

束龙仓 杨建青 王爱平 章树安 等 编著

地下水动态 预测方法及其应用



DIXIASHUI DONGTAI
YUCE FANGFA JIQI
YINGYONG



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

地下水动态 预测方法及其应用

束龙仓 杨建青 王爱平 章树安 等 编著



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书通过系统整理目前国内外常用的地下水动态预测方法,对各类方法的基本原理、应用步骤、适用条件及其局限性进行了较为深入的研究和探讨,结合作者多年来的应用实践,有针对性地选择一些代表性应用实例,使读者对各类方法有进一步的认识和理解。

本书具有较强的理论性和实用性,可供从事地下水监测、评价、分析的工程技术人员使用,也可供水资源科研与管理人员和有关高校相关专业的高年级本科生和研究生阅读参考。

图书在版编目(CIP)数据

地下水动态预测方法及其应用 / 束龙仓等编著. --
北京:中国水利水电出版社, 2010.5
ISBN 978-7-5084-7516-5

I. ①地… II. ①束… III. ①地下水—预测—方法
IV. ①P641.2

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第091113号

书 名	地下水动态预测方法及其应用
作 者	束龙仓 杨建青 王爱平 章树安 等 编著
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 68367658 (营销中心)
经 售	北京科水图书销售中心(零售) 电话: (010) 88383994、63202643 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京市地矿印刷厂
规 格	170mm×230mm 16开本 12.25印张 226千字
版 次	2010年5月第1版 2010年5月第1次印刷
印 数	0001—2000册
定 价	35.00元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社营销中心负责调换

版权所有·侵权必究

《地下水动态预测方法及其应用》编委会

主编 束龙仓 杨建青 王爱平 章树安

编者 温忠辉 荆艳东 刘 波 徐 强 李 嫻
杨忠山 周 东 窦艳兵 赵泓漪 刘翠珠
唐广鸣 柴成繁 张建民 王春泽 李明良
任印国 黎 明 董艳辉 杨 勇 徐海珍
乔小娟 周鹏鹏 苏佳林 王光生 杨桂莲
于 钊 刘 晋 杨 丹 杨春生 李 洋
高 志



水是生命的源泉，是人类生存和发展不可替代的自然资源，是经济社会可持续发展的基础。进入 20 世纪以来，在人口增长、经济社会发展和科学技术进步的推动下，人类开始大规模兴修水利工程，开发和利用水资源。地下水资源由于其分布广、水质好、供水保证程度高等特点而得到越来越多的开发利用。20 世纪 70 年代，我国开始大规模区域性开发利用地下水，90 年代进行全面开发，特别是北方缺水地区，地下水资源开发利用程度较高。如海河流域和辽河流域地下水供水量分别占总供水量的 65% 和 55% 以上。2008 年，全国地下水供水量达 1084.8 亿 m^3 ，占全国年总供水量的 18.3%，地下水年供水量超过 100 亿 m^3 的有河北、河南、黑龙江、山东等 4 省。地下水的开发利用在很大程度上减缓了水资源供需矛盾，特别是在提供应急水源保障以及干旱地区供水安全等方面发挥了重要作用，支撑并促进了地区经济社会的发展。同时，由于大规模地集中开采地下水资源使得局部地区地下水位持续下降，引发了地面沉降、海（咸）水入侵、湖泊湿地萎缩、泉水干涸以及荒漠化加剧等一系列水资源与生态环境问题，影响和制约了区域经济社会的可持续发展，得到了全社会的广泛关注。

地下水监测是了解和掌握地下水动态变化的重要手段。我国的地下水监测和相关技术研究是伴随着地下水开发利用逐步发展起来的，经过几十年的发展，目前已建成一定规模的地下水监测站网，积累了大量地下水动态监测资料，形成了较为完整的监测队伍和技术体系。但目前的地下水监测还存在着站网密度低、专用监测井少、监测技术手段落后、信息服务能力差等问题，不能适应与支撑实行最严格水资

