

文章编号: 1000-2278(2010)04-0617-06

景德镇日用陶瓷生产的生命周期评价(LCA)初探

夏光华 左建林

(景德镇陶瓷学院材料科学与工程学院, 江西 景德镇 333403)

摘 要

对不同装饰工艺过程的日用陶瓷进行输出输入的清单分析以及相应生命周期各阶段环境影响潜值的统计计算与分析, 结果表明, 景德镇地区日用陶瓷生产产生的环境影响潜值为釉上彩 0.259, 釉中彩 0.287, 釉下彩 0.229。日用陶瓷生产的生命周期评价(LCA)作为一种有效定量分析工具可为该类产品实施 ISO14000 认证提供有效的技术支持。

关键词 日用陶瓷生产, 生命周期评价(LCA), 釉上, 釉中, 釉下

中图分类号: TQ174.73 文献标识码: A

1 前 言

我国是传统日用陶瓷生产大国。然而, 传统日用陶瓷生产工艺具有资源和能源消耗大、对环境产生污染等特点, 涉及到多种生产加工过程。按生命周期各阶段的能源、资源消耗和污染物排放进行比较分析, 可以系统地认识各工艺过程环境负荷及能源、资源消耗, 从而为日用陶瓷生态产品的设计提供帮助。本文遵循 ISO14040-14043 系列标准^[1-4], 拟对景德镇地区不同装饰工艺的日用陶瓷生产进行较为系统地 LCA 评价。

2 研究对象与功能单位

研究对象为三种不同彩饰的陶瓷产品, 因为日用陶瓷制品按装饰工艺划分 釉上彩、釉中彩和釉下彩。釉上彩陶瓷以釉面贴花为代表, 是当今市场上的大众产品。釉中彩是通过彩烤使花色渗入釉层内的一类陶瓷, 是国内外陶瓷行业公认的高档日用瓷。它具有装饰颜色品种丰富和高光泽、无铅镉溶出危害等特点; 而釉下彩陶瓷是指釉层下的花色装饰, 以中国景德镇

青花瓷为代表, 还有蓝花、五彩等, 具有釉面晶莹润泽、白里泛青、高雅玉洁和无铅镉溶出危害等优点。

功能单位采用 1 吨日用陶瓷产品。

3 研究目标与系统边界

研究目标是通过分析景德镇地区日用陶瓷生产不同生命周期阶段的资源消耗与环境排放, 建立我国日用陶瓷生产生命周期基础数据库, 辨识现有陶瓷生产工艺各过程对环境影响的相对大小, 找出影响环境现状的主要干扰因子, 寻求改善生产工艺和产品结构的措施, 并提供开展清洁生产的机会与途径, 为进一步开展、实施 ISO14000 标准提供技术支持。

本研究根据 ISO14041 标准^[2], 结合研究目标及我国陶瓷工业普遍采用的工艺流程, 确定了系统边界, 主要包括配料、成型、烧成和彩烤生产过程(见图 1)。范围界定在直接采用标准化原料和直接废物排放, 不考虑原料加工、辅助材料制造等过程。坯体干燥以窑体余热为主要热源。燃料为焦化煤气, 不考虑其制备过程。

传统日用陶瓷生产多使用天然矿物原料, 由于其直接来自自然界, 经过漫长的演变过程, 其组成及存

收稿日期 2010-06-29

基金项目 国家自然科学基金资助(编号: 50562002)

