

中国喀斯特地貌研究进展

陈 治 平

(中国科学院地理研究所)
(国家计划委员会)

提 要

本文按喀斯特地带性研究、喀斯特地貌分类和制图、喀斯特发育史及演变模式、洞穴学、喀斯特地貌基础理论以及应用研究等六个方面阐述了中国喀斯特地貌研究的进展。

我国是世界上喀斯特分布面积最大的国家,从热带到寒带各种喀斯特地貌类型齐全。喀斯特主要分布于广西、滇东,贵州、湘西、鄂西、山西等省区,此地处于我国第二地貌阶梯的东部,是人口比较稠密的地区。所以自古以来喀斯特与人们的生产生活有着密切的关系,从公元前五一四世纪就出现有关喀斯特的记录¹⁾,为世界上喀斯特记载最早的国家。

明代徐宏祖所著的《徐霞客游记》系统地记载了我国南方喀斯特地貌的分布和区域特征。记载了洞穴形态、气象和水文情况,是我国古代最为系统的喀斯特著作^[1]。

18世纪末19世纪初近代科学兴起,我国虽然是世界上喀斯特记载最早的国家,却没有升华到近代喀斯特研究的高度。本世纪20年代以后,台维斯(W·M·Davis)的喀斯特循环学说传入我国,才开始了我国近代喀斯特研究的新阶段。早期发表过一些有价值的论文,例如“贵州地文期的研究”至今仍有指导意义^[2]。但我国喀斯特地貌研究的迅速发展始于五十年代。

一、三十多年来我国喀斯特地貌研究概况

随着新中国建设事业的蓬勃发展,由于喀斯特区域的交通、水电、工业和农业建设的需要,促使喀斯特地貌科学得到了很快的发展。回顾三十多年的历程,大体经历了四个阶段。

第一阶段(1949—1965年)为华南喀斯特地貌普查阶段。根据十二年科学远景规划,这个期间的主要工作是区域考察、积累资料,为大规模经济建设准备条件。开展1.华南热带生物资源考察和农业区划,2.红水河梯级开发及重点水利工程勘测,3.西南地区铁路勘测等工作;编写了《广东地貌区划》、《广西地貌区划》、《华南六省区地貌区划》和《中国地貌区划》,其中都涉及到喀斯特问题,尤其是《广西地貌区划》实质上是一本喀斯特区域地貌专著。1961年中国科学院召开了全国喀斯特研究工作会议^[3],从论文情况表明,这一阶段喀斯特研究主要在

本文1986年4月8日收到,8月23日收到修改稿。

1) 鞠继武等:我国古代对岩溶现象的认识,岩溶科技,1—2期,1980年。

华南,重点在广西。1966年中国地质学会召开了喀斯特会议。可惜由于当时条件,许多著作未能公开出版。

第二阶段(1966—1974年)缓慢发展阶段。由于“文革”的进行使理论与学术活动陷于停顿,生产建设部门某些喀斯特应用研究仍在缓慢地继续进行。例如与喀斯特地貌有关的1:20万水文地质普查,以及与三线建设和农业有关的铁路、大型水库和工农业供水等工作的开展,积累有用的资料。

第三个阶段(1975—1982年)为迅速发展的阶段。1975年“我国喀斯特分布发育规律及其改造利用”列为全国科学发展规划的项目之一。喀斯特普查工作在全国展开,重点任务研究深入,理论研究逐步活跃。

1. 全国1:20万水文地质普查,城市供水,农业供水和省区地貌区划等工作迅速展开,使喀斯特地貌普查工作遍及全国。不仅对华南、西南和华中的喀斯特地貌有了更加深刻的认识,而且对华北、东北和西北的喀斯特地貌分布与特征有了更多的了解。

1973—1980年西藏综合考察,第一次揭开了世界屋脊喀斯特地貌的帷幕。对我国辽阔的热带海域的珊瑚礁喀斯特也有所研究¹⁾。

2. 重点研究工作方面,根据科学发展规划,开展了都安²⁾、独山³⁾、普定⁵⁾、洛塔^{6,7)}和娘子关泉域^{8,9)}喀斯特攻关研究。围绕着大、中型水库,铁路建设等重点工程深入地开展了喀斯特应用研究。

这个时期学术活动开始活跃,中国地质学会(1975、1978年)高等师范院校(1979年)及中国地理学会(1982年)相继召开了学术会议。1982年《中国岩溶》杂志的问世,表示了一个新阶段的开端。

