

混凝土构件 生产工艺及常用机械

农村建筑构配件技术培训试用教材

中国建筑东北设计院编

农村建筑构配件技术培训试用教材

混凝土构件 生产工艺及常用机械

中国建筑东北设计院编

本书包括工艺和机械设备两大部分。内容有混凝土基本知识、混凝土预制构件生产工艺的系统知识、构件生产和试验常用机械设备的构造原理和使用常识等,并介绍一些现代的生产技术、管理知识和有关资料。内容深入浅出,着重培养学员解决实际问题的能力。

本书系农村建筑构配件技术培训试用教材,主要供地、县、乡、镇(社队)混凝土构件生产企业和基层施工单位工人、技术和管理人员参考,亦可供从事混凝土构件生产行业的人员参考。

农村建筑构配件技术培训试用教材

混凝土构件生产工艺及常用机械

中国建筑东北设计院编

中国建筑东北设计院印刷厂印刷

1982年10月

编 者 的 话

随着农业状况的改善，我国乡村建设也发展到整个村镇建设的新阶段。当前，许多地方和单位急需农村建设的规划、设计的基本知识；也急需农房钢筋混凝土建筑构配件的设计、生产和施工的技术知识。为了适应乡村建设的需要，以便帮助基层工作的同志们掌握和普及农村建筑构配件方面的科学知识、生产技术和质量管理等，城乡建设环境保护部乡村建设局和中国建筑工程总公司设计部委托中国建筑东北设计院从1982年起，陆续举办全国性的《农村建筑构配件技术培训班》。为此，组织了一些有经验的同志编写了这套试用教材，暂分三册：《混凝土构件生产工艺及常用机械》、《农村村镇规划及住宅设计基本知识》、《农房建筑构件结构设计基本知识》。

这套教材的编写大纲由中国建筑东北设计院拟定，初稿由城乡建设环境保护部乡村建设局和中国建筑工程总公司联合审定。

这套教材主要面向地、县、乡、镇（社队）混凝土构配件生产企业的技术和管理干部、基层施工单位技术人员和农房办公室干部。为此，教材内容涉及面较多，但力求简明扼要，并尽可能介绍一些现代的生产技术，着重培养学员解决实际问题的能力。因此，也可供从事混凝土预制构件生产行业的人员参考以及具备初中以上文化程度者自学之用。

教材编写工作由徐炳华、管润璋、马世昌、庞忠荣、侯梅梅、赵会文、张涛等同志负责全部校审和出版工作。

参加本教材的编写人员有：李豪邦、高正秋、张自康、冯逸筠、叶福山、陈中明、刘书华、杨嘉震、唐明贤、杨伯科、刘良季、明士义等同志。

在教材编写、出版过程中，曾得到有关部门和同志的大力协助，谨表衷心感谢。

由于我们经验不足，水平有限，教材中缺点和错误难免，恳请批评指正。

编 者

1982年10月

目 录

第一篇 混凝土构件生产工艺

第一章 混凝土基本知识	(1)
第一节 建筑材料基本知识	(1)
第二节 普通混凝土原材料	(5)
第三节 普通混凝土的主要技术性能	(13)
第四节 普通混凝土的配合比设计	(19)
第二章 原材料的贮存	(32)
第一节 原材料的贮存期及贮存料耗系数	(32)
第二节 砂石堆场	(33)
第三节 水泥仓库	(36)
第四节 钢筋仓库	(37)
第三章 混凝土混合物的制备	(39)
第一节 影响搅拌质量的因素	(39)
第二节 搅拌工艺	(40)
第三节 混凝土混合物的运输	(45)
第四章 钢筋加工工艺	(46)
第一节 钢筋的品种、性能及选用	(46)
第二节 钢筋的冷加工	(49)
第三节 钢筋的配料加工	(54)
第四节 钢筋网片及骨架成型	(57)
第五章 混凝土构件成型	(60)
第一节 密实成型方法	(60)
第二节 模型	(62)
第三节 隔离剂	(64)
第四节 振动密实成型	(65)
第五节 翻转脱模工艺	(71)
第六节 成型车间生产工艺组织	(72)
第七节 设备选型计算	(76)
第六章 预应力技术	(78)
第一节 概述	(78)
第二节 预应力钢筋混凝土的材料	(81)
第三节 长线台座法生产工艺	(81)
第四节 长线台座拉模和挤压机生产工艺	(89)

