



# 第四章 混凝土

### 第一节 概述

混凝土是由胶凝材料、骨料和水（也可不加水）按适当比例配合，经搅拌、振捣、成型，在一定条件下硬化而成的人造石材。必要时也可加入一些外加剂、矿物掺合料及纤维材料等。

混凝土是当代最重要的土木工程材料之一，广泛应用于建筑、水利、道路、桥梁、地下、国防等土木工程中，在国家基本建设中占有重要地位。

## 一、混凝土的分类

### (一) 按表观密度大小分类

重混凝土、普通混凝土和轻混凝土

### (二) 按胶凝材料不同分类

水泥混凝土、沥青混凝土、石膏混凝土、水玻璃混凝土等

### (三) 按用途分类

结构用混凝土、防水混凝土、装饰混凝土、防射线混凝土、装饰混凝土、隔热混凝土、耐酸混凝土、耐火混凝土等。

### (四) 按掺合料不同分类

粉煤灰混凝土、硅灰混凝土、磨细高炉矿渣混凝土、纤维混凝土等。

## 二、混凝土的特点

### 1、优点：

- (1) 成本低
- (2) 配置灵活，适应性好
- (3) 可塑性好
- (4) 抗压强度高
- (5) 复合性能好
- (6) 耐火性好
- (7) 耐久性好

### 2、缺点：

自重大，抗拉强度低，易开裂、模板需求量大，施工周期长

### 第二节 混凝土的组成材料

普通混凝土的组成材料主要有水泥、细骨料（砂）、粗骨料（碎石或卵石）、水。有时，为了改善混凝土的性能，还常加入外加剂和矿物掺合料。混凝土的各组成材料在混凝土中起着不同的作用。砂、石子统称为骨料，主要起骨架作用。水泥与水形成水泥浆，水泥浆包裹在骨料表面并填充在骨料的空隙中。在混凝土硬化前的拌合物中，水泥浆主要起润滑作用，赋予混凝土拌合物一定的流动性，以便于施工。硬化后，水泥将砂、石骨料胶结成为一个整体，并使混凝土产生强度，成为坚硬的人造石材。

混凝土的组成结构如图4-1所示。

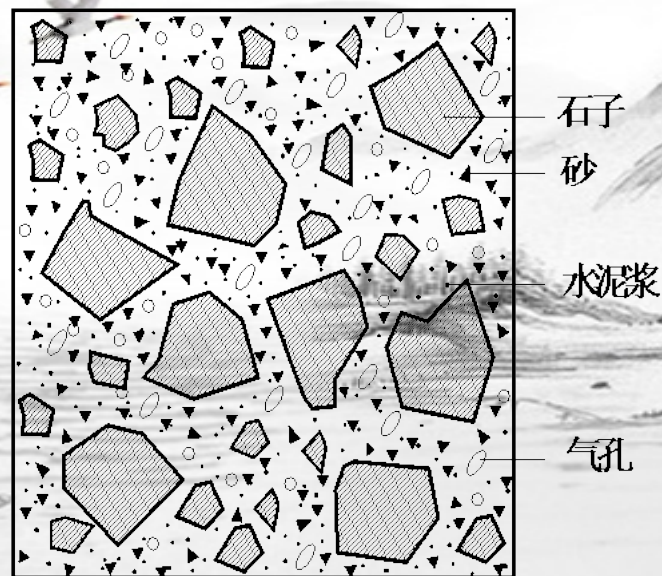


图 4-1 混凝土结构

图4-1 混凝土的组成结构

### 一、水泥

#### (一) 水泥品种的选择

配制混凝土用的水泥，应根据混凝土的工程特点和所处的环境，结合各种水泥的不同特性进行选用。

#### (二) 水泥强度等级的选择

配制混凝土所用水泥的强度等级应与混凝土的设计强度等级相适应。原则上是配制高强度等级的混凝土，选用高强度等级水泥；配制低强度等级的混凝土，选用低强度等级水泥。对于一般强度混凝土，水泥强度等级宜为混凝土强度等级的**1.5~2.0**倍。如配制**C25**混凝土，可选用强度等级为**42.5**的水泥；配制**C30**混凝土，可选用强度等级为**52.5**的水泥。

### 二、细骨料—砂子

粒径小于**4.75mm**的岩石颗粒称为细骨料（砂）。砂按来源分为天然砂和人工砂两类。天然砂是由自然风化、水流搬运和分选、堆积形成的岩石颗粒（不包括软质岩、风化岩石的颗粒），包括河砂、湖砂、山砂和淡化海砂。人工砂是经除土处理的机制砂、混合砂的统称。一般混凝土用砂应优先采用天然砂。

《建筑用砂》（**GB/T14684—2001**）规定，砂按技术要求分为I类、II类、III类。I类宜用于强度等级大于**C60**的混凝土；II类宜用于强度等级**C30~C60**及抗冻、抗渗或其他要求的混凝土；III类宜用于强度等级小于**C30**的混凝土和建筑砂浆。



