

中等专业学校试用教材

# 水泥工艺学

殷维君 主编

武汉工业大学出版社

中等专业学校试用教材

# 水 泥 工 艺 学

殷维君 主编

武汉工业大学出版社

鄂新登字13号

[ 内容提要 ]

本书是为建材类中等专业学校水泥工艺专业编写的教学用书。

全书较系统地介绍了硅酸盐水泥的生产方法、原料和配料、熟料的组成和形成过程、煅烧、粉磨、生产控制和质量管理，水化硬化和腐蚀的基本原理，同时也分别叙述了矿渣水泥、火山灰和粉煤灰水泥、高铝水泥及特种水泥的生产、性能和使用等；对混凝土也作了简要介绍。

本书亦可作为从事硅酸盐水泥生产的工人和科技人员学习参考。

中等专业学校试用教材

## 水泥工艺学

殷维君 主编

武汉工业大学出版社出版(武昌珞珈路14号)

新华书店湖北发行所发行 各地新华书店经销

中南三〇九印刷厂印刷

开本：787×1091mm 1/16 照排胶印 印张：21.75 字数：482千字

1991年10月第1版 1991年12月第2次印刷

印数：5001—10000册 定价：5.20元

ISBN 7-5629-0494-4/TQ·36

## 前 言

本书系根据1986年在四川绵阳召开的全国建材类中等专业学校水泥工艺及建材机械教学计划、大纲审定会议制定的《水泥工艺学》教学大纲编写的。

全书以硅酸盐水泥熟料的组成、原料和配料、煅烧、水泥制成和质量控制,作为工艺方面的重点;对水泥的水化硬化的基本原理、水泥性能和全面质量管理进行必要的论述;对矿渣水泥、火山灰质水泥和高铝水泥着重介绍工艺、水化和性能方面的特点;至于其他品种水泥则选具有代表性的典型品种进行介绍,以开拓思路。混凝土只作常识性介绍。

本书编写时注意到教学特点,力求重点突出,考虑到与《硅酸盐物理化学》、《水泥热工过程及设备》、《水泥工厂粉磨过程及设备》以及《水泥工厂工艺设计概论》等课程的衔接与分工,避免不必要的重复,但又注意到本书的系统性。较全地概括了从原料、煅烧、制成与包装的基本工艺技术,适当地反映了新工艺、新技术的应用。

本书由长春建筑材料工业学校殷维君主编,并编写绪论、第一、二、四、五章;绵阳建筑材料工业学校兰春熙编写第六章至第九章;山东省建筑材料工业学校陶维忠编写第十章至十四章;长春建筑材料工业学校王承敏编写第三章。

全书由北京建筑材料工业学校杨树森主审,广西建筑材料工业学校秦国鑫、上海建筑材料工业学校谈洵华等参审。还有山东省建筑材料工业学校李兴华、贵州省建筑材料工业学校许雨环等参加了审稿会议。

由于编者水平所限,谨请批评指正。

编 者

1990年3月

# 目 录

前 言	
绪 论	1
第一章 硅酸盐水泥生产概述	4
第一节 硅酸盐水泥的标准	4
第二节 硅酸盐水泥的生产方法	12
第三节 硅酸盐水泥的生产过程	14
第四节 硅酸盐水泥的特性和使用范围	19
第二章 硅酸盐水泥熟料的组成	21
第一节 硅酸盐水泥熟料的化学成分	21
第二节 熟料的矿物组成	22
第三节 熟料的率值	28
第四节 熟料矿物组成的计算	31
第三章 硅酸盐水泥的原料及配料计算	38
第一节 原料的种类	38
第二节 原料的开采和运输	46
第三节 原料的预均化	48
第四节 配料计算	55
第五节 生料的制备、调整与均化	78
第四章 硅酸盐水泥熟料的煅烧	87
第一节 干燥与脱水	88
第二节 碳酸盐分解	89
第三节 固相反应	90
第四节 熟料的烧成	93
第五节 熟料的冷却	96
第六节 熟料形成的热化学	98
第七节 矿化剂对熟料的煅烧和质量的影响	100
第八节 回转窑内熟料的煅烧	104
第九节 立窑内熟料的煅烧	108
第十节 熟料煅烧新技术	113
第十一节 窑用耐火材料	115
第五章 水泥的制成和包装	121
第一节 粉磨产品的细度要求	121
第二节 水泥制成工艺	121

