

汤家法, 王沁. 2013年北川聚落空间的地质灾害灾情分析[J]. 灾害学, 2015, 30(1): 87-91. [Tang Jiafa, Wang Qing. The analysis of the geological disaster occurred in the settlements space in 2013 for the BeichuanQiang Autonomous county [J]. Journal of Catastrophology, 2015, 30(1): 87-91.]

2013年北川聚落空间的地质灾害灾情分析^{*}

汤家法¹, 王沁²

(1. 西南交通大学 地球科学与环境工程学院, 四川 成都 610031; 2. 西南交通大学 数学学院, 四川 成都 610031)

摘要: 北川羌族自治县是2008年汶川8.0级地震的极重灾区之一。2013年7月8-12日, 北川县境内普降暴雨, 引起地质灾害事件大面积爆发。洪灾之后的灾情普查数据表明, 县域内共有1318个居民点受到各类地质灾害的威胁, 这些地质灾害点的类型多样、分布广泛并且所造成的危害严重。根据灾情普查数据, 按乡镇单元提取了各自的灾害点数量、受威胁面积、受威胁户数、受威胁人数、受威胁财产以及防治费用等6个指标, 采用主成分分析方法来进行地质灾害灾情的综合评价, 根据各乡镇的综合得分对乡镇的灾情进行了排序。这个评价结果较好地反映了各乡镇之间的灾情差异, 也为上一级政府进行诸如制定乡镇社会经济发展指标、决定防灾减灾资金及技术力量的投向等行政决策提供了直接依据。

关键词: 聚落空间; 地质灾害; 灾情; 四川北川羌族自治县

中图分类号: X43 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-811X(2015)01-0087-05

doi: 10.3969/j.issn.1000-811X.2015.01.017

北川羌族自治县隶属于四川省绵阳市, 地处四川盆地向川西高原过渡的地带, 境内山高谷深, 地质构造复杂, 是2008年汶川8.0级地震的极重灾区之一。地震对县域内的环境破坏相当严重, 震后的灾害普查发现北川县境内共发育有滑坡506处、崩塌58处、泥石流17处、堰塞湖15个^[1]。震区内自然环境的稳定和恢复需要相当长的时间, 地质灾害可能的持续时间为20~25年, 在这段时间内, 地质灾害将以4~5年一个高峰为周期, 呈震荡式的衰减下降, 并最终恢复到震前的水平^[2]。相对于这个缓慢的稳定过程, 震区的灾后重建工作推进的速度非常快, 在2010年左右就基本完成了重建工作。在重建过程中, 遵循了八个基本原则, 其中的“坚持尊重自然规律, 科学重建”、“坚持安全第一, 保证质量”两项基本原则, 对县域内城乡居民点布局和选址产生了重大影响, 基本上避开了已知的重大地质灾害点, 重建后县域内的人居环境安全得到了基本保障^[3]。但由于自然环境尚未稳定, 基本建设速度过快、规模过大, 以及近几年频发极端天气事件等诸多原因, 在震后重构的聚落空间里发生了大量的灾害事件, 截止到2013年底, 县域内已发现有1318个居民点受到各类地质灾害的威胁。大面积爆发的地质灾害

恶化了后地震时期北川地区的人居环境安全形势, 分析其主要的灾情特征, 并准确评价出县内各行政单元的灾情, 对于提高对县域以内的灾情认识和灾害管理水平, 因地制宜地制定出正确防灾减灾对策, 保障这些受威胁居民点的居住安全有着重要的实践意义。

1 数据源介绍

2013年7月8-12日, 北川县境内普降暴雨, 引起地质灾害事件大面积爆发。本文所使用的地质灾害数据主要来源于北川羌族自治县国土资源局在2013年“7·9”洪灾之后的灾情普查。普查的主要工作内容包括判定类型、评估灾情、预测趋势和制定对策等, 其中的部分可量化的指标被提取出来, 成为本文分析的主要依据。

