水资源伙伴关系

IAEA有关非洲水资源的地区项目

ALI BOUSSAHA 和 ROYAL F. KASTENS

淡水是珍贵但有限的资源。全球水资源仅有大约0.007%可供人类使用。如果将地球上全部的水储量比作1加仑的话，淡水(包括雪和冰)还不到一杯(约3%)，而容易被人类使用的淡水则仅约两滴！

为这两滴水的竞争正在按指数规律增长。1900年以来，全球淡水需求已增加了5倍以上，是人口增长率的2倍多。据目前估计，约有4亿人正生活在严重缺水的地区。50年后，将有40亿人可能面临这种情况。全球人口每年约增加9000万。今后30年内，几乎每个国家都将出现人均可用水资源减少的情况。

非洲可能会面临最严峻的地区性挑战，其年人口增长率已经很高，并且预期在可预见的未来这一增长率仍会保持在2%以上。这块大陆上的形势由于干旱和半干旱地区持久的旱灾，加上巨大人口压力(特别是在城区)，以及农业和工业部门对水资源日益加剧的竞争而更加恶化。大部分非洲城市中心很难满足其现有人口的供水和卫生要求，它们在满足未来的人类健康、社会、经济和环境效应方面面临挑战性的前景。

水资源匮乏问题已成为政府日程上的首要问题。IAEA的非洲成员国为解决这些问题所做的努力，依赖于对分析工具、技术和社会公共机构能力的越来越复杂的要求。国家水资源管理计划受到越来越多的关注，并且有大量的双边与多边发展伙伴正积极地参与提供技术和资金支持。

多年来，联合国系统内的机构、捐助团体和非政府

Boussaha先生是IAEA技术合作司非洲与东亚及太平洋处非洲科科长。Kastens先生是该司概念与计划科科长。为本文提供素材的还有IAEA核科学与应用司物理与化学处同位素水文学科科长Pradeep Aggarwal先生和该科的C. B. Gaye先生。

照片：通过IAEA支助的研究，埃塞俄比亚的水文学家正在对地下水资源进行科学绘图。(来源：Kinley/IAEA)

组织(NGO)一直起着政策倡导者和技术顾问的重要作用。在资本投资来源中,世界银行一直是最具影响力的。1961 年至 1995 年间,它为众多已完成和正在进行的水资源项目提供了资金,总额近 600 亿美元。

然而大的挑战依然存在。各国政府解决水资源方面问题的能力经常受制于缺少适当的政策和分析框架,包括水资源管理和提供服务的监管问题。结果是不能集中努力有效地制订与执行水资源评估与管理计划。既使浏览一下各国政府和国际团体提供的政策文件、国家评估报告和分析汇编,也会发现整个非洲地区的国家水资源数据管理系统总体上是不足的。

可靠信息的缺乏带来明显的影响,尤其是构成对各国的水资源管理战略和计划有效执行的重大制约。

与其开发伙伴进行积极合作的非洲国家正把越来越多的注意力投向加强国家水资源管理的基本设施上。这包括建立和提高国家在规划、制定和执行水资源领域开发项目方面的能力。正在进行的工作包括,引入能够进一步加强获得有利于正确决策的数据的适当工具,作为建立国家技术能力工作的一部分。

IAEA 技术合作

加强国家水资源管理能力的一个重要方面,是要求更加全面地理解人类与水资源的相互作用和不同水位的水循环的自然过程。例如,地表水仍然是世界 2/3 人口获取淡水的主要来源,但是对于农村人口来说,地下水越来越重要,成为满足国家粮食保障要求的主要灌溉水源。此外,目前地下水资源在许多地区都被严重地过度利用,开采速度高于补充速度。一些被称为"古水"的地下水源,由于形成时期较早而无法得到补充。

过量抽取地下水已经导致一些地区的地下水位下降数十米,从而使获取地下水越来越困难且费用更加昂贵,甚至由于引入与天然和人为污染物的相互作用而影响到这些水源的质量。过度抽取地下水还会对河流的基流产生严重影响,造成对渔业和生态系统的负面影响。预计今后 30 年内地下水的过度开发问题还将加剧。

