

陕南秦巴山区地质灾害与影响因素的相关性分析

强 菲, 赵法锁, 党亚倩

(长安大学 地质工程与测绘学院, 西安 710054)

摘要: 陕南秦巴山区受气象水文、地形地貌、地质构造、地层岩性及人类工程活动等因素的影响, 地质灾害频繁发生。对陕南 28 个县(区)的县域地质灾害区划资料进行统计分析, 深入探讨陕南秦巴山区地质灾害分布规律及其与各因素的相关性, 得出结论: 地质灾害沿主要河流、断裂、交通干道两侧一定范围内呈“带状”分布; 地质灾害集中发育于年平均降雨量小于 1 000 mm 的区域, 灾害点密度随年平均降雨量的增大而减小, 年平均降雨量小于 800 mm 的区域灾害点密度最大; 多数滑坡主要发生倾角范围在 20°~ 40° 范围内; 崩塌主要发生在多数崩塌倾角范围为 40°~ 60° 范围内; 地质灾害集中发育于中低山区; 地质灾害集中分布在泥盆系和元古宇地层岩性区; 断裂的规模越大, 对其两侧地质灾害发育的影响也越大, 深大断裂凤镇山阳断裂带灾害点密度最大; 宝成铁路两侧 1 km 范围内灾害点密度最大。分析结论为陕南移民搬迁提供可靠的地质灾害防治依据。

关键词: 陕南秦巴山区; 地质灾害; 地形地貌; 地层岩性; 地质构造; 人类工程活动

中图分类号: P642 **文献标志码:** A **文章编号:** 1672-1683(2015)03-0557-06

Correlation analysis between geological hazards and impact factors in Qinling-Daba mountains of south Shaanxi Province

QIANG Fei, ZHAO Fa suo, DANG Ya qian

(College of Geology Engineering and Geomatic, Chang'an University, Xi'an 710054, China)

Abstract: Due to the impact factors such as climate, hydrology, geomorphology, geological structure, lithology, and human activities, geological hazards occur often in Qinling Daba mountain area. Statistical analysis was performed on the geological hazard regionalization in 28 counties or districts of south Shaanxi Province, and the distribution regularities of geological hazards and the relationship between geological hazards and impact factors were investigated. The results showed that (1) the geological hazards show banding distribution along both sides of main rivers, fractures, and roads; (2) the geological hazards occur mostly in the area with an average annual rainfall less than 1000 mm. The hazard density decreases with the increasing of average annual rainfall, and the hazard density is the greatest in the area with an average annual rainfall less than 800 mm; (3) most of the landslides occur in the slopes with an angle between 20 to 40°; (4) most of the collapse occur in the slopes with an angle between 40 to 60°; (5) the geological hazards are mainly located in the middle and lower mountain area, and in the lithologic units of Devonian and Proterozoic eonothem; (6) the effects of fracture on the geological hazards on its sides enhance with the increasing scale of fracture; and (7) the hazard density is the greatest in the Fengzhen Shanyang deep fracture and the area within 1 km to the Baoji Chengdu railway. The research results can provide scientific and reliable basis for the geological disaster prevention in migration relocation.

Key words: Qinling-Daba mountain area of south Shaanxi Province; geological hazards; geomorphology; lithology; geological structure; human activities

陕南秦巴山区受内部风化破碎的地层岩性、复杂多变的地形地貌、纵横交错的断裂构造及外部区域性气象水文条件、剧烈的人类工程活动因素的影响, 区内地质灾害发育强

烈、个数较多、灾害频发^[1-6]。据统计, 陕南秦巴山区共有地质灾害点 4 177 处, 其中滑坡 3 610 处, 崩塌 225 处、不稳定斜坡 89 处、泥石流 219 处、地面塌陷 34 处。本文根据陕南

收稿日期: 2014-09-30 修回日期: 2015-04-06 网络出版时间: 2015-05-14
网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/13.1334.TV.20150514.1144.017.html>
基金项目: 陕西省科技计划项目—社会发展公关计划(s2012sf3082)
作者简介: 强 菲(1986-), 女, 陕西志丹人, 博士, 主要从事黄土滑坡机理等方面的研究。E-mail: 382671887@qq.com

28 个县(区)的县域地质灾害区划资料,从地质灾害点与 6 个决定性因素的相关性入手,探讨陕南秦巴山区地质灾害的空间分布规律及其与各因素的耦合关系,为陕南移民搬迁、秦巴山区发展与扶贫攻坚规划提供科学可靠的地质灾害防治依据。

