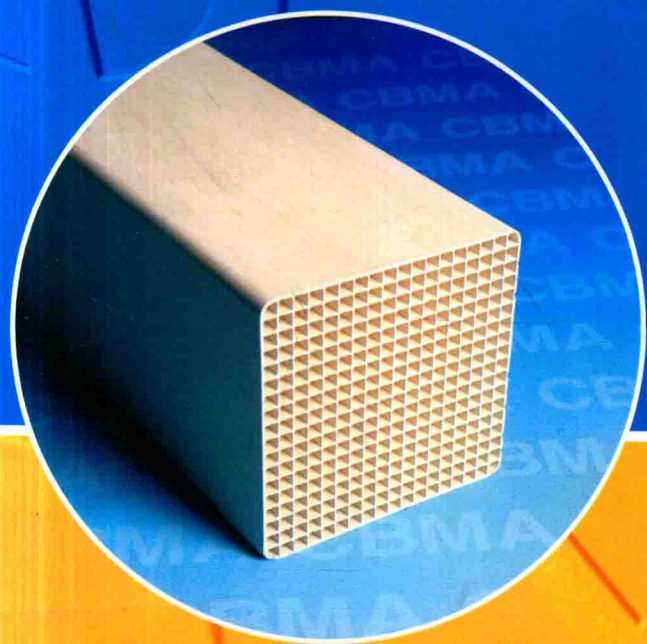


环保陶瓷生产与应用

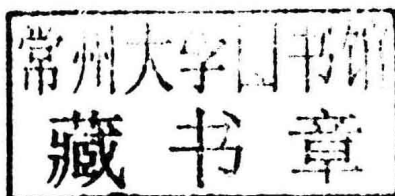
唐婕 李懋强 薛友祥 霍艳丽 等 编著



中国建材工业出版社

环保陶瓷生产与应用

唐 婕 李懋强 薛友祥 霍艳丽 等 编著



中国建材工业出版社

图书在版编目(CIP)数据

环保陶瓷生产与应用/唐婕等编著. —北京: 中国建材工业出版社, 2018. 1

ISBN 978-7-5160-2126-2

I. ①环… II. ①唐… III. ①陶瓷—生产工艺—无污染技术 IV. ①TQ174.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 315830 号

内 容 简 介

本书系统介绍了水质净化及污水处理用陶瓷过滤器、高温陶瓷膜材料及高温气体过滤器、陶瓷载体催化剂、消除噪声用陶瓷材料、陶瓷传感器和新能源陶瓷六大类环保陶瓷材料的概念、分类、发展历程、生产所用原料、生产工艺、技术装备、产品规格和测试技术等。

该书内容简单明了、通俗易懂、便于操作, 实用性强, 可供环保陶瓷领域科研、生产企业技术、操作、管理等人员阅读参考。

环保陶瓷生产与应用

唐 婕 李懋强 薛友祥 霍艳丽 等 编著

出版发行: 中国建材工业出版社

地 址: 北京市海淀区三里河路 1 号

邮 编: 100044

经 销: 全国各地新华书店

印 刷: 北京雁林吉兆印刷有限公司

开 本: 787mm×1092mm 1/16

印 张: 19.75

字 数: 490 千字

版 次: 2018 年 1 月第 1 版

印 次: 2018 年 1 月第 1 次

定 价: 98.00 元

本社网址: www.jcbs.com 微信公众号: [zgjcgychs](https://www.jcbs.com)

本书如出现印装质量问题, 由我社市场营销部负责调换。联系电话: (010) 88386906

江西新科环保股份有限公司创办于2002年，是一家集研发、设计、制造、销售及工程施工于一体的国家高科技环保产业骨干企业。公司位于江西萍乡经济技术开发区，紧邻沪昆高铁、浙赣铁路、沪瑞高速和国道319、320线，临近黄花国际机场和明月山机场，交通运输十分便利。

公司自创建以来，一直致力于环保节能所需蜂窝陶瓷的研发和应用，与中国建筑材料科学研究总院、湖南大学、萍乡学院等科研院所建立了长期战略合作伙伴关系，拥有一批环境治理领域的技术专家，拥有江西省建材工业催化剂及载体工程技术研究中心、中国建筑材料科学研究总院环保陶瓷及装备工程技术研究中心等多个省（部）级科研平台，承担了国家重点研发计划、江西省重大科技专项等近十个科研项目，公司开发的低温、超高温SCR脱硝催化剂等多个核心产品均具有自主知识产权，可细分出适应不同行业和领域的个性配方产品，可为企业提供脱硫脱硝、VOC治理等污染治理综合性解决方案。

