



NCSC

陶瓷生产企业二氧化碳排放核算和报告 项目成果报告

国家应对气候变化战略研究和国际合作中心
碳市场管理部
2013年6月

本报告由能源基金会资助。

报告内容不代表能源基金会观点。

This report is funded by Energy Foundation.

It does not represent the views of Energy Foundation.

项目信息

项目资助号: G-1208-16710

Grant Number: G-1208-16710

项目期: 2012年7月1日-2013年3月31日

Grant period: July 1, 2012 – March 31, 2013

所属领域: 低碳发展

Sector: low carbon development

项目概述: 本项目通过调研陶瓷企业生产和温室气体排放情况, 研究和编制了陶瓷生产企业二氧化碳排放核算与报告指南(建议稿), 目前已经提交至国家发改委应对气候变化司, 通过评审后将和气候司已经组织研究的发电、电网、化工、钢铁、电解铝、镁冶炼、水泥、平板玻璃、机场、航空等行业的企业温室气体排放核算和报告指南共同发布, 为国家未来实施温室气体排放报告和管理以及建立全国碳排放权交易体系奠定基础。

Project Discription: This project mainly investigated the greenhouse gas emission of the ceramics industry and formulated “the Guideline for Accounting and Reporting of Carbon Dioxide Emission of Ceramics Industry” (draft version). The draft version has been submitted to Department of Climate Change of NDRC for the final discussion and will be officially published after approval. The implementation of this project will lay foundation for the national GHG emission reporting and management and national ETS establishment.

项目成员：李俊峰、郑爽、张昕、刘海燕、魏晓浩、张敏思、窦勇、李萍

Project team: Li Junfeng, Zheng Shuang, Zhang Xin, Liu Haiyan, Wei Xiaohao, Zhang Minsi, Dou Yong and Li Ping

关键词：陶瓷，排放核算和报告，指南

Key Words: Ceramics, emission accounting and reporting, guideline

摘要

我国“十二五”规划纲要中提出“建立完善温室气体排放统计核算制度，逐步建立碳排放权交易市场”。“十二五”控制温室气体排放工作方案中进一步提出“加快建立温室气体排放统计核算体系”，要求建立温室气体排放基础统计制度和加强温室气体排放核算工作，其中包括研究制定重点行业、企业温室气体排放核算指南。国家发改委已组织了发电、电网、化工、钢铁、电解铝、镁冶炼、水泥、平板玻璃、机场、航空等行业的企业温室气体排放核算和报告指南研究工作。陶瓷产业作为高耗能、高排放的行业，其温室气体排放和核算正受到越来越广泛的重视。

“陶瓷生产企业二氧化碳直接排放核算和报告”项目的主要工作是通过调研我国陶瓷企业生产和温室气体排放情况，研究和编制陶瓷生产企业二氧化碳排放核算与报告指南。项目主要成果包括“中国陶瓷工业调研报告”和“陶瓷企业二氧化碳排放核算、监测和报告指南研究报告”。项目同时形成了“陶瓷生产企业二氧化碳排放核算与报告指南（建议稿）”，已提交至国家发改委应对气候变化司，通过评审后将和气候司已经组织研究的发电、电网、化工、钢铁、电解铝、镁冶炼、水泥、平板玻璃、机场、航空等行业的企业温室气体排放核算和报告指南共同发布，为国家未来实施温室气体排放报告和管理以及建立全国碳排放交易体系奠定基础。在项目实施过程中，还多次为七省市碳排放权交易试点的交易体系设计提出政策建议，为试点地区碳

排放权交易市场的启动和顺利运行提供了有力支持。

Summary

China's "12th Five-Year Plan" proposed "to establish and complete GHG emission accounting system and gradually establish carbon emission trading market". "The working programme for 12th five-year GHG emission control" proposed to speed up the GHG emission accounting system, establish greenhouse gas emission accounting system and enhance GHG emission accounting work which including research to develop GHG emissions accounting guidelines of key industries and enterprises. National Development and Reform Commission (NDRC) has organized GHG emissions accounting and reporting guidelines research for industries of power generation, electricity grid, chemical, iron and steel, aluminum smelting, magnesium smelting, cement, plate glass, airport and aviation. The GHG emission accounting system of Ceramics industry is attracting more and more attentions because of its high GHG emissions and high energy consumption.

During the CO₂ Emission Accounting and Reporting of Ceramics Industry project implementation process, we investigated GHG emission of China's ceramics industry and completed Guideline for Accounting and Reporting of Carbon Dioxide Emission of Ceramics Sectors. The project produced "Report on China ceramics industry" and "Report on Accounting and Reporting of Carbon Dioxide Emission of Ceramics

Sectors”. “The Guideline for Accounting and Reporting of Carbon Dioxide Emission of Ceramics Sectors (draft)” has been submitted to Department of Climate Change of NDRC for the final official discussion, and will be published together with the other 9 industries’ GHG emissions accounting and reporting guidelines. We have also provided policy making suggestions for ETS design of the 7 pilots.

目 录

中国陶瓷工业生产与节能调研报告 1

陶瓷企业二氧化碳排放核算、监测和报告指南研究报告 ..37

中国陶瓷工业生产与节能调研报告

目 录

| | |
|---------------------------|-----------|
| 1. 行业概述 | 3 |
| 1.1 基本定义和分类..... | 3 |
| 1.2 陶瓷砖生产及出口情况..... | 7 |
| 1.3 卫生陶瓷和日用陶瓷生产情况..... | 9 |
| 2. 生产工艺及生产流程 | 11 |
| 2.1 建筑陶瓷生产工艺及生产流程..... | 11 |
| 2.2 卫生陶瓷生产工艺及生产流程..... | 15 |
| 2.3 日用陶瓷生产工艺及生产流程..... | 19 |
| 3. 能源消耗状况 | 22 |
| 3.1 建筑陶瓷..... | 23 |
| 3.2 卫生陶瓷..... | 26 |
| 3.3 日用陶瓷..... | 28 |
| 4. 行业政策法规 | 29 |
| 4.1 行业规划及行动方案..... | 29 |
| 4.2 行业标准..... | 30 |
| 4.3 激励政策..... | 31 |
| 5. 节能减排技术 | 32 |
| 5.1 概述..... | 32 |
| 5.2 瓷砖薄型化..... | 34 |
| 5.3 低温烧成..... | 35 |
| 5.4 发展辊道窑式窑体..... | 35 |
| 6. 参考文献 | 36 |

1. 行业概述

陶瓷是陶器、炆器和瓷器的总称。我国陶瓷生产历史悠久，早在 11700 年前就有陶器制作工艺。陶器中的精品如灰陶、红陶、彩陶、黑陶等都具有 6000 年以上的历史，瓷器中的原始青瓷约有 3000 年历史。唐朝盛行低温铅釉陶器“唐三彩”，宋代出现了举世闻名的汝、官、哥、定、钧五大名窑。随着近代文明的发展，中国约在 100 年前通过引进德国设备开始制造建筑和卫生陶瓷。新中国成立之后，尤其是在改革开放后，随着我国城市化进程的加快，建筑陶瓷、卫生陶瓷和日用陶瓷三大产品的工业化生产进入了持续、高速的发展阶段。

目前，全世界约 50% 以上的陶瓷产于中国。2011 年，中国陶瓷工业中的三大类产品，建筑、日用和卫生陶瓷的产值约 6849 亿元¹，并形成了以部分地区为代表的区域生产集中带，如：广东佛山建筑陶瓷生产基地，广东潮州日用、卫生和艺术陶瓷生产基地，山东淄博日用陶瓷生产基地，江西景德镇艺术陶瓷生产基地，江苏宜兴茶具、园林陶瓷生产基地等。

陶瓷产品种类繁多，本报告中的陶瓷工业生产和节能调研主要聚焦在建筑陶瓷、卫生陶瓷和日用陶瓷三大类产品上。

1.1 基本定义和分类²

1.1.1 陶瓷工业

陶瓷工业指的是用粘土类及其他矿物原料，经过粉碎加工、成型、煅烧等生产过程而制成各种陶瓷制品的工业。陶瓷工业生产的陶瓷产品，从实际应用角度主要包括日用瓷、陈设艺术瓷、建筑陶瓷、卫生陶瓷和特种陶瓷等。

1.1.2 日用陶瓷和陈设艺术瓷

日用陶瓷和陈设艺术瓷是陶瓷产品的一个重要大类，也是历史传承最悠久的一类产品，主要指供人们日常生活使用或具艺术欣赏和珍藏价值的各类陶瓷制品。其中，日用陶瓷产品与人们的日常生活息息相关，产品种类最为丰富，从使用供能角度来看，具体产品有餐具、茶具、咖啡具、酒具、文具、容具、耐热烹饪具

¹ 数据来源：中国陶瓷工业协会。

² 参见：术语与定义，环保部、国家质监总局《陶瓷工业污染物排放标准 GB25464-2010》。

等日用制品。陈设艺术瓷指绘画、雕塑、雕刻等集工艺美术技能与陶瓷制造技术于一体的艺术陈设制品等。随着人们生活水平和质量的提高，陈设艺术瓷满足了人们在艺术审美和投资等方面对陶瓷产品更高层次的需求。



图 1.1-1 日用陶瓷制品

图片来源：广东潮州三华陶瓷



图 1.1-2 艺术瓷制品

图片来源：广东佛山蒙娜丽莎陶瓷；广东潮州四通陶瓷

1.1.3 建筑陶瓷

建筑陶瓷指用于建筑物饰面或作为建筑物构件的陶瓷制品，主要指使用在建筑墙面和地面的陶瓷砖，不包括建筑琉璃制品、粘土砖和烧结瓦等。吸水率是陶瓷砖的一个重要指标，即陶瓷产品的开口气孔吸满水后，吸入水的重量占产品重量的百分率。吸水率越低表明陶瓷砖的烧结程度越高，致密性越好，相对的抗污能力强。一般墙面陶瓷砖吸水性较高，地面陶瓷砖吸水性较低。陶瓷砖按照吸水

率的不同又可以分为瓷质砖、炻瓷砖、细炻砖、炻质砖和陶制砖五类(见表 1.1-1)。其中,我国瓷质砖的产量(平方米)约占陶瓷砖总产量的 60%,陶制砖占比约 20%。³除按照吸水率划分外,陶瓷砖还可以按照压制成型的方法不同分为挤压砖和干压砖;挤压砖即将可塑性坯料经过挤压机挤出成型,再将所成型的泥条按砖的预定尺寸进行切割;干压砖即将混合好的粉料置于模具中于一定压力下压制成型。



图 1.1-3 建筑陶瓷砖

图片来源:广东佛山东鹏陶瓷

表 1.1-1 陶瓷砖分类(按吸水率分类)

| 序号 | 品种 | 吸水率 (E) |
|----|-----|-----------------|
| 1 | 瓷质砖 | 不超过 0.5% |
| 2 | 炻瓷砖 | 大于 0.5%, 不超过 3% |
| 3 | 细炻砖 | 大于 3%, 不超过 6% |
| 4 | 炻质砖 | 大于 6%, 不超过 10% |
| 5 | 陶制砖 | 大于 10% |

来源:《陶瓷砖 GB/T 4100-2006》。吸水率为按照 GB/T 3810.3 规定条件下测定的,吸水率(E)= $100\% \times (\text{陶瓷砖吸水后重量} - \text{干陶瓷砖重量}) / \text{干陶瓷砖重量}$ 。

1.1.4 卫生陶瓷

卫生陶瓷是由粘土、长石和石英为主要原料,经混炼、成型、高温烧成,作为卫生设施的有釉陶瓷制品,包括卫生间用具、厨房用具和小件卫生陶瓷等,产品品种有坐便器、洗面器、小便器、蹲便器、净身器、水箱、洗涤槽等。按吸水率大小,卫生陶瓷分为瓷质、炻质和陶制卫生陶瓷,瓷质卫生陶瓷吸水率小于等

³ 数据来源:国家统计局工业统计司,《中国工业经济年鉴 2010》,中国统计出版社,2011.3

于 0.5%，陶制卫生陶瓷吸水率介于 8%和 15%之间，炻质卫生陶瓷吸水率介于 0.5%和 8%之间。

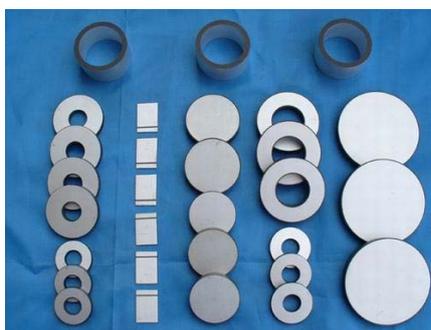


图 1.1-4 卫生陶瓷制品

图片来源：广东潮州恒洁卫浴

1.1.5 特种陶瓷

特种陶瓷，也称精细陶瓷，指通过在陶瓷坯料中加入特别配方的无机材料，经过高温烧结成型，从而获得稳定可靠的特殊性质和功能，如高强度、高硬度、耐腐蚀、导电、绝缘等。特种陶瓷应用在磁、电、光、声、生物工程各方面，产品种类有氧化物瓷、氮化物瓷、压电陶瓷、磁性瓷和金属陶瓷等。其中：氧化物陶瓷是用一种或多种金属氧化物为原料制成，原料主要包括氧化铝、氧化锆、氧化铍、氧化镁等，作为结构材料、功能材料和高级耐火材料，用于电子信息、激光红外、计算机、宇航、冶金等许多领域；压电陶瓷是在直流电场下对铁电陶瓷进行极化处理，使之具有压电效应，如锆钛酸铅系陶瓷等，应用范围包括传感器、换能器、无损检测和通讯技术等。



压电陶瓷



氧化物陶瓷（陶瓷轴承）

图 1.1-5 特种陶瓷

图片来源：日本精工（NSK）等

1.2 陶瓷砖生产及出口情况

1.2.1 陶瓷砖世界范围生产情况

世界范围来看，陶瓷砖生产主要集中在亚洲地区，约占全世界产量的 77%（见图 1.2-1）。2011 年，世界前五位陶瓷砖生产国分别为中国、巴西、印度、伊朗和意大利，其中我国产量约 87 亿平方米，占世界产量比重约 60%⁴，巴西产量约 8.4 亿平方米，其余 3 个国家产量均在 3~6 亿平方米左右。近年来，各国产量变化差异较大，前五位生产国的产量除意大利在逐步下降外，其余国家均保持了增长。值得一提的是，西班牙产量曾在 2006 年前位居世界第二位，但是近年来产量持续下降，2011 年产量为 2006 年产量的 64%，排名第六位。

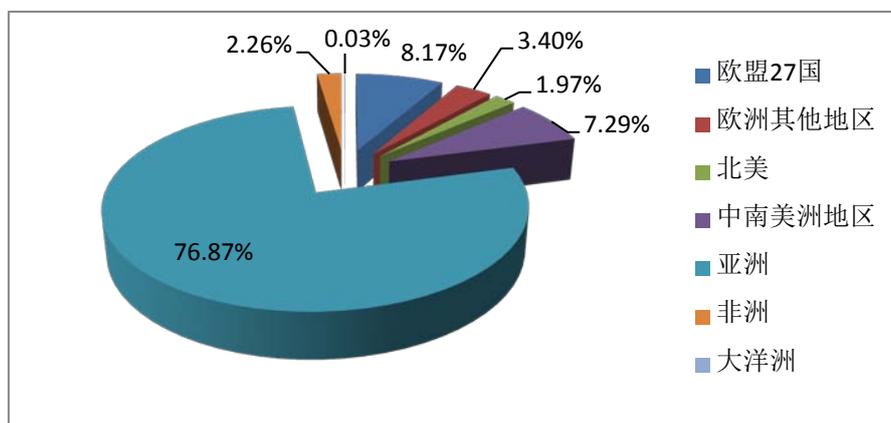


图 1.2-1 世界陶瓷砖生产情况（2011 年）

备注：（1）欧洲其他地区产量含土耳其；（2）北美产量含墨西哥；（3）中国数据来源中国建筑卫生陶瓷协会，中国陶瓷产业信息中心；（4）其他国家数据来源：Paola Giacomini, World Production and Consumption of Ceramic Tiles, Ceramic World Review, 2012,(8-10),46-64.

1.2.2 我国陶瓷砖总体生产及出口情况

我国是世界陶瓷砖第一生产大国，仅仅用了 7 年的时间，产量从 2005 年约 35 亿平方米发展到 2011 年的 87 亿平方米，增长 1.5 倍多，年均增速为 14%（见图 1.2-2）。我国同时也是陶瓷砖第一出口大国，2011 年出口 10.15 亿平方米，占生产量 11.7%，创汇 47.64 亿美元（见图 1.2-3）。陶瓷砖出口集中在南方沿海产区，其中广东省约占 80%，福建省约占 10%。出口对象以亚洲和欧洲各国为主，其中对亚洲国家出口约占 50%，对欧洲国家出口约占 10%。

⁴ 数据来源：工信部《建筑卫生陶瓷工业“十二五”发展规划》。

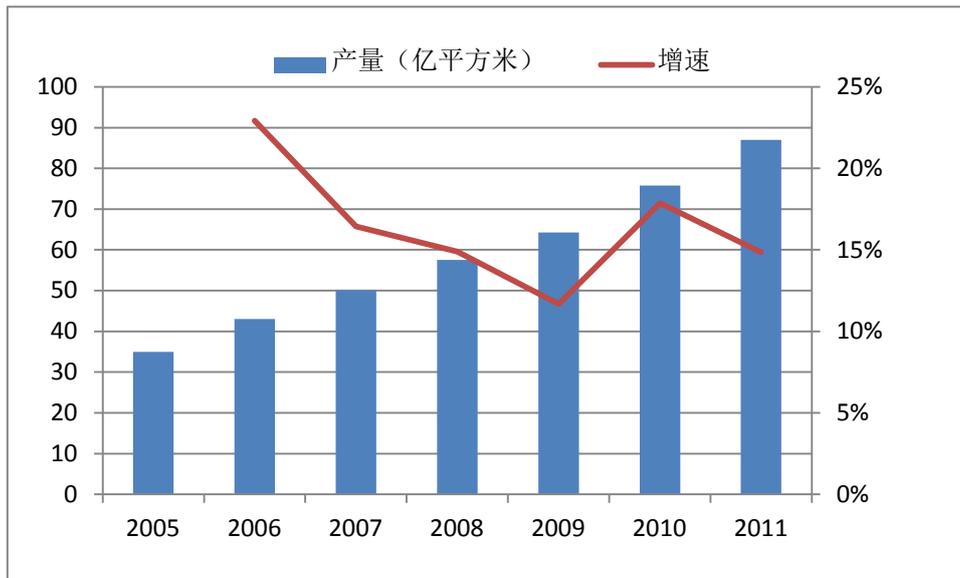


图 1.2-2 2004~2011 年我国陶瓷砖生产情况

数据来源：（1）中国陶瓷产业信息中心，《2010 年全国建筑卫生陶瓷发展综述》，2012.9；（2）中国陶瓷产业信息中心，《中国陶瓷窑炉行业发展研究报告》，2012.9

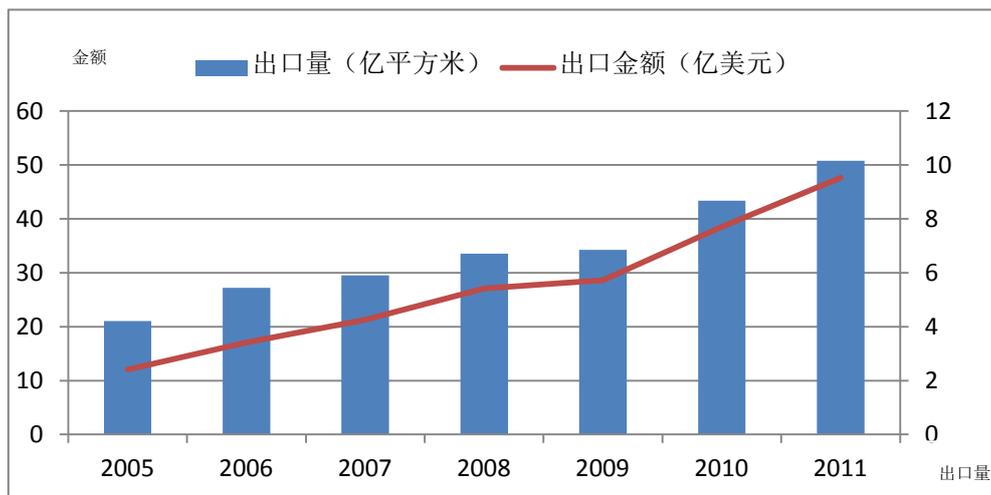


图 1.2-3 2005~2011 年我国陶瓷砖出口情况

数据来源：（1）中国陶瓷产业信息中心，《2010 年全国建筑卫生陶瓷发展综述》；（2）2011 年数据来自中国建筑卫生陶瓷协会。

1.2.3 我国陶瓷砖生产区域分布

我国陶瓷砖生产区域较为集中，南方为主产区。

2010 年，我国建筑陶瓷砖总产量约 75.8 亿平方米，同比增长 18%，其中，广东、福建、山东三个省产量在 10 亿平方米以上，占比达到 63%，加上四川、江西、辽宁等三个省的产量，陶瓷砖生产排名前六位的企业生产量基本达到全国产量的 84%。从发展速度来看，2010 年，河南、广西、贵州、安徽等地产量增

速达到了一倍以上，发展较快，山东的产量在逐年降低（见表 1.2-1）。

2011 年，广东、福建、山东和四川产量仍位居前四位，合计占全国总产量的 70% 以上（见表 1.2-2）。其中，广东省是我国陶瓷砖最大生产制造地，生产线总量、总产能均占全国 30% 以上⁵，主要分布在佛山、肇庆、清远、恩平等地。

