

陕西黄陵彬长矿区地质灾害的评价预测

杨梅忠 李鹏 宋继华

(西安科技学院, 西安 710054)

(铜川市地质矿产局, 铜川 727000)

摘要: 通过对黄陵彬长矿区地质灾害类型、现状与特点的分析研究, 确立了矿区地面塌陷、斜坡变形等各类地质灾害评价预测的原则与模型, 依据评价预测的计算与分析结果, 将矿区划分为稳定区、次稳定区、危险区和极危险区, 确定出 12 个灾害段。

关键词: 地质灾害; 开采塌陷; 斜坡变形; 矿区

中图分类号: P694 **文献标识码:** A

1 矿区概况

黄陵彬长矿区位于陕北黄土高原南部的低山丘陵陵区, 地处陕西北部的黄陵、旬邑、彬县、长武四县境内, 矿区面积约 $3\ 875\ \text{km}^2$ 。区内有大中型煤矿 18 个, 乡镇、地方和个体煤矿 170 余个, 其中大部分分布在黄陵彬长矿区境内, 1998 年开采原煤能力大于 $800 \times 10^4\ \text{t}$ 。

黄陵彬长矿区基本上为黄土覆盖, 表现为千沟万壑、支离破碎、丘陵起伏的黄土残塬、长梁为主的低山丘陵景观。区内各煤矿主要分布在沟道沟坡边缘。矿区地质构造为缓倾 NW 的单斜, 倾角 $2^\circ \sim 8^\circ$; 断层稀少, 煤系地层及煤层基本沿区内平缓向斜分布。

黄陵彬长矿区由于内、外地质营力的共同作用加之开采等人类工程活动的影响, 地质环境非常脆弱, 尤其是近年来矿区实施以煤炭建设为主的经济开发战略, 导致矿区内各类地质灾害事件频繁发生, 矿区环境质量急剧恶化, 严重制约了矿区经济的发展。矿区内地质灾害类型多、分布广、致灾重, 发生时间与空间分布上有明显的规律性, 影响因素上有明显的一致性, 致灾程度上有明显的叠加性, 构成了煤

矿床开发影响下的地质灾害系统。

2 矿区开采塌陷现状评价与预测

矿区地面塌陷主要是由于开采煤层而形成, 它几乎分布于每一煤矿采空区, 是矿区分布最广、危害较大的一种人为工程地质灾害。

2.1 矿区地面塌陷的特点

(1) 地面塌陷的主要表现为裂缝和差异沉陷, 裂缝宽 $0.3 \sim 0.8\ \text{m}$ 不等, 延伸 $20 \sim 50\ \text{m}$, 差异沉陷主要分布于基岩露头采空区, 与矿井工作面基本一致; (2) 下沉系数大, 下沉系数较非黄土覆盖区增大 28%, 初采下沉系数可达 0.85 以上; (3) 移动角大, 一般冲积层移动角 45° , 矿区黄土层移动角一般为 $53^\circ \sim 64^\circ$; (4) 地表移动变形周期短, 速度快, 地表最大下沉主要发生在活跃阶段; (5) 在梁峁河谷斜坡带诱发斜坡重力地质灾害, 塬上平坦区则表现为下沉盆地; (6) 地面塌陷不仅大矿开采区可区, 小煤窑由于无计划且无地面保护措施, 地面变形致灾更重。

2.2 矿区地面塌陷预测参数与模型

根据对矿区大中型煤矿地面塌陷进行实验与监测, 采用概率积分法, 其预测参数分别为: 下沉系数, 初次采动 $q \approx 0.81$, 一次重复采动 $q' = 0.88$, 二次

重复采动 $q = 0.94$; 开采影响传播角 $\theta = 87.28^\circ$; 水平移动系数 $b = 0.31$; 岩层移动角 δ 为 70° ; 边界角 δ 为 60° ; 裂缝角 δ 为 75° ; 表层移动角 $\psi = 50^\circ$ 。

预测时以采区为塌陷预测单元^[1], 重点预测地表移动最大值, 从而得出矿区地表塌陷的影响范围和程度。预测模式为:

$$\text{最大下沉值 } W_{\max} = q \cdot M \cdot \cos \alpha$$
$$\text{最大倾斜值 } I_{\max} = W_{\max} / r$$
$$\text{最大水平变形值 } E_{\max} = \pm 1.52 \cdot b \cdot I_{\max}$$
$$\text{最大水平移动值 } U_{\max} = b \cdot W_{\max}$$