第七章	混凝土构件养护	(92)
第一节	概述	(92)
第二节	自然养护	(92)
第三节	蒸汽养护	(98)
第四节	蒸汽养护的热耗	(101)
第五节	蒸汽负荷计算	(102)
第八章	小型混凝土空心砌块	(105)
第一节	砌块的种类和应用	(105)
第二节	小型空心砌块的生产工艺	(112)
第三节	砌块生产设备	(115)
第四节	小型空心砌块生产与应用的主要技术指标	(119)
第九章	材性、构性试验及成品检验	(122)
第一节	试验室	(122)
第二节	成品检验	(131)
第十章	混凝土构件厂的质量管理	(133)
第一节	质量管理的意义	(133)
第二节	混凝土强度的统计计算初步	(134)
第三节	影响混凝土强度标准离差的因素	(141)
第四节	质量管理方法	(142)
第十一章	建厂准备工作及总体布置	(146)
第一节	设计任务书	(146)
第二节	生产规模及产品纲领	(146)
第三节	工厂组成及工作制度	(147)
第四节	厂址选择	(149)
第五节	总体布置的基本原则	(149)
第二篇 混凝土构件生产常用机械		
第一章	搅拌系统机械	(151)
第一节	称量给料机械	(151)
第二节	称量机械	(154)
第三节	搅拌机械	(155)
第二章	钢筋加工机械	(161)
第一节	钢筋除锈机械	(161)
第二节	钢筋强化机械	(162)
第三节	调直切断机械	(170)
第四节	钢筋切断机械	(175)
第五节	钢筋弯曲机械	(177)
第六节	钢筋镦头机械	(179)
第七节	预应力钢筋张拉机械	(181)

第八节	钢筋对焊机械	(183)
第九节	钢筋点焊机械	(184)
第三章	振动机械	(186)
第一节	混凝土振动原理及振动主要参数	(186)
第二节	常用振动机械及其应用	(188)

附 录

附录	一	常用技术参考资料	(204)
	二	1:2.5 软练胶砂快速抗压强度试验介绍	(221)
	三	水泥胶砂强度简易检验方法	(223)
	四	《关于农房水泥构件的技术条件》	(228)
	五	简易拉力、压力试验机加工图	(233)
	六	沈阳市仪器仪表工业公司产品一览表	(248)

第一篇 混凝土构件生产工艺

第一章 混凝土基本知识

第一节 建筑材料的基本性质

在建筑工程中选择和使用材料时，首先必须掌握材料的基本性质，建筑材料的种类繁多，性质也是多种多样的，但是总起来可分为物理性质、化学性质和力学性质。本节仅述主要的物理性质和力学性质。

一、材料的物理性质

材料的物理性质主要是指它的比重，容重，空隙率，密实度，吸湿性，抗冻性，导热性等。

(一) 比重和容重

材料的体积一般分为自然状态下的体积与绝对密实状态下的体积。

绝对密实状态下的体积，是指材料内部完全没有孔隙的体积。对于结构完全密实的材料，如钢铁、玻璃等，其绝对密实状态下的体积可依外形尺寸计算而得；大部分建筑材料由于本身结构都含有或多或少的孔隙，因此要测得它的比重，可将材料研成细粉，并认为在细粉中不再含有孔隙，然后再用比重瓶测定其绝对密实状态下的体积；对于比较密实的材料，如砂子、石子等，可不必磨成细粉，而用排水法求其绝对密实状态下体积的近似值。

