

doi: 10.3969/j.issn.1674-0696.2014.02.21

基于层次分析法的奉节县城地质环境承载力评价

杨 乐^{1,2} 彭海游^{1,2} 周莫林³ 谢洪斌^{1,2} 罗真富^{1,2} 谭 亮^{1,2}

(1. 重庆地质矿产研究院 外生成矿与矿山环境重庆市重点实验室 重庆 400042;

2. 煤炭资源与安全开采国家重点实验室重庆研究中心 重庆 400042; 3. 重庆大学 土木工程学院 重庆 400045)

摘要: 在考虑地域地质特点基础上,首先构建奉节新县城地质环境承载力评价指标体系,然后运用层次分析法确定出评价指标权重,借助GIS技术对评价指标图层提取、分析、处理,最后得到奉节县城的地质环境承载力分区图。研究成果可为奉节新城今后的建设规划提供科学依据,并可为类似库区迁建城市以及丘陵山区的城市建设和地质灾害防治等提供宝贵方法借鉴。

关键词: 环境工程;地质环境承载力;GIS;层次分析法

中图分类号: P642.5

文献标志码: A

文章编号: 1674-0696(2014)02-095-05

Assessment of Geological Environment Carrying Capacity of Fengjie County Based on AHP

Yang Le^{1,2}, Peng Haiyou^{1,2}, Zhou Molin³, Xie Hongbing^{1,2}, Luo Zhenfu^{1,2}, Tan Liang^{1,2}

(1. Chongqing Key Laboratory of Exogenic Mineralization & Mine Environment, Chongqing Institute of Geology & Mineral Resources, Chongqing 400042, China; 2. Chongqing Research Center of State Key Laboratory of Coal Resources & Safe Mining, Chongqing 400042, China; 3. School of Civil Engineering, Chongqing University, Chongqing 400045, China)

Abstract: Considering the geological and regional feature, the assessment system of geological environment bearing capacity was established, and the weights assessment indexes were presented by Analytic Hierarchy Process (AHP). Through extracting, analyzing and processing the assessment indexes by means of GIS, the zone map of geological environment bearing capacity of Fengjie County was obtained. The results provide a scientific evidence for the construction plan for Fengjie new town and provide a reference for the relocated cities of similar reservoir areas and city construction of hilly and mountainous areas.

Key words: environmental engineering; geological environment carrying capacity; Geographic Information System (GIS); Analytic Hierarchy Process (AHP)

奉节地区地质环境复杂,工程地质条件恶劣。奉节新城是三峡工程迁建城市中选址争议最大的县城,前后历时13 a,其间三易其址,最终定在三马山半山腰上。该区域的巴东组松散岩体破碎,覆盖层较厚,部分地区甚至高达100多m,且处于大巴山弧形褶皱断带,川东弧形凹褶带和川鄂湘黔隆褶带之交接复合部位,构造形式以褶皱为主,构造应力场比较复杂。现在的新城格局呈罕见的长龙状,长江、朱衣河、梅溪河、草堂河将其分为3片,东西长达24余km。主城区地处于长江三峡之瞿塘峡口上游与一级支流朱衣河、梅溪河交汇处两岸以及草堂河右岸岸坡。目前,工程项目建设难、投资大、布局过于分

散等问题屡见不鲜。

笔者利用GIS技术,采用层次分析法构建了较为完整且易于操作的地质环境承载力评价指标体系,并将其应用于奉节新城的地质环境评价,为今后的规划建设提供科学依据,还可为类似库区迁建城市以及丘陵山区城镇建设、地质环境问题治理等提供参考。

1 地质环境承载力评价方法

地质环境承载力(Geological Environment Carrying Capacity, GECC)是指一定条件下地质环境所能承受人类活动的影响与改变的最大支持能力。其大

收稿日期: 2013-01-25; 修订日期: 2013-12-20

基金项目: 重庆市国土房管局科技项目(CIGMR0909)

第一作者: 杨 乐(1978—),女,重庆涪陵人,博士研究生,主要从事岩土工程及地质工程方面的研究。E-mail: 446281718@qq.com。

小与地质环境容量、质量密切相关,能体现区域内人地间的关系。20世纪90年代,国内学者^[1-4]开始了以区域资源环境诸要素综合体为对象的区域地质环境承载力研究。之后,研究对象由面向点缩聚,开展了对城市地质环境承载力评价指标体系及方法的相关研究^[5-8]。目前,对地质环境承载力研究多停留在概念描述上,而普遍性的量化研究才刚起步,对评价指标体系和计量模型研究相对较少。

