

JIANMING SHUINI SHENGCHAN LIHUA ZHISHI

简明

水泥生产理化知识

邵春山 编著

简明水泥生产理化知识

邵 春 山 编著

江苏工业学院图书馆
藏书章

河南科学技术出版社

· 郑 州 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

简明水泥生产理化知识/邵春山编著. —郑州: 河南科学技术出版社, 2008. 3
ISBN 978 - 7 - 5349 - 3861 - 0

I. 简… II. 邵… III. 水泥 - 化工过程: 物理化学过程 IV. TQ172. 6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 007969 号

出版发行: 河南科学技术出版社

地址: 郑州市经五路 66 号 邮编: 450002

电话: (0371) 65737028 65788613

网址: www.hnstp.cn

责任编辑: 申卫娟

责任校对: 丁秀荣 崔春娟

封面设计: 周睿君

版式设计: 栾亚平

印刷: 河南第二新华印刷厂

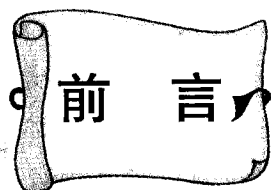
经销: 全国新华书店

幅面尺寸: 185 mm × 260 mm 印张: 18.5 字数: 286 千字

版次: 2008 年 3 月第 1 版 2008 年 3 月第 1 次印刷

定价: 58.00 元

如发现印、装质量问题, 影响阅读, 请与出版社联系。



新世纪以来，随着国家产业政策和环保政策的贯彻、落实，我国水泥工业出现了前所未有的变化：先进的新型干法水泥生产线大量涌现；原料、半成品和成品的均化技术、水泥高细粉磨和预粉磨技术、质量快速检测与仪器分析技术、计算机配合应用技术等，使水泥生产全过程具有了优质、高效、低耗、环保和大型化、自动化的特征；各种水泥的质量标准、性能检测标准和仪器设备标准陆续修订或制订，使水泥生产逐步实现标准化和规范化；不符合国家产业政策的水泥落后工艺、高耗能、污染环境、浪费资源的情况随之加速淘汰和禁止投资建设。

根据以上情况和水泥工业发展与改革的需要，为与时俱进，特编著了本书——《简明水泥生产理化知识》。

全书分为3篇16章70余节。三篇内容分别是：水泥生产工艺要求、水泥理化检验方法、水泥理化知识题解。对水泥生产的工艺、技术、标准、法规、品质等进行了浅析与解读；对必备生产设备和检测仪器、检测方法及有关科研成果做了相应介绍；遴选了基本涵盖本书内容的858道题。紧接每道题后附有参考答案，以便读者自学和考前复习。

关于本书的几点说明：

1. 本书在编著过程中，引用了已有的国家标准和行业标准、法规等，但都是取其要点，并非原文，请读者在工作和学习中注意。如果需要，读者可按书中提供的有关标准代号及信息查阅原文。

2. 在第二篇水泥理化检验方法中，除少数外，没有讲述方法原理和注意事项，仅有个别注释。有关方法原理和注意事项在第三篇中以试题解答方式有所表述。这样可使第二篇内容简明，且不与第三篇重复。



