



专 用 于 国 家 职 业 技 能 鉴 定
ZHUANYONGYUGUOJIAZHIYEJINENGJIANDING

国家职业资格培训教程

混凝土工

劳动和社会保障部 中国就业培训 组织编写
技术指导中心

基础知识 初级 中级 高级

中国城市出版社

—■ 专用于国家职业技能鉴定 ■—

国家职业资格培训教程

混 凝 土 工

基础知识 初级 中级 高级

劳 动 和 社 会 保 障 部
中国就业培训技术指导中心 组织编写

中国城市出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

混凝土工. 基础知识、初级、中级、高级 / 劳动和社会保障部中国就业培训技术指导中心编. —北京: 中国城市出版社, 2003.6

国家职业资格培训教程

ISBN 7-5074-1566-X

I. 混... II. 劳... 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 (2004) 第 038142 号

责任编辑	钱雨竹 (qianchuaner@sina.com)
责任技术编辑	张建军
封面设计	罗针盘工作室
出版发行	中国城市出版社
地址	北京市朝阳区和平里西街 21 号 (邮编 100013)
电话	(010) 84275833 84272149
传真	(010) 84278264
总编室信箱	citypress@sina.com
发行部信箱	citypress_fx@tom.com
经销	新华书店
印刷	北京集惠印刷有限公司
字数	657 千字 印张 28.25
开本	787 × 1092 (毫米) 1/16
版次	2004 年 6 月第 1 版
印次	2004 年 6 月第 1 次印刷
定价	34.80 元

本书封底贴有防伪标识。版权所有, 盗印必究。

举报电话: (010) 84276257 84276253

《混凝土工国家职业资格培训教程》

编审委员会

主 任：陈 宇

副 主 任：陈李翔 宋 建 张永麟 李 越
刘士杰 张 斌

委 员：王 梅 马 玫 李明蝉 董玉梅
陈 蕾 刘晓群

编写委员会

主 编：魏尚义

编写人员：李敦仪 王冬云 杨 帆

前 言

为推动混凝土工职业培训和职业技能鉴定工作的开展，在混凝土工从业人员中推行国家职业资格证书制度，劳动和社会保障部中国就业培训技术指导中心在完成《混凝土工国家职业标准》（以下简称《标准》）制定工作的基础上，组织有关专家编写了《国家职业资格培训教程——混凝土工》（以下简称《教程》）。

本《教程》以国家职业标准为依据，内容上力求体现“以职业活动为导向，以职业技能为核心”的指导思想，突出职业培训特色；结构上，教程针对混凝土工职业活动的领域，按照模块化的方式，分初级、中级和高级三个等级进行编写。针对《标准》中的“基本要求”，专门编写了这三个等级共用的基础知识，内容包括职业道德、法律、安全、卫生等方面的知识。

本《教程》适用于混凝土工初级、中级和高级的职业培训和师资培训，是职业技能鉴定的推荐用书。

本《教程》由魏尚义、李敦仪、王冬云、杨帆编写。

全书由魏尚义统稿。

由于时间仓促，不足之处在所难免，欢迎提出宝贵意见和建议。

中国就业培训技术指导中心

2004年3月

目 录

第一部分 基础知识

第一章 建筑材料知识	(3)
第一节 砂、石子的种类、要求、适用范围	(3)
第二节 水泥	(12)
第二章 房屋构造知识	(25)
第一节 民用房屋的结构及组成	(25)
第二节 单层厂房结构组成	(31)
第三章 混凝土的基本知识	(52)
第一节 混凝土的分类和特点	(52)
第二节 组成混凝土的材料	(53)
第三节 混凝土的技术性能	(58)
第四节 混凝土级配的一般知识	(64)
第五节 混凝土拌制的一般要求	(65)
第四章 混凝土工程冬、雨期施工知识	(69)
第一节 概述	(69)
第二节 混凝土结构工程的冬期施工	(70)
第三节 混凝土结构工程的雨期施工	(77)
第四节 冬期与雨期施工的安全技术	(77)
第五章 相关法律、法规知识	(79)
第一节 劳动法的相关知识	(79)
第二节 安全法的相关知识	(87)