通常将地质环境承载能力的评价分为定性、半定量和定量评价等3大类。其中,半定量评价方法就是综合指数法最常用的。它能将经验定性科学与定量两者结合起来,具有一定的优越性。

1.1 基于GIS技术的多因子综合评价模型

GIS(Geographic Information System)技术作为地质环境承载力分析的工具,具有海量信息储存、图像显示快捷的特点和强大的空间分析功能,能够高效地提取和处理地质承载力的各个评价因子图层,并通过多因子综合评价模型对图层进行叠置分析,从而得出研究区地质环境承载力指数。基于GIS技术的多因子综合评价模型如式(1):

$$S_i = \sum_{i=1}^n W_i \cdot F_i \quad (1)$$

式中: S_i 为地质环境承载力指数; W_i 为评价指标权重; F_i 为指标图层; n 为评价因子个数。

1.2 层次分析法确定指标权重

评价指标因子权重的确定方法有统计法、专家评议法、层次分析法、回归分析法等。其中层次分析法(Analytic Hierarchy Process, AHP)既可以建立多级评价的模型,又能充分利用专家的经验,将经验判断给予数量化,运用效果好,具体步骤如下。

1.2.1 层次结构建立

将复杂问题分解为各元素,按属性分组,形成不同层次。地质环境承载力评价指标体系采用了目标层-准则层-指标层的3级体系框架。目标层反映总体地质环境状况;准则层进一步从资源、环境、调节等方面刻画地质环境承载状况;指标层是评价指标因子。

1.2.2 构造两两比较判断矩阵

根据评价指标对地质环境承载力的重要程度进行两两对比评价。评价指标对地质环境承载力的重要程度常用1~9的比例标度:1表示指标对地质环境承载力影响最小,9则表示最大。评价指标A对地质环境承载力的重要性与评价指标B的比值构成

两两判断矩阵元素的值。

1.2.3 计算权重

“根法”是常用方法之一,其计算过程如下:

1) 将判断矩阵的每一行元素相乘得 $M_i = \prod_{j=1}^n a_{ij}$ 。

2) 计算 M_i 的 n 次方根 $\bar{W}_i = \sqrt[n]{M_i}$ 。

3) 将 \bar{W}_i 归一化 $W_i = \bar{W}_i / \sum_{i=1}^n \bar{W}_i$, $W = (W_1, W_2, \dots, W_n)^T$, 即为近似特征根(权向量)。

4) 计算 $\lambda_{\max} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{(AW)_i}{W_i}$, 作为最大特征根的近似值,式中 a_{ij} 为两两比较判断矩阵中元素的值。

以上过程常借助数据统计分析软件 SPSS(Statistical Product and Service Solutions)快捷地计算出结果,即指标权重。

2 奉节新城地质环境承载力评价指标体系

2 奉节新城地质环境承载力评价指标体系

地质环境承载力评价指标体系研究中常从地质环境、生态环境、社会环境3个方面选取地质承载力评价因子^[6-7]。笔者结合奉节县城实际调查资料和地质环境特征,重点考虑与地质环境具有直接关系的变量,以地形地貌、地层岩性、环境和人等4个方面建立地质环境承载力指标体系。主要考虑选取有代表性、易于提取与处理的评价指标,如图1。

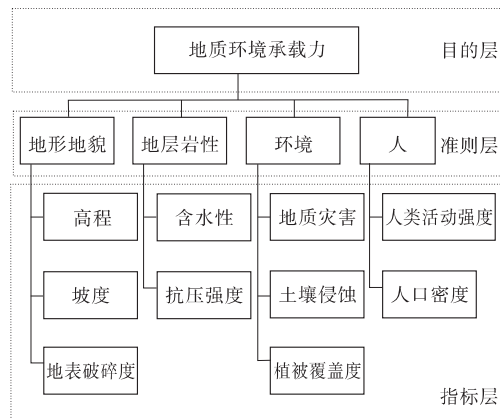


图1 地质环境承载力评价指标体系

Fig. 1 Assessment index system of geological environment carrying capacity

根据评价指标对研究区地质环境承载力的影响程度,采取专家打分法对评价指标的重要性程度进行打分。笔者采用了国内数10名专家(涵盖地质、规划、环境、社会、管理等)对指标重要性分别打分,再对打分情况进行统计分析,得到各指标重要性分值。然后通过指标两两比较,得到评价指标的两两

