

曾令可 金雪莉 刘艳春 等编著

陶·瓷·废·料

回收利用技术

TAOCI FEILIAO HUI SHOU LIYONG JISHU

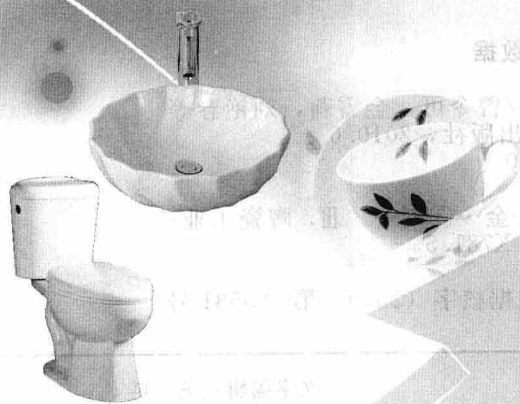


化学工业出版社

曾令可 金雪莉 刘艳春 等编著

陶·瓷·废·料 回收利用技术

TAOCI FEILIAO HUI SHOU LIYONG JISHU



化学工业出版社

·北京·

本书全面、系统介绍了陶瓷废料的来源、分类及国内外综合利用技术现状以及降低陶瓷废料对环境的危害性和节能减排等方面内容,并结合具体实例,对目前国内产生量最大、影响最明显的几种陶瓷废料应用实际问题进行详尽分析。本书还从陶瓷废料分类和选用、制备原理、制备工艺、配方的掺杂改性以及制品的性能测试和表征等方面进行了详细论述,重点介绍了利用陶瓷废料制备各种制品的工艺过程、产品性能及用途。本书还对有关陶瓷废料的回收利用、技术规范以及制品相关标准等进行了介绍。

本书内容新颖、丰富、实用,可供广大陶瓷行业从业人员、建筑材料相关人员以及从事陶瓷应用、陶瓷制品设计和生产、销售人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

陶瓷废料回收利用技术/曾令可,金雪莉,刘艳春等
编著. —北京:化学工业出版社,2010.6
ISBN 978-7-122-08532-0

I. 陶… II. ①曾…②金…③刘… III. 陶瓷工业-
工业废物-综合利用 IV. X781.5

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第085581号

责任编辑:朱 彤

文字编辑:王 琪

责任校对:王素芹

装帧设计:张 辉

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 装:化学工业出版社印刷厂

787mm×1092mm 1/16 印张21¼ 字数567千字 2010年7月北京第1版第1次印刷

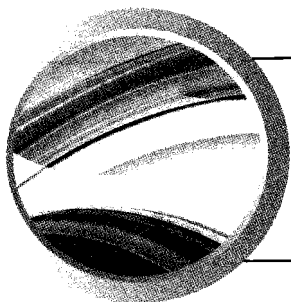
购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

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:59.00元

版权所有 违者必究



前言

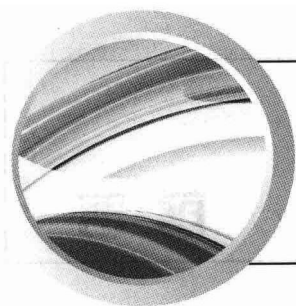
陶瓷在我国国民经济发展中占有相当重要的地位，是人们生活中不可或缺的生活资料。近十几年来，我国陶瓷工业得到了迅猛发展，各类陶瓷制品（如陶瓷墙地砖、卫生陶瓷、工业陶瓷和日用陶瓷等）产量均占世界总产量的60%以上且以每年30%以上的速度增长。虽然陶瓷企业为推进我国经济建设作出了不可磨灭的贡献，但其负面影响也越来越突出，对资源的过度开采、不合理利用等直接或间接影响了行业自身的可持续发展。特别是近年来随着产量的增加，陶瓷废料特别是抛光砖废料数量越来越多。据统计，2008年墙地砖产量已达50多亿平方米。若按70%为抛光砖计算，则全国抛光砖产量达30亿~40亿平方米。仅佛山陶瓷产区，各种抛光砖废料的年产生量已经超过300万吨（陶瓷废料总量预计500万吨）。全国抛光砖废料的年产生量估计在500万吨左右（陶瓷废料年总量预计为1000万吨），如此大量的陶瓷废料已经不能用简单的填埋方法来解决；同时，目前大量堆积的陶瓷废料挤占土地，对水、空气和土壤等环境造成了严重污染。如何将这些废料加工处理或再利用，已成为陶瓷生产家和环保部门共同关注的问题。

编者在实施广东省重大科技专项、广州市科技攻关项目、广州市建委科技项目等重点项目过程中，对陶瓷废料回收利用技术进行了广泛研究，积累了较丰富的经验。这本《陶瓷废料回收利用技术》较全面、系统地介绍了陶瓷废料的来源、分类及国内外综合利用技术现状以及减轻废料对环境的危害性并节省资源消耗，同时结合具体实例，特别是对目前国内产生量最大、影响最明显的几种陶瓷废料应用问题进行分析，可为广大陶瓷行业人士提供陶瓷废料再利用信息和有益帮助。此外，本书还从陶瓷废料分类和选用、制备原理、制备工艺、配方的掺杂改性以及制品的性能测试和表征研究等方面进行了详细论述，重点介绍了利用陶瓷废料制备各种制品的工艺过程、产品性能及用途。本书还对有关陶瓷废料的回收利用、技术规范以及制品相关标准等进行了介绍，内容丰富，层次分明。

