

当代中国岩溶地质研究的进展

于浩然

一、岩溶 (Karst) 研究简史

根据文献记载,我国在公元前即有一些对石灰岩地形(包括洞穴)的文字描述,在许多古籍及晋代以来的各地州(县)志中,都能见到关于岩洞、阴(暗)河、泉水及岩溶塌陷一类的记录。唐宋以来,逐渐成为一些学者研究的对象,并开始注意岩溶形态成因问题,如唐代柳宗元的《永州八记》,已经认识到流水作用是塑造奇异山水的主要因素,并提出了石渠、石涧、石潭等岩溶名词;宋代沈括的《梦溪笔谈》和范成大的《桂海虞衡志》均分别指出了石钟乳为水的沉淀作用所生成;周去非在其所著《岭外代答》中,还提到了在石灰岩地区地下河袭夺地表河的现象;明朝末年,我国伟大的旅行家、地理学家徐弘祖(1586—1641),在脍炙人口的《徐霞客游记》中,翔实地叙述了我国西南及中南地区的岩溶现象,创立了不少专门名词,例如管井(落水洞)、盘洼(漏斗)、坞(岩溶洼地)、环洼(圆洼地)、石山(峰林地形)、天生桥、石孔、乳柱等;他对许多著名岩洞作了详细的观察与准确的描述,同时把云、贵、桂诸省区的峰林地形概括为三种类型。在岩溶学方面,当时能达到如此高的水平,确实是难能可贵的!与国外同类研究相比,要早200多年。

新中国成立以前,我国少数地质、地理学者作过一些零星的岩溶研究工作在岩溶地貌和洞穴方面,曾经取得了具有学术意义的成就。但由于社会与历史条件的限制,所做的工作是甚为有限的。

解放以后,由于工农业生产和国防建设的蓬勃发展,在碳酸盐岩分布地区,到处碰到岩溶地质问题,诸如岩溶区的水利水电建

设、岩溶矿坑水的防治、铁道建设、城乡供水、工业及民用建筑、石油及天然气及与岩溶有关的矿产的勘察评价中所遇到的岩溶问题,均需要进行专门性研究解决。建国三十五年来,特别是党的十一届三中全会以来,地质部门及有关产业部门,在党的正确领导下,在科研与生产密切结合的方针指导下,进行了大量的岩溶地质研究工作,提交了许多有实用价值和学术意义的科研成果,解决了不少疑难的关键的岩溶地质问题。在岩溶水文地质工程地质特别是岩溶大水矿床和水利枢纽工程勘测研究方面,获得了丰富的实践经验和系统的理论认识,跻身于国际前列。但总的看来,我国岩溶地质科学技术水平还不是很高的,大体上相当于这方面研究的最先进国家七十年代的水平。

二、关于岩溶发育理论研究方面

在1978年以前,我国对岩溶发育规律及其控制因素的研究,主要是宏观观察与定性描述。近年来,对碳酸盐岩溶蚀作用机理与岩溶发育的基本因素的研究方面,取得了明显的进展,例如:(1)运用现代碳酸盐岩石学的理论探讨岩性、岩石结构和沉积环境对岩溶发育的影响,认为泥晶结构、孔隙结构明显加速溶蚀过程。(2)地矿部岩溶地质研究所、中科院地质所等单位大量进行室内溶蚀试验和野外试片的定点溶蚀观测,结合电镜扫描,运用地球化学理论与方法,引入混合溶质溶蚀热动力扩散及生物溶蚀理论,综合研究溶蚀作用机理。(3)在构造方面,既注意到岩溶发育的区域构造条件,又重视微构造、新构造及深部构造对岩溶发育的控制作用。(4)认为水的溶蚀性能是岩溶发育的主要因子外,在以地壳上升为主的碳酸盐岩

山区,水的浸蚀作用是塑造岩溶峡谷、滴蚀杯及深竖井等不可忽视的重要因素。(5)侵蚀性来源问题正在引起我国岩溶地质工作者的注意,对土壤和洞穴中 CO_2 的分布进行了分析研究,得出了植被土壤中 CO_2 含量高于大气降水和洞穴水中 CO_2 的含量的结论。(6)同位素方法在我国岩溶地质研究中开始得到应用,氢、氧、碳、硫同位素和不平衡铀系方法在追索水循环过程、重建第四纪古气候和建立岩溶年龄学方面已初步显示出其良好效果。古地磁、孢子花粉、热发光等方法也在推广应用。

三、关于区域岩溶地质研究方面

湖南洛塔、广西都安、贵州独山与普定、山西娘子关等岩溶重点研究项目,已先后提交或即将提交研究报告。通过典型地区的岩溶地质研究,对于总结不同类型岩溶地区的工作方法和提高理论认识水平,都是有益的。

