

南水北调中线工程输水干线水质监测管理信息系统研究

吴光红¹, 李万庆²

(1 天津师范大学城市与环境科学学院, 天津 300074 2 天津市环境保护技术开发中心, 天津 300191)

摘要: 介绍了由数据采集与传输子系统、数据库子系统、水质预警预报子系统、数据输出子系统和人机交互界面组成的南水北调中线工程输水干线的水质监测管理信息系统, 根据该系统的实际需求, 阐述了开发该系统应该具备的关键技术。

关键词: 水质监测; 管理信息系统; 南水北调中线工程

中图分类号: X84 文献标识码: B 文章编号: 1006-2009(2005)06-0014-04

Water Quality Management Information System in South to North Water Diversion Middle Line Project

WU Guangzhong¹, LI Wanqing²

(1. School of Urban and Environmental Science, Tianjin Normal University, Tianjin 300074, China;

2. Tianjin Environmental Protection Technique Development Center, Tianjin 300191, China)

Abstract Water quality management information system in south to north water diversion middle line project was introduced, this system included data collection and communication subsystem, database subsystem, water quality warning subsystem, data output subsystem and interface. The key technique of this system was discussed.

Key words Water quality monitoring; Management information system; South to North water diversion middle line project

南水北调中线工程是我国 21 世纪特大型跨流域调水工程, 它是解决北方地区资源性缺水问题的战略措施和基础设施, 又是重大的环境保护工程。南水北调中线工程建成后, 可缓解京、津、华北地区的水资源危机, 为京、津及河南、河北沿线城市生活、工业增加供水 $64 \times 10^8 \text{ m}^3$, 增供农业用水 $30 \times 10^8 \text{ m}^3$, 同时也改善了供水区生态环境和投资环境, 以推动我国中部地区的经济发展^[1]。为充分发挥这一重大基础设施工程的效益, 需要在输水干线上建立一个水质监测网络和开发相应的水质监测管理信息系统(简称系统), 以能够及时、准确地掌握输水干线的水质和水量变化情况, 并为水质、水量的自动化管理提供高效率、实用性强的运行环境。

采用国内外先进技术、设备和仪器, 建立以自动监测站为主, 以人工监测站和流动监测站为辅的水质信息采集站网系统, 利用现代通讯、计算机和网络技术, 建立南水北调中线工程水质监控中心、各省分监控中心、水质信息采集站网的计算机广域水质信息传输网络系统, 以系统论、信息论、控制论和计算机技术为基础, 建立一个高起点、见效快、实用性强的现代化水质监测管理信息系统。为实现输水干线信息的快速传递和数据共享, 提高南水北调中线工程水环境监测系统的机动能力、快速反应能力和自动测报能力, 实现水环境监测、水环境信息处理的科学化和现代化, 系统开发的主要任务是:

(1) 建立中线工程水质监测管理信息系统, 实

收稿日期: 2004-11-04; 修订日期: 2005-09-20

作者简介: 吴光红(1971), 男, 福建尤溪人, 工程师, 博士, 从事资源环境信息管理工作。

1 系统开发的目标和原则

1.1 目标

) 14)

现水质水量监测数据的有效管理, 促进监测数据存档的标准化和规范化;

(2) 针对南水北调中线工程水质水量数据库的特点, 开发相应的数据更新技术, 实现数据的动态管理, 满足系统升级的需求;

(3) 通过开发基于 WebGIS 方式的水质监测信息查询系统, 使外部用户可以通过 Internet 访问 WWW 服务器综合查询水质水量的信息;

(4) 通过建立各种数据提取和数据交换接口, 支持数据挖掘和系统仿真功能的开发, 为南水北调中线工程水资源管理和优化配置服务。

1.2 原则

为使系统能够满足用户的功能需求, 系统开发遵循以下原则:

(1) 针对该系统的业务流程和信息需求作系统分析和设计, 使系统具有良好的使用性;

(2) 充分利用先进的 Internet 地理信息系统和

现代通讯等高新技术, 使系统具有技术先进、功能齐全、反应迅速等特点, 并能作快速准确的水质预警预报, 以服务南水北调中线工程的水资源管理;

