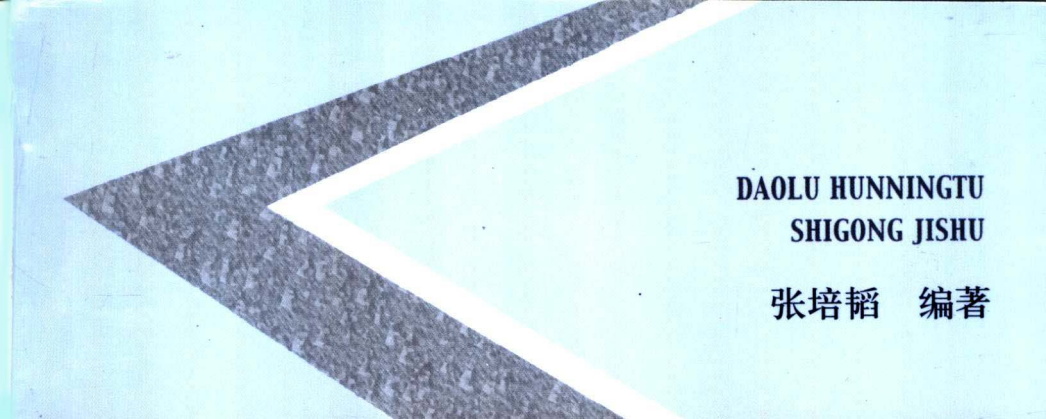




DAOLU HUNNINGTU
SHIGONG JISHU

张培韬 编著

道路混凝土施工技术

DAOLU HUNNINGTU SHIGONG JISHU



黄河水利出版社



道路混凝土施工技术

张培韬 编著

黄河水利出版社

图书在版编目(CIP)数据

道路混凝土施工技术 / 张培韬编著. — 郑州: 黄河水利出版社, 2004. 9

ISBN 7-80621-824-6

I. 道… II. 张… III. 道路工程-混凝土施工-施工技术 IV. U415

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 088309 号

策划编辑: 郭安周

联系电话: (0)13837152371

E-mail: guoanzhou09@sohu.com

出版社: 黄河水利出版社

地址: 河南省郑州市金水路 11 号 邮政编码: 450003

发行单位: 黄河水利出版社

发行部电话及传真: 0371-6022620

E-mail: yrcp@public.zz.ha.cn

承印单位: 黄河水利委员会印刷厂

开本: 850 mm × 1 168 mm 1/32

印张: 5.125

字数: 145 千字

印数: 1—2 000

版次: 2004 年 9 月第 1 版

印次: 2004 年 9 月第 1 次印刷

书号: ISBN 7-80621-824-6/U·10

定价: 10.00 元

前 言

道路混凝土和耐磨混凝土都是混凝土中的一个种类。作为现代最常用的建筑工程材料——混凝土,是一种以水泥为主要胶结材料,掺入一定量的砂、石等集料以及与其匹配的各种外加剂所配制成的强度较高、耐久性较好的建筑工程用料。由于混凝土具有强度高、适用范围广、耐久性强、抗酸、抗碱及耐腐蚀性能好等优点,在各类工程建设中起到了不可替代的作用。

道路混凝土和耐磨混凝土是应用到道路工程和耐磨功能部位的混凝土。道路工程常用的混凝土有道路水泥混凝土、道路沥青混凝土、步行道路混凝土和特殊部位的聚合物混凝土。道路混凝土要有一定的抗压、抗折强度,也应有一定的耐磨性。耐磨混凝土主要指用于机械磨损、水力冲刷、气流冲击等部位具有特殊耐磨要求的混凝土。本书第二章介绍的耐磨混凝土施工技术,是指超出道路混凝土耐磨性能要求的具有特殊耐磨要求的混凝土。

道路混凝土施工技术以道路混凝土和耐磨混凝土为主,着重介绍这两种混凝土的产生背景,以及这两种混凝土的原材料选择、配合比及其配制、现场施工工艺技术性能和技术指标等。

本书在编写过程中参考了国内外许多专家学者及科研单位的技术数据和研究成果,尤其是得到中原油田建筑集团公司实验室、沥青拌和站和水泥制品厂的大力支持,在此一并表示感谢!