第四阶段(1983—)为深入提高阶段。随着我国进入改革时期,喀斯特研究在以往对水资源和工程建设的研究基础上,综合性地研究喀斯特山区的开发问题。洞穴研究取得了较快的进展,1984年贵州省地理学会成立了洞穴专业委员会,贵州和桂林先后成立洞穴探险队,同时开展了旅游资源的开发研究。

这一期间理论研究受到重视,在三十多年丰富资料的基础上,写出了《岩溶学概论》(1983年)和《应用岩溶学及洞穴学》(1985年)等专著。学术活动十分活跃,中国地质学会(1983)、中国地理学会(1985)的喀斯特学术会议相继举行,对喀斯特研究起了有力的促进作用。

二、喀斯特地貌研究的进展

随着研究工作的深入,资料的积累,我国喀斯特地貌研究的广度和深度都有了显著的进

1) 黄金森:我国珊瑚礁的岩溶特征,岩溶科技,1980年。

2) 广西都安岩溶研究会战指挥部:地苏地下水系资源评价,都安岩溶地下水开发利用,1983年。

3) 贵州省地质局第一水文地质工程地质大队:黔南独山地区岩溶地下水及其开发利用初步意见,1983年。

4) 独山县岩溶地下水研究领导小组:贵州省独山南部岩溶地下水系及水资源评价,1976年。

5) 普定南部地区岩溶水资源评价及开发利用研究,1985年。

展, 以下分六个方面论述:

(一) 喀斯特地带性研究

地带性分布规律是区域喀斯特研究中的基本理论, 地带性特点和形成的因素是研究的主要内容。六十年代中期以前, 地带性特征以喀斯特作用——溶蚀、溶蚀-剥蚀和剥蚀来表示。这是间接的气候分类法, 为地学界所广泛采用。地质学家往往结合构造命名。例如《中国岩溶》一书将中国喀斯特划分为三大类: 溶蚀为主类型, 溶蚀-剥蚀为主类型和溶蚀-构造类型^[10]。《中国岩溶研究》采用气候与喀斯特作用综合命名法。将中国喀斯特地貌分为四个地区^[11]。即: 1. 热带、亚热带湿润气候型侵蚀-溶蚀及溶蚀地区, 2. 中温、暖温带亚干旱-亚湿润气候型溶蚀-侵蚀地区, 3. 青藏高原湿润气候型溶蚀-剥蚀地区, 4. 青藏高原及温带干旱气候型剥蚀地区。

六十年代起地理学界采用生物气候观点, 认为能较好地反映不同气候带的喀斯特地貌特点。任美镔将中国喀斯特分为三个地带和二一个地区。即热带喀斯特, 以峰林为主要特征; 亚热带喀斯特, 以各种喀斯特洼地、漏斗及喀斯特丘陵为特征; 温带喀斯特, 以喀斯特泉和干谷为特征; 高寒地区(西藏)和干旱地区(新疆、柴达木等)^[12]。

关于喀斯特地带性的形成和气候因素的关系, 陈治平认为温度决定了溶蚀作用的可能强度, 降水为溶蚀作用的工具。这样可以解释同一气候带中喀斯特形态的差异, 也可解释不同气候带中即使雨量相等也不能形成相同的喀斯特地貌形态^[13]。

地带性特征的形成是长期演变的结果, 与古地理环境有密切关系。例如华南在老第三纪起都处于热带环境, 峰林地貌得以发育。林钧枢、张耀光等认为广西武鸣地区潮湿时期的湿热化高于现代, 而干冷期温度下降较小且持续时间短, 未能对前期湿热化所发育的热带喀斯特完全改造, 而后一湿热期继承前一湿热期继续发育热带喀斯特^[14]。而华中老第三纪时为干燥气候, 到新第三纪才转为湿润的亚热带气候, 因此它不具备形成峰林的气候条件^[14, 15]。

西藏喀斯特是干燥高寒类型, 它的形成和演变存在不同看法。崔之久认为属第三纪时期的古热带峰林, 在目前气候条件下, 受到寒冻风化作用的强烈破坏, 称为蚀余峰林^[16]。杨逸畴认为西藏喀斯特主要分布在上新世剥蚀面上, 那时整个西藏都属于亚热带稀树草原气候, 不可能形成热带喀斯特, 现在的喀斯特形态是寒冻风化作用的产物^[17]。

