

中国地质科学院岩溶地质研究所

重庆武隆岩溶地质公园 地质遗迹特征 形成与评价

陈伟海 朱德浩 黄保健 朱学稳 等著



地质出版社

中国地质科学院岩溶地质研究所

重庆武隆岩溶地质公园 地质遗迹特征、形成与评价

陈伟海 朱德浩 黄保健 朱学稳 等著
张远海 韩道山 谭开鸥 陈勇

地质出版社

· 北 京 ·

内 容 提 要

武隆岩溶地质公园位于重庆市东南乌江之畔,发育有天生桥、洞穴、天坑、峡谷等独特、高品位的岩溶地质遗迹,具有很高的科学研究价值和旅游观赏价值。本书对该地区的地质遗迹、旅游景观资源作了系统的科学论述,并融入地质遗迹评价、形成演化、景观美学价值评价等内容,重点讨论了武隆岩溶地质公园主要地质遗迹的分布及体量特征,深入浅出地讨论了这些地质遗迹的形成条件与形成过程。在此基础上,通过与国内外类似的地质遗迹作对比分析,对地质遗迹进行定性和定量评价,突出它们的典型性、稀有性、自然性、系统性和完整性、优美性、科学价值、经济和社会价值等地质公园属性。最后,谈到地质遗迹的保护和管理问题。

本书内容丰富、深入浅出、图文并茂,适合于地质、地理、岩溶、旅游地学、地质公园等方面的科研人员 and 院校师生阅读、参考。

图书在版编目(CIP)数据

重庆武隆岩溶地质公园地质遗迹特征、形成与评价/

陈伟海等著.-北京:地质出版社,2004.4

ISBN 7-116-04058-7

I.重… II.陈… III.岩溶地貌-地质-国家公园-重庆市 IV.P931.5

中国版本图书馆CIP数据核字(2004)第025385号

责任编辑:屠涌泉

责任校对:王素荣

出版发行:地质出版社

社址邮编:北京海淀区学院路31号,100083

电 话:(010)82324508(邮购部)

网 址:<http://www.gph.com.cn>

电子邮箱:zbs@gph.com.cn

传 真:(010)82310759

印 刷:北京长宁印刷有限公司

开 本:787mm×1092mm 1/16

印 张:9.5 彩版:8页

字 数:250千字

印 数:1—650册

版 次:2004年4月北京第一版·第一次印刷

定 价:30.00元

ISBN 7-116-04058-7/P·2467



(凡购买地质出版社的图书,如有缺页、倒页、脱页者,本社出版处负责调换)

前 言

武隆，作为重庆市的一个县，在往日，其名声远比不上位于三峡两岸的奉节、云阳和丰都那样显赫。由于交通不便、经济落后、信息不畅，长期以来都是国家级贫困县。但最近几年来，随着旅游业的日益兴旺和交通条件的巨大改善，武隆已成为重庆八大旅游片区之一。

武隆紧邻贵州省，来自贵州的乌江横贯县域中部，分割开南北山系。大娄山北延分支构成武隆乌江南岸的白马山和芙蓉江两岸山地；乌江北岸则由武陵山系构成桐梓山和仙女山。最低处海拔 160m（大溪河口），最高点磨槽湾海拔 2033.3m，山峦重叠、河溪峡谷纵横，形成“七山一水两分田”的地理特征。

独特的自然地质地理条件，使武隆拥有众多的具有极高价值的地质遗迹：芙蓉洞内钟乳石类型之繁多、形态之精巧确称得上美轮美奂，世所罕见；天生三桥（天生桥）的巨大规模和景观之雄伟壮观使其雄踞世界之首；加上芙蓉江峡谷、仙女山高原草场等优美的自然景观，成为武隆发展旅游的坚实的物质基础。这些地质遗迹是大自然在漫长的地质时期内发育、演化而成的，是珍贵的地质遗产。

最早受到武隆人民关注的旅游资源是芙蓉江峡谷，时间是 20 世纪 90 年代初。就在准备进行芙蓉江旅游开发的重要时刻，1993 年 5 月 26 日，武隆县江口镇的 6 位村民，在当地称为“气洞”的洞壁上找到一个小洞口，随之发现了更大的洞穴通道和厅堂。武隆县政府于当年的 8 月 10 日将洞穴封闭，给以有效保护，这个洞穴就是今天的芙蓉洞。芙蓉洞的发现、保护和开发，揭开了武隆县发展史的新篇章。随着这一美丽洞穴的开发，中外游人来了，物质流和信息流也随之而来，武隆人的思想解放了，眼界开阔了，城乡建设变了样，真正是“开发一个洞，搞活一个县”。

武隆具有丰富而独特的高品位的岩溶地质、地貌景观资源。除了仙女山高原草场等旅游景区外，天生三桥以其宏大的规模、壮丽的景致而成为旅游园地中的又一朵奇葩。以天生三桥、芙蓉洞为主体的武隆岩溶地质公园在最近已获国土资源部批准，成为我国国家地质公园的第三批成员。这充分表明，武隆岩溶地质公园内的芙蓉洞、天生三桥等众多地质遗迹在优美性、典型性、科学性等方面所具有的重要价值。

鉴于武隆有众多高品位的地质遗迹，为了更好地保护和开发这里的地质遗迹资源、普及岩溶科学知识、促进地方经济发展，在当地政府指导下，对这里的资源具有长期经营权的重庆武隆汇邦旅业有限公司早在 2001 年就委托中国地质科学院岩溶地质研究所对该地区进行全面的岩溶地质、地貌、水文地质和地质遗迹、旅游资源调查、探测与评价，并分析研究重要岩溶现象的成因与演化规律；与国内外类似的自然景观、岩溶现象作对比分析，并参照国家地质公园有关标准和要求进行科学价值、观赏价值及其典型性、稀有性、自然性、系统性、完整性、优美性评价，编制《重庆武隆岩溶地质公园综合考察报告》，以便申报国家地质公园，并为景区的可持续发展提供基础地质资料，同时为今后申报世界

