

河南省小秦岭金矿区

矿山地质环境及采矿诱发地质灾害研究

郭新华 李金荣 武 强 邢永强
窦 明 都沁军 乔国超 杨振放 编著
郭文秀 章 煜 杨皓宇 马旭东

河南省小秦岭金矿区 矿山地质环境及采矿诱发地质灾害研究

郭新华 李金荣 武 强 邢永强
窦 明 都沁军 乔国超 杨振放 编著
郭文秀 章 煜 杨皓宇 马旭东

河南科学技术出版社
· 郑州 ·

内 容 提 要

本书是河南省 2005 年度探矿权采矿权价款及使用费资助的项目“河南省小秦岭金矿区矿山地质环境及采矿诱发地质灾害调查评价”成果,内容包括小秦岭金矿区自然地理与地质背景、矿山地质环境现状、矿山地质环境质量评价、矿区地质灾害危险性评估、矿山泥石流灾害专题研究、矿山地质环境保护治理与地质灾害防治对策等。

图书在版编目(CIP)数据

河南省小秦岭金矿区矿山地质环境及采矿诱发地质灾害研究/郭新华等编著. —郑州:河南科学技术出版社, 2010. 6

ISBN 978 - 7 - 5349 - 4537 - 3

I. ①河… II. ①郭… III. ①秦岭 - 金矿床 - 矿山地质 - 地质环境 - 研究②矿山 - 地质灾害 - 防治 - 研究 IV. ①P618. 510. 2②P694

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 066985 号

出版发行: 河南科学技术出版社

地址: 郑州市经五路 66 号 邮编: 450002

电话: (0371) 65788613 65788629

网址: www.hnstp.cn

策划编辑: 范广红

责任编辑: 樊 珊

责任校对: 柯 姣

封面设计: 张 伟

版式设计: 栾亚平

责任印制: 张艳芳

印 刷: 河南郑印印务有限公司

经 销: 全国新华书店

幅面尺寸: 210 mm × 285 mm 印张: 7.5 字数: 185 千字

版 次: 2010 年 6 月第 1 版 2010 年 6 月第 1 次印刷

定 价: 50.00 元

如发现印、装质量问题, 影响阅读, 请与出版社联系。

目 录

1	前言	(1)
1.1	任务来源	(1)
1.2	目的任务	(1)
1.3	国内外研究现状	(2)
1.3.1	地质环境质量评价研究现状	(2)
1.3.2	GIS 在地质环境评价中的应用研究	(4)
1.3.3	我国矿渣泥石流灾害研究及防治现状	(5)
1.3.4	难点分析	(6)
1.4	工作方法和完成的主要工作量	(7)
1.4.1	工作方法	(7)
1.4.2	技术路线	(8)
1.4.3	参加人员及致谢	(8)
2	矿区自然与地质环境条件	(9)
2.1	地理位置	(9)
2.2	地形地貌	(9)
2.3	水文气象条件	(9)
2.3.1	水文条件	(9)
2.3.2	气象条件	(10)
2.4	地层岩性	(11)
2.5	地质构造与岩浆活动	(11)
2.5.1	地质构造	(11)
2.5.2	岩浆活动	(12)
2.6	金矿成矿时代	(12)
2.7	地震	(13)
2.8	水文地质和工程地质	(13)

3	矿产资源开发对环境的影响	(14)
3.1	矿山开采现状调查	(14)
3.2	开采过程中排放矿渣废水调查	(19)
3.3	矿山开发对自然生态环境的影响	(20)
4	矿山地质灾害调查	(24)
4.1	地质灾害类型及发育特征	(24)
4.1.1	崩塌	(24)
4.1.2	滑坡	(24)
4.1.3	泥石流	(25)
4.1.4	地面塌陷	(25)
4.1.5	地裂缝	(26)
4.2	地质灾害分布规律	(26)
4.3	地质灾害发生特征分析	(27)
4.4	泥石流灾害成因分析	(27)
4.4.1	泥石流启动的概念	(28)
4.4.2	自重引起引力平衡破坏	(29)
4.4.3	矿渣在暴雨激发下的渗透液化	(29)
4.4.4	降水在泥石流形成中的作用分析	(30)
4.4.5	坡面矿渣泥石流启动的力学分析	(31)
4.4.6	沟道人为泥石流启动的力学分析	(32)
5	矿山地质环境质量评价	(34)
5.1	评价单元划分	(34)
5.2	建立评价指标体系	(35)
5.2.1	选取评价指标的原则	(36)
5.2.2	评价指标的选取	(36)
5.2.3	评价指标信息的获取	(38)
5.2.4	评价标准的分级	(39)
5.3	指标权重的确定方法	(40)
5.3.1	主观赋权方法	(41)
5.3.2	客观赋权方法	(42)
5.4	评价方法介绍	(44)
5.4.1	模糊综合评价方法	(44)
5.4.2	灰色关联评价方法	(45)
5.4.3	人工神经网络模型评价方法	(48)
5.4.4	物元评价方法	(50)
5.4.5	四类评价方法的比较	(54)

