

DOI:10.3969/j.issn.1672-1144.2017.01.032

勉县地质灾害分布与影响因素的相关性分析

刘树林^{1,2}, 强 菲³, 聂守智⁴

(1. 中交第一公路勘察设计研究院有限公司, 陕西 西安 710075;

2. 西安中交公路岩土工程有限责任公司, 陕西 西安 710075;

3. 长安大学 地质工程与测绘学院, 陕西 西安 710054;

4. 中国有色金属工业西安勘察设计院, 陕西 西安 710054)

摘 要: 受水文地质、工程地质条件及人类工程活动等影响因素的影响, 勉县是陕南地区地质灾害的多发区。为了研究勉县地质灾害分布与影响因素之间的相关性, 分别绘制了各影响因素与地质灾害分布的叠加图, 并对其进行统计分析。得出结论: 勉县地质灾害集中发育于汉江盆地年平均降雨量为 850 mm~900 mm 的区域、中低山区和丘陵区以及志留系-奥陶系下统和侏罗系地层岩性区。地质灾害沿主要水系、断裂、公路等两侧一定范围内呈“带状”分布。汉江两侧 1 km 范围内灾害点最多, 灾害点密度最大; 勉县-略阳构造带两侧 1 km 范围内灾害点最多, 灾害点密度最大; 十天高速两侧 1 km 范围内灾害点最多, 灾害点密度最大。分析结论为勉县移民搬迁项目和基础设施建设提供可靠的地质灾害防治依据。

关键词: 地质灾害分布; 灾害点密度; 影响因素; 相关性

中图分类号: P642

文献标识码: A

文章编号: 1672-1144(2017)01-0165-06

Analysis of the Correlations Between Geohazard Distribution and its Factors in Mianxian

LIU Shulin^{1,2}, QIANG Fei³, NIE Shouzhong⁴

(1. CCCC First Highway Consultants Co., Ltd., Xi'an, Shaanxi 710075, China;

2. Xi'an China Highway Geotechnical Engineering Co., Ltd., Xi'an, Shaanxi 710075, China;

3. College of Geology Engineering and Geomatics, Chang'an University, Xi'an, Shaanxi 710054, China;

4. Xi'an Engineering Investigation and Design Research Institute of China National Non-ferrous Industry, Xi'an, Shaanxi 710054, China)

Abstract: Geohazards happened a lot in Mianxian due to its hydrogeological conditions, engineering geological conditions and human engineering activities. In this paper the overlay maps of geohazards distribution and their factors were drew in order to study the correlations of geohazard distribution and its factors by statistical analysis. The results showed that: The geohazards located mainly in the area of the average annual rainfall of 850~900 mm near the Han river basin, the middle-low mountain regions and the hilly regions as well as the area of Lower Ordovician system, Lower Silurian system and Jurassic system. The geohazards developed along both sides of the main rivers, fractures and roads within a certain range as “bandings”. The Han river, the Mianxian-Lueyang fracture and the Shiyan-Tianshui highway within 1 kilometer on both sides had the most geohazards and the greatest geohazard densities. The results could provide scientific and reliable basis for geological disaster prevention in migration relocation and infrastructure construction.

Keywords: geohazard distribution; geohazard density; factors; correlation

勉县是陕南地区典型的地质灾害高发区。县境内地质灾害种类多、数量大、分布广、破坏性大、易发**性强**^[1]。勉县境内发育 90 处滑坡, 1 处泥石流、3 处地面塌陷和 10 处不稳定斜坡, 共 104 处地质灾害

点^[2]。据调查, 诱发该区地质灾害的影响因素有外部影响因素(气象、水文、人类工程活动)和内部影响因素(地貌、地层岩性、地质构造)^[3]。目前, 针对陕南地区地质灾害及其影响因素的研究较多^[4-11], 但

