

地质灾害勘查甲级及资质证书编号：442018120307

广州市黄埔军校孙总理纪念碑
地质灾害治理工程勘查报告

广东省工程勘察院

二〇二一年九月

广州市黄埔军校孙总理纪念碑

地质灾害治理工程勘查报告

职 责	姓 名	签 名
项目负责	丁庆峰	
报告编写	韩 笑	
	马 健	
	王晓兵	
审 核	李小破	
技术负责	李小破	
院 长	魏国灵	

广东省工程勘察院

二〇二一年九月



中华人民共和国
地质灾害防治单位资质证书
(副本)

资质类别：勘查

资质等级：甲级

证书编号：442018120307

有效期至：2024年02月01日

单位名称：广东省工程勘察院

单位地址：广州市天河区广州大道北743号

法定代表人：魏国灵

技术负责人：李小破



发证机关：

发证日期：2021年02月02日



目 录

1、序言	1
1.1 任务的由来	1
1.2 工程概况.....	2
1.3 勘察阶段与勘察范围	3
1.4 勘查的目的和内容	3
1.5 勘查的工作依据及资料	4
1.6 勘查方法及工作量	4
2、地质环境条件.....	6
2.1 气象水文.....	6
2.2 地形地貌.....	7
2.3 地层与岩石	8
2.4 地质构造.....	9
2.5 区域地壳稳定性	11
3、边坡工程地质条件	14
3.1 岩土分层及其特征	14
3.2 坡体结构特征	14
3.3 水文地质条件	17
3.4 坡面植被特征	19
3.5 边坡附近建(构)筑物特征.....	19
4、地质灾害类型及特征	20
5、地质灾害防治工程分析和评价	21
5.1 地质灾害危害对象等级及边坡安全等级	21
5.2 地震效应.....	21
5.3 岩土层的工程特性评价	21
5.4 边坡稳定性的影响因素	22
5.5 边坡稳定性计算参数及工况	22
5.6 边坡稳定性评价	23
6、地质灾害治理方案建议	34
6.1 治理工作原则	34
6.2 治理工程方案	34

6.3 检测和监测	35
7、结论与建议.....	36
7.1 结论.....	36
7.2 建议.....	36

附表：

- 1、勘探点一览表（1张）
- 2、地层统计表（1张）
- 3、标贯试验成果统计表（1张）
- 4、土工试验成果统计表（1张）

附图：

- 1、图例
- 2、工程地质平面图（1张）
- 3、工程地质剖面图（6张）
- 4、钻孔柱状图（8张）

附件：

- 1、土工报告（1页）
- 2、土中易溶盐试验分析报告（1页）
- 3、照片（2页）

1、序言

1.1 任务的由来

广州市黄埔军校旧址 1962 年被列为广东省文物保护单位，1988 年 1 月晋升为全国重点文物保护单位。1996 年广州市政府按“原位、原尺度、原面貌”原则重建校本部，使军校旧址恢复昔日风采。1990 年对外开放，2000 年评为广东省首批爱国主义教育基地。孙中山纪念碑建于校园南面八桂山上（图 1-1），始建于民国 17 年（1928 年）11 月，1930 年在纪念碑顶上竖立孙中山铜像，纪念碑身正面刻有“孙总理纪念碑”六个隶体大字，为胡汉民的笔迹。东面刻有孙中山弥留之际呼唤的七字“和平、奋斗、救中国”。碑身背面刻有总理像，是孙中山一生的写照。西面刻有总理训词，后来成为中华民国国歌。



图 1-1 孙总理纪念碑

八桂山北侧边坡表面覆有片石护面墙，与孙中山纪念碑同时修筑，属于重点保护文物，为景区主要景点，由于景区出现挡土墙开裂、坡面隆起、不连续裂缝，存在较为严重的地质灾害隐患，严重影响景区安全，虽经过简单治理，但主要建筑物（纪念碑）及附近坡体、地下防空洞情况并未进行详细地调查和综合治理。

为了后期对该区域进行综合治理，现对该区进行地质灾害勘查，为后期的综合治理项目提供项目依据。

2021 年 7 月，受辛亥革命纪念馆的委托，我院承担了黄埔军校旧址纪念馆孙总理纪念碑山体地质灾害治理项目勘查工作。

1.2 工程概况

勘察区位于广州市黄埔区黄埔军校旧址纪念馆中部，黄埔军校旧址码头南侧，军校路西侧，场地近正方形，地面平整。勘察区位于长洲岛北侧，紧邻珠江，交通较为便利，场地中心经纬度坐标为： $113^{\circ} 25' 45''$ ，北纬 $23^{\circ} 5' 17''$ 。交通位置如图 1-2 所示。

1984 年建立黄埔军校旧址纪念馆，主要纪念建筑有军校正门、中山故居及东征烈士墓等；孙总理纪念碑位于黄埔军校旧址内，建于校园南面八桂山上，纪念碑景区内出现山体挡土墙开裂、坡面隆起、坡顶及周边路面不连续裂缝，存在较为严重的地质灾害隐患，严重影响景区安全。纪念碑景区周长约 300m，总面积为 6434m^2 ，主要由八桂山及山顶孙总理纪念碑、绿化广场组成，坡顶标高约 $22.09\sim 24.10\text{m}$ ，山体高约 14.5m ，山体北面设置有两侧交叉而上的阶梯，将坡体分为上下两级，坡度为 $35^{\circ}\sim 40^{\circ}$ ，阶梯交叉处设有水泥平台，长约 8m ，宽约 3m 。山顶孙总理纪念碑坐南朝北。

勘察边坡位于国家重点文物保护区内，八桂山顶部孙总理纪念碑、平台砌石及八桂山北侧坡面护面片石、坡面石板路皆属于保护文物，在勘察及边坡治理过程中需重点保护，施工结束后需原样修复。

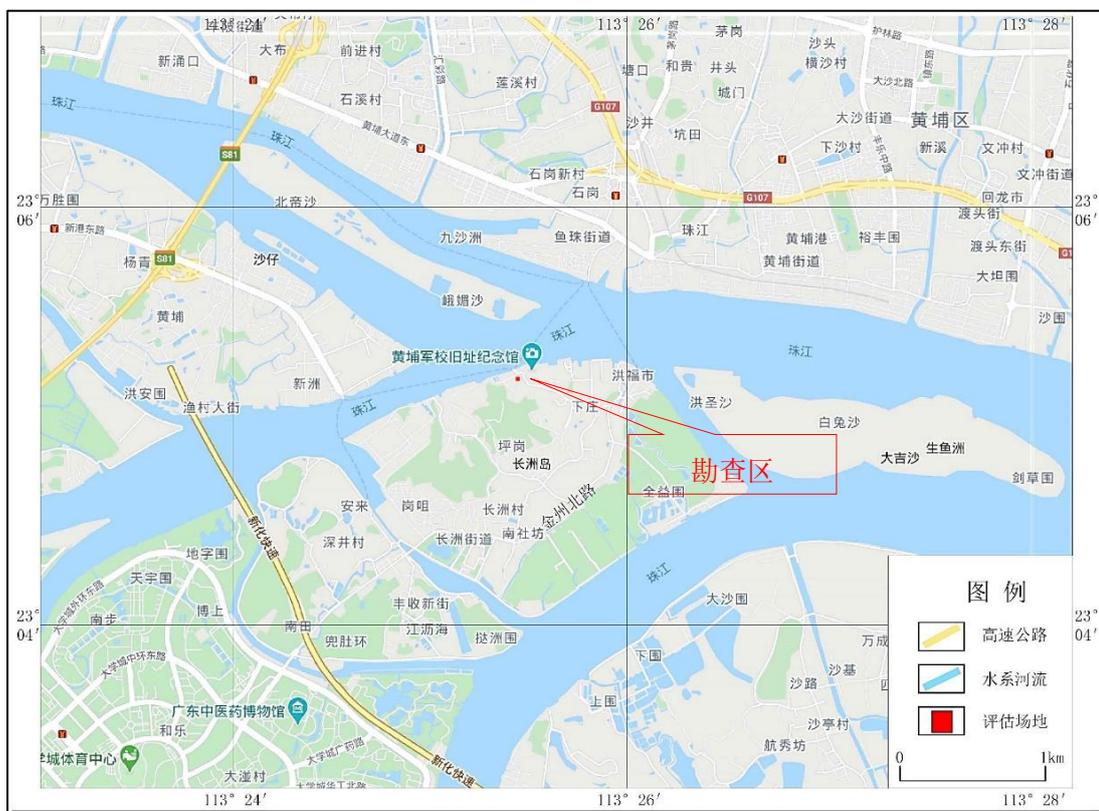


图 1-2 交通位置图（来源百度地图）

场地内绿化广场地面标高为 $7.40\sim 7.57\text{m}$ ，东北侧坡底设有一凉亭，周边区域地势较为

平坦，场地北侧距黄埔军校旧址码头约 40m，码头堤岸为人工修筑浆砌石岸堤，现状岸堤稳定，未见有塌岸现象。

勘察场地北侧、西侧、东侧为军校路，路宽约 6~10m，道路标高为 7.35~10.58m，勘察区位于黄埔军校旧址景区内，北侧为黄埔军校旧址码头、孙总理纪念馆、俱乐部及游客中心，东北侧为黄埔军校校本部，南侧、东侧为景区建筑物。

孙总理纪念碑景区地下设有防空洞，防空洞横贯景区，在坡体东部、西部、南部原设有三个出入口，洞内结构较复杂，我院通过场地测量工作探明地下防空洞基本范围，防空洞修筑年代不详，埋深约 12~14m，洞高约 1.5~1.7m，洞径约 0.8~2.0m，防空洞洞口部分采用砖砌块衬砌支护，内部洞室为原状土墙。

此处地质灾害点主要由素植土和强风化花岗混合岩构成，目前早期地面裂缝已简单填补，北侧坡面设有砌石防护装饰，无其他支护措施。

1.3 勘察阶段与勘察范围

根据《滑坡防治工程勘察规范》（GB/T 32864-2016）的规定并结合此次应急抢险的要求，本次为详细勘察阶段。

勘察范围根据委托方要求、地质灾害隐患点范围并结合边坡的地质环境条件综合确定，并主要考虑致灾因素研究和已有地质灾害特征等因素，地质灾害点分别向四周各扩展 50m 作为勘察范围。

1.4 勘察的目的和内容

本次勘察目的主要有：

- 1、调查勘察区所在区域的地质环境条件；
- 2、查明勘察区坡体地层结构及其物理力学性质，地质构造特征及地下水类型、径流、腐蚀性等；
- 3、查明地质灾害的范围、规模、成因及其危害性，对其稳定性进行评价；
- 4、根据勘察区内边坡及周边环境划分安全等级，确定地质灾害影响范围；
- 5、根据坡体的稳定性以及已发地质灾害的特征和危害程度提出相应的防治方案。

针对勘察目的，本次勘察的主要内容为：

- 1、调查、收集区域地质环境条件资料，了解区域地质、气象水文、地形地貌、水文地质条件以及区域稳定性等地质环境条件；

- 2、调查坡体岩土类型、成因、厚度及工程性质；
- 3、调查和分析不良地质现象的范围、性质、成因及其不良影响；
- 4、调查邻近构（建）筑物的结构类型、基础形式和埋深等。

1.5 勘查的工作依据及资料

本次勘查工作依据的规范、技术标准及重要文件有：

1. 《滑坡防治工程勘查规范》（GB/T 32864-2016）；
2. 《岩土工程勘察规范》（GB 50021-2001）（2009年版）；
3. 《滑坡防治工程设计与施工技术规范》（DZ/T 0219-2006）；
4. 《崩塌、滑坡、泥石流监测规范》（DZ/T0221-2006）；
5. 《建筑边坡工程技术规范》（GB 50330-2013）；
6. 《建筑地基基础设计规范》（GB 50007-2011）；
7. 《建筑地基基础设计规范》（DBJ 15-31-2016）广东省标准；
8. 《建筑工程地质勘探与取样技术规程》（JGJ/T 87-2012）；
9. 《建筑抗震设计规范》（GB 50011-2010）（2016版）；
10. 《中国地震动参数区划图》（GB 18306-2015）；
11. 《土工试验方法标准》（GB/J 50123-2019）；
12. 《工程岩体试验方法标准》（GB/T 50266-2013）。

主要参考资料有：

- 1、广东省地质调查院，《1：25万广州市幅地质图》，2002年；
- 2、《工程地质手册》编委会，《工程地质手册》（第五版），2018年4月；

1.6 勘查方法及工作量

本次勘查主要采用地质测绘、钻探为主，辅以室内试验，同时收集整理现有地质资料。

1、地质图测绘及孔位测放

本次勘查工作是按照《滑坡防治工程勘查规范》（GB/T 32864-2016）及相关规范中的要求完成。工作首先进行了勘查区地形图测量，测量精度为1：500，之后进行1：500工程地质测绘、地质灾害调查以及钻探、室内试验和边坡纵剖面地形测量等工作，对勘查区进行了较详细全面的地质工作，并编制综合的勘查报告及图件，地质灾害点的测绘面积28614m²。

勘查区地形图测量均采用坐标系为国家 2000 坐标系，高程为黄海高程系。

2、地质测绘

野外调查主要是在勘查区内采用追踪法和路线穿越法调查，调查时主要是对重要地质点及地质灾害点进行现场鉴定、描述和测量。观测点点位主要结合微地形采用皮尺、罗盘等测量方法确定，并对典型地质灾害或地质现象进行拍照，着重查明场地岩性、风化程度及有无影响建筑边坡开挖稳定性的结构面和软弱夹层，以及岩体卸荷情况。

3、钻探

钻探采用 NY-Q50 型地质钻机，开孔孔径不小于 $\Phi 126$ ，终孔孔径不小于 $\Phi 110$ ，钻孔采用泥浆护壁钻进，取样后及时封样、送样。地下水位观测采用国产 GDS-50 型水位仪，稳定地下水位观测在钻孔终孔 24h 之后进行，测量水位后及时采用粘性土或水泥浆进行封孔。本次各项勘查工作均参照现行规范进行，工作质量良好，达到详细勘查阶段的要求。

本次勘查共布钻孔 8 个，发生崩塌/滑坡的边坡一般在坡顶及坡脚布置钻孔。由于普遍坡体较陡，坡体中间一般没有布置钻孔（条件具备时，适当布孔），钻孔深度一般要求进入强风化层 3~5m；岩、土样、水样及土中易溶盐样由我院实验室完成。

我院于 2021 年 8 月 3 日全面开展工作。首先对现场进行踏勘，制订了详细的工作大纲，并确定勘查工作的范围、勘查方法及手段，之后进行地形测量、工程地质测绘、钻探和地质灾害综合调查工作。至 2021 年 8 月 30 日完成了全部野外工作，完成的工作量见下表 1.1：

表 1-1 本次勘查完成工作量一览表

工作内容	完成工作量	
	单位	数量
收集（区域资料）	份	1
1: 500 地质测绘	m ²	28614
钻孔测放	个	8
钻孔	个/m	8/47.50m
工程地质调查	m ³	28614
水文地质调查	m ³	28614
水位观测	次	2
标准贯入试验	个	8
土样试验	组	8
岩样试验	组	0
易溶盐分析实验	组	2
水样分析实验	组	2
数码照片	张	75

