

前 言

一、评估任务由来

为进一步优化广东电力资源配置和提高电力网稳定性,《广东省国民经济和社会发展十一五规划纲要》要求在近期完成珠江三角洲外环电力网建设,以便与已有的珠江三角洲内环网共同组成向粤东、粤西和粤北辐射的骨干电网。

花都—博罗 500kV 送电线路是外环网中肇庆—花都—博罗 500kV 交流输电线路的东段。线路点于花都开关站,落点为博罗变电站,全长 131.7km。

为保证国土资源的合理利用,根据国务院《地质灾害防治条例》、国土资源部《建设用地审查报批管理办法》及广东省国土资源厅有关规定的要求,中国南方电网超高压输变电公司于 2004 年 5 月 12 日委托我院承担了花都—博罗 500kV 送电线路工程用地的地质灾害危险性评估工作。

二、评估工作依据

(一) 政策法规文件

- 1、《地质灾害防治管理办法》(国土资源部第 4 号令) 1999 年 3 月 2 日;
- 2、《关于实行建设用地地质灾害危险性评估的通知》(国土资发[1999]392 号) 1999 年 11 月 1 日;
- 3、广东省国土资源厅《关于转发国土资源部实行建设用地地质灾害危险性评估的通知》(粤地发[2000]002 号) 2000 年 1 月 5 日;
- 4、《关于报国土资源部批准的建设用地审查报批工作有关问题的通知》(国土资发[2000]201 号) 2000 年 7 月 7 日;
- 5、《地质灾害防治条例》中华人民共和国国务院, 2003 年 11 月 24 日;
- 6、《广东省地质环境管理条例》广东省人民代表大会, 2003 年 7 月 25 日;
- 7、《关于加强地质灾害危险性评估工作的通知》国土资源部, 2004 年 3 月 6 日。

(二) 采用的规范和技术标准

- 1、国土资源部《地质灾害危险性评估技术要求(试行)》, 2004 年 3 月 25

日；

2、广东省国土资源厅《广东省地质灾害危险性评估实施细则（试行）》，2004 年 10 月；

3、《110～500kV 架空送电线路设计技术规程》（DL/T 5092-1999）；

4、《架空送电线路杆塔结构设计技术规定》（DL/T 5154-2002）；

5、《500kV 架空送电线路勘测技术规程》（DL/T 5122-2000）；

6、《送电线路基础设计技术规定》（SDGJ 62-84）；

7、《岩土工程勘察规范》（GB50021-2001）；

8、《建筑地基基础设计规范》（GB50007-2002）；

9、《建筑抗震设计规范》（GB50011-2001）。

（三）主要参考资料

1、区域地质

1) 《1/20 万从化幅地质图及区域地质矿产调查报告书》地质部广东省地质局 1969 年 3 月；

2) 《1/20 万河源幅地质图及区域地质矿产调查报告书》地质部广东省地质局 1969 年 3 月；

3) 《1/20 万惠阳幅地质图及区域测量报告书》广东省地质局 761 队；

4) 《广东省区域地质志》广东省地质矿产局，1982 年 7 月；

5) 《中南地区区域地层表》中南地区区域地层表编写小组 1974 年 8 月；

6) 《华南沿海区域断裂构造分析》中国科学院南海海洋研究所，1981 年。

2、专项地质、工程地震及工程地质

1) 《花都—博罗 500kV 送电线路工程（初步设计）岩土工程勘测报告》中南电力设计院 2004 年 2 月；

2) 《500kV 花都开关站（可行性研究）岩土工程勘测报告》中南电力设计院 2003 年 6 月编；

3) 《从化街口至花都北兴高速公路初测、初测外业验收汇报材料（地质资

料)》铁道部第二勘察设计院 2003 年 8 月。

三、工作任务和主要技术要求

(一) 工作任务

根据电力线路工程特点以及沿线的地质环境条件,确定本次地质灾害评估的主要任务为:

1、通过对输电线路及周边进行路线踏勘、地质灾害综合调查,综合区域地质基础资料和有关工程地质勘察资料,分析拟建线路的地质环境条件及其复杂程度。

2、对输电线路及其周边进行 1:50000 地质灾害综合调查,查明已发地质灾害的类型、规模、分布、引发因素,分析其稳定状态及其主要危害形式,评价其危害性及其对拟建输电线路的潜在危险性。

3、根据电力线路特点和评估区地质环境条件,研究工程建设对地质环境条件的影响,预测工程建设可能引发或加剧的地质灾害、以及输电线路可能遭受的地质灾害,并对其危险性进行预测评估分析。

4、根据已发和潜在地质灾害的分布规律、危害程度和危险性,对评估区进行地质灾害危险性综合分区和危险性等级评估;初步研究地质灾害防治措施;对拟建线路用地的适宜性作出评估结论。

(二) 技术要求

1、据《广东省地质灾害危险性评估技术实施细则(试行)》的评估分级标准,本项目为广东省骨干电网的组成部分,属较重要建设项目;拟建线路跨越不同的地貌单元,地质环境条件复杂。本次评估工作按一级评估技术要求进行。

2、主输电线路总长为 131.7km,评估区按主线路向周边外扩 750m 圈定,评估区总面积为 200.9km²,包括了输电线路所有工程建设用地及其与环境间相互影响的主要范围,满足致灾因素和危害影响分析的需要。

3、本项目为超高压电力线路,里程长,输电塔位置和跨度未完全定位,单一输电塔荷载小,执行《广东省地质灾害危险性评估实施细则(试行)》要

求，并参照《500kV 架空送电线路勘测技术规程》要求，分段评价线路沿线地形地貌、地质构造、地层岩性和特征岩土分布、地下水及不良地质作用。

第一章 评估工作概述

第一节 地理位置及交通

本线路位于珠江三角洲东北外缘的丘陵山区之中，起点为花都开关站（ $113^{\circ}4'59''\text{E}$ 、 $23^{\circ}29'26''\text{N}$ ）终点为博罗变电站（ $114^{\circ}10'45''\text{E}$ 、 $23^{\circ}14'58''\text{N}$ ），直线距离为 115.3km，线路长 131.7km（图 1.1）。

本线路横跨青云山、九连山和罗浮山等三大山系的余脉，属越岭型输电线路，自西向东依次与广清高速公路、京珠高速公路、105 国道、119 省道（增城—龙门）和 244 省道（长宁—河源）相接，平均间距为 32km；评估区内交通以乡村公路、山岭小道和运矿道路为主，交通不甚方便。



图 1.1 花都—博罗送电线路交通位置图

第二节 工程概况与征地范围

一、工程概况

（一）走线

线路从花都开关站出线后向北东走线，在笏桥村附近跨越京广铁路和广清

高速公路后，沿花都区与清远市接壤的山区行进；翻越恩肚石山、略过银盏水库尾水区后略作左转，在白木郎村北翻越牙英山—王子山脉，右转至水绩顶，在天塘山西改沿花都区与从化市接壤的山区向南东走线；经古楼脚村南、茂墩水库南，在大禾田村东和骑龙山东分别跨越鳌头—北兴公路和京珠高速公路，在大兴庄以东连续跨越在建的街北高速公路、流溪河、新村和 105 国道，经沙溪水库北进入增城市地域；经竹坑水库、罗坑村、横岭后，左转绕过小楼镇并跨越增江，经金竹山南、沙田、大庵肚村，在井头村东进入博罗县地域；在横河镇南跨越显岗水库，经大和岭、邹村北、石牙坝林场，最后跨越 244 省道进入博罗变电站。

本线路途经花都区狮岭镇、梯面镇，清远市龙塘镇，从化市鳌头镇、旗杆镇、神岗镇，增城市福和镇、小楼镇，龙门县麻榨镇，博罗县横河镇、湖镇镇等六县区十一个镇，全长 131.7km。各节点的坐标见表 1.1。

表 1.1 线路节点坐标

节点 编号	1954 年北京坐标系(m)		线路里程 位置(km)	节点 编号	1954 年北京坐标系(m)		线路里程 位置(km)
	X	Y			X	Y	
J1	2600460	19712820	0	J14	2598660	19762160	60.6
J2	2601570	19713460	1.3	J15	2594680	19770250	69.6
J3	2603580	19715720	10.3	J16	2595660	19773020	72.5
J4	2605680	19721300	14.9	J17	2593280	19779760	79.6
J5	2609970	19722910	21.4	J18	2589670	19786830	87.7
J6	2613740	19728220	27.5	J19	2591380	19788950	90.4
J7	2614360	19734280	31.4	J20	2590330	19796660	98.2
J8	2612680	19737840	35.6	J21	2587323	19808598	110.5
J9	2609410	19740410	39.7	J22	2582427	19819672	122.6
J10	2606920	19743620	46.8	J23	2580320	19821962	125.7
J11	2605890	19750670	46.8	J24	2579083	19823995	128.1
J12	2602060	19758150	55.2	J25	2575759	19825444	131.7
J13	2600030	19759440	57.6				

（二）主要电气器参数

本线路额定电压为 500kV，为双回路共塔。

（三）主要工程参数

1、导线荷载

全线架设 2 组三相导线，每相采用 4 根 4×JL/LB20A-500/45 型铝包钢芯绞线，导线质量为 1635.3kg/km，外径为 30.0mm，极限拉断力为 130kN。

2、输电塔

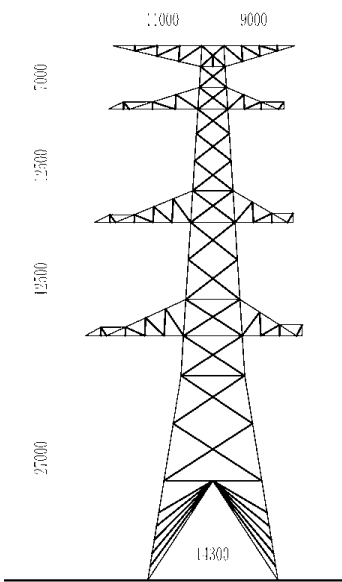
采用“羊角”型输电塔，一般跨度为 400m。其中承受风力、导线偏心荷载和自重最大的 SJ3 耐张塔，其主要技术参数见图 1.2。

(四) 基础型式

根据塔位的具体工程地质条件采用不同基础形式。其中流溪河洼地（里程 52.1 ~ 55.6km）和增江洼地（里程 90.8 ~ 92.1km）的冲积层分布区可能需采用钻孔桩基础；其余线路段均采用天然地基上的斜柱式混凝土独立基础。

二、用地面积

该项目建设用地为输电塔用地。按 500kV 送电线路常规设置估算：代表档距为 400m，约需 331 座输电塔；单塔用地面积约 300m²，总用地面积约为 99300m²。



塔 型	SJ3
总 高 度	59m
挂 线 高 度	27.0m 39.5m 52.0m
塔 根 宽 度	14.3m
自 重	999kN

图 1.2 塔型简图

第三节 以往工作程度

历年来一些单位在评估区中进行了一些地质调查和工程勘察工作，其中为本报告所采用的有：

- 1) 《1:20 万区域地质调查报告书·区域地质（从化幅）》及其附图，1969 年，地质部广东省地质局区
- 2) 《区域地质调查报告书·区域地质·河源幅》广东省地质局 762 队，1969
- 3) 《1/20 万惠阳幅地质图及区域测量报告书》 广东省地质局 761 队；
- 4) 《广东省区域地质志》广东省地质矿产局，1982 年 7 月；
- 5) 《中南地区区域地层表》中南地区区域地层表编写小组 1974 年 8 月；

6)《华南沿海区域断裂构造分析》中国科学院南海海洋研究所,1981年。

7)《花都—博罗 500kV 送电线路工程(初步设计)岩土工程勘测报告》中南电力设计院 2004 年 2 月;

8)《500kV 花都开关站(可行性研究)岩土工程勘测报告》中南电力设计院 2003 年 6 月编。

9)《从化街口至花都北兴高速公路初测、初测外业验收汇报材料(地质资料)》铁道部第二勘察设计院 2003 年 8 月。

第四节 工作方法及完成工作量

我院于 2004 年 5 月 12 日接受委托,即按《广东省地质灾害危险性评估实施细则(试行)》的工作程序(图 1.3)和技术要求开展本项目的地质灾害危险性评估工作。

2006 年 8 月 29 日,组建项目工作小组。9 月 3 日前,在收集分析工作区的各类已有资料资料的基础上,针对工作区的地质环境条件和建设项目特征的基础上,确定评估区范围、评估级别、主要工作方法、编制了评估工作大纲。

2006 年 9 月 4~15 日,进行精度为 1:50000 的评估区野外地质灾害综合调查。野外线路采用沿线调查与两侧穿插相结合,地质灾害点采用手持 GPS 定位。

2006 年 9 月 15~10 月 8 日,进行地质灾害类型、评估要素分析工作,研究已有地质灾害和潜在地质灾害的分布发育规律,研究地质灾害的预防、治理措施,对线路建设用地的适宜性作出结论,并根据分析研究成果编制本评估报告及其附图。

本次完成的主要工作量见表 1.2。

表 1.2 完成工作量统计表

项 目 名 称				单 位	数 量	项 目 名 称				单 位	数 量
完 成 主 要 工 作 量	综合环境地质调查		km ²	199.8	收 集 利 用 资 料	区 域 地 质 资 料			份	4	
	调查线路长度		km	330		地 质 技 术 报 告			份	3	
	一般地质点		个	36		其 中	钻 孔		m/孔	376.0 / 15	
	人类工程活动		处	16			岩、土、水样		件	15	
	地质灾害点		点	22			标准贯入试验		次	48	
	数码相片		张	132							
	危险性评估报告		份	1							
	地质灾害危险性综合分区图		份	1							

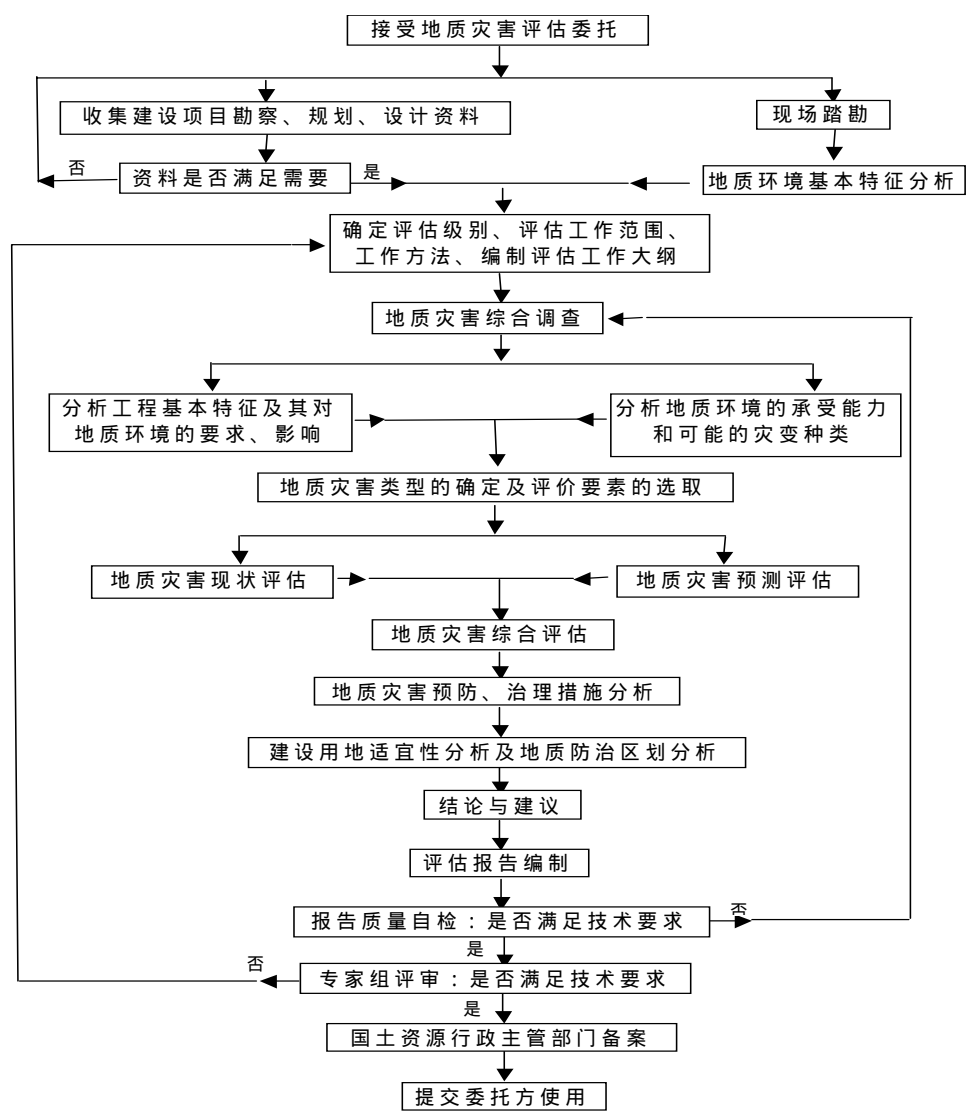


图 1.3 评估工作程序框图

第五节 评估范围与评估级别的确定

一、评估范围

本输电线路总长 131.7km，途径花都区等六县区十一个镇。按《广东省地质灾害危险性评估实施细则（试行）》的要求，本次评估范围以主线路向两侧扩展 750m。评估区总面积为 199.8km^2 ，包括了送点线路全部输电塔得用地及建设项目与环境间相互影响的范围，能充分满足主要致灾因素和危害影响分析的需要。

