

第2版

混凝土工程

王华生
赵慧如 编著

便携手册



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



新规范

混凝土工程便携手册

第2版

王华生 赵慧如 编著



机械工业出版社

本书介绍混凝土、外加剂、矿物掺合料的基本知识与前沿的应用技术,普通混凝土,有特殊要求的混凝土,特种施工方法的混凝土,可持续发展的混凝土新技术,全面系统可操作的混凝土工程质量验评与处理、混凝土施工机械设备及工艺,构筑物施工工艺。现浇结构的施工及混凝土冬期施工等,内容全面系统,新颖适用,图表并重,查阅方便,特别适于基层施工使用,也可用作建筑类大专院校及建筑企业职工技术培训教学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

混凝土工程便携手册/王华生,赵慧如编著. —2版.
—北京:机械工业出版社,2005.10
ISBN 7-111-09060-8

I.混… II.①王…②赵… III.混凝土施工-技
术手册 IV.TU755-62

中国版本图书馆CIP数据核字(2005)第097660号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)
责任编辑:何文军 版式设计:张世琴 责任校对:魏俊云
封面设计:姚毅 责任印制:洪汉军
北京京丰印刷厂印刷
2005年10月第2版·第1次印刷
1000mm×1400mm B6·11.9375印张·2插页·438千字
0 001—5 000册
定价:27.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换
本社购书热线电话(010)68326294
封面无防伪标均为盗版

前 言

混凝土仍是 21 世纪建设工程大量而广泛、并不可取代的主要建筑材料，它随着科学技术的飞速发展而发展。为了满足广大工程技术人员现场施工实际操作的需求，本书从普通混凝土基本知识入手，按特殊要求混凝土、特殊施工方法混凝土、混凝土新技术、混凝土工程质量验评与处理、混凝土施工机械及工艺、混凝土冬期施工等分章，全面系统地汇集了近年来混凝土的新规范、新规程、新标准、新质量验收方法，是混凝土新理念、新技术的集成。内容丰富，实用性、可操作性极强，是建设工程现场工程技术人员的好帮手，亦是混凝土工程技术人员再学习的工具书。

由于时间和水平所限，缺陷错误在所难免，望广大读者批评指正。

王华生 赵慧如

2005.7 于西安

目 录

前言

1 混凝土的基本知识	1
1.1 概述	1
1.2 混凝土的分类	2
1.3 混凝土的适用技术性能	3
2 混凝土的组成材料	15
2.1 胶凝材料——水泥、矿物掺合料	15
2.2 外加剂	41
2.3 粗骨料——石子	130
2.4 细骨料——砂	135
2.5 水	142
3 普通混凝土	144
3.1 普通混凝土的配合比设计	144
3.2 普通混凝土配合比的设计实例	163
3.3 干硬性混凝土	167
3.4 工程应用技术要点	173

4 有特殊要求的混凝土	176
4.1 防水(抗渗)混凝土	176
4.2 大体积混凝土	193
4.3 高强混凝土	201
4.4 道路混凝土	210
4.5 水工混凝土	216
4.6 抗冻混凝土	228
5 特种施工方法的混凝土	233
5.1 清水混凝土	233
5.2 水下浇筑混凝土	240
5.3 隧道混凝土	257
5.4 喷射混凝土	267
5.5 离心混凝土	277
5.6 泵送混凝土	280
5.7 预拌(商品)混凝土	306
6 混凝土新技术	321
6.1 高性能混凝土	322
6.2 自密实免振捣混凝土	341
6.3 矿物掺合料混凝土(矿物掺合料 在混凝土中的应用)	350
6.4 再生混凝土	373

7 混凝土工程施工质量验评与处理	383
7.1 混凝土工程施工质量检验标准	383
7.2 混凝土质量检验	397
7.3 混凝土的缺陷修整	436
8 混凝土施工机械设备及工艺	456
8.1 材料称量设备	457
8.2 混凝土搅拌机械及工艺	467
8.3 混凝土施工运输工艺与机械设备	495
8.4 混凝土喷射机	543
8.5 混凝土常用的水平与垂直运输机具	548
8.6 混凝土振动机具与使用工艺	552
8.7 混凝土搅拌楼(站)	581
9 混凝土构筑物施工工艺	609
9.1 筒仓混凝土的浇筑工艺	609
9.2 烟囱混凝土的浇筑工艺	615
9.3 水塔混凝土的浇筑工艺	624
9.4 水池混凝土的浇筑工艺	629
10 现浇结构混凝土的施工	641
10.1 基础混凝土的施工	641
10.2 墙、柱混凝土的施工	668

