

文章编号: 0451-0712(2004)11-0056-02

中图分类号: TP274

文献标识码: B

# 大跨径桥梁健康与安全监测系统的构建

卞钧霁

(浙江省公路管理局 杭州市 310009)

**摘 要:** 根据我国桥梁健康与安全监测的发展状况, 阐述桥梁健康与安全监测系统的构建要求与基本内容, 并提出贯穿设计、施工、质量监督与养护全过程的构建思路。

**关键词:** 桥梁健康; 安全监测; 系统; 构建

## 1 桥梁健康与安全监测系统构建的目的与意义

据第二次全国公里里程普查数据表明: 到 2000 年 12 月 31 日, 全国公里总里程 167.98 万 km, 其中等级公路 131.59 万 km, 全国共有桥梁 27.88 万座, 1 031.2 万延米。近 10 年来, 我国已建成主跨 200 m 以上的桥梁逾 2 000 座, 大跨径连续刚构桥、拱桥、斜拉桥、悬索桥等结构新颖、技术复杂的特大型桥梁相继矗立于大江大河上。仅浙江省就有钱塘江三桥、宁波跨海大桥、温州大桥、淳安南浦大桥、杭州下沙大桥等多座单跨跨径在 100 m 以上的特大桥, 拟建的杭州湾跨海大桥将以 36 km 的桥长在世界跨海大桥中位居首位。为这些大跨径桥梁构建健康与安全监测系统, 确保其安全与耐久性, 减少或避免人民生命和国家财产的重大损失, 保障公路交通运输网络的安全畅通, 促进国民经济繁荣和发展具有重要意义。

桥梁健康与安全监测系统构建的目的:

(1) 通过对桥梁整体结构模拟荷载试验与外观检查及局部损伤检测, 为交工质量鉴定及竣工质量检验提供科学依据;

(2) 通过对桥梁结构运营状况的监测与评估, 为特大桥在特殊气候和交通条件下或桥梁运营状况异常时提供预警, 为桥梁检查养护、维修与管理决策提供依据和指导;

(3) 为特大桥结构设计带来验证和反思, 从而促进特大桥结构设计方法与相应的规范标准等得以改进和提高;

(4) 为桥梁设计建造中的未知问题和超大跨度桥梁的研究提供新的契机, 加深技术人员对大跨径桥梁

在多种交通条件和自然环境行为以及对环境荷载的合理建模的理解, 为将来实现桥梁结构的“虚拟设计”奠定基础。

## 2 桥梁健康与安全监测系统的发展状况

随着对大跨径桥梁结构安全与耐久性重视程度的不断提高, 大跨径桥梁健康与安全监测技术得到了迅猛发展, 目前国内外不少桥梁都安装了规模不等、种类不同的桥梁健康监测设备或监测系统。

英国北爱尔兰的 Foyle 桥(主跨 240 m, 总长 552 m 的三跨变高度连续箱梁桥)安装了监测桥梁主跨挠度、气象资料、温度和应变等的检测仪器和设备, 成为最早安装的较为完整的检测系统之一。希腊的 Halikis 桥、曼谷的 Rama IV 桥、美国的 Sunshine Skyway 桥、韩国的 Namhae 桥、加拿大的 Confederation 桥及丹麦的 Fare 跨海斜拉桥等也根据各自桥型的要求分别安装不同观测系统用于近程或远程监测, 以达到实时分析或通过卫星、移动电话或 modem 远程监控的目的。

在大跨径桥梁健康与安全监测系统开发研制方面, 我国起步较晚。近 10 年来, 我国有关科研单位和高等院校对该项技术进行了深入细致的基础研究, 已初步具备了产业化的条件。目前, 上海徐浦大桥、香港青马大桥、江苏江阴长江大桥、广东虎门大桥等均完成了综合观测系统的安装与运行。特别是以卢德唐教授为首的中国科技大学工程科学软件研究所“数字化大桥”研究组研制的桥梁检测与分析系统软件在安徽铜陵长江大桥的成功应用, 极大地提高了

