

《联合国世界水发展报告2022》 关注地下水保护和管理问题

UN World Water Development Report 2022 pays attention to ground water protection and management

■文 / 李宣瑾¹ 李奕杰¹ 王建柱² 张晓岚¹

一、背景介绍

2022年联合国教科文组织（UNESCO）发布了题为“地下水：变不可见为可见”——《联合国世界水发展报告2022》（UN World Water Development Report 2022）。报告指出，地下水资源占地球上所有液态淡水资源的99%，为全球人口提供了近50%的生活用水以及25%的农业灌溉用水，对于消除贫困、粮食和水安全、就业和社会经济发展以及应对气候变化都至关重要。在全球水资源日益短缺的严峻形势下，深入系统地了解地下水生态系统及其功能，妥善管理地下水，充分发挥地下水的潜在价值，对于2030可持续发展目标实现至关重要。

（一）地下水的多重功能

地下水系统因地理属性不同具备多种功能，并受自然和人类活动等因素的动态影响。这些功能包括：（1）供水功能：地下水可被人类开采使用；（2）调节功能：通过地下水含水层调节水系统数量和质量；（3）支撑功能：支撑“地下水依赖型生态系统”以及其他与地下水相关的环境特征要素；（4）文化功能：地下水支撑着休闲活动、传统仪式、宗教或精神价值等文化活动，这些活动一般与特定地点的非含水层相关。此外，地下水还能支持地热发电，改善供水安全，在应对气候变化中发挥积极作用。

（二）地下水和地下水系统的独特性质和特点

地下水的独特性质和特点包括：地下水存在于地质构造内的孔隙、裂隙和其他空隙中，没有这

种岩性基质，地下水就不存在；地下水肉眼看不见；地下水是一种空间分布的资源，它几乎无处不在，并在大部分地表下横向延伸——而溪流和湖泊中的地表水只覆盖土地面积的一小部分；大量地下水储存在地下。

地下水系统的独特性质和特点包括：对公众开放，人们可以自由使用；进行勘探、评价和监测活动较困难，费用高昂；由于较长的停留时间以及与岩性基质和地下生物圈的接触，地下水质量可能会发生变化；地下水系统通常更不易被污染，但一旦受到污染，就很难进行修复。

（三）地下水面临的挑战

1. 地下水储存枯竭

除短期气候变化及长期气候变迁的影响外，地下水储量减少的主要原因在于人类长期过度开采。仅21世纪初，每年1000亿—2000亿立方米的地下水被超采。

2. 地下水污染问题严重

地下水污染不仅会让开采出的地下水不再适宜饮用，也会对地下水依赖型生态系统造成一定影响。地下水最常见的污染源是扩散性的农业面源污染，其通常与大量使用硝酸盐化肥、杀虫剂和其他农用化学品有关。地下水污染是一个几乎不可逆的过程：一旦地下水受到污染，污染物会长时间停留在含水层中。

3. 地下水盐化

淡水地下水区可能受海水浸没、地下水开采以及灌溉等影响变为咸水或盐碱地。地下水开采

可能诱发沿海地区的海水入侵,也可能导致相对停滞的咸水或盐水地下水开始在垂直或水平方向移动;灌溉水被暂存在土壤表层区域,作物通过土壤表层选择性地吸水,而部分溶解的固体物质则留在土壤中。

4. 地下水服务缺乏管控

由于地下水服务之间的不相容性、潜在地下水使用者之间的竞争、地下水的开放性和共用性以及缺乏公平竞争环境等因素造成居民无法平等享用地下水带来的惠益。在许多地区,由于个人或公司为追求短期经济利润而无节制地大量抽取地下水,导致依赖地下水的生态系统遭受破坏和退化。

二、全球地下水用水情况及挑战

(一) 农业领域的地下水用水情况

1. 地下水对农业发展的重要性

地下水是灌溉农业、畜牧业和包括食品加工在内的其他农业活动的重要水源。全球严重依赖地下水灌溉的地区包括北美和南亚,这两个地区分别有59%和57%的灌溉区域使用地下水。在撒哈拉以南的非洲地区,大规模的浅层含水层在很大程度上仍未被充分开发,仅有5%的灌溉区域使用地下水。但相关证据表明,农业污染已经超过居民生活和工业活动所造成的污染,成为内陆和沿海水域水质变差的主要因素。

