

寒区道路工程技术丛书

# 沥青路面工程

Liqing lumian Gongcheng

王哲人 编著

217



人民交通出版社

China Communications Press

寒区道路工程技术丛书

Liqing Lumian Gongcheng

# 沥青路面工程

王哲人 编著

人民交通出版社

## 内 容 提 要

本书分三大部分:概论(第一章至第三章),沥青筑路技术发展及路面损坏分析及发展趋势;设计(第四章至第六章),材料与结构两方面可操作的技术措施及解决问题方式;施工(第七章)针对损坏的局部性现象,重点在变异性的过程控制。

### 图书在版编目(CIP)数据

沥青路面工程/王哲人编著. —北京:人民交通出版社, 2005.2

(寒区道路工程技术丛书)

ISBN 7-114-05397-5

I. 沥... II. 王... III. 沥青路面-道路工程

IV. U416.217

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 008623 号

### 寒区道路工程技术丛书

书 名: 沥青路面工程

著 者: 王哲人

责任编辑: 师 云

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)85285656, 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: 14.5

字 数: 226 千

版 次: 2005年3月第1版

印 次: 2005年3月第1版第1次印刷

书 号: ISBN 7-114-05397-5

印 数: 0001—3000册

(有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)

# 寒区道路工程技术丛书 编 审 委 员 会

主任委员：戴彤宇

副主任委员：白海莹

委 员：王哲人 张宝生 邴文山 余诗泉  
鲍明伟 谭忆秋 葛 勇 寇晓波  
唐林鹏 王延河

## 序

经过编写人员历时一年的精心编撰,《寒区道路工程技术丛书》终于与读者见面了。丛书囊括了公路路基、路面、桥梁设计与施工等方面的内容,广泛地吸收了我国已建高速公路的先进技术和经验,并吸取了国外有关的先进技术,它是一套结合我国国情,理论联系实际,具有较高实际应用价值的科技丛书。

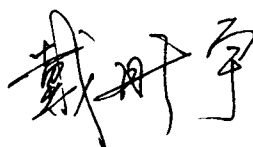
丛书共分五册,第一册《道路建筑材料》,第二册《路基工程》,第三册《沥青路面工程》,第四册《水泥混凝土路面工程》,第五册《桥梁工程》。该丛书既可作为在职道路桥梁方面技术干部的培训教材,又可供从事高速公路建设的科研、设计、施工和管理方面的人员学习、借鉴,也可供大专院校的师生参考,是一套难得的工具书。

随着人类社会文明的进步和人民生活水平的提高,人们对交通事业的发展要求愈来愈高,对道路交通工程技术、工程质量的要求也不断提高。因此,不断地总结前期高等级公路的修筑技术和经验教训,大力推广先进技术成果,加强对相关技术的科学研究工作,就历史性地落在我们这一代人肩上。

黑龙江省自“九五”期间提出实施“科教兴交通”战略以来,已培养和引进了一批高学历、高层次的科技人才,但仍与交通事业的飞速发展不相适应。因此,培养和提高广大在职技术干部的素质和技术理论水平,是我省交通系统实施人才战略的重要措施。这套丛书的出版对加快我省交通人才的培养,为今后公路交通科技事业和整个交通事业的可持续发展提供了强有力的智力支持和保障。

愿这套丛书对传播新技术,培养高、尖人才,加快科技成果转

化,推动科技进步起到积极的作用。

Handwritten signature in black ink, consisting of the characters '戴' (Dai) and '平' (Ping) in a cursive style.

2004年12月20日

## 前 言

改革开放以来,我国公路建设取得了长足发展,实现了历史性飞跃。公路交通对国民经济的适应能力和服务水平不断提高。到2004年底,我国的公路通车总里程已达到185.6万公里,其中代表现代交通发展水平的高速公路近3万公里,仍保持世界第二位。我国用10年的时间,走过了发达国家一般需40年走完的历程,公路设计、施工工艺以及整套技术都跨入了世界先进行列。

随着经济和社会的发展、科学技术的进步与创新,黑龙江省公路交通产业正处于基础设施建设任务繁重,急需加快发展的阶段。为适应需要,推动行业技术进步、培养高水平的科技人才、全面提高交通科技人员的素质,我们编写了这套《寒区道路工程技术丛书》,供广大科技人员学习专业技能,提高自身素质之用。我们鼓励广大科技人员为发展黑龙江省交通事业更加刻苦、努力地学习,以全新的理念和意识迎接新世纪交通基础设施建设任务的挑战。

