

吴金,张朝晖. 贵州喀斯特天坑的研究现状与展望[J]. 中国岩溶, 2020, 39(1): 119-126.
DOI: 10. 11932/karst2019y35

贵州喀斯特天坑的研究现状与展望

吴金, 张朝晖

(贵州省山地环境信息系统与生态环境保护重点实验室, 贵阳 550001)

摘要: 基于贵州特殊的地貌地形, 采用野外实地勘察、文献数据统计分析法, 并结合目前喀斯特天坑的研究报道, 对贵州喀斯特天坑发育的地质背景、成因、类型及其分布规律现状进行总结, 并对其发展趋势和研究方向提出了展望。结果表明: (1) 贵州喀斯特天坑共有 25 个, 按深度和形态规模分类, 超级天坑有 3 个, 大型天坑有 2 个, 中型天坑有 18 个, 小型天坑(直径和深度 100 m 以下)有 2 个; (2) 贵州喀斯特天坑主要以早三叠统永宁镇组、夜郎组, 三叠系下统罗楼组加紫云组和三叠系中统小米塘组加凉水井组的不等厚地层为主, 包括三叠统厚层块状灰岩、中石炭统及下二叠统厚层块状灰岩地层; (3) 贵州喀斯特天坑成因包括塌陷型和冲蚀型两类, 以塌陷型天坑为主; (4) 贵州喀斯特天坑主要分布于贵州中部、南部、西部以及西北部一带, 呈现出从南向北、从西向东, 天坑数量逐渐减少, 规模由大到小, 超级或特大型天坑主要分布于黔南一带。

关键词: 喀斯特天坑; 发育背景; 成因; 分布规律; 贵州

中图分类号: P931.5 **文献标识码:** A

文章编号: 1001-4810(2020)01-0119-08 **开放科学(资源服务)标识码(OSID):**



0 引言

喀斯特天坑是指由碳酸盐岩地层发育, 底部与地下河相连接, 四周岩壁陡峭险峻, 具有连续沉积厚度的含水层包气带的一种喀斯特负地形^[1-3]。喀斯特“天坑”一词最初由朱学稳加以正式命名, 并建议天坑作为喀斯特术语, 后被世界一些地质学者所采用^[4]。20世纪80年代, 中国喀斯特地质学家发现了一类喀斯特负地形, 与之前发现的漏斗、竖井、洼地、落水洞等有着明显区别。该喀斯特负地形周围岩壁险峻陡峭, 其口径和深度约数百米, 这样的地形在国外被称为“大型漏斗或巨型塌陷漏斗”^[5]。从20世纪90年代至今, 越来越多的天坑在中国被发现, 中国是天坑分布数量最多、规模最大的国家, 被称为“世界喀斯特天坑王国”^[4, 6]。据统计, 2016年之前, 全世界共约130个天坑, 中国南方占约100个^[7], 除此之外,

天坑还分布于巴布亚新几内亚、马来西亚、墨西哥、克罗地亚、巴西、波多黎各、马达加斯加、意大利、墨西哥等国家^[4, 8]。

喀斯特天坑, 被贵州当地人称为麻窝、溶斗、斗淋、吞天井、大洞、罗圈、痴聋、槽口和坨等, 但不同的称呼, 均特指贵州喀斯特天坑。作为世界一大地质奇观, 相比于国外的喀斯特天坑, 贵州天坑不仅雄伟、险峻, 而且具有独特的科研价值^[9], 是喀斯特学家们重要的研究对象。贵州是喀斯特地貌的典型分布区, 国内学者张成忠等^[10]研究了贵州省平塘塘边-罗甸董架天坑群的发育形成; 贺卫等^[11]研究了贵州织金洞地质公园内的天坑及其形成过程; 刘杰等^[12]对贵州省平塘县打岱河天坑群发育特征进行的研究表明该天坑是一个大型的塌陷型成熟天坑。Hattaway^[13]、Miller^[14]、Grout^[15]、Zisman^[16]和Bátori^[17]等对

基金项目: 国家自然科学基金项目(31760050, 31360043, 31360035)

第一作者简介: 吴金(1993-), 女, 硕士研究生, 生态学专业, 主要从事生态学及环境科学方面的研究。E-mail: wujin_2014@163.com。

通信作者: 张朝晖(1963-), 教授, 博士生导师, 主要从事生态学、环境科学以及生物地理学研究。E-mail: academiclife@126.com。

收稿日期: 2018-12-06

天坑中植物的分布以及与环境的关系进行了一系列的报道,使得天坑的研究变得日益丰富。贵州喀斯特天坑的数量庞大、类型多样、发育完整^[18],但由于自身环境比较脆弱,遭受破坏后的自我修复能力降低^[19],因而对贵州喀斯特天坑生物多样性的保护和受损环境的生态恢复不容忽视^[20-23]。本文着重综述贵州喀斯特天坑的成因、类型等相关研究,并分析贵州已发现天坑的分布规律及其存在的问题,以期促