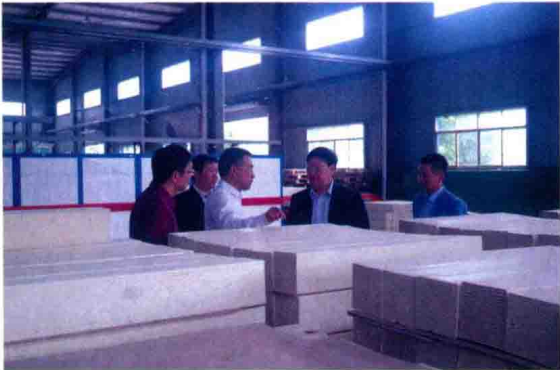
公司目前具有年产6000m³的低温SCR脱硝催化剂和年产12000m³的蜂窝陶瓷的生产能力，现有脱硝催化剂、蜂窝陶瓷蓄热体、挡板砖、冷触媒蜂窝陶瓷片等产品，主要用于焦化、玻璃、水泥、冶金、垃圾焚烧、石化、火电等领域。

SCR脱硝催化剂

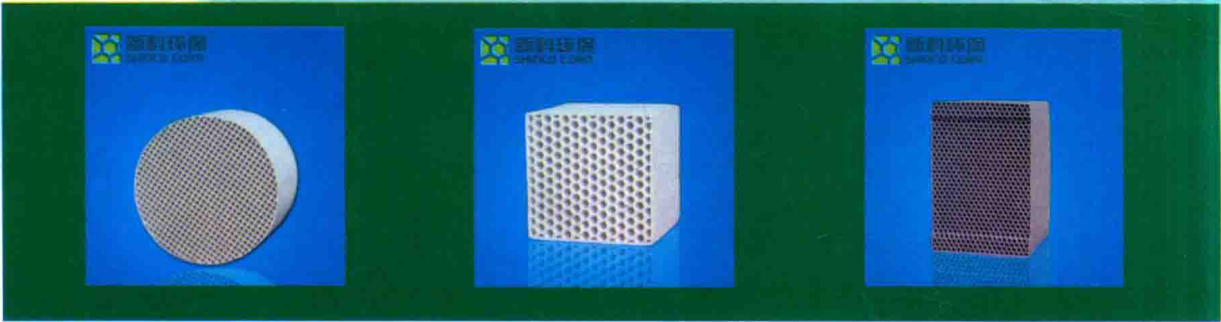
我公司与中国建筑材料科学研究总院陶瓷科学研究院针对我国低温工况工业（锅）窑炉烟气特点，自主研发的SCR脱硝催化剂在150℃以上，具有脱硝效率高、二氧化硫转化率低、抗中毒能力强、机械强度高、寿命长等特点。可根据不同的烟气条件定制个性化的催化剂。现已建成年产2000m³的SCR催化剂模块化生产线一条。目前已经在水泥、电子玻璃、日用玻璃等窑炉尾气低温脱硝系统中获得成功应用。该低温SCR脱硝催化剂可广泛应用于建材、焦化、钢铁、垃圾焚烧等低温烟气条件的工业（锅）窑炉的脱硝。

中建材新科SCR脱硝催化剂产品系列

钢铁焦化系列：（CX系列）			
名称	起活温度	脱硝效率	使用条件
CX-200	200	>80%	SO ₂ <300mg， 尘<50mg
CX-230	230	>85%	
CX-260	260	>90%	
2. 日用玻璃系列：（CG系列）			
名称	起活温度	脱硝效率	使用条件
CG-180	180	>80%	SO ₂ <1000mg， 尘<100mg
CG-200	200	>85%	
CG-240	240	>90%	
3. 陶瓷、耐材系列：（CP系列）			
名称	起活温度	脱硝效率	使用条件
CP-150	150	>70%	SO ₂ <5000mg， 尘<100mg
CP-180	180	>80%	
CP-200	200	>85%	
CP-230	230	>90%	
4. 水泥系列：（CC系列）			
名称	起活温度	脱硝效率	使用条件
CC-100	100	>65%	SO ₂ <50mg， 尘<30mg
CC-120	120	>70%	
CC-150	150	>70%	SO ₂ <100mg， 尘<30mg
CC-180	180	>80%	
CC-230	230	>50%	SO ₂ <1000mg， 尘<10mg
5. 超高温系列：（UH系列）			
名称	最高使用温度	脱硝效率	使用条件
UH-550	550	>95%	SO ₂ <500mg， 尘<50mg



■ 蜂窝陶瓷蓄热体



我公司生产的蜂窝陶瓷蓄热体广泛应用于各种蓄热式热力焚化炉(RTO)、蓄热式催化氧化炉(RCO)、蓄热式加热炉（HTAC技术）和其他环保领域。

一、产品材质
堇青石质、莫来石质、高铝质、刚玉莫来石质、致密堇青石、致密莫来石、锆铬刚玉、碳化硅刚玉复相型等。

- 二、产品规格
- 1. 尺寸：100×100×100、100×150×150、150×150×150、150×150×300（mm）等。
 - 2. 孔数：25×25、40×40、43×43、50×50、60×60等。
 - 3. 孔形：正方形、矩形、正六边形、圆形、三角形等。
- 注意：以上规格可根据客户要求生产。
- 三、理化指标