源管理制度和经济社会可持续发展的要求。为此，近年来，水利部加强了对地下水的监测管理，由水利部、国土资源部共同组织编制的“国家地下水监测工程项目”取得明显进展，水利部组织开展的“地下水保护行动”等取得良好效果，地下水监测、预测和信息服务技术等研究稳步推进，这将为全面提升我国地下水监测、预测、信息服务和科学管理水平提供有力保障。

根据地下水水位水质等监测资料，应用科学理论和方法，对地下水动态预测技术进行研究和应用，分析掌握地下水动态过程与特征，探索地下水的发展和变化趋势，是当前地下水开发利用中急需解决的技术难题。国内外地下水预测模拟方法很多，20世纪初国外最早采用比较简单的水均衡方法以及水文地质比拟方法预测地下水位，在随后的半个多世纪中解析法得到发展应用，从20世纪80年代以来数理统计方法迅速发展。进入21世纪，基于高性能计算机的数值模拟方法的快速发展把地下水动态预测工作推向了一个新的阶段。

《地下水动态预测方法及其应用》一书由水利部水文局组织有关专家编著，书稿是在水利部公益性科研项目“京津冀地下水严重超采区地下水预测预报研究”的初步研究成果基础上，通过系统收集与整理目前国内外常用的地下水动态预测方法，对各类方法基本原理、应用步骤、适用条件以及方法的局限性进行了较为深入的研究和探讨，并有针对性地选择一些代表性应用实例，可以帮助读者对各类方法有进一步认识和理解，具有较强的理论性和实用性。

《地下水动态预测方法及其应用》一书凝结了作者多年来的理论研究、应用实践和心得体会，相信该书的出版，能够对我国地下水动态预测研究起到借鉴和推动作用，对提高我国水利水文系统地下水从业工作者的技术水平有所帮助。

水利部水文局副局长
水利部地下水监测中心主任



2009年12月于北京

前言



地下水不仅是我国城乡生活和工农业用水的重要供水水源，是水资源的重要组成部分，而且是维系生态系统的重要要素，是自然生态系统及环境的重要组成部分。随着我国经济社会发展、人口增长以及全球气候变化，地下水的不可替代作用日益凸显，尤其是在地表水资源短缺的北方地区和南方水质型缺水地区，地下水的资源功能更加突出，是这些地区主要的生活和生产供水水源。

目前，我国有 $2/3$ 的城市供水依赖地下水，用于农业灌溉的地下水占地下水开采量的 50% 以上，自 21 世纪以来全国地下水年开采量持续超过 1000 亿 m^3 ，地下水开采量居世界第三位。地下水的开发利用为区域经济和社会发展发挥了重要作用、提供了重要保障。但是，由于一些局部地区开采量超过了地下水可开采量，造成地下水采补失衡，导致地下水水位持续下降，并引发地面沉降、生态环境退化、地下水污染等一系列问题。因此，为了科学、合理地开发利用和保护地下水资源以及恢复生态环境，就需要加强对地下水的动态监测和分析预测，这也为水资源统一调度、合理配置、生态保护等提供了决策依据。由于地下水埋藏于地下以及受自然条件和人类活动影响较为明显，地下水的变化规律往往表现为复杂的非线性过程，所以要实现地下水动态进行准确预测需要非常漫长的探索和研究过程。

早在 20 世纪初，国外就开始了地下水动态进行预测研究，采用的是比较简单的水均衡方法以及水文地质比拟方法。20 世纪 50 年代后期，原苏联水文地质学家 Г. Н. 卡门斯基通过研究存在降水入渗条件下的有限差分法，实现了用解析法预测地下水的动态变化。20 世纪 80 年代后期，随机方法在国外迅速发展。美国、日本、荷兰等国还根据动态研究开始推广利用地下水库调蓄水资源，并将其视为水资源管理的一个重要策略。与国外相比，国内地下水动态预测方法研究

