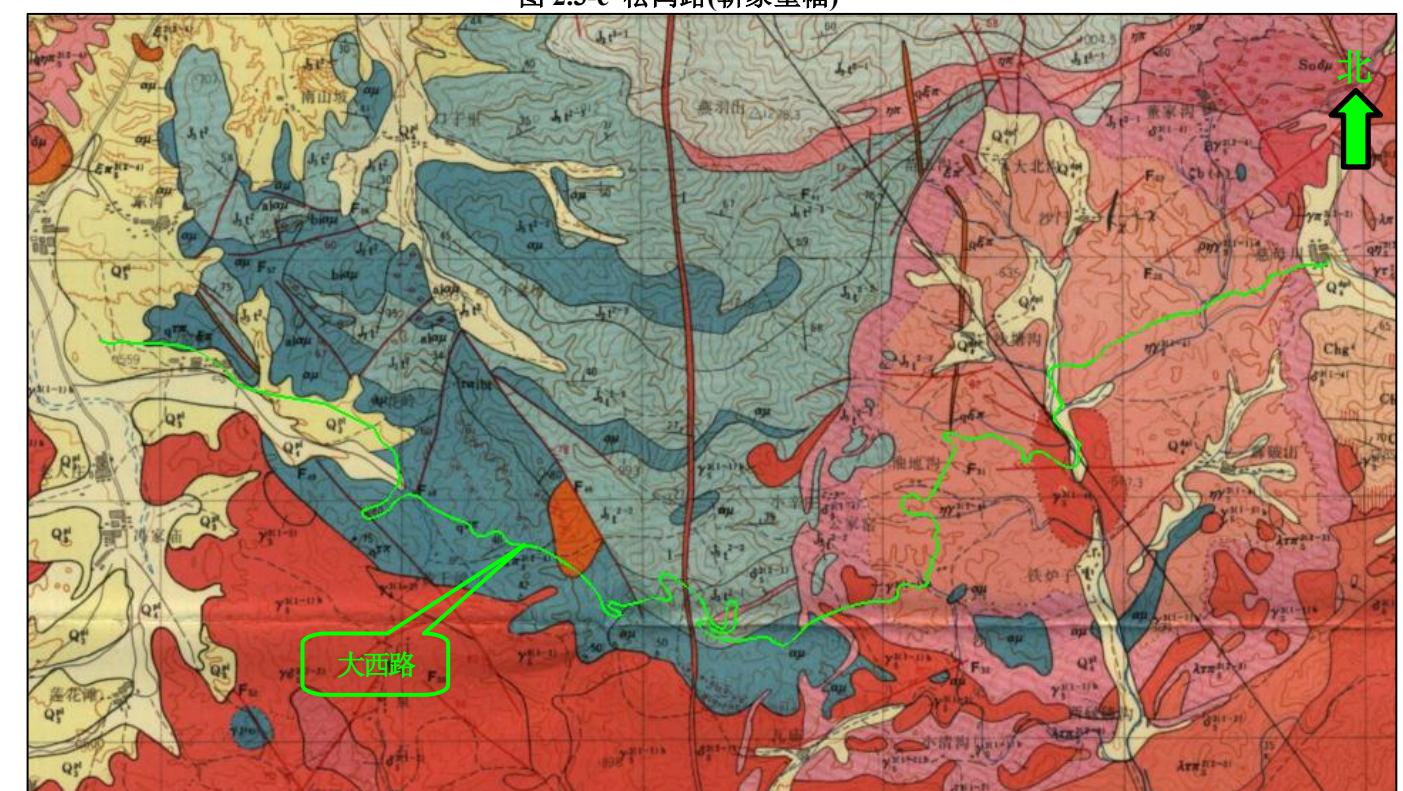


图 2.3-f 大西路(青龙桥幅)

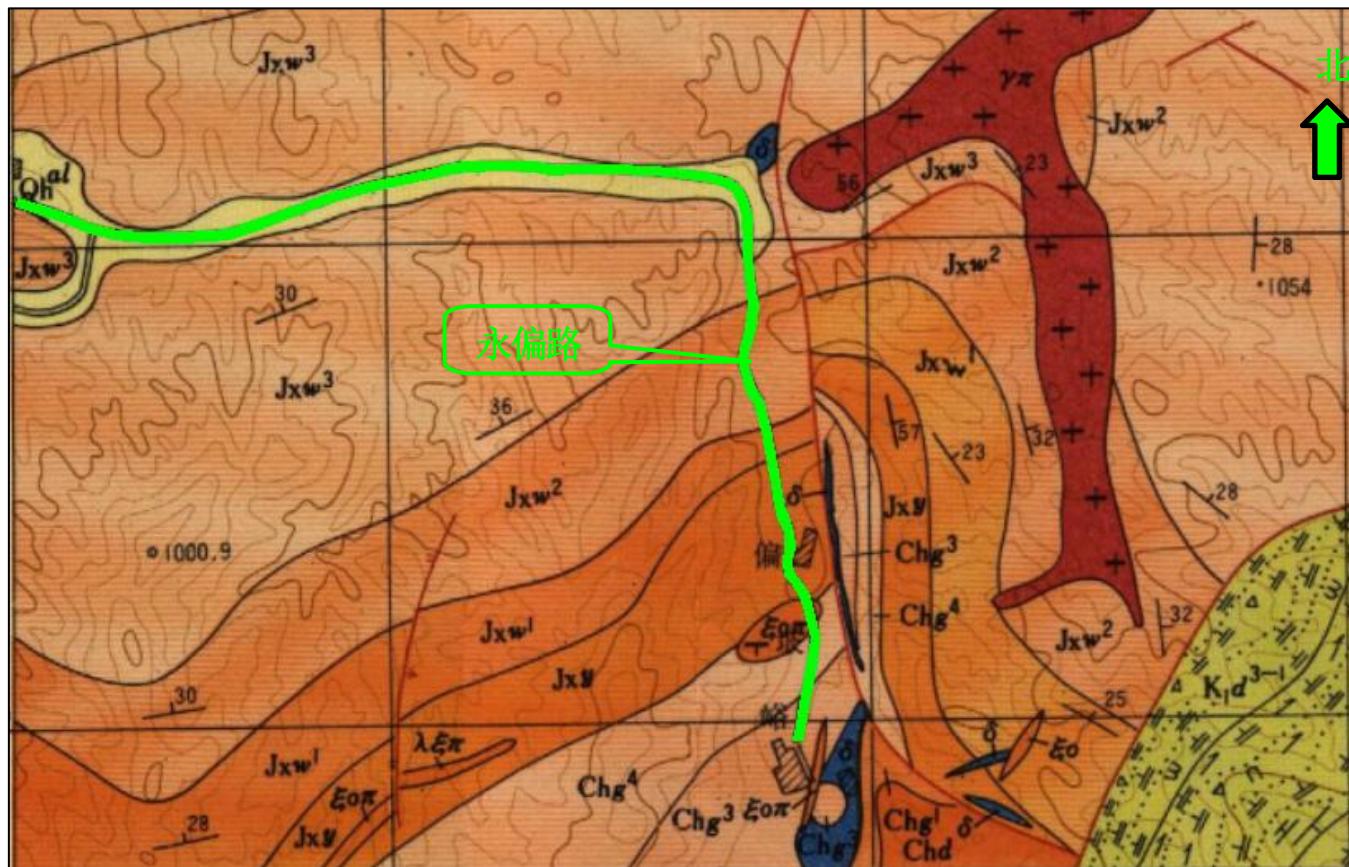


图 2.3-g 永偏路(四海幅)

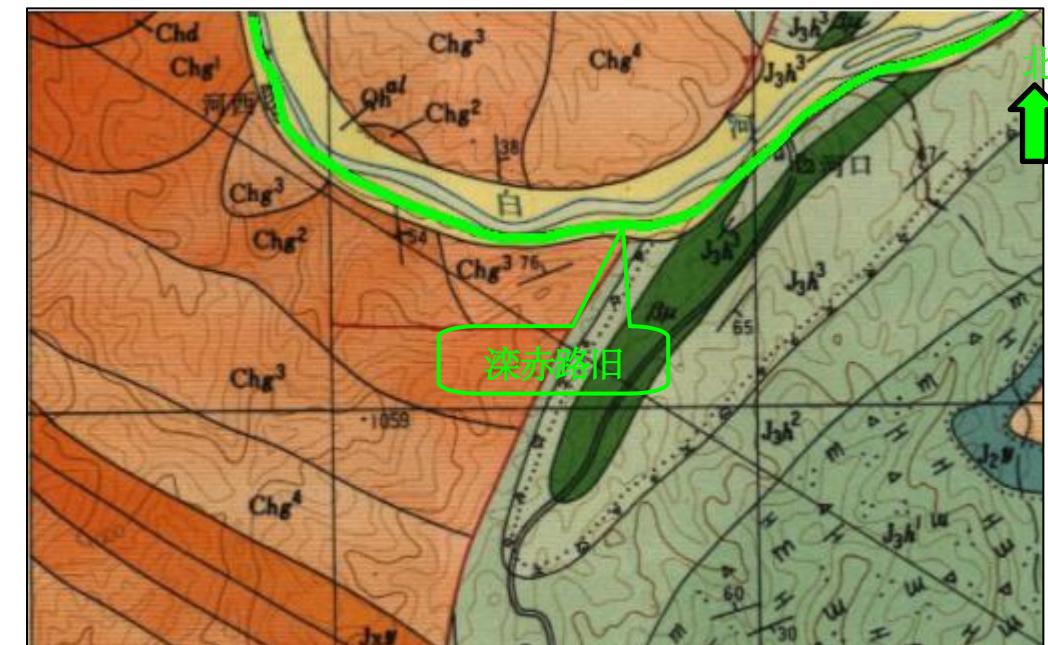


图 2.3-i 滦赤路旧线(四海幅)

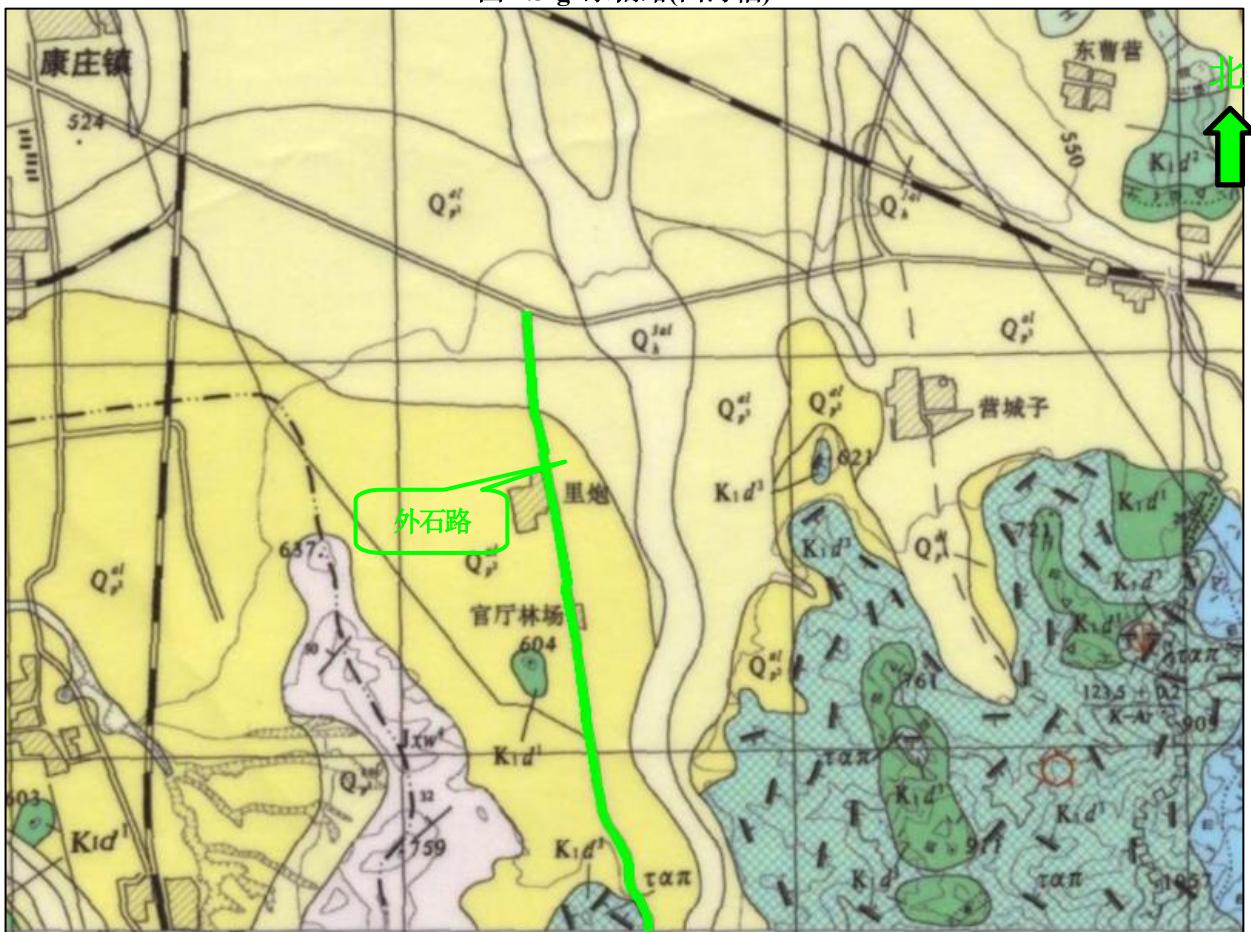


图 2.3-h 外石路(永宁幅)

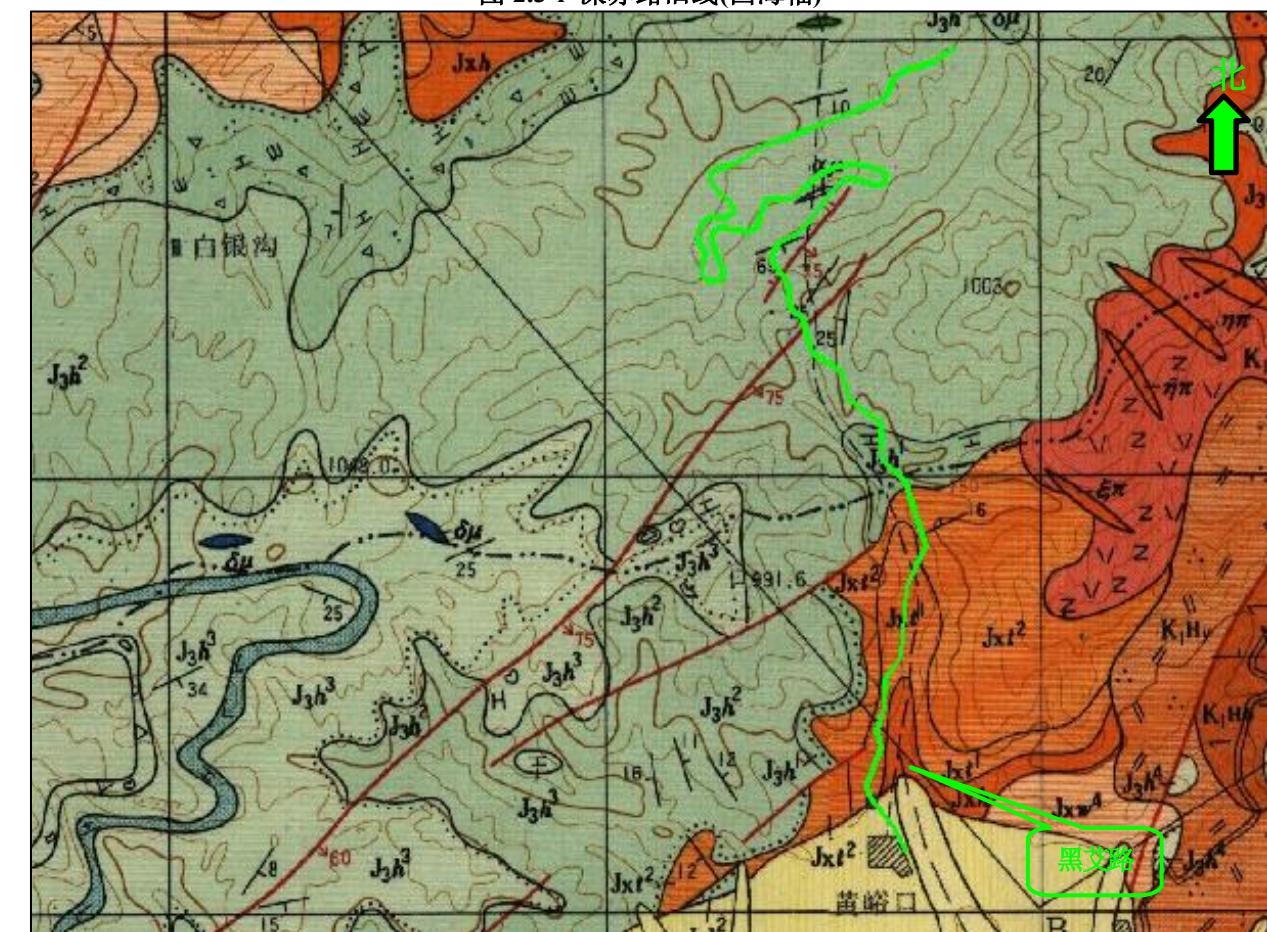


图 2.3-j 黑艾路(永宁幅)

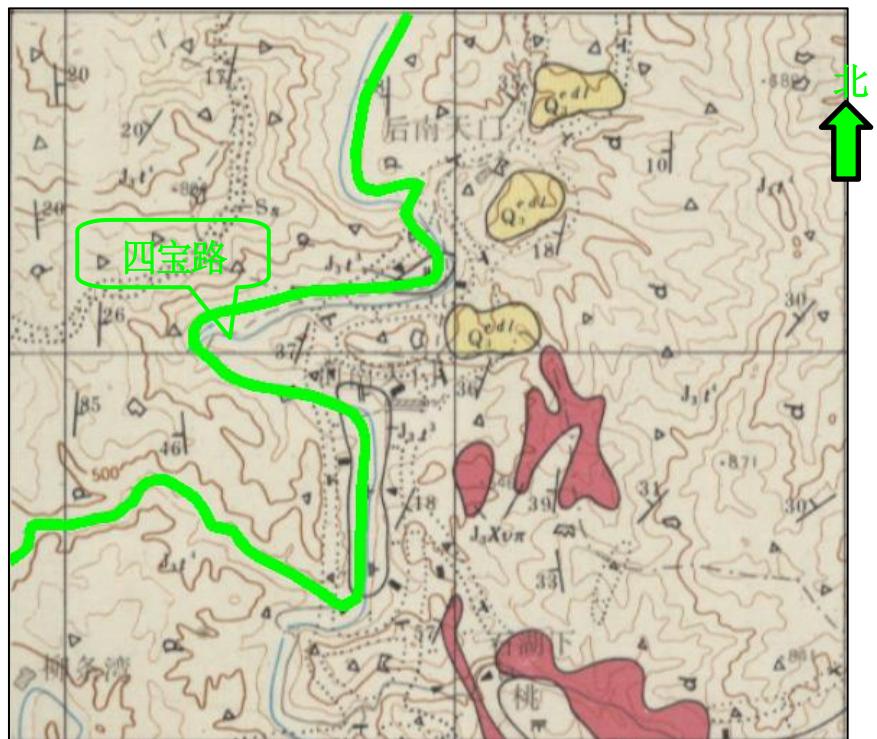


图 2.3-k 四宝路 (琉璃庙幅)

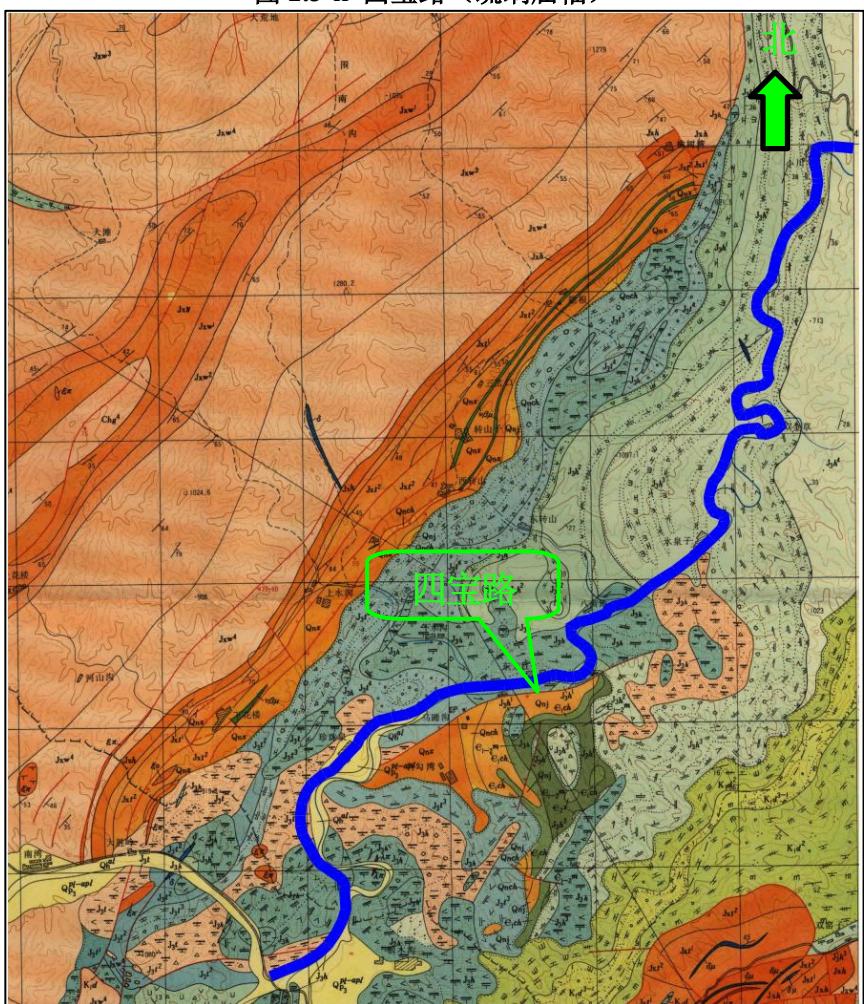


图 2.3-l 四宝路 (四海幅)

图 2.3 拟治理延庆区道路沿线区域地质示意图[引自北京市地质图 (1: 50000)]

2.2.3 地质构造

北京地区处于阴山纬向构造带南缘，祁吕～贺兰山字型东翼反射弧构造带附近及新华夏系构造带与延昌弧型构造东翼南缘的复合部位。由于受上述构造体系的综合作用和燕山期频繁的岩浆活动影响，致使本区构造形迹较为复杂。北部山区属燕山纬向断褶带，南部平原区为新华夏系华北沉降带。北京平原区的构造主要表现为一系列北东向或北北东向与北西向的断裂构造（其中以北东向断裂构造为主）。这一构造格局在中生代晚期已基本形成。自中生代末期以来，平原区内又形成了北东向的西山迭坳褶、北京迭断陷、大兴迭隆起、大厂新断陷隆凹相间的构造格局。

北京地区的构造格局形成于中生代，新生代以来得到进一步改造，其特点是以断裂及其控制的断块活动为主要特征。断裂主要有北北东—北东向和北西—东西向两组，并在不同程度上控制着新生代不同时期发育的断陷盆地。工程场地所在区域大地构造位置处于中朝准地台(I)之燕山台褶带(II1)之之密(云)怀(来)中隆断(III2)之花盆-四海迭断褶(IV3)、大海陀中穹断(IV4)、八达岭中穹断(IV6)、延庆新断陷(IV7)构造单元中，参见图 2-4 (“北京地质构造分区略图”)。



图 2.4 北京地质构造分区略图

根据区域地质资料，区内发育的地质构造有：

北张庄北-黄口梁正断层：呈北东(NE)延伸，断层面产状 $130^{\circ} \sim 135^{\circ} / 60^{\circ} \sim 80^{\circ}$ ，断裂长 4.50km，宽 5~70m，活动时期为燕山中期。

黑峪口-白河堡逆断层：呈北东(NE)延伸，断层面产状 $304^{\circ} \sim 325^{\circ}$ $\angle 55^{\circ} \sim 78^{\circ}$ ，断裂长 9.50km，宽 0.50~40m，局部 50m。

马道梁-河口断裂：该断裂为逆断层，呈北东(NE)延伸，断层面产状 $238^{\circ} \sim 335^{\circ}$ $\angle 60^{\circ} \sim 76^{\circ}$ ，断裂长 10.50km，宽 20~50m，活动时期为燕山中期。

南湾-转山子断裂：该断裂为正断层，沿北东(NE)延伸，断层面产状 $125^{\circ} \angle 75^{\circ} \sim 80^{\circ}$ ，断裂长 8km，宽 50m。

偏坡峪逆断层：呈南北(SN)延伸，断层面倾向东倾角 50° ，断裂长 4.50km，活动时期为燕山中期。

本次调查期间未见明显断层破碎带出露。

2.2.4 抗震设计条件

根据《中国地震动参数区划图》（GB 18306—2015）附录 C 及《建筑抗震设计标准》（GB/T 50011—2010），松闫路、大西路和黑艾路拟治理段对应Ⅱ类场地的基本地震动峰值加速度为 0.20g，反应谱特征周期为 0.40s，地震烈度为 VIII 度；其余道路拟治理段对应Ⅱ类场地的基本地震动峰值加速度为 0.15g，反应谱特征周期为 0.45s，地震烈度为 VII 度。

2.2.5 水文地质

现场调查，场地内未发现稳定分布的地下水或泉眼出露。

根据区域地质背景资料分析，拟建工程场区地下水主要为第四纪松散沉积物含水层及基岩裂隙含水层。调查区地处内陆，大气降水相对较少，补给条件差，而调查区内崩积层透水性较强，排泄条件好，赋存于谷坡处第四系覆盖层中的松散岩类孔隙水与浅部全、强风化基岩内的裂隙水主要在雨季短期赋存。

调查区内的地下水主要受大气降水补给，按赋存条件可划分为松散层孔隙水与基岩裂隙水。松散层孔隙水主要分布在河床与谷坡处的第四系松散覆盖层中，沿下伏基岩面及基岩内连通性较好的宽大裂隙渗流，最终向临近河谷排泄；基岩裂隙水主要赋存于节理裂隙及结构面连通性较好的全、强风化岩带中。

2.3 治理区地质灾害基本特征

根据初步调查，本项目各路段边坡主要以岩质边坡及碎石边坡为主，岩体多呈整体状、块状结构。一般中风化~强风化。各段边坡一般中间高，两边低，坡形整体上完整，坡体两侧一般有冲沟发育，边坡坡顶及两侧植被繁茂。边坡两侧的低洼地形构成了其上下游的边界条件，各段边坡的物质组成及形态特征参见附表 1 “边坡特征及治理方法一览表”。

2.3.1 地质灾害类型、位置、范围及规模

本工程涉及地质灾害治理点包括：北京市延庆区 X002 千小路 K6+800-K43+900 沿线、X003 河东路 K2+800-K14+550 沿线、X004 刘干路 K2+650-K13+350 沿线、X008 大西路 K7+600-K20+950 沿线、X012 松闫路 K0+700-K16+200 沿线、X015 永偏路 K0+700-K13+150 沿线、X038 涞赤路旧线 K0+400-K5+560 沿线、X039 黑艾路 K2+600-K6+700 沿线、X211 四宝路 K16+500-K26+100 沿线，共 53 处台账点，39 处治理点，累计治理路段长 3.16km。各隐患点边坡特征见表 2-1。

表 2-1 各隐患点边坡特征一览表

编号	规自台账号	实际治理桩号	长度	类型
X002-1	K6+800-K6+857	K6+762-K6+851	89	坠落式崩塌、落石
X002-2	K8+800-K8+900	K8+817-K8+859	42	坠落式崩塌、落石
X002-3	K10+400-K10+420	K10+353-K10+413	60	坠落式崩塌、落石
X002-4	K12+300-K12+350	K12+270-K12+330	60	坠落式崩塌、落石
X002-5	K33+150-K33+300	K33+196-K33+228、K33+300-K33+331	63	坠落式崩塌、落石
X002-6	K43+850-K43+900	K43+788-K43+828、K43+866-K43+902	76	坠落式崩塌、落石
X003-1	K2+800-K2+900	K2+812-K2+872、K2+874-K2+906	90	坠落式崩塌、落石
X003-2	K9+800-K10+000	K9+855-K10+045	190	坠落式崩塌、落石
X003-3	K14+500-K14+550	K14+510-K14+582	72	坠落式崩塌、落石
X004-1	K2+650-K2+850	K2+620-K2+645、K2+717-K2+800	108	坠落式崩塌、落石
X004-2	K13+300-K13+350	K13+253-K13+300	47	坠落式崩塌、滑移式崩塌、落石
X008-1	K7+600—K7+700	K7+557—K7+652	95	坠落式崩塌、落石
X008-2	K9+950—K10+000	K9+965—K9+990、K10+006-K10+035	54	坠落式崩塌、落石
X008-3	K12+500—K12+560	K12+510—K12+540	30	坠落式崩塌、落石
X008-4	K13+870—K13+950	K13+900—K13+960	60	落石
X008-5	K15+200—K15+400	K15+272—K15+332、K15+350—K15+430	130	坠落式崩塌、落石
X008-6	K15+600—K15+660	K15+563—K15+611	48	坠落式崩塌、落石
X008-7	K17+400—K17+550	K17+400—K17+430、K17+497—K17+520	53	坠落式崩塌、落石
X008-8	K19+300—K19+500	K19+280—K19+310、K19+440—K19+490、K19+465—K19+485	100	坠落式崩塌、落石

编号	规自台账号	实际治理桩号	长度	类型
X008-9	K19+700—K20+050	K19+765—K19+800、 K19+820—K19+900、 K20+073—K20+090	132	坠落式崩塌、落石
X008-10	K20+500—K20+600	K20+585—K20+632	47	坠落式崩塌、落石
X008-11	K20+900—K20+950	K20+864—K20+910、 K20+925—K20+947、 K20+960—K20+990	98	坠落式崩塌、落石
X012-1	K0+700-K0+800	/	/	无需治理
X012-2	K6+740-K6+900	/	/	无灾害
X012-3	K7+500-K7+570	/	/	无灾害
X012-4	K7+750-K7+790	/	/	无灾害
X012-5	K16+050—K16+200	K16+050—K16+349	299	坠落式崩塌、落石
X15-1	K0+700—K0+750	/	/	无灾害
X15-2	K3+900—K3+950	/	/	无灾害
X15-3	K8+950-K9+100	K8+900-K9+100	200	坠落式崩塌、落石
X15-4	K10+200-K10+300	K10+230-K10+261	31	坠落式崩塌、落石
X15-5	K12+700	K12+700—K12+720	20	落石
X15-6	K13+100-K13+150	K13+130-K13+160	30	坠落式崩塌、落石
X032-1	K0+500-K0+520	/	/	无灾害
X032-2	K1+900-K1+920	/	/	无灾害
X032-3	K3+450-K3+550	/	/	无灾害
X032-4	K3+700-K3+770	/	/	无灾害
X032-5	K5+400-K5+650	/	/	无灾害
X038-1	K0+400-K0+500	/	/	无灾害
X038-2	K2+400-K2+460	K2+385-K2+440	55	坠落式崩塌、落石
X038-3	K2+500-K2+550	K2+504-K2+525	21	坠落式崩塌、滑移式崩塌、落石
X038-4	K3+650-K3+700	K3+642-K3+671、 K3+679-K3+700	50	坠落式崩塌、落石
X038-5	K4+100-K4+150	K4+065-K4+160	100	坠落式崩塌、落石
X038-6	K5+400-K5+450	K5+433-K5+513	80	坠落式崩塌、滑移式崩塌、落石

编号	规自台账号	实际治理桩号	长度	类型
X038-7	K5+500-K5+560	K5+552-K5+621	69	坠落式崩塌、滑移式崩塌、落石
X039-1	K2+600-K2+700	K2+600-K2+675、K2+685-K2+715	75	坠落式崩塌、落石
X039-2	K2+950-K3+050	K2+952-K3+054	94	坠落式崩塌、落石
X039-3	K6+600-K6+700	K6+604-K6+634、 K6+662-K6+720	88	坠落式崩塌、落石
X211-1	K16+500-K16+550	K16+510-K16+521	11	坠落式崩塌、落石
X211-2	K17+150-K17+200	/	/	无灾害
X211-3	K17+300-K17+330	/	/	已治理
X211-4	K23+720-K23+780	K23+720-K23+830	110	坠落式崩塌、落石
X211-5	K26+000-K26+100	K26+000-K26+080	80	坠落式崩塌、落石

2.3.2 崩塌体的物质组成与结构

崩塌体的物质组成与结构见附表1“边坡特征及治理方法一览表”。

2.3.3 变形破坏特征与危害程度

变形破坏特征与危害程度见附表1“边坡特征及治理方法一览表”。

3 总体设计思路

3.1 治理目的

根据项目各治理点地质条件、边坡形态、灾害类型以及失稳破坏模式，确定防治方案、明确治理措施、确定技术成熟、施工可行、安全可靠和经济合理的防治目标。

3.2 设计原则

X002千小路、X003河东路、X004刘干路、X008大西路、X012松闫路、X015永偏路、X032外石路、X038深赤路旧线、X039黑艾路、X211四宝路沿线道路边坡均为早年形成，均为山体开凿而成，其坡率大部分不满足现有的公路规范，雨季会有落石发生。本项目治理措施综合考虑了各种因素（边坡高度、总坡度、陡与缓的局部形态、边线距离、岩体特征、施工条件等）而制定。

(1) 设计的理念：根据边坡地质灾害发育特点确定防治设计思路，目前边坡地质灾害以浅表层崩塌落石为主，深部灾害不发育，故主要采用柔性防护技术，以最优化的手段进行浅表层落石控制，达到将灾害影响降低到最小的目的；同时考虑到后期运维的简便性及防治坡

面的美观性，结合已有治理成果，对于柔性网防护采用“以引导网为主、被动网为辅”的治理模式；

(2) 对于有破碎节理发育、稳定性较差的边坡增加了岩石锚杆（X038 深赤路旧线 K5+550-K5+585 段等），岩石锚杆加强坡体深层抗滑力的作用；

(3) 鉴于边坡顶部的林地属性，甚少进行大面积削方治理，设计的理念是以最优化的手段治理，将灾害影响降低到最小；

(4) 根据场地情况，结合项目特点，治理措施综合考虑技术成熟、施工可行、安全可靠和经济合理等因素。

3.3 防治工程等级

本工程共包括 39 处治理点，多为崩塌地质灾害隐患点，各路段险情受威胁人数<30，灾害潜在损失<3000 万，各治理路段工程投资<1000 万；综合考虑，治理工程等级为 II 级。

3.4 工况与安全系数

根据《地质灾害治理工程实施技术规范》（DB11/T 1524-2018）5.3 表 6 规定，确定本工程危岩防治设计安全系数如表 3-1 所示。

表 3-1 危岩治理工程设计安全系数

危岩破坏机制	工程级别与工况：II 级治理工程	
	工况1、工况2	工况3
滑移式危岩	1.30	1.10
倾倒式危岩	1.40	1.15
坠落式危岩	1.50	1.20
工况	工况1—现状工况（荷载为自重+地面荷载） 工况2—暴雨工况（荷载为自重+地面荷载+暴雨） 工况3—地震工况（荷载为自重+地面荷载+地震）	

3.5 设计参数与强度标准

3.5.1 主要材料参数及强度

(1) 岩石锚杆主筋为 PSB-930 预应力螺纹钢筋或 PSB-1080 钢筋；

(2) 岩石锚杆注浆水泥采用 P.O 42.5 标号以上水泥，水灰比 0.5~0.55，锚体强度 28d 达到 25MPa；

(3) 网片材料为环形网和双绞六边形网，采用高强钢丝编织，参数要求详见大样图。

3.5.2 钢筋锚固与连接要求

钢筋的锚固长度和机械锚固的形式和技术要求应符合《混凝土结构设计规范》（GB50010-2010, 2015 年版）的相关要求，且应符合《钢筋焊接及验收规程》（JGJ 18-2012）的有关规定。

3.5.3 建议的岩土体参数取值

根据勘查报告，本项目边坡岩体的岩土体设计参数建议值如下：

本工程边坡治理相关的岩土参数建议值详见表 3-2。

表 3-2 边坡治理设计岩土体参数建议经验值

地层岩性	风化程度	密度 g/cm ³	岩石饱和 单轴抗压 强度 R _c	抗剪强度		地基承载 力标准值 f _{ka}	岩土体与锚 固体粘结强 度标准值 f _{tb}	基底土摩 擦系数 μ
				C	φ			
碎石土	/	2.0	/	0	32	200	200	0.45
花岗岩	中等风化	2.5	30~50	0.20~0.30	25~30	800	400~500	0.55
凝灰岩	中等风化	2.5	25~45	0.20~0.30	25~30	700	550~750	0.55
安山岩	中等风化	2.55	25~45	0.20~0.30	25~30	700	550~750	0.55
砂岩	中等风化	2.5	15~30	0.20~0.30	25~30	500	200~400	0.55
白云岩	中等风化	2.5	20~40	0.20~0.30	25~30	600	300~500	0.55

注：1. 表中岩土体物理力学参数均为综合经验值；

2. 表中的岩土体与锚固体粘结强度标准值适用于注浆强度等级 M30 的建议值，施工时应通过现场试验确定边坡治理采用的岩土体与锚固体粘结强度特征值。

4 治理工程设计方案

根据场地情况，综合考虑技术成熟、施工可行、安全可靠和经济合理等因素，本工程采用了覆盖式引导网、张口式引导网（1000kJ）、被动防护网（1500kJ）、混凝土挡土墙、混凝土支撑墙、岩石锚杆、锚喷、浮石清理及削土石方的治理措施。各治理段落措施选择详见附表 1 边坡特征及治理方法一览表。

4.1 坡面危岩清理

坡面的破碎岩体以及陡崖上浮石采用人工削方清除，可使用小型气动工具及手工钎锤，应从上向下清除。斜坡处可采用机械挖除。

对于大块径危岩体，拟采用静态爆破的方法清除危岩体；对于碎石土边坡采用破碎锤配合挖掘机进行坡面修整。

4.2 削方减载

对于岩体破碎的部分边坡，或者土岩二元边坡拟采用破碎锤配合挖掘机进行坡面修整，坡比1:1.5，本次X008大西路K19+440-K19+490点位采用该治理措施。

4.3 岩石锚杆

对于（X038深赤路旧线K5+550-K5+585段等较为破碎的岩体或者存在潜在滑移面达的岩体，采用岩石锚杆加固现状危岩体，锚杆长度及直径详见施工设计图纸，根据岩体的体积和破裂方向具体布置锚杆，施工时调整。

4.4 混凝土挡土墙

针对X008大西路K7+597-K7+652段下部存在强风化层及碎石堆积的路段，在下部设置挡土墙，采用混凝土浇筑。

4.5 被动防护网

在高处有崩塌危险的危岩下方部位设置被动防护网，立柱位置及高度基于地形条件及落石分析综合确定，设置在边坡底部或中部平台。被动网防护能级为1500kJ。各段被动网高度详见立面图。

4.6 引导防护系统（覆盖式引导网和张口式引导网）

对于高陡边坡，上部存在危岩体无法清除时，可在中间部位向下设置张口式引导网，无需承接上部落石时采用覆盖式引导网，其目的为引导落石进入限定区域，维护简单，不危及行车。

张口式引导网结构配置为：钢柱+支撑绳+锚杆+拉锚+减压环+主网+格栅网。

覆盖式引导网结构配置为：支撑绳+锚杆+主网+格栅网。

4.7 钢筋混凝土挡土墙

预防部分凹腔上部岩体坠落，使用挡墙（支撑）及岩石锚杆加固危岩体，锚杆锚入混凝土挡墙，与危岩体形成整体，或上方有大体积滑移体，下方采用钢筋混凝土板墙以及长锚杆增强边坡整体稳定性，配筋见治理点位剖面图及大样图。

4.8 锚喷

对于极破碎的岩体或者存在潜在滑移面达的岩体或者方量较大难以清理的危岩体，采用表面锚喷+岩石锚杆加固现状危岩体，锚杆长度及直径详见施工设计图纸，根据岩体的体积和破裂方向具体布置锚杆，施工时调整。

4.9 绿化工程

在治理段落坡脚栽植五叶地锦，植株为带营养杯三年生苗木，种植穴深度0.4m，每穴3株，栽植穴距0.5m。

5 主要工程量

主要工程量见附表3地质灾害隐患防治工程量统计表。

6 施工技术要求

6.1 坡面危岩清理

- (1) 清除坡面松动的岩块、零星危石、浮石，以消除其对道路、车辆、行人的危险。
- (2) 对于大块孤石应采用锤击破碎、钻孔爆破等方式进行破碎，并妥善清理，防止对边坡造成不利影响。
- (3) 坡面危岩、浮石清理时，应采取措施保护路面及其他设施不被砸坏。

6.1.1 安全风险：

(1) 清理作业引发的脱落风险：在清理危岩的过程中，当使用工具撬动、挖掘或破碎危岩时，会对周围岩石产生震动和扰动。这种干扰可能会导致原本看似稳定的危岩失去平衡而脱落，如果对危岩的清理顺序不合理，先清理了支撑部分的岩石，也会使上部的危岩崩塌。

6.1.2 预防措施：

标记出那些看起来已经非常松动、即将脱落的危岩。优先清理这些危岩，可以减少在后续清理过程中因为自然脱落而带来的风险。在清理过程中，采用由上至下、由外至内的顺序，避免在清理下方危岩时，上方危岩因失去支撑而掉落。

6.2 削方减载

- 1、削方施工应遵循“自上而下、分级分段”的原则，按照分级、分段、对称、均衡等要求确定开挖顺序。
- 2、削方开挖应避免超挖。开挖后的边坡应及时进行坡面防护，防止水浸和暴露时间过长，使边坡稳定状况恶化。削方后出露裂缝、裂隙应及时进行封填。
- 3、削方开挖如果采用爆破施工，应进行爆破专项设计。

4、削方施工应采用信息化施工，对重要的削方工程应进行监测分析。

5、削方施工过程中如出现变形过大、变形速率过快等险情时，应立即暂停施工，查明原因，采取安全保护措施。

6、应避免在雨天等恶劣填写进行削方施工，削方弃渣应结合防治工程回填压脚尽量就近处置，如需集中堆放时，应合理选择堆放场地，进行专门设计并确保堆渣体安全稳定，并满足环保、占地等相关要求。

6.2.1 安全风险：

(1) 边坡失稳：在削方过程中，如果开挖的边坡坡度过陡，或者没有按照设计的边坡坡度进行开挖，就会导致边坡土体的抗滑力小于下滑力，随意增大边坡坡度，就可能出现边坡土体突然坍塌的情况。

降雨是导致边坡失稳的重要因素之一。雨水渗入土体后，会使土体的重度增加，同时降低土体的抗剪强度。在削方后的边坡，如果没有良好的排水措施，在降雨期间，边坡土体就很容易因为积水而发生坍塌。

6.2.2 预防措施：

(1) 在削方工程开始前，要根据岩土的工程性质（如土的类型、内摩擦角、粘聚力等）等因素，设计合理的边坡坡度。同时，要严格按照设计的边坡坡度进行开挖，采用分层分段开挖的方式，避免一次性开挖深度过大。

在削方工程场地周围和坡顶设置临时截水沟，将地表水引离削方区域，防止雨水直接冲刷边坡。

6.3 岩石锚杆

(1) 成孔

1) 钻孔机械应考虑钻孔通过的岩土类型、成孔条件、锚固类型、锚杆长度、施工现场环境、地形条件、经济性和施工效率等因素进行选择。在不稳定地层中或地层受扰动导致水土流失会危机邻近建筑物或公用设施的稳定时，应采用套管护壁钻孔或干钻。

