

特种水泥

洪 平 编著



中国建材工业出版社

能介容

特种水泥

洪平 编著

高第（11）巨製出版

中国建材工业出版社

(京)新登字177号

内容介绍

本书系统地介绍了快硬高强、膨胀、水工、油井、装饰、耐高温等七个系列共50多个品种的特种水泥的生产工艺技术和应用方法。其中以生产量大、技术比较成熟的白水泥、彩色水泥和道路水泥三个品种作为重点内容,并在最后一章介绍了用于水泥和混凝土中的外加剂。全书内容充实、图文并茂,既有一定的理论基础,更注重于实际应用,具有较强的可读性。

本适合于水泥工厂专业技术人员阅读,也可作为建筑设计与施工技术人员以及相关专业的中专学生的参考资料。

图书在版编目(CIP)数据

特种水泥/洪平编著. -北京:中国建材工业出版社, 1998. 3

(新编水泥技术丛书)

ISBN7-80090-550-0

I. 特… II. 洪… III. 水泥, 特种-生产工艺 IV. TQ172.7

中国版本图书馆CIP数据核字(96)第17048号

特 种 水 泥

洪 平 编著

中国建材工业出版社出版

(北京海淀区三里河路11号)

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

湖南省衡阳市印刷厂印刷

开本:787×1092毫米 1/32 印张:20 字数:460千字

1998年3月第1版 1998年3月第1次印刷

印数:1~3000册 定价:32.00元

前 言

我国的水泥产量从1985年起连续12年位居世界第一。水泥产量的增加不仅满足了国内旺盛的建筑市场对水泥的需求，而且正以充满着竞争力的勃勃生机阔步迈入了国际市场。与此同时，作为水泥的一个分支——特种水泥也得到了飞速的发展。新中国成立后，我国建立了各种类型的建筑材料研究机构，开始系统地进行水泥科学理论的研究。几十年来，我国对水泥品种的研究已经取得了累累硕果，不少项目在国际上处于领先水平。但毋庸讳言，我国特种水泥目前的生产与应用技术水平与国外先进水平相比，仍有较大的差距。

按照国家建材局“九五”规划中制定的产业政策，特种水泥应当作为水泥产品调整结构的一个方向，目前对其的研究与发展正是方兴未艾。然而，美中不足的是，至今对特种水泥生产与应用技术进行整体叙述的技术书籍并不多见。即使有所报道，往往也是见诸于各种专业技术期刊，或者是关于某个品种的单行本。很难说这种技术传播状况已经满足了特种水泥生产与应用技术人员的需要。

1994年3月，湖南省建材局丁美荣高级工程师向我提出了编写本书的设想，并为我提供了大量的宝贵资料。之后我们多次联系与讨论，才确定了这本书现在的结构。可以说，如果没有他的支持，这本书也许没有这么快就面世了。

编写本书的目的是为了将国内外特种水泥理论研究领域及其生产应用技术方面所取得的成果介绍给读者，并试图把生产和应用两个领域联系起来，以便于促进我国特种水泥生产的更快发展。

这一目的的实现，其中借助了大量的文献资料。作者虽然并不想把本书变成资料专辑，但在编写过程中还是引用了部分原文。有些难以逐一注明出处，在此对原作者谨致歉意。

江西萍乡水泥厂张骐工程师曾对本书的第四章做了许多前期工作，在此向他致谢。

全书由陈政元主审。中国建筑材料科学研究院卢文谟教授审阅了部分内容，并提出了宝贵的修改意见，在此一并致谢。

尽管我已经尽力减少错误，但局限于自身的学识水平和工作经历，书中肯定有许多不妥之处，恳请读者批评指正。

最后，我向对本书的编写和出版提供过热情帮助的单位和个人表示衷心的感谢。

洪 平

1997年5月10日

目 录

第一章 绪论	(1)
1.1 特种水泥在国民经济中的作用	(1)
1.2 特种水泥的分类	(3)
1.3 我国特种水泥的生产与应用现状	(7)
1.4 特种水泥的发展方向	(14)
第二章 白水泥	(19)
2.1 白水泥的定义及分类	(20)
2.2 白水泥的生产标准	(21)
2.3 白水泥生产工艺过程	(28)
2.4 白水泥生产用原料	(30)
2.5 白水泥生料的制备	(37)
2.6 白水泥熟料的煅烧	(86)
2.7 白水泥熟料的漂白	(147)
2.8 白水泥的粉磨	(178)
2.9 其他品种白水泥简介	(229)
2.10 白水泥的应用	(241)
第三章 彩色水泥	(245)
3.1 概述	(245)