本书的编写工作由曾令可、金雪莉、刘艳春、郑树龙共同编写完成；参与本书编写工作的还有苏达根、吴清仁两位教授以及朱圆圆、唐奇、戴武斌、王慧、刘一军、许爱民、李得家、刘世明、夏海斌、龚晖、刘涛、周梅、刘平安、程小苏、税安泽、侯来广、付英、牛艳鸽、吕海涛、刘飞、祝杰、高富强、冼志勇、王兆春、张永发等。

由于陶瓷种类繁多，陶瓷废料综合利用技术涉及面广，属于多学科交叉领域；加之作者时间有限，疏漏在所难免；此外，陶瓷废料综合利用技术领域发展速度很快，许多新的工艺技术和成果在书中反映得不够全面，敬请广大读者谅解并给予批评指正。

编者
2010年6月



目 录

第 1 章 环境保护与陶瓷清洁生产	1
1.1 可持续发展的意义	1
1.2 中国的陶瓷文明史	2
1.3 陶瓷废料污染及处理现状	3
1.4 陶瓷废料的主要来源	4
1.4.1 废弃建筑陶瓷	4
1.4.2 废弃日用生活陶瓷	4
1.4.3 专用陶瓷的废料	5
1.5 陶瓷废料的分类	5
1.6 陶瓷废料的收集	7
1.6.1 陶瓷废料的收集方法	8
1.6.2 陶瓷废料的预处理	9
1.6.3 陶瓷废料的加工处理	10
1.7 陶瓷废料的运输	12
第 2 章 陶瓷废料的形成分析	13
2.1 建筑陶瓷废料形成分析	14
2.1.1 瓷质砖半成品缺陷分析	14
2.1.2 瓷质砖烧成缺陷产生废料形成分析	16
2.1.3 劈离砖废料形成分析	21
2.1.4 角砖废料形成分析	22
2.1.5 抛光砖废料形成分析和抛光砖废渣的提取	24
2.2 卫生陶瓷废料形成分析	33
2.2.1 开裂缺陷的形成	33
2.2.2 缺釉缺陷的形成	33
2.2.3 起泡或针孔缺陷的形成	34
2.2.4 棕眼缺陷的形成	35
2.2.5 斑点缺陷的形成	35
2.2.6 落脏缺陷的形成	36
2.2.7 橘釉缺陷的形成	37
2.2.8 烟熏缺陷的形成	38
2.2.9 釉面失透缺陷的形成	38
2.2.10 色差缺陷的形成	38
2.3 日用陶瓷废料形成分析	39
2.3.1 黑点	39

2.3.2	釉泡	40
2.3.3	釉疤、色疤缺陷	41
2.4	电瓷废料形成分析	42
2.4.1	生烧与过烧	42
2.4.2	变形	42
2.4.3	黄芯	42
2.4.4	铁斑	44
2.5	功能性多孔陶瓷废料	44
2.5.1	蜂窝陶瓷废料的产生与种类	44
2.5.2	废料的回收利用	47
第3章	陶瓷废料用于生产建筑陶瓷制品	48
3.1	用于生产陶瓷砖	48
3.1.1	制备陶瓷砖坯料	48
3.1.2	制备仿古砖	48
3.1.3	制备超大规格陶瓷砖	50
3.1.4	制备免烧墙地砖	52
3.1.5	制备瓷质外墙砖	54
3.1.6	制备有釉外墙砖	56
3.2	用于生产多孔陶瓷	59
3.2.1	制备轻质玻化陶瓷	59
3.2.2	制备轻质多孔保温陶瓷砖	61
3.2.3	制备新型生态材料透水砖	70
3.2.4	制备多孔陶瓷过滤材料	80
3.2.5	冷加工废渣生产多孔砖	84
3.3	制备轻质功能性陶瓷装饰板材	85
3.3.1	轻质保温陶瓷装饰板材	85
3.3.2	制备彩色墙砖	87
3.3.3	制备轻质仿汉白玉装饰建筑材料	88
3.3.4	制备豪华装饰板材	88
3.4	制备劈开砖	89
3.4.1	泥料的性能要求	89
3.4.2	主要原材料	90
3.4.3	配方设计要求	90
3.4.4	劈开砖的配方	91
3.4.5	工艺流程	91
3.4.6	工艺布局	91
3.4.7	劈开砖的技术要求	91
3.4.8	产品变形的原因和解决方法	91
3.4.9	劈开砖的应用前景	92
3.5	制备仿水磨石块	92
3.5.1	工艺流程	93
3.5.2	加工方法	93
3.6	用于生产建筑瓦	93
3.6.1	制备仿古建筑瓦	93
3.6.2	制备屋面用琉璃瓦	95

