文章编号：1006 - 544X（2010）01 - 0056 - 06

四川宣汉百里峡地质遗迹成因与景观价值分析

李晓琴，吴　山，付　顺，韦跃龙

（成都理工大学 地球科学学院，成都　610059）

摘　要：百里峡地质公园以典型的峡谷、构造地质剖面以及其与溶洞、古生物化石等地质遗迹组合的完整性、系统性为景观特色。地质构造、水流侵蚀、岩溶作用是百里峡地质遗迹景观成因的主导因素，尤其是与褶皱构造变形关系极为密切。从百里峡切割并形成于褶皱构造山系（特别是梳状褶皱山系）这一特征来看，百里峡与长江三峡属于相同峡谷类型，在景观特征上具有诸多相似之处。经定量评价，峡谷地貌、褶皱构造和溶洞是公园导向性的 A 级地质遗迹景观；而众多的峰丛、象形山石等为 B 级地质遗迹景观。

关键词：地质遗迹 ；成因；景观价值；百里峡

中图分类号：P66　　　　**文献标志码**：A

四川宣汉百里峡风景名胜区地处大巴山岩溶中山区，独特的岩溶峡谷地貌和复杂的褶皱构造形成了众多具有一定科学价值和美学价值的地质遗迹景点，是四川省及周边省、市罕见的大型岩溶峡谷山水风景区，旅游观光、科考、度假、探险价值极高，市场开发潜力巨大。

百里峡所在的宣汉地区普光气田是我国南方迄今发现的储量规模最大的特大型整装海相气田[1]，近 10 年初步积累了一定的大区域性天然气田地质基础资料，但更多的研究偏重于研究大巴山弧形褶皱带推覆构造特征[2]和构造变形机制[3]，直接涉及百里峡景观成因和构造特征方面的研究尚属空白。百里峡是由于扬子板块与华北板块（南秦岭造山带）碰撞向四川盆地推覆、挤压所造成的现象之一，这一现象对于研究川东北、四川盆地的构造演化史具有十分重要的价值和意义。

目前，百里峡旅游景区进行了一些初级开发，但具有深厚科学内涵和观光价值的地质遗迹旅游资源未得到合理有效地利用，旅游产品以峡谷自然山水观光和水上漂流运动为主，旅游项目单调，综合效益尚未充分体现出来。百里峡地质公园的建立有利于更好地将保护地质遗迹景观与开展地学科普旅游结合起来，将资源优势转化为经济优势，全面带动山区（革命老区）经济发展。

1　地质遗迹景观分类

根据地质遗迹景观的成因、状态和功能作用，划分为峡谷、峰丛、象形山石、溶洞、化石、地层、构造地质剖面、地质灾害等 8 个基本类型[4]（表 1）。

2　地质遗迹景观成因

地质构造、水流侵蚀、岩溶作用是百里峡地质遗迹景观形成的主导因素，尤其是与褶皱构造变形关系极为密切。

2.1　地质构造

2.1.1　地质构造特征　百里峡地质公园大地构造位置属于扬子地台北缘的大巴山造山带及其前陆盆地中的大巴山弧形褶皱带，是扬子地台边缘盆 - 山藕合体系的有机组成部分，其南侧为川东梳状弧形褶皱带。大巴山及其前陆盆地的构造具有显

收稿日期：2009 - 09 - 02
基金项目：四川省教育厅四川旅游发展中心立项项目（LY09 - 33）；成都理工大学研究基金资助项目（2007YJ17）
作者简介：李晓琴（1973—），女，博士，副教授，研究方向：第四纪地质，lxqcdut@163. com。
引文格式：李晓琴，吴山，付顺，等. 四川宣汉百里峡地质遗迹成因与景观价值分析［J］. 桂林理工大学学报，2010，30（1）：56 - 61.