第三节	水泥的石膏掺量和冷却 .....	126
第四节	水泥的包装与贮运 .....	127
<b>第六章</b>	<b>水泥生产质量控制</b> .....	<b>132</b>
第一节	石灰石、粘土矿山的质量控制 .....	132
第二节	原燃料的质量控制 .....	134
第三节	生料的质量控制 .....	139
第四节	熟料的质量控制 .....	145
第五节	出磨水泥的质量控制 .....	149
第六节	出厂水泥质量控制 .....	153
第七节	工序质量控制中的注意事项 .....	154
第八节	生产控制的自动化简介 .....	161
<b>第七章</b>	<b>水泥生产工艺过程的全面质量管理</b> .....	<b>164</b>
第一节	全面质量管理的意义和基本特点 .....	164
第二节	全面质量管理的基础知识 .....	166
第三节	质量管理的常用工具 .....	168
第四节	工序能力指数 .....	195
第五节	质量管理小组 .....	197
<b>第八章</b>	<b>硅酸盐水泥的水化和硬化</b> .....	<b>206</b>
第一节	熟料矿物的水化 .....	206
第二节	硅酸盐水泥的水化 .....	214
第三节	水化速度 .....	217
第四节	水泥的凝结和硬化过程 .....	223
第五节	硬化水泥浆体的组成和结构 .....	225
<b>第九章</b>	<b>硅酸盐水泥的性能</b> .....	<b>232</b>
第一节	凝结时间 .....	232
第二节	强度 .....	237
第三节	体积变化和水化热 .....	241
第四节	硅酸盐水泥耐久性 .....	245
<b>第十章</b>	<b>高炉矿渣和矿渣水泥</b> .....	<b>256</b>
第一节	粒化高炉矿渣 .....	256
第二节	矿渣硅酸盐水泥 .....	262
第三节	石膏矿渣水泥 .....	266
第四节	无熟料水泥 .....	269
<b>第十一章</b>	<b>火山灰水泥和粉煤灰水泥</b> .....	<b>272</b>
第一节	火山灰质混合材 .....	272
第二节	火山灰质混合材活性检定 .....	276
第三节	火山灰质硅酸盐水泥 .....	278
第四节	粉煤灰质硅酸盐水泥 .....	281

<b>第十二章</b>	<b>高铝水泥</b> .....	284
第一节	高铝水泥的矿物组成和化学成分 .....	284
第二节	高铝水泥的生产 .....	286
第三节	高铝水泥的水化和硬化 .....	290
第四节	高铝水泥的性质和应用 .....	292
<b>第十三章</b>	<b>特种水泥</b> .....	296
第一节	早强及快硬水泥 .....	296
第二节	抗硫酸盐水泥 .....	303
第三节	油井水泥 .....	305
第四节	大坝水泥 .....	309
第五节	白色及彩色水泥 .....	311
第六节	膨胀水泥和自应力水泥 .....	312
第七节	道路水泥 .....	319
<b>第十四章</b>	<b>混凝土</b> .....	321
第一节	混凝土的组成材料 .....	321
第二节	混凝土拌和物的和易性 .....	324
第三节	混凝土的强度 .....	327
第四节	混凝土的耐久性 .....	329
第五节	混凝土的配合比设计 .....	331
第六节	混凝土外加剂 .....	334
第七节	特种混凝土 .....	337

# 绪 论

## 一、胶凝材料的定义和分类

在物理、化学作用下，能从浆体变成坚固的石状体，并能胶结其它物料而有一定机械强度的物质，统称为胶凝材料。分为无机和有机两大类。无机胶凝材料则按照硬化条件，又可分为水硬性和非水硬性两种。水硬性胶凝材料在拌水后既能在空气中又能在水中硬化的材

料统称为水硬性胶凝材料。非水硬性胶凝材料只能在空气中硬化的材料统称为非水硬性胶凝材料。



由于工业不断发展,以及军事工程和特殊工程的需要,先后制成了各种不同用途的水泥,如快硬水泥、矾土水泥、膨胀水泥、抗硫酸盐水泥、大坝水泥、油井水泥、硫铝酸盐水泥等。这一时期可称为水硬性胶凝材料,尤其是各种不同用途水泥的发展时期。

### 三、水泥在国民经济中的作用

水泥是极其重要的建筑材料和工程材料,它是建筑业三大基本材料之一。随着国民经济的发展,水泥获得越来越广泛的应用,它的地位也日益重要。水泥不但可以用于民用、工业、农业、水利、交通、军事等工程,还可用于制造轨枕、坑木、水泥船和石棉水泥制品等,以节省大量的钢材和木材。