1 气象与地质灾害

地质灾害与气象条件密切相关^[4]。陕南秦巴山区地跨北亚热带和暖温带两个气候区,分界线在秦岭南坡 800 m 等高线上下,地域上以略阳-镇安-商南一线为界^[7-8]。年平均气温南部 12℃~15℃,北部 6℃~12℃。陕南秦巴山区由南向北降雨逐渐减少,多雨区和少雨区相间出现。由南进入秦巴山区的湿热气流受巴山秦岭阻截,导致年平均降雨量较高,为 1 000~1 300 mm,局部存在暴雨中心,如汉中南郑县南部年降雨量最高达 1 700 mm。汉江谷地年降水量为 800~900 mm。秦岭南坡中部山区降水量为 900~1 000 mm。秦岭南坡东部商洛地区年降水量相对较少,仅 700~900 mm。陕南秦巴山区年降雨量主要集中在 5~10 月,夏季多暴雨,初秋多连阴雨,极易引发滑坡、泥石流等地质灾害。

地质灾害与年平均降雨量关系见表 1。一般来说,年平均降雨量与地质灾害应该呈正相关关系,但由表 1 可见,地质灾害整体集中发育于年平均降雨量小于 1 000 mm 的区域,其中 800~900 mm 的区域地质灾害发育最多,为 1 502 处,占灾害总数的 35.96%,并以滑坡为主,且灾害点密度随降雨量的增大呈减小趋势。这种反常现象主要归因于地形地貌与人类工程活动因素的影响。年平均降雨量较小的地区以低山丘陵地貌类型为主,人口密度大,人类工程活动频繁,加之残坡积层较厚、流水侵蚀强烈,增加了地质灾害的发生频率,而年平均降雨量较大的地区以不适宜人类居住的高中山地貌类型为主,人口密度小,人类工程活动弱,地质灾害点发育较少。

表 1 地质灾害分布与年平均降雨量关系

Tab. 1 Relationship between the distribution of geological hazards and average annual rainfall

年平均降雨量 / mm	灾害点数量/处				灾点总数	灾害点密度 / (处·100 km ⁻²)
	滑坡	崩塌	泥石流	其他		
< 800	953	42	40	19	1 054	8.0
800~900	1 294	77	90	41	1 502	6.9
900~1 000	650	70	51	30	801	6.3
1 000~1 100	248	11	12	10	281	5.4
1 100~1 200	286	12	15	20	333	5.4
1 200~1 300	126	11	8	0	145	3.7
1 300~1 400	43	1	3	3	50	4.9
> 1 400	10	1	0	0	11	1.4

2 水文与地质灾害

陕南秦巴山区地处长江水系,河流密布。区内发育三条山溪型河流,为嘉陵江、汉江及丹江^[8]。汉江境内流长 652 km,嘉陵江境内流长 141.7 km,丹江境内流长 234 km。汉江水系支流呈南北向分布,嘉陵江和丹江水系支流呈东西向

分布,总体平面形态呈树枝状。水系对地质灾害的影响主要表现为河流侵蚀斜坡前缘形成高陡临空面,一方面削弱了坡体抗滑力可能诱发滑坡或崩塌地质灾害,另一方面为泥石流的发生提供充足的物质来源和水力条件。据统计,陕南秦巴山区地质灾害沿河流两岸一定影响范围内呈“带状”分布。靠近河流两侧灾害点密度明显高于其它地区。陕南秦巴山区地质灾害点沿主要河流分布密度见表 2。

由表 2 可见,主要河流两岸 1 km 以内地质灾害数共计 102 处,以滑坡分布为主。丹江灾害点最多,灾害点密度也最大,为 14 处/100 km²,其中滑坡占该区灾害总数的 95.7%,分布密度为 13.4 处/100 km²。汉江两侧河漫滩阶地较宽广,两岸 1 km 范围内地质灾害相对较少,灾害点密度仅为 4 处/100 km²。据统计,部分支流两岸地貌类型为中低山区的灾害点密度高达 20 处/100 km²;而部分支流两岸地貌类型属盆地的地质灾害不发育。因此,水系与地质灾害分布关系受河流侵蚀与地形地貌两因素的耦合作用的影响。

表 2 主要河流两岸 1 km 范围内地质灾害分布

Tab. 2 Distribution of geological hazards within 1 km along both sides of main rivers

河流名称	灾害点数量/处				灾点总数	灾害点密度 / (处·100 km ⁻²)
	滑坡	崩塌	泥石流	其他		
嘉陵江	15	1	1	0	17	8
汉江	38	0	1	0	39	4
丹江	44	2	0	0	46	14

