

# 地下水监测研究进展

戴长雷, 迟宝明  
( 吉林大学环境与资源学院, 吉林 长春 130026)

摘 要: 地下水监测是加强地下水管理和保护、实施水资源优化配置和合理调度的重要基础。作者在查阅大量相关文献的基础上, 分析了地下水监测网规划现状及其发展趋势, 提出地下水监测系统的概念并抽象出其逻辑模型, 为地下水监测理论研究提供了科学依据。  
关键词: 地下水监测系统; 现状; 规划; 进展  
中图分类号: P641. 7 文献标识码: A 文章编号: 1005-3409( 2005) 02-0086-03

## Progress of Research on Groundwater Observation

DAI Chang-lei, CHI Bao-ming  
( College of Environment & Resources, Jilin University, Changchun, Jilin 130026, China)

**Abstract:** Groundwater observation is important for groundwater management, protection, optimization and arrangement. During time of developing groundwater observation database system of Songliao basin and helping to arrange groundwater observation wells net of Jilin Province, based on a lot of relative references, the authors raise the concept of groundwater observation system and abstracts its logical model, analyze present situation and tendency of groundwater observation net arrangement, which supply theory study on groundwater observation with scientific base.  
**Key words:** groundwater observation system; present situation; arrangement; progress

### 1 地下水监测系统

地下水系统指由水力或地质( 准) 零通量面圈闭的, 具有统一水力联系和时空演替规律的地下水体系。在天然或人工输入信息的激励下, 通过内部的传导、贮存和释放, 输出地下水动态信息。

与地下水有关的合理决策, 是根据多种信息作出的, 这些信息包括水文的、技术的、经济的和生态的信息等<sup>[1, 2]</sup>。地下水监测系统是指收集地下水系统信息的有组织系统, 其工作内容是研究水文信息, 并密切注意它与其它几种信息的关系, 从地下水系统输出信息中获得输入, 并通过滤波、整合等过程将相关信息输出到用户手中。可以划分为如下4个子系统: 监测网子系统、滤波器子系统、数据库子系统和交换机子系统, 如图1。

监测网子系统: 由井、泉等观测点组成, 是从地下水系统获取信息的途径和工具, 具体内容包括监测点的位置、密度、结构、监测项目、监测目标层、监测的频率等。

滤波器子系统: 系指数据的采集和初级处理子系统, 包括数据采集设备和采集方式, 滤波数据模板( 如数据记录表

格) 和监测人员等。根据规划收集野外数据, 记录并提交, 对原始数据进行初步滤波, 产生两个输出: 部分数据被接收并放入数据模板中; 部分数据因为发现可疑或错误而被拒收, 转回到前期的校正阶段, 或最终放弃。然后对采集来的数据进一步滤波, 做基本的处理和变换, 如总计、内插、外延、求平均等, 从基本数据文件中得出另一些信息。

数据库子系统: 首先根据交换机子系统收集到的用户需求信息构建数据库模型, 然后借助数据库软件( 如 Oracle、ArcGIS 等) 和应用程序编制数据库子系统, 主要实现对地下水监测信息的保存、整理、检索、发布等功能。还可以挂接一些基本的分析模型进行简单分析和高级滤波。

交换机子系统: 制定一个地下水系统长期管理计划所需的水文信息在信息范围、详细程度和表现形式上随着各用户在决策过程中的具体要求而变化, 交换机子系统主要工作是为用户提供所需信息, 并接受用户的反馈, 据之进行系统规划和资源协调。

### 2 地下水监测现状

欧洲大多数国家地下水监测是从20世纪70- 80年代开

① 收稿日期: 2004-09-01  
基金项目: 吉林省科技厅项目( 20010432); 水利部松辽水利委员会项目( 地下水信息管理系统) 联合资助  
作者简介: 戴长雷( 1978- ), 男, 博士研究生, 山东鄄城人, 主要从事地下水库和地下水信息化方向的研究。

