

建筑陶瓷清洁生产

周俊 舒杼 王焰新 编著



科学出版社

国家自然科学基金(No. 40830748 和 No. 41002124)、广东省和教育部
产学研合作计划重点攻关项目(No. 2007A090301013)联合资助成果
中国地质大学(武汉)学术著作出版基金资助出版

建筑陶瓷清洁生产

周 俊 舒 杼 王焰新 编著

科 学 出 版 社

北 京

前 言

中国是一个历史悠久、文化灿烂的陶瓷古国,以丰富和精致的陶瓷产品享誉世界。传统的陶瓷产品主要包括日用陶瓷、艺术陶瓷等。随着现代文明的兴盛,建筑陶瓷大步走入了人们的生活。建筑陶瓷主要指用于建筑物的墙、地、柱、台等表面装饰性铺贴的片状陶瓷材料,它已成为建筑物的主要装饰材料,是现代建筑文明的重要组成部分。

改革开放以来,建筑陶瓷是我国陶瓷行业发展最快的一类产业。从 20 世纪 90 年代起,我国就已成为世界上最大的建筑陶瓷生产国和消费国。但是,当前的建筑陶瓷生产是一个高资源及能源消耗、重环境污染的过程,在大量消耗自然资源、能源和水资源的同时,伴随着严重的污染物排放问题,背离了清洁生产时代要求,备受社会关注。随着环境保护和节能降耗要求的日益提高,如何通过清洁生产方式降低生产过程中的资源消耗和环境污染,从而实现建筑陶瓷行业自身的可持续发展及其与整个社会的和谐发展,显得尤为迫切和重要。正是这种紧迫感,促使我们于 2002 年开始了与本书内容有关的学术探索与实践。

目前,关于建筑陶瓷生产的文献基本上专注于生产工艺过程本身,多以如何生产陶瓷产品为主题,而极少涉及如何实现建筑陶瓷清洁生产的议题。因此,笔者通过系统总结国内外陶瓷生产领域和环境保护领域的先进理念和技术,了解建筑陶瓷生产企业的实际情况和需求,并结合自身科研成果和经验撰写本书,期望能为提升我国建筑陶瓷行业当前清洁生产水平提供学术基础资料 and 方向性建议。

首先,在技术层面,本书以清洁生产为目标,以建筑陶瓷生产工艺流程为主线,从原料选取、粉料制备、生坯成型、熟坯烧成到产品磨抛,分别对各个工段的工艺过程及原理、资源和能源消耗途径、污染产生环节及原因等逐一进行分析介绍,帮助读者从本质上认清建筑陶瓷生产过程高资源及能源消耗、重环境污染的原因;与此同时,针对各个工序,详细介绍了国内外实用的先进生产技术和装备以及近年来相关科技研究的前沿进展,从而为在生产过程中如何实现资源及能源消耗的节约、污染的源头减量和末端治理提供参考和建议。其中,尤其是针对关系建筑陶瓷行业可持续发展的原料选取、粉料制备和熟坯烧成等关键工序,介绍了诸多前沿的清洁生产适用技术和研究成果,力求不断提升建筑陶瓷清洁生产的技术水平和认知高度。

其次,在管理层面,本书着眼于建筑陶瓷清洁生产的全过程,从产品的绿色化设计和清洁生产的规划设计到企业清洁生产审核,进行了系统的介绍,从而为企业

管理层如何全面提高本企业清洁生产水平,进而全方位巩固建筑陶瓷清洁生产的执行策略和实施效果,提供参考和建议。

本书可作为高等院校材料科学与工程、环境科学与工程等专业本科生和研究生教材,也可作为陶瓷领域和环保领域的生产、科研和管理人员的参考资料。

本书写作分工如下:第1章、第2章由周俊、舒杼共同编写,第3章、第7章由王焰新、舒杼、周俊共同撰写,第4章、第5章、第6章由舒杼、周俊共同撰写,第8章、第9章由刘黄娟、周俊共同编写;王焰新统审书稿。相关研究工作和本书的写作过程得到了新中源、欧神诺等著名陶瓷企业,西班牙陶瓷技术研究所(Instituto de Tecnología Cerámica, ITC),广东省科技厅和教育部科技司有关领导和专家的大力支持,得到了中国地质大学(武汉)材料科学与化学工程学院、环境学院、生物地质与环境地质教育部重点实验室和纳米矿物材料教育部工程研究中心有关老师和研究生们的帮助,谨此致以衷心感谢!

