



黄晓明 赵永利 高 英 编著

高速公路沥青路面 设计理论与方法

GAOSU GONGLU LIQING LUMIAN
SHEJI LILUN YU FANGFA



人民交通出版社

China Communications Press

Gaosu Gonglu Liqing Lumian Sheji Lilun Yu Fangfa

高速公路沥青路面设计理论与方法

黄晓明 赵永利 高 英 编著



人民交通出版社

内 容 提 要

本书结合高速公路沥青路面材料组成设计与路面结构设计的实际,全面讲述了有关高速公路沥青路面设计的重要理论和方法,主要包括沥青混凝土、SMA 沥青混凝土层、密级配沥青混凝土的设计、密级配沥青混凝土性能评价、开级配沥青稳定基层、交通荷载及路面结构参数、高速公路沥青路面结构设计、沥青路面典型结构与可靠度分析等。

本书适合于从事高速公路沥青路面设计、研究、施工、监理的技术人员学习参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

高速公路沥青路面设计理论与方法/黄晓明, 赵永利,
高英编著. —北京: 人民交通出版社, 2006.10
(交通科技丛书)
ISBN 7-114-06187-0

I. 高... II. ①黄...②赵...③高... III. 高速公
路-沥青路面-设计-研究 IV. U416.217.02

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 114943 号

书 名: 高速公路沥青路面设计理论与方法

著 者: 黄晓明 赵永利 高 英

责任编辑: 毛 鹏

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: 北京鑫正大印刷有限公司

开 本: 787×980 1/16

印 张: 45.25

字 数: 758 千

版 次: 2006 年 12 月第 1 版

印 次: 2006 年 12 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 7-114-06187-0

印 数: 0001—3500 册

定 价: 68.00 元

(如有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)

前 言

改革开放以来,我国公路建设得到了快速的发展。到 2005 年底,高速公路总里程达 4.1 万公里,中国公路总里程达 192 万公里。“两纵两横三个重要路段”全部建成,山东、广东两省高速公路突破 3000km,江苏、河南、河北三省高速公路突破 2000km,有 14 个省区高速公路突破 1000km。2005 年完成公路、水路客运量 169 亿人次和 2 亿人次,旅客周转量 9300 亿人公里和 67 亿人公里;完成货运量 133 亿吨和 21 亿吨,货物周转量 8574 亿吨公里和 48058 亿吨公里。

高速公路是 20 世纪 30 年代在西方发达国家开始出现的专门为汽车交通服务的基础设施。高速公路在运输能力、速度 and 安全性方面具有突出优势,对实现国土均衡开发、建立统一的市场经济体系、提高现代物流效率和公众生活质量等具有重要作用。目前全世界已有 80 多个国家和地区拥有高速公路,通车里程超过了 23 万公里。高速公路不仅是交通现代化的重要标志,也是国家现代化的重要标志。

中国已进入全面建设小康社会的新时期,并将逐步实现现代化。经济社会发展对中国高速公路发展提出了新的更高的要求,从国家发展战略和全局考虑,为保障中国高速公路快速、持续、健康发展,中国政府规划一个国家层面的高速公路网。国家高速公路网规划采用放射线与纵横网格相结合的布局方案,形成由中心城市向外放射以及横连东西、纵贯南北的大通道,由 7 条首都放射线、9 条南北纵向线和 18 条东西横向线组成,简称为“7918 网”,总规模约 8.5 万公里,其中主线 6.8 万公里,地区环线、联络线等其他路线约 1.7 万公里。

在高速公路建设中,由于沥青路面具有良好的行车舒适性和优良的路用性能,我国在建或已经建成的高速公路路面结构主要采用沥青路面结构形式。为了提高沥青路面的使用性能与延长沥青路面的使用寿命,我国从中央到地方相继进行了大量的科技攻关,主要包括沥青与沥青混合料的设计与使用性能评价、沥青路面结构类型选择与结构设计,其中沥青稳定碎石和级配碎石柔性基层、长寿命沥青路面结构与材料组成设计、抗滑沥青表层

