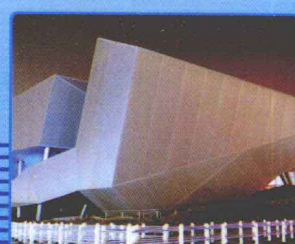


SCIENCE AND TECHNOLOGY OF
COMMERCIAL MORTAR

商品砂浆的 科学与技术

王培铭 主 编

孙振平 张国防 副主编



化学工业出版社

**SCIENCE AND TECHNOLOGY OF
COMMERCIAL MORTAR**

商品砂浆的 科学与技术

王培铭 主 编

孙振平 张国防 副主编



化学工业出版社

· 北京 ·

近两年来,商品砂浆的研究范围不断扩大,深度不断加深,产品门类和种类不断增加,政策和法规不断加强,标准和规范不断完善。为了总结两年来的研究成果,为商品砂浆的研究、生产和应用提供参考,本书遴选了65篇论文,涉及商品砂浆的发展现状和政策导向,基本性能和原材料选择,固体废弃物资源化利用,特种砂浆,产品与应用,标准解读,管理和经济等多方面内容。

图书在版编目(CIP)数据

商品砂浆的科学与技术/王培铭主编. —北京:化学工业出版社, 2011.11

ISBN 978-7-122-12745-7

I. 商… II. 王… III. 砂浆-文集 IV. TQ177.6-53

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第224186号

责任编辑:吕佳丽

装帧设计:刘丽华

责任校对:吴静

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)

印刷:北京永鑫印刷有限责任公司

装订:三河市万龙印装有限公司

787mm×1092mm 1/16 印张27 字数678千字 2012年1月北京第1版第1次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:66.00元

版权所有 违者必究

京化广临字2011-52号

《商品砂浆的科学与技术》

第四届全国商品砂浆学术交流会 (4th NCCM)

2011 年 11 月 23~26 日

主办单位 中国硅酸盐学会房屋建筑材料分会
中国建筑学会建筑材料分会
中国硅酸盐学会水泥分会
上海市硅酸盐学会

承办单位 同济大学
中国硅酸盐学会房屋建筑材料分会干混砂浆专业委员会

协办单位 上海市建筑学会绿色建材与节能专业委员会
瓦克化学(中国)有限公司
无锡江加建设机械有限公司
苏州弗克新型建材有限公司
山东圆友建设机械有限公司
上海尚南贸易有限公司
上海展业展览有限公司

顾问委员会(按姓氏笔画排序)

J. Plank 丁建一 朱稚石 何星华 沈瑞德 张德明 郑 权 姚 燕
陶有生 谢尧生 谢 泽 缪昌文

组织委员会

主 任 崔琪

副主任 张仁瑜 隋同波 吴广明 杨正宏 张 申

委 员(按姓氏笔画排序) 王德平 王君若 朱 锐 苏宇峰 张永明 张茂新
周 军 蒋正武 傅 雁 薛国龙 谢俊德

学术委员会

主 任 王培铭

副主任 李清海 张增寿 徐 强

委 员(按姓氏笔画排序) 马保国 马新芬 王子明 王 茹 王 莹 王爱勤
王新民 孔祥明 刘加平 孙振平 李东旭 李玉海 李永鑫 余其俊
张 杰 张明良 张承志 张 量 陈改新 陈振荣 金爱华 朋改非
赵为民 赵立群 赵霄龙 钟世云 钱晓倩 奚飞达 麻秀星 康 明
葛 勇 阎培渝 董卫良 鲁统卫 彭家惠 樊 钧 潘钢华

会议秘书处 孙振平 张永明 张国防

前 言

第四届全国商品砂浆学术交流会于 2011 年 11 月 23~26 日在上海举行,这将是继 2005 年上海、2007 年开封和 2009 年武汉之后国内商品砂浆学术交流的又一次盛会。

自第三届全国商品砂浆学术交流会以来的两年内,商品砂浆的研究范围不断扩大,深度不断加深,产品门类和种类不断增加,政策和法规不断加强,标准和规范不断完善,成果喜人。

第四届全国商品砂浆学术交流会旨在总结交流近两年来的研究成果,为商品砂浆的研究、生产和应用提供参考。

本次会议由中国硅酸盐学会房屋建筑材料分会、中国建筑学会建筑材料分会、中国硅酸盐学会水泥分会、上海市硅酸盐学会主办,同济大学和中国硅酸盐学会房屋建筑材料分会干混砂浆专业委员会承办,上海市建筑学会绿色建材与节能专业委员会、瓦克化学(中国)有限公司、无锡江加建设机械有限公司、苏州弗克新型建材有限公司、山东圆友建设机械有限公司、上海尚南贸易有限公司和上海展业展览有限公司协办。

本次会议共从收到的论文中,将经学术委员会遴选出的 65 篇论文集结出版。本书涉及商品砂浆发展现状和政策导向,基本性能和原材料选择,固体废弃物资源化利用,特种砂浆,产品与应用,标准解读,管理和经济等方面内容。

在论文征集、整理和编辑过程中,得到国内外同行的大力支持,本书的出版得到协办单位的友情资助,同济大学材料科学与工程学院的张永明、蒋正武、王茹和刘斯凤等老师以及徐玲琳、彭宇、范树景、赵国荣、赵丕祺、朱绘美和庞敏等研究生也为此付出辛勤劳动,在此一并表示深深的谢意!

