

陕西韩城煤矿群采区矿山地质环境恢复治理对策分析

李 成

(陕西省地质环境监测总站, 陕西 西安 710054)

摘要: 本文通过论述韩城市下峪口煤矿群采区历史遗留矿山地质环境问题发育特征, 在详细勘察的基础上, 运用 DTM 技术以及其它工程理论, 制定了科学合理的恢复治理方案, 旨在最大限度的恢复原有生态环境和地形地貌景观, 为地质条件和矿山地质环境问题相似的其它地区起到一定借鉴作用。

关键词: 煤矿; 矿山; 地质环境; 恢复治理; 方案

文章编号: 1003-8035(2013)01-0040-06

中图分类号: P694

文献标识码: A

0 引言

陕西省韩城市是陕西煤炭资源渭北煤矿老采区的重要组成部分, 煤炭开采历史悠久。韩城市下峪口废弃群采煤矿区地处桑树坪矿区和下峪口矿区交接及边缘地带, 由于历史原因, 偷采滥采严重, 导致矿山地质环境破坏非常严重, 地貌景观被破坏、采矿弃渣废石占用破坏土地、矿山地质灾害等问题极为突出, 已严重威胁矿区下游群众安全, 也严重制约着韩城的经济发展。该矿山环境地质问题属历史遗留问题, 治理责任主体灭失, 2010 年由韩城市国土资源局申报, 经国家财政部、国土资源部批准作为 2010 年度矿山地质环境恢复治理重点工程, 笔者有幸对该项目进行了治理方案的设计, 针对该地的矿山地质环境现状, 在对矿山地质环境问题进行评价的基础上, 运用数字地面模型 (DTM) 及其它工程理论, 设计制定了科学合理的恢复治理方案。

1 研究区概况

下峪口群采煤矿区位于陕西省韩城市桑树坪镇、龙门镇, 是 20 世纪 80、90 年代个人或集体小煤窑的集中开采区, 也是非法开矿、乱采滥挖、盗窃煤炭资源的滋生地^[1]。疯狂无序地开采不仅造成资源大量浪费, 在下峪口沟内排放了 22 处约 $89.3 \times 10^4 \text{ m}^3$ 弃渣矸石, 生态环境严重恶化, 泥石流等地质灾害隐患突出。后经多次治理整顿, 关闭了大量非法开采小煤窑, 导致矿权更迭、治理责任主体灭失, 形成了大量的历史遗留问题。(图 1、图 2)。

2 治理方案比选^[2]