二、评估级别

本输电线路为超高压输电线路，属较重要建设项目。线路跨越多个地貌单元，环境地质条件复杂。据《广东省地质灾害危险性评估实施细则（试行）》表 3-1，结合评估区项目重要性和地质环境条件的复杂程度，确定本项目地质灾害危险性评估等级为一级。

第二章 地质环境条件

第一节 气象、水文

一、气象

本线路位于我国东南沿海地带，位于北回归线两侧，跨越南—南亚热带与中—南亚热带气候区（图 2.1），没有严寒酷暑，气候温暖雨量充沛。评估区沿线各地区多年气象特征值见表 2.1。

表 2.1 清远—博罗沿线各地区气象特征值统计表

地名 气象条件	清远	花都	从化	增城	龙门	博罗
多年平均气温（℃）	21.6	21.7	21.4	21.6	20.8	21.8
年极端最高气温（℃）	38.7	38.1	38.1	38.2	39.3	38.4
年极端最低气温（℃）	-0.6	-2	-2.6	-1.9	-4.4	-2.4
年平均相对湿度（%）	78	79				
年平均降雨量（mm）	2258	1737.2	2200	1921.6	2230.7	1834
最大日降雨量（mm）	640.6	256.1	345.3	253.5	288.4	289.3
多年平均风速（m/s）	1.9			2.3	1.2	1.6
多年最大风速（m/s）	28.4	31.8			18	24



图 2-1 广东省气候分区图
（来源于广东省气象局，红线为花—博送电线路）

本区的主要灾害性天气为热带气旋。热带气旋带来大量雨水及强大的风力，给当地的工业、农业及人民生命财产构成危害。

二、水文

评估区中主要地表水体有流溪河、增江及银盏水库、显岗水库。

（一）河流

1、流溪河

流溪河发源于从化县吕田桂峰山麓，自北向南流经从化市街口、神岗、花县北兴，于广州市江村与白泥河汇合。全长 156km，集水面积 2300 km²。

线路在从化市神岗镇上游附近跨过流溪河，线路里程为 54.5km。跨越处主河床宽约 130m，河道略呈弯曲，两岸无堤防，地形较平坦。据位于神岗镇下游约 8km 的牛心岭水文站资料，本河段最大洪峰流量 1870m³/s，(1957 年 5 月 28 日)，最小流量 0.067m³/s (1960 年 2 月 27 日)，洪枯水年际变化悬殊，年内分配不均匀。洪旱灾害严重，两岸耕地经常受洪旱灾害袭击。跨越处 1959 年洪水最大，据右岸新城庄村民介绍，最大洪水时村庄房屋淹水达 2m 深（水位高于河床约 6m），2~3 天即退下。

据了解，从化市水利局把神岗一带防洪堤列入规划，设防标准为 50 年一遇。防洪堤建成后，将解除流溪河洪水对跨越塔的威胁。

2、增江

增江是东江的一级支流，发源于新丰县七星岭，流经从化、龙门、增城三县，在石滩注入东江。流域面积 3160km²，干流长 203km，总落差为 484m，河道平均坡降为 0.74‰。多年平均年径流量为 35.9 亿 m³。

增江 1947 年、1953 年、1959 年、1966 年、1968 年、1974 年、1980 年 1987 年和 2005 年均有较大洪水，平均间隔为 7 年。

线路于增城市小楼镇大楼村附近跨越增江，线路里程为 92.0km。跨越处主河床宽约 100m，平均坡降为 0.36‰，河道微弯，对河岸冲刷较弱、沉积作用明显，百年一遇设计洪水位为 14.82m。跨越处右岸修有防洪堤，但防洪堤

等级较低，输电塔位于堤内田地中；左岸塔位立于丘岗上，不受洪水影响。

（二）水库

1、银盏水库

银盏水库位于北江二级支流银盏河上游的银盏林场內。本库是一座兼顾灌溉、防洪、发电、供水功能的中型水库，坝顶高程 64.67m，集水面积 35.1km²，总库容 3082 万 m³，正常蓄水位 58.00m，0.05%校核洪水位 62.08m。

线路里程 9.4km 附近在银盏水库库尾跨越。跨越处两岸为丘陵，跨越塔位均位于两岸丘岗上，不受洪水和水库回水影响。

2、显岗水库

显岗水库位于博罗县湖镇以北，集雨面积 295km²，总库容 13829 万 m³，正常蓄水位 24.0m，设计洪水位 27.08m，校核洪水位 28.0m，坝顶高程 28.8m，最大坝高 19.6m。

线路于博罗县横河镇下游约 4km 处跨越显岗水库库尾。跨越处库区宽约 200m，两岸丘陵，跨越塔位均位于两岸的丘岗上，不受水库洪水影响。

三、气象水文条件对建设项目的影晌

本区的气象水文条件对线路的主要影响表现在如下几方面：

1、线路区属亚热带气候区，气温较高，降雨丰富，空气湿度较大，河流发育，因此，该区地基岩土物理、化学风化作用强烈，地表冲刷能力强，有利于地质灾害体的形成。

2、本区的设计风速达 35m/s，给输电塔施加了很大的偏心荷载，输电塔对地基性能要求较高；

3、暴风雨频繁，不但对输电塔基坑施工质量和施工进度有一定影响，且容易引起塔基的水土流失，对输电塔的长期安全有一定影响。

第二节 地形地貌

本线路位于珠江三角洲平原以北，跨越青云山、九连山和罗浮山余脉（图

2.2)，属于越岭电力线路，沿线地貌以构造剥蚀地貌为主，低山、丘陵和河谷洼地相间。各类型地貌的里程位置及其主要特征见表 2.2。

表 2.2 沿线地貌特征表

里程（km）		长度 （km）	占全线 比例 （%）	地貌类型	地形特征						典型地 貌照片
					高程(m)			相对高 差(m)	坡度（°）		
始	止				最小	最大	平均			最大	平均
0	9.6	9.6	7.3	丘陵	44	242	100.6	198	32.5	5.9	照片 1 ~ 照片 6
9.6	52.1	42.5	32.2	低山	30	384	192.1	354	39.3	8.3	
52.1	55.6	3.5	2.7	河谷洼地	15	40	23.2	25	7.5	3.1	
55.6	70.3	14.7	11.2	低山	21	464	229.1	443	32	10.5	
70.3	90.8	20.5	15.5	丘陵	9	171	74.7	162	25.3	5.5	
90.8	92.1	1.3	1.0	河谷洼地	7	16	10.1	9	3.4	1.2	
92.1	100.4	8.3	6.3	丘陵	12	114	50.2	102	18.0	5.2	
100.4	124.1	23.7	18.0	低山	20	460	191.2	440	33.7	8.8	
124.1	131.7	7.6	5.8	丘陵	15	51	32.3	36	9.5	2.8	

一、低山区

线路途径低山地貌有三段，里程依次为 9.6 ~ 52.1km、55.6 ~ 70.3km 和 100.4 ~ 124.1km，总长度为 80.9km，占线路总长的 61.4%，分别为北东向的青云山、九连山和罗浮山的南西端余脉。

低山区以构造剥蚀为主，山间沟谷呈“V”字型，网状切割明显，地表冲刷情况一般；山头浑圆，山体厚实，两侧坡形对称性较好，地势起伏，相对高差在 350m 以上，其中最高点 464m 位于里程 61.7km 处。本类地貌的地形较陡，坡度一般在 20°左右，局部可达 40°。

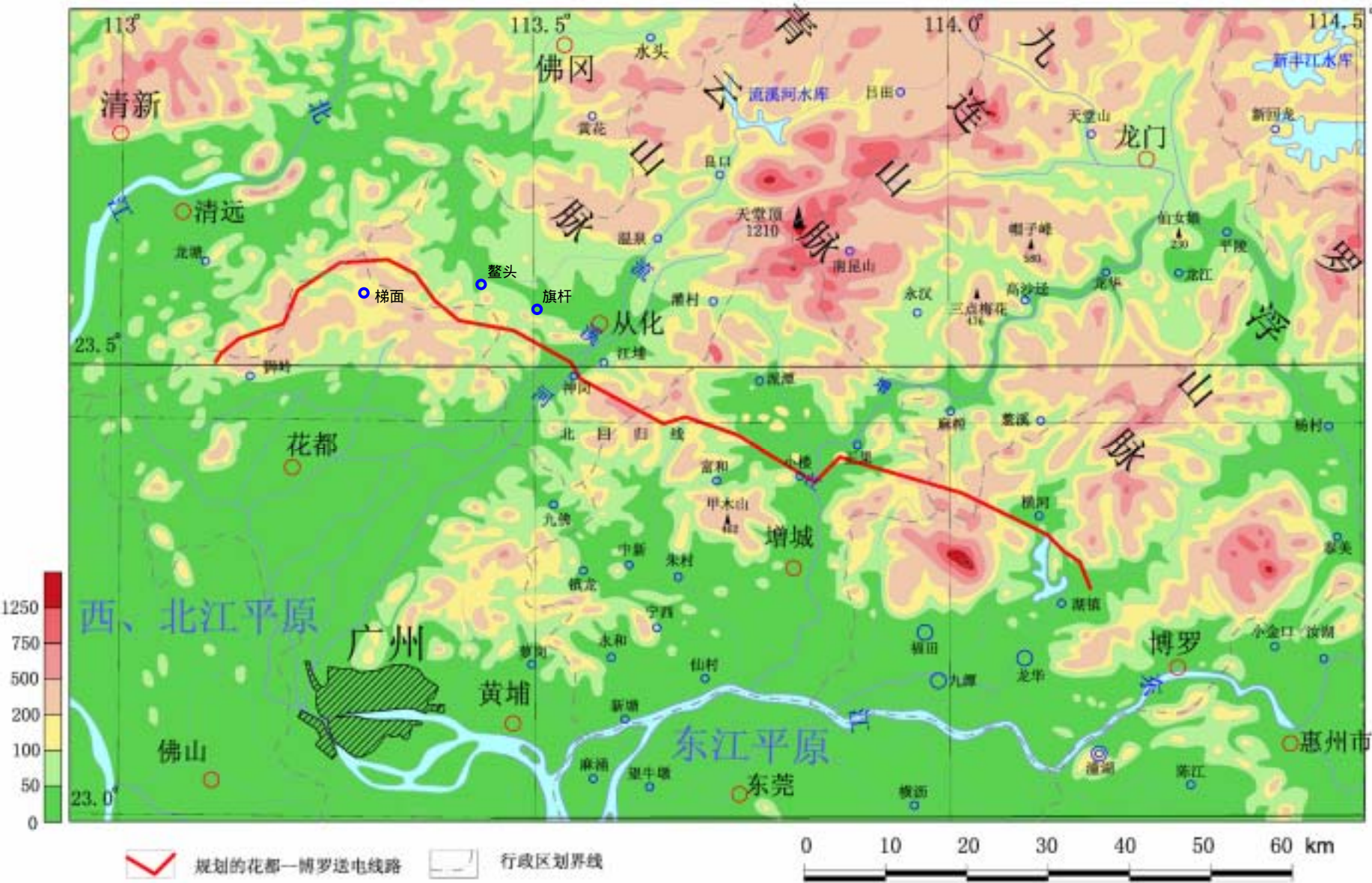


图 2.2 花都—博罗送电线路地貌图

二、丘陵区

线路途径丘陵地貌有四段，里程依次为 0 ~ 9.6km、70.3 ~ 90.8km、92.1 ~ 100.4 和 124.1 ~ 131.7km，总长度为 46.0km，占线路总长的 34.9%，分布在低山区之间。

丘陵以垄岗地形为主，地形较平缓，相对高差大多 150m 内，发育有较多的短小的季节性小溪。

三、河谷洼地

线路途径的河谷洼地有位于神岗镇附近的流溪河洼地与位于小楼镇附近的增江洼地，里程分别为 52.1 ~ 55.6km 和 90.8 ~ 92.1km，高程均在 50 m 以下。谷地内地势平缓，流溪河和增江分别在两洼地中穿流而过；阶地上密布农田和村镇。

第三节 地层与岩石

综合 1 : 20 万从化幅、河源幅和惠阳幅地质图、《广东省地质志》等资料，结合野外调查，本区位于加里东期广（州）—博（罗）变质带与燕山期佛冈—丰良侵入带之中（图 2.3）。评估区内变质岩与花岗岩广泛分布，仅在流溪河洼地分布有少量的沉积岩。

一、地层

区内出露的地层有中下泥盆统桂头群上亚群、上泥盆—下石炭统帽子峰组、古新统宝月组和第四系全新统。它们仅分布在神岗镇河附近，线路里程为 49.2 ~ 56.4km。

（一）中下泥盆统桂头群上亚群（ $D_{1-2}gt^b$ ）

为灰、灰白、灰绿色中至厚层中细粒石英砂岩和含砾砂岩，夹紫红、紫灰色砂质页岩、石英粉砂质绢云母页岩和页岩，底具厚层粗粒石英砂岩或含砾砂岩、砂砾岩，砾石成分以石英为主，砾径 0.2—6cm，半浑圆状至半棱角状，砂泥质胶结。本亚群在本区中厚约 360m。

（二）上泥盘一下石炭统帽子峰组（ D_3C_{1m} ）

本组为一套滨海、浅海-陆相之砂泥质沉积，根据岩性组合及岩相特征，以砂砾岩、含砾粗砂岩或粗砂岩以及冲刷面为标志，可分为两个岩性段。

下段主要为浅灰-灰绿色厚层状细粒石英砂岩，赤红色、紫红色铁质粉砂岩，铁质粉砂质泥岩夹粉砂岩，泥质粉砂岩，粉沙质泥岩。厚度大于 173.7m。

上段为紫红色-黄褐色泥质粉砂岩，粉砂岩，细粒石英砂岩互层夹黑色页岩，顶部为长石石英砂岩，底部以含砾砂岩或砂砾岩，粗砂岩，局部相变为含磷复矿砾岩与其下段分界。上段局部夹泥灰岩透镜体。厚度 336.7m。

本组在本区内与桂头群为不整合接触。

（三）古新统宝月组（ E_1by ）

紫红、酱紫、浅砖红、灰紫色厚层、块状含砾中至粗粒长石石英砂岩、长石石英砂岩砾岩、泥质粉砂至细砂岩、粉砂岩、含砾页岩等互层。岩石大部为碳酸盐胶结，砾石成份复杂，除花岗岩、火山岩外，尚有石英砂岩、板岩、粉砂岩等，次棱角至半浑圆状，砾径 1~4cm 不等，岩层中含灰绿色钙质结核，并具灰绿、灰白色斑点，斜层理发育。

