

中國森林總論

中國科學院地理研究所森林研究組 著

科學出版社

中国岩溶研究

中国科学院地质研究所岩溶研究组 著

科学出版社

1979

内 容 简 介

本书分三篇十三章。第一篇是岩溶研究若干理论问题，共包括七章。系统地讨论了碳酸岩与碳酸岩系；水对钙镁碳酸盐矿物、岩石的溶解、溶蚀；地质构造与岩溶；岩溶水文地质结构及岩溶水特征；岩溶发育历史；深岩溶与岩溶发育深度；岩溶形态及其形成演化等问题。第二篇是中国区域岩溶特征，共分两章。采用三级区划，将中国岩溶分布区划分为四个地区、八个区，十四个亚区，对每个亚区的地质地理背景、岩溶地貌及水文地质特征及地质、水文地质工程地质问题作了详细介绍。第三篇是应用及方法问题，共有四章。包括石油及天然气的岩溶储集层及古水文地质分析、水库及坝的岩溶渗漏问题、溶解与溶蚀试验方法、方解石热发光的测定在岩溶发育历史研究方面的应用等。

本书可供岩溶研究工作者，岩溶地区水文地质、工程地质工作者和水利水电工程工作者，以及大专院校的有关专业师生参考。

中 国 岩 溶 研 究

中国科学院地质研究所岩溶研究组 著

*

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

*

1979 年 3 月第 一 版 开本：787×1092 1/16
1979 年 3 月第 一 次印刷 印张：21 1/2
精 1—3,820 插页：精 20 平 19
印数：平 1—3,390 字数：498,000

统一书号：15031·940

本社书号：1330·13—1*

定价：精装本 5.25 元
平装本 4.05 元

(附图一张套袋，随书发行)

序 言

中国的碳酸岩系极为发育,岩溶分布面积之广、岩溶类型之多,为世界其他国家所不及。

中国人民长期以来在生产斗争和科学实验的实践中积累了丰富的岩溶知识。世世代代生活在碳酸岩分布地区的广大人民群众对于洞穴的分布、岩溶地下水埋藏规律等都有着深刻的认识,并将这些认识用于生产实践当中。同时,也创造了丰富的岩溶名词术语。

人民群众有无限的创造力。中国人民在中国共产党和伟大领袖和导师毛主席的领导下,在社会主义建设过程中,不仅在改造、利用岩溶方面取得了很大的成绩,而且对于岩溶的认识也深化了。

“在生产斗争和科学实验范围内,人类总是不断发展的,自然界也总是不断发展的,永远不会停止在一个水平上。因此,人类总得不断地总结经验,有所发现,有所发明,有所创造,有所前进。”这就是我们要完成“中国岩溶研究”的指导思想。

为了配合解决社会主义建设中提出来的有关岩溶地质问题,为了反映中国岩溶分布和发育情况,为了使岩溶的研究系统化、深化,需要总结经验。以便“拿了这种对于客观规律性的认识去能动地改造世界。”“用自然科学来了解自然,克服自然和改造自然,从自然里得到自由。”

大量的生产和科学实践活动所积累的认识,两次全国性的岩溶会议及其它有关的讨论,给我们完成这项工作奠定了基础。这里面有我们研究组在中国部分岩溶区域的实践中所获取的资料,更主要的是包括水利电力、铁道、石油化工、冶金工业、煤炭工业、地质等部门在生产和科学实践活动中积累的丰富资料,有关的研究部门和高等学校也作了许多调查研究工作。研究工作中也参考或引用了一些国外的理论及资料。

这一专著共三篇,第一篇是岩溶研究的若干理论问题。讨论了影响岩溶发育的诸项因素,包括碳酸岩与碳酸岩系,水对钙、镁碳酸盐矿物与岩石的溶解、溶蚀,岩溶发育的地质构造因素,岩溶水文地质结构及岩溶水特征等。还讨论了岩溶发育历史、岩溶发育深度、岩溶形态学术语及形态的形成和演化。第二篇是中国岩溶区域特征,主要进行了中国岩溶区划,并对各级岩溶区域的自然地理、地质特征,岩溶地貌及水文地质、主要的岩溶地质问题等不同程度地予以论述。将中国岩溶区域划分为四个一级区(地区),八个二级区及十四个三级区(亚区)。区划的详细程度是不平衡的,主要取决于岩溶发育的情况,但是目前还避免不了研究程度不平衡所产生的影响。第三篇包括了应用与方法方面的几个专门问题。