表 1.2-1 2010 年全国主要省、自治区、直辖市陶瓷砖产量（万 m²）

| 排名 | 地方 | 产量 | 增长 (%) | 排名 | 地方 | 产量 | 增长 (%) |
|----|----|--------|--------|----|-----|------|--------|
| 1 | 广东 | 213812 | 18.95 | 13 | 浙江 | 7599 | 29.39 |
| 2 | 福建 | 155233 | 16.53 | 14 | 贵州 | 5328 | 217.53 |
| 3 | 山东 | 109583 | -6.84 | 15 | 山西 | 4566 | 14.66 |
| 4 | 四川 | 71723 | 4.87 | 16 | 新疆 | 4475 | 11.82 |
| 5 | 江西 | 48355 | 98.65 | 17 | 安徽 | 4194 | 100.93 |
| 6 | 辽宁 | 39546 | 20.93 | 18 | 湖南 | 4179 | -0.38 |
| 7 | 湖北 | 17464 | 14.41 | 19 | 云南 | 3997 | 4.64 |
| 8 | 河南 | 16746 | 161.79 | 20 | 宁夏 | 2383 | 4.14 |
| 9 | 河北 | 13730 | 31.31 | 21 | 内蒙古 | 1599 | 2.13 |
| 10 | 广西 | 11956 | 112.24 | 22 | 江苏 | 1520 | 2.71 |
| 11 | 陕西 | 11030 | 100.32 | 23 | 上海 | 1451 | 6.75 |
| 12 | 重庆 | 10202 | -3.67 | | | | |

数据来源：中国陶瓷产业信息中心.《2010 年全国建筑卫生陶瓷发展综述》.2012
(<http://www.eccii.net/wxzl/hybz/201209/204.shtml>)

表 1.2-2 2011 年全国前四位陶瓷砖生产地区产量（单位：万 m²）

| 排名 | 地方 | 产量 | 增长 (%) |
|----|----|--------|--------|
| 1 | 广东 | 263101 | 23.1 |
| 2 | 福建 | 167571 | 7.9 |
| 3 | 山东 | 97184 | -11.3 |
| 4 | 四川 | 80835 | 12.7 |

数据来源：中国建筑卫生陶瓷协会。

1.3 卫生陶瓷和日用陶瓷生产情况

1.3.1 我国卫生陶瓷生产总体情况及区域分布

我国卫生陶瓷产量占世界比重超过 40%⁶，2011 年总产量约 1.9 亿件，同比增长 7.9%，2010 年总产量约 1.78 亿件，同比增长 13.35%。“十一五”期间，建筑

⁵ 资料来源：中国建筑卫生陶瓷协会等.《全国瓷砖产能报告》.2011.12

⁶ 数据来源：工信部《建筑卫生陶瓷工业“十二五”发展规划》。

陶瓷砖生产保持了快速、稳定的增长态势，年平均增长率 12.6%（见图 1.3-1）。

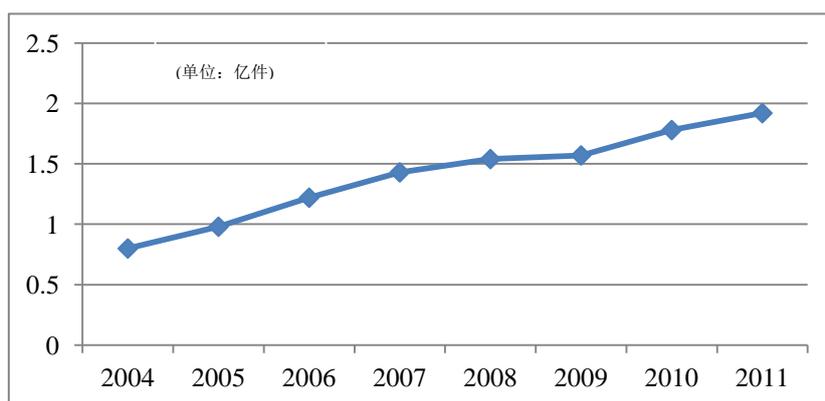


图 1.3-1 2004~2011 年我国卫生陶瓷生产情况

数据来源：（1）<http://www.sociw.com/tpzs/201212285715.html>；（2）中国陶瓷产业信息中心，《中国陶瓷窑炉行业发展研究报告》，2012.9

我国卫生陶瓷生产区域也较为集中，2010 年产量排名前三位的广东、河南、河北三个省产量占比达到 81%（见表 1.3-1）。全国范围来看，湖北、福建发展较快，同比增长达到 50%左右。

表 1.3-1 2010 年全国主要省、自治区、直辖市卫生陶瓷产量（单位：万件）

| 排名 | 地区 | 产量 | 增长 (%) | 排名 | 地区 | 产量 | 增长 (%) |
|----|----|------|--------|----|----|-----|--------|
| 1 | 广东 | 6773 | 15.15 | 8 | 山东 | 312 | -7.22 |
| 2 | 河南 | 5320 | 11.30 | 9 | 广西 | 233 | -30.60 |
| 3 | 河北 | 2320 | 4.91 | 10 | 重庆 | 205 | 17.73 |
| 4 | 湖北 | 993 | 50.13 | 11 | 北京 | 170 | 29.87 |
| 5 | 福建 | 517 | 47.92 | 12 | 四川 | 68 | 0 |
| 6 | 湖南 | 433 | 18.05 | 13 | 天津 | 55 | 0.17 |
| 7 | 上海 | 331 | 7.95 | | | | |

数据来源：中国陶瓷产业信息中心，《2010 年全国建筑卫生陶瓷发展综述》.2012.9
<http://www.eccii.net/wxzl/hybz/201209/204.shtml>

1.3.2 我国日用陶瓷生产总体情况及区域分布

我国日用陶瓷产量占世界比重约 70%⁷，2011 年产量约 300 亿件，同比增长 11%，产量与 2005 年相比增加了 2 倍多，发展十分迅速（见图 1.4-1）。我国日用陶瓷的生产主要集中在广东、江西、山东等省市。2010 年，广东日用陶瓷产量约 48.4 亿件，江西产量约 40.7 亿件，合计占全国产量 33%左右。⁸

⁷ 数据来源：王慧等，日用陶瓷的低碳制备技术，《中国陶瓷》，2011.10

⁸ 数据来源：广东省统计年鉴 2012；江西省统计年鉴 2012。

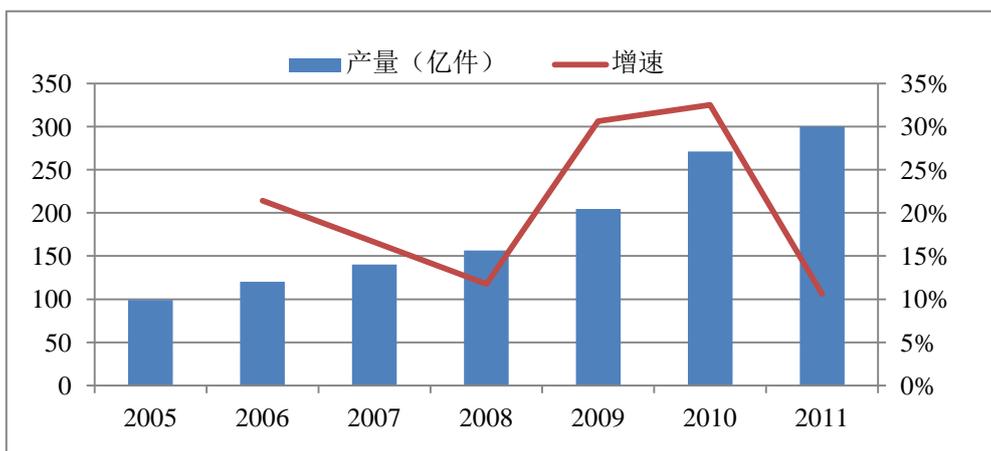


图 1.3-1 2005~2011 年我国日用陶瓷生产情况

数据来源：中国陶瓷产业信息中心，《中国陶瓷窑炉行业发展研究报告》，2012.9

2. 生产工艺及生产流程

2.1 建筑陶瓷生产工艺及生产流程

建筑陶瓷生产工艺主要包括原料制备、喷雾干燥成型、烧成、检验包装等几个环节，生产流程图如下所示：

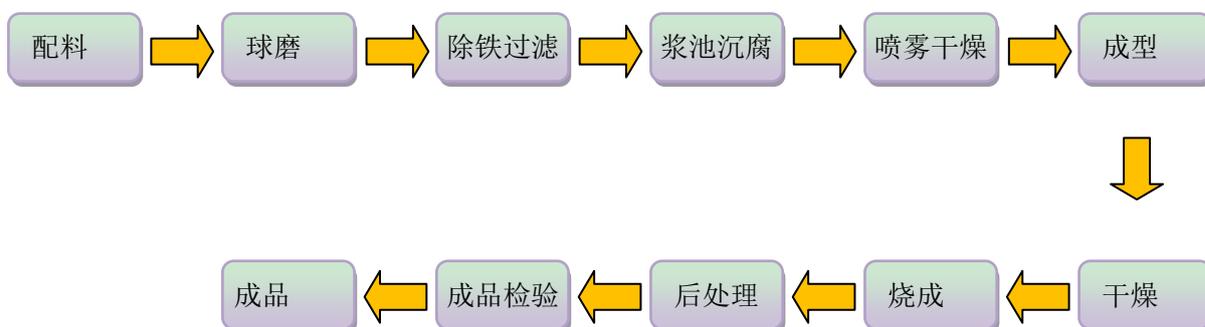


图 2.1-1 建筑陶瓷生产流程图

2.1.1 原料制备过程

建筑陶瓷使用的主要原料包括粘土、砂料、长石等。原料经配料机配料混合后，送入球磨机，注水利用球胆研磨成细料。细料由电机抽入储备池中，经搅拌后陈腐 2-3 天。陈腐后的泥浆通过电动筛，去除取出细料中的有机物、过粗物、游离铁质等物质，形成备用泥料。

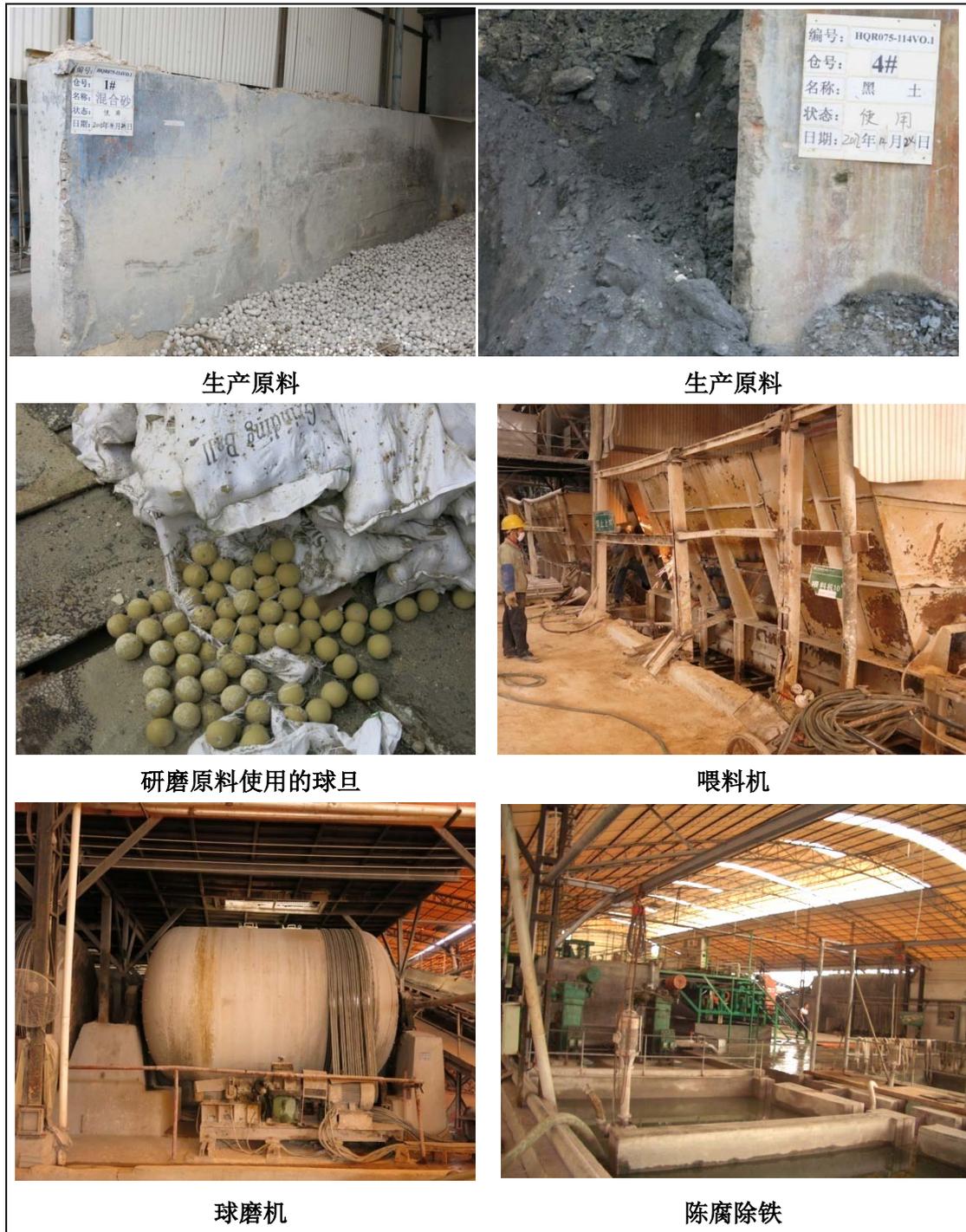


图 2.1-2 建筑陶瓷原料制备环节

图片来源：广东佛山蒙娜丽莎陶瓷，广东佛山东鹏陶瓷。

2.1.2 喷雾干燥

泥浆由泥浆泵经管道送到喷枪再喷入干燥塔内，泥浆被雾化成细小液滴，当液滴遇到热空气时被蒸发成粉料，最后因自重沉到筒底，完成造粒。

喷雾干燥所需要的蒸汽需要耗费大量的能源，在大型企业中，企业出于燃料

成本的考虑，会采用煤制气装置，通过燃烧水煤浆产生大量蒸汽。

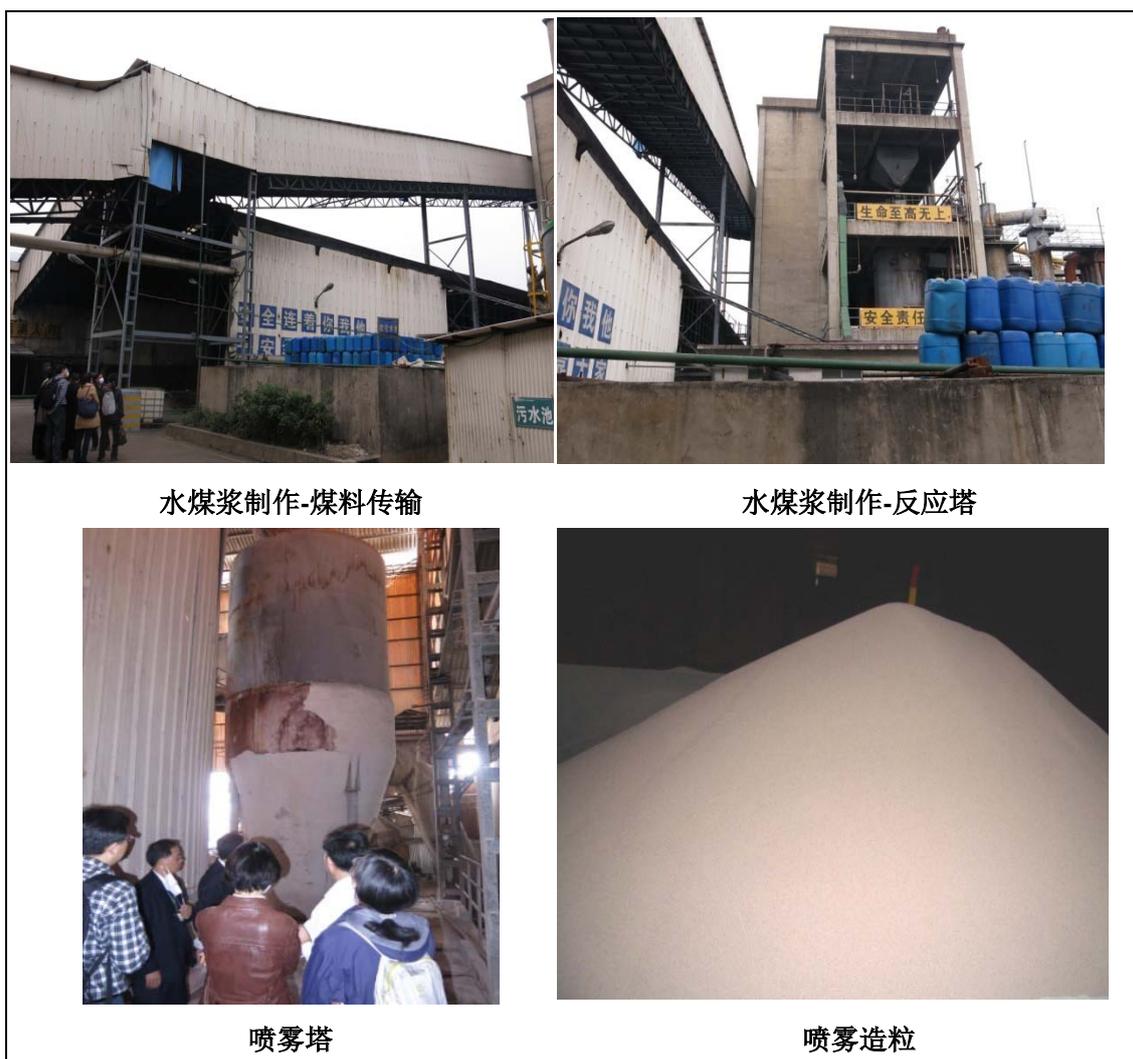


图 2.1-3 建筑陶瓷喷雾干燥环节

图片来源：广东佛山蒙娜丽莎陶瓷，广东佛山东鹏陶瓷。

2.1.3 成型及烧成

成品粉料由输送带输送进入压机料斗，通过格栅布料，由压砖机压制成型。压制成型后的生坯含有一定的水份，为了提高生坯的强度，满足输送和后工序的需要，需要利用干燥窑对坯体烘干干燥。干燥后的坯体通过喷釉或者淋釉的方式进行施釉，需要印制花纹的砖坯通过流水线送入印花机，通过印花网或雕刻胶辊，将印花釉透过网孔或胶辊的毛细孔转印到釉坯上。施釉印花完成后，将釉坯送入窑炉中烧成，出窑后为成品。

目前，墙地砖生产采用辊道窑烧成，辊道窑由许多平行排列的辊棒组成辊道，通过辊棒运转带动砖坯向前移动，入窑进行烧制。



压制成型

砖坯干燥

淋釉施釉

印花

流水线生产

窑炉烧成

图 2.1-4 建筑陶瓷成型及烧成环节

图片来源：广东佛山蒙娜丽莎陶瓷，广东佛山东鹏陶瓷。

2.1.4 产品检选

产品烧制完成后，需要进一步处理加工为成品，涉及刮平、粗抛、细抛、磨边、涂防污剂、打蜡、贴膜等过程，使砖坯表面光洁亮丽。成品按质量等级划分为优等、一等、合格和废品，不同等级的成品分类包装并入库。

