

桥梁电子化人工巡检养护管理系统

沈 旺¹, 张 强²

(1. 浙江省舟山连岛工程建设指挥部, 浙江舟山 316000; 2. 上海思索建筑咨询有限公司, 上海 201114)

[摘要] 将危险性分析与量化管理理念应用于桥梁电子化人工巡检养护管理系统的总体设计中, 为大型桥梁量身定制巡检养护规划, 规范桥梁巡检养护流程, 编制巡检养护手册, 用于指导巡检养护工作的实施; 针对桥梁结构的具体特点, 建立专门结构的损伤库, 编制电子化人工巡检养护软件, 实现巡检养护管理工作的电子化。

[关键词] 桥梁管理; 巡检; 养护; 结构解析; 危险性分析

[中图分类号] U445.1 [文献标识码] A [文章编号] 1009-1742(2010)07-0057-04

1 前言

桥梁管理系统经历了从简单到复杂, 从单项数据处理到多项数据、多知识综合处理的人工智能的发展过程。经过近半个世纪的努力, 目前, 美国、加拿大、南非、英国、丹麦、澳大利亚、日本等国家和地区已经建立了成熟的桥梁管理系统。

20世纪90年代初期, 国内开始研发公路桥梁管理系统。进入21世纪后, 上海市各区政局公路局也进行了“上海市城市桥梁管理系统”的开发。上海同济大学于2006年开发出“集成桥梁信息管理系统”, 东南大学开发了“江苏省桥梁养护管理系统”等。但随着时间的发展, 特别是随着大型、特大型的跨海斜拉桥、悬索桥的出现, 面对桥梁养护管理工作这一复杂的系统工程, 这些工程应用仍没有有效克服如下关键问题^[1]:

1) 功能较为简单, 不能适应大型桥梁养护管理模式和业务流程。

2) 缺乏一套严格遵照规范的病害描述用语, 导致后期数据库检索效率低下、数据统计可信度不足。

3) 没有提出针对桥梁具体部件病害影响程度评估的系统方法, 相关工作仍然需要依赖于检测工

程人员基于经验和理论素养的主观判断来进行。

2 系统总体设计

电子化人工巡检养护系统的建立是以危险性分析为基础的系统工程, 主要分为两个部分: 巡检养护手册和软件系统。图1为电子化人工巡检养护系统的总体设计示意图。

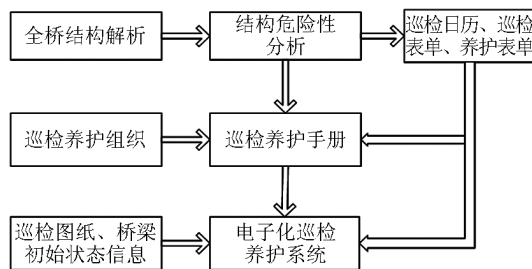


图1 系统总体设计示意图

Fig. 1 System diagram of overall design

巡检养护手册是巡检养护工作实施的指导性文件, 是整个系统实施的提供完成巡检养护任务的各种必要信息。软件系统包括管理模块、巡检管理模块、分析报告模块、现场巡检模块4个应用模块以及中心数据库。

[收稿日期] 2010-04-20

[基金项目] 国家科技支撑计划课题(2008BAG07B05)

[作者简介] 沈旺(1958-), 男, 浙江舟山市人, 高级工程师, 研究方向为交通工程建设与管理; E-mail: shenw@zsjtw.gov.cn

2.1 巡检分类

按照巡检的作用和时间周期,巡检分为以下5种类型。

1) 初始巡检:是指在桥梁竣工初期,未投入使用之前或者桥梁加固、改建之后进行的全面巡检。

2) 日常巡检:主要指对桥面设施、上部结构、下部结构及附属结构物的技术状况进行的巡检。

3) 定期巡检:在风险评估的基础上制定的周期性巡检,巡检覆盖全桥所有结构物与附属结构物,旨在评定桥梁使用功能,为养护管理计划提供基本数据。考虑各结构单元的实际特点,将定期巡检分为4个级别。A级巡检:每半年一次;B级巡检:每年一次;C级巡检:每2年一次;D级巡检:每4年一次。

4) 特殊巡检:桥梁遭遇台风、地震、船舶撞击、车辆事故、火灾等灾害后进行的应急性巡检。

5) 专项巡检:在日常巡检、定期巡检、特殊巡检基础上进行的针对性巡检,旨在进一步判定损伤程度,分析损伤发生原因,预测损伤发展趋势,包括现场巡检、试验检测、验算分析等工作。

2.2 模型转化

结构解析就是桥梁结构的离散化,即按照一定的原则将结构划分为不同的单元,从而实现基于单元层次的桥梁量化管理策略,其优点在于:

1) 便于管理。划分结构单元后,可以针对不同的结构单元制定不同的巡检及养护计划,做到对症下药。

2) 优化巡检养护过程。考虑比例效应,可以对于同一组结构单元,逐年轮流巡检,减小工作量,节约费用。

2.3 结构危险性分析^[2,3]

