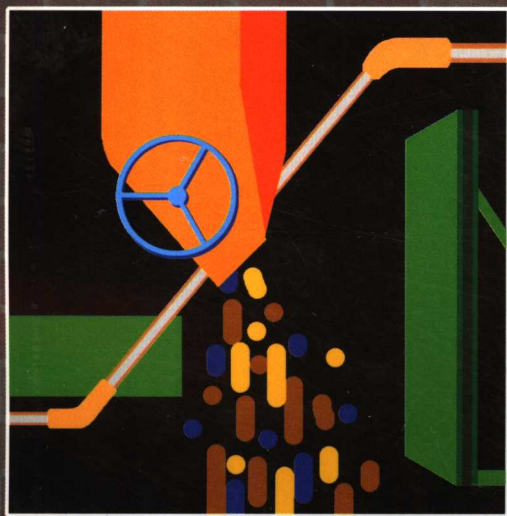


建筑工人达标上岗培训丛书

混凝土工

HUNNINGTU GONG

曹文达 于明 编著



金盾出版社
JINDUN CHUBANSHE

建筑工人达标上岗培训丛书

混 凝 土 工

丛书编委会

主 任	王亚忠		
副 主 任	李 毅	崔玉杰	贾晓光
委 员	曹文达	鲍凤英	孙俊英
	王新菊	高忠民	李 恂
	刘常英	刘景秀	徐 第
	赵全初	石敦高	
本书编著	曹文达	于 明	

金 盾 出 版 社

内 容 提 要

本书依据《混凝土工国家职业标准》的基本要求和岗位要求编写,可作为从事混凝土工作的初级和中级技术工人进行培训和自学所用教材。内容均为初、中级工应知应会的基本知识和技能。全书共分三章,第一章为基础知识,主要介绍混凝土的材料及混凝土的主要技术性质,常用机械设备,房屋构造,建筑识图,力学基础及法律、法规方面知识;第二章为初级工应掌握的基本知识和技能,主要介绍混凝土配合比,混凝土搅拌、运输及施工检查,混凝土坍落度测定与试块制作,一般混凝土施工知识;第三章为中级工应掌握的基本知识和技能,主要介绍复杂结构混凝土施工,冬、雨期混凝土施工知识,混凝土外加剂知识,特性混凝土施工知识。内容通俗易懂、可操作性强、方便实用,适合培训、鉴定和指导实际工作的需要。

图书在版编目(CIP)数据

混凝土工/曹文达,于明编著. —北京:金盾出版社,2006.10
ISBN 7-5082-4127-4

I. 混… II. ①曹…②于… 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(2006)第 059412 号

金盾出版社出版、总发行

北京太平路 5 号(地铁万寿路站往南)

邮政编码:100036 电话:68214039 83219215

传真:68276683 网址:www.jdcbs.cn

封面印刷:北京印刷一厂

正文印刷:北京大天乐印刷有限公司

装订:明珠装订厂

各地新华书店经销

开本:850×1168 1/32 印张:10.25 字数:294 千字

2006 年 10 月第 1 版第 1 次印刷

印数:1—10000 册 定价:17.50 元

(凡购买金盾出版社的图书,如有缺页、
倒页、脱页者,本社发行部负责调换)

