

基于 LCA 的汽车钢化玻璃碳足迹量化评估研究

温玉刚,雷丛瑄,许威,王睿,李爽,涂昊
(中国国检测试控股集团股份有限公司,北京 100024)

摘要:碳足迹作为产品碳排放分析与评估的量化参数,已经成为低碳产业经济的重要考量。本研究选择某汽车玻璃企业 2 款钢化玻璃产品作为研究对象,依据 PAS 2050 及 ISO 14067 基于 LCA 的碳足迹核算方法评估汽车玻璃产品从“摇篮到大门”周期内的潜在环境影响。经计算,该企业 2 款汽车钢化玻璃单位产品生命周期碳足迹分别为 18.46 kgCO₂e、24.27 kgCO₂e;生命周期内温室气体对环境的影响主要集中在原材料(平板玻璃)获取和产品制造阶段。因此,提高平板玻璃利用率、降低产品电耗是降低汽车玻璃环境影响的主要措施。

关键词:汽车玻璃;生命周期评价;碳足迹

The Quantitative Evaluation Research of Carbon Footprint of Automotive Tempered Glass based on LCA

Wen Yugang, Lei Congxuan, Xu Wei, Wang Rui, Li Shuang, Tu Hao
(China Building Material Test & Certification Group Co., Ltd., Beijing 100024)

Abstract: The carbon footprint as a quantization parameter of product carbon emission analysis and evaluation has been a key of a low-carbon economic development. In this study, two kinds of vehicle tempered glass are selected as research objects to calculate potential environmental impacts from "cradle to gate" according to LCA based carbon footprint accounting methodology as specified in PAS 2050 and ISO 14067. The result indicates that carbon footprints of these two kinds of automotive glass products are respectively 18.46 kgCO₂e as well as 24.27 kgCO₂e, and the environment impacts causing greenhouse gas emission concentrate on the stage of raw material acquisition and production. Therefore, raising the efficiency rate of plain glass and lowering energy consumption play vital roles for the automotive glass industry to transition to green and low-carbon development.

Keywords: automotive glass, life cycle assessment, carbon footprint

0 引言

温室气体的大量排放所导致的气候问题日益严重,已经引起世界各国和公众的普遍关注。为应对气候变化,低碳经济成为世界产业发展的主趋势。中国在 2020 年 9 月举办的第七十五届联合国大会一般性辩论上对国际社会作出了“2030 年碳达峰,2060 年碳中和”的庄严承诺。我国的碳排放总量中,交通运输是仅次于发电和供热、制造业和建筑业用能的第三领域,这三个领域碳排放合计占比超过 70%,汽车行业与这几个领域均有关联,是减少碳排放以实现“双碳”战略目标的重要组成。随

着汽车企业陆续发布碳中和计划时间表,碳减排压力必然向供应链转移,而汽车玻璃是汽车产业链上不可或缺的一环,其碳足迹的量化核算具有现实意义。

1 评估方法

1.1 生命周期评估方法

生命周期评价(Life Cycle Assessment, LCA)是系统性量化评估产品从原材料获取阶段开始,历经生产、使用、处理、循环,直到最终处置的整个生命周期内由资源、能源消耗和污染物排放造成的环境

影响的标准化方法^[1],被认为是评估产品环境影响的最佳方法。ISO 14040 是全世界范围内第一个完整的生命周期环境影响评估技术框架,主要包括目标和范围的确定、生命周期清单分析、生命周期影响评估和结果解释等部分^[2]。

1.2 碳足迹评估方法

碳足迹是由哥伦比亚大学提出的“生态足迹”概念发展而来,用于衡量人类生产活动中所排放和清除的温室气体总量。经历了从学术研究到商业应用的不同发展阶段,碳足迹已经成为国际上广泛采用的量化温室气体对于气候变化影响的重要绩效指标,也是 LCA 技术评价方法的重要应用。目前主要的产品碳足迹评估标准有英国标准协会(BSI)的 PAS 2050 标准、世界可持续发展工商理事会(WBCSD)和世界资源研究所(WRI)共同制定的温室气体核查议定书 GHG Protocol 以及国际标准化组织(ISO)发布的 ISO 14067 等标准^[3]。