勘探点成果统计见附表 1。

2、地质环境条件

2.1 气象水文

1、气象

广州市黄埔区属亚热带季风气候区，春季温暖湿润，降雨较多；夏季高温潮湿，雨期较长，雷雨、暴雨频繁；秋季凉爽，雨量明显减少；冬季严寒期短，无冰雪天气。



图 2-1 广州地区年降雨量等值线图

据广州市气象局1952~2020年气象统计数据，广州市年平均温度 21.8°C ，7月平均气温 28.2°C 。极端最高温度 38.6°C （2005年7月18日），1月平均温度 13.3°C ，极端最低温度 -0.4°C （1967年1月），全年无霜期达346天。年平均降雨量1650毫米，4~9月为雨季，雨季明显，降水丰沛，降水量占年降水量的82%，日最大降雨量为485.6mm(2010年5月7日)。年内暴雨较集中在5~9月份，平均每月约有一次暴雨发生，相应洪水期亦发生在此时段内。年平均蒸发量约1400~1600mm，年平均相对湿度为79%。每年雾日为5天，历年最长雾天

数为12天（1975年），每年1~4月为雾季，占全年的70%，7~8月份一般无雾。

广州市风向季节性变化比较显著，从春季至初秋盛行偏南风，夏季平均风速1.86m/s，秋季至冬末盛行偏北或偏东风，冬季平均风速2.07m/s，年平均风速2.1m/s，最大风速35.4m/s（1964年6月6日，风向NE）。项目所在地受台风影响，5~11月为台风季节，1964年5月28日，中心最大风力为10级，2005年9月9日出现大风暴潮，中心风力达12级以上。根据1960~2019年的台风资料统计，本区12级台风发生过3次，风速达32~36m/s。台风期间常带来大风和暴雨，故工程施工过程及项目运营期间可能遭受台风暴雨的影响和破坏。

2、水文

勘察区及周边地表水较为发育，场地北侧为黄埔军校旧址码头，紧邻珠江，岸边为人工修筑浆砌石岸堤，现状岸堤稳定，未见有塌岸现象。

珠江受径流和潮流的作用，潮汐为不规则半日潮周期，潮汐日不等现象明显，平均潮涨历时约5小时，落潮历时约7小时，多年平均潮差在2.55~2.95m之间。

据黄埔水文站1957~2019年潮位统计资料分析，珠江黄埔站潮位的特征值如下：

表2-1 黄埔站潮位主要特征值表（潮位：m）

潮位		取样方式	潮位（m）	系列或日期
年最高潮位		多年平均	6.92	1957~2010年
		历史最高	7.38	1993.9.17
年最低潮位		多年平均	3.27	1957~2010年
		历史最低	3.07	1968.8.21
年平均潮位		高潮平均	5.72	1957~2010年
		低潮平均	4.11	
		日潮位（高、低潮）平均	4.99	
潮差（m）	涨潮	多年平均	2.55	1957~2010年
		历史最大	3.38	1968.8.22
	落潮	多年平均	2.95	1957~2010年
		历史最大	3.19	1968.8.21

综合评价，勘察区内场地地面标高7.5m，高于附近河流最高洪水位7.38m，场地设计标高高于附近河流最高洪水位，因此啊场地遭受洪涝灾害影响较小，水文条件对场地建设影响较小。

2.2 地形地貌

勘察区地貌类型主要为海陆交互相沉积平原区，区内现状地面标高在 7.31~24.10m

之间，八桂山坡体北侧高约 14.5m，坡度为 35°~40°，坡体主要为土质边坡，北面表面有砖砌石装饰，南面、东面、西面多被植被覆盖，底部设有砖砌石挡墙，挡墙使用正常，防空洞出口附近可见少数裂缝，未见明显的破坏现象。坡体周边地势起伏，人类工程活动复杂，场地周围为道路、操场、纪念馆、码头、军事区及珠江。

2.3 地层与岩石

根据 1: 25 万广州幅地质图（图 2-2），勘查区域上出露的地层主要有：元古代云开岩群混合岩（PtY）和第四系（Q₄）。各岩土层的主要特征分述如下：

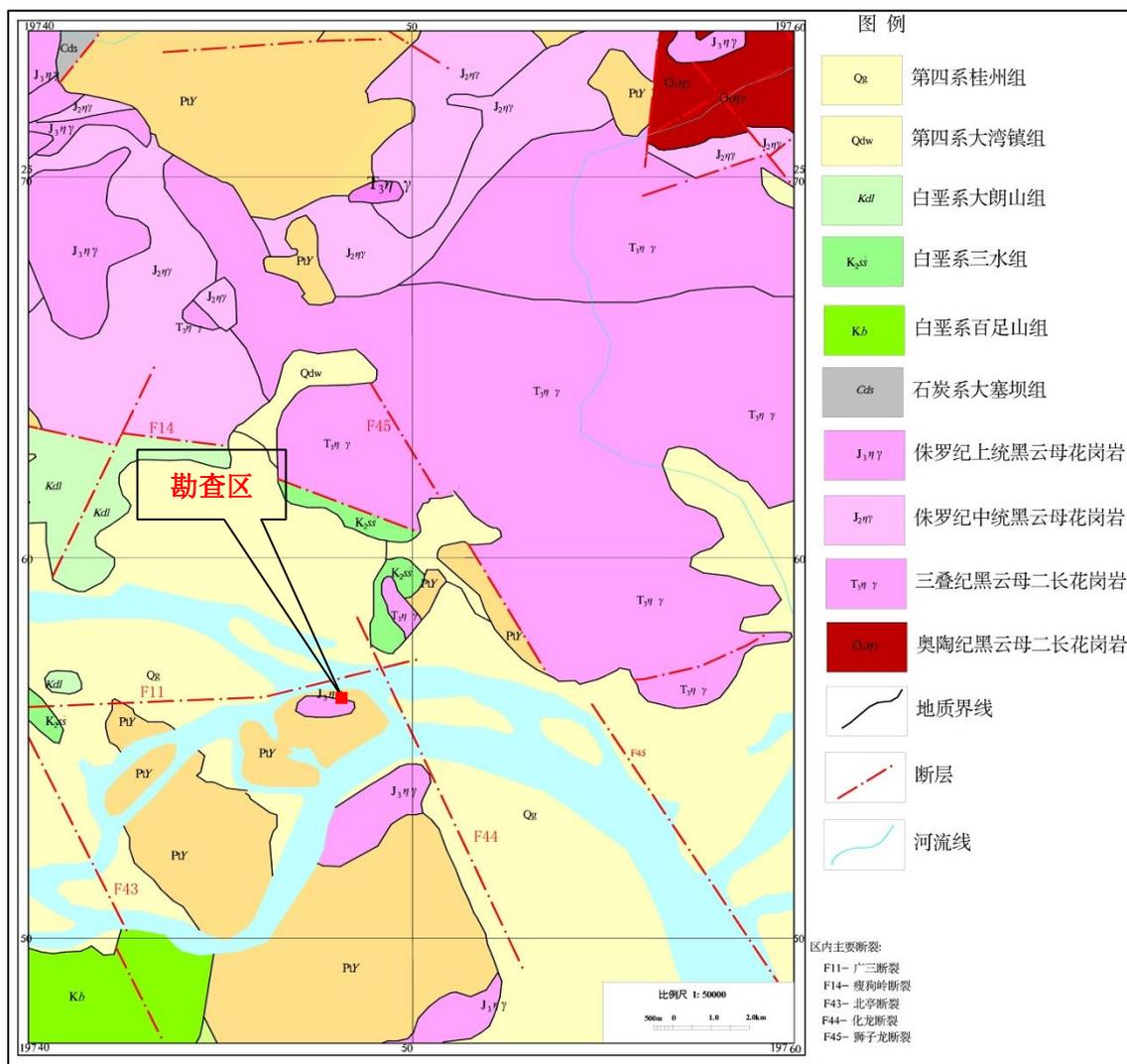


图 2-2 区域地质图（据 1: 25 万广州幅地质图）

1、元古代云开岩群（PtY）

出露于广州白云山、黄埔港南面和北面一带。分布于勘查区周围，为勘查区主要地层。主要岩性为片岩、片麻岩、石英岩、变质岩、变质砂岩及粉砂岩，偶夹砂质板岩等。该地

层变质变形复杂，同时由于风化强烈，各处露头孤立，加上受多期次的构造岩浆作用的影响，底顶界线不清，上下关系不明，呈无序状态。区域厚度 $>720\text{m}$ 。

2、第四系 (Q)

(1) 大湾组 (Q_{dw})：主要分布于小流域及丘间谷地，土性主要为灰褐、褐黄色，含砂、砾粉质粘土，区域厚度 $1\sim 10\text{m}$ 。

(2) 桂洲组 (Q_{hg})：主要分布于珠江流域冲积平原，土性主要为深灰、灰黄、灰褐色淤泥、粉砂质淤泥、粉砂质粘土、砂质粘土及细砂层，区域厚度 $1\sim 38\text{m}$ 。

2.4 地质构造

广州市位于华南褶皱系（一级单元），粤北、粤东北—粤中拗陷（三级单元）的中部，为晚古生代至中三叠世的拗陷。印支运动使晚古生代地层发生过渡型褶皱，并发育了走向断裂。构造线方向以北东向为主，两者常常联合在一起，形成“S”形弯曲。中、新生代以断陷盆地发育为特征，并追循深、大断裂带分布。广从、瘦狗岭、广三断裂是本区构造的基本骨架，主要以广从断裂和瘦狗岭断裂为界线分成四个构造区：增城凸起，广花凹陷，东莞盆地，三水断陷盆地。

区域上距离勘查区较近的断裂主要有：近东西向的广三断裂（F11）和瘦狗岭断裂（F14），北西向的北亭断裂（F43）、化龙断裂（F44）和文冲断裂（F45），详见图 2-2。

1、近东西向断裂

(1) 广三断裂 (F11)

广三断裂西起三水、经佛山、南海延入广州，呈舒缓波状东西向延展，以压扭性为主，沿断裂常见硅化破碎带和强糜棱岩化带。走向近东西（ $SE90\sim 100^\circ$ ），倾向北，倾角 $50\sim 85^\circ$ 。它控制了东莞盆地的北界使得盆地两翼下降不平衡，沉积中心北移；三水盆地则北盘西错，南盘东移。

广三断裂的晚近活动表现在它控制了珠江的部分河段和雅瑶水道的流向，断裂两盘的地貌差异也较大，第四纪沉积物厚度不同，该断裂在中更新世期间有过活动，与广从断裂交汇处也常有地震发生。

广三断裂近期的活动主要表现为：沿断裂出现热矿泉，且热矿泉水的水温由西南向东北有递增的趋势；地震活动频繁，震中主要分布在断裂通过处的广州北郊、佛山市南东，南海罗村等地；水准测量表明断裂两盘有活动，北段南东盘上升，为相对抬升区；北西盘下降，为沉降区，十年内相对升降达 40mm ，平均 3.6mm/a ，为继承性活动断裂。

该断裂位于勘查场地北侧，距勘查区约 400m。

(2) 瘦狗岭断裂 (F14)

瘦狗岭断裂总体走向 SE90~110°，东起黄埔，往西经东圃、五山，沿广州北侧的瘦狗岭一带发育，呈近东西向展布，局部略有偏转呈南东东或北西西向，是广州断陷北缘边界，倾向南，局部南南东或南南西，倾角 50~85°，切割古生界、下侏罗统及燕山期花岗岩类。构造岩以硅化岩为主，其次为硅化构造角砾岩和硅化碎裂岩，构造岩带宽一般十至几十米，属张性正断层，断裂北盘继续相对上升，南盘相对下降。在该断裂附近历史时期发生过多 4 级左右地震，主要活动地点分布在三元里和庙头一带；1982~20053 年在广州师范学院附近和黄埔庙头出现过 5 次 0.6~2.0 级地震。

断层物质热释光测年研究表明，最近 1 次强烈活动发生在距今 312 ± 0123 万年；形变测量和断层汞气异常测量结果证实，瘦狗岭断裂现今仍有一定程度的活动。

该断裂位于勘查场地西北侧，距勘查区约 8.0km。

2、北西向断裂

(1) 北亭断裂 (F43)

北亭断裂东南段为广州断陷与化龙断裂分界线，北西段斜切天河向斜西南部。断层走向 325~330°，倾向 SW，倾角 50~70°，下盘为下古生界 (Pz₁) 混合花岗岩，上盘为白垩系下统白鹤洞组 (K_{1b}) 碎屑岩，为两种岩体的分界线。此区域性结构控制了区内的第四系土层的分布，东部剥蚀残丘地段以坡积残积土为主，西部地段近期沉积物以陆相冲积成因为主，厚约十几米。该断裂现今活动性比较微弱。

该断裂位于勘查场地西南侧，距勘查区约 7.5km。

(2) 化龙断裂 (F44)

化龙断裂北起黄埔吉山附近，越过珠江水道，南止于黄阁，属正断层，基本控制东莞盆地西缘，走向 300~340°，倾向 NE，倾角 60~75°，构造带以硅化为主。断层上盘为白垩系红层，下沉形成盆地，接受第四系沉积，堆积厚层松散堆积物，下盘为震旦系古老混合岩，风化剥蚀多形成残丘。该断裂现今活动性比较微弱。

该断裂位于勘查场地东侧，距勘查区约 1.4km。

(3) 文冲断裂 (F45)

文冲断裂走向 325~335°，倾向 SW，倾角 50~70°，北起自广州黄埔区文冲、文园一带，使燕山期花岗岩与下古生界变质岩系以断层接触，由砾石、压碎岩、硅化岩和石英脉组成，偶有挤压片理化带或透镜体，宽约 5m。断裂南延至东莞虎门沙角，推测可能顺珠江口南伸

入南海。在文冲以北，断裂可能沿文冲北延至狮山一带，地貌上反映为同走向的狭长河谷。本断裂属于珠江口断裂带的东支，它控制着珠江口第四纪地堑的东界，并且成为珠江口主航道基地的深槽。文冲断裂的地震活动性不强烈，仅在断裂北端与瘦狗岭—罗浮山断裂带交汇处在 1045 年和 1746 年先后发生过 $4\frac{1}{2}$ 和 4 级有感地震。断层物质热释光测年结果显示，该断裂最近一次强烈活动发生在距今 18.86 ± 1.12 万年。文冲断裂为非全新活动断裂。

该断裂位于勘查场地东侧，距勘查区约 5.0km。

2.5 区域地壳稳定性

区域地壳经过早期剧烈的构造运动，燕山运动后构造活动开始变弱，自喜山运动以来，构造活动明显减弱。影响地壳稳定性主要有三个方面：1) 活动性断裂；2) 新构造运动；3) 地震。

1、活动性断裂

区域内主要活动性断裂为广三断裂（F11）和瘦狗岭断裂（F14）。

广三断裂近期的活动主要表现为：沿断裂出现热矿泉，且热矿泉水的水温由西南向东北有递增的趋势；地震活动频繁，震中主要分布在断裂通过处的广州北郊、佛山市南东，南海罗村等地；水准测量表明断裂两盘有活动，北段南东盘上升，为相对抬升区；北西盘下降，为沉降区，十年内相对升降达 40mm，平均 3.6mm/a，为继承性活动断裂。但晚更新世以来并无明显活动，最新活动时代为早第四纪。晚第四纪以来，未见地表或近地表的活动迹象。

瘦狗岭主要活动方式为：北盘（下盘）上升，南盘（上盘）下降东移，历史时期沿该断裂发生过一些中、小强度的地震，例如 1372 年 $4\frac{3}{4}$ 级地震和 1999 年 1.7 级地震等，说明瘦狗岭断裂现在仍有一定程度的活动性。

2、新构造运动

据区域地质资料记载，珠江三角洲地区在喜马拉雅构造时期，岩层轻微褶皱形成了上、下第三系地层之间的微不整合面，晚期表现较显著的是玄武岩喷发和伴随断裂复活。总体上该区域的新构造运动具以下特点：