进喀斯特天坑的研究。

1 贵州喀斯特天坑的发育地层、成因及其类型

1.1 发育地层

连续沉积厚度巨大的碳酸盐岩层是喀斯特地貌发育的物质基础^[24],而贵州喀斯特天坑的形态规模不同,其发育地层也会有所不同(表1)。

表1 主要天坑群形态规模及其发育地层

Table 1 Morphology, scale and host strata of main Tiankeng groups

天坑	深度/m	平面形态	形成原因	发育地层	
织金洞天坑群 ^[11]	大槽口天坑	326	长条形	塌陷	早三叠统永宁镇组中厚层灰岩
	小槽口天坑	215	椭圆形	塌陷	早三叠统永宁镇组薄层灰岩
	大痴聋天坑	129	椭圆形	塌陷	早三叠统夜郎组黄村坝段灰岩
	小痴聋天坑	45	椭圆形	塌陷	
	大罗圈天坑	155	椭圆形	塌陷	早三叠系永宁镇组第三段灰岩
	小罗圈天坑	117	椭圆形	塌陷	
夹岩洞天坑	45	椭圆形	塌陷	早三叠系永宁镇组第一段灰岩	
董当天坑群 ^[5]	德天洞天坑	145	椭圆形	塌陷	中三叠统厚层块状灰岩
	大场洞天坑	320	椭圆形	塌陷	
	芭蕉洞天坑	230	椭圆形	塌陷	
水塘天坑群 ^[5]	通天洞天坑	370	椭圆形	塌陷	中石炭统及下二叠统厚层块状灰岩
	落水洞天坑	230	椭圆形	塌陷	
	摆通洞天坑	280	椭圆形	塌陷	
打岱河天坑群 ^[3,7,12,18]	打岱河天坑	543	类圆形	塌陷	三叠系下统罗楼组加紫云组和三叠系中统小米塘组加凉水井组
	道坨天坑	580	巨桶状	塌陷	
	猫底坨天坑	500	椭圆形	塌陷	
古达天坑群	黑洞天坑	262	椭圆形	塌陷	—
	白洞天坑	227	椭圆形	塌陷	—
	响水洞天坑	120	椭圆形	塌陷	—

贵州喀斯特天坑的发育地层有早三叠统永宁镇组的灰岩地层,早三叠统夜郎组的灰岩地层,三叠统厚层块状灰岩,中石炭统及下二叠统厚层块状灰岩,三叠系下统罗楼组加紫云组和三叠系中统小米塘组加凉水井组。

1.2 形成原因

大多数情况下,天坑的形成是由于地下河流动发育,喀斯特岩壁碎石崩塌堆积而成^[25],但也有研究表明,天坑的形成发育与小洞道有关^[26]。相对而言,

贵州喀斯特天坑形成主要包括厚度极大的碳酸盐岩层、湿润多雨的气候条件、强大的地下河动力系统、落差幅度极大的地下水位与排水基面4个根本条件^[23,27]和3个阶段(图1)。贵州喀斯特天坑形成原因包括两类:一类是塌陷型^[21],即由于地下水流溶蚀崩塌作用形成的天坑^[3,7,18],例如,打岱河天坑群、织金洞天坑群;另一类是冲蚀型^[28],即因地面水流溶蚀冲蚀作用形成的天坑,此次经实地考察及整理资料得出,贵州毕节市七星关区吞天井具有冲蚀型天坑的地貌发育特征,即有地表水流,坑口上游区域生长有

大面积的泥炭沼泽地,属于酸性环境,经雨季长期的冲蚀与溶蚀碳酸岩层形成,坑底有洞穴,无地下河。塌陷成因的喀斯特天坑是贵州目前发现的主要类型,在数量上占有绝对多数^[2]。贵州喀斯特天坑的形成原因是由于堆积碎石的侵蚀、总体构造的摇摆性及其两者在作用上的相互综合^[29]。冯跃封^[30]针对中国频繁发生地表塌陷的西南地区,从气候、地质构造、地面塌陷发育方式 3 个方面特征进行系统研究,结果表明所谓的“天坑”,实质上是指地表塌陷。

近年来,对此两种天坑成因的研究,有少数学者

认为无法将塌陷型与冲蚀型完全区分^[1],每种天坑的形成原因是错综复杂的,但可以肯定的是塌陷和冲蚀两种作用对天坑的形成有利,两者之间可分别作用,也可以对同一天坑产生不同作用,只是侧重点不同^[19,31-32]。税伟等^[33]多次研究四川兴文县喀斯特天坑,发现该地区的天坑不仅存在有塌陷型天坑,还存在冲蚀型天坑的痕迹,这种特殊地形是侵蚀与塌陷同时作用的结果。因此,除了塌陷作用以外,冲蚀作用也是不可忽视的因素^[34-35]。