地质公园作准备。

中国地质科学院岩溶地质研究所与武隆的结缘，始于10年前朱学稳教授对芙蓉洞的研究、开发所做的极有成效的工作。这次所进行的野外地质调查工作主要完成于2001年底至2002年初的近两个月时间里。我们在武隆度过了令人难以忘怀的2002年新年。迎着2002年第一天的阳光，开始了对芙蓉江峡谷的徒步考察，沿着峡谷西岸陡崖下的小道进行观察、拍照和必要的测量，芙蓉江峡谷两岸陡壁如削、植被繁茂、灵泉飞瀑、急流险滩，令人目不暇接，如画的景色给我们的考察增加了观光旅游的情趣，大大减轻了艰苦行程所带来的劳累。我们清楚地知道，几个月之后，当芙蓉江江口水库大坝开始蓄水之时，这条小道将随同芙蓉江河床中流淌了几十万年的湍急的水流和由此而形成的种种自然景观将被平静的水库水面所淹没而成为历史。冬日苦短，再加上芙蓉江峡谷是南北走向，冬日的夜晚更是早早降临，最后的一段行程是在夜色迷蒙中摸索前进的。当行程结束而回首掩隐在茫茫夜色中的峡谷时，我们仿佛看到了大坝后面那一片波平如镜的碧水长湖。

本书重点讨论了武隆岩溶地质公园地质遗迹的分布及基本特征、形成条件与形成过程、对比与评价、开发与保护等方面问题，在地域上主要增加了后坪乡以冲蚀型天坑和洞穴为主的地质遗迹的内容，后坪虽处于更加偏僻之地，但在岩溶地质研究上具有重要意义，她是世界上最具典型特征冲蚀型天坑的第一发现地，并伴生有一大型洞穴系统，是一处有待深入调查研究和开发的地区。全书共7章。第一章介绍地质公园的自然地理、社会经济状况、主要地质遗迹及景观的分布、科学调查研究概况等；第二章论述区域地质背景，包括区域地质构造、地层岩性、水文地质等方面；第三章是全书的主体，首先概述了地质遗迹与地质公园、岩溶与岩溶地质遗迹的一些概念和概况，然后分类型详细地论述了武隆岩溶地质公园的天生桥、洞穴、天坑、峡谷、泉、瀑布、伏流、地下河、石柱、石林、溶蚀洼地、古生物化石等地质遗迹分布和特征，并与国内外类似的地质遗迹作对比分析；第四章则有针对性地论述了主要地质遗迹的形成条件和形成过程；第五章对地质遗迹作分类和分区定性、定量评价，突出它们的典型性和稀有性、自然性、系统性和完整性、优美性、科学价值、经济和社会价值等地质公园属性；第六章谈到地质遗迹的保护和管理问题；第七章是结论和建议。

今天，当这本基于考察基础之上而写成的专著出版之时，不仅江口水电站早已蓄水发电，而且武隆岩溶地质公园也如愿地进入国家地质公园的行列，真使我们备感欣慰，愿武隆的种种地质遗迹能够得到很好的保护，能够让当代人和后代人从美的欣赏中受到科学和精神上的启迪。

目 录

前 言

第一章 地质公园概况	(1)
第一节 位置与交通	(1)
一、地理位置	(1)
二、园区范围	(1)
三、交通状况	(3)
第二节 自然条件	(4)
一、地形地貌	(4)
二、气候	(6)
三、水文	(6)
四、土壤	(7)
五、动植物	(8)
第三节 社会经济概况	(9)
一、人口及居民	(9)
二、经济概况	(10)
三、土地利用状况	(10)
第四节 地质遗迹与景观概况	(11)
一、主要地质遗迹	(11)
二、其它自然景观	(12)
三、人文景观	(13)
第五节 科学调查和研究概况	(14)
一、区域地质调查	(14)
二、芙蓉江下游水库调查	(14)
三、芙蓉洞考察研究	(14)
四、综合科学考察	(15)
五、中外洞穴探险	(16)
六、有关的规划、研究	(16)
第二章 区域地质背景	(17)
第一节 区域地质概况	(17)
一、构造旋回与地质发育史	(17)
二、区域地质构造	(18)
第二节 天生三桥地质公园片区	(18)
一、地层岩性	(18)
二、地质构造	(20)
三、水文地质	(21)
第三节 芙蓉洞芙蓉江地质公园片区	(23)

一、地层岩性	(23)
二、地质构造	(25)
三、水文地质	(26)
第四节 后坪地质公园片区	(27)
一、地层岩性	(27)
二、地质构造	(27)
三、水文地质	(28)
第三章 地质遗迹基本特征	(29)
第一节 地质遗迹概述	(29)
一、地质遗迹与地质公园	(29)
二、岩溶地质遗迹	(32)
三、武隆岩溶地质公园的地质遗迹	(38)
第二节 天生桥	(38)
一、对天生桥这一科学概念的理解	(38)
二、武隆岩溶地质公园中的天生桥	(39)
三、岩溶天生桥的对比与评价	(41)
第三节 洞穴	(43)
一、洞穴概述	(43)
二、武隆岩溶地质公园中的洞穴	(45)
三、洞穴的对比与评价	(64)
第四节 天坑	(66)
一、天坑概述	(66)
二、武隆岩溶地质公园中的天坑	(68)
三、天坑的对比与评价	(75)
第五节 岩溶峡谷	(79)
一、对峡谷概念的理解	(79)
二、主要岩溶峡谷	(80)
三、岩溶峡谷的对比与评价	(83)
第六节 岩溶泉、伏流和瀑布	(84)
一、岩溶泉	(84)
二、伏流	(86)
三、瀑布	(87)
第七节 溶蚀洼地、漏斗、落水洞和竖井	(87)
第八节 岩溶石柱和孤立石峰	(88)
一、天生三桥地质公园片区的石柱	(88)
二、芙蓉江地质公园片区的孤立石峰	(89)
三、后坪地质公园片区的石柱、石林	(89)
第九节 地质公园外围地质遗迹及风景名胜	(89)
一、乌江峡谷(乌江画廊)	(89)
二、仙女山岩溶剥蚀面高山森林草场	(91)
三、黄莺峡谷	(92)
四、重要古生物化石产地	(92)

