

矿山环境地质灾害问题及其勘查方法

赵永久

(河南大学环境与规划学院, 开封 475001)

摘要: 由于掠夺式开采以及环境保护滞后于经济发展, 我国矿产资源开发利用产生了比较严重的环境地质灾害问题。为了保护矿山环境, 本文论述了主要矿山地质灾害问题, 包括地质灾害的类型、危害、诱发因素和产生机理, 结合工作实际提出了矿山地质灾害的工程治理措施。地质灾害的勘查应该综合使用地球信息技术、地球物理技术和土质土力学实验等方法。最后提出了矿山环境地质灾害的预防对策, 建立灾害的监测、预报和评估信息系统, 这样才可以走矿山可持续发展的道路。

关键词: 矿山; 地质灾害; 勘查

中图分类号: TD745⁺² **文献标识码:** A

矿产资源是人类赖以生存和发展的物质基础, 是人类生产资料和生活资料的重要来源。随着我国矿产资源开发规模的增大, 矿山地质灾害问题日渐突出, 而采矿和选矿作为矿产资源开发过程中的主要活动对矿山地质灾害产生了多方面的影响。

我国是地质灾害的多发国家之一, 地质灾害种类多、分布广、影响大、造成的损失严重。矿山地质灾害是地质灾害的一个小分支, 是人类开采矿山而直接诱发的人为地质灾害。我国是采矿大国, 开采技术和设备相对落后, 导致矿山开采环境不断恶化。近年来, 各种矿山地质灾害明显上升, 本文作者结合在湖南省多年矿山勘查的工作经验, 详细介绍了矿山各种地质灾害的类型、产生、危害和防治对策, 并提出相应的勘查方法。

1 地质灾害诱发因素

1.1 疏干排水

采矿时对地下水必须进行疏干排水, 甚至要深降强排, 由此而出现了一系列的地质灾害问题。首先是矿井突水事故不断发生。许多煤矿的上覆和下伏地层为含水丰富的石灰岩, 特别是北方石炭二叠纪煤系地层, 不仅煤系内部有含水性强的地层, 其下伏为巨厚的奥陶纪灰岩。这些矿床随着开采的延伸, 地下水经深降强排, 产生了巨大的水头差, 使煤

层受到来自下部灰岩地下水高水压的威胁, 在一些构造破碎带和隔水薄层的地段发生突水事故, 严重地威胁着矿井和职工生命的安全。

其次是由于疏干排水, 使许多岩溶充水矿区引起地面塌陷, 严重影响地面建筑、交通运输以及农田耕作与灌溉。各矿区附近均有地面塌陷现象, 水位下降很多, 使厂矿、工业和生活供水原有系统发生吊泵, 形成无法供水的局面^[1]。

再次是某些矿山由于排水, 疏干了附近的地表水, 浅层地下水长期得不到补充恢复, 影响植物生长; 有的矿区甚至形成土地石化和沙化、水土流失、荒漠化严重, 生态环境遭到破坏。

1.2 其他因素

矿山地质灾害诱发因素很多, 有些是开采过程中难以避免的, 如开采深度的增加, 使得地应力相应增大引起冒顶、片帮、脱盘甚至岩爆的严重地压灾害; 有的是开采中忽视预防或开采不规范、管理不科学导致的, 如采空区不及时充填、废渣废水随意排放、水文地质及构造不了解、巷道偏离、盲目指挥、违章作业、私挖乱采等, 非稳定因素积聚到一定程度引发各种灾害; 有的矿山片面追求经济效益或为摆脱一时的经营危机, 摈弃常规, 如采富弃贫、求近避远, 结果为后期发展埋下灾害隐患; 曾一度泛滥的民采风潮掠夺式的开采活动也对部分国有大中型

矿山造成严重干扰和资源、环境破坏。

2 主要地质灾害特征和治理措施

2.1 泥石流

泥石流灾害具有很强的破坏性,但人们并不是被动地去接受泥石流灾害,而是通过科学研究,不断认识其成灾机理和成灾规律,提高预测预报水平,加强防御建设,与泥石流灾害进行斗争^[2]。矿山建设对泥石流形成条件的影响主要有以下几个方面:

(1) 产生并加速松散固体物质的积累,露天开采及坑采剥离废石速度较快,产生大量废土,是泥石流源地的主要形成原因,另外矿山修筑公路破坏山坡植被,产生大量弃土,矿山选矿排出的废渣也是泥石流物质来源。