5.5	评价结果分析	(54)
6	地质灾害危险性评估	(64)
6.1	评价思路	(64)
6.2	评价模型的建立	(64)
6.2.1	评价方法原理介绍	(64)
6.2.2	评价指标的选取和赋值	(65)
6.2.3	评价程序	(65)
6.2.4	评价级别的确定	(65)
6.2.5	评价指标的权重	(66)
6.3	评价结果及分析	(67)
7	矿山泥石流专题研究	(69)
7.1	矿山泥石流特点及研究方法	(69)
7.1.1	泥石流及其形成	(69)
7.1.2	泥石流的分类及特征	(71)
7.1.3	矿山泥石流特点	(74)
7.1.4	矿山泥石流研究方法	(75)
7.2	小秦岭金矿区矿渣泥石流形成的环境	(76)
7.2.1	矿渣泥石流形成的地质环境	(76)
7.2.2	矿山建设激发了矿渣泥石流的发生	(80)
7.2.3	矿区泥石流发育现状	(81)
7.3	小秦岭金矿区矿渣泥石流形成的条件	(82)
7.3.1	地形地貌特征	(83)
7.3.2	松散固体物质补给条件	(83)
7.3.3	降水汇流条件	(84)
7.4	小秦岭金矿区矿渣泥石流堆积数值仿真模拟	(85)
7.4.1	数学模型的建立	(85)
7.4.2	泥石流堆积数学模型的数值解法	(89)
7.4.3	小秦岭金矿区矿渣泥石流堆积数值模拟	(92)
7.5	小秦岭金矿区矿渣泥石流堆积预测及防治对策	(94)
7.5.1	预报方案	(95)
7.5.2	预报成果	(95)
7.5.3	小秦岭金矿区矿渣泥石流的防治	(97)
8	矿山地质环境保护与治理对策	(104)
8.1	建立矿山环境保护综合决策机制	(104)
8.2	健全监督管理体系	(104)
8.3	强化对矿山采矿活动的全程管理	(105)

8.4 建立矿山地质灾害防治资金保障体系 (105)

8.5 加强地质灾害预测预警及信息化技术研究 (106)

8.6 注重综合治理、提高综合效益 (106)

8.7 新建矿山要坚持地质环境保护审批制度 (107)

8.8 加强科普宣传、增强公众意识 (107)

9 结论 (108)

参考文献 (110)

1 前言

1.1 任务来源

小秦岭金矿区位于河南省西部灵宝市境内的豫、陕、晋三省交界处，区内山势挺拔陡峻、切割强烈，主峰老鸦岔塬海拔 2 413.8 m，矿区面积 1 049 km²，是我国第二大岩金基地。20 世纪 60 年代中期，这里发现了 1 200 条含金矿脉，已探明黄金储量约 400 余吨，其中河南灵宝市境内就有 330 吨，约占金矿区总储量的 75%。当地矿业经济发展很快，特别是 20 世纪 80 年代矿山采选企业迅速发展，区内有国家和地方黄金企业数十家，矿山坑口数千个，矿业已成为灵宝市的支柱产业。

然而，随着人类开发活动的不断增强，从 20 世纪 80 年代开始，小秦岭金矿区矿产资源大规模开采，矿产资源和矿区地质环境遭到了严重的破坏，据不完全统计，小秦岭金矿区现有采矿坑道数十万米，采空区面积超过 40 km²，积存废矿渣和尾矿砂近 3.3×10^7 m³。采矿活动引发了山体失稳、矿渣泥石流等地质灾害，如 1994 年 7 月 11 日，小秦岭大西峪上游突降大暴雨，强大的山洪铲蚀着采金过程中乱堆弃在沟道内的数十万立方米弃渣生成泥石流，直泻国有文峪金矿选矿厂，泥石流冲毁矿区公路 9 km，涵洞 3 km，造成 51 人死亡，数百人失踪，给文峪金矿带来直接经济损失 500 万元，间接经济损失 1 200 多万元。为摸清矿区地质环境和地质灾害状况、提出切实可行的地质环境与地质灾害综合治理方案，经河南省财政厅、河南省国土资源厅批准（豫财办建〔2005〕330 号），开展小秦岭金矿区矿山地质环境及采矿诱发地质灾害调查评价工作，项目经费 100 万元，2006 年 4 月经三门峡市国土资源局组织有关专家对该项目设计书进行评审，批准了该项目设计。

1.2 目的任务

本研究课题的目的是为小秦岭金矿区矿山地质环境保护与修复，以及地质灾害防治提供技术依据，为河南省主要矿山地质环境及采矿诱发地质灾害调查评价提供经验，其主要任务是：

- 1) 查明小秦岭金矿区气象、水文和地质环境条件。
- 2) 查明矿山开发引起的环境地质问题及其危害。
- 3) 查明小秦岭金矿区采矿诱发地质灾害的分布、规模与特征，并对危害程度作出评估。
- 4) 调查各个沟谷内采矿坑口的位置、标高，采矿从业人员情况，临时及永久性建筑设施位置、数量以及下游可能危及居民及耕地数量等。
- 5) 调查研究已发生的泥石流堆积位置、结构特征、危害对象及危害程度、沿途侵蚀程度以及对