3. 为了便于阅读，本书按篇、章、节顺序编排。但第九章生料快速化学全分析和第十一章铝酸盐水泥快速化学全分析，因为内容单一，故而章中没有分节。

4. 在有关公式计算中，均采用当前国际上常用的计量单位。如质量分数、体积分数、质量浓度、物质的量浓度……等。

本书可作为水泥企业职工技能培训教材，也可供水泥专业师生和科研人员参考。若能使读者开卷有益，将感到莫大欣慰。

限于本人学识水平，书中错误必属难免，尚望读者不吝赐教。

2008 年 1 月

目 录

第一篇 水泥生产工艺要求

第一章 水泥生产概述	(1)
第一节 水泥的过去、现在及未来	(1)
第二节 水泥的生产方法	(4)
第三节 水泥的定义与分类	(5)
第四节 通用硅酸盐水泥的定义与品质要求	(7)
第五节 硅酸盐水泥熟料的定义与品质要求	(11)
第六节 特性水泥的定义与品质要求	(12)
第七节 专用水泥的定义与品质要求	(19)
第八节 对水泥质量的总要求	(22)
第九节 少熟料水泥的研究情况	(25)
第十节 出厂水泥的管理	(29)
第二章 水泥原料和燃料	(33)
第一节 石灰质原料	(33)
第二节 黏土质原料	(35)
第三节 辅助原料	(36)
第四节 混合材料	(38)
第五节 燃料	(44)
第六节 城市垃圾的利用	(45)
第七节 外加剂	(47)
第三章 硅酸盐水泥熟料	(50)
第一节 熟料的化学成分	(50)
第二节 熟料的矿物组成	(52)



第三节	熟料的率值及有关计算	(54)
第四节	熟料矿物的形成	(57)
第五节	熟料的水化及水化产物	(59)
第四章	水泥生产设备和设施	(62)
第一节	原料处理	(62)
第二节	生料粉磨	(67)
第三节	熟料煅烧	(70)
第四节	水泥粉磨	(74)
第五节	水泥均化与配制	(78)
第六节	水泥包装与散装	(79)
第五章	水泥检测仪器和设备	(81)
第一节	物理检验设备	(81)
第二节	化学分析仪器	(89)
第三节	其他	(100)

第二篇 水泥理化检验方法

第六章	原材料中主控成分的测定	(103)
第一节	石灰石中钙、镁的测定	(103)
第二节	硅质原料中硅、铁、钛、铝的测定	(104)
第三节	铁粉中三氧化二铁的快速测定	(107)
第四节	石膏中三氧化硫的测定	(108)
第五节	萤石中氟化钙的测定	(108)
第六节	原材料中氯离子的测定	(109)
第七章	半成品中主控成分的快速测定	(112)
第一节	生料中氧化钙、三氧化二铁的快速测定	(112)
第二节	生料分解率的测定	(113)
第三节	生料易烧性试验方法	(114)
第四节	熟料中游离氧化钙的快速测定	(115)
第五节	出磨水泥中三氧化硫的测定	(116)
第八章	出厂水泥中主控成分的测定	(117)
第一节	三氧化硫的测定	(117)

第二节	氧化镁的测定	(118)
第三节	氧化镁、三氧化硫的联合快速测定	(118)
第四节	氯离子的测定	(119)
第五节	碱含量的测定	(119)
第六节	烧失量的测定	(121)
第七节	不溶物的测定	(121)
第九章	生料快速化学全分析	(123)
第十章	通用硅酸盐水泥快速化学全分析	(126)
第一节	化学全分析方法之一	(126)
第二节	化学全分析方法之二	(129)
第十一章	铝酸盐水泥化学全分析	(132)
第十二章	煤工业分析及化学分析	(139)
第一节	煤样基准的含义和焦渣特征的分类	(139)
第二节	煤工业分析	(140)
第三节	根据煤工业分析计算固定碳、发热量	(142)
第四节	煤灰的化学分析和煤中全硫的测定	(144)
第十三章	水泥物理性能检验	(145)
第一节	水泥细度的测定	(145)
第二节	水泥标准稠度用水量、凝结时间的检验	(147)
第三节	水泥安定性的检验	(149)
第四节	水泥胶砂强度的测定	(151)
第五节	水泥密度的测定	(155)
第六节	水泥比表面积的测定	(156)

第三篇 水泥理化知识题解

第十四章	化学基本概念与原理 (共 213 题)	(158)
第一节	物质及其变化 (64 题)	(158)
第二节	溶液及电解质溶液 (27 题)	(163)
第三节	非金属元素及其化合物 (44 题)	(165)
第四节	金属元素及其化合物 (24 题)	(171)
第五节	有机化合物 (54 题)	(176)



