



高等学校试用教材

道路与桥梁 检测技术

胡昌斌 主 编
韩建刚 副主编
王建华 主 审



人民交通出版社

China Communications Press

高等学校试用教材

Daolu Yu Qiaoliang Jiance Jishu

道路与桥梁检测技术

胡昌斌 主 编
韩建刚 副主编
王建华 主 审

人民交通出版社

内 容 提 要

本书共分六章,其主要内容为:总论,振动与波动理论基础,量测仪表与技术,路基路面工程现场检测技术,桥梁上部结构检测技术,地基基础工程现场检测技术等。

本书为高等学校土木工程领域中公路工程、城市道路工程、桥梁隧道工程、机场工程等专业的教材,也可供从事公路与城市道路、桥梁工程及交通部门有关人员学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

道路与桥梁检测技术/胡昌斌主编. —北京:人民交通出版社,2007.3

ISBN 978 - 7 - 114 - 06399 - 2

I. 道… II. 胡… III. ①道路工程 - 工程质量 - 质量检验 ②桥梁工程 - 工程质量 - 质量检验 IV. U415.12 U445.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 015890 号

高等学校试用教材

书 名:道路与桥梁检测技术

著 作 者:胡昌斌

责任编辑:沈鸿雁 丁润铎

出版发行:人民交通出版社

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)85285838,85285995

总 经 销:北京中交盛世书刊有限公司

经 销:各地新华书店

印 刷:北京凯通印刷厂

开 本:787×1092 1/16

印 张:18.75

字 数:462 千

版 次:2007 年 3 月第 1 版

印 次:2007 年 3 月第 1 次印刷

书 号:ISBN 978 - 7 - 114 - 06399 - 2

印 数:0001 ~ 3000 册

定 价:31.00 元

(如有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)

21 世纪交通版

高等学校教材(公路与交通工程)编审委员会

顾问:王秉纲 (长安大学)

主任委员:沙爱民 (长安大学)

副主任委员:(按姓氏笔画排序)

王 炜 (东南大学)

陈艾荣 (同济大学)

徐 岳 (长安大学)

梁乃兴 (重庆交通大学)

韩 敏 (人民交通出版社)

委员:(按姓氏笔画排序)

马松林 (哈尔滨工业大学)

王殿海 (吉林大学)

叶见曙 (东南大学)

石 京 (清华大学)

向中富 (重庆交通大学)

关宏志 (北京工业大学)

何东坡 (东北林业大学)

陈 红 (长安大学)

邵旭东 (湖南大学)

陈宝春 (福州大学)

杨晓光 (同济大学)

吴瑞麟 (华中科技大学)

陈静云 (大连理工大学)

赵明华 (湖南大学)

项贻强 (浙江大学)

郭忠印 (同济大学)

袁剑波 (长沙理工大学)

黄晓明 (东南大学)

符铎砂 (华南理工大学)

裴玉龙 (哈尔滨工业大学)

颜东煌 (长沙理工大学)

秘书长:沈鸿雁 (人民交通出版社)

总 序

当今世界,科学技术突飞猛进,全球经济一体化趋势进一步加强,科技对于经济增长的作用日益显著,教育在国家经济与社会发展中所处的地位日益重要。进入新世纪,面对国际国内经济与社会发展所出现的新特点,我国的高等教育迎来了良好的发展机遇,同时也面临着巨大的挑战,高等教育的发展处在一个前所未有的重要时期。其一,加入 WTO,中国经济已融入到世界经济的发展进程之中,国家间的竞争更趋激烈,竞争的焦点已更多地体现在高素质人才的竞争上,因此,高等教育所面临的是全球化条件下的综合竞争。其二,我国正处在由计划经济向社会主义市场经济过渡的重要历史时期,这一时期,我国经济结构调整将进一步深化,对外开放将进一步扩大,改革与实践必将提出许多过去不曾遇到的新问题,高等教育面临加速改革以适应国民经济进一步发展的需要。面对这样的形势与要求,党中央国务院提出扩大高等教育规模,着力提高高等教育的水平与质量。这是为中华民族自立于世界民族之林而采取的极其重大的战略步骤,同时,也是为国家未来的发展提供基础性的保证。

为适应高等教育改革与发展的需要,早在 1998 年 7 月,教育部就对高等学校本科专业目录进行了第四次全面修订。在新的专业目录中,土木工程专业扩大了涵盖面,原先的公路与城市道路工程,桥梁工程,隧道与地下工程等专业均纳入土木工程专业。本科专业目录的调整是为满足培养“宽口径”复合型人才的要求,对原有相关专业本科教学产生了积极的影响。这一调整是着眼于培养 21 世纪社会主义现代化建设人才的需要而进行的,面对新的变化,要求我们对人才的培养规格、培养模式、课程体系和内容都应作出适时调整,以适应要求。