本组在本区中厚约 340m，微不整合于帽子峰组之上。

（四）第四系全新统河漫滩沉积层（ Q_d^{al} ）

第四系沉积层在流溪河和增江两岸发育较好，构成了高出现代河水面 10~30m 的 II、III 级阶地；在丘陵、低山沟谷中也有少量零星分布。

上部为黄、黄褐色粘土和砂质粘土层；下部为砾石层、砂砾层，砾石圆度中等至良好，砾径可达 50cm，一般 10~15cm。

二、变质岩

根据变质程度，本区变质岩有以片岩为主的紺山组和以片麻状花岗岩为主混合岩两类，它们均属于加里东期产物，相间出露在线路里程 56.4km 以往的地段。

（一）紺山组变质岩（ Z_1d ）

分布在神岗以往的地段，其中以里程 56.4 ~ 77.2km 之间的南香山变质带中发育最为发育，此外在 118.9 ~ 123.6km 之间也有出露。

上部，灰白、青灰、褐红、土黄色片状石英岩、白云片岩、绢云片岩、绢云石英片岩、白云石英片岩及含炭质绢云片岩。沿片理有花岗片麻岩注入。厚 2870m。

下部，上为灰白色石英片岩，夹 5 — 10m 灰色片理化大理岩；中及下为青灰、灰绿、灰白色白云石英片岩成绢云石英片岩、片状粉砂质石英岩、二云石英片岩与白云片岩、绢云片岩、绢云石英片岩、二云片岩互层。沿片理有花岗片麻岩注入。可见厚 1950m。

（二）混合岩（Pzmi）

主要岩性为片麻状混合花岗岩，浅灰白色、鳞片花岗变晶结构，局部为变斑状结构。钾长石 34~40%、斜长石 25~30%，石英 25~30%，黑云母 5~10%。夹有较多的混合质片麻岩残余体，具有半原地型混合岩化的特征。

三、侵入岩

本线路穿越九佛岩体、腊埔岩体，岩性以酸性花岗岩类或中酸性二长花岗岩类为主。按侵入时代先后，对主要岩性简述于后：

1、早侏罗世（燕山一期）二长花岗岩（ $J_1\eta\gamma$ ）

连续分布在里程 49.2km 之前的花都、清远、从化交界的丘陵山区之中，另于线路里程 92.1 ~ 98.5km 增江东侧也有出露，它们分属于佛冈岩体和腊埔岩体。

岩石呈灰白色；以中粒（一般粒度 1 ~ 3mm、个别达 5mm）为主、其中里程 11.0 ~ 13.4km 间为粗粒状；二长花岗结构，块状构造。矿物主要有石英（25%）、钾长石（30 ~ 35%）、斜长石（25 ~ 30%）。次要矿物有黑云母和角闪石，二者约占 5% 左右。副矿物有磷灰石、锆石、褐帘石、黄铁矿等。

3、晚侏罗世（燕山三期）中粗粒黑云母花岗岩（ $J_3\gamma\beta$ ）

位于线路里程 123.7 ~ 73.9km 之间，以小岩基产出。

据有关资料，同位素年龄为 140 ~ 143Ma。岩石呈浅灰色、灰色、肉红色，中粗粒、中粗粒似斑状结构。矿物成份有石英（25 ~ 45%），钾长石（30 ~ 35%），斜长石（20 ~ 30%），黑云母（5 ~ 10%）。斜长石常具环带构造，钾长石有交代斜长石现象。副矿物以磷灰石、锆石为主，其次可见独居石、绿帘石等。

4、早白垩世（燕山四期）中粒黑云母花岗岩（ $K_1\gamma\beta$ ）

位于线路里程 16.6 ~ 19.3km 之间，以岩株出现。

岩石呈浅灰色、灰色、肉红色，中粗粒似斑状结构。矿物成份有石英（25 ~ 45%），钾长石（30 ~ 35%），斜长石（20 ~ 30%），黑云母（5 ~ 10%）。斜长石常具环带构造，钾长石有交代斜长石现象。副矿物以磷灰石、锆石为主，其次可见独居石、绿帘石等。

第四节 地质构造与区域地壳稳定性

一、地质构造

评估区位于莲花山深断裂带的北西盘，线路穿越广—博变质混合岩带和九佛、腊埔等燕山期花岗岩岩体（图 2.3）。

本区的地质构造有太平场地凹陷与断裂构造。

（一）神岗—太平场地凹陷

神岗—太平场地凹陷为喜马拉雅构造旋回的单斜构造，北起从化，经神岗、太平场，向南延伸至龙归一带。线路在里程 56.0 ~ 57.1km 之间穿越本凹陷。

本地凹陷轴向北东 ~ 南西，长约 34km，宽 2.5 ~ 5km，南与南与龙归盆地相接。第三系岩层不整合在上泥盆统及下石炭统煤系地层之上，岩性为红色砾岩、砂砾岩夹细砂岩、粉砂岩组成。由于大片冲积层的掩盖，出露较为零星。凹陷中第三系岩层产状倾向 110 ~ 160°，倾角 10 ~ 20°，局部稍大于 30°。

（二）断裂构造

与区域地壳稳定和地震活动有较密切关系的区域断层是恩平—新丰深断裂带、东江深断裂带和西坑断裂。

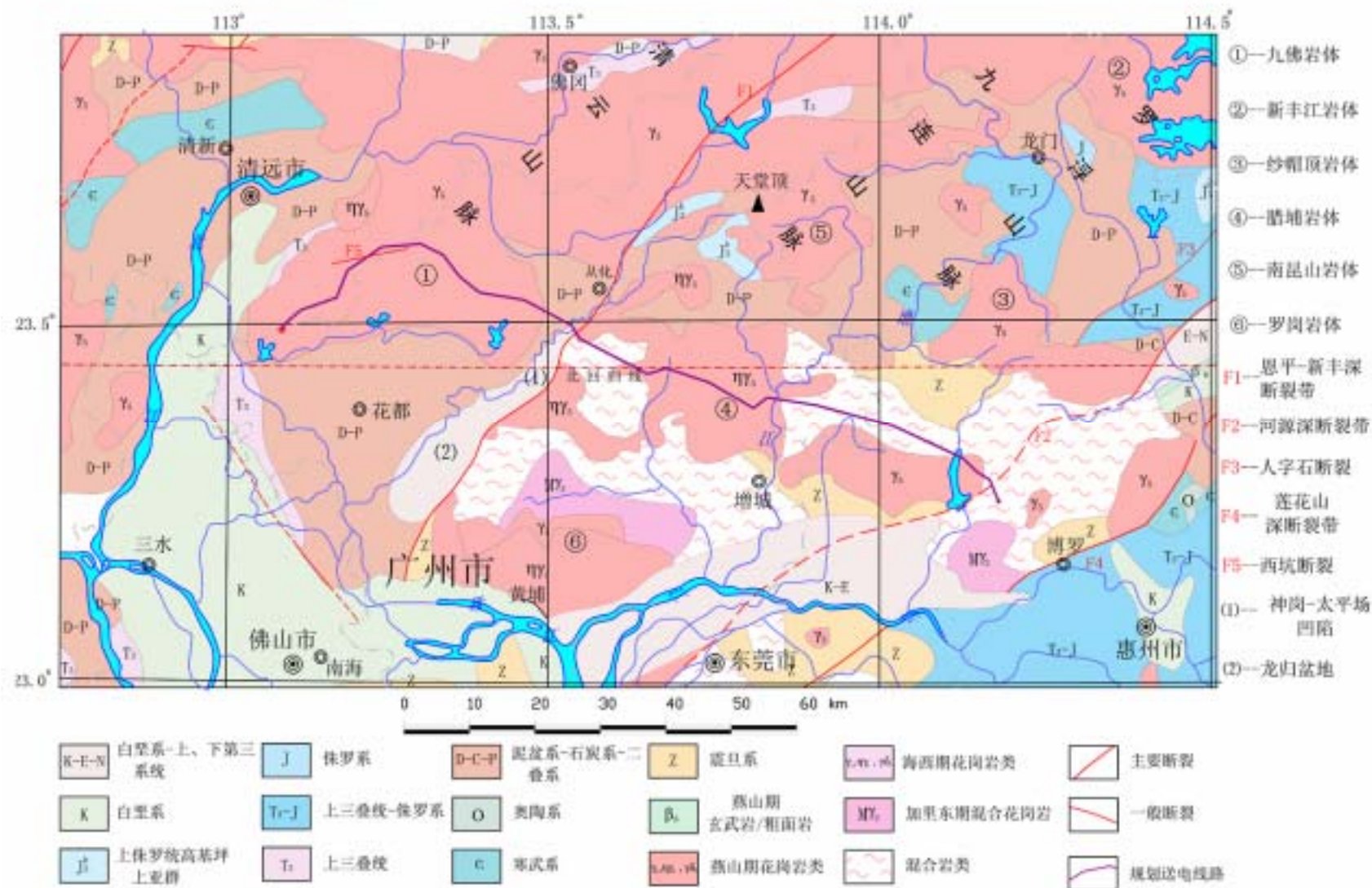


图 2.3 区域构造图
(据《广东省区域地质志》编制)

1、恩丰—新丰深断裂带 F1

本断裂带在评估区附近可分为连平—新丰段和广州—从化段。

连平—新丰段由青云山、增坝、独石山断裂组成，断面绞扭，倾向不定，倾角 $50^{\circ} \sim 60^{\circ}$ ，向北进入江西，与大余—南城深断裂带相连。

广州—从化段由神岗断裂和温泉断裂组成。其中神岗断裂与线路相交于里程 56.4km 处，走向北东至北北东，全长约 24km，走向 $40^{\circ} \sim 65^{\circ}$ ，部分地段为 $15^{\circ} \sim 25^{\circ}$ ，平面上呈现“s”形波状延伸，倾向北西，倾角 $40^{\circ} \sim 60^{\circ}$ ，断层带发育有硅化角砾岩带及糜宁岩化岩石，角砾岩带宽约 6~10m，局部地带宽达 20~100m 或更宽。断面清晰、平直，局部见擦痕及擦痕面，不平整，次一级裂隙发育，有下降泉流出。断层角砾岩之角砾成分为砂岩，页岩及少量脉石英等，硅质、铁质胶结，硅化强烈。

恩平—新丰深断裂带形成于加里东期；华力西和印支期活动明显；中、新生代断裂活动频繁激烈，沿断裂带有一系列燕山期岩体和岩脉的侵入。晚近期活动迹象明显，据历史记载，南段曾发生过震中烈度大于 6 度的地震有 4 次；中、北段的地震活动明显减弱，仅在从化、龙门至新丰之间出现过了一个以 3 级以下地震为主的地震群，最大震级是 1976 年的 4.1 级龙门北西有感地震。

2、新丰江断裂带 (F2)

新丰江断裂带亦称河源断裂带，它是北东区域性构造之一，纵贯河源南北，长达数百公里，影响宽度数百米。总体走向 50° ，倾向 SE，倾角 $25^{\circ} \sim 60^{\circ}$ 。

东江断裂加里东期形成，燕山期和喜山期活动剧烈，为一压扭性的右行平推断层。本断裂带的地震活动几乎全部集中在新丰江水库一带，均为低震级地震。

新丰江断裂带在本区中为白石峒断裂，与线路相交于里程 129.9km 处，走向北北东，倾向南东东，倾角 $35^{\circ} \sim 45^{\circ}$ ，断裂带发育有 4~5m 宽的破碎带。未发现晚近时期活动和地震迹象。

3、西坑断裂 (F5)

与线路相交于里程 17km 处 ,长约 15km ,走向近东西向 ,破碎带宽达 150 ~ 200m ,具片理化及绿泥石化 ,有石英脉及晚期细粒花岗岩脉贯入。断面倾向 350° ,倾角 75°。属压性断裂 ,产生时代在燕山晚期 ,切入白垩世早期的花岗岩体之中 ;未发现其挽近时期活动和地震迹象。

二、地震活动

(一) 地震历史

1、 外围强震

以评估区为中心 150km 范围内 ,自公元 1067 年至今 ,有史料记载的破坏性地震和仪器记录的 4.7 级以上地震有 18 次 ,其中 5 级以上地震 9 次 ,6 级以上地震 4 次 (表 2.3)。其中 1962、1964 和 1987 年的三次河源地震是离评估区最近强震 ,最大震级为 6.1 级 ,对评估区的影响烈度不大于 Ⅱ度。



图 2.4 区域地震震中分布图

表 2.3 区域历史地震目录($M_s \geq 4.7$, 1067 ~ 2004 年)

序号	发震时间			震中位置		震中距离 (km)	震级	震源 深度	震中 烈度	参考地点
	年	月	日	经度	纬度					
1	1067	11	12	116.5	23.6	320	$6\frac{3}{4}$	*		广东潮州一带
2	1445	12	21	117.6	24.5	458	$6\frac{1}{4}$	*		福建漳州外海域
3	1508	11	*	115.7	23.7	232	5	*	*	广东揭阳西北
4	1519	9	*	117.2	23.5	398	5	*	*	广东潮阳东北海中
5	1538	3	*	116.5	23.8	322	$4\frac{3}{4}$	*	*	广东潮州西北
6	1600	9	29	117.2	23.5	398	7	*		广东南澳
7	1641	11	26	116.5	23.5	320	$5\frac{3}{4}$	*		广东揭阳东
8	1693	4	25	115.3	23.0	192	$4\frac{3}{4}$	*		广东海丰
9	1791	4	8	117.5	23.8	433	$5\frac{1}{2}$	*		福建东山外海中
10	1832	1	*	117.0	24.3	388	5	*		福建平和西
11	1849	*	*	116.2	23.4	286	$4\frac{3}{4}$	*		广东普宁洪阳
12	1874	6	23	114.4	22.1	171	$5\frac{3}{4}$	*	*	广东担杆列岛海域
13	1874	7	*	115.3	23.0	192	$4\frac{3}{4}$	*		广东海丰
14	1878	11	23	118.0	23.5	487	6	*	*	南海
15	1886	1	13	116.7	23.4	342	$4\frac{3}{4}$	*		广东汕头
16	1887	4	8	116.8	24.0	359	5	*		广东饶平三饶
17	1895	8	30	116.5	23.5	320	6	*		广东揭阳
18	1911	5	15	115.0	22.5	184	6	*	*	广东海丰外海域
19	1918	2	13	117.4	23.2	421	7.3	23		广东南澳
20	1918	2	14	117.3	23.6	409	$6\frac{3}{4}$	*	*	广东南澳
21	1921	3	19	117.0	23.5	376	$6\frac{1}{4}$	*	*	广东南澳西北
22	1925	1	27	114.9	24.4	178	5	*		广东和平
23	1929	10	24	118	22	513	$6\frac{1}{2}$	*	*	东沙群岛东
24	1953	1	1	114.7	23.8	126	$4\frac{3}{4}$	*		广东河源苟排
25	1962	3	19	114°40'	23°43'	119	6.1	5		广东河源西北
26	1962	4	5	114°28'	23°58'	110	4.9	6	*	广东河源西北
27	1962	4	24	116.8	23.5	353	$4\frac{3}{4}$	*	*	广东澄海附近
28	1962	7	29	114°39'	23°47'	120	5.3	8	*	广东河源西北
29	1962	8	30	114°42'	23°43'	123	$4\frac{3}{4}$	6	*	广东河源西北
30	1962	11	6	114°39'	23°56'	126	4.8	8	*	广东河源西北
31	1964	9	23	114°41'	23°44'	122	5.1	4		广东河源西北
32	1966	9	26	117.9	22.3	492	5.3	51	*	东沙群岛东北
33	1987	9	15	114.44	23.83	100	4.7	13		广东河源西北
34	1989	11	26	114°56'	23°71'	152	4.7	32		广东河源
35	1992	9	14	117.76	21.46	510	5.9	14	*	东沙群岛
36	1992	9	19	117.66	21.35	506	4.9	21	*	东沙群岛
37	1999	6	6	117.73	21.43	509	4.8	13	*	南海