与排水性沥青路面等研究,对我国沥青路面的发展起到了很好的示范作用。作者多年来一直从事相关的研究工作,本书是作者多年来研究工作及部分研究成果的综合,供读者参考。

作者根据我国高速公路沥青路面材料组成设计与路面结构设计的实际,将重要的研究成果编写在本书中,主要包括沥青混凝土磨耗层、SMA 沥青混凝土层、密级配沥青混凝土的组成设计、密级配沥青混凝土的性能评价、开级配沥青稳定基层、级配碎石基层、交通荷载及路面结构设计参数、高速公路沥青路面结构设计、沥青路面典型结构与可靠度分析等。

本书绪论及第一、二、九、十、十一章由黄晓明编写,第五、六、七章由赵永利编写,第三、四、八章由高英编写,全书由黄晓明统稿。

希望读者在使用过程中多提意见,使本书日臻完善。

黄晓明 赵永利 高 英
2006 年 7 月

目 录

第一章 概论	1
第一节 沥青路面及其发展.....	1
第二节 沥青路面的结构分层与类型.....	8
第三节 我国高速公路沥青路面早期病害的调查与分析	15
第四节 高速公路沥青路面设计的基本要求	30
第五节 沥青混合料的基本类型与选择	42
第六节 我国公路的自然区划与气候分区	53
第二章 沥青路面荷载应力分析	60
第一节 沥青路面层状体系理论	60
第二节 沥青路面荷载应力特性	67
第三节 沥青路面结构的线弹性有限元分析	81
第四节 沥青路面结构的非线性有限元分析	90
第五节 沥青路面结构的黏弹性分析.....	108
第六节 沥青路面结构的黏弹性有限元分析.....	116
第七节 不同基层类型的沥青路面高温永久变形分析.....	119
第八节 移动荷载下弹性层状体系理论解.....	130
第三章 沥青混凝土磨耗层	140
第一节 开级配沥青混凝土磨耗层(OGFC)的材料组成设计	140
第二节 开级配沥青混凝土磨耗层(OGFC)的使用性能分析	161
第三节 排水性沥青混凝土面层(Porous Asphalt Pavement)的材料 组成设计.....	171
第四节 排水性沥青混凝土面层(PAP)的使用性能分析	181
第五节 沥青混凝土磨耗层的施工要求.....	188
第四章 SMA 沥青混凝土层	195
第一节 SMA 沥青混凝土层的材料组成设计.....	195
第二节 SMA 沥青混凝土层的基本性能.....	209
第三节 有机纤维加筋沥青混凝土层的组成设计与性能	217

第四节	SMA 与有机纤维加筋沥青混凝土层的施工	233
第五章	密级配沥青混凝土组成设计	243
第一节	沥青混凝土的结构组成	244
第二节	我国密级配沥青混合料的分类	268
第三节	我国密级配沥青混凝土的组成设计	276
第四节	密级配沥青混合料的路用性能要求	299
第五节	我国密级配沥青混凝土配合比设计方法的特点	302
第六节	Superpave 密级配沥青混凝土的材料组成设计	306
第六章	密级配沥青混凝土的性能评价	330
第一节	密级配沥青混凝土的高温稳定性	330
第二节	密级配沥青混凝土的疲劳性能	355
第三节	Superpave 密级配沥青混凝土性能评价方法	384
第四节	富油抗疲劳层沥青混凝土的设计	399
第五节	密级配沥青稳定碎石柔性基层的性能	410
第六节	密级配沥青混凝土层的施工要求	415
第七章	开级配沥青稳定基层	423
第一节	开级配沥青稳定基层(ATPB)的材料组成设计	425
第二节	ATPB 混合料的性能研究	436
第三节	开级配沥青稳定基层(ATPB)的结构设计参数	446
第四节	开级配沥青稳定基层(ATPB)的性能	451
第八章	级配碎石基层	457
第一节	级配碎石的材料组成设计与评价	457
第二节	级配碎石的性能	467
第三节	级配碎石的施工技术	476
第九章	交通荷载及路面结构设计参数	484
第一节	交通荷载及其对路面的作用	484
第二节	AASHTO 沥青路面轴载换算方法	501
第三节	澳大利亚沥青路面轴载换算方法	515
第四节	我国沥青路面轴载换算方法	527
第五节	土基特性与设计参数	535
第六节	路面结构设计参数	548
第十章	高速公路沥青路面结构设计	556
第一节	沥青路面损坏的基本类型及设计指标	556