由于编者水平有限,加之时间仓促,书中不足之处在所难免,敬请广大读者批评指正。

编者

2011 年 11 月

目 录

第一部分 综 述

国内商品砂浆的发展和研究近况	王培铭 张国防 (3)
无机保温砂浆及研究进展	马保国 赵志广 蹇守卫 苏雷 刘敏 (13)
自流平砂浆的水化动力学和塑性收缩性能研究概况	殷庆立 徐龙贵 熊佑明 Roger Zurbriggen (19)
化学废石膏的资源化综合利用与研究进展	黄晖皓 孙振平 杨洁 刘警 杨正宏 (28)
水泥基自流平材料在国内外的市场趋势	李永鑫 段瑜芳 康辉 (34)

第二部分 基本性能和原材料应用

关于纤维素醚在水泥砂浆中应用的若干问题	钟世云 (49)
VMA 对乳液改性水泥浆 zeta 电位和硬化浆体微观结构的影响	韩冬冬 李晋梅 钟世云 (56)
乳胶粉对硬化水泥石干缩和失水行为影响的机理分析	张彦敏 张承志 王爱勤 李海南 (63)
丙烯酸酯乳液改性水泥砂浆的性能研究	叶丹玫 孙振平 傅乐峰 郑柏存 冯中军 (69)
三种丙烯酸系乳液对水泥砂浆性能的影响	孙振平 叶丹玫 傅乐峰 郑柏存 冯中军 谢慧东 (77)
苯丙乳液改性砂浆抗渗性研究	张艳荣 孔祥明 张珍林 路振宝 (86)
EVA 改性砂浆与钢板和瓷砖粘接强度的比较	何代华 (92)
憎水型可再分散乳胶粉的开发及对砂浆粘接性能的影响	杨冲 冉千平 周栋梁 丁蓓 刘加平 缪昌文 (97)
核心添加剂——干粉砂浆的 CPU	傅雁 李扣兰 胡久宏 (102)
纤维素醚改性砂浆早期自由收缩影响因素分析	刘斯凤 王培铭 桂苗苗 张林 徐勇 (108)
聚合物对水泥砂浆塑性自由收缩量的影响	桂苗苗 王培铭 刘斯凤 龚明子 蔡振哲 (112)
聚合物对水泥砂浆硬化早期干缩开裂的影响	桂苗苗 王培铭 于飞宇 龚明子 蔡振哲 (118)
硬化水泥石抗裂性能的研究	王爱勤 张承志 林长农 (124)
水泥基材料干缩变形的细观力学分析	张承志 王爱勤 顾丽华 (130)
机制砂在普通干混砂浆中的应用研究	任启欣 蒋正武 张长贵 (135)
硅酸盐水泥-铝酸盐水泥-硬石膏体系的干缩变形性能研究	李海南 张承志 王爱勤 张彦敏 (145)
新型化学结合磷酸镁水泥的制备和性能	刘凯 李东旭 (152)

第三部分 固体废弃物资源化利用

掺合料对干粉砂浆性能的影响研究	陈苗苗 冯春花 刘凯 李东旭 (159)
固体废弃物在预拌砂浆中的应用研究	袁伟 刘海顺 秦岷 刘晓莉 (164)
粉煤灰对硬化水泥石干缩行为影响的机理研究	尹利影 张承志 王爱勤 (170)
钢渣砂干混地坪砂浆的制备及性能研究	王维 王晓丹 袁涛 甘万贵 唐岚 (177)
废弃电路板非金属粉末粒径对水泥砂浆强度的影响	王茹 张腾飞 王培铭 (183)

机制砂在预拌砂浆生产过程中关键技术的探讨	尤大晋 (189)
尾矿砂在普通商品干粉砂浆中的性能研究及应用	戴丽聪 谢君 李晓龙 吕文光 (193)
可再分散乳胶粉对钢渣代砂砂浆性能的影响	杨洁 孙振平 庞敏 赵玉静 康明 (198)
废陶瓷再生砂对商品砂浆抗压强度影响的正交试验研究	刘凤利 刘俊华 张承志 (205)
水玻璃铸造旧砂在干粉砂浆中的应用研究	肖雪军 鞠宇飞 徐开胜 (212)
改性铁合金炉渣制备干混地面砂浆的研究	陶文宏 张迺武 夏枫 (217)
改性铁合金炉渣制备干混抹灰砂浆的研究	付兴华 刘世军 夏枫 (223)
改性铁合金炉渣制备干混砌筑砂浆的研究	陈广立 宋义勇 夏枫 (229)
用建筑垃圾配制绿色再生砂浆的初步试验研究	鄢朝勇 叶建军 (235)
锂渣粉在抹灰砂浆中的水化机理研究	白建飞 李海桥 李军全 冯涛 赵军 (239)

