

钟乳石与古环境

刘育燕

饶怀德

钟乳石千姿百态、绚丽多彩。钟乳石本身还蕴含着极其宝贵的古气候、古地磁等古环境信息。

钟乳石是岩溶洞穴的石灰岩在漫长的岁月里经溶蚀作用而再次结晶形成的二次生成物。根据同位素的热力学性质,钟乳石所含氧和碳的稳定同位素比会依气温的变化而波动。因此,我们可以如同由测量深海沉积物中的贝壳和有孔虫化石的氧和碳的稳定同位素比而反推古海水温度一样,由测量钟乳石的氧和碳的稳定同位素比来反推其形成时的古气温。另一方面,由于石灰岩溶蚀母液内不可避免地存在着不溶性磁性矿物,它们在钟乳石形成时,会受当时当地的地磁场作用而被该场定向固结于钟乳石晶体内部或晶体间。从而又使钟乳石变为具有沉积剩磁的“磁化石”。根据古地磁学原理,我们可由此磁化石的磁化方向来反推钟乳石形成时的古地磁场方向。正是由于以上两种原因,钟乳石成为一个同时具有古气候和古地磁数据的双重信息库。

需要说明的是,由于钟乳石(在某段时间内)总是连续生长的,而又是生长于季温差及磁干扰比较小的洞穴之内,因而使这种古气候和古地磁信息成为随时间变化的连续函数、并具有较高的可信度。

更为有趣的是,如果我们同时对同一钟乳石做古气温和古地磁测量,则又有可能同时得到这两个古环境信息的相关关系,从而把古环境的研究由孤立分析到相关联系、由表面现象到内在机理,推进到一个更高的研究水平。

国际上进行上述研究的先驱者有现居英

国的加拿大人Latham及其合作者、日本的Morinaga、Inokuchi及Yaskawa等人。他们不但指出了古气温与古地磁呈正相关关系,而且将这种关系函数的时间轴拓宽到了1.5万年。

本文笔者之一目前正在日本对中国的洞穴二次生成物进行研究,就初步结果看,我国的钟乳石具有如下特点。

1. 所获数据可信度高于相应的日本样品。比如,在磁性稳定性试验中,通过对钟乳石进行交流退磁,发现几乎所有样品的原生剩磁都很强。而且,除极个别样品外,其磁化方向都集中于一起。

2. 所获数据能在整体上进行国际对比。比如,所得到的古地磁场长期变化曲线能很好地与英国以及日本的相应曲线在形态特征上进行对比。

3. 所获数据能反映出中国的局部特点。比如,中国的古地磁场长期变化曲线在与英国相应曲线进行对比时,存在一明显的相位差。这有可能成为地磁场“西向漂移”的一个良好例证。再比如,中国的磁极移曲线较英国相应曲线偏离地理轴。这也许是由于受固定性非偶极子场影响所致?

至于稳定同位素比,也有类似对比。总之,中国的钟乳石数据不仅验证并充实着该项研究,而且,还以其有别于国外的特点不断地对该项研究提出新问题。

我国岩溶分布占全国面积的1/7以上。洞穴二次生成物既可来自于不同气候条件下,又可发育于不同地质年代中,还可形成于不同海拔高度上。其类型之繁多、发育之强

(下转28页)

的季节变化。在气温和降水有明显季节变化的地区,利用“季节效应”可以查明岩溶地下水或裂隙地下水补给与季节的相关性、判明特大暴雨事件的影响,定量地评价不同补给所占的比率,从泉所排泄的混合水中区分出基本径流。

利用水分子稳定核素的质量数之差可以有效地判断地表水与地下水之间的相互关系。凡参与现代大气水循环未经显著蒸发的陆域天然水均符合克雷格关系: $\delta^2\text{H}=8\delta^{18}\text{O}+10$ 。开启水系的蒸发产生 $^2\text{H}-^{18}\text{O}$ 关系的不可逆效应,使关系式中斜率降低为4~6,即蒸发水体(湖泊和水库)富集 ^2H 和 ^{18}O ,其氘盈余往往低于当地降水。河流通常排泄全流域内不同高程上的大气降水,因此,与受当地降水补给的地下水相同,其氢氧稳定核素的质量数往往偏小。依据地表水与地下水稳定核素质量数的上述差异,可以鉴定水水的实际运移量,从而有效地确定是地表水补给地下水,还是地下水补给地表水。检验含水层等水位线与地表水水位之间的关系,也可以查明上述问题。然而,当含水层渗透性变化很大时,则难以从水的实际运移方面解释水位的差异。

利用水分子稳定核素质量数之差可以有效地判断含水层之间的越流,并作出定量评价。这可以弥补水动力学方法在固结岩石或某些多孔介质中应用时不能鉴别水的运动的不足,也可以克服水化学方法因离子在运移途中的变化而带来的多解性——因为水分子稳定核素在运移中一般不发生变化。如果 ^2H 和 ^{18}O 在不同层位地下水中的含量没有差异,则可利用 ^3H 、 ^{13}C 、 ^{14}C 、 ^{34}S 的测量判断越流。

在原子核结构的层次上能够区分水中溶质的不同来源。这是因为有些溶解物质中含有特殊的核素成分可以作为其起源的标记。许多稳定核素(^{13}C 、 ^{15}N 、 ^{34}S 等)和放射性核素(^3H 、 ^{90}Sr 、 ^{238}Pu 、 ^{244}Cm 、 ^{137}Cs 等)

被用来检测水—环境的污染物质。

在原子核结构的层次上能够定量和定性测定水的年龄,有效地示踪水运动的速度和轨迹。这是因为放射性核素的衰变是自发的,不受外界条件影响;而环境氡参与水分子构成,是天然水理想的时钟和示踪剂。利用核爆炸使1963年大气中环境氡浓度增高2~3个数量级这一“氡事件”提供的信息,可以判断现代补给的存在,估算短时间的周转期,定性地区分析水(近年来大气降水补给水)和老水(其中至少含有1952年以前大气降水补给水的水)和定量地计算这两种水的比例,借助于适宜的水运动模型定量评价地下水的年龄,研究非饱和带水分运移,以及研究饱和带新的垂直分层等。利用 ^{14}C 和其它环境放射性核素,还可以提高测年的时间域。

总之,应用同位素的核技术,使水资源学的研究方法发生质变,从水分子层次(物理学方法)、原子层次(化学方法),深入到原子核层次(同位素方法)。环境稳定核素对水溶剂与溶质起源的标记作用、环境放射性核素对水运动的示踪和计时作用,这二者使同位素技术成为水资源学的现代的精确手段。水资源工作者日益广泛地把同位素技术作为辅助的、有时是唯一的手段以解决水—环境研究中的困难问题。可以说,现代水资源学是以同位素技术的广泛应用为显著特征的。

(地矿部水文地质工程地质研究所)

(上接26页)

烈,是世界上任何国家所不可比拟的。如果我们能够很好地利用这一得天独厚的条件,并对上述研究给予足够的重视,那么,我国的钟乳石古环境研究定将出现一个后来居上的新面貌,而岩溶洞穴的研究也将会因之而获得重大进展。