

青岛地区典型地质灾害发育特征及治理技术

王帅^{1,4)}, 曲万隆^{1,4)}, 张建伟^{2,3)}, 王宇³⁾, 邢同菊^{1,4)}

1) 青岛地质工程勘察院, 山东青岛, 266100; 2) 浙江大学建筑工程学院, 杭州, 310012;

3) 青岛大学环境科学与工程学院, 山东青岛, 266071;

4) 山东省地矿局城市地质与地下空间资源重点实验室, 山东青岛, 266100

内容提要:青岛地区崩塌与滑坡灾害隐患点占总量的96%, 采石活动遗留的露天采石坑及不稳定边坡, 是典型的崩塌、滑坡地质灾害易发区。选取典型代表性的百果山石材矿区, 充分分析其自然条件和地质概况、地质环境破坏情况、工程地质条件等, 采用危岩体清除、削坡整形、客土回填、边坡工程治理、绿化喷播、修建挡土墙等技术, 历时22个月, 取得良好治理效果, 对青岛市其它灾害点的治理具有示范作用。

关键词:地质灾害; 特征; 治理技术; 青岛地区

青岛地处低山丘陵区, 地质灾害易发程度高, 历史多次发生有人员伤亡的灾害, 严重威胁当地人民群众的生命财产安全。随着城市化发展, 经济活动和人类工程活动的加剧, 地质灾害发生频率和危害有所增高。青岛地区最新的调查结果(2017年)显示, 地质灾害隐患点553处, 含崩塌461处和滑坡70处(图1), 崩塌与滑坡灾害隐患点占总量的96%, 是主要的地质灾害类型。采石活动遗留的露天采石坑及不稳定边坡, 是典型的崩塌、滑坡地质灾害易发区(Lai Jie et al., 2016)。

不稳定边坡受到不同方向不同种类的作用力(Liu Kaiyun et al., 2012; Wang et al., 2013; Yang Jiancheng et al., 2016), 并受到重力、渗透压力、震动力、风化及人类活动等因素的影响(Bishop, 2015; Chu et al., 2015; Li Yi et al., 2016; Nian et al., 2012), 形成危岩体。危岩体在一定条件下极易导致崩塌、滑坡等突发性地质灾害, 造成人员伤亡和经济损失(Aleksandrov et al., 2012; Kumar et al., 2015; Liang et al., 2012; Yang Xiguang et al., 2013)。青岛市李沧区东部的百果山石材矿区, 有多年建筑采石遗留的露天采石坑, 治理责任主体已经灭失, 同时, 该地还被选为2014年世界园艺博览会

(简称“世园会”)的举办地址。因此, 百果山石材矿区极具典型性, 迫切需要对其地质灾害隐患进行治理。

1 自然条件与地质概况

1.1 地形地貌

拟治理五个采石坑(分别为1、2、3、4、5号, 图2)所处原地貌类型为剥蚀丘陵区, 北高南低, 标高153.62~310.56m。

区内微地貌形态可分为三种类型: 采石、采土陡崖, 为人工采石形成, 基岩裸露, 主要分布于山体底部, 有部分区域为倒坡, 形成悬空危岩; 采石平台, 已荒废多年, 有采石形成的独立残垣断壁和废石堆; 剥蚀丘陵, 为未遭受采石破坏的原始丘陵山体, 分布于采石陡崖的两侧。

1.2 气象水文

属北温带大陆季风气候区, 具有空气湿润、雨量充沛的特点。大气降水是场区地表水的唯一来源, 降水顺山坡向下迳流, 部分垂直渗流补给地下水。

1.3 地层岩性

地层主要由山体表面强风化形成, 属第四系

注: 本文为青岛地质工程勘察院开放基金项目(编号2019-QDDZYKF01)资助的成果。

收稿日期: 2019-08-09; 改回日期: 2019-09-10; 责任编辑: 李曼。

作者简介: 王帅, 男, 1984年生。工程师, 主要从事地质找矿工作, Email: 346452263@qq.com。通讯作者: 张建伟, 男, 1980年生。水工环高级工程师, 青岛大学环境科学与工程学院, Email: 93664399@qq.com。