尚无针对勉县地质灾害分布与影响因素之间相关关系的研究。本文通过对勉县地质灾害的影响因素与地质灾害分布的关系进行统计分析,进一步研究地质灾害分布在单一影响因素或多个影响因素耦合作用下的规律性和差异性。结果表明地质灾害的分布规律和区域差异性不仅受单一影响因素的作用,同时各因素之间的耦合作用对灾害分布亦存在影响。研究成果为勉县移民搬迁项目和基础设施建设提供科学可靠的地质灾害防治依据。

1 勉县工程地质概况

1.1 气象

勉县属北亚热带、内陆性大陆季风气候^[12]。年平均降雨量为 849.5 mm,平均气温 14.2℃。降雨量多集中在 7 月—9 月份,夏季降雨量大且多为暴雨,春、秋季降雨略小多为连阴雨^[2]。由勉县年平均降雨量等值线(见图 1)可见,汉江盆地年平均降雨量为 800 mm~900 mm;汉江以南年平均降雨量为 900 mm~1 150 mm,且随海拔升高由北向南逐渐增加;汉江以北年平均降水量为 700 mm~1 000 mm,且随海拔升高由南向北逐渐减小。南部年降雨量大于北部年降雨量的主要原因为湿热气流受秦岭、巴山山脉的阻挡以及环流的影响。

1.2 水文

勉县境内河流属长江流域,县内发育的主要河流有汉江、沮水、堰河、外坝河、南河和养家河等。汉江呈东西向分布,境内流程最长,达 79 km。其余均为汉江水系支流,呈南北向分布,见图 2。水系对地质灾害的影响主要表现在三个方面^[1]:河流侵蚀斜坡前缘形成高陡临空面,使斜坡抗滑力减小,为滑坡的发生提供空间基础;地表水为泥石流的发生提供充足的物质来源和水力条件;河流两岸地形平坦、地势开阔,人类工程活动频繁,多被开发利用为住宅、城镇建设用和工业厂区等。

1.3 地形地貌

勉县地貌形态复杂,主要有汉江盆地、丘陵地貌、中低山和中高山地貌,地势中、西部低,南、北较高,表现为中部盆地区,向南北逐渐变高依次为丘陵、中低山、中高山,西部多为低中山区^[2],见图 4。最高海拔 2 621 m,最低海拔 513 m。盆地区海拔在 513 m~600 m 之间,主要位于中部偏东;丘陵区海拔在 600 m~800 m 之间,主要位于盆地南北两侧;中低山区海拔在 800 m~1 800 m 之间,北、西、南部大面积分布;高中山区海拔大于 1 800 m,主要位于北部偏东。

1.4 地层岩性

勉县境内地层岩性复杂、多样,出露的地层由老到新分别为下元古界碧口岩群(Pt₂₋₃bk),上元古界震旦系(Zdn),下古生界寒武系(Є)、奥陶系(O)、志留系(S₂r),上古生界泥盆系(D_{sh})、二叠系(P₁),中生界三叠系(T₁)、侏罗系(J)和新生界第四系(Q)^[2]。不同时代的地层和各种岩性构成复杂、多变的岩土体类型^[13]。

1.5 地质构造

勉县地处勉县—略阳构造带(F₃)与勉县—一阳平关断裂构造带(F₄)交汇部位,横跨扬子板块和秦岭微板块两大构造单元^[2]。F₃和F₄表现出早期韧脆性剪切构造作用及晚期逆冲—走滑构造作用特征,具多期活动特点^[14-15]。由于断裂带的多次活动,岩土体变形风化强烈、裂隙发育、透水性增强,并可能含有软弱破碎带或夹层。沿断裂带两侧分布有不同宽度的断层和断裂破碎带。