五、白马山国家森林公园	(93)
第四章 地质遗迹的形成条件及形成过程	(95)
第一节 地质遗迹的形成条件	(95)
一、地层岩性条件	(95)
二、地质构造和水文地质条件	(96)
三、自然地理条件	(96)
四、岩溶发育史	(97)
五、区域地貌发育史	(97)
第二节 地质遗迹的形成过程	(98)
一、天生桥的形成过程	(98)
二、芙蓉洞的形成过程	(100)
三、天坑的形成过程	(101)
四、岩溶峡谷的形成过程	(103)
五、多潮泉的形成过程	(105)
第五章 地质遗迹评价	(106)
第一节 定性评价——景观资源特色与价值评价	(106)
一、武隆天生桥群是世界上规模最大的天生桥	(106)
二、芙蓉洞为世界一流的旅游洞穴和洞穴科学博物馆	(106)
三、芙蓉江峡谷雄、奇、幽、秀，山景、水景、石景和生物景观巧妙配置	(107)
四、后坪片区的天坑群是世界上唯一发现的冲蚀成因天坑群	(108)
五、龙水峡地缝悬崖紧锁、飞瀑流潭、幽篁密林、尘嚣远绝	(108)
第二节 定量评价	(109)
一、景类定量评价	(109)
二、景点定量评价	(109)
三、分区定量评价	(113)
四、地质公园综合定量评价	(116)
第三节 地质遗迹总体评价	(118)
一、典型性和稀有性	(118)
二、自然性	(120)
三、系统性和完整性	(121)
四、优美性	(122)
五、面积适宜性	(123)
六、科学价值	(123)
七、经济和社会价值	(125)
第六章 地质遗迹保护与管理	(126)
第一节 主要保护对象	(126)
一、天生三桥地质公园片区	(126)
二、芙蓉洞芙蓉江地质公园片区	(127)
三、后坪地质公园片区	(129)
第二节 目的意义	(130)
一、确保地质遗迹景观资源的永续利用	(130)
二、保护岩溶生态环境，保护珍稀动植物物种	(131)

三、提供高品位的科学观光游览、促进当地经济发展	(131)
四、科学考察研究和科学普及基地	(131)
第三节 保护与管理状况	(131)
一、边界划定与土地权属状况	(131)
二、基础工作	(132)
三、管理和建设状况	(133)
第七章 结论与建议	(134)
第一节 结论	(134)
第二节 建议	(136)
参考文献	(140)
后记	(142)
照片及彩图	

第一章 地质公园概况

第一节 位置与交通

一、地理位置

武隆县位于重庆市东南缘乌江下游(图 1-1),地处四川盆地东南边缘大娄山、武陵山与贵州高原的过渡地带。县域范围介于东经 107°14′~108°5′、北纬 29°02′~29°40′之间。东为彭水县,南接贵州省道真县,西连南川县和重庆市涪陵区,北与丰都县为邻。东西长 82.7 km,南北宽 75 km,面积 2901km²。全县辖 46 个乡镇,427 个村,人口 40 万人。

武隆县在春秋时期为巴国地,战国时属楚国黔中地,秦时属秦黔中郡,汉代属巴郡管辖。蜀汉时期,设汉平县,隶属涪陵郡(今彭水)。唐武德二年(公元 619 年)置武龙县隶属涪州。明洪武十三年,改武龙县为武隆县仍隶涪州。清康熙七年并入涪州,设武隆巡检司(分州)。民国 2 年(1913 年),涪州改为涪陵县,武隆分州称武隆分县。民国 34 年(1945 年),武隆升格为县,隶属未变。1949 年武隆县人民政府成立,隶四川省涪陵地区。1997 年后,武隆县由重庆直辖市直管。

武隆县旅游资源丰富,拥有被称之为“地下艺术宫殿、洞穴科学博物馆”的芙蓉洞、“世界最大的天生桥群”的天生三桥、后坪箐口冲蚀型天坑和芙蓉江岩溶峡谷等,园区外围还有仙女山高山草场、乌江画廊、黄莺峡谷等地质遗迹和自然景观,被称为“中国西部地质之乡”。

二、园区范围

重庆武隆岩溶地质公园由三个片区组成,包括天生三桥地质公园片区、芙蓉洞芙蓉江地质公园片区和后坪地质公园片区,分别位于武隆县的北北东部、东南部和东北部,处乌江的北岸和南岸(图 1-1,彩图 1),园区面积约 400km²,是一个以岩溶地质景观为主题的地质公园。

天生三桥地质公园片区位于武隆县城北部,以天生三桥、中石院天坑、白果地峡(龙水峡)为主要地质遗迹;芙蓉洞芙蓉江地质公园片区位于县城东南面,以芙蓉洞、芙蓉江峡谷和天星洞穴群为主要地质遗迹;后坪地质公园片区位于武隆县东北角,以冲蚀型成因的天坑群以及复杂的地下河、洞穴系统为主要地质遗迹。地质公园园区范围内保持着完整的自然生态、山地地貌和流域系统,集中有特色的自然和人文景观资源,有较好的视觉效果。同时,由于这些区域原来所处的位置较偏僻,人口密度低,园区涉及的居民数量少,最大可能地降低了公园范围内农、林、生态与开展旅游活动的矛盾,便于管理。此外,地质公园区之外还有仙女山岩溶剥蚀面高山草场、乌江画廊岩溶峡谷、黄莺岩溶峡谷、白马