目录		低温			高温		
		焰瓷质	疏松堇青石质	致密堇青石质	堇青石莫来石质	莫来石质	刚玉莫来石质
化学成分	Al ₂ O ₃ , %	19-23	33-35	35-37	33-35	59-61	69-72
	MgO, %	—	8.0-9.0	6.0-7.0	13.5-15.5	—	—
	SiO ₂ , %	68-72	48-50	48-50	48-51	37-39	28-30
热膨胀系数（室温-1000℃），×10 ⁻⁶ /℃		4.0-8.0	1.5-1.8	2-2.5	2.0-3.0	4.2-5.0	4.5-5.2
热容量（室温-1000℃），J/(kg·K)		800-900	750-900	800-1200	1100-1300	1100-1300	1300-1400
耐热冲击，℃		150	300	250	300	230	260
软化温度，℃		1200	1280	1350	1400	1630	1680
耐火度，℃		1290	1360	1410	1480	1750	1790
最高使用温度，℃		1100	1200	1300	1350	>1550	>1600

■ 联系方式

江西新科环保股份有限公司
电话：0799-6783499
传真：0799-6786993
网址：www.shincocorp.com
邮箱：jxpxxkf@163.com
地址：江西省萍乡市开发区西区工业园金丰路30号

创新 科学 诚信 发展

序 言

陶瓷制品的种类繁多，分类方法有多种。按照用途不同，通常分为陈设美术陶瓷、日用陶瓷、建筑卫生陶瓷、工业陶瓷等。把陶瓷真正有目的地用于各个工业部门只有上百年的历史。

随着高铝瓷土等原料在制瓷工艺的应用、制造工艺的发展、高温技术的进步以及为适应其他工业发展的需求，主要利用陶瓷耐酸、耐碱、耐腐蚀性，电绝缘性能及电磁、光学、机械、生物及化学等卓越性能而制成的一批新型的工业陶瓷制品逐步发展起来。由于工业陶瓷的用途十分广泛，在某些领域起到不可替代的作用，逐步发展成为相对独立的工业分支。

改革开放以来，随着国家经济建设的快速发展，人们生活水平的不断提高与自我保护意识的增强，各级政府及建设单位对环境保护的高度重视，为环境保护产业的发展提供了广阔的市场条件，伴随着与环境保护有关的陶瓷制品的开发、生产、检测及应用也得到了迅速发展。这类陶瓷主要用作各类环保装备的部件等，按照用途这类陶瓷应属于工业陶瓷的范畴，但又与现有工业陶瓷的用途、性能等部分或全部不尽相同，人们把这类陶瓷产品称之为“环保陶瓷”。

目前，这类环保陶瓷的种类繁多、用途广泛。如用于净化水体的陶瓷滤芯，用于污水活化的陶瓷曝气器，用于降低钢铁冶炼等高温窑炉能耗的陶瓷蓄热体，用于处理化工原料的陶瓷填料，用于消除高温燃气噪声的陶瓷消声器，用于高温烟气除尘的高温过滤器等；用于机动车尾气净化的蜂窝陶瓷催化剂，工业干燥炉用红外陶瓷燃烧板，光催化抗菌、防霉陶瓷，太阳能陶瓷电池等；用于控制尾气排放的陶瓷氧传感器，用于监控土壤水分的陶瓷湿敏传感器等。但是，对这类环保陶瓷还没有明确的定义和准确的分类方法。

为此，以教授级高工唐婕为负责人的团队，集多年来从事环保陶瓷的科研、开发、生产、检测、教学和企业应用的经验，并通过阅读大量科技文献，编著了这本《环保陶瓷生产与应用》。

该书明确提出了环保陶瓷的定义，指出环保陶瓷是指对大气、水体、土壤等自然环境的保护具有直接或间接作用的陶瓷材料及器件，主要应用于水处理、气体净化、工业提纯过滤、污染物治理、噪声处理、节能控制、新能源开发等环境工程领域。该书系统介绍了水质净化及污水处理用陶瓷过滤器、高温陶瓷膜材料及高温气体过滤器、陶瓷载体催化剂、消除噪声用陶瓷材料、陶瓷传感器和新能源陶瓷六大类环保陶瓷材料的概念、分类、发展历程、生产所用原料、生产工艺、技术装备、产品规格和测试技术等，说明了主要环保陶瓷产品的材质、规格型号、应用等。

