

废弃矿山植被恢复工程地质灾害危险性 评估关键问题分析

陈昌彦, 朱志刚, 王维理

(北京市勘察设计研究院有限公司, 北京 100038)

摘要:系统论述了废弃矿山植被恢复工程地质灾害危险性评估的工作内容、方法、评估范围等关键技术问题。文章提出废弃矿山植被恢复工程地质灾害危险性评估工作兼具地质灾害危险性评估和矿区地质工程环境条件评价的双重目的,为植被恢复工程建设提供必要的设计依据。分区、分段、分单元全方位地质灾害调查和综合评估是开展废弃矿山植被恢复工程地质灾害危险性评估的有效方法,最后分析和讨论了地质灾害危险性的现状评估、预测评估以及适宜性评估等关键问题。

关键词:废弃矿山;植被恢复;地质灾害;危险性评估;关键问题

文章编号:1003-8035(2011)02-0076-06

中图分类号:P642;TD88

文献标识码:A

0 前言

矿产资源的开发曾经对地方经济发展和城市建设做出了重要的贡献,但也破坏了区域性生态环境及自然景观,形成各类地质灾害,严重威胁区域的生态环境。随着北京市“十一五”可持续发展规划,建设“宜居城市”、“生态城市”已经成为社会发展的必然趋势,从2007年开始北京市启动了关停废弃矿山,开展生态植被恢复,建设和改善区域经济生态环境^[1-2]。

为确保生态恢复工程的顺利有效实施,最大限度地降低地质灾害对植被恢复工程建设和运营等各阶段的安全影响,有效规避地质灾害危险,为合理选择和确定植被恢复工程措施等提供设计和实施依据,因此开展生态恢复工程的地质灾害危险性评估工作是非常必要的。但生态修复项目常常表现为工点分散、地质条件多变、灾种多样,以及工程建设对地质灾害的特殊影响等特点,因此矿山植被恢复工程地质灾害危险性评估工作与工民建、矿山建设等常规项目具有明显差异,其评估范围、工作方法和内容等都具有一定的特殊性,本文结合作者近年来开展的一系列相关工程实践,对其中的关键问题进行深入讨论,以与同行交流。

1 废弃矿山植被恢复工程简介

废弃矿山植被恢复工程主要通过对废弃矿山、弃渣坡等进行适当工程处治,在此基础上开展矿山植被

重建和生态系统功能恢复等工程建设,改善矿区地质环境、减轻和防止地质灾害的发生,恢复自然生态环境^[3]。

该项目以植被生态恢复建设为主,土木工程建设为辅,兼顾综合治理和规划开发,采用的工程措施主要是修建排水设施、对开采创面进行放坡、清除浮石,修建挡渣墙、护坡和坡脚防护等,在此基础上采取工程措施进行挖坑、全面或局部客土,为植被建设创造条件,根据场地条件开展针对性的植被建设和工程规划。

因此该类工程的建设对地质灾害具有适度治理和预防的双重作用,可以有效改善地质环境条件、降低地质灾害的发生和发展,能够促进矿区的开发利用与环境保护、水土保持协调发展。

2 废弃矿山植被恢复工程地质灾害类型及危险性评估的特征

2.1 主要地质灾害类型的确定

北京地区废弃矿山整体可分为两大类即以地下矿产开采为主的煤矿、铁矿和以露天开采石灰石和石

收稿日期:2010-12-29;修订日期:2011-03-24

作者简介:陈昌彦(1968—),男,江苏连云港人,博士,教授级高工,长期从事地质灾害评估与治理设计、岩土体工程地质及岩土工程综合测试、检测和监测、计算机在岩土体工程中应用、构造地质等方面应用研究和技术管理。

E-mail: chenchangy@sina.com

质板材为主的露天采石场。植被恢复工程地质灾害种类与矿山开采类型密切相关,对于废弃地下矿山发育的地质灾害主要为地面塌陷、矿山地裂缝、弃渣坡失稳以及诱发的泥石流等;露天采石(矿)矿山地质灾害主要为崩塌、不稳定斜坡、弃渣坡失稳以及诱发的泥石流等。

