

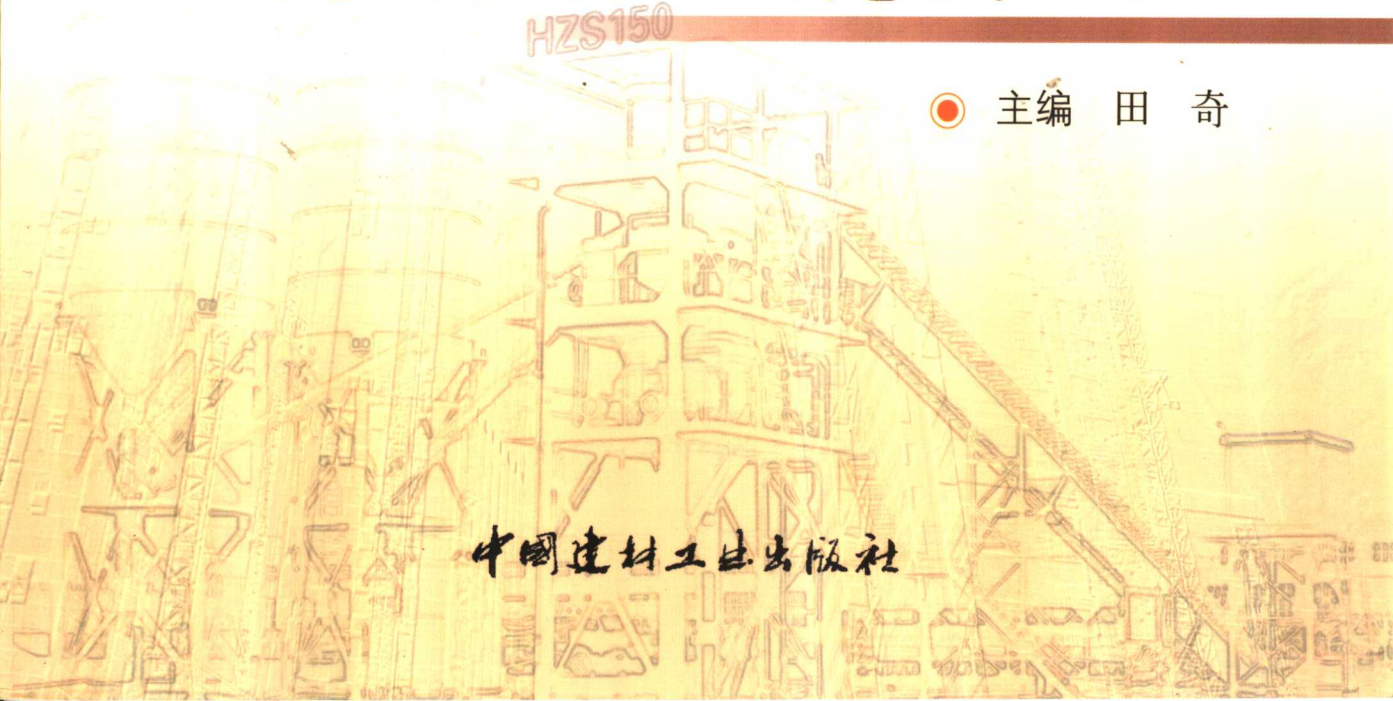


# 混凝土搅拌楼 及 沥青混凝土搅拌站

HZS150

● 主編 田 奇

中國建材工业出版社



# 混凝土搅拌楼及 沥青混凝土搅拌站

田 奇 主编

中国建材工业出版社

## 图书在版编目 (CIP) 数据

混凝土搅拌楼及沥青混凝土搅拌站 / 田奇主编. —北京: 中国建材工业出版社, 2005.4

ISBN 7-80159-862-8

I. 混... II. 田... III. ①混凝土搅拌站—机械设备②沥青搅拌站—机械设备 IV. ①TU642②TU731.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 028208 号

## 内 容 提 要

本书介绍了水泥混凝土搅拌楼及沥青混凝土搅拌站的各种机械设备的主要构造、维护保养、工程应用及管理等方面的知识, 力求反映现代各类混凝土搅拌站(楼)的结构特点; 同时对部分国外的新型搅拌站(楼)产品进行了介绍。

本书可作为从事搅拌站科研、生产及建筑施工等单位的技术人员、机械管理人员的学习资料, 也可作为混凝土搅拌站(楼)工作人员的技术培训教材。

### 混凝土搅拌楼及沥青混凝土搅拌站

田 奇 主编

出版发行: 中国建材工业出版社

地 址: 北京市西城区车公庄大街 6 号

邮 编: 100044

经 销: 全国各地新华书店

印 刷: 北京鑫正大印刷有限公司

开 本: 787 mm×1092 mm 1/16

印 张: 19.25

字 数: 477 千字

版 次: 2005 年 7 月第 1 版

印 次: 2005 年 7 月第 1 次

定 价: 36.00 元

---

网上书店: [www.ecool100.com](http://www.ecool100.com)

本书如出现印装质量问题, 由我社发行部负责调换。联系电话: (010) 88386906

# 前 言

随着我国基本建设的迅猛发展,沥青混凝土搅拌站及水泥混凝土搅拌楼在建设施工中已成为必需的装备,在工程建设中发挥着重要作用。预拌混凝土的质量直接关系到施工速度、工程质量和经济效益。因此与搅拌站(楼)有关的操作人员、管理人员、安装维护和配套服务人员越来越迫切地需要了解各种搅拌站(楼)的工作原理、主要构造、操作要领、安全保障等方面的知识。为此,我们编写了此书。

本书以理论与实践相结合的方式,系统地介绍了水泥与沥青混凝土搅拌站(楼)设备的发展概况、型号分类、主要构造、安装拆卸、使用维护和安全等方面的知识。针对建筑施工单位的工程技术人员、管理人员及现场操作人员的需要,重点介绍混凝土搅拌楼与沥青混凝土搅拌站的基本结构、配置及使用与维护。同时也介绍了部分工程应用中的基本配备方法、工程量的计算方法及管理等方面的基本知识。为了使广大读者能够更好地了解国内外新型搅拌站(楼)设备的发展,书中还介绍了部分国内外新型产品的结构与技术。

