

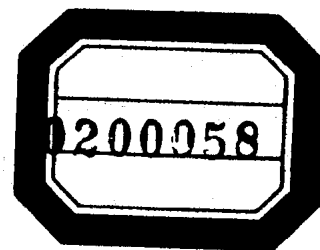
中国地质学会
第二届岩溶学术会议
论文选集

《第二届岩溶学术会议论文选集》编辑组

科学出版社



水电部科技情报所	
图书总号	中2216
分类号	P642.25



中国地质学会

第二届岩溶学术会议论文选集

《第二届岩溶学术会议论文选集》编辑组



005619 水利部信息所

科学出版社

1982

内 容 简 介

本文集是在中国地质学会主持下召开的第二届岩溶学术会议上发表的论文选编,计有论文 43 篇,包括五方面内容。

在区域岩溶地质方面,论述了我国南北方某些地区的岩溶特征、发育规律及成因等问题;有关岩溶水文地质方面,论述了某些地区岩溶水文地质特征、地下河系发育特征、水资源评价以及矿床水文地质等;在岩溶工程地质方面,选编了关于岩溶地区的坝址、地基稳定、岩溶水管道流的气水压力等论文。此外,还选编了部份新技术新方法在岩溶研究工作中的应用和有关地区的岩溶洞穴化石动物群的时代以及岩溶植被研究方面的论文。

本书可供岩溶工作者、水文地质、工程地质工作者及大专院校有关专业师生参考。

2141/35

甲

中国地质学会 第二届岩溶学术会议论文选集

《第二届岩溶学术会议论文选集》编辑组

责任编辑 周文辅

科学出版社出版

北京朝阳门内大街 137 号

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1982 年 2 月第 一 版 开本: 787×1092 1/16

1982 年 2 月第一次印刷 印张: 21 1/2 插页: 2

印数: 0001—2,180 字数: 498,000

统一书号: 13031·1808

本社书号: 2460·13—14

定价: 4.75 元

编 者 的 话

一九七八年十月,由中国地质学会主持,在山水甲天下的桂林召开了第二届岩溶学术会议,广泛交流了有关岩溶理论研究和改造利用的经验,会议内容丰富,论文题材广泛,涉及到岩溶研究的各学科领域。

本文集共选了会议论文 43 篇,主要包括以下五方面的内容:

- 一、区域岩溶地质;
- 二、岩溶水文地质;
- 三、岩溶工程地质;
- 四、岩溶探测技术与方法;
- 五、其它。

本论文集基本上反映了我国当前岩溶理论研究和改造利用的水平,同时也大体上显示了我国岩溶科学研究的发展趋向。

在编选过程中,考虑了本学科各方面论文的代表性,并希望通过这些论文的发表,能够引起广大岩溶工作者对有关问题进行广泛而深入的探讨,更好地贯彻党的“双百”方针,进一步推动岩溶科学持续地向前发展,为我国社会主义现代化作出应有的贡献。

会议论文的编选工作,是受第二届岩溶学术会议的委托,在中国地质学会的领导下,组成论文选集编辑组进行编辑工作。编辑组由于浩然、李国芬、吴应科、王克钧、王天伟等同志组成。在编辑过程中,得到了作者及有关单位的大力支持,以及地质部岩溶研究所各处室同志们的帮助,在此深致谢意!

由于时间与水平关系,编辑工作难免存在疏漏和不当之处,尚希作者、读者指正。

《第二届岩溶学术会议论文选集》编辑组

1979 年 10 月

目 录

编者的话

区域岩溶地质

中国岩溶发育规律初步研究·····	任美镔 (1)
川东岩溶的某些特征——兼论岩溶发育的水动力因素·····	朱学稳 (5)
娘子关地区马家沟灰岩岩溶——硫酸盐-碳酸盐混合建造岩溶一例·····	张之淦 (14)
岩溶研究的发展及基本内容和理论问题的概略探讨·····	卢耀如等 (25)
桂林岩溶地质概况·····	陈文俊 (30)
深部溶洞成因的初步探讨·····	任美镔等 (38)
关于岩溶“气爆”作用问题的初步探讨·····	艾万钰 (43)
鲁中地区下古生界碳酸盐岩的结构及其对岩溶发育的影响·····	曹以临等 (50)
北方岩溶的主要特征和岩溶储水构造的基本类型·····	廖资生 (56)
神仙洞的成因和演化·····	李景阳 (62)
弄团洞的发育特征·····	张玉荣 (69)
鄂西南岩溶地貌·····	王俊生 (73)

岩溶水文地质

岩溶水不均匀性程度差异的产生条件·····	袁道先 (77)
都安地区岩溶地下河系·····	凌泽槐 (86)
论岩溶地下水系及倒虹吸管流·····	关玉华 (95)
滇东草北海子盆地岩溶发育规律及水文地质特征·····	李文纲 (106)
粤北岩溶及其水文地质特征·····	张文顶等 (112)
龙岩盆地隐伏岩溶水文地质特征·····	陈立德执笔 (120)
北京山区碳酸盐岩岩溶水富集规律的初步探讨·····	张振春 (130)
贵州省织金县三塘地下河系发育特征的认识·····	金佔省等 (135)
贵州独山地区地下河的分布及发育特征·····	梅正星等执笔 (140)
南岭隧道岩溶水文地质问题初步探讨·····	石文慧 (145)
昔阳岩溶地下水域·····	韩行瑞等 (152)
娘子关泉域水均衡研究·····	赵敬孚 (156)
回归分析在岩溶水资源评价中的应用·····	赖勤波 (162)
利用天然动态资料评价区域地下水开采资源的补偿疏干法·····	余国光 (174)
岩溶充水矿床涌水量数值计算的水文地质模型·····	崔光中 (181)
岩溶充水矿区矿坑最大突水量预测方法·····	王延福等 (195)
江西岩溶充水矿床水文地质分类研究·····	肖有权执笔 (209)

