

# 基于层次分析法的北川县环境地质承载力评价

孙金辉<sup>1,2</sup>, 谢忠胜<sup>1,2</sup>, 陈欢<sup>1,2</sup>, 黄海<sup>1,2</sup>, 李金洋<sup>1,2</sup>

(1. 中国地质调查局 地质灾害防治技术中心, 四川 成都 610081; 2. 中国地质科学院 探矿工艺研究所, 四川 成都 611734)

**摘要:** [目的] 对四川省北川县环境地质承载力进行评价, 为区域发展规划及建设提供科学依据。[方法] 结合涪江流域的环境地质特点及社会发展情况, 构建基于地质环境、生态环境和社会环境 3 个方面共 10 个评价指标层的环境地质承载力评价体系, 采取层次分析法与专家打分法判定各评价指标权重, 并通过 GIS 栅格功能对现状下北川县环境地质承载力进行综合评价。[结果] 获得北川县的现状环境地质承载力分区图, 划分出承载力状态高、较高、较低和低 4 种区域。[结论] 北川县现状环境承载力分布与人类工程建设相关, 总体上呈现人类聚集程度高而承载力状态低的趋势。

**关键词:** 涪江流域; 环境地质承载力; 层次分析法; 指标体系; 四川省北川县

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2018)04-0125-04

中图分类号: P694

**文献参数:** 孙金辉, 谢忠胜, 陈欢, 等. 基于层次分析法的北川县环境地质承载力评价[J]. 水土保持通报, 2018, 38(4): 125-128. DOI: 10. 13961/j. cnki. stbctb. 2018. 04. 021. Sun Jinhui, Xie Zhongsheng, Chen Huan, et al. Assessment of geological environment carrying capacity of Beichuan County based on AHP [J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2018, 38(4): 125-128.

## Assessment of Geological Environment Carrying Capacity of Beichuan County Based on AHP

SUN Jinhui<sup>1,2</sup>, XIE Zhongsheng<sup>1,2</sup>, CHEN Huan<sup>1,2</sup>, HUANG Hai<sup>1,2</sup>, LI Jinyang<sup>1,2</sup>

(1. Technical Center for Geological Hazard Prevention & Control, CGS, Chengdu, Sichuan 610081, China; 2. Institute of Exploration Technology, CAGS, Chengdu, Sichuan 611734, China)

**Abstract:** [Objective] The environmental geological carrying capacity of Beichuan County, Sichuan Province is evaluated to provide scientific basis for development planning and construction. [Methods] Combined with the environmental geological characteristics and social development of Fujiang River basin, the environmental geological bearing capacity evaluation system based on geological environment, ecological environment and social environment was constructed. The weight of each evaluation index was determined by analytic hierarchy process and expert scoring method. The environmental geological bearing capacity of Beichuan County is evaluated comprehensively through GIS grid function. [Results] The present situation of Beichuan County is obtained. And four regions of high, higher, lower and low bearing capacity are divided. [Conclusion] The distribution of current environmental carrying capacity in Beichuan County is related to human engineering construction. In general, there is a trend of high degree of human aggregation and low bearing capacity.

**Keywords:** Fujiang River basin; environmental geological bearing capacity; analytic hierarchy process; index system; Beichuan County of Sichuan Province

涪江流域山区城镇扩张速度受地质环境、生态环境等因素约束和制约影响, 出现部分场镇超荷载运行而引发地质灾害、环境污染、社会经济发展不均等问题严重, 如何科学评价涪江流域山区城镇环境地质承载力现状问题迫在眉睫。目前, 对于山区城镇环境地

质承载力的研究多停留在概念描述上, 而针对承载力评价的指标体系和评价模型相对较少。国内承载力概念最早出现于 1991 年中国科研项目《我国沿海经济技术开发区环境的综合研究: 福建省湄洲湾开发区环境规划综合研究总报告》<sup>[1]</sup>, 后续主要研究多集中

收稿日期: 2018-02-08

修回日期: 2018-03-21

资助项目: 中国地质调查项目“涪江流域 1: 5 万环境地质调查”(DD20160251); 国家自然科学基金青年项目“渗流作用下孔隙水压力对坡面固体物质起动的机理研究”(41502330)

第一作者: 孙金辉(1983—), 男(汉族), 河北省故城县人, 硕士, 工程师, 主要从事地质灾害形成机理及防治技术方面的研究。E-mail: sjh20040644@163.com.