注：1、资料来源于广东省地震局；

2、表中“*”表示缺乏资料；

3、震中距按线路中心坐标中心点（113.63E、23.43S）计算。

2、近场区地震活动

历史文献中没有评估区 20km 范围内的近场区的破坏性地震记载；广东省地震台网建立以来，记录到近场区小震活动 5 次，最大震级为 3.6 级，对评估区的影响烈度为 Ⅱ 度。

（二）站场区地震稳定性评价

根据《中国地震动峰值加速度区划图》(GB18306-2001 图 A1, 1:400 万), 线路路径地带地震动峰值加速度为 0.05g；根据《中国地震动反应谱特征周期区划图》(GB18306-2001 图 B1, 1:400 万), 线路路径地带地震动反应谱特征周期为 0.35s。根据《建筑抗震设计规范》(GB50011-2001)附录 A, 线路路径地带, 抗震设防烈度为 Ⅱ 度, 设计基本地震加速度值为 0.05g。

综上地质构造与地震地质条件, 本评估区不存在颠覆性地震因素, 属于地壳相对稳定地区, 满足输电线路建设要求。

第五节 水文地质条件

一、地下水类型

本评估区地下水的基本类型有松散岩类孔隙水和基岩裂隙水两种。

（一）松散岩类孔隙水

松散岩类孔隙水储存在评估区内的各种第四系地层中, 其中主要含水层是沿流溪河和增江两岸呈带状分布的冲积相 (Q_d^{al}) 灰黄色细砂、中砂层及其下部的灰黄色砾砂, 含水层的总厚约 0.50 ~ 3.0m。一般为潜水, 局部因粘性土覆盖作用而为承压水。

水位埋深 1 ~ 4m, 年变幅 1 ~ 2m。单井涌水量 100 ~ 200 吨 / 日, 富水性中等。此类地下水水质较好, 矿化度为 0 ~ 0.06 克 / 升, 以 $HCO_3 \cdot Cl-Na \cdot Ca$ 型水为主。

（二）基岩裂隙水

基岩裂隙水可分为层状岩石裂隙水和块状岩石裂隙水。

1、层状岩石裂隙水

本类地下水仅分布在神岗镇附近的泥盘、石炭系碎屑岩分布地段，主要含水层为风化裂隙带。据邻区资料，泉水流量为 $0.06 \text{ l/s} \sim 0.13 \text{ l/s}$ ；本次野外考察期间未发现较大的泉水。富水性弱。水质类型主要为 $\text{HCO}_3 \cdot \text{HCl} - \text{Na}$ 型。

2、块状岩石裂隙水

本类地下水分布在花岗岩类及各类变质岩地段，主要含水带为中风化带。据邻区资料，钻孔单位涌水量为 $0.032 \sim 0.092 \text{ l/s} \cdot \text{m}$ ，富水性微弱。水质类型以 $\text{HCO}_3 - \text{Ca}$ 型为主。

二、地下水动态

本项目的勘察和评估工作均未进行地下水动态观测。

据区域水文地质资料，本区的地下水位主要受降雨和洪水的控制。水位峰谷值出现时间与降雨量峰谷出现的时间基本一致。每次暴雨后水位迅速上升，几小时或十几小时内可升至高峰，每年六至九月处于高水位期，最高水位多出现在六月份，九月以后随着降雨量减少，水位缓慢下降，常在 1 月份出现水位低谷，年水位变幅达 $0.5 \sim 2\text{m}$ 。

三、水文地质条件评价

1、本线路跨越的含水岩组的分布里程以及地下水位埋深见表 2.4。各类弱富水岩组分布范围占主线路总长的 93.2%，水位较深、透水性微弱，故地下水对这部分线路的输电塔基础施工及运行安全影响微弱。河谷洼地中的地下水位埋深较浅，对输电塔基坑施工有一定的影响。

表 2.4 评估区内各含水岩组分布比例

含水岩组名称		富水程度	地貌单元	一般埋深 (m)	线路里程 (km)		线路长度 (km)	分布比例 (%)
					起	止		
松散岩类孔隙含水层	河漫滩冲积相砂土含水层	中等	流溪河洼地	$0 \sim 3.1$	52.1	55.6	3.5	3.7
			增江洼地		90.8	92.1	1.3	
基岩裂隙含水层	层状岩类裂隙含水层	弱	丘陵	>6	49.9	52.1	2.2	3.1
					55.6	57.5	1.9	
	块状岩类裂隙含水层	弱	丘陵低山	>6	0	49.9	49.9	93.2
					57.5	90.8	33.3	
					92.1	131.7	39.6	

2、据街北高速公路大兴庄立交桥的地下水质分析结果, $(\text{Cl}^- + \text{SO}_4^{2-}) = 14.43 \sim 18.99\text{mg/L}$, pH 值 $6.65 \sim 6.7$, 侵蚀性 $\text{CO}_2 = 18.76 \sim 25.51\text{mg/L}$, 对钢结构具弱的腐蚀性, 对混凝土结构及其中的钢筋无腐蚀性。其它地段未有地下水质分析成果。

综合本节所述, 本区的水文地质条件复杂类型为简单类型。

第六节 工程地质条件

一、评估区岩土体结构、

根据《花都——博罗 500kV 送电线路工程(初步设计阶段)岩土工程勘测报告》以及野外地质调查, 评估区的岩土体岩土类型有:

1、第四系冲积、洪积土;

分布在以流溪河洼地和增江洼地为主的山间洼地地段。塔基岩土以第四系冲、洪积粘性土、砂类土为主; 局部低洼的水塘附近、河漫滩位置, 可能存在部分淤泥类软土和松散砂土。

2、第四系坡、残积土:

广泛分布在低山、丘陵地势较高地段。塔基岩土以基岩残积、坡积层为主, 有可塑~硬塑状态的粘性土和含砂、砾石粘性土。

3、基岩

少部分地段, 坡、残积土厚度很薄, 塔基可砌置在基岩上。本区的基岩有花岗岩、混合花岗岩、砂岩、页岩、千枚岩、石英片岩、变质砂岩、云母片岩等。

二、岩土体工程地质特性

1、在河谷洼地地势较低的地段, 塔基岩土以第四系冲洪积粘性土、砂类土为主。粘性土以可塑状态为主, 砂类土以稍密为主。土层力学指标: 凝聚力 $C = 10 \sim 35\text{kPa}$, 内摩擦角 $= 15 \sim 28^\circ$, 地基承载力特征值 $f_{ak} = 100\text{--}200\text{ kPa}$ 。

极个别的低洼地势的水塘附近、河曲淤积位置, 塔基岩土性质较差, 存在部分松散的砂土和软弱土。土层力学指标凝聚力 $C = 7 \sim 20\text{kPa}$, 内摩擦角 $=$

10 ~ 22°, 地基承载力特征值 $f_{ak} = 80-120 \text{ kPa}$ 。

2、在低山、丘陵地势较高的地段, 塔基岩土以基岩残积、坡积层为主。有可塑~硬塑状态的粘性土和含砂、砾石粘性土。土层力学指标: 凝聚力 $C = 20 \sim 45 \text{ kPa}$, 内摩擦角 $\varphi = 15 \sim 25^\circ$, 地基承载力特征值 $f_{ak} = 130-320 \text{ kPa}$; 还有稍密~密实的碎石土, 土层力学指标凝聚力 $C = 2 \sim 10 \text{ kPa}$, 内摩擦角 $\varphi = 25 \sim 35^\circ$, 地基承载力特征值 $f_{ak} = 180-450 \text{ kPa}$ 。少部分地段, 塔基可砌置在基岩上, 基岩地基承载力特征值 f_{ak} 大于 300 kPa 。

三、各线路段工程地质条件评述

拟线路工程地质条件, 主要包括线路塔基岩土稳定条件和塔基岩土工程特性条件两方面。本节综合《花都——博罗 500kV 送电线路工程(初步设计阶段)岩土工程勘测报告》以及野外地质调查, 逐线路段说明岩土结构、塔基岩土稳定及其工程地质特征。

1、里程 0 ~ 11.8km

地貌以丘陵为主, 地形坡度 $10 \sim 25^\circ$; 基岩为花岗岩, 覆盖层以花岗岩风化残积层为主, 厚度 $3 \sim 10 \text{ m}$, 地基承载能力良好; 人类工程活动弱、植被完整, 塔基岩土体基本稳定。工程地质条件良好。

2、里程 11.8 ~ 47.0km

地貌为低山, 地形坡度 $18 \sim 35^\circ$; 基岩为花岗岩, 覆盖层以花岗岩风化残积层为主, 厚度 $10 \sim 50 \text{ m}$, 地基承载能力良好; 在里程 $12.3 \sim 46.2 \text{ km}$ 间, 因开采瓷砂造成了植被大面积损坏, 形成了众多形态复杂的采掘边坡, 对塔基岩土体稳定性有严重的威胁。工程地质条件复杂。

3、里程 47.0 ~ 49.2km

地貌为低山, 地形坡度 $10 \sim 25^\circ$; 基岩为花岗岩, 覆盖层以花岗岩风化残积层为主, 厚度 $10 \sim 40 \text{ m}$, 地基承载能力良好; 人类工程活动弱、植被发育良好; 塔基岩土体基本稳定。工程地质条件良好。

4、里程 49.2 ~ 52.1km

地貌为低山 ,地形坡度 $5\sim 18^{\circ}$;基岩以砂岩、页岩为主 ,残积层厚度 $1\sim 10\text{m}$,地基承载能力良好 ;人类工程活动弱、植被发育良好 ,塔基岩土体基本稳定。工程地质条件良好。

5、里程 $52.1\sim 55.6\text{km}$

地貌为流溪河洼地 ,地形平坦 ,塔基岩土体稳定性良好 ;塔基土主要为冲、洪积砂、卵石层 ,局部有少量软土 ,地基承载能力较好。工程地质条件一般。

6、里程 $55.6\sim 70.3\text{km}$

地貌以低山为主 ,地形坡度 $15\sim 30^{\circ}$;基岩以变质片岩为主 ,间有少量片麻状花岗岩 ;基岩风化残积层覆盖 ,地基承载能力良好 ;人类工程活动弱、植被发育良好 ;塔基岩土体稳定。工程地质条件良好。

7、里程 $70.3\sim 90.8\text{km}$

地貌为丘陵 ,地形坡度 $10\sim 25^{\circ}$;基岩以混合花岗岩为主 ,间有变质片岩 ;塔基以风化残积层为主 ,厚度 $10\sim 40\text{m}$,地基承载能力良好 ;人类工程活动弱、植被发育良好 ;塔基岩土体稳定。工程地质条件良好。

8、里程 $90.8\sim 92.1\text{km}$

地貌为增江洼地 ,地形平坦 ,塔基岩土体稳定性良好 ;塔基土主要为冲、洪积砂、卵石层 ,局部有少量软土 ,地基承载能力较好。工程地质条件一般。

9、里程 $92.1\sim 100.4\text{km}$

地貌为丘陵 ,地形坡度 $8\sim 25^{\circ}$;基岩以花岗岩和混合花岗岩为主 ,间有变质片岩 ;塔基以风化残积层为主 ,厚度 $20\sim 40\text{m}$,地基承载能力良好 ;人类工程活动弱、植被发育良好 ;塔基岩土体稳定。工程地质条件良好。

10、里程 $100.4\sim 115.5\text{km}$

地貌为低山为主 ,地形坡度 $10\sim 35^{\circ}$;基岩以混合花岗岩 ;基岩风化残积层厚 $2\sim 10\text{m}$,以可塑~硬塑状态粘性土为主 ,地基承载能力良好 ;人类工程活动弱、植被发育良好 ;塔基岩土体稳定。工程地质条件良好。

11、里程 $115.5\sim 131.7\text{km}$

地貌为丘陵，地形坡度 $5\sim 15^\circ$ ，地形较平缓，塔基岩土体稳定；基岩有花岗岩、变质砂岩、石英岩和混合花岗岩，基岩风化残积层厚度 $3\sim 30\text{m}$ ；有零星的第四系冲、洪积土层分布；地基承载能力良好。工程地质条件良好。

工程地质条件小结

评估区中，塔基岩土以基岩风化残积土层为主，局部地势低洼地带，有第四系冲积、洪积粘性土或砂卵石分布，地基承载能力良好；但局部有少量软土，地基承载力偏低。

里程 $12.3\sim 46.2\text{km}$ ，瓷砂矿场采掘边坡对塔基岩土体稳定性有明显的影
响，其余地段的塔基岩土体稳定。

综上所述。本评估区工程地质条件中等。

第七节 人类工程活动影响

本区中对地质环境有明显影响的人类工程活动主要是瓷砂开采与石料开采。对这两类人类工程活动概括说明于后。

一、瓷砂开采

因近年众多内外陶瓷企业在清远市设厂，以至清远、花都和增城接壤的丘陵山区中兴起了瓷砂开采热潮。在里程 $12.3\sim 46.2\text{km}$ 之间总面积为 51.0km^2 的评估区范围内，分布有规模悬殊的瓷砂矿场达 69 个之多（照片 10 至照片 14）。单个矿场面积大多在 8hm^2 左右，最大可达 135hm^2 （瓷砂矿场 K4，照片 12），总面积为 6.3km^2 ，占该段评估区面积的 12%（图 2.5）。

所有的瓷砂矿场均分布在花岗岩地带，且选择在风化深、残积层厚的地段。开采方法为挖掘机台阶推进、汽车运输。台阶高度 $4\sim 18\text{m}$ ，采掘面坡度 $60\sim 80^\circ$ 。（照片 8、照片 9）。

瓷砂开采对当地地质环境和生态环境影响极大。主要表现在因破坏植被被破坏和坡残积土结构，引起水土流失；采掘面形成了大量的稳定性较差边坡，出现了不同程度的边坡失稳。

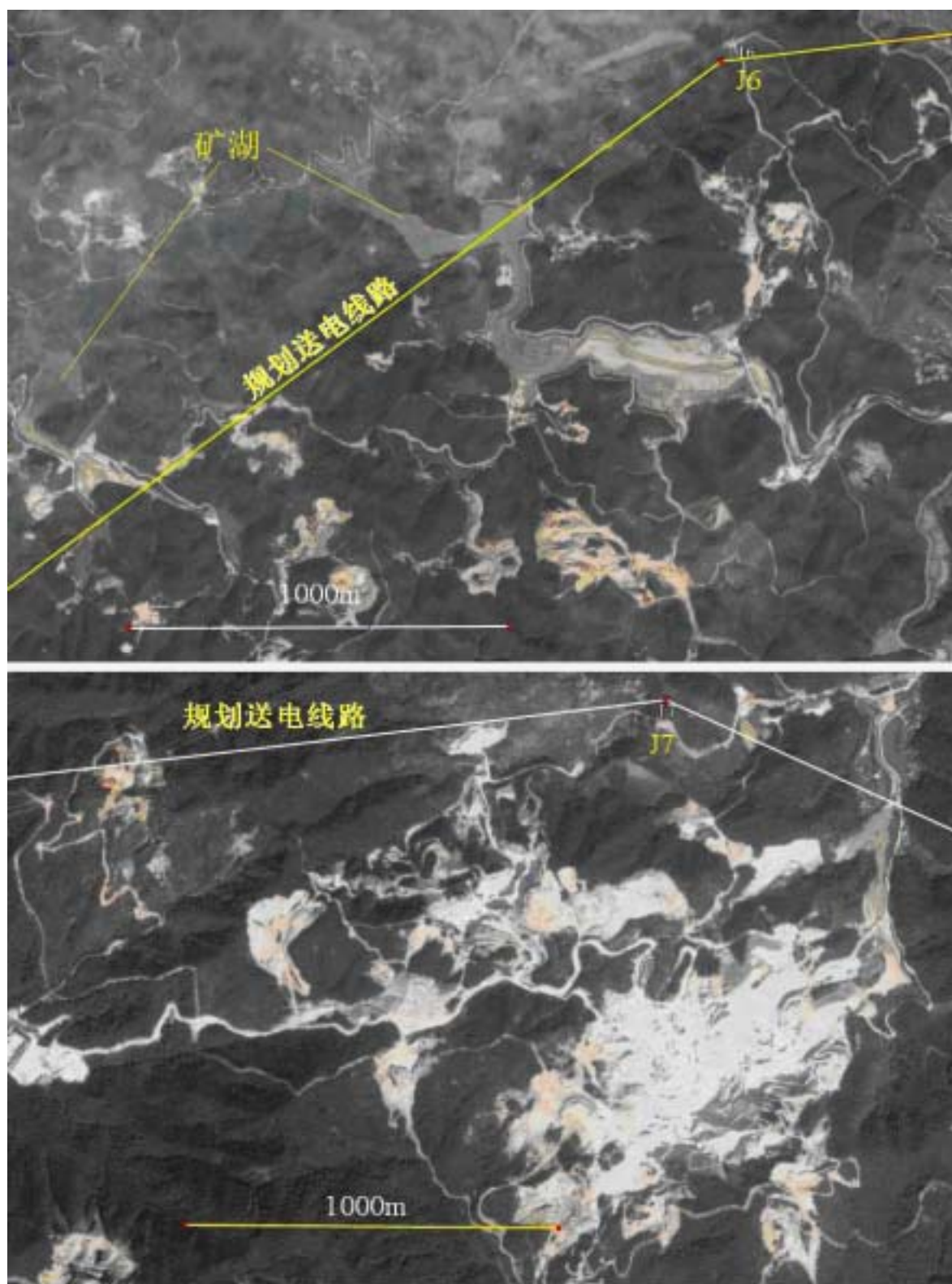


图 2.5 节点 J6、J7 附近的瓷砂矿场 K4 的卫星影像

(上) 节点 J6 附近瓷砂矿场及其矿湖；(下) 节点 J7 南侧的大型瓷砂矿场及其简易运输道路

二、采石场

评估区及其周边零星分布一些采石场。其中位于评估区之内的 4 个采石场位置及基本情况见表 2.5。

表 2.5 评估区中采石场基本情况统计表

采石场编号	位置	开采对象	采掘面规模	备注	照片
S1	0.62km 右 630m	花岗岩	宽约 100m，高约 20m	已停止开采	15
S2	57.9km 右 240m		宽约 200m，高约 50m	已停止开采	16
S3	95.0km 中		宽约 35m，高约 9m	已停止开采	17
S4	124.7km 右 650m		约 50m，高约 25m	仍在开采	18

