

青岛市崂山区典型地质灾害危险性分析及治理施工方案

张永伟¹, 刘文峰², 王治良³, 王元波¹, 商婷婷¹

(1. 山东省地质环境监测总站, 山东 济南 250014; 2. 聊城市规划建筑设计院, 山东 聊城 252000; 3. 青岛市国土资源局和房屋管理局崂山分局, 山东 青岛 266061)

摘要: 青岛市崂山区特殊的自然地理和地质环境条件, 在内、外动力地质作用以及人类工程、经济活动的影响下, 引发了崩塌、滑坡、泥石流等突发性的地质灾害。在对区内地质灾害点全面调查、排查和勘测工作的基础上, 进行地质灾害危险性分析, 编制出崂山区典型地质灾害的治理方案, 为该区地质灾害治理工作提供技术依据。

关键词: 地质灾害; 危险性分析; 治理施工方案; 青岛市崂山区

中图分类号: P694

文献标识码: A

0 引言

青岛市崂山区特殊的自然地理和地质环境条件, 受内、外动力地质作用以及人类工程—经济活动的影响^[1], 在形成千姿百态的地质地貌景观的同时, 对地质环境的负面影响也日益明显, 引起了崩塌、滑坡、泥石流等突发性地质灾害的发生、发展, 并陆续产生了一些新的地质灾害隐患^[2], 不仅给人民的生命财产安全造成了隐患, 而且给当地经济、社会健康可持续发展构成威胁。

随着近年来极端天气的增多, 特别是2007年8月11日崂山区遭到了50年一遇的暴雨, 对区内的地质环境产生了较大影响, 王哥庄街道返岭前发生滑坡, 其他地点也发现灾害隐患。为确保广大人民群众的生命财产安全, 重新对全区地质灾害隐患点进行了新一轮详细的调查, 进行了区内地质灾害隐患点的全面调查、排查和勘测工作, 编制了崂山区典型地质灾害隐患点的治理方案^①。为崂山区全面科学地开展地质灾害综合防治工作提供了科学依据。

1 地质灾害类型及成因

经调查发现, 崂山区地质灾害及隐患点发育类型主要为: 崩塌、滑坡和泥石流3种类型, 区内有重要地质灾害及隐患点共50处, 其中崩塌34处, 滑坡12处, 泥石流4处, 各街道办事处不同地段及景区地质灾害及隐患点情况见表1。

表1 崂山区地质灾害及隐患点分布情况

行政区	地段	灾害点(处)			合计
		滑坡	崩塌	泥石流	
王哥庄办事处	青山—黄山—长岭—返岭	1	19	0	20
	晓望—姜家庄—西山	1	3	0	4
沙子口办事处	西九水—竹窝	1	6	1	8
	大河东—登瀛	1	0	2	3
北宅办事处	卧龙—观崂	5	0	1	6
	枣行—兰家庄	3	4	0	7
崂山风景旅游区		0	2	0	2
合计		12	34	4	50

崂山区地质灾害及隐患点绝大多数分布在海拔250 m以下, 少数灾害点分布在300 m以上。从地形特点上, 多分布在山坡陡峭及河流切割深度强烈

* 收稿日期: 2009-09-21; 修订日期: 2009-12-25; 编辑: 陶卫卫

作者简介: 张永伟(1972—), 男, 山东泗水人, 高级工程师, 主要从事水文地质、工程地质、环境地质工作; E-mail: zyw526@126.com。

①山东省地质环境监测总站, 张永伟、王元波、商婷婷等, 青岛市崂山区地质灾害治理施工设计汇编, 2008年9月。

的区域,除此之外,一部分由人类工程地质活动造成的灾害及隐患点分布在交通干道两侧^[3]。

崂山区地质灾害发生及隐患存在是内外动力地质作用和人类地质活动共同影响的结果,地壳区域性抬升和较强烈的断裂活动是导致地形陡峭、山势险峻、岩石节理裂隙发育、山体顶部岩石多呈散体状的内在因素^[4];流水切割、风化则是沟谷纵横“V”型谷发育的外部条件;人类工程地质活动和社会经济活动破坏地质环境则是造成灾害隐患的不可忽视的重要方面。区内山体或危岩体崩塌占灾害隐患数量比重较大,大多分布在山势陡峭、岩体破碎、坡面巨石堆积的地域,泥石流灾害隐患多为陡峭的“V”型谷、谷底被流水剥蚀形成阶地及小型滑坡、不稳定斜坡等不良地质现象存在的出口部位。交通干线的不稳定斜坡(崩塌)均为人工开挖路基形成。