本书编著过程中,一方面总结了近年来本课题组的部分研究成果;另一方面,系统参考和综合总结了国内外建筑陶瓷生产领域和环境保护领域的相关文献,目的是给读者以建筑陶瓷清洁生产的“全景式”视野。尤其是第8章、第9章,主体内容引用了《企业清洁生产审核手册》、《清洁生产审核指南》、《清洁生产理论与方法》、《水泥企业清洁生产审核指南》、《清洁生产标准体系研究》、《绿色硅酸盐材料与清洁生产》等清洁生产领域经典书籍及其他相关资料。在此对引用文献作者及同行专家学者致以诚挚的谢意。

由于建筑陶瓷清洁生产涉及面广,笔者水平有限,书中疏漏之处在所难免,敬请广大读者批评指正。

目 录

前言

第 1 章 绪论	1
1.1 建筑陶瓷概况	1
1.1.1 建筑陶瓷的概念	1
1.1.2 建筑陶瓷的分类	2
1.1.3 建筑陶瓷的物化性质	4
1.1.4 建筑陶瓷的生产工艺	5
1.2 建筑陶瓷行业的污染现状	7
1.2.1 资源消耗	7
1.2.2 能源消耗	8
1.2.3 水污染	8
1.2.4 固体废物排放	9
1.2.5 大气污染	9
1.2.6 典型建筑陶瓷基地污染现状	12
1.3 末端治理与清洁生产	14
1.3.1 末端治理	14
1.3.2 从末端治理到清洁生产	16
1.4 清洁生产的基本理念	17
1.4.1 清洁生产的定义	17
1.4.2 清洁生产与末端治理的对比	18
1.4.3 清洁生产相关法规政策	19
1.5 建筑陶瓷行业推行清洁生产的必要性与意义	21
第 2 章 原料	23
2.1 原料配方	23
2.1.1 原料构成	23
2.1.2 原料配方	25
2.2 建筑陶瓷的传统原料	26
2.2.1 黏土	26
2.2.2 石英	31
2.2.3 长石	32

2.3	建筑陶瓷的替代原料	33
2.3.1	伟晶花岗岩	33
2.3.2	页岩	33
2.3.3	玄武岩	34
2.3.4	透辉石	34
2.3.5	硅灰石	35
2.3.6	珍珠岩	35
2.4	厂内固体废物的循环利用	36
2.4.1	粉尘	36
2.4.2	废渣	36
2.5	煤工业固体废物制备建筑陶瓷	37
2.5.1	煤矸石	37
2.5.2	粉煤灰	41
2.6	尾矿制备建筑陶瓷	42
2.6.1	铁矿尾矿	43
2.6.2	金矿尾矿	43
2.6.3	珍珠岩尾矿	44
2.6.4	铜矿尾矿	45
2.7	工业废渣制备建筑陶瓷	46
2.7.1	高炉渣	46
2.7.2	磷渣	47
2.7.3	赤泥	48
第3章	粉料制备	50
3.1	粉料制备技术概况	50
3.2	湿法制粉技术	51
3.2.1	工艺流程	51
3.2.2	水耗和能耗评估	57
3.2.3	节能降耗技术	60
3.2.4	污染评估	69
3.2.5	污染防控技术	71
3.3	干法制粉技术	80
3.3.1	工艺流程	81
3.3.2	水耗和能耗评估	89
3.3.3	污染评估	92

3.4 半干法制粉技术	93
3.4.1 设计理念与工艺原理	93
3.4.2 工艺流程	95
3.4.3 水耗和能耗评估	102
3.4.4 污染评估	105
3.5 三种粉料制备技术的对比	106
3.5.1 工艺过程	106
3.5.2 粉料性能	106
3.5.3 水资源和能源消耗	108
3.5.4 污染排放	109
第4章 成型	110
4.1 成型技术概况	110
4.2 压制成型	111
4.2.1 工艺流程及原理	111
4.2.2 重要工艺参数	119
4.3 能耗评估及节能降耗	126
4.3.1 电能消耗	126
4.3.2 节能降耗	127
4.4 污染评估及防控	131
第5章 干燥	132
5.1 干燥技术概况	132
5.2 干燥过程	132
5.2.1 生坯中的水分	132
5.2.2 水分的排出过程	133
5.2.3 干燥流程及生坯变化	136
5.3 干燥方式与设备	138
5.3.1 对流干燥	138
5.3.2 辐射干燥	141
5.3.3 微波干燥	142
5.4 能耗评估及节能降耗	143
5.4.1 电能消耗	143
5.4.2 热能消耗	144
5.4.3 节能降耗	145
5.5 污染评估及防控	146
第6章 烧成	148
6.1 烧成过程	148