PAS 2050《商品和服务在生命周期内的温室气体排放评价规范》是世界上第一个产品碳足迹核算标准,企业不仅可以利用标准规定的方法去管理自身温室气体排放量,还可以识别产品设计、生产和供应过程中的碳减排机会,最终开发出温室气体排放量更少的新产品。

GHG Protocol(2011)《温室气体核算体系》是要求最为详细的碳足迹核算标准,可以帮助企业精确、系统地计算其生产活动中的碳足迹,为实现碳减排目标提供数据支撑。

ISO 14067《温室气体-产品碳足迹-量化要求和指南》是国际标准化组织在 2013 年发布的用以评估产品整个生命周期温室气体排放量的具体核算方法^[4]。该标准包括了量化/计算和沟通/标识两个部分,允许产品碳排放数据在供应链、顾客与相关利益方之间沟通,提高了碳足迹结果在全球范围内的可比性,被认为是最具普遍性的碳足迹核算方法。

碳足迹用于评估产品(或服务)生命周期内的二氧化碳排放量,与 LCA 方法中的全球暖化潜值指标相一致,因此可采用基于生命周期评估的过程分析法核算碳足迹^[5]。

2 汽车钢化玻璃产品生产生命周期碳足迹评估

2.1 汽车钢化玻璃生产过程

汽车钢化玻璃生产工艺流程包括平板玻璃预处理、钢化、包装等过程,具体如图 1 所示。

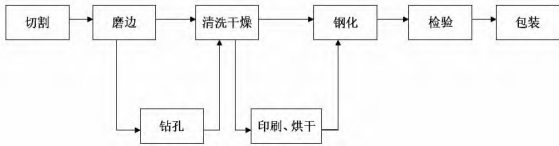


图 1 汽车钢化玻璃工艺流程

2.2 生产生命周期系统边界

本文研究选择的评估模式为从资源开采、原辅料生产及运输、能源生产、产品生产到产品出厂,即从摇篮到大门模式。系统边界划分结合汽车玻璃的工艺特点,最终将系统边界确定为原材料生产(平板玻璃等)、能源生产(电力、天然气等)、运输(主要原材料的运输)^[6]和产品生产共四个阶段,建立的生命周期系统边界如图 2 所示。

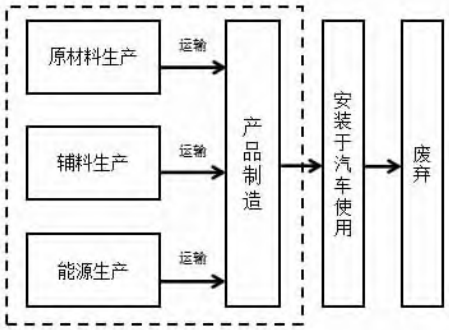


图 2 汽车玻璃生命周期系统边界

2.3 评估采用的数据

基于行业惯例,以生产的 1 m^2 汽车钢化玻璃(厚度为 5 mm)为功能单位来表示。

数据收集包括实景数据收集及背景数据使用。实景数据是指产品生产阶段的清单数据,包括资源消耗、能源消耗等,主要包括生产过程的能源及水资源消耗、产品原材料的使用,还包括运输数据,即

产品原材料等从制造地点到制造工厂的运输距离及运输方式^[7]。本研究采用的实景数据来自某企业2021年实际数据,背景数据源自中国生命周期基础数据库(Chinese Life Cycle Database,CLCD),处理后得到的典型清单如表1、表2和表3所示。