由于编者的水平有限,难免存在疏漏和不足之处,恳请专家和同行们多多指正。

编 者

2004年5月

目 录

前 言

第一章 道路混凝土施工技术	(1)
第一节 概 述.....	(1)
第二节 道路水泥混凝土施工技术.....	(3)
第三节 道路沥青混凝土施工技术	(29)
第四节 聚合物混凝土施工技术	(43)
第五节 透水性混凝土施工技术	(64)
第二章 耐磨混凝土施工技术	(75)
第一节 概 述	(75)
第二节 耐磨混凝土的原料选择	(77)
第三节 耐磨混凝土的配合比设计	(80)
第四节 耐磨混凝土的施工	(83)
附录一	(87)
附录二	(111)
参考文献	(160)

第一章 道路混凝土施工技术

第一节 概 述

道路混凝土是混凝土大家族中的一种,它是指用于各种道路路面结构材料的混凝土。

应用较早的道路混凝土是以石油沥青为胶结材料,以砂、石为集料所配制成的沥青混凝土,它主要用于公路的路面。由于普通石油沥青的耐老化性较差、温度稳定性较低、使用寿命较短,导致道路沥青混凝土路面的维护费用较高。随着近些年社会经济的迅速发展,尤其是汽车工业的飞速发展,对公路等级、质量的要求越来越高。早在 20 世纪 50 年代的中期,世界上很多较为先进的工业化国家就将提高道路等级、质量,完善公路网络,开发和发展高速公路作为发展国民经济的一个重要决策。为此,人们开始研制性能更好的路面结构材料来代替传统的道路沥青混凝土材料。当时,一些国家研制出了水泥混凝土,日本也研制出了聚合物水泥混凝土,并将它用于飞机场跑道和高速公路的路面结构。一些国家也开始将用于机场跑道的水泥混凝土用作其他交通公路路面结构。由于这种聚合物水泥混凝土具有良好的高强度、耐磨性、耐久性、抗冻性和低振动性等特点,一度曾在许多国家推广使用。但是,由于这种聚合物的价格较高,使得这种路面造价很高,因此限制了它的使用范围,特别是在发展中国家的应用受到了很大制约。此时,很多学者开始对价格便宜、资源丰富的沥青进行了大量研究,找到了一系列的改性方法,使得沥青的易老化、温度稳定性差

的缺点在很大程度上得到了改善,研制出被称为改性沥青的性能得到很大改善的石油沥青。这种沥青不仅可以作为高等级公路沥青混凝土的沥青胶结材料,还可以作为良好的防水材料用于制作防水卷材。这种技术很快在世界各国得到了推广应用。

目前,道路混凝土按材质可分为三大类:

- (1)道路水泥混凝土,简称水泥混凝土。
- (2)道路聚合物水泥混凝土,简称聚合物混凝土。
- (3)道路改性沥青混凝土,简称沥青混凝土。

随着人文环境的改善和城市建设的发展,城市步行道路和步行街道越来越多,道路混凝土也开始向城市步行道路路面的方向发展。传统的步行道有以下几个种类:

- (1)烧结砖铺砌的步行道。
- (2)普通水泥混凝土步道砖铺砌的步行道。
- (3)彩色水泥混凝土步道砖铺砌的步行道。
- (4)普通石材铺砌的步行道。
- (5)花岗岩石材铺砌的步行道。
- (6)卵石铺砌的步行道。

上述六种路面材料除烧结砖和卵石步行道外,其他四种材料铺砌的步行道都有一个共同的缺点——透水性差。这一缺点不仅导致雨天路面易积水,影响行人行走,而且这些雨水几乎全部通过雨水口从污、雨水管道排走,不能对路边的树木、花草进行自然浇灌,不仅不利于绿化,而且浪费了大量本可以利用的水资源。烧结砖步行道虽然具有一定的渗水性,但渗水量很小,耐磨性差,且制造该种砖浪费了大量土地资源,生产能耗高,对环境污染大,现在它已经和普通黏土烧结砖一样被国家列入明令限用、禁用范围。

20世纪80年代,美国、日本等发达国家开始研究透水性混凝土路面材料,并取得初步成功。近几年,我国一些研究单位已研究出一种专门用于步道使用的透水性混凝土步道砖。该混凝土砖仍