起步较晚，主要从 20 世纪 70 年代中后期开始，随着地下水开发利用程度不断提高和计算机不断普及应用，而得到较快发展，近年来数值模拟技术逐步得到较广泛的应用。

本书是在由水利部水文局牵头组织，中国科学院和河海大学以及京、津、冀三省（直辖市）水文单位参加承担的水利部公益性科研项目“京津冀地下水严重超采区地下水预测预报研究”（编号：200801020）相关研究成果和长期科研工作积累的基础上，由水利部水文局组织有关专家编著而成。作者在检索大量资料、掌握国内外相关研究成果和经验、分析其发展趋势的基础上，首先全面概括了我国地下水监测及开发利用情况、存在问题和开展地下水动态预测的重要性，以及国内外开展地下水动态预测研究的发展历程；其次系统地介绍了目前国内外常用的地下水动态预测方法，包括水均衡法、解析法、数值法以及数理统计等方法，并深入分析和探讨了各类方法的适用条件及其优缺点；最后结合各类方法给出了我国北方地区有代表性的应用实例，以便读者进一步认识和掌握不同方法的应用。

本书由河海大学水文水资源学院束龙仓教授、水利部水文局杨建青博士、王爱平高级工程师和章树安教授级高级工程师撰写，并完成最后的统稿工作。本书在编著过程中，得到了有关单位和个人的大力支持与帮助，特别是水利部南京水利科学研究院水文水资源研究所李砚阁教授、中国科学院地质与地球物理研究所李国敏研究员、河海大学水文水资源学院陈喜教授都对本书提出了很好的修改意见，在此对他们表示衷心感谢。书中部分内容参考了有关单位或个人研究成果，均在参考文献中列出，在此一并致谢。

相对于地表水体，地下水资源由于其水文地质条件的复杂性和埋藏于地下不被人们直接发现等特点而研究较少，不少方面尚处于探索阶段。虽然本书对地下水动态预测方法进行了较为系统的收集与研究，但由于时间仓促，加之作者水平有限，书中难免存在不足之处，敬请广大读者提出宝贵的意见和建议。

作 者

2009 年 12 月

目 录

序

前言

第 1 章 综述	1
1.1 概述	1
1.2 我国地下水开发利用状况	3
1.3 我国地下水监测现状	7
1.4 地下水动态预测	12
第 2 章 水均衡法	17
2.1 水均衡法概述	17
2.2 水均衡法的计算步骤	17
2.3 水均衡法的优缺点及适用条件	23
第 3 章 解析法	24
3.1 解析法概述	24
3.2 裘布依井流模型	25
3.3 泰斯井流模型	30
3.4 解析法的优点及局限性	34
第 4 章 数值法	36
4.1 数值法概述	36
4.2 应用步骤	37
4.3 有限差分法	42
4.4 有限单元法	48
4.5 数值法优缺点及适用条件	53
第 5 章 数理统计方法	55
5.1 回归模型概述	55

5.2	时间序列模型	73
5.3	灰色 GM(1,N)模型	85
5.4	人工神经网络模型	91
5.5	频谱分析法	105
第6章	应用实例	111
6.1	河南省沁北电厂水源地	111
6.2	河北省承德县滦河水源地	116
6.3	山东省济宁市	126
6.4	山东省济南市趵突泉	133
6.5	山西省太原市晋祠泉	140
6.6	北京市平谷区盆地	146
6.7	天津市塘沽区	152
6.8	河北省石家庄市	161
6.9	北京市平原区地下水模拟与预测一体化平台构建	171
附录		181
参考文献		183

第1章 综 述

1.1 概述

水是人类赖以生存的自然资源，是经济社会可持续发展的基础。随着气候变化、人口增长、经济发展和技术进步，水资源供需矛盾日益突出，水资源与能源、人口、生态环境等已成为世界各国普遍关注的重大问题。

广义的水资源是指在地球的水循环中，可供人类社会和生态环境利用的淡水，它的补给来源是大气降水，它的赋存形式是地表水、地下水和土壤水。在《中国大百科全书》中，水资源被定义为“地球表层可供人类利用的水，包括水量（水质）、水域和水能资源，一般指每年可更新的水量”。1977年，联合国教科文组织（UNESCO）定义“水资源是指可以利用或有可能被利用的水源，这种水源应当具有足够的数量和可用的质量，并在某一地点满足某种用途而得以利用。”人们通常所说的水资源是陆地上可以利用的淡水资源，包括江、河、湖、库，冰川、积雪、大气水、土壤水和地下水等。在整个水资源系统中，地下水是极其重要的组成部分。

