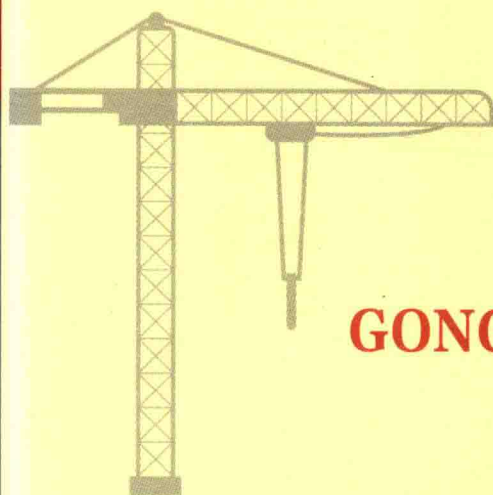


陶瓷板 与工程应用



TAO CI BAN YU
GONG CHENG YING YONG

陈帆 ◎ 著

中国建筑工业出版社

陶瓷板与工程应用

陈帆◎著



中国建筑工业出版社

图书在版编目(CIP)数据

陶瓷板与工程应用/陈帆著. —北京: 中国建筑工程出版社, 2015.11
ISBN 978-7-112-18513-9

I. ①陶… II. ①陈… III. ①建筑陶瓷—研究
IV. ①TQ174.76

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第227980号

本书介绍了陶瓷板的生产工艺与技术装备、陶瓷板产品标准应用规程及参考图集、我国建筑幕墙标准化的发展、陶瓷薄板幕墙设计与施工、陶瓷板的工程应用及案例以及陶瓷板产业的发展展望,融产品制造和工程设计与应用于一体,适用于建材、建筑领域从事建筑陶瓷板科研、生产、设计、施工、工程管理、教学及营销等各类人员阅读和参考。

责任编辑:李东禧 唐旭
书籍设计:锋尚制版
责任校对:张颖 陈晶晶

陶瓷板与工程应用

陈帆 著

*

中国建筑工业出版社出版、发行(北京西郊百万庄)

各地新华书店、建筑书店经销

北京锋尚制版有限公司制版

北京中科印刷有限公司印刷

*

开本: 880×1230毫米 1/16 印张: 13½ 字数: 410千字

2015年10月第一版 2015年10月第一次印刷

定价: 72.00元

ISBN 978-7-112-18513-9

(27736)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题,可寄本社退换

(邮政编码 100037)

现代工业化生产的大规格尺寸陶瓷板包括瓷质的、炻质的和陶质的，在20世纪下半叶已经开始研究、开发和生产应用了。在有关政府部门、研究设计院、生产企业的大力支持和积极推动下，山东淄博德惠来装饰瓷板有限公司于2005年11月建成国内第一条年产50万 m^2 湿法工艺炻质板示范生产线并投入试生产，广东佛山广东蒙娜丽莎新型材料集团有限公司于2007年建成投产国内第一条使用干法工艺的瓷质薄板生产线。到2014年，我国自主创新研发的陶瓷板新产品完成了产品国家标准制定，同时参加世界陶瓷板标准、住房和城乡建设部产品应用技术规范、中国建筑标准设计研究院编制的产品应用参考图集等文件的制定，在国内的许多高层建筑用作建筑幕墙，在医院、机场、隧道等许多公共建筑作为新型建筑装饰材料被选用。陶瓷板作为陶瓷行业代表参加新中国成立60周年成果展。我国陶瓷板产业化基本形成并处于世界先进水平。

陶瓷板研发是以节约资源、减轻建筑负荷、丰富建筑外观色彩、新型建筑装饰与复合材料、文化载体、从做传统砖到做材料、自主创新的新工艺新技术新装备、功能材料等为特点而问世的，是作为21世纪世界陶瓷的新发展而问世的，具有光明的应用前景。

为使陶瓷板得到广泛推广使用，需有众多建筑设计师、建筑装饰师、房地产界人士、广大房屋业主、材料专家等的了解，特编著出版《陶瓷板及工程应用》一书，内容包括陶瓷板生产工艺技术与装备、陶瓷板幕墙标准体系及应用、陶瓷薄板幕墙设计与施工、陶瓷板的工程应用案例及陶瓷板产业发展展望等。本书以广东蒙娜丽莎新型材料有限公司生产的瓷质板和山东淄博德惠来装饰瓷板有限公司生产的纤瓷板为例，介绍陶瓷板及工程应用。