### (一) 砂中有害物质含量、坚固性

用来配制混凝土的砂要求清洁不含杂质，以保证混凝土的质量。在实际工程中，砂中常含泥和泥块，还有云母、轻物质、有机物、硫化物及硫酸盐、氯盐等有害物质。这些物质粘附在砂的表面，妨碍水泥与砂的粘结，从而降低混凝土的强度和耐久性。另外，硫化物和硫酸盐对水泥石有腐蚀作用，氯盐容易加剧钢筋混凝土中钢筋的锈蚀。砂中的有害物质含量、坚固性应符合表4-1的规定。

### (二) 含泥量、石粉含量和泥块含量

天然砂的含泥量和泥块含量、人工砂的石粉含量和泥块含量应符合表4-2的要求。

### (三) 表观密度、堆积密度、空隙率、碱骨料反应

### (四) 粗细程度与颗粒级配

砂的粗细程度是指不同粒径的砂混合在一起的平均粗细程度。砂的颗粒级配是指大小不同粒径的砂粒相互间的搭配情况。

混凝土用砂应同时考虑砂的粗细程度和颗粒级配。当砂的颗粒较粗且级配良好时，砂的空隙率和总表面积均较小，这样不仅可以节约水泥，而且还可提高混凝土的强度和密实性。可见，控制混凝土砂的粗细程度和颗粒级配有很大的技术经济意义。

砂的粗细程度和颗粒级配常用筛分析的方法进行测定，用细度模数来判断砂的粗细程度，用级配区来表示砂的颗粒级配。

国家标准《建筑用砂》（GB/T14684—2001）对细度模数为的普通混凝土用砂，根据0.6mm筛孔的累计筛余百分率分成三个级配区，见表4-3和图4-3（级配曲线）。混凝土用砂的颗粒级配，应处于表4-3或图4-3的任何一个级配区内，否则认为砂的颗粒级配不合格。

混凝土用砂的级配必须合理，否则难以配制出性能良好的混凝土。当现有的砂级配不良时，可采用人工级配方法来改善，最简单措施是将粗、细砂按适当比例进行试配，掺和使用。

### 三、粗骨料—石子

粗骨料一般指粒径大于4.75mm的岩石颗粒，有卵石和碎石两大类。卵石是由于自然风化、水流搬运和分选、堆积形成的岩石颗粒，分为河卵石、海卵石和山卵石；碎石是由天然岩石或卵石经机械破碎、筛分而制成的。配制混凝土选用碎石还是卵石，要根据工程性质、当地材料的供应情况、成本等各方面综合考虑。

《建筑用卵石、碎石》（GB/T14685—2001）规定，卵石、碎石分为Ⅰ类、Ⅱ类、Ⅲ类。Ⅰ类宜用于强度等级大于C60的混凝土；Ⅱ类宜用于强度等级C30~C60及抗冻、抗渗或其他要求的混凝土；Ⅲ类宜用于强度等级小于C30的混凝土。

### （一）有害物质、针片状颗粒、含泥量和泥块含量、坚固性

用来配制混凝土的卵石和碎石要求清洁不含杂质，以保证混凝土的质量。在实际工程中，卵石和碎石中常含泥和泥块，针状（颗粒长度大于相应粒级平均粒径的**2.4**倍）和片状（厚度小于平均粒径的**0.4**倍）颗粒，以及有机物、硫化物、硫酸盐等有害物质。针、片状颗粒易折断，其含量多时，会降低新拌混凝土的流动性和硬化后混凝土的强度。泥、泥块和有害物质对混凝土的危害作用与细骨料相同。卵石和碎石中的有害物质、针片状颗粒、含泥量和泥块含量、坚固性应符合表**4-4**的规定。

### (二) 强度

为了保证混凝土的强度，粗骨料必须具有足够的强度。碎石的强度可用压碎指标和岩石抗压强度指标表示，卵石的强度可用压碎指标表示。对经常性的生产质量控制常用压碎指标值来检验石子的强度。当混凝土强度等级大于或等于**C60**时，对粗骨料强度有严格要求或对骨料质量有争议时，宜用岩石抗压强度作检验。

### (三) 表观密度、堆积密度、空隙率、碱骨料反应

表观密度应大于**2500kg/m<sup>3</sup>**，松散堆积密度大于**1350kg/m<sup>3</sup>**，空隙率小于**47%**。

经碱骨（集）料反应试验后，由碎石、卵石制备的试件应无裂缝、酥裂、胶体外溢等现象，在规定的试样龄期的膨胀率应小于**0.10%**。

### (四) 最大粒径和颗粒级配

#### 1. 最大粒径

《混凝土结构工程施工及验收规范》（GB50204—2002）对粗骨料的最大粒径做了以下规定：粗骨料的最大粒径不得超过结构截面最小尺寸的 $1/4$ ，同时不得超过钢筋间最小净距的 $3/4$ ；对混凝土实心板，粗骨料最大粒径不宜超过板厚的 $1/2$ ，且不得超过 $40\text{mm}$ 。对于泵送混凝土，为防止混凝土泵送时堵塞管道，保证泵送施工的顺利进行，《普通混凝土配合比设计规程》（JGJ55-2000）规定，泵送混凝土粗骨料最大粒径与输送管的管径之比应符合表4-7的规定。