6.1.1	预热阶段	149
6.1.2	低温烧成阶段	149
6.1.3	高温烧成阶段	150
6.1.4	冷却阶段	151
6.2	烧成设备	152
6.2.1	窑炉概况	152
6.2.2	辊道窑	152
6.3	能耗评估及节能降耗	156
6.3.1	电能消耗	157
6.3.2	热能消耗	157
6.3.3	节能降耗	158
6.4	污染评估及防控	161
6.4.1	污染评估	161
6.4.2	污染防控	163
第7章	建筑陶瓷清洁生产的实施建议	166
7.1	建筑陶瓷清洁生产的基本思路	166
7.1.1	物质资源的降耗	166
7.1.2	能量资源的降耗	168
7.1.3	污染物质的减排	170
7.2	建筑陶瓷清洁生产的工艺技术	170
7.2.1	物质资源的降耗技术	170
7.2.2	能量资源的降耗技术	172
7.2.3	污染物质的减排技术	173
7.3	建筑陶瓷清洁生产企业的总体规划设计	178
第8章	建筑陶瓷产品的绿色化设计	181
8.1	传统产品与绿色产品	181
8.1.1	绿色产品理念的提出	181
8.1.2	绿色产品的特点	182
8.1.3	绿色产品与环境标志	182
8.2	绿色材料概念及分类	185
8.2.1	按材料的组成和结构分类	185
8.2.2	按材料的功能和用途分类	185
8.2.3	按材料对环境的影响程度分类	189
8.3	绿色建筑陶瓷材料	190
8.3.1	绿色建筑陶瓷的概念	190

8.3.2 绿色建筑陶瓷的分类	190
8.4 绿色建筑陶瓷产品的评价方法	190
8.4.1 生命周期评价法	190
8.4.2 经济性指标化法	191
8.5 产品的绿色设计及包装	192
8.5.1 产品的绿色设计	192
8.5.2 产品的绿色包装	194
8.6 绿色建筑陶瓷产品	194
第9章 建筑陶瓷清洁生产审核	196
9.1 清洁生产审核的程序	196
9.1.1 陶瓷工业与环境的关系	196
9.1.2 清洁生产的程序	197
9.1.3 清洁生产的步骤和原则	199
9.2 策划和组织	199
9.2.1 目的和要求	199
9.2.2 取得领导的支持	199
9.2.3 组建审核小组	200
9.2.4 明确任务	200
9.2.5 制订工作计划	201
9.2.6 开展宣传教育	201
9.3 预评估	202
9.3.1 进行现状调研	202
9.3.2 进行现场考察	206
9.3.3 评价产污排污状况	206
9.3.4 确定审核重点	207
9.3.5 设置清洁生产目标	208
9.3.6 提出和实施无/低费方案	208
9.4 评估	209
9.4.1 准备审核重点资料	209
9.4.2 实测输入、输出物流	211
9.4.3 建立物料平衡	211
9.4.4 分析废弃物产生原因	213
9.4.5 提出和实施无/低费方案	214
9.5 方案产生和筛选	214
9.5.1 方案产生	215

9.5.2 分类汇总方案	215
9.5.3 筛选方案	216
9.5.4 研制方案	217
9.5.5 评估已实施无/低费方案的实施效果	218
9.5.6 编写清洁生产中期审核报告	218
9.6 可行性分析	218
9.6.1 市场调查	218
9.6.2 技术评估	218
9.6.3 环境评估	219
9.6.4 经济评估	219
9.6.5 推荐可实施方案	221
9.7 方案实施	221
9.7.1 组织方案实施	221
9.7.2 评价已实施的中/高费方案成果	222
9.7.3 分析总结已实施方案对企业的影响	223
9.8 持续清洁生产	224
9.8.1 建立和完善清洁生产组织	224
9.8.2 建立和完善清洁生产管理制度	225
9.8.3 制订持续清洁生产计划	226
9.8.4 编写清洁生产审核报告	226
附录	231
主要参考文献	259

