

基于网络环境的大坝安全评价专家系统的开发

赵 斌 吴中如 沈振中

(河海大学水利水电工程学院 南京 210098)

摘 要 在研究网络环境下大坝安全评价专家系统的设计思想及开发技术基础上,采用了基于 Client/Server 网络体系的“一机四库”系统结构,并论述了该系统各部分的组成、功能、相互连接及实现方法.

关键词 大坝 ;分布式网络 ;安全评价 ;专家系统

中图号 TV64 ;TU311.2

以往通常采用分析观测资料建立数学监控模型并结合日常巡查等方法,对大坝的工作性态进行分析、评价和监控.然而,由于大坝的工作情况十分复杂,仅仅采用上述方法有其局限性,最终的综合分析和评价仍需由经验丰富的专家或专家组来完成,特别是汛期出现险情时,通常要由各级领导亲临现场,组织专家组进行综合分析、评价和决策^[1].与此同时,由于各种条件限制,各类观测资料难以及时处理、分析,从而不能将分析结果及时用于监控大坝的安全运行,也就不能及时地发现隐患,以致延误时机,造成不必要的损失.此外,为了大坝安全,要定期检查,上级主管部门和大坝管理单位需要花费大量的人力、物力和时间.另一方面,省局所属水电站一般分布较散,远离省局几百公里甚至上千公里,有关管理部门难以及时了解、掌握各电站大坝的具体情况,而且以往资料的传送多采用邮寄或文件拷贝,这种数据传输方式直接影响分析评价的速度和质量^[2].因此,根据大坝安全管理的迫切需要,充分应用现代计算机技术,开发和研制分布式大坝安全评价专家系统势在必行.

通过访问专家,并依据有关大坝安全法规、设计规范和专家知识等,归纳整理成知识库,综合应用国内外在这一领域中的先进科研成果,建立具有多功能的方法库,结合具体工程,及时整编和分析观测资料,建立工程数据库,然后应用模式识别或模糊评判,通过综合推理机,对四库进行综合调用,将定量分析和定性分析结合起来,对大坝安全状况进行综合分析和评价,并对发现的不安全因素或病险坝提出辅助决策措施,实现实时分析大坝安全状态(简称“实时分析”)和综合评价大坝安全状况(简称“综合评价”)等目标.因此,本系统对确保大坝安全、改善运行管理水平等都将起到重大作用.同时,专家知识和实际经验是宝贵的财富,通过建立专家系统将专家的知识整理成知识库和推理机,使其体系化、完整化,并发挥更大的作用,从而避免由于专家年龄老化而导致这些知识的消失.因此,建立专家系统具有重大的实际意义和科学价值.

本系统结合福建省的安砂、池潭、古田溪三级等水电站诸工程的开发,在实际应用中,取得了大坝安全分析、评价和监控的实效.由于本系统是庞大的系统工程,牵涉的内容很多,本文主要论述系统的目标、计算机总体结构、专业总体构成及其网络,以及开发工具和功能.

1 系统的目标

本系统的开发目标是:充分利用现代计算机软硬件技术,对多个复杂大坝的安全状况及时分析,综合评价过程,实现计算机自动监测、分析、推理和决策.系统在功能上分为及时分析系统和综合评价系统两部分.

及时分析系统的目标是:根据大量的实测资料,应用国内外成熟的研究成果,建立多种监控模型及监控指标,将模型的预报值和监控指标与实测值对比;由时空分布规律以及日常巡查等资料和成果,依据有关专家的评判经验,跟踪分析大坝等水工建筑物的运行情况,对不安全因素进行物理成因分析,提出相应的辅助

决策措施 ,配以优良的图形显示 ,以便及时发现和预测不安全因素的动向和险情 ,从而保证大坝在安全运行的条件下 ,充分发挥工程效益 .

