

中国矿山环境地质问题区域分布特征

何 芳 徐友宁 乔 冈 刘瑞平

(中国地质调查局西安地质调查中心, 陕西 西安 710054)

摘要: 为了了解中国不同区域矿产资源开发产生的主要环境地质问题分布特征, 为矿山生态环境恢复治理规划提供基础资料。笔者依据近几年全国矿山地质环境调查成果资料, 首次对全国矿山地质环境区进行了系统划分和地质环境条件分析, 通过研究不同地质环境区开发的主要矿产资源类型、开发强度、不同类型矿产开采产生的主要环境地质问题类型、分布、危害、需要防治的主要环境地质问题, 对矿山开发产生的土地占用与破坏、地质灾害、环境污染的区域分布特征进行了总结。结果表明, 中国中东部地区矿产资源开发强度、矿山环境地质问题重于西部地区, 煤矿山问题重于金属矿山、金属矿山问题重于非金属矿山。

关键词: 地质环境条件; 矿山环境地质问题; 分布特征; 不同区域; 中国

中图分类号: P66 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-3657(2010)05-1520-10

1 引言

中国矿产资源丰富, 矿种齐全, 是世界上第三大矿业大国, 矿产资源储量总值占全世界的 14.64%^[1]。截至 2005 年, 全国共有各类非油气矿山企业 126695 处, 其中能源矿山企业 23901 处、金属矿山企业 10116 处、非金属矿山企业 92678 处, 开采矿种 193 种。年产矿石总量(原矿量)52.47 亿 t, 矿山企业工业总产值 5588.48 亿元^[2], 矿产资源在中国国民经济建设中起着重要的基础性作用, 95%左右的一次性能源及 80%以上的工业原料, 大部分农业生产资料和 1/3 的饮用水都取自于矿产资源^[3]。然而由于体制、管理和历史等方面的原因, 矿产资源的开发利用在为人类社会经济发展做出巨大贡献的同时, 频繁的不合理的矿业活动破坏了矿区土地资源、诱发了地质灾害、污染了矿区环境^[4], 严重的矿山环境地质问题不但影响着中国矿产资源开发、经济发展、环境保护的协调发展, 而且严重危及地区社会的和谐与稳定^[5]。2000 年以来, 党和国家高度重视矿山环境保护工作, 中国地质调查局陆续部署并完成了 31 个省

(市、自治区)的矿山地质环境调查与评估工作, 西北、东北、华北、华东、西南、中南 6 大区域不同类型矿产开发环境地质研究项目, 小秦岭金矿带、晋陕蒙能源基地、东北老工业基地等典型矿区环境地质问题详细调查以及矿山地质环境研究等工作。基于上述工作成果, 笔者在研究全国矿山环境地质问题类型、分布、规模、危害等因素的基础上, 首次将影响中国矿山环境地质问题分布的区域划分为戈壁沙漠沙地区、平原盆地区、黄土高原区、中低山丘陵区、中高山地区、多年冻土区等 6 大地质环境区。笔者较系统地分析了 6 大地质环境区地质环境条件, 研究了 6 大地质环境区矿山环境地质问题分布特征, 总结了 中国矿山开采造成的土地占用与破坏、地质灾害、环境污染的区域分布规律, 旨在通过了解中国矿山开发产生的环境地质问题在不同地质环境背景区的分布特点, 为政府部门提供矿山生态环境恢复治理规划的基础资料。

2 中国矿山地质环境分区概况

区域地质环境条件是影响矿山环境地质问题类

收稿日期: 2010-05-15; 改回日期: 2010-06-20

基金项目: 中国地质调查局地质大调查项目(1212010741505)资助。

作者简介: 何芳, 女, 1965 年生, 高级工程师, 主要从事矿山地质环境调查与研究; E-mail: xahfang@126.com。

型、分布及危害程度的重要因素,不同的地质环境区开矿导致的主要环境地质问题类型差异很大,如山区开矿会引发和加剧崩塌、滑坡、泥石流灾害的发生与发展;而平原盆地开矿则会加剧植被的破坏和地面塌陷的发生。中国地质环境条件复杂、多样,笔者依据中国地形地貌、气象水文、植被、岩土体性质及原生环境地质问题等因素,将影响中国矿山环境地质问题分布规律的地质环境背景划分为 6 大地质环境区和 28 个地质环境分区(图 1)。了解不同地质环境区的地质环境条件和存在的原生区域环境地质问题,是分析和研究中国矿山环境地质问题的区域分布特点的基础(表 1)。

中国地势西高东低,呈 3 级阶梯;气候复杂多样,南与北、东与西地区差异颇大,冬季气温普遍偏低,南热北冷、温差大,夏季全国大部分地区普遍高温(除青藏高原外),南北温差不大,年降水量从东南沿海向西北内陆逐渐减少。水资源的分布总趋势和降水基本一致,长江流域及其以南河流的径流量占全国的 80%以上,西北和华北水资源缺乏;中国植被在东部以森林草原为主,西部以荒漠草原为主。区域原生环境地质问题差异明显,西北、华北地区主要是土地沙漠化,而黄土高原、长江流域、四川盆地、华南的丘陵山地则主要为水土流失。

3 中国不同地质环境区矿山环境地质问题

3.1 戈壁沙漠沙地地质环境区

本区地处生态环境脆弱区,矿业开发活动强度较低,矿产资源分布较分散,开发的矿产以煤、金、铁、砖瓦用粘土、建筑砂为主,区内有中国产盐面积最大的青海察尔汗盐湖和重要的鄂尔多斯成煤盆地。煤矿开采引发的地面塌陷、滑坡、水均衡系统破坏,金属矿开采造成的地面塌陷、水土环境污染,非金属矿开发产生的土地压占与破坏、泥石流、滑坡等是区内的主要环境地质问题。区内察尔汗盐湖老卤排放对附近生态环境的破坏、锡铁山铅锌矿区水环境污染、陕西大柳塔及内蒙古东胜—准格尔煤矿开采对环境的影响具有一定的典型性。西安地质矿产研究所 2005 年在陕西大柳塔煤矿区对煤矿开采形成的地面塌陷对地表水、地下水、农业生产、植被、土地沙漠化进程的影响及煤炭资源开发对土壤的影响进行了实地的调查和深入的研究^[6-8],结果表明,大

