

应重视我国地下水的保护和管理

钟华平^{1,2}, 卞锦宇^{1,2}, 姜蓓蕾^{1,2}, 黄昌硕^{1,2}

1. 南京水利科学研究院水文水资源研究所, 南京 210029

2. 水文水资源与水利工程科学国家重点实验室, 南京 210029

[摘要] 地下水在保障城乡居民生活用水、支持社会经济发展和维持生态平衡等方面发挥着重要的作用。不合理开发利用地下水造成了地下水超采和地下水水质污染等一系列与地下水相关的生态环境问题, 需要从战略的高度认识我国地下水问题, 采取相关地下水保护管理战略措施, 实现地下水资源可持续开发利用。

[关键词] 地下水; 保护与管理; 水质污染; 生态环境

[中图分类号] TV211.1², TV213.4

[文献标识码] A

[文章编号] 1000-7857(2007)03-0070-05

Groundwater Protection and Management in China

ZHONG Huaping^{1,2}, BIAN Jinyu^{1,2}, JIANG Beilei^{1,2}, HUANG Changshuo^{1,2}

1. Department of Hydrology and Water Resources, Nanjing Hydraulic Research Institute, Nanjing 210029, China

2. State Key Laboratory of Hydrology- Water Resources and Hydraulic Engineering, Nanjing 210029, China

Abstract: Groundwater plays an important role in domestic water supply for residents both in town and countryside, in social and economical development, and in the ecological equilibrium. Irrational exploitation of groundwater will cause groundwater overdraft, water quality pollution, and some other ecological and environmental issues. We must take measures to ensure sustainable exploitation and utilization of groundwater.

Key Words: groundwater; protection and management; water quality pollution; ecology and environment

CLC Numbers: TV211.1², TV213.4

Document Codet: A

Article ID: 1000-7857(2007)03-0070-05

0 引言

地下水是水资源的重要组成部分, 我国地下水天然资源量多年平均为 8 837 亿 m³, 约占水资源总量的 1/3。地下水虽然比地表水资源量小, 但它具有分布广、水量稳定、受气候影响小、水质优良、不易受污染和较强的天然调蓄能力等特点。因此, 地下水在保障城乡居民生活用水、支持社会经济发展和维持生态平衡等方面发挥了重要作用, 尤其是在地表水资源相对贫乏的干旱、半干旱地区, 地下水资源具有不可替代的作用, 是我国北方地区及许多城市的重要供水水源, 在水资源开发利用中占有重要地位。目

前, 全国有 400 多个城市开采利用地下水, 在城市用水总量中, 地下水约占 30%^[1]。

由于地下水具有资源和环境双重属性, 并且是生态系统的组成要素, 许多地区因不合理开发利用地下水, 导致区域性地下水位下降、泉水断流、水源地枯竭, 进而诱发严重的地面沉降、地裂缝、岩溶塌陷、海(咸)水入侵等地质灾害, 以及地下水污染、土壤盐渍化、湿地消失、植被退化、土地沙化等生态环境问题。这些问题已危及到人民群众的身体健康与生命财产安全, 制约着经济社会的全面、协调和可持续发展, 需要从国家层面上实施地下

水资源保护管理战略。

1 地下水开发利用现状

世界上许多国家都把地下水作为主要的饮用水源。据估计, 全球地下水所提供的水量约占当前饮用水的 50%, 占工业用水的 40%, 占灌溉用水的 20%。在印度的农村地区, 地下水占生活用水的 80%, 55%~60% 的印度人直接或间接地依靠地下水生活^[2]。在美国, 地下水供给量约占国内淡水使用总量的 1/4。美国 100 个最大的城市中, 有 34 个城市的地下水供给占总供水量的 38%, 有 50% 的人口部分或全部依靠地下水; 尤其在乡村, 95% 以上

