

# 西北地区矿山地质灾害的现状及其时空分布特征

何芳, 徐友宁, 陈华清, 张江华

HE Fang, XU You-ning, CHEN Hua-qing, ZHANG Jiang-hua

中国地质调查局西安地质调查中心, 陕西 西安 710054

*Xi'an Center of China Geological Survey, Xi'an 710054, Shaanxi, China*

**摘要:**西北地区矿产资源丰富,但大部分地区生态环境脆弱。矿业开发引发和加剧的崩塌、滑坡、泥石流、地面塌陷、地裂缝等地质灾害,严重威胁着矿山的正常生产和人民的生命财产安全。为了给西北地区矿山地质灾害监测和预警提供基础资料,依据2005年西北5省(自治区)矿山地质环境调查与评估的成果资料,系统分析和总结了西北地区矿山的地质灾害现状、危害程度及时空分布特征。结果表明,地面塌陷、地裂缝灾害数量最多、影响面积最大,泥石流灾害造成的人员死亡和经济损失最严重。秦岭山地是金属矿山泥石流灾害的高发区,黄土高原和其他山地则是煤矿山地地面塌陷、地裂缝灾害的多发区。20世纪90年代以来,矿山5种地质灾害的数量是此前的8倍,地质灾害数量呈加剧的趋势。矿山地质灾害的监测、防治工作任重而道远。

**关键词:**矿山地质灾害;现状;时空分布;西北地区

中图分类号:X141

文献标志码:A

文章编号:1671-2552(2008)08-1245-11

**He F, Xu Y N, Chen H Q, Zhang J H. Present status of mine geohazards in the northwest region of China and characteristics of their temporal-spatial distribution. *Geological Bulletin of China*, 2008, 27(8):1245-1255**

**Abstract:** In the northwest region of China, there are abundant mineral resources, but the ecological environment is very fragile in most areas. Geohazards, including avalanches, landslides, mudflows, surface collapse and ground cracks initiated by mineral exploitation and mining have seriously threatened the normal mine production and people's life and property security. In order to provide the basic data for monitoring and early warning of geological disasters in the region, in light of the data of the mine geological environment investigation and assessments in five northwest provinces (regions) in 2005, the status, damages and spatial-temporal distribution of five kinds of mine geohazards in the study region were systematically analyzed and summarized. The results indicate that: the quantity of surface collapses and land cracks is largest and their influence area is biggest, and the casualty and economic loss caused by mudflow disasters are most serious. The Qinling Mountains are a mudflow disaster-prone area for metal mines, and the loess plateau and other mountains are surface collapse and land crack disaster-prone areas for coal mines. Since the 1990s, the quantities of five geohazards occurring in mines have been eight times as many as before, and the number of geohazards has had a growing trend. The supervision and prevention and control of mine geohazards have a long way to go.

**Key words:** mine geohazard; status; temporal-spatial distribution; northwest region

西北地区地域辽阔,土地面积 $304 \times 10^4 \text{ km}^2$ ,约占全国国土面积的1/3,矿产资源丰富,矿业经济已成为西北地区经济发展的支柱产业之一。据西北5省(自治区)矿山地质环境调查资料统计,截止2005年底,西北地区共有各类矿山10688处,其中能源矿山

2334处、金属矿山1167处、非金属矿山7187处。年产矿石量 $4.20 \times 10^8 \text{ t}$ (不包括石油、天然气、煤层气和二氧化碳气),占全国矿业年产矿石量的8.00%;矿业总产值493.15亿元,占全国矿业总产值的8.80%<sup>①</sup>,占西北地区工业总产值的14.66%。但是,矿产资源开发在

收稿日期:2008-06-02;修订日期:2008-06-27

地调项目:中国地质调查局《中国矿山环境地质图(1/400万)编制》项目(编码:1212010741505)资助。

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

给人类带来巨大的实惠和财富<sup>[1]</sup>的同时,由于忽视环境保护工作,不合理的开发破坏了矿区的土地资源、诱发了地质灾害、污染了矿区的环境<sup>[2]</sup>。高强度、大规模的人为地质作用,强烈地改变和破坏了矿区原有的地应力平衡,诱发或加剧了矿山崩塌、滑坡、泥石流、地面塌陷、地裂缝等地质灾害的发生,严重威胁着矿山的正常生产和人居生存安全,影响了资源开发、经济发展、环境保护的协调发展和社会的和谐稳定<sup>[3]</sup>。因此,摸清西北地区矿山地质灾害的分布状况、危害程度及潜在危害,对合理开发矿产资源、保护矿山地质环境、开展矿山地质灾害防治及矿山生态环境重建<sup>[4]</sup>具有重要的现实意义。

2002—2005年中国地质调查局第一次组织部署了全国性的第一轮《全国矿山地质环境调查与评估》项目,在2005年启动并完成了西北地区的陕西、甘肃、青海、宁夏和新疆5省(自治区)的矿山地质环境调查与评估项目。项目实施的目的是为了初步摸清各省(自治区)矿山地质环境的现状及其开发对生态环境的影响,查明存在的主要环境地质问题及潜在危害。一年间,通过发放调查表、典型矿山实地调查与核查的工作方法,获得了各省(自治区)的矿山数量、从业人数、矿山地理位置、面积、规模、经济类型、开发的矿产种类、采矿方式、生产现状等矿山基本情况数据,以及矿山占用破坏土地、土地恢复治理、矿山废水废液排放、矿山尾矿固体废弃物排放、矿坑排水对区域环境的影响、矿山次生地质灾害<sup>[5]</sup>等环境地质问题的数据。本文通过对这些成果资料的汇总、整理、统计、分析和综合研究,首次对西北地区矿山地质灾害的现状、危害程度、分布规律和地质灾害的时间变化特征进行了总结,以期为今后开展西北地区矿山地质灾害监测、预警提供基础资料。

## 1 矿山地质灾害现状

矿山地质灾害是指由于自然地质作用和矿山地质作用(亦称人为地质作用)导致的矿山生态地质环境恶化,并造成人民生命和财产损失或人类赖以生存的资源、环境严重破坏的灾害事件<sup>[6]</sup>。其破坏作用主要的表现是:危害矿工的生命安全,严重的地质灾害可一次造成几十人甚至上百人死亡;破坏采矿设施,影响矿业正常生产;破坏矿产资源、土地资