在撰写本套丛书时,我们采取了理论与实践相结合的方法。丛书不仅包括了公路路基、路面、桥梁的设计与施工,而且还包括了道路建筑材料有关规范、相关技术理论与实践方面的内容。

本套丛书既有理论性又有实践性,以培养现有技术人员的素质,提高专业技能为目标,既便于科研人员理论研究,又便于设计和施工人员借鉴参考。

《寒区道路工程技术丛书》共分五册:第一册《道路建筑材料》由葛勇、谭忆秋、袁杰编著;第二册《路基工程》由鲍明伟编著;第三册《沥青路面工程》由王哲人编著;第四册《水泥混凝土路面工程》由邴文山编著;第五册《桥梁工程》由余诗泉编著。

本套丛书不求全面,力争为从事寒区公路桥梁设计、施工、科研的工程技术人员提供一套实用的教材和参考资料。同时力争以新的视角分析、总结归纳出一个针对发展中所提出的系统认识和现实可操作性的处理方法,以便提高交通系统广大在职工程技术人员的专业技能,以适应发展需要。

黑龙江省交通厅一直十分重视本套丛书的编写工作,省交通系统及哈尔滨工业大学、东北林业大学的有关专家和业内技术人员积极参与本套丛书的编写工作,并为丛书的编写及出版提出了具体指导性意见。在此,谨向所有关心、支持本丛书编写和出版的有关领导、专家、学者表示衷心感谢。

本套丛书由黑龙江省交通厅科技教育处白海莹处长策划并组织编写,张景致和沈家焯两位教授级高级工程师担任本丛书的主审。

《沥青路面工程》分为三大部分。第一部分:概论(第一章至第三章),采取了从沥青筑路技术的发展、沥青路面的损坏分析来论述高等级公路沥青路面的特殊性、发展趋势,并进行了矛盾分析。第二部分:设计(第四章至第六章),重点放在当前从材料与结构两方面可操作的技术措施,力图缓解或解决当前发生的问题。第三部分:施工(第七章),针对损坏的局部性现象,重点在变异性的过程控制。

由于作者水平有限,书中疏漏及不足在所难免,恳请读者和同行批评指正。

编者

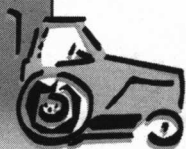
2004年12月20日



# 目 录

<b>第一章 路面结构</b> .....	1
第一节 路面结构组成.....	1
第二节 路面工程的特点.....	4
第三节 路面等级与类型.....	6
第四节 沥青路面结构层.....	9
<b>第二章 石油沥青筑路技术的发展</b> .....	12
第一节 发展阶段 .....	12
第二节 发展过程 .....	21
第三节 发展趋势 .....	29
<b>第三章 沥青路面损坏类型与原因分析</b> .....	33
第一节 损坏类型 .....	33
第二节 损坏原因的一般分析 .....	38
第三节 高速公路沥青路面的水损害 .....	39
第四节 高速公路沥青路面的高温车辙与低温缩裂 .....	46
<b>第四章 沥青路面面层</b> .....	60
第一节 概述 .....	60
第二节 沥青路面面层分工论 .....	62
第三节 沥青混合料的类型 .....	65
第四节 沥青路面上面层的功能设计 .....	79
<b>第五章 基层与垫层</b> .....	86
第一节 概述 .....	86
第二节 半刚性基层的发展趋势——紧排嵌挤骨架—密实型混合料 .....	87
第三节 采用柔性基层的关键技术 .....	94
第四节 沥青碎石基层功能设计.....	125
第五节 柔性基层与半刚性基层的优化组合.....	132

第六节 垫层的发展趋势——多孔板体的垫层·····	138
<b>第六章 沥青路面结构设计</b> ·····	149
第一节 路面结构组合·····	149
第二节 我国沥青路面设计指标的评述·····	154
第三节 《沥青路面设计规范》的修订工作·····	166
<b>第七章 工程质量控制</b> ·····	169
第一节 目标控制与工艺过程控制·····	169
第二节 变异性与突变性·····	174
第三节 混合料的离析·····	182
第四节 温度的变异·····	200
第五节 碾压质量的过程控制·····	204
<b>参考文献</b> ·····	220