针对崂山区地质灾害情况,崩塌、滑坡和泥石流分别选取一个典型地质灾害点,按照彻底清查,力求根治的原则;“景治合一”的原则;经济合理,充分考虑施工技术条件的原则,进行崂山区地质灾害危险性分析和治理施工方案设计。

2 崩塌灾害点危险性分析与治理方案

崩塌以王哥庄街道办黄山社区3号崩塌地质灾害最为典型。该点位于王哥庄办事处黄山社区西山坡之上,东为黄海,所在地区的地貌形态为低山和近海坡地,地面坡度 35° 左右,地面标高200~500 m之间,出露元古宙黑云二长花岗岩,花岗岩山体的风化剥蚀物为崩塌隐患提供了固体物源。

2.1 地质灾害危险性分析

2.1.1 基本情况

危岩体下距黄山社区山前民房约70 m,威胁附近3户居民的生命财产安全。此处2个危岩体上下叠置,其中1号危岩体东北底部半悬空,顺坡向倾斜,坡向NW方向,地面坡度 35° ,高15 m,平均直径约9 m,体积达 500 m^3 ,重达1 350 t,下部1/3处紧靠2号危岩体,并依靠其支撑,空隙约 30 m^3 ;2号危岩体底部接触基岩风化层,最下部有 8.5 m^3 空隙,其底部受冲蚀作用后稳定性会越来越差,风化剥蚀底部接触支撑面越来越小,一旦滑动,1号危岩体亦将失去支撑而崩落,虽然崩塌规模级别为小型,但将直接危害下部的黄山社区居民生命财产,危险性较

大^[5]。

2.1.2 崩塌影响范围分析

崩塌活动的主要特征参数除崩塌体体积外,主要为崩塌体的运动速度和沿边坡的弹跳距离。若忽略声能,则崩塌、落石的势能仅转化为动能及克服摩擦做功(热能),设初速度为零,则崩塌体的运动速度为:

$$v = \sqrt{2gh(1 - f \cdot \cos\alpha)}$$

式中: v —崩塌体沿斜坡运动的速度(m/s); g —重力加速度(m/s^2); h —坡顶至坡底的垂直高度(m); f —斜坡平均阻力系数; α —斜坡坡度($^\circ$)。

崩塌落体沿斜坡的弹跳距离:

$$s = \frac{2v^2}{g \cdot \cos\alpha} (\tan\alpha \cdot \sin^2\beta - \frac{1}{2}\sin^2\beta)$$

$$\beta = \frac{200 + 2a(1 - \frac{a}{45})}{\sqrt[3]{v}}$$

式中: β —崩塌体的弹跳抛射角;其他符号同前^[1]。

该区边坡高度 $h = 200 \text{ m}$,斜坡坡度 $\alpha = 35^\circ$,根据专家经验评判和实际情况确定 $f = 0.4$,重力加速度 $g = 9.8 (\text{m/s}^2)$ 。经计算,崩塌体沿斜坡运动的速度为 51.3 m/s ,崩塌体的弹跳抛射角 $\beta = 57.9^\circ$,坡面破碎岩体崩落后的平均弹跳距离为 94.2 m 。为增大安全系数,将其影响范围扩大为 100 m 。

2.1.3 崩塌危险性预测结果

危岩体下部地段,坡面相对较陡,危岩体稳定性较差,持续强降雨、地震过程中易产生崩塌地质灾害,距危岩体下面 100 m 范围内为崩塌的影响范围,黄山前村最近的居民距危岩体仅为 70 m ,正好处于崩塌影响范围内,地质灾害危险性为中等,危害性相对较大,应该采取工程治理措施,以消除或避免其危害^[6-8]。

2.2 地质灾害治理方案

对该危岩体的治理宜从2方面着手:一方面是防止其向坡下方倾倒,另一方面是防止1,2号危岩体下部的接触面(即节理面)继续遭受风化剥蚀。因此应将1号危岩体采用静态爆破,削去其上面部分作为下部的填充原料,东北空隙处封堵加固,2号危岩体前部支挡的治理措施。

(1)首先对1号危岩体上部约1/2部分按由上至下的顺序进行静态爆破削尖处理,用作1,2号危岩体下部支护的原材料,静态爆破石方量为 250 m^3 。

静态爆破施工方法如下:

在对1号危岩体进行静态爆破时,应通过自上而下、台阶式逐层爆破清除。每层爆破层厚度应控制在100 cm以内,每层爆破后,将碎石消除干净,再进行下一层爆破,直到全部消除。

静态爆破的工艺流程为:钻孔—配置静态爆破剂—拌制破碎剂—灌注—开裂—小风镐破碎—清理。

(2)在1号危岩体前部悬空部位构筑浆砌石阻挡墙,此墙高设计2 m,平均宽2.3 m,长13 m(三角楔形体),每约70 cm留有宽度为10~20 cm、深度不小于0.3 m的覆土沟槽,将来覆土种土著草、攀爬植物,以与周围环境协调一致,墙内嵌入3排垂直锚筋,采用 $\Phi 20$ 罗纹钢,锚筋行距及间距50 cm,凿岩机钻孔,锚入基岩0.5 m,平均筋长1.0 m,采用I级钢筋(即Q235光圆钢筋)做箍筋,以绑扎法分别将各排垂直锚筋连接起来,注浆后与上部的空间一起浇筑,浇筑体积 30 m^3 。

在2号危岩体下部悬空部位构筑浆砌石阻挡墙,设计墙高2 m,平均宽1.5 m,长5.5 m,每约70 cm留有宽度为10~20 cm、深度不小于0.3 m的覆土沟槽,将来覆土种土著草、攀爬植物,以与周围环境协调一致,墙内嵌入2排垂直锚筋,采用 $\Phi 20$ 罗纹钢,锚筋行距及间距50 cm,凿岩机钻孔,锚入基岩0.5 m,平均筋长1.0 m,采用I级钢筋(即Q235光圆钢筋)做箍筋,采用绑扎法分别将各排垂直锚筋连接起来,注浆后与上部的空间一起浇筑,浇筑体积 8.5 m^3 。

(3)为防止1号危岩体下部接触的节理面继续冲刷剥蚀,在清除其风化残积层并出现新鲜岩石后,采用水泥将未接触的空隙均予以浇筑封堵。尤其是在危岩体接触面的上部及其四周构筑不低于20 cm的水泥防护墙,以防止流水进入接触带的节理中,引起新的风化和剥蚀。

此处灾害点因处于陡坡之上,坡下至崩塌危石处并无任何道路,施工难度很大,治理施工前应采取必要的提前处理措施。

3 滑坡灾害点危险性分析与治理方案

西九水滑坡灾害点位于青岛市崂山区沙子口街道办事处西九水社区南九水河东岸。滑坡体坡度 75° ,平均坡向 280° ,平均坡高13.5 m,宽度70 m,体

积约 $14\ 000\text{ m}^3$,规模等级为小型。滑体为残坡积物,结构零乱,碎石含量50%,2007年8月发生滑坡,挤压堵塞南九水河,威胁西九水社区村民安全。

3.1 地质灾害危险性分析

滑坡体大部分为第四系松散坡积物,由大小不一的砾石和砂土组成,结构松散,极易滑塌。尤其是在坡积物与基岩的接触面上,有地下水润滑更易整体滑动,形成滑坡。坡体表层有被洪水冲刷以及土体滑塌的痕迹,致使原本生长的灌木丛变形、歪斜。由于灾害点下部为一条河,造成坡脚浸润,破坏了滑坡体的坡脚稳定性,加之雨季河中洪水的冲刷,导致了地质灾害的发生。如不尽早采取治理措施,滑塌的范围会进一步加大,严重破坏当地的自然环境和人居环境。

3.1.1 滑坡稳定性分析

此处滑坡主要是雨水冲刷、底部河水淘蚀作用所致,坡面冲刷、底部淘蚀作用越强,滑坡越易发生。

3.1.2 坡面地表排水流量的确定

该区最大暴雨强度为 11.16 mm/h ,汇水面积为 0.12 km^2 ,则地表水最大汇流量为 $0.38\text{ m}^3/\text{s}$ 。

3.1.3 滑坡危险性预测结果

滑坡体上部为雨水冲刷,下部地段为河水淘蚀,稳定性较差,持续强降雨过程中易产生滑坡地质灾害,阻塞河道后,河水改道对西九水河村民造成生命财产安全威胁,地质灾害危险性为中等,危害性相对较大,应该采取工程治理措施,以消除或避免其危害。

3.2 地质灾害治理方案

该地质灾害隐患点处于河边地段,上部北边地段已采取护坡措施,下部部分地段基岩出露,为持力层,按照环境协调、安全性、永久性、经济性的原则,宜采取挡土护坡、工程排水等工程治理措施。