2) 锚孔定位：按设计图纸钻孔，孔位误差≤20mm，锚孔偏斜度≤2%。

3) 锚杆成孔：按孔径确定钻头尺寸，成孔时孔深应比设计孔深稍长 50cm。成孔过程中如果发现地层情况与勘察报告不符，应及时通知有关各方进行处理。

4) 110mm 锚杆为潜孔锤施工。一般锚杆倾角与水平面夹角为 15°。

(2) 锚杆杆体制作

锚杆杆体制作时应先除锈，按设计长度切割成段，需要连接的，可采用机械连接。为使

锚筋在锚孔中居中，每隔 2.0m 设一对中支架（50mm 锚杆免除）。注浆管安设在对中支架的一侧，用细铁丝绑扎，管头用胶带封闭，且管头比锚端少 50~100mm。

(3) 锚杆杆体安放

锚杆杆体放入锚孔前应检查钢筋质量与长度，钢筋长必须与孔深相符。安放时要防止杆体弯曲、扭压，不得损坏注浆管和对中支架。钢筋插入深度不少于锚杆设计长度的 95%，钢筋外露孔口长度控制在 150~300mm。锚固时应注意锚杆清洁，如钢筋在搬运过程中粘泥太多，必须清洗后再下。

(4) 注浆

本工程锚杆灌浆材料为纯水泥浆。孔底注浆法：常压注浆；注浆材料：φ110 锚杆为 P.O 42.5 水泥，水泥结石体强度等级 M30。

第一次注浆为自由注浆，直到孔口溢出纯水泥浆为止；一次注浆完成 4.0~6.0h 后、锚固体强度达到 5.0MPa 左右时，进行二次注浆，水灰比水灰比 0.5~0.55，二次注浆为自由注浆，直至孔口冒浆为止。根据工期要求，水泥浆内可加入适当比例的早强剂。由于项目区存在碳酸盐岩，故设计水泥浆损耗系数为 2.5，施工过程中水泥浆损耗超过 250% 时通知设计及业主并暂停施工。

(5) 未尽事宜按照《地质灾害治理工程实施技术规范》（DB11/T 1524—2018）执行。

6.3.1 安全风险：

(1) 粉尘危害风险：钻孔作业会产生大量的粉尘，尤其是在岩石钻孔时，粉尘中含有较多的二氧化硅等有害物质。长期吸入这些粉尘会导致尘肺病等职业病。例如，在矿山岩石锚杆施工中，钻孔产生的粉尘如果没有有效的控制措施，会使作业环境的空气质量严重下降，危害工人的肺部健康。

(2) 物体打击风险：在锚杆搬运和安装过程中，锚杆可能会因为失手滑落或者吊装设备故障而掉落，砸伤操作人员。例如，当使用起重机吊装较长较重的锚杆时，如果起重机的钢丝绳突然断裂，锚杆就会坠落。而且，在安装锚杆时，需要使用一些辅助工具（如扳手、套筒等），这些工具如果掉落也会造成伤害。

(3) 高处坠落风险：当在边坡高处进行锚杆安装时，操作人员需要在高处作业平台上工作。如果作业平台没有设置牢固的防护栏杆或者操作人员没有系好安全带，就可能会发生高处坠落事故。

(4) 注浆压力失控风险：注浆过程中，如果注浆压力没有得到有效控制，过高的压力可能会导致注浆管爆裂，注浆材料飞溅。同时，过高的压力也可能会使岩石裂隙扩张，引发周

围岩石的破坏和变形，甚至可能会导致局部岩石崩塌。例如，在地下硐室岩石锚杆注浆时，由于没有正确监测和控制注浆压力，注浆管破裂，注浆液喷出，对作业人员和设备造成危害。

6.3.2 预防措施：

(1) 粉尘防护措施：工人施工过程中需要戴好口罩或防毒面具等防护措施。

(2) 物体打击预防措施：在锚杆搬运过程中，要使用合适的搬运工具，如叉车、吊车等，并确保搬运设备的性能良好。对于较重的锚杆，要安排足够的人员进行搬运，并且要统一指挥，保证动作协调一致。在锚杆安装时，要将工具放置在安全的位置，避免掉落。对于高处作业，要在作业平台下方设置防护网，防止锚杆或工具掉落伤人。

(3) 高处坠落预防措施：在高处进行锚杆安装时，要搭建牢固的作业平台，平台的搭建材料要符合安全要求，并且要经过安全检查。平台周围要设置高度不低于 1.2 米的防护栏杆，并且要安装安全网。操作人员必须系好安全带，安全带的固定点要牢固可靠，并且要定期检查安全带的质量。

注浆压力控制措施：在注浆作业前，要根据岩石的裂隙情况、注浆材料的性能等因素，合理确定注浆压力。在注浆过程中，要使用压力传感器等设备对注浆压力进行实时监测，并且要设置安全阀等压力控制装置。当注浆压力超过设定值时，安全阀自动开启，释放部分压力，防止注浆管爆裂。同时，要严格按照注浆工艺要求进行操作，避免因操作不当而导致注浆压力失控。

6.4 被动防护网

6.4.1 施工流程：

施工准备

材料准备：根据设计要求，准备好所需的被动防护网材料，包括钢柱、支撑绳、拉锚绳、格栅网、减压环等，并确保材料质量符合相关标准。

场地清理：清除施工区域内的障碍物、杂草、浮土等，确保基础施工面平整、坚实。

测量放线：使用测量仪器，按照设计要求在坡面上准确放出钢柱的安装位置，并做好标记。

基础施工

根据钢柱基础的设计尺寸，进行基础开挖。深度和尺寸应符合设计要求，一般基础深度在 1-2 米左右，基坑底部应平整。

基础浇筑：在基坑内安装钢筋笼或地脚螺栓等预埋件，然后浇筑混凝土基础。混凝土强

度等级应符合设计要求，浇筑过程中要确保混凝土振捣密实，基础顶面应平整。

基础养护：混凝土浇筑完成后，应及时进行养护，养护时间一般不少于 7 天，确保基础混凝土达到设计强度。

钢柱安装

钢柱运输与吊装：将钢柱运输至施工现场，使用吊车或其他吊装设备将钢柱吊起，缓慢放入基础预埋件或地脚螺栓上。

钢柱校正与固定：使用测量仪器对钢柱的垂直度和位置进行校正，确保钢柱安装位置准确无误后，拧紧地脚螺栓螺母或对预埋件进行焊接固定。

支撑绳安装

上拉锚绳安装：将上拉锚绳的一端固定在钢柱顶部的挂座上，另一端通过锚杆或地锚固定在坡顶的稳定地层中。拉锚绳应张紧，确保钢柱的稳定性。

侧拉锚绳安装：按照设计要求，在钢柱的侧面安装侧拉锚绳，侧拉锚绳的一端固定在钢柱的侧面挂座上，另一端通过锚杆或地锚固定在坡面上。

支撑绳铺设：在钢柱之间铺设支撑绳，支撑绳应张紧并固定在钢柱的挂座上，形成一个稳定的网状结构。

钢丝绳网与格栅网安装

钢丝绳网铺设：将钢丝绳网展开，平铺在支撑绳上，通过缝合绳将钢丝绳网与支撑绳缝合固定在一起。缝合时要确保缝合牢固，不得出现松动现象。

格栅网安装：在钢丝绳网的下方铺设格栅网，格栅网应与钢丝绳网紧密贴合，通过绑扎丝将格栅网固定在钢丝绳网上。

减压环安装

减压环布置：根据设计要求，在支撑绳上安装减压环。减压环一般安装在支撑绳的张力较大部位或容易受到冲击的部位。

减压环安装：将减压环套在支撑绳上，使用专用的卡具或夹具将减压环固定在支撑绳上，确保减压环安装牢固。

检查与验收

施工质量检查：在被动防护网施工完成后，对施工质量进行全面检查，包括钢柱的垂直度、基础的稳定性、支撑绳的张紧度、钢丝绳网和格栅网的固定情况等。

验收资料整理：整理施工过程中的各项资料，包括材料质量证明文件、施工记录、隐蔽工程验收记录等，形成完整的验收资料。

工程验收：组织相关单位和人员对被动防护网工程进行验收，验收合格后方可投入使用。

不同的工程环境和设计要求可能会导致施工流程略有差异，在实际施工过程中，应严格按照设计图纸和相关规范进行操作。

6.4.2 施工技术要求：

(1) 按设计并结合现场实际地形对基座、锚杆孔位置进行测量定位和标示。

1) 系统走向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拉锚绳，或者增加或调整支撑绳分段甚至另起一道独立系统；当相邻基座高差超过 1.5m 时，应根据其走向变化适当设计增加柔性网的使用量或对网片几何形状提出特殊要求（标准形状为矩形）；

2) 柱间距标准值为 10m，必要时可以在 8m~12m 范围内进行调整，但应确保系统走向总长度和各分段长度偏差不超过±0.2m；

3) 钢丝绳锚杆的位置由其与相邻基座间的顺坡距离确定，该距离标准值主要取决于系统高度，必要时允许有±0.5m 的调整量，但标准位置位于下坡侧或走向线上的所有锚杆均不得位于上坡侧；

4) 相邻两道被动网间的重叠长度不应小于 5m；

5) 除危岩落石威胁区域两侧边界为陡壁或沟谷外，被动防护网的走向两端应向所在高程危岩落石威胁区域两侧边界外延伸至少 5m。

(2) 按设计钻凿孔径不小于φ45 的锚杆孔（一般在岩石地基时采用）或开挖基坑(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，则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浇筑上部基础砼)。

(3) 锚杆孔内插入锚杆并灌注标号不低于 M20 的水泥砂浆（采用 P.O42.5 水泥时建议配合比为水泥：砂：水=1:1.35:0.45）或水灰比 0.5~0.55 的纯水泥浆，或者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，砼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拧紧螺母（注意基座与钢柱铰接端位于上坡侧）

(5) 下支撑绳及其缓冲绳安装、上支撑绳及其缓冲绳安装

1) 在每一分段内，将每组两根消能绳各一组的无鸡心环连接环套端用一个卸扣合并连接到端柱外内侧或支撑绳分段外上坡侧的锚杆上，另一端待与支撑绳两端连接；

2) 将两根下支撑绳（一端为连接环套，一端为绳头；注意环套端应位于消能绳所在端）置入基座绳槽内，插入限位销管并用开口销锁定；

3) 将支撑绳连接环套端用一个卸扣合并连接该位置处消能绳的两个连接环套；

4) 将支撑绳绳头端分别穿过该位置处消能绳的两个连接环套（嵌有鸡心环），张紧下支撑绳并用绳夹紧固（本设计中绳夹紧固的钢丝绳端部紧固绳夹数量均至少为 4 个，绳夹间距宜为钢丝绳直径的 6~7 倍，其 U 形杆应位于绳头一侧）；

5) 将长约 5.6m 的缓冲绳（仅分段钢柱处的上支撑绳上安装长约 9.6m 的特殊缓冲绳）置于基座下坡侧限位板下并用限位螺栓锁定（螺母位于限位板底面），手动张紧后分别用一个绳夹和卸扣安装到基座两侧的支撑绳上（卸扣连接到双支撑绳上，且端柱外侧无需卸扣连接；卸扣宜在安装环形网后安装），其中绳夹的 U 形杆应位于缓冲绳一侧，其拧紧扭矩为 25Nm（至 U 形杆侧钢丝绳开始明显压入变形即可，后同）。

(6) 钢柱及拉锚绳、防倾倒绳、边垂绳安装

1) 将钢柱顺坡向上放置并使柱脚位于基座上（防倾倒绳连接耳板必须朝上，以确保钢柱就位后该耳板朝向下坡侧），对准铰接孔，插入铰接销管并用开口销锁定；

2) 按每两根一组将上拉锚绳（偏转处有增加的上拉锚绳时为三根）的挂环挂到柱顶下坡侧的两个挂座管之间，然后将上拉锚绳的绳头端穿过对应的锚杆环套；

3) 将侧拉锚绳挂环挂到端部钢柱顶上下坡侧的四个挂座管之间，另一端连接到端柱外的下坡侧锚杆上；

4) 将支撑绳分段处、系统朝上坡侧偏转处的中间加固拉锚绳或下拉锚绳挂环挂到所在柱顶面下坡侧的挂座管或 U 形座上，绳头端穿过对应的锚杆环套；

5) 已挂入拉锚绳的各挂座处插入销杆（销杆为带单或双螺母的螺栓，注意端柱处销杆略粗），除中间加固拉锚绳和下拉锚绳处用两个螺母稍作锁定外（之后需解开锁定置入上支撑绳再最后锁定），其余待缓冲绳就位后再用螺母锁定；

6) 缓慢立起钢柱，通过拉锚绳的收放来按设计初步调整好钢柱的方位，之后用两个绳夹将拉锚绳与钢丝绳锚杆暂时连接（安装上支撑绳后可能需要再次通过拉锚绳来最终调整钢柱的方位，宜在之后安装全部绳夹并紧固）；

7) 需设置防倾倒绳处(设置原则见安装标准图)，用卸扣和绳夹在钢柱下部的耳板与基座下坡侧 U 形座上的连接孔间安装防倾倒绳；

8) 将边垂绳的绳头端自外侧向内侧从端部钢柱柱顶上坡侧两根挂座管间穿过（与上拉锚绳交叉处应从其挂环内穿过），向下绕至基座处从其绳槽穿过，使两端在端部钢柱外侧即侧

拉锚绳一侧交汇，手动张紧后用绳夹紧固连接。

(7) 环形网的安装

1) 为便于后续安装作业，建议在相邻钢柱间适当高度处张拉固定一根临时行走通道绳；

2) 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；

3) 连接

将端部网片外侧边沿网环各用一个卸扣连接到边垂绳上（注意最顶上一个网环可连接到限位销杆上）；网片间连接处，每个边沿列网环各用两个卸扣连接到邻近网片边沿列的两个相邻网环上（有一组对角顶底网环仅为一个）；用卸扣将全部上下边沿网环连接到上下支撑绳或其缓冲绳上。

(8) 格栅安装

格栅铺挂在环形网上坡侧，应叠盖环形网上沿并折到网的下坡侧约 15cm，用扎丝固定到网上；格栅底部应沿斜坡向上敷设 0.5m 左右，并宜用一些石块将格栅底部压住；相邻格栅间叠盖约 10cm；用扎丝将格栅固定到环形网上，每平方米固定至少 4 处。

6.4.3 安全风险：

(1) 坡面作业风险：在山区等复杂地形安装被动防护网时，施工人员常常需要在陡峭的坡面上作业。坡面可能崎岖不平、没有稳固的立足之地，作业人员在攀爬、行走过程中很容易失去平衡而坠落。

(2) 高处安装风险：被动防护网的安装位置通常较高，尤其是在悬崖边或高边坡处。当施工人员在高处安装防护网的上部结构，如锚杆、支撑绳等时，如果没有可靠的安全防护装备或者作业平台不稳定，就可能会从高处坠落。比如，在搭建防护网顶部的钢丝绳时，作业人员在没有系好安全带或者安全带固定点不牢固的情况下，身体向外倾斜就可能发生坠落事故。

(3) 工具设备掉落风险：安装过程中使用的一些较重的设备部件，如钢柱等，在搬运和安装时也存在掉落的风险。

(4) 机械故障风险：如果在安装过程中使用了一些机械设备，如小型起重机、电动绞盘等，这些设备可能会出现故障。例如，起重机的起重臂可能会突然失控下降，电动绞盘的钢丝绳可能会断裂。这些故障不仅会导致正在吊装的防护网部件掉落，还可能会对操作人员的安全构成威胁。

6.4.4 预防措施：

(1) 坡面作业防护措施：施工人员必须配备并正确使用个人安全装备，如安全带、安全绳、安全帽和防滑鞋。安全带和安全绳的质量要符合标准，并且要定期检查其强度和磨损情况。

(2) 高处安装预防措施：在坡面较高位置安装防护网时，要搭建稳固的作业平台。平台可以是脚手架式的，也可以是利用锚杆固定的金属框架式的。平台的搭建要根据坡面的实际情况进行设计，确保其能够承受施工人员和设备的重量。平台周围要设置防护栏杆，高度不低于 1.2 米，并安装安全网，防止人员坠落。

(3) 工具设备掉落预防措施：施工人员在高处使用工具时，要将工具通过绳索等方式固定在身上或者作业平台上，防止工具掉落。对于较重的设备部件，在搬运和安装过程中，要使用合适的吊装设备，并确保吊装设备的性能良好、连接牢固。在坡面上设置防护挡板或防护网，阻挡可能掉落的工具和设备部件，同时也可以减少坡面落石的危害。

(4) 机械故障风险预防措施：对于安装过程中使用的机械设备，要建立定期的维护保养制度。在每次使用前，对设备进行全面的检查，包括机械部件的磨损情况、液压系统、电气系统等。操作人员要经过专业培训，熟悉设备的操作规程，严格按照操作规范进行操作。例如，在操作起重机时，要检查起重臂的伸缩机构、钢丝绳的磨损情况等，避免超载和违规操作。

6.5 引导防护系统

6.5.1 覆盖式引导网

具体施工流程如下：

- (1) 确定锚孔位置；
- (2) 安装锚杆；
- (3) 安装顶端横向支撑绳；
- (4) 安装纵向主拉、次拉钢丝绳；
- (5) 张挂双绞六边形网防护网；
- (6) 安装纵向钢丝；
- (7) 安装横向固定钢丝绳。

施工要求：

前期准备

设计与规划：根据防护区域的地形地貌、地质条件、潜在风险等因素进行详细的设计，确定引导网的覆盖范围、网的规格、固定方式及支撑结构等，确保设计方案科学合理并满足

防护需求。

材料采购与检验：采购符合设计要求和相关标准的高质量覆盖式引导网材料，如高强度钢丝网、格栅网、钢柱、连接件等。材料进场前应进行严格的质量检验，包括外观检查、尺寸测量、力学性能测试等，确保材料质量合格。

场地清理与测量放线：清理施工场地内的杂物、障碍物等，为施工创造良好的条件。使用专业测量仪器对施工区域进行精确测量放线，确定引导网的安装位置和边界，标记出钢柱等支撑结构的安装点。

基础施工

基础类型选择：根据地质条件和设计要求选择合适的基础形式，如混凝土基础、地锚基础等。对于松软地基，可能需要进行地基处理以确保基础的稳定性。

基础施工精度：严格按照设计尺寸和位置进行基础施工，基础的深度、尺寸、垂直度等应符合规定要求，偏差控制在允许范围内。如混凝土基础浇筑时，应保证混凝土的配合比准确、振捣密实，表面平整。

基础养护与检测：基础施工完成后，应及时进行养护，养护时间和方法应满足混凝土或其他基础材料的养护要求，确保基础达到设计强度。在基础养护期间及结束后，应进行必要的检测，如混凝土强度检测、基础的稳定性检测等。

支撑结构安装

钢柱安装：钢柱的安装应保证其垂直度和位置准确性，可采用经纬仪、水准仪等仪器进行测量校正。钢柱的连接部位应牢固可靠，焊接质量应符合相关标准，螺栓连接应拧紧到位并采取防松措施。

其他支撑构件安装：如横杆、斜撑等支撑构件的安装应与钢柱紧密连接，形成稳定的支撑框架。支撑构件的安装顺序应按照设计要求进行，确保整个支撑结构的整体性和稳定性。

支撑结构防腐处理：在支撑结构安装完成后，应对其进行防腐处理，如涂刷防腐漆、镀锌等，以延长支撑结构的使用寿命，提高其抗腐蚀能力。

引导网铺设

网的展开与铺设顺序：将覆盖式引导网在安装现场展开，按照从一侧向另一侧或从高处向低处等合理顺序进行铺设，避免网面出现褶皱、扭曲等现象。

网的固定：引导网应牢固地固定在支撑结构上，可采用绑扎、卡扣连接、焊接等方式进行固定，固定点的间距应符合设计要求，确保网在使用过程中不会松动、移位。

网的连接与拼接：当引导网需要拼接时，拼接处应牢固可靠，拼接方式应符合设计和相

关标准要求，如采用专用的拼接扣件或高强度缝线进行拼接，拼接处的强度应不低于网体本身强度。

安全防护与警示

施工安全防护：在施工过程中，应设置必要的安全防护设施，如安全警示标志、围挡、防护栏杆等，确保施工人员的人身安全。施工人员应佩戴安全帽、安全带等个人防护用品。

使用安全警示：在覆盖式引导网安装完成后，应在周边设置明显的安全警示标志，提醒人员注意安全，防止误触、误闯引导网防护区域。

质量检查与验收

施工过程检查：在施工过程中，应进行质量检查，包括基础施工质量、支撑结构安装质量、引导网铺设质量等，发现问题及时整改。

竣工验收：施工完成后，应组织相关单位和人员进行竣工验收，验收内容包括工程质量、施工资料等。验收合格后方可投入使用，如验收不合格，应责令施工单位限期整改，直至合格。

6.5.2 张口式引导网

上部拦截部分施工与被动防护网施工要求相同，下部引导部分与覆盖式引导网施工要求类似。具体施工流程如下：

- (1) 锚杆及钢柱基础定位；
- (2) 开挖基坑与浇筑混凝土（土质地基）或钻凿地脚螺栓锚孔（岩质地基）；
- (3) 安装基座及锚杆；
- (4) 安装、调试钢柱及拉锚绳；
- (5) 安装、调试支撑绳；
- (6) 张挂、连接环形网；
- (7) 张挂双绞六边形网。

6.5.3 安全风险

(1) 安装位置风险：引导网通常安装在高处，如悬崖边、高边坡等位置。施工人员在这些位置进行安装作业时，一旦失去平衡或防护措施不到位，就很容易从高处坠落。

(2) 引导网部件掉落风险：在搬运、安装和调试张口式引导网的过程中，其部件如网片、立柱、横杆等可能会因为连接不牢固、吊装不当或意外碰撞而掉落。这些部件通常较重，掉落时的冲击力较大，可能会砸伤施工人员或损坏周围的设施。

(3) 结构不稳定风险：如果引导网的安装不符合设计要求和施工规范，可能会导致其结

构不稳定。例如，立柱的基础不牢固、横杆与立柱的连接不紧密、网片的张紧度不够等，都可能使引导网在使用过程中出现松动、变形甚至倒塌，无法有效发挥其引导和防护作用，还可能对施工人员和周围人员造成安全威胁。

(4) 暴雨天气风险：暴雨天气会使施工现场湿滑，增加施工人员滑倒和坠落的风险。同时，雨水可能会对张口式引导网的安装材料和基础产生侵蚀作用，降低其强度和稳定性。例如，长期的暴雨冲刷可能会使引导网立柱的基础松动，导致立柱倾斜，影响引导网的整体结构稳定性。

6.5.4 预防措施

(1) 安装位置风险预防措施：施工人员必须配备并正确使用安全带、安全绳、安全帽和防滑鞋等个人安全装备。安全带要系在牢固可靠的固定点上，安全绳的长度要根据作业高度和范围合理调整，安全帽要符合国家标准，防滑鞋要具有良好的防滑性能。在每次作业前，都要对安全装备进行检查，确保其无损坏、无老化等情况。

(2) 引导网部件固定与检查：在搬运、安装和调试张口式引导网的过程中，要确保部件的连接牢固可靠。对于网片、立柱、横杆等部件，要使用质量合格的连接螺栓、卡扣等进行连接，并在安装后进行检查和紧固。在吊装引导网部件时，要由专业人员操作吊装设备，确保吊装过程平稳、安全。在施工过程中，定期对引导网部件进行检查，及时发现和处理松动、变形等问题。

(3) 结构不稳定风险预防措施：施工人员要严格按照设计要求和施工规范进行张口式引导网的安装。在安装前，要对施工人员进行技术培训和安全交底，使他们熟悉安装流程和技术要点。在安装过程中，要确保立柱基础的深度和尺寸符合要求，横杆与立柱的连接要紧密牢固，网片的张紧度要适中。安装完成后，要进行质量检查和验收，确保引导网的结构稳定、符合设计标准。

(4) 防雨措施：在暴雨天气来临前，要对施工现场的材料和设备进行妥善的保管和防护，避免被雨水淋湿和损坏。对于引导网的安装材料，如立柱、横杆、网片等，要进行防锈蚀处理，如涂刷防锈漆等。在暴雨天气后，要及时对引导网进行检查，查看是否有部件松动、基础被冲刷等情况，发现问题及时处理。

6.6 混凝土挡土墙

- 1、挡墙材料要求：挡土墙采用混凝土，混凝土标号：C25；
- 2、挡墙施工根据支护高度选用不同的挡墙大样，具体详见大样图；
- 3、挡墙每隔 10~15m 位置设置一道伸缩缝，在挡墙高度突变处及与其他建（构）筑物连

接处应设置伸缩缝，在地基岩土性状变化处应设置沉降缝。沉降缝、伸缩缝宽度为 20mm~30mm，缝内沿墙内、外、顶三边填塞沥青麻丝或涂沥青木板，填塞深度不小于 150mm；

4、泄水孔沿挡墙沿挡墙横、竖向每 2.0m（挡墙外露高度小于 2.5m 时，可只设下层泄水孔）左右梅花型布置，泄水孔采用预埋φ 100mmPVC 管，外倾坡度不小于 5%，以最低一排泄水孔高出地面 500mm 为基准进行布置，做法详见大样图。

5、挡墙后回填土填料要求

(1) 填料优先选择级配良好的砂土或碎石土，当主要为黏性土做填料时，宜掺入适量的碎石或砾砂，不得选用膨胀土、淤泥质土、耕植土做填料；填料为黏性土时，填土施工含水量控制在最优含水率 $W_{opt} \pm 2\%$ 的范围内，最优含水率采用击实试验确定。

(2) 墙背填料回填时，当原地基为耕土或松土时，应先清除有机土、种植土、草皮等，清除深度不小于 300mm，若原地表坡度较大 (>0.2)，应进行放台处理。

(3) 挡墙墙后填土必须分层夯实，分层厚度及碾压次数根据最优含水率及碾压设备实际确定，压实系数不得小于 0.95，施工过程中，要求对墙后填土压实度进行检测；

(4) 填料中有机质含量不得超过 5%。

(5) 填料回填应在砌体或混凝土强度达到设计强度的 75%以上后进行；填料的压实工作和反滤层的施工应同时进行。

6、施工注意事项

(1) 施工前应预先设置好排水系统，保持边坡和基坑坡面干燥，基础施工完后应及时回填夯实，以免积水软化地基，降低地基土内摩擦系数；

(2) 挡土墙基底纵坡大于 5%时应设置台阶式基础，并选择坚硬完整的基岩作为基底直接持力层；挡土墙基底横坡不宜陡于 1: 5，当陡于 1: 5 时，而地基为较完整坚硬的岩层时，基础可按 1: 2 挖成台阶，台阶宽度不小于 1m；挡墙基底纵坡不宜大于 5%，当大于 5% 时，应在纵向将基础做成台阶，台阶高度不宜大于 0.5m。当原地基横坡、纵坡太陡时，应通知勘察、设计等部门协商解决。

(3) 基槽开挖后，如发现地基与设计情况有出入，应按实际情况调整设计；

(4) 如边坡陡峻或有软弱层时，开挖基槽应采用跳槽开挖方式，挖一段、砌一段，保证施工安全。

(5) 临时开挖或放坡应确保施工安全，一般可采用放坡处理，如场地条件受限或临时边坡较陡，应进行临时支护。

7、其它未尽事宜参见图集《挡土墙（重力式 衡重式 悬臂式）》（17J008）。

6.6.1 安全风险

(1) 模板坍塌风险：安装模板时，如果模板的支撑系统不牢固、间距过大或材料质量不合格，在混凝土浇筑过程中，模板可能会因承受不住混凝土的侧压力而坍塌。例如，使用的木模板有腐朽、虫蛀现象，或者钢管支撑的扣件松动，都可能导致模板变形、坍塌，砸伤施工人员，同时也会影响混凝土挡土墙的外观和质量。

(2) 混凝土飞溅风险：在混凝土浇筑过程中，混凝土可能会从模板的缝隙中溢出或在振捣时飞溅出来，击中施工人员的眼睛、脸部等部位，造成伤害。例如，使用插入式振捣器振捣混凝土时，如果振捣棒插入过深或振捣时间过长，混凝土可能会被振捣棒带起并飞溅出来。

6.6.2 预防措施

(1) 确保模板支撑系统牢固：选用质量合格的模板和支撑材料，如优质的钢模板、钢管支撑等。在安装模板时，按照设计要求设置支撑系统，保证支撑间距合理、连接牢固。对模板支撑系统进行专项设计和验算，确保其能够承受混凝土浇筑时的侧压力。在混凝土浇筑过程中，安排专人对模板及支撑系统进行检查和维护，发现问题及时处理。

(2) 防止混凝土飞溅措施：在混凝土浇筑前，检查模板的密封性，对模板的缝隙进行封堵，防止混凝土从缝隙中溢出。在使用振捣器振捣混凝土时，操作人员要穿戴好防护用品，如安全帽、护目镜等。按照振捣器的操作规程进行操作，控制振捣棒的插入深度和振捣时间，避免混凝土飞溅。

6.7 钢筋混凝土挡土墙

1、挡墙材料要求：C25 级混凝土，钢筋保护层厚度为 50mm。

2、挡墙施工根据支护高度选用不同的挡墙大样，具体详见大样图。

3、挡墙每隔 10m~15m 位置设置一道伸缩缝，在挡墙高度突变处及与其他建（构）筑物连接处应设置伸缩缝，在地基岩土性状变化处应设置沉降缝。沉降缝、伸缩缝宽度为 20mm~30mm。缝内沿墙内、外、顶三边填塞沥青麻丝或涂沥青木板，塞入深度不小于 150mm。

4、泄水孔沿挡墙沿挡墙横、竖向每 2.0m（挡墙外露高度小于 2.5m 时，可只设下层泄水孔）左右梅花型布置，泄水孔采用预埋 \varnothing 100mmPVC 管，外倾坡度不小于 5%，以最低一排泄水孔高出地面 500mm 为基准进行布置，做法详见大样图。

5、挡墙后回填土填料要求

(1) 填料优先选择级配良好的砂土或碎石土，当主要为黏性土做填料时，宜掺入适量的碎石或砾砂，不得选用膨胀土、淤泥质土、耕植土做填料；填料为黏性土时，填土施工含水量控制在最优含水率 $W_{opt} \pm 2\%$ 的范围内，最优含水率采用击实试验确定。

(2) 墙背填料回填时，当原地基为耕土或松土时，应先清除有机土、种植土、草皮等，清除深度不小于 300mm。

(3) 挡墙墙后填土必须分层夯实，分层厚度及碾压次数根据最优含水率及碾压设备实际确定，压实系数不得小于 0.95，施工过程中，要求对墙后填土压实度进行检测；

(4) 填料中有机质含量不得超过 5%。

(5) 填料回填应在砌体或混凝土强度达到设计强度的 75%以上后进行；填料的压实工作和反滤层的施工应同时进行。

6、钢筋工程

(1) 为保证钢筋保护层的厚度，用同标号砼垫块支垫。上下层钢筋网间必须绑或焊成一体，确保挡墙的整体受力稳定。钢筋搭接单面焊不小于 10d，双面焊不小于 5d。

(2) 钢筋连接要求：钢筋连接可采用机械连接或焊接，纵向受力钢筋的机械连接接头宜相互错开，钢筋机械连接区段的长度为 35d，位于同一连接区段内的纵向受拉钢筋接头面积百分率不宜大于 50%，连接用套筒应符合现行行业标准《钢筋机械连接用套筒》JG/T163 的有关规定。纵向受力钢筋的焊接接头应相互错开，钢筋焊接接头连接区段的长度为 35d 且不小于 500mm，纵向受拉钢筋的接头面积百分率不宜大于 50%，且应符合《钢筋焊接及验收规程》（JGJ 18-2012）的有关规定。

7、混凝土工程

混凝土所用的材料需进行原材复试，按规定的配合比施工模板内的木屑、杂物要清除干净，模板缝隙应严密不漏浆。复核模板、支撑、预埋件、钢筋等符合设计图纸并办理隐蔽验收手续。使用插入式振动器应快插慢拔，插点要均匀排列，逐点移动，按顺序进行，不得遗漏，做到均匀振实。浇筑混凝土应连续进行，如必须间歇，其间歇时间应尽量缩短，并应在前层混凝土初凝前将次层混凝土浇筑完毕。混凝土不得出现露筋和空洞现象。

8、挡墙施工注意事项

(1) 施工前应预先设置好排水系统，保持边坡和基坑坡面干燥，基础施工完后应及时回填夯实，以免积水软化地基，降低地基土内摩擦系数；

(2) 挡土墙基底纵坡大于 5%时应设置台阶式基础，并选择坚硬完整的基岩作为基底直

接持力层；当挡土墙基底横坡不宜陡于1:5，当陡于1:5时，而地基为较完整坚硬的岩层时，基础可按1:2挖成台阶，台阶宽度不小于1m；挡墙基底纵坡不宜大于5%，当大于5%时，应在纵向将基础做成台阶，台阶高度不宜大于0.5m。当原地基横坡、纵坡太陡时，应通知勘察、设计等部门协商解决。

(3) 基槽开挖后，如发现地基与设计情况有出入，应按实际情况调整设计；

(4) 如边坡陡峻或有软弱层时，开挖基槽应采用跳槽开挖方式，挖一段、砌一段，保证施工安全。

(5) 临时开挖或放坡应确保施工安全，一般可采用放坡处理，如场地条件受限或临时边坡较陡，应进行临时支护。

6.7.1 安全风险

(1) 机械伤害风险：钢筋加工过程中会使用到钢筋切断机、弯曲机、调直机等机械设备。如果操作人员操作不当、设备防护装置缺失或损坏，很容易发生机械伤害事故。例如，在钢筋切断机运行时，操作人员的手误伸入切割区域，可能会被切断机切断手指；钢筋弯曲机的传动部件没有防护罩，可能会绞伤操作人员的衣物或肢体。

(2) 触电风险：钢筋加工场地通常会有较多的电气设备和临时用电线路。如果电气设备未接地或接零、电线破损漏电、操作人员违规用电等，就可能导致触电事故。例如，在潮湿的环境下使用未安装漏电保护器的手持式电动工具，一旦设备漏电，操作人员就会触电。

(3) 高处坠落风险：当需要在高处安装钢筋时，如在高边坡上修建挡土墙，施工人员如果没有可靠的安全防护措施，如未系安全带、作业平台不稳等，很容易从高处坠落。在安装和拆除较高的挡土墙模板时，施工人员需要在高处作业。如果没有可靠的安全防护措施，如未系安全带、作业平台不稳等，施工人员很容易从高处坠落。例如，在拆除模板时，作业人员站在没有防护栏杆的简易脚手架上，身体失去平衡就可能坠落受伤。当需要在高处进行混凝土浇筑时，如在高边坡上修建挡土墙，施工人员在操作混凝土输送泵、振捣器等设备时，如果没有系好安全带或作业平台不安全，就可能从高处坠落。

(4) 混凝土飞溅风险：在混凝土浇筑过程中，混凝土可能会从模板的缝隙中溢出或在振捣时飞溅出来，击中施工人员的眼睛、脸部等部位，造成伤害。例如，使用插入式振捣器振捣混凝土时，如果振捣棒插入过深或振捣时间过长，混凝土可能会被振捣棒带起并飞溅出来。

(5) 机械故障风险：混凝土浇筑过程中会使用到混凝土输送泵、振捣器等机械设备。如果这些设备出现故障，如输送泵的管道堵塞、振捣器的电机损坏等，不仅会影响混凝土浇筑

的进度，还可能导致混凝土溢出、飞溅等安全事故。

6.7.2 预防措施

(1) 机械伤害预防措施：对钢筋加工设备的操作人员进行专业培训，使其熟悉设备的操作规程和安全注意事项。在设备上安装齐全的防护装置，如切断机的防护挡板、弯曲机的传动部件防护罩等。定期对设备进行检查和维护，及时不知和处理设备故障。在设备运行过程中，严禁操作人员违规操作，如严禁在设备运转时清理切刀附近的杂物等。

(2) 电气安全管理措施：钢筋加工场地的电气设备和临时用电线路要符合安全标准。所有电气设备必须接地或接零，安装漏电保护器。对电线进行定期检查，发现破损及时更换。操作人员要穿戴绝缘手套和绝缘鞋等防护用品，严禁在潮湿环境下违规用电。在电气设备附近设置明显的警示标志，提醒操作人员注意安全。

(3) 高处作业安全防护：在高处安装钢筋时，施工人员必须系好安全带，安全带的固定点要牢固可靠。搭建稳固的作业平台，平台周围设置防护栏杆和安全网。作业平台的构建材料要符合安全要求，并且要经过安全检查。在拆除模板时，要按照规定的顺序进行，严禁违规操作，如严禁从高处向下抛掷模板和配件等。在高处进行混凝土浇筑时，施工人员要系好安全带，安全带的固定点要与牢固的结构物相连。搭建安全可靠的作业平台，平台的高度、宽度和稳定性要符合安全标准。在作业平台上设置防护栏杆和安全网，防止施工人员坠落。同时，要合理安排混凝土输送设备的位置，确保其运行安全。

(4) 防止混凝土飞溅：在混凝土浇筑前，检查模板的密封性，对模板的缝隙进行封堵，防止混凝土从缝隙中溢出。在使用振捣器振捣混凝土时，操作人员要穿戴好防护用品，如安全帽、护目镜等。按照振捣器的操作规程进行操作，控制振捣棒的插入深度和振捣时间，避免混凝土飞溅。

(5) 设备维护与管理：对混凝土浇筑过程中使用的机械设备，如混凝土输送泵、振捣器等，进行定期检查和维护。在设备运行前，检查设备的各项性能指标是否正常，如输送泵的管道是否畅通、振捣器的电机是否运转良好等。在设备运行过程中，安排专人对设备进行监控，及时发现和处理设备故障。

6.8 锚喷

锚喷护面工程主要施工要求：

1、施工工艺流程

清理坡面→喷第一层混凝土→锚杆施工→铺设钢筋网→喷第二层混凝土→混凝土养护

2、喷锚支护施工方法

(1) 清理坡面

清理坡面碎石和土体，尽量平顺，保留树木根系。

(2) 锚杆工程

同 6.3 节锚杆施工工艺。

(3) 钢筋工程

于坡面布置 $\phi 8@100$ 单层钢筋网，要严格控制钢筋网的间距，钢筋搭接时要保证搭接长度不少于 300mm。

(4) 喷射混凝土工程

喷射混凝土前在坡面上固定预定尺寸钢筋（15cm），并在钢筋网片底部加入垫块，以保证混凝土坡面的厚度。喷射混凝土干料，现场人工搅拌。

(5) 坡面排水

锚喷层插入直径为 100mm 的 PVC 管作为泄水孔， $2m \times 2m$ 间距，梅花型布置。

6.8.1 安全风险

(1) 粉尘危害风险：在喷射混凝土过程中，混凝土材料会产生大量粉尘。尤其是当使用干式喷射工艺时，粉状速凝剂与混凝土干料混合后，在高压空气的作用下，会形成大量扬尘。作业人员长期吸入这些粉尘，会对呼吸道、肺部等造成严重损害，引发尘肺病等职业病。

进行锚杆钻孔作业时，钻头切削岩石会产生大量岩粉。如果没有有效的除尘措施，这些岩粉会弥漫在作业空间内，不仅影响作业人员的视线，还会被吸入体内，对身体造成危害。

(2) 机械伤害风险：喷射机在运行过程中，如果其旋转部件（如转子、搅拌装置等）的防护装置缺失或损坏，可能会将作业人员的衣物、头发等卷入，造成身体伤害。此外，喷射机的输送管道如果出现堵塞，在清理堵塞时，如果操作不当，可能会导致管道内的混凝土突然喷出，击中作业人员。锚杆钻机在钻孔时，其旋转的钻杆和钻头可能会绞伤作业人员的衣物或肢体。如果钻机的固定不牢固，在钻孔过程中发生移动或倾倒，也会对作业人员造成伤害。同时，钻机的液压系统、电气系统等出现故障，也可能引发安全事故。

(3) 高处坠落风险：在边坡、隧道拱顶等高处进行锚喷施工时，作业人员需要在高处作业平台上工作。如果作业平台搭建不牢固、没有设置防护栏杆或防护网，作业人员可能会从高处坠落。例如，在山区公路边坡锚喷加固施工中，作业人员在简易的竹制平台上作业，平台因承受不住重量而坍塌，导致作业人员坠落。

(4) 物体打击风险：在喷射混凝土过程中，部分混凝土会因反弹而从喷射面脱落。这些

反弹物可能会击中作业人员的身体，造成伤害。特别是在近距离喷射或喷射角度不当的情况下，反弹物的速度和冲击力较大，危害更为明显。在锚杆搬运、安装过程中，锚杆可能会因为失手滑落或者吊装设备故障而掉落，砸伤作业人员。例如，在使用起重机吊装较长较重的锚杆时，如果起重机的钢丝绳突然断裂，锚杆就会坠落。而且，在安装锚杆时，需要使用一些辅助工具（如扳手、套筒等），这些工具如果掉落也会造成伤害。

6.8.2 预防措施

(1) 粉尘危害预防措施：优先选用湿式喷射混凝土工艺，在喷射过程中，将水与混凝土干料充分混合后再喷射到受喷面上，可大大减少粉尘的产生。与干式喷射相比，湿式喷射能使粉尘浓度降低 80% 以上，有效保护作业人员的身体健康。在锚喷施工现场配备有效的除尘设备，如集尘器、喷雾降尘装置等。集尘器可以收集喷射和钻孔过程中产生的大部分粉尘，喷雾降尘装置则可以通过喷洒水雾使粉尘颗粒凝聚沉降。在隧道等封闭空间内施工时，要加强通风换气，确保作业环境的空气质量符合标准。为作业人员配备符合标准的防尘口罩、防护眼镜等个人防护用品。要求作业人员正确佩戴和使用防护用品，定期更换口罩滤芯和检查防护眼镜的清晰度和防护性能。例如，防尘口罩的过滤效率要达到规定标准，能够有效过滤粉尘颗粒。

(2) 机械伤害预防措施：对喷射机、锚杆钻机等设备的旋转部件、传动部件等安装齐全有效的防护装置，如防护罩、防护栏等。在设备运行前，要检查防护装置是否完好，发现问题及时修复或更换。同时，对设备的操作人员进行安全培训，使其熟悉设备的操作规程和安全注意事项，严禁在设备运行时拆除防护装置或进行违规操作。

建立设备定期维护保养制度，对喷射机、锚杆钻机等设备进行定期检查、维修和保养。检查设备的机械部件、液压系统、电气系统等是否正常，及时更换磨损的零部件和老化的电线电缆等。在设备运行过程中，安排专人对设备进行监控，发现异常及时停机处理。

(3) 高处坠落预防措施：在高处进行锚喷施工时，要搭建稳固的作业平台。平台的材料要选用质量好、强度高的钢材或木材等，平台的搭建要根据施工场地的实际情况进行设计，确保其能够承受施工人员和设备的重量。平台周围要设置防护栏杆，高度不低于 1.2 米，并安装安全网，防止人员坠落。

(4) 物体打击预防措施：在喷射混凝土时，要根据受喷面的情况，合理控制喷射角度和距离。一般来说，喷射角度应控制在 90° 左右，喷射距离应保持在 0.8-1.2 米之间。这样可以减少混凝土的反弹量，降低反弹物对作业人员的伤害风险。同时，在喷射作业区域周围设置防护挡板，阻挡反弹物。