(二) 喀斯特地貌分类和制图

三十年来我国正逐渐建立起喀斯特地貌类型的分类体系, 其中以热带喀斯特地貌分类较为深入。1954年陈述彭首先将华南喀斯特正地形称为峰林^[18]。接着曾昭璇又将连座峰林命名为峰丛, 加上孤峰、残丘等类型, 奠定了热带喀斯特地貌的分类基础。对于负地形, 曾昭璇划分为盲谷、洼地和槽谷等^[19]。张寿越等命名为溶洼、溶盆、溶谷等^[11]。负地形的形成、演变对喀斯特形态的演化以及和生产实践均有重要意义, 目前对负地形的分类还不很完善。

热带喀斯特地貌的分类目前还在讨论之中, 有的也以峰林、峰丛命名^[21]。任美镔称之为喀斯特丘陵^[12]。张寿越等称为峰丘^[2]。由于在古剥蚀面上的喀斯特形态坡度较缓, 所以总称为缓丘^[13]。

可以看到, 对亚热带喀斯特地貌的认识不如热带喀斯特, 对温带喀斯特又不如亚热带。

解决分类问题应从形态要素为标志,同时对形态发生学作深入的研究。

我国喀斯特地貌制图主要采用正负地貌相结合的方法,这对中、小比例尺地貌图是适用的,而且比较简单明瞭。近年来全国1:100万地貌图的编制中,开始采用分解性图例,使地貌图具有多层次,信息量丰富的特点,这对发展我国大、中比例尺的喀斯特地貌图的编制有推动作用。

(三) 喀斯特发育史及演变模式的研究

早在1944年杨怀仁研究了贵州中部的地貌,新构造运动,沉积物特征和水系演变之后,提出了贵州地文期为大娄山期、山盆期和乌江期^[2]。六十年代杨明德又将山盆期划分为扎佐、平桥二个亚期,乌江期分为宽谷与峡谷二个亚期¹⁾。

对云南地文期——高原期、石林期和南盘江期的形成时代争论较多。《中国岩溶》认为依次为白垩纪—第三纪初,第三纪—第四纪初和第四纪^[10,21]。任美镠等认为石林发育于老第三纪^[12]。张寿越认为中渐新世前为石芽形成阶段,中渐新世及上新世是红色风化壳形成阶段,早中更新世为石林形成阶段,晚更新世以来为石林出露阶段^[22]。

陈吉余将山东地文期分为鲁中期和临城期^[23]。黄春海等对这二个时期的喀斯特地貌特征作了进一步的研究^[24]。钱学溥研究了赵城喀斯特剥蚀面及其沉积物特征,并和其它剥蚀面进行了对比,提出了他对山西高原地文期的看法,这对太行山喀斯特地貌的多代性提供了详细的资料^[25]。

关于喀斯特地貌发育模式,张世从等据台维斯观点提出了喀斯特轮回中演化的六个阶段^[26]。卢耀如提出了在地壳上升和下降的条件下地貌类型正向和逆向的转化过程模式^[21]。《中国岩溶研究》提出了西江流域喀斯特演化模式^[11],综合了地表、地下喀斯特现象,并表明了在新构造运动时期喀斯特演化的方向,着重讨论了当前喀斯特地貌的演变。在喀斯特地貌演化过程中,很多作者认为由峰丛向峰林、弧峰平原的演化顺序^[11,12,26]。杨明德提出了贵州地貌演化的双向系统,即高原区地貌由峰丛向平原演化;在峡谷区的演化顺序为峰林盆地(或残丘坡地)——峰丛谷地——峰丛洼地——峰丛峡谷^[28]。上述观点从喀斯特地貌分布特点分析是有一定意义的。台维斯喀斯特循环学说在我国影响很深,他假定在地壳上升然后趋于稳定的条件下建立地貌演化的序列^[29],上述认为峰丛向平原演化的顺序正是台维斯学说中地壳趋于稳定时的演变过程。而目前我国绝大多数喀斯特地区都处于不同程度的上升过程中,而且强度不断加强,因此地貌演变的总特点是回春。所以,认为峰丛向平原演化的观点是值得商榷的。