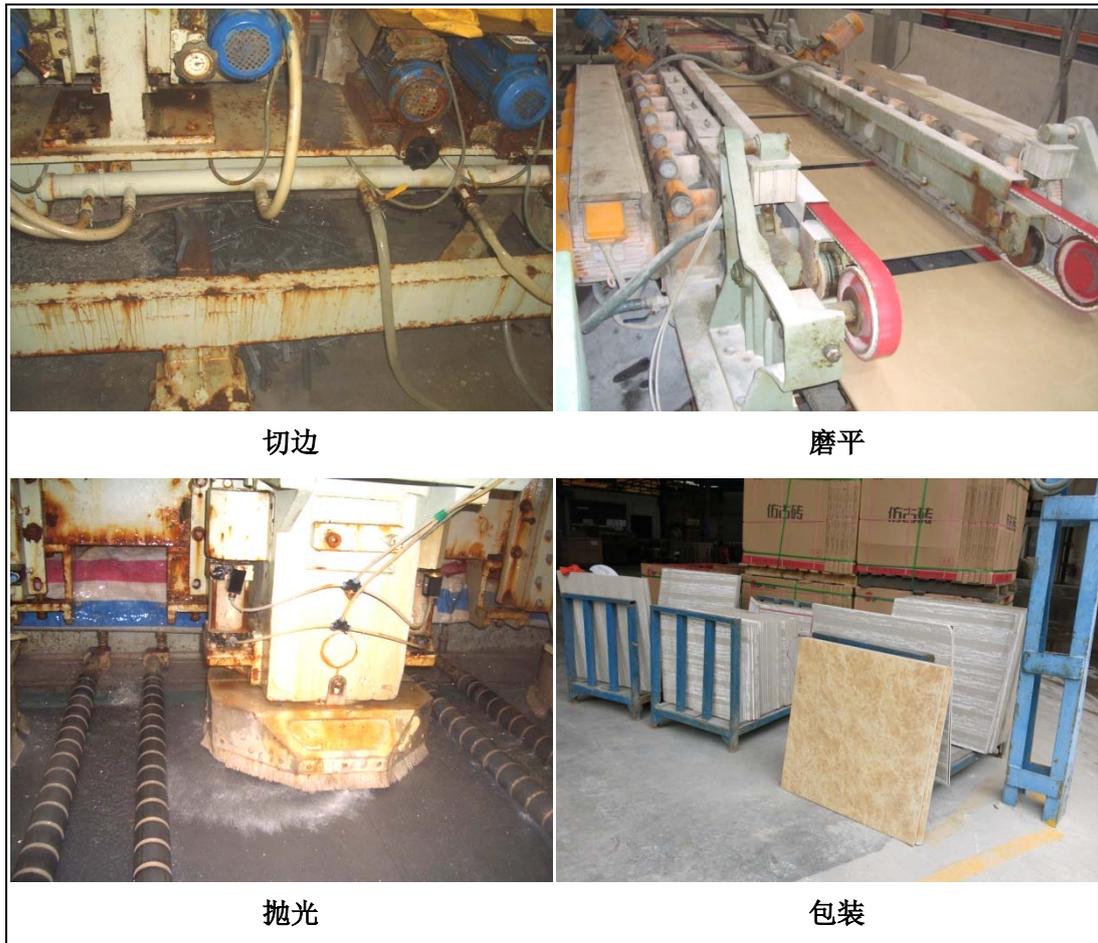


图 2.1-5 建筑陶瓷检选环节

图片来源：广东佛山蒙娜丽莎陶瓷，广东佛山东鹏陶瓷。

2.2 卫生陶瓷生产工艺及生产流程

卫生陶瓷生产工艺包括原料制备、坯体成型及烧制、产品检选等几个环节，生产流程图如下所示：

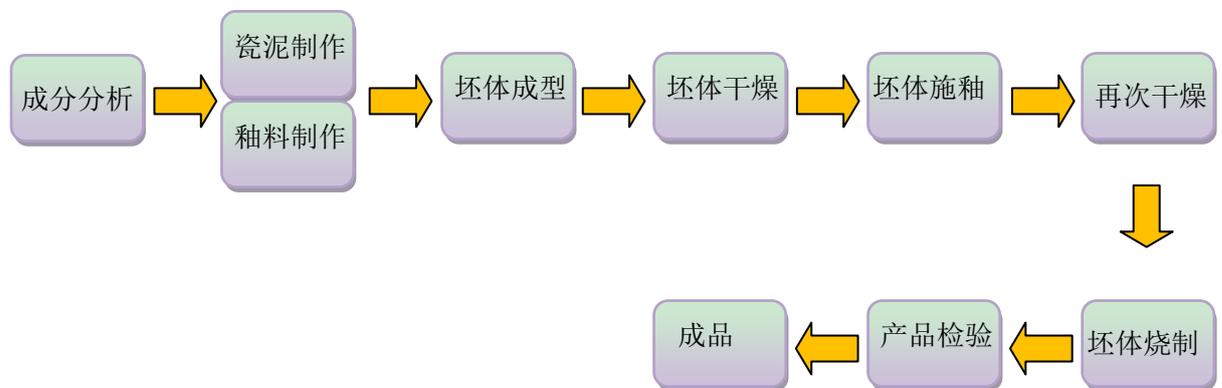


图 2.2-1 卫生陶瓷生产流程图

2.2.1 原料制备过程

卫生陶瓷原料制备过程包括坯料和釉料制备。

坯料制备过程：以高岭土、高塑性粘土、石英和钾长石为制坯主要原料，按

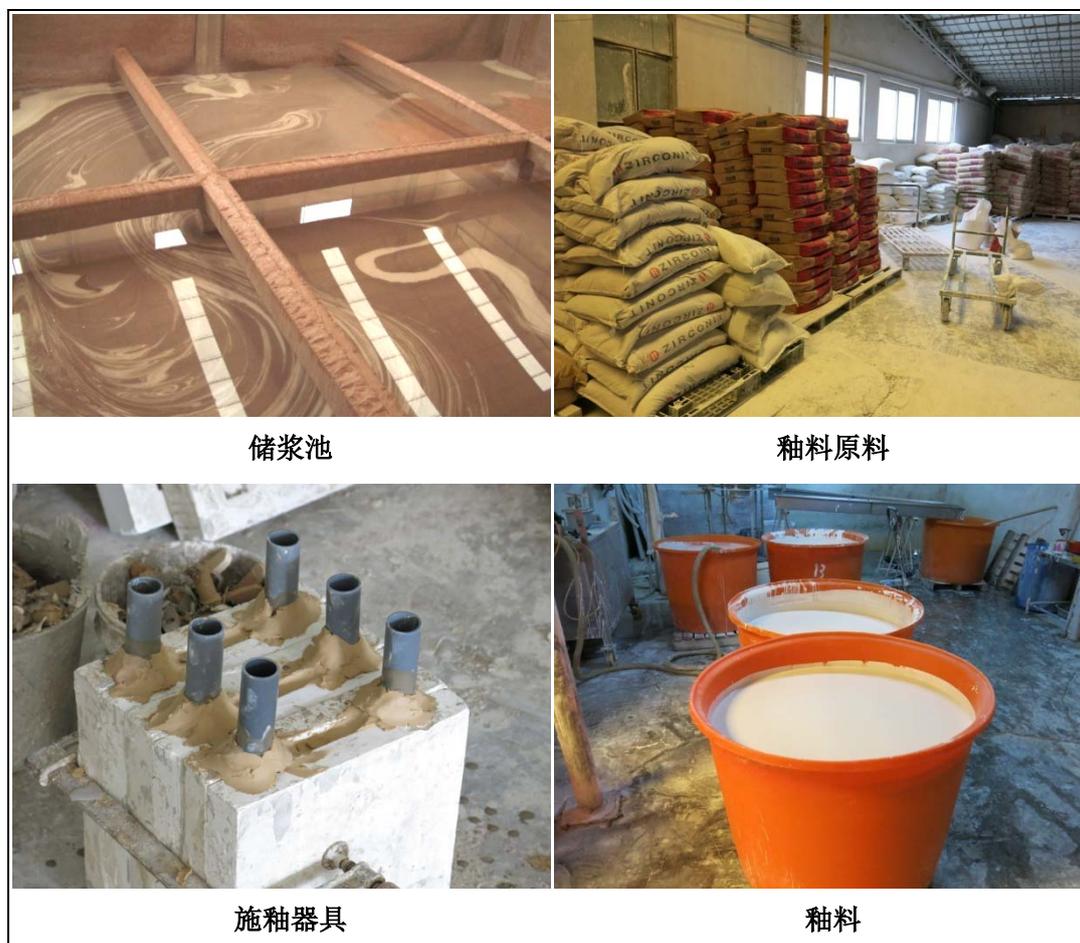


图 2.2-2 卫生陶瓷原料及釉料生产环节

图片来源：广东潮州恒洁卫浴

照指定配方，将软质类的黏土原料与中碎好的硬质原料混合，放入球磨机进行磨碎；原料在粉碎的过程要进行多次过筛，以提高原料的破碎效率、提高工艺的性能和产品质量。同时采用除铁处理，除去原料本身和加工过程中带入的铁杂质。之后坯料泥浆进入储浆池进行搅拌陈腐。

釉料制备过程：以长石、石英、石灰石、白云石、滑石、菱镁石、氧化锌、碳酸钡为基础釉原料；以锆英石、氧化锡作白釉的乳浊剂；以铬锡红、铬绿、钒钴黄、钒钴蓝、镨钴黄、镨钴蓝等陶瓷颜料作色釉的着色原料。过程与坯料制备过程相似，也经过了配料、球磨、除铁陈腐等过程，见图 2.2-3。

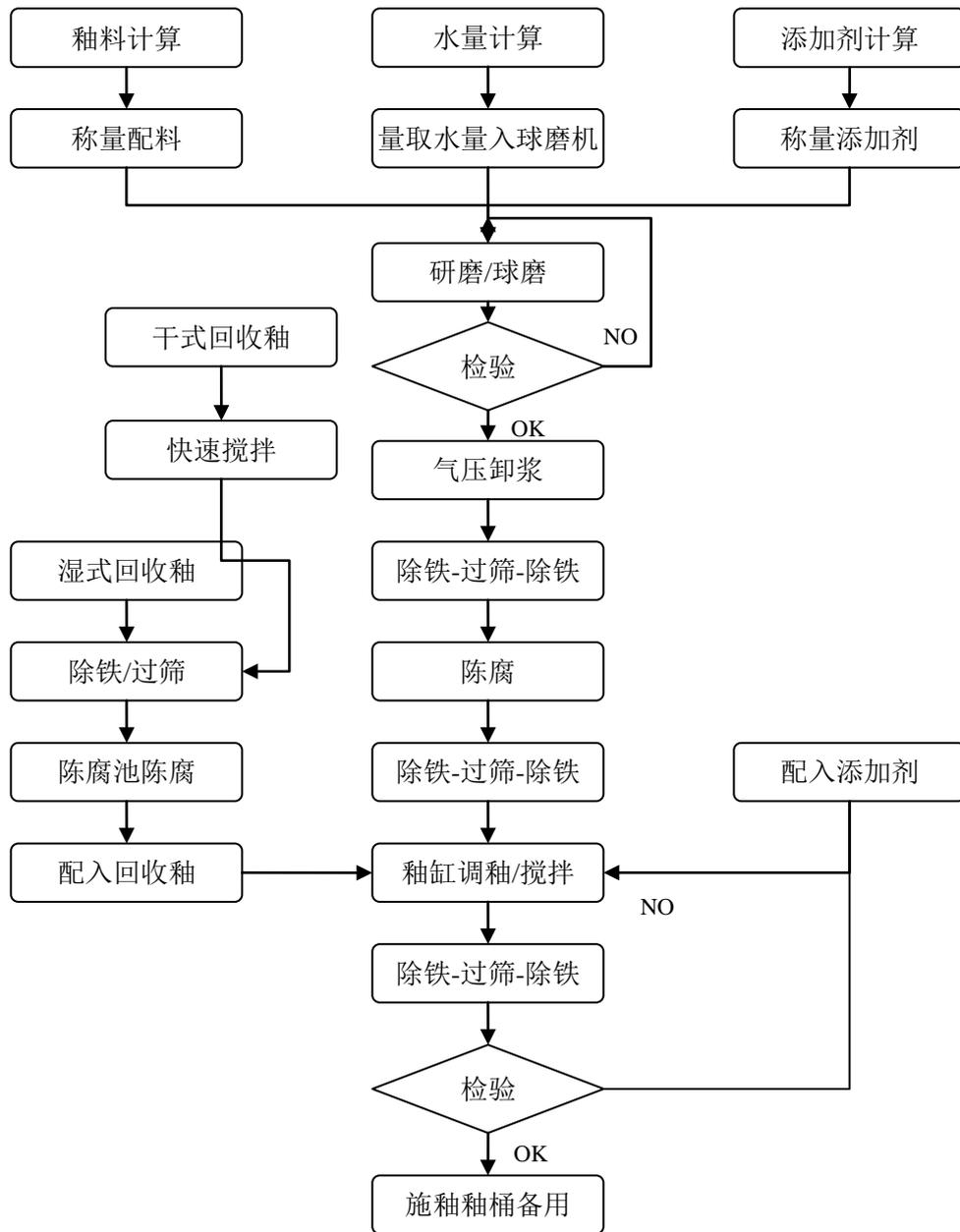


图 2.2-3 卫生陶瓷釉料生产流程图

来源: 广东潮州恒洁卫浴

2.2.2 坯体成型及烧制

泥浆注入石膏模具，水分被石膏吸收而成型，将多余的泥浆排走，剩下的泥浆在石膏模中变硬。经过一段时间后进行脱模并修坯，将修坯后的坯体干燥至白色坚硬状态，再次用海绵等进行修坯，使坯体光滑。然后由坯检员对坯体进行检验，对检验合格的坯体进行上釉。将釉体装上窑车，送入隧道窑或者梭式窑进行烧制。卫生陶瓷一般是在 1250~1280℃ 温度条件下一次烧成。



石膏模具



微压注浆成型



人工施釉



干燥窑及待干燥的坯体



坯体推入干燥窑



干燥窑外墙及余热回收装置



隧道窑烧成



梭式窑烧成

图 2.2-4 卫生陶瓷成型及烧成环节

图片来源：广东潮州恒洁卫浴

2.2.3 产品检选

对烧制出窑的产品进行外观检验、功能检验、便器冲水功能测试。合格产品包装入库，进入销售环节。



图 2.2-5 卫生陶瓷检验环节

图片来源: 广东潮州恒洁卫浴

2.3 日用陶瓷生产工艺及生产流程

日用陶瓷生产工艺主要包括原料制备、坯体成型及烧制、产品检选等环节，生产流程图如下所示：

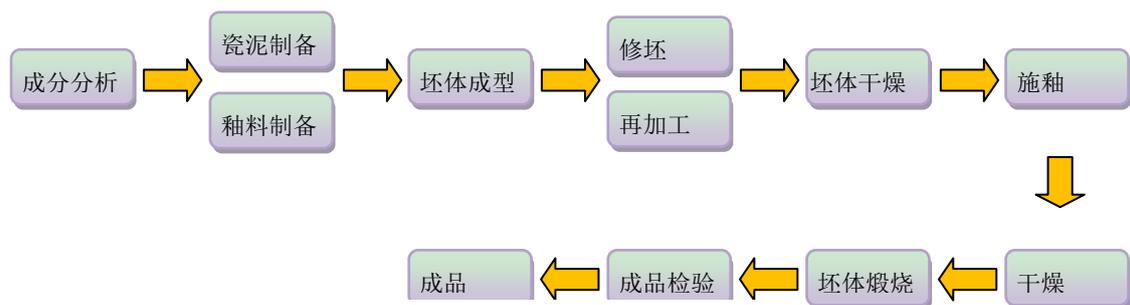


图 2.3-1 日用陶瓷生产流程

2.3.1 原料制备过程

原料放入球磨机磨碎，磨碎后的原料加水搅拌成为泥浆。泥浆利用磁选等方法去除杂质。除杂后的泥料进入压滤机脱水，压滤后的坯料进入练泥设备进行真空练泥。通过练泥，有效除去泥料中的空气，使坯料水分均匀，提高可塑性。经过练泥机练泥后，合格坯料一般成柱状，便于储存和后续环节使用。



图 2.3-2 日用陶瓷泥料

图片来源: 广东潮州三环陶瓷

2.3.2 坯体成型及烧制

日用陶瓷主要有两种成型的方法：滚压成型和注浆成型。滚压成型是根据需要将泥料切成泥片，将泥片放入滚压成型机压坯中，然后将坯体带模干燥，最后脱模取坯。注浆成型是先将泥料化浆注入高位浆桶，然后将泥浆注浆模具，再带模干燥，最后起坯。坯体成型后，需要进行修坯，或者根据需要对坯体进行再加工。修坯或再加工完成后需要对坯体进行干燥除水，以满足上釉对坯体的要求。施釉完成后，将坯体放入窑车入窑烧制。

日用陶瓷工艺中的窑炉主要是隧道窑和梭式窑。烧制完成后，需要印花的日用陶瓷在瓷胎上彩绘，然后在中低温进行二次烤制。



滚压成型



注浆成型设备



注浆成型



修坯



施釉



施釉



干燥及尾气回收利用装置



隧道窑烧制

图 2.3-3 日用陶瓷成型及烧成环节

图片来源: 广东潮州三环陶瓷, 广东潮州四通陶瓷

2.3.3 产品检选

对烧制出窑的产品进行外检验。合格产品包装入库，进入销售环节。不合格产品进行修补及再次煨烧等处理。



图 2.3-4 日用陶瓷检验

图片来源: 广东潮州四通陶瓷

3. 能源消耗状况

陶瓷产品能源消耗由生产系统工艺装置、辅助生产系统和附属生产系统设施三部分用能组成。生产界区从原料、釉料、煤、油、气、水煤浆等原材料和能源品种经计量进入工序开始，到成品陶瓷计量入库的整个生产过程。陶瓷产品能源消耗体现为产品综合能耗和单位产品综合能耗两个指标。此外，还有衡量单一能源品种效率的单位产品综合电耗值指标，衡量各个生产工艺过程的工序能耗等指标。

产品综合能耗⁹指在报告期内及陶瓷生产全部过程中，用于生产实际消耗的各种能源总量。包括生产系统、辅助生产系统和附属生产系统的各种能源消耗量和损失量，不包括基建、技改等项目建设能耗的、生产界区回收利用的和向外输出的能源量。

陶瓷综合能耗的计算如下：

$$E_{ZN} = M_a \times \frac{Q_{DW}^a}{29308} + M_b \times \frac{Q_{DW}^b}{29308} + M_c \times \frac{Q_{DW}^c}{29308} + 0.1229 \times Q_{ZD}$$

⁹ 定义及公式参见：《GB21252-2007 建筑卫生陶瓷产品单位能源消耗限额》。

式中：

E_{ZN} ：综合能耗（kgce）
 $M_a M_b M_c Q_{ZD}$ ：分别为综合煤耗(kg)、综合油耗(kg)、综合气耗（ Bm^3 ）、综合电耗(kWh)
 $Q_{DW}^a Q_{DW}^b Q_{DW}^c$ ：分别为单位煤、油、气的低（位）发热量（kJ/kg 或 kJ/ Bm^3 ）
29308：1kgce 的应用基低（位）发热量
0.1229：电力当量折标准煤系数（kgce/kWh）

单位产品综合能耗指用单位合格品产量表示的陶瓷产品综合能耗，其中包括生产直接消耗的能源量，以及分摊到该产品的辅助生产系统、附属生产系统的能耗量和体系内的能源损失量等间接消耗的能源量。

陶瓷产品类别多，品种复杂，各类产品之间的能耗水平差距较大，不同类别的产品能耗不具有可比性。即使是同类产品往往也会由于生产工艺、消耗能源品种的不同，导致能耗水平存在差距。本节内容主要从相关标准中的能耗标准值出发，结合部分陶瓷生产企业能源消耗的实测情况，介绍建筑陶瓷、卫生陶瓷和日用陶瓷的能耗情况。

3.1 建筑陶瓷

3.1.1 综合能源消耗情况

建筑陶瓷砖的能耗统计范围包括：原料粗中细碎、原料制备输送、粉料制备、釉料制备、成型、干燥、施釉、烧成、冷修、抛光、检验包装等生产过程，供水、供热、供气、供油、机修等辅助和附属生产系统及生产管理部门等所消耗的燃料和电力。不包括：熔块制备、窑具加工制作、生活设施（如：宿舍、学校、文化娱乐、医疗保健、商业服务和托儿幼教等）及运输保管、采暖、技改等所消耗的燃料和电力。

陶瓷砖的产品综合能耗按照产品吸水率的不同而有所区别，一般范围约在 220~340kgce/t 之间。其中，准入值指标比限定值指标低约 2.9%~13%，先进值指标比限定值指标低约 12%~27%。统一标准值指标范围内，吸水率介于 0.5%~10% 的陶瓷砖产品相对来说综合能耗较低，其产品综合能耗比吸水率低于 0.5% 的陶瓷砖产品低 12%~27%，比吸水率高于 10% 的陶瓷砖产品低 6%~8%。同时，清洁生产评价中的基准值指标还包括压缩空气等其他能源消耗，与国标中的指标略有差异。

表 3.1-1 陶瓷砖产品综合能源消耗各标准值指标情况

| 标准值指标 | 陶瓷砖品种 | 单位产品综合 能耗值/ (kgce/t) | 单位产品综合 电耗值/ (kwh/t) |
|---------------------|------------|-------------------------|------------------------|
| 能耗限额限定值 | E≤0.5% | ≤340 | ≤400 |
| | 0.5%<E≤10% | ≤300 | ≤360 |
| | E>10% | ≤320 | ≤360 |
| 新建企业（含新建 生产线）准入值 | E≤0.5% | ≤330 | ≤380 |
| | 0.5%<E≤10% | ≤260 | ≤350 |
| | E>10% | ≤280 | ≤340 |
| 先进值 | E≤0.5% | ≤300 | ≤320 |
| | 0.5%<E≤10% | ≤220 | ≤280 |
| | E>10% | ≤240 | ≤260 |
| 清洁生产企业 评价指标基准值 | E≤0.5% | 400 | - |
| | 0.5%<E≤10% | 220 | - |
| | E>10% | 180 | - |

来源：（1）国家质量监督检验检疫总局、国家标准化管理委员会，《建筑卫生陶瓷产品单位能源消耗限额 GB21252-2007》2007.12；（2）国家发改委，陶瓷行业清洁生产评价指标体系（试行），2007，其中综合能耗（kgce/t 瓷）指每生产 1t 合格陶瓷所消耗的各种能源（煤、煤气、电、液化气、压缩气等）转换为千克标煤之和。其计算公式为：综合能耗（kgce/t 瓷）=企业年耗能总和（kgce）/合格陶瓷年产量（t）；

3.1.2 工序能耗情况表 3.1-2 压制成型建筑陶瓷产品各生产工序能耗消耗情况

| 序号 | 生产工序 | 能耗(kgce/t) | 电耗(kWh/t) |
|----|----------------|------------|-----------|
| 1 | 原料堆场及配料输送 | + | + |
| 2 | 原料初次破碎 | - | + |
| 3 | 球磨机运行 | - | + |
| 4 | 泥浆搅拌、筛分、输送设备运行 | - | + |
| 5 | 喷雾干燥器运行 | + | + |
| 6 | 粉料输送设备运行 | - | + |
| 7 | 压机运行 | - | + |
| 8 | 釉浆制备的球磨机运行 | - | + |
| 9 | 施釉 | - | + |
| 10 | 坯体干燥 | + | + |
| 11 | 窑炉运行 | + | + |
| 12 | 半成品运输 | + | + |
| 13 | 产品磨边、抛光、干燥、包装 | - | + |
| 14 | 仓储 | + | + |

资料来源：国家质检总局、国家标准化管理委员会，《建筑卫生陶瓷单位产品能耗评价体系和监测方法 GB/T 27969-2011》，2011.12

从陶瓷砖的生产工艺来看，基本上每个工序过程都涉及到能耗资源消耗。以压制成型建筑陶瓷产品为例，主要的燃料消耗产生在原料和半成品运输、喷雾干燥、坯体干燥和窑炉运行等工序，同时每个工序都涉及到电力的消耗。

从各工序能源消耗的占比情况来看，陶瓷砖生产过程能源消耗较高的工序环节分别是烧成工序和喷雾干燥工序，其中烧成工序所占综合能耗的比例约为40%~60%，喷雾干燥工序占综合能耗的比例约为20~30%。

