

DOI:10.16031/j.cnki.issn.1003-8035.2020.04.17

辽宁三块石地区地质遗迹特征及其评价

王 雷¹, 滕 超², 刘 超³, 周俊鹏⁴

(1. 辽宁省地质矿产研究院, 辽宁 沈阳 110032; 2. 辽宁省第十地质大队, 辽宁 抚顺 110002;
3. 辽宁省自然资源厅, 辽宁 沈阳 110032; 4. 辽宁省地质矿产调查院, 辽宁 沈阳 110000)

摘要: 为了发掘和保护地质遗迹, 实现文化和环境可持续发展, 本次对辽宁抚顺市开展地质遗迹调查工作。大致查明具有价值的地质遗迹 59 处, 进一步划分为 2 大类 5 类 8 亚类。首次在区内发现极高锶天然矿泉, 首次识别出系统分布的第四纪冰川地质遗迹。独特的冰川刨蚀地貌及冰川堆积地貌是区内特殊的景观, 对于我国东部第四纪研究具有重要科研价值。除地质遗迹外, 三块石地区还拥有丰富的动植物自然资源, 生态环境极佳。这里也是历史上兵家重地及著名的革命根据地, 具有较高的历史文化价值。采用层次分析法 (AHP) 建立三层评价体系, 对各地质遗迹开展综合评价, 然后通过模糊数学模型得到各地质遗迹总评分, 确定了地质遗迹级别。结果为三块石地区拥有国家级 (Ⅱ级) 地质遗迹 2 处、省级 (Ⅲ级) 地质遗迹 19 处, 省级以下 (Ⅳ级) 地质遗迹 38 处。

关键词: 地质遗迹; 第四纪冰川遗迹; 层次分析法

中图分类号: P66

文献标识码: A

文章编号: 1003-8035(2020)04-0126-08

Characteristics and evaluation of geological relics in Sankuanshi area, Liaoning Province

WANG Lei¹, TENG Chao², LIU Chao³, ZHOU Junpeng⁴

(1. Liaoning Institute of Geology for Mineral Resources, Shenyang, Liaoning 110032, China;
2. Liaoning NO. 10 Geological Brigade, Fushun, Liaoning 110002, China; 3. Liaoning Ministry of Natural Resources, Shenyang, Liaoning 110032, China; 4. Liaoning Institute of Geology and Mineral Resources, Shenyang, Liaoning 110000, China)

Abstract: In order to explore and protect the geological relics and realize the sustainable development of culture and environment, we carried out geological relics survey in Fushun City, Liaoning Province. During the geological survey, we found 59 valuable geological relics there. We divided these geological relics into 2 main categories, 5 categories and 8 subcategories. High strontium natural mineral spring and the quaternary glacial geological remains were firstly found in the area. The unique quaternary glacial geological remains are the special landscape in this area, and are of great scientific value for quaternary research in eastern China. Besides, Shankuanshi area also has lots of animals and plants resources. Ecological environment of this area is excellent. It is also a historical military and famous revolutionary base area with high historical and cultural value. The AHP method was used to evaluate the geological relics comprehensively, and after that we can figure out each geological relic's aggregate score by the Fuzzy Mathematical Model. As a result, we got 2 national level (grade Ⅱ) geological relics, 18 provincial level (Ⅲ) geological relics and 38 under provincial level (Ⅳ) geological relics.

Keywords: geological relics; Quaternary glacier; Analytic Hierarchy Process (AHP)

收稿日期: 2019-10-23; 修订日期: 2020-01-09

第一作者: 王 雷 (1987-), 男, 辽宁本溪人, 构造地质学专业, 硕士, 工程师, 主要从事区域地质调查工作。E-mail: 905747366@qq.com

0 引言

地质遗迹是在地球演化的漫长地质历史时期,由于各种内外地质作用形成、发展并遗留下来的珍贵的、不可再生的地质现象^[1]。近年来随着我国对自然环境的关注以及地质旅游的发展,地质遗迹的保护与合理利用重要性日渐凸显。1995年原地质矿产部颁布了《地质遗迹保护管理规定》(地质矿产部第21号令),将地质公园列为地质遗迹保护区的一种类型。2000年起,国土资源部正式启动了国家地质公园计划。目前国内许多有条件的地方都在积极地申报和建设地质公园。地质遗迹资源是地质公园存在的基础,决定了地质公园的性质和定位^[2-3]。所以客观评价地质遗迹是所有地质遗迹调查工作的前提。

