

西北地区矿山泥石流及分布特征

徐友宁, 何芳, 陈华清

(西安地质矿产研究所, 陕西 西安 710054)

摘要: 矿山泥石流的形成与发生主要是因山区矿产资源开发过程中废石弃土不合理堆排造成的, 以其物质来源亦称矿渣型泥石流。矿山泥石流具有人为性、易发性、重发性、危害集中性、可控性特点。截至2005年底, 西北五省区发生矿山泥石流灾害247次, 直接经济损失3.84亿元, 造成426人死亡。小型泥石流占其总数的73.17%。煤矿区泥石流灾害最为严重。小型企业矿山泥石流总数最多, 危害最为严重。1994~1998年、2001~2005年是矿山泥石流的高发时期, 其中2004年达45次, 为历史之最。年内6~9月是泥石流的高发期, 亦是防治重点期。

关键词: 矿山泥石流; 分布特征; 西北地区

中图分类号: P642.23

文献标识码: A

西北地区矿产资源的开发为国家及地区社会经济发展做出了重大贡献, 但是不合理、不规范矿产资源开发活动, 导致矿区资源毁损、诱发地质灾害、污染矿区环境^[1]。矿产资源开发过程中不合理堆排的松散弃土废石成为泥石流最主要的物源, 加剧了山地地区泥石流的频发程度及危害性。一些矿区存在着极其严重的泥石流隐患^[2]。目前, 相对于非矿山泥石流丰富的研究成果^[3-4], 矿山泥石流研究成果较少, 钟敦伦等^[5]对矿山泥石流发生条件及影响因素作过较系统论述, 其他研究者也做过相关研究^[6-13]。而关于西北地区区域性矿山泥石流特点及分布尚无报道。“前车之鉴, 后事之师”, 面对新一轮矿业开发热潮, 分析总结西北地区矿山泥石流特点及时空分布规律, 对控制和减少矿山泥石流的发生和发展、防灾减灾具有重要意义, 同时可丰富泥石流研究成果。

1 研究区概况

中国西北地区包括了陕西省、甘肃省、青海省、宁夏回族自治区以及新疆维吾尔自治区, 面积约 $311 \times 10^4 \text{ km}^2$, 约占全国面积的32.4%。区内矿产资源丰富, 排在全国前三位的矿产资源种类陕西30种、甘肃19种、青海23种、宁夏2种、新疆22种。截至2005年底, 西北五省区共有煤矿山企业2334个、金属矿山企业1167个、非金属矿山企业7187个(含砖瓦粘土矿), 小型矿山企业占企业总数的96.37%。非油气矿产资源开发利用从业人员769.16万人, 矿业总产值5588.48亿元^①, 矿业开发已经成为区域经济发展的支柱性产业之一。

西北地区降水量时空分配不均, 自东南的秦巴山地到西北的克拉玛依, 降水量逐渐减少, 蒸发量随之增大。陕西南部大巴山地区年降水量超过了1000mm, 而新疆塔克拉玛干沙漠西部年降水量不

收稿日期 (Received date): 2007-05-21; 改回日期 (Accepted): 2007-10-13.

基金项目 (Foundation item): 国土资源大调查项目“西北地区不同类型矿产开发环境地质研究 (项目编号: 200112300003)”、“全国不同类型矿产开发环境地质研究 (项目编号: 200412300056)”。[China Geological Survey《Environmental Geological Research on the Exploration of Different Type Mineral Resources in Northwest China》(200112300003), 《Environmental Geological Research on the Exploration of Different Type Mineral Resources in China》(200412300056)]

作者简介 (Biography): 徐友宁 (1963-) 男 (汉族) 陕西长安人, 博士, 研究员, 主要从事矿山地质环境调查与研究工作。[Xu Youning (1963-), male (Han Nation), born in Chang'an, Shaanxi province. Mostly field mine environmental geology. E-mail: xszhj@sohu.com]

①国土资源部通报, 国土资通[2006]6号。

足 50 mm 山区降水量明显较盆地中心多。年降水量的 60% ~ 80% 集中在 6 ~ 9 月。该区地形地貌复杂多样,地貌类型有高原、中山地、低山丘陵、戈壁沙漠和平原盆地等。根据地形地貌、水文气象、植被发育等因素,将影响和导致矿山泥石流灾害发生的地质环境背景划分为秦岭山地型、黄土高原型、其他山地型等三类地质环境及分区。

秦岭山地型地质环境分区:位于西北地区的东南部,包括陕西南部的秦岭、大巴山、米仓山,以及甘肃、青海南部的中—高山地区,属季风性温湿气候,年降水量 600 ~ 1 100 mm 水资源相对丰富。地表水主要为长江流域的嘉陵江、汉江及其支流,部分地区为黄河水系。区内植被覆盖率高,主要属落叶、阔叶林。该区主要开发金、钼、汞、铅锌、铜、铁矿金属矿产及石灰岩、大理岩、重晶石等非金属矿产。秦岭山地是我国自然泥石流灾害的高发区。

