

“十一五”国家重点图书出版工程

我是 混凝土工能手

编著 宋以曙 赵迎春

凤凰出版传媒集团
江苏科学技术出版社

金阳光



“金阳光”新农村丛书



金阳光



“金阳光”新农村丛书

顾问：卢良恕

翟虎渠

我是混凝土工能手

编著 宋以曙 赵迎春

凤凰出版传媒集团

江苏科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

我是混凝土工能手/宋以曙等编著. —南京:江苏科学技术出版社, 2006. 5

(“金阳光”新农村丛书)

ISBN 7-5345-4911-6

I. 我... II. 宋... III. 混凝土施工—基本知识 IV. TU755

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006) 第 046491 号

“金阳光”新农村丛书

我是混凝土工能手

编 著 宋以曙 赵迎春

责任编辑 王剑钊

责任校对 郝慧华

责任监制 曹叶平

出版发行 江苏科学技术出版社(南京市湖南路 47 号, 邮编: 210009)

网 址 <http://www.jsjpub.com>

集团地址 凤凰出版传媒集团(南京市中央路 165 号, 邮编: 210009)

集团网址 凤凰出版传媒网 <http://www.ppm.cn>

经 销 江苏省新华发行集团有限公司

照 排 南京奥能制版有限公司

印 刷 江苏苏中印刷有限公司

开 本 787 mm×1 092 mm 1/32

印 张 4.75

字 数 106 000

版 次 2006 年 5 月第 1 版

印 次 2006 年 5 月第 1 次印刷

标准书号 ISBN 7-5345-4911-6/S·462

定 价 5.50 元

图书如有印装质量问题, 可随时向我社出版科调换。



江苏“金阳光”新农村出版工程指导委员会

主任：张连珍 孙志军 张桃林 黄莉新
委员：胥爱贵 唐 建 周世康 吴洪彪 徐毅英
谭 跃 陈海燕 江建平 张耀钢 蒋跃建
陈励阳 李世恺 张佩清

江苏“金阳光”新农村出版工程工作委员会

主任：徐毅英 谭 跃 陈海燕
副主任：周 斌 吴小平 黎 雪
成 员：黄海宁 杜 辛 周兴安 左玉梅

江苏“金阳光”新农村出版工程编辑出版委员会

主任：黄海宁 杜 辛 周兴安 金国华
副主任：左玉梅 王达政
委员：孙广能 王剑钊 傅永红 郝慧华
张瑞云 赵强翔 张小平 应力平

建设新农村 培养新农民

党中央提出建设社会主义新农村，是惠及亿万农民的大事、实事、好事。建设新农村，关键是培养新农民。农村要小康，科技做大梁；农民要致富，知识来开路。多年来，江苏省出版行业服务“三农”，出版了许多农民欢迎的好书，江苏科学技术出版社还被评为“全国服务‘三农’出版发行先进单位”。在“十一五”开局之年，省新闻出版局、凤凰出版传媒集团积极组织，江苏科学技术出版社隆重推出《“金阳光”新农村丛书》（以下简称《丛书》），旨在“让党的农村政策及先进农业科学技术和经营理念的‘金阳光’普照农村大地，惠及农民朋友”。

《丛书》围绕农民朋友十分关心的具体话题，分“新农民技术能手”、“新农业产业拓展”和“新农村和谐社会”三个系列，分批出版。“新农民技术能手”系列除了传授实用的农业技术，还介绍了如何闯市场、如何经营；“新农业产业拓展”系列介绍了现代农业的新趋势、新模式；“新农村和谐社会”系列包括农村政策宣讲、常见病防治、乡村文化室建立，还对农民进城务工的一些知识作了介绍。全书新颖实用，简明易懂。

近年来，江苏在建设全面小康社会的伟大实践中成绩可喜。我们要树立和落实科学发展观、推进“两个率先”、构建和谐社会，按照党中央对社会主义新农村的要求，探索农村文化建设新途径，引导群众不断提升文明素质。希望做好该《丛书》的出版发行工作，让农民朋友买得起、看得懂、用得上，用书上的知识指导实践，用勤劳的双手发家致富，早日把家乡建成生产发展、生活宽裕、乡风文明、管理民主的社会主义新农村。