辽宁抚顺三块石地区地处于中生代侵入岩三块石花岗岩体之上。岩石节理、风化作用、第四纪冰川作用等地质作用在区内形成一处处自然奇景,目前该区已申报成为省级地质公园。本次工作在园区开展详细的地质遗迹调查,分析地质遗迹成因及演化,采用专家打分法对区内地质遗迹打分定级,在此基础上对地质遗迹保护及地质公园规划提出建议。

1 研究区地质背景

三块石地区位于辽宁省抚顺市东南约40 km处,属长白山系龙岗山脉,地形总体为低山丘陵,一般海拔300~1 100 m,山脉总体呈北东—南西走向,最高峰为石棚峰,海拔1 131 m。

研究区大地构造位置处于中超准地台(I)胶辽台隆(II)铁岭—靖宇台拱(III)抚顺凸起(IV)的东部。区内出露的地层有太古宙变质上壳岩鞍山群石榴子岩组(Ar_3s)、中生界白垩系小岭组(K_1xl)、新生界第四系全新统(Qh)。石榴子岩组岩性主要有斜长角闪岩、辉石斜长角闪岩、黑云斜长变粒岩、薄层磁铁矿石岩和角闪磁铁矿石岩等,小岭组岩性主要为流纹岩、安山岩、玄武岩、火山角砾岩、集块岩及凝灰岩,第四系全新统由亚砂土、砂、砾石、冰川漂砾等组成。区内岩浆岩出露面积较广,按形成过程主要分为鞍山旋回和燕山旋回两期。前者形成的变质深成岩有新太古代(紫苏)英云闪长质片麻岩($Ar_3\gamma\delta ogn$)、新太古代石英闪长质片麻岩($Ar_3\delta ogn$)、新太古代花岗闪长质片麻岩($Ar_3\gamma\delta gn$),细粒花岗质片麻岩($Ar_3\gamma gn$),后者主要形成了早白垩世三块石花岗岩体($K_1\gamma$)。

区域构造发育,表现形式以脆性断裂为主。中生

代紫花断裂由研究区南部通过,受其影响,研究区内次级断裂分布广泛,成为矿泉运移的有利通道。

2 地质遗迹及自然资源特征

本次地质遗迹调查在三块石地区共发现有价值的地质遗迹59处。按照《地质遗迹调查规范》(DZ/T0303—2017),这些地质遗迹可划分为地貌景观、地质灾害2大类。进一步划分为岩土体地貌、水体地貌、冰川地貌等5类,以及侵入岩地貌、河流(景观带)、古冰川遗迹等8个亚类(表1)。

地貌景观资源体现为冰川地貌、岩土体地貌、构造地貌、水体地貌等四类景观。

冰川地貌在三块石园区内分布广泛,表现为山岳冰川形态(图2a),景观奇特,具有重要观赏价值和科学价值。冰川刨蚀作用形成了冰斗、U型谷、角峰(图2b)、刃脊等,宏观特征明显,易于分辨。在三块石园区内较易于分辨的冰斗有4处,位于三块石主峰南坡,冰斗底部海拔600~720 m,有的冰斗是由两个小冰斗组成。U型谷主要分布在郭清砬子南坡,由于森林覆盖,难以获得较好的照片。冰川堆积作用在冰舌底部或沿着冰舌分布大量冰川漂砾堆积,在冰舌末端形成终碛堤。终碛堤为混杂堆积,由砂、砾石、漂砾等组成,漂砾粒径一般小于1 m,见有冰蚀阶步、压坑等现象。由于终碛堤位于山谷中,大部分已被河流搬运下游,剩下部分较少。漂砾大小不一,来源于附近的山脊,边角一般比较浑圆,大者直径可达6 m,有的长条形漂砾呈近直立状站立(图2d),砾石中无细粒堆积物,部分漂砾表面保存有冰川擦痕(图2e)、磨光面(图2c)、冰蚀阶步、压坑等现象。古冰川遗迹类型丰富、特征明显、分布范围较广,属辽宁省内少有,具有全省性对比意义。

岩土体地貌景观主要是分布在三块石园区花岗岩地貌景观,形成了险峻山峰、象形石等,数量繁多,姿态万千,具有很高的美学价值。三块石岩体花岗岩发育有三组节理,其中两组产状近直立,一组产状近水平。断裂和节理构造破坏了岩石的完整性,使岩石在重力及风化作用下容易发生裂解、崩塌,形成陡峭险峻山峰。节理、差异风化、冰蚀作用、重力崩塌等多种地质作用也可使岩石沿裂隙破碎、分离、崩落,形成一处处形神兼备的象形石。这些象形石数量多,是三块石园区景观的重要组成部分。较典型的象形石是位于主峰上的大三块石。由于处于重力平衡位置,冰川及流水未能将其搬运至周围的山谷,而保留在峰顶,远远望去气势磅礴。大三块石造景岩石巨大、特征明显,省内仅