关于活断裂构造灾害的影响常具有明显的时效性,且其对植被恢复工程建设影响的意义不明显,因此在实际工作中可不对此进行评估。

2.2 废弃矿山植被恢复工程地质灾害危险性评估的特征

(1) 矿区分布广而分散、规模变化大、地质灾害危险性评估范围广、工作量大而分散

北京地区各类废弃矿山空间分布分散,各矿区地质环境条件以及单体规模变化大。如北京市房山区2009年拟评估的废弃矿山地质灾害点分布于区内14个乡镇约50个自然村的122个矿区,矿区总治理面积约1000ha。各矿山的评估区范围因矿区地质条件和地质灾害类型的变化而不同,评估范围广、工作量大而分散。

(2) 环境地质条件变化复杂,地质灾害类型多样,矿区全方位发育

由于关停矿山位于多个地质单元内,每个矿区在各个方向都会有临空工作面,与各类地质结构面相互组合可能形成各种类型的地质灾害体,因此废弃矿山地质灾害全方位发育、类型多样,应从不同角度和方位评估地质灾害的发育状况及其危险性。

(3) 废弃矿山植被恢复工程可以有效改善地质环境条件,降低地质灾害的发生和发展

废弃矿山植被恢复工程可以有效改善矿区以及既有地质灾害点的地质环境条件,工程建设诱发或加剧地质灾害的可能性低,有利于降低地质灾害发生的可能性,因此在预测评估中应充分考虑植被恢复工程建设对地质灾害发生、发展影响的特殊性。

(4) 地质灾害危险性评估工作兼具灾害评估和矿区地质工程条件评价双重目的,为植被恢复工程建设提供必要的设计依据

废弃矿山规模变化大、矿点分散、灾种多变,且由于受时间和投资条件所限,一般在植被恢复工程设计和实施之前很难对每个矿区或地质灾害点开展专门的工程地质勘察工作。通过地质灾害危险性评估,一方面详细调查、评估区内地质灾害发育类型及其环境

工程地质条件,预测地质灾害发展趋势及其风险变化;另一方面需较详细地测绘和调查各矿点的几何特征参数,为矿区地质灾害植被恢复工程的针对性设计提供相关技术参数,同时识别需要开展专项地质工程勘察的矿点或灾害体并提出相关的工作建议,为开展专项地质工程勘察提供必要的设计依据,因此废弃矿山植被恢复工程地质灾害危险性评估兼具地质灾害危险性评估和对各矿点开展工程地质条件调查和评估的双重任务。

3 地质灾害调查工作要点

3.1 工作方法

现场地质调查、测绘和走访是开展废弃矿山植被恢复工程地质灾害危险性评估工作的重要方法,必要时开展一定的地质勘察和测试工作,利用相关评估理论和方法进行综合分析和评价,对重点的、规模较大的灾害点则开展专项的地质工程勘察和评价工作。

全面、详细的现场地质调查和测绘工作是有效开展危险性评估的关键,以构造作用控制论和岩体结构控制论为指导思想,分区、分段开展地质调查^[4],突出地质环境条件对工程建设危险性影响、强化区域断裂构造对评估区内工程地质条件以及地质灾害发生发展的控制作用等针对性的调查和综合分析,避免对区域资料不加分析的、非针对性的引用,才能达到地质调查和测绘的目的。现场调查过程中应尽可能概化和确定地质灾害发育类型及主控因素,评估地质灾害的发展趋势及可能的影响,提出可能的防治对策和建议,为综合分析和评估提供全面准确的基础资料。

因此地质调查工作的质量和成果的完整性对开展地质灾害危险性评估工作是至关重要的,要充分重视常规调查技术和新技术手段的有机结合和应用,获取有效的地质信息。

常规调查手段主要用罗盘、皮尺等简易的测量工具和GPS定位,对于高陡边坡上部或地形地貌复杂等区域,难以开展直接的工程地质测绘工作时,可采用高清晰激光摄影测量等新技术进行地形和地质专业测绘,对开采创面、平台、弃渣坡和采石坑的基本特征及地质灾害体的形态、规模、分布及变形特征等以及各类岩体结构面特征、发育密度等参数进行测绘和统计分析,为评估工作提供量化参数。

