

地质灾害危险性评估甲级证书：442019110192

# 广东省云浮市石材千亿产业园基础设施项目（一期） 地质灾害危险性评估报告

中国煤炭地质总局广东煤炭地质局勘查院

二〇二三年七月



# 广东省云浮市石材千亿产业园基础设施项目(一期) 地质灾害危险性评估报告

职 责	姓 名	证书号	签 名
评估人员	杨立	粤 20210313	杨立
	张相金	粤 2109	张相金
	黄亚娟	粤 2111	黄亚娟
项目负责人	杨立	粤 20210313	杨立
技术负责人	张文宇	粤 0182	张文宇
审 核	廖伟杰		廖伟杰
单位负责人	谢色新	粤 1363	谢色新

中国煤炭地质总局广东煤炭地质局勘查院

二〇二三年七月



## 目 录

<b>前 言</b> .....	<b>1</b>
第一节 评估任务由来.....	1
第二节 评估依据.....	1
第三节 主要任务和要求.....	4
<b>第一章 评估工作概述</b> .....	<b>6</b>
第一节 地理位置及交通.....	6
第二节 工程概况与征地范围.....	7
第三节 以往工作程度.....	27
第四节 工作方法及完成工作量.....	29
第五节 评估范围与级别的确定.....	33
第六节 评估的地质灾害类型.....	34
<b>第二章 地质环境条件</b> .....	<b>35</b>
第一节 区域地质背景.....	35
第二节 气象、水文.....	43
第三节 地形地貌.....	44
第四节 地层与岩石.....	46
第五节 地质构造.....	46
第六节 岩土类型及工程地质性质.....	47
第七节 水文地质条件.....	56
第八节 人类工程活动对地质环境的影响.....	60
第九节 地质环境条件评估小结.....	60
<b>第三章 地质灾害危险性现状评估</b> .....	<b>63</b>
第一节 地质灾害类型及发育特征.....	63
第二节 地质灾害危险性现状评估.....	64
第三节 现状评估小结.....	66
<b>第四章 地质灾害危险性预测评估</b> .....	<b>67</b>

第一节	工程建设引发或加剧地质灾害危险性的预测 .....	67
第二节	工程建设可能遭受地质灾害危险性的预测 .....	98
第三节	预测评估小结 .....	105
<b>第五章</b>	<b>地质灾害危险性综合评估及防治措施 .....</b>	<b>106</b>
第一节	地质灾害危险性综合评估原则及量化指标的确定 .....	106
第二节	地质灾害危险性综合分区评估 .....	107
第三节	建设和规划场地适宜性评估 .....	111
第四节	地质灾害防治措施 .....	112
第五节	综合评估小结 .....	116
<b>第六章</b>	<b>结论与建议 .....</b>	<b>117</b>

附 件（附报告内）：

1、野外照片（30张）

# 前 言

## 第一节 评估任务由来

为建设发展“国际石材城”石材产业，提高道路的通行能力和服务水平，满足日益增长的交通需求，为云浮国际石材产业城提供交通运输服务，同时可改善市民出行舒适性，拟在产业城新建云浮市石材千亿产业园基础设施项目（一期），对于推动云浮高质量发展具有重要意义。本项目新建六条城市道路、一条临时道路和污水处理厂。

根据《云浮市地质灾害防治规划（2007~2020年）》和《广东省地质灾害防治“十四五”规划》易发区的划分，拟建工程用地位于崩塌、滑坡地质灾害中易发区内。根据国务院394号令《地质灾害防治条例》、国土资源部《关于加强地质灾害危险性评估的通知》国土资发[2004]69号文、广东省国土资源厅《关于进一步规范我省地质灾害危险性评估和矿山地质环境影响评价有关事项的通知》粤国土资地环发[2007]137号文、国土资源部关于《建设用地审查报批管理办法》及广东省人民政府办公厅《关于印发广东省建设用地审查报批办法的通知》（粤府办[2019]11号）等文件要求，为完善用地手续，结合上述地块的地质环境条件和工程建设的实际需要，需要对拟建线路进行地质灾害危险性评估。

2023年6月5日，受云浮市自然资源局的委托，我院承担了云浮市石材千亿产业园基础设施项目（一期）地质灾害危险性评估工作（委托书见附件1）。

## 第二节 评估依据

### 一、法规和政策依据

- 1、《地质灾害防治条例》（中华人民共和国国务院令第394号），2003年11月24日；
- 2、国土资源部《国土资源部关于加强地质灾害危险性评估工作的通知》（国土资发〔2004〕69号，2004年3月25日）；
- 3、《国务院关于加强地质灾害防治工作的决定》（国发〔2011〕20号），2011年6月13日；
- 4、《国务院办公厅印发贯彻落实国务院关于加强地质灾害防治工作决定重点工

作分工方案的通知》（国办函〔2011〕94号），2011年9月7日；

5、广东省国土资源厅《转发国土资源部关于加强地质灾害危险性评估工作的通知》（粤国土资发〔2004〕63号，2004年4月22日）；

6、《广东省贯彻落实国务院关于加强地质灾害防治工作决定重点工作分工方案》（粤办函〔2011〕672号），2011年10月28日；

7、《关于进一步规范我省地质灾害危险性评估和矿山地质环境影响评价有关事项的通知》（粤国土资地环发〔2007〕137号），2007年6月20日；

8、《关于广东省地质灾害危险性评估有关规定的通知》（粤地协字〔2013〕49号），2013年11月21日；

9、《关于取消地质灾害危险性评估备案制度的公告》（粤国土资地环电〔2014〕232号），2014年12月；

10、广东省人民政府办公厅《关于印发广东省建设用地审查报批办法的通知》（粤府办〔2019〕11号），2019年6月10日；

11、《关于印发广东省工程建设用地建设项目区域评估操作规程的函》（粤府办〔2019〕12号），2019年12月25日；

12、关于做好《广东省地质灾害危险性评估实施细则（2023年修订版）》实施工作的通知（粤地协字〔2023〕1号），2023年3月1日；

13、广东省人民政府办公厅关于印发《广东省强化资源要素支撑全力推进省重大项目开工建设的工作方案》的通知，粤办函〔2021〕227号，2021年8月6日；

14、广东省地质灾害防治协会《关于印发广东省建设工程开展地质灾害危险性评估结束两年后仍未动工的项目重新评估的补充规定的通知》（粤地协字〔2021〕8号），2021年8月30日；

15、广东省自然资源厅关于印发《广东省地质灾害特征认定和分级标准》的通知，粤自然资函〔2021〕1035号，2021年10月20日；

16、《广东省人民政府办公厅关于进一步加强地质灾害防治工作的通知》（粤办函〔2022〕76号），2022年5月27日；

17、广东省自然资源厅关于印发《广东省地质灾害防治“十四五”规划》的通知（粤自然资发〔2022〕4号），2022年6月1日。

## 二、技术规范、标准和规定

1、《地质灾害危险性评估规范》（GB/T 40112-2021），2021年12月1日；

- 2、《广东省地质灾害危险性评估实施细则》（2023年修订版），广东省地质灾害防治协会，2023年1月；
- 3、《广东省地质灾害详细调查技术指南》（粤国土资地环发[2016]38号）；
- 4、《1：2.5万~1：5万工程地质调查规范》（GBD14003-89）；
- 5、《1：5万区域水文地质工程地质环境地质综合勘查规范》（GB/T14158-93）；
- 6、《岩土工程勘察规范》（DBJ/T03-113-2019）（2009年版）；
- 7、《工程岩体分级标准》（GB/T 50218-2014）；
- 8、《工程勘察通用规范》（GB 55017-2021）；
- 9、《建筑地基基础设计规范》（GB 50007-2011）；
- 10、《建筑抗震设计规范》（GB 50011-2010）（2016年版）；
- 11、《建筑地基处理技术规范》（JGJ 79-2012）；
- 12、《建筑桩基技术规范》（JGJ 94-2008）；
- 13、《建筑基坑支护技术规程》（JGJ 120-2012）；
- 14、《建筑边坡工程技术规范》（GB50330-2013）；
- 15、《滑坡防治工程勘查规范》（GB/T 32864-2016）；
- 16、《滑坡防治工程设计与施工技术规范》（DZ/T 0219-2006）；
- 17、《中国地震动参数区划图》（GB 18306-2015）；
- 18、《综合工程地质图图例及色标》（GB/T 12328-1990）；
- 19、《工程岩体分级标准》（GB/T 50218-2014）；
- 20、《崩塌、滑坡、泥石流监测规范》（DZ/T 0221-2006）；
- 21、《地质灾害防治工程监理规范》（DZ/T 0222-2006）；
- 22、《场地地质灾害危险性评估技术要求》（T/CAGHP025-2018）；
- 23、《滑坡防治设计规范》（GB/T38509-2020）；
- 24、《崩塌防治工程勘查规范（试行）》（T/CAGHP011-2018）；
- 25、《崩塌防治工程施工技术规范》（试行）（T/CAGHP041-2018）；
- 26、《崩塌防治工程设计规范》（试行）（T/CAGHP032-2018）；
- 27、《建筑地基基础设计规范》（DBJ15-31-2016）；
- 28、《滑坡崩塌泥石流灾害调查规范（1:50000）》（DZ/T 0261-2014）；
- 29、《建筑基坑工程技术规程》（DBJ/T15-2-2016）；
- 30、《广东省地质灾害隐患点特征认定和分级标准》（粤自然资函〔2021〕1035

号)；

31、《城市道路工程技术规范》(GB51286-2018)；

32、《城市道路路基设计规范》CJJ194-2013。

### 三、其他参考资料

1、第一章第三节以往工作程度中所列的成果资料；

2、业主提供有关该地块的用地属性及相关规划文件；

3、委托书；

4、《广东省地震烈度区划图（1：180万）》（1992年）；

5、工程地质手册（第五版）。

## 第三节 主要任务和要求

评估工作的主要目的是调查分析评估区地质环境条件和现状地质灾害，预测工程建设引发地质灾害以及工程建设本身遭受地质灾害的可能性，对已发和潜在的地质灾害危险性做出综合评估，并提出相应的防治措施；本次评估工作的主要任务和要求是：

1、收集现有区域地质、工程地质、环境地质、水文地质以及气象、水文等方面资料，对所收集资料进行综合分析整理，并对场地地质环境条件进行调查，查明环境地质条件；对地质环境复杂程度进行判断，确定地质灾害引发的主导因素、激发因素和从属因素。

2、根据拟建建设项目的特点、地质环境条件和地质灾害种类，充分考虑外围地质灾害影响的可能性，合理确定评估等级和评估范围。

3、调查评估区内地质环境条件及已发地质灾害类型、分布范围、规模、特征、稳定性、危害对象和损失情况等；通过对地质灾害危害程度或危险性起决定作用的因素进行分析，判断其性质、变化，对已发地质灾害的危险性作出现状评估。

4、依据评估区地质环境条件，结合工程建设项目类型、规模、施工方式，预测工程项目在建设过程中或建成后，造成地质环境的改变及影响，预测评估工程建设可能引发或加剧的地质灾害及建设工程本身可能遭受的地质灾害类型、分布范围、规模大小、危害程度及危险性。

5、结合现状评估和预测评估对地质灾害危险性进行综合分析，结合工程在建设过程中或建成后引发或加剧、建设工程本身可能遭受地质灾害危险性大小进行地

质灾害危险性综合分区，并对各区段的地质灾害类型、地质灾害的危害程度及危险性分别进行评估。

6、根据地质灾害危险性综合评估结果，对工程建设用地适宜性进行评估。

7、针对已发和潜在（预测）的地质灾害类型，遵照“预防为主，避让与治理相结合和全面规划、突出重点”的原则，提出防治措施和建议。

8、尚须说明，本评估工作不能替代建设工程和规划各阶段的岩土工程勘察、设计与施工等有关工作。地质灾害危险性评估结束两年后仍未动工的项目，如果建设工程类型、规模和空间分布位置没有变化或有微小变化，需采用资料复核；地质灾害危险性评估结束两年后仍未动工的项目，如果建设工程类型、规模或空间分布位置有较大变化，需重新对工程变动部分进行地质灾害危险性评估。

# 第一章 评估工作概述

## 第一节 地理位置及交通

拟建道路在云浮国际石材产业城主园内，位于云浮市南东约  $100^{\circ}$  方向约 13km 处，行政区属云浮市云城区安塘街。安塘街“云浮国际石材产业城主园”的范围：位于云城区安塘街下属都滂、安塘、布贯、塍头四个行政村交界处。东至都滂村至云龙村乡道，南至 G324 改线，东至汕湛高速，北至云龙村。交通便利，且有一处汕湛高速出入口。场地的中心位置地理坐标为：东经  $112^{\circ} 11' 16.17''$ ，北纬  $22^{\circ} 53' 17.87''$ 。

拟建线路附近的公路有国道 G359 和省道 S276 两大主干道，周边的县道 X483、X484 及 X485 连接 G359、S276；此外，线路附近有村道连接至西侧六祖镇。故区内交通较为方便。评估区的交通位置见图 1-1。

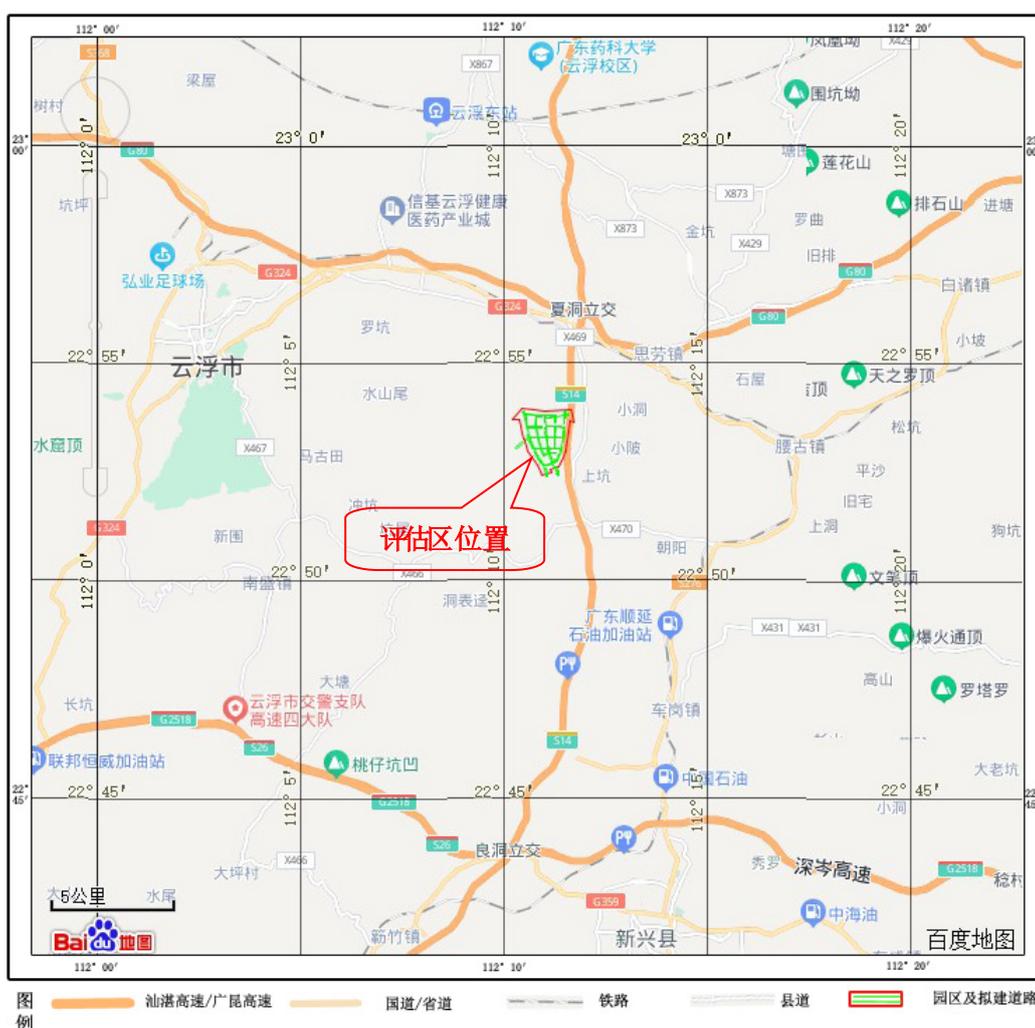


图 1-1 评估区交通位置示意图（来源：百度地图）

## 第二节 工程概况与征地范围

### 一、工程概况

#### （一）建筑规模

本项目位于云浮市云城区安塘街，为产业城主园基础配套设施项目，线路范围用地面积为 881976.322m<sup>2</sup>（1322 亩），总长约 5.95km。新建六条城市道路，一条临时道路，城市主干路为：石技景观大道、百石大道、兴石大道；城市次干路为：玉石路、异石路、奇石路。其中 3 条双向 6 车道城市主干路约 2.50km；3 条双向 4 车道城市次干路，总长度约 2.10km；临时道路总长度为 1353.503m；包括土地平整及七通一平，新建污水处理厂，新建排水、市政管线、交通安全设施、照明和绿化工程、安全监控、海绵城市等配套设施。主干路、次干路技术指标见表 1-1，拟建道路总平面布置图见图 1-2。

表 1-1 主干路、次干路技术指标表

序号	项目	设计规范值	设计采用值	设计规范值	设计采用值
1	道路等级	城市主干路		城市次干路	
2	红线宽度	40m		30m	
3	设计车速	40~60 公里/小时	50 公里/小时	30~50 公里/小时	40 公里/小时
4	车道数	双向6 车道		双向4 车道	
5	不设缓和曲线的最小圆曲线半径	700m	900m	500m	/
6	缓和曲线最小长度 (主干路50km/h、次干路40km/h)	45m	/	35m	/
7	竖曲线最小半径(凹)	1050/700m	10000m	700/450m	/
8	竖曲线最小半径(凸)	1350/900m	4800m	600/400m	2500m
9	最大纵坡	5.5~6%	2.398%	6~7%	2.167%
10	最小坡长	130m	315.468m	110m	323.484m
11	道路横坡	2%		2%	
12	停车视距	60		60	
13	沥青砼路面设计年限	15 年		15 年	
14	设计年限内一个车道累计标准轴次	2.5×10 <sup>7</sup> 次/车道(重等级交通)		2.5×10 <sup>7</sup> 次/车道(重等级交通)	
15	地震动峰值加速度	0.05g		0.05g	
16	坐标系统	2000 国家大地坐标系			
17	高程系统	1985 国家高程系统			

#### （二）线路及周边环境

根据现场踏勘及勘察报告显示，场地原始地貌类型为山地丘陵地貌和丘间沟谷，现状地形主要为林地、鱼塘、河流、水泥路，以及简易棚房，有几处高压线路。山体标高约为31.13m~100.30m，植被发育，多为杂树、灌木。

### （三）场地平整

根据规划设计，场地填筑前，对菜地、旱地、荒地等应清除草皮、平整压实。对鱼塘范围内进行抽水、清淤并换填。场地内树木的迁移由业主统筹考虑，本次仅考虑清表。

场地平整工程为园区一期范围，整平面积约为881976.322m<sup>2</sup>。场地设计标高在47.48~66.60m，道路设计标高为25.93~67.30m。拟建项目在西侧和南侧共设置5个弃土场，取土位置为0.1km，可取（弃）土数量为467230m<sup>3</sup>、747730m<sup>3</sup>、440352.392m<sup>3</sup>、707235.767m<sup>3</sup>、268785.763m<sup>3</sup>，填方利用现状挖方，场地平整总填方量为5015123.612m<sup>3</sup>，总挖方量为7993088.618m<sup>3</sup>，场内平整采取挖方，多余弃土设置弃土场堆放。

表 1-2 弃土场工程概况

弃土场编号	位置	取(弃)土方量(m <sup>3</sup> )	平均挖填高度(m)
弃土场 1	场区西北侧	467230	13.5
弃土场 2	场区西侧	747730	14.1
弃土场 3	场区西南侧	440352392	11.2
弃土场 4	场区南侧	707235.767	14.2
弃土场 5	场区东南侧	268785.763	13

### （四）场地平面布置

#### 1、拟建道路

本项目共新建六条城市道路，城市主干路为：石技景观大道、百石大道、兴石大道；城市次干路为：玉石路、异石路、奇石路。在场地西南侧新建一座污水处理厂，设计规模为15000m<sup>3</sup>/d，新建一条临时道路，设计速度30km/h，路基宽8m。拟建道路平纵面示意图见图1-3~1-12。

##### （1）石技景观大道

石技景观大道道路走向呈南北走线，起点交异石路，终点接兴石大道，线型为直线，道路实施长度481.516m，设计标高为63.20~64.50m，设计里程为AK0+038.484~AK0+520。

##### （2）玉石路

玉石路道路走向呈南北走线，起点接规划原石大道，中间与奇石路、兴石大道相交，终点接异石路，线型为直线，道路实施长度1153.194m，设计标高为58.50~67.30m，设计里程为BK0+080~BK1+233.14。

### (3) 百石大道

百石大道道路走向呈南北走线，起点接规划原石大道，中间与奇石路、兴石大道、异石路相交，终点接规划路，道路实施长度 1560m。设置有 3 处弯道，最小半径为 900m，圆曲线最小长度为 86.568m，设计标高为 48.00~66.70m，设计里程为 CK0+060~CK1+620。

### (4) 奇石路

奇石路道路走向呈东西走线，起点交百石大道，终点接玉石路，线型为直线，道路实施长度 266.977m，设计标高为 59.70~67.30m，设计里程为 DK0+041.699~DK0+308.676。

### (5) 兴石大道

兴石大道道路走向呈东西走线，起点交百石大道，中间与玉石路相交，终点接石技景观大道，线型为直线，道路实施长度 457.790m，设计标高为 64.50~66.70m，设计里程为 EK0+049.981~EK0+591.891。

### (6) 异石路

异石路道路走向呈东西走线，起点交百石大道，终点接石技景观大道，线型为直线，道路实施长度 676.406m，设计标高为 61.41~64.48m，设计里程为 FK0+043.594~FK0+720（终点）。

### (7) 临时路

临时路道路走向呈南北走线，起点交异石路，终点接国道 G324 改线，道路实施长度 1353.503m，设置有 2 处弯道，最小半径为 460m，圆曲线最小长度为 257.504m，设计标高为 25.93~63.20m，设计里程为 LK0+015.088~LK1+368.591。

## 2、污水处理厂工程

污水处理厂位于石材产业城南侧，国道 324 改线与汕湛高速相交处西南角，由于污水处理厂占地尚未确定，暂无地勘资料等，本次项目评估不包括污水处理厂，主要的构筑物有：粗格栅及提升泵站、细格栅及旋流沉砂池、调节池及事故池、水解酸化池、A20 池、二沉池、高密度沉淀池、滤布滤池、接触消毒池及巴氏计量渠、加药间、污泥脱水间、风机房及配电间、综合楼、门卫室等，厂区总占地面积约 22000m<sup>2</sup>。