柳塔煤矿区累积形成采空区面积 42.69 km²,地面塌陷影响面积 48.23~54.64 km²,在地面塌陷区内地表水下渗导致地表水域面积缩减,河流断流、地下水水位下降、泉水干枯,塌陷及裂缝群致使农田土壤结构变松,抗旱保水能力大大降低,对农作物生长及产量产生了一定的影响,塌陷区的沙蒿植被死亡率略高于非塌陷区,同时煤炭资源开发使土壤重金属综合累积污染以重度污染为主(与全国栗钙土背景值比较),地面塌陷对土地沙漠化进程的影响不明显。在甘肃河西地区,矿业开发已造成许多矿区出现植被退化和土地沙化问题,目前,矿区土地沙化面积约 57.40 km²,并呈逐年增长的态势,已成为河西地区沙尘暴频发的影响因素之一。

戈壁沙漠沙地区属生态环境脆弱区,自然环境条件差,矿业开发应防治的是土地沙化的加剧和水资源、植被资源的破坏。

3.2 平原盆地地质环境区

区内矿产资源丰富,人类矿业开发活动强度高,开发的矿产以煤、金属类的铁、金、铜、铝、镓等,非金属类的砖瓦用粘土、石料、建筑砂、石灰岩、页岩、泥灰岩,化工用芒硝、岩盐、磷等为主。以煤、铁、磷、建筑用砂开采造成的环境地质问题较严重。

本区煤矿开采引起的地面塌陷问题最突出,其次为占用与破坏土地和矿山疏干排水造成的地下水位下降,而泥石流、崩塌灾害造成的人员死亡也较严重。煤矿问题严重的矿区主要分布在呼伦贝尔高原区的内蒙古宝日希勒煤矿区、扎赉诺尔煤矿区;三江—松辽平原区的吉林九台、辽宁沈阳、铁岭调兵山及内蒙古兴安盟突泉县南部一带的煤矿开采区;银川—河套平原区的内蒙古乌海煤矿区、宁夏石嘴山煤矿区;华北及长江中下游平原区的河北唐山开滦煤矿,河南义马煤矿,山东济宁—枣庄煤矿,安徽两淮煤矿,江苏徐州煤矿,湖南娄底煤矿、长沙宁乡煤炭坝煤矿等矿区。区内江苏徐州采煤塌陷已发展成为全国的典型,采煤引起的地面塌陷多达 150 处,总面积达 212.89 km²,其中耕地 117.34 km²,地面塌陷面积占全省矿区地面塌陷地总面积的 98.41%,目前,全市地面塌陷仍以每年 2~3 km² 的速度在继续扩展,造成长年积水或季节性积水的面积约 50 km²,采煤塌陷引起 106 个村庄 10.18 万人迁移^[9];安徽两淮煤矿区目前煤矿采空塌陷面积已达 286.83 km²,其中淮北矿区 171.57 km²,淮南矿区 115.26 km²,地下

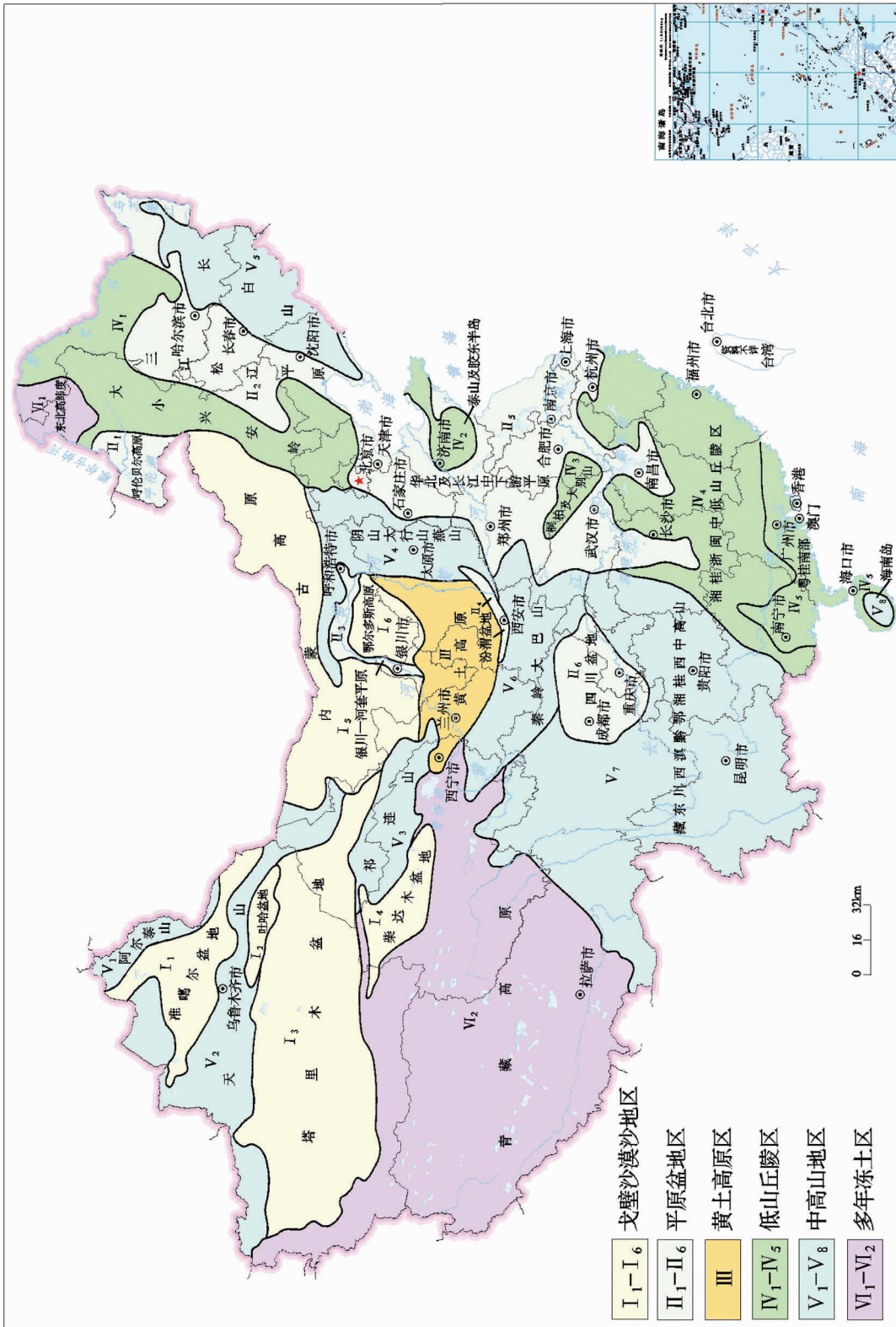


图 1 中国矿山地质环境背景分区图
 Fig.1 Mine geological environmental background divisions in China