安徽沿江地区岩溶发育基本特征及矿床的水文地质·····	孙 雄 (212)
-----------------------------	-----------

岩 溶 工 程 地 质

岩溶地区地表塌陷的形成及对工业民用建筑物地基稳定性的影响·····	姜云龙等 (221)
霍县电厂岩溶地基稳定性评价·····	戴联筠 (231)
岩溶水管道流的气、水压力问题·····	苏建三等 (241)
广西群众性开发利用岩溶地下水方法·····	吴光轮 (251)
贵州岩溶峡谷区纵向岩溶带及其与水利水电工程的关系·····	费英烈 (267)
贵州高原岩溶发育的基本特征——兼谈岩溶区水库坝址的选择·····	戴景春 (271)
华蓥山天池湖的形成和利用问题·····	吴应科等 (277)

岩溶探测技术与方法

放射性和离子示踪剂在岩溶水研究中的应用·····	·····煤炭部地质勘探研究所水文地质室水化学组 (283)
航空红外遥感探测岩溶试验·····	航空红外遥感探测岩溶试验协作组 (292)
声波探测岩盐溶洞试验研究·····	铁道部科学研究院西南研究所盐湖声测组 (305)
都安堆目钻孔无线电波透视地质解释·····	张庆东 (314)

其 它

广西柳州地区几个典型洞穴化石动物群的时代·····	黄万波 (322)
贵州岩溶植被·····	黄威廉等 (328)

Selected Papers from the Second All-China Symposium on Karst Sponsored by the Geological Society of China 1978, Guilin, Guangxi, the People's Republic of China

Table of Contents

Preface

REGIONAL KARST GEOLOGY

A Preliminary Study on the Rules of Karst Development in China.....	<i>Ren Mei'e</i> (1)
Some Karst Features in East Sichuan and Hydrodynamic Conditions of Karst Evolution	<i>Zhu Xuewen</i> (5)
Karst in Majiagou Limestone (Middle Ordovician) near Niangziguan Karst Spring, Shanxi Province—a Case Example of Karst in Sulphate-Carbonate Formation	<i>Zhang Zhigan</i> (14)
The Development of Karst Research and Brief Discussion on Its Fundamental Aspects and Theoretical Problems	<i>Lu Yaoru et al.</i> (25)
Brief Introduction to Karst Geology of Guilin.....	<i>Chen Wenjun</i> (30)
A Preliminary Discussion on the Origin of Deep Caves.....	<i>Ren Mei'e et al.</i> (38)
A Preliminary Study on the Air Pressure Explosion in Karst Passageways Underground.....	<i>Ai Wanyu</i> (43)
Structural Patterns of the Lower Paleozoic Carbonate Rocks in Central Shandong and Their Influences on Karst Development	<i>Cao Yilin et al.</i> (50)
On Main Characteristics of Karst in North China and Basic Types of Karst Structures for Water Storage.....	<i>Liao Zisheng</i> (56)
Origin and Evolution of Shenxian Cave.....	<i>Li Jingyang</i> (62)
Characteristics of Longtuan Cave Development	<i>Zhang Yurong</i> (69)
Geomorphologic Features in Karst Region of Southwest Hupei	<i>Wang Junsheng</i> (73)

HYDROGEOLOGY IN KARST REGIONS

On Factors Affecting Heterogeneity of Karst Water.....	<i>Yuan Daoxian</i> (77)
Karstic Subterranean Stream System in Du-an County, Guangxi	<i>Ling Zehuai</i> (86)
On the Karstic Subterranean Stream System and Reverse-Siphon Tube Flow.....	<i>Guan Yuhua</i> (95)
Rules of Karst Development and Hydrogeologic Characteristics in Caobeihaizi Basin, East Yunnan	<i>Li Wengang</i> (106)
Hydrogeological Characteristics in Karst Region of North Guangdong	<i>Zhang Wending et al.</i> (112)
Hydrogeological Characteristics of Buried Karst in Longyan Basin, Fujian Province.....	<i>Chen Lide</i> (120)
Some Preliminary Knowledge of Karst-water Collecting in Carbonate Rocks of the Mountainous Region near Beijing	<i>Zhang Zhenchun</i> (130)
Some Knowledge of the Characteristics of Development of Santang Subterranean Stream System in Zhijin County, Guizhou Province	<i>Jin Zhansheng et al.</i> (135)
Distribution and Development of Subterranean Streams in Dushan District, Guizhou Province	<i>Mei Zhengxing et al.</i> (140)
Approach to Karst Hydrogeological Problems of Nanling Railway Tunnel	<i>Shi Wenhui</i> (145)
The Catchment Areas of Karst Water in Xiyang County, Shanxi Province.....	<i>Han Xingrui et al.</i> (152)
Water Equilibrium Investigation of Niangziguan Karst Spring, Shanxi Province	<i>Zhao Jingfu</i> (156)
Application of Regression Method in the Evaluation of Karst Water Resources.....	<i>Lai Qinbo</i> (162)
"Compensate Drainage Method" in Evaluation of Regional Exploitation of Karst Water Resources by Using Natural Regime Data.....	<i>Yu Guoguang</i> (174)
Hydrogeological Model for Numerical Estimation of Discharge from Mineral Deposits Bearing	

