



水泥混凝土路面 设计理论和方法

Design theory and procedure of
cement concrete pavements

姚祖康 著



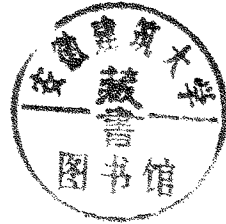
人民交通出版社
China Communications Press

交通科技丛书

Design theory and Procedure of
cement concrete pavements

水泥混凝土路面设计理论和方法

姚祖康 著



人民交通出版社

内 容 提 要

本书是水泥混凝土路面设计实用图书,作者根据国家颁布的有关规范并结合国内及国际有关方面的实践和试验,系统详尽地对水泥混凝土设计中具体概念及特性、外界环境因素影响、荷载应力分析及结构设计的理论、方法等作了着重阐述,并对其中可能会遇到的问题和如何解决作了明确剖析。读者从中可吸收许多有益的经验 and 实用方法,具有较强实用价值。

本书作为从事水泥混凝土路面设计、施工、监理以及科研人员在实践中的参考书,也可供高等院校相关专业师生学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

水泥混凝土路面设计理论和方法/姚祖康著. —北京:
人民交通出版社, 2003
ISBN 7-114-04777-0

I. 水… II. 姚… III. 水泥混凝土路面-设计
IV. U416.216.02

中国版本图书馆CIP数据核字(2003)第070058号

交通科技丛书

水泥混凝土路面设计理论和方法

姚祖康 著

正文设计: 姚亚妮 责任校对: 张莹 责任印制: 杨柏力

人民交通出版社出版发行

(100013 北京和平里东街10号 010-64216602)

各地新华书店经销

北京牛山世兴印刷厂印刷

开本: 787×980 1/16 印张: 21 字数: 343千

2003年10月 第1版

2003年10月 第1版 第1次印刷

印数: 0001—4000册 定价: 38.00元

ISBN 7-114-04777-0

出版说明

为了贯彻落实科教兴国的发展战略,我社组织编写的《交通科技丛书》,被国家新闻出版界列为“八五~九五”期间重点图书,将于1998年开始陆续出版。这套丛书针对“七五”以来,在路、水运交通领域内一系列重点科技攻关和研发项目的成果为主要内容进行编写出版,以达到进一步总结和推广应用的目的。

参加丛书编写的专家、教授、工程技术人员和管理人员,都有较深的理论造诣,而且都是科技成果的直接研究开发和组织管理者。他们对成果有深刻的了解,掌握了第一手的资料,积累了宝贵的实践经验。由他们对有关成果进行系统总结,对于促进最新科研成果转化为现实生产力具有重要意义。丛书内容丰富,论述系统,针对性强,具有很高的参考使用价值。本套丛书适用于科研和工程技术人员对有关技术的进一步开发和推广应用,也可作为高等院校师生教学参考用书。

在组织编写丛书的过程中,得到了交通部科学技术司各方面的大力支持,特别是张叔辉、陈锁祥、刘家镇、李彦武等同志,他们从选题和编写单位的确定,以及内容的覆盖范围等方面都给予了具体的指导和帮助。各参加编写单位和编写人员,对丛书的出版认真负责,热情支持。每本书的编写提纲和主要内容都经有关专家审查确定,保证了丛书的先进性、科学性和实用性。值此丛书出版之际,我社对关心和支持这套丛书出版的各有关单位和人员,致以诚挚的感谢和敬意。

人民交通出版社

一九九八年五月

目 录

第一章 概述	1
1.1 引言	1
1.2 混凝土路面结构组合与材料组成	3
1.2.1 面层的作用和类型	3
1.2.2 接缝类型和构造	6
1.2.3 基层的作用和类型	7
1.2.4 垫层的作用和类型	8
1.2.5 路基	9
1.2.6 路面排水	9
1.2.7 路肩	10
1.3 混凝土路面的使用性能	10
1.3.1 功能性能	11
1.3.2 结构性能	13
1.4 混凝土路面设计的任务、内容与方法	15
1.4.1 路面设计的任务	15
1.4.2 路面设计的内容	17
1.4.3 路面结构设计理论与方法	17
参考文献	20
第二章 行车荷载和环境因素的作用	21
2.1 行车荷载的作用	21
2.1.1 轴载	21
2.1.2 轮载	23
2.1.3 交通分析	25
2.2 温度状况及其预估	28
2.2.1 温度分布及其变化	28
2.2.2 温度状况的经验预估模型	32