根据形势的变化与高等教育所提出的新的要求,同时,也考虑到近些年来公路交通大发展所引发的需求,人民交通出版社通过对“八五”、“九五”期间的路桥及交通工程专业高校教材体系的分析,提出了组织编写一套面向 21 世纪的具有鲜明交通特色的高等学校教材的设想。这一设想,得到了原路桥教学指导委员会几乎所有成员学校的广泛响应与支持。2000 年 6 月,由人民交通出版社发起组织全国面向交通办学的 12 所高校的专家学者组成面向 21 世纪交通版高等学校教材(公路类)编审委员会,并召开第一次会议,会议决定着手组织编写土木工程专业具有交通特色的道路专业方向、桥梁专业方向以及交通工程专业教材。会议经过充分研讨,确定了包括基本知识技能培养层次、知识技能拓宽与提高层次以及教学辅助层次在内的约 130 种教材,范围涵盖本科与研究生用教材。会后,人民交通出版社开始了细致的教材编写组织工作,经过自由申报及专家推荐的方式,近 20 所高校的百余名教授承担约 130 种教材的主编工作。2001 年 6 月,教材编委会召开第二次会议,全面审定了各门教材主编院校提交的教学大纲,之后,编写工作全面展开。

面向 21 世纪交通版高等学校教材编写工作是在本科专业目录调整及交通大发展的背景下展开的。教材编写的基本思路是:(1)顺应高等教育改革的形势,专业基础课教学内容实现与土木工程专业打通,同时保留原专业的主干课程,既顺应向土木工程专业过渡的需要,又保持服务公路交通的特色,适应宽口径复合型人才培养的需要。(2)注重学生基本素质、基本能

力的培养,为学生知识、能力、素质的综合协调发展创造条件。基于这样的考虑,将教材区分为二个主层次与一个辅助层次,即基本知识技能培养层次与知识技能拓宽与提高层次,辅助层次为教学参考用书。工作的着力点放在基本知识技能培养层次教材的编写上。(3)目前,中国的经济发展存在地区间的不平衡,各高校之间的发展也不平衡,因此,教材的编写要充分考虑各校人才培养规格及教学需求多样性的要求,尽可能为各校教学的开展提供一个多层次、系统而全面的教材供给平台。(4)教材的编写在总结“八五”、“九五”工作经验的基础上,注意体现原创性内容,把握好技术发展与教学需要的关系,努力体现教育面向现代化、面向世界、面向未来的要求,着力提高学生的创新思维能力,使所编教材达到先进性与实用性兼备。(5)配合现代化教学手段的发展,积极配套相应的教学辅件,便利教学。

教材建设是教学改革的重要环节之一,全面做好教材建设工作,是提高教学质量的重要保证。本套教材是由人民交通出版社组织,由原全国高等学校路桥与交通工程教学指导委员会成员学校相互协作编写的一套具有交通出版社品牌的教材,教材力求反映交通科技发展的先进水平,力求符合高等教育的基本规律。各门教材的主编均通过自由申报与专家推荐相结合的方式确定,他们都是各校相关学科的骨干,在长期的教学与科研实践中积累了丰富的经验。由他们担纲主编,能够充分体现教材的先进性与实用性。本套教材预计在二年内完全出齐,随后,将根据情况的变化而适时更新。相信这批教材的出版,对于土木工程框架下道路工程、桥梁工程专业方向与交通工程专业教材的建设将起到有力的促进作用,同时,也使各校在教材选用方面具有更大的空间。需要指出的是,该批教材中研究生教材占有较大比例,研究生教材多具有较高的理论水平,因此,该套教材不仅对在校学生,同时对于在职学习人员及工程技术人员也具有很好的参考价值。

21世纪初叶,是我国社会经济发展的重要时期,同时也是我国公路交通从紧张和制约状况实现全面改善的关键时期,公路基础设施的建设仍是今后一项重要而艰巨的任务,希望通过各相关院校及所有参编人员的共同努力,尽快使全套面向21世纪交通版高等学校教材(公路类)尽早面世,为我国交通事业的发展做出贡献。

面向 21 世纪交通版
高等学校教材(公路类)编审委员会
人民交通出版社
2001 年 12 月

前 言

《道路与桥梁检测技术》是高等学校土木工程领域中公路工程、城市道路工程、桥梁隧道工程、机场工程等专业的专业重要课。课程涉及内容广泛并与工程实践联系密切。

本书以我国有关现行工程技术标准、规范为依据,叙述道路与桥梁检测技术中的关键技术及原理,力求理论联系实际。

与道路桥梁检测技术相关的科学很多,如机电工程、振动波动理论、自动控制、电子量测技术等。从高等学校本科教育的培养目标出发,本书重点阐述相关科学的基本概念、基本理论,由于第二章理论较深,建议授课时,根据课时安排选择讲授。