第二部分 初级混凝土工

第一章 混凝土配料与搅拌	(91)
第一节 原材料的质量检查及混凝土配料	(91)
第一单元 原材料的质量检查	(91)
第二单元 混凝土的配料	(93)
第二节 混凝土的搅拌与运输	(97)
第一单元 混凝土的搅拌	(97)
第二单元 混凝土搅拌机的操作	(99)
第三单元 混凝土的运输	(106)
第二章 混凝土坍落度的测定与混凝土试块制作	(109)

第一节 混凝土坍落度的测定	(109)
第二节 混凝土试块的制作	(112)
第三章 一般混凝土结构的混凝土浇灌与捣实	(115)
第一节 混凝土浇筑前的准备工作	(115)
第二节 混凝土的浇灌	(116)
第一单元 基础的混凝土浇灌	(116)
第二单元 柱子、墙板混凝土浇灌	(118)
第三单元 梁及梁板混凝土的浇灌	(120)
第四单元 其他结构部位的混凝土浇灌	(124)
第三节 混凝土的振捣	(127)
第一单元 混凝土振捣机械	(127)
第二单元 振捣机械的操作要领及振实方法	(128)
第四章 混凝土的养护	(132)
第一节 混凝土养护的方法	(132)
第一单元 自然养护	(132)
第二单元 蒸汽养护	(133)
第二节 混凝土养护质量的判定	(135)
第五章 商品混凝土	(137)
第一节 商品混凝土强度等级的检验方法	(137)
第二节 商品混凝土操作规程及施工要求	(140)

第三部分 中级混凝土工

第一章 建筑施工图的识图	(145)
第一节 识图的基本知识	(145)
第一单元 图线的种类	(145)
第二单元 施工图的画法规定	(147)
第三单元 常用的图例及代号	(151)
第四单元 建筑施工图	(157)
第二节 单层工业厂房施工图的识图	(169)
第三节 屋架施工图的识图	(184)
第四节 钢筋混凝土构件受力和传力分析	(194)
第一单元 力学知识	(194)
第二单元 混凝土构件受力分析	(203)
第三单元 构件的支座	(207)
第四单元 构件受力的几个概念	(209)
第二章 普通混凝土的浇筑	(214)
第一节 刚性防水屋面混凝土的浇筑	(214)
第一单元 刚性防水屋面构造	(214)

第二单元 隔离层施工	(215)
第三单元 刚性防水层施工	(216)
第二节 T型吊车梁混凝土的浇筑	(219)
第一单元 T型吊车梁的预制方法	(219)
第二单元 T型吊车梁混凝土的浇筑与养护	(220)
第三节 框架结构混凝土的浇筑	(222)
第一单元 框架结构混凝土的浇筑方案	(222)
第二单元 框架结构混凝土的浇筑与养护	(223)
第三单元 混凝土施工时施工缝的留设与处理	(228)
第四单元 混凝土的后浇缝	(234)
第四节 18m跨屋架混凝土的浇筑	(236)
第一单元 18m跨钢筋混凝土屋架的预制方案	(236)
第二单元 18m跨屋架混凝土的浇筑与养护	(239)
第五节 其他结构混凝土的浇筑	(243)
第一单元 烟囱、水塔、双曲塔的结构构造	(243)
第二单元 桥梁的结构构造及各部分的作用	(257)
第三单元 高耸结构、桥梁等混凝土浇筑方案	(260)
第三章 泵送混凝土施工	(302)
第一节 泵送混凝土的特点及原材料的选择	(302)
第二节 泵送混凝土的配合比设计	(307)
第三节 影响混凝土泵送性能的主要因素	(308)
第四节 搅拌时间对泵送混凝土性能的影响	(309)
第五节 泵送混凝土坍落度损失及其控制措施	(313)
第六节 泵送混凝土的施工	(314)
第四章 混凝土质量检验与评定	(318)
第一节 框架结构混凝土质量检验标准与评定方法	(318)
第二节 简单框架结构混凝土工料计算	(321)
第一单元 混凝土框架结构工程量的计算	(321)
第二单元 预算定额的内容及工料分析方法	(330)

