



职业技能培训系列教材

ZHIYE JINENG PEIXUN XILIE JIAOCAI

混凝土 基本技能

路 含 主编



中国林业出版社



职业技能培训系列教材

混凝土工基本技能

路 含 主编



中国林业出版社

图书在版编目(CIP)数据

混凝土工基本技能/路含主编. —北京:中国林业出版社, 2009. 6

(职业技能培训系列教材)

ISBN 978-7-5038-5622-8

I. 混… II. 路… 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(2009)第 101334 号

内容提要

本书在知识要求(应知)和技能要求(应会)两个方面介绍了混凝土工需掌握和了解的知识技能。内容涉及混凝土材料概述;混凝土的知识和养护概述;混凝土施工基本知识;商品混凝土及基本知识;混凝土冬、雨期施工基础知识等内容。本书可作为混凝土工职业技能鉴定培训教材和自学用书,也可供混凝土工种的管理和技师参考。

出版:中国林业出版社(100009 北京西城区刘海胡同7号)

编者咨询 E-mail:bjbw@163.com 电话:010-67061986

发行:新华书店北京发行所

印刷:北京市昌平百善印刷厂

印次:2009年9月第1版第1次

开本:880mm×1230mm 1/32

印张:4.25

字数:140千字

印数:8250

定价:8.00元

前 言

职业技能培训是提高劳动者知识与技能水平、增强劳动者就业能力的有效措施。职业技能短期培训，能够在短期内使受培训者掌握一门技能，达到上岗要求，顺利实现就业。为了提高各行各业劳动者的知识与技能水平，增强其就业的能力，我们特意组织了全国各地一批长期在一线从事职业培训教学、富有经验的知名老师编写了这套职业技能培训教材。

本套教材是为了适应开展职业技能短期培训的需要、促进短期培训向规范化发展而编写的。该套教材以相应职业（工种）的国家职业标准和岗位要求为依据，根据上岗前职业培训的特点和功能，以基本概念和原理为主，突出针对性和实用性，理论联系实际，使读者一读就懂，一学就会。

这套教材适合于各级各类职业学校、职业培训机构在开展职业技能短期培训时使用。由于时间仓促和编写者的水平有限，书中错漏之处敬请读者批评指正，在此深表感谢。

编 者

2009 年 6 月

目 录

第一单元 混凝土材料概述	(1)
模块一 各种砂、石的基本知识	(1)
模块二 各种水泥的基本知识	(12)
第二单元 混凝土的知识概述	(21)
模块一 混凝土的分类和特点	(21)
模块二 普通混凝土的基本组成原料	(23)
模块三 混凝土的性能基本知识	(34)
第三单元 混凝土的养护概述	(50)
模块一 自然养护	(50)
模块二 太阳能养护	(55)
模块三 蒸汽养护	(57)
模块四 混凝土的拆模	(59)
第四单元 混凝土的施工基本知识	(63)
模块一 混凝土工程的施工程序简介	(63)



模块二	混凝土坍落度的测定与混凝土试块的制作 ...	(77)
模块三	混凝土施工基本技能	(83)
第五单元	商品混凝土及施工知识	(104)
模块一	原材料要求	(104)
模块二	施工及质量标准	(110)
第六单元	混凝土冬、雨期施工基本知识	(120)
模块一	混凝土的冬期施工	(120)
模块二	混凝土的雨季施工	(127)

第一单元 混凝土材料概述

模块一 各种砂、石的基本知识

按粒径大小，普通混凝土所用骨料可分为两种：粒径大于 4.75mm 的称为粗骨料，粒径小于 4.75mm 的称为细骨料。

一、粗骨料（石）

1. 粗骨料的基本分类

(1) 按石子粒径大小，可分为粗石、中石和细石 3 种。

●粗石——粒径 40~100mm。

●中石——粒径 20~40mm。

●细石——粒径 5~20mm。

(2) 按产源分，普通混凝土常用的粗骨料有卵石（砾石）和碎石。

卵石是由天然岩石经自然风化、水流搬运和分选、堆积形成的粒径大于 4.75mm 的岩石颗粒。按其产源分，卵石可分为河卵石、海卵石和山卵石 3 种。卵石表面光滑，拌制的混凝土和易性良好，易捣实，空隙率也小，不透水性好，但与水泥砂浆的粘结性较差，含杂质量多，不宜用于配制高强度的混凝土。