金盾版图书,科学实用, 通俗易懂,物美价廉,欢迎选购

怎样看建筑施工图	18.00 元	装饰装修电工技术手册	33.50 元
怎样识读建筑电气工程图	16.00 元	装饰装修电工基本技术	10.00 元
建筑工程材料	15.50 元	装饰装修抹灰工基本技术	8.50 元
建筑工程材料(第二版)	43.50 元	装饰装修机具使用与维护	6.00 元
新型混凝土及其应用	18.00 元	装饰装修工程常见质量问题及处理	8.00 元
小型混凝土砌块的生产和应用	27.50 元	装饰装修工程项目管理与预算	14.00 元
新型砖生产与应用	17.50 元	建筑装饰构造与施工技术	16.50 元
建筑识图与房屋构造	23.00 元	建筑装饰装修施工实用技术	19.00 元
建筑施工技术	32.50 元	装饰装修油漆工基本技术	7.50 元
现代建筑施工项目管理	21.50 元	室内装修健康	9.00 元
建筑施工组织与进度控制	17.00 元	家居装饰装修	27.00 元
建筑防水施工技术	20.00 元	家庭防火知识问答	7.50 元
建筑给排水采暖安装工程实用手册	23.00 元	建筑装饰涂料与施工技术	8.00 元
砌筑工	16.50 元	建筑装饰材料	13.50 元
给排水工程施工员必读	11.00 元	材料员必读	10.00 元
建筑工程测量员必读	8.50 元	概预算员必读	15.50 元
建筑工程安全员必读	10.00 元	施工工长(施工员)必读	15.00 元
建筑工程材料员必读	9.50 元	设备工长(施工员)必读	15.00 元
建筑工程试验员必读	13.50 元	轻钢门式结构工程施工及质量控制	23.00 元
建筑工程电气安装实用技术	12.00 元	轻钢结构施工与监理手册	65.00 元
建筑弱电工程安装技术	14.00 元	建筑施工安全手册	29.00 元
锪工基本技术	12.00 元	住宅建筑装饰装修设计及施工(修订版)	41.00 元
砖瓦烧制技术	9.00 元	实用建筑施工手册(精装)	34.00 元
家庭居室装修装饰顾问	11.00 元	新编金属材料手册(精装)	48.00 元
家庭居室装修装饰常用材料	9.00 元		
装饰装修木工基本技术	8.50 元		

以上图书由全国各地新华书店经销。凡要本社邮购图书者,另加10%邮挂费。书价如有变动,多退少补。邮购地址:北京市丰台区晓月中路29号院金盾出版社邮购部,联系人:徐玉珏,邮政编码100072,电话(010)83210682,传真:(010)83219217。

序

建筑业是我国国民经济的支柱产业。随着我国经济的持续、快速发展,建筑业在国民经济中的地位和作用日益突出。同时,建筑工人队伍不断发展壮大,达标上岗职业培训任务十分艰巨。为适应建筑业的快速、可持续发展,大力发展以职业技能培训为重点的职业教育,培训千万名掌握一定技能的建筑技术工人,是当务之急。为此我们组织编写了《混凝土工》、《钢筋工》、《建筑电工》、《砌筑工》、《防水工》、《油漆工》等建筑工人达标上岗培训系列丛书。

本系列丛书根据中华人民共和国劳动和社会保障部、建设部2002年批准颁布的《国家职业标准》要求,针对目前建筑工人的实际情况和施工现场的实际需要,分别介绍了对各工种工人的基本要求和基本技能,供建筑工人技能培训和技能鉴定用。

本丛书在内容上力求体现“以职业活动为导向,以职业技能为核心”,突出职业培训特色;在结构上,针对职业活动的领域,按照模块化的方式,重点按“基础知识”和“工种技能操作要求”两大模块进行编排,内容通俗易懂、针对性强、方便实用,符合培训、鉴定和就业工作的需要。

建筑工人达标上岗培训丛书编委会

2006年3月1日

前 言

混凝土是建筑工程中的主要结构材料,尤其是在现代建筑物中,钢筋混凝土已成为其“支撑”和“基石”。随着科学技术的发展,新材料、新工艺、新技术不断出现,混凝土材料和技术也有了较大的更新和提高,从事混凝土施工的技术工人的知识和技术水平必须跟随形势的发展而提升。为配合建筑业“十一五”人才发展规划,培养一大批掌握一定技能、综合素质较高的一线施工人员,根据中华人民共和国劳动和社会保障部、建设部颁布的《混凝土工国家职业标准》要求,针对目前建筑工人的实际情况和施工现场的实际需要编写本书。