第1章 绪 论

建筑是人类永恒的物质追求,而建筑业则是人类永恒的事业。现代建筑不再只是人类遮风避雨的场所,而是享受生活、提高生活质量的乐园。因此,对建筑进行装裱粉饰以增强建筑美感和提高居住舒适度是人类改善生活环境的重要活动。其中,建筑陶瓷在建筑装饰中应用最为广泛,装饰效果最为丰富多样,已成为最重要的建筑装饰材料。

1.1 建筑陶瓷概况

1.1.1 建筑陶瓷的概念

陶瓷(ceramics),陶器和瓷器的总称。陶瓷的传统概念是指所有以黏土等无机非金属矿物为原料的人工工业产品。它包括由黏土或含有黏土的混合物经混炼、成型、煅烧而制成的各种制品。

陶瓷产品种类繁多,物化性能多种多样,用途广泛,既可作为结构材料,也可作为功能材料;既能民用,也可用于国防。通常,按用途将用于建筑工程结构、建筑装饰的陶瓷产品归为一类,统称为建筑陶瓷(building and construction ceramics),这是建筑陶瓷的广义概念。广义建筑陶瓷可粗略地分为三类:砖瓦,主要指用于墙地砌筑、屋顶覆盖的陶瓷制品,如红砖、瓦片等;陶瓷管,主要制品为下水道管、输水管、落水管、烟囱管等;陶瓷砖(ceramic tiles),或称墙地砖(wall and floor tiles),是指用于建筑物的墙、地、柱、台等表面装饰性铺贴的片状陶瓷装饰材料。

狭义的建筑陶瓷专指陶瓷砖。国家标准 GB/T4100—2006《陶瓷砖》对陶瓷砖给出了严格的定义,陶瓷砖是指由黏土和其他无机非金属原料制造的用于覆盖墙面和地面的薄板制品。陶瓷砖在室温下通过挤压、干压或其他方法成型,干燥后,在满足性能要求的温度下烧制而成。砖是有釉或无釉的,而且是不可燃、不怕光的。

本书所述建筑陶瓷为狭义的建筑陶瓷,即陶瓷砖,是一类专门用于建筑物的墙、地、柱、台等表面装饰性铺贴的片状装饰材料。改革开放以来,建筑陶瓷是陶瓷行业发展最快的一类产品。据统计,1996年,全国建筑陶瓷产量为13.5亿平方米;2000年,上升为25亿平方米;2006年,上升为50亿平方米;2008年,达到了60亿平方米以上,占世界总产量的50%以上。我国已成为世界上最大的建筑陶瓷生

产国和消费国。

1.1.2 建筑陶瓷的分类

建筑陶瓷可从其用途、成型工艺、有无釉面、吸水率等角度进行分类。常见的分类方法有以下五种。

- (1) 按产品用途可分为:外墙砖、内墙砖、地砖、广场砖等。
- (2) 按成型工艺可分为:干压成型砖、挤压成型砖等。
- (3) 按产品有无釉面可分为:釉面砖、无釉砖。
- (4) 按产品坯体的吸水率也即致密度可分为:瓷质砖、炻质砖、陶质砖等。
- (5) 按产品表面是否经过抛光处理可分为:抛光砖、非抛光砖。

其中,按陶瓷砖的吸水率进行分类,可有效指示产品的致密度、机械强度及其适用范围。国家相关标准按吸水率对产品进行的分类如表 1.1 所示。

表 1.1 按吸水率进行的陶瓷砖分类表

产品名称		英文名称	吸水率(E)
瓷质砖		porcelain tiles	$E \leq 0.5\%$
	炻瓷砖	stoneware porcelain tiles	$0.5\% < E \leq 3\%$
炻质砖	细炻砖	fine stoneware tiles	$3\% < E \leq 6\%$
	炻质砖	stoneware tiles	$6\% < E \leq 10\%$
陶质砖		fine earthenware tiles	$E > 10\%$