孙志军

（中共江苏省委常委、宣传部长）

目 录

一、混凝土性能	1
(一) 概述	1
(二) 硬化机理	3
(三) 物理力学性能	7
(四) 技术特性	11
二、混凝土组成材料和配合比设计	16
(一) 水泥	16
(二) 砂	24
(三) 粗骨料	27
(四) 水	32
(五) 外加剂	32
(六) 普通混凝土配合比设计	40
三、混凝土施工工艺	52
(一) 混凝土工程浇筑前的施工准备	52
(二) 搅拌	54
(三) 运输	62
(四) 泵送混凝土的技术措施及操作要点	68
(五) 浇筑	75
(六) 养护	98
(七) 拆模	101

金阳光



(八) 混凝土冬季施工、夏季高温施工、雨季施工	102
四、特种混凝土施工工艺	110
(一) 耐酸混凝土施工	110
(二) 补偿收缩混凝土施工	114
(三) 防水混凝土施工	118
(四) 耐热混凝土施工	123
五、混凝土的质量验收及缺陷防治	128
(一) 混凝土的质量验收	128
(二) 混凝土的质量缺陷及防治	142
附录 建筑工程施工强制性条文(混凝土工程部分)	147

一、混凝土性能

(一) 概述

混凝土是以胶凝材料水泥、水、细骨料、粗骨料,必要时掺入化学外加剂和矿物质混合材料,按适当比例配合,经过均匀搅拌、浇捣成型及养护硬化而成的一种人造石材。

1. 混凝土的优缺点

(1) 优点

① 原材料非常丰富,水泥的原材料以及砂、石、水等材料,在自然界极为普遍,均可就地取材,而且价格低廉,制作混凝土耗能少,环境污染小。

② 不受尺寸和形状的限制,能够制成任意尺寸和形状的结构构件。

③ 能适应各种用途,具有耐火、耐酸、耐油、防辐射等特点。

④ 经久耐用,在通常使用条件下,几乎不要或很少要维修保养费用。

⑤ 施工方法简单,不要求特别的技能。

⑥ 混凝土具有较高的抗压强度。

(2) 缺点

① 自重大,运输安装不方便。

② 与抗压强度比,抗拉、抗弯强度低,易于缩和产生裂缝,属脆性材料。

金阳光



③ 现浇成型需大量模板,浇筑后需一定的养护条件和时间。

④ 一旦发生破坏,加固和修复较为困难。

2. 混凝土的分类

混凝土按胶凝材料分,有水泥混凝土、石膏混凝土、水玻璃混凝土、沥青混凝土、聚合物混凝土等。

混凝土按质量密度分,有特重混凝土(质量密度大于 2700千克/米^3 ,含有重骨料如钢屑、重晶石等)、普通混凝土(质量密度为 $1900\sim 2500\text{千克/米}^3$,以普通砂石为骨料)、轻混凝土(质量密度为 $1000\sim 1900\text{千克/米}^3$)、特轻混凝土(质量密度小于 1000千克/米^3 ,如泡沫混凝土、加气混凝土等)。

混凝土按使用功能分,有结构混凝土、保温混凝土、耐酸混凝土、耐碱混凝土、耐火混凝土、防水混凝土、水工混凝土、海洋混凝土、防辐射混凝土等。

混凝土按施工工艺分,有普通浇筑混凝土、离心成型混凝土、喷射混凝土、泵送混凝土等。

混凝土按配筋情况分,有无筋混凝土(又称素混凝土)、钢筋混凝土、劲性钢筋混凝土、纤维混凝土、预应力钢筋混凝土等。

混凝土按拌和料的流动度分有干硬性混凝土、半干硬性混凝土、塑性混凝土、流动性混凝土、大流动性混凝土等。

3. 混凝土发展前景

现代混凝土和其他建筑材料一样,正朝着轻质、高强、多功能、经久耐用的方向发展。其特点是:

(1) 高强度

采用高强度混凝土可减小结构构件的尺寸,达到节约水泥和降低建筑物自重的目的。目前,高强度、高性能混凝土



(强度大于 100 兆帕)已在研制使用中。使用高强混凝土浇筑的构件在承受同等荷载的情况下,无论受压或受弯均可减小构件断面,如将混凝土强度等级从 C30 提高到 C60,浇筑构件的体积和重量可减小 1/3,如采用超高强 C100 的混凝土,则可使构件重量接近于钢结构构件。

