

中国荔波锥状喀斯特世界自然遗产价值 全球对比分析

陈品冬^{1,2}, 熊康宁², 肖时珍²

(1. 贵州民族大学人文科技学院, 贵阳 550025; 2. 贵州师范大学中国南方喀斯特研究院, 贵阳 550001)

摘要: 研究世界自然遗产地价值, 对遗产地本身以及其他类似区域的可持续发展有重要意义。基于系统论思想, 将“中国南方喀斯特”第一批三处遗产地中的荔波锥状喀斯特置于全球视角, 选取相似的、具有代表性的区域, 结合世界遗产第八条有关地质地貌特征与演化历史等方面的评价标准, 进行全球对比分析, 揭示其全球显著价值。研究表明: 荔波锥状喀斯特具有更为独特的演化环境与更为复杂的地质演化过程; 更有典型的锥状喀斯特单体形态与较为齐全的地貌组合类型, 更有罕见的锥状喀斯特森林生态系统和生命记录。荔波锥状喀斯特是反映地球热带—亚热带锥状喀斯特演化历史主要阶段的典型范例, 极具代表中国南方喀斯特的世界遗产价值。

关键词: 锥状喀斯特; 世界自然遗产; 全球对比分析; 中国荔波

1 引言

喀斯特是世界最卓越的景观之一, 以石灰岩和白云岩为主的碳酸盐岩为物质基础而形成, 中国是世界喀斯特比例最高的国家, 碳酸盐岩出露面积达 $1.25 \times 10^6 \text{ km}^2$, 喀斯特发育极为典型^[1]。从发育条件、发育程度以及景观美感度等方面而言, 又以中国南方喀斯特最佳, 其独特的地质地貌及演化过程、生态系统和生物多样性, 以及所形成的综合自然景观都具有显著的全球价值和意义。“中国南方喀斯特”第一期世界自然遗产申报项目, 于北京时间2007年6月27日在新西兰召开的世界遗产委员会第31届大会上, 经审议将贵州荔波、云南石林和重庆武隆喀斯特正式列入《世界遗产名录》。研究“中国南方喀斯特”的价值, 对遗产地本身的管理、规划保护具有很强指导意义。“中国南方喀斯特”第二期申报正在进行, 本研究对后期遗产提名地的价值发掘与项目申报也具有重要的借鉴作用。在系统论思想指导下, 本文对荔波锥状喀斯特进行研究, 采用室内文献法、实地调查与测量等方法, 从地质背景、地貌演化、形态及生态系统等方面, 结合喀斯特地质地貌的发育特征与世界自然遗产价值标准, 对比分析中国南方喀斯特发育的典型地貌景观与国内外相似区域, 研究荔波喀斯特的世界自然遗产价值。

收稿日期: 2012-09-14; 修订日期: 2013-04-09

基金项目: 施秉喀斯特申报世界自然遗产项目 (贵州省科技厅黔科合SY字[2012]3157号); 中国南方喀斯特申报世界自然遗产项目 (黔建景函[2005]111号); 贵州省科学基金项目 (黔科合J字[2009]2036号)

作者简介: 陈品冬 (1982-), 女, 贵阳人, 硕士, 讲师, 主要从事旅游资源开发、岩溶地貌等研究。

E-mail: pindong2002@163.com

通讯作者: 熊康宁 (1958-), 男, 重庆人, 硕士, 教授, 博士生导师, 主要从事喀斯特与洞穴、资源与环境及自然遗产等研究。E-mail: xiongkn@163.com

2 对比案例选取

中国代表性的喀斯特就其特征可分为三大片区：北方喀斯特（以山西为中心）、南方喀斯特（以贵州为中心）和高山高原喀斯特（青藏高原）^[2]。中国南方喀斯特地区碳酸盐岩出露面积大，受到喜马拉雅构造运动的影响，又处于热带—亚热带季风气候区，水系发达，地表被强烈侵蚀切割。由此，形成了在喀斯特地貌的多样性和典型性、各类生物的生态特征等方面堪称中国喀斯特发育最为完美的地区。而位于贵州东南部的荔波喀斯特，是“中国南方喀斯特”中锥状喀斯特的典型代表。

从全球角度来看，喀斯特的发育受水热条件影响，表现出明显差异：中国南方处于热带、亚热带季风区，雨热同期，水热条件优渥，植被发育好，溶蚀作用强烈，故峰林地貌极为发育，漏陷地貌、谷坡、高大石芽和洞穴也较为常见。以前南斯拉夫喀斯特高原为代表的地中海型喀斯特，虽有厚层的石灰岩，然而雨热不同期，喀斯特地貌发育不如前者典型，峰林欠发育，以地表的落水洞、坡立谷、溶蚀洼地、干谷（盲谷）等负地形为主；而温带湿润—半湿润气候区水热条件均不充沛，喀斯特作用程度不强烈，地表发育干谷，地下却发育一些小型喀斯特，如溶孔、短小洞穴等；干燥地带水量条件差，地上、地下喀斯特地貌均不甚发育^[3,4]。