3.2 地质调查工作的重点

一般地,调查的工作重点和内容将因矿山类型及其发育的地质灾害类型不同而具有较大的差异。

3.2.1 地下废弃矿山地质灾害调查重点

(1) 地下采空区

北京地区的废弃地下矿山主要以采煤矿山为主,由于矿山开采历史、关闭时间以及开采方法等不同,发育的地质灾害类型也有较大差异,在地质灾害调查过程中对采空区应重点调查矿山开采历史、开采煤层厚度和层数等基本特征、开采方法、生产规模等矿山基本情况,采空区的范围和形成时间、采空区的变形类型、影响范围、活动强度等有关采空区变形特征,尤其关注地面塌陷和沉陷变形、采空区的稳定性等变形历史,调查统计地面裂缝发育过程和空间分布,通过现场调查和走访并结合矿区的工程地质条件评估采空区的目前稳定状况,尤其关注在采空区的稳定性状态对现场作业的危险性,评价其对开展植被恢复建设的适宜性影响等。

(2) 矿区弃渣坡

采矿弃渣坡稳定性是废弃地下采矿区重要地质灾害类型之一,由于弃渣坡物质组成复杂,成坡历史多变,且常常是依地形随机堆放,形成多个级次的弃渣坡,坡体有时高达几十米,因此原地形状况以及堆积物与原坡地的接触关系是影响弃渣坡稳定性的关键因素,应重点调查弃渣坡体的级次以及各级的几何尺寸和规模、弃渣组成和粒度情况、密实度、区内类似弃渣坡的自稳坡角等几何参数,调查和分析弃渣坡堆放的原始地形变化情况,对于直接堆放在斜坡体上的弃渣坡要详细调查和分析弃渣体沿原始地形坡面变形失稳的可能性,详细调查和走访弃渣坡的变形现象和长期的稳定状况等及其与周边危害对象的相关性,调查和评估弃渣坡坡体厚度对植被恢复工程建设的影响等。

对于规模较大或有直接危害对象的弃渣边坡,应在定性分析的基础上辅以半定量、定量的稳定性验算分析,评价其不同阶段的稳定状况。

(3) 矿区泥石流

废弃矿山的泥石流沟调查应重视沿冲沟两侧分布的矿山弃渣坡对诱发泥石流的贡献(照片1),详细调查冲沟流域所有弃渣坡分布情况及其与周边冲沟的相关性、弃渣坡挤占冲沟流域的范围及因此造成积水 and 上游的汇水可能情况,合理评价弃渣坡诱发泥石流的可能性。即使冲沟的规模较小,如果沿沟分布较

多的弃渣坡且有拦截冲沟流水情况时都应进行详细调查和评价。调查范围应尽可能达到第一斜坡带范围,因此较常规地质灾害危险性评估而言,更应重视弃渣坡诱发泥石流灾害危险性的调查和评价工作。



照片 1 冲沟内分布弃渣坡

Photo 1 Mine spoil discarded in the gully

3.2.2 露天废弃矿山地质灾害调查重点

露天矿山主要以开采石灰石和板岩等为主,整个矿区可分为开采创面、开采平台、采石坑以及弃渣坡等不同单元(图1),每个单元形成的开采临空面与各类岩体结构面的全方位组合影响着地质灾害的种类和规模,因此对于露天废弃矿山应针对矿区不同单元开展分区分段全方位的地质灾害调查和分析评估,其中开采创面和弃渣坡属于地质灾害集中发育区域,是现场调查的重点区段。