2 聚落空间的地质灾害灾情特征

2.1 灾害点数量较大, 类型众多

已发现的灾害点数量大, 类型多。截止到2013年底, 县域内已发现有1318个居民点受到安全威胁。其中受危岩威胁14处, 崩塌148处, 不

* 收稿日期: 2014-08-08

修回日期: 2014-09-10

基金项目: 教育部人文社会科学研究规划基金(12YJAZH124); 中央高校基本科研业务费专项资金

作者简介: 汤家法(1971-), 男, 安徽庐江人, 博士, 副教授, 主要从事山地灾害与山地环境研究。

E-mail: tajava@home.swjtu.edu.cn

线性组合中方差最大者; Y_2 是与 Y_1 不相关的 (X_1, X_2, \dots, X_p)' 所有线性组合中方差第二大者; 其余以此类推。此时, Y_1 就是第一主成分, Y_2 是第二主成分, 其余以此类推。

由于 X 的协方差阵 Σ 为非负定的, 其特征方程 $(\Sigma - \lambda I)u_1 = 0$ 的根均大于零, 不妨设 $\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \dots \geq \lambda_p \geq 0$ 。由拉格朗日方法可以知道 Y_1 的方差为 λ_1 , 其相应的线性变化量 u_1 为特征根 λ_1 对应的单位化特征向量, Y_2 的方差为 λ_2 , 其相应的线性变化量 u_2 为特征根 λ_2 对应的单位化特征向量, 其余依此类推。

为了降低问题的复杂度, 通常不会保留 p 个主成分, 而是取 $m < p$ 个主成分, 使其方差累计贡献率满足 $\sum_{i=1}^m \lambda_i \div \sum_{i=1}^p \lambda_i \geq 80\%$, 用此 m 个主成分进行分析, 即可以使信息损失不太多, 又能达到减少变量、降低问题复杂度的目的, 提高效率。

(2) 数据处理过程

提取灾情普查数据中的灾害点数量 X_1 (个)、受威胁面积 X_2 (万 m^2)、受威胁户数 X_3 (户)、受威胁人数 X_4 (人)、受威胁财产 X_5 (万元) 以及防治费用 X_6 (万元) 等 6 个指标作为分析的依据。由于使指标变量的量纲不一致, 所以首先对指标进行标准化处理, 公式为:

$$x_{ij}^* = \frac{x_{ij} - \bar{x}_j}{s_j} \quad (2)$$

式中: x_{ij} 为原始数据, 是第 j 个指标的第 i 次观察值; $\bar{x}_j = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_{ij}$ 为样本指标均值; $s_j^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_{ij} - \bar{x}_j)^2$ 样本指标方差。

对这 6 个指标进行 KMO 和巴特利特球形检验, 以检验指标是否适合进行主成分分析。表 1 所示为相关检验结果。

表 1 KMO 和巴特利特球形检验

KMO 的值		0.527
巴特利特球形检验	卡方分布近似值	143.692
	自由度	15
	P -值	0.000

由表 1 可知, KMO 的值为 $0.527 > 0.5$, 而且巴特利特球形检验的 P 值为 0.000, 说明通过显著性水平检验 ($\alpha = 0.05$), 该组指标比较适合做主成分分析。

(3) 方差贡献率和载荷矩阵

计算标准化数据的协方差矩阵, 并求解协方差矩阵的特征根 (表 2)。

由表 2 可知, 满足特征值大于 1 的因子为前 2 个, 且贡献率为 81.06%, 前 2 个因子已经包含了原始变量中大部分信息, 选用这 2 个因子作为主成

分。计算这两个主成分与标准化指标的载荷矩阵, 其结果如表 3 所示。

表 2 总方差解释

成分	初始特征值			提取平方和载入		
	合计	方差的百分比/%	累积百分比/%	合计	方差的百分比/%	累积百分比/%
1	3.422	57.03	57.03	2.88	48.07	48.07
2	1.442	24.03	81.06	1.98	32.99	81.06
3	0.686	11.44	92.50			
4	0.275	4.58	97.08			
5	0.173	2.88	99.96			
6	0.002	0.04	100			

