



21世纪农村书库

能

KUA SHIJI NONGCUN SHUKU

工

巧

匠

篇

混凝土工 实用手册

刘国良 主编 李岭 编著

江苏科学技术出版社

混凝土工实用手册

主编 刘国良
编著 李 岭



江苏科学技术出版社

混凝土工实用手册

主编 刘国良

编著 李 岭

出 版	江苏科学技术出版社
地 址	南京市中央路 165 号(邮政编码 210009)
发 行	江苏省新华书店
印 刷	无锡市春远印刷厂(无锡市南门江溪桥 139 号)

开本 787×1092 毫米 1/32 印张 6.5 字数 140 千
版次 1996 年 7 月第 1 版 1996 年 7 月第 1 次印刷
印数 1—20,000 册

标准书号 ISBN 7-5345-2143-2/TU·46
定 价 5.70 元

本社图书如有印装技术质量问题,可向承印厂调换

责任编辑:王永发

责任校对:工 校

《跨世纪农村书库》组织机构

指 导 委 员 会

主 任：陈焕友
副主 任：顾 浩 王霞林 张怀西
委 员：钱协寅 李中和 王建邦 柯广坚
 张小刚 陈乃林 曹 霄 周顺生
 刘向东 刘俊鸿 冯惟珠 石启忠
 王於良 张佩清 方 玉 樊金龙
 洪天慧 李绍成 苏子龙

编 辑 委 员 会

主 编：王於良

(以下均按姓氏笔划为序)

委 员：吕兴祥 朱赛玉 何民胜 吴星飞
 吴 源 赵所生 胡明琇 程大利
 蔡玉洗 薛正兴 穆伟铭 鞠宁章
执行编辑：王达政 孔 远 张辉冠 陈志红
 胡培良 钱兴奇 黄海宁
装帧设计：冯忆南 吴 捷 陈 元 姚 红

《跨世纪农村书库》序言

陈焕友

农业、农村和农民问题，在我们建设有中国特色社会主义的伟大事业中，始终是一个极其重要的基础性和战略性的问题。江泽民总书记最近反复强调，必须始终把农业放在整个经济工作的首位，这是从我国人多地少这个基本国情，从保持全国经济、社会稳定发展的全局要求出发的，是从保持和加强我国在国际竞争中的独立自主的战略性要求考虑的。党的十四届五中全会提出、八届人大四次会议通过的关于我国国民经济和社会发展的“九五”计划和 2010 年远景目标，以及江苏省委、省政府提出的全省到本世纪末全面实现小康、部分地区初步现代化，到 2010 年基本实现现代化的目标、任务和战略措施，都把加快农业发展，强化农业基础放在首要位置上。改革开放以来，我国农村的经济和社会发展取得了令世人瞩目的辉煌成就。但是，农业仍然是国民经济的薄弱环节。农村的两个文明建设，农民的生产和生活，仍然需要全党、全

社会的热情关心和大力支持。

实现我国“九五”及 2010 年的跨世纪宏伟目标，关键是实行两个具有全局意义的根本性转变，即经济体制从传统的计划经济体制向社会主义市场经济体制转变，经济增长方式从粗放型向集约型转变。农业的深化改革和持续发展，也要依靠这两个根本性转变。我国的基本国情决定了，要解决农业资源相对稀缺与人们对农产品需求不断增长的矛盾，必须实行“科教兴国”、“科教兴农”的战略，通过提高农业投入中的科技含量，提高农业劳动力的科技文化素质来发展农业。农村干部群众素质的提高，是一个十分迫切而又艰巨的任务，需要全党、全社会各行各业的共同努力方能完成。而生产更多适合农民需要的高质量、低成本的优秀科技文化读物，开展各种符合农村特点的实用、有益的宣传教育培训活动，在广大农民中迅速普及科学文化知识，无疑是重要的一环。我们的科学文化工作者，宣传教育工作者，新闻出版工作者，应该把工作注意力更多地放在农村，把为农业实现两个转变、发展生产力服务作为义不容辞的政治责任和光荣义务。

坚持农村的经济与社会协调发展，坚持农村工作“两手抓，两手都要硬”，是我党的一贯方针。随着农业经济的迅速发展和农民物质生活的不断提高，农村精神文化生活的需求从量到质上都有了很大的增长和