S1、S2 和 S4 三石场与线路规划轴线距离在 240m 以上，对拟建线路无直接影响；S3 石场虽在线路规划轴线附近，但该石场的规模小、已停产，且所在山体低于临近的山体，不会作为输电塔的塔位，故 S3 石场也对拟建线路无直接影响。

人类工程活动影响小结

评估区内的主要工程活动是瓷砂开采和石料开采。其中里程 12.3 ~ 42.6km 间的瓷砂开采对地质环境破坏程度大，不但造成了大范围的植被破坏和水土流失，采掘面边坡或出现了不同程度的失稳，或成为潜在地质灾害体。故本线路段的人类工程活动对地质环境影响程度强烈。其他线路段的人类工作活动影响微弱。

本章小结

1、评估区属南亚热带气候区，雨量丰沛。主要气象灾害为热带气旋和暴雨；评估区内主要的地表水体为流溪河、增江和显岗水库，其中流溪河洪水对线路跨越塔位的安全有一定影响。

2、评估区跨越低山、丘陵和河谷洼地等三类地貌单元。地形地貌条件复杂。

3、评估区地壳属相对稳定，地震基本烈度为 Ⅵ 度，不存在颠覆性地震因素。

4、评估区包括孔隙和裂隙两类地下水。其中河谷洼地砂土含水层地下水对工程施工有一定影响；基岩裂隙水对建设项目影响微弱。评估区的水文地质条件复杂类型为简单。

4、除河谷洼地冲积层中局部可能夹有淤泥类软土的小透镜体外，其余地段的残积土或冲积土力学性能均能满足输电塔需要。在里程 12.3 ~ 46.2km 间，因开采瓷砂形成了众多形态复杂的采掘边坡，造成岩土体失稳隐患；其余线路段岩土体稳定性普遍良好。总体工程地质条件复杂类型为中等。

5、评估区中的主要工程活动是瓷砂开采和石料开采。其中里程 12.3 ~ 42.6km 间的瓷砂开采对地质环境影响程度大，采掘边坡成为了重要的潜在地质灾害体；其余线路段的人类工程活动对地质环境影响程度微弱。

综合分析各地质环境因素对评估区主要致灾作用的形成、发育所起的作用和性质，引发地质灾害的主导地质环境因素是岩土体的工程性能，从属地质环境因素是地形地貌和水文地质条件；激发因素是气象变化和人类工程活动。

综上所述，评估区的地质环境属于复杂类型。

第三章 地质灾害危险性现状评估

第一节 地质灾害类型及特征

评估区及其周边已发生的地质灾害有水土流失、崩塌和滑坡三种类型。它们的分布及主要特征见表 3.1。

表 3.1 已发地质灾害点分布及特征表

类 型	灾害点 编号	位 置	主 要 特 征	照片 序号
水土流失	面积性	12.3 ~ 46.2km	瓷砂矿场分布区，花岗岩低山丘陵区	7 ~ 15 图 2.5
	瓷砂矿场 采掘面	12.3 ~ 46.2km	瓷砂矿场分布区，花岗岩低山丘陵区	
崩 塌	BT1	9.5km 中	简易道路边破，花岗岩残积土崩塌	
	BT2	36.4km 左 270m	天然斜坡，花岗岩残积土小崩塌群	19
	BT3	38.0km 右 150m	天然斜坡，花岗岩残积土小崩塌	20
	BT4	44.0km 左 360m	天然斜坡，花岗岩残积土小崩塌	21
	BT5	44.2km 左 130m	天然斜坡，花岗岩残积土小崩塌 2 个	22
	BT6	46.6km 左 140m	天然斜坡，花岗岩残积土小崩岗	23
	BT7	47.0km 右 150m	简易道路边破，花岗岩残积土崩塌	24
	BT8	53.0km 右 100m	天然斜坡，砂页岩坡残土小崩塌	25
	BT9	82.1km 右 670m	人工边坡，花岗混合岩残积土小崩塌	26
	BT10	88.7km 右 140m	废弃采石场，花岗混合岩，半岩半土小崩塌	27
	BT11	94.7km 左 100m	小型取土场，花岗岩残积土小崩塌	28
	BT12	97.9km 右 330m	人为边坡，花岗岩残积土小崩塌	29
	BT13	100.5km 中	取土边坡，花岗混合岩残积土小崩塌	30
	BT14	120.9km 右 160m	道路边破，片岩，千枚岩残积土小崩塌	31
	BT15	121.1km 右 230m	道路边破，片岩，千枚岩残积土小崩塌	32
	BT16	127.3km 右 340m	天然斜坡，花岗岩残积土小崩岗	33
滑 坡	HP1	31.0km 中	天然斜坡，花岗岩残积土中型滑坡	34
	HP2	38.1km 左 150m	天然斜坡，花岗岩残积土小滑坡	35
	HP3	77.8km 中	道路边坡，花岗混合岩残积土小滑坡	36
	HP4	89.3km 右 390m	天然斜坡，花岗混合岩残积土中型滑坡	37
	HP5	97.6km 右 320m	天然斜坡，花岗混合岩残积土疑似滑坡	38
	HP6	100.8km 右 770m	天然斜坡，花岗混合岩残积土中型滑坡	39

第二节 地质灾害危险性现状评估

一、水土流失

评估区中的水体流失主要是因为瓷砂开采活动引起的。瓷砂采场集中分布在里程 12.3 ~ 46.2km 之间总面积为 51.0km² 的评估区范围内，数量达 69 个之多，总面积为 6.3km²，占该段评估区面积的 12%。这些瓷砂矿场均选择在花岗岩风化深、残积层厚的地段。

瓷砂矿开采、修筑道路、设置洗矿场、临时堆矿场和洗矿对严重破坏了当地的植被，裸露的花岗岩残积土因抵抗水流冲刷、侵蚀的能力极差，加之本区降水丰富的地区，引起了广泛的水土流失。

本区已发生的水土流失灾害对本区的生产与经济发展产生了严重的障碍，须待采取更有效的措施遏制。但因水土流失是一种缓变型地质灾害，对输电线路安全却没有明显的直接危害性，故评定其潜在危险性小。

二、崩塌

崩塌是本评估区中发育强烈的地质灾害，除了线路里程 12.3 ~ 46.2km 之间的瓷砂矿场采掘面常出现不同程度崩塌，另外还有其它原因引起的崩塌 16 起。

（一）瓷砂矿场采掘面崩塌

在里程 12.3 ~ 46.2km 之间的瓷砂矿场群的主要开采方法为挖掘机台阶推进。台阶高度 4 ~ 18m，采掘面坡度 60 ~ 80°。因为花岗岩残积土强度较低，部分高度大、坡度陡的采掘面常出现崩塌。

这些采掘面崩塌多属于瓷砂矿场的生产安全问题，单个崩塌的规模不大，且输电塔位置不论在纵向上还是在横向上，都可以在施工图设计时在较大范围内进行调整，可以利用跨越、绕行的方式进行避让。故评定已发生的瓷砂矿场采掘面崩塌的潜在危险性中等。

（二）其他崩塌

对非瓷砂开采造成的 16 起崩塌的危险性现状进行评估分析于后。

1、崩塌 BT1

位于线路里程 9.5km 中处 ,为简易运矿道路的边坡。位于花岗岩丘陵地带 ,残积土厚约 8m。

崩塌区宽约 15m ,长约 5m ,高约 8m ,为小型土质崩塌。

本崩塌尚未稳定。因规模小、容易避让 ,可将线路输电塔放置于较高地势位置。故该崩塌对线路潜在危害性小、危险性小。

2、崩塌 BT2 (照片 19)

位于线路里程 36.4km 左 270m 处。属于花岗岩低山地带 ,残积土厚度大于 5m ,地表植被以低矮灌木为主。

地形坡度较陡 ,崩塌发育在天然斜坡上 ,为浅层崩塌。由多个小崩塌体组成 ,崩塌区宽约 30m ,长约 25m ,高约 20m。属于小型土质崩塌。

该崩塌群仍处于不稳定 ,距线路输电塔距离较远 ,对线路危害性小。

3、崩塌 BT3 (照片 20)

位于线路里程 38.0km 右 150m 处。属于花岗岩低山地带 ,花岗岩残积土厚度大于 5m ;地表植被以草本为主 ,少量灌木。

地形坡度较陡 ,崩塌发育在天然斜坡上 ,为浅层崩塌 ;崩塌区宽约 50m ,长约 40m ,高约 20m。属于小型土质崩塌。

该崩塌仍处于不稳定 ,距线路输电同较远 ,对线路潜在危害性小、危险性小。

4、崩塌 BT4 (照片 21)

位于线路里程 44.0km 左 360m 处。属于花岗岩低山地带 ,植被被破坏。

崩塌发育在坡麓局部较陡峻地带 ,为一小型浅层崩塌。崩塌区宽约 10m ,高约 8m。该崩塌距线路输电塔距离远 ,对线路潜在危害性小、危险性小。

5、崩塌 BT5 (照片 22)

位于线路里程 44.2km 左 130m 处 ,与崩塌 BT4 紧邻。

崩塌发育在坡麓局部较陡峻地带，由两个小崩塌组成，为小型浅层崩塌。崩塌区宽约 10m，高约 8m。该崩塌距线路输电塔距离远，对线路潜在危害性小、危险性小。

6、崩塌 BT6（照片 23）

位于线路里程 46.6km 左 140m 处，属于花岗岩低山地带。

为一老崩塌，形成典型的崩岗地形，沟底生长杂草、杂树，沟壁已基本稳定，但无植被。该崩塌位于条形岗地中部，地表汇水范围较小，由花岗岩残积土层组成，花岗岩残积土厚度大于 15m；冲沟切割及崩塌区宽约 20m，长约 50m，高约 15m。

该崩塌已基本稳定，距线路输电塔有一定距离，对线路潜在危害性小、危险性小。

7、崩塌 BT7（照片 24）

位于里程 47.0km 右 150m 处。属于花岗岩低山地带，为简易道路边坡。

为一小型浅层崩塌，人为削坡形成，植被少。该崩塌位置地表汇水范围较小，由花岗岩残积土层组成，花岗岩残积土厚度大于 5m；崩塌区宽约 15m，高约 4m。

该崩塌已基本稳定，距线路输电塔距离远，对线路潜在危害性小、危险性小。

8、崩塌 BT8（照片 25）

位于里程 53.0km 右 100m 处。为砂页岩分布的低山区，植被稀疏、零乱。

崩塌发育在坡麓位置；为小型浅层崩塌，残积、坡积层厚度 2m 左右（图 3.1）；崩塌区宽约 30m，高约 8m，目前坡角近 50°

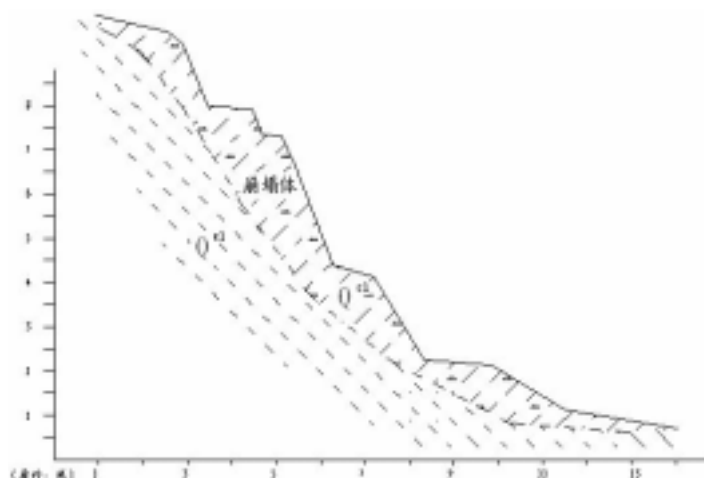


图 3.1 崩塌 BT8 结构示意图

度，基岩产状与坡面相反。

该崩塌仍未稳定，但距线路输电塔距离远，对线路危害性小。

9、崩塌 BT9（照片 26）

位于里程 82.7km 右 670m 处。为片麻状花岗混合岩丘陵地带。

为小型浅层崩塌，人为削坡形成，植被少。该崩塌由花岗混合岩残积土层组成，残积土厚度大于 5m；崩塌区宽约 20m，长约 15m，高约 10m。

该崩塌尚未稳定，但距线路输电塔距离远，对线路危害性小。

10、崩塌 BT10（照片 27）

位于里程 88.7km 右 140m 处。为混合花岗岩丘陵地带。

为一浅层崩塌，原为废弃采石场，人为削坡形成，植被少。该崩塌由花岗岩残积碎石土层组成，花岗岩残积土厚度 3m 左右，崩塌区宽约 20m，高约 15m。

该崩塌基本稳定，但距线路输电塔距离较远，对线路危害性小。

11、崩塌 BT11（照片 28）

位于里程 94.7km 左 100m 处。属花岗岩丘陵地带。

该崩塌危未小型取土场，崩塌区植被稀疏、零乱。该崩塌由花岗岩残积土层组成，花岗岩残积土厚度大于 10m（图 3.2）；崩塌区宽约 30m，高约 15m。

该崩塌尚未稳定，因其距线路距离较远，对线路潜在危险性小。

12、崩塌 BT12（照片 29）

位于里程 97.9km 右 330m 处。为花岗岩丘陵地带。

地势较低位置；为一小崩塌，人为活动形成，植被少。该崩塌由花岗岩残积土层组成，花岗岩残积土厚度大于 5m；崩塌区宽约 8m，高约 3m。

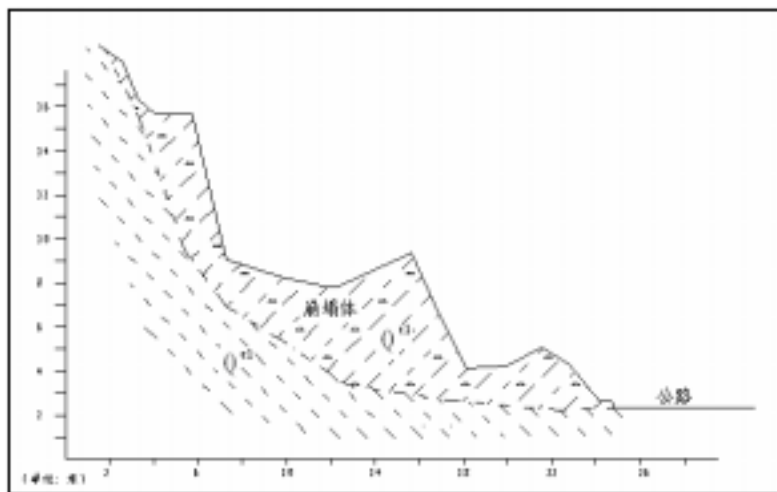


图 3.2 崩塌 BT11 结构示意图

该崩塌基本稳定，但距线路输电塔距离较远，对线路危害性小。

13、崩塌 BT13（照片 30）

位于里程 100.5km 中处。坡脚公路旁；

该崩塌是人为修路削坡诱发形成，崩塌区植被稀疏、零乱。该崩塌由花岗混合岩残积、坡积土层组成，残积、坡积土厚度大于 8m（图 3.3）；崩塌区沿公路变陡坎呈串珠状排列，延伸宽约 100m，高约 15m。

