

寒区道路工程技术丛书

水泥混凝土路面工程

Shuini Hunningtu Lumian Gongcheng

邴文山 编著



6. 216
2



人民交通出版社

China Communications Press

寒区道路工程技术丛书

Shuini Hunningtu Lumian Gongcheng

水泥混凝土路面工程

邴文山 编著

人民交通出版社

内 容 提 要

本书首先简要介绍了我国自1997年以来,公路水泥混凝土路面发展状况及在水泥混凝土路面设计、施工与养护方面取得的一些研究成果;扼要分析和说明了寒冷地区水泥混凝土路面冰冻稳定性的一些主要影响因素和采取的相应措施;简单介绍了《公路水泥混凝土路面设计规范》(JTG D40—2002)修订的特点和内容。其次,本书详细论述了水泥混凝土路面病害、产生原因及预防措施;侧重介绍了水泥混凝土路面结构设计要点和旧水泥混凝土路面加铺层设计的基本方法以及水泥混凝土路面施工的新技术、新工艺等有关内容。最后,本书对水泥混凝土路面施工质量、检查、验收与管理也做了简要介绍。

本书适合于从事公路与城市道路专业,在设计、施工与养护方面有一定专业理论基础和实践经验的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

水泥混凝土路面工程/邴文山编著. —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.水... II.邴... III.水泥混凝土路面-道路工程 IV.U416.216

中国版本图书馆CIP数据核字(2005)第008621号

寒区道路工程技术丛书

书 名:水泥混凝土路面工程

著 者:邴文山

责任编辑:武晓涛 贺彩

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:11.25

字 数:172千

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,并广泛地吸收了我国已建成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,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。

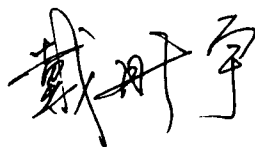
丛书共分五册,第一册《道路建筑材料》,第二册《路基工程》,第三册《沥青路面工程》,第四册《水泥混凝土路面工程》,第五册《桥梁工程》。该丛书既可作为在职道路桥梁方面技术干部的培训教材,又可供从事高速公路建设的科研、设计、施工和管理方面的人员学习、借鉴,也可供大专院校的师生参考,是一套难得的工具书。

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。

A handwritten signature in black ink, consisting of three characters: '戴', '平', and '宇'. The characters are written in a cursive, flowing 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3.42万公里,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。

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。

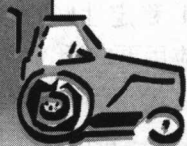
编 者

2004年12月20日

目 录

第一章 概论	1
第一节 我国水泥混凝土路面发展现状与研究成果.....	1
第二节 水泥混凝土面层类型及结构特点.....	5
第三节 水泥混凝土路面表面使用品质.....	11
第四节 水泥混凝土路面的冰冻稳定性.....	18
第五节 《公路水泥混凝土路面设计规范》(JTG D40—2002) 修订的特点和内容简介.....	23
第二章 水泥混凝土路面病害与预防措施	34
第一节 水泥混凝土路面病害及分类.....	34
第二节 水泥混凝土路面病害原因分析.....	36
第三节 水泥混凝土路面板下脱空影响因素及疲劳 寿命的计算与分析.....	44
第四节 水泥混凝土路面裂缝与断板的预防措施.....	54
第五节 水泥混凝土路面技术状况的评定.....	57
第三章 水泥混凝土路面结构设计	66
第一节 概述.....	66
第二节 设计依据及结构组合设计.....	67
第三节 水泥混凝土面层板应力分析与厚度计算.....	75
第四节 水泥混凝土面层接缝设计.....	83
第五节 水泥混凝土面层配筋设计.....	91
第四章 旧水泥混凝土路面加铺层	99
第一节 概述.....	99
第二节 加铺层结构设计.....	101
第三节 加铺层的修筑技术.....	113
第五章 水泥混凝土面层施工技术	117
第一节 水泥混凝土面层主要组成材料的技术要求.....	117

第二节	水泥混凝土面层施工的准备工作·····	124
第三节	水泥混凝土面层机械施工技术·····	135
第六章	施工质量检查、验收与管理 ·····	154
第一节	概述·····	154
第二节	水泥混凝土面层施工质量检查与验收·····	154
第三节	水泥混凝土面层施工质量管理方法·····	162
参考文献	·····	167



第一章 概 论

第一节 我国水泥混凝土路面发展现状与研究成果

一、我国水泥混凝土路面发展现状

随着我国社会主义建设事业的发展,在我国公路、城市道路、工矿企业道路以及飞机场的修建中,水泥混凝土路面的修建里程日益增多。根据我国近年来原油生产发展情况,国家供应足够数量的路用优质沥青还有相当大的困难,因此,修筑水泥混凝土路面是今后改善、提高路面质量的重要途径之一。