表 3.1-3 部分陶瓷砖生产企业实测综合能耗情况

| 陶瓷砖品种 | 工序 | 工序能耗 (kgce/t) | 比重 (%) |
|-------|-----------|---------------|------------|
| 抛光砖 | 原料工序 | 77.56 | 31.1 |
| | 成型烧成工序 | 162.93 | 65.4 |
| | 抛光工序 | 8.68 | 3.5 |
| | 合计 | 249.17 | 100 |
| 瓷片 | 原料工序 | 55.91 | 24.3 |
| | 成型烧成、磨边工序 | 174.62 | 75.7 |
| | 合计 | 230.53 | 100 |

数据来源：中科院广州能源所

表 3.1-4 干压陶瓷砖生产企业清洁生产评价指标

| 陶瓷砖品种 | 一级指标 | 二级指标 | 单位 | 评价基准值 |
|-----------------------|--------|----------|----------|-------|
| $E \leq 0.5\%$ | 能源指标 | 喷雾造粒工序能耗 | kgce/t 瓷 | 80 |
| | | 干燥工序能耗 | kgce/t 瓷 | 20 |
| | | 烧成工序能耗 | kgce/t 瓷 | 180 |
| | 综合利用指标 | 窑炉余热利用率 | % | 80 |
| | | 废瓷利用率 | % | 87 |
| $0.5\% < E \leq 10\%$ | 能源指标 | 喷雾造粒工序能耗 | kgce/t 瓷 | 80 |
| | | 干燥工序能耗 | kgce/t 瓷 | 15 |
| | | 烧成工序能耗 | kgce/t 瓷 | 150 |
| | 综合利用指标 | 窑炉余热利用率 | % | 80 |
| | | 废瓷利用率 | % | 87 |
| $E > 10\%$ | 能源指标 | 喷雾造粒工序能耗 | kgce/t 瓷 | 80 |
| | | 干燥工序能耗 | kgce/t 瓷 | 15 |
| | | 烧成工序能耗 | kgce/t 瓷 | 85 |
| | 综合利用指标 | 窑炉余热利用率 | % | 80 |
| | | 废瓷利用率 | % | 87 |

来源：国家发改委，陶瓷行业清洁生产评价指标体系（试行），2007。其中部分指标含义（下同）：（1）工序能耗（kgce/t 瓷）指每生产 1t 合格陶瓷该道工序所消耗的热能转换为千克标煤。其计算公式为：工序

能耗 (kgce/t 瓷) = 该工序年耗能 (kgce) / 合格陶瓷年产量 (t); (2) 废瓷利用率 (%) 是指废瓷使用量与废瓷产生量之比。废瓷使用量指本组织产生的废瓷被本组织自用和被其他组织使用的总量之和。

3.1.3 主要耗能设备及品种

建筑陶瓷生产中使用的主要耗能设备包括: 燃料设备, 如煤气发生炉、喷雾干燥塔、板式过滤器、烧结窑 (辊道窑、隧道窑、多孔窑、梭式窑) 等; 电力设备, 如球磨机、压滤机、成型机、压砖机、磨边抛光线、电窑等。使用的主要能源包括: 煤、水煤浆、煤气、燃料油、柴油、液化石油气、天然气、电力等。

从前述分析可以看出, 辊道窑和喷雾干燥塔是陶瓷砖生产企业的主要耗能设备。喷雾干燥塔使用的燃料包括煤、水煤浆等; 辊道窑使用的燃料包括煤、燃气、柴油等。目前, 按照清洁生产要求, 部分省市的陶瓷企业已经完成了窑炉煤改气的燃料替代。在大型陶瓷砖生产企业中, 企业出于生产成本的考虑, 也会使用煤气发生炉自制煤气作为燃料。同时, 企业对窑炉余热利用也逐渐重视, 窑炉余热利用一般用于烧成前的成型坯体干燥、以及窑炉预热等环节, 随着天然气等清洁燃料的使用, 高温烟气中的有害杂质逐渐减少, 烟气回收率逐步提高。

3.2 卫生陶瓷

3.2.1 综合能耗情况

从统计角度, 卫生陶瓷能源消耗统计范围包括: 原材料细碎、原料制备输送、模型制作、釉料制备、成型、干燥、施釉、烧成、冷修、检验包装等生产过程, 供水、供热、供气、供油、机修等辅助和附属生产系统及生产管理部门等所消耗的燃料和电力。不包括: 石膏加工过程、匣钵及窑具加工制作、熔块制备、色料制备、生活设施 (如: 宿舍、学校、文化娱乐、医疗保健、商业服务和托儿幼教等) 及运输保管、采暖、技改等所消耗的燃料和电力。

卫生陶瓷综合能耗一般在 350~800kgce/t, 其中, 准入值指标比限定值指标低 12.5%, 先进值指标比限定值指标低 31%, 清洁生产企业要求较高, 基准值指标为 350 kgce/t, 比限定值指标低约 56%。

3.2.2 工序耗能情况

从卫生陶瓷的生产工艺消耗的能源、资源来看, 燃料消耗主要在模具制作、坯体制作和烧成三个环节, 同时基本每个工序都涉及到电力的消耗, 见表 3.2-2。从各工序能源消耗的比重情况来看, 原料处理和磨具制作阶段的能源消耗占比约

20%~30%；坯体制作环节的能源消耗占比约 25%，烧成工序的能源消耗占比约 30%~40%。¹⁰

表 3.2-1 卫生陶瓷综合能源消耗各标准值指标情况

| 标准值指标 | 单位产品综合 能耗值/ (kgce/t) | 单位产品综合 电耗值/ (kwh/t) |
|-----------------|-------------------------|------------------------|
| 能耗限额限定值 | ≤800 | ≤1000 |
| 新建企业（含新建生产线）准入值 | ≤700 | ≤800 |
| 先进值 | ≤550 | ≤600 |
| 清洁生产企业评价指标基准值 | 350 | - |

来源：（1）国家质量监督检验检疫总局、国家标准化管理委员会，《建筑卫生陶瓷产品单位能源消耗限额 GB21252-2007》2007.12；（2）国家发改委，陶瓷行业清洁生产评价指标体系（试行），2007。

表 3.2-2 卫生陶瓷产品各生产工序能耗情况

| 生产车间 | 序号 | 生产工序 | 燃耗 (kgce/t) | 电耗 (kWh/t) |
|-------------|----|--------------|----------------|---------------|
| 原料处理 | 1 | 原料堆场及配料输送 | + | + |
| | 2 | 原料初次破碎 | - | + |
| | 3 | 球磨机运行 | - | + |
| | 4 | 泥浆搅拌筛分输送设备运行 | - | + |
| | 5 | 釉浆制备的球磨机运行 | - | + |
| 模具制作 | 6 | 胎型及工作模制作 | + | + |
| | 7 | 工作模干燥 | + | + |
| 坯体制作 | 8 | 成型车间动力、照明 | + | + |
| | 9 | 釉浆配置 | + | + |
| | 10 | 压缩空气进仓 | - | + |
| | 11 | 坯体成型 | + | + |
| | 12 | 施釉 | - | + |
| | 13 | 坯体干燥 | + | + |
| 烧成 | 14 | 窑炉 | + | + |
| 冷加工、包装 | 15 | 产品冷加工 | - | + |
| | 16 | 产品检验 | - | + |
| | 17 | 安装和包装 | - | + |
| 生产过程及 仓储 | 18 | 产品输送 | + | + |
| | 19 | 仓储 | + | + |

资料来源：国家质检总局、国家标准化委员会，《建筑卫生陶瓷单位产品能耗评价体系和监测方法 GB/T27969-2011》，2011.12

¹⁰ 数据来源：刘鸿峰等，关于卫生陶瓷节能减排方式的初探，《陶瓷》，2010.11。

3.3 日用陶瓷

日用陶瓷能源消耗统计范围包括：原材料细碎、泥料制备、釉料制备、模型制作、产品成型、干燥、整修、烧结、冷修、釉下彩、施釉、烧成、检验包装等生产过程，供水、供热、供气、供油、机修等辅助和附属生产系统及生产管理部门等所消耗的燃料和电力（釉上彩能耗单列统计，包括釉上贴花、彩绘和烤彩）。不包括：石膏加工过程、窑具加工制作、熔块制备、花纸制作、色料制备、生活设施及运输保管、技改等所消耗的燃料和电力。

日用陶瓷因其生产工序多、产品烧成温度较高等原因，能耗相对建筑陶瓷和卫生陶瓷较高，尤其是多次上釉和反复烧制增加了烧成环节的能耗。二次烧成的日用瓷综合能耗都在 800kgce/t 以上，每增加一次釉烧，能耗增加 10%~20% 左右（见表 3.3-1）。目前，国家尚未出台日用陶瓷的综合能耗相关标准，部分生产大省如广东、福建等出台了地方标准。

表 3.3-1 日用陶瓷综合能源消耗各标准值指标情况

| 标准值指标 | 陶瓷品种 | 综合能耗/ (kgce/t) | |
|-----------------|-----------|--------------------------|---------|
| | | 一次烧成 | 二次及以上烧成 |
| 能耗限额限定值 | 日用瓷 | ≤800 | ≤1180 |
| | 日用精陶 | ≤650 | ≤1040 |
| | 日用白云陶 | / | ≤1040 |
| | 每次釉上彩增加能耗 | ≤200 | |
| | 购入成品泥或成品釉 | 分别减少 35kgce/t, 10 kgce/t | |
| 新建企业（含新建生产线）准入值 | 日用瓷 | ≤680 | ≤1000 |
| | 日用精陶 | ≤550 | ≤890 |
| | 日用白云陶 | / | ≤890 |
| | 每次釉上彩增加能耗 | ≤180 | |
| | 购入成品泥或成品釉 | 分别减少 30kgce/t, 8 kgce/t | |
| 先进值 | 日用瓷 | ≤560 | ≤830 |
| | 日用精陶 | ≤460 | ≤730 |
| | 日用白云陶 | / | ≤730 |
| | 每次釉上彩增加能耗 | ≤150 | |
| | 购入成品泥或成品釉 | 分别减少 20kgce/t, 7kgce/t | |

来源：（1）广东省质监局，《日用陶瓷单位产品能耗限额 DB44/588-2009》，2009.2；（2）福建省质监局，《日用陶瓷单位产品能耗限额 DB35/1162-2011》，2011.7。福建标准中的新建企业购入成品泥或成品釉减少的能耗量与限定值中的减少量相同，先进值与广东准入标准相同（表中所示）。

4. 行业政策法规

4.1 行业规划及行动方案

4.1.1 国家行业规划及行动方案

我国在 2011 年出台了《建筑卫生陶瓷工业“十二五”发展规划》，作为加快建材工业转型升级，走中国特色新型工业化道路的重要举措，提出了建筑卫生陶瓷工业在“十二五”期间的发展目标、重点工程、保障措施等。根据规划：在发展规模方面，2015 年我国建筑陶瓷总产量达到 95 亿平方米，“十二五”期间年均增长 4%；卫生陶瓷产量达到 2 亿件，“十二五”期间年均增长 3.3%；在节能减排方面，全行业单位工业增加值能耗降低 20%，单位工业增加值 CO₂ 排放量进一步降低；在技术领域，鼓励陶瓷砖减薄工艺技术、低温生产技术、装备节能改造等方面的重点技术领域；在重点工程方面，将开展创意型、环保型、功能型陶瓷新产品，标准化原材料基地，绿色制造示范等重点工程；在保证措施方面，将进一步完善运行监测网络和指标体系，强化能源消耗的信息监测分析，改善行业管理。

“十一五”期间，国家针对钢铁、有色、煤炭、电力、石油石化、化工、建材、纺织、造纸等 9 大重点耗能行业规模以上独立核算企业，开展了“千家企业节能行动”，包括 2 家陶瓷企业，即佛山市新中源陶瓷有限公司和珠海市斗门镇旭日陶瓷有限公司。其中，佛山新中源陶瓷“十一五”期间目标完成节能 2.99 万吨标准煤，单位产品综合能耗下降到 284.7kgce/t 产品^[11]。“十二五”期间，国家开展了“万家企业节能低碳行动”，要求企业节能管理水平显著提升，能源利用效率大幅度提高，主要产品（工作量）单位能耗达到国内同行业先进水平，部分企业达到国际先进水平，该行动覆盖近 400 家陶瓷企业，将进一步积极引导陶瓷企业开展节能减排行动。

4.1.2 地方行业规划及行动方案

部分陶瓷生产大省出台了地方规划，如广东省佛山市先后出台了《佛山市陶瓷产业发展规划（2008-2015）》和《佛山市现代陶瓷产业发展规划（2010-2020 年）》，提出大力推进清洁生产，在建筑卫生陶瓷、特种陶瓷、陶瓷化工色釉料生

¹¹广东经济和信息化委员会 http://www.gdei.gov.cn/zwgk/jmzk/gdjm/201007/201007/t20100730_101749.html

产企业全面强制推行清洁生产和开展 ISO14001 环境管理体系认证；大力发展循环经济，规划建设和扶持发展若干个陶瓷废物处理中心，将陶瓷废物加工成可再利用的产品或者作无害化处理；改善能源利用状况，在陶瓷产业中大力推广天然气、液化气和轻质柴油等清洁能源等，为进一步优化地方陶瓷产业结构、推动行业节能减排提供了政策支持。

4.2 行业标准

我国已出台大量陶瓷工业相关国家标准（见表 4.2-1），包括：（1）针对具体陶瓷产品定义、分类和性能类的标准，如陶瓷砖、日用陶瓷、卫生陶瓷、玲珑日用陶瓷、骨质瓷器等标准。（2）针对陶瓷工业能源消耗和污染物排放的标准，如建筑卫生陶瓷产品单位能源消耗限额标准、陶瓷工业污染物排放标准等（3）针对陶瓷工业耗能设备的标准，如陶瓷工业窑炉热平衡热效率测定与计算方法等。地方陶瓷生产大省也出台了陶瓷工业的有关地方标准，如广东和福建两省均出台了日用陶瓷单位产品能耗限额标准。见表 4.2-2。

表 4.2-1 陶瓷工业有关国家标准

| 标准分类 | 标准名称 | 实施时间 |
|------------------|---------------------------------------|-----------|
| 陶瓷产品定义、分类和性能类的标准 | GB 5000-1985 日用陶瓷名词术语 | 1985.12.1 |
| | GB 6952-2005 卫生陶瓷 | 2006.05.1 |
| | GB/T 4100-2006 陶瓷砖 | 2006.09.1 |
| | GB/T 9195-2011 建筑卫生陶瓷分类及术语 | 2012.03.1 |
| | GB/T 3532-2009 日用瓷器 | 2009.07.1 |
| | GB/T 10811-2002 釉下（中）彩日用瓷器 | 2002.12.1 |
| | GB/T 10812-2002 玲珑日用瓷器 | 2002.12.1 |
| | GB/T 10815-2002 日用精陶器 | 2002.12.1 |
| 能源消耗及排放类标准 | GB 21252-2007 建筑卫生陶瓷产品单位能源消耗限额 | 2008.06.1 |
| | GB/T 27969-2011 建筑卫生陶瓷单位产品能耗评价体系和监测方法 | 2012.10.1 |
| | GB 25464-2010 陶瓷工业污染物排放标准 | 2010.10.1 |
| 生产设备类标准 | GB/T 23459-2009 陶瓷工业窑炉热平衡热效率测定与计算方法 | 2010.01.1 |

表 4.2-2 陶瓷工业有关地方标准

| 省份 | 标准名称 | 实施时间 |
|-----|-----------------------------|-----------|
| 广东省 | DB44/588-2009 日用陶瓷单位产品能耗限额 | 2009.09.1 |
| 福建省 | DB35/1162-2011 日用陶瓷单位产品能耗限额 | 2011.10.1 |

此外，为贯彻落实清洁生产促进法，指导和推动陶瓷企业实施清洁生产，提高资源利用率，减少和避免污染物的产生，保护和改善环境，国家发展改革委于 2007 年发布了《陶瓷行业清洁生产评价指标体系（试行）》，从能源资源、生产技术特征、综合利用、污染物等方面规定了日用陶瓷、干压陶瓷砖和卫生陶瓷三类陶瓷产品的生产企业的清洁生产评价指标。

4.3 激励政策

国家层面，陶瓷企业开展节能减排项目可以通过节能减排专项资金、合同能源管理项目补贴等渠道申请中央财政奖励资金支持。

地方层面，由于传统陶瓷生产消耗大量煤炭，污染严重，部分省对陶瓷企业改造使用清洁燃料给予补贴激励。如，广东省清远市 2012 年出台《推进陶瓷企业“煤改气”工作实施方案》，规定了清远两大产业园区（清城区源潭陶瓷城、清新县云龙工业园）内的陶瓷生产企业到 2015 年 3 月底前内全部使用天然气，并对提前使用天然气的企业进行激励性补贴，鼓励先行先试。根据该方案，清远“煤改气”将分三步走：第一步启动试点，选取清城区源潭陶瓷工业城 8 家企业作为试点，2013 年 3 月 31 日前试点企业完成技改并通气生产，每条生产线一次性补贴 130 万；第二步全面推进，源潭陶瓷工业城全部陶瓷企业通气生产，2014 年 3 月 31 日前，现有生产线少于或等于 5 条的至少要有 1 条生产线用天然气，多于 5 条的至少要有 2 条生产线用天然气，每条生产线给予一次性补贴 100 万元；第三步在 2015 年 3 月 31 日前，两大工业园全面完成“煤改气”工作，每条生产线一次性补贴 70 万元。2015 年 4 月 1 日后完成技改使用天然气的生产线，财政不再给予补贴。实行“煤改气”的陶瓷企业同时享有亏损弥补、税收抵免、加速折旧等税收优惠政策。

此外，广东省佛山市出台了《关于加快推进我市陶瓷产业调整提升工作的通知》、《佛山市陶瓷产业扶优扶强若干政策措施》等，明确规定：在节能减排方面，鼓励采购、使用节材、节能减排的自主创新陶瓷产品；在全市的财政资金优先采

购扶强陶瓷企业的自主创新产品，积极为扶优扶强的陶瓷企业创造天然气的供应条件；有条件的区域，鼓励按照清洁生产标准，建立陶瓷清洁生产园区，集中供热供气、污水处理和循环利用，实现节能减排；鼓励陶瓷企业申报清洁生产企业，并对表现突出的企业进行表彰或奖励；对获得国家、省立项并实施的陶瓷行业节能减排清洁生产的重大项目，市、区两级财政给予资金配套支持等。

5. 节能减排技术

5.1 概述

陶瓷工业节能减排技术措施主要包括原料、技术、设备三大类。

5.1.1 陶瓷工业原辅料使用及处理

主要体现在以下四个方面：（1）综合利用各种原料，包括：回收利用陶瓷废料、建筑垃圾等制造产品，减少环境污染同时降低能源消耗。如：广东四通集团生产卫生陶瓷时使用陶瓷废料，占全部原料的 40%；佛山陶瓷研究所开发的环保免烧砖，废料占生产原料的 70%。（2）提高原料的利用效率，包括：原料生产产业化，提高陶瓷原料利用效率，提高原料处理设备的利用率。（3）开发利用高效耐火材料和新型涂料，包括：使用隔热性好轻质砖等新型材料砌筑窑体和窑车，减少蓄热损失和散热损失。如：利用轻质陶瓷纤维作为耐火材料可节能 17%。（4）开发研究超薄砖，如：大规格超薄砖尺寸为 1000mm×3000mm，厚度约 3~5mm，重量为普通墙地砖的 1/4，可减少原料 60%，节能 40%。

5.1.2 陶瓷工业生产技术节能减排措施

在原料制备的过程中，制定合理的料、球、水的比例，添加相应助剂和采用氧化铝球，可缩短球磨时间，节电 35% 左右。在成型过程中，采用一次成型、高中压注浆成型、等静压成型等方法可以减少能源消耗，如高压注浆成型可以减少综合能耗约 12%。在干燥过程中，微波干燥技术在相同的功率下，比传统干燥节能 50% 以上，同时大幅提高产能。在烧成过程中，高效燃烧技术，如一次烧成技术、富氧助燃技术、微波辅助烧结技术、明焰裸装烧成技术等，可以降低烧成过程能耗。在三废处理过程中，合理利用窑炉余热可以有效节能减排，如利用冷却带 220~250℃ 的热空气供助燃，可降低热耗 2%~8%。

5.1.3 陶瓷工业生产设备节能减排措施

在原料制备过程中，通过采用连续式大吨位球磨机，橡胶内衬、氧化铝磨球等改进设备的措施，可节电 20%~60%。在成型过程中，使用大吨位的压砖机可节电 30%以上，改进陶瓷模具可以延长模具寿命，节约人力和物料并能够减少窑炉空窑的损失。在干燥过程中，采用快速干燥器等新型干燥设备，可以使干燥周期缩短 46%~83%，平均节能 50%。在烧成过程中：采用高速烧嘴可以比传统烧嘴节约燃料 25%~30%；改善窑体结构，适当增加窑宽和窑长，可以降低单位产品的热耗；加强窑体密封和窑内压力可以节能 12%；积极推广日用陶瓷和卫生陶瓷使用辊道窑烧成也可减少能耗。其他装备设置方面，开发各种强化换热装置，如碳化硅换热器、陶瓷换热器等高温换热器以及热管等小温差换热器，可以提高换热效率及余热利用率，节约热能；推广节能型通用风机产品，开发新型窑用高效节能风机，如三叶罗茨风机、三元流动叶轮等高效节能风机，可以降低电能消耗。在风机系统、负压风机、球磨机、搅拌机等设备安装变频设备，可以节电 10%~30%。