2.2.3	温度状况的理论预估模型	35
2.2.4	有沥青加铺层的混凝土面层温度状况	41
2.3	湿度状况及其影响	42
2.3.1	塑性收缩	42
2.3.2	干燥收缩	44
参考文献		46
第三章 面层水泥混凝土的特性		49
3.1	面层水泥混凝土的强度特性	49
3.1.1	影响强度的因素	50
3.1.2	抗压和抗拉强度间的关系	53
3.1.3	强度的变异性	60
3.2	面层水泥混凝土的疲劳特性	63
3.2.1	疲劳方程	63
3.2.2	影响疲劳特性的因素	64
3.2.3	低应力变化的疲劳方程	66
3.2.4	室内与野外疲劳试验的比较	68
3.2.5	Miner 假设	69
3.3	面层水泥混凝土的应力—应变特性	70
3.3.1	应力—应变性状	70
3.3.2	弹性模量与强度的关系	73
参考文献		76
第四章 混凝土路面的结构特性		79
4.1	土基	79
4.1.1	膨胀性粘土	80
4.1.2	不均匀冻胀	82
4.1.3	不均匀沉陷	83
4.2	基层	84
4.2.1	对基层的要求	84
4.2.2	粒料基层	86
4.2.3	无机结合料稳定类基层	88
4.3	面层接缝的性能	90
4.3.1	接缝间距	90
4.3.2	接缝的荷载传递	95

4.4 路面结构内部排水	104
4.4.1 表面水的入渗	104
4.4.2 排水设施方案	105
4.4.3 设置条件	109
4.4.4 表面水设计渗水量	110
4.4.5 排水系统的组成和布置	111
4.4.6 系统的泄水能力和渗流速度	113
4.4.7 多孔隙透水性混合料的组成设计	114
4.5 路肩	117
参考文献	121
第五章 荷载应力分析	125
5.1 力学模型和计算理论	125
5.1.1 弹性地基板理论	126
5.1.2 弹性多层体系理论	127
5.2 弹性地基板理论分析	127
5.2.1 板挠曲面微分方程	127
5.2.2 Winkler 地基板的挠度和弯矩解	129
5.2.3 弹性半空间地基板的挠度和弯矩解	132
5.2.4 Pasternak 地基板的挠度和弯矩解	135
5.2.5 弹性地基上的双层板	136
5.3 Westergaard 公式	138
5.3.1 板中受荷	139
5.3.2 板边受荷	141
5.3.3 板角受荷	142
5.4 有限单元法	144
5.4.1 有限元分析方法	145
5.4.2 Winkler 地基板的有限元分析	151
5.4.3 弹性半空间地基板的有限元分析	152
5.4.4 Pasternak 地基板的有限元分析	161
5.4.5 接缝传荷能力分析	164
5.4.6 双层板分析	163
5.5 弹性多层体系理论分析	170
参考文献	174

第六章 温度应力分析	180
6.1 收缩应力	180
6.1.1 收缩应力分析模型	181
6.1.2 影响因素分析	184
6.2 膨胀应力和拱起	186
6.2.1 膨胀压应力	186
6.2.2 屈曲稳定分析	189
6.3 翘曲应力	193
6.3.1 Westergaard 公式	195
6.3.2 Winkler 地基板翘曲应力的有限元分析	200
6.3.3 半空间地基板翘曲应力的有限元分析	204
6.3.4 内应力分析	206
6.3.5 计入内应力的翘曲应力分析	208
6.3.6 试验验证	211
6.3.7 双层板温度应力分析	216
参考文献	219
第七章 混凝土路面结构设计方法	221
7.1 控制疲劳断裂的结构设计方法	221
7.1.1 设计标准	221
7.1.2 荷载疲劳应力分析	224
7.1.3 温度疲劳应力分析	232
7.1.4 基层顶面当量模量	236
7.1.5 轴载换算与轮迹横向分布	238
7.2 以服务能力为标准的结构设计方法	242
7.2.1 服务能力与设计标准	242
7.2.2 使用性能经验关系式	246
7.2.3 结构设计基本关系式	248
7.2.4 轴载换算	250
7.2.5 设计参数	251
7.2.6 路面评价系统和使用性能长期观测	253
7.3 可靠度设计方法	254
7.3.1 可靠度定义	255
7.3.2 可靠度分析模型	257