源、水环境和矿区环境<sup>[7]</sup>。

西北大部分地区地处生态环境脆弱区,矿业开发引发的崩塌、滑坡、泥石流、地面塌陷、地裂缝等地质灾害数量多、危害严重。据西北5省(自治区)矿山地质环境调查数据统计<sup>[2-6]</sup>,截至2005年底,西北地区开矿诱发的地质灾害共1217处2013次,其发生率是全国矿山地质灾害发生率的2倍(全国矿山数量113248处,发生地质灾害11092次)<sup>[2]</sup>,平均每10家矿山企业就有1.88次地质灾害,地质灾害总影响面积700.03 km<sup>2</sup>,已造成1046人死亡,直接经济损失8.23亿元,其中崩塌160次、滑坡263次、泥石流246次、地面塌陷955次、地裂缝389次(表1)。地面塌陷灾害占到了地质灾害总数的47.44%,成为矿山最主要的地质灾害类型;其次为地裂缝、滑坡、泥石流灾害,分别占19.32%、13.07%、12.22%;崩塌灾害数量最少,仅占7.95%。在各类灾害中,以泥石流灾害造成的危害最严重,已造成426人死亡,直接经济损失3.84亿元。就规模而言,矿山地质灾害以小型为主,共有1596次,占灾害总数的79.28%,其次为中型,为273次,占灾害总数的13.56%,大型最少,为144次,占灾害总数的7.15%。大型地质灾害虽然发生次数较少,但灾害造成的人员伤亡和财产损失却是最严重的,如2000年陕西紫阳瓦板岩矿区发生的大型泥石流灾害造成202人死亡;1960年新疆伊犁钢铁有限责任公司铁矿发生的大型滑坡,造成236人死亡。在不同类型的矿山中,煤矿山地质灾害以地面塌陷、地裂缝、滑坡为主;金属矿山地质灾害以泥石流、滑坡、地面塌陷为主,主要是开采金矿、铁矿、铅锌矿等诱发的;而非金属矿山地质灾害以滑坡、泥石流、崩塌为主,主要是开采石灰岩、花岗岩、石膏、砖瓦用粘土等矿产引发的。其中,煤矿山的地质灾害数量最多,影响面积最

表1 西北地区矿山地质灾害的影响程度

Table 1 Influence degrees of mine geohazards in the northwest region

统计内容	崩塌	滑坡	泥石流	地面塌陷	地裂缝	合计
大型灾害/次	2	17	20	85	20	144
中型灾害/次	17	51	46	119	40	273
小型灾害/次	141	195	180	751	329	1596
灾害数量合计/次	160	263	246	955	389	2013
影响面积/hm <sup>2</sup>	613.52	3003.31	4109.29	50052.06	12225.05	70003.23
经济损失/万元	2891.49	15780.63	38427.69	20406.33	4796.60	82302.74
死亡人数/人	208	309	426	103		1046

大,经济损失最重,而金属矿山造成的人员死亡最严重(表2)。就省(自治区)而言,新疆矿山地质灾害的发生次数、影响面积、经济损失、死亡人数居西北5省(自治区)之首,其次为陕西(表3),而甘肃、青海、宁夏的地质灾害较少,这与各省(自治区)的矿山数量、矿山规模及开采强度成正比。同时矿山地质灾害发生的数量与矿山规模、开采方式有关,大中型矿山大多为国有企业,管理措施及开采技术水平较规范,造成的地质灾害数量相对较少,分别为144次和162次,而小型矿山多为集体和私营企业,开采技术水平和设备相对落后,环保意识淡薄,群采乱挖现象严重,造成的地质灾害数量远远大于大中型矿山,为1707次,是大、中型矿山地质灾害数量之和的5.6倍。不同的开采方式诱发的地质灾害数量差别较大,井下开采诱发的地质灾害数量是露天开采的17倍,分别为1904次和109次。井下开采造成的地质灾害类型主要为地面塌陷、地裂缝,露天开采诱发的灾害类型则以滑坡、泥石流、崩塌为主。不同类型的地质灾害对矿区及周边环境的破坏程度,对人民生命、财产和地面设施的危害程度也是不同的。

崩塌、滑坡、泥石流灾害(以下简称崩滑流灾害)等突发性地质灾害,是西北地区矿山危害最严重的

地质灾害类型。一般而言,规模越大的崩滑流灾害造成的人员死(伤)亡、经济损失也越大。崩滑流灾害的破坏作用主要表现为:①破坏城镇、村庄、矿山、企业、工厂、工程设施,造成人员伤亡和财产损失;②破坏铁路、公路,威胁交通安全<sup>[8]</sup>;③破坏土地资源和流域生态环境,加剧山区人民生活贫困;④影响和制约矿产资源正常开发和山区经济的发展等。截至2005年底,西北地区矿山崩滑流灾害共发生669次,造成943人死亡,直接经济损失5.7亿元。以泥石流灾害造成的人员死(伤)亡最多、经济损失最重。如陕西潼关金矿区1994年7月11日西峪上游大暴雨引发的矿渣型泥石流(图1),造成51人死亡、上百人失踪,经济损失高达上亿元。1996年8月15日的强降雨再次诱发潼关金矿区东桐峪矿渣型泥石流灾害的发生,造成桥梁被毁、农田淹没、各类房屋毁坏15间,金矿流失20多万吨,直接威胁桐峪镇和陇海铁路的行车安全,直接经济损失达340万元<sup>[9]</sup>。滑坡灾害造成的人员死(伤)亡、经济损失仅次于泥石流灾害,典型矿区如甘肃华亭煤矿区砚北煤矿,2004年下半年至2005年2月底该矿受采空塌陷的影响,坡体失稳,诱发了体积达 $395 \times 10^4 \text{m}^3$ 的大型滑坡(图2),致使砚峡村部分房屋出现裂缝及倒塌,中心小学、医院、信用社、幼儿

表2 西北地区不同类型矿山的地质灾害影响程度

Table 2 Influence degrees of geohazards in different types of mine of the northwest region