碎石是由天然岩石或大卵石以破碎、筛分而得的粒径大于 4.75mm 的岩石颗粒。因为碎石是将大块石破碎而成，所以，颗粒级配较好，一般含泥量和杂质含量较少，而且颗粒富有棱角，表面粗糙，与水泥砂浆粘结性能良好，空隙率小，混凝土的密实度好，因此，碎石混凝土强度较高。但用碎石拌制的混凝土和易



性较差。

(3) 按石质, 常用粗骨料可分为火成岩、水成岩、变质岩等种类。

●火成岩——深火成岩(花岗岩、正长岩)和喷出火成岩(玄武岩、辉绿岩)。

●水成岩——石灰岩和砂岩。

●变质岩——片麻岩和石英岩。

(4) 按技术要求, 卵石、碎石可分为Ⅰ类、Ⅱ类、Ⅲ类。

Ⅰ类宜用于强度等级大于 C60 的混凝土; Ⅱ类宜用于强度等级为 C30~C60 及有抗冻、抗渗或有其他要求的混凝土; Ⅲ类宜用于强度等级小于 C30 的混凝土。

2. 粗骨料的技术要求

(1) 颗粒形状及表面特征

粗骨料的颗粒形状及表面特征会影响其与水泥的粘结性和混凝土的和易性。碎石具有棱角, 表面粗糙而且具有吸收水泥浆的孔隙特性, 与水泥粘结较好; 卵石多为圆形, 表面光滑且少棱角, 与水泥的粘结较差, 但混凝土拌合物的工作性较好。如要求流动性相同, 用卵石时, 用水量可少些, 其混凝土的强度不一定低。

粗骨料较理想的颗粒形状是三维长度相等或相近的方圆形颗粒, 而三维长度相差较大的针、片状颗粒粒形较差。卵石和碎石颗粒的长度大于颗粒所属相应粒级的平均粒径的 2.4 倍者为针状颗粒; 厚度小于平均粒径 0.4 倍者为片状颗粒; 平均粒径指该粒级上、下限粒径的平均值。针、片状颗粒不仅在受力时容易折断, 影响混凝土的强度, 而且其架空作用会增大骨料的空隙率, 使混凝土拌合物的工作性变差。针、片状颗粒含量应符合表 1-1 中的规定。

当混凝土中含有过多的针、片状石子时, 这些针、片状石子容易出现架空现象, 空隙率较大, 受压时容易折断, 这样就使混



凝土抗压强度降低。当混凝土强度等级不低于 C30 时，针、片状颗粒质量分数应不大于 15%，泥质量分数不大于 1%；强度等级低于 C30 时，针、片状颗粒质量分数应不大于 25%，泥质量分数不大于 2%。

(2) 有害物质

粗骨料中常含有一些有害杂质，如粘土、淤泥、细屑、硫酸盐、硫化物和有机杂质。它们的危害作用与在细骨料中相同。其含量应符合表 1-1 中的规定。

表 1-1 碎石或卵石中有害杂质的含量限值

项 目	指 标/%		
	I 类	II 类	III 类
针、片状颗粒质量分数 (%)	<5	<15	<25
泥量质量分数/%	<0.5	<1.0	<1.5
泥块含量/按质量计/%	<0	<0.5	<0.7
硫化物及硫酸 (按 SO_3 质量分数 (%))	0.5	<1.0	<1.0
有机物	合格	合格	合格
坚固性指标 (质量损失) 质量分数 (%)	<5	<8	<12
碎石压碎指标	<10	<20	<30
卵石压碎指标	<12	<16	<16