黄土高原型地质环境分区:主要分布在陕西北部、甘肃东部、青海东部和宁夏南部,为黄土沟、壑、梁、峁、塬地貌,区内大多属半干旱气候条件,年降水量一般小于 500 mm 但相对于西部干旱区,自然植被仍有一定的恢复能力。黄土高原是自然条件下暴雨型泥石流的高发区。本区以煤、石灰岩、石油天然气等矿产开发为主。

其他山地型地质环境分区:包括天山、阿尔泰山、昆仑山、阿尔金山、祁连山等,海拔大部分在 2 000 m 以上,属中高—中低山区,山高、坡陡、谷深、岩石多裸露,属干旱—半干旱气候区,由于地形变化较大,年降水量 200 ~ 400 mm 是西北干旱地区相对湿度较大的区域。夏季降水多以暴雨形式出现,因而该区是暴雨型、冰雪消融型泥石流的发育地带。区内以铅锌、金、铁、煤等矿产资源开发为主。

2 矿山泥石流及其特点

山地是泥石流和人类共存的环境,泥石流作用与山地环境,强烈地影响人类工程活动;人类工程活动作用与山地环境,强烈地影响泥石流^[10]。泥石流是山区常见的一种自然灾害,其形成、发展是建立在新构造活动、地形高差和以水动力为主的基础上^[3]。矿山泥石流是一种不同于自然条件下的泥石流类型,在本已具备泥石流发生条件的山区,矿山建设修建工业场地、道路等排放的废石渣土,采矿排放的废石,选矿堆存的尾矿渣等,不合理堆排在沟源、坡面和沟谷中,破坏植被,挤占沟床,堵塞河道,

造成行洪不畅,加大了沟床的纵坡降比,为泥石流形成提供了丰富的物源,使非泥石流沟变成泥石流隐患沟,使低频泥石流沟变成高频泥石流沟。矿山泥石流的形成、发展、消亡过程,始终是在矿业活动的干预下进行的,因而一些研究者将矿山泥石流称为人为泥石流或人工泥石流^[6-8]。由于“人为泥石流”可包含多种人类活动产生和加剧的泥石流,如城镇建设、交通建设、水利水电建设、工业建设等,而矿山泥石流的形成的是受矿山建设及采矿影响而爆发的泥石流^[5],大量的松散物源来自于矿山堆排的土石废渣,因此,以其物源可称为矿渣型泥石流^[2 13]。

矿山废弃土石主要堆放在狭窄的沟谷中和高陡的山坡上,故矿山泥石流多以沟谷泥石流类型为主,坡面泥石流次之。除暴雨、尾矿库溃决、冰雪消融等激发泥石流水动力条件外,采矿爆破、矿震、突发性采空塌陷可加剧矿山泥石流的形成与发展。矿区地层岩性决定了矿山泥石流物质的类型,同时也决定了泥石流的类型。在花岗岩类、碳酸岩类及坚硬的变质岩分布区,如秦岭潼关金矿区、凤县铅锌矿区,矿山泥石流以水石流为主;而在泥岩类、砂质泥岩类等沉积岩以及片岩、千枚岩等软岩性变质岩类矿区,矿山泥石流以泥流或泥石流为主。

矿山堆放的松散固体物质与矿区原状岩土体工程性质差异性很大,松散、粘性差、数量巨大、堆积地集中。露天矿排岩土的速度和数量比井工开采来得快得多^[9]。矿山泥石流具有人为性、易发性、重发性、危害集中性及可控性等特点。

1. 人为性:在原纵坡降、降雨量等条件不变的情况下,由于矿山建设修建场地、修筑道路、采掘矿石、选矿冶炼等矿业活动过程,将废石弃土、尾矿渣等就近堆排在山谷中、坡面上、河道边,缺乏拦渣、稳渣的护挡、排导等工程措施,压占与破坏植被,加剧了地表径流和水土流失,为泥石流发生提供了丰富的物质来源,新增的工矿场地和矿山人员,使原本泥石流危害程度较轻的沟谷一旦发生泥石流,则会造成重大经济损失和人员伤亡。矿山泥石流的发生与发展是人为活动的结果,使原本非泥石流沟或低频泥石流沟演变成泥石流沟或高频泥石流沟,加重了泥石流的危害程度。

2. 易发性:废弃土石尾渣颗粒级配悬殊,堆积松散,在采矿爆破、矿震、采空塌陷、地震等作用下,较小的暴雨也可能激发形成泥石流,从而降低了泥石流临界启动的水动力条件,易形成规模更大的泥

泥石流。废石弃土堵塞沟谷、河道, 易集水成湖, 因各种原因溃坝, 在小降雨量甚至无降雨的情况下, 形成泥石流, 在下泄过程中, 沿途物源的不断加入, 加大了泥石流的危害。