所讨论的仅是中国碳酸岩岩溶的一部分问题,甚至某些主要问题,例如岩溶水运动理论以及一些重要的应用与方法等并未讨论,有些是已经有了专文论述,有些是我们的实践活动尚少,有待今后开展工作。

通过粉碎“四人帮”的伟大斗争,岩溶科学技术工作者在党的十一大路线指引下,精神振奋,斗志昂扬,意气风发,生气勃勃,为实现以华主席为首的党中央提出的抓纲治国的战

略决策,为在本世纪内实现工业、农业、国防和科学技术的现代化,建设成为强大的社会主义国家而奋斗。

为了感谢党中央和华主席对科学技术工作的亲切关怀,谨以此书作为全国科学大会的献礼。

对于关心我们工作并给予支持的有关单位和同志们致以诚挚的谢意。

一九七七年十月

目 录

序言	vii
总论	1

第一篇 岩溶研究的若干理论问题

第一章 碳酸岩与碳酸岩系	7
第一节 碳酸岩物质组成与碳酸岩分类	7
一、碳酸岩的成分	7
二、碳酸岩的成分分类	9
三、碳酸岩的结构特征	10
四、碳酸岩的类型	12
第二节 碳酸岩的空隙	13
一、空隙类型、成因及规模	14
二、碳酸岩的孔隙度	14
第三节 碳酸岩岩层组合特征及岩溶层组类型	16
一、碳酸岩沉积环境概述	16
二、碳酸岩岩层组合特征	19
三、岩溶层组类型	20
第四节 中国的碳酸岩系	22
一、碳酸岩系的分布	22
二、碳酸岩系发育特征	22
三、各地质时期碳酸岩系的钙、镁平均含量	29
第二章 水对钙、镁碳酸盐矿物与岩石的溶解、溶蚀	31
第一节 纯水中钙、镁碳酸盐矿物、岩石与硫酸岩、岩盐的溶度	31
第二节 钙、镁碳酸盐矿物与岩石的溶解	32
一、水中的碳酸	32
二、碳酸钙的溶解过程	35
三、温度及 CO_2 分压对水中 $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$ 、 MgCO_3 、 CaCO_3 溶解的影响	37
四、溶液化学组分对其溶解碳酸岩能力的影响	41
第三节 不同水化学类型的天然水中碳酸岩的溶解试验	43
一、溶解试验的溶质与溶剂	44
二、纯水溶液的电导度	44
三、碳酸水溶液的电导度	45
四、重碳酸盐地下水溶液的电导度	46
五、硫酸盐与氯化物地下水溶液的电导度	48
六、溶液电导度讨论的结论	48
七、纯水中钙、镁碳酸岩的溶解组分	49

八、重碳酸盐地下水中钙、镁碳酸岩的溶解组分	52
九、硫酸盐地下水中钙、镁碳酸岩的溶解组分	53
十、氯化物地下水中钙、镁碳酸岩的溶解组分	54
十一、天然水中钙、镁碳酸岩溶解试验的结论	54
第四节 碳酸岩的溶蚀试验及影响溶蚀指标的因素	55
一、溶蚀试验原理及溶蚀指标	55
二、碳酸岩成分与溶蚀指标间的关系	56
三、碳酸岩结构-成因类型与溶蚀指标间的关系	58
四、各种成分、不同结构-成因类型碳酸岩的溶蚀作用	59
第五节 天然重碳酸盐水的碳酸盐容量及水化学组分的形成	63
一、天然重碳酸盐水的碳酸盐容量	63
二、水的混合溶蚀作用	64
三、天然水化学组分的形成	68
第六节 中国若干典型地区的溶蚀量	71
一、溶蚀量的计算	71
二、溶蚀量的比较	72
第三章 岩溶发育的地质构造因素	73
第一节 断裂构造与岩溶	73
一、压性断裂	73
二、张性断裂	76
三、扭性断裂	77
四、张扭性断裂	78
五、压扭性断裂	79
六、其它	80
第二节 褶皱部位与岩溶	80
一、褶皱核部	80
二、褶皱转折部位	81
三、褶皱翼部	82
第四章 岩溶水文地质结构及岩溶水特征	84
第一节 岩溶水文地质结构	84
一、岩溶层组类型的水文地质意义	84
二、岩溶水动力单元	85
三、岩溶水文地质结构类型	85
四、岩溶水动力剖面	92
第二节 岩溶水特征	94
一、灰岩含水层管道水特征	94
二、其它碳酸岩含水层裂隙水特征	101
三、岩溶水动态特征	103
四、均匀状灰岩水动力剖面	105
五、管道水流态与水均衡计算问题	109
第五章 岩溶发育历史	111
第一节 中国地质历史时期古岩溶的发育	111