收稿日期: 2006-09-20

基金项目: 全国水资源综合规划项目, 水利部节水型社会建设项目专题

作者简介: 钟华平, 男, 南京水利科学研究院水文水资源研究所, 教授级高工, 主要研究方向为水资源可持续利用;

E-mail: hpzhong@nhri.cn

的家庭利用地下水作为饮用水源。许多欧洲国家,总供水量的 50%来自地下水。英国大约 30%的公共供水来自地下水;在饮用水供应中,法国的地下水供给为 65%,德国为 72%,瑞士为 84%,奥地利则超过了 90%^[3],澳大利亚地下水供给量占总用水量的 18%^[4]。在干旱的非洲大陆,人们的生活更是离不开地下水。

自 20 世纪 70 年代初我国开始大规模开发利用地下水资源以来,随着经济社会的不断发展,地下水开采量增长迅速。目前,我国约有 70%的人口以地下水为主要饮用水源^[5]。在北方地区,地下水开发利用率比较高,在总用水量中所占比例也较高。据本次全国水资源综合规划的成果显示,2000 年,全国有地下水生产井 490 万眼,其中配套机电井 430 万眼,包括深层承压水机电井 38 万眼。北方平原区地下水开采程度(实际开采量占相应地下水资源量的百分数)比较高,其中海河、辽河、黄河平原区 2000 年地下水的开采程度分别为 117.5%、61.4%和 53.9%。地下水占总供水量的比例已从 1980 年的 14.7%增长到 2000 年的 19.6%。2000 年地下水的用水量达到 1 104 亿 m³。北方六大流域,海河流域地下水占流域用水量的比例最高,为 65.5%;其次是辽河流域,占 55.1%;松花江流域占 41.4%;黄河流域占 34.7%;淮河流域占 33.4%;西北诸河占 14.9%。而南方四大流域,长江流域地下水用水量占流域总用水量的 5.0%;珠江流域约占 4.7%;东南诸河占 2.8%;西南诸河比例最小,仅占 1.4%。

2 与地下水相关的生态环境问题

长期以来,由于人们对地表水与地下水之间的关系,以及地下水的资源、生态与环境支撑作用等认识不足,在水资源供需矛盾日益突出的情况下,重开发、轻保护,由此产生了一系列与地下水相关的生态环境问题。

2.1 过量开采致地下水位降落,漏斗面积不断扩大

由于过量开采地下水资源,造成

区域地下水位持续下降,形成许多以开采强度大、用水集中的城市为中心,规模不等的地下水水位降落漏斗和超采区。从 20 世纪 80 年代初至 90 年代末,全国以城市和农村井灌区为中心形成的地下水超采区数量已从 56 个发展到 164 个;超采区面积从 8.7 万 km² 扩展到 2000 年的近 19 万 km² 以上。全国共有 27 个省级行政区存在地下水超采问题,超采量逐年增加,2000 年的超采量已近 100 亿 m³,累计超采量逾 1 000 亿 m³^[6]。超采主要分布在黄淮海流域,其超采区面积占全国的 70%以上,其中河北省超量开采面积占该省平原区面积的 91.6%^[7]。

华北平原中东部地区已形成超采地下水最严重、地下水水位降落漏斗面积最大的地区,范围涉及天津市,河北省的沧州、衡水、邢台和山东省的德州等地区。该超采区的区域地下水水位降落漏斗已连接成片,面积达 3.6 万 km²。长江三角洲地区的苏锡常地区,深层承压水降落漏斗中心水位埋深达 70~85 m。西北内陆河的石羊河流域、乌鲁木齐河流域等地区,由于中游工农业生产过量开采地下水以及山前戈壁带河流对地下水补给的减少,引起了不同程度的区域性地下水位下降,从而导致了下游植被衰退和土地沙化。