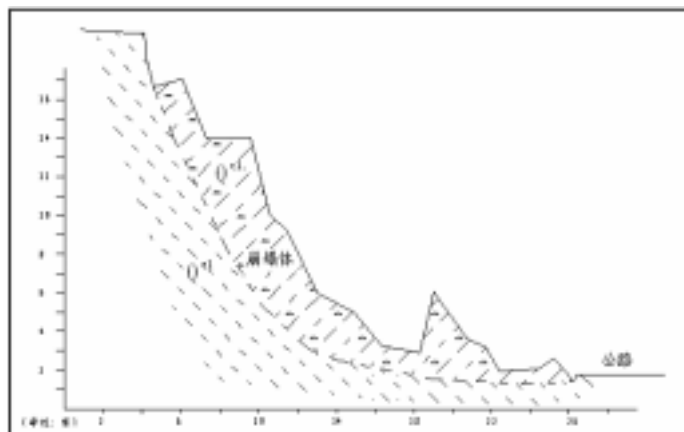


图 3.3 崩塌 BT13 结构示意图

该崩塌尚未稳定，因本崩塌属于小型崩塌，且发育地势较低，输电塔易于避让，故对线路潜在危险性小。

14、崩塌 BT14（照片 31）

位于里程 120.9km 右 160m 处。位于显岗水库左岸山坡。

公路旁；该崩塌是人为修路削坡诱发形成，崩塌区植被零乱。该崩塌由石英片岩、变质砂岩等的残积、坡积土层组成，残积、坡积土厚度 2m 左右；崩塌区宽约 30m，高约 8m。

该崩塌尚未稳定，但距线路输电塔距离远，对线路危害性小。

15、崩塌 BT15（照片 32）

位于里程 121.1km 右 230m 处，与 BT14 紧邻。

简易公路旁；该崩塌是人为修路削坡诱发形成，崩塌区植被零乱。该崩塌由石英片岩、变质砂岩的残积、坡积土层组成，残积、坡积土厚度 2m 左右；崩塌区宽约 10m，高约 4m。

该崩塌尚未稳定，但距线路输电塔距离远，对线路危害性小。

16、崩塌 BT16（照片 33）

位于里程 127.3km 右 340m 处，地势较低的大路旁；该崩塌的形成与人为活动有关，崩塌区植被零乱。该崩塌由花岗岩的残积、坡积土层组成，残积、坡积土厚度大于 10m；崩塌宽约 30m，高约 15m。

该崩塌尚未稳定，但距线路输电塔距离远，对线路危害性小。

综上述，本区已发生的 16 个非采矿引发的崩塌灾害点对拟建的输电线路安全无直接影响。

三、滑坡

评估区内共出现滑坡 6 起。对其现状危险性逐一评估于后。

1、滑坡 HP1（照片 34）

位于里程 31.0km 中处。

该滑坡体发育在自然坡面上，为浅层滑动，地表植被稀疏、零散，由花岗岩残积土层组成，花岗岩残积土厚度大于 8m（图 3.4）；滑坡区宽约 60m，长约 40m，高约 30m。

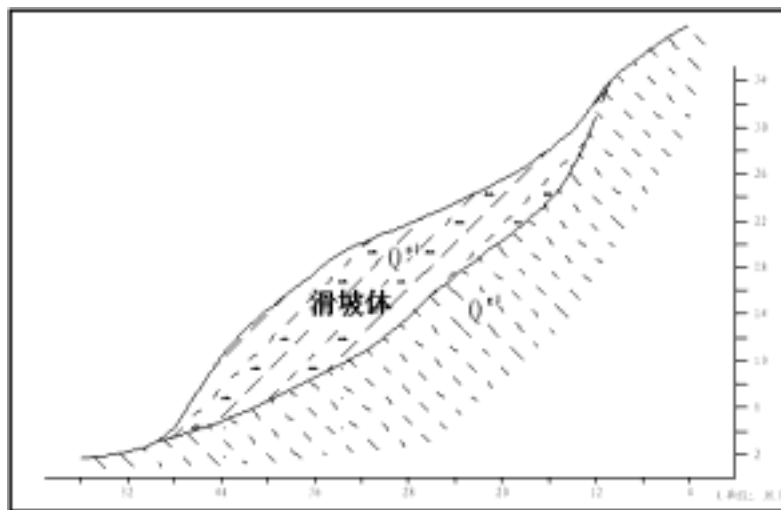


图 3.4 滑坡 HP1 结构示意图

本滑坡仍处于不稳定，输电塔必须避让此滑坡区，潜在危险性中等。

2、滑坡 HP2（照片 35）

位于里程 38.1km 左 150m 处。该崩塌发育在自然坡面上，地势较低，地表植被零乱，由花岗岩残积土层组成，花岗岩残积土厚度大于 5m；崩塌区宽约 25m，长约 30m，高约 15m。

该崩塌仍处于不稳定，距输电塔距离较远，对线路潜在危险性小。

3、滑坡 HP3（照片 36）

位于里程 77.8km 中处。地势较低；为一小型浅层崩塌，人为削坡形成，植被稀疏、零乱，水流冲刷严重。该崩塌由花岗岩残积土层组成，花岗岩残积土厚度大于 8m；崩塌区宽约 20m，高约 15m（图 3.5）。

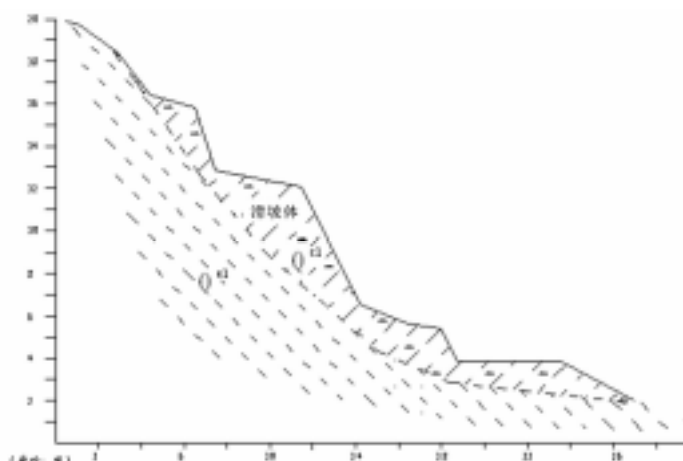


图 3.5 滑坡 HP3 结构示意图

该滑坡尚未稳定。本滑坡规模较小，且发育位置较低，不会选作输电塔位置，故对线路潜在危险性小。

4、滑坡 HP4（照片 37）

位于 89.3km 右 390m 处。为一浅层老滑坡，植被发育，略显零乱。该滑坡由花岗岩残积土层组成，花岗岩残积土厚度大于 10m；滑坡区宽约 110m，高约 20m。

该滑坡基本稳定，距线路输电塔距离远，对线路潜在危险性小。

5、滑坡 HP5（照片 38）

位于里程 97.6km 右 320m。为疑似滑坡体，组成物质为花岗岩坡残积土，规模不大。

目前滑坡体整体处于稳定状态，滑坡体前沿具不稳定迹象。滑坡距输电塔较远，对线路潜在危险性小。

6、滑坡 HP6（照片 39）

位于线路里程 100.8 右 770m。滑坡稳定性差；但滑坡与线路输电塔中间为冲沟相隔，滑坡对线路安全无直接威胁，潜在危险性小。

本章小结

本评估区已发生的地质灾害有水土流失、崩塌和滑坡等三类。水土流失主要集中在里程 12.3 ~ 46.2km 间的瓷砂矿场分布区内，对当地的生态和经济发

展造成严重影响，但不会明显危害拟建输电线路，潜在危险性小；瓷砂矿场采掘面崩塌多属于矿场生产安全问题，输电塔位置易于规避，潜在危险性中等；其他 16 处分散分布的崩塌或远离线路、或规模小易于规避，对输电塔潜在危险性小；6 处滑坡中，其中 HP1 规模较大，且位于初拟的输电塔附近潜在危险性中等，其余 5 处滑坡或因远离线路、或规模小易于规避，潜在危险性小。

第四章 地质灾害危险性预测评估

根据评估区的地质环境条件,结合建设工程特点,预测本线路工程建设可能引发或加剧的主要地质灾害有地基失稳与差异沉降、水土流失和基坑失稳等三类;本线路运营中可能遭受的主要地质灾害有边坡失稳、桩基失稳和地下水腐蚀等三类。

输电线路是由输电导线和输电塔共同组成,以上各类地质灾害对输电线路的威胁是通过危害输电塔而造成的,它们的主要分布规律见表 4.1。

表 4.1 预测地质灾害的分类与分布

序号	地质灾害种类	主要诱发因素	地质灾害类型	主要发生区段
1	工程建设引发或加剧	输电塔大偏心荷载	地基失稳与差异沉降	河谷洼地
2		建塔工程活动	水土流失	丘陵低山区
3			基坑失稳	河谷洼地
4	建设项目可能遭受	各种自然因素	边坡失稳	丘陵、低山区
5			桩基失稳	河谷洼地
6			地下水腐蚀	河谷洼地

第一节 工程建设可能引发或加剧的地质灾害预测

预测本输电线路工程建设可能引发或加剧的地质灾害有地基失稳与差异沉降、基坑失稳和水土流失等三类。

一、地基失稳与差异沉降

因导线拉力不对称以及风力作用,输电塔是一种承受大偏心荷载的构筑物,各塔腿对地基土的作用力是不均匀的,各腿间的地基土很容易出现差异沉降,甚至单侧破坏和倾倒。为此,本节在定量分析典型输电塔的荷载特征后,对软土和非软土两类线路段的地基基础失稳和差异沉降分别进行评估分析。

(一) 输电塔的荷载特征

输电塔基础承受导线、各种附件和自身重量的等垂直荷载同时,还需承受

因导线不对称张力和风力引起的偏心力。对图 1.2 所示的输电塔的基础接地应力分析原理见图 4.1，主要起算技术参数见第二章第二节，分析过程与结果列于表 4.2 中。

分析结果显示，在实际工作条件中，无论是位于线路终端、单侧受拉的耐张塔，还是位于线路中、两侧导线基本对称的直线塔，都有可能出现某侧基础接地应力 p_A 大幅度增加，使地基土出现强烈受压状态，而另一侧 p_B 为却减至负数，处于受拉状态。这就是输电塔基础的最重要荷载特征。

如地基土承载力低于受压侧基础的接地应力 p_A ，地基就会破坏、输电塔就会倾倒。如受压侧与受拉侧的地基土的沉降差超出了允许范围，输电塔就会倾斜。

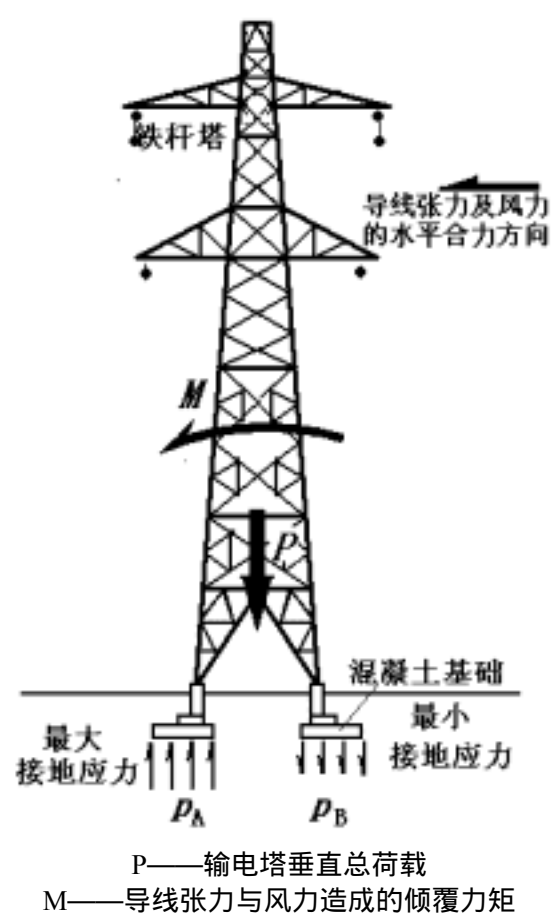


图 4.1 基础接地应力计算原理图

表 4.2 SJ3 型耐张塔荷载与基础接地应力分析表

序号	项目及其符号		单位	数值	计算公式	备注
1	垂直荷载	输电塔自重(F1)	kN	999		
2		混凝土基础附加荷载(F2)	kN	320	$=n \times V \times (\rho - \rho_0)$	4 个 4.0m×4.0m×1m 基础。混凝土容重 $\rho=23\text{kN/m}^3$ ；地基土容重 $\rho_0=18\text{kN/m}^3$
3		导线垂直荷载(F3)	kN	500	$=6 \times fh$	fh 见第 8 项
4		其他附件(F4)	kN	120		绝缘子、地线等
5		合计(P)	kN	1939	$=F_i$	
6	倾覆矩	单导线悬挂极限张力(f_{\max})	kN/线	130		含电力线自重及风荷载
7		导线悬挂角(α)	°	39.9		
8		单导线垂直分力(fh)	kN/线	83.3	$=f_{\max} \times \sin \alpha$	
9		单导线张力及风力的水平合力(f_c)	kN/线	99.7	$=f_{\max} \times \cos \alpha$	
10		导线张力及风力的倾覆矩(M)	kN	23629	$=2 \times f_c \times h_i$	两回路三相 6 线，悬挂高度 h_i 依次为 27.0m、39.5m、52.0m。
12	基础接地应力	最大(p_A)	kPa	81.9	$=(P/4 + M/W/2) / B^2$	塔根宽度 $W=14.3\text{m}$ 单基础宽 $B=4\text{m}$
13		最小(p_B)	kPa	-21.3	$=(P/4 - M/W/2) / B^2$	

(二) 地基失稳

输电塔基础接地应力与不同线路段地基岩土承载力的对比见表 4.3。

表 4.3 不同地貌单元地基岩土承载力与输电塔接地应力对比表

地貌类型	输电塔直接持力层	地基岩土承载力 (kPa)	输电塔基础最大接地应力 (kPa)	地基岩土是否满足要求
河谷洼地	冲洪积粘性土、砂土	80~120	SJ2 型耐张塔： 81.9	基本
	淤泥类软土	100 ~ 200		是
非软土分布区	残积土	200		
	风化岩类	>230		

上述对比显示 ,除了河谷洼地中的局部可能存在的淤泥类软土的地基土承载力较低、安全余量不足外 ,绝大部分的地基土承载力均能满足输电塔的需要 ,并具有充分的安全储备 ,故综合评价本线路的地基失稳潜在危险性小。