第十五章 化学试题解答（共 240 题）	(185)
第一节 填空题（60 题）	(185)
第二节 选择题（120 题）	(194)
第三节 问答与计算题（60 题）	(213)
第十六章 综合试题解答（共 405 题）	(228)
第一节 填空题（80 题）	(228)
第二节 判断题（80 题）	(235)
第三节 选择题（80 题）	(243)
第四节 改错题（80 题）	(254)
第五节 问答与计算题（85 题）	(263)
主要参考文献	(287)

第一篇 水泥生产工艺要求

第一章 水泥生产概述

第一节 水泥的过去、现在及未来

水泥是一种粉状水硬性胶凝材料，目前有 35 个标准 40 个品种近 110 个强度等级或类型，其中产量最大的是通用硅酸盐水泥。水泥广泛应用于工业、农业、水利、交通、国防、城乡建设等领域，是一种用量很大的建筑材料，在国民经济建设中占有重要地位。有学者预言，在未来百十年内，不可能出现某一新材料能够完全替代水泥的地位和作用。

关于水泥的制造，或者说用人工配料制造水泥熟料究竟始于何时，至今还没有确切定论。据文献记载，从 19 世纪 20 年代人们就已开始制造水泥。1824 年，英国人获得了制造波特兰水泥的专利，至今已有 180 多年的历史。我国称波特兰水泥为硅酸盐水泥。世界上，1889 年出现了采用回转窑生产水泥；1910 年开始实现机立窑生产水泥；1970 年出现了预分解技术——当今世界上最先进的水泥生产方法。

我国第一台普通立窑于 1876 年在河北唐山建成投产，当时叫启新洋灰公司。1906 年该公司从丹麦引进安装了第一台回转窑。1940 年在山西口泉镇建成一台年产水泥 3 万 t 的盘式机立窑。到 1949 年，全国仅有中小型水泥厂 38 家，只能生产普通水泥和矿渣水泥两个品种。总生产能力近 315 万 t，实际生产能力只有 66 万 t。



新中国成立后，我国水泥工业发展很快。1958 年，全国水泥年产量为 930 万 t，1983 年突破 1 亿 t。自 1997 年以来，我国水泥年产量一直超过 5 亿 t，约占世界水泥年产量的 1/3，连年居世界首位，并在不断增长。1976 年我国水泥熟料煅烧预分解技术在石岭试验成功，从而进入世界水泥生产技术最先进的国家行列。

到 20 世纪末，国内水泥市场一度出现了总量过剩、价格大幅度下滑、经济效益低下等诸多问题。总量失控、结构失衡成为制约水泥工业健康发展的突出矛盾。为此，国家及时提出了“控制总量，调整结构”、“上大改小”的政策：1998 ~ 1999 年，重点淘汰直径 2 m 以下的立窑，注销并收回 676 家水泥生产许可证；2000 年淘汰直径 2.2 m 以下机立窑。2000 年水泥总产量控制在 5.3 亿 t，其中回转窑水泥量提高到总量的 25% ~ 28%。

进入 21 世纪，我国水泥年产量依然逐年高速增长：

2001 ~ 2004 年，水泥产量分别达到 6.61 亿 t、7.25 亿 t、8.63 亿 t 和 9.70 亿 t，年平均增长率为 13.6%。

2004 年，预分解工艺水泥产量已占全国水泥总产量的 33%。可喜的是，在这一年内有 4 条日产水泥熟料 1 万 t 的现代化大型预分解生产线在安徽建成投产。

2005 年，我国水泥总产量突破 10 亿 t，新增预分解工艺熟料生产能力约 1 亿 t，预分解工艺水泥产量占总产量的 40%。

2006 年我国水泥产量达到 12.4 亿 t，占世界水泥总产量的 45%。重大装备国产化达到 95%。

进入 2007 年，新型干法水泥发展仍呈强劲势头。上半年水泥市场局部出现疲软，供大于求，这种现象与近几年水泥发展过快、过热不无关系。下半年有些省份随着淘汰机立窑的力度加大，无论是水泥还是熟料供应紧张，供不应求。