本书在内容上突出职业培训特色;在结构上按“基础知识”和“工种技能操作要求”两大板块进行编排,突出专业性和可操作性;在数据资料的引用上,采用国家最新技术标准和规范,突出先进性。全书共分三章:第一章为基础知识,内容包括水泥、砂石质量要求,混凝土的主要技术性质,混凝土常用机械设备,房屋构造知识,建筑施工识读图知识,力学基础及法律、法规方面知识;第二章为初级工应掌握的基本知识及技能,内容包括混凝土原材料质量及配合比,混凝土搅拌、运输,混凝土坍落度测定与试块制作,一般混凝土施工知识;第三章为中级工应掌握的基本知识及技能,内容包括复杂结构混凝土施工,冬、雨期混凝土施工,混凝土外加剂,特性混凝土施工等。

通过本书的学习,能使从事混凝土施工的技术工人掌握必需的理论知识 and 操作技能,学到本行业的新技术、新材料、新知识,达到提高其综合素质和施工操作技术水平的目的。

由于编著者水平有限,书中内容如有不妥之处,请读者批评指正。

编者

2006年6月

目 录

第一章 基础知识	1
第一节 水泥	1
一、通用水泥	1
二、特性水泥	12
第二节 砂石骨料及质量要求	23
一、砂	23
二、石子(碎石和卵石)	25
第三节 普通混凝土的基本知识	29
一、混凝土拌和	29
二、混凝土强度	30
三、混凝土性能	33
第四节 建筑施工图识读	40
一、识图基本知识	40
二、建筑施工图的识读	64
第五节 房屋构造知识	77
一、民用房屋的结构及组成	77
二、单层工业厂房结构及组成	102
第六节 力学基本知识及钢筋混凝土构件受力分析	114
一、力学知识	114
二、混凝土构件受力分析	125
三、构件受力的几个概念	128
第七节 有关质量、安全、劳动法规知识	132
一、劳动法的相关知识	132
二、安全法的相关知识	140
三、《中华人民共和国建筑法》简介	141

第八节 混凝土施工机械基本知识	143
一、混凝土搅拌机	143
二、混凝土搅拌运输车	148
三、混凝土泵和混凝土泵车	150
四、混凝土振动机械	152
五、滑模和升板机械	157
六、混凝土搅拌楼(站)	164
第二章 初级工应掌握的基本知识和技能	169
第一节 混凝土工程施工程序	169
一、混凝土原材料质量检查	169
二、混凝土配合比的质量检查	173
三、混凝土搅拌	174
四、混凝土运输	175
五、混凝土浇筑	177
六、混凝土养护	179
七、混凝土施工检查	181
第二节 混凝土坍落度的测定与混凝土试块制作	183
一、混凝土坍落度的选用	183
二、混凝土坍落度的测定	184
三、混凝土试块的制作	186
四、混凝土试块的抽样和强度测试	188
第三节 一般结构的混凝土施工	189
一、混凝土施工前的准备	189
二、混凝土基础施工	190
三、柱子、墙板混凝土施工	197
四、梁板结构混凝土施工	199
五、特殊部位混凝土施工	202
六、混凝土的振捣	206
第三章 中级工应掌握的基本知识和技能	210
第一节 复杂结构的混凝土施工	210