此一处,具有全省性对比意义。

构造地貌景观是断裂或岩脉切割岩体,形成的悬崖绝壁及深邃山谷地貌。这些构造地貌景观在三块石园区南部分布比较集中。断裂构造加之第四纪冰川作用影响,使得构造地貌景观更加突出。较典型的玉屏峰,其形成与侵入三块石岩体中的后期花岗质脉岩有关。岩脉充填早期形成的张性断裂,岩脉的围岩在解

理、重力、风化等作用下崩解脱落,只留下薄而平直的岩脉,就像一块天然屏障。

水体地貌景观主要类型有风景河段、瀑布、湖潭、泉等。较典型的是小矿泉,经采样化验分析,泉水中锶含量为 18.93 mg/L,远超过《饮用天然矿泉水》(GB8537—2008)标准,也是目前全省发现含锶最高的天然矿泉露头,具有全省唯一性。

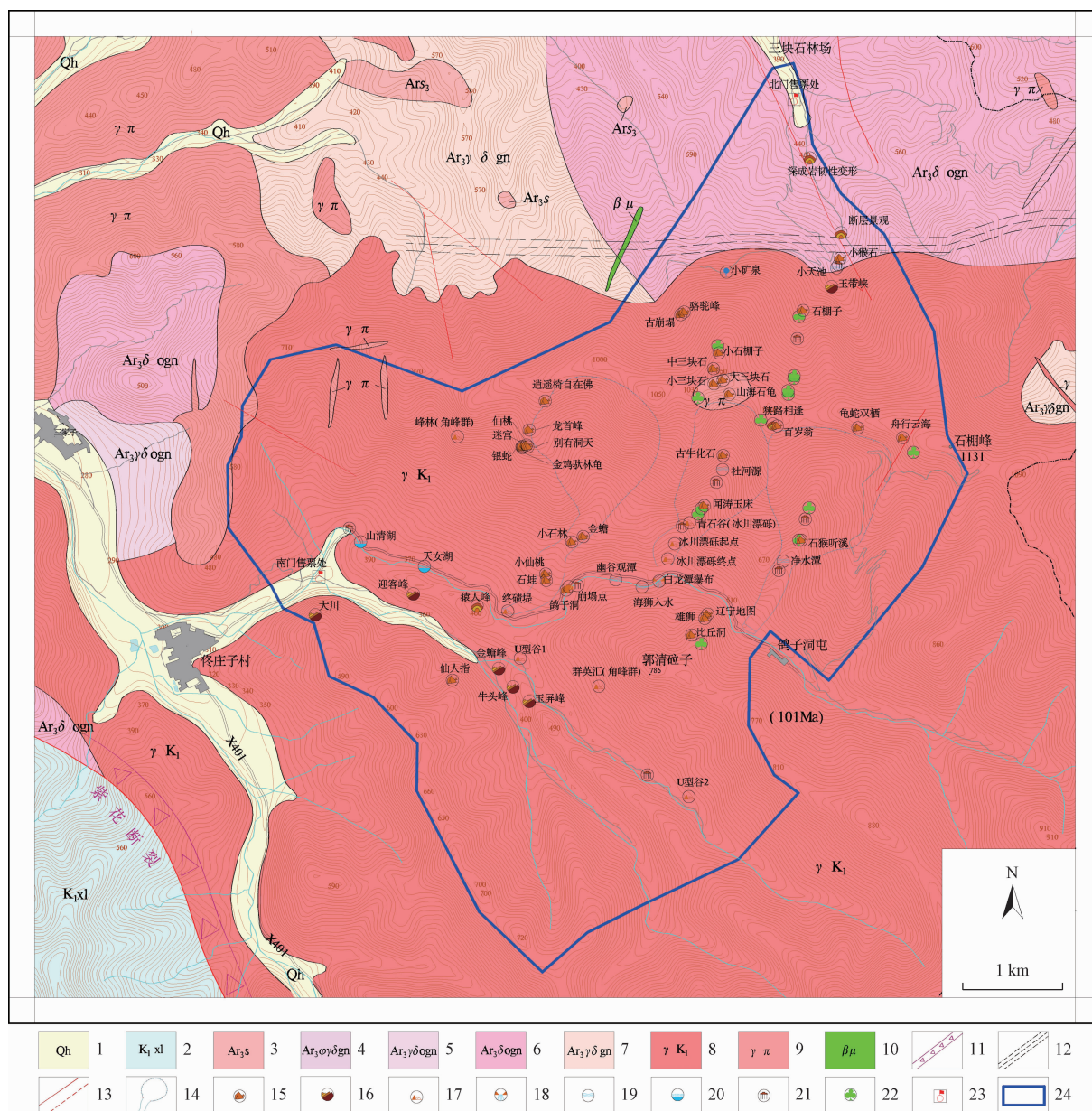


图 1 三块石地区地质图(等高线来自于 SRTM 数据)