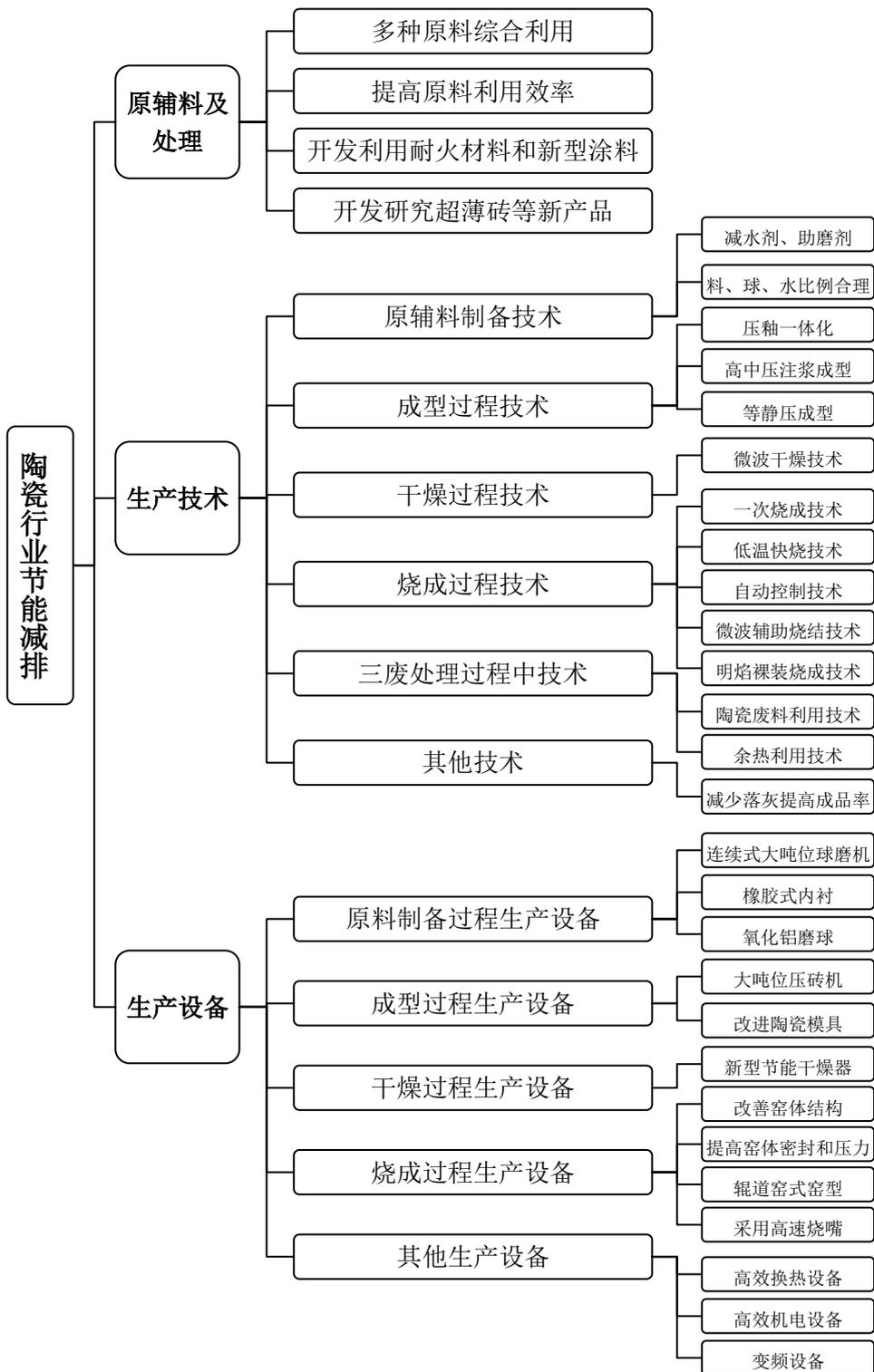


图 5.1-1 陶瓷工业主要节能技术

5.2 瓷砖薄型化

陶瓷砖薄型化已列入我国“十二五”发展重点，据分析，陶瓷砖减薄 10%，每年至少节约能源 500 万吨标准煤，少用原料 2000 万吨以上，减少CO₂排放约

1300 万吨。¹²

国内外陶瓷砖薄型化的主要产品有：陶瓷薄板、超薄外墙砖、地砖和墙砖减薄，目前已经制作出 3~6mm，宽度 1.2m，长度 1.8m，可以随意延伸、具有韧性、内含无机纤维的陶瓷板产品，外墙砖已制作出 3.5~5.5mm 超薄外墙砖产品。国际标准化组织 ISO/TC189 成立了薄砖技术委员会，意大利陶瓷学会、西班牙陶瓷学会、日本陶瓷学会也将薄型化作为一个重要的研究内容。

5.3 低温烧成

我国陶瓷烧成温度大致为 1100℃~1280℃，部分日用瓷 1400℃以上，烧成能耗占生产成本的 30%以上。烧成温度越高能耗越高，低温烧成技术是实现节能降耗的有效途径之一。据热平衡计算，烧成温度降低 100℃，单位产品热耗可降低 10%以上，烧成时间缩短 10%，产量增加 10%，热耗降低 4%。

建筑卫生陶瓷产品广泛采用了低温快烧技术。如，釉面瓷砖的烧成温度从 1180~1200℃降低到现在的 1050℃~1100℃左右，烧成周期从 72 小时缩短到 35~72 分钟；卫生陶瓷的烧成温度已经从过去的 1280℃降低到了现在的 1150℃~1200℃左右。快烧设备现广泛使用梭式窑，烧成周期为 11 小时。辊道窑烧成周期降低到 7~8 小时。低温烧成坯料由高品位高岭土 62~82%（以灼烧后无水状态含量计）、平均粒径在 1.5μm 以下的碳酸钙（以灼烧后 CaO 含量计）18~38%和硼硅酸玻璃粉 1~30%为基料，加入颜料、有机添加剂等而配成。坯料可在 900℃低温下瓷化，升温至 1200℃高温也不会软化变形。¹⁰

在低温烧成技术中，由清华大学和顺络电子共同完成的低温共烧陶瓷(LTCC)技术发明为工信部 2012 年信息产业重大技术发明。LTCC 是无源电子元件集成和电子元器件高密度封装的关键技术，该技术产品应用对象主要有手机、蓝牙终端、移动电视等电子产品。

5.4 发展辊道窑式窑体

陶瓷行业使用较多的主要窑型有：隧道窑、辊道窑及梭式窑三大类。过去，我国的墙地砖、卫生陶瓷、日用陶瓷都是用隧道窑烧成的。现在，墙地砖基本上都用辊道窑烧成，卫生陶瓷辊道窑已在石湾几个主要生产厂及国内各瓷区的部分

¹² 资料来源：吴清良等.建筑陶瓷行业节能减排的措施.《广东科技》2011.2. 第4期

生产厂得到普遍推广，日用陶瓷辊道窑已有上百条窑在厂家使用。辊道窑具有产量大、质量好、能耗低、自动化程度高、操作方便、劳动强度低、占地面积小等优点，是当今陶瓷窑炉的发展方向。

6. 参考文献

- [1] 张锐.陶瓷工艺学[M]. 北京：化学工业出版社，2007.7.
- [2] 国家统计局工业统计司.《中国工业经济年鉴 2010》，北京：中国统计出版社，2011.3.
- [3] 刘鸿峰等.关于卫生陶瓷节能减排方式的初探，《陶瓷》，2010.11.
- [4] 吴清良等.建筑陶瓷行业节能减排的措施.《广东科技》2011.2. 第4期.
- [5] 工信部《建筑卫生陶瓷工业“十二五”发展规划》。
- [6] 中国陶瓷产业信息中心.《2010年全国建筑卫生陶瓷发展综述》.2012.9.
<http://www.eccii.net/wxzl/hybz/201209/204.shtml>
- [7] 中国陶瓷产业信息中心.《中国陶瓷窑炉行业发展研究报告》，2012.9.
- [8] 中国建筑卫生陶瓷协会等.《全国瓷砖产能报告》.2011.12.
- [9] 王慧等.日用陶瓷的低碳制备技术，《中国陶瓷》，2011.10.

陶瓷企业二氧化碳排放核算、监测和报告 指南研究报告

目 录

| | |
|--|-----------|
| 1 引言 | 39 |
| 2 陶瓷企业CO₂排放核算和报告研究进展 | 40 |
| 2.1 上海方法..... | 40 |
| 2.2 欧盟方法..... | 41 |
| 2.3 澳大利亚方法..... | 42 |
| 2.4 立陶宛方法..... | 42 |
| 3 适用范围和规范 | 43 |
| 3.1 适用范围..... | 43 |
| 3.2 规范性引用文件..... | 44 |
| 3.3 术语和定义..... | 45 |
| 4 原则 | 47 |
| 5 边界 | 47 |
| 5.1 边界确定..... | 47 |
| 5.2 二氧化碳排放源的识别..... | 49 |
| 6 方法层级 | 50 |
| 7 核算 | 53 |
| 7.1 排放总量..... | 53 |
| 7.2 直接排放..... | 53 |
| 7.3 间接排放..... | 55 |
| 7.4 活动水平数据..... | 56 |
| 7.5 排放因子..... | 60 |
| 8 监测计划和方法 | 61 |
| 8.1 监测组织管理..... | 61 |
| 8.2 监测计划..... | 62 |
| 8.3 监测方法..... | 63 |
| 9 不确定性 | 64 |
| 9.1 不确定性定性分析..... | 64 |
| 9.2 不确定性定量分析..... | 65 |
| 10 排放报告 | 66 |
| 10.1 报告组织管理..... | 66 |
| 10.2 报告内容和表格..... | 67 |
| 附表 1: 陶瓷生产企业可能使用的化石燃料品种及其单位热值含碳量、碳氧化率 和低位发热值缺省值 | 81 |

1 引言

我国是陶瓷生产大国。陶瓷是一种无机非金属固体材料及其制品。陶瓷工业是化学工业的一个分支生产部门。根据陶瓷的概念和用途，可分为普通陶瓷（日用陶瓷、艺术陈设陶瓷、建筑卫生陶瓷、化学化工陶瓷、电瓷）和新型陶瓷（结构陶瓷和功能陶瓷）两大类。目前，我国有近 3000 多家建筑陶瓷厂、8000 多家日用陶瓷厂、1000 多家卫生陶瓷厂和 1000 多家特种陶瓷企业，形成了以广东佛山为建筑陶瓷生产基地，广东潮州为日用、卫生和艺术陶瓷生产基地，山东淄博为日用陶瓷生产基地，江西景德镇为艺术陶瓷生产基地，江苏宜兴为茶具、园林陶瓷生产基地等为代表的陶瓷产业区域集中带。至今，我国日用瓷和工艺美术陈设瓷的产量连续 30 余年位居世界第一，建筑卫生陶瓷的产量已连续 20 余年位居世界第一。

陶瓷工业既是能源资源消耗大户，又是二氧化碳（CO₂）排放大户。陶瓷生产过程中不仅消耗大量矿产资源，还消耗大量的化石燃料，如煤、天然气、液化石油气、水煤气和柴油（重油）等；例如，2011 年我国仅陶瓷墙地砖产量为 87 亿平方米，生产这些陶瓷墙地砖消耗约 5200 万吨标煤和约 2.0 亿吨陶瓷矿物原料，保守估计排放 1 亿吨以上 CO₂。

我国陶瓷企业的能源利用率与国外企业相比仍有较大差距。以日用陶瓷为例，国内陶瓷烧成主要使用煤、天然气（或者液化石油气）和柴油（重油、燃料油）为燃料，陶瓷烧成能耗状况是：燃煤隧道窑为 41,816~54,361 kJ/kg（瓷），燃油隧道窑为 33,453~45,998 kJ/kg（瓷），燃气隧道窑为 29,271~39,725 kJ/kg（瓷）；国外陶瓷烧成主要以气体燃料为主，烧成能耗为 12,545~25,090 kJ/kg（瓷），其烧成能耗只有我国的一半左右。

全球气候变化影响着人类生存和发展，是各国共同面临的重大挑战。作为一个负责任的发展中国家，中国政府根据国家可持续发展战略的总体要求，决定“到 2020 年全国单位国内生产总值二氧化碳排放比 2005 年下降 40%-45%”，作为约束性指标纳入“十二五”及以后的国民经济和社会发展中长期规划，并制定相应的国内统计、监测、考核办法加以落实。《中华人民共和国国民经济和社会发展第十二个五年规划纲要》明确提出“建立完善温室气体统计核算制度，逐步建立碳

排放交易市场”；《十二五”控制温室气体排放工作方案》明确提出要加快构建国家、地方、企业三级温室气体排放核算工作体系，实行重点企业直接报送温室气体排放数据制度。

综上所述，陶瓷产业面临能源和环境保护的严峻挑战。为实现陶瓷企业的清洁生产 and 可持续发展，当前迫切需要建立和完善企业层面的温室气体排放核算方法以及监测和报告体系。

全面、准确、可靠的企业温室气体排放核算、监测和报告对推动建立重点排放单位温室气体和能源台帐记录、摸清企业排放家底、制定企业排放控制计划、强化企业社会责任具有十分重要的意义；同时也为政府实施重点企业直接报送温室气体和能源数据制度，探索建立碳排放交易市场提供了良好的数据支撑。为了指引和规范陶瓷企业二氧化碳排放的核算、监测和报告行为，加强其科学性、规范性和可操作性，特编写《陶瓷企业二氧化碳排放核算、监测和报告指南研究报告》。

2 陶瓷企业 CO₂ 排放核算和报告研究进展

目前，国内外有关陶瓷企业二氧化碳排放核算方法和报告技术要求的研究较少，欧盟、立陶宛、澳大利亚等国家和地区，以及我国碳交易试点地区——上海市对陶瓷企业 CO₂ 排放核算方法和报告技术要求做了相关研究和规定。

2.1 上海方法

上海市 2012 年 12 月颁布了《上海市非金属矿物制品业温室气体排放核算与报告方法（试行）》作为上海市温室气体排放核算与报告技术文件之一，文件中规定陶瓷企业 CO₂ 排放核算范围包括：（1）化石燃料燃烧和边界内运输设施产生的直接排放；（2）使用外购电力等产生的间接排放。对于原料中碳酸盐、添加剂（如聚苯乙烯等）、净化剂、粘土中化学反应产生的排放不计入排放主体的排放总量。另外，还提供了陶瓷烧成时辊道窑、隧道窑分别采用无烟煤、烟煤、燃料油、天然气、焦炉煤气等燃料时的碳氧化率缺省值。¹³

¹³ 《上海市非金属矿物制品业温室气体排放核算与报告方法（试行）》（SH/MRV-007-2012），上海，2012。

2.2 欧盟方法

欧盟对陶瓷企业CO₂ 排放核算方法和报告要求做了规定，识别的陶瓷企业CO₂ 排放源包括¹⁴：（1）窑炉等化石燃料燃烧产生的排放；（2）生产工艺过程CO₂ 排放，包括：原料中石灰石、白云石和其他碳酸盐高温分解产生的排放，用于脱硫的石灰石产生的排放，以及聚苯乙烯等添加剂、粘土和其他原材料中的有机添加剂产生的排放。

窑炉等的化石燃料燃烧过程排放用活动水平数据乘以排放因子得到。化石燃料消耗数据的层级包括 4 层，不确定性从±7.5%下降到±1.5%。化石燃料低位热值、排放因子分为 4 个层级，碳氧化率则有 3 个层级，它们分别使用缺省值、成员国提交 IPCC 的国家数据、供应商标准值或推算值以及企业实测数据。

生产工艺过程 CO₂ 排放可采用基于原料（原料中碳酸盐，计算方法 A）和基于产品（产品中碱性氧化物，计算方法 B）两种方法分别计算 CO₂ 排放量，其计算公式为活动水平数据乘以排放因子和碳氧化率。对于原料中石灰石、白云石和其他碳酸盐高温分解产生的 CO₂ 排放，当以未经处理的原料为基础或者原料中有机物、添加剂含量较高时，应采用方法 A 计算 CO₂ 排放量。活动水平数据和排放因子有 3 个层级，分别使用缺省值、行业值和企业实测值；碳氧化率有 2 个层级，即使用缺省值和实测值。对于石灰石脱硫和烟道气净化过程的 CO₂ 排放量，采用层级 1 方法计算，其计算公式为使用的干燥碳酸钙的数量乘以排放因子。表 2.1 所示欧盟陶瓷企业生产工艺过程 CO₂ 气体排放核算方法和层级。

表 2.1 欧盟陶瓷企业生产工艺过程 CO₂ 气体排放核算方法和层级

| 方法 | 层级 | 排放因子 |
|-------|------|---|
| A | 层级 1 | 采用保守值，不采用分析结果，即采用每吨干粘土含 0.2 吨 CaCO ₃ ，其对应于 0.08794 吨 CO ₂ 。 |
| B | 层级 1 | 采用保守值，不采用分析结果，即采用每吨产品含 0.123 吨 CaO，其对应于 0.09642 吨 CO ₂ 。 |
| A 或 B | 层级 2 | 根据可反映设施现场条件和产品组成的最佳情况，得出并更新排放因子，且应至少每年更新一次。 |
| | 层级 3 | 按照规定确定相关原料的成分。 |

¹⁴ 参见：Official Journal of the European Union: *establishing guidelines for the monitoring and reporting of greenhouse gas emissions pursuant to Directive 2003/87/EC of the European Parliament and of the Council, 2007*

2.3 澳大利亚方法

澳大利亚将陶瓷企业CO₂排放主要分为化石燃料燃烧和生产工艺过程总成的CO₂排放。生产工艺过程造成的CO₂排放归为“其他使用碳酸盐进行生产活动产生的排放”类型，其排放量计算方法和排放因子如表 2.2 所示。¹⁵

表 2.2 澳大利亚碳酸盐消耗工业过程排放核算方法

| 类型 | 方法 | 计算公式 | 排放因子 |
|----|------|-----------------------------|---|
| 1 | 方法 1 | 排放量= 碳酸盐质量×排放因子 | 碳酸钙 0.369 (含量 ≥90%), 碳酸镁 0.522 (含量 100%), 白云石 0.453 (含量 ≥95%), 其他参考 IPCC2006 指南; |
| | 方法 2 | 排放量= 纯碳酸盐质量×排放因子-固碳量 | 碳酸钙 0.440, 碳酸镁 0.522, 白云石 0.477, 其他参考 IPCC2006 指南; |
| 2 | 方法 3 | 排放量= 粘土质量×排放因子×3.664 | 各州粘土原料无机碳含量因子 |
| | 方法 4 | 排放量= 粘土质量×排放因子×3.664-固碳量 | 各州粘土原料无机碳含量因子 |

类型 1 包括的方法适用于使用非粘土类碳酸盐原料生产过程（不包括水泥熟料、石灰和纯碱生产过程）造成的 CO₂ 排放量的计算，类型 2 包括的方法适用于使用粘土类碳酸盐原料生产过程（不包括水泥熟料、石灰和纯碱生产过程）造成的 CO₂ 排放量的计算，两者的区别在于类型 1 包括的方法中给出的排放因子为碳酸盐，类型 2 包括的方法中给出的排放因子为各州粘土原料无机碳含量因子。对于陶瓷企业生产工艺过程 CO₂ 排放量可以根据具体情况选择不同类型的不同方法计算。

2.4 立陶宛方法

立陶宛对陶瓷企业CO₂排放核算方法进行了研究和规定，除核算化石燃料燃烧产生的CO₂排放量外，还将原料里碳酸盐（碳酸钙、碳酸镁）分解产生的CO₂

¹⁵ 参见：Office of Legislative Drafting and Publishing, Attorney-General's Department, Canberra: *National Greenhouse and Energy Reporting (Measurement) Determination 2008*

排放计入排放总量。原料中碳酸盐分解产生的CO₂排放量计算如下，¹⁶

$$\text{CO}_2 \text{ 排放量} = \text{CP} \times [\text{C}_{\text{CaO}} \times (\text{M}_{\text{CO}_2} / \text{M}_{\text{MgO}}) + \text{C}_{\text{MgO}} \times (\text{M}_{\text{CO}_2} / \text{M}_{\text{MgO}})]$$

其中，

CP 是陶瓷产品的产量，单位 Gg；

C_{CaO} 和 C_{MgO} 分别是陶瓷产品中氧化钙（CaO）和氧化镁（MgO）的含量；

M_{CO₂}，M_{MgO} 和 M_{MgO} 分别是 CO₂、CaO 和 MgO 的分子量。

3 适用范围和规范

3.1 适用范围

本研究报告适用我国陶瓷企业生产全过程或单个生产过程二氧化碳排放量的核算、监测和报告；具体地说，规定了陶瓷企业二氧化碳排放量核算、监测和报告的边界、原则、计划和方法以及技术要求等。任何在中国境内从事陶瓷生产的企业，均可参考本研究报告提供的方法核算企业的二氧化碳气体排放量，并编制企业温室气体排放报告。

陶瓷生产企业如果除了陶瓷生产外还存在其他产品生产活动且存在排放的，需参照相关企业的二氧化碳核算和报告指南，核算并报告这些产品生产活动的排放。

本研究报告所涉及的陶瓷生产典型工艺流程见图 3.1。

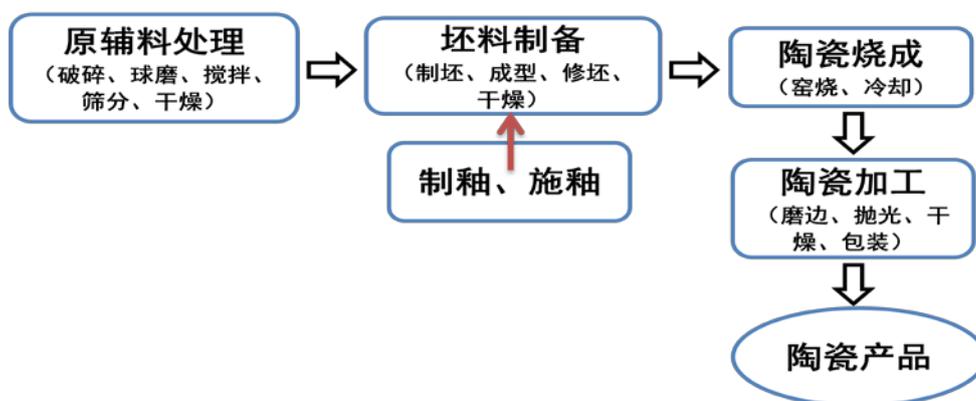


图 3.1 陶瓷生产典型工艺流程

¹⁶ Center for Environment Policy. NATIONAL GREENHOUSE GAS EMISSION INVENTORY REPORT 2011 OF THE REPUBLIC OF LITHUANIA. Vilnius, 2011.

