

文章编号: 1000-7598-(2006)01-0163-05

# 地下厂房监测信息管理、预测系统的设计与应用

王 浩<sup>1</sup>, 吴振君<sup>1</sup>, 汤 华<sup>1</sup>, 吴益平<sup>1,2</sup>, 葛修润<sup>1</sup>

(1.中国科学院武汉岩土力学研究所 岩土力学重点实验室, 武汉 430071; 2.中国地质大学 工程学院, 武汉 430074)

**摘 要:** 介绍了水电站地下厂房监测信息管理、预测系统软件的设计思想和功能。该软件能够全面存储、分析处理、检索与监测有关的测试数据、地质、地物和施工设计信息等资料, 并且具有图形可视化、报表制作、监测数据建模及预测等功能; 系统功能齐全, 具有自主知识产权, 其总体设计、数据库设计以及系统架构设计合理, 有助于实现地下厂房的信息化施工和反馈。

**关 键 词:** 监测; 软件系统; 数据库; 地下厂房

中图分类号: O 319.56

文献标识码: A

## Development and application of monitoring information management and prediction software system for underground powerhouse

WANG Hao<sup>1</sup>, WU Zhen-jun<sup>1</sup>, TANG Hua<sup>1</sup>, WU Yi-ping<sup>1,2</sup>, GE Xiu-run<sup>1</sup>

(1 Key Laboratory of Rock and Soil Mechanics, Institute of Rock and Soil Mechanics, Chinese Academy of Sciences, Wuhan 430071, China;

2 Faculty of Engineering, China University of Geosciences, Wuhan 430074, China)

**Abstract:** The design idea of monitoring information management and prediction software system for underground powerhouse is discussed. Measuring data, geological, designing and construction information relating to monitoring works can be stored, analyzed and queried within this system. It also provided some utilities such as graphic visualization, report builder, data modeling and prediction. With reasonable and flexible structure, database design, the system is avail to the monitoring of underground powerhouse.

**Key words:** monitoring; software system; database; underground powerhouse

## 1 引 言

重大岩土工程监测一般具有工期长、输入信息种类多、数据量大等特点,而信息化施工又要求在尽量短的时间内完成从信息的采集、处理到做出反馈。因此,没有专业的软件支持,很难做好监测项目,信息化施工也就无从谈起<sup>[1, 2]</sup>。

目前多数国内岩土工程的施工期监测信息没有采用相关软件进行管理,即使有些项目使用关系数据库来管理观测成果,也仅仅只停留在数据的存储上。这种状况导致以下弊端:①资料处理速度慢,成果反馈不及时,自动化、信息化程度低,导致决策反馈速度慢;②可视化程度差、不直观,检索速度慢;③分析易片面化。对于大量的、不同来源的数据难以进行全面综合分析,以达到各种监测手段相互印证和发现主要影响因素的目的;④往往不注意收集有关施工和地质情况,监测、施工、地质三

方面脱节,导致监测成果有时难以解释。因此,目前花费大量人力物力获得的监测数据仅仅局限于低水平的应用,满足不了业主、设计和施工对监测更高的要求。

事实上,如果对地形、地物、地质和施工信息等有关资料及监测信息进行全面采集,并在此基础上实现资料的存储、分析处理、检索及成果显示输出的计算机化、可视化,开发出一个分布式、综合施工数据库管理、预测系统,就可很好地解决了上述问题。

目前,已经出现了一批用于边坡、隧道、基坑和大坝的监测系统软件<sup>[1-7]</sup>,张兴武等在小浪底地下洞室群开发了安全监控系统,吴中如等在大坝安全监测专家系统方面做了很多深入的工作<sup>[4, 7]</sup>,这些基于“一机四库”(推理机、数据库、方法库、模型库、知识库)体系结构的系统软件主要用于分析评价和决策支持,对操作人员的要求很高。考虑到作

收稿日期: 2005-03-22

作者简介: 王浩,男,1972年生,博士研究生,助理研究员,主要从事岩土工程监测、反馈分析和相关软件开发方面的工作。E-mail:wanghao325@263.net。

为现场作业人员易于操作的监测信息管理系统，其首要目的是对监测数据进行存储、管理、整编、查询，再提供报表制作、曲线绘制和常规统计分析预测功能，所以本系统着重于以下设计目标。