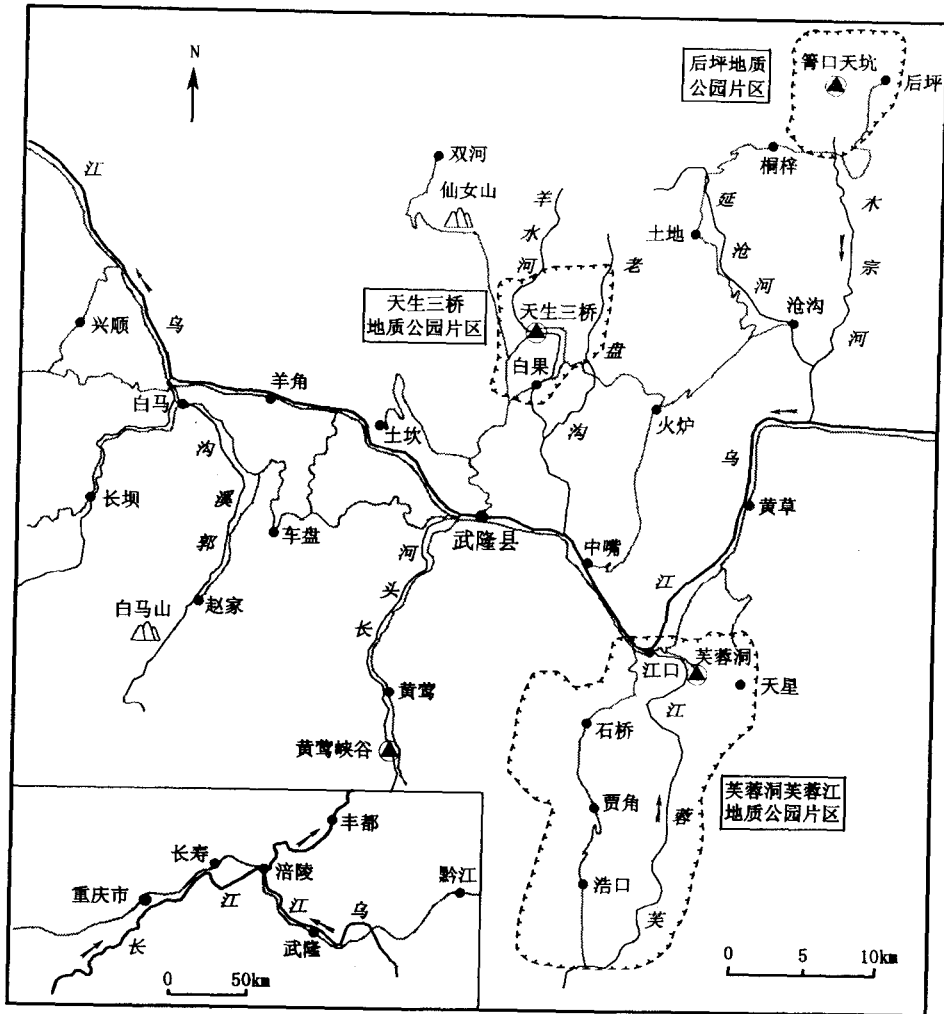


图 1-1 地质公园位置图

山森林公园，以及众多的人文古迹，共同构筑武隆这一极具旅游开发潜力的岩溶地质公园品牌。

天生三桥地质公园片区位于武隆县城北北东约 20km、武隆至仙女山公路旁，距南国草场——仙女山约 15km。地理范围为东经 $107^{\circ}45' \sim 107^{\circ}50'$ 、北纬 $29^{\circ}23' \sim 29^{\circ}29'$ 。这一片区面积约 60km^2 ，地跨武隆县的核桃、白果和火炉 3 乡镇。东界为大石院以东的悬崖沿山脊经梅子塘—三潮水—彩坝—白岩脚—剪子坳一线；南界自剪子坳起，至龙水峡出口南约 1km 的柏香林，往南西至土脑山附近，沿公路至老房子一带；西部以老房子—园子堡—瓦窑湾—塘坝为界；北界自河坝以北 1km 处，往东沿风背岩陡崖、马鬃岭东延至上石院以东约 500m 附近。该片区内最高峰为马鬃岭，海拔 1667.7m；最低点为白果地峡谷底，海拔 520m。最大相对高差 1147m。

芙蓉洞芙蓉江地质公园片区的范围，以武隆县境内芙蓉江段的河道为主轴线，南起武隆县浩口乡老浩口村，北至江口镇，全长约 31km。地理范围为东经 107°47' ~ 107°57'；北纬 29°02' ~ 29°16'。园区东西两侧以芙蓉江两岸的山岭为边界，宽约 10 ~ 16 km，行政区划上包括武隆县江口、石桥、贾角、浩口、天星等乡镇和彭水县龙洋、大亚、润溪等乡镇，面积 275km²。该片区内最高峰阳暗山海拔 1510m，最低点为芙蓉江入汇乌江处，海拔 180m，最大相对高差 1330m。该地质公园片区的边界为：北面西段以轿子顶一二蹬岩悬崖为界；东段跨乌江对岸以阴家岩—八岩脚一线为界；南为武隆县行政区界线；东侧北段以八岩脚—迷洞—竹子垭一带的分水岭为界，东侧南段则以芙蓉江东岸第一重山脊为界，包括部分彭水县地域；西部界线大致沿余家坪—座龙坝—黄泥沟—苦草塘—轿子顶一线。