根据近几年的发展情况，预计到 2010 年，预分解水泥生产工艺将成为我国水泥生产工艺的主体，由该工艺生产的水泥将占全国水泥总产量的 75% 以上，中国的水泥年增长率将继续保持在 8% 左右。中国的水泥工业，是未来世界水泥工业的发动机。许多现代化的大型水泥企业将建成投产，许多新技术、新工艺、新装备也将在这些企业首先得到应用。

2010 年以前, 美国将继续扮演水泥领头羊的角色, 其次就是中国的崛起。印度水泥工业发展也很快。今后几年内, 全世界的水泥工业将经历全球性的重大兼并、重组与整合过程。首先是水泥生产集团之间的跨国兼并, 之后则是水泥与混凝土行业的重组与整合, 特大型的跨国集团将应运而生。这对中国的水泥集团及混凝土集团来说, 则是一个挑战和机遇。

预计 2020 年以前, 通过优势大企业的并购重组, 我国有可能形成数十家上千万吨、几家五千万吨以上生产规模的大型和特大型水泥企业。届时, 水泥生产集中度将极大提高, 市场秩序趋于有序, 国际竞争力进一步增强。

当前我国水泥工业还存在一些问题, 主要是: 日产万吨级水泥熟料生产线的关键装备仍然依靠进口, 其他设备的性能和质量也比先进水平差; 大量落后生产能力 (60%) 的存在, 是我国水泥行业向现代化迈进的主要障碍; 我国水泥企业的自动化、信息化和管理技术水平较低, 环保形象普遍差; 与世界先进水平比, 我国吨熟料能耗约高出 50%, 通用水泥强度等级以 32.5 为主, 差 1~2 个等级。

当今世界水泥工业的中心课题, 仍然是能源、资源和环境保护。今后, 我国水泥工业将以节能减排为中心, 在回转窑上鼓励发展 4 000 t/d 以上熟料预分解工艺水泥生产线, 但要防止发展过快、过热; 坚决淘汰高耗能的小型中空回转窑、落后的机立窑及不符合产业政策的小粉磨站; 不得新建日产 1 500 t 及以下熟料新型干法水泥生产线, 新建水泥粉磨站规模至少为年产 60 万 t; 严禁立窑等落后生产工艺新建、扩建和单纯以扩大产能为目的的技术改造项目; 要大力研究资源综合利用技术, 尽可能地多用低品位自然资源和人类现有的废弃物, 少用高品位的自然资源; 要大力推进清洁生产、安全生产。只有这样, 我国水泥工业才能走上良性循环的道路, 形成具有中国特色的水泥工业体系。

为了适应市场经济, 我国的水泥企业应该做到: 审时度势, 科学发展; 更新技术, 确保质量; 严格管理, 提高效益; 节能减排, 树立形象。从而使企业立于不败之地。



第二节 水泥的生产方法

1. 水泥的生产过程

水泥的生产过程大体分为三个阶段：一是把石灰石、黏土、铁粉等几种原料按适当比例配合，在磨机中磨成一定细度的生料，称为生料制备；二是把制得的生料送入窑内煅烧成以硅酸钙为主要成分的熟料，称为熟料煅烧；三是将熟料配以适量的石膏和混合材磨成细粉即得水泥，称为水泥粉磨。以上生料制备、熟料煅烧和水泥粉磨三个阶段可以简单地概括为“两磨一烧”。实际上，水泥的生产过程还有许多工序和中间环节，所谓“两磨一烧”不过是将主要工序和环节高度概括而已。