引用本文: 王帅, 曲万隆, 张建伟, 王宇, 邢同菊. 2019. 青岛地区典型地质灾害发育特征及治理技术. 地质学报, 93(s1): 261~265, doi: 10.19762/j.cnki.dizhixuebao.2019236.
Wang Shuai, Qu Wanlong, Zhang Jianwei, Wang Ning, Xing Tongju. 2019. Characteristics and control technology of typical geological hazards in Qingdao. Acta Geologica Sinica, 93(s1): 261~265.



图 1 地灾隐患点分布图

Fig. 1 Distribution map of potential disaster points

山前组。为全新世早期冲积物，零星分布于山间洼地，厚度变化较大，主要岩性为黄褐色含砾粉质粘土。

侵入岩包括中生代燕山晚期崂山超单元的二长花岗岩、碱长花岗岩，燕山晚期碱长花岗岩脉、正长斑岩脉、石英正长斑岩脉等。

1.4 区域构造

区域构造主要包括脆性断裂构造、韧性剪切带、褶皱构造。其主体方位为 NEE 向，次为 NE 向和 EW 向。区内脆性断裂构造具控水作用，其方向错

综复杂，多形成于燕山晚期。主要断裂带是即墨-沧口断裂带。

2 地质环境破坏情况

百果山石材矿区经过多年的开采，地质环境遭到破坏(图 3A、B)，形成多处坡度 80°以上的高边坡，大部分近于直立，局部岩体凌空呈倒坡状，单体最高达 69 m。采石改变了岩土体的原始均衡状态，加之边坡临空面大、卸荷裂隙发育，易产生崩塌、滑坡等地质灾害。



图 2 采石坑相对位置影像图

Fig. 2 Image map of relative position of quarry pits

3 工程地质条件

基岩岩体呈块状,矿物成分以石英、长石为主,含少量角闪石及黑云母等,质地致密坚硬,整体性良好,抗风化能力强。根据风化程度不同主要分为

强风化、中风化和微风化三个级别,大部分地段工程地质条件良好。

根据地区经验,强风化花岗岩岩体重度 γ 取 21 kN/m^3 ,等效内摩擦角标准值 Φ 取 45° ,岩体纵波波速 $V_p=1500\sim2000\text{ m/s}$,岩体基本质量等级 V 级。中风化花岗岩岩石天然状态下单轴抗压强度 $15\sim40\text{ MPa}$,重度 γ 取 25 kN/m^3 ,岩体等效内摩擦角标准值 Φ 取 55° ,岩体纵波波速 $V_p=2000\sim3500\text{ m/s}$,岩体基本质量等级 III-IV 级。微风化花岗岩岩石天然状态下单轴抗压强度 $60\sim160\text{ MPa}$,重度 γ 取 25 kN/m^3 ,岩体等效内摩擦角标准值 Φ 取 70° ,岩体纵波波速 $V_p=3500\sim5000\text{ m/s}$,岩体基本质量等级 II 级。

4 地质环境治理技术方案

4.1 危岩体清除

对采石坑表面危岩进行清除。危岩体主要位于采石坑边坡中上部区域(图 3C)。边坡上的积土及已脱离母岩、体积较小的崩塌危岩体,采取人工和机械相结合搬运的措施,体积较大者采用炸药爆破,爆破之后再将其小块危岩体进行清除,为后续施工治理提供安全保证。