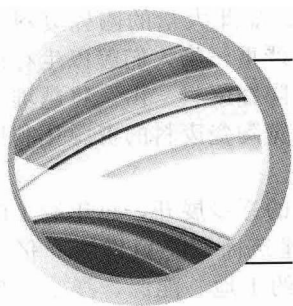
3.7	抛光砖废料制备多孔保温建筑材料的研究	97
3.7.1	原材料的选取	97
3.7.2	正交实验优化	98
3.7.3	多孔材料性能测试与表征	99
3.7.4	抛光砖发泡机理的分析	100
3.7.5	提高抛光砖废料利用率的研究	107
3.8	利用工业废渣与抛光砖污泥生产轻质隔热墙砖	119
3.8.1	工艺路线图	119
3.8.2	检测及产品特性	120
3.9	利用建筑陶瓷废料和粉煤灰制备超轻多孔陶瓷	121
3.9.1	原料	121
3.9.2	实验过程	122
3.9.3	结果与分析	123
3.10	利用陶瓷废料和尾矿制备闭孔发泡陶瓷	124
3.10.1	实验	125
3.10.2	结果与讨论	125
3.11	利用陶瓷厂回收的污泥渣制备高档釉面砖	129
3.11.1	研制过程	129
3.11.2	结果与影响因素分析	131
3.12	制备红坯瓷砖底釉	132
3.12.1	制备工艺	133
3.12.2	性能特点	133
3.13	陶瓷废料在环境艺术中的运用研究	133
第4章	用于生产日用陶瓷及卫生陶瓷	136
4.1	陶瓷工业废渣回收综合利用工程的评估	136
4.1.1	项目处理工艺选择原则	136
4.1.2	处理技术选择原则	136
4.1.3	工艺过程选择	137
4.1.4	项目生产规模及产品	137
4.2	制备高光泽度日用釉	137
4.2.1	釉用原料及其化学组成	138
4.2.2	釉料制备工艺	138
4.2.3	釉料配方	138
4.2.4	烧成	138
4.2.5	产品性能	138
4.2.6	机理分析	139
4.3	制备透明釉料	139
4.3.1	废瓷粉料代替长石和石英	139
4.3.2	鱼盘釉面质量差的原因分析	140
4.3.3	釉料的研制	140
4.3.4	废瓷粉及各组分的作用	140
4.4	制备复合无光乳浊釉	141
4.4.1	原料	141
4.4.2	试验方法	141
4.4.3	釉料配方	142

4.4.4	废料的作用机理分析	143
4.5	制备钛奶黄瓷釉	143
4.5.1	配方设计的依据	143
4.5.2	实验过程	144
4.5.3	实验分析	145
4.6	制备炻瓷泥料	145
4.7	生产卫生陶瓷	145
4.7.1	废瓷的主要性能	146
4.7.2	废瓷的处理工艺	146
4.7.3	原料选择及坯釉配方	148
4.7.4	利用石英废砂和陶瓷废料生产卫生陶瓷	150
第5章	用于生产工业陶瓷	152
5.1	用于热压铸成形工艺	152
5.1.1	热压铸成形的特点	152
5.1.2	原材料及其加工	152
5.1.3	蜂窝多孔陶瓷的制备工艺	153
5.1.4	蜂窝多孔陶瓷废料的回收再利用	154
5.2	用于生产陶瓷耐磨介质	154
5.2.1	陶瓷辊棒废料制备耐磨介质	155
5.2.2	刚玉质耐火材料废料制备中铝瓷球	156
5.3	用于生产陶瓷胶结再生材料	156
5.3.1	制备陶瓷结合再生物	156
5.3.2	制备陶瓷胶结地板	157
5.4	用于生产工业填料	157
5.4.1	制备生物膜反应器填料	157
5.4.2	制备橡胶用填料	159
5.4.3	制备陶瓷颗粒质过滤器填料	159
5.4.4	制备作膜法处理的填充滤料	161
5.5	用于生产高铝匣钵	162
5.5.1	废轻质高铝砖的来源	162
5.5.2	生产高铝匣钵的主要原材料	162
5.5.3	制备工艺	163
5.5.4	产品性能	164
5.5.5	废弃轻质高铝砖的作用	164
5.6	用于生产阻尼减振材料	164
5.6.1	制备氯化丁基橡胶阻尼减振材料	164
5.6.2	制备沥青基复合阻尼减振材料	166
5.7	制备陶瓷耐高温喇叭口	167
5.7.1	主要原材料	167
5.7.2	制备工艺	167
5.7.3	制品的性能	167
5.8	用于制备微晶玻璃	168
5.8.1	微晶玻璃与工业废渣的绿色化运用	168
5.8.2	废渣微晶玻璃的主要优点	168
5.8.3	废渣种类与研究现状	168

5.8.4 利用抛光砖污泥制备 CAS 微晶玻璃原料研究	170
第 6 章 用于生产陶粒及吸声材料	180
6.1 概述	180
6.1.1 陶粒的基本概念	180
6.1.2 陶粒的分类	181
6.1.3 陶粒的性能	181
6.1.4 陶粒的用途	182
6.2 制备烧胀陶粒	183
6.2.1 原料	183
6.2.2 工艺流程	183
6.3 制备免烧陶粒	185
6.3.1 主要原材料	185
6.3.2 配方的选择与确定	186
6.3.3 制备工艺	186
6.3.4 性能特点	187
6.3.5 包裹层增强机理分析	188
6.4 用陶瓷废料做成的陶粒制备地铁吸声材料	189
6.4.1 研究背景	189
6.4.2 主要原材料	190
6.4.3 主要原材料的预处理	191
6.4.4 制备工艺	192
6.4.5 地铁吸声材料的吸声机理	194
6.4.6 影响地铁吸声材料吸声特性的因素	194
6.4.7 材料配比的研究	197
6.4.8 利用陶瓷碎片制造吸声除 NO _x 复合功能材料	207
第 7 章 用于生产胶凝材料及其制品	208
7.1 替代黏土生产硅酸盐水泥熟料	208
7.1.1 应用背景分析	208
7.1.2 主要原材料	208
7.1.3 实验方法	209
7.1.4 实验方案	209
7.1.5 陶瓷抛光砖废料对硅酸盐水泥易烧结性的影响	209
7.1.6 熟料物理性能	210
7.1.7 抛光砖废料替代黏土原料用于生产硅酸盐水泥熟料的优缺点	210
7.2 陶瓷抛光砖废料作为水泥混合材	211
7.2.1 陶瓷抛光砖废料的成分	211
7.2.2 用于水泥混合材的活性试验	211
7.2.3 作为水泥混合材使用的优缺点	212
7.2.4 不同陶瓷废料成分对其使用性能的影响	213
7.2.5 陶瓷抛光砖废料对水泥标准稠度用水量的影响	213
7.2.6 陶瓷抛光砖废料对水泥凝结时间的影响	216
7.2.7 陶瓷抛光砖废料对水泥胶砂强度的影响	218
7.2.8 陶瓷抛光砖废料对水泥与减水剂相容性的影响	220
7.2.9 陶瓷抛光砖废料对水泥浆体孔结构的影响	223

