

DOI :10.3876/j.issn.1000-1980.2008.05.013

大坝安全分析和评估资源管理系统

温志萍¹, 吴中如², 顾冲时²

(1.南京工程学院计算机工程学院, 江苏 南京 211167 ; 2.河海大学水利水电工程学院, 江苏 南京 210098)

摘要 :为实现对大坝安全原型观测资料、分析方法以及分析和评估所需的文本、语音、图形和图像等成果的科学管理 ,开发了一套大坝安全分析和评估资源管理系统.该系统由总控、工程数据库、知识库、模型库和图库等组成 ,采用数据层、服务层、表示层 3 层工作模式 ,应用元数据库技术实现了多个数据库的集成 ,采用多级链接式方法进行了模型库中大量程序的存储、调用等.建立了一个动态再生系统平台 ,提高了大坝安全分析和评估资源管理系统的开放性 ,有利于系统的更新和发展.

关键词 :大坝安全 ,评估 ,管理系统

中图分类号 :TV698.1 文献标识码 :A 文章编号 :1000-1980(2008)05-0640-06

近年来 ,对水利投入逐渐加大 ,坝工建设发展很快 ,社会和经济效益巨大.然而 ,由于种种原因 ,部分大坝存在着某些不安全因素 ,如 坝体材料的逐渐老化 ,出现危及大坝安全的裂缝和病变 ,安全裕度不足等^[1-2].这些因素都不同程度地影响着工程效益的发挥 ,甚至威胁着下游人民生命财产的安全.近年来 ,随着水利资源的进一步开发 ,大坝的规模向高大型方向发展 ,大坝的安全问题显得更为突出和重要.

基于大坝安全原型观测资料 ,应用先进的数学和力学方法 ,对大坝工作性态进行实时在线的分析和评估 ,及时发现异常 ,找出异常成因 ,并提出解决问题的决策方案 ,是大坝运行管理单位进行现场和远程监控大坝安全的重要手段^[3-5].大坝安全分析和评估资源管理系统的研发 ,实现了对海量的原型观测数据、丰富的数学和力学方法、多种类型的成果等大坝安全性态分析和评估资源的科学化管理 ,方便了科研人员和管理人员的使用 ,可确保快捷完成对大坝安全性态的评估.

1 系统结构

大坝安全分析和评估资源管理系统由总控、工程数据库、知识库、模型库和图库等组成 ,其结构如图 1 所示.

1.1 总控

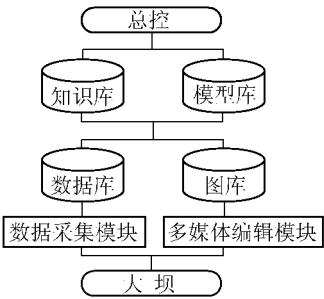
用于综合协调工程数据库、知识库、模型库和图库 ,完成对资源的优化调度.

1.2 工程数据库

系统将与大坝安全有关的信息存储在工程数据库中.根据各类数据的来源、使用和数据库管理系统的实施以及大坝安全在线监控及反馈分析的要求 ,将工程数据库分为工程档案库、原始数据库、整编数据库、生成数据库等^[6-7]几个层次.

a. 工程档案库.工程档案库主要管理水电站工程概况、工程特性、安全手册、重要技术文件、监测系统和设计主要成果等.

b. 原始数据库.原始数据库主要对人工和自动化观测的原始数据 ,按监测项目、测点进行有序的输入和



科学管理,并保证资料的完整性和真实性。

c. 整编数据库.整编数据库主要针对水电站工程的特点,依据监测规范,并吸收有关工程的整编成果,对原始监测资料进行转换、误差识别和处理,然后按监测项目进行整编,并进行初分析以及编制月报和年报等。