在锚杆搬运和安装过程中，要使用合适的搬运工具和吊装设备，并确保其性能良好、连接牢固。在作业现场下方设置警戒区域，禁止无关人员进入。对于高处安装锚杆，要在作业平台下方设置防护网，防止锚杆或工具掉落伤人。同时，作业人员要将工具妥善保管，避免掉落。

6.9 绿化工程

在每段治理边坡坡脚种植攀缘植物。采用人工的方法种植。植被种植应按照植被的生长特性选择最佳种植季节进行种植，以保证成活率。

1) 栽植穴挖掘

栽植穴定点时应靠近山体，不影响道路通行及坡脚排水为宜。

2) 栽植穴应垂直下挖，上口下底应相等。

3) 栽植穴挖出的表层土和底土应分别堆放，底部应施基肥并回填表土或改良土。

4) 栽植槽底部遇有不透水层或重黏土层时，应进行疏松或采取排水措施。

5) 土壤干燥时应于栽植前灌水浸穴。

6) 种植穴内铺一层腐熟有机肥方可进行攀缘植物营养杯苗的栽植。

7) 栽植前都要去掉五叶地锦根部的营养杯。

6.10 质量检验

(1) 边坡支护结构的原材料质量检验应包括以下内容：

1) 材料出厂合格证检查；

2) 材料现场抽检；

3) 锚杆浆体和混凝土的配合比试验，强度等级检验。

(2) 柔性防护网材料进场前，生产厂家应提供产品质量合格证书和配套质量检验报告，具体要求按各柔性防护网设计说明执行。

(3) 原材料和混凝土强度须符合设计要求和有关规范的规定，钢筋配置应符合设计要求。

7 施工安全与环境保护

7.1 施工注意事项

(1) 施工方必须编制详细的施工组织设计，其中应有针对可能出现的情况编制的施工应急预案。

(2) 在施工过程中若发现地质情况与设计文件有出入，应及时通知设计人员，以便复核、调整。

(3) 施工期间须采取必要的安全措施，确保工程和施工人员的安全。

(4) 本工程施工必须考虑对环境的影响，在施工期间应控制减少噪声、粉尘、灰尘等污染环境的影响因素，施工过程中按规定进行妥善处理。

(5) 开挖施工应按照分层、分段、分块、限时的方法确定开挖顺序。

(6) 土方挖机、运输车辆直作业时，应采取保证坡道稳定的措施。

(7) 开挖或填筑的土方不得在边坡周边影响范围内堆放，并应及时外运。

(8) 土方作业过程应符合项目所在地的文明施工要求，及时做好裸露地面苫盖、扬尘处理和路面清扫。

(9) 施工时应充分掌握边坡地质条件、施工情况等信息，当与原设计方案、勘查资料等出入较大时应进行通知设计单位，并进行必要的调整和变更。

(10) 脚手架的搭建

1) 搭设材料只允许使用钢门式架或钢管，且有产品合格证，钢管和扣件使用前必须经检测合格；

2) 需搭设三排脚手架，脚手架外立杆内侧必须设置经检测合格的密目式安全网、1.2m高防护栏杆，以及0.18m高、厚度不小于10mm的挡脚板；

3) 施工单位在搭设外脚手架或模板支撑系统时，应有相应的设计和搭设方案，并作为施工现场开工前提条件检查的内容，并经企业技术负责人和监理单位技术负责人审批同意后方可搭设。搭设后，班组应进行自检，经监理、施工单位验收合格，方可投入使用。

7.2 周边环境条件、工程风险分析及应急措施要求

(1) 周边环境

根据建设单位提供的资料，施工场地为县级路段。

(2) 工程风险及应急措施

针对本项目的风险主要为：

1) 机械设备失稳倾倒造成机械伤害；

2) 钻机零部件或携带物脱落，材料高空坠落造成的物体打击伤害；

3) 锤头抛射、钢钎飞射、桩体碎块飞溅等造成的物体打击；

4) 个人操作不当造成的物体打击、高处坠落、触电及火灾等；

5) 多工序作业，现场机械设备行走及施工安全。

- (3) 对上述风险应采取如下措施规避人为因素和预防自然因素导致的安全事故:
- 1) 施工单位施工前应制定详细的预防措施、运行控制方案及应急救援预案;
 - 2) 在施工前应对施工人员进行岗前教育及安全培训,增强安全意识,规避和杜绝人为因素产生的安全事故;
 - 3) 严格落实现场监督检查制度,及时排除安全隐患;
 - 4) 施工机械进出场及在拟建场区施工时,注意施工机械与周边设施的安全距离,注意避让或采取相对应的安全措施,确保安全;
 - 5) 遇大风、大雨、暴雨、雷电等恶劣天气时,严格按照地区的相关规定执行,严禁盲目施工。

7.3 关于保障工程周边环境安全和工程施工安全的建议

- (1) 本工程设计过程中结合建设单位提供的周边环境、设计图纸等资料,对场区及周边环境条件进行了梳理,施工单位施工前应结合现场实际条件,对周边环境进行进一步的详细调查,如发现特殊情况、与设计图纸不符合的情况应及时通知各参建单位进行相应的调整和协商
- (2) 施工单位应编制工程施工组织设计,并按照建设主管部门的要求进行必要的评审或审查,现场应以通过评审和审批后的施组方案组织施工;
- (3) 应按照本施工图纸进行施工,施工过程中确保工程质量,合理确定施工工期,施工流程和顺序满足规范和设计要求,做好相关的施工记录、试验和检测工作。严格落实现场监督检查制度,及时排除安全隐患;
- (4) 施工中应按照图纸、规范要求开展监测工作,相应的监测内容、频率、精度满足规范和设计要求;
- (5) 应编制施工专项应急预案;遇大风、大雨、暴雨、雷电等恶劣天气时,严格按照地区的相关规定执行,严禁盲目施工;
- (6) 建立畅通的沟通协调机制,现场遇特殊情况应及时通知各参建单位协商解决;
- (7) 施工过程中应按照北京市和国家法律法规组织施工,确保施工质量和施工安全。

8 工程运营维护与检修

8.1 例行检查范围

对于该边坡例行维修检查时,需进行如下基本维修工作:

- (1) 清理积存于排水沟、截水沟及坡面杂物;

- (2) 修复破裂或已损坏的排水沟;
- (3) 修补或更换坡面已损毁的坡面防护措施;
- (4) 清除斜坡表面引致严重裂缝的植物;

8.2 例行维修检查的频率与时间

例行维修检查每年进行两次。时间点设于雨季之前和之后。
维修检查和随后的维修工程的所有记录,应设专人进行记录并存档。

9 其他说明

- (1) 本路段边坡高陡,基于占地和施工难度考虑,本次治理以柔性防护网为主,不在杜绝地质灾害的发生,旨在降低地质灾害的危害程度。
- (2) 为保护现有的植物根系和清理落石方便,柔性防护网底部均要求高于路面 1.0m(有挡墙者,底部位于挡墙顶标高)。岩石崩落一般发生于坡体顶部的土岩结合部,引导网施工时要求网片必须覆盖到此部位以上 1.5-2m。
- (3) 治理范围以现场实地放线为准,应满足防护要求,图中工程量仅为参考,应以现场量测为准。
 - (4) 清理浮石危岩体的要求
清理危岩要彻底,施工可以统一安排机械清理,坡面松动的危岩,挡墙顶部的松散堆积体,被动网基座处的孤石,都要清理干净。
 - (5) 引导网技术要求
沿道路长度方向,避免遗漏存在落石隐患的边坡,要防护到位。
沿边坡高度方向,避免遗漏顶部防护。
主被动结合的坡面,如不要求交界封闭,要保证两者之间无危岩浮石。
注重网片施设的美观,边界平顺整齐。
 - (6) 被动网要求
被动网的设置标高以图纸为准,不得随意降低高程。
挡墙顶增设被动网的坡面,需认真评价基座位置,防止被动网侵占道路。
施工人员需认真考察被动网基础、上拉锚,侧拉锚的岩质地基情况,要清理覆盖层土体,坐落于坚实岩体上,如果是土质地基,需按施工图开挖浇筑混凝土基座。并着重于上拉锚、侧拉锚的锚杆抗拔验收工作。
- (7) 被动网跨越 V 型冲沟处,需在网底悬空处增设网片和锚杆,防止落石自底部冲出。

被动网有高差变动处，严禁强行斜向连接，高低钢柱要错台设置，支撑绳断开，并保证上下级之间 5 米交叠。

(7) “动态设计，信息化施工”是该线路病害防治的一个重要特点，施工中需根据各病害点的具体情况，及时通知设计人，以及时调整防治方案。

(8) 对巡视的要求：边坡防护完成后，业主需指定专人定期对其工作状态进行巡视检查，如有封闭体内及被动网拦截住的崩塌块石，需及时清理并新补网片。并定期检查柔性防护网构件的表观状态，及时处理锈蚀构件，以发挥长久效能。人工巡视需注意各个边坡顶部的变形迹象，随雨雪等外力作用，边坡岩体结构会发生变化，严防卸荷裂隙引起的巨量崩滑发生。

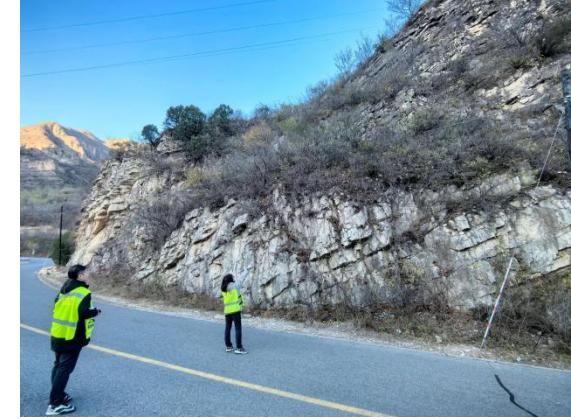
附表 1 边坡特征及治理方法一览表

编号	规自台账号	实际治理桩号	长度 (m)	物质组成	边坡形态特征	治理方法	
X002-1	K6+800-K6+857	K6+762-K6+851	89	边坡为岩质边坡，岩性为侏罗系土城子组(Jt 6)凝灰质砂岩，产状 $288^{\circ} \angle 33^{\circ}$ ，为逆向坡；中风化~强风化，以中等风化为主，强风化层厚度约 0.60~1.20m。受结构面切割影响，岩体较破碎，局部破碎，呈整体状、块状结构。岩体基本质量等级为Ⅳ级。调查期间，边坡坡面未见基岩裂隙水渗出。	边坡全长约 89m，高度 5~9m，坡面整体产状约为 $85^{\circ} \angle 65^{\circ}$ 坡面较陡。坡面基岩裸露，节理密布，岩体风化较严重，呈较破碎状。坡顶覆盖层厚度约 0.40m，坡顶灌木植被发育，生长有少量松树。		清理浮石、覆盖式引导网
X002-2	K8+800-K8+900	K8+817-K8+859	42	岩质边坡，岩性为侏罗系土城子组(Jt 6)凝灰质砂岩，产状 $235^{\circ} \angle 32^{\circ}$ ；强风化~中等风化，以中等风化为主，强风化层厚度约 0.50m。受结构面切割影响，岩体较破碎，局部破碎，呈整体状、块状结构。岩体基本质量等级为Ⅳ级。调查期间，边坡坡面未见基岩裂隙水渗出。	边坡长约 42m，高度 4~13m，坡度为 $\angle 69^{\circ}$ ，坡面呈陡坡状，基岩裸露，节理密布，坡顶灌木植被发育。		清理危岩/浮石、覆盖式引导网
X002-3	K10+400-K10+420	K10+353-K10+413	60	边坡为岩质边坡，岩性为侏罗系土城子组(Jt 6)凝灰质砂岩，产状 $140^{\circ} \angle 43^{\circ}$ ；中风化~强风化，以中等风化为主，强风化层厚度约 0.50~1.00m。受结构面切割影响，岩体较破碎，局部破碎，呈整体状、块状结构。岩体基本质量等级为Ⅳ级。	边坡全长约 60m，高度 4~8m，坡面整体产状约为 $200^{\circ} \angle 80^{\circ}$ 。坡面基岩裸露，节理密布，岩体风化严重，呈较破碎状。坡顶覆盖层厚度约 0.50m，坡顶灌木植被发育。		清理危岩/浮石、覆盖式引导网

附表 1 边坡特征及治理方法一览表

编号	规自台账号	实际治理桩号	长度 (m)	物质组成	边坡形态特征	治理方法	
X002-4	K12+300-K12+350	K12+270-K12+330	60	边坡为岩质边坡，岩性为侏罗系土城子组(Jt \hat{c})安山岩，强风化~中等风化，以中等风化为主，强风化层厚度约0.50m。受结构面切割影响，岩体较破碎，局部破碎，呈整体状、块状结构。岩体基本质量等级为IV级。	边坡全长约60m，高度5~16m，坡面整体产状约为 $344^{\circ} \angle 85^{\circ}$ 。坡面基岩裸露，坡顶覆盖层厚度约0.50mm，坡顶灌木植被发育。		清理危岩/浮石、覆盖式引导网
X002-5	K33+150-K33+300	K33+196-K33+228、K33+300-K33+331	63	本段道路边坡为岩质边坡，岩性为中生界侏罗系土城子组(Jt \hat{c})砂岩，产状 $15^{\circ} \angle 28^{\circ}$ ；中等风化~强风化，强风化层厚度约0.50m，受结构面切割影响，岩体较破碎，呈块状结构，层状构造。岩体基本质量等级为IV级。	边坡长约61m，高度7~9m，坡面整体产状约为 $226^{\circ} \angle 80^{\circ}$ ，坡面较陡。坡面基岩裸露，节理密布，岩体较风化，呈较破碎状。坡顶覆盖层厚度约0.40m，灌木植被发育。		清理危岩/浮石、覆盖式引导网
X002-6	K43+850-K43+900	K43+788-K43+828、K43+866-K43+902	76	本段道路边坡为岩质边坡，岩性为中生界侏罗系后城组(J3h)凝灰岩，中等风化~强风化，以中等风化为主，强风化层厚度约0.80m，受结构面切割影响，岩体较破碎，呈整体状、块状结构，层状构造。岩体基本质量等级为IV级。	边坡长约76m，高度约5~7m，坡面整体产状约为 $110^{\circ} \angle 85^{\circ}$ ，坡面较陡，局部反倾。坡面基岩裸露，节理密布，岩体较风化，呈较破碎状。坡顶覆盖层厚度约0.40m，灌木植被发育。		清理危岩/浮石

附表 1 边坡特征及治理方法一览表

编号	规自台账号	实际治理桩号	长度 (m)	物质组成	边坡形态特征	治理方法	
X003-1	K2+800-K2+900	K2+812-K2+872、K2+874-K2+906	90	边坡为岩质边坡，岩性为长城系高于庄组(Chg)白云岩，产状 $156^{\circ} \angle 34^{\circ}$ ；强风化~中等风化，以中等风化为主，强风化层厚度约 0.40m。受结构面切割影响，岩体较破碎，局部破碎，呈整体状、块状结构。岩体基本质量等级为IV级。	边坡长约 90m，高度 16~32m，坡面整体产状约为 $50^{\circ} \angle 85^{\circ}$ ，坡面较陡。坡面基岩裸露，节理密布，岩体风化较严重，坡顶覆盖层厚度约 0.50m，坡顶为缓坡。		清理危岩/浮石、被动网 (1500kJ)、张口式引导网 (1000kJ)
X003-2	K9+800-K10+000	K9+855-K10+045	190	边坡为岩质边坡，岩性为长城系高于庄组(Chg)白云岩，产状 $310^{\circ} \angle 12^{\circ}$ ；强风化~中等风化，以中等风化为主，强风化层厚度约 1.00m。受结构面切割影响，岩体较破碎，局部破碎，呈整体状、块状结构。岩体基本质量等级为IV级	边坡长约 190m，高度 28~40m，坡面整体产状约为 $50^{\circ} \angle 80^{\circ}$ ，坡面基岩裸露，坡面呈陡坡状，坡顶为缓坡，覆盖层厚度约 0.40m，坡顶灌木植被发育。		清理危岩/浮石、张口式引导网 (1000kJ)、覆盖式引导网、被动网 (1500kJ)
X003-3	K14+500-K14+550	K14+510-K14+582	72	边坡为岩质边坡，岩性为长城系高于庄组(Chg)白云岩，产状 $5^{\circ} \angle 25^{\circ}$ ；强风化~中等风化，以中等风化为主，强风化层厚度约 0.70m。受结构面切割影响，岩体较破碎，局部破碎，呈整体状、块状结构。岩体基本质量等级为IV级。	边坡长约 72m，高度 10~35m，坡面整体产状约为 $248^{\circ} \angle 70^{\circ}$ ，坡面呈陡坡状，坡面基岩裸露，节理密布。坡顶为缓坡，覆盖层厚度约 0.50m，坡顶灌木植被发育，生长有少量松树。		清理危岩/浮石、覆盖式引导网、被动网 (1500kJ)

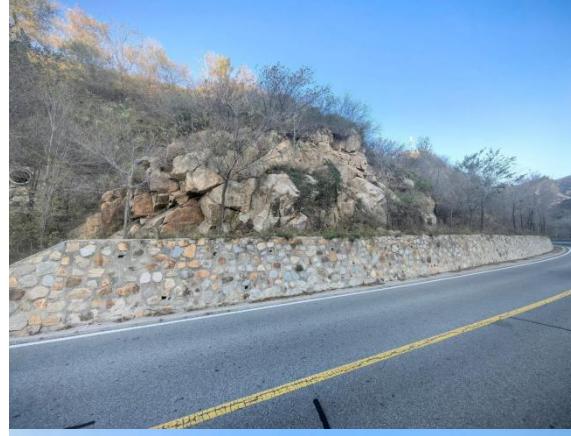
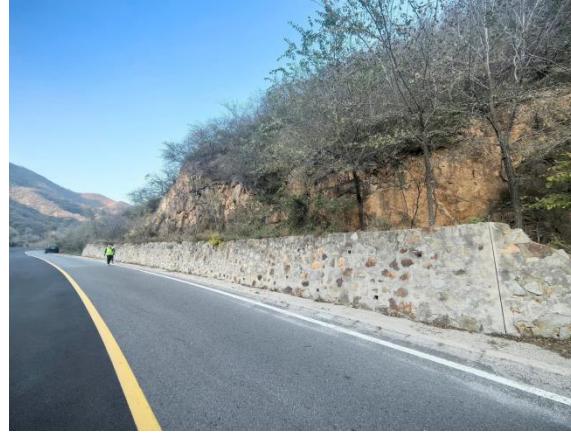
附表 1 边坡特征及治理方法一览表

编号	规自台账号	实际治理桩号	长度 (m)	物质组成	边坡形态特征	治理方法	
X004-1	K2+650-K2+850	K2+620-K2+645、 K2+717-K2+800	108	<p>K2+620-K2+645 边坡为岩质边坡，岩性为蓟县系雾迷山组(Jxw)白云岩，产状为 $312^{\circ} \angle 36^{\circ}$，强风化~中等风化，以强风化为主，局部全风化，强风化层厚度约 1.00m。受结构面切割影响，岩体较破碎，局部破碎，呈整体状、块状结构。岩体基本质量等级为 IV 级。</p> <p>K2+717-K2+800 边坡为岩质边坡，岩性为蓟县系雾迷山组(Jxw)白云岩，产状为 $312^{\circ} \angle 36^{\circ}$，强风化~中等风化，以强风化为主，局部全风化，强风化层厚度约 1.00m。受结构面切割影响，岩体较破碎，局部破碎，呈整体状、块状结构。岩体基本质量等级为 IV 级。</p>	<p>K2+620-K2+645 边坡长约 25m，高度 7m，坡面整体产状约为 $119^{\circ} \angle 80^{\circ}$，坡面较陡。坡面基岩裸露，节理密布，岩体较风化，呈较破碎状。坡顶覆盖层厚度约 0.50m，灌木植被发育。</p> <p>K2+717-K2+800 边坡全长约 83m，高度约 7~17m，坡面整体产状约为 $99^{\circ} \angle 75^{\circ}$，坡面较陡。坡面基岩裸露，节理密布，岩体较风化，呈较破碎状。坡顶覆盖层厚度约 1.50m，灌木植被发育，生长有大量松树。</p>		清理危岩/浮石
X004-2	K13+300-K13+350	K13+253-K13+300	47	边坡为岩质边坡，岩性为蓟县系雾迷山组(Jxw)白云岩，产状为 $234^{\circ} \angle 48^{\circ}$ ，强风化~中等风化，以中等风化为主，强风化层厚度约 1.20m。受结构面切割影响，岩体较破碎，局部破碎，呈整体状、块状结构。岩体基本质量等级为 IV 级。	边坡长约 47m，高度 15~40m，坡面整体产状约为 $217^{\circ} \angle 55^{\circ}$ ，坡面较陡。坡面基岩裸露，节理密布，岩体较风化，呈较破碎状。坡顶覆盖层较厚，厚度约 0.40m，坡顶灌木植被发育。		清理危岩/浮石、岩石锚杆（Φ110）、张口式引导网、被动网（1500kJ）、锚喷
X008-1	K7+600—K7+700	K7+557—K7+652	95	边坡为岩质边坡，燕山晚期(γγ)石英二长花岗岩，中风化~强风化，以中等风化为主，强风化层厚度约 0.60m。受结构面切割影响，岩体较破碎，局部破碎，呈整体状、块状结构。岩体基本质量等级为 IV 级。	边坡长约 95m，高度 5~8m，坡面整体产状约为 $338^{\circ} \angle 50^{\circ}$ ，坡面较陡。坡面基岩裸露，节理密布，岩体较风化，呈较破碎状。坡顶覆盖层较厚，厚度约 0.60m~1.20m，坡顶灌木植被发育，坡脚堆积碎石土。		清理危岩/浮石、被动网（1500kJ）、混凝土挡土墙

附表 1 边坡特征及治理方法一览表

编号	规自台账号	实际治理桩号	长度 (m)	物质组成	边坡形态特征	治理方法	
X008-2	K9+950—K10+000	K9+965—K9+990、 K10+006-K10+035	54	边坡为岩质边坡，岩性为燕山晚期 (γγ)石英二长花岗岩，强风化~中等风化， 以中等风化为主，强风化层厚度约 0.40m。受结构面切割影响，岩体较破碎， 局部破碎，呈整体状、块状结构。岩体基 本质量等级为IV级。	边坡长约 54m，高度 11~20m， 坡面整体产状约为 295° / 85°，坡 面呈陡坡状，坡面基岩裸露，节理密 布，岩体较风化，呈较破碎状。坡顶 为缓坡，坡顶覆盖层较厚，厚度约 0.40m，坡顶灌木植被发育。		清理危岩/浮石、 覆盖式引导网
X008-3	K12+500—K12+560	K12+510—K12+540	30	边坡为岩质边坡，岩性为燕山晚期 (γγ)石英二长花岗岩，强风化~中等风化， 以中等风化为主，强风化层厚度约 0.60m。受结构面切割影响，岩体较破碎， 局部破碎，呈整体状、块状结构。岩体基 本质量等级为IV级。	边坡长约 30m，高度 6~12m， 坡面整体产状约为 110° / 80°，坡 面呈陡坡状，坡面基岩裸露，节理密 布，岩体较风化，呈较破碎状，坡顶 为缓坡，坡顶覆盖层较厚，厚度约 0.70m~1.20m，坡顶灌木植被发育 施。		清理危岩/浮石、 覆盖式引导网
X008-4	K13+870—K13+950	K13+900—K13+960	60	边坡为岩质边坡，岩性为侏罗系髫髻 山组(J3t)凝灰岩，强风化~中等风化，以中 等风化为主，强风化层厚度约 1.00m。受 结构面切割影响，岩体较破碎，局部破 碎，呈整体状、块状结构。岩体基本质量 等级为IV级。	边坡全长约 60m，高度约 2~7m，坡面整体产状约为 160° / 50~60°，坡面较陡。坡面基岩裸 露，节理密布，岩体较风化，呈较破 碎状。坡顶覆盖层较厚，厚度约 0.80m~1.20m，坡顶灌木植被发育。		清理浮石

附表 1 边坡特征及治理方法一览表

编号	规自台账号	实际治理桩号	长度 (m)	物质组成	边坡形态特征	治理方法	
X008-5	K15+200—K15+400	K15+272—K15+332、 K15+350—K15+430	130	<p>K15+272-K15+330 边坡为岩质边坡，岩性为侏罗系髫髻山组(J_3t)凝灰岩，强风化~中等风化，以中等风化为主，强风化层厚度约 0.80m。受结构面切割影响，岩体较破碎，局部破碎，呈整体状、块状结构。岩体基本质量等级为IV级。</p> <p>K15+350-K15+430 边坡为岩质边坡，岩性为侏罗系髫髻山组(J_3t)凝灰岩，强风化~中等风化，以中等风化为主，强风化层厚度约 0.80m。受结构面切割影响，岩体较破碎，局部破碎，呈整体状、块状结构。岩体基本质量等级为IV级。</p>	<p>K15+275-K15+330 边坡长 约 55m，高度约 4~12m，坡面整体产状约为 $240^\circ \angle 70\text{~}80^\circ$，坡面呈陡坡状，坡面基岩裸露，节理密布，岩体较风化，呈较破碎状，坡顶为缓坡，坡顶覆盖层较厚，厚度约 0.60m，坡顶灌木植被发育施。</p> <p>K15+350-K15+430 边坡长 约 80m，高度约 7~15m，坡面整体产状约为 $206^\circ \angle 85^\circ$，坡面呈陡坡状，坡面基岩裸露，节理密布，岩体较风化，呈较破碎状，坡顶为缓坡，坡顶覆盖层较厚，厚度约 0.60m，坡顶灌木植被发育施。</p>	 	清理危岩/浮石、 张口式引导网(1000kJ)、 覆盖式引导网
X008-6	K15+600—K15+660	K15+563—K15+611	48	边坡为岩质边坡，岩性为侏罗系髫髻山组(J_3t)凝灰岩，强风化~中等风化，以中等风化为主，强风化层厚度约 0.60m。受结构面切割影响，岩体较破碎，局部破碎，呈整体状、块状结构。岩体基本质量等级为IV级。	边坡长约 48m，坡面整体产状约为 $267^\circ \angle 80^\circ$ ，坡面较陡。坡面基岩裸露，节理密布，岩体较风化，呈较破碎状。坡顶覆盖层厚度约 0.50m，灌木植被发育。		清理危岩/浮石、 覆盖式引导网

附表 1 边坡特征及治理方法一览表

编号	规自台账号	实际治理桩号	长度 (m)	物质组成	边坡形态特征	治理方法
X008-7	K17+400—K17+550	K17+400—K17+430、 K17+497—K17+520	53	<p>边坡为岩质边坡，岩性为燕山晚期次火山岩(q_{rr})石英粗面花岗岩，强风化~中等风化，以中等风化为主，强风化层厚度约 1.20m。受结构面切割影响，岩体较破碎，局部破碎，呈整体状、块状结构。岩体基本质量等级为IV级。</p>	<p>K17+400—K17+430 边坡长约 30m，高度约 9~13m，坡面整体产状约为 175°∠60°，坡面呈陡坡状，坡面基岩裸露，节理密布，岩体较风化，呈较破碎状，坡顶为缓坡，坡顶覆盖层较厚，厚度约 0.40m，坡顶灌木植被发育施。</p> <p>K17+497—K17+520 边坡长约 23m，高度 4-8m，坡面整体产状约为 151°∠55°，坡面呈陡坡状，坡面基岩裸露，节理密布，岩体较风化，呈较破碎状，坡顶为缓坡，坡顶覆盖层较厚，厚度约 0.40m，坡顶灌木植被发育施。</p>	  <p>清理危岩/浮石、 覆盖式引导网</p>

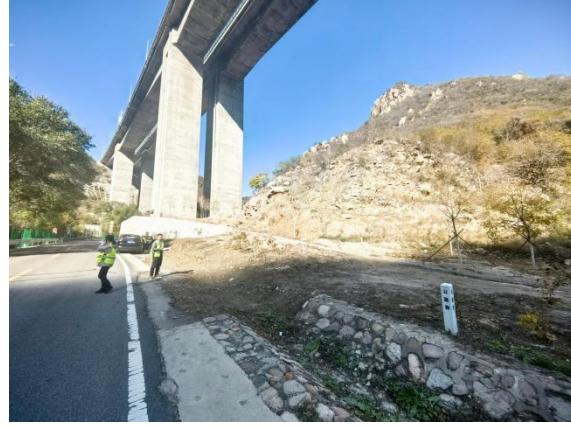
附表 1 边坡特征及治理方法一览表

编号	规自台账号	实际治理桩号	长度 (m)	物质组成	边坡形态特征	治理方法	
X008-8	K19+300—K19+500	K19+280—K19+310、 K19+440—K19+490、 K19+465—K19+485	100	<p>K19+280—K19+310 边坡为岩质边坡，边坡全长约 30m，高度约 4~7m，坡面整体产状约为 $66^{\circ} \angle 70^{\circ}$，坡面较陡。坡面基岩裸露，节理密布，岩体较风化，呈较破碎状。坡顶覆盖层厚度约 0.70m，灌木植被发育。坡脚挡墙高 2m。</p> <p>K19+440—K19+490 南侧边坡为粉土边坡夹少量块石。</p> <p>K19+465—K19+485 北侧边坡为粉土混碎石边坡，碎石含量约 25%~35%。</p>	<p>K19+280—K19+310 边坡长约 30m，高度 6-14m，坡面整体产状约为 $66^{\circ} \angle 70^{\circ}$，坡面较陡。坡面基岩裸露，节理密布，岩体较风化，呈较破碎状。坡顶覆盖层厚度约 0.70m，灌木植被发育。坡脚挡墙高 2m。</p> <p>K19+440—K19+490 南侧边坡长约 50m，高度 5-11m，边坡整体产状约为 $323^{\circ} \angle 65^{\circ}$，为土质边坡，坡面可见较多地表径流侵蚀沟，坡顶植被发育，生长有大量乔木，坡底挡墙高 2m。</p> <p>K19+465—K19+485 北侧，边坡全长约 30m，高度约 6m，为土质边坡，边坡整体产状约为 $150^{\circ} \angle 60^{\circ}$，坡顶植被发育，生长有乔木和灌木，坡顶建有小型信号塔，坡底挡墙高 2m。</p>	  	清理危岩/浮石、 覆盖式引导网、削土石方
X008-9	K19+700—K20+050	K19+765—K19+800、 K19+820—K19+900、 K20+073—K20+090	132	边坡为岩质边坡，岩性为燕山晚期次火山岩(qtr)石英粗面花岗岩，强风化~中等风化，以强风化为主，局部全风化，强风化层厚度约 0.80m。受结构面切割影响，岩体较破碎，局部破碎，呈整体状、块状结构。岩体基本质量等级为 IV 级。	边坡长约 132m，高度 15-40m，坡面整体产状约为 $27^{\circ} \angle 70^{\circ}$ ，坡面较陡。坡面基岩裸露，节理密布，岩体较风化，呈较破碎状。坡顶覆盖层厚度约 0.60m，灌木植被发育。		清理危岩/浮石、 覆盖式引导网

附表 1 边坡特征及治理方法一览表

编号	规自台账号	实际治理桩号	长度 (m)	物质组成	边坡形态特征	治理方法	
X008-10	K20+500—K20+600	K20+585—K20+632	47	边坡为岩质边坡，岩性为燕山晚期次火山岩(qτπ)石英粗面花岗岩，强风化~中等风化，以强风化为主，局部全风化，强风化层厚度约 0.70m。受结构面切割影响，岩体破碎，局部极破碎，呈块状结构。岩体基本质量等级为 V 级。。	边坡长约 47m，高度 4-7m，坡面整体产状约为 322° / 50°，坡面较陡。坡面基岩裸露，节理密布，岩体较风化，呈较破碎状。坡顶覆盖层厚度约 0.70m，灌木植被发育。		清理危岩/浮石
X008-11	K20+900—K20+950	K20+864—K20+910、 K20+925—K20+947、 K20+960—K20+990	98	边坡为岩质边坡，岩性为燕山晚期次火山岩(qτπ)石英粗面花岗岩，强风化~中等风化，以中等风化为主，强风化层厚度约 0.70m。受结构面切割影响，岩体较破碎，局部破碎，呈整体状、块状结构。岩体基本质量等级为 IV 级。	边坡长约 98m，高度 6-12m，坡面整体产状约为 160° / 80°，坡面较陡。坡面基岩裸露，节理密布，岩体较风化，呈较破碎状。坡顶覆盖层厚度约 0.50m，灌木植被发育。	 	清理危岩/浮石

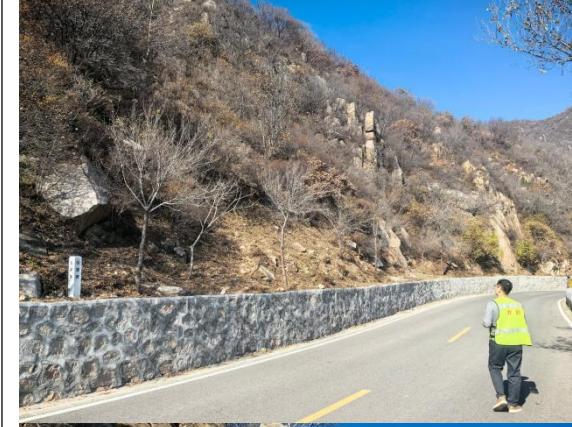
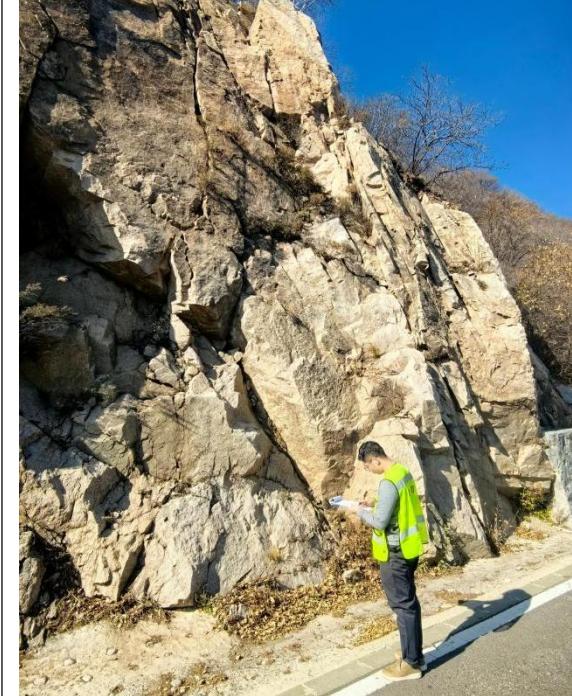
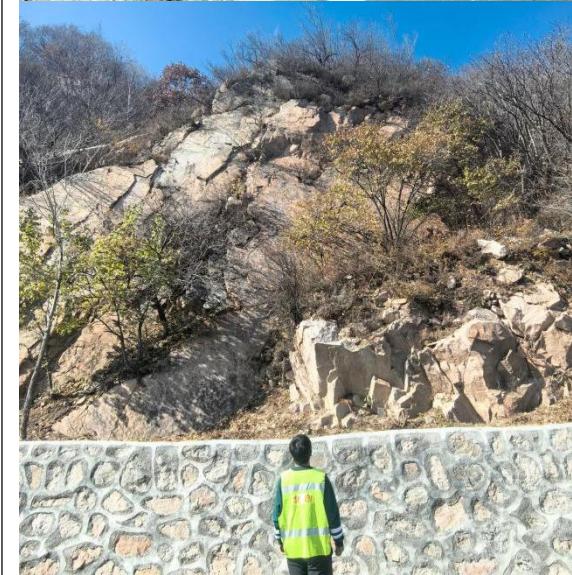
附表 1 边坡特征及治理方法一览表

编号	规自台账号	实际治理桩号	长度 (m)	物质组成	边坡形态特征	治理方法	
X012-1	K0+700-K0+800	/	/	/	道路两旁为林地，无边坡，未发现隐患		无灾害
X012-2	K6+740-K6+900	/	/	/	碎石土边坡，高度 10m，距离路 边 14m。		无需治理
X012-3	K7+500-K7+570	/	/	/	道路两侧为林地，无边坡，未发 现隐患		无灾害

附表 1 边坡特征及治理方法一览表

编号	规自台账号	实际治理桩号	长度 (m)	物质组成	边坡形态特征	治理方法
X012-4	K7+750-K7+790	/	/	/	道路右侧为河流，左侧为平地，未发现隐患	 无灾害

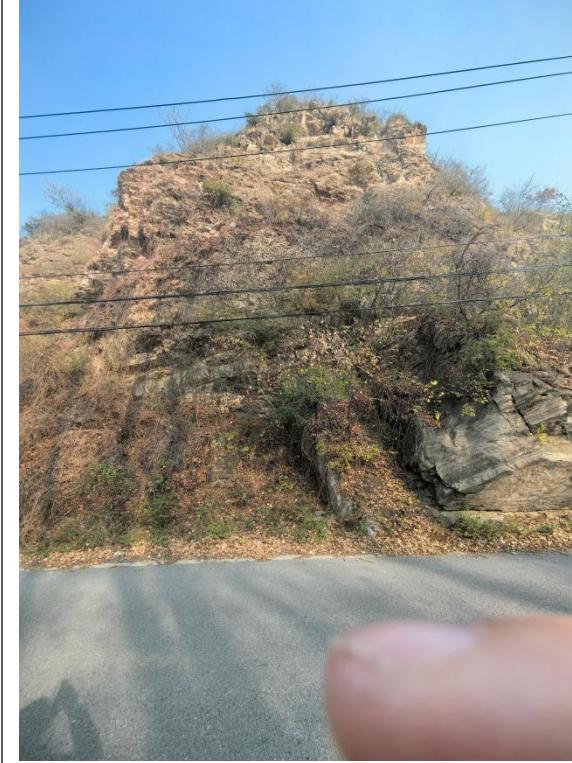
附表 1 边坡特征及治理方法一览表

编号	规自台账号	实际治理桩号	长度 (m)	物质组成	边坡形态特征	治理方法	
X012-5	K16+050—K16+200	K16+050—K16+349	299	<p>K16+050—K16+200 为岩土二元边坡，岩性为白垩系东岭台组(K1w)砂岩，产状 $183^{\circ} \angle 52^{\circ}$；坡面第四系覆盖主要为粉土混碎石，夹少量块石。调查期间，边坡坡面未见基岩裂隙水渗出，也未见地表水径流。</p> <p>K16+200-K16+230 边坡为岩质边坡，岩性为白垩系东岭台组(K1w)砂岩，产状 $183^{\circ} \angle 52^{\circ}$；强风化~中等风化，以强风化为主，局部全风化，强风化层厚度约 1.20m。受结构面切割影响，岩体较破碎，局部破碎，呈整体状、块状结构。岩体基本质量等级为IV级。</p> <p>K16+230-K16+280 边坡为岩土二元边坡，岩性为白垩系东岭台组(K1w)砂岩，坡面第四系覆盖主要为粉土混碎石，夹少量块石。调查期间，边坡坡面未见基岩裂隙水渗出，也未见地表水径流。</p> <p>K16+280-K16+348 边坡为岩质边坡，岩性为白垩系东岭台组(K1w)砂岩，产状 $73^{\circ} \angle 85^{\circ}$；强风化~中等风化，以强风化为主，局部全风化，强风化层厚度约 1.20m。受结构面切割影响，岩体较破碎，局部破碎，呈整体状、块状结构。岩体基本质量等级为IV级。</p>	<p>K16+050—K16+200 为岩土二元边坡，坡面整体产状约为 $104^{\circ} \angle 66^{\circ}$。坡面第四系覆盖层较厚，灌木植被发育，生长有少量松树，坡面局部岩体裸露，裸露岩体强风化~中等风化，以中等风化为主，局部全风化。坡脚分布挡土墙。</p> <p>K16+200-K16+230，边坡全长约 30m，高度约 3~5m，坡面整体产状约为 $102^{\circ} \angle 80^{\circ}$。坡面基岩裸露，节理密布，岩体风化严重，呈较破碎状。坡顶覆盖层厚度约 0.50mm，坡顶灌木植被发育。</p> <p>K16+230-K16+280，边坡全长约 50m，高度约 3~11m，坡面整体产状约为 $102^{\circ} \angle 65^{\circ}$。坡面第四系覆盖层较厚，灌木植被发育，生长有少量松树，坡面局部岩体裸露，裸露岩体强风化~中等风化，以中等风化为主，局部全风化。坡脚分布挡土墙。</p> <p>K16+280-K16+348，边坡全长约 68m，高度约 7~14m，坡面整体产状约为 $114^{\circ} \angle 75^{\circ}$。坡面基岩裸露，节理密布，岩体风化严重，呈较破碎状。坡顶覆盖层厚度约 0.50mm，坡顶灌木植被发育。</p>	  	清理危岩/浮石、 覆盖式引导网、被动网 (1500kJ)

附表 1 边坡特征及治理方法一览表

编号	规自台账号	实际治理桩号	长度 (m)	物质组成	边坡形态特征	治理方法
X15-1	K0+700—K0+750	/	/	/	道路两侧为农田，未发现隐患	
X15-2	K3+900—K3+950	/	/	/	道路两侧为农田，未发现隐患	
X15-3	K8+950-K9+100	K8+900-K9+100	200	边坡为岩质边坡，岩性为蓟县系雾迷山组(Jxw)白云岩，产状 $350^{\circ} \angle 40^{\circ}$ ，强风化~中等风化，以中等风化为主，局部全风化，强风化层厚度约 0.60m。受结构面切割影响，岩体较破碎，局部破碎，呈整体状、块状结构。岩体基本质量等级为IV级。	边坡长约 200m，高度 20~41m (后方边坡)，坡面整体产状约为 $142^{\circ} \angle 80^{\circ}$ ，坡面基岩裸露，节理密布，岩体风化严重，呈较破碎状。坡顶覆盖层厚度约 0.50m~1.60m，坡顶灌木植被发育，坡脚堆积碎石。	

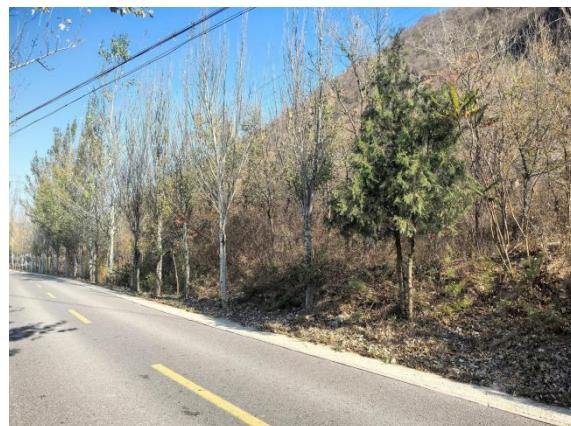
附表 1 边坡特征及治理方法一览表

编号	规自台账号	实际治理桩号	长度 (m)	物质组成	边坡形态特征	治理方法	
X15-4	K10+200-K10+300	K10+230-K10+261	31	边坡为岩质边坡，岩性为蓟县系雾迷山组(Jxw)白云岩；产状 $356^{\circ} \angle 36^{\circ}$ ，强风化~中等风化，以中等风化为主，局部全风化，强风化层厚度约 1.30m。受结构面切割影响，岩体较破碎，局部破碎，呈整体状、块状结构。岩体基本质量等级为Ⅳ级。	边坡长约 31m，高度 15~26m，坡面整体产状约为 $183^{\circ} \angle 70^{\circ}$ ，坡面呈陡坡状，坡面基岩裸露，节理密布，岩体较风化，呈较破碎状，坡顶为缓坡，坡顶覆盖层较厚，厚度约 0.80m~1.20m，坡顶灌木植被发育，坡脚堆积碎石。		清理危岩/浮石、 覆盖式引导网
X15-5	K12+700	K12+700-K12+720	20	边坡为岩质边坡，岩性为蓟县系雾迷山组(Jxw)白云岩；产状 $312^{\circ} \angle 36^{\circ}$ ，强风化~中等风化，以中等风化为主，局部全风化，强风化层厚度约 0.6m。受结构面切割影响，岩体较破碎，局部破碎，呈整体状、块状结构。岩体基本质量等级为Ⅳ级。	边坡长约 20m，高度 2~3m，坡面整体产状约为 $114^{\circ} \angle 50^{\circ}$ ，坡面呈陡坡状，坡面基岩裸露，节理密布，岩体较风化，呈较破碎状，坡顶为缓坡，坡顶覆盖层较厚，厚度约 0.80m~1.20m，坡顶灌木植被发育，坡脚堆积碎石。		清理浮石