Karst Water	<i>Cui Guangzhong</i> (181)
Method for Estimating the Maximum Inflow of Ground Water in Mine Works in Karst Region	<i>Wang Yanfu et al.</i> (195)
A Study on Hydrogeologic Classification of Mineral Deposits Bearing Karst Water in Jiangxi Province.....	<i>Xiao Youguan</i> (209)
Basic Characteristics of Karst Development and Hydrogeology of Mineral Deposits in Areas along Changjiang River in Anhui Province	<i>Sun Xong</i> (212)

ENGINEERING GEOLOGY IN KARST REGIONS

Ground Surface Cave-in in Karst Regions and Its Influences on the Stability of Foundations of Industrial or Civil Structures.....	<i>Jiang Yunlong et al.</i> (221)
Stability Evaluation for the Foundation of the Electric Power Plant in Huoxian County, Shanxi Province.....	<i>Dai Lianyun</i> (231)
On the Problems of Air-liquid Pressure in Tube Flow of Karst Water	<i>Su Jiansan et al.</i> (241)
Popular Methods Used in Exploitation and Control of Karst Water by the Masses in Guangxi Zhuang Autonomons Region	<i>Wu Guanglun</i> (251)
Longitudinal Karstic Zone along Gorges in Guizhou and Its Relations to Hydroelectric Projects	<i>Fei Yinglie</i> (267)
Basic Characteristics of Karst Development on Guizhou Plateau—the Selection of Damsite in Karst Region.....	<i>Dai Jingchun</i> (271)
Tianchi Lake on Top of the Huaying Mt. in Karst Region Sichuan Province	<i>Wu Yingke et al.</i> (277)

KARST PROSPECTING TECHNIQUES AND METHODS

Application of Radioactive and Ionic Tracers in the Study of Karst Water.....	(Hydrochemical Study Group of the Institute of Geological Exploration, Ministry of Coal Industry) (283)
Trial of Aero-infrared Remote Sensing Technique in Karst Detection	<i>Chen Zhiping</i> (292)
Experimental Application of Acoustic Wave Technique to Cave Detection in Rock Salt	(Research Group of Acoustic-wave Technique in Salt Lake Detection, Southwest China Institute of Railway, Academy of Railway Sciences, Ministry of Railway) (305)
Geological Interpretation of Data from Bore Holes Obtained by Radiowave Penetration Method in Duimu of Duan County, Guangxi	<i>Zhang Qingdong</i> (314)

OTHERS

Geologic Age of Fossil Fauna in Some Typical Caves in Liuzhou District, Guangxi.....	<i>Huang Wanbo</i> (322)
Vegetation in Karst Region of Guizhou Province	<i>Huang Weilian et al.</i> (328)

中国岩溶发育规律初步研究

任 美 铨

(南 京 大 学)

中国岩溶一般情况,我们已另文论述。这里试对中国岩溶发育规律的若干问题,提出初步看法,以供讨论。

一、碳酸盐类岩石

岩石是控制岩溶发育的主要因素,一个地区是否有岩溶,主要决定于岩石,而水分条件则影响岩溶发育程度及岩溶类型,与岩石相比,一般居于次要地位。因为即在干旱荒漠,也有露水,裸露的灰岩受到溶蚀,常形成一些溶孔、小石芽等微岩溶形态。当然由于水分贫乏,岩溶的发育是非常微弱的。这种情况在我国柴达木和非洲撒哈拉都可看到。因此,岩石是岩溶发育的基础,水分是岩溶发育的条件,我国过去常把岩石与水并列为岩溶发育的主要因素,可能不合适。

碳酸盐岩不仅是单纯的化学沉积,也是一种机械沉积,其沉积结构深受环境能量(水流、波浪等)的控制,情况与硅质碎屑沉积物(砾岩、砂岩、页岩等)相似,只是它的组成成分更加复杂。因此,近年来,除传统的化学成分分类外,已按能量大小(即能量指标 energy index)或颗粒与微晶比率来进行分类。这种新分类能较好地反映碳酸盐岩的孔隙率与渗透率,自五十年代末以来,已广泛被应用于石油勘探。岩溶发育强度与碳酸盐岩的孔隙率和渗透率有重要关系,故研究岩溶发育强度与碳酸盐岩结构(即新分类法的岩石类型)的关系,可以补充旧分类法的不足,进一步揭示岩性控制岩溶发育的规律。Sweeting, Rauch 等对英国和美国某些岩溶区域,用上述观点进行研究,已取得初步成果。曹以临等研究山东莱芜和淄博地区的岩溶发育,证明在某些情况下,岩石结构对岩溶发育强度的影响,远比岩石的化学成分为大,有些白云岩和白云质泥质灰岩的富水性比该地区的质纯灰岩更好¹⁾。我们对贵州普定地区的初步研究也证明生物微晶灰岩的岩溶发育较强,与 Sweeting 等的结论基本上一致。这显然由于生物碎屑的矿物成分主要是文石,它在淡水环境中不稳定,易被溶蚀,形成印模孔隙,使灰岩具有较高的孔隙率和渗透率。故开展这方面的研究,将有助于进一步认识岩溶发育规律的复杂性。