判断矩阵(表 1) ,并利用 SPSS 计算评价指标的相对 权重(表 2)。

表 1 两两判断矩阵

Table 1 Judgment matrix of assessment indexes

指标	高程	坡度	地表破碎度	含水性	抗压强度	土壤侵蚀	地质灾害	植被覆盖度	人类活动强度	人口密度
高程	1	1	1/4	1/8	1/9	1/5	1/7	1/3	1/6	1/6
坡度	1	1	1/4	1/8	1/9	1/5	1/7	1/3	1/6	1/6
地表破碎度	4	4	1	1/2	4/9	4/5	4/7	4/3	2/3	2/3
含水性	8	8	2	1	8/9	8/5	8/7	8/3	4/3	4/3
抗压强度	9	9	9/4	9/8	1	9/5	9/7	3	3/2	3/2
土壤侵蚀	5	5	5/4	5/8	5/9	1	5/7	5/3	5/6	5/6
地质灾害	7	7	7/4	7/8	7/9	7/5	1	7/3	7/6	7/6
植被覆盖度	3	3	3/4	3/8	1/3	3/5	3/7	1	1/2	1/2
人类活动强度	6	6	3/2	3/4	2/3	6/5	6/7	2	1	1
人口密度	6	6	3/2	3/4	2/3	6/5	6/7	2	1	1

表 2 评价指标权重

Table 2 The weights of assessment indexes

指标	权重	指标	权重	指标	权重
高程	0.02	抗压强度	0.18	植被覆盖度	0.06
坡度	0.02	土壤侵蚀	0.10	人类活动强度	0.12
地表破碎度	0.08	地质灾害	0.14	人口密度	0.12
含水性	0.16				

由表 2 评价指标权重可见 ,含水性、抗压强度、地质灾害是影响奉节新城周边地区地质环境承载力

的主导因素;其次为人类活动强度、人口密度、以及土壤侵蚀;其余指标影响程度较小。

3 奉节新城地质环境承载力评价

根据奉节县城现状城市地质环境调查情况以及对奉节县城后续建设发展程度的判定 ,标准差能很客观准确地反映地质环境承载力数据的离散程度。因此 ,笔者按照一倍标准差对地质环境承载力指标和地质环境承载力进行分级。地质环境承载力指标分为 4 个等级 如表 3。

表 3 地质环境承载力指数分值

Table 3 Division of index values of geological environment carrying capacity

地质承载力评价因子	差	中	良	优
	1	3	6	10
高程/m	<200	200~500	500~1 000	>1 000
坡度/(°)	>60	35~60	15~35	<15
地表破碎度	>500	200~500	75~200	0~30
人类活动强度	强烈	较强	一般	微度
地质灾害	未治理滑坡	—	已治理滑坡	无地质灾害
地下含水量	高含水	较高含水	中含水	低含水
植被覆盖度	0~0.2	0.2~0.5	0.5~0.8	0.8~1
土壤侵蚀/(t·km ⁻² ·a ⁻¹)	>8 000	5 000~8 000	2 500~5 000	<2 500
单轴饱和和抗压强度/MPa	<10	10~25	25~45	>45
人口密度/(人·km ⁻²)	<100	100~500	500~1 000	>1 000

为奉节县城的今后规划建设提供参考和依据。进一步深化评价因子研究,结合GIS技术作出大比例尺区域评价图,将对此类城镇的建设规划做出更明确地指导。

参考文献(References):