3 地形地貌与地质灾害

地形地貌通过控制坡向、坡度、切割程度等,影响着风化程度、堆积物厚度等来控制着各类地质灾害的分布^[9-12]。

3.1 地形与地质灾害

陕南秦巴山区地形起伏大,地势险恶,高山深谷错综复杂。地形在很大程度上决定了滑坡、崩塌等地质灾害的倾角。通过对陕南 2 542 处滑坡和 225 处崩塌的倾角进行统计,得到滑坡(崩塌)倾角统计图(图 1)。由图 1 可见,陕南秦巴山区 72.4% 的滑坡倾角范围在 20°~40° 内;48% 的崩塌倾角在 40°~60° 范围内,小于 20° 倾角的崩塌基本不发生。

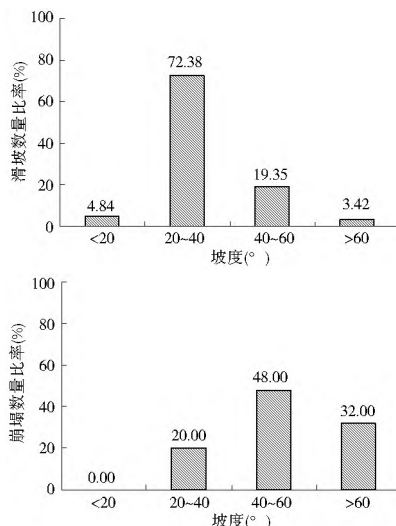


图 1 滑坡、崩塌倾角统计

Fig. 1 The slope angles of landslides and collapses

3.2 地貌与地质灾害

陕南秦巴山区地貌形态复杂多样, 北部秦岭横亘, 南部巴山盘踞, 汉江横贯中部, 形成了以中山为主体, 间有高山和高中山、中山、低山丘陵、河谷盆地等地貌景观^[8]。地势西高东低, 南北高中部低。秦岭主峰太白山为全区最高峰, 海拔 3 767 m, 白河县东北部的汉江滩为全区最低处, 海拔 172 m。全区分高山和高中山、中山、低山、丘陵、河谷盆地 6 个地貌类型。高山区海拔在 3 000~ 3 767 m 之间, 主要分布在秦岭主峰一带; 中山区海拔在 1 000~ 1 800 m 之间; 低山丘陵区海拔在 170~ 1 000 m 之间, 主要分布在河谷盆地边缘。河流沿岸 1~ 2 级阶地断续分布, 局部有 3~ 4 级阶地, 多为后期流水侵蚀。陕南地质灾害与地貌关系见表 3。

表 3 地质灾害分布与地貌关系

Tab. 3 Relationship between the distribution geological hazards and geomorphology

地貌类型	灾害点数量/处					各地貌类型占灾害总数百分比(%)
	滑坡	崩塌	泥石流	不稳定斜坡	地面塌陷	
高山及高中山	168	10	37	5	0	5.27
中山	1 176	81	87	35	15	33.37
低山	2 080	129	87	47	16	56.48
丘陵	91	0	5	2	3	2.46
河谷盆地	95	5	3	0	0	2.42

由表 3 可见, 高山及高中山区地质灾害数占灾害总数的比例较少, 仅 5.27%, 其中滑坡、崩塌、泥石流各占灾害总数的 4.02%、0.24% 和 0.89%, 由于该区沟谷切割深、地形起伏大、岩体相对坚硬, 沿风化节理面形成巨大风化块石, 为滑坡、崩塌、泥石流灾害提供了条件。中山区内发育的地质灾害数占灾害总数的 33.37%, 其中滑坡、崩塌、泥石流各占灾害总数的 28.15%、1.94% 和 2.08%。中山区除沟谷切割较深、地形起伏较大、临空面较发育外, 沟谷山坡残坡积物相对较厚, 且流水侵蚀作用也较为普遍。低山区地质灾害最为发育, 共 2 359 处, 占灾害总数的 56.48%, 以滑坡为主, 占灾害总数的 49.80%, 崩塌、泥石流各占灾害总数的 3.09%、2.08%。低山区残坡积层较厚, 分布广, 人类工程活动频繁, 自然植被严重破坏, 流水侵蚀较强。丘陵区 and 河谷盆地区由于地形平坦, 地质灾害数占灾害总数的比例较少, 分别为 2.46% 和 2.42%。

4 地层岩性与地质灾害

4.1 地层岩性与地质灾害

陕南秦巴山区跨三个大的地层区, 分别为华北、秦岭和扬子。太古界至新生界地层绝大多数地层在陕南秦巴山区均有分布, 仅仅白垩系上统地层在该区缺失^[8]。地质灾害分布与其所在的地层岩性区域密切相关, 地层岩性与地质灾害分布关系见表 4。

