

文章编号: 1000-7598-(2008) 09-2503-06

分布式基坑监测信息管理与预警系统的研制

吴振君, 王 浩, 王水林, 葛修润

(中国科学院武汉岩土力学研究所 岩土力学与工程国家重点实验室, 武汉 430071)

摘 要: 针对基坑监测的信息化、集成化、共享化要求, 开发了基于 GIS 的分布式基坑监测信息管理与预警系统。介绍了系统的结构框架, 着重介绍了系统实现的功能。在 GIS 图形可视化技术基础上, 系统地实现了区域内多个基坑地质勘察、设计、施工等资料及测点信息、监测仪器、监测数据、周边建筑物等相关资料的全面采集, 并在此基础上实现了信息的存储、处理、分析、查询、预测、预警以及成果输出的自动化。系统采用 C/S 结构实现信息共享与多人协作, 在网络环境下可高效运行, 为基坑监测提供了一个功能强大的信息平台。

关 键 词: 基坑; 监测信息; GIS 分布式应用; C/S 结构集成管理; 预警; 管理系统

Development of distributed monitoring information management and early warning system for foundation pit

WU Zhen-jun, WANG Hao, WANG Shui-lin, GE Xiu-run

(State Key Laboratory of Geomechanics and Geotechnical Engineering, Institute of Rock and Soil Mechanics, Chinese Academy of Sciences, Wuhan 430071, China)

Abstract: The GIS-based distributed monitoring information management and early warning system for foundation pit has been developed to meet the need for monitoring information management, integration and sharing. The framework of the system is introduced and the main emphasis is placed on key functions of the system. Based on the GIS visualization technique the developed system implements functions as acquisition of multiple foundation pits geologic, design, construction information, monitoring point, monitoring apparatus, monitoring data and information of buildings around, etc. Furthermore the system implements functions as management, process, analysis, query, prediction, early warning of the information and automatic monitoring reports. The C/S (Client / Server) structure is employed for information sharing and team cooperation; and the system has great performance under network circumstances. All the features make it as a powerful information platform for foundation pit monitoring.

Key words: foundation pit; monitoring information; GIS; distributed application; c/s structure; integration management; early warning; management system

1 引 言

近年来,随着我国经济的高速发展,城市高层建筑逐步增多,高层建筑对基坑施工的技术要求也越来越高。为了确保基坑开挖、施工期间基坑及邻近建筑物的安全,在基坑施工阶段应采取有效的现场监测措施。为了保证基坑施工过程的安全,必须充分发挥监测成果的作用,实现各类监测数据和相关信息的快速、准确采集及科学分析与反馈;实现监测成果在各部门之间的共享与沟通;建立一个功能强大的基于 GIS 的监测信息管理平台,实现各类监测数据和相关信息的综合管理,并在此基础上进

行深层次的处理与分析,以此指导施工与优化设计。

监测信息管理平台是基坑信息化施工的一个重要组成部分。目前已有的基坑监测信息管理平台主要有肖跃民(1998年)^[1]、钟正雄等(1998年)^[2]、石杏喜等(2002年)^[3]介绍的基坑监测数据管理系统;胡友健等(2001年)^[4]、张友良等(2001年)^[5]介绍的基坑监测信息管理系统集成了预警功能;谢伟等(2005年)^[6]介绍了基于 web 的基坑监测信息管理系统的设计方法。这些基坑监测信息管理系统普遍存在如下问题:

(1) 重点都放在监测数据的管理、查询等基本功能的实现上,缺少对基坑地质勘察、设计、施工

收稿日期: 2008-01-28

作者简介: 吴振君, 男, 1977 年生, 博士研究生, 主要从事岩土工程监测、边坡方面的研究工作。E-mail: shocking@sina.com

进度等资料以及测点信息、监测仪器、周边建筑物等信息的集成管理。单纯的监测数据,如果没有具体的基坑背景是没有意义的。分析功能也较弱,预测模型很少,同时也缺乏更深层次的分析功能,如监测数据和施工进度等的关联分析。