3. 重发性: 在地形地貌、降雨二者条件不变的情况下, 矿山泥石流的发生主要取决于松散物源补给量。通常在一次泥石流发生后, 原有物质被搬运出形成区后, 就很难再形成泥石流。但是在矿山, 只要矿山没有比坑, 就会持续堆排废石弃土, 为泥石流的再形成提供了新的物源, 因而矿山泥石流具有短期内再发生的特点。历史上, 西北地区同一矿区发生过 2 次泥石流灾害的矿山有 23 处, 3 次的有 7 处, 4 次的有 4 处。如青海省海西州大柴旦鱼卡煤矿区就是高频发泥石流的典型, 在 2003—08—06、2004—06—18、2004—08—06、2005—08—02 三年间发生了 4 次泥石流; 新疆阿克苏地区温宿县博孜敦乡煤矿区先后发生过 5 次泥石流。按照一年暴发多次或几年暴发一次为高频发泥石流, 以十几年至几十年暴发一次泥石流为中频发泥石流^[4]来衡量, 矿山泥石流大多是高频发和中频发泥石流类型。

4. 危害的集中性和污染性: 随着社会经济快速发展, 矿产资源开发强度、规模愈来愈大, 采矿活动已变成矿区最主要的人为地质作用, 其强度远远超过了矿区自然地质作用过程, 显著地改变者地表形态且破坏了矿区原有的地应力平衡, 导致矿区泥石流等灾害频发。矿山采矿废石弃渣堆放在陡峻的易于集水集物的狭窄的沟谷或沟坡上, 在暴雨、尾矿库及水库溃决、冰雪消融等因素的激发下, 极易形成矿渣型泥石流。泥石流通常发生在夜间^[3], 加之大多数矿山由于地形条件所限, 采矿工业场地、生产设施、矿工居住场所就位于废渣堆下方及泥石流流经的沟谷中。大多数中小矿山所在的山区沟谷中没有降雨观测站, 无法准确获知降水量, 故增加了泥石流的雨量预测预报难度, 因此矿山泥石流一旦发生, 将会淤埋矿井、冲毁矿山公路、冲走矿石, 造成停工停产和人员伤亡的重大灾害。由于金属矿山废石及尾矿渣中含有毒重金属及其他污染物, 山沟中尾矿库的溃决形成的尾矿沙型泥石流, 除具一般泥石流冲毁淤埋作用外, 还会污染河流、农田。如 1987 年暴雨导致陕西金堆城钼矿尾矿库溃坝形成的泥石流, 1999 年甘肃成县天子山尾矿库溃坝使近 $2 \times 10^4 \text{ m}^3$ 尾矿渣泄入东河, 均造成了严重河流及饮用水源地的污染, 引发了严重的社会问题。

5. 可控性: 诚然目前还不能改变形成泥石流的

矿区地形地貌和控制降雨量, 因矿山废石弃土是矿山泥石流形成的主要物源, 因此, 选择稳定的堆渣场所、修建拦渣稳渣及排导工程措施, 或采取废石弃土减量化生产及废渣的资源化利用工艺技术, 可以稳定物源或减少物源, 最大程度地控制和减轻泥石流的发生与发展, 同时可定性、定量地预测矿山泥石流发生的地点、规模及危害范围, 使矿山建设和人员避开泥石流的危险区范围, 因此矿山泥石流具有可控制和预防性特点。

3 矿山泥石流分布

西北地区矿山泥石流的分布受地形地貌、地质构造、气候因素等环境条件的控制, 同时受矿产资源分布、矿业开发强度及规模的影响, 而矿山泥石流频发程度与矿山企业资源开发是否规范、防灾减灾意识和措施是否到位等因素有关。依据有关调查报告统计^{①~⑦}, 西北地区矿山共发生泥石流灾害 247 次, 平均每 100 处矿山发生泥石流灾害 2.3 次。矿山泥石流灾害数量占矿山崩塌、滑坡、泥石流、地面塌陷、地裂缝等 5 种地质灾害数量的 12%。以一次泥石流堆积量统计: 大型规模泥石流 21 次、中型 46 次、小型 180 次, 小型泥石流占总数的 73.17%。泥石流造成的直接经济损失 3.84 亿元, 死亡 426 人(表 1)。陕西和新疆是泥石流的高发和致灾严重的省区。依据国务院 394 号《地质灾害防治条例》地质灾害的分级等级, 西北五省区造成 30 人以上死亡的特大型泥石流 2 次, 分别是 1994—07—11 陕西潼关金矿区西峪泥石流和 1994—07—11 新疆米泉市三道坝镇煤矿区泥石流。一次致人员死亡 10~29 人的大型泥石流 3 次, 死亡 3~9 人中型泥石流有 5 次。