地下水是指埋藏于地表以下的各种形式的重力水。地下水按含水层的埋藏条件，可分为包气带水、潜水和承压水三个基本类型。每一类型按含水空隙特征，又可分为孔隙水、裂隙水和岩溶水。

1.1.1 不同埋藏条件下的地下水

（1）包气带水。地表面与潜水面之间与大气相通的，含有气体的地带，称为包气带或非饱和带。包气带水通常是指存在于包气带中的地下水。一般分两种：一是土壤层内的结合水和毛细水，又称土壤水；二是局部隔水层上的重力水，又称上层滞水。

（2）潜水。通常是指地表以下，第一个稳定隔水层以上具有自由水面的地下水。潜水有自由水面，地表至潜水面间的距离为潜水埋藏深度。潜水层以上没有



连续的隔水层，不承压或仅局部承压。降水和地表水通过包气带下渗补给。潜水以地面蒸发或出露为地表水和泉水的方式排泄。潜水是重要的供水水源，通常埋藏较浅、分布较广、开采方便。

(3) 承压水。通常是指充满于两个相对隔水层之间的具有承压性质的地下水。承压水的补给区往往小于分布区，动态变化不大，不容易受污染。承压水主要以泉水的形式排泄。在适宜的地形条件下，当钻孔打到含水层时，水便喷出地表，形成自喷水流，故又称自流水。人们利用这种自流水作为供水水源和农田灌溉。在中国，承压水的发现和利用可以追溯到 2000 多年前。汉朝初期，我国四川省开始打自流井取卤水生产食盐，井深超过百米。

地下水在空间分布上具有多层性。与大气降水和地表水直接交替循环并埋藏较浅的地下水，通称浅层地下水，包括潜水和浅层承压水；地质历史时期形成和赋存下来的、埋藏较深的、与现代大气降水和地表水交替循环较缓慢的地下水，称为深层地下水。

1.1.2 不同含水介质中的地下水

(1) 孔隙水。存在于岩层孔隙中的地下水。主要分布于冲积平原、河谷平原和山间盆地的松散沉积地层中的地下水，在冲积平原和山间盆地内的第四纪地层中分布广泛。孔隙水是工农业和生活用水的重要供水水源，在开发利用上占主要的地位。

(2) 岩溶水。赋存于岩溶化岩体中的地下水的总称。喀斯特发育需要一定条件，其分布极为零散，在我国主要分布于广西、贵州等地。

(3) 裂隙水。存在于岩层裂隙中的地下水。与孔隙水比较，裂隙水分布不均匀，水力联系差，介质的渗透性具有不均一性与各向异性。

1.1.3 地下水动态

地下水动态，是指地下水的水位、水量、水温、水质（水化学参数）等要素随时间变化的过程。地下水动态受自然因素（气象、水文、潮汐、地质等）以及人为因素（开采、灌溉、水库及渠道渗水、人工回灌等）影响，常常有昼夜变化、季节性变化以及多年周期性变化，尤其是浅层地下水往往具有明显的日变化和强烈的季节变化。不同类型的地下水，由于其影响因素不同，其动态变化也不同。如受降水补给与地表水补给影响，潜水的季节性动态变化一般比承压水显著。

地下水的动态变化是在各种影响因素共同作用下形成的。各种影响因素自身



的变化导致地下水动态往往表现为复杂的非线性过程,需要通过地下水动态监测来掌握。地下水动态监测,就是通过地下水监测站网按照规范要求对地下水动态要素进行连续观测、记录和资料整理的工作。其中,对一个地区的地下水动态要素的监测,按其性质可分为经常性的监测和专门性的监测。后者是指为某一特殊目的或某一段时间内专门组织的监测。