荔波喀斯特分布在热带—亚热带喀斯特地区，全球与之具有相似性的区域主要有：牙买加考克皮特峰丛洼地（Cockpit Country）、伯利兹贝尔莫潘（Belmopan）、古巴西部热带喀斯特区的维纳斯谷地（Viñales Valley）、波多黎各阿雷西博—马纳提（Arecibo-Manati）、瓜哇千山（Gunung Sewu）、巴布亚新几内亚大瑞山（Darai Hills）、菲律宾薄荷岛（Bohol Island）、巴西布尼托（Bonito）、越南下龙湾（HaLong Bay）、越南丰芽—格邦（Phong Nha-Kẻ Bàng）、泰国攀牙湾（Phang Nga Bay）以及中国广西桂林等地(图1、表1)。

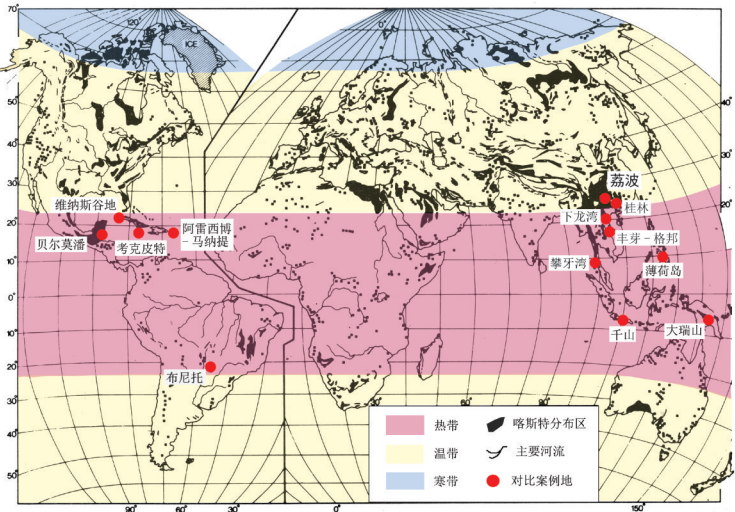


图1 世界主要碳酸盐岩分布^[4]及对比较案例图

Fig. 1 Global distribution of major outcrops of carbonate rocks ^[4] and the comparison cases with Libo

3 “荔波锥状喀斯特”世界自然遗产价值的全球对比分析

3.1 地质基础

荔波喀斯特位于贵州高原向广西丘陵逐渐过渡的斜坡地带，属扬子地块的黔南古断

表1 世界典型锥状喀斯特区的发育演化环境对比^[3,6-17]

Tab. 1 Comparison of evolutionary environment of the typical cone karst areas in the world^[3,6-17]

项目	国家	地理位置	地形	海拔/m	气候类型	年均 温/℃	年均降雨量/ mm
荔波	中国	25°13'N、 107°58'E	大陆高原 斜坡地带	385-1109	亚热带季风气候	15.3	1750
大瑞山	巴布亚新 几内亚	7°13'S、 143°55'E	岛屿	100-1000	热带雨林气候	26.5	>2000
贝尔莫潘	伯利兹	17° 25'N、 88°76'W	海岸低地 高原	平均 70	热带雨林气候	27.6	2000-2400
薄荷岛	菲律宾	9°50'N、 124°05'E	海岛	100-600	海洋性季风型气候	29	3000
千山	爪哇	8°02'S、 109°45'E	低地高原	0-400	热带季风气候	27	>2000
布尼托	巴西	21°13'S、 56°48'W	大陆低地 高原	400-700	热带海洋气候	23	1400
阿雷西博— 马纳提	波多黎各	18°36'N、 66°62'W	岛屿	0-200	热带海洋气候	24	1500
考克皮特	牙买加	18°15'N、 77°46'W	低地高原	平均 600	热带雨林气候	27	1500-2500
下龙湾	越南	20°53'N、 106°52'E	海岸低地	100-200	湿润热带季风气候	26	2200
丰芽—格邦 国家公园	越南	17°31'N、 106°12'E	海岸高地	400-1000	湿润热带季风气候	24	1880
维纳斯谷地	古巴	22°48'N、 83°55'W	岛屿	400	热带雨林气候	21-28	700-1000
攀牙湾	泰国	8°65'N、 98°39'E	海岛	平均 40	热带海洋气候	28-35	2388
桂林	中国	24°51'N、 110°29'E	大陆平原	150-300	亚热带季风气候	19	1900

褶皱；遗产地内构造以近南北向构造带为主，为隔槽式褶皱系，由彼此平行的、宽达 30-50 km 的大型箱状背斜与紧密向斜相间构成^[5]。区内主要分布石炭系、二叠系的碳酸盐岩及中三叠统的碎屑岩。地下则发育网状地下水系。

中国桂林喀斯特发育在湿润热带到亚热带大陆平原地区，碳酸盐岩出露厚度较大，地质演化历史久远，第三纪地壳的强烈抬升，使其早期形成的喀斯特地貌被深切发育，形成了耸立挺拔的峰林景观^[6]。泰国攀牙湾出露二叠系碳酸盐岩，是由于持续的地壳板块碰撞、挤压使地表抬升，并在海侵环境下逐渐演化成塔状喀斯特景观^[7]，地质背景与荔波截然不同。类似峰林地貌还有美洲的牙买加、波多黎各及印度尼西亚爪哇岛的千山。然而，这些地貌基于中新统礁灰岩、侏罗系至第三系碳酸盐岩而发育，相较荔波喀斯特的地质基础而言年轻许多。在中早期中新统的灰岩上发育的巴布亚新几内亚大瑞山，发育历史也相对短暂^[8]。其他相似地区的喀斯特多在海岛环境上发育，地质背景明显不同，如越南下龙湾，展现了石炭系至二叠系灰岩在多期海退抬升，海进沉没的古地理环境中海上峰林的演

