

·会讯·

从第45届国际水文地质大会看 全球水文地质发展新方向

李亚松¹, 尹立河², 蒙彦³

LI Yasong¹, YIN Lihe², MENG Yan³

1. 中国地质调查局水文地质环境地质研究所, 河北 石家庄 050061;

2. 中国地质调查局西安地质调查中心, 陕西 西安 710054;

3. 中国地质调查局岩溶地质研究所, 广西 桂林 541004

1. *The Institute of Hydrogeology and Environmental Geology of China Geological Survey, Shijiazhuang 050061, Hebei, China;*

2. *Xi'an geological survey center of China Geological Survey, Xi'an 710054, Shaanxi, China;*

3. *Institute of karst geology of China Geological Survey, Guilin 541004, Guangxi, China*

1 会议简况

2018年9月9—14日,第45届国际水文地质大会在韩国大田召开,会议由国际水文地质学家协会(IAH)主办,IAH韩国国家委员会(IAH-KNC)承办。本次会议共有64个国家和地区的702名代表参加。与会人数韩国最多(469人),其次是中国(186人),中国地质调查局18人参加了此次大会。

大会的主题为“地下水和生命:科学与技术付诸行动”,大会邀请了10名专家做主题报告,165名学者做分会场口头报告,177个专家做展讲报告。会议议题包括水文地质学为社会服务、新技术新方法、地下水资源可持续利用、地下水回补技术及环境效应、地下水质量和地下水污染评估、岩溶地下水开发利用、海岸带水资源管理等。中国地质调查局郝爱兵研究员受邀做了题为“近年来中国水文地质调查重大成果(Remarkable achievements of hydrogeological survey in China for recent years)”的大会特邀主题报告,介绍了近年来中国水文地质调查工作的重大进展。

2 水文地质工作新方向

2.1 地下水研究应更加注重其社会维度

部分西方国家的水文地质专家在多年的科学

研究之后发现,长期与社会、政治、经济、公众生产生活等因素相脱节的地下水研究,未来面临的挑战是如何将科学研究成果与社会、政治经济、法律法规等环节相结合,如何更好地服务于社会公众生产生活。在地下水科学宣传方面,如何缩短水文地质专家与普通民众、政府决策部门的距离,还有很长的路要走。关于这一点,自然资源部中国地质调查局科普宣传力量上的持续投入已经形成了较大的影响,每年地球日和科普周等一系列活动都有专门的地下水资源可持续利用及环境保护方面的宣传内容,有效地缩短了地质调查、科学计划和民众之间的距离。

来自多个国家和地区的专家代表在此次会议上介绍了本国的地下水研究与社会政治经济相结合的工作现状。总体而言,拉丁美洲、非洲和东南亚的一些发展中国家正在逐步加强开展地下水资源量、地下水质量的研究,政府部门逐渐意识到利用地下水和保护地下水可持续利用对社会经济发展的重要性。老挝岩溶水的资源量较大,但对其研究较少,目前开始受到重视,2017年出版的水资源法中,有专门的章节叙述了地下水管理;泰国已经编制了省级的1:10万地下水资源可利用图,启动了全国范围1:5万地下水资源图编制工作;几内亚的

收稿日期:2018-12-26;修订日期:2019-04-08

作者简介:李亚松(1983-),男,副研究员,从事区域地下水质量评价及关键技术方法研究。E-mail:liyason712@126.com

专家 Fabio Antonio Fussi 提到,几内亚政府无暇顾及地下水资源管理及相关立法工作,地下水面临被重金属污染及超采的风险,希望国际组织能够提供帮助;来自德国的专家正在印度等发展中国家开展“社会-水文地质项目”,并讲述了一位普通印度妇女从原先的抗拒到后来很自豪地说自己也成为了“水专家”的事迹,有效地促进了地下水研究与社会公众相结合,提升了地下水科学服务社会生产生活的能力。