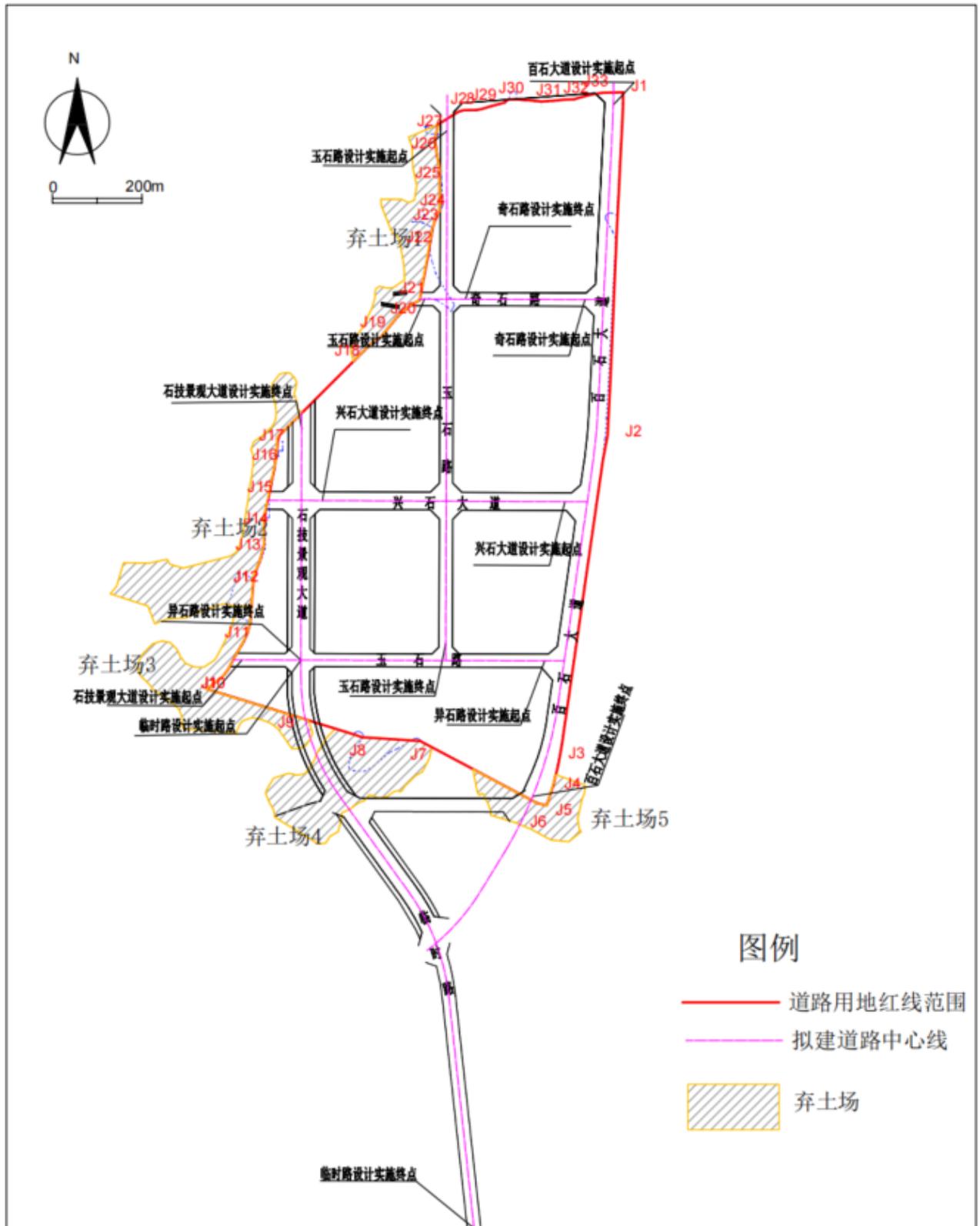


图 1-2 场内弃土场分布图

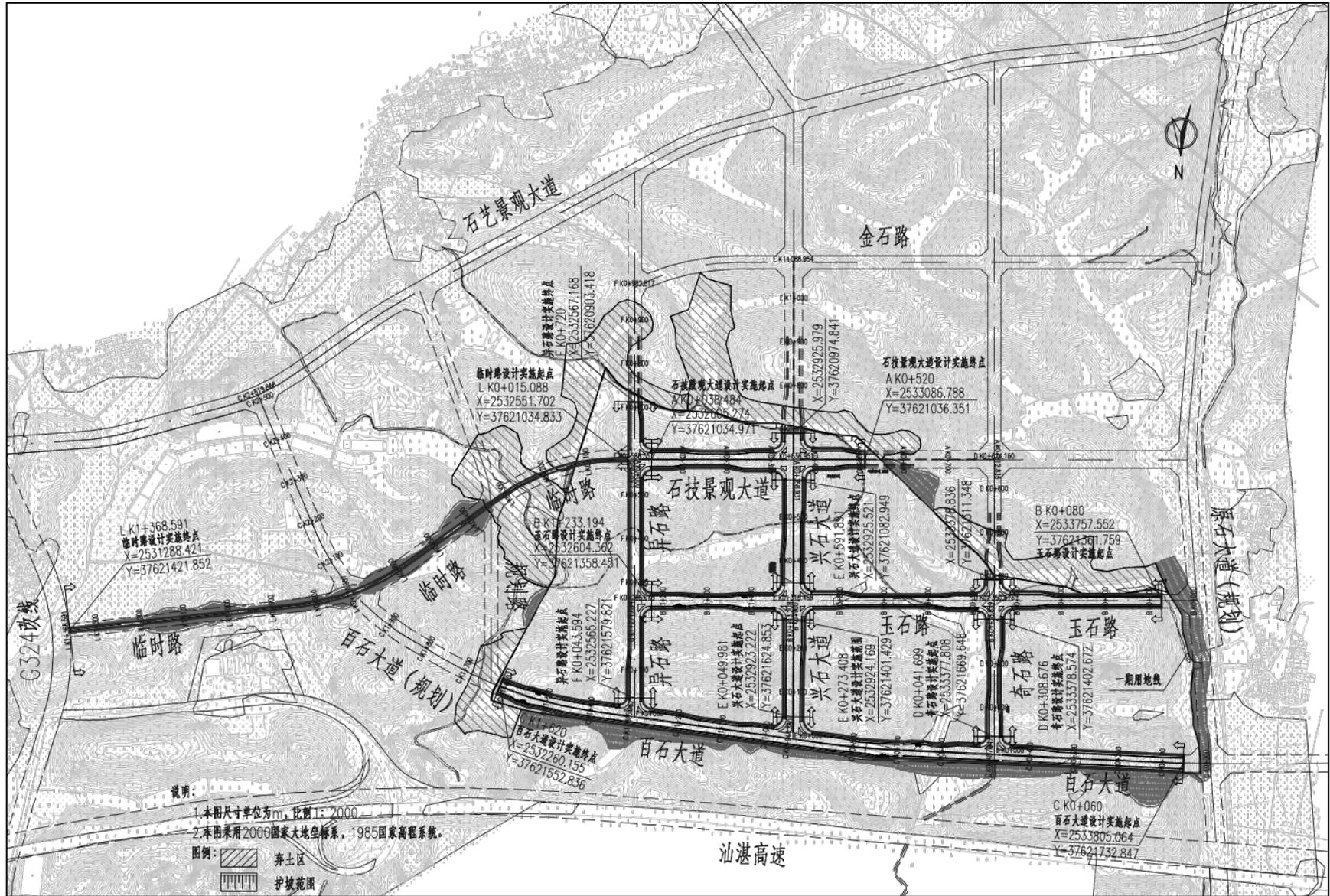


图 1-3 拟建道路及周边地形图

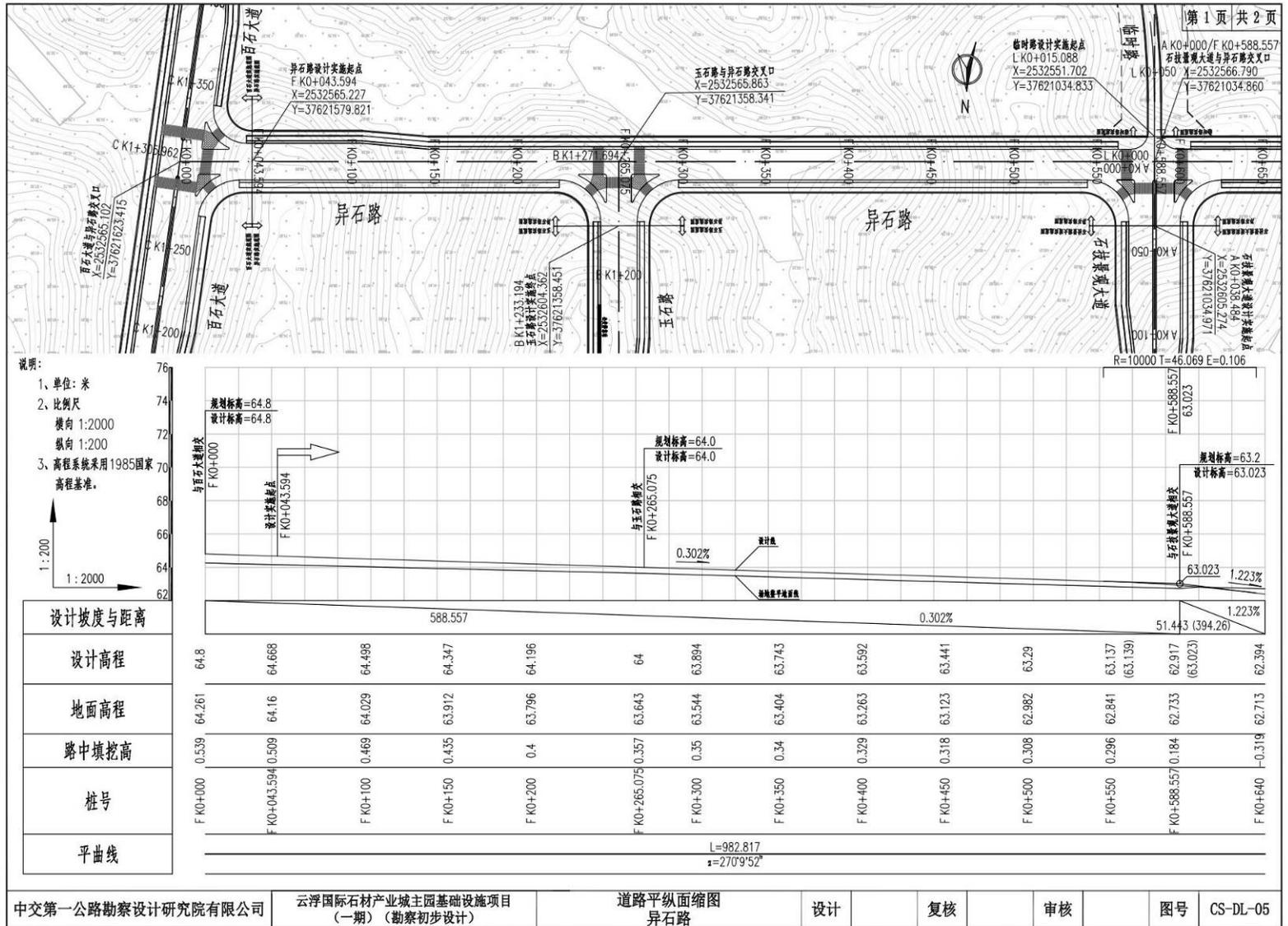


图 1-4 拟建道路平纵面示意图 1

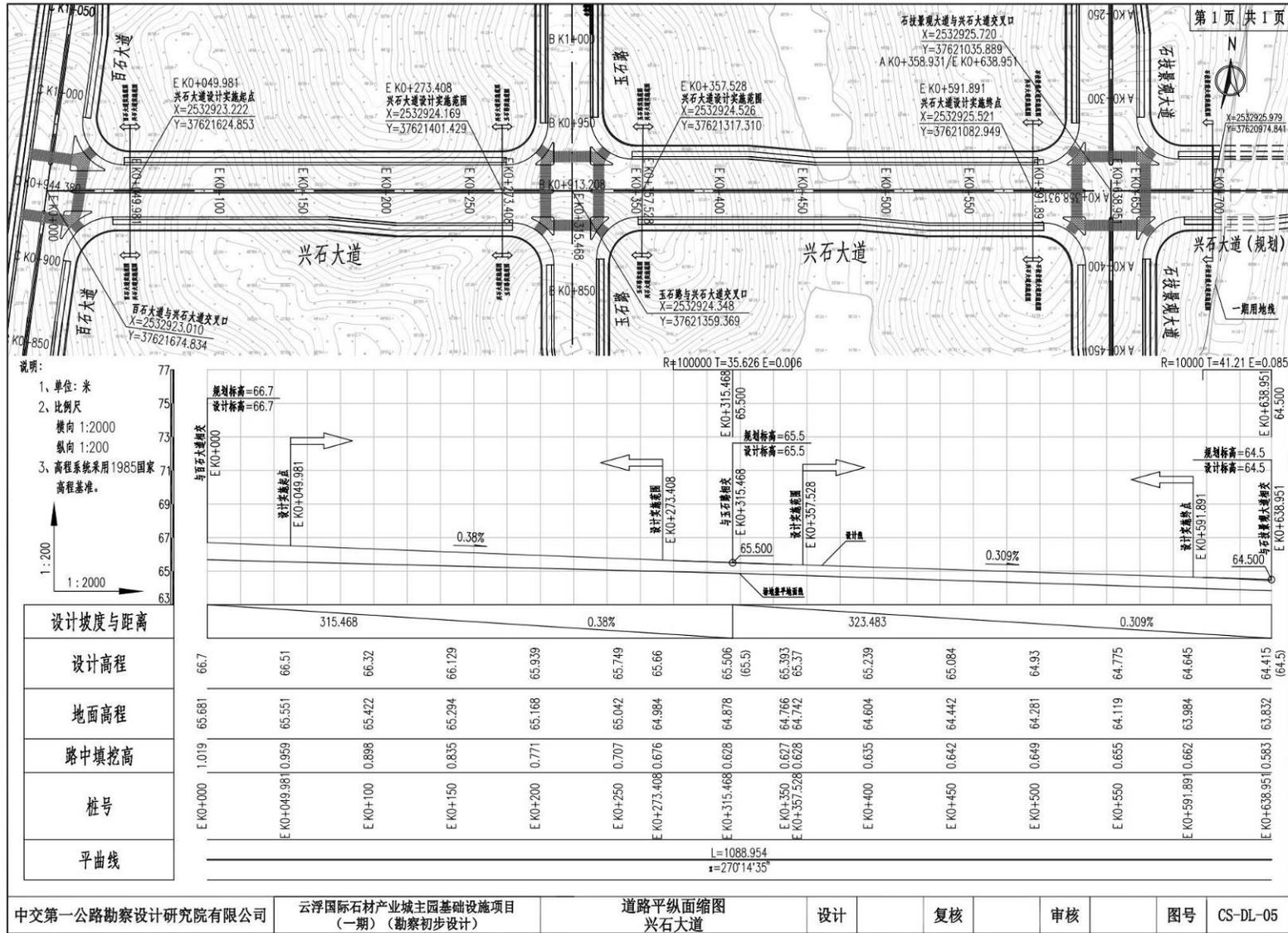


图 1-5 拟建道路平纵面示意图 2

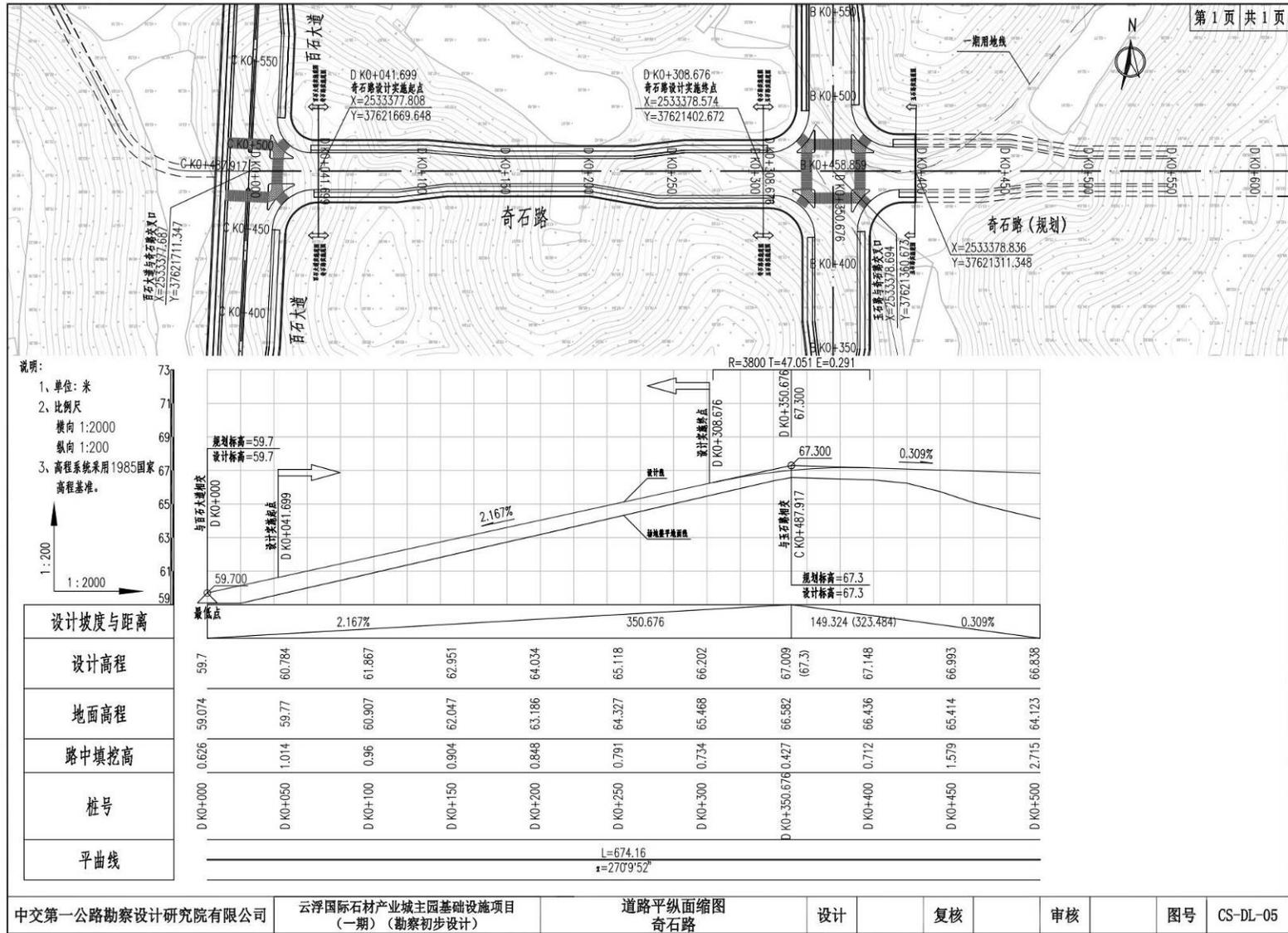


图 1-6 拟建道路平纵面示意图 3

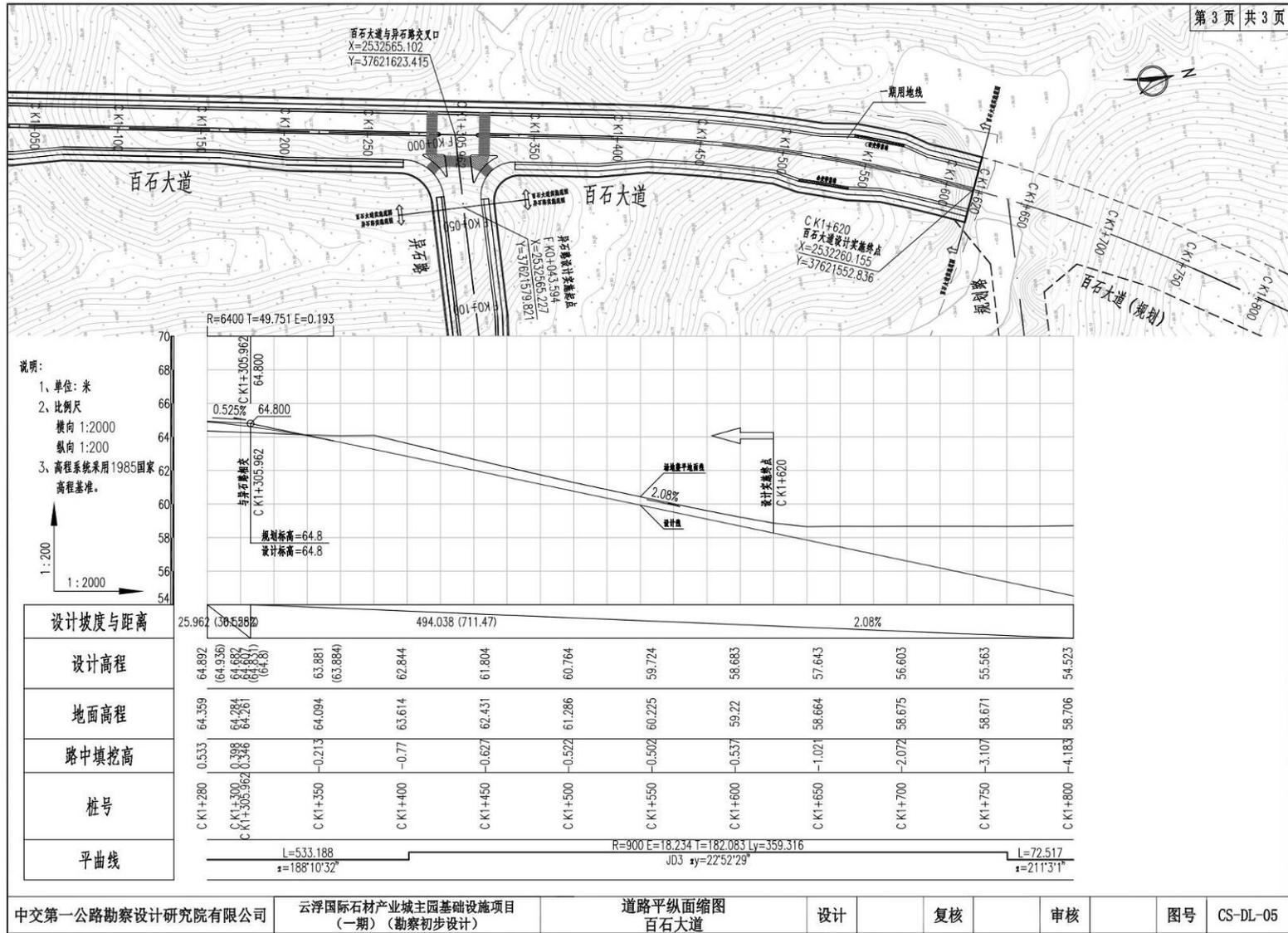


图 1-7 拟建道路平纵面示意图 4

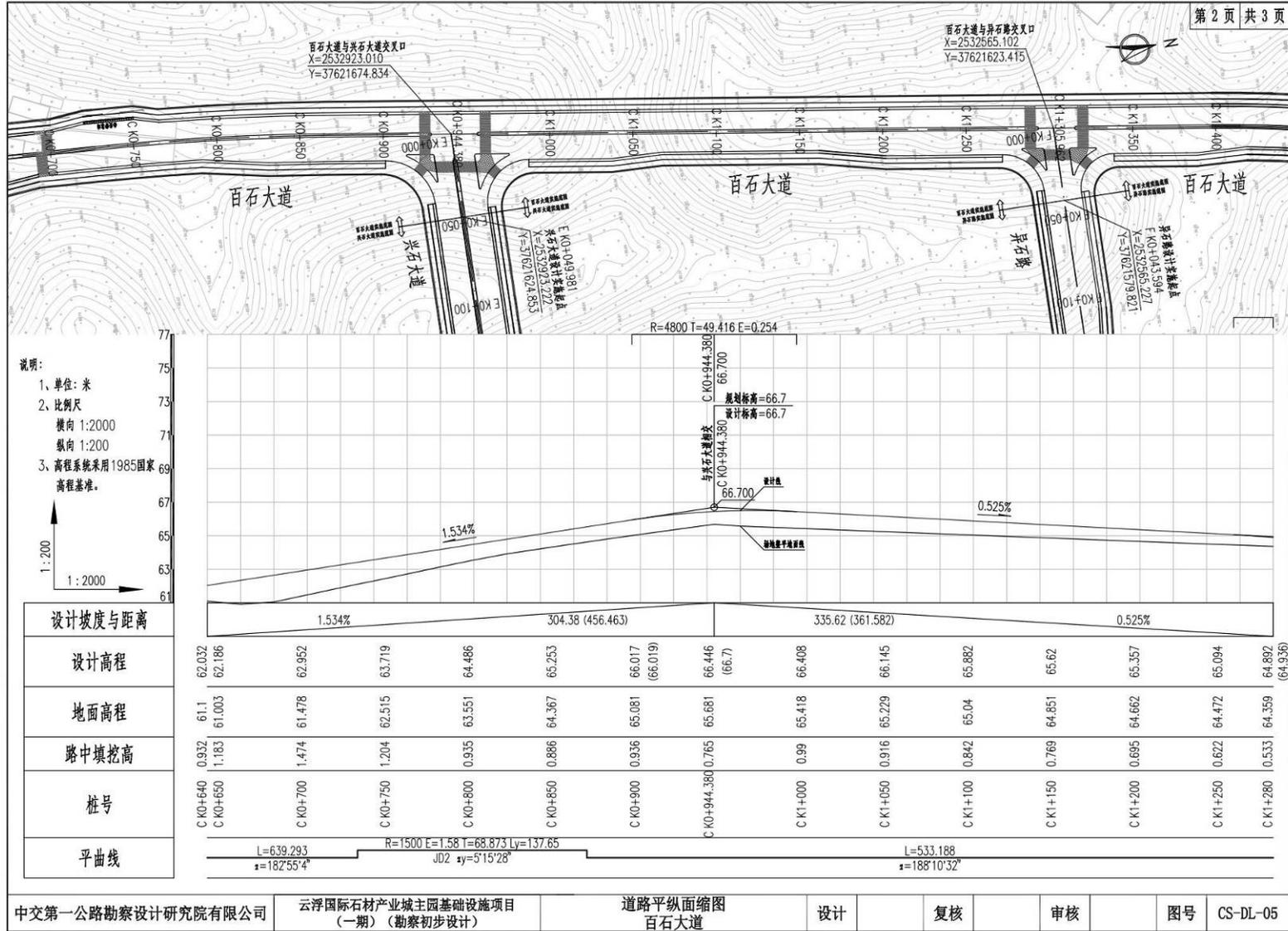


图 1-8 拟建道路平纵面示意图 5

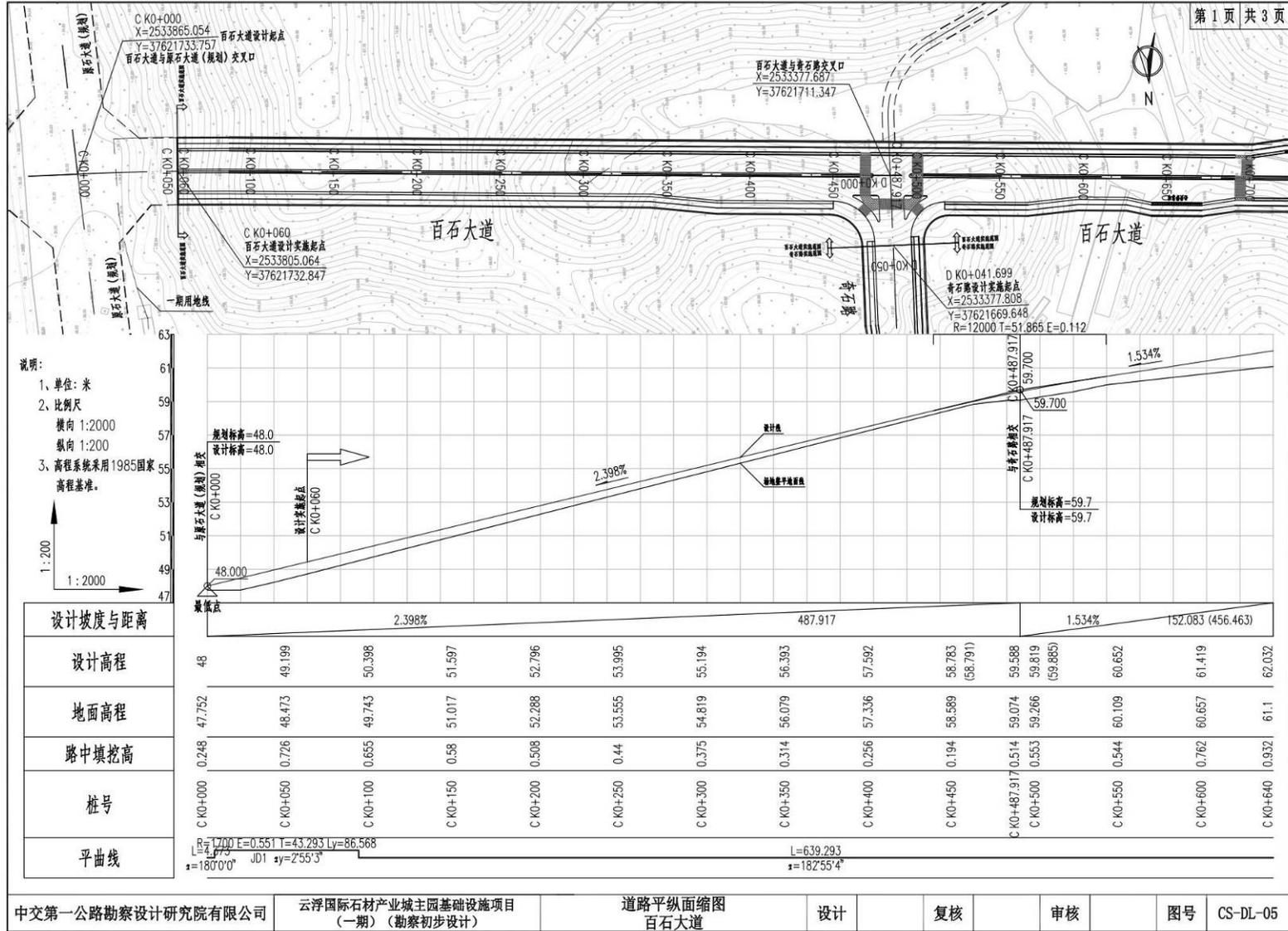


图 1-9 拟建道路平纵面示意图 6

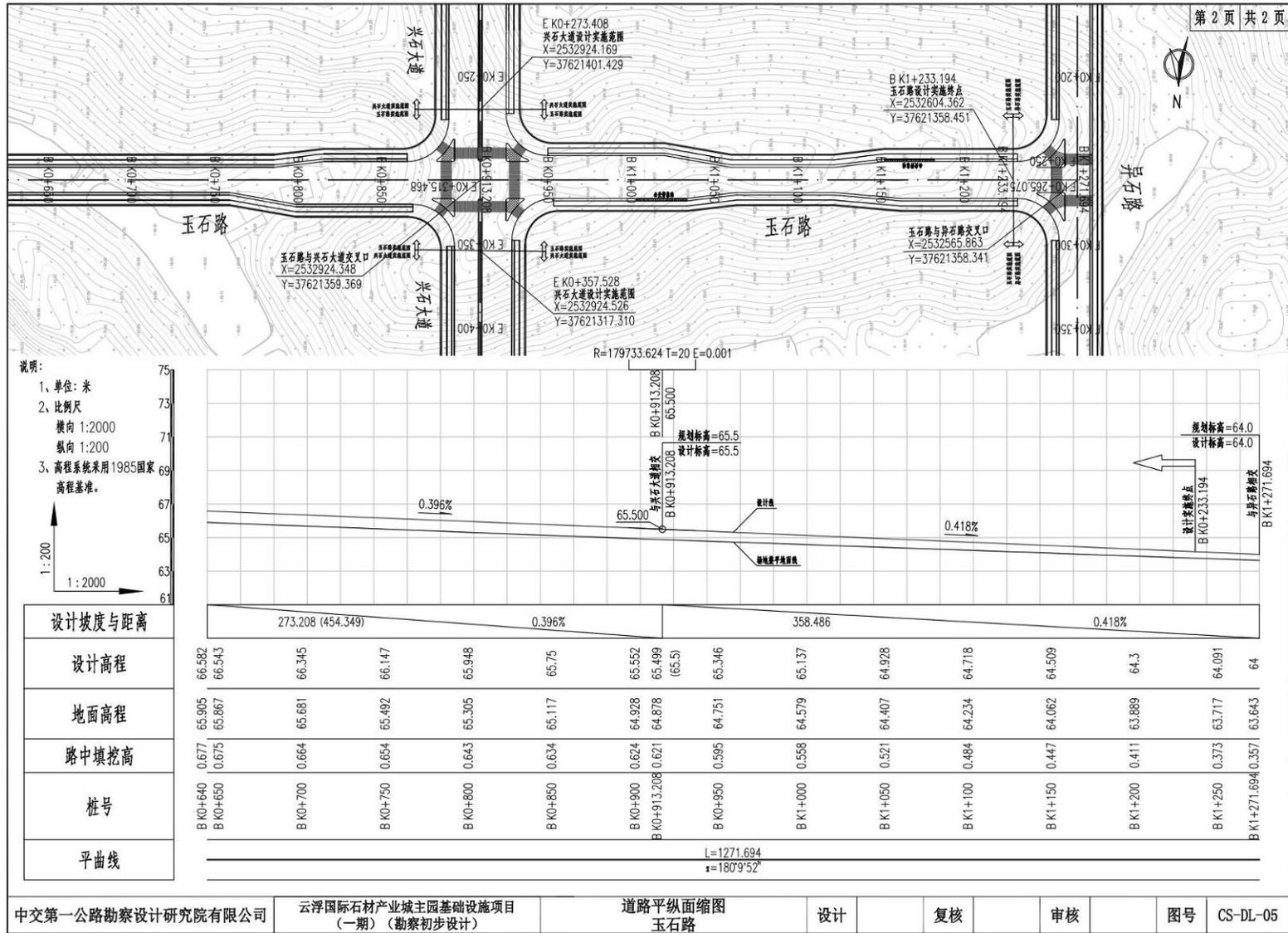


图 1-10 拟建道路平纵面示意图 7

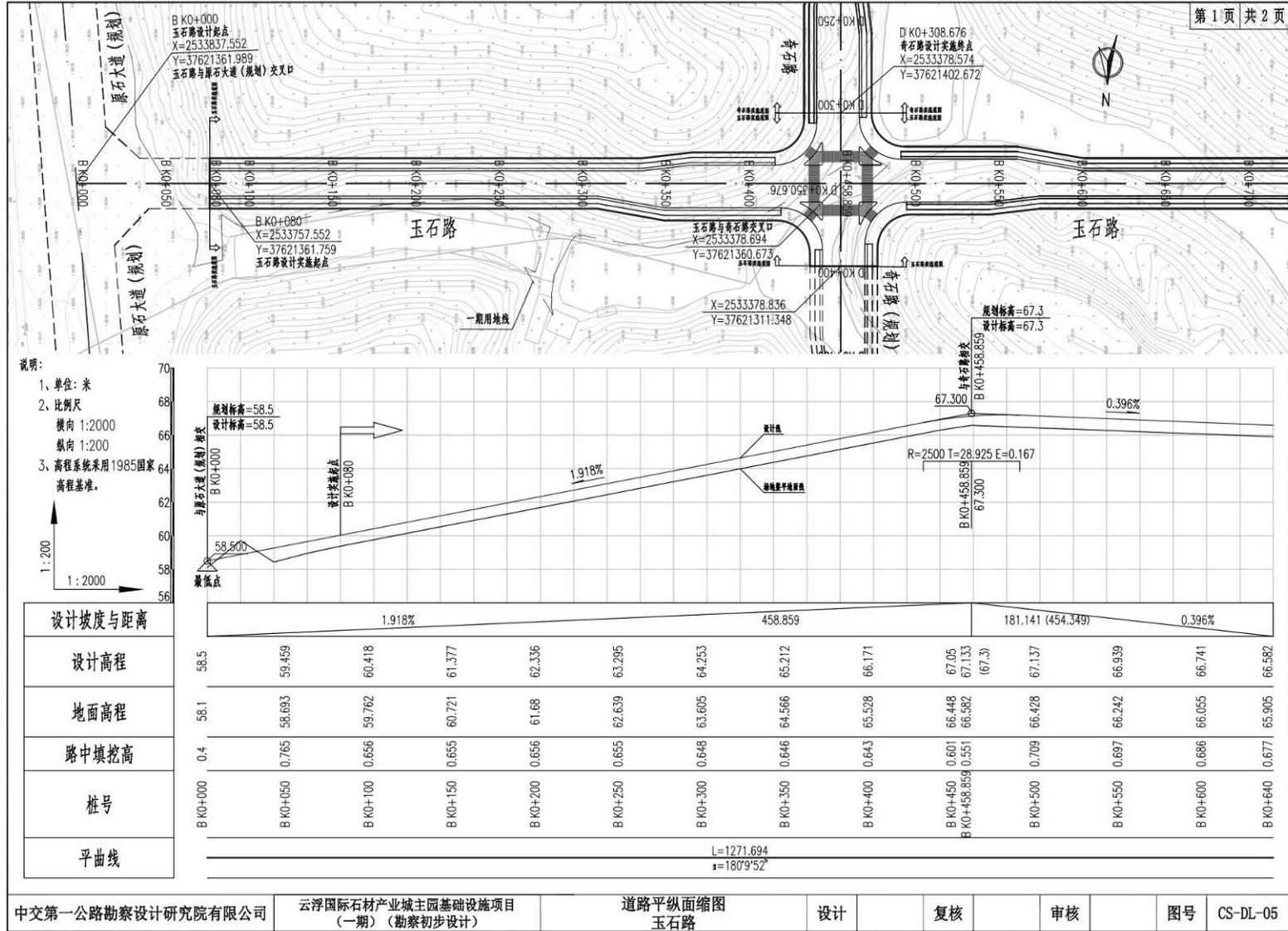


图 1-11 拟建道路平纵面示意图 8

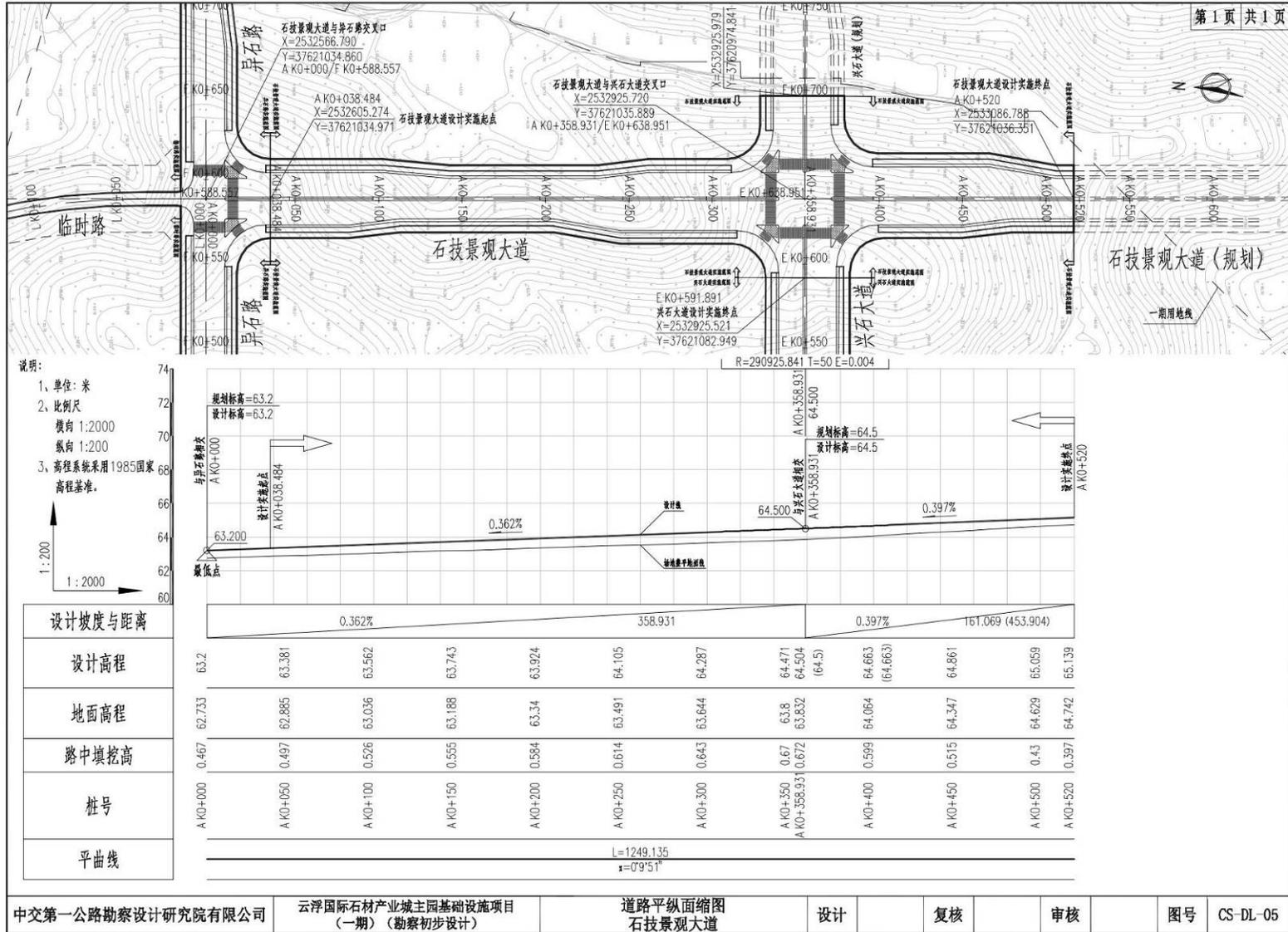


图 1-12 拟建道路平纵面示意图 9

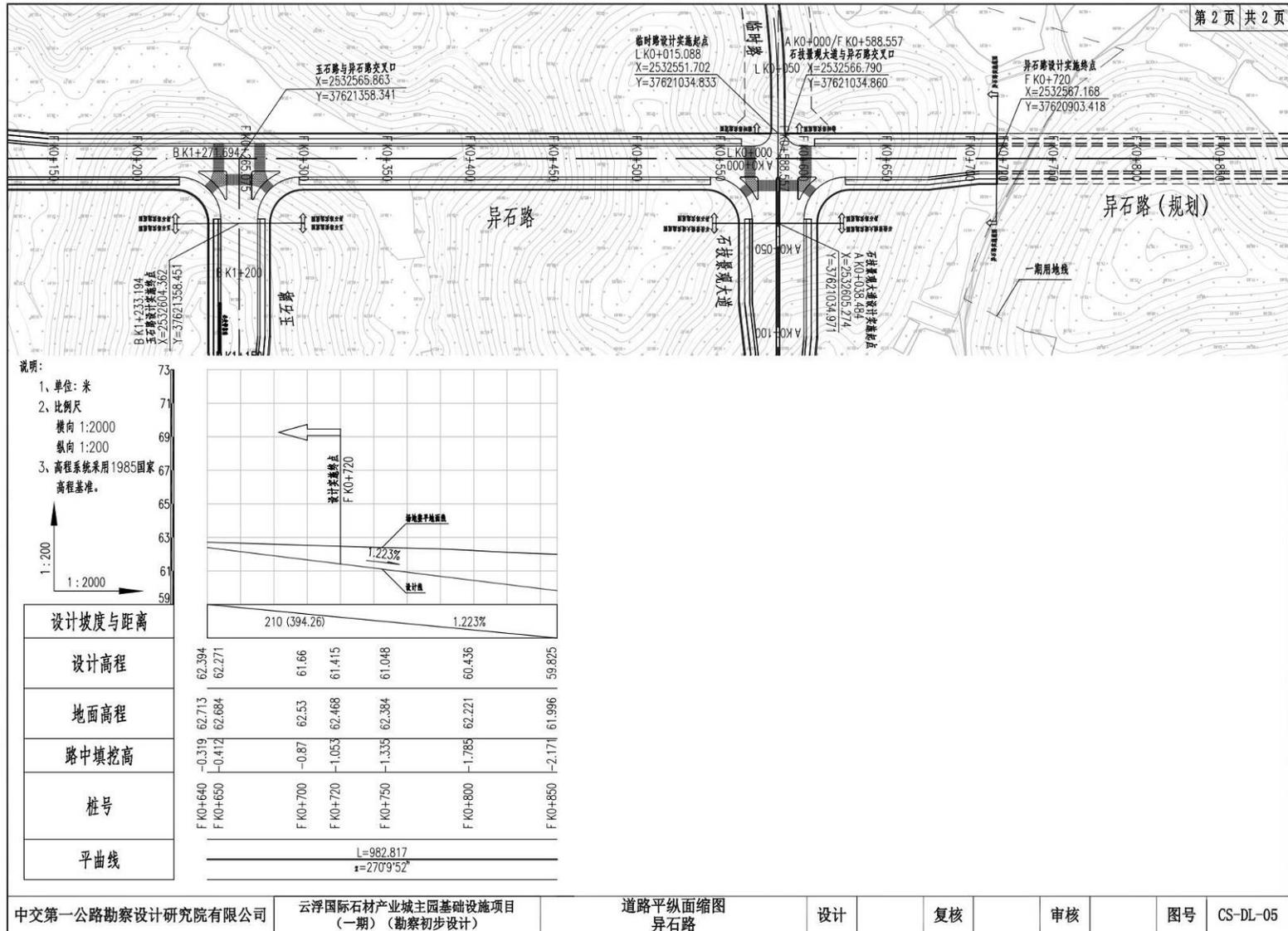


图 1-13 拟建道路平纵面示意图 10

#### （四）路基工程

（1）石技景观大道道路宽度为 40m，道路等级为城市主干路

横断面布置为：3.5m（人行道）+3.0m(非机动车道)+2.5m(绿化带)+11m(车行道)+2m(中央绿化带)+11m(车行道)+2.5m(绿化带)+3.0m(非机动车道)+3.5m(人行道)=40m。

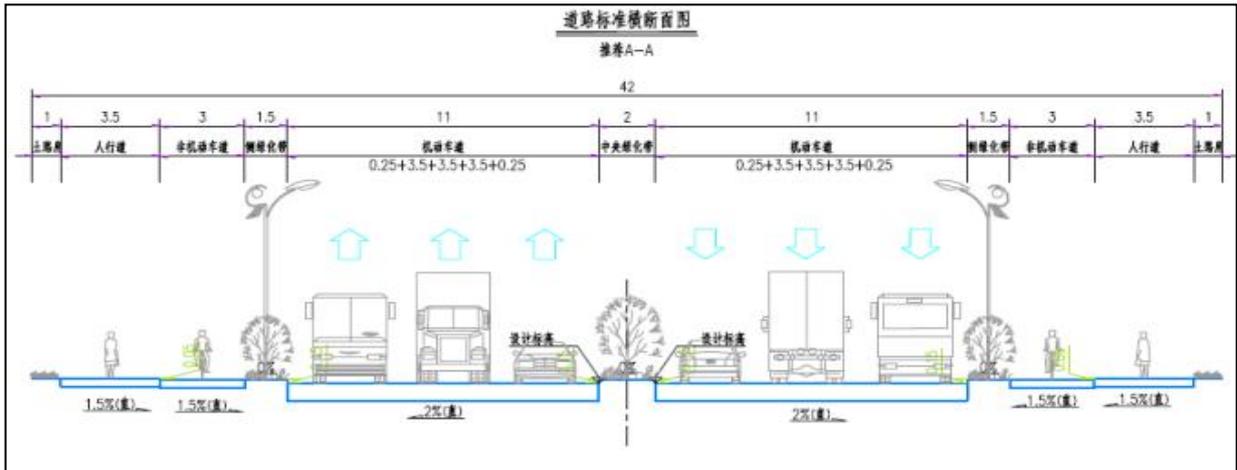


图 1-14 石技景观大道路基标准横断面

（2）百石大道、兴石大道道路宽度为 40m，道路等级为城市主干路

横断面布置为：3.5m(人行道)+3.0m(非机动车道)+2.5m(绿化带)+11m(车行道)+2m(中央绿化带)+11m(车行道)+2.5m(绿化带)+3.0m(非机动车道)+3.5m(人行道)=40m

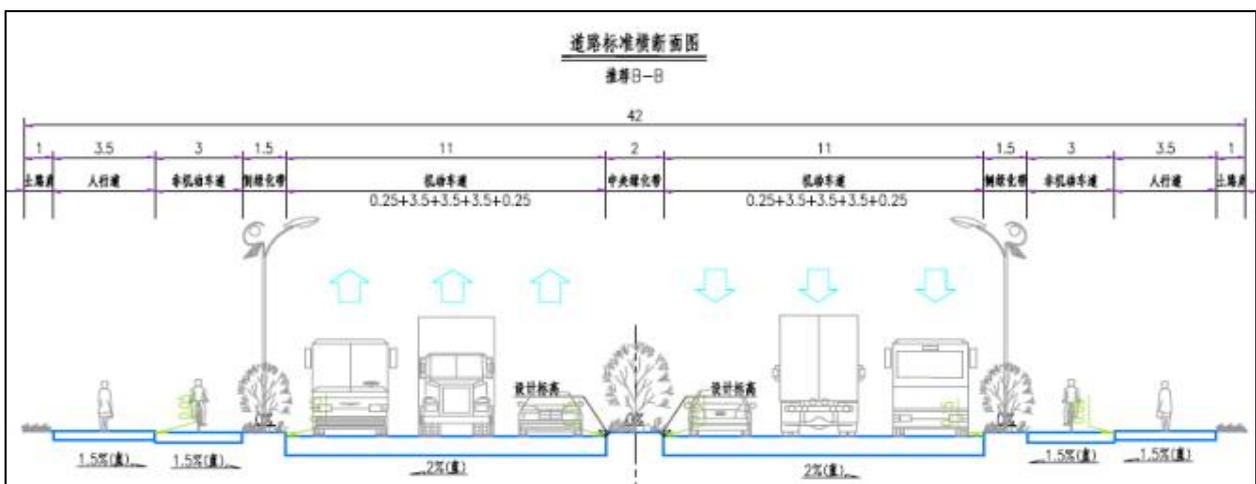


图 1-15 百石大道、兴石大道路基标准横断面

(3) 玉石路、奇石路、异石路道路宽度为 30m，道路等级为城市次干路

横断面布置为：3.0m(人行道)+3.0m(非机动车道)+1.5m(绿化带)+15m(车行道)+1.5m(绿化带)+3.0m(非机动车道)+3.0m(人行道)=30m。

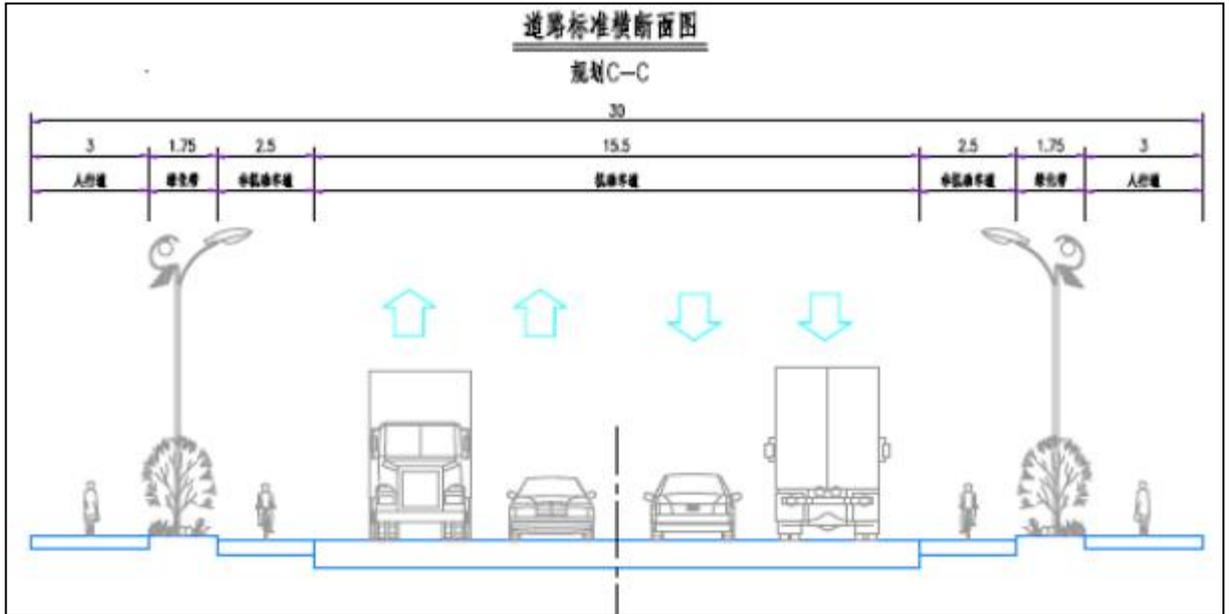
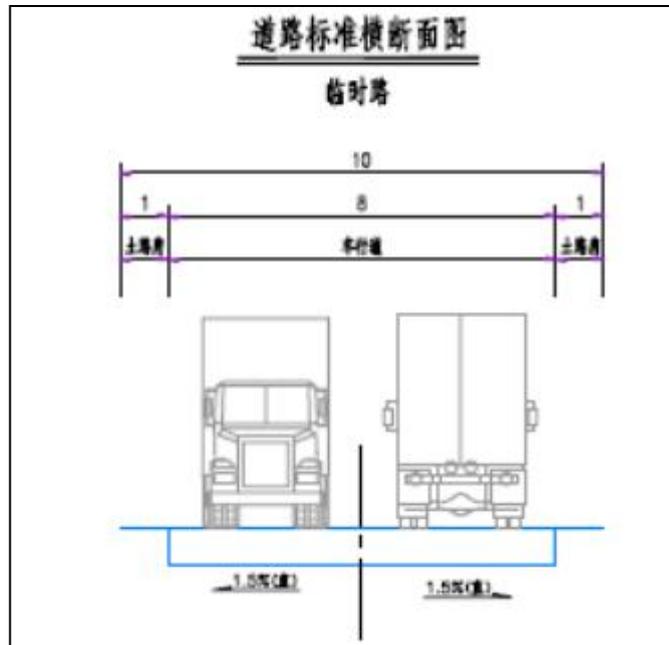


图 1-16 玉石路、奇石路、异石路路基标准横断面

(4) 临时路道路宽度为 8m，道路等级为城市支路



### (五) 边坡工程

评估场地边坡支护范围为场平边界线以及临时路两侧的边坡支护，边坡支护总长度约为 4870m，支护总面积约为 12254m<sup>2</sup>。其中东侧（靠近汕湛高速侧）边坡为永久性边坡，

挖方边坡采用格构梁+锚杆支护方式，填方采用网格骨架植草护坡方式。临时边坡支护均采用喷播植草方式。

#### 1、挖方路段（永久边坡）：

场地整平东侧：采用格构梁+锚杆护坡。分级放坡，第一级边坡坡率采用 1:0.75，第二级边坡坡率采用 1:1，第三级边坡坡率采用 1:1.25，第四级边坡坡率采用 1:1.5，边坡坡高均为 8m 一级，边坡平台均为 2m。

#### 2、挖方路段（临时边坡）：

采用喷播植草坡面，分级放坡，第一级边坡坡率采用 1:1，第二级边坡坡率采用 1:1.25，第三级边坡坡率采用 1:1.5，第四级边坡坡率采用 1:1.75，边坡坡高均为 8m 一级，边坡平台均为 2m。

#### 3、填方路段（永久边坡）：

采用拱形骨架植草护坡，分级放坡，第一级边坡坡率采用 1:1.5，第二级边坡坡率采用 1:1.75，第三级边坡坡率采用 1:2，边坡坡高均为 8m 一级，边坡平台均为 2m。

#### 4、填方路段（临时边坡）：

采用喷播植草坡面，分级放坡，第一级边坡坡率采用 1:1.5，第二级边坡坡率采用 1:1.75，第三级边坡坡率采用 1:2，边坡坡高均为 8m 一级，边坡平台均为 2m。

根据拟建线路的施工图设计和现场情况，评估线路共分为 8 段挖方路堑段，挖方高度约 0.14~42.70m，总长 1.062km；共分为 18 段填方路堤段，填方高度为 0.20~29.00m，总长 5.117km。各主要的路堑边坡和路堤边坡概况详见表 1-3、表 1-4。

表 1-3 沿线主要路堑边坡一览表

位置	序号	分布里程	坡长(m)	现状	挖方路堑
百石大道	LQ1	CK0+060（起点）~ CK0+280	220	丘陵	新建路段，西侧开挖高度 0.38~0.60m，东侧开挖高度为 39.0~42.70m
异石路	LQ2	FK0+588.557~ FK0+720（终点）	131	丘陵	新建路段，两侧开挖高度 0.14~1.05m
临时路	LQ3	LK0+015.088（起点）~ LK0+030	15	丘陵	临时路段，两侧开挖高度 8.66~11.76m
	LQ4	LK0+046~LK0+130	100	丘陵	临时路段，两侧开挖高度 1.0~4.73m
	LQ5	LK0+174~LK0+235	61	丘陵	临时路段，两侧开挖高度 1.80~5.40m
	LQ6	LK0+350~LK0+470	120	丘陵	临时路段，两侧开挖高度 2.00~15.30m
	LQ7	LK0+700~LK0+785	85	丘陵	临时路段，两侧开挖高度 1.60~6.55m

LQ8	LK0+940~LK1+210	270	丘陵	临时路段，两侧开挖高度 0.77~17.45m
-----	-----------------	-----	----	-------------------------