第四部分 高级混凝土工

第一章 混凝土的浇筑	(341)
第一节 浇筑大型异型混凝土	(341)
第一单元 大型异型混凝土结构的基本知识	(341)
第二单元 各种大型或特型混凝土结构的施工方案、施工方法	(345)
第三单元 各种大型结构混凝土浇筑的操作要领及质量标准	(350)
第四单元 各种大型结构混凝土施工中常见问题及处理方法	(362)
第二节 特种混凝土施工	(364)

第一单元	特种混凝土施工前准备工作	(364)
第二单元	特种混凝土的组成材料及配料	(365)
第三单元	特种混凝土的施工方法和操作要点	(374)
第四单元	特种混凝土施工中容易出现的质量通病及防治方法	(382)
第二章	高强混凝土的施工	(385)
第一节	高强混凝土的配料	(385)
第二节	高强混凝土的搅拌	(388)
第三节	高强混凝土的运输	(389)
第四节	高强混凝土的浇筑与养护	(401)
第三章	组织施工	(404)
第一节	制定大型混凝土施工方案	(404)
第一单元	编制大型混凝土施工方案的程序及内容	(404)
第二单元	混凝土浇筑方案和方法的选择	(405)
第三单元	编制施工进度计划	(406)
第四单元	施工现场平面布置图	(411)
第五单元	制定保证工程质量和安全生产的技术措施	(412)
第二节	组织混凝土质量的鉴定	(414)
第一单元	质量检验评定等级的确定	(414)
第二单元	质量检验评定程序及组织	(416)
第三单元	混凝土工程质量检验标准与评定方法	(416)
第三节	填写混凝土的隐蔽记录及分部分项工程的结算	(420)
第一单元	混凝土隐蔽工程施工记录的填写方法	(420)
第二单元	预算定额、劳动定额的基本知识	(421)
第三单元	混凝土工程的工程量计算方法	(434)
第四章	培训指导	(441)
第一节	培训指导的对象和内容	(441)
第二节	培训指导的方法	(441)

第一部分

基础知识

第一章 建筑材料知识

第一节 砂、石子的种类、要求、适用范围

一、砂、石子的种类、性能

砂、石子是混凝土(砼)拌和物的重要组成材料,它起着骨架作用,混凝土的强度高是低是与砂、石子的质量分不开的。

(一) 砂的分类

粒径在 5mm 以下的集料称为砂。

砂子可分为天然砂和人工砂两类。天然砂是由岩石风化等自然条件作用形成的。按产源天然砂可分为:河砂、海砂和山砂等。河砂、海砂颗粒圆滑、质地坚固,但海砂中常夹有贝壳碎片及可溶性盐类,会影响混凝土强度。山砂系岩石风化后在原地沉积而成,颗粒多棱角,并含有黏土及有机杂质等,坚固性差。河砂比较洁净,所以配制混凝土宜采用河砂。

人工砂是岩石经轧碎筛选而成。人工砂富有棱角,比较洁净,但细粉、片状颗粒较多,成本高。在天然砂缺乏时,也可考虑用人工砂。

(二) 混凝土用砂技术要求

1. 颗粒级配与粗细程度

为了保证混凝土施工和易性,并节约水泥,比较经济的配制质量合格的混凝土,应选择颗粒级配好,而且粗细程度适宜的集料。在砂子用量一定的情况下,最好采用空隙率小而总表面积也小的砂。

砂的空隙率小,混凝土骨架较密实,填充砂子孔隙的水泥浆则少;砂总表面积小,包裹砂子表面的水泥浆用量则减少,这样就可以节约水泥的用量。

砂的空隙率的大小取决于颗粒级配的好坏,而总表面积的大小又取决于砂的粗细程度。

(1) 颗粒级配 砂的颗粒级配是指大小不同颗粒的砂相混合时,其混合的比率如图 1-1-1 所示。当采用同一粒径砂时,其空隙率最大(图 1-1-1a);两种不同粒径砂搭配得当,空隙率则减小(图 1-1-1b);采用多种(粗、中、细或更细)粒径砂混合时,空隙率会更小(图 1-1-1c)。这样一级一级颗粒互相填充搭配,若比例适当就会使砂子空隙率达到最小。所指砂子级配好,就是指砂子空隙率小。