该书内容简单明了、通俗易懂、便于操作、实用性强，是环保陶瓷领域科研、生产企业技术、操作、管理等人员难得的一本参考书，对环保陶瓷的生产技术与应用具有积极的推进作用，值得一读。

中国建筑材料科学研究总院 副总工程师



2017 年 12 月

前 言

由于用途广泛、种类繁多，环保陶瓷目前尚无准确的概念。自 20 世纪 70 年代末，中国经济持续几十年高速发展，在带来巨大财富的同时，环境污染问题也凸显出来。伴随能源的耗费、资源的浪费、自然环境的恶化，中国面临巨大的环境保护压力。环境保护观念逐步深入人心，也带动了环保产业市场空前繁荣，环保技术、环保产品应运而生。以陶瓷生产制造过程及应用为例，很多企业、产品冠以“环保陶瓷”的名称。如许多汽车尾气净化器生产企业、微孔过滤陶瓷生产企业，甚至蜂窝陶瓷填料生产企业等都称为“环保陶瓷”公司。“环保陶瓷”产品概念更广泛，涉及工业陶瓷、建筑卫生陶瓷、日用陶瓷等不同领域，如具有抗菌功能的陶瓷砖、陶瓷洁具，具有节水功能的陶瓷卫浴产品，不含有毒、有害色釉料的陶瓷餐具等都被称为“环保陶瓷”。此外一些采用低温快烧等节能技术生产的陶瓷也被称为“环保陶瓷”。由此可见“环保陶瓷”的概念如何界定尚不明确。与此相关的还有“绿色陶瓷”。虽然“绿色陶瓷”的概念同样不甚明了，但通常指合理利用自然资源，生产制造过程污染少、能耗低，使用时有益于人类健康的产品，大抵包括：环保产品、节能产品、健康产品、多功能产品等。因此笔者认为将抗菌、保健、低能耗制造陶瓷称作“绿色陶瓷”，比“环保陶瓷”更恰当。

基于此，本书提及的环保陶瓷主要指应用于环境工程领域，如：水处理、气体净化、工业提纯过滤、污染物治理、噪声处理、节能控制、新能源开发等领域，对大气、水体、土壤等自然环境的保护起到直接或间接作用的工业陶瓷材料及器件。工业陶瓷应用于环境工程领域，已有上百年的历史。传统的环境工程领域应用包括：用于净化水体的陶瓷滤芯，用于污水活化的陶瓷曝气器，用于降低钢铁冶炼等高温窑炉能耗的陶瓷蓄热体，用于处理化工原料的陶瓷填料，用于消除高温燃气噪声的陶瓷消声器，用于高温烟气除尘的高温过滤器等，并随着陶瓷制造技术的发展、材料性能提升以及应用领域的拓宽，逐渐发展到机动车尾气净化用蜂窝陶瓷催化剂，工业干燥炉用红外陶瓷燃烧板，光催化抗菌、防霉陶瓷，太阳能陶瓷电池等。除直接应用于环境工程领

域外，环保陶瓷还间接用于环境工程过程监控或环境质量监控，如用于控制尾气排放的陶瓷氧传感器，用于监控土壤水分的陶瓷湿敏传感器等。本书也将这一类陶瓷材料纳入环保陶瓷范畴。

本书对环保陶瓷材料的概念、分类、制作方法等进行了系统阐述，并着重对主要的环保陶瓷产品进行材质、规格型号、应用等方面的说明，从而为陶瓷制造企业、从事环保陶瓷研究的科研人员以及陶瓷专业学习的学生提供资料参考。

本书第一章和第八章由中国建筑材料科学研究总院霍艳丽高工编写，第二章由中国建筑材料科学研究总院李懋强老师编写，第三章由中国建筑材料科学研究总院唐婕教授级高工编写，第四、五章及第七章部分内容由山东工业陶瓷研究设计院有限公司薛友祥老师编写，第六章由中国建筑材料科学研究总院赵春林、吴彦霞、陈鑫编写，第七章部分内容由山东工业陶瓷研究设计院有限公司唐庆海老师编写，第九章由中国建筑材料科学研究总院王广海博士编写，全书由中国建筑材料科学研究总院唐婕及霍艳丽统稿。为使本书更为系统完善，书中引用了许多同行的文献资料，在此向所有被引用文献的作者及同行表示深深的谢意。

