

建筑工人技术学习丛书

# 混凝土工

(第三版)



中国建筑工业出版社

00763

TU 255

24/8

建筑工人技术学习丛书

# 混 凝 土 工

(第三版)

朱维益 乌家瑞 张德厚

中国~~建筑~~工业出版社

本书系建筑工人技术学习丛书(第三版)之一,主要叙述普通混凝土的基本性质,各组成材料的技术要求和混凝土的搅拌、运输、浇灌、振捣、养护等施工操作方法。并对各种整体结构和预制构件的浇灌方法作了介绍。此外,对轻混凝土、特种混凝土的生产工艺作了简介。

本书可供混凝土工作自学读物,也可作技工培训教材。

建筑工人技术学习丛书

混 凝 土 工

(第三版)

朱维益 乌家瑞 张德厚

\*

中国建筑工业出版社出版(北京西郊百万庄)

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

中国建筑工业出版社印刷厂印刷

开本: 787×1092毫米 1/32 印张: 6<sup>3</sup>/<sub>4</sub> 字数: 143 千字

1982年11月第三版 1984年12月第六次印刷

印数: 620,436—726,535册 定价: 0.52元

统一书号: 15040·4318

## 第三版说明

《建筑工人技术学习丛书》于1973年起出了第一版，并于1978年前后相继出了增订的第二版。这里提供给读者的是第三版，主要目的是为了配合国民经济调整，供基建战线广大职工培训的需要。

这套丛书基本上是按工种编写的，着重介绍操作技术，辅以必要的理论知识；对于工程质量标准和安全技术，作了适当的叙述；各工种有关的新技术、新机具和新材料，也作了必要的介绍。丛书可供具有初中文化程度的工人作自学读物，也可供技工培训用。

第三版与前一版比较，内容范围一般有所扩大，有的工种大体上增加了更高一级技工（相当于五级工）的应知应会内容。

丛书虽经又一次修订，但肯定还有不足之处，希望广大读者提出意见，以利不断提高和改进。

中国建筑工业出版社

1982年1月

# 目 录

|                     |     |
|---------------------|-----|
| 第一章 混凝土的基本性质 .....  | 1   |
| 第一节 混凝土的组成与分类 ..... | 1   |
| 第二节 普通混凝土的特点 .....  | 2   |
| 第三节 混凝土的技术特性 .....  | 3   |
| 第二章 混凝土的组成材料 .....  | 9   |
| 第一节 水泥 .....        | 9   |
| 第二节 砂、石、水 .....     | 18  |
| 第三节 外加剂 .....       | 26  |
| 第四节 混凝土的配合比 .....   | 33  |
| 第三章 混凝土施工工艺 .....   | 43  |
| 第一节 准备工作 .....      | 43  |
| 第二节 搅拌 .....        | 45  |
| 第三节 运输 .....        | 59  |
| 第四节 浇捣 .....        | 69  |
| 第五节 养护 .....        | 82  |
| 第六节 拆模 .....        | 92  |
| 第七节 构件表面缺陷的修整 ..... | 93  |
| 第四章 整体结构浇捣 .....    | 95  |
| 第一节 基础 .....        | 95  |
| 第二节 柱 .....         | 101 |
| 第三节 肋形楼板 .....      | 104 |
| 第四节 楼梯、圈梁和地坪 .....  | 111 |
| 第五节 墙体 .....        | 115 |
| 第六节 特种结构 .....      | 116 |

|                    |     |
|--------------------|-----|
| 第七节 滑动模板施工·····    | 119 |
| 第八节 喷射混凝土·····     | 125 |
| 第五章 预制构件浇灌·····    | 129 |
| 第一节 柱·····         | 129 |
| 第二节 空心板·····       | 130 |
| 第三节 预应力空心板·····    | 133 |
| 第四节 大型墙板·····      | 142 |
| 第五节 预应力屋架·····     | 151 |
| 第六节 预应力鱼腹式吊车梁····· | 156 |
| 第七节 预应力T形吊车梁·····  | 159 |
| 第八节 预应力双孔板·····    | 162 |
| 第六章 质量要求·····      | 169 |
| 第一节 强度检查·····      | 169 |
| 第二节 外观检查·····      | 172 |
| 第七章 冬季施工·····      | 174 |
| 第一节 温度对混凝土的影响····· | 174 |
| 第二节 原材料加热·····     | 175 |
| 第三节 养护方法·····      | 176 |
| 第八章 轻混凝土·····      | 181 |
| 第一节 轻骨料混凝土·····    | 181 |
| 第二节 泡沫混凝土·····     | 182 |
| 第三节 加气混凝土·····     | 183 |
| 第九章 特种混凝土·····     | 187 |
| 第一节 耐酸混凝土·····     | 187 |
| 第二节 耐热混凝土·····     | 191 |
| 第三节 防水混凝土·····     | 193 |