通讯联系人 夏光华, E-mail: xiagh6565@163.com

(C)1994-2020 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www.cnki.net>

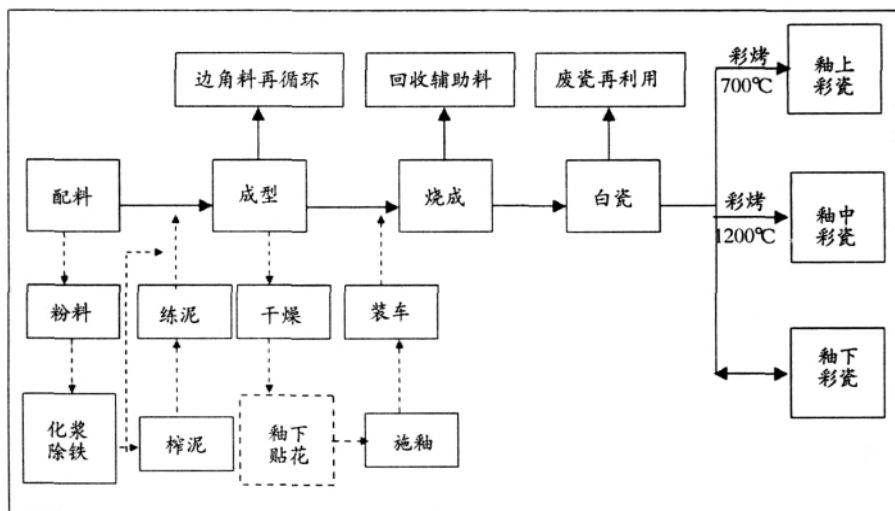


图1 景德镇日用陶瓷生产系统边界

Fig.1 System boundary for LCA of household porcelain production

在形式与周围环境达到了最佳的协调与稳定,以此制成的制品废弃后,与周围环境也会有较好的亲和性,不会对水系和土壤造成污染。另外,还由于陶瓷制品使用寿命长,相对环境负荷小,对人体不会产生直接危害,无二次污染,因而暂不考虑其最终的废弃处置。

4 输出输入清单

根据上述边界划分,将景德镇日用陶瓷生产的生命周期各阶段进一步细化为相对独立的过程单元,并进行相关数据的收集与统计。

数据主要来源于《日用陶瓷工业手册》,景德镇陶瓷工业设计研究院的《工厂设计技术报告》资料;其次为发表的相关文献资料,企业生产运行实测数据,环保部门的监测报告和相关研究的文献等^[5-7]。

景德镇日用陶瓷生产生命周期各阶段资源、能源消耗和污染物排放清单分析计算结果如表1所示。

5 生命周期影响评价

根据清单分析结果,遵循 ISO14042 标准,将日用陶瓷生产的环境影响类型分为全球变暖、酸化、富营养化、烟尘和固体废物五种^[8],前三种分别以 CO_2 、 SO_2 和 NO_3^- 为参照物。根据各环境干扰因子与参照物之间的当量关系^[9],计算出每种影响类型的环

境影响潜值,然后对其进行标准化和赋值,得到赋权后环境影响潜值,其中的标准化基准和赋权评估中权重大小的确定采用杨建新等《中国产品生命周期影响评价模型》中的计算结果^[10-12]。

影响评价的结果表明(见表2)不同装饰工艺生产的日用陶瓷总的环境影响潜值分别为釉上彩0.47、釉中彩0.52、釉下彩0.41。同时从图2也可看出,无论何种环境影响类型,釉上和釉中彩瓷的潜值均高于釉下彩的,以釉下彩的环境影响潜值最小,可促进其绿色产品化。釉上彩居中,但它在使用过程中存在铅镉溶出危害,且不宜作为微波炉用瓷。我们发现,作为高档日用瓷的釉中彩瓷的潜值最高,而这点一直未被人们所认识。

6 生命周期解释

6.1 资源与能源消耗

陶瓷原料是地壳中含量丰富的硅、铝、钙、镁等元素的氧化物、碳化物、氮化物,属于高克拉克指数材料。从宏观上看,资源地域分布广,几乎不受制约。因此,资源消耗不会约束陶瓷工业的发展。

日用陶瓷各个阶段都要消耗一定的能源。从表1中可知,釉中彩陶瓷能耗最大,釉上次之,釉下最小。本研究中采用的能源为清洁气体燃料,从而大大减少了各种污染物排放,提高了热效率。

表 1 景德镇生产 1 吨陶瓷的生命周期清单
Tab.1 Life cycle inventory for producing 1 ton of household porcelain