2.2 地面沉降

地面沉降是平原区地下水超采造成的主要地质灾害之一。由于过量开采深层承压水,不少地区先后发生了地面沉降,有些地区甚至相当严重。我国地面沉降主要分布在以下地区:沿海河口三角洲地区,如上海、苏锡常、杭嘉湖等地区;广大平原地区,如松嫩、黄淮海平原;环渤海地区,如天津、沧州等地;东南沿海平原,如宁波、湛江等地;河谷平原和山间盆地平原,如西安、太原等地。

目前,全国已有 50 多个城市发生地面沉降,沉降面积达 6.4 万 km²。大范围的地面沉降主要发生在天津地区和京津以南的中东部平原,天津市在 8 000 km² 的面积上发生了地面

沉降,最大累积沉降量为 3 140 mm;河北省东部平原地面沉降量大于 200 mm 的面积达到 48 000 km²。江苏苏州、无锡、常州地区地面沉降已连片,形成苏锡常沉降区,沉降量大于 600 mm 的面积 1 300 km²。地面沉降中心累积沉降量超过 2 000 mm 的城市有天津、上海、沧州、西安、太原 5 个城市。其中,苏锡常地区因地面沉降造成的直接经济损失超过 200 亿元,间接损失近 3 500 亿元。

应该指出的是,地面沉降的发生不完全是因超采地下水引起的。近年来,由于城市建设加快,高层建筑和城市地下工程增多,同样也造成了地面下沉,许多地面沉降是综合因素影响的结果。

2.3 地面塌陷

地面塌陷分为岩溶塌陷、采空塌陷及黄土湿陷 3 种类型。其中岩溶塌陷是一种破坏性大、危害严重的突发性地质灾害,易造成人身伤亡和重大经济损失。南方地区的岩溶塌陷较多,这些地区包括贵州省的水城,湖南的郴州、娄底、邵阳、湘潭、长沙、株洲,广西壮族自治区的桂林、玉林等地。据不完全统计,目前我国发生地面塌陷已超过 2 500 多处,总面积超过 2 300 km²,最大塌陷深度超过 30 m。塌陷地区主要分布在长江区、淮河区 and 黄河区。其中,由于地下水过量开采导致的地面塌陷估计约占总塌陷面积的 30%。

2.4 地裂缝

地裂缝主要由深层地下水过量开采等原因造成。据统计,全国有地裂缝近 6 000 条,分布面积超过 700 km²,广泛分布于河南、云南、贵州、湖南、江西、江苏、安徽、广东、海南、河北、山东、陕西、山西等省。河北平原、陕西西安、山西大同和江苏的苏、锡、常等地区地裂缝危害严重,对城市基础设施建设构成严重威胁。如陕西西安,出现了 13 条东西走向的地裂缝,裂缝总长度超过 70 km。地裂缝区内的道路和建筑物部分受到破坏,供排水管出现断裂。西安市仅地裂缝损毁的房屋就已达 170 多幢,象征西安古代文明的钟楼下沉了 395 mm,始建

于唐代的大雁塔向西北倾斜超过了 1 100 mm。

2.5 海(咸)入侵

沿海地区,特别是在地下水超采区,由于过量开采地下水,使沿海地下水位下降到海平面以下,导致海水侵入到陆地地下水含水层中,造成地下水水质恶化,破坏整个地下水环境。据初步统计,我国海水入侵总面积超过 1 500 km², 主要分布在渤海和黄海沿岸。山东半岛滨海地区的海水入侵最为严重,面积近 900 km²; 其次是辽宁省,海水入侵面积超过 500 km²。两省的海水入侵面积占全国海水入侵面积的 90%以上。另外,河北省秦皇岛、广西北海等地也存在海水入侵现象。海水入侵使得地下水矿化度和氯离子浓度增高,地下淡水咸化,水质变差,失去了原有的利用价值,给当地的工农业生产、人民生活及生态环境造成了极大的危害。