- [1] 夏玉成. 煤矿区地质环境承载能力及其评价指标体系研究[J]. 煤田地质与勘探, 2003, 31(1): 5-8.
Xia Yucheng. Bearing capacity of geological environment in coal-mining area and its assessment index system [J]. Coal Geology & Exploration, 2003, 31(1): 5-8.
- [2] 魏子新, 周爱国, 王寒梅, 等. 地质环境容量与评价研究[J]. 上海地质, 2009(1): 40-44.
Wei Zixin, Zhou Aiguo, Wang Hanmei, et al. Study on evaluation of geological environmental capacity [J]. Shanghai Geology, 2009(1): 40-44.
- [3] 蔡鹤生, 唐朝辉, 周爱国. 地质环境容量评价指标初步研究[J]. 水文地质工程地质, 1998(3): 23-25.
Cai Hesheng, Tang Zhaohui, Zhou Aiguo. The indexes for evaluating the capability of geoenvironment [J]. Hydrogeology & Engineering Geology, 1998(3): 23-25.
- [4] 马传明, 马义华. 可持续发展理念下的地质环境承载力初步探讨[J]. 环境科学与技术, 2007, 30(8): 64-65.
Ma Chuanming, Ma Yihua. Tentative investigation of bearing capacity of geological environment for sustainable development [J]. Environmental Science & Technology, 2007, 30(8): 64-65.
- [5] 余志山, 马传明, 宁立波. 可持续发展理念下的地质环境承载力初步研究[J]. 甘肃地质, 2008, 17(2): 81-85.
Yu Zhishan, Ma Chuanming, Ning Libo. Study on the bearing capacity of geologic environment for sustainable development [J]. Gansu Geology, 2008, 17(2): 81-85.
- [6] 姚治华, 王红旗, 郝旭光. 基于集对分析的地质环境承载力研究——以大庆市为例[J]. 环境科学与技术, 2010, 33(10): 183-189.
Yao Zhihua, Wang Hongqi, Hao Xuguang. Evaluation of geological environment carrying capacity based on set pair analysis: A case study in Daqing [J]. Environmental Science & Technology, 2010, 33(10): 183-189.
- [7] 李朝辉, 魏贵臣. 生态环境承载力评价方法研究及实例[J]. 环境科学与技术, 2005, 28(1): 75-76.
Li Zhaohui, Wei Guichen. Regional ecological carrying capacity evaluation and a case study [J]. Environmental Science & Technology, 2005, 28(1): 75-76.
- [8] 夏既胜, 会黎涅, 刘本玉, 等. 基于GIS的昆明城市发展地质环境承载力分析[J]. 地球与环境, 2008, 36(2): 148-154.
Xia Jisheng, Kuai Linie, Liu Benyu, et al. Study on urban geoenvironment load capacity for Kunming's development based on GIS [J]. Earth and Environment, 2008, 36(2): 148-154.
- [4] 查甫生, 刘松玉. 非饱和黏性土的电阻率特性及试验研究[J]. 岩土力学, 2007, 28(8): 1671-1677.
Zha Fusheng, Liu Songyu. The electrical resistivity characteristics of unsaturated clayey soil [J]. Rock and Soil Mechanics, 2007, 28(8): 1671-1677.
- [5] 刘国华, 王振宇, 黄建平. 土的电阻率特性及其工程应用研究[J]. 岩土工程学报, 2004, 26(1): 83-87.
Liu Guohua, Wang Zhengyu, Huang Jianping. Research on electrical resistivity feature of soil and its application [J]. Chinese Journal of Geotechnical Engineering, 2004, 26(1): 83-87.
- [6] 查甫生, 刘松玉, 杜延军, 等. 黄土湿陷过程中微结构变化规律的电阻率法定量分析[J]. 岩土力学, 2010, 31(6): 1692-1697.
Zha Fusheng, Liu Songyu, Du Yanjun, et al. Quantitative assessment on change in microstructure of loess during collapsing using electrical resistivity measurement [J]. Rock and Soil Mechanics, 2010, 31(6): 1692-1697.
- [7] 查甫生, 刘松玉, 杜延军. 基于电阻率法的膨胀土吸水膨胀过程中结构变化定量研究[J]. 岩土工程学报, 2008, 30(12): 1832-1839.
Zha Fusheng, Liu Songyu, Du Yanjun, et al. Quantitative research on microstructures of expansive soils during swelling using electrical resistivity measurements [J]. Chinese Journal of Geotechnical Engineering, 2008, 30(12): 1832-1839.
- [8] 于小军, 刘松玉. 电阻率指标在膨胀土结构研究中的应用探讨[J]. 岩土工程学报, 2004, 26(3): 393-396.
Yu Xiaojun, Liu Songyu. Research on application of electrical resistivity indices to the microstructure of expansive soils [J]. Chinese Journal of Geotechnical Engineering, 2004, 26(3): 393-396.
- [9] 朱家俊, 耿斌, 耿生臣, 等. 宏观导电机理下的泥质砂岩含水饱和度解释模型[J]. 石油勘探与开发, 2003, 30(4): 75-77.
Zhu Jiajun, Geng Bin, Geng Shengchen, et al. Water saturation explanatory model of argillaceous sandstone under the macroscopically electric conduction mechanism [J]. Petroleum Exploration and Development, 2003, 30(4): 75-77.
- [10] Medley E. The Engineering Characterization of Melanges and Similar Rock-in-Matrix Rocks (Bimrocks) [D]. California: University of California-Berkeley, 1994.
- [11] Lindquist E S. The Strength and Deformation Properties of Mélange [D]. California: University of California-Berkeley, 1994.
- [12] 徐文杰, 胡瑞林. 土石混合体概念、分类及意义[J]. 水文地质工程地质, 2009, 36(4): 50-56.
Xu Wenjie, Hu Ruilin. Conception, classification and significations of soil-rock mixture [J]. Hydrogeology and Engineering Geology, 2009, 36(4): 50-56.
- [13] Rhoades J D, Van Schifgaarde J. An electrical conductivity probe for determining soil salinity [J]. Soil Science Society of America Journal, 1976, 40(5): 647-651.

(上接第94页)