第二节	沥青路面结构设计指标与标准	558
第三节	沥青路面结构组合设计	565
第四节	我国无机结合料稳定材料基层沥青路面结构设计	576
第五节	CRCP 基层 + 沥青混凝土面层结构设计	582
第六节	国外(AI, Shell, AASHTO-2002)沥青路面结构设计	586
第十一章	沥青路面典型结构与可靠度分析	654
第一节	概述	654
第二节	典型结构使用状况的调查	655
第三节	土基参数与土基等级划分	667
第四节	交通参数与交通等级划分	670
第五节	沥青路面典型结构设计	671
第六节	沥青路面结构可靠度分析方法	676
第七节	沥青路面结构设计参数的变异性分析	686
第八节	路面可靠度设计方法	693
参考文献		702

第一章 概 论

第一节 沥青路面及其发展

公路,在我国历史上习称为“道路”。早在公元前 2000 年,我国已出现可行驶牛、马车的道路。秦朝时期的这种道路称为“驰道”,较长时期称为“驿道”,并强调“车同轨、书同文”。公元前 2 世纪,我国通往中亚细亚和欧洲的丝绸之路开始发展起来。唐代是我国古代道路发展的鼎盛时期,初步形成了以城市为中心的四通八达的道路网。元明时有“大道”之称。清代道路网系统分为三等,即将由京都通往各省会间的道路称为“官马大路”、由各省会通往各地城市的联络支线称为“大路”、市区内街道成为“马路”。“官马大路”分东北路、东路、西路和中路四大干线,共长 2000 多公里。到了清代末期和民国初期,由于汽车和近代筑路法的输入,开始有了“汽车路”的名称。其后随着外文资料的输入,将英语“Public Road”译为“公路”,并将“highway”一词也译为“公路”。现代一般将城市以外的汽车路称为“公路”,将市内和市郊的汽车路称为“道路”。在某些情况下,“公路”与“道路”两词互相通用。

近代公路与古代的土路其功能截然不同。公路,作为近代交通工具的载体,在交通流量和行驶速度日益增长的情况下,对其的建设要求不断提高,这是古代道路无法比拟的。近代公路设施,随着测量技术、筑路技术、筑路材料和检测技术的发展,其结构不断完善和发展,它包括了由路基、路面、桥梁、涵洞、隧道、防护、景观及交通工程等构成的公路建设内容。

汽车工业的发展,促进了公路建设的发展。公路运输较铁路、水运、航空、管道等运输方式,有其独特的特点,即直达、迅速、适应性强和服务面广。因此,汽车运输一出现,就在经济、政治、军事、文化和旅游等方面占有重要的地位。为了提高汽车运输的服务质量,公路的通车里程在不断增长,路基路面的等级和建设质量也在不断提高。

1949 年建国以来,我国进入了社会主义建设的伟大时代。由于工农业

生产迅速发展,人民生活质量逐步提高,尤其是建立和发展了汽车工业和石油工业,我国公路交通事业得到了迅速的发展。特别是 1978 年以后,国家执行了以经济建设为中心的政策,开始了建设有中国特色的社会主义的新时期,公路建设也开创了崭新的局面。到 2005 年底,全国高速公路总里程达 4.1 万公里,公路总里程达 192 万公里。“两纵两横三个重要路段”全部建成。山东、广东两省高速公路突破 3000km,江苏、河南、河北三省高速公路突破 2000km,有 14 个省区高速公路突破 1000km。2005 年完成公路、客运量 169 亿人次,旅客周转量 9300 亿人公里;完成货运量 133 亿吨,货物周转量 8574 亿吨公里。2005 年全年新增公路通车里程 4.9 万公里,其中新增高速公路 6700km。高速公路成为经济社会发展的重要助推器,不仅显著提高了运输能力,降低了运输成本,增强了运输安全性,节约了国土资源,而且在改善投资环境、优化产业布局、促进资源开发利用、提高国家经济的机动性、增强国家竞争力,以及保障国防安全等方面,发挥着越来越重要的作用。