(三) 地基差异沉降

输电塔的差异沉降是因为两侧基础分别处于受压和受拉而造成的。地基土抗拉强度极低 ,受拉侧基础的抗力只能由基础上部覆盖土体的重量提供 ,其地基沉降量几乎为零。故此 ,输电塔的差异沉降主要由受压侧地基土的压缩程度制约。

以与线路相交的街北高速公路大兴庄立交桥中的 ZK17 孔为代表 ,分析评估输电塔可能引起的差异沉降。验算模型见图 4.2 ,并假设基础埋深为 2.5m。差异沉降定义以及沉降量法计算方法分别见 4.1 式和 4.2 式。计算深度为淤泥类土层的底面。

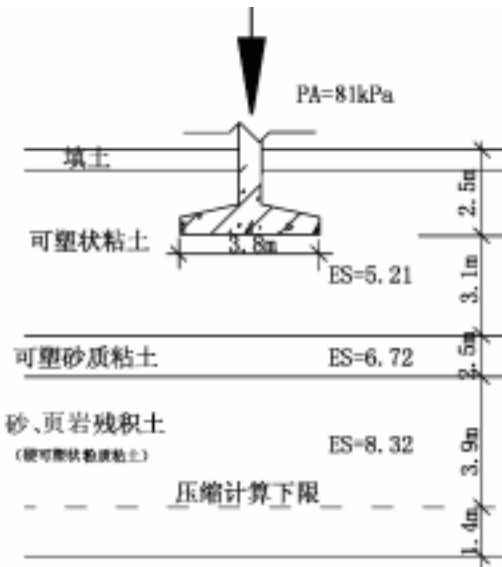


图 4.2 输电塔受压侧地基沉降验算原理图

$$= \sigma / W \tag{4.1 式}$$

$$s = \psi_s S' = \psi_s \sum_{i=1}^n \frac{p_0}{E_{si}} (Z_i \bar{\alpha}_i - Z_{i-1} \bar{\alpha}_{i-1}) \tag{4.2 式}$$

式中： Δ ——输电塔受压侧与受拉侧的相对差异，按《送电线路基础设计技术规范》应小于 1/150。

s — 基础中心点的地基最终沉降量 (mm)；

S' —按分层总和法计算出的地基沉降量 (mm)；

s_s —沉降计算经验系数，按压缩深度内的平均压缩模量 E_s' ，参照规范 (GBJ-89) 表 6.2.5 取值；

n —地基沉降计算深度 Z_n 范围内所划分的土层数；

p_0 —基础底面处的附加压力，即表 4.1 中的最大接地应力 p_A ，为 81kPa；

E_{si} —基础底面下第 i 层土的压缩模量，按图 4.2 取值；

Z_i 、 Z_{i-1} —基础底面至第 i 层和第 $i-1$ 层底面的距离，如图 4.2 所示；

a_i 、 a_{i-1} —基础底面计算点至第 i 层和第 $i-1$ 层底面范围内的平均附加应力系数。假设正方形基础宽度 B 为 3.8m，按规范 (GBJ7-89) 的附录十和应力叠加原理计算。

W ——输电塔根宽度，按图 1.2 取值，为 13.4m。

输电塔的地基差异沉降计算过程与结果见表 4.4。

表 4.4 输电塔受压侧地基沉降验算表

地层	E_{si}	Z_i	Z_i/B	a_i	$Z a - Z a$	S_i'	S'	E_s'	a_i	s	Δ
		0	0	1							
粘土	5.21	3.1	0.8158	0.9358	2.9010	30.6					
砂质粘土	6.72	5.6	1.4737	0.8018	1.5891	13.0					
残积土	8.32	9.5	2.5	0.6158	1.3600	9.00	77.5	6.11	1.09	84.4	169.4

说明：B 为基础宽度 3.8m； S_i' 分为分层压缩量；其他符号意义见式 4.1 说明。

上述分析结果显示：在山间洼地中，以刚度较低的沉积土为持力层的输电塔差异沉降量为 1/ 169.4，小于规范要求的 1/150。考虑到所采用的地基结构模型为最弱剖面，故综合评价本线路的地基不均匀沉降的潜在危险性小。

(四) 地基失稳与差异沉降小结

除了极少量可能埋藏有淤泥类软土的塔位，地基承载力以及变形都能满足输电塔的要求，故综合评定本项目的引起的地基失稳和差异沉降的潜在危险性小，大多输电塔可采用天然地基；对可能埋藏有淤泥类软土的个别塔位，可

采用工程地质勘察或基础验槽方法，予以及时发现和处理。

二、水土流失

在里程 12.3 ~ 46.2km 间，因大量的开采瓷砂活动，植被被大量损坏，造成了严重的水土流失。输电塔施工会进一步损害施工区的脆弱植被，促使水土流失和土壤侵蚀加强，对生态环境和输电塔的长期安全都有不良影响，应予以重视。

对输电线路加剧水土流失的潜在危险性评估分析如下：

1、本线路输电塔共约 1420 个基坑，估算总土石方量为 7 万 m^3 ，每千米线路的土石方量约为 520m^3 ，工程密度很低。故工程建设引起的水土流失与区内现有的水土流失水平相比是十分轻微的；

2、大多输电塔位于分水线或地势相对较高的部位，地面片流量及其冲刷力低，水土流失水平一般要低于其他汇水地段。如考虑到分水线或高处的水土流失上溯发育空间有限，可预测大多塔位的水土流失将以灾害点形式出现，不易发育为危害性大的面积性水土流失；

3、水土流失对输电塔的危害形式是造成基础上覆土体流失或基础悬空，使基础抗拔力下降，引起输电塔歪斜。因水土流失是一种缓变灾害，其发育至危害输电塔安全所需时间很长，故水土流失对输电线路安全的危害程度不高，一般无需采取工程措施预防；对于个别难以规避水土流失影响的塔位，可采用截水沟、截水土坝、增加基础埋深、局部覆盖硬地面等方法治理。

综上所述，输电线路建设会进一步加剧区内的水土流失，对线路安全有一定的危害，但总体发育程度弱、预防和治理方法简单易行，故综合评定本项目建设加剧当地的水土流失的潜在危险性小。

三、基坑失稳

本输电线路长共约 1420 个基坑。这些基坑大多需要人工开挖。基坑开挖深度在 3.0 ~ 4.0m 之间，如考虑到山地、丘陵地面倾斜等因素，基坑实际最大挖深约为 5m，应重视基坑失稳问题。

不同地段、不同地质条件发生的基坑失稳的可能性有较大的差异：

(1)山脊、高地地段，基坑边坡土体以残积土为主，地下水位埋藏较深，基坑边坡稳定性较高，大多不用专门支护；

(2)山间洼地，基坑边坡土体以冲积土为主、地下水埋藏浅，容易出现流泥或管涌，基坑边坡稳定性差，需充分重视。

本项目的基坑均为小型基坑，每座输电塔的基坑工程量仅为 520m^3 以内，工期短；且基坑边坡失稳仅出现在施工阶段，是一种暂时性危害，可采用适当的临时支护措施进行预防；随基坑回填和工程结束，灾害即行消失。故综合判断拟建工程基坑失稳的危害性小，潜在危险性小。

第二节 工程建设可能遭受地质灾害危险性的预测

预测工程建成运行期间可能遭受的地质灾害类型主要有边坡失稳、桩基失稳和地下水腐蚀等三种类型。

一、边坡失稳

本节所述的边坡失稳包括有边坡崩塌和滑坡。本线路输电塔可能遭受的边坡失稳有人工边坡与天然边坡两种类型。现对这两类型边坡的潜在危险性评估分析如下：

(一) 人工边坡

本区的人工边坡绝大部分集中在线路里程 12.3 ~ 46.2km 之间的瓷砂矿场分布区之中，是因瓷砂开采造成的。可预计随清远陶瓷业的生产和发展，该地段的瓷砂开采还可能进一步加剧，瓷砂开采造成的人工边坡将进一步增加，开采范围有可能进一步扩展到广清高速公路与京珠高速公路之间的区段，相应的线路里程为 5.1 ~ 46.8km。

因瓷砂开采活动形成的人工边坡有简易运矿道路边坡和采掘边坡两类。这些边坡的共同特点是边坡岩土体大多是花岗岩类风化残积土，坡面稳定性的技术标准普遍偏低，仅能满足临时稳定需要，边坡失稳发生。

这些矿场大多没有进行勘探和正式规划设计，或没有按规划设计进行开发。它们现有的投资模式、管理水平、生产力能力以及其他社会经济因素，使得瓷砂开采区中对地质环境和生态环境几乎无任何保护手段，即使是现有稳定的边坡也可能成为潜伏的地质灾害体。

因这些矿场大多没有进行勘探和正式规划设计，或没有按规划设计进行开采，加上行业管理一时难以配套，矿场的终采境界、终采边坡角难以预测和安全保障，对周边的土地资源使用价值造成潜在威胁。

总上述，综合评定线路里程 12.3 ~ 46.2km 之间瓷砂矿场分布区中的人工边坡对本项目的危害性大、潜在危险性大。

（二）天然边坡

评估区中的丘陵、山地平均坡度为 0.37，坡度较缓，地基岩土体的力学性能良好，除了个别地段外，未发现大面积山体滑坡、崩塌的征兆；对局部地形较陡、可能会出现滑坡、崩塌的塔位，可采用规避方法解决，大多无需采取工程措施，故天然边坡失稳对本项目的危害性小、潜在危险性小。

综上述，本区里程 12.3 ~ 46.2km 间的瓷砂采场人工边坡失稳的潜在危险性大，对线路安全危害大，但在每座输电塔定位时，应逐一甄别和落实。天坛边坡的危害性小、潜在危险性小。

三、桩基失稳

为了解决淤泥类软土分布区的地基土强度不足和抵御洪水威胁等工程问题，本线路在跨越流溪河和增江两处可能会采用钻孔桩承重。现对桩基失稳的潜在危险性评估分析如下：

桩基础灾害是一种与工程设计质量和施工质量密切相关的地质灾害，多与设计方案或施工工艺不适应地质条件而引起的。本节将针对评估区具体地质条件，分析可能危害桩基础稳定性的地质因素。

1、风化不均引起桩基失稳

已有钻孔揭露，钻孔桩工程区中的基岩为花岗岩。因受节理发育影响，花

岗岩体中存在风化不均的现象，残积土中夹有大量孤石，全、强风化带中混有中、微风化岩块。这些风化不均现象既给桩基础施工造成较大的困难，也会因误判桩端岩体的风化程度或岩石质量等级，以至桩端持力层无法满足荷载要求，一旦桩基承受荷载后，就可能出现桩基沉降量剧增，甚至破坏。

2、中微风化岩面的局部变化引起桩基失稳

中微风化岩是拟建工程桩基础的最主要持力层。如桩端支撑处的中微风化岩面的倾斜度较大时，在垂直荷载驱动下，桩端将出现水平位移趋势，使桩体会承受额外弯矩；一旦桩周岩土体约束力不足，桩柱就会出现位移和破坏，导致失稳。

3、风化深槽引起桩基失稳

花岗岩风化深度受原岩节理、裂隙密度控制。在节理裂隙相对发育部位，会因风化强烈而出现风化深槽，中微风化岩面埋深陡增。若施工人员不能及时发现这种异常情况，仍以原设计桩长作终桩依据，就会使桩端持力层无法满足荷载要求，造成桩体额外沉降或刺入破坏。

4、桩周岩土体的特殊物理性质引起的桩基失稳

花岗岩残积土是钻孔桩的主要桩周岩土体之一，以下的一些特殊物理性质对桩基稳定性有一定的影响：

- (1)高含砂量容易引起钻孔桩桩端沉渣，桩柱附加沉降增大；
- (2)花岗岩残积土具有一定的膨胀性，较易引起钻孔桩壁坍塌或断桩。

上述各种引起桩基失稳的因素，大多与设计或施工人员对场地工程地质条件认识不清或设计、工艺方案不合理而造成的，易于预防，故评定其潜在的危害性小、危险性小。

三、地下水腐蚀

本次工作仅收集到街北高速公路大兴庄立交桥的地下水腐蚀性资料，其腐蚀性微弱。其他地段尚未有的地下水腐蚀性资料。对评估区地下水腐蚀性的潜在危险性评估如下：

1、本线路大部分位于丘陵、丘陵山区之中，输电塔基础大多位于地下水位以上，地下水的化学成分及其腐蚀性对这些输电塔基础没有直接影响；

2、建筑基础的地下水防腐技术成熟、成本不高，输电塔地下基础易于采用，即使部分地段的地下水有较强的腐蚀性，也易于防止。

综上所述，本评估区地下水腐蚀性对线路工程的危害性小、潜在危险性小。

本章小结

评估区内建设项目可能引发或加剧的地质灾害有地基失稳与差异沉降、水土流失和基坑失稳等三类；建设项目可能遭受的地质灾害有边坡失稳、桩基失稳和地下水腐蚀。其中里程 12.3~46.2km 间瓷砂矿场对线路的潜在危害型大，其危害形式主要为边坡失稳。其余地质灾害的潜在危险性小。

第五章 地质灾害危险性综合分区评估及防治措施

第一节 地质灾害危险性综合评估原则与量化指标的确定

本项目线路长 131.7km，跨越三类地貌单元；建设项目可能引发或遭受的地质灾害有地基失稳与差异沉降、水土流失、基坑失稳，以及边坡失稳、桩基失稳、地下水腐蚀等六种类型。

根据《广东省地质灾害危险性评估实施细则》(试行) 第四十一款的要求，结合本建设项目的具体情况，确定不同危险程度分区的具体标准见表 5-1。

表 5.1 地质灾害危险性分区标准

分区危险性等级	地质环境条件	地质灾害发育强度				地质灾害危害程度			治理难度
		灾种类型	规模	危险性程度	灾害点密度	危害对象	损失程度	社会影响	
危险性大	复杂~中等	地基失稳与差异沉降 水土流失 基坑失稳 边坡失稳 桩基失稳 地下水腐蚀	大~中	大	大~中等	输电塔	可能造成输电塔毁灭性破坏或极大破坏	灾发后可能造成的经济损失大，社会影响大	治理难度大，投入及修复成本高
危险性中等	中等~简单		中~小	中~小	中等~小		可能对输电塔造成较大破坏。	灾发后可能造成的经济损失中等，社会影响中等	治理难度中等，投入及修复成本较高
危险性小	简单		小	小	小		可能引起输电塔轻微倾斜	灾发后可能造成的经济损失小，社会影响小	较易治理或不需治理，修复成本不高

在危险性分区标准中，主要的评价要素主要有：

- 1、危险性分区内的地质环境条件，主要地形地貌、工程地质水文地质条件。另外还有气象水文、区域地质构造、人类工程活动强度和对地质环境的影响程度；
- 2、危险性分区内的地质灾害的类型、规模、危险性等级和发育强度；
- 3、危险性分区内地质灾害的危害程度，包括有危害对象、损失程度和社会影响；
- 4、地质灾害预防或治理的难度和修复成本。

当区内存在几种不同地质灾害且危险性大小不同时 ,危险性分区级别就高

不就低。

第二节 地质灾害危险性综合分区评估

据表 5-1 标准，将评估区划分为危险性大和危险性小两类共 3 个分区（表 5.2），其中危险性大分区 1 个、危险性小分区 2 个。

表 5.2 地质灾害危险性分区一览表

危险性分区号	主线路里程位置（km）			占主线路比例（%）	地貌类型	工程地质类型	危险等级	主要地质灾害
	起	止	长度					
III-1	0	5.0	2.3	3.8	丘陵	花岗岩、残积土裸露区；天然山体稳定性普遍较好。	小	
I	5.0	46.9	41.9	31.8	低山、丘陵区	花岗岩、残积土裸露区；瓷砂采场潜在扩展范围	大	边坡失稳
III-2	46.9	131.7	84.8	64.4	低山、丘陵区	低山、丘陵区为基岩、残积土裸露区；天然山体稳定性普遍较好	小	
					河谷洼地	河谷洼地为冲积砂土分布区。		

