

49

7064
C49

混凝土机械

陈宜通 主编
盛春芳 主审
陈润余

中国建材工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

混凝土机械/陈宜通主编. —北京: 中国建材工业出版社, 2002.6

ISBN 7-80159-203-4

I. 混… II. 陈… III. 混凝土机械 IV. TU64

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2002) 第 032446 号

内 容 提 要

本书系统地介绍了从混凝土的生产、运输、成型、破碎及再利用过程中的各种混凝土机械的主要构造、工作原理、设计计算及部分控制与操作维修方面的知识, 并力求反映现代混凝土机械的结构特点。全书共计十二章, 主要介绍了我国生产的各种混凝土施工设备, 并且对部分国外的新型混凝土机械产品进行了介绍。

本书可以作为有关高等院校本科专业教材、教学参考书, 也可作为科研、生产及建筑施工单位技术人员和机械管理人员的学习参考资料。

混 凝 土 机 械

陈宜通 主编

*

中国建材工业出版社出版

(北京海淀区三里河路 11 号 邮编: 100831)

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

北京丽源印刷厂

*

开本: 787mm × 1092mm 1/16 印张: 18 字数: 429 千字

2002 年 7 月第一版 2002 年 7 月第一次印刷

印数: 1—5000 册 定价: 28.00 元

ISBN 7-80159-203-4/TU·099

前 言

近年来,随着我国经济建设及科学技术的高速增长,基本建设规模不断扩大,建设队伍不断增加,机械设备在建设施工中的地位也日益显著。加强建设施工队伍的装备,是改善施工条件,提高施工速度、工程质量和经济效益的保障。

由于混凝土机械的工作对象是砂石、水泥等混合料,且用量大,工作环境恶劣。因此,现代混凝土施工机械已经在向高技术、高效能、多品种、自动化和智能化的方向发展,以改善工作条件及提高生产率。为了使读者能够更好地了解国内外最新混凝土机械的发展以及教学的需要,我们在多年教学、科研及产品开发的基础上编写了本书。

本书分为混凝土生产与运输设备、混凝土成型与施工设备、混凝土破碎设备及混凝土道路设备等内容。考虑到混凝土在生产与施工过程中对工艺要求较高,为了便于教学和机械工程人员的学习,本书增加了有关混凝土的相关内容。全书共分十二章,对有关混凝土生产与施工方面的各类机械的主要结构、工作原理、设计计算及使用维修进行了介绍。该书由西安建筑科技大学陈宜通副教授、范俊祥副教授与长安大学田奇博士负责组织编写,由陈宜通担任主编并负责统稿,田奇、范俊祥担任副主编。其中第一、三、四、六章由西安建筑科技大学陈宜通编写;第二章由西安建筑科技大学范俊祥编写;第五章由西安建筑科技大学耿楷真编写;第七章由西安建筑科技大学贺利乐编写;第八章由山东方圆集团韦庆杰编写;第九、十、十一章的第一~三节由长安大学田奇编写;第十一章第四节、第十二章由长安大学张奕编写。研究生东亚斌、刘强、吕刚、崔靖宇等参加了部分插图的绘制工作。

本书承蒙长沙建设机械研究院盛春芳研究员、陈润余研究员、彭动军高工审阅。在编写过程中得到了西安建筑科技大学原思聪教授、山东方圆集团何永荣、山东建设机械股份有限公司董湖、长沙建设机械研究院刘志坚、江西省煤矿机械厂刘清平、河南焦作建工机械厂邱纯良、湖北振动器厂苏宗宽、广东佛山振动器厂黄得怡、湖南湘潭机电专科学校郑至一、江苏省江都县工程机械厂邓立军等有关教学、生产、科研单位工程技术人员的大力支持,并且提出了有益的意见,在此表示由衷谢意。

由于我们的水平有限,编写时间仓促,而混凝土生产与施工机械的种类繁多,因此收集的资料不一定能够全面反映混凝土生产与施工机械,加之各类新产品更新迅速,难免有许多不足之处,衷心的希望读者给予批评指正。

编 者

2002.6

目 录

第一章 绪论	1
第一节 普通混凝土	1
第二节 混凝土机械及其发展	6
第二章 混凝土搅拌机械	8
第一节 概述	8
第二节 混凝土搅拌机的分类、型号和主要参数	9
第三节 自落式混凝土搅拌机	12
第四节 强制式混凝土搅拌机	22
第三章 混凝土搅拌装置	39
第一节 混凝土搅拌装置的组成及分类	39
第二节 混凝土搅拌装置的工艺流程	39
第三节 拌合物料输送设备	41
第四节 贮料设备	50
第五节 计量系统	60
第六节 混凝土搅拌装置的总体设计及控制系统	64
第四章 混凝土搅拌运输车	78
第一节 概述	78
第二节 搅拌运输车的搅拌装置	80
第三节 搅拌运输车的设计	87
第四节 搅拌运输车的操作与维修	108
第五章 混凝土泵及布料装置	111
第一节 混凝土输送设备的类型及特点	111
第二节 活塞式混凝土泵	113
第三节 泵送混凝土的流动特征及输送管内的压力变化	136
第四节 泵送特性	143
第五节 其他形式的混凝土泵	147
第六节 混凝土布料装置及混凝土泵车	149
第七节 混凝土泵的使用与维护	159
第六章 混凝土振动器	163
第一节 概述	163
第二节 内部振动器	164
第三节 附着振动器	178
第四节 振动器的使用及维护	179
第七章 混凝土喷射机	181
第一节 概述	181

