

# 借助氚/氦-3技术管理水资源预算

文/Nicole Jawerth

**管**理水就像管理您银行账户的资金一样：您需要确切知道有多少钱进入，有多少可以取出，以及可能导致变化的原因。错误估计可能会产生严重的、可能持久的后果。在水世界中，这可能意味着水短缺或者水资源被污染、无法使用。

为了建立可靠的水资源预算，关键因素之一是了解水的确切年龄。对于更容易受当前气候条件和污染影响的新生水，科学家们使用氚/氦-3技术。通过这项技术和其他技术，来自23个国家的科学家正在与原子能机构合作收集有关水资源的数据。

“水的年龄可以说明它最可能的来源、补给速度以及被污染的可能性，”摩洛哥国家核能、科学和技术中心科学主任Hamid Merah说。“利用氚/氦-3技术，我们可以知道水是1年、5年还是25年，而不仅仅认为它是新生、古老，或两者兼而有之。”

水的年龄可以从几个月到几百万年不等。例如，如果水是一年，这意

味着它需要一年的时间来补充，更有可能受到当前气候条件和污染物的影响。如果水已有5万年的历史，则需要5万年的时间进行补充，并且不太可能受到当前气候变化的污染或影响。

几乎所有世界上可用的淡水供应都存在于含水层中，含水层是地球表面下的多孔渗透性岩层。它们含有的水被称为地下水。随着地下水的补给或补充，它最终流入大海或自然地流入地球表面，如河流、泉水和湖泊。

“对地下水的需求不断增长，加上农业、气候变化和人类活动的影响，使可持续性变得更加重要，”Marah说。“从含水层过多地提取水，水位会下降，这可能是灾难性的。我们谈的不是从现在起10到20年：它的影响持续几代。”

氚/氦-3技术是研究新生水即60年以下的水（见第21页“科学”栏）的最常用技术之一。从这些研究中收集的数据可以帮助决策者制定更有针对性和可持续性的水资源管理战略和政策。

“利用核技术进行水资源研究正在打破范式并改变我们对控制水文过程的关键驱动因素的传统理解，”哥斯达黎加国立大学同位素水文学家兼副教授Ricardo Sánchez-Murillo说。“例如，在哥斯达黎加，使用同位素技术获得的结果正在为制订水管理计划和决定提供输入，帮助该国在2030年前实现联合国有关水问题的“可持续发展目标6”。

## 更准确的预算

在过去十年中，氚/氦-3技术已成为一种越来越重要的技术，之前仅使

科学家利用同位素技术研究摩洛哥北部泉水的年龄和来源。

(图/摩洛哥国家核能、科学和技术中心)