二、岩 溶 分 类

岩溶类型的划分可根据不同标志,如《中国岩溶》照片集(1976)把我国岩溶分成三大

1) 鲁中地区下古生界碳酸盐岩的结构及其对岩溶发育的影响。见本选集。

类型,即以溶蚀为主、溶蚀-侵蚀、溶蚀-构造;或按可溶岩的出露情况,分为裸露、覆盖和埋藏等类型;或按岩溶水流动情况,来进行分类。这些分类都有其特定意义。但从地貌学观点来看,气候分类能较好地反映不同气候带的岩溶地貌特点,过去国际地理学会编著国际岩溶地图,即采用气候分类。我们把中国岩溶分为三大类型,即热带、亚热带(地中海型)、温带。热带岩溶以正地貌-峰林为特征。我国热带岩溶分布面积最广,地貌类型也最多样,是世界热带岩溶发育最好的地区,故一些外国学者称峰林为“中国式喀斯特”。远在三百多年以前,我国伟大旅行家和岩溶学家徐霞客就注意到峰林与其它岩溶地貌的不同,并指出峰林分布,东起道州(湖南道县),西迄罗平(云南)。他是世界上第一个注意到热带岩溶的独特景观的学者。

在自然地理学上,不同的水平(纬度)自然地带必然反映在山地的垂直自然带上。近年来,对新几内亚岛高山地区岩溶的研究,证明山地的岩溶地貌因气候条件的差异,有明显的垂直分带,与山地的一般垂直自然带大致相符:

岩溶类型	最佳发育带的海拔高程(米)
裂隙岩溶	0—200
锥状峰林式岩溶	0—1500
洼地式岩溶	2600—3700

裂隙岩溶系裂隙受溶蚀扩大,形成宽6米、深20米的深溶沟,是标准的热带岩溶现象,在坦桑尼亚东北部沿海地区(南纬5°,海拔68米)等处亦有之。它相当于我国的石林¹⁾。岩溶垂直分带的存在,进一步证明岩溶的气候分类是符合于客观存在的实际情况的。

目前热带岩溶的问题主要集中于岩溶发育过程的研究,即研究热带地区岩溶发育速度何以较亚热带、温带和寒带为快。岩溶水中的CO₂主要来自土壤,故生物成因的CO₂在岩溶发育中居有非常重要的地位。生物CO₂和土壤中的有机酸(腐殖质等)是溶蚀作用的主要营力。众所周知,热带森林的每年森林凋落物数量远较亚热带或温带为多,如下表:

我国不同气候带森林凋落物数量

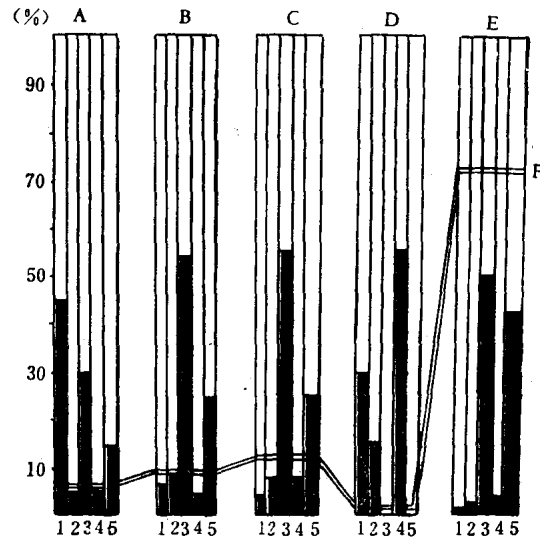
气候带	森林凋落物数量[每年吨(风干重)/公顷]
小兴安岭温带枫、桦、红松林	4.0—4.5
湖南会同亚热带常绿阔叶林	4.5—5.0
云南大勐龙热带季雨林	10.94

注:据“中国土壤”(1978年)

因此,我国热带湿润地区的土壤腐殖质数量较多,土壤空气的CO₂含量亦较高,如云南大勐龙热带森林下的砖红壤,土壤空气的CO₂含量在100和200厘米土层中约较亚热带红壤和温带黑土高2—5倍。而且由于湿热气候下风化作用强烈,我国热带森林土壤的腐殖质层酸性较强,盐基饱和度较低。这些都大大增强了湿热地区的溶蚀能力。最近,匈牙利学者L. Jakucs的工作,也有助于了解这个问题。据他计算,以溶蚀营力的总量来说,土壤中生物成因的CO₂和有机酸(如腐殖质)约占86%。因此,湿润热带地区的岩溶发育速度约较荒漠大72倍,较地中海地区(亚热带)大6倍,较温带大8倍,较寒带和冰缘

1) P. W. Williams, in «Neue Ergebnisse der Karstforschung in dem tropen und in Mittelmeerraum», 1973, 25—33.