# 第一章 路面结构<sup>[1]</sup>

## 第一节 路面结构组成

路基、路面是道路工程的主体结构。路面是路基顶面的行车部分,是由各种混合料铺筑而成的结构物。路基路面是相互联系的一个整体。路面结构作为路基路面结构整体的一个组成部分,常采用狭义的概念,包括面层、基层、垫层三个结构层以及表面路拱。路面结构的承载力和耐久性很大程度上依赖于土基、路面排水,还有路肩,因此广义的路面结构,应该包括结构层次、土基、路面排水以及路肩,见图 1-1。

### 一、结构层

路面的结构由面层、基层、底基层和垫层组成。

面层是直接承受行车荷载作用、大气降水和温度变化影响的路面结构层次,应具有足够的结构强度、良好的温度稳定性,并应具有耐磨、抗滑、平整和不透水性能。面层由一层或数层组成,其顶面可加铺磨耗层,其底面有时增设联结层。

基层起主要承重作用,底基层起次要承重作用,都应具有足够的强度。底基层的强度指标可略低于基层。基层、底基层有时可设两层,分别称为上、下基层和上、下底基层。

在路基土质较差、水温状况不良时,宜在底基层之下设置垫层。垫层起排水、隔水、防冻、防污或扩散荷载应力等作用。

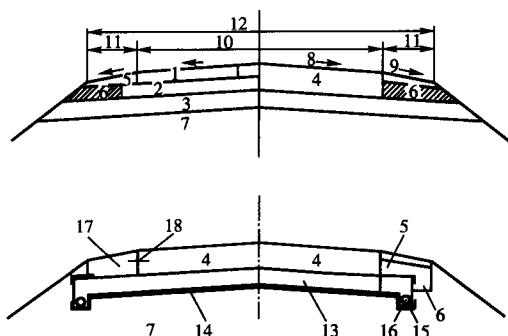


图 1-1 路面结构层

1-面层;2-基层;3-垫层;4-水泥混凝土面层板;5-路肩面层;6-路肩基层;7-路基;8-路拱横坡;9-路肩横坡;10-行车道宽度;11-路肩宽度;12-路基顶宽;13-透水基层;14-反滤层;15-纵向排水管;16-土工织物;17-水泥混凝土路肩;18-拉杆

起辅助作用的粘层、透层、下封层正愈益受到重视,处于有不同认识的发展阶段,可暂且归纳为辅助层。

路面类型、结构层次和组成材料的选择,依据道路等级、交通繁重程度、路基承载能力、材料供应情况、气候条件(气温、降水和冰冻等)、施工考虑(设备、工艺、分期修建、施工期限)、寿命周期费用、资金筹措等因素,综合考虑和分析后做出决定。

## 二、土 基

土基是路床表面以下深 80cm、路面宽度范围内的上部路基,土基的湿度状态对路面结构的强度与稳定性有重大的影响,据此,根据路基土的平均稠度( $W_c$ ),土基被划分为干燥、中湿、潮湿、过湿 4 种干湿状态,见表 1-1。

土基干湿状态的稠度建议值 表 1-1

干湿状态	干燥状态	中潮状态	潮湿状态	过湿状态
土质砂	$W_c \geq 1.20$	$1.20 > W_c \geq 1.00$	$1.00 > W_c \geq 0.85$	$W_c < 0.85$
粘质土	$W_c \geq 1.10$	$1.10 > W_c \geq 0.95$	$0.95 > W_c \geq 0.80$	$W_c < 0.80$
粉质土	$W_c \geq 1.05$	$1.05 > W_c \geq 0.90$	$0.90 > W_c \geq 0.75$	$W_c < 0.75$

可以根据实测不利季节路床表面以下深 80cm 内土的平均稠度或一般特征(表 1-2)确定土基干湿类型;对新建道路则需根据当地路基土、填土高度与水温状况等论证确定。土基的湿度状态不仅随自然因素而发生年变化(一般南方的雨季、北方的春融为最不利季节,还应该指出道路的修建,打破

了原有的自然平衡,特别是沥青层不仅改变了雨水的渗入、湿气的流通),而且还会因传热系数的变化,影响到湿度状态。潮湿路段的粒料路面加铺沥青层后,路面结构因湿度增加而导致强度的衰变就是一个例证。