由于作者知识水平有限，且环保陶瓷材料及工艺技术发展迅猛，许多新工艺新成果未能在书中进行全面系统的介绍，在此敬请读者原谅并欢迎给予批评指正。

编著者

2017年11月

目 录

第 1 章 环保陶瓷概述	1
1.1 引言	1
1.2 环保陶瓷的定义与分类	2
参考文献	4
第 2 章 环保陶瓷用原料及处理	5
2.1 陶瓷原料概述	5
2.1.1 氧化硅	5
2.1.2 硅酸盐矿物	10
2.1.3 工业废渣	21
2.1.4 氧化铝	22
2.1.5 氧化锆	24
2.1.6 锆英石	26
2.1.7 氧化钛	27
2.1.8 氧化锌	29
2.1.9 碳酸盐	30
2.1.10 稀土氧化物	33
2.1.11 非氧化物类	35
2.2 辅助原料	38
2.2.1 成型结合剂	38
2.2.2 成型料分散介质	55
2.2.3 泥浆分散剂	56
2.2.4 石膏	57
2.3 环保陶瓷用原料的处理	58
2.3.1 原料预处理	58
2.3.2 破碎、制粉	58
2.3.3 粉料混合	69
2.3.4 粉料筛分	72
2.3.5 粉料造粒	74
2.3.6 泥浆制备	79
2.3.7 可塑性泥料制备	82
参考文献	84

第3章 环保陶瓷制备工艺技术..... 86

3.1 概述..... 86

3.2 环保陶瓷的成型..... 86

3.2.1 干压成型..... 86

3.2.2 挤出成型..... 89

3.2.3 注浆成型..... 93

3.2.4 等静压成型..... 95

3.2.5 片式材料成型..... 96

3.2.6 其他成型工艺..... 99

3.2.7 新型增材制造成型方法..... 102

3.3 环保陶瓷坯体干燥..... 105

3.3.1 坯体干燥机理及干燥控制..... 105

3.3.2 常用的陶瓷坯体干燥工艺..... 108

3.4 环保陶瓷烧成..... 110

3.4.1 烧结机理..... 111

3.4.2 烧成制度..... 113

3.4.3 常用烧结技术..... 115

参考文献..... 121

第4章 水质净化及污水处理用陶瓷过滤器..... 124

4.1 水处理陶瓷过滤材料分类..... 124

4.2 陶瓷过滤器结构及组成..... 124

4.2.1 陶瓷过滤元件结构..... 124

4.2.2 陶瓷过滤器结构..... 127

4.3 陶瓷滤芯及滤板材质、性能..... 132

4.3.1 硅藻土质陶瓷滤芯..... 132

4.3.2 铝硅酸盐质陶瓷过滤材料..... 133

4.3.3 石英质陶瓷过滤材料..... 134

4.3.4 刚玉质陶瓷过滤材料..... 134

4.3.5 氧化铝质多通道陶瓷膜材料..... 135

4.4 陶瓷过滤器在水处理领域的典型应用..... 137

4.4.1 陶瓷过滤材料在饮用水净化领域的应用..... 138

4.4.2 真空陶瓷圆盘式过滤机在物料脱水方面的应用..... 139

4.4.3 陶瓷膜过滤器在循环冷却水处理方面的应用..... 141

4.4.4 陶瓷膜过滤器在焦化行业富氨水除油工艺中的应用..... 142

4.4.5 陶瓷膜过滤器在乳化油废水处理中的应用..... 144

4.4.6 陶瓷膜分离技术在油田采出水处理系统中的应用..... 146

4.4.7 陶瓷膜材料在印染废水处理中的应用..... 147

4.4.8 平板陶瓷膜材料在 MBR 水处理技术中的应用	149
参考文献	152

第 5 章 高温陶瓷膜材料及高温气体过滤器	153
5.1 高温陶瓷膜过滤机理及过滤方式	153
5.1.1 高温陶瓷膜过滤机理	153
5.1.2 高温陶瓷膜过滤方式	154
5.2 高温陶瓷膜过滤材料	155
5.2.1 氧化物基高温陶瓷膜过滤材料	156
5.2.2 非氧化物基高温陶瓷膜过滤材料	160
5.2.3 陶瓷纤维基高温过滤材料	163
5.3 高温陶瓷膜过滤元件结构	172
5.4 高温陶瓷膜过滤器结构	174
5.4.1 高温陶瓷膜过滤器结构原理	174
5.4.2 高温陶瓷膜过滤器结构分类	175
5.4.3 高温陶瓷膜过滤器保护系统	183
5.5 高温陶瓷膜过滤器的典型应用	184
5.5.1 高温陶瓷膜材料在煤化工领域的应用	186
5.5.2 高温陶瓷膜材料在工业锅炉高温烟尘净化领域的应用	188
5.5.3 高温陶瓷膜材料在垃圾焚烧炉高温气体净化中的应用	189
5.5.4 高温陶瓷膜材料在有机硅等领域高温高压气体净化领域的应用	191
参考文献	192