Fig.1 Geological map of San Kuaishi area (The contour is derived from SRTM data)

- 1—第四系全新统;2—白垩系小岭组;3—太古代石榴子岩组;新太古宙侵入岩;4—含辉石花岗岩闪长质片麻岩;5—英云闪长质片麻岩;6—石英闪长质片麻岩英云闪长质片麻岩;7—英云闪长质片麻岩;早白垩世侵入岩;8—三块石花岗岩体;9—花岗斑岩;10—辉绿岩;11—断层破碎带;12—韧性剪切带;13—实测及推测的断层;14—推测的古冰斗;15—岩石地貌景观;16—构造地貌景观;17—冰川地貌景观;18—瀑布景观;19—河流景观;20—湖、潭;21—泉;22—售票处;23—地质遗迹分布集中区

表 1 三块石地区地质遗迹一览表

Table 1 List of geological relics in Sankuaishi area

大类	类	亚类	名称	序号	大类	类	亚类	名称	序号
地貌景观	冰川地貌	古冰川遗迹	石河	1				闻涛玉床	40
			青石谷	2				石猴听溪	43
			峰林	3				舟行云海	44
			群英汇	4				龟蛇双栖	45
			终碛堤	27				山海石龟	46
			U 型谷 1	36				中三块石	47
			U 型谷 2	39				小石棚子	48
			大三块石	5				石棚子	50
			龙首峰	6				韧性变形	53
			辽宁地图	7				逍遥椅自在佛	54
			雄狮	8				别有洞天	55
			比丘洞	9				金鸡驮林龟	56
			骆驼峰	10				仙桃	57
			小三块石	11				迷宫	58
			狭路相逢	12				银蛇	59
			鸽子洞	13	构造地貌	峡谷		玉带峡	17
			古牛	14				断层景观	52
	岩土体地貌	侵入岩地貌	百岁翁	15				听泉	18
			小猴石	16				海狮入水	33
			大川	22				社河源	41
			迎客峰	25				小天池	51
			猿人峰	26				山清湖	23
			石蛙	28	水体地貌	湖、潭		天女湖	24
			小仙桃	29				幽谷观潭	32
			小石林	30				净水潭	42
			金蟾	31				白龙潭瀑布	19
			仙人指	34				小矿泉	20
			金蟾峰	35				鸽子洞地灾点	21
			牛头峰	37	地质灾害	地质灾害遗迹	崩塌	古崩塌	49
			玉屏峰	38					

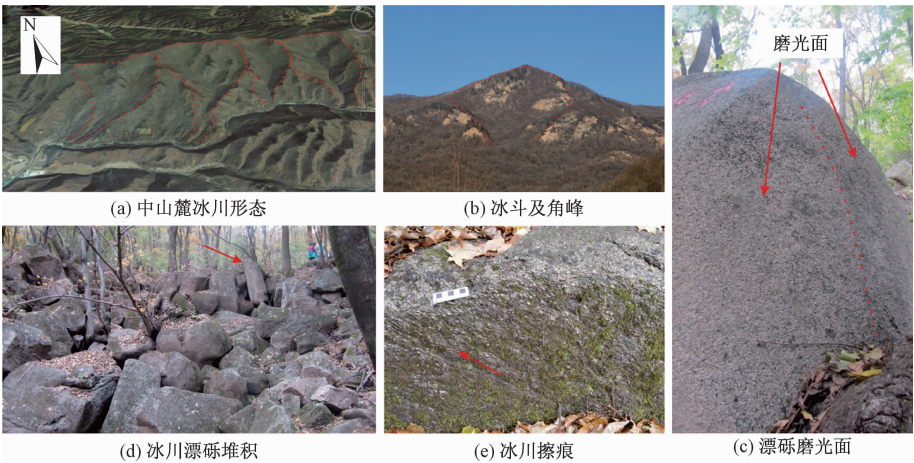


图 2 第四纪冰川遗迹

Fig. 2 Quaternary glacial remains

地质灾害景观是科普地质灾害的理想场所。区内存在多处泥石流、滑坡、崩塌隐患点,除泥石流隐患点为自然因素形成外,崩塌、滑坡多为建设园区时切坡所致。其中典型的地质灾害景观为三块石园区内的鸽子洞地灾点。此处坡度大、紧邻景区景点、地质灾害隐蔽、防治难度大,曾发生滑塌、滑坡。现有地质灾害已

