

茅山地区岩溶的发育特征及其旅游资源

许宝田¹, 阎长虹¹, 陈 崧¹, 褚福权²

(1. 南京大学地球科学系, 江苏 南京 210093; 2. 工程兵工程学院人防工程设计院, 江苏 南京 210007)

摘要:从地质地貌背景、岩性及构造发育特征和水文地质条件等方面探讨了茅山地区岩溶的成因、发育特征和溶洞的形成规模。茅山溶洞发育在苏南地区, 具有典型的代表性, 具有成层性、方向性和差异性的特点。茅山地区的溶洞是一很好的旅游资源, 具有一定的开发潜力。

关键词:岩溶; 喀斯特; 新构造运动; 茅山地区

中图分类号: P642.253

文献标识码: A

文章编号: 1006-7647(2001)07-0036-02

茅山山脉位于宁镇山脉南侧, 北起镇江宝坻, 向南西延伸, 止于青弋江, 与皖南山区隔盆相望, 长约134 km, 宽约2~14 km。茅山山脉地层发育齐全, 中元古界至奥陶系未出露, 志留系至第四系出露较好。由于该地区特定的地理位置和地质条件, 发育有多层喀斯特溶洞, 洞内发育有形态各异的石笋、石钟乳, 据目前勘测的资料来看, 有三层规模较大, 其中仙人洞、玉柱洞、青龙洞等溶洞内各种堆积物发育, 风景优美, 具有很好的旅游开发价值。

1 茅山地区地质地貌背景

茅山地区位于江苏省西南部, 属北亚热带气候区, 也是秦淮河与太湖水系的分水岭地带, 雨量较充沛。该地区的地层单元属扬子地层区下扬子地层分区宁镇地层小区, 主要出露的地层有古生界泥盆系、志留系、石炭系、二叠系, 侏罗系、白垩系也有出露, 山体周围为广泛的第四系地层, 山体基岩以砂岩和石灰岩为主。按构造区域划分, 茅山地区位于淮阳山字形构造宁镇反射弧的脊柱部分, 受加里东运动、印支运动、燕山运动和新构造运动的影响, 褶皱、断层、节理、裂隙十分发育。茅山地区是碳酸盐岩地层发育地区, 见有多层喀斯特溶洞发育, 据统计全区共有溶洞20多个, 出露标高在110 m左右。按堆积时代可分为中、晚更新世和全新世, 其中以仙人洞、华阳洞、玉柱洞、高居洞、青龙洞等较具规模。

2 茅山地区溶洞的成因及发育特征

2.1 岩性对溶洞发育的影响

按溶岩区域划分, 茅山地区属于扬子准地台元

古代至中生代碳酸盐岩溶区, 区内碳酸盐岩岩层厚, 质较纯, 溶洞均发育于石炭系的黄龙组、船山组及二叠系的栖霞组和三叠系青龙组灰岩中。黄龙组为灰白色略带肉红色微晶生物屑灰岩, 船山组为浅灰色与深灰色互层的厚层生物屑灰岩、微晶生物屑灰岩、微晶灰岩, 这两组岩层易受溶蚀和侵蚀, 发育有仙人洞、华阳洞、玉柱洞、高居洞等4个较大的洞穴, 而二叠系的灰岩含杂质(硅质、泥质)成分较多, 仅在构造有利的情况下才能有少量洞穴发育。三叠系青龙组灰岩为薄层状, 因此大的溶洞不多, 而细小溶洞、溶孔较为发育。由此可见, 由于各组灰岩厚度、岩性不同, 使得溶洞的发育程度存在一定差异(见表1)。

表1 茅山地区碳酸盐岩的成分与厚度与溶洞发育的关系

地 层	岩 性	溶洞发育情况
石炭系黄龙组(C ₂)	灰白—灰黑色中厚层灰岩	有较大溶洞发育
石炭系船山组(C ₃)	灰—灰白色微带肉红色厚层灰岩	有较大溶洞发育
二叠系栖霞组(P ₁)	灰黑色灰岩、含杂质(硅质、泥质)较多	构造有利条件下有少量溶洞发育
三叠系青龙组(T ₁)	薄层黄绿色灰岩	仅有细小溶洞发育