根据对水泥混凝土和沥青混凝土两种高级路面进行的经济与能耗分析研究,水泥混凝土路面的建筑投资费用虽较沥青混凝土路面大,但前者的养护费用省。如按 30% 计算期内的总费用现值计算,在大多数情况下(当年贴现率取值不超过 12% 时),前者总是比后者小。当采用更长的路面计算年限时,前者经济效益更大。分析比较两种路面能量总消耗时,研究表明,即使仅计入沥青本身能量的一小部分(如 10%),沥青混凝土的能耗超过水泥混凝土。

由此可见,水泥混凝土路面使用年限较长,养护费用较低,材料质量和来源较易保证,能量总消耗小,能较好地适应现代化交通建设,符合节约能源的需要。

我国公路修建水泥混凝土路面已有几十年的历史。早期修建的水泥混



凝土路面已接近使用年限。特别是近几年,随着社会主义市场经济的发展,交通荷载日益重型化,交通量大幅度增长,加速了路面的损坏。如何对已建的水泥混凝土路面加强养护维修,如何提高将要建设和正在建设的水泥混凝土路面的建设质量,都是公路交通部门的刻不容缓的任务及重要的工作内容。

水泥混凝土路面是一种刚度大、扩散荷载能力强、稳定性好的路面结构。特别是高等级重交通的道路,水泥混凝土路面的应用更广泛。

我国水泥混凝土路面发展缓慢。20世纪50~60年代,由于国家建设资金有限,水泥紧缺,公路水泥混凝土路面修建的数量很少。1970年年底,全国仅有水泥混凝土路面200km,占高级、次高级路面里程的0.9%。20世纪70年代,浙江、广东、江苏等省在沥青供应不足等条件下,开始较多地修筑水泥混凝土路面。与此同时,一些单位较为系统地开展了水泥混凝土路面技术的研究。到20世纪80年代,随着修筑里程的增长,实践经验的积累,科学研究的深入,水泥混凝土路面的修筑技术逐步改进,质量不断提高,加之水泥混凝土路面的适用性及抗灾能力强,能较好地满足现代化交通的要求,且水泥材料可就近供应,因此,水泥混凝土路面得到了较快的发展。特别是交通部1989年推广国家科委科技工作引导性项目《我国水泥混凝土路面发展对策及修筑技术研究》成果以来,以1988~1998年建设速度为例,我国公路水泥混凝土路面由1988年前的8264km,平均每年修建217km,上升到1998年年底的83652km,10年净增75388km,平均每年修建7539km,是前38年年平均修建里程数量的35倍,占高级、次高级路面的比重,由1970年的0.9%上升到1998年年底的约16.4%,其发展速度在我国是很少见的。此后历年修建的水泥混凝土路面里程及所占比重都比较大,特别是最近几年在一般公路上水泥混凝土路面的修建里程有很大的增加。

国内早期(20世纪70年代前)修建的水泥混凝土路面,主要用于三、四级公路上,设计强度低。水泥混凝土抗压强度除少数为30MPa外,多数为20~25MPa,有的甚至低于20MPa;面层厚度较薄,一般为16~20cm,有的仅14cm,甚至更薄。1994年交通部颁发的《公路水泥混凝土路面设计规范》(JTJ 012—94),对普通混凝土面板的最小厚度限定为18cm,新设计规范(JTG D40—2002),对普通混凝土路面面层最小板厚规定为20cm。2003年6月1日执行的新设计规范增添了路面结构可靠度设计方法。

全国水泥混凝土路面的分布与自然、经济条件有关,而且发展很不平

衡。北部地区公路修筑的水泥混凝土路面的里程比较少,其中,青海、甘肃、新疆三省(区)均无水泥混凝土路面;东部沿海地区的广东、浙江、江苏、上海、福建、山东六省市由于经济发达,水泥混凝土路面修建的里程比较长;沿江及中部地区的江西、安徽、湖北、湖南、河南、山西、河北七省,由于近十几年经济发展很快,水泥混凝土路面的修建速度不断提高,修建里程也日益增加。

随着水泥混凝土路面建设的发展,设计方法不断改进,施工中新材料、新技术、新工艺不断被采用,施工质量控制方面更加严格,针对工程当中遇见的一些实际技术难题开展了深入的研究,这对今后提高水泥混凝土路面修筑质量,奠定了一定的基础。