(3) 最大粒径及颗粒级配

粗骨料公称粒级的上限称为该粒级的最大粒径。当骨料用量一定时，其比表面积随着粒径的增大而减小。保证一定厚度润滑层所需的水泥浆或砂浆的用量减少，可节约水泥，因此，粗骨料的粒径应在条件许可的情况下，尽量选大些。但对于普通配合比的结构混凝土，尤其是高强混凝土，骨料粒径大于 40mm 并无多少好处。粗骨料的粒径还受结构型式、配筋疏密及施工



条件的限制。根据国标《混凝土结构工程施工质量验收规范》(GB 50204—2002)的规定,混凝土用粗骨料的最大粒径不得大于结构截面最小边长尺寸的 $1/4$,同时不得大于钢筋间最小净距的 $3/4$;对于混凝土实心板,可允许采用 $1/2$ 板厚粒径,但最大粒径不得超过 50mm;对泵送混凝土,碎石的最大粒径与输送管内径之比,不宜大于 $1/3$,卵石不宜大于 $1/2.5$ 。

粗骨料的级配好坏对节约水泥、保证混凝土拌合物良好的和易性及混凝土强度有很大关系。特别是配制高强混凝土,粗骨料级配特别重要。

粗骨料的级配也是通过筛分析试验来确定。根据国标《建筑用卵石、碎石》(GB/T 14685—2001)的规定,标准筛孔孔径为 2.36mm、4.75mm、9.5mm、16.0mm、19.0mm、26.5mm、31.5mm、37.5mm、53.0mm、63mm、75.0mm、90.0mm 等十二个方孔筛。分计筛余百分率及累计筛余百分率的计算与砂相同。普通混凝土用碎石或卵石的颗粒级配应符合表 1—2 的规定。

(4) 骨料的强度

为保证混凝土强度的要求,粗骨料都必须质地坚实、有足够的强度。碎石或卵石的强度可采用岩石立方体强度和压碎指标两种方法来检验。

岩石立方体强度检验,是将母岩制成边长为 50mm 的立方体(或直径与高均为 50mm 的圆柱体)试件,在水饱和状态下,其抗压强度与设计要求的混凝土强度之比,作为碎石或卵石的强度指标。根据《普通混凝土用碎石和卵石质量标准及检验方法》(JCJ 53—1992)规定不应小于 1.5。而且火成岩试件的强度不宜低于 80MPa,变质岩试件不宜低于 60MPa,水成岩不宜低于 45MPa。



表 1—2 碎石或卵石的颗粒级配范围

	2.36	4.75	9.50	16.0	19.0	26.5	31.5	37.5	53.0	63.0	75.0	90.0
连续级配												
	5~10	95~100	80~100	0~15	0	—	—	—	—	—	—	—
	5~16	95~100	85~100	30~60	0~10	0	—	—	—	—	—	—
	5~20	95~100	90~100	40~80	0~—	0	—	—	—	—	—	—
	5~25	95~100	90~100	70~90	15~45	—	0~5	0	—	—	—	—
	5~40	—	95~100	70~90	—	30~65	—	0~5	0	—	—	—
	10~20	—	95~100	85~100	0~15	0	—	—	—	—	—	—
	16~31.5	—	95~100	—	85~100	—	0~10	0	—	—	—	—
	20~40	—	—	95~100	—	—	0~10	0	—	—	—	—
间断级配	31.5~63	—	—	—	95~100	—	75~100	45~75	—	0~10	0	—
	40~80	—	—	—	—	95~100	—	70~100	—	30~60	0~10	0

