



地理小丛书

奇异的溶洞

曾昭璇 钟新基

中国青年出版社

地理小丛书

奇异的溶洞

曾昭璇 钟新基

中国青年出版社

奇异的溶洞

曾昭璇 钟新基

*

中国青年出版社出版

中国青年出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

787×1092 1/32 2.5 印张 29 千字

1980 年 11 月北京第 1 版 1980 年 11 月北京第 1 次印刷

印数 1—11,000 册 定价 0.22 元

目 次

一	古代人们对溶洞的认识·····	1
二	坚硬的石灰岩里面空了·····	4
三	水溶蚀石灰岩的秘密·····	7
四	地下水流动在石灰岩中·····	10
五	溶洞的分类和它们的地形特点·····	13
六	地下河及其溶洞地形·····	16
七	溶洞会分好几层·····	24
八	我国南方“逢山有洞”·····	26
九	石山中的侧洞·····	31
十	石山下的脚洞·····	36
十一	石山中的穿洞·····	42
十二	广东肇庆诸洞——石室、双源洞和出米洞·····	46
十三	桂林诸洞——七星岩和芦笛岩·····	51
十四	宜兴诸洞——善卷洞和庚桑洞·····	57
十五	浙江金华北山三洞·····	62
十六	贵州独山仙人洞·····	66
十七	北京房山县云水洞·····	70
十八	岩洞的利用和探测·····	73
十九	岩洞研究展望·····	77

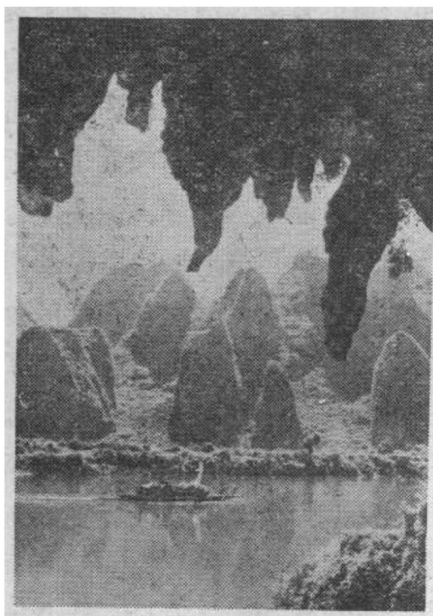
一 古代人们对溶洞的认识

我国是一个多山的国家。在不少的山上，有许多非常神秘的洞穴。这些洞穴往往出现在石灰岩分布的地方。人们把这些石灰岩中的洞穴，称为“溶洞”。

大大小小的溶洞，对古代人类的生活特别重要。因为当时生产力水平很低，人们住在岩洞中，可以躲避毒蛇猛兽的危害和风霜雨雪的侵袭。有些洞穴地势高爽，冬暖夏凉。洞穴群还有厅有房，有时还有清泉流出，真是一座天然的好房屋。无怪乎今天考古工作者都向岩洞中寻找古人类的化石。五十年前在北京附近的周口店，我国学者就找到了北京直立猿人的头盖骨化石。考古发掘表明，北京猿人居住在一个洞口朝南的洞穴之中。这里的确是个保存火种，煮食和贮藏食物过冬的好地方。在南方的韶关马坝山洞中，找到了马坝古人化石。他们住在洞口向东南的一个山洞里。洞口低平，洞内宽阔，有一个大厅和一个大房，地势高爽，是个很好的天然石屋。此外山顶洞新人、资阳新人、麒麟山新人等等也都是在山洞里发现的。江西万年仙人洞、桂林的甑皮岩也找到八千年前母系社会居

民的住所。这和我国古书《易经·系辞》中所记载的“上古穴居而野处”的情况是一致的。可见我国关于溶洞的记载在古代就有了。

我国古书《山海经》就记载了不少岩洞。例如在《南次三经》中写道：“南禺之山……其下多水，有穴焉，水春辄(zhé)入，夏乃出，冬则闭”。意思是说南方有个南禺山……山下有水流，还有洞穴，春天水总是流进去，夏天水才流出来，冬天就干涸了。这是描述由石灰岩所成的一座石山。因为在石山的山脚有许多落水洞，吸引地面流水流向石山，再透入地中，所以在春天