7.3.3 使用性能寿命预估的变异性	261
7.3.4 交通荷载预估的变异性	267
7.3.5 目标可靠度	268
7.3.6 可靠度系数	270
参考文献	272
第八章 加铺层设计	276
8.1 路面结构性能评定	276
8.1.1 损坏状况评定	277
8.1.2 弯沉测定	278
8.1.3 接缝传荷能力评定	282
8.1.4 板底脱空检查	283
8.1.5 结构层模量估算	283
8.1.6 结构损坏的修复措施	288
8.2 水泥混凝土加铺层	289
8.2.1 结构型式	289
8.2.2 经验法	291
8.2.3 力学—经验法	293
8.3 沥青加铺层设计	296
8.3.1 减缓反射裂缝的措施	296
8.3.2 厚度设计方法	302
参考文献	304
第九章 路面表面特性和设计	307
9.1 路面表面的抗滑性能	307
9.1.1 路表面的构造特性	307
9.1.2 抗滑能力的测试	309
9.1.3 路表构造的测试	311
9.1.4 国际摩阻指数(IFI)	312
9.1.5 混凝土路面抗滑设计	313
9.2 轮胎—路表面的噪音特性	316
9.2.1 轮胎—路表面滚动接触噪声产生的机理	317
9.2.2 路表面声学性能的量测方法	318
9.2.3 降低路表面噪声的措施	320
参考文献	324

第一章 概 述

水泥混凝土路面是采用水泥混凝土作为面层材料的一种路面结构。这种路面具有刚度大、强度高、使用耐久和日常养护工作量小的优点。由于水泥混凝土的脆性性质和体积敏感性,因而这种路面需设置各种接缝,并且它对超载敏感,损坏后难于修复。此外,还存在行车舒适性不及沥青路面,以及噪声较大等缺点。

水泥混凝土路面是由不同结构层次组成的复合结构,各组分在结构体系中具有不同的功能,发挥各自的作用,组合成满足行车使用要求的路面结构。道路使用者对路面的使用要求主要体现在舒适、安全、经济和对环境影响等方面。而路面所能提供的这些功能,与路面结构的物理性质和状况以及其表面的特性密切相关。水泥混凝土路面设计即是探讨如何以最经济有效的方式提供在设计使用期内满足行车使用性能要求的路面结构。

本章作为全书的引子,首先概要介绍水泥混凝土路面的结构组成及各组分在结构体系中的功能和作用。随后,阐明路面使用性能(包括功能性能和结构性能)的概念,它是路面设计的依据和任务。在此基础上,提出路面设计的任务及所包含的内容,并论述路面设计所采用的力学—经验法和经验-力学法两大类设计方法的特性。

1.1 引 言

水泥混凝土路面(下简称“混凝土路面”)和沥青路面是最常用的两种路面类型。我国石灰石资源丰富,水泥产量居世界首位,为水泥混凝土路面的修建提供了有利条件和发展空间。但在1970年之前,我国混凝土路面的里程仅有200km,占高级和次高级路面(沥青路面和水泥混凝土路面之和)总里程的0.87%。到1980年,混凝土路面的里程增为1600km,仍仅占高级和次高级路面总里程的1.01%,10年内平均每年铺筑140km。随着高等级公路的发展,混凝土路面相应地得到较快的发展,1990年的里程迅速增加到11773km,占高级和次高级路面总里程的4.37%,10年内平均每年铺筑