危险性分析主要包括以下步骤:危险识别、总体危险性分析、确定危险的探测方法、单元危险性分析。

1) 危险识别:桥梁结构危险发生有多方面的原因,可能由于材料性能的退化,也可能是因为设计不合理、特殊事件的触发,以及施工或者养护、维修过程中的不当操作。

2) 总体危险性分析:总体危险性分析的目的在于分析全桥结构在生命周期内可能遭遇的所有危险,评价其危险程度,制定相应的对策。结构危险性评价指标为结构危险度,其定义如下:

$$\text{危险度} = f(\text{严重度}, \text{概率}, \text{探测性})$$

其中,严重度为危险发生后对结构影响的严重程度;概率为危险发生的几率;探测性为危险是否可被探测。根据危险度的取值将危险分为3类。1类:无需采取措施;2类:分析是否需要采取措施;3类:需采取措施控制危险(见图2)。

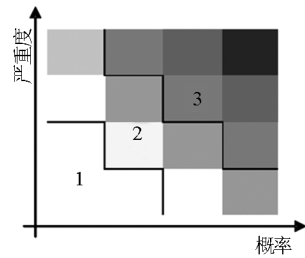


图2 危险分类

Fig. 2 Risk classification

3) 确定危险的探测方法:分析危险是否可以探测,对于危险度较大又不可探测的危险,应制定监测机制进行控制。

4) 单元危险性分析:单元危险性分析是在总体危险性分析的基础上进行的细部分析,旨在明确各单元的关键危险,确定各单元的巡检频率、巡检类型、巡检内容以及巡检通道。

2.4 巡检通道

巡检通道是指到达特定结构的路径,规划科学合理的巡检通道是顺利完成巡检养护工作的前提。因此,在桥梁建设初期就应做总体规划,预留巡检通道,做到“可到达,可检查、可维护”,为后续桥梁巡检养护工作提供便利。

2.5 桥梁技术状况评定^[4-9]

该系统建议桥梁技术状况评定分为4个层次:损伤评分、单元评分、单元组评分、桥梁整体评定。

2.5.1 损伤评分

该系统中损伤评分采用双轴体系,即通过损伤严重度和损伤衍变两个指标对损伤进行评定。

1) 严重度指标(S):损伤严重度描述损伤对结构安全的影响范围和危害程度,按照损伤对结构安全的影响程度将其分为4个等级,具体如下。等级1:对单元影响较小或无影响;等级2:对单元产生局部影响,但不会影响到单元功能;等级3:对单元产生全局影响,会影响到单元功能,分值3;等级4:对桥梁结构整体产生影响,分值4。

2) 衍变指标(A):损伤衍变(A)用来描述损伤的发展,按照损伤发展趋势将其分为3个等级,具体

如下。等级1:趋向稳定或者不发展,分值为-1;等级2:发展缓慢,单元功能可能在远期丧失(若干年),分值为0;等级3:发展较快,单元功能可能在近期内丧失(几个月),分值为1。

3) 损伤评分(C): 损伤评分为严重度与衍变指标之和,即: $C = S + A$

2.5.2 单元评分

单元评分按照单元最严重的损伤进行评分。除此之外,系统还提供损伤的下列统计指标为管理者使用。

1) 代表性指标: 将单元损伤度的最大值作为损伤代表性指标,此最大值体现了桥梁运营服务水平,可以为养护管理者提供养护标准和采取紧急措施必要性的信息,以便使桥梁状况达到可接受的标准。

2) 整体性指标: 将单元损伤度的平均值作为损伤整体性指标,可以反映桥梁状况的整体变化状况。在桥梁运行初期该指标应该呈增长趋势,然后自行稳定。

3) 普遍性指标: 将一类构件中最大得分的子构件数据占此类构件中子构件总数的比例作为损伤的普遍性指标,该指标反映出某种程度的损伤的发生是否存在普遍性,便于管理者对既有损伤的共性做出判断。

2.5.3 单元组评分

根据组内损伤最大的单元进行评分。为保持桥梁良好的服务水平,单元组的评分规则应着重关注桥梁的实际状况以及运行性能。

2.5.4 桥梁技术状况评定

根据单元组的评分情况,按损伤最严重单元组进行评定。基于桥梁养护规范,桥梁技术状况评定分为五类,分类描述及措施关系见表1。

表1 桥梁的评分与安全性对策关系

Table 1 The relationship between bridge rating and security measure

分类	桥梁技术状况	养护措施
五	危险	改建或重建、关闭交通
四	差	大修或改造、交通管制、限速限载
三	较差	中修,酌情进行交通管制
二	较好	小修
一	完好/良好	正常保养

3 巡检养护手册^[4~9]

巡检养护手册收录有关巡检养护工作的所有相

关内容,主要包括6个部分:

1) 手册使用指南: 介绍巡检养护手册使用方法以及更新程序。

2) 工程信息: 收录与巡检养护相关的工程信息,包括设计、施工等内容。

3) 巡检养护概述: 从总体上阐述整个巡检养护流程,定义巡检类型及巡检日历,收录结构解析以及危险性分析结果,并对巡检通道、桥梁状况评定原则等进行详细阐述。

4) 巡检描述: 分章节详细阐述各巡检类型,包括巡检方法、巡检内容等。

5) 特殊事件管理: 制定诸如地震、台风、船撞等特殊事件的管理措施,包括应急措施及事件后巡检等内容。

6) 养护维修: 不恰当的养护维修可能会对桥梁结构产生新的损伤,因此,需对养护维修的操作以及注意事项进行专门的阐述。

4 软件系统

软件系统的核心物理构成分为两部分,系统服务器和平板笔记本电脑。巡检用平板电脑上部署有现场巡检模块,通过网络访问或文件复制(无网络条件下)实现与系统服务器的数据交换,系统构架见图3。4个模块主要功能描述如下:

1) 管理模块: 对桥梁的原始静态数据如文档基本数据,运营期间的动态数据如损伤信息和管理信息进行归档查询。

2) 巡检管理模块: 定义巡检任务日历,查询巡检任务,新建巡检任务,传输任务到巡检笔记本,合并任务数据到中心数据库。

3) 现场巡检模块: 运行在现场巡检笔记本上,主要用于记录损伤的信息包括损伤描述,CAD图纸、损伤照片。

4) 报告分析模块: 主要包括损伤查询分析,损伤评分和任务结构报告,可以对损伤进行统计分析并输出多种格式报告。

系统在以上功能模块的基础上,同时开放损伤数据查询的接口,给予其他系统访问结构目录数据和损伤数据库的权限。使得系统实现与GIS系统、决策支持等系统之间的数据共享。系统软件的数据库划分为: 结构基本信息库、损伤知识库、损伤库、养护措施库、评分准则库、同时包括图纸、照片、参考文献等文件数据资料。

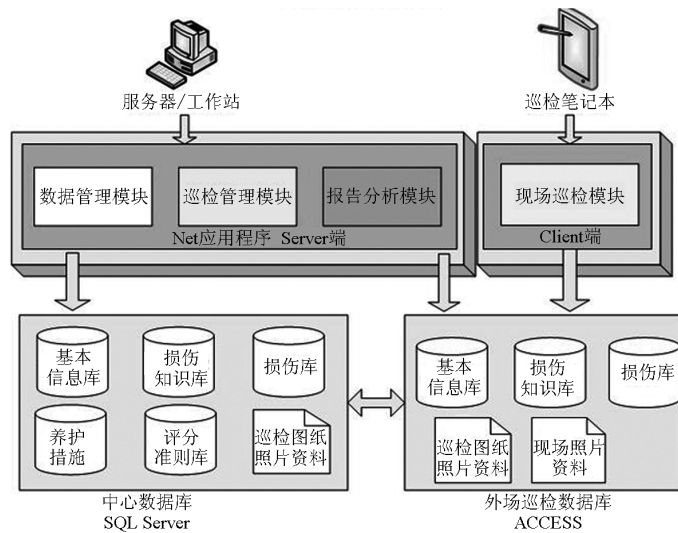


图3 软件系统架构示意图

Fig.3 Structure diagram of software system

5 系统应用

该系统已经应用于西堠门大桥、金塘大桥中的养护管理工作中。

参考文献

[1] 张宇贻,秦 权. 大跨桥管理系统[A]. 工程安全及耐久性——中国土木工程学会第九届年会论文集[C]. 北京: 2000. 137 - 140

[2] 阮 欣,石雪飞,陈艾荣. 桥梁工程风险评估[M]. 北京:人民交通出版社, 2008

[3] 许 铎. 桥梁工程施工中事故环境风险评估[J]. 中国安全科学学报, 2003, (08):46 - 49

[4] 中华人民共和国交通部. 公路桥涵养护规范 (JTG H11 - 2004)[S]. 北京:人民交通出版社, 2004

[5] 鐵道構造物等維持管理標準・同解説(構造物編) - 鋼・合成構造物[M]. 丸善株式會社,平成 19 年 1 月

[6] 建造物保守管理標準(案)同解説 - 鋼構造物[M]. 土木學會,平成 7 年

[7] 鐵道構造物等維持管理標準・同解説(構造物編)コンクリート構造物[M]. 丸善株式會社,平成 19 年 1 月

[8] コンクリート構造物維持管理指針(案)[M]. 土木學會,平成 7 年

[9] FHWA. Bridge Inspector's Reference Manual[S]. Washington D C;Federal Highway Administration U S Department of Transportation, 2006

Electronic bridge inspection and maintenance management system

Shen Wang¹, Zhang Qiang²

(1. Zhejiang Provincial Construction Headquarters of Zhoushan Islands Link Project, Zhoushan, Zhejiang 316000, China; 2. Shanghai Sisuo Project Management Co., Ltd., Shanghai 201114, China)

[Abstract] Risk analysis and quantitative management concepts are applied to the overall design of electronic bridge inspection and maintenance management system to customize the inspection and maintenance strategy and standardize bridge inspection process. Also the inspection and maintenance manual is composed to guide the bridge management. The electronic inspection and maintenance management system is realized by developing the software, structural database and particular defect knowledge database.

[Key words] bridge management; inspection; maintenance; structure elucidation; risk analysis