## 2 设计目标和总体结构

(1) 面向监测技术人员、监理工程师和管理人员，应用于工程施工期、运营期各种监测资料、与监测有关的设计、地质和其它资料的存储、管理、图形显示、输出及预测、预报系统，并预留和计算分析软件连接的数据接口。(2) 客户/服务器结构。满足内部局域网和因特网两种网络环境下运行的需要。通过局域网进行资源共享，分级管理，不同级的人员可以同时各自权限内的操作。(3) 支持图形数据 $\leftrightarrow$ 属性数据的双向查询。(4) 模块化。针对各类监测，提供相应的数据输入、处理、图形和表格输出模块。

根据设计目标，笔者采用了以水电站施工期监测的业务流程为导向，以数据库为核心，以灵活多样的查询为特色的设计思路，系统的总体设计如图1。

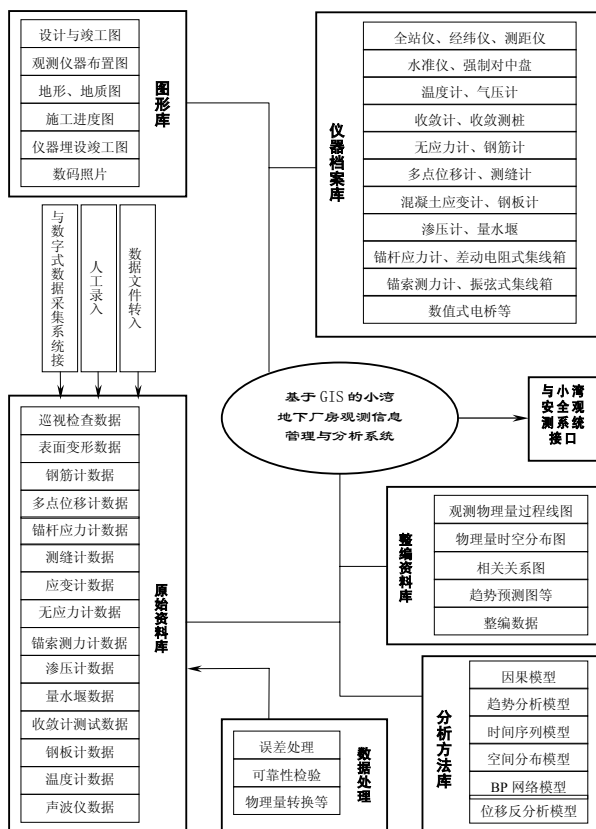


图1 系统体系结构

Fig.1 The framework of information system for MoniSys

系统以 Win2000、WinXP 为开发平台，以 Visual

C++6.0, ADO (ActiveX Data Objects) 为开发工具，系统数据库基于 Microsoft SQL Server 2000。

笔者所开发的“地下厂房监测数据处理、预测预报系统(简称 MoniSys)”实际上是4个方面功能的集成：即数据库管理、数据录入与处理、图形可视化、建模及预测功能。目前这些功能都已经实现，并且还在进一步深化开发中。

## 3 主要功能

### 3.1 数据库管理功能

分为属性库和资料库两大类，包括原始数据库，仪埋档案库，建筑物档案库，整编数据库，施工进度库(包括施工所揭示出的地质现象和相关施工情况)，施工辅助信息库等。将监测对象、原始数据、施工进度、施工辅助信息、环境量等属性录入数据库进行统一管理，并能进行查询检索。

监测软件系统的核心在于一个构建合理、冗余性小的数据库。通过分析地下厂房各种监测信息之间的逻辑关系，MoniSys 概括出以下7种对象作为系统数据组织的基本单位，即：工程项目/标段/单元工程/断面/组/测点类型/测点。工程项目代表某个具体的监测项目，项目可以包含多个标段，每个标段具有独立的承包单位，其包含多个单元工程；单元工程被视为一个标段内同时施工，具有掌子面或其它可以统计施工进度的分部工程，比如交通洞、主厂房等水工建筑物；每个单元工程可以拥有多个监测断面；每个断面可以拥有多个测点(仪器)类型；每个测点类型下面可以拥有多个组，也可以无组而直接拥有测点；组即位于一个钻孔中，总是同时进行观测的测点集合；或者对于同一个断面下的收敛计，在中导洞开挖、扩挖以及分层开挖时由于收敛测桩会重新安装，我们也将它视为不同的组；测点可以是埋设的单支仪器，也可以是一条收敛计测线。

以上7种对象都有其不同的属性，它们构成了系统的属性数据(属性库)；通过这7种对象就能够非常有效地建立水工构筑物 and 观测仪器之间，以及各水工构筑物之间的从属关系，便于管理和查询。