矿山类型	崩塌 /次	滑坡 /次	泥石流 /次	地面塌陷 /次	地裂缝 /次	合计 /次	影响面积 /hm <sup>2</sup>	经济损失 /万元	死亡人数 /人
煤矿山	125	188	180	675	306	1474	59508.09	47013.50	401
金属矿山	21	30	30	142	27	250	2712.14	22258.09	427
非金属矿山	14	45	36	138	56	289	7783.00	13031.15	218
合计	160	263	246	955	389	2013	70003.23	82302.74	1046

表3 西北地区不同区域的地质灾害影响程度

Table 3 Influence degrees of geohazards in different areas of the northwest region

省区	矿山数量 /处	崩塌 /次	滑坡 /次	泥石流 /次	地面塌陷 /次	地裂缝 /次	合计 /次	影响面积 /hm <sup>2</sup>	经济损失 /万元	人员死亡 /人
陕西	3755	60	72	80	308	119	639	27774.78	18163.78	415
甘肃	2274	6	17	17	165	13	218	3298.77	10604.34	80
青海	777	16	20	42	22	53	153	2554.48	5016.03	34
宁夏	999	11	14	14	48	38	125	6188.73	7243.86	54
新疆	2883	67	140	93	412	166	878	30186.47	41274.73	463
合计	10688	160	263	246	955	389	2013	70003.23	82302.74	1046



园、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的破坏,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。崩塌灾害一般规模较小,破坏面积不大,造成的人员伤亡和经济损失较泥石流、滑坡灾害少。

地面塌陷、地裂缝灾害等缓变型地质灾害造成的危害严重程度比崩滑流灾害低。主要危害是破坏耕地、毁损地表建筑物,导致铁轨扭曲、公路下沉,危及矿山设施和人居安全等。在平原和低洼区,易造成地表大面积积水、农田被淹,或洼地积水沿裂隙下渗引发矿井透水等事故。地裂缝一般不会直接造成人员伤亡,主要造成地表建筑物开裂、土地裂缝,降低土地的使用价值。地面塌陷、地裂缝在山地、丘陵区易诱发山体开裂,形成崩塌、滑坡等灾害链。在干旱地区,地面塌陷、地裂缝导致地表水下渗而使流量减小甚至断流,地下水位下降或井泉干枯,导致地表植被死亡,引发或加剧土地沙漠化,使本已脆弱的生态地质环境更加恶化。统计表明,西北地区矿山地面塌陷、地裂缝共有878处,影响面积622.77 km<sup>2</sup>,已造成103人死亡,直接经济损失2.52亿元。典型的地面塌陷如陕西铜川煤矿区,含煤面积387.20 km<sup>2</sup>,煤炭开采已有上千年的历史,多年的煤炭开采,累积造成地面塌陷总面积达168.41 km<sup>2</sup>(图3),受损民宅24539户76712人,受损面积149.6×10<sup>4</sup>m<sup>2</sup><sup>28</sup>。造成学校、医院、卫生所、服务网点、供排水管道、交通、通讯、供电等基础设施严重受损;矿区水源地受到破坏,因水位下降,上马、东王、红土、瑶曲水源地的供水量大幅度减少,水井由原来的承压水自喷井到目前的许多水井时常出现吊泵现象,部分村庄贮水窖被毁;20世纪90年代,地面塌陷引起塬畔村某村民窑洞倒塌,造成2人死亡。大范围的采煤塌陷给铜川市人民生活和生产带来了极大的困难,由此引起了中央政府的高度关注,2005年12月国家发改委批准了治理铜川煤矿塌陷区的项目,总投资8.4155亿元,主要用于塌陷区治理和居民搬迁房屋等配套设施的建设。巨大的治理费用说明,煤矿开采在促进地区经济发展、为国家做出贡献的同时,由于忽视环境保护工作,让国家、地方政府、企业和居民付出了沉重的代价。

西北地区矿山地质灾害破坏了人们的居住及生活环境,毁坏了矿区及周边的建筑和配套设施,导致了资源浪费,恶化了矿山地质环境,制约了部分地区



图1 陕西西峪1994年7月11日发生的泥石流灾害  
Fig. 1 Mudflow disaster at Xiyu, Shaanxi, on 11 July, 1994

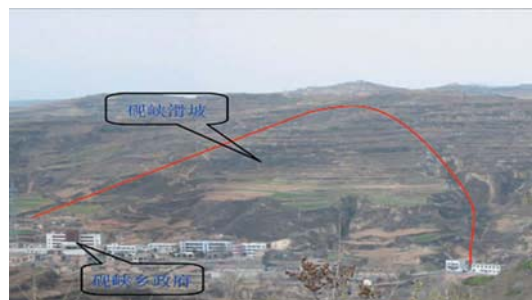


图2 甘肃华亭煤矿区砚峡村滑坡全貌  
Fig. 2 Panorama of the Yanxiacun landslide disaster in the Huating coal mining area, Gansu

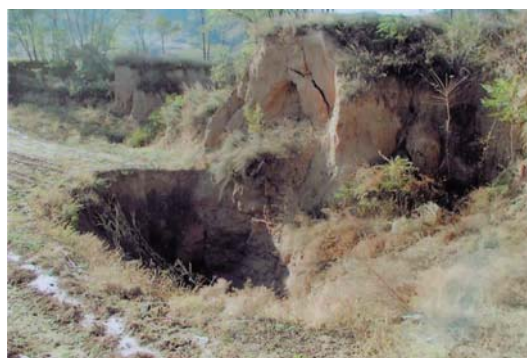


图3 陕西铜川煤矿区瑶曲镇的塌陷坑  
Fig. 3 Collapse pit at Yaoqu Township, Tongchuan coal mine, Shaanxi

经济的可持续发展,给国家、矿山企业和附近的广大人民群众<sup>[9]</sup>的生命、财产安全带来了严重的影响,这是多年粗放式的矿业开发导致的结果<sup>[10]</sup>。因此,了解西北地区矿山地质灾害的时空分布,对地质灾害监测、预警具有一定的指导意义。

## 2 矿山地质灾害的分布

矿山地质灾害的发育分布与地质环境背景、矿产资源空间分布、矿山规模、矿产种类及开采方式有关。根据地形地貌、岩土体类型、水文气象、植被发育等因素,将影响西北地区矿山地质灾害发育的地质环境背景划分为秦岭山地、黄土高原、其他山地3类地质环境分区<sup>[12]</sup>。