# 第一章 混凝土的基本性质

## 第一节 混凝土的组成与分类

混凝土是以胶凝材料、骨料和水（或其它液体）经合理混合后硬化而成的人造石材。

混凝土按其胶凝材料不同，可分为：水泥混凝土、沥青混凝土等。

混凝土按其用途，可分为普通结构用混凝土、防水混凝土、耐酸混凝土、耐碱混凝土、耐热混凝土、耐低温混凝土、耐油混凝土、防辐射混凝土、不发火混凝土等。

混凝土按其容重，可分为：特重混凝土（容重大于2700公斤/米<sup>3</sup>，以钢屑、重晶石为骨料）、重混凝土（容重2100~2600公斤/米<sup>3</sup>，以普通砂石为骨料）、稍轻混凝土（容重1900~2000公斤/米<sup>3</sup>，以碎砖、炉渣为骨料）、轻混凝土（容重1000~1900公斤/米<sup>3</sup>，以陶粒、炉渣为骨料）、特轻

混凝土按流动性分类

表 1-1

| 项次 | 混 凝 土 种 类 | 坍落度(厘米) | 工作度(秒) |
|----|-----------|---------|--------|
| 1  | 塑性混凝土     | 3~8     | 5~15   |
| 2  | 低流动性混凝土   | 1~3     | 15~30  |
| 3  | 干硬性混凝土    | 0       | 30~180 |
| 4  | 特干硬性混凝土   | 0       | >180   |

混凝土（容重小于1000公斤/米<sup>3</sup>，如泡沫混凝土、加气混凝土等）。

混凝土按其流动性分为塑性混凝土、低流动性混凝土、干硬性混凝土和特干硬性混凝土，分别以坍落度、工作度表示，如表1-1。

## 第二节 普通混凝土的特点

普通混凝土习惯上简称为混凝土。

混凝土在工程中应用只有一百多年历史，现在已成为基本建设工程中的主要建筑材料，其所以发展这样快，应用如此广，是由于它具有很多优点：

1.具有很高的强度，能承受较大的荷载，在外力作用下变形小。并可以通过原材料和配合比的变化配制出不同强度要求的混凝土。

2.混凝土凝结以前具有良好的塑性，可以根据建筑结构的需要，利用模板浇捣成各种形状和尺寸的构件。如把建筑结构浇捣成钢筋混凝土整体式结构，使其具有良好的抗震和抗冲击能力；亦可在工厂或现场预制，有利于构件预制装配化的推广。

3.所用砂、石都是地方材料，量大价廉，可以就地取材。

4.经久耐用，维修费用少。混凝土对自然气候的干湿变化、冷热变迁、冻融循环、雨水冲刷及外力的碰撞和磨损等都具有较强的抵抗力，在正常情况下耐用年限较长，可达50年以上。

5.耐火性好，混凝土是热的不良导体，遇火只能损伤其

表面，而不易破坏其内部。

但是，混凝土也存在不少缺点：

1. 本身重量大，构件的运输和安装比较困难。

2. 浇捣后自然养护时间较长。

3. 现场浇捣易受气候条件（低温、曝晒、雨季等）影响，低温季节施工时要采取加温或保温措施，增加了设备和费用，延长了施工时间。

4. 加固修理比较困难。

此外，对于有特殊要求的结构构件，普通混凝土还不能满足需要，如耐酸、耐热、抗渗、防射线等，这些问题只有采用耐酸、耐热、防水、重晶石等特种混凝土才能得到解决，但这类混凝土的强度或某些性能又往往要比普通混凝土差。正是因为事物都具有两重性，人们才根据不同的结构要求，找出主要矛盾，配制出各种类型的混凝土，以适应不断发展的建筑需要。

