

H₂O 专门技术

Pradeep Aggarwal 和 Ali Boussaha



国际原子能机构传播利用

世界含水层所需的科学

我们知道水是生命所必需的。但只有较少的人知道,如果世界资源能够得到充分地了解和负责任地管理,那么每个人都可能得到充足的淡水。

水是实现社会经济发展的关键,也是减少贫困努力的一个重要因素。联合国会员国在《千年宣言》中决心“到2015年把无法获得或买不起安全饮用水的人数比例减少一半”,并“通过在地区一级、国家一级和地方一级制订水管理战略,制止水资源的不可持续性开发,以促进平等获取水资源的权利和确保足够的供应。”

全球淡水需求的稳步增长,伴随着工农业的快速发展,正在威胁着淡水供应的可获得性和质量。目前,世界大部分人口,特别是缺水地区,由于缺少足够的水供应而遭受痛苦。圣雄甘地60多年前的一句话说得颇为巧妙:“水可以满足人的需求,但满足不了人的贪婪。”据联合国秘书长提交给2002年约翰内斯堡“世界可持续发展峰会”的报告,全球水危机也是管理危机。

例如在非洲,得不到足够的水和卫生设施被认为既是贫困的原因也是贫困的后果。尽管非洲大陆蕴含丰富的水资源——17条大河和160个面积超过27平方千米的湖泊,但大部分位于赤道附近的湿润和半湿润地区。由于强烈的蒸发和蒸散作用,非洲的平均地表径流比平均降水量低得多,从而导致非洲大陆部分地区出现地方性干旱。

这就是为什么非洲的地下水——含水层系统的地下池和湖泊——是一种临界资源。它为非洲大陆提供了近三分之二的饮用水,对非洲北部的人们来说,这个比例甚至更高。

与此相似,南美的水资源接近300万立方千米,每年得到利用的只相当于由降水形成的总水量的十分之一。这些国家面临的主要问题是地下水的可持续使用和防止现有资源受到污染。

地下水生命线

在全球范围内,除了被封在极地冰中的水资源之外,地下水占可利用淡水资源的约90%。在用于饮用和灌溉的所有淡水中,有近一半是地下水,它们衔接着地下水资源的可持续性与人类的可持续发展。

在世界范围内,出产40%粮食供应的20%的灌溉依赖于地下水。根据估算,全球约10%的粮食生产依赖于从化石或不可更新的含水层中抽水灌溉。据联合国粮农组织称,近几十年来用地下水灌溉可能延缓了下一次粮食危机。

在用于饮用和灌溉的所有淡水中,有近一半是地下水,它们衔接着地下水资源的可持续性与人类的可持续发展。



如果世界资源得到充分地了解和负责任地管理，那么每个人都可能得到充足的淡水。

同位素水文学

尽管地下水对许多社会来说是重要的,但公众对其保护缺少关心,这也许是因为地下水的范围和可利用性不易衡量。瞬时和空间的气候可变性对水资源的影响也是一个重要因素。在某种程度上,地下水为减轻气候变化的影响提供了机会。

为了建立可持续性管理和政策框架,必需获得有关水资源数量和质量的健全的水文学信息。要得到此类信息,需要大量的时间和财政资源,而且一般无法在短时间内实现,而社会供水需求必须在短时间内得到满足。

核和同位素方法为水文工作者以极低的成本快速评价和管理水资源提供了有效工具。稳定和放射性环境同位素已经在水文系统研究中使用了40多年,并且已证明对了解地下水系统十分有效。

同位素在水文学中的应用基于“示踪”的一般概念,这种概念使用有意引入的同位素或自然产生的(环

境)同位素。环境同位素(放射性的或者稳定的)与注射(人造)示踪剂相比具有得天独厚的优点,因为它们在水文系统中的自然分布有助于在大得多的时间和空间尺度上对各种水文过程进行研究。因此,在进行区域水资源研究以获得地下水系统的时空综合特点方面,环境同位素方法是独一无二的。人造示踪剂的使用一般对特定地点和局部应用有效。

最常用的环境同位素包括源于水分子的同位素,即作为分解后的无机和有机碳化合物的成分存在于水中的氢(氕和氘)和氧(氧-18以及碳-13和碳-14)的同位素。氕、碳-13和氧-18是各自元素的稳定同位素,而氘和碳-14是放射性同位素。

同位素在地下水应用中最重要领域包括含水层补给和排出过程、含水层之间的流动和相互连接以及污染物的来源、去向和运输。特别是在干旱和半干旱气候条件下,同位素技术实际上成为确定和量化地下水补给的

惟一方法。

浅含水层遭到人类污染物的污染和较深含水层因浅含水层的超采遭到污染是水资源管理的中心问题之一。环境同位素可用于追踪污染路径和预知污染模式的空间分布和瞬时变化,以评价污染迁移情景和规划含水层的补救措施。

