

桥梁结构

无损检测设备 选用及应用指南

周毅姝 何小钰 李连生 编著
和 松 何玉珊 主审

QIAOLIANG JIEGOU
WUSUN JIANCE SHEBEI
XUANYONG JI
YINGYONG ZHINAN



人民交通出版社股份有限公司
China Communications Press Co., Ltd.

桥梁结构无损检测设备 选用及应用指南

周毅姝 何小钰 李连生 编著

和 松 何玉珊 主审



人民交通出版社股份有限公司

China Communications Press Co., Ltd.

内 容 提 要

为了指导仪器设备采购人员及仪器设备使用人员对桥梁无损检测设备进行合理地选取及使用,保证仪器设备使用期间的量值准确可靠,本书从仪器设备工作原理、优缺点、适用范围等方面,系统阐述了与各项桥梁损伤相匹配的无损检测设备的选型依据,并梳理了各类桥梁无损检测设备的主要性能参数及其应满足的技术要求,给出了仪器设备定期量值溯源的方法及要求、使用期间量值保证的方法及要求等。

本书可供桥梁无损检测设备采购人员、仪器设备管理人员、仪器设备使用人员工作参考使用,也可供桥梁检测人员学习和参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

桥梁结构无损检测设备选用及应用指南 / 周毅姝, 何小钰, 李连生编著. — 北京: 人民交通出版社股份有限公司, 2017.6

ISBN 978-7-114-13950-5

I. ①桥… II. ①周… ②何… ③李… III. ①桥梁结构—无损检验—指南 IV. ①U443-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 128342 号

书 名: 桥梁结构无损检测设备选用及应用指南

著 作 者: 周毅姝 何小钰 李连生

责任编辑: 周 宇 潘艳霞

出版发行: 人民交通出版社股份有限公司

地 址: (100011)北京市朝阳区安定门外外馆斜街3号

网 址: <http://www.ccpres.com.cn>

销售电话: (010)59757973

总 经 销: 人民交通出版社股份有限公司发行部

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京市密东印刷有限公司

开 本: 787×1092 1/16

印 张: 14.75

字 数: 346 千

版 次: 2017 年 6 月 第 1 版

印 次: 2017 年 6 月 第 1 次印刷

书 号: ISBN 978-7-114-13950-5

定 价: 80.00 元

(有印刷、装订质量问题的图书,由本公司负责调换)

《桥梁结构无损检测设备选用及应用指南》

编审委员会

著 作 者：周毅姝 何小钰 李连生

主 审：和 松 何玉珊

参编人员：邓年春 刘京红 王 强 郝天之 谭 斌

匙庆磊 何华阳 王晓琳 杨跃飞 兰日清

赵 岩 张金凝 冷正威 陈柳清

序

preface

无损检测技术,是在不对工程结构或质量产生破坏的基础上,对工程外观与内在缺陷、工件特征检查与测量等技术的统称。无损检测技术广泛应用于桥梁工程检测,自20世纪30年代以来,桥梁混凝土无损检测技术的研究,得益于相关学科的进展,并取得了迅速的发展。桥梁用建筑材料(混凝土、钢)在声、光、电、磁、热等各物理、化学领域的特性均被利用来开发相应的无损检测与监测技术,由早期的单点接触式表面性能检测技术向多点非接触式高效扫描结构表观及内部状态的检测与监测技术发展。现代桥梁无损检测技术是多学科紧密结合的高技术产物,材料学和应用物理学的发展为桥梁无损检测技术奠定了理论基础,电子技术和计算机科学的发展又使桥梁无损检测技术的快速发展与高效应用成为可能。

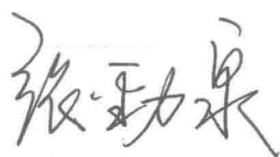
在我国交通事业发展的黄金时期,桥梁工程建设取得了举世瞩目的成就,作为交通路网中的关键节点,桥梁工程质量直接关系到人民生命财产安全和国家基础设施建设安全,无损检测技术是目前桥梁检测技术中应用最为普遍的技术,是保证桥梁安全耐久的基础性技术,已成为桥梁工程质量现场监督,结构技术状态与承载能力评估的重要手段,在桥梁工程建设中发挥了重要作用。