虽然陶瓷的品种繁多，生产工艺过程复杂，但无论生产何种陶瓷产品，一般均包括原料、辅料的处理，坯料制备，陶瓷烧成，陶瓷加工等主要工艺过程（见图 2.1）。

在原料和辅料处理过程中还包括粉碎、洗涤、筛析、除杂（铁）等步骤；在坯料制备中涉及练泥、陈腐、制浆、干燥、制坯等步骤；坯料经过一系列成型加工过程如可塑成型、注浆成型、压制成型、等静压成型、热压成型等后，再经过修坯和粘接成为坯体；坯体经过干燥后在不同窑炉如隧道窑、辊道窑或梭式窑中采用常压烧结、热压烧结、等静压烧结、气氛烧结等方法高温烧成陶瓷。对于某些陶瓷产品可能需要两次或者多次高温焙烧制成。烧成的陶瓷经过切削、抛光等加工最终制成陶瓷产品。

3.2 规范性引用文件

本研究报告的编写是以现行的有关国际、国家和行业标准为基础的，因此，部分概念和要求参考了以下规范性文件和文献。

主要参考的规范性文件和标准如下：

1. 《2006 年 IPCC 国家温室气体清单指南》
2. 《温室气体议定书——企业核算与报告准则 2004 修订版》
3. 《ISO 14064-1 温室气体 第一部分：组织层次上对温室气体排放和清除的量化和报告的规范及指南》
4. 《省级温室气体清单编制指南（试行）》
5. 《能源统计报表制度 2012》
6. 《GB/T 27969-2011 建筑卫生陶瓷单位产品能耗评价体系和监测方法》
7. 《GB/T 25464-2010 陶瓷工业污染排放标准》
8. 《GB/T 2359-2009 陶瓷工业窑炉热平衡、热效率测定与计算方法》
9. 《GB/T 2589-2008 综合能耗计算通则》
10. 《GB/T 21252-2007 建筑卫生陶瓷单位产品能源消耗限额》
11. 《SH/T 5000-2011 石化行业温室气体排放核算标准》

主要参考文献有：

1. 《欧盟委员会条例 601/2012 号：依据欧洲议会和理事会 2003/87/EC 指令关于监测和报告温室气体排放的条例》

2. 《澳大利亚温室气体和能源报告（测量）决定 2008》
3. 《美国温室气体强制报告制度》
4. 《工业企业温室气体排放量化方法和报告指南》
5. 《北京市企业（单位）二氧化碳排放核算和报告指南》
6. 《上海市温室气体排放核查与报告指南（试行版）》
7. 《广东省企业碳排放报告指南》

3.3 术语和定义

下列术语和定义适用于本研究报告：

陶瓷企业 (ceramic enterprise)：指以营利为目的，运用各种生产要素（土地、劳动力、资本和技术等），从事陶瓷工业生产、流通、服务等经济活动，向市场提供商品或服务满足社会需要，实行自主经营、自负盈亏、独立核算、具有法人（或视同法人）资格、依法设立的一种盈利性社会经济组织。

核算/监测主体：指具有温室气体排放行为并应定期核算/监测和报告企业温室气体排放量的法人企业或视同法人的独立核算/监测单位。

装置 (installation)：指结构复杂并具有独立功能的物件。

设施 (facility)：指为某种需要而建立的移动的或固定的一组装置，它属于某一特定的地理边界、组织单元或生产过程。

温室气体 (greenhouse gas)：大气层中吸收和重新释放红外辐射的自然和人为的气态成分。《京都议定书》附件 A 所列的温室气体包括二氧化碳 (CO₂)、甲烷 (CH₄)、氧化亚氮 (N₂O)、氢氟碳化物 (HFCs)、全氟碳化物 (PFCs) 和六氟化硫 (SF₆)。本 研究报告仅考虑二氧化碳气体。

边界 (boundary)：指核算、监测和报告陶瓷企业二氧化碳排放量时设定的范围。

二氧化碳排放源 (CO₂ emission source)：指陶瓷企业内排放二氧化碳的独立的、可识别的部分（节点或过程），如装置、设施以及物理化学单元或过程。

二氧化碳直接排放 (direct CO₂ emission)：指陶瓷企业化石燃料燃烧过程和生产工艺过程的二氧化碳排放，可以是其拥有或控制的固定排放源或/和移动排放源排放的二氧化碳。

二氧化碳间接排放 (indirect CO₂ emission): 指陶瓷生产所消耗的外购电力隐含的二氧化碳排放, 即不是陶瓷企业拥有或者控制的排放, 而是由其他企业生产电力而造成的二氧化碳排放。

化石燃料燃烧排放 (combustion emissions): 指在化石燃料在有氧燃烧放热反应中产生的温室气体排放。

生产过程排放 (process emissions): 指除燃烧排放以外的, 在生产过程中由于物质之间转化或反应所产生的温室气体排放。

活动水平数据 (activity data): 用于核算陶瓷企业 CO₂ 气体排放的基础数据, 包括各种燃料的消耗量、原材料的使用量、产品产量、外购电力的数量等。

低位热值 (low thermal value): 指燃料完全燃烧且燃烧产物中的水蒸汽以气态存在时的发热量, 亦称净热值。

单位热值含碳量 (carbon content per thermal value): 指单位热值的燃料或物料含有的元素碳的质量。

排放因子 (emission factor): 指完全燃烧过程和其他化学反应完全反应后, 与活动水平数据相关的单位排放活动的温室气体平均排放量。

碳氧化率 (carbon oxidation conversion): 指燃料在燃烧过程中被氧化的碳的比率, 用于表征燃料燃烧的充分性。

层级 (tier): 指方法学的精确程度, 一般用于决定活动数据、排放因子、碳氧化率。层级越高则精确度越高。

不确定性 (uncertainty): 指与测量量化结果相关的、表征数值偏差的参数。可以表现为测量结果的分散程度, 包含随机因素和系统因素, 该数值的偏差可合理的归因于所量化的数据集。

监测计划 (monitoring plan): 指针对某一设施预先计划其监测方法和过程的文件, 包括数据采集、数据处理和真实性控制等。

连续排放测量 (continuous emission measurement): 指一系列以获取量值为目标的不间断实时测量操作。

间歇排放测量 (intermittent emission measurement): 指一系列以获取量值为目标的周期性或随机性测量操作。

技术可行 (technical feasibility): 指在规定时间内, 运营者可以获得满足系

统建设需要的技术资源。

校准 (calibration): 指在特定条件下的一系列操作，用于建立测量值或参考值与所对应的标准参考值之间的关系。

4 原则

本研究报告中对陶瓷企业进行二氧化碳排放量核算、监测和报告遵守相关性、完整性、一致性、透明性、准确性和成本效益等原则，以确保方法科学、数据透明、格式一致，结果可比。

相关性原则。指二氧化碳排放核算、监测和报告能恰当反映陶瓷企业二氧化碳排放情况，并满足陶瓷企业制定减排计划所要求。

完整性原则。指对陶瓷企业边界内所有二氧化碳排放源进行核算、监测和报告，包括二氧化碳直接排放和间接排放，同时避免重复计算。

一致性原则。指采用统一方法进行边界的设定、数据收集、核算、监测和报告，并对任何相关因素的变化进行说明。

透明性原则。指具有明确的数据收集方法、计算过程、监测计划和方法，并对数据来源和计算方法进行说明。

准确性原则。指对边界内二氧化碳排放量进行准确计算，尽可能减少各种误差和不确定性，确保排放的测量值与实际排放量相一致。

成本效益原则。指在选择核算和监测方法时，应保持精确度的提高与其额外费用的增加相平衡。

真实性原则。指报告内容真实反映实际排放情况，排放主体提供的数据真实全面，并尽可能的查明不确定性来源。

5 边界

5.1 边界确定

核算主体应参考国家统计局《能源统计报表制度》中关于工业企业统计边界的规定。陶瓷企业是二氧化碳排放量核算、监测和报告的主体。本研究报告中对

于陶瓷企业（单位）采用法人单位或者视同法人单位为基础进行二氧化碳排放核算、监测和报告，这与企业现行的能源统计和能源管理系统范围基本一致，且边界清晰，也便于属地管理。

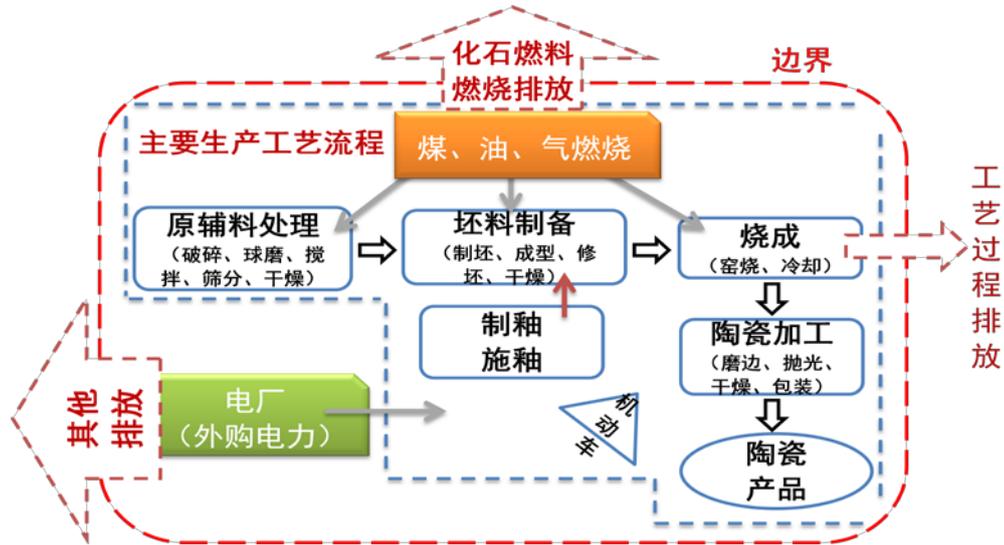


图 5.1 陶瓷生产企业温室气体排放边界示意图

在进行陶瓷企业二氧化碳排放核算、监测和报告时，要确定其边界。本研究报告中，陶瓷企业的二氧化碳排放核算、监测和报告边界是陶瓷企业正常生产运营状况下二氧化碳直接排放和间接排放涉及的生产业务和作业环节（如图 5.1 所示），包括化石燃料的燃烧、陶瓷生产加工单元，边界内部机动车辆运输、原料存储和输送和公用工程辅助设施（如供水、供气、机修）等导致的排放；暂不包括加工单元区内部后勤、员工出差、组织购买原材料、生产管理、销售系统生产的二氧化碳的直接排放和间接排放以及事故或开停工等非正常状态下二氧化碳的直接排放和间接排放。

陶瓷企业产业链冗长，包括多种加工和作业过程，并呈现工序转移和专业化分工趋势，如出现了专门从事原料（浆料、粉料、坯料）生产的企业。不论如何划分，只要二氧化碳排放量在指定的核算、监测和报告边界内，所有二氧化碳排放源都应进行核算、监测和报告。

陶瓷企业通常没有利用和/或固定二氧化碳的过程，因此，本研究报告中陶瓷企业的二氧化碳排放量核算、监测和报告不涉及二氧化碳排放量抵扣。

5.2 二氧化碳排放源的识别

陶瓷生产过程中消耗大量的化石能源如煤、柴油或重油、水煤气、天然气、液化石油气等作为燃料。在我国陶瓷生产的重要基地如广东潮州地区的陶瓷企业主要使用天然气和液化石油气为燃料，广东佛山地区的陶瓷企业主要使用水煤气、天然气以及柴油等作为燃料，江西的陶瓷企业主要使用煤、水煤气等为燃料，福建的陶瓷企业主要用煤和天然气等为燃料，河南等地的陶瓷企业主要使用煤、水煤气等作为燃料。

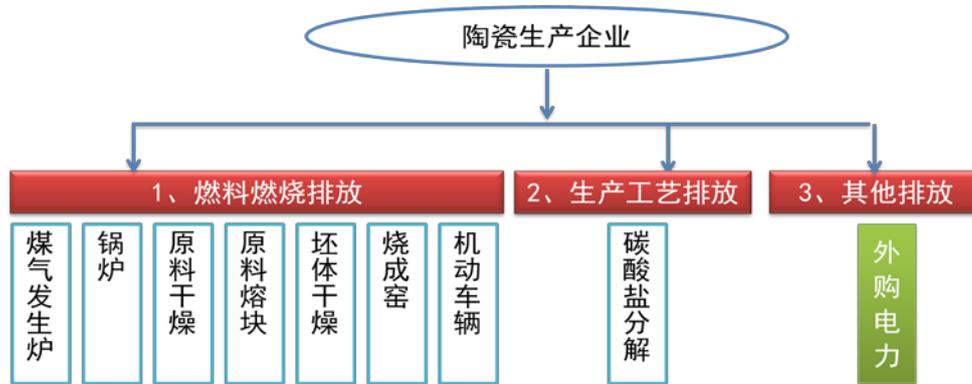


图 5.2 典型陶瓷企业二氧化碳排放源分类和分布示意图

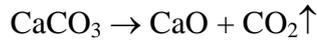
按照《2006 年 IPCC 国家温室气体排放清单》，并结合陶瓷企业二氧化碳排放的特点，按照工艺过程逐级识别排放源，典型陶瓷企业二氧化碳排放源分类和分布如图 5.2 所示。

陶瓷企业二氧化碳直接排放源主要有化石燃料燃烧直接排放源、生产工艺过程直接排放源和机动车辆运输直接排放源；其中化石燃料燃烧和生产工艺过程属于固定排放源，机动车辆运输直接排放源是移动排放源；具体包括：

(1) 化石燃料燃烧直接排放源。指化石燃料燃烧直接排放 CO_2 ，可能有：煤气发生炉燃料燃烧，蒸汽锅炉燃料燃烧，用于原料（粉料）干燥的燃料燃烧，原料熔块窑的燃料燃烧，喷雾干燥的燃料燃烧，坯体干燥的燃料燃烧，烧成窑的燃料燃烧等等。

(2) 生产工艺过程直接排放源。由于陶瓷原料中可能含有方解石、菱镁矿和白云石，它们含有一定量的碳酸盐，如碳酸钙 (CaCO_3) 和碳酸镁 (MgCO_3)，

这些碳酸盐将在陶瓷烧成过程中高温下发生分解，释放出二氧化碳，即：



值得注意的是，陶瓷原料中碳酸盐和/或碳素含量较少。以建筑陶瓷原料为例，一般情况下，原料组分中 CaO 、 MgO 含量在 3% 以下，且并不完全是以 CaCO_3 和 MgCO_3 的形式存在于原料中，同时碳酸盐也并不是陶瓷生产工艺中必须的。因此，当估算由于陶瓷原料中碳酸盐的分解产生的 CO_2 排放量小于 1% 时，这部分 CO_2 排放量可以不计入陶瓷企业 CO_2 排放总量。

(3) 车辆运输直接排放源。陶瓷生产过程中需要机动车辆频繁输送大量原料、产品和废料，所以机动车辆燃烧车用油（化石燃料）也排放一定量的 CO_2 。车辆运输直接排放源也属于化石燃料燃烧移动排放源。

陶瓷行业二氧化碳间接排放源主要包括外购电力引起的二氧化碳间接排放。陶瓷企业整个生产过程中涉及到大量的用电设备，如原料堆场与配送，原料破碎、球磨、搅拌、筛分，制模、坯体成型、坯体干燥、产品冷却、产品输送设备等，这些设备使用外购电力引起的二氧化碳间接排放。

6 方法层级

本研究报告既包含详细的二氧化碳排放量核算和监测方法，还用于获取活动水平数据和排放因子等参数的方法，如获取原料的消耗量，原料成分数据、产品产量、化石燃料的低位热值、化石燃料单位热值含碳量、化石燃料碳氧化率以及各种转换因子等的方法。

核算和监测方法可以分为测量法和计算法。

测量法是基于采用仪器实际进行测量二氧化碳排放量的方法，即通过连续测量或者间歇测量烟气中二氧化碳气体的浓度及烟气等相关物流的流量，从而测定二氧化碳的排放量。

计算法包括排放因子法和碳平衡法。排放因子法是采用活动水平数据乘以相应排放因子的方法来计算二氧化碳排放量，即：

$$E_{\text{CO}_2,y} = AD_y \times EF_{\text{CO}_2,y} \quad (6.1)$$

式中：

$E_{CO_2,y}$ —核算期 y 内二氧化碳排放量；

AD_y —核算期 y 内活动水平数据；

$EF_{CO_2,y}$ —核算期 y 内该活动水平数据对应的 CO_2 排放因子。

碳平衡法是物料平衡法在二氧化碳排放量计算中的应用，即根据质量守恒定律，对系统的投入、产出、累积、流失/排放物料含碳量进行平衡计算的方法。在一般生产过程中，投入的物料含碳质量等于产品含碳质量、系统内累积碳质量与流失物料碳质量之和，其中流失/排放物料中碳可以看作系统排放的碳，即：

$$C_{in,y} = C_{out,y} + C_{acc,y} + C_{lost,y} \quad (6.2)$$

式中：

$C_{in,y}$ —核算期 y 内进入系统的碳质量；

$C_{out,y}$ —核算期 y 内系统产品的碳质量；

$C_{acc,y}$ —核算期 y 内系统内累计物含碳质量；

$C_{lost,y}$ —核算期 y 内系统流失物料含碳质量。

系统排放的二氧化碳质量按照下式计算：

$$E_{CO_2,y} = C_{lost,y} \times \frac{44}{12} \quad (6.3)$$

式中：

$E_{CO_2,y}$ —核算期 y 内二氧化碳排放质量；

$\frac{44}{12}$ —核算期 y 内 CO_2 与 C 之间的分子量换算系数。

核算和监测方法的精确性、复杂性，以及活动水平数据、排放因子和参数的不同获取方法、准确性、区域特性等决定了核算和监测方法层级。方法层级代表了方法学的水平。从低方法层级到高方法层级，意味着增加了核算和监测的复杂性，提高了数据准确性，降低了核算和监测的不确定性。理论上，对二氧化碳排放量进行核算和监测时，最高层级方法应为首选层级方法。结合《2006年 IPCC 国家温室气体清单指南》的定义和分类，陶瓷企业二氧化碳排放量核算和监测方法可以分为4个方法层级。

(1) 方法层级 1。该层级方法采用计算方法核算和监测陶瓷企业二氧化碳排放量，需要数据最少、最简单，是最基础的方法。活动水平数据可以是陶瓷企业

层面的。排放因子是全球范围层面的，即能够从 IPCC 等（如 IPCC 缺省排放因子）全球范围数据来源中获得。使用该层级 1 方法进行排放量核算与监测具有较高不确定性。

表 6.1 核算和监测方法层级及其特点

| 方法层级 | 核算方法 | 活动水平数据 | 排放因子选择 | 精确度 | 建议应用对象 |
|------|------|--------|----------|-----|--------|
| 1 | 计算法 | 企业 | IPCC 缺省值 | 低 | 一般排放企业 |
| 2 | 计算法 | 企业/设施 | 国家/地区值 | 较低 | 一般排放企业 |
| 3 | 计算法 | 企业/设施 | 企业/设施实测 | 较高 | 重点排放企业 |
| 4 | 测量法 | 设施 | 无 | 高 | 重点排放企业 |

（2）方法层级 2。该层级方法仍是采用计算方法核算和监测陶瓷企业二氧化碳排放量，其方法可以与方法层级 1 方法相同，活动水平数据可以是陶瓷企业层面或者陶瓷生产设施/装置层面的，使用的排放因子则应源于国家/地区数据资料。

（3）方法层级 3。该层级方法仍是采用计算方法核算和监测陶瓷企业二氧化碳排放量，其方法可能与方法层级 1 或者层级 2 的方法相同，或者有较大改进；活动水平数据可以是陶瓷企业层面的或者陶瓷生产设施/装置层面的；计算时使用的排放因子则源于企业数据资料估算。使用方法层级 3 方法进行排放量计算具有较高的准确性。

（4）方法层级 4。该层级方法是采用实际测量的方法核算和监测陶瓷企业二氧化碳排放量，通常认为具有高的准确性。

如果最高层级方法或具体的方法层级因技术或/和成本原因暂不可行，应采用可获得最高方法层级方法。可以在一个单独的计算中对不同变量应用不同的方法层级。对于同一变量应选择相同的方法层级，以确保核算和监测的公平性。

方法层级的选择必须上报政府监管机构批准。当方法层级发生更改时，应当及时向政府监管机构提供方法层级更改的必要说明以及所采用方法的具体细节。

当以下情况发生时，可考虑更改方法层级：

- （1）为提高排放量的精确度，获取的数据发生改变；
- （2）出现以前不存在的排放；
- （3）燃料或相关原材料种类发生改变；
- （4）监测方法中发现数据错误；

(5) 政府监管机构要求进行更改；

更改方法层级应充分记录。测量系统停机导致的次要数据差异必须遵循良好的专业实践原则，保守估算排放量。若报告期内方法层级发生改变，该部分的活动结果应当作为年度报告中单独的部分上报给政府监管机构，并做详细说明。

7 核算

7.1 排放总量

根据上述对陶瓷企业二氧化碳排放核算边界的确定和对核算边界内排放源的识别，陶瓷企业二氧化碳排放总量计算如下：

陶瓷企业 CO₂ 排放总量计算如下：

$$E_{CO_2,y} = E_{CO_2,com,y} + E_{CO_2,pro,y} + E_{CO_2,ele,y} \quad \dots\dots (7.1)$$