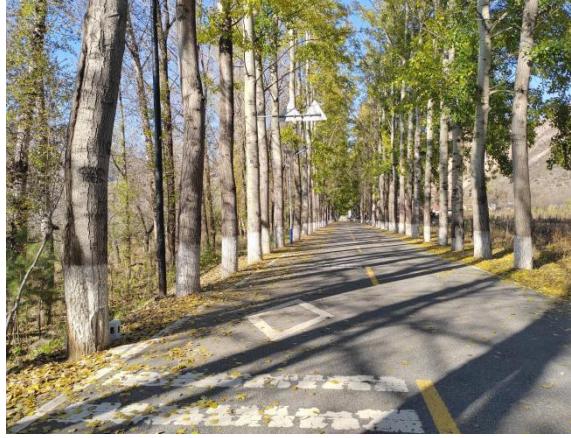
附表 1 边坡特征及治理方法一览表

编号	规自台账号	实际治理桩号	长度 (m)	物质组成	边坡形态特征	治理方法	
X15-6	K13+100-K13+150	K13+130-K13+160	30	边坡为岩质边坡，岩性为蓟县系雾迷山组(Jxw)白云岩；产状 $60^{\circ} \angle 71^{\circ}$ ，强风化~中等风化，以中等风化为主，局部全风化，强风化层厚度约 0.90m。受结构面切割影响，岩体较破碎，局部破碎，呈整体状、块状结构。岩体基本质量等级为IV级。	边坡长约 31m，高度 4~10m，坡面整体产状约为 $301^{\circ} \angle 75^{\circ}$ ，坡面较陡。坡面基岩裸露，节理密布，岩体较风化，呈较破碎状。坡顶覆盖层较厚，厚度约 0.60m，坡顶灌木植被发育，坡脚堆积碎石。		清理危岩/浮石、覆盖式引导网
X032-1	K0+500-K0+520	/	/	/	道路两侧为空地，未发现隐患		无灾害
X032-2	K1+900-K1+920	/	/	/	道路两侧为树木和围栏，未发现隐患		无灾害

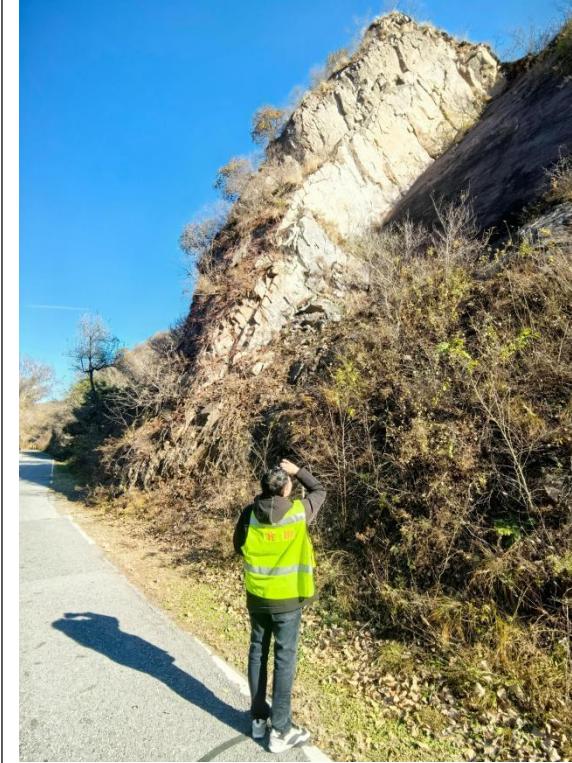
附表 1 边坡特征及治理方法一览表

编号	规自台账号	实际治理桩号	长度 (m)	物质组成	边坡形态特征	治理方法	
X032-3	K3+450-K3+550	/	/	/	道路两侧为树木和围栏，未发现隐患		无灾害
X032-4	K3+700-K3+770	/	/	/	道路两侧为树木和空地，未发现隐患		无灾害
X032-5	K5+400-K5+650	/	/	/	道路两侧为树木，未发现隐患		无灾害

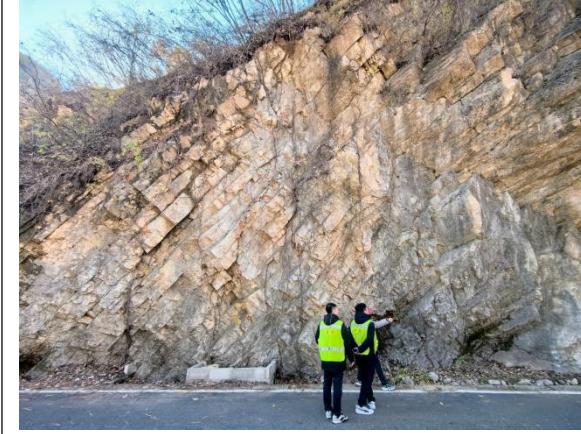
附表 1 边坡特征及治理方法一览表

编号	规自台账号	实际治理桩号	长度 (m)	物质组成	边坡形态特征	治理方法	
X038-1	K0+400-K0+500	/	/	/	道路两侧为树木，未发现隐患		无灾害
X038-2	K2+400-K2+460	K2+385-K2+440	55	边坡为岩质边坡，侏罗系土城子组(Jt)凝灰质砂岩，产状 $315^{\circ} \angle 52^{\circ}$ ，强风化~中等风化，以强风化为主，强风化层厚度约 0.60m。受结构面切割影响，岩体较破碎，局部破碎，呈整体状、块状结构。岩体基本质量等级为IV级。	边坡长约 55m，高度 7~15m，坡面整体产状约为 $324^{\circ} \angle 80^{\circ}$ ，坡面基岩裸露，节理密布，岩体较风化，呈较破碎状，坡顶为缓坡，坡顶覆盖层较厚，厚度约 0.40m，坡顶灌木植被发育。		清理危岩/浮石、 覆盖式引导网

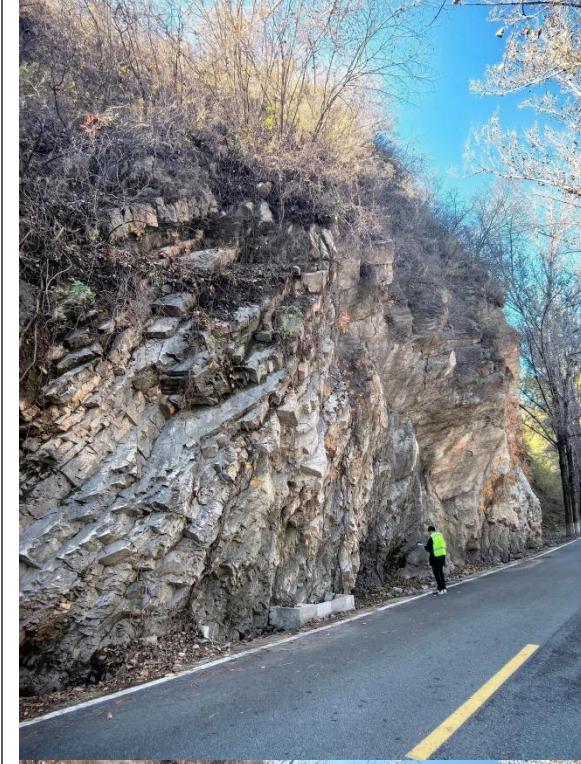
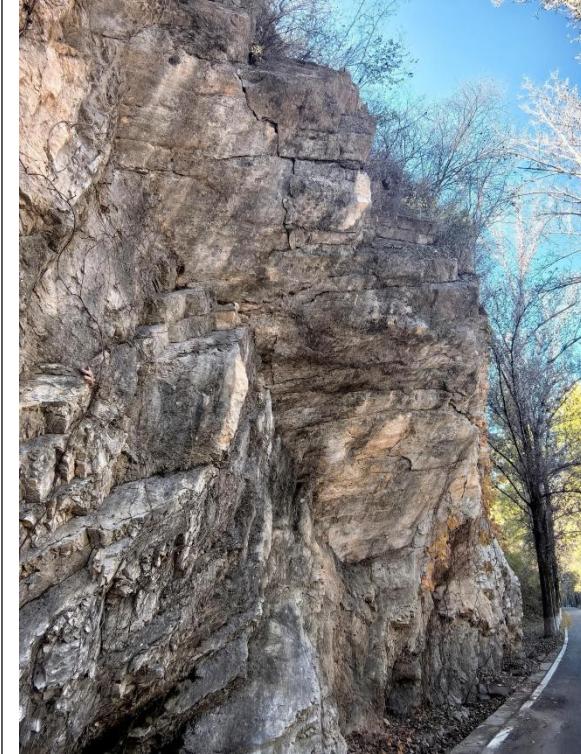
附表 1 边坡特征及治理方法一览表

编号	规自台账号	实际治理桩号	长度 (m)	物质组成	边坡形态特征	治理方法	
X038-3	K2+500-K2+550	K2+504-K2+525	21	侏罗系后城组(J_3h)砂岩，产状 $315^\circ \angle 52^\circ$ ，强风化~中等风化，以中等风化为主，强风化层厚度约 0.80m。受结构面切割影响，岩体较破碎，局部破碎，呈整体状、块状结构。岩体基本质量等级为IV级。	边坡长约 50m，高度 8~31m，坡面整体产状约为 $335^\circ \angle 60^\circ$ 。坡面基岩裸露，节理密布，岩体风化严重，呈较破碎状。坡顶覆盖层厚度约 0.60m，坡顶灌木植被发育。		清理危岩/浮石、覆盖式引导网、岩石锚杆(Φ 150)、锚喷
X038-4	K3+650-K3+700	K3+642-K3+671、K3+679-K3+700	50	边坡为岩质边坡，侏罗系土城子组(J_t)凝灰质砂岩，产状 $319^\circ \angle 43^\circ$ ，强风化~中等风化，以中等风化为主，强风化层厚度约 0.70m。受结构面切割影响，岩体较破碎，局部破碎，呈整体状、块状结构。岩体基本质量等级为IV级。	边坡长约 50m，高度 8~16m，坡面整体产状约为 $328^\circ \angle 85^\circ$ ，基岩裸露，节理密布，岩体较风化，呈较破碎状，坡顶为缓坡，坡顶覆盖层较厚，厚度约 0.40m，坡顶灌木植被发育。		清理危岩/浮石、覆盖式引导网

附表 1 边坡特征及治理方法一览表

编号	规自台账号	实际治理桩号	长度 (m)	物质组成	边坡形态特征	治理方法	
X038-5	K4+100-K4+150	K4+065-K4+160	100	边坡为岩质边坡，侏罗系土城子组(Jt ₁)凝灰质砂岩，产状 $140^{\circ} \angle 36^{\circ}$ ，强风化~中等风化，以中等风化为主，强风化层厚度约 0.60m。受结构面切割影响，岩体较破碎，局部破碎，呈整体状、块状结构。岩体基本质量等级为IV级。	边坡长约 70m，高度 18~42m，坡面整体产状约为 $308^{\circ} \angle 70^{\circ}$ ，基岩裸露，节理密布，岩体较风化，呈较破碎状，坡顶为缓坡，坡顶覆盖层较厚，厚度约 0.50m，坡顶灌木植被发育。		清理危岩/浮石、张口式引导网 (1000kJ)
X038-6	K5+400-K5+450	K5+433-K5+513	80	边坡为岩质边坡，岩性为长城系高于庄组(Chg)白云岩，产状 $93^{\circ} \angle 50^{\circ}$ ；强风化~中等风化，以中等风化为主，强风化层厚度约 1.80m。受结构面切割影响，岩体较破碎，局部破碎，呈整体状、块状结构。岩体基本质量等级为IV~V 级。	边坡长约 80m，高度 10~27m，坡面整体产状约为 $37^{\circ} \angle 80^{\circ}$ ，基岩裸露，节理密布，岩体较风化，呈较破碎状，坡顶为缓坡，坡顶覆盖层较厚，厚度约 0.70m，坡顶灌木植被发育。		清理危岩/浮石、岩石锚杆、被动网 (1500kJ)、覆盖式引导网、张口式引导网 (1000kJ)

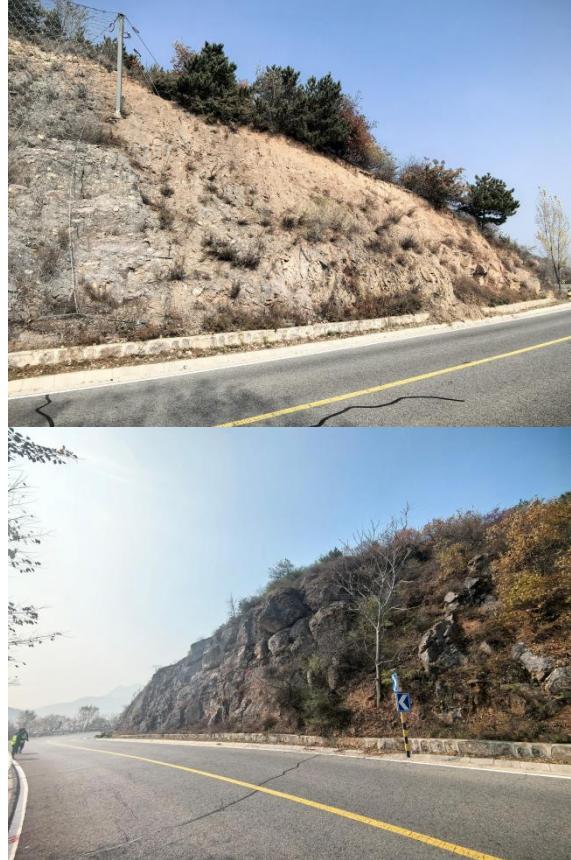
附表 1 边坡特征及治理方法一览表

编号	规自台账号	实际治理桩号	长度 (m)	物质组成	边坡形态特征	治理方法	
X038-7	K5+500-K5+560	K5+552-K5+621	69	边坡为岩质边坡，岩性为长城系高于庄组(Chg)白云岩，产状 $93^{\circ} \angle 50^{\circ}$ ；强风化~中等风化，以中等风化为主，强风化层厚度约 1.60m。受结构面切割影响，岩体较破碎，局部破碎，呈整体状、块状结构。岩体基本质量等级为IV~V 级。	边坡长约 69m，高度 8~26m，坡面整体产状约为 $33^{\circ} \angle 85^{\circ}$ ，基岩裸露，节理密布，岩体较风化，呈较破碎状，顶部有较多裂隙，坡顶为缓坡，坡顶覆盖层较厚，厚度约 0.50m，坡顶灌木植被发育。	 	清理危岩/浮石、锚喷、混凝土支撑墙、张口式引导网（1000kJ）、岩石锚杆

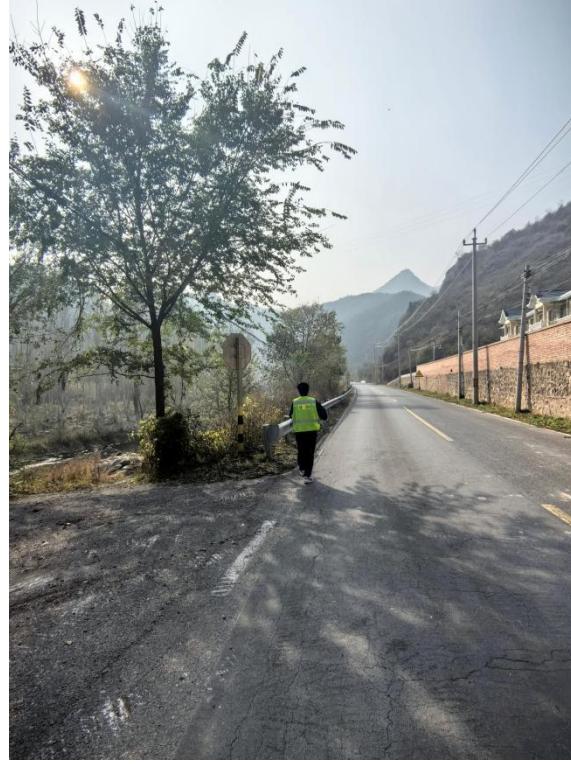
附表 1 边坡特征及治理方法一览表

编号	规自台账号	实际治理桩号	长度 (m)	物质组成	边坡形态特征	治理方法	
X039-1	K2+600-K2+700	K2+600-K2+675、 K2+685-K2+715	75	坡为岩质边坡，岩性为侏罗系后城组(J3h)粉砂岩，产状 $280^{\circ} \angle 20^{\circ}$ ；强风化~中等风化，以中等风化为主，强风化层厚度约 0.50m。受结构面切割影响，岩体较破碎，局部破碎，呈整体状、块状结构。岩体基本质量等级为IV级。	边坡长约 75m，高度 6~13m，坡面整体产状约为 $78^{\circ} \angle 80^{\circ}$ ，坡面基岩裸露，节理密布，岩体风化严重，呈较破碎状。坡顶覆盖层厚度约 0.40m，坡顶灌木植被发育。		清理危岩/浮石、 覆盖式引导网、 被动网 (1500kJ)
X039-2	K2+950-K3+050	K2+952-K3+054	94	边坡为岩质边坡，岩性为侏罗系后城组(J3h)砂岩，产状 $278^{\circ} \angle 23^{\circ}$ ；强风化~中等风化，以中等风化为主，强风化层厚度约 0.50m。受结构面切割影响，岩体较破碎，局部破碎，呈整体状、块状结构。岩体基本质量等级为IV级。。	边坡长约 94m，高度 13~40m，坡面整体产状约为 $82^{\circ} \angle 70^{\circ}$ ，坡面较陡。坡面基岩裸露，节理密布，岩体风化严重，呈较破碎状。坡顶覆盖层厚度约 0.70m，坡顶灌木植被发育。K3+000-K3+050 段边坡坡脚挡墙高 4m。		清理危岩/浮石、 被动网 (1500kJ)

附表 1 边坡特征及治理方法一览表

编号	规自台账号	实际治理桩号	长度 (m)	物质组成	边坡形态特征	治理方法	
X039-3	K6+600-K6+700	K6+604-K6+634、 K6+662-K6+720	88	边坡为岩质边坡，岩性为侏罗系后城组(J ₃ h)粉砂岩，产状 298°∠24°；强风化~中等风化，以中等风化为主，强风化层厚度约 0.70m。受结构面切割影响，岩体较破碎，局部破碎，呈整体状、块状结构。岩体基本质量等级为IV级。	边坡长约 88m，高度 5~16m，坡面整体产状约为 112°∠85°。坡面基岩裸露，节理密布，岩体风化严重，呈较破碎状。坡顶覆盖层厚度约 0.50m，坡顶灌木植被发育。		清理危岩/浮石、 覆盖式引导网
X211-1	K16+500-K16+550	K16+510-K16+521	11	边坡为岩质边坡，岩性为侏罗系上统髫髻山组(J ₃ t)凝灰岩，强风化~中等风化，以中等风化为主，强风化层厚度约 0.60m。受结构面切割影响，岩体较破碎，局部破碎，呈整体状、块状结构。岩体基本质量等级为IV级。	边坡长约 11m，高度 7~13m，坡面整体产状约为 26°∠50°。坡面基岩裸露，节理密布，岩体风化严重，呈较破碎状。坡顶覆盖层厚度约 0.50m，坡顶灌木植被发育。		清理危岩/浮石、 覆盖式引导网

附表 1 边坡特征及治理方法一览表

编号	规自台账号	实际治理桩号	长度 (m)	物质组成	边坡形态特征	治理方法	
X211-2	K17+150-K17+200	/	/	/	道路两侧为树木和民居，未发现隐患		无灾害
X211-3	K17+300-K17+330	/	/		已经治理		已治理

附表 1 边坡特征及治理方法一览表

编号	规自台账号	实际治理桩号	长度 (m)	物质组成	边坡形态特征	治理方法	
X211-4	K23+720-K23+780	K23+720-K23+830	110	边坡为岩石-碎石土二元边坡，坡脚部位以碎石土为主。坡度约为 55° ~ 60° ，坡体成分主要为黏性土混块石，黏性土含量约 60~70%。两侧出露基岩，岩性为侏罗系土城子组(Jt \hat{c})凝灰岩，强风化~中等风化，以中等风化为主，强风化层厚度约 1.00m。	边坡长约 60m，高度 4~5m，为碎石土边坡，边坡整体产状约为 $117^{\circ} \angle 55^{\circ}$ ~ 60° ，坡面呈陡坡状，坡顶为缓坡，坡顶植被发育，生长有大量乔木，坡底挡墙高 1m。		清理危岩/浮石
X211-5	K26+000-K26+100	K26+000-K26+080	80	边坡为岩质边坡，岩性为侏罗系土城子组 (Jt \hat{c}) 凝灰质砂岩，产状 $288^{\circ} \angle 21^{\circ}$ ，强风化~中等风化，以中等风化为主，强风化层厚度约 0.60m。受结构面切割影响，岩体较破碎，局部破碎，呈整体状、块状结构。岩体基本质量等级为 IV 级。	边坡长约 80m，高度 21~47m，坡面整体产状约为 $196^{\circ} \angle 80^{\circ}$ 。坡面基岩裸露，节理密布，岩体风化严重，呈较破碎状。坡顶覆盖层厚度约 0.70mm，坡顶灌木植被发育。		清理危岩/浮石、被动网 (1500kJ)

附表3 地质灾害隐患防治工程量统计表

编号	规自台账号	实际治理桩号	清理危岩 /浮石 (m ³)	削方(土 石方) (m ³)	覆盖式引 导网 (m ²)	张口式引 导网 (m ²)	被动网 (m ²)	锚喷 (m ²)	钢筋 Φ8(t)	钢筋 Φ18(t)	岩石锚杆Φ 110 主筋32(m)	岩石锚杆Φ 110 主筋40(m)	混凝土 挡土墙 (m ³)	钢筋混凝土 挡土墙 (m ³)	钢筋 Φ18 (t)	钢筋 Φ12(t)	地锦 (株)	砌筑花池 (C30混凝土) (m ³)	交通导 改与保 护
X002-1	K6+800-K6+857	K6+762-K6+851	25		996.86													1	
X002-2	K8+800-K8+900	K8+817-K8+859	15		429.20														
X002-3	K10+400-K10+420	K10+353-K10+413	10		271.43														
X002-4	K12+300-K12+350	K12+270-K12+330	10		979.43												480	1	
X002-5	K33+150-K33+300	K33+196-K33+228、 K33+300-K33+331	40		1085.03												1080	1	
X002-6	K43+850-K43+900	K43+788-K43+828、 K43+866-K43+902	20																
X003-1	K2+800-K2+900	K2+812-K2+872、 K2+874-K2+906	10			1050.23	180										776	1	
X003-2	K9+800-K10+000	K9+855-K10+045	20		406.73	3098.07	100										1520	1	
X003-3	K14+500-K14+550	K14+510-K14+582	10		976.90		240											1	
X004-1	K2+650-K2+850	K2+620-K2+645、 K2+717-K2+800	25														1440		
X004-2	K13+300-K13+350	K13+253-K13+310	30			1289.61	100	643.8	8.98	1.29	1236						520	1	
X008-1	K7+600—K7+700	K7+557—K7+652	25				160						75.9				520		
X008-2	K9+950—K10+000	K9+965—K9+990、 K10+006-K10+035	20		643.59												760	7	1
X008-3	K12+500—K12+560	K12+510—K12+540	5		378.30												240	4	1
X008-4	K13+870—K13+950	K13+900—K13+960	5																
X008-5	K15+200—K15+400	K15+272—K15+332、 K15+350—K15+430	45		653.87	2587.55											1296		1
X008-6	K15+600—K15+660	K15+563—K15+611	5		449.17												384		1
X008-7	K17+400—K17+550	K17+400—K17+430、 K17+497—K17+520	20		609.84												960		1
X008-8	K19+300—K19+500	K19+280—K19+310、 K19+440—K19+490、 K19+465—K19+485	25	906	533.84												1760		1
X008-9	K19+700—K20+050	K19+765—K19+800、 K19+820—K19+900、 K20+073—K20+090	110		3011.40												2720		1
X008-10	K20+500—K20+600	K20+585—K20+632	20														320		
X008-11	K20+900—K20+950	K20+864—K20+910、 K20+925—K20+947、 K20+960—K20+990	35														1008	9.8	
X012-1	K0+700-K0+800	/																	
X012-2	K6+740-K6+900	/																	

工程设计总说明

编号	规自台账桩号	实际治理桩号	清理危岩 /浮石 (m ³)	削方(土 石方) (m ³)	覆盖式引 导网 (m ²)	张口式引 导网 (m ²)	被动网 (m ²)	锚喷 (m ²)	钢筋 Φ8(t)	钢筋 Φ18(t)	岩石锚杆Φ 110 主筋32(m)	岩石锚杆Φ 110 主筋40(m)	混凝土 挡土墙 (m ³)	钢筋混凝土 挡土墙 (m ³)	钢筋 Φ18 (t)	钢筋 Φ12(t)	地锦 (株)	砌筑花池 (C30混凝土) (m ³)	交通导 改与保 护	
X012-3	K7+500-K7+570	/																		
X012-4	K7+750-K7+790	/																		
X012-5	K16+050—K16+200	K16+050—K16+349	75		1244.45		510										2384		1	
X15-1	K0+700—K0+750	/																		
X15-2	K3+900—K3+950	/																		
X15-3	K8+950-K9+100	K8+900-K9+100	25			4818.18	500										1600	20	1	
X15-4	K10+200-K10+300	K10+230-K10+261	25		1166.00												248	3.1	1	
X15-5	K12+700	K12+700-K12+720	5														160	2		
X15-6	K13+100-K13+150	K13+130-K13+160	5		242.41												240	3		
X032-1	K0+500-K0+520	/																		
X032-2	K1+900-K1+920	/																		
X032-3	K3+450-K3+550	/																		
X032-4	K3+700-K3+770	/																		
X032-5	K5+400-K5+650	/																		
X038-1	K0+400-K0+500	/																		
X038-2	K2+400-K2+460	K2+385-K2+440	10		657.36												440	5.5	1	
X038-3	K2+500-K2+550	K2+504-K2+525	20		977.63			639.5	8.92	1.28		1170					400	5	1	
X038-4	K3+650-K3+700	K3+642-K3+671、 K3+679-K3+700	20		747.62												464	5.8	1	
X038-5	K4+100-K4+150	K4+065-K4+160	30			3277.49											560	10	1	
X038-6	K5+400-K5+450	K5+433-K5+513	30		1136.98	912.23	300				1860						640	8	1	
X038-7	K5+500-K5+560	K5+552-K5+621	20			2158.62		1000.8	13.96	2.00	2034				139	5.84	0.45	280	6.9	1
X039-1	K2+600-K2+700	K2+600-K2+675、 K2+685-K2+715	10		747.55		150											600		1
X039-2	K2+950-K3+050	K2+952-K3+054	20				240											816		
X039-3	K6+600-K6+700	K6+604-K6+634、 K6+662-K6+720	15		1230.33													928		1
X211-1	K16+500-K16+550	K16+510-K16+521	10		243.94												88	1.1	1	
X211-2	K17+150-K17+200	/																		
X211-3	K17+300-K17+330	/																		
X211-4	K23+720-K23+780	K23+720-K23+830	20														480			
X211-5	K26+000-K26+100	K26+000-K26+080	15				400												1	
工程量合计			885	906	19820	19192	2880	2284	31.86	4.57	5130	1170	75.9	139	5.84	0.45	26112	91.2	27	

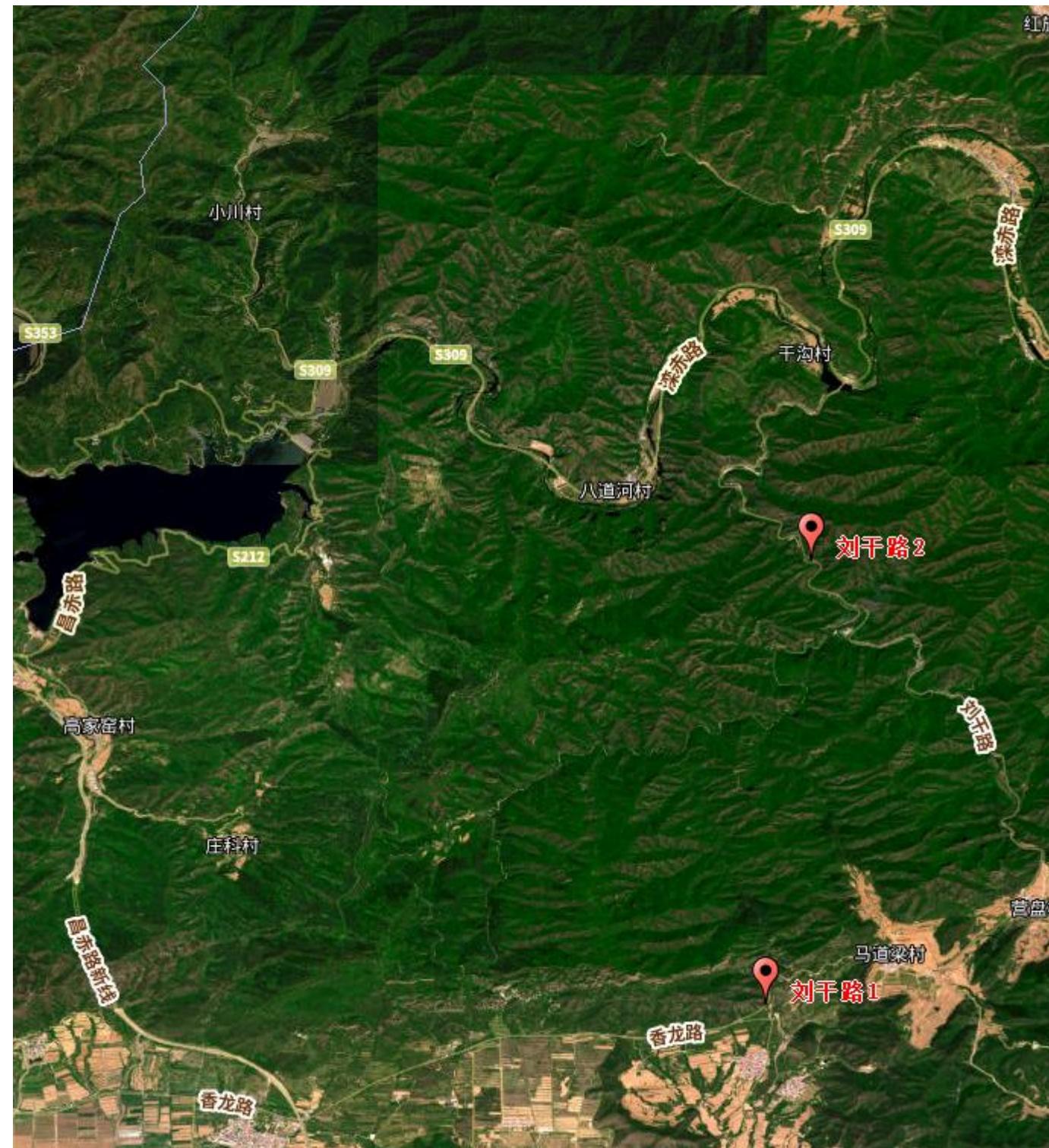
附图 1 X002 千小路 K6+800-K43+900 沿线地质灾害隐患点分布图



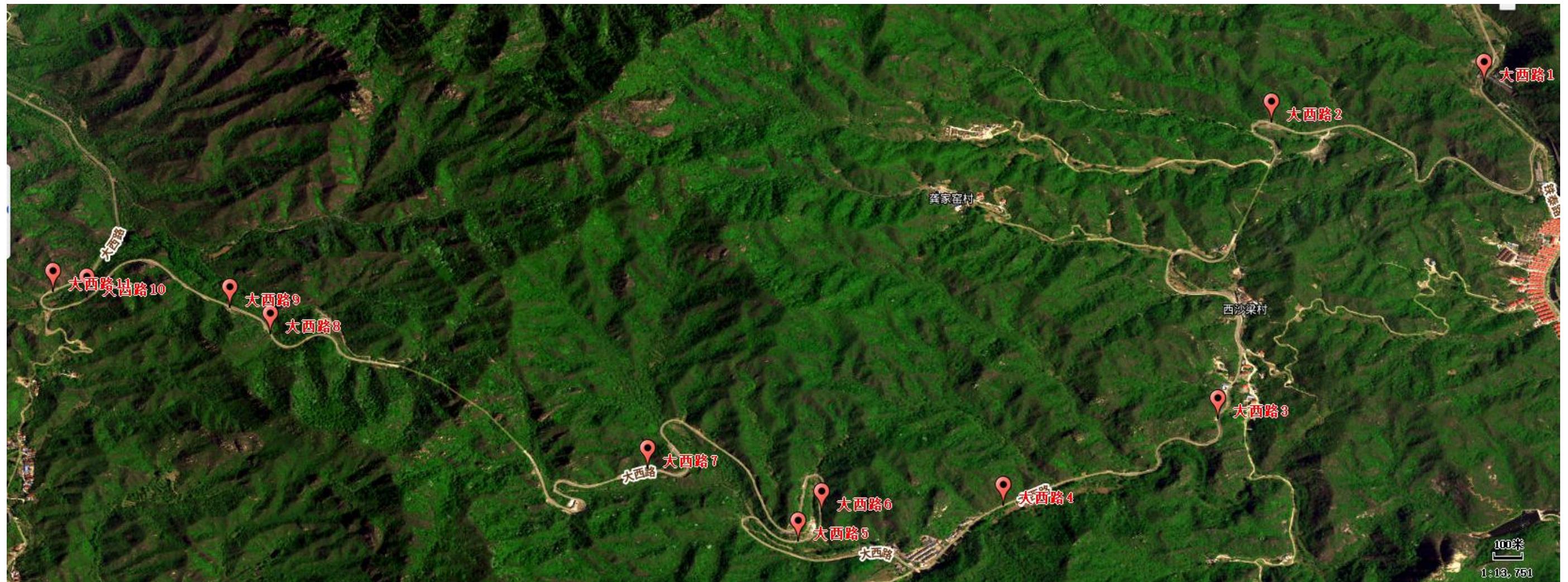
附图 2 X003 河东路 K2+800-K14+550 沿线地质灾害隐患点分布图



附图3 X004 刘干路 K2+650-K13+350 沿线地质灾害隐患点分布图



附图 4 X008 大西路 K7+600-K20+950 沿线地质灾害隐患点分布图



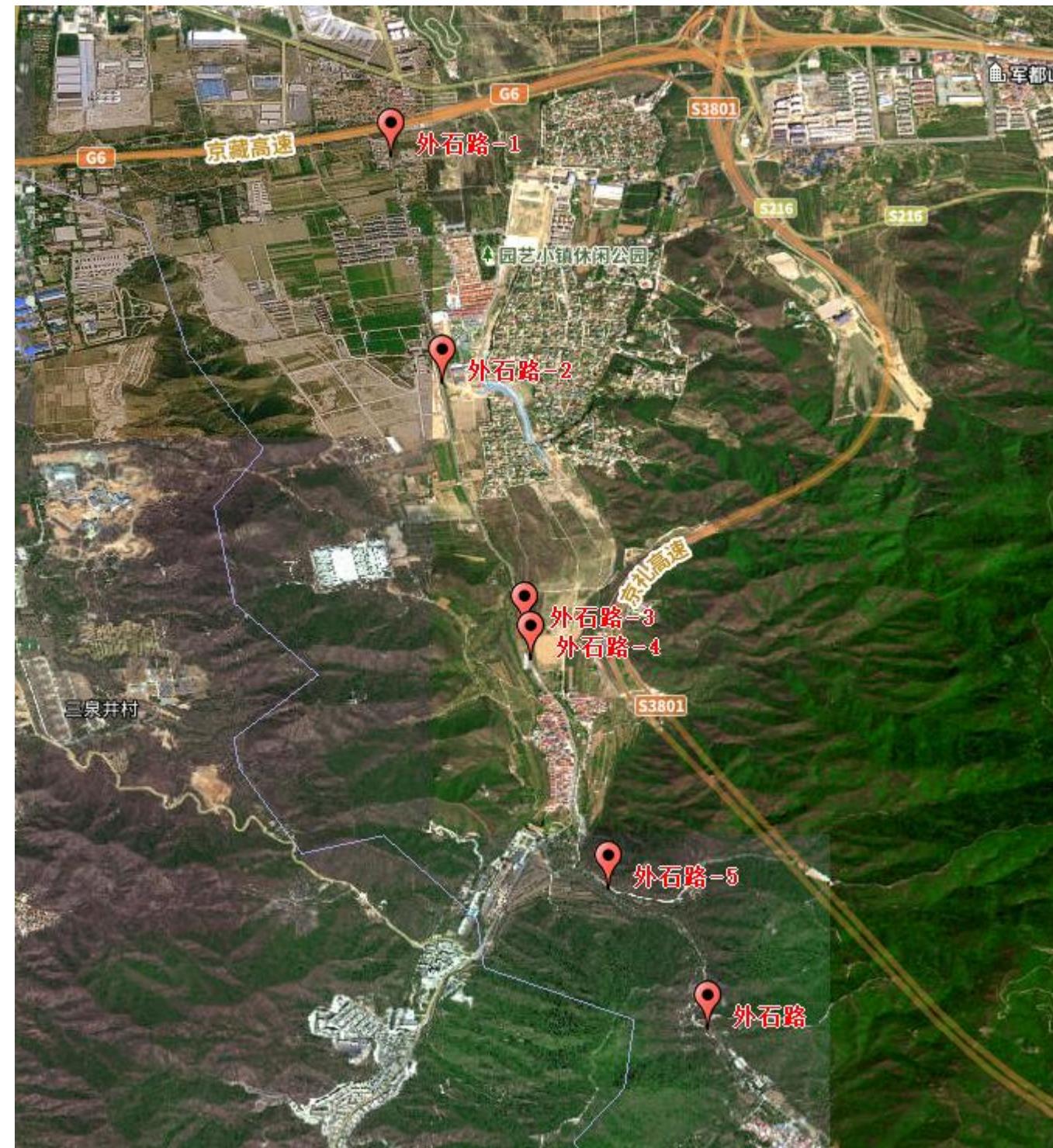
附图 5 X012 松闫路 K0+700—K16+200 沿线地质灾害隐患点分布图



附图 6 X015 永偏路 K0+700-K13+150 沿线地质灾害隐患点分布图



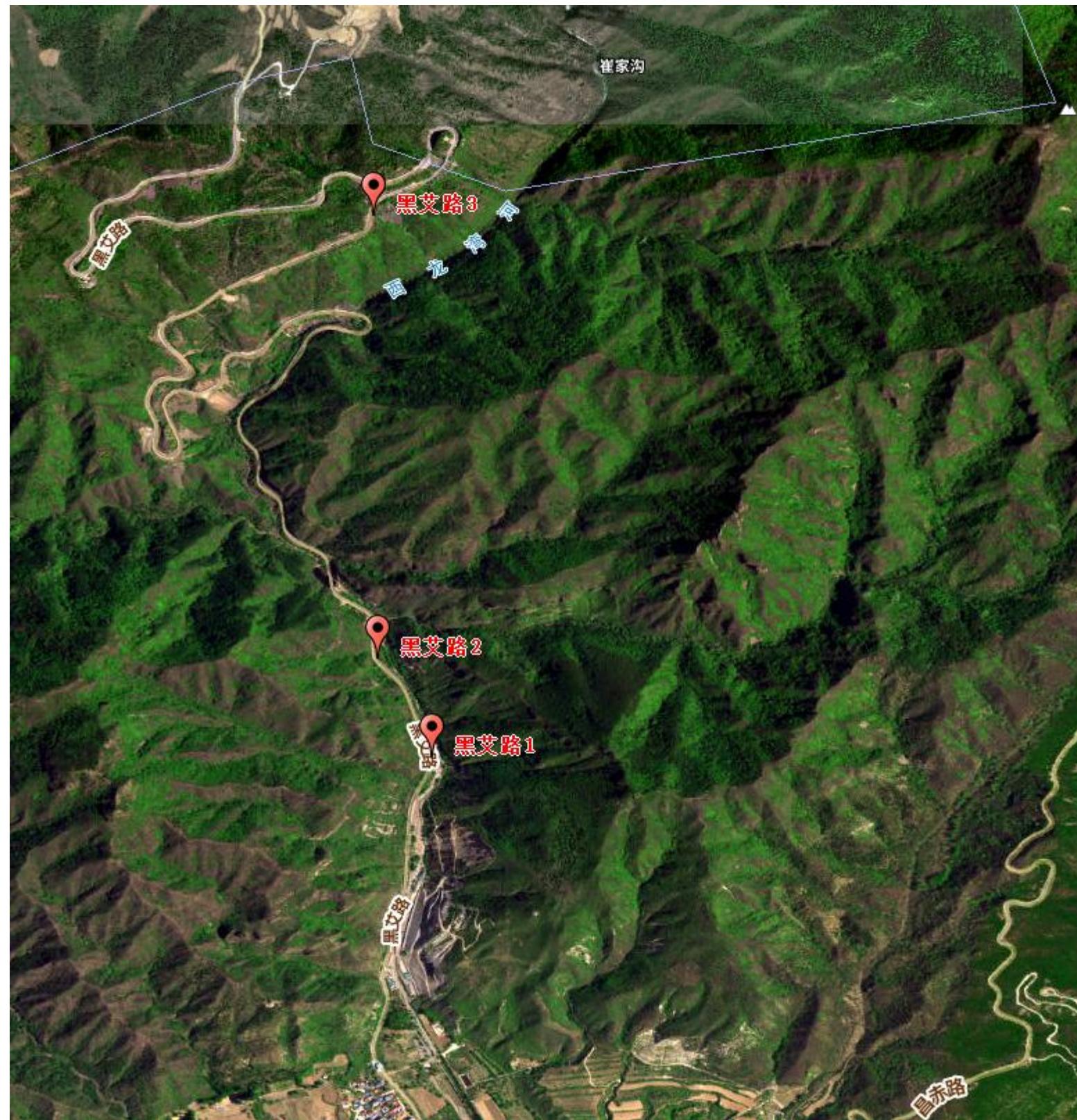
附图 7 X032 外石路 K0+500-K5+650 沿线地质灾害隐患点分布图