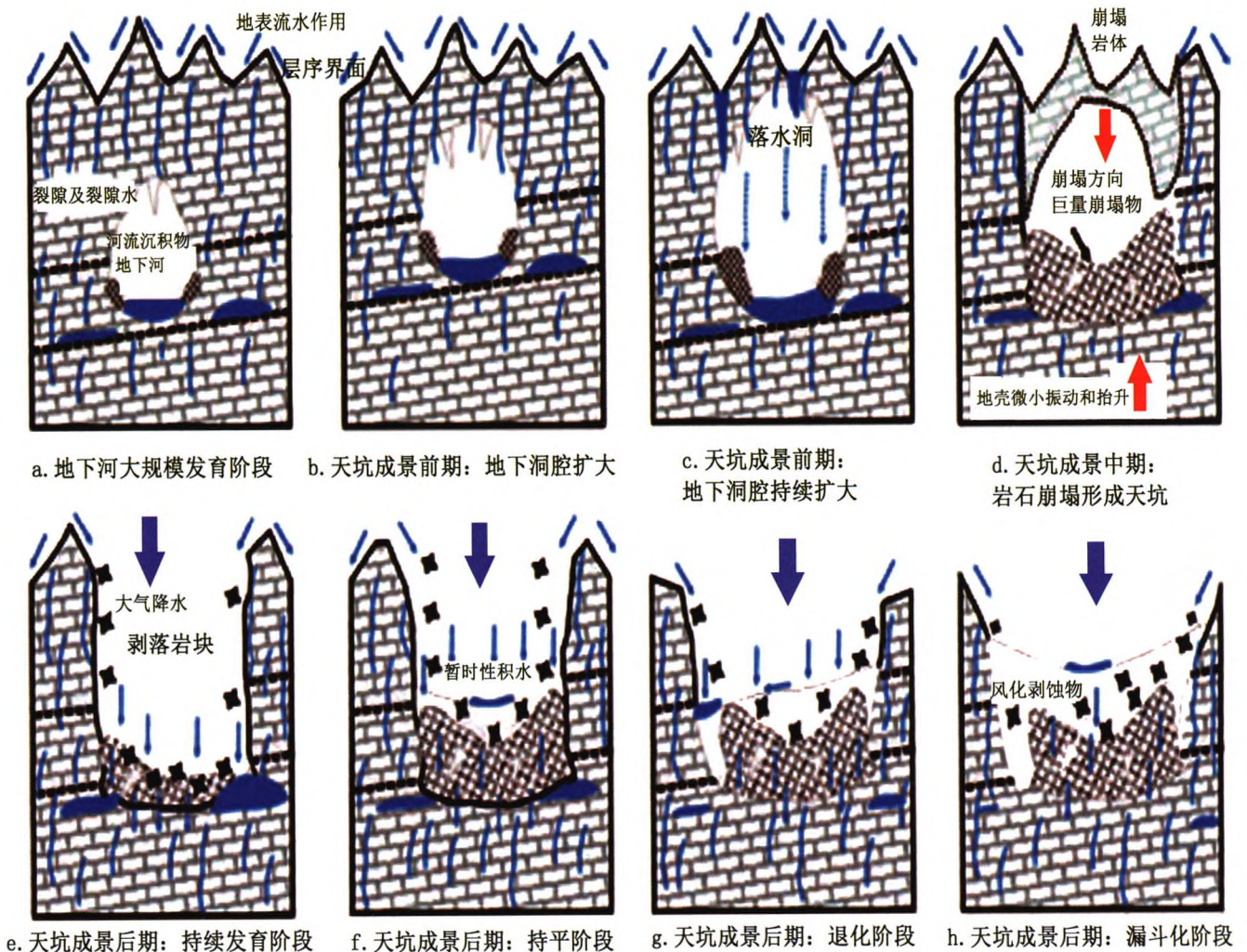


图 1 天坑的形成过程(引自韦跃龙等^[36])

Fig. 1 Formation process of the Tiankeng (after Wei Yuelong, et al^[36])

1.3 天坑类型

喀斯特天坑类型的研究对于喀斯特地貌的形成具有重要的科学意义。例如,不同类型的天坑坑底暗河的水流速率不一样,可为溶洞的水流速率研究提供参考等^[37]。目前部分研究者探讨了天坑类型的划分,而对贵州喀斯特天坑类型的划分主要有:

(1)按形态规模分类^[38-39]。打岱河天坑属于超级天坑,大场洞天坑属于大型天坑,猴耳天坑属于中型天坑,小痴聋天坑、夹岩洞天坑属于小型天坑。

(2)按成因类型分类。除毕节市七星关区吞天井属于冲蚀型天坑以外,其余属于塌陷型天坑。而在分布的普遍性及数量方面,塌陷型天坑占有绝对的优势^[5]。塌陷成因的天坑,在国内、外都是最主要

的一种类型^[3]。

(3)按演化类型分类。贵州现有原生天坑较少,如猫底坨天坑、大痴聋天坑和小痴聋天坑;退化天坑,如夹岩洞天坑、大罗圈和小罗圈天坑;成熟天坑有大槽口和小槽口天坑。

2 贵州已发现天坑:以猴耳天坑为例

根据天坑的发育条件,经实地考察及整理文献,显示目前在贵州发现已有天坑25个,各天坑形态规模大小见表2。

表2 贵州已发现天坑及其规模大小
Table 2 Tiankengs and their scales found in Guizhou

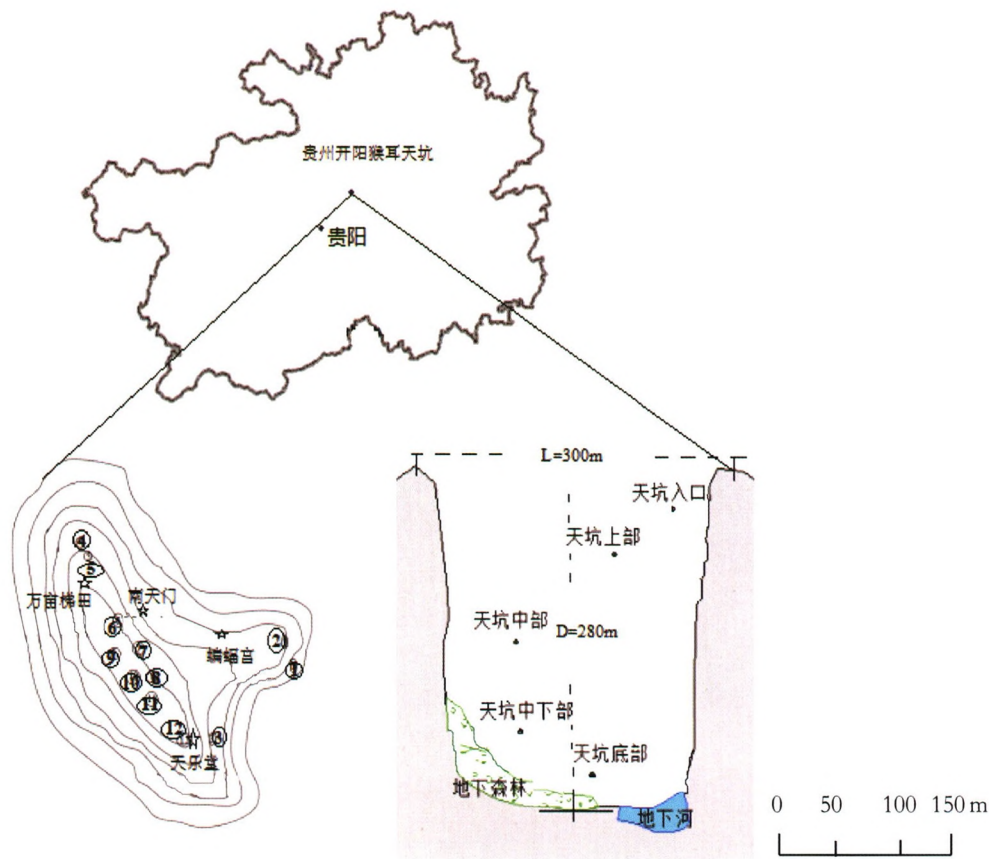
序号	天坑名称	深度/m	海拔/m	坑口直径/m	成因	平面形态	分布特征
I	罗甸县董当天坑群 ^[5]	最大320 最小145	450	最大550 最小130	塌陷	椭圆形	底部碎石堆积,有暗河
II	紫云县水塘天坑群 ^[5]	最大370 最小230	1800	最大210 最小80	塌陷	椭圆形	坑壁陡立,有大厅和伏流
III	织金县织金洞天坑群 ^[11]	最大326 最小50	最高1271 最低999	最大350 最小54	塌陷	长条形或椭圆形	岩壁存在三角切面,底部有碎石、洞穴
IV	平塘县打岱河天坑群 ^[12]	最大580 最小500	最高1137 最低548	280	塌陷	类圆形、椭圆形或巨桶状	四周峭壁,有洞穴和地下大厅,底部堆积碎石
V	赫章县古达天坑群	最大262 最小120	1470	—	塌陷	椭圆形	有水流、河床、天生桥、溶洞、暗河
VI	开阳县猴耳天坑	280	1180	300	塌陷	猴耳形	存在峭壁、洞穴、地下河
VII	水城县花嘎天坑	200~300	1225	700	塌陷	椭圆形	底部有暗河通过,上为陡壁,陡壁上有洞穴
VIII	石阡县佛顶山天坑	—	1869	—	塌陷	椭圆形	有暗河通过,植被保护完善,较为原始
IX	纳雍县洼乌天坑	—	—	—	塌陷	椭圆形	四面绝壁,有洞穴、暗河、绝壁
X	毕节市七星关区吞天井	200	—	—	冲蚀	椭圆形	四周峭壁,坑内植被丰富
XI	安龙县安龙天坑	250	—	50	塌陷	椭圆形	坑壁分布有苔藓断层、洞穴、洼地、绝壁、暗河