表 1-4 沿线主要路堤边坡一览表

位置	序号	分布里程	坡长 (m)	现状	填方路堤
石技景观大道	LD1	AK0+038.484 (起点) ~ AK0+358.931	320	丘陵	新建路段，西侧回填高度 0.50~0.67m
	LD2	AK0+358.931 ~ AK0+520 (终点)	161	丘陵	新建路段，西侧回填高度 0.40~0.67m
玉石路	LD3	BK0+080 (起点) ~ BK0+458.859	379	丘间沟谷	新建路段，西侧回填高度 0.40~0.65m
	LD4	BK0+458.859 ~ BK1+233.14 (终点)	874	丘陵	新建路段，东侧回填高度 0.41~0.71m
百石大道	LD5	CK0+280 ~ CK1+010	730	丘间沟谷	新建路段，东侧回填高度 5.00~15.00m
	LD6	CK1+010 ~ CK1+060	50	丘间沟谷	新建路段，东侧回填高度 16.00m
	LD7	CK1+060 ~ CK1+620 (终点)	560	丘间沟谷	新建路段，东侧回填高度 7.00~29.00m
奇石路	LD8	DK0+041.699 (起点) ~ DK0+308.676 (终点)	267	丘陵	新建路段，南侧回填高度 0.42~1.05m
兴石大道	LD9	EK0+049.981 (起点) ~ EK0+315.468	265	丘陵	新建路段，两侧回填高度 0.62~0.96m
	LD10	EK0+315.468 ~ EK0+591.891 (终点)	193	丘陵	新建路段，南侧回填高度 0.58~0.66m
异石路	LD11	FK0+043.594 (起点) ~ FK0+265.075	221	丘陵	新建路段，两侧回填高度 0.36~0.51m
	LD12	FK0+265.075 ~ FK0+588.557	323	丘间沟谷	新建路段，两侧回填高度 0.20~0.35m
临时路	LD13	LK0+030 ~ LK0+046	16	丘陵	临时路段，两侧回填高度 2.46m
	LD14	LK0+130 ~ LK0+174	44	丘陵	临时路段，两侧回填高度 1.0~1.60m
	LD15	LK0+235 ~ LK0+350	220	丘间沟谷	临时路段，两侧回填高度 1.53~15.16m
	LD16	LK0+470 ~ LK0+700	230	丘间沟谷	临时路段，两侧回填高度 1.23~10.85m
	LD17	LK0+785 ~ LK0+940	155	丘间沟谷	临时路段，两侧回填高度 0.17~7.00m
	LD18	LK1+210 ~ LK1+368.591 (终点)	159	丘间沟谷	临时路段，两侧回填高度 0.20~2.23m

## (六) 交叉工程

本项目共含交叉口 8 处，其中 T 形交叉 4 处，十字交叉 4 处。主要交叉工程见表 1-5。

表 1-5 平面交叉工程一览表

序号	交口名称	交叉桩号	被交路名称	被交道路标准		交叉形式
				道路等级	设计速度 (km/h)	
石技景观大道(城市主干路)						
1	石技景观大道与异石路交叉口	AK0+000	异石路	城市次干路	40.0	T型平交
2	石技景观大道与兴石大道交叉口	AK0+358.931	兴石大道	城市主干路	50.0	十字平交
玉石路(城市次干路)						
1	玉石路与原石大道(规划)交叉口	BK0+000	原石大道(规划)	城市主干路	50.0	T型平交
2	玉石路与奇石路交叉口	BK0+458.859	奇石路	城市次干路	40.0	十字平交
3	玉石路与兴石大道交叉口	BK0+913.208	兴石大道	城市主干路	50.0	十字平交
4	玉石路与异石路交叉口	BK1+271.694	异石路	城市次干路	40.0	T型平交
百石大道(城市主干路)						
1	百石大道与原石大道(规划)交叉口	CK0+000	原石大道(规划)	城市主干路	50.0	T型平交
2	百石大道与奇石路交叉口	CK0+487.917	奇石路	城市次干路	40.0	T型平交
3	百石大道与兴石大道交叉口	CK0+944.380	兴石大道	城市主干路	50.0	T型平交
4	百石大道与异石路交叉口	CK1+305.962	异石路	城市次干路	40.0	T型平交
奇石路(城市次干路)						
1	奇石路与百石大道交叉口	DK0+000	百石大道	城市主干路	50.0	T型平交
2	奇石路与玉石路交叉口	DK0+350.676	玉石路	城市次干路	40.0	十字平交
兴石大道(城市主干路)						
1	兴石大道与百石大道交叉口	EK0+000	兴石大道	城市主干路	50.0	T型平交
2	兴石大道与玉石路交叉口	EK0+315.468	玉石路	城市次干路	40.0	十字平交
3	兴石大道与石技景观大道交叉口	EK0+638.951	石技景观大道	城市主干路	50.0	十字平交
异石路(城市次干路)						
1	异石路与百石大道交叉口	FK0+000	百石大道	城市主干路	50.0	T型平交
2	异石路与玉石路交叉口	FK0+265.075	玉石路	城市次干路	40.0	T型平交
3	异石路与石技景观大道交叉口	FK0+588.557	石技景观大道	城市主干路	50.0	T型平交

## 二、征地范围

拟建项目面积为 881976.322m<sup>2</sup>（1320 亩），占地类型包括水田、水塘、山地、草地、苗圃、果园及旧路。场地主要拐点坐标如下表：

表 1-6 场地主要拐点坐标一览表

桩号	2000 国家大地坐标系		桩号	2000 国家大地坐标系	
	坐标 (X)	坐标 (Y)		坐标 (X)	坐标 (Y)
面积 881976.322m <sup>2</sup> （1322 亩）					
J1	2533516.0317	37621739.9255	J18	2533826.8099	37621532.8281
J2	2533564.8850	37621742.4154	J19	2533827.2175	37621526.6840
J3	2533816.8430	37621755.2570	J20	2533827.7941	37621517.9910
J4	2533831.1558	37621755.2570	J21	2533827.9653	37621497.9926
J5	2533844.3909	37621755.2570	J22	2533826.2902	37621496.0781
J6	2533844.0225	37621752.5564	J23	2533820.8316	37621489.8399
J7	2533843.5266	37621732.2210	J24	2533812.5445	37621458.9736
J8	2533842.9464	37621708.4328	J25	2533806.2032	37621438.5906
J9	2533839.1550	37621685.6849	J26	2533805.7775	37621437.2222
J10	2533835.3346	37621670.0563	J27	2533804.8610	37621431.0362
J11	2533833.2147	37621661.3840	J28	2533803.8699	37621424.3459
J12	2533828.4177	37621645.9266	J29	2533803.8699	37621408.4121
J13	2533827.3491	37621622.9545	J30	2533803.3758	37621397.0486
J14	2533826.0904	37621609.9478	J31	2533800.8485	37621387.9507
J15	2533825.7334	37621606.2576	J32	2533795.2290	37621378.6785
J16	2533825.1653	37621599.0998	J33	2533791.0256	37621371.7430
J17	2533823.0555	37621572.5179			

## 第三节 以往工作程度

评估线路所处区域曾进行过区域地质、水文地质、环境地质、地质灾害和工程地质勘察工作，主要有：

### 一、区域地质、水文地质

1、1964 年，广东省地质局区域地质测量大队完成了 1：20 万高要幅区域地质测量，提交了文字报告和地质图；

2、1966 年 9 月～1967 年 2 月，广东省地质局水文监测总站完成了 1：50 万广东省水文地质调查，并提交了文字报告和图件；

3、1980 年广东省地质局水文地质工程地质一大队进行 1：20 万高要幅区域水文地质普查，为本次评估提供了区域水文、工程地质方面资料；

4、2003年广东省地质调查院完成了1:25万阳春市幅区域地质调查，提交了文字报告和地质图。

## 二、环境地质

1、1990年4月~1992年3月，广东省地质环境监测总站完成了1:50万广东省地质灾害调查，并提交了文字报告和图件；

2、1991年4月~1993年12月，广东省地质矿产局水文工程地质一大队完成了1:50万广东省环境地质调查，并提交了文字报告及图件；

3、2002年1月，广东省地质调查院完成了广东省1:50万国土资源遥感综合调查报告，并提交了文字报告和图件；

4、2007年11月，广东省地质环境监测总站编制了《云浮市地质灾害防治规划（2007~2020年）》；

5、2017年3月，广东省核工业地质调查院编制了《广东省新兴县地质灾害详细调查报告》；

6、2022年5月，广东省自然资源厅编制了《广东省地质灾害防治“十四五”规划》。

## 三、工程专项资料

1、2023年3月，广东省城乡规划设计研究院有限责任公司完成了《云浮国际石材产业城主园控制性详细规划》（征求意见稿），为本次评估提供工程概况、规划等资料；

2、2023年3月，中国有色金属长沙勘察设计研究院有限公司完成了《云浮市国际石材产业城主园基础设施项目岩土工程初步勘察报告》，共实施钻孔162个（钻孔布置见附图1和附图2），总进尺1724.23m，标贯226次，采取原状土样161组，岩样32组，水样4组；

3、2023年5月，中交第一公路勘察设计研究院有限公司完成了《云浮市国际石材产业城主园基础设施项目（勘察初步设计）初步设计》，为本次评估提供工程概况、规划等资料。

以上资料为本项目提供了相关的工程概况和勘察资料。

## 第四节 工作方法及完成工作量

### 一、评估工作方法及过程

评估工作严格按照《广东省地质灾害危险性评估实施细则》（2023年修订版）及相关的行业技术标准执行。评估工作可分为资料收集踏勘及编写评估工作大纲、野外综合地质调查、室内资料整理和报告编写、报告评审四个阶段。评估工作程序如图1-17。

#### 第一阶段：资料收集、踏勘及编写大纲阶段

时间：2023年6月5~10日

接受甲方委托后，我院随即组成地质灾害危险性评估项目组，收集评估区及外围区域地质、工程地质、水文地质、环境地质、构造、地震、气象水文、工程规划等有关资料，并对拟建场地及其外围地段进行了现场踏勘。对收集的上述资料进行了初步分析，结合调查成果和场地规划图件及项目特点，确定了本项目地质灾害危险性评估的评估区范围和评估级别，并编制了评估工作大纲。

#### 第二阶段：地质灾害评估钻探及野外调查

时间：2023年6月10日~30日

##### 1、评估钻探

本次场地内共布置钻孔162个，总进尺1724.23m，标贯226次，采取原状土样161组，岩样32组，水样4组。钻孔柱状图（选取部分钻孔）见附件4。

##### 2、野外调查

野外调查工作主要侧重于地质灾害、地质环境方面。野外地质调查范围应比评估区范围稍大，调查面积约4613737m<sup>2</sup>，野外调查用图比例尺为1:5000，对评估区范围内进行野外地质灾害调查，并进行访问和拍照。本次野外调查时采用追踪法及穿越法（“S”型穿越）进行调查。野外调查主要是查明评估区范围内的地质环境条件，并对典型的地质环境进行详细记录、拍照。调查过程中除做好地质记录外，还根据实际地形地物变化情况对地形底图进行校正，观测点主要有普通地质点、重要地质点（包括地貌分界点、岩性分界点、构造控制点）等，实地调查时在重要地段加密布点控制。根据《广东省地质灾害危险性评估实施细则（2023年版）》，一级评估在图幅10×10cm的范围内，调查点控制点不应少于8个，本项目不应少于207个，实际调查点208个，符号调查精度要求。

观测点类型主要有普通地质点、重要地质点（包括地貌分界点、岩性控制点、构造控制点）及地质灾害点等，调查过程除做好现场地质记录外，并根据地形图进行工程地质、环境地质填图。观察工程地形、地貌、地层岩石、不良地质作用和地质灾害等，初步掌握地质环境条件的复杂程度。野外使用工具有手持式 GPS 卫星定位仪、地质罗盘、铁锤、放大镜、皮尺和数码照相机等，用以进行岩性鉴定和拍照记录。

### 第三阶段：成果资料汇编

时间：2023 年 7 月 1 日~2023 年 7 月 11 日

室内资料整理是在收集、研究区域地质环境资料的基础上，综合分析勘察、设计、区域资料及本次野外调查成果，进行地质灾害危险性评估报告及图件的编写和编绘。室内资料整理工作方法主要分两步：

#### 1、检查野外资料

即检查各种野外记录内容是否齐全，详细核对各种原始图件所划分的地层、岩性、构造、地形地貌是否符合野外实际情况，收集资料与本次调查资料是否一致等，如出现不一致现象，分析其原因。

#### 2、编制报告及图件

根据地质灾害危险性评估的目的和要求，通过资料综合分析、计算等工作，编制地质灾害分布图、地质灾害危险性综合分区评估图及地质灾害危险性评估报告。报告图件采用 Mapgis 软件进行编制，成图比例尺为 1: 5000，野外调查所拍摄的数码相片采用 PhotoShop 软件进行进一步处理优化，文字报告部分为 Word 文档格式，相关的数据分析采用 Excel 软件进行统计分析。

### 第四阶段：成果修改及内部自审阶段

时间：2023 年 7 月 12 日~7 月 16 日

报告及图件编制完成后，送我院内部专家组评审，根据评审意见和建议对报告及图件作进一步修改和完善后，送广东省地质灾害防治协会，由协会组织专家进行评审，评审通过并按专家组评审意见进行修改完善后取得广东省地质灾害防治协会评审意见书后，提交委托方使用。

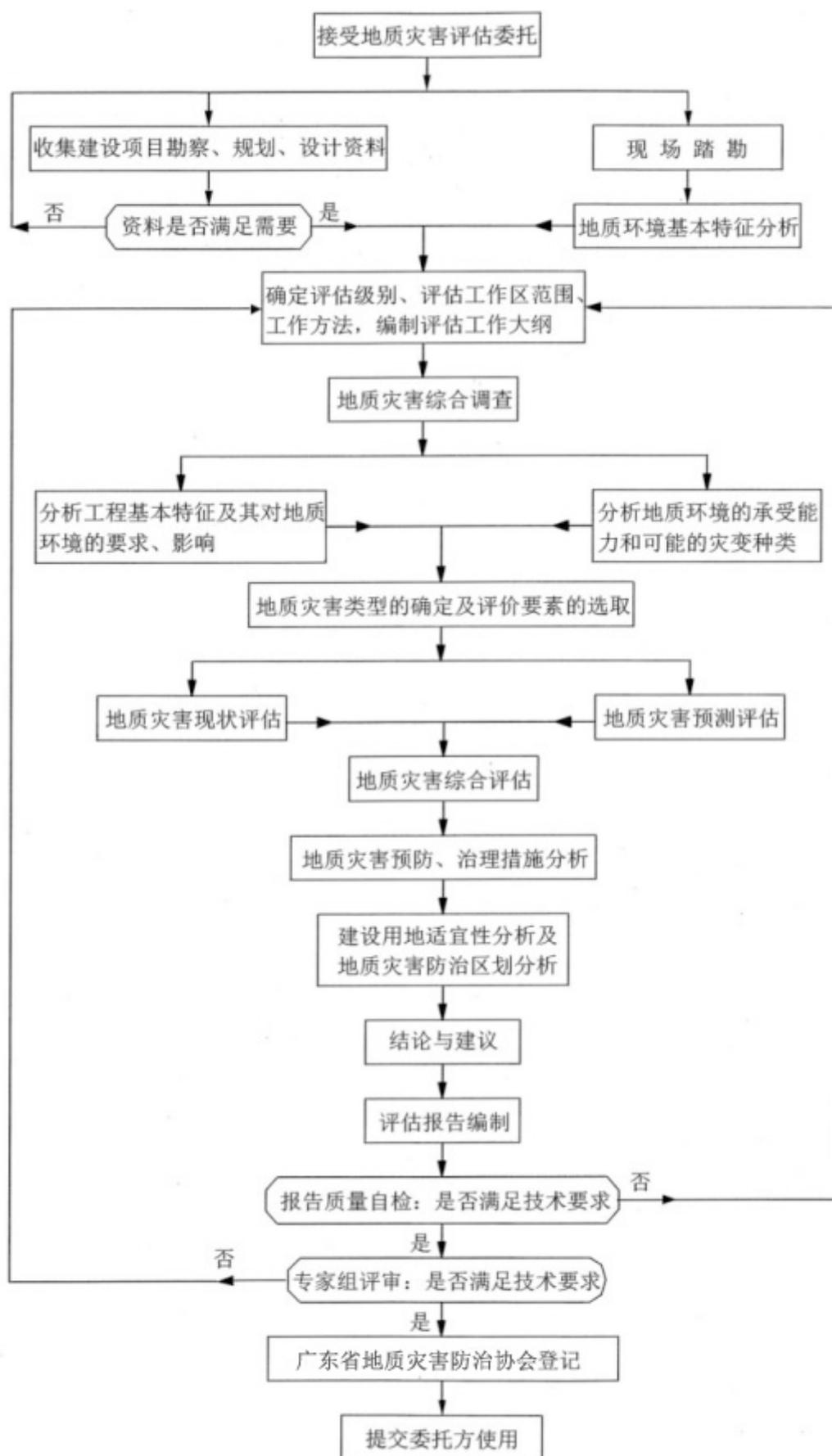


图 1-17 地质灾害危险性评估工作程序图

## 二、完成工作量

本次评估工作投入的主要工作量和收集利用资料综合如下（表 1-7）。

表 1-7 完成工作量及收集资料汇总表

工作项目及内容		工作量	
地质灾害 综合调查	调查面积	4.614km <sup>2</sup>	
	调查路线	12km	
	崩塌	5 处	
	一般地质调查点	150 个	
	照片	拍摄 56 张，引用 30 张	
收集资料	区域地质报告、水文地质	4 份	
	环境地质、综合地质调查报告	6 份	
	可行性研究报告	1 份	
	勘察报告（1 份）	钻孔	162 个，总进尺 1724.23m
		土样/岩样/水样	161 组/32 组/4 组
标贯试验		226 次	
编制成果 资料	广东省云浮市石材千亿产业园基础设施项目（一期）地质灾害危险性评估报告	1 份	
	广东省云浮市石材千亿产业园基础设施项目（一期）地质灾害分布图（1：5000）	1 张	
	广东省云浮市石材千亿产业园基础设施项目（一期）地质灾害危险性综合分区评估图（1：5000）	1 张	

## 三、评估工作质量评述

本次地质灾害危险性评估工作严格按照《地质灾害危险性评估规范》（GB/T 40112-2021）、《广东省地质灾害危险性评估细则（2023 年修订版）》（广东省地质灾害防治协会）等相关规范全面展开，初期资料收集详实，野外调查工作细致，对目的区块地质灾害危险性现状及危险性预测评估准确，野外调查工作采用 1：5000，调查面积约为 4613737m<sup>2</sup>，地质调查点 150 个，调查精度 8.0 个/10×10cm 图幅面积，符合地质灾害危险性一级评估野外调查工作精度要求。

通过野外调查，基本查明了本区的区域地质环境条件、地质灾害发育分布现状，摸清了地质灾害与地质环境条件、降雨、人类工程经济活动之间的关系，本次调查工作量布置合理适当，方式方法符合相关技术规范要求，野外工作认真细致，野外调查资料翔实可靠，卡片填制达到要求，符合规范。

根据野外调查和室内资料整理，完成了《广东省云浮市石材千亿产业园基础设施项目（一期）地质灾害危险性评估报告》，本报告较全面系统地反映了评估区的地

质环境条件特征，并对工程建设可能引发或遭受的地质灾害危险性进行了预测评估，以此进行了危险性分区并提出相应防治措施。

根据上述成果，编制了地质灾害分布图和地质灾害危险性综合分区评估图，成图比例尺为 1:5000，图件内容丰富翔实，直观地展现了评估区地质灾害分布和地质灾害危险性综合分区情况，图示、图例规范、清晰、美观，符合规范。

## 第五节 评估范围与级别的确定

### 一、评估范围

拟建场地地貌类型主要为丘陵和丘间沟谷地貌，根据地质灾害危险性评估工作的要求、工程建设项目的特点、地质环境条件、地质灾害类型及其危害影响范围等因素确定评估区范围：以道路中心线为界向周边外扩 500m 或至分水岭（详见附图），评估区总面积约 4613737m<sup>2</sup>，可满足项目地质灾害影响范围的要求。

### 二、评估级别

评估级别根据建设项目重要性和地质环境条件复杂程度来判断如下：

#### 1、建设项目重要性

评估线路场区面积为 1320 亩，场地平整总填方量为 5015123.612m<sup>3</sup>，总挖方量为 7993088.618m<sup>3</sup>，道路总长度为 5.95km。因此参照《广东省地质灾害危险性评估实施细则（2023 年修订版）》建设项目重要性分类表（表 1-8），该项目属于**重要建设项目**。

表 1-8 建设项目重要性分类表（部分摘录）

项目类型/类别		重要建设项目	较重要建设项目	一般建设项目
城市道路	里程（km）	≥10	3≤~<10	<3
土石方工程	土石方量或挖填方深度	≥50000m <sup>3</sup> ；挖填深度≥10m	30000≤~<50000m <sup>3</sup> ；挖填深度 6≤~<10m	<30000m <sup>3</sup> ；挖填深度<6m

#### 2、地质环境复杂程度

评估区所在区域地壳稳定，区域地质背景复杂程度中等，地形地貌条件中等，地层与岩石条件中等，地质构造条件中等，岩土体工程地质条件中等~复杂，水文地质条件中等，人类工程活动对地质环境影响程度中等。综合判定评估区地质环境条件复杂程度为复杂（详见后述）。

### 3、评估等级

根据拟建工程项目重要性属**重要建设项目**，地质环境条件属**复杂级别**（详见第二章），根据地质灾害危险性评估分级表，确定其地质灾害危险性评估等级为**一级**（表 1-9）。

**表 1-9 地质灾害危险性评估分级表**

项目重要性	地质环境条件 复杂程度		
	复杂	中等	简单
<b>重要建设项目</b>	一级	一级	二级
较重要建设项目	一级	一级	二级
一般建设项目	一级	二级	二级

## 第六节 评估的地质灾害类型

根据《云浮市地质灾害防治规划（2007~2020 年）》和《广东省地质灾害防治“十四五”规划》，拟建工程处于崩塌、滑坡地质灾害中易发区。根据野外地质灾害综合调查，评估区内已发生的地质灾害类型有崩塌 1 种。

根据规划场地所处地质环境背景、工程技术标准、施工方式及工程结构要求等，预测本项目在建设过程中，可能引发或加剧的地质灾害类型主要有崩塌/滑坡（路堑边坡、路堤边坡、填方边坡和自然斜坡）和地面沉降 3 种；工程建设还可能遭受崩塌/滑坡（路堑边坡、路堤边坡、填方边坡和自然斜坡）、地面沉降和泥石流 4 种地质灾害的影响。

## 第二章 地质环境条件

### 第一节 区域地质背景

#### 一、大地构造位置

根据《广东省及香港、澳门特别行政区地质志》（2016年）可知，在区域上，评估区一级构造单元属羌塘-扬子-华南板块，二级构造单元属华南陆块，三级构造单元属东南陆缘岩浆弧，四级构造单元属阳江—江门岩浆弧（见图 2-1）。

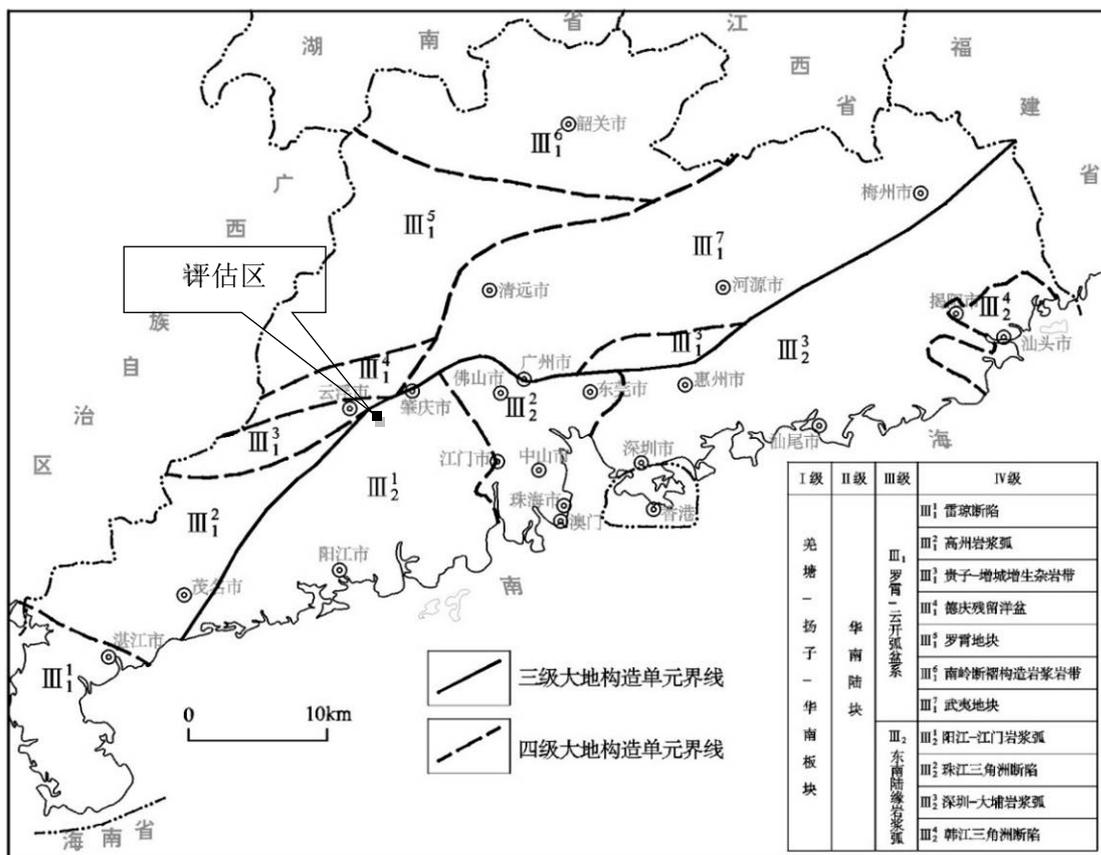


图 2-1 评估区大地构造位置图

#### 二、区域地层与岩石

根据区域地质资料、勘察资料及野外调查，区域出露的地层为震旦系（Z）、寒武系（C）、泥盆系（D）、石炭（C）、三叠系（T）、白垩系（K）和第四系（Q），区域岩石为混合岩花岗岩（Pzmi、CP $\gamma$ m）、二长花岗岩（S $\eta$  $\gamma$ 、C $\eta$  $\gamma$  $\pi$ 、P<sub>2</sub> $\eta$  $\gamma$ ）和黑云母花岗岩（K<sub>1</sub> $\gamma$ 、J<sub>3</sub> $\gamma$ ）侵入岩，详见附图 2-2。现按照由老到新的顺序将各地层和

岩石论述如下：

### （一）地层

#### 1、震旦系大绀山组（Zd）

主要出露于区内中部南盛镇—腰古镇一带以及新兴县东北部。岩性为灰、灰黑色石英云母片岩、云母石英片岩、石英岩为主，夹碳质千枚岩、硅质岩、灰岩，凝灰岩及黄铁矿层；与花岗岩、混合岩花岗岩岩体呈侵入接触关系。总体走向北东，倾向南东或北西，产状  $320^{\circ} \angle 50^{\circ}$  或  $240^{\circ} \angle 70^{\circ}$ ，区域厚度 1000~1500m。

#### 2、寒武系（Є）

##### （1）寒武系牛角河组（Єn）

主要出露于区内罗坤村南部、北部降坑村附近。岩性为灰、灰绿色粉砂岩、千枚岩夹炭质千枚岩、硅质板岩。与寒武系高滩组断层接触，在接触带附近地层产状多变；与花岗岩、混合岩花岗岩岩体呈侵入接触关系。总体走向北东，倾向南东，产状  $330^{\circ} \angle 50^{\circ}$  或  $330^{\circ} \angle 60^{\circ}$ ，区域厚度 >800m。

##### （2）寒武系高滩组（Єg）

主要出露于区内罗坤村南部、北部降坑村附近。岩性为灰、灰绿色变质砂岩夹千枚岩、灰岩透镜体。与寒武系牛角河组断层接触；与上覆地层下中泥盆统桂头群（DG）呈角度不整合接触。总体走向北东，倾向北西或南东，产状  $300^{\circ} \angle 50^{\circ}$  或  $355^{\circ} \angle 30^{\circ}$  或  $240^{\circ} \angle 40^{\circ}$ ，区域厚度 >1800m。

#### 2、泥盆系（D）

##### （1）泥盆系东岗岭组（Dd）

主要分布于区域西北角赤黎村一带，岩性为灰黑色灰岩、白云质灰岩。与上覆地层三叠系小云雾山组（Txy）呈角度不整合接触。区域产状为  $345^{\circ} \angle 20^{\circ}$ ，区域厚度 200~300m。

##### （2）泥盆系榴江组（Dli）

主要分布于区域西北角赤黎村一带，岩性为棕黄、灰白色硅质页岩、钙质页岩、粉砂岩、含锰及炭质页岩。与上覆地层泥盆系东岗岭组（Dd）呈断层接触。区域产状为  $345^{\circ} \angle 25^{\circ}$ ，区域厚度 230~350m。

##### （3）中下泥盆统桂头群（DG）

主要出露于区域南部罗坤村一带，岩性为紫红、灰白及黄白色底砾岩、石英砾岩、砂砾岩及石英砂岩夹粉砂岩及粉砂质页岩。下部颗粒较粗，上部变细。与下伏寒武系高

滩组呈角度不整合接触。倾向北东，倾角 $50\sim 60^\circ$ ，区域厚度 $860\sim 1000\text{m}$ 。

(4) 泥盆系老虎头组 (D<sub>l</sub>)

主要分布于区域北部降坑村东侧，岩性为灰白色砂岩夹紫色粉砂岩、泥岩。与寒武系高滩组 (E<sub>g</sub>) 地层呈断层接触；与白垩系三水组呈角度不整合接触，区域产状为 $240^\circ \angle 60^\circ$ ，区域地层厚度 $200\sim 1200\text{m}$ 。

(5) 泥盆系春湾组 (D<sub>c</sub>)

主要分布于区域南部，呈条带状，岩性为灰、紫红色粉砂岩、粉质泥岩、细砂岩夹泥灰岩、钙质砂岩，与震旦系大绀山组呈断层接触。区域地层厚度 $340\sim 530\text{m}$ 。

(6) 泥盆系天子岭组 (D<sub>t</sub>)

呈条带状分布于区域南部，岩性为灰、灰黄色泥质灰岩、钙质页岩夹粉砂岩。与震旦系大绀山组呈断层接触，区域地层厚度 $20\sim 330\text{m}$ 。

(7) 泥盆系帽子峰组 (D<sub>Cm</sub>)

呈条带状分布于区域南部，岩性为棕黄、浅灰色页岩、钙质页岩、粉砂岩夹细砂岩、灰岩透镜体。与震旦系大绀山组呈断层接触；与花岗岩侵入接触，区域地层厚度 $60\sim 300\text{m}$ 。

### 3、石炭系连县组 (C<sub>l</sub>)

主要分布于区域西北角，岩性主要为灰黑色灰岩、白云质灰岩，与震旦系大绀山组、三叠系小云雾山组呈断层接触；区域厚度为 $100\sim 240\text{m}$ 。

### 4、三叠系 (T)

(1) 三叠系小云雾山组 (T<sub>xy</sub>)

主要分布于区域西北侧赤黎村、八和村一带，岩性为灰、灰黑色砂砾岩、碎屑砂岩、粉砂岩、炭质页岩及煤层；与石炭系连县组角度不整合接触；与花岗岩侵入接触、断层接触。产状为 $330^\circ \angle 40^\circ$ ，区域厚度为 $260\sim 400\text{m}$ 。

(2) 三叠系小坪组 (T<sub>x</sub>)

主要分布于区域东北角，岩性为灰、灰黑色砂砾岩、砂岩、粉砂岩、炭质页岩与煤层，与下伏泥盆系老虎头组角度不整合接触；与白垩系三水组角度不整合接触，区域厚度为 $600\sim 1400\text{m}$ 。

### 5、白垩系三水组 (K<sub>ss</sub>)

主要分布于西北部珠江村附近，岩性为紫红、棕红色粉砂岩、砂岩、砂砾岩，灰色钙质泥岩等，与泥盆系老虎头组、三叠系小坪组角度不整合接触，与花岗岩角度不整合

接触， $270^{\circ} \angle 10^{\circ}$ ，区域产状1区域厚度为80~680m。

### 6、第四系(Q)

广泛分布于区域中部镇区河流河漫滩、阶地处，岩性为黄色砂卵石层、浅土黄色含砾中粗砂层及细砂层、砂质粘土，为河流一级阶地沉积物，沉积物多为黄色砂卵石层、浅土黄色含砾中粗砂层及细砂层、砂质粘土，厚3~20m。

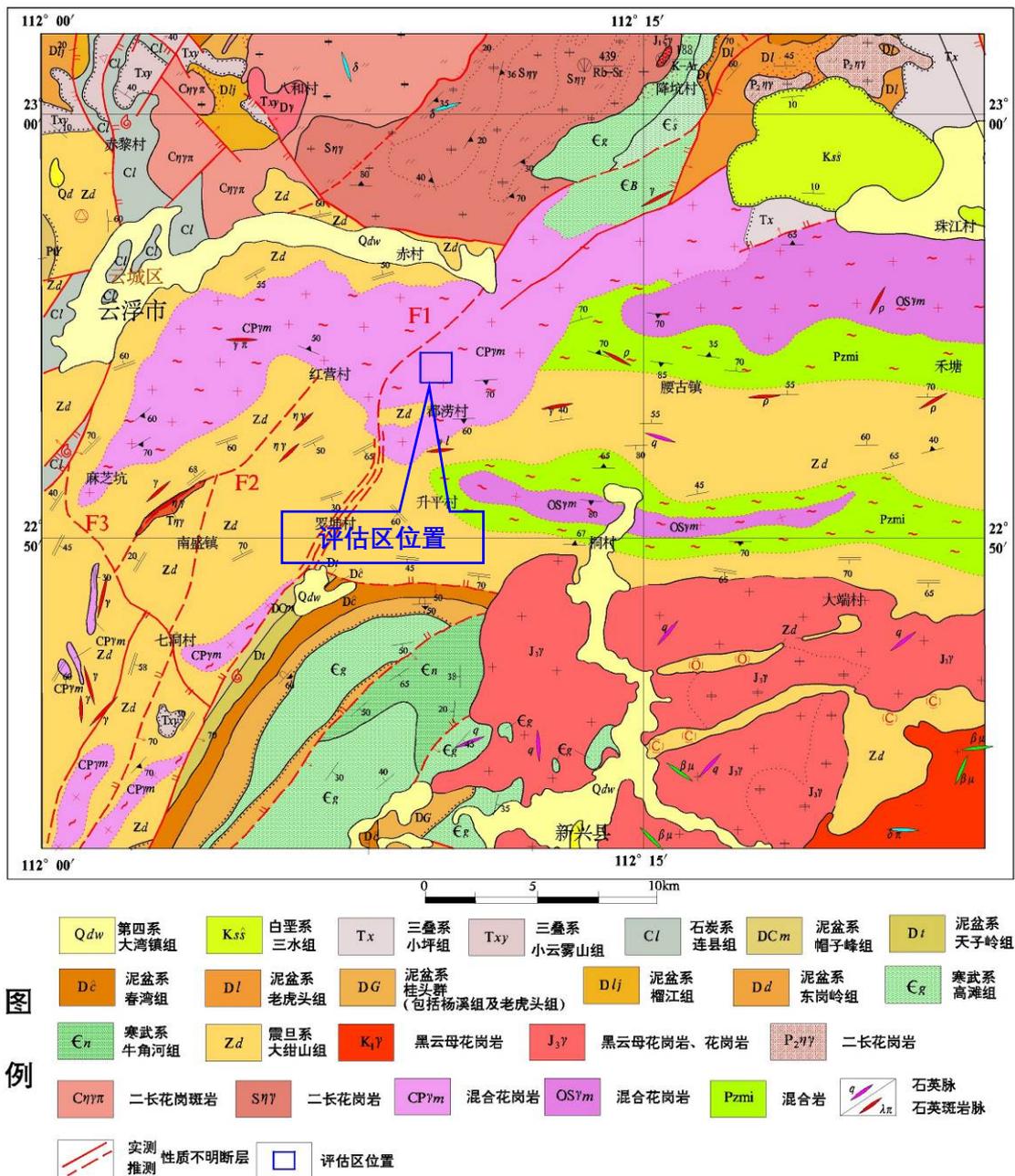


图 2-2 区域地质图（资料来源：1:20 万高要幅地质图）

### (二) 岩石

区域内侵入岩主要为燕山期侵入岩，广泛分布于云浮市都涝村、腰古镇、新兴县一

带。其中燕山期侵入岩包括燕山三期黑云母花岗岩和燕山四期细粒花岗岩及中细粒黑云母岩。

区域岩石主要为燕山第三期晚侏罗世侵入岩（ $\gamma_5^{2(3)}$ ）。本期岩体有岩基、岩株，主要由细、中、粗粒（或斑状）黑云母花岗岩及部分小斑状二云母花岗岩组成。本期岩体侵入下侏罗统（ $J_1$ ）地层比较普遍，侵入接触面与围岩层理斜交角很小，局部平行，有时见小岩枝切穿岩层层理。本期岩体的产状有两个特点，一是受构造因素控制，二是侵入接触面倾向围岩，而且倾角较陡。本期岩体在平面图上表现的形态为椭圆状或长条状，具有顶部剥蚀特点。岩体的流动构造比较明显，岩脉比较发育。区域上广泛分布，其岩性为细、中、粗粒或斑状黑云母花岗岩，部分为小斑状二云母花岗岩。

### 三、区域地质构造

据 1：20 万区域地质资料，评估区区域主要分布有北北东、北西西向两组规模较大的断裂构造（图 2-1）。

#### 1、北北东向断裂

区域范围内出露的北北东向断裂有 F1~F4 断裂。

（1）F1 断裂（安塘断裂）：

位于场地西侧，自北东至南西向延伸，长约 35km。断裂北端两侧均为寒武系，断裂倾向北东  $300^\circ$ ，倾角  $30^\circ$ ，具宽约 1~2m 角砾岩带，并见闪长玢岩、石英斑岩及石英脉贯入，成梭形断续出露，南南西段寒武系逆掩于南东侧泥盆系上，并往南西推移 1km，属平推逆断层。南西端及北东端均为燕山三期花岗岩破坏，断裂可能发生于印支运动。

该断裂从评估区西侧约 300m 处通过，距离评估区近，对评估区影响程度大。

（2）F2 断裂（南盛断裂）：

位于区域西面，长约 20km。呈北东—南西走向。切割震旦系大绀山组地层，断裂面倾向北西，倾角  $58^\circ$ ，属平推断层，使西盘往南推移约 500m。两端被进东西向组断裂所截，断裂可能发生于印支期。

该断裂从评估区西面约 5km 处通过，距离评估区远，对评估区影响程度小。

#### 2、北西西向断裂

F3 断裂（七洞断裂）：

位于区域西部，长约 15km。自云浮市云城区至南盛镇七洞村一带，呈北西—南东走向。切割震旦系大绀山组与石炭系连县组地层，断裂面倾向南西，倾角  $40^\circ$ 。沿断裂带普遍发育糜棱岩破碎带，并为石英脉及斑岩填充，断裂使北西盘向北位移约 200m。断裂

应发生于燕山运动四幕。

该断裂从评估区西部约 12km 处通过，距离评估区较远，对评估区影响程度较小。

## 四、区域地壳稳定性

### （一）新构造运动

区域的地层自震旦系至第四系发育比较齐全，在大地构造上属于华南地槽褶皱系的一部分。自震旦纪以来，本区经历了由地槽——准地台——大陆边缘活动带三个发展阶段，震旦纪——志留纪为地槽发展阶段，沉积了约 12000m 的碎屑岩建造，志留纪末的加里东运动结束了地槽历史，使地槽沉积形成了以北东东向为主的紧密线状褶皱和断裂。泥盆纪——中三叠世，本区进入相对平稳的准地台发展阶段，沉积了 5000~6000m 的碎屑岩和碳酸岩建造，中三叠世末的印支运动使它们形成开阔的褶皱。其后，本区进入大陆边缘活动构造带发展阶段，沉积了巨厚的陆相碎屑岩建造。剧烈的燕山运动使本区发生强烈的断块构造运动，并出现大面积的中酸性岩浆侵入和喷发，奠定了本区构造格局的基本轮廓。新生代的喜山运动沿断裂带形成新生代盆地，构造运动以间歇式断块差异运动为主。