表 1　百里峡地质遗迹景观类型

Table 1　Geosites sight type in Baili Gorge

基本类型	主　要　景　观
峡谷	百里峡、黑龙峡、一线天、石笋沟、十里峡
孤峰、峰丛	百里峡岩溶群山、伟人峰、仙女岩、老黄山、五指山、百兽聚会、南天门、牛心山、神鹰岩、金鸡岩、鹰嘴岩
象形山石	天生桥、神鹰岩、镜面岩、船篷岩、码头岩、海豚岩、铁门槛、劈箭岩、悬棺、犀牛望月、雄鸡唱天、四方石、刺天峰、穿石、牯牛石、石桶、白马石、天峰柱
溶洞	立石村溶洞、观音洞、盘龙洞、鸡王洞、羊家洞子
化石	蜓类、珊瑚、长身贝、腕足、牙形刺、植物茎秆化石等
地层	二叠系（土黄色）、三叠系（紫色）、志留系徐家坝群（黄绿色）
地质构造剖面	箱状褶皱、尖棱褶皱、扇形褶皱、不协调褶皱、断层、节理、各种沉积构造
地质灾害	天台特大型滑坡、省道两旁岩石崩塌遗迹

著的分带性，各带的构造变形特征不同[3]。本区构造以褶皱为主，而且发育相当强烈，极少断层发生。整个峡区就是一个连续不断的褶皱构造剖面，褶皱强度从 SW→NE（即从前陆盆地边缘向褶皱带内部）逐渐加强，由樊哙一带的单斜层过渡到宽缓褶皱，逐步加强到中等—紧闭褶皱、倒转褶皱、直至发育纵向逆断层组合。褶皱剖面几何类型以等厚（平行）为主，相似型极不发育。褶皱的组合类型为较典型的梳状褶皱，其中以隔档式为主，即背斜窄、突出，向斜开阔。不同尺度、不同形态、不同组合与不同变形强度的褶皱随处可见，堪称褶皱构造博物馆。

通过对峡区全程连续地质剖面观测，该区地质构造的基本类型与样式特征见图 1。主要卷入的地层有三叠系须家河组（T_3x）、巴东组（T_2b）、嘉陵江组（T_1j）、大冶组（T_1d）、二叠系（P）和志留系徐家坝群（S_2xj）。公园以中常—紧闭褶皱为主要构造类型，在水平宽度约 30 km 的范围内出现了多达 20 余个剖面级的褶皱，露头级的则更多。褶皱在平面形态上属线型褶皱，其总体轴向 NW（平均 305°）。从樊哙—鸡唱方向，按构造出现的顺序对主要构造进行编号，背斜编号为 1、2、3……，向斜编号为（1）、（2）、（3）……，可大体分为 3 段：单斜—开阔褶皱段（1 号背斜和（2）号向斜）、中常—紧闭褶皱段（4 号、7 号主背斜）、高陡紧闭褶皱—纵向逆断层段（9、10、11 号主背斜，（12）号主向斜）[5]。

百里峡地貌景观的形成与构造变形关系极为密切，主要是由褶皱形态、强度、发育部位控制了不同岩性层的分布和产出状态，加之外动力（主要是河流和地下水地质作用）进而形成了不同特色的地貌景观，大致可以归纳为以下类型：①易风化岩层（如樊哙、渡口出露的 T_3x）的缓倾单斜或开阔褶皱往往形成缓倾单面山及丘陵、低山地形。②中—陡倾强硬岩层（如神女峡出露的二叠系）易形成锯齿状陡单面山（如“五指山”类型，图 2a）。③中常褶皱可形成相向或相背而倾的单面山，其组合形成不同自然景观，如峡口樊哙附近的“伟人峰”就是由中常背斜形成的相背单面山剥蚀后造成的（图 2b）。④白龙泉附近软、硬相向的平缓岩层（开阔向斜或箱状背斜顶部）形成平顶方山和大面积阶梯状陡崖（图 2c）。⑤本区神女峡附近近直立的强硬岩层（以二叠系为代表），形成陡立的刀剑状多个棱状山脊直刺蓝天（图2e），