人们在投巨资兴建道路系统的同时,对路基路面的设计与施工技术的研究也在不断深入与全面。由于路基路面直接承受行驶车辆的作用,是道路工程的重要组成部分,应根据车辆行驶的需要,选用优质材料建成。如我国古代曾以条石、块石或石板等铺筑道路路面,以提供人畜以及人力、兽力车辆的运行。欧洲在公元前 3500 年,在美索不达米亚 (Mesopotamia),继发明了车轮后不久,即用石料修筑了第一条有硬质路面的道路。大约公元前 3000 前,闪族人 (Sumerians) 开始使用沥青胶结贝壳或石料作为行车路面。古罗马的范·阿派 (Via Appia) 在公元前 312 年修筑的道路和相应的结构 (图 1-1) 目前仍然在使用。到公元 1780 年,Thomas Telford 就开始修筑碎石路面

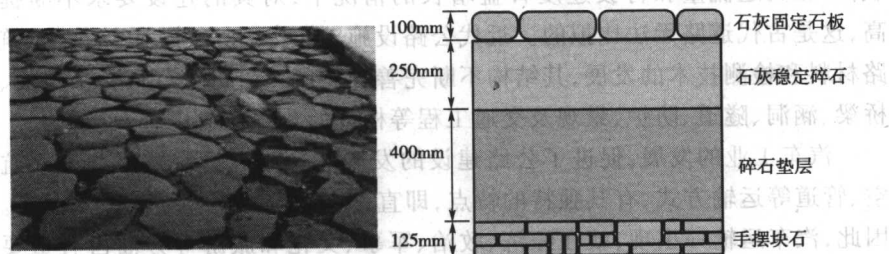


图 1-1 古罗马道路和结构

(Collins and Hart, 1936)

(图 1-2)。1815 年, Macadam 利用沥青作胶结料修筑沥青碎石路面(图 1-3), 之后, 路面材料质量有了质的飞跃。

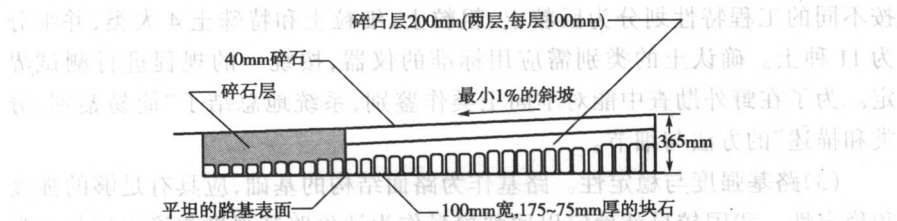


图 1-2 典型的 Telford 路面结构

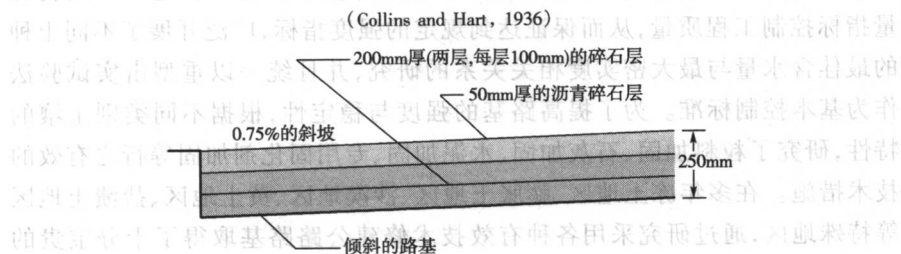


图 1-3 典型的沥青碎石路面结构

(Collins and Hart, 1936)

进入 20 世纪后, 随着汽车工业和交通运输的发展, 现代化公路的路基路面工程逐步形成了新的学科分支。它主要研究公路、城市道路和机场跑道路基路面的合理结构、设计原理、设计方法、材料性能要求以及施工、养护、维修和管理技术等。

半个多世纪, 尤其是改革开放以来, 我国广大道路工程科技工作者, 从我国实际和建设需要出发, 引进外国先进技术, 刻苦钻研, 反复实践, 在路基路面工程建设和科学研究中, 取得了许多突破性的系列成果, 主要包括以下诸方面。