d. 生成数据库.生成数据库主要管理结构正反分析、渗流分析、观测资料正反分析、综合评判和决策以及日常巡查等成果,为在线监控和反馈分析直接提供定量依据。

1.3 图库

图库主要负责对工程和安全概况、结构及材料信息、观测资料整编、观测资料分析与反分析、推理分析等图形、图表、图像化资料进行管理。

a. 工程和安全概况图表.工程和安全概况图库资料主要有:工程特性表、枢纽的平面和立面图、建筑物剖面图;工程安全表、地质剖面 and 主要断裂剖面图;监测系统的考证表、平面和立面图等。

b. 结构及材料信息表.材料信息表有坝体、坝基和断裂的物理力学参数,热力学参数和断裂判据等;结构信息图表包括计算简图,有限元网络及单元、结点的编号、坐标等。

c. 观测资料整编图表.环境量(即影响量)的图表有上、下游水位、温度(气温、水温)、地震、降雨等图表。效应量图表有变形、渗流、应力应变类等的测值过程线。

d. 观测资料分析与反分析图表.特性值统计表包括:测值系列最大值、最小值及其发生的时间与影响量、变幅、平均值等统计表;力学分析图表包括各种荷载工况的位移图、应力图;监控模型图表包括统计模型、确定性模型和混合模型的特征值和过程线,各个分量的过程线等图表;监控指标包括变形、应力和扬压力的监控指标表;日常巡查包括漏水、析出物、裂缝和过大变形的记录等。

e. 推理分析图表.测值疑点显示图表;观测记录、观测系统等检查的图表;环境量分析图表包括疑点发现时的水位、温度、地震等影响量的测值图表;疑点发现时周围测点的测值图表;基础和断裂的图表;扬压力、渗流量、应力和裂缝等图表;影响安全因素指标和安全度评价指标柱状图;决策图表包括控制水位时应力、位移和稳定状态的仿真图表。

1.4 模型库

模型库包括原位观测资料的分析和反分析程序、结构和渗流正反分析程序、综合分析和评价等 3 大类程序。

a. 原型观测资料正反分析程序:包括应力应变转换程序、粗差识别分析程序、监控模型建立程序、监控指标拟定程序、参数反演程序。

b. 结构和渗流正反分析程序:包括规范法、有限元法等应力、稳定和变形等分析程序。其中规范法有材料力学法应力计算程序、抗剪断公式复核抗滑稳定程序;有限元法有线弹性有限元法分析程序、黏弹性有限元法分析程序、夹层单元有限元分析程序、温度场分析程序、渗流分析程序等。

c. 综合评价程序:包括影响因素评价程序和疑点安全评价程序。

1.5 知识库

实现对大坝工作性态的分析和评估包括以下 2 大类知识:

a. 各种法规、条例、规范、文件以及专家知识和经验所组成的专业知识,具体体现在 2 个方面:(a)领域中公开性的知识,包括领域中的定义、事实和理论,这些知识收录在各种相关规范、学术著作中;(b)领域专家的个人知识,是领域专家在长期业务实践中所获得的实践经验。这些经验性知识使领域专家关键时能作出科学的猜测,辨别出有希望的解决途径,并有效地处理错误或不完整的信息数据。

b. 用来获取、表示、管理专业知识的高级专门知识,其作用是运用人工智能技术处理专业知识,通过先进的计算机软硬件技术,实现对大坝工作性态的分析评价。

2 系统功能

根据实时性、实用性、可靠性和易维护性的系统目标,针对如图 1 所示的系统结构,管理系统需具有以下功能:

a. 工程数据库管理.包括安全维护功能、数据操作功能、数据处理功能。系统采用分级管理模式来确保

原始信息的原样性和可靠性;为了方便用户对数据库的操作,在用户权限许可的条件下具有多种方式的数据输入、查询、增加、删除、修改、浏览、打印等功能;系统具有数据转换和整编、粗差识别、过程线的分段绘制、放大、缩小、各类年报、月报的制作等强大的数据处理功能。

b. 模型库的模块化管理.为了科学地管理各类程序及其分析成果,系统采用模块化设计思想,分门别类,力求操作简便,同时对分析成果进行图形化描述等。

c. 图库管理.图库所包含的内容丰富,且图形文件格式多样.另外,有些图形、图像需用户在日后给以补充和完善.这些问题给图库管理带来了很大的困难.为此,系统采用静态和动态2种方式对图库实施管理.对于系统动态产生的图形,系统尽量不予保存,系统在需要调用时实时产生;对于静态图形,系统对所有图形文件预留接口,系统可随时更换、添加等。