表 4 地层岩性与地质灾害分布关系

Tab. 4 Relationship between the distribution geological hazards and stratum lithology

地层岩性	滑坡		崩塌		泥石流		其它	
	数量/处	点密度/(处·100 km ²)	数量/处	点密度/(处·100 km ²)	数量/处	点密度/(处·100 km ²)	数量/处	点密度/(处·100 km ²)
第四系	41	3.9	0	0	2	0.2	7	0.7
上新统与更新统并层	9	48.2	2	10.7	3	16.1	0	0
第三系	18	3.2	3	0.5	0	0	0	0
白垩系	6	5.7	0	0	0	0	0	0
侏罗系	15	3.8	0	0	2	0.5	7	1.8
三叠系	67	3.5	2	0.1	6	0.3	22	1.2
二叠系	81	3.8	6	0.3	0	0	4	0.2
石炭系	76	7.1	9	0.8	0	0	4	0.4
上泥盆统与石炭系并层	10	3.2	0	0	0	0	0	0
泥盆系	893	7.5	59	0.5	52	0.4	2	0
志留系	494	4.3	7	0.1	27	0.2	4	0
奥陶系	145	5.4	6	0.2	10	0.4	1	0
寒武系	187	4.1	10	0.2	16	0.4	3	0.1
下古生界并层	239	5.6	46	1.1	13	0.3	8	0.2
古生界未分	4	2.4	0	0	2	1.2	3	1.8
元古宇	726	6.3	48	0.4	33	0.3	35	0.3
上太古界	8	2.0	0	0	22	5.4	0	0
火成岩	337	3.2	17	0.2	29	0.3	15	0.1

由表 4 可见, 各类地质灾害在陕南秦巴山区出露的地层岩性区均有分布, 但差异性较大。滑坡主要集中发育于泥盆系和元古宇, 共计 1 618 处, 占滑坡总数的 44.8%, 而滑坡灾害点密度最大区为上新统与更新统并层区, 达 48.2 处/100 km²。崩塌集中发育于泥盆系、元古宇和石炭系, 共

计 153 处, 占崩塌总数的 67.9%, 点密度最大区仍为上新统与更新统并层区, 达 10.7 处/100 km²。泥石流集中发育于泥盆系、元古宇, 达 85 处, 占泥石流总数的 38.8%, 密度最大区为上新统与更新统并层区, 达 16.1 处/100 km²; 不稳定斜坡及地面塌陷主要发育于元古宇和三叠, 共 87 处, 占不稳定

斜坡及地面塌陷灾害总数的46.4%,密度最大区为侏罗系砂岩、泥岩夹砾岩、煤层,达6.5处/100 km²。

泥盆系在研究区以砂岩、灰岩、千枚岩为主,砂岩抗风化能力较强,常形成陡坡、陡崖;灰岩抗风化能力差,极易产生滑坡、崩塌、泥石流灾害。三叠系以灰岩、白云岩和碎屑浊积岩为主,易形成不稳定斜坡。上新统与更新统并层区及第四系并层区以松散堆积物为主,是各类地质灾害高发区。

4.2 地层单元与地质灾害

根据陕西省地质志,陕南秦巴山区可划为3个一级地层区,10个二级地层区和12个三级地层区。各0级地层单元的危害点统计见表5。

表5 0级地层单元与地质灾害分布关系

Tab. 5 Relationship between the distribution geological hazards and level II stratigraphic units

灾害类型	\bar{N}_1	\bar{O}_1	\bar{O}_2	\bar{O}_3	\bar{O}_4
滑坡	43	141	185	753	1 125
崩塌	10	10	14	50	45
泥石流	32	2	12	45	56
不稳定斜坡	0	1	1	8	32
地面塌陷	0	5	0	6	3
灾害类型	\bar{O}_5	\bar{O}_6	\bar{O}_7	\bar{O}_1	\bar{O}_2
滑坡	242	239	276	556	49
崩塌	42	16	11	25	1
泥石流	9	20	23	20	2
不稳定斜坡	9	4	10	24	0
地面塌陷	2	7	1	9	1

注: \bar{N} —华北地层区, \bar{O} —秦岭地层区, \bar{O} —扬子地层区, \bar{N}_1 —豫西分区, \bar{O}_1 —宝鸡-洛南分区, \bar{O}_2 —太白-商县分区, \bar{O}_3 —礼县-柞水分区, \bar{O}_4 —徽县-旬阳分区, \bar{O}_5 —康县-略阳分区, \bar{O}_6 —文县-勉县分区, \bar{O}_7 —岚皋-竹溪分区, \bar{O}_1 —大巴山分区, \bar{O}_2 —四川盆地区