1 017km。而进入 20 世纪 90 年代,混凝土路面的发展速度更为迅猛。到 2000 年,铺筑里程增长到 115 754km,占高级和次高级路面总里程的 17.72%,10 年内平均每年铺筑 10 398km。

水泥混凝土路面的发展,对其设计、施工和维修技术不断提出新的问题和要求。为推动和适应混凝土路面的发展,从 20 世纪 70 年代中期起一些道路科技人员就开始对混凝土路面的结构性能进行试验研究。浙江省交通设计院和南京工学院(现东南大学)等率先在浙江省台州地区修筑试验路,进行荷载应力和挠度的验证测定及疲劳试验。随后,在交通部公路规划设计院和同济大学的支持下,组织全国不同部门的科技人员,对混凝土路面设计理论、方法和参数协同开展了长期、系统的研究工作。从 1978 年到 2000 年的 22 年期间,分别在下述方面开展了深入、持续的研究工作:

- (1) 荷载应力和温度应力的计算分析和试验验证;
- (2) 混凝土的疲劳特性、疲劳方程和轴载换算;
- (3) 路面结构设计方法和设计标准;
- (4) 结构可靠度设计理论、方法和参数;
- (5) 路面结构性能评定和加铺层设计方法;

(6) 混凝土强度和弹性模量值、基层顶面当量模量值、面层温度梯度、轮迹横向分布、接缝传荷系数、动荷系数等设计参数的试验测定和分析。

这些研究工作取得了大量的理论和应用成果,为建立我国水泥混凝土路面设计理论和方法奠定了坚实的基础。在此基础上,制定和颁布了 1984 年、1994 年和 2002 年版的《公路水泥混凝土路面设计规范》,为推动我国混凝土路面的发展作出了积极的贡献。

本书力图总结 20 余年来我国在混凝土路面设计理论、方法和参数方面的研究成果和应用经验,并综合反映国外在混凝土路面设计理论和方法方面的研究进展、应用经验和发展水平。全书共九章,分别讨论面层混凝土的特性、混凝土路面的结构特性、结构分析理论和方法、新建和改建路面的结构设计方法及混凝土路面的表面特性。第一章概要介绍混凝土路面的结构层组合和材料组成,阐明路面使用性能的概念以及混凝土路面设计的内容和特点。荷载和环境是作用于路面结构的两大外界因素,第二章分别讨论荷载和环境因素对混凝土路面作用的特点,并分析路面设计中考虑这些作用对路面结构的影响的方式和方法。第三章论述面层混凝土的材料特性,包括强度特性、疲劳特性和应力—应变特性,这些材料特性一方面反映了混

应具有足够的抗弯拉强度和耐久性以及良好的表面特性(耐磨、抗滑、平整、低噪声等)。

水泥混凝土面层可以按组成材料或施工方法的不同,分别采用普通混凝土、碾压混凝土、钢筋混凝土、连续配筋混凝土、钢纤维混凝土、预应力混凝土或混凝土预制块等铺筑。

1.2.1.1 普通混凝土面层

普通混凝土面层或称设接缝素混凝土面层,是指除接缝处和一些局部范围(如角隅、边缘或孔口周围)外,面层板内不配置钢筋的水泥混凝土面层。这是目前应用最为广泛的一种面层类型。道路路面的混凝土面层通常采用等厚断面,其厚度变动在 180~300mm 范围内,视轴载大小和作用次数以及混凝土强度而定。依据美国的分析和经验,当面层厚度由 200~230mm 增加到 250mm 或以上时,路面的使用性能可以得到很显著的提高;而当厚度增加到 300mm 以上时,面层厚度的增加对使用性能的影响就不大了^[1]。面层混凝土的弯拉强度变动在 4.0~5.5MPa 范围内。面层通常采用整体(整层)式浇筑,集料的公称最大粒径不大于 31.5mm(碎石)或 19mm(卵石),水泥用量不低于 300kg/m³(非冰冻地区)或 320kg/m³(冰冻地区)。面层厚时,也可采用双层连续浇筑的方式铺筑,上层采用较小的集料(公称最大粒径为 19mm 以下)及质量(耐磨性)好的细集料。面层由纵向和横向接缝划分为矩形板块,纵缝的位置通常按路面宽度设定,其间距变动在 3.0~4.5m 范围内;横缝间距一般采用 4~6m(随面层厚度的增加而增大);板的长宽比不宜超过 1.25;板块的平面尺寸通常不宜超过 25m²。横缝内设置传力杆以传递荷载;纵缝内设置拉杆以约束板的横向位移。