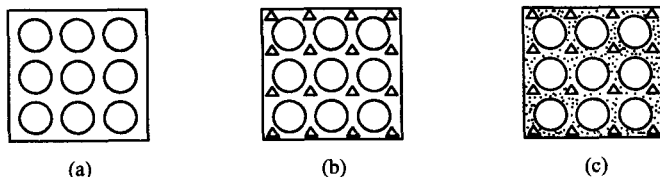


图 1-1-1 颗粒级配示意图

(a) 单一粒径砂 (b) 两种粒径砂 (c) 多种粒径砂

(2) 粗细程度 砂子的粗细程度是指不同粒径的砂粒，混合在一起总体的粗细程度。砂的粗细程度影响砂的总表面积，在相同用量条件下，细砂总表面积大、粗砂总表面积小。为了获得比较小的总表面积，并节约混凝土中水泥用量，应尽量多采用较粗的颗粒。但颗粒过粗，易使混凝土拌和物产生泌水，影响和易性。若砂中粗颗粒过多，中小颗粒搭配又不好，会使砂空隙率增大。因此，砂子粗细程度应与砂的颗粒级配同时考虑。

(3) 颗粒级配与粗细程度的确定 砂颗粒级配与粗细程度 (JG 152—92) 规定的方法用标准筛 (见图 1-1-2) 进行筛分析试验而确定的。

砂的颗粒级配可用级配曲线来表示，粗细程度用细度模数表示。

筛分析法是将 500g 烘干砂样置于一套孔径为 10、5.0、2.5、1.25、0.63、0.315、0.16mm 的标准筛上，由大到小顺序过筛，然后称量个号筛上的筛余量，称为分计筛余。分别计算出个号筛的分计筛余百分率 (a_1 、 a_2 、 a_3 、 a_4 、 a_5 、 a_6) 和累计筛余百分率 (β_1 、 β_2 、 β_3 、 β_4 、 β_5 、 β_6)，两者关系见表 1-1-1 所列。

表 1-1-1 累计筛余百分率和分计筛余百分率的关系

筛孔尺寸 (mm)	分计筛余率 (%)	累计筛余率 (%)
5.0	$a_1 = (m_1/m_s) \times 100\%$	$\beta_1 = a_1$
2.5	$a_2 = (m_2/m_s) \times 100\%$	$\beta_2 = a_1 + a_2$
1.25	$a_3 = (m_3/m_s) \times 100\%$	$\beta_3 = a_1 + a_2 + a_3$
0.63	$a_4 = (m_4/m_s) \times 100\%$	$\beta_4 = a_1 + a_2 + a_3 + a_4$
0.315	$a_5 = (m_5/m_s) \times 100\%$	$\beta_5 = a_1 + a_2 + a_3 + a_4 + a_5$
0.16	$a_6 = (m_6/m_s) \times 100\%$	$\beta_6 = a_1 + a_2 + a_3 + a_4 + a_5 + a_6$

注： m_1 、 m_2 ... m_6 分别为筛孔 5.0、2.5...0.16mm 个筛筛余量 (分计筛余)； m_s 为试样总量 (即 500g)。

根据《普通混凝土用砂质量标准及检验方法》(JGJ 52—92) 规定，对细度模数为 3.7~1.6 的砂，按 0.63mm 筛孔的累计筛余量 (以质量百分率计) 分成三个级配区。砂的颗粒级配应处于表 1-1-2 中的任何一个级配区以内。

表 1-1-2 砂颗粒级配区

筛孔尺寸 (mm)	I 区	II 区	III 区
	累计筛余量 (%)		
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	92~70	85~55
0.16	100~90	100~90	100~90