今以湖南洛塔为例:在岩溶和岩溶水研究方法上,以基础地质调查入手,首先进行区内碳酸盐岩岩溶化层位和含水层(组)的划分;同时针对研究区岩溶和岩溶水的分布情况,全面系统地开展了岩溶洞穴与岩溶水的观察研究,对区内341个洞穴进行了程度不同的调查,其中重点测绘了47个洞穴;对三水(降水、地表水、岩溶地下水)进行了为期三年以上的系统观测,取得了大量的实际资料。与此同时,对岩溶水的合理开发利用与溶挂成库工程开展了重点试验研究。然后在此基础上,综合分析研究区内岩溶发育规律和岩溶水的动态特征,因地制宜的进行了水资源评价。最后结合当地水土资源的分布特点,提出了以小型为主、分散开发、蓄、引并重,蓄、引、提相结合的水利水电并举的开发利用方针与规划建议。这一科研成果,对当地工农业生产有着重要的促进作用与经济意义,对于湘西及类似岩溶地区的研究工作和开发利用,亦有借鉴或参考价值。

本成果通过评审认为:进行如此大量的研究工作,在国内尚属首次;在岩溶水文地质和综合性研究方面,达到了当前国内先进水平。

从1973年开始的我国主要岩溶区的1/20万区域水文地质调查工作的基本完成,进一步提高了对区域岩溶发育分布特点和规律的认识,同时也为我国区域岩溶地质研究(包括全国岩溶地质图集及岩溶地质志的编写)提供了丰富的实际资料。此外,中科院地质所编著的《中国岩溶研究》、南京大学地理系主编的《岩溶学概论》、地矿部水文地质研究所编制的《中国岩溶》图册、地矿部岩溶地质研究所编制的《1/400万中国可溶岩类型图》和《洛塔岩溶及其水资源评价与利用的研究》以及桂林地区岩溶地质的综合研究,都是我国区域岩溶地质研究工作取得进展的重要标志。

在区域岩溶发育期的研究方面,贵州地质局的同志提出“同时异形”问题,认为在同一时间内,不同高程的岩溶面上可以形成相关的同期岩溶形态与堆积物。

四、岩溶洞穴研究方面

中国碳酸盐岩地区有着大量的洞穴存在。过去主要侧重洞穴考古的研究,远在1927年,对于著名的中国猿人之家一周口店石灰岩洞穴,曾作过系统的研究,为我国古人类和洞穴研究史写下了光辉的一页。1962年—1964年开展的洞穴普查,为洞穴进一步研究提供了初步资料。七十年代初期开始的1/20万岩溶地区水文地质调查,比较重视岩溶洞穴的调查研究,对洞穴形态、成因及堆积物也作了初步探讨。广西都安、贵州独山与普定、湖南洛塔、山西娘子关、桂林地区等在开展岩溶地质研究时,均做了较系统的洞穴调查研究,详细研究了洞穴形态、成因、年代、生物、气候、水化学、水动力学等内容,并划分了洞穴小形态类型。

五、岩溶水文地质研究方面

岩溶水文地质研究内容广泛,岩溶区经济建设的各个方面与岩溶地质研究的各项分支学科,无不涉及到岩溶水文地质学方面的问题。解放以后,陆续开展了湖北大冶铁矿、湖南茶陵铁矿、湖南桃林铅锌矿、白云鄂博铁矿、广东凡口铅锌矿、广西泗顶厂铅锌矿、湖南斗笠山煤矿和水口山铅锌矿、江西城门山铜铁矿、山东淄博煤矿与莱芜铁矿、河南焦作煤矿与平顶山煤矿、河北邯邢铁矿、四川中梁山煤矿和红岩煤矿、广西合山煤矿、云南个旧锡矿、川南硫铁矿等岩溶充水矿床水文地质研究工作,与此同时,先后进行浙江新安江水库、长江三峡坝库区、贵州猫儿峡及广西红水河等梯级开发的岩溶渗漏问题的试验研究;此外大西南岩溶区铁路干线和城市供水等水文地质工作的开展,都相应的进行了有关岩溶水文地质专题的试验研究。在理论认识与实际应用方面取得了以下主要成就:

对岩溶充水矿床水文地质问题的研究

在五十年代主要着眼于钻孔简易水文地质观测和单孔抽水试验,对于大水矿区,由于降深受到一定限制,难以查明矿区边界条件,不能求得正确的水文地质参数,因此,矿坑涌水量预测往往有很大的误差。六十年代初期,对复杂型岩溶大水矿区(广东凡口铅锌矿、湖南斗笠山煤矿、江西城门山铜铁矿区)开展了重点研究,通过工作实践,认为以大井抽水试验为主体的综合水文地质的勘测试验,是行之有效的工作方法,在进行工作时,必须首先重视和做好区域调查和岩溶水长期动态观测,然后在此基础上,进行大井抽水试验,以求得较准确的水文地质参数,并能暴露一些隐伏的水文地质工程地质问题,进而查清地下水的来龙去脉及其边界条件,据以预测的矿坑涌量一般都比较准确。