应的降水特征等。

6) 在上述调查的基础上,对矿山地质环境和地质灾害进行评估,并预测其发生发展趋势。

7) 对矿山地质环境及诱发地质灾害提出防治对策与建议。

1.3 国内外研究现状

1.3.1 地质环境质量评价研究现状

1. 地质灾害危险性评价

(1) 单灾种危险性评价

20 世纪 80 年代初, Radbruch Hall 等开展了全美大陆 1:750 万比例尺滑坡灾害评价图的测绘工作。该研究从滑坡形成发育条件出发,选择了岩性、构造、地貌、降水、滑坡类型、滑坡发生频率等作为评价指标,将区域自然地理单元划分为高发区、中易发区、低易发区,以及高易损区、中易损区和低易损区 6 种类型。通过某一单元中滑坡分布面积与单元面积之比的计算,确定了高易发区、中易发区和低易发区。90 年代初, Gupta 等将 GIS 技术应用在喜马拉雅山麓 Rumgana 流域的滑坡灾害危险性评价中,选择了滑坡发育的控制因素,给出了一个滑坡危险性评价指标,将滑坡灾害风险分为低、中、高三个等级。通过 GIS 的叠加功能,按各因子权重进行叠加,绘制了滑坡危险性分区图,从而奠定了基于 GIS 技术的滑坡灾害危险性定量评价的基础。

中国对单一灾害危险性评价研究在 20 世纪 80 年代以前,则一直停留在铁路、公路沿线以及其他工程建设区崩塌、滑坡和泥石流灾害危险性定性分析阶段,近年来,随着区域性经济建设特别是城市化发展的需求,相继开展了一系列区域性地质灾害研究工作,编制出版了《1:500 万中国地质灾害类型图》、《1:600 万中国滑坡灾害分布图》、《1:600 万中国泥石流分布及其灾害危险性区划图》等图件。这些图件较为全面地反映了我国地质灾害的空间发育规律。

(2) 多灾种危险性综合评价

20 世纪 70 年代初, Hewitt 等曾提出“一地多灾”的研究构想。基于 Hewitt 的研究思路, Puget Sound 的研究人员针对本区洪水、地震、风暴、火山等灾害,将各种灾害分别制图,每一幅图都被设计作为更细致分析过程的输入项,据此生成总的潜在损失图。80 年代初, Radbruch Hall 又编绘 1:750 万全美大陆地质环境评价图系。选择了滑坡、岩溶、火山灾害及地震概率、陡倾斜破和膨胀土等问题作为评价指标,通过图形叠加生成地质环境质量评价图。此后, Van Westen 等在 GIS 系统支持下进行了山地地质灾害风险分析研究。

20 世纪 90 年代以来,我国也相继开展了区域地质灾害危险性评价工作,并建立了各类地质灾害危险性评价模型。其中,张业成等针对我国崩塌、滑坡、泥石流、岩溶塌陷等灾害,建立了地质灾害危险性指数评价模型和危险性评价分析模型,并编绘了地质灾害强度分布图和区划图。王家鼎利用模糊信息优化处理技术建立了城市综合地质灾害的评价模型,并编制了兰州市和西安市综合地质灾害评价分区图,为两市的减灾防灾规划编制工作奠定了基础。殷跃平等在对我国地质灾害类型、分布规律、成因机制、级别及其灾害损失程度等进行分析的基础上,运用专家打分、模糊综合评价和危险性指数等方法对地质灾害现状进行了综合评价,绘制了目前我国地质灾害的现状评价图,综合表征了我国目前地质灾害的空间发育现状。

2. 区域稳定性评价

区域稳定性（包括地壳和构造稳定性）评价是在重大建设工程项目的基础上发展起来的。目前多数评价研究工作限于定性分析。近年来，在定性分析基础上，引入了模糊数学综合评判模型和 GIS 支持的评价模型，对定量化评价进行了有益的探索。陈昌礼等采用遥感技术、计算机技术、GIS 技术和计算机自动制图系统等，建立了“新亚欧大陆桥（中国段）铁路沿线地带”构造稳定性评价模型，并据此划分了 27 个构造稳定性分区单元。

3. 地质环境质量综合评价

印度尼西亚在 20 世纪 80 年代早期的区域土地利用或空间规划中对地质环境质量进行了综合考虑，研究了区域环境条件、地质信息，特别是地下水潜力、补给区、崩塌、液化及地面下沉、污水处理适宜地、软土地基等信息。20 世纪 90 年代初，Cendrero 等提出了基于自然单元分级体系的环境质量评价新思路。该方法将人类环境视为由许多不同的环境因子构成的自然单元，每一单元具有相对的均一性，高级单元的性状用低级单元的综合指标来表征。评价环境因素和整体环境的质量时，根据问题性质，选择评价因子，并将其转化为可比的指标，然后，按评价指标的相对重要性加权综合，用环境因素质量的综合指标来衡量整体环境的质量。毛同夏等提出了基于系统分析的地质环境评价构想。该方法确定了 10 类地质灾害和环境地质问题作为评价因子，以层次分析法为基本方法，建立了评价模型。按经纬度划分网格单元，求出网格单元内各类环境评价因子的强度指数和相应的权重，建立地质环境系统层次结构评价模型，进而求取整个地质环境系统的综合质量指数。黄建军等通过层次分析和专家评判相结合的方法确定出各评价指标的权重，按公里网将宝鸡市区划分为 180 个单元，计算了各区域的综合地质环境质量。