变化。如何满足这种增长,适应这种变化,为促进农村两个文明建设多作贡献,是精神产品的生产者和宣传者们必须认真解决的一个新课题。我们应该通过生动的、通俗的、群众喜闻乐见的精神文化产品和宣传教育形式,对农民群众进行爱国主义、集体主义和社会主义教育,在农民中努力传播社会主义市场经济知识、科学文化知识和法律知识,坚定广大农民走有中国特色社会主义道路的信念,提高农民的思想道德素质和科学文化素质。

就新闻出版部门来说,经各有关方面的努力,农村普及读物的出版、发行工作取得了一定的成绩。但是与农村两个文明建设的实际需要和党对新闻出版工作的要求相比,还存在较大差距。农村读物偏少、出版发行难、农民买书难的矛盾依然突出。在这种形势下,江苏省出版总社及其所属九家出版、发行单位,顺应时代的需要,精心策划实施,联合编辑出版发行了大型丛书——《跨世纪农村书库》。这套丛书以全国县以下(含县)广大农村干部群众为主要对象,以让读者看得懂、用得上、买得起、买得到为基本宗旨,以繁荣农村文化生活,促进农村精神文明建设,推动农村的改革开放和生产力发展,实现跨世纪宏伟蓝图为本目的。它的内容十分丰富广泛,涉及农村精神文化生活的各个方面,并注重准确性、新颖性、实用性。形式上深入浅出,通俗易懂。尤为可贵的是,出版者在丛书

质量上精益求精，成本上精打细算，既满足农民对精神文化生活的需求，又适应农民的现实消费水平。这充分体现了出版者把社会效益放在第一位的指导思想和为农村读者服务的良好愿望，符合党中央关于“各行各业都要为发展农业作出贡献”的精神，在当前全国、全省人民为实现我党跨世纪宏伟目标而奋斗的进程中，值得大力提倡。

《跨世纪农村书库》凝聚着广大作者、编辑出版发行工作者辛勤的劳动汗水。它的出版发行，对于多侧面、多层次地满足农村干部群众日益增长的精神文化生活需要，促进我国农村通俗读物的出版繁荣和精神产品的质量提高，必将起到十分积极的作用，是一件利国利民的大好事。我希望更多的精神产品生产者将更多的关注、更加饱满的热情，投入到为我国农村实现小康、奔向现代化服务的伟大事业中去，生产更多更好的精神食粮，丰富广大农民群众的精神文化生活，提高农民的思想道德水平和科学文化素质。同时，希望各行各业更多的同志关心农业，支持农业，为农村两个文明建设多做一些有益的工作。我相信，在以江泽民同志为核心的党中央的领导下，在邓小平同志建设有中国特色社会主义理论的指导下，只要我们各个部门的同志进一步发扬团结协作、艰苦奋斗的精神，我党制定的跨世纪伟大目标就一定能在广大农村、在神州大地上变为绚丽多彩的现实。

目 录

第一章 混凝土概论	1
第一节 混凝土发展概况	1
第二节 混凝土的硬化机理	4
第三节 混凝土物理力学性能	8
第四节 混凝土的技术特性	11
第五节 钢筋混凝土与预应力钢筋混凝土简介	16
第二章 混凝土组成材料和配合比设计	18
第一节 水泥	18
第二节 砂	26
第三节 粗骨料	29
第四节 水	35
第五节 外加剂	35
第六节 普通混凝土配合比设计	43
第三章 混凝土施工工艺	54
第一节 混凝土工程浇筑前的施工准备	54
第二节 搅拌	56
第三节 运输	64
第四节 浇筑	70
第五节 养护	96
第六节 拆模	100
第七节 混凝土冬季施工和夏季高温施工	102
第八节 混凝土质量缺陷及防治	108

第四章 新型混凝土施工工艺	113
第一节 泵送混凝土施工	113
第二节 耐酸混凝土施工	123
第三节 补偿收缩混凝土施工	127
第四节 防水混凝土施工	131
第五章 预应力钢筋混凝土施工	137
第一节 概述	137
第二节 预应力钢筋混凝土的施工工艺	138
第三节 预应力小构件的质量检验标准及常见事故的防止	155
第六章 钢筋混凝土大模板、滑模、升板施工工艺	162
第一节 大模板施工	162
第二节 滑模施工	179
第三节 升板施工	191