一、前寒武纪古岩溶时期	112
二、早古生代古岩溶时期	112
三、晚古生代古岩溶时期	115
四、早中生代古岩溶时期	117
第二节 中国东部新生代岩溶发育历史	117
一、华南地文期概况	118
二、华北地文期概况	121
三、珠江流域的岩溶发育历史	123
四、长江流域的岩溶发育历史	126
五、浙江西部的岩溶发育历史	129
第六章 深岩溶与岩溶发育深度	130
第一节 深岩溶一般概况及类型	130
第二节 河谷岩溶发育深度	132
第三节 埋藏深岩溶	132
第四节 层内深岩溶	133
第五节 断裂带深岩溶	137
第六节 硫化矿床氧化带深岩溶	137
第七章 岩溶形态及其形成与演化	138
第一节 岩溶形态学术语	138
第二节 岩溶形态组合类型	145
第三节 岩溶形态的形成和演化	145

第二篇 中国岩溶区域特征

第八章 中国岩溶区划	148
第一节 岩溶发育的外营力作用	148
第二节 岩溶发育和分布的大地构造基础	151
第三节 中国岩溶图的编制	151
第四节 中国岩溶区划与各级岩溶区域	152
第九章 中国岩溶各级区域	160
I 热带、亚热带湿润气候型侵蚀-溶蚀及溶蚀地区	160
I _A 扬子准地台元古代至中生代碳酸岩系岩溶区	162
I _{A1} 川西南峡谷-山地亚区	163
I _{A2} 滇东溶原-丘峰高原亚区	169
I _{A3} 黔西溶洼-丘峰山原亚区	172
I _{A4} 黔中溶原-丘峰与峰林山原亚区	180
I _{A5} 鄂黔溶洼-丘峰山地亚区	187
I _{A6} 川东溶洼-丘峰山地亚区	195
I _{A7} 川鄂溶洼-丘峰山地亚区	205
I _{A8} 长江中游溶原-丘峰与岩丘低山与丘陵亚区	209
I _B 华南褶皱系晚古生代及中生代碳酸岩系岩溶区	219
I _{B1} 滇东南溶原-峰林高原亚区	220
I _{B2} 黔桂溶洼-峰林山地亚区	226

I _{B3} 粤桂溶原-峰林平原亚区	232
I _{B4} 湘赣溶盆-丘峰山地与丘陵亚区	240
I _C 滇西褶皱系古生代碳酸岩系岩溶区	245
I _D 秦岭褶皱系晚古生代碳酸岩系岩溶区	247
I _E 台湾褶皱系晚古生代变质碳酸岩系岩溶区	248
I _F 海岸、陆棚、岛屿新生代珊瑚礁岩溶区	249
II 中温、暖温带亚干旱-亚湿润气候型溶蚀-侵蚀地区	251
II _A 中朝准地台太古代至奥陶纪碳酸岩系岩溶区	253
II _{A1} 晋冀辽旱谷-山地亚区	253
II _{A2} 胶辽旱谷-山地与丘陵亚区	259
II _B 祁连褶皱系元古代至古生代变质碳酸岩系岩溶区	267
III 青藏高原湿润气候型溶蚀-剥蚀地区	268
IV 青藏高原及温带干旱气候型剥蚀地区	275

第三篇 岩溶研究的部分应用和方法问题

第十章 石油和天然气的岩溶储集层及其古水文地质	279
第一节 古剥蚀面	279
第二节 古岩溶储集层的标志及岩溶化时期的分析	281
第三节 岩溶层组类型及储集特征	285
第四节 岩溶储集层的水文地质历史及天然气藏的形成与破坏	285
一、下二叠统含水层系的水文地质发展历史	285
二、天然气藏形成的水文地质条件	286
三、天然气藏破坏的水文地质条件	288
四、根据古水文地质指标对研究地区含气性的远景评价	289
第十一章 水库与坝的渗漏问题	291
第一节 岩溶层组及岩溶化强度	291
第二节 碳酸岩相对隔水层的层组条件	292
第三节 河谷水文地质结构及其渗漏特点	297
一、河谷水文地质结构	297
二、河谷地下水迳流特征	297
第四节 地下分水岭与渗漏	302
一、地形分水岭与地下分水岭	302
二、地下分水岭与渗漏问题	303
三、河湾地带水动力特征	304
第五节 分水岭至河谷水动力特征	307
第六节 岩溶渗漏的种类	308
一、溶道渗漏	308
二、溶隙渗漏	309
三、断裂带渗漏	309
第十二章 碳酸岩的溶度测定与溶蚀试验	311
第一节 碳酸岩在天然水中溶度的测定	311
一、试验原理、目的与试验设备	311