区内经历了多期次构造运动，其中燕山运动规模宏伟，活动强烈，影响深远，形成了一系列大小不等、方向不一、性质不同的断裂构造，尤其是深、大断裂，对区域构造的发展起着举足轻重的控制作用，并与地震活动有着密切的成因联系。断裂的继承性活动，导致东西向断裂再一次复活，北东向断裂活动进一步加强，与此同时，又产生了新生的北西向断裂和南海北部海域的北东东向断裂。从而奠定了本区棋盘格状的基本构造轮廓。从而奠定了本区棋盘格状的基本构造轮廓。晚近期以来，本区地壳运动仍以区域性、间歇性缓慢抬升为主，但总体上处于一个相对稳定的地块内。

### （二）地震

评估区地处华南地震区沿海地震带北部，历史上 1749 年 2 月 28 日云浮曾发生过 5 级地震，震中烈度为 VI 度。自 1970 年广东省地震台网建立以来至 2008 年，在进场区内共记录到  $ML \geq 2.0$  级地震 23 次，其中  $ML \geq 3.0$  级地震仅有一次（表 2-1），最大地震为 1973 年 1 月 28 日发生在肇庆一带的  $ML 3.1$  级地震。总体而言，拟建线路位于地震活动相对较弱的地区（图 2-3）。

根据《建筑抗震设计规范（GB50011-2010）》（2016 年版）及《中国地震动参数区划图》（GB18306-2015），评估区的抗震设防烈度为 VI 度，评估区设计基本地震动加速度值为 0.05g，设计地震分组为第一组。

评估区位于数条断裂组成的棋盘格局中，且有 2 条断裂距离评估区较近，断裂活动对评估区有一定影响，但区内未发现明显断裂经过痕迹；评估区区域性构造运动较频繁且较明显，但强度不大；区域新构造运动大面积陆地上升成陆迅速，新构造运动主要表现为抬升。

表 2-1 评估区周边区域  $M_L \geq 2.0$  级地震目录（1970~2008）

编号	发震时间						震中位置			震级 (ML)
	年	月	日	时	分	秒	北纬	东经	参考地点	
1	1973	1	28	20	30	45	23.1°	112.3°	肇庆	3.1
2	1973	1	29	6	59	59	23.1°	112.3°	肇庆	2.2
3	1973	11	5	19	40	58	22.9°	111.9°	云浮	2.0
4	1974	2	12	17	9	35	23.1°	111.9°	德庆	2.6
5	1974	7	18	12	9	26	22.8°	111.8°	罗定	2.6
6	1980	12	6	9	41	54	22.8°	112°	云浮	2.6
7	1983	3	9	10	44	34	22.88°	112°	云浮	2.7
8	1984	3	25	22	22	26	23°	111.88°	云浮	2.8
9	1986	4	21	6	32	27	23.12°	112.07°	云浮	2.5
10	1987	1	15	21	18	36	22.87°	111.98°	云浮	2.6
11	1990	5	6	8	21	34	22.88°	112.08°	云浮	2.6
12	1992	1	26	18	14	7	22.88°	112.03°	云浮	2.9
13	1992	4	12	17	47	43	22.9°	112.18°	云浮	2.5
14	1992	12	13	14	3	31	22.85°	112.08°	云浮	2.8
15	1997	11	2	9	59	15	23.17°	112.18°	肇庆	2.9
16	2000	3	14	12	28	48	23.1°	112°	云浮	2.1
17	2000	4	26	12	28	50	23.1°	111.9°	德庆	2.1
18	2000	5	22	6	48	8	22.93°	112.18°	云浮	2.6
19	2000	8	10	12	31	44	23.12°	111.98°	德庆	2.1
20	2000	9	26	15	59	46	23.05°	112°	云安	2.1
21	2000	10	23	12	30	10	23.12°	111.98°	云安	2.3
22	2000	11	9	12	30	33	23.08°	111.98°	云安	2.2
23	2000	11	28	16	0	1	23.05°	112.02°	云安	2.0

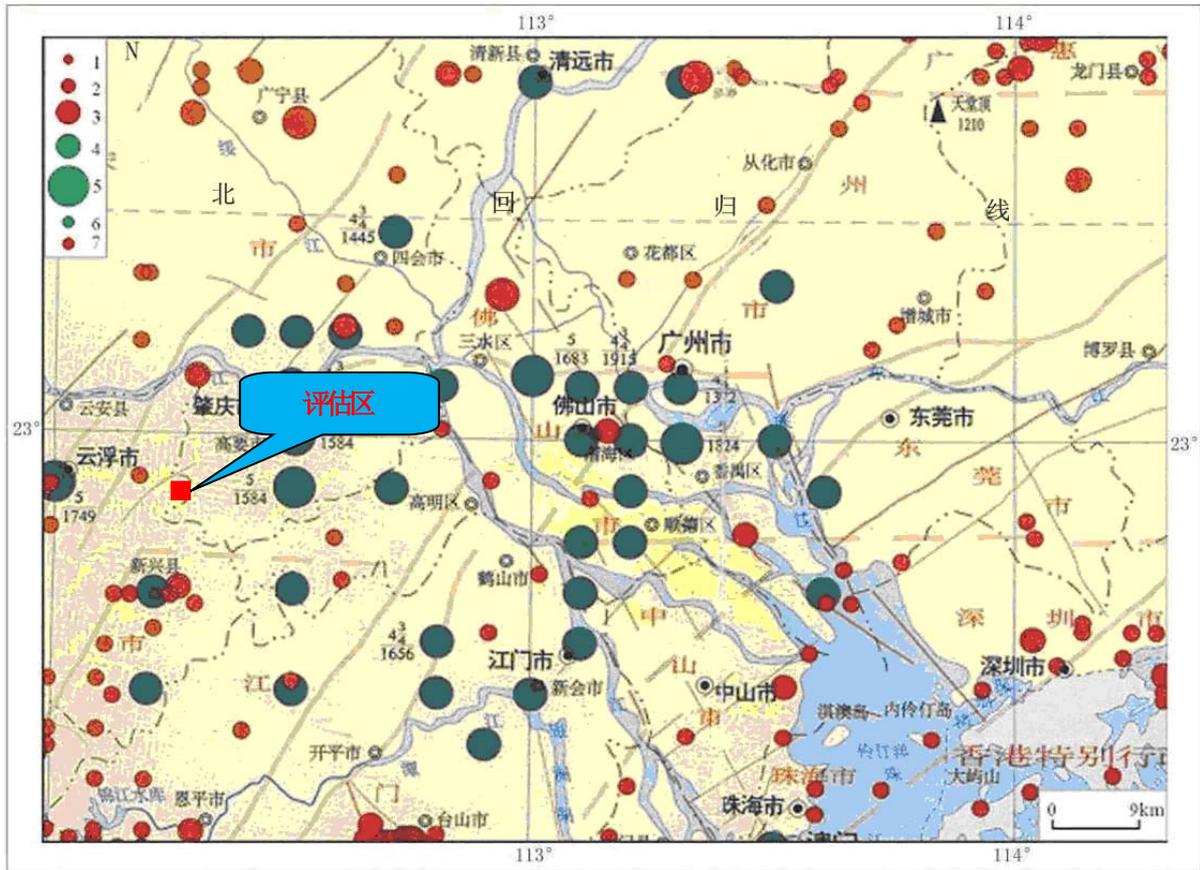


图 2-3 评估区及外围地震震中分布图  
(据广东省地震局《广东省地震构造图集》，2000年)

综上所述，评估区外围区域断裂构造较发育，断裂构造条件中等；区域上新构造运动较频繁，但地震活动强度不大，评估区地震基本烈度为VI度区，区域地壳稳定性为稳定。综合评价区域地质背景复杂程度为中等。

## 第二节 气象、水文

### 一、气象

评估区地处亚热带季风气候，其特点是：光热充足，雨量丰沛，气候温和，夏长冬短。年均气温 26℃，年均降雨量 1433mm，节气明显，无霜期长。春季冷暖多变，阳光偏少，多低温阴雨；夏季高温多雨，初夏温暖，盛夏炎热，是台风的出发季节，雨量集中；立秋之后，气候逐渐干燥，且为台风持续频繁时段；冬季低温少雨，冷空气活动频繁，有霜冻出现。市境位于北回归线南侧，地面接受太阳辐射比较多，光照资源丰富，强度大。

根据 1965~2018 年新兴气象站的气象资料统计：

雨量：年平均雨量 1433mm，最多年份 2139mm，最少年份 881mm，丰水年差值为 1258mm。汛期为 4~9 月，枯水期为 10~次年 3 月。雨量最多为 6 月，雨量最少为 12 月，日（24 小时）最大降雨量为 255.3mm（2008 年 11 月 3 日），一次性降雨最大值 557.9mm，月平均最大降雨量 252mm，月平均最小降雨量 26mm。

气温：年平均气温 26℃，年际变化较稳定，月平均气温最高是 7 月，最低是 1 月，极端最高气温 39.0℃，极端最低气温-1.4℃。

日照：本市年平均日照 1527h，但年际变化较大。日照时数随季节而不同，7 月最多，2 月最少，全年平均无霜期 348d。

风向：常风向为东北北风和东北风，频率分别为 14%和 12%，强风向为东北和西北风，均为 12m/s，年平均风速为 1.4m/s。

### 二、水文

拟建场地位于云浮市云城区安塘街，拟建场地内地表水主要为池塘水及河水。

#### 1、安塘河

安塘河发源于广东省陆丰市，流经云浮市，最终汇入北江。安塘河全长约 60km，流域面积约 600km<sup>2</sup>。它流经云城区、新兴县等地，是云浮市的主要水源之一，也是当地农田灌溉和农业养殖的重要水源。安塘河河面常水位标高为 22.00m，场地道路设计标高为 25.93~67.30m，故安塘河评估区影响较小。

#### 2、水塘

评估场地内分布较多鱼塘，为当地农业、工业和居民生活提供了水资源。水塘面积

为 1000~2100m<sup>2</sup>，水深 1.0~2.0m，对评估场地有一定影响。

综上所述，评估区气候温暖湿润，雨水充沛，夏季频繁的暴雨将给工程建设带来不利影响，因此大气强降雨是区内水文气象中的主要不利因素。

### 第三节 地形地貌

评估区所属地貌主要为低山丘陵和丘间沟谷地貌，呈南高北低，呈坡地趋势。东侧紧邻汕湛高速，北侧为市政道路，西侧为现状村落。场地内高差较大，最大高差相差 10m。现状地形主要为林地、鱼塘、河流和水泥路等。勘察期间测得场地内勘探点标高介于 31.13~100.30 之间。整个评估区卫星影像图见图 2-4。

#### 一、低山丘陵地貌

线路大部分位于丘陵地区，总体上地形起伏较大，地势为南高北低。山、丘顶标高介于 100~250m 间，植被茂密，整个山体被植被覆盖，自然坡度一般 15°~20°，山脉走向总体为南北走向，该区内山体植被较发育，现状主要为杂树及灌木丛。沿线主要为燕山三期花岗岩及其坡残积土，局部出露基岩。

#### 二、丘间沟谷地貌

主要分布于拟建线路里程起点中部和南部，凹地沟壑纵横，呈条带状分布于场区内，两侧自然坡度为 15°~20°，现状地面标高介于 31.13~68.9m 之间，现状主要为鱼塘以及泥路，地表覆盖第四系冲洪积层。凹地中分布大量松散风化土以及回填土，对评估线路影响较大。

综上所述，评估区地貌类型主要为低山丘陵和丘间沟谷地貌，地形起伏较大，相对高差达 70m，因此综合评定评估区地形地貌条件中等程度为中等。

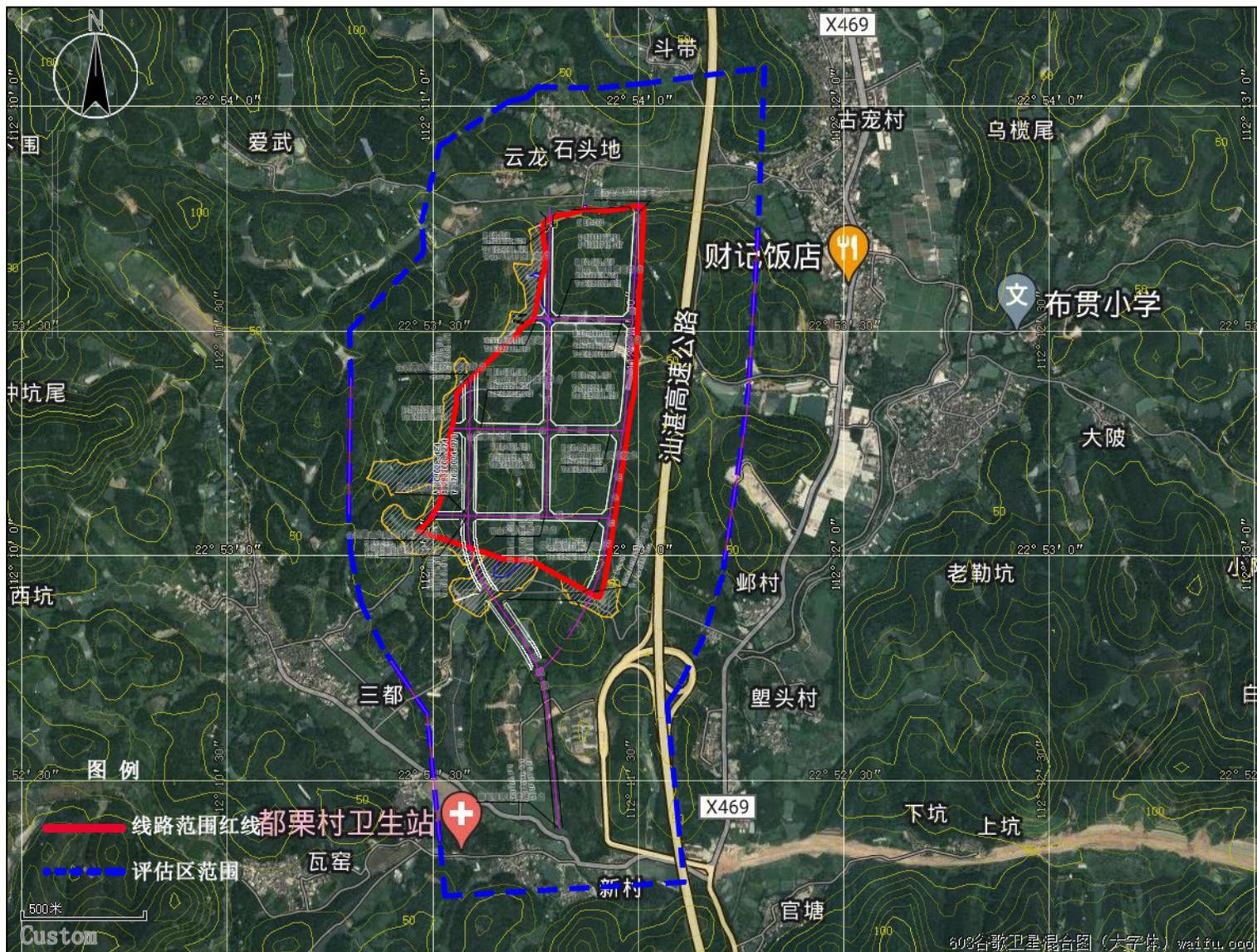


图 2-4 拟建线路周边地形地貌（来源谷歌地球遥感影像，拍摄于 2021 年 10 月 4 日）

## 第四节 地层与岩石

根据野外调查及场地工程勘察、可研报告资料，评估区地层为第四系残积层（ $Q^{el}$ ）和第四系河湖相沉积层（ $Q^l$ ），岩石为燕山三期花岗岩（ $\gamma_5^{2(3)}$ ）。主要地层有老至新概述如下：

### 一、地层

#### 1、第四系残积层（ $Q^{el}$ ）

评估区内广泛分布，覆盖在基岩之上，厚度分布不均，岩性为砂质黏性土，呈砖红色、黄色，由花岗岩风化残积而成。揭露层厚 3.60~21.90m，平均厚度 12.00m。

#### 2、第四系河湖相沉积层（ $Q^l$ ）

该层主要分布于山间冲积洼地，由淤泥质土和粉质黏土组成。其中淤泥质土呈灰黑色，含少量粉细砂，揭露层厚 0.80m；粉质黏土层呈灰黄夹褐红色，组成主要为粉粒和粘粒，局部夹少量砾砂、碎石，揭露层厚 2.80m。

### 二、岩石

评估区地表为第四系所覆盖，下伏基岩主要为燕山三期花岗岩（ $\gamma_5^{2(3)}$ ），呈浅黄、黄色、黄褐色，新鲜基岩致密坚硬，主要矿物为长石、石英、黑云母，中粗粒结构，块状构造。揭露厚度为 7.30~42.90m。

综上所述：评估区内地层为第四系残积层（ $Q^{el}$ ）和第四系河湖相沉积层（ $Q^l$ ），岩石为燕山三期花岗岩（ $\gamma_5^{2(3)}$ ），综合判定评估区地层与岩石条件复杂程度为中等。

## 第五节 地质构造

### 一、评估区地质构造

根据区域地质资料，评估区周边断裂构造较发育，北北东向安塘断裂（F1）距离线路较近，从评估区西侧面约 0.3km 处通过，对边坡的稳定性有一定的影响。受区域构造作用控制，区内基岩节理裂隙较发育，根据现场调查，评估区属于花岗岩地区，现状路堑边坡为揭露到基岩，边坡基本为风化土和全风化花岗岩，风化程度强烈，对评估区路堑边坡变形和破坏有较大影响，在工程建设时，沿线路堑边坡的开挖打破了原来岩体中的应力平衡，引起局部产出剪切错动、拉裂，使得岩体内原有的裂隙进一步延伸、扩展，从而发生边坡变形破坏。

## 二、评估区新构造运动

评估区新构造运动大体与区域新构造运动一致，第四纪以来，区内地壳呈间歇式上升，但上升速度较慢，故在丘陵区，以溶蚀侵蚀剥蚀作用为主，地表覆盖较厚的坡残积层，在盆地内及河谷地段则以侵蚀堆积作用为主，地表多被冲洪积、湖积层覆盖。从河流阶地的发育特征来看，评估区及其周围有着上升受侵蚀与沉降堆积的多期性，但总体上升幅度大于沉降幅度。

综上所述，评估区内基岩风化程度强烈，对评估区的稳定性影响程度较大，新构造运动总体上上升幅度大于沉降幅度。评估区地质构造复杂程度为中等。

## 第六节 岩土类型及工程地质性质

### 一、岩土体类型及特征

根据评估项目的工程地质勘察资料及野外调查结果，并结合地层的成因、时代、岩石强度等级和岩体结构类型，评估区内岩土体的岩土工程地质类型主要为松散土类和侵入岩类两大类，其中松散土类为人工填土、沉积土和残积土，侵入岩类为燕山三期花岗岩。现分述如下：

#### （一）松散土类

##### 1、人工填土（ $Q^m$ ）

素填土（编号①）：主要分布于场地内洼地处，呈浅黄、灰黄色，由弃土堆填而成，堆填时未分层压实，填料主要为花岗岩残积土，偶夹碎块石，土质不均匀，不具湿陷性，堆填年限 10 年以上，基本完成自重固结，稍压实。本次勘察仅 2 个钻孔（ZK111 及 ZK121）揭露有该层，层厚 0.70~1.50m，平均厚度 1.10m，层底标高 30.35~44.04m，平均层底标高为 37.19m。该层标准贯入试验 1 次，实测击数  $N' = 6.0$  击，平均 6.0 击。

##### 2、沉积土（ $Q^1$ ）

（1）淤泥质土（编号②<sub>1</sub>）：局部分布于线路末段冲积洼地中，呈灰黑色，岩芯呈泥柱状，直立易倒，含少量及粉细砂，稍具腥臭味，饱和，流塑。本次勘察仅 1 个钻孔（ZK121）揭露有该层，层厚 0.80m，层顶标高 30.35m。该层标准贯入试验 1 次，实测击数  $N' = 2.0$  击，平均 2.0 击。

（2）粉质粘土（编号②<sub>2</sub>）：分布较广泛，主要分布于山间冲积洼地，灰黄夹褐红色，主要由粉粘粒组成，无摇震反应，刀切面较光滑，韧性及干强度中等，可塑。本次勘察仅 1 个钻孔（ZK121）揭露有该层，层厚 2.80m，层顶标高 29.55m。该层标准贯入

试验 3 次，实测击数  $N' = 8.6 \sim 9.3$  击，平均 9.0 击。

### 3、残积土 ( $Q^{el}$ )

砂质粘性土（编号③）：广泛分布于评估区，呈砖红色、黄色为主，由花岗岩残积土残积形成，原岩结构不可辨认，主要由黏性土及少量石英砾石组成，韧性及干强度中等，岩芯遇水易软化，可塑-硬塑。本次勘察所有钻孔均揭露有该层，水平分布连续，层厚 3.60~21.90m，平均厚度 13.00m，层顶标高 26.75~100.30m，平均层顶标高为 49.10m。该层标准贯入试验 78 次，实测击数  $N' = 12.2 \sim 33.6$  击，平均 21.3 击。

#### （二）侵入岩类

据收集勘察资料，场地所揭露的基岩为燕山三期花岗岩（ $\gamma_5^{2(3)}$ ），根据风化程度把基岩分为全风化~微风化四个风化等级。现分述如下：

（1）全风化花岗岩（编号④<sub>1</sub>）：广泛分布于评估区，呈浅黄、黄褐色为主，原岩结构尚可辨认，主要由黏性土、石英及少量长石碎屑组成，岩芯遇水易软化，硬塑-坚硬状；为极软岩，极破碎，岩体基本质量等级为 V 类。本次勘察所有钻孔均揭露有该层，水平分布连续，层厚 2.80~11.70m，平均厚度 6.44m，层顶标高 14.32~79.60m，平均层顶标高为 36.10m。该层标准贯入试验 76 次，实测击数  $N' = 28.7 \sim 58.4$  击，平均 40.2 击。

（2）强风化花岗岩（编号④<sub>2</sub>）：

广泛分布于线路后半段，呈黄色、黄褐色为主，岩芯呈半岩半土状，原岩结构清晰可辨，岩芯遇水易崩解，干钻不易钻进；为极软岩，极破碎，岩体基本质量等级为 V 类。本次勘察所有钻孔均揭露有该层，水平分布连续，层厚 1.30~16.50m，平均厚度 6.72m，层顶标高 7.70~67.90m，平均层顶标高为 29.66m。该层标准贯入试验 66 次，实测击数  $N' = 49.7 \sim 58.5$  击，平均 52.6 击。

（3）破碎中风化花岗岩（层号④<sub>3-1</sub>）：本次勘察所有钻孔均揭露有该层，黄褐色为主，中粗粒花岗结构，块状构造，主要由长石、石英及黑云母组成，岩芯主要呈块状，节理裂隙发育，岩质软， $RQD=0 \sim 30$ ，岩体基本质量等级为 V 类。大部分钻孔未揭穿，水平分布连续，揭露厚度 2.10~8.90m，平均厚度 4.80m，层顶标高-2.98~51.40m，平均层顶标高为 22.94m。该层岩石抗压强度为 5.50~15.20MPa，平均值为 10.13MPa。

（3）中风化花岗岩（层号④<sub>3-2</sub>）：灰白、肉红色夹黑色斑点，中粗粒花岗结构，块状构造，主要由长石、石英及黑云母组成，岩芯主要呈短柱-长柱状，局部块状，节理裂隙发育，岩质较软， $RQD=75 \sim 90$ ，岩体基本质量等级为 IV-III 类。本次勘察共 7 个钻

孔揭露有该层，均未揭穿，揭露钻孔孔号分别为 ZK53、ZK60B、ZK65、ZK96、ZK108、ZK121 及 ZK133，揭露厚度 1.10~5.80m，平均揭露厚度 2.17m，层顶标高 10.57~42.50m，平均层顶标高为 23.41m。该层岩石抗压强度为 17.30~27.50MPa，平均值为 23.15MPa。

以上各岩土层主要物理力学性质指标统计成果表见表 2-2，各土层物理力学参数建议值见表 2-3。

表 2-2 各岩土层物理力学性质指标统计成果表

岩土编号	岩土名称	统计项目	含水量 W (%)	质量密度 $\rho$ g/cm <sub>3</sub>	土粒比重 Gs	天然孔隙比 e	饱和度 Sr (%)	液限 W <sub>L</sub> (%)	塑限 W <sub>p</sub> (%)	塑性指数 I <sub>p</sub>	液性指数 I <sub>L</sub>	压缩指标		直剪快剪		实测贯击数 N'	修正贯击数 N	
												压缩系数 $\alpha_{1-2}$ (MPa <sup>-1</sup> )	压缩模量 E <sub>s1-2</sub> (MPa)	黏聚力 C <sub>q</sub> (kPa)	内摩擦角 $\Phi_q$ (°)			
①	素填土	统计个	2	2	2	2	2							2	2	1	1	
		最小值	22.5	1.61	2.68	0.931	58								11	8.9	6.0	6.0
		最大值	24.2	1.73	2.69	1.039	70								15	9.5	6.0	6.0
		平均值	23.4	1.67	2.69	0.985	64								13	9.2	6.0	6.0
		标准差																
		变异系																
② <sub>1</sub>	淤泥质土	统计个	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
		最小值	52.6	1.67	2.67	1.440	98	45.1	26.4	18.7	1.40	1.11	2.2	7	3.2	2.0	2.0	
		最大值	52.6	1.67	2.67	1.440	98	45.1	26.4	18.7	1.40	1.11	2.2	7	3.2	2.0	2.0	
		平均值	52.6	1.67	2.67	1.440	98	45.1	26.4	18.7	1.40	1.11	2.2	7	3.2	2.0	2.0	
		标准差																
		变异系																
② <sub>2</sub>	粉质黏土	统计个	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
		最小值	25.8	1.91	2.70	0.764	90	36.8	21.8	15.0	0.26	0.35	4.6	25	10.9	9.0	8.6	
		最大值	27.4	1.95	2.71	0.781	97	38.3	22.7	15.6	0.30	0.38	5.0	28	12.7	10.0	9.3	
		平均值	26.4	1.93	2.70	0.771	93	37.4	22.2	15.2	0.28	0.37	4.8	27	11.9	9.7	9.0	
		标准差																
		变异系																
③	砂质黏性土	统计个	78	78	78	78	78	78	78	78	78	39	39	32	32	78	78	
		最小值	16.0	1.75	2.65	0.642	65	30.3	17.0	12.0	0.00	0.32	4.3	20	19.0	14.0	12.2	
		最大值	32.3	1.94	2.69	0.983	99	43.4	25.5	17.9	0.38	0.45	5.2	27	23.6	39.0	33.6	
		平均值	25.1	1.88	2.68	0.787	85	37.4	22.1	15.3	0.19	0.37	4.8	25	21.1	25.3	21.3	
		标准差	3.259	0.03	0.008	0.071	5.77	3.274	1.87	1.42	0.092	0.031	0.249	1.684	1.111	7.962	5.606	

广东省云浮市石材千亿产业园基础设施项目（一期）地质灾害危险性评估报告

		变异系	0.130	0.01	0.003	0.090	0.06	0.088	0.08	0.09	0.473	0.083	0.052	0.069	0.053	0.315	0.264	
		标准值	25.8	1.89	2.68	0.801	87	38.0	21.8	15.5	0.21	0.38	4.7	24	20.8	23.7	20.2	
④ <sub>1</sub>	全风化花岗岩	统计个	77	70	77	70	70							50	50	76	76	
		最小值	13.1	1.80	2.67	0.620	57							18	22.0	41.0	28.7	
		最大值	28.6	1.97	2.68	0.894	91							27	27.3	69.0	58.4	
		平均值	21.5	1.89	2.67	0.716	80							22	23.6	54.5	40.2	
		标准差	2.828	0.03	0.004	0.058	6.37							2.539	1.089	9.634	6.966	
		变异系	0.132	0.01	0.002	0.081	0.08							0.113	0.046	0.177	0.173	
		标准值	22.0	1.90	2.67	0.728	81							22	23.3	52.6	38.9	
④ <sub>2</sub>	强风化花岗岩	统计个														66	66	
		最小值															71.0	49.7
		最大值															80.0	58.8
		平均值															74.2	52.6
		标准差															2.562	2.142
		变异系															0.035	0.041
		标准值															73.6	52.1

（资料来源：《云浮市国际石材产业城主园基础设施项目岩土工程初步勘察报告》）

表 2-3 各岩土层物理力学指标建议值

分层号	岩土名称	地基承载力特征值 $f_{ak}$ (kPa)	天然重度 $\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	含水率 $w$ (%)	直剪快剪法/固结快剪法		压缩系数 (1/MPa)	压缩模量 $E_s$ (MPa)	变形模量 $E_0$ (MPa)
					黏聚力 $C$ (kPa)	内摩擦角 $\varphi$ (°)			
①	素填土	80	17.0	23.4	12.0	10.0	0.50*	3.50*	/
② <sub>1</sub>	淤泥质土	60	16.7	52.6	7.0	3.2	1.11	2.20	/
② <sub>2</sub>	粉质黏土	170	18.5	26.4	27.0	11.9	0.37	4.80	/
③	砂质黏性土	220	18.8	25.1	21.0	23.0	/	10.0	40*
④ <sub>1</sub>	全风化花岗岩	300	18.9	21.5	23.0	24.0	/	20.0	80*
④ <sub>2</sub>	强风化花岗岩	600	19.5*	/	26.0*	28.0*	/	/	140*
④ <sub>3-1</sub>	破碎中风化花岗岩	1000	饱和单轴抗压强度标准值： $f_{rk}=10.0\text{MPa}$						
④ <sub>3-2</sub>	中风化花岗岩	2500	饱和单轴抗压强度标准值： $f_{rk}=25.0\text{MPa}$						

## 二、工程地质条件评价

### （一）线路工程地质分区与评价

根据区域地质资料和本次的路线地质调查所取得的资料，将本项目区按地层岩性、岩土成因类型、强度差异和工程地质性质等综合考虑，各土层分述如下：

（1）素填土层（①）：零星分布于地表，堆填年限 10 年左右，其密实程度不均匀，结构呈松散状态，力学强度较低，层底坡度 $>10\%$ ，属不均匀地基土，稳定性差，受压后，会产生较大沉降，为不良地基土。

（2）淤泥质土层（②<sub>1</sub>）：零星分布，呈饱和、流塑状态，强度低、压缩性高，属软弱地基土，其工程性质差。

（3）粉质黏土层（②<sub>2</sub>）：零星分布，可塑状，弱透水，具中等的压缩模量，其工程性质一般。

（4）砂质黏性土（③）：分布连续，硬塑状，具中低压缩性，承载力中等偏高，工程性能一般，属不均匀地基土，地基稳定性一般。

（5）全风化花岗岩层（④<sub>1</sub>）：岩芯呈土柱状，具中低压缩性，承载力中等偏高，属于中硬土，属不均匀地基土，地基稳定性较好。

（6）强风化花岗岩层（④<sub>2</sub>）：岩芯呈半岩半土状，具中低压缩性，承载力中等偏高，属于中硬土，属不均匀地基土，地基稳定性较好。

（7）破碎中风化花岗岩层（④<sub>3-1</sub>）：岩体裂隙发育，岩芯破碎，具有一定的强度及较小变形，为不可压缩层，属均匀地基土，稳定性好，但该层分布及厚度不均匀。

(8) 中风化花岗岩层 (④<sub>3-2</sub>)：在控制深度内未见软弱夹层与破碎岩体，力学性能高，区域厚度大，为不可压缩层，属均匀地基土，稳定性好。

## (二) 线路重点工程地质评价

本评估线路经过的地貌单元主要为丘陵和丘间沟谷地貌，且本线路无桥梁工程。故评估线路主要以路堤和路堑等形式通过，下面主要从路基工程和边坡工程等方面评价评估路线的工程地质条件。

### 1、路基工程

评估路线所经地区为丘陵和丘间沟谷地貌，地形起伏较大，填方和挖方路段较多，沿线广泛分布第四系残坡积层和冲积层等松散类土，成分较为复杂，厚度变化不均。路基工程的主要问题是丘陵区半挖半填路基稳定性问题。

丘陵区表层为砂质粘性土和全风化基岩等，其强度较高、压缩性较小，通常是路基的良好持力层，但因地形起伏较大，需注意半挖半填路基的稳定性问题。

评估路线大部分采用路堑形式穿越，需开挖山体，路堑开挖高度约 0.14~42.70m，路堑边坡岩性为花岗岩及其残积土等，部分地段节理裂隙较发育，路堑开挖时需注意结构面的产状与开挖面的产状之间的关系，工程建设时需进行边坡工程处理。因此，综合评估路基工程整体工程地质条件为中等，路基工程施工过程中需要采取一定的防护措施。

### 2、边坡工程

评估线路路堑边坡主要分布于处于丘陵区，填挖交错。根据钻探揭示和现场工程地质调查，共 8 段挖方路堑段，挖方高度约 0.14~42.70m，总长 1.062km。路堑边坡开挖后，将形成土质和土质边坡。这些边坡局部开挖高度较大，且边坡放坡受到地形限制，有的需采用陡坡，边坡的开挖将使山体应力重分布，坡脚会导致应力集中，在大气降雨，尤其是突发性大暴雨的作用下，孔隙水压力增大，岩体饱和度增加，边坡自重增加，岩体结构面的抗剪强度将降低，可能由于坡脚应力集中和岩石强度不足而产生的沿相对软弱面（顺向的节理、裂隙面）的坍塌滑动变形或圆弧滑动变形，这对边坡的稳定是不利的，需采用必要的措施进行加固处理。沿线主要路堑边坡工程地质条件见表 2-4。

表 2-4 沿线主要路堑边坡工程地质条件评价

位置	序号	分布里程	坡长 (m)	最大坡高 (m)	边坡主要工程地质特征
百石大道	LQ1	CK0+060 (起点) ~ CK0+280	220	42.70	为岩土混合质边坡，位于丘陵地区，植被发育，边坡高度较高，边坡为全风化、强风化花岗岩及其风化砂质粘性土，稳定性较差。

异石路	LQ2	FK0+588.557 ~FK0+720 (终点)	131	1.05	为土质边坡，位于丘陵地区，植被发育，边坡高度较小，边坡为全风化花岗岩及其风化砂质粘性土，稳定性较好。
临时路	LQ3	LK0+015.088 (起点)~ LK0+030	15	11.76	为土质边坡，位于丘陵地区，植被发育，边坡高度较高，边坡为全~强风化花岗岩及其风化砂质粘性土，稳定性较差。
	LQ4	LK0+046~ LK0+130	100	4.73	为土质边坡，位于丘陵地区，植被发育，边坡高度较高，边坡为全风化花岗岩及其风化砂质粘性土，稳定性较一般。
	LQ5	LK0+174~ LK0+235	61	5.40	为土质边坡，位于丘陵地区，植被发育，边坡高度较高，边坡为全风化花岗岩及其风化砂质粘性土，稳定性较一般。
	LQ6	LK0+350~ LK0+470	120	15.30	为土质边坡，位于丘陵地区，植被发育，边坡高度较高，边坡为全~强风化花岗岩及其风化砂质粘性土，稳定性较差。
	LQ7	LK0+700~ LK0+785	85	6.55	为土质边坡，位于丘陵地区，植被发育，边坡高度较高，边坡为全风化花岗岩及其风化砂质粘性土，稳定性较一般。
	LQ8	LK0+940~ LK1+210	270	17.45	为土质边坡，位于丘陵地区，植被发育，边坡高度较高，边坡为全~强风化花岗岩及其风化砂质粘性土，稳定性较差。

沿线路堤边坡主要分布在丘间沟谷及丘陵地带。根据钻探揭示和现场工程地质调查，共分为 18 段填方路堤段，填方高度为 0.20~29.00m，总长 5.117km。工程建设时应加强护坡工作。对于路堤边坡，可采用植草防护，采用浆砌片石护坡，以防冲刷。当路堤边坡高度≤3.0m 时，边坡防护进行植草皮、喷播草籽、三维网植草等多种方案比较，选择合理的防护型式。当路堤边坡高度>3.0m 时，增强路堤稳定，边坡防护设置仰斜式路肩墙防护型式。沿线主要路堤边坡工程地质条件见表 2-5。

表 2-5 沿线主要路堤边坡工程地质条件评价

位置	序号	分布里程	坡长 (m)	最大坡高 (m)	工程地质特征
石技景观大道	LD1	AK0+038.484 (起点)~ AK0+358.931	320	0.67	位于丘陵区，地表主要为回填土、粉质黏土和砂质粘性土，填土高度小，稳定性好。
	LD2	AK0+358.931~ AK0+520 (终点)	161	0.67	位于丘陵区，地表主要为回填土、粉质黏土和砂质粘性土，填土高度小，稳定性好。
玉石路	LD3	BK0+080 (起 点)~ BK0+458.859	379	0.65	位于丘间沟谷，地表主要为回填土、粉质黏土和砂质粘性土，填土高度小，稳定性好。
	LD4	BK0+458.859~ BK1+233.14 (终 点)	874	0.71	位于丘陵区，地表主要为回填土、粉质黏土和砂质粘性土，填土高度小，稳定性好。
百石大道	LD5	CK0+280~ CK1+010	730	15.00	位于丘间沟谷，地表主要为回填土、粉质黏土和砂质粘性土，填土高度较高，稳定性较差。

	LD6	CK1+010~ CK1+060	50	16.00	位于丘间沟谷，地表主要为回填土、粉质黏土和砂质粘性土，填土高度较高，稳定性较差。
	LD7	CK1+060~ CK1+620（终点）	560	29.00	位于丘间沟谷，地表主要为回填土、粉质黏土和砂质粘性土，填土高度较高，稳定性较差。
奇石路	LD8	DK0+041.699 （起点）~ DK0+308.676 （终点）	267	1.05	位于丘陵区，地表主要为回填土、粉质黏土和砂质粘性土，填土高度小，稳定性好。
兴石大道	LD9	EK0+049.981 （起点）~ EK0+315.468	265	0.96	位于丘陵区，地表主要为回填土、粉质黏土和砂质粘性土，填土高度小，稳定性好。
	LD10	EK0+315.468~ EK0+591.891（ 终点）	193	0.66	位于丘陵区，地表主要为回填土、粉质黏土和砂质粘性土，填土高度小，稳定性好。
昇石路	LD11	FK0+043.594 （起点）~ FK0+265.075	221	0.51	位于丘陵区，地表主要为回填土、粉质黏土和砂质粘性土，填土高度小，稳定性好。
	LD12	FK0+265.075~ FK0+588.557	323	0.35	位于丘丘间沟谷，地表主要为回填土、粉质黏土和砂质粘性土，填土高度小，稳定性好。
临时路	LD13	LK0+030~ LK0+046	16	2.46	位于丘陵区，地表主要为回填土、粉质黏土和砂质粘性土，填土高度小，稳定性好。
	LD14	LK0+130~ LK0+174	44	1.60	位于丘陵区，地表主要为回填土、粉质黏土和砂质粘性土，填土高度小，稳定性好。
	LD15	LK0+235~ LK0+350	220	15.16	位于丘丘间沟谷，地表主要为回填土、粉质黏土和砂质粘性土，填土高度大，稳定性较差。
	LD16	LK0+470~ LK0+700	230	10.85	位于丘丘间沟谷，地表主要为回填土、粉质黏土和砂质粘性土，填土高度大，稳定性较差。
	LD17	LK0+785~ LK0+940	155	7.00	位于丘丘间沟谷，地表主要为回填土、粉质黏土和砂质粘性土，填土高度大，稳定性较一般。
	LD18	LK1+210~ LK1+368.591 （终点）	159	2.23	位于丘丘间沟谷，地表主要为回填土、粉质黏土和砂质粘性土，填土高度小，稳定性好。

### 三、评估区潜在的不良地质问题

根据评估区工程地质条件，引起评估区地质灾害主要的不良工程地质问题有：填土的低强度、高压缩性问题和花岗岩孤石、全一强风化花岗岩及其残积土遇水软化崩解问题。

#### （一）填土的低强度、高压缩性问题

评估线路主要为路基工程，基础类型为浅基础，路基揭露的素填土、耕植土低强度、高压缩的特点均易产生地面不均匀沉降。根据评估区工程地质特征，评估区人工填土主要分布于后半段丘前谷地区，工程力学性能差，压缩性高，在上部荷载的作用下，易产生较大沉降量。若素填土、耕植土沉降不均匀，易造成道路的路面破裂。