4. 地质灾害风险评价

（1）单灾种风险评价

著名滑坡专家 Vames 认为：自然灾害是指某一特定时间、特定地点潜在损坏现象发生的概率，强调从易损性和风险性的角度进行灾害预测。某一地区总的灾害风险意味着由于特定的自然现象造成的人员伤亡、财产损失和经济活动中断的期望值。基于这一思路，建立了风险评价模型。我国编绘 1:1 000 万全国未来 50 年地震灾害损失预测图，计算单元以 1985 年国家颁布的 2 371 个县级行政区划、各类建筑物面积和价值以及人口统计资料等为准，该研究以我国第三代地震烈度区划图为基础，建立了人员伤亡和建筑物损失矩阵。

（2）多灾种风险综合评价

20 世纪 70 年代初，Alfors 等针对加利福尼亚州环境地质问题，选择了地震、矿产资源损失、滑坡、洪水、侵蚀、膨胀土、活断层位移、火山、海啸和地面沉陷等 10 种对城市化有影响的灾害因子，对 10 种因子按相对严重程度做出分区，设定一个典型化城市单元，以模拟方式置入各种地质问题的不同等级，分别计算研究区内居民由于地质问题造成的预计年人均总损失值（GP）作为地质问题指数，将区内按一定精度划分网格单元，求出网格单元内具有威胁性的不同类型和严重程度的 GP 值之和，作为该单元内居民承受的各种地质问题造成的年人均总损失值。在此基础上，Petak 等对美国的自然灾害进行了风险评价，涉及地震、膨胀土、滑坡、洪水泛滥、风暴大浪、海啸、陆地龙卷风、飓风、强烈风暴等 9 种自然灾害，建立了以计算机为基础的灾害模型、影响面模型和易损性模型。

Mejia等在 GRASS 系统的支持下,对哥伦比亚的麦知德林地区基岩及第四纪地层、构造、气候、地形、地貌形成过程、土地利用、水文等因素综合分析研究,进而对该区地质灾害危险性进行综合评价。Cendrero 等运用“易损性”这一概念对西班牙北部比斯开发区地质灾害进行了编图,并引入了不稳定指数和风险指数两个概念。不稳定指数和风险指数反映了灾害过程的两个方面,不稳定指数刻画了地质灾害的发育程序、发生频率,描述了灾害的物理特性;风险指数强调了灾害的社会效益,表现了灾害所造成的或将要造成的社会影响。

综上所述,区域地质环境评价研究工作正日益加强,城市地质问题的研究也取得了一定的成果。但是专门从事矿山地质环境评价研究的科研课题和专著在国内外还不多见,尤其是矿山地质环境质量综合评价和灾害风险评价。

1.3.2 GIS 在地质环境评价中的应用研究

自从 1963 年加拿大测量学家 Tomlinson 首先提出地理信息这一术语,并建立了世界上第一个 GIS——加拿大 GIS 以来, GIS 迅速发展和推广应用。从 1970 年至 1976 年,美国地质调查局就建成了 50 多个信息系统,作为地理、地质和水资源等领域空间信息的处理工具。印度的 GUPTA R. P. 和 JOSHI B. C. 用 GIS 方法对喜马拉雅山麓的 Ramganga 地区进行滑坡灾害危险性分带。荷兰 ITC 的 Van Westen C. J. 和哥伦比亚 IGAC 的 Alzate Bonilla J. B. 在山区地质灾害分析中,基于 GIS 开发了斜坡稳定性分析模型,山区落石滚落速率计算模型。意大利的 Carrara A. 等采用 GIS 技术,并结合统计模型,用于滑坡灾害评价。加拿大的 Chung C. F. 和 Fabbri A. G. 等将 GIS 应用于滑坡灾害分区的多因素综合分析中。美国的 MARIO MEJIA-NAVARRO 和 ELLENE. WOHL 在哥伦比亚的麦知德林地区,用 GIS 进行地质灾害和风险评估并进行灾害分区。泰国和德国进行了技术合作项目“区域规划的环境地质”,目的在于加强矿产资源部对潜在用户的搜集、评价和提高地质环境信息的能力,以及在泰国快速发展地区的土地利用规划和土地发展中进行综合地质环境评价,建立带有综合数据库的项目区 GIS,以方便与潜在用户交流和数据交换。