第四部分 特种砂浆

蒸压加气混凝土自保温砌块专用保温砌筑砂浆的研究	肖力光 李元超 闫迪 (247)
无机保温砂浆内部水蒸气冷凝研究	赵立群 陈宁 (253)
保温砂浆复合保温体系防护砂浆的塑性收缩开裂	宣金琦 王培铭 张国防 (259)
石膏基相变储能墙体材料的性能研究	张毅 张菁燕 李东旭 (266)
以玄武岩废渣为集料粘接防水砂浆的研制	钱惠生 马金玲 刘士研 王玉萍 安丰 (272)
聚合物修补砂浆的制备及性能研究	张超 赵维 陈苗苗 李东旭 (275)
水泥量对低水泥量饰面砂浆性能的影响	王茹 汪力 王培铭 (281)
矿渣粉和偏高岭土对水泥基饰面砂浆性能的影响	张灵 王培铭 朱绘美 张国防 (286)
测试方法及环境条件对饰面砂浆早期泛白的影响	王培铭 朱绘美 张国防 (293)
羟乙基甲基纤维素对水泥饰面砂浆沾污与泛白的影响	朱绘美 王培铭 张国防 (300)
纤维素醚和引气剂对脱硫石膏基保温砂浆新拌性能的影响	来勇 王培铭 张国防 张永明 (308)
标准材料对瓷砖胶测试结果的影响	江洪申 吴莉 (314)
板式无砟轨道弹性垫层 CA 砂浆 I 型干粉料的研制	戴丽聪 (321)
重晶石屏蔽砂浆的实验研究	姜帆 刘凯 冯春花 李东旭 (333)
泡沫混凝土生产应用现状及对砂浆提出的新要求	孙振平 杨洁 刘警 蒋正武 杨正宏 (338)

第五部分 产品与应用

普通商品干粉砂浆的性能研究	戴丽聪 (347)
免煅烧脱硫石膏技术在干混砂浆中的研究与应用	马振义 (353)
预拌干混砂浆质量通病原因分析及防止措施	戴丽聪 (357)
Unite 脱硫石膏轻质粉刷砂浆施工应用技术的研究	陈柯柯 徐亚玲 叶蓓红 施嘉霖 (362)
机械化施工是推广应用干混预拌砂浆的捷径	陈光 (369)
干混砂浆的机械施工	黄莉红 (374)

第六部分 标准

聚合物水泥防水浆料及标准解读	沈春林 褚建军 (383)
浅谈制定行业标准《抹灰砂浆增塑剂》的重要性	肖斐 鲁统卫 (390)
《聚合物水泥防水砂浆》(JC/T 984) 新旧标准对比	褚建军 沈春林 刘天存 (395)
《无机防水堵漏材料》(GB 23440—2009) 国家强制性标准介绍	沈春林 褚建军 (404)

第七部分 管理与经济

低碳经济促进预拌砂浆生产方式的转变 尤大晋 (413)

上海市预拌砂浆行业信息化管理系统的开发和应用 樊钧 管文 (418)

辽宁暨沈阳地区预拌砂浆现状分析 金恒刚 王元 李景欢 姜森 (421)

综 述

国内商品砂浆的发展和研究近况

王培铭 张国防

(同济大学先进土木工程材料教育部重点实验室, 上海, 200092)

摘要: 本文主要从法规与政策、标准制定和技术培训、科学技术研究等方面论述了商品砂浆的最新进展。近年来, 在国家相关政策的推动下, 商品砂浆进入了更为迅猛的发展阶段, 应用和研究热点也不断出现, 但目前商品砂浆的研究仍然主要集中在各种特种商品砂浆方面, 尤其是无机保温砂浆保温体系系列砂浆。商品砂浆的标准技术逐渐趋于完善和成熟, 应用技术虽仍集中在砂浆组分, 尤其是聚合物对性能的影响方面, 但已逐渐深入到微观机理的研究方面。商品砂浆的性能优化和结构调控的理论和技術将成为新的研究热点。

关键词: 商品砂浆; 应用技术; 标准体系; 研究进展

The Recent Development and Research of Commercial Mortar in China

Wang Peiming Zhang Guofang

(Key Laboratory of Advanced Civil Engineering Materials of Ministry of Education,
Tongji University, Shanghai, 200092)

Abstract: The recent development and research of commercial mortar were discussed from the aspects such as the laws and policy, technologies standards, technology training and science research. In recent years, with the promotion of national policy, the application and science research of commercial mortar develops much more quickly than ever. The main research still focuses on the special commercial mortar, especially the inorganic aggregate insulation mortars. The standard systems of commercial mortars are being established. Although the application research still mainly focuses on the the effects of mortar components especially polymers on the mortar properties, there are some studies on the mechanism of commercial mortar. In the future, the theory and the technology for the properties optimization and the microstructure control of commercial mortar will be the hot research topics.