3.2	彩色水泥的颜色及其着色	(268)
3.3	混色法生产彩色水泥	(295)
3.4	直接煅烧法生产彩色水泥	(315)
3.5	彩色水泥的应用	(335)
第四章	道路水泥	(338)
4.1	概述	(338)
4.2	道路水泥生产标准	(340)
4.3	道路水泥熟料矿物及其组成	(345)
4.4	道路水泥生产工艺过程与方法	(365)
4.5	道路水泥性能	(391)
第五章	快硬高强水泥	(400)
5.1	概述	(400)
5.2	快硬硅酸盐水泥	(403)
5.3	高铝水泥	(416)
5.4	快硬高强铝酸盐水泥	(433)
5.5	快硬硫铝酸盐水泥	(437)
5.6	快硬铁铝酸盐水泥	(445)
5.7	型砂水泥	(447)
5.8	快凝快硬硅酸盐水泥	(455)
5.9	快凝快硬氟铝酸钙水泥	(461)
5.10	特快硬调凝铝酸盐水泥	(464)
第六章	水工水泥	(469)
6.1	概述	(469)
6.2	低热水泥和中热水泥	(471)

6.3	抗硫酸盐水泥和高抗硫酸盐水泥	(477)
6.4	低热微膨胀水泥	(487)
6.5	灌浆水泥	(492)
第七章	膨胀水泥	(493)
7.1	概述	(493)
7.2	膨胀水泥与混凝土的几个基本概念	(495)
7.3	膨胀水泥的分类	(504)
7.4	快硬不收缩硅酸盐水泥	(507)
7.5	明矾石膨胀水泥	(516)
7.6	硅酸盐膨胀水泥和自应力水泥	(521)
7.7	铝酸盐自应力水泥	(523)
7.8	硫铝酸盐膨胀水泥和自应力水泥	(527)
7.9	铁铝酸盐膨胀水泥和自应力水泥	(530)
第八章	油井水泥	(533)
8.1	概述	(533)
8.2	国内外标准简介	(538)
8.3	A 级油井水泥	(545)
8.4	G 级油井水泥	(551)
8.5	其它级别的油井水泥	(564)
8.6	特种油井水泥	(573)
8.7	油井水泥的应用	(582)
第九章	其它品种水泥	(587)
9.1	耐高温水泥	(587)
9.2	氯氧镁水泥	(591)

9.3 砌筑水泥	(608)
第十章 水泥和混凝土的外加剂	(610)
10.1 概述	(610)
10.2 水泥外加剂	(612)
10.3 混凝土外加剂	(625)
10.4 水泥与混凝土外加剂的研究与发展方向	(643)
参考文献	(646)

第一章 绪 论

1.1 特种水泥在国民经济中的作用

从18世纪20年代发明水泥到今天,已有170多年的历史。随着工程建设的不断发展,水泥制造工艺的不断革新,水泥成为不可缺少的主要建筑材料。

我国大量生产的传统的硅酸盐水泥,到1996年,已达到年产量 $4.5 \times 10^8 \text{t}$,从数量方面看,从1985年起一直位于世界第一。这些通用水泥虽能广泛地适用于建筑工程和制作多种水泥制品,但不可能完全满足各种现代化建设工程和施工新工艺的不同技术要求,某些特种工程就必须采用某种特种水泥来保证建设。油田里的油井,离开了油井水泥就不能开采石油,而且处于不同自然条件下的油井,还需要不同品种的油井水泥。我国石油工业的飞速发展,促进了油井水泥研究工作及时有效地进行。建国以来,各种温度系列的油井水泥先后研制成功并投入生产。适用于不同深度油井的固井工程,满足了石油固井方面的各项技术要求,为适应我国石油工业的发展而作出了贡献。

国防和民用的紧急抢建抢修工程需要不同性能的快硬高强水泥、特快硬水泥、快凝快硬水泥等。我国首先研制成功了普通快硬水泥,它的标号以3d抗压强度来决定。还利用回转窑生产线,研制成功高铝水泥及特快硬高铝水泥,它们的标号以3d

和 12h 抗压强度来决定。近年又研制成功双快抢修水泥、双快型砂水泥以及 800 号、1000 号高强水泥。这些水泥的出现，在战时及和平建设时期均发挥了应有的作用。

改革开放以来，我国的工农业飞速发展，人民生活水平显著提高。在房屋建设中，建筑装饰、造型和饰面技术发展迅速，需要用强度高、水硬性好的白水泥和彩色水泥，以便调成不同颜色来装饰建筑工程，使建筑物的造型、色彩和纹理美观而且经久耐用，起到美化市容、美化生活的作用。