多雨时，地面水流进石山里。夏天，南方多雷雨，雨势强大，地下水位升高，使石山的山脚洞穴反而成为石山地下水的流出地点。冬天无雨，地下水面降低，石山脚下的洞穴也就干涸了。可见两千多年前的古代，人们就已经对岩洞有了相当正确的记录。往后，记载就更

加详细了。例如在两千年前的《神农本草经》里，就记录了岩洞中的石钟乳可作药用，可见当时对岩洞又有了进一步认识，而且采集了石钟乳作药材。正式探测岩洞的记载，是在一千七百多年前的三国时代，吴大帝孙权派人去查探太湖洞庭山上的岩洞。在欧洲直到二百多年前的一七四八年，才有奥国国王派人对岩洞进行探测。我国在一千四百年前的隋代，已经有人把大量的洞穴记载编辑成书，称为《穴篇》（见虞世南：《北坑书钞·地部》）。八百多年前，范成大在《桂海虞衡志·志岩洞》一篇中，专门论述了桂林岩洞二十六个。此外，还记录了广西其他地方的岩洞，并绘有图，可称为岩洞的专门著作了。三百多年前，明代徐霞客更进一步考察了我国西南各省的岩洞，达一百个以上，写成《徐霞客游记》，成为我国古代记录洞穴最丰富的文献。这些都是我们今天研究岩洞的宝贵资料。

二 坚硬的石灰岩里面空了

石灰岩是很坚硬的岩石,如果用铁锤敲击它,会冒出火星来。它的抗压力很强,在一平方厘米面积上能承受一千三百公斤的压力而不破碎。这简直和顽石花岗岩一样坚固。但是人们却又常见石灰岩山地有着巨大的溶洞,深入山体内部。例如广西有座勾漏山,就是因为山体多洞穴,有“曲勾通漏”的奇怪形态而得名。在云贵高原上修建铁路开凿隧道时,在坚固的石灰岩山体内部,居然也遇上巨大的溶洞。又如,在滚滚奔腾的长江三峡中,地下一百五十多米深处也有溶洞发现。人们在找矿、探油等钻探过程中,也常发现地下深处的洞穴。如广西合山煤矿在三百三十多米深的地下遇到溶洞;湖南恩江煤矿在三百五十米的深处也发现溶洞;华北平原在地面下一千多米处的石灰岩层中也发现有溶洞发育。

外国的例子也不少。如欧洲北阿尔卑斯山区,在地下九百米深处发现的溶洞,体积达一千立方米以上;苏联乌拉尔山西部煤矿区,地下一千二百米深处,还见有溶洞发育;美国佛罗里达半岛油田区,在地下七百六

十二米深处发现有二十七米半高的大洞穴，在地下一千零六十七米深处，还发现十五点二五米高的溶洞，等等。

这说明了一个问题，就是不论石灰岩层躲到地下多深的地方，也要被钻空。那么是什么东西把石灰岩钻出洞的呢？是水。地球表面的石灰岩层，不管它怎么坚硬、深厚，只要一遇到水就得让它慢慢地溶蚀，水使石灰岩体溶解消失。

石灰岩原是在水深超过六十米的海里、湖里，水中含有的过量钙质析出来，沉积在水底形成的。它的化学成分主要是碳酸钙(CaCO_3)和碳酸镁(MgCO_3)。由于它们是呈胶体微粒胶结，岩性特别坚固。但是也正由于它是由这两种矿物组成，而这两种碳酸盐都有溶于水的特性，所以也就最怕水。