**秦岭山地:**位于西北地区的东南部,包括陕西南部的秦岭、大巴山、米苍山和甘肃、青海南部的西秦岭—高山地区。地形陡峭,相对高差2000~3000 m,呈东西走向展布<sup>[13]</sup>;区内岩土体类型主要为岩浆岩建造、变质岩建造、碳酸盐岩建造和碎屑岩建造4种类型;气候类型属季风性温湿气候,年降水量600~1100 mm,且多集中在6~9月份,水资源相对丰富;植被覆盖率高,主要属落叶阔叶林。区内主要开发金、钼、汞、铅锌、铜、铁矿等金属矿产,化工用重晶石,建筑用砖瓦粘土、石料、石灰岩、大理岩等非金属矿产。

**黄土高原:**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。黄土总厚度一般不足200 m,在高原周边及沟壑中可见其基岩,有古生界碳酸盐岩、中生界砂岩、页岩等;区内大多为半干旱气候区,年降水量200~500 mm,水资源缺乏,可利用水资源量小;植被覆盖率较低,主要为次生林,但相对于西部干旱区,自然植被仍有一定的恢复能力。本区主要开发煤、石油天然气、砖瓦用粘土、石灰岩等矿产。

**其他山地:**包括阿尔泰山、天山、昆仑山、阿尔金山、祁连山、贺兰山等山地区,属中高—中低山区,山高、坡陡、谷深、岩石多裸露,海拔高度大部分在2000 m以上。属干旱—半干旱气候区,年降水量200~400 mm,水资源缺乏;植被覆盖率中—低,主要为森林区和基岩裸露区。区内主要开发煤、金、铁、铅锌、砖瓦用粘土等矿产。

西北地区矿山地质灾害的发育受地质环境背景的影响,具有分带的特点。南部秦岭山地降雨多且集中,是金属矿山泥石流、滑坡、崩塌灾害的多发区;而黄土高原和其他山地,气候干旱、植被稀少、生态环境脆弱,是煤矿山地面塌陷、地裂缝灾害的多发区和滑坡、泥石流、崩塌灾害的发育区。

矿产资源的空间分布、矿山规模、矿产种类、开

采方式影响着矿山地质灾害的分布。矿产资源开采密集的地区也是地质灾害发育的密集区;小型矿山的地质灾害数量大于大中型矿山;煤矿开采区地质灾害发生率高于金属矿开采区,金属矿开采区地质灾害发生率高于非金属矿开采区;井下开采区矿山地质灾害数量大于露天开采区。

### 2.1 崩塌、滑坡、泥石流灾害的分布

崩滑流灾害具有突发性强、危害严重、影响大、分布集中、难预防等特点,西北地区矿山崩滑流灾害在地域上主要分布在天山南北麓(煤、铁、石棉、滑石、花岗岩、砖瓦用粘土等矿区)、祁连山区(煤、铅锌等矿区)、宁夏中卫北山—贺兰山地(煤、砖瓦用粘土矿、采石场等矿区)、黄土高原区(煤、石灰岩、花岗岩等矿区)和秦岭山地(金、铅锌、铁、锰、磷矿、硫铁矿、石膏、石灰岩、瓦板岩等矿区)等地区。集中分布在新疆和陕西2省区,其次为甘肃。发生频次最高的地区为天山北麓、准噶尔盆地南缘的乌鲁木齐—吐鲁番一带的煤矿区,其次是陕西“渭北黑腰带”的煤矿区。在不同地形地貌单元,以其他山地发生的崩滑流灾害次数最多,其次是黄土高原。秦岭山地则是金属矿山崩滑流灾害的多发区,其发生率占到了秦岭山地所有矿山崩滑流灾害总数的60%,其中泥石流灾害的发生率最高,危害最严重,这是因为,秦岭山地地形陡峭、切割剧烈、降雨充沛,为泥石流的发生提供了有利的地形地貌和水动力条件,而采矿选矿排弃的废石尾渣的堆积为泥石流的发生提供了丰富的物源及诱发条件,易导致矿渣型泥石流灾害的发生,典型矿区如小秦岭金矿区的泥石流<sup>[14]</sup>。而其他山地、黄土高原区的崩滑流灾害主要发生在煤矿区,其发生率占到所有矿山总数的80%以上。本文按不同省(自治区)不同矿产资源集中开采区崩滑流灾害的分布情况,考虑地形地貌,划分了31处崩滑流灾害集中分布区(表4)。其中,崩塌区3处、滑坡区2处、泥石流区3处、崩塌及滑坡区2处、滑坡及崩塌区1处、滑坡及泥石流区2处、泥石流及滑坡区2处、泥石流及崩塌区3处、滑坡、泥石流及崩塌区4处,泥石流、崩塌及滑坡区5处,泥石流、滑坡及崩塌区4处(图4)。其中泥石流灾害一次造成死亡人数在10人以上的矿区主要有陕西潼关金矿区、紫阳县瓦板岩矿区,甘肃兰州阿干煤矿区,宁夏平罗县汝箕沟煤矿区,新疆轮台县铁热克巴扎煤矿区、拜城县铁列克煤矿区等矿区;滑坡灾害严重的矿区有甘肃华亭煤研硐北煤矿区、新疆伊犁

表4 西北地区矿山崩塌、滑坡、泥石流灾害的分布

Table 4 Distribution of mine avalanche, landslide and mudflow disasters in the northwest region