(3) 所选用的计算机系统、网络方案、操作平台、地理信息系统软件, 应在实用的前提下尽量考虑其先进性, 还有必要考虑其未来的发展;

(4) 整个水质监测管理信息系统应全面规划、分阶段实施、逐步完善, 在完成系统分析之后, 软件的设计与开发应遵循模块化思想, 使能够修改和功能扩展。

2 系统结构

在分析系统建设目标的基础上, 提出南水北调中线工程水质监测管理信息系统的基本结构应由数据采集与传输子系统、数据库子系统、水质预警预报子系统、数据输出子系统和人机交互界面组成, 见图 1。

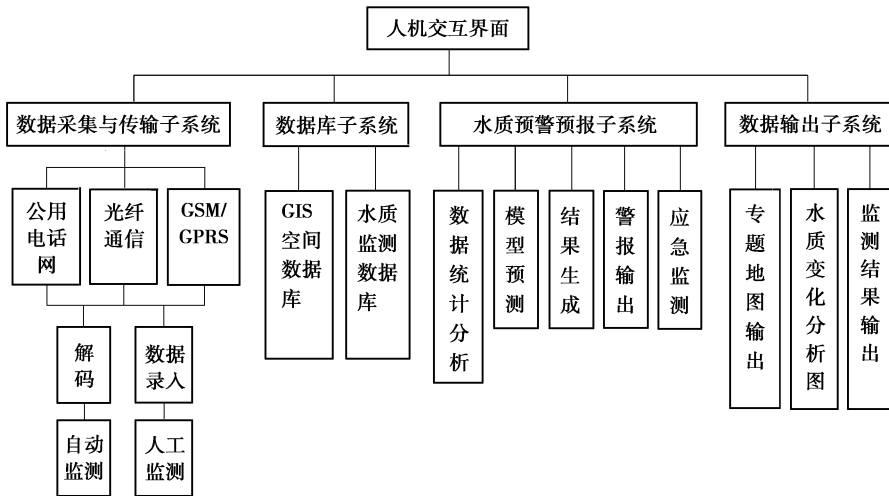


图 1 水质监测管理信息系统的结构

2.1 数据采集与传输子系统

数据采集与传输子系统是水质监测管理信息系统的数据源, 为保证水质监测数据的可靠性, 数据采集将采用以下几种方式: 自动监测系统、人工监测系统和流动监测系统(应急监测)。其中自动监测系统需经过数据解码, 而人工监测系统则需经过人工录入并通过相关软件生成数据文件后, 再供后续数据传输系统处理。

在通常情况下, 数据传输分有线数据传输和无线数据传输。有线数据传输主要包括公用电话网 (PSIN)、数字数据网 (DDN) 或综合服务数字网 (ISDN); 无线数据传输主要包括微波通信、卫星通信、GSM 数据传输或 GPRS 数据传输等方式。

结合工程将采用明渠输水及封闭式管理这一具体情况, 利用工程所敷设光缆, 数据采集与传输子系统采用光纤通信方式是一种最合理的优选方案, 它

具有速度快, 信息量大, 方便、可靠等特点^[2]。

2 2 数据库子系统

数据库子系统是水质监测管理信息系统的重要内容, 包括数据文件的打开, 数据的添加、删除、刷新、排序、过滤、定位、双向查询和报表打印等功能。其中的空间数据库是以南水北调中线工程输水干线、水质监测站网分布图为主, 将输水干线的自然地理概况、河流、植被、土壤、土地利用、监测站网分布、水库和闸门等水利工程的基础信息以图形和属性数据的形式存贮在计算机内; 水质监测数据库则是由实时水质监测数据、水质标准等构成。

2 3 水质预警预报子系统

水质预警是指在一定范围内, 对一定时期的水质状况分析、评价, 确定水质的状况和水质变化的趋势、速度, 以及达到某一变化限度的时间等, 预报不正常状况的时空范围和危害程度, 按需要适时地给出变化或恶化的各种警戒信息及相应的综合性对策。水质预警预报子系统的作用是处理和分析采集的数据, 生成标准数据文件和目标数据文件, 再利用水质预警预报等相关模型计算、分析和预报, 最后生成成果文件。其主要功能是实现模型的调用、运算和结果输出, 通过模型开发和应用, 不仅能实现输水干线水质的分析、评价、预测和预警, 还能实现水资源管理决策过程中的推理和判断。