二、水泥混凝土路面修筑技术的研究情况

在水泥混凝土路面修筑技术研究方面,我国经过 20 年来的试验研究和施工实践,在设计、施工、设备等方面均取得了一系列研究成果。

(一)建立了一套较完善的设计方法

我国水泥混凝土路面设计理论、方法与参数研究从 1978 年开始,历经两个阶段,经全国 50 多个参加单位历时 8 年的努力,提出了一套适合我国国情的设计理论、方法和参数。在此基础上编制了我国第一部《公路水泥混凝土路面设计规范》(JTJ 012—84),从而使我国水泥混凝土路面的设计有了较可靠的依据和方法。1994 年又出版了第二部设计规范,2002 年对第二部规范进行了修订,于 2003 年 6 月 1 日起开始执行新的设计规范(JTG D40—2002)(以下简称新规范或现行水泥混凝土路面设计规范),新规范增加了不少新内容。这说明我国在水泥混凝土路面设计理论和设计方法方面又取得了新的成就。

(二)提出了一套实用的施工方法

原国家建委施工局 1981 年组织有关单位对路面小型机具配套施工工艺进行了研究,提出的成果已成为目前我国水泥混凝土路面施工中常用的施工方法。1987 年国家计委批准发布了国标《水泥混凝土路面施工及验收规范》(GBJ 97—87)。十几年来,由于各省、市、自治区施工工艺的不断提高,大型摊铺机械的使用等,江苏、浙江、山西、安徽、河南、河北、黑龙江等省



公路部门还结合本身的实践经验和具体情况,又编写了施工须知、操作规程等技术文件,2003年7月1日起开始执行的《公路水泥混凝土路面施工技术规范》(JTG D40—2002)使水泥混凝土路面的施工有章可循,质量得到保证。

(三)施工机具有所发展

目前,各省水泥混凝土路面施工主要以混凝土拌和、运输、振捣、抹平、锯缝、压纹机等小型机具和人工为主。这些小型机具在国内已有几家工厂定型产品,可供水泥混凝土路面工程使用。同时,为适应高速、一级公路工程的需要,各省除引进了一些大型轨道式摊铺机、滑模摊铺机外,有关单位还研制出 SC-4500 型轨道摊铺机、C-450X 型滑模摊铺机等,这些大型摊铺机械的引进、研制、生产及采用,为提高我国水泥混凝土路面的质量和机械化水平创造了条件。

(四)国家科委 025 项目获多项重大研究成果

由交通部公路规划设计院承担,33 个单位参加编写的国家科委《我国水泥混凝土路面发展对策及修筑技术研究》科技工作引导性项目(即 No. 025 项目),经各单位近 4 年的共同努力,取得的主要研究成果有:

1. 发展对策方面

提出了水泥资源丰富地区,加速发展;沿海东部地区,大力发展;修筑较少或尚未修筑的地区,适当发展的对策。

2. 结构设计方面

提出了考虑高低应力比的双对数混凝土疲劳方程;路面结构可靠度设计和挠度指标;复合结构的设计方法等。

3. 表面功能与修筑技术方面

提出了抗滑、耐磨、平整度的技术标准、检测方法和提高表面功能的各种技术措施;研究总结出一套实用的常用机具修筑技术及施工须知;研制出低真空大抽速真空脱水机组和磨耗试验机;提出了轨道式摊铺机与滑模摊铺机修筑技术及施工须知。

4. 材料方面

提出了以抗折强度(弯拉强度)为指标的普通混凝土配合比设计的正交试验法和经验公式法,抗折与抗压强度关系;0.5h、1h、4h 快速测定混凝土强度及超声、回弹、射钉、拔钉等现场检测技术;接缝材料技术指标,试验方

法,施工工艺与试验设备和施工机具。

5. 碾压混凝土路面方面

提出了以抗折强度(弯拉强度)为指标的配合比设计方法和最佳的材料组成;解决了室内外试件成型的关键技术;提出了全厚式和复合式路面结构形式及相应的施工工艺和施工须知。

6. 钢纤维混凝土方面

提出了疲劳损坏;以抗折强度(弯拉强度)为指标的配合比的设计方法;最佳纤维含量、路面厚度、缩缝间距和施工工艺。

7. 养护维修方面

提出了养护管理系统,强度评定指标与方法;加厚层设计方法及施工工艺;快速修补技术、修补材料和修补工艺等,并颁布了《公路水泥混凝土路面养护技术规范》(JTJ 073.1—2001)。

上述研究成果,既有水泥混凝土路面的结构设计、材料组成设计和施工工艺,又有检测试验标准、方法和开发研制的仪器,以及路面的监测、评价和维修、养护措施等,其中多项研究成果达到国际先进水平,填补了国内空白,从而形成了普通混凝土、碾压混凝土和钢纤维混凝土路面的设计、施工、维修养护以及路面养护管理系统等多项成套的实用技术,已被交通部列为科技重点推广项目,在全国进行了示范和推广。与此同时,大部分研究成果已纳入修订的交通部行业标准《公路水泥混凝土路面设计规范》和国家标准《水泥混凝土路面施工及验收规范》中。