2. 农业对地下水水量和水质的影响

农业对地下水水量的影响。农业过度取水往往会导致地下水枯竭,即水位持续下降,从而导致地面沉降、低质量地下水向下迁移等问题。

农业对地下水水质的影响。农业污染已成为内陆和沿海水域退化的主要因素。因多类型农药和密集型畜牧业中抗生素的使用,产生了大量致病性抗生素细菌和农业污染物,不仅导致水体富营养化等问题,同时对人类健康产生潜在危害。

农业地下水污染带来的经济、健康和环境影响。农业活动所产生的地表水和地下水污染造成的全球环境和社会成本每年超过数十亿美元。在美国,治理地下水农药污染和淡水富营养化问题,预计每年分别花费16亿-20亿美元和15亿-22亿美元。

(二) 居民生活领域地下水用水面临的主要挑战

一是地下水水质受损。主要由于当地卫生设施不足、碳氢化合物燃料的泄漏、工业和市政污水的随意处置以及固体废物非法倾倒等问题引起。在公共卫生

设施不足或不合理的地区,由于污水管网覆盖率低,粪便直接排入地面挖掘的简易便池,对地下水会产生一定影响。二是地下水中天然存在的较高含量的微量污染物(如砷和氟)。三是地下水浅层水源面临着持续的病原体污染。据估计,农村地下水供水中的病原体污染物对约30%的供水基础设施产生了影响。四是过度开采地下水带来的土地沉降和盐水入侵问题,也会进一步影响城市基础设施。

(三) 工业领域的地下水用水情况

工业活动给地下水水质带来多重威胁。制造业、采矿业、能源和电力行业等多种工业活动高度依赖地下水。尤其是未经处理的工业废水、采矿过程中含有矿物质的强酸性或强碱性渗滤液、火力发电产生的煤灰堆料渗滤液,以及在浅层含水层中使用水力压裂法开采天然气产生的地层污水、回流水、钻井压裂液废水等均会成为地下水污染源。

(四) 依赖地下水生态系统

20世纪90年代澳大利亚学者将受到地下水补给以及影响的生态系统归为一个生态系统类型,称为依赖地下水生态系统。依赖地下水生态系统和相关生态系统服务正面临着地下水枯竭、各类有机污染物(如杀虫剂、药品、娱乐性药物、表面活性剂和个人护理产品)、气候变化以及土地利用变化或过度灌溉导致的地下水位变化和生境退化等威胁。

(五) 气候变化对地下水水量和水质的影响

气候变化通过地球表面水平衡的变化直接影响地下水系统,并通过社会经济生产活动对淡水供应变化的反应,间接影响地下水的开采。

气候变化通过改变降水量和蒸腾量直接影响地下水的自然补给,这种补给通过直接降水和地表水渗漏实现。在卫生设施不足的区域,强降雨量会将粪便微生物病原体和化学物质从浅层土壤冲刷至地下水。此外,全球海平面上升也会导致海水侵入到世界各沿海地区的含水层中。

三、区域层面

——欧美和亚太地区地下水治理进展和挑战

该报告对撒哈拉以南非洲地区、欧洲和北美地区、拉丁美洲和加勒比地区、亚太地区、阿拉伯地区的地下水利用、开发管理进行了分析,指出欧洲和北美地区的挑战主要是气候变化带来的用水紧张和地

下水污染问题。欧盟已开始建立地下水物质“观察清单”，包括新兴污染物，并将药品、全氟和多氟烷基物质等考虑在内。亚太地区是世界上最大的地下水开采区，面临着地下水枯竭、土地沉降、地下水污染和气候变化等多重挑战。除了地下水枯竭，人为和地质过程造成的地下水污染也同样值得关注。地质污染物如砷（印度-甘地盆地含水层、红河三角洲、湄公河三角洲）、氟化物（太平洋岛屿、印度半岛南部、斯里兰卡、中国中部和西部）和铀（中国、印度）的移动也给整个地区群众带来巨大的健康风险。