同时,由于钢筋混凝土、预应力钢筋混凝土和钢结构材料的混合使用,才使高层、超高层、大跨度等以及各种特殊功能的建筑物、构筑物的出现有了可能。值得注意的是,新产业革命已经为水泥行业提出扩大水泥品种和应用范围的新课题。开发占地球表面71%的海洋是人类社会前进的标志,而海洋工程的建造,如海洋平台、工厂和海洋城市,其主要建筑材料就是水泥。此外,象宇航工业、核工业以及其它新型工业的建设,也需要各种无机非金属材料,其中最为基本的则都是以水泥基为主的新型复合材料。因此水泥工业的发展对保证国家建设计划的顺利进行起着十分重要的作用。

### 四、水泥工业发展概况

水泥生产自1824年诞生以来,160多年来生产技术历经多次变革。开始是间歇作业的立窑,1885年出现了回转窑。以后在回转窑规格不断扩大的同时,窑的结构和型式也都有新的发展,除直筒窑外,曾出现过窑头扩大,窑尾扩大及两端扩大的窑型,继而出现单筒冷却机、立式磨以及单仓钢球磨等,有效地提高了水泥的产量和质量。到19世纪末20世纪初,由于其它工业所提供的燃料、工艺技术和设备,使水泥工业一直进行不断的改造与更新。1910年立窑实现机械化连续生产;1928年立波尔窑的出现,使窑的产量明显提高、热耗降低。1950年悬浮预热器窑(称洪堡窑)的应用,更使热耗大幅度降低;其它水泥设备也不断更新换代。到1950年全世界水泥产量为1.33亿吨。1971年开发了水泥窑外分解技术,是水泥生产技术的重大突破,并且很快出现了许多各具特点的预分解技术。与此同时,生料制备、水泥粉磨等各种水泥生产技术装备也与之配套,同步发展,使干法生产的熟料质量明显提高,在节能方面取得极大的进展,干法工艺正在逐步取代湿法、老式干法及半干法生产,把水泥工业推向一个新的阶段。

现代科学技术及科学管理方法在水泥工业生产中已得到广泛应用。在水泥的科研上,各种高效测试仪器的应用,使与水泥有关的基础理论和应用研究也取得长足的进展。为了加速发展水泥工业,许多国家都在进行煅烧和粉磨的新工艺和新设备的研究,微型电子计算机在设计工作中的应用,更会带来极大的经济效益。

目前国际上水泥厂的生产规模已达到年产400万吨以上,干法带窑外分解的悬浮预热器窑,直径已达6米左右,日产8000吨以上。磨机亦向大型化发展,有直径5米以上的大磨机,功率在7000~10000千瓦左右。由于生产规模和设备的大型化和现代化,可使成本大大降低,劳动生产率则大幅度提高,如在发达国家的劳动生产率已达10000吨/人·年以上,高的可达数万吨/人·年。热耗则降低到3015kJ/kg熟料(720kcal/kg熟料)。水泥散装达70%,有的高达90%。人均年消费量在500~700公斤/人·年之间。而且在控制粉尘与有害气体排放以保护环境

境方面也有重大改进。

1876年在河北唐山首先建立了启新洋灰公司(今启新水泥厂)自行生产水泥,以后又陆续建立了大连、上海、中国、广州等水泥厂。解放前由于帝、官、封三座大山的压迫和剥削,水泥工业发展非常缓慢。水泥年产量最高的1942年全国为229万吨,而到1949年水泥年产量仅为66万吨,且只能生产普通硅酸盐水泥和矿渣硅酸盐水泥2~3个品种。

解放后,我国水泥工业得到迅速发展。通过改造老厂与建立新厂使水泥产量由1949年的66万吨迅速提高到1989年底的2.0436亿吨,而且水泥工业布局也获得很大改善。近十多年,小水泥工业蓬勃发展,到1989年已达1.6974亿吨。现在已有一批小水泥厂可以稳定地生产425号、525号普通硅酸盐水泥,弥补大水泥厂生产能力的不足,满足了经济建设的需要。