(2) 增大了水体补给量。矿山建设中植被遭严重破坏,改变了地面结构,调节雨水的能力显著降低,汇流时间缩短,洪峰流量和洪水总量增大,暴发泥石流的可能性也增大;矿山废石堵沟成湖,蓄积了大量的水体;有时在掘进坑道的过程中,掘开了地下水的主要通道,形成地下水突涌,使水体补给量增大。

(3) 矿山建设改变了地形条件,增强动力条件。大量的矿山废石堆放使山坡变陡,地面高差增大,从而加强了侵蚀能力;大量矿山废石压缩沟床,增大流深和流速,也就增强了流体的动能和冲刷力,废石堆放减少了过流断面,使流体受压缩,流速增大,侧蚀和下蚀能力加强。

泥石流的治理措施包括工程措施和生物措施^[3]:

(1) 工程措施的治理目的是减少灾害的发生频率,降低灾害的危害程度。一般是拦挡、排导和支护措施。对物质来源即上游的矿渣松散体进行拦挡,阻拦了泥石流的物质来源。修建拦挡坝或谷坊,同时,布置合理的排水措施,使土水分离。中下游进行排导,疏通沟道,防止沿途淤积漫流,冲毁田地,对沿途沟道边坡进行支护,防止塌方和道路毁坏。合适的地点修建速流通道,加速泥石流的排导。

(2) 生物措施:生物措施的治理目的一是治理水土流失;二是吸收有害物质,净化土壤。

(3) 生物措施和工程措施相结合:金属矿围岩一般为较硬的岩石,开采过程中开采堆积物除了上覆土层和风化岩石外,均为较大块的难风化的块状堆积物,易形成的地质灾害为崩塌、滑坡以及泥石流,另外有些金属矿床在开采和冶炼过程中对土和

地下水造成一定的污染,也需要进行治理;非金属矿多数为沉积形成,其开采要挖掘较多的松散沉积生成物,而且开采出来的物质也较易风化,易形成地面塌陷、泥流、泥石流、滑坡等地质灾害。

2.2 塌陷

当地下矿层被采出之后,采空区的顶板岩层在自身重力和其上覆岩层的压力作用下,产生向下的弯曲和移动。当顶板岩层内部所形成的拉张应力超过该层岩层的抗拉强度极限时,直接顶板首先发生断裂和破碎并相继冒落。接着是上覆岩层相继向下弯曲、移动,进而发生断裂和离层。随着采矿工作面的向前推进,受到采动影响的岩层范围不断扩大。当矿层开采的范围扩大到某一时刻,在地表就会形成一个比采空区大得多的塌陷盆地,从而危及地表的各种建筑物和农田等。

岩溶塌陷是岩溶充水矿床疏排地下水所引起的。塌陷不仅出现在煤炭矿山而且也出现在有色金属、黑色金属、化工及核工业矿山。从地理方面看,几乎遍布南方各省,尤以湘、粤、鄂、桂、赣诸省居多。采空区塌陷对土地资源的破坏,在采矿中占有重要地位,主要由地下开采造成的。采矿塌陷的过程是十分复杂的,并且涉及岩层的结构、构造、岩性、成分等许多因素,加之现场观察和测量极为困难,矿层压力的变化和岩层的移动状况难以详细观测,因而至今尚未形成公认的通用的采矿塌陷机理。但是几种假说(如拱形冒落论和压力拱假说、悬臂梁(板)冒落论和冒落岩块碎胀充填论、冒落岩块铰结论和砌体梁平衡学说等),可以从不同角度解释各类矿山塌陷的形成机制。

对矿山采空区塌陷的治理方案很多,但较常用的方法是充填复垦法^[4]。这种方法是利用矿区附近的煤矸石、粉煤灰、露天矿剥离物等可供利用的充填材料充填采空塌陷地复田。这种方法多用于有足够的充填材料且充填材料无污染,可经济有效防护治理的地区,因其既解决了塌陷地复垦问题,又解决了矿山固体废弃物的处理问题,所以经济效益最佳。

2.3 滑坡

滑坡活动受多种因素影响,主要发生在雨季。而软硬相间岩层,由于差异风化,坚硬岩体突出,由结构面切割或重力蠕变,坚硬岩体就会产生崩塌、落石。地质构造发育使完整岩石被分割成割裂体,割裂体在诱发因素下失稳而形成崩场,因此构造越发育,岩体越破碎,越易产生崩塌、落石。人为影响主要是开挖坡脚、改变应力场,使坡体内积存的弹性应变能释放而造成应力重新分布,岩体产