在滨海平原区,地下咸水(矿化度大于 2 g/L)分布区面积超过 5 万 km², 主要分布在河北、山东等省。在咸水含水层的上下层,常常存在浅层淡水和深层淡水,地下水为咸水-淡水的二元结构。河北中东部平原分布的咸水区,因深层地下淡水水位急剧下降,与上覆咸水形成了 40~80 m 的水位差,在开采深层水时,使上层咸水与下层淡水局部连通,造成咸水界面下移,并入侵到深层淡水中,使深层淡水局部变咸。

2.6 地下水污染

水质污染已严重影响到我国的供水安全,威胁到人民的生命安全。全国城市污水的年排放量已达到 620 亿 m³, 70%左右的污水未经处理或处理不当直接排入水域,造成全国 1/3 以上的河段受到污染,90%以上城市水域污染严重。如长江三角洲、珠江三角洲等地区,地表水体污染严重,河流水质大多数为Ⅲ类、Ⅳ类,甚至劣Ⅴ类。这些污染的地表水渗入到地下含水层,造成地下水严重污染,导致浅层地下水水质基本不符合饮用标准,大部分城市淡水资源供给已受到水质恶化和水生生态系统破坏的威胁^[9]。

在全国进行地下水水质评价的

199.6 万 km² 的面积中,Ⅲ类和Ⅳ类水质的面积仅为 4.98%,Ⅲ类面积占评价面积的 35.53%。地下水Ⅲ类、Ⅳ类的面积占总评价面积的 59.49%。在评价的面积中,有 24.84%的面积受到不同程度的人为污染,特别是人口密集的太湖和海河平原,污染已经呈现大范围的蔓延态势^[9]。目前,全国约有一半城市市区地下水污染比较严重,北方 17 个省会城市中 16 个污染严重,南方 14 个省会城市中 3 个污染严重(合肥、武汉、长沙)^[9],已成为影响供水安全的重大隐患,危及居民身心健康。地下水污染物主要来自城镇生活污水和工业废水,其次是农业施用化肥、农药造成的面源污染。污染源主要是海(咸)入侵(本文单列)、硝酸盐污染、石油和石油化工产品的污染。

3 地下水保护应采取的战略措施

实施地下水保护战略的目的是保护我国有限的地下水资源,避免地下水超采,减少地下水污染对饮用水和生态系统潜在的负面影响。应通过采取一系列地下水保护管理战略措施,以保证地下水资源的可持续开发利用。

3.1 建立水资源管理组织机构

地下水资源保护需要政府、社会和公众的长期配合和共同努力。保护地下水资源,组织建设应是第一位。应建立统一管理水资源的委员会,做到综合管理水资源,使地表水与地下水、供水与排水、农村供水与城镇供水管理一体化。该委员会应具有行政执法、监督检查和咨询服务功能。委员会还应依法行政,严格执法,并树立高效、公正、廉洁和透明的工作作风。

3.2 编制地下水保护立法和规划

我们应制定和完善地下水资源管理与保护的法律法规和规章制度,立法保护地下水资源。建立相应的地下水保护管理体制和运行机制,采取取水许可、废弃井登记,自备井监督管理等措施,严格控制超采区地下水开采,减少潜在的地下水污染,改善和保护生态环境,促进地下水资源的

可持续利用。制定适应地下水管理和保护的强制性技术标准,提高地下水资源管理水平,推进地下水管理监控和预警系统信息化、自动化。

我们应以流域为单元制定地下水保护规划,制定地下水应急预案,建立快速反应机制和预警机制,处理突发性水污染事件,综合防治地下水资源,减少或消除对饮用水供给潜在的威胁。根据区域水文地质资料,编制应急供水水源方案,并有计划地开展地下水应急供水水源地的勘查工作,寻找和探明更多的地下水水源地,以备应急供水之用,缓解供水危机^[10]。