表 3 因子载荷矩阵

	主成分 1	主成分 2
标准化 (X_1)	0.234	0.839
标准化 (X_2)	0.359	0.560
标准化 (X_3)	0.963	0.195
标准化 (X_4)	0.955	0.210
标准化 (X_5)	0.928	0.123
标准化 (X_6)	0.021	0.930

下面对变量所属成分进行划分。假设 ZX_i 表示对原始值标准化后的变量, 标量 f_{ij} 代表成分 j 对变量 ZX_i 的载荷值, 若 $|f_{mj}| \geq 0.5$, 则变量 ZX_m 包含在第 j 主成分中。由表 3 可知, “主成分 1” 在受威胁户数 (ZX_3)、受威胁人数 (ZX_4)、受威胁财产 (ZX_5) 这 3 个指标上具有较高的载荷值, 由于这 3 个指标反映的是聚落中人员和财产受威胁程度, 故命名为“聚落灾情因子”, 记 F_1 。“主成分 2” 包含了灾害点数量 (ZX_1)、受威胁面积 (ZX_2)、防治费用 (ZX_6), 反映的是聚落所占空间受威胁程度, 故命名为“空间灾情因子” 记 F_2 。

(4) 主成分的得分系数

下面计算这两个主成分 F_1 和 F_2 与标准化指标之间的得分系数矩阵, 其结果如表 4 所示。

表 4 主成分得分系数

	主成分 1	主成分 2
标准化 (X_1)	-0.056	0.449
标准化 (X_2)	0.044	0.263
标准化 (X_3)	0.352	-0.058
标准化 (X_4)	0.346	-0.048
标准化 (X_5)	0.350	-0.094
标准化 (X_6)	-0.174	0.547

根据表 4, 可以写出各主成分与各指标的关系:

$$F_1 = \sqrt{3.422} [-0.056ZX_1 + 0.044ZX_2 + 0.352ZX_3 + 0.346ZX_4 + 0.350ZX_5 - 0.174ZX_6], \quad (3)$$

$$F_2 = \sqrt{1.422} [0.449ZX_1 + 0.263ZX_2 - 0.058ZX_3 - 0.048ZX_4 - 0.094ZX_5 - 0.547ZX_6]. \quad (4)$$