(2)部分系统实现了监测点布置图和周围建筑物等图形的绘制和管理,但均非基于 GIS 实现,无法有效建立监测数据和图形之间的关联。

(3)没有介绍监测成果的输出问题。基坑监测的时效性很强,要求监测数据能够及时进行处理和分析。而监测报表的制作是很费时费力的工作,如果能实现监测报表的自动化输出,将极大地提高工作效率和信息反馈水平。

(4)区域基坑监测信息集成管理问题。均着眼于单个基坑的监测信息管理,未考虑到区域内多个基坑的监测信息集成在一个项目中进行管理,也不方便对相似基坑工程进行类比分析。

(5)监测数据共享与协同工作问题。谢伟等(2005 年)^[6]开发的系统实现了数据共享,但由于采用 B/S 结构,监测数据的安全性难以保证。另外,基坑监测是协同性很强的工作,需要多人参与。因此,开发分布式的基坑监测信息平台并考虑安全性才能够满足需求。

根据对现有基坑监测信息管理系统存在问题的分析,笔者基于 GIS 开发了一个分布式的基坑监测信息综合管理与预警系统(FPMS),采用 C/S 结构实现数据共享和协同工作,对区域内多个基坑的地质勘察、设计、施工进度等资料和测点信息、监测仪器、监测数据、周边建筑物等有关资料进行全面采集,并在此基础上实现信息的存储、分析处理、查询及成果显示输出自动化以及预测、预警等功能。

2 系统结构设计

系统需要实现的主要目标如下:

(1)实现基坑地质勘察、设计、施工进度等资料和测点信息、监测仪器、监测数据、周边建筑物信息及其他有关资料的存储和集成管理。

(2)基于 GIS,从底层开发 GIS 功能,实现图形显示、图形与属性关联及可视化查询等功能。

(3)监测管理模块化。针对各类基坑监测项目,分别提供相应的属性信息、监测数据输入处理、统计分析、曲线绘制和报表输出模块。

(4)多功能信息查询。实现监测数据、属性数据、施工进度、监测仪器属性、勘察设计资料、地理信息查询以及工作量信息查询等。

(5)预测模型。考虑施工进度等影响因素对监

测数据进行建模,预测其变化趋势。

(6)监测预警。设置各监测项目的警戒值,对超过预设警戒值的监测数据实现预警功能。

(7)监测报表自动化输出。根据设置的日期范围,自动输出相应监测类型的报表。

(8)集中管理与分布式应用。一方面能够在一个项目内集中管理多个基坑监测信息;另一方面满足网络环境下运行的需要,实现资源共享与多人协同工作。系统内部分级管理,不同级别的人员可以同时进行权限内的操作。

(9)其他相关文档、图片、影音文件等的管理。

系统的结构框架见图 1。在 Windows XP 操作系统下,以 Visual C++6.0 为工具,采用 MFC、GDI、ADO 技术开发,数据库平台采用 SQL Server 2000。