d. 知识库管理.对于大坝安全监控领域,一部分知识是静态的,一部分知识是动态的,随着大坝运行时间的延伸以及坝工理论的进一步发展而需要不断完善和补充,这就涉及知识的结构化存储,对知识进行快速有效的查询与检索,对知识库的增、删、改操作,知识的一致性与完整性处理,以及知识库的日常管理与维护等。

3 系统工作模式

随着大坝监测远程化管理要求的不断提高,实际分布式综合查询量越来越大,有些查询甚至要通过广域网(WAN)进行.综合考虑系统需求,采用 Intranet 3 层结构模式构造系统,即数据层、服务层、表示层^[8],如图2所示.数据层为独立的数据服务器,负责集中存储大坝安全监测信息并处理来自服务层的数据处理业务;服务层集中了系统的业务处理逻辑,由一至数台应用服务器组成,作为系统中间层,用于接受处理来自终端用户请求;表示层指 Intranet 用户终端设备,用户通过 Web 浏览器对系统各项功能进行操作.在系统运行过程中,数据管理与业务服务被隔离为2层,这样既保证了数据安全,又可方便地构成模块化业务服务程序.表示层 Web 用户不需专用的客户端软件,不直接访问底层数据库.操作变得更简捷,维护更方便,系统运行效率更高、更安全稳定。

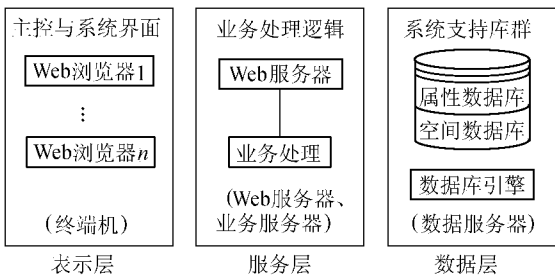


图2 系统工作模式

Fig.2 Work mode of system

4 关键技术

为了使系统有更好的性能、更长的使用周期、更广阔的发展空间,在研发过程中跟踪了相关计算机新技术,选取了先进的开发运行平台,使用了一些先进的集成技术、开发手段。

4.1 数据库管理技术

水电站监测数据采集系统多采用数据库的形式存放数据,这些数据库可能是异构的也可能是同构的.为了合理地利用这些数据库,首先要寻找一种有效的管理方法实现多个数据库的集成^[9].为此,采用面向对象的数据模型(OODM)构造元数据库,实现各局部数据库中数据的描述,并对其进行集中管理.当系统需要调用某数据时,通过元数据管理器查找其相应类(或对象),再根据该类(或对象)的属性调用完成对数据的查询,其结构简图如图3所示。

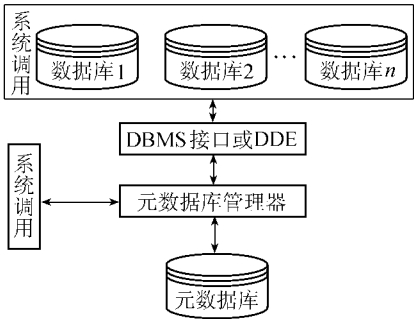


图3 数据库集成的实现

Fig.3 Integration of multi-database

对数据库的操作实际是由局部DBMS核心完成的,因此DBMS的接口要求以该DBMS支持的数据操作语言作为输入.对于支持标准化C语言和绝大部分标准数据类型的关系数据库系统,如ORACLE,SYBASE等,可利用它们的宿主嵌套式SQL语言的动态执行机制和带参机制来实现其各自的接口;对于只支持部分SQL标准和部分标准数据类型的数据数据库系统,可利用动态数据交换DDE机制来实现其接口。