续表 1

碳酸盐岩出露	地层	岩性	岩相
厚度>8600 m	三叠系,二叠系,石炭系	石灰岩、白云岩、含白云质石灰岩	硬度大、致密、厚度大、同质
厚度>3500 m	中新世中期和早期	泥晶石灰岩、藻灰岩、有孔虫灰岩	质纯、厚层、致密
面积约 3000 km ² (全国);厚度 50-100 cm	白垩纪	石灰岩、白云岩	较为年青、岩层很薄、质地很纯
面积近 2000 km ²	更新世,中新世晚期,上新世	石灰岩	年青、质纯、岩层薄
面积超过 1000 km ² ;厚 650m	第三系	石灰岩	厚度大、延伸宽广、坚硬、致密
从北到南长 100 km 的狭长地带	第三系,白垩系,侏罗系	石灰岩、白云岩、含白云岩的泥岩	产状水平、连续
厚度约 1700 m,最大宽度 22 km	中新世,渐新世	石灰岩、泥质石灰岩	厚度大、质纯
面积近 450 km ²	第三系,白垩系,侏罗系	石灰岩、白云岩、结晶灰岩	质纯、不连续
面积约 1500 km ² ;厚 1000 m	二叠系,石炭系	石灰岩、片岩	质纯、坚硬、厚度 1000m
覆盖面积 2000 km ²	晚二叠系,石炭系	石灰岩、页岩、片岩、白云岩	不连续、富含杂质
55 km ² 被锥状喀斯特覆盖	侏罗系	石灰岩、白云岩	质纯、厚度大
厚度 750-1000 m	二叠系	石灰岩、砂岩、页岩	质纯、多孔
厚度 2500-3000 m	泥盆系,石炭系	石灰岩、白云岩、白云质灰岩	质地很纯、硬度大、致密

化发育过程。

3.2 地貌演化

3.2.1 演化环境 喀斯特地貌演化发育受到许多因素的影响与控制。不同温度、降水、地表水文、地形状况、海拔高程、碳酸盐岩的分布及厚度等条件所形成的锥状喀斯特差异很大（表1）。

（1）地理位置：处于 20°-26°N 之间的除了荔波以外，还有古巴维纳斯谷地、越南下龙湾以及中国广西桂林；处于 15°-20°N 之间的有波多黎各阿雷西博—马纳提、牙买加考克皮特、伯利兹贝尔莫潘、越南丰芽—格邦国家公园；处于 5°-10°N 之间的有菲律宾薄荷岛与泰国攀牙湾；巴布亚新几内亚大瑞山、瓜哇千山以及巴西布尼托则处于 5°-25°S 之间。

（2）地形：为岛屿或海岸低地的有巴西布尼托、波多黎各阿雷西博—马纳提、巴布亚新几内亚大瑞山、伯利兹贝尔莫潘、瓜哇千山、越南下龙湾、越南丰芽—格邦国家公园、泰国攀牙湾与古巴维纳斯谷地；为大陆地形的除荔波外，还有巴西布尼托与牙买加考克皮特以及中国广西桂林。

（3）气候条件：其中巴布亚新几内亚大瑞山、古巴维纳斯谷地、伯利兹贝尔莫潘与牙买加考克皮特属于热带雨林气候；泰国攀牙湾、巴西布尼托与波多黎各阿雷西博—马纳提属于热带海洋性气候；越南下龙湾与丰芽—格邦国家公园、菲律宾薄荷岛、瓜哇千山、中国广西桂林与贵州荔波属于季风型气候。

（4）碳酸盐岩岩性特征：巴布亚新几内亚大瑞山是在中早期中新统的灰岩上发育的，岩性主要为泥晶石灰岩、藻灰岩、有孔虫灰岩，虽然有质纯、厚层、致密的特点，但岩石

发育演化历史相对荔波较短; 伯利兹贝尔莫潘的白垩纪的石灰岩、白云岩虽然质地很纯, 但却非常薄^[9], 所以形成的锥状喀斯特比较低矮; 菲律宾薄荷岛的石灰岩年代属于上新世至更新世(西部)和中新世晚期到上新世(东部和东北部), 在倾角在 0° - 4° 之间的近水平状的岩层上发育了相对平坦的平原及点缀其上的对称的山丘^[10], 并且年青的石灰岩在这里被切割成了不连续的谷地、锥峰、孤立峰丛及广泛的溶蚀平原^[11]; 牙买加考克皮特出露第三系、白垩系和侏罗系的石灰岩、白云岩和结晶灰岩, 但分布不连续; 越南丰芽—格邦的晚二叠世、石炭系的碳酸盐岩不但有不连续的特点, 而且岩石质地不纯, 富含杂质, 所以形成与荔波锥状喀斯特不一样的景观。