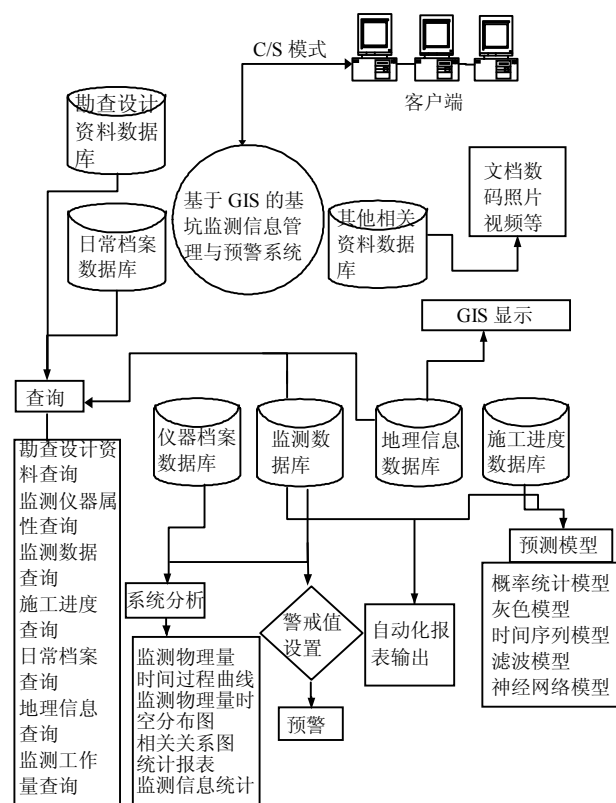


图1 系统的结构框架

Fig1 Framework of the system

3 系统的主要功能

3.1 GIS 可视化

GIS 可视化是系统的基础。系统的 GIS 图形平台是借鉴 AutoCAD 技术从底层开发的,采用图层管理方式,能够导入与监测项目有关的监测设施布置图、地质图、设计图等 CAD 图件,实现图形显示。这样可以充分利用基坑监测中现有的图形资源。GIS 可视化界面如图 2 所示。

除了可直接导入现有的 CAD 图形文件,此 GIS

图形平台还能实现基本的矢量图形(包括文字)输入、编辑、显示、漫游和缩放等操作,常用监测仪器、测点的符号编辑、管理等功能。

在 GIS 图形平台上,可将一些图元定义为数据块,数据块可以和属性数据对象建立 GIS 关联,从而实现属性、数据和图形之间的双向可视化查询。根据监测对象定位其在图形上的位置;在图形上点击数据块,可查询其属性信息、监测数据,还可直接绘制该处监测点的过程、分布曲线。

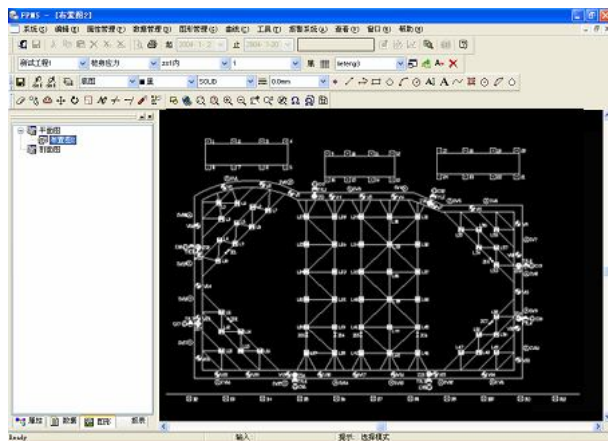


图2 GIS 图形平台
Fig.2 GIS platform of the system

3.2 数据库管理

系统的数据库按类别分成:勘察资料数据库、仪器档案信息数据库、监测数据库、地理信息数据库、施工进度数据库、日常档案数据库以及其他相关信息数据库等。其中监测数据库按功能分为属性信息数据库、监测信息数据库。这些数据库之间都通过关键字段建立了联系,是进行查询和深入数据分析的基础。

数据库结构设计是系统的核心,为有效管理基坑监测对象的层次关系,设计了工程项目、断面、组(位于某一钻孔或某一断面下的相同监测项目的测点集合)、监测项目、测点等5种对象,采用树型列表的方式来描述和组织数据库,这样每个测点都有着明确的从属关系^[7]。这5种对象都有其不同的属性,它们构成了属性数据库,建立了基坑监测点和监测项目之间以及各对象之间的从属关系,给管理和查询带来了方便。