方案一: 废渣降坡、清运、主沟道废渣填充 + 排洪



图 1 研究区现状

Fig. 1 Study area conditions

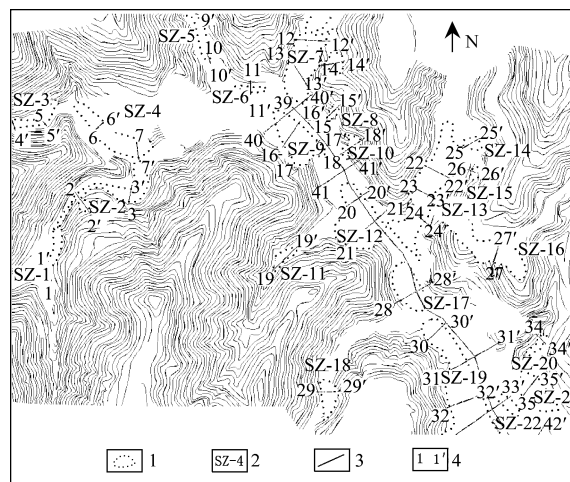


图 2 上峪口废渣堆分布示意图

Fig. 2 Shangyukou slag heap distribution diagram

1—废渣堆范围; 2—废渣堆编号; 3—剖面线; 4—剖面线编号

渠 + 覆土绿化

收稿日期: 2012-11-30; ; 修订日期: 2012-12-12

作者简介: 李 成 (1979—), 男, 工程师, 硕士, 从事矿山地质环境保护工作。

E-mail: 158013192@qq.com

首先对主沟道及支沟内废渣堆进行降坡。根据渣堆实际情况确定降坡最终坡度。降坡所产生的废渣集中堆放到主沟道中下游低洼地带,按照设计的 5.5% 坡降进行推平碾压,然后在主沟道内修筑一条浆砌石排洪明渠,增大主沟道排水力度。最后进行覆土绿化,降坡后废渣堆上种植矮冬麦,主沟道内填充整平碾压后的废渣堆上种植杨槐,达到安全和生态效应并举的效果。

方案二:主沟道中下游拦渣坝、支沟拦渣坝 + 排洪渠 + 挡渣墙 + 护坡 + 覆土绿化

在下峪口沟中游及沟口各修筑一道浆砌石透水拦渣坝,在两条较大支沟口也各设两座拦渣坝。主沟道内修建排洪渠,加大沟道排洪力度,对主沟道排洪渠两侧渣堆进行下部挡墙支护,渣堆表面进行浆砌石护坡,然后在上部覆土种草绿化。

方案一的优点是采取了移动、填充、压实废渣的方法,高陡废渣堆不复存在,操作简单易行,工程质量容易保障,结合排洪渠的修筑,能从根本上消除矿山地质环境问题对下游群众的威胁,另外该方案采取综合治理的措施,工程措施和生物措施并举,生态效益十分显著,恢复了大片林、草地,能彻底改善该治理区的生态环境面貌。另外工程造价方面,方案一工程总造价低于方案二工程造价。

方案二是近年来矿山地质环境治理工程的主要模式之一,以拦截为主,能够从一定程度上减小废渣泥石流隐患对下游群众安全的威胁。但缺点是综合治理效益不明显,支沟及主沟道的废渣堆依旧裸露在外,生物措施很少,恢复绿地面积极小,另外如果工程施工质量无法保证,易导致拦渣坝损坏从而对下游群众造成更加严重的威胁。

综合比选,方案一优于方案二。

3 治理方案设计

3.1 废渣堆稳定性评价及降坡

对废渣堆进行稳定性评价,目前最常用的方法为极限平衡理论,即假定边坡土体有若干滑裂面,把滑裂面以上土体分成若干垂直土条,然后计算平衡状态下土体的安全系数^[3]。计算方法有瑞典条分法以及毕肖普法,瑞典条分法是假定滑动土体为不变形的刚体,且不考虑土条侧向应力,而毕肖普法是考虑了土条的侧向应力,并假定各土条底部的抗滑安全系数相同,显然对于松散堆积的废渣来

说,毕肖普法的假定条件更接近实际情况,计算结果更为准确。

考虑水的作用计算公式如下^[4]:

$$F_s = \frac{\sum \frac{1}{m\theta_i}(c'b + (w_i - u_i b)\text{tg}\varphi')}{\sum w_i \sin\theta_i} \quad (1)$$

不考虑水的作用毕肖普法计算公式如下:

$$F_s = \frac{\sum \frac{1}{m\theta_i}(cb + w_i \text{tg}\varphi)}{\sum w_i \sin\theta_i} \quad (2)$$

$$m\theta_i = \cos\theta_i + \frac{\text{tg}\varphi}{F_s} \sin\theta_i \quad (3)$$

$$w_i = \gamma h_i b \quad (4)$$

式中: c' ——饱和状态下的粘聚力(kPa);

c ——天然粘聚力(kPa);

φ' ——饱和状态下的有效内摩擦角($^{\circ}$);

φ ——天然内摩擦角($^{\circ}$);

θ_i ——土条底面中点法线与竖直线交角($^{\circ}$);

w_i ——第 i 条土条重度(kN/m^3);

γ ——土条容重(kN/m^3);

h ——土条高度(m);

b ——土条宽度(m);