然以水泥、砂、石为主要原料,经过对集料配合比的调整及特殊的制造工艺,配制出一种具有较强透水性的混凝土制品。目前该产品已经在一些城市开始应用。

本章将就道路水泥混凝土、道路聚合物水泥混凝土、道路沥青混凝土及城市步行道路混凝土的特点、原料、配比、施工工艺及特性等进行介绍。

第二节 道路水泥混凝土施工技术

道路水泥混凝土是以硅酸盐水泥或专用水泥为胶结材料,以砂、石为集料,掺入矿物掺合料和少量外加剂拌和而成的混合料,经浇筑或碾压成型,通过水泥的水化、硬化作用从而形成具有一定强度、用于铺筑道路的混凝土。

一、道路水泥混凝土的特点和分类

(一)水泥混凝土的特点

水泥混凝土和沥青混凝土由于胶结材料的性能截然不同而成为性能完全不同的两类道路材料。这两类材料的性能差异很大,使用方法不尽相同。水泥混凝土路面是最近十几年来才发展起来的。经过国内外对水泥混凝土路面的修筑技术进行不懈的研究和总结,水泥混凝土成为公路与城市道路、机场道路最常见的路面面层材料。水泥混凝土具有如下特点。

1. 优点

(1)强度高。混凝土路面具有较高的抗压、抗折、抗磨耗、耐冲击等力学性能,适合于繁重交通的路面和机场跑道。

(2)稳定性好。混凝土路面不怕日晒雨淋,不怕严寒酷暑,经得起干湿循环与冻融循环的侵蚀作用,具有良好的水稳性与耐候性。混凝土路面不仅适用于一般地区,还适用于冰冻和水淹等有

特殊要求的地区。

(3)整体性好。混凝土路面板体刚度大,荷载应力分布均匀,板面厚度较薄,而且外露于表面,容易进行铺筑与修整,适于路基软弱地区。

(4)耐久性好。水泥混凝土路面耐久性优于沥青混凝土。沥青混凝土路面一般使用年限为5年,而水泥混凝土路面可达20~40年,特别在水侵蚀环境中能保持良好的通行能力,适用于气候条件差的地区。

(5)色泽鲜艳。水泥混凝土路面反光力强,有利于夜晚行车,还可根据需要做成不同颜色的混凝土路面。

2. 缺点

(1)水泥混凝土路面呈脆性,刚度大,变形性能差,不能承受由于温度等因素引起的骤然变形。所以,水泥混凝土路面需要在横向、纵向设置伸缩缝和施工缝。但是,伸缩缝和施工缝会影响路面的连续性和平整性,况且,刚性的路面吸收震动和噪音的能力低,影响行车舒适性。

(2)水泥混凝土路面对超载比较敏感。一旦外荷载超过设计极限强度,混凝土板便会出现断裂,其修补工作也较沥青混凝土路面困难。

(3)施工期较长。水泥混凝土路面需要一段时间来养护,除碾压混凝土外,不能立即开放交通,一般铺筑完成后需经过14~28d的养护才能投入使用。

(二)道路水泥混凝土的分类

道路水泥混凝土常用的分类方法有如下几种:

(1)按组成材料分无筋混凝土(素混凝土)、钢筋混凝土、连接配筋混凝土和钢纤维混凝土。

(2)按施工方法分人工摊铺混凝土、滑模摊铺混凝土和碾压混凝土。

从水泥混凝土原材料上看,最常见的是素混凝土;从混凝土施工方法上看,最常见的是人工摊铺、滑模摊铺和碾压法等。

二、水泥混凝土的材料组成

道路水泥混凝土的组成材料基本上与素混凝土相同,也是由胶凝材料、集料、外加剂等材料组成,但质量要求有一定差别。

(一)水泥

道路水泥混凝土所使用的水泥符合 GB175—92 的规定,即选用抗折强度高、收缩小、耐久性好、抗冻性好的水泥。水泥品种及强度等级的选用必须根据道路等级、施工工期、铺筑时间、浇筑方法及经济性等因素综合考虑。水泥品种主要采用硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥、矿渣硅酸盐水泥,对机场高速公路的路面,还必须采用高耐磨性、高抗冻性的专用道路水泥。