系统对各种对象都提供了增加、删除和修改的功能,也可以存储文档、图片及影音资料。图3是测点属性管理界面。

3.3 监测数据录入与处理

基坑监测按监测对象可分为基坑围护体系和周围环境监测两大类,基坑围护体系主要有:围护

墙体测斜、围护墙顶水平和垂直位移、支护结构裂缝、桩身应力、支撑轴力、地下水位、孔隙水压力、土压力、基坑回弹、深层土体垂直和水平位移等。周围环境监测主要有:建筑物(构筑物)沉降和倾斜、地下管线垂直和水平位移、地表土体沉降以及建筑物和周边道路裂缝等。

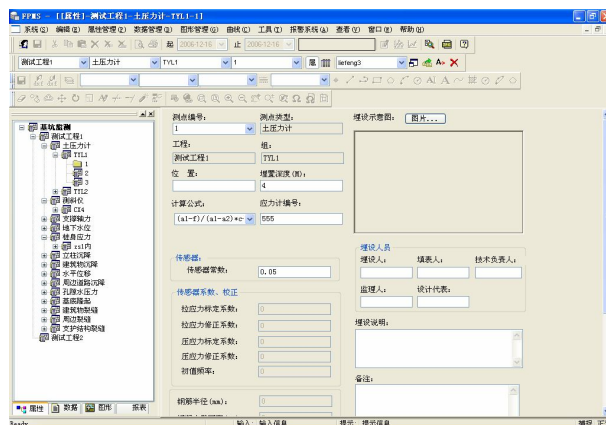


图3 测点属性管理界面
Fig.3 Property management of monitoring point

本文开发的系统实现了大部分常见基坑监测项目的数据批量录入与整编功能,包括测斜、水平位移、沉降、分层沉降、桩身应力、支撑轴力、土压力、孔隙水压力、地下水位、基坑回弹、裂缝等监测项目,能够处理振弦式、差动电阻式等类型的传感器。系统按照基坑监测规程规范,对这些监测数据进行录入、处理,包括误差处理、可靠性检验、物理量转换等。其中桩身应力、支撑轴力和土压力监测数据整编可以直接调用仪器的率定数据进行计算。图4是监测数据输入界面。