(5) 碳酸盐岩分布面积及厚度: 大瑞山岩层厚度较大, 达3500 m; 贝尔莫潘与薄荷岛的碳酸盐岩出露面积都比较大, 然而岩层却比较薄; 攀牙湾岩层厚度700-1000 m; 千山、阿雷西博—马纳提、下龙湾与丰芽—格邦碳酸盐岩出露面积或厚度比较大, 其中千山地区出露面积超过1000 km²、厚650 m, 阿雷西博—马纳提地区碳酸盐岩约厚1700 m、最大宽度22 m, 下龙湾喀斯特发育面积约1500 km²、岩层厚1000 m, 丰芽—格邦有2000 km²为喀斯特地貌所覆盖。然而, 与荔波碳酸盐岩8600 m的沉积厚度相比, 荔波的锥状喀斯特在厚度上无疑占有优势。

相比之下, 地处 $25^{\circ}13'15''\text{N}$ 、 $107^{\circ}58'30''\text{E}$, 地形为大陆高原斜坡地带、气候为亚热带季风气候的荔波, 经受过多次构造运动, 裂隙、节理和断裂十分发育, 对水流渗透、陡坡的发育、洞穴的形成及其空间分布起着重要作用。在有利于岩溶发育的岩性、构造和气候条件下, 加上溶蚀作用强烈, 从而造就了频繁的、对照极为显著的、正负相间的热带岩溶地貌景观。也就是说, 荔波的锥状喀斯特发育到目前的景观状态, 所处地理环境极为复杂和典型。

3.2.2 演化过程

从表2可看出, 桂林喀斯特是在热带大陆平原地区地块以缓慢速度抬升, 并在一定时期相对稳定的背景下, 锥状喀斯特在优良的水热条件下逐渐向塔状喀斯特演化发育的过程; 而古巴维纳斯谷地反映了由于地下暗河的侵蚀、溶蚀、搬运等作用, 锥状喀斯特高原面逐渐土崩瓦解, 遗留产物向塔状喀斯特演化的过程; 阿雷西博—马纳提喀斯特与大瑞山喀斯特均形成于热带海岛环境, 前者反映了锥状喀斯特逐渐演化为峰林残丘的过程, 后者反映了锥状喀斯特从开始发育至逐渐成熟的过程; 下龙湾喀斯特与攀牙湾喀斯特反映了由于地壳抬升、海水入侵等因素加大了对热带锥状喀斯特锥峰的侧蚀力度, 致使发育在富含杂质的疏松石灰岩上的锥状喀斯特不断崩落, 从而逐渐向塔状喀斯特演化的地质过程; 丰芽—格邦喀斯特演化历史悠久, 反映了亿万年来在巨大的地壳变化以及热岩运动影响下平原喀斯特的形成过程^[12]; 巴西布尼托反映了大陆低地喀斯特在复杂水系的不断侵蚀与溶蚀下, 地表与地下喀斯特均较发育, 地表逐渐成为峰林残丘的过程。

荔波喀斯特的演化过程很有特色, 反映了在构造抬升运动的影响下, 锥状喀斯特地貌发育对地表—地下水文系统的积极响应, 从而分别表现为峰丛喀斯特与峰林喀斯特之间的正向演化和逆向回春演化序列的发育过程, 两个演化序列分别在茂兰片区与大小七孔片区可以得到最好的解释。同时反映了海底沉积—抬升剥蚀—溶台漏斗—峰丛漏斗—峰丛洼地(谷地)—峰林洼地和谷地—峰丛峡谷和峰丛盆地的典型的锥状喀斯特的演化过程, 这与其他相似喀斯特区域的地质过程截然不同。

3.3 锥峰单体形态

由表3可知, 桂林喀斯特为典型的塔状喀斯特地貌景观, 平坦的冲积平原上散布多座

表 2 世界典型锥状喀斯特区的地质过程与地貌演化对比^[3,6-17]

Tab. 2 Comparison of geological process and geomorphological evolution of the typical cone karst areas in the world^[3,6-17]

