



刘怀相 主 编

公路检测

数据分析与应用



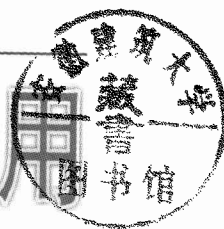
人民交通出版社
China Communications Press



刘怀相 主 编

公路检测

数据分析与应用



人民交通出版社
China Communications Press

图书在版编目(CIP)数据

公路检测数据分析与应用/刘怀相主编. —北京:
人民交通出版社, 2008. 9
ISBN 978-7-114-07359-5

I. 公… II. 刘… III. 道路工程—检测—数据—
分析 IV. U41

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 139337 号

Gonglu Jiance Shuju Fenxi Yu Yingyong

书 名:公路检测数据分析与应用

著 作 者:刘怀相

责任编辑:赵瑞琴

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)59757969, 59757973

总 经 销:北京中交盛世书刊有限公司

印 刷:北京宝莲鸿图科技有限公司

开 本:880 × 1230 1/16

印 张:11.25

字 数:264 千

版 次:2008 年 9 月 第 1 版

印 次:2008 年 9 月 第 1 次印刷

书 号:ISBN 978-7-114-07359-5

定 价:65.00 元

(如有印刷、装订质量问题,由本社负责调换)

前言

Qianyan

为适应新形势下公路养护的需要,实现公路养护可持续性发展,最大限度地巩固和提高干线公路服务水平和通行能力,加强行业部门对公路网养护管理的有效指导和监督,科学、合理地制定更为有效的养护生产需求,河南省于2004年、2007年对全省干线公路路况进行了全面调查与分析,并以此为基础与世界银行合作,利用HDM4分析系统对未来干线公路养护生产需求进行分析和预测,为全省干线公路网养护决策建立完整、系统、科学、准确的分析预测体系,使养护管理逐步走向评定自动化、决策科学化的发展方向。经过4年的比对验证,积累了丰富的经验。

本书以干线公路网为调查对象,对公路路面调查进行了全面的总结,介绍了新技术与新方法在路面调查、数据分析等方面的应用,以及路面调查与分析模式的建立。具体内容包括:常用路面检测技术及方法、检测路网的定义、现场安全及质量控制、检测数据处理、检测数据统计分析、道路衰变模型的研究及预测分析、大中修作业方案的制定、养护需求分析研究等。

本书第一、九章由刘怀相编写;第二章由孙传夏编写;第三章由宋元华编写;第四章由刘怀相、孙传夏编写;第五章由刘怀相、宋元华编写;第六章由赵宏宇编写;第七章由薛鹏涛编写;第八章由宋元华、卢山编写。全书由刘怀相任主编,宋元华任副主编,由朱理平审校。

本书编写过程中,参阅、借鉴、引用了一些相关著作和成果,并得到了有关部门领导和同志的大力支持和帮助,在此表示衷心地感谢!

由于我们经验不足,水平所限,书中不足之处在所难免,希望领导、有关专家、学者和从事公路养护管理的同志及关心公路事业建设的社会各界人士,多提宝贵意见,以便作进一步修改,使其日臻完善。

目 录

Mulu

第一章 公路路面检测技术介绍	1
第一节 路面检测技术	1
第二节 平整度检测技术	5
第三节 路面车辙检测	8
第四节 路面弯沉检测技术	13
第五节 路面抗滑性能检测技术	18
第六节 路面智能集成检测车的发展现状和趋势	22
第二章 河南省干线公路路况调查项目介绍	23
第一节 检测路段的定义	24
第二节 路网数据库建立	24
第三节 检测计划制定	28
第三章 现场控制及病害识别过程	30
第一节 现场安全控制	30
第二节 质量控制	30
第三节 沥青路面损坏类型及识别	39
第四节 水泥混凝土路面损坏类型及识别	47
第五节 砂石路面损坏类型及识别	53
第四章 检测数据处理	55
第一节 数据预处理	55
第二节 检测数据审核	58
第三节 建立检测数据库	58
第五章 检测数据统计分析	74
第一节 路线统计	74
第二节 区域路网统计分析	78
第六章 道路性能模型的研究及预测分析	98
第一节 道路性能模型的建立	98
第二节 预测模型的建立	101

第三节	HDM4 模型库的建立	107
第七章	大中修作业方案的制定	113
第一节	预防性养护的概念	113
第二节	养护作业方案定义	115
第三节	养护决策树设计	115
第四节	建立经济指标优化模型	116
第八章	养护需求分析研究	120
第一节	路面技术状况评价	120
第二节	数据分析方法	120
第三节	养护资金需求分析	121
第四节	还贷性收费公路养护资金需求分析	122
第五节	资金需求与路面平整度指标关系	123
第六节	模型分析与优化	124
第九章	大中修决策分析在河南省路网管理中的实际应用	126
第一节	系统的构成	126
第二节	数据采集系统	126
第三节	路面管理系统	128
第四节	数据处理系统	134
第五节	HDM4 系统的应用	154
第六节	分析结果处理	157
第七节	GIS 系统的应用	162
第八节	应用结果分析	169
参考文献		171