(1) 公路自然区划、温度区划与降雨区划。我国幅员辽阔, 各地自然条件和道路的工程性质差异很大。为此将自然条件大致相近者划分为区, 在同一区划内从事公路规划、设计、施工、管理时, 有许多共性因素可以相互参照。我国现行的《公路自然区划标准》分三级区划, 一级区划是根据地理、地貌、气候、土质等因素将我国划分为七个大区; 二级区划以气候和地形为主导因素; 三级区划以行政区域作为界限。公路自然区划的制定为合理确定沥青路面结构和材料奠定了基础。

(2) 土的工程分类。土是填筑公路路基的主要材料, 由于天然成因的差

异,不同的路基土表现出截然不同的工程特性。我国依据土颗粒组成特征、土的塑性指标(塑限、液限和塑性指数)、土中有机质存在情况,将公路用土按不同的工程特性划分为巨粒土、粗粒土、细粒土和特殊土4大类,并细分为11种土。确认土的类别需应用标准的仪器,按统一的规程进行测试界定。为了在野外勘察中能对不同土类作鉴别,系统地总结了“简易鉴别、分类和描述”的方法与细节。

(3)路基强度与稳定性。路基作为路面结构的基础,应具有足够的强度和稳定性。我国较早就确定以回弹模量作为评价路基强度与稳定性的力学指标,并形成了成套的室内外试验标准方法与仪器。为了在施工中以物理量指标控制工程质量,从而保证达到规定的强度指标,广泛开展了不同土种的最佳含水量与最大密实度相关关系的研究,并且统一以重型击实试验法作为基本控制标准。为了提高路基的强度与稳定性,根据不同类别土壤的特性,研究了粒料加固、石灰加固、水泥加固、专用固化剂加固等行之有效的技术措施。在多年冻土地区、膨胀土地区、沙漠地区、黄土地区、盐渍土地区等特殊地区,通过研究采用各种有效技术修建公路路基取得了十分宝贵的经验。

(4)高路堤修筑技术与支挡结构。为了提高高路堤路基的稳定性,研究提出的技术措施包括减轻路堤自重,采用轻质粉煤灰,或采用轻质塑料块修筑路基;修筑轻型路基支挡结构,特别是加筋土挡墙的研究和工程建设在我国取得了许多成果。例如条带加筋、网络加筋、土工织物加筋等均取得良好效果。

(5)软土地基稳定技术。在软土地基上修筑路基、路面,天然地面的自然平衡状态将发生改变,在很长时间内路基将不断固结而产生路基变形。为此广泛研究了软土的调查与判别方法,提出了许多改变软土地基性质的技术措施,如砂井或塑料板排水固结法、砂层排水加载预压法、真空预压技术、碎石桩复合地基加固技术和无机结合料深层加固法等。在力学分析的研究方面,通过现场跟踪观测与建立预测分析模型,来预估与控制软土地基加固后的工后沉降,从而提高路基的稳定性。

(6)岩石路基爆破技术。利用爆破技术开山筑路在我国有悠久的历史。但是在最近几十年中我国在山区筑路工程中有新的发展,创造了系统的大爆破技术,每次总装炸药量多达数十吨,一次爆破可清除岩石数十万立方米。大爆破以现代爆破理论为基础,事先进行周密的勘测与调查,经过精心设计的大爆破不仅能降低造价,缩短工期,而且能够使爆破后形成的坡面状