本课程是一门理论与实践并重、工程性较强的课程,讲授本课程除了系统的课堂教学之外,应配合组织现场实习、实际操作等辅助教学环节,以提高学生的感性认识和动手能力。

本书是根据面向 21 世纪交通版高等学校教材(公路类)编审委员会 2001 年审定的教学大纲而编写的。全书共分六章:本书第一、二、四章由福州大学胡昌斌编写;第三、六章由韩建刚编写。全书由福州大学胡昌斌主编并担任全书统稿工作,由长安大学王建华主审。

这本新教材涉及面广、内容较新、实践性强。但由于作者的知识面和水平所限,书中难免有未尽善之处,希望有关院校师生及读者提出宝贵意见,以便及时修改完善。

胡 昌 斌

2006 年 12 月于福州大学

目 录

第一章 总 论	1
第一节 概述	1
第二节 道路与桥梁检测的技术分类	2
第三节 本门课程的学习内容与特点	8
第二章 振动与波动理论基础	9
第一节 简谐振动(谐和振动)及其描述	9
第二节 振动的分类	11
第三节 单自由度系统振动分析	12
第四节 周期振动的谐波分析	17
第五节 振动量的峰值、有效值和平均值	19
第六节 冲击与瞬态振动的频谱分析	20
第七节 随机振动信号的描述	22
第八节 系统对谐波激励的响应及频率响应函数	25
第九节 系统对脉冲激励的响应与脉冲响应函数	26
第十节 信号的时域分析和频域分析	28
第十一节 弹性固体介质中质点的振动	29
第十二节 波在弹性固体介质中的传播速度	32
第十三节 声场	33
第十四节 声波在两种介质界面上的传播规律	35
第三章 量测仪表与技术	41
第一节 绪言	41
第二节 静态测试仪器	42
第三节 动态测试仪器	74
第四章 路基路面工程现场检测技术	93
第一节 路面使用性能检测	93
第二节 路面平整度检测	95
第三节 路面破损状况现场检测	101
第四节 沥青路面车辙测试方法	111
第五节 回弹弯沉测试方法	115
第六节 路面抗滑性能试验检测方法	125
第七节 路基路面几何尺寸与路面厚度检测	136
第八节 路面压实度的测试和评价方法	142
第九节 路面强度和模量的测试试验方法	150
第五章 桥梁上部结构检测技术	158

第一节	桥梁工程试验概论	158
第二节	桥梁结构静载试验	160
第三节	桥梁结构动载试验	174
第四节	成桥检测实例	180
第五节	旧桥检测与评估	188
第六节	桥梁的健康监测	199
第六章	地基基础工程现场检测技术	210
第一节	地基承载力检测	210
第二节	桥梁桩基质量检测技术	220
第三节	灌注桩成孔质量检测	222
第四节	桩基完整性检测	226
第五节	桩的静载试验	246
第六节	高应变动测法	251
第七节	高速公路软土地基与路堤施工现场监测技术	260
主要参考文献		281

第一章 总 论

第一节 概 述

随着国民经济的飞速发展,我国公路建设取得了令人瞩目的巨大成就。普通公路和高速公路的发展,极大地提高了中国公路网的整体技术水平,优化了交通运输结构,有力地促进了我国经济发展和社会进步。

根据我国高速公路规划,到2020年,高速公路里程将达8万公里以上,联结所有目前人口在20万以上的城市,基本形成国家高速公路网。可见,今后的十几年里,我国将面临公路建设和公路养护管理的双重任务,如何保证公路建设质量和进行科学合理的养护管理,都是摆在公路建设者和管理者面前的重要任务。

实践证明,建立有效的质量监督和管理保障体系是实现这两个任务的关键所在,而道路与桥梁工程的试验检测工作则是实现这一目标的重要手段。

1. 通过对旧路的检测工作,可以为养护及改建提供准确依据

公路基本建设一般会经历三个阶段:新建阶段、新建与养护并重阶段、养护与改建阶段。从我国公路发展及路网分布的状况分析来看,我国部分省份地区已进入到了新建与养护并重阶段,对于较发达的地区,则已进入以养护、改建为重点的阶段。随着交通量的进一步增长和交通轴载的增加,各地大量的道路和桥梁都需要进行养护维修和改建加固。而对旧道路桥梁工程检测得到的数据,则是确定合理养护改建方案,进行科学养护管理的重要依据。

在对旧路或旧桥进行维修、加固和改建之前,对需要维修、加固或改建的旧路或旧桥进行深入细致地调查与检测,研究分析检测资料和数据,确定病害的性质、范围、程度以及成因,评价公路及桥梁工程的质量,可以为制订养护对策、确定养护改建与加固设计方案提供科学客观的依据。这对于制订出科学客观、安全经济的养护措施,是十分重要的。

