

沈旦申 冒镇恶 主编

粉煤灰 优质混凝土

海科学技术出版社

粉煤灰优质混凝土

沈旦申 冒镇恶 主编



上海科学技术出版社

粉煤灰优质混凝土

沈旦申 冒镇恶 主编

上海科学技术出版社出版发行

(上海瑞金二路 450 号)

新华书店上海发行所经销 常熟第六印刷厂印刷

开本 787×1092 1/32 印张 8.625 字数 186,000

1992 年 11 月第 1 版 1992 年 11 月第 1 次印刷

ISBN 7-5323-2824-4/TU·96

印数: 1-3,000 定价: 3.40 元

(沪)新登字 108 号

内 容 提 要

本书介绍粉煤灰优质混凝土新技术，不仅实现粉煤灰资源化、变废为宝、节约能源、解决环境污染问题，而且可以改善混凝土质量、扩大混凝土品种、降低混凝土成本。其主要内容包括：掺加磨细粉煤灰，必要时同时掺减水剂等化学外加剂的“双掺”优质混凝土技术；开发磨细粉煤灰产品及其应用技术的经验介绍；发展粉煤灰优质混凝土的质量控制和质量保证技术。

可供土建等专业的生产单位、科研单位的技术人员，以及有关部门管理人员学习和参考。

主 编	沈旦申	冒镇恶		
撰 稿	沈旦申	吴正严	张冠伦	魏金照
	沈华英	沈 琨	刘巽伯	沈湘帆
	余绵琦	包俊杰	吴学礼	程迎安
	臧庆珊	郑 捷	朱震基	

顾问(按姓氏笔划序)

王福元	王德兴	平炳华	刘梦运
李应吉	李祖谦	李 恒	陈政千
杨大明	杨云凌	陆善后	张易谦
张正国	张荫济	张 鑫	周尚文
胡式荣	梁天任	徐心亮	徐秉国
唐国泉	屠冠荣		

代 序

本书是上海市的数十位专家对“质量、品种、效益年”的一份奉献。

从迎来科技春天的 1978 年起始,有好多位长期从事粉煤灰利用研究的工程技术人员,预见到上海市粉煤灰资源即将在数量上、质量上以及在工程应用上发生巨大的变化,为此倡议要根据新的形势,积极开展粉煤灰混凝土新技术的科学实验和技术开发。他们的建议,得到了上海市建委、市科委等领导的关心、支持,得到了建设系统各部门的重视。嗣后,在上海市科协关怀指导下,上海市土木工程学会、建筑学会、硅酸盐学会、电机学会等,共同组织了各种规模的学术活动,开创了技术协同的新局面,启动了有关部门的科技工作。经历了整个 80 年代,这些学会主要依靠科技群体,发扬自觉的、有组织的集体联合力量并结合个人努力治学,每年都完成几桩实事,克服了许多困难,弥补了条件上的各种不足,终于闯出了一条具有中国特色的利用上海部分粉煤灰资源制备优质混凝土的成功之路。

在上海市大量的钢筋混凝土工程实践中,以磨细粉煤灰为基本材料的新格局已经形成。近年来,磨细粉煤灰产品和销售量逐年增长,推广面不断扩大。采用磨细粉煤灰已不再是单纯为了节约水泥,而是既为了节省水泥又为了提高混凝土质量和扩大混凝土品种。

遗憾的是在本书出版之前还没有一份比较系统和完整的

• 1 •

418530

科技文献资料,能够反映这项成功的新技术的形成、现状和发展。为此,土木工程学会等学术团体在 90 年代,继续组织力量开展有关的学术活动,同时发动理论水平高、经验丰富、又热心于技术共享的有关专家,撰写本书,一本具有指南手册、教材、文献等性质的册子。

本书的出版得到了许多学术团体、科技单位、粉煤灰中心、电力及土建协会、工厂企业等大力支持,在此一并致谢。

本书的出版希望起到抛砖引玉的作用,恳盼读者信息反馈和指正。

上海市土木工程学会工程材料学术委员会

1991.9

前 言

从粉煤灰水泥、混凝土技术进步的时间跨度来看,至今已走过了四十个年头,如以粉煤灰优质混凝土技术作为一个科研和技术开发项目来说,也已有十多年了。对于这样一个系统的综合技术或科技项目,只有在上海市建委的领导和组织下,大力协同才能形成今天的具有相当可观的技术经济效果的第一生产力。在这过程中,上海市有关工程技术人员真正起了这项新技术的“创造主体”的作用。他们创造了“双质”粉煤灰产品,创造了粉煤灰成为优质水泥混合材料和钢筋混凝土基本组成材料的新技术,创造了粉煤灰混凝土在上海市多项重要工程中应用的实践经验。从创造哲学的角度来看,这项科学技术已经实现了向物质世界的转化,并为经济建设服务和提高混凝土工作人员思想和素质起了一定的作用。