国内应用 GIS 技术开展地质环境与灾害评价工作起步较晚,研究程度较低。雷明堂、蒋小珍等运用 GIS 技术于岩溶塌陷评价中,即根据塌陷影响因素(如岩溶化程度、断裂分布、土层厚度、水力学条件及已有塌陷分布),利用 GIS 的距离分析、标量分析、网格叠加分析、分级分组分析等功能,完成研究区塌陷危险性评价及分区。郑世书、孙亚军等在煤矿地下开采工作面涌水预测及矿区岩溶水害预测中应用了 GIS 技术。曹中初、孙苏南等在煤矿地板突水危险性预测中也应用了 GIS 技术。董东林、孙桂敏应用 GIS 软件 IDRIS1,对山西临汾市区地裂缝的发展进行了合理的预测;该软件通过对影响山西省临汾市地裂缝的 7 种物理因子的分析,分别给以不同的权重,建立起空间数据库,形成了临汾市区的地裂缝灾害分区,为临汾市城市规划及土地利用提供了较为可靠的依据。成都理工学院“地质灾害防治与工程地质环境保护国家专业实验室”进行了山区小流域地质环境及地质灾害预测的 GIS 系统研究,在贵州印江河流域、金山江流域某工程近坝库区开展了实际预测应用。汤家法、谢洪将 GIS 应用于岷江上游该区的泥石流危险性区划。成都理工学院、全国地质环境监测总站及国土资源部长江三峡地质灾害防治指挥部,进行“地质灾害信息系统及防治决策支持系统”专项开发的试验研究,在试验区进行地质灾害的评价和分析,提供信息采集、存储、管理、检索、分析及编图等全过程

的计算机处理软件工具系统。乔晓英、王文科将 GIS 与模糊综合评价模型集成,对冯家山灌区地质环境质量进行评价,并针对不同地质环境质量分区探讨了水资源合理开发利用模式。周顺平、李雪平利用 MAPGIS 的二次开发库,建立了巫山县工程地质环境信息系统。武健强、余勤等在 GIS 技术的支持下,对苏锡常地区进行了地质环境质量现状分析评价。

综上所述, GIS 在地质环境研究中得到了广泛应用,各种信息系统纷纷建立,取得了很大成绩。但是目前 GIS 主要应用于单灾种的研究,利用 GIS 对地质环境进行综合评价研究还不多见。

1.3.3 我国矿渣泥石流灾害研究及防治现状

1. 我国泥石流研究现状

20 世纪 50 年代是我国泥石流研究的起步时期。在大规模的交通建设中遇到了泥石流灾害,我国交通部门首先开展了泥石流的调查和观测工作,主要以线路或区域考察为主,在我国川滇山区、青藏高原以及西北和中南等地,建立了一些泥石流定位观测站及防治基地,初步查明了我国泥石流多发区的地理位置。

20 世纪 60 年代,是我国泥石流研究部门迅速扩大时期,为了配合经济建设,继交通部门之后,我国地质部门、城建部门和相关高等院校相继开展了泥石流的调查工作。中国科学院专门进行了泥石流的专题研究并成立相应的研究机构。这一时期的泥石流研究成果,主要是综合性的科学考察与专题性的实验研究相结合,研究的范围以小流域泥石流研究为主,在定性研究方面成果显著。20 世纪 70 年代,泥石流的研究工作转入以探索泥石流内部规律为主的定点观测试验与各类泥石流防治工程相结合阶段,将泥石流视为一定自然环境条件下各种因素综合作用的产物,根据泥石流的成因,进行了泥石流分类、分区研究工作并结合大规模的矿山建设,开展了以矿山弃渣为主所引起的矿山泥石流研究。20 世纪 80 年代以来,以泥石流形成机制、动态过程为研究重点,以预测预报为研究目的开展了多学科、多方位、多手段的观测及模型实验研究。计算机成图技术手段的广泛应用,大大加快了研究进度,提高了精度,使某些研究方面取得了长足进步。

从数学仿真模拟的角度看,泥石流灾害从形成、发生发展到结束的过程,在空间分布上可划分为形成区、流通区和堆积区。在形成区,主要是研究泥石流的物质来源及启动过程,数学模型无疑是三维非恒定流,由于其复杂性,至今尚无人涉足这一领域;流通区往往是泥石流的快速运移通道,一般可用一维数学模型来描述,目前在这一领域的研究成果较多,日本、美国、中国都有一些学者做过此项工作;堆积区往往是泥石流成灾的主要地带,这一区域泥石流主要表现为水平方向的扩散流动,数学上可用平面二维流来近似模拟。这方面的研究日本学者做的较多,高桥堡等率先提出以质量和动量守恒原理为基础,建立二维非恒定流方程,采用有限差分法求解,并用于模拟水工实验的结果;国内学者主要以唐川、刘希林等做的工作较多,他们都是以高桥堡的数学模型为基础,从质量守恒原理和动量守恒方程推导出来的,所不同的是阻力项的确定和运动形式的简化各有不同,计算机数值模拟方法各有特色。

由于描述泥石流堆积运动过程的数学模型是一组非线性双曲线方程,目前尚无解析解,只有通过计算机数值模拟,求出问题的近似解,这些研究尚处于探索阶段。目前的研究成果都未讨论或模拟泥石流堆积的动态过程,尤其是实际发生泥石流的堆积动态过程;对初始条件和边界条件的确定缺乏实

际应用的论证；对泥石流运动阻力项的确定尚没有成熟的理论公式可供应用。

2. 我国泥石流防治

1) 生物治理。生物治理目前的应用范围较大，从南到北的水土流失治理都在进行，如黄土沟壑区，川西、辽东、华南部分山区都在进行不同程度的植树种草，已取得一些成功的经验。