1.2.1.2 碾压混凝土面层

普通混凝土面层通过在混凝土混合料内部进行振捣使之密实成型,而碾压混凝土面层则采用路碾在混凝土混合料表面进行压实成型。这类面层具有不需专用的混凝土铺面机械施工,完工后可以较早地开放交通(如 7d 或 14d),以及可以通过粉煤灰掺代水泥而降低造价等优点。然而,其表面的平整度较差,混合料性质的均匀性也较差(也即变异性大),接缝处难以设置拉杆或传力杆。因而,碾压混凝土面层目前只主要用于行车速度不太高的道路、停车场或停机坪的面层;或者,用作下面层或基层。碾压混凝土混合料的集料公称最大粒径为 19mm;用作下面层时,最大粒径可略大。水泥用量不低于 280kg/m³(非冰冻地区)或 310kg/m³(冰冻地区)。面层厚度和接缝设置与内部振捣式普通混凝土面层相同。

1.2.1.3 钢筋混凝土面层

这是一种为防止混凝土面层板产生的裂缝缝隙张开,而在板内配置纵向和横向钢筋的混凝土面层。通常,它仅在下述情况下采用:

- (1)板的长度较大,如6~8m以上;
- (2)板下埋有沟、管、线等地下设施或者路基可能产生不均匀沉降而使板开裂;
- (3)板的平面形状不规则或板内开设孔口等。

随板长、板底摩阻和钢筋强度的不同,配筋率(钢筋占面层横截面面积的百分率)一般约为0.10%~0.15%。由于板的长度大和接缝缝隙宽,横缝内应设置传力杆以提供相邻板的传荷能力。这类面层,除遇特殊情况外,一般很少大范围采用。

1.2.1.4 连续配筋混凝土面层

这是一种除施工缝外在路段长度内不设横缝,而配置纵向连续钢筋和横向钢筋的混凝土面层。纵向钢筋的配筋率通常为0.6%~0.8%,横向钢筋的用量约为纵向钢筋的1/5~1/8。连续钢筋混凝土面层的厚度,可与普通混凝土面层的厚度相同,或为后者的0.8~0.9倍。由于不设横缝,面层会产生横向收缩裂缝,其平均间距约为1.0~4.5m。但由于纵向钢筋的作用,缝隙的宽度较小,平均约为0.2~0.5mm。为了约束连续配筋混凝土面层端部的过量纵向位移,以减小对邻接构造物或其它路面的推力(或压力),在其端部需设置钢筋混凝土矩形地梁或宽翼缘工字钢锚固措施。这类面层由于钢筋用量大,造价较高,一般适用于高速公路或交通繁重的道路。

1.2.1.5 钢纤维混凝土面层

在混凝土中掺拌钢纤维,可以提高混凝土的韧度和强度,减少其收缩量。钢纤维可以采用铣削、剪切和熔抽等不同方式制造,相应地可得到不同形状、横截面和长度的纤维。钢纤维的掺量一般为0.6%~1.0%(混凝土体积的百分率)。集料的公称最大粒径宜为钢纤维长度的1/2~2/3,并不大于31.5mm(铣削型钢纤维)或19mm(剪切型和熔抽型钢纤维)。由于钢纤维混凝土的抗弯拉强度高于普通混凝土,因此所需的面层厚度可以薄于普通混凝土面层。但钢纤维混凝土的造价较高,因而主要用作设计标高受到限制的旧混凝土路面上的加铺层,或者用作复合式混凝土面层的上面层。