由表5可见,陕南滑坡主要集中在徽县-旬阳分区,共1 125处,占滑坡总数的31.2%,灾害点密度最大区为康县-略阳分区,达10.6处/100 km²;崩塌主要集中在礼县-柞水分区,共50处,占崩塌总数的22%,而密度最大区为礼县-柞水分区和文县-勉县分区,达0.6处/100 km²;泥石流仍集中在徽县-旬阳分区,为56处,占泥石流总数的25.5%,而密度最大区为研究区东北部的豫西分区;不稳定斜坡集中在徽县-旬阳分区,共计32处,占不稳定斜坡总数的36%,密度最大区为康县-略阳分区,为0.4处/100 km²;地面塌陷集中分布在大巴山分区,达9处,占地面塌陷总数的26.5%,密度最大区为宝鸡-洛南分区和文县-勉县分区,为0.2处/100 km²。

5 地质构造与地质灾害

地质构造对地质灾害的形成发育有着重要的影响^[13,14]。根据陕西省地质志,陕南秦巴山区地质构造属秦岭褶皱系,区内共发育19条主要深大断裂以及由断裂带切割的9个二级构造单元。此外,在强烈的新构造运动影响下,由于差异升降形成断陷盆地。受复杂的地质构造、强烈发育的紧密褶皱和压性断裂的影响,使该区岩土体破坏严重、分化速度加快。沿断裂分布有宽度不等碎裂岩带和裂隙发育带、断裂带及裂隙带影响范围内的岩土体极易受水的冲刷搬运,形成滑

坡、泥石流等地质灾害。

5.1 断裂构造与地质灾害

地质灾害受断裂构造的影响主要表现在构造的性质、规模和发育密度^[15]。据统计,地质灾害沿断裂构造的分布受离断裂的距离远近程度影响,在越靠近断裂构造的范围地质灾害分布点数越多且越密集。除此外,地质灾害分布受断裂的规模影响也较大,其断裂规模越大断裂两侧受断裂破碎带的影响也越大。总体上地质灾害点沿各主要断裂的两侧呈“带状”分布。主要断裂构造1 km范围以内地质灾害点数量及密度见表6。

表6 主要断裂两侧1 km范围内地质灾害分布

Tab. 6 Distribution of geological hazards within 1 km along both sides of main fractures

断裂编号	灾害点数量/处				灾点总数/处	灾害点密度/(处·100 km ²)
	滑坡	崩塌	泥石流	其他		
F7	0	0	1	0	1	0.7
F9	13	0	0	0	13	6.4
F11	8	0	0	0	8	3.9
F12	29	3	0	0	32	7.0
F13	97	5	9	0	111	18.6
F14	44	4	1	2	51	11.7
F15	5	1	1	0	7	12.0
F16	47	4	4	1	56	13.2
F17	28	3	0	1	32	14.0
F18	25	2	1	0	28	10.4
F19	15	0	2	0	17	5.8
F20	10	0	2	0	12	4.2
F21	10	0	1	0	11	3.4
F22	24	2	2	4	32	5.7
F23	5	0	0	0	5	7.8
F24	3	0	1	1	5	3.5
F25	17	1	1	0	19	9.8
F26	16	1	0	0	17	9.8
F27	49	2	3	0	54	9.7

注:F7—石门断裂,F9—八渡-宝鸡-铁炉子-三要断裂,F11—油坊沟-皇台断裂,F12—唐藏-南南断裂,F13—凤镇-山阳断裂,F14—酒奠梁-板岩断裂,F15—紫柏山-江口断裂,F16—略阳-马道断裂,F17—栗礼坪-七里峡断裂,F18—公馆-白河断裂,F19—月河断裂,F20—红椿坝-曾家坝断裂,F21—高桥-八仙街断裂,F22—饶峰-麻柳坝-钟宝断裂,F23—大池坝-镇巴断裂,F24—峡口-白勉峡断裂,F25—大竹坝-新集断裂,F26—宽川铺断裂,F27—阳平关-洋县断裂

由表6可见,区内大断裂两侧1 km范围内地质灾害点共计511处;深大断裂F13至F18两侧1 km范围内灾害点密度均大于10处/100 km²,其中断裂带F13的灾害点密度最大,达18.6处/100 km²,以滑坡为主,占该区灾害总数的87.4%,分布密度为16.3处/100 km²。