经试验，砂的实际颗粒级配与表中所列的累计筛余百分率相比，除 5mm 和 0.63mm 筛号筛以外，其他各筛的累计筛余允许稍有超出分界线，但其总量不大于 5%。

在三个级配区中，Ⅱ区为中砂，粗细适宜，级配最好，配制混凝土时宜优先选用Ⅱ区砂；当采用Ⅰ区砂时，应提高砂率，并保持足够的水泥用量，以满足混凝土的和易性；当采用Ⅲ区砂时，宜适当降低砂率，以保证混凝土强度。

当砂颗粒级配不符合表1-1-2规定的要求时，应采取相应的措施。如将砂通过分级过筛重新加以组合或将不同级配的砂混合使用，以调整或改变其级配。经试验证明能确保工程质量，方允许使用。

表1-1-2中的三个级配区，也可以通过级配（筛分）曲线图1-1-3的形式表示，这样就更为直观。

从级配区或级配曲线中大致可反映出砂的粗细程度。为了准确地评定砂的粗细程度，（GBJ 52-92）标准中规定可用细度模数（ μ_f ）来衡量。细度模数是表示砂粗细程度的一种指标。

可按下式确定：

$$\mu_f = \frac{(\beta_2 + \beta_3 + \beta_4 + \beta_5 + \beta_6) - 5\beta_1}{100 - \beta_1} \quad (1-1-1)$$

式中， β_1 、 β_2 、 β_3 、 β_4 、 β_5 、 β_6 分别为 5.0、2.5、1.25、0.630、0.315、0.160mm 各筛上的累计筛余百分率。

根据（GBJ 52-92）规定：按细度模数 μ_f 可将砂分为粗砂、中砂和细砂三级。

粗砂： $\mu_f = 3.7 \sim 5.1$

中砂： $\mu_f = 3.0 \sim 2.3$

细砂： $\mu_f = 2.2 \sim 1.6$

例 1-1-1

用 500g 烘干砂进行筛分试验，各筛上筛余称量见表 1-1-3，检验此砂的级配情况并确定粗细程度。

表 1-1-3 500g 烘干砂的各筛上筛余量

筛孔尺寸 (mm)	分计筛余		累计筛余 (%)
	(g)	(%)	
5.0	27.5	5.5	5.5
2.5	42	8.4	13.9
1.25	47	9.4	23.3
0.63	191.5	38.3	61.6
0.315	102.5	20.5	82.1
0.16	82	16.4	98.5
0.16 以上	7.5	1.5	100

计算细度模数：

$$\begin{aligned}
 \mu_f &= \frac{(\beta_2 + \beta_3 + \beta_4 + \beta_5 + \beta_6) - 5\beta_1}{100 - \beta_1} \\
 &= \frac{(13.9 + 23.3 + 61.6 + 82.1 + 98.5) - 5 \times 5.5}{100 - 5.5} \\
 &= 2.66
 \end{aligned}$$