2 地质灾害与影响因素的相关性

2.1 气象与地质灾害

降雨是地质灾害形成的必要条件和诱发因素^[16-17]。勉县年平均降雨量等值线与地质灾害分布叠加图见图 1。年平均降雨量与地质灾害分布的关系见表 1。

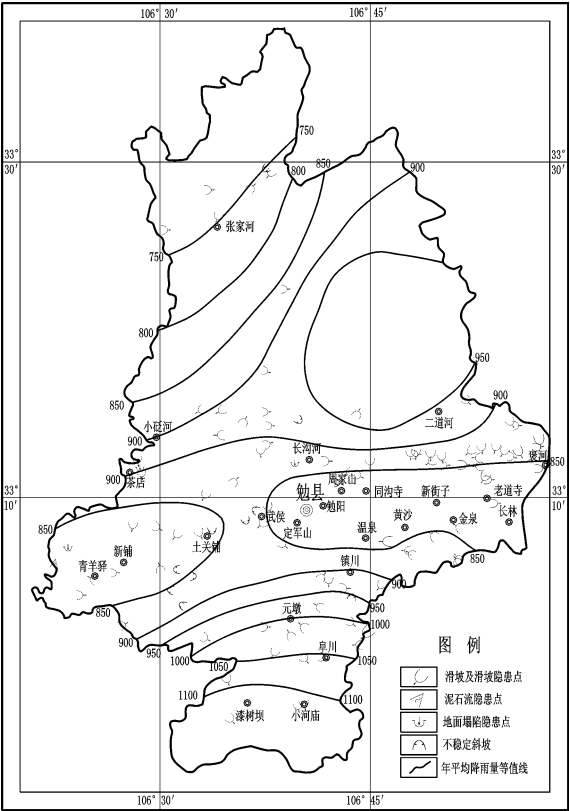


图 1 年平均降雨量等值线与地质灾害分布叠加图

表 1 年平均降雨量与地质灾害分布关系一览表

年平均降雨量 /mm	灾害点个数/处				灾点 总数 /处	灾害点 密度/ (处·100 ⁻¹ ·km ⁻²)
	滑坡	泥石流	地面 塌陷	不稳定 斜坡		
< 750	3	0	0	0	3	1.4
750 ~ 800	2	0	0	1	3	2.8
800 ~ 850	19	1	1	2	23	4.2
850 ~ 900	37	0	1	5	43	7.6
900 ~ 950	12	0	1	1	14	3.9
950 ~ 1000	3	0	0	1	4	1.2
1000 ~ 1050	7	0	0	0	7	10.6
1050 ~ 1100	3	0	0	0	3	5.7
> 1100	4	0	0	0	4	2.7

由图 1 和表 1 可见,地质灾害集中发育于汉江盆地年平均降雨量为 850 mm ~ 900 mm 的区域,共 43 处,占灾害总数的 41.35%,多为滑坡。地质灾害点密度最大处位于年平均降雨量为 1 000 mm ~ 1 050 mm 的区域,达 10.6 处/100km²。地质灾害的集中分布区和灾害点密度最大区均分布于地形相对平坦、地势开阔的盆地区和丘陵区,具有距离县城中心较近、人口密度大、人类工程活动剧烈等特点。而其他区域的地貌类型多以中低山和高中山为主,距离县城中心较远,人口密度相对较小,人类工程活动相对较弱,地质灾害发育相对较少。因此,气象与地质灾害分布的关系受地貌类型和人类工程活动耦合作用的影响较大。

2.2 水文与地质灾害

勉县主要河流与地质灾害分布的关系见图 2 及表 2。

由图 2 可见,勉县地质灾害沿河流两岸一定范围呈“带状”分布,分布带内局部片区极为密集,靠近河流两侧的危害点密度明显偏高。由表 2 可见,主要河流两岸 1 km 范围内分布地质灾害共 37 处,占灾害总数的 35.58%,以滑坡为主。汉江两侧 1 km 内的地质灾害点最多,主要发育于河床 200 m 以外人类工程活动较为频繁的低山丘陵区,共 16 处,灾害点密度也最大,为 15.8 处/100km²。汉江南部主要支流养家河两侧发育的灾害点数量次之,共 8 处,灾害点密度达 12.9 处/100km²。勉县境内地质灾害发育受河流两岸丘陵地貌和人类工程活动耦合作用的影响较大。