自然状态下体积，包括了材料结构内部的空隙。对于规则形状的材料，如砖、砌块等，可用外形尺寸来计算；对于松散材料，如砂子、石子等，可用容积法测其体积。

1. 比重

比重是材料在绝对密实状态下单位体积的重量，按下式计算：

$$\gamma = \frac{G}{V} \quad (1.1.1)$$

式中 γ —— 材料的比重；

G —— 干燥材料的重量（克、公斤或吨）；

V —— 绝对密实状态下材料的体积（厘米³或米³）

比重的单位可用克/厘米³、公斤/米³或吨/米³表示。用绝对体积近似值计算比重，称为视比重。比重也可以用材料重量与同体积 4℃ 水重量比值来表示（无量纲）。

2. 容重

容重是材料自然状态下（包含孔隙）单位体积的重量。用下式计算：

$$\gamma' = \frac{G}{V_1} \quad (1.1.2)$$

式中 γ' —— 材料的容重；

G —— 材料的重量（克、公斤或吨）；

V_1 —— 材料在自然状态下的体积（厘米³或米³）。

容重的单位可用克/厘米³、公斤/米³或吨/米³表示。

自然状态下材料的重量，随含水量的变化而变化。所以测定材料的容重时，应指出含水情况。通常所讲的材料容重，是指在干燥状态下的容重。大多数材料都有一定的孔隙率，所以其容重小于比重。

（二）密实度与孔隙率

建筑工程中常用的固体材料的体积由两大部分组成，一是固体物质部分，一是孔隙部分，它们的组份对材料的性质影响很大。

表明材料密实程度的有密实度与孔隙率。

1. 密实度

密实度是表示材料体积内固体物质所充实的程度。可按下式计算：

$$d = \frac{V}{V_1} \quad (1.1.3)$$

因为 $V = \frac{G}{\gamma}$; $V_1 = \frac{G}{\gamma'}$

代入上式得 $d = \frac{\gamma'}{\gamma}$

用百分数表示时 $d = \frac{\gamma'}{\gamma} \times 100\% \quad (1.1.4)$

式中 d —— 材料的密实度（%）。

2. 孔隙率

孔隙率表示材料体积内孔隙体积所占的百分数。可按下式计算：

$$\begin{aligned} V_{\text{孔}} &= \frac{V_1 - V}{V_1} \times 100\% = \left(1 - \frac{V}{V_1}\right) \times 100\% = (1 - d) \times 100\% \\ &= \left(1 - \frac{\gamma'}{\gamma}\right) \times 100\% \quad (1.1.5) \end{aligned}$$

式中 $V_{\text{孔}}$ —— 材料的孔隙率（%）。

密实度和孔隙率都是用来表示材料密实程度的，在数值上两者之和为1或100%。

(三) 吸湿性

吸湿性是指材料在潮湿空气中吸收空气中水汽的性质。吸湿性用含水率来表示。

材料所吸水分的重量与材料干燥重量之比的百分数称为含水率，或称湿度，按下式计算：

$$W_{\text{含}} = \frac{G_{\text{含}} - G_{\text{干}}}{G_{\text{干}}} \times 100\% \quad (1.1.6)$$

式中 $W_{\text{含}}$ ——材料的含水率(%)；

$G_{\text{含}}$ ——材料含水时的重量(克)；

$G_{\text{干}}$ ——材料烘干至恒重时的重量(克)。

一定组织构造和化学成分的材料，其含水率决定于周围空气的相对湿度和温度，相对湿度越高，温度越低时，其含水率也就越大。

(四) 抗冻性

抗冻性是指材料被水饱和状态下，抵抗多次冻融循环作用而不破坏，同时也不严重降低强度的性能。

材料在 -15°C 冻结后，于 20°C 时融化，称为冻融循环一次。冻结温度不得高于 -15°C ，因为水在微小的毛细孔中，只有在 -15°C 以下才能冻结。

材料由于孔隙内充满了水，冻结时体积将增大(约9%)，对孔壁产生巨大的压力，随着反复冻结与融化次数的增加，材料表面将出现脱屑剥落或裂缝，重量减轻，强度也随着降低，当达到规定要求时，材料所能抵抗的冻融循环次数越多，其抗冻性就越好。