本书的编辑出版得到广东蒙娜丽莎新型材料集团有限公司及在其设立的国家认定企业技术中心和广东省无机材料院士工作站、山东淄博德惠来装饰瓷板有限公司、中国陶瓷工业协会陶瓷幕墙与装饰材料分会、中国硅酸盐学会陶瓷分会建筑卫生陶瓷专业委员会以及一批陶瓷板开发应用专家的大力支持，周健儿、李转、薛孔宽、孙鸿斌、李育瑾、汪庆刚、张电、闫振华等提供了部分资料或参与编写，在此表示衷心感谢。

从当代世界陶瓷板的开发应用和各国展览会的展品、论坛所得来的信息，陶瓷板是21世纪世界陶瓷业开发的一股新潮流，我对我国陶瓷板的未来充满信心和希望。不当之处仍恐难免，恳请广大读者批评指正。

陈帆

2015年8月

前 言

绪 论 1

陶瓷板的生产工艺与技术装备 5

第一节 国家立项及实施过程 6

一、大规格超薄建筑陶瓷砖产业化技术开发 6

二、陶瓷砖绿色制造关键技术与装备 7

第二节 瓷质板的生产工艺及装备 9

一、瓷质板的研发和产业化 9

二、列入国家“十一五”科技支撑计划 10

三、瓷质板的原料 11

四、生产工艺及技术要求 13

五、主要生产设备及性能参数 20

六、陶瓷板主要产品品种 24

七、知识产权状况 24

八、国家和国际标准规范 25

九、瓷质板的应用 26

第三节 纤瓷板的生产工艺与装备 28

一、列入国家“十五”科技攻关计划 28

二、列入国家“十一五”科技支撑计划	30
三、纤瓷板的生产工艺	33
四、主要生产设备及性能参数	38
五、纤瓷板产品品种及产量	42
六、生产线投资情况	44
七、专利申报、产品标准、工程施工质量验收标准制定	45
八、纤瓷板产品的应用	46

第四节 陶瓷板干法与湿法工艺特点	47
一、干法工艺的特点	47
二、湿法工艺的特点	48

Chapter 03 第三章 陶瓷板产品标准、应用规程及参考图集 51

第一节 编制《陶瓷板》GB/T 23266—2009	53
一、标准的由来	53
二、标准启动时产品及标准状况	53
三、制定标准解决的技术关键	53
四、标准的制定、发布过程	54
五、标准的创新点	55
六、标准的实施情况	55

第二节 编制《建筑陶瓷薄板技术应用规程》	56
一、编制《建筑陶瓷薄板技术应用规程》(JGJ/T 172—2009)	56
二、编制《建筑陶瓷薄板技术应用规程》(JGJ/T 172—2012)	58

第三节 建筑陶瓷薄板和轻质陶瓷板工程应用参考图集	60
--------------------------	----

Chapter 04 第四章 我国建筑幕墙标准化的发展 61

第一节 我国建筑幕墙标准化的现状	63
一、建筑幕墙标准化的发展历程	63
二、建筑幕墙的标准体系	65
三、在编及即将实施的建筑幕墙标准	68

第二节	人造板和幕墙工程技术规范 (JGJ 336—2015) 简介	69
第三节	建筑幕墙新图集介绍	71
	一、建筑幕墙新旧规范及图集对比	71
	二、新版建筑幕墙图集分册13J103-1~7内容简介	71
Chapter 05	第五章 陶瓷薄板幕墙设计与施工	75
第一节	陶瓷薄板幕墙结构设计	77
	一、荷载计算	77
	二、计算模型的选用	79
	三、陶瓷薄板	84
	四、立柱选用	86
	五、横梁选用	88
	六、立柱与建筑物连接	90
	七、立柱壁局部承压能力验算	90
	八、横梁与立柱连接计算	91
	九、伸缩缝接点宽度计算	91
	十、埋件的计算	92
	十一、结构胶选用	92
	十二、托板计算	94
第二节	陶瓷薄板幕墙的节点设计和节能设计	95
	一、节点设计	95
	二、节能设计	99
第三节	陶瓷薄板幕墙的加工和安装	103
	一、幕墙加工	103
	二、幕墙安装	105
Chapter 06	第六章 陶瓷板的工程应用与案例	109
第一节	陶瓷板工程应用系统标准和规范	111
	一、薄法施工系统	111
	二、建筑幕墙系统	112