2.3 地貌与地质灾害

复杂的地貌类型使得滑坡等地质灾害频繁发生^[18]。勉县地貌与地质灾害分布的关系见图 3 和表 3。

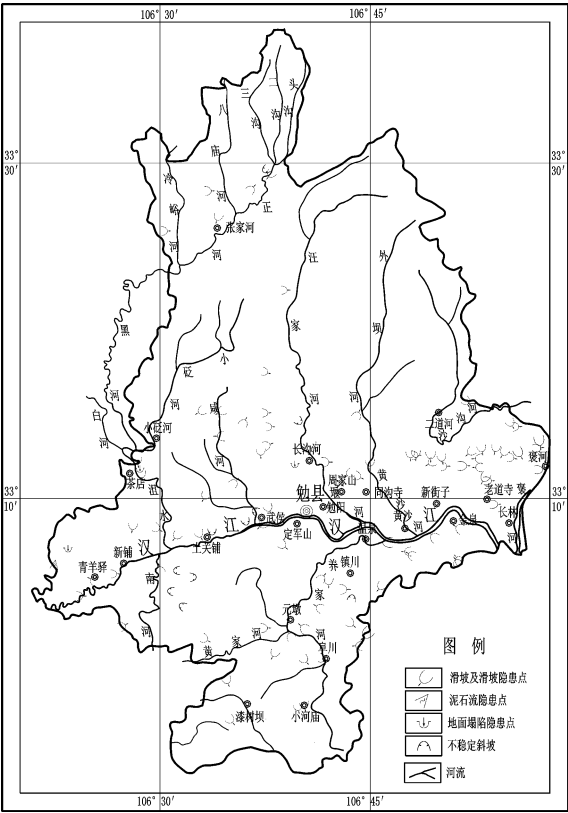


图 2 水系与地质灾害分布叠加图

表 2 主要河流两岸 1 km 范围内地质灾害分布一览表

河流名称	灾害点个数/处				灾点 总数 /处	灾害点 密度/ (处·100 ⁻¹ ·km ⁻²)
	滑坡	泥石流	地面 塌陷	不稳定 斜坡		
汉江	12	0	0	4	16	15.8
沮水	2	0	1	0	3	4.4
堰河	3	0	0	2	5	6.2
外坝河	3	0	0	0	3	4.5
南河	2	0	0	0	2	8.6
养家河	8	0	0	0	8	12.9

表 3 地貌与地质灾害分布关系一览表

地貌类型	灾害点个数/处				灾点 总数 /处	灾害点 密度/ (处·100 ⁻¹ ·km ⁻²)
	滑坡	泥石流	地面 塌陷	不稳定 斜坡		
高中山	0	0	0	0	0	0.0
中低山	46	1	3	8	58	3.6
丘陵	32	0	0	2	34	14.6
盆地	12	0	0	0	12	4.9

由图 3 及表 3 可见,高中山区由于人口密度小,人类工程活动弱,使得该区地质灾害不发育。中低山区和丘陵区地质灾害极为发育。中低山区多属重力堆积或水流-重力堆积地貌,沟谷切割较深,地形起伏较大,坡残积物及河谷冲积物相对较厚,使得该

区地质灾害分布数量最多、最为发育,共 58 处,占灾害总数的 55.77%。丘陵区人口密度大,人类工程活动频繁,加之坡残积层较厚、流水侵蚀强烈,使得该区地质灾害亦较为发育,共 34 处,占灾害总数的 32.7%,且灾害点密度最大,达 14.6 处/100km²。盆地区地形平坦,不具备地质灾害发育的地貌条件,使得地质灾害发育较少。综上,地貌与地质灾害分布的关系受气象、水文和人类工程活动耦合作用的影响。