5.2 0级地质构造单元与地质灾害

各0级地质构造单元与地质灾害关系见表7。由表7可见,陕南秦巴山区滑坡主要集中在南秦岭印支断褶带,共1 723处,占滑坡总数的47.7%,密度最大区为康县-略阳华力西褶皱带,达10.4处/100 km²;崩塌集中在南秦岭印支断褶带,共81处,占崩塌总数的36%,密度最大区为康县-略阳华力西褶皱带,达1.8处/100 km²;泥石流仍集中在南秦岭印支断褶带,为81处,占泥石流总数的37%,密度最

表 7 0 级地质构造单元与地质灾害关系

Tab. 7 Relationship between the distribution geological hazards and level II geological structure units

灾害类型	各 0 级构造单元内灾害点数量/处				
	N ₁	0 ₁	0 ₂	0 ₃	0 ₄
滑坡	46	233	313	1 723	196
崩塌	10	18	29	81	33
泥石流	32	6	33	81	6
不稳定斜坡	1	6	8	42	5
地面塌陷	0	5	2	1	3
合计	89	268	385	1 928	243
灾害类型	0 ₅	0 ₆	0 ₁	0 ₂	
滑坡	220	359	479	41	
崩塌	21	11	21	1	
泥石流	20	21	18	2	
不稳定斜坡	5	9	12	1	
地面塌陷	7	1	12	3	
合计	273	401	542	48	

注: N₁ 中朝准地台, 0₁ 秦岭褶皱系, 0₂ 扬子准地台, N₁-豫西断隆, 0₁-北秦岭加里东褶皱带, 0₂-礼县-柞水华力西褶皱带, 0₃-南秦岭印支断褶带, 0₄-康县-略阳华力西褶皱带, 0₅-摩天岭加里东褶皱带, 0₆-北大巴山加里东褶皱带, 0₁-龙门-大巴台缘隆褶带, 0₂-四川台坳

大区为陕南东北部的豫西断隆; 不稳定斜坡集中分布在南秦岭印支断褶带内, 计 42 处, 占不稳定斜坡总数的 47.2%, 密度最大区为康县-略阳华力西褶皱带, 为 0.3 处/100 km²; 地面塌陷集中分布在龙门-大巴台缘隆褶带, 达 12 处, 占地面塌陷总数的 35.3%, 而密度最大区为摩天岭加里东褶皱带, 为 0.3 处/100 km²。

6 人类工程活动与地质灾害

人类工程活动对地质灾害具有促进和诱发作用, 具体表现在陡坡耕植、毁林开荒、道路建设及矿山开采中削坡挖脚、城乡及居民住宅建设等。其中道路建设对近年来地质灾害频发的影响最大, 主要表现为建设中过度开挖破坏山坡稳定性, 易引发滑坡、崩塌和泥石流。道路建设中削坡挖脚一方面改变坡形和坡角, 使坡体前缘临空, 诱发滑坡崩塌地质灾害, 另一方面边坡开挖时不合理爆破使得岩体结构破碎, 地质环境恶化, 从而导致斜坡的变形与破坏。

据统计, 陕南秦巴山区地质灾害沿主要交通干道一定影响范围呈“带状”分布。靠近交通干道两侧的危害点密度明显高于其它地区。距研究区主要交通干道 1 km 范围、内滑坡、崩塌、泥石流及其它类型的危害点数量及密度见表 8。

由表 8 可见, 主要交通干道两侧 1 km 以内地质灾害数共计 860 处, 以滑坡为主, 共计 761 处, 占总数的 88.5%; 泥石流次之, 共 45 处, 占总数的 5.2%; 崩塌共 40 处, 占总数的 4.7%。根据危害点数统计情况, 沪陕高速两侧 1 km 范围内地质灾害点数最多, 共计 122 处, 以滑坡分布最多, 占该区灾害总数的 94.3%; G316 国道两侧 1 km 范围内地质灾害点共 88 处, 以滑坡为主, 占该区灾害总数的 94.3%; S210 省道两侧 1 km 范围内地质灾害发育最少。根据危害点密度统计情况, 宝成铁路两侧 1 km 范围内危害点密度最大, 为 19.5 处/100 km², 该区滑坡分布密度也最大, 达 13.4 处/100 km²; 沪陕高速危害点密度次之, 为 17.2 处/100 km²; S207 省道

表 8 主要交通干道两侧 1 km 范围内地质灾害分布

Tab. 8 Distribution of geological hazards within 1 km along both sides of main roads