另一种观点与上述相反,朱德浩等认为峰丛洼地的演化并不是随时间的推移,产生有顺序的具有不同地形的各个阶段。而是随着时间的前进,峰丛洼地逐渐走向稳定^[30]。进而得出,峰林和峰丛之间不可能存在着互相转化的过程^[31]。袁道先认为各种自然条件都随时间地点而变化,想要提出一个喀斯特地貌在相同条件下仅仅随时间因素发展的演化系列是困难的,不能把不同条件下发育的不同形态归纳到一个演化系列之中^[32]。喀斯特地貌的演化受多种因素的控制,简单的概念模式不能表达其丰富的内容。但是否定喀斯特形态在一定条件下

1) 杨明德等:贵州地貌发育的基本特征,贵州地质科技情报,2期,1976年。

相互演化也缺乏依据。

(四) 洞穴学研究

早在本世纪30年代, 就开始了洞穴古脊椎动物化石的研究^[33], 洞穴古脊椎动物化石已成为地貌年代和环境的佐证之一。周口店和广西中部的洞穴研究较为深入^[34, 46]。贵州洞穴化石的数量较少, 根据目前资料, 曹泽田认为因为贵州为强烈溯源侵蚀地区, 各地切割深度差异很大。所以不能以相对高度判断洞穴堆积物时代^[35]。吉汝安研究了黔西、滇东的洞穴堆积物之后, 采用洞穴层层对比的办法, 根据沉积物的颜色、物质特性的规律性, 确定了三个洞穴层¹⁾。

近年来广泛使用了古地貌、古土壤、沉积物分析、动植物化石和年代学方法研究洞穴的古地理环境, 这对认识洞穴演变和第四纪环境变迁很有意义^[47]。研究认为北京周口店上新世属亚热带气候, 是喀斯特较强的发育时期。以后气候逐渐变凉, 到中更新世为暖温带气候, 有冷、暖、干、湿的变化过程, 暖期可接近长江流域的气候^[34], 是溶蚀作用较强的时期, 形成了猿人洞。江苏溧阳迴峰山洞穴堆积属晚更新世至全新世, 总的气候是干冷, 上部趋于温暖、潮湿, 然仍较今天干凉。物理风化使供应物质增加, 裂隙通道被充填^[36]。这是长江以北晚更新世堆积物的一个特点。

洞穴中化学沉积反映潮湿的气候, 根据贵州洞穴碳酸钙年代测定, 发现距今25万年, 17—18万年, 8—11万年是洞穴钙质沉积的发育时期^[38, 39]。

汪训一等认为, 桂林洞穴中的粘土沉积代表潮湿多雨的洪水泛滥时期。钙华沉积是在洪水消退之后, 由洞顶滴水或片状水流产生的沉积, 代表温暖较干的气候环境。据¹⁴C测定资料桂林地区距今4万年内有六个化学沉积的发育期^[39]。

洞穴中化学沉积的分布与洞穴中蒸发、凝结、空气运动、温度、湿度有关。章典以为, 一个多出口的洞穴, 烟囱效应使空气运动速度大, 洞内空气运动速度比较均一, P_{CO_2} 一般较低, $CaCO_3$ 沉积速度较快。而单进口水平洞穴由于热对流效应使空气对流速度随洞深增加而减小, 而相对湿度和 P_{CO_2} 却随之增高, $CaCO_3$ 沉积向深处减少, 造成了分带现象^[40]。

关于洞穴次生化学沉积, 近年来研究较多。朱学稳提出了一个包气带洞穴水运动、沉积及形态系统模式图, 将洞穴次生化学沉积分为三种类型。即非重力沉积, 重力水沉积及其复合水运动形成的沉积²⁾。

关于洞壁的小形态, 张英骏等划分为洞穴溶沟类, 洞穴涡穴类和流痕类^[41]。朱学稳等则划分为指向流痕类、窝穴类、沟槽类、井管类和洞壁突出物等五个基本类型。他将石刺列入指向流痕类^[42]。

洞穴测绘方面成绩显著, 系统的洞穴图件是陈述彭等测绘的桂林七星岩洞穴图, 包括洞穴平面图, 纵横断面图、洞穴系统主体图等^[43]。

(五) 喀斯特地貌基础理论研究

1. 喀斯特侵蚀基准 长期以来一直运用台维斯的观点, 即以海平面为侵蚀基准。侵蚀作用还有各种局部暂时的控制, 指河流或湖泊等^[29]。任美锷等认为控制喀斯特水排泄