现代桥梁工程对既有结构损伤的评定,已越来越依赖于仪器设备对结构的检测,对桥梁无损检测与检测仪器设备的测量精度、准确度与技术可靠性的要求不断提升。但是,实践中,在技术应用层面还存在亟需规范的问题,主要与下面几个方面息息相关:①桥梁无损检测技术种类繁多,均有适宜的应用范围和条件,在选择时缺乏全面指引与参考,面临选用技术不当的问题;②桥梁无损检测设备在日常使用与维护中,缺乏合理的维保指引,轻者影响设备的经济性,严重的导致影响到检测结果的准确可靠性;③桥梁无损检测与监测设备多为综合量值输出,其量值溯源并非单一基本量,设备的校准与检定缺乏标准。

本书从桥梁无损检测与监测设备的工作机理入手,以仪器设备的质量控制为

主线,系统地对桥梁常用无损检测与监测设备的选型与采购、使用过程中的故障排查等进行了技术应用指导,并对设备的质量保证及主要技术参数的量值溯源途径提供了优选方案,内容全面,实用性强。同时对桥梁无损检测与监测设备的测量关键技术提出了值得肯定的独到见解,具有一定的学术价值,故予以推荐。

本书适用于从事桥梁检测与监测工作、桥梁检测设备管理工作的研究人员、技术人员及大专院校师生参考使用。



2017年5月

前言

foreword

随着中国经济的飞速发展,交通运输呈现了重载、高速、大流量的现代运输结构的发展趋势。桥梁作为道路的咽喉,随着使用年限的增加,各种问题层出不穷,因故现代桥梁检测就成为桥梁工作重中之重。传统的桥梁有损检测方法存在诸多缺点,如:需要大量人力、物力并有诸多检查盲点;人员主观性强,检测结果难于量化;对桥梁结构本身造成破坏,造成桥梁主体创伤;检查与评估的结果主要取决于检查人员的专业知识水平以及现场检测的经验等。经过半个多世纪的发展,越来越多的应用现代机械、光学、超声波和电磁波等技术的桥梁专用无损检测设备相继出现,使得桥梁检测变得快速、直观,有效地弥补了传统方法的不足。

然而,检测人员普遍反映对同一缺陷存在多种检测手段,如:混凝土桥梁内部损伤目前可用超声检测、红外检测、脉冲雷达检测等,选择哪种设备进行检测及对同类设备如何选择,如何保证使用过程中设备量值准确可靠,已成为检测人员亟待解决的问题。目前,桥梁无损检测、监测仪器设备的选型与选购,桥梁无损检测设备(系统)的溯源及质量控制,桥梁无损检测设备溯源状态持续可信度核查,仪器设备(系统)现场使用中性能的保证等迫切需要有一本内容比较全面的技术指南来指导,为此作者组织编写了本书。

本书具有两个特点:一是内容系统全面。全书既有检测设备的工作原理,适用范围,仪器设备的选型、选购,又有仪器的检定/校准及期间核查,还包括了设备使用影响因素、异常判定及使用案例等。全面、系统、简明扼要地概括论述了桥梁无损检测设备选用的各个环节,可以满足桥梁检测及健康监测工作不同层次和各方面的需求。二是现实性较强。本书内容侧重于桥梁无损检测设备的量值保证,是其他书籍及文献较少涉及的内容,而恰恰是设备选用及使用过程中检测人员最关心的问题。本指南通过对桥梁无损检测(监测)设备具体性能的比选、对设备涉及的相关规范的梳理,分析确定了桥梁无损检测(监测)设备的主要性能指标及应满足的技术要求,方便了仪器设备管理及使用人员在设备全寿命期间对设备质量的把控。