交通干道	灾害点数量/处				灾点总数	灾害点密度 / (处·100 km ²)	
	滑坡	崩塌	泥石流	其他			
铁路	宝成	24	1	3	1	29	19.5
	阳安	34	1	6	0	41	6.2
	襄渝	22	0	3	0	25	6.4
	西康	24	9	1	0	34	11.9
	宁西	35	2	1	0	38	11.3
高速公路	十天	52	1	1	1	55	3.9
	京昆	43	1	2	2	48	4.6
	包茂	49	8	7	0	64	11.2
	福银	31	0	0	1	32	8.3
国道	沪陕	115	4	3	0	122	17.2
	G316	83	3	2	0	88	6.6
	G108	50	0	8	0	58	7.5
	G210	32	0	1	4	37	4.2
	G312	38	2	1	0	41	7.4
省道	S309	19	1	0	2	22	9.0
	S210	1	0	0	0	1	1.1
	S211	10	0	0	2	12	12.9
	S102	20	1	0	1	22	8.0
	S307	40	2	1	0	43	9.4
	S310	17	0	3	0	20	9.6
	S207	4	1	1	0	6	2.0
	S308	3	0	0	0	3	2.6
	S202	2	1	0	0	3	3.2
	S203	13	2	1	0	16	8.8

灾害点密度最小, 仅为 2 处/100 km²。

7 结论

(1) 该区地质灾害集中发育于年平均降雨量小于 1 000 mm 的区域, 且危害点密度随降雨量的增大呈减小趋势, 年平均降雨量小于 800 mm 的区域危害点密度最大。这种负相关关系主要受地貌类型及人类工程活动因素的影响, 年平均降雨量较小的地区以低山丘陵地貌类型为主, 人类工程活动频繁, 加之残坡积层较厚、流水侵蚀强烈, 增加了地质灾害的发生频率; 年平均降雨量较大的地区以高中山地貌类型为主, 不适宜人类居住, 人类工程活动弱, 地质灾害点发育较少。

(2) 地质灾害沿主要河流两岸一定影响范围内呈“带状”分布。丹江两侧 1 km 范围内危害点最多, 密度最大, 且以滑坡为主; 汉江危害点密度最小。

(3) 多数滑坡倾角范围为 20°~40°; 多数崩塌倾角范围为 40°~60°。中低山区受人类工程活动、水流冲刷的影响且具有较厚的残破积层, 地质灾害集中发育; 地势平坦的丘陵和河谷盆地地质灾害分布较少。

(4) 地质灾害的分布在不同地层岩性区差异较大。滑坡、崩塌及泥石流集中发育于泥盆系和元古宇地层岩性区, 崩、滑、流点密度最大区为上统与更新统并层区。

(5) 按 0 级地层单元地质灾害统计, 滑坡集中分布在徽县-旬阳分区, 密度最大区为康县-略阳分区; 崩塌集中在礼

县柞水分区, 密度最大区为礼县柞水分区和文县勉县分区; 泥石流集中分布在徽县旬阳分区, 密度最大区为豫西分区。其他 0 级地质单元灾害分布较少。

(6) 地质灾害沿主要断裂两侧一定影响范围内呈“带状”分布。断裂的规模越大, 形成的断裂破碎带对其两侧地质灾害发育的影响也越大, 深大断裂凤镇山阳断裂带灾害点密度最大, 以滑坡为主。

(7) 按 0 级地质构造单元对地质灾害进行统计, 滑坡、崩塌、泥石流三种地质灾害均集中分布于南秦岭印支褶皱带内, 其中滑坡崩塌在康县略阳华力西褶皱带灾害点密度最大, 泥石流在豫西断隆密度最大。其他 0 级地质构造单元灾害分布较少。

(8) 地质灾害沿主要交通干道一定影响范围呈“带状”分布。沪陕高速两侧 1 km 范围内灾害点最多, 以滑坡为主, G316 国道次之。宝成铁路两侧 1 km 范围内灾害点密度最大, 沪陕高速次之, S207 省道最小。

参考文献 (References):