Keywords: commercial mortar; application technology; standard systems; research development

1 前言

我国自 20 世纪 90 年代开始推广商品砂浆以来, 商品砂浆已被广泛接受并形成一个新的产业, 其在品质、效率、经济和环保等方面的优越性也已被认可。在市场推动和政策干预的双重作用下, 商品砂浆行业的发展经历了从点到面, 再到全面开花的阶段。据不完全统计, 目前全国范围内商品砂浆生产厂家达到已有一千五百余家, 设计生产能力超过 5000 万吨/年, 2010 年实际生产量已达 2000 万吨。上海商品砂浆的产量逐年提高, 近几年更是迅猛增长, 2003 年仅为 5 万吨, 2010 年超过 180 万吨。

随着商品砂浆的发展, 涵盖装备制造、原料供应、产品生产、物流及应用等方面的产业

作者简介: 王培铭 (1952—), 男, 山东肥城人, 博士, 教授, 博士生导师, E-mail: tjwpm@126.com

基金资助: 国家“十一五”科技支撑计划 (2006BAJ05B03, 2008BAJ08B08)

链已初步形成,其科学和技术研究也逐渐扩展和深入。本文主要综述了自2007年以来我国关于商品砂浆方面的法规与政策、应用技术和标准、科学和技术研究等概况。

2 法规与政策

随着建筑节能和环保要求的日益提高,我国在推广商品砂浆方面的政策力度逐渐加大。自2007年6月商务部、公安部、原建设部、交通部、质检总局以及环保总局等四部两局联合发出《关于在部分城市限期禁止现场配制(原文为“搅拌”,笔者注)砂浆工作的通知》(商改发[2007]205号文件)以来,相关城市相继制定了符合本地发展的全面推广商品砂浆的时间表和相关政策。2008年8月29日正式颁布的中华人民共和国《循环经济促进法》中明确规定:“鼓励使用散装水泥,推广使用预拌混凝土和预拌砂浆。”这为商品砂浆的发展提供了有力的法律依据和行政执法保证,对进一步提高商品砂浆的推广力度起到极为重要的积极作用。2009年7月,商务部、住房和城乡建设部又联合下发了《关于进一步做好城市禁止现场配制(原文为“搅拌”,笔者注)砂浆工作的通知》(商商贸发[2009]361号),对城市建设工程中推广使用商品砂浆工作提出了新要求。2010年6月国务院办公厅下发的《关于推进大气污染联防联控工作 改善区域空气质量的指导意见》(国办发[2010]33号)第十一条规定:强化施工工地环境管理,禁止使用袋装水泥和现场搅拌混凝土、砂浆。这再次为商品砂浆的发展提供了新的契机和动力。

我国大多省市也相继制定了使用商品砂浆的相关政策法规,明确规定禁止施工现场配制砂浆的具体时间表,现场配制砂浆的惩罚性措施。以上海为例,2008年政府主管部门在原有基础上又出台了一系列法规政策文件,为禁止施工现场配制砂浆,加快推广使用商品砂浆的步伐创造了良好的氛围。这些法规政策主要有《关于本市限期禁止工程施工使用现场配制(原文为搅拌,笔者注)砂浆的通知》(沪建交联[2007]886号),《上海市建设工程环保、便民工地考核实施办法(试行)》(沪建建管[2008]68号),后者将“按规定使用商品混凝土和商品砂浆,禁止现场搅拌”列入考核范围。《上海市禁止或者限制生产和使用的用于建设工程的材料目录(第三批)》(沪府[2008]78号),更是将本市所有新建、改建、扩建及装饰工程施工禁止使用现场配制砂浆工作纳入法制化管理轨道。

3 标准制定和技术培训

商品砂浆通常包括砌筑砂浆、抹灰砂浆、修补砂浆、粘贴砂浆和灌浆材料等几大类。每一大类包括若干个品种。我国常用的商品砂浆,2007年以前主要是抹灰砂浆和粘接砂浆两大类,近年来拓展到砌筑砂浆和修补砂浆。抹灰砂浆中饰面砂浆、无机保温砂浆、防护砂浆、粘接砂浆和一些专用砂浆得到广泛关注和应用。

随着商品砂浆的迅速发展,产品标准体系已初步形成,国家标准和行业标准已颁布三十多个。近几年来,制(修)定的商品砂浆技术标准包括《石膏基自流平砂浆》(JC/T 1023—2007)、《墙体饰面砂浆》(JC/T 1024—2007)、《预拌砂浆》(JG 230—2007)、《混凝土小型空心砌块砌筑砂浆》(JC 860—2008)、《外墙柔性腻子》(GB/T 23455—2009)、《建筑外墙用腻子》(JG/T 157—2009)、《聚合物水泥防水涂料》(GB/T 23445—2009)、《饰面石材用胶黏剂》(GB 24264—2009)、《预拌砂浆》(GB/T 25181—2010)、《膨胀玻化微珠保温隔热砂浆》(GB/T 26000—2010)、《抹灰砂浆技术规程》(JGJ/T 220—2010)、《预拌砂浆应用技术规程》(JGJ/T 223—2010)、《膨胀玻化微珠轻质砂浆》(JG/T 283—2010)、《建筑室内用腻子》(JG/T 298—

2010)、《建筑用砌筑和抹灰商品砂浆》(JG/T 291—2011)等。《修补砂浆》的行业标准编制工作正在进行。

同时,我国已颁布或正在制定一些商品砂浆原材料技术要求的国家和行业标准,例如已颁布实施的《外墙外保温抹面砂浆和粘接砂浆用钢渣砂》(GB/T 24764—2009),正在制定中的行业标准《建筑干混砂浆用可再分散乳胶粉》、《建筑干混砂浆用纤维素醚》、《干混砂浆用砂》等。