环境要素	污染因子	原料	成型	烧成	釉上	总计	釉中	总计	釉下	总计
原材料消耗	瓷石 t/t	0.9756				0.9756		0.9756		0.9756
	高岭 t/t	0.4151				0.4151		0.4151		0.4151
	长石 t/t	0.1115				0.1115		0.1115		0.1115
	石英 t/t	0.0491				0.0491		0.0491		0.0491
	其他 t/t	0.0268				0.0268		0.0268		0.0268
能源消耗	水 t/t	19	7	3		29		29		29
	煤气 Bm/t			2500	320	2820	629	3129		2500
	耗电 度 /t	220	200	190	60	670	134	744		610
	CO ₂ Kg/t			2404.8	307.8	2712.6	605	3009.8		2404.8
	SO ₂ Kg/t			2.28	0.29	2.57	0.58	2.86		2.28
大气污染	NO _x Kg/t			3.86	0.49	4.35	0.97	4.83		3.86
	铅 Kg/t				0.007	0.007	0.009	0.009		
	镉 Kg/t				0.018	0.018	0.03	0.03		
	CO Kg/t			0.013		0.013		0.013		0.013
	烟尘 Kg/t			0.41	0.052	0.462	0.102	0.512		0.41
水污染	粉尘 Kg/t	0.29				0.29		0.29		0.29
	NO ₃ ⁻ g/t	13.47	9.163			22.633		22.633		22.633
	石油类 g/t	22.576				22.576		22.576		22.576
	氟化物 g/t	4.565	6.86			11.425		11.425		11.425
	SS g/t	64740	24080			88820		88820		88820
固体废物	COD g/t	372.17	439.46			811.63		811.63		811.63
	BOD ₅ g/t	73.787	119.77			193.557		193.557		193.557
	磁性废料 t/t	0.00675				0.00675		0.00675		0.00675
	废棚板 厘铤 t/t			0.34		0.34		0.34		0.34
	废石膏 t/t		0.17	0		0.17		0.17		0.17
其它	废瓷 t/t			0.07		0.07		0.07		0.07
	噪声 dB	90		90						
	铅溶出量 μg/ml				<5					
	镉溶出量 μg/ml				<0.5					

6.2 生命周期各阶段重大问题的确定

为了进一步确定和分析生产过程的环境影响及对生命周期各阶段的主要贡献,对釉上彩、釉中彩和釉下彩陶瓷生命周期各阶段的环境影响类型进行贡献分析,以确定具有最大贡献的环境干扰因子或过程

^[4] 通过数据分析,在日用陶瓷生产中环境干扰因子

对环境影响类型的贡献率有很大差异。在全球变暖、酸化和富营养化影响中主要的干扰因子分别为 CO₂, SO₂、NO_x,表明陶瓷生产中气体污染排放物相对而言对环境影响最大,这也正是陶瓷清洁生产要求使用清洁气体燃料的缘故。对环境的污染主要集中在烧成和彩烤过程中,这也正是釉下彩瓷环境影响潜值最小

表 2 三种日用陶瓷的生命周期影响评价
Tab.2 Life cycle impact assessment for three kinds of household porcelain

影响类型	环境干扰因子	参照物质	当量值	釉上总计 (kg/t 瓷)	环境影响 潜值	基准值	标准化	权重	赋权后环境 影响潜值
釉上	全球变暖	CO ₂	1	2.71× 10 ³	2.71× 10 ³	8.70× 10 ³	0.312	0.830	0.259
			2	0.013					
	酸化	SO ₂	1	2.57	5.62	36.0	0.156	0.730	0.114
			0.7	4.35					
			1.35	4.35					
	富营养化	NO ₃ ⁻	0.23	0.812	6.08	61.0	0.0998	0.730	0.0728
			1	0.0226					
	烟尘粉尘	烟尘 粉尘	1	0.462	0.752	18.0	0.0418	0.61	0.0255
			1	0.290					
	固体废弃物	磁性废料 废棚板匣钵 废石膏 废瓷	1	6.75	587	251	2.34	0.62	1.45
			1	340					
			1	170					
			1	70					
	全球变暖	CO ₂	1	3.01× 10 ³	3.01× 10 ³	8.70× 10 ³	0.346	0.83	0.287
			2	0.013					
	酸化	SO ₂	1	2.86	6.24	36	0.173	0.730	0.127
			0.7	4.83					
			1.35	4.83					
	富营养化	NO ₃ ⁻	0.23	0.812	6.73	61	0.110	0.73	0.0805
			1	0.0226					
釉中	烟尘粉尘	烟尘 粉尘	1	0.512	0.802	18	0.0446	0.610	0.0272
			1	0.290					
	固体废弃物	磁性废料 废棚板匣钵 废石膏 废瓷	1	6.75	587	251	2.34	0.620	1.45
			1	340					
			1	170					
			1	70					
	全球变暖	CO ₂	1	2.40× 10 ³	2.40× 10 ³	8.70× 10 ³	0.276	0.830	0.229
			1	2.28					
	酸化	SO ₂	1	2.28	4.98	36	0.138	0.73	0.101
			0.7	3.86					
			1.35	3.86					
	富营养化	NO ₃ ⁻	0.23	0.812	5.42	61	0.0888	0.730	0.0649
			1	0.0226					
釉下	烟尘粉尘	烟尘 粉尘	1	0.410	0.7	18	0.0389	0.610	0.0237
			1	0.290					
	固体废弃物	磁性废料 废棚板匣钵 废石膏 废瓷	1	6.75	587	251	2.34	0.62	1.45
			1	340					
			1	170					
			1	70					