建筑陶瓷种类十分丰富,品种繁多。从当前市场销售角度看,常见的产品类型有釉面砖、仿古砖、瓷质砖、抛光砖等。下面予以简单介绍。

1.1.2.1 釉面砖与仿古砖

1) 釉面砖

釉面砖是最传统的一类建筑陶瓷,其基本特征是产品表面有一层薄釉。釉面的作用主要是使产品表面形成各种花纹、颜色,提高表面光洁度、致密度,以丰富产品的装饰效果,并有利于防污。釉面砖的用途广泛,但主要受砖坯材质的限制。根据砖坯材质,釉面砖可分为陶质釉面砖、炻质釉面砖、瓷质釉面砖。通常而言,陶质釉面砖结构疏松、吸水率高、抗冻性差,应用受到限制,仅适合作为内墙面铺贴使用;炻质、瓷质釉面砖的结构致密、吸水率小、抗冻性好、强度高,应用广泛,则可作为外墙、地面铺贴使用;若砖面经过防滑处理,还可用于铺贴防滑地面。

2) 仿古砖

仿古砖是对一类具有仿古装饰效果的陶瓷砖的通称,实质上属于釉面砖,

是近年来发展较快、应用较广的一类釉面砖。与普通的釉面砖相比,其差别主要表现为仿古砖的釉料颜色、纹理具有仿古的装饰效果。仿古砖的坯体可以是瓷质或炻瓷质的,这是主流,也有细炻质和炻质的;釉面以亚光的为主;色调则以黄色、咖啡色、暗红色、土色、灰色、灰黑色等为主;砖面还常压制出各种仿石、仿古纹理。

1.1.2.2 瓷质砖与抛光砖

1) 瓷质砖

瓷质砖是20世纪80年代后期新发展起来的建筑装饰材料,由建材王国意大利率先生产,90年代初传入我国。根据国家建材行业标准JC/T665—1997,瓷质砖的定义是用于建筑物墙面、地面起装饰作用和保护作用的吸水率不大于0.5%的无釉砖(包括抛光砖)或用于建筑物墙面的吸水率不大于1%的有釉砖。

在实际生产和销售中,为了突出瓷质砖的某些性能、特色和装饰效果,瓷质砖被赋予了各种名称,如玻化砖、瓷化砖、同质砖、硅质砖、耐磨砖、石化砖、仿花岗岩砖、仿石砖等,但产品坯体均为瓷质,其致密度、吸水率和材质大体一致。

瓷质砖根据其外观、用途和生产工艺特点可分为有釉瓷质砖、无釉瓷质砖、抛光瓷质砖、不抛光瓷质砖等产品种类。其中,经过抛光处理的施渗花釉的瓷质砖产品占大多数。

瓷质砖从表面到内部色泽、质地完全相同,产品全部瓷化。产品结构致密,材质坚硬,不变形,不变色,硬度达到莫氏6级以上,具有很好的耐磨性和色彩经久不褪等特点。瓷质砖的吸水率低于0.5%,具有良好的抗冻性、耐急冷急热性和抗龟裂性,对气候环境的适应范围很广。瓷质砖的机械强度高,抗折强度可达到45MPa以上,物化性能稳定,耐酸碱、耐化学侵蚀性好,在化学溶液中浸泡28天无明显变化,因此瓷质砖的应用十分广泛。

2) 抛光砖

抛光砖系指砖坯表面经过打磨抛光处理的陶质砖。砖坯经过打磨抛光处理后,平整度、光洁度大幅度提高,可形成镜面反光,产生光洁、亮丽的装饰效果。此外,在生产时,通常可施渗花釉,生成各种纹理,经抛光后,可形成各种仿石、仿木纹理;也可通过预制不同颜色的颗粒料、碎屑料,在压坯时掺入到基料中,烧成的毛坯经打磨后就可形成颗粒、碎屑纹理,仿石材尤其是仿花岗岩纹理效果十分逼真。抛光砖装饰效果自然、大方、高雅,在地面装饰中应用广泛。然而,抛光砖通常有气孔缺陷,容易吸污,影响了装饰效果。通过优化各种工艺参数生产气孔率更低、致密度更高的砖坯,可有效降低气孔缺陷的影响;同时,一些封孔材料和技术的使用,也可有效降低气孔缺陷的显现。