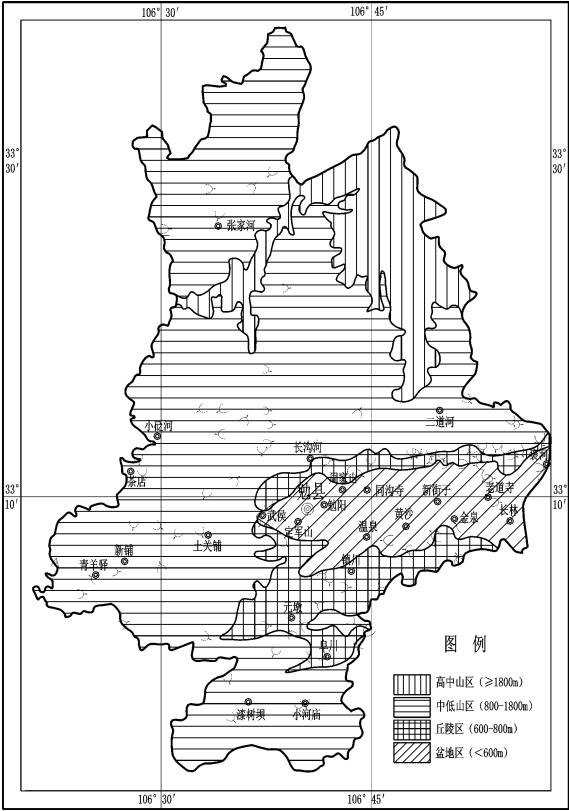


图 3 地貌与地质灾害分布叠加图

2.4 地层岩性与地质灾害

地层岩性作为地质灾害的内在因素,对地质灾害的分布起决定性作用^[13]。地层岩性与地质灾害分布的关系见图 4 和表 4。

由图 4 和表 4 可见,除寒武系外,地质灾害在勉县出露的地层岩性区域内均有分布,但差异性较大。地质灾害主要集中分布在志留系—奥陶系下统和侏罗系,共发育 52 处;侏罗系次之,发育 20 处;其次为第四系,发育 14 处。由于二叠—三叠系出露面积少,地质灾害发育少,但灾害点密度最大,达 12.3 处/100km²。志留系—奥陶系下统在境内以砂岩、页岩、砾岩为主。砂岩、页岩和砾岩抗风化能力较差,岩性破碎、节理发育,在降雨、地震及风化侵蚀作用下极易产生滑坡、不稳定斜坡等地质灾害。侏罗系

在境内以砾岩、砂岩夹煤层为主,与下伏地层不整合接触,该区地质灾害较为发育除与地层岩性有关外,与矿山开采活动频繁导致滑坡、地面塌陷等地质灾害密切相关。第四系地层主要分布于汉江盆地边缘阶地区,地形虽较为平坦,但分布有特殊性土体即膨胀土,地质灾害多以膨胀土滑坡为主。综上,地层岩性与地质灾害分布的关系受气象、水文和人类工程活动耦合作用的影响。