7.2.10	陶瓷抛光砖废料对水泥胶砂干缩性能的影响	224
7.2.11	陶瓷抛光砖废料对水泥水化热的影响	226
7.2.12	陶瓷抛光砖废料对水泥化学结合水量的影响	230
7.3	卫生陶瓷及地砖废料作为水泥混合材	232
7.3.1	主要原材料	233
7.3.2	陶瓷废料的活性及放射性	233
7.3.3	陶瓷废料作混合材制备水泥的实验室小磨试验	233
7.3.4	工业生产中试试验	234
7.3.5	多品种工业性试验	234
7.3.6	效益及前景	236
7.4	陶瓷废料在白色水泥制备中的应用	236
7.4.1	白色水泥的工艺特点	236
7.4.2	陶瓷废料制备白色水泥	236
7.4.3	可以降低白色水泥生产的能耗	237
7.5	用于生产无机结合料	238
7.5.1	工业废料用于无机结合料的研究现状及存在问题	238
7.5.2	石灰-陶瓷抛光砖废料二灰结合料研究	239
7.5.3	陶瓷抛光砖废料作为无机结合料的特点	243
7.6	用于混凝土掺和料	244
7.6.1	工业废料作混凝土掺和料的研究现状及存在问题	244
7.6.2	陶瓷抛光砖废料对混凝土性能的影响	246
7.7	制备耐酸混凝土	260
7.7.1	耐酸混凝土原料配比	260
7.7.2	工艺流程	261
7.7.3	生产工艺及特点	261
7.7.4	产品性能	261
7.8	制备固体废弃物混凝土材料	262
7.8.1	主要原材料	262
7.8.2	工艺制备过程	262
7.8.3	性能分析	262
7.8.4	性能优点	263
7.9	陶瓷抛光砖废料制备蒸压硅酸盐制品	264
7.9.1	制备蒸压硅酸盐制品的原材料	264
7.9.2	陶瓷抛光砖废料对蒸压硅酸盐制品抗压强度的影响	264
7.9.3	陶瓷抛光砖废料对蒸压硅酸盐制品干缩性能的影响	265
7.9.4	陶瓷抛光砖废料对蒸压硅酸盐制品水化产物的影响	266
7.9.5	陶瓷抛光砖废料蒸压硅酸盐制品强度影响因素研究	268
第8章	用于回收重金属	273
8.1	多层陶瓷电容器废料中回收重金属	273
8.1.1	主要原材料	273
8.1.2	回收原理	274
8.1.3	工艺流程	274
8.1.4	回收效果	274
8.2	从废 Ti(C,N) 基金属陶瓷中回收金属粉末	275
8.2.1	主要原材料	275
8.2.2	制备工艺	276

8.2.3 废 Ti(C,N) 合金回收时的综合利用及优点	278
8.3 从惰性阳极金属陶瓷中回收材料	278
8.3.1 主要原材料	279
8.3.2 制备工艺过程	279
8.3.3 工艺优点	282
8.4 从电子陶瓷含银废料中回收金属银	282
8.4.1 仪器与试剂	282
8.4.2 工艺过程	282
8.4.3 工艺特点	283
8.5 从 NdFeB 磁性材料废料中回收金属钕	283
8.5.1 主要设备及原材料	283
8.5.2 制备工艺	284
8.5.3 工艺特点	285
第 9 章 陶瓷废料应用中的一些分析测试技术	286
9.1 陶瓷废料成分分析测试技术	286
9.1.1 陶瓷废料成分分析	286
9.1.2 差热分析、示差扫描量热法和热重分析	286
9.1.3 X 射线衍射分析	287
9.1.4 X 射线电子探针分析	288
9.1.5 X 射线能谱仪分析	288
9.1.6 扫描电镜分析	288
9.1.7 红外光谱分析	288
9.2 陶瓷废料所制备的陶瓷砖的性能测试	289
9.2.1 干燥烧成收缩率的测定及烧结温度范围的测定	289
9.2.2 热膨胀系数和重烧线变化率的测定	290
9.2.3 陶瓷废料制备的陶瓷砖的抗压强度、抗折强度的测定	291
9.2.4 陶瓷砖的耐急冷急热性能的测定	292
9.2.5 陶瓷砖白度的测定	292
9.2.6 陶瓷砖耐火度的测定	292
9.2.7 陶瓷砖抗热振性的测定	293
9.2.8 陶瓷砖断裂模数的测定	293
9.2.9 陶瓷砖显气孔率、容重、吸水率的测定	293
9.2.10 真密度、真气孔率和闭口气孔率的测定	294
9.2.11 多孔陶瓷孔结构的表征	294
9.2.12 渗透性能的测试	296
9.2.13 热导率的测试	297
9.2.14 陶瓷砖吸声系数的测定	301
附录 陶瓷废料的回收利用技术规范	306
附录一 卫生陶瓷废瓷回收利用技术规范	306
附录二 日用陶瓷废瓷回收利用技术规范	309
附录三 建筑陶瓷废渣回收利用技术规范	313
附录四 轻质陶瓷砖企业内控标准	316
附录五 工业废渣轻质砖企业标准	321
参考文献	325