第二节	喷射机的基本原理	184
第三节	干(潮)式喷射机	186
第四节	湿式喷射机	194
第五节	喷射混凝土机械手及混凝土喷射机组	197
第六节	混凝土喷射机的应用	200
第八章	混凝土小型空心砌块成型机	204
第一节	混凝土砌块的分类和块型	204
第二节	振动对砌块类混凝土的影响	206
第三节	砌块成型机的分类及代表机型	208
第四节	砌块生产线及它的主要设备	216
第九章	混凝土预应力与预制板成型机械	219
第一节	概述	219
第二节	预应力混凝土设备	220
第三节	混凝土空心楼板成型机	230
第十章	混凝土模板施工机械	236
第一节	概述	236
第二节	滑升模板施工机械设备	236
第三节	电动模板施工机械设备	247
第十一章	混凝土破碎设备	252
第一节	概述	252
第二节	液压破碎锤	252
第三节	液压破碎剪与液压破碎钳	259
第四节	自落式破碎机	260
第十二章	混凝土摊铺设备	263
第一节	概述	263
第二节	滑模式混凝土摊铺机	264
第三节	滑模式混凝土摊铺机液压系统分析	274
主要参考文献		281

第一章 绪 论

混凝土机械的工作对象是混凝土，所以在研究、设计及使用混凝土机械时，必须对混凝土的组成、性质及性能指标有所了解。

混凝土是由胶结料和骨料组成的混合物，通过搅拌、浇筑成形和养护硬化而成的人造石。胶结料有水泥、石膏等无机胶凝材料和沥青、聚合物等有机胶凝材料，无机及有机胶凝材料也可复合使用。

按照表观密度混凝土可分为重混凝土（表观密度大于 2600kg/m^3 ）、普通混凝土（表观密度为 $1950 \sim 2500\text{kg/m}^3$ ）和轻混凝土（表观密度小于 1950kg/m^3 ）。

按照用途混凝土可分为普通混凝土、道路混凝土、防水混凝土、耐热混凝土、防辐射混凝土等。

按照生产与施工方法混凝土分为商品混凝土、泵送混凝土、喷射混凝土、压力灌浆混凝土（预填骨料混凝土）、预应力混凝土、挤压混凝土、碾压混凝土等。

通常将水泥作为胶结材料，砂、石作为骨料的混凝土称为普通混凝土或水泥混凝土。目前，世界上混凝土年产量为 60 亿 t 以上，为用量最大的建筑工程材料，其中最大宗使用的是普通混凝土，普通混凝土也是混凝土机械的主要工作对象。普通混凝土具有许多优点：刚拌制成的普通混凝土（称“混凝土拌合物”）在一定时间内呈流塑状态，因此，可浇注成任意形状及尺寸的构件；适应性强，可根据要求配制不同性质的混凝土，相对于钢材与木材而言，具有较高的耐久性；其组成材料中砂、石、水均可就地取材，价廉，生产能耗低。其缺点是：自身质量重，抗拉强度大大小于抗压强度，变形能力相当小，性脆易裂，预缩和导热系数较大，施工质量波动也较大。

第一节 普 通 混 凝 土

一、混凝土的组成材料

普通混凝土（以下简称混凝土）是由水泥、水和砂、石按适当比例配合，拌制成拌合物，经一定时间硬化而成的人造石材。为改善混凝土的性能还经常加入外加剂和掺合料。在混凝土中一般以砂子为细骨料（粒径在 $0.16 \sim 5\text{mm}$ 之间），石子为粗骨料（粒径大于 5mm ）。粗细骨料的总含量约占混凝土总体积的 $70\% \sim 80\%$ 。在混凝土拌合物中，水泥和水形成水泥浆，填充砂子空隙并包裹砂粒，形成砂浆。砂浆又填充石子空隙并包裹石子颗粒。显然水泥浆在砂石颗粒之间起着润滑作用，使混凝土拌合物具有一定的流动性。当水泥浆较多时，混凝土拌合物的流动性较大，呈现塑性状态；当水泥浆量较少时，则混凝土拌合物的流动性较小，呈现干稠状态。水泥浆除了使混凝土拌合物具有一定的流动性外，更主要的是起胶结作用。水泥浆中的水泥和水起水化反应凝结硬化，把砂石骨料牢固地胶结成一整体。但水泥浆硬化后的强度、不透水性等性能都比不上被它胶结的骨料。此外，混凝土的主要缺点之一是膨胀、收缩，其主要原因也在于硬化后的水泥浆。因此，组成优质混凝土的重要原则之

一、就是尽可能地减少水泥浆的用量，使之充满骨料间的全部间隙即可。这样做不仅优质而且经济。但是，水泥浆少，又给施工带来很大困难。过于干硬（和易性低）的混凝土拌合料，很难搅拌均匀、振动密实、做成没有缺陷的构件。要使混凝土在施工时保持适宜的和易性，必须使骨料在水泥浆中呈悬浮状态。因此，水泥浆不仅要充满骨料的空隙，而且要在骨料表面之间形成适当的厚度，越厚则和易性越好。由此可以知道混凝土的工艺性能和物理力学性能之间存在着矛盾，正是这种矛盾推动着混凝土及其机械的发展。