要求抗冻性的材料以冻融循环次数划分材料的抗冻性标号，如M10；M15；M25；M50等。

(五) 导热性

导热性为固体材料能将热量由一面传至另一面的性质。导热性用导热系数表示。

试验证明，材料传导的热量与面积、时间、两面温度差成正比，而与厚度成反比，可用下式表示：

$$Q = \lambda \frac{F \cdot Z \cdot (t_2 - t_1)}{a} \quad (1.1.7)$$

式中 Q ——材料传导的热量(千卡)；

λ ——导热系数(千卡/米·时·度)；

F ——传热面积(米²)；

Z ——传热时间(小时)；

$t_2 - t_1$ ——传热时两面温度差(度)；

a ——传热厚度(米)。

将式(1.1.7)移项，则得导热系数公式：

$$\lambda = \frac{Q \cdot a}{F \cdot Z \cdot (t_2 - t_1)} \quad (1.1.8)$$

所以，导热系数是在规定的传热条件下，当材料两面温度差为1℃时，在1小时内通过厚度为1米、面积为1平方米的材料的的热量（千卡），单位是千卡/米·时·度。

孔隙率越大的材料，其导热系数就越小；封闭的、微小的孔隙，比连通的粗大的孔隙导热系数小。材料受潮或受冻会大大提高它的导热系数。用于保温的材料，导热系数越小越好。

二、材料的力学性质

（一）强度

材料抵抗外力破坏的能力称为强度。

材料在建筑物上所受的外力，主要有压力、拉力、弯曲力及剪力等。材料抵抗这些外力破坏的能力，分别称为抗压、抗拉、抗弯和抗剪等强度。见图1—1—1。

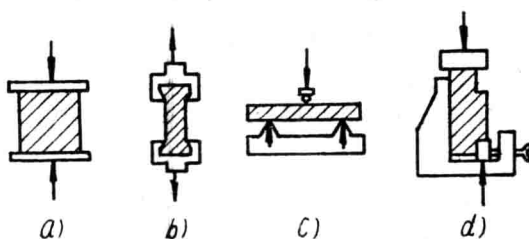


图1—1—1 材料承受各种外力示意图

a) 抗压； b) 抗拉； c) 抗弯； d) 抗剪

材料抗压、抗拉、抗剪强度可用下式计算：

$$R = \frac{P}{F} \quad (1.1.9)$$

式中 R ——抗压、抗拉、抗剪强度（公斤/厘米²）；

P ——材料受压、拉、剪破坏时的荷载（公斤）；

F ——材料的受力面积（厘米²）。

当外力是作用于构件支点中心的集中荷载，而材料截面为矩形时，如图1—1—1—C所示，则抗弯强度（也称抗折强度）为：

$$R_{\text{弯}} = \frac{3PL}{2bh^2} \quad (1.1.10)$$

式中 $R_{\text{弯}}$ ——抗弯强度（公斤/厘米²）；

P ——受弯时破坏荷载（公斤）；

L ——两支点间距（厘米）；

b ——截面宽度（厘米）；

h ——截面高度（厘米）。

（二）弹性与塑性

材料在外力作用下会产生变形，当外力去除后，材料能恢复原来的形状，这种性质称为材料的弹性。反之，当外力去除后，材料不能恢复原来的形状，而仍保持变形后的状态的性质，称为材料的塑性。