1) 断块差异升降：勘查区数条区域性大断裂将珠江三角洲地区分割成不同的构造块体，并以差异升降为主要活动方式，形成不同的地貌格局。广从断裂以东和瘦狗岭断裂以

北区域为丘陵，属于构造隆起区；瘦狗岭断裂以南为冲积平原，地势平坦开阔，河流平面形态多为弯曲型和游荡型，属于沉降区。

2) 时间差异：全新世以抬升运动为主，晚全新世以沉降运动为主，沉降速率为 2.22~2.95mm/a。

3) 间歇性：广州地区的河流阶地不完整，主要发育一级阶地，阶地高 1.5~2m，阶面平坦；二级阶地高出河面 4~7m，阶面起伏较大，呈残丘状零星分布。

3、地震

根据地震资料，项目所处区域地震强度不大，震级多为 3~4 级，珠江三角洲历史上所遭受地震的最大烈度处于 5~6 度间。区域地震特征主要为频率高、强度小，小震多而大震少，多属微震—弱震，多分布于顺德、番禺、中山、广州和南海一带，主要受广三断裂、沙湾断裂和西江断裂控制。记录最大的区域地震主要有：广州 $4\frac{3}{4}$ 级，佛山 $4\frac{1}{2}$ 级，番禺 $4\frac{1}{2}$ 级，顺德 5.0 级以及中山小榄 5.0 级。

根据《广东省地震构造概论》（广东省地震局，魏柏林，2000 年）和广东省地震构造图集资料，勘查场地位于东北向河源-阳江地震带（ I_4 ）尾部，在历史上地震强度较小，见图 2-3。至今为止，最大地震记录为 5 级，本区域及外围地区历史地震记录见表 2-3。

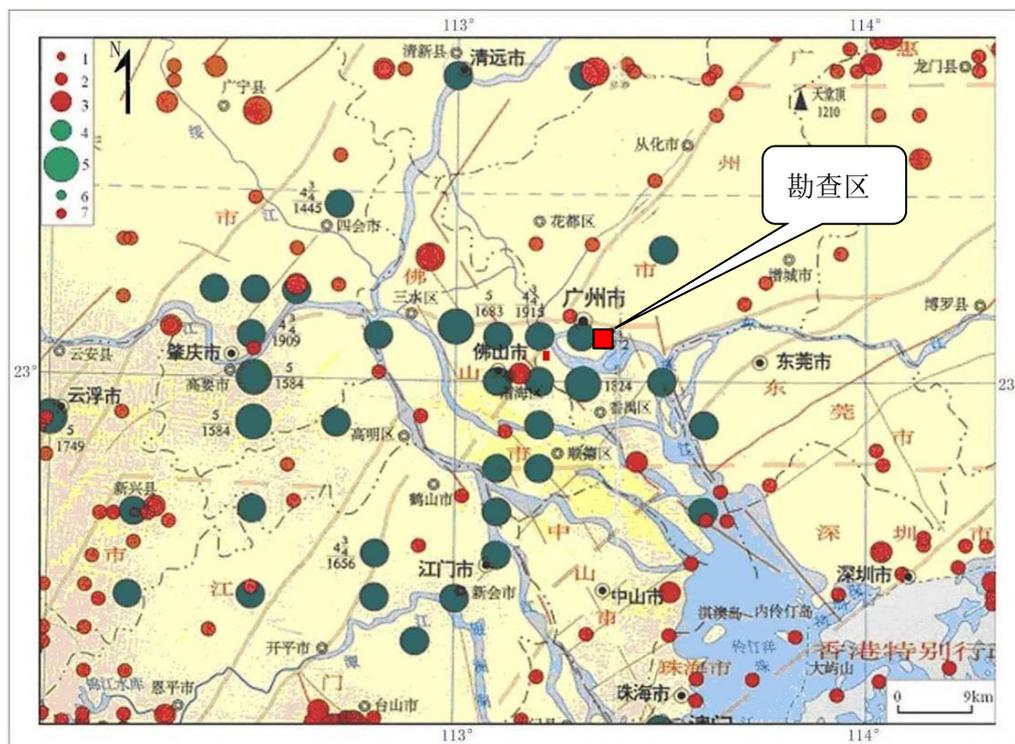


图 2-3 勘查区及外围地震震中分布图

(据广东省地震局《广东省地震构造图集》，2000年)

1-Ms2.0~2.9; 2-Ms3.0~3.9; 3-Ms4.0~4.9; 4-Ms4.0~4.9; 5-Ms5.0~5.9; 6-1970年前地震; 7-1970年后地震

表 2-3 广州市及邻近地区近 100 年地震统计

时间	纬度(°)	经度(°)	地点	震级 M
1915.	23.1	113.2	广州	4 ³ / ₄
1930.09.25	23.1	113.2	广州	3
1930.09.26	23.1	113.2	广州德宣路	3 ¹ / ₂
1931.09.25	23.1	113.2	广州小北、大北	3
1932.06.24	23.1	113.2	广州	3
1932.08.13	23.1	113.2	广州小北	3 ¹ / ₂
1935.04.24	23.0	113.2	广州河南、南华路	3
1937.02.24	23.0	113.2	佛山石湾	3
1946.06.03	23.1	113.2	广州	3
1976.11.20	23.0	113.13	顺德、沙窖	3.3
1982.10.26	23.1	113.25	广州	1.7
1982.10.26	23.1	113.25	广州	2.0
1982.10.27	23.1	113.25	广州	0.6
1982.10.29	23.1	113.25	广州	1.0
2005.05.19	23.1	113.15	广州	0.7
1984.08.23			距广州石榴岗地震台 24km	0.4
1992.05.22			距广州石榴岗地震台 24km	2.1
1993.3.14			广东番禺	2.5
2001.1.24	23	113	从化	0.8
2001.8.6	23	113	花都	0.9
2001.11.6	23	113	广州	1.1
2003.7.14	23	113	从化	3.6
2008.02.11	23.6	113.8	从化	2.5

场地土属中硬土，建筑场地类别属 II 类，根据中华人民共和国国家标准（GB18306-2015）《中国地震动参数区划图》（1/400 万）、《广东省地震烈度区划图》和国标《建筑抗震设计规范》（GB50011-2010）（2016 年版）附录 A 规定，黄埔区抗震设防烈度为 VII 度，设计基本地震加速度值为 0.10g，设计地震分组为第一组，设计特征周期为 0.35s。

3、区域地壳稳定性

勘察区周围的活动断裂对区域地壳稳定性的不利影响相对较小；新构造运动主要表现为断块的差异升降运动，总体上活动强度一般；本区属低震级地震多发区，抗震设防烈度为 VII 度，地震基本烈度为 VII 度，区域地壳稳定性为基本稳定。

3、边坡工程地质条件

3.1 岩土分层及其特征

经现场调查和钻探揭露，勘查区内的岩土层按地质年代、成因类型自上而下主要可划分为第四系素填土（ Q_4^{ml} ）、元古代云开岩群（ P_1Y ）混合岩，各岩土层的分布和特征分述如下：

1、第四系素填土（ Q_4^{ml} ，层号“1”）

该层在全部8个钻孔中均有分布，主要由粉土、黏性土及碎石等组成，杂色，稍湿，松散~稍密，回填时间超过15年。顶面标高7.58~22.05m，揭露厚度0.20~2.30m，平均揭露厚度0.64m。

2、元古代云开岩群强风化混合岩（ P_1Y ，层号“2”）

该层在全部8个钻孔中均有分布，灰黄色，岩石风化强烈，岩芯手可折断，岩芯呈半岩半土状，局部夹中风化岩块。顶面标高5.28~21.85m，顶面埋深0.20~2.30m，揭露厚度1.80~6.10m，平均揭露厚度5.30m。

标贯试验8次，实测击数 $N'=70\sim76$ 击，平均73.1击，标准值为74.5击，修正击数 $N=66.9\sim74.1$ 击，平均70.0击，标准值为68.5击。

该层取土样6组，其主要物理力学性质指标平均值为： $\omega=26.1\%$ ， $e_0=0.789$ ， $I_L=-0.33$ ， $a_{1-2}=0.397\text{MPa}^{-1}$ ， $E_s=4.36\text{MPa}$ ，直接快剪： $C=30.7\text{kPa}$ ， $\varphi=25.5^\circ$ 。

建议地基土承载力特征值 f_{ak} 取550kPa。

3.2 坡体结构特征

1、孙总理纪念碑北侧边坡

根据现场调查和勘查结果，该边坡为土质边坡，坡体岩性由素填土及强风化混合岩组成，坡体宽约20~25m，长约50m，坡度35~40°，最大高差约14.5m，坡面有十字形交叉人行阶梯，阶梯变形开裂严重，台阶向下倾斜约9°，台阶上可见多处裂缝，宽度约0.5~4cm（图3-1），边坡边界出现多出现明显的裂缝，坡面原有砌石防护，坡脚砌石已发生隆起开裂（图3-2）。边坡顶部孙总理纪念碑广场上明显可见两组张拉裂隙，一组为南北向（约335°），长7~10m，宽0.5~2.5cm，间距0.5~2m，一组为东西向（约

245°)，长 3~5m，宽 0.8cm，间距 1.5~4.0m，近纪念碑处裂隙较密（见照片 3-3 和 3-4），受下部边坡变形、上部纪念碑加载及混凝土老化影响，部分已进行简单填充，由于雨水长期冲刷，存在再次开裂可能。



图 3-1



图 3-2



图 3-3



图 3-4

经现场调查，崩塌/滑坡体整体不稳定，对前缘及后缘建筑稳定性造成威胁，坡体覆盖层厚且松散，地质条件差，在雨水长期侵蚀、上部纪念碑压力等作用下不断滑移开裂，目前在原崩塌/滑坡表面阶梯、坡顶纪念碑周围及崩塌/滑坡边缘区域简单填补了部分裂缝，

并未进行支护治理，在雨水长期侵蚀下存在坡体变形加剧，滑坡变形加大的可能性，且坡面距离坡脚建筑物较近，对周边纪念馆、军事区、居民及游客威胁性大。

2、孙总理纪念碑南侧边坡

根据现场调查和勘察结果，该边坡为土质边坡，坡体岩性由素填土及强风化混合岩组成，坡高约 8m，坡度约 70° ，宽约 6m，长约 60m，坡向 SE 150° ，属于小型崩塌/滑坡，坡顶设有直径约 30cm 的 PVC 排水管，排水管周边设有混凝土平台（图 3-5），平台可见少量开裂，坡面植大部分已被清理，表层岩土体存在崩落掉块，呈松散状堆积于坡脚（图 3-6），距坡脚 1~2m 处有联排两层民房。

边坡土体为混合岩风化残坡积土，土质较松散，土体遇水后易软化、崩解，且边坡坡度较陡，无其他防护措施，在强降雨的影响下，地表水下渗边坡土体，使土体自重增加，粘聚力降低，在重力作用下引发崩塌地质灾害。



图 3-5



图 3-6

3、孙总理纪念碑东侧边坡

根据现场调查和勘察结果，该边坡为土质边坡，坡体岩性由素填土及强风化混合岩组成，坡高约 11m，坡度约 35° ，长约 60m，经现场调查未发现现状崩塌/滑坡，坡体底部为地下防空洞出口（图 3-7），底部建有 1~2.5m 高砌石挡土墙表面植被发育，边坡现状下处于基本稳定状态，在强降雨的影响下，地表水下渗边坡土体，使土体自重增加，粘聚力降低，在重力作用下可能引发崩塌地质灾害。

4、孙总理纪念碑西侧边坡

根据现场调查和勘察结果，该边坡为土质边坡，坡体岩性由素填土及强风化混合岩组成，坡高约 10.5m，坡度约 25° ，长约 50m，经现场调查未发现现状崩塌/滑坡，坡体底部存在地下防空洞出口，表面植被发育，边坡现状下处于基本稳定状态，坡脚为军校路，邻近军校管制区运动场。在强降雨的影响下，地表水下渗边坡土体，使土体自重增加，粘

聚力降低，在重力作用下可能引发崩塌地质灾害。



图 3-7



图 3-8

3.3 水文地质条件

勘察区及周边地表水较为发育，场地北侧约 50m 为黄埔军校旧址码头，紧邻珠江。现场调查时未见湿地及泉点等地下水的出露点，有关水文地质条件介绍如下：

1、地下水类型及其补径排条件

区内地下水按赋存介质的差异可分为第四系松散岩类孔隙水和基岩裂隙水。松散岩类孔隙水主要赋存于第四系填土层中，属潜水型孔隙水，富水性贫乏，其补给来源主要为大气降水。由于地形起伏较大且地势相对较高，故其排泄条件较好，主要向坡脚或低洼处渗透排泄，补给区接近排泄区，循环途径短，属浅循环地下水。

基岩裂隙水主要含水层为元古代云开岩群组（PtY）混合岩，其富水性及透水性主要决定于构造条件和风化作用，有明显的不均匀性，裂隙发育地段的富水性较好，反之则较差。根据区域水文地质资料，该岩类的富水性属贫乏-中等，矿化度较低，为承压型淡水。

2、地下水位及其动态变化

现场钻探期间测得钻孔静止水位较浅，埋深 2.50m~2.80m，多存在于风化岩层。因风化层的结构松散，透水性较好，地下水容易向附近河流、沟谷排泄。

本区地下水位的变化与地下水的赋存形式及排泄、补给方式关系密切，由于大气降水

是地下水的主要补给来源，而每年的4~9月为本区的雨季，大气降水丰沛，故该时段水位将明显抬升，甚至可能接近坡面，而在冬季因降水减少地下水位随之下降。根据区域水位地质资料进行分析，勘查区地下水位动态变化一般约1~3m。

3、地层的透水性分类

根据国家标准《岩土工程勘察规范》(GB50021-2001)(2009版)，结合《供水水文地质勘察规范》(GB50027-2001)，并引用《工程地质手册》(第五版)的相关内容等规范标准，根据收集到的水文地质资料和地区经验，各岩土分层的简要水文地质特征、渗透系数建议详见表3-1。

表 3-1 水文地质参数建议值表

地层		建议渗透系数 k (m/d)	渗透性评价
1	素填土	0.8	弱透水
2	强风化混合岩	0.5	弱透水

4、腐蚀性评价

于调查范围内取水样及取地下水位以上土样各2件进行腐蚀性分析，分析结果按《岩土工程勘察规范》(GB50021—2001 [2009年版])有关腐蚀性评价方法及标准判定，场地环境类别为干湿交替作用的II类场地，地层渗透性为B类，土对建筑材料的腐蚀性评价见表3-2。

表 3-2 土对建筑材料的腐蚀性评价一览表

孔号	HCO ₃ ⁻ (mmol/kg土)	Cl ⁻ (mg/kg土)	SO ₄ ²⁻ (mg/kg土)	Mg ²⁺ (mg/kg土)	pH值	土的腐蚀性评价		
						对混凝土结构	对砼结构中的钢筋	对钢结构
ZK3	1.69	21.30	76.84	5.76	7.03	微	微	微
ZK4	1.52	32.66	57.63	16.80	8.40	微	微	微

分析结果判定：土对砼结构有微腐蚀性，对钢筋混凝土结构中的钢筋有微腐蚀性，对钢结构有微腐蚀性。

由于大部分钻孔未出露地下水，且勘查区附近无水污染源，根据土对建筑材料的腐蚀性结果，综合推定地下水对建筑材料的腐蚀性评价如下：水对砼结构有微腐蚀性，对钢筋混凝土结构中的钢筋有微腐蚀性。