二、混凝土拌合物的和易性

混凝土在未凝结硬化以前，称为混凝土拌合物。它必须具有良好的和易性，便于施工，以保证能获得良好的浇灌质量。和易性是指混凝土拌合物易于施工操作（拌合、运输、浇灌、捣实）并能获得质量均匀、成型密实的性能。和易性是一项综合的技术指标，包括有流动性、粘聚性和保水性三方面的含义。流动性是指混凝土拌合物在本身自重或施工机械振捣的作用下，能产生流动，并均匀密实地填满模板的性能。粘聚性是指混凝土拌合物在施工过程中，其组成材料之间有一定的粘聚力，不致产生分层离析的现象。保水性是指混凝土拌合物在施工过程中，具有一定的保水能力，不致产生严重的泌水现象。发生泌水现象的混凝土拌合物，由于水分泌出来会形成容易透水的空隙，而影响混凝土的密实性、降低质量。

由此可见，混凝土拌合物的流动性，粘聚性和保水性有其各自的内容，而它们之间是互相联系的，但常存在矛盾。因此，所谓和易性就是这三方面性质在某种具体条件下矛盾统一的概念。

目前，尚没有能够全面反映混凝土拌合物和易性的测定方法。在工地和试验室，通常是用坍落度试验测定拌合物的流动性，并辅以直观经验评定粘聚性和保水性。

测定流动性的方法是：将混凝土拌合物按规定方法装入标准圆锥坍落度筒（无底）内，装满、捣实刮平后，垂直向上将筒提起，移到一旁，混凝土拌合物由于自重将会产生坍落现象，然后量出向下坍落的尺寸（mm）就叫坍落度，作为流动性指标。坍落度愈大表示流动性愈大。图 1-1 所示为坍落度试验。

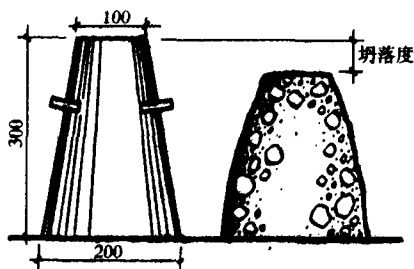


图 1-1 混凝土拌合物坍落度的测定

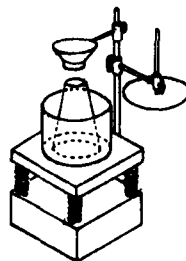


图 1-2 维勃稠度仪

根据坍落度的大小，可将混凝土拌合物分为：大流动性混凝土（坍落度大于或等于 160mm）、流动性混凝土（坍落度为 100 ~ 150mm）、塑性混凝土（坍落度为 50 ~ 90mm）、低塑性混凝土（坍落度为 10 ~ 40mm）。

对于干硬性的混凝土拌合物（坍落度值小于 10mm）通常采用维勃稠度仪（图 1-2）测定其稠度（维勃稠度）。

维勃稠度测试方法是：开始在坍落度筒中按规定方法装满混凝土拌合物，提起坍落度

筒，在拌合物试体顶面放一透明圆盘，开启振动台，同时用秒表开始记时，到透明圆盘的底面完全为水泥浆布满时，秒表记时停止，关闭振动台。此时可以认为混凝土拌合物已密实。所读秒数，称为维勃稠度。该法适用于骨料粒径不超过 40mm，维勃稠度在 5 ~ 30s 之间的混凝土拌合物稠度测定。

三、混凝土配合比设计

混凝土配合比是指混凝土中各组成材料数量之间的比例关系。常用的表示方法有两种：一种是以每 1m³ 混凝土中各项材料的质量标示，如水泥 300kg、水 180kg、砂 720kg、石子 1200kg，其每 1m³ 混凝土总质量为 2400kg；另一种标示方法是以各项材料相互间的质量比来标示（以水泥质量为 1），将上例换算成质量比为：水泥:砂:石 = 1:2.4:4，水灰比 = 0.60。

（一）混凝土配合比设计的基本要求

设计混凝土配合比的任务，就是要根据原材料的技术性能及施工条件，合理选择原材料，并确定出能满足工程所需用的技术经济指标的各项组成材料的用量。具体说混凝土配合比设计的基本要求是：

满足混凝土结构设计的强度等级；

满足施工所要求混凝土拌合物的和易性；

若对混凝土还有其它技术性能（如抗冻等级，抗渗等级和抗侵蚀性等）要求也须满足；做到节约水泥和降低混凝土成本。

（二）混凝土配合比中的三个参数

混凝土配合比设计，实质上就是确定水泥、水、砂与石子这四项基本组成材料用量之间的三个比例关系。即：水与水泥之间的比例关系，常用水灰比表示；砂与石子之间的比例关系，常用砂率表示；水泥浆与骨料之间的比例关系，常用单位用水量（1m³ 混凝土的用水量）来反映。水灰比、砂率、单位用水量是混凝土配合比的三个重要参数，因为这三个参数与混凝土的各项性能之间有着密切的关系，在配合比中正确地确定这三个参数，就能使混凝土满足上述设计要求。

（三）混凝土配合比设计方法

以下仅对混凝土初步配合比计算进行讨论，详细地配合比设计可参照有关专业书籍。

1. 配制强度 ($f_{cu,0}$) 的确定

当设计要求的混凝土强度等级已知，混凝土的配制强度可按下式确定：

$$f_{cu,0} = f_{cu,k} - t\sigma \quad (1-1)$$

式中 $f_{cu,0}$ ——混凝土的配制强度，MPa；

$f_{cu,k}$ ——设计的混凝土立方体抗压强度标准值，MPa；

σ ——混凝土强度标准差，MPa。

根据《混凝土结构施工及验收规范》(GB5024—92) 的规定：

$$f_{cu,0} = f_{cu,k} + 1.645\sigma \quad (1-2)$$

即混凝土强度的保证率为 95%，对应 $t = -1.645$ 。混凝土强度标准差 σ 应根据施工单位统计资料，按下列规定确定：

当施工单位具有近期的同一品种混凝土强度资料时，其混凝土强度标准差 σ 应按下列公式计算：

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n f_{cu,i}^2 - n\bar{f}_{cu}^2}{n-1}} \quad (1-3)$$