始的<sup>[3]</sup>。地下水水质监测网的发展由一般根据家国需要和水文地质条件决定,除德国外,欧洲其它国家监测网都是全国范围的,各国监测目的变化很大,监测变量一般可以分为5种:描述性参数、主要离子、重金属、农药和氯化溶剂,所有国家都有关于水质监测取样点的数量、地点、站点高度、记录时间、测量参数和地质条件等详细资料。地下水量监测网由多种类型的观测点组成,大部分为钻井和挖掘井,还有管井和泉水井,观测变量大多数相同:地下水位、地下水温、泉水位和泉水流量,观测质量和取样方法由不同国家的技术标准决定,监测目的通常反映不同国家具体的需求,如:对于荷兰浅层地下水资源,如果水位下降,将危害到日常生活、工业和农业,因此有必要建立专门的地下水监测网;在葡萄牙和英国,地下水受到海水入侵的影响,因此地下水量监测网同样适用于这类特殊问题。数据管理和储存是由不同国家的数据库完成,通常的数据库包括如Oracle、Ingres、Rdbms等,常用的操作系统是 Unix、Windows等,硬件设备有 HP、Digital、Bull、Sun等,软件有Fortran、Pascal、Cobol、C++、SQL、SAS等,相关数据可以从纸张、软盘、报告及Internet上获得,在大多数情况下数据是免费提供的。主管部门负责项目协调、编写报告、地方取样和数据库管理等工作。

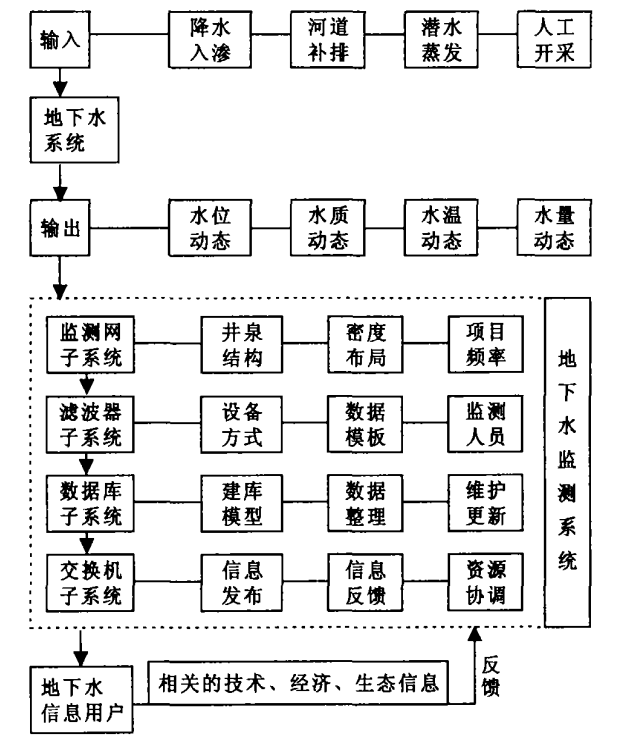


图1 地下水监测系统逻辑模型图

美国<sup>[4]</sup>从20世纪50年代开始设置地下水数据的贮存与检索系统,70年代进行了地下水水质观测网优化设计研究,80年代成立了官方的地下水水质监测网设计工作委员会,其任务是调查有关地下水水质监测网设计方面的科技成果,评价最有前景的观测网设计方法,同时研究地下水位观测网的优化设计,目前数据库中已存贮全国大部分井泉的长期观测数据。

我国地下水监测网<sup>[4]</sup>分属原地矿部,建设部,水利部,地震局,环保局规划和管理,20世纪60年代以来,水利部门开

始监测地下水水位、开采量、水质和水温等要素,1998年,国务院在《水利部职能配置、内设机构和人员编制规定》文件(国办发[1998]87号)中明确将原地质矿产部承担的地下水行政管理职能和原由建设部承担的指导城市规划区地下水资源的管理保护职能交给水利部承担。针对各地地下水监测工作发展不平衡;地下水委托监测经费过低,影响了地下水监测资料质量;在一些重要水源地和大型漏斗区缺少地下水监测井,不能满足掌握地下水动态的要求;地下水监测手段落后;信息传输不及时,时效性差等问题,2001年末,水利部印发了《关于加强地下水监测工作的通知》文件(水文[2001]479号),强调必须改变地下水监测的落后现状,加强地下水监测工作。我国台湾省<sup>[5]</sup>地下水资源丰富,尤其在台北盆地、浊水溪冲积扇、屏东平原与宜兰平原等地。由于地下水超采产生了地面沉降、海水入侵等环境地质问题,1966年区域地下水监测网包括339口地下水观测井,由于经费不足、井径小、洗井效果不好、观测井的布设未配合水文地质分层等问题,管理困难,监测效果不佳,为此,台湾省水利局于1990年制订“台湾地区地下水观测网整体计划”,从筹资、管理到监测和数据分析进行了全面的规划。