通过主动拦石网、挡土墙等多种手段治理完成。治理工程设计、施工精准,是辽宁省地质灾害治理的典型案

例。通过直观的科普地质灾害,有助于人们对自然的正确理解,增加环保意识。

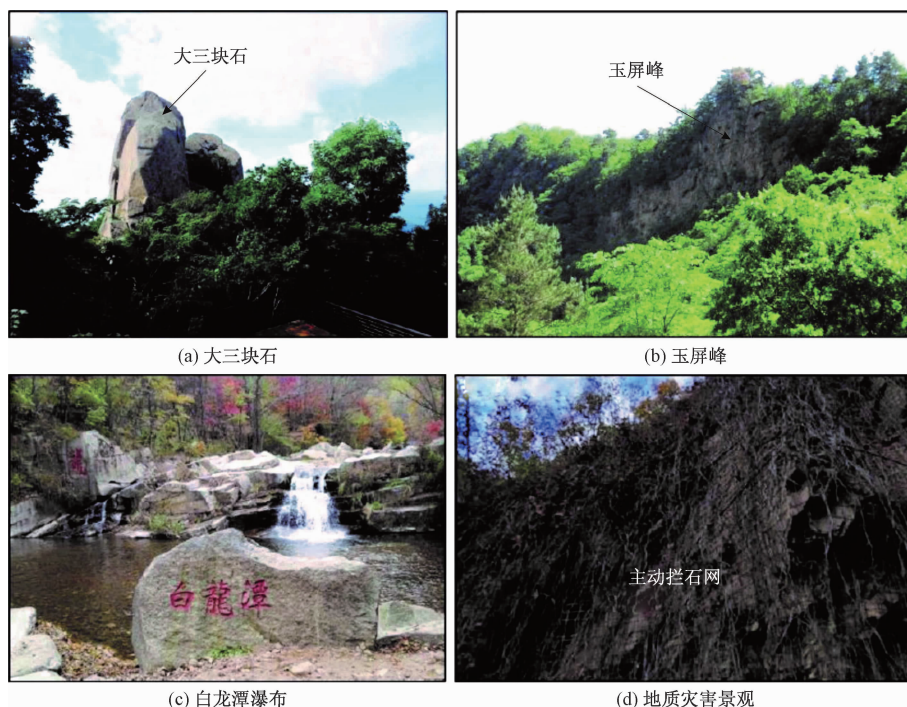


图 3 各类地质遗迹景观资源

Fig.3 landscape of geological relics

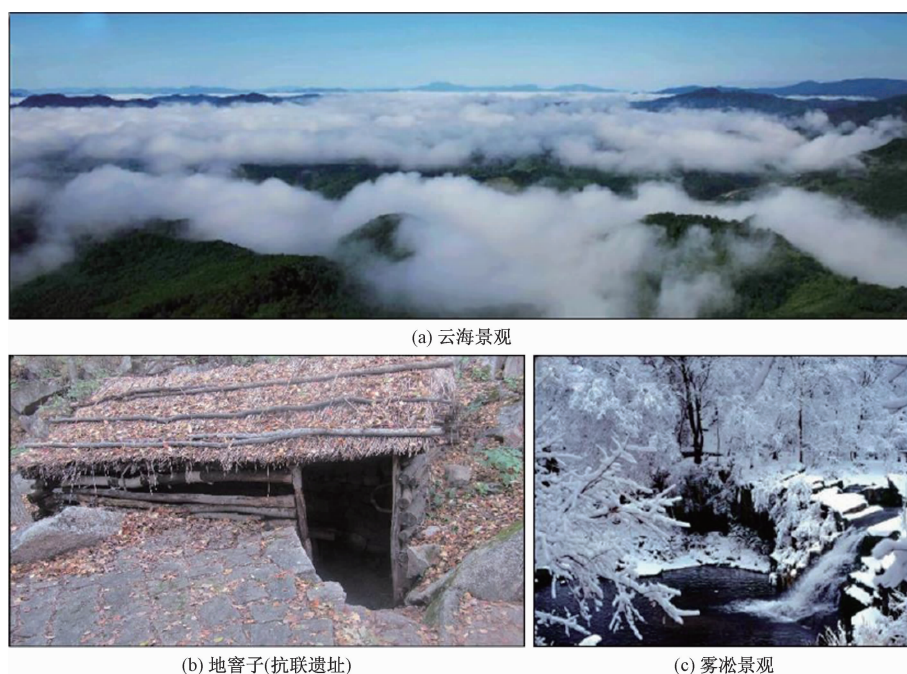


图 4 三块石地区自然及人文景观资源

Fig.4 Natural and cultural landscape at Sankuaishi area

三块石地区自然资源丰富。该区属长白山植物区系,森林覆盖率达92%,并兼有华北、内蒙古两个植

物区系特征,物种丰富,拥有野生动物 22 目 42 科 176 种,其中省及国家重点保护的野生动物有猞猁、苍鹰、

白头鹎、猎隼等 30 多种;木本植物 32 科 153 种,草本植物 68 科 242 种,中草药 587 种,山野菜、食用菌 35 种,其中省及国家重点保护的珍稀濒危野生植物有人参、黄檗、红松、天女木兰等 16 种。由于受地形、植被等影响,这里形成复杂的小气候环境,夏季凉爽、冬季局部温暖。雪景、云海、雾凇、佛光祥瑞等景观是游览的特殊品牌之一。区内负氧离子高达 65 000 个/cm³,是城市的百倍之多,是天然氧吧。

此外,这里是历史上军事重地及著名的革命根据地。努尔哈赤曾在这里屯兵储粮。抗日战争时期,杨靖宇曾以三块石一带为根据地,依靠天险与日本侵略者开展斗争,至今保留有当年的指挥所、野战医院、哨所、军需用品加工及囤积场所等遗址。解放战争时期,抚顺县委基干三团与国民党军队进行殊死战斗,许多战斗事迹群众至今仍是耳熟能详。该区现已经成为著名的红色旅游胜地,是中国游击革命根据地最好的历史见证,具有较高的历史文化价值。

3 地质遗迹评价

常用的地质遗迹评价方法主要有指标法、专家打分法、层次分析法(AHP)等^[4-7]。层次分析法(AHP)中各因素对问题的影响程度进行量化,逻辑直观清晰,能够减少主观判断的影响,简洁实用,因而在地质遗迹资源评价中使用得较多。

表 2 地质遗迹资源评价因子及权重

Table 2 Evaluation factors and weights of geological relic resources