对建筑材料的防护，应符合国家标准《工业建筑防腐蚀设计标准》(GB/T 50046)的规定。

3.4 坡面植被特征

北侧边坡坡面覆有砌石，南侧、东侧边坡坡面有灌木、乔木等植被发育，坡顶筑有砌石平台及孙总理纪念碑，南侧坡面植被部分倾倒，近期已被清理。

3.5 边坡附近建(构)筑物特征

距勘察边坡南侧坡脚约 1~2m 处建有 2 层楼高的天然基础砖砌房屋，坡体北侧、西侧、东侧有一水泥道路（军校路）环绕景区，路面宽 6~10m，路边挡墙高约 1~2m，路面及挡墙存在部分开裂，经现场调查，周边建筑物未受崩塌作用影响，仍可使用。

4、地质灾害类型及特征

根据现场勘查，此处地质灾害类型为崩塌/滑坡，本次勘察边坡为土质边坡，坡体岩性由素填土及强风化混合岩组成，坡高 8~14.5m，坡度 35~70°，南侧边坡坡顶及坡面植被发育，主要为杂树、灌木、杂草等，坡顶设有直径约 30cm 的排水管，排水管周边设有混凝土平台及简易喷砼支护，平台可见少量开裂，坡面植大部分已被清理，表层岩土体存在崩落掉块，呈松散状堆积于坡脚，距坡脚 1~2m 处有联排两层民房。

边坡节理裂隙发育，土质较松散，土体遇水后易软化、崩解，且边坡坡度较陡，整个稳定性较差。在强降雨的影响下，地表水下渗边坡土体，使土体自重增加，粘聚力降低，在重力作用下引发崩塌地质灾害。目前边坡处于基本稳定状态。勘查区主要已发的地质灾害为崩塌 1 处，崩塌规模不大，未造成较大经济损失或人员伤亡，见下图 4-1。



表 4-1 孙总理纪念碑南侧 BT1（镜向 N）

BT1 位于孙总理纪念碑南侧边坡，坡向 150°，母体坡高约 8m，坡度约 70°，因坡顶雨水冲刷导致坡体表层岩土体裂隙扩大，自重作用下掉落，崩塌物主要为填土及强风化岩，崩塌体宽 1~3m，高约 3m，体积约 20m³，属小型岩土混合崩塌，堆积物散于坡脚。

5、地质灾害防治工程分析和评价

5.1 地质灾害危害对象等级及边坡安全等级

勘察边坡已发地质灾害规模较小，未造成人员伤亡事故和重大经济损失，地质灾害影响范围内主要为黄埔军校旧址纪念馆景区，潜在危害对象为较重要的孙总理纪念碑、黄埔军校旧址纪念馆、军事区、周边建筑、车辆及游客等，潜在受威胁人口约 100 人，潜在的经济损失大于 500 万元，根据国土资源部规范《滑坡防治工程勘察规范》（GB/T 32864-2016）第 6.3 条规定，勘察边坡地质灾害的防治工程等级为二级。

根据《建筑边坡工程技术规范》（GB50330-2013），勘察边坡主要由填土层、强风化混合岩组成，节理裂隙较发育，该边坡坡高约 8~14.5m，边坡破坏后果属很严重级别，由此可确定勘察边坡工程安全等级为一级，边坡地质环境复杂程度为中等，边坡勘察等级为一级。

5.2 地震效应

据《建筑抗震设计规范》（GB50011-2010）第 5.1.4 条和附录 A.0.17 条的，本场地的抗震设防烈度为 7 度，设计基本地震加速度值为 0.10g，设计地震分组为第一组，设计特征周期为 0.35s。

勘察边坡主要由素填土（1）、强风化混合岩（2）组成，土层为中软~中硬土，按《建筑抗震设计规范》（GB50011-2010）（2016 版）中 4.1.3 条规定，判定本场地土的类型属中硬土，根据该规范 4.1.6 条建筑的场地类别划分标准，建筑的场地类别属 II 类。设计地震分组为第一组，设计特征周期为 0.35s。

5.3 岩土层的工程特性评价

1、素填土（1）：松散~稍密状，黏性较好，其力学性质一般，水理性能较差，由其构成的坡体工程性质较差。

2、强风化混合岩（2）：风化较强烈，呈半岩半土状、碎块状，水理性能较差，由其构成的坡体工程性质一般较好。

5.4 边坡稳定性的影响因素

此次勘查的边坡已经发生了崩塌地质灾害。综合分析边坡的地质环境条件，对与边坡稳定性相关的主要因素分析如下：

1) 岩性特征：构成坡体的岩土层包括素填土、强风化岩，岩土体结构松散，水理性差，基岩风化强烈，岩体破碎，工程性质相对较差，对边坡的稳定性不利。

2) 边坡的形态/结构特征：人工开挖边坡过陡，在植被遭破坏的情况下未进行适当的防护，且切坡较陡，对其边坡稳定性不利；坡体底部人工开挖防空洞造成采空区，影响坡体内部结构稳定性。

3) 气象和水文地质条件：勘查区强降雨时间较长，春夏季节多台风暴雨，连续降雨期间给地下水提供了丰富的补给来源。暴雨期间，坡面雨水冲刷、地下水渗流加剧等因素降低了土体的抗剪强度。因坡体岩土层的透水性较好，且地势较高，故地下水排泄条件良好，稳定地下水位在坡脚之下，但是雨季期间，大气降水依然会对结构面起润滑作用，降低结构面的抗剪强度。另外，由于坡面陡峭，地下水排泄快，水力坡度也较大，也对边坡的稳定性不利。由此可见，区内的气象和水文地质条件对边坡稳定性均为不利因素。

根据上述对边坡稳定性影响因素的分析结果可见，勘查边坡高度较大、坡面陡峭，坡体底部防空洞的开挖，对边坡的稳定性不利。另外，本区大气降雨丰沛，雨季地下水使坡体自重增大、结构面抗剪强度降低，也进一步降低边坡的稳定性。

5.5 边坡稳定性计算参数及工况

根据上文叙述，勘查边坡已发地质灾害的类型和规模也与工程地质条件、坡高、坡度等因素密切相关，下面对边坡的失稳形式和稳定性进行分析，为了便于叙述，这里首先将稳定性计算中的主要岩土参数和计算工况条件作统一说明：

1、荷载及计算工况

边坡在正常天气、连续降雨和地震力作用的状态下荷载组合不同，边坡的稳定性也不同，因此需区分不同的计算工况确定荷载组合。（本次计算按土质边坡进行考虑。最危险滑动面按圆弧滑动面进行自动搜索并完成计算。）本次计算时选取如下两种的荷载组合：

1) 工况 1：自重。该工况反应边坡在正常状态下的荷载组合。

2) 工况 2：自重+暴雨+地下水。该工况反应边坡在连续暴雨作用地极端不利条件下的荷载，地下水位按满坡水考虑，取浮重度计算坡体自重，抗剪指标取饱和抗剪强度，考

虑地下水的渗透压力。

2、计算参数

边坡稳定性计算所需的岩土参数根据室内试验及结合其他参数的综合确定。有关主要计算参数见表 5-1（详见附表 5）。

表 5-1 岩土层主要计算参数取值

岩土层名称	重度 (kN/m ³)		粘聚力 (kPa)		内摩擦角 (°)	
	天然	饱和	天然	饱和	天然	饱和
素填土	18.0	18.5	10	8	8	6
强风化花岗岩	23.0	23.5	30.7	26	25.5	21

5.6 边坡稳定性评价

下面在前文的基础上对边坡的整体稳定性进行综合分析。从定性分析与定量分析两个方面来判别边坡的稳定状态，具体稳定性分析见下文详述。

1、定性分析

边坡整体上处于稳定状态，已发地质灾害如下：

据野外调查：八桂山南、北、东三侧边坡坡体总长约 40~60m，高约 8~14.5m，边坡坡度相对较陡，北侧、东侧边坡约 35~40°，南侧边坡约 70°，东侧、南侧坡体植被发育，坡体主要由素填土及强风化岩组成，岩土体物理力学性质较差。

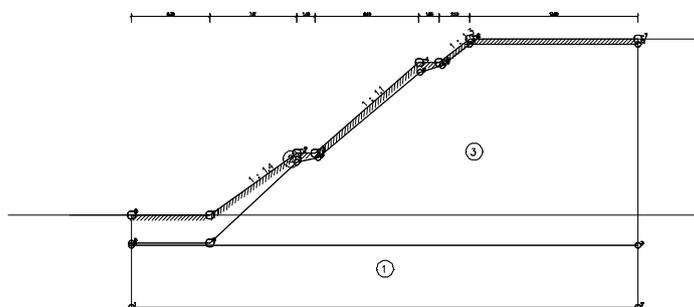
边坡已经发生了崩塌等地质灾害，勘查区降雨量充沛，素填土具有孔隙率较大、遇水可崩解的特性，在旱季期间，边坡的稳定性通常较好，而雨季期间，坡体长时间受水浸润将导致重度增大、抗剪强度降低，从而降低了边坡的稳定性。

5.5.2 定量分析

定量分析采用理正 7.0 边坡稳定性分析软件计算，采用圆弧滑动法里“简化 Bishop 法”计算边坡稳定性系数。根据边坡特征，选取典型剖面 2-2’、6-6’对 4 个预测滑坡/崩塌分别进行 2 个工况下分析，先通过软件自动搜索危险滑动面来确定边坡的最危险滑裂面，然后结合本工程实际情况并参考类似已发滑坡或崩塌的滑裂面，给定圆心、半径进一步搜索计算得出的最可能滑裂面和稳定系数。由于受限于文物保护要求，无法在八桂山顶部平台及坡面上布置钻孔，边坡剖面填土情况不明，以下计算剖面情况根据坡顶、坡底钻孔推测得出。

计算项目：纪念碑北侧边坡——工况1（剖面6-6'）

[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 7

坡面线号	水平投影(m)	竖直投影(m)	超载数
1	6.380	0.000	0
2	7.070	5.080	1
3	1.487	0.000	0
4	8.491	7.430	0
5	1.628	0.000	0
6	2.494	1.920	0
7	13.693	0.000	0

[土层信息]

坡面节点数 8

编号	X(m)	Y(m)
0	0.000	0.000
-1	6.380	0.000
-2	13.450	5.080
-3	14.937	5.080
-4	23.428	12.510

-5	25.056	12.510
-6	27.549	14.430
-7	41.242	14.430

附加节点数 12

编号	X(m)	Y(m)
1	0.000	-7.570
2	41.242	-7.570
3	41.242	-2.500
4	0.000	-2.500
5	0.000	-2.300
6	6.380	-2.300
7	13.504	4.337
8	15.229	4.691
9	23.526	11.688
10	25.314	12.277
11	27.549	14.030
12	41.242	14.030

不同土性区域数 3

区号	重度 (kN/m ³)	饱和重度 (kN/m ³)	粘结强度 (kPa)	孔隙水压 力系数	节点 编号
1	23.500	---	150.000	---	(1, 2, 3, 4,)
2	18.000	---	15.000	---	(-1, 0, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, -7, -6, -5, -4, -3, -2,)
3	23.000	---	150.000	---	(6, 5, 4, 3, 12, 11, 10, 9, 8, 7,)

区号	粘聚力 (kPa)	内摩擦角 (度)	水下粘聚力 (kPa)	水下内摩擦角 (度)
1	26.000	21.000	---	---
2	10.000	8.000	---	---
3	30.700	25.500	---	---

区号	十字板 τ (kPa)	强度增长系数	十字板 τ 水 下值(kPa)	强度增长系数水 下值
1	---	---	---	---
2	---	---	---	---
3	---	---	---	---

不考虑水的作用

[计算条件]

圆弧稳定分析方法: Bishop法

稳定计算目标: 自动搜索最危险滑裂面

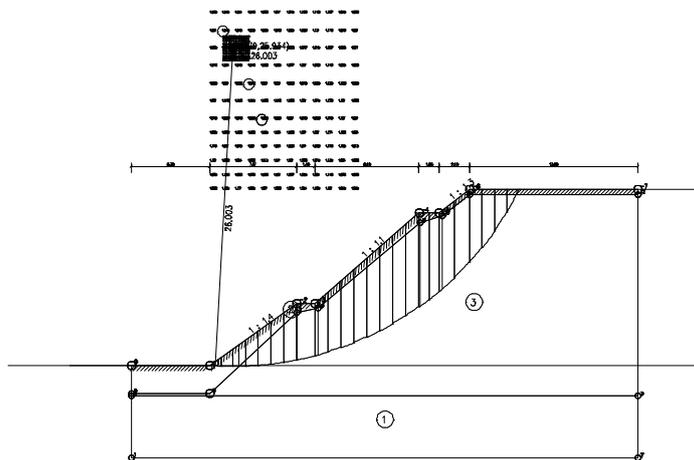
条分法的土条宽度: 1.000(m)

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 = (8.279, 25.934) (m)

滑动半径 = 26.003 (m)

滑动安全系数 = 1.540

起始x (m)	终止x (m)	α (度)	li (m)	Ci (kPa)	Φ i (度)	条实重 (kN)	浮力 (kN)	地震力 (kN)	渗透力 (kN)	附加力X (kN)	附加力Y (kN)	下滑力 (kN)	抗滑力 (kN)	m ₀ (kN)	超载地震力 (kN)	竖向地震力 (kN)
6.380	7.329	-3.140	0.951	10.000	8.00	6.27	0.00	0.16	0.00	0.00	0.00	-0.19	10.45	0.99350	0.00	0.00
7.329	8.279	-1.046	0.950	10.000	8.00	18.53	0.00	0.46	0.00	0.00	0.00	0.12	12.12	0.99817	0.00	0.00
8.279	9.313	1.140	1.034	20.686	17.03	34.12	0.00	0.85	0.00	0.00	0.00	1.50	31.72	1.00376	0.00	0.00
9.313	10.347	3.421	1.036	30.700	25.50	51.28	0.00	1.28	0.00	0.00	0.00	4.28	55.25	1.01670	0.00	0.00
10.347	11.382	5.707	1.039	30.700	25.50	68.12	0.00	1.70	0.00	0.00	0.00	8.37	62.55	1.02584	0.00	0.00