本书由陕西省西安市长安大学工程机械学院的田奇教授担任主编,并负责组织编写、统稿与校核,马军星、康敬东副教授担任副主编。全书第一、第二章由田奇编写;第五、第六章由马军星博士编写;第八、第九、第十四章由康敬东博士编写;第三、第十一、第十二章由马志奇副教授编写;第四、第十三章由童占荣编写;第七章由张卫东、田奇共同编写;第十章由田大明、田奇共同编写。此外还有杨静、武建敏等同志参加了编写工作。

我们在编写过程中得到了生产单位、科研院校的大力支持,其中兴平东城建设机械有限责任公司的姬宇飞总经理、王心宏总工,西安康柏自动化有限责任公司的陈宜俊总经理提供了大量的资料,并且提出了宝贵的意见,在此表示衷心地感谢。

由于我们的水平有限,编写时间仓促,而混凝土与沥青机械的种类繁多,因此收集的资料不一定全面,加之各类新产品更新迅速,难免有不足之处,衷心希望读者给予批评指正。

编 者

2005年7月

# 目 录

<b>第一章 概述</b> .....	1
第一节 混凝土搅拌楼与沥青混凝土搅拌站的现状和发展趋势.....	1
第二节 混凝土搅拌楼在建筑施工中的应用.....	2
第三节 沥青混凝土搅拌设备在道路施工中的应用.....	2
第四节 混凝土搅拌楼与沥青混凝土搅拌站的类型、技术参数与产品型号 .....	3
<b>第二章 混凝土的种类及性能</b> .....	4
第一节 普通建筑工程混凝土.....	4
第二节 道路水泥混凝土.....	9
第三节 碾压水泥混凝土(RCC) .....	10
第四节 沥青混凝土 .....	16
<b>第三章 混凝土搅拌设备及使用与维护</b> .....	24
第一节 水泥混凝土搅拌设备特点及应用范围 .....	24
第二节 水泥混凝土搅拌设备的结构和工作原理 .....	26
第三节 水泥混凝土搅拌设备的使用和维护 .....	32
第四节 沥青混凝土搅拌设备的特点及应用范围 .....	34
第五节 沥青混凝土搅拌设备的结构和工作原理 .....	38
第六节 沥青混凝土搅拌设备的使用和维护 .....	62
<b>第四章 混凝土搅拌机械</b> .....	69
第一节 混凝土搅拌机的分类、型号和主要参数.....	69
第二节 自落式混凝土搅拌机 .....	75
第三节 强制式混凝土搅拌机 .....	86
第四节 连续式混凝土搅拌机及其设备.....	101
第五节 其他形式混凝土搅拌机.....	105
<b>第五章 混凝土搅拌站(楼)配料设备</b> .....	111
第一节 贮料设备.....	111
第二节 输送设备.....	125
第三节 计量(称量)设备.....	139
<b>第六章 混凝土搅拌站(楼)总体设计与结构</b> .....	152
第一节 总体设计.....	152
第二节 单阶式搅拌楼.....	153
第三节 双阶式搅拌站.....	160
第四节 移动式搅拌站.....	169

<b>第七章 混凝土搅拌楼控制系统</b> .....	171
第一节 概述.....	171
第二节 搅拌站控制系统原理.....	175
第三节 控制系统的抗干扰措施和精度控制.....	179
第四节 HZS 120 间歇式混凝土搅拌设备自动控制系统 .....	183
<b>第八章 沥青混凝土搅拌站设备</b> .....	193
第一节 冷骨料储存、配料及输送装置 .....	193
第二节 冷骨料烘干、加热装置 .....	196
第三节 热骨料提升、筛分、储存与计量装置.....	201
第四节 矿粉储存、输送与计量装置 .....	205
第五节 沥青加热与乳化设备.....	206
第六节 沥青储存、泵送与计量装置 .....	215
第七节 沥青混凝土搅拌机.....	218
第八节 沥青混凝土成品料储存仓.....	220
<b>第九章 沥青混凝土搅拌站总体结构及要求</b> .....	222
第一节 沥青混凝土搅拌站的工艺流程.....	222
第二节 沥青混凝土搅拌站总体要求.....	224
第三节 沥青混凝土搅拌站的设备配置.....	233
<b>第十章 沥青混凝土搅拌站的计算机控制</b> .....	236
第一节 概述.....	236
第二节 沥青搅拌站控制系统的组成与原理.....	237
第三节 控制系统的启动与关机.....	245
<b>第十一章 混凝土的质量与控制</b> .....	246
第一节 混凝土的质量指标.....	246
第二节 混凝土的质量控制.....	250
<b>第十二章 特殊混凝土生产设备简介</b> .....	263
第一节 热混凝土.....	263
第二节 冷混凝土.....	270
第三节 轻质混凝土.....	275
第四节 特种混凝土制备装置.....	278
<b>第十三章 混凝土的环保设备</b> .....	281
第一节 废混凝土清洗回收设备.....	281
第二节 沥青混凝土旧料再生利用设备.....	285
第三节 水泥混凝土搅拌楼(站)的除尘设备.....	297
参考资料.....	302

# 第一章 概 述

## 第一节 混凝土搅拌楼与沥青混凝土搅拌站的现状和发展趋势

混凝土与沥青机械是建筑和道路工程施工中量大面广的常用设备,也是我国机械中产值最高的设备之一。其中混凝土与沥青搅拌设备(包括搅拌机、搅拌站)、混凝土搅拌运输车、混凝土泵、摊铺机、稳定土拌合设备、挖掘机、装载机、压路机、振动成型机械等数种产品占此类机械总产值的90%以上。特别是近年来随着国内外混凝土与沥青材质、性能和施工工艺的发展和变化,机械的结构、性能、可靠性也随之提高和改善。其中象征混凝土机械水平和实力的主要是三大机,即混凝土搅拌站、混凝土搅拌运输车和混凝土泵,我国已经形成系列产品和一条龙的配套设备,产量与产值得到了大幅度增长。