另外,针对商品砂浆的生产工艺和运输设备制定了相应的行业标准。其中,行业标准《商品砂浆散装移动筒仓》(SB/T 10461—2008)和《散装商品砂浆运输车》(SB/T 10546—2009),对我国散装商品砂浆运输的生产、销售和使用,促进商品砂浆物流散装化、标准化、专业化进程,起到重要的指导和推动作用,填补了国内没有散装商品砂浆物流设备标准的空白。国家行业标准《商品砂浆搅拌机》和《商品砂浆搅拌生产线》已形成送审稿。

一些省市也相继制定了针对性的地方标准。例如,多个地区制定了商品砂浆的生产和应用技术规程,山西省、重庆市、安徽省、浙江省、江苏省、上海市等多个省市制定了无机保温砂浆建筑保温系统的应用技术规程。

这些标准详细规定了相应商品砂浆的产品质量要求和性能指标,明确了相应的测试过程和方法,并和国际通用的技术标准相接轨。这些标准的颁布和实施,极大规范和推动了我国商品砂浆行业的发展。某些商品砂浆产品甚至有多个相关的国家或行业标准,虽然总体要求相同,但仍有一些不同和特殊之处。以无机保温砂浆为例,就有《建筑保温砂浆》(GB/T 20473—2006)、《膨胀玻化微珠保温隔热砂浆》(GB/T 26000—2010)和《膨胀玻化微珠轻质砂浆》(JG/T 283—2010)三个标准。这三个标准对无机保温砂浆的性能具体性能要求见表1,从中可以看出三者之间的异同点。

表1 不同标准对无机保温砂浆的性能要求

项 目	国家和行业标准的性能要求			
	GB/T 20473—2006		GB/T 26000—2010	JG/T 283—2010
	I 型	II 型		
外观质量	均匀,干燥、无结块		—	均匀性≤5%
堆积密度/(kg/m ³)	≤250	≤350	≤280	—
石棉含量	应不含石棉		—	—
放射性	$I_{Ra} \leq 1.0$ $I_r \leq 1.0$		内照射指数≤1.0 外照射指数≤1.0	—
分层度/mm	≤20		—	≤20
干密度/(kg/m ³)	240~300	301~400	≤300	≤300
抗压强度/MPa	≥0.20	≥0.40	≥0.20(墙面用)	≥0.20(墙面用)
			≥0.30(地面及屋面用)	≥0.30(地面及屋面用)
热导率/[W/(m·K)]	≤0.070	≤0.085	≤0.070	≤0.070
蓄热系数/[W/(m ² ·K)]	—	—	≥1.5	≥1.5
线性收缩率/%	—	—	≤0.3	≤0.3
压剪粘接强度/kPa	≥50	≥50	原强度≥50	原强度≥50
			耐水强度≥50	耐水强度≥50

续表

项 目	国家和行业标准的性能要求			
	GB/T 20473—2006		GB/T 26000—2010	JG/T 283—2010
	I 型	II 型		
抗拉强度/MPa	—	—	≥ 0.10	≥ 0.10
燃烧等级	A 级		A2	$\geq A2$
抗冻性(15 次冻融循环)	质量损失率 $\leq 5\%$ 抗压强度损失率 $\leq 25\%$		—	—
软化系数	≥ 0.50	≥ 0.50	≥ 0.60	≥ 0.60

我国不仅在标准体系方面开展了很多工作,还举办了许多技术培训活动,解决商品砂浆在实际应用中遇到的疑难困惑和技术难点。迄今为止,中国建筑业协会材料分会砂浆部主办、中国砂浆网承办了十届国家建材物理检验工(砂浆检测)中级职业技能鉴定培训班,已培养 800 多位砂浆行业技术骨干;还于 2011 年 2 月底举办了第一期砂浆物理检验工高级职业技能鉴定培训班,培训了 130 余名技术骨干人员。同济大学结合欧洲建筑节能培训技术,近三年来在上海、浙江、江苏、安徽以及江西省等地举办了多次建筑节能技术培训,培训了上千人次的建筑保温体系及干混砂浆施工技术方面的技术人员。此外,河南大学、北京等地散办、行业组织及一些企业纷纷举办了一些培训班。这些培训加大了商品砂浆业内人才培养力度,提升了关键岗位人员的理论及实践水平,为商品砂浆行业发展提供了一定的驱动力。

4 科学技术研究

迄今为止,商品砂浆的应用性能、品种开发以及组分作用等方面仍然是研究重点和热点。而商品砂浆的科学理论研究也逐渐增多,尤其是丙烯酸(PAE)乳胶粉、苯丙(SAE)乳胶粉、醋酸乙烯酯-叔碳酸乙烯酯共聚物(VA/VeoVa)乳胶粉、丁苯(SBR)乳胶粉等新型可再分散乳胶粉的开发和应用,纤维和工业固体废弃物的作用,乳胶粉的作用及其机理等方面的研究。商品砂浆产品,如无机保温砂浆、修补砂浆等的研发也备受关注。下面就从几个方面进行阐述。