2.2 数值模拟和大数据等新技术在水文研究中的应用

澳大利亚 Damian 教授提出了三维数据可视化在地下水开发和模型概化中的重要性,通过使用中央数据库操作的通用三维数字平台,生成主题子数据库,允许特定的数据识别,并利用三维可视化平台的数字化元素建立地下水模型,对当地乡镇供水进行了可行性研究。韩国首尔国立大学 Hoonyoung Jeong 教授提出用机器学习的方法快速预测未来含水层动态,采用主成分分析(PCA)方法降低了计算数据集的维数,提高计算数据集的计算效率,并以场地模型为例得出基于机器学习方法预测未来含水层动态的平均相对误差为 4.1%,说明该方法具有快速、准确预测的优势。韩国大学 Yun-Yeong Oh 教授开发了一种新的多分辨率时空数据挖掘方法,通过机器学习和基于小波聚类,提高了算法的效率,评价了主要水文驱动因素对地下水位波动的贡献。中国吉林大学郭家元教授基于代理方法,将 0-1 混合整数非线性规划优化模型,应用于地下水污染识别中,通过建立 Kriging 代理模型,减少了计算量且保证了仿真结果的准确性,他认为该方法可以同时识别污染源的位置和释放强度,精度高,计算时间短。

2.3 地下水质量与污染研究

地下水硝酸盐污染的模拟与污染物迁移是转化机理研究的一项重要内容。例如,有学者利用 Modflow 并结合 MT3D 建立泰国地下水径流模型,模拟实验室尺度和区域尺度内长期硝酸盐污染物运移的特征,以及利用 $\delta^{15}\text{N}$ 、 $\delta^{18}\text{O}$ 同位素示踪法研究硝酸盐在非饱和和火山岩地层中的运移机制;韩国研究者在高浓度硝酸盐污染农业区含水层中应用原位生物异养反硝化工艺进行点源污染修复,并在实验含水层估算硝酸盐含量;新西兰研究者通过对生物反应器的随机多

目标优化,进而优化非均质冲积含水层中硝酸盐污染修复方法。

新型地下水污染主要来自人类活动对地下水的影响,包括地下资源开发对地质环境的干扰、工业生产带来的新有机污染物、新致病菌在地下水中的运移等。日本政府新颁布的环境质量管理标准已经将淋滤液中 1,4-二恶烷浓度标准列入其中。日本研究者通过土柱实验和模型试验,揭示了 1,4-二恶烷的污染机制,即伴随雨水的淋滤作用,非饱和污染土壤中的 1,4-二恶烷快速向饱和土层中扩散。

2.4 以综合视角研究地下水和地表水

从研究方法看,目前国际上研究地下水与地表水转化关系主要采用 2 种方法:一种是基于同位素和水化学的方法,一种是数值模拟方法。在基于同位素水化学的研究方面,专家利用同位素研究了澳大利亚维多利亚 Colac 湖的蒸发量,估算了地表水和地下水对湖水的贡献;利用氯和锶同位素研究了南非某河谷区咸水的来源;利用水化学方法研究了塞纳加尔水库修建对地下水水质的影响;利用氢氧同位素估算了地表水对地下水的渗漏补给量。对于数值模拟,主要使用的软件为 Modflow 和 Hydro GeoSphere,如利用 Modflow 模拟了伊朗 Urmia 平原地下水与地表水的关系。Hydro GeoSphere 目前已成为广泛使用的模型工具,由加拿大滑铁卢大学开发,具有将地表水与地下水统一考虑的优点,且可以应用在不同的空间尺度上。

2.5 岩溶和裂隙含水层水文地质研究

匈牙利学者通过计算值与实测值对比发现水资源线索的方法,为寻找水源提供了新的思路;日本专家以高裂缝性海岸含水层地下水流动为例,通过建立伸缩式组合模型(TMM)成功模拟了多孔介质多尺度瞬变流的输运过程;卡塔尔学者运用有限差分方法建立了岩溶含水层的 Modflow 模型,采用参数估计与先导点结合方法解释了导流系数的高变异性,同时采用蒙特卡罗方法建立了导水率和降雨补给的校正约束,并对模型进行了稳态情况下的校准。

在水文地质参数精细化求解方法研究方面,加拿大滑铁卢大学教授提出的水力层析成像方法(HT)在求解岩溶含水层水力特征空间分布方面具有很好的前景,值得学习研究;加拿大 Meyzonnat 教

授通过对井中温度的高分辨率监测,根据地下水温度随着埋深变浅而变低的特征及垂向温度出现的梯度变化,描绘活动导水裂缝的位置;比利时 Hoffmanm 教授对2个深50m、相距7.55m的井进行了研究,利用溶解气体、加热等方法分析了强扩散效应,定量分析了双重孔隙的影响和溶剂运移的不均一性;比利时 Robert 教授通过自然电位数据对裂隙岩体中区域地下水流态进行了描述和概化;加拿大 Maldaner 教授利用活动-分布式温度传感器(A-TDS)探测井中优势流的位置,并根据温差判断优势流的强弱;印度学者 Bhakar 通过氡氧同位素确定了石灰岩矿区水的来源。这些技术方法也值得我们学习借鉴。