20世纪80年代以前,我国的塑性混凝土生产占混凝土总量的90%以上,而95%以上依靠小型单机生产,混凝土搅拌设备中虽有搅拌站(楼)等,但国产设备的容量大多在800~1000L以下(水工设备除外),每年的产量仅在80台左右。而单机批量较大,生产厂家达300家以上,年产量达到32000台(大部分容量为200~350L)以上,大厂的年产量为1500~2000台,小厂的年产量为200~500台。

目前,我国建设机械生产企业已经形成产品门类比较齐全、品种基本完善、技术水平和产品质量不断提高、能满足国内市场需求的具有一定生产规模的产业。全行业已拥有生产企业1000多家,其中骨干生产企业400多家。生产产品近500个品种、1000多个规格型号。1995年产品产量达到了145万t,产值近162亿元,出口达2.8亿美元,引进了100多项国外先进技术,对30多个国家级生产企业进行了重点改造,制造工艺水平达到了相当高的程度。从“六五”起,建设机械行业冲破部门限制,开始发展专业化生产,建成了一批关键零部件的生产厂,初步形成了全国性、地方性、企业性三个层次的专业化生产体系。生产企业结构调整也取得了一定成果,组成了由有关省市批准成立的14个建设机械集团,并组建了一批独资、合资生产企业。特别是自1978年开始至1998年改革开放的20年,也是建设机械空前发展的20年。建设机械整体技术水平为一厂一个档次,主导建设机械产品已形成系列。

1978年前我国仅有几家少量生产一般建设机械产品的厂家,高精尖的建设机械产品多为空白,普遍使用的混凝土搅拌运输车、混凝土输送泵及泵车、大型混凝土搅拌站基本是国外产品。

20世纪90年代,在国内市场生死存亡的竞争中,许多大中型生产企业不但面向眼前的市场需要,更看重中远目标的需求,有远见地走上了自主开发新产品的道路。

随着我国公路交通事业的高速发展,筑路机械成为我国“九五”计划期间的主导需求产品。20世纪80年代初,交通部列入了第一项路面机械“沥青混合料搅拌与摊铺设备”引进制造技术的国家项目,由西安筑路机械厂与交通部公路研究所共同研制,并分别于1985年和1987年从英国Parker和德国Dynapac公司引进了搅拌与摊铺设备的制造技术。之后,西

安筑路机械厂又引进英国 Parker 公司的移动式搅拌设备的制造技术,成为国内惟一能生产 60~240 t/h 间歇式搅拌设备系列产品(移动式 and 可搬式)的厂家,填补了国内高等级公路搅拌设备的空白。1989~2003 年,徐州工程机械厂和陕西建设机械厂分别以技贸结合方式,引进了德国 VO·GELE 公司、ABG 公司以及英国 ACP 公司的沥青混合料摊铺设备的制造技术和搅拌设备的制造技术,镇江路面机械总厂引进了日本 NIIGATA 公司摊铺机制造技术,成为我国生产修筑高等级公路摊铺设备的主导制造厂家。经多年的引进、研制、消化与吸收、国产化以及自行开发研制,使我国拥有了修建高级公路设备的系列产品,逐渐填补了国内空白,并进入国际市场。

特别是进入 21 世纪以后,通过引进国外先进技术,技术交流,技术人员出国考察、培训,自行开发研制产品以及大型机械化配套施工等活动,使成千上万名开发、研制、管理以及施工技术人员得到了前所未有的大规模学习和培训机会,培养和造就了一大批具有现代化专业知识的技术人才,成为国家技术与经济发展的宝贵财富。

## 第二节 混凝土搅拌楼在建筑施工中的应用

步入 21 世纪以来,随着国内城市建设规模的不断扩大,特别是人们对环保要求的提高,国家对施工现场的文明生产及环境噪声的控制提出了更高的要求。因此,小型混凝土搅拌机械在城市建设中受到极大的限制。同时,大型建筑施工工程对现浇混凝土的需求量不断增加,国家越来越重视在城市发展和推广预拌混凝土,并且在行政管理方面制订了相应的措施与规定,使得混凝土搅拌楼在城市建设中得到越来越广泛的应用。同时随着我国经济的高速发展,预拌混凝土的应用也得到推广。在“七五”规划时,制定生产预拌混凝土的城市发展为 30 个左右,年总产量达到 500 万  $m^3$ ,占城市现浇混凝土量的 10% 以上。“八五”期间,我国城市预拌混凝土的生产得到飞跃发展,北京、上海、天津、大连、常州等经济发展快的大中城市的预拌混凝土化率可与发达国家相比,但全国的发展极不平衡,部分城市和地区还处于发展阶段,据 1994 年底的统计,全国城市预拌混凝土占有率不足 10%,与发达国家存在一定差距。我国在“九五”规划中将推广和发展预拌混凝土应用技术列为建设部推广的十项新技术之首。“九五”末达到 25%,2010 年将达到 40%。因此,混凝土搅拌楼在城市建设中的应用将会越来越广泛,发挥的作用越来越重要。

## 第三节 沥青混凝土搅拌设备在道路施工中的应用

沥青混凝土搅拌设备在道路工程中的应用有着悠久的历史,经过长期发展,工艺日趋成熟,设备的主要构成已基本定型,特别是随着电子技术的日益完善以及计算机技术和信息处理技术的提高,已经达到很高的技术水平。产品更新换代较快,设备型号规格齐全,技术水平与趋势已经向生产能力系列化方向发展,单位小时的产量从几吨到上千吨,使用较多的是 350 t/h 以下的各种中小型设备。但是,随着我国高速道路建设的快速发展以及沥青混凝土材料的商品化,沥青混凝土的制备朝着专业工厂化方向发展,沥青混凝土搅拌设备的生产能力也日趋大型化,间歇强制式搅拌设备生产能力最高已达 1 000 t/h,连续滚筒式搅拌设备生产能力最高达到 1 200 t/h。为适应工程对于成品质量的需要,满足社会对于节能、环保的要