测点对象关联着监测数据(资料库)，资料库管理主要实现了监测资料处理工作中有关原始数据显示和保存到数据库功能。

另外，MoniSys 还定义了掌子面对象，掌子面对象属于单元工程，一个单元工程可以拥有多个掌子面；MoniSys 可以分别跟踪各个掌子面的施工进度，进行有关监测日志的建档及施工日志、施工进

度的动态管理，并且可以根据资料自动形成施工进度形象图。

MoniSys 对各种对象都提供了增加、删除和修改的功能。可以存储一般的数值数据，文字描述，照片及声像资料等（图 2）。



图 2 MoniSys 的数据输入和整编界面  
Fig.2 Forms of data input and process

### 3.2 数据处理功能

按照水工监测规程规范，对原始数据进行资料整编，包括误差处理、可靠性检验、物理量转换；进行基本数据统计分析、监测报告制作、查看时序曲线、分布曲线等监测基本成果（图 3）。



图 3 MoniSys 的过程线显示界面  
Fig.3 Deformation-Time curve chart of MoniSys

目前实现的数据整编有：多点位移计、锚杆应力计、收敛计、声波测试、温度计、锚索测力计、应变计、无应力计、测缝计、钻孔电视、滑动测微计、地下水位、压力计、钢筋计、钢板计等，基本

涵盖了水电站地下厂房施工期监测的大多数仪器类型。

本系统数据录入与 Microsoft Excel 兼容，易用性好，具有很强的容错功能，对于超限和不符合规定的数据会自动取消输入，防止用户误操作。系统支持文本数据导入和导出、复制、剪切和粘贴等功能。

针对监测工作中常常会碰到的仪器损坏、传感器更换等事件，本系统中各种仪器的数据整编都可以考虑设置多个初值日期以及监测途中多次发生更换传感器的情况，保证了数据的连续性。

系统可以辅助生成监测周报和月报。通过提供相关的周报、月报等模板，给定日期范围后，系统自动查找数据库，生成周报和月报所需要的表格和图件。并直接生成 Excel 和 Word 文档。

### 3.3 图形可视化和联动功能

MoniSys 的图形平台是吸取了 AutoCAD 的图层思想从底层开发的，其核心思想在于：“图形文件和图形元素分开、分层管理”。图形文件以单个文件形式保存于硬盘中，它是与监测项目有关的监测设施布置图、地形地质图、设计图、施工进度图等源于 CAD 的图件，其中保留原 CAD 文件中的层属性。把图形文件中与属性数据对象关联的图形元素提取出来，保存于数据库。这样，数据库中并不保存图形文件，而只保存所关联的图形元素及其所在的图形文件 ID，可以有效地压缩数据库大小。

通过建立监测对象和图形元素的关联，系统能够管理、编辑与监测有关的 CAD 图件，可以直观地在图上查找监测设施，并调阅其属性或者监测成果（包括数据表格和曲线图）。

本系统的图形平台可以完成矢量图形显示，输入、编辑、转换、自由漫游和缩放，常用监测仪器、测点的符号编辑、管理功能等：既能读入已有的 AutoCAD 格式的图形，又能交互式绘制常规的图形，构成监测设施布置图等。其功能包括从最基本的图形元素的绘制，到图形元素的编辑，再到更高层的图形打印、DXF 信息交换、图库管理、图形一属性双向联动、图形分层功能等（见图 4）。