建国以来,水泥工业的科研工作也得到了很快的发展。我国的水泥品种,已由建国初期仅有硅酸盐水泥和白水泥等3~4个品种发展到现在的六十余种。同时,又不断发展新技术、新工艺,促进水泥工业的技术进步。例如,窑外分解技术,自1976年在吉林石岭水泥厂建成第一台悬浮分解炉以来,已较快地在多处推广使用。日产700吨熟料的窑外分解生产工艺线已于1983年分别江苏邳县水泥厂和新疆水泥厂建成,国内自行研究、设计、制造了日产2000吨熟料的窑外分解工艺线已在江西万年水泥厂建成并投产。我国以预分解为中心的新型干法工艺线的技术水平达到国外70年代末或80年代初的水平,使我国水泥生产工艺的改造进入了一个新的阶段。我国又在冀东、淮海、宁国、柳州等水泥厂先后引进若干套国外的窑外分解技术和成套、半成套设备,也有助于我国水泥基本建设的发展,而且在提高我国的设计水平、工厂管理或设备改造等方面,都可作为很好的借鉴。另一方面,我国在煅烧、粉磨、熟料形成、水泥的新矿物系列、水硬化、混合材、外加剂、节能技术等有关的基础理论以及测试方法的研究和应用方面,也取得了较好的成绩。国家非常重视开发智力人才,全国相继成立了几十所建材大、中专院校和一些建材技工学校。每年为水泥行业输送大批合格的专业人才,使水泥工业技术队伍不断壮大。但是也应该看到,与世界先进水平比,我国水泥工业还存在不少问题,主要是生产技术落后,经济效益较差,人均产量低,劳动生产率低,环境污染比较严重和各类人才不足。

我们一定要依靠科技进步来加速发展我国水泥工业,使我国水泥工业早日赶上和超过世界先进水平。当前,必须在现有技术基础上,因地制宜地采用先进技术和综合治理措施,以节能为中心对老厂进行技术改造。发展以窑外分解为中心的新工艺以及其它煅烧技术,使我国大型水泥厂生产成套装备基本实现国产化,发展以机立窑为中心的小型生产线,加强新技术的推广和环境保护。以低能耗、高质量的水泥满足国民经济发展的需要。因此,我们这一代人重任在肩,应该奋发学习,积极工作,为实现水泥工业和水泥科学技术的现代化作出更大的贡献。

# 第一章 硅酸盐水泥生产概述

## 第一节 硅酸盐水泥的标准

水泥国家标准是水泥生产的技术依据,对保证水泥和工程建设质量,扩大水泥品种,合理利用水泥资源,降低生产成本,增产节能等方面都具有重要的作用。

建国以来,随着我国水泥工业和建设事业的不断发展,水泥标准经历了多次大的变革和修订,使之适应我国水泥生产和科学技术发展的需要,满足不同工程的要求,充分利用工业废渣,积极采用国外先进标准。

### 一、水泥国家标准概述

在水泥的诸品种中,硅酸盐水泥是应用最广和研究较多的。根据国家标准《GB—175—85》和《GB5947—86》规定:凡由硅酸盐水泥熟料、适量石膏磨细制成的水硬性胶凝材料,称为硅酸盐水泥。

标准还规定,由硅酸盐水泥熟料,少量混合材料、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)。水泥中混合材料掺加量按质量百分比计:

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。

掺非活性混合材料时,不得超过10%。

将硅酸盐水泥熟料与一定量粒化高炉矿渣、火山灰质材料或粉煤灰混合并掺入适量石膏共同磨细还可以制成矿渣硅酸盐水泥(简称矿渣水泥)、火山灰硅酸盐水泥(简称火山灰水泥)、粉煤灰硅酸盐水泥(简称粉煤灰水泥)。

硅酸盐水泥是以硅酸钙为主要成分的熟料所制得水泥的总称。但按水泥国家标准GB175—85,硅酸盐水泥还专指一种不掺任何混合材料的水泥品种。在国外,硅酸盐水泥统称为波特兰水泥。

硅酸盐水泥在整个水泥生产中占有突出的地位,其组分材料、品质指标和主要技术性能如下。

#### (一)组分材料

##### 1. 硅酸盐水泥熟料:

凡以适当成分的生料烧至部分熔融,所得以硅酸钙为主要成分的产物称为硅酸盐水泥熟料(简称熟料)。

2. 石膏:天然石膏。必须符合国家标准《用于水泥中的石膏和硬石膏》的规定。

工业副产石膏。工业生产中以硫酸钙为主要成分的副产品。采用工业副产石膏时,必须经过试验,证明对水泥性能无害。

3. 活性混合材料:系指具有火山灰性或潜在水硬性的混合材料。如符合GB1596—79的粉煤灰、符合GB2847—81的火山灰质混合材料和符合GB203—78的粒化高炉矿渣。