2. 通过对新建公路的检测工作,可以保证工程质量

对于新建公路、道路与桥梁工程进行检测是确定工程设计参数、控制施工质量、工程验收评定的重要依据。新建公路施工前、施工中进行的检测工作,可以积累必要的原始技术资料;施工结束后的竣工检测,可以评估建设质量,这些都是保证新建公路工程质量的必要手段。在高等级公路建设中,桥梁工程不仅规模巨大,而且技术难度相对较高。为确保桥梁承载能力和质量,在大中型桥梁竣工后,均应进行鉴定检测。通过对测试结果的综合分析,掌握桥梁的技术状况,确定桥梁的使用条件,可以有效地保证桥梁结构物使用的安全性与耐久性。此外,对新型结构桥梁进行鉴定性监测工作,通过了解荷载作用下桥梁实际受力状态,探索具有普遍意义的规律,可为充实和发展桥梁结构计算理论积累丰富的经验和宝贵资料。

3. 通过检测工作,为路网养护管理系统的形成提供数据基础

公路养护资金庞大,如何科学合理、经济地安排养护资金,是公路养护管理者需要面对的重要课题。随着道路桥梁检测技术、计算机及互联网技术的发展,一些发达国家陆续建立了区

域内乃至全国的路网养护及管理系统,通过管理系统软件,应用系统分析的方法,使公路的管理和养护系统化、整体化,以最经济的投资使路网达到最高的服务水平。

近 20 年来,我国的科研单位也进行了一系列公路养护及管理系统的开发与研究,并取得很大进展。公路养护管理系统的科学决策和分析必须建立在大量信息的基础上,以数据作为支承。这样,才能使系统提出的对策具有客观性和针对性。因而,整个管理系统须包含一个数据管理子系统,它应由两部分组成,即路况监测(数据采集)系统和数据库。路况监测系统主要是定期采集道路与桥梁性能检测数据,如施工过程中的检测、竣工验收检测、通车后的定期检测等数据。这些检测资料都需要通过长时间内的定期检测来获得,通过对其进行回归分析、归纳整理,计算机模型处理,就可以得到科学的管理方法,提出养护时间与养护方案的合理建议。

另外,科研单位进行科学技术研究,施工单位进行施工质量监控,工程质量事故的调查分析等均需要通过道路与桥梁检测工作来提供技术参数。

因此,可以看到,随着科技的发展,道路与桥梁工程检测工作已日益成为公路工程建设、养护、设计、科研等方面的重要手段和组成环节。掌握道路与桥梁检测技术,充分发挥检测技术在公路工程质量管理和公路养护工作中的作用,已成为一项重要工作。

第二节 道路与桥梁检测的技术分类

道路与桥梁检测技术是一门正在发展的新兴学科,融试验检测基本理论、测试操作技能及公路桥梁工程相关学科基础知识于一体。随着时代发展,机电工程、光电工程、工程动力学、自动控制与量测技术等现代科技,都强有力地促进和推动着道路与桥梁检测技术的发展。

根据检测对象,道路与桥梁检测大体可以分为路基路面工程检测、桥梁结构工程检测和地基基础工程检测三大类。依据所依托的技术手段,道路与桥梁检测技术又可大体分为机械类检测技术、机电类检测技术、振动类检测技术、雷达类(电磁波)检测技术、超声波类检测技术、射线类检测技术、激光类检测技术、红外类检测技术、摄像类检测技术和集成类检测技术等几大类。

1. 机械类检测技术

此类技术是通过机械或人工动作而获得道路桥梁的技术参数和计量信息的一种技术手段,一般具有结构简单、制作容易、使用寿命长、故障率低以及价格便宜实用等优点,但由于机械类检测技术类本身固有的特性,往往存在测量精度低、操作劳动强度大、效率低等缺点。3m 直尺、摆式摩擦仪(图 1-1)、路基回弹模量检测、基于贝克曼梁的路面回弹弯沉检测(图 1-2)、画线式路面车辙测定仪等都属于典型的机械类检测仪器。

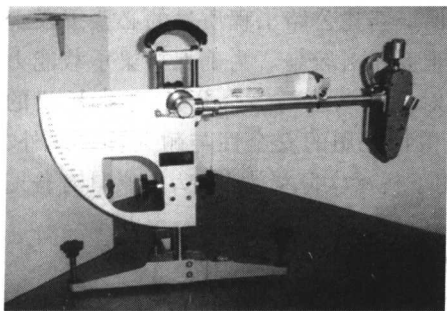


图 1-1 摆式摩擦仪

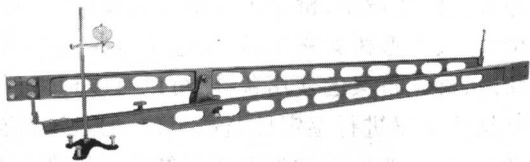


图 1-2 贝克曼梁及百分表

2. 机电类检测技术

机电检测技术是通过机械、人工和电子测试采集相结合而获得道路桥梁的技术参数和计量信息的一种技术手段。机电检测仪器通过机电转换,具有仪器牢靠、使用寿命长、价格合理、使用方便等优点。近十几年来,随着数字计算机工业的发展,机电类检测技术有了重大发展,测定应力、应变、位移等力学和位移参量的电子类、光纤类传感器和数字化仪表(图 1-3 ~ 图 1-5)得到了广泛应用,大大提高了检测工作的精度和效率。