以下对各危险性分区的地质环境条件和各类地质灾害危险性逐一进行综合评估分析。

一、地质灾害危险性大区

危险性大区的线路里程为 5.0～46.9km，包括了瓷砂开采活动进一步拓展的范围，长度为 41.9km，占线路总长的 31.8%。地貌为低山、丘陵区，坡度较陡，地形地貌条件中等。

基岩为花岗岩类，上部普遍覆盖有厚 8～15m 的硬塑—坚硬状残积土，承载力较高；天然山体斜坡稳定性一般较高，但瓷砂开采所造成的各类边坡稳定性普遍不足，工程地质条件中等。主要含水层为块状岩石裂隙含水层，水文地质条件简单。本区中瓷砂开采活动十分强烈，造成严重的水土流失和采掘面边坡失稳，对地质环境和生态环境破坏严重。

本区已发生的地质灾害有水土流失、崩塌和滑坡三类。水土流失和崩塌主

要是因开采瓷砂引起的。水土流失对地质环境和生态环境造成了严重影响，但对输电线路潜在危险性小；瓷砂矿场边坡对线路安全有明显的危害，潜在危险性中等。另外还有 6 处崩塌和 2 处滑坡，其中 HP1 为中型浅层滑坡，对线路安全有明显的危害，潜在危险性中等；其余零星崩塌、滑坡灾害点的对线路的潜在危险性小。

预测本区的可能发生的地质灾害有地基失稳与差异沉降、水土流失、边坡失稳等三种类型。其中因瓷砂开采及其修筑简易道路形成的人工边坡具有稳定性底、不易监控的特点，对线路安全的危害性大，危险性大；其余地质灾害的危害性小、潜在危险性小。

二、地质灾害危险性小区

危险性小区的总线路长度为 89.8km，占线路总长的 68.2%。根据各地段的特征和分布连续性，可划分为 2 个亚区。

1、地质灾害危险性小（III-1）分区

本危险分区位于线路里程 0 ~ 5.0km，线路长 5.0km，占线路总长的 3.8%。地貌为丘陵。

本分区中风化花岗岩或残积土裸露。残积土厚度 4~15m，山体稳定性普遍较高，工程地质条件简单。主要含水层为块状基岩裂隙含水带，水文地质条件简单。

本区未发现明显的地质灾害迹象。

预测本区的可能已发生的地质灾害有地基失稳与差异沉降、水土流失、基坑失稳、地下水腐蚀等四类。各类地质灾害的潜在危险性小。

2、地质灾害危险性小（III-2）分区

本危险分区位于主线路里程 46.9 ~ 131.7km，占线路总长的 64.4%。地貌为相间的低山、丘陵和河谷洼地，地形地貌条件复杂。

本分区除了河谷洼地中有少量的冲积层外，残积土或风化岩广泛裸露。残坡积土的厚度一般为 5~15m，山体稳定性普遍较高，工程地质条件简单；主要

的含水层为基岩风化裂隙含水带，埋深较大，水文地质条件简单。

本区已发生地质灾害有崩塌 10 处、滑坡 4 处。已造成的损失小，对拟建线路的潜在危险性小。

预测本区的可能发生的地质灾害有地基失稳与差异沉降、水土流失、基坑失稳、边坡失稳、桩基失稳与地下水腐蚀等六类。各类地质灾害潜在危险性小。

第三节 建设场地适宜性评估

一、建设场地适宜性分级标准

参照《广东省地质灾害危险性评估实施细则》（试行）中建设用地适宜性分级原则，制定本项目的建设场地适宜性分级标准如表 5-3。

表 5-3 建设用地适宜性分级标准表

建设用地适宜性等级	分析项目			
	地质环境条件复杂程度	工程建设引发、加剧地质灾害	工程建设遭受地质灾害危害	预防治理难度
适宜	对拟建项目不良影响小	引发可能性小 危险性小	遭受可能性小 危险性小	简易处理 处理费用少
基本适宜	对拟建项目不良影响较多	引发可能性中等 危险性中等	遭受可能性中等 危险性中等	常规防治技术 处理费用中等
适宜性差	对拟建项目不良影响严重	引发可能性大 危险性大	遭受可能性大 危险性大	技术难度高 处理费用高昂

二、建设场地适宜性评估分析

本节对建设项目主要工程特点作出概括后，据表 5-3 标准，进一步对拟建用地的地质环境条件、工程可能诱发和可能遭受的地质灾害，以及地质灾害预防治理难度逐一进行评估分析。

（一）建设项目主要工程特点

1、本输电线路总长度 131.7km，用地面积约为 99300m²。输电线路是由输电导线和输电塔共同组成，各类地质灾害对输电线路的威胁是通过危害输电塔而造成的，

2、输电塔是一种高耸、大偏心、轻荷载的构筑物，对地基承载力要求不高、荷载影响深度小；

3、输电塔的地下工程量比例小，对地质环境总体影响程度小。

（二）地质环境条件复杂程度

本线路跨越三个地质地貌单元，地形较复杂。除了流溪河、增江跨越处可能局部埋藏有淤泥类软土透镜体外，其余路的塔位岩土体均能满足输电塔需要。

地质环境对拟建项目主要的不良影响有：瓷砂矿场边坡隐伏不稳定边坡。

综合评定规划拟建用地的地质环境条件复杂程度为复杂。

（三）建设项目引发或加剧地质灾害的可能性和危险性

工程建设可能引发的地质灾害主要有地基失稳与差异沉降、水土流失与基坑失稳，潜在危险性小。

（四）建设项目遭受地质灾害危害的可能性和危险性

已发地质灾害有水土流失、崩塌和滑坡。其中里程 12.3 ~ 46.2km 间的瓷砂开采区的边坡对拟建项目的潜在危险性中等。

建设项目可能遭受的地质灾害有边坡失稳、桩基失稳和地下水腐蚀等三类。其中里程 5.0 ~ 46.9km 间的瓷砂开采区边坡失稳的潜在危险性大；其余地质灾害对输电线路的潜在危险性小。

（五）地质灾害防治难度

本评估区的各种地质灾害的防治难度分析见表 5-3，综合评定拟建区的地质灾害防治难度为中等。

表 5-3 各种地质灾害的防治难度评估分析表

地质灾害类型	主要发育位置	主要防治工程技术措施	防治技术等级	防治费用水平
地基失稳与差异沉降	流溪河、增江跨越处可能存在的软土	对跨越塔位进行专项工程地质勘探，查清软土分布；如有软土，可采用桩基础承重。	常规	中等
水土流失	丘陵区	严格进行竣工复绿；不利地段采用截水墙、排水沟等水工措施防止流水冲刷	简单	低
基坑失稳	河谷洼地	适当加大基坑开口尺寸，放缓基坑边坡坡度；采用适当的防渗支护措施。	简单	低

桩基失稳	钻孔桩工程区	加强对地质资料的分析研究，提高设计质量和施工质量。	常规	低
边坡失稳	瓷砂开采区	1、规避瓷砂矿场的法定采矿范围，保证输电线路与法定终采境界的安全距离。 2、规避现有瓷砂矿场及其道路边坡的影响范围。 3、无法规避时，应视情况采取工程措施： (1) 采用预应力锚定系统加固潜在危险边坡； (2) 输电塔可采用桩基础预抗剪。 4、建立安全标志，预防在安全区中进行不合理的或非法的挖掘。 5、加强线路巡查，及时发现和禁止对输电塔安全有威胁的挖掘作业。	简单	低
地下水腐蚀	滨海区、山间洼地	提高地下混凝土密度。 增加地下钢结构件的腐蚀裕量或进行防腐涂装。	简单	低

说明：防治技术等级：常规等级是指本类项目普遍遇到的、技术成熟、已有规范规程、可由该项目的专业队伍实施的工程技术。简单等级是指技术简单、无需专用设备和专业队伍施工的工程技术。

三、建设场地适宜性评估结论

综合本节所述，工程建设场地的地质环境复杂程度为复杂、建设项目引发或遭受地质灾害的危险性为中等，地质灾害防治难度为中等。规划拟建用地基本适宜作为花都—博罗 500kV 送电线路的建设用地。

第四节 防治措施

我国《地质灾害防治条例》第二十四条规定，“对经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，应当配套建设用地地质灾害治理工程”。为防止地质灾害的发生，避免和减少地质灾害对输电线路的破坏，确保输电线路的顺利建设过程和正常使用，应坚持以预防为主、避让与治理相结合、全面规划、突出重点的原则，采取有效合理的地质灾害预防措施。

针对评估区各类地质灾害体的危险程度、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，建议有针对性地采取预防和治理措施。

一、地基失稳与差异沉降

流溪河洼地及增江洼地是淤泥类软土的可能分布区,地基土的强度与变形性能不能完全满足输电塔的需要,存在地基失稳与差异沉降的威胁,因此建议:

- 1、对上述两路段的输电塔位进行工程地质勘察,查清塔基岩土体结构;
- 2、根据塔基岩土体的具体结构,采用换填、加固或桩基础承重。

二、水土流失

1、里程 12.3 ~ 46.2km 间的水土流失和土壤侵蚀发育强烈、植被脆弱。瓷砂开采引发水土流失和丘陵山地的天然水土流失对输电塔长期安全和当地生态环境都有一定不良影响,因此建议把塔位复绿和防水土流失正式列入工程建设内容中,并认真加以落实和实施。

2、对输电塔位逐一甄别,对不能避开雨后地表径流的塔位,应布设挡水工程和采取导水措施,避免或减轻山涧水流对输电塔基础的冲刷和掏蚀。挡水工程包括有挡水墙、截水墙、人工植草护坡等;地表水导水措施有截水沟、排水沟等。位于斜坡上的挡水墙、截水墙,应进行稳定性计算。

3、当自然地面坡度大于 0.2 时,应采取防止填土沿坡面滑动的措施。当土堤阻碍地表水或地下水泄流时,应设置泄水设施。泄水能力应根据地形和汇水量设计;并采取有效措施防止水流对土堤的冲刷。

三、基坑失稳

1、河谷洼地中的地下水位浅、基坑土体稳定性较差,须采取一定的防渗、支护措施。根据实际地质条件和工程需要,依次选用沙包压坡、抗剪木桩、档土板桩、地下帷幕等。

- 2、丘陵地带的基坑,可适当加大基坑开挖范围,减缓基坑边坡坡度;

四、边坡失稳

本线路所遭受的边坡失稳威胁有天然边坡和瓷砂开采区之中的采掘面、道路边坡,其中以里程 0 ~ 46.9km 间的瓷砂开采区为主。为此建议:

- 1、全面收集和研究瓷砂矿场的法定采矿范围及其终采境界,保证输电线路与法定终采境界的安全距离。

2、对初定塔位逐一甄别，确保输电塔位于现有的瓷砂矿场及其道路边坡的影响范围之外。

3、当规避确有困难时，对下述地段应选择合适的位置和方式通过：

(1)对规模不大的边坡，经处理后，能确保边坡体稳定的地段，可选择稳妥的工程加固措施。

(2)对规模较大的边坡，输电塔可采用桩基础预抗剪、坡体采用预应力锚定系统加固。

(3)对重点地段应进行现场勘察和工程勘察，明确可能的滑坡范围和滑移面等情况，因地制宜的采取抗滑措施。

4、建立安全标志

在输电塔安全区周边建立安全警示标志，预防在安全区中进行不合理的或非法的挖掘；

5、加强线路巡查，及时发现和禁止对输电塔安全有威胁的挖掘作业。

五、桩基失稳

1、加强地质综合研究工作，准确判断地基岩土体中的孤石、风化深槽、岩面倾斜等不良地质现象，并据此选取合理的设计模型和参数。

2、施工工艺和施工方法应与地基岩土的工程性能和水理性能适应；避免盲目施工。

六、地下水腐蚀

可采取如下的预防措施：

1、提高地下构件的混凝土密实度，例如合理选择水泥品种、骨料、掺合料和外加剂及适宜的配比；合理确定混凝土的工艺，包括配料、用水、拌和及养护等环节。

2、增加地下钢结构的腐蚀裕量，采用抗老化、附着力强、致密度高的防腐涂料。

第五节 防治分区

针对评估区各类地质灾害体的危险程度、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，及灾害预防和治理措施级别，将评估区划分为地质灾害重点防治区和一般防治区两个级别的防治分区。

一、重点防治区

重点防治区为瓷砂开采区，线路里程为 5.0 ~ 46.9km，长度为 31.9km，占线路全长的 31.8%。

本防治区地质灾害预防的重点是瓷砂矿场及其简易道路的边坡失稳，主要预防措施是在进行工程地质勘探基础上，合理选择输电塔位和采用桩基础承重。

二、一般防治区

一般防治区线路总长为 89.9km，占线路总长的 68.2%。

本类防治区地质灾害预防的重点是预防孤石危害，主要预防措施是合理规划孤石下坠路线，以及清除塔基范围内的孤石。

翻越潮南与普宁界山的输电线路段，还应注意山区公路边坡对线路的危害，主要预防措施是保证输电线路与公路边坡之间的安全距离。

二、一般防治区

一般防治区线路总长为 21.3km，占主线路全长的 27.8%。

结论与建议

一、结论

1、广东省外环网花都—博罗 500kV 送电线路工程是珠江三角洲外环网的重要组成部分之一，属较重要的建设项目。拟建线路工程路径花都区、清远市、从化市、增城市、龙门县和博罗县等六县区十一镇，跨越河谷洼地、丘陵和低山三类地貌单元和流溪河、增江和显岗水库等三个主要地表水体，地形地貌条件复杂，地层岩性较多；主要的不良地质环境问题是里程 12.3 ~ 46.2km 间的频繁瓷砂开采活动，及其引起的边坡稳定性和面积性水土流失。地质环境条件属复杂类型。

据《广东省地质灾害危险性评估实施细则》（试行）第二十条规定，综合总目的重要性和地质环境的复杂程度，本次评估等级为一级。本次评估工作的范围为以初步设计审定的线路走廊为中心，向两侧外延 750m，面积为 199.8km²。

2、通过调查发现，评估区内已发地质灾害除了里程 12.3 ~ 46.2km 间瓷砂开采活动其引起采掘面边坡失稳和面积性水土流失外，还有崩塌 16 处、滑坡 6 处。其中瓷砂开采活动对线路输电塔的潜在危害性大、危险性大。其余零星分布的崩塌、滑坡对拟建线路无直接影响，潜在危害性小、危险性小。

3、根据地质环境条件，结合建设工程的类型和规模，预测项目建设可能引发或遭受的地质灾害有地基失稳与差异沉降、水土流失、基坑失稳、边坡失稳、桩基失稳和地下水腐蚀等六种类型。其中 5.0 ~ 46.9km 瓷砂开采区的边坡失稳的潜在危险性大。其余地质灾害的潜在危险性小。

4、综合评估区地质环境条件、建设工程类型及特点、已发和潜在地质灾害的危险性大小，将评估区划分为地质灾害危险性大区和危险性小区。两危险等级区中的线路长度分别为 31.8km 和 89.8km，分别占主线路总长的 31.8%和 68.2%。

5、对评估区内的主要地质灾害的防治进行了初步分析，均为简单、常用

措施。结合防治措施级别,将评估区划分为地质灾害重点防治区和一般防治区。其中重点防护区占主线路总长的 31.8%。评估区基本适宜广东省外环网花都—博罗 500kV 送电线路。

二、建议

1、本项目的部分输电塔已经基本完工,建议对已有塔位抵御地质灾害的可能性以及可靠性逐一进行甄别。对确无法规避的地质灾害应采取可靠、合理的预防加固措施。

2、为保护地质环境,避免和预防线路在建设、运行过程中可能出现的地质灾害,建议在设计和施工过程中,根据可能发生的不同地质灾害类型,采取相应的预防措施。

3、建立地质灾害预警系统,加强线路运行期间的地质灾害监测、预报和治理工作,及时发现各种异常情况,向管理部门报告,并发出预警信息及时进行治疗。

4、本报告引用的工程建设、工程地质的有关参数仅供本报告使用,不能代替规划设计和施工中应进行的专项分析研究工作。