1.2 我国地下水开发利用状况

地下水的形成和分布,受地质、气候、水文等自然因素的控制。我国地下水的分布存在明显的地区差异,以自西向东的昆仑山—秦岭—淮河一线为界,既是我国自然地理景观的重要分界线,又是我国区域水文地质条件和地下水区域分布存在明显差异的分界线。总体来说,分界线以南地区地下水资源比较丰富,分界线以北地区地下水资源相对缺乏。地下水资源量模数(单位面积地下水资源量)也是南方普遍大于北方,平原区普遍大于山丘区。根据第二次全国水资源评价初步成果,我国平原区地下水资源量模数的地域分布,从北向南总体呈递增趋势。南方地区平均地下水资源量模数为 $17 \text{ 万 m}^3/\text{km}^2$,北方地区仅为 $5 \text{ 万 m}^3/\text{km}^2$,北方地区平均地下水资源量模数仅为南方地区的 29%。山区地下水多以地表水的形式排出,最终成为地表水的一部分。

不同地区、不同含水层可开采利用的地下水资源不同,必须根据含水层的特点合理开发地下水资源。

1.2.1 地下水的开发利用

1.2.1.1 地下水开发利用历史

早在远古时代人们就已尝试打井取水。距今约 5700 年的浙江余姚河姆渡古文化遗址水井是我国已知最古老的水井。古波斯时期,在德黑兰附近修建的坎儿井,最深达 150m、长度最长约 26km。约公元前 250 年,在我国四川,为了开采地下卤水开凿了深达百米以上的自流井。我国汉代的凿龙首渠,是一种井、渠结合的取水建筑物。在利用井泉的过程中,人们也探索了地下水的来源。公元前 1 世纪古罗马建筑师 M. V. 波利奥认为地下水是由雨水和雪水渗入地下形成的。这一假说在中世纪广为盛行,并且在很长时期内占着统治地位。其后,法国帕利西、中国徐光启和法国学者马略特等先后指出了井泉水来源于大气降水或河水入渗,马略特还提出了含水层与隔水层的概念。20 世纪 60 年代以来,逐渐公认地下水的起源与地球水圈起源紧密相关,包含在地球水圈中的水(包括地面水和地



下水)主要是整个地质时期从地球内部持续地逸出的。

目前全球各大洲的主要含水层基本都被开发利用,全球有超过 15 亿人口的主要饮用水来自地下水源。整个亚洲有近 1/3 的饮用水依靠地下水源。一些发展中国家的城市,如印度尼西亚首都雅加达(Jakarta)、孟加拉首都达卡(Dhaka)和墨西哥首都墨西哥市(Mexico City)的生活饮用水几乎都来源于地下水。农村地区,在自来水系统未能延伸到的区域,地下水往往是唯一的水源。美国农村超过 95%的人口饮用地下水。20 世纪 60 年代以来,随着灌溉用水需求的增加,加剧了地下水的开发利用。如印度拥有全球最大的农业灌溉面积,1960 年有浅井约 3000 处,到 1990 年猛增到了 600 万处,目前印度全国一半以上农业灌溉用水由地下水供应。美国拥有全球第三大农业灌溉面积,地下水灌溉面积占农业灌溉面积的 43%。全球饮用地下水的区域分布见表 1-1。

表 1-1 全球饮用地下水的区域分布

地 区	地下水占饮用水比例 (%)	饮用地下水的人口 (百万)
亚洲—太平洋	32	1000~1200
欧洲	75	200~500
拉丁美洲	29	150
美国	51	135
澳洲	15	3
非洲		—
全球		1500~2000

注 资料来源: UNEP、OECD、FAO、U. S. EPA、Australian EPA。

1.2.1.2 我国地下水的开发利用

我国地下水的开发利用主要是以孔隙水、岩溶水、裂隙水三类为主。由于孔隙水的分布最广,资源量最大,所以开发利用也最多;岩溶水在分布数量及开发上均居其次;而裂隙水则最小。我国地下水的开发利用大致可分为以下五个阶段:

(1) 20 世纪 50 年代以前,为低水平利用阶段。

(2) 20 世纪 50 年代至 60 年代中期,属地下水开发利用的初级阶段。

(3) 20 世纪 60 年代中期至 70 年代末,为地下水大规模开发阶段。

(4) 20 世纪 80 年代初至 90 年代末,为快速扩张阶段,地下水开采量剧增,负效应明显凸现。

(5) 进入 21 世纪以后,强化了科学管理,进入地下水的开发利用与治理保护并重阶段。

根据第二次全国水资源评价初步成果,我国水资源总量为 28412 亿 m^3 ,其中地下水资源总量(矿化度不超过 2g/L)为 8219 亿 m^3 (扣除未评价的荒漠区面积、水面面积和不透水城镇化面积,计算面积为 845.1 万 km^2)。在全国地下水资源量中,山丘区地下水资源量为 6772 亿 m^3 ,相当于全国地下水资源量的 82%;平原区地下水资源量为 1765 亿 m^3 (含与山丘区地下水资源量间的重复计算量 318 亿 m^3),相当于全国地下水资源量的 21%。北方地区地下水资源量为 2459 亿 m^3 ,占全国的 30%;南方地区地下水资源量为 5760 亿 m^3 ,占全国的 70%。此外,我国北方滨海平原和内陆盆地平原腹部地下水矿化度大于 2g/L 的微咸水及咸水面积(包括部分荒漠区边缘)约为 30 万 km^2 ,这部分地区的地下水年均补给量为 140 亿 m^3 。2000 年我国供水组成比例见图 1-1。

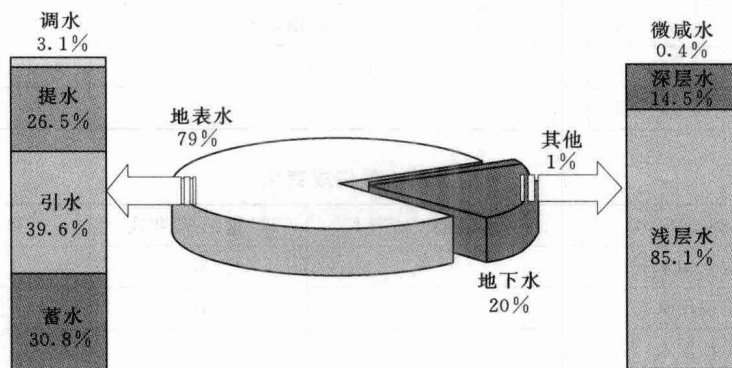


图 1-1 2000 年我国供水组成比例

第二次全国水资源评价中地下水资源主要评价浅层地下水,即与当地降水和地表水体有直接水力联系且具有自由水面的潜水和与潜水有较密切水力联系的弱承压水。浅层地下水资源量是指浅层地下水中参与水循环且可逐年更新的动态水量,可用补给量(不包括井灌回归补给量)表示。地下水的补给来源主要有大气降水、地表水体和山前侧向补给等。其中,山丘区地下水基本上由当地降水补给形成;平原区地下水资源量的补给主要为大气降水和地表水体以及少量的山前侧向补给。由于地下水补给的一部分将不可避免地消耗于潜水蒸发、天然生态耗水、地下水的排泄,而不能全部被开发利用,因此地下水的可开发利用量仅是补给量的一部分。

目前我国农村普遍饮用地下水,地下水灌溉面积占全国耕地面积的 40% 以



上, 全国 660 多个城市中, 利用地下水供水的有 400 多个。随着经济增长和人口增加, 我国地下水开采量一直呈明显增长态势, 地下水年开采量已经由 1980 年的 647 亿 m^3 增加到了 2008 年的 1084.8 亿 m^3 , 增加了近一倍, 全国水资源分区地下水供水量统计见表 1-2。地下水开采区主要集中在地表水资源短缺的北方 17 省 (自治区、直辖市), 随着南方水质型缺水问题日益严重, 在南方一些地区, 地下水也逐渐成为重要的供水水源。我国用水量构成变化见表 1-3。

表 1-2 全国水资源分区地下水供水量统计 (2008 年)