在环境要素承载力方面,如水环境地质承载力、土地承载力、旅游环境地质承载力<sup>[2-4]</sup>的研究等。本研究承载力评价以长江流域上游涪江地区的山区城镇为研究对象,以绵阳市北川县为环境地质承载力载体,旨在探索开拓出山区城镇环境地质承载力的评价体系 and 评价指标,为西南山区城镇科学、高效的长期规划提供有力依据。本研究针对上述科学问题,利用层次分析法建立了合理并且完善的环境地质承载力评级指标体系。选取涪江流域典型山区城镇绵阳市北川县,通过深入系统的调查及以往资料研究工作,进行系统的环境地质承载力评价,研究方法及评价体系可为西南山区城镇环境地质承载力科学评价提供参考。

## 1 数据收集及方法

### 1.1 北川县环境地质介绍

北川县属四川省绵阳市所辖,位于绵阳市西北部,东接江油,南邻安县,西靠茂县,北抵松潘、平武。在地质构造上位于青藏高原东部边缘的龙门山构造带内,由一系列北东向展布、左行雁行斜列的紧密褶皱和 3 条主干大断裂及次级断层系组成,自东向西是龙门山前主边界断裂带、主中央断裂带和后龙门山大断裂构成的复杂褶皱冲断带,区内构造复杂,历经多次构造变动,加之不同时期的外动力地质条件改造作用,形成了地质构造、地层岩性、地貌景观相对复杂的地质背景条件。北川县总体处于成德绵经济圈西北侧,其中县城中心位于西部山前发展轴北部。作为经济发展区与生态保护区过渡区域,北川县为成德绵经济圈发展提供了有利保障,其生态自然保护区又为生态保护提供了广阔空间。整体上呈现了地形地貌的多级跨度,生态保护与人类活动的接触渐变,以及地质灾害的典型发育等特点。所以对北川县的环境地质承载力评价既有经济意义,又有地质防治意义,对北川县的长期规划发展提供有力基础。

### 1.2 计算方法选取

在现有的所有权重计算方法中,层次分析法被普遍认为是合理有效的定权方法。由于层次分析法结合了专家打分法的定性分析优点,又采用适当的数学模型进行定量分析,弥补了定性与定量的不足之处,比较适合于既具有定性指标又具有定量指标的评价领域。应用层次分析法决策问题时,首先要分析系统中各因素之间的关系,把问题条理化、层次化,构造出一个有层次的结构模型。

层次分析法程序设计如图 1。具体步骤如下:

(1) 构造判断矩阵。对于  $X_1, X_2, \dots, X_n$  个评价指标,由专家组运用表两两比较得判断矩阵  $X$ ,如图 1 所示。

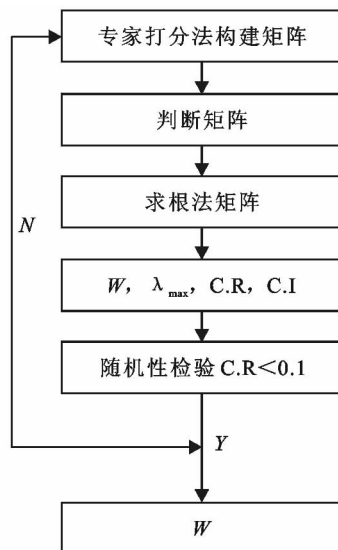


图 1 环境地质承载力层次分析法程序

(2) 层次分析法确定权值。假设有一同阶正向量  $A$ ,使得存在  $XA = \lambda_{\max} A$ ,则  $\lambda_{\max}$  为矩阵  $X$  的最大特征值, $A$  为对应于  $\lambda_{\max}$  的特征向量。解其特征方程得  $A$ ,经正规化后,其各分量即为所对应的  $X_1, X_2, \dots, X_n$  的权值。理论上讲,上式是可以解出的,但如果评价指标过多,则其计算方法较为复杂,计算量较大,很难解出。本文中采用求根法来计算特征向量的近似解。

