

基于生命周期评价的陶瓷墙地砖 与陶瓷薄板对比分析

谢阿弟, 王洪涛

(四川大学建筑与环境学院, 四川 成都 610065)

摘要: 本文采用生命周期评价(Life Cycle Assessment, LCA)方法,建立了陶瓷墙地砖从原料开采到产品出厂的生命周期模型,研究了陶瓷墙地砖生命周期的环境影响,并对墙地砖与薄板的环境影响进行了评价。结果表明:陶瓷墙地砖主要的环境影响类型是不可再生资源消耗、初级能源消耗、富营养化、酸化效应;陶瓷墙地砖生命周期的环境影响主要来自重油生产、陶瓷墙地砖生产、电力生产、粘土生产;薄板的不可再生资源、初级能源消耗、富营养化指标均大幅度优于墙地砖。

关键词: 生命周期评价; 陶瓷墙地砖; 陶瓷薄板

引言

陶瓷墙地砖作为建筑行业的重要组成部分,与国民生产和经济发展有着密切的联系。近年来,我国陶瓷墙地砖产业发展迅速,2011年总产量达97亿m²,产量位居世界第一^[1-2]。陶瓷墙地砖行业属于典型的高能耗、高污染行业,因此其进行生命周期分析,找出其环境影响的关键环节,对于整个行业的技术革新、清洁生产和节能减排都有着重要意义。目前,一些企业开始研究生产更轻的陶瓷薄板,用以替代墙地砖。企业选择陶瓷薄板时,通常是出于经济成本的考虑,而未分

析评价其环境负担。

本文采用生命周期评价方法(LCA)建立陶瓷墙地砖从原材料开采到产品出厂为止的生命周期模型,计算了陶瓷墙地砖的环境影响并分析了不同阶段对各环境影响的贡献;同时,对比分析了陶瓷墙地砖与陶瓷薄板两种不同技术的环境影响差异。

1 陶瓷墙地砖生命周期评价

1.1 目标与范围定义

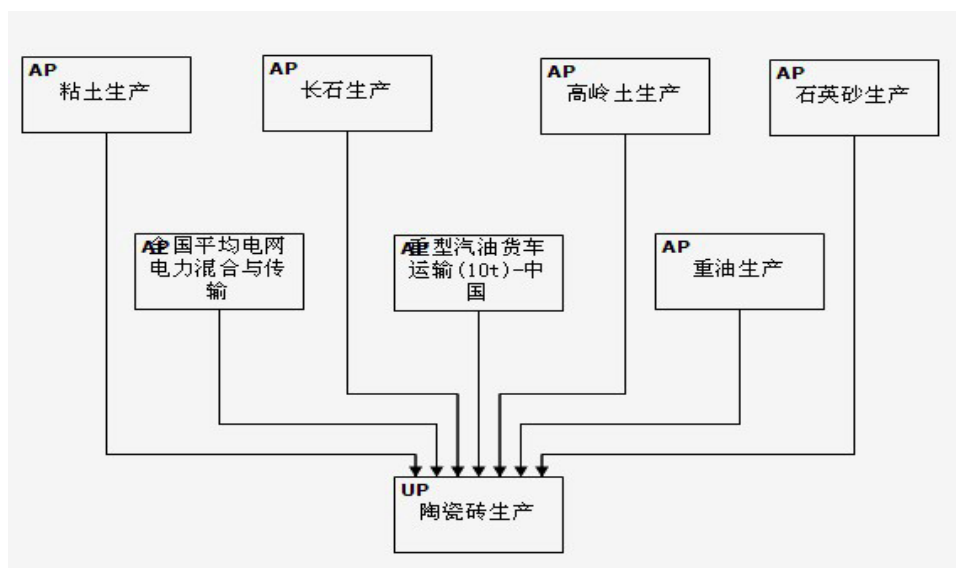


图1 陶瓷墙地砖生命周期流程图

本文研究目标是建立陶瓷墙地砖的生命周期模型，找出主要环境影响类型，并分析主要贡献过程和产生的原因；本研究选取生产 1m²陶瓷墙地砖作为功能单位。系统边界定义为原材料及能源生产、产品生产和运输阶段，系统边界未包括产品的使用、废弃阶段。图 1 为使用国内开发的 LCA 软件 eBalance 建立的陶瓷墙地砖的生命周期流程图。