结果评定, 此砂级配良好, 属于中砂。图 1-1-3 II 区中的粗实线为该砂的级配曲线。

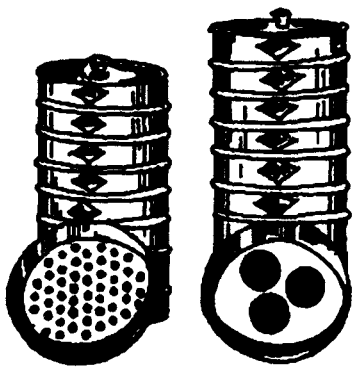


图 1-1-2 标准筛 (砂、石筛) 图

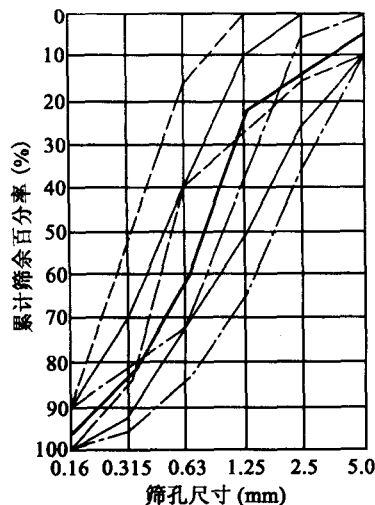


图 1-1-3 砂的筛分曲线图

点划线—I区 细实线—II区 虚线—III区 粗实线—计算例题

2. 砂子的物理性能

砂的物理性能包括其视密度、堆积密度、空隙率、含水率等, 具体数值通过试验测得。

视密度: 一般为 $2.6 \sim 2.7 \text{ g/cm}^3$ 。

堆积密度: 干燥状态为 $1350 \sim 1650 \text{ kg/m}^3$ 。

空隙率: 干燥状态时空隙率为 $35\% \sim 37\%$, 颗粒级配好的为 $35\% \sim 37\%$ 。

若砂处于潮湿状态, 其表观密度将会随砂中含水率增大而增大, 而且砂子的体积也会发生膨胀或回缩。砂中含水率, 对砂子外观体积变化的影响见图 1-1-4 和图 1-1-5 所示。

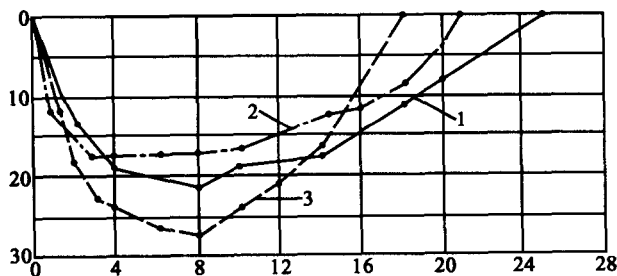


图 1-1-4 砂含水率与体积的变化关系图

1—细砂 2—中砂 3—粗砂

砂中含水分可分为四种状态, 见图 1-1-6 所示。

- 完全干燥 (烘干状态) 在不超过 110°C 的温度下烘干, 达到恒重的状态。
- 风干 (气干状态) 不但砂颗粒的表面是干燥的而且内部也有一部分呈干燥状态。
- 饱和与面干 (表干状态) 颗粒表面是干燥的而内部孔隙为含水饱和状态。

(d) 潮湿（潮湿状态） 颗粒的内部吸水饱和，而且表面也吸附有水的状态。

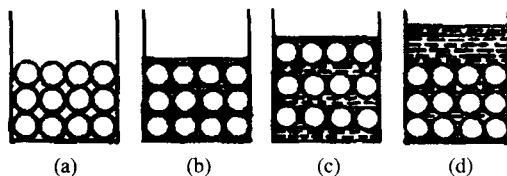


图 1-1-5 砂的体积随含水率变化示意图

(a) 干砂 (b) 加少量水填充砂粒空隙，质量增加，体积不变
(c) 继续加水，砂粒周围形成水膜，体积膨胀 (d) 再继续加水，砂粒紧贴，体积又缩小

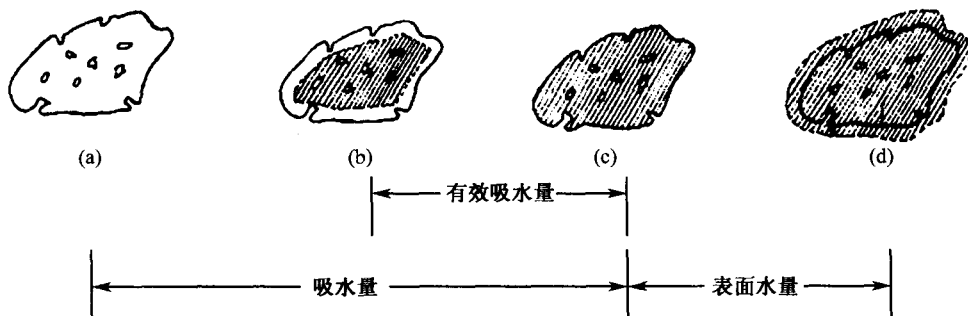


图 1-1-6 砂含水量示意图

(a) 完全干燥 (b) 风干 (c) 饱和与面干 (d) 潮湿

由于砂中含水量不同，将会影响混凝土的拌和水量和砂的用量。所以在混凝土配合比设计中为了有可比性，规定砂的用量应按完全干燥状态为准计算；对于其他状态含水率应进行换算。