4.2 图库管理技术

图库中的诸如过程线、结构分析图表等内容在系统分析过程中动态产生,采用内嵌式,根据实际情况,调用Windows画图功能等手段完成实时绘制.对于录像、图片等需要事先或后期录制或采用扫描仪扫描成图像

文件,对于诸如测点布置图,系统在开发之时运用绘图工具绘制成图形文件,而录像、图片,测点布置图这 2 类资料的管理,系统采用外接式,按指定路径存入计算机,根据需要可随时实现调用。

4.3 模型库管理技术

系统模型库的程序存储采用多级链接式管理文件,建立四级存储结构,形成调用状态链,通过编制控制菜单和接口程序实现各种方法程序的调用。模型库存储组织结构如图 4 所示。

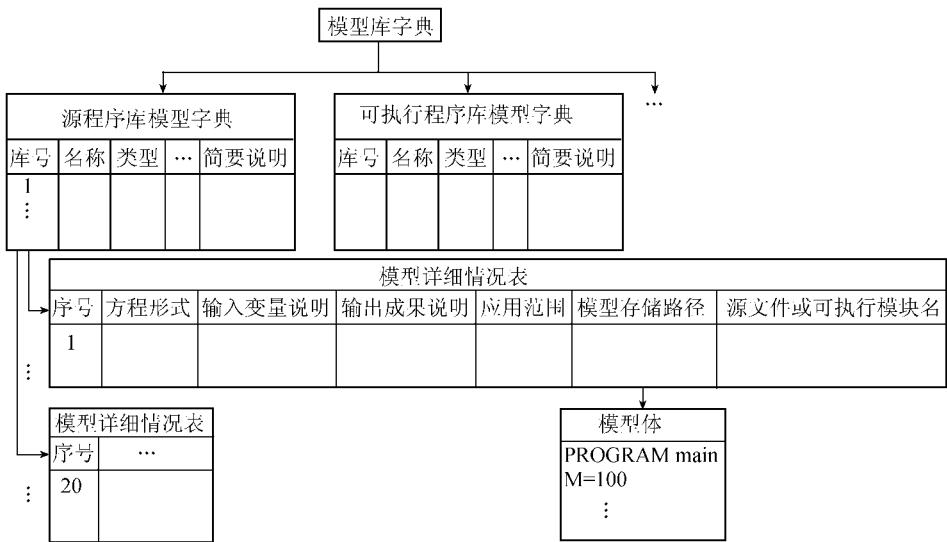


图 4 模型库存储组织结构

Fig.4 Storage structure of model base

第 1 级结构为系统模型库字典,该字典存放源程序、执行模块(或目标程序)等模型库的路径信息。

第 2 级为模型库的模型字典,主要存储模型库中程序的序号、名称、类型、简要说明等,并分别以程序的名称和类型建立索引,以提高程序的查询效率,各程序的模型字典通过第 1 级结构中模型库的路径信息进行定位查找。

第 3 级为程序的详细情况表,也即程序的详细说明,包括程序序号、方程形式、输入变量(文件)说明、输出成果说明、应用范围、程序存储路径和源文件或执行文件名,程序序号与第 2 级模型字典中的程序一致;方程形式即模型的方程表示形式,输入变量说明、输出成果说明、应用范围则为程序调用的接口说明,程序的存储路径描述的是程序的存储位置,源文件或执行文件名描述的是源文件(对执行模块)存储位置或可执行模块(对源文件)存储位置,程序详细情况表以序号为索引,通过序号实现第 2 级结构与第 3 级结构的链接。

第 4 级为程序体部分,主要以文件的形式进行存储,文件可以是源程序代码形式、可执行文件形式或函数等形式,第 3 级结构与第 4 级结构通过程序存储路径进行链接、定位。

4.4 知识管理

该系统基于关系数据库完成知识管理思想,充分利用关系数据库高效地管理动态数据,具有数据与程序的独立性,良好的用户权限设置和数据共享等功能,用来组织不断变化的专业知识,实现对知识的管理、维护以及共享等^[10]。