项目	区域构造主要特征	喀斯特水文	主要的、正在进行的地貌演化	主要成因
荔波	地层间多不整合接触现象,构造以近南北向构造带为主,为隔槽式褶皱系	内源水和外源水(打狗河、三岔河水系)	峰丛喀斯特向峰林喀斯特演化;峰林喀斯特向峰丛喀斯特回春发育	倾斜基座多次剧烈构造抬升,同时受到断层、背斜、大型节理等地质作用影响;气候、水文作用
大瑞山	位于一缓和褶皱带中,其中的单斜构造呈NW-SE方向延伸	主要为内源水	锥状喀斯特向塔状喀斯特演化	构造抬升和轻微的褶皱作用;侵蚀作用
贝尔莫潘	地质结构主要受到玛雅山脉控制,有一EW向大断层	外源水和内源水都很丰富	锥状喀斯特向塔状喀斯特演化;也有逆向发育	海水冲蚀、雨水溶蚀;植物的固定或崩裂作用
薄荷岛	地层呈近水平状,倾角0°-4°	外源水和内源水输入	锥状喀斯特向塔状喀斯特演化	海水冲蚀、雨水溶蚀
千山	地层无褶皱发育,仅在喀斯特高原的边缘地区有小断层	内源水和外源水输入	锥状喀斯特向塔状喀斯特演化;也有逆向发育	在热带雨水的强烈化学侵蚀下,浅海抬升而形成
布尼托	受Bodoquena山建造框架的控制,多逆向断层和等斜褶皱	部分外源水入侵,其中伴随着一些内源水	锥状喀斯特向塔状喀斯特演化	岩层表层被剥蚀,突起形成残丘
阿雷西博—马纳提	地层总体向北倾斜,倾角小于5°	几乎全是内源水	锥状喀斯特向塔状喀斯特演化	地表被剥蚀后海水冲蚀;植物崩裂作用
考克皮特	断层沿3个大型向斜轴发育,断层走向一般为NS向	内源水占主导	锥状喀斯特向塔状喀斯特演化	良好的地质环境,雨水缓慢的溶蚀作用,崩塌作用
下龙湾	许多NS向断层致使石灰岩的结构复杂	外源水和内源水都很丰富	锥状喀斯特向塔状喀斯特演化	海水冲蚀和溶蚀
丰芽—格邦国家公园	多次的建造抬升,广泛的建造运动,使岩石构造成异常复杂	外源水占重要地位	峰丛喀斯特向峰林喀斯特演化;峰林喀斯特向峰丛喀斯特回春发育	残丘出露于石灰岩内露层,长期喀斯特化促进其地质演化
维纳斯谷地	地层总体向南倾斜,倾角小于5°	内源水占绝对优势	锥状喀斯特向塔状喀斯特演化	构造抬升后高原面被地下河侵蚀后的遗留产物
攀牙湾	区域主要构造为NS向或NE-SW向向斜构造	外源水和内源水都很丰富	锥状喀斯特向塔状喀斯特演化	地壳抬升后海水入侵侧蚀作用加大;雨水冲蚀
桂林	经受了多次构造运动,裂隙、节理和断裂十分发育	外源水占绝对优势	锥状喀斯特向塔状喀斯特演化	水平石灰岩上发育锥峰;雨水冲蚀;地表—地下水循环畅通

表3 世界典型锥状喀斯特区的地貌形态对比^[8-12,14-17,20]

Tab. 3 Comparison of morphology of the typical cone karst areas in the world^[8-12,14-17,20]

项目	喀斯特类型	正地貌(单体形态)	主要负地貌形态	洞穴
荔波	主体为锥状喀斯特,部分塔状喀斯特	对称积1.73,峰洼高差平均高差229.3 m,坡度45.5°	被残留物或土壤覆盖的大型洼地,其中部分洼地有漏斗发育;落水洞平均密度2.25个/km ²	长而深的多层洞穴系统
大瑞山	主体形态为锥状喀斯特,部分塔状	90-120 m高的山峰,呈圆锥状和城堡状	大型洼地,深30~110m,宽150~1000m,部分被厚泥土覆盖;没有坡立谷;漏斗较为发育	数量丰富的大型、深邃的洞穴
贝尔莫潘	锥状喀斯特	平均密度为29.2个/km ² ,坡度为50°,平均高度38 m,平均直径139 m	广泛发育落水洞、悬挂谷、大型坡立谷	分枝多、情况复杂洞穴系统
薄荷岛	锥状喀斯特	1268座喀斯特山峰,呈馒头状或三角圆锥形,高度40-100 m	谷地、落水洞、漏斗	小型洞穴系统
千山	锥状和塔状喀斯特	数量超过1万个,高25-75m、平均坡度为30°的半球形,直径/高度值3.1-8.0	发育漏斗、狭长且相连接的谷、浅湖	洞穴数量超过250个,深度多小于200 m
布尼托	喀斯特平原和流水喀斯特	高度不等,蜂窝状的锥状喀斯特	一些被红壤填充的塌陷落水洞;喀斯特泉较为常见	大量大型长洞穴
阿雷西博—马纳提	塔状喀斯特,其中一些是锥状	平均高度19 m,最高52 m,平均直径71 m,外多覆沙和粘土	一些被薄层土壤覆盖的封闭盆地或洼地,大型漏斗	少量小型洞穴
考克皮特	锥状喀斯特,部分塔状	半球状,半锥状,顶尖,平均坡度30°,锥峰底部平坦	被冲积物填充的大型浅洼地、谷地、盆地和坡立谷,漏斗、落水洞众多	少量小型洞穴
下龙湾	海侵塔状喀斯特,部分锥状	坡度为60°-90°的塔状喀斯特,塔峰高50-100 m	封闭多边形洼地、溶痕和溶蚀裂隙	多短浅洞穴,脚洞很多
丰芽—格邦国家公园	部分锥状和部分塔状	高度一般低于100 m的锥状喀斯特	大型深漏斗、溶蚀竖井	大型、多级洞穴系统
维纳斯谷地	塔状喀斯特,其中部分是锥状	塔状喀斯特山体高度低,其外形不对称	被泥土覆盖的极其薄的不规则谷地	较为大型的洞穴系统
攀牙湾	塔装喀斯特占绝对优势	塔峰高度一般小于100 m,顶尖,峰坡陡直;往往成簇状分布	落水洞、峡谷	洞穴数量多,宽而浅;脚洞广泛发育
桂林	塔状喀斯特,部分锥状喀斯特	约60°以上的陡峭塔状喀斯特	各种形状的洼地,它们的边界被清楚地定义为未发育的溶痕形态和溶蚀裂隙	短洞穴系统