### 3.4 模型建立和预测功能

系统采用地下工程中常用的预测模型进行监测数据建模，对变形趋势进行初步预测，在超过一定的监控值时实现报警，为施工安全提供参考意见（图 5）。

目前实现的模型有概率统计模型（指数函数、对数函数、双曲函数）、Verhulst 模型、灰色模型、BP 神经网络模型、时间序列模型等。

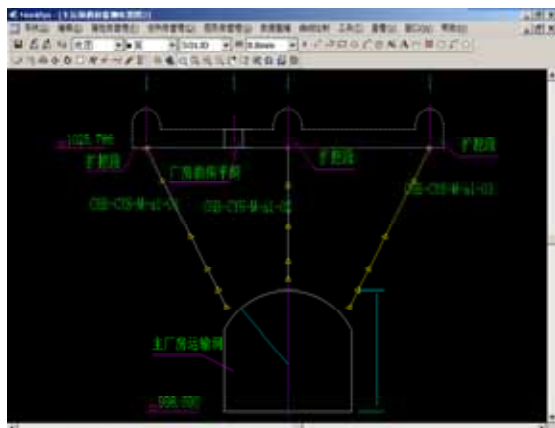


图 4 MoniSys 的图形库  
Fig.4 Graphics function of MoniSys

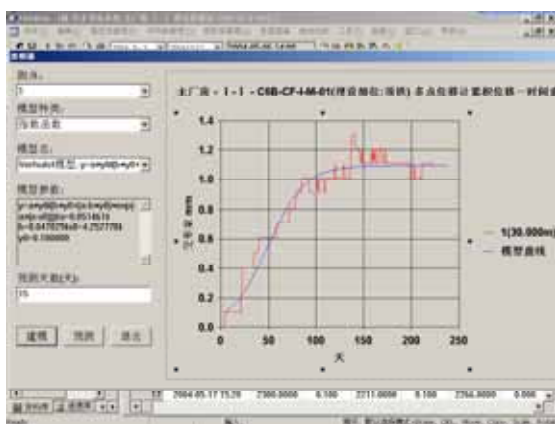


图 5 MoniSys 的模型库  
Fig.5 Modeling Library of MoniSys

### 3.5 查询检索功能

MoniSys 对数据库提供了强大灵活的多条件多表交叉组合查询功能，包括属性、工作量和数据查询，能够满足用户大多数的自定义查询。支持按观测日期、断面、标段、监测类型、地物、物理量阈值等进行查询；属性数据的统计查询，如监测点位资料，各施工承包标段的统计资料等；工作量查询，即查询某段日期范围内完成的工作量（图 6）。

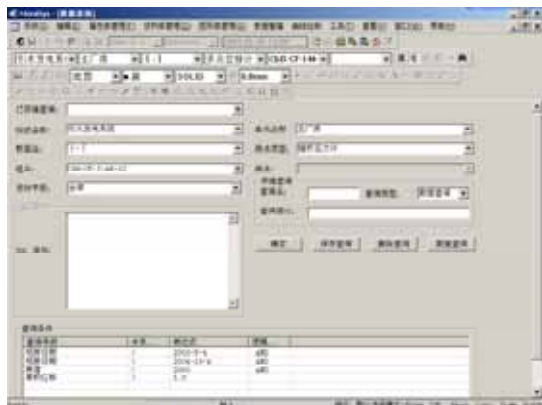


图 6 MoniSys 的查询界面  
Fig.6 Querying in MoniSys

### 3.6 安全性

系统分为 3 级用户，分别具有不同的权限和密码。提供了软件加密功能，需要安装加密狗才能使用，保护了软件的版权。

### 3.7 其它

系统还提供了一个通用的图片管理器，用于管理系统中的所有图片；此外，系统提供数据库备份、还原，用户管理等功能。

## 4 典型工作流程

用户登录（权限检查）→建立新项目（或打开项目）→项目信息输入，以下是每天的工作流程：

### 4.1 输入

(1) 输入单元工程进度表，工作日志表等有关信息，工程相关资料登记；(2) 如有新增、变动的仪器和测点，更新“仪器档案和测点资料”；(3) 输入各监测数据，并进行整编计算；(4) 检查本测点或者仪器观测值的统计资料，是否超限，是否符合规律，是否有错误？

### 4.2 查询（与图形联动）

(1) 查询当天各类监测统计情况：做了哪些项目，工作量，参加人员等；(2) 查询当天各类监测是否有异常值，是否预警？(3) 查询当天各单元工程的施工进度情况；(4) 查询当天收发文情况。

### 4.3 分析及预测

查询选定测点的历史过程曲线，并建模，作趋势预测，是否需要报警等。

### 4.4 报表和图表制作

根据以上查询出监测成果报表。

## 5 系统特色

### 5.1 系统架构配置的灵活性，模块化

系统采用面向对象编程技术，每类仪器的属性和资料保存、整编都各是一个独立的类模块，因此，针对不同的用户可能侧重不同的监测种类，系统可以抽取不同的模块进行组建，做到灵活配置，有效地降低了用户的成本。同时，模块化的设计也使对新仪器类型的扩充支持非常容易。

### 5.2 可伸缩性好

系统抽象出的 7 种对象较好地概括了水电工程建筑物和监测设施之间的逻辑关系。既可以适用于只有单个标段的一条隧道的监测，也适用于拥有多个标段的地铁或者地下洞室群。而其它系统一般采用断面/测线/测点方法处理，难以有效地描述和管理水工监测中建筑物和仪器之间的十分复杂的从属