2 3 1 状态预警方法

南水北调中线工程输水干线上水质和水量在时间和空间上是不断变化的, 对其水质预警要考虑水质的时间和空间特征。从空间上, 预警方法可分为监测站和整个中线工程的预警, 从时间上, 预警方法相应地划分为水质状态预警(某一时刻的水质预警)和趋势预警(某一段时间内水质变化趋势预警), 同时还要考虑单个指标和多个指标预警。

以 GB 3838- 2002 地表水环境质量标准 6 中 0 类水的标准值为参照体系, 采用指数法分别确定单项指标和多项指标的水质污染综合指数见表 1。

表 1 水质状态预警级别

水质污染综合指数 K	预警级别	E_p
< 0. 1	理想状态	1
0. 1~ 0. 4	良好状态	2
0. 4~ 0. 7	一般状态	3
0. 7~ 1. 0	较差状态	4
> 1. 0	恶劣状态	5

单项指标和多项指标水质污染综合指数计算公式如下:

(1) 单项指标水质污染指数 P_i :

$$P_i = \frac{C_i}{C_{i0}}$$

式中: C_i) 各种预警指标的实测浓度;

C_{i0}) 各种预警指标的标准值;

i) 预警指标。

(2) 水质污染综合指数 K:

$$K = \sum_{i=1}^m A_i P_i$$

式中: P_i) 平均污染指数;

A_i) 权重系数;

m) 预警指标数。

2 3 2 水质趋势预警方法

水质趋势预警需对南水北调中线工程输水干线的水质是否有恶化趋势做出判断, 同时定量描述水质在时间上的变化速率, 趋势预警计算公式如下:

$$R = \frac{K(t_0) - K(t_1)}{\$t}$$

式中: $K(t_0)$) 已知某时刻水质污染综合指数;

$K(t_1)$) 未来某一时刻的水质污染综合指数;

$\$t$) t_0 时刻到 t_1 时刻的时间。

$K(t_1)$ 拟用相关水质预测方法求得, 由于影响输水干线水质的因素有物理、化学、水利学、生物学和气象学等, 同时水质趋势变化是一种高度的非线性过程, 现有的基于数学表达式的水质预测模型很难将这些因素考虑进去, 而人工神经网络 (ANN) 是一种与模型无关的估计器, 将优化好的网络既可用于具体水质指标值又可用于水质污染综合指数的预测, 具有预测精度高、参数修正自动化等优点^[3,4]。 $\$t$ 可以根据南水北调中线工程输水干线水质自动监测系统的采样频率选定, 以 7 日或 15 日作为一个时段, R 即为水质变化速率, 其取值范围及含义见表 2 可根据水质变化速率确定趋势预警等级。

表 2 趋势预警等级确定

速率	级别	说明
$R \in [0, 0.1)$	处于稳定或好转趋势	水质状态良好
$0 < R \in [0.1, 0.4)$	处于不良状态	水质发生轻度变化
$0.1 < R \in [0.4, 0.7)$	缓慢恶化	水质发生较大变化
$R > 0.7$	迅速恶化	水质突然发生大幅度变化

2.4 数据输出子系统

在南水北调中线工程输水干线的水质监测管理信息系统中将采用专题地图、报表和统计图形(折线图、直方图、饼状图)来描述水质、水质综合指数在时间和空间上的变化情况。并且利用地理信息系统提供有效工具将统计图形、报表和地图等有机地结合在一起,制作成专题地图进行输出,使输出成果图文并茂、形象直观。

2.5 人机交互界面

人机交互界面是以直观、形象及现场对话方式,建立用户和计算机系统之间的联系,实现操作导航及交互结果的信息反馈,它有效地将数据采集与传输子系统、数据库子系统、预警预报子系统和数据输出子系统集成在一起。通过人机交互界面,用户可以方便快捷地调用和查询数据库中的数据、模型进行各种评价和预测分析等。人机交互界面的设计应满足多样性、兼容性、有效性、便利性,以及提供较好的帮助和错误提示信息提示等要求。