4.1 乳胶粉

作为商品砂浆的有机胶凝材料,乳胶粉(或乳液)主要在于提高砂浆拉伸粘接强度和柔韧性等性能。因此新型可再分散乳胶粉的研究重点也是聚焦在这两种性能上。类似于 EVA 乳胶粉,醋酸乙烯-叔碳酸乙烯酯乳胶粉除具有良好的减水作用和保水性,减小水泥砂浆体积密度和降低抗压强度外,也能显著提高柔韧性。张景琦等认为,商品砂浆负温下的粘接性能与所用乳胶粉的合成单体密切相关,在进行负温条件施工时商品砂浆应选择合适的乳胶粉。刘文斌等认为就拉伸粘接强度而言,可再分散乳胶粉(和纤维素醚)掺量并非越多越好,存在一定的最佳掺量范围。马保国等提出表征界面粘接特性的内聚强度和界面结合强度概念,并利用粘接强度结果研究了 EVA 乳胶粉、双级配填料和水泥掺量对砂浆内聚强度和界面结合强度的影响规律。张小红等研究认为经预热处理的混凝土基板会导致瓷砖粘接剂水养及热养拉伸粘接强度值相对较大,而对标准养护和 20min 开放时间时的粘接强度影响很小。

目前,人们普遍认为乳胶粉能改善水泥砂浆性能的原因在于,乳胶粉在水泥水化过程中不仅存在物理作用,如其颗粒在水泥颗粒表面的吸附及成膜作用影响水化进程等;而且存在化学作用,如其各种活性基团与水泥水化产物中的某些离子发生反应,形成特殊的桥键作

用,或与凝胶纳米结构相互作用提高硅聚合度,改善水泥砂浆硬化体的显微结构等。王茹等发现丁苯乳胶粉和丁苯乳液一样能促进水泥水化产物钙矾石的生成,而丁苯乳胶粉的效果更明显,不过丁苯乳液增加了钙矾石的稳定性;丁苯乳胶粉使 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 的生成量减少,但不如丁苯乳液的效果明显;丁苯乳胶粉和丁苯乳液一样能延缓 C—S—H 凝胶的形成。丁苯乳胶粉和乳液的这些影响主要体现在水泥水化早期(3d内),且两者在水泥砂浆内部形成聚合物膜的能力相当。同时看到,聚灰比大于 15% 时, Al^{3+} 和 $[\text{SiO}_4]^{4-}$ 的结合会受到限制, Al^{3+} 结构变化明显, C—S—H 凝胶中 $[\text{SiO}_4]^{4-}$ 的聚合度也受到限制。水化 7d 和 28d 后,丁苯乳胶粉使 AFm 和 C_4AH_{13} 的含量下降。此外,丁苯乳胶粉能在早期促进生成 CAH_{10} 。笔者通过研究发现,乙烯醋酸乙烯酯共聚物(EVA)乳胶粉能明显延迟水泥浆体正常的电化学反应和水化反应进程,显著延缓水泥水化产物钙矾石、氢氧化钙以及 C—S—H 凝胶的生成时间,降低其生成量(尤其是在水化 24h 以内),还会促进 C—S—H 凝胶硅氧四面体聚合态由一聚态向高聚态转变。乳胶粉的化学作用对水泥的新拌性能和硬化后性能都会产生一定的影响。

在新型乳胶粉制备方面,裴勇兵等研发出一种分散性良好的丙烯酸乳胶粉,且对水泥砂浆性能的改善程度与丙烯酸乳液相当。常用的丙烯酸乳胶粉能显著改变自流平砂浆的流动度保持性、凝结时间、粘接强度、干燥收缩、吸水量、抗冲击及柔韧性等,其也具有类似于其他种类乳胶粉的减水作用和保水作用,还可引入 10% 左右的含气量。

4.2 纤维

纤维也是商品砂浆的重要组成部分之一,起着改善韧性和抗开裂收缩性能的作用。常用于商品砂浆的纤维包括聚丙烯纤维、碳纤维、木质素纤维、芳纶纤维、聚乙烯醇纤维等,其中聚丙烯纤维最为常用。不同种类的纤维对商品砂浆性能的影响明显不同。聚丙烯纤维与水泥砂浆具有较好的粘接性,其粘接破坏形式为拔出破坏;不过水灰比、龄期、纤维埋入长度和埋入角度等参数均对粘接强度具有重要影响。李国忠等利用水相悬浮法在聚丙烯纤维表面进行接枝丙烯酸改性,发现改性聚丙烯纤维能显著提高水泥砂浆的抗折强度和抗干燥收缩性能,且纤维与水泥浆体的粘接强度明显增强。聚丙烯纤维与纤维素醚复掺,能显著降低水泥砂浆的塑性开裂,一定掺量时可完全消除水泥砂浆的塑性开裂。而三叶型改性聚丙烯纤维对干混砂浆施工性、强度、抗裂性、抗渗性、抗水分蒸发性能提升更为显著,其最佳体积掺量为 0.1%~0.12%。