特种水泥的开发工作，除了满足工程的特种需求外，还必须因地制宜，因原燃料制宜，力求企业有着良好的经济效益和社会效益。我国地大物博，有的地区蕴藏有色杂质含量低的优质石灰石、粘土和燃料，对生产白水泥极为有利；有的地区优质矾土储量大，可以生产高铝水泥、耐火水泥和膨胀水泥等；有些地方有低品位矾土和石膏资源，可以生产硫铝酸盐水泥；有铁矾土的，可以生产铁铝酸盐水泥；有明矾石的，可以生产明矾石膨胀水泥，等等。特种水泥的生产，只有发挥工厂所在地区的原燃料的优势，合理利用资源，才能保证本企业有良好的经济效益。

对中小型水泥厂来说，生产特种水泥可以提高经济效益。因为利用中、小型回转窑生产通用水泥时，由于热耗较高，经济效益往往很差，但若转产适当的特种水泥，由于有的特种水泥是低能耗的水泥，加之售价较高，经济效益比较显著。

我国已经先后研制成功并投入生产的水泥品种有 60 余种，已成为世界上水泥品种较多的国家之一。这些水泥品种基本上满足了目前国防建设和国民经济建设各方面的需要。在使用范围上，也从建筑工程部门把它单纯地用作建筑材料，扩大成为

石油、冶金、化工、机械、交通运输等部门具有特种用途的新型材料。随着国民经济的发展，相信会有越来越多的各种优质特种水泥问世。

1.2 特种水泥的分类

国内外对水泥特别是特种水泥的分类方法尚未统一。我国 GB4131-84 标准将水泥分为通用水泥、专用水泥和特性水泥三大部分。前者包括硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥、矿渣硅酸盐水泥、火山灰硅酸盐水泥、粉煤灰硅酸盐水泥和复合硅酸盐水泥 6 个品种。专用水泥和特性水泥是指具有某种专门用途和某种性能比较突出的水泥。由于这两类水泥之间难以确切界定，因此将它们合称为特种水泥。特种水泥的分类比较复杂，大致有三种分类方法。一是以水泥主要矿物所属体系进行分类。迄今，所有特种水泥均可归入硅酸盐、铝酸盐、硫铝酸盐、铁铝酸盐、氟铝酸盐和其它等六个体系。二是按水泥功能进行分类，如快硬早强水泥、耐高温水泥、低水化热水泥等。但按这种方法分类还有一定的困难，有些特种水泥，如油井水泥，很难用单一的功能予以命名。三是按水泥用途进行分类，如油井水泥、装饰水泥等。这种分类方法存在的问题更多，因为许多特种水泥，如快硬早强水泥、膨胀自应力水泥等，用途非常广泛，难以以单一的特殊用途命名。为此，我国通常将第二种和第三种方法结合在一起进行分类。这样，特种水泥按其功能和用途主要可分为快硬早强水泥、低水化热水泥、膨胀和自应力水泥、油井水泥、耐高温水泥、装饰水泥和其它水泥等七大类。表 1-1 为我国对特种水泥按上述原则进行分类的情况。

表 1-1 我国特种水泥分类

体系 类别	硅 酸 盐	铝 酸 盐	氟 铝 酸 盐	硫 铝 酸 盐	铁 铝 酸 盐	其 它
快 硬 高 强 水 泥	快硬硅酸盐水泥	高 铝 水 泥	型 砂 水 泥	快硬氟铝酸盐水泥	快硬铁铝酸盐水泥	
		快硬高强铝酸盐水泥	抢 修 水 泥			
		特快硬调凝铝酸盐水泥	快凝快硬氟铝酸盐水泥			
膨 胀 自 应 力 水 泥	硅酸盐膨胀水泥	铝酸盐膨胀水泥		硫铝酸盐膨胀水泥	铁铝酸盐膨胀水泥	含 CaO 膨胀剂硅酸盐水泥
	无收缩快硬硅酸盐水泥					含铁膨胀剂硅酸盐水泥
	明矾石膨胀硅酸盐水泥					
	自应力硅酸盐水泥	自应力铝酸盐水泥		自应力硫铝酸盐水泥	自应力铁铝酸盐水泥	

续表 1-1

体系 类别	硅 酸 盐	铝 酸 盐	氟 铝 酸 盐	硫 铝 酸 盐	铁 铝 酸 盐	其 它
低 水 化 热 水 泥	中热硅酸盐水泥					
	低热高炉矿渣硅酸盐水泥					
	低热粉煤灰硅酸盐水泥					
	低热微膨胀水泥					
	抗硫酸盐硅酸盐水泥					
油 井 水 泥	A、B、C、D、E、F、G、H、J 级油井水泥及特种油井水泥					无熟料油井水泥
装 饰 水 泥	白色硅酸盐水泥					
	彩色硅酸盐水泥			彩色硫铝酸盐水泥		