治理方案设计从两方面入手:一是首先清理滑坡体堆积物,自顶部修筑一条导水渠,将水引致坡下的河中疏通导水通道,恢复植被,从根本上防止雨水冲刷堆积体而引起滑动;二是在坡脚处清理堆积物至基岩面,修筑一条挡土墙。

根据设计原则,在山体的两侧和顶部基岩出露处修建导水渠,顶部截水沟导流上面的流水,通过导水渠,将水引入坡底的河流中。该工程预计建设导水渠长20 m,浆砌石量约为 50 m^3 ,清理开挖土石方

量约 80 m³。

导水渠由毛石整砌而成,厚度 30 cm,断面不小于 4 m²,呈倒梯形,砂浆抹面,以能彻底阻止雨水下渗的问题。

挡土墙由毛石整砌,用 42.5 MPa 普通硅酸岩水泥缝接。地上 5 m,下至基岩,地下部分为 1 m,墙厚 1 m,长 70 m,砌筑石方量 450 m³。要求建筑在新鲜的花岗岩基岩上,由于上部滑坡规模不大,且土体为松散堆积物;下部即是河床,对人的生命和财产安全威胁相对较小,故不需要锚固钢筋。清理开挖土石方 70 m³,在挡土墙上预留 $\Phi = 10$ cm、间隔为 1 m 的排水孔,以及时排出坡体中渗入的雨水。

导水渠应先清理原有的松散物,采用相对坚硬的底层做基础,坡面采用水泥砂浆抹面,以使排水尽量顺畅。挡土墙采取基坑开挖、地下地上砌筑(留排水孔)、水泥砂浆抹面。

4 泥石流灾害点危险性分析与治理方案

荆条涧泥石流灾害隐患位于沙子口办事处大河东北的荆条涧内。整个荆条涧呈“V”形谷,即为泥石流的流通区,乱石杂陈,坡降达 10°。在其上游即为近崂山主峰的悬崖。并因向源侵蚀而形成了漏斗状地形。构成了泥石流的形成区。在荆条涧沟口处,泥石流已形成了扇状的堆积区,堆积物大小不一,毫无分选,大的可达数十立方米,小的也有数米及小于 1 m 的砂石,谷口扇地切割深度较大,堆积的结构松散,在强降水条件下,极易再次发生泥石流灾害(以水石流为主),威胁建于堆积扇形地上的奶牛场和沟口外的民房的安全,亟待治理。

4.1 地质灾害危险性分析

4.1.1 泥石流易发性分析

此处泥石流主要是雨水冲刷、山洪暴发冲刷河道所致,坡面冲刷、底部掏蚀作用越强,泥石流越易发生。

4.1.2 坡面地表排水流量的确定

由于无流域实测资料,该设计中地表水汇流量按中国公路科学研究所提出的经验公式计算^[2]。

$$Q_p = S_p F$$

式中: Q_p —地表水汇流量(m³/s); S_p —降雨强度(mm/h); F —汇水面积(km²)。

该区最大暴雨强度为 11.16 mm/h,汇水面积为

1.25 km²,则地表水最大汇流量为 3.875 m³/s。

4.1.3 泥石流危险性预测结果

泥石流形成区为山体风化产物,物源丰富,持续强降雨过程中易产生泥石流地质灾害,对沟两侧村民造成生命财产安全威胁,地质灾害危险性为中等,危害性相对较大,应该采取工程治理措施,以消除或避免其危害。

4.2 地质灾害治理方案

4.2.1 水力计算公式的选择

该区山洪水为急流。水流进入陡坡导水渠后由于水流加速而产生水面落差,水面降落段的长度与坡度有关。如果陡坡长度足够大,降水曲线将在陡坡上结束。降水曲线长度可按明沟渐变流公式计算:

$$l = \sqrt{P^2 + \left(\frac{P}{\operatorname{tg}\alpha}\right)^2}$$

式中: P —陡坡段总落差(m); $\operatorname{tg}\alpha$ —陡坡的坡度(比降)。

设计中暂不考虑紊流情况,水力要素的计算选取明沟均匀流的基本公式进行计算:

$$Q = WC \sqrt{Ri}$$

式中: Q —过流量(m³/s); R —水力半径(m); i —水力坡度; W —过水断面面积(m²); C —流速系数(m/s),采用满宁公式^[3]计算:

$$C = \frac{1}{n} R^{\frac{1}{6}}$$

式中: n 为糙率。该规划导水渠排水工程采用浆砌石沟道,取 $n = 0.025$ 。

对于梯形过水断面:

$$W = (b + mh)h$$

$$R = \frac{(b + mh)h}{b + 2h \sqrt{1 + m^2}}$$

式中: $m = \operatorname{ctg}\alpha$ 为边坡系数,对于矩形沟道 $m = 0$ 。

该规划暂不考虑沟道的冲淤问题,不设计人工方法增加陡坡糙率。导水渠过水断面采用梯形断面,沟底不设计加糙处理。

根据以上公式计算,该沟应做三级建坝设计,其长度,由上游至下游分别为:25 m,35 m,38 m。

4.2.2 设计方案

由于荆条涧是一典型“V”型沟谷,拟采用泥石流的通常治理方法,即先清淤再分段修建阻挡坝的方法。

根据沟洞内的具体地形情况,作三级建坝设计,其长度,由上游至下游分别为:25 m,35 m,38 m。阻挡坝应建于基岩之上,因而坝址应清除洪积物至花岗基岩面,并钻进锚孔,孔距5 m。锚孔深0.1~1 m,锚筋用Φ20罗纹钢,与阻挡坝的坝体整体浇筑,以增加抗泥石流冲击强度。阻挡坝坝体宽2 m,至上部露出地面后逐渐缩至坝顶成1 m。整个坝体应在纵向每隔2 m,在竖向每隔1 m建一渗水孔,坝体浇筑用42.5 MPa普通硅酸岩水泥。

5 治理后产生的效益

地质灾害治理可以产生较明显的环境效益、社会效益。

5.1 环境效益

地质灾害治理工作,可以稳定边坡、防治灾害,做到安全防护与灾害相结合,与边坡护理工程、生态修复相结合,美化环境,环境意义突出。

5.2 社会效益

地质灾害治理工程是崂山社会主义新农村建设和构建社会主义和谐社会最根本的体现,保护了人民生命财产安全,消除了社区居民的惧怕地质灾害

的紧张情绪。

通过崂山区地质灾害调查和治理施工方案编制,以及2008年度的地质灾害具体的治理工作,有力地促进了崂山区地质灾害的治理工作,保护了人民生命财产安全,为其他类似地区开展地质灾害治理工作提供了借鉴。

参考文献:

- [1] 贾永刚,谭长伟,刘永军,等.青岛城市工程地质[M].青岛:青岛海洋大学出版社,1995:116-122.
- [2] 段秀铭,郑庭明.山东省地质灾害分区与防治对策研究[J].山东国土资源,2007,23(4):1-6.
- [3] 张永伟,刘怀念,刘元本,等.专家聚类法在青岛市城市地质环境脆弱性评价中的应用[J].山东国土资源,2008,24(10):21-24.
- [4] 贾永刚,李相然,韩德亮,等.环境工程地质学[M].青岛:中国海洋大学出版社,2003:380-381.
- [5] 刘佑荣,唐辉明.岩体力学[M].武汉:中国地质大学出版社,2008:172-189.
- [6] 廖育民.地质灾害预报预警与应急指挥及综合防治实物全书[M].哈尔滨:哈尔滨地图出版社,2003:314-315.
- [7] 薛禹群.地下水动力学原理[M].北京:地质出版社,1986:41.
- [8] 重庆建筑工程学院.排水工程[M].北京:中国建筑出版社,1987:33.

Analysis on Typical Geological Disaster Risk and Construction Plan of Disasters Management in Laoshan District of Qingdao City

ZHANG Yongwei¹, LIU Wenfeng², WANG Zhiliang³, WANG Yuanbo¹, SHANG Tingting¹

(1. Shandong Monitoring Center of Geological Environment, Shandong Jinan 250014, China; 2. Liaocheng Architecture and Layout Designing Institute, Shandong Liaocheng 252000, China; 3. Laoshan Branch Bureau of Qingdao Bureau of Land and Resources, Shandong Qingdao 266061, China)

Abstract: Due to special physiogeographical and geological conditions, Laoshan area suffered the following geological hazards: collapse, landslides, mud-rock flows which were induced by the inner and outer dynamic geological processes, as well as human activities. According to the comprehensive survey and investigation on all kinds of geological disasters in this region, the evaluation of the risks and treatments for the geological hazards have been obtained.

Key words: Geological hazards; risk analysis; treatment programs; Laoshan district in Qingdao city