综合评判系统的目标是 :根据《水电站大坝安全管理暂行办法》和《水电站大坝安全检查施行细则》的精神 ,依据工程等级、设计标准 (包括洪水标准、安全超高和抗震设防)、强度、稳定、施工质量、运行、大坝原型工作性态和近坝库区滑坡等准则 ,对大坝安全级别作出综合评价 .对病坝 ,提出控制运行水位 ;对险坝 ,提出应急决策措施 ,并拟定报警指标和级别 .

实现上述目标时 ,本系统主要采用以事实 (包括实测数据分析 ,各类设计、施工和运行资料)为依据 ,以各类规范和准确的专家知识为准绳 ,对大坝的安全状况和安全级别作出综合分析和评价 ,以提高安全评价的可信度 .

2 C/S 体系结构

本文所述的大坝安全网络专家系统 ,就是把各种处理功能分散到两个或多个计算机系统上来完成 ,其主要表现为结构分布和功能分布 .而本系统采用的 Client/Server 体系结构又把分布式处理技术推向了一个新的阶段 ,这种体系结构把网络上的计算机分为服务器和客户机 .结构分布有两层含义 ,即从系统硬件上看 ,多台计算机分布在不同区域 ,且距离可达几百公里甚至上千公里 ;从系统软件上看 ,数据库、图库、知识库分布在服务器端 ,推理机、方法库、自动化监测接口分布在各客户机端 .结构上的分布必然引起功能上的分布 .在服务器端可以利用网络系统软件监视各客户机的使用情况 ,设置各用户的权限 ,还可利用数据库管理系统对数据进行操作 ,或给各数据库所有者分配资源 ,设置权限 ;在客户机端主要应用大坝安全专家系统本身进行分析、评价和决策工作 ,以及一些附带的信息管理工作 .

网络专家系统的推理、分析、评价不仅要使用知识库、推理机 ,而且要得到观测数据、计算方法等的支持 .因此 ,为了实现系统的目标和各项功能 ,系统在吸收国内外各领域专家系统的基础上 ,采用了“一机四库”的设计思想 ,即由推理机、知识库、数据库、方法库和图库组成 ,其中推理机和数据库分布在服务器端 ,知识库、方法库、图库分布在客户机端 ,其总体结构和计算机布置见图 1、图 2 .