第 1 章

环境保护与陶瓷清洁生产

1.1 可持续发展的意义

和平与发展已经是人类社会发展的主流。站在关注人类社会的进步与发展的高度审视，人类社会正面临一个比“国家安全”更严峻的安全问题，即生态环境安全问题。从全球范围来看，全球性的生态灾难和环境危机正在严重威胁人类社会的生存和发展，一系列严重的生态和环境问题警示人们：人类社会生存的支持系统正在退化，赖以发展的环境基础正在动摇，这种退化和动摇影响人类的生活质量，威胁国际经济的稳定；同时，还会触发许多新的国际争端和干扰人类社会的进步。

由于难以持久的传统发展模式和生活方式造成的全球环境不断恶化，使得人类赖以生存的基本条件，如土地、水和大气正受到很大威胁，严重而且普遍的环境问题包括空气污染，气候变化，臭氧层损耗，淡水资源枯竭，河流、湖泊及海洋和海岸环境污染，海洋和海岸带资源减退，水土流失，土地退化、沙漠化，森林破坏，生物多样性锐减，酸沉降，有毒物品扩散和管理不当，有毒有害物品和废弃物的非法贩运，城区不断扩展，城乡地区生活和工作条件恶化。特别是卫生条件不良造成疾病蔓延，以及其他类似问题；而且发展中国家的贫困加剧妨碍其满足人民合理需求与愿望的努力对环境也造成更大压力。面对日益增多的人口、减少的资源和恶化的环境，人类在环境与发展方面遇到巨大难题：一方面南北两极分化、对抗和冲突加剧；另一方面环境危机向人类敲响了警钟：地球环境如果继续恶化，人类将失去赖以生存的家園。

1988年，国际材料科学研究会提出了“绿色材料（green materials）”的概念。1992年，国际学术界明确提出：绿色材料是指在原材料采取、产品制造、使用或者再循环以及废料处理等环节中对地球环境负荷最小和有利于人类健康的材料。所谓环境协调性是指所用的资源和能源的消耗量最少，生产与使用过程对生态环境的影响最小，再生循环率最高。

建筑材料是最重要的材料之一。我国是世界上最大的建筑材料生产和消费大国。在我国发展绿色建材具有十分重大的意义。绿色建材是采用清洁生产技术，不用或少用天然资源和能源，大量使用工农业或城市固体废弃物生产的无毒害、无污染、无放射性，达到使用周期后，可回收利用，有利于环境保护和人体健康的建筑材料。建筑卫生陶瓷是重要的建筑材料。根据绿色建材的要求，推动建筑卫生陶瓷的绿色化，是行业发展必须解决的重大课题。绿色化发展也是我国建筑卫生陶瓷行业可持续发展的重要保证和努力的方向。

近年来，我国陶瓷产业得到了迅猛发展，随着陶瓷产量的增加，陶瓷废料数量越来越多。我国是生产陶瓷抛光砖的大国，陶瓷瓷质砖和厚釉砖等经过刮铣、研磨抛光及磨边倒角等一系列深加工后成为光亮如镜及平滑细腻的抛光砖制品，深受消费者的喜爱。目前抛光砖是地面装饰的主要材料之一，其产量正在迅速增大。研磨抛光工序通常将砖坯（瓷质砖和厚釉砖）表面除去 0.5~0.7mm 表面层，有的甚至需抛掉 1~2mm 表面层。每生产 1m² 抛光砖产生 1.5kg 左右的砖屑，同时刀具和磨具的磨损也产生 0.6kg 左右的碎屑。按国内抛光



砖产量 30 亿平方米计算, 每年就有几百万吨陶瓷抛光砖废料产生。如此大量的陶瓷废料已经不能用简单的填埋方法来解决, 大量堆积的陶瓷废料挤占土地, 严重污染人们赖以生存的水、空气和土壤环境。如果不对这些废料进行加工处理或再利用, 陶瓷废料“山”将越堆越高, 严重破坏人们的生态环境。如何变废为宝, 化废料为资源, 拓宽陶瓷废料的资源化利用途径, 已成为陶瓷生产厂家和环保部门共同关注的问题。

随着我国城镇化、工业化进程的加快以及社会主义新农村建设的逐步展开, 每年竣工的房屋建筑面积约为 20 亿平方米。预计到 2020 年年底, 全国房屋建筑面积将新增 250 亿~300 亿平方米。但是到目前为止, 几乎所有的建筑物都不节能, 节约土地、能源、淡水、矿产资源具有极端重要和紧迫的意义。

我国总能耗中建筑能耗占 30% 左右 (工业能耗占 60%, 交通能耗占 10%)。其中空调能耗占建筑能耗的 50%~60%, 照明能耗占建筑能耗的 20%~30%。如果延续目前的建筑能耗状况, 预计到 2020 年, 我国建筑业每年将消耗 1.2 万亿度电和 4.1 亿吨标煤, 接近目前全国建筑能耗的 3 倍, 加上建材生产能耗所占比例 (16.7%), 建筑建材能耗约占全社会总能耗的 46.7%。这是一组非常可怕的数据。因此, 降低建筑材料的总体生产能耗, 提高墙体材料的保温、隔热等环保性能迫在眉睫。近年来, 我国陶瓷产业得到了迅猛发展, 随着陶瓷产量的增加, 陶瓷废料数量越来越多。据统计, 我国各种陶瓷废料总量约为 1000 万吨/年, 其中抛光砖废料量已达 500 万吨/年左右。