水分是由于岩石有孔隙的性质而得以钻进岩石里面去的。即使最密致的微晶灰岩，也有百分之二的孔隙率。这就是说，单位岩体之中，孔隙占岩体体积的百分之二。在生物微晶灰岩中，孔隙率竟高达百分之二十五。这样，水分便可渗入到岩体深处，并且沿着易于溶解的部分，进行溶蚀。这种水叫做渗透水。一般来说，碳酸钙结晶体或结核是比较难溶蚀的，但是在晶粒间缝合线上，就比较易于溶蚀。因此，沿着晶粒间缝合线，就可形成溶蚀孔隙。易溶的晶体(如石膏晶体等)，

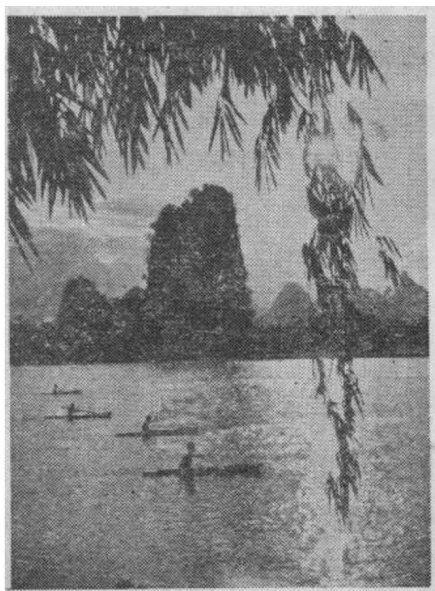
也可被裂隙水溶蚀掉,形成微孔。所以,只要有水分渗入,石灰岩体内就可以产生溶蚀作用了。岩体中溶蚀产生的缝隙和微孔,就形成了岩体进一步被溶蚀,产生溶隙和溶孔的条件。溶隙和溶孔又逐渐溶蚀扩大,最后形成洞穴。不过,溶隙和溶孔应跟洞穴区别开来。因为我们不能把口径只有几厘米的溶孔也称为溶洞。溶孔也可以在岩面上生成,并不一定都在裂隙或岩层面一类岩体薄弱的地方发育。

在薄层石灰岩中发育的溶洞,例如江苏善卷洞,那里的灰岩,层理很薄,水的溶蚀就更容易沿着层理之间的接触面侵入,经受过多次造山运动压力作用的石灰岩层,又有很多裂隙存在。这些裂隙称为“节理”。节理也就成为水分侵入的路径。这种水叫做裂隙水。它和渗透水同样是形成洞穴的溶蚀力量。因为裂隙水的水量大,水的通路也较宽阔,水流速度比在孔隙间慢慢潜移的水要快得多,每秒可移动一厘米。在宽半厘米的裂隙内,水的流速可达每秒十厘米。而在孔隙中的水要移动十厘米却要用整天的时间了。所以裂隙水的溶蚀力,比渗透水更强大。我们现在所见的洞穴,多数是沿着裂隙(包括断层)发育而成的。

三 水溶蚀石灰岩的秘密

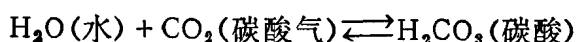
坚硬的石灰岩,能形成上千米高的参天石山,峭壁入云,非常雄伟。但是,在有水流过的地方,岩体却被溶蚀着,使它逐渐地消失。

人们一般所说,碳酸钙(CaCO_3)能溶于水,这是对的。但是在科学上,这样讲并不准确。因为在水中,碳酸钙是能有钙离子(Ca^{++})和碳酸根离子(CO_3^{--})产生,但是溶解量却很小。例如一升水在温带地方,水温为摄氏八点七度时,可以溶解灰岩十毫克;在热带地方,水温为摄氏二十五度时,可以溶解灰岩十四点三毫克。但是,碳酸钙如果遇到含有酸(如碳酸、硫



