

洪增林,徐通,薛旭平.基于 AHP 的地质遗迹旅游资源评价:以汉中天坑群为例[J].中国岩溶,2019,38(2):276-280.  
DOI:10.11932/karst20190213

# 基于 AHP 的地质遗迹旅游资源评价 ——以汉中天坑群为例

洪增林<sup>1,2</sup>,徐通<sup>1</sup>,薛旭平<sup>1,2</sup>

(1.陕西省地质调查院,西安 710065; 2.长安大学地球科学与资源学院,西安 710054)

**摘要:**汉中天坑群是在中国 32°~33°N 湿润热带—亚热带岩溶地貌区北界首次发现的岩溶地质遗迹。为了科学地评价汉中天坑群地质遗迹旅游资源,为下一步旅游规划与开发提供科学依据,本文从生态旅游资源条件、生态环境条件、生态旅游开发条件等 3 个方面选取资源景观价值、资源科学与文化价值、生态环境质量、环境安全条件、区位与交通条件和社会经济条件等作为主要评价指标,建立多层次结构模型,运用层次分析法对其进行地质遗迹旅游资源综合评价,得出汉中天坑群地质遗迹旅游资源综合评价得分为 90.67 分。本文研究表明,汉中天坑群具有五级生态旅游资源的禀赋,具有较高的开发利用价值。

**关键词:**地质旅游资源;评价指标体系;层次分析法;汉中天坑群

中图分类号:P962; F592

文献标识码:A

文章编号:1001-4810(2019)02-0276-05

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



## 0 引言

陕西汉中天坑群位于中国 32°~33°N 湿润热带—亚热带最北端,同时也是国内纬度最高的大型天坑群,被《中国国家地理》评价为“21 世纪地理大发现”。汉中天坑群的发现,打破了秦巴地区没有天坑的认识,把中国南方岩溶地貌发育北界在北纬 31°的传统认知,推进到了北纬 32°~33°之间<sup>[1]</sup>。已有研究表明,在汉中地区发育具有世界规模的天坑、漏斗、溶洞等岩溶地貌景观,由天坑、洞穴、峡谷、地缝、陡崖、竖井、伏流、洼地、石林、湖泊等 527 处岩溶地貌组成。其中,口径大于 500 m 的超级天坑 2 个、大型天坑 7 个、常规天坑 45 个,是世界上岩溶台原面上发育数量最多的天坑群,使全球天坑数从 117 个增加到 171 个<sup>[1-3]</sup>。汉中天坑群的综合研究对保护南水北调水源地,维护国家生态安全,推进地学科普教育,推进当地旅游业发展以及推动陕南地区脱贫攻坚等具有重要的现实意义<sup>[1]</sup>。

科学地评价地质遗迹旅游资源是进行开发利用的前提。我国南方岩溶地质遗迹旅游资源的评价研究较为成熟<sup>[4-14]</sup>,取得了大量的研究成果,建立了层次分析法、德尔菲法、模糊综合评价方法等多种评价模型,从定性到定量多种角度评价岩溶旅游资源的等级和开发利用潜力,提高了对岩溶旅游资源的类型、品位、特质等方面的认识水平,为制定旅游开发规划提供了重要的科学依据。汉中天坑群自 2016 年发现以来,尚未运用综合评价模型和指标体系对汉中天坑群岩溶地质遗迹旅游资源进行评价,不利于下一步的合理开发利用。本文在实地调研并结合前人调查成果的基础上,采用层次分析法对汉中天坑群地质遗迹旅游资源进行评价,以为该区域旅游规划与开发提供科学依据。

## 1 研究区概况

汉中天坑群地处扬子陆块北缘,北邻汉中盆地和

资助项目:陕西省财政厅项目(211827180068);中国地质环境监测院项目(WT2018055B)

第一作者简介:洪增林(1963—),男,博士,教授,博士生导师,研究方向:地理学、工商管理、控制科学与工程。E-mail:lhqhzl@163.com。

通信作者:徐通(1988—),男,博士,高级工程师,研究方向:基础地质。E-mail:xutong1988819@163.com。

收稿日期:2018-12-20

秦岭造山带,区域褶皱、断裂、裂隙及节理等构造极为发育,出露地层由老至新有新太古界—元古界、古生界、中—新生界,天坑群主要发育于二叠系海相碳酸盐岩沉积地层。汉中天坑群位于我国第二级地貌阶梯—西南亚高、中山大区—秦岭大巴山亚高山区,地处米仓山区巴山西段,分布于北纬 32°~33°。具体范围为东至镇巴县,西至宁强县,北至勉县,南至省界,东西长 160~200 km,南北宽 10~110 km,涉及地域面积约 5 019 km<sup>2</sup>,其中宁强县禅家岩镇、南郑县小南海镇、西乡县骆家坝镇、镇巴县三元镇是天坑的重点分布区域。