2.2 构造对溶洞发育的影响

地质构造(尤其是新构造)与岩溶发育的关系极为密切, 它不仅控制着岩溶发育的方向, 而且还控制着岩溶发育的规模和大小, 构造对溶洞发育的控制作用突出表现在溶洞的发育形态是岩溶水沿优势导水断裂空间扩大的结果。

茅山地区位于扬子板块与华南板块的交界过渡带上, 属于远离板块边界的大陆板块内构造, 它是中元古界扬子区下元古代结晶与江南中元古界地槽褶

基金项目: 教育部青年教师资助项目(教技司[2000]143号)

作者简介: 许宝田(1976—), 男, 江苏海安人, 硕士研究生, 主要从事工程地质研究。

皱基底的分界线,受来自西南方向相距 2 000 km 的印度-欧亚板块碰撞的影响,盖层内发育中生代以来形成的一系列北东-北北东向与北西-北北西向构造,其中以北北东向的茅东断裂最为活跃.茅山地区新构造分区以茅东断裂和芳山-溧阳断裂为界,可划分为两个区,东部为珥陵-金坛徐缓沉降区;西部和南部为茅山-宜溧间隙性抬升区.

在茅山-宜溧抬升区内广泛发育三级夷平面和四级阶地,成层喀斯特溶洞大多发育于本区内.受新构造运动的影响,该区岩层产状多变,而节理、裂隙、断裂十分发育,多以 NNE,NNW 为主,因此岩溶水沿此方向溶蚀和侵蚀碳酸盐岩,岩溶洞穴也大多沿此方向发育,形态上通常表现为少分枝的裂隙状,仙人洞、高居洞等规模较大的溶洞均发育于该区内,个别的溶洞则沿着两组裂隙面的交汇点发育.由于新构造运动具有间歇性抬升的特点,受其控制的岩溶水也大多循着水平—垂直—水平的方向运移流动,因此本区内的溶洞在垂直方向上也具有成层分布的特点.这里以仙人洞为例,从勘察资料来看,仙人洞洞口呈南西向,洞内地层产状约为 $N70^{\circ}E/NE\angle 70^{\circ}$,洞内常年滴水,发育有各种形态的石笋、石钟乳.洞内挖出的泥土和沙砾成分为茅山组砂岩及灰岩,与洞内岩石成分不一致,说明这些外来成分是通过地表水沿优势面渗漏带进洞内的.在二层和下层内发现地层岩性为断层角砾岩、碎裂岩,雨后有渗水.仙人洞基本沿优势断裂带发育,这些断裂、裂隙近期仍有活动,且具有良好的导水性能,从而使地下水活动汇集于断裂带内,造成洞内常年滴水,促进了溶洞的发育.

同时,喀斯特溶洞的发育也受当时当地潜水面控制,块段抬升或基准面下降,溶洞就暴露出地表,仙人洞的成层分布与新构造运动的间歇性有密切关系.自晚第三纪以来,茅山及西侧隆起地区作继承性、间歇性、差异性抬升,由于断裂、裂隙或层间剥离断层的存在,造成具强溶性的外源水直接进入优势断裂带及其附近的裂隙网络中,潜水面下降,使得流路缩短、水力坡度增加,水体下切能力增强,并溶蚀、冲蚀构造岩和裂隙,沿原来地下水面发育的溶洞就抬升为干洞,随后,地壳保持相对稳定,则在新的潜水面附近通过地下水横向溶蚀发育低一级的第二层溶洞,从而形成了今天仙人洞上层和二层的阶梯型地形(图 1).此后,地壳继续抬升,由于局部侵蚀基准面的下降及裂点的出现,岩溶水通过断裂、裂隙下渗,形成了连接二层和下层的落水洞,造成新的局部侵蚀基准面,两层之间通过陡坎或竖井连接,最终形成了现今仙人洞的楼层式洞穴.各级溶洞的高度常与河流阶地一一对应.