求,对设备的各项技术指标要求越来越高。目前,骨料和粉料的计量精度为:间歇强制式搅拌设备达0.5%,连续滚筒式搅拌设备达1%;沥青计量精度为:间歇强制式搅拌设备达0.33%,连续滚筒式搅拌设备达0.5%;热效率可达80%~85%;粉尘排量可控制在 $20\text{ mg/m}^3$ 以内。特别是随着控制操作自动化的水平不断提高,无论是间歇强制式还是连续滚筒式搅拌设备,其控制系统均采用计算机管理,并设置微机程控与手动相结合的控制方式,设备的工艺流程可在显示器屏幕上模拟显示,具有故障自动诊断报警功能。生产过程中的各种数据显示打印功能,可储存大量的级配配方,以供需要时更换。随着科学技术的发展,今后还将在如何进一步提高产品性能、延长使用寿命、降低能耗、减少公害、实现生产过程全自动化等方面展开竞争。至于连续滚筒式沥青混凝土搅拌设备,由于其良好的性能深受用户重视,在道路施工中获得广泛应用,尤其在旧沥青路面再生工程中,更是独占鳌头。

#### 第四节 混凝土搅拌楼与沥青混凝土搅拌站的类型、技术参数与产品型号

我国混凝土搅拌站(楼)的型号及表示方法为:HZ-P或HL-P(H、Z、L、P分别表示混凝土、搅拌站、搅拌楼、生产率 $\text{m}^3/\text{h}$ )。目前我国的搅拌站(楼)规格有:HZ15、HZ25、HZ30、HZ50、HZ60、HZ75、HZ95、HL50、HL75、HL85、HL120、HL150、HL180等。

由于对沥青混凝土搅拌站的型号编制国家尚无统一规定,生产单位常常自行编制。目前通行的编制方法中,沥青混凝土搅拌站的型号一般由三部分组成:

第一部分:厂牌、类型、特征、用途代号。用1~4个英文字母表示,如HHB、LJB、LB、LQB、DHNB等。

第二部分:主参数代号。用2~4个数字表示生产率,单位为 $\text{kg}/\text{批}$ (锅)或 $\text{t}/\text{h}$ 。

第三部分:变形代号、产品序号。用1~2个英文字母表示。

所以,沥青混凝土搅拌设备按生产能力分为大型、中型和小型3种。大型的生产率为 $400\text{ t}/\text{h}$ 以上,都属于固定式,适用于集中工程及城市道路工程;中型的生产率为 $30\sim 350\text{ t}/\text{h}$ ,可以是固定式或半固定式。半固定式是将设备设置在几个拖车上,在施工地点拼装,适用于工程量大且集中的公路施工;小型的生产率为 $30\text{ t}/\text{h}$ 以下,多为移动式,即设备组成部分都设置在一辆半挂车或大型特制式汽车底盘上,可随施工地点转移,适用于工程量小的公路施工工程或一般道路养护作业。

从目前来看,混凝土搅拌站(楼)及沥青搅拌站的设备与机械的发展不仅要靠政府主管部门的宏观调控、决策与支持,还应该本行业专家以及生产制造商的参与及共同努力,既要向外国学习先进技术,引进一些适合于国情的现代化施工设备,更要看到自己开拓和创新的能力,在引进先进设备的同时,通过消化吸收,达到国产化的目的,这是一条加速现代化的最佳途径。

## 第二章 混凝土的种类及性能

随着我国城市基本建设的发展,水泥混凝土搅拌楼与沥青混凝土搅拌站的广泛应用,水泥混凝土与沥青混凝土的用量已经越来越大,品种也越来越多。但是,无论何种混凝土都必须根据工程的需要进行配置,沥青混凝土同样如此。对于水泥混凝土而言,水泥作为粘合剂,其他主要材料是砂、石和水,其中包括内部有少量的气孔存在。而沥青混凝土的粘合剂是沥青,其他主要材料是砂、石组成,结构组织与水泥混凝土类似。

由于大部分混凝土搅拌楼在城市建筑施工过程中应用,生产的混凝土主要用于泵送和混凝土罐车输送,罐车直接运送的混凝土用于一般基础,对配合比与粗骨料的要求较低,泵送混凝土要求较高;而沥青混凝土搅拌站生产的沥青混凝土主要是针对道路施工,必须根据道路要求进行配比,一般没有泵送方式,仅仅是在输送过程中,对温度控制有要求。所以,本章主要针对城市建筑与道路工程施工中的混凝土及沥青混凝土进行一般性要求的说明,具体要求及规范请参考其他相关书籍。

### 第一节 普通建筑工程混凝土

#### 一、普通混凝土的分类

普通建筑工程使用的水泥混凝土按体积密度和应用范围大致可分为以下3类。

##### 1. 重混凝土

采用体积密度大的骨料(如重晶石、铁矿石、铁屑等)配制而成,体积密度大于 $2600\text{ kg/m}^3$ 的混凝土。它具有良好的防射线性能,又称为防射线混凝土,主要用于核反应堆及其他防射线工程。

##### 2. 普通混凝土

采用普通天然密实的骨料配制而成,体积密度为 $2000\sim 2500\text{ kg/m}^3$ 的混凝土,是各种建筑工程中用量最大的混凝土,故简称为普通建筑混凝土,广泛用于建筑、桥梁、道路、水利、码头、海洋等工程。

##### 3. 轻混凝土

采用多孔轻质骨料配制而成,或采用特殊方法在混凝土内部造成大量孔隙,使混凝土具有多孔结构,保温性较好,体积密度小于 $1950\text{ kg/m}^3$ ,主要用于保温、结构保温或结构材料。