式中, M 为煤层开采厚度 (m); α 为煤层倾角 ($^\circ$); r

为开采影响半径 ($r = 60 \sim 139 \text{ m}$)。

2.3 地面塌陷预测

每个采区主剖面点的移动和变形计算, 在充分考虑矿区地形地貌影响指数下, 矿区地面塌陷表现为: 开采引起塌陷在大于 $25^\circ \sim 30^\circ$ 的斜坡地上易发生滑坡; 采动引起的地面裂缝多环绕开采工作面展布; 移动范围明显比平原区加大, 下坡方向为 $(0.5 \sim 1.0)r$, 上坡方向上为 $(0.2 \sim 0.5)r$; 下沉值在斜坡与川地的分布差异较大。黄陵主要矿井地表变形预测值见表 1。

表 1 黄陵矿区主要矿井地表变形值预测

Table 1 Prediction to ground deformation of main pit in Huangling mining district

矿井名称	$W_{\max}(\text{mm})$	$U_{\max}(\text{mm})$	$I_{\max}(\text{mm})$	$E_{\max}(\text{mm})$	移动范围(m)
黄陵一号一区	1 212~ 2 020	376~ 627	10.7~ 33.3	5.1~ 15.7	125~ 300
红石岩矿	1 315~ 3 507	411~ 1 097	16.1~ 64.0	6.0~ 30.4	50~ 250
车村矿	1 213~ 3 507	373~ 996	15.4~ 53.5	6.4~ 25.1	125~ 250
建庄井田	4 639~ 8 350	1 439~ 291	34.0~ 96.2	16.1~ 45.4	300~ 550

3 矿区斜坡变形现状评价与预测

滑坡、崩塌是矿区内斜坡变形中规模大、危害重、性质复杂且分布具有一定规律的地质灾害。黄陵彬长矿区是陕西省滑坡灾害严重区^[2]。

3.1 矿区斜坡灾害的特点

据调查资料, 区内各类斜坡、边坡数量多、分布广, 更严重的是许多斜坡由于受自然与人类工程活动等因素的影响, 目前正处于活动状态和极限稳定状态, 给矿区工农业生产造成了极大危害和威胁。黄陵彬长矿区沟壑纵横, 梁峁相间, 加之长期受地质外营力的作用和新构造运动的影响, 风化剥蚀与水土流失严重, 给滑坡等斜坡变形灾害创造了有利的地形条件; 矿区人类工程活动的日益加剧, 已成为改变矿区的一种巨大营力, 它与自然地质作用相互交织、彼此重叠, 致使相对稳定的古滑坡复活, 同时亦产生新滑坡; 矿区滑坡、崩塌类型以土体变形为主, 切层或基岩斜坡变形灾害次之; 矿区斜坡变形灾害的孕育发生, 时间上取决于季节性降水过程, 空间上取决于人类工程活动等外部诱发扰动因素^[3]。

3.2 数学分析法评价斜坡稳定性

斜坡的稳定性与多种因素有关, 分析影响斜坡变形的自然因素及人为因素, 对其综合评价是非常重要的。但影响斜坡变形的主要因素不仅十分复杂, 而且各因素间有一定联系, 用一种数学方法将其定性研究是困难的, 采用地质地貌法和模糊判别法相

结合的综合评判法是比较科学和实用的。

评价中引入影响斜坡稳定的主要因素: 地形地貌、岩性结构、地质构造、大气降水、地下水及人类工程活动, 除此之外地震、冲刷、侧蚀等对其亦有影响, 但在黄陵彬长矿区前 6 种比较重要。为了准确指导矿区生产, 对稳定程度可分为: 稳定、次稳定、次不稳定、不稳定 4 级。依据调查、分析与计算资料, 每一因素对应 4 级可给出相应数值^[4], 见表 2。

表 2 矿区斜坡变形各影响因素分级表

Table 2 Classification of various effect factors on slope deformation in the mining district