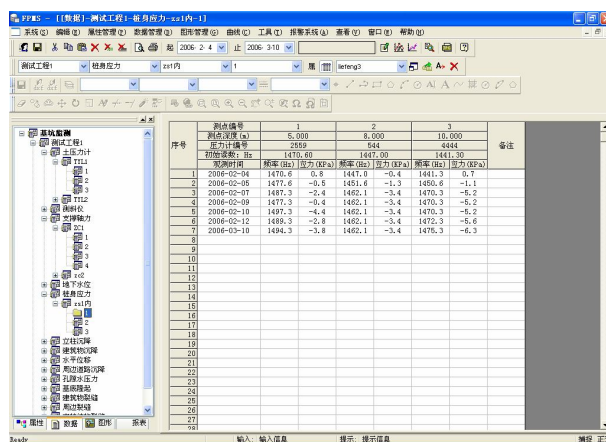


图4 监测数据输入界面
Fig.4 Interface of monitoring data input

系统能进行基本数据统计分析、绘制过程曲线、测点分布曲线及相关曲线等监测基本成果。相

关曲线图可以直观地分析监测数据随施工进度等变化的情况。图5是过程曲线绘制界面。

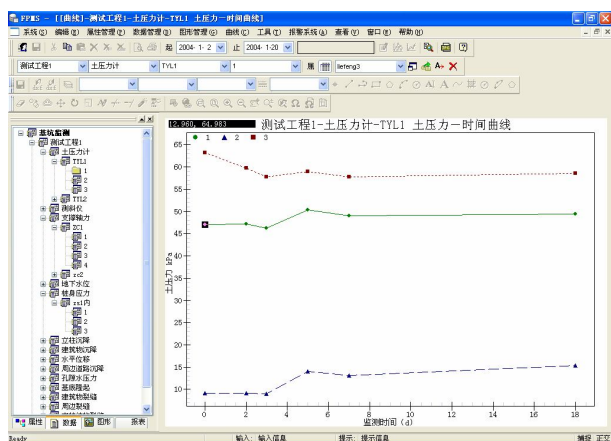


图5 监测曲线

Fig.5 Curve of monitoring data

此外,系统内还集成了一些实用的监测数据处理工具,如沉降平差处理等。

3.4 监测数据分析预测

监测数据的定量分析模型直接建立原因量和效应量之间的映射关系,是一种非常重要的分析方法。恰当的模型能够在不需要复杂的数值模拟的情况下,较好地描述基坑施工过程中支护结构的响应以及周边影响范围内变形等的变化趋势。这是容易为现场施工人员所掌握的一种定量分析方法,监测人员能够依据模型做出监测量变化趋势预测,评价基坑的安全性。

系统内实现了岩土工程监测中常用的模型,如概率统计模型、灰色模型、滤波模型、时间序列模型、BP神经网络模型等。图6是监测数据建模界面。

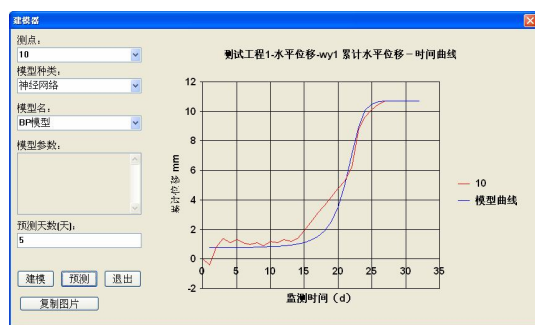


图6 监测数据建模

Fig.6 Monitoring data modeling

3.5 多功能信息查询

系统内集成管理监测数据、施工进度、仪器属性、勘察设计资料、图形、日常档案等信息,为方便获取用户需要的特定信息,提供了强大的查询功

能,包括监测量绝对值查询、监测量速率查询、施工进度查询、监测仪器属性查询、勘察设计资料查询、日常档案查询、地理信息查询以及工作量信息查询等。

所有的查询都不需要用户自己输入 SQL 语句,系统内进行了高度封装,只需按习惯选择查询方法、添加查询条件即可,根据用户设置自动生成 SQL 语句,实现复杂的多表交叉组合查询功能。

3.6 监测预警

警戒值是基坑施工时作为安全控制的一种强制性警示。它表示监测量达到警戒值时,提醒施工方注意,采取必要的防范措施进行控制,以保证工程结构和基坑周围环境安全。达到警戒值时,业主、设计、施工方要会同监测单位共同分析原因,采取有效的防范措施。同时,应增加监测频率,及时把监测数据报业主及有关部门。

系统为各类监测项目提供了灵活多样的警戒指标,如表1所示。不同地区的基坑项目可根据实际需要设置警戒值。警戒值设置界面如图7所示,各类监测项目可分别设置警戒值,当监测值超过预设警戒值时,监测数据表格打开后会自动把超过警戒值的数据用红颜色标出,同时发出报警声音。

表1 系统的警戒指标

Table 1 Alert index of the system

监测项目	警戒指标
水平位移	累积水平位移, 水平位移速率, 最大水平位移/基坑深度
深层位移	累积侧向位移, 侧向位移速率, 最大侧向位移/基坑深度
支撑轴力	轴力
土压力	土压力
桩身应力	应力
沉降	累计沉降, 差异沉降, 沉降速率
地下水位	累计水位下降, 水位下降速率
孔隙水压力	孔隙水压力, 孔隙水压力变化速率
裂缝	裂缝宽度
基坑回弹	基坑累积回弹量, 基坑回弹速率

注: 沉降包括立柱沉降、土体沉降(包括分层沉降)、地下管线沉降、道路沉降、建筑物沉降等,可分别设置警戒值;裂缝包括支护结构裂缝、道路裂缝、建筑物裂缝等,可分别设置警戒值。