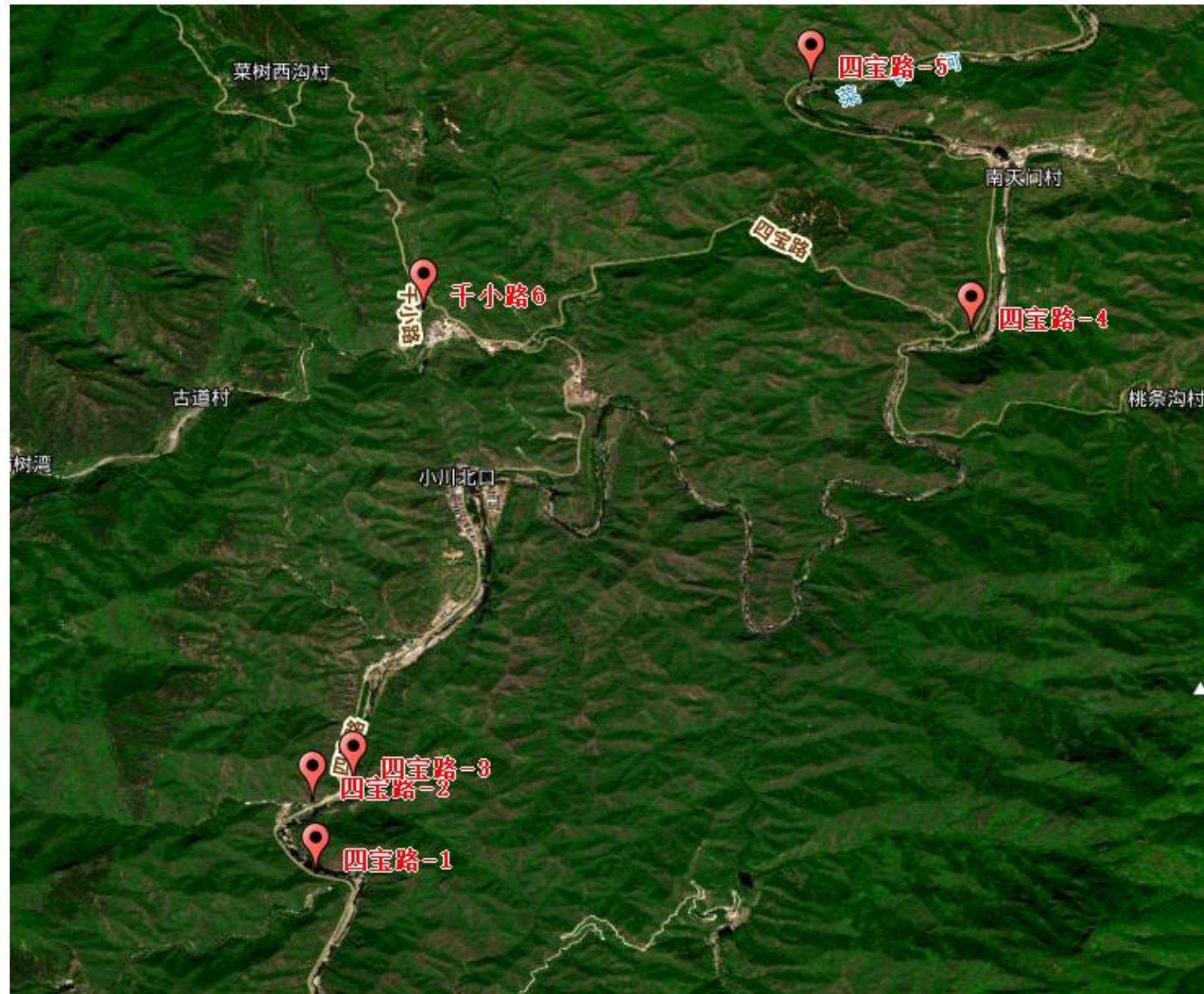
附图 8 X038 涞赤路旧线 K0+400-K5+560 沿线地质灾害隐患点分布图



附图 9 X039 黑艾路 K2+600-K6+700 沿线地质灾害隐患点分布图



附图 10 X211 四宝路 K16+500-K26+100 沿线地质灾害隐患点分布图



附件 1：防治工程计算书**1 设计计算说明****1.1 各岩土层物理力学参数**

表 1-1 边坡治理设计岩土体参数建议经验值

地层岩性	风化程度	密度	岩石饱和单轴抗压强度 R_c	抗剪强度		地基承载力标准值 f_{ka}	岩土体与锚固体粘结强度特征值 f_{fb}	基底土摩擦系数 μ	
				C	φ				
			g/cm ³	MPa	MPa	°	kPa	kPa	/
碎石土	/	2.0	/	0	32	200	200	0.45	
花岗岩	中等风化~强风化	2.5	30~50	0.20~0.30	25~30	800	400~500	0.55	
凝灰岩	中等风化~强风化	2.5	25~45	0.20~0.30	25~30	700	550~750	0.55	
安山岩	中等风化~强风化	2.55	25~45	0.20~0.30	25~30	700	550~750	0.55	
砂岩	中等风化~强风化	2.5	15~30	0.20~0.30	25~30	500	200~400	0.55	
白云岩	中等风化~强风化	2.5	20~40	0.20~0.30	25~30	600	300~500	0.55	

注：1. 表中岩土体物理力学参数均为综合经验值；

2. 表中的岩土体与锚固体粘结强度标准值适用于注浆强度等级 M30 的建议值，施工时应通过现场试验确定边坡治理采用的岩土体与锚固体粘结强度特征值。

1.2 防治工程安全系数

表1-2 路堑边坡稳定安全系数

分析工况	路堑边坡稳定安全系数（二级及二级以下工况）
正常工况	1.25
非正常工况I	1.15
非正常工况II	1.15
工况说明	正常工况：边坡处于天然状态下的工况 非正常工况I：边坡处于暴雨或连续降雨状态下的工况 非正常工况II：边坡处于地震等荷载作用状态下的工况

注：依据《公路路基设计规范》(JTG D30-2015)、《公路工程抗震规范》(JTG B02-2013)的相关要求。

表1-3 锚杆锚固体设计安全系数

类型	公路等级	安全系数
抗拔安全系数： K_1	二级及二级以下公路	1.8
抗拔安全系数： K_2	二级及二级以下公路	2.0

注：依据《公路路基设计规范》(JTG D30-2015)的相关要求，锚杆服务年限>2年（永久性锚杆）。

1.3 防治工程等级

本工程共包括台账隐患点数53处，经调查现场已治理或隐患较小无需治理的隐患点数16处，其余计划采取治理措施的隐患点数37处。均为崩塌地质灾害隐患点，各路段险情受威胁人数<30，灾害潜在损失<3000万，各治理路段工程投资<1000万。综合考虑，治理工程等级为 II 级。

2 典型边坡稳定性计算及设计验算

根据勘查报告，本项目各段边坡无明显变形迹象，正常工况下整体上均处于稳定状态。根据调查，在非正常工况下，稳定性较差的隐患点数有 4 处，分别为 X004 刘干路 K13+253-K13+300 段、X038 涠赤路旧线 K2+504-K2+525 段、K5+433-K5+513 段、K5+552-K5+621 段，拟采用岩石锚杆结合柔性防护网或表层喷砼防护进行治理。因此，本工程选取上述三段典型边坡进行稳定性计算分析及设计计算。

本工程 $\Phi 110$ 岩石锚杆均采用 1 Φ^T PSB930 精轧螺纹钢筋，钢筋直径为 32mm，锚杆抗拉力计算： $\{3.14 \times (0.5 \times 0.032)^2 \times 770 \times 1000\} / 1.8 = 344\text{kN}$ ，取值 340kN，涞赤路旧线 K2+504-K2+525 段边坡采用 1 Φ^T PSB1080 精轧螺纹钢筋，钢筋直径为 40mm， $\{3.14 \times (0.5 \times 0.04)^2 \times 900 \times 1000\} / 1.8 = 628\text{kN}$ ，取值 500kN。

2.1 X004 刘干路 K13+253-K13+300 段边坡稳定性计算

(1) 计算参数及计算结果统计

表 2-1 X004 刘干路 K13+253-K13+300 段边坡结构面设计参数表

工况	采用的结构面抗剪强度参数	
	黏聚力 C (kPa)	Φ (°)
正常工况、非正常工况II	36	28
非正常工况I	32	23

注：计算采用的结构面抗剪强度参数均为反演计算所得，非正常工况 I 为暴雨工况，对抗剪强度参数进行折减。

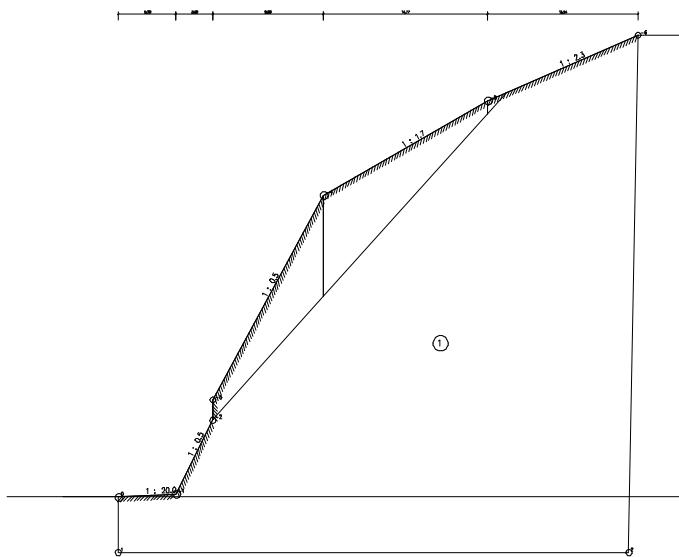
表 2-2 X004 刘干路 K13+253-K13+300 段边坡结构面安全系数统计表

工况	原始边坡		岩石锚杆加固后边坡	
	计算安全系数	稳定性评价	计算安全系数	稳定性评价
正常工况	1.064	<1.25，基本稳定	1.498	>1.25，稳定
非正常工况I	0.903	<1.15，欠稳定	1.230	>1.15，稳定
非正常工况II	0.969	<1.15，欠稳定	1.408	>1.15，稳定

(2) 计算过程

计算项目：正常工况，原始边坡稳定性验算

[计算简图]



[控制参数]：

采用规范：通用方法

计算目标：安全系数计算

滑裂面形状：直线滑动法

不考虑地震

[坡面信息]

坡面线段数 6

坡面线号	水平投影(m)	竖直投影(m)	超载数
1	5.197	0.260	0
2	3.304	6.702	0
3	0.000	1.791	0
4	9.979	18.426	0
5	14.772	8.504	0
6	13.539	5.902	0

[土层信息]

坡面节点数 7

编号	X (m)	Y (m)
0	0.000	0.000
-1	5.197	0.260

-2	8.501	6.962
-3	8.501	8.753
-4	18.480	27.179
-5	33.252	35.683
-6	46.791	41.585

附加节点数 2

编号	X (m)	Y (m)
1	0.000	-4.986
2	45.926	-4.986

不同土性区域数 1

区号	重度 (kN/m³)	饱和重度 (kN/m³)	粘结强度 (kPa)	孔隙水压 力系数	节点 编号
1	25.000	—	300.000	—	(-1, 0, 1, 2, -6, -5, -4, -3, -2,)

区号	粘聚力 (kPa)	内摩擦角 (度)	水下粘聚 力(kPa)	水下内摩 擦角(度)
1	36.000	28.000	—	—

区号	十字板 τ (kPa)	强度增 长系数	十字板 τ 水 下值(kPa)	强度增长系 数水下值
1	—	—	—	—

不考虑水的作用

[计算条件]

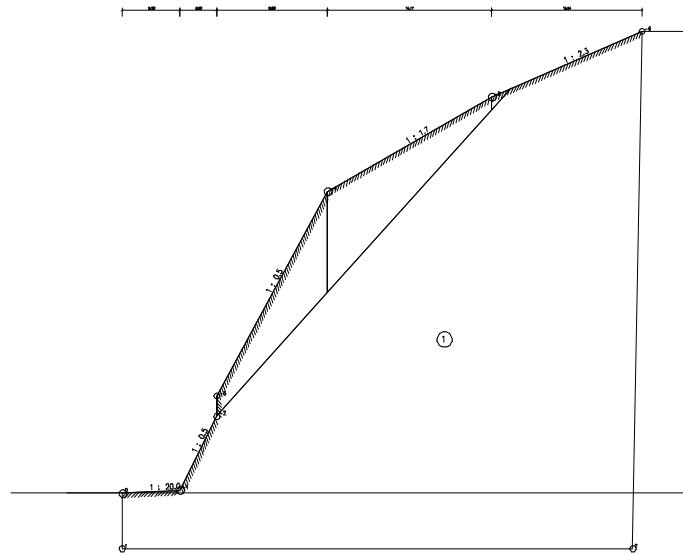
稳定计算目标：过某点某一角度的安全系数

破裂点的高度： 7.000 (m)

破裂面的角度： 48.000 (度)

计算结果：

[计算结果图]



最不利破裂面:

定位高度: 7.000(m)

破裂面仰角: 48.000(度)

安全系数 = 1.064

起始x	终止x	Ci	Φ_i	条重	浮力	水平地震力	渗透力	附加力X	附加力Y	下滑力	抗滑力	竖向
(m)	(m)	(kPa)	(度)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	
8.501	18.480	36.000	28.000	1353.30	0.00	0.00	0.00	0.00	1005.70	1018.36	0.00	
18.480	33.252	36.000	28.000	1900.13	0.00	0.00	0.00	0.00	1412.07	1470.78	0.00	
33.252	35.022	36.000	28.000	26.42	0.00	0.00	0.00	0.00	19.64	104.63	0.00	

总的下滑力 = 2437.405(kN)

总的抗滑力 = 2593.779(kN)

土体部分下滑力 = 2437.405(kN)

土体部分抗滑力 = 2593.779(kN)

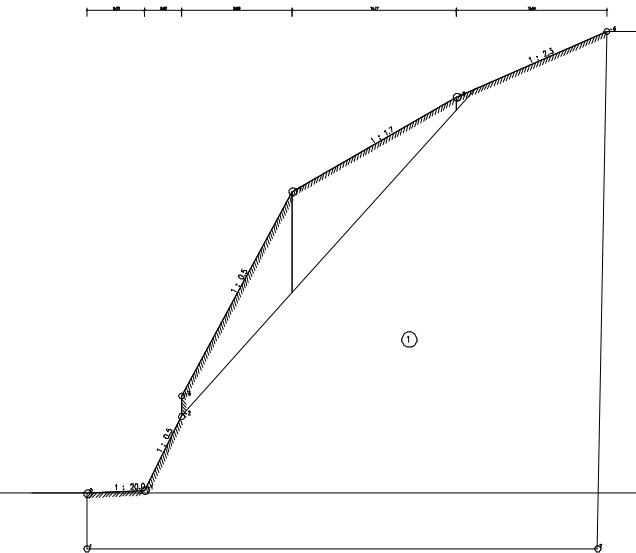
筋带在直线轴向产生的抗滑力 = 0.000(kN)

筋带在直线法向产生的抗滑力 = 0.000(kN)

软件版本:理正岩土 7.0PB2

计算项目: 非正常工况 I, 原始边坡稳定性验算

[计算简图]



[控制参数]:

采用规范: 通用方法

计算目标: 安全系数计算

滑裂面形状: 直线滑动法

不考虑地震

[坡面信息]

坡面线段数 6

坡面线号	水平投影(m)	竖直投影(m)	超载数
1	5.197	0.260	0
2	3.304	6.702	0
3	0.000	1.791	0
4	9.979	18.426	0
5	14.772	8.504	0
6	13.539	5.902	0

[土层信息]

坡面节点数 7

编号	X (m)	Y (m)
0	0.000	0.000
-1	5.197	0.260
-2	8.501	6.962

-3	8.501	8.753
-4	18.480	27.179
-5	33.252	35.683
-6	46.791	41.585

附加节点数 2

编号	X (m)	Y (m)
1	0.000	-4.986
2	45.926	-4.986

不同土性区域数 1

区号	重度	饱和重度	粘结强度	孔隙水压	节点
	(kN/m³)	(kN/m³)	(kPa)	力系数	编号
1	25.000	—	300.000	—	(-1, 0, 1, 2, -6, -5, -4, -3, -2,)

区号	粘聚力	内摩擦角	水下粘聚	水下内摩
	(kPa)	(度)	力(kPa)	擦角(度)
1	32.000	23.000	—	—

区号	十字板 τ	强度增	十字板 τ	水	强度增长系
	(kPa)	长系数	下值 (kPa)	数水下值	
1	—	—	—	—	

不考虑水的作用

[计算条件]

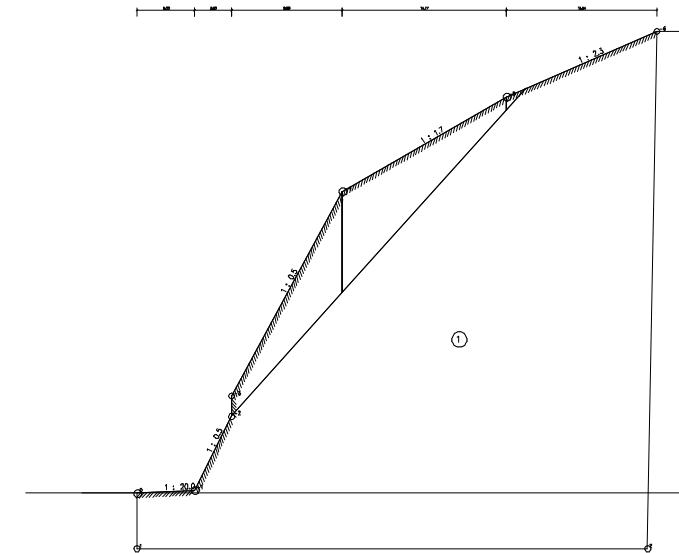
稳定计算目标: 过某点某一角度的安全系数

破裂点的高度: 7.000(m)

破裂面的角度: 48.000(度)

计算结果:

[计算结果图]



最不利破裂面:

定位高度: 7.000(m)

破裂面仰角: 48.000(度)

安全系数 = 0.903

地震力 (m)	起始 x (m)	终止 x (m)	Ci (kPa)	Φ_i (度)	条重 (kN)	浮力 水平地震力 渗透力 附加力 X 附加力 Y 下滑力 抗滑力 竖向							
						地震力 (kN)	水平地震力 (kN)	渗透力 (kN)	附加力 X (kN)	附加力 Y (kN)	下滑力 (kN)	抗滑力 (kN)	竖向 (kN)
8.501	18.480	32.000	23.000	1353.30	0.00	0.00	0.00	0.00	1005.70	861.61	0.00		
18.480	33.252	32.000	23.000	1900.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1412.07	1246.14	0.00	
33.252	35.022	32.000	23.000	26.42	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	19.64	92.15	0.00

总的下滑力 = 2437.405(kN)

总的抗滑力 = 2199.896(kN)

土体部分下滑力 = 2437.405(kN)

土体部分抗滑力 = 2199.896(kN)

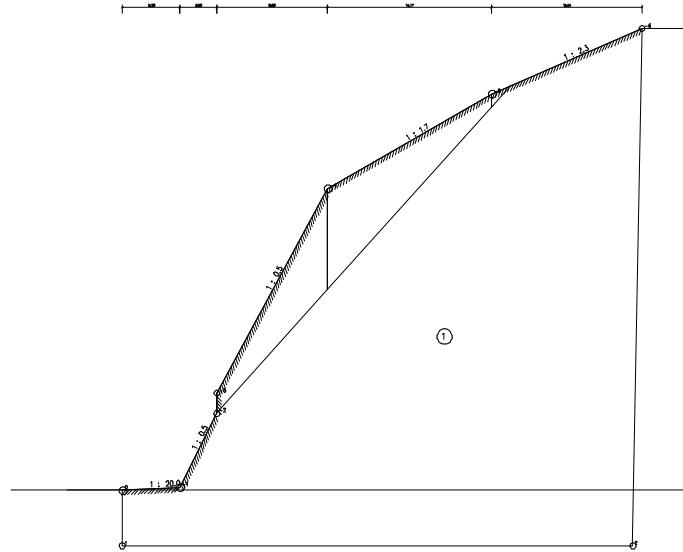
筋带在直线轴向产生的抗滑力 = 0.000(kN)

筋带在直线法向产生的抗滑力 = 0.000(kN)

软件版本:理正岩土 7.0PB2

计算项目：非正常工况 II，原始边坡稳定性验算

[计算简图]



[控制参数]:

采用规范: 通用方法

计算目标: 安全系数计算

滑裂面形状: 直线滑动法

地震烈度: 8 度

水平向地震系数: 0.200

地震作用综合影响系数: 0.250

地震作用重要性修正系数: 1.000

水平加速度系数分布: 矩形

考虑竖向地震力: 否

[坡面信息]

坡面线段数 6

坡面线号	水平投影(m)	竖直投影(m)	超载数
1	5.197	0.260	0
2	3.304	6.702	0
3	0.000	1.791	0
4	9.979	18.426	0
5	14.772	8.504	0
6	13.539	5.902	0

[土层信息]

坡面节点数 7

编号	X(m)	Y(m)
0	0.000	0.000
-1	5.197	0.260
-2	8.501	6.962
-3	8.501	8.753
-4	18.480	27.179
-5	33.252	35.683
-6	46.791	41.585

附加节点数 2

编号	X(m)	Y(m)
1	0.000	-4.986
2	45.926	-4.986

不同土性区域数 1

区号	重度 (kN/m³)	饱和重度 (kN/m³)	粘结强度 (kPa)	孔隙水压 力系数	节点 编号
1	25.000	—	300.000	—	(-1, 0, 1, 2, -6, -5, -4, -3, -2,)

区号	粘聚力 (kPa)	内摩擦角 (度)	水下粘聚 力(kPa)	水下内摩 擦角(度)
1	36.000	28.000	—	—

区号	十字板 τ (kPa)	强度增 长系数	十字板 τ 水 下值(kPa)	强度增长系 数水下值
1	—	—	—	—

不考虑水的作用

[计算条件]

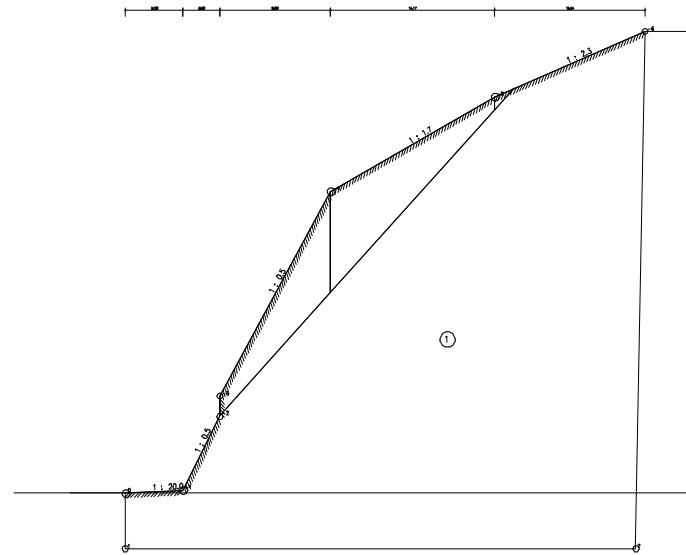
稳定计算目标: 过某点某一角度的安全系数

破裂点的高度: 7.000(m)

破裂面的角度: 48.000(度)

计算结果:

[计算结果图]



最不利破裂面:

定位高度: 7.000(m)

破裂面仰角: 48.000(度)

安全系数 = 0.993

起始x	终止x	Ci	Φ_i	条重	浮力	水平地震力	渗透力	附加力X	附加力Y	下滑力	抗滑力	竖向
(m)	(m)	(kPa)	(度)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	
8.501	18.480	36.000	28.000	1353.30	0.00	67.67	0.00	0.00	1050.98	991.63	0.00	
18.480	33.252	36.000	28.000	1900.13	0.00	95.01	0.00	0.00	1475.64	1433.24	0.00	
33.252	35.022	36.000	28.000	26.42	0.00	1.32	0.00	0.00	20.52	104.11	0.00	

总的下滑力 = 2547.137(kN)

总的抗滑力 = 2528.979(kN)

土体部分下滑力 = 2547.137(kN)

土体部分抗滑力 = 2528.979(kN)

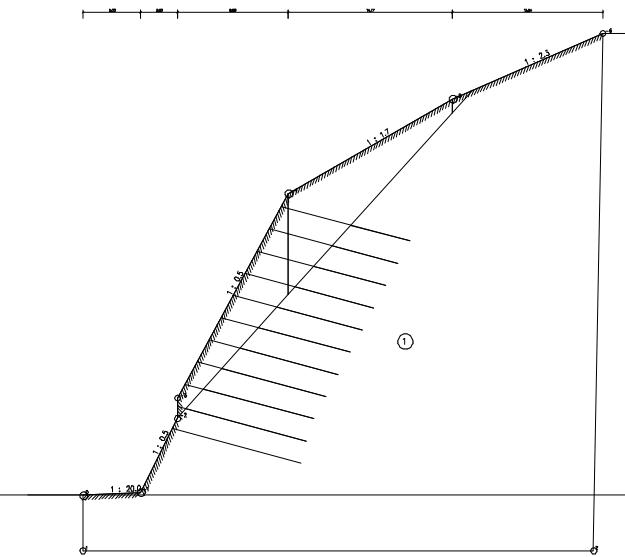
筋带在直线轴向产生的抗滑力 = 0.000(kN)

筋带在直线法向产生的抗滑力 = 0.000(kN)

软件版本:理正岩土 7.0PB2

计算项目: 正常工况, 加固后边坡稳定性验算

[计算简图]



[控制参数]:

采用规范: 通用方法

计算目标: 安全系数计算

滑裂面形状: 直线滑动法

不考虑地震

[坡面信息]

坡面线段数 6

坡面线号	水平投影(m)	竖直投影(m)	超载数
1	5.197	0.260	0
2	3.304	6.702	0
3	0.000	1.791	0
4	9.979	18.426	0
5	14.772	8.504	0
6	13.539	5.902	0

[土层信息]

坡面节点数 7

编号	X (m)	Y (m)
0	0.000	0.000
-1	5.197	0.260
-2	8.501	6.962

工程设计总说明

-3	8.501	8.753
-4	18.480	27.179
-5	33.252	35.683
-6	46.791	41.585

附加节点数 2

编号	X (m)	Y (m)
1	0.000	-4.986
2	45.926	-4.986

不同土性区域数 1

区号	重度	饱和重度	粘结强度	孔隙水压	节点
	(kN/m³)	(kN/m³)	(kPa)	力系数	编号
1	25.000	—	150.000	—	(-1, 0, 1, 2, -6, -5, -4, -3, -2,)

区号	粘聚力	内摩擦角	水下粘聚力	水下内摩
	(kPa)	(度)	力(kPa)	擦角(度)
1	36.000	28.000	—	—

区号	十字板 τ	强度增	十字板 τ	水	强度增长系
	(kPa)	长系数	下值(kPa)	数水下值	
1	—	—	—	—	—

不考虑水的作用

[筋带信息]

采用锚杆

锚杆道数: 11

筋带力调整系数: 1.000

筋带号	距地面	水平间距	总长度	倾角	材料抗拉	锚固段	锚固段	法向力发
	高度(m)	(m)	(m)	(度)	力(kN)	长度(m)	直径(m)	挥系数
1	26.00	2.00	12.00	15.00	340.00	6.00	0.11	0.50
2	24.00	2.00	12.00	15.00	340.00	6.00	0.11	0.50
3	22.00	2.00	12.00	15.00	340.00	6.00	0.11	0.50
4	20.00	2.00	12.00	15.00	340.00	6.00	0.11	0.50
5	18.00	2.00	12.00	15.00	340.00	6.00	0.11	0.50
6	16.00	2.00	12.00	15.00	340.00	6.00	0.11	0.50
7	14.00	2.00	12.00	15.00	340.00	6.00	0.11	0.50
8	12.00	2.00	12.00	15.00	340.00	6.00	0.11	0.50
9	10.00	2.00	12.00	15.00	340.00	6.00	0.11	0.50
10	8.00	2.00	12.00	15.00	340.00	6.00	0.11	0.50

11 6.00 2.00 12.00 15.00 340.00 6.00 0.11 0.50

[计算条件]

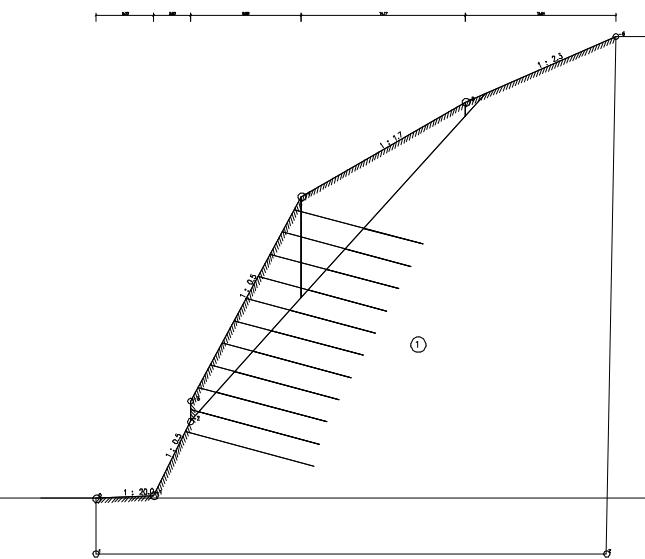
稳定计算目标: 过某点某一角度的安全系数

破裂点的高度: 6.980(m)

破裂面的角度: 48.000(度)

计算结果:

[计算结果图]



最不利破裂面:

定位高度: 6.980(m)

破裂面仰角: 48.000(度)

安全系数 = 1.498

起始 x	终止 x	Ci	Φ_i	条重	浮力	水平地震力	渗透力	附加力 X	附加力 Y	下滑力	抗滑力	竖向
(m)	(m)	(kPa)	(度)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)

8.501	18.480	36.000	28.000	1358.29	0.00	0.00	0.00	0.00	1009.41	1020.14	0.00
-------	--------	--------	--------	---------	------	------	------	------	---------	---------	------

18.480	33.252	36.000	28.000	1907.51	0.00	0.00	0.00	0.00	1417.56	1473.41	0.00
--------	--------	--------	--------	---------	------	------	------	------	---------	---------	------

33.252	35.052	36.000	28.000	27.32	0.00	0.00	0.00	0.00	20.30	106.54	0.00
--------	--------	--------	--------	-------	------	------	------	------	-------	--------	------

筋带号	锚固抗拔	材料抗拉	计算采用	有效锚固	滑面角	切向抗	法向抗
力(kN)	力(kN)	值	长度(m)	度(度)	力(kN)	力(kN)	力(kN)

1	285.449	340.000	抗拔力	5.507	63.000	64.796	127.169
2	311.018	340.000	抗拔力	6.000	63.000	70.600	138.559
3	311.018	340.000	抗拔力	6.000	63.000	70.600	138.559
4	311.018	340.000	抗拔力	6.000	63.000	70.600	138.559
5	311.018	340.000	抗拔力	6.000	63.000	70.600	138.559
6	311.018	340.000	抗拔力	6.000	63.000	70.600	138.559
7	311.018	340.000	抗拔力	6.000	63.000	70.600	138.559
8	311.018	340.000	抗拔力	6.000	63.000	70.600	138.559
9	311.018	340.000	抗拔力	6.000	63.000	70.600	138.559
10	311.018	340.000	抗拔力	6.000	63.000	70.600	138.559
11	0.000	0.000	抗拉力	0.000	0.000	0.000	0.000

总的下滑力 = 2447.265(kN)

总的抗滑力 = 3665.623(kN)

土体部分下滑力 = 2447.265(kN)

土体部分抗滑力 = 2600.094(kN)

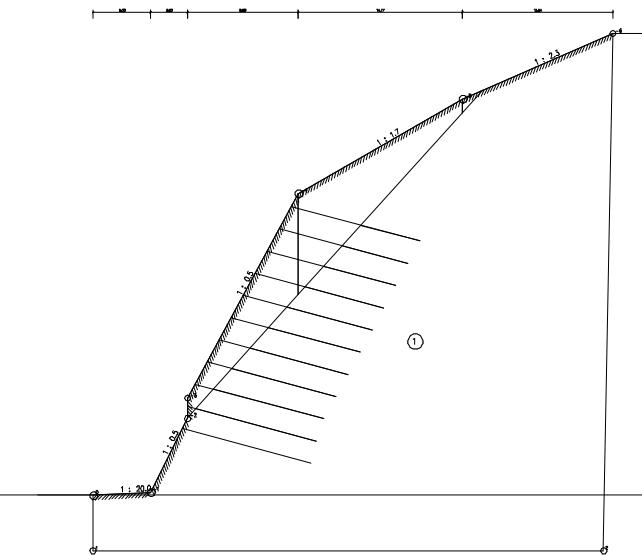
筋带在直线轴向产生的抗滑力 = 700.191(kN)

筋带在直线法向产生的抗滑力 = 365.338(kN)

软件版本:理正岩土 7.0PB2

计算项目: 非正常工况 I, 加固后边坡稳定性验算

[计算简图]



[控制参数]:

采用规范: 通用方法

计算目标: 安全系数计算

滑裂面形状: 直线滑动法

地震烈度: 8 度

水平向地震系数: 0.200

地震作用综合影响系数: 0.250

地震作用重要性修正系数: 1.000

水平加速度系数分布: 矩形

考虑竖向地震力: 否

[坡面信息]

坡面线段数 6

坡面线号	水平投影(m)	竖直投影(m)	超载数
1	5.197	0.260	0
2	3.304	6.702	0
3	0.000	1.791	0
4	9.979	18.426	0
5	14.772	8.504	0
6	13.539	5.902	0

[土层信息]

工程设计总说明

坡面节点数 7

编号	X(m)	Y(m)
0	0.000	0.000
-1	5.197	0.260
-2	8.501	6.962
-3	8.501	8.753
-4	18.480	27.179
-5	33.252	35.683
-6	46.791	41.585

附加节点数 2

编号	X(m)	Y(m)
1	0.000	-4.986
2	45.926	-4.986

不同土性区域数 1

区号	重度	饱和重度	粘结强度	孔隙水压	节点
	(kN/m³)	(kN/m³)	(kPa)	力系数	编号
1	25.000	—	150.000	—	(-1, 0, 1, 2, -6, -5, -4, -3, -2,)

区号	粘聚力	内摩擦角	水下粘聚力	水下内摩
	(kPa)	(度)	(kPa)	擦角(度)
1	32.000	23.000	—	—

区号	十字板 τ	强度增	十字板 τ	水	强度增长系
	(kPa)	长系数	下值(kPa)	数水下值	
1	—	—	—	—	—

不考虑水的作用

[筋带信息]

采用锚杆

锚杆道数: 11

筋带力调整系数: 1.000

筋带号	距地面	水平间距	总长度	倾角	材料抗拉锚固段	锚固段	法向力发	
	高度(m)	(m)	(m)	(度)	力(kN)	长度(m)	直径(m)	挥系数
1	26.00	2.00	12.00	15.00	340.00	6.00	0.11	0.50
2	24.00	2.00	12.00	15.00	340.00	6.00	0.11	0.50
3	22.00	2.00	12.00	15.00	340.00	6.00	0.11	0.50
4	20.00	2.00	12.00	15.00	340.00	6.00	0.11	0.50
5	18.00	2.00	12.00	15.00	340.00	6.00	0.11	0.50

6	16.00	2.00	12.00	15.00	340.00	6.00	0.11	0.50
7	14.00	2.00	12.00	15.00	340.00	6.00	0.11	0.50
8	12.00	2.00	12.00	15.00	340.00	6.00	0.11	0.50
9	10.00	2.00	12.00	15.00	340.00	6.00	0.11	0.50
10	8.00	2.00	12.00	15.00	340.00	6.00	0.11	0.50
11	6.00	2.00	12.00	15.00	340.00	6.00	0.11	0.50

[计算条件]

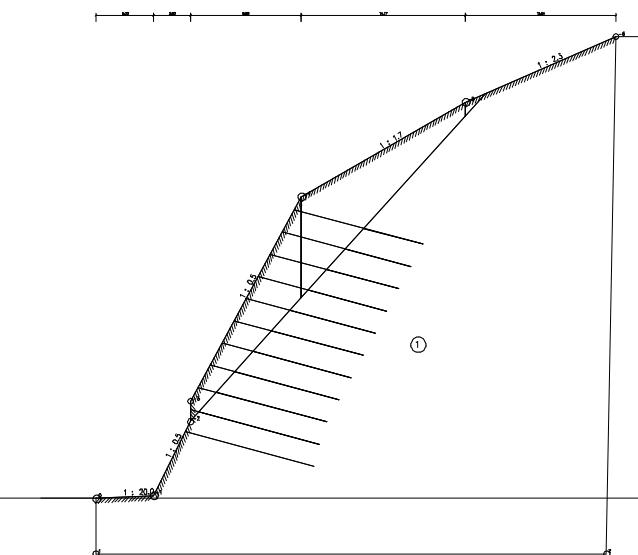
稳定计算目标: 过某点某一角度的安全系数

破裂点的高度: 6.980(m)

破裂面的角度: 48.000(度)

计算结果:

[计算结果图]



最不利破裂面:

定位高度: 6.980(m)

破裂面仰角: 48.000(度)

安全系数 = 1.230

地震力	起始 x	终止 x	Ci	Φ_i	条重	浮力	水平地震力	渗透力	附加力 X	附加力 Y	下滑力	抗滑力	竖向
	(m)	(m)	(kPa)	(度)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)
地	8.501	18.480	32.000	23.000	1358.29	0.00	67.91	0.00	0.00	0.00	1054.85	841.60	0.00

工程设计总说明

18.480 33.252 32.000 23.000 1907.51 0.00 95.38 0.00 0.00 0.00 1481.38 1218.15 0.00
33.252 35.052 32.000 23.000 27.32 0.00 1.37 0.00 0.00 0.00 21.21 93.39 0.00

筋带号	锚固抗拔力(kN)	材料抗拉力(kN)	计算采用值	有效锚固长度(m)	滑面角度(度)	切向抗力(kN)	法向抗力(kN)
-----	-----------	-----------	-------	-----------	---------	----------	----------

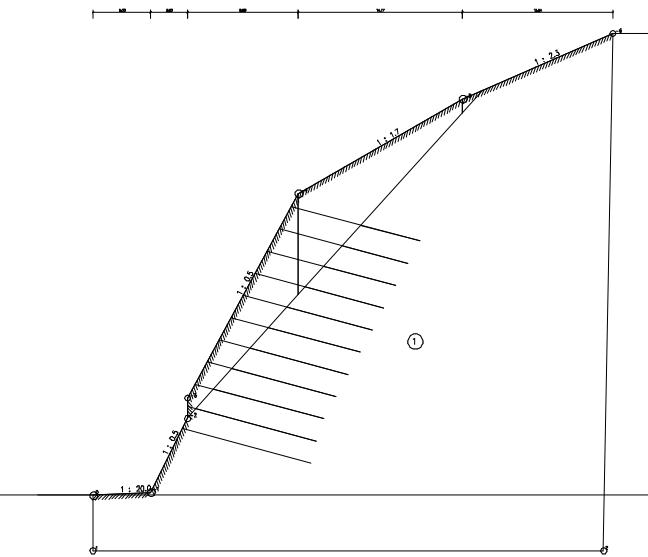
1	285.449	340.000	抗拔力	5.507	63.000	64.796	127.169
2	311.018	340.000	抗拔力	6.000	63.000	70.600	138.559
3	311.018	340.000	抗拔力	6.000	63.000	70.600	138.559
4	311.018	340.000	抗拔力	6.000	63.000	70.600	138.559
5	311.018	340.000	抗拔力	6.000	63.000	70.600	138.559
6	311.018	340.000	抗拔力	6.000	63.000	70.600	138.559
7	311.018	340.000	抗拔力	6.000	63.000	70.600	138.559
8	311.018	340.000	抗拔力	6.000	63.000	70.600	138.559
9	311.018	340.000	抗拔力	6.000	63.000	70.600	138.559
10	311.018	340.000	抗拔力	6.000	63.000	70.600	138.559
11	0.000	0.000	抗拉力	0.000	0.000	0.000	0.000

总的下滑力 = 2557.441 (kN)
总的抗滑力 = 3144.990 (kN)
土体部分下滑力 = 2557.441 (kN)
土体部分抗滑力 = 2153.142 (kN)
筋带在直线轴向产生的抗滑力 = 700.191 (kN)
筋带在直线法向产生的抗滑力 = 291.657 (kN)

软件版本:理正岩土 7.0PB2

计算项目: 非正常工况 II, 加固后边坡稳定性验算

[计算简图]



[控制参数]:

采用规范: 通用方法
计算目标: 安全系数计算
滑裂面形状: 直线滑动法
地震烈度: 8 度
水平向地震系数: 0.200
地震作用综合影响系数: 0.250
地震作用重要性修正系数: 1.000
水平加速度系数分布: 矩形
考虑竖向地震力: 否

[坡面信息]

坡面线段数 6

坡面线号	水平投影(m)	竖直投影(m)	超载数
1	5.197	0.260	0
2	3.304	6.702	0
3	0.000	1.791	0
4	9.979	18.426	0
5	14.772	8.504	0
6	13.539	5.902	0

[土层信息]

工程设计总说明

坡面节点数 7

编号	X(m)	Y(m)
0	0.000	0.000
-1	5.197	0.260
-2	8.501	6.962
-3	8.501	8.753
-4	18.480	27.179
-5	33.252	35.683
-6	46.791	41.585

附加节点数 2

编号	X(m)	Y(m)
1	0.000	-4.986
2	45.926	-4.986

不同土性区域数 1

区号	重度	饱和重度	粘结强度	孔隙水压	节点
	(kN/m³)	(kN/m³)	(kPa)	力系数	编号
1	25.000	—	150.000	—	(-1, 0, 1, 2, -6, -5, -4, -3, -2,)

区号	粘聚力	内摩擦角	水下粘聚力	水下内摩
	(kPa)	(度)	(kPa)	擦角(度)
1	36.000	28.000	—	—

区号	十字板 τ	强度增	十字板 τ	水	强度增长系
	(kPa)	长系数	下值(kPa)	数水下值	
1	—	—	—	—	—

不考虑水的作用

[筋带信息]

采用锚杆

锚杆道数: 11

筋带力调整系数: 1.000

筋带号	距地面	水平间距	总长度	倾角	材料抗拉锚固段	锚固段	法向力发	
	高度(m)	(m)	(m)	(度)	力(kN)	长度(m)	直径(mm)	挥系数
1	26.00	2.00	12.00	15.00	340.00	6.00	0.11	0.50
2	24.00	2.00	12.00	15.00	340.00	6.00	0.11	0.50
3	22.00	2.00	12.00	15.00	340.00	6.00	0.11	0.50
4	20.00	2.00	12.00	15.00	340.00	6.00	0.11	0.50
5	18.00	2.00	12.00	15.00	340.00	6.00	0.11	0.50

6	16.00	2.00	12.00	15.00	340.00	6.00	0.11	0.50
7	14.00	2.00	12.00	15.00	340.00	6.00	0.11	0.50
8	12.00	2.00	12.00	15.00	340.00	6.00	0.11	0.50
9	10.00	2.00	12.00	15.00	340.00	6.00	0.11	0.50
10	8.00	2.00	12.00	15.00	340.00	6.00	0.11	0.50
11	6.00	2.00	12.00	15.00	340.00	6.00	0.11	0.50

[计算条件]

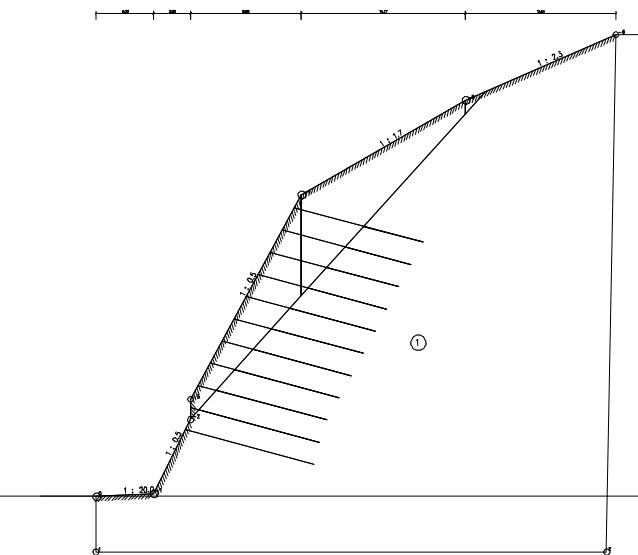
稳定计算目标: 过某点某一角度的安全系数

破裂点的高度: 6.980(m)