压碎指标检验，是将一定质量气干状态下 9.5~19.0mm 的石子除去针、片状颗粒，装入一定规格的圆筒内，在压力机上按 1kN/s 速度均匀加荷至 200kN，并稳荷 5kN/s，卸荷后用孔径为 2.36mm 的筛筛去被压碎的细粒，称取试样的筛余量，压碎指标可按下式计算，即

$$Q_c = (G_1 - G_2) / G_1 \times 100\%$$

式中 Q_c ——压碎指标 (%)；

G_1 ——试样质量 (g)；

G_2 ——试样的筛余量 (g)。

压碎指标表示粗骨料抵抗受压破坏的能力，其值越小，表示



抵抗压碎的能力越强。压碎指标应符合表 1—3 的规定。

表 1—3 普通混凝土用碎石和卵石的压碎指标

项 目	指 标		
	I 类	II 类	III 类
碎石压碎指标, <	10	20	30
卵石压碎指标, <	12	16	16

(5) 骨料体积稳定

体积稳定性是指骨料因干湿或冻融交替等风化作用不引起体积变化而导致混凝土破坏的性质。可用硫酸钠溶液浸渍法来检验其坚固性。骨料越密实、强度越高、吸水率越小,其坚固性越好;而结构疏松、矿物成分越复杂、不均匀,其坚固性越差。

(6) 对石子化学性能的要求

在混凝土中应该警惕骨料所发生的化学反应(碱骨料反应)给混凝土带来的危害。

碱骨料反应:水泥中的碱性氧化物(Na_2O , K_2O)和骨料中的活性二氧化硅(SiO_2)发生化学反应,生成碱—硅酸凝胶,并吸收水产生膨胀应力,致使混凝土开裂破坏,这种化学反应叫做碱骨料反应。此反应进行很慢,由此而引起的破坏往往几年以后才出现。

避免碱骨料反应的措施是控制有害化学成分的含量。规范规定:水泥中的碱质量分数应小于 0.6%;骨料中二氧化硅质量分数不大于 1%;采用火山灰质水泥或掺入火山灰质混合材料;使用引气剂使膨胀产物嵌入孔隙中,降低膨胀压力;杜绝水的来源。

二、细骨料(砂)

粒径在 0.75~4.75mm 的骨料为细骨料(砂)。混凝土的细



骨料主要采用天然砂，它是自然风化、水流搬运和分选、堆积形成的粒径小于 4.75mm 的坚硬的岩石颗粒。按其产源不同可分为河砂、湖砂、海砂和山砂。河砂、湖砂和海砂由于长期受水流的冲刷作用，颗粒表面较圆滑、洁净，且产源较广，但海砂中常含有贝壳类杂质及可溶盐等有害杂质。山砂颗粒多有棱角，表面粗糙，砂中含泥量及有机质等有害杂质较多。建筑工程中多采用河砂作细骨料。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类宜用于强度等级为 C30～C60 及有抗冻、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。配制混凝土时，对所采用的细骨料的质量要求主要有以下几个方面：

1. 砂的物理性质

(1) 堆密度、表观密度和空隙率

砂子的表观密度与矿物成分有关，一般常用的是石英河砂，其变动范围为 $2600 \sim 2700 \text{ kg/m}^3$ 。砂子的堆密度与砂子堆积的松散程度和含水状态有关，其大小可以粗略地反映砂子的空隙率大小。一般干砂在堆积状态下的堆密度为 $1350 \sim 1550 \text{ kg/m}^3$ ，在捣实状态下的堆密度为 $1600 \sim 1700 \text{ kg/m}^3$ 。

砂子空隙率的大小与其颗粒形状、级配情况有关。表面形状扁平或带有棱角的颗粒含量多，级配不良者，其空隙率较大。一般混凝土用砂的空隙率为 $40\% \sim 50\%$ ，级配良好的砂可减小到 $35\% \sim 37\%$ 。细砂、特细砂的空隙率往往比中粗砂大，有时可高达 52% 。

(2) 砂的饱和面干吸水率

砂子含水状态可分为图 1-1 所示几种状态。当砂子表面干燥而颗粒内部的孔隙含水饱和时，称为饱和面干状态。饱和面干砂既不从混凝土混合料中吸取水分，也不给混合料带入额外水分，因此，在计算混凝土各项材料的配合比时，按理应以饱和面干的砂子为准。砂子饱和面干吸水率以小为佳，一般石英砂的饱