道路水泥是 20 世纪 80 年代初逐步发展起来的专用水泥,目前已列入国家标准。有关技术要求如下:水泥中铝酸三钙的含量不得超过 5%,铁铝酸四钙的含量不得低于 18%;水泥熟料中游离氧化钙的含量不得超过 1.0%;碱含量应符合普通硅酸盐水泥 GB200—89 的规定;三氧化硫、氧化镁的含量和安定性应符合 GB175—92 的规定;0.080mm(方孔筛)筛余量不得超过 10%;初凝时间不得少于 1.5h,终凝时间不得迟于 10h;各龄期强度值不得低于表 1-1 中的数值;水泥胶砂试件 28d 龄期的干缩率不得大于 0.09%;砂浆磨耗率不得超过 1.0%。

表 1-1 道路水泥混凝土各龄期控制强度值 (单位:MPa)

水泥强度等级	抗折强度			抗压强度		
	3d	7d	28d	3d	7d	28d
42.5	4.3	5.5	7.1	22.0	27.5	41.7
52.5	5.1	6.3	7.8	27.5	35.3	51.5

(二)粗集料

配制道路水泥混凝土所用的粗集料,通常多采用质量良好的碎石或卵石。为了获得质量好的道路混凝土,并取得良好的施工性能,粗集料的最大粒径最好控制在 40mm 以下。粗集料应符合 JGJ53—92 及 C30 以上普通混凝土用集料的技术要求。根据路面混凝土的特点,碎(卵)石还应符合表 1-2 中的质量要求。

表 1-2 路面混凝土用碎(卵)石的质量要求

质量要求	技术规格		要求指标
以 5cm × 5cm × 5cm 立方体在饱和水状态下检验抗压强度(磨耗率是在双筒磨耗机中测定的)	卵石磨耗率(%)		20~30
	火成岩	抗压强度(MPa) 磨耗率(%)	100~120 4~5
	石灰岩	抗压强度(MPa) 磨耗率(%)	80~100 5~6
	片岩	抗压强度(MPa) 磨耗率(%)	80~100 4~5
集料粒径	路面厚度<25cm 路面厚度>25cm		最大粒径≤40mm 最大粒径≤50mm
集料级配	分档配合		合乎要求颗粒级配
软弱颗粒含量(%)	百分含量		<5
针片状颗粒含量(%)	碎(卵)石		<15
黏土杂质含量(%)	碎(卵)石		<1
有机物含量(%)	碎(卵)石		浅于标准色
孔隙率(%)	碎(卵)石		<45

粗集料的级配类型基本上与普通混凝土相同。

(三)细集料

配制道路水泥混凝土所用的细集料,应满足一定的级配及细度模数、有害杂质含量等方面的技术要求。

1. 细集料的级配

道路混凝土用砂一般要求洁净、坚硬、耐久、级配良好。砂的质量应符合 C30 以上普通混凝土用砂标准。参见《普通混凝土用砂质量标准及验收方法》(JGJ52—92)。

2. 细度模数

道路水泥混凝土所用砂一般宜选用细度模数在 2.6~2.8 之间的中砂。

3. 杂质含量

用于道路混凝土的砂中有害杂质的含量不应超过如下规定:含泥量不大于 3%;硫化物及硫酸盐含量(折算为 SO_3)不得大于 1%;采用比色法测定有机质含量,颜色不深于标准色;不得混有石灰、煤渣、草根等其他杂物。

如果当地(或附近)无法取得理想的中砂、粗砂时,经过试拌使混凝土达到设计要求强度后,可以采用含泥量小于 3% 的细砂,但应适当降低砂率,以达到要求的技术指标。

(四)拌和水和养护用水

拌和和养护用水不应含有影响混凝土质量的油、酸、碱、盐类以及有机物等,其中硫酸盐含量(按 SO_4^{2-} 计)小于 $2.7\text{mg}/\text{cm}^3$ 、含盐量不超过 $5\text{mg}/\text{cm}^3$ 、pH 值大于 4。

(五)外加剂

在配制道路混凝土时常用的外加剂有流变剂、调凝剂和引气剂三大类。流变剂是改善新拌混凝土流变性能的外加剂,常用的有塑化剂,减水剂是这类外加剂的典型代表;调凝剂是调节水泥凝结时间的外加剂,常用的有促凝剂、缓凝剂、早强剂和速凝剂;引气剂是在混凝土中形成细小的、均匀分布的气泡的外加剂,常用的有

