

[气候变化的故事]

钟乳石的气候变化故事

文_叶 谦

叶谦，博士，曾任中国气象科学研究院兼职研究员、中国气象局华风影视集团高级顾问、世界气象组织北京 2008 年奥运会预报演示项目社会经济影响评价课题首席科学家。现任国际全球环境变化人文影响中国委员会（CNC-IHDP）副秘书长、国际全球环境变化人文影响计划（IHDP）主任特别顾问，IHDP 核心计划综合风险防范计划执行主任。研究领域包括：卫星气候学、气候变化的社会经济影响及全球变化等。



图 1 钟乳石、石笋和石柱

自然界中的“水滴石穿”现象常常被用于鼓励人们做事情要有恒心，只要坚持和不断努力，就会有所成就。但是，对广泛存在于碳酸盐岩地区洞穴内的钟乳石，他们的形成却反其道而行之，是典型的“水滴石长”的反向过程。

钟乳石是由含有二氧化碳的地下水在流经石灰岩层时形成的。含有二氧化碳的水与石灰石中的碳酸钙发生反应，生成碳酸氢钙溶液。当这些溶液顺岩洞中裂缝而下抵达洞穴顶部时，溶液和空气接触，产生了逆向的化学反应，随着水的蒸发，

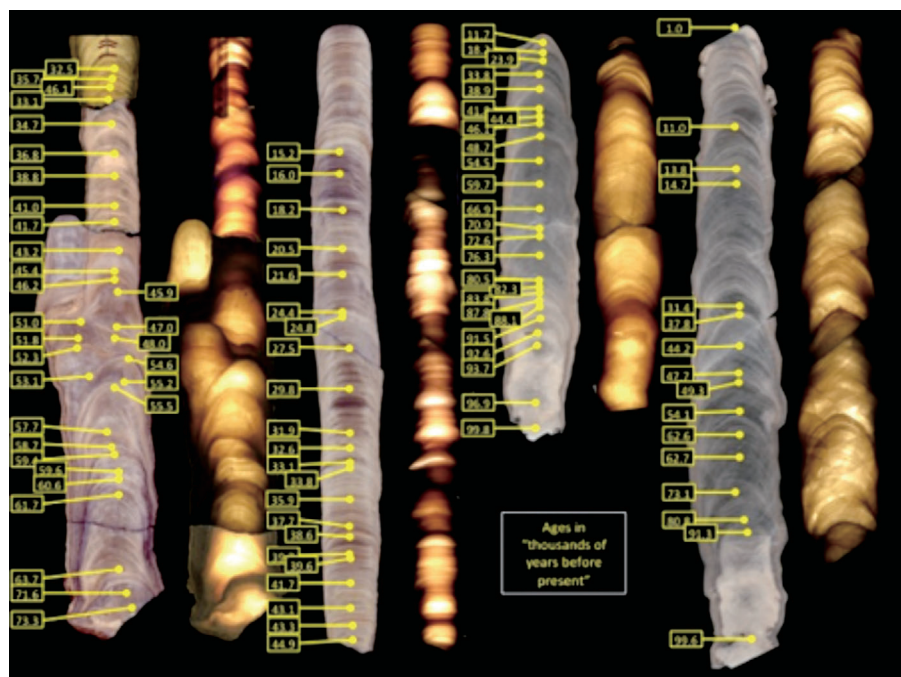


图2 精确测量石笋每一层所处的年代

碳酸钙被沉淀出来，在洞顶逐渐形成冰锥状物体。这种类似北方冬季屋檐下冰柱的石头，地质学上称之为石钟乳，也叫钟乳石。当然，洞顶水滴也会落在地上，在地面沉淀后日积月累形成直立的笋状柱体，叫石笋。石笋常与石钟乳上下相对，经过千万年的生长，有些石钟乳和石笋最终会连接起来，成为石柱。科学测量表明，钟乳石每年平均增长率只有0.13毫米。

早在1952年，美国科学家就通过钟乳石测定碳酸钙来分析回溯自然环境的变化。科学家发现，钟乳石和石笋在形成过程中一般会沿着表面以不同厚度向下延伸，形成涟漪层，类似于树木年轮，俗称钟乳石年轮。与树木年轮相同，钟乳石年轮的生成也有着复杂的因素，其中，降雨和温度起着重要作用。

在过去近半个世纪，对极地冰芯和高纬度北大西洋深海沉积物的持续钻探奠定了古气候研究的观测基础，至今已经揭示了过去近50万年的地球气候变化。但是，由于这些实际证据都是在高纬度地区，对热带地区气候是如何变化

的，尤其是与全球气候变化密切相关的厄尔尼诺现象，则难以给出直接答案。热带地区大量存在的钟乳石因此而自然进入到科学家的研究视线。

科学家发现，洞穴石笋碳酸钙氧同位素组成反映了洞穴外部降水的氧同位素组成，而降水的氧同位素组成又与当时洞穴外的降水量密切相关。因此，钟乳石和石笋中形成的每一层水滴中都含有当时年代的环境成分。通过一种称之为铀系不平衡法的测量技术，即通过测定石笋中铀元素的衰变周期，以及由于铀衰变时放出氢而生成钍的量，科学家可以精确地测出石笋每一层所处的年代，而每层同位素的变化又反映了当时大气降水的同位素成分。利用流体力学、地球化学和物理理论等多学科专业知识，通过对不同层的碳酸钙浓度进行分析，科学家最终建立了数学模型来确定各种气候阶段的降水变化（图2）。

最近，美国科学家通过分析采集自西太平洋加里曼丹岛的石笋样本（图3），已经重建了热带西太平洋过去57万年的气候历史。

对这些样本资料的分析，科学家发现以往的气候变化理论存在着重大缺陷。例如，在高纬度地区古气候研究中，科学家发现大约43万年以前，曾经发生过一次被称为“中布容事件”（Mid-Brunhes Event, MBE）的气候极端现象。该事件中，中高纬度地区的峰值温度和大气中的二氧化碳突然大幅度上升，一些人也由此推测赤道地区也有同样的情景出现。

而在对加里曼丹岛石笋记录进行仔细分析后，科学家不但没有发现热带地区有过同样气候极端事件的证据，相反，在高纬度地区出现冰期与间冰期的剧烈转变时，热带地区的降水水平基本保持不变。石笋记录为证明热带与中高纬度地区气候变化存在不同的变化规律提供了实证！

石笋除了记录下长周期的气候变化外，由于它与降水的紧密关系，还特别明确地揭示出了热带地区厄尔尼诺现象的变化规律。在厄尔尼诺事件发生时，加里曼丹岛附近的热带暖水域移向太平洋的中心，导致该地区极度干燥，石笋中氧同位素的显著变化也为科学家提供了研究厄尔尼诺现象历史演变规律的有力证据。



图3 美国科学家在采集西太平洋加里曼丹岛的石笋样本

随着科学技术的进一步发展，科学家还会发现和利用更多来自于地球自然系统所记录下的气候变化，在深入掌握过去曾经发生过的气候变化规律的基础上，为人类社会应对未来的气候变化提供更多的科学指导！■