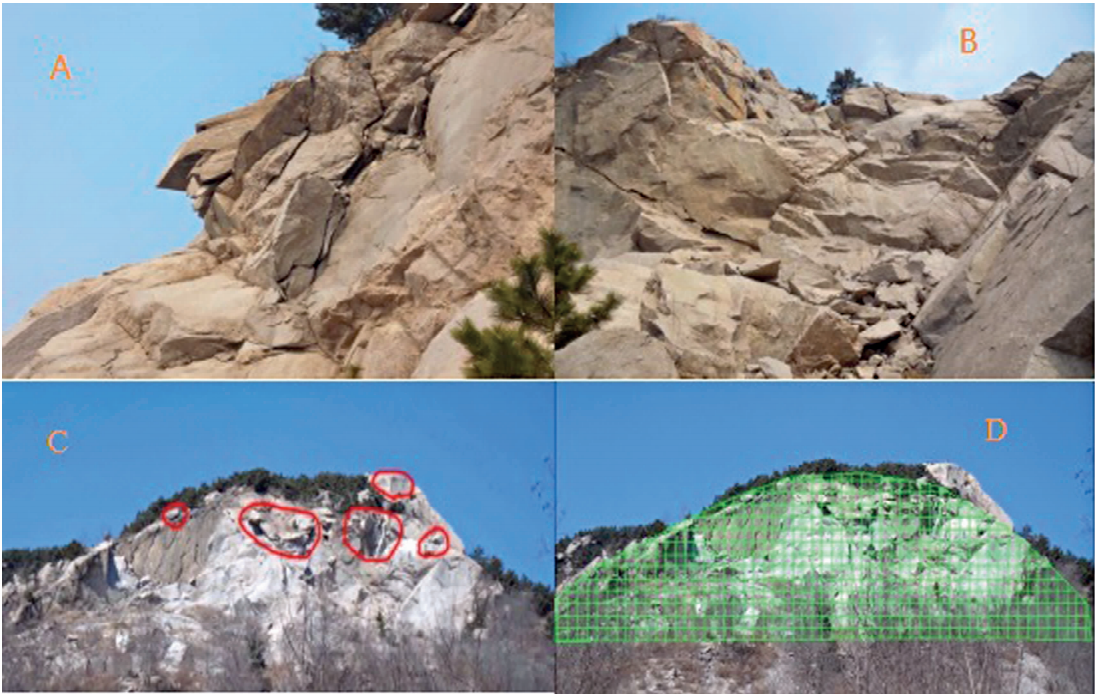


图 3 采石坑坡面危岩体分布及格构梁治理示意图

Fig. 3 Distribution of dangerous rock mass on slope surface of quarry pits and schematic diagram of lattice beam treatment

A—采石坑凌空危岩体;B—采石坑局部危岩体;C—采石坑坡面危岩体分布;D—采石坑格构梁布设

A—Dangerous rock mass in quarry pit; B—local dangerous rock mass in quarry pit;C—distribution of dangerous rock mass on slope surface of quarry pit;D—layout of lattice beam in quarry pit

4.2 削坡整形

用人工与机械相结合的方法对坡面进行整形至坡面平整,将坡面坡度削至 45~50°,产生的废石将直接用于坡底的回填。施工过程中需注意边坡的平整度,坡面的凹凸度平均为±30 cm,最大不超过±50 cm。

必要时,采用爆破技术削坡。采用深孔松动控制的方式和单排布孔的方式实施爆破,钻孔孔径 φ100 mm,倾角 60°,孔深 7.8~0.5 m,孔距 3.5~4.6 m。由于需要进行爆破处理的坡面岩体节理裂隙发育较强烈,且岩体呈中风化状,爆破单位耗药量取 0.25~0.35 kg/m³。单孔装药量计算公式为:

Q=q⋅a⋅W⋅H

式中:Q 为单孔装药量(kg);q 为单位耗药量(kg/m³);a 为炮孔间距(m);W 为底盘抵抗线(m);H 为台阶高度(m)。

4.3 客土回填

采石场下方有很大的回填空间,用废石和渣石在坡脚处进行客土回填。要求:①下部回填建筑工地上部 0.8 m 填三类种植土,表层填 0.4m 营养土;② 采取分层压实(碾压、夯实)措施,内摩擦角 φ≥28°;③ 回填边坡坡度控制在 20°以下。