10.3	肋形楼板混凝土的施工	676
10.4	现浇框架混凝土的施工	681
10.5	悬挑构件、楼梯、圈梁和地坪 的施工	682
10.6	滑模混凝土的施工	689
11	混凝土冬期施工	695
11.1	混凝土工程冬期施工的定义及期限	695
11.2	冻结对混凝土的影响	698
11.3	混凝土冬期施工方法的选择	707
11.4	冬期施工对混凝土材料的要求	712
11.5	混凝土的搅拌	718
11.6	冬期混凝土的质量控制及检查	738
11.7	冬期混凝土常见质量事故原因分析 及防治方法	740
	附录 部分混凝土名词浅释	751
	参考文献	756

1 混凝土的基本知识

1.1 概 述

混凝土是当代最大宗的人造材料，也是最主要的建筑材料之一。广义的混凝土是指由胶凝材料、细骨料（砂）、粗骨料（石）和水按适当比例配制的混合物，经硬化而成的人造石材。但目前建筑工程中使用最为广泛的是以水泥为胶凝材料的普通混凝土。

在普通混凝土中，砂、石起骨架作用，它们在混凝土中起填充和抵抗混凝土在凝结硬化过程中的收缩作用。水泥与水形成水泥浆、包裹在骨料表面并填充骨料间的空隙。在硬化前，水泥浆起润滑作用，赋予混合物一定的和易性，便于施工；硬化后，水泥浆则将骨料胶结成一个坚实的整体，并具有一定的强度。

混凝土作为主要建筑材料被广泛应用，是因为它具有许多其他材料所不能取代的优点。如：易成形、能耗低、耐久性好、价格便宜以及与钢材结合可制成各种承重结构的优点。但混凝土的自重大、抗拉强度低，一般只有抗压强度的 $1/10 \sim 1/20$ ；浇筑成形受气候条件（温度、湿度、雨雪等）影响，特别是使用寿命远低于设计寿命标准，而修复、维持将付出极大的经济代价等传统

混凝土所存在的弱点。

然而，当今混凝土技术已取得很大的进展，正步入轻质、高强、多功能、耐久长寿的高科技领域。许多专家预言，21 世纪混凝土仍是主要的建筑材料。

1.2 混凝土的分类

混凝土的品种繁多，它们的性能和用途也各不相同，一般按以下几方面进行分类。

1. 按工程要求分类

普通混凝土：指采用普通砂、石配制的干密度为 $2000 \sim 2800\text{kg/m}^3$ 的混凝土。

特种混凝土：抗渗混凝土指抗渗等级大于 P6 级的混凝土；抗冻混凝土指抗冻等级大于 F50 级的混凝土；高强混凝土指强度等级为 C60 级以上的混凝土；大体积混凝土指混凝土结构物实体最小尺寸等于或大于 1m，或预计会因水泥水化热引起混凝土内外温差过大而导致裂缝的混凝土。

2. 按流动性分类

干硬性混凝土，指混凝土拌合物的坍落度小于 10mm 且需用维勃稠度 (S) 表示其稠度的混凝土；塑性混凝土，指混凝土拌合物的坍落度为 10 ~ 90mm 的混凝土；流动性混凝土，指混凝土拌合物的坍落度为 100 ~ 150mm 的混凝土；大流动性混凝土，指混凝土拌合物坍落度等于或大于 160mm 的混凝土。

3. 按施工方法分类

如泵送混凝土；喷射混凝土；水下浇筑混凝土；压力灌浆混凝土；离心混凝土等。

4. 按胶结材料分类

如水泥混凝土；水玻璃混凝土；沥青混凝土；硫磺混凝土；聚合物混凝土等。

1.3 混凝土的适用技术性能

混凝土的各组成材料按一定比例搅拌而制得的未凝固的混和材料称为混凝土拌合物。混凝土拌合物在一定的条件（温度、湿度）下，经物理化学等作用，随着时间推移逐渐硬化成坚实的块体，称为硬化混凝土。

（一）混凝土拌合物的性能

混凝土拌合物应具有：易于浇筑、捣实和表面处理的条件，从而保证良好的浇筑质量，进而为保证混凝土的强度和耐久性创造必要的条件。因此，混凝土拌合物应具有下列各性能：

1. 和易性

混凝土拌合物的和易性是判别混凝土初期质量优劣的标准。所谓和易性是指混凝土在施工中是否易于操作，是否具有能使所浇筑的构件质量均匀，易于浇捣密实的性能。和易性是一项综合的技术性能，包括流动性、粘聚性和保水性等三方面的涵义。