1) 吉汝安: 滇东黔西岩溶洞穴堆积的初步研究, 贵州岩溶和地下水, 1981年。

2) 朱学稳: 我国灰岩洞穴次生化学沉积的沉积类型和形态系统, 1985年。

的地表河为喀斯特侵蚀基准面。区域性可溶性岩层的底板才是喀斯特作用的下限,才能称作喀斯特的溶蚀基准面。并提出受邻近河谷侵蚀基准面控制的喀斯特称浅部喀斯特,不受侵蚀基准面控制的喀斯特为深部喀斯特^[12]。李茂秋提出了另一种意见,认为深部喀斯特是地下水循环形成的。他用电阻网络模型模拟交叉水流的偏流效应,认为交叉裂隙的偏流效应与混合溶蚀密切相关。在断裂交汇处,特别是当相交水流的碳酸盐饱和度、温度、矿化度相差明显的时候,则有产生混合溶蚀的可能,这种成因的洞穴可发生在很深的部位^[44]。

2. 溶蚀试验研究 根据法国柯贝尔溶蚀速率公式进行的很多研究结果很好地反映了气候地带性规律。例如华南的溶蚀量比华北大3—5倍^[27]。同一气候带内的差异受次一级气候的影响,干燥度加大而溶蚀量减小。

最近开展了应用碳酸盐岩的岩块进行土下溶蚀研究^[45]。这将更正确地反映不同地区和不同条件下的溶蚀强度。

碳酸盐岩的溶蚀所需的 CO_2 主要来自土壤,因此研究土壤层中的 CO_2 含量十分重要。1959和1964年分别在西双版纳和鄂西^[11]作过短期测定。俞锦标在贵州普定县连续作了二年(1981—1982)研究。夏季出现高峰值,其间少雨的7、10两月 CO_2 含量也少。冬春季为低值。干洞中现代沉积物的 CO_2 含量与土壤空气中的含量相当,是大气 CO_2 含量的15倍左右^[5]。

3. 喀斯特洼地发育机制 宋林华认为喀斯特洼地的发育不仅受岩性、构造的影响,而且受生物作用和水动力条件的严格控制。他分析了八种水流的作用,其中以富含 CO_2 的土壤层流和层下流最为重要,是喀斯特洼地发育的主要动力^[48]。

杨汉奎等对贵州灰华的堆积环境、堆积过程和成因类型进行了研究^[49]。关玉华等研究了青海察尔汗盐湖的盐喀斯特的形态成因和发育规律^[50]。

(六) 应用研究

近年来为水利枢纽、铁路、厂矿、农业和水资源的研究方面作了许多工作,在下述几方面有了显著进展:

1. 地下河研究:地下河的研究是喀斯特地区各项工作都要涉及的难题,遥感技术是认识喀斯特分布的宏观方法。1977年我国首次大规模地组织了都安、桂林和汝城等地的航空红外遥感探测地下水的试验研究。该试验由中国科学院地理研究所主持,地质部和中国科学院的有关单位参加,对浅层地下水的分布和地下河的位置进行了分析研究,取得了较好的成绩^[51、52]。

利用卫星相片研究喀斯特地下河和地质构造的关系也引起重视,对广西、贵州、云南等地的喀斯特作了典型研究^[53]。这种方法已经广泛应用。陈治平等研究喀斯特洼地的分布及其特征,提出了预测地下河分布及其分水岭的位置^[54]。

2. 地貌发育阶段与渗漏研究:在喀斯特地区因渗漏严重成库率低,但近来在湖西、贵州高原中部等地堵洞成功率较高,俞锦标等认为成库条件较好的都在地下河回春的地段,因为下切期的水平溶蚀作用不强,廊道分支少,即渗漏通道少,并在贵州普定指导堵洞成功。湘西和贵州独山堵洞成功的例子也是处于地下河回春地段。在地壳稳定时期发育的地下河,在出口处往往成多支状,容易成为渗漏的因素,像云南六郎洞水库水位没有达到上一层

溶洞的高度而取得了成功。独山有些小水库, 水位达到上一层溶洞时渗漏明显加强。上述堵洞成功的例子与岩性和岩层结构有关外气候条件也是重要的因素, 云贵高原湘西等地因上升高度大, 现在的气候明显较其东部的低山丘陵区为凉, 溶蚀作用较弱, 所以渗漏也不及其东部地区强烈。

3. 地貌与洪水预报: 徐润滋等进行了红水河阶地与极限洪水的研究, 认为在一级阶地形成之后, 再也没有洪水淹没过一级阶地面, 故以它的顶面高程来估算极限洪水位^[55], 为洪水预报提供了新的途径。

