

国外洞穴研究概况

王福星

(岩溶地质研究所)

洞穴是可溶岩石中最常见的一种岩溶现象,它是最广泛、最深入研究的岩溶形态之一。其研究范畴几乎包括了岩溶学的全部领域,它的独特特征和重要的学术及实际意义使它在岩溶学中具有特殊的地位。洞穴研究已逐步发展为一门独立的学科——洞穴学,且派生出一些分枝,如生物洞穴学等。

一、洞穴研究的过去和现在

很早以前人类的祖先就对洞穴发生了兴趣,将其作为自己居住和生活的场所。几万年前为了挖掘燧石制做工具,澳大利亚土著人曾深入洞穴130m;在欧洲发现的洞穴壁画距洞口有900m。几千年前,美国印第安人就用杂草杆当火把进入洞穴达5km去采集石膏和芒硝,以制作药和颜料。公元前800多年,人类在洞穴中的活动开始被记录于某些洞穴碑文或其它青铜器上;同时已有人对洞穴的化学沉积物进行记录。著名的南斯拉夫波斯托依那洞穴一个碑文上就记录了1213年的洞穴活动;1535年曾出版了一本4页小册子描述德国的一次探洞活动。300年前开始,洞穴活动的组织开始产生,洞穴探险和洞穴调查研究开始分开;1879年出现了一些洞穴专业协会,同时也出版了一些洞穴活动专著。被认为是第一位现代洞穴的研究者A. Schmid于1850~1856年在奥地利、罗马尼亚、捷克斯洛伐克和南斯拉夫等国的一些洞穴中进行过多方面的研究(包括洞穴动物和地下气象),出版了几十篇洞穴论文和三本洞穴研究专著。

一百多年来,由于文化、技术和交通等的发展,洞穴研究亦得以广泛深入。一些政府部门开始重视洞穴研究,洞穴活动扩大到了世界许多国家,洞穴全国性组织、地区性和国际性组织也纷纷产生,出现了不少著名的洞穴活动家和研究者。被认为是洞穴之父的Martel,自1888年到1913年进行了26年洞穴探险,写了20本书和不下780篇有关论文,他曾在18个不同国家进行过洞穴探险活动。

目前,在世界各大洲许多国家中,各种级别的洞穴活动和研究组织机构接近千个,有的是半官方性质。名目繁多:有洞穴组、洞穴俱乐部、洞穴会、洞穴协会、洞穴联合会(或联盟);还有一些独立的洞穴研究所(如南斯拉夫斯洛瓦尼亚洞穴研究所),和大学中的洞穴部门。1953年在南斯拉夫召开的第四届国际洞穴会议上成立了国际洞穴联合会,1989年8月13~20日在匈牙利布达佩斯举行了第十届国际洞穴会议,提交会议的有关论文和摘要有360多篇。美国洞穴协会自1941年成立以来至1989年2月止,会员已达8000多人,下属150个洞穴会(组)、15个地区

洞穴会、7个洞穴调查队。上述各级洞穴机构主要活动包括: (1)组织洞穴探险、调查和研究活动; (2)出版定期或不定期的各种刊物(数百种)、书籍、报告、通讯、专著、论文集、年鉴、指南、图册、画集和文献目录, 及时报道各种洞穴活动, 也指导各种洞穴活动、开发、治理和保护; (3)开设与洞穴研究和活动有关的图书馆、资料库、书店、洞穴设备和探洞装备商店; (4)组织举办各种年会、专题讨论会、周末学术会、汇报会等; (5)举办与洞穴活动有关的节日活动、协会纪念日、洞穴年活动; (6)举办各种与洞穴有关的活动, 如洞穴摄影竞赛、洞穴画廊和沙龙、洞穴纪念邮票、洞穴明信片、洞穴日历和洞穴民间故事会。此外, 还定期举办洞穴电影节活动; (7)组织举办与洞穴研究有关的教育培训班、各种基金活动; (8)为从事洞穴研究和活动时间较长的人颁发各种荣誉称号、证书和奖励等。