3 系统开发的关键技术

3.1 基于 ArcObjects 和 ArcSDE 图形数据处理

系统以 Windows NT Server 作为服务器端操作系统, SQL Server 作为数据库平台, 美国环境系统研究所 (ESRI) 的 ArcObjects 作为图形处理平台, 图形数据采用 ESRI 的 ArcSDE 图形数据库引擎将图形文件保存在 SQL Server 数据库中。而客户端通过 COM+ 组件调取数据库中的数据, 在数据处理上, 采用 ESRI 公司的 ArcGIS 作为客户端, 以实现 ArcSDE 服务器中的数据更新维护, 同时采用 Visual Basic+ ArcObjects 编程构建应用软件。

3.2 基础数据的采集和传输

准确和实时的数据是实现南水北调中线工程输水干线水质预报预警的基础和前提。现代通讯、信息、网络等技术为实现监测数据的自动采集、实时传输和在线分析提供了先进的技术手段。在南水北调中线工程输水干线水质监测管理信息系统的建设中要充分利用这些先进的技术, 以确保监测数据的准确、及时。

3.3 MIS 与 GIS 系统集成

南水北调中线工程输水干线水质监测管理信息系统是建立在 GIS 和 MIS 的基础上, 必须以水质监测业务为主线, 将主要业务独立成子系统, 同时要实现空间数据库、水质监测数据库和相关模型的

集成, 这是该系统走向实用化的关键。采用 VB 为集成环境, 通过 Active 数据对象 (ADO) 和数据环境 (DE) 等技术与属性数据库集成, 通过调用动态连结库 (DLL) 的方式实现与应用模型程序之间的数据传递, 实现 MIS 和 GIS 的一体化^[5-7]。系统集成的方法见图 2。

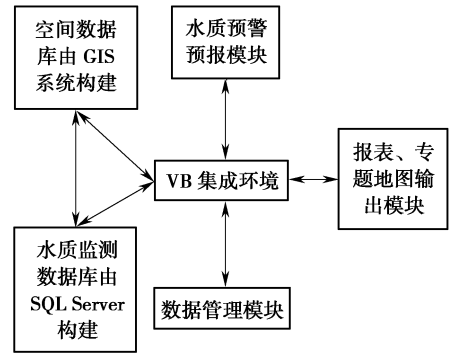


图 2 MIS 与 GIS 系统的集成

4 结语

结合南水北调中线工程输水干线水质监测站网规划的研究课题, 在分析水质监测管理信息系统目的和任务的基础上, 提出了综合运用 GIS 网络、信息和现代通讯等技术建立水质监测管理信息系统的设想, 并对系统结构和开发关键技术进行探讨, 目的是为今后系统开发作有益探索。

[参考文献]

- [1] 张建平. 南水北调中线工程对解决受水区生态环境问题的意义 [J]. 中国人口 # 资源与环境, 1997, 7(2): 72- 76
- [2] 唐士云, 林全胜. 南水北调中线工程总干渠通信系统研究 [J]. 人民长江, 2000, 31(1): 82- 84
- [3] MAJER H R, DANDY G C. The use of artificial neural networks for the prediction of water quality parameters [J]. Water Resour Res 1996, 32(4): 1013- 1022
- [4] SUEN J P, EHEART J W. Evaluation of neural networks for modeling nitrate concentrations in rivers [J]. Journal of Water Resources Planning and Management- ASCE, 2003, 129(6): 505- 510
- [5] 陈国彪, 陈崇成. 环境空间决策支持集成系统的设计原理和应用 [J]. 环境科学研究, 2002, 15(4): 50- 53
- [6] 曾凡棠, 林奎, 沈茜. 环境决策支持系统的设计及其在水质管理中的应用 [J]. 地理学报, 2000, 55(6): 652- 660
- [7] 张友静, 张元教, 姚琪. 三峡) 葛洲坝区间水环境决策支持系统的开发 [J]. 河海大学学报, 2001, 29(2): 87- 90