2. 水泥的生产方法

(1) 按生料的制备过程可分为湿法、干法和半干法。

①湿法：是在生料磨内加水将配合的各种原料磨成含 32% ~ 38% 水分的生料浆，再送入窑内煅烧。湿法生产具有生料成分易于控制，产品质量较高，料浆输送方便，操作简单等优点。但由于要蒸发多余的水分需消耗很多热量，其热耗要比干法生产高出 2 000 ~ 3 000 kJ/kg 熟料。当今，由于能源日益紧缺，国家的产业政策不允许再建湿法窑，湿法窑正逐步为新型干法窑（也称预分解窑）所取代。

②干法：干法制得的生料是粉状的，可以直接喂入回转窑内煅烧成熟料，再粉磨制成水泥。立筒预热、旋风预热以及现代先进的预分解窑，熟料热耗仅为 3 000 ~ 3 500 kJ/kg，单机产量高。原始的中空回转窑已被淘汰。先进的新型干法生产工艺是当代水泥工业的主流，是水泥工业节能挖潜的主要方向，有着广阔的发展前景。

③半干法：其特点介于干法和湿法生产之间，它是将干生料加水成球（水分 13% 左右）后入窑煅烧。可以用立波尔窑或机立窑煅烧。主要优点是单机产量较高而热耗较低。尽管如此，其仍然要受到限制或淘汰，因为它与新型干法相比差距很大。

(2) 按煅烧熟料的窑炉划分为回转窑和机立窑。

①回转窑：前已述及，有干法、湿法和半干法之分。世界上最大的湿

法回转窑在美国,规格为 $\varnothing 6.4\text{ m} \times 232\text{ m}$,台时产量为150 t,日产3 600 t熟料;世界上最大的立波尔窑在日本,规格为 $\varnothing 5.3\text{ m} \times 100\text{ m}$,台时产量达117 t熟料;带窑外分解炉和预热器的回转窑,如我国的冀东、宁国等水泥厂,规格为 $\varnothing 4.7\text{ m} \times 74\text{ m}$,台时产量达167 t,日产熟料4 000 t。

②机立窑:20世纪70年代,发达工业国家的立窑大部分被淘汰,而在我国却得到了迅速发展,全国有多达7 000余条生产线。现在仍有许多 $\varnothing (2.5 \sim 3.0)\text{ m} \times 10\text{ m}$ 规格的机立窑在生产。近年还出现了直径在4 m左右的高产短粗机立窑。可以说,机立窑在我国功不可没。当前,在机立窑多数遭到关闭、淘汰的情况下,仍被认为:其技术虽不算先进,但它是适合我国国情的实用技术。

机立窑有许多优点:投资少,建厂快;传热效率高,热耗较低;原料来源广泛,可以充分利用工业废料等。其缺点是生产规模小、劳动生产率低、熟料质量不够稳定、环境污染严重等,这也迫使它尽快完成历史使命。

机立窑生产工艺可分为白生料、半黑生料和全黑生料等。在生产上用得最多的是半黑生料和全黑生料。

白生料工艺是煅烧所用的煤不与生料共同粉磨,全部在成球前经配煤系统按比例与生料配合,混合成球后入窑煅烧。半黑生料工艺是将煅烧需要的煤,一部分与原料一起入磨制成半黑生料,另一部分在成球时配入,然后入窑煅烧。全黑生料是将煅烧用煤全部与原料一起入磨,使煤粉均匀地分布在生料中入窑煅烧。

总之,回转窑和机立窑各有特点,均能烧出高质量的水泥熟料。但是,新型干法水泥生产工艺将最终取代其他各种窑型水泥生产工艺,这是无可争议的定局。

第三节 水泥的定义与分类

水泥是一种加水拌和成塑性浆体,能胶结砂、石等适当材料并能在空气和水中硬化的粉状水硬性胶凝材料。目前水泥品种多达几十种,不同品种的水泥具有各自的建筑性能,但它们具有共同的特点,即水硬性;良好