2) 综合治理。综合治理一般指岩土工程和生物相结合的治理措施，目前多用于厂矿、城镇泥石流的防治。

3) 工程治理。工程治理在铁路、公路交通部门使用的较多，而且大部分为排导工程。

日本在泥石流防治方面非常重视，并且投入的资金非常大，建立了大型的室内实验室和大型野外观测站。日本在泥石流防治方面，主要采取两种方法：一种叫硬性措施，一种叫软性措施。硬性措施主要分三类：防治工程，控制调节工程和防护工程。防治工程包括定床工程、山坡整治工程、排导工程。控制调节工程包括拦沙坝和停淤场。防护工程包括护岸工程、防护堤和防护林。软性措施分为两种：一种叫常备系统，由引起泥石流的暴雨预报、泥石流危险区的确定、预防措施的建立及通信系统组成；另一种叫“紧急避难系统”，在泥石流实际发生情况下使用的，由雨量观测、泥石流测量和紧急疏散组成。

矿山泥石流是矿山生产过程中所产生的一个环境问题，在一些老的矿业基地尤为突出，个别地方由于泥石流的发生及其危害而影响矿山的建设和资源的开采。小秦岭是我国的主要黄金生产基地之一，在历史上曾经发生一些规模较大的泥石流，对矿山生产和人民的生命财产带来了重大损失。通过对小秦岭金矿区矿渣泥石流的形成机制及堆积过程的数值仿真研究，达到对矿山泥石流系统研究的目的，对矿山的建设、资源的可持续开采、矿山的环境保护等都具有重要的意义。

1.3.4 难点分析

尽管目前国内外学者在相关方面作了大量的工作，也取得了一定的成果，但成熟实用的地质环境评价模型和方法较少。国外将 GIS 技术应用在地质环境评价与灾害预测中，起步早、技术成熟，无疑是为国内学者提供了一个借鉴与学习的环境。总体来说，目前在矿山地质环境评价中还存在如下的问题：

1) 选择的评价因素不够全面，评价结果不够客观。评价指标种类能否较全面反映地质环境质量是反映评价结果是否准确的关键问题之一。由于部门职能范围和研究者研究目的不同，在评价矿山地质环境质量时，研究者往往就矿山环境的某一方面作为研究与评价对象。如环保部门就矿山建设项目对水、大气、土壤环境等环境质量进行影响预测评价；国土资源部门研究者则主要对崩塌、滑坡、泥石流、地面塌陷、地面沉降、地裂缝等地质灾害作回顾性评价和潜在灾害的危险性评价。而矿业开发中普遍存在的矿产资源浪费与破坏、土地资源压占与破坏、水资源破坏、地质遗迹破坏等，前人基本未涉及，故评价因素不全，其评价结果仅反映了矿山开发对地质环境影响的一个方面。

2) 评价指标多为定性描述，缺乏量化指标，评价结果的科学性不够严谨。目前，大多数研究者因掌握的第一手资料欠缺，调查研究经费较少，加之制订量化指标复杂且难度大等原因，其评价指标多为定性描述，如土地资源压占与破坏、水资源破坏程度等，不同的评价者对于定性描述指标理解不同，因而确定指标的等级存在偏差，导致评价结果的客观性差。

3) 地质环境评价具有多因素、多层次、不确定性强等特点,目前在众多的评价模型中,不管是多灾种还是单灾种评价,人们都在努力寻求一种普遍适合的模型来解决地质环境的评价。虽然普遍适合的评价模型在宏观决策中有重要的意义,适合建立面向大众和政府的决策支持系统,但在中小尺度范围的评价时往往不尽人意。在解决中小尺度相对精度较高的评价中,光靠在某种模型中对某些因素的加权来调整恐怕是不够的。考虑到不同地区地质条件不同,控制因素不一样,各个地区的地质环境有自己特殊的规律,因此,本着详细的野外地质调查,尽可能从地质构造(如断层)时空演化的角度研究对其地质环境的影响,建立有特色的地质环境评价模型,应是未来工作的主要突破点。

综上所述,矿山地质环境质量综合评价在矿山环境地质研究中具有十分重要的地位,是当前矿山环境地质学前沿研究亟待突破的重大课题,亦为当前的热点和难点问题。主要表现在两个方面:一是制订科学性、实用性的量化评价指标体系;二是建立多指标、多层次的综合评价模型。

1.4 工作方法和完成的主要工作量

1.4.1 工作方法

本课题承担单位联合国内院校科研人员专门成立了项目小组,在遥感解译、资料收集与分析的基础上,开展了小秦岭金矿区矿山地质环境实地调研,具体内容如下:

1) 资料收集。全面收集小秦岭金矿区有关的地质环境资料,并对资料整理、分类。

2) 遥感解译。购买 Quik bird 高分辨率卫星像片,对矿区地表矿渣堆、尾矿库、坑口建筑物等可视体进行详细解译并标到图上。

3) 实地调研。通过现场调查,分析小秦岭矿产资源的开采现状、资源储量,考察其排放的废渣废水、对自然环境的影响等,摸清地质灾害的分布状况、发育特征,定性分析泥石流灾害的成因机制。