（1）流动性 是指混凝土拌合物在自重或施工机械

振捣的作用下，能产生流动，并均匀密实地填满模板的性能。流动性的大小主要取决于单位用水量或水泥浆量的多少。单位用水量或水泥浆量多，混凝土拌合物的流动性大，反之则小，浇筑时易于填满模型。

(2) 粘聚性 是指混凝土拌合物在施工过程中其组成材料之间的粘聚力。在运输、浇筑、捣实过程中不致产生分层、离析、泌水，而保持整体均匀的性质。混凝土拌合物是由密度不同，颗粒大小不一的固体材料和水组成的混合物，在外力作用下，各组成材料移动的倾向性不同，一旦配合比例不当，就会出现分层和离析现象。使硬化后的混凝土成分不均匀，甚至产生蜂窝、狗洞等工程质量事故。

(3) 保水性 是指混凝土拌合物在施工过程中，具有一定保持水分不易析出的能力。混凝土拌合物在施工过程中，随着较重的骨料颗粒下沉，因水的密度比骨料小，被迫逐渐上升到混凝土拌合物的表面，形成泌水。泌水会在混凝土内部形成泌水通道，使混凝土的密实性变差，降低混凝土的质量。

上述可知，混凝土拌合物的流动性、粘聚性和保水性有其各自的内容，而三者之间既互相关联，又存在着矛盾。例如，增加用水量可提高拌合物的流动性，但同时也增加了分层泌水的可能。因此，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。

2. 和易性的测定方法

和易性的涵义比较复杂,难以用一种简单的测定方法来全面表达。我国标准用坍落度和维勃稠度来测定混凝土拌合物的流动性,并辅以直观经验来评定粘聚性和保水性。

(1) 坍落度试验 将混凝土拌合物按规定方法分三次装入(并逐次插捣)坍落度筒内,装满刮平后;将坍落度筒垂直向上提起,移到混凝土拌合物一侧,混凝土拌合物因自重将会产生坍落现象。然后测量出筒高与坍落后混凝土拌合物试体最高点之间的高度差,如图 1-1 所示。此值即为混凝土拌合物的坍落度值,用 mm 表示。坍落度值愈大,拌合物的流动性愈大。

为了同时评定混凝土拌合物的粘聚性和保水性,还应观察下列现象:用捣棒在已坍落的

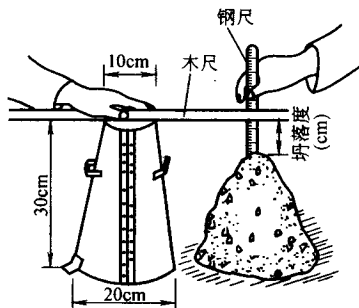


图 1-1 混凝土拌合物
坍落度值的测定

混凝土拌合物锥体一侧轻轻敲打,如锥体逐渐下沉,则表示粘聚性良好;若锥体突然倒塌,部分崩裂或出现离析现象,则表示粘聚性不好。保水性是以拌合物中稀浆析出的程度来评定,提起坍落度筒以后,如果有较多的稀浆从底部析出,锥体部分也因失浆而骨料外露,则表

明此混凝土拌合物的保水性能不好。反之，没有稀浆或仅有少量稀浆从底部析出，则表示此混凝土拌合物保水性良好。

(2) 维勃稠度试验 干硬性混凝土的和易性用维勃稠度（如图 1-2 所示）法评定。测定时，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，在混凝土拌合物试体顶面放一透明圆盘，开启振动台，同时用秒表计时，到透明圆盘的底面完全为水泥浆所布满时，停止秒表，关闭振动台。此时可认为混凝土拌合物已密实，所读秒数（以 s 表示）称为维勃稠度。

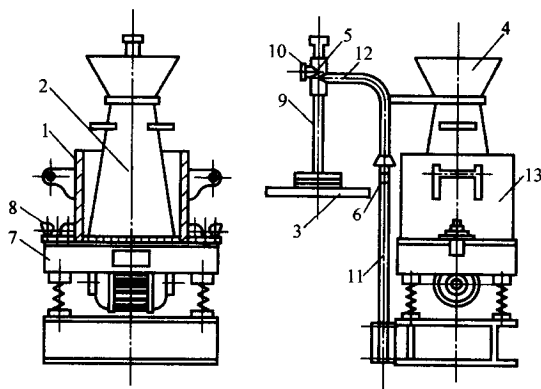


图 1-2 维勃稠度仪

- 1—容器 2—坍落度筒 3—透明圆盘 4—喂料斗 5—套管
6—定位螺栓 7—振动台 8—固定螺丝 9—测杆 10—测杆
螺钉 11—旋转架支柱 12—旋转架 13—荷重