生卸荷裂隙,它们多张开且平行于边坡面并使原有裂隙扩展和张开,由其所切割的岩体,可能失稳而形成崩塌滑坡。目前露天煤矿、铁矿、采石场所发生的滑坡,大多数是由于违反开采顺序,乱采滥挖而造成的。为了使露天采掘、剥离作业正常进行,采场边坡岩体应该具有一定的稳定性。当工作台阶采掘到最边界时,便形成最终边坡;当最终边坡角过陡时,稳定性差,易滑坡,危及人员和设备的安全,导致停产闭坑;当其过缓时,会降低采矿经济效益^[5]。

露天矿边坡,必须对其进行经常性的检查和维护,用以保证边坡稳定,防止灾害发生。建立一支边坡维护专业队伍,加强检查维修,必要时进行人工放坡,铺上草皮,植上灌木,砌筑局部挡土墙或者预埋防滑坡的木桩。要设置排水网络,防止地表雨水流入矿坑冲刷边坡,润滑层理深凹露天矿要在坑外周围设置防山洪、防泥石流的阻挡或者疏导的设施。排水网络包括以下 3 个部分,地表排水、地下排水、立体排水系统。在临近边坡进行爆破时,宜采用预裂和减震爆破法,减少单孔装药量而增大孔数,减少每次延时爆破的炮孔数,以防止因为露天爆破作业而破坏边坡的稳定性。

抗滑工程是防止山体滑坡的不可缺少的一部分,尤其对于事关生命、财产安全的矿区坡体来说,意义非同寻常。抗滑工程包括抗滑挡墙、加筋挡墙、锚定板挡墙、预应力锚索挡墙、锚杆挡墙。抗滑桩大截面积排式抗滑单桩、抗滑链、钢管桩、承台式抗滑桩、抗洪桩、桩基挡墙、椅式挡墙、排架式抗滑桩、抗滑刚架桩、板桩抗滑桩和锚固桩。土质改良注浆、微型桩。

3 矿山地质灾害的勘查方法

3.1 地球信息技术综合方法

遥感技术(RS)主要是针对大面积区域宏观解释,可形成不同比例尺所需要的航卫片解译结果。利用航、卫片进行解译,具有直观、真实、准确、实效性强等特点,可大大提高工作效率和质量^[6]。

GPS 具有全天候、全球覆盖和高精度的优良性能,而且其用户设备无源工作,体积小,重量轻,耗电少,使用方便和价格低廉,因此,GPS 的应用越来越广泛。在矿山环境野外调查中,可采用 GPS 定位仪进行矿山环境三维坐标数据的现场采集工作。

矿山地质灾害的许多问题都是由多种空间域因子共同作用的结果,而 GIS 本身又具有强大的空间分析操作功能和多源多因素信息复合叠加技术,因此 GIS 完全可以实现对矿山环境和灾害问题进行

动态模拟与评价的目的。其评价思路首先是在对矿山环境的具体实际地质条件分析基础上,建立影响矿山环境和地质灾害的各主控因素的子专题层图(如水土流失,土地沙漠化,地下水环境,矿山泥石流等),然后通过对这些子专题层进行空间分析与操作,从而对相关矿山地质灾害问题作出定量评价。

总之,“3S”技术的应用,可以从宏观上掌握地质灾害的分布、发生、发展规律。如 GPS 可以对灾害发生地进行精确定位;RS 技术可以利用矿区的多时相遥感图像进行叠加分析,获取矿区不同时期的地貌破坏程度、塌陷区的形态、面积、矿业废弃物的类型及分布状况、环境污染状况及生态环境状况;GIS 技术可以对矿山灾害信息数据进行空间有效分析,方便管理人员迅速掌握灾情,有效进行防灾减灾工作。“3S”技术的应用弥补了以前常规的技术手段(如地形测量等)难于胜任的空白,特别是对危险地带的矿山灾害的调查,如矿山积水塌陷区等。