二、试验方法及资料整理	311
第二节 溶蚀试验	312
一、试验原理与目的	312
二、试验设备、方法与资料整理	312
三、几个问题的讨论	313
第十三章 矿物热发光测定在研究岩溶发育史方面的应用	315
第一节 热发光机制	315
第二节 实验设备	318
第三节 样品制备	319
第四节 实际应用	320
一、方解石的生成温度与热发光的关系	320
二、绝对年龄的测定和相对年龄的比较	324
结束语	331
参考文献	333
照片及说明	
1—20 碳酸岩的类型	
21—28 碳酸岩的空隙类型	
29—36 岩溶层组类型	
37—41 碳酸岩的溶蚀、古岩溶与深岩溶	
42—81 岩溶形态	
82—115 中国岩溶各级区域	
116—119 溶蚀试验装置,方解石热发光测定的试样	
附图: 中国岩溶图(1:10,000,000)	

总 论

一、中国岩溶分布与发育概况

在辽阔的中国疆域内,碳酸岩系广泛分布,总面积在 200 万平方公里以上,出露的碳酸岩系约占中国领土的 13%。从长白山到南海诸岛,从台湾岛到帕米尔高原均有碳酸岩出露。尤以湘西、鄂西、贵州、广西、滇东较为集中,在太行山区、鲁中及晋西北、昆仑山脉及西藏高原也有较大面积的出露。黄淮海平原、四川盆地及我国西部等一些地区是被覆盖的碳酸岩系主要分布区。

纵观地质发展历史,从太古代的变质碳酸岩系到新生代的礁灰岩均有发育。各个地区、不同年代的碳酸岩系均遭受到各种程度的溶蚀作用,表现出不同岩溶作用时期的丰富多采的岩溶现象。这些现象绝大部分是新生代,尤其是第四纪以来所形成的。

各大地构造单位所经历的地质发展历史不同,地质构造面貌也不一样,这都影响到碳酸岩系的分布与出露,对岩溶发育的影响也不相同。除天山蒙古褶皱系几乎没有碳酸岩系分布外,其余各大地构造单位均有分布。

这些碳酸岩系分布在常热带至中温带,以及青藏高原气候区域范围内,不同的外营力作用下塑造出各种近代岩溶地貌类型及形态,地下水的溶蚀作用也有差异,形成了不同气候带的岩溶类型。

二、岩溶研究历史与现状

勤劳勇敢的中国人民在阶级斗争、生产斗争和科学实验的伟大实践中积累了丰富的认识、改造和利用岩溶的经验,并逐渐形成了朴素的岩溶学理论。

溶洞是史前原始人栖类息之所。周口店北京人、湖北长阳人、广西来宾麒麟山人、广西柳江人和广东韶关马坝人的遗存,都是在溶洞中发现的。除了人类化石以外,还可以发掘出史前人类用过的石器和骨器。岩溶洞穴为早期人类提供了良好的生存条件。

远在秦始皇时期(公元前 246—210 年),兴水利、辟交通,于公元前 214 年为南开五岭、统一中国,史禄于今广西兴安凿灵渠,使湘漓通航,以适应战争中兵运粮道之需。终于统一了岭南各族,设立了桂林、象郡、南海三郡,推行了秦朝的郡县制度。这是中国最早的,也是世界上一条古老的人工运河。在灰岩分布、岩溶十分发育的广西东北部地区修建包括铧咀、天平石堤、渠道、陡门和秦堤在内的这样一些工程,说明已具备了某些地质及第四纪地质方面的知识。

在许多典籍及晋代以来的地方志中都曾对洞穴进行过不同程度的描述。北魏时期(386—534 年)酈道元为水经作注,补充记叙的河流水道达 1252 条,其中南方和西南地区的河流许多是发育在岩溶地区的。唐宋以来,洞穴逐渐成为研究的对象。

宋代杰出的科学家、《梦溪笔谈》的作者沈括(1031—1095年)曾提到“又石穴中水,所滴皆为钟乳、殷孽”;“今历下凡发地皆是流水”等,说明对于钟乳石的形成持有“湿亦能生金石”的观点,并记述了山东济南具有丰富的岩溶地下水。这均与他所进行实地考察及其朴素的唯物主义自然观是分不开的。