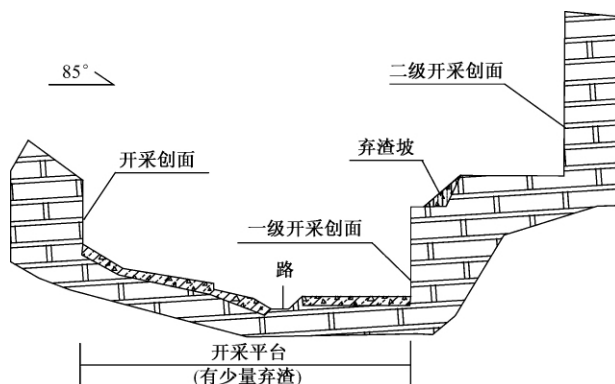


图 1 露天矿山开采单元示意图

Fig. 1 Sketch of quarry units

(1) 开采创面

开采创面单元为典型的矿山边坡工程,其发育的主要地质灾害为崩塌、危岩、坠石、浮石、边坡稳定等。

岩体结构作用是控制开采创面边坡岩体地质灾害发育的根本,在调查中应对开采创面的几何特征、成岩建造、岩体结构以及边坡岩体稳定性等几方面开展测绘和调查,其中对开采创面几何特征主要调查其规模、坡度、阶数、产状等以及边坡与岩体结构面的组合关系等;成岩建造重点调查岩石类型、产状、原生软弱结构面的发育特征及其与开采创面的相互组合关系等;对于岩体结构和稳定性调查应详细测绘边坡岩体内发育的各类结构面及其与开采创面的组合关系,调查统计各类结构面的工程特性,确定控制各类地质灾害发育的主控结构面或主控结构因素,分析潜在崩塌体和不稳定边坡的规模及其危害状态等。对于坡面发育的浮石、潜在崩塌体等应描述其准确位置及规模,文字表格描述和图件具有唯一性标识,便于设计和施工的使用。

现场调查中应评价开采创面对植被恢复工程的影响及可能采取的有效防治措施,为综合整理提供针对性的防治建议。

(2) 开采平台

开采平台单元一般多发育崩塌、坠石等地质灾害,其发育程度和危害性多与边坡岩体结构复杂性密切相关。调查和测绘平台长度、宽度、层数、形状工作的几何特征参数;调查平台范围内岩体结构面类型以及发育程度、主控结构面及其组合状况等,评估其发生崩塌、失稳的可能性及其危险。

(3) 弃渣坡

弃渣一般分布在开采平台、开采创面或弃渣沟内,是不稳定边坡集中发育区域,也是矿区重要的调查和评估单元,有关其调查和评估重点与上述地下采空区的弃渣坡调查工作相似,不再赘述。

(4) 采石坑

采石坑实质是负地形单元的边坡工程或开采创面,在植被恢复工程建设过程中一般都因场地平整而被回填,因此其发生地质灾害的危险性较小,实际工作中应从场地平整和建设角度调查和测绘采石坑深度、范围、坑底面积、坑顶标高变化等几何参数,同时对采石坑现状稳定性及其对周边稳定性影响的现状评估也是现场调查和评价的重点

(5) 泥石流灾害

在露天矿山开采过程中仍会有大量的弃渣堆积在冲沟范围内,形成了泥石流灾害的重要物源,其调查的重点与上述地下废弃矿山采空区相似,不再赘

述。

(6) 多级开采单元的边坡稳定性

当存在多级开采单元时,整体上会形成长大边坡,边坡的整体稳定性和局部稳定性都是调查的重点,除常规调绘方法外,还要考虑边坡的整体坡度、形状、弃渣的分布对稳定性的影响等。

4 废弃矿山植被恢复工程地质灾害危险性评估工作关键问题

4.1 整体工作思路

废弃矿山植被恢复工程地质灾害危险性评估工作是在对拟评估废弃矿山区地质环境条件调查和综合分析基础上,识别发育的潜在地质灾害类型、主要工程地质问题,分析地质灾害的主控因素,评价地质灾害稳定状态、发展趋势及其危险对象和范围,开展各种地质灾害危险性的现状评估、预测评估和综合评估^[4-5],论证矿山地质灾害危险性对开展植被恢复工程建设的难易性及其相关处置措施;同时从治理和设计角度提供必要的工程地质和几何特征等设计参数,识别需要进行专项工程地质勘察的地质灾害点,为植被恢复工程的设计、施工和运营等提供必要的依据和建议。

地质灾害危险性的现状评估和预测评估具有明显的时间性和阶段性,现状评估重点评估地质灾害的目前及历史上的发育特征及其危险性,预测评估则是评估地质灾害在未来某时刻的稳定状态及其发展趋势和可能产生的危险,是现状评估的延续,因此在实际工作中应重视二者的差异和相互联系。

关停废弃矿山常常位于荒山中,植被恢复工程建设完成之后少有人类活动,无或少量危害对象,因此在危险性评估中应考虑评估区地质灾害的规模、地理位置及其可能的危害对象和危害程度等综合评价其危险性分级和危险性区划,避免以灾害规模为主要参考指标开展评估工作。