第 6 章 陶瓷载体催化剂	193
6.1 催化剂概述	193
6.1.1 催化剂及催化作用的定义	193
6.1.2 催化剂催化过程的发展	193
6.1.3 催化剂的组成	194
6.1.4 环保工程用催化剂	196
6.1.5 环保催化剂常用陶瓷材料	199
6.2 催化剂及载体的制备与成型	203
6.2.1 催化剂的制备方法	203
6.2.2 典型陶瓷催化剂产品制造技术	206
6.3 陶瓷基催化剂的应用	214
6.3.1 有机废气净化	214
6.3.2 汽车柴油机废气净化	215
6.3.3 燃煤烟气高温 SCR 脱硝	217
6.3.4 工业锅炉烟气低温 SCR 脱硝	218

6.3.5 建材窑炉烟气低温 SCR 脱硝	219
6.3.6 烟气脱硫净化	220
参考文献	221
第 7 章 消除噪声用陶瓷材料	223
7.1 吸声、隔声用陶瓷材料	223
7.1.1 多孔陶瓷、泡沫陶瓷吸声机理	223
7.1.2 多孔陶瓷、泡沫陶瓷吸声性能影响因素	224
7.1.3 烧结多孔陶瓷吸声体制作工艺及应用	225
7.1.4 轻质泡沫陶瓷吸声体制作工艺及应用	227
7.2 陶瓷消声器	230
7.2.1 陶瓷消声器的工作原理	230
7.2.2 陶瓷消声器的性能及应用	232
7.2.3 陶瓷消声器的典型应用	235
参考文献	237
第 8 章 陶瓷传感器	238
8.1 陶瓷传感器分类	238
8.2 陶瓷传感器的材质及性能	239
8.2.1 陶瓷温度传感器的材质及性能	239
8.2.2 陶瓷位置速度传感器的材质及制备工艺	244
8.2.3 陶瓷光敏传感器的材质及性能	247
8.2.4 陶瓷压力传感器的材质及性能	248
8.2.5 气敏陶瓷传感器	254
8.2.6 陶瓷湿度传感器材质及性能	256
8.2.7 离子传感器的材质及性能	258
8.3 陶瓷传感器的典型应用	259
8.3.1 氧化锆氧浓差传感器	259
8.3.2 陶瓷传感器在汽车上的应用	260
8.3.3 压电陶瓷在桥梁工程上的应用	261
参考文献	262
第 9 章 新能源陶瓷	263
9.1 燃料电池	263
9.1.1 燃料电池的基本原理和基本组成	263
9.1.2 燃料电池的种类	265
9.1.3 陶瓷材料在燃料电池中的应用	267
9.2 核能	271

9.2.1	核电站的结构及特点	271
9.2.2	核电站的种类	272
9.2.3	陶瓷材料在核电站中的应用	275
9.3	太阳能热发电技术	283
9.3.1	太阳能热发电的原理	283
9.3.2	太阳能热发电系统	286
9.3.3	用于太阳能发电的陶瓷部件	288
9.3.4	太阳能热发电用陶瓷材料制备工艺	289
9.4	风能	292
9.4.1	风电的基本原理	293
9.4.2	采用陶瓷材料的部件	296
9.4.3	氮化硅陶瓷轴承在风能中的应用	298
参考文献		300

第1章 环保陶瓷概述

1.1 引言

自20世纪70年代末,中国经济持续几十年高速发展,在带来巨大财富的同时,环境污染问题也凸显出来。伴随能源的耗费、资源的浪费、自然环境的恶化,我国面临巨大的环境保护压力。环境保护观念逐步深入人心,也带动了环保产业市场空前繁荣,环保技术、环保产品应运而生。

随着科技的发展及人们环保意识的提升,以高新技术为支柱产业,科学、综合、高效地利用现有资源,同时开发尚未利用的富有自然资源取代已近耗竭的稀缺自然资源,并对部分传统产业进行改造,生产绿色环保型产品是解决环境问题的出路。陶瓷行业也不例外,我国是陶瓷生产和出口大国,2016年全国各类陶瓷出口年产量近2125.7万吨,全国有大约1000多家日用陶瓷企业^[1],因此依靠科技进步、节能降耗、开发绿色环保陶瓷是我国陶瓷企业生产改造的当务之急。环保陶瓷与人们生活越来越息息相关。环保陶瓷的定义也发生一定的改变,我们所说的环保陶瓷应具备以下要素:第一是节约能源和原材料消耗,做到物尽其用;第二是对环境有害的气体如 SO_2 、 CO 、 NO_x 等废气要尽量少;第三是有害人类健康的废水(含铅、镉、汞、铬等重金属元素)尽量要少;第四是不存在对人类身体不利的放射性物质;第五是提倡生产自洁、抗菌、杀菌等保健功能的陶瓷;第六是粉尘、游离 SO_2 要尽量少;第七是噪声、热散失量要尽量少;第八是生产和工作环境要清洁、干净、舒适。当前应用较多的环保陶瓷材料以气体、水、固体颗粒过滤分离材料、催化剂及载体、传感器等为主,具有多孔结构的陶瓷材料是其中的主要类别,能够实现废气、废液的过滤。