孤峰，其两侧斜坡陡峭，有些峰体坡度甚至接近90°，这与该地区地下水与地表水循环通畅，对该地区喀斯特的侵蚀作用较为强烈有关。牙买加的考克皮特也发育了类似的峰丛洼地，但不及荔波的锥峰高，峰体多为浑圆状，坡度也多在30°以下^[13]，其锥峰单体形态不如荔波典型；爪哇千山境内发育了大量馒头状的喀斯特山丘，顶部平缓，高度大多在

30-60 m之间,直径平均为200 m^[14];薄荷岛境内的“巧克力”喀斯特是著名景点,共发育了1268座锥峰,平均高度在40 m左右,锥峰圆润而平滑,夏秋季节植被枯萎,呈现棕黄色;波多黎各喀斯特塔峰占绝对优势,峰高多在25 m以下^[15],主要为残丘^[16],与荔波喀斯特单体形态差别较大;越南的下龙湾与泰国的攀牙湾,由于受到海水的不断侵蚀,锥峰崩塌致使两侧坡度增大,逐渐形成高低不一错落有致的塔峰;巴西布尼托的锥峰多为高度不足100m的圆形残丘,在残丘的基部多见崩塌物^[17];大瑞山境内广泛分布坡度不大、锥形不明显的城堡状或鞍状锥峰;古巴西部的维纳斯谷地,有悠久的烟草种植历史,锥峰形态不明显,峰顶多呈圆丘状,两侧较为陡峭。

通过实地考察,并在图上计量得知,荔波喀斯特锥峰单体高度为60-250 m,平均坡度为45°-47°,基座较大,山体锥形明显,是非常标准的锥状喀斯特锥峰单体形态,与其他类似地貌地区有很大差别。

3.4 地貌组合类型

锥状喀斯特正地形与负地形的组合类型主要有两个系列:峰丛系列(峰丛洼地、峰丛谷地、峰丛峡谷)与峰林系列(峰林洼地、峰林盆地、峰林溶原、峰林谷地和峰林台地)^[18]。参照表3可知,中国桂林最为著名的是其塔状喀斯特景观,地貌基本格局是溶蚀谷地,包含孤立峰林,桂林东部虽有锥状喀斯特,然而其组合形态仅表现为峰丛洼地,属于地貌发育的老年期^[19];越南下龙湾的峰丛系列较少见,主要表现为峰林系列,多见峰林洼地和峰林谷地;泰国攀牙湾与下龙湾的情况极其相似;越南丰芽一格邦负地貌十分发育,与高度不大的锥峰组合,塔状喀斯特系列仍占优势;爪哇千山以峰丛喀斯特为主,但组合形态中峰丛洼地的分布面积最大,而其他组合很少^[20];牙买加考克皮特与千山相似,二者的喀斯特组合形态较荔波单一;波多黎各阿雷西博—马纳提地区的喀斯特组合形态不丰富,仅发育了一些峰丛洼地、峰林谷地和残丘;巴西布尼托与古巴维纳斯谷地主要以峰林谷地、峰林溶原为主,中间夹杂一些漏斗分布;巴布亚新几内亚大瑞山喀斯特正负地形组合类型较为单一,主要表现为峰丛洼地,但洼地个体尺度较大,且数量较少。

与上述地区相比,荔波地区不仅有峰丛喀斯特与负地形的所有组合形态,即峰丛洼地、峰丛峡谷、峰丛谷地;还有峰林喀斯特与负地形的大部分组合形态,主要包括峰林洼地、峰林谷地(坡立谷)等,而且都比较典型。

3.5 森林系统与生态环境

在所选择的具有可比性的区域中,中国广西桂林的喀斯特森林和生态环境由于人类活动较频繁,受到一定程度破坏,无法与荔波相比;古巴维纳斯谷地人地环境较为和谐,但由于当地人民开垦土地种植烟草,锥状喀斯特森林覆盖率不高;越南下龙湾与丰芽一格邦国家公园、泰国攀牙湾的生物物种不及荔波丰富,就丰芽一格邦国家公园来说,其植物种类为876种,而荔波的为1532种;瓜哇千山地区自然资源丰富,然而当地人民未在保护管理的基础上对之加以开发利用^[21],喀斯特生态系统遭到破坏;菲律宾薄荷岛的热带岩溶环境非常敏感,现代经济发展的压力,威胁着当地脆弱的喀斯特生态系统;伯利兹贝尔莫潘许多地方仍被喀斯特森林覆盖,然而人口增长加大了土地利用^[22],给当地生态环境带来了不小的冲击;巴西布尼托、波多黎各阿雷西博—马纳提、牙买加考克皮特、巴布亚新几内亚大瑞山等地区的喀斯特森林系统与荔波不相上下,但人类对环境的合理利用和保护程度不及荔波(表4)。

根据喀斯特地貌形态与森林类型的组合,可将荔波喀斯特森林地貌景观进一步分为漏

表4 世界典型锥状喀斯特区的生态环境与人类活动对比^[9-12,14,21-23]

Tab. 4 Comparison of eco-environment and human activity of the typical cone karst areas in the world^[9-12,14,21-23]