我国大桥养护管理的信息化程度。

### 3 桥梁健康与安全监测系统构建内容与构建思路

在桥梁跨度不断加大、结构更加轻柔、形式与使用功能日趋复杂的情况下,桥梁健康与安全监测的重要性已逐渐显现,已建立的监测系统具有以下共同特点:(1)根据结构性能埋设各种相应的传感装置并通过测量获得结构行为的各种响应记录;(2)强调监测结构的环境条件,如风载、车辆荷载等;(3)在通车运营后连续或间断监测结构状态;(4)数据采集系统数据量大并实现了网络共享。但是,目前已有的桥梁健康与安全监测系统明显存在监测项目种类不足或个别监测项目规模又过于庞大的现象,尤其是并未贯穿设计、施工、质量监督检查与养护管理整个过程,大量的监测数据得不到妥善处理 and 利用,对某些突发性损伤考虑不足且桥梁健康监测理论的研究主要集中在结构整体性和损伤识别上。随着基于振动信息的整体性评估技术的深入研究和广泛应用,如何把桥梁结构局部健康检测与桥梁整体监测技术综合运用,实现检测与监测数据采集的实时化与自动化,合理利用检测与监测数据进行桥梁结构健康检查与安全评估成为系统构建的基本要求。

#### 3.1 桥梁健康与安全监测系统的构建内容

桥梁健康与安全监测系统应结合有关设计理论、施工检验、质量监督检查及养护管理的要求,根据不同桥型、不同结构、不同运营等级确定构建内容,总体应包含 6 大系统。

(1)数据自动采集系统。利用先进的传感技术,实现不同形式的物理量(如位移、应变、温度、振动加速度等)的数字化自动采集。

(2)数据处理与传输系统。对测量结果进行预处理(如数据换算、主应变计算等)后通过光纤调制解调器和光缆传输至监控中心的系统工作站。

(3)数据存储管理与自动查询系统。根据各项监测项目的特点,对不同类型的数据科学分类和统计分析,实现数字化、图表化自动查询。

(4)结构实时可视化监控系统。在监控屏幕上提供实时的结构形变图形,实现桥梁结构工作状况的可视化监控。

(5)服务水准安全报警系统。根据桥梁结构控制截面的设计计算值、验收荷载试验结果及历史监控数据极值等确定桥梁结构最佳特征参数在不同服务水准下的正常使用控制值和极限值,并将实时监测

数据与之比较,实现对桥梁结构状态和工作状况的两级报警,即桥梁结构使用预警和安全报警。

(6)结构健康与安全评估系统。主要根据对桥梁结构进行综合监测的结果,分析获取桥梁结构特性参数,建立桥梁结构工作状态评估与损伤识别的数据库和判断程序,实现对桥梁结构的健康与安全评估。

#### 3.2 桥梁健康与安全监测系统的构建思路

桥梁健康与安全监测系统的构建应贯穿桥梁建设全过程,通过总体设计、施工检验、质量监督检查与养护管理等一系列的工作,逐步实现大跨径桥梁结构健康与安全监测系统的数字化与自动化。

(1)总体设计阶段:桥梁健康与安全监测系统的构建应在桥梁设计之初便予以考虑,两阶段设计以单独章节基本确定桥面系监测项目、传感器选择与布设截面、数据采集制度与采集频率、数据通讯网络、报警系统等,最终确定监控中心工作站职能。

(2)施工检验阶段:建设单位按照施工图设计的要求实施系统建设,会同施工单位、监理单位根据施工过程中的实际情况及检验结果优化桥梁健康与安全监测系统。

(3)质量监督检查与验收阶段:由工程质量监督部门按照有关验收标准,会同桥梁专家对桥梁健康与安全监测系统及有关试验方案做整体性评价与优化,并根据检查与试验结果确定桥梁质量等级。

(4)养护管理阶段:由桥梁养护管理部门根据桥梁健康与安全监测系统的应用情况构造桥梁健康档案,确定桥梁健康与安全状态评价方法,制定桥梁检查与养护维修策略。

## 4 结语

大跨径桥梁健康与安全监测系统应科学、全面地涵盖结构各项主要性能的检测与监控数据。其系统的构建应贯穿桥梁建设全过程,通过总体设计阶段、施工检验阶段、质量监督检查与验收阶段及养护管理阶段等的逐步优化与完善,最终实现桥梁健康与安全监测系统的数字化、自动化与最优化。

## 参考文献:

- [1] 交通部公路科学研究所,杭州市交通路桥建设处. 杭州下沙大桥主桥健康与安全监测系统研究报告[R]. 2001.
- [2] 秦权. 桥梁结构的健康监测[J]. 中国公路学报, 2000, 13(2).