4. 非活性混合材料：系指活性指标不符合标准要求的潜在水硬性或火山灰性的水泥混合材料，以及砂岩和石灰石。采用石灰石时其中的 $Al_2O_3$ 含量不得超过2.5%。以限制石灰石中泥土含量。

5. 窑灰：从水泥回转窑窑尾废气中收集下的粉尘。其质量必须符合Z BQ12001—84《掺入水泥中的回转窑窑灰》的规定。

另外，在水泥粉磨时允许加入主要起助磨作用而不损害水泥性能的助磨剂，其加入量不得超过水泥质量的1%。加入其他外加剂时，必须经过试验，并呈报国家建材主管部门批准。

(二) 标号

五大水泥的标号设置见表1-1。

五大水泥的标号设置 表1-1

为了提高水泥的早期强度，加速工程进度，提高经济效益，又将同一标号的水泥分为两种类型，其中快硬型(R型)对3天强度有较高要求，7天强度不作规定，28天的强度指标则完全相同。

品 种	标 号
硅酸盐水泥	425、525、625、725
普通水泥	275、325、425、525、625、725
矿渣水泥	275、325、425、525、625
火山灰水泥	
粉煤灰水泥	

(三) 品质指标

1. 氧化镁：

熟料中氧化镁的含量不得超过5.0%。如水泥经压蒸安定性试验合格，则熟料中氧化镁的含量允许放宽到6.0%。

熟料中氧化镁的含量在5.0~6.0%时，如矿渣水泥中混合材料总掺量大于40%或火山灰水泥和粉煤灰水泥中混合材料总掺加量大于30%，制成的水泥可不作压蒸试验。

2. 三氧化硫：

硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥中三氧化硫的含量不得超过3.5%。

矿渣水泥中三氧化硫的含量不得超过4.0%。

火山灰水泥、粉煤灰水泥中三氧化硫的含量不得超过3.5%。

3. 烧失量：

普通水泥、矿渣水泥中的烧失量，回转窑厂的不得大于5.0%，立窑厂的不得大于7.0%。

4. 细度：

0.080mm方孔筛筛余不得超过12%。

5. 凝结时间：

初凝不得早于45分钟，终凝不得迟于12小时。

6. 安定性：

用沸煮法检验，必须合格。

7. 强度：

425、525、625标号按早期强度高、低分两种类型。各标号、各类型水泥的各龄期强度不得低于表1-2中数值。

水泥标准中不仅直接规定了凝结时间、安定性与强度等三项重要建筑性指标，而且还特别规定了氧化镁、三氧化硫的允许含量以及水泥细度等以保证水泥的品质指标。

凝结时间的快慢，直接影响到施工。凝结时间过短，会使砂浆和混凝土在使用前已失去

五种水泥各龄期强度指标

表1-2

品 种	标号	抗压强度MPa(kg cm <sup>2</sup> )			抗折强度MPa(kg cm <sup>2</sup> )		
		3天	7天	28天	3天	7天	28天
硅 酸 盐 水 泥	425	17.7(180)	26.5(270)	41.7(425)	3.3(34)	4.5(46)	6.3(64)
	425R	22.0(224)	—	41.7(425)	4.1(42)	—	6.4(64)
	525	22.6(230)	33.3(340)	51.5(525)	4.1(42)	5.3(54)	7.1(72)
	525R	27.0(275)	—	51.5(525)	4.9(50)	—	7.1(72)
	625	28.1(290)	42.2(430)	61.3(625)	4.9(50)	6.1(62)	7.8(80)
	625R	32.0(326)	—	61.3(625)	5.5(56)	—	7.8(80)
	725R	37.0(377)	—	71.1(725)	6.2(63)	—	8.6(88)
普 通 水 泥	275	—	15.7(160)	27.0(275)	—	3.2(33)	4.9(50)
	325	11.8(120)	18.6(190)	31.9(325)	2.5(25)	3.6(37)	5.4(55)
	425	15.7(160)	24.5(250)	41.7(425)	3.3(34)	4.5(46)	6.3(64)
	425R	21.0(211)	—	41.7(425)	4.1(42)	—	6.3(64)
	525	20.6(210)	31.1(320)	51.5(525)	4.1(42)	5.3(54)	7.1(72)
	525R	26.0(265)	—	51.5(525)	4.9(50)	—	7.1(72)
	625	26.5(270)	40.2(410)	61.3(625)	4.9(50)	6.1(62)	7.8(80)
	625R	31.0(316)	—	61.3(625)	5.6(5.5)	—	7.8(80)
	725R	36.0(367)	—	71.1(725)	6.2(6.2)	—	8.6(88)
矿 渣 水 泥 火 山 灰 水 泥 粉 煤 灰 水 泥	275	—	12.8(130)	27.0(275)	—	2.7(28)	4.9(50)
	325	—	14.7(150)	31.9(325)	—	3.2(33)	5.4(55)
	425	—	20.6(210)	41.7(425)	—	4.1(42)	6.3(64)
	425R	19.0(193)	—	41.7(425)	4.0(41)	—	6.3(64)
	525	—	28.1(290)	51.5(525)	—	4.9(50)	7.1(72)
	525R	23.0(254)	—	51.5(525)	4.6(47)	—	7.1(72)
	625R	28.0(285)	—	61.3(625)	5.2(53)	—	7.8(80)