省区	区号	区域分布	灾害类型	地形地貌分区
陕西	1	延安—铜川—韩城—咸阳—渭南煤矿、石灰岩开采区	泥石流、崩塌、滑坡	黄土高原区
	2	宝鸡—西安—渭南—商洛金矿、铁矿、石灰岩开采区	泥石流、崩塌、滑坡	秦岭山地区
	3	宝鸡凤县铅锌矿开采区	泥石流、滑坡	秦岭山地区
	4	汉中铁矿、锰矿、石棉、石膏、硫铁矿、磷矿开采区	泥石流、滑坡、崩塌	秦岭山地区
	5	安康旬阳铅锌矿开采区	崩塌、滑坡	秦岭山地区
	6	安康镇坪煤矿开采区	泥石流、崩塌	秦岭山地区
	7	安康紫阳瓦板岩开采区	泥石流	秦岭山地区
甘肃	8	兰州阿干—临夏煤矿、花岗岩开采区	泥石流、滑坡、崩塌	黄土高原区
	9	平凉华亭—崇信煤矿、采石场开采区	滑坡、泥石流、崩塌	黄土高原区
	10	陇南武都煤矿、锰矿、重晶石开采区	泥石流、崩塌	秦岭山地区
	11	酒泉镜铁山铁矿开采区	泥石流	祁连山区
	12	金昌龙首山铜镍矿开采区	崩塌	北山山地区
	13	成县厂坝铅锌矿开采区	崩塌	秦岭山地区
青海	14	海西州大柴旦煤矿开采区	泥石流、崩塌	柴达木盆地
	15	海北州祁连—海晏—刚察煤矿开采区	泥石流、滑坡、崩塌	祁连山区
	16	海西州天峻煤矿开采区	泥石流、崩塌、滑坡	祁连山区
	17	海西州天峻铅锌矿开采区	崩塌、滑坡	祁连山区
	18	西宁大通—湟中—互助石膏、石灰岩、粘土矿开采区	滑坡、泥石流、崩塌	大通山地区
	19	民和县砂石开采区	滑坡	黄土高原区
宁夏	20	石炭井、石嘴山、汝箕沟、白芨沟煤矿开采区	泥石流、崩塌、滑坡	贺兰山地区
	21	银川—灵武—吴忠—中卫煤、砖瓦粘土、石材开采区	滑坡、泥石流、崩塌	宁卫北山区
新疆	22	塔城和丰煤矿开采区	泥石流、滑坡	准噶尔盆地区
	23	伊犁煤矿、铁矿、砖瓦用粘土开采区	泥石流、崩塌、滑坡	伊犁谷地区
	24	乌鲁木齐—昌吉—阜康—吐鲁番煤矿、花岗岩开采区	滑坡、泥石流、崩塌	天山谷地区
	25	哈密煤矿开采区	滑坡、泥石流	天山谷地区
	26	阿克苏拜城煤矿开采区	滑坡	天山南麓区
	27	巴州轮台煤矿开采区	泥石流、滑坡、崩塌	天山南麓区
	28	阿克苏温宿煤矿开采区	泥石流	天山南麓区
	29	巴州库尔勒煤矿、滑石开采区	滑坡、崩塌	天山南麓区
	30	巴州若羌县石棉开采区	滑坡、泥石流	天山南麓区
	31	阿克苏库车煤矿开采区	崩塌	天山南麓区

钢铁有限责任公司铁矿区等矿区；崩塌灾害较严重的矿区有陕西府谷县黄河建材采石厂、青海大柴旦大头羊煤矿区等矿区。

## 2.2 地面塌陷、地裂缝灾害的分布

西北地区矿山地面塌陷、地裂缝在不同类型矿产的矿山中均有分布,以煤矿山为主。据统计,井下开采

导致的地面塌陷、地裂缝共878处,其中陕西288处、甘肃148处、青海43处、宁夏45处、新疆354处,总影响面积622.77 km<sup>2</sup>,塌陷密集区主要分布在新疆和陕西2省区,其次是甘肃(表5)。以煤矿山数量最多,为608处,占总数的69.24%,影响面积最大,为579.07 km<sup>2</sup>,占总数的92.98%。塌陷密度最大的地区是天山北麓、