猴耳天坑位于贵州省贵阳市城关镇石头村桃子窝村民组,坑口直径约300 m,坑深约280 m,坑底最大直径约280 m,属于大型塌陷型天坑(图2),吴金等^[40]以其作为研究对象,从生态学角度分析该天坑在垂直分布格局上是以天坑底部为生物多样性的中心,由坑口至坑底种类分布逐渐增加,以此可作为喀斯特石漠化山区生物的天然避难所^[41-42]。

3 贵州喀斯特天坑的分布规律

贵州省地处云贵高原东部,地势西高东低,靠近东南大陆边缘,以喀斯特碳酸盐岩广泛发育为主,是

喀斯特天坑的主要发育区,具有碳酸盐沉积地质时代跨度最长、沉积厚度最大及出露面积比例最高等特点^[5]。从图3可知,贵州喀斯特天坑主要分布于其中部、南部、西部以及西北部一带(E 105°18'~107°42', N 25°00'~28°36'之间),位于贵州南北部的红水河支流蒙江水系的伏流段以及长江水系的乌江上游六冲河两岸等地带^[5];天坑数量从南向北,逐渐减少(以黔南一带分布的天坑为主,如紫云县水塘天坑群、罗甸县董当天坑群),而从西向东,亦呈现同样的分布趋势,即天坑数量逐渐减少,以黔西北、黔西南一带分布天坑为主,如赫章县古达天坑、纳雍县洼乌天坑等;天坑规模中,超级天坑或特大型天坑主要分

图2 贵州猴耳天坑地理位置示意图(引自吴金等^[40])Fig. 2 Schematic diagram showing geographical location of the Hou'er Tiankeng (after Wu Jin, et al^[40])

布在黔南一带(如贵州平塘县打岱河天坑群),大型天坑除织金洞天坑群外,主要也分布于黔南一带,中型天坑主要分布于黔西北一带(如赫章县古达天坑等),即贵州省境内的红水河和乌江(及其支流)深切的河谷两岸是天坑的适宜分布区;天坑演化类型中,原生天坑大多分布在黔南以及黔西北一带,退化天坑及成熟天坑主要以黔西北分布为主。在贵州已发现的天坑中,董当天坑群位于罗甸县董当乡蒙江流域内,分布于红水河两岸^[5];水塘天坑群位于紫云县水塘镇蒙江支流格凸河流域内,分布于红水河两岸^[5];织金县织金洞天坑群位于乌江及其上游六冲河流域内^[43]。中国长江三峡两岸和云贵高原南北两侧的大部分地区均具备形成天坑的必要条件,其范围涉及红水河流域、南北盘江流域、长江三峡、乌江流域和清江流域。

4 展望

国内科学界对于天坑的研究,尚处于初期,尤其在调查手段、研究体系、研究领域、研究方向以及怎

样平衡开发与保护协调发展上,具有很大的改进空间。天坑的大小受多种因素的共同作用,包括土壤强度、黏性成分、地下水位、土壤风化以及母岩结构等^[44],尽管有些因素不起决定性作用,但对天坑大小及规模有最小限制作用,这对于今后研究天坑生态环境具有重要意义。贵州喀斯特天坑演化类型对其内生物的生存有重要影响,如原生天坑植被丰富,人为干扰小,是进行植物多样性研究的理想场所^[22];而退化天坑地下河退失,四周岩壁风化严重,有塌陷碎石残余断层,天坑底部早期有农作物种植,导致退化天坑环境进一步退化。

贵州喀斯特天坑主要分布于贵州中部、南部、西部以及西北部地区,其内环境受人为因素、地形因素的影响,生态系统脆弱,昼夜温差较大,但其微环境适宜生物的生长发育,对生物多样性、基因多样性等的保护有重要意义。因此,今后对贵州喀斯特天坑的研究可重点突出以下几个方面:地质学方面,利用无人机技术、遥感地理信息检测技术和探地雷达技术对其地质地貌演化进行深入研究,预测其未来变化方向以便采取相应的保护策略;生态学方面,加强