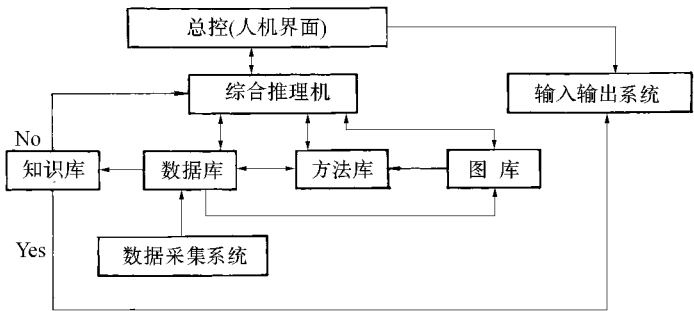


图 1 系统软件总体结构
Fig.1 General structure of the system

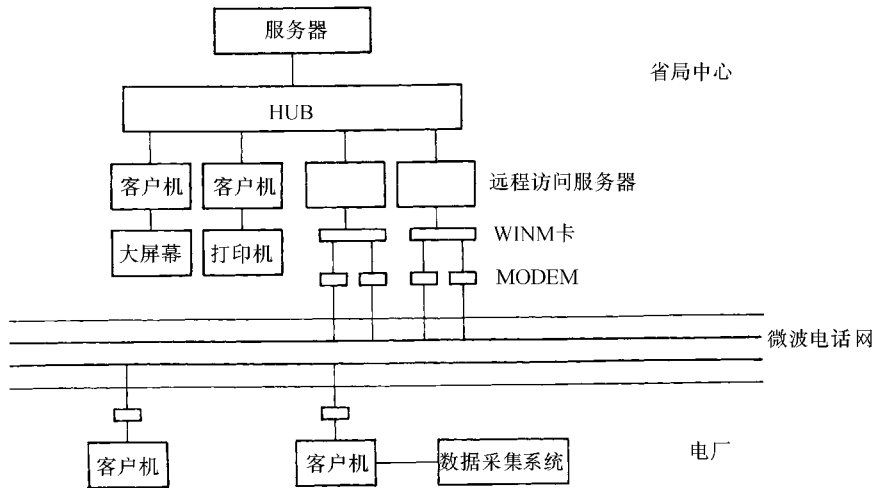


图 2 计算机网络
Fig.2 Diagram of computer network

3 系统总体结构

3.1 知识库

3.1.1 知识表示

基于大坝安全专家系统是个多目标、多层次的复杂系统,同时为满足知识库的可维护性要求,本系统在规则、语义网络、框架三种知识表示方法的基础上,将传统的数值计算程序的设计和模块化思想引入知识的表示中,然后把这种表示方法称为“层次网络表示法”,既避免了规则表示推理效率低的缺点,又吸取了框架表示法中层次显著的优点.层次网络的简单结构示意图如图3.图中概念结点A同B,C相关,称之为一条关联,用形式 $A \leftarrow B, C$ 表示,称A为关联头,B,C为关联体,则整个结构可表示为 $(a)A \leftarrow B, C$ $(b)B \leftarrow E, F$ $(c)C \leftarrow G, H$ $(d)D \leftarrow G, H$.对于每一条关联,则对应一系列的规则,称之为规则簇.规则簇表示采用产生式,它是关联头的定值问题,可以是评判式推理规则,或计算规则,或两者的混合.如对于关联(a)对应规则簇:IF $\delta \leq \delta \pm 2S$ (相当于B) and $\delta_{0m} \leq \delta \leq \delta_{1m}$ (相当于C), THEN Displacement is normal(相当于A), $CF = 1$.

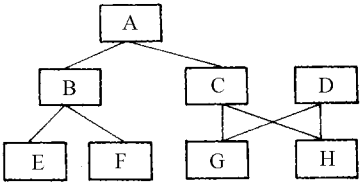


图3 层次网络示意图

Fig.3 Schematic diagram of hierarchical network

由于大坝安全专家系统知识的复杂性,笔者采用层次网络法对知识进行分层归类,利用层次评判方法逐层分解,以理出问题的层次结构.同时,由于在规则中增加了函数处理,使得完成复杂的计算过程成为可能,并且由于层次网络的框架结构本身就已经提供了推理的规则,因此推理的效率可大大提高.

3.1.2 知识构成

系统知识主要包括各类规范类知识和专家经验的启发性知识,以构成各类评判准则,并应用模式识别的映射理论,评判大坝的安全状况.

实时分析子系统的评判准则主要包括六大类,即时空评判准则、力学规律评判准则、数控模型评判准则、监控指标评判准则、日常巡查评判准则及关键问题评判准则.

综合评判子系统的评判准则主要包括八大类,即工程等级评判准则、设计标准评判准则、强度评判准则、稳定评判准则、原型工作性态评判准则、施工质量评判准则、运行评判准则及库区滑坡评判准则.

3.2 推理机制

根据大坝安全分析评判的特点,考虑坝工专家评判决策的思维过程,系统采用了双向综合推理机制,即在总体上采用目标决策机制,局部采用正、反推理混合使用的方法来实现系统的总体功能,见图4.推理时首先根据知识库的准则,识别各监测量的测值性质.若为疑点,则应用推理链进行成因分析,识别疑点的性质.若识别为异常,对其进行物理成因分析.若还需定量分析时,应用结构或渗流分析程序进行反分析.在找不出成因时,进入专家综合评判.并在推理中应用基于神经网络的分类连接模型技术,以减少知识规则量和提高推理效率^[2].