表 1 中国矿山地质环境分区
Table 1 Mine geological environmental divisions in China

地质环境区 (代码)	地质环境分区(代号)	矿山地质环境背景特征
戈壁沙漠 沙地区 (I)	准噶尔盆地(I ₁)	地处中国西北和华北地区,总面积约 183 万 km ² ,总体地势从西到东逐渐增高,除吐哈盆地平均海拔处于海平面之下外,其余平均海拔 500~1000 m,西部以内陆盆地为主,多形成戈壁、荒漠景观,分布着中国九大沙漠和沙地,风力侵蚀、剥蚀作用强烈;东部以高原为主,地面开阔坦荡,切割轻微,起伏和缓,内蒙古、鄂尔多斯高原牧草肥美,为中国畜牧业基地。该区气候干旱,降雨稀少,年平均降水量一般在 250 mm 以下,蒸发量很大,一般在 1400~3000 mm。盆地区属气候干旱的生态环境脆弱区,土地沙化、水资源短缺是区内的主要环境地质问题
	吐哈盆地(I ₂)	
	塔里木盆地(I ₃)	
	柴达木盆地(I ₄)	
	内蒙古高原(I ₅)	
	鄂尔多斯高原(I ₆)	
平原盆地区 (II)	呼伦贝尔高原(II ₁)	主要分布在中国中东部地区,总面积约 141 万 km ² 。区内主要以平原为主,平均海拔从东南的 50~100 m 增至西北的 800~1000 m,黄河以北为干旱、半干旱气候区,植被稀疏;黄河以南为暖温带半湿润-湿润气候区,植被覆盖度大,除华北地区水资源短缺外,其他地区水资源较丰富,而长江中下游平原是中国湖泊最多、水资源最丰富的地区。区内的呼伦贝尔高原东部局部地区土地沙化严重;银川-河套平原的局部地区盐渍化较严重;而水土流失主要分布在汾渭盆地、四川盆地;三江-松辽平原区则以草原退化较为严重。华北及长江中下游平原区的土地盐碱化、地下水位下降、地面沉降、海水入侵是主要的环境地质问题
	三江-松辽平原(II ₂)	
	银川-河套平原(II ₃)	
	汾渭盆地(II ₄)	
	华北及长江中下游平原(II ₅)	
	四川盆地(II ₆)	
黄土高原区 (III)	黄土高原(III)	位于中国中部偏北,地处黄河中游地区,总面积约 26 万 km ² 。平均海拔 800~2000 m,为沟、壑、梁、峁、塬地貌。表面第四纪黄土广布,基地为中生界砂泥岩及古生界碳酸岩盐。西部发育北西向活动断裂,南及东部为汾渭裂谷系。本区属温带内陆半干旱气候,年降水量一般小于 400 mm,水资源相对缺乏、植被稀疏,再生力低,属半干旱条件下生态环境脆弱区。崩塌、滑坡、水土流失是最主要的环境地质问题
中低山丘陵区 (IV)	大、小兴安岭(IV ₁)	主要分布在中国东部地区。总面积约 149 万 km ² 。区内地形以中山、低山、丘陵为主,平均海拔在 500~800 m;本区属亚热带湿润型气候,气候温暖,雨量充沛,年均降雨量大部分地区均在 1400~1900 mm,水系发育、水资源丰富,植被覆盖率高。岩石类型主要是相对单一结构的碳酸盐和变质岩、碎屑岩和岩浆岩。局部土壤侵蚀、岩溶塌陷、地下水过量开采严重,沿海局部有海水入侵,山地区滑坡、崩塌、泥石流较发育
	泰山及胶东半岛(IV ₂)	
	桐柏山及大别山(IV ₃)	
	湘桂-浙闽(IV ₄)	
	粤桂南部及海南岛周边(IV ₅)	
中高山地区 (V)	阿尔泰山(V ₁)	主要分布在中国西北部、中部地区,少部分分布在东部地区,总面积约 283 万 km ² 。该区地势陡峭,多以山峰、山地以及高原为主,总体地势呈西高东低,除海南岛平均海拔约 20 m 之外,其余中高山地区平均海拔为 1000~3000 m。本区西北部气候干旱,年降水量 200~400 mm,植被覆盖率低;东部长白山属于温带大陆型山地气候,年降水量 700~1400 mm,森林茂密,水资源较丰富;中部秦岭以北气候干旱、年降水量 300~400 mm,植被覆盖率较低,水资源匮乏,秦岭以南属于暖温带、温带大陆性气候,雨量充足、年降水量 600~1200 mm,植被覆盖率较高、水资源较丰富;区内岩石以碎屑岩与碳酸盐岩以及花岗岩体出露为主,云贵高原是世界上喀斯特地貌最发育的典型地区之一、岩溶塌陷发育。该区泥石流、滑坡、崩塌是主要的灾害类型,而西部地区土地沙化比较严重,中东部水土流失较严重
	天山(V ₂)	
	祁连山(V ₃)	
	阴山-太行山-燕山(V ₄)	
	长白山(V ₅)	
	秦岭大巴山(V ₆)	
	藏东川西滇黔鄂湘桂西 中高山(V ₇)	
	海南岛中部(V ₈)	
多年冻土区 (VI)	东北高纬度(VI ₁)	本区分布在中国东北部和西南部,总面积约 178 万 km ² 。青藏高原地势由西北向东南降低,境内海拔在 7000 m 以上的高山有 50 多座,素有“世界屋脊”之称,是世界上最年轻的一个高原,区内气候寒冷,植被稀少奇缺,大部分地区年平均温度在 0℃ 以下,年降水量小,冰川广布。东北高纬度冻土区大部分为海拔 500~1000 m 的山区,属寒温带气候,森林覆盖率达 70% 以上。多年冻土区由于冻土发育,土壤表层长期处于过湿状态,易形成沼泽化,经雨水侵蚀,有泥石流、崩塌、滑坡现象发生
	青藏高原(VI ₂)	

水降落漏斗已达 20~400 km²。典型的地质灾害,如江西益阳南坝石煤矿 2001—2002 年间发生的地面塌陷,共造成 24 人死亡;宁夏石嘴山市煤矿区 1982—2002 年发生的 7 次泥石流灾害,使 91 人死亡;重庆合川市康佳乡鸡公咀煤矿 1973 年 5 月 22 日发生的崩塌,死亡 42 人。