漓江边的石山

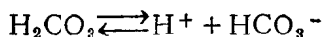
酸、硝酸等)的水时,溶解量就大大增加。例如在一升含有一毫克游离碳酸的水中,灰岩的溶解量即增为六十毫克。实际上,自然界的雨水和地下水都并非纯水,而是带有酸的水。石灰岩能溶解在这样的水中。雨水在下降过程中,溶解空气中的二氧化碳(CO_2)。在雷雨时,雨水又把闪电过程中形成的硝酸溶解。至于地下水,所溶解的酸,就更多些。由于地下有机物质的分解,放出有机酸、硫酸(如红树林的分解时即可析出)等,和放出大量的 CO_2 ; 植物根系的呼吸作用也放出 CO_2 , 这种“生物碳酸”溶于水,中就使地下水中的 CO_2 含量增加,并且有一部分跟水化合成为碳酸。这种带酸的水就加强了对碳酸钙的侵蚀作用。二氧化碳跟水的反应方程式是:



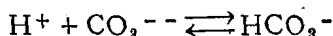
溶于水中跟水化合的 CO_2 叫做“侵蚀性碳酸气”。其余溶解于水中的 CO_2 , 因没跟水化合,只呈物理溶解状态,就叫做“非侵蚀性碳酸气”。通常,侵蚀性 CO_2 所占的比例数很小,在摄氏四度时,水中的 CO_2 只有百分之零点七跟水化合,其余的百分之九十九点三均呈物理性溶解状态。

碳酸是怎样加强了水对碳酸钙的侵蚀呢?

碳酸(H_2CO_3)在水中,也是呈离子状态存在的,分为氢离子(H^+)和重碳酸根离子(HCO_3^-),即:

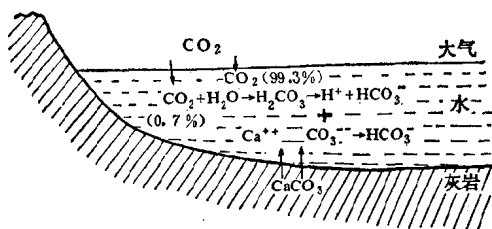


当氢离子(H^+)遇上由 CaCO_3 析出的碳酸根离子(CO_3^{--})时,也会形成重碳酸根,即:



这样,水中的碳酸根离子(CO_3^{--})就不断地消耗掉了,要从石灰岩体,再溶解分离出碳酸根离子来补充。因此,石灰岩体要不断溶解于水中,才能满足含碳酸的水的要求。这样,石灰岩就慢慢地消溶着。在这一过程中也消耗了氢离子。这种氢离子的消耗,就得由水中呈物理溶解状态的 CO_2 跟水化合,生成氢离子来补充。这样,非侵蚀性的 CO_2 就转变为侵蚀性的 CO_2 了。当水中所含的 CO_2 减少时,就由空气中的 CO_2 溶于水中来补充。也就是说,由于溶蚀石灰岩而使水中的 CO_2 失去平衡状态,要由空气中的 CO_2 来补充平衡。这样,石灰岩的溶解速

度和空气中的 CO_2 溶于水的速度有关。在热带比温带溶解速度要快些。例如在



碳酸钙被溶蚀过程示意图

热带地方一天以内即可补偿,而在温带地方常要一天以上才能补偿。一般估计,温度每升高摄氏十度,溶蚀速度提高一倍。

四 地下水流动在石灰岩中

岩洞是现在或者从前的地下流水溶蚀作用所形成的地貌。因此,地下水的流动方式,也就决定着洞穴的形态特征。

一般地表流水,是顺着斜坡流向谷地低处的。但是在石灰岩地区,地表流水却可以顺着地面发育出来的溶孔透入地中。随着地表水下透时溶蚀出来的溶孔、溶隙等不断发育扩大,在地表形成了落水洞,再沿节理扩大形成落水坑等。这样,地表的流水,就不再沿着坡地流入河谷低处,而是流向有落水洞、落水坑发育的石灰岩出露的地方。落水洞扩大了,地面就呈现出一个个小盆地形状的凹地,叫做“圆洼地”、“漏斗”等等。这样,地面上的流水,大部分就在这些洼地中,下透到地下深处。因此,石灰岩地区,地表上没有洪水横流的状态,只有在河谷底部,才能见到河水奔流。地表流水在这里变成下透地段,就是说,这里的地下水呈垂直下透运动,故称为“垂直流动带”。但是,这里并不是经常有水的,旱季干着,因此这一带是地下水的通气带。