由于, 第一因子的贡献率为 57.032, 第二因

表 5 各乡镇主要灾情描述

乡镇	灾情排名	主要灾情描述
擂鼓镇	1	综合得分 2.37。聚落灾情最重，因子得分 3.51，有 2 086 户、6 788 人，29 814 万元的财产受到威胁；空间灾情较轻，因子得分 -0.33，共有 73 个灾害点，539.3 万 m ² 的空间受威胁，完全治理需要 650.5 万元。
陈家坝	2	综合得分 1.35。聚落灾情重，因子得分 2.08，有 1 061 户、3 233 人，36 885 万元的财产受到威胁；空间灾情较轻，因子得分 -0.36，共有 86 个灾害点，190.83 万 m ² 的空间受威胁，完全治理需要 697 万元。
曲山镇	3	综合得分 1.09。聚落灾情较重，因子得分 1.08，有 1 182 户、3 482 人，17 152 万元的财产受到威胁；空间灾情较重，因子得分 1.11，共有 74 个灾害点，284.5 万 m ² 的空间受威胁，完全治理需要 3 151.4 万元。
小坝乡	4	综合得分 0.51。聚落灾情较轻，因子得分 -0.24，有 585 户、2 033 人，7 929 万元的财产受到威胁；空间灾情最重，因子得分 2.28，共有 159 个灾害点，156.6 万 m ² 的空间受威胁，完全治理需要 3 280 万元。
禹里乡	5	综合得分 0.42。聚落灾情较轻，因子得分 -0.27，有 345 户、1 097 人，6 465 万元的财产受到威胁；空间灾情重，因子得分 2.06，共有 89 个灾害点，1 116.3 万 m ² 的空间受威胁，完全治理需要 2407 万元。
坝底乡	6	综合得分 0.27。聚落灾情较重，因子得分 0.11，有 546 户、2 101 人，7 951 万元的财产受到威胁；空间灾情较重，因子得分 0.67，共有 119 个灾害点，24.7 万 m ² 的空间受威胁，完全治理需要 1 456 万元。
开坪乡	7	综合得分 0.06。聚落灾情轻，因子得分 -0.45，有 387 户、1 318 人，4 852 万元的财产受到威胁；空间灾情重，因子得分 1.28，共有 101 个灾害点，184.5 万 m ² 的空间受威胁，完全治理需要 2 532 万元。
片口乡	8	综合得分 -0.009。聚落灾情轻，因子得分 -0.42，有 366 户、1 312 人，4 509 万元的财产受到威胁；空间灾情较重，因子得分 0.98，共有 91 个灾害点，140.9 万 m ² 的空间受威胁，完全治理需要 2 258 万元。
青片乡	9	综合得分 -0.11。聚落灾情较轻，因子得分 -0.13，有 362 户、1 341 人，7 507 万元的财产受到威胁；空间灾情较轻，因子得分 -0.11，共有 55 个灾害点，28.8 万 m ² 的空间受威胁，完全治理需要 1 420 万元。
桃龙乡	10	综合得分 -0.21。聚落灾情轻，因子得分 -0.34，有 283 户、1 084 人，3 050 万元的财产受到威胁；空间灾情较轻，因子得分 -0.08，共有 91 个灾害点，75.6 万 m ² 的空间受威胁，完全治理需要 684.7 万元。
其他乡镇及其灾情排名情况		永安镇(11)，都坝乡(12)，白坭乡(13)，马槽乡(14)，漩坪乡(15)，墩上乡(16)，桂溪乡(17)，白什乡(18)，通口镇(19)，安昌镇(20)，贯岭乡(21)，香泉乡(22)，永昌镇(23)。这些乡镇灾情相对较轻，灾害点的数量、造成的损失等指标都大幅较低，灾害类型以小型的滑坡、崩塌为主。其中的永昌镇为河谷平原地带，没有灾害点分布。

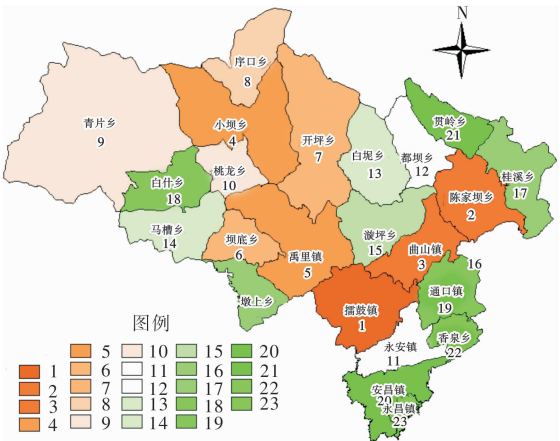


图 2 各乡镇的聚落灾情排序

子的贡献率为 24.034，所以，根据贡献率对第一因子和的人因子进行加权，获得综合得分，综合得分的公式为：

$$score = \frac{57.032}{57.032 + 24.034}F_1 + \frac{24.034}{57.032 + 24.034}F_2。$$
 (5)

3.3 评价结果

根据式(3)~(5)，计算出每个乡镇的综合得

分，得分愈高者灾情愈重，排名愈靠前，图 2 是各乡镇的灾情排序情况，主要乡镇的灾情分述见表 5。

4 结论与对策

(1)在超常降的水激发之下，2013 年是北川县地质灾害的一个高发年份，灾害点数量多，造成的损失大。2013 年与 2008 年汶川地震已有相距 5 年之久的时间，但地震所造成的直接和间接的影响依然存在。汶川地震的发震断层北川逆冲断层贯穿了擂鼓镇、陈家坝乡、曲山镇等乡镇，这三个乡镇灾情严重度位居前三，且以泥石流灾害最为严重，说明地震对山体破坏的直接影响仍然强大；离发震断层稍远的关内各乡镇的灾害以中小型的崩塌类灾害为主，这也说明了汶川地震对山体破坏的潜在影响开始慢慢地显现。2013 年大面积爆发的次生地质灾害也从一个侧面印证了文献[2]关于汶川地震地质灾害后效应的基本判断。