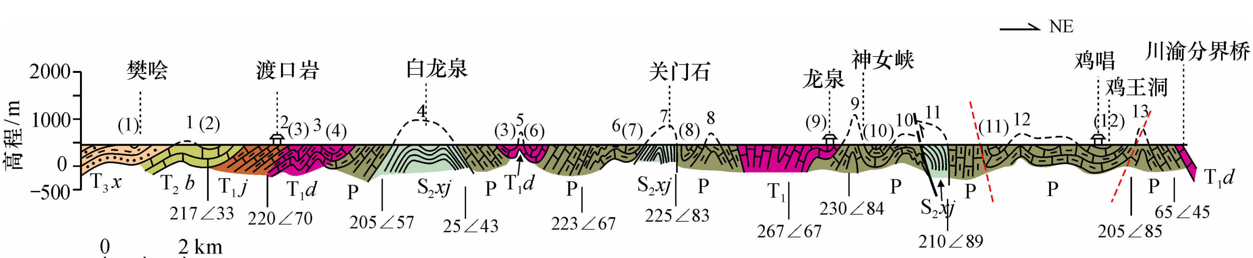
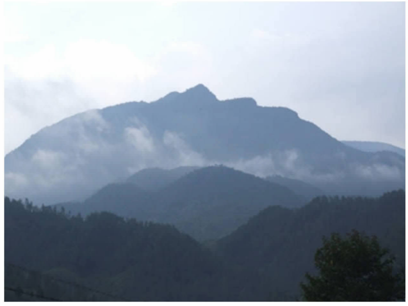


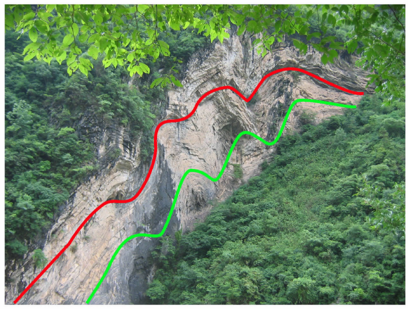
图 1　宣汉百里峡路线地质构造剖面图

Fig. 1　Geological structure section in Baili Gorge


(a) 神女峡 9 号背斜西翼陡倾地层构成的锯齿状五指山


(b) 峡口樊哙“伟人峰”实际上是由背斜山组合而成的


(c) 白龙泉 4 号背斜顶部宽阔平缓的转折端


(d) 关门石 6 号背斜西翼不同形态强烈次级褶皱

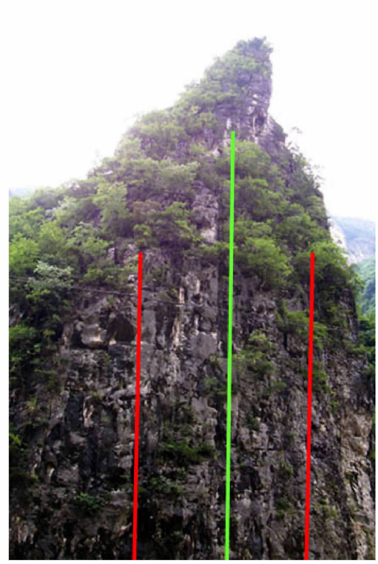

(e) 神女峡 9 号背斜西翼直立层构成的棱状陡脊

图 2 百里峡典型褶皱景观照片

Fig. 2 Typical drape sight picture in Baili Gorge

若被多方向河流切割，更可形成特殊孤峰，有的峰顶部宽度不足 1 m。⑥关门石附近箱状褶皱是本区褶皱的重要特征，它将④、⑤两个要素组合起来，使开阔的转折端顶部往往形成平顶方山和大面积陡崖，而陡倾的翼部则形成陡立的棱状山峰，并发育多个褶皱，由薄层灰岩构成，其形态以尖棱状等厚褶皱为主(图 2d)，在褶皱的对称性和配置关系上符合该箱状背斜翼部次级褶皱的特征。而从更大范围上看，则是平行(等厚)褶皱背斜核部的不协调褶皱。二者在不同高程同时出现，成为本峡区独特的景观类型。