3 地下水监测网优化

从投入产出的理论看,地下水监测网优化就是用最少的投入,规划能够获取满足要求的水文地质信息的地下水监测系统,规划内容包括监测井结构、监测井密度、监测井布局、监测项目、监测频率、监测井级别、监测方式、监测记录模板、监测信息管理等。当前应用的优化方法主要是定性或半定量法,包括水文地质分析法、克立格法、聚类分析法、信息熵法、卡尔曼滤波法、数学规划模型法等,其中水文地质分析法是基础。

20世纪50年代,前苏联B. H. 波波夫(1958)以水文地质分析法为基础给出地下水动态的观测及组织进行办法<sup>[6]</sup>。60年代,国际科学水文协会 IASH(1965)在加拿大的魁北克和瑞士的伯尔尼(1966)以观测网规划为主题召开学术讨论会。70年代,布朗等(1972)对确定区域观测井网位置的原则和结果进行了讨论<sup>[2]</sup>。联合国粮农组织在《地下水污染》(1979,罗马)中详细论述了设计地下水质量监测系统的原理。80年代,科瓦列夫斯基(1982)和戈德堡(1984)对从某一区域观测网获得的观测数据进行了讨论。R. H. 布朗等(1983)基于水文地质分析法给出不同地区地下水观测网的定位原则。B. C. 科瓦列夫斯基(1987)从水文地质分析法出发,概括了地下水监测项目<sup>[7]</sup>。Marios S., James E. P. 及 Olea R. A. (1982)用克立格方法研究了美国Kansas州地下水观测网设计,认为可将现有的327口观测井减少至241口,而不影响现有观测网获取水文地质信息的精度<sup>[8]</sup>。Van Braekt 和 Romijn (1985)把克立格方法应用于荷兰Gelderland省地下水位基础观测网的设计<sup>[9]</sup>。周仰效(1989)将克立格法应用于郑州市地下水观测网优化研究<sup>[10]</sup>。H. A. Loaiciga(1989)开发出混合整数规划技术,用于地下水水质监测网优化,使地下水动态网优化与经费总预算结合起来<sup>[11,12]</sup>。90年代,1990年美国地调局的Timothy等利用

统计方法进行地下水水质观测网数量优化研究,从估计精度与样本数量大小之间存在的统计关系出发,在假设置信水平为95%和同一标准差的前提下从原有的120个观测点减少到99个<sup>[11]</sup>。宋儒、李俊亭等人(1991)在格尔木河流域地下水观测网优化设计中应用了克立格方法<sup>[13]</sup>。仵彦卿等人(1992)应用克立格方法进行陕西两华地区地下水观测网的优化,提出了地下水流系统确定——随机数值模型,研究地下水动态观测网密度、位置及频率同时优化设计问题,开发了适用于微型计算机的FEMKAL软件包<sup>[14]</sup>。陈植华(2001)应用信息熵法进行河北平原区域地下水观测网的优化研究,利用信息熵理论和技术来评价每一个观测孔数据的信息含量大小,计算每一对观测孔之间的信息传递大小,判断空间上观测孔的冗余性的基础;最后的对比结果证明,即使将目前观测孔的数量减少26%后,对现有观测网提供信息的能力几乎没有影响<sup>[15,16]</sup>。

#### 4 结论与讨论

(1) 收集地下水信息的有组织的地下水监测系统,从地下水系统输出信息中获得输入,并通过滤波、整合等过程将参考文献:

[1] [以]Y Bachmat. 地下水观测计划的管理[M]. 水利部水文司译. 瑞士日内瓦: 世界气象组织秘书处, 1992. 22– 27.

[2] R H 布朗, 等. 地下水研究[M]. 赵耿忠, 叶寿征, 等译. 北京: 学术书刊出版社, 1989. 126– 185.

[3] 周仰效. 地下水监测井网的基本概念与设计原理[EB/OL]. 冯翠娥译. 见: <http://www.cigem.gov.cn>, 2004.