目标层	评价综合层	权重	评价因子层	权重
地质遗迹评价	科学文化属性	0.6	科学价值	0.12
			科普教育功能	0.1
			美学价值	0.11
			历史文化价值	0.05
			经济与社会价值	0.22
	自然属性	0.4	典型性	0.08
			稀有性	0.09
			自然性	0.07
			系统性和完整性	0.16

层次分析法(AHP)基本思维是将复杂的问题按其制约因素关系分解成有序的递阶层次结构,问题的复杂程度及各因素相互关系决定了层次多少,通过两两比较的方式确定层次中诸因素的权重,然后综合判断以决定诸因素的总排序^[8-9]。选取组成问题的评价因子是层次分析法的关键所在^[10]。本次工作在前人研究的基础上^[2,4,5,11-12],结合三块石地区地质遗迹资源特点,建立三层评价体系。地质遗迹资源

评价为总目标层,科学文化属性和自然属性作为评价综合层,典型性、稀有性等 9 个评价因子组成评价因子层。

地质公园的主要目的是保护地质遗迹、普及地学知识、开展旅游促进地方经济发展。其科学文化属性较自然属性重要,评价体系中科学文化属性权重为 0.6,自然属性权重为 0.4。地质公园要促进地方经济发展,所以评价因子中经济与社会价值最重要,权重为 0.22。地质遗迹遗迹的系统性和完整性反映了遗迹的主要特征,是地质公园价值的重要影响因素,权重为 0.16。地质公园内古冰川遗迹存在与否直接关系到我国争论数十年的中国东部是否存在第四纪冰川的问题,因此科学价值重要,权重为 0.12。区内花岗岩地貌、第四纪冰川遗迹或气势磅礴或迤逦秀美,给人以直接视觉冲击,权重为 0.11。此外,地质遗迹的典型性、稀有性、自然性也是地质遗迹价值的重要衡量标准,但较其科普教育价值权重稍低,而地质遗迹的历史文化价值权重最低。

为了检验层次分析法一致性指标,构造如下判断矩阵:

A =

1	2	2	5	1/5	3	2	3	1/3
1/2	1	1/2	5	1/5	2	2	2	1/3
1/2	2	1	5	1/5	3	2	3	1/3
1/5	1/5	1/5	1	1/7	1/5	1/5	1/5	1/6
5	5	5	7	1	5	5	5	3
1/3	1/2	1/3	5	1/5	1	1/2	2	1/5
1/2	1/2	1/2	5	1/5	2	1	2	1/3
1/3	1/2	1/3	5	1/5	1/2	1/2	1	1/3
3	3	3	6	1/3	5	3	3	1