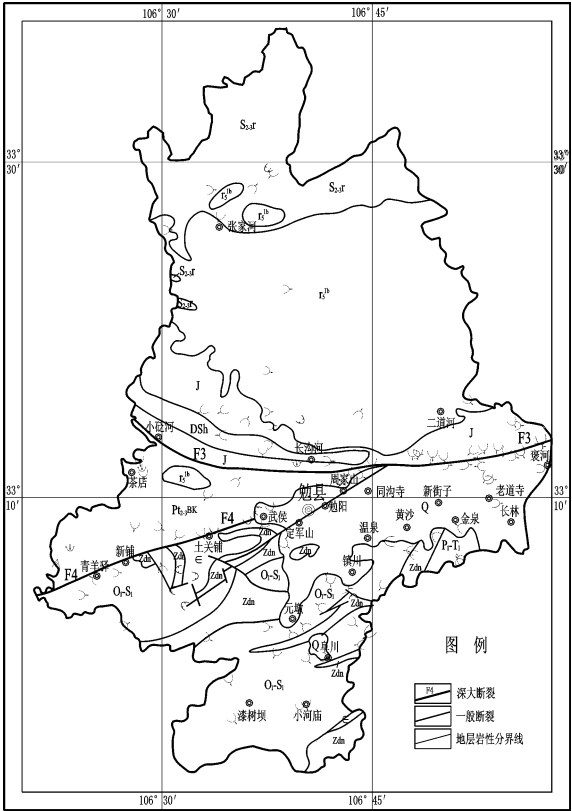


图 4 地层岩性与地质灾害分布叠加图

表 4 地层岩性与地质灾害分布关系一览表

地层岩性	灾害点个数/处				灾点总数/处	灾害点密度/处(处·100 ⁻¹ km ⁻²)
	滑坡	泥石流	地面塌陷	不稳定斜坡		
第四系	14	0	0	0	14	5.0
侏罗系	20	0	1	0	21	10.2
二叠—三叠系	2	0	0	0	2	12.3
泥盆系	4	0	0	0	4	7.8
志留系—奥陶系下统	28	0	0	3	31	7.0
志留系中—上统	4	0	0	1	5	1.6
寒武系	0	0	0	0	0	0.0
震旦系	5	0	0	2	7	4.7
下元古界	7	1	2	3	13	6.6
印支—燕山期花岗岩	6	0	0	1	7	0.9

2.5 地质构造与地质灾害

地质构造对地质灾害的形成和发育有着重要的影响^[13]。断裂带两侧影响范围内的岩土体极易受水的冲刷、搬运和入渗形成滑坡等地质灾害。主要断裂构造带 1 km 范围内地质灾害分布、数量及密度见图 4 及表 5。

表 5 主要断裂两侧 1 km 范围内地质灾害分布一览表

断裂 编号	灾害点个数/处				灾点 总数 /处	灾害点 密度/ (处·100 ⁻¹ km ⁻²)
	滑坡	泥石 流	地面 塌陷	不稳定 斜坡		
F3	21	0	1	0	22	27.8
F4	4	0	0	2	6	14.2

由图 4 可见,地质灾害沿主要断裂两侧一定范围内呈“带状”分布。由表 5 可见,主要断裂两侧 1 km 内地质灾害数共计 28 处,占灾害点总数的26.92%。其中 F₃ 断裂两侧 1 km 范围内地质灾害点最多,共 22 处,灾害点密度最大,达 27.8 处/100km²。F₄ 断裂次之,共发育 6 处地质灾害,灾害点密度为 14.2 处/100km²。地质构造与地质灾害分布的关系亦受气象、水文和人类工程活动耦合作用的影响。

2.6 人类工程活动与地质灾害

人类工程活动是诱发地质灾害的重要因素之一。主要表现在毁林开荒、道路建设、矿山开采、及宅基地、城镇和工业厂区建设等对原有地形的破坏和改变^[19-20]。其中,道路建设对地质灾害的影响最大。新建公路、旧路改建拓宽等造成大范围的坡脚开挖,导致原始斜坡的变形破坏,极易诱发滑坡、泥石流、不稳定斜坡等地质灾害^[1]。勉县境内主要交通干道与地质灾害分布见图 5 及表 6。

表 6 主要交通干道两侧 1 km 范围内地质灾害分布一览表

交通干道		灾害点个数/处				灾点 总数 /处	灾害点 密度/ (处·100 ⁻¹ km ⁻²)
		滑坡	泥石 流	地面 塌陷	不稳定 斜坡		
铁路	阳康	11	0	0	2	13	12.7
高速 公路	十天	25	0	1	1	27	23.1
	京昆	8	0	0	0	8	12.7
国道	G108	8	0	0	3	11	8.4
省道	S309	3	0	1	1	5	13.2

由图 5 和表 6 可见,勉县地质灾害沿高速公路、国道等主干线路两侧一定范围呈“带状”分布。靠近交通干道两侧的灾害点密度明显高于其它地区。由表 6 可见,主要交通干道两侧 1 km 内地质灾害共计 64 处,占灾害点总数的 61.54%。其中,十天高速两

侧 1 km 范围内地质灾害点数最多,共 27 处,灾害点密度最大,达 23.1 处/100km²。S309 省道两侧 1 km 内灾害点最少,仅 5 处。G108 国道灾害点密度最小,仅 8.4 处/100km²。此外,县境内发育的 3 处地面塌陷,均因采矿引起。