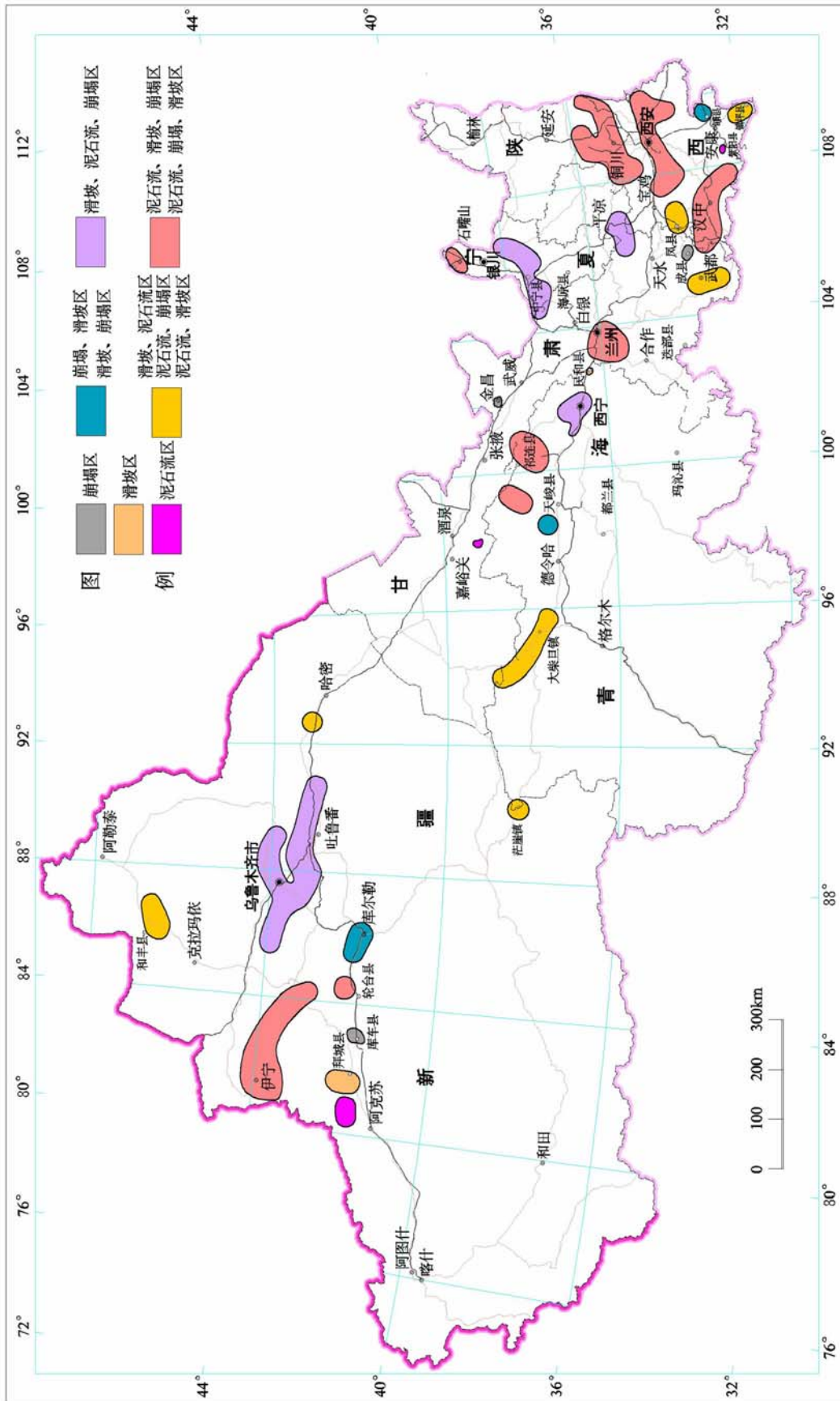


图 4 西北地区矿山崩塌、滑坡、泥石流灾害的集中分布区

Fig. 4 Concentration areas of mine collapse, landslide and mud flow hazards in the northwest region

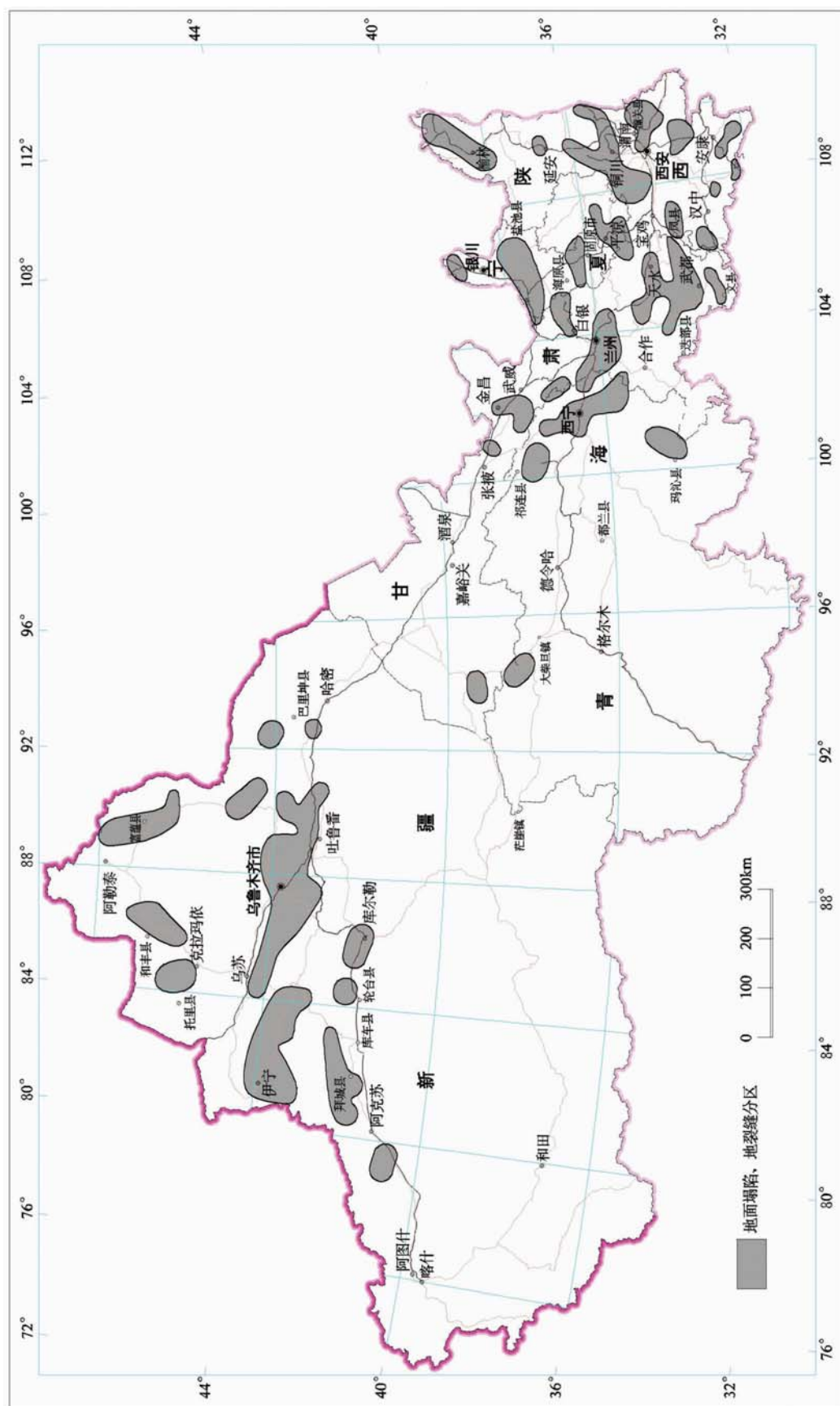


图5 西北地区矿山地面塌陷、地裂缝灾害的集中分布区  
Fig. 5 Concentration areas of mine surface collapse and land crack hazards in the northwest region



表5 西北地区矿山地面塌陷、地裂缝灾害的分布

Table 5 Distribution of mine surface collapse and land crack disasters in the northwest region