汉中天坑群整体处于北亚热带气候区,气候温和湿润、干湿有度。年均气温 14 ℃,西部略低于东部,南北山区低于平坝和丘陵,海拔 600 m 以下的平坝地区年均气温在 14.2~14.6 ℃,一般海拔 1 000 m 以上的地区年均气温低于 12 ℃。平均降水量一般为 700~1 700 mm。发现新物种 3 种(陕西省),分布有国家 I 级保护动植物 4 种、II 级保护动植物 50 种。具备西方沟挂壁公路、羌族傩文化以及金牛峡、五丁关等丰富的人文资源。

## 2 研究方法

目前生态旅游资源评价研究中,层次分析法、德尔菲法和模糊综合评价方法应用得较多,通过比较,

本文采用层次分析法进行汉中天坑群地质遗迹旅游资源的评价。层次分析法(The Analytic Hierarchy Process,AHP)是由美国运筹学家 T. L. Saaty 在 20 世纪 70 年代提出的一种定性和定量结合的决策分析法<sup>[15]</sup>。AHP 把复杂的问题分解为各个组成因素,将这些因素按支配关系分组形成有序的递阶层次结构,递阶层次结构一般由上到下有目标层、制约层、准则层、指标层构成,通过两两比较的方式确定层次中诸因素的相对重要性,然后综合专家的判断以决定诸因素的总排序<sup>[16]</sup>。层次分析法的特点是对非定量事物作出定量分析,对主观判断作出客观描述,是一种简洁而实用的定量评价方法。

### 2.1 建立层次结构模型

结合汉中天坑群自身的特点,并在借鉴前人的研究<sup>[4-11,17-18]</sup>和充分吸收国内外相关学者的意见建议基础上,依据指标选取的系统性、代表性、科学性、层次性及可操作性等原则,将汉中天坑群生态旅游资源评价层次结构模型分为四个层次。其中,汉中天坑群生态旅游资源综合评价为总目标层;第二层为制约层,包括生态旅游资源条件、生态环境条件、生态旅游开发条件;第三层为准则层,包括资源景观价值、资源科学与文化价值、生态环境质量、环境安全条件、区位与交通条件和社会经济条件;第四层为指标层,包括资源特征典型性、资源奇特性、资源聚集度、资源观赏度、资源丰度与规模、资源空间组合、科考价值、科普教育、历史文化价值、康体疗养价值、民情风俗、大气质量与环境噪音、水体质量、植被覆盖指数、适游期长度、旅游环境容量、景观环境稳定性、资源保护程度、生态工程建设、地质灾害影响、与旅游中心地的距离、与相邻旅游地的距离、与相邻旅游地的异同、中心城市规模、交通条件、基础设施条件、区域社会关系、旅游偏好与市场潜力、旅游产业政策等 29 个指标因子(图 1)。