- a. 知识的增加和删除,利用关系数据库表示出产生式规则后,对产生式规则库的管理和维护可由数据库管理系统完成,数据库中的规则已经链成一条规则时,必须将其链接入规则链中,在具体实现中,新增加的规则可以链接到规则链的任何位置,规则的删除与规则的增加原理相同,规则的增加是向规则链中增加一结点,规则的删除是向规则链中删除一结点。
- b. 知识库的安全和共享,采用用户授权方式对知识库进行安全管理,安全有 2 个层次,第 1 个层次是用户层次,即只有经过授权的合法用户才能访问知识库;第 2 个层次是权限层次,合法用户访问知识库的权限不同,只有知识库的所有者才拥有对知识库操作的完全权限,包括增加、删除、修改,其他用户只有一般查询权限,用户及权限统一由关系数据库管理系统进行管理,采用 Client/Server 方式实现知识库的共享,知识库被放在客户端通过 Client/Server 方式对知识库进行访问,实现知识的共享。

4.5 动态再生的系统平台

该系统的框架设计采用动态再生的系统平台设计方法,充分体现了系统的开放性。

a. 设计原理. 动态再生的系统平台是一个面向发展的开放式结构. 为了让用户可以按自己的意图在系统中装入各种可执行模块及其说明, 系统设计了一种被称为“系统设计源文件”的文件. 该文件按简单语法规则编写, 尽可能以自然语言形式表述系统结构. 用户可自行编写和修改. 编辑好的系统设计源文件, 在系统平台操作器中经过预编译器的编译处理, 递归嵌入系统生成器, 形成一个具有动态再生功能的可执行系统. 其结构如图 5 所示. 系统平台操作器中除 C 系统生成器和 D 预编译器外还包括 A 说明显示器、B 系统调用器、E PC 工具调用器和 F 联机帮助器. 显示器用于浏览系统的说明; 系统调用器进行主系统、子系统、用户定义系统的调用; PC 工具箱设置了一些通用工具及软件; 联机帮助器则用来查看系统帮助内容.

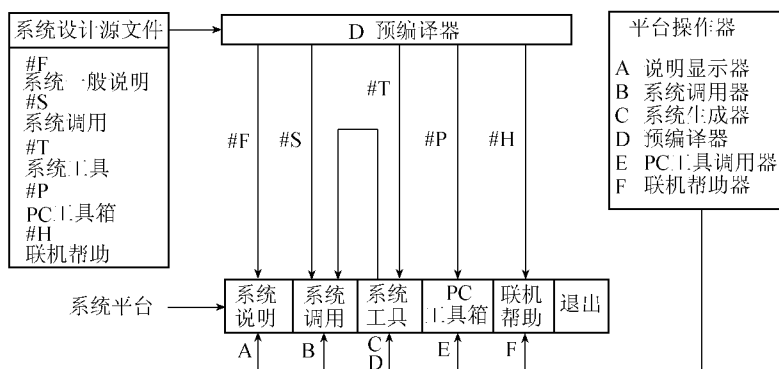


图5 动态再生的系统平台

Fig.5 Dynamic regenerative system platform

b. 系统设计源文件.系统设计源文件是预编译器的输入文件,它采用树状结构书写方式,对系统的一般说明、系统调用、系统工具、PC 工具箱、联机帮助分别用 # F, # S, # A, # P, # H 进行标识,其规则如下: # F, # S, # A, # P, # H 从第一列书写,表示相应的内容定义开始,以 # EF, # ES, # EA, # EP, # EH 结束.

c. 预编译器和系统生成器. 设计好的源文件, 经预编译器按规定语法规则进行树状结构分析, 把相应说明文字以及可执行节点的执行命令分解, 归纳成多个内部文件送入系统生成器, 由系统生成器对主系统进行更新或生成新的子系统. 整个编译过程的实现, 首先要通过语法分析和词法分析生成中间代码, 再由系统生成器生成目标程序. 整个编译过程可用如图 6 所示的逻辑图表示.