有鉴于此,需要提供准确和及时的信息。需要有关下列方面的数据:年代,补给率与补给位置,水体间的混合,特别是在干旱和半干旱地区的盐碱化源,以及影响数量、质量和可持续性的其他参数。

核与相关应用 核技术在水文学领域的各种应用构成了获取水资源管理所需关键信息的重要的、甚至独一无二的工具。在大多数情况下,同位素水文学方法可以为水文学问题提供定性的阐明或解答,而在一些情况下,只有使用这些方法才能对水文学参数进行量化。对于确定蓄水层的长期生产能力,保护脆弱的补给区不受污染,或限制咸水侵入,这些信息是必不可少的。同位素技术还为约束和确认用于水资源管理的地下水模型提供了有用数据。对于许多发展问题,同位素技术几乎都是"不可缺少的"(见第20页方框)。

使用同位素水文学技术,特别是当它们作为水资源领域内水文学实践的一个重要部分使用时,能够产生显著的技术和经济效益。为实现这些效益,水资源管理领域需要有精密测量同位素浓度的能力和经过培训的技术专家,以应用、进一步开

发、或修改现有技术，使其适应当地情况。

如在其他领域一样，同位素水文学领域的技术合作在国际原子能机构任务和技术权限方面有着明确界定。过去40年，机构的同位素水文学计划一直加强各国为水文学应用而获取、解释和应用同位素数据的能力。作为对同位素水文学尤其是在非洲的巨大潜力的认可，国际原子能机构理事会于1994年核准了一个旨在使机构水资源领域支助的技术传播活动效益最大化的一体化地区方案。1995年以来，一直保持着协调的系统化努力，以便有效地将同位素水文学技术纳入成员国的水文实践中。1997年形成的IAEA新的技术合作战略，为进一步加强成员国和机构采取的提高同位素水文学项目在非洲的成效的积极行动提供了适当的框架和模式。

个案研究：非洲地区项目

各国越来越认识到同位素水文学对于解决与水资源管理有关的实际问题的重要作用和潜在贡献。这已促使几个非洲成员国为确定将同位素技术与本国水资源管理计划相结合的适当方案而寻求机构的技术援助。

利用同位素开发地下水资源的地区示范项目 为满足这些要求，机构开发了与主要国家政府和/或捐助者支助的水资源投资有关的地区技术合作项目。该项目始于1995年，第一阶段（1995－1997年）涉及4个国家（埃及、埃塞俄比亚、摩洛哥和塞内加尔）。1997年该项目扩大，进入第二个阶段，涉及国家增加5个（阿尔及利亚、马里、尼日尔、尼日利亚和苏丹）。

此项工作的目标是（1）论证同位素水文学技术的短期实际效应，和（2）促进成员国为更好地管理水资源而建立长期能力的工作。

一个重要目标是深入到最终用户，使技术合作的效益最大。在业务活动的设计与制订上，尤其注意国家的体制和业务框架，并且专门努力与在个别国家由其他的捐助者支助的计划建立联系。

在制订过程中，机构与成员国广泛磋商，以确保国家水资源管理部门能够积极参与同位素水文学项目并作出承诺。在早期阶段安排国家水资源管理部门或最终用户参与技术合作项目，意在与国家原子能管理部门、相关技术研究机构、高校水文学院系建立强有力的功能联系。

参与IAEA的非洲地区水项目的国家

发 展 问 题 与 水 资 源

同位素方法能为理解水资源管理中固有的发展问题提供宝贵的信息与数据。具体应用包括：

改进水资源评估

■ **作为水平衡估计的一个输入的自然补给/排放** 借助同位素技术，能够确定(对水平衡和水的可获得性极其重要)补给的水源和区域；确定补给的过程(补给如何发生及其动态状况)；估计补给率；和估计分散的排放率。

■ **通常在干旱地区遇到的化石/古水** 借助同位素技术，能够标绘特别是跨边界蓄水层的水的发生情况；改进对与邻近地表/地下水体的水力联系的评价；评估资源。

■ **利用地下水流模型验证水平衡** 同位素技术的应用能够证实通过传统水文学调研得到的结论。

地下水管理问题

■ **地下水污染** 借助同位素技术，能够鉴别某些具体污染源和过程；建立污染物迁移模式和动态状况；确认/校准污染物迁移模型；评估蓄水层对污染物的脆弱性，以支持决策工作。