低碳经济, 在充满博弈的哥本哈根会议之后迅速走红, 家喻户晓, 无论是我国政府宏观层面的节能降耗、双转移、绿色 GDP 等各项政策的出台, 整个“十一五”期间单位 GDP 的降耗达标落实, 还是各企业特别是陶瓷企业的微观运营层面, 从做地球的“绿色公民”出发, 提倡全社会整体的低碳生产和生活方式。利用陶瓷生产厂的废料, 研究开发一些生产成本低, 兼具保温、隔热、吸声、隔声功能的多孔、轻质环保型建筑材料, 对于提高我国建筑物的综合节能和减少矿产资源的消耗, 提高其综合利用率, 以及陶瓷、建材等行业的可持续发展具有重要意义。对于实践低碳生产、低碳陶瓷产品、低碳经济都具有划时代的重要意义。

1.2 中国的陶瓷文明史

陶瓷是我国劳动人民的伟大发明之一, 中国的陶瓷在世界上享有崇高的声誉。早在六千年前的原始社会后期, 氏族成员们就已经制出了实用美观的彩陶和黑白陶器, 魏、晋时期更进一步制出了半陶半瓷的制品, 到了唐、宋时期已能制作非常精美的瓷器, 至明、清时期在瓷质和瓷饰制作上更加精细, 使陶瓷工艺的成就超越了历代的水平, 并先后将陶瓷制品和技术传播到国外。中国在世界各国的文化史上留下了极其光辉灿烂的一页, 对人类作出极大的贡献, 是名副其实的“瓷之国”。

中国的陶瓷文化历史悠久, 在世界上是独一无二的。发展到今天, 陶瓷工业已经成为一门遍及全球、步入现代化工业生产行列的产业, 在中国的国民经济中已占据了举足轻重的地位。中国是当今世界上传统陶瓷生产量最大的国家, 从 1992 年起至今, 日用陶瓷和建筑卫生陶瓷的生产量位居世界前列, 日用陶瓷的生产量占世界陶瓷总产量的 70% 左右。陶瓷工业也成了国内多个地区的经济支柱产业, 如广东的佛山市、潮州市, 山东的临沂、淄博, 四川的夹江县, 福建的德化, 河北的唐山, 江西的景德镇等, 而且随着产业的转移, 江西的高安等正逐渐形成新的陶瓷工业区。但是陶瓷工业在给人们带来巨大经济效益的同时, 也带来了严重的环境污染难题。加工过程中的粉尘和烧成过程中的废气污染导致空气质量差、酸雨、河道淤堵等, 已影响人们的生活起居, 积极开展治理污染也是陶瓷行业生存和发展的重要课题。在环境保护越来越受到世人关注的



今天,陶瓷工业应如何与环境保护协调发展,是一个值得关注的问题。

天然矿物资源属不可再生资源,传统陶瓷的主要原料绝大多数是矿物原料。我国陶瓷产业每年消耗的黏土、长石、石英等天然矿物总量已达1.3亿吨以上,而且一年比一年多。如此巨大的矿物原料消耗不加以有效的控制,如减小原料消耗、废料综合利用、用低品位原料取代优质矿物原料,则陶瓷工业的可持续发展将是一句空话。

1.3 陶瓷废料污染及处理现状

随着社会经济及陶瓷工业的快速发展,陶瓷工业废料日益增多,它不仅对城市环境造成巨大压力,而且还限制了城市经济的发展及陶瓷工业的可持续发展。以广东省的潮州市瓷区为例,年陶瓷生产量为200多万吨,而产生的废瓷在10万吨以上,过去大量废瓷乱丢乱放,造成道路两旁、堤岸、河道等陶瓷垃圾泛滥成灾,严重污染环境。图1-1所示为21世纪初《羊城晚报》报道的有关瓷乡潮州市废瓷垃圾泛滥成灾的照片。

由于废料无法降解,填埋处理需要占用大量土地,并且陶瓷生产需要耗用大量的矿物原料,开采原料会造成大量农田、山林植被受破坏,矿产资源已日趋枯竭。所以陶瓷工业废料的处理与利用非常重要。目前,当今世界上工业发达国家对陶瓷废料的处理和循环利用十分重视。根据英国的报道,英国的一些瓷砖厂使用高达40%的再生循环废瓷料,其中包括陶器、日用陶瓷及废瓷。日本对各企业内部所产生的陶瓷废料的处理非常重视,坚持进行再加工与回收利用。由于日本的资源匮乏,环保意识较强,对陶瓷废料利用的研究早我国10~20年,处理技术也比较成熟。如日本的INAX株式会社等大型跨国公司都已经开始进行陶瓷废料的大规模利用,其废料的利用率几乎达到100%的水平。表1-1是蒋文俊发表于2001年《佛山陶瓷》(第二期)上的有关意大利部分厂家和我国陶瓷废料的产出及处理情况对照。



图1-1 瓷乡潮州市废瓷垃圾泛滥成灾报道

表1-1 意大利部分厂家与我国陶瓷废料的产出及处理情况

废物类型	意大利厂家		中国厂家	
	产出/t	处理/t	产出/t	处理/t
生坯废料	170675	178174	457630	433530
烧成废料	109960	116164	655970	625230
泥渣	30853	30462	81320	3920
废石灰	2298	2203	0	0
总计	313786	327003	1194920	1062680