①西安地质矿产研究所, 西北地区不同类型矿产开发环境地质研究成果报告, 2003.12

②西安地质矿产研究所, 全国不同类型矿产开发环境地质研究成果报告, 2007.4

③陕西省地质环境监测总站, 陕西省矿山地质环境调查与评估报告, 2006

④甘肃省地质环境监测院, 甘肃省矿山地质环境调查与评估报告, 2006

⑤青海省地质环境监测总站, 青海省矿山地质环境调查与评估报告, 2006

⑥宁夏回族自治区地质环境监测院, 宁夏回族自治区矿山地质环境调查与评估报告, 2006

⑦新疆维吾尔自治区地质环境监测总站, 新疆维吾尔自治区矿山地质环境调查与评估报告, 2005

表 1 西北五省区矿山泥石流灾害统计表
Table 1 The statistics of mine debris flow disasters in Northwestern five provinces of China

统计内容	陕西	甘肃	青海	宁夏	新疆	合计
大型(次)	7	1	2	3	8	21
中型(次)	20	3	3	1	19	46
小型(次)	54	13	37	10	66	180
小计(次)	81	17	42	14	93	247
影响范围(hm ²)	1 573.57	106.06	86.43	17.01	2 326.23	4 109.29
直接经济损失(万元)	13 326.92	8 928.41	1 591.28	4 519.28	10 061.80	38 427.69
死亡人数(人)	261	33	13	45	74	426

4 不同类型矿山泥石流灾害

 煤矿山泥石流
 西北地区发生煤矿泥石流灾害 180 次, 平均每

100 处煤矿 7.7 次, 高出全区矿山泥石流灾害 2.3 次的平均值。其中, 大型规模泥石流 16 次、中型 35 次、小型 129 次, 小型泥石流占煤矿泥石流总数的 71.67%。矿山泥石流灾害影响面积 1 392.73 hm², 直接经济损失 12 167.51 万元, 死亡 141 人(表 2)。

表 2 西北五省区煤矿山泥石流灾害统计表
Table 2 The statistics of coal mine debris flow disasters in Northwestern five provinces

统计内容	陕西	甘肃	青海	宁夏	新疆	合计
大型(次)	4		2	3	7	16
中型(次)	15	1	1	1	17	35
小型(次)	32	4	24	8	61	129
小计(次)	51	5	27	12	85	180
影响范围(hm ²)	823.29	48.90	53.91	14.86	451.77	1 392.73
直接经济损失(万元)	1 477.40	504.10	719.18	4 502.53	4 964.30	12 167.51
死亡人数(人)	4	23	2	45	67	141

西北地区煤矿山泥石流灾害主要发生在陕西和新疆两省区, 占到了煤矿山泥石流总数的 75.56%。陕西韩城—铜川—黄陵等黄土高原的渭北煤矿区; 宁夏石嘴山—石炭井—汝箕沟等贺兰山煤矿区; 兰州的阿干镇煤矿区; 青海的大柴旦鱼卡煤矿区、木里煤矿区、默勒煤矿区; 新疆的乌鲁木齐—昌吉—吐鲁番煤矿区和伊宁煤矿区、温宿—轮台等煤矿区, 是西北地区煤矿山泥石流灾害的高发区(图 1)。

1965—07—20 兰州市阿干镇煤矿区铁冶沟暴发泥石流, 造成 40 多户居民受灾、20 多人死亡、冲毁房屋 280 余间、直接经济损失 97 万元的灾害。几十年大规模煤炭资源的开发, 导致植被破坏, 水土流失加剧, 矿区 13 条沟谷成为泥石流隐患沟。1997 年夏季, 甘肃崇信县新赤煤矿区净石沟暴发泥石流, 冲毁煤矿生活区房屋 20 余间、致 3 人死亡、直接经济损失 32 万元。

1982—08—03 宁夏白芨沟煤矿区 120.5 mm 降雨量导致的泥石流, 造成 10 人死亡、181 户居民

受灾, 部分房屋、铁路、公路、输电线路、供水管线被冲毁, 矿井被迫停产, 经济损失 187.53 万元; 1986—07—20 白芨沟矿区红白沟暴发泥石流, 卷走 3 人、毁损沿沟两岸房屋 30 余间, 直接经济损失 15 万元。1988—08—13 宁夏石嘴山大风沟煤矿区泥石流, 造成 28 人死亡、直接经济损失 300 万元。宁夏汝箕沟煤矿区先后于 1997—08—13、1998—05—20、2002—06—07 发生泥石流, 造成 8 人死亡, 直接经济损失 4 000 万元, 2.4 km 导洪堤被毁, 沿沟两侧高压电线杆全部倾倒, 293.33 hm² 农田受灾。

乌鲁木齐南山煤矿区是泥石流灾害多发区, 其中 1988 年、1995 年泥石流较为严重, 直接经济损失 1 889.38 万元。1988 年吉木萨尔县水溪沟煤矿发生泥石流, 导致矿山停产一年, 2000—06—07 又发生数次泥石流, 矿山再次停产长达一年。1992—07—01 新疆拜城县铁列克煤矿区泥石流, 导致 15 人死亡, 直接经济损失 1 100 万元。新疆轮台县铁热克巴扎煤矿区先后于 1989—07—03、1998—07—07、