况十分接近路基横断面设计要求。同时在山区,对于大粒径填料可以通过高能量压实机械保证路基的强度和稳定性,从而提高了大粒径填料的利用率。

(7)沥青路面结构。20世纪60年代初,随着我国石油资源的大规模开发,揭开了用国产沥青筑路的序幕。早期的沥青路面主要是铺设在现有中级路面上的薄层表面处治层,以改善其行车条件。20世纪70年代末,形成了以贯入式路面为主的沥青路面承重结构。20世纪80年代末,开始兴建高速公路,并开始研究半刚性基层沥青路面结构和材料。由于半刚性基层沥青路面结构具有强度高、造价较低等特点,比较适合中国的实际,因此半刚性基层沥青路面已成为我国高等级公路与城市道路主要的结构形式。再通过“七·五”、“八·五”、“九·五”和“十·五”的集中攻关,对半刚性基层材料的强度发展规律、强度机理、路用性质等进行了广泛的研究,形成了我国半刚性基层沥青路面设计、施工及管理成套技术。其中包括:沥青原材料的生产工艺、装备;沥青材料的技术指标与标准、试验设备及方法;沥青混合料的技术指标与标准、混合料设计技术、混合料性能检测设备及方法;沥青路面现代化施工整套设备、施工技术与管理等。通过20年的实践,目前正在对半刚性基层沥青路面在重载作用下的长期使用性能、变形和破坏规律等问题进行更深入的研究。同时也在开展密级配沥青稳定基层、排水性沥青稳定基层、排水性沥青面层、永久性沥青路面、沥青混凝土+连续配筋水泥混凝土路面结构等的研究及应用工作。在研究和总结的基础上,形成我国沥青路面的主要结构。

(8)水泥混凝土路面结构。20世纪70年代中期,交通运输发展加快,部分干线公路、城市道路及厂矿道路为提高承重能力,相继采用水泥混凝土路面结构。随后,针对水泥混凝土路面各方面存在的问题,开展了系统而具有相当规模的科学研究。从而在我国形成了关于水泥混凝土路面结构的整套技术,包括:道路水泥的性能、指标、标准以及生产工艺;水泥混凝土路面基层的作用,水泥混凝土路面结构性能与设计方法;接缝构造、工作原理以及接缝设计方法;水泥混凝土路面小规模施工和大规模现代化施工成套装备及施工方法、施工组织管理等。在20世纪80年代中期,东南大学负责在江苏盐城修筑了我国第一条连续配筋水泥混凝土路面;20世纪90年代中期又在江苏镇江修筑了更大规模的连续配筋水泥混凝土路面;2001年南京绕城公路修筑了连续配筋水泥混凝土+沥青混凝土的路面结构,首次进行了永久性沥青路面的尝试,并用毛勒缝代替锚固梁等其他锚固方式,提出了

全新的端部锚固方式,为我国连续配筋水泥混凝土路面的使用奠定了一定的基础。我国还对钢纤维混凝土路面、碾压混凝土路面、复合结构混凝土路面等新型路面结构开展系统研究,并取得一批实用的研究成果。

(9)沥青路面设计理论与方法。半个世纪来,中国道路科技工作者通过广泛的调查研究和理论探索,形成了符合中国实际的沥青路面设计理论与方法体系,它吸取了世界上各种流派的学术思想,以及各个国家设计方法的优点。在力学理论基础方面,建立了弹性力学多层结构承受多个圆形荷载的分析系统及相应的计算机程序;提出了以弯沉为控制设计指标、弯拉应力为验算指标的设计指标体系,并通过调查或试验得到了相应的标准控制值;形成了符合我国当时交通状况的荷载模式及交通分析方法;提出了相应的设计参数、标准、测试仪器与方法。近年来,我国在路面功能设计、可靠度设计等方面的研究取得了明显的进展,同时进行了沥青路面破坏模式与对应的设计指标与标准的研究工作。

(10)水泥混凝土路面设计理论与方法。20世纪70年代起,我国道路科技工作者对水泥混凝土路面设计进行较系统而具有相当规模的研究。在力学基础理论方面,运用解析法及有限元法建立了弹性力学层状结构、弹性地基板结构模型,形成了整套分析计算方法与计算机程序;建立了以弹性力学为基础,以混凝土弯拉疲劳应力、温度疲劳应力综合作用的设计体系与方法;研究并建立了地基支承、疲劳效应、动力效应等一整套设计参数的取值与测试方法。还进行了系统的水泥混凝土路面参数变异性分析、可靠度设计方法等研究,其研究成果为现行的以可靠度为指标的水泥混凝土路面设计方法所采用。