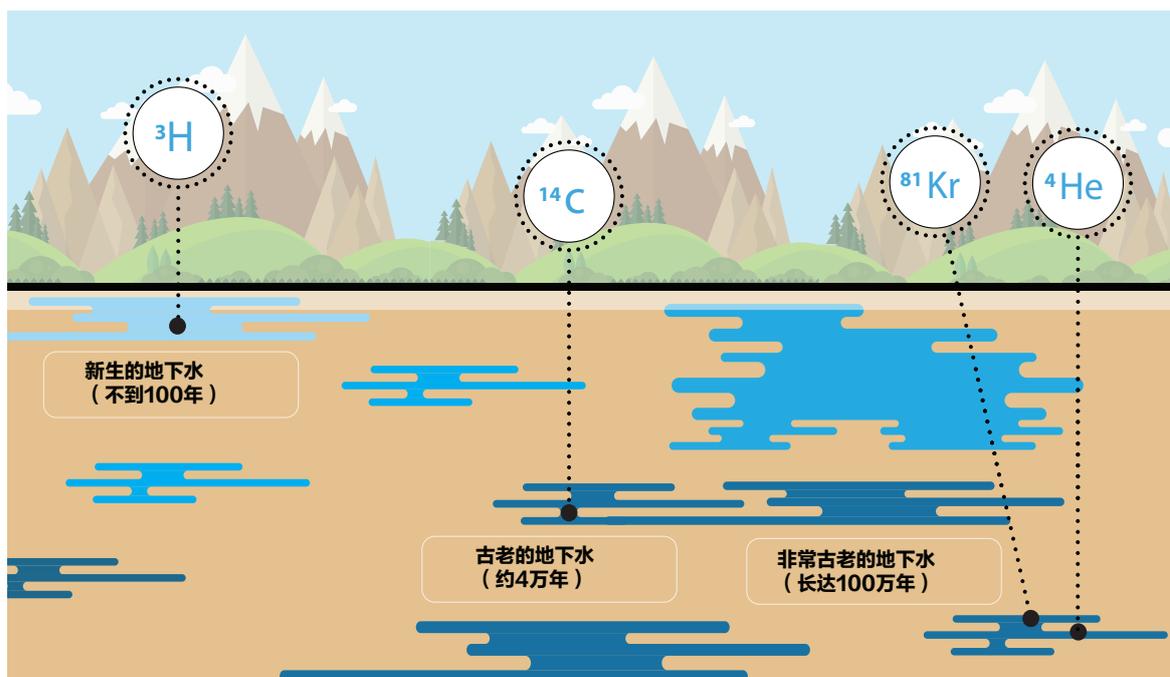
用氡的方法变得越来越不实用。

“氡可以告诉我们地下水的年龄以及它是否正在得到补给，这是非常重要的信息，但单靠氡无法为我们提供所需的详细程度。决策者需要了解更多：水新生意味着什么？多少年算新生？” Marah说。由于20世纪50年代热核装置的大气试验，大气中氡的含量在20世纪60年代急剧增加，此后逐渐下降。

“从20世纪60年代到90年代，氡是一种良好的示踪剂，但目前大气中的氡含量较少，因为它已经衰变成氦-3，因此我们现在更多地关注氡与氦-3的比率，这更确切。”

氦是一种惰性气体，也就是说它是稳定的，不会与岩石或水中的其他元素发生化学反应。这使其成为一致且可靠的参考点。通过了解氡衰变后产生的氦即氦-3与水中氡总量的比率，以及其他惰性气体的浓度，科学家们可以确定新生水的确切年龄。

“惰性气体在水研究方面的应用不断增加，因为现在分析装置的改进足以检测出进入的极少量这些气体，”原子能机构同位素分析师Takuya



Matsumoto说，“但是，对于许多国家来说，建立自己的实验室进行这些分析是不经济或不可行的。原子能机构同位素水文学实验室向各国提供这项服务，使他们能够从这种复杂的技术中受益。”

原子能机构同位素水文学实验室是世界上少数几个能够进行这些分析的实验室之一。从2010年开始，原子能机构的一个小组和来自10个国家的外部专家花了6年的时间来建立、校准和测试原子能机构的质谱仪以及用于分析结果的数学模型。他们还制定了使用氡/氦-3技术的导则。从那时起，该实验室一直在全天候处理来自世界各地的样品，每年达300到400个。

存在于水中的天然存在的放射性同位素（例如氡（ $^3\text{H}$ ）和碳-14（ $^{14}\text{C}$ ））以及溶解于水中的惰性气体同位素（例如氡-81（ $^{81}\text{Kr}$ ））可用于估计地下水年龄。

（图片来源：国际原子能机构）

## 科学

氡是氢的三种同位素之一。作为放射性同位素，氡在一定时间内衰变并转变为氦-3稳定同位素，从而不会衰变。科学家们知道，水中一半的氡原子衰变成氦-3需要12年左右的时间。

科学家使用一种称为质谱仪的专用设备按重量对同位素进行分类并确定其浓度。通过了解这些浓度以及氡衰变成氦-3所需的时间，科学家们可以追踪并确定水的年龄和补给频率。

