

西堍门跨海大桥智能养护 管理系统集成技术研究

侯景亮¹, 李远富², 陈卫国³

(1. 西南交通大学经济管理学院, 成都 610031; 2. 西南交通大学土木工程学院, 成都 610031;

3. 浙江省舟山连岛工程建设指挥部, 浙江舟山 316000)

[摘要] 介绍了西堍门跨海大桥智能养护管理系统包括的各子系统及其功能, 给出了智能养护管理系统集成方案, 提出了该桥梁智能养护管理系统集成的软件实现和软件及网络集成技术。

[关键词] 跨海大桥; 养护管理; 系统集成; 智能

[中图分类号] U445 [文献标识码] A [文章编号] 1009-1742(2010)07-0074-04

1 前言

近年来桥梁健康监测和养护管理成为国内外学术界研究的热点。从20世纪末开始, 我国在一些大型重要桥梁上建立了不同规模的长期监测系统, 如虎门大桥、江阴长江大桥、徐浦大桥等在施工阶段已经安装健康监测用的传感设备; 苏通大桥建立了健康监测评估; 武汉阳逻公路大桥完成了光纤光栅桥梁施工控制及健康监测系统^[1]。这些大桥的健康监测的最终目的就是全面地把握桥梁结构建造与服役全过程的受力与损伤演化规律, 保障大型桥梁的建造和服役安全。然而, 大多数桥梁的研究热点集中于智能传感器和损伤识别方法, 很多大桥在桥梁上已经安装的监测系统以离线监测系统居多^[2,3]。另外, 针对大跨度悬索桥养护管理系统的研究成果更是缺乏, 鲜见关于大跨度桥梁实时在线的智能养护管理系统的研究。

文章以西堍门跨海悬索大桥为研究对象, 探讨该桥在线智能养护管理系统的组成、结构和功能, 进一步分析该桥梁智能养护管理系统的各个子系统的软件实现方法与硬软件系统集成技术问题, 希望文

章的研究能够弥补桥梁智能养护管理系统理论研究的不足, 并为同类工程提供借鉴价值。

2 工程概况

西堍门跨海大桥是连接舟山本岛与宁波的舟山连岛工程5座跨海大桥中技术要求最高的特大型跨海大桥, 主桥为两跨连续钢箱梁悬索桥, 是目前世界上最大跨度的钢箱梁悬索桥, 全长在悬索桥中居世界第二、国内第一, 但钢箱梁悬索长度为世界第一。

西堍门大桥起于册子岛桃夭门岭, 于门头山经老虎山跨越西堍门水道, 止于金塘岛上雄鹅嘴, 接金塘大桥, 全长5.452 km, 其中西堍门大桥主桥长2.588 km, 册子岛侧接线长2.864 km。西堍门大桥主桥为两跨连续钢箱梁悬索桥, 主桥长2 588 m, 主跨1 650 m, 最大水深为70~90 m。该桥为双向四车道高速公路标准, 设计速度80 km/h, 全宽36 m, 桥面净宽23 m, 通航标准3万吨级, 主航孔通航净宽630 m, 通航净高49.5 m, 净宽不小于630 m, 南北主塔的双肢均为变斜率中空的钢筋混凝土柱, 南塔和北塔高均为211.286 m, 233.286 m, 塔底座1 680 mm×2 280 mm, 地震基本烈度7度。

[收稿日期] 2010-05-05

[基金项目] 国家科技支撑计划项目: 西堍门跨海大桥养护管理智能辅助决策支持系统(2008BAC07B05)

[作者简介] 侯景亮(1973-), 男, 辽宁营口市人, 西南交通大学博士研究生, 研究方向为工程项目管理、桥梁养护管理;

E-mail: jinglianghou0408@126.com

3 西堍门跨海大桥智能养护管理系统集成方案分析

3.1 智能养护管理系统及其功能分析

西堍门跨海大桥智能养护管理系统包括传感器子系统,数据采集、处理和传输子系统,损伤识别、模型修正和安全评估决策子系统,数据管理子系统。其中,传感器子系统是智能养护管理系统的始端,通常布设在桥梁桥身、索塔等位置;数据采集、处理及传输子系统是由硬件、软件构成,数据采集子系统是联系传感器子系统与数据管理子系统的中介系统,起到非常重要的中介作用;损伤识别是基于桥梁结构反应的信息从数据管理子系统中自动读取桥梁反应信息数据;数据管理子系统是将桥梁损伤识别和模型修正以及安全评估决策的实时分析结果以及历史数据一并自动存入数据管理子系统,并可以根据需要存储及删减;它的核心是数据库系统,数据库管理桥梁建造信息、几何信息、监测信息等全部数据,承担着健康监测系统的数据管理功能^[4]。