此外,宋代周去非《岭外代答》中,提及地表河为地下河袭夺的现象。金代《名泉碑》记述了包括历城、仲宫、柳埠、明水等地在内的济南泉水72处,系统地记载了济南的岩溶泉。

中国封建社会内,商品经济的发展,孕育着资本主义的萌芽,科学技术亦有所进展。明末与《本草纲目》、《天工开物》差不多同时期的《徐霞客游记》是具有重要地学价值的一部著作。徐霞客名宏祖(1586—1641年),江苏江阴人,他不应科举,不入仕途,从1607—1640年的卅余年间,尤其在后四年长期远游,不避寒暑,不畏艰险,游历了十七省,考察了上百个洞穴,以广西和云南的旅行路线最长。对湘南、广西、黔中南、滇东岩溶地区进行了认真的科学考察,作了详细的科学记录。《徐霞客游记》一书所包含岩溶学方面的珍贵材料,是世界上比较系统地记载岩溶最早的科学文献。

欧洲在18世纪中期开始进行个别洞穴科学调查,19世纪中叶以后才对狄那里克岩溶区开始广泛的调查研究,至九十年代初,出现几部总结性著作。而这已在《徐霞客游记》后二百余年了。

《徐霞客游记》中有关岩溶学方面的著录篇幅较多,对西南诸省(区)岩溶地貌的分布、岩溶地貌类型及成因、岩溶水文地质、溶洞的发育及钟乳石的形成等均有科学的记述,并厘订了一些岩溶形态术语。如对峰林、峰丛的分布,认为始于罗平(云南),终于道州(湖南);称溶洼为盘洼,溶斗为管井,后者积水称天池;认识到水对碳酸岩作用形成洞穴,北盘江“水多悬流穿穴,故鲜核其源流也。”认为灰岩区(湖南零陵)“…如丝瓜之囊,筋缕外贯,而中悉透空。”并指出暗河顶拱坍塌为溶斗与明流河段陡峭的峰壁,如广西桂平“东有山自南抵北,从其西渐升而南,益进穴,平地下陷,为峡为井。…盖地中二丈下,皆伏流潜通,石骨阻互,偶骨裂土迸,则石出,陷成穴云。”

所记述的洞穴如浙江金华双龙、冰壶、朝真诸洞,桂林七星岩,云南建水颜洞等,与目前洞穴测量结果相比,基本正确。

由于封建制度的经济剥削和政治压迫是中国封建社会在经济、政治、文化上停滞不前的基本原因,又由于外国的侵略,中国逐步地沦为半封建、半殖民地社会。因社会制度所限,岩溶研究在旧中国未能得到继续发展。到1949年为止,只有少数地质、地理工作者作过一些零星的调查。

中华人民共和国成立后,开展了大规模的社会主义建设,遇到许多岩溶问题,党和国家给予岩溶研究工作以极大的重视。通过阶级斗争、生产斗争和科学实验三大革命运动,专业科技队伍与群众相结合进行了许多岩溶综合研究。解决了一系列生产实践中所遇到的问题,并在广泛深入实际的基础上获得提高。生产斗争为岩溶科学实验开辟了广阔的前景。

大量的水利电力建设、道路建设、矿山开采与建设、工业民用建筑等常常受到岩溶洞穴和地下水的危害。要求解决岩溶发育和分布规律,以便改造它、利用它,变害为利。

中国蕴藏着丰富的水利资源。在许多河流的梯级开发中,均遇到因岩溶问题而影响工程效益和寿命。为此,在长江、黄河、珠江、清江、乌江、猫跳河、以礼河、龙江、红水河、

新安江、太子河等干流及主要支流上进行岩溶调查研究。对枢纽和水库区岩溶水文地质结构及水动力特征深入研究。随设计的进展组织钻探、物探、山地工程等勘探及室内外试验与地下水长期观测，从而论证枢纽区基础稳定、渗漏、涌水量预测等问题及水库渗漏问题。岩溶研究与设计、施工是紧密结合的，提出枢纽各建筑物及水库的水文工程地质条件，全面论证技术上的可能性及经济上的合理性。绝大部分均能顺利施工并于竣工后经受住洪水考验，贵州猫跳河流域梯级开发的完成是一个典型的例子。

“水利是农业的命脉。”全国广大农村在农业学大寨运动的推动下，掀起了群众性兴建中小型水利工程的高潮，这类工程工期短、收效快，充分利用地形及水文地质条件，通过工程措施造成地表、地下水库或抬高地下水位。总结出了简单而有效的修建和防渗措施，可归纳为：堵（堵塞岩溶管道）、盖（对岩溶管道或通道用混凝土及粘土铺盖）、围（落水洞及溶斗四周筑围墙）、截（筑截水墙）、导（坝基础下的泉水导至库内或库外）等方面。这些经验对大中型工程也行之有效。在群众性的科学实验活动中，涌现出许多改造、利用岩溶地下水的先进单位，如广西都安县、河南辉县、湖南龙山县洛塔公社及零陵县大庆坪公社等。

