

基于产品生命周期评价方法的燃气热水器碳足迹研究

张国伟

(广东万和新电气股份有限公司, 广东佛山 528306)

摘要: 随着全球变暖问题的日益突出, 碳足迹概念被引入到产品的全生命周期评价中。碳足迹是指产品在生产、使用和废弃的整个生命周期中, 对环境造成影响的温室气体排放总量。以燃气热水器为例, 以产品的碳足迹为研究对象, 将产品分为原材料阶段、生产阶段和使用阶段 3 个阶段, 并对其进行详细的分析。结合 IPCC 排放因子, 通过计算, 得出产品生命周期各阶段的碳足迹。通过与其他热水器的碳足迹进行比较, 分析了燃气热水器生命周期各阶段的碳足迹情况。结果表明: 燃气热水器在使用阶段产生的碳排放较多。

关键词: 生命周期评价; 燃气热水器; 碳足迹; 碳排放

中图分类号: TS914.252 **文献标志码:** A **DOI:** 10.19541/j.cnki.issn 1004-4108.2023.04.033

随着全球气候变暖问题的日益突出, 温室气体的排放引起了人们的重视。为了缓解全球变暖问题, 世界各国都在积极采取措施。而减少温室气体排放的主要方法就是减少产品的温室气体排放量, 而产品的生命周期评价 (LCA) 就是实现这一目标的重要途径之一。通过对产品进行全生命周期评价, 可以明确产品在整个生命周期内产生温室气体排放的数量, 进而能够根据产品碳足迹的大小对产品进行优化改进。而随着评价体系的不断完善, 基于生命周期评价进行产品设计也越来越受到人们的关注。然而, 目前对全生命周期评价中碳足迹问题并没有一个统一、全面的界定方法。因此, 本文采用 LCA 方法对燃气热水器进行生命周期分析, 确定燃气热水器在整个生命周期中碳排放总量 (由于部分运输与废弃阶段数据获取难度较高, 因此本次计算将省略运输与产品废弃阶段所产生的温室气体排放量), 并将其与其他热水器进行比较。在此基础上提出建议, 以期为促进低碳经济发展提供参考。

1 产品碳足迹评价方法

本文中碳足迹计算采用生命周期评价法 (LCA) 与 IPCC 计算法, 得出产品的整个生命周期中各种资源与能源的消耗量并与 IPCC 提供的排放因子结合计算, 得出产品的碳足迹。

生命周期法指的是产品从摇篮到坟墓, 即从原材料开采、加工, 到零配件加工组装, 再到整机的装配、包装, 销售, 用户使用, 最后到废弃回收处理、焚烧、填埋的产品全生命周期

中包括各环节之间的运输, 所需消耗的资源、能源, 计算这些资源、能源所对应产生的温室气体排放。在工业生产中, 一般采用清单分析的方法来获得研究对象在所有阶段中所消耗的资源与能源, 通过每一阶段的输入、输出、中间产品输出以及废弃物输出等数据, 计算研究对象所消耗的资源与能源, 进而计算产品全生命周期的碳足迹^[1]。

燃气热水器作为一种常用的家用电器, 其生产过程主要包括原材料获取、原材料加工、零部件生产、成品组装以及运输等几个环节。其生产环节产生的碳排放主要包括电力消耗和天然气消耗, 电力消耗主要包括燃烧产生的二氧化碳排放和生产过程中燃烧所需燃料所产生的二氧化碳排放。其在使用过程中主要消耗电力与天然气。

2 燃气热水器介绍

燃气热水器是指以液化石油气、人工煤气或天然气等作为燃气的水器, 它是由燃烧系统、加热系统、排烟系统及控制系统组成的一种热水设备。燃气热水器在燃烧的过程中会产生二氧化碳、一氧化碳和氮氧化物等有害气体, 因此, 在选择燃气热水器时应考虑其安全性和环保性。目前燃气热水器主要有直排式、强排式和平衡式 3 种, 它们的工作原理基本相同, 均是通过燃烧燃料将水加热, 再通过水循环将热量传递到管道中, 达到为用户提供热水的目的。其主要区别在于燃烧方式不同, 即直排式和强排式采用的是直排式燃烧方式, 平衡式则采用平

