

文章编号:1672-9250(2005)增-0087-04

水工监测信息管理系统软件设计探讨

王浩¹, 姚远², 张松³

(1. 中国科学院武汉岩土力学研究所岩土力学重点实验室, 湖北 武汉 430071;

2. 贵州航天工程建设监理有限公司, 贵州 遵义 563003;

3. 长江科学院武汉长江工程技术公司, 湖北 武汉 430071)

摘要:介绍了水工监测信息管理系统软件的设计思想和功能。系统针对现场监测人员的实际需要,集成了各种与监测有关的信息管理、检索查询、资料整编、统计分析、图形可视化、报表制作、监测数据建模及预测等功能;还讨论了监测软件开发过程中会出现的一些共性问题。系统具有自主知识产权,功能齐全,数据库及系统架构设计合理,有助于实现水利工程的信息化施工和反馈。

关键词:监测;软件系统;数据库;水工

中图分类号:O 319.56

文献标识码:A

水工监测对于水电工程施工期和运营期的安全评价工作十分重要,其一般具有工期长、事情杂而琐碎、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^[1~2]。

目前,已经出现了一批用于边坡、隧道、基坑和大坝的监测软件系统^[1~7],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^[4,7]。这些系统,一类基于“一机四库”(推理机、数据库、方法库、模型库、知识库)体系结构,主要用于分析评价和决策支持,功能较强,对操作人员的要求很高,不太适合监测人员的日常工作;另一类侧重于信息管理,但功能较弱,对水工监测缺乏系统的设计,所考虑的对象一般只有项目/断面/测点^[3],这就不能准确地描述水工建筑物之间复杂的从属关系,导致查询不够灵活,系统伸缩性较差。

考虑到作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。因此,我们开发了一套“水工监测数据处理、预测预报系统(简称 MoniSys)”,该软件实际上是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,建模及预测功能等。目前这些功能都已经实现,并且还在进一步深化开发中。

1 系统设计目标

(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。水工监测是需要多专业、多人参加的协同性很强的工作,因此我们的开发从一开始就立足于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,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。(3)支持图形数据 \leftrightarrow 属性数据的双向查询。

根据设计目标,我们采用了以水电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,以满足现场监测人员的需要为目的的设计思路。系统以 Win2000、WinXP 为开发平台,以 Visual C++6.0, MFC, ADO 为开发工具,系统数据库基于 MS SQL Server 2000。

2 主要功能

(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、仪理档案库、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(如施工单位、人员、设备信息)

收稿日期:2005-05-16;修回日期:2005-08-16

第一作者简介:王浩(1972—),男,博士,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: wang-hao325@263.net.

等。将监测对象、被监测对象、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。

(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、一致性检验、相关性检验、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。

目前实现的数据整编基本涵盖了水工监测中的大部分仪器类型。系统采用面向对象编程技术,每类仪器的属性数据和资料保存、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。

(3) 图形可视化和联动功能:

通过建立监测对象和图形元素的关联,系统能够管理、编辑与监测有关的监测设施布置图、地形地质图、设计图、施工进度图等 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)。实现图形和属性的双向联动。

(4) 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。

目前实现了单测点模型,主要有概率统计模型(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。

(5) 检索功能

MoniSys 对数据库提供了强大灵活的多条件多表交叉查询功能,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。

(6) 全性

系统分为 3 级用户:系统管理员,数据操作员,数据浏览员,分别具有不同的权限和密码。软件还提供了加密功能,需要安装加密狗才能使用,保护了

软件的版权。

(7) 其它

系统还提供了一个通用的图片管理器,用于分类管理系统中的所有图片;此外,系统提供数据库备份和还原的功能,便于资料的保存。

3 几点探讨

3.1 属性对象间的从属关系

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 概括出以下七种属性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施工承包单位,标段中可以包含多个单元工程。单元工程被视为一个标段内同时施工,具有掌子面(工作面)或其它可以统计施工进度的分部工程,比如地下厂房中的交通洞、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,也可以没有组而直接拥有测点。我们定义的组概念比较广泛,主要是将某些在空间或者时间上具有共性的测点集合视为一个组,比如位于一个钻孔中总是被同时观测的测点集合构成了一个组;或者对于同一个断面下的收敛计测线,按不同的施工工序,如中导洞开挖、扩挖以及分层开挖时将它们视为不同的组。测点可以是内观埋设的单支仪器,也可以是一条收敛计测线或者外观变形监测点。

以上七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);显然,通过七种对象就能够非常有效地建立水工建筑物和观测仪器之间,以及各水工建筑物之间复杂的从属关系,便于管理和查询。同时我们可以看出,这种归纳既考虑了空间从属关系,也顾及到时间上的施工顺序。

