

再访气候变化

同位素研究打开了解过去的科学之窗

JOHN GIBSON 和 PRADEEP AGGARWAL

今年早些时候，政府间气候变化小组 (IPCC) 第 3 份评估报告得出结论说，“愈来愈多的观测结果显示，世界在日益变暖，并且气候系统出现其他变化。”

目前，广泛接受的想法是，最近气候的变暖主要是大气中温室气体浓度增高的结果。温室气体浓度增高，可归结到化石燃料和生物能源的工业燃烧。不过，在特定参数与气候现象间的因果关系以及气候变化对地球水循环的影响方面，还存在很大的不确定性。

水是人类生存的一种基本需要，甚至在目前的气候条件下，淡水是地球上很有限的资源。在地球全部的水资源中，只有不足 0.01% 的水是可供人类消费的淡水。气候变化对地球上淡水资源的影响将对可持续的人类发展产生深远影响。

虽然在更暖的气候中，大量的环境问题——例如海冰和冰川不断融化、地面空气温度升高、天气模式加强、生态系统破坏以及海平面不断上升——预期将影响淡水资源，但这些变化的幅度是

很难预测的。

IPCC 报告得出结论，近些年来，由于全球变暖，地球上的降水模式已发生改变。20 世纪在北半球大陆的大多数中高纬度区，降水可能每 10 年增加 0.5%~1%；在热带（北纬 10°到南纬 10°）陆地地区，降水每 10 年增加 0.2%~0.3%。另一方面，亚洲和非洲的若干地区近几十年发生了多次更加严重的干旱。这些表明地区变化模式更复杂和多变。

为了理解复杂的变化，我们首先必须懂得，地球的气候和水循环从根本上是相互联系的。大气的热发动机，主要是由与水冷凝相关的能量交换驱动的。水蒸气也是大气中最丰富的重要温室气体之一。属于温室气体的还有更直接受人类活动影响的其他少量气体，例如二氧化碳。

我们还必须懂得，缓解或扭转复杂的变化可能很难。这是因为气候变化的种种过程是相互依赖的，它们在人类工业活动以前运作已久。气候变化不是新的现象，尽管目前的变化范围似乎是

不可预测的。地球气候的严重变化过去已发生多次，将来也可能发生。

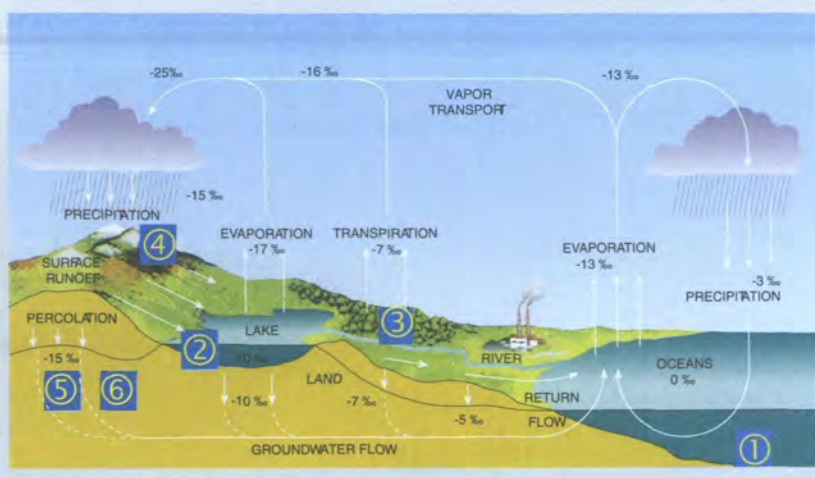
IPCC 报告中确定的高度优先行动领域之一是，必须改善重建过去气候时期的工作。因为了解过去气候变化的原因是气候变化研究的一个重要部分，并且是把工业化前后的气候控制分离开来的唯一捷径。这样，了解过去是现气候变化研究的关键。