广州市黄埔军校孙总理纪念碑地质灾害治理工程勘察报告

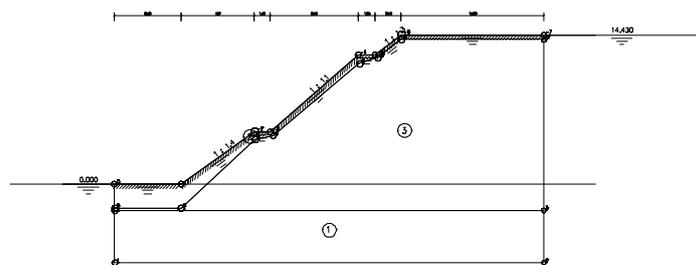
11.382	12.416	8.003	1.044	30.700	25.50	84.00	0.00	2.10	0.00	0.00	0.00	13.62	69.36	1.03338	0.00	0.00
12.416	13.450	10.312	1.051	30.700	25.50	98.87	0.00	2.47	0.00	0.00	0.00	19.92	75.72	1.03928	0.00	0.00
13.450	14.937	13.153	1.528	30.700	25.50	148.00	0.00	3.70	0.00	0.00	0.00	36.96	110.95	1.04424	0.00	0.00
14.937	15.999	16.053	1.104	30.700	25.50	108.88	0.00	2.72	0.00	0.00	0.00	32.48	80.41	1.04664	0.00	0.00
15.999	17.060	18.503	1.119	30.700	25.50	123.14	0.00	3.08	0.00	0.00	0.00	41.69	86.81	1.04659	0.00	0.00
17.060	18.121	20.989	1.137	30.700	25.50	136.30	0.00	3.41	0.00	0.00	0.00	51.63	92.87	1.04457	0.00	0.00
18.121	19.183	23.516	1.158	30.700	25.50	148.19	0.00	3.70	0.00	0.00	0.00	62.08	98.57	1.04051	0.00	0.00
19.183	20.244	26.094	1.182	30.700	25.50	158.70	0.00	3.97	0.00	0.00	0.00	72.86	103.88	1.03429	0.00	0.00
20.244	21.305	28.729	1.210	30.700	25.50	167.75	0.00	4.19	0.00	0.00	0.00	83.74	108.83	1.02576	0.00	0.00
21.305	22.367	31.434	1.244	30.700	25.50	175.22	0.00	4.38	0.00	0.00	0.00	94.50	113.40	1.01475	0.00	0.00
22.367	23.428	34.218	1.284	30.700	25.50	180.98	0.00	4.52	0.00	0.00	0.00	104.85	117.57	1.00105	0.00	0.00
23.428	24.242	36.751	1.016	30.700	25.50	135.73	0.00	3.39	0.00	0.00	0.00	83.45	89.97	0.98654	0.00	0.00
24.242	25.056	39.025	1.048	30.700	25.50	124.94	0.00	3.12	0.00	0.00	0.00	80.69	86.06	0.97187	0.00	0.00
25.056	26.303	42.028	1.679	30.700	25.50	180.01	0.00	4.50	0.00	0.00	0.00	123.31	129.14	0.95014	0.00	0.00
26.303	27.549	45.850	1.790	30.700	25.50	172.88	0.00	4.32	0.00	0.00	0.00	126.54	129.80	0.91874	0.00	0.00
27.549	28.562	49.542	1.561	30.700	25.50	122.84	0.00	3.07	0.00	0.00	0.00	95.14	100.12	0.88452	0.00	0.00
28.562	29.574	53.120	1.687	30.700	25.50	93.30	0.00	2.33	0.00	0.00	0.00	75.85	88.10	0.84785	0.00	0.00
29.574	30.587	57.029	1.861	30.700	25.50	59.41	0.00	1.49	0.00	0.00	0.00	50.58	73.17	0.80402	0.00	0.00
30.587	31.599	61.411	2.116	26.319	21.80	20.16	0.00	0.50	0.00	0.00	0.00	17.93	48.88	0.70650	0.00	0.00

总的下滑力 = 1281.892 (kN)
 总的抗滑力 = 1975.691 (kN)
 土体部分下滑力 = 1281.892 (kN)
 土体部分抗滑力 = 1975.691 (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)

=====

 计算项目：纪念碑北侧边坡——工况2（剖面6-6'）

[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
- 地震烈度: 7 度
- 水平向地震系数: 0.100
- 地震作用综合影响系数: 0.250
- 地震作用重要性修正系数: 1.000
- 地震力作用位置: 土条质心处
- 是否考虑法向分力: 是
- 水平加速度系数分布: 矩形
- 考虑竖向地震力: 否

[坡面信息]

坡面线段数 7

坡面线号	水平投影(m)	竖直投影(m)	超载数
1	6.380	0.000	0
2	7.070	5.080	1
3	1.487	0.000	0
4	8.491	7.430	0
5	1.628	0.000	0
6	2.494	1.920	0
7	13.693	0.000	0

[土层信息]

坡面节点数 8

编号	X(m)	Y(m)
0	0.000	0.000
-1	6.380	0.000
-2	13.450	5.080
-3	14.937	5.080

-4	23.428	12.510
-5	25.056	12.510
-6	27.549	14.430
-7	41.242	14.430

附加节点数 12

编号	X(m)	Y(m)
1	0.000	-7.570
2	41.242	-7.570
3	41.242	-2.500
4	0.000	-2.500
5	0.000	-2.300
6	6.380	-2.300
7	13.504	4.337
8	15.229	4.691
9	23.526	11.688
10	25.314	12.277
11	27.549	14.030
12	41.242	14.030

不同土性区域数 3

区号	重度 (kN/m ³)	饱和重度 (kN/m ³)	粘结强度 (kPa)	孔隙水压 力系数	节点 编号
1	23.000	23.500	150.000	---	(1, 2, 3, 4,)
2	18.000	18.500	15.000	---	(-1, 0, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, -7, -6, -5, -4, -3, -2,)
3	23.000	23.500	150.000	---	(6, 5, 4, 3, 12, 11, 10, 9, 8, 7,)

区号	粘聚力 (kPa)	内摩擦角 (度)	水下粘聚力 (kPa)	水下内摩 擦角(度)
1	30.700	25.500	26.000	21.000
2	10.000	8.000	8.000	6.000
3	30.700	25.500	26.000	21.000

区号	十字板 τ (kPa)	强度增 长系数	十字板 τ 水 下值(kPa)	强度增长系 数水下值
1	---	---	---	---
2	---	---	---	---
3	---	---	---	---

[水面信息]

采用总应力法

不考虑渗透力作用

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, 0.000)

水面线号	水平投影(m)	竖直投影(m)
1	6.380	0.000
2	7.070	5.080
3	1.487	0.000
4	8.491	7.430
5	1.628	0.000
6	2.494	1.920
7	13.693	0.000

[计算条件]

圆弧稳定分析方法: Bishop法

稳定计算目标: 自动搜索最危险滑裂面

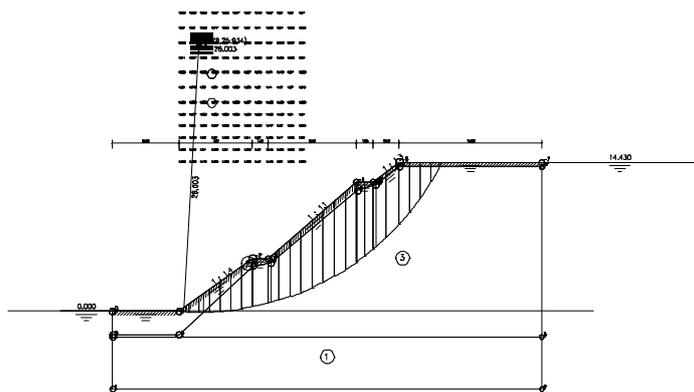
条分法的土条宽度: 1.000(m)

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 = (8.279, 25.934) (m)

滑动半径 = 26.003 (m)

滑动安全系数 = 1.255

起始x (m)	终止x (m)	α (度)	li (m)	Ci (kPa)	Φ_i (度)	条实重 (kN)	浮力 (kN)	地震力 (kN)	渗透力 (kN)	附加力X (kN)	附加力Y (kN)	下滑力 (kN)	抗滑力 (kN)	m_0 超载 (kN)	地震力 (kN)	竖向地震力 (kN)
6.380	7.329	-3.140	0.951	8.000	6.00	6.48	0.00	0.16	0.00	0.00	0.00	-0.19	8.33	0.99391	0.00	0.00
7.329	8.279	-1.046	0.950	8.000	6.00	19.04	0.00	0.48	0.00	0.00	0.00	0.12	9.61	0.99830	0.00	0.00
8.279	9.313	1.140	1.034	17.292	13.74	35.05	0.00	0.88	0.00	0.00	0.00	1.54	26.35	1.00368	0.00	0.00
9.313	10.347	3.421	1.036	26.000	21.00	52.59	0.00	1.31	0.00	0.00	0.00	4.39	46.28	1.01648	0.00	0.00
10.347	11.382	5.707	1.039	26.000	21.00	69.79	0.00	1.74	0.00	0.00	0.00	8.57	52.28	1.02547	0.00	0.00
11.382	12.416	8.003	1.044	26.000	21.00	85.93	0.00	2.15	0.00	0.00	0.00	13.93	57.86	1.03286	0.00	0.00
12.416	13.450	10.312	1.051	26.000	21.00	101.09	0.00	2.53	0.00	0.00	0.00	20.37	63.08	1.03862	0.00	0.00
13.450	14.937	13.153	1.528	26.000	21.00	151.32	0.00	3.78	0.00	0.00	0.00	37.79	92.42	1.04339	0.00	0.00
14.937	15.999	16.053	1.104	26.000	21.00	111.32	0.00	2.78	0.00	0.00	0.00	33.21	66.98	1.04562	0.00	0.00
15.999	17.060	18.503	1.119	26.000	21.00	125.87	0.00	3.15	0.00	0.00	0.00	42.62	72.25	1.04541	0.00	0.00
17.060	18.121	20.989	1.137	26.000	21.00	139.35	0.00	3.48	0.00	0.00	0.00	52.78	77.27	1.04325	0.00	0.00
18.121	19.183	23.516	1.158	26.000	21.00	151.50	0.00	3.79	0.00	0.00	0.00	63.47	81.97	1.03904	0.00	0.00
19.183	20.244	26.094	1.182	26.000	21.00	162.24	0.00	4.06	0.00	0.00	0.00	74.48	86.37	1.03266	0.00	0.00
20.244	21.305	28.729	1.210	26.000	21.00	171.49	0.00	4.29	0.00	0.00	0.00	85.61	90.46	1.02398	0.00	0.00
21.305	22.367	31.434	1.244	26.000	21.00	179.13	0.00	4.48	0.00	0.00	0.00	96.60	94.25	1.01282	0.00	0.00
22.367	23.428	34.218	1.284	26.000	21.00	185.02	0.00	4.63	0.00	0.00	0.00	107.19	97.72	0.99897	0.00	0.00
23.428	24.242	36.751	1.016	26.000	21.00	138.74	0.00	3.47	0.00	0.00	0.00	85.30	74.79	0.98432	0.00	0.00
24.242	25.056	39.025	1.048	26.000	21.00	127.70	0.00	3.19	0.00	0.00	0.00	82.47	71.59	0.96954	0.00	0.00
25.056	26.303	42.028	1.679	26.000	21.00	183.98	0.00	4.60	0.00	0.00	0.00	126.03	107.48	0.94767	0.00	0.00
26.303	27.549	45.850	1.790	26.000	21.00	176.69	0.00	4.42	0.00	0.00	0.00	129.33	108.10	0.91608	0.00	0.00

27.549	28.562	49.542	1.561	26.000	21.00	125.55	0.00	3.14	0.00	0.00	0.00	97.24	83.48	0.88171	0.00	0.00
28.562	29.574	53.120	1.687	26.000	21.00	95.37	0.00	2.38	0.00	0.00	0.00	77.53	73.62	0.84489	0.00	0.00
29.574	30.587	57.029	1.861	26.000	21.00	60.75	0.00	1.52	0.00	0.00	0.00	51.71	61.37	0.80091	0.00	0.00
30.587	31.599	61.411	2.116	22.190	17.83	20.64	0.00	0.52	0.00	0.00	0.00	18.36	41.16	0.70358	0.00	0.00

总的下滑力 = 1310.456 (kN)
 总的抗滑力 = 1645.070 (kN)
 土体部分下滑力 = 1310.456 (kN)
 土体部分抗滑力 = 1645.070 (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)

采用以上方法分别对孙总理纪念碑北侧、南侧、东侧、西侧边坡进行一般工况和暴雨饱和工况条件下的稳定性计算，计算结果如下表 5-2。

表 5-2 边坡稳定性计算结果表

序号	边坡位置	最大坡高	岩土体结构	稳定安全系数 (Ks)	
				一般工况	饱和工况
BT/HP 1	八桂山北侧	14.5m	土质边坡	1.540	1.255
BT/HP 2	八桂山南侧	8m	土质边坡	1.564	1.293
BT/HP 3	八桂山东侧	11m	土质边坡	1.510	1.282
BT/HP 4	八桂山西侧	10.5m	土质边坡	1.551	1.304

根据《建筑边坡工程技术规范》(GB50330-2013)的规定，对于边坡工程安全等级为一级的边坡，一般工况下采用圆弧滑动法计算的安全系数小于 1.35 的则需进行边坡治理。按《滑坡防治工程设计与施工技术规范》(DT/0219-2006)关于滑坡防治工程设计安全系数的推荐值为，Ⅲ级防治工程在设计工况“自重+地下水”(工况 1)时抗滑动安全系数为 1.10~1.20，校核工况“自重+暴雨+地下水”(工况 2)时抗滑动安全系数为 1.02~1.05。综合上述有关规范的规定，本工程安全系数的取值建议为：工况 1 安全系数不小于 1.35 且工况 2 安全系数不小于 1.05。如果达不到上述安全系数则需进行重点防护，防护对象是边坡表层可能出现的较大范围的崩塌、滑坡。如果达到上述要求，则边坡的整体稳定性较好，可进行局部防护，防护对象主要是表层局部失稳、崩塌。

因此，孙总理纪念碑三侧边坡在工况 1 条件下处于稳定状态，在工况 2 条件下处于整体稳定状态，由于年久失修，缺乏支护，在连续大暴雨等极端条件下存在局部失稳及发生滑坡、崩塌的可能性。

6、地质灾害治理方案建议

6.1 治理工作原则

勘查区地质灾害的防治建议按以下原则进行：

1、治理工作应贯彻“综合治理，力求根治”的原则；防治方案选择应根据不同坡段的潜在的变形失稳形式来选择；另外应因地制宜，密切结合地质环境条件和已发地质灾害的特点和危害性，分区段采取有针对性的措施，尽量节省工程费用。

3、本工程防治设计宜遵循“固脚、强腰、排水”的原则，同时贯彻“恢复自然、水土保持、技术先进、经济美观”的理念。

2、应认真贯彻“动态设计、信息化施工”的原则，建立信息反馈制度，施工过程中应注意复核地质情况，发现实际地质情况异常，应及时调整设计，保证工程质量和安全；施工前及施工后应对重要支护结构采取相应的监测和检测工作。

6.2 治理工程方案

工程实践表明，采用综合措施整治坡体能取得良好效果。在台风暴雨、连续降雨和发生灾害期间，管理部门应对该边坡进行封闭管理，消除灾害隐患。对本治理工程可考虑采取以下治理措施：

1、清除：对于松动明显，直接危害人员安全，治理难度大或明显松散土体及植被，可实施局部清除措施。

2、削坡：清除坡面土体，对坡面适当削坡，减缓坡率，增加坡体自身稳定性，减少坡体下滑力。

3、锚固：对坡体可采取预应力锚索、钢绳锚杆等措施进行锚固，锚头设钢筋混凝土锚墩或环氧砂浆封闭。

4、格构梁：结合锚固措施修筑格构梁，增强坡体稳定。

5、灌浆：对位于坡面表层坡积土采用灌浆工艺，改善其物理力学性质，改善大气降

水渗入条件，封堵岩体裂隙。预应力锚杆（索）的钻孔实施灌浆，锚固力增强。

6、锚喷：采用锚杆和喷射混凝土支护，控制坡面岩体松动和塌落，提高岩体稳定性。

6、排水：（1）在坡体上部设置截水沟，减少大气降水渗入和冲刷；（2）在下部坡体中设置泄水孔，快速排出因大气降水渗入并残留在岩体上部土层及岩体裂隙中的自由水，改善地下水条件。

7、绿化：选择草种并按比例配合木纤维、保水剂、粘合剂、肥料、染色剂形成混合物料，通过喷播机均匀喷射于需绿化的治理坡面。

综合考虑，针对本边坡的特征，建议治理方案有：（一）清除崩塌体，修建完善的排水设施，做到有组织排水，坡面采用锚杆+格梁进行支护；（二）清除崩塌体，修建完善的排水设施，做到有组织排水，坡面采用采用锚喷支护。综合工期、造价以及施工的难度等，推荐治理方案一。

6.3 检测和监测

1、建议按规范对边坡进行变形监测，测量等级选择二级，变形点高程误差为 $\pm 2\text{mm}$ ，监测点可选择各坡段坡轴、坡体周界，监测应包括水平位移和垂直位移两方面；