三、保温一体化系统	113
四、铝蜂窝复合挂装系统	114
第二节 瓷质板的工程应用与案例	116
一、瓷质板的工程应用特点	116
二、瓷质板的工程应用概况	117
三、瓷质板的工程应用案例	125
第三节 纤瓷板工程应用与案例	135
一、纤瓷板工程应用特点及效益	135
二、纤瓷板工程应用概况	136
三、纤瓷板工程应用案例	139

Chapter 07	第七章 陶瓷板产业的发展展望	151
	一、促进了传统陶瓷的技术与装备的创新发展	152
	二、符合国家产业发展政策	153
	三、带动一批新产业的发展	153
	四、开拓陶瓷材料应用的新领域	153
	主要参考文献	156
	附 录	157

Chapter 01

第一章

绪 论

《中国陶瓷史》、《中国陶瓷百年史（2011-2010）》以及其他大量的资料和实物说明，陶瓷的发明是人类把广泛存在于地球的黏土、长石、石英等资源用人力改变天然矿物发生质的变化而制造出来的，是人类发明史上的重要成果之一。分布于全国各地最早的陶瓷基本上是就地取材、就地生产、就地使用，也没有什么分类。随着人类文明进化和科技进步，才逐步有了今天对陶瓷按用途的分类，诸如陈设艺术瓷、日用瓷、建筑卫生陶瓷、工业陶瓷、砖瓦等。到了当代，建筑业在全球兴起，需要大量的建筑装饰材料，而建筑陶瓷生产要耗费大量的资源能源并对环境造成一定的污染，人们开始寻找一种“资源节约型、环境友好型”的生产方式和材料。从做“陶瓷砖”到做“陶瓷板”就是人们一直探讨的一条路子和成功示例。

1993年，在德国慕尼黑举办的陶瓷展览会上展出了3mm厚的大尺寸天蓝色陶瓷薄板。这是我首次看到的利用现代工业化手段生产的陶瓷薄板。当时，把样板拿到手时的感觉，一是薄，二是大，三是轻，四是有挠性。

2001年，在意大利博罗尼亚陶瓷展上意大利System Ceramics公司展出宽1000×长3000×厚3（mm）的陶瓷薄板以及生产该板的成套技术装备。

2000年，山东德惠来装饰瓷板有限公司开始大规格超薄陶瓷板的自主开发研究。2003年3月，项目产品大规格超薄纤维陶瓷装饰板宽1000×长2000×厚3~4（mm）获山东省科技厅主持的成果鉴定。自此，我国有了大规格超薄陶瓷装饰板及成套技术装备，产品是炆质的，工艺技术是湿法的。

2004年10月，大规格超薄建筑陶瓷砖的技术开发得到国家“十五”科技攻关计划支持，国家科技部下文立项，项目名称“大规格超薄建筑陶瓷砖产业化技术开发”（编号：2004BA321B）。项目包括四个课题：“大规格超薄建筑砖生产工艺技术的研究和开发”（编号：2004BA321B01）、“大规格超薄建筑陶瓷砖装备的研究与制造”（编号：2004BA321B02）、“大规格超薄建筑陶瓷砖中试生产线建设及产品生产技术和产品应用技术标准的研究与制定”（编号：2004BA321B03）、“大规格超薄纤维复合陶瓷装饰板产业化技术的研究”（编号：2004BA321B04）。

2007年4月，大规格超薄建筑陶瓷砖的技术开发继续得到国家“十一五”科技支撑计划支持，国家科学技术部下文立项，课题名称为“陶瓷砖绿色制造关键技术与装备”（编号：2006BAF02A28）。这充分说明：一是国家对陶瓷板研发的重视，对陶瓷板（砖）绿色制造的重视；二是国内一批陶瓷工作者组建一批产学研队伍，对陶瓷板产品与技术装备的开发已经开始了；三是课题的某些成果为后来我国的瓷质薄板的产品开发、装备开发和产业化打下坚实的基础。