环保陶瓷种类繁多、用途各异,具有耐高温、耐磨损、耐腐蚀以及质量轻等优点,无论在生活中还是在工业生产中都获得越来越广泛的应用。大多数环保陶瓷材料都具有多孔结构,因此在干压成型制备环保陶瓷过程中,需要根据最终制品的微观结构要求,对陶瓷坯料的颗粒度、添加剂、造孔剂等进行适当的选择及搭配。高纯度粉体属于瘠性材料,用传统工艺无法使之成型。首先,通过加入一定量的表面活性剂,改变粉体表面性质,包括改变颗粒表面吸附性能,改变粉体颗粒形状,从而减少超细粉的团聚效应,使之均匀分布;加入润滑剂减少颗粒之间及颗粒与模具表面的摩擦;加入黏合剂增强粉料的粘结强度。将粉体进行上述预处理后装入模具,用压机或专用干压成型机以一定压力和压制方式使粉料成为致密坯体。因此,本书对环保陶瓷原料、辅料及各种制造设备也做了相应介绍。

目前全球面临着三大危机:资源短缺、环境污染、生态破坏。环保陶瓷虽然是一个新的概念,但是由于其对资源、环境的友好而获得迅速发展。环保陶瓷已进入人类生活的方

方面面,而且随着人们环保意识的提高及科学技术的进步,环保陶瓷的制造技术会越来越先进,制造成本也会日益降低,应用领域会越来越广阔。

1.2 环保陶瓷的定义与分类

由于用途广泛、种类繁多,环保陶瓷目前尚无准确的概念。以陶瓷生产制造过程及应用为例,很多企业、产品冠以“环保陶瓷”的名称。如许多汽车尾气净化器生产企业、微孔过滤陶瓷生产企业,甚至蜂窝陶瓷填料生产企业等都称为“环保陶瓷”公司。“环保陶瓷”产品概念更广泛,涉及工业陶瓷、建筑卫生陶瓷、日用陶瓷等不同领域,如具有抗菌功能的陶瓷砖、陶瓷洁具,具有节水功能的陶瓷卫浴产品,不含有毒、有害色釉料的陶瓷餐具等都被称为“环保陶瓷”。此外一些采用低温快烧等节能技术生产的陶瓷也被称为“环保陶瓷”。由此可见“环保陶瓷”的概念如何界定尚不明确。与此相关的还有“绿色陶瓷”。虽然“绿色陶瓷”的概念同样不甚明了,但通常指合理利用自然资源,生产制作过程污染少、能耗低,使用时有益于人类健康的产品,主要包括:环保产品、节能产品、健康产品、多功能产品等。因此笔者认为将抗菌、保健、低能耗制造的陶瓷称作“绿色陶瓷”,比“环保陶瓷”更恰当。

工业陶瓷应用于环境工程领域,已有上百年的历史。传统的环境工程领域应用包括:用于净化水体的陶瓷滤芯、用于污水活化的陶瓷曝气器、用于降低钢铁冶炼等高温窑炉能耗的陶瓷蓄热体、用于处理化工原料的陶瓷填料、用于消除高温燃气噪声的陶瓷消声器、用于高温烟气除尘的高温过滤器等,并随着陶瓷制造技术的发展、材料性能提升以及应用领域的拓宽,逐渐发展到机动车尾气净化用蜂窝陶瓷催化剂、工业干燥炉用红外陶瓷燃烧板、光催化抗菌、防霉陶瓷、陶瓷太阳能电池等。除直接应用于环境工程领域外,环保陶瓷还间接用于环境工程过程监控或环境质量监控,如用于控制尾气排放的陶瓷氧传感器、用于监控土壤水分的陶瓷湿敏传感器等。在本书中也将这一类陶瓷材料纳入环保陶瓷范畴。

目前,我国已经成为汽车生产大国, NO_x 的排放量中有三分之一来自汽车尾气污染,其余的还有发电厂及工业窑炉排放的烟气。减少这类因燃烧而产生的 NO_x ,最经济且有效的方法是采用助热燃烧技术。蜂窝陶瓷在助热燃烧方面发挥出了重要的促进作用,它的作用是通过 NH_3 将 NO 还原为 N_2 ,实现催化还原。近年来,以 $\text{V}_2\text{O}_5/\text{TiO}_2$ 为载体的新型净化器装置已被研制出来,由于具有更小的体积、更长的寿命,大大降低了去除废烟气中 NO_x 的净化费用。为控制气体排放形成的大气污染,凝聚着多种净化技术的多孔蜂窝陶瓷产品,正在被广泛应用于汽车尾气排放处理、烟气中 NO_x 的排除、燃气轮机等的催化助热以及其他化学反应工程。尽管目前的蜂窝陶瓷产品仍存在脆性的弱点,但在环境领域中表现出了难以替代的作用,获得广泛欢迎。