后坪地质公园片区位于武隆县东北部，毗邻丰都县和彭水县，面积 65km²，以冲蚀型成因的天坑群以及复杂的地下河、洞穴系统为主要地质遗迹；在岩溶地貌形态、洞穴系统、水文地质等方面具有典型性和代表性，有潜在的旅游开发价值和地学科研价值。鉴于这一片区的位置较为偏僻，交通条件稍差，目前大规模开展旅游有一定的难度，因此作为后备片区。园区的范围，南部以木宗河源头麻湾洞泉为界，北部以武隆县域为界（基本上与流域分水岭重合），东、西两侧也基本上以流域分水岭为界。因此，园区范围基本上与麻湾洞岩溶水文-地貌系统的范围一致。区内地形标高多在 1400m 以上，最高为 1713m；南端的地下水流域总排出口麻湾洞泉位置最低，标高为 750m，地形相对高差约 1000m。

三、交通状况

20 世纪 90 年代以来，武隆县的交通状况有了根本性的改善。陆续打通了东、西、南、北交通干线，一是武隆至涪陵；二是武隆至彭水；三是武隆至丰都；四是武隆至贵州道真。前两条公路为 319 国道的组成部分。

重庆至涪陵的高速公路已开通。涪（涪陵）-武（武隆）路是武隆通向重庆市主城区的交通要道，公路于 2003 年全部改建完成，从重庆主城至武隆县城的时间仅 2 个多小时。拟建中的渝（重庆）-长（长沙）高速公路经过武隆，届时，武隆县城到重庆只需 1 个多小时。铁路方面，渝（重庆）-怀（怀化）铁路沿乌江右（北）岸从武隆县境穿过，目前工程已近尾声，2004 年可建成通车。水路方面，乌江由东南方的彭水县进入武隆，向西北横贯县境，在涪陵汇入长江，县境内通航里程为 79km，目前有小型的水翼客船运行于彭水至涪陵之间。全县公路通车里程 2750km，初步形成了车站、港口、城乡公路网络与水运相结合的交通新格局。总体而言，武隆县的公路、铁路和水路交通都十分方便、快捷，为地质公园旅游发展创造很好的基础条件。

通往天生三桥地质公园片区的主干公路为武隆县城至仙女山的武-仙公路，为山区二级水泥路。县城通往芙蓉洞芙蓉江地质公园片区的道路有武-彭路（武隆经江口镇至彭水县）、江芙路（江口镇至芙蓉洞）、江朱路（江口镇至朱子溪）、江天路（江口镇至天星乡）等，前两者为水泥公路，其余为山区砂石路面。芙蓉江江口水利枢纽建成后，芙蓉江段（重庆市域）可全程乘船游览。

后坪乡位于武隆县东北角，与丰都县、彭水苗族土家族自治县接壤，距县城 108km，是全县最偏僻的乡镇之一。从县城通向后坪的交通条件稍差，前段为山区三级柏油路，后段为砂石路。

第二节 自然条件

一、地形地貌

地貌是地球内外营力共同作用的结果，与地层、岩性、气候、地势等多种因素有关，在气候条件大致相近的情况下，岩性对地貌的影响更为突出。本区主要出露寒武系至三叠系碳酸盐岩地层，所形成的地貌以岩溶地貌为主。

按《中国地貌区划》，本区属鄂西黔北中山与低山区。进一步细分，地质公园所在地为中起伏岩溶山原中山区。处于四川盆地东部的“盆东平行岭谷区”与“巫山娄山中山区”过渡地带，地质公园所在的芙蓉江峡谷段两岸为大娄山向东北方向的延伸部分。大娄山由三支并列山脉组成，大娄山东北—西南走向，呈现向南东突出的弧形，它的中支由仁怀经桐梓进入重庆境内，是芙蓉江与綦江的分水岭，东支位于桐梓、遵义之间，由金沙延伸至重庆境内，构成芙蓉江和洪渡河的分水岭。因此，地质公园处于贵州高原的北部斜坡带，地势较高，高程多在海拔 1000m 以上。

地质公园区地貌的主要特点是岩溶地貌十分发育，其中又以岩溶负地形最为突出。除天生桥外，岩溶干谷（峡谷）、天坑、伏流、竖井、落水洞、漏斗、溶蚀洼地等岩溶形态分布普遍。岩溶正地形以岩溶峰丘、低矮的溶丘为主，以丘峰洼地、丘峰谷地（干谷）组合地貌类型最为常见，见不到典型的峰丛、峰林岩溶地貌形态。地下岩溶（洞穴、地下河、伏流等）也甚为发育，而与岩溶地下水活动紧密相关的深竖井、天坑、横跨峡谷上的天生桥等岩溶形态的发育颇为典型。洞穴具立体化分布特征，不仅在相对河流侵蚀基准面几十米高程范围内分布，而且在高出现代河床水面 200~300m 范围内也有大型洞穴分布，如芙蓉洞高出芙蓉江水面 280m；具有潜流带洞道特征的天星乡新路口洞高出芙蓉江水面将近 700m，天星乡汽坑洞竖井深度达 920m，是目前国内探测发现的最深的竖井。在天生三桥处，七十二岔洞高出天生桥谷底 260m，可见本区地壳相对升降幅度之大。后坪地质公园片区也发育有较为庞大的二王洞、三王洞洞穴系统。