我国陶瓷工业废料的处理与利用程度比较低,致使大量废渣挤占耕地,使水和空气受到污染。特别是经过近20年的高速发展,陶瓷业随着产量的增加,废料的数量越来越多,根据不完全统计:仅佛山陶瓷产区,各种陶瓷废料的年产生量已经超过400万吨,而全国陶瓷废料的年产生量估计在1000万吨左右。如此大量的陶瓷废料已经不是简单填埋可以解决的,而且随着经济的日益发展和社会的进步,环境已经成为人们关注的焦点。陶瓷废料的堆积挤占土地,影响当地空气的粉尘含量,并且陶瓷废料的填埋耗费人力和物力,还污染地下水源,如何变废为宝,减少污染,实现综合利用,化废料为资源,珍惜资源、节约矿物资源已经成为科技和环保部门的当务



之急。

仅拿抛光砖废料来说,制造 1m^2 的抛光砖会产生 2.1kg 左右的抛光砖废渣,其中抛光磨头损失约 0.6kg 。若以年产 40 万平方米抛光砖的抛光生产线为例,那么每年约产生 840t 的抛光砖废渣(干料)。目前在全国范围内至少有几百条甚至上千条抛光砖生产线在夜以继日地工作,那么每年将产生几百万吨甚至上千万吨抛光砖废渣;还有数量更大的半成品陶瓷废料、烧成废品、石膏废渣及匣钵废渣,若不进行处理,任其堆积,不仅挤占耕地,危及人们的生活环境,更重要的是制约陶瓷工业的可持续发展。可见,陶瓷废料的处理已迫在眉睫。

因此,我国必须高度重视对陶瓷生产中废料的再循环和利用,把它提高到环境材料学的高度加以研究和利用,提高到全民绿色环保的高度加以重视和解决。在这方面广东省各级政府及机关部门都非常重视,把陶瓷废料的再利用列为共性技术、关键技术,动员全社会各有关企业、高等院校及科研院所共同攻关,其目的便是最大限度地解决陶瓷废料的污染问题,变废为宝,节约矿物资源,绿色生产,为陶瓷行业的可持续发展做强有力的后盾。

1.4 陶瓷废料的主要来源

在陶瓷的制备、生产、使用过程中,常消耗大量资源和能源,排放大量污染物,造成环境污染,影响人类健康。随着社会经济及陶瓷工业的快速发展,陶瓷工业废料、废渣日益增多。

1.4.1 废弃建筑陶瓷

建筑陶瓷因具有坚固耐久、色彩鲜艳、防火防水、耐磨耐蚀、易清洗、维护费用低等特点,已成为现代建筑工程的主要装修材料。废弃建筑陶瓷是指用于建筑物表面、地面及卫生设备等各类陶瓷制品,在运输、粘贴或装饰过程中产生的破碎陶瓷。主要来源有外墙装饰陶瓷、内墙装饰陶瓷、室内地面装饰陶瓷、室外地面装饰陶瓷、建筑琉璃与园林陶瓷、陶瓷壁画、卫生洁具和化学实验室陶瓷用品(指耐酸陶瓷缸)等。图 1-2(a)、(b) 所示为生产厂家生产过程中产生的堆积如山的建筑陶瓷废料。

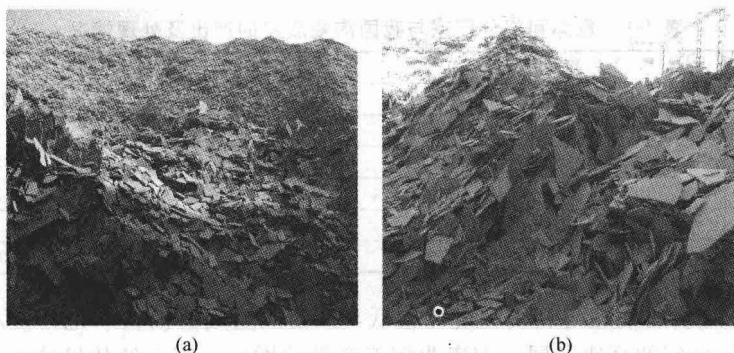


图 1-2 堆积如山的建筑陶瓷废料

1.4.2 废弃日用生活陶瓷

主要来源如下。

(1) 制作日用生活陶瓷、日用洁具等的坯料,晾干、修理、煅烧和上釉过程中出现变



形、裂纹等的产品。图 1-3(a)、(b) 所示为日用陶瓷和卫生陶瓷洁具废料。

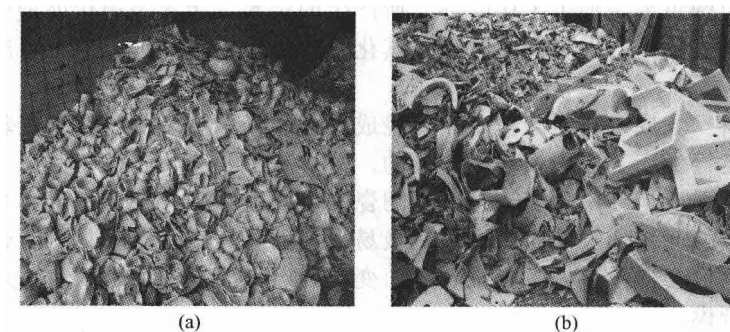


图 1-3 日用陶瓷和卫生陶瓷洁具废料

(2) 工地、室内安装、运输和应用过程中的破损废瓷。

(3) 日常生活中的破损废瓷食品器具等。

1.4.3 专用陶瓷的废料

如化工专用陶瓷、电子陶瓷、功能陶瓷、结构陶瓷、耐酸陶瓷或装有有毒、有害液体的破损陶瓷等。

1.5 陶瓷废料的分类

陶瓷生产过程中所产生的废料可分成废坯泥和废瓷两大类，如图 1-4 所示。废坯泥从原料处理、混料、球磨到坯料制备、成形、干燥的全过程都会产生废料。其中坯料又可分为可塑泥料、压制用粉料和注浆料；坯料的制备又可分为压滤、真空练泥、喷雾干燥；陶瓷的成形又有很多种方法，如挤制、辊压、冷压、热压、组合浇注及流延等。成形后的半成品还须经过干燥、入窑、烧成等，这些加工工序包括中间坯体的运输等都会产生废泥和废坯，统称为废坯泥。由于这些废坯泥大部分可以回收再利用，又称回坯泥。废瓷通常被陶瓷厂称为真正意义上的废料。有些工厂将很少量的废瓷加工成废瓷粉后加入配方中，而大部分废瓷作为废料弃之不用，或运走或在工厂附近堆积起来。