衡式燃烧方式。目前国内市场上燃气热水器主要以强排式和平衡式为主。

3 碳足迹计算模型

本节对燃气热水器的碳足迹进行计算,首先确定了产品碳足迹的计算范围,然后将产品按照原材料阶段、生产阶段和使用阶段进行划分,并进行计算。

原材料阶段:主要包括产品所用材料的生产过程、运输过程、使用过程等。其碳排放源为产品生产过程中所用原材料的消耗和产品生产过程中所产生的温室气体。

生产阶段:主要包括原材料开采和加工、运输及使用等过程,其碳排放源为生产过程中所消耗的原材料和能源。

使用阶段:主要包括产品使用过程中燃料燃烧产生的温室气体等量的碳排放。

产品在原材料与生产阶段的资源、能源消耗所产生的碳排放将采用以下公式计算:

$$E_{CO_2} = \sum_{i=1}^n (AD_i \times EF_i) \quad (1)$$

式中:

E_{CO_2} 为产品二氧化碳排放当量,单位为 $kgCO_2e$ (千克二氧化碳当量) / 台; AD_i 为第 i 种物料或能源的消耗量,单位为 kg 、 m^3 或 $kW \cdot h$; EF_i 为第 i 种物料或能源的排放因子,单位为 $kgCO_2e/kg$ 、 $kgCO_2e/m^3$ 或 $kgCO_2e/kW \cdot h$ 。

产品在使用过程中燃料燃烧所产生的燃气消耗的计算采用以下公式:

$$V = \frac{c \times m \times \Delta T}{Q_{低} \times \eta} \quad (2)$$

式中:

V 为每次洗澡的耗气量,单位为 m^3 ; c 为水的比热容 4.2×10^3 ,单位为 $MJ/(kg \cdot ^\circ C)$; m 为水的质量(即生活热水所需的质量),单位为 kg ; ΔT 为水的温升(即出水温度-进水温度),单位为 $^\circ C$; $Q_{低}$ 为燃气的低热值,取 12T 基准气的低位热值为 35.99 ,单位为 MJ/Nm^3 ; η 为热效率,单位为 %。

4 结果与分析

本文研究的燃气热水器气种为天然气,额定热负荷为 $24 kW$,产热水能力为 $12 L/min$,额定热负荷热水热效率为 89% ,电功率为 $34 W$,设计寿命为 8 年。

4.1 原材料阶段及生产阶段产生的碳排放

通过计算燃气热水器生命周期的碳足迹,得到了其生命周期各阶段的碳排放情况。由于本次计算去掉了运输部分碳排放数据,所以得出的碳足迹结果只包括在原材料阶段和生产阶段产生的碳排放。将产品的原材料阶段和生产阶段的碳足迹分别进行计算,得到结果如表 1 所示。

表 1 生产阶段材料及能源消耗表

序号	种类	名称	消耗量	单位排放因子	产生的碳排放
1	材料消耗	铁(除不锈钢外)	4.821 kg	$3.11 kgCO_2e/kg^{[2]}$	34.907 8 $kgCO_2e$
2		铜	1.078 kg	$5.8 kgCO_2e/kg^{[2]}$	
3		不锈钢	1.07 kg	$6.8 kgCO_2e/kg^{[2]}$	
4		瓦楞纸	1.665 kg	$1.23 kgCO_2e/kg^{[2]}$	
5		涂料	0.163 kg	$1.08 kgCO_2e/kg^{[2]}$	
6		聚苯乙烯(泡沫)	0.32 kg	$3.78 kgCO_2e/kg^{[2]}$	
7		塑料	0.162 kg	$0.57 kgCO_2e/kg^{[2]}$	
8		标准件	0.247 kg	$1.96 kgCO_2e/kg^{[2]}$	
9		铝锭	0.11 kg	$21.6 kgCO_2e/kg^{[2]}$	
10	能源、资源消耗	电能	0.793 $kW \cdot h$	$0.570 3 kgCO_2e/kW \cdot h^{[3]}$	3.032 $kgCO_2e$
11		汽油	0.014 6 kg	$3.85 kgCO_2e/kg^{[2]}$	
12		柴油	0.014 5 kg	$3.82 kgCO_2e/kg^{[2]}$	
13		天然气	0.881 5 m^3	$2.8 kgCO_2e/m^3^{[2]}$	