#### 2. 颗粒级配

混凝土用粗骨料的颗粒级配应符合表4-8的规定。

### 四、水

混凝土用水包括混凝土拌合用水和养护用水。对混凝土用水的质量要求是：不影响混凝土的凝结和硬化；无损于混凝土的强度发展和耐久性，不加快钢筋的锈蚀；不引起预应力钢筋脆断；不污染混凝土表面等。海水不能用来拌制钢筋混凝土和预应力混凝土，也不能用来拌制对饰面要求高的混凝土。

混凝土用水宜采用饮用水，当采用其它水源时，水质应符合《混凝土用水标准》（JGJ63—2006）的规定，见表4-9。对于设计使用年限为100年的结构混凝土，氯离子含量不得超过500mg/L；对使用钢丝或热处理钢筋的预应力混凝土，氯离子含量不得超过350mg/L。



### 五、外加剂

混凝土外加剂是指在拌制混凝土过程中掺入的用以改善混凝土性能的物质，其掺量一般不超过水泥质量的5%。混凝土外加剂的使用是混凝土技术的重大突破，外加剂的掺量虽然很小，却能显著的改善混凝土的某些性能，是生产各种高性能混凝土和特种混凝土必不可少的第五种重要组成材料，在现代混凝土技术中发挥了极其重要的作用。

## (一) 混凝土外加剂的类型

1、改善混凝土拌合物流变性能的外加剂，如各种减水剂、泵送剂等。

2、调节混凝土凝结时间、硬化性能的外加剂，如缓凝剂、早强剂、速凝剂等。

3、改善混凝土耐久性的外加剂，如引气剂、防水剂、阻锈剂等。

4、改善混凝土其它性能的外加剂，如引气剂、膨胀剂、防冻剂、着色剂、脱模剂、防水剂等。

## (二) 常用混凝土外加剂

### 1、减水剂

减水剂是指在保证混凝土坍落度不变的条件下，能减少拌合用水量的外加剂。减水剂起到以下经济技术效果：

(1) 在保持水灰比和水泥用量不变的情况下，提高混凝土拌合物的流动性；

(2) 在保证混凝土强度和坍落度不变的情况下，可节约水泥用量；

(3) 在保证混凝土拌合物和易性和水泥用量不变的条件下，可减少用水量，降低水灰比，提高混凝土的强度和耐久性。

### 2、引气剂

引气剂是一种在搅拌混凝土过程中能引入大量分布均匀、稳定而封闭的微小气泡的外加剂。目前常用的引气剂主要有松香树脂类、烷基磺酸盐类、脂肪醇磺酸盐类、蛋白盐等多种。其中，以松香树脂类应用最广。

引气剂能有效减少混凝土拌合物的泌水离析，明显改善混凝土拌合物的和易性，提高硬化混凝土的抗冻性和抗渗性。但掺入引气剂会引起混凝土的强度降低，一般混凝土中含气量增加1%，抗压强度将降低4%~6%，所以引气剂的掺量必须适当。

### 3、早强剂

早强剂是指能加速混凝土早期强度发展的外加剂。常用早强剂的品种有氯盐类、硫酸盐类、有机胺类及以它们为基础组成的复合早强剂。

早强剂能促使水泥的水化和凝结硬化，提高早期强度，缩短混凝土的养护周期，提高模板和场地的周转率，加快施工速度。早强剂可用于蒸汽养护混凝土和在常温、低温条件下（不小于 $-5^{\circ}\text{C}$ ）施工的有早强和防冻要求的混凝土，特别适合冬季施工和紧急抢修工程。

### 4、缓凝剂

缓凝剂是指能延缓混凝土凝结时间，并对混凝土后期强度发展无不利影响的外加剂。缓凝剂具有缓凝、减水、降低水化热等多种功能，适用于大体积混凝土、炎热气候条件下施工的混凝土、长期停放及远距离运输的商品混凝土。

### 5、防冻剂

防冻剂是指能使混凝土在负温下硬化，并在规定时间内达到足够防冻能力和强度的外加剂。防冻剂的作用是在负温条件下能确保混凝土中有液相存在，从而保证水泥的水化和凝结硬化。

防冻剂能使混凝土在负温下免受冻害，适用于负温条件下施工的混凝土。

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/778113076124006066>