



建筑业农民工技能培训示范工程用书

建筑业农民工基本技能培训教材



# 混凝土工

HUNNINGTUGONG

吴兴国◎主编



中国环境科学出版社

建筑业农民工基本技能培训教材

# 混凝土工

吴兴国 主编

中国环境科学出版社·北京

图书在版编目 (CIP) 数据

混凝土工/吴国兴主编. —北京: 中国环境科学出版社, 2008. 9

建筑业农民工基本技能培训教材

ISBN 978-7-80209-816-9

I. 混… II. 吴… III. 混凝土施工-技术培训-教材  
IV. TU755

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 145876 号

责任编辑 高 峰

责任校对 刘凤霞

封面设计 兆远书装

---

出版发行 中国环境科学出版社

(100062 北京崇文区广渠门内大街 16 号)

网 址: <http://www.cesp.cn>

联系电话: 010-67112765 (总编室)

发行热线: 010-67125803

印 刷 北京联华印刷厂  
经 销 各地新华书店  
版 次 2008 年 1 月第 1 版  
印 次 2008 年 10 月第 1 次印刷  
印 数 1—5000  
开 本 787×1092 1/32  
印 张 2.375  
字 数 50 千字  
定 价 5.80 元

---

【版权所有。未经许可请勿翻印、转载, 侵权必究】

如有缺页、破损、倒装等印装质量问题, 请寄回本社更换

# 建筑业农民工基本技能培训教材

## 编 委 会

编委会成员：(按姓氏笔画排列)

万程川 甘 钧 许长平 李曰利

何 丹 陈文辉 吴兴国 吴志斌

沈 峰 梅成佳 章金泉 常辉昌

彭云峰 舒奕荣

## 出版说明

为贯彻落实《就业促进法》和《国务院关于做好促进就业工作的通知》精神，提高建筑业农民工技能水平，保证建筑工程质量和安全，住房和城乡建设部、人力资源和社会保障部决定共同实施“建筑业农民工技能培训示范工程”。我社为满足广大建筑业的农民工朋友及各地方培训机构的需要，组织编写了适合该“示范工程”使用的培训教材。

本套教材包括《砌筑工》、《木工》、《架子工》、《钢筋工》等 11 个工种。该教材注重实用性、系统性、规范性，编写方法直观实用、通俗易懂。重点突出操作技能的训练，涵盖岗位知识、质量安全、文明施工等方面的最基本知识和技能。

本套教材在编写过程中得到了南昌市建工集团、江西中恒建设集团、南昌市建筑工程技工学校、南昌市建筑教育培训中心、南昌航空大学、华东交通大学理工学院的大力支持与协助。

全套教材由吴兴国高级工程师审阅，在编写过程中提出了大量宝贵意见。

本套教材作为全国建筑业农民工技能培训教学用书。希望各地在使用时提出宝贵意见，以便我社能够不断提高培训教材的编写水平。

中国环境科学出版社

2008 年 9 月

## 前 言

本培训教材是根据原建设部颁发的《职业技能标准》、《职业技能鉴定规范》和建筑业的实际情况，注重基础知识和操作技能的训练，专门为建筑业农民工“量身定制”的。为满足混凝土工技能培训的需要，力求重点突出，又简单明了，并具有针对性、实用性和规范性。

本教材在编写时参考了很多文献和相关教材，在此向编写文献、教材的专家致以谢意。

限于编者的水平，书中不足处在所难免，恳请建筑业同行（农民工朋友）提出宝贵意见。

吴兴国

2008年8月

# 目 录

|                 |    |
|-----------------|----|
| 第一章 混凝土基础知识     | 1  |
| 一、混凝土的分类        | 1  |
| 1. 按体积密度分类      | 1  |
| 2. 按混凝土的功用分类    | 1  |
| 二、混凝土材料的组成      | 1  |
| 1. 水泥           | 2  |
| 2. 砂、石骨料        | 6  |
| 3. 拌合水          | 8  |
| 4. 外加剂          | 8  |
| 三、混凝土拌合物的性质     | 8  |
| 1. 流动性          | 9  |
| 2. 黏浆性          | 9  |
| 3. 保水性          | 9  |
| 4. 和易性的测定       | 9  |
| 5. 影响和易性的主要因素   | 12 |
| 四、普通混凝土的性质      | 14 |
| 1. 混凝土强度        | 14 |
| 2. 影响混凝土强度的主要因素 | 15 |
| 3. 混凝土的变形       | 16 |
| 4. 混凝土的耐久性      | 18 |
| 第二章 混凝土工程施工     | 21 |
| 一、混凝土拌合物配料      | 21 |