水资源一级区	总供水量 (亿 m^3)	地下水 (亿 m^3)	份额 (%)	水资源一级区	总供水量 (亿 m^3)	地下水 (亿 m^3)	份额 (%)
全国	5909.9	1084.8	18.4	长江	1951.5	83.2	4.3
松花江	411.1	174.9	42.5	东南诸河	343.6	9.1	2.6
辽河	202.6	111.7	55.1	珠江	881.2	40.1	4.6
海河	371.5	240.6	64.8	西南诸河	111.8	3.2	2.9
黄河	384.2	128.1	33.3	西北诸河	641.3	118.1	18.4
淮河	611.2	175.8	28.8				

表 1-3

我国用水量构成变化

%

类 别		20 世纪 50 年代	20 世纪 80 年代	目 前
农业用水		97	88	70
工业用水		2	10	20
生活用水		1	2	10
其中	地表水	>94	86	81.6
	地下水及其他	<6	14	18.4

1.2.2 地下水开发利用中出现的主要问题

我国水资源总量虽然位居世界前列, 但人均占有量却很低, 仅为世界人均的 1/4 左右。随着人口的增长和经济社会的发展, 水资源供需矛盾将日益突出, 人口相对密集、经济相对发达的城市地区水资源短缺问题将日趋严重。许多城市的当地水资源满足不了用水需求, 尤其是北方大部分城市和个别沿海城市缺水量较大。为维持日常供水, 多数城市被迫使用地下水, 使地下水常年处于超采状态, 造成局部地下水位逐年持续下降, 引发了局部地面沉降、海 (咸) 水入侵、水质恶化、湿地萎缩以及荒漠化等生态环境问题。



据统计,到2000年,全国已出现地下水超采区164片,总面积近19万 km^2 ,全国地面沉降总面积超过6万 km^2 。2003年,我国环渤海地区海水入侵面积达到2457 km^2 ,在环渤海、长江三角洲的部分沿海城市和南方沿海地区,由于过量开采地下水引起不同程度的海水入侵,已呈现由点状入侵向面状入侵的扩展趋势。根据《中国水资源及开发利用调查评价报告》初步成果,按照地下水水质综合评价方法,若剔除地下水水质的天然超标项目,选择主要受人为污染影响的指标进行评价,则全国平原区浅层地下水中约有26%的面积受到不同程度的人为污染,面积约达51万 km^2 ,其中以长江区的太湖流域、辽河、淮河、海河区污染最为严重。此外,一些地区分布有高砷水、高氟水和低碘水等,由于地下水的开发利用引发了地方病。

国内外研究与实践经验表明:地下水是人类极为宝贵的水资源,与地表水体相比,地下水一旦被污染,水质恢复技术难度大、恢复周期漫长、费用昂贵。相对于地表水,地下水的自然更新周期非常缓慢,大约超过千年,而河川湖泊更新周期大约只需要几十年。因此,世界各国在地下水保护方面都奉行以防为主、重在保护的原则。为此,加强地下水的动态监测、开展对地下水动态的分析研究和预测预报就显得十分重要。同时,地表水与地下水是一个完整的水文系统,相互补给、相互转化。在水资源开发中还需要加强地表水与地下水综合规划、统一管理,以实现水资源的优化配置、合理开发、科学利用和有效保护。

1.3 我国地下水监测现状

地下水监测是水资源统一管理和保护的基本内容和重要基础,是一项长期的基础性、公益性工作,是认识和掌握地下水动态变化特征、科学评价地下水资源、合理开发利用与有效保护地下水的科学基础。通过地下水动态监测,一方面直接为制定开发利用和保护方案提供基础资料;另一方面,也是检验水资源开发利用是否合理,生态环境保护措施是否得当的主要技术手段。

1.3.1 地下水监测站网

我国的地下水监测工作是随着经济社会发展和地下水开发利用程度的提高逐步发展起来的。在新中国成立前,地下水监测就是水利(水文)部门的一个水文监测项目,主要用于了解地下水与地表水体(河道)间的补给转换关系,现存有零星资料。新中国成立后,水利部门自20世纪50年代起开展系统的地下水监测工作,先后经历了50年代、60年代的起步阶段,70年代、80年代的大规模全