2、若采用工程措施进行治理，则建议按规范对支护结构进行质量检测。

7、结论与建议

7.1 结论

1、勘察区岩性岩相变化不大，地质界线基本清楚，露头较好，地形起伏较大，边坡坡面陡峭，故综合确定勘察区的地质条件复杂程度为中等；

2、勘察区内没有区域性断裂构造通过，区域地壳稳定性为基本稳定，抗震设防烈度为 7 度，设计基本地震加速度值为 0.10g，设计地震分组为第一组，设计特征周期值为 0.35s。

3、勘察边坡主要由素填土（1）、强风化混合岩（2）组成。

4、该边坡坡底地下水埋深较浅，雨季稳定地下水位抬升明显，地下水对混凝土结构及钢筋混凝土结构中的钢筋均具微腐蚀性。

5、勘察区内已发地质灾害类型微型崩塌，纪念碑北侧、南侧、东侧、西侧 4 处边坡在工况 1 的条件下处于稳定状态，目前没有直接造成人员伤亡及其他严重经济损失，在工况 2“自重+暴雨+地下水”的条件下处于整体稳定状态，局部存在失稳的可能性，若不及时治理，其规模可能有进一步扩大的趋势。

6、勘察区边坡的地质灾害危害对象主要为孙总理纪念碑、黄埔军校旧址纪念馆、坡脚民房、道路、车辆及游客等，根据现行《滑坡防治工程勘察规范》勘察边坡地质灾害的防治工程等级为二级；根据现行《建筑边坡工程技术规范》可确定勘察边坡的安全等级为一级。

7、根据勘察结果并结合相关规范和工程经验，有关治理工程设计中所需的主要岩土参数建议值见表 5-1。

7.2 建议

1、因勘察南侧边坡坡脚有民房，目前未支护处理，地质灾害的潜在威胁较大，故应及时采取措施处理。措施选取须根据技术、经济及社会影响等因素综合论证选择。

2、因边坡坡高较大、坡度陡，坡顶为孙总理纪念碑，坡脚紧邻黄埔军校旧址，若坡体发生较大规模失稳将产生较严重危害，若采取工程措施治理应根据不同坡段的特性选择，在确保安全、与现有结构协调和尽量保护原景观特点的前提下做到技术先进、经济合理，以节约治理费用。

3、由于受限于文物保护，无法在边坡坡面及坡顶平台处布置钻孔，坡面以下土层情况不明，建议在后续施工中视具体情况进行施工勘察或补充勘察。

4、由于边坡底部防空洞贯穿东西，未进行支护检修，建议对防空洞内部洞室进行衬砌支护。

3、若采用工程措施进行边坡治理，建议方案选取时充分结合本文建议防治措施选取。

4、工程治理过程中，应充分考虑坡体自身及周边的自然环境和社会环境，合理使用土地，做好绿化措施，防止和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。

5、对坡体附近居民进行地质灾害安全意识教育，树立防灾减灾意识。

6、对勘查边坡定期巡查和维护，排水系统定期清理和疏通。

勘探点一览表 附表1

序号	勘探点编号	勘探点类型	勘探深度 (m)	地面标高 (m)	坐 标 (m)		取 样 数			标贯次数 (次)	静 止		工作日期		备注	
					X (A)	Y (B)	岩	土			水	埋 深	标 高	开 始 日 期		终 止 日 期
								原	扰							
1	ZK1	取土标贯钻孔	6.60	19.80	20110.648	4923.065		1			1			2021.8.26	2021.8.26	
2	ZK2	取土标贯钻孔	6.50	20.56	20090.108	4938.424		1			1			2021.8.27	2021.8.27	
3	ZK3	取土标贯钻孔	6.20	20.85	20081.804	4935.348		1			1			2021.8.27	2021.8.27	
4	ZK4	取土标贯钻孔	6.30	22.05	20064.801	4913.163		1			1			2021.8.27	2021.8.27	
5	ZK5	取土标贯钻孔	6.50	20.97	20065.027	4903.304		1			1			2021.8.27	2021.8.27	
6	ZK6	取土标贯钻孔	6.40	21.10	20080.271	4891.958		1			1			2021.8.28	2021.8.28	
7	ZK7	取土标贯钻孔	4.90	7.76	20140.194	4907.759		1			1	2.50	5.26	2021.8.28	2021.8.28	
8	ZK8	取土标贯钻孔	4.10	7.58	20118.370	4875.428		1			1	2.80	4.78	2021.8.28	2021.8.28	
	合计		47.50					8			8					

地层统计表 附表2

地层 编号	时代 成因	岩土 名称	项 次	层 厚 (m)	层顶 高程 (m)	层底 高程 (m)	层顶 深度 (m)	层底 深度 (m)	备 注
1	Q ₄ ^{m1}	素填土	统计个数	8	8	8	8	8	
			最大值	2.30	22.05	21.85	0.00	2.30	
			最小值	0.20	7.58	5.28	0.00	0.20	
			平均值	0.64	17.58	16.95	0.00	0.64	
2	γ ₅ ²⁽³⁾	强风化混合岩	统计个数	8	8	8	8	8	
			最大值	6.10	21.85	15.75	2.30	6.60	
			最小值	1.80	5.28	2.86	0.20	4.10	
			平均值	5.30	16.95	11.65	0.64	5.94	

标贯统计表 附表3

岩土编号	岩土名称	统计项目	标贯击数 N (击/30cm)	标贯修正击数 N (击/30cm)	备注
2-2	强风化花岗混合岩	统计个数	8	8	
		最大值	76.0	74.1	
		最小值	70.0	66.9	
		平均值	73.1	70.0	
		标准值	74.5	68.5	

广州黄埔军校孙总理纪念碑加固工程岩土工程勘察
各岩土层土工试验汇总统计表

附表4

岩土分层及岩性	统计指标	天然状态指标						稠度指标				固结指标		剪切指标						渗透系数	有机质	无侧限抗压强度	颗粒组成										坡角		备注
		密度		土粒比重	含水率	孔隙比	饱和度	孔隙度	液限	塑限	塑性指数	液性指数	压缩系数	压缩模量	直接快剪		固结快剪		饱和快剪				漂石 (块石)	碎石土			砂土			细粒土		水上	水下		
		湿密度	干密度												粘聚力	内摩擦角	粘聚力	内摩擦角	粘聚力					内摩擦角	粗	中	细	粉粒	粘粒						
		ρ_w	ρ_d	Gs	ω	e	Sr	n	ω_L	ω_p	Ip	IL	a	Es ₁₋₂	c	ϕ	c'	ϕ'	c'				ϕ'	K ₂₀	O _m	q _u	>200	卵石 (碎石)	圆砾 (角砾)	2.0-5	0.5-2.5	0.25-0.075	<0.075或 0.075~0.005	<0.005	
		g/cm ³		/	%	/	%	%	%	%	/	/	MPa ⁻¹	MPa	kPa	°	kPa	°	kPa				°	cm/s	%	kPa	%	%	%	%	%	%	%	%	
1 素填土	参加统计数 n (个)				2				2	2	2	2													2	2	2	2	2						
	最大值 (个)				26.7				33.3	21.9	11.4	0.48													12.4	18.5	9.3	21.6	45.8						
	最小值 (个)				23.9				29.5	18.8	10.7	0.42													11.9	15.9	8.4	17.5	38.7						
	平均值 ϕ_m				25.3				31.4	20.4	11.1	0.45																							
	标准差 σ_f																																		
	变异系数 δ																																		
	修正系数 γ_s																																		
	标准值 ϕ_k																																		
2-2 强风化花岗 混合岩	参加统计数 n (个)	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6										4	4	4	4	4						
	最大值 (个)	2.02	1.84	2.71	27.6	0.791	95.8	44.2	39.5	23.3	16.3	0.33	0.433	6.16	36.8	31.2									17.2	37.3	13.5	23.8	56.5						
	最小值 (个)	1.86	1.50	2.67	9.2	0.451	54.5	31.1	23.7	15.1	8.6	-0.69	0.258	4.04	30.0	25.4									3.3	2.9	6.9	10.5	28.1						
	平均值 ϕ_m	1.93	1.61	2.69	20.6	0.679	79.5	40.1	32.5	20.0	12.5	-0.02	0.341	5.04	32.7	27.3									9.3	23.1	11.2	17.0	39.5						
	标准差 σ_f	0.069	0.136	0.014	6.644	0.133	14.572	5.113	6.192	3.324	3.233	0.386	0.067	0.821	2.491	2.161																			
	变异系数 δ	0.035	0.085	0.005	0.323	0.196	0.183	0.127	0.191	0.166	0.259	-24.06	0.198	0.163	0.076	0.079																			
	修正系数 γ_s	1.029	0.930	1.004	1.267	1.162	1.151	0.895	0.843	0.863	0.786	20.868	1.163	0.866	0.937	0.935																			
	标准值 ϕ_k	1.99	1.50	2.70	26.1	0.789	91.5	35.9	27.4	17.2	9.8	-0.33	0.397	4.36	30.7	25.5																			

注:如果样本数<6,则只统计最大值和最小值.

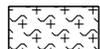
图 例



素填土



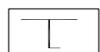
层号编号



混合岩



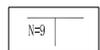
第四系



钻孔



元古代



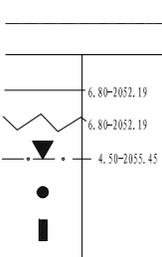
标贯试验



剖面编号



地下水



原始地面线

实际地面线

分层界线及标高

分层界线及标高

静止水位深度及标高

取原状土试样位置

取岩石试样位置



强风化



地层分界线

项目名称

黄埔军校孙总理纪念碑地质灾害调查项目

单位名称

广东省工程勘察院

制图

郭俊

校核

马健

审核

李永波

黄埔军校孙总理纪念碑地质灾害治理勘察平面图

比例尺 1:1000

综合地质柱状图

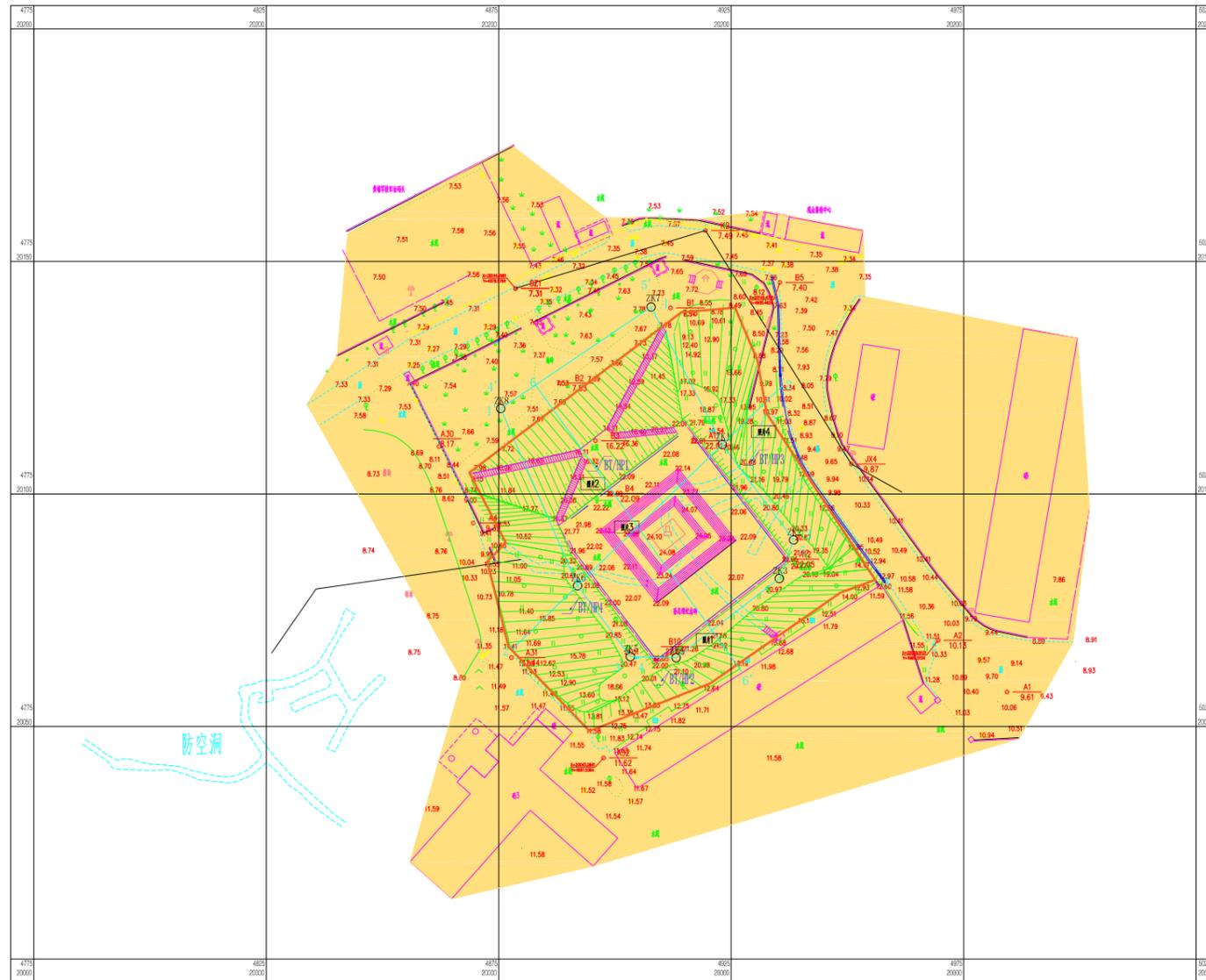
系	地层代号		柱状图	地层厚度 (m)	岩性特征
	成因	代号			
第四系	填土	Q ₁ m ₁		0.2 ~ 2.3	素填土：杂色，稍湿，松散~稍密，主要由粉土、黏性土及碎石等组成。
元古代	云开岩群	PtY		1.8 ~ 6.1	全风化花岗岩混合岩：灰黄色，岩石风化强烈，岩芯手可折断，岩芯呈半岩半土状，局部夹中风化岩块。



照片1 八桂山南侧边坡



照片2 八桂山北侧边坡



图例

- 一、预测地质灾害
 - 边坡崩塌/滑坡
- 二、地层与岩石
 - 第四系素填土
 - 强风化花岗岩混合岩
- 三、岩性与花纹
 - 耕植土
 - 花岗岩
- 四、其他
 - 等高线
 - 边坡勘察区域
 - 钻孔及编号
 - 高程
 - 地震烈度7度区
 - 剖面线

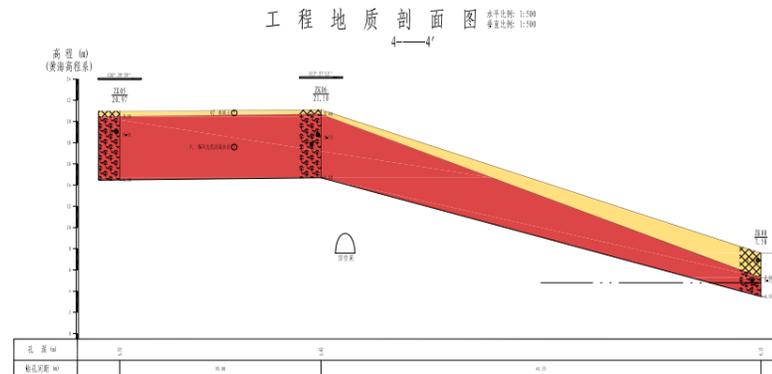


照片3 坡顶平台裂缝



照片4 防空洞入口

工程地质剖面图



图名	黄埔军校孙总理纪念碑地质灾害治理勘察平面图		
编制单位	广东省工程勘察院		
项目负责	丁庆峰	总工	李小破
编制	韩笑	院长	魏国灵
校核	马健	资料来源	收集、实测
审核	李小破	日期	2021.9