2000—07发生泥石流, 致 19人死亡、直接经济损失 25万元。2002—06—20 新疆察布查尔县伊南煤矿发生泥石流, 造成煤矿副井被毁、3人死亡、直接经济损失 400万元。

4.2 金属矿山泥石流

西北五省区金属矿山共发生泥石流灾害 30次, 平均每 100 处矿山发生 2 57次, 直接经济损失 20 123 77万元, 死亡 120人。小型泥石流占总数的 86 67% (表 3)。

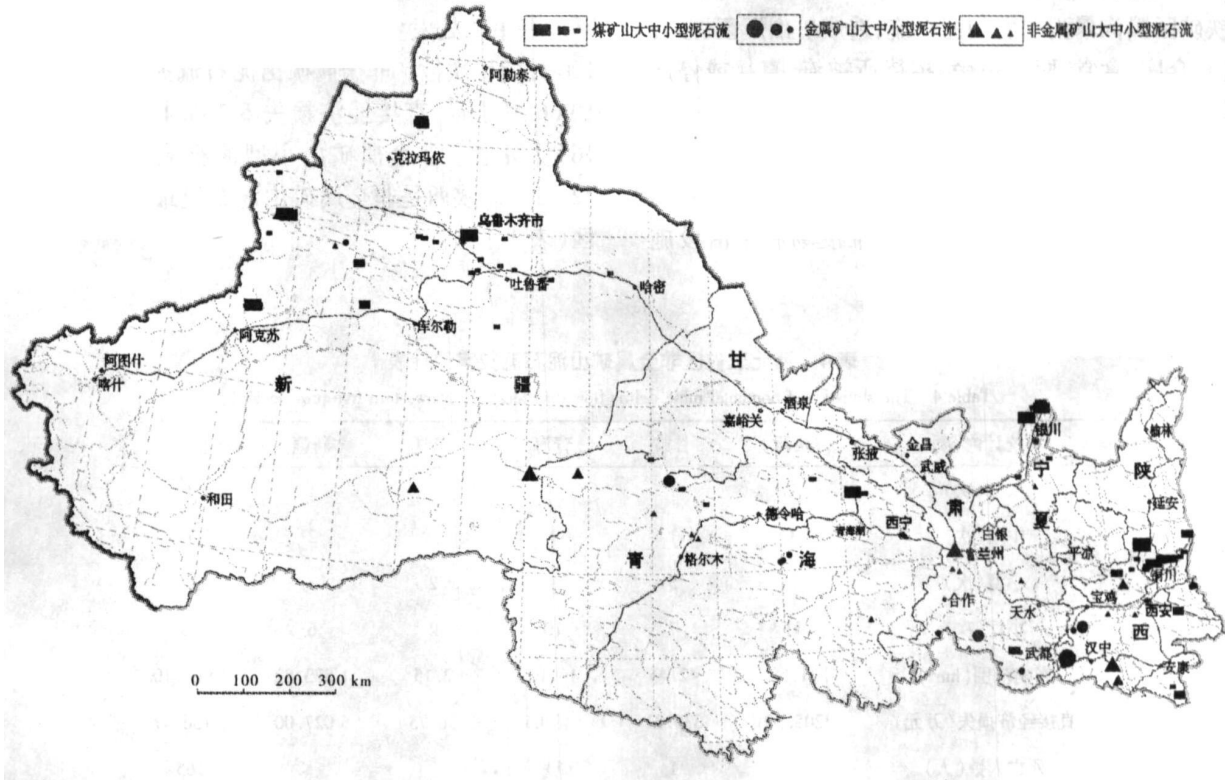


图 1 西北地区矿山泥石流分布图
Fig. 1 The distributing of mine debris flow in Northwestern areas of China

表 3 西北五省区金属矿山泥石流灾害统计表

Table 3 The statistics of metal mine debris flow disasters in Northwestern five provinces

统计内容	陕西	甘肃	青海	宁夏	新疆	合计
大型 (次)	1					1
中型 (次)	2	1	1			4
小型 (次)	15	4	4		2	25
合计 (次)	18	5	5		2	30
影响范围 (hm ²)	718.69	14.71	16.41		0.65	750.46
直接经济损失 (万元)	11 644.22	8 085.00	324.05		70.50	20 123.77
死亡人数 (人)	104	9			7	120

金属矿山泥石流灾害主要发生在陕西潼关金矿区、凤县—太白铅锌金矿区、勉略宁铁铜金矿区、甘肃陇南铅锌、金、锰矿区等秦巴山区 (见图 1)。由于沟深坡陡, 采矿排放的废渣量大, 强降雨频率高, 故是金属矿山泥石流的高发区。