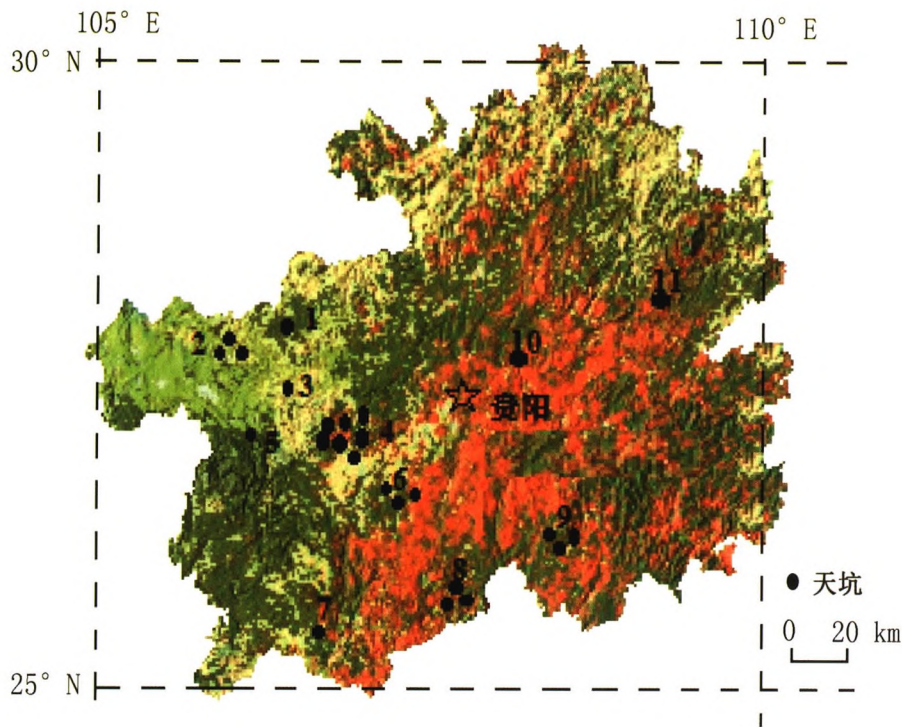


图3 贵州已发现天坑地理位置分布图

Fig. 3 Geographical distribution of Tiankeng discovered in Guizhou

1—七星关区吞天井 2—赫章县古达天坑群 3—纳雍县洼乌天坑 4—织金县织金洞天坑群 5—水城县花嘎天坑 6—紫云县水塘天坑群
7—安龙县安龙天坑 8—罗甸县董当天坑群 9—平塘县打岱河天坑群 10—开阳县猴耳天坑 11—石阡县佛顶山天坑

天坑生态环境及其动植物群落多样性的研究和天坑生态系统中物质流、能量流和信息流方面的研究;动植物学方面,加强对天坑内动植物特有种生殖、保护和可持续发展的研究;环境学方面,由于天坑对污染物有“冷陷阱”效应,应减少天坑周围污染物的释放。

基于近年来天坑的相关报道,提出两点天坑环境保护的措施:

(1)综合多学科知识,如地质地貌学、生物学、生态学、环境科学、土壤学等,拟定相关法律法规,限制人们过度开发天坑资源;

(2)加强对当地民众的思想教育,提高环境保护意识,鼓励其参与到天坑环境的保护中。此外,在对天坑进行开发时,应合理、有效地进行规划与整合,评估风险,平衡开发与保护,促进人与自然和谐发展。

5 结论

(1)贵州已发现并确定的喀斯特天坑共有25个,超级天坑3个,大型天坑2个,中型天坑18个,小型天坑(直径和深度100 m以下)2个,其中包括原生天坑4

个,成熟天坑2个,退化天坑5个;

(2)贵州喀斯特天坑主要以早三叠系统永宁镇组、夜郎组的不等厚地层为主,还包括三叠统厚层块状灰岩、中石炭统及下二叠统厚层块状灰岩地层、三叠系下统罗楼组加紫云组和三叠系中统小米塘组加凉水井组;

(3)贵州喀斯特天坑成因包括塌陷型和冲蚀型两类,现以塌陷型天坑为主,其天坑主要分布于贵州中部、南部、西部以及西北部一带,呈从南至北、从西至东的分布趋势,而超级或特大型天坑主要分布于黔南一带。

参考文献

- [1] Zhu XW, Waltham T. Tiankeng: Definition and description [J]. Cave and Karst Science, 2005, 32(2):75-79.
- [2] 朱学稳. 中国喀斯特天坑及其科学与旅游价值[J]. 科技导报, 2001, 19(10):60-63.
- [3] 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.
- [4] 朱学稳. 天坑的科学发现[J]. 四川地质学报, 2007, 27(2): 122-152.
- [5] 朱学稳, 陈伟海. 中国的喀斯特天坑[J]. 中国岩溶, 2006, 25(8):7-24.