金属矿开采则主要导致水土环境污染,矿渣占用与破坏土地、植被。在辽宁鞍山铁矿区,森林植被覆盖率已由 20 世纪 50 年代初的 60% 下降到现在不足 20%,采矿场、排土场废渣堆放诱发滑坡 15 起,矿坑排水导致地下水位下降 10~20 m,造成土壤污染面积达 378 km²,采矿场、排岩场、尾矿库破坏土地 48.12 km²,多数未达标的“三废”排放对环境造成严重污染。在湖北大冶铁矿,大量疏排地下水,整个矿区中心水位下降深度达 260 m,影响区面积为 4.8 km²,地下水水质污染面积已达 18 km²。马鞍山、铜陵两大金属矿区酸性废水造成 2 km² 土壤酸化,受污染土地总面积近 20 km²。

非金属矿山开采以磷矿,建筑用砂造成问题比较突出。在湖北荆襄磷矿开采区,疏干排水引起地表水渗漏,造成附近农田缺水严重,采空引发的地面塌陷,在胡集南熊家湾矿段造成地下水位最大下降 96.51 m,已形成 2 km² 的漏斗,1992 年 7 月 10 日刘冲磷矿 12.7 km² 地面塌陷,居荆襄磷矿塌陷之首。在江西上饶市朝阳磷矿 1988 年 6 月 21 日发生的滑坡,规模 7.4×10⁴ m³,致 29 人死亡,伤 49 人^[9]。在银川镇北堡砂石场,24.75 km² 范围内,采石场面积 10 km²,堆积废弃土石量达 2500 万 t,其砂石场南有西夏王陵,北有镇北堡影视城,砂坑遍地,满目疮痍,严重破坏了旅游景观的协调性。

平原盆地区煤矿的地面塌陷、地下水位下降、泥石流、崩塌,金属矿山的水土环境污染,地下水位下降、土地占用与破坏,非金属矿山的地面塌陷、景观资源的破坏是区内的主要问题,也是开矿需要防治的关键问题。

3.3 黄土高原地质环境区

黄土高原地处生态环境脆弱区,矿业开发活动强度中等,区内以开采煤矿和非金属矿为主,金属矿较少,但煤矿和金属矿山问题较突出。煤矿开采造成的地面塌陷、地裂缝、地下水均衡系统破坏和压占土地资源问题较严重。区内甘肃的靖远、阿干、窑街、华亭及崇信煤矿区,陕西渭北煤矿区是破坏环境较严

重的典型矿区。在陕西铜川煤矿区,地面塌陷总面积已达 168.41 km²,受采煤影响,矿区地下水位下降,水源地供水量大大减少,同时煤矿区有大小矸石山 150 余处,累计堆存量 1264.99 万 t,矸石压占土地 2.37 km²^[11]。而金属矿山水土环境污染在白银铜矿区及青海化隆县拉水峡铜镍矿区问题较典型,在白银铜矿区矿业废水主要为含重金属酸性水,各矿山企业每年向区内及周边排放废水近 800×10⁴ t,2004 年,白银公司,矿业活动产生的废水向外排放就达 1800 余万 t,所含废水污染物 9500 多吨,致使区内东大沟成为黄河白银段最大的排污口,也使重金属污染构成黄河白银段特征性污染物。在青海化隆县拉水峡铜镍矿区,选矿废水和尾矿库中的废水均含多种重金属元素,镍超标 106.6 倍,COD 超标两倍,汞超标 13.2 倍,对下游甘都地区的人畜饮水及灌溉用水构成严重威胁,露天堆放的选矿废渣和尾矿渣体积 10 余万 m³,在雨水的淋滤作用下,废渣和尾矿渣中的重金属渗入地下,造成对地表水、地下水、土壤的严重污染^[12]。

渭北铜川煤矿区,渭南澄城、蒲城、白水,延安黄陵及甘肃平凉华亭煤矿区均是滑坡、崩塌多发区。典型滑坡如甘肃华亭煤矿区硯北煤矿滑坡,2004 年下半年至 2005 年 2 月底受采空塌陷影响诱发 395×10⁴ m³ 的大型滑坡,致使硯峡村村民部分房屋裂缝及倒塌,中心小学、医院、信用社、幼儿园及部分机关办公场区、县乡公路、耕地、供水管线等遭到不同程度破坏,人畜饮水发生困难,430 多人被迫搬迁,直接经济损失达 2870 万元。

黄土高原地处生态环境脆弱区,水资源相对缺乏、植被稀疏、再生力低、水土流失严重,据甘肃省调查,全省矿区水土流失面积已达 148.70 km²。因此开矿造成的水土流失、水环境破坏和污染、植被破坏及黄土边坡的崩塌、滑坡是开矿需要防治的主要问题。

3.4 中低山丘陵地质环境区

该区人口较为密集,经济发达,矿业开发活动强度高,主要开采煤、金、铁、铅锌、钨锡、稀土矿及非金属建材用砖瓦用粘土、石料、石灰岩、建筑砂、花岗岩等矿产,煤矿、金属矿开采造成的破坏是区内的主要问题,其次是非金属矿山。

煤矿最突出的问题是地面塌陷、地裂缝,其次是矿区疏干排水造成地下含水层的破坏及河水污染、煤矸石对土地的压占与破坏及滑坡。环境地质问题

突出的矿区主要集中在大小兴安岭地区的黑龙江鹤岗、辽宁阜新及内蒙古赤峰元宝山煤矿区,泰山及胶东半岛的泰安煤矿区、莱芜煤铁矿区、淄博煤铁矿区,湘赣粤一带的湘中娄底冷水江市资江煤矿区、宜章县杨梅山煤矿区,桂南的广西合山煤矿区等地。辽宁阜新煤矿区做为中国重要的煤炭生产基地,具有百余年的开采历史,到 2000 年末已形成采煤沉陷区 13 个,沉陷面积 101.38 km²,经济损失达 1.53 亿元,现矿区有大小矸石山 23 处,压占土地约 52.19 km²,大型露天矿 2 个,共毁损土地面积约 184 km²;采煤疏干排水使阜新的五龙煤矿区,地下水位下降近 20 m,影响面积 3.6 km²,造成地下含水层的破坏;在海州露天矿历史上曾发生过 80 余次大型滑坡,1986 年滑坡规模最大,滑坡体积 31 万 m³,经济损失 400 多万元,做为煤矿区的主产区,已于 2005 年闭坑。