地区大 12 倍¹⁾(如图)。我国地跨热带、亚热带和温带,深入地全面研究各种自然因素(特别是含大量 CO₂ 的土壤、植被覆盖层)对岩溶发育的影响,将加深我们对岩溶发育规律的认识。



不同气候带内各种溶蚀营力的相对强度图

说明: 1. 来自空气的 CO₂; 2. 非有机成土过程(如风化作用等)所产生的 CO₂; 3. 土壤中生物成因的 CO₂; 4. 其他非有机酸; 5. 有机酸(腐殖酸等); A. 高山和冰缘地区; B. 温带; C. 地中海地区(亚热带); D. 荒漠; E. 湿润热带; F. 某一气候带的溶蚀营力强度占世界总量的百分数。

三、古岩溶

近代地貌学的重要进展之一,就是认识到现在的许多地貌现象是过去地质时期的营力作用所形成,对于现在环境来说,它们是残留(relict)形态。当然,这些残留地形是继续发育着的,它们受现代营力的作用而发生一定程度的改变。因此,它们既是古地形,又是现代地形。在岩溶学中,它们就是古岩溶。

一般说来,我国岩溶发育是一个缓慢的地质过程。例如,广西北部的高峰林间洼地充填有白沙统沉积物(Q₁?),可见峰林和洼地的形成时代应早于第四纪。目前,广西北部在热量条件上虽已属亚热带南部,但气温高,降水丰沛,故热带峰林仍继续发育,并成为世界典型的热带岩溶地区之一。可溶岩作为岩溶发育的依据,其岩性非常重要,在热带碳酸盐岩分布区域,碳酸盐岩不纯的地区即无峰林,这在广西和世界其他湿润热带地区都是如此。碳酸盐岩的倾角、单层厚度、节理等明显地影响峰林的形态,按照上述因素,广西的峰林初步可分为独秀峰式(塔状峰林 Tümkarst)、螺丝峰式(圆锥状峰林 Kegelkarst)和老人山式等类型。

湖南南部、贵州南部和云南东部,目前气候已属亚热带,古峰林渐受破坏,逐渐向亚热

1) А. П. Дедков等, 1974, Карст равнинных территорий Европейской Части СССР, 136—143.

带岩溶丘陵方向发展,这在湖南道县、云南个旧等处都十分清楚,峰林高度一般不到 100 米,我们称为残留峰林。根据古地理的研究,云南高原在第三纪时原为海拔较低的热带(现云南高原上残留的第三纪热带森林、古砖红壤型风化壳等),第三纪古峰林的分布是与那里的第三纪古地理环境一致的。

青藏高原古热带峰林的发现,是近几年来我国岩溶学研究的重大发现之一,在国际岩溶学上具有重要意义。现已初步查明,古峰林在青藏高原分布广泛,北起昆仑山口,南至喜马拉雅山北麓,东起昌都地区,西至阿里地区,海拔最高达 5,200 米,是世界上目前已知的古峰林分布最高的地区。它们也是第三纪热带气候下发育的,最近青藏高原上新世-早上新世三趾马-长颈鹿化石群的发现,有力地证明该区晚第三纪时为湿润的热带,近年古海洋学(Paleoceanography)的研究也证明这一点。青藏高原上的古峰林在目前气候条件下已停止发育,并受到寒冻风化作用的强烈破坏,高仅二十或三十米,形态也不完整,所以我们称为蚀余峰林。但它们与溶洞、穿洞、石林式石芽结合在一起,说明它们显然是第三纪湿热气候下发育的岩溶地形。

在世界上,古峰林的分布从我国云贵高原和青藏高原¹⁾,向西经帕米尔、高加索(格鲁吉亚)、波兰克拉科高原,直至西德的 Swabian 阿尔卑斯高原²⁾,均位于喜马拉雅-阿尔卑斯年轻山系的北侧,适在印度板块和非洲板块向北俯冲于亚欧板块之下,而将亚欧板块抬升的地带,也适在古特提海北岸,为古特提斯热带洋流所流经的地区。因此,古峰林的目前分布型式,从板块构造学说来看,显然并不是一种偶然现象。

1) 古峰林在我国的分布,系本文作者及我国岩溶工作者的研究成果。

2) 古峰林在国外的分布,系作者根据国外岩溶学者的报导综合整理而得。

川东岩溶的某些特征

——兼论岩溶发育的水动力因素

朱 学 稳

(地质部岩溶地质研究所)

四川东部的“川东南褶皱带”地区，在特定的地质构造条件下，发育有十多条平行的单个延长 10—110 公里的山顶岩溶槽谷。槽谷中有丘陵、落水洞、漏斗、沟谷、洼地、岩溶湖及其它各种岩溶现象。在岩溶含水层中，有二十多处特殊泉（温泉和盐泉）。出露于槽谷中的岩溶地下水和许多特殊泉，正在被日益广泛地开发利用，因而那里的岩溶早已为人们所瞩目，并被称为：“川东型”。本文是对该区岩溶某些特征的一般性讨论。同时为了研究岩溶发育的某些基本问题，也对岩溶水的一般性质及其在岩溶发育中的意义作一初步探讨。

一、岩溶槽谷特征

川东南褶皱带，系由一系列平行至雁行排列的梳状褶皱和走向压性断裂组成。其大部属于北北东向的新华夏系（图 1）。背斜陡窄，宽 3—5 公里，两翼多呈不对称状；向斜舒缓，宽 10—30 公里。背斜有平顶和尖顶之分。后者轴部强烈挤压，部分为复式褶皱，多有走向压性断裂伴生。前者沿背斜轴向纵裂隙相当发育。华蓥山、铜锣峡、明月峡等背斜平行延长达 120—250 公里以上，为褶皱带中之主干构造。