本书以仪器设备工作原理为基础,以仪器设备质量控制为主线,系统地提出了桥梁常用无损检测设备选型、保管、使用的原则和方法。本书第1章介绍了桥梁无损检测设备的选购原则、使用过程质量控制原则等,其余各章节将对各类设备的上述内容进行介绍,即仪器设备的适用范围、工作原理、设备性能参数及质量控制要求等内容;第2章介绍了桥梁裂缝测量设备;第3章介绍了桥梁内部缺陷检测设备;第4章介绍了桥梁材质(混凝土)强度测量设备;第5章介绍了桥梁耐久性测量设备;第6章介绍了桥梁应变测量设备;第7章介绍了桥梁振动测量设备;第8章介绍了桥梁拉吊索索(杆)力检测设备;第9章介绍了索结构抗力(索体损伤和索外观状态)检测系统;第10章介绍了桥梁基础测量设备;第11章介绍了桥梁地基监测设备;第12章介绍了桥梁挠度测量设备。本书所提标准、规范均采用最新版本。

本书的主要编写人员有交通运输部公路科学研究院周毅姝、何小钰、何华阳、张金凝、冷正威、陈柳清,广东冠粤路桥有限公司李连生,广西大学土木建筑学院邓年春,河北农业大学城乡建设学院刘京红,珠海交通工程技术有限公司王强,广西交通科学研究院郝天之,基康仪器股份有限公司谭斌,中国地震局工程力学研究所匙庆磊,柳州欧维姆结构检测技术有限公司王晓琳,远洋国际建设有限公司杨跃飞,中国地震局工程力学研究所兰日清,北京光电技术研究所赵岩。第1章的编写由周毅姝完成;第2章的编写由周毅姝、李连生完成;第3章的编写由刘京红、杨跃飞、周毅姝完成;第4章的编写由周毅姝、何华阳完成;第5章的编写由周毅姝、张金凝完成;第6章的编写由周毅姝、谭斌完成;第7章的编写由李连生、冷正威完成;第8章的编写由邓年春、郝天之完成;第9章的编写由邓年春、王晓琳完成;第10章的编写由王强、李连生完成;第11章的编写由王强、周毅姝、何小钰、陈柳清完成;第12章的编写由周毅姝、赵岩、匙庆磊、兰日清完成;附录案例的编写由何小钰完成。参与本书编写的人员还有交通运输部公路科学研究院罗翥、张连弟、林志丹、任励硕、李怀君、孙宏峰、窦光武、刘璐、苏文英、杜天玲及宁夏交通科学研究所马小波等,在此一并感谢。

由于时间仓促,加之编者水平有限,书中的观点和内容难免会有错漏之处,敬请大家在使用过程中根据情况灵活掌握和应用,同时可加以修改和完善,并提出指正意见。

作者

2017年5月

目录

contents

1	概述	001
1.1	桥梁检测及桥梁无损检测	001
1.2	桥梁无损检测设备(系统)	001
1.3	桥梁无损检测设备(系统)的选取	002
1.4	桥梁无损检测设备(系统)的选购	002
1.5	桥梁无损检测设备(系统)的溯源及质量控制	004
1.6	桥梁无损检测设备溯源状态持续可信度核查	011
1.7	仪器设备(系统)现场使用中性能的保证	017
2	桥梁裂缝测量设备	018
2.1	概述及分类	018
2.2	裂缝计(测缝计)及读数仪	018
2.3	裂缝测宽仪	038
2.4	远距离裂缝测宽仪	044
3	桥梁内部缺陷检测设备	048
3.1	概述及分类	048
3.2	非金属超声波检测仪	048
3.3	雷达检测仪	057
3.4	红外热像仪	067
3.5	冲击回波检测仪	075
4	桥梁材质(混凝土)强度测量设备	082
4.1	概述及分类	082
4.2	回弹仪	082
4.3	超声回弹仪	090
5	桥梁耐久性测量设备	093
5.1	概述及分类	093
5.2	钢筋锈蚀测定仪	093
5.3	混凝土电阻率测定仪	098