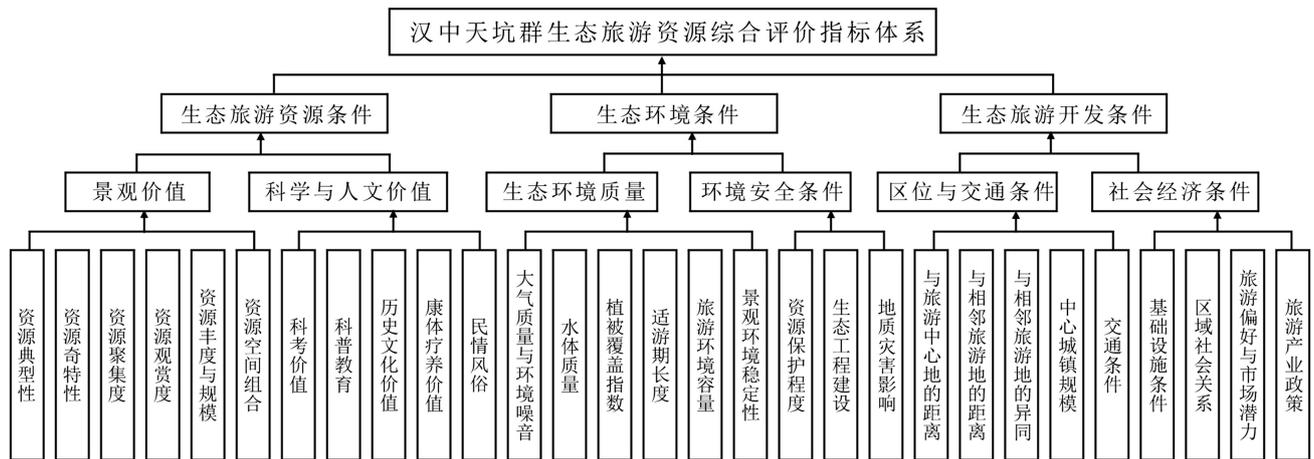


图 1 汉中天坑群生态旅游资源评价指标体系

Fig. 1 Evaluation index system of ecological tourism resources for Hanzhong Tiankeng group

### 2.2 构建判断矩阵

采用专家问卷调查的方法,向国内外知名专家及具有实地调查经历的专业技术人员发放问卷。专家打分按 9 个级别进行判断,分别以 1、3、5、7、9 或其倒

数作为量化标准,对统一层次中各因子间相对于上一层次某因子的重要性进行判断。共发放问卷 25 份,收回 22 份,对收回的 22 份问卷数据进行算术平均,并构建判断矩阵。

表1 比较因子相对重要性指标

Table 1 Relative importance indices of comparison factors

数值表示	9	5	7	3	1	1/3	1/5	1/7	1/9
指标相对重要性比较	绝对重要	强烈重要	明显重要	稍微重要	一样重要	稍不重要	不重要	很不重要	极不重要

2.3 利用和积法求权重

(1)将判断矩阵每一列归一化:

$$U_{ij} = \frac{U_{ij}}{\sum_{k=1}^n U_{ik}} (i, j = 1, 2, \dots, n)。$$

(2)每一列经正规化后的判断矩阵按行相加:

$$W_i = \sum_{j=1}^n U_{ij} (i, j = 1, 2, \dots, n)。$$

(3)对  $w = (w_1, w_2, \dots, w_n)^T$  作正规化处理:

$$W_i = \frac{W_i}{\sum_{k=1}^n W_k} (i, j = 1, 2, \dots, n)。$$

(4)计算判断矩阵的最大特征根:

$$\lambda_{max} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n \frac{(PW)_i}{W_i}$$

2.4 一致性检验

公式为  $CR = \frac{CI}{RI}$ , 其中  $CR$  为判断矩阵的随机一致性比率,  $CI$  为一致性指标,  $RI$  为平均随机一致性指标(见表2), 当  $CR \leq 0.10$  时, 认为判断矩阵具有满意的一致性, 无需再调整, 便可求得各指标的权重。

表2 判断矩阵平均随机一致性指标 RI 值

Table 2 Average random consistency indices(RI) of judgment matrices

阶数 n	1	2	3	4	5	6	7	8	9
RI	0	0	0.52	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45

2.5 评价模型

根据已确定的评价等级标准对每个评价因子进行评分, 并采用算术平均值算出每个评价因子的分子。采用评价模型:

$$B = \sum_{i=1}^n a_i r_i$$

式中:  $a_i$  为评价因子的权重;  $r_i$  为评价因子的评分值;  $B$  为汉中天坑群地质遗迹综合评价价值。

2.6 评价得分

将各层权重值进行单排序, 可得到各个评价因子的权重, 再进行总排序, 可得到各个评价因子在总目标中的权重。根据汉中天坑群在不同指标因子中的专家打分, 采用算术平均值算出每个评价因子的分值和排序(表3), 结合2.5中评价模型计算出总分为90.67分。

3 讨论

3.1 评价结果

根据《旅游资源分类、调查与评价》(GB/T18972-2003)的标准, 岩溶区生态旅游资源共有综合因子评价赋分值的总分, 将生态资源旅游区分为五级, 从高级到低级为: 五级生态旅游资源区, 得分  $\geq 90$  分; 四级生态旅游资源区, 得分 75~89 分; 三级生态旅游

资源区, 得分 60~74 分; 二级生态旅游资源区, 得分 45~59 分; 一级生态旅游资源区, 得分 30~44 分; 得分  $< 29$  分的不适合作为生态旅游资源区。本文通过层次分析法获得汉中天坑群综合评分为 90.67 分, 可见其具有五级生态旅游资源区的禀赋。