此外,根据水泥混凝土的主要功能或结构特征、施工特点来分,还有防水混凝土、耐热混凝土、高强混凝土、泵送混凝土、流态混凝土、喷射混凝土、纤维混凝土等种类。

#### 二、混凝土搅拌楼材料要求

普通建筑工程使用的水泥混凝土成分中,骨料与沙石一般占混凝土总体积的70%~

80%，水泥占20%~30%。就混凝土搅拌楼生产的混凝土而言，大部分为泵送混凝土。因此对混凝土拌合料的和易性、坍落度、强度等有着严格的要求。对于原材料方面的要求有：

### 1. 水泥

水泥品种的选用应根据工程的要求进行，不同品种的水泥对混凝土性能存在不同的影响。在城市建筑施工中，由于泵送混凝土的广泛应用以及输送存在一定的距离，在确定水泥品种时，要求混凝土的可泵性和保水性要好、泌水性要小，这是首要条件。硅酸盐水泥和普通硅酸盐水泥具备这方面的优势，常被优先选用。对于大体积的基础部分的混凝土施工，存在温度控制的要求，应该考虑使用水化热低的大坝水泥和矿渣水泥。这类水泥虽然存在保水性差、泌水性大等缺点，可通过适当降低坍落度和提高含砂率等措施来避免拌合料离析等问题的发生。

对于泵送混凝土，水泥砂浆起着润滑输送管道和传递压力的作用，水泥用量直接对泵送性起着重要的影响因素。如果水泥用量过低，和易性则差，泵送阻力增加，泵和输送管的磨损加剧，易产生堵塞；水泥用量过高，则不经济，水化热提高，使大体积混凝土温度应力增加，易产生温度裂缝。此外，使混凝土的黏性提高，同样会增大泵送阻力。所以，一般水泥用量控制在280~290 kg/m<sup>3</sup>时为宜。

### 2. 骨料

在混凝土骨料中，粒径在5 mm以上的称为粗骨料（石子），5 mm以下的称为细骨料（砂子）。粗骨料的级配对于泵送混凝土的可泵性是直接影响因素。合理的级配，可以减小骨料之间的间隙，用少量的水泥和砂形成水泥砂浆充分填满骨料之间的间隙，而大部分的水泥砂浆用于混凝土的自身和输送过程中的管道、阀门及油缸润滑。骨料中碎石的最大粒径不应超过管径的1/3，卵石最大粒径不得超过管径的1/2.5，以防止输送过程中的管道阻塞现象发生。因此，对于泵送混凝土而言，骨料及骨料的级配，应该依据工程要求及具体情况制定相应的级配要求，我国最大粒径允许含量如表2-1所示。

表 2-1 我国泵送混凝土最大粒径允许含量表

工称粒级 (mm)	5~10	5~15	5~20	5~30	5~40
最大粒径含量 (%)	1.5	10	10	5	5

细骨料的级配对泵送混凝土的可泵性同样是一个不可忽视的因素。在骨料级配中，细度模量一般控制在2.3~3.2，粒径在0.315 mm以下的细骨料比例应不小于15%，最好能达到20%，对改善混凝土的可泵性起着重要作用。

### 3. 配合比

用于泵送的混凝土与普通混凝土相比，其配合比设计较为严格，为保证压送后的混凝土能够满足规定的和易性、匀质性、强度及耐久性能，根据所用材料的质量、泵的种类、输送管的直径、压送距离、气候条件、浇筑部位及方法等，经过试验确定配合比，包括水灰比、砂率、外加剂与掺合料用量等。

#### (1) 水灰比

流态混凝土在输送管中流动时，必须克服管壁的摩阻力。摩阻力与混凝土的水灰比有

关,随着水灰比的减小,摩阻力逐渐增大,当水灰比小于0.5后,摩阻力急剧增大。但是水灰比过大,对摩阻力的减小也没有明显效果,反而会引起硬化后的混凝土收缩量增加,有发生裂缝的危险。根据实践经验,泵送混凝土的水灰比一般不宜超过0.7。

### (2) 含砂率

泵送混凝土的含砂率应比一般工程所用混凝土的含砂率高2%~5%,这主要是因为泵送混凝土的输送管,除直管外,还有锥形管、弯管、软管等,当混凝土拌合物经过变截面或变方向管路时,改变了流态混凝土的运动状态,从而改变了骨料颗粒的相对位置,此时如果含砂量不足,容易产生堵塞。我国泵送混凝土含砂率多控制在40%~45%。

### (3) 添加剂与掺合料量

在泵送混凝土中掺入一定的添加剂或掺合料能够改善混凝土的工作性能,增大坍落度,延缓凝结时间和节约水泥。

添加剂的种类主要有减水剂、增强剂、膨胀剂、防冻剂、缓凝剂、速凝剂等,在形式上有袋装粉剂和桶装液体,可以在进料过程中加入,也可以在混凝土浇筑前加入再搅拌(如速凝剂)。

泵送混凝土常用的添加剂为减水剂,其作用机理是减水剂为表面活性剂,吸附于水泥颗粒表面,使颗粒带电,颗粒间由于带相同电荷而互相排斥,使水泥颗粒被分散,从而释放颗粒间多余的水分达到减水目的。减水剂又可使水泥颗粒表面形成吸附膜,影响水泥水化速度,使水泥晶体生长更完善,网格结构更为密实,从而提高强度,减少单位水泥用量。减水剂掺量约为水泥量的0.25%,掺入后一般可达到下列技术经济效果:

①在保持坍落度不变的情况下,使混凝土的单位用水量减少10%~15%,抗压强度提高10%~20%;

②在保持用水量和水灰比不变的情况下,坍落度可增大10~20cm;