2006年6月,笔者从广东科达机电公司的陶瓷板中试线车间取了几块宽 $600\times$ 长 $800\times$ 厚 $3.5(\text{mm})$ 的试制样品到广东蒙娜丽莎新型材料集团有限公司。以萧华董事长为首的一批高管人员看后都认为其是一件好产品,可以组织研究开发。于是,借用广东科达机电公司的陶瓷板中试线,广东蒙娜丽莎新型材料集团公司停掉了一个生产车间的生产,一批人带着自己生产的粉料,连续生产试制了20多天,试验结果基本良好。在此基础上,两个公司签订了一个合同,由广东科达机电公司提供包括全自动压力成形机、干燥器、施釉线、窑炉、抛光机等在内的成套生产装备,广东蒙娜丽莎新型材料集团公司负责生产工艺技术,花了大约一年的时间,完全依靠自主知识产权建成了我国第一条瓷质板生产线,2007年8月1日成功投产。2008年,中国建筑材料联合会授予此项目科技进步一等奖。

2009年12月,中国轻工联合会、中国建材联合会、广东蒙娜丽莎新型材料集团公司在北京人民大会堂联合举行了新闻发布会,宣布我国自主创新建设起了瓷质陶瓷板生产线并生产出大规格瓷质板产品。同年,在国家举办的新中国成立60周年成果展上,由广东蒙娜丽莎新型材料集团公司生产的陶瓷板代表建筑陶瓷行业参展,这也是建筑陶瓷行业唯一参展的新产品。

利用现代工业化手段生产大规格陶瓷板是世界21世纪建筑陶瓷领域的一个新成果、新产品。要使大规格陶瓷板产品真正走向市场、得到工程应用还缺乏必要的产品标准和相应的工程应用规程及规范性文件。于是,在2007~2012年期间,国家有关部门先后制定并发布了产品标准、应用技术规程及标准使用参考图册。这包括由中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局和中国国家标准化委员会共同发布的中华人民共和国国家标准《陶瓷板》(GB/T 23266—2009);由中华人民共和国住房和城乡建设部发布的中华人民共和国行业标准《建筑陶瓷薄板应用技术规程》(JGJ/T 172—2012);由中国建筑标准设计研究院主编的《建筑陶瓷薄板和轻质陶瓷板工程应用 幕墙、装饰 参考图集》(13CJ43)。

近十几年间,意大利、土耳其、伊朗、印尼等国相继建立了十多条陶瓷板生产线。直到2015年,意大利System Ceramics公司、SACMI公司生产出了宽 $1600\times$ 长 $4000\times$ 厚 $4(\text{mm})$ 的瓷质大板。

这些年来,陶瓷板在国内外的研究开发和工程应用中取得令人振奋的进展。本书的编辑出版就是为应对这一潮流而做的一件事情,总结过去和现在并着眼于未来。

Chapter 02

第二章

陶瓷板的生产工艺 与技术装备

第一节

国家立项及实施过程

一、大规格超薄建筑陶瓷砖产业化技术开发

2001年,在意大利博洛尼亚陶瓷展会期间,意大利System Ceramics公司推出了长 $3000\times$ 宽 $1000\times$ 厚 $3(\text{mm})$ 的建筑陶瓷薄板,展示了全新的成套生产技术装备。我国的一些高校、科研机构和企业对此高度关注。

2002年初,景德镇陶瓷学院决定申报“陶瓷国家工程中心”。在组建方案中,一是拟定了包括“大规格超薄建筑陶瓷砖技术装备研发”等十项科技攻关项目;二是把与佛山市南庄镇人民政府共同创办的“华夏建筑陶瓷研究开发中心”作为申报组建“陶瓷国家工程中心”的建筑陶瓷产业化实验基地。