的黏结性和可塑性；凝结硬化后有很高的抗压、抗折强度；能和钢筋等配合制成混凝土构件或其他混凝土制品。因此，水泥是基本建设中不可缺少的主要建筑材料。

1. 我国标准按用途和性能将水泥分为三类

(1) 通用水泥：指用于一般土木建筑工程的水泥。这类水泥实际上是硅酸盐水泥及其派生的品种，掺各种混合材料的水泥。使用量大面广的是硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥、矿渣硅酸盐水泥、粉煤灰硅酸盐水泥、火山灰质硅酸盐水泥和复合硅酸盐水泥。

(2) 特性水泥：指某些性能比较突出的水泥。这类水泥能满足不同的工程要求。如水化热低的中热硅酸盐水泥和低热矿渣（粉煤灰）硅酸盐水泥，早期强度较高的快硬硅酸盐水泥和硫铝酸盐水泥，耐高温的铝酸盐水泥，适于装饰的白色硅酸盐水泥，适于路面工程的道路硅酸盐水泥，用于补偿收缩的膨胀水泥，等等。这些水泥的使用面比通用水泥窄。

(3) 专用水泥：指具有专门用途的水泥。如专用于固油、气井工程的油井水泥，专用于铸造行业的型砂水泥等。

2. 水泥按其主要水硬性物质名称分为六类

(1) 硅酸盐水泥（国际上通称的波特兰水泥）。

(2) 铝酸盐水泥。

(3) 硫铝酸盐水泥。

(4) 氟铝酸盐水泥。

(5) 铁铝酸盐水泥。

(6) 以火山灰性或潜在水硬性材料以及其他活性材料为主要成分的水泥。

3. 水泥按需要在命名中标明的主要技术特性分为五类

(1) 快硬性：分为快硬、特快硬两类。

(2) 水化热：分为中热、低热两类。

(3) 抗硫酸盐腐蚀性：分为中抗、高抗硫酸盐腐蚀两类。

(4) 耐高温性：铝酸盐水泥的耐高温性以水泥中氧化铝含量分级。

(5) 膨胀性：分为膨胀、自应力水泥。

第四节 通用硅酸盐水泥的定义与品质要求

GB 175—2007《通用硅酸盐水泥》国家标准 2007 年 11 月 9 日发布, 2008 年 6 月 1 日实施。代替 GB 175—1999《硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥》、GB 1344—1999《矿渣硅酸盐水泥、火山灰质硅酸盐水泥及粉煤灰硅酸盐水泥》和 GB 12958—1999《复合硅酸盐水泥》三个标准。现将 GB 175—2007《通用硅酸盐水泥》有关内容介绍如下。

1. 通用硅酸盐水泥的定义、组分

以硅酸盐水泥熟料和适量的石膏及规定的混合材料制成的水硬性胶凝材料, 称为通用硅酸盐水泥。

通用硅酸盐水泥包括硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥、矿渣硅酸盐水泥、粉煤灰硅酸盐水泥、火山灰质硅酸盐水泥和复合硅酸盐水泥。

通用硅酸盐水泥所用的硅酸盐水泥熟料由主要含氧化钙、氧化硅、氧化铝、氧化铁的原料, 按适当比例磨成细粉烧至部分熔融所得以硅酸钙为主要矿物成分的水硬性胶凝物质。其中硅酸钙含量不小于 66%, 氧化钙和氧化硅的质量比不小于 2.0。

天然石膏: 应符合 GB/T 5483 中规定的 G 类或 M 类二级 (含) 以上的石膏或混合石膏。

通用硅酸盐水泥中掺加的混合材料是粒化高炉矿渣 (或粉)、粉煤灰、火山灰质混合材料、石灰石 (Al_2O_3 不大于 2.5%) 和砂岩。

水泥粉磨时, 允许加入不大于水泥质量 0.5% 的助磨剂。助磨剂应符合 JC/T 667 的规定。

(1) 硅酸盐水泥:

①由 100% 硅酸盐水泥熟料 (含石膏) 磨细制成的水泥, 代号 P. I。

②由 $\geq 95\%$ 的硅酸盐水泥熟料 (含石膏) 和 $\leq 5\%$ 粒化高炉矿渣或石灰石磨细制成的水泥, 代号 P. II。

(2) 普通硅酸盐水泥: 由 $\geq 80\%$ 且 $< 95\%$ 的硅酸盐水泥熟料 (含石膏) 和 $> 5\%$ 且 $\leq 20\%$ 混合材料磨细制成的水泥, 代号 P. O。混合材料允许用不超过水泥质量 8% 的非活性混合材料或不超过水泥质量 5% 的窑灰



代替。

(3) 矿渣硅酸盐水泥:

①由 $\geq 50\%$ 且 $< 80\%$ 的硅酸盐水泥熟料(含石膏)和 $> 20\%$ 且 $\leq 50\%$ 粒化高炉矿渣磨细制成的水泥,代号 P. S. A。

②由 $\geq 30\%$ 且 $< 50\%$ 的硅酸盐水泥熟料(含石膏)和 $> 50\%$ 且 $\leq 70\%$ 粒化高炉矿渣磨细制成的水泥,代号 P. S. B。

矿渣硅酸盐水泥中粒化高炉矿渣允许用石灰石、窑灰、粉煤灰和火山灰质混合材料中的任一种材料代替,代替数量不得超过水泥质量的 8% 。

(4) 火山灰质硅酸盐水泥:由 $\geq 60\%$ 且 $< 80\%$ 的硅酸盐水泥熟料(含石膏)和 $> 20\%$ 且 $\leq 40\%$ 的火山灰质混合材料磨细制成的水泥,代号 P. P。

(5) 粉煤灰硅酸盐水泥:由 $\geq 60\%$ 且 $< 80\%$ 的硅酸盐水泥熟料(含石膏)和 $> 20\%$ 且 $\leq 40\%$ 的粉煤灰磨细制成的水泥,代号 P. F。

(6) 复合硅酸盐水泥:由 $\geq 50\%$ 且 $< 80\%$ 的硅酸盐水泥熟料(含石膏)和 $> 20\%$ 且 $\leq 50\%$ 的两种或两种以上规定的混合材料磨细制成的水泥,代号 P. C。水泥中的混合材料允许用不超过水泥质量 8% 的窑灰代替;掺矿渣时混合材料掺量不得与矿渣硅酸盐水泥重复。

2. 化学指标

(1) 不溶物: P. I $\leq 0.75\%$; P. II $\leq 1.50\%$ 。

(2) 烧失量: P. I $\leq 3.0\%$ 、P. II $\leq 3.5\%$; P. O $\leq 5.0\%$ 。

(3) 三氧化硫: P. I、P. II、P. O、P. P、P. F、P. C $\leq 3.5\%$; P. S. A、P. S. B $\leq 4.0\%$ 。

(4) 氧化镁: P. I、P. II、P. O $\leq 5.0\%$, 如果压蒸安定性试验合格,则水泥中氧化镁含量允许放宽到 6.0% 。P. S. A、P. P、P. F、P. C $\leq 6.0\%$, 如果水泥中氧化镁含量 $> 6.0\%$ 时,需进行水泥压蒸安定性试验并合格。P. S. B 不作规定。

(5) 氯离子: $\leq 0.06\%$ 。当有更低要求时,该指标由买卖双方协商确定。

3. 选择性指标

(1) 碱含量:水泥中碱含量以 $\text{Na}_2\text{O} + 0.658\text{K}_2\text{O}$ 的计算值表示。若使用活性骨料,用户要求提供低碱水泥时,碱含量应不大于 0.60% 或由供