对于矿床水文地质类型划分的研究 五十年代以来,一直成为矿床水文地质科学工作者所关注的研究课题,湖南、广东、江西、广西等省地质局、水文地质所、地质部

水文地质局先后提出了三类三型和四类三型、三类六型等岩溶充水矿床水文地质类型划分方案,对指导矿区水文地质勘探工作起到了较好作用。七十年代至八十年代,地矿部水文地质局从全国大水矿床中选择了六十多个岩溶充水矿床进行了回访调查研究,参加这项调研工作的有地矿部系统的21个省地质局及其所属地质队,6个地质院校和两个研究所(水文所、岩溶所),在煤炭、冶金、化工、建材等工业部门的密切协作下,获得了大量矿山开采排水及新的水文地质资料,通过研究,于一九八〇年七月提出了《中国岩溶充水矿床水文地质勘探类型》的研究报告,它全面总结了我国三十余年的岩溶充水矿床的水文地质勘探实践经验,并从理论上进行了概括。该《类型》所确定的分类原则与方法,以及把岩溶含水体的岩溶充水空间形态与岩溶含水介质同矿床的组合关系作为主要分类因素来考虑,都是合理的。在分类的基础上,所提出来的不同类型的工作方法与要求,对于指导勘探与矿山开采,也有很好的实际意义。

在岩溶含水介质与岩溶水运动机理研究方面 七十年代以前,主要重视溶洞水与裂隙水的研究,近年来更广泛地注意到洞穴管道、裂隙及孔隙三种介质及有关的管流、裂隙流(又称散流或脉流)及渗流的水流特性,并开始注意研究不同岩溶水流的形成、赋存与运移特征及其相互间水力联系与滞后现象等问题。洛塔岩溶地质研究报告认为,管道流与裂隙流之间的关系可以概括为:管道流是岩溶含水体系中集中径流的主要运移形式,并受裂隙流的补给,又是岩溶含水介质中的相对富水部位;裂隙流则是岩溶含水介质中大量的普遍存在的细小水流,是全部岩溶贮水空间最具调蓄能力的资源,也是管道流经常的重要补给来源,其贮水量占总贮水量的54.3%~83.6%;这些属于涓涓细流的岩溶裂隙水是久旱无雨时期的唯一水利资

源,这种细小脉流可以称之为“衰减流量”,它对抗旱保苗具有不可忽视的现实意义。因此,在广大岩溶山区不仅要重视剧变畅排的管道流(包括地下河)的开发利用,而且对于这些颇为丰富的缓变慢排的裂隙流亦应因地制宜的给以合理的利用。

对于岩溶水动力条件与渗流场问题 以往研究认为,在岩溶水动力剖面上,可划分为垂直渗流带、季节变动带、水平渗流带和深部循环带。近年来,通过对许多岩溶水源地、岩溶大泉域及深部岩溶含水水体有关岩溶水动力条件的研究,不仅注意研究剖面上水动力特征,而且更注意到平面上的水动力条件,特别是整个动力单元内边界条件的确定以及自然渗流场在人工抽水、疏干或蓄水后引起的人工渗流场的演变问题。所有这些研究与认识,对于岩溶水的开发治理及供排水工作都具有较大的实际意义。

对于岩溶水化学特性的研究,解放以后,主要侧重水化学类型的研究与应用,七十年代末期以来,开始使用 $\text{HCO}_3-\text{CO}_2-\text{CaMg}$ 系统、 CO_2 饱和度、pH值、Eh值及导电性等方面的理论知识,在探索岩溶水赋存与运移特征方面,取得了较大的进展;同时以水化学为基础,用以探索古岩溶水文地质环境及其发展与演变过程,使岩溶水文地质条件在时空界限的研究上,也得到了一定程度的突破。

岩溶水的环境同位素的研究 目前主要应用于:(1)探索岩溶水的形成条件;(2)研究岩溶水的同位素年龄;(3)了解岩溶水渗流的差异性及渗流网的特征,并借以圈定主渗流通道的位臵。这一新技术的应用,使岩溶水文地质条件的研究有了进一步的提高。