4. 旅游开发: 喀斯特景观是重要的旅游资源。喀斯特工作者对洞穴、瀑布和喀斯特地貌进行了大量的评价和开发研究, 一系列风景区得到了开发, 为丰富人民的文化生活作出了贡献。

参 考 文 献

- (1) 徐宏祖: 褚绍唐等整理, 徐霞客游记, 上海古籍出版社, 1982年。
- (2) 杨怀仁: 贵州中部之地形发育, 地理学报, 11卷, 1944年。
- (3) 中国科学院地质部主编: 全国喀斯特研究会议论文选集, 科学出版社, 1962年。
- (4) 凌泽槐: 都安地区岩溶地下水系, 中国地质学会第二届岩溶学术会议论文选集, 科学出版社, 1982年。
- (5) 俞锦标等: 贵州普定县岩溶地区土壤空气中CO₂含量分布及溶蚀作用的研究 中国岩溶, 4 (4), 1985。
- (6) 洛塔岩溶地质研究组: 洛塔岩溶及其水资源评价与利用的研究 地质出版社, 1984年。
- (7) 靳立多等: 湘西洛塔岩溶发育史, 中国岩溶, 2 (1), 1983年。
- (8) 张之淦: 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, 中国地质学会第二届岩溶学术会议论文选集, 科学出版社, 1982年。
- (9) 赵敬学: 娘子关泉域水均衡研究, 中国地质学会第二届岩溶学术会议论文选集, 科学出版社, 1982年。
- (10) 中国地质科学院水文地质工程地质研究所: 中国岩溶, 上海人民出版社, 1976年。
- (11) 中国科学院地质研究所岩溶研究组: 中国岩溶研究, 科学出版社, 1979年。
- (12) 任美锷等: 岩溶学概论, 商务印书馆, 1983年。
- (13) 陈治平: 中国喀斯特地带性因素初探, 喀斯特地貌和洞穴, 科学出版社, 1985年。
- (14) 林钧枢、张耀光: 广西武鸣盆地岩溶发育的古地理因素分析, 地理学报, 37 (4) 1982年。
- (15) 周廷儒等: 中国自然地理—古地理篇, 科学出版社, 1985年。
- (16) 崔之久: 古岩溶与青藏高原抬升, 青藏高原隆起的时代、幅度和形式问题, 科学出版社, 1981年。
- (17) 杨逸畴: 对西藏喀斯特地貌的疑议, 喀斯特地貌与洞穴, 科学出版社, 1985年。
- (18) 陈述彭: 西南地区的喀斯特地貌, 地理知识, 3 期, 1954年。
- (19) 曾昭璇: 中国南部石灰岩地貌类型若干问题, 地理学报, 44 (1), 1964年。
- (20) 李友贵: 湖南喀斯特及其分类, 喀斯特地貌和洞穴, 科学出版社, 1985年。