路面检测中的连续式路面平整度测定仪(图 1-6)以及路面自动弯沉测试仪检测都是典型的机电类检测技术。

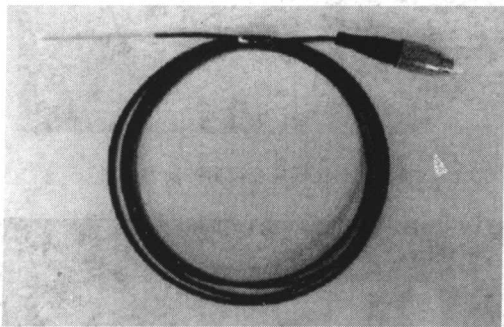


图 1-3 GSXD 光纤结构测试仪器

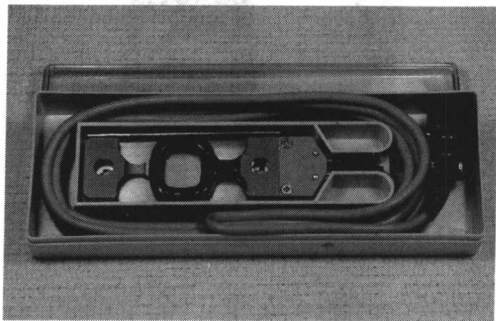


图 1-4 CYB-YB-FIK 电阻应变式应变计

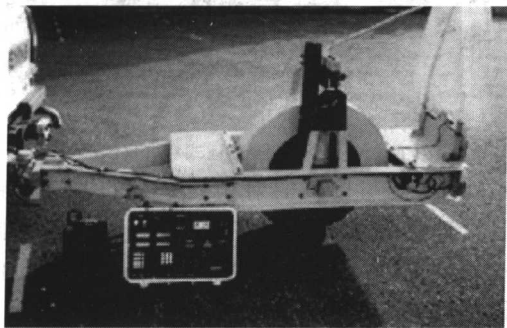


图 1-5 颠簸累计仪

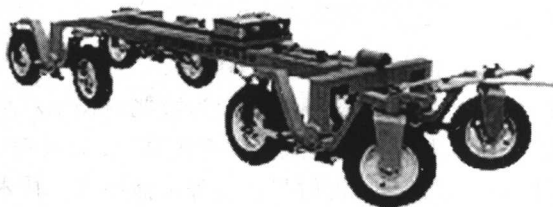


图 1-6 STPZ-3 型连续式八轮路面平整度仪

3. 振动类检测技术

振动类检测技术是指利用机械振动以及由于机械振动引起的波(应力波)在结构中的振动特性及在土木工程介质中的传播特性获得道路桥梁的技术参数和计量信息的一种技术手段。基于振动和冲击原理的振动类检测技术,已成为近年来道路桥梁动态无损检测的一个热点。目前,桥梁动力检测(图 1-7)、桩基反射波动力检测(图 1-8)、SAWA 表面波检测(图 1-9)、FWD 落锤式弯沉检测(图 1-10)等技术都属于此类的典型检测技术。

4. 雷达(电磁波)类检测技术

雷达无损检测是一种高新技术检测,其实质是超高频电磁波发射与接收技术。雷达技术用于路基路面物理力学指标的无损检测开始于 20 世纪 80 年代后期,欧、美最早应用,到我国应用的时间大约在 90 年代初。雷达波由自身激振产生,直接向路基路面发射射频电磁波,通过波的反射与接收获得路基路面的采样信号,再经过硬件与软件及图文显示系统,得到检测结