### 第三节 混凝土的技术特性

混凝土的技术特性主要是指强度、和易性等。

#### （一）混凝土的强度

混凝土的强度的主要指标是抗压强度，而抗拉、抗折、抗剪强度均随混凝土抗压强度的不同而不同。

混凝土的抗压强度是以混凝土依标准方法做成 $20 \times 20 \times 20$ 厘米的立方体试块，在标准条件下（温度 $20 \pm 3^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度 $90 \sim 100\%$ ）养护28天后进行抗压试验，依所得强度（公斤/厘米<sup>2</sup>）划分混凝土的标号。

混凝土标号一般分为225、275、325、425、525、625等。

混凝土的抗压强度主要决定于水泥标号与水灰比。而骨料的强度与级配，砂石比率，混凝土硬化时温度、湿度，以及施工条件等都对混凝土抗压强度有所影响。

1.水泥标号、水灰比对强度影响 混凝土的强度是水泥与水起水化作用，使水泥浆凝固硬化而产生的。水泥标号愈高，混凝土的强度就愈高；水灰比愈小，混凝土的强度就愈大。反之，水泥标号愈低，水灰比愈大，混凝土的强度就愈低。

2.骨料对强度影响 骨料级配优良和质地坚硬能增加混凝土的强度与密实性，特别是在高标号混凝土中，骨料对强度影响更大。粗骨料表面粗糙有棱角时能增大骨料与水泥浆的粘结力，所以在水灰比相同条件下，碎石混凝土比卵石混凝土的强度略高。

3.养护条件对强度影响 混凝土硬化过程中，在保持一定的湿度条件下，温度愈高，强度增长愈快；温度愈低，强度增长愈慢。

混凝土在养护时，如湿度不够，不能满足水泥水化作用的需要，将影响混凝土的增长。

4.浇捣对强度影响 浇灌混凝土时，必须充分捣实，才能得到密实坚强的混凝土，捣固不密实，会出现蜂窝等缺陷，影响混凝土的强度。同样的混凝土，机械振捣比人工捣固质量高。

一般情况下，振捣时间愈长，振力愈大，混凝土愈密实。但对塑性混凝土，振力过大或振捣时间愈长，会使混凝土产生泌水离析现象质量不均匀，强度降低。

## （二）混凝土的和易性

混凝土的和易性是指混凝土在施工过程中的合适程度，

它是保证质量和便于施工的重要条件。和易性良好的混凝土，在运输过程中不容易发生离析现象（水泥、砂、石、水互相分离），而且便于浇捣密实，分布均匀，易于充满模板的各部分，牢固地粘着钢筋，不产生蜂窝、麻面等不良现象。

混凝土的和易性根据其干稀程度不同，测定方法也不同。对于塑性混凝土、低流动性混凝土，可用坍落度来测定；对于干硬性混凝土和特干硬性混凝土，可用工作度来测定。

用坍落度测定混凝土的和易性时，将混凝土分三层装入坍落度筒中，每装一层后，用捣棒垂直而均匀地插捣25次，三层捣完后将溢出的混凝土刮平，然后将坍落度筒垂直提起，将筒放在混凝土锥体旁，筒顶上平放一木尺，用钢尺量出木尺底面到混凝土锥体顶面中心的距离，以厘米计，即为混凝土的坍落度（图1-1）。

工作度的测定方法是將20×20×20厘米的立方体铁模，

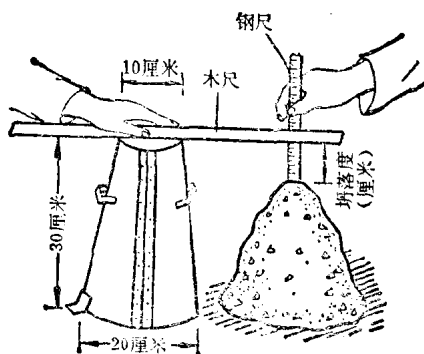


图 1-1 混凝土坍落度的测定

固定在标准振动台上，用楔块夹紧使不能移动，在模内放入圆锥筒，再按坍落度试验方法将混凝土分三层装入圆锥筒内，每层插捣25次，刮平后取出圆锥筒，再开动振动台，并以秒表记时，振动进行至混凝土由圆锥体下陷而填满立方体铁模四角，表面平整并呈现水泥浆时为止，记录所需时间（以秒计），即为混凝土的工作度（图1-2）。