- [6] 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.
- [7] 王鹏. 天坑研究现状及有关问题的思考[J]. 陕西地质, 2017, 35(2):7-12.
- [8] 朱学稳, Waltham T. 天坑释义[J]. 中国岩溶, 2006, 25(增刊):35-42.
- [9] Waltham T. 中国以外的世界天坑概览[J]. 中国岩溶, 2006, 25(1):26-34.
- [10] 张成忠, 杜真科. 贵州省平塘塘边一罗甸董架天坑群与罗甸小井地下河系统的相关性[J]. 贵州地质, 2017, 34(3):191-198.
- [11] 贺卫, 李坡, 钱治. 织金洞地质公园内的天坑及其形成过程[J]. 贵州科学, 2011, 29(3):3-9.
- [12] 刘杰, 李坡, 吴光梅. 贵州省平塘县打岱河天坑群的发育特征[J]. 贵州科学, 2012, 30(3):27-31.
- [13] Hattaway R A. The calciphilous bryophytes of three limestone sinks in eastern tennessee [J]. American Bryological and Lichenological Society, 1980, 83(2):161-169.
- [14] Miller N G, Vitt D H. Additional bryophytes from sinkholes in Alpena Country, Michigan, including orthotrichum pallens new to Eastern North America [J]. Michigan Botanist, 1970, 2(3):369-376.
- [15] Grout A J. Mosses in Florida lime-sinks[J]. Bryologist, 1940, 43(4):112.
- [16] Zisman E D, Wightman M, Kestner J. Sinkhole investigation methods: the next step after special publication no. 57[J]. Carbonates & Evaporites, 2013, 28(1-2):103-109.
- [17] Batori Z, Gallé R. Ecological conditions, flora and vegetation of a large doline in the Mecsek Mountains (South Hungary) [J]. Acta Botanica Croatica, 2011, 70(2):147-155.
- [18] Zhu X W, Chen W H. Tiankengs in the karst of China [J]. Cave and Karst Science, 2005, 32(2): 55-56.
- [19] 彭惠军, 姜华. 广西乐业大石围岩溶天坑群生态旅游开发研究[J]. 广西农学报, 2007, 22(4):33-34.
- [20] 简小枝, 税伟, 王亚楠, 等. 重度退化的喀斯特天坑草地物种多样性及群落稳定性:以云南沾益退化天坑为例[J]. 生态学报, 2018, 38(13):4704-4714.
- [21] 简小枝, 税伟, 陈毅萍, 等. 云南中度退化的喀斯特天坑草地植物群落优势种种间关系[J]. 应用生态学报, 2018, 29(2):492-500.
- [22] 税伟, 陈毅萍, 简小枝, 等. 喀斯特原生天坑垂直梯度上植物多样性特征:以云南沾益天坑为例[J]. 山地学报, 2018, 36(1):53-62.
- [23] 苏宇乔, 薛跃规, 范蓓蓓, 等. 广西流星天坑植物群落结构与多样性[J]. 西北植物学报, 2016, 36(11):2300-2306.
- [24] 陈伟海, 朱学稳, 朱德浩, 等. 重庆奉节天坑地缝喀斯特地质遗迹及发育演化[J]. 山地学报, 2004, 22(1):22-29.
- [25] Palmer A N, Palmer M V, 张远海. 天坑形成的水力机制[J]. 中国岩溶, 2006, 25(s):71-78.
- [26] Eavis A, 张远海. 大型洞穴崩塌大厅[J]. 中国岩溶, 2006, 25(1):43-45.
- [27] 陈兆棉. 贵州平塘漏斗天坑群[C]. 北京:中国地质科学院, 2007.
- [28] Zhu X W, Chen W H, Lynch E. Wulong karst systems and as an indicator of local tectonic uplift [J]. Carsologica Sinica, 2007, 26(2): 119-125.
- [29] White W B, White E L, 张远海. 封闭型洼地的级别划分:天坑级别[J]. 中国岩溶, 2006, 25(s):84-92.
- [30] 冯跃封. 广西、四川等西南地区地面塌陷成因分析[J]. 研究探讨, 2011, 6(1):37-39.
- [31] James J M. Giant dolines of the Muller plateau, Papua New Guine[J]. Cave and Karst Science, 2005, 32(2): 83-84.
- [32] Zheng Z C, Xian Q J, Lan X X, et al. Genesis and developmental trend of landforms in the Xiaoyanwan tiankeng, Xingwen Geopark [J]. Acta Geologica Sichuan, 2009, 29(1): 21-27.
- [33] Shui W, Wang X G. Geological expedition and analysis on formation and evolvement of erosive karst Tiankeng: A case study of Xingwen World Geopark [J]. Advanced Materials Research, 2011, 250(1/4): 2002-2006.
- [34] 税伟, 王兴贵, 张斌, 等. 兴文侵蚀型天坑的形成演化过程研究[J]. 四川地质学报, 2009, 29(1):11-16.
- [35] Waltham T, 张远海, Zhu X W, 等. 兴文天坑的崩塌过程[J]. 中国岩溶, 2006, 25(1):79-83.
- [36] 韦跃龙, 陈伟海, 黄保健. 广西乐业国家地质公园地质遗迹成景机制及模式[J]. 地理学报, 2010, 65(5): 580-594.
- [37] 陈伟, 宋成敏. 本溪天坑群地质公园战略资源分析[J]. 辽宁行政学院学报, 2004, 6(6):90-92.
- [38] Klimchou A. Cave un-roofing as a large-scale geomorphic process[J]. Cave and Karst Science, 2005, 32(2/3): 93-98.
- [39] 罗书文, 杨桃, 黄保健, 等. 天坑的等级评价方法[J]. 桂林理工大学学报, 2014, 34(3):446-451.
- [40] 吴金, 张朝晖, 李承义, 等. 喀斯特天坑内孔雀藓科植物垂直分布特征及其与环境因子关系的研究[J]. 植物研究, 2019, 39(1):45-53.
- [41] 李承义, 张朝晖, 吴金, 等. 天坑洞穴群苔类群落分布规律与环境因子关系:以贵州猴耳天坑为例[J]. 生态学杂志, 2019, 38(3):744-752.
- [42] 李小芳, 张朝晖, 李承义, 等. 贵州猴耳天坑地下森林苔藓植物多样性特征研究[J]. 西北植物学报, 2018, 38(12):2324-2333.
- [43] 韦跃龙, 陈伟海, 何正芳, 等. 贵州织金洞世界地质公园喀斯特景观特征及其形成演化分析[J]. 地球学报, 2016, 37(3): 368-378.
- [44] Su Y Q, Tang Q M, Mo F Y, et al. Karst tiankengs as refugia for indigenous tree flora amidst a degraded landscape in southwestern China [J]. Scientific Reports, 2017, 7(1): 1-10.