3.3 划分地下水水源保护区

地下水的重点保护地区,需要设立水源保护区。应分区、分类建立地下水水源保护区,保护供水水源地免受污染。在地下水水源保护区内,根据水文地质条件,地下水资源赋存、分布规律以及工农业生产布局,科学划分地下水防护带的范围和防护层位,并实施分级保护。在保护区内,应限制土地利用,禁止有害废物设施的建立和固体废物填埋、废旧物堆砌和废水排放等行为,保证水源保护区范围内的水质不被污染。针对保护区的地下水情况,进行地下水系统分析、地下水监测,确定污染源、污染物及污染途径和地下水系统的敏感区,以期解决地下水问题。

3.4 规划地下水监测网

以往在相当长一段时间内,人们对地下水水质保护不太重视,主要原因是人们没有认识到水质对资源影响的重要性^[11]。建立地下水动态监测系统,可以获知地下水量和水质的变化,遏制地下水超采,有效地保护地下水资源。全国应统一分级(流域级、地方级)进行地下水监测网规划和地下水水质预警规划。通过地下水监测结果,评估地下水水质和水量的现状和发展趋势,有助于分析地下水在空间和时间上的运动过程及人为影响的程度,在识别因地下水超采、地表水污染引起的地下水水质变化方面起到预警作用。地下水监测结果是编制地下水水源保护规划和制定保护政策的依据。

3.5 建立地下水管理信息系统

建立基于 3S 技术的地下水保护管理信息系统, 进行地下水综合信息管理。管理信息系统的信息应该包括水文和水文地质调查资料、水井记录、取水量、水质、公共供水系统、水源保护区、地下水脆弱性、土地利用、污染源和污染物等。开发和维护地下水管理信息系统, 可以为地下水开发和监测活动提供决策信息, 从而有助于提高地下水管理决策和规划的水平^[12]。大部分信息还应向公众免费开放, 资源共享, 减少浪费且有利于地下水保护。

3.6 加强宣传与教育

洪涝灾害频繁、干旱缺水严重、水质污染突出、水土流失广大, 是我国水资源及其开发利用的现状。目前全国还有约 7 000 多万人仍在饮用不符合饮用标准的地下水。重利用轻保护、重开发轻管理、重发展轻环境、重形式轻实效, 是水资源开发利用引起地下水问题的根本原因, 应引起政府有关部门、社会和公众的高度重视。宣传教育是政策执行的重要部分。通过宣传和教育培训, 可以提高公众意识、增强技术力量, 有利于进行地下水保护、预防水质污染。因此, 应有计划、有步骤地进行公众教育和人才培养, 广泛宣传, 提高认识, 增强公民自觉保护水资源的意识和壮大专门人才队伍。

3.7 建立激励机制

采取经济措施和授予相关荣誉的激励机制, 是地下水资源保护不可或缺的重要措施。如在制定合理用水定额的基础上, 采用阶梯式供水水价, 运用经济杠杆, 促进节约用水, 减少污染和控制超采地下水; 在水源保护区内, 补偿土地利用损失; 利用经济手段处罚随意倾倒有害废物的行为; 对保护地下水资源有功的公民和机构, 给予精神表彰和物质奖励。通过运用这些奖惩机制, 对于实现地下水资源的可持续利用、保持生态环境的良性循环具有重要作用。

4 结语

地下水是可更新和有限的自然

资源, 易受自然和人为因素的影响。地下水利用和保护是关系到我国经济和社会可持续发展的战略问题。目前, 地下水超采和地下水水质污染形势严峻、问题突出, 治理难度很大, 迫切需要国家从战略的高度, 进一步加大地下水保护和管理的工作力度, 采取一系列地下水保护战略措施, 实现地下水资源可持续利用, 支撑我国经济社会的可持续发展。

注: 文中未注明出处的数据均来自本次全国水资源综合规划项目的相关调查和统计。

参考文献 (References)