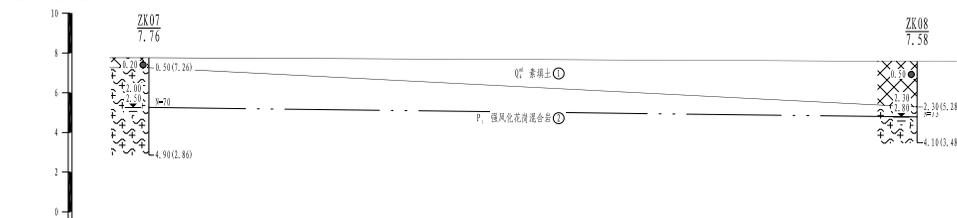
工程地质剖面图

水平比例: 1:200
垂直比例: 1:200

1-----1'

高程 (m)
(黄海高程系)

214° 1' 15"



孔深 (m)	4.90	4.10
钻孔间距 (m)	38.41	

项目名称

黄埔军校孙总理纪念碑地质灾害调查项目

单位名称

广东省工程勘察院

制图

郭文

校核

马健

审核

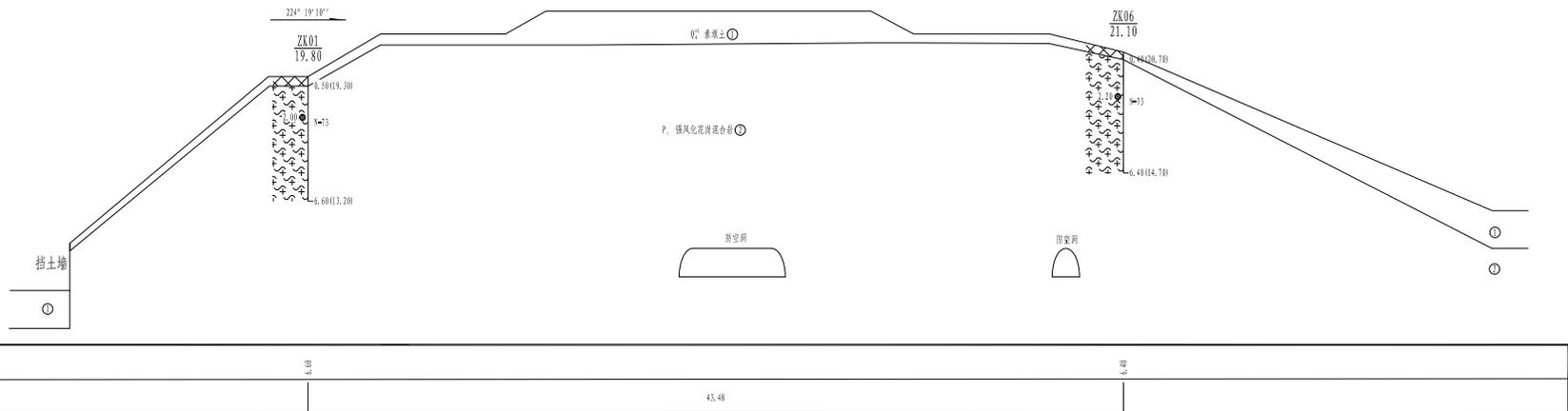
李永波

工程地质剖面图

2---2'

水平比例: 1:200
垂直比例: 1:200

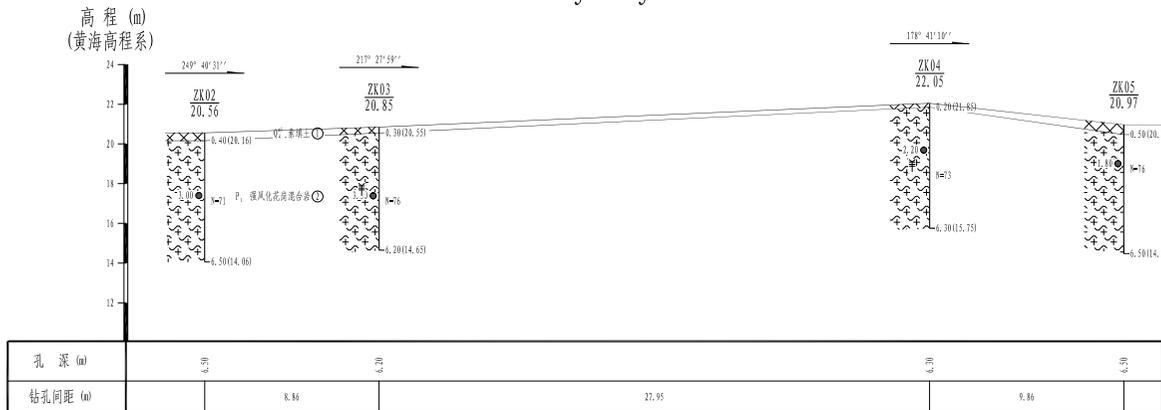
高程 (m)
(黄海高程系)



项目名称	黄埔军校孙总理纪念碑地质灾害调查项目	单位名称	广东省工程勘察院	制图	郭俊	校核	马健	审核	李小破
------	--------------------	------	----------	----	----	----	----	----	-----

工程地质剖面图

水平比例: 1:200
垂直比例: 1:200



项目名称

黄埔军校孙总理纪念碑地质灾害调查项目

单位名称

广东省工程勘察院

制图

李俊

校核

马健

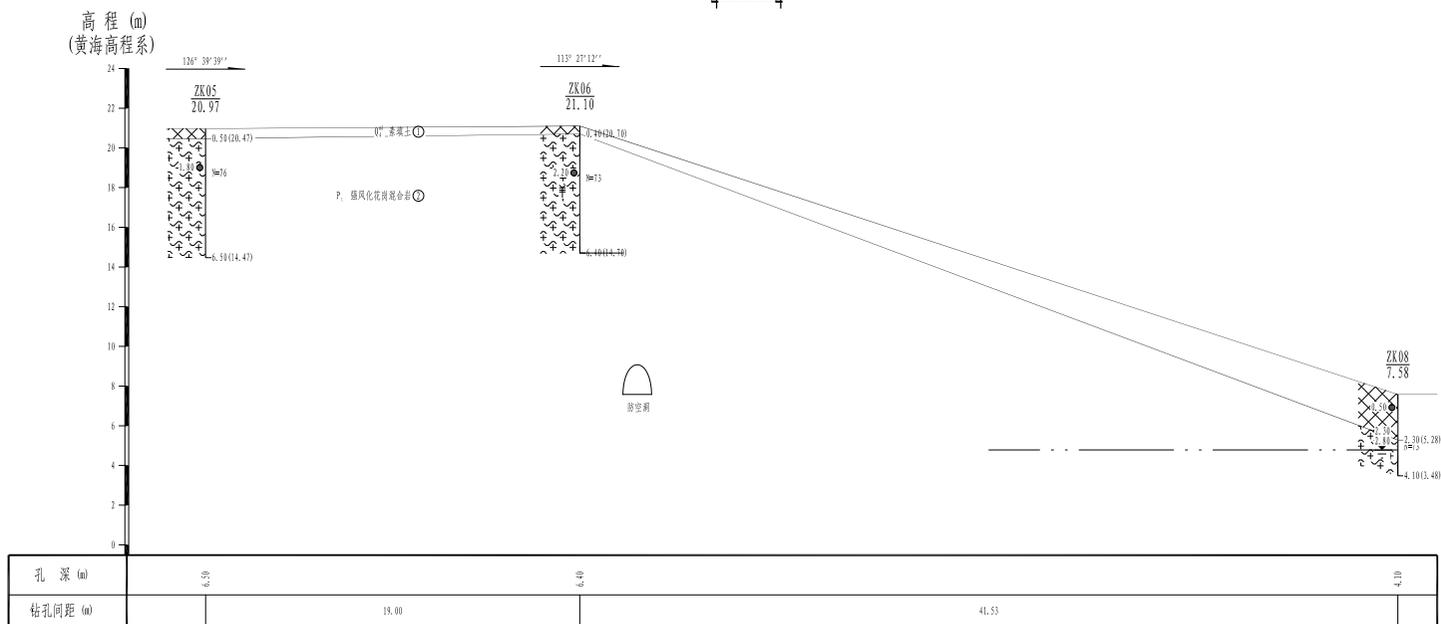
审核

李永波

工程地质剖面图

水平比例: 1:200
垂直比例: 1:200

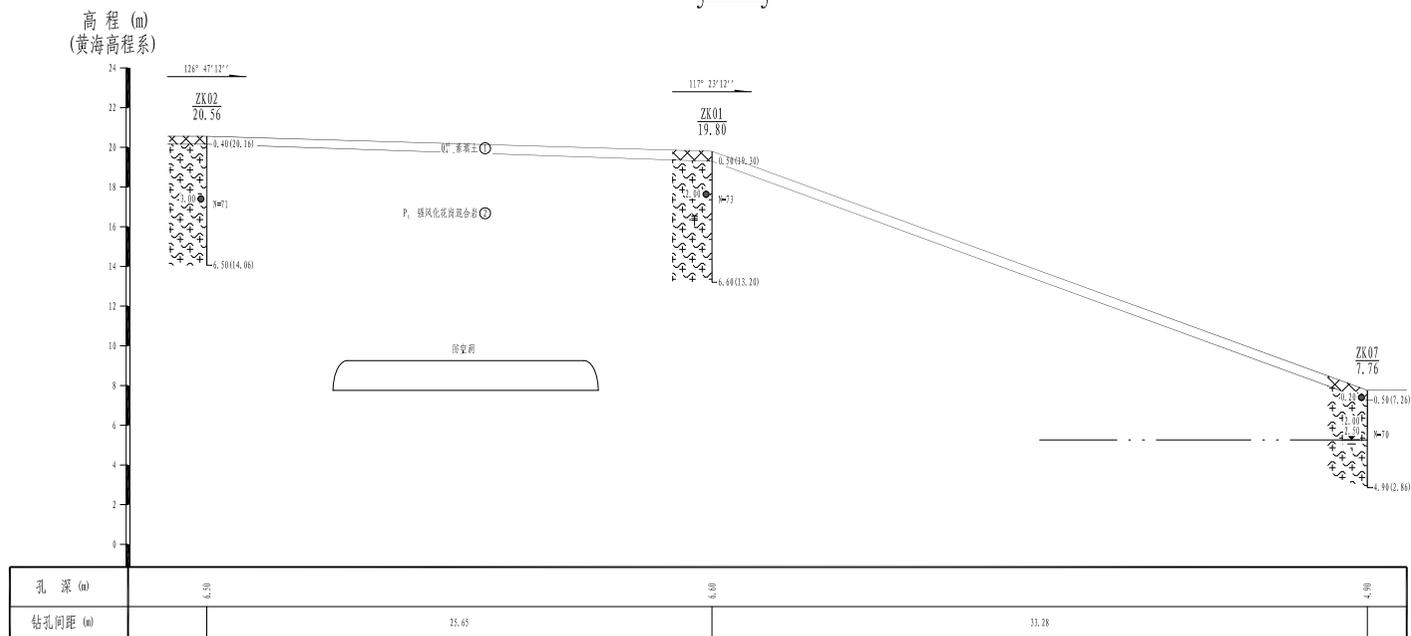
4——4'



项目名称	黄埔军校孙总理纪念碑地质灾害调查项目	单位名称	广东省工程勘察院	制图	郭俊	校核	马健	审核	李永波
------	--------------------	------	----------	----	----	----	----	----	-----

工程地质剖面图

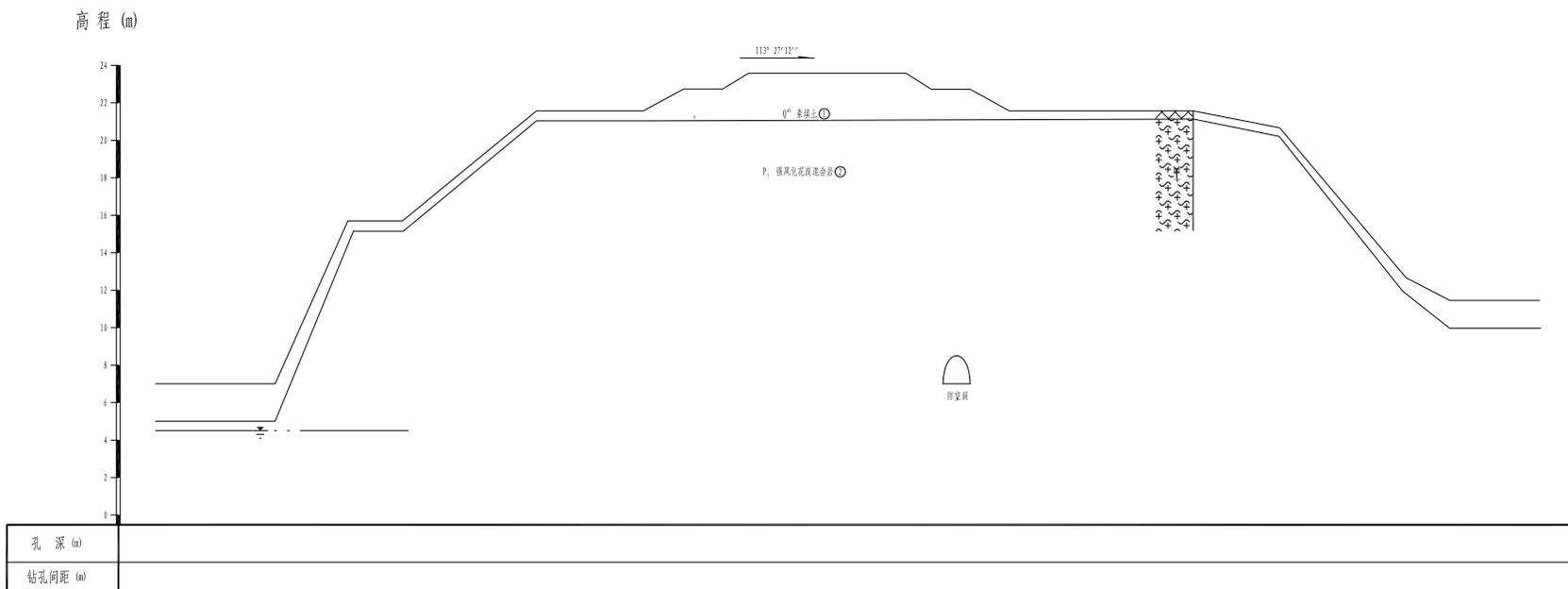
水平比例: 1:200
垂直比例: 1:200



工程地质剖面图

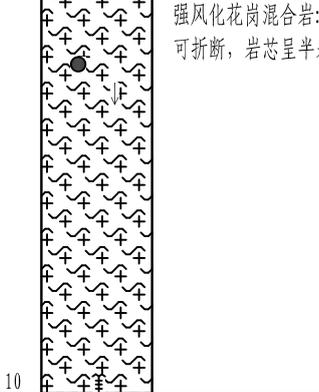
6——6'

水平比例: 1:200
垂直比例: 1:200

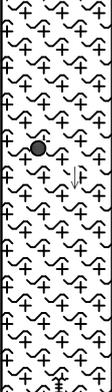


项目名称	黄埔军校孙总理纪念碑地质灾害调查项目	单位名称	广东省工程勘察院	制图	李俊	校核	马健	审核	李少波
------	--------------------	------	----------	----	----	----	----	----	-----