作为一种特种纤维,碳纤维主要用来改善水泥砂浆的电学性能。范晓明等研究发现,随养护龄期增加,碳纤维石墨砂浆的电阻值逐渐增大并趋于稳定;其体积电阻值与压应力之间呈现良好的对应关系,应力加载时电阻值以线性下降,而卸载时则相应增大;羟丙基甲基纤维素可代替羧甲基纤维素用来分散短切碳纤维以提高材料的耐霉性。而碳纤维水泥砂浆受热变形时,其热膨胀系数随着碳纤维含量增大而降低,且二者之间具有一定函数关系。

4.3 其他组分

除了乳胶粉和纤维,其他组分,例如掺合料、骨料、纳米材料、特种水泥等对商品砂浆性能的影响也是研究重点。刘荣进等通过研究发现钛矿渣活性随 TiO_2 含量升高而降低,随钛矿渣掺量增大,水泥砂浆流动度显著增大,抗压强度明显降低,但抗折强度降幅较小。而利用矿渣砂代替部分水泥砂浆中的骨料,则会导致水泥砂浆需水性增大,抗压强度和早期抗折强度降低,但后期抗折强度有所提高,干燥收缩率减小。尾矿砂也是商品砂浆常用的一种骨料,可以提高水泥砂浆的和易性和力学性能;但尾矿砂的泥粉含量(MB值)对水泥砂浆干燥收缩性影响极大,当 MB 值在 1.4~2.0g/kg 且石粉含量小于 10% 时,尾矿砂可用来配

制各种强度等级的普通干混砂浆。赵宇等则通过对废弃水泥砂浆进行热处理分离出脱水的水泥浆体相和砂子,在一定量的化学和矿物助剂作用下,配制出性能满足要求的普通干混砂浆。加水量对水泥砂浆的强度、稠度和施工性能影响也很大,合理控制加水量是确保商品砂浆质量的关键因素之一。杨佳俊等将废电子线路板非金属残渣用于水泥砂浆,发现水泥砂浆的重金属离子浸出量远小于国家标准要求,且能保证良好的抗折、抗压强度。张晏清等通过在石英砂表面包覆石墨粉制得覆导电膜骨料,并以此制备出性能良好的导电模式为壳体接触传导电流型的覆导电膜骨料水泥砂浆。

橡胶粉作为一种工业固体废弃物,替代部分砂应用于水泥砂浆,能够显著改善和易性、变形能力、抗开裂性能、抗冻融和干湿循环性能,降低表观密度和热导率,但也会导致收缩增大、强度降低。橡胶粉表面改性后,能进一步提高水泥砂浆的韧性和延展性。通过橡胶颗粒与聚乙烯醇纤维的复合,能显著改善水泥砂浆的抗开裂性能和抗冲击性,并一定程度上缓解因橡胶粒子导致的强度下降。

纳米材料一定程度上能改善水泥砂浆的各项性能。潘钢华等发现纳米凹凸棒土可以改善防水砂浆的抗压、抗折强度、粘接强度、抗渗性等性能。叶青等则通过将自制的一种氮改性纳米 TiO_2 光催化材料掺入到水泥砂浆中,制备出具有一定光催化作用的功能型水泥砂浆。笔者也曾利用纳米 SiO_2 对水泥基饰面砂浆进行改性,发现在一定掺量范围内,纳米 SiO_2 能明显改善饰面砂浆的抗折强度、抗压强度、拉伸粘接强度,降低毛细孔吸水率,改善抗泛碱性和耐沾污性,原因在于纳米 SiO_2 能细化砂浆的孔结构和水化产物 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 晶体尺寸,使砂浆更致密。李国卫等通过将快硬硫铝酸盐水泥和普通硅酸盐水泥制成自流平砂浆,发现随快硬硫铝酸盐水泥的掺量增大,自流平砂浆抗压强度先降低后增大,而其初始电阻率逐渐增大,但应控制快硬硫铝酸盐水泥不宜超过一定的掺量。

4.4 养护制度

外界环境条件对商品砂浆的性能和工程应用有着重要的影响。任传尧等研究认为,养护条件对基准强度的影响较大,但对掺纤维素醚的水泥砂浆影响相对较小。李清海等研究了不同砂灰比的水泥砂浆在室温 (20°C) 至 550°C 时的抗压强度变化规律,发现水泥砂浆抗压强度随温度升高的变化可分为 3 个阶段。第 1 阶段 ($20\sim 150^\circ\text{C}$),灰砂比 $>1/3$ 的水泥砂浆抗压强度有所增加,而灰砂比 $<1/3$ 的水泥砂浆抗压强度则有所降低;第 2 阶段 ($150\sim 180^\circ\text{C}$),抗压强度变化平缓;第 3 阶段 ($180\sim 550^\circ\text{C}$),抗压强度呈明显下降趋势。砂浆的耐酸盐侵蚀性也受到一定的关注,张晏清研究发现,掺加聚合物乳液可改善水泥砂浆的耐酸腐蚀性能,且乳液掺量越大,改性效果越明显,其中水泥砂浆的耐盐酸腐蚀性能改善最为显著。马保国等研究认为掺石灰石粉的水泥砂浆置于 $5\% \text{MgSO}_4$ 溶液、 5°C 及 20°C 温度环境下浸泡 450d 后均能生成碳硫硅酸钙,而未掺石灰石粉水泥砂浆试件则不然;在早期,减缩剂和早强剂能一定程度上有效延缓碳硫硅酸钙晶体的生成。