$u_i b$ ——孔隙水压力。

据研究区勘察报告,下峪口沟废渣堆基本计算参数见表 1。

表 1 废渣堆稳定性计算参数

Table 1 Slag heap stability calculation parameters						
废渣	γ	γ'	c	c'	φ	φ'
碎石	19.2	20.3	0	0	37.0	33.0
块石	19.2	20.3	0	0	43.0	39.0

使用理正岩土计算软件,采用折线形、简化毕肖普法,不考虑地震作用,按不考虑水的作用和考虑水的作用两种工况,自动搜索最危险滑动面法计算各废渣堆的稳定性系数(表 2)。结果表明,各废渣堆在干燥状态下较稳定,但接近极限平衡状态,在饱水状态下大多数不稳定,最危险滑动面均位于废渣堆斜坡上部,说明在强降雨、连阴雨条件下,各废渣堆发生局部或整体下滑的危险性很大。

据治理区勘察报告,在现场实测天然湿度下废渣边坡坡角 38° 处,实测废渣堆的平均天然休止角为:水上 36° ,水下 32° 。其稳定角度一般为 $36^{\circ} \sim 38^{\circ}$,最大 40° ,平均 37° 。

表 2 废渣堆稳定性计算成果表

Table 2 Slag heap stability calculation results table

废渣堆号	剖面号	干燥	饱和
1 号废渣堆	2-2'	1.022	0.958
2 号废渣堆	3-3'	1.017	0.905
⋮	⋮	⋮	⋮
20 号废渣堆 (SZ20)	33-33'东段	1.041	0.943
21 号废渣堆 (SZ21)	34-34'	1.136	0.979
22 号废渣堆 (SZ22)	35-35'	1.082	0.941

根据不同废渣堆上不同剖面线稳定性计算结果,最危险面位于废渣堆斜坡上部,因此对废渣堆进行削方是最合理的边坡治理方法。削方降坡结果见表 3。

表 3 废渣堆降坡设计结果

Table 3 Slag heap downslope design results

剖面编号	原始坡度(°)	降坡坡度(°)
2-2'	36	27
3-3'	39	26
⋮	⋮	⋮
33-33'东	25	17
34-34'	35	全部开挖
35-35'	29	16

3.2 利用数字地面模型对主沟道填充废渣

按照治理方案一,将主沟道及支沟内废渣堆削坡所产生的废渣运送到主沟道中下游,按照一定坡降面,填充到主沟道内。填充方量计算方法采用数字地面模型(DTM)。

数字地面模型(DTM)是 20 世纪 50 年代由美国麻省理工学院 C. L. Miller 提出来的一个概念,是对地形起伏形态的数字表达,代表着地形特征的空间分布,它由对地形表面取样所得到的,并按一定结构组织在一起的一组点的平面位置和高程数据以及一套对地面进行连续表示的算法所组成。数字地面模型和计算机技术相结合,已经在测绘、农林、规划、土木水利工程、地学分析等多个领域得到了广泛的应用^[5]。

土方量的计算本质上属于一个立体几何的体积计算问题^[6]。计算之前需用全站仪等测量工具采集计算区域的离散点三维位置信息(X,Y,Z),然后将最邻近的三个点连接成最贴近原始地形表面的三角形,然后以这个三角形的每条边搜索最邻近的另外一个离散点组成另外的三角形,由此类推逐步形成 TIN 三角剖分网格,建立起原始地面的数字地面模型。然后通过事先确定好的沿着主沟道方向布置的勘探剖面,按照一定倾斜率确定填方预期

面的“顶高程”,和数字地面模型所确定的“底高程”相减^[7],据此就能计算出每个三角网格填方量。计算数学表达式如下:

$$h_i = H_{\text{顶高程}} - H_{\text{底高程}} \tag{5}$$

$$T = (h_1 + h_2 + h_3) \times A/3 \tag{6}$$

$h_1、h_2、h_3$ ——分别为三角网格三个顶点距离填方预期面的高度(m);
 A ——三棱柱的底面积(m^2);
 T ——填方量(m^3)。

本次设计的原始样点数据为实测地形高程控制点,详细勘察时,沿主沟道纵向布置了一条勘探剖面(图 3)。首先确定剖面上每个勘探点的填方高度,任意两个勘探点之间的填方高度使用线性内插法计算,结果见表 4。