关系。

### 5.3 网络化和资源共享

岩土工程监测是需要多专业、多人参加的协同性很强的工作，因此系统开发从一开始就立足于客户/服务器版本。系统数据库可以位于服务器上，由各客户机共享和访问，既方便监测人员间的合作，又有助于业主、监理、设计和施工部门及时了解最新监测信息。

### 5.4 集成性好

系统中集成了数据库管理、数据录入与处理、监测图件管理和调阅、建模及预测功能，使得用户基本上能够应付常规的监测内业处理工作。另外，考虑到目前办公软件的流行情况，提供软件成果输出为 Microsoft Word 和 Excel 格式，方便用户制作报告。

### 5.4 全面性和先进性

已有的监测系统一般基于 FoxPro 等小型数据库<sup>[3,6,7]</sup>，没有提供查询功能或者查询功能较弱；而众所周知水电工程施工中安全监测最为复杂，本系统基于 Microsoft SQL 大型数据库，系统涵盖了水电监测中的大多数监测仪器，全面管理与监测有关的监测、地质以及设计资料，功能齐全，完备性好。本系统目前虽然是针对地下厂房开发的，但对大坝和边坡监测也完全适用。

### 5.6 可扩充性

今后可进一步在本系统上添加各种数值分析模块，构成岩土工程辅助设计系统；或进一步开发分析评价和决策支持功能，形成专家系统；另外，也可以将本系统扩展为连接各种传感器，读数仪进行实时数据采集。实现和电子全站仪，水准仪等数据自动采集交换。

## 6 结 语

在上述监测软件系统的支持下，监测工作就能直观地统揽全局，及早发现问题；综合地采取多种数学模型，对工程和环境的安全进行评估、预测和预报，并及时反馈给施工、设计和业主，以供正确决策指导施工，确保安全。

目前，该系统已经应用于小湾水电站引水发电系统施工期安全监测中，反响较好。

致谢：本项工作得到了云南华能澜沧江公司小湾建设公司的资助；现场数据采集工作得到了水电 14 局科研设计院的涂志军，崔巍，杨维新高级工程师；国电公司昆明勘测设计研究院科研所的王保生高级工程师的帮助。在此一并致谢。

## 参 考 文 献

- [1] 孙钧. 城市地下工程施工安全的智能控制预测与控制及其三维仿真模拟系统研究[J]. 岩石力学与工程学报, 1999, 18(增): 753—762.
- [2] 王浩, 葛修润, 邓建辉, 等. 隧道施工期监测信息管理系统的研制[J]. 岩石力学与工程学报, 2001, 20(增): 1 684—1 686.  
WANG Hao, GE Xiu-run, DENG Jian-hui, et al, Study on the management system of monitoring data in tunnel excavation[J]. **Chinese Journal of Rock Mechanics and Engineering**, 2001, 20(supp.): 1 684—1 686.
- [3] 李元海, 朱合华. 岩土工程施工监测信息系统初探[J]. 岩土力学, 2002, 23(1): 103—106.  
LI Yuan-hai, ZHU He-hua, Development of monitoring information system software for geotechnical engineering[J]. **Rock and Soil Mechanics**, 2002, 23(1): 103—106.
- [4] 顾冲时, 吴中如. 大坝安全监测专家系统的理论及其应用[J]. 水利水电科技进展, 1997, 17(3): 35—40.  
GU Chong-shi, WU Zhong-ru, Theory and application of dam safty monitoring expert system[J]. **Advances in Science and Technology of Water Resources**, 1997, 17(3): 35—40.
- [5] 孙均, 胡向东. 盾构隧道施工监控系统数据库的研究[J]. 地下工程与隧道, 2002, 12(1): 2—9.
- [6] 曹国金, 苏超, 周澄. 隧洞工程监测信息数据库管理系统设计及其应用[J]. 岩土工程师, 2002, 4(2): 34—36.  
CAO Guo-jin, SU Chao, ZHOU Cheng, The design and application on the database of monitoring information for management of the tunnel engineering[J]. **Geotechnical Engineer**, 2002, 4(2): 34—36.
- [7] 吴中如. 中国大坝的安全和管理[J]. 中国工程科学, 2000, 2(6): 36—39.  
WU Zhong-ru. Overview on safty and management of dams in China[J]. **Engineering Sciences**, 2000, 2(6): 36—39.