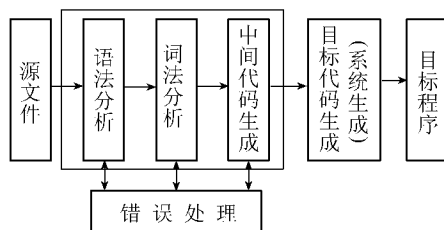


图 6 编辑程序逻辑结构

**Fig.6 Logical structure of
compiling program**

d. PC 工具箱. PC 工具是本系统通过引进、挂接和改良性开发,在系统操作界面上集成提供给用户使用的工具软件和实用程序,用以支持用户进行常规的系统维护和日常事务管理,还可直接进行程序的开发.系统 PC 工具箱提供灵活方便的实用程序挂接技术,用户可能栏中挂接新的实用程序产品.在使用 PC 工具时,系统控制流程按实时处理技术,让相应的工具程序与系统“同时”拥有控制权.

5 结 语

大坝安全“无人值班(少人值班)”管理模式需求的加大,给管理系统的研发提出了更高的要求.本文详细论述了大坝安全分析和评估资源管理系统的管理对象、功能设计、系统模式及关键技术.

系统由总控、工程数据库、知识库、模型库和图库等组成,采用数据层、服务层、表示层的3层结构模式构造系统。应用元数据库技术实现了多个数据库的集成,支持多库间的数据共享、交互操作及自治,达到了系统数据库平台的开放与互联。采用多级链接式方法进行了模型库中大量程序存储、调用等。设计和开发了一个动态再生系统平台,使用户可以从根本上驾驭系统,对系统进行增删、调整和更新。该系统平台的设计也有利于新的工具软件、程序和分析方法的引进,有利于系统的更新和发展。

参考文献：

- [1] 潘家铮.中国水利建设的成就问题和展望[J].中国工程科学 2002 4(2):42-51.
- [2] 顾冲时,苏怀智.综论水工程病变机理与安全保障分析理论和技术[J].水利学报 2007(增刊 1):71-77.
- [3] 吴中如.水工建筑物安全监控理论及其应用[M].北京:高等教育出版社 2003.
- [4] 苏怀智,吴中如,温志萍,等.水口大坝监控系统的测值疑点成因分析研究[J].河海大学学报:自然科学版 2001 29(3):55-59.
- [5] 王逸民,王士军,董福昌,等.山美水库大坝安全监控系统[J].水利水电科技进展 2007 27(4):77-79.
- [6] 吴中如,顾冲时.大坝安全评价专家系统[M].北京:北京科学技术出版社 1997.
- [7] 沈振中,吴中如,温志萍,等.二滩拱坝安全监测在线监控系统[J].水利水电科技进展 2000 20(3):33-35.
- [8] 胡道元.Intranet 网络技术及应用[M].北京:清华大学出版社 1998.
- [9] 温志萍,吴中如.开放式大坝安全监控系统总体设计[J].长江科学院院报 2001 18(3):29-31.
- [10] SU Huai-zhi ,WEN Zhi-ping ,GU Chong-shi . An early-warning model of dam safety based on rough set theory and support vector machine [C]//Proceedings of 2006 International Conference on Machine Learning and Cybernetics ,Dalian :IEEE Systems ,Man and Cybernetics Society 2006 3455-3460.

Management system for resources of dam safety analysis and evaluation

WEN Zhi-ping¹ , WU Zhong-ru² , GU Chong-shi²

(1. School of Computer Engineering , Nanjing Institute of Technology , Nanjing 211167 , China ;

2. College of Water Conservancy and Hydropower Engineering , Hohai University , Nanjing 210098 , China)

Abstract : In order to implement scientific management of prototype observations , analysis methods and multiple types of results , an information system was developed to manage the resources of dam safety analysis and evaluation. The system is composed of the general control , engineering database , knowledge base , model base and graphics base. The system adopts three layers of mode structures : the data layer , server layer and presentation layer. The multi-database integration is realized using meta-database technology. The model base is managed with multi-level link technology. A dynamic regenerative system platform is designed and developed , which improves the opening degree of the system and is in favor of system renewal and development.

Key words : dam safety ; evaluation ; management system