由于所涉及的时期长和空间范围大，因此对过去气候变化的研究很难进行。在某种程度上，气候变化一直是借助温度、湿度、温室气体、水平面以及冰川和海冰等测量结果的仪器记录加以研究的。这些纪录虽然重要，但它们只能提供有限的视角。在经选定一直进行认真监测的地区，也很少能提供超过 100 年时期的环境变化信息。由于地球气候系统本身在不断变化并且存在已久，人们难以弄清与长

Gibson 先生是 IAEA 同位素水文科职员，Aggarwal 先生是科长。

地球的水循环

本图所示为目前条件下的水循环和同位素分布。加圈数字表示的是水循环中这样一些结点：在那里，能够测定年代的同位素档案保存完好，可用于重建过去的同位素组成和相关的气候变化。这样的档案有许多，包括：(1)海洋沉积物；(2)湖泊沉积物；(3)树木年轮中的木纤维素；(4)雪和冰川冰；(5)深地下水；和(6)洞穴沉积物。



期趋势的偏差，尤其是确定人类活动的后果。

同位素是用来扩大相关气候过程的空间与时间分析的重要工具。放射生成的和稳定的同位素都是研究气候相关参数的重要资源。这些参数包括地表空气温度、大气相对湿度以及降水量。

此外，支配气候条件和空气-海洋相互作用的大气动力学、输送和混合过程，可以借助于同位素测量结果加以研究。同位素像是存在于水分子以及溶于水中的化学物质和痕量金属中的自然数据记录器。

水分子中所含的氧和氢的同位素，属于最重要的示踪剂之列。这些同位素种类在水中比率的变化，能够用来提供有关一个水体历史的信息，例如有关该水体是否已发生过蒸发、混合或冷凝的信息。人们发现，今天的同

位素模式与今天的水文学过程相关。这种分析所用数据的主要来源一直是全球降水同位素网 (GNIP)。它是 IAEA 与世界气象组织 (WMO) 的一个联合计划。

在水循环的特定结点上，同位素特性及其最终变化保存在各种沉积档案中 (见图示)。这些档案的同位素组成变化，提供了一个了解过去水文和气候系统的窗口。海洋和湖泊沉积物、树木年轮、冰川和冰盖、洞穴沉积物以及地下水中的同位素，都提供了有关水文系统和气候系统如何随着时间而变化的信息。

地球历史中最近的那次气候变化与约 21 000 年以前发生的末次大冰川期 (LGM) 有关。虽然在 LGM 期间，地球表面温度到处都曾下降，但是在 LGM 期间及其以后，气候却是相当易

变的，出现若干个周期性的变暖期和变冷期。气候的易变性看来是在几十年到几年的范围内很快发生的。

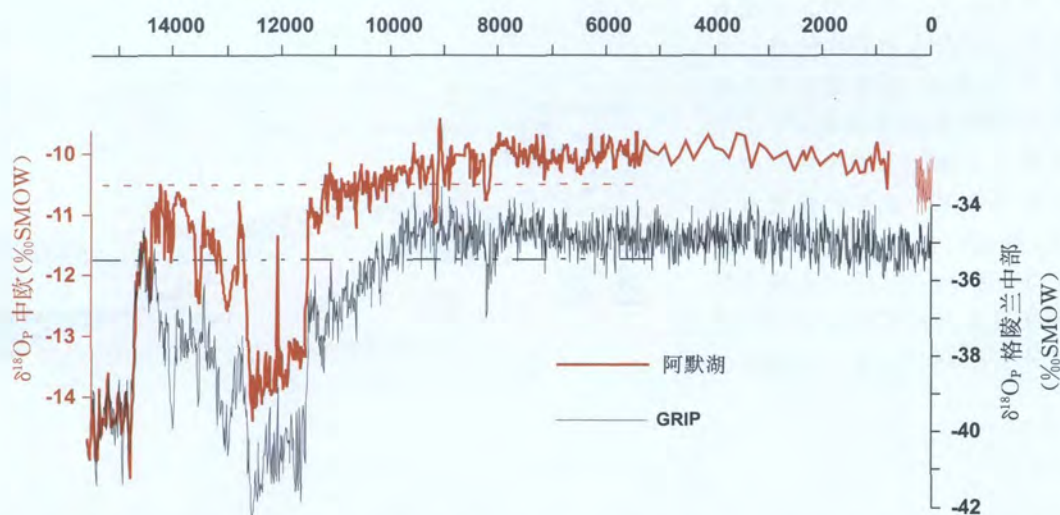
不过，这种气候变化和易变性的起源和原因仍有待充分认识。冰芯以及海洋和湖泊沉积物中的同位素记录，是有助于了解 LGM 时期气候变化与易变性的最重要的代表记录之一。