1994—07—11, 陕西潼关金矿区西峪暴雨引发矿渣型泥石流, 导致 51人死亡、上百人失踪^[7 8]、直接经济损失上亿元。1996—08—15 强降雨诱发西邻的东桐峪峪道矿渣型泥石流, 冲毁各类房屋 15 间、金矿石 20×10⁴ t 直接经济损失 340 万元^[9]。

目前,潼关金矿区 7条峪道 18条支沟均是泥石流隐患沟。东桐峪的大西岔、洒西岔的北沟和南沟,西峪的蛇沟等发生泥石流的可能性最大^[2 12 13]。

20世纪 90年代中期,甘肃成县厂坝铅锌矿区因暴雨引发尾矿库溃坝形成的泥石流,造成 3人死亡、毁房 170余间。1999—08—04 甘肃酒泉镜铁山铁矿区黑沟暴雨引发的泥石流,造成矿山厂区、办公楼、仓库、食堂、职工宿舍、招待所被淹,直接或停产误工等经济损失高达 8 000万元。

青海都兰县五龙沟金矿经过 10 a的采矿、选矿,在沟内形成 $8\times 10^4\sim 12\times 10^4$ t废渣,1996—08—19强降雨形成泥石流,冲毁堆浸场和生活设施等,直接经济损失 200万元。

表 4 西北五省区非金属矿山泥石流灾害统计表
Table 4 The statistics of nonmetal mine debris flow disasters in Northwestern five provinces

统计内容	陕西	甘肃	青海	宁夏	新疆	合计
大型(次)	1	1			1	3
中型(次)	3	1	1		2	7
小型(次)	7	5	9	2	3	26
小计(次)	11	7	10	2	6	36
影响范围(hm ²)	31.58	42.45	16.10	2.15	1 873.82	1 966.10
直接经济损失(万元)	205.30	339.31	548.05	16.75	5 027.00	6 136.41
死亡人数(人)	153	1	11			165

1998—04、1998—08 新疆鄯善咸水沟花岗岩矿区发生了两次罕见的暴雨,连续降雨 8 h 降雨量 100 mm 形成水石流,造成矿区采坑被淹没,道路被损,经济损失 100多万元。

1998年,新疆沙湾县金沟河一带的石灰岩矿区发生泥石流,造成矿坑被埋,房屋、高压线路冲毁,直接经济损失 261.80万元。

应当指出的是,矿山泥石流导致人员死亡、通讯中断、交通受阻、矿山停产、耕地被毁,受灾人员安置善后等间接损失更是难以估量。需要说明的是由于省区矿山地质环境调查精度有限,实际上西北地区矿山泥石流灾害比现有情况可能还要严重。

5 矿山泥石流灾害的时间分布

矿山泥石流年际间分布

除 59次泥石流发生年代不详外,自 1970年以

非金属矿山泥石流

非金属矿山共发生泥石流灾害 36次,主要发生在宁夏吴忠市红寺堡、新疆伊犁州伊宁市砖瓦用粘土矿区,甘肃临夏州永靖县花岗岩矿区,陕西汉中市、青海省西宁市城东区石膏矿区,关中盆地石灰岩矿区,青海省西宁市钾盐、芒硝等矿区。非金属矿山平均每 100处发生泥石流 0.4次,远远低于全区每 100处发生次数。非金属矿山泥石流灾害影响面积 1 966.10 hm²,直接经济损失 6 136.41万元,导致 165人死亡。非金属矿山小型泥石流占其总数的 72.22%。陕西是非金属矿山泥石流最为严重的省区(表 4、图 1)。

来,35 a间共生发泥石流灾害 188次。历史上,1994~1998年、2001~2005年两个阶段为矿山泥石流灾害高发期(图 2)。其中,1994、1996、1997、1998年 4 a间共发生泥石流灾害 53次,平均每年 13.25次;2001~2005年 5 a间共发生 117次,平均每年发生 23.4次,而 2004年全区发生矿山泥石流灾害高达 45次,为 35 a之最,经济损失达到 1 015万元。

矿山泥石流月份间分布

历史上,除 69次泥石流灾害发生月份不详外,其余 178次泥石流发生时间与月份关系见图 3 171次泥石流发生在 5~10月,其中 6~9月发生了 158次,是有时间记载的泥石流数量 178次的 88.76%,7月发生次数最多,达 65次,可见 6~9月汛期是泥石流灾害的高发期和重点防治期。

此外,西北地区矿山泥石流主要发生在小型矿山分布区。统计表明小型矿山企业发生的泥石流为 210次,占到矿山泥石流总数的 85.36%,其累计灾

害损失占到了 85.36%, 人员死亡占 88.03%。这与历史上小型矿山企业和个体采矿者只重视经济效益、忽视地质环境保护、固体废渣随意堆放、缺乏必要的拦渣、稳渣、排道工程措施有关。