本区碳酸盐岩层均出露于背斜轴部附近，分布最广者为三叠系下统的嘉陵江组，为薄层至中厚层状亮晶内碎屑灰岩、白云岩及泥晶灰岩，上部偶夹石膏层，总厚 500—700 米。其次是中统的雷口坡组，以薄层泥晶灰岩为主，夹亮晶内碎屑灰岩、白云岩、灰质页岩及薄层石膏。厚度变化较大，在 97—470 米之间。两岩组中均常见似层状角砾岩。此外在某些高背斜及背斜高点，也有三叠系下统飞仙关组及二叠系和寒武系碳酸盐岩出露。但均未在其中形成槽谷。在向斜部分，则全由侏罗系砂页岩组成。

在地貌上，背斜为中低山（标高 500—1000 余米），向斜为丘陵（标高一般为 300—500 米）。多数背斜山顶碳酸盐岩层被剥露，且地形低下，其两侧则有三叠系须家河组砂岩构成单斜岭脊；相形之下，岩溶槽谷地貌尤显突出（图 2）。在不同出露条件下，于背斜轴部或两翼分别形成“一山一槽”和“一山二槽”。

区内长江、嘉陵江及主要支流常横过背斜形成峡谷，切断槽谷（如长江的猫儿峡、剪刀峡；嘉陵江的观音峡、堰鼻峡；卸临河的排花洞峡、统井峡等）成为槽谷岩溶水的排泄基面。此外，分布于背斜两翼、密度很大、坡降极陡、发育年代较晚的横顺向河，对槽谷的后期发育，也具有重要意义。

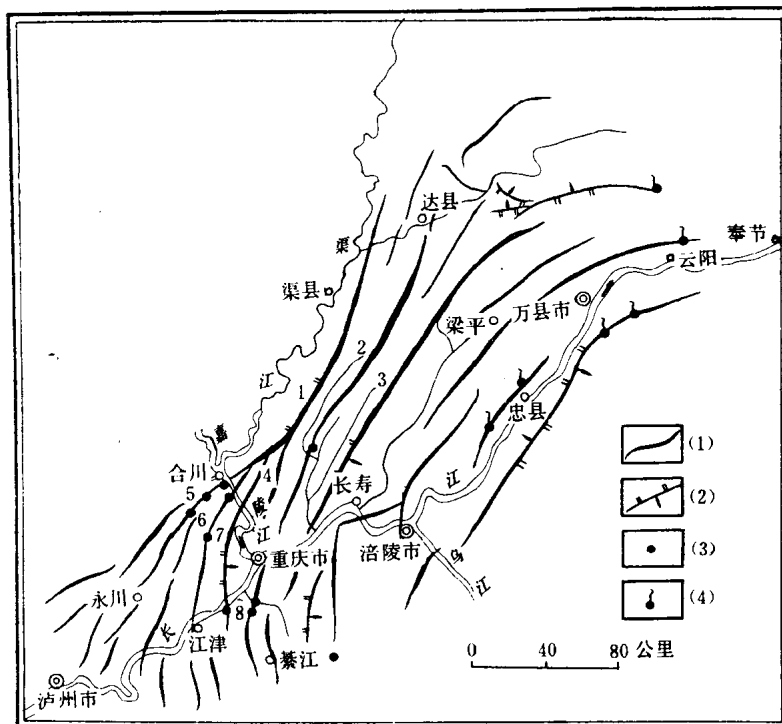


图1 川东南褶皱带之背斜群

图例：(1) 背斜；(2) 压性断裂；(3) 温泉；(4) 盐泉。图内重要背斜名称：1. 华蓥山；2. 铜锣峡；3. 明月峡；4. 龙王洞；5. 炳鼻峡；6. 温塘峡；7. 观音峡；8. 南温泉。

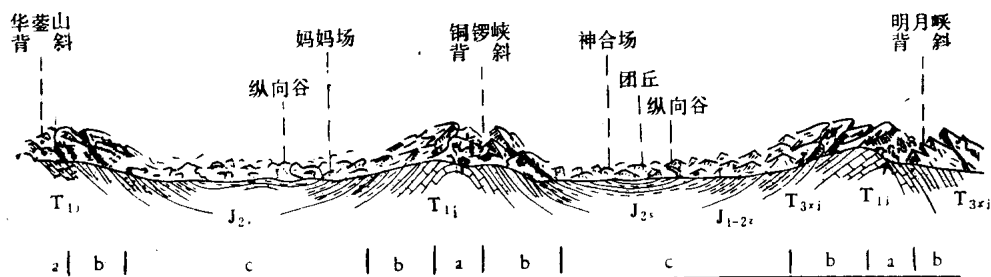


图2 华蓥山背斜—明月峡背斜间地貌剖面示意图

a. 背斜山顶岩溶槽谷；b. 由砂岩构成的单面山；c. 向斜丘陵。

上述岩溶槽谷按形态和发育特征可分为以下几种。

丘陵状槽谷 (图 3a) 槽谷中之岩溶地面由馒头状低丘或近于锥形的中丘(以排花洞峡左岸最典型), 间以小型洼地、漏斗、落水洞(有时有竖井)组成。此类地貌的分布, 具有所在地层平缓和临近低的排水基面的特点。即主要发育于平顶背斜轴部、背斜缓翼, 在深切峡谷及低位洼地两侧地下水强烈排泄的影响范围内, 如猫儿峡、观音峡、统井峡两岸, 剪刀峡(照片 1)及排花洞峡左岸, 青木关洼地两侧等地段均是。且自分水岭向河谷岩溶形态的发育分布的特点有: 山丘的比高逐渐增大, 洼地的规模愈小或为更多的锥形漏斗(深的圆洼地)及落水洞所代替; 落水洞的数目增多, 深度亦加大的规律。同时在排水道边沿, 也