|                        |    |
|------------------------|----|
| 二、混凝土拌合物拌制 .....       | 22 |
| 1. 混凝土搅拌机 .....        | 22 |
| 2. 搅拌机的工艺参数 .....      | 24 |
| 3. 拌合物投料顺序 .....       | 24 |
| 4. 搅拌时间 .....          | 25 |
| 三、混凝土运输 .....          | 25 |
| 四、混凝土浇筑 .....          | 28 |
| 1. 浇筑前的准备工作 .....      | 28 |
| 2. 混凝土浇筑要点 .....       | 28 |
| 3. 混凝土的振捣 .....        | 29 |
| 4. 施工缝的位置设置 .....      | 32 |
| 五、混凝土浇筑工艺 .....        | 33 |
| 1. 现浇框架结构 .....        | 33 |
| 2. 柱的浇筑 .....          | 34 |
| 3. 梁、板的浇筑 .....        | 34 |
| 4. 楼梯浇筑 .....          | 37 |
| 5. 现浇框架混凝土允许偏差 .....   | 38 |
| 6. 剪力墙结构 .....         | 39 |
| 7. 大体积混凝土结构 .....      | 42 |
| 8. 后浇带 .....           | 45 |
| 六、混凝土养护 .....          | 48 |
| 七、混凝土冬期施工 .....        | 49 |
| 1. 混凝土的冻害 .....        | 49 |
| 2. 提高混凝土防早期冬害的措施 ..... | 50 |
| 3. 混凝土冬期施工对材料的要求 ..... | 51 |
| 4. 混凝土冬期施工的工艺操作 .....  | 51 |
| 八、混凝土雨季施工 .....        | 54 |



|                                                |    |
|------------------------------------------------|----|
| 1. 雨季施工对混凝土的影响 .....                           | 54 |
| 2. 雨季施工要点 .....                                | 54 |
| 九、混凝土工程质量缺陷及分析 .....                           | 54 |
| 1. 现浇结构工程一般规定 .....                            | 54 |
| 2. 混凝土现浇结构外观质量缺陷 .....                         | 55 |
| 3. 混凝土质量缺陷分析 .....                             | 56 |
| 十、混凝土施工安全 .....                                | 59 |
| 1. 施工现场 .....                                  | 59 |
| 2. 使用机具 .....                                  | 59 |
| 3. 混凝土浇筑 .....                                 | 59 |
| 第三章 混凝土质量检查及验收标准 .....                         | 60 |
| 一、混凝土质量检查 .....                                | 60 |
| 1. 坍落度检查 .....                                 | 60 |
| 2. 强度检查 .....                                  | 60 |
| 3. 抗渗检查 .....                                  | 61 |
| 二、混凝土质量验收标准 .....                              | 62 |
| 1. 原材料 .....                                   | 62 |
| 2. 混凝土施工 .....                                 | 63 |
| 三、规范强制性条文（摘录） .....                            | 65 |
| 1. 《混凝土结构工程施工质量验收规范》<br>（GB 50204—2002） .....  | 65 |
| 2. 《普通混凝土用砂质量标准及检验方法》<br>（JGJ 52—92） .....     | 66 |
| 3. 《普通混凝土用碎石和卵石质量标准及检验方法》<br>（JGJ 53—92） ..... | 67 |
| 4. 《混凝土外加剂应用技术规范》（GBJ 119—88） .....            | 67 |
| 参考文献 .....                                     | 68 |

# 第一章 混凝土基础知识

混凝土是以胶凝材料与骨料（石、砂）按比例配合，经搅拌、浇捣、成型、养护硬化而成的一种人造石材。

混凝土具有材料来源广泛，可浇筑成任意形状、适用性强、经久耐用等特点，故在建筑工程中占有重要地位。

## 一、混凝土的分类

### 1. 按体积密度分类

材料在自然状态下单位体积的质量，用  $\text{kg/m}^3$  表示。

(1) 普通混凝土：

密度为  $2\,000 \sim 2\,500 \text{kg/m}^3$  的混凝土，是建筑工程中应用最为广泛的混凝土。

(2) 重混凝土：

密度大于  $2\,600 \text{kg/m}^3$  的混凝土，主要用于防射线或耐磨工程结构。

(3) 轻混凝土：

密度小于  $1\,950 \text{kg/m}^3$  的混凝土，主要用于绝热并承重工程结构。

### 2. 按混凝土的功用分类

如有防水混凝土、耐酸混凝土、耐热混凝土等。

## 二、混凝土材料的组成

混凝土是由水泥、水、砂及石子组成的。水泥和水成为

水泥浆，水泥浆填充砂子的空隙，并包裹在砂子颗粒的周围，成为砂浆，砂浆又填充石子间的空隙并把石子颗粒包裹起来。混凝土拌合物，在没有硬化之前，水泥浆对砂、石子之间发挥润滑作用，使混凝土具有流动性，利于浇筑。硬化后，水泥浆成为水泥石，将砂、石子牢固地胶结成为一个整体，使混凝土具有强度和耐久性。