6 结论与建议

1. 山地矿区矿产资源开发过程中不合理堆排的废石弃土, 构成了矿山泥石流的主要物源。矿山泥石流具有人为性、易发性、重发性、危害的集中性、可控性等特点。

2. 西北五省区已查明矿山泥石流灾害 246 次, 平均每 100 处矿山发生 2.3 次, 煤矿高达 7.7 次。小型泥石流占其总数的 73.17%。泥石流直接经济损失 3.84 亿元, 人员死亡 426 人。陕西和新疆是泥石流的高发和致灾严重的省区。小型企业矿山泥石流数量最多, 危害也最为严重。

3. 1994 ~ 1998 年、2001 ~ 2005 年是历史上矿山泥石流的高发期, 2004 年全区发生泥石流 45 次, 为历史之最。6 ~ 9 月是泥石流的高发期和重点防治期。

4. 选择稳定场所堆排废石弃土, 修建拦渣稳渣挡墙及排导工程措施, 采取废石弃土的减量化生产或资源化利用技术等, 从源头减少、控制泥石流成灾的物源, 就可最大程度减少和控制矿山泥石流的发生与发展。矿山建设及人员居住场所避开泥石流危险区, 可达到防灾减灾的目的。

参考文献 (References)

[1] Xu Yuning Mine environmental geology and Mine geological environment[J]. Northwest Geology 2005 38(4): 108 ~ 112[徐友宁. 矿山环境地质与地质环境[J]. 西北地质, 2005. 38(4): 108 ~ 112]

[2] Xu Yuning Li Yujing Chen Shebin et al Mullock type debris flow hazards and suggestion for prevention in Tongguan Gold Mine Area

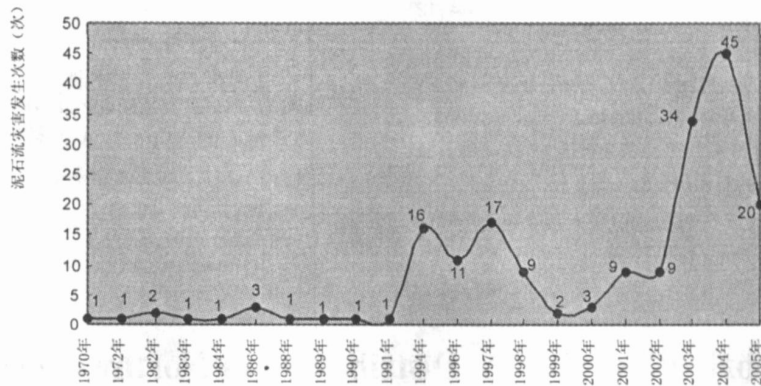


图 2 西北地区矿山泥石流频次与年代关系图

Fig 2 The relationship between frequency and years of mine debris flow in Northwestern areas

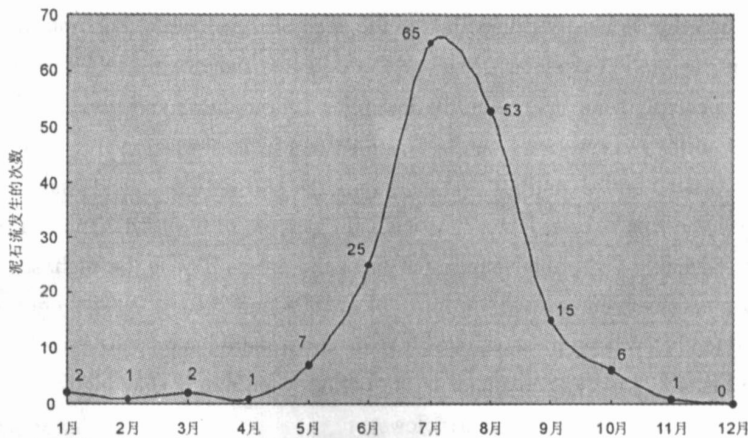


图 3 西北地区矿山泥石流频次与月份关系图

Fig 3 The relationship between frequency and months of mine debris flow in Northwestern areas