第一章 公路路面检测技术介绍

最近二三十年,世界各国的高速公路及国省道都有了很大的发展,尤以沥青路面发展更快。大规模的公路建设之后,随之而来的是繁重的公路养护和管理工作。路面检测是养护工作的一项重要内容,也是路面管理系统中数据采集的重要组成部分。到目前为止,国外已经先后研发出多种用于路面管理系统和公路技术状况评定的检测设备,并且已经投入了实际应用。随着干线公路和高速公路的不断扩展,交通量的迅速增长,车流速度的明显提高和路面管理系统的广泛应用,公路管理部门在公路养护管理过程中将不可避免地引进自动化的路面快速检测系统、科学的决策技术和先进的养护技术。本书将根据路面检测指标分类论述沥青路面检测技术,并对路面集成检测技术进行介绍。沥青路面检测应包括以下五个方面的指标:路面弯沉检测、路面平整度检测、抗滑性能检测、路面损坏状况检测和路面车辙检测。下面就这五大类的指标介绍路面检测技术。

第一节 路面检测技术

1. 检测指标

路面在使用过程中常会发生各种各样的损害。损害不但影响路面的结构使用性能和结构承载力,也会影响到路面使用性能。因此,沥青路面损坏状况检测,对于沥青路面养护具有重要意义。路面损坏状况一般采用损坏类型、严重程度和损坏范围来表征。沥青路面的损坏类型包括龟裂、块裂、纵裂、横裂、坑槽、松散、沉陷、车辙、波浪拥包、泛油和修补;水泥混凝土路面的损坏类型包括破碎板、裂缝、板角断裂、错台、唧泥、边角剥落、接缝料损坏、坑洞、拱起、露骨和修补;沙石路面的损坏类型包括路拱不适、沉陷、波浪搓板、车辙、坑槽和露骨。通过对上述路面损坏数据进行检测,根据路面的折合损坏面积和调查面积,就可以计算出路面破损率(DR)和路面损坏状况指数(PCI)。

2. 检测方法

《公路技术状况评定标准》(JTG H20—2007)规定:路面损坏状况检测,宜采用自动化的快速检测方法,当条件不具备时也可以采用人工检测方法。

1) 人工检测

所谓人工检测,是指在封闭或不封闭交通的情况下,按照规定的损坏分类和识别方



法,采用目测和简单工具丈量的方式,人工记录各种路面损害的类型、严重程度和数量(长度或面积)。有条件的地区,还可以借助便携式路况数据采集仪(RCR)进行现场记录、汇总、计算和评定。

由于路面损害人工检测的人为性较大,所以质量控制是实施这种检测方法的关键因素。为了避免人为检测标准的不统一,在进行检测之前,必须对所有检测人员进行方法和标准的培训,通过“培训—实习—培训”的方式使检测人员掌握路面损坏分类标准和测量方法,通过现场实习加深认识,使检测人员获得统一的标准。

在调查路面损坏状况的诸多方法中,人工检查方法应用最为广泛。它对人力资源丰富的地区和低交通量及低等级公路具有相当的优势,但是在高交通量的高速公路和干线公路上使用,将会导致实际操作上(封路、安全、速度、精度)的诸多困难,不适应大规模公路检测的要求。

2) 机器检测

从数据采集的效率和评价结果的准确性及重现性要求看,路面损坏状况检测自动化一直是一个主要研究和发展方向(Haas,1994)。在路面损坏自动化监测领域,目前以基于摄影/摄像和模式识别技术的图像检测方法应用最为广泛,其基本概念和工作流程如图1-1所示,它可以分解为图像获取子系统(数据采集)和图像显示及解释子系统(数据处理)。