天生三桥地质公园片区位于中梁子背斜与武隆向斜的中间地带（见彩图 2），从北西往南东，地层从老到新，依次出露志留系、二叠系、三叠系和侏罗系地层，是一套总体上倾向南东、倾角 $10^{\circ} \sim 35^{\circ}$ 的单斜地层。与地质构造相适应，地势亦是西北高，向东南变低，大致的趋势是：仙女山一带海拔 1800m，天生桥一带 1100m，白果 800m，老盘沟河谷 500m。水系的流向亦受制于地质构造格局，老盘沟河道主要是沿北东和北西两个方向；羊水河沿北西、近南北和北东方向发育。

单斜山地的西北侧是志留系碎屑岩，东南部为侏罗系红层，中部是大面积的二叠系和三叠系碳酸盐岩地层，成为各类岩溶景观形成的基础。正是在这种大型单斜山地且最高处为碎屑岩分布区的地质背景下，岩溶地貌形态总体上呈现出类似于常态山地峡谷的地貌景观。

天生三桥地质公园片区岩溶地貌的个体形态类型甚多，且以负地形为主，主要有：天生桥、洞穴、天坑、峡谷、地缝式峡谷、干谷、伏流、溶蚀洼地、溶蚀漏斗和落水洞、灰岩陡崖等。其中，岩溶天生桥为世界规模最大的天生桥，是具有世界意义的地质遗迹。

新构造运动主要为大幅度的间歇性上升，从而导致岩溶地貌表现出向深性和叠加发育的特点。主要表现为多次发生河流袭夺，地下河袭夺地表河造成水系的变迁，使地表水和地下水的水量重新分配，天生桥的形成正是与地下河的袭夺密不可分。地面上的上升，侵蚀基准面下降，地下水位下降，以致出现伏流、峡谷、漏斗、落水洞、干谷，在溶蚀洼地中发育叠置漏斗。

芙蓉洞芙蓉江地质公园片区主要出露中寒武统—下奥陶统灰岩、白云岩地层，地质构造属芙蓉江复式褶断带，由一系列走向为北东东—南南西向、大致相互平行的紧闭褶皱及逆冲断层组成。地质构造对地貌的大格局具有重要的控制作用。地貌以中山峡谷为主，山地走向与区域构造走向一致。山顶海拔 900~1500m，最高峰阳暗山海拔 1510m，相对切割深度 500~1200m。地貌基本特征是山高坡陡，河谷深切，峡谷雄伟，山顶地势开阔，波状起伏，具山原地貌特征。由于地质构造有一定差异，使芙蓉江两岸的地貌格局有所不同。

芙蓉江以西为两列条带状山地，山高坡陡，地形破碎，起伏较大。一列是望水台—阳暗山—厚山—风箱沱，海拔 1150~1500m，受芙蓉江冲断层和三会冲断层的影响，山地东西两侧不对称，东坡陡峭，西坡较缓；另一列是贾角山—向岩坪—胡家山—观音台，地势由北向南降低，海拔 900~1300m，山地狭长，两坡基本对称且陡峭。其间发育有南北向的小沟谷，为芙蓉江的二级支流，这些小沟谷沿志留系碎屑岩与寒武—奥陶系碳酸盐岩的边界发育，其水流主要来自志留系碎屑岩分布区。

芙蓉江以东的分水岭山地具有山原地貌特征，以三王庙—奔坎子—王家岩陡崖为界，为两级山地地貌。芙蓉江以东，三王庙—王家岩以西，为低山山原，海拔 750~900m，沟谷切割深度 250~400m，纵横交错。三王庙—奔坎子—王家岩以东和以北为中山山原地貌，山顶海拔 1400~1500m，切割深度 200m 左右，地形波状起伏，表现为峰丘谷地地貌，个体岩溶有溶蚀洼地、漏斗、竖井、落水洞、干谷等。

由于新构造运动间歇性抬升，侵蚀基准面逐级下降，岩溶地下水则竭力不断地去适应下降了的基准面，从而形成分布于不同高程上的洞穴层，最高层的有天星的汽坑洞、垌坝洞等（海拔约 1100m），其次为浩口石膏洞（海拔 970m）、双壁洞和白鹤洞（海拔 850m）；分布高程稍低一些的有凉风洞（海拔 720m）、辽垭洞（海拔 650m）、水帘洞（海拔 670m）；再低为芙蓉洞（海拔 480m）、火炮洞（海拔 350m）、龙孔洞（海拔 450m）；与现今芙蓉江水面十分接近的有四方洞、干研洞、迷魂洞（海拔 190~200m）等。在高层洞穴中，随着新构造运动由相对稳定转为抬升，岩溶水由水平运动转为垂向运动，在原来的洞底又形成垂向溶隙和竖井，典型的是在芙蓉洞内（吊笋厅）出现深达 229m 的竖井。在芙蓉江东岸天星乡旁侧发现的汽坑洞竖井，竖直深度达 920m，可见新构造运动抬升和河流（区域侵蚀基准面）下切幅度的巨大。

芙蓉江峡谷两岸形成有少量阶地，保存较为完好的第一级阶地分布在芙蓉江宽谷段，如江口、浩口等地，为基座阶地，其上覆盖 4~6m 厚的砂、亚粘土。阶地面平坦，宽约 100~200m，江口罗洲坝海拔 220~225m，高出江面 40m 左右。浩口第一级阶地海拔 320m，相对高度 20~25m。在芙蓉江峡谷内，偶尔有一级侵蚀阶地发育，如百汉滩河段、线坝等地，阶地全部由碳酸盐岩基岩组成，无河流沉积物，阶地面宽 10~20m，高出江面 10m 左右。盘古河处的阶地高出芙蓉江水面 40m，宽约 200m。线坝处的阶地，高出江面 140m，

亦为基座阶地。

后坪地质公园片区的地貌特征与天生三桥片区相似，地貌组合类型属缓丘-峡谷地貌，岩溶个体地貌形态有天坑、洞穴、地下河、岩溶泉、漏斗、落水洞、峡谷等。岩溶水流域出口麻湾洞泉海拔约 700m，最高处的大金山海拔 1713m，地形落差千余米。