图 1 仙人洞纵剖面示意图

综上所述,新构造时期以来,茅山-宜溧地区作间歇性抬升,使得茅山地区洞穴的发育既有阶段性又有继承性,导致了洞穴的成层分布,其中以仙人洞(3层)、青龙洞(2层)等较为典型.

2.3 地貌、气候、水文地质条件对岩溶发育的影响

茅山地区处于北亚热带气候区,年平均气温在 15°C 以上,年平均降水量 1 000 多 mm,且多集中于雨季(4~8 月份),雨时长,强度大,频度高.充沛的水源和湿润的气候,为溶洞的发育提供了重要的水动力条件.茅山上良好的植被和土壤拦截了大量的地表水,同时提供了丰富的 CO_2 和各种无机、有机酸类物质,加速了岩石的化学溶解,促进了溶洞的发育.

在静水条件下,碳酸盐岩在浓度差作用下通过扩散而运动;在动水条件下,通过机械冲蚀扩散促进其溶蚀.后者比前者溶解速度快 100~10 000 倍,且酸度越高,温度越高,表面反应程度越高;水动力条件越振荡,扩散传输的程度越高.

溶洞在本区大多发育于低山丘陵的分水岭地带.由于分水岭地带汇水面积小,又无大的地表河,故地下水埋藏较深,主要通过沟谷排泄.充沛的雨水沿着断层、裂隙渗入带内时,形成的水动力以垂直方向为主,使得这一地区溶洞的高度普遍大于宽度.

茅山地区的碳酸盐岩被新构造断裂切割成不同形状和大小的块体,当这些岩体位于潜水面以下时,由于裂隙水的不停运动,溶解并拓宽裂隙,最终形成溶洞.而溶洞又反过来控制着岩溶水的运动,使之成为具有统一地下水位的岩溶水系统.

3 溶洞的旅游资源

溶洞是大自然塑造的“地下宫殿”,它具有多种造型、结构、色彩和动人的音响,是令人神往的人间仙境.它的主要功能是观赏、旅游和进行科学研究,以及独特的医疗效果.通过这种探索和研究可增加人类对大自然的认识和热爱.茅山地区发育的溶洞除了具有其独特的造型、声响外,还有大量的文物、动植物化石.如能做到科学的开发利用就会获得永续利用的回报.该地区的多层喀斯特溶洞多在 80~110 m 标高上,洞深 20~30 m,最深的印宫南仙人洞达 238 m.

(下转第 52 页)

由 f_3 与 NNE 向陡倾角 IV 级结构面或一组卸荷裂隙组合成的楔形体滑动。

b. CSMR 边坡岩体分类方法结果表明:强风化或强卸荷岩体分布地段边坡稳定条件差,弱风化卸荷岩体分布地段边坡稳定条件一般,微风化-新鲜岩体分布地段边坡稳定条件好。

c. 定位楔形体稳定分析结果表明:由 f_3 与一组卸荷裂隙构成的楔形体安全系数较低,其稳定性对

卸荷裂隙的 c 值较敏感。

d. 随机楔形体稳定分析结果表明:进水口边坡开挖后,不稳定随机楔形体多出现在深度 15 m 以内,一般不超过 20 m。

e. 在水库蓄水后,结构面的强度将会降低,水位骤降也会影响边坡的稳定,因此,必须考虑适当的处理措施,增加进水口边坡的稳定性。

(收稿日期:2001-07-01 编辑:张志琴)

(上接第 37 页)