(2) 由于县内自然环境条件差异及受汶川地震影响程度的不同, 各乡镇之间的灾情差异明显, 按行政单元对其进行灾情评价, 弄清楚了各乡镇的灾情特点, 厘清了它们之间关系, 为上一级政府进行诸如制定乡镇社会经济发展指标、决定防灾减灾资金及技术力量的投向等行政决策提供了直接依据。

(3) 汶川地震后, 北川属人居环境安全度低的地区^[6]。大面积爆发的地质灾害进一步恶化了北川地区的人居环境安全形势。为确保北川境内的聚落空间的安全, 必须根据各地灾情的紧急程度、严重程度及其未来的发展趋势制定出相应的安全保障对策。总的来说, 要遵从以下几个原则: ① 应急处理与长期治理相结合。对于灾情紧急, 已直接威胁居住安全的灾害点, 要采取相应的土木工程措施和应急排危措施加以治理, 但从长远来看, 还需加强生物治理措施, 同时要减少不合理人类活动的扰动, 逐步稳定和恢复当地的自然环境, 从而达到降低山地灾害发生的可能性, 确保居住环境安全; ② 工程治理与避让搬迁相结合。现有的这些灾害点大部分是可以通过工程治理、应急排危等保障措施来保障其安全, 但对于一些

危险程度高, 耗资巨大且安全无法得到根本保障的居民点建议采取搬迁的措施, 减轻当地安全保障的压力; ③ 群测群防与政府主导相结合。区内的地质灾害在未来相当长的一段时间内仍将高发频发, 积极发展政府主导下的群测群防机制, 通过不断加强汛期的警戒水平, 确保聚落空间的安全。

参考文献:

- [1] 齐信, 唐川, 铁永波. 基于 GIS 技术的汶川地震诱发地质灾害危险性评价[J]. 成都理工大学学报: 自然科学版, 2010, 37(2): 160-167.
- [2] 黄润秋. 汶川地震地质灾害后效应分析[J]. 工程地质学报, 2011, 19(2): 145-151.
- [3] 李晓江, 朱波, 张高攀, 等. 北川灾后恢复重建村镇体系规划[J]. 城市规划通讯, 2011(6): 14-16.
- [4] 王金亮, 翁秀红. 基于主成分分析法的泥石流危险度综合评价[J]. 地质灾害与环境保护, 2013, 24(1): 88-92.
- [5] 王璐, 王沁. SPSS 统计分析基础、应用与实战精粹[M]. 北京: 化学工业出版社, 2012.
- [6] 樊杰. 国家汶川地震灾后重建规划——资源环境承载能力评价[M]. 北京: 科学出版社, 2009.

Analysis on the Geological Disasters Occurred in the Settlements Space in 2013 for the Beichuan Qiang Autonomous County

Tang Jiafa¹ and Wang Qing²

- (1. Faculty of Geosciences and Environmental Engineering, Southwest Jiaotong University, Chendu 610031, China;
2. School of Mathematics, Southwest Jiaotong University, Chendu 610031, China)

Abstract: Beichuan Qiang Autonomous County was one of the hardest destroyed areas in the 2008 Wenchuan earthquake. Many geological disasters occurred in the settlement space because of the heavy rainfall which lasted from the July 8 to 12 in 2013. The results of the field survey after the storm showed that there were about 1318 settlements hurt by geological disasters, and these different kinds of geological disasters were widely distributed in the county with heavy threatens. There are 23 towns in the Beichuan County; the geological disaster states are quite different among these towns. In order to evaluate the disaster state of these towns, six indexes of each town and the principal component analysis method are employed. The indexes include the numbers of the disasters, the area threaten by the disaster, the population threaten by the disaster, the family numbers threaten by the disaster, the property threaten by the disaster, and the disaster prevention costs. The evaluation result can tell the difference of the disaster state among the towns definitely, and it can be act as the administrative policy basis of the disaster management.

Key words: settlement space; geological disaster; disaster state; Beichuan Qiang Autonomous County of Sichuan Province