金属矿开采突出的环境地质问题是酸性废水及重金属对水土环境的污染,其次是采矿废石对土地的压占与破坏及泥石流、滑坡、崩塌。湘南的郴州市柿竹园有色金属矿区、宜章县瑶岗仙钨矿区、玛瑙山铁锰矿区以及赣州的德兴铜矿—金山金矿区、赣南崇余犹钨矿开发区和广东大宝山多金属矿区—凡口铅锌矿区、胶东半岛金矿区等地问题较突出。广东大宝山多金属矿区,是一座特大型多金属矿山,主要开采铁铜矿和铅锌矿,选矿产生的含有硫、镉、锰、铅等多种污染物严重超标,废水对下游翁源县新江镇上坝村产生严重污染,使该区成为因矿业开发导致的癌症高发区,从 1986 年起上坝村因癌症死亡的就 210 人^[3]。湖南郴州市柿竹园有色金属矿区,受尾矿砂及淋滤液污染的土地面积约为 170 hm²,农作物中的铅、镉、铜的含量偏高,共有 103 hm² 农田减产或绝收,此外,地表水和地下水普遍污染严重,共有 29 口水井已不能饮用,河水水质呈褐色,铅、镉、铜、硫酸根离子严重超标,受水土污染影响的人口近 1 万人,与此相关的民事纠纷层出不穷;1985 年 8 月 24—25 日发生的尾矿库溃决型泥石流,体积 5500 万 m³,造成 49 人死亡,直接经济损失达 8417 万元,是建国以来湖南最严重的一次矿山地质灾害。而在浙江丽水市青田县石平川钼矿区 1996 年发生的特大泥石流灾害,造成 53 人死亡,经济损失近亿元,也是浙江建国以来最严重的一次突发性地质灾害。

非金属矿山问题较突出地分布于浙江,该省以

开采建筑用砖瓦粘土、建筑用砂、石灰石,化工用萤石为主,土地压占与破坏、地面塌陷是区内的主要环境地质问题,其次为泥石流、崩塌、滑坡。土地压占与破坏中采矿场占地有 95% 以上是建筑材料类(包括粘土、建筑用砂),破坏林地约占总破坏面积的 80%;固体废料占地也以建筑材料类为主;在各类矿山中,以化工原料类的萤石、明矾石、叶腊石为主的矿山地 面塌陷发生最多,该类矿山的塌陷数量和塌陷区面积分别占全部塌陷矿山总数的 83% 和 75%,典型地面塌陷在浙江金华萤石矿区,该区是浙江省地面塌陷最严重的地区之一。

中低山丘陵区由于自然生态环境条件好,矿业开发活动强烈,煤矿山的地面塌陷、地裂缝、水均衡系统的破坏,金属矿山的水土环境污染,山地区的崩塌、滑坡、泥石流是值得关注的问 题。

3.5 中高山地地质环境区

区内矿产资源较丰富,矿业开发活动强度高,开发的矿产以煤,金属类的金、铁、铅锌矿、铜、锡、锰、汞矿、铝土矿等以及非金属类的砖瓦用粘土、建筑砂、石料、石灰岩、花岗岩等为主。本区由于地处中高山区,矿山开发产生的滑坡、崩塌、泥石流成为主要的灾害类型,其次是金属矿山的水土环境污染、植被破坏和煤矿山的地面塌陷、土地占用与破坏。据统计,截止到 2005 年,该区矿山开采引发的崩塌、滑坡、泥石流灾害共计 1050 处,死亡 3058 人,其中崩塌 317 处死亡 823 人、滑坡 429 处死亡 960 人、泥石流 304 处死亡 1275 人。区内的川西滇中鄂西黔中高山区、秦巴山地区和天山是矿山泥石流、滑坡、崩塌的高发区和严重区,在云南东川铜矿因民矿区、个旧锡矿区^[4],四川冕宁泸沽铁矿区、甘洛铅锌矿区,贵州开阳磷矿区^[5],陕西潼关金矿区、紫阳瓦板岩矿区及山西太原市西山煤矿等矿区历史上都曾发生过严重的泥石流灾害。如 2000 年 7 月 11—14 日陕西紫阳瓦板岩矿区发生的大型泥石流,造成 202 人死亡,直接经济损失达 3 亿元以上。在云南元阳县大坪乡老金山金矿区、东川铜矿因民矿区、兰坪铅锌矿区,四川泸水县石缸河锡矿区及新疆新源县伊犁铁矿区等矿区历史上也曾发生过严重的滑坡灾害,最严重的一次发生在云南元阳县大坪乡老金山矿区,1996 年 5 月 31 日和 6 月 3 日分别发生两次滑坡,死亡 380 人,直接经济损失 1.4 亿余元。发生过崩塌严重的区域主要分布在云南昆明西山区采石场、个旧锡

矿、玉溪市元江金厂矿区,四川会理益门煤矿区、昭觉县竹核水泥厂,贵州纳雍县孙晓煤矿区,湖北远安县盐池河磷矿,新疆轮台县鑫达煤矿区,最严重的崩塌是 1980 年 6 月 3 日发生在湖北远安盐池河磷矿的大型崩塌,死亡 284 人^[16],直接经济损失 2500 万元,是中国采矿史上著名的灾难之一。

金属矿山的水土环境污染和植被破坏也很严重。陕西潼关金矿区、甘肃厂坝铅锌矿区、贵州汞矿区是本区金属矿山污染的典型代表。陕西潼关金矿开采区 206.8 km² 的采矿范围内,采矿坑口达 2500 处,矿渣堆 944 处,废石量 1100 万 m³,占压林地 2.56 km²^[17],金矿“三废”无序排放导致山区 7 条河流受到了重金属及氰化物的严重污染,7 条河流已丧失了水源地的功能;山外两条河流河水丧失了农田灌溉的功能;5 眼村民井水受到了铬、汞、铅不同程度的污染;受汞、铅、镉、铜、锌等重金属污染的农田面积达 113 km²;小麦、蔬菜和水果中汞、铅、镉元素超标最为严重,人体健康受到了严重威胁^[18]。甘肃厂坝铅锌矿区,由于开矿,矿区植被已由 20 年前的 80% 下降至目前的不足 30%,人们生产生活用水水源地东河两岸的选矿厂尾矿浆直排及依山傍河的尾矿库中尾矿砂高出坝面溢流,使东河水体中的铅、锌及河流底泥中的铅、锌、镉严重超标,水质污染严重,为保证成县县城工农业生产及居民生活的正常用水,当地政府不得不投巨资另辟水源地;在贵州汞矿区 1955—1995 年的 40 年间废气、废水、废渣浓度平均分别超标 5449 倍、236 倍、214.5 倍,通过“三废”途径排放到自然环境中的金属汞总量达 350 余吨,造成空气、水体、农田、农作物污染,对矿区居民的身体健康和生存环境造成了严重损害,全区 338 km² 的流域总面积中,有 180 km² 不同程度受到了汞的污染和危害,该矿生产中造成的植被破坏使万山特区的森林覆盖率由 50 年代初的 45% 下降到 1995 年的 16.7%。