4.2 评估分级方法

建设项目重要性分类是确定地质灾害危险性评估分级的重要指标之一,鉴于植被恢复工程建设项目特点,其重要性评价应以《地质灾害危险性评估技术要求》^[5]为原则,更应重视植被恢复工程对改善地方和区域性生态环境的社会影响,采用影子工程方法评价其产生的直接和间接效益及影响范围,以经济损失或人员伤亡等指标为辅方法综合评估重要性分类和

工程分级。

4.3 评估范围

评估范围的确定应根据植被恢复工程特点和矿山开采规模,结合矿区工程地质条件和地质灾害种类及其分布范围等进行综合确定。对于与矿山开采有关的边坡崩塌、不稳定斜坡体、弃渣坡及地下采空区等灾种的评估范围主要以矿山开采区和弃渣堆放区为直接评估范围,当不能满足分析相关灾种的发展趋势和危害性时可适当放大评估调查范围,但不必扩至第一斜坡带的范围;对于因弃渣诱发的泥石流地质灾害的调查和评估范围应不局限于评估的矿山开采区域,对冲沟上游沿线分布废弃矿山弃渣坡范围都需进行调查并评价其致灾的可能性。

4.4 现状评估

现状评估是此类工程地质灾害危险性评估的重要阶段和内容,主要通过对矿山开采特点和矿区地质环境的详细调查,分析确定评估区内发育的地质灾害类型及其空间分布和规模等,综合概化各地质灾害点活动演化的主控因素,通过定性、半定量等方式评价各灾害点的现状稳定性及其危害性,结合其稳定状态和可能的危害范围及程度综合评估地质灾害的现状危险性。

4.5 预测评估

预测评估主要是评估工程建设诱发或加剧现状地质灾害的发生发展及其危险性以及工程建设自身可能遭受已存在的地质灾害危险性,重点研究地质灾害在工程建设和运营期内的稳定状态变化及其造成的危害,综合预测和评估其造成的危险。

由于废弃矿山植被恢复工程的目的就是修复已经被破坏了地质环境,通过工程及生态恢复手段改善地质环境,减缓地质灾害的发生。因此工程建设诱发、加剧地质灾害危险性的可能性较小,但工程自身遭受地质灾害危险仍是存在的,尤其是在工程建设过程中由于现状地质灾害的发育和环境的变化可能会发生变形失稳,影响工程施工建设和施工队伍的安全。

因此,在预测评估中应细分工程建设期和工程建设运营期地质灾害危险性评估,施工阶段地质灾害危险性评估目的是在工程建设阶段更加重视地质灾害对工程机械和施工队伍及其周边环境的危险性预测影响,尤其对于地下采空区要综合分析发育的地质灾害对机械设备安全可适性评价,及时采取有效的防护

措施,确保安全生产^[6]。

在工程运营期,对于一般中小规模地质灾害则通过采取工程措施、改善生态环境等手段有效减缓地质灾害发生的可能性,同时结合工程运营期后的区域规划情况合理预测和评估地质灾害的危险性。

对于地质环境复杂、危害对象和范围大、采取治理工程复杂的地质灾害危险性大的矿区或地质灾害点将专门进行识别并提出开展专项地质灾害治理勘察的必要性建议,以便设计部门根据评估和勘察报告并结合区域规划开展专项工程设计和建设工作。

4.6 适宜性评价

适宜性评价是在地质灾害危险性的现状评估和预测评估基础上,对工程建设适宜性、地质灾害的可治理性以及治理的性价比等进行综合评估。常规项目侧重于评价地质灾害对拟规划建设项目的适宜性影响,但对于植被恢复工程来说,无论是危险性大还是小的区域都适宜于生态修复工程建设,其评估工作更侧重于评价地质灾害对植被恢复建设的工程措施、生态措施的适宜性、有效性方面以及评价场区的岩土体条件、地质灾害危险性对植被类型的适宜性和成活率影响等方面。其目的方面评估开展工程建设的难易程度以及对工程建设安全的影响,为工程治理设计和施工阶段安全有效确定施工工序等提供必要的技术支持;另一方面,设计单位可根据适宜性情况结合规划建设,合理设计工程治理措施和植被类型,尤其对植被选型和工艺参数方面提出针对性的设计方案,以有别于其它区域,使其更有效地获取生态建设效益。因此该类项目开展适宜性评价工作具有重要的实际意义,同时更要重视该项工作的针对性和特殊性。