2.6 海岸带管理和水资源研究相结合

岛屿的脆弱性研究对于确保地下水资源的可持续性至关重要。马来西亚的 Syazwan Aiman Mat Hasdi 对马来西亚著名旅游岛屿丁加奴岛进行了地下水脆弱性评价,并利用地理信息系统(GIS)软件进行编图,评价中增加了海水入侵和污染的风险,结果表明,海岸带具有较高的脆弱性;印度的 Manivannan 从2017年6月开始,每3个月进行一次地下水采样,分别从3个不同含水层采集地下水,现场测量电导率、pH值、盐度和碳酸盐,并在实验室分析主要离子和微量金属的浓度,研究表明,基于地球化学指标,在多含水层系统中没有观察到明显的相互作用。

德国的 Christoph Jahnke 在埃及红海地区一个碎屑海岸含水层的50多口井中,发现几口井的含盐量高达60g/L,明显高于海水浓度,并在许多需要经常清洗的井中都发现了明显的矿物结垢(石膏)。对其进行化学和稳定同位素分析,发现地下水-海水混合过程中离子交换反应中钙的富集使石膏达到饱和。

法国 Behshad Koohbor 首次利用放射性稀有气体同位素示踪剂⁸¹Kr和³⁹Ar测定了深部(>1000m)盐化滨海地下水的滞留时间,该结果有助于确定海水侵入地中海附近的以色列深层含水层的速度,以及含水层与海洋的连接性。⁸¹Kr年龄测定表明,海水样本的年龄小于40ka,与基于水文地质因素估计的几百万年的年龄矛盾。新的结果表明,含水层和海洋之间的联系更加紧密,而且最近的侵入是由海平面上升控制的,而海平面上升始于大约20ka以前。因此,在较短的时间内,通过过度抽水降低相邻淡

水水位会加速海水入侵,此类含水层需重点关注,加强管理。

3 体会和建议

一是地下水为主体的水文地质科学,正越来越受到各国政府和科学家的重视^[1]。地下水已经成为人类生存发展必不可少的重要基础资源,在部分国家已经成为重要的战略储备,是生态和环境系统的基本要素。随着全球工业化进程、社会发展、人口增长等的压力,水量不足和水质恶化在很多区域已经得到了体现,对水文地质工作提出了更高的要求。水资源可持续发展和保障安全供给,是摆在全世界各个国家面前的任务,同时也正是经济社会发展和地球科学学科发展的需求,推动着水文地质学科的不断前进。

二是在地下水科学研究方面,应该在全球化的背景下,突破一些前沿和重大科学问题。比如水循环与地下水资源分布规律、复杂地下水系统中的物质与能量迁移微观机理、地下水系统的地质微生物学研究、地下水非线性系统动态耦合模型^[2],关注全球变化与水循环的相互作用,提高对地下水系统的认识^[3],以及地球表层多圈层交互带物质能量交换等。

三是通过主持或参与全球尺度地下水资源与环境领域的国际合作项目,设立国际水文地质大科学计划,开展人类活动和气候变化对地下水循环和演变的影响、大尺度地球关键带水文过程与水岩作用、地下水危机识别与预警理论、区域地下水流与水质数值模拟实施数据同化技术、地下水污染监控与修复技术、地热资源开发利用等方面的理论及应用研究,形成地下水研究领域的国际领先优势,产生广泛的国际影响。

致谢:感谢郝爱兵、侯光才、雷明堂对稿件的审阅,感谢杨会峰、温雪茹、吕敦玉、郭春艳、董秋瑶、张健康、白华、周冰、戴建玲、于爽、李建鸿、孙平安提供有关素材。

参考文献

- [1]林学钰,廖资生. 地下水资源的基本属性和我国水文地质科学的发展[J]. 地学前缘, 2002, 9(3):93-94.
- [2]中国科学院. 中国学科发展战略——地下水科学[M]. 北京: 科学出版社, 2018.
- [3]袁道先. 以地球系统科学理论推动水文地质学发展——21世纪水文地质学发展战略与优先资助领域研讨会[J]. 水文地质工程地质, 2003, 30(1):1.