第一章 混凝土概论

第一节 混凝土发展概况

一、混凝土

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、密实成型及养护硬化而成的一种人造石材。

混凝土的历史可以追溯到相当古老的年代。那时使用的胶结材料是粘土、石膏、石灰和火山灰。我国最早的混凝土是4500年前新石器时代的白灰夯土地基。在国外，2000年前的古罗马用石灰、火山灰作混凝土，建造了一系列大型公共建筑。

1842年英国人约瑟夫·阿斯普丁发表了《改进人造石块的生产方法》的论文，发明了波特兰水泥，从此制作混凝土的胶凝材料发生了质的变化。1850年法国人朗波特发现钢筋可以加固混凝土，并用钢丝作骨架制成了混凝土小船和花盆，这是最初的钢筋混凝土。1887年科伦首先发表了钢筋混凝土的计算方法。1918年艾布拉姆斯发表了著名的水灰比理论，使混凝土的强度控制有了科学依据。1928年法国人佛列新涅发明了预应力混凝土的制造工艺，奠定了预应力混凝土的基础。

20 世纪 20 年代人造轻骨料代替砂、石骨料配制成了轻骨料混凝土——轻质混凝土。

经过 100 多年不断的研究和实践,混凝土的技术取得了快速发展,在理论上已成为一个独立体系,在工艺上已有了许多创新和变革,在建筑材料中的地位也越来越重要。混凝土的平均抗压强度,从 30 年代的 30 兆帕,上升至目前普遍使用的 60 兆帕,而抗压强度 100 兆帕以上的混凝土也已用于某些领域。混凝土的应用已从一般的工业与民用建筑、交通建筑、水工建筑等领域扩展到海上浮动建筑、海底建筑、城市地下建筑、高压储罐、核电站等领域。目前,混凝土用量按全世界人口平均计,每人每年超过 1.5 吨。因此可以说,混凝土是当前用量最大、用途最广的一种建筑材料。

二、混凝土的优缺点

混凝土作为建筑材料具有以下几个优点:

(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。

(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物。

(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。

缺点:

(1) 自重大,用于桥梁等结构时,其经济跨度短。

(2) 与抗压强度比,抗拉、抗弯强度低,容易产生裂缝和脆性破坏。

(3) 一旦发生破坏,加固和修复较为困难。

三、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。目前平均抗压强度 100 兆帕(1000 号)的高强混凝土已得到应用;在实验室内已成功地制成抗压强度达 280 兆帕的高强混凝土。据预测,21 世纪生产中常用混凝土将为 1350 号。

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,以改善墙体的热工性能,并适应高层、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。

四、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。

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 $1900\sim 2500\text{ 千克/米}^3$,以普通砂石为骨料)、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、钢筋混凝土、劲性钢筋混凝土、纤维混凝土、预应力混凝土等。

混凝土按拌合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。

第二节 混凝土的硬化机理

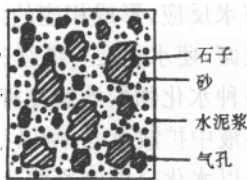
一、混凝土的组成

所谓普通混凝土,是将水泥、普通砂(细骨料)、石(粗骨

料)加水拌合均匀,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。

混凝土经拌合但尚未成型及凝结硬化时的状态称为混凝土拌合物或新拌混凝土。混凝土拌合物具有一定的塑性,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。

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合物中,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等有很大的影响。

二、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,

失去塑料，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。

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又与水泥标号、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。

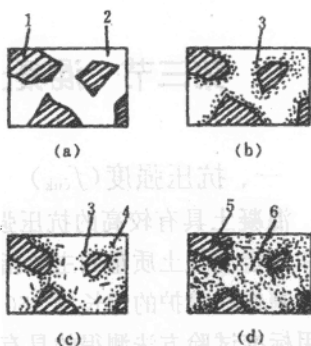


图 1-2 水泥凝结硬化过程示意图

(a)分散在水中未水化的水泥颗粒;(b)在水泥颗粒表面形成凝胶膜层;(c)膜层长大并互相连接(凝结);(d)凝胶体进一步发展,填充毛细孔(硬化)

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