式中 $f_{cu,i}$ ——统计周期内同一品种混凝土第 i 组试件的强度值, MPa;

$\bar{f}_{cu}$ ——统计周期内同一品种混凝土 n 组强度的平均值, MPa;

n ——统计周期内同一品种混凝土试件的总组数, $n \geq 25$ 。

当混凝土强度等级为 C20、C25, 其强度标准差计算值低于 2.5MPa 时, 计算配制强度用的标准差应取 2.5MPa; 当强度等级等于或大于 C30 级, 其强度标准差计算值低于 3.0MPa 时, 计算配制强度用的标准差应取 3.0MPa。

当施工单位不具有近期的同一品种混凝土强度资料时, 其混凝土强度标准差 σ 可按表 1-1 取用。

表 1-1 σ 值 (MPa)

混凝土强度等级	低于 C20	C20 ~ C35	高于 C35
σ	4.0	5.0	6.0

注: 本表摘自《混凝土结构工程施工及验收规范》GB50204—92

2. 初步确定水灰比值 $\left(\frac{W}{C}\right)$

根据已测定的水泥实际强度 f_{ce} (或选用的水泥标号 f_{ce}^b)、粗骨料种类及所要求的混凝土配制强度 ($f_{cu,0}$), 按混凝土强度公式计算出所要求的水灰比值:

$$\frac{W}{C} = \frac{Af_{ce}}{f_{cu,0} + A \cdot B \cdot f_{ce}} \quad (1-4)$$

式中 A, B ——试验系数, 对卵石, $A = 0.8, B = 0.52$

对碎石, $A = 0.50, B = 0.61$

3. 选取每 $1m^3$ 混凝土的用水量 (W_0)

$$W_0 = \frac{10}{3}(T + K) \quad (1-5)$$

式中 W_0 ——每 $1m^3$ 混凝土用水量, kg;

T ——混凝土拌合物的坍落度, cm;

K ——系数, 取决于骨料种类与最大粒径, 可参考表 1-2 取用。

表 1-2 混凝土单位用水量计算公式中的 K 值

系 数	碎 石				卵 石			
	最大粒径 (mm)							
	10	20	40	80	10	20	40	80
<i>K</i>	57.5	53.0	48.5	44.0	54.5	50.5	45.5	41.0

注: 1. 采用火山灰硅酸盐水泥时, 增加 4.5~6.0。

2. 采用细砂时, 增加 3.0

4. 计算混凝土的单位水泥用量 (C_0)

根据已选定的每 $1m^3$ 混凝土用水量 (W_0) 和得出的水灰比 $\left(\frac{C}{W}\right)$ 值, 可求出水泥用量 (C_0):

$$C_0 = \frac{C}{W} \cdot W_0 \quad (1-6)$$

5. 选取合理的砂率值 (S_p)

砂率可根据以砂子填充石子空隙, 并稍有富余, 借以拨开石子的原则来确定。根据此原

则可列出砂率计算公式如下：

$$\begin{aligned}
 S_p &= \frac{S}{S + G}; V_{og} = V_{oq} \cdot P' \\
 S_p &= \beta \frac{S}{S + G} = \beta \frac{\rho'_{os} \cdot V_{os}}{\rho'_{os} \cdot V_{os} + \rho'_{og} \cdot V_{og}} \\
 &= \beta \frac{\rho'_{os} \cdot V_{og} \cdot P'}{\rho'_{os} \cdot V_{og} \cdot P' + \rho'_{og} \cdot V_{og}} = \beta \frac{\rho'_{os} \cdot P'}{\rho'_{os} \cdot P' + \rho_{og}} \quad (1-7)
 \end{aligned}$$

式中 S_p ——砂率，%；

S 、 G ——分别为每 1m^3 混凝土中砂及石子用量，kg；

V_{os} 、 V_{og} ——分别为每 1m^3 混凝土中砂及石子松散体积， m^3 ；

P' ——砂子空隙率，%；

β ——砂浆剩余系数，又称拨开系数，一般取 $1.1 \sim 1.4$ ；

ρ'_{os} 、 ρ'_{og} ——分别为砂子和石子堆积密度， kg/m^3 。

6. 计算粗、细骨料的用量 (G_0) 及 (S_0)

粗、细骨料的用量可用体积法求得，即假定混凝土拌合物的体积等于各组成材料绝对体积和混凝土拌和物中所含空气的体积之和。因此在计算 1m^3 混凝土拌合物的各材料用量时，可列出下式：

$$\frac{C_0}{\rho_c} + \frac{G_0}{\rho_{ag}} + \frac{S_0}{\rho_{as}} + \frac{W_0}{\rho_w} + 10\alpha = 1000L \quad (1-8)$$