3. 砂子中有害杂质含量

砂中有害物质包括粘土、游泥、云母、轻物质（砂中相对视密度小于 2.0 的物质）、硫化物和硫酸盐及有机物质。

砂中粘土、游泥、云母及轻物质含量过多，会使混凝土表面形成薄弱层，若粘附在集料表面，又会妨碍集料与水泥的粘结。

硫化物与硫酸盐的存在会腐蚀混凝土，引起钢筋锈蚀，降低混凝土强度和耐久性。

有机质含量多，会延迟混凝土的硬化，影响强度的增长。所以，砂中各有害物质的含量应严格控制在表 1-1-4 规定的范围内。

表 1-1-4 砂中有害物质限值

项 目	质 量 指 标
云母含量（按质量计%）	≤ 2.0
轻物质含量（按质量计%）	≤ 1.0
硫化物及硫酸盐含量 （折算成 SO_3 ，按质量计%）	≤ 1.0
有机物含量（用比色法试验）	颜色不应深于标准色，如深于标准色则应按水泥胶砂强度方法，进行强度对比试验，抗压强度比不应低于 0.95

(三) 石子的分类

颗粒大于 5mm 的骨料称为粗骨料。普通混凝土常用的粗骨料有天然卵石和人工碎石两种。天然卵石有河卵石、海卵石和山卵石等。河卵石表面光滑、少棱角、比较洁净，有的具有天然级配，且产地分布广，是普通混凝土常用的粗骨料。而山卵石含粘土杂质较多，使用前必须加以冲洗。碎石比卵石干净，而且表面粗糙，颗粒富有棱角，与水泥石黏结较牢。

(四) 石子的技术要求

1. 石子的颗粒级配和最大粒径

(1) 颗粒级配 石子颗粒级配的原理与砂基本相同，石子颗粒级配通常有连续级配的（六个粒级）和单粒级的（五个粒级）。

连续级配是指颗粒的尺寸由大到小连续分级，其中每一级集料都占适当的比例，如近似球形的集料，当其粒径均匀时，则颗粒之间空隙的体积大（图 1-1-7a）。当粒径分布在一定范围时，大颗粒之间的空隙由小颗粒填充（图 1-1-7b）并占适当比例，因而减少空隙，可以减少水泥浆的需要量。

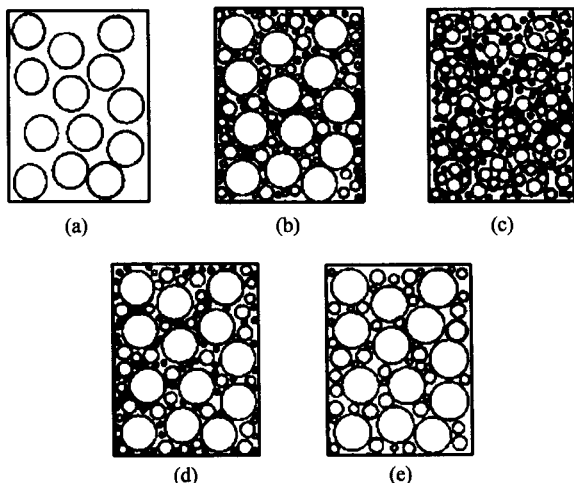


图 1-1-7 集料颗粒组合中集料分级示意图

(a) 大小均匀 (b) 连续级配 (c) 大粒径代替小粒径；
(d) 间断级配的集料 (e) 无细颗粒的级配

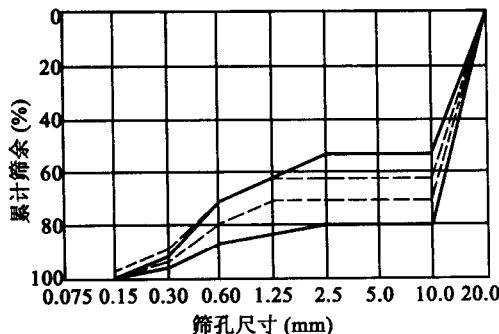


图 1-1-8 间断级配曲线图