砂和石子构成了混凝土的骨架（一般建混凝土体积的70%~80%）。

上述四种材料，直接影响到混凝土拌合物的和易性、强度、耐久性、经济性。

本章的内容围绕这四个方面作重点展开。

## 1. 水泥

水泥与石灰、石膏同样都是胶凝（黏结）材料，但不同点是：水泥能在空气中硬化，又能在水中硬化，并能保持和继续发展的强度。

水泥的品种一般是以水泥的性能来划分的。

我国在建筑工程中最为常用的是硅酸盐系列水泥。常用水泥的性质及应用见表 1-1。

常用水泥的性质及应用

表 1-1

| 项目 | 硅酸盐水泥                                                                                      | 普通硅酸盐水泥                                                                                            | 矿渣硅酸盐水泥                                                                                                            | 火山灰质硅酸盐水泥                         | 粉煤灰硅酸盐水泥                                          |
|----|--------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------------------------|
| 性质 | 1. 早期、后期强度高<br>2. 耐腐蚀性差<br>3. 水化热大<br>4. 抗碳化性好<br>5. 抗冻性好<br>6. 耐磨性好<br>7. 耐热性好<br>8. 抗渗性差 | 1. 早期强度稍低，后期强度高<br>2. 耐腐蚀性稍好<br>3. 水化热略小<br>4. 抗碳化性好<br>5. 抗冻性好<br>6. 耐磨性较好<br>7. 耐热性稍好<br>8. 抗渗性好 | 1. 早期强度低，后期强度高；<br>2. 对温度敏感<br>3. 耐腐蚀性好<br>4. 水化热小<br>5. 抗冻性较差<br>6. 抗碳化性较差<br>1. 泌水性大、抗渗性差<br>2. 耐热性较好<br>3. 干缩较大 | 1. 保水性好、抗渗性好<br>2. 干缩小<br>3. 耐磨性差 | 1. 泌水性大（快）、易产生失水裂纹、抗渗性差<br>2. 干缩小、抗裂性好<br>3. 耐磨性差 |

续表

| 项目 | 硅酸盐水泥               | 普通硅酸盐水泥                                                           | 矿渣硅酸盐水泥                                        | 火山灰质硅酸盐水泥                                | 粉煤灰硅酸盐水泥  |          |
|----|---------------------|-------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|------------------------------------------|-----------|----------|
| 应用 | 优先使用                | 早期强度要求高的混凝土, 有耐磨要求的混凝土, 严寒地区反复遭受冻融作用的混凝土, 抗碳化性能要求高的混凝土, 掺混合材料的混凝土 |                                                | 水下混凝土, 海港混凝土, 大体积耐腐蚀性要求较高的混凝土, 高温下养护的混凝土 |           |          |
|    |                     | 高强度混凝土                                                            | 普通气候及干燥环境中的混凝土, 有抗渗要求的混凝土, 受干湿交替作用的混凝土         | 有耐热要求的混凝土                                | 有抗渗要求的混凝土 | 受载较晚的混凝土 |
|    | 可以使用                | 一般工程                                                              | 高强度混凝土, 水下混凝土, 高温养护混凝土, 耐热混凝土                  | 普通气候环境中的混凝土                              |           |          |
|    |                     |                                                                   |                                                | 抗冻性要求较高的混凝土, 有耐磨性要求的混凝土                  | —         | —        |
|    | 大体积混凝土, 耐腐蚀性要求高的混凝土 |                                                                   | 早期强度要求高的混凝土                                    |                                          |           |          |
|    |                     |                                                                   | 抗冻性要求高的混凝土, 掺混合材料的混凝土, 低温或冬期施工混凝土, 抗碳化性要求高的混凝土 |                                          |           |          |
|    | 耐热混凝土, 高温养护混凝土      | —                                                                 | 抗渗性要求高的混凝土                                     | 干燥环境中的混凝土, 有耐磨要求的混凝土                     |           |          |
|    |                     |                                                                   |                                                | —                                        | 有抗渗要求的混凝土 |          |