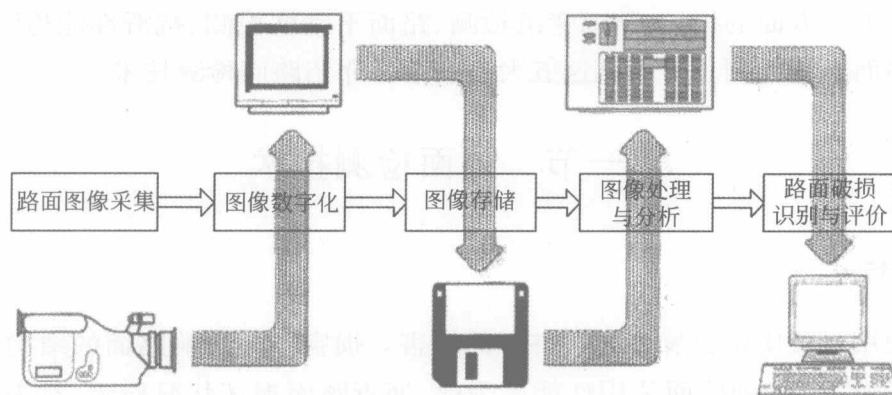


图 1-1 路面损坏自动化检测的基本概念及工作流程

图像采集系统由安装在测试车上的光电扫描设备和摄影/摄像设备组成,通过光电扫描设备和摄影/摄像设备的共同工作,将路面损坏图像记录并存储在磁带或胶片上。数字化过程是将模拟图像数据转换为计算机能够识别的数字化图像数据,随着摄影/摄像设备数字化成的提高,路面损坏图像的数字化过程可由该设备直接完成,并直接传输到计算机内存。保存的图像数据通过人工判读或机器视觉识别方式来确定路面损坏的类型和数量,并将处理结果存入路面数据库,供评价和决策使用。

《公路技术状况评定标准》(JTG H20—2007)规定:路面损坏自动化监测设备应该能够分辨 1mm 以上的路面裂缝,检测结果宜采用计算机自动识别,识别准确率应达到 90% 以上。

3. 路面损坏自动检测设备

1) 国外的检测设备



路面损坏状况的自动化监测设备一般称为多功能路面快速检测设备。发达国家在这一领域的研究开展较早,虽然早期曾受到硬件技术的限制,但长期的实验研究积累了丰富的经验。近年来,随着计算机、摄影/摄像、图像处理以及 GPS 全球定位系统等技术的快速发展,为开发新型高效的多功能路面快速检测设备提供了条件,多功能路面快速检测设备可以同时采集多类公路路况信息,数据库同步建成,大大节省了检测时间和检测费用。

(1) 基于摄影技术的第一代路面损坏快速检测设备

法国开发的路面损坏快速检测设备(Gerpho)采用了高速摄影技术,可在实验室通过人工判读的方式进行路面损坏数据处理与分析。20世纪80年代末期,出于干线公路路面管理系统(CPMS)数据采集工作的需要,交通部公路科学研究院曾从法国引进了一套这样的系统。该系统的关键技术是同步摄影数据采集技术,系统采用35mm电影胶片、同步高速摄影机和车辆定位系统,在车辆行驶的同时,摄影机不断采集路面损坏影像,每幅影像记录一定的路面宽度和长度。路面损坏图像胶卷经过洗印,通过室内判读设备再现路面损坏状况,技术人员就可在实验室判读各种路面病害,然后将判读结果数据用键盘输入到数据库。法国多功能路面快速检测设备的特点是,能够明显减少野外作业时间,减轻检测工作对交通流的影响,但是系统仅能在夜间工作,而且实验室后期处理的工作量很大、耗时过长。该系统曾被天津市公路管理局等部门用于公路网路面损坏快速检测,在公路管理和养护生产中发挥了积极的作用,取得了良好的效益。

(2) 基于模拟摄像(电视)技术的第二代多功能路面快速检测设备

英国运输研究所(TRL)通过路面损坏识别技术研究和技术集成,开发了HARRIS(Highway Agency Routine Road Investigation System)路况综合检测系统。该系统的主要功能包括路面损坏、道路平整度、路面车辙和前方图像的自动检测。其中路面损坏检测和识别系统采用了3套高性能的CCD摄像机,检测结果存储在磁带上。数据处理采用了灰度理论,通过对图像的筛选、模式识别和灰度处理,确定裂缝等路面损坏的类型、长度、宽度、面积和破损率,缺点是分辨率为2~3mm,识别率也较低,需要辅以人工判读。英国公路署装备了HARRIS系统,用于英国干线公路网路面快速检测,检测结果通过标准格式到数据文件,可直接传入英国路面管理系统(UKPMS),据此实施英国干线公路网的路况评价、养护需求分析、预算预测和养护资金优化分配。

英国WDM公司研究开发的PAVSCAN系统采用4个CCD摄像机(图像可被S-VHS制式的录像带保存)单幅图像采集范围是2.5m×3.4m。系统装有一套闪光照明设备,可在夜间工作。损坏图像可在现场或实验室进行处理,结果用裂缝状态(折线)和位置表示。系统改进了数据处理程序,但是同时也增加了使用成本。

(3) 基于数字摄像/照相技术的第三代多功能路面快速检测设备

加拿大RoadWare公司研制开发的路况综合检测系统ARAN(Automatic Road Analyzer)是一种采用一体式、模块化、多测量平台的路况基础数据采集数据装备,可以同时采集路面损坏(裂缝)、道路平整度、路面车辙、路面纹理、道路几何形状、前方图像等多项数据。其中,路面损坏检测系统采用两套高清晰度、计算机信号控制的CCD数字摄像机,检测速度达到50km/h。利用图像处理软件(WireCrax)能够自动识别3mm以上的路面裂缝,并能