5.4	氯离子含量测定仪	099
5.5	电磁式保护层厚度测定仪	102
6	桥梁应变测量设备	107
6.1	概述及分类	107
6.2	振弦式应变计及应变读数仪	107
6.3	光纤光栅式应变计及光纤光栅解调仪	110
6.4	其他应变测试设备要求	115
7	桥梁振动测量设备	116
7.1	概述及分类	116
7.2	自振测量设备	116
7.3	动力响应测量系统	127
8	桥梁拉吊索索(杆)力检测设备	132
8.1	概述及分类	132
8.2	振动频率法索力检测设备	132
8.3	振弦式测力传感器索力检测系统	136
8.4	应变测力传感器索力检测系统	140
8.5	光纤光栅测力传感器索力检测系统	145
8.6	磁通量传感器索力检测系统	149
9	索结构抗力(索体损伤和索表观状态)检测系统	152
9.1	概述及分类	152
9.2	工业内窥镜拉索损伤检测系统	152
9.3	磁导波拉索损伤检测系统	154
9.4	视频工业机器人拉索损伤检测系统	155
10	桥梁基础测量设备	157
10.1	概述及分类	157
10.2	基桩承载力检测设备	157
10.3	桩身完整性检测设备	163
10.4	钻(挖)灌注桩成孔质量检测设备	170
11	桥梁地基监测设备	172
11.1	概述及分类	172
11.2	倾斜监测设备	172
11.3	竖向沉降监测设备	175
11.4	桥梁水平位移监测设备	187
12	桥梁挠度测量设备	189
12.1	概述及分类	189
12.2	光电图像式桥梁挠度仪	189
12.3	倾角类桥梁挠度测量设备	195
12.4	激光法桥梁挠度仪	200

12.5 GPS 法桥梁挠度测量系统	201
12.6 连通管桥梁挠度测量系统	202
12.7 测量机器人系统	203
附录 1 冲击回波检测预应力管道灌浆质量	205
附录 2 桥梁结构位移测量	212
参考文献	216

1 概 述

1.1 桥梁检测及桥梁无损检测

随着我国公路交通事业的飞速发展,国内桥梁方面的建设也得到了前所未有的发展,并为国内现代化建设做出了巨大的贡献。然而,桥梁在自然环境和长期运营的共同作用下,损坏现象的产生在所难免。目前,在用桥梁普遍存在使用年限长、交通负荷量大等问题。因此,桥梁检测已成为确保桥梁安全、耐久使用的关键。通过对桥梁整体或局部的检测,可诊断桥梁的损伤情况及程度,对桥梁使用过程中的可靠性、耐久性以及承载能力等方面做出评估,进而在桥梁出现异常时提前做出预警,为桥梁的养护、维修等处理提供可靠的依据和指导。

传统的桥梁检测方法,如钻孔法等,往往人员成本高、费时费力,同时,检测精度受钻孔位置影响较大,且对桥梁结构有一定的损伤。针对传统检测方法的缺点,无损检测技术应运而生。在一些情况下,与侵入检测相比,无损测试更快捷,缩短了测试期间的交通管制时间,从而降低了成本。

桥梁的无损检测技术主要是在不损伤桥梁整体结构和构件性能的前提下,充分借助声音、光、磁和电等的特性,直接在桥梁的构件上进行某种特定的检测,并能够得出桥梁的具体信息,用来评定桥梁的整体结构或者某些构件是否发生变化,进而推断出桥梁的内部缺陷和耐久性能等性能现状,并对桥梁的适用性、安全性和可靠性进行科学的评价。无损检测技术不仅具有直观性强、效率高等特点,而且还能检测到交通设施内部的状态,这是无损检测技术在桥梁安全检测方面得以发展迅速的重要原因。目前,无损检测技术正被日益广泛地应用于桥梁裂缝、强度、内部损伤等的诊断和检测中。常用的桥梁无损检测技术主要有:超声波检测、红外检测、声发射检测、传感仪器检测法、自然电位检测、冲击回波检测、X射线检测、光干涉检测、脉冲雷达检测、振动试验分析、光纤传感网络监测等。

1.2 桥梁无损检测设备(系统)

随着现代科技的发展,在桥梁无损检测方面,国内外相继研制出了利用电、磁、雷达和数字信号等高新技术为主体的检测设备,如超声检测仪、钢筋保护层厚度测定仪、探地雷达成像系统和冲击回波检测仪等。无损检测技术也越来越依赖先进的无损检测专用设备。因为检测项目的多样性,桥梁无损检测设备种类也很繁多,据不完全统计,在用桥梁无损检测设备有百余种之多。有些桥梁无损检测设备只针对某类损伤或病害,有些桥梁无损检测设备则集成两种