矩阵 A 最大特征值 λ = 9.704 6,一致性指标 CI = (λ - 9)/(9 - 1) = 0.088 075。查表可知随机一致性指标 RI = 1.45。矩阵一致性比率 CR = CI/RI = 0.060 7 < 0.1,矩阵 A 的不一致程度在容许范围之内,通过一致性检验。

邀请对抚顺地区地质背景、水文、气候、地理、地貌、地质遗迹等熟悉的 8 位专家对三块石地区所发现的 59 处地质遗迹按各评价因子层逐个评分,每个评价因子满分为 100 分,分三个档次,依据见表 3,评分结果见表 4。

目标层地质遗迹资源评价结果按下面模糊数学模型计算,在此基础上确定地质遗迹的级别。

A =

$$\sum_{i=1}^n Si \cdot Wi$$

式中: A ——地质遗迹资源评价综合得分;

S ——某个评价因子的专家评分;

W ——某个评价因子的权重;

i ——第 i 项因素。

依据辽宁省地质公园专家委员会,100 ~ 90 分为

世界级(Ⅰ级),89 ~ 80 分为国家级(Ⅱ级),79 ~ 60 分为省级(Ⅲ级), < 60 分为省级以下(Ⅳ级)。最终结果得分 80 分以上的地质遗迹有 2 处(Ⅱ级),60 ~ 79 分的地质遗迹有 19 处(Ⅲ级),小于 65 分的地质遗迹有 38 处(Ⅳ级)(表 3)。

表 3 地质遗迹专家打分依据

Table 3 Evaluation marking table of geological relics

评价因子	评价依据	赋分
自然属性特征	类型、特征、规模等具有国际或全国性对比意义	100 ~ 80
	类型、特征、规模等具有区域性或全省性对比意义	79 ~ 60
	类型、特征、规模等具有较重要的地学意义	≤ 59
	属世界少有或国内罕有的特殊遗迹景观	100 ~ 80
	属国内少有或省内唯一的遗迹景观	79 ~ 60
	属省内少有的遗迹景观	≤ 59
	地质遗迹的自然状态保持好,受人为影响程度低	100 ~ 80
	地质遗迹的自然状态保持较好,受人为影响程度较低	79 ~ 60
	地质遗迹的自然状态保持差,受人为影响程度高	≤ 59
	现有保存系统完整,能为形成与演化过程提供重要证据	100 ~ 80
	现有保存系统较完整,能为形成与演化过程提供证据	79 ~ 60
	现象和形成过程不够完整,但能反映该类型地质遗迹景观的主要特征	≤ 59
	对当前世界性或国内重要的地球科学研究具有意义	100 ~ 80
	对当前国内或省内重要的地球科学研究具有意义	79 ~ 60
	对当前省内或地方性地球科学研究具有意义	≤ 59
	具有国内少见的重要地学科普教育意义	100 ~ 80
景观价值	具有省内少见的重要地学科普教育意义	79 ~ 60
	具有一定的地学科普教育意义	≤ 59
	具有国内少见的景观优美性	100 ~ 80
	具有省内少见的景观优美性	79 ~ 60
	具有一定的景观优美性	≤ 59
	包含的历史文化丰富	100 ~ 80
	包含的历史文化较丰富	79 ~ 60
	包含的历史文化较少	≤ 59
	具有很高的人文、生态、知名度、社会经济等条件	100 ~ 80
	具有较高的人文、生态、知名度、社会经济等条件	79 ~ 60
社会经济价值	具有一定的人文、生态、知名度、社会经济等条件	≤ 59

表 4 三块石地区省级以上地质遗迹评价表

Table 4 Evaluation form of geological relics above the provincial level

地质遗迹名称	自然属性特征				景观价值					综合得分
	典型性	稀有性	自然性	系统完整性	科学研究价值	科普教育价值	美学价值	历史文化价值	经济社会价值	
石河	73	60	90	93	85	73	80	55	80	78.7
青石谷	73	73	95	93	85	80	80	55	93	84.0
峰林	73	67	100	93	75	73	64	55	80	77.1
群英汇	73	73	100	93	70	80	60	55	80	77.6
大三块石	73	67	80	93	80	73	80	70	93	81.9
龙首峰	59	73	90	80	50	67	80	55	60	67.8
辽宁地图	53	73	90	73	55	60	64	55	67	65.5
雄狮	53	73	90	80	56	67	80	55	60	67.8
比丘洞	53	73	95	67	55	67	80	60	80	70.4
骆驼峰	53	67	95	73	55	67	76	55	73	68.7
小三块石	53	67	95	73	55	67	60	55	80	68.4
狭路相逢	53	60	90	73	60	73	76	55	73	69.1