■ **地下水资源的开发与过度开发** 借助同位素技术，有可能对地下水盐化的来源和过程进行评估；评估开采引发的负面影响。

■ **地下水的人工补给** 借助同位素技术，能够评价不同补给系统的有效性；根据水文地质条件，找出最适合的补给场地。

■ **废水再利用对地下水资源的影响**

在所有国家开展的项目活动，都着重于有重要意义的发展问题。在经挑选的国家开展的现场研究和活动的一些实例，很能说明所做的工作。

■ **埃及** 埃及正面临着淡水资源的严重短缺。阿斯旺高坝的完工和政府对阿斯旺拦河坝向下游排水实施的管理，有助于减少水向大海的排放。因此，就有更多的淡水可用于尼罗河泛滥平原边缘新土地的开垦。尽管如此，由于可用的地表水有限，新土地开垦项目必须完全依赖当地抽取的地下水。两个分处瓦迪基纳和伊斯纳的这种土地开垦计划，被选定用于同位素水文学项目。这两个场地面积约有 4500 平方公里，蓄水层向下延伸至约 200 米。其淡水供应的可持续性很大程度上依赖地下水在质量和数量上的持续可用性。先前研究的结果显示，不同蓄水层中的地下水之间存在明显的相互作用。

基于同位素水文学调研结果，人们发现尼罗河蓄水层体系和邻近的努比亚砂岩蓄水层中的地下水之间有着截然不同的同位素特征。近期尼罗河水和以前(建造阿斯旺大坝之前)尼罗河水之间的关系，以及各自对蓄水层补给的贡献也得以确定。

除来自今天的尼罗河水的补给外，来自努比亚砂岩蓄水层的古水据估计在为土地开垦计划开采的蓄水层总输入水源中约占 30%。此项

现场研究发现的地下水补给证据，可能有益于为水资源可持续开发而作出的努力，还可能导致在沙漠边缘建立其他土地开垦项目。

■ **塞内加尔** 在塞内加尔，重新评价了贝尔德角半岛地区地下水资源潜力。首都达喀尔位于这一地区，水资源严重短缺。若干次同位素调研活动，为用于这座城市饮用水供应的蓄水层体系的可持续管理提供了关键数据。

■ **摩洛哥** 摩洛哥南部中心地带缺水区的两个地区（塔菲拉勒特和盖勒明）被选定用于地区项目。同位素研究使人们对两个地区的蓄水层体系有了新的认识。在塔菲拉勒特地区，人们发现有一个蓄水层是以自流方式利用的，并决定关闭 5 座自流井。在盖勒明地区，用地表水对塞亚德蓄水层进行人工补给的可行性得到证明，并根据同位素研究结果确定一个适当的补给场地。

■ **埃塞俄比亚** 地下水补给评价的目标定在埃塞俄比亚南部的莫亚莱地区。这一地区的周期性旱灾和约 300 万的人口，造成饮用水和灌溉用水长期短缺。同位素水文学调研结果显示，降雨虽使地下水得到大面积补给，但补给率大大低于先前的估计值。研究报告还突出显示，莫亚莱地区的两个沉积岩和断裂岩蓄水层有可能用来提供农村用水的可持续潜力。

可持续开发地下水资源的地区示范项目 继 1995 年地区项目取得成功并在具体项目制订与执行方面取得经验后，1999 年为非洲南部和东部启动第二个地区示范项目。该项目涉及 7 个国家（肯尼亚、马达加斯加、纳米比亚、南非、坦桑尼亚、乌干达和津巴布韦）。项目包括一系列平行的国家子项目，它们着重于国家一级的现场活动。设计该示范项目的地区组成部分，是为促进参加国间的合作及信息与经验的交流，进一步加强地区同位素应用能力。该项目的总目标是解决断裂坚硬岩石蓄水层和冲积蓄水层体系中的地下水资源开发和管理方面的实际问题，那里的盐化、污染、过度开采问题备受关注。下面着重介绍经选定的国家活动。