在制约层中, 生态旅游资源条件、生态环境条件、生态旅游开发条件得分分别为 62.27、21.46、6.96。显然, 生态旅游资源条件价值远远高于其它两项, 因此, 在地质遗迹开发利用中, 生态旅游资源条件是应该考虑的最主要因素。生态环境条件、生态旅游开发条件评分较低, 具有较高的挖掘潜力。在准则层中, 排名 5、6 位的是区位与交通条件、社会经济条件, 得分分别为 5.47、1.49, 表明区域经济水平较低、基础设施不够完善, 这也是地质遗迹开发利用过程中需要着重解决的问题。

3.2 建议

在下一步开发利用过程中, 首先应注重保护汉中天坑群的原始风貌。受岩溶特殊环境的影响, 岩溶区生态环境敏感度高、脆弱性强、稳定性低, 人员的大量无序地涌入和不恰当的开发利用很容易导致生态环境的破坏。因此, 在后续开发利用过程中, 应在环境承载力的允许范围内进行, 坚持“保护第一, 开发第二”的原则。其次, 应着力完善基础设施。在环境

表 3 汉中天坑群评价指标因子综合评分表  
Table 3 Scores of comprehensive indices of Hanzhong Tiankeng group

制约层 (权重/位次/打分)	准则层 (权重/位次/打分)	指标因子		
		权重	位次	打分
生态旅游资源条件 (0.669 4/1/62.27)	资源景观价值 (0.535 5/1/50.14)	资源特征典型性(0.053 6)	4	5.15
		资源奇特性(0.114 7)	2	11.36
		资源聚集度(0.053 6)	5	5.09
		资源观赏度(0.157 7)	1	14.35
		资源丰度与规模(0.102 2)	3	9.10
	资源科学与文化价值 (0.133 9/3/12.13)	资源空间组合(0.053 6)	6	5.09
		科考价值(0.042 6)	9	3.96
		科普价值(0.027 4)	15	2.52
		历史文化价值(0.013 4)	21	1.10
		康体疗养价值(0.037 1)	10	3.34
生态环境条件 (0.242 7/2/21.46)	生态环境质量 (0.161 8/2/14.27)	民情风俗(0.013 4)	20	1.21
		大气质量与环境噪音(0.029 3)	11	2.78
		水体质量(0.027 4)	14	2.63
		植被覆盖指数(0.049 8)	7	4.63
		适游期长度(0.013 4)	19	1.01
	环境安全条件 (0.080 9/4/7.19)	旅游环境容量(0.014 4)	18	1.30
		景观与环境稳定性(0.027 4)	13	1.92
		资源保护程度(0.048 5)	8	4.41
		生态工程建设(0.008 1)	23	0.57
		地质灾害影响(0.024 3)	16	2.21
生态旅游开发条件 (0.087 9/3/6.96)	区位与交通条件 (0.070 4/5/5.47)	与旅游中心地的距离(0.018 6)	17	1.49
		与相邻旅游地的距离(0.007 3)	24	0.59
		与相邻旅游地的异同(0.010 5)	22	1.01
		中心城镇规模(0.006 4)	26	0.48
		交通条件(0.027 6)	12	1.90
	社会经济条件 (0.017 5/6/1.49)	基础设施条件(0.002 5)	29	0.17
		区域社会关系(0.005 6)	27	0.48
		旅游偏好与市场潜力(0.006 9)	25	0.61
		旅游产业政策(0.002 5)	28	0.23
		总分		

承载力的范围内,应着重完善配套道路、旅游交通、住宿餐饮等方面的基础设置建设,在此基础上,着手规划设计满足市场需求、科研需求、科普需求的不同类型产品,并不断拓宽融资渠道,促使不同产业协调、良性发展。另外,应加强人文资源的开发利用。人文资源开发是旅游开发的重要环节,应在地质遗迹基础开发的过程中,充分挖掘当地的人文资源,将人文资源和地质遗迹资源有机结合起来,进一步充实汉中天坑

群的综合魅力,带动区域经济社会快速发展。

#### 4 结 论

(1)利用层次分析法对汉中天坑群地质遗迹旅游资源进行综合评价,评分结果为 90.67 分,表明汉中天坑群具有五级生态旅游资源区的禀赋,具有较高的开发利用价值。

(2)汉中天坑群生态环境条件、生态旅游开发条件具有较高的挖掘潜力,区域经济水平、基础设施是地质遗迹开发利用过程中需要着重解决的问题,此外,还应加强人文资源的开发利用。