项目	生态环境	主要人类活动	项目	生态环境	主要人类活动
荔波	亚热带森林,生物多样性丰富,且生物特有种众多	传统农业、遗产保护基础上的旅游	下龙湾	发达的旅游业带来了一定程度的生态环境破坏	旅游业
大瑞山	森林资源丰富,覆盖面积为1.65万km ² ,典型自然生态系统,稀有动植物尤其是鸟类数量较多	传统农业、林业	丰芽—格邦国家公园	生态环境良好,具有多种地方特有种	保护地区,开展有限的旅游活动
贝尔莫潘	生态环境较好,岛内有				
薄荷岛	许多种类的濒危稀有动植物	农业、旅游业、矿业、海产	维纳斯谷地	生态环境受到良好的保护	烟草种植
千山	有些可进入性差,一些地区遭到人类活动破坏	农业、旅游业	考克皮特	常绿季节性森林,生物多样性丰富,物种超过1500种	矿产开发、旅游业、甘蔗种植
布尼托	自然环境条件优越;生态圣地	放牧业、农业	攀牙湾	生物物种多样性不高;发达旅游业对生态环境有负面影响	旅游业
阿雷西博—马纳提	生态环境受到一定程度破坏	传统农业、矿业	桂林	许多地方为灌丛覆盖	旅游业

斗森林、洼地森林、盆地森林、槽谷森林4大类。常见树根将石头盘绕的“树抱石”、树根将石劈开的“树穿石”等生长现象。森林里独特的森林滞留水与喀斯特水所组成的水文地质二元结构还显示了良好的水文效应^[23]。此外，荔波世界遗产地还体现了高度的人地和谐关系（表4）。荔波喀斯特遗产地人口有5700多人，缓冲区共有近2.5万人，少数民族人口占总人口的84.2%，主要世居少数民族有布依族、水族、瑶族、苗族等。长久以来，各民族传统的农耕生产生活，对土地利用、聚落布局、建筑材料选取、服饰制作等很好地适应了荔波喀斯特环境，创造了喀斯特地区高度的人地和谐，造就了荔波这颗“地球腰带上的绿宝石”。

4 结论与讨论

- （1）与世界相似区域对比，荔波锥状喀斯特的演化环境更为独特。处于贵州高原向广西低地的过渡区域；属于热带—亚热带湿润季风气候区，雨热条件优越；区内地表与地下水系发达，原生植被覆盖度高；沉积了比一般锥状喀斯特区域更为古老而致密、纯度高且厚度大、分布连续的可溶岩。
- （2）荔波具有复杂的锥状喀斯特的地质演化过程。其能够反映在巨厚碳酸盐岩层上发生的多次强烈的、阶段性隆升，以及地壳抬升所带来的大气环流的全球变化。同时，新构造运动的振荡式抬升，塑造了具有多层次漏斗、洼地的喀斯特峰丛景观。同时，境内还有重要的正在进行的地貌演化过程：锥状喀斯特向塔状喀斯特正向演化和塔状喀斯特向锥状

喀斯特回春发育。

(3) 荔波具有更为典型的单体形态和组合形态, 并且这些形态类型可以从美学上得到印证。荔波喀斯特的锥峰个体, 山体线条流畅、坡度适中、峰顶尖, 底部呈圆形或近圆形, 极大地体现了稳定之美。山体非常高大, 气势之美无与伦比。多边形封闭洼地随机分布, 多呈圆桶状或盆状, 具有深邃之美。境内由锥峰与洼地、谷地等负地形所组合而成的地貌类型, 形态丰富, 典型而齐全。

(4) 荔波锥状喀斯特展现了罕见的锥状喀斯特森林生态系统, 包括生命的记录与重要的自然地理信息。

荔波喀斯特遗产地发育有重要的、正在进行的锥状喀斯特地貌形态。其复杂地质历史、良好水热条件、巨厚岩石基础造就了锥峰单体的典型性与地貌组合形态的多样性; 其地貌发育演化过程反映了锥状喀斯特复杂的地质—气候—水文环境变化遗迹的全部过程。荔波锥状喀斯特是热带—亚热带喀斯特地球演化历史进程主要阶段的杰出范例, 展现了与世界其他类似地区不一样的特征, 是中国南方喀斯特世界自然遗产价值的完美体现。

参考文献(References)