③在保持混凝土的抗压强度和坍落度不变的情况下,可节约水约10%。

添加剂(如缓凝剂、速凝剂等)加入混凝土中的剂量较小,但对混凝土性能影响很大,加错、加多或加少都会影响混凝土施工作业的效果,有时会严重影响工程质量而致工程报废。所以,添加剂必须严格进行分类管理,这是搅拌站管理工作中一项极为重要的项目。由于添加剂的用量小,但对混凝土质量影响极大,所以添加剂的计量精度必须严格控制。在使用方法上,按添加剂与拌合用水配比配制,并稀释均匀以降低稠性,再加入混合料中搅拌,这样有利于混凝土运送和防止管道阻塞。

掺合料主要来源于粉煤灰、细磨矿渣等工业“废料”的再利用,掺合料在混凝土中具有一定的活性作用,可节约水泥和提高混凝土的和易性及稠度。所以,掺入粉煤灰后,提高流动性和一定的缓凝作用,坍落度可提高2~3cm,有利于混凝土的泵送,降低水泥的水化热,改善混凝土的抗裂性能,有利于大体积混凝土的施工。矿渣在细磨后,仍然会含有少量的小铁块等硬质颗粒,对于搅拌机和称量设备是极为不利的,必须严格控制这样的掺合料,去除杂质后再使用。

总之,混凝土搅拌站在生产混凝土时,应有相应标准的试验室配套,以便随时对设计的混凝土混合料的各项指标进行全面研究分析和试验,得出有效数据,建立标准配比库,应用于生产。

### 三、混凝土的结构要求

由于混凝土是一种非均质多相复合材料，从亚微观上来看，混凝土是由粗骨料、细骨料、水泥的水化产物、毛细孔、气孔、微裂纹（因水化热、干缩等使水泥石开裂）、界面微裂纹（因干缩、泌水等所致）及界面过渡层等组成。即混凝土在受力以前，内部已经存在许多微裂纹。界面过渡层由于泌水等原因，在骨料表面处形成宽度约为30~60 mm的水泥石薄层，其结构相对较为疏松，且界面过渡层中常含有微裂纹。界面过渡层对混凝土的强度和耐久性有着重大的影响，特别是粗骨料与砂浆（或水泥石）的界面。从宏观上看，混凝土是由骨料和水泥石组成的两相复合材料。因此，混凝土的性质主要取决于混凝土中骨料与水泥石的性质、相对含量以及骨料与水泥石间的界面粘结强度（或界面过渡层的强度）。

就混凝土强度而言，由于骨料的强度一般均高于水泥石的强度，混凝土的整体强度主要取决于水泥石的强度和界面粘结强度（或界面过渡层的强度），而界面粘结强度（或界面过渡层的强度）又取决于水泥石的强度和骨料的表面状况（粗糙程度、棱角的多少、粘附的泥等杂质的多少、吸水性的多少等）、凝结硬化条件及混凝土拌合物的泌水性等。其中界面是混凝土中最为薄弱的环节，混凝土的宏观结构面过渡层的结构或界面粘结强度是影响混凝土强度及其他性质的重要因素。

建筑工程上使用的混凝土，一般须满足以下四项基本要求。

#### 1. 和易性

混凝土拌合物的和易性也称工作性或工作度，是指混凝土拌合物是否易于施工和获得均匀密实结构的性质，是衡量混凝土质量的重要指标之一。

#### 2. 流动性

流动性是指在自重力或振动力作用下，易于产生流动的性质。良好的流动性可保证混凝土构件或结构的形状与尺寸以及结构的密实性。流动性过小，不利于施工，并难以达到密实成型，在内部易产生孔隙或孔洞，影响混凝土的质量；流动性过大，虽然成型方便，但水泥浆用量大，不经济，易造成混凝土的离析和分层，影响均质性，对混凝土的强度及其他性质有较大影响。

#### 3. 粘聚性

粘聚性是指各组成材料具有一定的粘聚力，在施工过程中保持整体均匀一致的能力。粘聚性差的混凝土在运输、浇筑、成型等过程中，骨料容易与砂浆产生分离，产生离析和分层现象，造成混凝土内部结构不均匀，使浇筑后的混凝土强度及耐久性受到影响。

#### 4. 保水性

在施工过程中保持水分的能力。保水性的好坏直接关系到运输、成型和凝结硬化过程中是否发生泌水现象。因为，泌水会在混凝土内部产生大量的连通毛细孔隙，成为混凝土中的渗水通道。上浮的水会聚集在钢筋和石子的下部，增加了骨料和钢筋下部水泥浆的水灰比，形成薄弱层，即界面过渡层，严重时会在骨料和钢筋的下部形成水隙或水囊，即孔隙或裂纹，从而严重影响水泥石之间的界面粘结力。上浮到混凝土表面的水会大大增加表面层混凝土的水灰比，造成混凝土表面疏松，若继续浇筑混凝土，则会在混凝土内形成薄弱的夹层，保水性对混凝土的强度和耐久性有较大的影响。

#### 四、普通混凝土的配制

混凝土是由多种材料配制而成，通过调整或变换组成材料的比例，可以获得各种不同强度与性质。所以，根据工程要求的混凝土性能，确定其中组成材料的用量比例称为“混凝土配合比设计”。

在混凝土配合比的设计中，应该满足以下基本条件：

- (1) 结构方面的要求，即强度等物理力学性能；
- (2) 工艺方面的要求，即和易性方面的要求。

配合比设计方法常用的是实验计算法，其步骤如下：

##### 1) 确定水灰比 $W/C$

水灰比可按经验公式 2-1 求得：

$$\frac{W}{C} = \frac{A \cdot R_C}{R_{28} + A \cdot B \cdot R_C} \quad (2-1)$$

式中  $R_C$ ——水泥强度等级 ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )；

$R_{28}$ ——混凝土强度等级，试块在标准条件下养护 28 天后的抗压强度极限 ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )；