(2) 轻质

由于轻质材料具有一系列的优越性能,因此要求采用多种途径减轻混凝土的自重,同时采用良好热工性能的新型墙体,以适应高层、大跨度建筑日益发展的需要。

(3) 多功能

随着建筑工业化发展,对混凝土性能的要求越来越高。根据不同的用途,往往要求达到减水、早强、高强、防火、防水、防辐射、抗冻、抗渗及耐酸碱等要求。通过不断地改善混凝土的骨料和胶凝材料性能,并发展各种外加材料,将能制成满足各种功能的新型混凝土。

(4) 新技术

混凝土新技术的发展,一是在材料结构方面的复合化开拓了新领域,如外加剂、聚合物、纤维材料等在混凝土中的应用;二是通过高科技手段改善混凝土生产工艺方面的传统方法,如真空混凝土、喷射混凝土、造壳混凝土等。

(二) 硬化机理

1. 混凝土的组成

所谓普通混凝土,是将水泥、普通砂(细骨料)、石(粗骨料)加水拌和均匀,再经成型硬化后得到的坚固整体。不用粗骨料时称为砂浆,完全不用骨料时称为水泥浆。

混凝土经拌和但尚未成型及凝结硬化时的状态称为混凝



土拌和物或新拌混凝土。混凝土拌和物具有一定的塑性,因此可以浇制成各种形状和大小的构件或构筑物。成型硬化以后的混凝土称为硬化混凝土,其内部结构如图 1.1 所示。

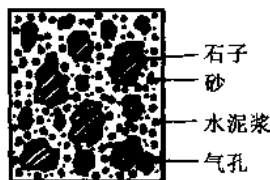


图 1.1 混凝土内部组织结构示意图

混凝土中砂、石等地方性材料的用量达 75% 以上,它们在混凝土中起骨架作用,所以称为骨料。水泥浆的作用则是填充骨料之间的空隙,并使尚未凝固的混凝土具有一定的流动性。混凝土硬化以后,粗细骨料均匀地镶嵌于水泥石之中,混凝土就是这样依靠水泥将骨料胶凝成为一个整体。骨料的性质对混凝土的各种力学性质、耐磨性、不透水性及其耐久性能均有明显影响。

混凝土内部的空气是不可避免的。在加料搅拌过程中,外界的空气必然会被带入拌和物中,而在成型时,一般的机械无法将夹杂的空气完全排出。在硬化混凝土中,除了这部分夹杂空气产生的气孔外,还存在一些在干燥过程中水分蒸发留下的小通道,通常把这些通道称为毛细孔。因此,混凝土是一多孔体系。混凝土内部空气孔和毛细孔的性质对混凝土的基本物理性能及强度和耐久性 etc 有很大的影响。

2. 混凝土强度形成机理

(1) 水泥的凝结硬化

水泥加水拌和后,成为可塑的水泥浆,水泥浆逐渐变稠,失去塑性,但尚不具有强度的过程,称为水泥的“凝结”。随后

产生明显的强度并逐渐发展成为坚硬的人造石——水泥石，这一过程称为水泥的“硬化”。水泥的凝结硬化是一个连续的、复杂的物理化学变化过程。

水泥加水拌和，未水化的水泥颗粒分散在水中成为水泥浆体。水泥颗粒的水化从其表面开始，颗粒表面的熟料矿物与水反应，形成相应的水化物，水化物溶解于水，暴露出新的表面，使水化反应继续进行。在初始阶段，水化进行很快，由于各种水化物的溶解度很小，水化物的生成速度大于水化物向溶液中扩散速度，所以很快就在水泥颗粒周围达到过饱和，析出以水化硅酸钙凝胶为主体的半渗透膜层，包在水泥颗粒表面，称为水泥凝胶体。

随着水化反应进一步发生，水泥凝胶体膜层向外增厚和随后的破裂伸展，使原来水泥颗粒之间被水所占的空隙逐渐缩小，而包有凝胶体的颗粒则逐渐接近，以至在接触点相互粘结。这个过程的进展，使水泥浆的可塑性逐渐降低，这就是水泥的凝结过程。

水泥颗粒之间不断缩小的空隙称为毛细孔。毛细孔中的溶液，其中的水分有一部分消耗于水化，水化物数量逐渐增多，所以溶液终于达到过饱和，形成的凝胶体进一步填充毛细孔，使浆体逐渐产生强度而进入硬化阶段。