编者和作者们渴望能够在这个基础上,进一步发展科技群体的积极性、主动性和创造性,为90年代的粉煤灰混凝土技术开拓,作出更大的奉献。1991年春天,上海市土木工程学会和建筑学会为适应重点工程建设的需要,举办了“质量、品种、效益年”的粉煤灰混凝土应用技术进步的1000人次规模的大型学术活动。在活动中,讨论到本书的编写和出版,有关专家和广大工程技术人员给予热情的关怀和鼓励,从而更加坚定了编者和作者的信心和决心,希望本书能成为上海市的一份系统性的科技文献,奉献给国内广大的混凝土工作人员。

编 者

绪 论

“优质混凝土”一般是指适用于钢筋混凝土结构用的混凝土。不言而喻,优质混凝土必须具有优良的性能,除了良好的和易性和强度以外,特别要求具有比钢结构显著优越的耐久性。发展优质混凝土技术,有四个方面基本的经验:①要培训掌握混凝土新技术的工程技术人员;②要优选制备混凝土用的材料;③要改进施工技术;④要有进步的科学技术。从系统性来说,当然还要加上先进的设计和管理,尤其是对混凝土质量的设计和管理,才能形成完整的优质混凝土应用技术。

将粉煤灰引入混凝土,由来已久。本世纪30年代,美国垦务局就支助专家研究用火山灰质材料与水泥混合,配制混凝土大坝需用的特种水泥,从而降低大体积混凝土内部温升,并增加混凝土的抗渗和抗侵蚀能力。后来终于发现,粉煤灰直接掺入混凝土中,就能够取得良好的改善耐久性效果,且能节约大量水泥。于是从40年代末期开始在混凝土大坝工程中推广应用,至今已普及于许多国家的大坝工程之中。这就是早期的局限于大体积混凝土工程中的粉煤灰混凝土技术。

70年代以后,世界上燃烧煤炭的火力发电的发展方向得到新的共识,在许多国家中粉煤灰资源迅速增长,倍受重视,粉煤灰混凝土技术进步也加快了步伐。80年代,粉煤灰混凝土技术扩大到钢筋混凝土工程(包括预应力混凝土)的应用范围。迄今,对“粉煤灰在混凝土中应用”或者“粉煤灰混凝土”

两种叫法,尽管还有一些不同的理解,但是混凝土工程技术人员已逐渐地认识到粉煤灰是制备混凝土用的基本材料之一。因为粉煤灰混凝土技术的进步,现已经能够可靠地改进混凝土的质量,并扩大品种和提高效益。

粉煤灰混凝土的含义,在这里与凡是内含粉煤灰的各种基料和集料的混凝土统称粉煤灰混凝土,有所不同,它乃是专指直接将粉煤灰作为混凝土用基本材料之一,通过混凝土配合比设计,直接将粉煤灰加入搅拌机中。从混凝土外加物的原理上说,这种混凝土与使用水泥厂生产的掺粉煤灰混合材料的硅酸盐水泥基本相同,可是这种粉煤灰混凝土技术具有“量体裁裁”、“因症处方”的特点,因此有必要当作一种新技术来对待。

10 余年来,上海开发、推广、应用粉煤灰优质混凝土新技术(包括同时掺加减水剂的“双掺技术”混凝土),技术成熟程度达到了可以推广应用的水平,在技术进步促进“质量、品种、效益”上,取得了显著的实绩。

这里得说明一下,优质混凝土并非都用“双掺”不可,在混凝土中单掺优质粉煤灰或外加剂都是可以配成优质混凝土或适应特种需要的混凝土。这里就包括单独用磨细灰配成钢筋混凝土。那么,为什么要发展“双掺技术”?因为,当需要配制粉煤灰预应力混凝土时,再单掺磨细灰,则在《粉煤灰在混凝土和砂浆中应用技术规程》(JGJ 28-86)是不允许的。原因是磨细度技术指标中,由于需水量比仍在 98%~102%,属 II 级灰,而规定只有 I 级灰方可配制预应力混凝土。正由于磨细灰减水效果尚达不到 I 级灰的要求,因此,还得借助减水剂,这样可各取所长,发挥两种掺合料的“积极性”,从而配制出优质混凝土。实质上,由于矿物质粉料与外加剂的复合

应用,使现代混凝土技术能够更好地按照材料科学的原则发展。特别是广泛应用减水剂、引气剂、超塑化剂、粉煤灰、硅雾尘(硅粉)等实践证明行之有效的材料,发挥各自秉赋的特性效应,就能显著地影响混凝土结构形成的过程,以及改善水泥浆体、集料和界面层的结构功能。