仙人洞总长 900 余 m,计划开发利用的约有 240 m,面积达 250 m²。仙人洞由上、中、下三层洞穴组成,上洞长 30 m,面积 26 m²,顶部悬挂有“骆驼”、“佛像”等各种造型的钟乳石;中洞总长 55 m,面积 65 m²,发育有 4 个厅,厅内石笋、石钟乳发育,壁上布满“石葡萄”,洞底钙华铺地;下洞总长 130 余 m,面积 156 m²,除了可见“石帘”、石钟乳及各种造型的滴水外,最具特色的是有多处响水坝。在离下洞出口约 40 m 处的一响水坝为洞内最低点,洞内水流由此进入暗河,形成潺潺流水响声,令人心旷神怡,洞底流水深约 30 cm,终年不断。洞内发现有隋、唐、五代、宋、元、明瓷器片及明代釉陶壶。

青龙洞洞长 150 余 m,由上下两层洞穴组成,其洞径较大,均在 4 m 以上,最大可达 13.5 m,高在 10 m 以上。洞内曲境幽静,“山、石、廊、庙”琳琅满目,一应俱全,颇具苏州园林色彩。又如玉柱洞,洞长 30 m,洞高约 2 m,洞顶小钟乳石遍布,常年滴水,且随降水量的多少而变化。

此外,茅山地区溶洞人类利用的历史悠久,化石丰富。在洞内采集了大量的古脊椎动物化石,时代均为中更新世至晚更新世之间。洞内还发掘了许多有价值的考古文物。值得一提的是华阳洞,据记载曾是三茅祖师修炼得道的圣地,具天下“第一福地第八洞天”之称,华阳洞洞名石刻便是北宋政治家、文学家、书法家苏东坡的真迹。在华阳洞内发现了鹿、斑鬣狗、棕熊、水牛、小动物牙齿等化石以及唐朝至明朝时期的筒瓦、铁鎏金龙片、金圈、瓷器盖等文物。

4 结 语

茅山地区的岩溶洞穴是该地区岩石、构造(特别是新构造)、气候、水文等因素的综合作用的结果,具有介于南方湿润气候型和北方亚湿润气候型岩溶地区之间的苏南地区岩溶区的发育特征:①岩溶发育主要受构造影响,结构简单,具成层性,且具有一定

的方向性;②岩溶发育受地貌影响,溶洞发育高度普遍大于宽度;③溶洞在不同的灰岩段内发育程度存在差异。同时茅山地区岩溶洞穴如仙人洞、华阳洞等具有一定的规模,洞内发育各种造型的钟乳石,景色优美,且依山傍水,距南京、镇江、常州均为 60 ~ 70 km,水陆交通便利,具有良好的旅游开发价值。

(收稿日期:2001-09-19 编辑:熊水斌)

(上接第 39 页)

5 结 语

现行岩石(体)力学严格来讲应属于加载岩石(体)力学范畴,而岩体工程开挖形成的二次应力场中,切向应力表现为加载,径向应力表现为卸载。从力学本质上来分析主要是卸载。岩体工程在加载与卸载条件下,其力学特性有本质区别。因此在岩石(体)力学分析研究中首先应划分加载区域和卸载区域,加载方向与卸载方向,加载与卸载的力学状态,然后在研究卸荷岩体工程地质特征的基础上,建立不同的物理力学模型,采用不同的物理力学参数,才能合理地分析卸荷工程岩体的强度与变形特征。卸荷岩体非线性模型的应用过程中关于开挖释放荷载的计算一直存在算法上的争议,本文从新的角度计算开挖面上的应力,精度较高。

卸荷工程岩体的研究是岩体力学研究的新领域,其地质特征、力学参数、本构模型与计算方法的研究亟待进一步加深与完善,卸荷岩体的动力特性、渗流场与应力场的耦合等问题有待进一步补充。

参考文献:

- [1] 郑颖人. 岩土塑性力学基础[M]. 北京:中国建筑工业出版社,1989.
- [2] 哈秋龄. 节理岩体卸荷非线性岩体力学[M]. 北京:中国建筑工业出版社,1998.

(收稿日期:2001-07-08 编辑:马敬峰)