和面干吸水率在 2% 以下。

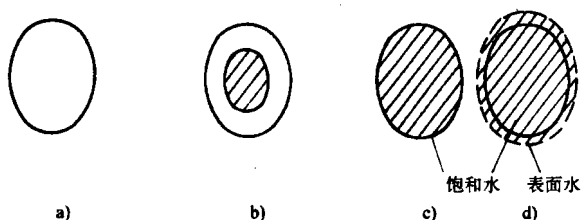


图 1—1 砂的含水状态

a) 干燥状态 b) 气干状态 c) 饱和面干状态 d) 湿润状态

(3) 砂子的湿胀

砂子含水量超过一定值后，外观体积显著增大，这是由于在砂粒表面包裹一层水膜，小颗粒为水膜吸着，难以滑移至大颗粒间的空隙中，使颗粒间的距离加大，表观密度相应地减小，一般情况下当含水率达到 5%~8% 时，砂堆的体积可增加 20%~30% 或更大，但若含水率再增大，水膜水进入颗粒之间的空隙，外观体积又缩小。

一般砂子多为露天堆放，易受雨水气候影响而体积发生变化，施工时若按体积收放或配制混凝土时，应事先测出该砂在各种含水率时的体积换算系数，以便进行换算。

2. 砂的颗粒级配及粗细程度

砂的颗粒级配，即表示大小颗粒粒径的砂混合后的搭配情况。在混凝土中砂粒之间的空隙是由水泥浆所填充的，为达到节约水泥和提高混凝土强度的目的，应尽量减少砂粒之间的空隙。对砂子颗粒及级配的要求是小颗粒恰好填满中颗粒间的空隙，中颗粒恰好填满大颗粒间的空隙，使得空隙率小，总表面积也小，以提高混凝土的密实度。混凝土密实度高，强度也高，而且还可节约水泥浆用量。

砂的粗细程度，是指不同颗粒大小的砂混合后总体的粗细程度，通常有粗砂、中砂与细砂之分。在相同砂用量的条件下，细



砂的总表面积较大，而粗砂的总表面积较小。在混凝土中砂子的表面需要水泥浆包裹，砂子的表面积越大，则需要包裹砂粒表面的水泥浆就越多。一般用粗砂拌制混凝土比用细砂所需的水泥浆省。

在拌制混凝土时，砂的颗粒级配和粗细程度应同时考虑。当砂中含有较多的粗颗粒，并以适量的中颗粒及少量的细颗粒填充其空隙，则可达到空隙率及总表面积均较小，这是比较理想的，不仅水泥用量少，而且还可以提高混凝土的密实度与强度。可见，控制砂的颗粒级配和粗细程度有很大的技术经济意义，因而，它们是评定砂质量的重要指标。

砂的颗粒级配和粗细程度常用筛分析的方法进行测定。用级配区表示砂的颗粒级配，用细度模数表示砂的粗细程度。筛分析的方法，是用一套孔径为 9.5mm、4.75mm、2.36mm、1.18mm、0.6mm、0.3mm、0.15mm 的标准筛（方孔筛），将 500g 的干砂试样由粗到细依次过筛，然后称量留在各筛上的砂量（9.5mm 筛除外），并计算各筛上的分计筛余百分率 α_1 、 α_2 、 α_3 、 α_4 、 α_5 和 α_6 （各筛上的筛余量占砂样总量的百分率）及累计筛余百分率 β_1 、 β_2 、 β_3 、 β_4 、 β_5 和 β_6 （各个筛和比该筛粗的所有分计筛余百分率相加在一起）。累计筛余与分计筛余的关系见表 1-4。