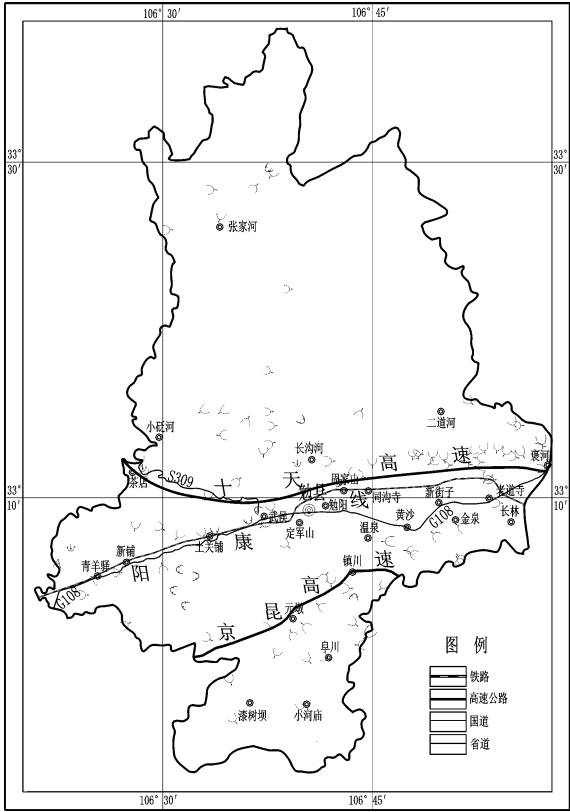


图 5 主要交通干道与地质灾害分布叠加图

3 结 论

本文统计分析了勉县地质灾害分布与气象、水文、地貌、地层岩性、地质构造、人类工程活动 6 个影响因素的相关关系,发现地质灾害集中分布区和密度最大区在单一影响因素或多个影响因素耦合作用影响下具有一定的规律性和差异性,具体如下:

- (1) 地质灾害集中发育于汉江盆地年平均降雨量为 850 mm ~ 900 mm 的区域,灾害点密度最大处位于年平均降雨量为 1 000 mm ~ 1 050 mm 的区域。气象与地质灾害分布的关系受地貌类型和人类工程活动耦合作用的影响较大。
- (2) 地质灾害沿主要河流两岸一定范围内呈“带状”分布。汉江两侧 1 km 范围内灾害点最多,灾害点密度最大。养家河两侧发育的灾害点亦较多。水文与地质灾害分布的关系受地貌类型和人类工程活动耦合作用的影响较大。
- (3) 地质灾害集中发育于中低山区和丘陵区,

高中山区无地质灾害,盆地区地质灾害发育较少。丘陵区灾害点密度最大。地貌与地质灾害分布的关系受气象、水文和人类工程活动耦合作用的影响。

(4) 地质灾害在不同地层岩性区域的分布差异较大,主要集中发育于志留系—奥陶系下统和侏罗系。二叠—三叠系灾害点密度最大。地层岩性与地质灾害分布的关系受气象、水文和人类工程活动耦合作用的影响。

(5) 地质灾害沿主要断裂勉县—略阳构造带(F_3)与勉县—阳平关断裂构造带(F_4)两侧一定范围内呈“带状”分布。勉县—略阳构造带两侧 1 km 范围内灾害点最多,灾害点密度最大。地质构造与地质灾害分布的关系受气象、水文和人类工程活动耦合作用的影响。

(6) 地质灾害沿主要交通干道一定范围内呈“带状”分布。十天高速两侧 1 km 范围内灾害点最多,灾害点密度最大。S309 省道两侧 1 km 范围内灾害点最少。

参考文献:

[1] 强 菲,赵法锁,党亚倩. 陕南秦巴山区地质灾害与影响因素的相关性分析[J]. 南水北调与水利科技, 2015, 13(3):557-562.

[2] 王 璞. 勉县膨胀土滑坡特征及危险性评价方法研究[D]. 西安:西安科技大学, 2011:7-14.