表1 5 mm BT 钢化玻璃 过程清单数据表

类型	清单名称	数量	单位
产品产出	钢化玻璃	1	m ²
原材料/物料	水	0.01	t
原材料/物料	平板玻璃	12.5	kg
能耗	电力	6.5	kWh

表2 5 mm GT 钢化玻璃 过程清单数据表

类型	清单名称	数量	单位
产品产出	钢化玻璃	1	m ²
原材料/物料	水	0.01	t
原材料/物料	平板玻璃	12.5	kg
能耗	电力	14.5	kWh

表3 过程运输信息表

物料名称	重量	起点	终点	运输距离	运输类型
平板玻璃	12.5 kg	浮法厂	加工厂	300 km	货车运输

注:水、电、平板玻璃及运输数据上游数据来源均来自 CLCD 数据库。

2.4 数据取舍原则

数据取舍原则为:能源的所有输入均列出;主要原料的输入均列出;辅助材料质量小于原料总消耗0.01%的项目输入可以忽略;小于固体废弃物排放总量1%的一般性固体废弃物可以忽略;忽略的单项物质(能量)流或单元过程对环境影响的贡献均不应超过1%;所有忽略的物质(能量)流与单元过程对环境影响贡献总和不应超过5%,并予以说明^[8]。因为汽车钢化玻璃产品虽然看似单一,但是涉及原片玻璃的种类如平板玻璃、镀膜玻璃,钢化玻璃制品上是否有遮阳带、黑边、电热线等因素影响,这些因素、过程的原材料消耗、电力的消耗等都会直接或间接造成环境排放,在数据取舍时应考虑全面。

2.5 LCA 评估结果

本文采用亿科环境研发的 LCA 分析 eFootprint 软件系统,建立了汽车钢化玻璃生命周期模型,并计算得到 LCA 结果,计算指标为气候变化(GWP)、初级能源消耗(PED)、水资源消耗(WU)、酸化(AP)、非生物资源消耗潜值(ADP)、富营养化潜值(EP)、可吸入无机物(RI)、臭氧层消耗(ODP)、光化学臭氧合成(POFP)。两种工艺玻璃生产生命周期环境影响评价、生命周期各阶段对环境影响的相应贡献分别见表4和表5,清单数据灵敏度见表6,BT 钢化玻璃及 GT 钢化玻璃生命周期各环境影响指标对单元过程总环境影响的贡献见图3和图4;各阶段碳足迹分布情况分别见图5和图6。

表4 生命周期环境影响评价结果

环境影响类型指标	影响类型指标单位	LCA 结果
GWP	kg CO ₂ eq.	4.27E+01
PED	MJ	5.28E+02
WU	kg	4.58E+03
AP	kg SO ₂ eq.	4.40E-01
ADP	kg antimony eq.	2.11E-03
EP	kg PO ₄ ³⁻ eq.	4.00E-02
RI	kg PM _{2.5} eq.	7.00E-02
ODP	kg CFC-11 eq.	1.80E-06
POFP	kg NMVOC eq.	1.80E-01

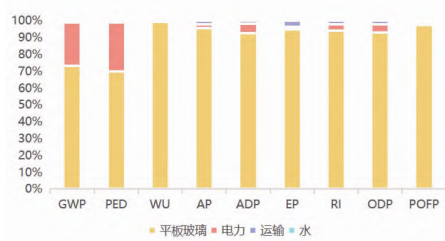


图3 BT 钢化 生命周期各环境影响指标对单元过程总环境影响的贡献

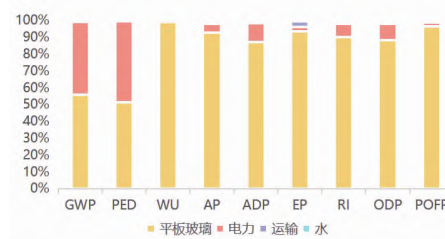


图4 GT 钢化 生命周期各环境影响指标对单元过程总环境影响的贡献

表 5 生命周期评价累积贡献结果

过程名称	GWP	PED	WU	AP	ADP	EP	RI	ODP	POFP
GT 钢化	24.27	304.15	2291.64	0.23	1.09E-03	0.02	0.04	9.28E-07	0.09
BT 钢化	18.46	223.45	2286.75	0.22	1.02E-03	0.02	0.04	8.78E-07	0.09