一、框架结构的混凝土施工	210
二、地下室混凝土浇筑	219
三、剪力墙结构普通混凝土施工	224
第二节 滑升模板混凝土施工	229
一、滑升模板组装	229
二、滑模混凝土浇筑	230
三、滑模混凝土的修补和养护	230
第三节 升板法混凝土施工	231
一、升板法混凝土施工工艺流程	231
二、升板法施工的操作方法及要点	231
第四节 地上构筑物混凝土施工	233
一、筒仓结构及滑模混凝土施工	233
二、烟囱混凝土施工	236
三、水塔混凝土施工	239
第五节 混凝土冬、雨期施工知识	242
一、混凝土分项工程的冬期施工	242
二、钢筋混凝土雨季施工	248
第六节 混凝土外加剂基本知识	249
一、普通减水剂及高效减水剂	250
二、引气剂及引气减水剂	251
三、早强剂及早强减水剂	253
四、缓凝剂、缓凝减水剂及缓凝高效减水剂	255
五、泵送剂	256
六、防水剂	258
七、防冻剂	259
第七节 特性混凝土施工	262
一、轻骨料混凝土	262
二、高强混凝土	268
三、泵送混凝土	274
四、防水混凝土	282

第八节 商品混凝土及施工知识.....	307
一、材料要求	307
二、主要机具设备	308
三、作业条件	309
四、操作工艺	309
五、质量标准	312
六、应注意的问题	315
七、混凝土强度评定	317

第一章 基础知识

第一节 水 泥

水泥通常按其用途、性能分为通用水泥、专用水泥、特性水泥三种。其中,通用水泥为一般土木建筑工程常采用的水泥,专用水泥为专门用途的水泥,特性水泥为某种性能比较突出的水泥。

水泥也可按其水硬性物质名称分类分为硅酸盐水泥(国外通称波特兰水泥)、铝酸盐水泥、硫铝酸盐水泥、铁铝酸盐水泥、氟铝酸盐水泥;还可以按其主要技术特性分类分为快硬性水泥、水化热性水泥、抗硫酸盐腐蚀性水泥、膨胀性水泥、耐高温性水泥等。

以下按通常分类法,介绍工程中常用的通用水泥和特性水泥的基础知识。

一、通用水泥

通用水泥是指一般土木工程常采用的水泥。它主要包括硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥、矿渣硅酸盐水泥、火山灰质硅酸盐水泥、粉煤灰硅酸盐水泥和复合硅酸盐水泥。

(一)硅酸盐水泥

按我国现行国家标准《硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥》(GB 175—1999)规定,凡由硅酸盐水泥熟料、0~5%的石灰石或粒化高炉矿渣、适量石膏磨细制成的水硬性胶凝材料,称为硅酸盐水泥。在硅酸盐水泥中不掺石灰石或粒化高炉矿渣混合材料的为Ⅰ型硅酸盐水泥,代号为P·Ⅰ;在硅酸盐水泥熟料粉磨时,掺加不超过水泥重量5%的石灰或粒化高炉矿渣混合材料的为Ⅱ型水泥,代号为P·Ⅱ。

1. 硅酸盐水泥熟料的主要矿物组成

硅酸盐水泥熟料的主要矿物组成及其含量见表 1-1-1。

表 1-1-1 硅酸盐水泥主要矿物组成及其含量

化合物名称	氧化物成分	缩写符号	含量(%)
硅酸三钙	$3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$	C_3S	44~62
硅酸二钙	$2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$	C_2S	18~30
铝酸三钙	$3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$	C_3A	15~12
铁铝酸四钙	$4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$	C_4AF	10~18

各种熟料矿物单独与水作用的性质见表 1-1-2。

表 1-1-2 各种熟料矿物单独与水作用的性质

性 质	硅酸三钙	硅酸二钙	铝酸三钙	铁铝酸四钙
凝结硬化速度	快	慢	最快	较快
28d 水化放热量	大	小	最大	中
强度大小(发展)	早后期高 (发展快)	早低后高 (发展慢)	发展最快、强度低	中
抗化学腐蚀性	中	最大	—	大
干燥、收缩	中	大	—	小

2. 硅酸盐水泥的主要技术性质

①密度与堆积密度:硅酸盐水泥的密度,主要决定于熟料的矿物成分,一般在 $3.1 \sim 3.2\text{g/cm}^3$ 之间。硅酸盐水泥在松散状态时的堆积密度,一般在 $900 \sim 1300\text{kg/m}^3$ 之间。紧密状态时的堆积密度可达 $1400 \sim 1700\text{kg/m}^3$ 。