煤矿开采造成的地面塌陷、土地占用与破坏也较严重。山西煤矿区,内蒙古石拐煤矿区,新疆乌鲁木齐市六道湾煤矿,黑龙江鸡西、七台河、双鸭山煤矿区,辽宁的本溪、抚顺煤矿区,吉林的辽源、蛟河、珲春、舒兰煤矿区等矿区地面塌陷较突出。山西是一个煤矿大省,含煤面积约占全省面积的 40%,主要矿区自北向南依次为大同、平朔、轩岗、太原东和西山、

阳泉、霍西、长治、晋城等 8 大煤矿区,从 1949—1998 年仅采空区面积就达 2 万 km² 以上,占全省土地面积的 13%,而煤矿地面塌陷面积累计达 529 km²,其中 40% 为耕地。天山南北麓矿山塌陷面积 63.95 km²,占全疆地面塌陷面积的 49.5%^[19]。黑龙江鸡西、七台河、双鸭山煤矿区地面塌陷已达 283.67 km²,占全省的 87%。土地占用与破坏也是一个普遍性的问题,在辽宁抚顺西露天矿,3 个排土场破坏土地达 35.8 km²,占市区土地面积的 31.13%。

中高山地区由于地形陡峭、切割强烈,是矿山泥石流、滑坡、崩塌的多发区,地面塌陷地裂缝发育区,也是土地占用与破坏、“三废”污染的严重区。因此中高山区泥石流、滑坡、崩塌、地面塌陷灾害和“三废”对水土环境的污染是要防治的主要问题。

3.6 多年冻土地质环境区

主要包括青藏高原和东北高纬度多年冻土区,青藏高原由于气候寒冷,生态环境恶劣,矿业开发活动强度较低,矿山分布分散,以开采金属类的砂金、铬、铜、铅锌矿、锑为主,采矿相对集中的地区仅在青海“三江源头”的砂金开采区,青新交界处的石棉矿开采区,海西州都兰县铁、铅锌矿、锰矿开采区和西藏拉萨—山南铜、铬、锑矿开采区 4 个区域。矿山开采较严重的区域主要分布在前两个区域,青海三江源头砂金开采区,在 20 世纪 80—90 年代,由于大批淘金者拥入高寒的草原进行疯狂的掠夺式开采,致使高寒草原植被及土层遭到严重破坏,加剧了水土流失和土地荒漠化的进程,2002 年 2 月 4 日,青海省人民政府发布了《关于在全省范围内禁止开采砂金的通知》,目前,青海省已无砂金开采活动,消除了因采金而造成的大量植被破坏和水土流失,对全省和生态环境保护起到了积极的保护作用;青新交界处的茫崖石棉矿区,是中国最大的石棉矿区,集中了青海、新疆两省 4 家大型石棉生产企业,由于尾矿堆遍布,又无相应的环保措施,30 km² 范围内的粉尘飞扬,严重影响着阿拉尔盆地近 5.5 万人的身体健康和水源地的供水安全^[20]。东北高纬度多年冻土,以开采砂金矿为主,由于该区森林覆盖率高,砂金开采主要是造成对植被的破坏,开采已破坏林草面积约 7.21 km²,其中林地占 93%,草地占 7%。

多年冻土区由于矿产资源开发程度较低,产生的环境地质问题属于较轻区,这一带开矿主要关注

对生态环境的保护。

4 矿山环境地质问题的分布特征

4.1 矿山土地占用与破坏分布特征

土地资源占用与破坏是矿山开采普遍存在的一个问题,尤其是在大型露天矿和地面塌陷地裂缝严重区。据统计,截至到 2005 年底,中国矿山开采造成的土地占用与破坏面积约 1.44 万 km² [21],94.83%的矿山都不同程度地存在着各类固体废弃物、地面塌陷占用及破坏土地资源问题。由于中国中东部地区人口密集,经济发达,矿产资源开发利用程度高于西部地区,开矿对土地的占用与破坏程度也高于西部地区。华北及长江中下游平原区,川西滇黔鄂湘桂西中高山区、阴山—太行山—燕山中高山区、湘桂—浙闽中低山丘陵区、大小兴安岭低山丘陵区、黄土高原区、秦巴中高山区均是矿山开采造成土地占用与破坏严重的地区,这些地区矿山占用及破坏土地资源的面积占全国矿山开采造成的土地占用与破坏面积的 70%,其中占用与破坏耕地最严重的地区在华北及长江中下游平原区,林地、草地、草地在湘桂—浙闽中低山丘陵地质环境区,草地在川西滇黔鄂湘桂西中高山区。就不同类型矿产而言,煤矿重于非金属矿山,非金属矿山重于金属矿山。

4.2 矿山地质灾害分布特征

矿产资源开发引发和加剧的滑坡、崩塌、泥石流地质灾害主要分布在地形陡峭的中高山区和降雨充沛的低山丘陵区,山地矿山成为矿渣型泥石流的高发区域 [22],采矿废石弃渣为崩滑流灾害的发生提供了丰富的松散固体物源。崩滑流灾害的高发区主要分布于川西滇黔鄂湘桂西中高山区、秦巴中高山区、天山中高山区、湘桂—浙闽中低山丘陵区。此外露天矿高陡边坡也是滑坡崩塌的高发地带;地面塌陷、地裂缝主要是因地下采矿尤其是煤矿开采造成的,因此煤矿开集中分布的区域也是地面塌陷、地裂缝集中分布的区域。据统计,截止到 2005 年底,全国矿山共发生地质灾害 10868 处,其中煤矿占 71%,金属矿山占 14%,非金属矿山为 15%,灾害类型以地面塌陷、地裂缝为主,各占 50%、27%,其次为滑坡、崩塌、泥石流,各占 10%、8%、6%,死亡人数以金属矿山最多,非金属矿山次之,在不同类型的地质灾害中,以泥石流灾害造成的死亡人数最多,其次为崩塌、滑