表 6 清单数据灵敏度表

清单名称	过程	GWP	PED	WU	AP	ADP	EP	RI	ODP	POFP
GT 钢化	GT 钢化	56.80%	57.65%	50.05%	50.72%	51.57%	50.36%	51.10%	51.40%	50.30%
BT 钢化	BT 钢化	43.20%	42.35%	49.95%	49.28%	48.43%	49.64%	48.90%	48.60%	49.70%
平板玻璃	GT 钢化	31.63%	29.52%	49.60%	47.10%	44.92%	47.14%	45.95%	45.28%	48.47%
平板玻璃	BT 钢化	31.63%	29.52%	49.60%	47.10%	44.92%	47.14%	45.95%	45.28%	48.47%
电力	GT 钢化	24.66%	27.73%	0.45%	2.62%	5.70%	1.32%	4.01%	5.08%	1.09%
电力	BT 钢化	11.05%	12.43%	0.20%	1.18%	2.55%	0.59%	1.80%	2.28%	0.49%
运输	GT 钢化	0.51%	0.40%	3.98E-05	1.00%	0.95%	1.90%	1.14%	1.04%	0.74%
运输	BT 钢化	0.51%	0.40%	3.98E-05	1.00%	0.95%	1.90%	1.14%	1.04%	0.74%
水	BT 钢化	2.79E-05	2.97E-05	0.14%	1.41E-05	7.32E-06	1.54E-05	2.62E-05	1.44E-06	2.64E-06
水	GT 钢化	2.79E-05	2.97E-05	0.14%	1.41E-05	7.32E-06	1.54E-05	2.62E-05	1.44E-06	2.64E-06

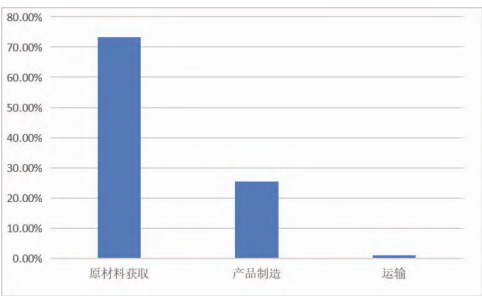


图 5 BT 工艺 碳足迹分布

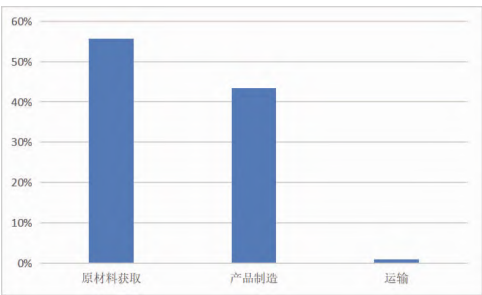


图 6 GT 工艺 碳足迹分布

由表 4、表 5 可知,碳足迹评估产品生命周期内的二氧化碳排放量,与 LCA 方法中的全球暖化潜值指标相一致,其中 BT 钢化产品碳足迹为 1846 kgCO₂e, GT 钢化产品碳足迹为 24.27 kgCO₂e。由图 5 及图 6 可知,原材料获取阶段对温室气体排放影响程度最

大,产品制造阶段影响也非常明显,随着单位产品电耗的增加,产品制造阶段对温室气体排放影响逐渐增大。

2.6 改进建议

由评估结果定量分析可知同种类的产品,因生产工艺不同时,碳足迹可能存在较大差异。本文中 2 种类型产品均在原材料获取、产品制造阶段对温室气体排放影响程度最大,是决定该产品环境性能的关键环节。因此,提高平板玻璃的利用率、降低制造能耗是汽车玻璃企业降低潜在环境影响的主要途径。

3 结束语

本文 5 mm 平板玻璃采用的是数据库数据,该厚度产品属于典型原材料,当评估由厚度较薄的平板玻璃(如 2.0 mm)制造的产品时,应尽量收集现场数据,毕竟汽车玻璃用平板玻璃与典型平板玻璃产品仅从单位产品能耗上就有一定差距。同时国家电力能源结构的优化也直接影响产品碳足迹评估,建议合理选择电力排放因子。另外汽车钢化玻璃功能单元的确定与传统的流程型材料不同,平板玻璃

(下转第 37 页)

[2] 国家质量监督检验检疫总局, 国家标准化管理委员会. 道路车辆 电磁兼容性要求和试验方法: GB 34660—2017 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2017.