## （二）花岗岩孤石

评估区发育燕山三期花岗岩，在野外综合地质调查发现存在花岗岩球状风化体（照片4、5（俗称“孤石”））。经野外调查，孤石普遍分布于拟建道路的中部丘陵地带，主要由中风化~微风化花岗岩组成，块径较大，最大达1.5m。孤石常发育于残积土及全风化~强风化花岗岩中，岩质坚硬，多呈亚圆形。由于孤石分布无规律性，施工时，若将孤石误认为已达到弱风化或微风化岩，后果将非常严重；此外花岗岩残积土含亲水矿物，遇水易软化、崩解、坍塌，是桩基施工的不利因素。孤石的存在将造成岩土层存在不均匀性，这种不均匀性的危害有两方面：

1、分布在边坡中的孤石因其重度大于周围岩土层，故在雨水作用下孤石容易下坠从而加剧边坡失稳。

2、天然地基中的孤石将会造成道路地基不均匀，从而可能诱发上部结构的不均匀沉降问题。

## （三）全一强风化花岗岩及其残积土遇水软化崩解问题

评估区内主要的不良工程地质问题还有全一强风化花岗岩及其残积土遇水软化崩解问题。

全风化—强风化花岗岩及其残积土在评估区广泛分布且厚度较大，这些岩土层具高强度、低压缩性等特性，作为地基其工程性质较好，是建筑物比较理想的基础持力层。但是，这些岩土层含较多粗颗粒（矿物成分主要为石英、长石及硬水铝石等），粘土矿物则以高岭石为主，伊利石次之，因此也具有孔隙比较大、粘性较差的特点，受水影响容易软化、崩解，水理性能较差。由于自然边坡主要是由上述岩土层组成，因此在暴雨期间，边坡岩土层的不良水理性质将成为影响边坡稳定性的主要因素之一。

综上所述，评估区岩土体类型主要有松散土类和侵入岩类两大类型，岩土体分层较多，主要不良工程地质问题有：填土的低强度、高压缩性问题和花岗岩孤石、全一强风化花岗岩及其残积土遇水软化崩解问题等，岩土体工程地质条件复杂程度为中等~复杂，工程地质条件对区内工程建设影响较大。

## 第七节 水文地质条件

### 一、地下水类型及含水层概况

根据区域水文地质资料及场地勘察资料，评估区地下水依据赋存条件及含水岩组特征，评估区主要为松散岩类孔隙水和块状岩类裂隙水两类。松散岩类孔隙水赋存于第四

系中，块状岩类裂隙水赋存于燕山三期花岗岩（ $\gamma_5^{2(3)}$ ）基岩裂隙中。

## 二、地下水的基本特征

### （一）松散岩类孔隙水

根据勘察钻孔揭露情况，评估区松散岩类孔隙水的含水层为人工填土层、冲积层以及残坡积层，其中冲积层的粗砂层为主要含水层。填土中存在一定的包气带水和上层滞水，人工填土层和残坡积层均属弱透水层，土层的透水性及富水性差；粗砂层为主要含水层，局部分布于评估区东南部的丘间谷地区域，其富水程度受粒度成分和层厚等因素影响，但总体上粗砂层的分选性较差，结构稍密~中密，透水性较好。主要分布埋藏于人工填土之下，其厚度较小。总体上可认为评估区松散岩类孔隙水的富水性为贫乏。根据勘察资料，场地地下水水量及水位变幅主要受天气季节的影响而波动。

据 1:20 万高要幅区域水文地质资料，第四系松散岩类孔隙水单井涌水量多小于 100  $m^3/d$ ，水量较小，水质以  $HCO_3 \cdot Cl-Ca$  型为主，矿化度小于 0.5g/L。

### （二）块状岩类裂隙水

该含水岩组在评估区内广泛分布，其岩性为燕山三期花岗岩，基岩裂隙潜水主要赋存于风化裂隙中，地下水的富水性与裂隙发育程度、岩性、地质构造等因素密切相关，并由其所控制。全~中风化花岗岩被第四系覆盖，局部具微承压性，二者间有水力联系。全~强风化花岗岩属弱透水层，富水性较差，其水量较小；中风化花岗岩中的裂隙水与构造裂隙发育程度有关，总体上富水性及透水性较差，亦属弱透水层。

据 1:20 万高要幅区域水文地质资料，评估区块状裂隙水单孔涌水量多为 6.0~69.6  $m^3/d$ ，泉水常见流量 0.014~0.20L/s，平均地下迳流模数 1.32~5.81L/s· $km^2$ 。水质多属  $HCO_3-NaCa$  型，矿化度小于 0.1g/L。

## 三、地下水补径排条件与动态

### （一）地下水补给

评估区位于丘陵、丘间谷地，地下水的补给主要为大气降雨渗入补给外，尚有在不同季节东侧共成河对评估区地下水亦进行补给。在天然状态下，松散岩类孔隙水主要由大气降雨入渗补给为主，同时，在边坡地带还得到基岩裂隙水侧向补给，其次丘间谷地为地表水沟的补给；基岩裂隙水主要接受大气降雨补给、上层松散岩类孔隙水越流补给和区外侧向补给。

据区域水文地质资料，评估区内地下水补给受降雨季节支配，具有明显季节性。区

内降雨在年内分配不均及大气降雨多年的周期性决定评估区地下水渗入补给量随季节而变化，但雨季是地下水获得补给最多的季节。

## （二）地下水径流和排泄

评估区地下水的径流、排泄与地形地貌、地层岩性密切相关。评估区主要为丘陵、丘间谷地地貌，地势总体西高东低，地形起伏大，地下水水力坡度大，地下水以垂直渗透为主，径流途径较短，径流速度较快。地下水径流方向与地形一致，自西向东汇集于沟谷然后排泄至共成河，最后汇集于共成水库，部分通过植物蒸发进行排泄。

## （三）地下水动态

据勘察资料显示，混合稳定水位埋深 0.30~6.80m，平均 2.52m，标高 29.47~59.07m，平均 42.94m。评估区地下水动态变化与地形地貌、大气降水、洪期有密切关系。随地势不同评估区地下水位高低也不同，在丘陵坡脚处地下水水位较高，在丘陵坡顶处地下水位较低，主要以基岩裂隙水为主。总体而言，谷地区地下水水位比丘陵区地下水水位较高；而在春夏季，降水量大，地下水补给量大，水位上升；在秋冬季，降水量小，地表水位降低，地下水排泄条件改善，从而使地下水的排泄量增加。因此，气候季节性变化以及多年周期性变化，导致地下水的周期性动态变化，但水位及流量高峰期普遍比雨季滞后约 1 个月，该地区地下水水位年变幅 1.20~2.00m。

## 四、地下水腐蚀性评价

根据勘察报告，于钻孔 ZK72、ZK82、ZK123 及 ZK156 所取的场地上部的土样进行土对混凝土及钢筋混凝土腐蚀性评价有关土中易溶盐成分常规分析，按照《公路工程地质勘察规范》（JTG C20—2011）附录 D 环境介质对混凝土腐蚀的评价标准、《公路工程混凝土结构防腐蚀技术规范》（JTG/T B07-01—2006）进行判定，综合评定结果为：场地地下水位以上的土体按环境类型（II 类环境）判定对混凝土结构具微腐蚀性，按地层渗透性（B）判定对混凝土结构具微腐蚀性，综合判定场地地下水位以上的土体对混凝土结构具微腐蚀性；按类别 B（弱透水土层）场地地下水位以上土体对钢筋混凝土结构中的钢筋具微腐蚀性；场地地下水位以上的土体对钢结构具微腐蚀性。分析成果见表 2-6。

表 2-6 场地地表水及地下水的腐蚀性评价成果表

建筑材料	类别	腐蚀等级 腐蚀介质	对比项	微	弱	中	强
				<300	300~1500	1500~3000	>3000
混凝土	按环境类型（II 类环境）	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> 含量(mg/l)	规范值	<300	300~1500	1500~3000	>3000
			本场地值	105.67~158.50			

结构		Mg <sup>2+</sup> 含量 (mg/l)	规范值	<2000	2000~ 3000	3000~4000	>4000	
			本场地值	8.50~18.23				
		NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> 含量(mg/l)	规范值	<500	500~800	800~ 1000	>1000	
			本场地值	0.09~0.14				
		OH <sup>-</sup> 含量(mg/l)	规范值	< 43000	43000~ 57000	57000~ 70000	> 70000	
			本场地值	0.00				
	总矿化度 (mg/l)	规范值	< 20000	20000~ 50000	50000~ 60000	> 60000		
		本场地值	386.73~421.29					
	按地层渗透性(B)	pH值	规范值	>5.0	5.0~4.0	4.0~3.5	<3.5	
			本场地值	6.80~7.27				
		侵蚀性 CO <sub>2</sub> (mg/l)	规范值	<30	30~60	60~100	-	
			本场地值	9.54~19.08				
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mmol/l)		规范值	>1.0	1.0~0.5	<0.5	-		
		本场地值	1.41~2.60					
钢筋砼结构中钢筋	干湿交替	地下水中Cl <sup>-</sup> 含量(mg/l)	规范值	<100	100~500	500~5000	>5000	
			本场地值	23.28~49.88				
	长期浸水		规范值	< 10000	10000~20000	-	-	
			本场地值	23.28~49.88				

资料来源：《云浮市石材千亿产业园基础设施项目工程地质勘察报告（详细勘察阶段）》

## 五、地下水对建设工程的影响

评估线路大部分路段处于丘陵地区，新建过程中将形成众多路堑边坡，而山区地下水的动态变化特征主要是旱季丘顶无水（埋深大），坡脚有潜水型孔隙水，雨季潜水面则明显抬升，而潜水面的抬升将明显改变斜（边）坡土体的应力状态，如图 2-4 所示。

雨季期间，斜（边）坡地下水位线明显抬升，地下水位以下的土体受到孔隙水压力增大的作用，有效应力将降低，而水位线上土体受其影响小。随着有效应力的减小，一方面由于作用在潜在破坏面上的法向应力降低，导致其抗剪力降低；另一方面会直接导致土体本身的强度降低。此外，地下水可能会引起一些矿物发生不利反应，或通过渗流、淘蚀作用带走土体中的细小颗粒物质（在断裂构造发育带和岩土界面尤为明显），降低土体强度，从而造成崩塌/滑坡。山区地下水的动态变化大的另外一种重要影响是雨季

期间明显抬高的动态水位，将对浸润线以下的坡体产生动水压力，这种渗透压力对边坡稳定性的不良影响往往比地下水所造成坡体抗剪强度减低、重度增大的不良影响更大，因此对边坡进行有效的截排水，控制地下水位的动态变化对边坡稳定性是很重要的。

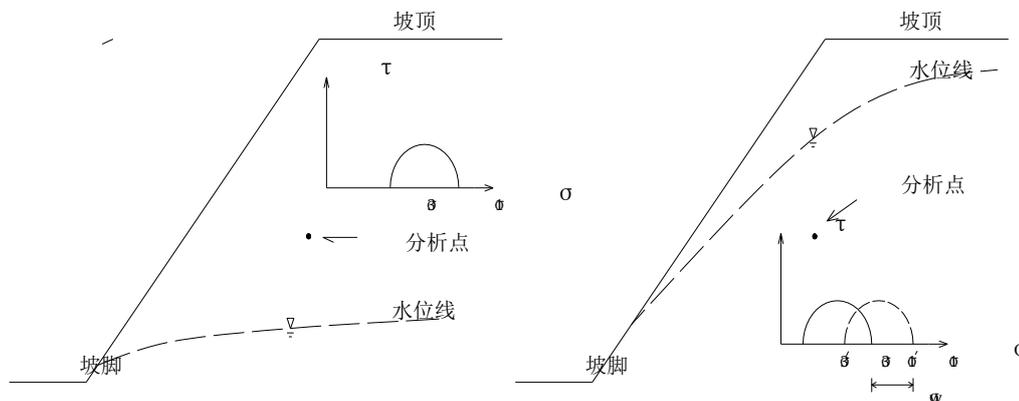


图 2-4 地下水位线变化导致斜坡同一点应力状态的差异

综上所述，评估区内地下水类型主要为松散岩类孔隙水和块状岩类裂隙水两大类，地下水富水性贫乏，地表水及地下水对混凝土结构具微腐蚀性，对钢筋混凝土结构中钢筋具微腐蚀性，水文地质条件复杂程度为中等。

## 第八节 人类工程活动对地质环境的影响

评估区位于云浮市云城区安塘街，城市化发展较缓慢，区内地貌类型以丘陵和丘间沟谷为主。地表主要林地、鱼塘、河流和水泥路，人类工程活动主要有养殖鱼塘、种植果树等人类工程活动，以农田、菜地为主，人类活动较频繁，但强度较弱。主要工程活动有修建鱼塘、农庄以及道路等，工程活动对地质环境的改变较小，但活动频繁。总体上评估区人类工程活动活动较频繁，对周边地质环境影响程度中等。

综上所述，评估区内人类工程活动较频繁，对地质环境有一定影响力度，综合评定区内人类工程活动对地质环境的影响程度为中等。

## 第九节 地质环境条件评估小结

评估项目属于线性工程，跨度较大，沿线地质环境条件变化大，笼统概述难以准确表达实际情况。宜分区段，将地质环境条件相似的路段合并，并对全线地质环境逐一评估，见表 2-7。

表 2-7 评估区线路不同路段地质环境条件综合评估表

	里 程	地形地貌	地质构造	水文地质条件	工程地质条件	人类工程活动	综合评估
石技景观大道	AK0+038.484（起点）～AK0+358.931	中等	中等	中等	中等	中等	中等
	AK0+358.931～AK0+520（终点）	中等	中等	中等	中等	中等	中等
玉石路	BK0+080（起点）～BK0+458.859	中等	中等	中等	中等	中等	中等
	BK0+458.859～BK1+233.14（终点）	中等	中等	中等	中等	中等	中等
百石大道	CK0+060（起点）～CK0+280	中等	中等	中等	复杂	中等	复杂
	CK0+280～CK1+010	中等	中等	中等	复杂	中等	复杂
	CK1+010～CK1+060	中等	中等	中等	复杂	中等	复杂
	CK1+060～CK1+620（终点）	中等	中等	中等	复杂	中等	复杂
奇石路	DK0+041.699（起点）～DK0+308.676（终点）	中等	中等	中等	中等	中等	中等
兴石大道	EK0+049.981（起点）～EK0+315.468	中等	中等	中等	中等	中等	中等
	EK0+315.468～EK0+591.891（终点）	中等	中等	中等	中等	中等	中等
异石路	FK0+043.594（起点）～FK0+265.075	中等	中等	中等	中等	中等	中等
	FK0+265.075～FK0+588.557	中等	中等	中等	中等	中等	中等
	FK0+588.557～FK0+720（终点）	中等	中等	中等	中等	中等	中等
临时路	LK0+015.088（起点）～LK0+030	中等	中等	中等	复杂	中等	复杂
	LK0+030～LK0+046	中等	中等	中等	中等	中等	中等
	LK0+046～LK0+130	中等	中等	中等	中等	中等	中等
	LK0+130～LK0+174	中等	中等	中等	中等	中等	中等
	LK0+174～LK0+235	中等	中等	中等	复杂	中等	复杂
	LK0+235～LK0+350	中等	中等	中等	复杂	中等	复杂
	LK0+350～LK0+470	中等	中等	中等	复杂	中等	复杂
	LK0+470～LK0+700	中等	中等	中等	复杂	中等	复杂
	LK0+700～LK0+785	中等	中等	中等	复杂	中等	复杂
	LK0+785～LK0+940	中等	中等	中等	复杂	中等	复杂
	LK0+940～LK1+210	中等	中等	中等	复杂	中等	复杂
LK1+210～LK1+368.591（终点）	中等	中等	中等	中等	中等	中等	

综上所述，评估区所在区域地壳稳定，区域地质背景复杂程度为中等；地貌类型为低山丘陵和丘间沟谷地貌，相对高差达 10m，地形地貌条件中等程度为中等；区内地层

为第四系残积层（ $Q^{e1}$ ）和第四系河湖相沉积层（ $Q^1$ ），岩石为燕山三期花岗岩（ $\gamma_5^{2(3)}$ ），地层与岩石条件复杂程度为中等；评估区内未见断裂构造，评估区地质构造条件复杂程度为中等；岩土体类型主要有松散土类和侵入岩类两大类型，岩土体分层较少，局部发育有软土；存在软弱土的低强度、高压缩性问题和花岗岩孤石、全-强风化花岗岩及其残积土遇水软化崩解问题等不良工程地质问题，岩土体工程地质条件复杂程度为中等~复杂，工程地质条件对区内工程建设影响较大；有松散岩类孔隙水和块状岩类裂隙水两大类，地下水富水性贫乏，地下水和地表水对混凝土、钢筋砼结构中钢筋具微腐蚀性，水文地质条件复杂程度为中等；评估区内人类工程活动中等。综合评定评估区地质环境条件复杂程度为复杂。

综合区内各地质环境因素对致灾地质作用的形成、发育所起作用，可以确定主导地质环境因素为岩土工程地质条件，激发因素主要为人类工程活动和气象水文条件，其余为从属地质环境因素。

## 第三章 地质灾害危险性现状评估

### 第一节 地质灾害类型及发育特征

根据《云浮市地质灾害防治规划（2007~2020年）》和《广东省地质灾害防治“十四五”规划》易发区的划分，拟建线路地区属地质灾害中等易发区，主要致灾灾种有崩塌、滑坡。

由于评估区地貌类型主要为丘陵和丘间沟谷地貌，区内人类工程活动强度中等。经过野外地质灾害调查，评估区内已发生的地质灾害类型主要为崩塌1种。区内共发现崩塌5处，主要见于人工开挖边坡。有关已发地质灾害的平面位置见附图1。

#### 崩塌

评估区内共发现崩塌5处（编号BT1~BT5，照片3、6、16、18和20），均位于现状边坡中，均属于土质崩塌，崩塌规模均为微型，崩塌体的体积在2~40m<sup>3</sup>之间。土质崩塌主要表现为表层风化强烈的土体崩落，主要发生在浅层坡残积土中，呈松散状堆积于坡脚，部分夹杂大块孤石。已发崩塌主要特征和危险性评估见表3-1。

根据现场调查与分析，区内崩塌的形成条件为：1）路堑边坡开挖过陡，边坡未进行适当的防护，此为崩塌产生的主要外因；2）构成陡坡的土体主要为坡残积砂质粘性土，其水理性能较差，有遇水软化崩解的特性，受水影响其重度增大、抗剪强度降低，对边坡的稳定性不利，此为土质崩塌产生的主要内因；3）大气强降雨引发或加剧了崩塌的形成，本区雨季降雨量丰富，洪暴期间大气降雨在降低坡体岩土体物理力学性质的同时，坡面雨水冲刷、地下水渗流加剧等因素均是崩塌形成的诱发因素。

本次野外调查线路沿线的崩塌现象较为发育，崩塌体外形多呈半圆弧形，规模一般不大，现阶段绝大多数的崩塌仍处在发展阶段，在自然因素或其他外力作用下会继续扩大、发展，因此对线路的选择具有一定的影响。

评估区内的崩塌大部分为新近形成，破裂面较新鲜，目前多数处于较不稳定状态，规模较小，其危害程度和危险性均为小。下面对本区崩塌的主要特征及形成因素进行评述。

表 3-1 崩塌基本特征及危险性评估综合表

编号	位置 (桩号)	规模	基本特征	形成条件	稳定性 分析	危险 性
BT1	百石大道 终点 (CK1+62 0)西南侧 约155m处	微型 5m <sup>3</sup>	土质崩塌,位于已有乡道现状路堑边坡中,坡高4.5m,坡度约60°,坡向65°。崩塌呈弧形,顺坡长2~3m,宽约3m,厚约0.5m。崩塌体为坡残积砂质粘性土,沿坡面崩落于坡脚道路。	构成坡体的土体水理性能较差,而人工开挖土质边坡陡峭,且坡面无防护,在降雨和自重力共同作用下出现崩落。	较不 稳定	小
BT2	临时路 (LK0+30 0)西侧约 130m处	微型 40m <sup>3</sup>	土质崩塌,位于路堑边坡中,坡高8~10m,坡度约85°,坡向90°。崩塌顺坡长约10m,宽约2m,厚1~2.0m。崩塌体主要为坡残积砂质粘性土,夹杂全强花岗岩,呈松散状堆积于坡脚,部分已被清理。	构成坡体的土体水理性能较差,而人工开挖土质边坡陡峭,且坡面无防护,在降雨和自重力共同作用下出现崩落。	较不 稳定	小
BT3	石技景观 大道 (AK0+20 0)东侧约 180m处	微型 4m <sup>3</sup>	土质崩塌,位于现状鱼塘旁,坡高2~3m,坡度约90°,坡向85°。崩塌顺坡长约2m,宽约2m,厚0.5~1.0m。崩塌体主要为坡残积砂质粘性土,呈松散状堆积于坡脚。	构成坡体的土体水理性能较差,而人工开挖土质边坡陡峭,且坡面无防护,在降雨和自重力共同作用下出现崩落。	较不 稳定	小
BT4	奇石路与 玉石路交 界处	微型 2m <sup>3</sup>	土质崩塌,位于现状鱼塘旁,坡高1~2m,坡度约90°,坡向225°。崩塌顺坡长约2m,宽约1m,厚0.5~1.0m。崩塌体主要为坡残积砂质粘性土,呈松散状堆积于坡脚。	构成坡体的土体水理性能较差,而人工开挖土质边坡陡峭,且坡面无防护,在降雨和自重力共同作用下出现崩落。	较不 稳定	小
BT5	玉石路起 点 (BK0+00 0)东北侧 约170m处	微型 2m <sup>3</sup>	土质崩塌,位于现状道路旁,坡高2~3m,坡度约90°,坡向330°。崩塌顺坡长约2m,宽约1m,厚0.5~1.0m。崩塌体主要为坡残积砂质粘性土,呈松散状堆积于坡脚。	构成坡体的土体水理性能较差,而人工开挖土质边坡陡峭,且坡面无防护,在降雨和自重力共同作用下出现崩落。	较不 稳定	小

## 第二节 地质灾害危险性现状评估

### 一、危险性分级原则与标准

地质灾害危险性分级,主要取决于地质灾害体的发育程度和受灾体被危害程度(危险性)。根据《广东省地质灾害危险性评估实施细则》(2023年修订版),崩塌地质灾害

稳定性取决于各种评估要素（见表 3-2）。地质灾害危害程度反映灾害体已对或将来可能对周围设施、建设项目及生态环境的破坏程度。现状评估主要是查明已发地质灾害形成的地质环境条件、分布、类型、规模、变形活动特征，主要诱发因素与形成机制，对其稳定性进行初步评价，对起控制性作用的因素作深入的分析，并对灾害的性质、发展情况和危害程度进行判定（见表 3-3）。同时，依据地质灾害的发育程度和危害程度综合评估区内地质灾害危险性（见表 3-4）。

表 3-2 崩塌评估要素表

评价要素	类别	特征说明
崩塌规模	微型崩塌	崩落体积 $<100\text{m}^3$
	小型崩塌	崩落体积 $100\text{ m}^3 \leq \sim <500\text{m}^3$
	中型崩塌	崩落体积 $500\text{ m}^3 \leq \sim <5000\text{m}^3$
	大型崩塌	崩落体积 $\geq 5000\text{m}^3$
稳定性	稳定	坡平缓；岩层单一，以硬质岩石为主；风化轻微；土体密实，个别有松动现象。
	基本稳定	坡较平缓；岩层单一，以硬质岩为主，存在少量软岩，断裂不发育；风化程度轻；岩体结构面密闭，无破碎带，斜坡仅有个别危石。
	较不稳定	坡较陡；岩体存在软弱夹层；风化程度中等；岩体软弱结构面较发育，组合关系较复杂，形成部分破碎带和分离体。
	不稳定	坡陡；岩层软硬相间，断裂发育；风化严重；岩体软弱结构面发育，组合关系复杂，形成大量破碎带和分离体。
处理难易程度	不需处理	无破坏或轻微破坏
	易于处理	破坏力小
	一般处理	破坏力中等
	难于处理	破坏力强

表 3-3 地质灾害危害程度分级表

危害程度	灾情		险情	
	死亡人数/人	直接经济损失/万元	受威胁人数/人	可能直接经济损失/万
大	$\geq 10$	$\geq 500$	$\geq 30$	$\geq 500$
中等	$>3 \sim <10$	$>100 \sim <500$	$>3 \sim <30$	$>100 \sim <500$
小	$\leq 3$	$\leq 100$	$\leq 3$	$\leq 100$

表 3-4 地质灾害危险性分级表

危害程度	发育程度		
	强	中等	弱
大	危险性大	危险性大	危险性中等
中等	危险性大	危险性中等	危险性中等
小	危险性中等	危险性小	危险性小

## 二、地质灾害危险性现状评估

评估区内已发地质灾害为崩塌，共发现崩塌 5 处（编号 BT1~BT5），位于人工开挖路堑边坡，稳定性为较不稳定，崩塌规模均属微型。崩塌主要表现为陡坡表层岩土体崩落、岩体掉块，主要发生在坡残积土中，呈松散状堆积于坡脚。

崩塌处于较不稳定状态，危害程度小，对地质环境已造成的破坏程度轻微，对场地稳定性影响小，未造成人员伤亡，经济损失小，其危害程度小，危险性小。崩塌需要采取工程措施进行治理。

### 第三节 现状评估小结

评估区内已发的地质灾害类型为崩塌 1 种，区内共发现 5 处，其规模均属微型，均处于较不稳定状态，目前已造成的损失较小，其危害程度小，危险性小。

## 第四章 地质灾害危险性预测评估

评估区已发地质灾害为崩塌，其规模小，其危害程度和危险性均为小。由于评估区现状已发地质灾害均为拟建线路开挖路堑引发，施工单位应及时清除崩塌体，重新进行放坡，再根据设计采取边坡支护措施。根据评估区内地质环境条件，以规划设计及可行阶段勘察为依据，综合工程项目类型、规模、施工方式，预测工程建设可能引发或加剧的地质灾害类型有崩塌/滑坡（路堑边坡、路堤边坡和填方边坡）和地面沉降 3 种；工程建设还可能遭受崩塌/滑坡（路堑边坡、路堤边坡、填方边坡和自然斜坡）和地面沉降以及泥石流 4 种地质灾害的影响。预测分析选取的评价要素主要有岩土体特征、工程地质条件、水文地质条件、地形地貌条件、地质构造条件、气候条件、规划设计及人类工程活动条件等。

### 第一节 工程建设引发或加剧地质灾害危险性的预测

地质灾害危险性预测评估是对工程建设中、建成后可能引发或加剧地质灾害以及对建设工程本身可能遭受地质灾害的可能性、危害程度及危险性做出预测评估。根据评估区现有地质灾害进行类比分析，结合规划场地所处地质环境背景、工程技术标准、施工方式及工程结构要求等，预测本工程项目在建设过程中和建成后，可能引发或加剧的地质灾害类型主要为崩塌/滑坡和地面沉降，其中崩塌/滑坡包括路堑边坡崩塌/滑坡、路堤边坡崩塌/滑坡、填方边坡崩塌/滑坡。现评述如下：

#### 一、崩塌/滑坡

##### （一）崩塌/滑坡地质灾害分布及危害对象

评估线路主要属于丘陵地貌，地形起伏较大，线路建设将要进行多处削坡处理，形成一定规模的路堑边坡。路堑边坡类型主要为土质边坡，路堑边坡最大坡高为42.70m。评估线路的路堑开挖是直接进行人工削坡，坡度较陡，岩土层结构受严重破坏，节理裂隙发育，如不加以工程措施，将有可能诱发孤石滚落、崩塌/滑坡等地质灾害，形成路堑边坡崩塌/滑坡，其不利结构面为岩-土接触面以及坡面处残积土部分水土流失较严重区；

评估线路的丘间沟谷区采用填土路堤形式，路堤填土最大高度达到29.00m，形成路堤边坡。在长期的路堤静荷载以及车辆动荷载作用下容易发生路堤边坡崩塌/滑坡，其不利结构面为穿过坡脚的圆弧面；

评估线路新建5个弃土场，弃土场形成填方高度为11.20~14.20m，形成高陡填方边坡，边坡的岩土层遇水易软化，岩土体物理力学性质大大降低，一旦发生强降雨，土层的含水量增大，自重增加，内摩擦角和黏聚力减小，岩土体结构变松散，其结果是抗滑力下降，此时边坡易发生崩塌/滑坡；

## （二）边坡崩塌/滑坡地质灾害预测评估

参照《建筑边坡工程技术规范》（GB50330-2013）边坡稳定性评价，评估区崩塌/滑坡采用圆弧滑动面计算边坡稳定系数，如下式所示：

$$K_s = \frac{\sum R_i}{\sum T_i}, (i = 1, 2, 3, \dots, n-1) \quad (\text{式 4-1})$$

$$N_i = (G_i + G_{bi}) \cos \theta_i + P_{wi} \sin(\alpha_i - \theta_i) \quad (\text{式 4-2})$$

$$T_i = (G_i + G_{bi}) \sin \theta_i + P_{wi} \cos(\alpha_i - \theta_i) \quad (\text{式 4-3})$$

$$R_i = N_i \tan \varphi_i + c_i l_i \quad (\text{式 4-4})$$

式中  $K_s$ —边坡稳定性系数；

$c_i$ —第  $i$  计算条块滑动面上岩土体的粘结强度标准值（kPa）；

$\varphi_i$ —第  $i$  计算条块滑动面上岩土体的内摩擦角标准值（°）；

$l_i$ —第  $i$  计算条块滑动面长度（m）；

$\theta_i, \alpha_i$ —第  $i$  计算条块底面倾角和地下水位面倾角（°）；

$G_i$ —第  $i$  计算条块单位宽度岩土体自重（kN/m）；

$G_{bi}$ —第  $i$  计算条块滑动地表建筑物的单位宽度自重（kN/m）；

$P_{wi}$ —第  $i$  计算条块单位宽度动水压力（kN/m）；

$N_i$ —第  $i$  计算条块滑体在滑动面法线上的反力（kN/m）

$T_i$ —第  $i$  计算条块滑体在滑动面切线上的反力（kN/m）；

$R_i$ —第  $i$  计算条块滑动面上的抗滑力（kN/m）。

土质边坡预测评估采用理正边坡稳定性分析软件。其基本原理为：根据最不利组合将滑体划分成若干个等宽的条体，考虑土条的水平条间力（Bishop法），然后根据各条体的自重、黏聚力、内摩擦角等参数计算边坡的稳定系数。斜坡稳定性计算的影响因素除自重、黏聚力、内摩擦角外还有地下水等影响因素。

削坡、填土过程强烈改造原始地表结构，破坏岩土体平衡条件，在丘陵残坡积土发

育地段及填土路堤地段，地形起伏较大，土层厚度变化大，分布不均，物理力学性能较差，特别在雨水浸泡及地下水作用下，岩土体强度、抗剪切性能降低，因此区内路堑和路堤均存在发生崩塌/滑坡的可能，弃土场挖填也有可能发生填方崩塌/滑坡。根据设计方案，预测本项目在工程建设过程中及完工后可能引发或加剧路堑边坡崩塌/滑坡、路堤边坡崩塌/滑坡和填方边坡崩塌/滑坡地质灾害，各岩土层计算参数取值见表 4-1。

表4-1 各岩土层计算参数取值一览表

层号	岩土名称	天然重度	饱和重度	天然工况		自重+降雨	
		$\rho_0$	$P_b$	$c$	$\phi$	$c$	$\phi$
		kN/m <sup>3</sup>	kN/m <sup>3</sup>	kPa	°	kPa	°
①	素填土	17.0	17.5	12	10	9.6	8
② <sub>1</sub>	淤泥质土	16.7	17.2	7	3.2	5.6	2.6
② <sub>2</sub>	粉质黏土	18.5	19	27	11.9	21.6	9.5
③	砂质黏性土	18.8	19.3	21	23	16.8	18.4
④ <sub>1</sub>	全风化花岗岩	18.9	19.4	23	24	18.4	19.2
④ <sub>2</sub>	强风化花岗岩	19.5*	20	26	28	20.8	22.4

### 1、路堑边坡崩塌/滑坡

根据规划、勘察资料并结合现场调查，线路建设开挖形成 8 段路堑边坡，其详细分布情况见表 4-1。现场调查表明，在自然状态下，区内自然斜坡植被总体发育，但由于区域断裂构造较发育，花岗岩残坡积残积土较厚，降雨量较大，其稳定性较差，于其中开挖的人工切坡更容易出现崩塌失稳现象，失稳形式多为崩塌/滑坡，其中孤石发育的高陡边坡，若发生孤石滚落，将严重威胁坡脚道路、施工设备及人员的安全。由此表明本区土质边坡开挖后如不及时防护或防护措施不当，在强降雨等不利因素的作用下，易出现崩塌、滑坡等地质灾害。采用理正边坡稳定性分析软件进行边坡预测评估。

根据路堑边坡地质条件，选取分析结果如下：选取百石大道路段 LQ1，最大坡高约 42.70m，位于 CK0+060（起点）~CK0+280 段，根据收集的可研、勘察资料及野外调查结果，该边坡均为坡残积砂质粘性土和全~强风化花岗岩，其中砂质粘性土厚约 18.80m，全风花岗岩厚约 8.70m，强风化花岗岩厚 15.20m，分六级放坡，8m 一级，第一级边坡坡率采用 1:1，第二级边坡坡率采用 1:1.25；第三、四、五、六级边坡坡率采用 1:1.5。各路堑边坡的工程地质条件见表 4-2。

4-2 沿线主要路堑边坡一览表

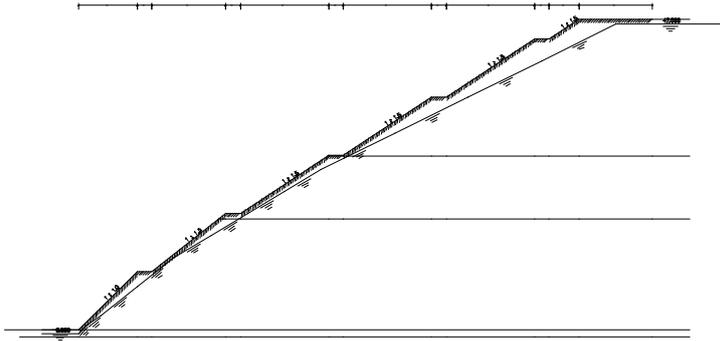
位置	序号	分布里程	坡长 (m)	最大坡 高 (m)	坡率	边坡主要工程地质特征
百石大道	LQ1	CK0+060 (起点)~CK0+280	220	42.70	第一级 1:1, 第二级 1:1.25; 第三、四、五、六级 1:1.5	为岩土混合质边坡, 位于丘陵地区, 植被发育, 边坡高度较大, 边坡为残积砂质粘性土全~强风化花岗岩及其风化砂质粘性土。
异石路	LQ2	FK0+588.557~FK0+720(终点)	131	1.05	1: 0.75	为土质边坡, 位于丘陵地区, 植被发育, 边坡高度较小, 边坡为全风化花岗岩及其风化砂质粘性土。
临时路	LQ3	LK0+015.088 (起点)~LK0+030	15	11.76	第一级 1:1, 第二级 1:1.25	为土质边坡, 位于丘陵地区, 植被发育, 边坡高度较高, 边坡为全~强风化花岗岩及其风化砂质粘性土。
	LQ4	LK0+046~LK0+130	100	4.73	1:1	为土质边坡, 位于丘陵地区, 植被发育, 边坡高度较高, 边坡为全风化花岗岩及其风化砂质粘性土。
	LQ5	LK0+174~LK0+235	61	5.40	1:1	为土质边坡, 位于丘陵地区, 植被发育, 边坡高度较高, 边坡为全风化花岗岩及其风化砂质粘性土。
	LQ6	LK0+350~LK0+470	120	15.30	第一级 1:1, 第二级 1:1.25	为土质边坡, 位于丘陵地区, 植被发育, 边坡高度较高, 边坡为全~强风化花岗岩及其风化砂质粘性土。
	LQ7	LK0+700~LK0+785	85	6.55	1:1	为土质边坡, 位于丘陵地区, 植被发育, 边坡高度较高, 边坡为全风化花岗岩及其风化砂质粘性土。
	LQ8	LK0+940~LK1+210	270	17.45	第一级 1:1, 第二级 1:1.25, 第三级 1:1.5	为土质边坡, 位于丘陵地区, 植被发育, 边坡高度较高, 边坡为全~强风化花岗岩及其风化砂质粘性土。

现以岩土混合质路堑边坡 LQ1 (CK0+060 (起点)~CK0+280) 边坡最高处为例估算路堑边坡的稳定性。

(1) 饱和状态下边坡稳定性计算:

计算项目: LQ1 高路堑边坡稳定计算

[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: 圆弧滑动法  
 不考虑地震

[坡面信息]

坡面线段数 12

坡面线号	水平投影(m)	竖直投影(m)	超载数
1	8.000	8.000	0
2	2.000	0.000	0
3	10.000	8.000	0
4	2.000	0.000	0
5	12.000	8.000	0
6	2.000	0.000	0
7	12.000	8.000	0
8	2.000	0.000	0
9	12.000	8.000	0
10	2.000	0.000	0
11	4.050	2.700	0
12	10.000	0.000	0

[土层信息]

上部土层数 3

层号	层厚(m)	重度(kN/m <sup>3</sup> )	饱和重度(kN/m <sup>3</sup> )	孔隙水压力系数
1	15.200	19.500	20.000	---
2	8.700	18.900	19.400	---
3	18.800	18.800	19.300	---

层号	粘聚力(kPa)	内摩擦角(度)	水下粘聚力(kPa)	水下内摩擦角(度)
1	26.000	28.000	20.800	22.400
2	23.000	24.000	18.400	19.200
3	21.000	23.000	16.800	18.400

层号	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	---	---	---	---
2	---	---	---	---
3	---	---	---	---

下部土层数 1

层号	层厚 (m)	重度 (kN/m <sup>3</sup> )	饱和重度 (kN/m <sup>3</sup> )	孔隙水压力系数
1	1.000	19.500	20.000	---

层号	粘聚力 (kPa)	内摩擦角 (度)	水下粘聚力 (kPa)	水下内摩擦角 (度)
1	6.000	28.000	20.800	22.400

层号	十字板 $\tau$ (kPa)	强度增长系数	十字板 $\tau$ 水 下值(kPa)	强度增长系数 水下值
1	---	---	---	---

[水面信息]

采用总应力法  
考虑渗透力作用  
不考虑边坡外侧静水压力

水面线段数 12 水面线起始点坐标: (0.000, -0.500)

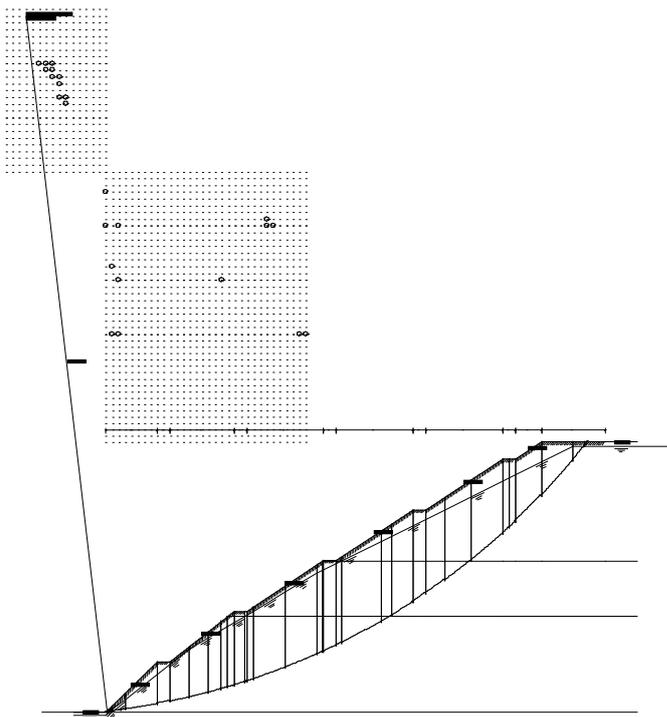
水面线号	水平投影(m)	竖直投影(m)
1	1.000	1.000
2	2.000	1.500
3	5.000	4.000
4	5.000	4.000
5	5.000	3.000
6	5.000	3.000
7	5.000	3.000
8	5.000	3.000
9	10.000	5.000
10	10.000	5.000
11	10.000	5.000
12	10.000	5.000

[计算条件]

圆弧稳定分析方法: Bishop 法  
土条重切向分力与滑动方向反向时: 当下滑力对待  
稳定计算目标: 自动搜索最危险滑裂面  
条分法的土条宽度: 1.000 (m)  
搜索时的圆心步长: 1.000 (m)  
搜索时的半径步长: 0.500 (m)