破裂面的角度: 48.000(度)

计算结果:

[计算结果图]



最不利破裂面:

定位高度: 6.980(m)

破裂面仰角: 48.000(度)

安全系数 = 1.408

地震力	起始 x	终止 x	Ci	Φ_i	条重	浮力	水平地震力	渗透力	附加力 X	附加力 Y	下滑力	抗滑力	竖向
	(m)	(m)	(kPa)	(度)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)
地	8.501	18.480	36.000	28.000	1358.29	0.00	67.91	0.00	0.00	0.00	1054.85	993.30	0.00

工程设计总说明

18.480 33.252 36.000 28.000 1907.51 0.00 95.38 0.00 0.00 1481.38 1435.72 0.00
33.252 35.052 36.000 28.000 27.32 0.00 1.37 0.00 0.00 21.21 106.00 0.00

筋带号	锚固抗拔力(kN)	材料抗拉力(kN)	计算采用值	有效锚固长度(m)	滑面角度(度)	切向抗力(kN)	法向抗力(kN)
1	285.449	340.000	抗拔力	5.507	63.000	64.796	127.169
2	311.018	340.000	抗拔力	6.000	63.000	70.600	138.559
3	311.018	340.000	抗拔力	6.000	63.000	70.600	138.559
4	311.018	340.000	抗拔力	6.000	63.000	70.600	138.559
5	311.018	340.000	抗拔力	6.000	63.000	70.600	138.559
6	311.018	340.000	抗拔力	6.000	63.000	70.600	138.559
7	311.018	340.000	抗拔力	6.000	63.000	70.600	138.559
8	311.018	340.000	抗拔力	6.000	63.000	70.600	138.559
9	311.018	340.000	抗拔力	6.000	63.000	70.600	138.559
10	311.018	340.000	抗拔力	6.000	63.000	70.600	138.559
11	0.000	0.000	抗拉力	0.000	0.000	0.000	0.000

总的下滑力 = 2557.441(kN)

总的抗滑力 = 3600.562(kN)

土体部分下滑力 = 2557.441(kN)

土体部分抗滑力 = 2535.032(kN)

筋带在直线轴向产生的抗滑力 = 700.191(kN)

筋带在直线法向产生的抗滑力 = 365.338(kN)

软件版本:理正岩土 7.0PB2

2.2 X038 涠赤路旧线 K2+504-K2+525 段边坡稳定性计算

(1) 计算参数及计算结果统计

表 2-3 S308 涠赤路旧线 K2+504-K2+525 段边坡结构面设计参数表

工况	采用的结构面抗剪强度参数	
	黏聚力 C (kPa)	Φ (°)
正常工况、非正常工况II	43	30
非正常工况I	37	27

注: 计算采用的结构面抗剪强度参数均为反演计算所得, 非正常工况 I 为暴雨工况, 对抗剪强度参数进行折减。

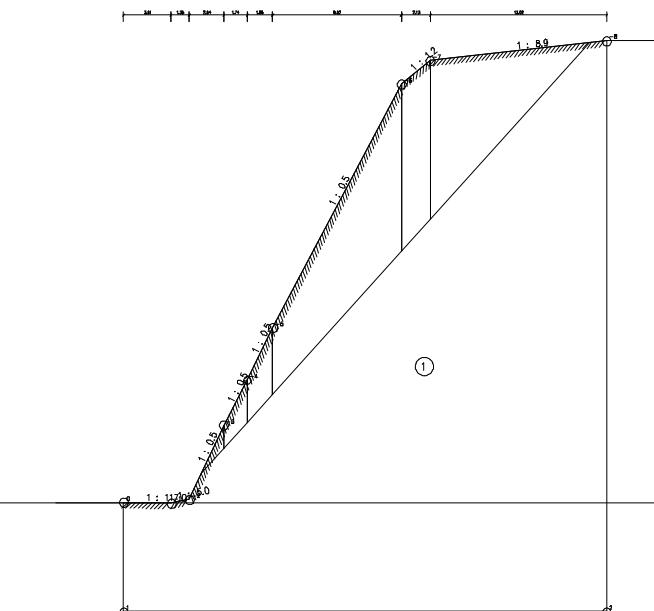
表 2-4 S308 涠赤路旧线 K2+504-K2+525 段边坡结构面设计参数表

工况	原始边坡		岩石锚杆加固后边坡	
	计算安全系数	稳定性评价	计算安全系数	稳定性评价
正常工况	1.042	<1.25, 基本稳定	1.332	>1.25, 稳定
非正常工况I	0.908	<1.15, 欠稳定	1.198	>1.15, 稳定
非正常工况II	0.969	<1.15, 欠稳定	1.247	>1.15, 稳定

(2) 计算过程

计算项目: 正常工况, 原始边坡稳定性验算

[计算简图]



[控制参数]:

采用规范: 通用方法

计算目标: 安全系数计算

滑裂面形状: 直线滑动法

不考虑地震

[坡面信息]

坡面线段数 8

坡面线号	水平投影(m)	竖直投影(m)	超载数
1	3.510	-0.030	0
2	1.350	0.270	0
3	2.540	5.460	0
4	1.740	3.370	0
5	1.860	3.820	0
6	9.520	18.020	0
7	2.130	1.730	0
8	13.016	1.456	0

区号	十字板 τ (kPa)	强度增 长系数	十字板 τ 水下值(kPa)	强度增长系 数水下值
1	—	—	—	—

不考虑水的作用

[计算条件]

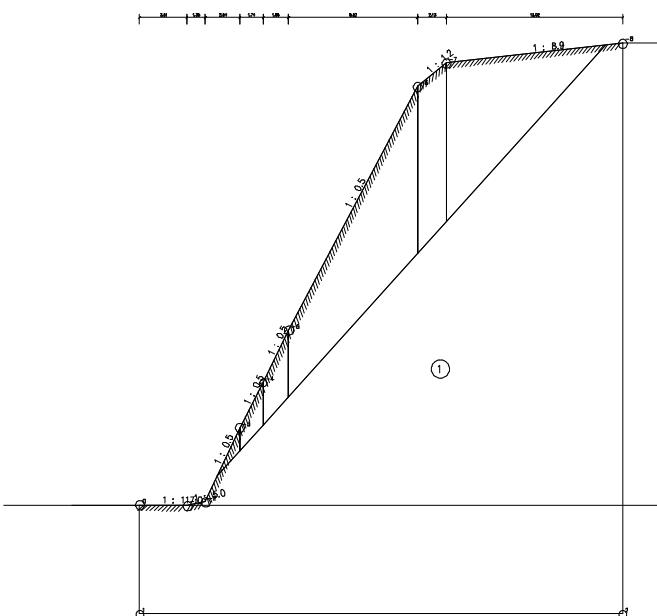
稳定计算目标: 过某点某一角度的安全系数

破裂点的高度: 2.150(m)

破裂面的角度: 48.000(度)

计算结果:

[计算结果图]



最不利破裂面:

定位高度: 2.150(m)

破裂面仰角: 48.000(度)

安全系数 = 1.042

[土层信息]

坡面节点数 9

编号	X (m)	Y (m)
0	0.000	0.000
-1	3.510	-0.030
-2	4.860	0.240
-3	7.400	5.700
-4	9.140	9.070
-5	11.000	12.890
-6	20.520	30.910
-7	22.650	32.640
-8	35.666	34.096

附加节点数 2

编号	X (m)	Y (m)
1	0.000	-8.020
2	35.666	-8.020

不同土性区域数 1

区号	重度 (kN/m³)	饱和重度 (kN/m³)	粘结强度 (kPa)	孔隙水压 力系数	节点 编号
1	25.000	—	380.000	—	(0, 1, 2, -8, -7, -6, -5, -4, -3, -2, -1,)

区号	粘聚力 (kPa)	内摩擦角 (度)	水下粘聚 力(kPa)	水下内摩 擦角(度)
1	43.000	30.000	—	—

震力 (m)	起始 x (m)	终止 x (m)	Ci (kPa)	Φ_i (度)	条重 (kN)	浮力 (kN)	水平地震力 (kN)	渗透力 (kN)	附加力 X (kN)	附加力 Y (kN)	下滑力 (kN)	抗滑力 (kN)	竖向地 震力 (kN)
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

5.749	7.400	43.000	30.000	35.42	0.00	0.00	0.00	0.00	26.32	119.81	0.00
7.400	9.140	43.000	30.000	105.90	0.00	0.00	0.00	0.00	78.70	152.73	0.00
9.140	11.000	43.000	30.000	187.42	0.00	0.00	0.00	0.00	139.28	191.93	0.00
11.000	20.520	43.000	30.000	2054.22	0.00	0.00	0.00	0.00	1526.58	1405.37	0.00
20.520	22.650	43.000	30.000	640.96	0.00	0.00	0.00	0.00	476.33	384.50	0.00
22.650	34.384	43.000	30.000	1718.89	0.00	0.00	0.00	0.00	1277.39	1418.10	0.00

总的下滑力 = 3524.598 (kN)

总的抗滑力 = 3672.442 (kN)

土体部分下滑力 = 3524.598 (kN)

土体部分抗滑力 = 3672.442 (kN)

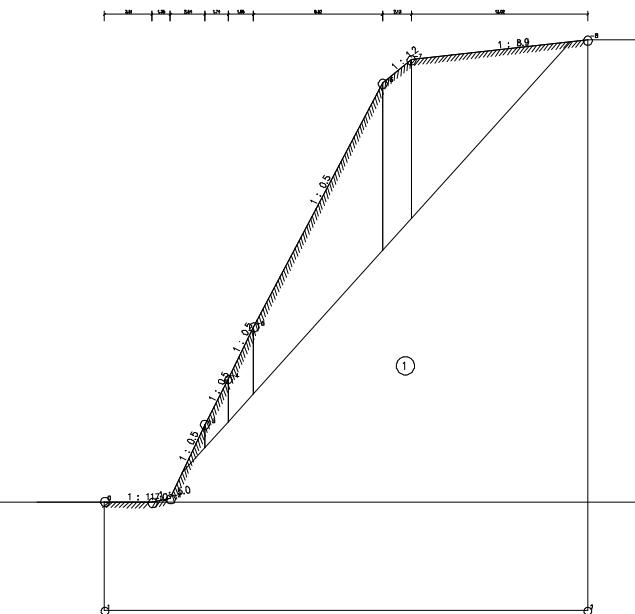
筋带在直线轴向产生的抗滑力 = 0.000 (kN)

筋带在直线法向产生的抗滑力 = 0.000 (kN)

软件版本:理正岩土 7.0PB2

计算项目: 非正常工况 I, 原始边坡稳定性验算

[计算简图]



[控制参数]:

采用规范: 通用方法

计算目标: 安全系数计算

滑裂面形状: 直线滑动法

不考虑地震

[坡面信息]

坡面线段数 8

坡面线号	水平投影(m)	竖直投影(m)	超载数
1	3.510	-0.030	0
2	1.350	0.270	0
3	2.540	5.460	0
4	1.740	3.370	0
5	1.860	3.820	0
6	9.520	18.020	0
7	2.130	1.730	0
8	13.016	1.456	0

[土层信息]

坡面节点数 9

编号	X (m)	Y (m)
0	0.000	0.000
-1	3.510	-0.030
-2	4.860	0.240
-3	7.400	5.700
-4	9.140	9.070
-5	11.000	12.890
-6	20.520	30.910
-7	22.650	32.640
-8	35.666	34.096

附加节点数 2

编号	X (m)	Y (m)
1	0.000	-8.020
2	35.666	-8.020

不同土性区域数 1

区号	重度	饱和重度	粘结强度	孔隙水压	节点
	(kN/m³)	(kN/m³)	(kPa)	力系数	编号
1	25.000	—	380.000	—	(0, 1, 2, -8, -7, -6, -5, -4, -3, -2, -1,)

区号	粘聚力	内摩擦角	水下粘聚力	水下内摩
	(kPa)	(度)	力(kPa)	擦角(度)
1	37.000	27.000	—	—

区号	十字板 τ	强度增	十字板 τ	水	强度增长系
	(kPa)	长系数	下值(kPa)	数水下值	
1	—	—	—	—	

不考虑水的作用

[计算条件]

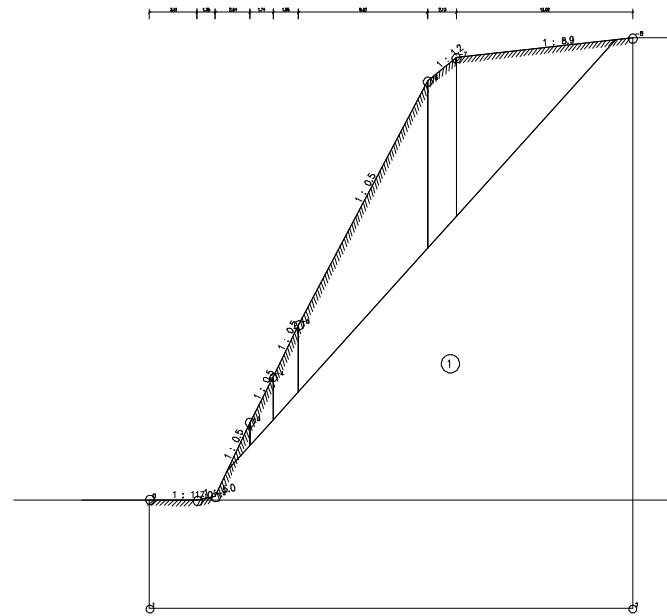
稳定计算目标: 过某点某一角度的安全系数

破裂点的高度: 2.150(m)

破裂面的角度: 48.000(度)

计算结果:

[计算结果图]



最不利破裂面:

定位高度: 2.150(m)

破裂面仰角: 48.000(度)

安全系数 = 0.908

地震力 起始 x (m)	终止 x (m)	C _i (kPa)	Φ_i (度)	条重 (kN)	浮力 (kN)	水平地震力 (kN)	渗透力 (kN)	附加力 X (kN)	附加力 Y (kN)	下滑力 (kN)	抗滑力 (kN)	竖向 (kN)
5.749	7.400	37.000	27.000	35.42	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	26.32	103.40	0.00
7.400	9.140	37.000	27.000	105.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	78.70	132.32	0.00
9.140	11.000	37.000	27.000	187.42	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	139.28	166.75	0.00
11.000	20.520	37.000	27.000	2054.22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1526.58	1226.78	0.00
20.520	22.650	37.000	27.000	640.96	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	476.33	336.31	0.00
22.650	34.384	37.000	27.000	1718.89	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1277.39	1234.88	0.00

总的下滑力 = 3524.598(kN)

总的抗滑力 = 3200.426(kN)

土体部分下滑力 = 3524.598(kN)

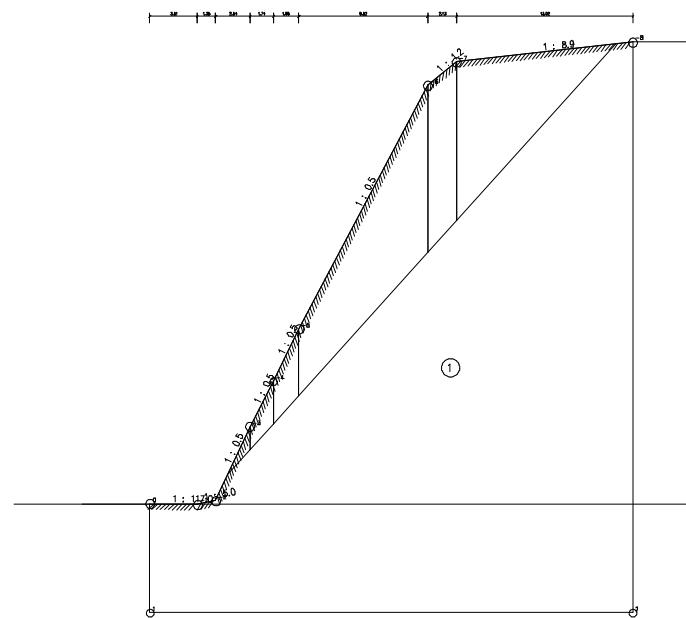
土体部分抗滑力 = 3200.426(kN)

筋带在直线轴向产生的抗滑力 = 0.000(kN)

筋带在直线法向产生的抗滑力 = 0.000(kN)

计算项目：非正常工况 II，原始边坡稳定性验算

[计算简图]



[控制参数]:

采用规范：通用方法

计算目标：安全系数计算

滑裂面形状：直线滑动法

地震烈度：8 度

水平向地震系数：0.200

地震作用综合影响系数：0.250

地震作用重要性修正系数：1.000

水平加速度系数分布：矩形

考虑竖向地震力：否

[坡面信息]

坡面线段数 8

坡面线号	水平投影(m)	竖直投影(m)	超载数
1	3.510	-0.030	0
2	1.350	0.270	0
3	2.540	5.460	0
4	1.740	3.370	0
5	1.860	3.820	0
6	9.520	18.020	0

7	2.130	1.730	0
8	13.016	1.456	0

[土层信息]

坡面节点数 9

编号	X(m)	Y(m)
0	0.000	0.000
-1	3.510	-0.030
-2	4.860	0.240
-3	7.400	5.700
-4	9.140	9.070
-5	11.000	12.890
-6	20.520	30.910
-7	22.650	32.640
-8	35.666	34.096

附加节点数 2

编号	X(m)	Y(m)
1	0.000	-8.020
2	35.666	-8.020

不同土性区域数 1

区号	重度 (kN/m³)	饱和重度 (kN/m³)	粘结强度 (kPa)	孔隙水压 力系数	节点 编号
1	25.000	—	380.000	—	(0, 1, 2, -8, -7, -6, -5, -4, -3, -2, -1,)

区号	粘聚力 (kPa)	内摩擦角 (度)	水下粘聚 力(kPa)	水下内摩 擦角(度)
1	43.000	30.000	—	—

区号	十字板 τ (kPa)	强度增 长系数	十字板 τ 水 下值(kPa)	强度增长系 数水下值
1	—	—	—	—

不考虑水的作用

[计算条件]

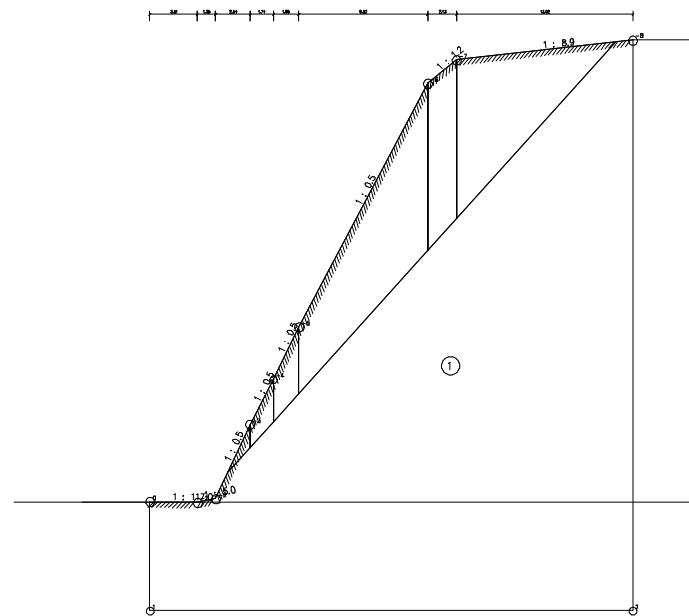
稳定计算目标：过某点某一角度的安全系数

破裂点的高度：2.150(m)

破裂面的角度：48.000(度)

计算结果:

[计算结果图]



最不利破裂面:

定位高度: 2.150 (m)

破裂面仰角: 48.000 (度)

安全系数 = 0.969

起始 x	终止 x	C_i	Φ_i	条重	浮力	水平地震力	渗透力	附加力 X	附加力 Y	下滑力	抗滑力	竖向
------	------	-------	----------	----	----	-------	-----	-------	-------	-----	-----	----

地震力

(m)	(m)	(kPa)	(度)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)
5.749	7.400	43.000	30.000	35.42	0.00	1.77	0.00	0.00	0.00	27.51	119.05	0.00
7.400	9.140	43.000	30.000	105.90	0.00	5.30	0.00	0.00	0.00	82.24	150.45	0.00
9.140	11.000	43.000	30.000	187.42	0.00	9.37	0.00	0.00	0.00	145.55	187.91	0.00
11.000	20.520	43.000	30.000	2054.22	0.00	102.71	0.00	0.00	0.00	1595.31	1361.30	0.00
20.520	22.650	43.000	30.000	640.96	0.00	32.05	0.00	0.00	0.00	497.77	370.75	0.00
22.650	34.384	43.000	30.000	1718.89	0.00	85.94	0.00	0.00	0.00	1334.89	1381.23	0.00

总的下滑力 = 3683.276 (kN)

总的抗滑力 = 3570.696 (kN)

土体部分下滑力 = 3683.276 (kN)

土体部分抗滑力 = 3570.696 (kN)

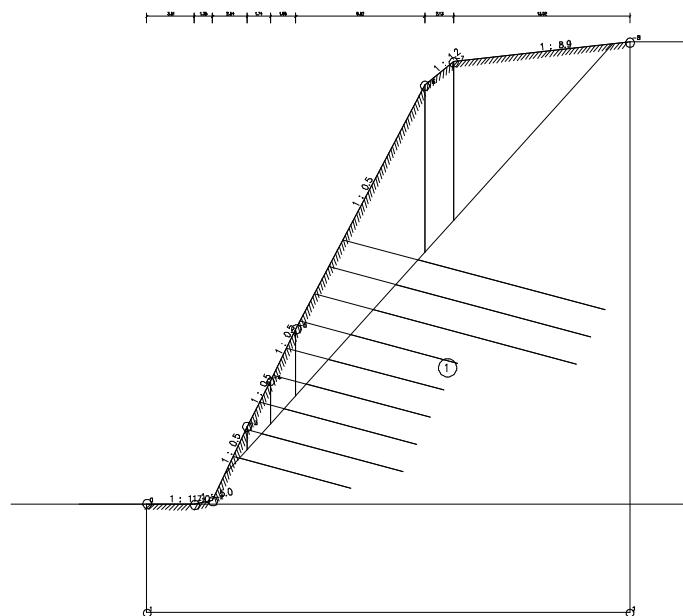
筋带在直线轴向产生的抗滑力 = 0.000 (kN)

筋带在直线法向产生的抗滑力 = 0.000 (kN)

软件版本:理正岩土 7.0PB2

计算项目：正常工况，加固后边坡稳定性验算

[计算简图]



[控制参数]:

采用规范：通用方法

计算目标：安全系数计算

滑裂面形状：直线滑动法

不考虑地震

[坡面信息]

坡面线段数 8

坡面线号	水平投影(m)	竖直投影(m)	超载数
1	3.510	-0.030	0
2	1.350	0.270	0
3	2.540	5.460	0
4	1.740	3.370	0
5	1.860	3.820	0
6	9.520	18.020	0
7	2.130	1.730	0
8	13.016	1.456	0

[土层信息]

坡面节点数 9

编号	X(m)	Y(m)
0	0.000	0.000
-1	3.510	-0.030
-2	4.860	0.240
-3	7.400	5.700
-4	9.140	9.070
-5	11.000	12.890
-6	20.520	30.910
-7	22.650	32.640
-8	35.666	34.096

附加节点数 2

编号	X(m)	Y(m)
1	0.000	-8.020
2	35.666	-8.020

不同土性区域数 1

区号	重度 (kN/m³)	饱和重度 (kN/m³)	粘结强度 (kPa)	孔隙水压 力系数	节点 编号
1	25.000	—	380.000	—	(0, 1, 2, -8, -7, -6, -5, -4, -3, -2, -1,)

区号	粘聚力 (kPa)	内摩擦角 (度)	水下粘聚 力(kPa)	水下内摩 擦角(度)
1	43.000	30.000	—	—

区号	十字板 τ (kPa)	强度增 长系数	十字板 τ 水 下值(kPa)	强度增长系 数水下值
1	—	—	—	—

不考虑水的作用

[筋带信息]

采用锚杆

锚杆道数: 9

筋带力调整系数: 1.000

筋带号	距地面 高度(m)	水平间距 (m)	总长度 (m)	倾角 (度)	材料抗拉锚固段 力(kN)	锚固段 长度(m)	直径(m)	法向力发 挥系数
1	3.50	2.00	9.00	15.00	500.00	5.00	0.11	0.00
2	5.50	2.00	12.00	15.00	500.00	5.00	0.11	0.00
3	7.50	2.00	12.00	15.00	500.00	5.00	0.11	0.00
4	9.50	2.00	12.00	15.00	500.00	5.00	0.11	0.00

工程设计总说明

5	11.50	2.00	12.00	15.00	500.00	5.00	0.11	0.00
6	13.50	2.00	12.00	15.00	500.00	5.00	0.11	0.00
7	15.50	2.00	20.00	15.00	500.00	5.00	0.11	0.00
8	17.50	2.00	20.00	15.00	500.00	5.00	0.11	0.00
9	19.50	2.00	20.00	15.00	500.00	5.00	0.11	0.00

5.749	7.400	43.000	30.000	35.42	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	26.32	119.81	0.00
7.400	9.140	43.000	30.000	105.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	78.70	152.73	0.00
9.140	11.000	43.000	30.000	187.42	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	139.28	191.93	0.00
11.000	20.520	43.000	30.000	2054.22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1526.58	1405.37	0.00
20.520	22.650	43.000	30.000	640.96	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	476.33	384.50	0.00
22.650	34.384	43.000	30.000	1718.89	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1277.39	1418.10	0.00

[计算条件]

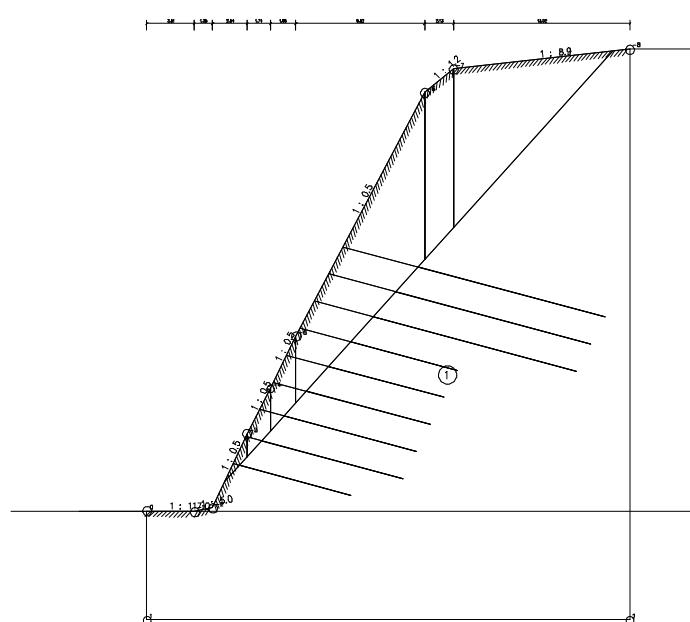
稳定计算目标: 过某点某一角度的安全系数

破裂点的高度: 2.150(m)

破裂面的角度: 48.000(度)

计算结果:

[计算结果图]



最不利破裂面:

定位高度: 2.150(m)

破裂面仰角: 48.000(度)

安全系数 = 1.332

起始 x	终止 x	Ci	Φi	条重	浮力	水平地震力	渗透力	附加力 X	附加力 Y	下滑力	抗滑力	竖向地震力
(m)	(m)	(kPa)	(度)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	

筋带号	锚固抗拔力(kN)	材料抗拉力(kN)	计算采用值	有效锚固长度(m)	滑面角度(度)	切向抗力(kN)	法向抗力(kN)
-----	-----------	-----------	-------	-----------	---------	----------	----------

1	656.593	500.000	抗拉力	5.000	63.000	113.498	222.752
2	656.593	500.000	抗拉力	5.000	63.000	113.498	222.752
3	656.593	500.000	抗拉力	5.000	63.000	113.498	222.752
4	656.593	500.000	抗拉力	5.000	63.000	113.498	222.752
5	656.593	500.000	抗拉力	5.000	63.000	113.498	222.752
6	656.593	500.000	抗拉力	5.000	63.000	113.498	222.752
7	656.593	500.000	抗拉力	5.000	63.000	113.498	222.752
8	656.593	500.000	抗拉力	5.000	63.000	113.498	222.752
9	656.593	500.000	抗拉力	5.000	63.000	113.498	222.752

总的下滑力 = 3524.598(kN)

总的抗滑力 = 4693.920(kN)

土体部分下滑力 = 3524.598(kN)

土体部分抗滑力 = 3672.442(kN)

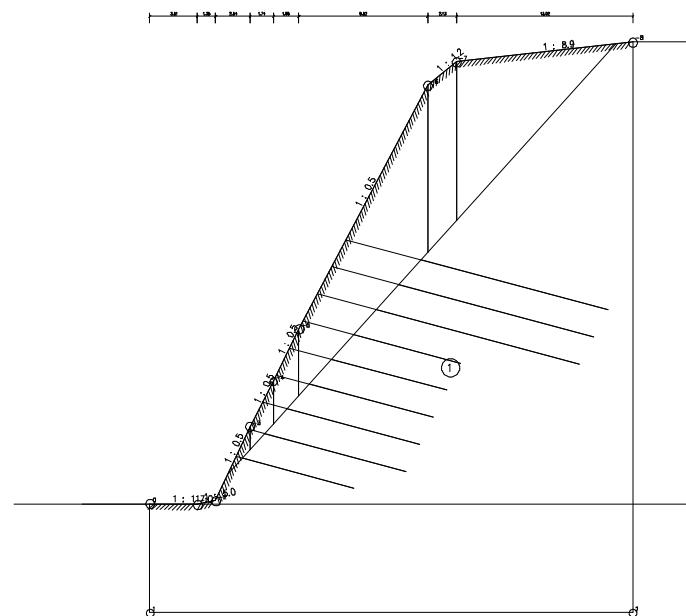
筋带在直线轴向产生的抗滑力 = 1021.478(kN)

筋带在直线法向产生的抗滑力 = 0.000(kN)

软件版本:理正岩土 7.0PB2

计算项目：非正常工况 I，加固后边坡稳定性验算

[计算简图]



[控制参数]:

采用规范: 通用方法

计算目标: 安全系数计算

滑裂面形状: 直线滑动法

不考虑地震

[坡面信息]

坡面线段数 8

坡面线号	水平投影(m)	竖直投影(m)	超载数
1	3.510	-0.030	0
2	1.350	0.270	0
3	2.540	5.460	0
4	1.740	3.370	0
5	1.860	3.820	0
6	9.520	18.020	0
7	2.130	1.730	0
8	13.016	1.456	0

[土层信息]

坡面节点数 9

编号	X(m)	Y(m)
0	0.000	0.000
-1	3.510	-0.030
-2	4.860	0.240
-3	7.400	5.700
-4	9.140	9.070
-5	11.000	12.890
-6	20.520	30.910
-7	22.650	32.640
-8	35.666	34.096

附加节点数 2

编号	X(m)	Y(m)
1	0.000	-8.020
2	35.666	-8.020

不同土性区域数 1

区号	重度 (kN/m³)	饱和重度 (kN/m³)	粘结强度 (kPa)	孔隙水压 力系数	节点 编号
1	25.000	—	330.000	—	(0, 1, 2, -8, -7, -6, -5, -4, -3, -2, -1,)

区号	粘聚力 (kPa)	内摩擦角 (度)	水下粘聚 力(kPa)	水下内摩 擦角(度)
1	37.000	27.000	—	—

区号	十字板 τ (kPa)	强度增 长系数	十字板 τ 水 下值(kPa)	强度增长系 数水下值
1	—	—	—	—

不考虑水的作用

[筋带信息]

采用锚杆

锚杆道数: 9

筋带力调整系数: 1.000

筋带号	距地面 高度(m)	水平间距 (m)	总长度 (m)	倾角 (度)	材料抗拉锚固段 力(kN)	锚固段 长度(m)	锚固段 直径(m)	法向力发 挥系数
1	3.50	2.00	9.00	15.00	500.00	5.00	0.11	0.00
2	5.50	2.00	12.00	15.00	500.00	5.00	0.11	0.00
3	7.50	2.00	12.00	15.00	500.00	5.00	0.11	0.00
4	9.50	2.00	12.00	15.00	500.00	5.00	0.11	0.00

工程设计总说明

5	11.50	2.00	12.00	15.00	500.00	5.00	0.11	0.00
6	13.50	2.00	12.00	15.00	500.00	5.00	0.11	0.00
7	15.50	2.00	20.00	15.00	500.00	5.00	0.11	0.00
8	17.50	2.00	20.00	15.00	500.00	5.00	0.11	0.00
9	19.50	2.00	20.00	15.00	500.00	5.00	0.11	0.00

5.749	7.400	37.000	27.000	35.42	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	26.32	103.40	0.00
7.400	9.140	37.000	27.000	105.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	78.70	132.32	0.00
9.140	11.000	37.000	27.000	187.42	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	139.28	166.75	0.00
11.000	20.520	37.000	27.000	2054.22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1526.58	1226.78	0.00
20.520	22.650	37.000	27.000	640.96	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	476.33	336.31	0.00
22.650	34.384	37.000	27.000	1718.89	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1277.39	1234.88	0.00

[计算条件]

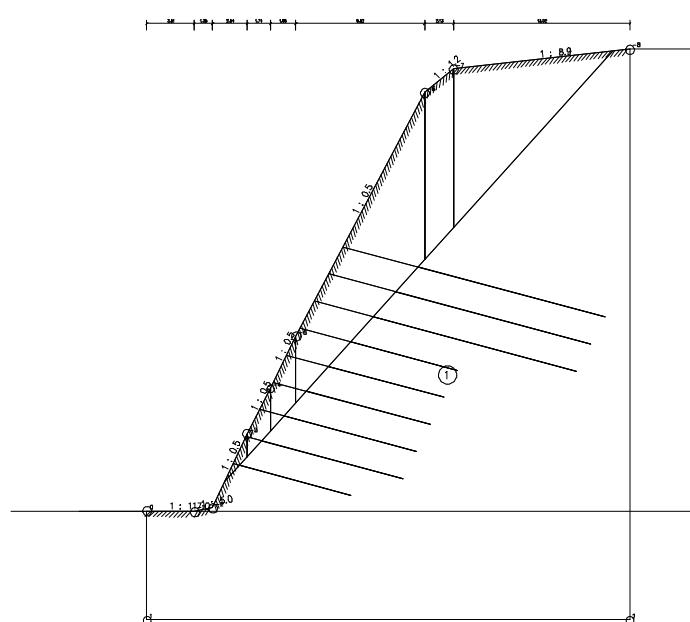
稳定计算目标: 过某点某一角度的安全系数

破裂点的高度: 2.150(m)

破裂面的角度: 48.000(度)

计算结果:

[计算结果图]



最不利破裂面:

定位高度: 2.150(m)

破裂面仰角: 48.000(度)

安全系数 = 1.198

起始 x	终止 x	Ci	Φi	条重	浮力	水平地震力	渗透力	附加力 X	附加力 Y	下滑力	抗滑力	竖向地震力
(m)	(m)	(kPa)	(度)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)

筋带号	锚固抗拔力(kN)	材料抗拉力(kN)	计算采用值	有效锚固长度(m)	滑面角度(度)	切向抗力(kN)	法向抗力(kN)
-----	-----------	-----------	-------	-----------	---------	----------	----------

1	570.199	500.000	抗拉力	5.000	63.000	113.498	222.752
2	570.199	500.000	抗拉力	5.000	63.000	113.498	222.752
3	570.199	500.000	抗拉力	5.000	63.000	113.498	222.752
4	570.199	500.000	抗拉力	5.000	63.000	113.498	222.752
5	570.199	500.000	抗拉力	5.000	63.000	113.498	222.752
6	570.199	500.000	抗拉力	5.000	63.000	113.498	222.752
7	570.199	500.000	抗拉力	5.000	63.000	113.498	222.752
8	570.199	500.000	抗拉力	5.000	63.000	113.498	222.752
9	570.199	500.000	抗拉力	5.000	63.000	113.498	222.752

总的下滑力 = 3524.598(kN)

总的抗滑力 = 4221.904(kN)

土体部分下滑力 = 3524.598(kN)

土体部分抗滑力 = 3200.426(kN)

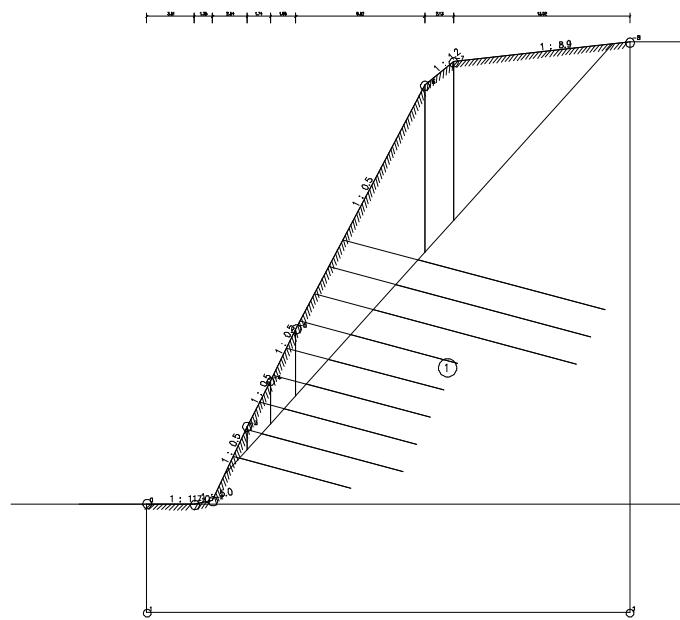
筋带在直线轴向产生的抗滑力 = 1021.478(kN)

筋带在直线法向产生的抗滑力 = 0.000(kN)

软件版本:理正岩土 7.0PB2

计算项目：非正常工况 II，加固后边坡稳定性验算

[计算简图]



[控制参数]:

采用规范：通用方法

计算目标：安全系数计算

滑裂面形状：直线滑动法

地震烈度：8 度

水平向地震系数：0.200

地震作用综合影响系数：0.250

地震作用重要性修正系数：1.000

水平加速度系数分布：矩形

考虑竖向地震力：否

[坡面信息]

坡面线段数 8

坡面线号	水平投影(m)	竖直投影(m)	超载数
1	3.510	-0.030	0
2	1.350	0.270	0
3	2.540	5.460	0
4	1.740	3.370	0
5	1.860	3.820	0
6	9.520	18.020	0

7	2.130	1.730	0
8	13.016	1.456	0

[土层信息]

坡面节点数 9

编号	X(m)	Y(m)
0	0.000	0.000
-1	3.510	-0.030
-2	4.860	0.240
-3	7.400	5.700
-4	9.140	9.070
-5	11.000	12.890
-6	20.520	30.910
-7	22.650	32.640
-8	35.666	34.096

附加节点数 2

编号	X(m)	Y(m)
1	0.000	-8.020
2	35.666	-8.020

不同土性区域数 1

区号	重度 (kN/m³)	饱和重度 (kN/m³)	粘结强度 (kPa)	孔隙水压 力系数	节点 编号
1	25.000	—	380.000	—	(0, 1, 2, -8, -7, -6, -5, -4, -3, -2, -1,)

区号	粘聚力 (kPa)	内摩擦角 (度)	水下粘聚 力(kPa)	水下内摩 擦角(度)
1	43.000	30.000	—	—

区号	十字板 τ (kPa)	强度增 长系数	十字板 τ 水 下值(kPa)	强度增长系 数水下值
1	—	—	—	—

不考虑水的作用

[筋带信息]

采用锚杆

锚杆道数：9

筋带力调整系数：1.000

筋带号 距地面 水平间距 总长度 倾角 材料抗拉锚固段 锚固段 法向力发

工程设计总说明

	高度(m)	(m)	(m)	(度)	力(kN)	长度(m)	直径(m)	挥系数
1	3.50	2.00	9.00	15.00	500.00	5.00	0.11	0.00
2	5.50	2.00	12.00	15.00	500.00	5.00	0.11	0.00
3	7.50	2.00	12.00	15.00	500.00	5.00	0.11	0.00
4	9.50	2.00	12.00	15.00	500.00	5.00	0.11	0.00
5	11.50	2.00	12.00	15.00	500.00	5.00	0.11	0.00
6	13.50	2.00	12.00	15.00	500.00	5.00	0.11	0.00
7	15.50	2.00	20.00	15.00	500.00	5.00	0.11	0.00
8	17.50	2.00	20.00	15.00	500.00	5.00	0.11	0.00
9	19.50	2.00	20.00	15.00	500.00	5.00	0.11	0.00

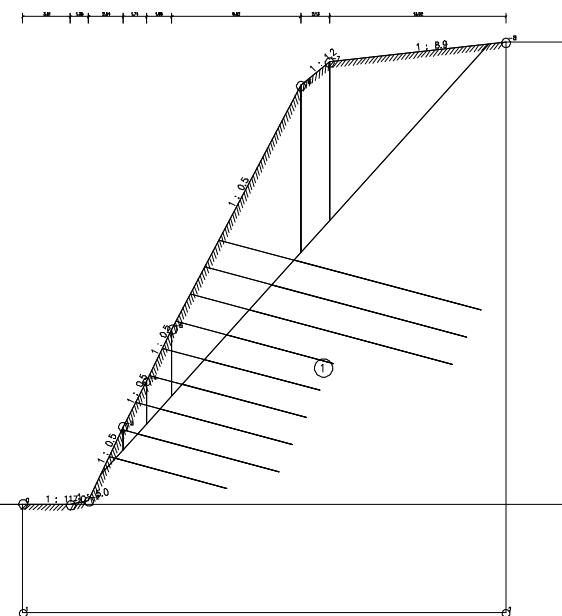
[计算条件]

稳定计算目标: 过某点某一角度的安全系数

破裂点的高度: 2.150(m)

破裂面的角度: 48.000(度)

计算结果:



最不利破裂面:

定位高度: 2.150(m)

破裂面仰角: 48.000(度)

安全系数 = 1.247

起始 x (m)	终止 x (m)	Ci (kPa)	Φi (度)	条重 (kN)	浮力 (kN)	水平地震力 (kN)	渗透力 (kN)	附加力 X (kN)	附加力 Y (kN)	下滑力 (kN)	抗滑力 (kN)	竖向 (kN)
地震力												
5.749	7.400	43.000	30.000	35.42	0.00	1.77	0.00	0.00	0.00	27.51	119.05	0.00
7.400	9.140	43.000	30.000	105.90	0.00	5.30	0.00	0.00	0.00	82.24	150.45	0.00
9.140	11.000	43.000	30.000	187.42	0.00	9.37	0.00	0.00	0.00	145.55	187.91	0.00
11.000	20.520	43.000	30.000	2054.22	0.00	102.71	0.00	0.00	0.00	1595.31	1361.30	0.00
20.520	22.650	43.000	30.000	640.96	0.00	32.05	0.00	0.00	0.00	497.77	370.75	0.00
22.650	34.384	43.000	30.000	1718.89	0.00	85.94	0.00	0.00	0.00	1334.89	1381.23	0.00