材料的弹性和塑性除与材料本身的成分有关外，还与外界条件有关。例如有的材料在一定温度和一定外力条件下属于弹性，但当条件改变时，也可能变为塑性性质。

第二节 普通混凝土的原材料

普通混凝土的原材料主要是指水泥、细集料(硅质砂)、粗集料(碎石或卵石)、水及为了改善和提高混凝土某些性质而掺入的适量的外加剂。

常用水泥的主要性能及适用范围

表1—1—1

项目	硅酸盐水泥	普通水泥	矿渣水泥	火山灰水泥	粉煤灰水泥
组成	纯熟料不掺任何混合材料	以硅酸盐水泥熟料为主要组成，允许掺加5%以下的混合材料	在硅酸盐水泥熟料中掺加粒化高炉矿渣20~70%	在硅酸盐水泥熟料中掺加火山灰质混合材料20~50%	在硅酸盐水泥熟料中掺加粉煤灰20~40%
比重	3.0~3.15	3.0~3.15	2.9~3.1	2.8~3.0	2.8~3.0
容量	1000~1600	1000~1600	1000~1200	1000~1200	1000~1200
标号	425, 525, 625	225, 275, 325 425, 525, 625	225, 275, 325 425, 525	225, 275, 325 425, 525	225, 275, 325 425, 525
主要特征	1. 快硬早强 2. 水化热较高 3. 耐冻性好 4. 耐热性较差 5. 耐腐蚀性较差	1. 早强 2. 水化热较高 3. 耐冻性较好 4. 耐热性较差 5. 耐腐蚀性较差	1. 早期强度低，后期强度增长较快 2. 水化热较低 3. 耐热性好 4. 对硫酸盐类侵蚀抵抗和抗水性较好 5. 抗冻性较差 6. 干缩性较大	1. 早期强度低，后期强度增长较快 2. 水化热较低 3. 耐热性较差 4. 对硫酸盐类侵蚀抵抗和抗水性较好 5. 抗冻性较差 6. 干缩性较大 7. 抗渗性较好	1. 早期强度低，后期强度增长较快 2. 水化热较低 3. 耐热性较差 4. 对硫酸盐类侵蚀抵抗和抗水性较好 5. 抗冻性较差 6. 干缩性较小 7. 抗碳化能力较差
适用范围	适用快硬早强的工程、配制高标号混凝土	适用于配制地上、地下及水中的混凝土及预应力钢筋混凝土结构，包括受循环冻融的结构及早期强度要求高的工程，配制建筑砂浆	1. 适用于大体积工程 2. 配制耐热混凝土 3. 适用于蒸汽养护的构件 4. 适用于一般地上地下和水泥中的混凝土及钢筋混凝土结构 5. 配制建筑砂浆	1. 适用于大体积工程 2. 有抗渗要求的工程 3. 适用于蒸汽养护的工程构件 4. 可用于一般混凝土和钢筋混凝土工程 5. 配制建筑砂浆	1. 适用于地上地下及水中大体积混凝土工程 2. 适用于蒸汽养护的构件 3. 适用于一般混凝土工程 4. 配制建筑砂浆
不适用场合	1. 不宜用于大体积混凝土工程 2. 不宜用于受化学侵入水及压力水作用的构筑物	1. 不适用于大体积混凝土工程 2. 不宜用于化学侵入水及压力水作用的构筑物	1. 不适用于早期强度要求高的混凝土工程 2. 不适用于严寒地区并在水位升降范围内的混凝土工程	1. 不宜用于早期强度要求高的混凝土工程 2. 不宜用于严寒地区并在水位升降范围内的混凝土工程 3. 不宜用于干燥环境的混凝土工程 4. 不宜用于耐磨性要求高的工程	1. 不适用于早期强度要求高的混凝土工程 2. 不适用于严寒地区并在水位升降范围内混凝土工程 3. 不适用于抗碳化要求的工程

一、水泥

配制普通混凝土常用硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥(简称普通水泥)、矿渣硅酸盐水泥(简称矿渣水泥)、火山灰质硅酸盐水泥(简称火山灰水泥)、粉煤灰硅酸盐水泥(简称粉煤灰水泥)。

(一) 常用水泥的主要性能及适用范围

常用水泥的主要性能及适用范围可根据混凝土工程特点、温度及施工条件等参照表1—1—1选用。

水泥标号的选择,应与混凝土的设计标号相适应。一般情况下,水泥标号为混凝土标号的1.5~2.0倍为宜。配制高标号混凝土时,水泥标号应为混凝土标号的0.9~1.5倍。预应力钢筋混凝土用水泥标号不得低于275号。配制低标号混凝土时,最好选用低标号水泥。在缺乏低标号水泥的情况下,可在高标号水泥中加入适当数量的活性掺合料。

混凝土设计标号与水泥标号的关系见表1—1—2。

混凝土标号与水泥标号的关系

表1—1—2

混 凝 土 标 号	水 泥 标 号	混 凝 土 标 号	水 泥 标 号
100	225~275	300	325~525
150	225~325	400	425~525
200	275~425	500	525~625