又根据已知的砂率可列出下式：

$$\frac{S_0}{S_0 + G_0} \times 100\% = S_p\% \quad (1-9)$$

式中 C_0 —— 1m^3 混凝土的水泥用量，kg；

G_0 —— 1m^3 混凝土的粗骨料用量，kg；

S_0 —— 1m^3 混凝土的细骨料用量，kg；

W_0 —— 1m^3 混凝土的用水量，kg；

ρ_c ——水泥密度， g/cm^3 ；

ρ_{ag} ——粗骨料近似密度， g/cm^3 ；

ρ_{as} ——细骨料近似密度， g/cm^3 ；

ρ_w ——水的密度， g/cm^3 ；

α ——混凝土含气量百分数（%），在不使用引气型外加剂时， α 可取为 1；

S_p ——沙率，%。

在上述关系式中 ρ_c 取 $2.9 \sim 3.1$ ， $\rho_w = 1.0$ ； ρ_{ag} 及 ρ_{as} 应由试验测得。

通过以上六个步骤可将水、水泥、砂和石子的用量全部求出，得到初步配合比。

根据初步设计配比，在试验室进行试配，再进行试验调整，然后再应用于实际工程。

第二节 混凝土机械及其发展

一、混凝土机械的种类

混凝土的施工工艺过程如下：

混凝土的生产→混凝土的运输→混凝土的成型→养护。

根据混凝土的施工工艺过程可将混凝土机械归纳为以下几类：

1. 混凝土生产机械即混凝土搅拌站（楼）

它的作用是生产出满足施工要求的混凝土，主要由混凝土配料设备、称量设备、搅拌设备等组成，其中混凝土搅拌设备即各种类型的混凝土搅拌机也可作为独立的混凝土生产机械。

2. 混凝土运输机械

混凝土的运输分水平运输和垂直运输，水平运输为各种容量的混凝土搅拌运输车，混凝土装入搅拌车的拌筒中，搅拌车一边行驶，一边对拌筒内的混凝土进行搅动，以防止混凝土发生分层离析，或在较长时间的运输途中凝结硬化。垂直运输为各种型式的混凝土泵，用混凝土泵配上适当的输送管道和布料装置，可完成施工现场混凝土的水平及垂直输送，它可以连续不断地向施工地点输送混凝土，采用泵送混凝土可以节省劳动力，加快施工速度和保证施工质量。

3. 混凝土成型机械

它的种类很多，根据对混凝土施工的要求，可分为混凝土振动机械、混凝土砌块成型机械、混凝土喷射机械、混凝土路面摊铺机械、混凝土滑模机械等。

混凝土的养护是使已成型的混凝土在一定温度的潮湿环境中硬化，不需要采用机械设备。

二、混凝土机械的发展

为了适应经济建设的需要，混凝土施工应向机械化和自动化方向发展。

混凝土是建筑工程中的一种主要材料，用途广，用量大。我国是混凝土使用大国，年需要量约 10 亿吨。如何来组织这样大量混凝土的生产，并做到生产率高，质量好，成本低，并保持较好的生产环境，是研制混凝土机械及混凝土施工的关键所在。目前国内的混凝土施工主要采用两种形式

1. 在施工现场临时设置混凝土拌制设备

即以混凝土配料机、搅拌机和水泥筒仓为主要设备，组成中小型拆装式或移动式搅拌装置在施工现场生产混凝土。混凝土的输送一般采用两种方式：一种是用塔式起重机周期地吊送混凝土吊罐，但当建筑物比较高时，起重机还要兼运其它各种建筑材料，过于繁忙，另外由于混凝土不能连续浇注，影响浇注质量；另一种是使用混凝土泵来完成混凝土在施工现场的水平及垂直输送，将生产的混凝土直接送到浇注点，使混凝土的配比、搅拌、输送实现了机械化，又由于混凝土是连续浇注，保证了施工中混凝土的质量。这种施工方式投资少，建设快。目前国内建筑施工中采用该方式较多。其主要缺点是，混凝土生产率较低，如以一台 800 配料机和一台 500 搅拌机配套使用，混凝土的生产率仅为 $25\text{m}^3/\text{h}$ ，无法满足大、中型工地的需求，若增加配套设备台数，将增加投资，并给混凝土输送带来不便；另外该种生产

方式，必须将生产混凝土的原材料即：砂、石、水泥等运往施工现场，不仅占据了较大的施工现场，又造成对施工现场环境的污染。

2. 混凝土生产商品化

即把混凝土的生产集中到工厂进行，工厂把混凝土作为一种商品提供给各施工现场。通常商品混凝土工厂的成套设备指的是“一站三车”，这是商品混凝土生产成套设备的主要设备。

一站：即混凝土搅拌站（楼），它都配有大型机械化骨料堆场、水泥筒仓、原材料的预处理（并非所有）、供给、计量及对混凝土搅拌等，整个生产过程由计算机控制。

三车：①混凝土搅拌运输车，完成混凝土从搅拌站（楼）至施工现场的水平运输；②混凝土泵车（泵），完成混凝土到浇注点的水平和垂直输送；③散装水泥车，将散装水泥自水泥厂送至搅拌站（楼）的水泥筒仓。

商品混凝土应用量的大小，标志着混凝土生产工业化程度的高低，也标致着施工现代化程度的高低，因为商品混凝土具有如下优点：

- 1) 工艺装备能力和工艺质量控制条件决定了商品混凝土的高性能和高质量；
- 2) 节省水泥综合费用达 10%。采用散装水泥风送仓存、精确的使用计量、不用拆包和节约包装材料、密封输送等方法，有效地避免了浪费，同时可以采用掺和料（细磨粉煤灰、矿渣等）后可以减少水泥用量；
- 3) 减少了对环境的污染；
- 4) 具有规模效益。对于大方量混凝土施工作业可由数个商品混凝土公司联合供应；
- 5) 可向施工现场狭小地区供应商品混凝土；
- 6) 极大地减轻了劳动强度。