- [1] 赵奎峰. 诱发陕西秦巴山区地质灾害的强降雨形成机制及预报预警研究[D]. 兰州: 兰州大学, 2012. (ZHAO Kui feng. Studies on mechanism of strong rainstorm causing geological disaster and its predicting & early warning method in Qinling Bashan mountains [D]. Lanzhou: Lanzhou University, 2012. (in Chinese))
- [2] 陈颢, 史培军. 自然灾害[M]. 北京: 北京师范大学出版社, 2008. (CHEN Yu, SHI Pei jun. Natural Disaster [M]. Beijing: Beijing Normal University Press, 2008. (in Chinese))
- [3] 孙果梅, 况明生, 曲华, 等. 陕西秦巴山区地质灾害研究[J]. 水土保持研究, 2005, 12(5): 240-243. (SUN Guo mei, KUANG Ming sheng, QU Hua, et al. Research of geological disaster in Qinling Daba mountains [J]. Research of Soil and Water Conservation, 2005, 12(5): 240-243. (in Chinese))
- [4] 熊炜, 范文. 秦巴山区浅表层滑坡成灾规律研究[J]. 灾害学, 2014, 29(1): 228-233. (XIONG Wei, FAN Wen. Disaster law of shallow landslide in Qinba Mountain Region [J]. Journal of Catastrophology, 2014, 29(1): 228-233. (in Chinese))
- [5] 赵洲. 陕南山区县域滑坡灾害风险管理研究[D]. 西安: 西安科技大学, 2012. (ZHAO Zhou. Study on landslide risk management of county region in southern mountainous area of Shannxi province [D]. Xian: Xi'an University of Science and Technology, 2012. (in Chinese))
- [6] 戚炜, 卢全中, 赵法锁. 陕南略阳地区地质灾害发育规律[J]. 工程地质学报, 2002, 10(s): 234-238. (QI Wei, LU Quan zhong, ZHAO Fa suo. The development regulation of geological hazards in Lueyang county south of Shannxi province [J]. Journal of Engineering Geology, 2002, 10(s): 234-238. (in Chinese))
- [7] 韩金良, 吴树仁, 李东林, 等. 秦巴山区地质灾害的分布规律与成因[J]. 地质科技情报, 2007, 26(1): 101-108. (HAN Jin liang, WU Shu ren, LI Dong lin, et al. Distribution regularities and contributing factor of geological hazards in Qinling Daba mountains [J]. Geological Science and Technology Information, 2007, 26(1): 101-108. (in Chinese))
- [8] 杜继稳. 降雨型地质灾害预报预警—以黄土高原和秦巴山区为例[M]. 北京: 科学出版社, 2006. (DU Ji wen. Rainfall induced geohazards forecast and early warning—take loess plateau and Qinling Daba mountains for example [M]. Beijing: Science Press, 2006. (in Chinese))
- [9] 方琼, 段中满. 湖南省地形地貌与地质灾害分布关系分析[J]. 中国地质灾害与防治学报, 2012, 23(2): 83-88. (FANG Qiong, DU AN Zhong man. Distribution analysis of topography and geological hazards in Hunan province [J]. The Chinese Journal of Geological Hazard and Control, 2012, 23(2): 83-88. (in Chinese))
- [10] 孙石磊, 段玉贵. 论地质灾害与地质环境的关系[J]. 科技情报开发与经济, 2006, 16(15): 143-144. (SU N Shi lei, DU AN Yu gui. Discussion on the relationship between the geological hazard and the geological environment [J]. Sci Tech Information Development & Economy, 2006, 16(15): 143-144. (in Chinese))
- [11] 孟庆华, 孙炜峰, 王涛. 陕西凤县地质灾害易发性评价研究[J]. 工程地质学, 2011, 19(3): 388-396. (MENG Qing hua, SU N Wei feng, WANG Tao. GIS based four zones of geological hazard susceptibility degrees for Fengxian County in Qinling Mountains of Shanxi Province [J]. Engineering Geology, 2011, 19(3): 388-396. (in Chinese))
- [12] 毕晓玲, 李小娟, 胡卓玮, 等. 地形起伏度提取及其在区域滑坡灾害评价中的应用—以四川省为例[J]. 安徽农业科学, 2011, 39(4): 2413-2416. (BI Xiao ling, LI Xiao juan, HU Zhuo wei, et al. The extraction of relief amplitude and its application in the regional landslide hazard assessment—take Sichuan province as example [J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2011, 39(4): 2413-2416. (in Chinese))
- [13] 王帅, 王深法, 俞建强. 构造活动与地质灾害的相关性—浙西南山地滑坡、崩塌、泥石流的分布规律[J]. 山地学报, 2002, 20(1): 47-52. (WANG Shuai, WANG Shen fa, YU Jian qiang. A study on the relationship between neotectonism and geological hazards—the distributing regulations of landslide, falling and debris flow in the southwest of Zhejiang province [J]. Journal of Mountain Science, 2002, 20(1): 47-52. (in Chinese))
- [14] 姚巍, 赵其华, 李坛, 等. 四川省盐源县地质灾害分布特征与形成条件研究[J]. 地质灾害与环境保护, 2008, 19(1): 48-51. (YAO Wei, ZHAO Qi hua, LI Tan, et al. Characteristics of geology hazards distribution and formation conditions in Yanyuan county, Sichuan province [J]. Journal of Geological Hazards and Environment Preservation, 2008, 19(1): 48-51. (in Chinese))