①将判断矩阵按行求:

$$V_i = \sqrt[n]{\prod_{j=1}^n x_{ij}} \quad (i=1, 2, \dots, n) \quad (1)$$

②归一化:

$$W_i = \frac{V_i}{\sum_{k=1}^n V_k} \quad (i=1, 2, \dots, n) \quad (2)$$

③求最大特征值:

$$\lambda_{\max} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{(XA)_i}{a_i} \quad (i=1, 2, \dots, n) \quad (3)$$

(3) 进行一致性和随机性检验。由于客观事物的复杂性及对事物认识的片面性,构造的判断矩阵不一定是一致性矩阵,但当偏离一致性过大时,会导致一些问题的产生。因此得到  $\lambda_{\max}$  后,还需进行一致性和随机性检验。

GIS 技术作为在环境地质承载力评价中的分析工具,其强大的空间分析功能,可以快速高效的处理环境地质承载力的各个评价因子图层,并通过多因子评价模型分析,从而得出研究区的环境地质承载力指数。GIS 技术多因子综合评价模型。

### 1.3 北川县环境地质承载力评价体系建设

环境地质承载力评价指标体系主要从地质环境、生态环境和社会环境 3 个方面获取承载力评价因子。笔者根据北川县调查资料与区域地质环境特点,建立适合西南山区城镇的环境地质承载力评价指标体系(表 1)。

表 1 北川县环境地质承载力评价指标体系

目标层	准测层	指标层	二级指标
北川县环境地质承载力评价体系	地质环境	地质构造因子	断裂带密度
			断层距离
			地震烈度
		地层岩性因子	工程地质岩组
		地形地貌因子	相对高差 坡度
	生态环境	地质灾害因子	灾害点密度
			潜在隐患点分布
		水资源因子	地下水开发污染分布
		矿山资源因子	矿山开采分布
			矿山诱发灾害恢复
旅游地质因子	旅游地质分布		
社会经济	人口因子	居民点密度	
	经济因子	人均 GDP	
	基础设施因子	交通设施(公路、铁路) 能源支撑(矿产、天然气)	

绵阳市北川县处于龙门山构造发育地区,地质环境因素直接制约了该县域的发展,参考以往研究中地质灾害评价的标准<sup>[10-12]</sup>,确立了北川县环境地质承载力评价体系的一个重要准则层—地质环境,建立地质构造、地层岩性等相关一级指标层,并细化至断裂带密度、断层距离等 2 级指标,形成完整系统的便于 GIS 中可量化的指标体系。生态环境作为环境地质的重要因素,也是北川县环境地质承载力的重要组成部分。主要包含水资源、矿山资源及旅游资源。在评价体系中将生态环境作为体系的一个准则,既是秉承了环境地质承载力的核心概念<sup>[4-6]</sup>,也是结合了北川县生态建设及未来发展方向。具体全面衡量区域环境地质承载力<sup>[13]</sup>,仅通过厘定地质灾害易发性及环境资源供给能力并不够全面,涉及人口及经济因子、基础建设因子的社会环境也是环境承载力量化模型的一个关键性因素,而人口的密集程度分布及区域经济发展分布,也作为承载力评价体系中的重要因子。评价体系的建立是基于各项因子相互独立的前提下,选取与环境地质承载力相关的因素作为评价的二级指标。在理想状态中各因素保持独立,但是各指标具有一定相关性。根据各因素指标相关性分析(表 2),对于相关系数在 0.3 以内的可以认为相关性较差,则可以选取该评价指标。