甚至多种检测功能为一体。如何快速、有效地选取合适的桥梁专业无损检测设备,并正确使用其开展检测工作,是检测机构亟待解决的问题。

根据《公路桥梁承载能力检测评定规程》(JTG/T J21—2011)及《公路桥梁荷载试验规程》(JTG/T J21-01—2015)规定的检测方法,本书对常用桥梁无损检测设备归纳至各章节。包括:桥梁裂缝测量设备(第2章)、桥梁内部缺陷检测设备(第3章)、桥梁材质(混凝土)强度测量设备(第4章)、桥梁耐久性测量设备(第5章)、桥梁应变测量设备(第6章)、桥梁振动测量设备(第7章)、桥梁拉吊索索(杆)力检测设备(第8章)、索结构抗力(索体损伤和索表观状态)检测系统(第9章)、桥梁基础测量设备(第10章)、桥梁地基监测设备(第11章)、桥梁挠度测量设备(第12章)等。

1.3 桥梁无损检测设备(系统)的选取

桥梁用无损检测设备,更确切地说应该是桥梁无损检测系统,既包含采集,又包含输出,往往是多个设备的集成。同时,对于某一项检测指标可能会有多套检测系统同时适用,只是在适用环境等实际适用条件上有所区别。所以,本书将在每章对各种检测系统适用范围、组成及工作原理等予以介绍,以指导使用单位针对项目选择合适的检测设备(系统)。

1.4 桥梁无损检测设备(系统)的选购

当确定选择某类检测设备(系统)后,设备采购方则要调研比选多个设备生产或供应商,一般选用有多年生产历史及多个工程实践应用实例的正规仪器厂家,可核查其产品生产许可证。除了要对生产(供应)商的资质进行考察外,更重要的是对产品的技术指标及要求进行调研和判断,尤其是对一些代理商,产品经过多环节流通,除需核查其产品生产许可证外,尚应核查其产品检验证书上各项指标是否满足各项国家标准、产品标准及桥梁使用的要求。目前,桥梁无损检测设备(系统)供求市场存在以下问题:

(1)采购人员不专业,对需采购的设备(系统)的主要技术参数及参数要求不清楚,仅听取生产商或销售商的一面之词,信息非常不对称,容易造成盲目降低采购成本,从而忽视产品质量或盲目追求各项参数要求越高越好,造成采购价格居高不下的现象。

(2)采购人员没有依据可参考或参考依据标准不一,给选择带来困难。如传感器是大多数桥梁无损检测设备(系统)的主要组成部分之一,而其并非桥梁专用设备,采购人员在采购时可根据需要查看厂家的生产标准,从而了解其主要参数、参数要求及设备的性能。然而,目前厂家依据的生产标准五花八门,并且未在产品检验证书上予以明示。以振弦式测缝计为例,不同厂家依据的生产标准可能为《岩土工程仪器基本参数及通用技术条件》(GB/T 15406—2007)、《土工试验仪器岩土工程仪器振弦式传感器通用技术条件》(GB/T 13606—2007)、《大坝监测仪器 测缝计 第2部分:振弦式测缝计》(GB/T 3410.2—2008)、《钢弦式测缝计》(DL/T 1043—2007)中任意一种,或者几种标准的组合。各标准中对主要参数的要求不尽相同,仅分辨力一项,上述四项标准分别是0.15% FS、0.2% FS、0.1% FS、0.05% FS。

(3)设备接收时仅进行数量及外观的核验,因不了解设备主要指标,故不能够对设备主要性能进行验收。针对以上问题,本书结合桥梁行业特点,介绍了桥梁无损检测设备(系统)采购咨询阶段、定点采购阶段及系统验收阶段需要注意的问题,分析了每种桥梁无损检测设备(系统)的组成,梳理了各组成部分生产应依据的产品标准,列出了其主要参数及各项参数所应达到的技术要求,附带部分产品检验证书,提出了一些产品验收的试验及方法,从而指导采购方在众多产品中选择技术性能满足要求同时性价比合适的检测系统。

下面将就三个阶段的通用原则作简单介绍:

(1)采购咨询阶段,这是广泛调研生产厂家(代理商)及其产品的阶段,一般建议选取原则如下:

①查询检测设备(系统)运行的最长年限、使用环境、事故率、最大允许误差的变化范围等性能的记载资料。

②优先选择可靠的能保证仪器工作性能的制造厂家,对于传感器检测系统,应比较在各种使用条件下的完好率和完好率保证期两个条件。

③上述两项可通过电话、查询资料等方式完成。下面的工作建议按步骤并应核查相关文件完成:

a.先考察备选产品的基本参数是否满足要求,确定检测设备(系统)规格,包括备选产品的测量范围、分辨力等指标。

b.对基本参数满足要求的设备考察其基本特性是否满足要求,包括检测设备(系统)的准确性、示值误差、重复性、稳定性等指标。此阶段可查验桥梁无损检测设备(系统)所依据的国家标准(或其他生产标准)是否为现行有效版本,并核对生产检验合格报告中所列设备(系统)的主要性能指标是否符合国家标准(或其他生产标准)的要求。

c.对于传感器类检测系统,因传感器、数字显示装置和两者连接装置有不同生产标准,故可分别考虑和选择。

(2)在定点采购阶段,应对采购咨询阶段筛出的几家符合要求的设备(系统)技术性能逐项进行比选,并结合交通行业规范(或其他推荐规范)使用需求,同时考虑价格等多项因素,最终确定一家进行设备采购。注意,选择过程中,仪器设备技术性能指标并非越高越好,比如《公路桥梁荷载试验规程》(JTG/T J21-01—2015)规定选用的设备精度应不大于预计测量值的5%,即应本着够用的原则选择性价比高的设备。

(3)设备(系统)验收阶段,包括设备初步验收和现场验收。设备在交接过程中应进行必要的验收试验,记录试验过程及数据,并根据数据结果评判设备性能给予是否接收的结论。如设备(系统)验收发现有缺陷,则应与供货方交涉更换或退货;如设备(系统)验收无缺陷,则可予以接收。

对于传感器检测设备,一批采购数量往往较多,仪器出厂到安装前还有运输、储存等环节,仪器的性能可能会发生变化。另外,传感器类监测仪器多为安装于隐蔽的工作环境下长期运行(如埋入式振弦传感器监测系统),仪器一旦安装埋设之后,一般无法再进行检修和更换。因此,对所有将要埋设的仪器,必须进行现场全面的检验和率定。对于监测用传感器系统,验收阶段应核验下列内容:

①设备出厂资料参数卡等是否齐全,仪器数量与发货单是否一致。

- ②外观有无锈蚀、划痕等。
- ③用万用表测量仪器线路有无断线。
- ④用兆欧表测量设备本身绝缘性是否达到出厂值。
- ⑤用二次仪表测试设备测值是否正常。
- ⑥有条件的应做简单检验,核验仪器出厂参数的可靠性、仪器工作的稳定性。

1.5 桥梁无损检测设备(系统)的溯源及质量控制

目前,桥梁检测行业普遍存在这样的观念,即认为仪器设备量值准确并不能保证试验检测结果的准确,试验检测结果更多地依赖数据的人为分析和处理;桥梁检测用设备很多是进口产品,不需要在国内再次进行溯源;用于桥梁工程的检测设备特别是监测设备(如传感器),往往数量较大、按批量生产,有出厂检验报告(尤其是由CMC标志的设备),无需送第三方检/校;对于埋入式检测设备无法取出,无法定期检/校,故不需进行检验。这些观念使得行业内对仪器设备的量值溯源工作不重视,量值管理不能持续,所以极大地影响了桥梁无损检测设备量值输出的准确性。

我们建议有条件的采购方应在设备定点采购时将仪器设备的检/校要求附在相关条款中,要求供货方代为送检,检/校合格后再进行验收。但是,就目前桥梁无损检测设备采购现状看,多数采购方在采购阶段均不要求供货方提供检/校证书,针对这种情况,我们将仪器设备的量值溯源放在了采购之后。采购方应在收货后立即将桥梁无损检测设备(系统)送至相关部门进行第一次量值溯源活动,也即后面将介绍的检定/校准(以下简称检/校)工作。对于批量较大且在运输过程中容易发生量值变化的设备(系统),可请具有资质的计量技术机构于安装现场进行首次计量。使用过程中,桥梁无损检测设备使用方可根据设备使用频次、环境等自行将设备(系统)送至计量技术机构进行后续检/校,一般建议检/校周期为一年。对于埋入式传感器,建议进行定期检验,检验项目比设备验收阶段检验应更为全面,以保证仪器设备(系统)输出量值的准确性和检测数据的有效性。