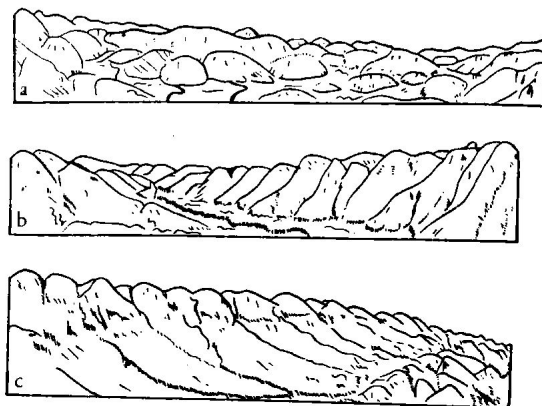
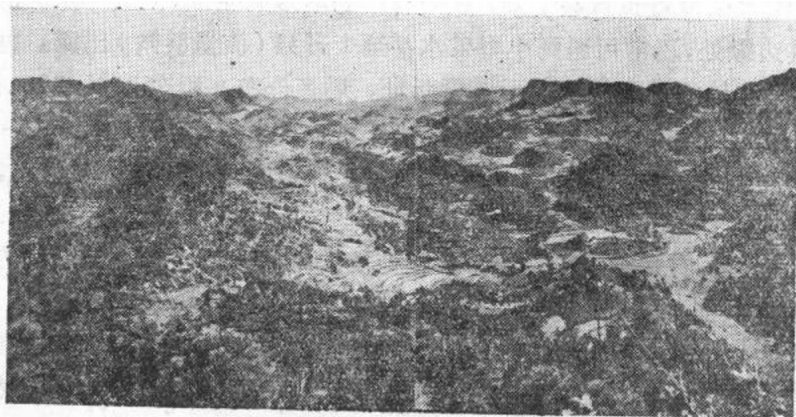


图3 川东岩溶槽谷的几种地貌形态

a. 丘陵状槽谷； b. 沟谷状槽谷； c. 斜坡状槽谷。

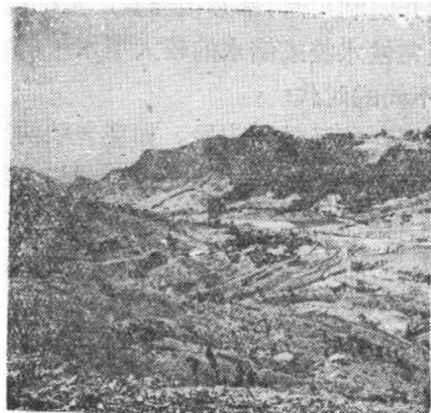
必有地下河出现。由此可见,具有很低的排水基面(岸谷高差多在200米以上)及水平岩层中裂隙的垂直导水性,是形成此类岩溶地貌十分有利的条件。而自分水岭至河谷方向



照片1 长江剪刀峡左岸苟家场背斜槽谷中之丘陵地貌

饱水带位置的逐步降低,则是上述岩溶形态分布、发育规律的直接原因。

斜坡状槽谷(图3c)在区内有两种情况,一是在不对称背斜中,密度很大的横向冲沟从陡翼伸入槽谷。使槽底紧贴陡翼,地表排水通畅,流水侵蚀作用较强烈,地表岩溶不发育,



照片2 沟谷状槽谷(北碚天府)

石丘洼地、落水洞不发育。以云安场、黄泥塘两背斜之山上槽谷最为典型；其二是陡翼的砂岩层已蚀低至灰岩地面以下数十米，以致槽底形成了相应厚度的包气带。地面落水洞、漏斗、小洼地均有分布。浅部岩溶水以横向排泄为主，在与砂岩接触带，沿走向上多出露岩溶泉或有地下河流出。如观音峡背斜北段东翼之槽谷即是。

沟谷状槽谷(图 3b) 由纵向小河发育形成的谷地。槽底坦阔，下游多为峡谷状，或为谷中谷，或形成伏流。如北碚天府槽谷(照片 2)、嵯鼻峡两岸槽谷均属之。

二、岩溶形态类型及其分布

区内岩溶形态种类繁多，除上文已提及者外，择其主要者略加讨论如次。

区内以小型圆洼地及中小型多边形洼地居多；亦有为数虽少但意义较大的大中型洼地，其面积可达一至数平方公里。按其分布高程可分为高位洼地和低位洼地两类。前者分布高程均在 450—500 米以上，多处于槽谷中的地表分水岭地段。例如铜梁县的陈家湾，重庆市的歌乐山、黄桷垭等处。谷底有厚数米的残积层。今日，由于溯源侵蚀作用的深入，所在的饱水带位置正日益下降，故多有新的落水洞生成，但地下水位的埋深仍多不逾十米。在其边缘处，还常可遇到小型泉水甚至上升泉(流量甚微)出露。据洞穴堆积及化石资料，此类洼地的形成应不晚于早更新世。后者分布高程在 250—350 米左右，如巴县的青木关，岳池县的溪口，合川县的三汇坝等。底部有厚 10—20 余米的冲洪积或淤积层。其形成均和当地河谷发育及地下水的长期汇聚有关。例如青木关洼地，很可能是被袭夺的早期谷地，经后期两侧地下水汇聚和侧向扩大而成。溪口和三汇坝两地，均有重要的小河流经，也是各有几十至百余平方公里范围的地下水汇水盆地。它们的发育不像高位洼地在后期被中止，而是长期演进的结果。