商品混凝土的发展，在工业发达国家已取得极大的成功，经济发达国家商品混凝土占混凝土总量都在 60% 以上。目前我国商品混凝土与先进发达国家还存在较大的差距。据 2000 年底的统计，全国年产商品混凝土不足 1 亿 m^3 ，因此，推广商品混凝土是实现我国建筑业施工工业化的一项重要举措，已列为建设部推广的十项新技术之首位，2005 年计划我国的商品混凝土年产量将达到 3 亿 m^3 。2010 年商品混凝土占用率将上升到 40%。

第二章 混凝土搅拌机械

第一节 概 述

搅拌是混凝土生产工艺过程中极重要的一道工序，配制混凝土的各种材料经搅拌后成为均匀的拌合料。因为混凝土配合比的设计是按细骨料恰好填满粗骨料的间隙，而水泥胶泥又均匀地分布在粗细骨料的表面。所以，搅拌得不均匀就不能获得高强度的混凝土。因此，对混凝土搅拌的均匀程度规范上都有规定。对混凝土拌合料中各组成成分的均匀程度是用取样对比的方法从拌合料中取若干样品，以匀质性 ΔG 、 ΔM 来测定其中骨料、水泥的含量，取其平均差值作为不均匀度。一般要求水泥含量的不均匀度在 1% 以下，骨料在 5% 以下。这种测定方法是关于混凝土拌合料宏观方面不均匀度的测定。实践证明，用机械搅拌混凝土，一般在很短的时间内（10~20s）就可达到宏观上的均匀。但对这种拌合料仔细观察时，会发现有些骨料表面是干燥的，另外还有一些干的小水泥团。所以，只是宏观上达到均匀要求的拌合料，不能认为是搅拌均匀了，还必须进行微观分析。

对混凝土拌合料微观均匀度的直接测定，目前还没有一种好的方法。现在多用间接的办法来测定判断。这就是采用比较试样硬化后强度的不均匀度的方法来测定其微观不均匀度。这个方法是基于这样一个假设：微观越均匀的拌合料，硬化后强度也越高。经过大量实验得知，用自落式搅拌机搅拌塑性混凝土，用强制式搅拌机搅拌干硬性混凝土时，一般在 30s 内即可达到很高的均匀程度，继续延长搅拌时间能够得到进一步的改善，但在 90s 以后，则基本上没有多大的增长了。

强度是混凝土最主要的力学性能，而混凝土强度又主要取决于水泥石（即硬化水泥浆）的结构及水泥石和骨料间的界面结构。即使是宏观达到匀质的混凝土拌合料，在显微镜下仍然可以发现，水泥颗粒并没有均匀地分散在水中。有 10%~30% 的水泥颗粒三三两两聚在一起，形成微小的水泥团，见图 2-1（a）所示。水泥的这种聚团现象，影响着

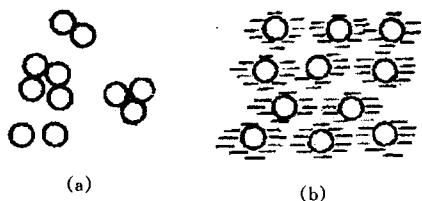


图 2-1 水泥石及其和集料间的界面结构

提高混凝土和易性和提高混凝土的强度。这是因为水泥的水化作用只在水泥颗粒的表面进行。正是由于这样一个原因，水泥必须磨得很细，使单位重量的水泥有尽可能大的表面积（比表面）。如果水泥颗粒聚团，则水化作用的面积减小，使混凝土具有强度的水化生成物减少。因此在制备混凝土拌合料时，必须尽可能提供不仅是宏观，更重要的是微观相对匀质性，尽可能使水泥粒子的弥散和局部水灰比均匀性达到较高程度，破坏初始期水泥粒子表面水化物包裹层和为数较多的水泥颗粒团聚体，使水泥水化程度最大限度地提高，减小空隙率和胶空比，同时也有利于提高水泥和骨料间界面的粘结力，从而提高混凝土强度。实践中发现用机械的方法把聚团的水泥颗粒分开是困难的。现在是用掺加“减水剂”的方法来达到这一目的。这是一种物理化学方法。减水剂大多是一些高分子盐

类，它们在水中电离，形成极活泼的阴离子。这些阴离子附在水泥颗粒的表面（见图 2-1b），使水泥颗粒互相排斥，而达到充分分散的目的。用这种方法来使拌合料达到微观均匀比起用机械的方法要省事得多。掺加减水剂的混凝土拌合料施工时和易性好，硬化后强度高，这都充分证明，掺加减水剂可使混凝土更容易搅拌均匀。综上所述，对于混凝土搅拌提出的主要任务是：各组分均匀分布，达到宏观及微观上的匀质；破坏水泥颗粒团聚现象，使其各颗粒表面被水湿润，促进弥散现象的发展；破坏水泥颗粒表面的初始水化物薄膜包裹层；由于集料表面常常覆盖有一层薄薄灰尘和粘土，有碍于界面结合层的形成，故应使物料颗粒之间多次碰撞和相互摩擦，以减少灰尘薄膜的影响；提高拌合料各单元体参与运动的次数和运动轨迹的交叉频率，以加速达到匀质化。

搅拌机拌筒内拌合料运动时，物料颗粒间的正压力不外乎来自：（1）相邻上下颗粒受到的压力差，这是垂直方向上的压力；（2）相邻颗粒运动速度大小及方向不同，而引起的挤压和碰撞所产生的压力。显然，当物料颗粒相对运动速度越大时产生的压力越大，对于夹在它们之间的水泥粒子团聚体和水泥粒子表面包裹层的破坏效果越好。这种作用应该主要由比表面大、形状相对规则的砂粒和水泥粒子来完成。不难想象，当拌合料不但有同一方向的流动，而且有交叉流动，甚至产生“逆流”运动，且频率高、范围大时，实现微观匀质的可能性便会加大。