[3] 国家质量监督检验检疫总局, 国家标准化管理委员会. 道路车辆 车辆对窄带辐射电磁能的抗扰性试验方法 第2部分: 车外辐射源法: GB/T 33012.2—2016[S]. 北京: 中国标准出版社, 2016.

[4] 中国合格评定国家认可委员会. 能力验证结果的统计处理和评价指南: CNAS-GL02:2018[Z]. 北京: 中国合格评定国家认可委员会, 2018.

[5] 国家市场监督管理总局, 国家标准化管理委员会. 利用实验室间比对进行能力验证的统计方法: GB/T 28043—2019[S]. 北京: 中国标准出版社, 2019.

[6] 覃正淦, 陈文斌. 电压暂降抗扰度能力验证结果的不确定度评定[J]. 计量与测试技术, 2021, 48(1): 111-114.

[7] 赵熠晨, 高立国, 刘静. 电磁兼容领域 30 MHz-1 GHz 辐射发射试验的能力验证实践[J]. 轻工标准与质量, 2019(5): 107-109+114.

声明

为适应我国信息化建设,扩大本刊及作者知识信息交流渠道,本刊已被《中国学术期刊网络出版总库》及 CNKI 系列数据库收录,免费提供作者文章引用统计分析资料。如作者不同意文章被收录,请在来稿时向本刊声明,本刊将做适当处理。

作者观点与本刊无关。

作者向本刊投稿并录用视为作者稿件著作权的转移。

版权所有,未经书面许可,不得全部或部分翻印、转载。

(上接第 10 页)

出厂以重量箱计算,即 1 重量箱为 50 kg,相当于厚度为 2 mm、面积为 10 m² 的玻璃重量,而汽车玻璃生产加工、统计等均按平米计算,不同厚度、结构的产品能源、材料消耗差异很大,尤其涉及夹层玻璃、中空玻璃时,尤为明显。因而在产品碳足迹评估时,产品单元细化及高质量数据收集是碳足迹准确评估的前提。

本研究以生命周期评估法(LCA)应用于汽车玻璃碳足迹量化评估,通过对该产品生产流程分析,建立汽车钢化玻璃生命周期模型,以 eFootprint 软件及 CLCD 数据库为评估工具,完成了该产品的碳足迹量化评估,评估结果显示原材料获取、产品制造阶段是影响汽车玻璃环境性能的关键环节,建议通过提高汽车玻璃生产中平板玻璃的利用率、降低制造过程电耗来降低环境负荷,有利于推动汽车玻璃产业绿色低碳发展。

参考文献

[1] 国际标准化组织. 环境管理 生命周期评价 原则与框架: ISO 14040: 2006[S]. 日内瓦: 国际标准化组织, 2006.

[2] 王东方, 张超. 甩挂运输碳足迹核算与评价研究——基于不同车型的对比[J]. 物流工程与管理, 2014, 36(12): 56-59+78.

[3] 刘学之, 孙鑫, 朱乾坤, 等. 中国二氧化碳排放量相关计量方法研究综述[J]. 生态经济, 2017, 33(11): 21-27.

[4] 国际标准化组织. 温室气体 产品碳足迹 量化要求和指南: ISO 14067: 2018[S]. 日内瓦: 国际标准化组织, 2018.

[5] 田涛, 姜晔, 李远. 石油化工行业产品碳足迹评价研究现状及应用展望[J]. 石油石化绿色低碳, 2021, 6(1): 66-72.

[6] 赵春芝, 蒋荃, 马丽萍. 我国典型断桥铝合金窗生命周期评价研究[J]. 中国建材科技, 2013(6): 62-65.

[7] 朱春雁. 团体标准支撑绿色供给——《绿色设计产品评价技术规范 卫生陶瓷》标准解读[J]. 标准生活, 2016(9): 42-51.

[8] 王伟晗, 刘涛, 刘颖昊. 钢铁产品生命周期数据库研究与开发[J]. 世界科技研究与发展, 2015, 37(5): 564-569.