4) 基于 GIS 的评价单元划分。采用对地质环境问题比较突出区域单独分区和正方形单元网格结合的方式划分小秦岭金矿区的评价单元,根据收集的资料及省国土资源研究院提供的小秦岭矿区 GIS 图层信息和属性信息,建立研究区空间信息数据库。

5) 建立评价指标体系。根据收集的资料及前人的工作基础,并咨询有关专家,建立小秦岭金矿区地质环境质量评价指标体系及分级标准,确定评价指标权重的优选方法。

6) 选取评价方法,开展地质环境质量综合评价。环境质量评价的方法有多种,各种方法都有其优缺点,本次研究将选用模糊综合评价法、灰色关联评价方法、人工神经网络评价方法、物元评价方法四种方法,分别来评价小秦岭金矿区的地质环境质量状况。汇总评价结果,再结合小秦岭金矿区实地调研情况,综合给定地质环境质量评价的最终结果。

7) 泥石流沟危险性评价。在地质环境质量综合评价的基础上,引用质量指数模型,对小秦岭金矿区泥石流灾害进行危险性分区评价。

8) 开展矿渣泥石流灾害预测预报研究。

9) 结合前面的研究成果,提出矿山地质环境和矿渣泥石流灾害治理的措施和建议。

1.4.2 技术路线

项目总体研究思路是以遥感解译、地面调查和资料收集为主，紧密结合泥石流灾害防治有关参数，通过实地调查，辅之以必要的物理力学试验，为治理工程设计提供依据。

其技术路线是按《全国矿山地质环境调查技术要求》实施细则、《滑坡崩塌泥石流灾害详细调查规范》(1:50 000) (征求意见稿) 及其他有关要求，对调查研究区进行详细调查、全面资料收集和遥感解译→进行地质环境与地质灾害活动评估，划分地质环境与地质灾害类型和活动规模、重点以及泥石流灾情与危害程度分级→论证防治措施或防治方案→提交最终研究成果。

1.4.3 参加人员及致谢

本项目主持单位为河南省国土资源科学研究院，协作单位为郑州大学和中国矿业大学（北京），项目负责人为郭新华，负责项目协调、资料收集整理、设计编写和成果统稿等工作，郑州大学李金荣负责矿山地质环境质量评价专题研究，中国矿业大学（北京）武强负责矿渣泥石流灾害专题研究，参加人员还有邢永强、窦明、都沁军、杨振放、郭文秀、章煜、乔国超等。三门峡市国土资源局游崇欣、李光生、刘心志、毋瑞芳等以及灵宝市地质矿产局叶安旺、强三峰、翟宗孝、王永良、张琪、李永江等在项目研究过程中，提供了大力支持和帮助，特予致谢。

2 矿区自然与地质环境条件

2.1 地理位置

小秦岭金矿区在秦岭山地东段，位于豫陕交界处的河南省灵宝市和陕西省潼关县一带，地理坐标为北纬 $34^{\circ}24' \sim 34^{\circ}30'$ ，东经 $110^{\circ}21' \sim 110^{\circ}34'$ （图 2.1）。矿区以西峪为界，峪东属灵宝市豫灵镇，峪西归陕西省潼关县。小秦岭金矿区黄金产量仅次于山东烟台，居全国第二，是我国四大黄金产地之一。

2.2 地形地貌

小秦岭总体走向近东西向，北部以小秦岭北缘断裂（亦称太要断裂或文底—武家山断裂）为界，北部为中新界灵宝断陷盆地——黄土丘陵区。南以松树地—周家山断裂为界，南为朱阳镇断陷带。老鸦岔塬位于豫陕交界处，海拔高程 2 413.8 m，为河南省内最高峰。小秦岭金矿区山脊高程多在 1 000 m 以上，总体地形具有南北低、中间高，西高东低的地形变化特征。区内山岭起伏，沟壑纵横，具有谷窄、坡陡地形险要之特点。

矿区地貌类型复杂，主要地貌类型为流水地貌和黄土地貌。流水地貌主要位于小秦岭南部、东南部的中山区和低山区。中山区海拔在 1 200 ~ 2 413 m 之间，相对高度 800 ~ 1 500 m，属深切切割型，山坡陡峭，多悬崖及深切沟谷，坡度在 45° 以上；低山区海拔在 700 ~ 1 200 m 之间，相对高度 500 ~ 700 m，为浅切割类型，坡度相对较小。黄土地貌自西向东分布在小秦岭北麓，上接中、低山区，下接黄河阶地，海拔 450 ~ 800 m，黄土塬呈东西向展布，塬面坡度一般为 $1^{\circ} \sim 2^{\circ}$ ，大都向北倾斜，中间低凹，塬地北沿以 30 ~ 50 m 的陡壁与黄河阶地相连，两塬之间为切割深沟及河谷地带。