2.1.2 构造变形机制与景观形成的关系

（1）构造变形机制。大巴山百里峡区段构造带中生代以来至少经历了 2 期显著的构造变形：印支晚期以褶皱作用为主，形成向盆地倾伏的 NE 向古构造；燕山中晚期—喜马拉雅期主要表现为冲断、褶皱与构造干扰复合，受到 3 个不同方向的挤压应力作用，即 NE 向大巴山挤压应力、来自川东的 NW 向挤压应力以及川中地块的 SE 向反作用力联合作用的结果。

百里峡褶皱带以连续的多级、多类型的浅层次褶皱为突出特征，褶皱强度大，但是在对称性方面没有明显的倒转褶皱倾向，同时地表断层发育相对较弱，深部推覆断层以总体倾角较缓的台阶状滑脱推覆断层为主，具较典型的薄皮推覆构造的特征。近几年来的地震勘探证实该构造带潜伏构造发育，构造走向以 NW 向为主，且在滑脱层之下发育双重构造，上、下滑脱层之间发育叠瓦状排列的冲断层。也正是由于被动顶双重构造的“拱顶抬升”作用，使得山前带地层抬升高，浅层被剥蚀的地层多[6]。

（2）百里峡的形成与地质构造的关系。百里峡总体呈 NE－SW 向展布，与大巴山褶皱带在该段的延伸方向（NW 向）呈大角度斜交。而百里峡更详细的平面形态则为较明显的拐折状，并具有明显的规律性：即由近垂直于山脉走向（褶皱轴向）的部分（直交段）和近平行的部分（平行段）组成。直交段的 NE 端与平行段的 NW 端相连，而该平行段的 SE 端又与下一个直交段的 SW 端相连，从而在平面上构成“Z”形锯齿状，具有显著的“追踪”构造特征。这是由于河流利用褶皱带的横张破裂和层理构造差异侵蚀形成的深切河谷，其侵蚀作用以下蚀为主，侧蚀为次，它符合该河段纵比降高、流速快的山区河流特征。

（3）与长江三峡的比较。长江三峡东端位于百里峡南东约 140 km，从百里峡切割并形成于褶皱构造山系（特别是梳状褶皱山系）这一特征来

看，它与长江三峡属于相同峡谷类型[7]，在景观特征上具有诸多神似之处（表 2），但百里峡峡谷的完整性更好、景观多样性更丰富。

2.2　水文条件和水流侵蚀

区内水文地质条件受地质、地貌条件控制。总观全区，自东北往西南，地层愈新，褶皱渐弱，断裂减少，地势逐低，切割变浅。其富水性也大体逐渐变弱。因此，富水性主要受构造控制，水质、岩性与地形关系密切。

峡谷地貌区出露的晚侏罗世地层以长石砂岩为主，产状平缓，倾角 5° ~ 7°，而长石砂岩中垂直层面的裂隙较发育，地表水、地下水沿裂隙向下渗透，经过长期的侵蚀和溶蚀作用，裂隙不断向下延伸、扩展，形成宽度小、深度大、延伸远的两侧陡直的峡谷。河流利用褶皱带的横张破裂和层理构造差异侵蚀形成的深切河谷，其侵蚀作用以下蚀为主，侧蚀为次，它符合该河段纵比降高、流速快的山区河流特征。在河水搬运、冲刷、磨蚀及第四纪以来新构造运动的共同作用下，河水与泥砂对河床中的砂岩不断进行磨蚀、雕刻，久而久之形成了千姿百态的峡谷地貌（图 3）。