4.4 边坡治理方案

根据采石坑工程场地地形和工程地质条件,结合“世园会”对稳定性的要求,+250 m 以上部分坡面整体需要加固处理、且前沿坡面须防护和美化,采用现浇钢筋混凝土格构梁与预应力锚索进行防护(图 3D)。

对+250 m 标高至坡顶采用预应力锚杆+格构梁进行边坡支护,格构采用顺边坡倾向和沿边坡走向设置方格状格构。预应力锚杆按标高从上往下布置,钻孔垂直方向间距 3.0 m,水平方向间距 3.0 m,最低一排锚杆距离地面≤3.0 m。锚杆之间采用混凝土格构连在一起,成为一个整体,以增加整体稳定性。

根据岩土工程条件中叙述场地内各岩土体部分,设计经验参数如表 1。经计算,安全系数为 1.532,能够满足设计要求。

表 1 各岩土层支护设计部分参数一览表
Table 1 List of parameters for supporting design of rock and soil layers

层号	岩土层名称	frb(kPa)	r(kN/m³)	C(kPa)	φ(度)
1	强风化至中风化	300	22	50	18
2	微风化	500	25	90	27

4.5 挂网喷播绿化

采用高次团粒系列绿化施工方法(简称“SF 绿化法”)绿化。

岩体坡面上种植基质厚度薄、环境恶劣,植物选择抗旱性、抗逆性强的品种。草种选用白三叶、高羊茅及狗牙根等,多种草籽混播,以便增强适应性;同时选用黑松、棉槐等树种,使其自然侵入岩体。

4.6 排水沟

区内需进行排水系统建设,在边坡顶部修建排水沟渠,水渠断面形状的设计考虑到山坡汇水面积和降雨量,尤其是暴雨时的降雨量。

排水沟的结构设计原则为:设计能力 Qc≥设计流量 Q;对应于设计流量的沟内水流速度 V 不小于防淤速度 Vmin 且不大于沟渠的冲刷速度 Vmax。

排水沟设计流量 Q 与所在地区的气候,汇水区域的大小、坡度、土质和植被情况以及设计降雨重现期有关,其计算公式为:

Q=16.67CIF (m³/s)

式中:I 为降雨强度(mm/min);C 为径流系数;F 为汇水面积(km²)。

设计降雨重现期为 50 年,计算出排水沟设计流量:

Q=0.677m³/s

对应于设计流量的沟内水流速度 V 取值 0.8m/s,则排水沟断面设计面积为:

A=0.56m²

坡顶排水沟宽度选定为 0.8m,坡度采用 1:0.5。所需修建的排水渠总长度约 430m。排水沟与边坡两侧水沟相连,经过原始地貌排水系统排出场区。

5 结论

按照上述地质灾害治理技术,对典型灾害隐患点百果山石材矿区进行治理,历时 22 个月,取得良好效果,并保障了“世园会”的顺利召开,也对青岛市其它灾害点的治理具有示范作用。

References

Aleksandrov S E, Lyamina E A. 2012. Plastic limit state of a thin hollow disk under thermomechanical loading. Journal of Applied Mechanics & Technical Physics, 53(6):891~898.
Bishop A W. 2015. The use of the slip circle in the stability analysis of slopes. Geotechnique, 5(1): 7~17.
Chu X, Li L, Wang Y. 2015. Slope reliability analysis using length-based representative slip surfaces. Arabian Journal of Geosciences, 8(11): 9065~9078.
Kumar G P, Das A, Rai R, et al. 2015. Slope stability analysis

using radial slices; a mathematical model. Journal of the Institution of Engineers, 96(2): 1~5.