2003年初,广东省科技厅向国家科技部提交了“大规格超薄建筑陶瓷砖技术装备研发”项目组织工作方案。

2004年10月,国家科技部批准,设立“十五”科技攻关计划项目“大规格超薄建筑陶瓷砖产业化技术开发”(编号:2004BA321B),由广东省科技厅为组织单位、景德镇陶瓷学院周建儿为总负责人。项目包含四个课题:课题一“大规格超薄建筑砖生产制造工艺技术的研究与开发(编号:2004BA321B01)”;课题二“大规格超薄建筑陶瓷砖装备的研究与制造(编号:2004BA321B02)”,承担单位为广东科达机电公司;课题三“大规格超薄建筑陶瓷砖中试生产线建设及产品生产技术和产品应用技术标准的研究与制定(编号:2004BA321B03)”,由华夏建筑陶瓷研究开发中心代表景德镇陶瓷学院为承担单位;课题四“大规格超薄纤维复合陶瓷装饰板产业化技术的研究(编号:2004BA321B04)”,承担单位为山东淄博德惠来装饰陶瓷有限公司。起止年限为2004年7月至2005年12月。

项目的主要目标为:①研制出生产大规格超薄建筑陶瓷砖的成套工艺技术与装备技术,以及一条中试生产线,产品规格为: $3000\times 1000\times 3(\text{mm})$,与生产同样面积的普通砖相比较,节能40%以上,资源消耗减少60%以上。②申请6~8项专利,编制出与国际产品标准接轨的大规格超薄建筑陶瓷砖产品和装备技术以及应用标准。③大规格超薄建筑陶瓷砖成套技术在1或2家企业进行推广,建立产品应用展示厅。

2005年5月,第一阶段攻关工作基本完成。其中,一是进行了超薄砖坯体压后强度和干燥强度添加

剂、坯体化学组成对坯体抗弯强度和中等分子量聚丙烯酸钠制备工艺研究,确定了基础坯体配方及工艺参数。二是新型布料试验线在灵海科技公司建成,按计划进入布料系统及进行阳模模具试验。三是进行了压机结构设计分析,确定了三梁八柱和套筒预应力拉杆结构方案并按计划进入压机设计研制阶段[依据市场开发经验和考虑加快项目成果推广应用因素,项目组采纳了科达机电公司提出的将产品规格调整为 $1800 \times 800 \times 3$ (mm)的方案,即压机还可用于 800×800 (mm)规格产品生产,并得到了国家科技部认可]。四是进行了大规格超薄陶瓷砖烧成曲线及窑炉结构设计分析,确定了小辊径密辊距辊道窑方案并按计划进入设计研制阶段。

2006年4月,大规格超薄建筑陶瓷砖中试生产线在广东科达机电公司的陶瓷试验中心建成并投入使用,进行了五个基础坯体配方中试,经实验比较和调整后,筛选出普白和高白两种基本坯体配方。5月17日第一批大规格超薄建筑陶瓷砖下线,中试产品尺寸为 $1832 \times 817 \times 3.2$ (mm)。之后,又进行了金属釉大规格超薄建筑陶瓷砖中试并获得成功。在当月举行的2006年中国国际陶瓷工业展览会期间,向业界展示了大规格超薄建筑陶瓷砖的产品及其成套技术装备。

2005年11月,由山东淄博德惠来装饰陶瓷有限公司完成的课题四“大规格超薄纤维复合陶瓷装饰板产业化技术的研究”,建成了一条年产 50万 m^2 的湿法滚压成形薄型陶质“纤瓷板”示范生产线,通过山东省科技厅组织的专家验收。

2006年6~7月间,广东蒙娜丽莎新型材料集团公司的大规格陶瓷板项目组在中试成功的基础上,在广东科达机电公司大规格超薄建筑陶瓷砖中试线上进行了实验性生产并取得成功。为此,当年签订大规格陶瓷板生产线建设交钥匙工程合同,2007年8月1日,我国第一条年产 100万 m^2 大规格“瓷质板”生产线在广东蒙娜丽莎新型材料集团公司建成并成功投产。

二、陶瓷砖绿色制造关键技术与装备

国家“十五”科技攻关计划项目“大规格超薄建筑陶瓷砖产业化技术开发”(编号:2004BA321B)成功开发了薄型陶质大尺寸纤瓷板成套技术与装备,建立了生产线。但未开展湿法辊压成形薄型瓷质陶瓷砖系列产品生产、成套技术和装备研究开发,薄型陶瓷砖产品的质量标准体系也没有建立起来。