显然,系统抽象出的七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,系统伸缩性好。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十分复杂的从属关系。

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。

3.2 监测软件一些必备功能

3.2.1 容错 监测系统软件需要具有很强的容错功能,对用户的误操作、误输入会自动提示和取消输入。Visual C++对常规控件提供了数据验证功能(DDV),但对于输入中常用的表格控件(MS Flex-Grid)没有提供相关功能。我们对表格控件进行扩展,实现了容错功能。

另外,由于属性对象复杂的从属关系,系统在维护对象之间关系的一致性方面做了很多编程上的考虑。比如,当一个对象被删除时,它会通知相关的对象进行联动操作;父对象删除时,将通知子对象进行销毁,并删除父子对象的相关属性、资料数据信息等。

3.2.2 精度评估和误差检验 在监测成果的整理上,目前多数监测单位忽视了数据的可靠性检验和分析,导致监测数据“真假并存”,难以甄别应用。事实上,对于各项监测成果,必须首先进行统计检验或者稳定性分析,说明其精度和可靠程度。只有可靠的数据才能进入数据库,然后判别其变化趋势,再分析其成因。本系统中实现常用的初差探测、统计检验方法。对原始监测成果整编前进行粗差检查,整编后进行精度评估和统计检验分析,以获得最可靠的成果。

3.2.3 多个初值日期设置和传感器更换 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。这一点对于实际监测工作非常重要,缺乏该功能的监测软件系统,其使用价值就将大打折扣。

3.2.4 辅助报告生成 系统可以驱动 MS Excel, Word 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 Excel, Word 格式的表格和图件。方便监测人员制作周报和月报等报告。

3.3 开发技术

ADO 通过 OLE DB 提供的 COM 接口访问数据,是一套用自动化技术建立起来的对象层次结构和应用层的编程接口,它适合于各种客户机/服务器应用系统和基于 Web 的应用。其主要优点是易于使用、高速度、低内存支出和占用磁盘空间较少,并且访问数据的效率更高。

考虑到 Visual C++ 具有非常强大的类型安全的数据结构类型以及其在图形系统开发中的优势,我们没有采用常规的数据库开发工具如 Power-Builder, Delphi, VB 等。而是采用 VC+ADO 进行开发。开发中我们发现了如下方便:

(1) 广泛使用了映射类 CMap, 动态链表类 CList, 动态数组类 CArray 为基类来派生自己的数据类。较好地解决了可变大小的整编数据结构,软件容错、设置多个初值日期和更换传感器所带来的数据结构设计等问题。

(2) 采用 ADO 调用存储过程,灵活性强,可以带参数,返回结果或者记录集等,大大提高了数据库的执行速度;并且,可以在 SQL 查询分析器中直接调试存储过程,成功后再测试 VC 代码,十分快捷。

4 结语

显然,对于现场监测人员来说,只需使用该系统就能完成常规的资料录入、整编、报告编制、成果检索、基本模型建立和趋势预测等工作;对于管理人员,在上述监测软件系统的支持下,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,在监测承包单位、监理和业主管理部门应用,提高了数据处理的速度,也便于查询,反响较好。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。

我们拟在 2 个方面进一步完善本系统:①采用三维可视化技术,根据地形图和地质图建立三维地质模型,在此基础上动态模拟施工开挖过程,供有关部门实时掌握施工进度和动态。结合监测系统软

件,显示监测量的三维分布图形,形象地展示施工引起的围岩变形及其发展过程,并给出动画显示。②加强系统建模和预测功能,特别是物理成因模型和混合模型,以及多测点分布模型等。

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;或进一步开发专家系统;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。

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): 1684-1686
- [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
- [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
- [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, (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, 14(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, 12(6): 36-39

DEVELOPMENT OF MONITORING INFORMATION MANAGEMENT SOFTWARE SYSTEM FOR HYDROPLANTS

WANG Hao¹, YAO Yuan², ZHANG Song³

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

2. Guizhou Space Engineering Construction Supervision CO., Ltd, Zunyi 563003, China;

3. Yangtze River Scientific Research Institute, Wuhan 430010, China)

Abstract

The design idea of monitoring information management software system for hydroplants is discussed. Data measurement, geological data, designing and construction information related to monitoring works can be stored, analyzed and queried within this system. It also provides some utilities such as graphic visualization, report builder, data modeling and prediction. And several program problems during software development are discussed as well. With reasonable and flexible structures and database design, the system is available for the monitoring of hydroplants.

Key words: monitoring; software system; database; hydroplant