各级洞穴组织还执行或参与洞穴管理工作和活动。在不同的国家里洞穴所有权不一, 如在美国, 洞穴有归国家所有的, 有归协会所有的, 也有归私人所有的; 而在巴西, 洞穴是归洞穴协会所有。所有权的不同使管理方式也不一。洞穴管理工作一般包括: (1)洞穴探险、调查资料的收集、登记归档, 最后资料保存于资料库, 不少国家已进行电脑储存; (2)洞穴治理和保护, 洞穴为人类各种目的开放后, 就产生了治理和保护问题, 属地球环境保护的一个重要方面。因而成立了不少官方或民间的治理保护机构, 制定了一些保护法律, 经常举行一些有关洞穴治理保护会议和活动(1985年英国宣布该年为洞穴保护年)。洞穴保护重要目的之一是洞穴生物的保护, 如有许多研究涉及到洞穴蝙蝠的保护; (3)洞穴安全管理和营救活动。大量的洞穴活动不免出现一些事故, 为此不少国家加强了对探洞人员的培训, 出版了不少有关的探洞指南, 开设了不少探洞咨询机构, 同时为了在发生事故时进行急救, 设立了一些营救机构, 经常公布各地营救机构名称、地址、电话号码(如英国洞穴营救委员会在1984年营救事件有39例); (4)其它: 探洞、潜水技术装备管理; 洞穴开发管理; 洞穴行政和社会管理等。

二、洞穴学术研究

1. 洞穴探险、调查和测图

这是洞穴研究的基础工作, 往往由地质、地理、生物和古生物、地球物理—化学、探洞人员等以及后勤人员组队进行。调查洞穴的位置、入口、标高、长度、深度、地质、水文、生物、生态等基本情况, 并进行图件测绘和编写调查报告或某个方面的研究报告。在调查中还要收集有关洞穴的研究历史、民间传说、歌谣等资料。英国洞穴联合会不仅在本国, 而且还在世界20多个国家进行过洞穴探险。1986年组织了21个探险队, 共229人参加, 1987年23个队312人参加; 其探险经费也由1983年的7.6万英镑增加到1987年的31万英镑。在洞穴探险和调查中, 洞穴长度和深度以及潜水纪录是重要的新闻; 洞穴中考古新发现是最重要的资料。

2. 洞穴形成、发育研究

洞穴是岩溶作用的常见产物, 一般是水在各种因素控制下对碳酸盐岩产生以溶蚀为主要的作 用下形成的(本文仅指碳酸盐岩洞穴)。因此, 首先是要研究其形成、发育的控制因素, 其次研究其形成、发育机制和所形成的各种形态类型及沉积物、矿产。普遍认为碳酸盐岩石的溶蚀主要与水、CO₂和气温有关, 地质构造、岩性、裂隙和水的地球化学反应也起重要作用。然

而,碳酸盐岩石溶蚀的影响因素不只这几个,据报道还有以下几方面:(1)大地构造(特别是新构造运动)、褶皱和节理、地层分布。某些人特别强调岩石的结构构造因素;(2)土壤的性质(厚度、类型、物质组成、 CO_2 含量、微生物分布);(3)地形特征(起伏、陡度、开放度等);(4)与可溶岩伴生的沉积层的性质(透水性、固结程度、裂隙度、沉积物成分);(5)冰川活动及其沉积物;(6)生物因素(特别是微生物的丰度和类型)。

对某一具体岩溶现象有其主导控制因素。许多地表岩溶主要由雨水浸蚀形成,人们称为雨水岩;对某些洞穴,热水的作用是主要的。在某些国家人们比较强调洞穴形成过程中的大地构造因素,地中海沿岸各国所形成的错综复杂的岩溶洞穴形态与新构造运动密切相关;苏联将大地构造作为全苏岩溶洞穴类型分区的第一原则,其次是依据气候带。近几年,在苏、美等国,热水对岩溶洞穴的形成作用也开始被重视,热水的特殊化学组份在溶蚀可溶岩石过程中将产生许多特殊的作用和产物。美国有名的一个洞穴的形成就是由于热水中的 H_2S 与碳酸盐岩石相互作用交代而形成石膏,石膏进一步剥落并使作用反复进行而形成和扩大。人们在研究洞穴时已不再停留于对洞穴的一般描述和对其成因的笼统探讨,而是更细致深入地研究其形成发育机理、速度,及其中的水动力、空气对流、水化学等许多复杂因素和过程;研究各类型洞穴和复杂洞穴系统的内在相关性及其演化历史。

值得一提的是,岩溶洞穴形成过程中微生物和微藻类的作用已逐渐为人们所重视。有人提出一种“藻岩溶”或“植物岩溶”的概念。认为这种岩溶的形成,丝状藻微生物起到了岩石破坏的主要动力,它们钻孔于可溶岩石使其被破坏。由于微生物不像水一样具有明显的方向性流动,因此,这种岩溶现象的一个重要特点就是它们的各种溶蚀形态(如溶痕)没有方向性,呈蜂窝状,而且岩石表面覆盖有藻皮壳,呈黑色。