续表 1-1

体系 类别						
	硅 酸 盐	铝 酸 盐	氟 铝 酸 盐	硫 铝 酸 盐	铁 铝 酸 盐	其 它
耐 高 温 水 泥		高 铝 水 泥				磷酸盐水泥
		高铝水泥—65				水 玻 璃 胶 凝 材 料
		高强高铝水泥 —65				
		纯铝酸钙水泥				
		N型超早强铝 酸 盐 水 泥				
其 它	道路硅酸盐水泥	含硼铝酸盐水泥	铸 固 水 泥	低 碱 水 泥		耐 酸 水 泥
	砌 筑 水 泥					氟 氧 盐 水 泥
	坝 水 泥					
	标 水 泥					

1.3 我国特种水泥的生产与应用现状

我国特种水泥的发展历史大致经历了仿造、自主开发和创新三个阶段。

解放初期我国水泥品种极少，严格地说只有传统的硅酸盐水泥和按家庭作坊式生产的少量白色硅酸盐水泥，其它特种水泥的研究和生产几乎没有。为了尽快满足国民经济恢复时期的建设需要，我国科研技术人员在短短几年内仿照前苏联产品试制和生产出一批特种水泥新品种，其中大批量投入生产并得到推广应用的主要有快硬硅酸盐水泥、冷堵和热堵油井水泥以及符合前苏联技术条件的大坝水泥。快硬硅酸盐水泥一直沿用至今，每年尚有 8×10^4 t 产量。1954 年，我国建立了综合性建筑材料研究机构，开始系统地进行水泥科学研究。水泥品种的研究也逐步从仿制进入自主开发阶段，这个阶段开发的主要水泥新品种有：以回转窑烧结法生产的高铝水泥、耐高温铝酸盐水泥、自应力硅酸盐水泥、浇筑水泥（1988 年制定专业标准时改名为无收缩快硬硅酸盐水泥）、明矾石膨胀硅酸盐水泥和 45℃、75℃、95℃ 高温油井水泥系列。这些新品种水泥的大量投入使用，标志着我国特种水泥的发展趋于成熟。进入 70 年代后，随着我国在熟料化学、水化化学和水泥石结构等方面理论研究的深入并有所突破，在理论指导下，创造发明了多种新品种水泥，现择要介绍如下：

(1) 以 $C_4A_3\bar{S}$ 、 β - C_2S 和石膏为主要成分的硫铝酸盐水泥系列，包括快硬、早强、微膨胀、膨胀和自应力、低碱等品种。其中快硬硫铝酸盐水泥曾用于建造南极长城考察站，经受了负

50℃的考验。以自应力硫铝酸盐水泥制备的输油、输气、输水管道(管径 $\varnothing 86\sim 800\text{mm}$)，迄今铺设总长度已达数千公里。

(2) 以 C_4AF 、 $\text{C}_4\text{A}_3\bar{\text{S}}$ 、 $\beta\text{-C}_2\text{S}$ 和石膏为主要组分的铁铝酸盐水泥系列，它也包括快硬、早强、微膨胀、膨胀和自应力等品种。由于大量铁胶的存在，该水泥具有良好的耐蚀性和耐磨性。曾用于引滦入津输水工程、山东青岛海浪观测站和福建东山县防浪墙的建设，证明该水泥抗冻、抗侵蚀、抗冲刷效果明显。

(3) 以 $\text{C}_{11}\text{A}_7\cdot\text{CaF}_2$ 、 $\beta\text{-C}_2\text{S}$ 和石膏为主要组分的氟铝酸盐水泥系列，包括型砂水泥，抢修水泥和快凝快硬氟铝酸盐水泥三个品种。在唐山大地震和对越自卫反击战中，利用该水泥快凝快硬的特点，紧急抢修机场，保证了抗震救灾和军事行动的顺利完成。

(4) 低热微膨胀水泥，它是所有低水化热水泥中水化热最低并兼有微膨胀性能的新品种水泥。1984 年利用该水泥在浙江紧水滩电站围堰工程 81m 长堤上通仓连续浇筑成功，被专家誉为奇迹，为优质、高速、低价建造混凝土坝开辟了新的途径。

(5) 自应力值达 10MPa 的高自应力铝酸盐水泥，用它制造的高自应力水泥压力管(管径达 1m)，于 1979 年在江西婺源港口电站使用，至今运转正常，与钢管相比，其造价低，耐久性明显提高。

(6) 明矾石膨胀硅酸盐水泥，由于该水泥强度组分和膨胀组分匹配合理，相互依存，膨胀指数低，后期强度高，被成功地用于毛主席纪念堂后浇缝工程及亚运会 13 项工程(包括奥林匹克运动中心看台、速滑馆防渗层和冷却板等)，均起到了补偿