表 2 北川县环境地质承载力评价指标相关性分析

项目	地质构造因子	地层岩性因子	地形地貌因子	地质灾害因子	水资源因子	矿山资源因子	旅游地质因子	人口因子	经济因子	基础设施因子
地质构造因子	1.000 0									
地层岩性因子	0.000 2	1.000 0								
地形地貌因子	0.123 7	0.057 8	1.000 0							
地质灾害因子	-0.014 9	0.016 4	0.087 7	1.000 0						
水资源因子	0.010 7	0.025 7	0.019 8	0.032 6	1.000 0					
矿山资源因子	0.025 9	0.047 5	0.014 6	0.026 5	0.011 2	1.000 0				
旅游地质因子	0.026 5	0.068 1	0.023 2	0.002 1	0.052 3	0.084 1	1.000 0			
人口因子	0.025 8	0.051 2	0.018 7	0.104 1	0.014 1	0.002 1	0.047 9	1.000 0		
经济因子	0.048 7	0.031 2	0.021 1	0.014 4	0.021 3	-0.013 1	-0.096 1	-0.149 2	1.000 0	
基础设施因子	-0.158 9	0.012 4	0.047 7	0.089 7	0.018 2	0.001 7	0.075 4	0.084 5	-0.072 9	1.000 0

## 2 体系评价结果

根据评价指标对于研究区域环境地质的影响程度,采用专家打分法对评价指标进行打分,再对打分情况进行统计分析,得到各指标重要性分值,获取各指标的权重值。由评价指标层的权重值可见(表 3),地质环境中地质灾害、生态环境中的矿山和社会环境中的人口经济因子是环境地质承载力的主导因素;其次是地质构造、地层岩性、基础设施因子;其余指标的影响程度较小。

表 3 研究区环境地质评价指标层权重

指标层	权重
地质构造因子	0.101 2
地层岩性因子	0.106 2
地形地貌因子	0.116 4
地质灾害因子	0.118 5
水资源因子	0.051 5
矿山资源因子	0.171 9
旅游地质因子	0.037 4
人口因子	
经济因子	0.184 4
基础设施因子	0.112 5

### 3 讨论

根据北川县现状城市环境地质调查情况以及对北川县后续建设发展程度的判定,参照《国土资源环境承载力评价标准(试行)》指出环境地质承载能力评价,原则上以自然单元的单要素评价和综合评价为基础,以保证评价结果的科学性。北川县环境地质承载力现状呈现均衡(临界超载)、盈余(不超载)两种状态,未见超载状态,附图 3 中将均衡状态细分为承载力高、承载力较高两种,将盈余状态细分为承载力较低、承载力低两种。北川县环境地质承载力区域共涉及承载力高、较高、较低、低 4 类。

(1) 环境地质承载力高。该区域面积约占 29.1%,位于沿青片河、白草河、都坝河两岸区域,主要优势:部分为场镇聚集区,交通便利,水土资源较丰富,支撑旅游产业的必要条件;劣势:多处于构造中山地貌,地质灾害较发育,场镇及公路受灾害威胁较多,人类活动影响强烈,场镇可开发面积有限。规划建设:北川县的主要场镇贯穿道路区域,强工程措施与强生态治理措施相结合,生态边坡治理措施美观有效。重点场镇优化设计:充分发挥场镇地质环境特点,因地制宜,划分场镇地质环境分区,优化场镇建设,限制场镇不恰当开发。