Lai Jie, Zheng Yingren, Tang Xiaosong, et al. 2016. Application of rock and soil's dynamic limit strain criterion in stability analysis of slope engineering. Journal of Vibration and Shock, 35(17): 13~18 (in Chinese with English abstract).

Li Yi, Gong Wenhui, Chen Xunlong, et al. 2016. Dynamic reliability analysis on rock slopes under earthquake. Journal of Civil Engineering and Management, 33(3):94~98 (in Chinese with English abstract).

Liang L, Chu X S. 2012. The location of critical reliability slip surface in soil slope stability analysis. Procedia Earth & Planetary Science, 5(8): 146~149.

Liu Kaiyun, Wei Bo, Liu Baoguo. 2012. Analysis model of slope deformation time series based on the genetic-adaptive neuron-fuzzy inference system. Journal of Beijing Jiaotong University, 36(1): 56~62 (in Chinese with English abstract).

Nian T K, Liu C, Chen G Q, et al. 2012. Numerical analysis of stability and creep-deformation of a complex embankment using non-convergence criterion. Journal of Convergence Information Technology, 7(17): 164~173 (in Chinese with English abstract).

Wang L Z, Jiang H Y, Yang Z X, et al. 2013. Development of discontinuous deformation analysis with displacement-dependent

interface shear strength. Computers & Geotechnics, 47(1): 91~101.

Yang Jiancheng, Deng Qin. 2016. Discontinuous deformation analysis of rock slope failure. Journal of Water Resources and Architectural Engineering, 14(2): 118~122 (in Chinese with English abstract).

Yang Xiguang, Chi Shichun. 2013. Upper bound method for seismic stability limit analysis of earth-rock dams. Rock and Soil Mechanics, 34(3): 721~726 (in Chinese with English abstract).

参 考 文 献

赖杰, 郑颖人, 唐晓松, 等. 2016. 岩土动力极限应变判据在边坡稳定分析中的应用. 振动与冲击, 35(17): 13~18.

李逸, 龚文惠, 陈训龙, 等. 2016. 地震作用下顺层岩质边坡动力可靠度. 土木工程与管理学报, 33(3):94~98.

刘开云, 魏博, 刘保国. 2012. 边坡变形时序分析的进化-自适应神经模糊推理模型. 北京交通大学学报, 36(1):56~62.

杨建成, 邓琴. 2016. 岩质边坡倾倒破坏的非连续变形分析. 水利与建筑工程学报, 14(2): 118~122.

杨昕光, 迟世春. 2013. 土石坝抗震极限分析上限法. 岩土力学, 34(3): 721~726.

Characteristics and control technology of typical geological hazards in Qingdao

WANG Shuai^{1,4)}, QU Wanlong^{1,4)}, ZHANG Jianwei^{*2,3)}, WANG Ning³⁾, XING Tongju^{1,4)}

1) *Geo-Engineering Investigation Institute of Qingdao, Qingdao, Shandong, 266100;*

2) *School of architecture and engineering, Zhejiang University, Hangzhou 310012;*

3) *School of Environmental Sciences, Qingdao University, Qingdao, Shandong, 266071;*

4) *Key Laboratory of Urban Geology and Underground Space Resources Shandong Provincial Bureau of Geology and Mineral Resources, Qingdao, Shandong, 266100*

** Corresponding author: 93664399@qq.com*

Abstract

The hidden danger points of collapse and landslide in Qingdao area account for 96% of the total. The open-pit quarries and unstable slopes left over by quarrying activities are typical areas prone to landslide and collapse. In 22 months, we selected typical representative Baiguoshan stone mining area, fully analyzed its natural and geological conditions, geological environment damage, engineering geological conditions and so on, adopted dangerous rock mass removal, slope cutting and shaping, passenger soil backfilling, slope engineering treatment, greening spraying, construction of retaining wall and other technologies, and achieved good control effect. As a result, it has a demonstration effect on the control of other disaster spots in Qingdao.

Key words: geological hazards; characteristics; control technology; Qingdao area