■ **马达加斯加** 在马达加斯加，IAEA 支助的具体目标是确定地下水的动态特性，并确定该国南部地下水质量问题的性质和根源。这些活动补充并融入由国家机构和国际机构（包括联合国儿童基金会（UNICEF）、世界银行、联合国发展计划署（UNDP）和日本国际合作机构）开展的更大的水资源开发和管理活动。该项目正在由水资源管理部门（水资源开发局）和一个核科学研究机构（国家科学与核技术研究所）联合实施。此外，正在组建包括水资源部门所有投资人的国家项目指导委员会。

■ **南非** 南非的国家子项目着重评估可从南部省泰博斯断层地区获取的地下水资源。一个为共约有 6 万居民的几个村庄服务的供水系统的初步设计已经完成。实施工作将在核实当地地下水资源足以满足预计的长期需求后开始。该项目工作组经由国家水资源与森林部（DWAF）管理。该管理部门将泰博斯项目视为对该地区和全南非地下水资源进行评估的一项中间规模研究。

项目实施工作的大部分通过与一个私人咨询公司签订合同来进行。分析服务和数据解释技术由一所学校和核研究中心提供。该中心（作为一个地区设施）也在支持

保持非洲的同位素水文学能力

IAEA 正在为巩固并保持非洲国家从同位素水文学应用中受益的能力的战略计划制定框架。最重要的发展目标是，促进一体化的可持续的水资源管理。

该战略计划的要点是：

- **加强体制能力和人力资源能力。**
- **促进投资者参与，并扩大与私营部门的联系。**
- **促进地区合作与协作。**
- **支持中期和长期国家计划。**
- **加强数据和信息系统。**

参与该地区示范项目的其他国家的活动。DWAF 与水资源研究委员会联合努力来协调一个项目指导委员会，同时将来自南非政府内热心于水资源工作的其他组织的代表召集在内。

■ **津巴布韦** 在津巴布韦，正在对该国南部萨韦河冲积矿床中面积约 4000 平方公里的一个区域的地下水资源进行表征。萨韦河向南流入莫桑比克。建立了一个地下水资源体系的概念模型，并正在利用它指导现场活动。

该地区活动所包括的国家子项目是政府高度优先计划的一部分。在许多情况下，这些计划由双边和多边捐助者资助，并寻求机构的支助，以加强使用传统水文地质学技术无法得出确切结论的正在进行的研究。一些参与国的水资源法律和资源分配方面最近发生的变化，也正在促使人们增进对可供使用的水资源的技术了解，以便实现均衡高效的分配。

未来挑战

虽然机构的同位素水文学计划在促进这一领域的概念开发和实际应用中已经起到重要作用，但是在将同位素方法纳入水部门方面仍存在巨大挑战。为此，IAEA 已经明确用以维持成员国利用同位素水文学技术管理水资源能力的战略要点（见本页方框）。

同位素水文学可以普遍改进自然资源管理，但前提是它必须被认为是改进特定成套问题的决策过程的关键工具。通常，机构的同位素水文学实验室的同行们不了解与水管理部门订约承担调查与解决水短缺和质量问题的工程公司的数据需要和要求。

因此，机构的技术合作计划遵循的战略着重于这样的项目：它们以发展问题的具体解决办法为目标，并与国内和国际投资者建立伙伴关系。与世界银行及其他国际金融机构的伙伴关系尤为重要，因为由外部资本援助提供资金的计划通常反映的是国家主管部门的高度优先考虑和强有力的承诺。

实践证明，同位素技术可提供能够改进水管理主要投资者的决策过程和保护国家投资的技术数据和见解。不过，除非能够对国家水资源管理目标作出直接响应，否则同位素技术的这些贡献的价值就不能完全实现。因此，必须仔细规划 IAEA 的同位素水文学技术合作项目，以满足国家水主管部门的数据和知识要求。在非洲南部和东部实施的一些最新的地区项目活动，反映了这些努力。未来可能的第三代同位素水文学工作的目标将是，将已在非洲北部、南部和东部地区形成的同位素水文学能力与非洲西部正在兴起的能力联系起来。 □