分辨出横裂、纵裂、龟裂和网裂损坏, WiseCrax 的裂缝识别率能达到 85%。

澳大利亚道路运输研究所 (ARRB) 研制开发了用于国家干线公路路面快速检测的 NSV (Network Survey Vehicle) 路网监测。该系统包括道路纵断面、横断面、路面损坏和前方图像等项目的快速采集功能。最新一代的 NSV 路网检测车采用的是基于数字照相技术的路面损坏快速检测技术, 检测图像分辨率达到了 1000 像素以上, 但是路面图像裂缝分辨率仅为 2mm。我国上海和贵州购买了上述路网监测车, 路网监测车的检测结果必须依靠人工识别。

(4) 基于线扫相机技术的第四代多功能路面损坏快速检测设备

美国依靠众多高科技企业、研究院所和大学机构的技术优势, 在路面损坏图像检测和图像处理方面作了大量的研究和开发工作。例如, 美国 WayLink 设备采用线扫相机采集路面损坏图像。采集速度达到了 12 帧/s, 前方图像检测采用了 1/3 3CCD 数字摄像机, 检测速度为 20 ~ 80km/h。路面损坏图像处理软件能够识别 2mm 以上到路面裂缝。

近年来, 我国通过世界银行、亚洲银行建设贷款项目, 从国外引进了多套路况综合检测系统。然而, 在实际公路检测中, 引进的检测设备往往只有平整度一个简单指标可用, 路面损坏和路面车辙等关键指标都无法真正工作。由于检测指标不完整, 大交通量的干线公路用起来都没有优势, 而低交通量的一般公路又没有使用的必要, 因此许多购置的检测设备被闲置。闲置的原因, 除了软件技术差、硬件设备不过关、无长期技术支持外, 还包括其他一些原因, 如操作习惯, 与我国标准规范的兼容性、软件升级频率和维护费用等。

2) 国内的路况检测设备

(1) 路况数据采集仪 (RCR)

为贯彻实施国省干线及高速公路路面管理系统 (CPMS) 和《公路技术状况评定标准》(JTG H20—2007), 交通部公路科学研究院公路科学研究院公路养护管理研究中心研制开发了“便携式路况数据采集仪 (RCR)”和配套的路况数据采集系统。路况数据采集仪 (RCR) 用于记录和储存路面 (也包括路基、桥隧构造物和沿线设施等项目) 损坏数据, 并能与 CPMS 实现双向数据传输。

路况数据采集仪 (RCR) 的特点是能够大幅度地减少数据记录、数据汇总和数据录入过程中的工作量, 减少报表汇总过程中的失误, 提高野外及室内工作效率, 但是并没有从根本上改变人工检测的事实。路况数据采集仪 (RCR) 可用于路面管理系统 (CPMS) 数据采集和公路技术状况评定 (MQI) 工作。

(2) 路况快速检测系统 (CiCS)

交通部公路科学研究院在西部交通建设科技项目和国家搞技术研究发展计划 (863 计划) 研究成果的基础上, 研究开发了基于线扫技术的路况快速检测系统 CiCS (Cracking image Collection System)。在实施 CiCS 研发的过程中, 充分吸收了英国和欧洲其他国家的现行标准和规范的成果, 采用了立足国内、面向国际的技术思路。

CiCS 是我国第一套具有完全自主知识产权和世界先进技术水平的多功能路况快速检测设备。它能够在正常车流速度下快速、准确地采集路面损坏、道路平整度、路面车辙、路面纹理深度和前方景观图像数据。CiAS (Cracking Image Analysis System) 能够自动识别和



处理由 CiCS 采集的路面损坏图像,对裂缝、坑槽等路面损坏进行自动分析和处理,找出裂缝位置,计算裂缝长度、宽度和路面损坏率。CiAS 能够识别 1mm 以上的沥青路面和水泥混凝土路面裂缝,自动剔除水泥混凝土路面接缝,损坏识别率达到了 90% ~ 95%。满足《公路技术状况评定标准》(JTG H20—2007)的要求。检测结果可以直接导入数据管理系统(CPMS),用于路况评价和养护分析。

综上所述,沥青路面检测的各项技术正在不断发展;由静态检测向动态检测发展,由手工方式向自动化发展,由有损检测向无损检测发展,由单项检测向集成检测发展。检测的速度也越来越快,效率越来越高,结果越来越精确。

第二节 平整度检测技术

路面平整度可定义为道路表面诱使行驶车辆出现振动的高程变化。它是路面使用性能的一项重要指标。因此平整度的检测是路面施工和养护的一个非常重要的环节。平整度的测试设备分为断面类和反应类两大类。断面类测定路表凹凸情况,反应类测定路表不平整程度。目前,断面类设备包括 3m 直尺、连续式平整度仪和激光路面平整度测定仪等;反应类设备包括车载式颠簸累积仪等。