5 结语

(1) 废弃矿山分布广、规模多变、灾害种类齐全,开展废弃矿山植被恢复工程地质灾害危险性评估对保障工程建设和后期运营的安全是非常必要的。但是由于此类工程建设的独特性,其地质灾害危险性评估工作方法、目的和主要内容等具有特殊性,其工作目的兼具地质灾害危险性评估和工程地质环境的综合评价,为设计单位提供必要的针对性基础设计信息,为地质灾害危险性评估、防治与植被恢复工程建设有机结合提供技术依据。

(2) 重视地质环境条件和灾害的现场调查和测

绘是有效开展本项工作的重要方法和手段,加强地质灾害危险性的现状评估和工程建设阶段的预测评估对安全有效开展工程建设具有重要意义,应在综合分析和评估中给予足够重视。而对工程建设的适宜性评价则更应考虑地质灾害危险性对确定工程防治措施和选择植被类型及施工工艺等方面的影响特殊要求。

(3) 鉴于废弃矿山植被恢复工程建设及其对生态环境影响的特殊性,目前对其地质灾害危险性评估的工作方法、内容和深度等方面都无规范可依,有待于在实践中逐步探索、讨论和完善,也期望通过本文的讨论能够对类似工程具有一定的指导意义。

参考文献:

- [1] 史春华,王琼. 废弃采石场植被生态恢复探讨[J]. 中国园艺文摘, 2009, 25(4): 65-67.
SHI Chunhua, WANG Qiong. Discussion on vegetation recovery of abandoned quarry [J]. Chinese Horticulture Abstracts, 2009, 25(4): 65-67.
- [2] 方华,林建平,莫江明. 采石场生态重建的有关问题[J]. 生态环境, 2006, 15(3): 654-658.
FANG Hua, LI Jianping, MO Jiangming. On quarry ecological reconstruction [J]. Ecology and Environment, 2006, 15(3): 654-658.
- [3] 王琼,辜再元,周连碧. 废弃采石场景观设计与植被恢复研究[J]. 中国矿业, 2010, 19(6): 57-59.
WANG Qiong, GU Zaiyuan, ZHOU Lianbi. The study of landscape design and ecological restoration of abandoned quarry [J]. China Mining Magazine, 2010, 19(6): 57-59.
- [4] 陈昌彦,张李节,王思敬. 断裂构造研究进展对工程地质学的启示[J]. 地质论评, 2002, 48(5): 487-493.
CHEN Changyan, ZHANG Lijie, Wang Sijing. Significance of advances of fault structure on studying engineering geology [J]. Geology Review, 2002, 48(5): 487-493.
- [5] 中华人民共和国国土资源部. 地质灾害危险性评估技术要求(试行)(国土资发[2004]69号文件) [R]. 2004.
The Ministry of Land and Resources P R C. The prescribe of geology disaster danger appraise (Temporary) [R]. 2004.
- [6] 陈国华,陈昌彦,朱国祥,等. 废弃矿山生态恢复工程地质灾害危险性评估方法探讨[J]. 中国地质灾害与防治学报, 2010, 21(3): 113-117.
CHEN Guohua, CHEN Changyan, ZHU Guoxiang, et al. Geological hazard assessment for ecological restoration of abandoned mines [J]. The Chinese Journal of Geological Hazard and Control, 2010, 21(3): 113-117.

Key problems of geological hazard risk assessment for the vegetation recovery at abandoned quarries

CHEN Chang-yan, ZHU Zhi-gang, WANG Wei-li
(BGI Engineering Consultants LTD, Beijing 100038, China)

Abstract: The paper analyzes the characteristics and key technological problems of geological hazards risk assessment of vegetation recovery at abandoned quarry and points out that the major object includes assessing risk of geological hazards, comprehensive evaluating engineering geological conduction for every mine spot and confirming the geological hazard pot (area) investigated further. Finally the basic thought and essence is briefly illustrated for the existing state estimation, forecast evaluation and suitability evaluation of the geological hazard for the vegetation recovery at abandoned quarry.

Key words: the bandoned quarry; vegetation recovery; geological hazards; risk assessment