②不溶物:Ⅰ型硅酸盐水泥中不溶物不得超过 0.75%。Ⅱ型硅酸盐水泥中不溶物不得超过 1.50%。

③氧化镁含量:水泥中氧化镁含量不得超过 5.0%。如果水泥经压蒸试验合格,则水泥中氧化镁含量允许放宽到 6.0%。

④三氧化硫含量:水泥中三氧化硫的含量不得超过 3.5%。

⑤烧失量:烧失量是指水泥在一定温度和灼烧时间内,失去重量等占的百分数。Ⅰ型硅酸盐水泥中烧失量不得大于 3.0%。Ⅱ型硅酸盐水泥中烧失量不得大于 3.5%。

⑥细度:细度是指水泥颗粒的粗细程度。同样成分的水泥,颗粒越细,与水反应的表面积越大,因而水化作用既迅速又完全,凝结硬化速度加快,早期强度也越高,但硬化收缩较大,水泥易于受潮。所以水泥

⑦凝结时间:水泥凝结时间分为初凝和终凝。初凝时间是从水泥加水拌和起至水泥浆开始失去可塑性所需的时间;终凝时间则从水泥加水拌和起至水泥浆完全失去可塑性并开始产生强度所需的时间。水泥的凝结时间对工程施工具有重要意义,水泥的初凝不宜过早,以便在施工时有充足的时间进行混凝土和砂浆的搅拌、运输、浇捣或砌筑等操作;水泥的终凝时间不宜过迟,以使混凝土在施工完毕后能尽快地硬化,达到一定的强度,有利于加快工程进度。国家标准(GB 175—1999)规定,硅酸盐水泥初凝时间不得早于 45min,终凝时间不得迟于 390min。

⑧体积安定性:体积安定性是指水泥在硬化过程中体积变化是否均匀的性质。体积安定性不良的水泥,会使已经硬化的混凝土结构出现体积膨胀造成开裂,从而引起严重的工程质量事故。

造成水泥安全性不良的主要原因是:水泥熟料中含有过多的游离氧化钙(FCaO)、游离氧化镁(FMgO)或掺入石膏量过多造成的。熟料中所含游离氧化钙、游离氧化镁都是过烧的,水化速度极慢,往往在水泥硬化后才开始水化,这些氧化物在水化时体积剧烈膨胀,使已经硬化的水泥石造成开裂。当石膏掺量过多时,在水泥硬化后,过量的石膏与水化铝酸三钙反应生成三硫型水化硫铝酸钙,固体积膨胀使水泥石开裂。标准规定,用沸煮法检验必须合格。

硅酸盐水泥物理、化学指标见表 1-1-3。

表 1-1-3 硅酸盐水泥的物理化学指标

项 目		不溶物 (%)	烧失量 (%)	SO ₃ (%)	细度 (m ² /kg)	凝结时间		安定性	MgO (%)
						初凝 (min)	终凝 (min)		
指标	I 型	≤0.75	≥3.0	3.5	≤300	>45	<390	合格	≤5
	II 型	≤1.5	≥3.5						

⑨强度等级:水泥强度等级是水泥性能的重要指标,也是评定硅酸盐水泥强度等级的依据。国家标准(GB 175—1999)规定,将水泥与标准砂按 1:3 的比例混合,按 0.5 水灰比加入规定数量的水,拌成为均匀胶砂,再按规定方法成型,制成 $40\text{mm} \times 40\text{mm} \times 160\text{mm}$ 的水泥胶砂试件,在标准条件下养护后进行抗折、抗压强度试验,根据 3d、28d 龄期的强度分为 42.5、42.5R、52.5、52.5R、62.5、62.5R 六种等级。各种等级水泥在各龄期的强度不得低于表 1-1-4 规定的数值。

表 1-1-4 硅酸盐水泥各龄期强度 (MPa)