该区碳酸盐岩岩性纯、厚度大、产状平缓、分布广。地质构造复杂，背斜、向斜、断裂亦多。宣汉大部分溶洞形成于地表水的季节变化带及全饱和带，尤其在地下水潜水面上十分发育，地下水沿可溶性岩层的各种构造面（如层面、断裂面、节理裂隙面等）进行溶蚀侵蚀，特别在构造作用的交叉点，溶蚀作用更为明显。形态又受构造控制，有带状、穹状、锥状及阶梯状等。本区最大的溶洞鸡王洞就发育在本区 12 号主向斜上。溶洞内石笋、石钟乳、石柱、石幕、石花发育较好。

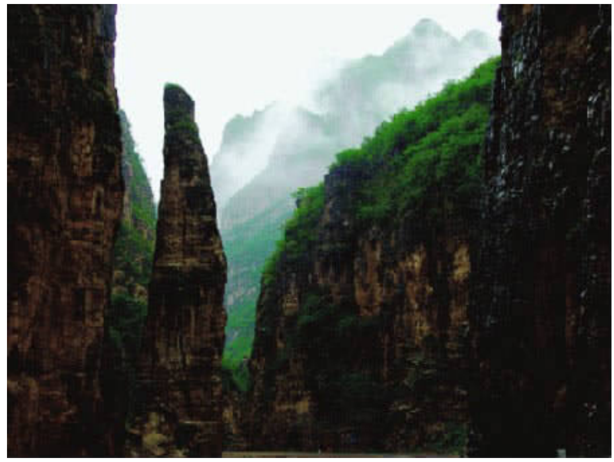


图 3　百里峡峡谷地貌

Fig. 3　Physiognomy in Baili Gorge

（鸡王洞 13 号背斜东翼被河流交汇切割成为孤峰）

2.3　岩溶作用

峰丛是岩溶地区的正地形，是在高温的北亚热带湿润性季风气候条件下，长期岩溶作用的产物，其成因复杂。碳酸盐岩在地表流水侵蚀、地表水及地下水的溶蚀等综合作用下形成的顶部呈圆锥状、丘状的山峰（图 2a、2b），而基部相连成簇状。如神鹰岩、镜面岩、船篷岩、码头岩、海豚岩等。

3　地质遗迹景观价值

3.1　定性评价

（1）典型性。百里峡，峡长百里，以其较大的规模和秀丽的景致，在国内具有代表性，在省内及邻近省、市具有典型性。宣汉百里峡区段位于南大巴山冲断褶皱带的外带——前缘褶皱带，构成扬子地台边缘的盆 - 山耦合体系，是进行科学研究和科普的最佳场所。在北东、北西、南东三向挤压构造动力的联合作用下，构造变形从四川盆

表 2　百里峡与长江三峡景观对比

Table 2　Contrast of Baili Gorge and Yangtze Three Gorges

<table>
<tr><th>峡谷</th><th>物质组成</th><th>形成条件</th><th>河谷特征</th><th>景　观　特　征</th><th>关联度</th></tr>
<tr><td>长江三峡</td><td>三叠系碳酸盐岩为主</td><td rowspan="2">以河流下蚀作用为主，利用褶皱山系的横张破裂和顺序软弱带形成垂直于山脉走向（褶皱轴向）的直交段和平行段组成“Z”型拐折状河谷</td><td>平行段多且长度大，3 个主要峡谷之间存在明显的宽谷段</td><td>切割的川东梳状褶皱明显为隔档式，且构造与地形基本一致，一个“档”基本就是一个单一的主背斜，“档”与“档”之间分隔距离明显，从而对峡谷的连续性产生影响</td><td rowspan="2">长江三峡东端位于百里峡南东 140 km 左右，二者均位于与大巴山弧形褶皱带密切相关的川东弧形褶皱带</td></tr>
<tr><td>百里峡</td><td>三叠系—志留系碳酸盐岩为主</td><td>平行段相对不发育，峡谷的整体性更好</td><td>发育在连续的多级褶皱带内部，褶皱带的梳状特征主要表现在构造方面，基本未出现地形上的差异，同时隔档式与隔槽式褶皱在褶皱带内部因剥蚀部位的高程差异而交替出现</td></tr>
</table>