颇有趣味的是，一些高位洼地今日却成了岩溶湖。如广安县的天池，巴县青木关南五公里和重庆歌乐山等地的“天池”，以及巴县丰盛场北面的“水淹凼”等。显然是由于本区最新的抬升作用所引起的地面强烈切割和岩溶地下水位的降低还没有达到分水岭地段的结果。湖水面积约 0.2—2 平方公里，积水量为数十万至几千万立方米。其中以广安的天池为最大。除了地表水汇流外，还能获得一些泉水的补给，但在其一侧或某些部位，已发生伏流(广安和青木关的天池)或落水洞(水淹凼)。故湖水蓄水均处于不稳定状态，有的在干旱季节可全部枯竭。故开发利用时，都必须与其严重的渗漏问题作斗争。

溶洞 这里仅指无经常性水流或储水的较大型水平洞穴。在区内较集中分布于几种条件不同的地段，形成于不同的时代。

横向峡谷两岸的溶洞成层性特征最为明显。如观音峡两岸有五至六层¹⁾；花溪河南温泉两岸约有五层；分布标高为 180—400 米。可大致分别与各级河谷阶地或低级剥蚀面对比，尤以相当于一、二两级阶地高程的溶洞最多，规模亦较大。它们与今日地下水关系密切。多为其上层故道遗迹，在洪水期有的尚起下层地下水的“溢洪道”作用，如南温泉公园内的“飞泉”即是。

高位洼地区的溶洞分布亦甚为普遍。洞中灰华堆积尤为丰富。有时其下层也发现地

1) 据天府煤矿历来调查资料。

下河。在一些洞穴中不断发现有大熊猫-剑齿象动物群化石。这类洞穴是本区高位洼地生成时代的间接佐证,也是大型洼地形成于发育的饱水带附近的有力证明。

低位洼地边缘也有较多溶洞,以高出洼地数十米者居多。与峡谷中的溶洞特性一样,多可反映现代地下河的形成史。

地下河的分布,在岩溶丘陵区较多。因该处地表水渗入量很大,有利于形成集中的地下迳流。由于区内无较大的地下水流域,故地下河的长度多在几公里之内,最长者亦不逾15公里。在本区最新抬升运动的影响下,地下河均具很大的水力坡度。尤其在出口段的一、二公里内,纵坡上均出现有“裂点”。出口大都见于峡谷两岸,或低位洼地边缘,也有作为小河源头的。

伏流 笔者认为“早期之地表河,今日之地下潜伏段”属之。在本区一些低排水基面的边缘有时可以见到,如广安天池的干洞子伏流,北碚文星场的没水洞伏流,均形成于河床纵坡由缓骤陡的地段,在最新上升区,主要分布在深切排水道两侧,或强烈溯源侵蚀所达之边缘区。据观察分析,形成伏流的必备条件是:河流的侵蚀下切能力(取决于河流的水文特性——主要是造床迳流量)不足以适应潜水面的下降,从而使河床置于饱水带之上。起初河水沿裂隙漏失,逐步形成河床落水洞,待到地下泄水能力足够大时,河水便全部潜伏地下。在早期,洪水季节尚有部分水流从地面故道排出。因此在伏流附近(尤其是在入口)必有地面古河道的存在。某些流量大、侵蚀力强的河流上的伏流段,在其形成以后阶段中,也可由于顶板的大规模崩塌而重现地表,特别是地面古河道与地下伏流两者在空间上相叠置的情况下更易发生此类现象。这也可能是我国南方碳酸盐岩区某些峡谷的一种成因。

三、岩溶地下水

川东褶皱带范围内的岩溶地下水,按其循环条件 and 水质特性,可划分以下基本类型。

浅部岩溶水 在本区最低排水基面——长江和嘉陵江的控制下进行着强烈的循环交替,迳流强度及其动态变化均大。通过含水层(主要是嘉陵江组)在岩溶槽谷中的出露接受大量的直接降水(年平均1000—1200毫米)和部分外源水(从碎屑岩分布区汇入)的补给。并由各种形式的泉或地下河最终排泄于长江和嘉陵江及其支流,少部分地下水向深层运动。其水质主要为重碳酸-钙型。局部因受岩性影响(如含石膏时)为硫酸-钙(镁)型。矿化度小于0.5克/升。水温多在当地年平均气温(18℃)上下。硬度小于20德度。pH值变化在6.9—7.9之间。

根据有关的调查、勘探及工程揭露(矿山坑道、铁路隧道)和岩溶水开发资料,槽谷中的嘉陵江组岩溶含水层,具有水力联系好、富水性较强和循环深度大等特点。例如在天府、中梁山煤矿及歌乐山铁路隧道的开凿中,地下水的降落漏斗均很快形成,在地面的影响宽度可达3—4公里;许多水文地质钻井单位涌水量在0.02—4.93升/秒·米之间;水质属浅部岩溶水性质。上述资料说明位于槽谷中的嘉陵江组碳酸盐岩层岩溶水的循环交替是强烈的,岩层的岩溶化程度是较高的。但和其它岩溶地区一样,由于岩性、地质构造、水文网和地貌发育演化等条件的差异,岩溶化程度和岩溶含水层的富水性在分布上总是不均一的。区内以低位洼地的岩溶化程度最高,含水层的富水性最强,故低位洼地常常是当