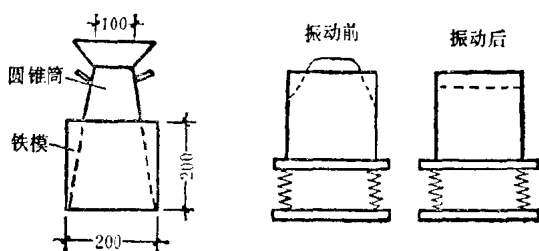


图 1-2 混凝土工作度的测定

影响混凝土和易性的主要因素有：

1. 普通水泥、硅酸盐水泥的和易性比火山灰水泥、矿渣水泥为好。水泥细度愈细，和易性也愈好。

2. 随着用水量增多，混凝土坍落度增大，能使混凝土有较好和易性。在水灰比（每立方米混凝土中水与水泥的重量比）不变的情况下，增加水泥浆量，可使混凝土的坍落度增大，和易性也较好。

3. 砂石的颗粒圆滑、级配良好，则混凝土的和易性好，反之则差。

4. 砂率（混凝土中砂的实体积与砂石总体积之比率）过小时，水泥砂浆的体积不足以填充石子的空隙，混凝土易离析泌水，和易性差。砂率过大时，包裹砂子的水泥浆层太

薄，砂粒间的摩擦力加大，使混凝土的流动性减小，对混凝土的强度有影响。

5.在拌制混凝土时，加入少量的减水剂，可以在不增加用水量和水泥用量的情况下，改善混凝土的和易性，增大流动性，降低泌水性。

### （三）混凝土的密实度

混凝土的密实度是指混凝土硬化后本身的密实程度，即其中孔隙愈少则愈密实，表示密实度高。用水量、水灰比愈大，密实度愈小。采用级配良好的砂石，掺入减水剂，用机械振捣，能降低用量与水灰比，获得密实度高的混凝土。

### （四）混凝土的抗渗性

混凝土的抗渗性是指混凝土抗水、油等液体在压力作用下渗透的性能。混凝土的抗渗性主要决定于混凝土的密实度及混凝土内毛细孔道的分布情况。混凝土的密实度愈高，则其抗渗性愈好。混凝土的抗渗性用抗渗标号表示。

### （五）混凝土的抗冻性

混凝土的抗冻性是指混凝土在饱水状态下遭受冰冻时，抵抗冰冻破坏作用的性能。抗冻性主要决定于混凝土的密实度、孔隙形状及分布情况。经常受到潮湿并遭受冻结的结构，特别是在严寒地区位于水位变化部分的结构，要求混凝土具有一定的抗冻性。

### （六）混凝土的收缩与膨胀

混凝土在硬化过程中，由于水分散失，体积发生收缩，称为混凝土的干缩。当混凝土长期在水中硬化时，由于水泥水化充分，混凝土不产生收缩而略有膨胀。

当水泥用量较多、水灰比较大，或用快硬高强水泥和

掺混合料较多的水泥，或水泥颗粒较细等，混凝土的干缩都较大。

在大体积混凝土中，由于水泥水化热会使混凝土产生膨胀，而冷却时仍要收缩，常产生较大的裂缝，故必须选用水化热低的水泥。

混凝土还具有热胀冷缩的性质，膨胀系数约为0.00001，即温度每升降 $1^{\circ}\text{C}$ ，每米胀缩0.01毫米。

## 第二章 混凝土的组成材料

### 第一节 水 泥

#### 一、常用水泥的种类和标号

混凝土中常用水泥有硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥、矿渣硅酸盐水泥、火山灰质硅酸盐水泥、粉煤灰硅酸盐水泥等。

**硅酸盐水泥** 俗称纯熟料水泥。是用石灰质（如石灰石、白垩、泥灰质石灰石等）和粘土质（如粘土、泥灰质粘土等）原料，按适当比例配成生料，在高温下（ $1300\sim 1450^{\circ}\text{C}$ ）烧至部分熔融，所得以硅酸钙为主要成分的熟料，加入适量的石膏，磨成细粉而制成的一种不掺任何混合材料的水硬性胶凝材料。硅酸盐水泥的特性是：早期及后期强度都较高，在低温下强度增长比其它水泥快，抗冻、耐磨性都好，但水化热较高，抗腐蚀性较差。