(11)沥青路面材料组成设计。沥青路面结构层材料组成设计是路面施工的关键。通过对无机结合料稳定材料的深入研究,提出了无机结合料稳定材料的组成设计方法、控制指标和标准,同时提出了完整的施工控制技术要求,保证了无机结合料稳定基层的耐久性。同时,对沥青混合料组成设计也提出了完整的技术指标与标准,通过沥青的优选、集料的严格控制和施工过程的严格把关,提高了沥青路面的使用耐久性。结合中国国情,在中国推广使用 SMA、Superpave 技术,并研究了 OGFC、排水性表面层(Porous Asphalt Pavement)和排水性沥青稳定基层(ATPB)等在中国的应用技术,进一步提高了沥青路面的工程质量和使用品质。

(12)路面使用性能与表面特性。路面的平整度、破损程度、承载能力及抗滑性能是路面使用性能的重要方面。目前,我国已对这些性能对行车的影

响,这些性能与路面结构设计、材料、施工的关系,量测手段与量测方法,评价的指标与标准,在车辆的反复作用下性能的衰减及恢复等开展了广泛的研究,有的已成功地应用于工程之中。我们还开展了低噪声沥青路面技术、排水性(抗水漂)沥青表面层技术、开级配沥青磨耗层(OGFC)技术等的研究,提高了沥青路面的表面使用性能,提高了沥青路面的使用安全性、舒适性。

(13)路面养护管理。将系统工程的理论与方法用于协调路面养护,形成路面管理系统是20世纪80年代后的新动向。多年来,我国在路面性能的非破损快速跟踪检测、路面性能预估模型的建立、路面管理网络系统的建立以及项目级和路网级优化管理决策等方面取得了系列研究成果。路面使用性能的检测技术也有了很大的进步,路面弯沉检测、抗滑性能检测、平整度检测、路面破损检测等也由过去的人工检测向现代化的检测系统发展。自动弯沉检测车、落锤式弯沉仪(FWD)、路面厚度雷达测试车、路面多功能监测车等,可为路面管理系统提供完整的路面使用状况数据。

综上所述,路基路面工程作为一个学科分支,在我国随着交通运输的发展,正在以较快的速度逐步接近国外同类学科的前沿。进入21世纪,交通运输不论是在发展中的中国,还是在其他发达国家,仍然是一个重要的科技领域。我国道路科技工作者将会从中国的实际出发,不断吸取交叉学科的新成就以及世界各国的有用经验,全面推动路基路面工程学科的发展,为我国交通运输现代化做出贡献。根据当前路基路面工程科学技术的发展趋势,对于以下几方面学科的交叉与发展特别应该引起重视。

(1)材料科学。回顾历史,路基路面工程每一项新技术的出现,首先在材料方面有所突破。如路基土壤的改良与稳定路基的技术措施,沥青材料、水泥材料的改性研究,路用塑料等都与材料科学有关。材料微观结构研究、复合材料研究的许多成果也正在被引入路基路面工程,尤其是提高沥青路面耐久性添加剂(如抗剥离剂、聚合物改性材料、高黏度沥青添加剂等)、沥青再生添加剂等。

(2)岩土工程学。路基路面作为地基结构物依托天然地表的岩石与土壤构筑而成。因此路基路面工程在诸多方面借鉴于岩土工程学的科技成果,如土力学、岩石力学、地质学、土质学、水文地质学等都是路基路面工程学科的重要基础理论。

(3)结构分析理论。路基路面设计由经验为主的方法演变成以结构分析理论为主的方法是一次飞跃。由于结构的复杂性以及车辆荷载与环境因素变化的复杂性,目前多数国家的设计方法所依据的静力线弹性力学分析

理论还是不能完全满足要求,许多学者仍致力于路基路面结构分析的力学基础研究,如动力荷载与结构动力效应,非线性、黏弹性、黏弹塑性等数学、力学模型的建立以及适用的情况,各种边界条件的数学分析方法和数值解方法等。今后进一步发展有可能使宏观结构分析与材料的组成、材料的特性以及材料的微观结构与微观力学相融为一体,成为路基路面工程设计的重要基础。

(4)机电工程。现代化道路与机场路基路面工程的固有性能及使用品质越来越多地依赖于施工装备的性能与施工工艺。如振动压路机的吨位、频率与振幅对于各种结构层产生的效果截然不同。许多专用施工设备就是根据结构强度形成理论和工艺要求专门进行设计的。因此有些国家在研究一项路面工程新技术时,往往将施工工艺与施工装备也列入研究计划作同步开发研究。