碳酸岩区的道路建设尤其是修建铁道路基、桥梁、隧道时，常遇到复杂的岩溶问题。在黔桂、川黔、贵昆、成昆、湘黔等铁道干线的勘测设计、施工、运营中曾进行许多岩溶研究工作。解决了路基、站场、桥梁的岩溶地基稳定性问题，尤其一些长隧道岩溶涌水的预测及防治措施、岩溶洞穴坍塌的处理问题，为选线方案及施工处理提供了依据。

许多沉积矿产与热液金属矿床的开发与岩溶密切相关。在矿产勘探与开采中曾做了深入研究。华北的煤田因煤系底板奥陶系岩溶水的威胁，使底部煤层不便开采。在日本帝国主义侵略中国期间，疯狂掠夺我国煤炭资源，曾在山东淄博煤田造成恶性突水淹井事故，使数百名工人无辜牺牲。解放以后我国组织了力量，对华北煤田进行研究，做了大量疏干试验，增加了可采储量，煤炭产量迅速增长。解决了一些煤田的突水问题，总结出一些关于高压含水层钻进防喷、控制高压水的放水等方面的安全措施与方法。

华南的热液多金属矿床，在碳酸岩围岩中，尤其在金属硫化物氧化带部分岩溶很发育。这方面的研究满足了矿山设计和开采疏干排水的需要，保证了矿山开采。部分地区进行了系统总结，许多已为生产实践所验证。

由于工业与民用建筑规模迅速增长，对建筑物岩溶地基稳定性的研究发展迅速。这包括岩溶化岩石基础稳定性，也包括碳酸岩上覆土层中的洞穴、塌陷等问题。

丰富的岩溶地下水资源、岩溶储集类型的石油和天然气的勘探与开采以及岩溶洞穴中的固体矿产、天然洞穴的利用也都要求了解岩溶发育和分布规律，以充分利用其有利的一面。

碳酸岩分布区的地表水系一般不发育。但由于降水入渗，具有丰富的地下水，甚至形成地下水文网。通过岩溶发育和分布规律的研究，地下水分布与动态规律的研究，划分岩溶水文地质结构类型，可以掌握地下水补给、迳流、排泄条件，以便选择取水地段及开采方案。

石油和天然气岩溶储集层的研究具有重要意义。这项研究工作在最近一些年来有了迅速进展。近年来的研究工作是从钻井揭露情况入手，对外围地区做适量的野外地质观察并通过岩石与地层水的分析、试验，对岩溶分布及发育特征、发育历史进行分析，划分岩

溶层组类型,从平面上及剖面上圈定岩溶发育带。对水文地质发展历史时期古岩溶储集层中油气藏形成与破坏的水文地质条件进行分析,提供与其它地区和不同油气藏进行定性评价的初步依据。

沉积在古岩溶剥蚀面上的铁矿、铝土矿等矿层产状与古岩溶发育状况极为密切,开采时也遇到岩溶水的疏干问题,对这些均进行了研究。与岩溶有关的砂矿的研究扩大了矿产开采量,例如云南和广西的锡砂。

天然洞穴可以利用以为战备之需。近年来已经利用了一批洞穴,初步总结了天然洞利用的经验。

天然洞穴及典型的岩溶发育区有许多已辟为风景区,作为劳动人民游览和休养的地方,这也是最好的科学普及的岩溶自然博物馆。例如广西桂林—阳朔风景区、云南路南石林风景区等。

在实践中,岩溶调查及洞穴探测技术手段的应用一直是个迫切需要解决的问题。除溶洞、暗河调查与测量装备外,还进行了示踪试验,在方法与示踪剂方面均有新的进展。空中遥感技术已应用于野外岩溶调查。对隐伏于地下的洞穴除应用电法勘探外;钻井无线电波透视、钻井摄影、超声测井的应用;高频地震及微波技术的应用及其它地球物理方法的应用等有些已取得了成效,有的正在研制或试验。

室内试验与测试及资料整理工作除原有方法外,也有新的充实,如扫描电子显微镜对微孔隙的研究,方解石热发光性质的测定应用于鉴定成因、生成次序及年龄等以及计算技术的应用等方面。