流动性而无法使用，而时间过长，则降低施工速度和模板周转率。加入适量的石膏可以调节凝结时间，达到标准要求，若石膏掺量过多，会使强度降低、安定性不良，因此规定了水泥中三氧化硫的极限含量。

熟料中的游离氧化钙、氧化镁含量过高或水泥中石膏掺量过多，都会使水泥在硬化过程中产生剧烈而不均匀的体积变化(体积膨胀)，即安定性不良。会降低建筑质量，甚至会发生崩溃。因此标准中对其极限含量有严格的规定。

强度既是水泥的一个重要指标，又是设计混凝土配合比的必要数据。施工要求水泥早期强度愈高愈好，而设计既要考虑早期强度，又要保证后期强度。因此常以各龄期的抗压、抗折或水泥标号来表示水泥强度及增长速率。一般3天、7天以前的强度称为早期强度，28天及其以后的称为后期强度。

过多的氧化镁在烧成温度下形成方镁石晶体，水化很慢，其危害程度用压蒸法可以检验出来，因此标准中规定熟料氧化镁含量不得超过5.0%，只有压蒸安定性合格才允许放宽到6.0%，这样既保证了水泥质量，又能充分利用氧化镁含量较高的石灰石得以充分利用。总之，水泥质量指标是从使用和生产两方面进行考虑的。

水泥国家标准在验收规则条款中规定：废品与不合格品。

凡氧化镁、三氧化硫、初凝时间、安定性中的任一项不符合国家标准规定或强度低于该品种水泥最低标号规定的指标时，均称为废品。

凡细度、终凝时间、烧失量和混合材料掺加量中的任一项不符合国家标准规定或强度低于商品标号规定的指标时，称为不合格品。

废品与不合格品的规定，主要根据各项质量指标控制的难易程度和该指标不符合要求时对工程危害的程度来划分的。安定性、凝结时间、早期强度、三氧化硫、氧化镁等项指标都是在水泥出厂前可以得到检验结果或比较有把握预测到的，如果这些项目不合格，说明生产控制不严，应当受到较严处理。

水泥国家标准还针对出厂水泥不均匀规定了，试验与留样、编号与取样、仲裁等条款。同时为了在水泥保管、发运、使用时方便而规定了包装与标志和运输与保管。

## 二、世界各国水泥标准简介

由于水泥品种繁多，硅酸盐水泥一大类中就有几十个品种。因此，世界各国通常根据各自国民经济发展的需要和各国具体条件，制定本国的标准。1948年，水泥技术统计协会曾经对全世界34个国家水泥标准的特点以列表的形式发表了第一个出版物。随着科学技术的发展，水泥标准也迅速发展，至1980年有自己标准的国家已增至68个。国家标准化组织(ISO)TC74委员会于1964年曾推荐“水泥塑性胶砂抗压和抗折强度试验法”(R679)草案，企求统一水泥某些品质标准和技术要求。但由于各国意见分歧，最后宣布于1980年1月1日起无效。

各国的水泥标准近几年大都进行了修改。如美国C150，C595最近年份已是1983年，英国BS12—1978在1983年也作部份修改，法国、日本、联邦德国、苏联等国也已进行修订或部分修改。这些修改中一个比较明显的特点是放宽水泥中掺用混合材料的限制。如美国的混合水泥标准C595—76中只规定有掺15~25%以上混合材料的混合水泥，而C593—83中就增加了掺15~25%以下混合材料的混合水泥品种。又如法国标准NFP—301—1981增加了矿渣粉煤灰水泥(C·L·C)，这种水泥中含有25~60%的熟料，20~45%的矿渣，20~45%粉煤灰，3%的填充料，等等。然而这些国家的水泥物理试验方法大都没有什么变动，即使年份改了，内容基本不变。下面把世界上六个主要国家的水泥标准情况简介如下。