1.5.1 仪器设备的溯源

所谓仪器设备量值溯源,是指为了保证仪器设备(系统)量值的准确可靠,将量值溯源到国家基准或国际基准。与溯源对应的是传递,传递是自上而下,溯源是自下而上。溯源也可以通俗地理解为仪器设备的计量检定和计量校准(简称检/校)。很多实验室在实施仪器设备检/校时,将台账上的所有设备交给计量部门,由承检部门确定检/校方式及具体要求,一旦拿到证书,实验室即认为完成了溯源,这是一种误解。事实上,由于测量对象、使用条件不同,不同仪器设备的要求各不相同。所以检测实验室应首先区别检定和校准,确定哪些仪器设备需通过检定、哪些应通过校准进行溯源;其次,根据自身检测需求向承检机构提出具体要求,并与承检机构共同商讨,最终决定溯源方式。

计量检定是指按照国家计量检定系统表进行,依据检定规程(国家的、部门的或地方的检定规程),为评定仪器设备的计量性能,确定其是否合格所进行的全部工作。它包括检查、加

标记和/或出具检定证书。计量器具的检查是为确定计量器具是否符合该器具有关法定要求所进行的操作。我国计量法规定测量仪器根据其不同用途以及可能对社会产生的影响程度采取不同的检定形式,分强制检定和非强制检定两类,应对检定结果做出合格与否的结论。目前,桥梁无损检测设备的检定均属于非强制检定。

计量校准,是指在规定条件下为确定仪器设备所指示的量值,与对应的由标准所复现的量值之间关系的一组操作。校准的目的包括:确定示值误差,并确定是否在预期使用范围内;得出标称值偏差的报告值,可调整测量仪器或对其示值加以修正;给任何标尺标记赋值或确定其他特性值,给参考物质赋值;确保测量器给出的量值准确,实现溯源性。校准的依据是校准规范或校准方法。其中,校准方法很多,一般由实验室和校准机构协商确定,原则上公开发布的经过确认的方法均可。校准结果不给出合格与否的结论,校准的结果记录在校准证书或校准报告中,也可用校准因子或校准曲线等形式表示。

检定/校准是由具有资质的机构对仪器设备进行检/校并出具证书。具有资质的机构包括质量技术监督部门依法设置的计量检定单位(如国家、省、市、县计量院、所)或具备相应仪器设备测量能力的专业计量检定站。

1.5.2 桥梁无损检测设备的溯源

桥梁无损检测设备根据其溯源方式可大体分为两类:桥梁专用仪器设备和桥梁通用仪器设备。

本书将在每章中对每个设备适合的溯源方式给出建议并对设备的主要计量技术指标要求予以介绍。

1) 桥梁专用仪器设备

桥梁专用仪器设备是指其所输出指标为桥梁行业特有指标,如光电式桥梁挠度仪输出的“动挠度”等。根据《交通运输部办公厅关于发布公路工程试验检测仪器设备计量管理目录的通知》(厅科技字[2012]305)及其附件《公路工程试验检测仪器设备检定/校准指导手册》的分类,此类仪器设备的送检可分三个层次:

(1) 此类仪器设备有交通行业计量检定规程,已取得国家质量技术监督总局或省级质量技术监督部门授权,已建立交通运输部部门最高计量标准。试验检测机构可以将此类仪器设备送至国家级或省级交通设备专业计量检定站检定/校准(以下简称检/校),检/校依据应为交通运输行业的检定规程,如 JJG(交通)××××—××××。

(2) 此类仪器设备有交通行业计量检定规程,目前只有个别省份经质量技术监督部门授权建立了计量标准,可以提供检定/校准服务。检测机构可将此类设备送至省级交通设备专业计量检定站检/校,检/校依据应为交通运输行业的检定规程,如 JJG(交通)××××—××××。