-----  
计算结果:  
-----

[计算结果图]



最不利滑动面:

滑动圆心 = (-12.488, 109.952) (m)

滑动半径 = 110.659 (m)

滑动安全系数 = 0.592

总的下滑力 = 10732.750 (kN)

总的抗滑力 = 6351.909 (kN)

土体部分下滑力 = 10732.750 (kN)

土体部分抗滑力 = 6351.909 (kN)

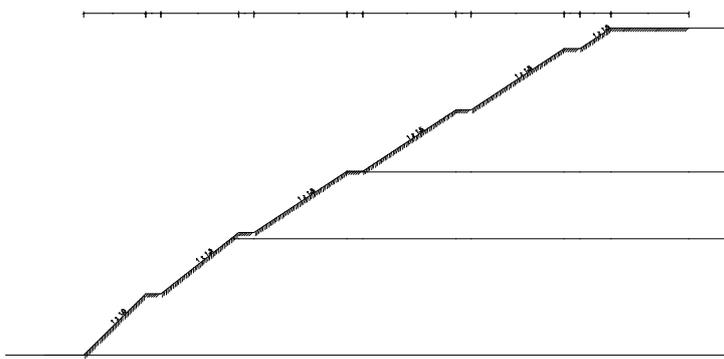
筋带在滑弧切向产生的抗滑力 = 0.000 (kN)

筋带在滑弧法向产生的抗滑力 = 0.000 (kN)

## (2) 天然状态下边坡稳定性计算:

计算项目: LQ1 高路堑边坡稳定计算

[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: 圆弧滑动法  
 不考虑地震

[坡面信息]

坡面线段数 12

坡面线号	水平投影(m)	竖直投影(m)	超载数
1	8.000	8.000	0
2	2.000	0.000	0
3	10.000	8.000	0
4	2.000	0.000	0
5	12.000	8.000	0
6	2.000	0.000	0
7	12.000	8.000	0
8	2.000	0.000	0
9	12.000	8.000	0
10	2.000	0.000	0
11	4.050	2.700	0
12	10.000	0.000	0

[土层信息]

上部土层数 3

层号	层厚(m)	重度(kN/m <sup>3</sup> )	饱和重度(kN/m <sup>3</sup> )	孔隙水压力系数
1	15.200	19.500	20.000	---
2	8.700	18.900	19.400	---
3	18.800	18.800	19.300	---

层号	粘聚力(kPa)	内摩擦角(度)	水下粘聚力(kPa)	水下内摩擦角(度)
1	26.000	28.000	20.800	22.400
2	23.000	24.000	18.400	19.200
3	21.000	23.000	16.800	18.400

层号	十字板τ(kPa)	强度增长系数	十字板τ水下水值(kPa)	强度增长系数水下水值
1	---	---	---	---
2	---	---	---	---
3	---	---	---	---

下部土层数 1

层号	层厚(m)	重度(kN/m <sup>3</sup> )	饱和重度(kN/m <sup>3</sup> )	孔隙水压力系数
1	1.000	19.500	20.000	---

层号	粘聚力(kPa)	内摩擦角(度)	水下粘聚力(kPa)	水下内摩擦角(度)
1	6.000	28.000	20.800	22.400

层号	十字板τ(kPa)	强度增长系数	十字板τ水下水值(kPa)	强度增长系数水下水值
1	---	---	---	---

1 --- --- --- ---

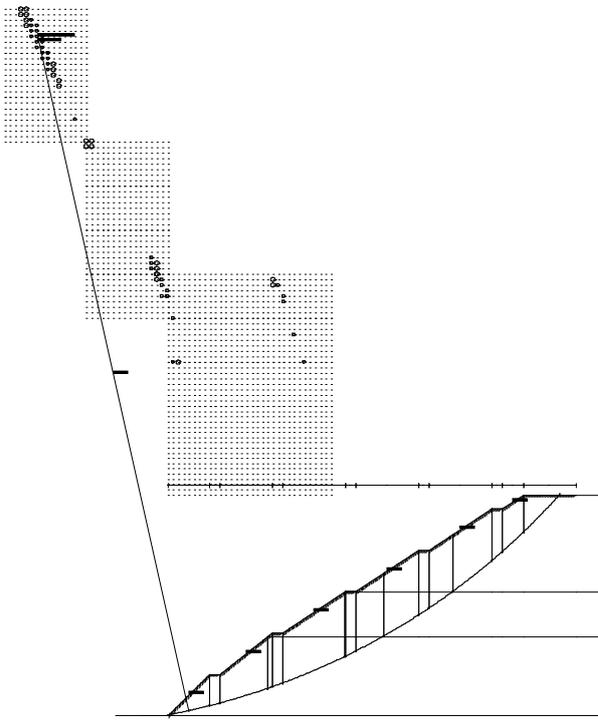
不考虑水的作用

[计算条件]

圆弧稳定分析方法: Bishop 法  
 土条重切向分力与滑动方向反向时: 当下滑力对待  
 稳定计算目标: 自动搜索最危险滑裂面  
 条分法的土条宽度: 1.000 (m)  
 搜索时的圆心步长: 1.000 (m)  
 搜索时的半径步长: 0.500 (m)

计算结果:

[计算结果图]



最不利滑动面:

滑动圆心 = (-24.976, 131.303) (m)  
 滑动半径 = 133.657(m)  
 滑动安全系数 = 1.255

总的下滑力 = 6182.772 (kN)  
 总的抗滑力 = 7758.228 (kN)  
 土体部分下滑力 = 6182.772 (kN)  
 土体部分抗滑力 = 7758.228 (kN)  
 筋带在滑弧切向产生的抗滑力 = 0.000 (kN)  
 筋带在滑弧法向产生的抗滑力 = 0.000 (kN)

通过自动搜索最危险滑动面结果表明, LQ1高路堑边坡在饱和状态下的稳定性系数为0.592, 为不稳定边坡; 在自然条件下该边坡的安全系数为1.255, 为基本稳定边坡。对照边坡稳定安全系数表(见表4-3), 根据边坡的具体特征, 综合判定该路堑边坡为

不稳定边坡，最不利滑动面位于坡脚位置。

表 4-3 边坡稳定性判别标准

状态	稳定系数 K	稳定性类型	稳定系数 K	稳定性类型
饱和状态	$K \geq 1.15$	稳定	$1.00 \leq K < 1.05$	较不稳定
	$1.05 \leq K < 1.15$	基本稳定	$K < 1.00$	不稳定
天然工况	$K \geq 1.30$	稳定	$1.00 \leq K < 1.05$	较不稳定
	$1.05 \leq K < 1.30$	基本稳定	$K < 1.00$	不稳定

采用相同方法对其余 7 段土质路堑边坡进行稳定性预测，其边坡剖面简图类似图 4-1、图 4-2、图 4-3 和图 4-4，汇总预测结果见表 4-4。

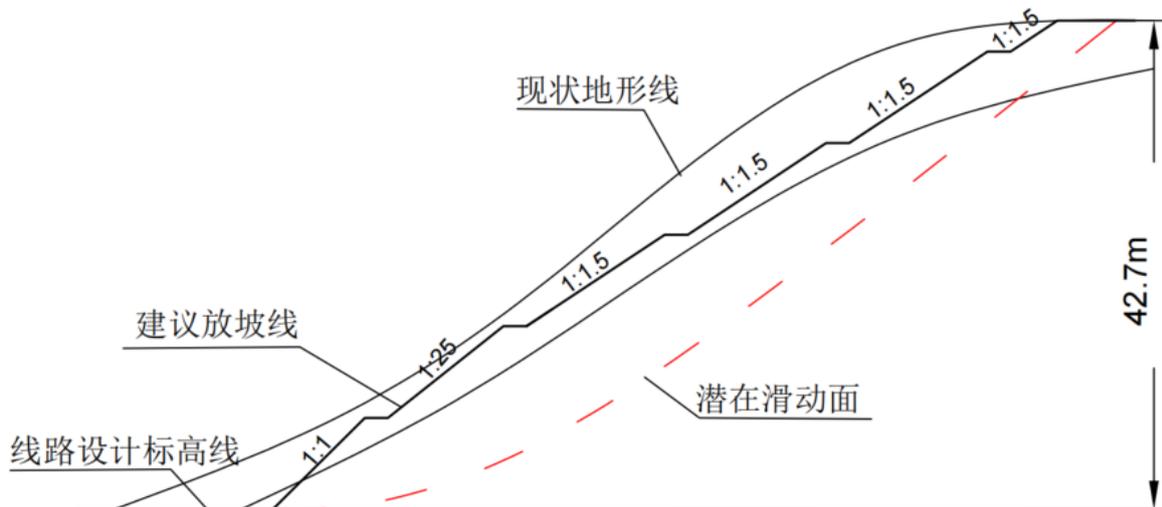


图 4-1 LQ1 岩土混合质路堑边坡典型剖面简图

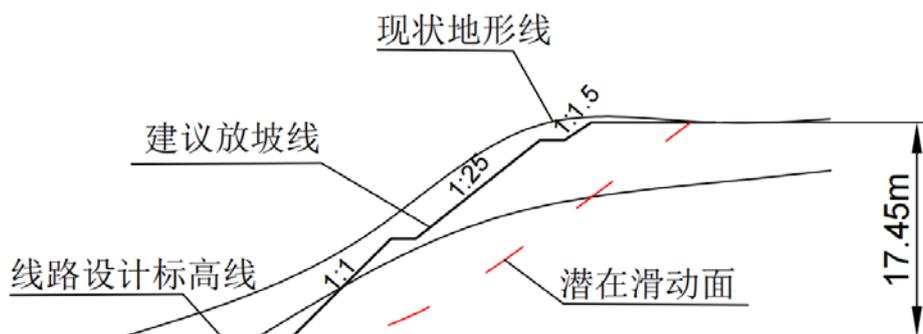


图 4-2 LQ8 土质路堑边坡典型剖面简图

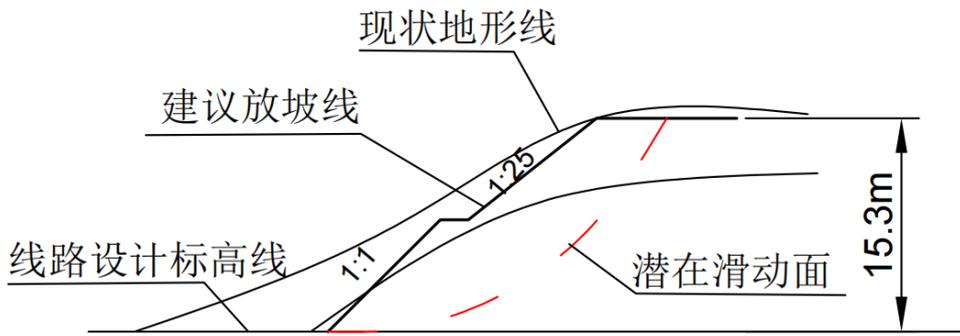


图 4-3 LQ3、LQ6 土质路堑边坡典型剖面简图

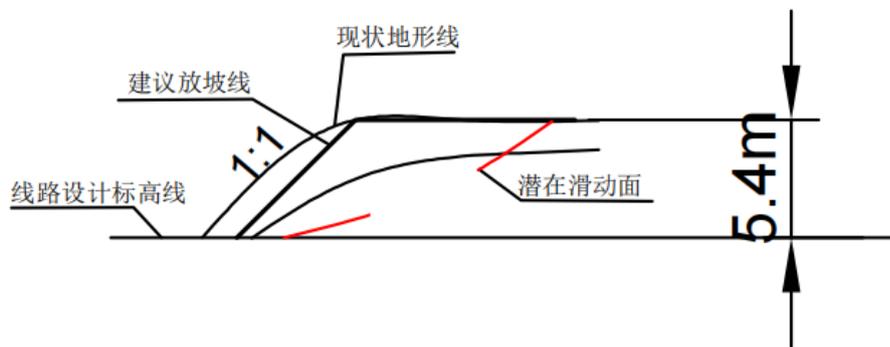


图 4-4 LQ4、LQ5、LQ7 土质路堑边坡典型剖面简图

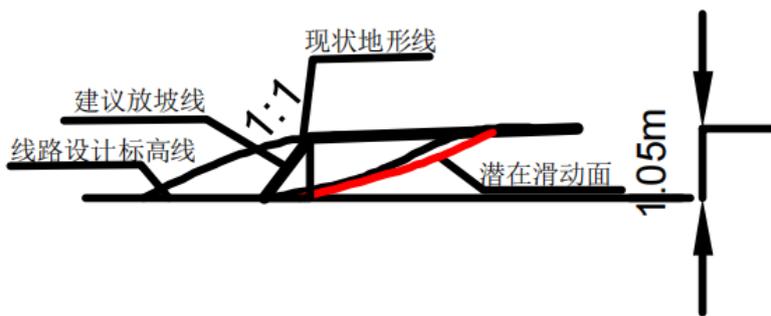


图 4-5 LQ2 土质路堑边坡典型剖面简图

表 4-4 主要土质路堑边坡危险性综合评估表

位置	序号	分布里程	坡长 (m)	最大坡 高 (m)	边坡主要工程地质特征	稳定性系数		发育程 度(稳定 性)
						暴雨	天然	

百石大道	LQ1	CK0+060(起点)~CK0+280	220	42.70	为岩土混合质边坡，位于丘陵地区，植被发育，边坡高度较大，边坡为残积砂质粘性土全~强风化花岗岩及其风化砂质粘性土。	0.592	1.255	强
昇石路	LQ2	FK0+588.557~FK0+720(终点)	131	1.05	为土质边坡，位于丘陵地区，植被发育，边坡高度较小，边坡为全风化花岗岩及其风化砂质粘性土。	1.783	2.120	弱
临时路	LQ3	LK0+015.088(起点)~LK0+030	15	11.76	为土质边坡，位于丘陵地区，植被发育，边坡高度较高，边坡为全~强风化花岗岩及其风化砂质粘性土。	1.036	1.539	中等
	LQ4	LK0+046~LK0+130	100	4.73	为土质边坡，位于丘陵地区，植被发育，边坡高度较高，边坡为全风化花岗岩及其风化砂质粘性土。	1.153	1.964	弱
	LQ5	LK0+174~LK0+235	61	5.40	为土质边坡，位于丘陵地区，植被发育，边坡高度较高，边坡为全风化花岗岩及其风化砂质粘性土。	1.145	1.945	弱
	LQ6	LK0+350~LK0+470	120	15.30	为土质边坡，位于丘陵地区，植被发育，边坡高度较高，边坡为全~强风化花岗岩及其风化砂质粘性土。	0.807	1.298	强
	LQ7	LK0+700~LK0+785	85	6.55	为土质边坡，位于丘陵地区，植被发育，边坡高度较高，边坡为全风化花岗岩及其风化砂质粘性土。	1.122	1.936	弱
	LQ8	LK0+940~LK1+210	270	17.45	为土质边坡，位于丘陵地区，植被发育，边坡高度较高，边坡为全~强风化花岗岩及其风化砂质粘性土。	0.793	1.287	强

根据表 4-4 预测结果，评估区土质路堑边坡在暴雨工况条件下，为不稳定~稳定边坡；在天然状态工况条件下，为基本稳定~稳定边坡。

表 4-5 地质灾害危害程度分级表

危害程度	灾情		险情	
	死亡人数（人）	直接经济损失（万元）	受威胁人数（人）	可能直接经济损失（万元）
大	≥10	≥500	≥100	≥500
中等	>3~≤10	>100~<500	>10~<100	>100~<500
小	≤3	≤100	≤10	≤100

注 1：灾情：指已发生的地质灾害，采用“人员伤亡情况”“直接经济损失”指标评价。  
 注 2：险情：指可能发生的地质灾害，采用“受威胁人数”“可能直接经济损失”指标评价。  
 注 3：危害程度采用“灾情”或“险情”指标评价。

表 4-6 地质灾害危险性分级表

危害程度	发育程度		
	强	中等	弱
大	危险性大	危险性大	危险性中等
中等	危险性大	危险性中等	危险性中等
小	危险性中等	危险性小	危险性小

表 4-7 线路主要路堑边坡危险性判定表

位置	序号	分布里程	坡长 (m)	最大坡 高 (m)	发育程 度	危害对象	危害程度	危险性
百石大道	LQ1	CK0+060 (起点) ~CK0+280	220	42.70	强	拟建道路本身、施工人员、设备,公路本身,预测受威胁人数 10~100 人,可能直接经济损失 100~500 万元	中等	中等
昇石路	LQ2	FK0+588.557~FK0+720 (终点)	131	1.05	弱		中等	小
临时路	LQ3	LK0+015.088 (起点) ~LK0+030	15	11.76	中等		中等	中等
	LQ4	LK0+046~LK0+130	100	4.73	弱		中等	小
	LQ5	LK0+174~LK0+235	61	5.40	弱		中等	小
	LQ6	LK0+350~LK0+470	120	15.30	强		中等	中等
	LQ7	LK0+700~LK0+785	85	6.55	弱		中等	小
	LQ8	LK0+940~LK1+210	270	17.45	强		中等	中等

根据表 4-7 判定结果,综合预测评估区路堑边坡崩塌/滑坡的发育程度弱~强,潜在的危害程度为中等,危险性为中等。其中 LQ2、LQ4、LQ5、LQ7 边坡高度较矮,发育程度弱,潜在的危害程度中等,危害性中等; LQ3 由于其坡高相对较高,发育程度中等,潜在的危害程度中等,危险性为中等; LQ1、LQ6、LQ8 由于其坡高相对较陡,发育程度强,潜在的危害程度中等,危险性为大。

## (二) 路堤边坡崩塌/滑坡

根据规划、勘察资料并结合现场调查,线路建设形成 18 段路堤边坡,路堤边坡主要分布于丘陵和丘间沟谷地带。其中有三段路堤边坡 (LD15、LD16、LD17) 较高,采用理正边坡稳定性分析软件进行路堤边坡预测评估;其余边坡较矮采用自立方法计算。沿线主要路堤边坡工程见表 4-8。

由于填土遇水易软化崩解,根据工程经验,路堤边坡的稳定性受大气降雨影响明显,崩塌/滑坡往往是在暴雨期间。因本区雨季长、降雨量丰富,连续暴雨期间地下水位可以上升至坡面,因此评价时按最不利的工况条件进行,即:1) 地下水位接近坡面,岩土体的重度取饱和重度,抗剪强度进行相应折减,指标取值见表 4-9;2) 评价时考虑地下水的渗透压力。根据经验值,素填土的计算参数取值见表 4-1。

表 4-8 沿线主要路堤边坡一览表

位置	序号	分布里程	坡长 (m)	最大坡高 (m)	坡率	工程地质特征
石技景观大道	LD1	AK0+038.484 (起点) ~ AK0+358.931	320	0.67	1:1.5	位于丘陵区, 地表主要为回填土、粉质黏土和砂质粘性土, 填土高度小, 稳定性好。
	LD2	AK0+358.931 ~ AK0+520 (终点)	161	0.67	1:1.5	位于丘陵区, 地表主要为回填土、粉质黏土和砂质粘性土, 填土高度小, 稳定性好。
玉石路	LD3	BK0+080 (起点) ~ BK0+458.859	379	0.65	1:1.5	位于丘间沟谷, 地表主要为回填土、粉质黏土和砂质粘性土, 填土高度小, 稳定性好。
	LD4	BK0+458.859 ~ BK1+233.14 (终点)	874	0.71	1:1.5	位于丘陵区, 地表主要为回填土、粉质黏土和砂质粘性土, 填土高度小, 稳定性好。
百石大道	LD5	CK0+280 ~ CK1+010	730	15.00	第一级 1:1.5, 第二级 1:1.75, 第三级 1:2	位于丘间沟谷, 地表主要为回填土、粉质黏土和砂质粘性土, 填土高度大, 稳定性较差。
	LD6	CK1+010 ~ CK1+060	50	16.00	第一级 1:1.5, 第二级 1:1.755, 第三级 1:2	位于丘间沟谷, 地表主要为回填土、粉质黏土和砂质粘性土, 填土高度大, 稳定性较差。
	LD7	CK1+060 ~ CK1+620 (终点)	560	29.00	第一级 1:1.5, 第二级 1:1.755, 第三、四级 1:2	位于丘间沟谷, 地表主要为回填土、粉质黏土和砂质粘性土, 填土高度大, 稳定性较差。
奇石路	LD8	DK0+041.699 (起点) ~ DK0+308.676 (终点)	267	1.05	1:1.5	位于丘陵区, 地表主要为回填土、粉质黏土和砂质粘性土, 填土高度小, 稳定性好。
兴石大道	LD9	EK0+049.981 (起点) ~ EK0+315.468	265	0.96	1:1.5	位于丘陵区, 地表主要为回填土、粉质黏土和砂质粘性土, 填土高度小, 稳定性好。
	LD10	EK0+315.468 ~ EK0+591.891 (终点)	193	0.66	1:1.5	位于丘陵区, 地表主要为回填土、粉质黏土和砂质粘性土, 填土高度小, 稳定性好。

昇石路	LD11	FK0+043.5 94（起点）~ FK0+265.0 75	221	0.51	1:1.5	位于丘陵区，地表主要为回填土、粉质黏土和砂质粘性土，填土高度小，稳定性好。
	LD12	FK0+265.0 75~ FK0+588.5 57	323	0.35	1:1.5	位于丘丘间沟谷，地表主要为回填土、粉质黏土和砂质粘性土，填土高度小，稳定性好。
临时路	LD13	LK0+030~ LK0+046	16	2.46	1:1.5	位于丘陵区，地表主要为回填土、粉质黏土和砂质粘性土，填土高度小，稳定性好。
	LD14	LK0+130~ LK0+174	44	1.60	1:1.5	位于丘陵区，地表主要为回填土、粉质黏土和砂质粘性土，填土高度小，稳定性好。
	LD15	LK0+235~ LK0+350	220	15.16	第一级 1:1.5, 第二级 1:1.75	位于丘丘间沟谷，地表主要为回填土、粉质黏土和砂质粘性土，填土高度大，稳定性较差。
	LD16	LK0+470~ LK0+700	230	10.85	第一级 1:1.5, 第二级 1:1.75	位于丘丘间沟谷，地表主要为回填土、粉质黏土和砂质粘性土，填土高度大，稳定性较差。
	LD17	LK0+785~ LK0+940	155	7.00	1:1.5	位于丘丘间沟谷，地表主要为回填土、粉质黏土和砂质粘性土，填土高度大，稳定性较一般。
	LD18	LK1+210~ LK1+368.5 91（终点）	159	2.23	1:1.5	位于丘丘间沟谷，地表主要为回填土、粉质黏土和砂质粘性土，填土高度小，稳定性好。

### 1、自立高度稳定性计算

根据勘察和设计统计，路堤边坡 LD1~LD4、LD8~LD14 和 LD18 填土高度较小，高度为 0.35~2.46m，采用粘性土侧壁允许自立高度计算路堤边坡的稳定性，其中以该范围内路堤边坡（LD13）高度为 2.46m 为例，坡率为 1:1.5，根据《工程地质手册》（第五版）中粘性土侧壁允许自立高度公式为：

$$Z_0 = \frac{2c}{\gamma} \tan(45^\circ + \frac{\varphi}{2}) \quad (4-5)$$

式中  $Z_0$ ——允许自立高度（m）；  
 $C$ ——侧壁土体粘聚力（kPa）；  
 $\gamma$ ——侧壁土体的天然重度（kN/m<sup>3</sup>）；  
 $\varphi$ ——侧壁土体的内摩擦角（°）。

结合工程经验，取素填土的计算参数平均值为： $\gamma = 17.0 \text{ kN/m}^3$ ， $c = 10.0 \text{ kPa}$ ， $\varphi = 8.0^\circ$ ，代入各参数计算得素填土的允许自立高度为  $Z_0 = 1.35 \text{ m}$ 。

上述计算表明，LD13、LD14、LD18 路堤边坡的回填高度大于素填土的自立高度，路堤边坡主要为素填土，回填过程中发生崩塌的可能性较大，故路堤边坡崩塌的发育程度中等；LD1~LD4、LD8~LD12 路堤边坡的回填高度小于素填土的自立高度，路堤边

坡主要为素填土，回填过程中发生崩塌的可能性较小，故路堤边坡崩塌的发育程度弱。由于道路周边无建构筑物，危害对象主要为施工人员和设备，预测潜在的危害程度中等。

综上所述，预测路堤边坡 LD1~LD4、LD8~LD12 的发育程度弱，潜在的危害程度中等，潜在的危险性为中等；路堤边坡 LD13、LD14、LD18 的发育程度中等，潜在的危害程度中等，危险性为中等。

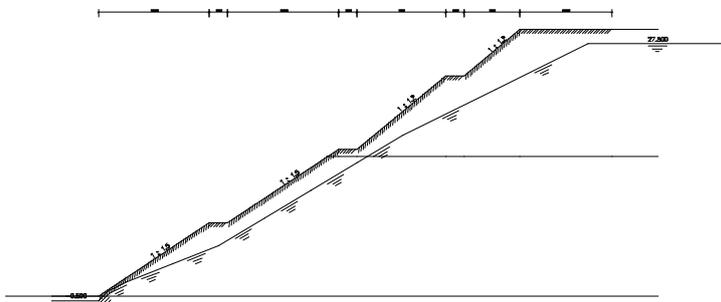
## 2、圆弧滑动法稳定性计算

以 CK1+060~CK1+620（终点）段路堤 LD7 为例，填土厚度最大（29.00m）的路堤边坡 LD7，该路堤边坡为百石大道永久填方边坡，故分四级放坡，用喷播植草坡面，第一级边坡坡率采用 1:1.5，第二级边坡坡率采用 1:1.75，第三、四级边坡坡率采用 1:2，边坡坡高均为 8m 一级，边坡平台均为 2m。计算时通过自动搜索最危险滑动面来计算稳定系数，计算过程如下：

### （1）饱和状态下边坡稳定性计算：

计算项目： LD7 路堤边坡稳定计算

[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： 圆弧滑动法  
 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	12.000	8.000	0
2	2.000	0.000	0
3	12.000	8.000	0
4	2.000	0.000	0
5	9.600	8.000	0
6	2.000	0.000	0
7	6.000	5.000	0

8      10.000      0.000      0

[土层信息]

上部土层数 1

层号	层厚 (m)	重度 (kN/m <sup>3</sup> )	饱和重度 (kN/m <sup>3</sup> )	孔隙水压 力系数
1	15.160	17.000	17.500	---

层号	粘聚力 (kPa)	内摩擦角 (度)	水下粘聚 力(kPa)	水下内摩 擦角(度)
1	12.000	10.000	9.600	8.000

层号	十字板 $\tau$ (kPa)	强度增 长系数	十字板 $\tau$ 水 下值(kPa)	强度增长系 数水下值
1	---	---	---	---

下部土层数 1

层号	层厚 (m)	重度 (kN/m <sup>3</sup> )	饱和重度 (kN/m <sup>3</sup> )	孔隙水压 力系数
1	1.000	17.000	17.500	---

层号	粘聚力 (kPa)	内摩擦角 (度)	水下粘聚 力(kPa)	水下内摩 擦角(度)
1	12.000	10.000	9.600	8.000

层号	十字板 $\tau$ (kPa)	强度增 长系数	十字板 $\tau$ 水 下值(kPa)	强度增长系 数水下值
1	---	---	---	---

[水面信息]

采用总应力法  
考虑渗透力作用  
不考虑边坡外侧静水压力

水面线段数 10      水面线起始点坐标: (0.000, -0.500)

水面线号	水平投影(m)	竖直投影(m)
1	1.000	1.000
2	2.000	1.000
3	5.000	2.000
4	5.000	2.000
5	5.000	3.000
6	5.000	3.000
7	5.000	3.000
8	5.000	3.000
9	10.000	5.000
10	10.000	5.000

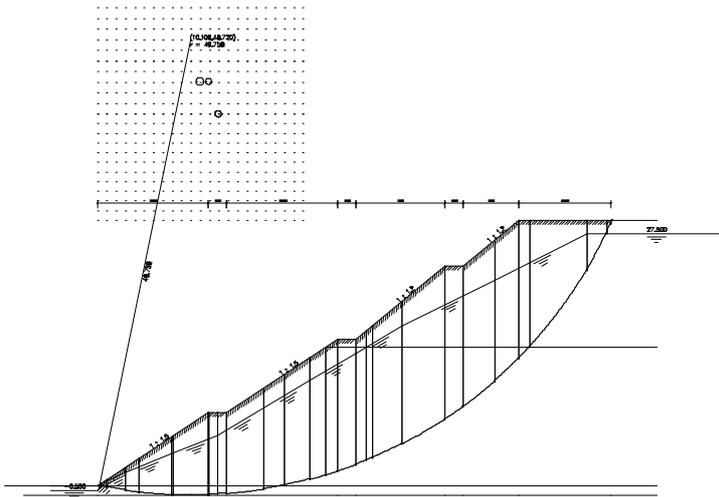
[计算条件]

圆弧稳定分析方法: Bishop 法  
土条重切向分力与滑动方向反向时: 当下滑力对待  
稳定计算目标: 自动搜索最危险滑裂面

条分法的土条宽度：1.000 (m)  
 搜索时的圆心步长：1.000 (m)  
 搜索时的半径步长：0.500 (m)

计算结果：

[计算结果图]



最不利滑动面：

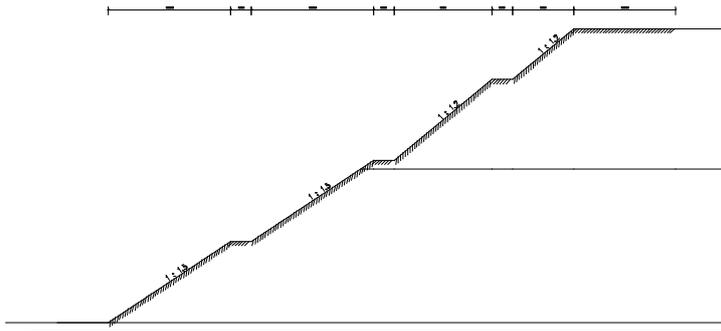
滑动圆心 = (10.109, 48.720) (m)  
 滑动半径 = 49.758 (m)  
 滑动安全系数 = 0.482

总的下滑力 = 6773.128 (kN)  
 总的抗滑力 = 1910.933 (kN)  
 土体部分下滑力 = 6773.128 (kN)  
 土体部分抗滑力 = 1910.933 (kN)  
 筋带在滑弧切向产生的抗滑力 = 0.000 (kN)  
 筋带在滑弧法向产生的抗滑力 = 0.000 (kN)

## (2) 天然状态下边坡稳定性计算：

计算项目： LD7 路堤边坡稳定计算

[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: 圆弧滑动法  
 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	12.000	8.000	0
2	2.000	0.000	0
3	12.000	8.000	0
4	2.000	0.000	0
5	9.600	8.000	0
6	2.000	0.000	0
7	6.000	5.000	0
8	10.000	0.000	0

[土层信息]

上部土层数 1

层号	层厚 (m)	重度 (kN/m <sup>3</sup> )	饱和重度 (kN/m <sup>3</sup> )	孔隙水压 力系数
1	15.160	17.000	17.500	---

层号	粘聚力 (kPa)	内摩擦角 (度)	水下粘聚 力(kPa)	水下内摩 擦角(度)
1	12.000	10.000	9.600	8.000

层号	十字板 $\tau$ (kPa)	强度增 长系数	十字板 $\tau$ 水 下值(kPa)	强度增长系 数水下值
1	---	---	---	---

下部土层数 1

层号	层厚 (m)	重度 (kN/m <sup>3</sup> )	饱和重度 (kN/m <sup>3</sup> )	孔隙水压 力系数
1	1.000	17.000	17.500	---

层号	粘聚力 (kPa)	内摩擦角 (度)	水下粘聚 力(kPa)	水下内摩 擦角(度)
1	12.000	10.000	9.600	8.000

层号	十字板 $\tau$ (kPa)	强度增 长系数	十字板 $\tau$ 水 下值 (kPa)	强度增长系 数水下值
1	---	---	---	---

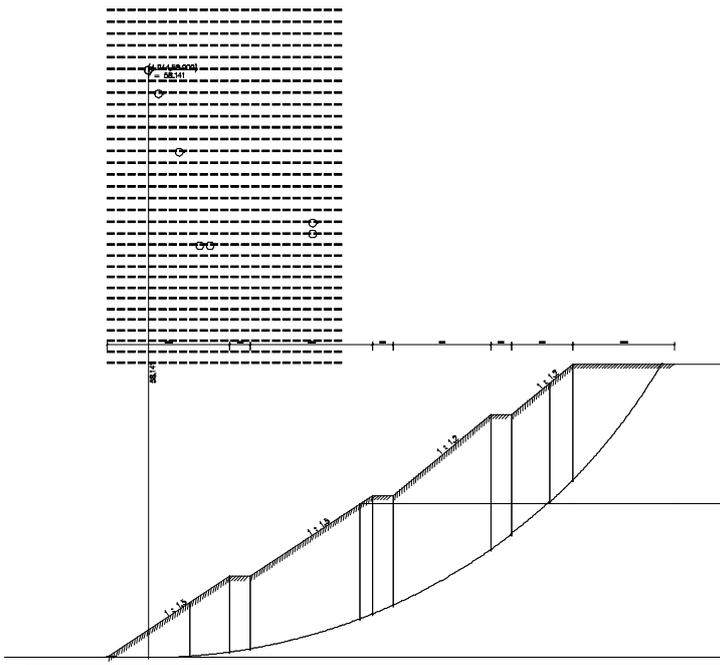
不考虑水的作用

[计算条件]

圆弧稳定分析方法: Bishop 法  
 土条重切向分力与滑动方向反向时: 当下滑力对待  
 稳定计算目标: 自动搜索最危险滑裂面  
 条分法的土条宽度: 1.000 (m)  
 搜索时的圆心步长: 1.000 (m)  
 搜索时的半径步长: 0.500 (m)

计算结果:

[计算结果图]



最不利滑动面:

滑动圆心 = (4.044, 58.000) (m)  
 滑动半径 = 58.141 (m)  
 滑动安全系数 = 0.781

总的下滑力 = 3615.573 (kN)  
 总的抗滑力 = 2102.027 (kN)  
 土体部分下滑力 = 3615.573 (kN)  
 土体部分抗滑力 = 2102.027 (kN)  
 筋带在滑弧切向产生的抗滑力 = 0.000 (kN)  
 筋带在滑弧法向产生的抗滑力 = 0.000 (kN)

根据上述计算，最大填土高度为29.00m的路堤边坡在暴雨条件下的稳定系数为0.482，在天然工况条件下的安全系数为0.781，对照表4-2边坡稳定性标准，综合评定该段路堤边坡为不稳定边坡，发育程度强，主要危害对象为路堤边坡、坡脚建筑物、构筑物以及施工人员、机械设备等，综合预测其危害程度中等，预测该边坡崩塌/滑坡潜在的危险性为大。

填方边坡崩塌/滑坡地质灾害采用相同方法对其余路堤边坡进行稳定性评估，汇总评估结果见表4-9。

表 4-9 路堤边坡潜在崩塌危险性综合评估表

位置	编号	里 程	坡宽 (m)	坡高 (m)	暴雨工况 稳定系数	天然工况 稳定系数	发育程 度(稳 定性)
百石 大道	LD5	CK0+280~CK1+010	730	15.00	0.625	0.807	强
	LD6	CK1+010~CK1+060	50	16.00	0.620	0.803	强
	LD7	CK1+060~CK1+620 (终 点)	560	29.00	0.482	0.781	强
临时 路	LD15	LK0+235~LK0+350	220	15.16	0.624	0.806	强
	LD16	LK0+470~LK0+700	230	10.85	0.635	0.935	强
	LD17	LK0+785~LK0+940	155	7.00	0.730	1.126	中等

根据上述计算，对照边坡稳定安全系数表（见表 4-3）可知，评估区路堤边坡在强降雨工况条件下，路堤边坡 LD4、LD5、LD6、LD7、LD16、LD17 为不稳定边坡；在天然状态工况条件下，路堤边坡 LD4、LD5、LD6、LD7、LD16、LD17 为不稳定边坡~基本稳定。

根据上述路堤边坡的稳定性计算结果，综合得出评估线路路堤边坡崩塌/滑坡的发育程度为弱~强，其危害对象为过往行人车辆、道路本身、坡脚建构物以及施工人员、机械设备等，根据表 4-5 地质灾害危害程度分级表从而得出各段路堤的危害程度，最后根据表 4-6 综合路堤边坡的发育程度和危害程度得出其危险性，见表 4-10。

表 4-10 线路主要路堤边坡危险性判定表

位置	序号	分布里程	坡长 (m)	最大坡 高 (m)	发育程 度	危害对象	危害程 度	危险性
----	----	------	-----------	--------------	----------	------	----------	-----

石技景观大道	LD1	AK0+038.484（起点）~AK0+358.931	320	0.67	弱	拟建道路本身、过往行人车辆，施工人员、设备，公路本身，预测受威胁人数10~100人，可能直接经济损失100~500万元	中等	中等
	LD2	AK0+358.931~AK0+520（终点）	161	0.67	弱		中等	中等
玉石路	LD3	BK0+080（起点）~BK0+458.859	379	0.65	弱		中等	中等
	LD4	BK0+458.859~BK1+233.14（终点）	874	0.71	弱		中等	中等
百石大道	LD5	CK0+280~CK1+010	730	15.00	强		中等	大
	LD6	CK1+010~CK1+060	50	16.00	强		中等	大
	LD7	CK1+060~CK1+620（终点）	560	29.00	强		中等	大
奇石路	LD8	DK0+041.699（起点）~DK0+308.676（终点）	267	1.05	弱		中等	中等
兴石大道	LD9	EK0+049.981（起点）~EK0+315.468	265	0.96	弱		中等	中等
	LD10	EK0+315.468~EK0+591.891（终点）	193	0.66	弱		中等	中等
异石路	LD11	FK0+043.594（起点）~FK0+265.075	221	0.51	弱		中等	中等
	LD12	FK0+265.075~FK0+588.557	323	0.35	弱		中等	中等
临时路	LD13	LK0+030~LK0+046	16	2.46	中等		中等	中等
	LD14	LK0+130~LK0+174	44	1.60	中等		中等	中等
	LD15	LK0+235~LK0+350	220	15.16	强		中等	大
	LD16	LK0+470~LK0+700	230	10.85	强		中等	大
	LD17	LK0+785~LK0+940	155	7.00	中等		中等	中等
	LD18	LK1+210~LK1+368.591（终点）	159	2.23	中等		中等	中等

根据表 4-11 判定结果，综合预测评估区路堤边坡崩塌/滑坡的发育程度弱~强，潜在的危害程度中等，危险性中等~大。其中 LD5~LD7、LD15、LD16 边坡高度较大，发育程度强，潜在的危害程度中等，危险性大；其余路堤边坡由于其坡高相对较矮，发育程度弱~中等，潜在的危害程度中等，危险性中等。

### 3、弃土场填方边坡崩塌/滑坡

根据场地线路情况西侧和南侧共设置 5 个弃土场，取土位置为 0.1km，场内平整采取挖方，多余弃土设置弃土场堆放。最大回填高度 11.20~14.20m 的填方边坡，回填土岩土力学性质较差，预测填方边坡存在发生崩塌/滑坡的可能，场内弃土场填方边坡概况见表 4-11。

表 4-11 拟建项目周围弃土场填方边坡概况统计表

编号	位置	最大挖方高度 (m)	设计坡率	拟采用的支护方案
弃土场 1	场区西北侧	13.5	第一级 1:1.5, 第二级 1:1.75	三维网植草防护
弃土场 2	场区西侧	14.1	第一级 1:1.5, 第二级 1:1.75	三维网植草防护
弃土场 3	场区西南侧	11.2	第一级 1:1.5, 第二级 1:1.75	三维网植草防护
弃土场 4	场区南侧	14.2	第一级 1:1.5, 第二级 1:1.75	三维网植草防护
弃土场 5	场区东南侧	13	第一级 1:1.5, 第二级 1:1.75	三维网植草防护

## 2、稳定性分析

一般情况下填方边坡稳定性与填料性质、填筑高度、堆载坡角、压密程度、排水条件、地形地貌、气候因素和地基性质等因素有关。当填土下覆存在软弱土，上部加载可导致堤身向两侧挤出或产生剪切滑移破坏；雨季期间地下水位上涨浸没路堤时，将造成基底土软化，抗剪强度降低，加剧填方边坡崩塌/滑坡。