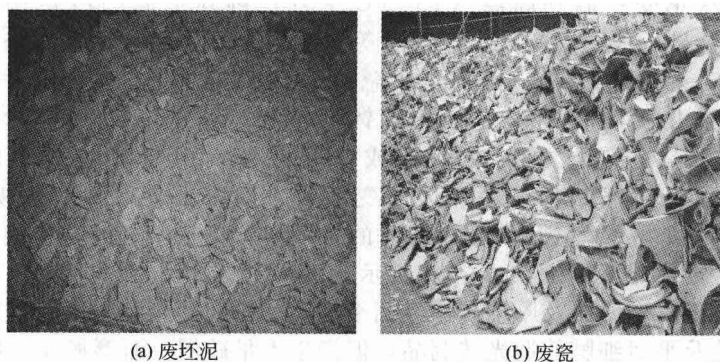


图 1-4 陶瓷废坯泥及废瓷

根据废料的来源，可将陶瓷废料大致分为以下几类。

(1) **坯体废料** 坯体废料主要是指陶瓷制品焙烧之前各工艺过程所形成的废料，包括上釉坯体废料及无釉坯体废料。



(2) **废釉料** 废釉料是陶瓷制品在生产过程中经过淋釉、喷釉或施釉处理后(抛光砖的研磨、抛光及磨边倒角等深加工工序除外)所产生的污水,污水经净化处理后形成的固体废物,通常含有釉料成分中的重金属元素,按其化学成分含量多少可分为有毒废釉料和无害废釉料。

(3) **烧成废料** 烧成废料是陶瓷制品在烧成过程或经焙烧后所产生的废料,主要是在烧成及在储存和搬运等生产工序中损坏而造成的。

(4) **废石膏** 无论是日用陶瓷还是卫生陶瓷的生产过程中,都使用了大量石膏模具,由于石膏模具的机械强度较低、使用寿命短,极易损坏而成为石膏渣废料。石膏模具在较长时期的反复使用后,也会慢慢地失去吸浆功能而变为废石膏模。图 1-5 所示为某陶瓷厂的废石膏堆场和废弃石膏模。



(a) 废石膏堆场

(b) 废弃石膏模

图 1-5 某陶瓷厂的废石膏堆场及废弃石膏模

(5) **废匣钵及废棚板** 采用重油或煤作为燃料的陶瓷窑炉,由于重油或煤的机械不完全燃烧损失及化学不完全燃烧损失偏高,形成了大量未燃尽的游离碳,加上燃料中含有硫等有害杂质,极易污染陶瓷制品,因此日用陶瓷制品通常采用隔焰加热的方式进行焙烧。而获得隔焰加热方式最经济的方法是采用匣钵装烧,即把陶瓷制品放在用耐火材料做成的匣钵内烧成。此外,极个别的小型墙地砖生产企业采用多孔窑焙烧制品时仍需利用匣钵或垫板(主要是生产尺寸较小的墙地砖产品)。卫生洁具制品在隧道窑内烧成时需多层装车而使用棚架、承烧板等,由于匣钵、棚板、垫板、承烧板等多次承受室温到高温(1300°C 左右)再到室温的冷热循环而引起的热应力作用,以及装钵过程中的搬运、碰撞等易于损坏而成为匣钵废渣。早期的匣钵由于材质选择差,热稳定性差,特别是耐急冷急热稳定性差,使用 $1\sim 2$ 次便开裂或损坏,一般只有十几次的使用寿命,故匣钵、棚板、承烧板的消耗量非常大,废耐火材料堆积如山。热压铸成形的工业瓷或蜂窝陶瓷,由于坯体成形时含蜡量高达 $10\%\sim 20\%$,为了减少石蜡挥发时坯体的变形,一般都要使用匣钵及吸附剂等装烧,由于石蜡及其他有机物的侵蚀以及蜡蒸气的冲刷匣钵,导致匣钵破损成废匣钵。图 1-6(a)所示为废匣钵堆积,图 1-6(b)所示为废棚板堆积。

(6) **抛光砖废渣** 瓷质砖及厚釉砖等经刮平定厚、研磨抛光及磨边倒角等一系列深加工后,成为光亮如镜及平滑细腻的抛光砖制品,但产生大量砖屑。研磨抛光工序通常将从砖坯表面去除 $0.5\sim 0.7\text{mm}$ 表面层,有时由于烧成变形大,甚至要刮去高达 $1\sim 2\text{mm}$ 厚的表面层,那么生产 1m^2 抛光砖最多将产生 2.1kg 左右的砖屑。全国年产抛光砖几十亿平方米所产生的废渣、磨头、磨屑及有机黏合料等达几百万吨。图 1-7(a)、(b)所示为堆积在河堤上及厂区内的抛光砖废渣,图 1-7(c)所示为废弃的抛光磨头废料。