二、气候

武隆县属亚热带季风气候区，在全国气候区划中归入中亚热带季风性湿润气候区。全县总的气候特点是：气候温和，雨量充沛，四季分明。

1960~1985 年多年平均气温 17.9℃，一月平均气温 6.7℃，极端最低气温 -3.5℃（1975 年 12 月 16 日）；七月平均气温 28.6℃，极端最高气温 41.7℃（1971 年 7 月 21 日）。气温的立体变化明显，高程每升高 100m，气温下降 1.04℃，海拔 500m 左右的河谷低地，年平均气温 18.5℃，无霜期大于 300 天；海拔 1200m 以上的中山地带，年平均气温 11.2℃，无霜期 230 天。

1960~1980 年的 21 年中，平均降水量 1082.27mm。但年际变化大，最多年 1397.5mm（1975 年），最少年 804.5mm（1961 年），变幅达 593.0mm。降水量立体变化十分明显，其特征是随海拔增加，降水量增大。海拔 250m 地区年降水量 870.2mm，海拔 450m 地区升高到 978.5mm，海拔 1450m 处降水量高达 1214.6mm。

武隆县降水量受季风环流影响，季节差异明显。具有春雨、夏洪、冬干的特点。5~10 月降水量达 829.33mm，占全年降水量的 76.63%；11 月~翌年 4 月降水量为 252.94mm，占全年降水量的 23.37%。季节分配是春季（3~5 月）降水量 318.12mm，占全年的 29.4%；夏季（6~8 月）降水量 438.01mm，占全年的 40.5%；秋季（9~11 月）降水量 278.84mm，占全年的 25.8%，冬季（12 月~翌年 2 月）降水量 47.30mm，占全年的 4.3%。

天生三桥地质公园片区地势较高，与河谷地带相比，气温较低而降水量较大。芙蓉洞芙蓉江地质公园片区的多年平均降水量 1105mm，年蒸发量约 500mm，径流深约 600mm，多年平均气温 16℃，无霜期 290d，多年平均日照时数 1081h，多年平均水温 16.9℃，多年平均风速 0.9 m/s，最大风速达 16 m/s。后坪地质公园片区山区气候特征也十分明显，冬季阴冷，常有降雪，区内平均海拔 1100m，年降水量 1080mm，全年无霜期 210d，湿度 78%。

三、水文

芙蓉江是乌江下游的最大支流，也是一条跨黔、渝两省（市）的中等河流。干流发源于贵州省绥阳县黄视乡石瓮子，流经正安、道真两县后进入重庆市武隆、彭水县境，在武隆县江口镇汇入乌江。干流全长 231km，天然落差 1108m，平均比降 4.79‰，流域面积 7793km²。流域形状呈狭长状，南北长 160km，东西宽 60km。

流域地处黔中丘原与黔北山原向四川盆地倾斜过渡带上，具有明显的中山峡谷型及岩溶地貌的特征。地势起伏大，西南高东北低。芙蓉江上游地形较为开阔平坦，沿河发育有河谷阶地和河漫滩；中下游多深山峡谷，河道比降大，滩多水急，无航运之利。其水系呈树枝状分布，左岸较右岸发育。支流中，流域面积大于 1000km² 的有 3 条：清溪河（1497km²）、跳蹬河（又名三江，1038km²）和梅江（1251km²），全部位于芙蓉江的左岸；

流域面积 100~1000km²的有小河、东流河等 11 条。

芙蓉洞芙蓉江地质公园片区所涉及到的芙蓉江峡谷南起武隆县浩口乡观音岩（老浩口），北至江口镇，全长 31km、落差 117m、比降 3.77‰。

芙蓉江平均年径流量 52.3 × 10⁸m³，平均流量 166 m³/s，平均年径流深 671.12mm，年平均径流模数 21.3L/s·km²。芙蓉江流域的径流来源于降水，径流年际变化不大，但年内分配不均，汛期和非汛期差别较大。芙蓉江汛期（4~10月）水量占全年的 84%，枯水期（11月~翌年 3月）仅占 16%。枯水期的径流，主要靠地下径流补给。

芙蓉江洪水由暴雨形成，洪水主要出现在 5~10月。洪水传播快，历时短，一次洪水过程约 3~6d，洪水过程陡涨陡落。洪峰多为单峰型，也可能出现双峰或多峰过程，洪枯水位变幅可大于 30m。

芙蓉江属于少沙河流。长坝水文站从 1965 年开始进行悬移质泥沙测验。据 1965~1988 年资料统计，多年平均含沙量 0.608kg/m³，多年平均年输沙量为 213 万 t（相应侵蚀模数为 391 t/km²）。

天生三桥地质公园片区地表水流较少，无洪水灾害。小河流有羊水河和老盘沟。羊水河发源于武隆、丰都交界处，全长仅 26km，平均径流深 814.3mm，但在天生三桥上游潜入地下成为伏流，再汇入乌江。老盘沟发源于景区内的核桃乡，流经火炉、白果和中嘴，汇入乌江，全长 28km，平均径流深 813.3mm，天然落差 1415m。

后坪地质公园片区的木宗河，属乌江的一级支流，其源头为麻湾洞泉，它是后坪天坑洞穴群岩溶水文系统的总排泄口，流量动态变化较大，枯水期流量约 1m³/s，丰水期达 20~30m³/s。