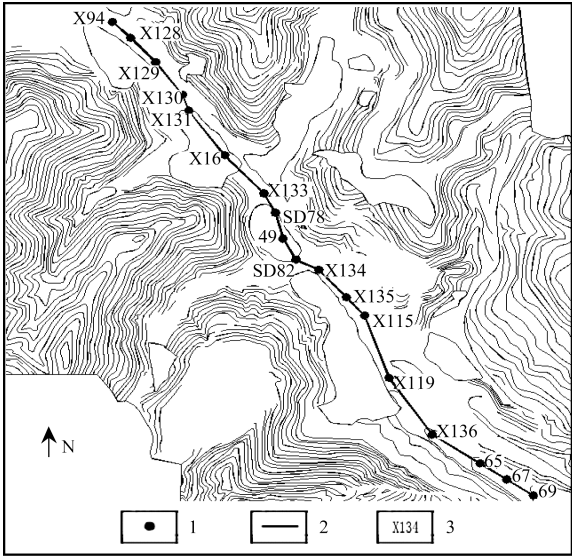


图 3 主沟道探井位置示意图

Fig.3 Main ditch exploratory well location schematic diagram

1—勘探点; 2—勘探线; 3—勘探点编号

表 4 主沟道剖面填方高度

Table 4 Main ditch profiles filling height

探井编号	原高程	填方高度(m)	填方后高程(m)
67	510.80	0.00	510.80
65	514.20	4.91	519.11
⋮	⋮	⋮	⋮
x119	526.00	7.09	533.09
x115	532.30	8.55	540.85
x135	535.60	8.1	543.70

为了计算简便,在构造完成数字地面模型之后,常将地面划分为正方形网格,当边长足够小时,可以

近似的认为每个正方形网格和数字地面模型之间是一规则的长方体,通过计算长方体的体积就能计算出整个填充区域的开挖或填充方量^[8]。

$$T = A \times h(x,y) \tag{7}$$

式中: T ——填方量(m^3);
 A ——剖分正方形网格的底面积(m^2);
 h ——(x,y)点的填方高度(m)。

利用 CASS7.1 软件数字地面模型计算土方量的计算截图(图 4)。

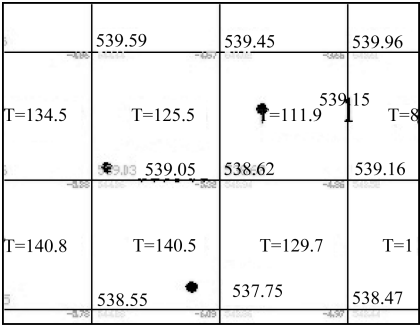


图 4 DTM 法计算土方截图

Fig.4 DTM method of filling screenshots

通过单个方格网填充方量的计算,最终自动统计整个沟道需要填充的废渣方量,废渣填充后需机械压实,防止暴雨冲刷造成流失。

3.3 排洪渠设计

下峪口沟地形复杂,山势陡峭,沟谷深切,海拔高度 410 ~ 850m,相对高差 200 ~ 400m,属低山侵蚀构造地貌。上游支沟纵坡降 40‰ ~ 150‰,两侧山坡坡度 20° ~ 40°,局部可达 60°以上,坡面第四系覆盖层厚度小,植被稀少,岩石大面积裸露地表,坡体持水性差,上游汇水面积约 6.48km²,在强降雨条件下,雨水几乎全部汇流于沟谷中,极易暴发山洪,据《泥石流灾害防治工程勘查规范》^[9] 5.2.3 条和附录 G 判断,下峪口沟属于特大型泥石流隐患沟,易发程度高。因此,需要在主沟道设计一条排洪渠,增大排水力度,防止雨水聚集冲刷携带废渣成灾。