(五) 连续配筋混凝土路面研究取得一定成果

由于水泥混凝土路面接缝多,影响路面的平整度和舒适性。为解决这一问题,江苏省公路局与东南大学于1991年共同对连续配筋混凝土路面进行了研究,并在盐城市东郊一级公路上修建了500m试验路,取得了一定的研究成果,为我国连续配筋混凝土路面发展积累了经验。

第二节 水泥混凝土面层类型及结构特点

水泥混凝土路面包括素混凝土、钢筋混凝土、连续配筋混凝土、钢纤维混凝土、碾压混凝土和混凝土小块铺砌等面层板和基(垫)层所组成的路面。目前采用最广泛的是就地浇筑的素混凝土路面。



所谓素混凝土路面,是指除接缝区和局部范围(边缘和角隅)外不配置钢筋的混凝土路面。

在本节中,主要对目前常用的素混凝土路面、钢筋混凝土路面及有发展前途的连续配筋混凝土路面、钢纤维混凝土路面、碾压混凝土路面的适用场合及结构特点做简要介绍。

一、混凝土路面的特点

(一)优点

1.强度高

水泥混凝土路面具有较高的抗压强度和抗弯拉强度以及抗磨损能力。

2.稳定性好

水泥混凝土路面的水稳性、热稳性均较好,特别是它们的强度能随着时间的延长而逐渐提高,不存在沥青路面的“老化”现象。

3.耐久性好

由于水泥混凝土路面的强度和稳定性好,较耐用,一般能使用 20 ~ 40 年,而且,它能通行包括履带式车辆等在内的各种运输工具。

4.养护费用较少,经济效益较高

与沥青混凝土路面相比,水泥混凝土路面的养护工作量和养护费用均较少。它的建筑投资虽较大,但使用年限长,均摊到每年的工程费用较少。从长远角度来看,选用混凝土路面,其经济效益是比较显著的。

5.有利于夜间行车

水泥混凝土路面色泽鲜明,能见度好,对夜间行车有利。

(二)缺点

1.水泥混凝土路面有接缝

一般混凝土路面设置许多构造缝(接缝),这些构造缝不但增加施工和养护的复杂性,而且容易引起行车跳动,影响行车的舒适性。接缝又是路面的薄弱点,如处理不当,将导致路面板边和板角破坏。

2.开放交通较迟

一般水泥混凝土路面完工后,要经过 15 ~ 20d 的湿法养护,才能开放交通,如需提早开放交通,则需采取特殊措施。

3. 修复困难

水泥混凝土路面损坏后,开挖很困难,修补工作量也大,且影响交通,对于有地下管线的城市道路带来较大困难。

4. 对水泥和水的需要量大

修筑厚 0.2m、宽 7m 的混凝土路面,每 1000m 要耗费水泥 400 ~ 500t 和水约 250t,尚不包括养护用的水在内,这对水泥供应不足和缺水地区带来较大困难。

二、各类水泥混凝土路面的适用场合及结构特点

(一)素混凝土(普通混凝土)路面

所谓素混凝土路面,是指除接缝区(有时设传荷装置)和局部范围(如阳井盖周围或面角隅处等)外均不配钢筋的混凝土路面。

混凝土面板的弯拉强度应满足设计要求,因此,混凝土材料组成、配合比设计,必须符合板的弯拉强度要求。混凝土表面应平整、耐磨、抗滑。

混凝土面板的平面尺寸一般采用矩形,其纵向和横向接缝应垂直相交,纵缝两侧的横缝不得互相错位,纵向缩缝间距(即板宽)可按路面宽度和每个车道宽度而定,其最大间距不得大于 4.5m。

混凝土面板厚度根据交通等级而定,但对最小厚度规范都做了规定。

素混凝土路面根据面板受温度应力作用及施工工艺要求,设有纵、横向接缝。纵、横向接缝间距,由面板平面尺寸确定。各种接缝的结构、构造都有一定的要求。

素混凝土路面面板在各种接缝及边、角、中,按设计计算均应设置传力杆、拉杆、钢筋及边角钢筋。

素混凝土路面应具有足够的耐久性,面板必须设置在坚固耐久的基础之上,以保证素混凝土路面满足行车要求。

(二)钢筋混凝土路面

当混凝土面板的平面尺寸较大,或者预计路基或基层有可能产生不均匀沉降,或者板下埋置地下设施等情况时,宜采用钢筋混凝土路面。

钢筋混凝土路面是指板内配置有纵横向钢筋(或钢丝)网的混凝土路面。设置钢筋网的主要目的,是控制裂缝缝隙的张开量,把开裂的板拉在一