高性能陶瓷膜是环保陶瓷的另一个主要代表,膜技术是一种新型高效分离技术,随着科技的进步,陶瓷膜技术获得大幅提升^[2]。多孔陶瓷膜以其优异的材料稳定性和化学稳定性,在石油、化学工业、医药、冶金等工业众多领域获得了广泛的应用,以其节约能源和环境友好的特征成为解决全球能源、环境、水资源问题的重要途径。与多孔陶瓷相

比,多孔陶瓷膜具有非对称结构,具有更高的分离性能。膜的厚度一般介于几十纳米到几百微米之间,可以实现从纳米尺度的筛分到可见大颗粒的分离(如高温气体除尘),是一种典型的环境友好材料。多孔陶瓷膜的分离性能与材料的孔径大小及其分布、孔隙率、孔形态等微结构有着密切的关系,多孔陶瓷膜的孔径可以在几个纳米到几十微米范围内进行调变。

据调查,未来陶瓷膜领域的发展趋势将主要集中在以下几个方面:(1) 进一步提高陶瓷膜材料的分离精度及其分离稳定性,使其在液体分离领域实现纳滤级别的连续高效运行,在气体分离领域实现多组分气体的高效分离;(2) 研制具有大孔径及高孔隙率的耐高温陶瓷分离膜材料,使其在资源的高效利用及环境保护等领域实现高温气固分离过程的长期稳定运行;(3) 陶瓷膜表面性质的调控,通过改变其表面亲疏水性及荷电性、生物相容性等,以拓展陶瓷膜的应用领域;(4) 陶瓷膜的低成本化生产,结合构建面向应用过程的膜材料设计与制备方法来解决陶瓷膜推广应用的瓶颈问题;(5) 研制耐强酸强碱等苛刻体系的膜材料,提高膜材料分离性能的稳定性,拓展其在工业的应用范围。综上,多孔陶瓷膜制备技术研究必将进一步引领和推动陶瓷膜在技术及产业方面的发展,是环保陶瓷高效发展的重要支撑。

新能源是指区别于常规能源之外的各种能源形式,主要包含太阳能、地热能、风能、海洋能、生物质能和核能等。现代社会,科技发展突飞猛进,人类对新能源的开发与应用日益增加,新能源领域就用到许多陶瓷材料,如氧化钇稳定氧化锆膜用作燃料电池隔膜,碳化硅材料作为核燃料的包壳材料,泡沫陶瓷用作太阳能光热发电的吸热材料等。甚至随着科技发展,过去一直被视作垃圾的工业及生活有机废弃物等也开始被重新认识,作为一种新型能源受到深入的研究和开发利用。以风能发电为例,由于风能是一种清洁的可再生能源,全球的风能约为 $2.74 \times 10^9 \text{ MW}^{[3]}$,其中可利用的风能为 $2 \times 10^7 \text{ MW}$,比地球上可开发利用的水能总量还要大 10 倍,蕴量巨大的风能受到世界各国的重视。我国风力发电起步较晚,但是一直在奋起直追,风力发电机正在向大容量方向发展,国际上单机容量已经达到 5MW。在大型风力发电机的设计和制造方面,我国正在不断进步,已经可以批量生产 1.5MW 级双馈型和直驱型风力发电机,3.0MW 双馈型风力发电机也已经下线,目前,已经开始研制 5.0MW 级风力发电机。氮化硅陶瓷轴承因其特殊的优势,在风电机组中有重要应用。由于陶瓷材料具有优异的高温性能,在高温工况下具有很好的滚动疲劳强度,试验结果表明,在 1000°C 高温下 Si_3N_4 还保持相当高的抗弯强度,因此陶瓷轴承有较好的接触应力和较长的疲劳寿命。与金属轴承材料相似的疲劳损坏方式 Si_3N_4 陶瓷作为轴承材料除了以上优异性能外,更重要的是其疲劳损坏方式是非灾难式的,而是与轴承钢金属材料具有相似的疲劳损坏方式,发生蚀坑或出现剥落。 Si_3N_4 陶瓷材料本身还具有减摩、抗磨、润滑等功能,在不良的润滑工况条件下,如边界润滑、无油干摩擦等情况,显示出卓越的减摩自润滑性能,可以大大提高机器的工作可靠性和使用寿命,并能降低机器噪声,减少维护费用。除此之外,陶瓷轴承是非磁性的,其绝缘性能也很好。总而言之,陶瓷轴承具有的众多优异性能,使得其逐渐代替金属轴承而成为风力发电机组的重要零部件之一,具有广阔的发展前景^[4]。