续表

地质遗迹 名称	自然属性特征				景观价值					综合 得分
	典型性	稀有性	自然性	系统完整性	科学研究价值	科普教育价值	美学价值	历史文化价值	经济社会价值	
鸽子洞	53	60	79	73	55	67	76	80	73	68.2
古牛	53	60	79	73	60	67	76	55	73	67.7
百岁翁	53	67	80	73	55	73	68	55	60	64.9
小猴石	53	67	90	67	55	67	60	55	80	67.1
玉带峡	53	67	95	73	55	53	76	55	67	65.6
听泉	53	53	70	73	50	53	76	55	73	64.0
白龙潭	53	60	80	67	50	53	80	60	80	66.2
小矿泉	67	67	70	73	80	73	68	55	73	71.2
鸽子洞地灾点	60	53	79	93	75	67	64	55	67	69.6

4 讨论及结论

第四纪以来,抚顺地区共发生了三次冰期,分别是早更新世三道沟门冰期、中更新世大西营子冰期、晚更新世排头营子冰期^[13-14]。其中三道沟门冰期在抚顺东部形成代表性堆积物粘泥岭组。早更新世冰碛物堆积高程在 550 ~ 1 100 m 左右,中更新世冰碛物堆积高程在 60 ~ 400 m,晚更新世冰碛物堆积高程在 70 ~ 90 m。前人对古生物、孢粉、古地理以及残遗土壤特征等研究成果表明,新近纪以来辽宁省境内曾发生过多次冰川活动^[15]。三块石地区保留有很多第四纪冰期冰川作用的痕迹,所形成的冰川刨蚀地貌及冰川堆积地貌是园区内特殊的景观。这些冰川遗迹对于我国东部第四纪研究具有重要科研价值。

野外地质遗迹调查在三块石地区共发现有价值的地质遗迹 59 处。利用层次分析法建立总目标层、评价综合层、评价因子层等三层评价体系。各地质遗迹景观按评价因子进行专家评分,然后利用模糊数学模型计算地质遗迹最终评价得分(A 值)。最后确定三块石地区国家级(Ⅱ级)地质遗迹 2 处、省级(Ⅲ级)地质遗迹 19 处,省级以下(Ⅳ级)地质遗迹 38 处。

参考文献:

[1] 国土资源部地质环境司. 国家地质公园建设指南[M]. 北京:地质出版社,2016. [Geological Environment Department of the Ministry of National Land and Resources. Chinese national geoparks building guide[M]. Beijing: Geological Publishing House, 2016. (in Chinese)]

[2] 齐翠姗,何元庆,王世金,等. 玉龙雪山国家地质公园地质遗迹资源类型划分及其综合评价[J]. 冰川冻土,2018,40(1):186-196. [QI C S, HE Y Q, WANG S J, et al. The classification and comprehensive assessment of the geological relics

resources in Mt. Yulong National Geopark [J]. Journal of Glaciology and Geocryology, 2018, 40(1): 186-196. (in Chinese)]

[3] 周堃,许涛,薛花. 中国房山世界地质公园主要地质遗迹资源价值评价[J]. 中国人口·资源与环境,2016,26(增刊1):312-315. [ZHOU K, XU T, XUE H. The value assessment of main geological heritage resources in Fangshan world geopark of China [J]. China Population, Resources and Environment, 2016, 26(Sup1):312-315. (in Chinese)]

[4] 张国庆,田明中,刘斯文,等. 地质遗迹资源调查以及评价方法[J]. 山地学报,2009,27(3):361-366. [ZHANG G Q, TIAN M Z, LIU S W, et al. The methods of investigation and evaluation of geological heritage resources[J]. Journal of Mountain Science, 2009, 27(3):361-366. (in Chinese)]

[5] 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. [HONG Z L, XU T, XUE X P. Evaluation of geological relics tourism resources based on AHP: an example of the Hanzhong Tiankeng group [J]. Carsologica Sinica, 2019, 38(2):276-280. (in Chinese)]

[6] 李晓琴,覃建雄,殷继成. 龙门山国家地质公园地质遗迹的保护[J]. 山地学报,2004,22(1):12-16. [LI X Q, QIN J X, YIN J C. Protection of geological relics in Longmen mountains national geopark[J]. Journal of Mountain Research, 2004, 22(1):12-16. (in Chinese)]

[7] 张伟. 第四纪冰川地质遗迹评价及地质遗迹资源可持续发展研究[D]. 北京:中国地质科学院,2011. [ZHANG W. Evaluation on quaternary glacier heritage and research on the sustainable development of geo-heritage resources[D]. Beijing: Chinese Academy of Geological Sciences, 2011. (in Chinese)]