因 素	等 级			
	d ₁	d ₂	d ₃	d ₄
地形地貌(U 1)	10 °	20 °	30 °	40 °
岩性结构(U 2)	1	2	3	4
地质构造(U 3)	1	2	3	4
大气降水(U 4)	5%	10%	20%	25%
地下水活动(U 5)	1	2	3	4
人类工程活动(U 6)	3	5	10	20

对斜坡稳定性评价就是研究环境因素论域 U 和 V 两个模糊子集 A 和 B , 并进行模糊推断, 当 A 和 B 确定后, 即可对 R 作出推论, $B = A \cdot R$, 其中 R 为计算模糊子集 B 而确定的 $U、V$ 两个论域间的关系矩阵。

在计算过程中, 应先对单项环境因素作评价, 然后进行综合评价, 由此可确定各斜坡对稳定级别的

隶属度, 其中相对于隶属度最大的等级即为该斜坡的稳定状态。在确定出各斜坡的稳定状态后, 依据各滑坡或斜坡的分布与各地质因素在矿区发展中的变化趋势, 将矿区斜坡划分出稳定等级并作出评价预测。通过对矿区 150 余处主要斜坡和危险边坡的评价证明, 该评价方法简便、快速且准确性较高。

4 其他地质灾害评价

4.1 地形缝

地裂缝产生的环境与条件比较复杂, 许多内外地质营力作用均可导致地裂缝的产生与发展。在矿区地质灾害调查中发现, 除矿区开采地面裂隙、裂缝外, 在许多地点和斜坡地带发育有规模不等的黄土裂缝或裂缝带, 它们轻则为崩塌、滑坡提供了诱发条件, 重则直接造成塌窑、毁窑灾害。矿区发育的黄土地裂缝属风化侵蚀溶蚀型, 主要沿黄土节理或泥页岩节理垂直延伸。地表上可见不同规模的陷落洞或落水洞, 主要分布于沟坡黄土陡崖或窑洞后缘以及崩塌、滑坡壁后缘。

4.2 水土流失

由于矿区属半干旱大陆季风气候区, 降水集中, 且受矿区大规模资源开发的人类工程活动影响, 矿区内水土流失严重, 彬县、旬邑、长武三县是陕西省水土流失重点县。据调查统计, 目前矿区水土流失面积占全区面积的 81.4%, 侵蚀模数 $2\,546\text{ t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$, 其中黄土沟壑农业区为 $2\,451\text{ t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$, 平均冲刷深度 1.6 mm , 黄土沟壑工矿区为 $3\,367\text{ t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$, 平均冲刷深度 2.3 mm , 土石山区地面较为完整或植被较好, 水土流失较轻, 年侵蚀模数小于 $500\text{ t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$, 平均冲刷深度小于 0.1 mm 。矿区水土流失类型以流水侵蚀和流水侵蚀—堆积为主, 而重力侵蚀和人为侵蚀越来越明显, 二者叠加造成矿区新的更大面积和高强度水土流失是导致矿区生态平衡严重破坏的主要原因。

5 矿区地质灾害的评价预测与分区

依据黄陵彬长矿区地质灾害特点, 矿区地质灾害评价的基本原则如下: 一是根据矿区地质地貌、岩性结构、水文气象条件的组合分布与发育特征; 二是根据目前地质灾害调查和历史灾害事件活动的频度、强度和空间分布特征; 三是根据生态环境的变迁与发展趋势; 四是根据人类工程活动的区域、强度、规模等因素的组合特征。其评价指标主要以致灾所涉及的经济损失指数和人员伤亡指数为量度依据,

即用双因子来标度灾害的大小。矿区地质灾害评价预测一般可分三级, 见表 3。一级、二级主要为区域空间上的划分, 三级主要是灾害程度上的划分。一级划分是从较大范围内笼统地划分出地质灾害的危害区或稳定区, 二级划分是在一级划分基础上对某一范围内依据上述四原则及地质灾害的链状关系, 圈出次稳定区, 三级划分是在危险区段内进一步划分, 主要结合人文要素及工程活动状况, 分析地质灾害造成的环境质量急剧恶化或造成严重损失的地段或井田。

表 3 矿区地质灾害危害程度分级标准

Table 2 Classification standard of geological disasters 'danger degree in mining district