近年来,对于岩溶环境污染与保护及旅游地质的研究,也取得了积极的成果。

六、岩溶水资源评价和矿坑涌水量预测研究方面

在七十年代以前,方法比较单一,主要利用裘布依公式和映射法预测涌水量。近年来在这方面取得了较明显的进展:一是数学模型和电网络模型的广泛应用,并进一步采用了孔隙—裂隙双重介质模型进行评价(如南京东郊水源地、福建马坑矿区等)。最近,又有了一些新的进展,如利用随机模型研究地下河系统水量的转化过程和进行水量短期预报;采用统计模型与水均衡模型相结合的方法,进行岩溶水允许开采量评价和水位预测(如济南泉城);采用随机模型与数值模型相结合的方法,进行岩溶水水量评价(如湖南斗笠山矿区)。二是在岩溶水系统认识方面的进展,如利用统计模型、系统理论模型研究北方岩溶大泉和南方地下河系的调节特性,得出了一些规律性的认识:北方岩溶大泉具有多年调节特点,而南方地下河系则具有较短期的月调节特点。利用多亚动态衰减曲线分析,可研究岩溶含水水体中的大管道、大型裂隙、细小裂隙及溶孔等不同介质中的水流特征与动态。三是在岩溶水资源评价方面的进展,对三水转化进行系统深入的观测研究,按水文地质单元或流域进行地表水地下水的统一评价,能获得符合客观实际的结果(如湖南洛塔、江西锦江流域)。

七、岩溶工程地质研究方面

五十年代至六十年代初期,在进行水利水电工程地质的勘测研究中,主要重视岩溶化岩体的岩石组合及其溶蚀性质、强度与分布规律的研究,同时也注意抗水岩组的岩性、岩相、厚度变化、抗水能力以及与岩溶化岩层的依存关系等,并依此论证地下水的赋存条件、水动力分带的特点及库坝渗漏问题。七十年代以来,在建坝成库长期生产实践与观测研究的基础上,提出了三度空间与二元结构治理岩溶渗漏的理论认识问题,加深了对不同类型河谷及分水岭地段岩溶发育规律的认识,为这类工程的地质勘察、岩溶条件分析、防渗及坝体稳定处理,提供了理



法国地质人员统计

孙 坦

一九八四年,法国地质联合会对法国地质人员情况作了一次全面调查。调查结果如下表。

(编译自《Géologues》84~85年冬第71号)

专 业		统计人数 (截至到 84.6.1)	估计人数	平均年龄	今后十年展望 (85—95)	备 注
地	基础地质 或纯地质	1490	1540	45.6	退休人员总数约168人, 每年将增添30人。	包括从事科研、教学和填图方面的地质人员
	矿山地质	552	582	43.4	退休人员总数约169人, 每年将增添10—30人。	
	水文地质	295	345	39.4	退休人员总数约37人, 每年将增添20人。	
	工程地质	199	229	40.5	退休人员总数约32人, 每年将增添25人。	
质	石油地质	793	813	41.9	退休人员总数约253人, 每年将增添25—30人。	五十年代,因加紧在本土和阿尔及利亚找油工作,人数出现一次高潮;73年石油“危机”后,因加强找油工作,人数又一次出现高潮。
		共计: 3329	共计: 3509	总平均年龄 约为 43 岁		
地 球 物 理		1200	1250	41	退休人员总数约300人, 每年将增添60人。	其中石油物探人员占大多数, 此外还包括矿山物探人员和从事 科研、教学的物探人员

注:在外国公司或国际机构工作的法国地质、地球物理人员未在“统计人数”一栏内。

理论依据与实际经验。

随着国民经济建设的发展,岩溶塌陷问题对于矿山开采、水利水电、城市、铁路建设和农业生产等的影响与危害日益严重,已成为我国岩溶区社会主义建设事业中一个十分重要的环境地质问题。六十年代至七十年代初期,着重对人为改变地下水动力条件引起的地面塌陷与地基稳定性进行了研究,提出了潜蚀论、真空吸蚀论、液化论等塌陷成因理论,对塌陷治理提供了一定的理论依据。近年来,对塌陷成因机制、分布规律及预测等方面进一步引起了有关岩溶学者的关注。煤炭系统对岩溶塌陷进行了科学试验,进一

步完善了“真空吸蚀”的理论与方法。铁道部门通过对山东泰安段铁路路基稳定与塌陷的详细研究,认为塌陷是“潜蚀”为主,“真空吸蚀”只起到加剧潜蚀的作用,同时认为必须具备洞、土、水三个条件才有可能产生塌陷。根据这一理论认识,他们认为:对位于岩溶区的铁道沿线应进行塌陷分区,并因地制宜的采取洞穴回填、钻孔灌浆等处理措施。地矿部岩溶地质研究所对岩溶塌陷类型进行了初步研究与分类,提出了岩溶塌陷产生的两大原因(抽水、排水),并初步划分了8个类型。

(地质矿产部岩溶地质研究所)