**普通硅酸盐水泥** 简称普通水泥。是在硅酸盐水泥熟料中，加入少量混合材料和适量石膏，磨成细粉而制成的水硬性胶凝材料。混合材料的掺量按水泥成品重量百分比计，掺活性混合材料时不超过15%；掺非活性混合材料时不超过10%；同时掺活性和非活性混合材料时总量不超过15%，其中非活性混合材料不超过10%。普通水泥除早期强度比硅酸盐水泥稍低外，其它性质接近硅酸盐水泥。

**矿渣硅酸盐水泥** 简称矿渣水泥。是在硅酸盐水泥熟料中，加入粒化高炉矿渣和适量石膏，磨成细粉而制成的水硬性胶凝材料。粒化高炉矿渣的掺量按水泥成品重量百分比计为20~70%。允许用不超过混合材料总掺量 1/3 的火山灰质混合材料或粉煤灰代替部分粒化高炉矿渣，但代替数量不超过水泥成品重量约15%。矿渣水泥的特性是：早期强度较低，在低温环境中强度增长较慢，但后期强度增长快，水化热较低，抗硫酸盐侵蚀性较好，耐热性较好，但干缩性和析水性较大，抗冻、耐磨性较差。

**火山灰质硅酸盐水泥** 简称火山灰水泥。是在硅酸盐水泥熟料中，加入火山灰质混合材料和适量石膏，磨成细粉而制成的水硬性胶凝材料。火山灰质混合材料（火山灰、凝灰岩、硅藻土、烧页岩、煤矸石等）的掺量按水泥成品重量百分比计为20~50%。允许用不超过混合材料总掺量 1/3 的粒化高炉矿渣代替部分火山灰质混合材料。火山灰水泥的特性是：早期强度较低，在低温环境中强度增长较慢，在高温潮湿环境中（如蒸汽养护）强度增长较快，水化热低，抗硫酸盐侵蚀性较好，但抗冻、耐磨性差，拌制混凝土需水量比普通水泥大，干缩变形也大。

**粉煤灰硅酸盐水泥** 简称粉煤灰水泥。是在硅酸盐水泥熟料中，加入粉煤灰和适量石膏，磨成细粉而制成的水硬性胶凝材料。粉煤灰的掺量按水泥成品重量百分比计为20~40%。允许用不超过混合材料总量 1/3 的粒化高炉矿渣代替粉煤灰，此时混合材料总掺量可达50%，但粉煤灰掺量仍不得超过40%。粉煤灰水泥的特性是：早期强度较低；水化热比火山灰水泥还低，和易性比火山灰水泥要好，干缩性也较小，抗腐蚀性能好，但抗冻、耐磨性较差。

## 二、常用水泥适用范围

常用水泥的基本用途、不适用范围及使用时注意事项见表2-1。

常用水泥适用范围

表 2-1

| 水泥名称      | 基本用途                                 | 不适用范围                       | 注意事项            |
|-----------|--------------------------------------|-----------------------------|-----------------|
| 硅酸盐水泥普通水泥 | 混凝土、钢筋混凝土和预应力混凝土的地上、地下和水中结构          | 受侵蚀水（海水、矿物水、工业废水等）及压力水作用的结构 | 使用加气剂可提高抗冻能力    |
| 矿渣水泥      | 混凝土和钢筋混凝土的地上、地下和水中的结构以及抗硫酸盐侵蚀的结构     | 需早期发挥强度的结构                  | 加强洒水养护，冬季施工注意保温 |
| 火山灰水泥     |                                      | 受反复冻融及干湿循环作用的结构<br>干燥环境中的结构 |                 |
| 粉煤灰水泥     | 混凝土和钢筋混凝土的地上、地下和水中的结构，抗硫酸侵蚀的结构，大体积结构 | 需早期发挥强度的结构                  | 加强洒水养护，冬季施工注意保温 |

## 三、普通水泥的组成与性质

制造普通水泥所用的生料，主要由石灰质原料和粘土质原料按一定比例配制而成，煅烧后水泥熟料的矿物组成为：硅酸三钙占37~60%；硅酸二钙占15~37%；铝酸三钙占7~15%；铁铝酸四钙占10~18%。一般情况下，硅酸三钙约占1/2，硅酸二钙约占1/4，后两种占1/4。