1.2 生命周期清单分析与建模

1.2.1 陶瓷墙地砖生产过程的清单数据

陶瓷墙砖生产所需原材料粘土、长石、高岭土和石英砂数据采用某墙地砖企业提供的原配方计算得出；公路运输的数据由该企业提供的原材料产地进行估算，电耗和重油消耗及新鲜水数据亦由该企业提供^[4-5]；环境排放数据如 SO₂、NO_x、颗粒物、氟化物、矿渣和 CO₂ 来自中国陶瓷行业污染源普查统计结果^[7]和基于政府间气候变化专门委员会（IPCC）的模型计算的出。陶瓷墙地砖的生产过程的清单数据见表 1。

表 1 陶瓷墙地砖生产过程的清单数据 kg/m²墙地砖

产品投入	石英砂	4.875
	高岭土	4.875
	粘土	14.63
	长石	6.5
	重油	3.568
	电力	3.36
	公路运输	0.325
	新鲜水	550

表 2 陶瓷墙地砖生命周期影响类型特征化、归一化指标

	初级能源消耗	酸化效应	富营养化	可吸入无机物	温室效应	化学需氧量	固体废物	新鲜水消耗	不可再生资源消耗
特征化指标	7.847 kg ce	0.15 kg SO ₂ eq	0.011 kg PO ₄ ³⁻ eq	0.051 kg PM2.5	19.93 kg CO ₂ eq	0.026 kg	5.4 kg	3336 kg	125.2 kg Coal-R eq
归一化指标	5.66×10 ⁻¹²	4.12×10 ⁻¹²	4.58×10 ⁻¹²	2.72×10 ⁻¹²	1.89×10 ⁻¹²	5.32×10 ⁻¹³	7.3×10 ⁻¹³	5.56×10 ⁻¹³	8.1×10 ⁻¹²

注：归一化指标无量纲

表 3 陶瓷墙地砖生命周期过程对环境影响类型的贡献率

生命周期过程	初级能源消耗	酸化效应	富营养化	可吸入无机物	全球变暖	化学需氧量	固体废物	新鲜水消耗	不可再生资源消耗
粘土生产	0.26%	0.28%	0.69%	0.23%	0.21%	0.69%	0.00%	0.44%	31.21%
重油生产	72.34%	6.57%	12.87%	3.02%	12.89%	92.42%	0.98%	0.72%	17.20%
电力生产	17.37%	10.56%	10.48%	9.41%	15.97%	0.61%	11.73%	0.32%	1.83%

环境排放	SO ₂	0.084
	NO _x	0.05
	颗粒物	0.031
	氟化物	0.000335
	矿渣	4.4
	CO ₂	12.75

注：电力单位为 kW·h/m²陶瓷墙地砖，公路运输的单位为 t·km/m²玻陶瓷墙地砖

1.2.2 上游流程的清单数据

陶瓷墙地砖生产的上游流程包括粘土、高岭土、长石、石英砂等原材料生产及电力生产、重油生产、公路运输等过程。这些过程的生命周期清单数据均来自于中国生命周期参考数据库 CLCD。其中部分数据和国外数据库 Ecoinvent 中相同产品数据进行的比对和修正，以保证数据的准确性和完整性。

1.3 建模与生命周期影响评价

利用 eBalance 软件建立陶瓷墙地砖生命周期模型，可计算出 1 功能单位陶瓷墙地砖的生命周期结果。本文选择温室效应、酸化效应、富营养化、初级能源消耗、不可再生资源消耗、可吸入无机物、化学需氧量、新鲜水消耗和固体废物 9 类环境影响类型，计算陶瓷墙地砖生命周期的影响类型的特征化、归一化指标以及各个过程对每种影响类型的贡献率，见表 2、3。