概括起来,不论单掺技术或双掺技术,目的只有一个,就是配制出优质混凝土,从而达到以下三方面的效益。

(1) 节约大量水泥和能源。一般情况下,在混凝土中合理使用 1t 粉煤灰,可以取代 0.6~0.8t 水泥。相当于节约石灰石和粘土矿物资源 1.0~1.75t,并且节约包括燃料和电力的总能耗 0.12~0.20t 标准煤。

(2) 改善混凝土多种性能。粉煤灰和减水剂是作为一种优化混凝土性能的材料,随着近年来粉煤灰混凝土应用技术水平的提高,就能做到在满足质量要求的前提下,用粉煤灰取代水泥,使混凝土成本减低。或者根据工程要求,通过配合比设计等措施使混凝土性能提高。

(3) 扩大混凝土品种和标号的范围。由于混凝土用基本材料中,增加了粉煤灰和化学外加剂,成为六大基本组分,一般就不需要特地生产多品种、多标号水泥,而只需通过混凝土配合比设计,特别是依靠调整粉煤灰和化学外加剂,可配制不同用途和标号的混凝土,包括一部分特种用途的混凝土。

(沈旦申 撰稿)

目 录

代 序 前 言 绪 论

第一章 磨细粉煤灰与优质混凝土	1
第一节 技术进步的背景.....	1
第二节 磨细粉煤灰的研究和开发.....	2
第三节 粉煤灰混凝土新技术研究和开发.....	4
第四节 技术进步与“质量、品种、效益”.....	8
第二章 粉煤灰资源和产品	12
第一节 粉煤灰渣.....	12
第二节 粉煤灰的形成.....	13
第三节 集灰、排灰、贮灰和运灰.....	16
第四节 粉煤灰的化学成分、矿物组分和颗粒组成.....	22
第五节 粉煤灰的性状.....	27
第六节 用于混凝土中的粉煤灰资源和产品的开发.....	32
第三章 混凝土化学外加剂	39
第一节 化学外加剂概述.....	39
第二节 减水剂及其在混凝土中的作用机理.....	40
第三节 引气剂及其在混凝土中的作用机理.....	48
第四章 粉煤灰用作水泥的混合材料	52
第一节 粉煤灰硅酸盐水泥.....	52
第二节 矿渣和粉煤灰两掺水泥.....	54

第三节	粉煤灰硅酸盐水泥的生产和应用	56
第四节	掺加粉煤灰配制特种水泥	57
第五章	粉煤灰混凝土应用技术	63
第一节	粉煤灰混凝土的工程应用	63
第二节	粉煤灰混凝土的施工	69
第三节	减水剂在粉煤灰混凝土中的应用	71
第六章	粉煤灰混凝土配合比设计	77
第一节	粉煤灰混凝土配合比设计技术	77
第二节	粉煤灰混凝土简易配合比设计法——“调整系数法”	84
第三节	我国现行的粉煤灰混凝土配合比设计方法	91
第四节	粉煤灰优质混凝土“双调”配合比设计法	102
第五节	粉煤灰混凝土的耐久性设计	106
第七章	粉煤灰优质混凝土的技术特性	112
第一节	新拌和硬化中粉煤灰优质混凝土的技术性能	112
第二节	硬化粉煤灰混凝土的力学和变形性能	122
第八章	粉煤灰混凝土的耐久性研究	128
第一节	粉煤灰的火山灰反应与混凝土的长期强度	128
第二节	粉煤灰混凝土的抗渗性能	131
第三节	粉煤灰混凝土的抗冻性能	135
第四节	粉煤灰混凝土的抗碳化性能	138
第五节	粉煤灰混凝土的抗氯离子侵蚀性能	142
第九章	粉煤灰砂浆和轻集料混凝土	146

第一节	粉煤灰砂浆的推广应用·····	146
第二节	粉煤灰砌筑砂浆和粉煤灰抹灰砂浆·····	148
第三节	粉煤灰压浆材料·····	154
第四节	影响粉煤灰砂浆质量的因素·····	154
第五节	施工注意事项·····	156
第六节	粉煤灰轻集料混凝土·····	158
第十章	粉煤灰的检验和试验方法·····	162
第一节	粉煤灰的检验·····	162
第二节	“标准”、“规范”、“规程”中所规定的粉 煤灰技术指标、试验方法·····	164
第三节	关于其他物理、化学性质、微观测试以 及混凝土试验方法·····	170
第十一章	粉煤灰混凝土新技术开发·····	172
第一节	技术开发的取向、契机、效应和效益·····	172
第二节	粉煤灰磨细的技术开发·····	175
第三节	上海市电厂的粉煤灰经营管理和对粉 煤灰混凝土技术开发的支持·····	183
第十二章	粉煤灰水泥和混凝土的生产经验·····	189
第一节	掺粉煤灰混合材料的水泥生产·····	189
第二节	粉煤灰在预拌混凝土中的应用·····	193
第三节	粉煤灰在建设工程中的应用·····	196
第十三章	社会协同和粉煤灰混凝土新技术的发展·····	207
第一节	领导部门支持·····	207
第二节	纳入城建规划·····	209
第三节	技术协同·····	210
第四节	技术转化过程中的社会协同·····	212
第五节	技术开发与智力开发·····	213