受潮水泥根据受潮情况,经处理亦可使用。受潮水泥的处理方法及适用场合见表1—1—3。

受潮水泥处理方法及适用场合

表1—1—3

受 潮 程 度	处 理 方 法	适 用 场 合
有可以捏成粉末的松块,而没有硬块	压成粉末后使用,使用时加强搅拌	试验后根据实际标号使用
部分结成硬块	筛去硬块压碎松块后使用	1. 试验后根据实际标号使用 2. 用于不重要受力小的部位 3. 用作砌筑砂浆
硬 块	压成粉末,掺入新鲜水泥 (掺量不超过25%)	经试验后方能使用

(二) 硅酸盐类水泥的凝结硬化机理

水泥熟料的矿物组成如下:

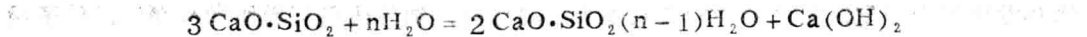
硅酸三钙($3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ 缩写为 C_3S)37~60%

硅酸二钙($2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ 缩写为 C_2S)15~37%

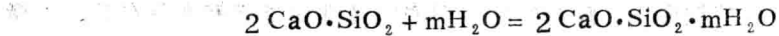
铝酸三钙($3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$ 缩写为 C_3A)7~15%

铁铝酸四钙($4\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3$ 缩写为 C_4AF)10~18%

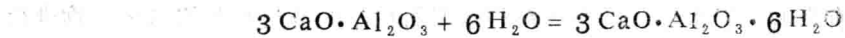
水泥加水后,上述矿物组成很快与水发生水化作用,其反应如下:



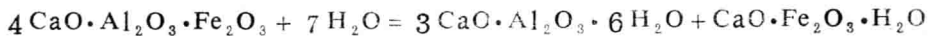
C_3S 凝结硬化快，水化时放热量大，硬化后强度高，它是普通水泥的主要成分。



C_2S 凝结硬化最慢，水化时放热量最小，早期强度发展较慢，后期强度较高，是保证水泥后期强度的主要成分。



C_3A 水化速度最快，水化时放热量最大，早期强度发展最快，但强度不高。



C_4AF 水化速度仅次于 C_3A ，早期强度发展较慢，后期强度发展较快。

根据水化反应速度的变化和组织结构形成特点，硅酸盐水泥的水化过程可分为四个阶段：初始反应期、休止期、凝结期和硬化期。

初始反应期：水泥与水混合后立即发生化学反应，在初始的5分钟内放热速度急增至最大值，然后迅速降低到1卡/克·小时以下。这个阶段称为初始反应期。这时水化反应的产物 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 立即溶解于水，同时溶液中存在着 Ca^{++} 、 OH^- 、 SO_4^{--} 、 Na^+ 、 K^+ 等离子。暴露在水泥粒子表面的铝酸盐矿物，溶解于水，并迅速与已溶解的石膏反应，析出钙矾石。在这个阶段内，约仅1%的水泥水化。大部分水化物附着在水泥粒子表面，形成薄膜包裹层。

休止期：初始反应以后，有相当长的一段时间，约30分钟至2小时，放热速度小，水化反应缓慢，水泥浆的可塑性基本上保持不变。这段时间称为休止期。这时，水泥的比表面实质上没有改变，水泥粒子看来仍保持其原来的形状，并趋向于互相吸着，形成絮凝状的结构，并使它具有弹—塑—粘性系统的流变特性。

凝结期：休止期終了后，由于渗透压的作用，使水泥粒子表面的薄膜包裹层破裂，因此，水泥粒子得以继续水化，放热速度又开始增大。约在水泥和水混和后的6~8小时，放热速度又增至最大值。然后缓慢下降。在凝结期间，由于水化硅酸钙凝胶在水泥粒子间相互连锁着，因而产生水泥的凝结现象，在凝结期終了时，约有15%水泥水化。

硬化期：凝结期以后，由于水泥水化反应继续进行，生成的由各种水化物组成的水泥凝胶，不断地填充于原来的水泥浆絮凝结构的毛细管通道中，使胶体进一步紧密，强度不断增长。如能保持适当的湿度和温度，水泥在几十年内能继续水化而提高强度。

二、砂

混凝土组成材料中，粒径介于0.15~5毫米的集料称为细集料。常用的细集料是天然砂。按产源可分为：河砂、山砂和海砂。当采用海砂配制混凝土时其氯盐含量应符合有关规定。