松香热聚物、烷基磺酸钠和烷基苯碳酸钠等。

道路水泥混凝土应根据需要选用外加剂,但所选用外加剂的质量应符合国家标准 GB8076—87 的规定。为了改善水泥混凝土路面的变形性能和抗冻性,目前较多采用的方法是加入引气剂,使混凝土中微小的、独立的、封闭孔隙含量达 4%~6%,可在某种程度上降低混凝土的脆性。但由于引气剂会改变混凝土对制备工艺的要求,使用时应特别小心,应在充分调查试验和实际试用后才可正式用于工程中,同时要注意配量正确和在混合料中拌和均匀。

(六)接缝材料

道路混凝土板体的接缝是路面结构的重要组成部分,也是薄弱、易坏、影响路面使用寿命的重要部位。用于道路混凝土的接缝材料按使用性能分为接缝板和填缝料两类。

1. 接缝板材料

可作为接缝板的材料有木材类、泡沫橡胶及泡沫塑料类、沥青纤维类和沥青类。接缝板应具有一定的压缩性和弹性,当混凝土膨胀时不被挤出,收缩时能与混凝土板缝连接不产生间隙,在混凝土路面施工时不变形且耐腐蚀。接缝板的技术要求见表 1-3。

表 1-3 接缝板的技术要求

技术要求	木材类 (杉木板)	泡沫橡胶 及泡沫塑料类	沥青纤维类	沥青类
抗压强度(MPa)	6.3~31.0	0.11~0.51	2.0~10.2	0.9~5.8
复原率(%)	58~74	93~100	65~72	50~64
挤出量(mm)	1.4~5.6	1.5~4.6	1.0~3.7	50~61
弯曲刚度(kg)	14~41	0~4.8	0.2~3.2	0.2~4.9

2. 填缝料材料

填缝料按施工温度分加热施工式和常温施工式两种,即现灌

液体填缝料和预制嵌缝条。加热施工式填缝料目前主要有沥青橡胶类、聚氯乙烯胶泥类和沥青玛瑞脂类等,其技术要求见表 1-4。表中低弹性填缝料适用于公路等级较低的混凝土路面的缩缝,高弹性填缝料适用于公路等级较高的混凝土路面和高速公路、机场道面的接缝。

表 1-4 加热施工式填缝料技术要求

试验项目		低弹性型	高弹性型
针入度(锥针法)(mm)		<5	<9
弹性(-10℃)	复原率(%)	>30	>60
	贯入量(mm)	5	10
流动度(mm)		<5	<2
拉伸量(-10℃)(mm)		>5	>15

目前常温施工式填缝料主要有聚氨酯焦油类、氯丁橡胶类、乳化石青橡胶类等,其技术要求见表 1-5。

表 1-5 常温施工式填缝料技术要求

试验项目		技术指标
灌入稠度(s)		<20
失黏时间(h)		6~24
弹性(球针法)	复原率(%)	>75
	贯入量(mm)	3~5
流动率(mm)		<0
拉伸量(-10℃)(mm)		>15

研究表明,接缝板中的软木板、加热式施工缝填料中的聚氯乙烯胶泥和常温式施工中的 M880 建筑密封膏以及聚酯改性沥青等材料性能较优,可供水泥混凝土路面工程中使用。

三、水泥混凝土的配合比设计

水泥混凝土路面板厚度的计算以抗折强度为依据。因此,道路混凝土的配合比设计应根据抗折强度、耐久性、耐磨性、工作性等要求和经济合理的原则选用材料,通过计算、试验和必要的调整来确定混凝土单位体积中各种组成材料的用量。

与普通水泥混凝土一样,道路水泥混凝土配合比设计的主要任务是选好水灰比、单位用水量、砂率等技术参数。一般步骤为:根据已有的配合比经验参数初步计算、设计配合比;根据初步设计的配合比进行试拌,检验拌和物的和易性,按要求进行必要的调整;然后进行强度和耐久性试验,再进行必要的调整;根据混凝土的现场实际浇筑条件、集料供应情况(级配、含水量等)、摊铺机具和气候条件等,再进行一定调整,提出施工配合比。道路水泥混凝土配合比设计步骤和方法如下。