1. 道路平整度检测指标

道路平整度描述的是道路路面纵向的高程变化情况,它从行车舒适性、安全性和车辆运营经济型等方面影响路面行驶质量和服务水平。在《公路技术状况评定标准》(JTG H20—2007)中,道路平整度的检测指标是采用世界银行指定的国际平整度指数 IRI(International Roughness Index),通过 IRI 计算路面行驶质量指数(RQI)。

国际平整度指数(IRI)被定义为:模拟 1/4 车载 80km/h 速度下,车身悬挂系总位移与形式距离之比(单位 m/km)。世界银行同时还发布了通过路面纵断面高程数据计算 IRI 的标准计算程序。IRI 作为道路平整度检测的标准尺度已经被世界各国广泛采用,这主要是缘于 IRI 指标具有如下特点:

(1) IRI 代表的是纵断面各点高层偏差的统计值,具有时间和空间的稳定性。

(2) IRI 与所有道路平整度检测设备都具有良好的相关性,便于把不同设备的测试结果同时向 IRI 转换和标定。

《公路技术状况评定标准》(JTG H20—2007)同时还规定,对于三、四级公路,当条件不具备时,道路平整度可以采用 3m 直尺进行人工检测,检测指标为 3m 直尺与路面间的最大间隙量。

2. 道路平整度检测方法与检测设备

国外对道路平整度检测技术开展过大量的研究工作,提出了一系列检测方法和相应的检测设备(FHWA,2001)。这些方法和设备从原理上可以分为两种类型:

(1) 反应类设备;



(2) 断面类设备。

表 1-1 列出了国内外常用的道路平整度检测设备。

常用道路平整度检测设备

表 1-1

检测方法	检测设备	检测方式	检测指标	开发国别(组织)
反应类	BPR 平整度仪	动态	位移累积值	美国
	颠簸累积仪	动态		英国
	RRDAS 平整度仪	动态		澳大利亚
断面类	水准仪及水准尺	静态	路表高程	世界银行
	3m 直尺	静态	路表间隙	—
	MERLIN 梁	静态	位移偏差	英国 TRL
	连续式平整度仪	动态	位移标准差	中国/日本
	惯性断面仪 GMR	动态	车体位移 车体与路面距离	美国
	纵断面分析仪 APL	动态		法国 LCPC
	非接触式断面仪	动态		丹麦/瑞典/英国

1) 反应类道路平整度检测设备

反应类道路平整度检测设备是通过安装在车体上的传感装置测量车辆以一定速度驶过不平整路面时悬挂系统的动态反应(竖向位移、竖向加速度等),以此来间接度量路面的平整程度。设备输出的测定值通常是一个计数数值,每计一个数相应于一定的悬挂系统位移量。反应类指标表征的是路面凹凸不平引起车辆振动的颠簸情况,是驾驶人员和乘客直接感受到的平整度指标,因此它实际上是舒适性指标。

早在 20 世纪 40 年代,美国联邦公路局(FHWA)就研制出了这类道路平整度检测设备(BPR 平整度仪)。该设备是一辆单轮拖车,通过机械式积分器记录带片弹簧车轮的竖向位移量,其测定速度通常为 32km/h。英国运输研究所(TRL)对 BPR 平整度仪进行了改进,研制开发了颠簸累积仪 BI(Bump Integrator),该仪器有拖车式和车载式两种类型。

反应类道路平整度检测设备还有美国的 PCA 仪(PCA Meter)和梅氏仪(Mays Meter)、澳大利亚的 NA ASRA 平整度仪和 RRDAS 平整度仪等。交通部公路科学研究院也开发了国产 ZCD-95/2000 型车载式颠簸累积仪。

反应类道路平整度检测设备的主要优点是操作简便、测量速度快,可用于大规模道路平整度检测。然而,由于这类检测方法是对道路平整度检测,只是对道路平整度的间接度量,其检测结果同车辆的动态反应状况密切相关,即随车辆机械系统的振动特性和车辆行驶的速度而变化,因而存在三项主要缺点:

(1) 再现性差:同一台设备安装在不同车辆或不同时间测定的结果不一致。

(2) 转换性差:不同部门的测定结果难以进行直接对比。

(3) 不能反映路面的真实纵断面:为了克服上述不足,可以经常通过标定试验建立反应类设备检测结果同已知参照平整度之间的相互关系。标定路段的参照平整度通常采用断面类设备进行测定。