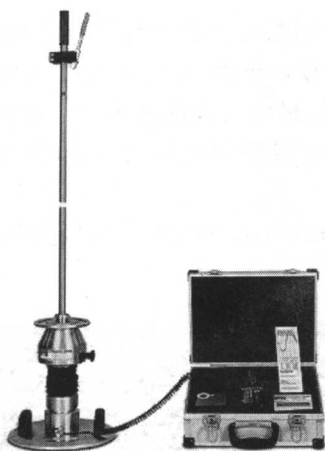


图 1-7 手持式落锤弯沉仪



图 1-8 桩基完整性低应变反射波动力检测

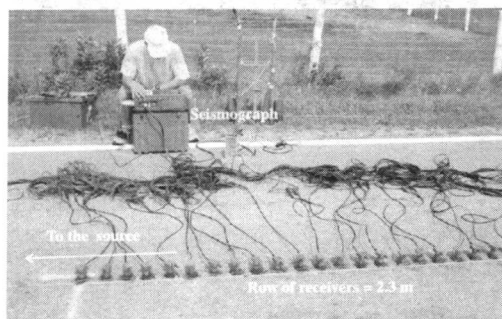


图 1-9 SAWA 表面波检测技术



图 1-10 EP-73011 型落锤式弯沉仪

果。雷达所用的采样频率一般为数兆赫(MHz)左右,而发射与接收的射频频率有的要达到吉赫(GHz)以上。雷达波虽然频率很高,波长很短,但该种电磁波同样遵守波的传播规律,即同样具有入射、反射、折射与衰变等传播特点。技术人员正是利用这些特点,使之成为工程质量监控服务,达到无损、快速、高精度的检测要求。目前,采用雷达进行公路路基路面的检测包括了多个技术领域,主要有雷达测厚、测湿、测异常物、测密度与弹性模量等。由于这些物理量与几何量的测量都依赖于同一雷达检测仪,因此可以达到一机多能。而且由于雷达检测技术具有无损、快速、简易、精度高的突出优点,在高等级公路施工质量监控以及养护等方面具有广阔的应用前景。如图 1-11 与图 1-12 所示雷达在公路检测中的典型应用。

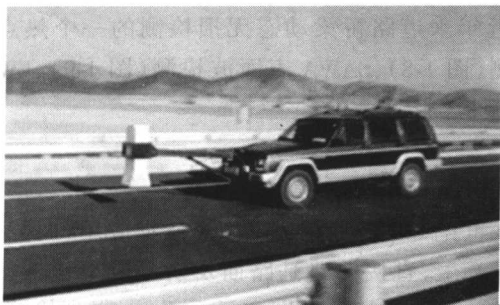


图 1-11 高速公路探地雷达测试

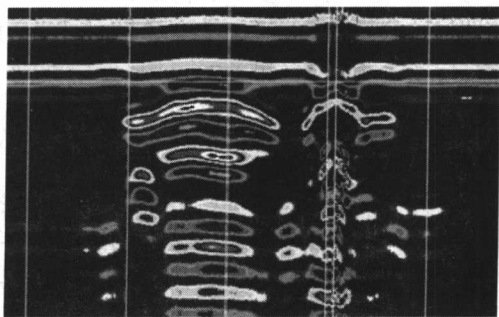


图 1-12 公路下的脱空检测剖面

5. 超声波类检测技术

超声波检测技术是一种利用超声波的传播特性进行道路桥梁检测的无损检测新技术。超声波是一种频率高于人耳所能听到的频率的声波。人耳能听到的声波频率范围为 20Hz 至 20kHz,而超声波的频率超过了 20kHz。由于超声波是属于波的一种,因此,它在传输过程中同样服从于波的传输规律。利用这些特点,也可以使之成为工程质量监控服务,达到无损、快速的检测要求。

超声波检测技术早在 20 世纪 70 年代就得到了较快发展。我国应用超声波检测开始于建筑工程与岩土工程,在土工试块与某些岩体中利用波速法进行无损检测有比较成熟的经验,应用也比较广泛。超声波的两个探头(发射与接收)容易安置,用穿透式的测定方法,其能量发射与接收都比较集中,规律性明显,只要测出相关声学参数,用波在介质中传播的基本公式就能算得所求指标(如强度、缺损等)。公路工程中,超声波检测技术已广泛地应用于桩基成孔测量、桩基完整性质量检测、混凝土质量检测等领域(图 1-13 与图 1-14)。