式中，

$E_{CO_2,y}$ —核算期 y 内陶瓷企业 CO₂ 排放总量，单位：tCO₂；

$E_{CO_2,com,y}$ —核算期 y 内化石燃料燃烧活动产生的 CO₂ 排放量，单位：tCO₂；

$E_{CO_2,pro,y}$ —核算期 y 内生产工艺过程产生的 CO₂ 排放量，单位：tCO₂；

$E_{CO_2,ele,y}$ —核算期 y 内生产消耗的净外购电力蕴含的 CO₂ 排放量，单位：tCO₂。

现就各排放源二氧化碳排放量核算方法分述如下。

7.2 直接排放

7.2.1 测量法核算直接排放

陶瓷企业如果对化石燃料燃烧或/和生产过程排放的烟气进行连续或者间歇测量烟气等相关物流的流量以及其中二氧化碳气体的浓度，则二氧化碳排放量可按如下公式核算：

$$\Sigma E_{CO_2,m,y} = \Sigma (G_{m,y} \times Y_{CO_2,m,y} \times H_{m,y} \times \rho_{CO_2}) \quad (7.2)$$

式中，

$E_{CO_2,y}$ —核算期 y 内某设施 m 产生的二氧化碳排放量，单位：tCO₂；

$G_{m,y}$ —核算期 y 内某设施 m 的烟气排放量，单位：Nm³/h；

$Y_{CO_2,m,y}$ —核算期 y 内某设施 m 排放的烟气中二氧化碳含量，单位：v%；

$H_{m,y}$ —核算期 y 内某设施 m 的烟气排放时间，单位：h；

ρ_{CO_2} —二氧化碳质量体积转化系数， $1.97 \times 10^{-3} \text{ tCO}_2/\text{Nm}^3\text{CO}_2$ 。

测量法属于方法层级 4 级方法，是应优先选择的准确度高的方法。陶瓷企业可自愿采用实时检测办法测量其二氧化碳排放量，为了保证二氧化碳排放量核算的准确性，选择适当的测量点是十分必要的，其测量结果的不确定性应低于采用基于物料平衡或基于排放因子的方法学的计算结果。

7.2.2 计算法核算直接排放

(1) 化石燃料燃烧排放

陶瓷生产中无论是固定源化石燃料燃烧还是移动源化石燃料燃烧（生产用机动车辆化石燃料燃烧）产生的 CO_2 排放量采用排放因子法计算，即按公式 (7.3) 计算：

$$\begin{aligned} E_{CO_2,com,y} &= \sum (FC_{i,m,y} \times NCV_{i,m,y} \times EF_{CO_2,i,m,y}) \\ &= \sum (FC_{i,m,y} \times NCV_{i,y} \times CC_i \times \alpha_{i,m} \times \rho_1) \quad \dots\dots (7.3) \end{aligned}$$

式中，

$E_{CO_2,com,y}$ —核算期 y 内化石燃料燃烧活动产生的 CO_2 排放量，单位： tCO_2 ；

$FC_{i,m,y}$ —核算期 y 内某设施 m 化石燃料品种 i 用于燃烧的质量，

固体或液体燃料单位：t；气体燃料单位： Nm^3 ；

$NCV_{i,m,y}$ —核算期 y 内某设施 m 化石燃料品种 i 的低位发热值，

固体和液体燃料单位：GJ/t，气体燃料单位：GJ/ Nm^3 ；

$EF_{CO_2,i,m,y}$ —核算期 y 内某设施 m 化石燃料品种 i 的 CO_2 排放因子，单位： tCO_2/GJ ；

CC_i —化石燃料品种 i 的单位热值含碳量，单位：tc/GJ；

$\alpha_{i,m}$ —某设施 m 内化石燃料品种 i 的碳氧化率（%）。

ρ_1 — CO_2 与 C 的分子量换算系数 $\frac{44}{12}$ 。

(2) 生产工艺过程排放

陶瓷生产工艺过程中产生的二氧化碳排放主要来自陶瓷烧成工序中的碳酸盐分解产生的二氧化碳排放，即原料中的碳酸钙（ CaCO_3 ）、碳酸镁（ MgCO_3 ）高温分解产生二氧化碳。这部分产生生产工艺过程产生的 CO_2 排放量可以基于原料中 CaCO_3 和 MgCO_3 含量计算，也可以基于产品中 CaO 和 MgO 含量计算。

基于原料中 CaCO_3 和 MgCO_3 的含量计算陶瓷烧成工序中二氧化碳排放量时，

计算方法见公式 (7.4-1)。

$$E_{CO_2,pro,y} = \Sigma [(C_{caco} \times \rho_2 + C_{mgco} \times \rho_3) \times Feed_{m,y} \times \eta] \dots\dots (7.4-1)$$

式中，

$E_{CO_2,pro,y}$ —核算期 y 内生产工艺过程中 CO_2 排放量，单位：t CO_2 ；

$Feed_{m,y}$ —核算期 y 内某设施 m 原料消耗量，单位：t；

C_{caco} —原料中 $CaCO_3$ 的质量分数，%wt；

C_{mgco} —原料中 $MgCO_3$ 的质量分数，%wt；

ρ_2 — CO_2 与 $CaCO_3$ 之间的分子量换算系数 $\frac{44}{100}$ ；

ρ_3 — CO_2 与 $MgCO_3$ 之间的分子量换算系数 $\frac{44}{84}$ ；

η —原料的利用率， $\eta=1-\eta'$ ，其中 η' 为原料的损失率。

基于产品中 CaO 和 MgO 的含量计算陶瓷烧成工序中二氧化碳排放量时，计算方法见公式 (7.4-2)。

$$E_{CO_2,pro,y} = \Sigma [(C_{ca} \times \rho_2 + C_{mg} \times \rho_3) \times CP] \dots\dots (7.4-2)$$

式中，

CP —核算期 y 内某设施 m 陶瓷产品产量，单位：t；

C_{ca} —陶瓷产品中 CaO 的质量分数，%wt；

C_{mg} —陶瓷产品中 MgO 的质量分数，%wt；

ρ_2 — CO_2 与 CaO 之间的分子量换算系数 $\frac{44}{56}$ ；

ρ_3 — CO_2 与 MgO 之间的分子量换算系数 $\frac{44}{40}$ ；

(3) 车辆运输直接排放

机动车辆运输过程中产生的二氧化碳直接排放源于车用燃料燃烧，这部分燃料燃烧排放的二氧化碳可以基于车用燃料消耗量、燃料排放因子、平均低位热值采用 (7.3) 式进行计算。

7.3 间接排放

间接排放源包括用于生产的净外购电力蕴含的间接 CO_2 排放。为全面反映陶瓷企业二氧化碳排放情况，需要对二氧化碳间接排放量进行核算。

陶瓷企业用于生产的净外购电力蕴含的二氧化碳排放，可根据其实际用于生产的净外购电量和相应的排放因子进行计算。计算公式为：

$$E_{CO_2,el,y} = \Sigma (EG_{m,y} \times EF_{grid,y}) \quad \dots\dots (7.5)$$

式中，

$E_{CO_2,el,y}$ —核算期 y 内消耗的净外购电力隐含的 CO_2 排放量，单位：t CO_2 ；

$EG_{m,y}$ —核算期 y 内某设施 m 生产消耗的净外购电量，单位：MWh。

$EF_{grid,y}$ —核算期 y 内净外购电的电网基准线 CO_2 排放因子，单位：t CO_2 /MWh。

7.4 活动水平数据

为了准确核算、监测和报送陶瓷企业二氧化碳排放量，必须通过实际测量、调查、计算、专家咨询等形式获得陶瓷企业各设施/装置、化石燃料品种的活动水平数据，并建立相应的数据库。

活动水平数据可按生产月或者季度的时间周期收集，对生产管理水平较高的陶瓷企业可以按生产天收集活动水平数据，并对活动水平数据进行汇总和分析。以下列出需要收集的主要活动水平数据，如表 7.1 所示。

7.4.1 直接排放

(1) 化石燃料燃烧

陶瓷企业化石燃料燃烧排放的活动水平数据为：陶瓷企业年度分品种化石燃料消耗量和化石燃料平均低位发热量。

分品种化石燃料消耗量根据年度购入量和外销量以及库存量的变化来确定实际消耗量。购入量和外销量采用采购单或销售单等结算凭证上的数据，库存变化数据采用企业的定期库存记录或其他符合要求的方法来确定，采用公式(7.5)计算获得：

$$\begin{aligned} \text{化石燃料消} &= \text{化石燃料购入量} + (\text{化石燃料期初库存量} - \text{化石燃料期末库存量}) \\ &\quad - \text{化石燃料外销量} \quad \dots\dots\dots (7.6) \end{aligned}$$

陶瓷企业可选择使用本研究报告提供的化石燃料平均低位发热值(见附表1)。具备条件的企业应实测化石燃料平均低位发热值。企业可自行或委托有资质的专业机构进行检测或采用与相关方结算凭证中提供的检测值。检测化石燃料低位发热值应遵循以下标准，即《GB/T 213 煤的发热量测定方法》、《GB/T 384 石油产品热值测定法》、《GB/T 22723 天然气能量的测定》等。

(2) 陶瓷生产过程

基于原料中 CaCO_3 和 MgCO_3 的含量计算陶瓷生产工艺过程排放时的活动水平数据包括：陶瓷企业年度原料消耗量 ($Feed_{m,y}$)，原料的利用率 (η)，原料中 CaCO_3 和 MgCO_3 的质量分数。

原料消耗量根据年度购入量和外销量以及库存量的变化来确定实际消耗量。购入量和外销量采用采购单或销售单等结算凭证上的数据，库存变化数据采用企业的定期库存记录或其他符合要求的方法来确定，采用公式 (7.7) 计算获得：

$$\begin{aligned} \text{原料消耗量} = & \text{原料购入量} + (\text{原料期初库存量} - \text{原料期末库存量}) \\ & - \text{原料外销量} \quad \dots \dots \dots (7.7) \end{aligned}$$

陶瓷企业通常具有原料利用率 η 的缺省值（不同企业依据其技术水平不同 η 值不同），可以直接用于计算。

原料中 CaCO_3 和 MgCO_3 含量可以是多批次原料中 CaCO_3 和 MgCO_3 的加权平均含量。每批次原料中 CaCO_3 和 MgCO_3 含量可根据原料中 CaO 和 MgO 的含量折算近似获得。原料中 CaO 和 MgO 含量检测遵循《GB/T4743 陶瓷材料及制品化学分析方法》、《QB/T2578-2002 陶瓷原料化学成分光度分析法》等。

基于产品中 CaO 和 MgO 的含量计算生产工艺过程 CO_2 排放量时的活动水平数据包括：陶瓷企业年度陶瓷产品产量 (CP ，质量)，原料的利用率 (η)，产品中 CaO 和 MgO 的质量分数。

陶瓷企业年度陶瓷产品产量（质量）可以采用根据企业生产特点折算出产品质量，也可以采用下式近似计算：

$$CP = Feed_{m,y} \times \eta \quad \dots \dots \dots (7.8)$$

产品中 CaO 和 MgO 的质量分数可以按照《GB/T4743 陶瓷材料及制品化学分析方法》、《QB/T2578-2002 陶瓷原料化学成分光度分析法》提供的方法检测，也可以近似采用原料中 CaO 和 MgO 的质量分数。

陶瓷企业年度原料消耗量 ($Feed_{m,y}$)，原料的利用率 (η)，按上述要求获取。

7.4.2 间接排放

其他排放涉及的活动水平数据是净购入电量。净购入电量可根据供应商和陶瓷生产企业存档的购售结算凭证获得，即：

$$\text{净购入电量} = \text{企业外购电量} - \text{企业输出电量} \quad \dots \dots \dots (7.8)$$

表 7.1 陶瓷企业核算和监测的主要活动水平数据

| 序号 | 项目 | 核算/监测数据 | | | | | | 标煤折算量 (t) |
|----|----------------|---------|-----------|-------------------------------------|--------------------|-------------|----------|--------------|
| | | 燃料消耗 | | | | 电力消耗 | | |
| | | 种类 | 用量 (t) | 低位热值 (GJ/t, GJ/Nm ³) | 单位热值含碳量 (tC/TJ) | 用量 (kWh) | 排放 因子 | |
| | 化石燃料燃烧 | | | | | - | - | |
| | 燃料品种 1 | | | | | - | - | |
| | 燃料品种 2 | | | | | - | - | |
| | 燃料品种 3..... | | | | | - | - | |
| | 生产工序 | | | | | | | |
| 1 | 原料堆场及配料输送 | | | | | | | |
| 2 | 原料初次破碎 | | | | | | | |
| 3 | 球磨机运行 | | | | | | | |
| 4 | 泥浆搅拌、筛分、输送设备运行 | | | | | | | |
| 5 | 喷雾干燥器运行 | | | | | | | |
| 6 | 胎型及工作模制作 | | | | | | | |
| 7 | 工作模干燥 | | | | | | | |

| | | | | | | | | |
|----|---------------|--------------|--|--------------|--|--|--|--|
| 8 | 粉料输送设备运行 | | | | | | | |
| 9 | 压机运行 | | | | | | | |
| 10 | 釉浆制备的球磨机运行 | | | | | | | |
| 11 | 施釉 | | | | | | | |
| 12 | 坯体干燥 | | | | | | | |
| 13 | 窑炉运行（烧成工序） | | | | | | | |
| 14 | 厂内运输 | | | | | | | |
| 15 | 产品磨边、抛光、干燥、包装 | | | | | | | |
| 16 | 仓储 | | | | | | | |
| | 原料和产品 | 量（单位） | | 组成（%） | | | | |
| | 原料 1 | | | | | | | |
| | 原料 2..... | | | | | | | |
| | 水煤气 | | | | | | | |
| | 产品 1 | | | | | | | |
| | 产品 2..... | | | | | | | |

7.5 排放因子

排放因子应来源明确，具有公信力和适用性；还应注意排放因子的时效性。

当考虑到排放因子量化的不确定性时，可按照数据选择优先级进行选择，排放因子层级越高，排放因子的精度越高，在核算和监测二氧化碳排放量时应该优先选择。首选通过直接测量、采用质量平衡方法或能量平衡方法得到的企业/设施排放因子，即方法层级 3 的排放因子。如果缺乏，可采用国家/地区的排放因子，即方法层级 2 的排放因子。国家/地区的排放因子应在国家/地区层级上采用科学、综合的方法和相应的标准为基础来确定。如果仍缺乏国家/地区的排放因子，可以采用 ISO14064 或者《2006 年 IPCC 国家温室气体清单指南》提供的不同能源物质二氧化碳排放因子（缺省的排放因子），即方法层级 1 排放因子。

7.5.1 化石燃料燃烧排放

对购进的化石燃料品种 i 的 CO_2 排放因子 $EF_{\text{CO}_2,i,m,y}$ ，如果陶瓷生产企业有实测数据，则优先采用企业的实测数据，否则参考附表 1 提供的缺省值进行计算获得，计算公式如下：

$$EF_{\text{CO}_2,i,m,y} = CC_i \times \alpha_{i,m} \times \rho_1 \quad \dots\dots\dots (7.8)$$

式中：

CC_i —化石燃料品种 i 的单位热值含碳量，单位：tc/GJ；

$\alpha_{i,m}$ —化石燃料品种 i 的碳氧化率（%）。

ρ_1 — CO_2 与碳的分子量之比 $\frac{44}{12}$ 。

对购进的化石燃料品种 i 的单位热值含碳量 CC_i ，如果企业有实测数据，则优先采用企业的特定值，否则参考表 1 提供的值。检测单位热值含碳量时，可根据以下标准进行：《GB/T 476 煤的元素分析方法》、《SH/T 0656 石油产品及润滑剂中碳、氢、氧测定法》、《GB/T 13610 天然气的组成分析》等标准。

对购进的化石燃料品种 i 的碳氧化率 α_i ，如果企业有实测数据，则优先采用企业的特定值，否则参考附表 1 提供的值。获取燃煤设备氧化率时，应遵循《GB/T23459-2009 陶瓷工业窑炉热平衡、热效率测定与计算方法》、《GB/T10180 工业锅炉热工性能试验规程》等国家、行业或地方标准中对各项内容（如试验室条件、试剂、材料、仪器设备、测定步骤和结果计算等）的规定。

7.5.2 间接排放

间接排放——用于生产的净外购电力蕴含的 CO₂ 排放因子推荐采用区域电网的排放因子。为了既能反映不同地区电源结构特点，又便于确定区域电网的 CO₂ 排放因子，按目前东北电网、华北电网、华东电网、华中电网、西北电网和南方电网划分全国电网，区域电网 CO₂ 排放因子为：

$$\text{区域电网 CO}_2 \text{ 排放因子} = \frac{\text{区域电网化石燃料发电 CO}_2 \text{ 排放量}}{\text{区域电网总供电量}} \dots\dots (7.10)$$

区域电网 CO₂ 排放因子单位为：tCO₂/MWh。区域电网化石燃料供电量和区域电网总供电量在不同的年份有所不同，应参考国家发展改革委每年发布的数据以及当年的《中国电力年鉴》（《中国电力年鉴》编委会编，中国电力出版社出版）发表的数据。

8 监测计划和方法

监测是核算陶瓷企业实际二氧化碳排放量的关键步骤。为确保陶瓷企业能够长期上报正式、可测量、可比较的二氧化碳排放量，必须进行监测组织管理，制定明确的监测计划，使用合理的监测方法。

8.1 监测组织管理

为了有效监测温室气体排放，必须构建有效的监测组织结构，并按照合理的流程进行管理。图 8.1 是陶瓷企业二氧化碳排放监测和报告基本流程框图。监测组织结构应包括排放主体（陶瓷企业）、由企业主管部门设立的监测管理机构和第三方核查机构组成。监测流程和各方职责主要是：排放主体（陶瓷企业）首先应编制排放监测计划，在该计划经监测管理机构审定后，排放主体按照监测计划监测和管理企业二氧化碳排放。根据监测结果，排放主体编制年度排放监测报告。第三方核查机构应对年度排放监测报告进行核查，并编制核查报告。陶瓷企业二氧化碳排放监测报告和第三方核查机构核查报告提交给监测管理机构进行备案。

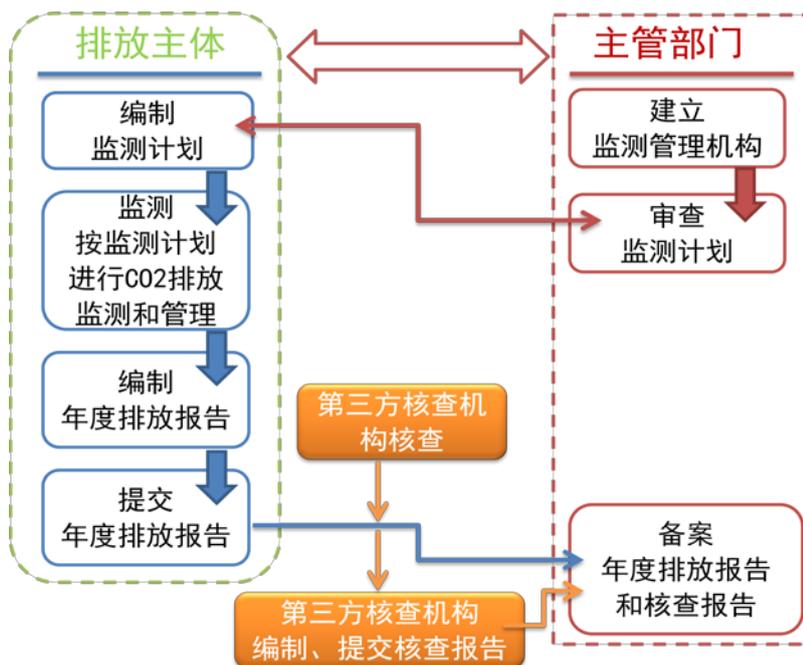


图 8.1 监测流程、组织机构及其职责

陶瓷企业作为排放主体应实施层级监测 CO₂ 排放情况，陶瓷企业各层级组织结构和职责如下：

(1) 第一级，统计员层级。由经培训合格的专业统计人员组成，负责监测计划编制、相关数据的测量、记录，计算以及编制、提交排放报告。

(2) 第二级，审核员层级。主要由生产、设备、能源、财务、仓储和统计等职能部门专业人员或第三方机构人员组成，负责审定监测报告，并对排放报告进行内核与核查。

(3) 第三级，协调签发员层级。主要职责是签发监测计划，组织、协调相关部门对排放报告进行内核与核查，组织管理排放报告和核查报告备案。

参与二氧化碳监测和报告的人员应在技能培训合格后持证上岗。对监测人员还应定期进行能力培训，从而确保二氧化碳排放监测与报告工作顺利开展，确保二氧化碳排放监测与核算结果的准确性。

8.2 监测计划

监测计划应包含以下内容：

(1) 陶瓷企业基本信息，包括：名称、报告年度、地理位置、所属行业、

法人代表、设施和装置及其功能、排放源的描述等；

(2) 排放边界的描述；

(3) 监测方法的选择，即基于计算或基于测量的排放量监测方法的描述；

(4) 对于基于测量的方法，应对测量系统、标准、方法、工具/仪器、测量点、测量频率进行描述和说明；

(5) 对于基于计算的方法，应对每个被监测的排放源的活动水平数据、排放因子、相关参数的来源、采集方法、处理方法和控制活动进行描述和说明；保持活动水平数据与其他参数的不确定阈值一致，并提供相应的证据；

(6) 如果适用，应对“备选方法”进行的全面描述；

(7) 监测内容和数据，主要包括：各生产工艺能耗设备的用能情况，设备数量、运行情况、额定功率、实际运行功率、淘汰情况等。

(8) 不确定性分析及其控制措施。

陶瓷企业在报告期开始前应制定并向主管部门提交监测计划。在技术可行且成本合理的情况下，应使排放量的监测和报告达到最高的准确度。

为提高报告数据的准确性，可以更改监测方法，但必须与本指南保持一致。监测计划在监测方法发生改变时，应由主管部门核查批准；原则上在同一报告期内监测计划不得发生更改。当监测计划不符合本指南的规定时，主管部门应要求更改其监测计划。