土基干湿类型

表 1-2

路基状态	平均稠度 $W_c$ 与 分界稠度 $W_{ci}$	一般特征
干湿状态	$W_c \geq W_{c1}$	土基干燥稳定,路面强度和稳定性不受地下水和地表积水影响,路基高度 $H_0 < H_1$
中潮状态	$W_{c1} \geq W_c > W_{c2}$	土基下部土层处于地下水或地表积水影响的过渡带内,路基高度 $H_2 < H_0 \leq H_1$
潮湿状态	$W_{c2} \geq W_c > W_{c3}$	土基上部土层处于地下水或地表积水毛细水影响区内,路基高度 $H_3 < H_0 \leq H_2$
过湿状态	$W < W_{c3}$	路基极不稳定,冰冻区春融翻浆,非冰冻区软弹的土基经过处理后方可铺筑路面,路基高度 $H_0 \leq H_3$

注:  $H_0$  为不利季节路床表面距地下水地表积水水位的高度。地表积水是指不利季节积水 20d 以上;

$H_1$ 、 $H_2$ 、 $H_3$  分为干燥、中潮和潮湿状态的路基临界高度,见《公路沥青路面设计规范》(JTJ 014—97)附录 E 表 E<sub>1</sub>;

$W_{c1}$ 、 $W_{c2}$ 、 $W_{c3}$  分别为干燥、中潮、潮湿和过湿状态的分界稠度。

划分土基干湿类型以平均稠度  $W_c$  为主。缺少资料时,可参考表 1-2 中的一般特征确定。

### 三、路面排水

通过裂缝、接缝或空隙渗漏,或者由地下水位毛细上升以及负温坡差作用下水分重分布进入路面结构内的水分,不仅会降低路基土和未稳定粒料的强度,也会促使沥青混合料发生剥落,造成半刚性基层的损伤。因而,路面排水是应予优先考虑的一项重要内容。

处理路面中水分的方法有以下三类。

#### (一)防止水分进入路面

可采取的措施:拦截流向道路的地下水;设置路拱;填封路表面的各种缝隙;采用透水性小的密级配面层混合料等。



## (二) 迅速排除进入路面结构内的水分

可通过在路面结构内设置排水层,将进入路面结构内的自由水横向排送到设在路肩下的纵向排水管内,然后排出路基;也可以把基层或垫层或垫层的一部分设计成排水层。

## (三) 路面结构本身抗水性

混合料应具有足够强度以抵抗荷载和水的共同作用。

# 四、路 肩

路肩设在行车道两侧,供车辆临时停车时使用,并为路面结构提供侧向支承。

路肩结构可分为无铺面路肩、沥青路肩和水泥混凝土路肩三类。后两类路肩结构设面层和基层两个层次。

路肩应同行车道路面作为一个整体进行结构设计,内容包括:宽度和厚度的确定、组成材料的选择、路面和路肩交界面填封处理、路肩排水等。水泥混凝土路肩还包括拉杆和横缝设置等。

## 第二节 路面工程的特点

同其它工程结构物相比,路基和路面结构具有许多显著不同的特点。

### 一、不确定性

#### (一) 土基

道路沿线的地形、地质和水文等自然条件往往变化很大,即使在较短的路段内,路基的填挖情况、石质和土质以及水文条件仍会有较大的差别,从而使土基的物理和力学性质有很大的变异。

#### (二) 路面材料

组成路面各结构层的是不同来源和不同性质的材料,按不同方式和配比组合而成的混合料。这些混合料的力学性质,受料源和材料生产状况(非

工厂化生产)的影响而变异性很大。

### (三)环境

路面结构所处的环境(包括气候、水文和路基支承条件)复杂多变,而路面结构层和混合料的力学性质对环境条件的变异又十分敏感,这就更加剧了材料和结构性状的可变性。

### (四)荷载

作用在路面上的行车荷载,无论是质量、频率和数量,都是因时因地而变的随机变量。

综上所述,路面是一种本身性质变异很大而又在复杂环境和条件下工作的结构物,其不确定性既有随机的又有模糊的,因此,在设计、施工和养护工作中很难准确把握,而在相当大程度上必须依赖于经验。国内外大都主张路面结构设计采用力学—经验法,故问题转化为两者分寸的把握。

## 二、可 变 性

### (一)衰变

路面的使用性能在使用过程中逐渐变坏(图 1-2)。路面使用性能的衰变速度取决于外因(交通和气候条件)和内因(路面结构、施工质量和养护水平等)。结构能力越弱,施工质量越差,养护水平越低,则使用性能衰变的速率越快。