$A$ 、 $B$ ——经验系数， $A=0.4\sim 0.45$ ， $B=0.5$ 。

从上式可以看出，混凝土强度等级越高则水灰比越小，水泥强度等级高则水灰比应略高。

##### 2) 选定用水量 $W$

用水量主要根据和易性的要求，一般在  $150\sim 230 \text{ kg}/\text{m}^3$  范围内。

##### 3) 计算水泥用量 $C$

根据上面求得的水灰比和用水量，用下式算出每  $1\text{m}^3$  混凝土拌合料的水泥用量：

$$C = \frac{W}{\frac{W}{C}} \quad (\text{kg}/\text{m}^3) \quad (2-2)$$

在水灰比一定的情况下，水泥用量取决于用水量，而用水量又是根据和易性确定的。同时，施工方法、施工机械的选用直接影响混凝土配合比的设计。

##### 4) 计算砂率 $S$

为了少用水泥胶泥而又能获得致密的混凝土，必须使砂子和石子适当地配合，让砂子恰好填满石子之间的空隙，这就是计算砂率的原则。砂率是砂子的重量在砂、石总重中的百分比，由此得出：

$$S = \frac{\rho \cdot \gamma'_{\text{砂}}}{\rho \cdot \gamma'_{\text{砂}} + \gamma_{\text{石}}} \times 100\% \quad (2-3)$$

式中  $\rho$ ——石子的空隙率， $\rho = \frac{\gamma_{\text{石}} - \gamma'_{\text{石}}}{\gamma_{\text{石}}} \times 100\%$ ；

$\gamma_{\text{石}}$ 、 $\gamma'_{\text{石}}$ ——石子的密度和表观密度；

$\gamma'_{\text{砂}}$ ——砂的表观密度。

石子应当有适当的颗粒级配，以便尽可能地减少空隙率。

##### 5) 计算砂 $G_{\text{砂}}$ 、石 $G_{\text{石}}$ 用量

$$G_{\text{砂}} = [\gamma'_{\text{混}} - (W + C)] \times S \quad (\text{kg/m}^3) \quad (2-4)$$

$$G_{\text{石}} = \gamma'_{\text{混}} - (G_{\text{砂}} + W + C) \quad (\text{kg/m}^3) \quad (2-5)$$

式中  $\gamma'_{\text{混}}$ ——混凝土的表观密度 ( $\text{kg/m}^3$ )。

由上述公式求得的配合比还必须在施工前试配,进行强度和和易性方面的试验,根据试验情况作某些调整,使所配制的混凝土在工艺和结构上都符合要求。

## 五、普通混凝土的标定

搅拌楼生产的普通混凝土是根据施工方法来确定的,并且以和易性做为工艺性的标定主要指标。和易性用“坍落度”和“工作度”来表示。

坍落度实验是按设计的配合比称量水泥、水、砂和石子,将其均匀拌合后,分3次装入用水润湿过的截头圆锥筒,如图2-1所示。每次装入高度稍大于筒高的1/3。每装一次用直径16 mm、长650 mm的弹头形钢棒垂直地在每层的顶面上捣25次。捣完后刮平筒口,然后将圆锥筒慢慢提起,混凝土即坍落。量取混凝土圆锥顶部坍落的尺寸即为其坍落度,坍落度的单位是“mm”。坍落度只能用于标定塑性混凝土的和易性。

工作度试验是将混凝土标准试模(20mm×20mm×20 mm)固定在振幅为0.35 mm、频率为2 500~3 000 n/min的振动台上,然后把底部直径略小的截头圆锥筒放入试模内,上口放置装料漏斗,如图2-2所示。填装混凝土的方法同上,装好混凝土后把圆锥筒抽出,开动振动台,并开始计算时间,到模内的混凝土拌合料表面水平为止,这一段时间称为混凝土的工作度,工作度的单位为“s”。由于干硬性混凝土的坍落度为零,所以干硬性混凝土的和易性必须应用此方法测定。

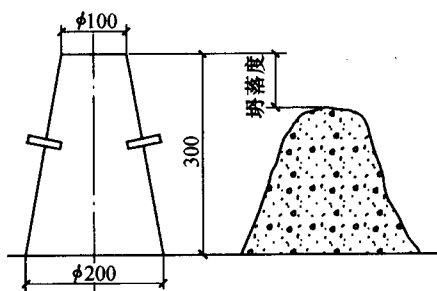


图 2-1 混凝土坍落度的测试

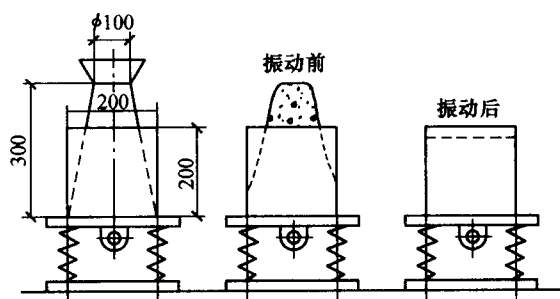


图 2-2 混凝土工作度测定

## 第二节 道路水泥混凝土

近年来,随着我国公路建设的不断发展,水泥混凝土路面得到广泛的应用,水泥路面俗称白色路面,是以混凝土路面板和基层、垫层所组成的高级路面。

根据路面对材料的要求及路面组成可分为:素混凝土路面(包括碾压混凝土路面)、钢筋混凝土路面、连续配筋混凝土路面、预应力混凝土路面、钢纤维混凝土路面、装配式混凝土路面和混凝土小块铺筑的路面等。其中素混凝土路面指混凝土板只在接缝区和局部范围(如角隅和边缘)配置钢筋,其余部位均不配置钢筋的混凝土路面,通常简称混凝土路面。