由于打磨后产品表面会显露出气孔,因此,可被打磨抛光的陶质砖坯结构应非常致密,且要有足够的强度以能够承受打磨抛光设备的冲击力、压力等。因此,

陶质的砖坯强度过低、气孔较多,显然不适合打磨抛光;只有结构致密、气孔率低、机械强度高的瓷质砖坯才能满足打磨抛光要求。可见,抛光砖从砖坯材质而言,通常属于瓷质砖,即抛光瓷质砖;反之,瓷质砖则不只包括抛光砖,还包括非抛光砖等产品。

此外,为了提高抛光砖的装饰效果,近年来在坯体组成和布料工艺上进行了大量的改进性工作,生产出了超微粉砖、聚晶微粉砖、聚晶超微粉砖等产品。

1.1.3 建筑陶瓷的物化性质

评估建筑陶瓷实用性能的主要指标有吸水率、显气孔率、表观相对密度、机械强度(断裂模数和破坏强度)、抗冲击性、耐磨性、热膨胀性、抗热震性、湿膨胀性、抗釉裂性、抗冻性、耐化学腐蚀性、耐污染性、有毒物质溶出量、色差等。表 1.2 详细给出了各个性能指标的测试标准,测定性能时须遵照相关标准进行。

表 1.2 建筑陶瓷(陶瓷砖)性能的测试标准

序号	国家标准编号	国家标准名称
1	GB/T 3810.1—2006	陶瓷砖试验方法 第 1 部分:抽样和接收条件
2	GB/T 3810.2—2006	陶瓷砖试验方法 第 2 部分:尺寸和表面质量的检验
3	GB/T 3810.3—2006	陶瓷砖试验方法 第 3 部分:吸水率、显气孔率、表观相对密度和容重的测定
4	GB/T 3810.4—2006	陶瓷砖试验方法 第 4 部分:断裂模数和破坏强度的测定
5	GB/T 3810.5—2006	陶瓷砖试验方法 第 5 部分:用恢复系数确定砖的抗冲击性
6	GB/T 3810.6—2006	陶瓷砖试验方法 第 6 部分:无釉砖耐磨深度的测定
7	GB/T 3810.7—2006	陶瓷砖试验方法 第 7 部分:有釉砖表面耐磨性的测定
8	GB/T 3810.8—2006	陶瓷砖试验方法 第 8 部分:线性热膨胀的测定
9	GB/T 3810.9—2006	陶瓷砖试验方法 第 9 部分:抗热震性的测定
10	GB/T 3810.10—2006	陶瓷砖试验方法 第 10 部分:湿膨胀的测定
11	GB/T 3810.11—2006	陶瓷砖试验方法 第 11 部分:有釉砖抗釉裂性的测定
12	GB/T 3810.12—2006	陶瓷砖试验方法 第 12 部分:抗冻性的测定
13	GB/T 3810.13—2006	陶瓷砖试验方法 第 13 部分:耐化学腐蚀性的测定
14	GB/T 3810.14—2006	陶瓷砖试验方法 第 14 部分:耐污染性的测定
15	GB/T 3810.15—2006	陶瓷砖试验方法 第 15 部分:有釉砖铅和镉溶出量的测定
16	GB/T 3810.16—2006	陶瓷砖试验方法 第 16 部分:小色差的测定
17	GB/T 13891—2008	建筑饰面材料镜向光泽度测定方法

对于不同种类的建筑陶瓷,国家标准《陶瓷砖》(GB/T 4100—2006)对其性能指标有不同的要求。表 1.3 给出各类建筑陶瓷的吸水率、机械强度(破坏强度和断

裂模数)等重要性能指标的国家标准质量要求。

表 1.3 建筑陶瓷(陶瓷砖)吸水率、机械强度的国家标准质量要求

产品种类	吸水率(E)	破坏强度/N		断裂模数/MPa
		厚度 $\geq 7.5\text{mm}$	厚度 $< 7.5\text{mm}$	
瓷质砖	平均值 $\leq 0.5\%$	≥ 1300	≥ 700	平均值 ≥ 35
	单个最大值 $\leq 0.6\%$			单个最小值 ≥ 32
炻瓷砖	$0.5\% < E \leq 3\%$	≥ 1100	≥ 700	平均值 ≥ 30
	单个最大值 $\leq 3.3\%$			单个最小值 ≥ 27
细炻砖	$3\% < E \leq 6\%$	≥ 1000	≥ 600	平均值 ≥ 22
	单个最大值 $\leq 6.5\%$			单个最小值 ≥ 20
炻质砖	$6\% < E \leq 10\%$	≥ 800	≥ 600	平均值 ≥ 18
	单个最大值 $\leq 11\%$			单个最小值 ≥ 16
陶质砖	平均值 $> 10\%$	≥ 600	≥ 350	平均值 ≥ 15
	单个最小值 $> 9\%$			单个最小值 ≥ 12