- (21) 杰显义: 云南东部地区喀斯特层组类型、古喀斯特及石林形成条件的初步探讨, 第一届全国水文地质工程地质学术会议论文选篇, 第二辑(喀斯特问题专辑), 中国工业出版社, 1966年。
- (22) 张寿越: 路南石林及其演进, 中国岩溶, 3(2), 1984年。
- (23) 陈吉余: 太行山区山地地貌 华东师范大学学报 1期, 1959年。
- (24) 黄春海: 山东喀斯特地貌发育的几个问题, 喀斯特地貌和洞穴, 科学出版社, 1985年。
- (25) 钱学溥: 太行期岩溶剥蚀面的发现及地文期的划分, 中国岩溶, 3(2), 1984年。
- (26) 张世从等: 黔南岩溶发育规律的探讨, 中国岩溶, 3(2), 1984年。
- (27) 卢耀如等: 初论喀斯特作用过程及其类型, 喀斯特问题专辑, 中国工业出版社, 1966年。
- (28) 杨明德: 贵州高原喀斯特地貌结构及演化规律, 喀斯特地貌与洞穴, 科学出版社, 1985年。
- (29) 任美镔编译: 台维斯地貌论文选, 科学出版社, 1958年。
- (30) 朱德浩等: 试论热带岩溶地貌研究中不同观点分歧的实质—以桂林地区为例, 中国岩溶, 3(2), 1984年。
- (31) 朱学稳等: 桂林地区岩溶峰林地貌及其发育, 国际交流地质学术论文集 5 地质出版社, 1980年。
- (32) 袁道先: 论峰林地形, 广西地质, 创刊号, 1985年。
- (33) 裴文忠: 周口店洞穴发掘记, 地质专报, 乙种7号, 1934年。
- (34) 吴汝康: 北京猿人遗址综合研究, 科学出版社, 1985年。
- (35) 曹泽田: 贵州第四纪洞穴堆积物与古人类研究, 贵州岩溶洞穴会议论文集, 贵州师范大学学报, 2期, 1985年。
- (36) 刘泽纯: 迴峰山洞穴沉积, 中国地理学会一九七七年地貌学术讨论会文集, 科学出版社, 1981年。
- (37) 张寿越、赵树森: 贵州独山神仙洞的沉积物放射性年代及发育历史, 喀斯特地貌和洞穴, 科学出版社, 1985年。
- (38) 赵树森: 洞穴沉积物铀系年代测定, 喀斯特地貌和洞穴, 科学出版社, 1985年。
- (39) 汪训一等: 桂林地区洞穴沉积的 ^{14}C 年龄, 喀斯特地貌和洞穴, 科学出版社, 1985年。
- (40) 章 典: 贵州喀斯特洞穴的气象特征和气候分带研究, 中国岩溶, 4(1—2), 1985年。
- (41) 张英骏等: 应用岩溶学及洞穴学, 贵州人民出版社, 1985年。
- (42) 朱学稳: 桂林地区灰岩洞穴的溶蚀形态 中国岩溶, 1(2), 1982年。
- (43) 陈述彭: 桂林七星岩洞穴地貌图, 地理学资料, 1期, 科学出版社, 1957年。
- (44) 李茂秋: 深部喀斯特形成条件的电模拟研究, 喀斯特地貌洞穴, 科学出版社, 1985年。
- (45) 龚自珍等: 碳酸盐岩块野外溶蚀速度试验, 中国岩溶, 3(2), 1984年。
- (46) 黄万波: 广西柳州地区几个典型洞穴化石动物群的时代, 中国地质学会第二届岩溶学术会议论文选集, 科学出版社, 1982年。
- (47) 林钧枢、张耀光: 我国喀斯特洞穴研究进展喀斯特地貌和洞穴, 科学出版社, 1985年。
- (48) 宋林华: 喀斯特洼地的发育机理及其水文地质意义, 地理学报, 41(1), 1986年。
- (49) 杨汉奎等: 贵州河成石灰华的研讨, 喀斯特地貌和洞穴, 科学出版社, 1985年。
- (50) 关玉华等: 青海察尔汗盐湖的盐喀斯特, 中国岩溶, 4(1—2) 1985年。
- (51) 航空红外遥感探测岩溶试验协作组: 航空红外遥感探测岩溶试验, 中国地质学会第二届岩溶学术会议论文选集 科学出版社, 1982年。

- (52) 茹锦文等：热遥感在桂林附近地质研究中的应用，中国岩溶，3（1），1984年。
- (53) 国家遥感中心研究发展部等：陆地卫星影像中国地学分析图集，科学出版社，1984年。
- (54) 陈治平等：预测岩溶地下水系的洼地分析法，地理集刊，第13号，科学出版社，1981年。
- (55) 徐滋润等：红水河阶地与极限洪水，地理研究，5（1），1986年。

PROGRESS IN THE STUDY OF KARST GEOMORPHOLOGY IN CHINA

Chen Zhiping

(Institute of Geography, Chinese Academy of Sciences and State
Planning Commission of The People's Republic of China)

Abstract

Four stages of karst research in China since 1950's have been distinguished: 1. reconnaissance survey of karst in south China; 2. slow growing of karst research; 3. rapid growing of karst research; 4. deepening investigation of karst. During the past thirty years much progress has been made in study of karst geomorphology. Nationwide reconnaissance survey of karst landform has been carried out and zonation of karst in China investigated on a bioclimatic basis, formation and evolution of tropical explored. In 1980's, moreover, a rapid growth has been gained in study of speleological environment and sedimentation. Much attention has also been paid to the application of karst geomorphology to study of reservoir seepage, construction of communication and water supply of industry and agriculture. Among them some success has been achieved in the survey of subterranean drainage systems by morphological approach, evaluation of morphological condition for construction of subterranean reservoir, forecast of flood and development of tourism. Now a days research of karst geomorphology is rapidly growing.