地外围逐渐向盆地内部“交替”推移扩展,该区段既反映了区域构造动力作用和构造应力场的统一性,又显示了各构造时间、空间发展的差异性,这对研究川东北和四川盆地的构造演化史意义重大。

(2) 系统性。公园内拥有丰富的地质遗迹,如峡谷、溶洞、褶皱构造、古生物化石、地质剖面、岩溶微地貌类型等,景观组合的完整性、系统性优势明显。从古生代志留系、二叠系,经中生代三叠系到新生代第四系,地层分布十分齐全。

(3) 稀有性。百里峡在内的区域是我国迄今为止储量规模最大的整装天然气田——普光气田涵盖的中心区域。该区域地质构造、古生物、岩石、地理环境条件对油气的聚集、成藏特殊性显著。而百里峡地质公园沉积体系及古环境演化研究,对普光天然气田的深入研究和科学利用有重要价值。

(4) 优美性、自然性。百里峡是四川最典型的岩溶构造中山地貌区,为大巴山最雄奇秀丽的大峡谷。境内数十座奇峰拔地而起,各具神韵;峡谷幽深,绝壁如削;溶洞众多,形象万千;褶皱形态复杂多样,有的形如船篷,有的形如百马,有的形如神鹰,千奇百态,美学价值高,观赏性极强。此外,公园森林茂盛,生物多样性突出,动植物物种丰富。

3.2 定量评价

参照《国家地质公园工作指南》地质遗迹景观资源的定量评价方法,选取地质遗迹景观品质、景观规模、自然环境容量 3 个评价因子和 12 个指标作为具体评价指标,分别确定权重。其中,根据百里峡岩溶峡谷、褶皱构造等地质遗迹的独特性,对评价指标中的个别因子(如奇特度、美学价值、景观组合、自然生态等)作了适当修正和调整,重点在于突出百里峡地质公园内的地质遗迹资源的科学价值和稀有性等特性,以区别于其他地质公园。

从表 3 中可知,百里峡地质公园内峡谷地貌、褶皱构造和溶洞景观是公园导向性地质遗迹景观,成为园内的 A 级地质遗迹景观(分值 100 ~ 80)。而园内众多的峰丛、象形山石景观等地质遗迹为公园内的 B 级地质遗迹景观(分值 80 ~ 60),是公园内景观的重要组成部分,具有较高的科研价值和观赏价值。