1. 确定混凝土配制抗折强度 $f_{cf,0}$

$$f_{cf,0} = k \times f_{cf,k} \quad (1-1)$$

式中 $f_{cf,k}$ ——混凝土设计抗折强度,MPa;

k ——系数,一般取 1.10~1.15,对于施工管理水平较高者取 1.10,一般取 1.15。

路面混凝土的设计要求,有的同时提出混凝土的抗压强度和抗折强度,有的只提出抗折强度没有提出抗压强度。如提出抗折强度要求而又采用抗压强度进行配合比设计,可将要求的抗折强度转换为抗压强度,如表 1-6 所示。这里用《水泥混凝土路面施工及验收规范》(GBJ97—94)推荐的以抗折强度为指标的经验公式法。

表 1-6 混凝土 28d 抗折强度与抗压强度对比参考

抗折强度(MPa)	4.0	4.5	5.0	5.5
抗压强度(MPa)	25.0	30.0	35.0	40.0

2. 计算混凝土的水灰比(W/C)

道路混凝土拌和物的水灰比根据已知的混凝土配制抗折强度 $f_{cf,0}$ 和水泥的实际抗折强度 $f_{\alpha,f}$ 由式(1-2)、式(1-3)来确定。

对于碎石混凝土

$$W/C = (f_{cf,0} + 1.0079 - 0.3485f_{\alpha,f})/1.5684 \quad (1-2)$$

对于卵石混凝土

$$W/C = (f_{cf,0} + 1.5492 - 0.4565f_{\alpha,f})/1.2618 \quad (1-3)$$

式中 $f_{\alpha,f}$ ——水泥胶砂标准试件 28d 抗折强度, MPa。

计算的水灰比如超过耐久性的规定限值(见表 1-7)要求, 取规定的最大水灰比值。

表 1-7 由道路混凝土耐久性决定的最大水灰比与最小水泥用量

道路混凝土所处的环境条件	最大水灰比	最小水泥用量(kg/m ³)
公路、城市道路和厂矿道路	0.50	300
机场道面和高速公路	0.46	300
冰冻地区冬季施工	0.45	300

3. 确定单位用水量(W)

配制道路混凝土的单位用水量, 应考虑粗集料的最大粒径、级配和形状、外掺料的种类、外加剂的品种及掺量、施工温度、拌和物的坍落度或工作度等, 最后通过试配确定。可参考的经验数值为: 对于最大粒径为 40mm 的粗集料(干燥状态)的单位用水量, 卵石不大于 160kg/m³, 碎石不大于 170kg/m³。也可按下述经验公式

确定:

对于碎石混凝土

$$W = 104.97 + 3.09h_s + 11.27(C/W) + 0.61S_p \quad (1-4)$$

对于卵石混凝土

$$W = 86.89 + 3.70h_s + 11.24(C/W) + 1.00S_p \quad (1-5)$$

式中 h_s ——混凝土拌和物的坍落度,一般为 1.5~2.5cm;

S_p ——砂率, %。

砂率与水灰比及粗集料有关,当无历史资料可参考时,道路混凝土砂率可参照表 1-8 选取。

表 1-8 道路混凝土的砂率选择 (单位: %)

水灰比 (W/C)	碎石最大粒径(mm)			卵石最大粒径(mm)		
	16	20	40	10	20	40
0.40	30~35	29~34	27~32	26~32	25~31	24~30
0.50	33~38	32~37	30~35	30~35	29~34	28~33

4. 计算混凝土的单位水泥用量(C)

道路混凝土的单位水泥用量应根据混凝土设计抗折强度确定,一般在 $280 \sim 350\text{kg/m}^3$ 范围内。按强度决定单位水泥用量时,必须通过试验进行检验。如果根据耐久性确定单位水泥用量时,其水灰比应控制在 0.45~0.50 之间,最小水泥用量不得少于 300kg/m^3 。但对道路混凝土而言,水泥用量也不宜太多,用量多不仅不经济,而且容易产生塑性裂缝、温度裂缝,路面的耐磨性也会降低。

混凝土的单位水泥用量采用下式计算。

$$C = W \times (C/W) \quad (1-6)$$

采用 42.5MPa 水泥时,水泥用量为 $310 \sim 340\text{kg/m}^3$ 。