在反应类道路平整度检测设备中,国内应用较为广泛的是颠簸累积仪(BI)。20 世纪



80 年代,我国在推广路面管理系统(CPMS)时,考虑到快速、方便及经济性能等因素从英国引进了这种设备,并在国家“七五”重点科技攻关项目的基础上自行研制开发了车载式颠簸累积仪。该设备由装载车、光电编码位移传感器、距离传感器和数据采集处理系统等部分组成,其工作原理是采集车辆按一定速度行驶的车身与车后轴之间由于颠簸产生的单向位移累积数据。由于受到车辆动力系统、减振系统、轮胎厂、气压和磨损以及车身配重等多方面因素的影响,车载式颠簸累积仪的使用和维护限制条件较为严格,而且在使用前必须与世界银行规定的一类设备进行 IRI 对比标定试验,建立相关关系后才能投入使用。

鉴于反应类道路平整度检测设备的上述固有缺陷,最新颁布的《公路技术状况评定标准》(JTG H20—2007)建议在条件允许的情况下采用快速和高精度的断面类检测设备。

2) 断面类道路平整度检测设备

断面类道路平整度检测设备的工作原理是先直接测量路表纵断面形状(高程),然后通过一综合性数学统计量来表征其平整度状况。属于这一类型的方法和设备主要包括:水准测量、MERLIN 梁、3m 直尺、连续式平整度仪、美国 GMR 断面仪、法国 APL 纵断面分析仪等。

水准测量和 MERLIN 梁能够得到精确的纵断面数据,但是测试速度慢,只适用于小范围检测或设备标定;3m 直尺和连续式平整度仪在施工质量检测中应用较多,但存在效率低、精度差、难以反映路面较长波长的颠簸和起伏状况等问题;GMR 和 APL 都属于惯性断面仪,是利用车载加速度计输出信号的二次积分进行互差来消除车体自身振动的影响,由此可以反映真实的路表纵断面,但是当车速过高或路面非常不平整时,测试轮会跳离路面,从而影响测试精度。

为了克服惯性断面仪的上述缺陷,近年来国内外提出了一些非接触式断面仪的改进方案。这类设备一般由测试车、激光或超声波传感器、加速度仪、距离传感器以及数据采集和处理系统组成,通过测量路面反射信号和加速度计采集的车辆运动状况信号得出路面纵断面各点的相对高程,根据检测结果可以绘制图形,进行频谱分析,然后处理可以计算得到国际平整度指数(IRI)。这种断面类非接触式平整度检测设备具有自动化程度高、测试速度快(80~120km/h)、采样密度大和数据精确的特点,是目前最为先进的道路平整度检测设备,在配备足够数量的传感器后,还可以同时采集路面车辙、路面构造和道路几何线形等数据信息。

目前国内最为常用的断面类道路平整度检测设备主要有精密水准仪、手推式断面仪和激光断面仪。代表性设备有丹麦的 Dynatest RSP 和 Green Wood profilograph、澳大利亚的 ARRB Waiking Profiler 以及路况快速检测系统(CiCS)。

3. 道路平整度检测设备标定

《公路技术状况评定标准》(JTG H20—2007)规定,各种道路平整度检测设备必须定期标定,每年至少标定一次,标定的相关系数应大于 0.95。

不同类型的道路平整度检测设备输出的指标不尽相同,在引进了国际平整度指数



(IRI)的概念之后,就可以利用 IRI 对各种检测设备进行标定,以得到“时间—空间”稳定的道路平整度数据。标定实验一般采用如下步骤:

(1)根据所测道路平整度(IRI)的分布情况,选择5条道路平整度不同的实验路段,从好到坏不同程度应各有一段,每条路段长320m。

(2)采用镜面水准仪或经过校准的符合世界银行一类测试标准的断面类平整的检测设备对标定路段进行检测。用精密水准仪测量时,从起点到终点每0.25m或0.5m测量一点,记录其高程数据,利用世界银行提供的标准计算程序计算国际平整度指数(IRI)。分别计算两个轮迹处的IRI值,取平均值作为该路段的标准IRI值。

(3)采用反应类设备(或其他需要标定的设备)对标定路段进行平整度检测,每条路段检测5次,取平均值作为该路段的道路平整的检测值(BI)。

(4)将各标定路段的道路平整的标准值(IRI)和相应的检测值(BI)进行回归分析,一般可以采用线性方程回归,建立标定方程($IRI = a + b \times BI$)。

断面类平整度检测设备的标定可以参照上述反应类设备的实验步骤进行,将设备实测IRI值与精密水准测量得到的标准IRI值进行对比性实验,以便验证设备的工作状态和有效性。

第三节 路面车辙检测

1. 路面车辙检测指标

我国《公路沥青路面养护技术规范》(JTJ 073.2—2001)和2002年颁布的《高速公路养护质量检评方法》都未将路面车辙列为一项独立的评价内容,只是将其视为众多路面病害形式的一类(变形类损坏)在计算路面损坏状况指数(PCI)时予以考虑。其原因主要是由于我国当时缺少快速高效的经济适用的路面车辙检测设备,缺乏足够的调查数据和经验来建立相关模型及标准。