- [J]. *Journal of Mountain Science* 2006 24(6): 667 ~ 671 [徐友宁, 李育敬, 陈社斌, 等. 潼关金矿区矿渣型泥石流灾害特征及防治对策 [J]. *山地学报*, 2006 24(6): 667 ~ 671]
- [3] Cui Peng Li Suoqing Tang bangxing et al Research and Prevention of Debris Flow in National Parks [M]. Beijing Science Publishing House 2005 1 ~ 9 [崔鹏, 柳素清, 唐邦兴, 等. 风景区泥石流研究与防治 [M]. 北京: 科学出版社, 2005 1 ~ 9]
- [4] Kan Zhideng Li Zhuofang Ma Aina et al Research on Debris Flow of China [M]. Beijing Science Publishing House 2004 1 ~ 62 [康志称, 李焯芳, 马蔼乃, 等. 中国泥石流研究 [M]. 北京: 科学出版社, 2004 1 ~ 62]
- [5] Zhong Dunlun Yan Runqun Chen Jingri A preliminary study on mine debris flows [A]. In Institute of Geographic Sciences, Chendow CAS Collection on Debris Flows (1) [C]. Qongqing Scientific and Technical Documents Publishing House Chongqing 1981: 43 ~ 49 [钟敦伦, 严润群, 陈精日. 初论矿山泥石流 [A]. 见: 中国科学院成都地理研究所. 泥石流论文集 (1) [C]. 重庆: 科学技术文献出版社重庆分社, 1981: 43 ~ 49]
- [6] Xie Hong You Yong Zhong Dunlun A typical manmade debris flow in the upper reaches of Changjiang River [J]. *Mountain Research* 1994 12(2): 1259 ~ 128 [谢洪, 游勇, 钟敦伦. 长江上游一场典型的人为泥石流 [J]. *山地研究 (现山地学报)*, 1994 12(2): 1259 ~ 128]
- [7] Li Zhao shu A study on the mud-rock flow disaster in 1994 in the gold mine area of Tongguan Shaanxi [J]. *Journal of Catastrophology* 1995 10(3): 51 ~ 56 [李昭淑. 陕西潼关金矿区 ' 94 ' 人工泥石流灾害研究 [J]. *灾害学*, 1995 10(3): 51 ~ 56]
- [8] Liu Shijian Xie Hong Wei Fangjiang et al A man-caused debris flow in Xiaociling gold mining region [J]. *Mountain Research* 1996 14(4): 259 ~ 263 [刘世建, 谢洪, 韦方强, 等. 小秦岭金矿区人为泥石流 [J]. *山地研究 (现山地学报)*, 1996 14(4): 259 ~ 263]
- [9] Zhang Liping Tang Keli Mine Debris Flow [M]. Beijing Geological Publishing House 2001: 1 ~ 9 [张丽萍, 唐克利. 矿山泥石流 [M]. 北京: 地质出版社, 2001: 1 ~ 9]
- [10] Chen Tingfang Cui Peng Chen Xingcheng Debris flow hazards from major engineering construction in western China: and on interaction between debris flow and environment [J]. *Journal of Natural Disasters* 2005 13(2): 179 ~ 182 [陈廷方, 崔鹏, 陈兴长. 西部地区重大工程建设中的泥石流灾害——兼论其与环境的互馈作用 [J]. *自然灾害学报*, 2005 14(2): 16 ~ 22]
- [11] Chen Tingfang Cui Peng Liu Suhai et al Debris flow disasters and mitigation countermeasures in mineral resources exploitation in China [J]. *Journal of Engineering Geology* 2005 13(2): 179 ~ 182 [陈廷方, 崔鹏, 刘岁海, 等. 矿产资源开发与泥石流灾害及其防治对策 [J]. *工程地质学报*, 2005 13(2): 179 ~ 182]
- [12] Xu Youning Chen Shebin Yi Yujing et al Potentiality degree assessment of slag mudslide geo-hazard on the gold mine area in Tongguan Shaanxi Province [J]. *Hydrogeology & Engineering Geology* 2006 33(2): 89 ~ 92 [徐友宁, 陈社斌, 李育敬, 等. 陕西潼关金矿区泥石流潜势度评价 [J]. *水文地质工程地*, 2006 33(2): 89 ~ 92]
- [13] Xu Youning Chen Shebing Zhang Jianghua et al Entropy weight assessment on slag mudslide potentiality parameter in the Tongguan gold mine area [J]. *Geological Science and Technology Information* 2006 25(5): 101 ~ 104 [徐友宁, 陈社斌, 张江华, 等. 潼关金矿区矿渣型泥石流潜势度熵权评价 [J]. *地质科技情报*, 2006 25(5): 101 ~ 104]

Mine Debris Flow and Its Distribution in Northwestern China

XU Youning HE Fang CHENG Huqing

(Xian Institute of Geology and Mineral Resources Xian 710054 China)

Abstract The mine debris flow is mostly caused by the illogically heaped waste rock and discard soil during exploiting mine resource. It is also called cinder-type debris flow. It has some characters such as men-made come in to being easily startup, repeatedly send up, centrally disservice, controllible and preventable. In the history, there happened two hundred and forty-seven times debris flow disasters in northwestern five provinces which is worthy of economic losses of one hundred and six million and eight hundred and sixty thousand yuan (RMB) and death of four hundred and twenty-six. The small-scale debris flow is 73.17 percent of the total. The coal mine debris flow is the most serious disaster in all mines. The total number of the mine debris flow is the highest, and the harmfulness is the most serious in the small-scale enterprises. From 1994 to 1998 and 2001 to 2005, there is the years of mine debris flow sending out frequently. Among these years, 2004 in which there happened debris flows highly to 45 times is the most serious of the history. June to September is the period when debris flow highly send up. So, it is also an important time of prevention and cure of the debris flows.

Key words mine debris flow; distributing characteristics; northwest China