坡、地面塌陷。

4.3 矿山废水、废渣环境污染的分布特征

矿山生产过程中产生的矿山废水主要有矿坑水、选矿废水、堆浸废水、洗煤水等。矿山废水含有大量的重金属元素、酸碱性水、固体悬浮物及各种选矿药剂,个别矿山废水中还含有放射性物质,危害人体健康和其他动植物的生存。矿山固体废弃物类型主要有尾矿、废石(土)、煤矸石、粉煤灰等,其危害突出表现在对土地的占用和破坏上,矿山固体废弃物中含有的有毒有害物质,长期堆放于露天场所极易氧化分解,使得这些有毒有害物质污染水体和土壤,渗入地下,污染地下水 [23]。据统计,截至到 2005 年底,中国矿山废水年排放量 126.79 亿 t,废渣累计积存量 257.34 亿 t,废水、废渣排放严重地区主要分布在四川—云南—贵州—湖南—湖北—广西一线以南、浙江—福建、华北以及长江中下游平原等地区。就不同类型矿山而言,煤矿废水年排放量 98.54 亿 t,所占的比例最高为 76%,其次为金属矿山 24.25 亿 t,占 21%,而非金属矿山 4.00 亿 t,仅为 3%。废渣累计积存量以金属矿山最多,为 138.25 亿 t,所占比例最高为 54%,其次是煤矿 88.89 亿 t,占 35%,而非金属矿山为 30.20 亿 t,仅为 11%。

5 结语

(1)中国矿山开采存在的主要问题为土地与植被的压占与破坏、地质灾害、水资源的破坏和水土环境的污染,据不完全统计,截至 2005 年中国因采矿活动占用与破坏的土地面积约 1.44 万 km²,发生崩塌、滑坡、泥石流、地面塌陷、地裂缝等五种地质灾害 10860 多处,死亡 4767 人,造成直接经济损失约 174.58 亿元,矿山废水废液年排放量 126.79 亿 t,固体废弃物累计积存量 257.34 亿 t。

(2)矿山土地和植被的占用与破坏在中国中东部高于西部地区,煤矿重于非金属矿山,非金属矿山重于金属矿山;矿山地质灾害在川西滇黔鄂湘桂西中高山区、秦巴中高山区、天山中高山区、湘桂—浙闽中低山丘陵区的危害重于其他地区,煤矿地质灾害重于金属矿山,金属矿山重于非金属矿山,死亡人数以泥石流灾害最多,其次为崩塌、滑坡和地面塌陷;煤矿开采造成的水资源破坏和金属矿山造成的水土环境污染在中国西南、华东、华南地区尤为突出。

(3)中国中高山地、低山丘陵和平原盆地区矿业开发活动强烈, 矿山开采诱发和加剧的泥石流、滑坡、崩塌、土地占用与破坏以及金属矿山的水均衡系统破坏、水土环境污染, 煤矿的地面塌陷、地裂缝是需要防治的主要问题; 戈壁沙漠沙地和黄土高原由于生态环境脆弱, 开矿要注重水资源和植被资源的保护, 防止土地沙化和水土流失的加剧, 黄土边坡要预防崩塌、滑坡灾害的发生; 而多年冻土区要关注生态环境的保护。

参考文献(References):

- [1] 李占寅, 吴小飞. 中国矿产资源现状分析及对策 [J]. 中国煤炭地质, 2008, 20(11):84-87.
Li Zhanyin, Wu Xiaofei. Chinese mineral resources status analysis and the way to deal with[J]. Coal Geology of China, 2008, 20(11): 84-87(in Chinese with English abstract).
- [2] 国土资源部通报, 国土资通[2006]6号.
Ministry of Land and Resources Report, No.[2006]6.
- [3] 姜建军, 刘建伟. 中国矿山环境地质问题及对策建议 [J]. 西北地质, 2003, 36(增刊):1-5.
Jiang Jianjun, Liu Jianwei. Enviro-geologic concerns and suggestions for countermeasure in China's mine [J]. Northwestern Geology, 2003, 36(supp.):1-5(in Chinese with English abstract).
- [4] 徐友宁. 矿山地质环境调查研究现状及展望 [J]. 地质通报, 2008, 27(8):1235-1245.
Xu Youning. Investigation and research on the mine geological environment [J]. Geological Bulletin of China, 2008, 27 (8):1235-1245(in Chinese with English abstract).
- [5] 徐友宁. 关于解决煤矿塌陷区社会矛盾的对策建议[J]. 中国矿业, 2006, 15(8):14-16.
Xu Youning. Countermeasures for solving social problems on the subsidence area in coal mine[J]. China Mining Magazine, 2006, 15(8): 14-16(in Chinese with English abstract).
- [6] 徐友宁, 李智佩, 陈社斌, 等. 大柳塔煤矿采煤塌陷对土地沙漠化进程的影响[J]. 中国地质, 2008, 35(1):157-162.
Xu Youning, Li Zhipei, Chen Shebin, et al. Effect of coal mining collapses of the Daliuta coal mine on land desertification[J]. Geology in China, 2008, 35(1):157-162(in Chinese with English abstract).
- [7] 徐友宁, 吴贤, 陈华清. 大柳塔煤矿地面塌陷区的生态地质环境效应分析[J]. 中国矿业, 2008, 17(3):38-40.
Xu Youning, Wu Xian, Chen Huaqing. Effect analysis on ecological geo-environment in the bound of Daliuta coal mining subsidence area [J]. China Mining Magazine, 2008, 17(3):38-40(in Chinese with English abstract).
- [8] 徐友宁, 陈社斌, 陈华清, 等. 大柳塔煤矿开发土壤重金属污染响应研究[J]. 中国矿业, 2007, 16(7):47-50.
Xu Youning, Chen Shebin, Chen Huaqing, et al. Study on soil heavy metals pollution in Daliuta coal mine area [J]. China Mining Magazine, 2007, 16(7):47-50(in Chinese with English abstract).
- [9] 崔文静, 黄敬军, 韩涛, 等. 徐州市矿山环境地质问题及防治对策 [J]. 中国地质灾害与防治学报, 2007, 18(4):93-97.
Cui Wenjing, Huang Jingjun, Han Tao, et al. The mine environmental geological problems and countermeasures of prevention and control in Xuzhou City [J]. The Chinese Journal of Geological Hazard and Control, 2007, 18(4):93-97(in Chinese with English abstract).
- [10] 王奎峰, 于子国, 孙春圃. 江西省主要矿山地质灾害现状分析和防治[J]. 地质灾害与环境, 2008, 19(4):16-20.
Wang Kuifeng, Yu Ziguang, Sun Chunpu. The status of mine geological disasters and the prevention-cure measures, Jiangxi Province [J]. Journal of Geological Hazards and Environment Preservation, 2008, 19(4):16-20(in Chinese with English abstract).
- [11] 何芳, 徐友宁, 陈华清, 等. 西北地区矿山地质灾害现状及时空分布特征[J]. 地质通报, 2008, 27(8):1245-1255.
He Fang, Xu Youning, Chen Huaqing, et al. Present status of mine geohazards in the northwest region of China and characteristics of their temporal-spatial distribution[J]. Geological Bulletin of China, 2008, 27(8):1245-1255(in Chinese with English abstract).
- [12] 甘玉萍, 毕海良, 张淑霞. 青海省矿产资源开发引发的环境地质问题及防治对策[J]. 青海国土经略, 2006, (2):25-27.
Gan Yuping, Bi Hailiang, Zhang Shuxia. Environmental geologic problems and prevention and cure measure brought in the course of exploitation of mineral resources in Qinghai province [J]. Territorial Statecraft in Qinghai, 2006, (2):25-27(in Chinese with English abstract).
- [13] 蔡锦辉, 吴明光, 汪雄武, 等. 广东大宝山多金属矿山环境污染问题及启示[J]. 华南地质与矿产, 2005, (4):50-54.
Cai Jinhui, Wu Mingguang, Wang Xiongwu, et al. The pollution of the environments of Dabaoshan polymetallic mine in Guangdong and its enlightenment [J]. Geology and Mineral Resources of South China, 2005, (4):50-54 (in Chinese with English abstract).
- [14] 贺胜辉, 罗显辉, 尚卫. 个旧矿山环境地质问题及治理建议[J]. 云南环境科学, 2006, 25(增刊):94-96.
He Shenghui, Luo Xianhui, Shang Wei. Suggestion on Treating envirogeologic problems in mine areas in Gejiu [J]. Yunnan Environmental Science, 2006, 25 (supp.):94-96 (in Chinese with English abstract).
- [15] 安艳玲. 对贵阳市磷矿山生态环境保护的探讨 [J]. 贵州科学, 2007, 25(增刊):161-165.
An Yanling. Discussion on protecting phosphorous or mines of Guiyang City [J]. Guizhou Science, 2007, 25 (supp.):161-165(in Chinese with English abstract).
- [16] 梅惠, 李长安. 湖北省矿山环境问题及治理对策研究[J]. 中国地质大学学报(社会科学版), 2006, 6(2):33-37.
Mei Hui, Li Chang'an. Study on environmental problem and protection countermeasures of mines in Hubei [J]. Journal of China University of Geosciences (Social Sciences Edition), 2006, 6(2):