Research status and prospect of karst Tiankengs in Guizhou Province

WU Jin, ZHANG Zhaohui

(Key Laboratory for Information System of Mountainous Area and Protection of Ecological Environment of Guizhou Province, Guizhou Normal University, Guiyang, Guizhou 550001, China)

Abstract Guizhou Province is located in the southwest of China, east of the Yunnan–Guizhou Plateau, topographically high in the west and low in the east. It is near the southeast continental margin, part of the upstream ecotone of the Yangtze River and the Pearl River. It is an important ecological barrier for the upstream areas of the Yangtze River and the Pearl River. This region hosts typical karst landforms which are widely distributed and of various types, and geographically distinct. Karst carbonate rocks are dominant where karst Tiankeng developed well. Karst Tiankeng is a negative geomorphology, widely present in central, northwest and southern Guizhou Province, China. It is characterized by large number, wide distribution and strong stability of inner environments. Based on the special geomorphology and topography of Guizhou, combined with research reports of karst Tiankeng available, this work conducted field investigations and statistical analysis of literature data on this phenomenon. The purpose is to review the research status of the geological background, origin, types and distribution patterns of karst Tiankeng in Guizhou, and puts forward the prospect of its development trend and research direction. The results show that, (1) There are 25 karst sinkholes in total in Guizhou. According to the depth, shape and scale, they are categorized into 3 super sinkholes, 2 large sinkholes, 18 medium sinkholes and 2 small sinkholes (diameter and depth less than 100 m); (2) In lithology, Guizhou karst Tiankeng is mainly composed of early Triassic Yongning town formation, Yelang formation, lower Triassic Luolou formation plus Ziyun formation and middle Triassic Xiaomitang formation plus Liangshuijing formation, including Triassic thick massive limestone, middle Carboniferous and lower Permian thick massive limestone; (3) The genesis of karst Tiankeng in Guizhou includes two types, collapse type and erosion type, and the former is primary; (4) This karst Tiankeng is mainly distributed in central, southern, western and northwestern Guizhou showing a trend of gradual decrease in number and scale from south to north and from west to east, and super or super-large Tiankeng concentrates in the south.

Key words karst Tiankeng, development background, formation, distribution, Guizhou

(编辑 黄晨晖)