四、土壤

武隆岩溶地质公园内的土壤主要是山地黄壤，其母质为碳酸盐岩，以石灰岩为主，是在亚热带湿热气候和常绿针阔混交林植被条件下形成的，在成土过程中产生的氧化铁铝的水化度特别高。随着水化程度的加深，其颜色愈趋黄色，因此大部分的土体带上了黄色色调，发育成各种酸性土壤。石灰岩风化物上发育的幼年土，处在土壤形成的初期阶段，由于风化物中碳酸钙含量高，经过生物的积累作用，以钙腐殖质形成积累于土壤上层，形成腐殖质碳酸盐（或称黑色石灰土）。当其森林被破坏，土壤受侵蚀，母质出露地表，致使土壤中由于碳酸钙补给加强，导致石灰土的形成，山地黄壤受到侵蚀而发育成黄色石灰土。石灰土不仅较为贫瘠，而且土层往往较薄，在陡坡上尤其如此。

本区虽以碳酸盐岩为主，但志留纪地层以页岩和粉砂岩为主，其形成的土壤主要为地带性土壤——黄壤。

受土壤—基岩性质的影响，地质公园内植被的空间分布变化显著。一般情况下，砂岩、页岩常发育成黄壤或紫色土，植被多为各类适应酸性土壤的植物群落，如马尾松林、栎类灌丛、铁芒萁等。在灰岩、白云岩、白云质灰岩等碳酸盐类岩石上，发育各类含钙石灰土，植被则为适应这类土壤的群落，以具有岩生性、旱生性及附生性的喜钙植物及藤刺灌丛为主，如柏木林、火棘灌丛、黄荆灌丛等。在湿润、厚度大、中性的石灰土上，有小片马尾松与柏木混交林。受自然和人为因素的共同作用，从峡谷的岸边至山顶，土壤种类不同致使植被类型分布具有一定的垂直变化规律。

五、动植物

武隆岩溶地质公园内的动植物以芙蓉洞芙蓉江片区最为重要。这里气候温暖湿润，岩性和地貌类型复杂多样，峡谷两岸人口稀少。在这自然条件较优越、生态环境条件复杂多变、人类破坏作用相对较小的条件下，本区具有繁多的植物种类、丰富的植被类型以及大量特色植物、观赏植物和丰富的动物资源。

据西南师范大学调查资料，这里有维管束植物 139 科 375 属 558 种。其中蕨类植物 19 科 32 属 56 种；裸子植物 8 科 11 属 12 种；被子植物 112 科 332 属 490 种。表明该地区植物种类较丰富，这在自然环境相似的灰岩地区是十分少见的。

该片区植被类型多样，主要有：暖性针叶林，包括马尾松林、柏木松、马尾松柏林混交林；常绿阔叶林；落叶阔叶林，以白栎、麻栎、栓木、栎为主；灌草丛，如火棘灌丛、黄荆灌丛、蚊母树灌丛、杂灌草丛；竹林和竹灌丛，包括有斑竹林和慈竹林；草甸。表明芙蓉江峡谷区具有亚热带常绿阔叶林的地带性特征。多样的植被，创造了景色各异的植物景观。此外，植被季相变化明显。春季和夏初，在翠绿色的背景上点缀着红花、黄花、紫花，五彩缤纷，春意盎然；盛夏为一片油绿色；秋冬季节，红色的枫香叶、乌桕叶、火棘果、南天竹果、红桔、黄色的栎叶、银杏叶与暗绿色的常绿叶相配，绚丽多彩，景色优美。

芙蓉江峡谷地带，山高坡陡，森林茂密，人类活动影响相对较小，因此成为野生动物难得的保留地和避难场所。据西南师范大学调查，本区动物资源极其丰富，共有 237 种动物，其中鱼 61 种，鸟 108 种，兽类 47 种，两栖爬行类动物 19 种。宝贵之处是本区有众多的珍稀动物。属国家 I 级保护动物有华南虎、豹、云豹、黑叶猴和金丝猴等 5 种；属国家 II 级保护动物的有猕猴、穿山甲、豺、斑林狸、大灵猫、小灵猫、金猪、林麝、水獭、黄喉貂、鸳鸯、鸢、白冠长尾雉、红腹锦鸡等 19 种。被列入国际贸易中规定保护的濒危物种有虎、豹、黑叶猴等 18 种。最具旅游观赏价值的动物群有黑叶猴群、猕猴群、野鸡群、画眉、相思鸟等。

黑叶猴俗称黑猴、青猴，为我国珍贵稀有兽类，国家 I 级保护动物。西南师范大学考察组于 1993 年 11 月 24 日和 1994 年 1 月 31 日两次在芙蓉江峡谷内发现两群黑叶猴，主要出没于芙蓉江右岸的朱子溪、线坝江段。2002 年 1 月 1 日作者在线坝附近亦见到黑叶猴在江东岸陡崖上的树林中活动。黑叶猴觅食活动范围较窄，以嫩叶嫩芽为食。该兽数量稀少，每小群 3~5 只，合为大群也仅 8~10 只左右。

猕猴俗称黄猴，是国家 II 级保护对象。据初步调查，芙蓉江峡谷一带约有猕猴 300~400 只左右。最大群体 90 只左右，一般群体 30~50 只。猕猴栖息活动范围较宽。在园区内按猕猴的分布，大约可分为 4~5 群：花溪电站至观音台至老浩口群；后山群；尖子山至悬坝至阳暗山群；芙蓉洞至天星群；四方井至盘古河群。

芙蓉洞地质公园片区内已知有鸟类 109 种，隶属 14 目 33 科 78 属。其中国家重点保护的 I 级保护对象有金雕。主要在浩口乡花溪电站附近的高崖上栖息、繁殖。天气晴朗时，展翅高飞，取食羊羔等动物。为当地留鸟。

天生三桥地质公园片区受到人类干扰较大，据西南师范大学 2001 年考察资料，这一带的植被属中亚热带湿润常绿阔叶林类型，地带性植被为常绿阔叶林，由于人为影响，原