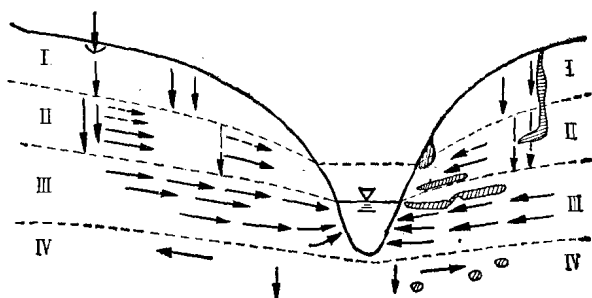
到了岩层内部地下深处,那里经常有水。这就不

能称为“通气带”了，而是不通气的积水带。这带是地下水的集中地区，常年充水，故称为“饱和带”。这里的水可以向水平方向流动，叫做“水平流动带”。在这一带，溶洞是沿水平方向发育的。地下水向河谷底部集中，成为河川可靠的水源。例如贵州高原乌江河谷，洪水时期，在湍急的黄泥水中，常有一涡涡青绿色的水漩，这是因为河底有清泉涌起。泉水承压力大，足以突出于黄泥水中，形成一涡清泉。

在通气带和饱和带之间，由于雨季地下水面上升，干季地下水面下降，形成了地下水位季节性变化明显的一带，称为“交替带”。这里地下水的流动，旱时垂直向下（属垂流带），雨季中又属于“水平流动带”。

在水平流动带下面深层岩洞里，因为不受河流向外排水的影响，水平流动和承压性都减低。水平流动的地下水不会在河底向上涌出。这里地下水的运动是受着重力影响，缓慢地向下移动。由于地下水带有侵蚀性 CO_2 ，故仍能形成溶洞。例如在美国佛罗里达州对两千米深处的地下水，分析了二十六水样，发现仍含有 CO_2 每升达二十五毫克，可称“深层滞水带”。

总起来说，地下水在石灰岩层中的运动，可以分为四带，每带地下水的运动方式不同。因此，各带的溶洞也就形成它们各自的特点，下页的图、表就可以说明。



石灰岩中地下水活动的分带示意图

在石灰岩中地下水的分带和各带溶洞的特点

	地下水带	地下水运动情况	岩洞特征
I	通气带	垂流流动带	垂直性落水洞、落水坑等
II	季节性交替带	旱季属垂流流动带 雨季属水平流动带	有垂直性洞穴和水平洞穴发育
III	饱和带	水平流动带，有承压水流	水平洞穴发育
IV	深层滞水带	重力流动带	溶洞不大

五 溶洞的分类和它们的地形特点

在垂流带中形成的洞穴，一般是以垂直发育为特点的。由于它上通地面，下连地下河，所以人们称它为“落水洞”或“消水洞”。群众称之为“天坑”，也有叫“洞”的。它的下面就是岩洞了。落水洞的形成，在开始阶段中，是以溶蚀为主要的力量。当溶蚀把它扩大之后，下大雨时，地表大量流水集中落水洞，冲到地下河。洪水携带着大量的泥沙石砾，往下倾泻，就象一把水锯子，磨蚀落水洞四周的石灰岩。这样，落水洞也就加速扩大起来了。因此，它的形成，除了水的溶蚀外，机械侵蚀力也是重要的一方面。另外，垂直的洪流下泻，还可使岩体崩塌，扩大落水洞。

落水洞也不是一直向下贯通的。当地表水下透一段路程之后，落水洞就会顺着岩层的倾斜方向，或者节理的倾斜情况而发育。在水平地层中发育的落水洞，象阶梯那样逐级下降。它在节理众多的地层中发育时，又会呈曲折环回的形态，表示落水洞的发育是充分受到岩层层面和裂隙系统的支配。

有些落水洞很深，如长江三峡两岸的落水洞（即天