必须对监测计划的变化进行完整地记录。对监测数据（包括假设、引用文献、活动水平数据、排放因子、氧化因子与转化因子）的记录、整理和分析，均应采用政府监管机构和核查者可以验证的记录方式。

监测和报告排放量应该具有时间上的可比性。

8.3 监测方法

监测方法是监测计划的一部分，应由主管部门批准。在技术可行且成本合理的情况下，尽量使用准确度较高的监测方法。监测方法应简单、合理、避免重复工作，并考虑现有的装置和设施的技术水平。

本研究报告提供了针对陶瓷企业二氧化碳排放量核算采用的一些优良作法。在实施陶瓷企业设施二氧化碳排放监测过程中可以采用但不仅限于这些方法。就测量法而言，排放连续监测/间歇监测系统的技术性能、安装位置和运行管理等

应符合相关规定和标准，以减少测量偏差和不确定性。就算法而言，可以采用排放因子法，也可以采用碳质量平衡法。算法获得的二氧化碳排放量可以通过测量法进行验证。

若满足以下条件，建议采用基于测量的监测方法：

(1) 采用测量法比利用其他方法得到的结果更精确，同时可以避免不合理的费用；

(2) 测量法和算法两种方法之间的比较是基于相同的排放源和物流。

在政府监管机构的批准下，可针对属于同一设施的不同的排放源和物流综合利用基于测量和计算的方法来监测。

监测应在企业正常生产的代表性工况下进行，排放源必须有满足本研究报告要求的监测设备或监测手段。各主要生产工序必须有独立的计量设备。各排放源物料、燃料应按国家标准或行业标准取样方法、分析方法选择相应的监测频率。

为保证监测设备的准确性，监测设备应每年进行检测和校准。相关监测设备的校准应按照相关国家标准和行业标准进行。陶瓷企业应保存所有校准记录以备核查。

监测方法的更改和基本数据的变化应及时上报政府监管机构，除非在监测计划中另有规定，并应得到政府监管机构批准。导致监测方法更改的原因可能有：

(1) 设施分类的变化；

(2) 基于计算和测量方法的更改；

(3) 活动水平数据或其他参数不确定性的增加。

9 不确定性

9.1 不确定性定性分析

陶瓷企业在进行二氧化碳排放量核算和监测时，必须尽可能减少不确定性。同时，为了提高数据的准确性、便于核查，必须对不确定性进行管理，即对不确定性进行定性分析和定量分析。

对不确定性进行定性分析，首先，应确定不确定性的来源；然后，根据排放核算和监测情况，分析引起二氧化碳核算和监测不确定性的主要因素。

基于不同核算与监测方法，不确定性来源不同。基于测量法核算和监测二氧

化碳排放量时，其不确定性主要来源于以下一种或多种因素：

- (1) 测量装置的功能，即由于测量装置功能的局限造成的不确定性；
- (2) 测量装置的操作，即由于测量装置操作方法的局限、缺失等造成的不确定性；
- (3) 测量装置的校准，即由于测量装置校准方法、标准和仪器造成的不确定性。

基于算法核算和监测二氧化碳排放量时，不确定性可能主要来源于以下一种或多种因素：

- (1) 排放源的不确定性，即由于排放源种类多样、排放源识别复杂等引起的不确定性；
- (2) 活动水平数据的不确定性，即由于活动水平数据的缺失、活动水平数据计量的不完善等造成的不确定性；
- (3) 排放因子的不确定性，由于排放因子的计算方法和标准的差异引起的不确定。

9.2 不确定性定量分析

不确定性进行定量分析是估算不确定性的概率密度函数或者误差，并进行检验。通常量化不确定性是通过估算统计学上的置信区间方式，将数据平均值以±百分比的区间来表示，例如，100±5%吨。置信区间计算方法和步骤如下：

表 9.1 t 值与测量样本数的对应关系

| 测量样本数 | 3 | 5 | 8 | 10 | 50 | 100 | ∞ |
|-------------|------|------|------|------|------|------|------|
| 95%置信度下 t 值 | 4.30 | 2.78 | 2.37 | 2.26 | 2.01 | 1.98 | 1.96 |

(1) 选择置信度。通常选择的置信度介于 95%~99.73%（本指南建议使用 95%的置信度，与 IPCC 指南保持一致）；

(2) 确定 t 值。t 值与测量样本数的对应关系见表 8.1。

计算样本平均值以及标准差 S 见式 (9.1) 和 (9.2)：

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n X_k \quad (9.1)$$

$$S = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{k=1}^n (X_k - \bar{X})^2} \quad (9.2)$$

计算相关区间计算公式见 (9.3):

$$\left[\bar{X} - \frac{S \cdot t}{\sqrt{n}}; \bar{X} + \frac{S \cdot t}{\sqrt{n}} \right] \quad (9.3)$$

以上区间可转换成不确定性范围, 并以±百分比来表示。

合并不确定性使用误差传递公式, 一是加减运算的误差传递公式, 二是乘除运算的误差传递公式。当某一估计值为 n 个估计值之和或差时, 该估计值的不确定性采用 (9.4) 式计算:

$$U_c = \frac{\sqrt{(U_{s1} \cdot \mu_{s1})^2 + (U_{s2} \cdot \mu_{s2})^2 + \dots + (U_{sn} \cdot \mu_{sn})^2}}{|\mu_{s1} + \mu_{s2} + \dots + \mu_{sn}|} = \frac{\sqrt{\sum_{n=1}^N (U_{sn} \cdot \mu_{sn})^2}}{|\sum_{n=1}^N \mu_{sn}|} \quad (9.4)$$

式中,

U_c 是 n 个估计值之和或差的不确定性 (%)

$U_{s1} \dots U_{sn}$ 是 n 个相加减的估计值的不确定性 (%)

$\mu_{s1} \dots \mu_{sn}$ n 个相加减的估计值

10 排放报告

10.1 报告组织管理

陶瓷企业二氧化碳排放报告是核算、监测和核查企业二氧化碳排放的基础。一份数据准确、充分、合理的二氧化碳排放报告是准确核算和监测陶瓷企业二氧化碳排放的要求。陶瓷企业需要在规定时间内完成企业二氧化碳历史排放报告和企业二氧化碳年度排放报告。因此, 陶瓷企业必须建立行之有效的组织管理制度用于二氧化碳排放报告。

二氧化碳排放报告组织管理包括: (1) 建立企业二氧化碳排放量化和报告的规章制度, 包括组织方式、负责机构、工作流程等; 如陶瓷企业编制年度排放报告, 报告经第三方核查机构核查后, 提交给主管部门; (2) 建立二氧化碳排放报告技术标准; 例如, 结合计算过程的相关数据需求, 对数据的监测、收集和获取过程建立相应的监测计划和工作规程, 并设定专职部门和人员负责数据的取样、

监测、分析、记录、收集、存档工作；建立企业二氧化碳排放源一览表，分别确定合适的量化方法，形成文件并存档；制定数据缺失、生产活动或报告方法发生变化时的应对措施；（3）设置专人专岗，如统计员、审核员和负责人等，分工明确，层层把关，实施、监督和完成报告工作；（4）建立按时、逐级报告和审核的排放报告制度；（5）建立长效的排放报告数据库，建立文档管理规范，保存、维护有关温室气体年度报告的文档和数据记录，并设立专人进行维护和管理。（6）建立二氧化碳排放报告的奖惩制度。

陶瓷企业二氧化碳排放报告内容主要包括：企业基本信息、燃料燃烧排放、工艺过程排放、其他排放、核算结果报告、未来温室气体控制措施及真实性声明等方面。涉及活动水平数据、排放因子或其相关基础数据的统计、汇总、分析和报告。

10.2 报告内容和表格

陶瓷企业二氧化碳排放报告提纲应该包括：单位信息、企业工艺流程图、边界说明、排放设施信息、化石燃料燃烧活动水平数据、生产过程活动水平数据、排放因子、外购电力数据，以及不确定性分析、未来二氧化碳控制措施和真实性说明等。

• 企业基本信息

陶瓷企业基本信息报告应包括下列内容：

（1）企业基本信息，包括：企业名称、报告年度、组织机构代码、法定代表人、注册地址、经营地址、通讯地址和联系人等，详见表 10.1。

（2）企业总体排放情况说明，包括：排放边界说明和与 CO₂ 排放相关的工艺流程介绍；详见表 10.2。

（3）企业排放源信息表，包括：排放设施基本信息，即化石燃料燃烧装置/设备、工业生产过程排放 CO₂ 的生产设备信息，如设备名称、设备型号、设备地理位置、测量能耗/原料消耗量的设备和型号等；详见表 10.3。

• 燃料燃烧排放

企业应报告在报告期内核算燃料燃烧产生的 CO₂ 排放量涉及的活动水平数据，包括：燃料品种消耗量、低位热值、单位热值含碳量和碳氧化率数据以及这些数据的来源（缺省值或企业实测）、各燃料品种因燃烧产生的 CO₂ 排放量和燃

料燃烧产生的 CO₂ 排放总量。如企业采用实测参数，企业应附相关具备资质机构提供的测试报告。详见表 10.4。

- **生产工艺过程排放**

企业应报告在报告期内核算生产工艺过程 CO₂ 排放量所涉及的活动水平数据，包括：原料消耗量、原料中 CaCO₃ 和 MgCO₃ 的质量含量，各项工艺过程 CO₂ 排放量和工艺过程的 CO₂ 排放总量。如企业采用实测参数，企业应附相关具备资质机构提供的测试报告。详见表 10.5。

- **间接排放**

企业应报告在报告期内净购入的电量以及相关的电力排放因子和 CO₂ 排放总量；详见表 10.6。

- **核算结果报告**

企业应报告在报告期内燃料燃烧 CO₂ 排放量、工艺过程 CO₂ 排放量、其他 CO₂ 排放量和总 CO₂ 排放量，详见表 10.7。

- **不确定性分析**

分析企业 CO₂ 排放核算的不确定性，包括定性分析和定量分析，详见表 10.8。

- **未来二氧化碳排放控制措施**

说明未来 CO₂ 排放控制的措施、实施计划、进度、目标等，详见表 10.9。

- **监测计划**

说明监测的排放类型与监测方法，活动水平和相关数据的获取方式，排放因子的获取方式等，详见表 10.10。

- **监测情况说明**

说明实际监测情况是否与监测计划一致，是否对监测计划做了修改，以及相关说明和附件，详见表 10.11。

- **真实性声明**

企业就报告真实性做书面声明，详见表 10.12。

表 10.1 陶瓷企业 20____年基本信息报告表

| | | | |
|---------|-------------------------------------|------|--|
| 企业名称 | | | |
| 企业地址 | | | |
| 法人代表姓名 | | 法人代码 | |
| 电话 | | 传真 | |
| 法人通信地址 | | | |
| 法人代表身份证 | | | |
| 电子邮件 | | 邮政编码 | |
| 指定报告人 | | 电话 | |
| 传真 | | 电子邮件 | |
| 签章 | 报告负责人： 企业盖章 日期： 年 月 日 | | |

表 10.2 陶瓷企业 20____年基本排放情况报告表

| |
|----------------------|
| 排放边界说明 |
| |
| 二氧化碳排放相关的工艺流程介绍（可附图） |
| |

统计员：

审核员：

签发/负责人：

表 10.3 陶瓷企业 20____年排放源信息报告表

| 化石燃料燃烧 | | | | | |
|----------|------|------|--------|--------------|-----------------|
| 设施编号 | 设施名称 | 设施型号 | 设施地理位置 | 测量排放设备、型号和精度 | 测量排放设备校准频次、更换情况 |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| 生产工艺过程排放 | | | | | |
| 设施编号 | 设施名称 | 设施型号 | 设施地理位置 | 测量排放设备、型号和精度 | 测量排放设备校准频次、更换情况 |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |

统计员：

审核员：

签发/负责人：

表 10.4 陶瓷企业 20____年化石燃料燃烧排放报告表

| 固定源 | 设施名称 | 月份 | 燃料品种 | 消费量 | | 燃料低位热值 (GJ/t, GJ/万Nm ³) | | 单位热值含碳量 (tC/TJ) | | 碳氧化率 (wt%) | | CO ₂ 排放量 (tCO ₂) | |
|-----|------|----|-------|--------|----|--|----|--------------------|----|---------------|----|--|--|
| | | | | 数值(单位) | 来源 | 数值(单位) | 来源 | 数值(单位) | 来源 | 数值(单位) | 来源 | | |
| 固定源 | 设施1 | | 燃料品种1 | | | | | | | | | | |
| | | | 燃料品种2 | | | | | | | | | | |
| | 小计 | | | | | | | | | | | | |
| | 设施2 | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | 小计 | | | | | | | | | | | | |
| | 设施3 | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | 小计 | | | | | | | | | | | | |
| | 合计 | | | | | | | | | | | | |
| | 移动源 | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| 合计 | | | | | | | | | | | | | |
| 总计 | | | | | | | | | | | | | |

统计员:

审核员:

签发/负责人:

注 1: 来源填写“缺省值”或“测量值”

表 10.5 陶瓷企业 20____年生产工艺过程排放报告表 (单位: t)

| 陶瓷生产工艺过程 | | | | | | | | | | | |
|--|-------------------|---------|--|---------|--|---------|--|-------|--|---------|--|
| 基于原料中 CaCO ₃ 和 MgCO ₃ 计算 | | | | | | | | | | | |
| 月 份 | | 1 月份 | | 2 月份 | | 3 月份 | | | | 12 月份 | |
| | | 数值 (单位) | | 数值 (单位) | | 数值 (单位) | | | | 数值 (单位) | |
| 原料量 (t) | | | | | | | | | | | |
| 原料组成(%wt) | CaCO ₃ | | | | | | | | | | |
| | MgCO ₃ | | | | | | | | | | |
| 月度 CO ₂ 排放量 (t) | | | | | | | | | | | |
| 年度 CO ₂ 排放总量 (t) | | | | | | | | | | | |
| 基于产品中 CaO 和 MgO 计算 | | | | | | | | | | | |
| 月 份 | | 1 月份 | | 2 月份 | | 3 月份 | | | | 12 月份 | |
| | | 数值 (单位) | | 数值 (单位) | | 数值 (单位) | | | | 数值 (单位) | |
| 陶瓷产品产量 (t) | | | | | | | | | | | |
| 产品组成(%wt) | CaO | | | | | | | | | | |
| | MgO | | | | | | | | | | |
| 月度 CO ₂ 排放量 (t) | | | | | | | | | | | |
| 年度 CO ₂ 排放总量 (t) | | | | | | | | | | | |

统计员:

审核员:

签发/负责人:

表 10.6 陶瓷企业 20____年间接排放（外购电力蕴含排放）报告表

| 用电设备 | 月份 | 月用电量 (MWh) | 排放因子 (tCO ₂ /MWh) | 月 CO ₂ 排放量 (t) | 电表型号、序列号 和精度 | 电表校准频次和更换情况 |
|------|-------|---------------|---------------------------------|------------------------------|-----------------|-------------|
| 设施 1 | 1 | | | | | |
| | | | | | | |
| | 12 | | | | | |
| | 小计 | (年用电量小计) | | (年排放量小计) | | |
| 设施 2 | 1 | | | | | |
| | | | | | | |
| | 12 | | | | | |
| | 小计 | (年用电量小计) | | (年排放量小计) | | |
| 合计 | | (年总用电量合计) | | (年总排放量合计) | | |

统计员：

审核员：

签发/负责人：

表 10.7 陶瓷企业 20____年二氧化碳排放量汇总报告表（单位：t）

| 排放类型 | | 排放量 (tCO ₂) |
|------------|-----|-------------------------|
| 1、化石燃料燃烧排放 | 固定源 | |
| | 移动源 | |
| 2、生产工艺过程排放 | | |
| 3、间接排放 | | |
| 总计 | | |

统计员：

审核员：

签发/负责人：

表 10.8 不确定性分析报告表

| |
|---------|
| 不确定性分析 |
| 可能的改进措施 |

统计员：

审核员：

签发/负责人：

表 10.9 未来二氧化碳排放控制措施报告表

(需描述未来 3-5 年控制二氧化碳的措施、时限和计划减排量)

统计员:

审核员:

签发/负责人:

表 10.10 监测计划表

| 排放类型与监测方法 | | | | | | |
|-----------------------------|-------------------------------|----|----------------------------------|----|------------------------------|----|
| 直接排放 | <input type="checkbox"/> 燃烧排放 | | <input type="checkbox"/> 基于计算的方法 | | | |
| | | | <input type="checkbox"/> 基于测量的方法 | | | |
| | <input type="checkbox"/> 过程排放 | | <input type="checkbox"/> 基于计算的方法 | | | |
| | | | <input type="checkbox"/> 基于测量的方法 | | | |
| 间接排放 | | | <input type="checkbox"/> 基于计算的方法 | | | |
| | | | <input type="checkbox"/> 基于测量的方法 | | | |
| 活动水平数据和相关参数获取方式说明 | | | | | | |
| 燃料/物料名称 | 低位发热值 | | 单位热值含碳量 | | 氧化率 | |
| | 来源 | 数值 | 来源 | 数值 | 来源 | 数值 |
| | <input type="checkbox"/> 检测值 | | <input type="checkbox"/> 检测值 | | <input type="checkbox"/> 检测值 | |
| | <input type="checkbox"/> 缺省值 | | <input type="checkbox"/> 缺省值 | | <input type="checkbox"/> 缺省值 | |
| | <input type="checkbox"/> 检测值 | | <input type="checkbox"/> 检测值 | | <input type="checkbox"/> 检测值 | |
| | <input type="checkbox"/> 缺省值 | | <input type="checkbox"/> 缺省值 | | <input type="checkbox"/> 缺省值 | |
| 排放因子 | | | | | | |
| 燃料/物料名称 | 排放因子 | | | | 转化因子 | |
| | 来源 | 数值 | | | 来源 | 数值 |
| | <input type="checkbox"/> 检测值 | | | | <input type="checkbox"/> 检测值 | |
| | <input type="checkbox"/> 缺省值 | | | | <input type="checkbox"/> 缺省值 | |
| | <input type="checkbox"/> 检测值 | | | | <input type="checkbox"/> 检测值 | |
| | <input type="checkbox"/> 缺省值 | | | | <input type="checkbox"/> 缺省值 | |
| | <input type="checkbox"/> 检测值 | | | | <input type="checkbox"/> 检测值 | |
| | <input type="checkbox"/> 缺省值 | | | | <input type="checkbox"/> 缺省值 | |
| <input type="checkbox"/> 电力 | <input type="checkbox"/> 检测值 | | | | <input type="checkbox"/> 检测值 | |
| | <input type="checkbox"/> 缺省值 | | | | <input type="checkbox"/> 缺省值 | |
| 统计员: | | | 审核员: | | 负责人: | |

表 10.11 监测情况说明表

| | | |
|---------------|----------------------------|----------------------------|
| 是否与监测计划一致 | <input type="checkbox"/> 是 | <input type="checkbox"/> 否 |
| 监测计划是否更改 | <input type="checkbox"/> 是 | <input type="checkbox"/> 否 |
| 监测计划更改说明与相关附件 | | |
| | | |

统计员：

审核员：

签发/负责人：

表 10.12 陶瓷企业____年二氧化碳排放量报告真实性声明

声 明

本年度排放报告完整和真实。报告中的信息与实际情况不符的，本单位愿负相应的法律责任，并承担有此产生的一切后果。特此声明。

法定代表人（或授权代表）： （签字）

年 月 日

附表 1：陶瓷生产企业可能使用的化石燃料品种及其单位热值含碳量、碳氧化率和低位发热值缺省值

| 燃料品种 | 燃料 | 单位 | 低位发热值 ^{a)} (GJ/t, GJ/万 Nm ³) | 单位热值含碳量 ^{b)} (tc/TJ) | 碳氧化率 ^{b)} (%) |
|------|--------|-----------------|--|----------------------------------|---------------------------|
| 固体燃料 | 无烟煤 | t | 23.2 ^{c)} | 27.8 | 94 |
| | 烟煤 | t | 22.3 ^{c)} | 25.6 | 93 |
| | 褐煤 | t | 14.8 ^{c)} | 27.8 | 96 |
| | 型煤 | t | 17.5 ^{d)} | 33.6 | 90 |
| | 焦炭 | t | 28.4 | 28.8 | 93 |
| 液体燃料 | 原油 | t | 41.8 | 20.1 | 98 |
| | 汽油 | t | 43.1 | 18.9 | 98 |
| | 柴油 | t | 42.7 | 20.2 | 98 |
| | 一般煤油 | t | 43.1 | 19.6 | 98 |
| | 燃料油 | t | 41.8 | 21.0 | 98 |
| | 煤焦油 | t | 33.5 | 22.0 | 98 |
| | 液化天然气 | t | 51.4 ^{d)} | 15.3 | 99 |
| | 液化石油气 | t | 50.2 | 17.2 | 99 |
| | 其他石油产品 | t | 40.9 ^{d)} | 20.0 | 98 |
| 气体燃料 | 天然气 | Nm ³ | 389.3 | 15.3 | 99 |
| | 水煤气 | Nm ³ | 10.4 | 12.2 | 99 |
| | 焦炉煤气 | Nm ³ | 173.5 | 13.6 | 99 |
| | 其他煤气 | Nm ³ | 52.3 | 12.2 | 99 |
| | 炼厂干气 | Nm ³ | 46.1 | 18.2 | 99 |

- a) 数据来源：《中国能源统计年鉴 2012》，中国统计出版社，北京，2011。
- b) 数据来源：《省级温室气体清单编制指南（2011 年试行版）》表 2.6 和表 2.7。
- c) 数据来源：《中国温室气体清单研究》，表 2-54(a)，中国环境科学出版社，北京，2007。
- d) 数据来源：《公共机构能源消耗统计制度》，六、附录（二），国务院机关事务管理局制定，国家统计局审批，2011 年 7 月。
- e) 1M=1×10⁶；1G=1×10⁹；1T=1×10¹²。