- 33-37(in Chinese with English abstract).
- [17] 徐友宁, 陈社斌, 何芳, 等. 潼关金矿区矿渣型泥石流灾害及防治对策[J]. 山地学报, 2006, 24(6):667-671.
Xu Youning, Chen Shebin, He Fang, et al. Mullock type debris flow hazards and suggestions for prevention in Tongguan gold mine area[J]. Journal of Mountain science, 2006, 24(6): 667-671 (in Chinese with English abstract).
- [18] 徐友宁, 张江华, 刘瑞平, 等. 金矿区农田土壤重金属污染的环境效应分析[J]. 中国地质, 2007, 34(4):716-722.
Xu Youning, Zhang Jianghua, Liu Ruiping, et al. Environmental effects of heavy metal pollution of farmland soils in gold mining areas[J]. Geology in China, 2007, 34(4):716-722(in Chinese with English abstract).
- [19] 余中元, 帕拉提·阿不都卡迪尔, 吴现兴, 等. 新疆矿山环境地质问题及其治理对策[J]. 自然灾害学报, 2007, 16(4):66-69.
Yu Zhongyuan, Parati Abudukadir, Wu Xianxing, et al. Environmental geology hazard of mine in Xinjiang and its control strategy [J]. Journal of Natural disasters, 2007, 16 (4):66-69 (in Chinese with English abstract).
- [20] 郭生元, 李小林, 吴文新, 等. 青海省茫崖石棉矿区环境地质问题及治理对策[J]. 中国地质灾害与防治学报, 2008, 19(4):46-49.
Guo Shengyuan, Li Xiaolin, Wu Wenxin, et al. The environmental geological problems and control measures on Mangya asbestos mine in Qinghai Province [J]. The Chinese Journal of Geological Hazard and Control, 2008, 19(4):46-49(in Chinese with English abstract).
- [21] 张进德, 张作辰, 刘建伟, 等. 我国矿山地质环境调查研究[M]. 北京:地质出版社, 2009:80.
Zhang Jinde, Zhang Zuocheng, Liu Jianwei, Zhang Deqiang. The Mine Geologic Environmental Investigation and Study in China. Beijing: Geological Publishing House, 2009:80 (in Chinese with English abstract).
- [22] 徐友宁, 何芳, 陈华清. 西北地区矿山泥石流及分布特征 [J]. 山地学报, 2005, 25(6):729-736.
Xu Youning, He Fang, Cheng Huqing. Mine debris flow and its distribution in northwestern China[J]. Journal of Mountain Science, 2005, 25(6):729-736(in Chinese with English abstract).
- [23] 林小群. 矿山环境问题与防治对策[J]. 环境, 2007, (10):96-98.
Lin Xiaoqun. The mine environmental geologic problems and prevention and cure measure [J]. Environment, 2007, (10):96-98 (in Chinese with English abstract).

Regional distribution characteristics of mine environmental geological problems in China

HE Fang, XU You-ning, QIAO Gang, LIU Rui-ping

(Xi'an Geological Survey Center, China Geological Survey, Xi'an 710054, Shaanxi, China)

Abstract: This paper analyzes some distribution characteristics of main environmental geological problems resulting from the exploitation of mineral resources in different regions of China, and provides some basic information for programming of mine ecological environment recovery. The authors systematically divide national mine geological environmental areas and analyze geological environmental conditions. This paper generalizes distribution characteristics of land occupation and destruction, geological hazards, environmental contamination areas produced during the exploitation of mineral resources on the basis of studying mineral resources types, exploitation intensity in different geological environmental regions and main mine environmental geological problem types, distribution, hazards and some main mine environmental geological problems that require prevention and cure. The results indicate that the exploitation intensity of mineral resources and the mine environmental geological problems in middle and eastern China is much more serious than those in western China. Coal mines are much more serious than metal mines, and metal mines are in turn much more serious than non-metal mines in environmental geological problems.

Key words: geological environmental conditions; mine environmental geological problems; distribution characteristics; different regions; China

About the first author: HE Fang, female, born in 1965, senior engineer, mainly engages in mine geological environment survey and study; E-mail: xahfang@126.com.