分级	伤亡人数(人)	经济损失(万元)
危害严重	> 10	> 100
危害较大	1~ 10	10~ 100
中小危害	0	10

依据矿区地质灾害的空间展布规律和灾害系统评价结果, 黄陵彬长矿区可划分为百子沟、三水河、水帘河与店头井田极危险区, 太峪与沮水河危险区或潜在危险区, 泾河至红崖河段与建庄、双龙井田次稳定区和矿区外围稳定区。

$$L_0 = V \cdot a$$

$$P_{\alpha} = M \cdot b$$

式中, L_0 为地质灾害经济损失值; V 为社会固定资产价值; a 为各种地质灾害平均损失率; P_{α} 为地质灾害人员伤亡值; M 为矿区或某区人口总数; b 为各种地质灾害平均伤亡率。

据上式计算可得出地质灾害某区段的经济损失值和人员伤亡情况, 依据实际调查数据和计算综合值的大小, 在矿区内灾害分区的基础上可进一步划分出 12 个灾害段, 即彬县百子沟重灾段, 彬县水帘煤矿灾害段, 彬县火石咀矿灾害段, 彬县新堡子乡灾害段, 彬县太峪煤矿灾害段, 旬邑原底煤矿灾害段, 旬邑黑沟煤矿灾害段, 旬邑城关镇灾害段, 黄陵店头镇灾害段, 黄陵苍村井田灾害段, 黄陵城区灾害段等。以上灾害段目前对人民生命财产和工农业生产的威胁很大, 是矿区防灾减灾工作的重点。

黄陵彬长矿区的地质灾害系统构成, 一般均与人类工程活动有关, 尤其是煤矿建设与开采, 人类活动往往是致灾的主要诱发因素, 如与自然因素叠加作用致灾更重。加强矿区地质环境管理, 规划人类工程活动, 把地质灾害的防治与矿区发展建设协调统一起来, 使资源开发——地质环境——人类工程活

动三者达到动态平衡, 促进矿区生态环境向良性转化。

参考文献

- [1] 沈光寒. 采矿沉陷的现代理论[J]. 世界煤炭技术, 1991, (6): 21—26
- [2] 陕西省滑坡工作办公室. 陕西省滑坡灾害预测图说明书[S]. 西安地图出版社, 1995
- [3] 夏玉成, 杨梅忠, 等. 渭北煤矿区地质与灾害防治[M]. 西安地图出版社, 1996: 159—178
- [4] 杨梅忠, 等. 彬长矿区环境地质灾害的分析预测[J]. 煤矿环境保护, 1999, (5): 30—32
- [5] 纪万斌, 等. 工程塌陷与治理[M]. 地震出版社, 1998: 1—9

ANALYSIS AND PREDICTION OF GEOLOGICAL DISASTERS IN HUANGLING BINCHANG MINING DISTRICT IN SHANXI

YANG Meir-zhong

(Xi'an Institute of Science & Technology, Xi'an 710054, China)

LI Peng SONG Jihua

(Tongchuan Bureau of Geology & Mineral Resources, Tongchuan 727000, China)

Abstract Based on analyzing and studying the geological environment, the types, situations and features of geological disasters in Huangling Binchang mining district, the principle and mathematical model of various geological disasters' analysis and prediction are determined on mining collapse and slope deformation. According to the calculation and analytic result, mining district can be divided into four sectors of geological disaster and 12 sections.

Key words: geological disaster; mining collapse; slope deformation; mining district

作者简介: 杨梅忠(1957—), 男, 教授。1982年7月毕业于山东矿业学院, 主要从事环境地质与灾害地质的教学与科研工作。

本 刊 启 事

为适应我国信息化建设需要, 扩大作者学术交流渠道, 本刊已加入《中国学术期刊(光盘版)》和“中国期刊网”(http://www.chinajournal.net.cn, 或http://www.cnki.net)、中国科技信息研究所万方(数据)集团公司《科技期刊群》(http://www.chinainfo.gov.cn/periodical/dzzhyhjbh/)。作者著作权使用费与本刊稿酬一次性给付, 如作者不同意将文章编入上述数据库, 请在来稿时声明, 本刊将作适当处理。

谨启

《地质灾害与环境保护》编辑部

二 一年九月