通过计算可知,产品在原材料与产品生产加工阶段合计产生 $37.939 8 kg$ 二氧化碳当量,材料消耗产生了最多的碳排放,其所占比例达到了 92% 。

4.2 使用阶段产生的碳排放

产品按每天每人使用热水量为 $40 L^{[4]}$,进水温度为 $15^\circ C$,出水温度为 $40^\circ C$ 计算每人每天使用热水所消耗的天然气为:

$$V = \frac{4.2 \times 10^{-3} \times 40 \times (40 - 15)}{35.99 \times 89\%}$$

结果为 $V=0.131 m^3$ 。

按每户家庭平均四人计算,每户家庭每天使用热水所消耗的天然气为 $0.524 m^3$ 。

按产品设计寿命 8 年计算,每户家庭在产品使用寿命范围内所消耗的天然气为:

$$V_{总} = 0.524 \times 365 \times 8 = 1 530.08 m^3。$$

该燃气热水器每天消耗电能为:

$$E_{\text{电}} = 34 \times 10^{-3} \times 24$$

结果为 $E = 0.816 \text{ kW} \cdot \text{h}$ 。

按产品设计寿命 8 年计算, 每户家庭在产品使用寿命范围内所消耗的电能为:

$$E_{\text{电总}} = 0.816 \times 365 \times 8 = 2\,382.72 \text{ kW} \cdot \text{h}。$$

结合相关排放因子计算得出, 产品在使用阶段产生的碳排放为:

$$V_{\text{CO}_2 \text{ 使用}} = 1\,530.08 \times 2.8 + 2\,382.72 \times 0.570\,3 = 5\,643.089\,2 \text{ kgCO}_2\text{e}。$$

综上, 此燃气热水器在原材料阶段、生产阶段以及使用阶段共产生的碳排放为:

$$V_{\text{CO}_2 \text{ 总}} = 37.939\,8 + 5\,643.089\,2 = 5\,681.029 \text{ kgCO}_2\text{e}。$$

产品使用阶段产生的碳排放在全生命周期总碳排放中的所占比例为:

$$\frac{V_{\text{CO}_2 \text{ 使用}}}{V_{\text{CO}_2 \text{ 总}}} = \frac{5\,643.089\,2}{5\,681.029} = 99.33\%。$$

5 结论

由上述计算数据得出, 此燃气热水器的生命周期中, 产品使用阶段产生的碳排放占全生命周期总碳排放的 99.33%, 其中的主要原因为产品消耗的主要能源为天然气, 产生的碳排放量较大。

因此, 对于燃气热水器减碳, 应从产品性能下手, 深耕燃烧技术与换热技术, 提高产品热效率、能效, 从节能的角度开发、改善产品以降低产品使用阶段所消耗的燃料, 从而减低产品使用阶段产生的碳排放。

参考文献

- [1] 葛晓华, 苏旭东, 袁进, 等. 工业领域碳足迹研究进展 [J]. 生态经济, 2013(05): 6.
- [2] 中国城市温室气体工作组. 中国产品全生命周期温室气体排放系数库 [DB/OL]. <http://lca.cityghg.com>.
- [3] 中华人民共和国生态环境部. 关于做好 2023—2025 年发电行业企业温室气体排放报告管理有关工作的通知 [EB/OL]. https://www.mee.gov.cn/xxgk2018/xxgk/xxgk06/202302/t20230207_1015569.html.
- [4] 张磊, 陈超, 梁万军. 居民平均日热水用量研究与分析 [J]. 给水排水, 2006, 32(09): 4.

上接第 111 页

表 7 ABS 力学性能对比测试数据

性能类别	指标	无抗菌剂	0.5% 抗菌剂	变化率 (%)
弯曲性能	最大弯曲强度 (MPa)	69.74	68.76	-1.41
	弯曲弹性模量 (MPa)	3 110.07	3 103.00	-0.23
拉伸性能	拉伸强度 (MPa)	45.10	45.49	0.88
	断裂伸长率 (%)	36.09	35.47	-1.73
冲击	抗冲击 (kJ/m ²)	21.05	20.64	-1.95

率绝对值均小于 2%, 说明该比例的抗菌剂对于制件材料性能影响较小。

7 结束语

塑料抗菌剂及抗菌材料的研究, 是国内近期兴起的一门热门学科, 因此很多机理和作用原理尚待进一步研究和探索。可

以肯定的是, 随着人们生活水平的不断提高, 环保、健康意识的增强, 抗菌塑料会越来越受到人们的重视和欢迎, 具有非常广阔的发展前景。人们将对塑料抗菌剂及抗菌塑料给予更多地关注, 开发更多塑料抗菌剂新品种, 拓展其应用领域和空间, 让其更好地为人类身心健康服务。本文针对冰箱主要塑料基材的抗菌剂选择、工艺优化、抗菌测试与材料性能等方面做了一些研究验证工作, 希望对从事家电塑料领域研究的相关技术人员有些许启发。

参考文献

- [1] 宋洪泽, 林勤保. 抗菌塑料包装的应用及安全评估研究进展 [J]. 包装工程, 2019, 40(17): 63-71.
- [2] 张玉龙, 李萍. 塑料专用料品种与性能 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2010: 145-152.