[3] 张倬元,王士天,王兰生,等. 工程地质分析原理[M]. 北京:地质出版社, 2009:1.

[4] 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, 2006:30-35.

[5] 强 菲,赵法锁,段 钊. 陕南秦巴山区地质灾害发育及空间分布规律[J]. 灾害学, 2015, 30(2): 193-198.

[6] 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.

[7] 熊 炜. 秦巴山区软弱变质岩浅表层滑坡成因机理研究[D]. 西安:长安大学, 2012:15-39.

[8] 唐 勇. 陕西秦巴山区地质灾害发育环境与分布特征研究[J]. 科技与企业, 2014(12):391.

[9] 齐普荣,陈海娟. 留坝县地质灾害类型、分布规律及发育特征[J]. 岩土工程技术, 2011, 25(4):204-206.

[10] 贺卫中,李永红,向茂西. 汉中市汉台区地质灾害发育特征及分布规律研究[J]. 地下水, 2014, 36(2):121-125.

[11] 刘树林,王建智,朱有禄,等. 略阳县泥石流灾害风险评估[J]. 水利与建筑工程学报, 2011, 9(6):129-133.

[12] 赵世发,石明生,王 俊,等. 秦巴山区地质灾害气象预报预警判据研究[C]//中国气象学会. 第 27 届中国气象学会年会灾害天气研究与预报分会场论文集, 2010:11.

[13] 马秋红. 秦巴山区地层岩性与地质构造对地质灾害发育的控制作用分析[D]. 西安:长安大学, 2011:25-26,30-32.

[14] Zhang Guowei, Meng Qingren, Lai Shaocong. Tectonics and structure of Qinling orogenic belt [J]. Science in China (Series B), 1995, 38(11):1379-1394.

[15] Zhang Guowei, Xiang Liwen, Meng Qingren. The Qinling orogenic and intracontinental orogenic mechanism [J]. Episodes, 1995, 18(1/2):36-39.

[16] 赵世发,王 俊,杜继稳,等. 秦巴山区地质灾害成因及预报预警[J]. 气象科技, 2010, 38(2):263-269.

[17] 许超美. 陕南地质灾害与降水量关系分析[C]//陕西省地质调查院. 秦巴山区地质灾害与防治学术研讨会论文集. 北京:中国地质大学出版社, 2015:6.

[18] 吕世民,吴 凯,杜光波,等. 宁夏隆德县地质灾害发育特征及形成条件分析[J]. 水利与建筑工程学报, 2015, 13(6):42-47.

[19] 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, 2012:41-42.

[20] 郭军涛. 基于 GIS 的十天高速(陕西境)公路地质灾害管理系统开发[D]. 西安:长安大学, 2012:6-12.



(上接第 156 页)

[7] 吴杰芳,张林让,陈 震. 混凝土重力坝深层抗震抗滑稳定分析研究[J]. 长江科学院院报, 2010, 27(6):58-61.

[8] 薛晓鹏,王维维,郑柯君. 软基岩层上的混凝土重力坝设计及基础处理[J]. 水利与建筑工程学报, 2015, 13(3):140-144.

[9] 毛昶熙. 渗流计算分析与控制[M]. 北京:中国水利水电出版社, 2003.

[10] 赵振兴,何建京. 水力学[M]. 北京:清华大学出版社, 2010.

[11] Zienkiewics O C, Humpheson C, Lewis R W. Associated

and non-associated visco-plasticity and plasticity in soil mechanics[J]. Geotechnique, 1975, 25(4):671-689.

[12] 赵 川,付成华,何 欢,等. 锦屏水电站缆机平台高陡边坡开挖支护数值模拟[J]. 长江科学院院报, 2015, 32(8):94-98.

[13] 聂彦春,王 刚,马震岳,等. 基于强度折减法的重力坝坝基软弱结构面失稳判据研究[J]. 水利与建筑工程学报, 2013, 11(4):13-16,37.

[14] 潘家铮. 建筑物的抗滑稳定和滑坡分析[M]. 北京:水利出版社, 1980.