[4] 陈梦熊, 马凤山. 中国地下水资源与环境[M]. 北京: 地震出版社, 2002. 470– 476.

[5] 台湾地下水观测计画[EB/OL]. 见: <http://140.112.190.183>, 2004.

[6] [苏]B H 波波夫. 地下水动态观测的组织及进行办法[M]. 肖庆龙, 等译. 北京: 地质出版社, 1958. 74– 112.

[7] [苏]C 科瓦列夫斯基. 苏联地下水开发过程中的监测[A]. 见: 水文地质为人类服务—国际水文地质学家协会18届大会论文集[C]. 北京: 地质出版社, 1987. 339– 347.

[8] Marios S, Olea R A. Groundwater net work design for northwest Kansas using the theory of regionalized variables[J]. Ground Water, 1982, 20(1): 95– 99.

[9] Spruill T B, Candela L. Two approaches to design of monitoring net works[J]. Ground Water, 1990, 28(3): 78– 84.

[10] Zhou Yangxiao, et al. Design and analysis of the groundwater level monitoring net work for Zhengzhou City, China[A]. 见: Proc. of Beijing Symposium[C]. 北京: 科学出版社, 1990. 27– 31.

[11] 仵彦卿, 张倬元, 李俊亭. 地下水动态观测网优化设计[M]. 成都: 成都科技大学出版社, 1993.

[12] 仵彦卿. 估计地下水流系统分布型确定性—随机性参数的耦合算法[J]. 西安理工大学学报, 2000, 16(2): 113– 121.

[13] 郭占荣, 刘志明, 朱延华. 克立格法在地下水观测网优化设计中的应用[J]. 地球学报, 1998, 19(4): 429– 433.

[14] 仵彦卿. 地下水动态观测网优化设计研究[J]. 地质灾害与环境保护, 1994, 5(3): 56– 64.

[15] 陈植华, 丁国平. 应用信息熵方法对区域地下水观测网的优化研究[J]. 地质科学——中国地质大学学报, 2001, 26(5): 517– 523.

[16] 陈植华. 应用信息熵方法对地下水观测网的层次分类——以河北平原地下水观测网为例[J]. 水文地质工程地质, 2002, 22(3): 24– 28.

相关信息输出到用户手中,可以划分为监测网子系统、滤波器子系统、数据库子系统和交换机子系统。

(2) 地下水监测网优化的目标是以最低费用来获得满足管理目标的最有效的信息。依据地下水观测网优化设计的目标和经费投入情况,选用不同的水文地质分析和数学模型量化计算相结合的研究方法。优化流程可以划分为三步: 确定效益目标和投入约束; 制订备选方案; 评价并优选监测方案。

(3) 针对我国地下水监测中存在的问题,结合国外的经验,建议加强如下五个方面的工作: ①全面优化地下水监测网,从布局上消除观测冗余和不足,从井结构和观测方式上提高监测点提取地下水信息的能力; ②提高基层监测员的技术和酬劳,减少初级滤波误差; ③认真落实地下水监测技术规范中规定的数据模板,增大不同时间、不同地点监测数据之间的可比性; ④加快地下水监测数据库系统的建设步伐,统一标准,分阶段实现,以期将全国不同时期海量的地下水监测静态和动态数据统一管理,并提供基本的分析(如统计、报表等)功能,二次滤波; ⑤深入了解用户潜在的信息需求,增加地下水监测内容和服务项目,积极探索提高地下水监测地位和价值的多种有效实现方式。

### 加入台湾华艺 CEPS 中文电子期刊服务声明

《水土保持研究》2005年1月起,加入台湾中文电子期刊服务—思博(CEPS)。中文电子期刊服务—思博网是目前台湾地区最大的期刊全文数据库,收录台湾地区350种学术期刊的全文,收录大陆学术期刊650种,其访问地址为: [www.ceps.com.tw](http://www.ceps.com.tw)。自此,读者可以通过这一网址检索《水土保持研究》于2005年起各期的全文。

此外,由于《水土保持研究》被CEPS收录,故凡向本刊投稿者,均视为其文稿刊登后可供思博网(CEPS)收录、转载并上网发行;其作者文章著作权使用费与稿酬本刊一次付清,不再另付其它报酬。