3. 洞穴沉积物的研究

洞穴中的沉积物包括有碎屑沉积物、化学沉积物、生物沉积物和文化层。

洞穴碎屑沉积物可以是地下河由洞内外带来的,也可以是洞穴垮塌形成的。它们有着与洞外一样的沉积特点,对其研究也可以采用洞外相应的研究方法。一般用于研究物质来源、生物年代学、沉积学、洞穴历史、生态、气候和洞穴矿产。在巴哈马群岛一些洞穴中发现了洞穴水底沉积物中的藻纹层,有可能是藻席构造。过去被认为前途不大的洞穴孢粉学研究,近几年由于技术水平的提高又被重视起来了。人们已较为容易从洞穴沉积物中提取孢粉,通过对植物区系的分析,推断洞穴发育期的古地理、古气候和地层学问题。当前已有一些人开始对洞穴碎屑沉积物中的细菌进行研究,在德国巴伐利亚州哈肯山脉一个洞穴系统的碎屑沉积物中发现了大量的Myxobacteria细菌,德国学者对洞穴中不同位置该细菌的分布进行了研究。

洞穴文化层直接与考古研究有关。

洞穴生物沉积物主要由一些生活在洞中的生物所排泄的粪便长期堆积形成,它是很好的磷肥产地,同时也提供给一些洞穴小动物作饲料。

洞穴化学沉积物很早就为人类所重视,早先只对其各种复杂美丽的形态进行描述,后来又对其各种复杂的形成机理进行了多方面的研究。发现了不少有学术意义的洞穴化学沉积物类型,如作为气流指示物的针状“豆石”、生物成因的月奶石,近年来又发现一些发光洞穴化学沉积物。一百多种洞穴矿物皆属此类沉积物,苏联对其进行了成因分类。有些矿物在某些条件

下可以富集形成有用的洞穴矿产。

经过多年的研究,人们发现,洞穴化学沉积物形成于封闭、半封闭的环境中,具有独特的物理化学系统,这种性质使许多学术问题迎刃而解,因而使其研究水平大大提高。通过对它们进行放射性测年(铀系法等)、稳同(氧-碳等)、古地磁(超导磁力仪测定)和电子自旋共振等方法研究,可以获得有关洞穴形成发育的年代、古地理、古气候等资料,并随着方法的不断改进,效果更好,数据更精确。

洞穴化学沉积物形成中的生物作用因素近年来开始被人们重视。有人根据硫同位素的研究认为成层状的石膏矿床是直接或间接由生物(微生物)的活动形成。过去认为洞穴硝酸盐主要是蝙蝠粪形成的,现在已有不少人提出它们是由毛细管水带进洞里的;美国有一些人认为其形成与一种硝化细菌的作用有关。当然,同样一种矿物的形成可以是生物作用产生,也可以是非生物作用产生,包括碳酸盐沉积物的形成也有不少是生物作用的结果。洞外水盆地中碳酸盐的大量沉积与生物作用的关系自地球早期太古代-元古代就已存在,洞外岩溶泉华——石灰华的生物成因在南斯拉夫等国已有不少人在研究和报道。因此,虽然在1976年有人曾对洞穴化学沉积物生物成因的可能提出反对,但愈来愈多的研究证实了其存在。具有各种叠层构造的各种洞穴沉积物必有不少是生物成因的类叠层石分子。

4. 洞穴生物研究

严格讲,洞穴生物研究应包括岩石溶蚀和沉积作用中的生物作用。本节主要介绍纯洞穴生物的研究,即生活于洞穴壁、顶、底、空气和水中的生物的研究。过去和现在不少人只对洞穴中的各种生物(以动物为主)进行发现、描述、命名、分类等的系统研究,和研究它们的分布,进行地区性和世界性对比。但近年来,有不少人还从生物演化的角度对洞穴动物生理构造上的特殊性进行了研究。根据洞穴中许多动物的盲性和其它构造的变化,有人提出了“退化演化”的概念。洞穴中的动物相当多,1987年法国学者对加拿大7个洞穴的动物进行了研究,结果发现无脊椎动物有30多个类型,一个洞中最多可有20个类型。洞穴中植物不如动物常见,近来有人研究了所谓的“灯光植物”(lamp flora),即在开放洞穴中生长于有灯光的地方,在第十届国际洞穴会议上(1989年)有三篇论文涉及了“灯光植物”。洞穴中的微生物研究,过去较多的是与研究水质和水污染有关的细菌研究,近来开始有人对洞穴中的细菌和藻类进行研究。微藻类生物可以在有阳光的地方生长,也可以在没有阳光的地方生长,洞穴中此类微生物相当多。