3.2 智能养护管理系统集成方案

本系统集成的目标为:统一控制和管理各子系统,提供用户界面并为操作提供便利性,另外,采用开放的数据结构,信息资源共享,以便提高系统维护和管理的自动化水平及协调运行能力。

该系统的集成方案为:本系统集成模式选择的是基于网络平台的 B/S 模式,即 Browser/Server 模式。原因是:B/S 模式是基于 Internet 技术发展起来的一种新的应用模式,客户机可以通过局域网或 Internet 得到所需内容,将系统的用户接口界面从局域网延伸到 Internet。系统管理维护时,不必更新所有的客户端软件,只需修改服务器端软件就可以进行系统的升级。该模式比主机/终端模式、C/S 模式更适合智能养护管理系统^[4]。

4 西堍门跨海大桥智能养护管理系统集成方案的软件实现

4.1 中心数据库方案

西堍门跨海大桥智能养护管理系统采用大型网络数据库 SQL Server 2005 作为中心数据库。因为采用 SQL Server 2005 作为西堍门跨海大桥智能养护管理系统的中心数据库可以满足快速存储实时数据、关联数据,实现各功能模块间的数据传递、交换和共享,能够与 Internet 结合,使远程用户可以通过

浏览器对数据库中的数据进行查询和浏览,并供多个用户访问,实现数据的充分共享、交叉访问以及与应用程序的高度独立性,起到将现场采集网络与上层管理信息系统网络连接的作用。

该桥智能养护管理系统的中心数据库包括以下子数据库,如图 1 所示。

4.2 西堍门跨海大桥智能养护管理系统各子系统及其软件方案

4.2.1 数据采集子系统及其软件

数据采集子系统连接监测系统的硬件设备和软件系统,数据采集软件最基本的功能是能够实时采集和显示传感器信号,实时存储数据,并对数据采集硬件进行实时设置。由于监测系统实时性的要求,在采集的数据判断为异常数据时,它必须能触发其他模块工作,因此,还要求数据采集软件能够触发调用其他软件模块。鉴于此,西堍门跨海大桥智能养护管理系统的的核心数据库采用目前美国 NI 公司的 LabVIEW 软件开发平台,LabVIEW 是一种图形化的软件开发环境,与传统编程语言有相似的数据类型、数据流控制结构、程序调试工具以及具有层次化、模块化等编程特点,比 Visual Basic, Visual C++ 等开发软件更加灵活,代码执行效率更高,更适用于开发像西堍门跨海大桥智能养护管理系统这样较复杂的数据采集系统^[5]。

4.2.2 损伤识别、模型修正与结构安全评估决策子系统

该研究的损伤识别软件采用 MATLAB 进行开发,它所需要的数据从数据库中调取,在中心数据库中存取损伤识别的结果。桥梁结构安全评估决策与模型修正关系密切,可以不用 LabVIEW 调用数据库的结果,但损伤识别和模型修正软件的驱动运行需要 LabVIEW 指挥完成。桥梁的安全评估基于构件安全评估方法主要是比较监测所得的桥梁指标与结构设计规范规定的变量允许值的大小来最终确定构件的安全性;采用 ANSYS 结构分析软件用来完成桥梁整体安全评估和结构可靠度预测。

4.3 软件及网络集成技术

西堍门跨海大桥智能养护管理系统的软件集成主要包括各子系统软件间的接口、调用及合理的触发机制;各软件同数据库间的接口、通信。计算分析软件 MATLAB, ANSYS 结构分析软件和数据库系统软件的运行和调用通过 LabVIEW 来实现,从而完成西堍门跨海大桥现场数据的实时在线分析。设定阈

值来调用 MATLAB 的触发机制,将某种类型传感器信号值与设定的阈值比较,如果前者超过后者,则为真,即调用 MATLAB 进行模态和损伤识别分析,否则为假,不调用 MATLAB 进行模态和损伤识别分析。系统中任何路径的可执行文件均可以通过 LabVIEW 调用,也可调用 ANSYS 结构分析软件。这种情况下 ANSYS 的分析方法为采用批处理式分析方法执行命令流文件,并且可将指定单元构件的某项力学指标直接写入文本文件中,供其他程序调