水泥的技术性质: 硅酸盐水泥按国家 (GB 125—1999) 标准, 有如下技术性质:

### (1) 细度:

细度是指水泥颗粒的粗细程度。水泥颗粒愈细,水化较快,水化较充分。早期、后期强度高。但水泥颗粒过细,将使研磨水泥的能耗量增大,增加成本。储存时活性下降快,若在空气中硬化,收缩值也大。故细度一般常为  $317 \sim 350\text{m}^2/\text{kg}$ 。

### (2) 标准稠度用水量:

“标准稠度”是人为规定的稠度。硅酸盐水泥的标准稠度用水量一般为水泥重量的  $21\% \sim 28\%$ 。

(3) 凝结时间:凝结时间分为初凝时间和终凝时间。终凝时间为水泥加水拌和至标准稠度的净浆完全失去可塑性并开始产生强度所需要的时间,初凝时间是指水泥浆开始失去塑性的时间。水泥初凝时间不能过短,否则没有充分时间搅拌、运输、浇捣。当施工完毕,则要求水泥尽快硬化,增长强度,故终凝时间不能太长。国家标准规定:硅酸盐水泥初凝时间不得少于 45 分钟,终凝时间不得超过 390 分钟。实际国产硅酸盐水泥的初凝时间多为  $60 \sim 180$  分钟,终凝时多为  $180 \sim 240$  分钟。

### (4) 体积安定性:

水泥体积安定性是指水泥浆硬化后,体积变化的均匀性。如水泥硬化后产生不均匀的体积变化,则体积安定性不良。安定性不良的水泥,可使构件产生裂缝,甚至引起严重质量事故。体积安定性是评定水泥质量的重要指标之一。

### (5) 强度:

强度是评定硅酸盐水泥的又一个重要指标。影响强度的主要因素有:水泥的矿物组成、细度、石膏掺量、龄期,环境温度与湿度等,另外还与用水量、试验条件、试验方法有关。

硅酸盐系列水泥各龄期的强度要求见表 1-1、表 1-2、表 1-3、表 1-4。

各强度等级硅酸盐水泥各龄期的强度值 表 1-2

| 强度等级  | 抗压强度/GB 175—1999 |      | 抗折强度/MPa |     |
|-------|------------------|------|----------|-----|
|       | 3d               | 28d  | 3d       | 28d |
| 42.5  | 17.0             | 42.5 | 3.5      | 6.5 |
| 42.5R | 22.0             | 42.5 | 4.0      | 6.5 |
| 52.5  | 23.0             | 52.5 | 4.0      | 7.0 |
| 52.5R | 27.0             | 52.5 | 5.0      | 7.0 |
| 62.5  | 28.0             | 62.5 | 5.0      | 8.0 |
| 62.5R | 32.0             | 62.5 | 5.5      | 8.0 |

普通硅酸盐水泥各强度等级各龄期的强度值 表 1-3

| 强度等级  | 抗压强度/GB 175—1999 |      | 抗折强度/MPa |     |
|-------|------------------|------|----------|-----|
|       | 3d               | 28d  | 3d       | 28d |
| 32.5  | 11.0             | 32.5 | 2.5      | 5.5 |
| 32.5R | 16.0             | 32.5 | 3.5      | 5.5 |
| 42.5  | 16.0             | 42.5 | 3.5      | 6.5 |
| 42.5R | 21.0             | 42.5 | 4.0      | 6.5 |
| 52.5  | 22.0             | 52.5 | 4.0      | 7.0 |
| 52.5R | 26.0             | 52.5 | 5.0      | 7.0 |

矿渣水泥、火山灰水泥、粉煤灰水泥各强度等级 表 1-4  
各龄期的强度值

| 强度等级  | 抗压强度/GB 1344—1999 |      | 抗折强度/MPa |     |
|-------|-------------------|------|----------|-----|
|       | 3d                | 28d  | 3d       | 28d |
| 32.5  | 10.0              | 32.5 | 2.5      | 5.5 |
| 32.5R | 15.0              | 32.5 | 3.5      | 5.5 |
| 42.5  | 15.0              | 42.5 | 3.5      | 6.5 |
| 42.5R | 19.0              | 42.5 | 4.0      | 6.5 |
| 52.5  | 21.0              | 52.5 | 4.0      | 7.0 |
| 52.5R | 23.0              | 52.5 | 4.5      | 7.0 |