值得指出的是，占 10% ~ 30% 比例的水泥聚体及带有初始水化物的包裹层的水泥粒子的几何尺寸是极小的，在流动时它们很容易以单元体形式整体运动于一定厚度的液相中。如果仅仅有被叶片带至一定高度自落产生的碰撞，或只有叶片对拌合料强制产生的断面的作用方式，这样产生的剪切力的影响范围十分有限，不足以有效地破坏单元体的存在。只有使拌合料产生强烈的流动和较为复杂的运动轨迹，而使颗粒之间产生较大的相对速度，产生碰撞和挤压而引起较大摩擦剪应力，有效地破坏单元体的存在，使水泥颗粒最大限度地弥散化。

由以上分析，可以给搅拌机合理的搅拌机理的基本特性下一个粗浅的定义：（在利用拌合料重力势能的同时）应尽可能使处在搅拌过程中的拌合料各组分的运动轨迹在相对集中区域内互相交错穿插，在整个拌合料体积中最大限度地产生相互摩擦，并尽可能提高各组分体积参与运动的次数和运动轨迹的交叉频率，为混凝土拌合料实现宏观和微观匀质性创造最有利的条件（注：括号内文字适用于自落式搅拌机）。

第二节 混凝土搅拌机的分类、型号和主要参数

一、混凝土搅拌机的类型和特点

为了适应不同混凝土的搅拌要求，搅拌机发展了许多机型，它们在结构和性能上各有特点，但按工作过程或工作原理可分别划分为两类，即连续式和周期式或自落式和强制式。

连续式搅拌机：其作业过程，无论装料、搅拌和卸料都是连续不断进行的，所以生产率高，但混凝土的配比和拌合质量难以控制，在一般建筑施工中很少使用，多用于道路和水利工程中。

周期式搅拌机：加料、搅拌、出料按周期进行循环作业的搅拌机。一批料拌好卸出后，再进行下批料的装料和搅拌，因而易于控制配比和保证拌合质量，是建筑工程中应用最普遍的类型，本节所介绍的搅拌机皆属此类。

自落式搅拌机：搅拌物料由固定在搅拌筒内的叶片带至高处，靠自重下落进行搅拌的搅拌机。其工作原理如图 2-2（a）所示，搅拌机工作机构为筒体，沿内壁圆周安装着若干搅拌

叶片，工作时，筒体可围绕其自身轴线（水平或倾斜）回转，利用叶片对物料进行分割，提升，撒落和冲击作用，从而使配合料的相互位置不断进行重新分布而得到拌合。这类搅拌机的优点是结构简单，磨损程度小，易损件少，对骨料粒径大小有一定适应性，使用维护也较简单。主要缺点是靠重力自落实现搅拌，搅拌强度不大，而且转速和容量受到限制，生产效率低，一般只适于拌合塑性混凝土。

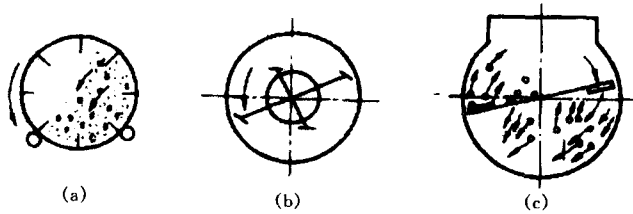


图 2-2 搅拌机工作原理
(a) 自落搅拌；(b)、(c) 强制搅拌

强制式搅拌机：搅拌物料由旋转的搅拌叶片强制搅拌的搅拌机。工作原理如图 2-2 (b)、(c) 所示，搅拌机构是由垂直（图 2-2b）或水平（图 2-2c）设置在搅拌筒内壁的搅拌轴组成，轴上安装搅拌叶片，工作时，转轴带动叶片对筒内物料进行剪切、挤压和翻转推移等强制搅拌作用，使物料在剧烈的相对运动中得到均匀的拌合，因而拌合质量好，效率高，特别适于拌合干硬性混凝土和轻质骨料的混凝土，其中水平轴（即卧轴）式同时具有自落式的搅拌效果。但这种搅拌机构比较复杂，搅拌工作部件磨损快，对骨料粒径有严格限制。否则易造成卡料现象。

二、混凝土搅拌机的机型和代号

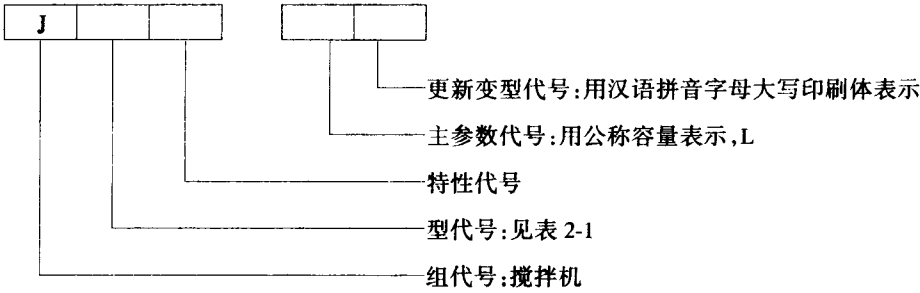
自落式和强制式混凝土搅拌机由于工作部分在结构上的不同还有若干基本机型，如表 2-1 所示，