用查询或存入数据库中。为了将所有数据实时存入中心数据库中,LabVIEW 与数据库间利用 LabVIEW 的 ActiveX 功能,调用 MicrosoftADO 控件,利用 SQL 语言来访问数据库。MATLAB 与数据库间的通信可采用 MATLAB 的 Database Toolbox 工具箱^[6]。模态和损伤识别分析程序可以从数据库中读取相应原始数据,并将分析结果直接存入数据库中供查询调用。数据管理系统采用 SQL Server2005 软件(见图 2)。

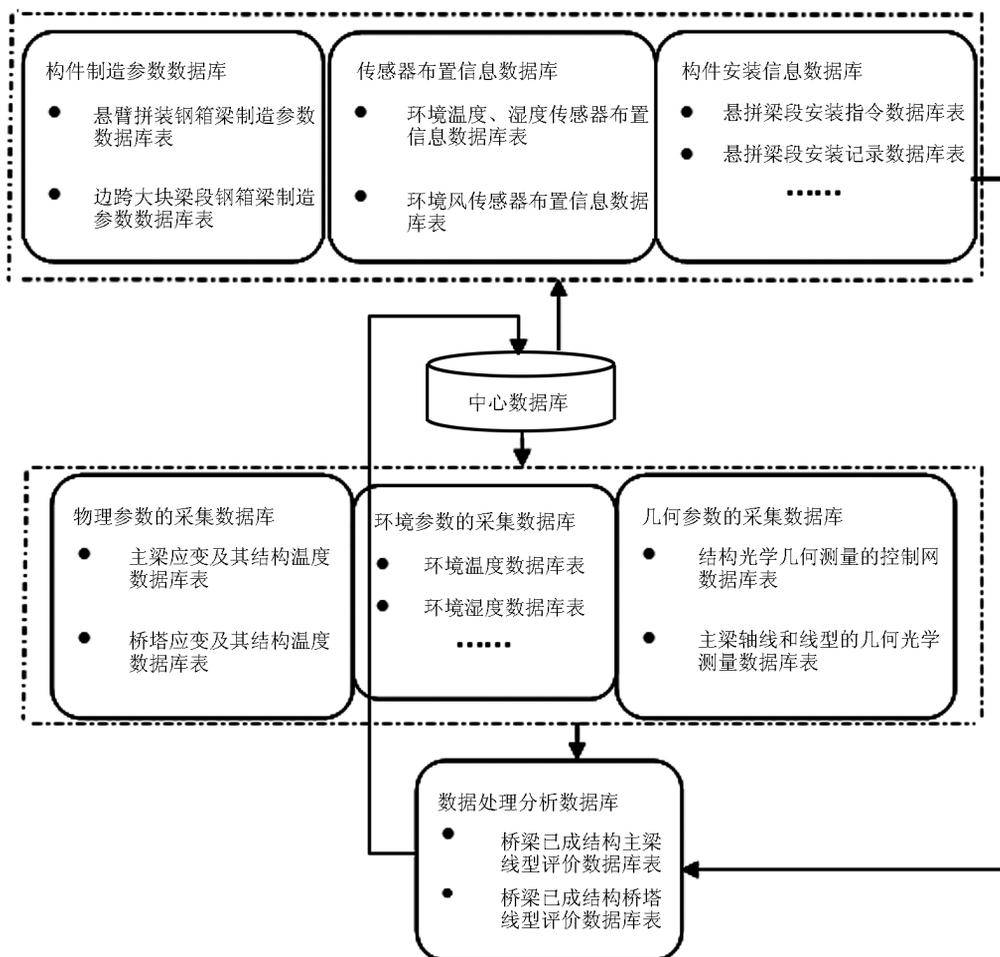


图 1 西墩门跨海大桥智能养护管理系统的中心数据库

Fig.1 The central database of system integration technique of intelligent maintenance management of crossing sea bridge of Xihoumen