检测机构一般不跨省送检设备(送至国家级检定站例外)。如此类设备在本省及国家均未建立计量标准,检测机构则应委托有技术能力的机构(如当地质量技术监督局授权的计量技术机构、有关技术文件的编制单位、科研单位等),或检测机构按内部校准管理方式,对仪器设备进行测试。因此设备存在交通行业计量检定规程,所以检/校依据应为交通运输行业的检定规程,如 JJG(交通)××××—××××。

(3) 此类设备目前没有可依据的交通行业计量检定规程,这类设备(检测系统)是本书重

点介绍的内容。目前,很大一部分桥梁专用设备是将传统普通的传感器与采集分析系统结合起来共同工作的系统,为了更好地适应实际工作需要,系统中增加了温度、数值分析等功能,其输出和应用往往并非单一技术指标。因为仪器的问题和测量系统密不可分,所以仅仅校准传感器是不够的,其检/校的对象应包括传感器、测量仪表甚至仪器电缆及集线箱等。

目前,对于此类设备(检测系统)的溯源存在以下问题及解决方案:

(1)检测机构将系统组成设备拆分送至不同计量部门,依据各设备通用计量标准对各设备进行检/校。如振弦式裂缝计测量系统,由振弦式传感器、读数仪组成。检测机构一般将振弦式传感器送至计量院长度实验室,将读数仪送至计量院振动实验室,分别计量。依据的标准也分别为传感器规范和信号分析仪规范。此种溯源方式没能考虑两者协同工作时的综合误差,另外,多个实验室之间缺乏联系和沟通,实验数据的衔接存在一定问题。

在目前的检定/校准体系下,此种问题很难解决,如果有条件,可以协调多个计量部门协同校准,增加综合示值误差等指标。如果确实只能分别送至不同部门,则应在校准结果确认中综合考虑多个设备协同工作时对输出结果的影响,由技术负责人分析此影响量是否计入实际工作的结果输出。

(2)检/校证书上的计量技术指标与实际应用所需指标不符,或者校准点不够,未能覆盖实际应用需要,实际应用所需指标往往未能校准及输出。

这种情况往往是因为检测机构与计量技术机构缺乏沟通,计量技术机构不熟悉设备在桥梁专业的实际应用需求,检/校依据的标准为非行业标准或其他行业标准。针对这种情况,实验室除应按检定(校准)规范进行溯源外,还应根据实际使用情况,向检定/校准机构提出特定校准要求,以提高溯源的有效性,具体步骤如下:

首先应确定桥梁应用此设备实际检测时所需要的技术指标;其次分析该设备的工作原理及影响仪器设备性能的各项因素;最后,由检测机构人员与委托校准机构协商确定计量的主要技术指标和特殊测量范围等,比如提出桥梁用特定校准点,以满足实际使用需求。

对于此类设备可委托有能力的单位进行校准,有能力的单位与“有交通行业计量检定规程,目前只有个别省份经质量技术监督部门授权建立了计量标准,可以提供检定/校准服务”中的规定相同。因无交通运输行业的检定规程,故校准或测试可依据国家计量检定规程(校准规范)、地方发布的计量检定规程、其他行业部门计量检定规程、其他行业公开发布的技术文件等,方法应经过双方确认,有条件的最好编制仪器设备校准工作作业指导书,并妥善保存确认过程相关文件待查。

也可采取机构间比对或内部校准等管理方式,对工作中所需的主要参数进行检验,同时需对整个比对及内部校准过程进行记录,并编制比对或测试报告。

(3)一部分桥梁用监测设备在长途运输过程中容易出现性能不稳定现象,而且这些传感器类监测设备往往要长期埋设于结构物内部,所以对于一些重要的监测工程,其监测用设备即使进行了上述的实验室检/校,在仪器安装埋设前监测实施单位也会在施工现场组建监测实验室,配备必要的仪器设备,对这些监测设备及系统进行检验和率定。

①一般需要配备的检验率定设备包括:

a. 万用电表、兆欧表($M\Omega$)、百分表、千分表、水银温度计、湿度计、标准压力表、保温桶等通用仪表、设备。