远在1927年,对于著名于世的北京人之家——周口店洞穴就做了系统的发掘与研究。解放以后,有计划的开展了广泛的洞穴调查。洞穴堆积中大量古脊椎动物与古人类化石的发掘和研究不仅给研究岩溶发育历史提供了资料,也为研究人类起源与进化,为自然辩证法的研究做出了贡献。

基于实践,开展岩溶理论研究。首先是研究了我国碳酸岩系的发育概况及其地球化学规律,通过岩石与水作用的试验确定了不同岩石类型在溶蚀以后,其岩溶发育具不同的性质。这与岩石成分有关,也与岩石结构特征有关。其次是根据我国特点,概括出岩溶水文地质结构类型。发展了通常流行的,既适用于碳酸岩,也适用于其它坚硬岩石裂隙水的水动力分带理论。对于地质构造与岩溶发育的密切关系,为许多实际资料所证实。新地质构造运动的差异导致岩溶发育不同,对我国东部燕山褶皱幕以后岩溶发育时期进一步作了划分,确定了部分地区洞穴的年代。最后,区域岩溶的研究提供了各类不同比例尺的岩溶图件,岩溶发育地带性的研究也逐步在深入。

廿余年来,在上述方面都进行了大量的生产实践和科学实验活动,取得了辉煌的成就。岩溶研究在我国也逐渐发展成为一门独立的学科——岩溶学。

通过实践培养了一支宏大的又红又专的岩溶专业队伍。

为了总结成果,交流经验,提高理论水平,以便更好地适应社会主义建设的要求,我国有关部门曾组织过两次全国性的岩溶会议。另外,在许多有关的专业会议上也曾涉及岩溶研究问题。

在中国科学院主持下,与有关单位合作,于1961年2月27日到3月4日在广西南宁举行了第一次全国喀斯特研究会议。到会代表72人,来自全国各地44个单位。会议收

到了论文、报告 47 篇。这次会议以讨论有关农田水利和水工建筑的岩溶问题为主；在地区上，以中南及西南地区为主。会后出版了《全国喀斯特研究会议论文集》。

第二次会议是中国地质学会全国岩溶(喀斯特)学术会议，1966 年 2 月 14 日至 23 日在广西桂林召开。代表着 110 多个单位，共 140 余人。收到论文、报告 90 余篇。这次会议突出之点是反映在贯彻毛主席关于“备战、备荒、为人民。”的伟大战略方针下，在有关地区建设中所出现大量的岩溶水文地质工程地质问题。会议建议使用“岩溶(喀斯特)”这一术语。

当前的研究迫切需要加强新技术、新方法的应用及紧密结合实际加强基础理论研究。前者是研究岩溶时人类感觉器官的延长。后者将使岩溶研究逐步从定性走向定量，为评价岩溶发育与分布、岩溶水的分布与运动规律提供科学依据。这两方面的研究将使我们在复杂的、经常反复的实践中，由感性认识到论理认识的推移运动。以便拿了这种对于客观规律性的认识去能动地改造客观世界。

三、岩溶学研究的实践意义

根据中国与世界各国研究的状况来看，岩溶学应解决下述几个实际问题。

建筑物基础及天然洞室的稳定性；

基坑与坑道涌水量的预测；

水利枢纽区与水库区的渗漏；

土地利用问题；

岩溶地下水资源的评价及利用；

石油及天然气的岩溶储集层；

古岩溶固体矿产；

岩溶空洞储集层的利用(工业废水排泄及石油与天然气的贮藏)；

旅游事业。

四、岩溶学理论研究及研究的技术方法

在广泛联系上述实际问题的基础上，对下列主要理论问题进行研究，以便了解错综复杂的诸种岩溶现象的本质。

首先是碳酸岩系的溶蚀理论：碳酸岩沉积相与岩溶层组；碳酸岩的空隙；碳酸岩物质组成与岩石类型；天然结晶物质结构及其溶度、溶解速度；碳酸盐平衡的动力学；复杂离子组分水溶液中碳酸盐的平衡与洞穴的形成、发展和封存；天然水的侵蚀性；天然水中矿物、岩石组分的迁移、富集；混合溶蚀作用；碳酸岩的溶解与溶蚀；溶蚀量的计算等。尽管许多研究者试图应用物理化学中积累的大量实验数据以及关于溶液平衡、离子水化、溶液扩散、盐效应等电解质溶液理论来阐明溶蚀作用的实质，但是由于天然水溶液极其复杂，许多问题既缺乏系统的实验数据，更不能获得完满的解释，至于运用数学形式将溶蚀理论表达出来则差距更大。