### (一)各国标准水泥组成规定的情况

#### 1. 波特兰水泥

波特兰水泥的原义，是指由波特兰水泥熟料加入适量的调凝剂磨细制成的水硬性水泥。但近来所指的范围有所扩大，把一些掺有混合材料的水泥也包括在内。

(1)美国ASTM C150—83中，五类波特兰水泥，除允许加“功能外加物”或“工艺外加物”和加气型水泥中掺加气剂外，其它任何混合材料都不加。

(2)英国BS12—1978中，规定波特兰水泥除水和石膏调凝剂外不得加任何外加物，但是1983年它发表了一份修改公告，允许在波特兰水泥中掺加助磨剂，其数量不大于0.1%。

(3) 联邦德国 DIN 1164—1978 中, 允许在波特兰水泥中掺加不超过 5% 的混合材和制造水泥的基础材料, 铁波特兰水泥中掺加 6~35% 的矿渣, 并允许外加 1% 助磨剂。

(4) 日本 JIS—R 5210—1979 中, 允许在波特兰水泥中掺加不超过 5% 的矿渣、火山灰、粉煤灰、石灰石等, 并允许外加 1% 助磨剂。

(5) 法国 NF P 301—1981 中, 把波特兰水泥分为两种。

第一种仍称为波特兰水泥 (CPA) 允许在这种水泥中掺加 3% 的充填料, 如石灰石、石渣等。

第二种为掺有混合材料波特兰水泥 (CPJ) 允许掺加不超过 35% 混合材料。混合材料包括矿渣、火山灰、粉煤灰、褐煤灰、石灰石等, 而且允许一种或几种同时存在, 并不限制它们之间的比例。

(6) 苏联 ГОСТ 10178—76 和 ГОСТ 23464—79 中, 也把波特兰水泥分为两种。

第一种为波特兰水泥, 除调凝石膏外只允许掺 1% 的助磨剂, 在用户同意下可以加入不超过 0.3% 的表面活性物质。

第二种为掺有混合材料的波特兰水泥, 其中高炉矿渣和电炉磷渣不超过 20%, 沉积生成的活性混合材为 10%, 其它活性混合材为 15%。快硬波特兰水泥就是这种掺有混合材料的、具有较高 3 天强度的波特兰水泥。

## 2. 矿渣水泥

矿渣水泥的定义差别较大, 一些国家的矿渣水泥对另一些国家来说实际上属于波特兰水泥。它们的规定大致如下:

(1) 美国 ASTM—C 595—83 中, 把矿渣水泥分为两种。

第一种是矿渣改性波特兰水泥, 矿渣的掺量不超过 25%, 这一品种是 1982 年新增加的。

第二种是波特兰高炉矿渣水泥, 其中矿渣的掺加量在 25~70% 范围以内。

同波特兰水泥一样, 除调凝剂和加气剂外可以在水泥生产时掺加“功能外加物”或“工艺外加物”。

(2) 英国 BS 146—1973 (1978 年已修订) 中, 第二部分规定, 矿渣的掺加量最大不超过 65%, 在粉磨过程中不得加入任何外加物。

(3) 联邦德国 DIN 1164—1978 中, 规定高炉水泥中矿渣的掺加量为 36~80%, 另外可以掺加其它矿物材料 5%, 它们是矿渣、火山灰、粉煤灰、制造水泥的原材料等。还可以掺入 1% 的助磨剂。

(4) 日本 JIS R 5211—1979 中, 把矿渣水泥分为三类。各类矿渣掺量如下:

A 类 5~30%

B 类 30~60%

C 类 60~70%

标准中除矿渣外, 允许掺入不超过水泥质量 1% 的助磨剂。

(5) 法国 NF—P 15—301—1981 中, 把矿渣水泥分为三种。

第一种: 称为高炉水泥 (C·H·F), 掺有 40~75% 的矿渣。

第二种: 称为矿渣粉煤灰水泥 (C·L·C), 这种水泥里含有 25~60% 的熟料, 20~45% 的粉煤灰, 20~44% 的矿渣。矿渣和粉煤灰的比例在上述规定之内由厂家自由选择。