筋带号	锚固抗拔 力(kN)	材料抗拉 力(kN)	计算采用 值	有效锚固 长度(m)	滑面角 度(度)	切向抗 力(kN)	法向抗 力(kN)
计算结果							
1	656.593	500.000	抗拉力	5.000	63.000	113.498	222.752
2	656.593	500.000	抗拉力	5.000	63.000	113.498	222.752
3	656.593	500.000	抗拉力	5.000	63.000	113.498	222.752
4	656.593	500.000	抗拉力	5.000	63.000	113.498	222.752
5	656.593	500.000	抗拉力	5.000	63.000	113.498	222.752
6	656.593	500.000	抗拉力	5.000	63.000	113.498	222.752
7	656.593	500.000	抗拉力	5.000	63.000	113.498	222.752
8	656.593	500.000	抗拉力	5.000	63.000	113.498	222.752
9	656.593	500.000	抗拉力	5.000	63.000	113.498	222.752

总的下滑力 = 3683.276(kN)

总的抗滑力 = 4592.174(kN)

土体部分下滑力 = 3683.276(kN)

土体部分抗滑力 = 3570.696(kN)

筋带在直线轴向产生的抗滑力 = 1021.478(kN)

筋带在直线法向产生的抗滑力 = 0.000(kN)

软件版本:理正岩土 7.0PB2

2.3 X038 涠赤路旧线 K5+433-K5+513 段边坡稳定性计算

(1) 计算参数及计算结果统计

表 2-5 X038 涠赤路旧线 K5+433-K5+513 段边坡结构面设计参数表

工况	采用的结构面抗剪强度参数	
	黏聚力 C (kPa)	Φ (°)
正常工况、非正常工况II	35	25
非正常工况I	32	21

注：计算采用的结构面抗剪强度参数均为反演计算所得，非正常工况 I 为暴雨工况，对抗剪强度参数进行折减。

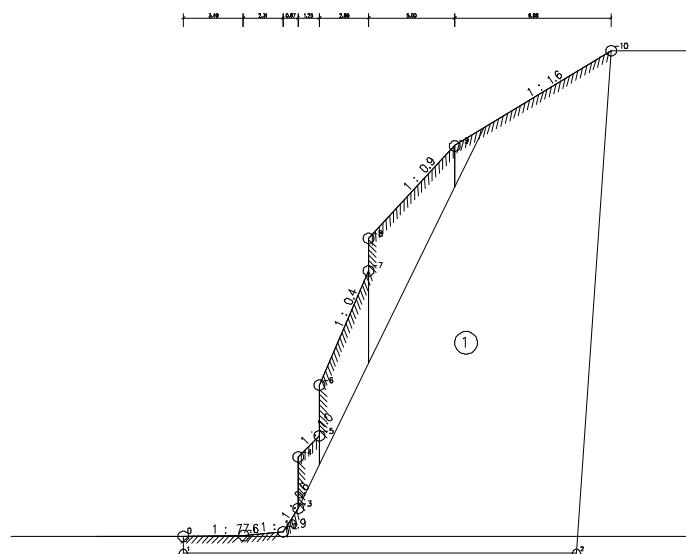
表 2-6 X038 涠赤路旧线 K5+433-K5+513 段边坡结构面安全系数统计表

工况	原始边坡		岩石锚杆加固后边坡	
	计算安全系数	稳定性评价	计算安全系数	稳定性评价
正常工况	1.111	<1.25, 稳定	1.274	>1.25, 稳定
非正常工况I	0.995	<1.15, 欠稳定	1.158	>1.15, 稳定
非正常工况II	1.062	>1.15, 基本稳定	1.221	>1.15, 稳定

(2) 计算过程

计算项目：正常工况，原始边坡稳定性验算

[计算简图]



[控制参数]：

采用规范：通用方法

计算目标：安全系数计算

滑裂面形状：直线滑动法

不考虑地震

[坡面信息]

坡面线段数 10

坡面线号	水平投影(m)	竖直投影(m)	超载数
1	3.493	0.045	0
2	2.305	0.212	0
3	0.866	1.342	0
4	0.000	2.991	0
5	1.251	1.238	0
6	0.000	2.949	0
7	2.864	6.649	0
8	0.000	1.857	0
9	4.998	5.397	0
10	9.081	5.520	0

[土层信息]

坡面节点数 11

编号	X (m)	Y (m)
0	0.000	0.000
-1	3.493	0.045
-2	5.798	0.257
-3	6.664	1.599
-4	6.664	4.590
-5	7.915	5.828
-6	7.915	8.777
-7	10.779	15.426
-8	10.779	17.283
-9	15.777	22.680
-10	24.858	28.200

附加节点数 2

编号	X (m)	Y (m)
1	0.000	-1.000
2	22.858	-1.000

不同土性区域数 1

区号	重度 (kN/m³)	饱和重度 (kN/m³)	粘结强度 (kPa)	孔隙水压 力系数	节点 编号
1	25.000	—	150.000	—	(-1, 0, 1, 2, -10, -9, -8, -7, -6, -5, -4, -3, -2,)

区号 粘聚力 内摩擦角 水下粘聚 水下内摩

工程设计总说明

	(kPa)	(度)	力(kPa)	擦角(度)
1	35.000	25.000	—	—
区号	十字板 τ	强度增	十字板 τ	水 强度增长系
	(kPa)	长系数	下值(kPa)	数水下值
1	—	—	—	—

不考虑水的作用

[计算条件]

稳定计算目标: 过某点某一角度的安全系数

破裂点的高度: 1.600(m)

破裂面的角度: 64.000(度)

6.664	7.915	35.000	25.000	72.76	0.00	0.00	0.00	0.00	65.40	114.75	0.00
7.915	10.779	35.000	25.000	358.04	0.00	0.00	0.00	0.00	321.80	301.85	0.00
10.779	15.777	35.000	25.000	602.36	0.00	0.00	0.00	0.00	541.40	522.18	0.00
15.777	17.438	35.000	25.000	49.73	0.00	0.00	0.00	0.00	44.70	142.76	0.00

总的下滑力 = 973.295(kN)

总的抗滑力 = 1081.549(kN)

土体部分下滑力 = 973.295(kN)

土体部分抗滑力 = 1081.549(kN)

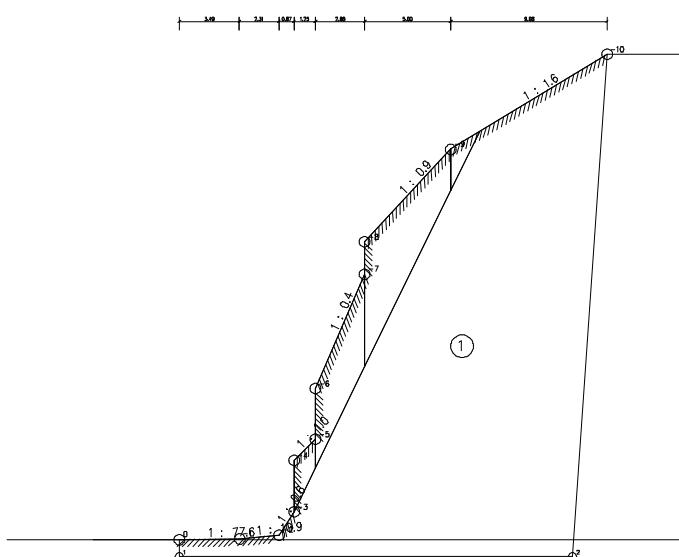
筋带在直线轴向产生的抗滑力 = 0.000(kN)

筋带在直线法向产生的抗滑力 = 0.000(kN)

软件版本: 理正岩土 7.0PB2

计算结果:

[计算结果图]



最不利破裂面:

定位高度: 1.600(m)

破裂面仰角: 64.000(度)

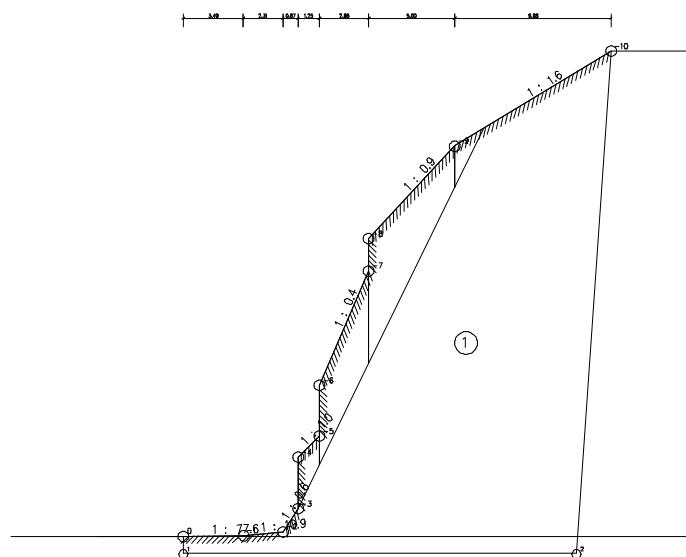
安全系数 = 1.111

起始 x	终止 x	Ci	Φ_i	条重	浮力	水平地震力	渗透力	附加力 X	附加力 Y	下滑力	抗滑力	竖向
(m)	(m)	(kPa)	(度)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)

地震力

计算项目：非正常工况 I，原始边坡稳定性验算

[计算简图]



[控制参数]:

采用规范：通用方法

计算目标：安全系数计算

滑裂面形状：直线滑动法

不考虑地震

[坡面信息]

坡面线段数 10

坡面线号	水平投影(m)	竖直投影(m)	超载数
1	3.493	0.045	0
2	2.305	0.212	0
3	0.866	1.342	0
4	0.000	2.991	0
5	1.251	1.238	0
6	0.000	2.949	0
7	2.864	6.649	0
8	0.000	1.857	0
9	4.998	5.397	0
10	9.081	5.520	0

[土层信息]

坡面节点数 11

编号	X (m)	Y (m)
0	0.000	0.000
-1	3.493	0.045
-2	5.798	0.257
-3	6.664	1.599
-4	6.664	4.590
-5	7.915	5.828
-6	7.915	8.777
-7	10.779	15.426
-8	10.779	17.283
-9	15.777	22.680
-10	24.858	28.200

附加节点数 2

编号	X (m)	Y (m)
1	0.000	-1.000
2	22.858	-1.000

不同土性区域数 1

区号	重度 (kN/m³)	饱和重度 (kN/m³)	粘结强度 (kPa)	孔隙水压 力系数	节点 编号
1	25.000	—	150.000	—	(-1, 0, 1, 2, -10, -9, -8, -7, -6, -5, -4, -3, -2,)

区号	粘聚力 (kPa)	内摩擦角 (度)	水下粘聚 力(kPa)	水下内摩 擦角(度)
1	32.000	21.000	—	—

区号	十字板 τ (kPa)	强度增 长系数	下值(kPa)	水下强度 增长系数 下值
1	—	—	—	—

不考虑水的作用

[计算条件]

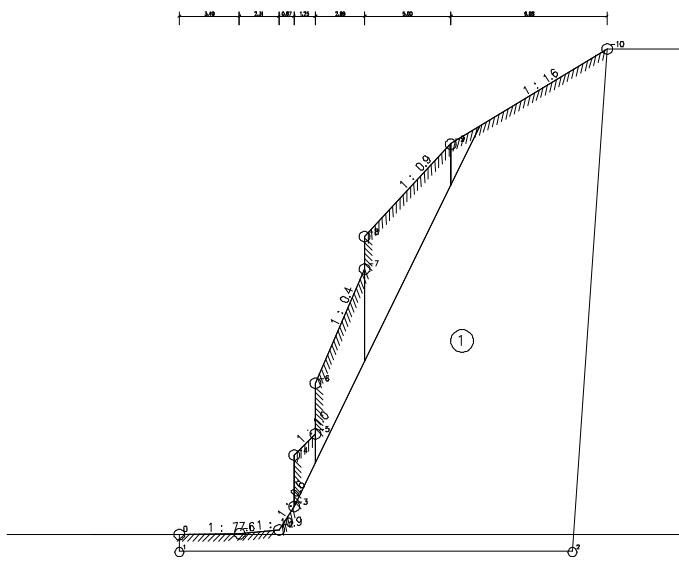
稳定计算目标：过某点某一角度的安全系数

破裂点的高度： 1.600(m)

破裂面的角度： 64.000(度)

计算结果：

[计算结果图]



最不利破裂面:

定位高度: 1.600 (m)

破裂面仰角: 64.000 (度)

安全系数 = 0.995

起始 x 终止 x Ci Φi 条重 浮力 水平地震力 渗透力 附加力 X 附加力 Y 下滑力 抗滑力 竖向

地震力

(m)	(m)	(kPa)	(度)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)
6.664	7.915	32.000	21.000	72.76	0.00	0.00	0.00	0.00	65.40	103.56	0.00
7.915	10.779	32.000	21.000	358.04	0.00	0.00	0.00	0.00	321.80	269.31	0.00
10.779	15.777	32.000	21.000	602.36	0.00	0.00	0.00	0.00	541.40	466.20	0.00
15.777	17.438	32.000	21.000	49.73	0.00	0.00	0.00	0.00	44.70	129.60	0.00

总的下滑力 = 973.295 (kN)

总的抗滑力 = 968.682 (kN)

土体部分下滑力 = 973.295 (kN)

土体部分抗滑力 = 968.682 (kN)

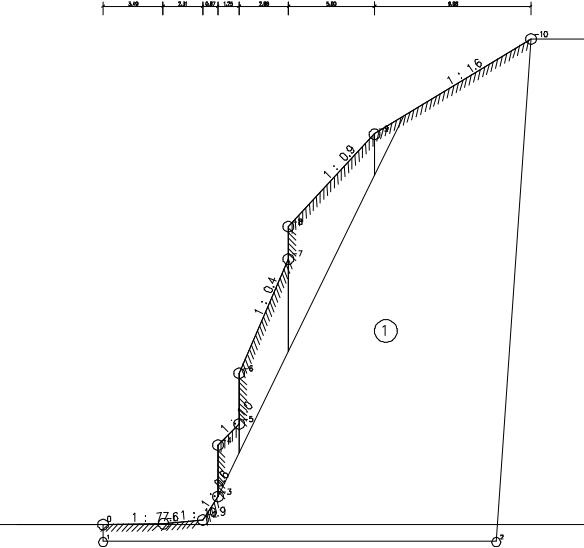
筋带在直线轴向产生的抗滑力 = 0.000 (kN)

筋带在直线法向产生的抗滑力 = 0.000 (kN)

软件版本:理正岩土 7.0PB2

计算项目: 非正常工况 II, 原始边坡稳定性验算

[计算简图]



[控制参数]:

采用规范: 通用方法

计算目标: 安全系数计算

滑裂面形状: 直线滑动法

地震烈度: 8 度

水平向地震系数: 0.200

地震作用综合影响系数: 0.250

地震作用重要性修正系数: 1.000

水平加速度系数分布: 矩形

考虑竖向地震力: 否

[坡面信息]

坡面线段数 10

坡面线号	水平投影(m)	竖直投影(m)	超载数
1	3.493	0.045	0
2	2.305	0.212	0
3	0.866	1.342	0
4	0.000	2.991	0
5	1.251	1.238	0
6	0.000	2.949	0
7	2.864	6.649	0
8	0.000	1.857	0
9	4.998	5.397	0

10 9.081 5.520 0

[土层信息]

坡面节点数 11

编号	X (m)	Y (m)
0	0.000	0.000
-1	3.493	0.045
-2	5.798	0.257
-3	6.664	1.599
-4	6.664	4.590
-5	7.915	5.828
-6	7.915	8.777
-7	10.779	15.426
-8	10.779	17.283
-9	15.777	22.680
-10	24.858	28.200

附加节点数 2

编号	X (m)	Y (m)
1	0.000	-1.000
2	22.858	-1.000

不同土性区域数 1

区号	重度	饱和重度	粘结强度	孔隙水压	节点
	(kN/m³)	(kN/m³)	(kPa)	力系数	编号
1	25.000	—	150.000	—	(-1, 0, 1, 2, -10, -9, -8, -7, -6, -5, -4, -3, -2,)

区号	粘聚力	内摩擦角	水下粘聚	水下内摩
	(kPa)	(度)	力(kPa)	擦角(度)
1	35.000	25.000	—	—

区号	十字板 τ	强度增	十字板 τ	水	强度增长系
	(kPa)	长系数	下值(kPa)	数	水下下值
1	—	—	—	—	—

不考虑水的作用

[计算条件]

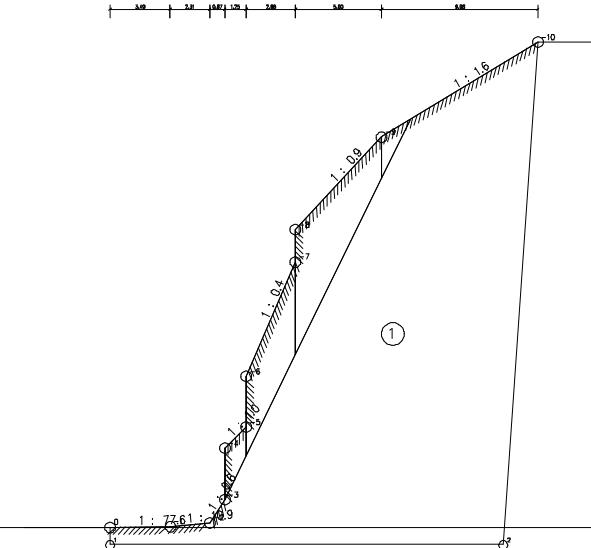
稳定计算目标: 过某点某一角度的安全系数

破裂点的高度: 1.600 (m)

破裂面的角度: 64.000 (度)

计算结果:

[计算结果图]



最不利破裂面:

定位高度: 1.600 (m)

破裂面仰角: 64.000 (度)

安全系数 = 1.062

起始 x (m)	终止 x (m)	Ci	Φ_i (度)	条重 (kN)	地震力							
					浮力 (kN)	水平地震力 (kN)	渗透力 (kN)	附加力 X (kN)	附加力 Y (kN)	下滑力 (kN)	抗滑力 (kN)	竖向 (kN)
6.664	7.915	35.000	25.000	72.76	0.00	3.64	0.00	0.00	0.00	66.99	113.23	0.00
7.915	10.779	35.000	25.000	358.04	0.00	17.90	0.00	0.00	0.00	329.65	294.35	0.00
10.779	15.777	35.000	25.000	602.36	0.00	30.12	0.00	0.00	0.00	554.60	509.55	0.00
15.777	17.438	35.000	25.000	49.73	0.00	2.49	0.00	0.00	0.00	45.79	141.72	0.00

总的下滑力 = 997.030 (kN)

总的抗滑力 = 1058.857 (kN)

土体部分下滑力 = 997.030 (kN)

土体部分抗滑力 = 1058.857 (kN)

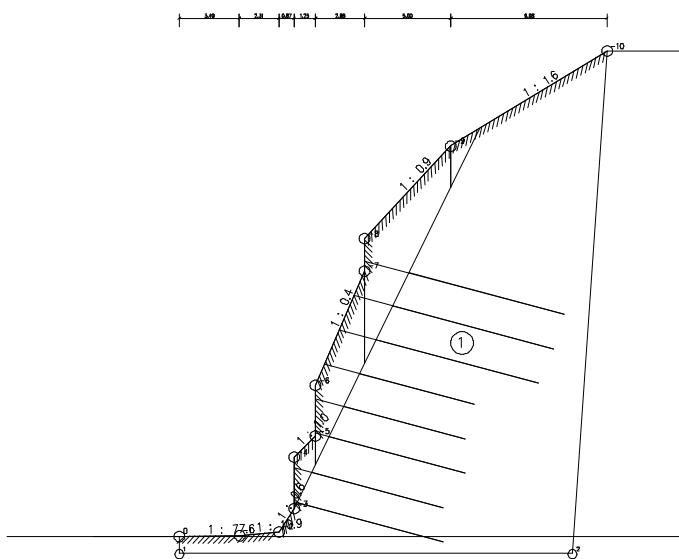
筋带在直线轴向产生的抗滑力 = 0.000 (kN)

筋带在直线法向产生的抗滑力 = 0.000 (kN)

软件版本: 理正岩土 7.0PB2

计算项目：正常工况，加固后边坡稳定性验算

[计算简图]



[控制参数]:

采用规范：通用方法

计算目标：安全系数计算

滑裂面形状：直线滑动法

不考虑地震

[坡面信息]

坡面线段数 10

坡面线号	水平投影(m)	竖直投影(m)	超载数
1	3.493	0.045	0
2	2.305	0.212	0
3	0.866	1.342	0
4	0.000	2.991	0
5	1.251	1.238	0
6	0.000	2.949	0
7	2.864	6.649	0
8	0.000	1.857	0
9	4.998	5.397	0
10	9.081	5.520	0

[土层信息]

坡面节点数 11

编号	X (m)	Y (m)
0	0.000	0.000
-1	3.493	0.045
-2	5.798	0.257
-3	6.664	1.599
-4	6.664	4.590
-5	7.915	5.828
-6	7.915	8.777
-7	10.779	15.426
-8	10.779	17.283
-9	15.777	22.680
-10	24.858	28.200

附加节点数 2

编号	X (m)	Y (m)
1	0.000	-1.000
2	22.858	-1.000

不同土性区域数 1

区号	重度 (kN/m³)	饱和重度 (kN/m³)	粘结强度 (kPa)	孔隙水压 力系数	节点 编号
1	25.000	—	150.000	—	(-1, 0, 1, 2, -10, -9, -8, -7, -6, -5, -4, -3, -2,)

区号	粘聚力 (kPa)	内摩擦角 (度)	水下粘聚 力(kPa)	水下内摩 擦角(度)
1	35.000	25.000	—	—

区号	十字板 τ (kPa)	强度增 长系数	十字板 τ 水 下值(kPa)	强度增长系 数水下值
1	—	—	—	—

不考虑水的作用

[筋带信息]

采用锚杆

锚杆道数: 8

筋带力调整系数: 1.000

筋带号	距地面 高度(m)	水平间距 (m)	总长度 (m)	倾角 (度)	材料抗拉锚固段 力(kN)	锚固段 长度(m)	直径(m)	法向力发 挥系数
1	2.00	2.00	9.00	15.00	340.00	4.00	0.11	0.00
2	4.00	2.00	9.00	15.00	340.00	4.00	0.11	0.00

工程设计总说明

3	6.00	2.00	9.00	15.00	340.00	4.00	0.11	0.00
4	8.00	2.00	9.00	15.00	340.00	4.00	0.11	0.00
5	10.00	2.00	9.00	15.00	340.00	4.00	0.11	0.00
6	12.00	2.00	12.00	15.00	340.00	4.00	0.11	0.00
7	14.00	2.00	12.00	15.00	340.00	4.00	0.11	0.00
8	16.00	2.00	12.00	15.00	340.00	4.00	0.11	0.00

筋带号	锚固抗拔力(kN)	材料抗拉力(kN)	计算采用值	有效锚固长度(m)	滑面角度(度)	切向抗力(kN)	法向抗力(kN)
1	207.345	340.000	抗拔力	4.000	79.000	19.782	101.768
2	207.345	340.000	抗拔力	4.000	79.000	19.782	101.768
3	207.345	340.000	抗拔力	4.000	79.000	19.782	101.768
4	207.345	340.000	抗拔力	4.000	79.000	19.782	101.768
5	207.345	340.000	抗拔力	4.000	79.000	19.782	101.768
6	207.345	340.000	抗拔力	4.000	79.000	19.782	101.768
7	207.345	340.000	抗拔力	4.000	79.000	19.782	101.768
8	207.345	340.000	抗拔力	4.000	79.000	19.782	101.768

[计算条件]

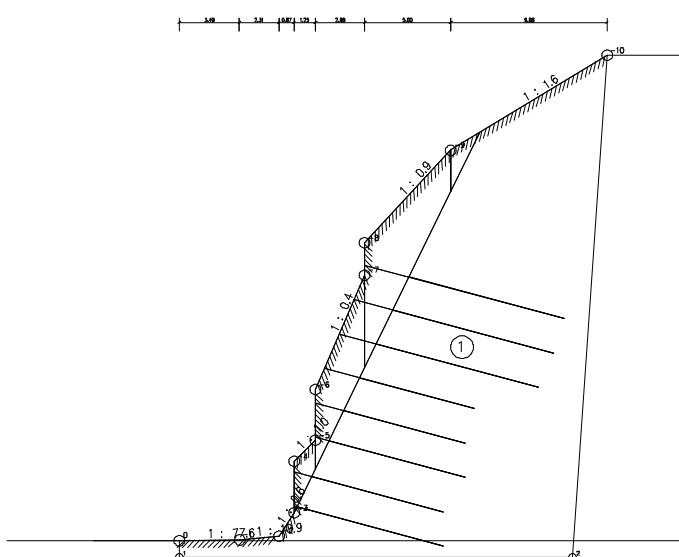
稳定计算目标: 过某点某一角度的安全系数

破裂点的高度: 1.600(m)

破裂面的角度: 64.000(度)

计算结果:

[计算结果图]



最不利破裂面:

定位高度: 1.600(m)

破裂面仰角: 64.000(度)

安全系数 = 1.274

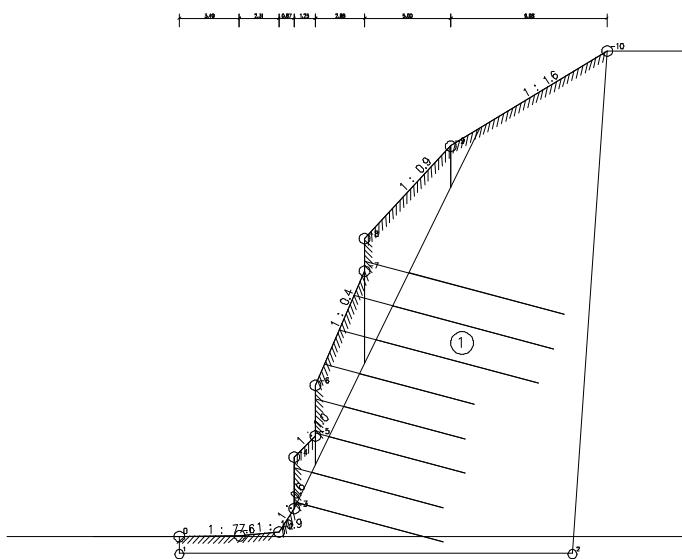
起始 x (m)	终止 x (m)	Ci (kPa)	Φ_i (度)	条重 (kN)	浮力 (kN)	水平地震力 (kN)	渗透力 (kN)	附加力 X (kN)	附加力 Y (kN)	下滑力 (kN)	抗滑力 (kN)	竖向 (kN)
6.664	7.915	35.000	25.000	72.76	0.00	0.00	0.00	0.00	65.40	114.75	0.00	

总的下滑力 = 973.295(kN)
总的抗滑力 = 1239.802(kN)
土体部分下滑力 = 973.295(kN)
土体部分抗滑力 = 1081.549(kN)
筋带在直线轴向产生的抗滑力 = 158.253(kN)
筋带在直线法向产生的抗滑力 = 0.000(kN)

软件版本:理正岩土 7.0PB2

计算项目：非正常工况 I，加固后边坡稳定性验算

[计算简图]



[控制参数]:

采用规范：通用方法

计算目标：安全系数计算

滑裂面形状：直线滑动法

不考虑地震

[坡面信息]

坡面线段数 10

坡面线号	水平投影(m)	竖直投影(m)	超载数
1	3.493	0.045	0
2	2.305	0.212	0
3	0.866	1.342	0
4	0.000	2.991	0
5	1.251	1.238	0
6	0.000	2.949	0
7	2.864	6.649	0
8	0.000	1.857	0
9	4.998	5.397	0
10	9.081	5.520	0

[土层信息]

坡面节点数 11

编号	X (m)	Y (m)
0	0.000	0.000
-1	3.493	0.045
-2	5.798	0.257
-3	6.664	1.599
-4	6.664	4.590
-5	7.915	5.828
-6	7.915	8.777
-7	10.779	15.426
-8	10.779	17.283
-9	15.777	22.680
-10	24.858	28.200

附加节点数 2

编号	X (m)	Y (m)
1	0.000	-1.000
2	22.858	-1.000

不同土性区域数 1

区号	重度 (kN/m³)	饱和重度 (kN/m³)	粘结强度 (kPa)	孔隙水压 力系数	节点 编号
1	25.000	—	150.000	—	(-1, 0, 1, 2, -10, -9, -8, -7, -6, -5, -4, -3, -2,)

区号	粘聚力 (kPa)	内摩擦角 (度)	水下粘聚 力(kPa)	水下内摩 擦角(度)
1	32.000	21.000	—	—

区号	十字板 τ (kPa)	强度增 长系数	十字板 τ 水 下值(kPa)	强度增长系 数水下值
1	—	—	—	—

不考虑水的作用

[筋带信息]

采用锚杆

锚杆道数: 8

筋带力调整系数: 1.000

筋带号	距地面 高度(m)	水平间距 (m)	总长度 (m)	倾角 (度)	材料抗拉锚固段 力(kN)	锚固段 长度(m)	直径(m)	法向力发 挥系数
1	2.00	2.00	9.00	15.00	340.00	4.00	0.11	0.00
2	4.00	2.00	9.00	15.00	340.00	4.00	0.11	0.00

工程设计总说明

3	6.00	2.00	9.00	15.00	340.00	4.00	0.11	0.00
4	8.00	2.00	9.00	15.00	340.00	4.00	0.11	0.00
5	10.00	2.00	9.00	15.00	340.00	4.00	0.11	0.00
6	12.00	2.00	12.00	15.00	340.00	4.00	0.11	0.00
7	14.00	2.00	12.00	15.00	340.00	4.00	0.11	0.00
8	16.00	2.00	12.00	15.00	340.00	4.00	0.11	0.00

筋带号	锚固抗拔力(kN)	材料抗拉力(kN)	计算采用值	有效锚固长度(m)	滑面角(度)	切向抗力(kN)	法向抗力(kN)
7.915	10.779	32.000	21.000	358.04	0.00	0.00	0.00
10.779	15.777	32.000	21.000	602.36	0.00	0.00	0.00
15.777	17.438	32.000	21.000	49.73	0.00	0.00	0.00
					0.00	0.00	0.00

[计算条件]

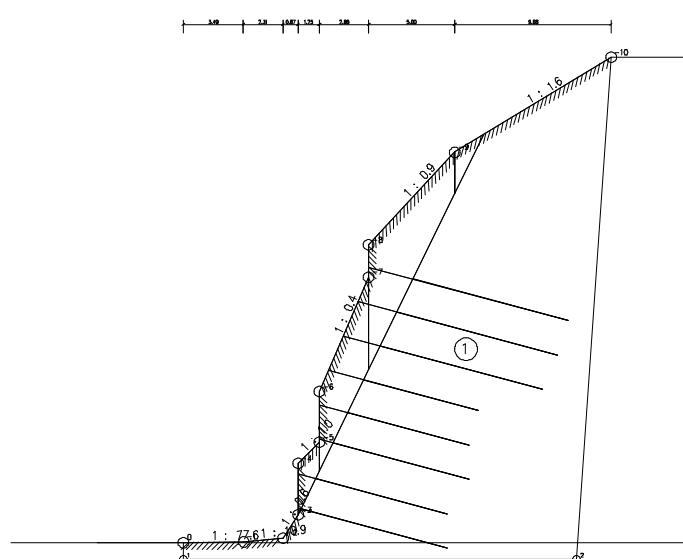
稳定计算目标: 过某点某一角度的安全系数

破裂点的高度: 1.600(m)

破裂面的角度: 64.000(度)

计算结果:

[计算结果图]



最不利破裂面:

定位高度: 1.600(m)

破裂面仰角: 64.000(度)

安全系数 = 1.158

起始 x (m)	终止 x (m)	Ci (kPa)	Φ_i (度)	条重 (kN)	浮力 (kN)	水平地震力 (kN)	渗透力 (kN)	附加力 X (kN)	附加力 Y (kN)	下滑力 (kN)	抗滑力 (kN)	竖向 (kN)
6.664	7.915	32.000	21.000	72.76	0.00	0.00	0.00	0.00	65.40	103.56	0.00	

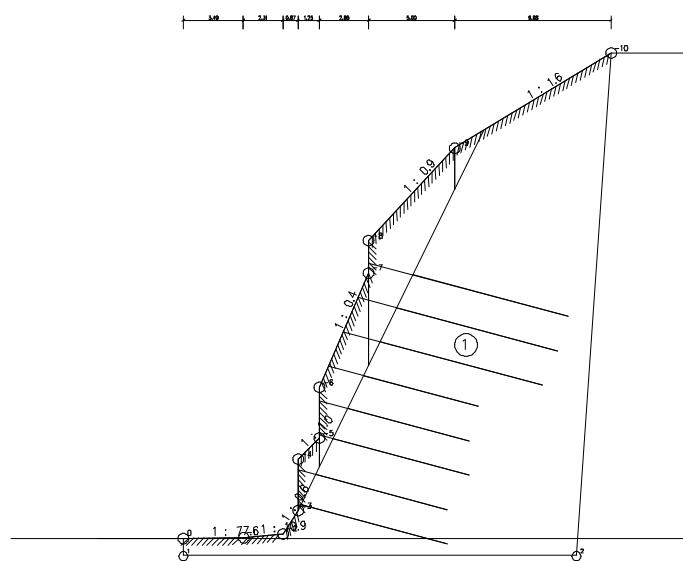
1	207.345	340.000	抗拔力	4.000	79.000	19.782	101.768
2	207.345	340.000	抗拔力	4.000	79.000	19.782	101.768
3	207.345	340.000	抗拔力	4.000	79.000	19.782	101.768
4	207.345	340.000	抗拔力	4.000	79.000	19.782	101.768
5	207.345	340.000	抗拔力	4.000	79.000	19.782	101.768
6	207.345	340.000	抗拔力	4.000	79.000	19.782	101.768
7	207.345	340.000	抗拔力	4.000	79.000	19.782	101.768
8	207.345	340.000	抗拔力	4.000	79.000	19.782	101.768

总的下滑力 = 973.295(kN)
总的抗滑力 = 1126.935(kN)
土体部分下滑力 = 973.295(kN)
土体部分抗滑力 = 968.682(kN)
筋带在直线轴向产生的抗滑力 = 158.253(kN)
筋带在直线法向产生的抗滑力 = 0.000(kN)

软件版本:理正岩土 7.0PB2

计算项目：非正常工况 II，加固后边坡稳定性验算

[计算简图]



[控制参数]:

采用规范：通用方法

计算目标：安全系数计算

滑裂面形状：直线滑动法

地震烈度：8 度

水平向地震系数：0.200

地震作用综合影响系数：0.250

地震作用重要性修正系数：1.000

水平加速度系数分布：矩形

考虑竖向地震力：否

[坡面信息]

坡面线段数 10

坡面线号	水平投影(m)	竖直投影(m)	超载数
1	3.493	0.045	0
2	2.305	0.212	0
3	0.866	1.342	0
4	0.000	2.991	0
5	1.251	1.238	0
6	0.000	2.949	0
7	2.864	6.649	0
8	0.000	1.857	0

9	4.998	5.397	0
10	9.081	5.520	0

[土层信息]

坡面节点数 11

编号	X (m)	Y (m)
0	0.000	0.000
-1	3.493	0.045
-2	5.798	0.257
-3	6.664	1.599
-4	6.664	4.590
-5	7.915	5.828
-6	7.915	8.777
-7	10.779	15.426
-8	10.779	17.283
-9	15.777	22.680
-10	24.858	28.200

附加节点数 2

编号	X (m)	Y (m)
1	0.000	-1.000
2	22.858	-1.000

不同土性区域数 1

区号	重度	饱和重度	粘结强度	孔隙水压	节点
	(kN/m³)	(kN/m³)	(kPa)	力系数	编号
1	25.000	—	150.000	—	(-1, 0, 1, 2, -10, -9, -8, -7, -6, -5, -4, -3, -2,)

区号	粘聚力	内摩擦角	水下粘聚	水下内摩
	(kPa)	(度)	力(kPa)	擦角(度)
1	35.000	25.000	—	—

区号	十字板 τ	强度增	十字板 τ	水	强度增长系
	(kPa)	长系数	下值(kPa)	数	水下值
1	—	—	—	—	—

不考虑水的作用

[筋带信息]

采用锚杆

锚杆道数：8

筋带力调整系数: 1.000

筋带号	距地面 高度(m)	水平间距 (m)	总长度 (m)	倾角 (度)	材料抗拉		锚固段 长度(m)	锚固段 直径(m)	法向力发 挥系数
					锚固段 力(kN)	锚固段 长度(m)			
1	2.00	2.00	9.00	15.00	340.00	4.00	0.11	0.00	
2	4.00	2.00	9.00	15.00	340.00	4.00	0.11	0.00	
3	6.00	2.00	9.00	15.00	340.00	4.00	0.11	0.00	
4	8.00	2.00	9.00	15.00	340.00	4.00	0.11	0.00	
5	10.00	2.00	9.00	15.00	340.00	4.00	0.11	0.00	
6	12.00	2.00	12.00	15.00	340.00	4.00	0.11	0.00	
7	14.00	2.00	12.00	15.00	340.00	4.00	0.11	0.00	
8	16.00	2.00	12.00	15.00	340.00	4.00	0.11	0.00	

[计算条件]

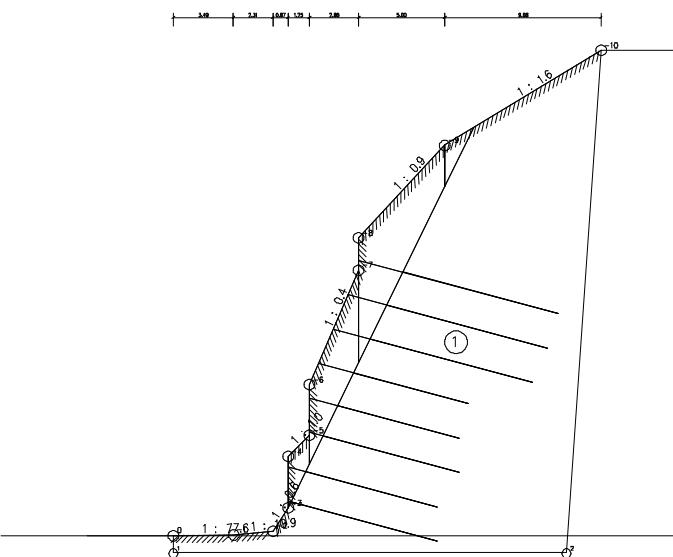
稳定计算目标: 过某点某一角度的安全系数

破裂点的高度: 1.600(m)

破裂面的角度: 64.000(度)

计算结果:

[计算结果图]



最不利破裂面:

定位高度: 1.600(m)

破裂面仰角: 64.000(度)

安全系数 = 1.221

起始 x (m)	终止 x (m)	Ci	Φ_i	条重 (kN)	浮力 (kN)	水平地震力 (kN)	渗透力 (kN)	附加力 X (kN)	附加力 Y (kN)	下滑力 (kN)	抗滑力 (kN)	竖向 (kN)
-------------	-------------	----	----------	------------	------------	---------------	-------------	---------------	---------------	-------------	-------------	------------

地震力 (kPa)	(度)	(kN)								
--------------	-----	------	------	------	------	------	------	------	------	------

6.664	7.915	35.000	25.000	72.76	0.00	3.64	0.00	0.00	66.99	113.23	0.00
7.915	10.779	35.000	25.000	358.04	0.00	17.90	0.00	0.00	329.65	294.35	0.00
10.779	15.777	35.000	25.000	602.36	0.00	30.12	0.00	0.00	554.60	509.55	0.00
15.777	17.438	35.000	25.000	49.73	0.00	2.49	0.00	0.00	45.79	141.72	0.00

筋带号	锚固抗拔 力(kN)	材料抗拉 力(kN)	计算采用 值	有效锚固 长度(m)	滑面角 度(度)	切向抗 力(kN)	法向抗 力(kN)
-----	---------------	---------------	-----------	---------------	-------------	--------------	--------------

1	207.345	340.000	抗拔力	4.000	79.000	19.782	101.768
2	207.345	340.000	抗拔力	4.000	79.000	19.782	101.768
3	207.345	340.000	抗拔力	4.000	79.000	19.782	101.768
4	207.345	340.000	抗拔力	4.000	79.000	19.782	101.768
5	207.345	340.000	抗拔力	4.000	79.000	19.782	101.768
6	207.345	340.000	抗拔力	4.000	79.000	19.782	101.768
7	207.345	340.000	抗拔力	4.000	79.000	19.782	101.768
8	207.345	340.000	抗拔力	4.000	79.000	19.782	101.768

总的下滑力 = 997.030(kN)

总的抗滑力 = 1217.110(kN)

土体部分下滑力 = 997.030(kN)

土体部分抗滑力 = 1058.857(kN)

筋带在直线轴向产生的抗滑力 = 158.253(kN)

筋带在直线法向产生的抗滑力 = 0.000(kN)

软件版本:理正岩土 7.0PB2

2.4 X038 涪赤路旧线 K5+552-K5+621 段边坡稳定性计算

(1) 计算参数及计算结果统计

表 2-5 X038 深赤路旧线 K5+552-K5+621 段边坡结构面设计参数表

工况	采用的结构面抗剪强度参数	
	黏聚力 C (kPa)	Φ (°)
正常工况、非正常工况II	37	25
非正常工况I	34	22

注：计算采用的结构面抗剪强度参数均为反演计算所得，非正常工况！为暴雨工况，对抗剪强度参数进行折减。

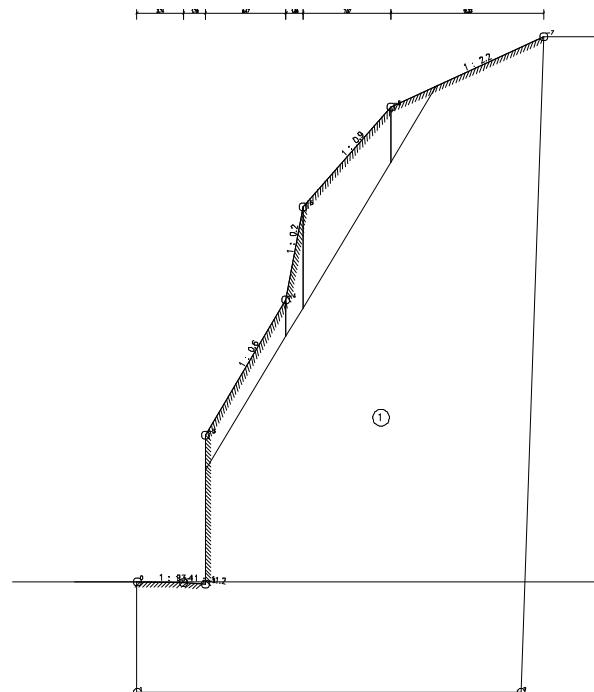
表 2-6 X038 漳赤路旧线 K5+552-K5+621 段边坡结构面安全系数统计表

工况	原始边坡		岩石锚杆加固后边坡	
	计算安全系数	稳定性评价	计算安全系数	稳定性评价
正常工况	1.068	<1.25, 稳定	1.262	>1.25, 稳定
非正常工况I	0.967	<1.15, 欠稳定	1.161	>1.15, 稳定
非正常工况II	1.014	>1.15, 基本稳定	1.202	>1.15, 稳定

(2) 计算过程

计算项目： 正常工况，原始边坡稳定性验算

[计算简图]



[控制参数] ·

采用规范：通用方法

计算目标：安全系数计算

滑裂面形状：直线滑动法

不考慮地震

[坡面信息]

坡面线段数 7

坡面线号	水平投影(m)	竖直投影(m)	超载数
1	3.736	-0.040	0
2	1.786	-0.160	0
3	0.000	12.010	0
4	6.467	10.900	0
5	1.357	7.510	0
6	7.071	8.010	0
7	12.327	5.680	0

「土层信息」

坡面节点数 8

编号	X (m)	Y (m)
0	0.000	0.000
-1	3.736	-0.040
-2	5.522	-0.200
-3	5.522	11.810
-4	11.989	22.710
-5	13.346	30.220
-6	20.417	38.230
-7	32.744	43.910