世界含水层总图

国际原子能机构(原子能机构)的水资源计划旨在开发用于水资源管理的同位素技术,并帮助科学家正确地运用这些技术。该计划相当大一部分集中在地下水上。对世界地下水资源的估计通常是不充分的,关于可更新或不可更新地下水比例的可靠信息也是粗略的。原子能机构与联合国教育科学文化组织(联合国教科文组织)、国际水文工作者协会正在共同努力加深对不可更新或化石地下水的全球分布和数量的了解。这些研究依

赖于运用从世界各地地下含水层搜集的同位素数据的标记特性。

用于绘制全球含水层图的大部分同位素数据是在过去40年中作为原子能机构技术合作项目的一部分搜集的。这些项目在帮助解决地表水或地下水管理中的实际问题的同时,建立了真正的国家和地区科学能力及基础设施。目前,在非洲、亚洲和拉美地区正在实施80多个涉及同位素水文学的技术合作项目,调整后的预算约为700万美元。

在过去若干年中,原子能机构一直与其成员国紧密合作,使同位素水文学成为国家和国际水资源相关计划的主流技术,导致同位素技术更广泛地应用于水资源管理。在摩洛哥中部,同位素成果被用于改进有关重要农业区塔德莱平原的地下水管理模型。在也门,对萨那盆地地下水的同位素调查清晰地确定了浅地下水系统补给的性质和来源。这项工作推动了对人工补给措施功效的



掌握了正确的信息后,就可以做出正确的决定来保护和保存地下水资源,以供子孙后代使用。

认识, 可能导致一个更深的化石含水层只用于饮水目的。

近来, 原子能机构的水资源技术合作项目已将重点更加明确地放在与其他发展机构的合作方面。在乌干达, 一项与奥地利发展合作组织合作实施的项目已经描绘出基索罗镇附近的Chuhos泉的补给区, 这些泉正被开发成整个西南镇区的淡水来源。同位素调查结果为新水源的可持续性提供了关键信息。

用于绘制全球含水层图的大部分同位素数据是在过去40年中作为原子能机构技术合作项目的一部分搜集的。

在孟加拉国, 原子能机构曾与世界银行和孟加拉国政府合作, 帮助开发安全饮用水供应的可持续替代源。目前, 大部分生活供水是从连接在一个受到砷污染的含水层的浅管井中获得的。同位素调查可帮助确定一个更深含水层的范围和可再生性。

最近, 在全球环境设施、联合国开发计划署和联合国环境计划署的合作下, 启动了三个技术合作项目, 它们涉及由非洲几个国家共享的含水层系统。这些项目着重以下含水层系统的同位素水文调查:

- ◆ 由乍得、埃及、利比亚和苏丹共享的努比亚含水层系统;
- ◆ 由阿尔及利亚、利比亚和突尼斯共享的撒哈拉沙漠西北部含水层系统;
- ◆ 由马里、尼日尔和尼日利亚共享的伊莱梅登含水层系统。

增加对努比亚含水层的了解

由乍得、埃及、利比亚和苏丹共享的努比亚含水层, 作为一个饮用和灌溉水源是非常重要的。努比亚含水层的古水体在这4个东北非国家的土地下面延伸约

200万平方千米。该含水层是一个重要的饮用和灌溉水源, 是埃及西部沙漠的惟一淡水来源, 覆盖着该国土地总面积的约67%。

自2003年起, 原子能机构一直在帮助这几个努比亚国家使用同位素技术来绘制水资源图。迄今为止所知道的是, 在目前的气候条件下, 努比亚地下水只能得到稀疏的补给, 在一些平坦地区得到尼罗河渗出水的补给, 在一些山区得到降水的补给, 并得到青尼罗河/主尼罗河裂谷系的地下水补给。

这个原子能机构项目的目标是扩大和巩固关于努比亚的科学知识和数据库, 并为该含水层制定一项基于监测网络的地下水管理计划。为该含水层建立一个管理框架将是对该地区发展的一项重大贡献, 最终将形成饮用水的可持续开采并提高农业产量。

原子能机构于2003年与全球环境设施建立了伙伴关系, 目的是利用同位素水文学建立一个努比亚含水层可持续管理框架。原子能机构帮助努比亚国家研究和共享地下水供给的工作最近得到全球环境设施100万美元的协同资助。这笔资金正在经由联合国开发计划署提供。全球环境设施提供的这笔资金将拓展原子能机构支助的合作计划的范围, 并将使该含水层的使用国家能够制定出一项有效的地下水管理计划。

同位素水文学科学和应用正在通过这些及其他渠道推动世界对含水层系统的认识。在掌握了正确的信息后, 就可以做出正确的决定来保护和保存地下水资源, 以供子孙后代使用。

Pradeep Aggarwal是国际原子能机构核科学与应用司同位素水文学科科长。电子信箱: P.aggarwal@iaea.org。

Ali Boussaha是国际原子能机构技术合作司非洲科科长。电子信箱: A.boussaha@iaea.org。