- [1] 袁道先, 刘再华, 林玉石, 等. 中国岩溶动力系统. 北京: 地质出版社, 2002. 3-13.
- [2] 熊康宁, 肖时珍, 刘子琦, 等. “中国南方喀斯特”的世界自然遗产价值对比分析. 中国工程科学, 2008, 10(4): 17-27.
- [3] Yuan Daoxian, Liu Zaihua. Global Karst Correlation. Beijing: Science Press, 1998.
- [4] Ford D C, Williams P W. Karst Geomorphology and Hydrology. London: Unwin Hyman, 1989. 1-11.
- [5] 高道德, 张世从, 毕坤, 等. 黔南岩溶研究. 贵阳: 贵州人民出版社, 1986. 32-108.
- [6] 龚克, 邓春风, 刘声炜. 桂林喀斯特区与世界遗产“中国南方喀斯特”对比分析. 资源与产业, 2010, 12(5): 146-152.
- [7] Kieman K. The coastal tower karst of Phang Nga Bay. 见: 宋林华. 喀斯特与洞穴风景旅游资源研究. 北京: 地震出版社, 1994. 9-21.
- [8] Williams P W. Morphometric analysis of polygonal karst in New Guinea. Karst Geomorphology, 1974, 83(3): 374-409.
- [9] Day M J. Conservation of karst in Belize. Journal of Cave and Karst Studies, 1996, 58(2): 139-144.
- [10] Urich P B. Tropical karst management and agricultural development: Example from Bohol, Philippines. Geografiska Annaler, 1989, 71(2): 95-108.
- [11] Sonata D R, Michael J D, Peter B U. Protect of karst in the Philippines. ACTA Carsologica, 2006, 35(1): 121-130.
- [12] United Nations Education Scientific Cultural Organization. World Heritage List: The Phong Nha-Ke Bang National Park, Vietnam. <http://whc.unesco.org/>, 2003-06-05.
- [13] Lyew-Ayee P, Viles H A, Tucker G E. The use of GIS-based digital morphometric techniques in the study of cockpit karst. Earth Surface Processes and Landforms, 2007, 32(2): 165-179.
- [14] Lehmann L. Morphological studies in Java. In: Sweeting M M. Karst Geomorphology. Pennsylvania: Hutchinson Ross Publishing Company, 1936. 320-328.
- [15] Day M J. Morphology and distribution of residual limestone hills (mogotes) in the karst of northern Puerto Rico. Geological Society of American Bulletin, 1978, 89(3): 426-432.
- [16] Doerr A H, Don R. Karst Landscapes of Cuba, Puerto Rico, and Jamaica. The Scientific Monthly, 1957, 85(4): 178-187.
- [17] Kholer H C, Auler A, Cattanio M B. The subtropical karst of Bonito, western Brazil. In: Yuan Daoxian, Liu Zaihua. Global Karst Correlation. Beijing: Science Press, 1998. 257-267.
- [18] Xiong Kangning. Morphometry and evolution of fenglin karst in Shuicheng area, western Guizhou, China. Zeitschrift für Geomorphologie, 1992, 36(2): 227-248.
- [19] 王铮, 王莹, 李山, 等. 贵州省旅游业区位重构研究. 地理研究, 2003, 22(3): 313-323.
- [20] Haryono E, Day M J. Landform differentiation within the Gunung Kidul Kegelkarst, Java. Indonesia. Journal of Cave and Karst Studies, 2004, 66(2): 62-69.
- [21] Susulastuti D N. Gender perspective in karst conservation of the Gunungsewu region, central Java, Indonesia. In:

Batelaan O, Dusaar M, Masschelein J et al. Trans-Karst 2004, Proceedings of International Transdisciplinary Conference on Development and Conservation of Karst Regions. Hanoi, Vietnam, 2004. 198.

[22] Day M J. Resource use in the tropical karstlands of central Belize. *Environmental Geology*, 1993, 21(3): 122-128.

[23] 朱守谦. 喀斯特森林生态研究 (III). 贵阳: 贵州人民出版社, 2003. 89-111.

[24] 王昕, 韦杰, 胡传东. 中国世界遗产的空间分布特征. *地理研究*, 2010, 29(11): 2080-2088.

Global comparative analysis on the world natural heritage values of Libo cone karst in China

CHEN Pindong^{1,2}, XIONG Kangning², XIAO Shizhen²

(1. College of Humanities & Sciences, Guizhou Minzu University, Guiyang 550025, China;

2. Institute of South China Karst, Guizhou Normal University, Guiyang 550001, China)

Abstract: The World Natural Heritage is non-renewable resource, which is unique and irreplaceable, with world-class value and significance on the world. South China Karst is a total name of world natural heritage projects, which are declared by Chinese government to World Heritage Committee by stages. The first nominated sites, Libo in Guizhou Province, Shilin in Yunnan Province and Wulong in Chongqing City, which represent cone karst, stone forest and gorge karst respectively, were listed in World Heritage List on the 31st World Heritage Convention held in New Zealand on June 27, 2007. To study the values of world natural heritage sites has great significance to the sustainable development of the sites and other similar areas. Based on the systemism theory and the world heritage evaluation criterion viii about characters of geology, geomorphology and earth history, the outstanding universal values of Libo Karst, one of the properties of the South China Karst, were revealed after a global comparative analysis with similar areas worldwide. It was found that Libo Karst developed under more special environment with more complex geological evolution process. It demonstrates more typical geomorphological characters of both single cone karst forms and complex formations. It also owns rare forest ecosystem on cone karst and records of lives. Therefore, Libo Karst is the outstanding example representing the major stage of typical cone karst evolution history in tropical and subtropical areas, and has excellent representative values of the South China Karst. To study the values of world natural heritage sites is very important to the second stage world natural heritage nominated sites of South China Karst, which are declaring now. Yuntai Mountain of Shibing County in Guizhou Province, which is well-known with typical and integrated dolomite karst, is nominated as one of the second stage nominated sites of South China Karst. To explore the unique and aesthetic value of Yuntai Mountain is so important to be listed in world heritage list, and also is necessary to conservation and sustainable utilization of the scenic spots. To measure and count the characteristics of Yuntai Mountain on topographic maps using morphometry method, and to find similar typical landforms and contrast to it, the prominent value of world natural heritage can be proved, which would be study in future.

Key words: cone karst; world nature heritage; global comparative analysis; Libo in China