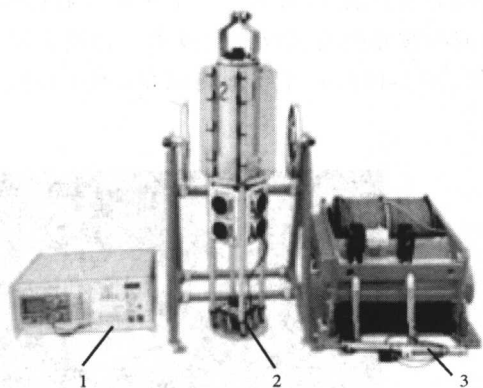


图 1-13 CDJ-1 型超声波大口径桩孔检测仪

1-超声仪;2-探头;3-卷扬机

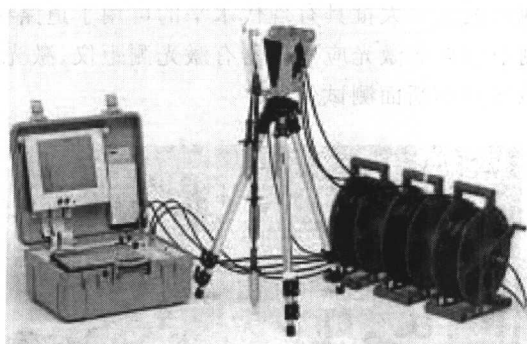


图 1-14 CSL-1 桩基超声波跨孔测试仪

6. 射线类检测技术

射线是同位素或核子散发的一种无形能束。同位素中的某些元素所散发的能束,与土壤的密度与水分有着十分密切的关系,而且具有十分明显的规律性。射线检测技术就是利用了某些同位素的这种特性来进行工程检测的技术。射线检测技术具有快速、无损(或有损)、测法简单的独特优点。因而,国内外许多专家较早地设计了核子检测仪器,用于土壤密实度与土壤含水量的测定。国外从 20 世纪 50 年代末到 60 年代初开始采用核子方法测量土壤密实度,美国、日本、前苏联、英国、法国与前联邦德国等国家相继开发了仪器,并在土木工程中广泛应用。目前,这种技术在我国公路工程中已得到了较好的应用(图 1-15)。

射线属于放射性物质,对人体的健康会产生影响,甚至是严重影响。因此,在利用射线原理检测路基路面的物理指标时,其检测装置或设计的检测仪器,对射线源一定要进行有效的防护,使射线在工作过程中,对人体的影响控制在最低的程度。这是核子仪在设计时所必须考虑的关键问题。

7. 激光类检测技术

激光是 20 世纪 60 年代发展起来的一门尖端科学。由于激光具有特高亮度、高方向性、很好的相干性与衍射性、高光强、高测微精度、高时间分辨和全息反映能力等独特的技术特点,因

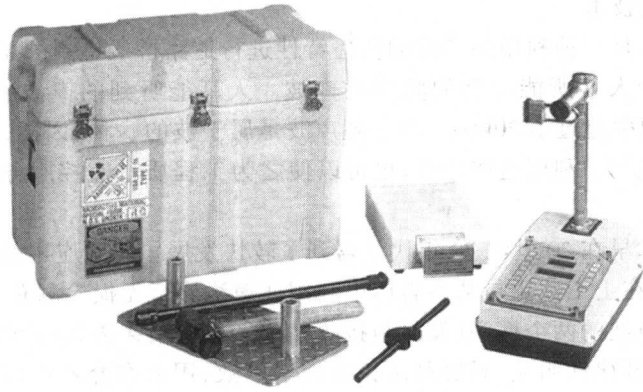


图 1-15 核子密度湿度仪

此,激光在国防建设、工农业生产及科学试验等方面均有着广泛的用途。几十年来,国内外研制开发了一大批具有现代水平的可用于道路桥梁检测的激光类测量仪器与技术。道路桥梁检测中常见的激光应用仪器有激光测距仪、激光挠度仪(图 1-16)、激光纹理测试仪(图 1-17)、多激光路面断面测试仪等。

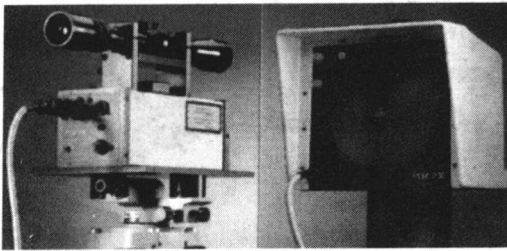


图 1-16 激光挠度仪



图 1-17 TM-2 型手推式激光纹理测试仪

8. 摄像类检测技术

摄像检测技术在欧、美试用于 20 世纪 70 年代(野外摄像,人工读数)。我国传统的路面病害检测均用眼睛观察记数,以作为养护修补的基本依据,但测记效率与准确度较低。80 年代以来,随着我国高等级公路修建,在引进外国技术的基础上,发展了我国高等级路面(包括桥梁)养护评价系统,需要对路面(主要对高等级公路的沥青混凝土路面)的状况定期作出快速评价,以便作出合理、科学的养护投资安排。在这种情况下,我国开始重视了公路路面(主要是沥青混凝土路面)的病害摄像检测,并进行了路面摄像检测仪器科技研发和实际应用。

2003 年,我国江苏省宁沪高速公路股份有限公司、南京理工大学和南京路达基础工程新技术研究所共同研制出新型路面状况智能检测车,为国内公路建设与养护提供了智能化的高技术检测设备。该检测车是利用安装在检测车辆上的高速、高精度图像采集与处理设备,在测量车以正常速度行驶的同时,进行路面图像采集与存储。在获得路面全部图像后,利用图像处理与分析软件,对获得的全部图像进行处理与分析,从中提取出路面破损、平整度等方面的精确测量数据。路况智能检测车工作时以 70km/h 的速度在高速公路上行驶,即可提供包括公路平整度、路面裂缝、破损等情况的系列数据,还能在计算机显示的图像上观测到细至 1mm 的