图7 部分警戒值设置界面

Fig.7 Settings of the alert value

3.7 监测报表自动化输出

系统可以实现监测报表的自动化输出。通过系统内置的监测项目模板, 只需输入日期范围, 设置报表中包含的监测项目、断面或测点, 系统便可自动搜索并提取数据生成监测报表中的表格和曲线, 生成 Word 文档, 如图 8 所示。



图 8 自动输出的报表
Fig.8 Report auto-generated

3.8 集中管理与分布式应用

集中管理: 系统可以在一个监测项目下建立多个基坑监测工程, 每个工程可以独立设置预警值等, 可方便地实现多个基坑监测信息的集中管理, 也便于对相似基坑工程进行类比分析。

分布式应用: 监测部门的协作、信息共享以及监测信息及时反馈都对基坑监测信息管理系统的开放性和网络化提出了新的要求。因此, 本文的系统开发基于网络环境, 是一个分布式应用系统, 采用交互性强、安全存取、网络通信量低、响应速度快、利于处理大量数据的 C/S 结构实现。系统内实现了网络条件下数据库安全性控制、多用户并发操作、数据库恢复技术等关键技术问题, 同时也考虑了网络环境下的运行效率等问题。具体的实现方法可参见相关文献[8]。

3.9 其他功能

系统以工具的形式提供文档、图片、影音文件等的管理。这些文档、图片、影音文件既可独立管理, 也可以和具体的监测对象建立关联。例如, 测点属性表格中的埋设示意图关联了数据库中的某张数码照片, 那么打开测点属性表格后就会自动显示这张照片。

4 结 论

本文介绍了作者开发的基于 GIS 的分布式基坑监测信息管理与预警系统的设计方法及系统的主要

功能, 希望能为基坑监测信息管理系统的开发者提供思路和参考。目前本文的系统已成功应用于几个基坑工程监测实践中, 并获得好评。系统也已经获得国家版权局的软件著作权登记^[9], 希望今后能在工程实际中获得更多的应用。下面简要介绍一下系统的优越性:

(1) 综合信息集成管理

不再是单纯的监测数据管理, 实现了基坑地质勘察、设计、施工进度等资料和测点信息、监测仪器、监测数据、周边建筑物信息及其他有关资料的存储和集成管理。

(2) GIS 可视化

实现图形导入、绘制、显示以及图形和监测对象的 GIS 关联, 进而实现双向的可视化查询。

(3) 模块化开发

针对各类基坑监测项目, 分别提供相应的属性信息、监测数据输入处理、统计分析、曲线绘制和报表输出模块, 便于监测项目的扩充。系统还提供了丰富的信息查询功能以及多种数据分析预测模型。

(4) 灵活的预警功能

提供了灵活多样的警戒指标, 警戒值设置也很方便, 可根据实际需要选择警戒指标、设置警戒值。监测数据超过警戒值后能及时报警, 便于相关部门及时采取措施, 确保工程结构和基坑周围环境的安全。

(5) 自动化报表输出

实现监测报表的自动化输出, 极大地提高了成果输出效率, 使得监测数据能够及时进行处理和分析。

(6) 集中管理、分布式应用、安全性

实现区域内多个基坑监测信息的集中管理、监测人员的协同工作和各部门的信息共享。网络环境下系统的运行存在一定的风险性, 因此考虑了数据库安全性控制及数据库恢复技术等问题, 系统是安全可靠的。

参 考 文 献

- [1] 肖跃民. 某地铁车站深大基坑开挖量测数据库管理系统[J]. 工程设计与研究, 1998, (9): 8-11.
- [2] 钟正雄, 马忠政, 余有灵, 等. 基坑工程监测数据库管理系统的设计及应用[J]. 地下空间, 1998, (S1): 323-328.
- [3] 石杏喜, 岳建平, 林来俊. 基坑监测数据库管理系统的研究[J]. 江苏地矿信息, 2002, 27(2): 24-26.