表 1-4 累计筛余与分计筛余的关系

筛孔尺寸/mm	分计筛余/%	累计筛余/%
4.75	α_1	$\beta_1 = \alpha_1$
2.36	α_1	$\beta_2 = \alpha_1 + \alpha_2$
1.18	α_1	$\beta_3 = \alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3$
0.6	α_1	$\beta_4 = \alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \alpha_4$
0.3	α_1	$\beta_5 = \alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \alpha_4 + \alpha_5$
0.15	α_1	$\beta_6 = \alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \alpha_4 + \alpha_5 + \alpha_6$

根据下列公式计算砂的细度模数



$$\mu f = [(\beta_2 + \beta_3 + \beta_4 + \beta_5 + \beta_6) - 5\beta_1] / (100 - \beta_1)$$

细度模数 (μf) 越大, 表示砂越粗, 普通混凝土用砂的细度模数范围一般为 3.7~0.7, 其中 μf 3.7~3.1 为粗砂, 3.0~2.3 为中砂, 2.2~1.6 为细砂, 1.5~0.7 为特细砂。

细度模数与颗粒级配是两个不同的概念, 细度模数是衡量砂的粗细程度, 而颗粒级配是衡量砂的各粒级的组合情况。粗、中、细砂又分成 3 个级配区。砂的颗粒级配应处在表 1-5 的任何一个区内, 除 5.0mm 及 0.63mm 筛号的筛余百分率不准超出外, 其余允许超出分界线, 但其总量不得大于 5%。

表 1-5 砂的颗粒级配区

筛孔尺寸/mm	级配区		
	I 区	II 区	III 区
	累计筛余/%		
10	0	0	0
5	10~0	10~0	10~0
2.5	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

• I 区砂级配较粗, 保水能力较差, 宜于配制富混凝土和低流动混凝土。当配制贫混凝土时, 其拌和物外观比较粗糙, 内摩擦力大, 灌注成型时不易插捣密实, 故应增大砂率, 以保证其和易性。

• II 区砂为一般常用级配的砂, 使用效果较好。

• III 区砂属于细砂或偏细砂, 用它配的混凝土拌合物粘度略大, 保水性较好, 容易插捣成型, 配合比设计时应采用较小的砂率。



3. 砂的坚固性

砂的坚固性是指砂在自然风化和和其他外界物理化学因素作用下抵抗破裂的能力。按标准《建筑用砂》(GB/T14684—2001)规定,用硫酸钠溶液检验,砂样经5次循环后其质量损失应符合表1—6规定。

表 1—6 砂的坚固性指标

项 目	指 标		
	I 类	II 类	III 类
质量损失/%	<8	<8	<10

4. 含泥量及有害杂质的含量

砂中含泥量不同,对混凝土强度的影响也不同。在低强度等级混凝土中,泥土如不附着在砂子的表面,而是分散于其内部时,常常能改善混凝土拌合物的和易性,并增加混凝土的强度和抗渗性,但若泥土的含量超过规定的限值时,则会增加混凝土的用水量,降低混凝土的强度和耐久性。

混凝土施工验收规范规定,强度等级不低于 C30 的混凝土,砂子中泥的质量分数不应超过 3%;低于 C30 的混凝土,砂子中泥的质量分数不应超过 5%。

配制混凝土用砂要求洁净,不含杂质,且砂中云母、硫化物、硫酸盐、氯盐和有害杂质等的含量应符合表 1—7 的规定。

云母为表面光滑的层、片状物质,与水泥粘结性差,影响混凝土的强度和耐久性;一些有机物、硫化物及硫酸盐,对水泥有腐蚀作用。重要工程的混凝土所用的砂,应进行碱活性检验;采用海砂配制混凝土时,其氯离子含量以干砂质量的百分率计,对钢筋混凝土,海砂中的氯离子质量分数不应大于 0.06%;对预应力钢筋混凝土,不宜用海砂,若必须使用海砂时,则应经淡水冲洗,其氯离子质量分数不得大于 0.02%;对素混凝土,海砂中的氯离子含量不予限制。