四、对策与建议

（一）推动地下水水量和水质长期监测，加强地下水监测数据、信息和知识共享

一是推进地下水水量和水质长期监测。通过定期监测地下水的开采情况、水位和水质了解含水层的特性、状态和变化。结合现场监测和遥感等技术监测地下水排放的井水抽取量、泉水排放量、河流基流等，并预测水文过程。

二是推动多渠道收集地下水相关数据。一方面，除了通过水文地质学了解含水层的特性以及地下水流动和污染物迁移的物理和化学原理，还可结合各种数据采集和分析方法与工具，如含水层测试、地球物理学、水文和水化学勘测、数字模型等来进一步建立地下水状况评估和情景分析的数据基础。另一方面，探索通过水井登记和许可管理等手段，多渠道收集地下水数据。加强新钻井的登记，并从井主或钻工那里收集地层日志、地下水质量和钻井完成后的水位信息，以及试井等地下水数据。

三是加强地下水数据、信息和知识共享。可在传统地下水监测方案中融入公民科学行动，整合地方性知识、现有科学知识和政府机构收集的地下水系统评估信息。充分利用石油、天然气和采矿行业，以及大型国际饮料和瓶装水生产商在开发地下资源活动中掌握的关于含水层位置、范围及其特性的大量数据。

（二）建立健全地下水综合管理体系和机制，提升地下水管理与环境、土地利用等协同性

一是建立跨部门、利益相关者多方参与机制，强化地下水综合管理决策机制。地下水管理政策应综合囊括地下水资源和含水层系统，并与水利、自然资源、社会经济发展、性别平等、减贫、粮食能源、生态系统

和人类健康等部门建立联系。同时，鼓励多方利益相关者（包括河流流域组织、社区以及私营部门等）参与到地下水管理评估、监测、规划和决策全过程中，持续优化地下水综合管理体系。

二是依据可靠的科学证据及当地群众需求，健全完善地下水管理政策制度和战略规划体系。针对国家和地方发展目标，以可靠的科学证据为依据，整合当地民众需求，制定政策制度、战略规划，为地方地下水资源可持续开发、利用、管理和保护提供政策和行动指导。


三是加强地下水管理与环境、土地利用、地下空间和资源，以及生态系统的协同性管理。需确保不同部门政策的一致性，发挥协同增效作用。

四是加强地下水专业技术人员能力建设，为地下水综合管理体系的设计和培育技术支撑队伍。很多政府部门及机构普遍缺乏开展水文地质和地球物理研究的地下水专业人员。建议通过地下水科学和教育计划，以及长期的双边合作项目和学术交流项目等强化地下水专业人员和机构能力建设。

（三）采用“适应性管理”方法和基于自然的解决方案，统筹地表水和地下水、水量和水质综合管理

一是采用“适应性管理”方法，加强地表水和地下水的统筹管理。二是采用基于自然的地下水解决方案，推动地表水与地下水协同管理。三是加强地下水水量和水质综合管理。以源头防治为主，通过禁止或限制杀虫剂、除草剂和化肥的使用、降低动物放牧强度、监管土地利用活动和/或推行农业和环保的最佳实践等方式，减少对地下水水质的影响。

（四）加强资金保障，创新融资渠道

建议创新传统融资方式（关税、税收、污染费、政府预算和转移支付等），整合农业、水利、自然资源、能源等资金来源。例如，美国蒙大拿州收取农药和化肥登记费，并将收入用于资助地下水水质监测活动。此外，建议探索开展基于地下水管理的行动及成本收益分析研究。综合考虑机会成本、外部因素以及社会和环境效益，从经济角度深入分析地下水管理行动的成本和效益。

本文由清江战略水源研究项目（项目编号：HB2022C15）资助。

作者单位：1.生态环境部对外合作与交流中心；
2.三峡大学