从2005年起,在国家科技部高新技术产业司的指导下,中国建筑材料集团公司开展“绿色制造技术与装备(建材)”国家“十一五”科技支撑计划项目的申报。其中“陶瓷砖绿色制造关键技术与装备”课题由咸阳陶瓷研究设计院牵头申报。

2007年4月,国家科学技术部下达了课题“陶瓷砖绿色制造关键技术与装备”(编号:2006BAF02A28)的计划(国科发技字[2007]251号),课题承担单位为咸阳陶瓷研究设计院,负责人为李转,参加单位有中国建筑材料科学研究总院、景德镇陶瓷学院、陕西科技大学、山东淄博德惠来装饰瓷板有限公司、广东蒙娜丽莎陶瓷有限公司。

课题研究任务和主要技术指标:通过对湿法辊压成形坯釉料配方体系、坯体增强增韧、成形、干燥、施釉及烧成等技术的研究,重点开发出湿法和干法生产薄型陶瓷砖成套技术与装备,建立薄型陶瓷砖质量标准体系;实现陶瓷砖原料减量50%、降低能耗45%以上的目标;申请专利技术8项;发表论文

80篇；培养人才50名。

考核指标：建设年产100万 m^2 示范生产线，产品主要性能指标是：产品规格 $100 \times 100 \sim 900 \times 2400$ （mm）系列化；厚度：内墙砖3mm，外墙砖3~4mm，地板砖4~6mm；吸水率（%）：内墙砖 >10 ，外墙砖 ≤ 3 ，地板砖 ≤ 0.5 ；断裂模数（Mpa）：内墙砖 ≥ 15 ，外墙砖 ≥ 30 ，地板砖 ≥ 35 。研究产品和设备标准4~6项，开发检测仪器。形成具有自主知识产权的我国薄型陶瓷砖的生产技术及装备。建设我国3~6mm薄型陶瓷砖研发和示范基地。

2007年6月，课题组在广东蒙娜丽莎陶瓷有限公司召开启动会。成立了课题管理委员会，聘任了以行业知名专家陈帆教授为组长的五人专家小组。课题管理办公室与各课题参加单位签订了总任务、年度任务合同。

2007年6月，课题组向国家标准化管理委员会（后简称国标委）申报《陶瓷板》产品标准，2008年1月批准立项，2009年3月9日发布国家标准《陶瓷板》（GB/T 23266—2009），2009年11月5日起实施。

2007年9月，咸阳陶瓷研究设计院完成实验线的建设工作，选择日本进口350真空挤出机为试验线挤出机，辊压机为五组变频式布带传动辊压机，干燥窑为34m电热、变频网带式干燥窑，开始关键技术的研发工作。

2007年10月，课题向建设部申报《建筑陶瓷薄板应用技术规程》，2009年1月批准立项，2009年3月发布《建筑陶瓷薄板应用技术规程》（JGJ/T 172—2009），2009年7月1日起实施。

2008年5月，中国建筑材料集团有限公司在广东佛山市对“十一五”国家科技支撑课题“陶瓷砖绿色制造关键技术与装备”组织了中期评估。

山东德惠来瓷板装饰有限公司承担示范线建设任务，在原有陶质陶瓷板生产线上为课题组承担了工业性试验工作，于2008年底开始示范线建设工作，2009年10月完成建设，进入运转考核。

广东蒙娜丽莎陶瓷有限公司在国家“十五”科技攻关项目成果的基础上，建设、完善了一条干法陶瓷板生产线。

课题的主要成果：完成了坯釉料配方体系及其增强增韧的研究，确定了生产配方；完善了湿法辊压成形和干压薄型陶瓷砖生产线成套装备的研究设计并应用于示范线；深化了薄型陶瓷砖生产线技术；建立了薄型陶瓷砖质量标准体系，制定了国家标准《陶瓷板》和行业标准《建筑陶瓷薄板应用技术规程》；形成了陶瓷板生产设备和生产技术的自主知识产权。

课题任务顺利完成并通过国家科技部组织的专家验收。成果先后获得2008年度中国建筑材料科学技术进步一等奖、2010年度陕西省科学技术进步二等奖。