第三种：熟料矿渣水泥(C·L·K)，这种水泥含有 $\geq 80\%$ 的矿渣，其余的是熟料。

所有上述三种水泥都允许外加3%的填充料。

(6) 苏联ГОСТ10178—76和ГОСТ23464—79矿渣波特兰水泥中允许掺加21~60%的粒化高炉矿渣和电炉磷矿渣，并允许用其它活性矿物及混合材料来代替其中的部分矿渣，代替的数量不大于水泥质量的10%，另外也允许外加1%的助磨剂。

该标准中还根据早期强度不同分为两种：一种是矿渣波特兰水泥，一种是快硬矿渣波特兰水泥。

从以上六个国家的矿渣水泥标准来看，在分类和掺入其它外加物的规定方面差别较大。我国的矿渣水泥标准与联邦德国、苏联、法国类似。

### (二) 各国标准中对调凝剂的规定

#### 1. 美国

水或硫酸钙包括 $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ， $\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$ 及它们的衍生物，或水和硫酸钙两者。对它们的要求，只要水泥中 $\text{SO}_3$ 和烧失量不超过标准规定即可。

#### 2. 英国

水、石膏、无水石膏或其它硫酸钙衍生物，或这些物质的任何化合物，加入量只要水泥中的 $\text{SO}_3$ 和烧失量不超过标准规定的要求。

#### 3. 联邦德国

二水石膏或(和)无水石膏。

#### 4. 日本

天然石膏( $\text{SO}_3 \geq 30\%$ 或 $\geq 25\%$ )或其它石膏。

#### 5. 法国

二水石膏、无水石膏。

#### 6. 苏联

以二水石膏为主要组成的天然石膏，其中石膏的含量应在70%以上，也允许加磷石膏和硼石膏。

### (三) 龄期设置和早期强度增进率的规定

1. 波特兰水泥相当于中国的硅酸盐水泥和普通水泥等，如表1-3所示。

龄期设置和早期强度增进率

表 1-3

国 家	水泥类型	龄期(天)	$\frac{\text{早期抗压强度}}{\text{后期抗压强度}} \times 100\%$	备 注
美 国	I II类	3, 7	64	II类类似于中国的纯大坝水泥
	III类	1, 3	51	相当于中国快硬硅酸盐水泥
	N类	7, 28	40	低热水泥
	V类	3, 7, 28	40(3~28天)	高抗硫酸盐水泥
国	I(SM)	3, 7, 28	51(3~28天)	相当于中国普通水泥
	I(PM)	3, 7, 28	51(3~28天)	相当于中国普通水泥



续表1-3

国家	水泥类型	龄期(天)	$\frac{\text{早期抗压强度}}{\text{后期抗压强度}} \times 100\%$	备注
英国		3, 28	56	
联邦德国	低标号	7, 28	51	Z 35L和Z
	高标号	2, 28	55	Z 35F、Z 45、Z 55
日本	普通	3, 7, 28	23(3~28天)	各种常用水泥, 包括矿渣、飞灰、火山灰水泥都相同
法国	低标号	7, 28	64	250、325标号(常用水泥同)
	高标号	2, 28	40	400、500标号(常用水泥同)
苏联		28		
中国 (标准草案)	波特兰水泥(硅酸盐水泥)	3, 28	42~46	
	低标号	7, 28	58	225、275、325标号
	高标号	3, 28	38~43	425、525、625标号

2. 矿渣水泥 如表1-4。

龄期设置和早期强度增进率

表1-4

国家	水泥类型	龄期(天)	$\frac{\text{早期抗压强度}}{\text{后期抗压强度}} \times 100\%$	备注
美国	1S	3, 7, 28	51(3~28天) 30(7~28天)	
英国		3, 7, 28	44(3~28天)	
联邦德国	低标号	7, 28	40~51	Z 35L和Z
	高标号	2, 28	28~55	Z 35F、Z 45、Z 55
日本		3, 7, 28	18~23	
法国	低标号	7, 28	64	250、325标号
	高标号	2, 28	40	400、500标号
苏联		28		
中国 (标准草案)	低标号	7, 28	46~49	225、275、325标号
	高标号	3, 28	35~38	425、525标号

我国强度试验方法所得的结果与联邦德国、法国、苏联和英国的基本接近, 从表1-3、表1-4可以看出, 我国硅酸盐水泥和普通水泥中高标号的早期强度指标比英国、联邦德国、法国和美国都低。