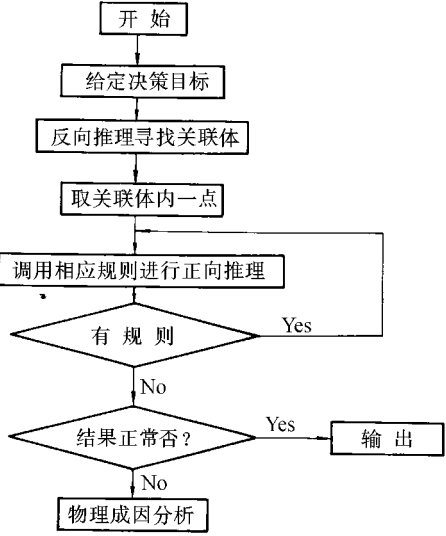


图4 系统推理流程

Fig.4 Flow chart of inference

3.3 数据库

根据数据的性质,数据库分为工程档案库、原始数据库、整编数据库和生成数据库.工程档案库主要包括工程和安全概况,监测考证表,结构和渗流分析的计算简图或有限元网格的单元和结点编号、坐标,物理力学参数的试验值等;原始数据库包括直接采集的数据、资料 and 知识,或尚未进一步整理和分析的数据、资料 and 知识;整编数据库包括经预处理、整理和初分析的数据、资料 and 知识;生成数据库主要包括观测资料分析成果、结构分析成果、反分析成果等.

3.4 方法库

方法库是用于观测资料处理、分析、反分析,结构和渗流分析以及综合评判等内容的各类程序,主要有:

a. 结构和渗流分析类程序, 包括材料力学法应力分析程序、拱梁法应力分析程序、圆弧滑动法和毕肖普法的土石坝边坡稳定分析程序、刚体极限平衡法的稳定分析程序、线弹性有限元分析程序(静、动力)、弹塑性(含断裂)有限元分析程序、粘弹塑性有限元分析程序、土石坝非线性有限元分析程序、渗流有限元分析程序(平面和空间的复杂渗流场分析)。

b. 观测资料类分析程序, 观测资料预处理程序、回归分析类程序、建立各类监控模型的程序、参数反分析程序、监控指标反分析程序。

c. 综合评判程序, 包括多层次、多目标的专家综合评判程序。

方法库主要用来建立各类监控模型和监控指标, 复核设计标准、强度和稳定性, 综合分析和评判等各类程序, 并用来定量分析大坝的安全状况。

3.5 图库

图库主要用于工程和安全概况, 观测资料整编、预处理、分析和反分析, 结构和渗流分析, 以及综合推理分析和评判等各类图表需求。

4 系统的开发工具和功能

从“实时分析”和“综合评判”两个子系统的结构及其网络看出, 本系统是复杂的系统工程, 为了实现开发目标, 一方面需要有完整和高质量的知识和资料以及综合推理求解知识; 另一方面需要有先进可靠的软件开发工具, 以对大坝安全状况作出快速的评判。

本系统适用于省电力工业局(或网局)以及特大型工程(如三峡水利枢纽等)的监控中心。这种情况一般有多座大坝或多种规模较大的建筑物, 因此, 用以安全分析和评价的专家知识和信息量十分巨大, 且为多用户的远程信息通讯。与此同时, 既要考虑各个大坝或单项工程的特点、信息的安全性和使用权, 又要考虑逐级管理和上一级对下一级的调控。因此, 必须采用网络控制, 经过综合比较, 系统的网络软件采用 Novell Netware^[31]。