近年来,由于交通量的迅速增长,车辆渠道化形式以及重载、超载问题凸显,车辙已经成为我国高速公路沥青路面的一种主要损坏形式,车辙的存在严重缩短了路面的使用寿命,降低了高速公路的服务质量,构成了交通运输的安全隐患。上述对于路面车辙问题的处理方法显然不能满足现状的需要。

因此,《公路技术状况评定标准》(JTG H20—2007)规定了高速公路和一级公路的路面车辙检测方法,将路面车辙深度(RD)作为检测指标,据此计算路面车辙深度指数(RDI)。其他等级公路,由于路面车辙问题并不突出,《公路技术状况评定标准》(JTG H20—2007)建议继续沿用传统做法,在调查路面损坏状况时量取车辙长度,通过影响宽度(0.4m)换算成路面车辙的损坏面积。

2. 路面车辙检测设备

为了快速、安全和准确地获取路面车辙信息,在近半个世纪的发展过程中,国内外曾



推出过多种路面车辙检测方法和检测设备(表 1-2)。根据检测方式的不同,可以划分为两种类型:人工检测设备和自动化检测设备。

常用路面车辙检测设备

表 1-2

类型	检测设备	检测内容与指标	检测方式	代表型设备
人工检测	直尺或量线	车辙深度	静态	1.2m/1.8m/2m 直尺
	AASHTO 车辙量规	车辙深度	静态	—
	水准仪和水准尺	横断面	静态	—
自动化检测	表面高程计	横断面	静态/动态	Face Dipstick
	手推式断面仪	横断面	动态	Walking Profiler
	横向轮廓仪	横断面	静态	TP
	图像摄影检测技术	横断面	动态	RoadRecon
	自动车辙仪	车辙深度/横断面	动态	3/5/7 传感器
	横断面扫描系统	横断面	动态	PPS 和 LRMS

1) 直尺测量

直尺测量的操作方法是,把直尺横放在轮迹带的车辙位置处,用量尺或量规测量最大车辙深度。国外在测量路面车辙时使用的直尺长度也不尽相同。美国经常使用 1.2m (4ft) 和 1.8m 两种直尺,英国 TRL 指定的标准尺长度是 2.0m (6.6ft),我国一般采用 3m 直尺。当车辙宽度较小时,直尺长度对测量结果的影响较小;但是当车辙较宽时,一般长尺比短尺测出的车辙深度要大。

2) AASHTO 车辙量规

AASHTO 车辙量规最早有美国明尼苏达州交通部研制开发,故而又称之为 Minnesota 车辙量规(Rut Depth Gauge),后来在 AASHTO 道路实验中(1959 ~ 1962)被用于路面车辙检测。AASHTO 车辙量规为木质结构,两个支角展开后间距为 1.2m (4ft),中间量杆可以上下伸缩,检测时将量规横置于车辙断面之上,使中间量杆接触路面并读取车辙深度。在某些情况下。AASHTO 车辙量规的测量结果与直尺法会存在一定偏差。

3) 精密水准测量

精密水准测量是应用水准仪和水准尺沿道路横断面按一定间隔测量路面表面的高程,由此可以获得精确的道路横断面信息,并依此计算路面车辙深度或其他车辙指标。水准测量易于实施,而且结果稳定,不会因时因地有大的差异,因此适于作为标定方法使用。

4) 表面高程计

表面高程计(Face Dipstick Profiler)上安装有倾角罗盘,可以测量两个支角之间的高差,支角间距为 305mm (12in),利用它可以进行横断面高程检测。表面高程计在使用时需要由操作者交替移动两个支角的位置,在车道宽度内进行往返闭合测量,要求累积误差不超过 2.5mm。表面高程计经常用于对其他车辙检测设备进行标定。

5) 手推式断面仪

手推式断面仪与表面高程计原理相似,可用于检测纵横断面的变形状况。代表性设备有澳大利亚 ARRB 开发的 Walking Profiler 和美国 ICC 生产的 Surpro 等。检测时操作者



推动仪器沿横断面匀速行走,仪器能够按照一定的横向间隔(Walking Profiler:243mm, Surpro:300mm)测量路面点的高程变化情况。手推式断面仪经常被 PIARC 和 FHWA 等机构作为标定设备使用。

6) 横向轮廓仪

横向轮廓仪(Transverse Profilograph)的钢制横梁宽度为 3.6m(12ft),上面设有水准气泡和水平调节螺钉,通过一个直径为 7.6cm(3in)的测试轮检测路面高程变化,沿横断面推动把手可以自动绘制横断面图。