第十四章 粉煤灰的质量控制和质量保证	216
第一节 “双质”粉煤灰.....	216
第二节 关于“脉搏系统”的应用.....	217
第三节 粉煤灰质量的“专门试验”.....	219
第四节 质量系统工程.....	222
第十五章 粉煤灰混凝土质量管理的数理统计基本	
知识.....	225
第一节 粉煤灰混凝土强度的变异性.....	225
第二节 粉煤灰混凝土强度的数理统计.....	226
第三节 粉煤灰混凝土生产过程的质量控制.....	238
第十六章 粉煤灰混凝土生产质量控制	242
第一节 粉煤灰混凝土基本特性和有关标准.....	242
第二节 粉煤灰混凝土生产质量控制注意事项.....	243
第三节 粉煤灰混凝土强度的检验.....	248
第四节 实例.....	255
参考文献	259

第一章 磨细粉煤灰与优质混凝土

第一节 技术进步的背景

上海市发展粉煤灰优质混凝土具有一定的历史条件和经济建设促进科技发展的背景。

(1) 粉煤灰混凝土技术与上海的科学家之间，还有一些古老的历史渊源。国内外文献介绍粉煤灰混凝土技术时，总是追溯到两千多年前古罗马大型工程建设中曾采用的火山灰混凝土，明代上海籍的著名学者徐光启在他的著作《泰西水法》中，最早引入罗马火山灰混凝土的基本知识。在欧洲有不少以石灰和天然火山灰为胶凝材料的古代混凝土的结构物，至今犹存，表明其耐久性不逊于现代的硅酸盐水泥混凝土。这也是启发上海市科技人员研究粉煤灰类比火山灰物质的一条信息。

(2) 本世纪 30 年代，上海杨树浦发电厂在国内最早产出粉煤灰，这是上海的科技人员能与粉煤灰较早地结下“不解之缘”的物质基础和基本条件。

(3) 1951 年，上海市政工程部门科研人员，为节约水泥以及配合电业部门解决在水域中倾卸粉煤灰造成黄浦江和长江口水质污染问题，对粉煤灰用作水泥和混凝土混合材料列题试验研究。当时的研究报告已经确定了上海粉煤灰具有良好活性，可用来取代部分水泥。其中已得出粉煤灰磨细后提高强度的系统试验结果。

(4) 1965 年,上海建委系统在国内首先研制粉煤灰硅酸盐水泥,粉煤灰混合材料掺量为 30%,并制订地方标准规范。至 70 年代,组织批量生产和应用。

(5) 1978 年开始系统研究和发展上海磨细粉煤灰产品,从科学技术上说,其特点是按照现代混凝土技术新概念,借助于先进的科技信息、实验手段、应用技术基础研究以及与混凝土工业化生产和重点建设中的钢筋混凝土工程紧密结合,积极慎重地在实际工程中广泛应用,技术和经济效益逐年提高。

(6) 上海市基建工程任务的扩大以及火电厂建设向大容量和高技术发展,也促进了粉煤灰优质混凝土应用技术基础研究及工程实用研究不断进展,并在一些兄弟省市推广应用,取得了良好的成绩。

第二节 磨细粉煤灰的研究和开发

有人会提出,粉煤灰原来就是比水泥还要细一些的粉料,何必再增加粉磨过程以及能量消耗呢?似乎不尽合理。其实粉煤灰的磨细,在理论上和应用上都有其特殊的意义,并且普遍适应于我国的具体情况和现有条件。因为:

(1) 粉煤灰磨细的作用,与水泥或其他材料粉磨的作用不同。粉煤灰经过磨细以后,其活性提高,在 80 年代以前,国内外学者在这方面已做过大量试验研究。上海的专家近年对粉煤灰磨细研究,着重于提高粉煤灰渣资源化技术,特别是为了开发适用于钢筋混凝土的产品粉煤灰资源,或者说,开发质量稳定的混凝土用基本材料粉煤灰。

(2) 粉煤灰质量随来源而波动,并随时间而变异。如果