随着凝胶体膜层的逐渐加厚，水泥颗粒内部的水化愈来愈困难，经过长时间（几个月以上）的水化以后，除原来极细的水泥颗粒外，多数颗粒仍剩余尚未水化的内核。所以，硬化后的水泥石是由凝胶体、未水化内核和毛细孔组成。水泥凝结硬化过程见图 1.2。



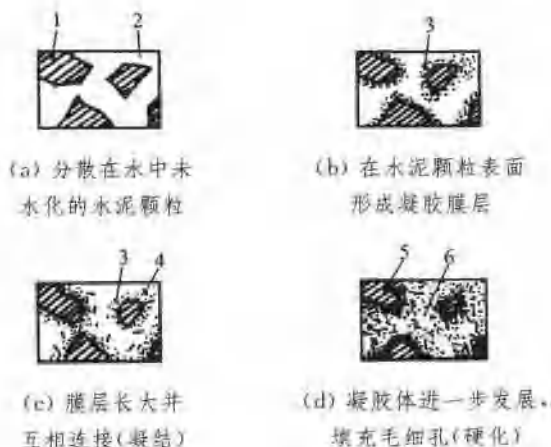


图 1.2 水泥凝结硬化过程示意图

1—水泥颗粒;2—水分;3—凝胶;4—晶体;5—水泥颗粒的未水化内核;6—毛细孔

(2) 混凝土强度形成

水泥水化形成水泥凝胶体与砂石拌制成混凝土。其骨料界面之间形成三种力,使混凝土产生强度。

一是物理作用形成的粘结力。这是在水泥及骨料接触面上由不饱和分子引起的强力吸附效应。

二是机械咬合作用。这种作用产生于凹凸不平的骨料表面,它与水泥石紧密地咬合在一起。

三是化学键的作用。用含有碳酸钙、碳酸镁的岩石或石英砂作骨料时,在一定的条件下能与水泥的组分发生化学反应,形成较强的化学键粘结层。

综上所述,混凝土的强度主要决定于水泥石强度及其与骨料表面的粘结强度。而水泥石强度及其与骨料的粘结强度与水泥的强度等级、水灰比及骨料的性质有着密切关系,还与

骨料的表面状况有关,碎石表面越粗糙,粘结力越大。

(三) 物理力学性能

1. 强度

混凝土的强度主要有立方体抗压强度、轴心抗压强度和轴心抗拉强度等,在混凝土的各种强度中,以抗压强度值为最大,混凝土的质量检验也往往以检验其抗压强度为主,因而以抗压强度的高低来划分等级。

(1) 混凝土立方体抗压强度(混凝土强度等级)

混凝土强度等级按立方体抗压强度标准值确立,立方体抗压强度标准值系指按照标准方法制作养护的边长为 150 毫米的立方体试件,在 28 天龄期用标准试验方法测得的具有 95% 保证率的抗压强度。

根据混凝土立方体抗压强度标准值,通常把混凝土的强度等级分为 14 级,即 C15、C20、C25、C30、C35、C40、C45、C50、C55、C60、C65、C70、C75 和 C80,其中 C 表示混凝土,后面的数字表示混凝土立方体抗压强度标准值,单位是牛/毫米²,如 C20 表示混凝土立方体抗压强度标准值为 20 牛/毫米²,即 20 兆帕。

钢筋混凝土结构的混凝土强度等级不应低于 C15;当采用 HRB335 级钢筋时,混凝土强度等级不宜低于 C20;当采用 HRB400 和 RRB400 级钢筋以及承受重复荷载的构件,混凝土强度级不得低于 C20;预应力混凝土结构的混凝土强度等级不应低于 C30;当采用钢绞线、钢丝、热处理钢筋作预应力钢筋时,混凝土强度等级不宜低于 C40;当采用山砂混凝土及高炉矿渣混凝土时,应符合专门标准的规定。



(2) 混凝土轴心抗压强度

混凝土的抗压强度与试件尺寸和形状有关。在实际工程中,一般的受压构件不是立方体而是棱柱体,国家标准《普通混凝土力学性能试验方法》GBJ81—85 规定混凝土的轴心抗压强度试验以 150 毫米×150 毫米×300 毫米的试件为标准试件。试验表明棱柱体试件的抗压强度较立方体试件的抗压强度低。

(3) 混凝土轴心抗拉强度

混凝土的轴心抗拉强度比轴心抗压强度低得多,它与同龄期混凝土抗压强度的比值大约在 $1/18 \sim 1/8$,其比值随着混凝土强度的增大而减小。在实际工程中,为提高混凝土的抗裂性能,防止和减少混凝土的裂缝,尽可能提高混凝土的抗拉强度是一个有效的方法。