5. 洞穴水文研究

洞穴及其周围的各种裂隙、空隙作为一个空间系统必然成为地表地下水活动的场所。水是可溶岩石溶蚀、岩溶洞穴形成的重要因素,洞穴形成发育的研究也是水的研究。然而,本节主要介绍洞穴水本身的研究,这也是岩溶洞穴研究的一个重要方面,许多国家初始的洞穴探险就是以寻找水源为目的的。

洞穴水文研究的对象主要是洞穴渗水、滴水、洞顶洞壁流水、地下暗河和洞穴储水等。它们是复杂的地表地下水网系统的组成部分,参与地球水循环。洞穴水文研究主要研究各种形态水类型、水的地球化学性质、水量、水的流速、流向、各类型水之间的相互关系及其与地表水的关系。洞穴地下水是人类重要的水资源,研究其开发利用的可能性、进行定量评价,是重要

的研究课题。同时还要研究各类型水的合理调节利用、防止水的污染,许多国家设立了专门的水保护法律和管理机构。近几年,随着研究方法和技术的不断提高,采用不同的数学模拟法进行水资源评价和预测已较为普遍;在水资源管理方面也采取了许多科学的方法,考虑到了各种约束条件,建立多目标管理模型。

洞穴水文研究内容较多,比较深入细致的研究还有如洞穴溶蚀形态(如贝窝)与水动力、洞穴洪水、水平面变化电脑模拟、热水水文地球化学、水示踪研究等。

6. 岩溶洞穴矿产研究

岩溶矿产研究目前还未完全成为一门独立的边缘学科,其理论尚未成熟。岩溶作用作为一种地动力作用,有形成矿产的机理;作为地质体中的洞穴等岩溶形态,也是矿产形成赋存的良好场所。特殊的作用、特殊的地质—地理环境,使岩溶洞穴往往有其特殊的矿产形成。

岩溶洞穴矿产大致可分为三大类:碎屑沉积型(包括堆积、残积、水沉积型)、化学沉积型和生物沉积或生物交代型。就矿源物质而言,可以是洞外带进的,也可来自洞穴基岩,或洞穴特殊的物理—化学条件或生物条件下形成的,还有可能是与洞外矿产形成机理相同的情况下形成的。洞穴矿产赋存之处可以多种多样:洞穴水体、洞顶、洞壁、洞底、洞穴裂隙等。

由水动力搬运沉积形成的、由洞穴内岩石堆积或残积形成的矿产属于碎屑沉积矿产。据报道有锡砂矿、金刚石、金矿、氧化锰矿等。

洞穴条件下常常形成许多化学沉积物,100多种洞穴矿物主要是碳酸盐类,其次是硫酸盐类、硝酸盐类、磷酸盐类和粘土类矿物。它们绝大多数是由岩石溶解、重结晶、交代、风化淋漓而形成的,不少可形成有用的矿产。石膏和芒硝在400多年前就为美国印第安人开采过;含水晶的方解石脉体是很好的水晶矿;已知的这类矿产还有:冰州石、孔雀石、重晶石、辉锑矿、雄黄和雌黄、萤石、铅锌矿、汞矿。目前人们不仅研究找矿与开发,而且着手详细研究矿产的形成演化、其物理化学性质和微气候变化对某些矿产形成的影响、生物礁灰岩岩溶的矿化问题等。

洞穴中生物和微生物的作用可导致某些矿产的形成,前面已列举硝酸盐矿、石膏事例一二。鸟粪和蝙蝠粪土可形成大量的磷块岩矿。有人曾报道过北美许多细菌氧化沉积作用形成的洞穴铁锰氧化物矿产。在古岩溶剥蚀面上的洞穴中,藻类的粘结、捕捉作用可以形成富含铁氧化物的叠层石。

7. 其它研究

随着岩溶洞穴科学的发展和新技术手段的不断改进,洞穴学科研究内容也不断扩大,特别是洞穴理论和应用方面。

洞穴医疗在苏联和东欧很受重视,今年第十届国际洞穴会议上提交有关论文20多篇。主要包括洞穴治病意义、洞穴微气候对人类工作能力的影响、洞穴环境对人类视力的影响等(如讨论洞穴或矿井洞微气候对支气管哮喘的好坏影响)。

洞穴艺术研究内容也更广泛,主要包括著名的石画文化、洞穴描绘所代表的涵义(如天文、古字体、性标志)。洞穴明信片、洞穴邮票等对研究洞穴历史具有重要的价值。

还有人从事研究洞穴的社会问题,如人类与洞穴的矛盾、洞穴与儿童保护、洞穴犯罪、洞穴体育等。

在探洞活动中还有许多重要的研究内容:如洞穴潜水、探洞技术和装备的研究、洞穴各种研究手段的研究(如电脑测图、电磁探测、遥感技术等)。