水泥混凝土路面不仅要求具有较高的抗压、抗弯拉的力学强度和抗磨损能力，而且还要稳定性好、抗侵蚀能力强，受到水的侵入和气候温度等自然因素影响时，引起的强度变化小，既没有像沥青路面那样的“老化”情况，又没有像砂石路那样的“衰变”现象，一般要保证能够使用20~40年。与沥青路面相比，水泥混凝土路面虽然一次性修筑费用投资大，但使用年限长，每年所需养护维修费用小。特别是由于水泥混凝土路面具有较高的抗压、抗弯拉能力，能够通行包括履带式车辆在内的各种运输工具。多雨季节时，由于路面粗糙度好、抗滑能力强，能够保证车辆有较高的安全行驶速度，提高车辆行驶的稳定性和舒适性。但是，水泥混凝土路面的接缝较多，增加了施工和养护的复杂性，容易引起行驶车辆的跳动，对行车的舒适性有影响。

在水泥混凝土路面施工中，由于水泥混凝土用量大，为了保证连续施工的要求，混凝土的搅拌一般使用搅拌楼，例如：修筑20 cm厚、7 m宽水泥混凝土路面时，每1 000 m需要140 m<sup>3</sup>的水泥混凝土，依靠人工搅拌是不能满足混凝土质量及机械化施工的要求与速度的。

对于普通道路施工中使用的水泥混凝土而言，与建筑混凝土区别不大，砂石材料、水泥强度等级以及配合比方面的使用要求相差不多，可参照普通混凝土的方法。但是，对于特殊路面，如机场跑道、城市广场等可以使用道路硅酸盐水泥，紧急抢修工程与冬期施工可以采用快硬硅酸盐水泥。

### 第三节 碾压水泥混凝土 (RCC)

碾压水泥混凝土 (Roller Compacted Concrete, RCC) 是一种通过振动碾压施工工艺达到高密实度、高强度的水泥混凝土，与普通水泥混凝土相比，是一种使用骨料粒径较大而用水泥较少的干硬性贫混凝土，塌落度接近为零，用水少、稠度低、能节约大量水泥，并且施工速度快、养护时间短，主要用于道路路面工程和水工坝体工程等。

目前，在我国公路工程中，一般下层采用碾压混凝土，上层为普通混凝土的复合式路面，或碾压混凝土路面上铺筑磨耗层。在《公路水泥混凝土路面设计规范》(JTJ 012—94)和《水泥混凝土路面施工及验收规范》(GBJ 97)中已列入碾压混凝土路面的相关内容。适用范围中规定，全厚式碾压混凝土路面只能用于二级及其以下等级的公路路面。

由于普通水泥混凝土是靠水泥的水化反应产生的凝结力来获得强度，RCC的性能与普通水泥混凝土大致相同，但是，碾压混凝土在道路施工中还具有以下特点：

(1) 由于碾压混凝土中掺加粉煤灰和外加剂等，水灰比小，单位用水量少，稠度低，水泥用量大大降低；

(2) 含水量低，养护期短，铺筑后的路面在短期内能够达到一定的承载能力，可提前开放道路的使用；

(3) 碾压混凝土能够依靠粗骨料之间的嵌锁作用获得强度；

(4) 干燥收缩率小，可省去接缝和扩大横向接缝的间隙；

(5) 耐久性好，养护费用低；

(6) 与普通水泥混凝土路面相比，可减少工程费用30%以上，所以经济性好。

碾压混凝土的配合比按照“能满足施工作业和易性及路用性能要求”的原则进行设计，并力求经济合理，在冰冻地区还应符合抗冻要求。所采用的配合比，在机械施工条件



下, 应能获得所要求的路面平整度并满足强度及耐久性的要求。

### 1. 配合比设计指标

碾压混凝土配合比设计指标是碾压混凝土的稠度和强度。

#### (1) 稠度

路面碾压混凝土以“改进 VC 值”为配合比, 稠度宜为  $(40 \pm 5) s_0$ 。

#### (2) 强度

碾压混凝土配合比设计强度可按式 (2-6) 确定:

$$F_r = kF_m \quad (2-6)$$

式中  $F_r$ ——碾压混凝土设计强度 (MPa);

$F_m$ ——碾压混凝土设计抗折强度 (MPa);

$k$ ——提高系数, 其值为 1.15~1.25, 可根据施工的技术水平及工程的重要程度确定。

根据公路设计要求等级, 碾压混凝土设计抗折强度可参考表 2-2 中的规定。而碾压混凝土的抗折弹性模量应以试验实测确定。无条件时, 可参照表 2-3 选用。

表 2-2 混凝土设计抗折强度与弹性模量

交通等级	特重	重	中等	轻
设计抗折强度 $E_m$ (MPa)	5.0	5.0	4.5	4.0
抗折弹性模量 $E_r$ (MPa) $\times 10^3$	30	30	28	27

表 2-3 碾压混凝土抗折弹性模量

设计抗折强度 $F_m$ (MPa)	5.0		4.5		4.0	
抗折弹性模量 $E_r$ (MPa) $\times 10^3$	RCC	FRCC	RCC	FRCC	RCC	FRCC
		35	33	33	31	31

注: RCC——碾压混凝土; FRCC——掺粉煤灰的碾压混凝土。

另外, 碾压混凝土配比强度应根据路面设计强度, 考虑路面压实率波动所附加的“压实安全强度”及混凝土质量变异系数按式 (2-7) 确定:

$$F_b = (F_k + F_y)K = F_{ky}K \text{ (MPa)} \quad (2-7)$$

式中  $F_b$ ——配合比强度;

$F_k$ ——设计基准抗折强度;

$F_y$ ——压实安全强度。即为补因压实率不足所致的强度损失, 在设计基准抗折强度上加大的强度值;

$F_{ky}$ ——配比基准强度 (为设计基准抗折强度与压实安全强度之和, 是求取配比强度时的基准强度, 可作为碾压混凝土质量控制的基准值);

$K$ ——加成系数 (与质量保证率要求及质量变异系数有关)。

根据式 (2-7) 确定:

$$F_y = (Y_1 - Y_2) \times \alpha \quad (2-8)$$

式中  $Y_1$ ——抗折试件标准压实率 ( $Y_1 = 95\%$ );