1.1.4 建筑陶瓷的生产工艺

建筑陶瓷的基本生产工艺为:碎料→制料→成型→干燥→烧成→后处理。根据成型技术不同,建筑陶瓷生产工艺可分为两类,一类是干压成型,另一类是挤压成型。

挤压成型生产工艺基本流程如图 1.1 所示。挤压成型工艺在建筑领域应用较少,主要用于劈离砖(也称劈开砖、劈裂砖)的生产。

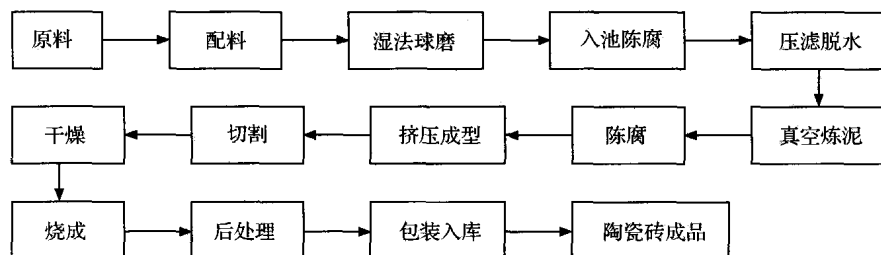


图 1.1 建筑陶瓷挤压成型生产工艺流程图

干压成型生产工艺基本流程如图 1.2 所示。干压成型技术的主要优点在于生坯强度高、干燥收缩率低、形状规整、尺寸规格易于调整、产能大、产品结构致密、适合各种表面施釉或抛光处理等,已成为建筑陶瓷的主流生产工艺。