4.5 产品开发

商品砂浆的组成优化,对于提升性能和降低成本至关重要。新型商品砂浆的产品开发,也有利于进一步推动商品砂浆的应用和发展。高英力等利用粉煤灰及脱硫石膏取代部分水泥,制备出性能良好的水泥-粉煤灰-脱硫石膏干混抹面砂浆。张志军等则针对普通抹面砂浆受冷热环境交替作用而容易开裂的问题,通过研究橡胶粉、乳胶粉和聚丙烯纤维对水泥砂浆抗压强度、抗折强度、压折比、收缩率和弹性模量的影响规律,研制出高柔性的抹面抗裂砂浆。张磊和赵立群等则通过系统研究分别开发出性能良好的聚合物修补砂浆。高淑娟通过各

组分影响性能的研究,制备出性能和施工效果均良好的聚合物防水砂浆。饰面砂浆的泛碱问题一直是困扰其工程应用的难题,滕朝晖等采用单因素分析法优选出饰面砂浆的最佳配方,并提出抑制饰面砂浆泛碱能力大小的组分依次为阻碱剂>HPMC>胶粉>憎水剂。

无机保温砂浆是近几年研究最多的商品砂浆,不同组分对其性能影响显著。有机硅烷类憎水剂一般能提高无机保温砂浆的干密度、抗压强度、软化系数、热导率和拉伸粘接强度,并能改善其不透水性能,但会影响到抹面砂浆层与保温砂浆层之间的粘接强度;可再分散乳胶粉则通过增强无机胶凝材料与轻质骨料之间的结合力,来提高拉伸粘接强度;纤维素醚能改善保温砂浆的工作性;木质纤维在无机保温砂浆中形成二维网状结构,从而提高砂浆的内聚力、抗裂性和力学性能;引气剂则能显著缩小无机保温砂浆的干密度和热导率,但会造成无机保温砂浆力学强度降低。集灰比增大,玻化微珠保温砂浆的密度、热导率、力学强度、干燥收缩率均逐渐下降,掺入引气剂的效果更为显著。粉煤灰则会导致保温砂浆的稠度先增大后降低,而湿表观密度、干表观密度、抗压强度和热导率均先降低后增大,粉煤灰对保温砂浆收缩有一定的抑制作用,与引气剂复掺时,二者存在最佳掺量。改变集灰比或采用不同的保水剂,会使保温砂浆的收缩开裂情况也不同。利用神经网络可以对无机保温砂浆的收缩开裂情况进行较好的预测。

5 结语

在国家相关政策的推动下,近几年商品砂浆进入了更为迅猛的发展阶段,应用和研究热点也不断出现,商品砂浆的标准技术趋于完善和成熟。目前,商品砂浆的研究仍然主要集中在各种特种商品砂浆,如无机保温砂浆保温体系系列砂浆的产品开发和性能影响因素。应用技术虽仍集中在砂浆组分尤其是聚合物对性能的影响方面,但已逐渐深入到微观机理的研究方面。未来一段时间,商品砂浆的产品开发和应用技术研究仍将为研究热点,但商品砂浆的性能优化和结构调控的理论和技術将成为新的研究方向。

参考文献

- [1] 王培铭. 商品砂浆在中国的发展 [J]. 上海建材, 2002, 5: 19-21.
- [2] 建筑保温砂浆 (GB/T 20473—2006).
- [3] 膨胀玻化微珠保温隔热砂浆 (GB/T 26000—2010).
- [4] 膨胀玻化微珠轻质砂浆 (JG/T 20473—2010).
- [5] 裴勇兵, 张心亚, 谢德龙, 等. 丙烯酸酯可再分散乳胶粉的性能与表征 [J]. 高校化学工程学报, 2009, 6: 1038-1043.
- [6] 朱立德, 孙东娟, 陈晶. 纯丙烯酸乳胶粉在自流平砂浆中的性能实验研究 [J]. 新型建筑材料, 2010, 5: 12-15.
- [7] 王培铭, 刘恩贵. 苯丙共聚乳胶粉水泥砂浆的性能研究 [J]. 建筑材料学报, 2009, 12 (3): 253-258, 265.
- [8] Ru Wang, Peiming Wang. Action of redispersible vinyl acetate and versatate copolymer powder in cement mortar [J]. Construction and Building Materials, 2011, 25: 4210-4214.
- [9] 王茹, 王培铭, 彭宇. 三种方法表征灰砂比不同时丁苯乳胶粉水泥砂浆柔韧性的对比研究 [C]//商品砂浆的研究及其应用. 北京: 化学工业出版社, 2009.
- [10] 张景琦, 刘树旺, 王艳兵, 等. 有机聚合物对砂浆负温粘接强度的影响 [J]. 低温建筑技术, 2009, 5: 11-13.