根据水力最优梯形断面的水力半径 R 为水深 h 的一半原理^[10],既 $R = 1/2 \times h$,排洪渠设计断面过流量及流速计算公式如下:

$$Q = WC \sqrt{Ri} \quad C = \sqrt{R}/n \tag{8}$$

式中: Q ——过流量(m^3/s);
 W ——过水断面面积(m^2);
 C ——流速系数(m/s);

R ——水力半径(m);
 n ——糙率系数,抹光的水泥抹面取 0.012^[11];
 i ——水力坡降取 55‰。

根据计算结果,当沟底排水渠断面为梯形,底宽 2m,高 2m,上口宽 4m 时,过流量为 111.5m³/s。

根据《泥石流灾害防治工程设计规范》(DZ/T0239-2006)表 2-1 和表 2-2^[12],矿山地质环境治理主体工程安全等级为二级,降雨强度按 50a 一遇考虑。根据《滑坡防治工程设计与施工技术规范》(DZ/T0219-2006),设计频率地表水汇流量按下式计算:

$$Q_p = \varphi S_p F^{2/3} \tag{9}$$

式中: Q_p ——设计频率地表水汇流量(m^3/s);
 φ ——径流系数,根据《渭南地区实用水文手册》查取, $\varphi = 0.94$;
 S_p ——设计降雨强度(mm/h);50a 一遇取 30.0mm/h,100a 一遇取 45.0mm/h;
 F ——汇水面积(km^2)。

计算结果表明,设计按 50a 一遇最大洪水流量为 98m³/s < 111.5 m³/s(实际最大过流量),满足最大排洪需求。因此,下峪口沟排洪渠设计规格如下:底宽 2m,高 2m,上口宽 4m,两侧壁坡度 1:0.5,采用 M7.5 浆砌石砌筑,砌筑厚度 0.5m,两侧壁用 M10 水泥砂浆勾分,渠底用 M10 水泥砂浆抹面,减小流通阻力。

3.4 覆土绿化设计^[13]

矿山绿化工程设计要采取“乔木为主,乔、灌、草、藤相结合”的方式进行^[14],废渣堆降坡后达到自然稳定状态,在其上覆土可撒播草籽,参考韩城市其它地区治理经验,最适宜该地区的草种为矮冬麦,耐寒、生命力强,固土效果好,由于治理区土源较少,因此覆土厚度不宜过厚,参考其它治理区经验以 10cm 最为适宜。

主沟道填充完毕后形成平整的自然斜面,为了固定废渣及恢复地貌景观,设计在其上种植洋槐树,洋槐性耐旱,耐寒,喜阳光,稍耐阴,在低洼积水处生长不良,深根,对土壤要求不严,较耐瘠薄,是半干旱地区较好的绿化树种,为了节省土源,设计采用坑状点播的方式进行种植,即按照 2m×2m 的间距开挖直径为 30cm 的圆形坑,深度为 30cm,点状填充黄土,在其中种植洋槐苗,树苗选用健康平直,长短在 1~2m 之间为适宜。

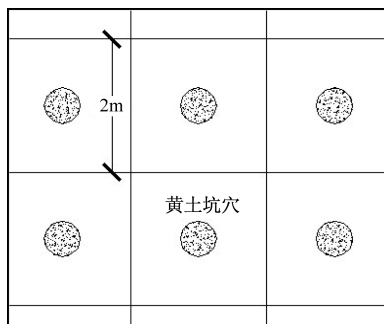


图5 坑穴法种植洋槐

Fig. 5 Pits method of planting acacia

4 结论

(1) 方案采取最优化设计,进行了方案比选,按照工程施工难度、工程造价、治理效果等进行综合比较,最终确定废渣降坡、清运、主沟道废渣填充+排洪渠+覆土绿化的方案为最优治理方案。