3.2 水文地质与岩土力学试验方法

水文地质与岩土力学试验类型很多,是矿山地质灾害调查的重要手段之一,许多调查成果的基础数据和资料,均需水文地质与岩土力学试验而获得。在矿山地质灾害调查工作中,水文地质试验主要包括水质测试、淋滤试验、浸泡试验、含水层吸附试验、含水层顶板渗透性试验、采矿引起周围地层渗透性变化试验、矿石及固体废弃物中有毒有害元素测试试验、土壤污染试验、溶质迁移与富集规律试验等;岩土力学试验主要包括室外原位力学试验和室内岩土物理力学性质试验等。

3.3 地球物理勘查方法

高密度电阻率法是以岩土体导电性差异为基础的一类物探方法,该方法一次即可进行多装置数据采集,既可研究深度方向的电性变化,也可研究水平方向的电性变化,通过参数换算取得更多突出的有效异常的比值参数,利于潜在灾害的埋深、范围等的推断解释^[7]。它对不太深的采空区、地下水系、岩石风化层等的勘查十分有效。例如,山西平定矾土矿采空区,通过采用高密度电阻率法进行测量,获得深部的闭合圈异常,结合钻探资料,圈定了该区采空区的平面分布范围。

视电阻率法可用于圈定采空区。一般金属矿山都是块状硫化物矿体,它是一种良导体,具有极低的电阻率,而有待探明的采空区为空气充填,空气是绝缘高阻,其电阻率与硫化物矿体的电阻率有显著差别,利用视电阻率法揭示这种差别存在的范围就是圈定的采空区。

瞬变电磁法是利用不接地回线或接地线源向地下发送一次脉冲电磁场,在一次脉冲磁场的间歇期间,利用线图或接地电极观测地下半空间二次涡流场的变化,从而达到探测的目的。同时,该方法信噪比高、分辨力强、探测深度大、探测速度快,较容易发现矿区的采空区异常。

浅层地震法是由人工手段激发地震波,再通过研究地震波在地层中的传播规律,以查明地下地质小构造及获取地层岩性信息的一种物探方法。其中的浅层反射法,不仅能直观地反映地层界面的起伏变化,而且还能探测地下隐伏断层、空洞、陷落柱以及各种异常物体,是滑坡、断裂面、采空区等潜在地质灾害的有效勘查方法之一。

3.4 其他方法

在矿山地质灾害的勘查中,地球化学勘查方法也可发挥重要作用,特别是对矿区环境污染的勘查,化探方法可以充分发挥其优势,在污染因素查定、探测污染源、污染机制(过程)研究、圈定污染异常区,以及提出污染治理方案等方面将起决定性作用。

4 矿山地质灾害的预防

愈演愈烈的矿山灾害、大量潜伏的灾害隐患、日渐恶化的矿山环境说明矿山地质灾害的防治必须上升到政府监管的高度。政府主管部门要加大对矿山环境与灾害源的监管与治理力度,防止新的隐患发生。矿山企业要规范开采行为,合理开发矿产资源,处理好短期经济利益和长远发展的关系,将防灾减灾工作始于矿山设计并延续到闭坑之后。注重矿山地质灾害的防治研究,将其列入矿业领域的基础性研究,把矿山灾害、环保、安全生产统一起来。灾害研究要充分依靠科技进步,采用高新技术,研究灾害的发生机制,建立灾害的监测、预报和评估信息系统^[8]。

例如,将矿业开发产生的地下空区改建尾矿库,既能消除因地下空区给矿山带来的安全隐患,又能减少尾矿库建设、经营、灾害治理等费用,改善矿山生产和生活环境,把矿山建设成为环保型和无公害型的新矿山,它将是我国今后开发矿业的发展方向。确定了采空区的位置以后,防治矿山采空区地质灾害的方法很多,主要有以下几种:(1)采矿过程中,及时回填采空区。(2)对可能造成塌陷的位置提出

预警措施,对现有的建筑和设置采取必要的预防措施。(3)矿山设计应避免城市和重要设施。此外,构建信息化矿山,开创安全、高效、可持续发展的矿业发展新模式,是中国采矿业未来发展的必由之路。

5 结语

我国矿山种类繁多、分布广、户数多、规模小、基础差,由于技术、管理及效益等原因的影响,资源开发中的安全形势相当严峻,地表塌陷、山体崩塌、矿山边坡滑坡、废石场泥石流、尾矿库垮塌、采场冒顶、巷道坍塌、矿山地震、岩爆、采空区大面积地压、井下突水、深井高温等灾害,给社会稳定和人民生命财产安全带来了严重影响。