表 3 百里峡地质公园重要地质遗迹景观定量评价表

Table 3 Quantitative assessment of geosites sight in Baili Gorge Geopark

序号	地质遗迹景观点	资源品质	资源规模	自然环境容量	综合分值	级别
1	百里峡岩溶峡谷群峰	48.37	26.43	18.12	92.92	A
2	老黄山	45.12	22.76	17.32	85.2	A
3	黑龙峡	39.48	20.06	16.85	76.39	B
4	盘龙洞	42.34	22.54	15.22	80.1	A
5	鸡王洞	42.15	24.56	15.47	82.18	A
6	观音洞	42.44	22.22	15.36	80.02	A
7	仙女岩	42.35	24.12	16.39	82.86	A
8	铁门槛	38.37	18.46	13.32	70.15	B
9	一线天	39.54	21.34	12.23	73.11	B
10	五指山	42.26	23.34	17.38	82.98	A
11	穿石	39.12	18.33	13.23	70.68	B
12	神鹰岩	40.45	19.34	12.33	72.12	B
13	雷鸣洞	40.23	24.22	15.35	79.8	B
14	羊家洞子	34.45	17.58	13.45	65.48	B
15	牯牛石	38.58	18.34	11.34	68.26	B
16	悬棺	40.33	20.39	10.93	71.65	B
17	立石村溶洞	44.89	24.34	15.23	84.46	A
19	船篷岩	39.97	23.87	15.34	79.18	B
20	海豚岩	39.45	22.37	14.85	76.67	B
21	四方石	39.12	18.78	10.23	68.13	B
22	刺天峰	38.12	20.45	10.76	69.33	B
23	天生桥	40.67	19.45	11.23	71.35	B
24	雄鸡唱天	42.34	23.47	15.37	81.18	A
25	百兽聚会	40.67	24.37	16.33	81.37	A
26	伟人峰	41.23	25.98	17.98	85.19	A
27	4、7、9、11 号主背斜	46.29	26.39	16.29	88.97	A
28	十里峡	36.28	24.39	16.48	77.15	B
29	石笋沟	39.49	23.48	16.94	79.91	B
30	南天门	39.49	22.79	15.75	78.03	B
31	金鸡岩	38.59	21.48	11.38	71.45	B
32	鹰嘴岩	39.29	20.17	10.92	70.38	B
33	石桶	34.19	15.98	10.29	60.46	B

4 结 论

(1) 百里峡地质公园以构造地层剖面、岩溶峡谷地貌、溶洞为导向型景观,景观组合协调,分布集中,典型性、系统性、稀有性、自然性特征突出。

(2) 地质构造、水流侵蚀、岩溶作用是百里峡地质遗迹景观成因的主导因素,尤其是与褶皱构造变形关系极为密切。峡区褶皱构造相当发育,

类型多样，极少断层发生。褶皱形态发育良好，剖面几何类型以等厚（平行）为主，组合类型为较典型的梳状褶皱。

（3）从百里峡切割并形成于褶皱构造山系（特别是梳状褶皱山系）这一特征来看，百里峡与长江三峡属于相同峡谷类型，在景观特征上具有诸多相似之处。

参考文献：

［1］马永生. 中国海相油气田勘探实例之六 四川盆地普光大气田的发现与勘探[J]. 海相油气地质,2006, 11(2):35－40.

［2］李占奎，丁燕云. 大巴山推覆构造特征的探讨［J］. 物探与化探，2007，31（6）：495－498.

［3］汪泽成，赵文智，徐安娜. 等. 四川盆地北部大巴山山前带构造样式与变形机制［J］. 现代地质，2006，20（3）：429－435.

［4］付顺，李晓琴. 百里峡地质公园总体规划［R］. 成都：成都理工大学，2006.

［5］付顺，吴山，赵俊兴，等. 百里峡地质公园综合考察报告［R］. 成都：成都理工大学，2006.

［6］李智武，刘树根，罗玉宏，等. 南大巴山前陆冲断带构造样式及变形机制分析［J］. 大地构造与成矿学，2006，30（3）：294－304.

［7］张帆，王孔伟，罗先启，等. 长江三峡库区构造特征与滑坡分布关系［J］. 地质学报，2007，81（1）：39－46.

Geosites Genesis and Landscape Value Evaluation in Baili Gorge of Xuanhan

LI Xiao-qin，WU Shan，FU Shun，WEI Yue-long

（*College of Earth Sciences*，*Chengdu University of Techonlogy*，*Chengdu* 610059，*China*）

Abstract：The landscape features of Baili Gorge Geopark fall in typical canyon，structural geology sections，integrity and systemic combination of geosites landscapes. Geological structure，stream erosion and karstification are dominant in the genesis of Baili Gorge Geopark，especially drape structure distortion. Judging from these characteristics，Baili Gorge and the Three Gorges of Yangtze River belong to the same type，with similarities in landscape features. By quantitative evaluation，canyon landform，fold and Karst caves are A level in geological vestige landscape. Large numbers of peak clusters and pictographic rocks rank B level in geological vestige landscape.

Key words：geosites；genesis；landscape value；Baili Gorge；Sichuan