附加节点数 2

编号	X (m)	Y (m)
1	0.000	-8.862
2	30.873	-8.862

不同土性区域数 1

区号	重度	饱和重度	粘结强度	孔隙水压	节点 力系数	节点 编号
	(kN/m³)	(kN/m³)	(kPa)			
1	25.000	—	400.000	—	(-1, 0, 1, 2, -7, -6, -5, -4, -3, -2,)	

区号	粘聚力 (kPa)	内摩擦角 (度)	水下粘聚 力(kPa)	水下内摩 擦角(度)
1	37.000	25.000	—	—

工程设计总说明

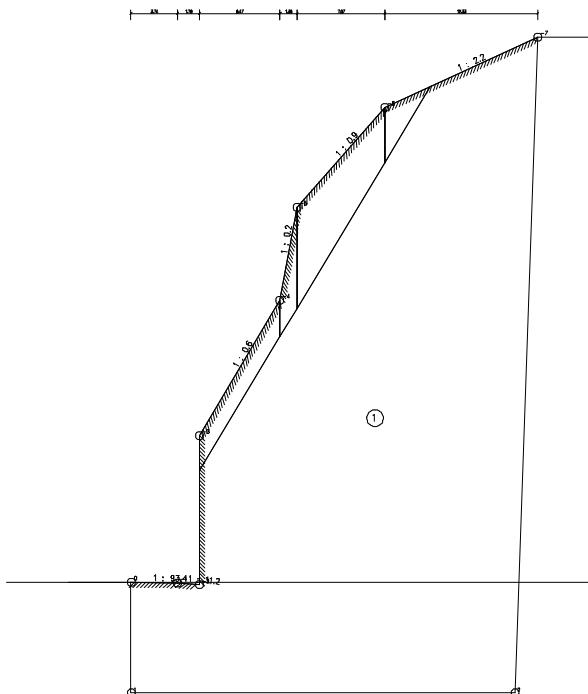
区号	十字板 τ		强度增		十字板 τ		水		强度增长系	
	(kPa)	长系数	下值(kPa)	数水下值						
1	—	—	—	—						
不考虑水的作用										

[计算条件]

稳定计算目标: 过某点某一角度的安全系数
 破裂点的高度: 9.000(m)
 破裂面的角度: 59.000(度)

计算结果:

[计算结果图]



最不利破裂面:

定位高度: 9.000(m)
 破裂面仰角: 59.000(度)
 安全系数 = 1.068

起始 x	终止 x	Ci	Φi	条重	浮力	水平地震力	渗透力	附加力 X	附加力 Y	下滑力	抗滑力	竖向地震力
(m)	(m)	(kPa)	(度)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)

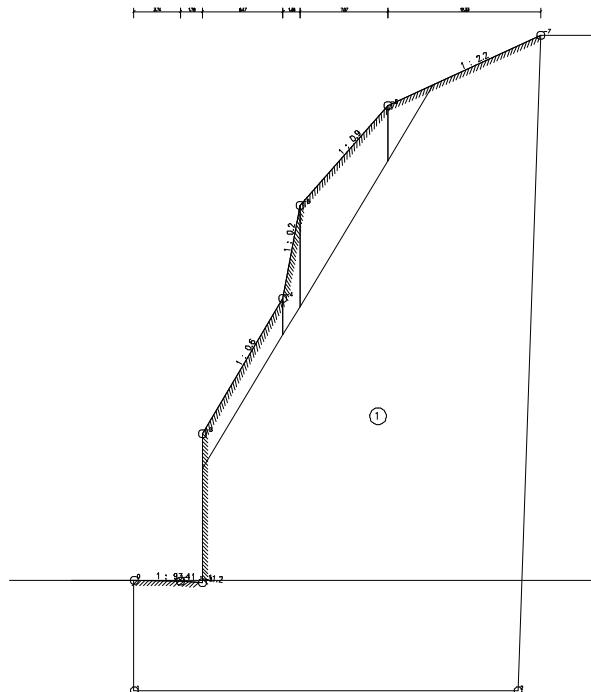
5.522	11.989	37.000	25.000	465.39	0.00	0.00	0.00	0.00	398.92	576.36	0.00
11.989	13.346	37.000	25.000	189.06	0.00	0.00	0.00	0.00	162.06	142.89	0.00
13.346	20.417	37.000	25.000	1117.15	0.00	0.00	0.00	0.00	957.58	776.28	0.00
20.417	24.107	37.000	25.000	204.80	0.00	0.00	0.00	0.00	175.55	314.25	0.00

总的下滑力 = 1694.109(kN)
 总的抗滑力 = 1809.778(kN)
 土体部分下滑力 = 1694.109(kN)
 土体部分抗滑力 = 1809.778(kN)
 筋带在直线轴向产生的抗滑力 = 0.000(kN)
 筋带在直线法向产生的抗滑力 = 0.000(kN)

软件版本:理正岩土 7.0PB2

计算项目：非正常工况 I，原始边坡稳定性验算

[计算简图]



[控制参数]:

采用规范: 通用方法

计算目标: 安全系数计算

滑裂面形状: 直线滑动法

不考虑地震

[坡面信息]

坡面线段数 7

坡面线号	水平投影(m)	竖直投影(m)	超载数
1	3.736	-0.040	0
2	1.786	-0.160	0
3	0.000	12.010	0
4	6.467	10.900	0
5	1.357	7.510	0
6	7.071	8.010	0
7	12.327	5.680	0

[土层信息]

坡面节点数 8

编号	X(m)	Y(m)
0	0.000	0.000
-1	3.736	-0.040
-2	5.522	-0.200
-3	5.522	11.810
-4	11.989	22.710
-5	13.346	30.220
-6	20.417	38.230
-7	32.744	43.910

附加节点数 2

编号	X(m)	Y(m)
1	0.000	-8.862
2	30.873	-8.862

不同土性区域数 1

区号	重度 (kN/m³)	饱和重度 (kN/m³)	粘结强度 (kPa)	孔隙水压 力系数	节点 编号
1	25.000	—	450.000	—	(-1, 0, 1, 2, -7, -6, -5, -4, -3, -2,)

区号	粘聚力 (kPa)	内摩擦角 (度)	水下粘聚 力(kPa)	水下内摩 擦角(度)
1	34.000	22.000	—	—

区号	十字板 τ (kPa)	强度增 长系数	十字板 τ 水 下值(kPa)	强度增长系 数水下值
1	—	—	—	—

不考虑水的作用

[计算条件]

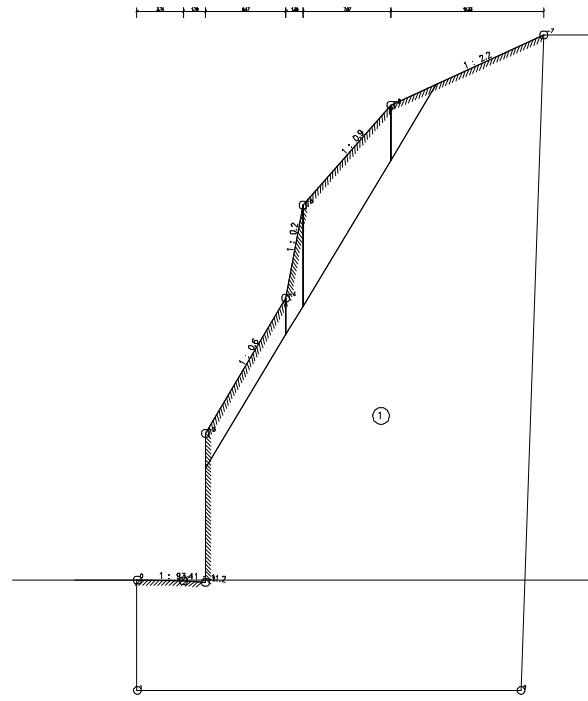
稳定计算目标: 过某点某一角度的安全系数

破裂点的高度: 9.000(m)

破裂面的角度: 59.000(度)

计算结果:

[计算结果图]



最不利破裂面:

定位高度: 9.000 (m)

破裂面仰角: 59.000 (度)

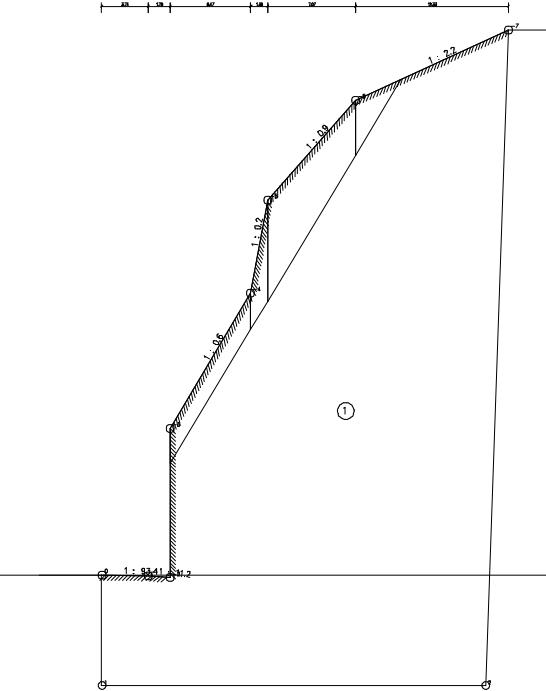
安全系数 = 0.967

起始 x	终止 x	Ci	Φ_i	条重	浮力	水平地震力	渗透力	附加力 X	附加力 Y	下滑力	抗滑力	竖向
(m)	(m)	(kPa)	(度)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	
5.522	11.989	34.000	22.000	465.39	0.00	0.00	0.00	0.00	398.92	523.76	0.00	
11.989	13.346	34.000	22.000	189.06	0.00	0.00	0.00	0.00	162.06	128.92	0.00	
13.346	20.417	34.000	22.000	1117.15	0.00	0.00	0.00	0.00	957.58	699.26	0.00	
20.417	24.107	34.000	22.000	204.80	0.00	0.00	0.00	0.00	175.55	286.19	0.00	
总的下滑力			=	1694.109 (kN)								
总的抗滑力			=	1638.128 (kN)								
土体部分下滑力			=	1694.109 (kN)								
土体部分抗滑力			=	1638.128 (kN)								
筋带在直线轴向产生的抗滑力			=	0.000 (kN)								
筋带在直线法向产生的抗滑力			=	0.000 (kN)								

软件版本:理正岩土 7.0PB2

计算项目: 非正常工况 II, 原始边坡稳定性验算

[[计算简图]]



[控制参数]:

采用规范: 通用方法

计算目标: 安全系数计算

滑裂面形状: 直线滑动法

地震烈度: 8 度

水平向地震系数: 0.200

地震作用综合影响系数: 0.250

地震作用重要性修正系数: 1.000

水平加速度系数分布: 矩形

考虑竖向地震力: 否

[坡面信息]

坡面线段数 7

坡面线号	水平投影(m)	竖直投影(m)	超载数
1	3.736	-0.040	0
2	1.786	-0.160	0
3	0.000	12.010	0
4	6.467	10.900	0
5	1.357	7.510	0

6	7.071	8.010	0
7	12.327	5.680	0

[土层信息]

坡面节点数 8

编号	X (m)	Y (m)
0	0.000	0.000
-1	3.736	-0.040
-2	5.522	-0.200
-3	5.522	11.810
-4	11.989	22.710
-5	13.346	30.220
-6	20.417	38.230
-7	32.744	43.910

附加节点数 2

编号	X (m)	Y (m)
1	0.000	-8.862
2	30.873	-8.862

不同土性区域数 1

区号	重度	饱和重度	粘结强度	孔隙水压	节点
	(kN/m³)	(kN/m³)	(kPa)	力系数	编号
1	25.000	—	400.000	—	(-1, 0, 1, 2, -7, -6, -5, -4, -3, -2,)

区号	粘聚力	内摩擦角	水下粘聚力	水下内摩
	(kPa)	(度)	力(kPa)	擦角(度)
1	37.000	25.000	—	—

区号	十字板 τ	强度增	十字板 τ	水	强度增长系
	(kPa)	长系数	下值(kPa)	数水下值	
1	—	—	—	—	

不考虑水的作用

[计算条件]

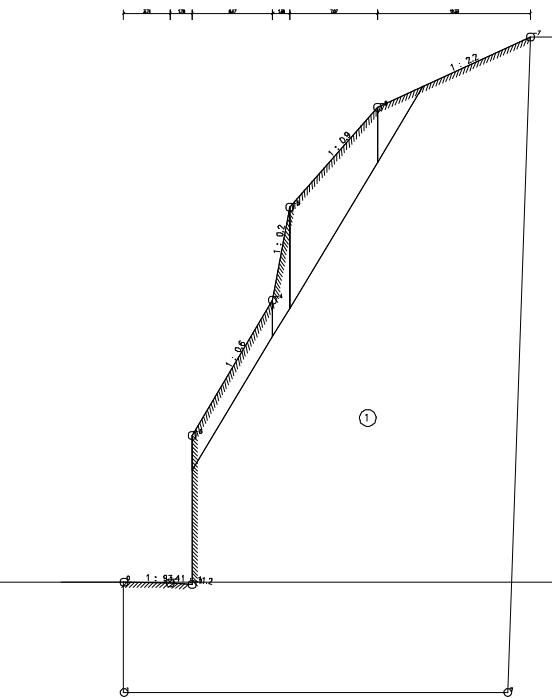
稳定计算目标: 过某点某一角度的安全系数

破裂点的高度: 9.000(m)

破裂面的角度: 59.000(度)

计算结果:

[计算结果图]



最不利破裂面:

定位高度: 9.000(m)

破裂面仰角: 59.000(度)

安全系数 = 1.014

地震力	起始 x	终止 x	Ci	Φi	条重	浮力	水平地震力	渗透力	附加力 X	附加力 Y	下滑力	抗滑力	竖向
	(m)	(m)	(kPa)	(度)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)
	5.522	11.989	37.000	25.000	465.39	0.00	23.27	0.00	0.00	0.00	410.90	567.06	0.00
	11.989	13.346	37.000	25.000	189.06	0.00	9.45	0.00	0.00	0.00	166.93	139.11	0.00
	13.346	20.417	37.000	25.000	1117.15	0.00	55.86	0.00	0.00	0.00	986.35	753.95	0.00
	20.417	24.107	37.000	25.000	204.80	0.00	10.24	0.00	0.00	0.00	180.83	310.16	0.00

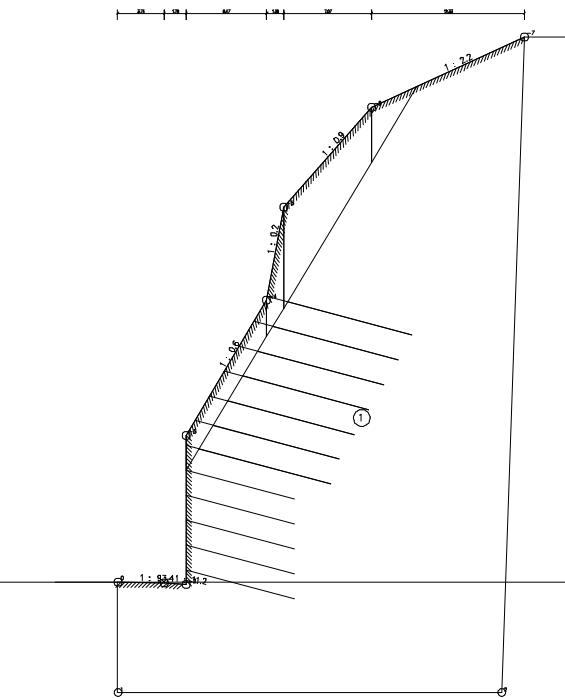
总的下滑力 = 1745.006(kN)
总的抗滑力 = 1770.279(kN)
土体部分下滑力 = 1745.006(kN)
土体部分抗滑力 = 1770.279(kN)
筋带在直线轴向产生的抗滑力 = 0.000(kN)

筋带在直线法向产生的抗滑力 = 0.000(kN)

软件版本:理正岩土 7.0PB2

计算项目: 正常工况, 加固后边坡稳定性验算

[计算简图]



[控制参数]:

采用规范: 通用方法

计算目标: 安全系数计算

滑裂面形状: 直线滑动法

不考虑地震

[坡面信息]

坡面线段数 7

坡面线号	水平投影(m)	竖直投影(m)	超载数
1	3.736	-0.040	0
2	1.786	-0.160	0
3	0.000	12.010	0
4	6.467	10.900	0
5	1.357	7.510	0
6	7.071	8.010	0
7	12.327	5.680	0

[土层信息]

坡面节点数 8

工程设计总说明

编号	X (m)	Y (m)
0	0.000	0.000
-1	3.736	-0.040
-2	5.522	-0.200
-3	5.522	11.810
-4	11.989	22.710
-5	13.346	30.220
-6	20.417	38.230
-7	32.744	43.910

附加节点数 2

编号	X (m)	Y (m)
1	0.000	-8.862
2	30.873	-8.862

不同土性区域数 1

区号	重度	饱和重度	粘结强度	孔隙水压	节点
	(kN/m³)	(kN/m³)	(kPa)	力系数	编号
1	25.000	—	400.000	—	(-1, 0, 1, 2, -7, -6, -5, -4, -3, -2,)

区号	粘聚力	内摩擦角	水下粘聚	水下内摩
	(kPa)	(度)	力(kPa)	擦角(度)
1	37.000	25.000	—	—

区号	十字板 τ	强度增	十字板 τ	水	强度增长系
	(kPa)	长系数	下值(kPa)	数水下值	
1	—	—	—	—	—

不考虑水的作用

[筋带信息]

采用锚杆

锚杆道数: 12

筋带力调整系数: 1.000

筋带号	距地面	水平间距	总长度	倾角	材料抗拉锚固段	锚固段	法向力发	
	高度(m)	(m)	(m)	(度)	力(kN)	长度(m)	直径(mm)	挥系数
1	1.00	2.00	9.00	15.00	340.00	4.00	0.11	0.00
2	3.00	2.00	9.00	15.00	340.00	4.00	0.11	0.00
3	5.00	2.00	9.00	15.00	340.00	4.00	0.11	0.00
4	7.00	2.00	9.00	15.00	340.00	4.00	0.11	0.00
5	9.00	2.00	9.00	15.00	340.00	4.00	0.11	0.00

6	11.00	2.00	12.00	15.00	340.00	4.00	0.11	0.00
7	13.00	2.00	12.00	15.00	340.00	4.00	0.11	0.00
8	15.00	2.00	12.00	15.00	340.00	4.00	0.11	0.00
9	17.00	2.00	12.00	15.00	340.00	4.00	0.11	0.00
10	19.00	2.00	12.00	15.00	340.00	4.00	0.11	0.00
11	21.00	2.00	12.00	15.00	340.00	4.00	0.11	0.00
12	23.00	2.00	12.00	15.00	340.00	4.00	0.11	0.00

[计算条件]

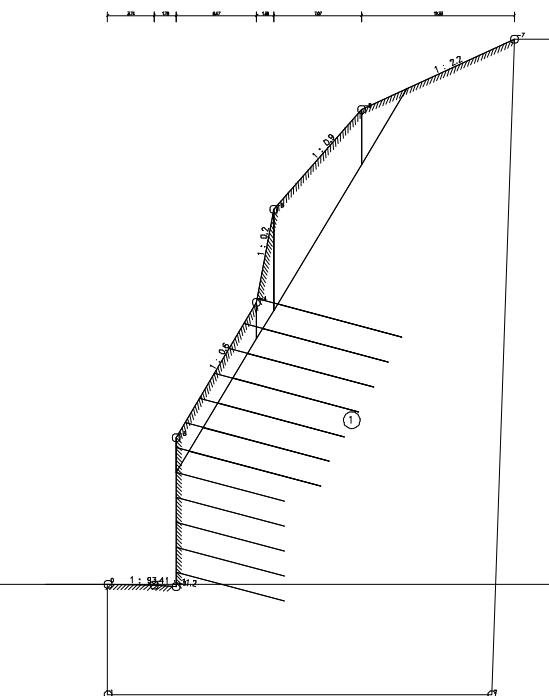
稳定计算目标: 过某点某一角度的安全系数

破裂点的高度: 9.000(m)

破裂面的角度: 59.000(度)

计算结果:

[计算结果图]



最不利破裂面:

定位高度: 9.000(m)

破裂面仰角: 59.000(度)

安全系数 = 1.262

起始 x 终止 x Ci Φ_i 条重 浮力 水平地震力 渗透力 附加力 X 附加力 Y 下滑力 抗滑力 竖向

地震力

(m)	(m)	(kPa)	(度)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)
5.522	11.989	37.000	25.000	465.39	0.00	0.00	0.00	0.00	398.92	576.36	0.00
11.989	13.346	37.000	25.000	189.06	0.00	0.00	0.00	0.00	162.06	142.89	0.00
13.346	20.417	37.000	25.000	1117.15	0.00	0.00	0.00	0.00	957.58	776.28	0.00
20.417	24.107	37.000	25.000	204.80	0.00	0.00	0.00	0.00	175.55	314.25	0.00

筋带号	锚固抗拔力(kN)	材料抗拉力(kN)	计算采用值	有效锚固长度(m)	滑面角度(度)	切向抗力(kN)	法向抗力(kN)
-----	-----------	-----------	-------	-----------	---------	----------	----------

1	0.000	0.000	抗拉力	0.000	0.000	0.000	0.000
2	0.000	0.000	抗拉力	0.000	0.000	0.000	0.000
3	0.000	0.000	抗拉力	0.000	0.000	0.000	0.000
4	0.000	0.000	抗拉力	0.000	0.000	0.000	0.000
5	0.000	0.000	抗拉力	0.000	0.000	0.000	0.000
6	552.920	340.000	抗拉力	4.000	74.000	46.858	163.414
7	552.920	340.000	抗拉力	4.000	74.000	46.858	163.414
8	552.920	340.000	抗拉力	4.000	74.000	46.858	163.414
9	552.920	340.000	抗拉力	4.000	74.000	46.858	163.414
10	552.920	340.000	抗拉力	4.000	74.000	46.858	163.414
11	552.920	340.000	抗拉力	4.000	74.000	46.858	163.414
12	552.920	340.000	抗拉力	4.000	74.000	46.858	163.414

总的下滑力 = 1694.109(kN)

总的抗滑力 = 2137.786(kN)

土体部分下滑力 = 1694.109(kN)

土体部分抗滑力 = 1809.778(kN)

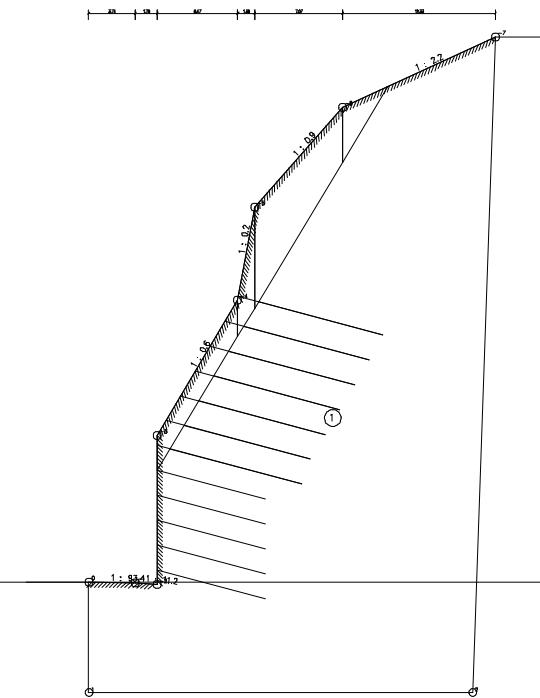
筋带在直线轴向产生的抗滑力 = 328.009(kN)

筋带在直线法向产生的抗滑力 = 0.000(kN)

软件版本:理正岩土 7.0PB2

计算项目: 非正常工况 I, 加固后边坡稳定性验算

[计算简图]



[控制参数]:

采用规范: 通用方法

计算目标: 安全系数计算

滑裂面形状: 直线滑动法

不考虑地震

[坡面信息]

坡面线段数 7

坡面线号	水平投影(m)	竖直投影(m)	超载数
1	3.736	-0.040	0
2	1.786	-0.160	0
3	0.000	12.010	0
4	6.467	10.900	0
5	1.357	7.510	0
6	7.071	8.010	0
7	12.327	5.680	0

[土层信息]

坡面节点数 8

工程设计总说明

编号	X (m)	Y (m)
0	0.000	0.000
-1	3.736	-0.040
-2	5.522	-0.200
-3	5.522	11.810
-4	11.989	22.710
-5	13.346	30.220
-6	20.417	38.230
-7	32.744	43.910

附加节点数 2

编号	X (m)	Y (m)
1	0.000	-8.862
2	30.873	-8.862

不同土性区域数 1

区号	重度	饱和重度	粘结强度	孔隙水压	节点
	(kN/m³)	(kN/m³)	(kPa)	力系数	编号
1	25.000	—	450.000	—	(-1, 0, 1, 2, -7, -6, -5, -4, -3, -2,)

区号	粘聚力	内摩擦角	水下粘聚	水下内摩
	(kPa)	(度)	力(kPa)	擦角(度)
1	34.000	22.000	—	—

区号	十字板 τ	强度增	十字板 τ	水	强度增长系
	(kPa)	长系数	下值(kPa)	数水下值	
1	—	—	—	—	—

不考虑水的作用

[筋带信息]

采用锚杆

锚杆道数: 12

筋带力调整系数: 1.000

筋带号	距地面	水平间距	总长度	倾角	材料抗拉锚固段	锚固段	法向力发	
	高度(m)	(m)	(m)	(度)	力(kN)	长度(m)	直径(mm)	挥系数
1	1.00	2.00	9.00	15.00	340.00	4.50	0.11	0.00
2	3.00	2.00	9.00	15.00	340.00	4.50	0.11	0.00
3	5.00	2.00	9.00	15.00	340.00	4.50	0.11	0.00
4	7.00	2.00	9.00	15.00	340.00	4.50	0.11	0.00
5	9.00	2.00	9.00	15.00	340.00	4.50	0.11	0.00

6	11.00	2.00	12.00	15.00	340.00	4.50	0.11	0.00
7	13.00	2.00	12.00	15.00	340.00	4.50	0.11	0.00
8	15.00	2.00	12.00	15.00	340.00	4.50	0.11	0.00
9	17.00	2.00	12.00	15.00	340.00	4.50	0.11	0.00
10	19.00	2.00	12.00	15.00	340.00	4.50	0.11	0.00
11	21.00	2.00	12.00	15.00	340.00	4.50	0.11	0.00
12	23.00	2.00	12.00	15.00	340.00	4.50	0.11	0.00

[计算条件]

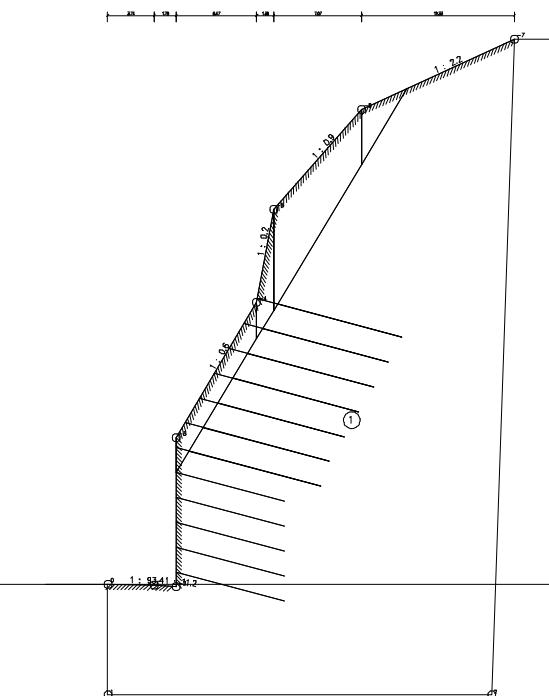
稳定计算目标: 过某点某一角度的安全系数

破裂点的高度: 9.000(m)

破裂面的角度: 59.000(度)

计算结果:

[计算结果图]



最不利破裂面:

定位高度: 9.000(m)

破裂面仰角: 59.000(度)

安全系数 = 1.161

起始 x 终止 x Ci Φ_i 条重 浮力 水平地震力 渗透力 附加力 X 附加力 Y 下滑力 抗滑力 竖向

地震力

(m)	(m)	(kPa)	(度)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)
5.522	11.989	34.000	22.000	465.39	0.00	0.00	0.00	0.00	398.92	523.76	0.00
11.989	13.346	34.000	22.000	189.06	0.00	0.00	0.00	0.00	162.06	128.92	0.00
13.346	20.417	34.000	22.000	1117.15	0.00	0.00	0.00	0.00	957.58	699.26	0.00
20.417	24.107	34.000	22.000	204.80	0.00	0.00	0.00	0.00	175.55	286.19	0.00

筋带号	锚固抗拔力(kN)	材料抗拉力(kN)	计算采用值	有效锚固长度(m)	滑面角度(度)	切向抗力(kN)	法向抗力(kN)
-----	-----------	-----------	-------	-----------	---------	----------	----------

1	0.000	0.000	抗拉力	0.000	0.000	0.000	0.000
2	0.000	0.000	抗拉力	0.000	0.000	0.000	0.000
3	0.000	0.000	抗拉力	0.000	0.000	0.000	0.000
4	0.000	0.000	抗拉力	0.000	0.000	0.000	0.000
5	0.000	0.000	抗拉力	0.000	0.000	0.000	0.000
6	699.790	340.000	抗拉力	4.500	74.000	46.858	163.414
7	699.790	340.000	抗拉力	4.500	74.000	46.858	163.414
8	699.790	340.000	抗拉力	4.500	74.000	46.858	163.414
9	699.790	340.000	抗拉力	4.500	74.000	46.858	163.414
10	699.790	340.000	抗拉力	4.500	74.000	46.858	163.414
11	699.790	340.000	抗拉力	4.500	74.000	46.858	163.414
12	699.790	340.000	抗拉力	4.500	74.000	46.858	163.414

总的下滑力 = 1694.109(kN)

总的抗滑力 = 1966.136(kN)

土体部分下滑力 = 1694.109(kN)

土体部分抗滑力 = 1638.128(kN)

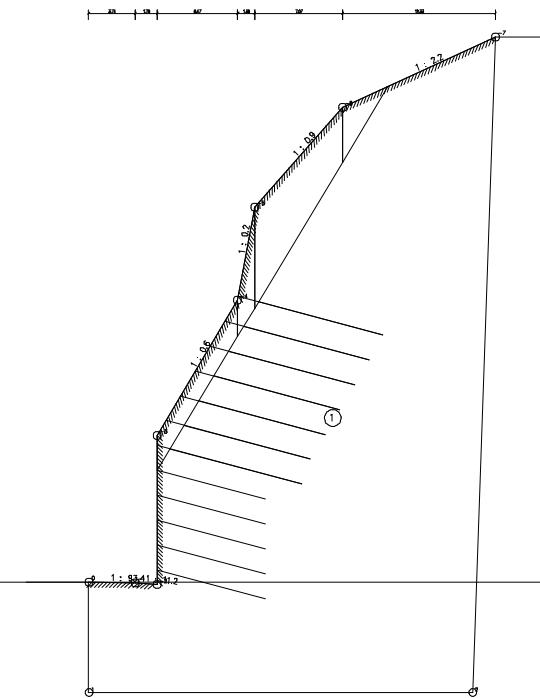
筋带在直线轴向产生的抗滑力 = 328.009(kN)

筋带在直线法向产生的抗滑力 = 0.000(kN)

软件版本:理正岩土 7.0PB2

计算项目: 非正常工况 II, 加固后边坡稳定性验算

[计算简图]



[控制参数]:

采用规范: 通用方法

计算目标: 安全系数计算

滑裂面形状: 直线滑动法

地震烈度: 8 度

水平向地震系数: 0.200

地震作用综合影响系数: 0.250

地震作用重要性修正系数: 1.000

水平加速度系数分布: 矩形

考虑竖向地震力: 否

[坡面信息]

坡面线段数 7

坡面线号	水平投影(m)	竖直投影(m)	超载数
1	3.736	-0.040	0
2	1.786	-0.160	0
3	0.000	12.010	0
4	6.467	10.900	0
5	1.357	7.510	0

工程设计总说明

6	7.071	8.010	0			
7	12.327	5.680	0			
[土层信息]						
坡面节点数 8						
编号	X (m)	Y (m)				
0	0.000	0.000				
-1	3.736	-0.040				
-2	5.522	-0.200				
-3	5.522	11.810				
-4	11.989	22.710				
-5	13.346	30.220				
-6	20.417	38.230				
-7	32.744	43.910				
附加节点数 2						
编号	X (m)	Y (m)				
1	0.000	-8.862				
2	30.873	-8.862				
不同土性区域数 1						
区号	重度	饱和重度	粘结强度	孔隙水压	节点	
	(kN/m³)	(kN/m³)	(kPa)	力系数	编号	
1	25.000	—	400.000	—	(-1, 0, 1, 2, -7, -6, -5, -4, -3, -2,)	
区号 粘聚力 内摩擦角 水下粘聚 水下内摩						
	(kPa)	(度)	力(kPa)	擦角(度)		
1	37.000	25.000	—	—		
区号 十字板 τ 强度增 十字板 τ 水 强度增长系						
	(kPa)	长系数	下值(kPa)	数水下值		
1	—	—	—	—		
不考虑水的作用						
[筋带信息]						
采用锚杆						
锚杆道数: 12						
筋带力调整系数: 1.000						
筋带号 距地面 水平间距 总长度 倾角 材料抗拉锚固段 锚固段 法向力发						
高度(m) (m) (m) (度) 力(kN) 长度(m) 直径(mm) 挥系数						

1	1.00	2.00	9.00	15.00	340.00	4.50	0.11	0.00
2	3.00	2.00	9.00	15.00	340.00	4.50	0.11	0.00
3	5.00	2.00	9.00	15.00	340.00	4.50	0.11	0.00
4	7.00	2.00	9.00	15.00	340.00	4.50	0.11	0.00
5	9.00	2.00	9.00	15.00	340.00	4.50	0.11	0.00
6	11.00	2.00	12.00	15.00	340.00	4.50	0.11	0.00
7	13.00	2.00	12.00	15.00	340.00	4.50	0.11	0.00
8	15.00	2.00	12.00	15.00	340.00	4.50	0.11	0.00
9	17.00	2.00	12.00	15.00	340.00	4.50	0.11	0.00
10	19.00	2.00	12.00	15.00	340.00	4.50	0.11	0.00
11	21.00	2.00	12.00	15.00	340.00	4.50	0.11	0.00
12	23.00	2.00	12.00	15.00	340.00	4.50	0.11	0.00

[计算条件]

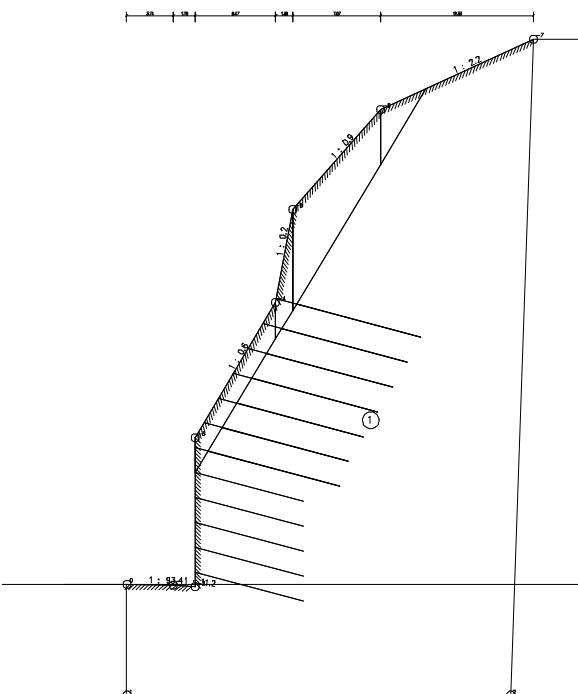
稳定计算目标: 过某点某一角度的安全系数

破裂点的高度: 9.000(m)

破裂面的角度: 59.000(度)

计算结果:

[计算结果图]



最不利破裂面:

定位高度: 9.000(m)

破裂面仰角: 59.000(度)

安全系数 = 1.202

起始 x 终止 x Ci Φi 条重 浮力 水平地震力 渗透力 附加力 X 附加力 Y 下滑力 抗滑力 竖向
地震力

(m)	(m)	(kPa)	(度)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)
5.522	11.989	37.000	25.000	465.39	0.00	23.27	0.00	0.00	410.90	567.06	0.00
11.989	13.346	37.000	25.000	189.06	0.00	9.45	0.00	0.00	166.93	139.11	0.00
13.346	20.417	37.000	25.000	1117.15	0.00	55.86	0.00	0.00	986.35	753.95	0.00
20.417	24.107	37.000	25.000	204.80	0.00	10.24	0.00	0.00	180.83	310.16	0.00

筋带号 锚固抗拔 材料抗拉 计算采用 有效锚固 滑面角 切向抗 法向抗
力(kN) 力(kN) 值 长度(m) 度(度) 力(kN) 力(kN)

1	0.000	0.000	抗拉力	0.000	0.000	0.000	0.000
2	0.000	0.000	抗拉力	0.000	0.000	0.000	0.000
3	0.000	0.000	抗拉力	0.000	0.000	0.000	0.000
4	0.000	0.000	抗拉力	0.000	0.000	0.000	0.000
5	0.000	0.000	抗拉力	0.000	0.000	0.000	0.000
6	622.035	340.000	抗拉力	4.500	74.000	46.858	163.414
7	622.035	340.000	抗拉力	4.500	74.000	46.858	163.414
8	622.035	340.000	抗拉力	4.500	74.000	46.858	163.414
9	622.035	340.000	抗拉力	4.500	74.000	46.858	163.414
10	622.035	340.000	抗拉力	4.500	74.000	46.858	163.414
11	622.035	340.000	抗拉力	4.500	74.000	46.858	163.414
12	622.035	340.000	抗拉力	4.500	74.000	46.858	163.414

总的下滑力 = 1745.006(kN)

总的抗滑力 = 2098.288(kN)

土体部分下滑力 = 1745.006(kN)

土体部分抗滑力 = 1770.279(kN)

筋带在直线轴向产生的抗滑力 = 328.009(kN)

筋带在直线法向产生的抗滑力 = 0.000(kN)

软件版本:理正岩土 7.0PB2

3 被动防护网设计验算

(1) 落距计算

石块在斜坡上的运动形式是比较复杂的，既有滑动、滚动还有跳跃运动，甚至在整个运动过程中三者兼而有之。根据能量守恒定律，在物体下落过程中动能的增加等于势能的减少，机械能的总量保持不变。即：

$$E_p + E_k = \text{恒量}$$

$$mgh = 1/2mv^2$$

根据地形剖面可计算出斜坡坡度 β 和碰撞时的切向速度 V_t 与法向速度 V_n ，即：

$$V_n = V \cdot \sin\beta$$

$$V_t = V \cdot \cos\beta$$

落石与斜坡松散层坡面的法向碰撞可认为是塑性碰撞，所以 $V_n=0$ 。切向碰撞参考 Hungr 等人的研究，切向损失率采用 10%，即落石第一次在斜坡上碰撞后维持其继续运动的动能为 $1/2m(0.9V_t)^2$ 。

块石在斜坡上的继续运动是以滚动和滑动为主的综合形式运动，其摩擦角称为综合摩擦角。

根据功能原理，落石的势能变化等于动能变化和克服摩擦所做的功：

$$\Sigma mg\Delta h_i = 1/2m(V_i^2 - V_t^2) + \Sigma mg\cos d_i \cdot \tan\Phi \cdot L_i$$

式中：

V_i ——落石在斜坡面上任意位置处所具有的速度

d_i ——各直线段斜坡的平均坡度

Δh_i ——各直线段斜坡的铅直高度

Φ ——落石与坡面的综合摩擦角

L_i ——各直线段斜坡的长度

当末速度 $V_i=0$ 时，可求得 ΣL_i ，而 ΣL 就是崩塌的最大水平运动距离。

根据危岩带及陡斜坡破碎带坡体结构特征，结合危岩带历年来所发生的崩塌、坠石进行反算、类比。

(2) 速度计算

崩塌落石下落的最终速度不仅与开始崩落的高度有关，而且与崩塌体的体积、重量有关。另外非直落式落石的运动还与山坡的坡度以及坡面上的植被都有密切关系。利用苏联尼·米·罗依尼什维里教授提出的落石运动速度的计算方法，按折线形山坡计算，计算公式如下：

$$v = \mu \sqrt{2gh}$$

$$\mu = \sqrt{1 - k \cot \alpha}$$

式中:H—石块坠落高度(m); g—重力加速度, 取 10(m/s²); a—山坡坡度角(°); K—石块沿山坡运动所受一切有关因素综合影响的阻力特性系数, 可采用表 3-1。

表 3-1 阻力特性系数 K 值计算公式表

顺序	山坡坡度角	K 值计算公式
1	0°~30°	K=0.41+0.0043a
2	30°~60°	K=0.543-0.0048a+0.000162a ²
3	60°~90°	K=1.05-0.0125a+0.0000025a ²

注: K 值计算公式可用于下列各种山坡:

- 1.a>45°基岩外露的山坡;
- 2.a=35°~40°基岩外露, 局部有草和稀疏灌木的山坡;
- 3.a=30°~35°有草, 稀疏灌木, 局部基岩外露的山坡;
- 4.a=25°~30°有草, 稀疏灌木的山坡。

因此崩塌岩石运动速度按下列公式计算:

$$v = \mu \sqrt{2gh} = \sqrt{2gh(1 - k \cot \alpha)}$$

(3) 落石腾越计算

落石腾越计算主要是求算石块运动轨迹与山坡面的最大偏离, 从而确定拦截建筑物的高度和建筑物与山坡坡角间的最小距离。落石的运动形式在理论上可以按照质点或球体在斜坡上的运动轨迹曲线来表示(见右图), 因此落石运动时距离斜坡面的最大距离可以计算。

根据运动学原理, 岩石在向下崩落的过程中, 应该是第一次碰撞时与斜坡面的距离是最大的。拦截建筑物通常设在缓坡段, 陡斜坡破碎岩块崩塌运动轨迹的方程式为:

$$y = \frac{gx^2}{2v_0^2 \sin \beta} + x \cot \beta$$

式中:v₀—崩塌体在该斜坡面的初速度; β—岩石的反射速度方向与 Y 轴的夹角; g 为重力加速度。

据此计算出质点运动轨迹在水平方向斜坡上距离斜坡的最大距离为:

$$L_{\max} = \frac{v_0(\tan \alpha - \cot \beta)^2}{2g \tan \alpha(1 + \cot^2 \beta)}, L_{\max} = L_{\max} \tan \alpha$$

(4) 撞击能量计算

在落石动能分析中, 将落石作为一种运动刚体来处理。根据查尔斯(Chasles)理论, 动能=运动能+滚动能,

$$\text{即: } E = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}Iw^2$$

但落石在滚动中的惯性矩取决于围绕落石, 但落石在滚动中的惯性矩取决于围绕落石(x, y, z) 的质量分布, 其大小不仅取决于其质量, 还取决于质量绕转轴是如何分布的, 或者说落石的形状是什么样的, 但对转动动能而言, 由于转动轴通常不一定就是主轴之一, 且转动速度也很难确定, 因此在实际计算中我们仅考虑平动动能部分, 而通过系数处理方法来计入转动动能, 根据经验, 该系数通常可以取为 1.2, 即:

E=1.2Er=0.6mv², 布置拦石网区微地貌特征从下至上为陡崖(危岩带)——陡斜坡——陡崖(危岩带)——陡斜坡——缓斜坡带, 主要落石运动模式为坠落——滚动——弹射, 坠落主要为破碎带松动岩块。