地球的水文学循环与气候系统深深缠结的证据，能够从冰芯和湖泊沉积物的同位素记录中看到。来自格陵兰的一个冰芯和德国一些湖泊沉积物中的同位素信号表明，在过去 16 000 年中，地球水循环有过很长的变动历史 (见第 4 页图)。

这些变动给我们讲述了地球的各种过程的相互依赖性，改善了我们对于气候变化的认识。具体地说，这些记录揭示了约 11 000 年以前气

冰芯和湖泊档案中的同位素变化

年代, GRIP 冰年表(日历年)



本图显示出过去 16 000 年期间一个格陵兰冰芯(GRIP)和一个湖泊档案(德国阿默湖)中的同位素变化实例。这些变化主要是作为温度信号加以解读的。氧-18 的 δ 值越高,说明气候条件越热。

来源:基于 U. v Grafenstein, H. Erlenkeuser, A. Brauer, J. Jouzel, S. Johnsen(1999): A mid-European decadal isotope-climate record from 15 500 to 5 000 years B. P. - Science 284, 1654~1657.

候条件比现在更加易变和更冷(更大的 δ 负值),并且在格陵兰和德国的总趋势非常一致。据推断,较稳定和较暖的气候条件出现在 8000 年前以后,当时斯堪的纳维亚冰盾和洛朗蒂德冰盾几乎完全后退。

气候变化的科学是发展变化的。IAEA 通过协调气候研究、参与和支持国际科学计划以及推广同位素技术和应用,为这种科学研究做出贡献。2001 年 4 月 23~27 日在维也纳 IAEA 总部举行了有关同位素技术用于环境变化研究的第 3 次四年一次的科学会议。这次会议有来自 38 个国家和 7 个国际组

织的 150 位专家出席,是介绍成果、讨论想法和概念、建立国际合作以及确定未来研究途径的重要论坛。

所讨论问题的要点包括:
■ 正在利用同位素作为预测亚马逊河流域森林砍伐影响和研究厄尔尼诺事件过去同位素信号的确认工具。

■ 从低纬度环境取得的冰芯同位素的特征,显示出与极地冰芯相似的温度信号,表明过去发生过广泛的(全球的)变化。

■ 正在利用同位素进行世界海洋环流实验,以追踪海洋环流的运动、混合以及海洋环流模式的停留时间。海洋环流中的变化是制约现

在气候的易变性的最重要因素之一。

■ 正在利用取自欧洲、亚洲、澳大利亚、非洲以及美洲的地下水蓄水层中的同位素,来研究过去的气候。

基于同位素研究在了解过去的气候变化中起着重要作用。对过去气候变化的理解是预测未来变化的关键。这些变化不仅会影响全球的温度,还能影响能源需要、饮用水的可获得性以及食品供应的充分性。在这种意义上,同位素是非常宝贵的,有助于科学家“追溯过去,展望未来”,以制定方案,尽量减少因世界气候的不断变化而带来的不利影响。 □