混凝土抗拉强度的试验方法主要有三种:直接轴向拉伸试验、弯折试验和劈裂试验。

2. 耐久性

混凝土的耐久性是一种与时间有关的性能,通俗地讲,就是混凝土能够使用多久的性能,是混凝土的各种性能在使用中的综合体现,通常把混凝土耐久性分成若干个指标来考察。

(1) 抗渗性

混凝土抵抗压力水渗透的性质称为混凝土的抗渗性。抗渗性对于地下建筑物及水工建筑物是一很重要的性质,因为这样的建筑物或构筑物经常受到水压的作用。如果这类混凝土结构抗渗性不好,久而久之,水分渗入到混凝土的内部,水泥石中某些可溶于水的水泥水化物就会分解,产生溶出性腐蚀,最终造成混凝土漏水,甚至发生破坏。



(2) 抗冻性

由于户外结构的混凝土受气候变化影响较大,混凝土的抗冻性在混凝土的耐久性能中具重要地位。混凝土内部毛细孔率大小、孔的结构和形态以及孔内的充水程度都直接影响着混凝土的抗冻性。在施工中,通过在拌制混凝土时掺加外加剂改善混凝土内部毛细孔结构,加强混凝土振捣密实程度,可以有效地提高混凝土抗冻性。

(3) 抗化学腐蚀性

混凝土中易发生化学腐蚀的成分是水泥石。骨料与水泥石相比,惰性大,很难发生化学反应。因此,混凝土的化学腐蚀实质上就是水泥石的化学腐蚀。水泥石受到腐蚀性气体或液体作用,生成新的化合物,这些化合物的强度较低,或无胶凝能力,或易溶于水,因此使水泥石强度降低,或水泥石结构遭到破坏。

为了提高抗腐蚀性,可采用下列防范措施:

- ① 根据腐蚀环境特点,合理选用水泥品种。
 - ② 掺入活性混合材料,可提高硅酸盐水泥对多种介质的抗腐蚀性。
 - ③ 改善混凝土施工工艺,提高水泥石的紧密性。
 - ④ 在混凝土表面加做耐腐蚀性强的保护层。
- 混凝土耐久性还包括耐火性、碳化作用、碱-骨料反应作用等。

(4) 《混凝土结构设计规范》GB50010 2002 中的耐久性规定

混凝土结构的耐久性与其环境类别和设计年限有关。

- ① 混凝土结构的环境类别见表 1.1。



表 1.1 混凝土结构的环境类别

环境类别		条 件
一		室内正常环境
二	a	室内潮湿环境,非严寒和非寒冷地区的露天环境,与无侵蚀性的水或土壤直接接触的环境
	b	严寒和寒冷地区的露天环境,与无侵蚀性的水或土壤直接接触的环境
三		使用除冰盐的环境,严寒和寒冷地区冬季水位变动的环境,滨海室外环境
四		海水环境
五		受人为或自然的侵蚀性物质影响的环境

注:1. 严寒和寒冷地区的划分应符合国家现行标准《民用建筑热设计规程》[GJ24—86]的规定:

严寒地区:累年最冷月平均温度低于或等于 -10°C 的地区。

寒冷地区:累年最冷月平均温度高于 -10°C 、低于或等于 0°C 的地区。

累年系指近期 30 年,不足 30 年的取实际年数,但不得少于 10 年。各地可根据当地气象台站的气象参数确定所属气候区域。

2. 表中二类环境 a 与 b 的主要差别在于有无冰冻。

3. 三类环境中的使用除冰盐环境是指北方城市依靠喷洒盐水除冰化雪的立交桥及类似环境,滨海室外环境是指在海水浪溅区之外,但其前面没有建筑物遮挡的混凝土结构。

② 一类、二类和三类环境中,设计使用年限为 50 年的结构混凝土耐久性的基本要求的规定,见表 1.2。

表 1.2 结构混凝土耐久性的基本要求

环境类别	最大水灰比	最小水泥用量 (kg/m^3)	最低混凝土 强度等级	最大氯离子 含量(%)	最大碱含量 (kg/m^3)
一	0.65	225	C20	1.0	不限制
二	a	250	C25	0.3	3.0
	b	275	C30	0.2	3.0
三	0.5	300	C30	0.1	3.0