其次，是岩溶水运动及多相渗流理论，岩溶区的水均衡及岩溶水动态：岩溶水文地质

结构类型;管道水与渗透水;各项岩溶水文地质参数的确定;岩溶岩体中多相(油、气、水)渗流理论;水资源评价;数学模型的建立等。

第三,为岩溶地貌的形成与演化:包括岩溶地貌景观与气候带;土壤和植被对岩溶的影响;岩溶地貌形态的成因与形态组合;岩溶发育阶段;岩溶制图等。

第四,岩溶发育历史与年代学:古岩溶及其空隙充填物的成因,生成次序与年龄;古水文地质与岩溶水的年龄。

第五,是洞穴学的研究:渗流带、潜水面(浅饱水带)、深饱水带及承压带的洞穴;洞穴堆积;洞穴化石;洞穴文化;洞穴气候;洞穴生物等。

其它还有一些区域岩溶规律性的研究属于基础资料,有些则属于应用方面的研究。

为此,在研究的技术方法方面主要应该包括:岩溶调查与洞穴探测;洞穴堆积及岩溶水年龄测定技术;岩溶发育的地质模拟试验;定位和半定位观测;岩溶水动力学试验;碳酸岩物理、力学性质测定;可溶盐矿物、岩石及洞穴堆积、天然水物质组成的测定;计算技术的应用等。

第一篇 岩溶研究的若干理论问题

第一章 碳酸岩与碳酸岩系

大陆壳约 75% 的地区是沉积岩, 沉积岩的 15% 是由碳酸岩所组成。碳酸岩是碳酸盐矿物含量超过 50% 的沉积岩。

碳酸岩与碳酸岩系是岩溶作用的物质基础, 为岩溶发育基本条件之一。半个世纪以来, 尤其在最近二、三十年, 由于石油和天然气资源的开发, 结合碳酸岩油藏的研究, 使国际上沉积碳酸岩研究进展迅速。我们引用了这些方面的成果于岩溶学研究, 并起到统一基本概念的效果。对中国碳酸岩系的分布, 在地质历史上发育的特征作了概略地讨论。

第一节 碳酸岩物质组成与碳酸岩分类

碳酸岩物质组成决定了溶蚀作用中作为溶质的碳酸岩的特性, 是岩溶研究中一项基础资料。碳酸岩物质组成包括岩石化学成分、矿物成分、岩石结构等方面。

一、碳酸岩的成分

灰岩是指方解石或文石含量超过 50% 的碳酸岩。纯灰岩的化学成分重量百分比是 CaO 56%, CO_2 44%。以白云石为主要成分的碳酸岩是白云岩。纯的白云岩由 45.7% MgCO_3 及 54.3% CaCO_3 (或 47.8% CO_2 , 21.8% MgO 及 30.4% CaO) 所组成。灰岩中的不纯物包括残余的镁的碳酸盐、白云石、二氧化硅、海绿石、石膏、萤石、菱铁矿、硫化物、铁和锰的氧化物、磷酸盐、粘土及有机质等。白云岩的不纯物中含有石膏、硬石膏、铁的硫化物、天青石、玉髓、铁的氧化物、菱铁矿、萤石及有机质等。碳酸盐矿物中有下列七种 CaCO_3 和 MgCO_3 的不同矿物: 方解石、文石、白云石、菱镁矿、骸粒中的方解石与白云石的固溶体、三水菱镁矿、水菱镁矿, 后二者少见。

目前岩溶研究中, 碳酸岩的化学分析项目一般是 CaO 、 MgO 、 CO_2 及酸不溶物等项, 当酸不溶物含量高于 5% 时, 再进一步分析酸不溶物中的组分。

碳酸岩化学分析结果换算为碳酸盐矿物的原则是: 根据盐酸提取的 CaO 换算 CaCO_3 含量, 其余 CO_2 与盐酸提取的 MgO 化合成 MgCO_3 , 据 CaCO_3 及 MgCO_3 含量计算方解石与白云石含量。一般剩余若干 MgO , 此系含镁的硅酸盐矿物(蒙脱石、拜来石、磷绿泥石、绿泥石等)进入盐酸提取物中所致, 有时有不多的 MgO 及 CO_2 过剩, 属允许分析误差。

当岩石中仅存在 CaCO_3 时, 则以 $\text{CO}_2 \times 2.2742$ 得出岩石中 CaCO_3 重量百分数。

一般的并且绝大部分的情况是岩石中有方解石、白云石。这时, 根据上述原则推导出的计算式求方解石与白云石含量。

$$\text{方解石(重量\%)} = 3.569 \times \text{CaO} - 2.274 \times \text{CO}_2$$