(2) 环境地质承载力较高。该区域面积约占 45.6%,为河谷两侧斜坡地段及人类活动至自然保护区缓冲区,以及部分低山丘陵地貌区域。优势:矿产资源蕴含量大,人类工程活动扰动较少,交通较便利,区内可开发的旅游产业较多;劣势:矿山生态恢复形势严峻,局部小型地质灾害影响的聚集区治理,潜在地质灾害发育及防治。规划建设:科学合理开采存量矿山,对于废弃矿山及开发中矿山开展矿山环境恢复治理工程,包含矿山灾害治理、矿山复垦等措施;针对小型地质灾害点及潜在地质灾害区域进行生态地质治理,建设绿色、生态北川。

(3) 环境地质承载力较低。该区域面积约占 20.3%,为自然保护区过渡带与安昌、永安的过渡区。优势:地质灾害危险性低,人口密度较低,其中自然保护区过渡区存在大量可旅游开发区域及现有旅游区扩建空间。劣势:未开发程度较大,需要投入大量人力物力进行改造。规划建设:自然保护区过渡带的旅游区开发及现有旅游区的改扩建,形成北川县独有的生态旅游区,创建多个国家 5A 级旅游景区及羌族特色农家乐。

(4) 环境地质承载力低。该区域面积约占 4.9%,为安昌镇、永安镇集中区及自然保护区。优

势:地质灾害不发育,基础设施建设已经基本完善,人口经济发现状情况较为发达。劣势:自然保护区属于不得开发区域,县城中心区域可供开发区域具有一定局限性。规划建设:优化中心区域建设,控制区域建设规模,自然保护区保持生态物种原样性不得开发改造。

### 4 结论

(1) 环境地质承载力评价体系依据地质环境、生态环境和社会环境 3 个准则层,划分了地质构造等 10 个指标层建立北川县评价体系,对各评价指标进行量化处理,建立了适合西南山区城镇环境地质承载力评价的体系模型。

(2) 采用层次分析法及 GIS 空间处理技术针对环境地质承载力评价提供技术支撑,结合专家打分法确定评价因子各自权重值,结果验证表明该方法效果较好,但由于地质构造作用强烈,该评价体系只适用于西南山区城镇相似区域。

#### [ 参 考 文 献 ]

- [1] 福建省湄州湾开发区环境规划综合研究 6 总课题组. 福建省湄州湾开发区环境规划综合研究总报告[R]. 1991.
- [2] 唐剑武. 环境承载力的理论雏形:环境容量[J]. 北大研究生学刊:自然科学版,1995.
- [3] 彭再德,杨凯,王云. 区域环境承载力研究初探[J]. 中国环境科学,1996,16(1):6-10.
- [4] 王玉平. 矿产资源人口承载力研究[J]. 中国人口·资源与环境,1998,8(3):19-22.
- [5] 崔凤军. 城市水环境承载力及其实证研究[J]. 自然资源学报,1998,13(1):58-62.
- [6] 崔凤军,刘家明. 旅游环境承载力理论及其实践意义[J]. 地理科学进展,1998,17(1):86-91.
- [7] 徐纳,杨海娟,等. 陕西省经济实力与环境承载力协调度的时空演变格局[J]. 水土保持通报,2017,37(3):152-158.
- [8] 石建屏,李新,叶元蕾. 绵阳市生态足迹和生态承载力动态变化分析[J]. 水土保持通报,2012,32(4):276-280.
- [9] 陈新光,高伟,袁康,等. 西北旱区生态城镇评价指标体系研究[J]. 低温建筑技术,2015(12):26-28.
- [10] 陈奇,李智毅,石怀伦. 区域地质灾害危险性评价的思路与基本方法[J]. 地质力学学报,2004,10(1):71-80.
- [11] 李远华,姜琦刚. 基于遥感调查与 GIS 分析的林芝地区地质灾害评价[J]. 国土资源遥感,2016,2(1):57-60.
- [12] 王哲,易发成. 基于层次分析法的绵阳市地质灾害易发性评价[J]. 水文地质工程地质,2007(3):93-98.
- [13] 刘仁志,汪诚文,郝吉明,等. 环境承载力量化模型研究[J]. 应用基础与工程科学学报,2009,17(1):49-58.