品 种	强度等级	抗压强度		抗折强度	
		3d	28d	3d	28d
硅酸盐水泥	42.5	17.0	42.5	3.5	6.5
	42.5R	22.0	42.5	4.0	6.5
	52.5	23.0	52.5	4.0	7.0
	52.5R	27.0	52.5	5.0	7.0
	62.5	28.0	62.5	5.0	8.0
	62.5R	32.0	62.5	5.5	8.0

硅酸盐水泥的强度主要取决于熟料的矿物组成和水泥的细度。如前所述,四种主要矿物成分的强度各不相同,它们相对含量改变时,水泥的强度及其增长速度也随之变化。硅酸三钙含量多、粉磨较细的水泥,强度增长快,最终强度也较高。此外,养护条件对水泥的强度也会产生一定的影响。

⑩水化热:水泥在凝结硬化过程中放出的热量,称为水泥的水化热。水泥的水化放热量和放热速度主要取决于水泥的矿物成分和细度。硅酸盐水泥水化热大,这对于大体积混凝土来讲,由于热量积聚在内部不易发散,使内外产生很大的温度差,引起内应力,使混凝土产生裂缝。但水化热大对混凝土的冬季施工是有利的。

⑪碱含量:硅酸盐水泥中碱含量是按 $\text{Na}_2\text{O} + 0.658\text{K}_2\text{O}$ 计算值来表示的,若配制混凝土时,使用活性骨料,应选用低碱水泥,碱含量应小于 0.6%,以避免发生碱骨料反应。

3. 硅酸盐水泥的抗腐蚀性

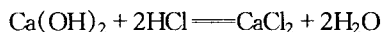
硅酸盐水泥硬化而成的水泥石,在通常使用条件下是耐久的。但在某些侵蚀性介质的作用下,水泥石的结构会逐渐遭到破坏,促使强度降低,以致全部溃裂,这种现象称为水泥腐蚀。引起水泥石腐蚀的典型情况有下列几种:

(1)长期处于软水中会出现溶出性侵蚀

含重碳酸盐甚少的河水与湖水都属于软水。水泥石长期处于软水环境中,水泥石中的氢氧化钙极易溶解于软水中,氢氧化钙的溶出会促使水泥石其他水化物的分解,导致水泥石结构的破坏,强度降低。如果水泥石处于流动水的环境中,这种破坏会加速。

(2)一般酸性腐蚀

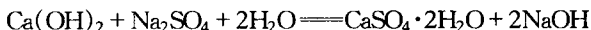
有些地下水或工业污水中常含有游离的酸性物质,这种酸性物质能与水泥石中的氢氧化钙作用生成相应的钙盐,可生成的钙盐易溶于水,或在水泥石孔隙内形成结晶,体积膨胀,而产生破坏作用。例如,盐酸与水泥石中的氢氧化钙作用生成极易溶于水的氯化钙。反应方程式如下:



硫酸与水泥石中的氢氧化钙作用生成二水石膏,生成的石膏在水泥石孔隙内结晶,体积剧烈膨胀,或者由于水泥石中生成的水化铝酸三钙作用,生成三硫型水化硫铝酸结晶,体积剧烈膨胀,造成水泥石的破坏。

(3)硫酸盐的腐蚀

在海水、地下水及盐海水中,常含有大量的硫酸盐,常见的有硫酸钠、硫酸钾、硫酸铵及硫酸钙等,它们有的与水泥石中氢氧化钙置换反应生成硫酸钙。化学反应方程式如下:



生成的硫酸钙与水泥石的水化铝酸三钙进一步发生反应,生成破坏性更大的三硫型水化硫铝酸钙。化学反应方程式如前所述。

4. 硅酸盐水泥的主要特性

①硅酸盐水泥凝结硬化快,早、后期强度高。

- ②水化时放热集中,水化热量大。
- ③抗冻性好,耐磨性好。
- ④抗腐蚀性差,尤其是抗硫酸盐侵蚀性差。
- ⑤对外加剂的作用较敏感,具有较好的效果。

(二)普通硅酸盐水泥

按国家标准(GB 175—1999)规定:凡由硅酸盐水泥熟料、6%~15%混合材料、适量石膏磨细制成的水硬性胶凝材料,称为普通硅酸盐水泥(简称普通水泥),代号P·O。

普通水泥中掺混合材料量是按水泥重量的百分比计算的。当掺活性混合材料时,不得超过15%。其中允许用不超过5%的窑灰或不超过10%的非活性混合材料来代替。当掺非活性混合材料时,不得超过10%。

普通水泥中掺入少量混合材料的主要目的是调节水泥的强度等级,增加强度等级较低的水泥品种,以利合理选用。

普通水泥中,由于混合材料掺量不多,与硅酸盐水泥相比,其性能变化不大,即普通水泥与硅酸盐水泥的主要特性相似,但普通水泥适用性更广一些。

普通水泥的主要技术性质与硅酸盐水泥的不同点主要表现在以下几个方面:

①烧失量:国家标准(GB 175—1999)规定:普通水泥烧失量不得大于5%。

②细度:国家标准(GB 175—1999)规定,普通水泥用0.08mm方孔筛过筛,筛余量不得超过10%。

③凝结时间:国家标准(GB 175—1999)规定,普通水泥初凝时间不得早于45min,终凝时间不得迟于10h。

④强度等级:普通水泥有32.5、32.5R、42.5、42.5R、52.5、52.5R六个强度等级。其中带“R”者为早强型水泥。普通水泥的强度等级及各龄期强度见表1-1-5。

普通水泥物理化学指标见表1-1-6。

表 1-1-5 普通硅酸盐水泥各龄期的强度 (MPa)

品 种	强度等级	抗压强度		抗折强度	
		3d	28d	3d	28d
普通硅酸盐水泥	32.5	11.0	32.5	2.5	5.5
	32.5R	16.0	32.5	3.5	5.5
	42.5	16.0	42.5	3.5	6.5
	42.5R	21.0	42.5	4.0	6.5
	52.5	22.0	52.5	4.0	7.0
	52.5R	26.0	52.5	5.0	7.0

表 1-1-6 普通水泥物理化学指标

项 目	烧失量 (%)	SO ₃ (%)	细度(%)	凝结时间		安定性	MgO(%)
				初凝(min)	终凝(h)		
指 标	≧5.0	3.5	≧10	>45	<10	合格	≤5

(三)矿渣硅酸盐水泥、火山灰质硅酸盐水泥、粉煤灰硅酸盐水泥

1. 定义与代号

(1)矿渣硅酸盐水泥

凡由硅酸盐水泥熟料和粒化高炉矿渣、适量石膏磨细制成的水硬性胶凝材料称为矿渣硅酸盐水泥(简称矿渣水泥),代号 P·S。水泥中粒化高炉矿渣掺加量按重量百分比计为 20%~70%。允许用石灰石、窑灰、粉煤灰和火山灰质混合材料中的一种材料代替矿渣,代替数量不得超过水泥重量的 8%,替代后水泥中粒化高炉矿渣不得少于 20%。

(2)火山灰质硅酸盐水泥

凡由硅酸盐水泥熟料和火山灰质混合材料、适量石膏磨细制成的水硬性胶凝材料称为火山灰质硅酸盐水泥(简称火山灰水泥),代号 P·P。水泥中火山灰质混合材料掺量按重量百分比计为 20%~50%。

(3)粉煤灰硅酸盐水泥

凡有硅酸盐水泥熟料和粉煤灰、适量石膏磨细制成的水硬性胶凝材料称为粉煤灰硅酸盐水泥(简称粉煤灰水泥),代号 P·F。水泥中粉煤灰掺量按重量百分比计为 20%~40%。