省区	主要分布矿区	地形地貌分区
陕西	陕北、渭北煤矿区, 镇巴、洛南煤矿区, 安康石煤矿区, 凤县-太白金属矿区, 略阳-宁强金属矿区、镇安金属矿区及西乡石膏矿区	戈壁沙漠区 黄土高原区 秦岭山地区
甘肃	陇中地区的窑街、阿干及靖远煤矿区; 陇东平凉地区的华亭及崇信新窑镇煤矿区; 河西地区的炭山岭、山丹、九条岭、凉州金山及肃南煤矿区; 陇南武都龙沟煤矿区; 金昌铜镍矿区、白银铜矿区、镜铁山铁矿区、小厂坝铅锌矿区、文县临江沟岭子锰矿区、石鸡坝金矿区及西成铅锌矿、金矿区; 漳县岩盐矿区, 庆阳百家咀砂岩矿区, 酒泉阿克塞县石棉矿区, 天水麦积、永靖、漳县砖瓦用粘土矿区, 榆中水泥用石灰岩矿区	河西走廊 黄土高原区 陇南山地
青海	大通、默勒、海德尔、柴达尔、大柴旦、野马滩、先锋、大武、木里、刚察、门源铁迈煤矿区等; 湟中、湟源、尖扎李家石灰岩矿区, 同仁县砖瓦用粘土矿区	祁连山区 柴达木盆地北缘 黄河谷地
宁夏	石嘴山市的石嘴山、石炭井、汝箕沟、白芨沟煤矿区等; 灵武市的石沟驿、磁窑堡、灵新及羊场湾煤矿区; 盐池县冯记沟煤矿区; 固原炭山煤矿区、中卫煤及砖瓦用粘土矿区等	贺兰山地 宁卫北山 黄土高原区
新疆	准噶尔盆地西北缘和丰煤矿区及托里县铁厂沟煤矿区; 乌鲁木齐-昌吉州-沙湾县-乌苏县, 巴里坤县、伊吾县境内及吐鲁番、哈密盆地七泉湖、柯柯亚、三道岭煤矿区; 伊犁谷地区煤分布区; 天山南麓、塔里木盆地北部拜城、轮台、库尔勒煤矿区; 托里、富蕴县金矿区; 富蕴县绿柱石矿区; 新源县铁矿区; 富蕴县云母矿区; 新源砖瓦用粘土矿区等	天山南北麓

准噶尔盆地南缘乌鲁木齐—吐鲁番煤矿区,为169处,塌陷面积110.69 km<sup>2</sup>,影响面积最大的地区是陕西“渭北黑腰带”煤矿区,为145处,影响面积225.08km<sup>2</sup>。总结878处地面塌陷、地裂缝的区域分布规律,在西北地区划分出了43处矿山地面塌陷、地裂缝集中分布区(图5)。在不同地形地貌单元区,黄土高原及其他山地区煤矿山地面塌陷、地裂缝数量占到所有矿山地面塌陷、地裂缝总数的79%以上。秦岭山地煤矿山发生的地面塌陷、地裂缝数量较少,这是秦岭山地主要以开采金属矿产、非金属矿产为主,煤矿山数量较少的缘故。地面塌陷严重的矿区主要有陕西铜川煤矿区、神木大柳塔煤矿区,甘肃兰州阿干镇煤矿区、华亭煤矿区,青海大通煤矿区、鱼卡煤矿区,宁夏石嘴山煤矿区,新疆乌鲁木齐市六道湾煤矿区等矿区。

### 3 矿山地质灾害的时间变化特征

据调查资料统计,1953—2005年西北地区矿山

崩塌、滑坡、泥石流、地面塌陷、地裂缝灾害共发生2013次,其中有时间记载的1545次。2000—2005年地质灾害数量为944次,占总数的49%,平均每年发生157次。2004年是历史上灾害的高发年,灾害数量达269次,平均100处发生灾害134次,其中煤矿发生灾害次数高达194次,平均100处发生灾害143次,主要灾害类型为地面塌陷、地裂缝,其次为滑坡、泥石流;金属矿山和非金属矿山灾害次数分别为38次和37次。20世纪90年代以前矿山地质灾害次数只有171次,占总数的8.00%,90年代以后矿山地质灾害发生次数达到1374次,占总次数的92%,是90年代前的8倍。这是受80年代中后期“有水快流”思想的影响,国有的、集体的、个体的矿山一哄而上开发矿产,一味追求经济效益,安全和环保意识淡薄,无序开发导致的结果。

据调查资料分析,20世纪50—60年代的矿山地质灾害主要为地面塌陷,为开采煤矿造成的;70—80

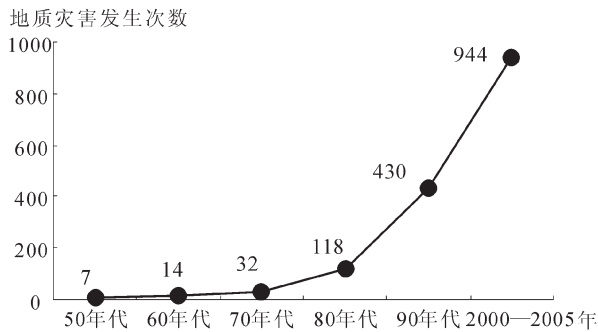


图6 西北地区矿山地质灾害发生的次数

Fig. 6 Numbers of occurrence of mine geohazards in the northwest region

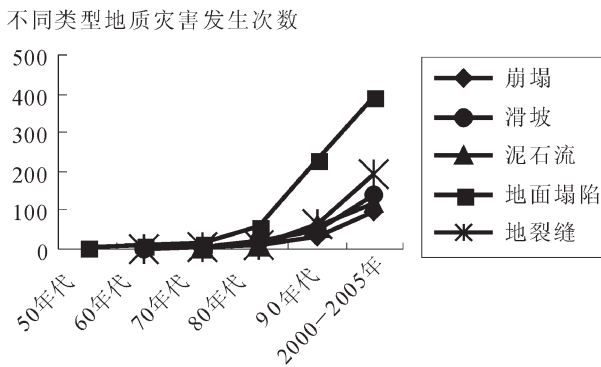


图7 西北地区矿山不同类型灾害发生的次数

Fig. 7 Numbers of occurrence of different types of mine geohazards in the northwest region

年代的地质灾害主要为地面塌陷、地裂缝,其次为滑坡、崩塌、泥石流,为开采煤矿、黑色金属、有色金属、贵金属、建材类矿产引发的;90年代的地质灾害以地面塌陷、地裂缝为主,其次为泥石流、滑坡、崩塌,主要为开采煤矿、黑色金属、有色金属、贵金属、化工及建材非金属矿引发的;2000—2005年矿山地质灾害以地面塌陷、地裂缝为主,其次为滑坡、泥石流、崩塌,主要为开采煤矿、黑色金属、有色金属、贵金属,稀有稀土金属、化工、冶金及建材非金属矿引发的。图6、图7显示,各种类型的地质灾害数量均呈现出上升的趋势。预计随着矿业开发强度的不断加大,矿山地质灾害仍将呈现高发态势,潜在的致灾隐患依然十分严重。井下开采产生的地面塌陷、地裂缝及地面变形诱发山体开裂,继而引发的崩塌、滑坡隐患和露天矿山边坡失稳导致的崩塌、滑坡隐患会呈现加重的趋势,而山地矿山废渣、尾矿渣多堆积在高陡边坡