(3)本文利用层次分析法所得结果与国内外多位知名院士、专家调研考察结果接近,表明层次分析法对汉中天坑群地质遗迹旅游资源评价具有较高适用性。

### 参考文献

- [1] 洪增林,薛旭平,李新林. 陕西汉中天坑群研究的系统方法思考[J]. 地球科学与环境学报, 2018, 40(6): 787-793.
- [2] 陕西省地质调查院. 汉中天坑群地质遗迹调查报告[R]. 西安: 陕西省地质调查院, 2018.
- [3] 陕西省地质调查院. 汉中天坑群基本特征生成机理与保护开发研究报告[R]. 西安: 陕西省地质调查院, 2018.
- [4] 房小晶,叶森,孙超. 贵州喀斯特生态旅游可持续发展研究[J]. 资源开发与市场, 2007, 23(8): 756-758.
- [5] 柏瑾,周游游,王伟. 基于模糊综合评判的大石围天坑群生态旅游形象定位[J]. 中国岩溶, 2010, 29(1): 93-97.
- [6] 龚克. 桂林喀斯特区生态旅游资源评价与开发战略管理研究[D]. 北京: 中国地质大学(北京), 2011: 1-132.
- [7] 王兴贵,税伟,陈毅萍,等. 兴文喀斯特与中国南方喀斯特旅游资源对比研究[J]. 中国岩溶, 2017, 36(2): 255-263.
- [8] 鲍青青,刘胜峰. 喀斯特旅游地生态安全动态评价与障碍因子分析:以桂林为例[J]. 中国岩溶, 2017, 36(3): 407-414.
- [9] 朱学稳,朱德浩,黄保健,等. 喀斯特天坑略论[J]. 中国岩溶, 2003, 22(1): 51-65.
- [10] 姚长宏,陈田,刘家明. 西南岩溶区生态旅游评价模型研究[J]. 中国岩溶, 2008, 27(1): 80-85.
- [11] 刘传华,张捷,曹靖,等. 层次分析和模糊数学方法在我国岩溶洞穴旅游资源综合评判中的应用[J]. 中国岩溶, 2008, 27(2): 189-196.
- [12] 何小芊. 江西省岩溶洞穴旅游资源特征及其开发[J]. 中国岩溶, 2014, 33(1): 111-117.
- [13] 税伟,陈毅萍,王雅文,等. 中国喀斯特天坑研究起源、进展与展望[J]. 地理学报, 2015, 70(3): 431-446.
- [14] 杨晓霞,向旭,袁道先,等. 喀斯特洞穴旅游研究综述[J]. 中国岩溶, 2007, 26(4): 369-377.
- [15] 徐建华. 现代地理学中的数学方法[M]. 北京: 高等教育出版社, 2002.
- [16] 许松柏. 层次分析法原理[M]. 天津: 天津大学出版社, 1988.
- [17] 于洪贤,宋红娟. 三江自然保护区乡村旅游资源评价[J]. 东北林业大学学报, 2007, 35(3): 82-85.
- [18] 杜忠潮,李磊,金萍. 陕西关中地区乡村旅游资源综合性定量评价研究[J]. 西北农林科技大学学报(社会科学版), 2009, 9(2): 62-67.

## Evaluation of geological relics tourism resources based on AHP: An example of the Hanzhong Tiankeng group

HONG Zenglin<sup>1,2</sup>, XU Tong<sup>1</sup>, XUE Xuping<sup>1,2</sup>

(1. Shaanxi Institute of Geological Survey, Xi'an, Shaanxi 710065, China;

2. School of Earth Science and Resources, Chang'an University, Xi'an, Shaanxi 710054, China)

**Abstract** The Hanzhong Tiankeng group is the first geologic relics discovered in the northern boundary of karst landforms in China. This work made an evaluation to tourism resources of this area to provide scientific basis for its tourism planning and development. Considering ecotourism resource conditions, ecological environment conditions, and ecological tourism development conditions, the evaluation index system include landforms, culture, quality of ecological environment, safety, location, transportation, and social economy. A multiple-layer model was established to conduct a comprehensive evaluation by using the analytic hierarchy process (AHP) method. Results show that this area obtains a score 90.67, implying a feature of fifth class and fairly high value of development in tourism resources.

**Key words** geological relics tourism resources, evaluation index system, analytic hierarchy process, Hanzhong Tiankeng group

(编辑 吴华英)