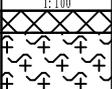
钻孔柱状图

工程名称		黄埔军校孙总理纪念碑加固工程																
工程编号		HP-01			钻孔编号		ZK1											
孔口高程(m)		19.80		坐标 (m)	X = 20110.65		开工日期		2021.8.26		稳定水位深度(m)							
孔口直径(mm)		127.00			Y = 4923.07		竣工日期		2021.8.26		初见水位深度(m)							
地层编号	时代成因	层底高程 (m)	层底深度 (m)	分层厚度 (m)	柱状图 1:100	岩土名称及其特征					岩芯 采取率 %	取 样	标贯 击数 (击)					
①	Q ₄ ^{ml}	19.30	0.50	0.50		素填土: 杂色, 稍湿, 松散-稍密, 主要由粉土、黏性土及碎石等组成。 强风化花岗混合岩: 灰黄色, 岩石风化强烈, 岩芯手可折断, 岩芯呈半岩半土状, 局部夹中风化岩块。						Y1 2.00-2.20	=73 2.35-2.65					
②	P ₁	13.20	6.60	6.10														
勘察单位		 广东省工程勘察院 GEII		制图		韩笑		校对		马健		审核		李小破		李少敏		附图4

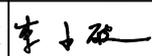
钻孔柱状图

工程名称		黄埔军校孙总理纪念碑加固工程													
工程编号		HP-01			钻孔编号		ZK2								
孔口高程(m)		20.56		坐标 (m)	X = 20090.11		开工日期		2021.8.27		稳定水位深度(m)				
孔口直径(mm)		127.00			Y = 4938.42		竣工日期		2021.8.27		初见水位深度(m)				
地层编号	时代成因	层底高程 (m)	层底深度 (m)	分层厚度 (m)	柱状图 1:100	岩土名称及其特征			岩芯 采取率 %	取 样	标贯 击数 (击)				
①	Q ₄ ^{ml}	20.16	0.40	0.40		素填土: 杂色, 稍湿, 松散-稍密, 主要由粉土、黏性土及碎石等组成。 强风化花岗混合岩: 灰黄色, 岩石风化强烈, 岩芯手可折断, 岩芯呈半岩半土状, 局部夹中风化岩块。									
②	P _t	14.06	6.50	6.10								Y1	3.00-3.20	=71	3.35-3.65
勘察单位		广东省工程勘察院 GEII		制图		韩笑		校对		马健		审核	李小破	李少破	附图4

钻孔柱状图

工程名称		黄埔军校孙总理纪念碑加固工程									
工程编号		HP-01			钻孔编号		ZK3				
孔口高程(m)		20.85	坐标 (m)	X = 20081.80	开工日期	2021.8.27	稳定水位深度(m)				
孔口直径(mm)		127.00		Y = 4935.35	竣工日期	2021.8.27	初见水位深度(m)				
地层编号	时代成因	层底高程 (m)	层底深度 (m)	分层厚度 (m)	柱状图 1:100	岩土名称及其特征		岩芯 采取率 %	取 样	标贯 击数 (击)	
①	Q ₄	20.55	0.30	0.30		素填土: 杂色, 稍湿, 松散-稍密, 主要由粉土、黏性土及碎石等组成。					
②	P ₁	14.65	6.20	5.90		强风化花岗混合岩: 灰黄色, 岩石风化强烈, 岩芯手可折断, 岩芯呈半岩半土状, 局部夹中风化岩块。			Y1 3.30-3.50	=76 3.65-3.95	
勘察单位		广东省工程勘察院 GEII		制图	韩笑	校对	马健	审核	李小破	李少破	
										附图4	

钻孔柱状图

工程名称		黄埔军校孙总理纪念碑加固工程									
工程编号		HP-01			钻孔编号		ZK4				
孔口高程(m)		22.05	坐标 (m)	X = 20064.80		开工日期	2021.8.27	稳定水位深度(m)			
孔口直径(mm)		127.00		Y = 4913.16		竣工日期	2021.8.27	初见水位深度(m)			
地层编号	时代成因	层底高程	层底深度	分层厚度	柱状图	岩土名称及其特征			岩芯采取率	取样	标贯 击数 (击)
①	Q ₄	21.85	0.20	0.20	1:100 	素填土: 杂色, 稍湿, 松散-稍密, 主要由粉土、黏性土及碎石等组成。 强风化花岗混合岩: 灰黄色, 岩石风化强烈, 岩芯手可折断, 岩芯呈半岩半土状, 局部夹中风化岩块。				Y1 2.20-2.40	=73 3.55-3.85
②	P _t	15.75	6.30	6.10							
勘察单位		 广东省工程勘察院 GEII		制图	韩笑	 校对	马健	 审核	李小破		附图4

钻孔柱状图

工程名称		黄埔军校孙总理纪念碑加固工程									
工程编号		HP-01			钻孔编号		ZK5				
孔口高程(m)		20.97	坐标 (m)	X = 20065.03		开工日期	2021.8.27	稳定水位深度(m)			
孔口直径(mm)		127.00		Y = 4903.30		竣工日期	2021.8.27	初见水位深度(m)			
地层编号	时代成因	层底高程 (m)	层底深度 (m)	分层厚度 (m)	柱状图 <small>1:100</small>	岩土名称及其特征			岩芯 采取 率 <small>%</small> 20 40 60 80	取 样	标贯 击数 (击)
①	Q ₄ ^{ml}	20.47	0.50	0.50		素填土: 杂色, 稍湿, 松散-稍密, 主要由粉土、黏性土及碎石等组成。					
②	P _t	14.47	6.50	6.00		强风化花岗混合岩: 灰黄色, 岩石风化强烈, 岩芯手可折断, 岩芯呈半岩半土状, 局部夹中风化岩块。				Y1 1.80-2.00	=76 2.15-2.45
勘察单位		广东省工程勘察院 GEII									
制图		韩笑	校对		马健		审核		李小破		李少敏
附图4											

钻孔柱状图

工程名称		黄埔军校孙总理纪念碑加固工程													
工程编号		HP-01			钻孔编号		ZK6								
孔口高程(m)		21.10		坐标 (m)	X = 20080.27		开工日期		2021.8.28		稳定水位深度(m)				
孔口直径(mm)		127.00			Y = 4891.96		竣工日期		2021.8.28		初见水位深度(m)				
地层编号	时代成因	层底高程 (m)	层底深度 (m)	分层厚度 (m)	柱状图 <small>1:100</small>	岩土名称及其特征			岩芯 采取率 <small>%</small> 20 40 60 80	取 样	标贯 击数 (击)				
①	Q ₄ ^{ml}	20.70	0.40	0.40		素填土: 杂色, 稍湿, 松散-稍密, 主要由粉土、黏性土及碎石等组成。 强风化花岗混合岩: 灰黄色, 岩石风化强烈, 岩芯手可折断, 岩芯呈半岩半土状, 局部夹中风化岩块。									
②	P _t	14.70	6.40	6.00											Y1 2.20-2.40
勘察单位		广东省工程勘察院 GEII		制图		韩笑		校对		马健		审核	李小破	李少敏	附图4

钻孔柱状图

工程名称		黄埔军校孙总理纪念碑加固工程									
工程编号		HP-01			钻孔编号		ZK7				
孔口高程(m)		7.76	坐标 (m)	X = 20140.19		开工日期	2021.8.28	稳定水位深度(m)		2.50	
孔口直径(mm)		127.00		Y = 4907.76		竣工日期	2021.8.28	初见水位深度(m)		2.00	
地层编号	时代成因	层底高程 (m)	层底深度 (m)	分层厚度 (m)	柱状图 <small>1:100</small>	岩土名称及其特征			岩芯 采取率 <small>%</small> 20 40 60 80	取 样	标贯 击数 (击)
①	Q ₄ ^{ml}	7.26	0.50	0.50		素填土: 杂色, 稍湿, 松散-稍密, 主要由粉土、黏性土及碎石等组成。				0.20-0.40	
②	P ₁	2.86	4.90	4.40		强风化花岗混合岩: 灰黄色, 岩石风化强烈, 岩芯手可折断, 岩芯呈半岩半土状, 局部夹中风化岩块。					=70 2.15-2.45
勘察单位		广东省工程勘察院 GEII		制图	韩笑	校对	马健	审核	李小破	李少敏	附图4

钻孔柱状图

工程名称		黄埔军校孙总理纪念碑加固工程												
工程编号		HP-01			钻孔编号		ZK8							
孔口高程(m)		7.58		坐标 (m)	X = 20118.37		开工日期		2021.8.28		稳定水位深度(m)		2.80	
孔口直径(mm)		127.00			Y = 4875.43		竣工日期		2021.8.28		初见水位深度(m)		2.30	
地层编号	时代成因	层底高程 (m)	层底深度 (m)	分层厚度 (m)	柱状图 <small>1:100</small>	岩土名称及其特征			岩芯 采 取 率 <small>%</small> 20 40 60 80	取 样	标贯 击数 (击)			
①	Q ^{m4}	5.28	2.30	2.30		素填土: 杂色, 稍湿, 松散-稍密, 主要由粉土、黏性土及碎石等组成。				Y1 0.50-0.70				
②	P _t	3.48	4.10	1.80		强风化花岗混合岩: 灰黄色, 岩石风化强烈, 岩芯手可折断, 岩芯呈半岩半土状, 局部夹中风化岩块。				=73 2.55-2.85				
勘察单位		广东省工程勘察院 GEII			制图	韩笑	韩笑	校对	马健	马健	审核	李小破	李小破	附图4

广东省工程勘察院
土工试验报告

报告批号: SKY-2021-(442批)-338

送样日期: 2021年09月01日

报告日期: 2021年09月03日

共1页 第1页

工程名称: 广州黄埔军校孙总理纪念碑加固工程

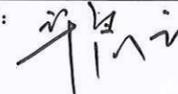
委托单位: 

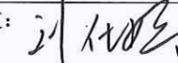
编 号	实 野 验 外	取 样 深 度 m	天然状态指标							稠度指标				固结指标				剪切指标				渗透系数		无 侧 限 抗 压 强 度 kPa	灵 敏 度 /	有 机 质 g/kg	P H 值	颗 粒 组 成										休止角		定名按 GB 50021-2001 (2009年版)		
			密度		土 粒 比 重 Gs	含 水 率 ω	孔 隙 比 e	饱 和 度 Sr	孔 隙 度 n	液 限 ω _L	塑 限 ω _P	塑 性 指 数 Ip	液 性 指 数 IL	压 缩 系 数 α _{v1-2}	压 缩 模 量 Es ₁₋₂	先 期 固 结 压 力 P _c	压 缩 指 数 Cc	固 结 系 数 C _v	C _h	直接快剪		固结快剪						垂 直 k ₂₀	水 平	粗	中	细	砂 土			细 粒 土			风 干 α _c		水 下 α _m	
			湿 密 度 ρ _w	干 密 度 ρ _d																黏 聚 力 c	内 摩 擦 角 φ	黏 聚 力 c'	内 摩 擦 角 φ'										粗	中	细	0.075- 0.25	0.075- 0.05	0.05- 0.01				0.01- 0.005
			g/cm ³	/	%	/	%	%	%	%	%	/	/	MPa ⁻¹	MPa	kPa	/	cm ² /s	cm ² /s	kPa	°	kPa	°					cm/s	kPa	/	g/kg	%	%	%	%	%	%	%	%		°	°
			37	ZK1-1	2.00 - 2.20	1.88	1.54	2.69	22.4	0.751	80.2	42.9	36.1	23.3	12.8	-0.07	0.433	4.04					33.6					26.4														
38	ZK2-1	3.00 - 3.20	1.89	1.50	2.68	26.3	0.791	89.1	44.2	37.3	21.0	16.3	0.33	0.315	5.69					31.9	25.4																			砂质黏性土		
39	ZK3-1	3.30 - 3.50	2.01	1.84	2.67	9.2	0.451	54.5	31.1	23.7	15.1	8.6	-0.69	0.294	4.93					33.5	26.4																			砂质黏性土		
40	ZK4-1	2.20 - 2.40	2.02	1.71	2.71	18.4	0.588	84.7	37.0	31.0	20.3	10.7	-0.18	0.258	6.16					30.0	28.4																			砂质黏性土		
41	ZK5-1	1.80 - 2.00	1.86	1.56	2.68	19.5	0.722	72.4	41.9	27.3	17.0	10.3	0.24	0.408	4.22					36.8	26.0																			黏性土		
42	ZK6-1	2.20 - 2.40	1.93	1.51	2.68	27.6	0.772	95.8	43.6	39.5	23.2	16.3	0.27	0.340	5.21					30.5	31.2																			砂质黏性土		
43	ZK7-1	0.20 - 0.40				23.9				29.5	18.8	10.7	0.48																											粉质黏土		
44	ZK8-1	0.50 - 0.70				26.7				33.3	21.9	11.4	0.42																											粉质黏土		

说明: 1、本报告执行GB/T 50123-2019标准; 2、对本报告如有意见或疑问, 须在一周内提出; 3、液限为76g锥入土深10mm时的含水率; 4、C_v为压力(100-200)kPa下的固结系数; 5、未经本院书面批准, 不得部分复制本报告内容。

地址: 广州大道北743号 联系电话: 87634239

试验者: 

审核: 

签发: 

土中易溶盐分析报告

工程名称: 黄埔军校孙总理纪念碑地灾勘查

委托单位:

送样日期: 2021年10月09日

报告批号: SKY-2021-(514批)-TR212

报告日期: 2021年10月11日

201819022794 试样编号		445	446	
野外孔号		ZK3	ZK4	
取样深度 (m)		0.10-0.30	0.00-0.20	
分 析 项 目	CO ₃ ²⁻	b(CO ₃ ²⁻)(mmol/kg±)	0.00	0.91
		CO ₃ ²⁻ (%)	0.000	0.005
		CO ₃ ²⁻ (mg/kg±)	0.00	54.60
	HCO ₃ ⁻	b(HCO ₃ ⁻)(mmol/kg±)	1.69	1.52
		HCO ₃ ⁻ (%)	0.010	0.009
		HCO ₃ ⁻ (mg/kg±)	103.09	92.72
	Cl ⁻	b(Cl ⁻)(mmol/kg±)	0.60	0.92
		Cl ⁻ (%)	0.002	0.003
		Cl ⁻ (mg/kg±)	21.30	32.66
	SO ₄ ²⁻	b(SO ₄ ²⁻)(mmol/kg±)	0.80	0.60
		SO ₄ ²⁻ (%)	0.008	0.006
		SO ₄ ²⁻ (mg/kg±)	76.84	57.63
	Ca ²⁺	b(Ca ²⁺)(mmol/kg±)	0.48	1.56
		Ca ²⁺ (%)	0.002	0.006
		Ca ²⁺ (mg/kg±)	19.20	62.40
Mg ²⁺	b(Mg ²⁺)(mmol/kg±)	0.24	0.70	
	Mg ²⁺ (%)	0.001	0.002	
	Mg ²⁺ (mg/kg±)	5.76	16.80	
pH值		7.03	8.40	

说明: 1、本报告执行GB/T50123-2019标准; 2、对本报告如有意见或疑问, 须在一周内提出;

3、本报告只对来样负责; 4、未经本院书面批准, 不得部分复制本报告内容。

地址: 广州市广州大道北743号 邮编: 510510 电话: 87634239

试验者: 叶淑仪

审核: 李佩兰

签发: 刘化明

黄埔军校孙总理纪念碑地灾治理勘查工程



ZK1



ZK2



ZK3



ZK4

黄埔军校孙总理纪念碑地灾治理勘查工程



ZK5



ZK6



ZK7



ZK8