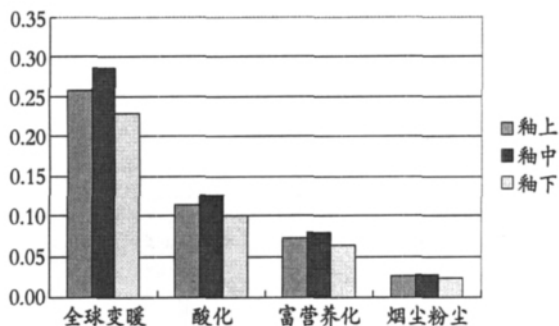


图 2 三种日用陶瓷生产工艺的环境影响比较

Fig.2 Environmental impact comparison for three household ceramic production techniques

(可以考虑加斜线等方式)

的根本原因。

7 结 论

(1) 通过对景德镇地区日用陶瓷生产的生命周期评价得出以下结论：

从环境影响的角度,生命周期评价可作为一种定量分析工具促进陶瓷生态产品设计和工艺过程与环境相协调发展。

(2) 生命周期影响评价结果表明,景德镇地区日用陶瓷生产总的环境影响潜值分别为釉中彩 0.52、釉上彩 0.47、釉下彩 0.41。与环境影响密切相关的工艺过程为烧成与彩烤,改进措施为降低能耗,降低废水排放,强化资源再利用。

(3) 对不同工艺技术的比较研究,釉下彩比釉中彩更具环境的优越性,釉中彩的焦点在于能耗偏大。根据我国国情,作为高档日用瓷,釉下彩(优为中国青花瓷)从社会经济及可持续发展角度更具综合实力,理应发扬光大,并且它还较好地符合 ISO14000 标准,这是本次研究的最大成果。通过建立并运行

ISO14000 环境管理体系将有助于我国釉下彩瓷的国际化,减少非关税贸易壁垒,提高中国陶瓷产品的国际市场竞争力。

(4) 对不同工艺过程的环境影响类型比较,生产过程的固体废弃物最大,但其基本上在生产中被循环再利用。废水的排放量为 18t/t 瓷,其中 SS 显著偏高,因而建议生产中循环使用。相对而言,温室气体排放量较大,产生的全球变暖影响潜值釉中彩 0.287、釉上彩 0.259、釉下彩 0.229。

参 考 文 献

- 1 GB/T.24040- 1999,ISO14040.环境管理 - 生命周期评价 - 原则与框架
- 2 GB/T.24041- 2000,ISO14041.环境管理 - 生命周期评价 - 目的与范围的确定和清单分析
- 3 GB/T.24042- 2002,ISO14042.环境管理 - 生命周期评价 - 生命周期影响评价
- 4 GB/T.24043- 2002,ISO14043.环境管理 - 生命周期评价 - 生命周期解释
- 5 杨物华.陶瓷工厂设计参考.南京 南京大学出版社,1993
- 6 黄浪欢等.陶瓷窑炉 NO_x 的污染与防治.中国陶瓷,2000,(6): 23~25
- 7 尹奇德等.陶瓷清洁生产研究.陶瓷,2001,(5):36~39
- 8 杨建新. 生命周期环境影响类型分类研究. 上海环境科学, 1999,18(6)
- 9 Wenzel H, Hauschild M, Alting L. Environment Assessment of Products. London: Chapman & Hall, 1997
- 10 杨建新等. 中国产品生命周期影响评价方法研究.环境科学学报,2001,21(2)
- 11 Nielsen P H and Yang J X. Chinese normalization references and weighting factors- according to the EDIP impact assessment method. Department of Manufacturing Engineering, Technical University of Denmark, KPD 19- 99
- 12 <http://ipt.dtu.dk/employ/pn.htm>

LIFE CYCLE ASSESSMENT OF HOUSEHOLD PORCELAIN PRODUCTION

Xia Guanghua Zuo Jianlin

(School of Materials Science and Engineering, Jingdezhen Ceramic Institute, Jingdezhen Jiangxi 333403, China)

Abstract

This paper illustrates the inventory analysis of the household ceramic output and input in different decorating processes, and the environmental impact potential at each stage of their life cycle is calculated and explained. The results show: the environmental impact of overglaze, inglaze, and underglaze decoration is 0.287, 0.259 and 0.229, respectively. LCA of household porcelain production is an effective tool for quantitatively evaluating the ecological design of a product.

Keywords household porcelain production, life cycle assessment, overglaze, inglaze, underglaze