陶瓷墙地砖生产	0.00%	79.27%	59.02%	85.85%	63.99%	0.00%	87.30%	16.49%	0.00%
长石生产	1.65%	0.51%	1.90%	0.32%	1.11%	1.00%	0.00%	13.44%	13.93%
高岭土生产	7.53%	2.34%	13.87%	0.92%	5.13%	3.75%	0.00%	63.88%	14.24%
石英砂生产	0.62%	0.20%	0.47%	0.10%	0.51%	1.19%	0.00%	4.71%	19.10%

从表2中的归一化指标可以看出,陶瓷墙地砖生命周期主要的环境影响类型为不可再生资源消耗、初级能源消耗、富营养化、酸化效应、可吸入无机物、全球暖化。从表5的贡献分析结果可知,陶瓷墙地砖生命周期的环境影响主要来自重油生产、陶瓷墙地砖生产、电力生产、粘土生产四个过程,其他过程仅对个别环境影响有贡献。

不可再生资源消耗主要来自粘土生产、石英砂生产、重油生产等过程(67.51%),这是因为陶瓷墙地砖生产需要很多原材料,这些原料的生产过程需要大量的资源;初级能源消耗主要来自重油生产和电力生产过程(89.71%);富营养化主要来自陶瓷墙地砖生产、高岭土生产、重油生产过程(85.76%);酸化效应主要来自陶瓷墙地砖生产、电力生产过程(89.83%);可吸入无机物主要来自陶瓷墙地砖生产、电力生产过程(95.26%);全球暖化主要来自陶瓷墙地砖生产、电力生产和重油生产过程(92.86%)。因此,浮法玻璃行业节能减排的主要改进方向是改进生产工艺、降低原料消耗、考虑替代燃料和采取尾端处理。

2 与陶瓷薄板的对比分析

2.1 陶瓷薄板的清单数据

陶瓷薄板作为最新的地砖替代产品,主要是保证产品性能的前提下改进生产工艺,降低生产过程资源、能源的消耗。因此陶瓷薄板的生命周期模型与墙地砖差别不大,选取生产1m²陶瓷薄板为功能单位。陶瓷薄板的生产和生产技术还不够成熟,本文中陶瓷薄板的原料消耗、能耗和环境排放数据,均由某陶瓷企业提供,数据个别企业,不能表示整个行业水

平。如表4所示为陶瓷薄板的清单数据。

表4 陶瓷墙地砖生产过程的清单数据 kg/m²墙地砖

产品投入		kg/m ² 墙地砖
	石英砂	1.725
	高岭土	1.725
	粘土	5.175
	长石	2.3
	重油	1.627
	电力	4.6
	公路运输	0.115
	新鲜水	65.7
环境排放		kg/m ² 墙地砖
	SO ₂	0.0298
	NO _x	0.028
	颗粒物	0.0178
	矿渣	0.627
	CO ₂	4.55

注:电力单位为kW·h/m²陶瓷墙地砖,公路运输的单位为t·km/m²陶瓷墙地砖

2.2 陶瓷薄板的建模与对比分析

在eBalance软件中建立模型并输入清单数据,关联上游过程,可计算获得陶瓷薄板的生命周期结果。其归一化指标结果如表5所示。两种产品的归一化结果五个最明显指标的对比分析见图2。

表5 陶瓷墙地砖生命周期影响类型特征化、归一化指标

	初级能源消耗	酸化效应	富营养化	可吸入无机物	温室效应	化学需氧量	固体废物	新鲜水消耗	不可再生资源消耗
归一化指标	3.15E-12	3.13E-12	2.31E-12	1.23E-12	1.03E-12	2.47E-13	2.40E-13	1.34E-13	3.56E-12

由图2可知,陶瓷薄板的各项环境指标较陶瓷墙地砖均有较大幅度的降低。其中不可再生资源、初级能源消耗、富营养化指标降低最为明显,而酸化指标降低幅度较小。因此,从环境的角度来看,采用陶瓷薄板来代替陶瓷墙地砖可以大幅度降低能耗、物耗和环境污染,是更环境友好型产品。