1.2.1.6 混凝土预制块面层

这是一种由矩形或异形混凝土预制块铺砌而成的面层。混凝土块的抗压强度不低于50MPa(非冰冻地区)或60MPa(冰冻地区)。预制块的长度一般

为 200~250mm,宽度一般为 100~125mm。预制块的厚度,随行车荷载大小变动于 60~120mm 之间。预制块下设置厚度一般为 30mm 的垫砂,以利于块间嵌挤力的形成。预制块面层的承载能力虽然不低,但平整度较差,因而,通常适用于服务区的停车场铺面,或者用作桥头引道沉降未稳定路段的铺面。

1.2.2 接缝类型和构造

为了减小由于伸缩和翘曲变形受到约束而产生的应力,并满足混凝土铺筑的要求,混凝土面层需设置各种类型的接缝。按作用的不同,接缝可分为缩缝、胀缝和施工缝三类。其设置位置和构造应满足三方面的要求:

- (1)控制由温度伸缩应力和翘曲应力所引起的开裂出现的位置;
- (2)能提供一定的荷载传递能力;
- (3)防止路表水下渗和坚硬杂物贯入缝隙内。

1.2.2.1 缩缝

缩缝的作用是控制混凝土的收缩应力和翘曲应力。按缩缝设置位置的不同,有横向缩缝和纵向缩缝两种,后者在混凝土一次铺筑宽度大于 4.5m 时设置,接缝平行于路中线。

横向缩缝通常都垂直于路中线,等间距布置。为了控制由翘曲应力所产生的裂缝,缩缝的间距(也即面层板长度)一般都在 4~6m 范围内选用,基层的刚度越大,选用的间距应越短。为改善行驶质量,也可采用变间距缩缝,并倾斜于路中线布置,使车辆的两侧车轮不同时驶经横缝,从而减少接缝不平整的影响,避免出现车辆共振现象。例如,倾斜斜率为 1:6,变间距为 4.8m、5.7m、3.6m 或 3.0m、4.2m、3.9m、2.7m 或 5.1m、6.9m、6.6m、4.8m 等^[2]。

缩缝有假缝、设传力杆假缝和设拉杆假缝三种构造形式。假缝是在混凝土表层做一槽口,待槽口下的混凝土断裂后,依靠断裂面处集料的嵌锁作用传递荷载;设传力杆假缝是在假缝内设置不妨碍混凝土板收缩位移的传力杆(圆钢筋),依靠传力杆传递荷载。这两种假缝形式用于横向缩缝,在特重和重交通道路上,应采用设传力杆假缝,以减少唧泥、错台病害的出现。设拉杆假缝就是在假缝内设置拉杆(螺纹钢筋),以防止两侧混凝土板分开,用于纵向缩缝。

缩缝的槽口可以采用在硬化混凝土中锯切或者在新鲜混凝土中压入的方式形成。横向缩缝的槽口深度约为板厚的 1/4~1/5;纵向缩缝的槽口深度约为板厚的 1/3~2/5。槽口深度不足,则该缩缝处混凝土截面的强度削

弱得不够,因而难以保证混凝土板在该预定位置处断开。槽口的宽度为3~8mm,锯切的槽口,宽度小;压入的槽口,宽度较大。

槽口断面常采用窄而深的形状。这种形状的槽口,在缩缝缝隙因板伸缩而变化时,槽内的填封材料易被挤出或出现凹陷。因而,在采用锯切方式做槽口时,宜采用厚锯片进行第二次浅锯切,以加宽上部槽口,形成深宽比约为1.5~3.0的断面,以容纳填封材料。

缩缝内的传力杆需不妨碍混凝土板收缩,并且不产生锈蚀。因而钢筋表面需覆以环氧涂层,或采用不锈钢钢筋。同时,传力杆应保持正确的定位,平行于路中线和板顶面,其容许偏差约为每40cm长 ± 6 mm。为实现此要求,可在浇筑混凝土之前在基层顶面设置钢筋支架以固定传力杆的位置。传力杆的直径约为25~40mm或面层厚度的1/8,但建议采用的最小直径为30mm。传力杆最小长度为40~50cm,其横向布置间距约为30cm,最外侧传力杆距接缝或自由边的距离一般为15cm。