基于网络的西墩门跨海大桥智能养护管理系统集成是通过 Internet 对养护管理系统现场的全部或部分模块、信息进行设置、查询、存储等操作。在西墩门跨海大桥养护管理系统中,传感器信息显示及其硬件设置可由 LabVIEW 的网络功能实现。基于 TCP/IP 协议, LabVIEW 应用程序开发平台提供了 DataSocket 通信方式,该通信方式保证了网上的实

时高速数据交换,也保证了管理员可以随时了解现场的监测系统运行情况和系统参数的实时变化,并可及时调整现场传感器的运行参数,保证最大限度发挥传感器的性能。另外,采用常用技术或语言(如 ASP,PHP 等),使得网络数据库配合其前端开发工具,很方便操作 Web 型数据库,最终可实现网络数据库中信息的浏览、查询、打印等功能。再者,

在本桥梁养护管理系统中设置基于网络的专家网络健康安全评估决策模块,发挥各方专家的智慧在网络上共享信息来对桥梁安全进行评估决策,并在网络上将分析结果传给该桥的养护管理部门,以便采取养护管理更好的措施。最后,养护管理系统中心数据库为大型通用的网络数据库,而 SQL Server2000数据库系统是符合 SQL 语言标准的关系型数据库管理系统,可以通过各种类型的应用程序和所有使用 SQL 的软件查看、分析和报告数据库中的实时、历史和其他数据^[7]。

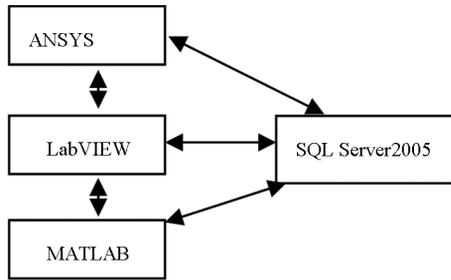


图2 西堠门跨海大桥智能养护管理系统软件接口和通信流程^[5]

Fig.2 Software interface and communication processes of system integration technique of intelligent maintenance management of crossing sea bridge of Xihoumen

5 结语

西堠门跨海大桥智能养护管理系统集成技术在

实际应用中取得了较好的效果,比如2009年9月中旬的“韦帕”和10月初的“罗莎”两次台风侵袭舟山时,通过桥上环境风传感器实时将风力对桥梁的影响数据传到中心数据库,并通过损伤识别、模型修正及安全评估决策系统给出了最终分析结果和方案,对西堠门跨海大桥养护管理部门采取应急措施提供了重要依据。文章不足之处在于对养护管理系统评估决策的经济性分析模块系统没有给出实现方案,今后将进一步深入研究。

参考文献

- [1] 肖冠英. 大跨度桥梁健康监测及安全评估研究[J]. 四川建筑,2008,28(5):127-129
- [2] Pines D, Aktan A E. Status of structural health monitoring of long span bridges in the United States[J]. Progress of Structure Engineering and Materials,2002,(4):372-380
- [3] 李晓雷. 大跨度斜拉桥损伤特征分析与拉索振动智能控制[D]. 哈尔滨:哈尔滨工业大学,2003
- [4] 李惠,周文松,欧进萍,等. 大型桥梁结构智能健康监测系统集成技术研究[J]. 土木工程学报,2006,39(2):46-52
- [5] 秦权. 桥梁结构的健康监测[J]. 中国公路学报,2000,(4):37-42
- [6] 张启伟. 大型桥梁健康监测概念与监测系统设计[J]. 同济大学学报(自然科学版),2001,(1):65-69
- [7] 郭彤,李爱群,李兆霞,等. 大跨桥梁结构状态评估方法研究进展[J]. 东南大学学报(自然科学版),2004,34(5):699-704

A study on system integration technique of intelligent maintenance management of Xihoumen trans-oceanic bridge

Hou Jingliang¹, Li Yuanfu², Chen Weiguo³

(1. School of Economics & Management, Southwest Jiaotong University, Chengdu 610031, China;

2. School of Civil Engineering, Southwest Jiaotong University, Chengdu 610031, China;

3. Zhejiang Provincial Construction Headquarters of Zhoushan Islands Link Project, Zhoushan, Zhejiang 316000, China)

[Abstract] Intelligent maintenance management system of Xihoumen trans-oceanic bridge was introduced, including subsystems and functional analysis. Integration solutions of intelligent maintenance management system were proposed, and the software realization and web integration technology for the system integration were put forward.

[Key words] trans-oceanic bridge; maintenance management; system integration; intelligence