对填方边坡坡高最大处进行稳定性定量计算分析，回填土最厚 2.80m 处为例，对填方边坡稳定性进行定量计算分析，稳定性计算方法采用瑞典圆弧法。下面就选取填方边坡由软件自动搜索最危险滑动面来确定边坡的稳定系数。

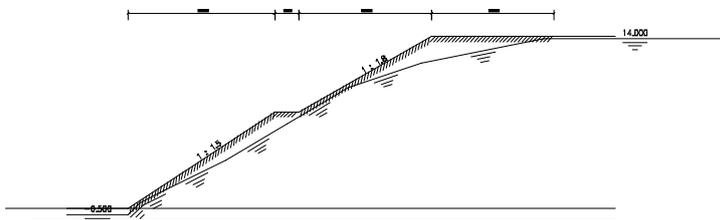
边坡的稳定性系数计算公式采用上式（式 4-1、式 4-2、式 4-3 式 4-4）：

选取最大填方高度 14.20m，计算结果如下：

### （1）饱和状态下边坡稳定性计算：

计算项目： 14.20m 填方边坡稳定计算

[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： 圆弧滑动法  
 不考虑地震

[坡面信息]

坡面线段数 4

坡面线号	水平投影(m)	竖直投影(m)	超载数
1	12.000	8.000	0
2	2.000	0.000	0
3	10.850	6.200	0
4	10.000	0.000	0

[土层信息]

上部土层数 1

层号	层厚 (m)	重度 (kN/m <sup>3</sup> )	饱和重度 (kN/m <sup>3</sup> )	孔隙水压 力系数
1	14.200	17.000	17.500	---

层号	粘聚力 (kPa)	内摩擦角 (度)	水下粘聚 力(kPa)	水下内摩 擦角(度)
1	12.000	10.000	9.600	8.000

层号	十字板 $\tau$ (kPa)	强度增 长系数	十字板 $\tau$ 水 下值(kPa)	强度增长系 数水下值
1	---	---	---	---

下部土层数 1

层号	层厚 (m)	重度 (kN/m <sup>3</sup> )	饱和重度 (kN/m <sup>3</sup> )	孔隙水压 力系数
1	1.000	17.000	17.500	---

层号	粘聚力 (kPa)	内摩擦角 (度)	水下粘聚 力(kPa)	水下内摩 擦角(度)
1	12.000	10.000	9.600	8.000

层号	十字板 $\tau$ (kPa)	强度增 长系数	十字板 $\tau$ 水 下值(kPa)	强度增长系 数水下值
1	---	---	---	---

[水面信息]

采用总应力法

考虑渗透力作用

不考虑边坡外侧静水压力

水面线段数 7 水面线起始点坐标: (0.000, -0.500)

水面线号	水平投影(m)	竖直投影(m)
1	1.000	1.000
2	2.000	1.000
3	5.000	2.500
4	5.000	3.000
5	5.000	3.000
6	6.000	2.000
7	10.000	2.000

[计算条件]

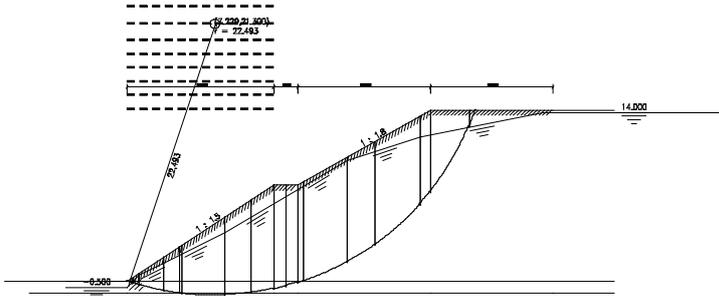
圆弧稳定分析方法: Bishop 法

土条重切向分力与滑动方向反向时: 当下滑力对待

稳定计算目标：自动搜索最危险滑裂面  
 条分法的土条宽度：1.000 (m)  
 搜索时的圆心步长：1.000 (m)  
 搜索时的半径步长：0.500 (m)

计算结果：

[计算结果图]



最不利滑动面：

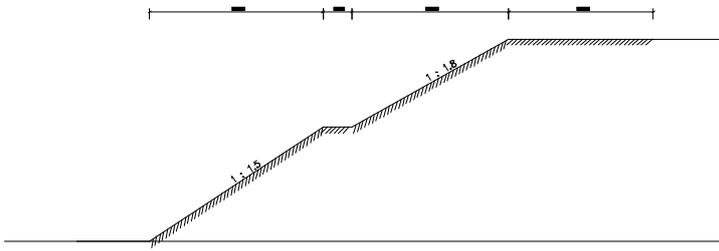
滑动圆心 = (7.229, 21.300) (m)  
 滑动半径 = 22.493 (m)  
 滑动安全系数 = 0.601

总的下滑力 = 1825.294 (kN)  
 总的抗滑力 = 732.771 (kN)  
 土体部分下滑力 = 1825.294 (kN)  
 土体部分抗滑力 = 732.771 (kN)  
 筋带在滑弧切向产生的抗滑力 = 0.000 (kN)  
 筋带在滑弧法向产生的抗滑力 = 0.000 (kN)

**(1) 天然状态下边坡稳定性计算：**

计算项目： 14.20m 填方边坡稳定计算

[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： 圆弧滑动法  
 不考虑地震

[坡面信息]

坡面线段数 4

坡面线号	水平投影(m)	竖直投影(m)	超载数
1	12.000	8.000	0
2	2.000	0.000	0
3	10.850	6.200	0
4	10.000	0.000	0

[土层信息]

上部土层数 1

层号	层厚 (m)	重度 (kN/m <sup>3</sup> )	饱和重度 (kN/m <sup>3</sup> )	孔隙水压 力系数
1	14.200	17.000	17.500	---

层号	粘聚力 (kPa)	内摩擦角 (度)	水下粘聚 力(kPa)	水下内摩 擦角(度)
1	12.000	10.000	9.600	8.000

层号	十字板 $\tau$ (kPa)	强度增 长系数	十字板 $\tau$ 水 下值(kPa)	强度增长系 数水下值
1	---	---	---	---

下部土层数 1

层号	层厚 (m)	重度 (kN/m <sup>3</sup> )	饱和重度 (kN/m <sup>3</sup> )	孔隙水压 力系数
1	1.000	17.000	17.500	---

层号	粘聚力 (kPa)	内摩擦角 (度)	水下粘聚 力(kPa)	水下内摩 擦角(度)
1	12.000	10.000	9.600	8.000

层号	十字板 $\tau$ (kPa)	强度增 长系数	十字板 $\tau$ 水 下值(kPa)	强度增长系 数水下值
1	---	---	---	---

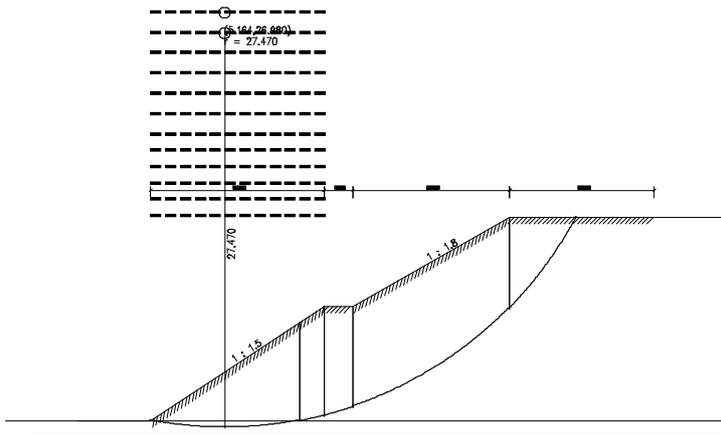
不考虑水的作用

[计算条件]

圆弧稳定分析方法: Bishop 法  
 土条重切向分力与滑动方向反向时: 当下滑力对待  
 稳定计算目标: 自动搜索最危险滑裂面  
 条分法的土条宽度: 1.000 (m)  
 搜索时的圆心步长: 1.000 (m)  
 搜索时的半径步长: 0.500 (m)

计算结果:

[计算结果图]



最不利滑动面:

滑动圆心 = (5.164, 26.980) (m)  
 滑动半径 = 27.470 (m)  
 滑动安全系数 = 0.830

总的下滑力 = 1063.600 (kN)  
 总的抗滑力 = 882.858 (kN)  
 土体部分下滑力 = 1063.600 (kN)  
 土体部分抗滑力 = 882.858 (kN)  
 筋带在滑弧切向产生的抗滑力 = 0.000 (kN)  
 筋带在滑弧法向产生的抗滑力 = 0.000 (kN)

根据上述计算，弃土场最大填土高度为14.20m的填方边坡在暴雨条件下的稳定系数为0.601，在天然工况条件下的安全系数为0.830，对照表4-2边坡稳定性标准，综合评定该处填方边坡为不稳定边坡，发育程度强，主要危害对象为坡脚拟建线路、构筑物以及施工人员、机械设备等，综合预测其危害程度中等，预测该边坡崩塌/滑坡潜在的危险性为大。

其余弃土场的填方边坡崩塌/滑坡地质灾害采用相同方法进行稳定性评估，汇总评估结果见表4-12。

表 4-12 填方边坡潜在崩塌危险性综合评估表

弃土场编号	位置	坡高(m)	设计坡率	暴雨工况稳定系数	天然工况稳定系数	发育程度(稳定性)
弃土场 1	场区西北侧	13.5	第一级 1:1.5, 第二级 1:1.75	0.622	0.850	强
弃土场 2	场区西侧	14.1	第一级 1:1.5, 第二级 1:1.75	0.601	0.830	强
弃土场 3	场区西南侧	11.2	第一级 1:1.5, 第二级 1:1.75	0.664	0.889	强

弃土场编号	位置	坡高(m)	设计坡率	暴雨工况 稳定系数	天然工况 稳定系数	发育程度 (稳定性)
弃土场 4	场区南侧	14.2	第一级 1:1.5, 第二级 1:1.75	0.601	0.830	强
弃土场 5	场区东南侧	13	第一级 1:1.5, 第二级 1:1.75	0.623	0.852	强

根据上述计算，对照边坡稳定安全系数表（见表 4-3）可知，评估区填方边坡在强降雨工况条件下和天然状态工况条件下均为不稳定边坡。

根据上述填方边坡的稳定性计算结果，综合得出评估线路填方边坡崩塌/滑坡的发育程度为强，其危害对象为过往行人车辆、道路本身、坡脚建构物以及施工人员、机械设备等，根据表 4-5 地质灾害危害程度分级表从而得出各弃土场填方的危害程度，最后根据表 4-6 综合填方边坡的发育程度和危害程度得出其危险性，见表 4-10。

表 4-13 线路主要填方边坡危险性判定表

弃土场编号	位置	坡高(m)	设计坡率	发育程度	危害对象	危害程度	危险性
弃土场 1	场区西北侧	13.5	第一级 1:1.5, 第二级 1:1.75	强	过往行人车辆, 施工人员、设备, 公路本身, 预测受威胁人数 10~100 人, 可能直接经济损失 100~500 万元	中等	大
弃土场 2	场区西侧	14.1	第一级 1:1.5, 第二级 1:1.75	强		中等	大
弃土场 3	场区西南侧	11.2	第一级 1:1.5, 第二级 1:1.75	强		中等	大
弃土场 4	场区南侧	14.2	第一级 1:1.5, 第二级 1:1.75	强		中等	大
弃土场 5	场区东南侧	13	第一级 1:1.5, 第二级 1:1.75	强		中等	大

根据表 4-13 判定结果，综合预测评估区弃土场填方边坡崩塌/滑坡的发育程度强，潜在的危害程度中等，危险性大。

## 二、地面沉降

由于填土主要分布于路堤段，现根据钻探揭露地层分布情况和工程特征，分别对 18 段路堤的沉降量进行计算。以 LD7 路堤 CK0+060~CK1+620 段附近回填厚度最大的钻孔 ZK82 为例进行详细计算，根据钻孔揭露，自上而下岩土体为：砂质黏性土厚 10.60m，全风化花岗岩厚 4.20m，该处需回填 29.00m 填土。计算取值参考第二章第六节岩土体物理力学参数及地区经验值。根据《建筑地基基础设计规范》（GB50007-2011），中心点的最终沉降量计算公式为：

$$s = \varphi_s s' = \varphi_s \sum_{i=1}^n \frac{P_0}{E_{si}} (Z_i \bar{\alpha}_i - Z_{i-1} \bar{\alpha}_{i-1})$$

$$\Delta s_n' \leq 0.025 \sum_{i=1}^n \Delta s_i'$$

式中：

$s$  —— 地基最终沉降量（mm）；

$s'$  —— 按分层总和法计算出的地基沉降量（mm）；

$\varphi_s$  —— 沉降计算经验系数；

$n$  —— 地基变形计算深度范围内划分的土层数；

$p_0$  —— 对应于荷载效应准永久组合时的基础底面处的附加应力（kPa）；

$E_{si}$  —— 基础底面下第  $i$  层土的压缩模量（MPa），应取土的自重压力至土自重压力与附加压力之和的压力段计算；

$z_i, z_{i-1}$  —— 基础底面至第  $i$  层土、第  $i-1$  层土底面的距离（m）；

$\bar{\alpha}_i, \bar{\alpha}_{i-1}$  —— 基础底面计算点至第  $i$  层土、第  $i-1$  层土底面范围内平均附加应力系数；

$\Delta s_i'$  —— 计算深度范围内，第  $i$  层土的计算变形值（mm）；

$\Delta s_n'$  —— 在由计算深度向上取厚度为  $\Delta z$  的土厚度的计算变形值（mm）。

本计算仅以恒载为依据，对作用时间短暂的活载引起的沉降未作考虑，恒载基础底面附加荷载  $P_0$  根据土层自重+上覆荷载取值，汽车荷载等级为公路—II级，取  $P_0=60\text{kPa}$ ，基础类型以道路为例，为条形基础，基础宽  $B=8.5\text{m}$ ，基础埋深为  $0.5\text{m}$ ，经计算可得：地基变形计算深度  $Z=13.97\text{m}$ ，计算参数及结果见表 4-14~表 4-15。

表 4-14 ZK66 处附近基础沉降计算主要参数表

基本参数取值	$p_0$ (kPa)	L (m)	B (m)	H (m)	$z_n$ (m)
	60	100	8.5	0.5	

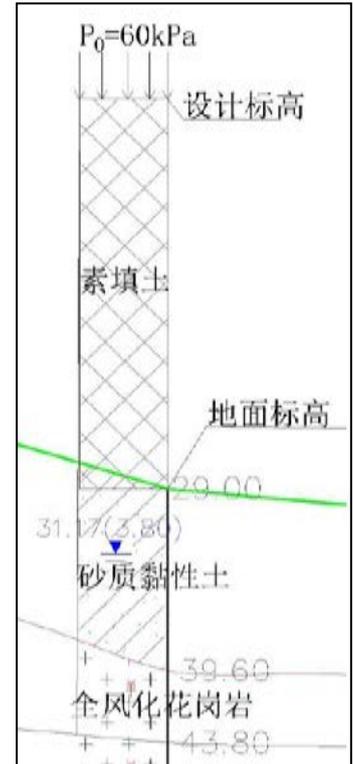


图 4-5 ZK82 处附近地基沉降计算简图

层号	岩土名称	层底深度	$f_{ak}$	$E_s$	土层到基底的深度 $h_i$	13.97
		m	kpa	MPa	(m)	
1	素填土	29	80	3.50	28.5	$\psi_s$
2	砂质黏性土	39.6	220	10.0	39.1	1.38
3	全风化花岗岩	43.8	300	20.0	43.3	

表 4-15 ZK66 处附近基础沉降计算表

i	$z_i$	$\alpha_i$	$E_{si}$	$s_i$ (mm)	$\Sigma s_i$ (mm)	s (mm)
1	4.30	0.2471	3.50	72.87	72.87	计算深度不够
2	8.60	0.2350	3.50	65.68	138.56	计算深度不够
3	12.90	0.2180	3.50	54.31	192.86	计算深度不够
4	17.20	0.2011	3.50	44.32	237.18	计算深度不够
5	21.50	0.1858	3.50	36.76	273.95	计算深度不够
6	25.80	0.1741	3.50	34.09	308.04	计算深度不够
7	30.10	0.1609	10.00	8.40	316.44	计算深度不够
8	34.40	0.1507	10.00	8.25	324.68	计算深度不够
9	38.70	0.1419	10.00	7.34	332.02	计算深度不够
10	43.00	0.1341	20.00	3.30	335.32	462.74

从表 4-11、表 4-12 可以看出，回填厚度最大的 ZK66 处附近的沉降量为 462.74mm。

选取相同参数、采用相同方法计算其余 17 段路堤地面沉降量，计算结果见表 4-16。

表 4-16 各路堤段地面沉降危险程度分析表

位置	序号	分布里程	选取钻孔	工程地质特征	最大沉降量 (mm)	发育程度
石技景观大道	LD1	AK0+038.484 (起点) ~ AK0+358.931	ZK25	砂质黏性土厚 6.10m, 全风化花岗岩厚 2.90m, 该处需回填 0.67 填土。	56.90	弱
	LD2	AK0+358.931 ~ AK0+520 (终点)	ZK111	素填土厚 0.7m, 砂质黏性土厚 5.90m, 全风化花岗岩厚 2.90m, 该处需回填 0.67m 填土。	75.89	弱
玉石路	LD3	BK0+080 (起点) ~ BK0+458.859	ZK143	砂质黏性土厚 12.50m, 全风化花岗岩厚 5.20m, 该处需回填 0.65m 填土。	104.45	中等
	LD4	BK0+458.859 ~ BK1+233.14 (终点)	ZK152	砂质黏性土厚 14.30m, 全风化花岗岩厚 5.20m, 该处需回填 0.71m 填土。	108.82	中等
百石大道	LD5	CK0+280 ~ CK1+010	ZK75	砂质黏性土厚 20.90m, 全风化花岗岩厚 6.60m, 该处需回填 0.75m 填土。	138.65	中等

位置	序号	分布里程	选取 钻孔	工程地质特征	最大 沉降量 (mm)	发育 程度
	LD6	CK1+010~ CK1+060	ZK77	砂质黏性土厚 18.80m, 全风化花岗岩厚 8.70m, 该处需回填 1.50m 填土。	135.30	中等
	LD7	CK1+060~ CK1+620 (终点)	ZK82	砂质黏性土厚 10.60m, 全风化花岗岩厚 4.20m, 该处需回填 29.0m 填土。	462.74	中等
奇石路	LD8	DK0+041.699 (起 点)~ DK0+308.676 (终 点)	ZK131	砂质黏性土厚 15.70m, 全风化花岗岩厚 9.10m, 该处需回填 1.05m 填土。	125.93	中等
兴石大道	LD9	EK0+049.981 (起 点)~ EK0+315.468	ZK133	砂质黏性土厚 20.70m, 全风化花岗岩厚 11.70m, 该处需回填 0.96m 填土。	140.16	中等
	LD10	EK0+315.468~ EK0+591.891 (终 点)	ZK134	砂质黏性土厚 15.80m, 全风化花岗岩厚 7.90m, 该处需回填 0.66m 填土。	121.17	中等
异石路	LD11	FK0+043.594 (起 点)~ FK0+265.075	ZK152	砂质黏性土厚 14.30m, 全风化花岗岩厚 5.20m, 该处需回填 0.51m 填土。	110.82	中等
	LD12	FK0+265.075~ FK0+588.557	ZK42	砂质黏性土厚 8.20m, 全风化花岗岩厚 3.60m, 该处需回填 0.35m 填土。	71.13	弱
临时路	LD13	LK0+030~ LK0+046	ZK154	砂质黏性土厚 7.20m, 全风化花岗岩厚 6.40m, 该处需回填 2.46m 填土。	107.98	中等
	LD14	LK0+130~ LK0+174	ZK53	砂质黏性土厚 8.20m, 全风化花岗岩厚 6.00m, 该处需回填 1.60m 填土。	112.04	中等
	LD15	LK0+235~ LK0+350	ZK66	砂质黏性土厚 10.60m, 全风化花岗岩厚 4.20m, 该处需回填 15.16m 填土。	336.32	中等
	LD16	LK0+470~ LK0+700	ZK96	砂质黏性土厚 8.50m, 全风化花岗岩厚 4.20m, 该处需回填 10.85m 填土。	260.85	中等
	LD17	LK0+785~ LK0+940	ZK122	砂质黏性土厚 15.40m, 全风化花岗岩厚 6.10m, 该处需回填 7.00m 填土。	223.55	中等
	LD18	LK1+210~ LK1+368.591 (终 点)	ZK124	砂质黏性土厚 12.60m, 全风化花岗岩厚 6.10m, 该处需回填 2.23m 填土。	145.71	中等

表 4-17 地面沉降发育程度评估要素表

地面沉降 类别	因素		发育强度		
			强	中等	弱
公路路基	公路等级累计沉降	高速公路一级公路	≥300	60<~<300	≤60

	量 (mm)	作为干线公路的二级公路	≥500	100<~<500	≤100
--	--------	-------------	------	-----------	------

由以上计算结果可知，故评估场地内由于软弱土层引起的沉降量为 71.13~462.74mm，本项目属于线性工程，根据地面沉降发育程度评估要素表（表 4-17），拟建线路软弱土层引发的地面沉降发育程度为弱~中等，地面沉降的危害对象主要为路基，威胁的人数和财产小，危害程度小，综合预测地面沉降潜在的危险性小。工程建设时需对填土进行处理。

综上所述，预测建设项目可能引发或加剧的地面沉降发育程度为弱~中等，其潜在的危害程度小，危险性小。

## 第二节 工程建设可能遭受地质灾害危险性的预测

根据工程建设所处地质环境条件、工程特征及类型，预测工程在建设过程中及完工后，除了可能引发或加剧崩塌/滑坡和地面沉降两种地质灾害之外，还可能遭受崩塌/滑坡、地面沉降和泥石流地质灾害的影响。

### 一、崩塌/滑坡

#### （一）路堑及路堤边坡崩塌/滑坡

评估线路工程地形地貌主要属丘陵地区，地形起伏较大，部分路段的沟谷地带，工程设计部分路段将采用路堤形式通过，线路建设将产生路堤边坡工程；而线路经过丘陵时，道路需要向两侧拓宽，山体部分需要进行一定量的人工开挖路堑边坡，这两类边坡是由工程建设产生，一旦工程建设诱发崩塌/滑坡，地质灾害的直接危害对象主要也是工程项目本身，公路运营后，地质灾害将威胁人民群众生命财产安全。由此可见，拟建项目在引发、加剧崩塌/滑坡地质灾害的同时，其本身也是受灾主体，拟建工程也可能遭受崩塌/滑坡的危害。

根据前文的评估结果，沿线开挖路堑边坡共 8 段，边坡最大开挖高度 42.70m，其发育程度弱~中等，潜在的危害程度中等，危险性中等；路堤边坡共 18 段，最大填方高度 29.00m，其发育程度弱~强，潜在的危害程度中等，危险性中等~大。

#### （二）自然斜坡崩塌/滑坡

评估区地形地貌主要为丘陵地貌，总体而言自然斜坡植被覆盖率达 70%以上，边坡稳定性较好。丘顶标高一般介于约 100~250m，坡度约 15~20°，相对高差

约 10~150m。评估区地形起伏较大，自然斜坡较陡，部分地段植被因开垦种植果树和开挖鱼塘而遭受破坏，发生水土流失。另外，经过现场野外调查，沿线在局部山坡及丘顶存在花岗岩球状风化体，坡体本身岩土体结构较差，在降雨条件下，物理力学性质大大降低，有可能发生自然斜坡崩塌/滑坡，其中孤石发育的高陡斜坡，若发生孤石滚落，将严重威胁坡脚道路、施工设备及人员的安全，危害到附近村民、施工人员和拟建线路。下面分段对拟建线路丘陵发生自然斜坡崩塌/滑坡的可能性进行预测评估。

### 1、自然斜坡稳定性评估方法

在评估边坡的稳定性时，基本思路是根据坡体的地形地质环境条件，将坡体（地质体）转化为形变场，从中抽取评估因子，建立评估模型。为了简化评估过程，尽可能涵盖主要影响因素，最大限度降低评估的随意性和模糊性。本次评估采用定性一半定量评估方法，即从影响边坡稳定性的众多因素中抽取环境条件、边坡破坏动力条件评估边坡危险性时，首先根据表 4-16 的量化原则对 13 个二级判别因子赋值，并按下式计算边坡危险性判别指数“X”，为评估方便，危险性判别指数计算仅考虑各项二级判别指标对边坡稳定性影响的相对强弱。

$$X = \sum(X_i)/n$$

式中：

X—边坡危险性判别指数

X<sub>i</sub>—二级判别因子的量值

其中：土坡 n=12，岩土坡 n=13，因为土坡不存在二级因子“主控界面”的影响。

### 2、边坡稳定性评估标准

边坡按稳定程度划分为 3 类：稳定边坡、基本稳定边坡和不稳定边坡，见表 4-18。

表 4-18 边坡危险性判别指数分级表

边坡危险性判别指数	$X > 4$	$4 \geq X \geq 2$	$X < 2$
危险性分级	大	中等	小

(1) 稳定边坡：工程地质条件较好，无不良地质特征和不利的构造面，边坡在正常设计坡率情况下能保持稳定，边坡不产生变形，不需要采取防护和加固措施，危险性分级  $X < 2$  的边坡。

(2) 基本稳定边坡：工程地质条件一般，无不良地质特征和不利构造面，边坡在正常设计坡率情况下能保持稳定，但在外部不利因素(雨水)影响下，坡面会出现较小的

变形或局部破坏，但不会影响道路畅通和行车安全，坡体不需要加固，只需适当调整边坡坡率、做好截排水措施和进行坡面防冲刷防护，危险性分级  $4 \geq X \geq 2$  的边坡。

(3) 不稳定边坡：工程地质条件较差，有不良地质特征和不利的构造面，边坡在正常设计坡率情况下不能保持稳定；坡体会出现严重变形、坍塌或破坏，对行车安全和道路畅通有较大影响，坡体需要防护和加固，危险性分级  $X > 4$  的边坡。

### 3、自然斜坡的稳定性评估

本次自然斜坡危险性评估是在勘察资料和野外调查的基础上进行的，对所评估的自然斜坡在野外进行了调查，内容包括自然斜坡的岩土类型、结构面的发育程度、边坡的坡度和坡向、植被发育情况、水文条件和周围已有地质灾害的类型及发育程度等。根据以上指标，将评估区大致分为两个区域：

(1) 北部丘陵区域：位于评估区的北部，主要由拟建奇石路 DK0+041.699（起点）～DK0+308.676（终点）北侧控制的丘陵区域，地层为第四系坡残积层，岩石为燕山三期花岗岩；

(2) 西部沟谷区域：位于评估区的西部，主要由拟建线路玉石路 BK0+400～BK1+233.14（终点）段西侧控制的沟谷区域，地层为第四系冲积层和坡残积层，岩石为燕山三期花岗岩；

(3) 东部丘陵区域：位于评估区的东部，主要由拟建线路百石大道 CK0+500～CK1+620（终点）段东侧控制的丘陵区域，地层为第四系坡残积层，岩石为燕山三期花岗岩；

现分别对评估区北部丘陵区域、西部沟谷区域和东部丘陵区域自然斜坡的稳定性进行预测评估，评估结果详见表 4-20。

表 4-19 边坡危险性判别指标量化原则

一级判别指标	二级判别指标		三级量化指标			
	序号	内容	$x_i=6$	$x_i=3$	$x_i=1$	$x_i=0$
环境条件	1	地形地貌	坡角大于 $30^\circ$ ，相对高差大于 50m	坡角 $20 \sim 30^\circ$ ，相对高差 $30 \sim 50m$	坡角 $10 \sim 20^\circ$ ，相对高差 $10 \sim 30m$	坡角小于 $10^\circ$ ，相对高差小于 10m
	2	植被发育情况	山体裸露	山体半裸露	植被稀疏	植被密集
	3	岩土体特性	残坡积堆积物厚度大于 10m	残坡积堆积物厚度 $5 \sim 10m$	节理发育的岩层	完整的层状、块状岩层
	4	地质构造	活动性断裂分布区	断裂破碎带	断裂边缘影响带	无断裂分布区
	5	主控界面（层面、节理面）与坡向的关系	顺坡向，主控界面倾角小于坡角	顺坡向，主控界面倾角大于坡角	横坡向，主控界面倾向与坡向相交	逆坡向，主控界面倾向与坡向相反

边坡破坏现状	6	分布密度	地质灾害（崩塌、水土流失）多	地质灾害（崩塌、水土流失）较多	地质灾害（崩塌、水土流失）少	无地质灾害（崩塌、水土流失）
	7	发生年代	近期发生	早期发生	古滑坡、古崩塌	未发生
	8	灾害规模	大型	中型	小型	无
	9	危害对象	重要工程和居民密集区	重要工程分布区	一般工程	无人居住区
边坡破坏动力条件	10	降雨强度	日降雨量大于100mm	日降雨量大于50~100mm	日降雨量大于30~50mm	日降雨量小于30mm
	11	地下水补、迳、排条件及富水程度	有地下水，河水补给地下水；水量丰富	有地下水，地下水补给河水；水量中等	有地下水，大气降水补给地下水；水量贫乏	无地下水
	12	人为因素	开挖深度大于20m，边坡坡度大于60°	开挖深度10~20m，边坡坡度45~60°	开挖深度5~10m，边坡坡度30~45°	开挖深度小于5m，边坡坡度小于30°
	13	地震烈度	地震动峰值加速度大于0.1g	地震动峰值加速度0.1g	地震动峰值加速度为0.05g	地震动峰值加速度小于0.05g

表 4-20 预测自然斜坡崩塌/滑坡危险性综合评估表

区域	相对高差 (m)	自然坡度 (°)	边坡环境地质特征概况	危险性判别指数	危险性	危害程度
北部丘陵区域	52	15°~20°	丘陵地貌，地势起伏较大，植被发育，坡残积堆积物厚度一般小于5m，出露全风化~强风化花岗岩，无断裂经过，崩塌、水土流失较少，大气降水补给地下水，水量贫乏；路堑边坡开挖较多，开挖高度一般大于20m，坡脚一般为村庄和乡道。	2.46	中等	中等
西部沟谷区域	10	15°~20°	沟谷地貌，地势起伏较大，植被较发育，坡残积堆积物厚度一般小于5m，出露全风化花岗岩，无断裂经过，崩塌、水土流失较多，大气降水补给地下水，水量贫乏；路堑边坡开挖较多，开挖高度一般小于5~10m，坡脚一般为鱼塘和村道。	2.31	中等	中等
东侧丘陵区域	30	15°~20°	丘陵地貌，地势起伏较大，植被发育，坡残积堆积物厚度一般小于5m，出露全风化~强风化花岗岩，无断裂经过，崩塌、水土流失较少，大气降水补给地下水，水量贫乏；路堑边坡开挖较多，开挖高度一般小于5m，坡脚一般为村庄和乡道。	2.40	中等	中等

综上所述，预测评估区遭受自然斜坡崩塌/滑坡的可能性中等，其危害程度中等，危险性中等。

## 二、地面沉降

拟建工程引发地面沉降的主要成因是填土软弱土路基在路堤附加荷载作用下出现的固结沉降，其沉降量与路堤填土高度和路基土层的工程性质密切相关，在填土厚度大的地段其沉降量较大，反之则较小。这种地面沉降通常是沿线路呈带状分布，通常会出

现不同程度的不均匀沉降，而向线路两侧其沉降量会逐渐变小。由此可见，本项目路基可能遭受地面沉降的危害。

根据前文的评估结果，地面沉降潜在的危害程度小，危险性小。

### 三、泥石流

评估线路大部分属于丘陵地貌，野外调查时发现，沟谷地区植被较发育，水土保持较好，遭受泥石流地质灾害的直接危害小。丘陵局部结构较松散的岩土体，给引发区内泥石流创造了物源条件；本区雨量充沛，日降雨量最大值 255.3mm，4~9 月为台风季节，其中 7~9 月活动最为频繁，风雨同行成台风雨，狂风暴雨，来势极猛，具有引发泥石流的水动力条件。综上所述，从地形地貌、物源条件、水动力条件上分析，拟建项目有可能遭受泥石流地质灾害的影响。

根据调查结果，沿线多数沟谷植被保持良好，现状人类对自然环境的破坏程度一般，多数沟谷较短，切割较浅，根据地形地貌分布，都涝村东北面自然沟谷和云龙村南面自然沟谷有可能发生泥石流，其沟谷基本特征如下：

#### （一）都涝村东北面自然沟谷

拟建线路石技景观大道和玉石路中部发育一条近南-北向沟谷，沟谷走向近 180°，地势东西两侧高中部低，沟谷切割较深，呈“V 型”谷，沟谷从都涝村东北部附近穿过，沟谷中分布大量鱼塘，沟谷长约 900m，坡降为 140‰~160‰，流域面积约 0.1~0.2km<sup>2</sup>，两侧山体坡度为 15°~20°，相对高差约 10m；岩性为全-中风化花岗岩及其坡残积土，施工时沟谷中上游将发生土石方开挖，坡残积土厚度中等，土质较为松散，表层第四系松散岩类孔隙水为弱透水层，地下水往下入渗作用弱；安塘断裂从附近经过，地质构造条件中等；查阅当地气象资料可知当地日最大降雨量 255.3mm（2008 年 11 月 3 日），强降雨主要发生在夏季，地表植被发育，植被覆盖率达 70%以上。该段未发现已发泥石流。

#### （二）云龙村南面自然沟谷

云龙村南面发育一条近东-西向沟谷，沟谷走向约 80°~90°，沟谷较短，切割较浅，为“U 型”谷，沟谷中发育季节性溪流，沟谷长约 100~200m，坡降为 80‰~90‰，流域面积约 0.10km<sup>2</sup>，两侧山体坡度为 10°~20°，相对高差约 50m；岩性为全-中风化花岗岩及其坡残积土，沟谷上游无土石方开挖，坡残积土厚度中等，土质较为松散，表层第四系松散岩类孔隙水为弱透水层，地下水往下入渗作用弱；天堂坪断裂和上山门断裂从附近经过，地质构造条件中等；查阅当地气象资料可知当地日最大降雨量 255.3mm

（2008年11月3日），强降雨主要发生在夏季，地表植被较发育，植被覆盖率达70%以上。该段未发现已发泥石流。

泥石流沟谷的易发程度可根据《广东省地质灾害危险性评估实施细则（2023年修订版）》的有关方法进行评判（表4-21），各沟谷15项要素的定性和量化评分结果见表4-22。

根据表4-22的量化结果可知，拟建线路周边沟谷泥石流易发程度量化得分为56~76分，小于86分，根据表4-21泥石流发育程度评估要素表的评判等级标准可知，都涝村东北面自然沟谷和云龙村南面自然沟谷的发育程度为弱发育，其余沟谷比上述二条沟谷发育规模小，物源、地形一致，因此评估区自然沟谷的发育程度为弱，危害对象为沟谷中的鱼塘和农庄，其威胁人数较多，可能造成经济损失较大，其危害程度为中等，根据地质灾害危险性分级表，综合预测评估区泥石流的潜在危险性为中等。

表4-21 泥石流发育程度评估要素表

序号	影响因素	量级划分							
		强发育(A)	得分	中等发育(B)	得分	弱发育(C)	得分	不发育(D)	得分
1	崩塌、滑坡及水土流失(自然和人为活动的)严重程度	崩塌、滑坡等重力侵蚀严重。多层滑坡和大型崩塌，表土疏松，冲沟十分发育	21	崩塌、滑坡发育，多层滑坡和中小型崩塌，有零星植被覆盖，冲沟发育	16	有零星崩塌、滑坡和冲沟存在	12	无崩塌、滑坡、冲沟或发育轻微	1
2	泥砂沿程补给长度比(%)	≥60	16	30≤~<60	12	10≤~<30	8	<10	1
3	沟口泥石流堆积活动程度	主河河形弯曲或堵塞，主流受挤压偏移	14	主河河形无较大变化，仅主流受迫偏移	11	主河形无变化，主流在高水位时偏，低水位时不偏	7	主河无河形变化，主流不偏	1
4	河沟纵比降(%)	≥21.3	12	10.5≤~<21.3	9	5.2≤~<10.5	6	<5.2	1
5	区域构造影响程度	强抬升区，6级以上地震区，断层破碎带	9	抬升区，4~6级地震区。有中小支断层	7	相对稳定区，4级以下地震区，有小断层	5	沉降区，构造影响小或无影响	1
6	流域植被覆盖率(%)	<10	9	10≤~<30	7	30≤~<60	5	≥60	1
7	河沟近期一次变幅(m)	≥2.0	8	1.0≤~<2.0	6	0.2≤~<1.0	4	<0.2	1
8	岩性影响	软岩、黄土	6	软硬相间	5	风化强烈和节理发育的硬岩	4	硬岩	1
9	沿沟松散物储量(10 <sup>4</sup> m <sup>3</sup> /km <sup>2</sup> )	≥10	6	5≤~<10	5	1≤~<5	4	<1	1
10	沟岸山坡坡度	≥32°	6	25°≤~<32°	5	15°≤~<25°	4	<15°	1
11	产沙区沟槽横断面	V形谷、U形谷、谷中谷	5	宽U形谷	4	复式断面	3	平坦型	1

序号	影响因素	量级划分							
		强发育(A)	得分	中等发育(B)	得分	弱发育(C)	得分	不发育(D)	得分
12	产沙区松散物平均厚度(m)	≥10	5	5≤~<10	4	1≤~<5	3	<1	1
13	流域面积(km <sup>2</sup> )	0.2≤~<5	5	5≤~<10	4	<0.2 以下 10≤~<100	3	≥100	1
14	流域相对高差(m)	≥500	4	300≤~<500	3	100≤~<300	2	<100	1
15	河沟堵塞程度	严重	4	中等	3	轻微	2	无	1
评判等级标准		综合得分		116~130		87~115		<86	
		发育程度等级		强发育		中等发育		弱发育	

表 4-22 沟谷泥石流发育程度量化表

序号	影响因素	都滂村东北面自然沟谷			云龙村南面自然沟谷		
		量化值	所属量级	得分	量化值	所属量级	得分
1	崩塌、滑坡及水土流失（自然和人为的）的严重程度	有零星崩塌	弱发育	12	有零星崩塌	弱发育	12
2	泥沙沿程补给长度比（%）	25	弱发育	8	8	不发育	1
3	沟口泥石流堆积活动程度	无河形变化	不发育	1	无河形变化	不发育	1
4	河沟纵坡（度%）	14~16	中等发育	9	24~30	强发育	12
5	区域构造影响程度	抬升区	中等发育	7	抬升区	中等发育	7
6	流域植被覆盖率（%）	70	不发育	1	70	不发育	1
7	河沟近期一次变幅（m）	<1m	弱发育	4	<1m	弱发育	4
8	岩性影响	砂质粘土	强发育	6	砂质粘土	强发育	6
9	沿沟松散物储量(10 <sup>4</sup> m <sup>3</sup> /km <sup>2</sup> )	12	强发育	6	0.8	不发育	1
10	沟岸山坡坡度（°）	20	弱发育	4	30	中等发育	5
11	产砂区沟槽横断面	V型谷	强发育	5	U型谷	强发育	5
12	产砂区松散物平均厚度（m）	9	中等发育	4	7	中等发育	4
13	流域面积（km <sup>2</sup> ）	0.3	弱发育	2	0.1	弱发育	2
14	流域相对高差（m）	160	弱发育	2	70	不发育	1
15	河沟堵塞程度	轻微	弱发育	2	轻微	弱发育	2
合计		/	/	73	/	/	53

综上所述，预测拟建项目遭受泥石流地质灾害的可能性小，泥石流地质灾害主要威胁所处地势较低段拟建线路及邻近村庄，危害程度中等，综合其危险性为中等。

### 第三节 预测评估小结

评估项目的建设可能引发或加剧的地质灾害类型为崩塌/滑坡（路堑边坡崩塌/滑坡、路堤边坡崩塌/滑坡和弃土场填方边坡崩塌/滑坡）和地面沉降，工程项目在引发、加剧这些地质灾害的同时，其本身也可能遭受崩塌/滑坡（路堑边坡崩塌/滑坡、路堤边坡崩塌/滑坡、弃土场填方边坡崩塌/滑坡、自然斜坡崩塌/滑坡）、地面沉降和泥石流地质灾害的危害。