1.2.2.2 胀缝

在采用短缩缝距或不是在低温时浇筑混凝土的情况下,可在邻近构筑物或与其它路面不对称交叉处设置胀缝。胀缝传力杆的尺寸、布置间距和要求,与缩缝传力杆相同。但胀缝传力杆的一端需加一金属套,套子应能罩住传力杆5cm长,并在套顶留下至少2~2.5cm长的空间,供板伸长位移动时传力杆相应地向向前移动的余地。

1.2.2.3 施工缝

每天工作结束或因临时原因而中断施工时,需设置横向施工缝。混凝土一次铺筑宽度小于路面宽度时,需设置纵向施工缝。横向施工缝应尽可能设在缩缝处,做成设传力杆的平缝形式。如有困难而设在缩缝之间时,施工缝采用设拉杆的企口形式,以保证缝隙不张开。纵向施工缝则采用设拉杆的平缝形式。传力杆和拉杆的尺寸和间距,与前述缩缝和胀缝的传力杆和拉杆相同。

1.2.3 基层的作用和类型

由于混凝土面层的刚度大,路面结构的承载能力主要由面层提供,对基层强度的要求不高。混凝土面层下的基层主要应具有足够的抗冲刷能力和一定的刚度,以防止唧泥和错台等主要病害产生。

可供选择的基层类型有:

- (1)贫混凝土(水泥用量7%~8%)或碾压混凝土;

- (2) 沥青混凝土或沥青稳定粒料(沥青用量 3%);
- (3) 水泥稳定粒料(水泥用量 5% ~ 3%)、石灰—粉煤灰稳定粒料;
- (4) 细料(小于 0.074mm)含量少(不超过 8%)的级配碎石(或砾石);
- (5) 多孔隙粒料或者水泥或沥青稳定开级配碎石(孔隙率 20%左右)。

上述各类基层具有不同的抗冲刷能力、透水性和刚度。通常,混合料中结合料的粘结力越强,含量越高,其抗冲刷能力越好,刚度越大。承受交通荷载越繁重的路面,对基层抗冲刷能力和刚度的要求越高,宜选择贫混凝土或水泥用量高的水泥稳定碎石混合料作基层。但这类刚度大的基层具有温度收缩和温度翘曲应力大的缺点。沥青混凝土或沥青稳定碎石基层具有抗冲刷能力强而刚度不大的特点。选用多孔隙粒料或者水泥或沥青稳定开级配碎石做透水性基层,可以将通过面层接缝或裂缝渗入路面结构内的水分迅速排除,从而提高路面的使用性能和使用寿命。

基层的宽度应比混凝土面层每侧至少宽出 300 ~ 650mm,以满足立模和摊铺机械施工操作的要求。路肩采用混凝土面层时,基层的宽度宜与路基同宽。

基层的厚度一般在 120 ~ 230mm 范围内选取。排水基层的厚度为 80 ~ 120mm。

1.2.4 垫层的作用和类型

垫层的主要作用为改善路面结构的水温状况,减少路基不均匀变形对路面结构的影响。通常在下述情况下需在基层下设置垫层:

(1) 在季节性冰冻地区,为了防止或减轻路基不均匀冻胀对面层的不利影响,路面结构应达到一定的厚度(此最小厚度随当地的最大冰冻深度、路基土质和湿度状况而定),当混凝土面层和基层的厚度低于此最小厚度要求时,应在基层下设置垫层补足;

(2) 路基有不均匀沉降或不均匀变形时,可加设半刚性垫层,以缓解不均匀沉降或不均匀变形对面层的不利影响;

(3) 排水基层下面应设置反滤层或者密级配粒料基层,以防止路基中的细料向上迁移到基层内,堵塞排水基层;

(4) 水文地质条件不良的土质路堑,路床土湿度较大时,可设置排水垫层以疏干路床土。

垫层主要选用粒料(砂砾)或结合料(水泥、石灰—粉煤灰、石灰)稳定土(或粒料)。用于排水基层下的垫层,须采用符合反滤要求的密级配粒料。

垫层的宽度应按路床顶面的全宽铺筑,其厚度一般为 150 ~ 250mm。