- [1] 王秉忱. 加强城市水文地质勘察, 促进城市可持续发展[EB/OL]. [2006-08-02]. http://www.fjkcsj.com/Article_Show.asp.
WANG Bingchen. To strengthen urban hydrogeological survey will accelerate urban sustainable development[EB/OL]. [2006-08-02]. http://www.fjkcsj.com/Article_Show.asp.
- [2] KAREN G, VILLHOLTH. 地下水评价与管理: 全球化的机遇和挑战[EB/OL]. 魏国强, 译. [2006-08-03]. <http://www.hwcc.com.cn/newsdisplay/NewsDisplay.asp>.
KAREN G, VILLHOLTH. Groundwater estimation and management: opportunity and challenge in the whole world [EB/OL]. Translated by WEI Guoqiang. [2006-08-03]. <http://www.hwcc.com.cn/newsdisplay/NewsDisplay.asp>.
- [3] 李烈荣. 加强地下水资源保护[EB/OL]. [2004-04-21]. <http://www.people.com.cn/GB/guandian/8213/8309/28296/2461127.html>.
LI Lierong. Groundwater resources protection should be strengthened [EB/OL]. [2004-04-21]. <http://www.people.com.cn/GB/guandian/8213/8309/28296/2461127.html>.
- [4] Agriculture and Resource Management Council of Australian and New Zealand. Australian and New Zealand Environment and Conservation Council. Guidelines for groundwater protection in Australia [R]. Canberra: Commonwealth of Australia, 1995.
- [5] 甘也. 地下水: 潜伏的危机 [EB/OL]. [2005-02-25]. <http://www.mlr.gov.cn/pub/gtzyb/>
gtzygl/dzhj/dxszy/t20050225_65308.htm.
- GAN Ye. Groundwater: Potential crisis [EB/OL]. [2005-02-25]. http://www.mlr.gov.cn/pub/gtzyb/gtzygl/dzhj/dxszy/t20050225_65308.htm.
- [6] 水利部. 关于加强地下水超采区水资源管理工作的意见[EB/OL]. [2003-11-20]. <http://www.mwr.gov.cn/ztbd/dxsgg/20031120/27348.asp>.
MINISTRY OF WATER RESOURCES. The notion on to enhance water resources management in the groundwater overdraft areas [EB/OL]. [2003-11-20]. <http://www.mwr.gov.cn/ztbd/dxsgg/20031120/27348.asp>.
- [7] 于猛. 全国地下水超采区面积近 19 万平方公里[N]. 人民日报, 2005-03-02.
YU Meng. The area of groundwater overdraft in China approximated 190,000 sq. km [N]. The People's Daily, 2005-03-02.
- [8] 钟华平. 城市化对水资源的影响 [J]. 世界地质, 1996, 15(4): 49-53.
ZHONG Huaping. Influence of urbanization on water resources [J]. World Geology, 1996, 15(4): 49-53.
- [9] 唐克旺, 吴玉成, 侯杰. 中国地下水资源质量评价 (II)——地下水水质现状和污染分析[J]. 水资源保护, 2006, 22(3): 1-4, 8.
TANG Kewang, WU Yucheng, HOU Jie. Assessment of groundwater quality in China: II. Groundwater quality and pollution analysis [J]. Water Res Prot, 2006, 22(3): 1-4, 8.
- [10] 陶庆法. 推进地下水资源合理开发和利用 [EB/OL]. [2004-03-24]. <http://2004.chinawater.com.cn/ztgz/2004srsz/3/20040323/200403230189.asp>.
TAO Qingfa. To promote groundwater rational exploitation and utilization [EB/OL]. [2004-03-24]. <http://2004.chinawater.com.cn/ztgz/2004srsz/3/20040323/200403230189.asp>.
- [11] Jaroslav Vrba. Groundwater Protection Policy and Management [DB/OL]. <http://stapgef.unep.org>, 2005-12-28.
- [12] Waterloo Hydrogeologic, Inc. Groundwater protection management strategy [DB/OL]. [2006-08-02]. http://www.perthgroundwater-study.on.ca/final_report.htm.

(责任编辑 李慧政)