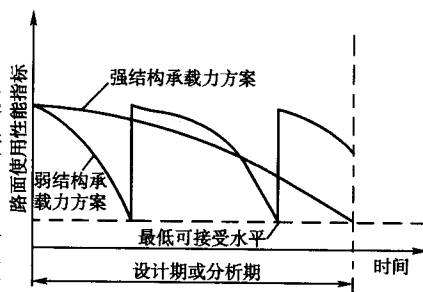


图 1-2 路面使用性能的衰变

### (二)养护

当使用性能恶化到某一预定的最低水平时,便需采取改建或重建措施,以恢复和提高其使用性能。在预定的设计期内,路面结构应及时大修或中修。

### (三)相互影响

设计时,必须充分考虑和反映现有的施工和养护条件所能达到的水平。



否则,实际使用性能将达不到设计所预期的性能,从而增加养护和改建工作和投资。施工和养护时,也必须充分考虑并实现设计时所提出的施工和养护水平要求。否则,同样也会增加设计期内的养护和改建工作和投资。

### 三、复杂性

路基路面是一种复合结构。结构在荷载和自然因素作用下的应力和变形状况,以及其使用性能,同复合结构的组成情况有关,同时也同各组成部分的材料性状有关。路基和路面材料的性状往往是非线性的,是应力(应变)水平及温度和湿度的函数,这就使结构分析和设计时要综合考虑在特定荷载和自然条件下结构组成和材料性状的相互影响,不能把材料性状固定化而单独考虑结构组合,也不能脱离有关组成部分在结构中所处的位置来分析材料的性状。因而,按简化力学模型进行路面结构分析,指导工程实践是有效的、必要的,然而模型的正确选择与依赖于经验的补充也是重要的。

基于交通运输在现代社会经济发展中的重要地位,针对具有不确定性、可变性和复杂性特点的路面工程,宜发展为采用基于信息论、系统论、控制论的系统设计方法。从横向看,系统的关键在温度场、湿度场和应力场的耦合,从纵向看系统设计应以路面结构的长期使用性能为基础。系统设计以信息为依据,以控制为目的。路基和路面的设计、施工、养护和监测是一个相互关联和相互依存系统。对于重交通宜采用承载能力较强的结构和保证优良的施工质量,以花费较高的初期修建费获取较长的使用寿命、较少的改建费用、较好的使用性能和较省的使用者费用;对于重要性较低的工程则宜采用初期较弱的结构,以节省初期修建费,并随着交通量的发展,采取加强养护、分期修建的技术对策。作为国家命脉的高速公路干线网,以考虑永不大修为原则,要求路面结构有深层次的系统设计。

## 第三节 路面等级与类型

### 一、路面等级与类型的选择

按面层作用、材料的不同,路面可分为四类:沥青路面、水泥混凝土路面、块料路面和粒料路面;按公路等级、设计年限与交通量,路面可分为四个



等级:高级路面、次高级路面、中级路面与低级路面。路面等级与类型的选择应根据公路等级与使用要求、设计年限内标准轴载的累计当量轴次、筑路材料和施工机械设备等因素确定(表 1-3)。

路面类型的选择

表 1-3

公路等级	路面等级	面层类型	设计年限内标准累计轴次(万次/车道)
高速公路	高级路面	沥青混凝土,水泥混凝土	> 400
一级公路			
二级公路	高级路面	沥青混凝土,水泥混凝土	> 200
	次高级路面	沥青贯入式	100 ~ 200
		热拌沥青碎石混合料	
三级路面	次高级路面	沥青表面处治	10 ~ 100
		乳化沥青碎石混合料	
四级路面	中级路面	水结碎石	≤ 10
		泥结碎石	
		级配碎(砾)石	
		半整齐石块路面	
	低级路面	粒料改善土	

## 二、对路面的要求

路面结构应满足两个方面的要求,即不同的汽车运输服务水平为依据提出的功能性使用性能与结构性使用性能。功能性使用性能是指路面平整度与抗滑性能。路面平整度决定了行车的舒适性;而路面的抗滑性能决定了行车的安全性。由于使用年限内行车都有舒适性和安全性的要求,因此所要求的平整度与抗滑不仅取决于施工工艺水平的初始平整度的抗滑性能,而且要求避免两者在使用过程中的衰减。因此对路面必须要有结构性使用性能的要求,以免行车荷载与自然因素综合作用下路面结构的开裂与变形(沉陷、车辙等),使路况恶化,服务水平下降。结构性使用性能是指路面的承载力及其耐久性。

高速交通对路面结构使用性能高要求的难点,并不在指标多、标准高,而在于这是一个矛盾交叉的多指标体系,落实所采取的技术措施容许范围