(2) 废渣性泥石流隐患的治理,应该因地制宜的制定合理的设计方案,不能一味的采取挡、截措施,如果工程质量不达标或者遇到超过设计标准的各种工况,治理工程主体本身可能成为新的灾害源头。科学合理的泥石流防治方案和减灾技术是建立在正确了解泥石流的基础上。本文采用废渣堆降坡就地填充到主沟道内的作法无疑是较经济、环保、科学的一种恢复治理方法。

(3) 矿山地质环境治理工程要充分考虑地形地貌景观的恢复^[15],本次设计采用林草结合的方式进行了绿化工程设计,可以极大的改观当地的地形地貌景观,恢复绿地,最大限度的恢复原有的生态景观。

参考文献:

- [1] 陕西核工业工程勘察院. 陕西省韩城市桑树坪一下峪口废弃群采煤矿区矿山地质环境重点治理工程勘察报告[R]. 2011.
Shaanxi Nuclear Industry Engineering Investigation Institute. The survey report of mine geological environment treatment project of the waste group coal mining area in Sangshuping-Xiayukou in Hancheng city of Shaanxi Province[R]. 2011.
- [2] 陕西核工业工程勘察院. 陕西省韩城市桑树坪一下峪口废弃群采煤矿区矿山地质环境重点治理工程初步设计[R]. 2012.
Shaanxi Nuclear Industry Engineering Investigation Institute. The preliminary design of mine geological environment treatment project of the waste group coal mining area in Sangshuping-Xiayukou in Hancheng city of Shaanxi Province[R]. 2011.
- [3] 沈良峰. 边坡稳定性分析评价方法综述[J]. 矿业研究与开发, 2005, 25(1): 2.
SHEN Liangfeng. The analysis of evaluation methods to slope stability[J]. Mining Research and Development, 2005, 25(1): 2.
- [4] 杨剑. 瑞典条分法与毕肖普法在土坡稳定分析中的应用和研究[J]. 盐城工学院学报, 2005, 18(2): 6.
YANG Jian. Research of sweden slice method and Bishop method in slope stability analysis[J]. Yancheng Industrial Institute Journal, 2005, 18(2): 6.
- [5] 刘南艳, 翟玲. 数字地面模型的建立与应用[J]. 西安科技大学学报, 2006(3).
LIU Nanyan, ZHAI Ling. The establishment and application of the Digital Terrain Model[J]. Journal of Xi'an University of Science and Technology, 2006(3).
- [6] 潘红飞. 基于 TIN 模型较高精度土方量计算方法[J]. 价值工程, 2012(5).
PAN Hongfei. The high accuracy calculation method of the earthwork that based on TIN model[J]. Value Engineering, 2012(5).
- [7] 王华峰. 数字模型土方计算方法的应用技巧[J]. 矿业工程, 2010, 8(5): 10.
WANG Huafeng. The application skills of digital model method in calculation of earthwork[J]. Mining Engineering, 2010, 8(5): 10.
- [8] 刘鸿剑. 基于 DTM 的抚州市人工湖工程土方量算法研究[J]. 北京测绘, 2009(1).
LIU Hongjian. The algorithm based on DTM of earthwork volume of Fuzhou artificial lake project[J]. Beijing Surveying and Mapping, 2009(1).
- [9] DZ/T 0220-2006, 泥石流灾害防治工程勘察规范[S].
DZ/T 0220-2006, Survey specifications of the debris flow disaster prevention engineering[S].
- [10] DZ/T0219-2006, 滑坡防治工程设计与施工技术规范[S].
DZ/T 0219-2006, The design and construction technical specification of the landslide prevention project[S].
- [11] 刘俊发. 混凝土衬砌渠道糙率系数估算方法[J]. 东北水利水电, 2011(9).
LIU Junfa. The method of estimating roughness coefficient of concrete lining channel[J]. Northeast Water Conservancy and Hydropower, 2011(9).
- [12] DZ/T0239-2006, 泥石流灾害防治工程设计规范[S].