3 结论

(1) 陶瓷墙地砖生命周期主要的环境影响类型为不可再生资源消耗、初级能源消耗、富营养化、酸化效应、可吸入无机物、全球暖化;陶瓷墙地砖生命周期的环境影响主要来自重油生产、陶瓷墙地砖生产、

(下转第227页)

参考文献

- [1] GB/T3840-91 制定地方大气污染物排放标准的技术方法[S].
- [2] 国家环保总局环境规划院. 城市大气环境容量核定技术报告编制大纲. 2004.

The application of A-P value method in calculate of urban atmosphere capacity in Quanzhou

Lin zhijie

Abstract: In order to reasonably establish total quantity control target and control strategy, make full use of limited atmospheric environmental capacity and provide the technical support for The Eleventh Five-Year city environmental protection plant. The article calculate the actuality environmental capacity and maximal environmental capacity of three kinds of air pollutants in Quanzhou base on scientific measure called A-P value. The results can provide the scientific suggestions for government's scheme of removing the pollutant source and optimizing distribution of the pollutant source, also provide scientific suggestions.

Keywords: A-P value; atmospheric environmental capacity; calculate; application.

(上接第 210 页)

电力生产、粘土生产四个过程。陶瓷墙地砖行业进行节能减排的主要途径是改进工艺、降低物耗。

(2) 陶瓷薄板生命周期的主要环境类型为不可再生资源、初级能源消耗、酸化和富营养化;薄板的不可再生资源、初级能源消耗、富营养化指标均大幅度优于墙地砖。就环境效益来看,陶瓷薄板时陶瓷墙地砖理想的替代产品。

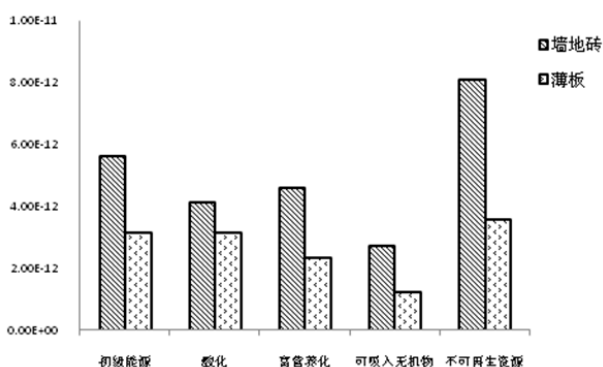


图 2 墙地砖与薄板的归一化指标

参考文献

- [1] 谭绍祥. 广东陶瓷行业节能和发展循环经济的现状问题与对策[J]. 2007(05).
- [2] 闫浩, 胡澄清. 中国建筑卫生陶瓷行业发展现状及趋势[J]. 中国陶瓷. 2006(06).
- [3] 张根栓, 刘剑, 汪桂钧, 等. 陶瓷砖辊道窑的发展趋势[J]. 2009(01).
- [4] 刘纯, 刘幼红, 王晓兰. “建筑卫生陶瓷产品单位能耗定额”调研报告[J]. 2009(03).
- [5] 浙江省质量技术监督局. 建筑陶瓷单位产品综合能耗限额[S]. 2008.
- [6] 中国建筑材料工业年鉴. 中国建筑材料工业年鉴社[M]. 2007.
- [7] 国务院第一次全国污染源普查领导小组办公室. 第一次全国污染源普查工业污染源产排污系数手册: 7 非金属矿物制品业[M]. 北京: 中华人民共和国环境保护部, 2008: 63-70.
- [8] 李晓鹏, 王志宏. 我国卫生陶瓷生命周期影响评价研究[M]. 2009.
- [9] 刘夏璐. 中国 LCA 数据库的清单数据获取方法及基础生命周期模型[J]. 环境科学学报, 2010, 30(10): 2136-2144.