7) 图像摄影检测

美国和加拿大在路面长期使用性能(LTPP)研究中应用 Road-Recon 系统采集路面病害数据(FHWA,2003),其中车辙检测子系统 RR-75 采用的白光阴影原理。检测车后部支架上安装有垂直于路面的摄影装置(35mm 脉冲相机),同时在后保险杠上设置一裂纹光圈闪光灯,并与路面保持一定角度。该系统只能在夜间检测,闪光灯工作时会在路面上制造一条阴影线,覆盖宽度为 4.8m(16ft),摄影装置同步拍照,纵向检测间隔为 15.2m,数字化后可以得到阴影先是一系列的点(x, y)坐标值,通过坐标数据准确描述车道横断面的形状。

8) 车辙快速检测装置

车辙快速检测装置(RutBar)是通过在车体上安装位移传感器来快速、连续地检测道路横断面的检测设备。它主要由检测横梁、传感器和计算机系统三部分组成。位移传感器的类型主要有三种:

- (1) 激光传感器;
- (2) 超声波传感器;
- (3) 红外线传感器。

大多数传感器都是利用光时差原来测量车体与路面之间的相对距离,当传感器数量足够多时,便可检测出路面车辙形状。

目前,国内外没有关于传感器类型、数量、间距以及测量宽度等统一的标准。就传感器而言,以 3 个和 5 个传感器应用最为广泛(NCHRP,2004)。

一些车辙快速检测装置配备了更多数量的传感器,旨在获得更为准确的路面车辙数据(TRL,2004),例如丹麦的 Dynatest RSP 配 7 个激光传感器,安装在 2.3m 宽的横梁上,其中最外侧的 2 个激光传感器呈一定角度安装,可使测试宽的增加到 2.9m;英国的 Babbie TTS 设备最多可以装备 21 个激光传感器,检测横梁宽度为 2.5m,两端的传感器同样采用斜角测量的方式,可以完成 3.2m 宽的范围之内的横断面检测;我国交通部公路科学研究院研发的路况快速检测系统(CiCS)(图 1-2),配备了 13 个激光传感器,采用非均匀布点方式,外端传感器进行斜角测量,检测宽度可以达到 3.6m,能够在车道全宽范围内进行车辙检测。

相对于超声波传感器和红外线传感器而言,激光传感器具有很高的测量精度和速度,但是价格也比较昂贵,数量配置过多显然是不经济的。因此,可以考虑采用密布超声波或红外线传感器代替激光传感器,由于这些传感器的价格只有激光传感器的几十分之一,虽



图 1-2 车辙检测装置(13 测头,CiCS)

然单个传感器的测试精度会有所降低,但是用于绘制横断面形状和计算车辙深度具有足够的精确和经济性。新西兰的 ROMDAS TPL 配备了 30 个超声波传感器,等间距布置(间距 10cm),检测宽度为 2.9m;加拿大的 ARAN Rutbar 采用 37 个超声波传感器,其中 19 个传感器安装在主横梁上,两侧伸缩式扩展翼上还可各安装 9 个传感器,传感器间距为 10cm,总测量宽的可以达到 3.6m。

9) 横断面扫描装置

其代表设备包括路面轮廓扫描仪 PPS(Pavement Profile Scanner)和 3-D 激光车辙扫描系统 LRMS(Laster Rut Measurement System)。

PPS 硬件系统的核心是一个六面体棱镜和相位测量激光雷达(Phase Measurement Laser Radar),棱镜能够以 10 000r/min 的速度旋转并与经过调制的激光束保持同步,引导激光束以 90°视角快速扫描道路横断面;软件系统用于处理“距离—角度”数据,并将之转换为路面点的(x, y)坐标。PPS 系统的设计扫描宽度为 4.3m,采样频率为 1 000Hz,当车速为 100km/h 时,纵向采样间隔为 2.8cm,横断面测量结果由 943 个测点构成,测点平均间距约为 5mm。目前,PPS 已经集成于多套道路综合检测设备之中,如美国的 Mandli 系统、英国的 HARRIS 系统和日本的 PASCO 系统等。

LBMS 系统采用一对大功率脉冲激光发射器(Pulse Laser)对路面的 3-D 特征进行同步扫描,测量宽度为 4m,采样频率为 25Hz,当车速为 90km/h 时,纵向采样间隔为 1m。每一个测量断面由 1280 个测点组成,系统从这些原始的数据点中再筛选出 40 个点用于描述路面车辙的形状。LBMS 已经在加拿大的 ARAN 和美国的 Pathway 等检测系统中得到应用。

横断面扫描系统是目前最为先进的路面车辙检测设备,生成的数据量远远超过一般配有 3 个、5 个甚至更多的传感器的自动车辙仪,如此的采样密度可以得到近似连续的车道横断面信息,同时还避免了路面车辙位置和检测车横向漂移的影响,能够更为准确地计算各种路面车辙指标。

综上所述,各种路面车辙检测设备,实质是测量道路横断面上各点的高程数据信息,然后描述出横断面的形状,据此计算路面车辙深度,不同的是横断面检测方式、覆盖宽度、