(一) 砂的主要技术特性

1. 视比重：一般为2.6~2.7克/厘米³
2. 容重及容胀：干燥状态下松散容重为1350~1650公斤/米³，捣实后的密实容重为1600~1700公斤/米³。

通常指材料的容重，都以干燥状态为准。当砂含有水分时，由于颗粒表面水膜影响

体积发生很大变化，如当砂子的含水率为5~8%时，细砂体积可增加20~30%，砂子越细体积增大越明显；含水率若再增大时，体积便逐渐减小。

3. 空隙率：与砂子的颗粒形状、颗粒级配、湿度以及堆积紧密程度等有关。干燥松散状态下的空隙率在35~45%，级配良好的可减少至35~37%。

(二) 有害物质的含量

砂子中往往存有影响水泥水化、削弱集料与水泥石粘结的或与水泥的水化产物进行化学反应并产生有害的膨胀物质的成分，为了保证混凝土质量，必须对这些有害物质的含量予以控制。

普通混凝土用砂有害物质允许含量见表1—1—4。

普通混凝土用砂有害物质允许含量 表1—1—4

项 目	高标号混凝土 (≥300号)	一般混凝土
泥土杂物含量(用冲洗法试验) 按重量计,不大于(%)	3	5
硫化物和硫酸盐含量 (折算成SO ₃)不大于(%)	1	
云母含量,按重量计不宜大于(%)	2	
轻物质含量,按重量计不宜大于(%)	1	
有机物含量(用比色法试验)	颜色不应深于标准色,如深于标准色,则应配成砂浆进行强度对比试验予以复核	

(三) 颗粒与级配

集料中各级粒径颗粒的分配情况称为集料的级配。砂子颗粒级配是表示砂子中各级尺寸颗粒所占的比例。砂子的颗粒级配既可影响混凝土的各项技术性能，也可影响混凝土的水泥用量，所以砂子的颗粒级配是衡量砂子质量的重要依据。

最优的颗粒级配，应表现为空隙率最小，比表面积最小。为此，砂子的颗粒应有恰当的比例，使较细小的颗粒能够很好地填充在较粗颗粒之间的空隙内。

集料的各级粒径颗粒通常用筛分法确定。我国标准中，对于筛分砂子所用的一套标准筛的筛孔尺寸如表1—1—5所示。

砂的标准筛筛孔尺寸 表1—1—5

筛孔尺寸(净孔、毫米)	10	5	2.5	1.25	0.63	0.315	0.16
孔 型	圆 孔	圆 孔	圆 孔	方 孔	方 孔	方 孔	方 孔
金属板厚度(毫米)	1.0	1.0	1.0				
金属丝直径(毫米)				0.4	0.25	0.14	0.10

表示砂子粗细程度常用的指标是细度模数和平均粒径。

砂子的平均粒径可按下式计算：

$$d_a = \frac{1}{2} \sqrt[3]{\frac{a_{0.16} + a_{0.315} + a_{0.63} + a_{1.25} + a_{2.5}}{11a_{0.16} + 1.37a_{0.315} + 0.171a_{0.63} + 0.02a_{1.25} + 0.024a_{2.5}}} \quad (1.1.11)$$

式中 d_a ——平均粒径(毫米);

$a_{0.16}$ 、 $a_{0.315}$ …… $a_{2.5}$ ——分别为筛孔尺寸为0.16、0.315……2.5毫米筛上的分计筛余(%)。

分计筛余百分率是指各号筛上的筛余量除以试样总重量的百分率(精确至0.1%)。

细度模数的定义为各筛号上的累计筛余百分率的总和,按下式计算:

$$M_k = \frac{(A_{2.5} + A_{1.25} + A_{0.63} + A_{0.315} + A_{0.16}) - 5A_5}{1 - A_5} \quad (1.1.12)$$

式中 A_5 、 $A_{2.5}$ 、 $A_{1.25}$ 、 $A_{0.63}$ 、 $A_{0.315}$ 、 $A_{0.16}$ 分别为筛孔尺寸为5毫米、2.5毫米、1.25毫米、0.63毫米、0.315毫米、0.16毫米各筛上的累计筛余百分率。