在各种预测的地质灾害中，预测路堑边坡崩塌/滑坡的发育程度弱~强，潜在的危害程度为中等，危险性为中等。其中 LQ2、LQ4、LQ5、LQ7 边坡高度较矮，发育程度弱，潜在的危害程度中等，危害性中等；LQ3 由于其坡高相对较高，发育程度中等，潜在的危害程度中等，危险性为中等；LQ1、LQ6、LQ8 由于其坡高相对较陡，发育程度强，潜在的危害程度中等，危险性为大。路堤边坡崩塌/滑坡的发育程度弱~强，潜在的危害程度中等，危险性中等~大。其中 LD5~LD7、LD15、LD16 边坡高度较大，发育程度强，潜在的危害程度中等，危险性大；其余路堤边坡由于其坡高相对较矮，发育程度弱~中等，潜在的危害程度中等，危险性中等。自然斜坡崩塌/滑坡的发育程度中等，潜在的危害程度中等，危险性中等；弃土场崩塌/滑坡的发育程度强，潜在的危害程度中等，危险性大；地面沉降的发育程度弱~中等，潜在的危害程度小，危险性小；泥石流发育程度弱~中等，潜在的危害程度中等，危险性中等。

## 第五章 地质灾害危险性综合评估及防治措施

根据《广东省地质灾害危险性评估实施细则（2023年修订版）》第五十二条的要求，结合拟建项目的具体情况，在地质灾害现状和预测评估的基础上，选取合适的评价因素，确定不同危险程度分区的具体标准，划分评估区内地质灾害危险性区段，最后评价拟建工程的建设用地适宜性，并提出地质灾害防治措施。

### 第一节 地质灾害危险性综合评估原则及量化指标的确定

评估线路沿线已发生的地质灾害类型为崩塌，预测工程建设可能引发或加剧及工程本身可能遭受的地质灾害类型有崩塌/滑坡（路堑边坡崩塌/滑坡、路堤边坡崩塌/滑坡、弃土场填方边坡崩塌/滑坡、自然斜坡崩塌/滑坡）、地面沉降和泥石流。

评估区地质灾害危险性分区评价要素主要考虑以下几点：

- 1、评估区内地质环境条件，包括气象水文、地形地貌、地质构造、地层岩性、工程地质和水文地质条件等；
- 2、人类工程活动对地质环境的破坏程度；
- 3、评估区内已发地质灾害的类型、规模、稳定程度、发育强度和危险性等级；
- 4、工程建设引发、加剧及本身可能遭受的地质灾害类型、稳定程度、危害对象及危险性；
- 5、地质灾害防治投入成本及可能受灾后的损失程度与修复成本；
- 6、当区内存在几种不同地质灾害且危险性不同时，危险性分区级别就高原则。

根据上述分区评价要素，对地质灾害危险性分区进行量化，量化指标见表 5-1。根据上述分区评价要素及量化指标，并充分考虑地质环境条件的差异，对评估项目沿线地质灾害现状评估与预测评估进行叠加分析类比，确定判别区段危险性的原则是：

- 1、地质灾害危险性大区：地质灾害现状评估和预测评估中至少有一种灾种的危险性达到大级别；
- 2、地质灾害危险性中等区：地质灾害现状评估和预测评估中至少有一种灾种的危险性达到中等级别，且没有灾种的危险性达危险性大级别；
- 3、地质灾害危险性小区：地质灾害现状评估和预测评估中所有灾种的危险性均小。

结合地质灾害危险性分区评价要素、量化指标及区段危险性判别原则，可将评估区地质灾害危险性划分为危险性小区。

表 5-1 地质灾害危险性分区量化指标

危险性 分区级别	评价 要素	地质环境条 件复杂性程 度	地质灾害 危险性程 度	灾 害 点 密 度	灾 害 点 规 模	地质灾害危害程度		
						受威胁对象		潜在经济损 失（万元）
						工程或建筑物	人数 （人）	
危险性 大区		复杂-中等	大	大-中 等	大-中等	城镇或主体 建筑	>30	>500
危险性 中等区		中等-简单	中等	大-中 等	大-中等	集中居民区或 附属建筑物	3~30	100~500
危险性 小区		简单	小	小	小	分散居民区或 无其他建筑物	<3	≤100

## 第二节 地质灾害危险性综合分区评估

评估区总面积为 4.614km<sup>2</sup>，根据地质环境条件、线路工程建设情况及现状地灾分布等因素各路段不同，因此，本文在综合考虑上述主要因素的基础上，结合地质灾害现状及预测情况，对评估区进行地质灾害综合分区。根据地质灾害危险性分区评估要素、量化指标及区段危险性判别原则，可将评估区地质灾害危险性划分为危险性大区（I）和危险性中等区（II）两个级别区，其中危险性大区分为 3 个亚区（I<sub>1</sub>、I<sub>2</sub>和 I<sub>3</sub>），危险性中等区分为 2 个亚区（II<sub>1</sub>和 II<sub>2</sub>）。危险性大区第一亚区（I<sub>1</sub>）面积为 0.244km<sup>2</sup>，占评估区面积的 5.29%；危险性大区第二亚区（I<sub>2</sub>）面积为 0.481km<sup>2</sup>，占评估区面积的 10.42%；危险性大区第三亚区（I<sub>3</sub>）面积为 0.105km<sup>2</sup>，占评估区面积的 2.28%；危险性中等区第一亚区（II<sub>1</sub>）面积为 0.656km<sup>2</sup>，占评估区面积的 14.22%；危险性中等区第二亚区（II<sub>2</sub>）面积为 3.128km<sup>2</sup>，占评估区面积的 67.79%。危险性分区的主要特征见表 5-2，评述如下：

### 一、地质灾害危险性大区（I）

#### （一）危险性大区第一亚区（I<sub>1</sub>）

该区位于百石大道及其路堤、路堑边坡影响范围，面积为 0.244km<sup>2</sup>，占评估区总面积的 5.29%。该区段的主要工程建设项目为百石大道道路范围。

该区地形地貌条件中等，地层与岩石条件中等，地质构造条件中等，区域地壳稳定性为基本稳定，岩土体工程地质条件中等~复杂，水文地质条件中等，区内人类工程活动对地质环境影响中等，因此综合评定该区地质环境条件复杂程度为复杂。

据现场调查，该区未发现现状地质灾害。

预测工程建设可能引发或加剧的地质灾害类型和可能遭受的地质灾害为路堑边坡崩塌/滑坡、路堤边坡崩塌/滑坡、自然斜坡崩塌/滑坡和地面沉降。其中路堑边坡崩塌/滑坡潜在的危害程度中等，危险性大；路堤边坡崩塌/滑坡潜在的危害程度中等，危险性大；自然斜坡崩塌/滑坡潜在的危害程度中等，危险性中等；自然斜坡崩塌/滑坡潜在的危害程度和危险性为小；地面沉降潜在的危害程度和危险性为小。综合评定该区的危险性为大。

### （二）危险性大区第二亚区（I<sub>2</sub>）

该区位于弃土场及其填方边坡影响范围，面积为 0.481km<sup>2</sup>，占评估区总面积的 10.42%。该区段的主要工程建设项目为弃土场工程。

该区地形地貌条件中等，地层与岩石条件中等，地质构造条件中等，区域地壳稳定性为基本稳定，岩土体工程地质条件中等~复杂，水文地质条件中等，区内人类工程活动对地质环境影响中等，因此综合评定该区地质环境条件复杂程度为复杂。

据现场调查，该区 2 处崩塌(BT1 和 BT2)，其规模为微型，危害程度和危险性均为小。

预测工程建设可能引发的地质灾害类型和可能遭受的地质灾害为填方边坡崩塌/滑坡、自然斜坡崩塌/滑坡、泥石流和地面沉降。其中填方边坡崩塌/滑坡潜在的危害程度中等，危险性大；自然斜坡崩塌/滑坡潜在的危害程度中等，危险性中等；泥石流潜在的危害程度中等，危险性中等；地面沉降潜在的危害程度和危险性为小。综合评定该区的危险性为大。

### （三）危险性大区第三亚区（I<sub>3</sub>）

该区位于临时路 LK0+450~LK1+368.591（终点）段边坡及其影响范围，面积为 0.105km<sup>2</sup>，占评估区总面积的 2.28%。该区段的主要工程建设项目为路基工程和边坡工程。

该区地形地貌条件中等，地层与岩石条件中等，地质构造条件中等，区域地壳稳定性为基本稳定，岩土体工程地质条件中等~复杂，水文地质条件中等，区内人类工程活动对地质环境影响中等，因此综合评定该区地质环境条件复杂程度为复杂。

据现场调查，该区发现 2 处崩塌（BT1），其规模为微型，危害程度小，危险性小。

预测工程建设可能遭受的地质灾害为路堑边坡崩塌/滑坡、路堤边坡崩塌/滑坡、自然斜坡崩塌/滑坡、泥石流和地面沉降。其中路堑边坡崩塌/滑坡潜在的危害程度中等，危险性中等；路堤边坡崩塌/滑坡潜在的危害程度中等，危险性中等；自然斜坡崩塌/滑坡潜在的危害程度中等，危险性中等；自然斜坡崩塌/滑坡的发育程度中等，潜在的危害程度中等，危险性中等；泥石流潜在的危害程度中等，危险性中等；地面沉降潜在的危害程度小，危险性小。综合评定该区的危险性为中等。

## 二、地质灾害危险性中等区（II）

### （一）危险性中等区第一亚区（II<sub>1</sub>）

该区位于中部拟建道路及其边坡影响范围，面积为 0.656km<sup>2</sup>，占评估区总面积的 14.22%。该区段的主要工程建设项目为拟建石技景观大道、玉石路、奇石路、兴石大道和异石路纵横路网范围。

该区地形地貌条件中等，地层与岩石条件中等，地质构造条件中等，区域地壳稳定性为基本稳定，岩土体工程地质条件中等~复杂，水文地质条件中等，区内人类工程活动对地质环境影响中等，因此综合评定该区地质环境条件复杂程度为复杂。

据现场调查，该区 3 处崩塌（BT3、BT4 和 BT5），其规模为微型，危害程度和危险性均为小。

预测工程建设可能引发或加剧的地质灾害类型和可能遭受的地质灾害为路堑边坡崩塌/滑坡、路堤边坡崩塌/滑坡、自然斜坡崩塌/滑坡、泥石流和地面沉降。其中路堑边坡崩塌/滑坡潜在的危害程度中等，危险性中等；路堤边坡崩塌/滑坡潜在的危害程度中等，危险性中等；自然斜坡崩塌/滑坡潜在的危害程度中等，危险性中等；自然斜坡崩塌/滑坡的发育程度中等，潜在的危害程度中等，危险性中等；泥石流潜在的危害程度中等，危险性中等；地面沉降潜在的危害程度小，危险性小。综合评定该区的危险性为中等。

### （二）危险性中等区第二亚区（II<sub>2</sub>）

该区位于其余评估区外扩范围，面积为 3.128km<sup>2</sup>，占评估区总面积的 67.79%。该区段没有工程建设项目，主要为周边的村落、鱼塘和道路。

该区地形地貌条件中等，地层与岩石条件中等，地质构造条件中等，区域地壳稳定性为基本稳定，岩土体工程地质条件中等~复杂，水文地质条件中等，区内人类工程活动对地质环境影响中等，因此综合评定该区地质环境条件复杂程度为复杂。

据现场调查，该区未发现现状地质灾害。

预测工程建设可能引发的地质灾害类型和可能遭受的地质灾害为自然斜坡崩塌/滑坡、泥石流和地面沉降。其中自然斜坡崩塌/滑坡潜在的危害程度中等，危险性中等；泥石流潜在的危害程度中等，危险性中等；地面沉降潜在的危害程度小，危险性小。综合评定该区的危险性为中等。

表 5-2 地质灾害危险性分区主要特征表

分区	分布位置及面积	地质环境条件	现状评估	预测评估	危害对象	综合评估
I <sub>1</sub>	位于百石大道及其路堤、路堑边坡影响范围，面积为 0.244km <sup>2</sup> ，占评估区总面积的 5.29%。	评估区地形地貌条件中等，地层与岩石条件中等，地质构造条件中等，区域地壳稳定性为基本稳定，岩土体工程地质条件中等~复杂，水文地质条件中等，区内人类工程活动对地质环境影响中等。	未发现现状地质灾害	路堑边坡崩塌/滑坡（大）；路堤边坡崩塌/滑坡（大）；自然斜坡崩塌/滑坡（中等）；泥石流（中等）；地面沉降（小）。	道路本身、施工设备及人员，路基	危险性大
I <sub>2</sub>	位于弃土场及其填方边坡影响范围，面积为 0.481km <sup>2</sup> ，占评估区总面积的 10.42%。		2 处崩塌	填方边坡崩塌/滑坡（大）；自然斜坡崩塌/滑坡（中等）；泥石流（中等）；地面沉降（小）。		危险性大
I <sub>3</sub>	位于临时路 LK0+450~LK1+368.591（终点）段边坡及其影响范围，面积为 0.105km <sup>2</sup> ，占评估区总面积的 2.28%。		未发现现状地质灾害	路堑边坡崩塌/滑坡（大）；路堤边坡崩塌/滑坡（大）；自然斜坡崩塌/滑坡（中等）；地面沉降（小）。		危险性大
II <sub>1</sub>	位于中部拟建道路及其边坡影响范围，面积为 0.656km <sup>2</sup> ，占评估区总面积的 14.22%。	综合判定评估区地质环境条件复杂程度为复杂。	3 处崩塌	路堑边坡崩塌/滑坡（中等）；路堤边坡崩塌/滑坡（中等）；自然斜坡崩塌/滑坡（中等）；泥石流（中等）；地面沉降（小）。		危险性中等

分区	分布位置及面积	地质环境条件	现状评估	预测评估	危害对象	综合评估
II <sub>2</sub>	位于其余评估区外扩范围,面积为3.128km <sup>2</sup> ,占评估区总面积的67.79%。		未发现现状地质灾害	自然斜坡崩塌/滑坡(中等); 泥石流(中等); 地面沉降(小)。	过往行人、车辆	危险性中等

### 第三节 建设和规划场地适宜性评估

依据现行《广东省地质灾害危险性评估实施细则（2023年修订版）》所确定的原则，结合评估区地质环境条件及地质灾害危险性分区，在对建设场地适宜性进行评价时，主要是根据评估区地质灾害危险性综合分区，对自然条件下建设场地的适宜性进行评估。评价标准采用适宜、基本适宜和适宜性差三个等级（表5-3），评估结果如下：

表5-3 建设用地适宜性分级表

级别	分级说明
适宜	地质条件复杂程度简单，工程建设遭受地质灾害危害的可能性小，引发、加剧地质灾害的可能性小、危险性小，易于处理，处理费用低。
基本适宜	地质条件复杂程度中等，工程建设遭受地质灾害的可能性中等，引发、加剧地质灾害的可能性和危险性中等，可采取措施予以处理，处理费用较高。
适宜性差	地质条件复杂程度为复杂，地质灾害发育强烈，工程建设遭受地质灾害的可能性大，引发、加剧地质灾害的可能性和危险性大，地质灾害防治难度大，处理费用高。

地质环境条件简单，地质灾害危险性小，基本不设防治工程的，建设用地适宜为适宜；地质环境条件中等，地质灾害危险性中等，防治工程简单的，建设用地适宜性为基本适宜；地质环境条件复杂，地质灾害危险性大，防治工程复杂的，建设用地适宜性为适宜性差。根据不同的地质灾害类型，提出防治措施建议。

现场调查及室内综合分析认为，本项目属于重要建设项目，工程场地内的地质环境条件复杂程度为复杂。在建设场地范围内发现的已发地质灾害为崩塌，已发地质灾害的危害程度小，危险性小。预测工程建设引发、加剧及工程本身遭受的地质灾害类型有崩塌/滑坡（路堑边坡崩塌/滑坡、路堤边坡崩塌/滑坡、填方边坡崩塌/滑坡、自然斜坡崩塌/滑坡）、地面沉降和泥石流4种。在各种潜在地质灾害中，预测路堑边坡崩塌/滑坡

潜在的危害程度中等，危险性中等；路堤边坡崩塌/滑坡潜在的危害程度中等，危险性中等~大；填方边坡崩塌/滑坡潜在的危害程度中等，危险性大；自然斜坡崩塌/滑坡潜在的危害程度中等，危险性中等；泥石流的发育程度弱~中等，潜在的危害程度中等，危险性中等；地面沉降潜在的危害程度小，危险性小。

因此路堑及路堤边坡是本项目需要重点防范的灾种，自然斜坡崩塌/滑坡、泥石流、自然斜坡崩塌/滑坡和地面沉降需进行次重点防范。

拟建线路评估区面积为 4.614km<sup>2</sup>，根据建设用地适宜性分级原则，可分为适宜性差建设用地和基本适宜建设用地，其中基本适宜的建设用地面积约为 0.642km<sup>2</sup>，占线路场地总面积的 72.80%；适宜性差的建设用地面积约为 0.240km<sup>2</sup>，占线路场地总面积的 27.20%；基本适宜的建设用地面积约为 0.656km<sup>2</sup>，根据细则，基本适宜的区段所占线路建设用地总面积比例>30%，因此，综合评定建设用地的适宜性为基本适宜（表 5-4）。

表 5-4 拟建线路适应性评估表

危险性分区	分布位置	占场区面积的百分数	地质环境条件	预测评估	适宜性分区评估	适宜性综合评估
I <sub>1</sub>	位于百石大道及其路堤、路堑边坡影响范围	15.86%	评估区地形地貌条件中等，地层与岩石条件中等，地质构造条件中等，区域地壳稳定性为基本稳定，岩土体工程地质条件中等~复杂，水文地质条件中等，区内人类工程活动对地质环境影响中等。 综合判定评估区地质环境条件复杂程度为复杂。	路堑边坡崩塌/滑坡（大）；路堤边坡崩塌/滑坡（大）；自然斜坡崩塌/滑坡（中等）；泥石流（中等）；地面沉降（小）。	适宜性差	基本适宜
I <sub>2</sub>	位于弃土场及其填方边坡影响范围	11.34%		填方边坡崩塌/滑坡（大）；自然斜坡崩塌/滑坡（中等）；泥石流（中等）；地面沉降（小）。		
II <sub>1</sub>	位于临时路 LK0+450~LK1+368.591（终点）段边坡及其影响范围	72.80%	路堑边坡崩塌/滑坡（中等）；路堤边坡崩塌/滑坡（中等）；自然斜坡崩塌/滑坡（中等）；泥石流（中等）；地面沉降（小）。	基本适宜		

#### 第四节 地质灾害防治措施

根据《地质灾害防治条例》（国务院令 394 号）第二十四条“对经过评估认为可能引发地质灾害或者可能遭受地质灾害危害的建设工程，应当配套建设地质灾害治理

工程”。为防止地质灾害的发生，避免和减少地质灾害对工程和地质环境的破坏，确保工程在建设过程中顺利进行和建成后正常使用，施工过程中应对地质环境不良地段和潜在地质灾害隐患采取相应的防治措施。防治工作应当坚持“以预防为主、避让与治理”相结合和“全面规划、突出重点”的原则。防治措施应符合以下原则：1、可行性；2、合理性；3、经济性。

针对评估区段各类地质灾害体的危害程度、危险性、稳定状态、规模大小和对工程的危害程度，结合危险性分区及适宜性评估结果，按轻重缓急，采用一般防治。预测评估区地质灾害主要有崩塌/滑坡、地面沉降两大类型。在工程施工过程中及建成后运营期间，针对上述地质灾害建议采取防治措施如下：

## 一、地质灾害的防治措施

### （一）崩塌/滑坡的防治措施

评估区内崩塌/滑坡灾害分为路堑边坡崩塌/滑坡、路堤边坡崩塌/滑坡、填方边坡崩塌/滑坡、自然斜坡崩塌/滑坡，为了防止工程开挖、回填后崩塌/滑坡而造成公路破坏和经济损失，针对边坡工程的规模、性质及坡体的岩性和地质构造等因素，采取不同的防护措施。

#### 1、路堑边坡崩塌/滑坡

（1）对路堑边坡进行专项勘察和设计。

（2）沿线路堑定期进行监测，在坡顶修建截水沟，坡面修建排水沟，组成完善的排水体系。

（3）对强度较低的土质边坡，若边坡坡度较陡，在地下水的作用下容易产生重力变形破坏（特别是坡脚）。针对这类型坡体，建议进行分级放坡，削留平台。当边坡下部难于开挖放坡，建议部分放缓边坡坡率。

（4）对岩土结合或破碎松散岩体构成的边坡，虽然开挖后还有一定的强度，但为了避免因迅速风化而强度降低，应采用坡面封闭措施，防止进一步风化；对由全风化成土的边坡，一般采用植物防护。由此使边坡形成一个隔离层，保护边坡的强度，防止雨水渗入，减轻地表水对其的冲蚀作用。

（5）路堑边坡设计可采用台阶式边坡，根据地层风化程度和强度的不同，确定边坡的稳定坡角，为保证边坡的稳定，使设计边坡坡角小于其稳定坡角，因此需调整台阶高度或平台宽度。在具体方案选择时，往往两者相结合，一般先统一台阶高度，再选取

平台宽度，当平台过宽时，适当降低台阶高度。

（6）对于夹杂已脱离母岩的零星花岗岩孤石的边坡及岩质边坡应进行坡面清理，使坡面平整顺直，对可能产生崩塌的部位，需要清除松动的孤石或岩块。

（7）对于目前暂时不会沿山体滚落，但是在施工机械震动、削坡或暴雨、地震等因素的影响下，可能发生崩塌的孤石，建议对这些孤石采取岩腔嵌补或支顶，对大块危岩体上部使用锚索锚杆加固，封闭危岩体顶部裂隙，对位置较高的孤石采用钢筋混凝土支顶柱支顶，对后侧裂缝进行灌浆处理，对位置不高的孤石采用浆砌片石支顶或嵌补，避免产生倾倒式崩塌。

（8）对于有软弱或不利结构面、高度较大且稳定性差的边坡，一般采用加固措施，防止岩土体变形、失稳。工程上可根据技术经济比较和施工实施的可能性，选择挡土墙、抗滑桩、锚拉桩和预应力锚索加固。当边坡的下滑力很大时，多采用抗滑桩和预应力锚索；当边坡较高较陡时，可选用预应力锚索加固。

## 2、路堤边坡崩塌/滑坡

（1）对路基进行注浆加固处理，以提高路基承载力。

（2）施工填方前应将耕植土，草皮、树根全部清除后再填土，填土时应分层碾压，应根据最优含水量控制填料含水量，路基基底为软土时，应在填筑前进行软基处理。

（3）在雨季进行压实填土施工时，应采取防雨措施。

（4）压实填土的施工缝各层应错开搭接，在施工缝的搭接处，应适当增加压实遍数。

（5）当边坡土体遇水后，其抗剪强度较低；或地表水浸润边坡表层渗入时，边坡土体表层较易失稳，这时往往采取两种措施：一是兼具疏干边坡土体水分的边坡支撑渗沟；二是拱形骨架、人字骨架等嵌固并植树种草。

（6）当坡体中地下水较多时，往往会造成边坡重变形或失稳，必须采取有效措施疏干地下水，在边坡治理中常采用仰斜排水孔。对于坡顶或坡面的水可采取截水沟和排水沟将水截住排出。

（7）对于路基填土较厚的路堤边坡宜根据路堤高度及地形条件，选用绿化草皮防护，绿化草皮可采用喷射草籽绿化及挂三维网坡面加固；填方高度较大的边坡可分级填筑，并采用浆砌片石骨架植草护坡或采用浆砌块石防护。

## 3、自然斜坡崩塌/滑坡

(1) 禁止砍伐残丘上的植被，防止水土流失。

(2) 加强对自然斜坡的监测，特别是暴雨期间，做到及时发现及时处理。

(3) 拟建线路邻近区域的陡崖和斜坡上已脱离母岩的零星孤石可采用清除的方式，对于较大的孤石，可先爆破再清除。由于孤石开挖等造成的坑穴、凹槽，可采用挖台阶浆砌片石嵌补。

## (二) 地面沉降的防治措施

1、填方路基应分层铺筑，均匀压实；路堤基底为耕地或土质松散时，应进行清除处理。

2、对于软土埋深浅、厚度薄的路基可采用挖除换填进行处理。

3、沿线基岩出地基处理后应按规范要求施工质量检测工作，检测手段建议选择钻芯法和单桩复合地基载荷试验。

4、加强对地面沉降的监测。

## (三) 泥石流的防治措施

1、加强对沿线山体的监护，防止沿线山体大规模人工开挖、破坏植被。

2、对裸露边坡、泥石流沟采取植树造林等措施，扩大流域内乔灌木植被，提高森林覆盖率，减少地表径流，减少水土流失。

3、禁止将废石及废土堆放至沿线山谷中，在雨季到来之前，最好能主动清除沟道中的障碍物，保证沟道有良好的泄洪能力。

4、应加强对泥石流的连续监测工作，做好预警措施，如遇连续强降雨天气应立即疏散危险区的人员。

## 二、地质灾害地段防治分级

根据地质灾害的危害对象、危险性及地质灾害类型的组合特征，可将评估区内潜在地质灾害的防治划分为重点防治区（A）和次重点防治区（B）2个级别的防治分区，防治灾种为崩塌/滑坡、地面沉降和泥石流3大种类，采取工程措施、生物措施和监测措施相结合的原则进行防治。地质灾害地段防治分级结果见表5-5。

表5-5 地质灾害地段防治分级

防治等级	分布范围	地质灾害类型组合	防治措施
重点防治区（A）	危险性大区第一亚区（I <sub>1</sub> ）	路堑边坡崩塌/滑坡、路堤边坡崩塌/滑坡、自然斜坡崩塌/滑坡、泥石流和地面沉降。	工程措施 监测措施

防治等级	分布范围	地质灾害类型组合	防治措施
	危险性大区第二亚区 (I <sub>2</sub> )	填方边坡崩塌/滑坡、自然斜坡崩塌/滑坡、泥石流和地面沉降。	生物措施 监测措施 生物措施
	危险性大区第三亚区 (I <sub>3</sub> )	路堑边坡崩塌/滑坡、路堤边坡崩塌/滑坡、自然斜坡崩塌/滑坡和地面沉降。	
次重点防治区 (B)	危险性中等区第一亚区 (II <sub>1</sub> )	路堑边坡崩塌/滑坡、路堤边坡崩塌/滑坡、自然斜坡崩塌/滑坡、泥石流和地面沉降。	监测措施
	危险性中等区第二亚区 (II <sub>2</sub> )	自然斜坡崩塌/滑坡、泥石流和地面沉降。	

## 第五节 综合评估小结

评估区总面积为 4.614km<sup>2</sup>，根据地质环境条件、线路工程建设情况及现状地灾分布等因素各路段不同，因此，本文在综合考虑上述主要因素的基础上，结合地质灾害现状及预测情况，对评估区进行地质灾害综合分区。根据地质灾害危险性分区评估要素、量化指标及区段危险性判别原则，可将评估区地质灾害危险性划分为危险性大区 (I) 和危险性中等区 (II) 两个级别区，其中危险性大区分为 3 个亚区 (I<sub>1</sub>、I<sub>2</sub> 和 I<sub>3</sub>)，危险性中等区分为 2 个亚区 (II<sub>1</sub> 和 II<sub>2</sub>)。危险性大区第一亚区 (I<sub>1</sub>) 面积为 0.244km<sup>2</sup>，占评估区面积的 5.29%；危险性大区第二亚区 (I<sub>2</sub>) 面积为 0.481km<sup>2</sup>，占评估区面积的 10.42%；危险性大区第三亚区 (I<sub>3</sub>) 面积为 0.105km<sup>2</sup>，占评估区面积的 2.28%；危险性中等区第一亚区 (II<sub>1</sub>) 面积为 0.656km<sup>2</sup>，占评估区面积的 14.22%；危险性中等区第二亚区 (II<sub>2</sub>) 面积为 3.128km<sup>2</sup>，占评估区面积的 67.79%。

拟建线路评估区面积为 4.614km<sup>2</sup>，根据建设用地适宜性分级原则，基本适宜的建设用地面积约为 0.656km<sup>2</sup>，占线路场地总面积的 72.80%，综合评定建设用地的适宜性为基本适宜。预测工程建设可能引发或加剧以及遭受的地质灾害类型为崩塌/滑坡（路堑边坡崩塌/滑坡、路堤边坡崩塌/滑坡、自然斜坡崩塌/滑坡和自然斜坡崩塌/滑坡）、地面沉降和泥石流地质灾害的危害。

路堑及路堤边坡是本项目需要重点防范的灾种，该类地质灾害治理难度大，处理费用高。根据建设用地适宜性原则，建设用地适宜性为适应性差。针对不同地质灾害采取不同的防治措施后，可消除或大大降低地质灾害发生的可能性和危险性，因此经过处理后建设场地可以进行工程建设。

## 第六章 结论与建议

### 一、结论

1、评估区所在区域地壳稳定，区域地质背景复杂程度为中等；地貌类型为低山丘陵和丘间沟谷地貌，地形地貌条件中等程度为中等；区内地层为第四系坡残积层和冲积层，岩石为燕山三期花岗岩，地层与岩石条件复杂程度为中等；评估区内未见断裂构造，但受附近 2 条断裂控制，基岩节理裂隙较发育，评估区地质构造条件复杂程度为中等；岩土体类型主要有松散土类和侵入岩类两大类型，存在花岗岩孤石等较多不良工程地质问题，岩土体工程地质条件程度为中等~复杂；评估区地下水有松散岩类孔隙水和块状岩类裂隙水两大类，总体富水性贫乏，水文地质条件复杂程度为中等；评估区内人类工程活动中等。综合评定评估区地质环境条件复杂程度为复杂。

综合区内各地质环境因素对致灾地质作用的形成、发育所起作用，可以确定主导地质环境因素为岩土工程地质条件，激发因素主要为人类工程活动和气象水文条件，其余为从属地质环境因素。

2、评估线路总长约 5.95km，属重要建设项目，区内地质环境条件复杂程度为复杂，因此将其地质灾害危险性评估等级确定为一级。

3、经野外综合地质灾害调查，评估区内发现的已发地质灾害类型为崩塌 1 种，共 5 处，规模均属微型，未造成较大的经济损失，其危害程度和危险性均为小。

4、评估项目的建设可能引发或加剧的地质灾害类型为崩塌/滑坡（路堑边坡、路堤边坡和填方边坡）和地面沉降，工程项目在引发、加剧这些地质灾害的同时，其本身也可能遭受崩塌/滑坡（路堑边坡崩塌/滑坡、路堤边坡崩塌/滑坡、自然斜坡崩塌/滑坡）、地面沉降和泥石流地质灾害的危害。在各种预测的地质灾害中，路堑边坡崩塌/滑坡的发育程度弱~强，潜在的危害程度为中等，危险性为中等。其中 LQ2、LQ4、LQ5、LQ7 边坡高度较矮，发育程度弱，潜在的危害程度中等，危害性中等；LQ3 由于其坡高相对较高，发育程度中等，潜在的危害程度中等，危险性为中等；LQ1、LQ6、LQ8 由于其坡高相对较陡，发育程度强，潜在的危害程度中等，危险性为大。路堤边坡崩塌/滑坡的发育程度弱~强，潜在的危害程度中等，危险性中等~大。其中 LD5~LD7、LD15、LD16 边坡高度较大，发育程度强，潜在的危害程度中等，危险性大；其余路堤边坡由于其坡高相对较矮，发育程度弱~中等，潜在的危害程度中等，危险性中等。自然斜坡崩塌/

滑坡的发育程度中等，潜在的危害程度中等，危险性中等；弃土场崩塌/滑坡的发育程度强，潜在的危害程度中等，危险性大；地面沉降的发育程度弱~中等，潜在的危害程度小，危险性小；泥石流发育程度弱~中等，潜在的危害程度中等，危险性中等。

5、评估区总面积为  $4.614\text{km}^2$ ，根据地质环境条件、线路工程建设情况及现状地灾分布等因素各路段不同，因此，本文在综合考虑上述主要因素的基础上，结合地质灾害现状及预测情况，对评估区进行地质灾害综合分区。根据地质灾害危险性分区评估要素、量化指标及区段危险性判别原则，可将评估区地质灾害危险性划分为危险性大区（I）和危险性中等区（II）两个级别区，其中危险性大区分为3个亚区（ $I_1$ 、 $I_2$ 和 $I_3$ ），危险性中等区分为2个亚区（ $II_1$ 和 $II_2$ ）。危险性大区第一亚区（ $I_1$ ）面积为  $0.244\text{km}^2$ ，占评估区面积的5.29%；危险性大区第二亚区（ $I_2$ ）面积为  $0.481\text{km}^2$ ，占评估区面积的10.42%；危险性大区第三亚区（ $I_3$ ）面积为  $0.105\text{km}^2$ ，占评估区面积的2.28%；危险性中等区第一亚区（ $II_1$ ）面积为  $0.656\text{km}^2$ ，占评估区面积的14.22%；危险性中等区第二亚区（ $II_2$ ）面积为  $3.128\text{km}^2$ ，占评估区面积的67.79%。

6、拟建线路评估区面积为  $4.614\text{km}^2$ ，根据建设用地适宜性分级原则，可分为适宜性差建设用地和基本适宜建设用地，其中适宜性差的建设用地面积约为  $0.240\text{km}^2$ ，占线路场地总面积的27.20%；基本适宜的建设用地面积约为  $0.656\text{km}^2$ ，占线路场地总面积的72.80%。根据细则，基本适宜的区段所占线路建设用地总面积比例 $>30\%$ ，因此，综合评定建设用地的适宜性为基本适宜。地质灾害治理难度较大，处理费用较高。针对不同地质灾害采取不同的防治措施后，可消除或大大降低地质灾害发生的可能性和危险性，因此经过处理后建设场地可以进行工程建设。

7、根据潜在地质灾害的危害程度和地质类型的组合特征，将评估项目潜在地质灾害的防治划分为重点防治区（A）和次重点防治区（B），危险性大区为重点防治区，危险性中等区为次重点防治区，采取工程措施、生物措施和监测措施进行防治。

## 二、建议

1、建议加强对路堑高边坡和填方路堤高边坡的支护，应进行专项的勘察设计；在填方路堤段，建议清除表层植物土，对现有填土、耕土进行翻挖回填或换填处理，回填级配砂石等工程性质较好的粘性土，并经振动碾压密实处理作路基。在挖方路段，建议以设计标高以下的残坡积土或全风化岩、强风化岩作路基。

2、填土未经压实，重型设备进入场地施工场地应做好相应的防范和处理措施，防止地面出现下陷。

3、建议注意保护植被，保持水土，同时线路设计施工时加强绿化、支挡与地表水疏排措施，综合整治。

4、评估区发育花岗岩孤石，建议对坡面的不稳定孤石采用人工清除或就地加固方式处理，在孤石特别发育地带的人工边坡采用被动防护网防止孤石滚落。

5、评估区暴雨多且雨量大，岩土层遇水易软化崩解，应重视暴雨期间坡面流对边坡的影响，做好边坡体截排水工作，防止崩塌、滑坡的发生。

6、建议在工程建设施工和工程完工后使用的过程中，做好地质灾害的监测和预报工作，完善沿线边坡、高填方区域沉降及建筑物的监测系统，明确监测预报内容及预报方式，做到及时发现及时处理，消除隐患，减少和避免地质灾害造成的损失；同时在施工过程中，减少对已建工程的影响。

7、工程规划和施工时，应注意避免对河堤和周围建筑物造成不利影响；应充分考虑评估区周边的自然环境、地质环境和社会环境，合理使用土地，做好绿化措施，避免或减轻对环境的污染和破坏，对不可避免的破坏应在工程完工后及时恢复。

8、建设单位要在工程建设过程中落实地质灾害治理工程“三同时”（同时设计、同时施工和同时验收）制度。

附件 1：现场照片（30 张）



照片 1 百石大道终点南侧自然斜坡现状（镜向 SE）



照片 2 百石大道终点处现状概貌（镜向 N）



照片 3 场地南侧现状崩塌 BT1（镜向 W）



照片 4 场地南侧弃土场 5 现状鱼塘位置（镜向 NW）



照片 5 场地南部自然山体现状概貌（镜向 SE）



照片 6 场地西南侧现状崩塌 BT2（镜向 W）



照片 7 场地南侧乡道现状（镜向 W）



照片 8 场地南部现状概貌（镜向 S）



照片 9 场地南部自然斜坡现状（镜向 SE）



照片 10 场地南侧弃土场 4 现场鱼塘位置（镜向 SW）



照片 11 场地西南部农田现状（镜向 SW）



照片 12 场地西南侧都滂村现状（镜向 SE）



照片 13 场地西南侧现状概貌（镜向 SW）



照片 14 场地西南侧弃土场 3 及鱼塘现状（镜向 NE）



照片 15 场地西部丘陵地貌（镜向 W）



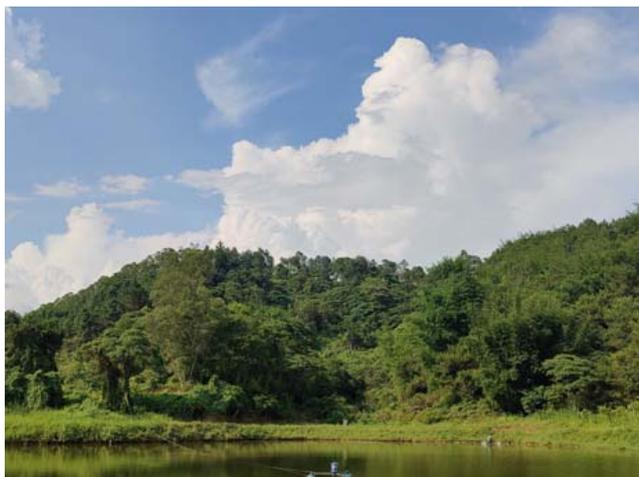
照片 16 场地中部现状崩塌 BT4（镜向 SE）



照片 17 场地西侧鱼塘及自然斜坡现状（镜向 E）



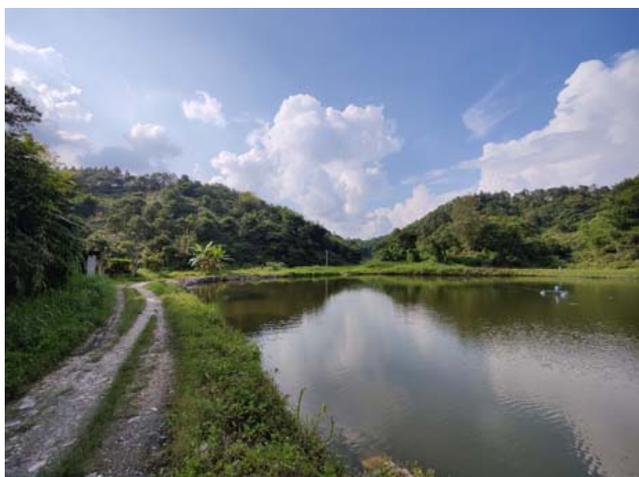
照片 18 现状崩塌 BT3(镜向 NW)



照片 19 场地中部丘陵地貌（镜向 E）



照片 20 现状崩塌 BT5（镜向 NW）



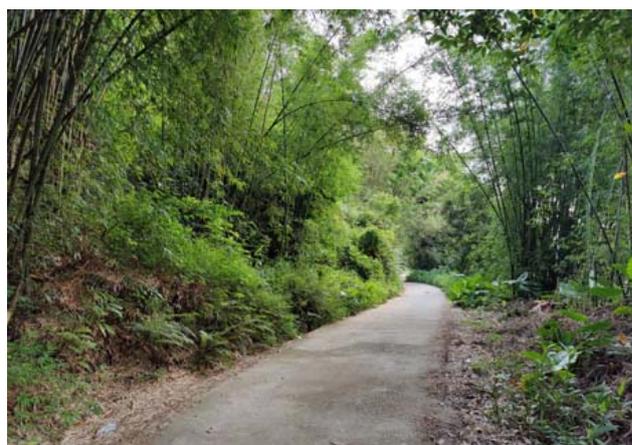
照片 21 场地中部鱼塘及周边地貌（镜向 SE）



照片 22 场地北侧鱼塘现状（镜向 NW）



照片 23 场地北部丘陵概貌（镜向 N）



照片 24 场地北侧村道现状（镜向 N）



照片 25 场地西北部丘陵现状（镜向 SW）



照片 26 场地北侧和龙村现状（镜向 NW）



照片 27 场地北部农田现状（镜向 SW）



照片 28 场地北部村道及排水沟（镜向 W）



照片 29 场地东部汕湛高速现状（镜向 E）



照片 30 场地东部丘陵地貌（镜向 SW）