(5)自动控制与量测技术。为确保路基路面的工程质量和良好的使用品质,必须在施工过程中严格控制各项指标,如材料用量、加热温度、碾压吨位、碾压质量等,竣工后以及开放运行在使用过程中需要长期作跟踪监测。所有这些控制与量测都在逐步采用高新技术,以达到较高的精确度,如配料自动控制,平整度自动控制等。在量测技术方面引用高速摄影、激光装置、红外线装置量测各项质量指标及性能指标等。路面响应的检测也由过去的应变片测定,向振弦式应变计和光纤应变测量过渡。路面应变测试不仅能测定某点的应变,还能测定应变场、弯沉盆、温度场等;应变检测不仅能测定相对值,还能测定绝对值。

(6)现代管理科学。从现代管理科学的角度来看,路基路面工程在一个区域范围内属于一个大系统,而且从规划、设计、施工、养护、维修、管理全过程来看,延续数十年之久。通过大型的管理系统,对区域范围内路基路面工程各个阶段的信息进行跟踪、采集、存储、处理、定期作评估和预测,必要时提出维修决策,投放资金进行维修养护,使路基路面始终具有良好的使用性能,这是现代化管理的总的概念。有许多国家已在这方面取得实质性的进展,用于工程实践。这对于节约维修养护投资,提高运输效率有重要作用。

第二节 沥青路面的结构分层与类型

路基和路面是道路的主要工程结构物。路基是在天然地表面按照道路的设计线形(位置)和设计横断面(几何尺寸)的要求开挖或堆填而成的岩土

结构物。路面是在路基顶面的行车部分用各种混合料铺筑而成的层状结构物。路基是路面结构的基础,是公路工程的主要组成部分,坚强而又稳定的路基为路面结构长期承受汽车荷载提供了重要的保证,而路面结构层的存在又保护了路基,使之避免了直接经受车辆和大气的破坏作用,长久处于稳定状态。路面损坏往往与路基填料不当、路基排水不畅、压实度不够、强度低等有直接关系。路基和路面相辅相成,实际上是不可分离的整体,应综合考虑它们的工程特点,综合解决两者的强度、稳定性和耐久性等工程技术问题。

路基路面是一项线形工程,有的公路延续数百公里,甚至上千公里。公路沿线地形起伏、地质、地貌、气候特征多变,再加上沿线城镇经济发达程度与交通繁忙程度不一,因此决定了路基与路面工程复杂多变的特点,工程技术人员必须掌握广博的知识,善于识别各种变化的环境因素(尤其是现代高速公路拓宽工程),恰当地进行处理,建造出理想的路基路面工程结构。

现代化公路运输,不仅要求道路能全天候通行车辆,而且要求车辆能以一定的速度,安全、舒适而经济地在道路上运行。这就要求路面具有良好的使用性能,提供良好的行驶条件和服务水平。

一、路面结构使用功能要求

为了保证公路与城市道路最大限度地满足车辆运行的要求,提高行车速度,增强安全性和舒适性,降低运输成本和延长道路使用年限,要求路基路面具有下述基本性能。

1. 承载能力

行驶在路面上的车辆,通过车轮把荷载传给路面,由路面传给路基,在路基路面结构内部产生应力、应变及位移。如果路基路面结构整体或某一组成部分的强度或抗变形能力不足以抵抗这些应力、应变及位移,则路面有时会出现断裂、沉陷、波浪或车辙,使路况恶化、服务水平下降。因此要求路基路面结构整体及其各组成部分都具有与行车荷载相适应的承载能力。

结构承载能力是路面结构承受荷载的能力,因此,路面结构整体或某一组成部分应具有足够的强度以抵抗车轮荷载引起的各个部位的各种应力,如压应力、拉应力、剪应力等,使路面各个部位的各种应力在规定的范围内,保证路面结构不发生压碎、拉断、剪切等各种破坏;或者路面结构整体或某一组成部分应能抵抗车轮荷载引起的各个部位的各种应变,如压应变、拉应