累计筛余百分率是指该号筛上的分计筛余百分率与大于该号筛的各号筛上的分计筛余百分率之总和(精确至0.1%)。

细度模数愈大,表示砂子越粗。细度模数为3.7~0.7的砂,均可作为配制普通混凝土用砂。

砂子按平均粒径及细度模数来分类,见表1—1—6。

砂子按细度模数及平均粒径分类

表1—1—6

分 类	平 均 粒 径 (毫米)	细 度 模 数 M_k
粗 砂	>0.5	3.7~3.1
中 砂	0.35~0.49	3.0~2.3
细 砂	0.25~0.34	2.2~1.6
特 细 砂	<0.25	1.5~0.7

对细度模数为3.7~1.6的砂,按0.63毫米筛孔的累计筛余量(以重量百分率计,下同)分成三个级配区,见表1—1—7。

砂 颗 粒 级 配 区

表1—1—7

筛孔尺寸(毫米)	级 配 区		
	1 区	2 区	3 区
	累 计 筛 余 (%)		
10.00	0	0	0
5.00	10~0	10~0	10~0
2.50	35~5	25~0	15~0
1.25	65~35	50~10	25~0
0.63	85~71	70~41	40~16
0.315	95~80	92~20	85~55
0.16	100~90	100~90	100~90

砂的实际颗粒级配与表中所列的累计筛余百分率相比,除5和0.63毫米筛号外,允许稍有超出分界线,但其总量不应大于5%。

三、石子

混凝土组成材料中粒径大于5毫米的集料称为粗集料。常用的粗集料是天然的河卵石、海卵石、山卵石及人工破碎的碎石。

石子按粒径大小又可分粗、中、细三类：

粗石粒径为	40~80毫米
中石粒径为	20~40毫米
细石粒径为	5~20毫米

(一) 石子的主要技术特性

1. 视比重：随岩石的种类而异，约为2.5~2.7克/厘米³。
2. 容重：干燥状态下约为1400~1700公斤/米³。
3. 空隙率：松散碎石的空隙率约45%左右；松散卵石空隙率约35~45%。

(二) 颗粒与级配

石子级配和砂子级配要求相同，各级比例要适当，使集料空隙率及总表面积尽可能小。

石子的级配有连续级配及间断级配两种。

连续级配是从某一最大粒级以下，依次有其他粒级的集料级配。

间断级配是某一最大粒级下省去一级或几级中间粒级的集料级配。

间断级配是为减小空隙率，人为地剔除集料中的某些粒级，造成颗粒粒级的间断，大粒径颗粒之间的空隙由小几倍的小粒径颗粒来填充，使空隙率达到最小。

石子的级配用筛分法测定。测定用一套标准筛，筛孔尺寸分别为：2.5、5、10、15、20、25、30、40、50、60、80、100毫米。将石子筛分后，计算各筛分计筛余和累计筛余百分率，一般应符合表1—1—8规定。

碎石和卵石颗粒级配范围

表1—1—8

级配情况	公称粒级 (毫米)	累 计 筛 余、按 重 量 计 (%)											
		筛 孔 尺 寸 (圆孔筛) (毫米)											
		2.5	5	10	15	20	25	30	40	50	60	80	100
连续粒级	5~10	95~100	80~100	0~15	0								
	5~15	95~100	90~100	30~60	0~10	0	0						
	5~20	95~100	90~100	40~70		0~10							
	5~30	95~100	90~100	70~90		15~45		0~5	0	0			
	5~40		95~100	75~90		30~65			0~5				
单粒级	10~20		95~100	85~100		0~15	0						
	15~30		95~100		85~100			0~10	0				
	20~40			95~100		80~100			0~10	0			
	30~60				95~100			75~100	45~75		0~10	0	
	40~80					95~100			70~100		30~60	0~10	0

注：1、公称粒级的上限为该粒级的最大粒径。单粒级一般用于组合成具有要求级配连续粒级。它可与连续粒级的碎石或卵石混合使用，以改善它们的级配或配成较大粒度的连续粒级。