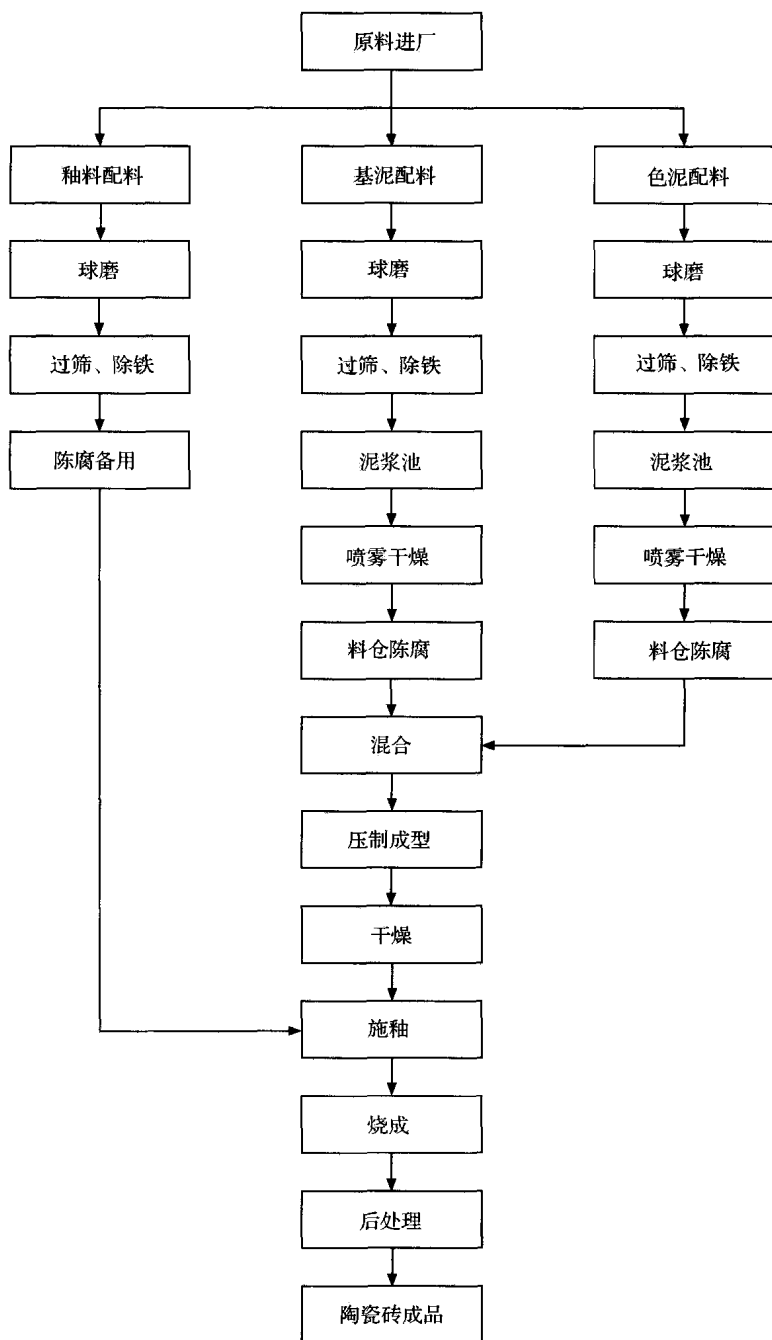


图 1.2 建筑陶瓷干压成型生产工艺流程图

干压成型生产建筑陶瓷的主要工序为:①原料选择;②配料,根据拟生产的陶瓷品种、质地、品位,确定合理的配方组成,并进行各原料的配合;③球磨,通常采用湿法球磨工艺,在球磨机中将各种原料混合研磨至万孔筛筛余小于3%;④造粒,通常采用喷雾干燥器,借助450~600℃的热风将陶瓷浆料骤然干燥为含水率6%~8%的陶瓷粉料;⑤成型,通常采用全自动液压压砖机成型,要求成型压力在40MPa以上;⑥干燥,通常采用辊道窑式干燥器将含水率为6%~8%的湿坯干燥为含水率小于1%的干坯;⑦烧成,通常采用辊道窑进行烧成,烧成温度为1100~1210℃;⑧后处理,不同种类的陶瓷砖,后处理工作有较大的差别。例如,瓷质抛光砖的后处理工序主要有磨抛、切割、质检、打蜡、包装、入库等工作;而陶质釉面砖的后处理工序仅为质检、包装、入库。

1.2 建筑陶瓷行业的污染现状

从资源开发、产品生产、使用和废弃角度分析可以发现,物质流动、经济增长对资源消耗、环境影响存在两种模式,即“资源—产品—废弃物”的单程式直线模式和“资源—产品—废弃物—再生资源”的反馈式循环模式。前者意味着创造的物质财富越多,消耗的资源就越多,产生的废弃物就越多,对环境的负面影响就越大;后者则是更有效地利用资源和保护环境,以尽可能小的资源消耗和环境成本,获得尽可能大的经济发展效益和社会环境效益。

建陶工业是重要的工程建设原材料供应行业,在国民经济建设中发挥着重要作用。目前,就我国建陶行业整体来看,物料流动、产品生产、使用、废弃及其对经济发展、环境影响的模式基本上为“资源—产品—废弃物”的单程式直线模式。传统意义上的建陶工业是典型的资源、能源消耗型行业,在其快速发展的同时,面临着资源、能源的过度消耗和环境的严重污染。

1.2.1 资源消耗

传统的陶瓷原材料一般被称为高克拉克指数材料,主要由硅、铝、钙、镁、钾、钠等元素组成,这些物质在地球表面的含量相对丰富。陶瓷原料总体可以分为天然材料和人工材料两种。主要的天然材料有黏土类、石英类、长石类等。从宏观上看,这些天然材料资源丰富、地域分布广泛,陶瓷工业几乎不受地理的限制,但真正适用于优质陶瓷原料的天然材料在地球上分布并不均衡,而且经过上千年的消耗,优质陶瓷原料也面临着枯竭问题,有些原料必须从千里之外获取。人工材料从环境的角度来讲也不尽如人意,有的有毒,有的具有放射性,有的是枯竭性和低品位资源,主要的人工陶瓷材料有氧化锌、铅丹、氧化钴、三氧化二铁、氧化铜、二氧化锰、三氧化二铬、五氧化二钒、氧化锆、硅酸锆等。

建陶行业是资源(含水资源)高消耗行业。据测算,规格为800mm×800mm