上,为泥石流的发生与发展提供了物质来源,在暴雨或其他因素的诱发下,一旦发展成灾,就会严重威胁到矿山的正常生产和矿区及周边人民的生命、财产安全。因此各种灾害的监测、防治仍然是一项长期而艰巨的工作。

国土资源部成立以来,十分重视矿山环境保护工作,先后颁布了《地质环境保护条例》、《矿产资源管理条例》、《地质灾害防治条例》等法律法规,2007年5月21日发布了《矿山环境保护与综合治理方案编制规范》的行业标准(DZ/T223-2007)。近几年,财政部、国土资源部加大了对矿山环境治理经费的投入力度,2003—2006年为西北地区的矿山共投入资金1.876亿元,实施环境治理项目147个,收到了良好的经济、社会和环境效益,同时对部分矿山滑坡、崩塌、泥石流等突发性地质灾害开展了监测工作<sup>⑨</sup>。但不容忽视的是,随着国民经济发展对矿产资源需求的增长和国际市场矿产品价格的大幅度上扬,矿业开发活动将进一步加剧,部分治理和未治理的崩塌、滑坡、泥石流、地面塌陷、地裂缝的潜在危害依然存在,新的矿山地质灾害会不断产生,矿山地质灾害的发展与防治并存的局面将长期存在<sup>[15]</sup>。日前国土资源部印发的中国首部《全国地质勘查规划》中指出,在矿山地质环境调查监测中,对重要矿产资源开发区的典型矿山和矿业城市,要开展以矿山地质灾害为主的矿山环境监测,说明矿山地质灾害危害的严重性日益受到国家的关注。因此,为了减少矿山地质灾害的发生,需要政府部门加大对矿山环境的监督管理力度,高度重视矿山地质灾害的潜在隐患,提高矿山企业和矿区居民对矿山环境的保护意识,加强矿山地质灾害的调查、监测、评估、规划、治理、预测等工作,以促进矿产资源开发、环境保护、经济发展和稳定的协调发展。

#### 4 结 语

(1)截至2005年底,西北地区各类矿山共发生崩塌、滑坡、泥石流、地面塌陷、地裂缝5种地质灾害2013次,其中崩塌160次、滑坡263次、泥石流246次、地面塌陷955次、地裂缝389次。地面塌陷、地裂缝占到总数的66.76%。地质灾害造成的直接经济损失8.23亿元,1046人死亡。

(2)矿山地质灾害发生的数量与矿山规模、开采方式密切相关。小型矿山地质灾害的数量是大中型

矿山地质灾害数量总和的5.6倍,井下开采引发的地质灾害数量是露天开采的17倍。

(3)在不同类型矿山的矿山中,煤矿山地质灾害的数量最多、影响面积最大、经济损失最严重,79%以上的地面塌陷、地裂缝发生在煤矿山;金属矿山地质灾害造成的死亡人数最多;在不同类型的地质灾害中,泥石流灾害的危害最严重。

(4)秦岭山地是金属矿山崩滑流灾害的多发区、泥石流灾害的高发区。黄土高原和其他山地则是煤矿山地面塌陷、地裂缝灾害的多发区,滑坡、泥石流、崩塌灾害的发育区。新疆、陕西2省区矿山地质灾害数量最多,危害最严重。

(5)1990—2005年矿山地质灾害的总数是1990年前的8倍,其中2004年为矿山地质灾害高发的一年,各种灾害的数量呈现不断加剧的趋势。矿山地质灾害监测、防治工作任重而道远。

致谢:在论文撰写过程中得到长安大学李英教授的精心指导和赵阿宁硕士及同事们的帮助,在此表示诚挚的感谢。

#### 参考文献:

- [1]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.
- [2]徐友宁.矿山环境地质与地质环境[J].西北地质,2005,38(4):108-112.
- [3]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.
- [4]张进德,田磊,赵慧.我国矿山地质环境监测工作方法初探[J].水文地质工程地质,2008,35(2): I-IV.
- [5]张进德,张德强,田磊.全国矿山地质环境调查与综合评估技术方案探讨[J].地质通报,2007,26(2):136-140.
- [6]唐春,李波.矿山地质灾害防治与土地复垦[J].中国水土保持,2007,(2):25-26.
- [7]黄宗理,张良弼.地球科学大辞典[M].北京:地质出版社,2005.
- [8]国土资源部地质环境司宣传教育中心.中国地质灾害与防治[M].北京:地质出版社,2003.
- [9]徐友宁,何芳,袁汉春,等.中国西北地区矿山环境地质问题调查与评价[M].北京:地质出版社,2006.
- [10]李庶林.论我国金属矿山地质灾害与防治对策[J].中国地质灾害与防治学报,2002,13(4):44-48.
- [11]陈爱钦.矿山常见地质灾害特征及防治[J].中国锰业,2007,25(1):39-41.
- [12]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,2007,25(6):729-736.
- [13]何芳,李英,徐友宁,等.西北地区的自然环境类型[J].西北地区,2005,35(2):93-99.
- [14]徐友宁,李育敬,陈社斌,等.潼关金矿区矿渣型泥石流地质灾害特征及防治对策[J].山地学报,2006,24(6):667-671.
- [15]段永侯,罗元华,柳源,等.中国地质灾害[M].北京:中国建筑工业出版社,1993.
- ① 国土资源部.关于2005年度全国矿山企业油气矿产资源开发利用情况的通报.国土资源部通报,国土资通[2006]6号.
- ② 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.2005.
- ③ 甘肃省地质环境监测总站.甘肃省矿山地质环境调查与评估报告.2006.
- ④ 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.2005.
- ⑤ 宁夏回族自治区地质环境监测总站.宁夏回族自治区矿山地质环境调查与评估报告.2005.
- ⑥ 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.
- ⑦ 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.2006.
- ⑧ 王卫平.铜川采煤沉陷区4.2万灾民大搬迁.华商报,2008-03-23(A7).
- ⑨ 中国地质环境监测院.全国矿山地质环境调查综合研究成果报告.2007.