3. 坍落度的选择

选择混凝土拌合物的坍落度，根据构件截面大小、钢筋的疏密程度和捣实方法，按国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》（GB 50204—2002）选定。具体可参照表 1-1 “混凝土浇筑时的坍落度（流动性）选择”。

表 1-1 混凝土浇筑时的坍落度（流动性）选择

结构种类	坍落度/mm
基础线地面等的垫层，无配筋的大体积结构（挡土墙、基础等）或配筋稀疏的结构	10 ~ 30
板、梁和大型及中型截面的柱子等	30 ~ 50
配筋密列的结构（薄壁、斗仓、筒仓、细柱等）	50 ~ 70
配筋特密的结构	70 ~ 90

4. 混凝土拌合物的离析和泌水

(1) 离析 拌合物的离析是指拌合物各组分离而造成不均匀和失去粘聚性的现象。表现为骨料从拌合物中分离或稀水泥浆从拌合物中淌出。虽然拌合物的离析是不可避免的，尤其是在粗骨料最大粒径较大的混凝土中，但若配合比适当，掺外加剂可减少或抑制离析的产生。

(2) 泌水 拌合物泌水是指拌合物在浇筑后到初凝前，固体颗粒下沉水上升，在混凝土表面析出水的现象。泌水将使混凝土质量不均匀，易于形成表面裂缝，并会降低钢筋与混凝土的粘结力等，必须尽可能降低混

凝土的泌水。通常采取掺加适当混合材（粉煤灰、矿渣粉等）、外加剂，改善混凝土和易性以提高保水性的措施，从而降低泌水现象。

5. 混凝土拌合物的凝结时间

凝结时间分初凝时间和终凝时间。为使混凝土有充分的时间进行搅拌、运输、浇灌。混凝土的初凝时间不宜过短；当施工完毕，则要求尽快硬化，增长强度，故终凝时间又不宜太长。但拌合物的凝结时间，随着水泥品种及用量，外加剂品种，混凝土配合成分，气候条件等变化而有快、慢之别。如用普通硅酸盐水泥的拌合物凝结时间要早于用矿渣水泥的拌合物。用速凝剂的混凝土拌合物几分钟就达到终凝，而用缓凝剂的混凝土拌合物凝结时间可达 20h，甚至更长。

（二）硬化混凝土的主要技术性能

1. 混凝土的强度

强度是混凝土最重要的力学性能，因为混凝土结构物主要用以承受荷载或抵抗各种作用力。通常用混凝土强度来评定和控制混凝土的质量。混凝土的强度包括抗压强度、抗拉强度、抗折强度、抗剪强度和与钢筋的粘结强度等。其中抗压强度最大，抗拉强度最小，约为抗压强度的 $1/10 \sim 1/20$ 。

（1）混凝土的抗压强度和强度等级 混凝土的抗压强度是指标准试件在压力作用下直到破坏时单位面积所能承受的最大压力。根据国家标准《普通混凝土力学性

能试验方法》规定，制作边长为 150mm 的立方体试件，在标准条件（温度 $20^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度 90% 以上）下，养护到 28d 龄期，测得的抗压强度值为混凝土立方体抗压强度的标准值（单位：MPa）。当按骨料最大粒径选用非标准尺寸的试件时，应将其抗压强度按表 1-2 系数换算成标准尺寸试件的抗压强度。

表 1-2 标准试件尺寸换算系数

骨料最大粒径/mm	试件尺寸/mm	换算系数
> 30	150 × 150 × 150	1.0
≤ 30	100 × 100 × 100	0.95
≤ 70	200 × 200 × 200	1.05

为了正确进行设计和控制工程质量，根据混凝土立方体抗压强度标准值，将混凝土划分为不同的等级。混凝土强度等级采用符号“C”与立方体抗压强度标准值（以 N/mm^2 计， $1\text{N}/\text{mm}^2 = 1\text{MPa}$ ）表示。例如：混凝土立方体抗压强度标准值 $f_{\text{cu},k} = 20\text{N}/\text{mm}^2$ 的混凝土，其强度等级表示为 C20。

(2) 混凝土的轴心抗压强度 混凝土的轴心抗压强度是指用棱柱体（标准试件为 $150\text{mm} \times 150\text{mm} \times 300\text{mm}$ ）试件测得的单位面积上所能承受的最大轴心压力。确定混凝土的强度等级是采用立方体试件。但实际工程中，钢筋混凝土结构形式，大部分是棱柱体型或圆柱体型。