## (6) 水化热:

水泥矿物在水化反映中放出的热量称为水化热。水化初期放出的热量大, 7 天以后逐渐减少。

水泥水化热的大小及放热的快慢, 这种特性直接关系到工程施工。对大体积混凝土工程, 水化热聚积在内部不易散发, 使混凝土产生内外温差 (可达  $50\sim 80^{\circ}\text{C}$ ), 温度应力会使混凝土产裂缝。大体积混凝土工程应采用低热水泥或减少水泥用量。冬期混凝土工程施工, 采用蓄热法施工, 则可利用水化热增强水化反映和提高早期强度。

## 2. 砂、石骨料

### (1) 砂:

也称细骨料。粒径在  $0.16\sim 5\text{mm}$  之间。普通混凝土用砂主要有河砂、山砂、海砂、人工砂等。

1) 砂的粗细程度和颗粒级配。配制混凝土的强度应达到设计的强度的要求, 并应节约水泥用量, 这都与砂的粗细程度和颗粒级配密切相关。

砂的粗细程度是指不同粒径的砂粒 (粗砂、中砂、细砂、特细砂), 混合在一起后总体的粗细程度。在相同重量下, 粗砂的表面积小, 细砂表面积大, 总表面积大需要包裹其表面的水泥浆多。当混凝土拌合物达到一定要求的流动性, 用粗砂拌制的混凝土比用中砂拌制的混凝土节约水泥。

砂的颗粒级配量指粒径大小不同砂相互搭配的情况。颗粒级配应当尽量减少砂粒之间的空隙, 达到节约水泥又提高混凝土强度。砂的颗粒级配见图 1-1。

### 2) 砂的有害物质:

①泥及泥块。泥是粒径小于  $0.08\text{mm}$  的岩屑、黏土、

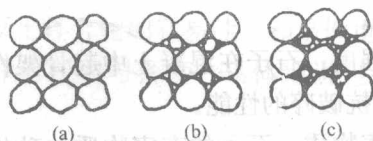


图 1-1 砂级配示意图

淤泥等粉状物的总称。粉状物附在骨料的表面，使骨料与水泥浆之间形成隔离层，还会增加拌和水用量，会加大混凝土的收缩，降低混凝土强度和耐久性。

泥块搅拌时不易散开，更会降低混凝土的强度和耐久性。

骨料的含泥及泥块量应符合表 1-5 的规定。

骨料的含泥量

表 1-5

| 混凝土强度等级   | 高于或等于 C30 | 低于 C30 |
|-----------|-----------|--------|
| 细骨料/按重量计% | 不大于 3     | 不大于 5  |
| 粗骨料/按重量计% | 不大于 1     | 不大于 2  |

②硫化物、硫酸盐及有机物。上述有害物质会对水泥石产生腐蚀作用，降低混凝土的耐久性，要严格控制含量。

(2) 石子：

粒径大于 5mm 称为粗骨料，混凝土常用的粗骨料有卵石（砾石）、碎石等。

1) 石子的颗粒级配和最大粒径：石子的颗粒级配与砂的颗粒级配相同，以减少空隙，增强密实性。

最大粒径，是指石子公称粒级的上限。石子的粒径越大，其表面积相应减少，节约水泥浆。在具有和易性和水泥用量一定的条件下，能减少拌合水，提高混凝土强度，尤其在大体积混凝土中，减少水泥用量和拌合水，能降低水化热。但粒径的选择也不能太大，要考虑结构的最小截面、钢



筋的最小净距等。

2) 石子的强度：石子在混凝土中起骨架作用，必须具有坚固性，即抵抗破碎的性能。

3) 石子有害物质：石子的有害物质与砂相似，如泥及泥块、硫酸盐及硫化物和有机物等。

### 3. 拌合水

拌制混凝土宜采用饮用水。当采用其他水时，要进行水质试验，水质应符合《混凝土拌合用水标准》(JGJ 63) 的规定。一般情况下不得用海水，海水中含有对水泥石及钢筋的腐蚀质。

### 4. 外加剂

在混凝土拌合物中，掺入少量的材料，能显著改善混凝土拌合物的性质，提高和改善混凝土的性质（如提高强度和耐久性等），这种材料统称为外加剂。

近年来，外加剂的使用更为普遍，取得了很大的成果，已经成为混凝土第五个组成材料了。即：水泥+水+细骨料+粗骨料+外加剂。

混凝土外加剂按其功能可分为如下四类：

(1) 改善混凝土的和易性的外加剂；

(2) 调节混凝土凝结时间的外加剂；

(3) 提高混凝土耐久性的外加剂；

(4) 改善混凝土性质的外加剂。

## 三、混凝土拌合物的性质

混凝土拌合物的性质是指浇筑之前的特性。一般就是我