- DZ/T 0239 - 2006, Design specifications of the debris flow disaster prevention engineering[S].
- [13] 开发建设项目水土保持方案技术规范(SL204-98). 中华人民共和国水利部,1998.
- The technical specifications of soil and water conservation scheme in development and construction project (SL 204-98). The ministry of water resources of the People's Republic of China, 1998.
- [14] 谭林. 废弃矿山植被恢复模式初探[J]. 中国林业, 2007(21).
- TAN Lin. The preliminary explore of vegetation restoration model of the abandoned mine [J]. China forestry, 2007(21).
- [15] 冯娜. 废弃矿山的景观重置[J]. 平顶山工学院学报, 2005,14(6):11.
- FENG Na. Landscape replacement of abandoned mine [J]. Pingdingshan Industrial Institute Journal, 2005, 14(6):11.

Countermeasures recovery of mine geological environment of group mining area in Hancheng city

LI Cheng

(Geological Environment Monitoring Station in Shaanxi Province, Xi'an 710054, China)

Abstract: In this paper, The author discusses the development characteristics of historical legacy mine geological environment of the group mining area in Hancheng city. On the basis of a detailed investigation, by using the DTM technology as well as other engineering theory. developed a scientific and rational recovery and management program. Designed to maximize the recovery original ecological environment and terrain landscape. it can play a reference for other areas with similar geological conditions and mine geological environment.

Key words: coal mine; mine; geological environment; recovery and management; program

新书介绍

新世纪工程地质学系列丛书 《滑坡监测预警与应急防治技术研究》出版

由地质灾害防治专家殷跃平、吴树仁教授等撰著的《滑坡监测预警与应急防治技术研究》,近期由科学出版社出版发行。本书被列为新世纪工程地质学系列丛书,内容涉及滑坡早期识别与空间预测、监测预警高新技术和简易仪器研制、应急快速治理技术和风险评估方法等,是近年来滑坡灾害研究较为系统的一项成果。

《滑坡监测预警与应急防治技术研究》第一篇介绍了我国西南峡谷山区、西部黄土高原和汶川地震灾区等特大型滑坡失稳机理、早期识别和空间预测方法;提出高速远程滑动成灾范围判定方法;建立多级旋转型黄土滑坡、厚层块状岩质滑坡、土石混合型滑坡成因模式早期识别指标体系。第二篇介绍了我国近年来研发的地质灾害监测预警技术仪器及示范推广成果,包括:滑坡灾害光纤传感等高新关键监测技术和简易型监测预警仪器研制,光纤传感等新型技术研究和简易型地质灾害监测预警系列配套仪器,适于复杂山区恶劣地质条件的自动监测预警技术等。第三篇介绍了滑坡应急处置的快速治理技术和示范推广。研发快速应急抢险技术,解决大吨位预应力锚索孔施工快速钻进难题,发明新型钻具,钻进效率提高 50%;研发预应力锚索快速安装和锚固技术,为迅速控制大变形状态下地质灾害提供了系列抢险设备。第四篇介绍了区域降雨型滑坡灾害监测预警方法和示范区建设。研究台风区域暴雨型、高山局地暴雨型滑坡—泥石流形成机理,建立区域性地质灾害监测预警示范区,为全国开展多尺度地质灾害预警预报提供了支撑技术与示范经验。第五篇介绍了滑坡等地质灾害风险评估技术及示范。建立基于变形破坏机理的风险评价方法,提出地质灾害风险评估指标体系和评价标准。

本书图文并茂,理论与实践相结合,可供从事地质灾害防治、工程地质、岩土工程、环境地质、城镇建设等领域的科研和工程技术人员参考,也可供有关院校教师和研究生参考使用。

(国土资源部地质灾害应急技术指导中心 殷跃平 供稿)