表 2-1 混凝土搅拌机形式

类 型		自 落 式	
代 号		反 转 出 料	倾 翻 出 料
JZ		JF	
示 意 图			

类 型		强 制 式			
代 号		涡 浆	行 星	双卧轴	单卧轴
JW		JN		JD	JS
示 意 图					

搅拌机型号和编制方法如下：



标记示例

- 1) 公称容量为 250L、内燃机驱动、第一次更新的自落式锥形反转出料的搅拌机：
混凝土搅拌机 JZR250A GB/T9142。
- 2) 公称容量为 350L、电动机驱动的强制式单卧轴液压上料的搅拌机：
混凝土搅拌机 JDY350 GB/T9142。

三、混凝土搅拌机的主要参数

(一) 额定容量

搅拌机的各种不同含义的容量之间有如下关系：

1. 进料容量 V_1 (又称装料容量) 是指装进搅拌筒未经搅拌的干料体积；
2. 出料容量 V_2 (又称公称容量) 是指一罐次混凝土出料后经捣实的体积。

它是搅拌机的主要性能指标，它决定着搅拌机的生产率，是选用搅拌机的重要依据。国家标准规定以其出料容量 L ($1 L = 10^{-3} m^3$) 为搅拌机的主参数并以系列化。其系列如表 2-2。

表 2-2 混凝土搅拌机主参数 (公称容量) 系列

公 称 容 量
50、100、150、200、250、350、500、750、1000、1250
1500、2000、2500、3000、3500、4000、4500、6000

3. 各种容量的关系

(1) 搅拌筒的几何容积 V_0 (指搅拌筒能容纳配合料的体积) 和进料容量 V_1 的关系：

$$V_0 / V_1 = 2 \sim 4 \tag{2-1}$$

(2) 搅拌好后卸出的混凝土体积 V_2 和装进干料容量 V_1 的关系：

$$\varphi_1 = V_2 / V_1 = 0.65 \sim 0.7 \text{ 即 } V_2 = (0.65 \sim 0.7) V_1 \tag{2-2}$$

式中 φ_1 ——出料系数。

(二) 工作时间

上料时间——从料斗提升开始到料斗内混合干料全部卸入搅拌筒的时间；

出料时间——从搅拌筒内卸出的不少于公称容量的 90% (自落式) 或 93% (强制式) 的混凝土拌合物所用的时间；

搅拌时间——从混合干料中粗骨料全部投入搅拌筒开始，到搅拌机将混合料搅拌成匀质混凝土所用的时间；

工作周期——从上料开始至出料完毕一罐次作业所用时间。

(三) 生产率

混凝土搅拌机的生产率的计算公式为：

$$Q = 3600 V_1 \varphi_1 / t_1 + t_2 + t_3 \quad (2-3)$$

式中 Q ——生产率, m^3/h ;
 V_1 ——进料容量, m^3 ;
 t_1 ——每次上料时间, s ; 使用上料斗进料时, 一般为 $8 \sim 15\text{s}$; 通过料斗或链斗提升机装料时, 可取 $15 \sim 26\text{s}$;
 t_2 ——每次搅拌时间, s ; 随混凝土坍落度和搅拌机容量的大小而不同, 可参考搅拌机有关性能参数;
 t_3 ——每次出料时间, s ; 出料时间一般为 $10 \sim 30\text{s}$;
 φ_1 ——出料系数, 对混凝土一般取 $0.65 \sim 0.7$, 砂浆取 $0.85 \sim 0.95$ 。

若搅拌机每小时的出料次数为 Z , 且为连续生产, 则搅拌机的生产率亦可按下式计算:

$$Q = Z V_1 \varphi_1 k / 1000 \quad (2-4)$$

式中 k ——时间利用系数, 根据施工组织而定, 一般为 0.9 。

第三节 自落式混凝土搅拌机

一、锥形反转出料搅拌机

锥形反转出料搅拌机是 20 世纪 50 年代发展起来的一种自落式搅拌机。这种搅拌机的出料通过改变搅拌筒的旋转方向来实现, 它省去了倾翻机构, 在中、小容量的范围内 ($0.15 \sim 1.0\text{m}^3$) 是一种较好的机型。锥形反转出料搅拌机适用于拌制骨料最大粒径在 80mm 以下的塑性和半干硬性混凝土。可供各种建筑工程和中、小型混凝土制品厂使用。锥形反转出料搅拌机性能参数见表 2-3。

表 2-3 锥形反转出料搅拌机性能参数

型 号	基 本 参 数				
	出料容量 (L)	进料容量 (L)	搅拌额定功率 (kW)	工作周期 (s)	骨料最大粒径 (mm)
JZ150	150	240	≤ 3.0	≤ 120	60
JZ200	200	320	≤ 4.0	120	60
JZ250	250	400	≤ 4.0	≤ 120	60
JZ350	350	560	≤ 5.5	≤ 120	60
JZ500	500	800	≤ 11.0	≤ 120	80
JZ750	750	1200	≤ 15.0	≤ 120	80
JZ1000	1000	1600	≤ 22.0	≤ 120	100

(一) 主要组成机构及工作原理

锥形反转出料搅拌机主要由进料机构、搅拌筒、传动系统、供水系统、电气控制系统和底盘等机构组成。图 2-3 所示为 JZC350 型锥形反转出料搅拌机总体布置图。

1. 搅拌筒

锥形反转出料搅拌机的搅拌筒呈双锥形。如图 2-4 所示。筒内中部焊有分别与拌筒轴线