2.3 水文气象条件

2.3.1 水文条件

研究区内沟谷十分发育，山体北坡以近南北向延伸为主，其中较大沟谷有双桥河、十二里河、枣香峪河、阳平河等，均为常年性河流；山体南坡沟谷多呈南东向延伸，属于西涧河一级或二级支流，多具季节性特征。上述河流均为黄河水系。

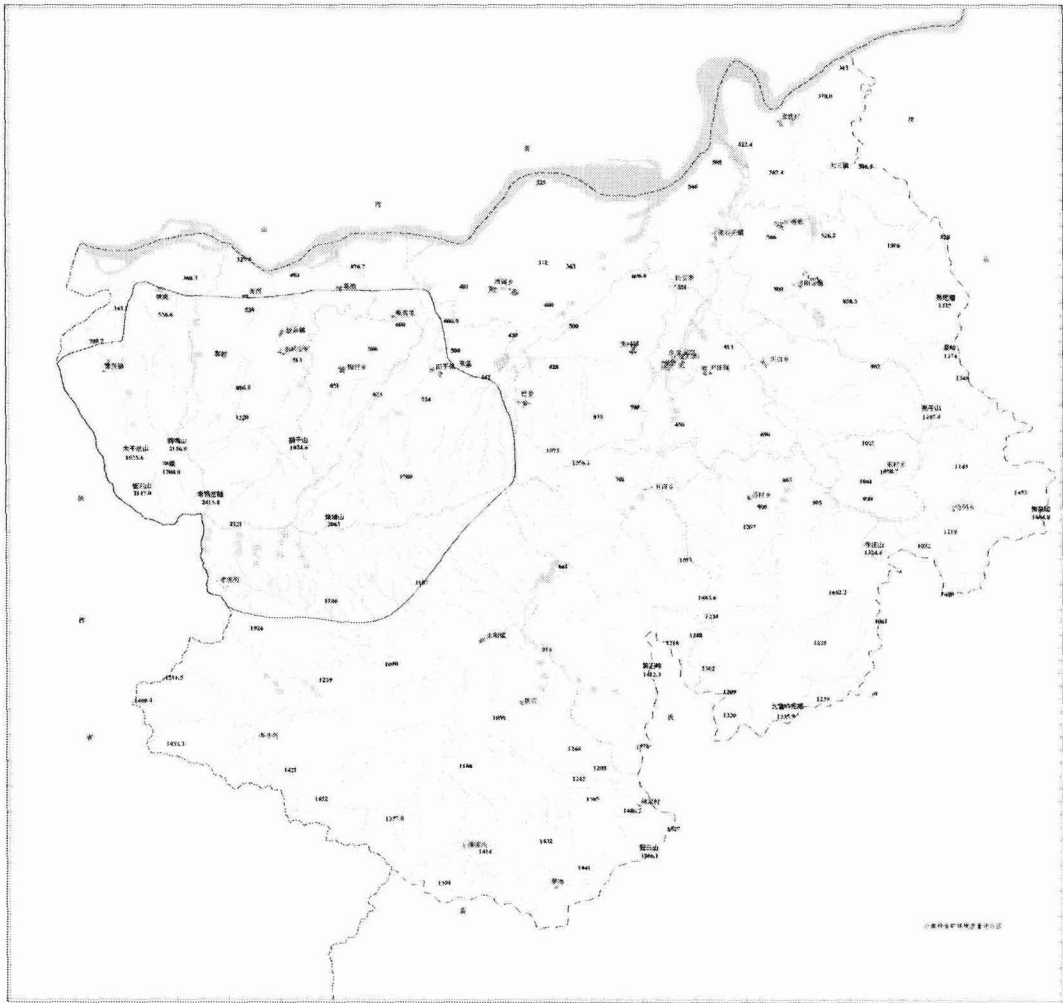


图 2.1 小秦岭金矿区地理位置

2.3.2 气象条件

小秦岭位于暖温带半干旱大陆性季风气候区，四季分明，降水量、蒸发量、气温等气象要素年际、年内变化明显。据灵宝气象站 1956 ~ 2000 年气象资料，多年平均气温 13.6℃，1 月最冷，平均气温 -1.0℃，极端最低气温 -16.2℃；7 月最热，平均气温 26.1℃，极端最高气温 42.7℃；无霜期年平均 215 天，最短无霜期 199 天。

多年平均降水量 645.8 mm，年最大降水量为 984.7 mm（1958 年），年最小降水量为 318.7 mm（1997 年），年际最大变化量为 666.0 mm。年内降水多集中于 7、8、9 三个月，占全年降水量的 50.8%，并多暴雨，最大 24 小时降水量达 110.2 mm（1960 年 7 月 22 日），最大 1 小时降水量达 93.2 mm（1960 年 7 月 22 日），最大一次降水量达 194.9 mm（1982 年 7 月 28 日 ~ 8 月 4 日）。而从 12 月至次年 3 月的 4 个月里降水量仅占 11.5%，甚至出现过数月不下雨的现象。

多年平均蒸发量为 1 616.4 mm，年最大蒸发量为 1 972.2 mm，年最小蒸发量为 1 221.0 mm，月最大蒸发量为 327 mm。多年平均绝对湿度 1.7 mb，相对湿度 65%。