4.1 网络拓扑结构

网络拓扑结构是指网络中的单元互相连接的方式, 一般有星形、环形和总线几种。综合分析, 由于水电站大坝分布区域广, 一般在几百公里范围内, 若专门为此架设网络线, 其耗费将十分巨大。现在电力系统的微波通讯网已相当普及, 各个电站均有微波通讯设备, 故可利用现有的微波通讯网来传递信息。大坝安全的信息量庞大, 主要体现在历史数据上, 每个测次的信息量不大, 通讯时间也不长, 且各个电站之间一般没有数据交换。所以, 利用微波通讯网, 构建一个星形拓扑结构的网络, 对于大坝安全网络专家系统是最合适的选择。图 1 就是福建省大坝安全专家系统的计算机网络图。考虑各个电站同时与主机通讯会使耗时增加, 以及考虑增加网络的可靠性, 故而在省局中心设置了两台远程访问服务器, 所以严格地讲这种结构属于静态的分级星形拓扑结构。省局中心的服务器还可以与其它服务器通过 Open Server 软件连接, 水电站端的客户机本身也可能连接在电站的局域网上, 也可以兼作电站的服务器, 根据需要组成更大的网际网, 而不影响本系统的功能。

4.2 支撑软件

网络环境采用 Novell Netware, 客户端采用中文 Windows 3.X 或 Windows 95 操作系统, 开发工具采用 MS Visual C++ 和 PowerBuilder。

数据库采用 Sybase SQL Server for Novell, 并采用 PowerBuilder 的 Script 语言与 T-SQL 语言相结合, 来实现各种数据的查询、修改、添加和打印等功能^[34]。

图库可采用扫描仪扫成图像文件, 其它图表则采用 Visual C++ 生成动态连接库, 并利用数据库中的数据生成各类图表。

方法库中的计算程序仍采用 FORTRAN 语言或 C 语言编程, 知识库和推理机采用 C 语言。

4.3 功能

4.3.1 实时分析子系统

按照上述软、硬件配置, 本系统的功能如下:

在完成观测资料、结构和渗流全面分析和反分析, 建立了各类评判准则和推理网络, 并弄清工程的关键问题这样的前提下, 紧急防范时, 系统处理在 1 h 左右, 一般在 3 h 左右。

4.3.2 综合评判子系统

在各项资料齐全的前提下,对于单个电站系统可在 5 d 左右完成对大坝的综合评判,并生成各种图表和报告.

5 结 束 语

a.本系统总体上概括了大坝安全监测领域内的科研成果,在开发过程中充分考虑其通用性和可移植性.本系统的软件可推广应用于水电站或水库大坝的安全分析和安全评判.

b.本系统的评判类知识即知识库,推理类知识即综合推理机,总体上概括了大坝安全监测领域内用于大坝安全分析和评判的知识.因此,具有丰富的知识源.

c.系统中用于定量分析的程序,基本上满足大坝安全综合分析和评判的需求,为大坝安全评判提供可靠的定量依据.

d.在数据管理上采用大型关系数据库 Sybase SQL Server,可以满足各类数据的管理需要^[4].与此同时,在大坝安全分析和评判中,提供优良的图形和人机界面.

参 考 文 献

- 1 吴中如,顾冲时.大坝安全综合评判专家系统.北京:北京科学技术出版社,1997.1~20
- 2 赵斌,吴中如,顾冲时等.基于神经网络的大坝安全评判专家系统.大坝观测与土工测试,1998,22(4):16~21
- 3 刘有信.NOVELL实用组网技术.北京:人民邮电出版社,1995.3~9
- 4 杨孝如.SYBASE 关系数据库——SQL Server.北京:国防工业出版社,1995.17~33

Development of Dam Safety Assessment Expert System Based on Network

Zhao Bin Wu Zhongru Shen Zhenzhong

(College of Water Conservancy and Hydropower Engineering , Hohai Univ. , Nanjing 210098)

Abstract A general system structure which consists of an inference engine , a method base , a knowledge base , a graph base and a data base based on PC-based client/server distributed network is presented. By use of this expert system , the observation , analysis , inference and assessment can be done quickly and automatically. The function , content , management of each part and the connection among them are introduced.

Key words dam ;network ;safety assessment ;expert system