裂缝,并标明裂缝所在的位置,大大提高了检测效率。

9. 红外类测温技术

温度在零开以上的物体都会因自身的分子运动而辐射出红外线。红外线是一种电磁波,具有与无线电波及可见光一样的本质。红外线的波长为 $0.76 \sim 100\mu\text{m}$,按波长的范围可分为近红外、中红外、远红外、极远红外四类。它在电磁波连续频谱中的位置是处于无线电波与可见光之间的区域。红外线辐射是自然界存在的一种最为广泛的电磁波辐射,任何物体在常规环境下都会产生自身的分子和原子无规则的运动,并不停地辐射出热红外能量,分子和原子的运动愈剧烈,辐射的能量愈大,反之,辐射的能量愈小。通过红外探测器将物体辐射的功率信号转换成电信号后,成像装置(图 1-18)的输出信号就可以完全一一对应地模拟扫描物体表面温度的空间分布,经电子系统处理,传至显示屏上,得到与物体表面热分布相应的热像图(图 1-19)。运用这一方法,便能实现对目标进行远距离热状态图像成像和测温并进行分析判断。



图 1-18 TH5102 红外成像仪

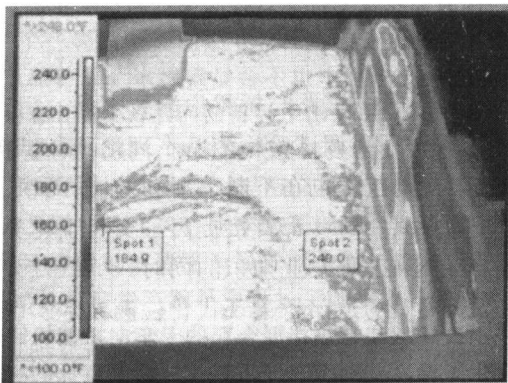


图 1-19 运料车车箱内沥青混合料的温度差别

使用红外热像仪进行探测,具有轻便、快速、直观、非接触、大面积、远距离探测等优点。只要被测目标体与周围环境表现出不同的热力学特征,就可能用该法测到,并通过分析红外热像图,就可以对被检测对象进行判断。因此,红外类检测技术具有极广的应用前景。可以预见,随着分析理论和应用的进一步深入,该类技术可望在工程检测领域解决诸多问题。目前,红外测温技术已成功应用于桥面板中的剥离和分层现象检测,以及裂缝、钢结构焊缝探伤、地下管线探测技术等领域中。

10. 集成检测技术

集成检测技术是指将单项测量技术按一定要求组装在同一辆车上的一种检测技术。国外许多国家对道路桥梁的物理力学指标都是实行单项测量,该种测量的效率不高并且增加了每次测量的投资费用。高速公路的迅速发展使很多国家更侧重于检测效率与质量。法国、加拿大、澳大利亚等国已率先开发了集成检测技术。我国近年来也开展了此方面的研发工作,于是就出现了代表集成检测技术的多功能道路检测仪、高智能路面检测车、模块化路面测试系统、桥梁多功能检测车等。这些集成类检测设备往往一机多能,如多功能路面测试车可以同时进行路况摄像,路况监测分析,裂缝探测,路面纹理测试,车辙及横断面测试,路标反光监测、摩擦系统测定等多种功能,大大提高了检测效率。如图 1-20 与图 1-21 分别所示桥梁检测车与路面裂缝检测车。



图 1-20 我国徐工集团生产的桥梁检测车



图 1-21 路面裂缝检测车

第三节 本门课程的学习内容与特点

综上所述,道路与桥梁检测技术是一门正在发展的新兴学科,不仅存在着多种现代学科知识的交叉,还强调试验检测基本理论和测试操作实践相结合。随着现代科学技术的发展,道路与桥梁检测技术也在不断革新和发展,无损、动态、电子化检测已成为现代道路桥梁检测技术发展的主流。这些都直接提高了交通土建类专业学生在学习本门课程时的要求,需要在掌握道路与桥梁工程专业知识的同时,也要了解和掌握相关现代科技的理论基础并综合运用,以适应不断发展的道路桥梁现代化检测技术实践要求。

本课程主要介绍的内容有振动与波动理论基础、量测仪表与技术、路基路面工程现场检测技术、桥梁上部结构检测技术、地基基础工程现场检测技术等。

内容涉及学科较多,同时强调理论知识和现场操作、工程实践相结合,在学习时应注意理解检测的目的、问题的实质和技术原理,紧密结合工程实践,理论联系实际,进行多种检测手段的组合与综合运用以掌握道路与桥梁检测技术。

思 考 题

1. 道路与桥梁检测的目的有哪些?
2. 道路与桥梁检测的对象是什么? 可分为几大类?
3. 简述各类检测技术的优缺点。
4. 简述各类检测技术的代表性仪器名称及用途。
5. 简述本门课程的学习内容与特点。