经分析采矿引发地质灾害的原因大都是由于采用不科学的采矿方法造成的,当人们注意到了环境对人类生存的重要性,懂得如何正确解决资源需求与保护人类生存环境的矛盾时,科学的采矿方法将被越来越广泛地采用,因为现有的技术手段完全可以避免矿山开采引发的不良地质灾害的产生。在矿山开采问题上我们必须坚持“谁开发谁保护,谁闭坑谁复垦,谁破坏谁治理”的原则,加强对矿山环境的管理。只有解决好矿山开采与环境保护之间的矛盾,才能促进中国采矿业的持续发展。

参考文献

- [1] 李永忠.福建省安溪县矿山地质灾害防治对策浅谈[J].地质灾害与环境保护,2006,17(3):72-74.
- [2] 倪化勇,刘希林.泥石流灾害对社会影响的度量分析[J].地质灾害与环境保护,2005,16(1):1-5.
- [3] 任军旗,周运福.矿山地质环境治理[J].中国水运,2007,(7):140-141.
- [4] 岳境,姜国虎,张元彩.矿山开采引发的地质灾害及其治理方案初探[J].资源环境与工程,2006,(5):536-538.
- [5] 罗德均,刘汉超.攀枝花地区主要露天矿山地质环境特征及评价[J].地质灾害与环境保护,2003,14(4):25-29.
- [6] 刘成,徐刚,黄彦.基于“3S”技术的重庆市北碚区地质灾害评估预测系统[J].地质灾害与环境保护,2006,17(1):108-112.
- [7] 王玉清,张晓强,张晓春.某高速公路下覆采空区的确定及危害程度探讨[J].地质灾害与环境保护,2005,15(4):30-34.
- [8] 詹亚辉,肖江波,刘富有,等.焦作市矿产资源开发的环境地质问题[J].地质灾害与环境保护,2006,17(2):45-8.

PROBLEMS OF GEOLOGICAL DISASTERS TRIGGERED BY
MINE ACTIVITIES AND THE PERAMBULATIONS IN MINE AREA

ZHAO Yong-jiu

(Envirenment al and Planning College, Henan University, Kaifeng 475001, China)

Abstract: Due to predatory mining and delay of environmental protection, serious environmental geological disasters have occurred in China. To protect the mine environment, the kind of geological disasters, harm, factors and solving methods of engineering measures combined with practice were analyzed. The investigation of geological disasters should be put in practice such as geo-information technology, physical geography technology and soil mechanics and property. At last the authors put forward some the control of countermeasures, include constituting the information system of scrutiny, prediction and evaluation in mine areas, which can lead to sustainable development in protecting the mine environment.

Key words: mine environment; geological disasters; control countermeasure

作者简介: 赵永久(1964-),男,博士,主要从事地质学教学与研究。

《地质灾害与环境保护》征订启事

本刊主管单位: 四川省教育厅; 主办单位: 成都理工大学、地质灾害防治与地质环境保护国家专业实验室。学术性期刊, 季刊。1990 年创刊, 国内外公开发行。大 16 开, 每期 112 页, 约 22 万字。欢迎订阅。

定价: 2008 年每期定价 15 元, 全年 4 期, 年定价 60 元; 2005~ 2007 年每期定价 10 元, 全年 4 期, 年定价 40 元; 1991~ 2004 年过刊每套定价 154 元(包括: 总第 3 期~ 总 28, 30~ 53 期, 计 42 册); 也可分年分期选订: 1991~ 1993 年, 半年刊, 每册定价 1. 00 元; 1994~ 1997 年, 季刊, 每册定价 2. 00 元; 1998~ 1999 年, 季刊, 每册定价 3. 00 元; 2000~ 2001 年, 季刊, 每册定价 4. 00 元; 2002~ 2004 年, 季刊, 每册定价 5. 00 元。

订阅办法

- 1. 2000 年起开始邮发, 邮发代号 62- 140, 可在全国各地邮局订阅。
 - 2. 本刊已参加“2000 年全国非邮发报刊联合征订”, 代号 5314 号。
 - 3. 向本刊编辑部订阅: 请用邮局汇款。收款单位: 《地质灾害与环境保护》编辑部。
- 地址: 成都市 二仙桥东三路 1 号 成都理工大学; 邮政编码: 610059。
编辑部联系电话: (028) 84078481。

《地质灾害与环境保护》编辑部
2008 年 6 月 25 日