

家用空调产品的生命周期评价研究

周丽

(工业和信息化部电子第五研究所,广东广州 510610)

摘要:分析了家用空调产品从原材料采集、产品生产加工、使用及废弃回收处置整个生命周期的主要环境影响类型和对应的指标值。结果表明,家用空调全生命周期对环境的影响主要是中国化石能源消耗和全球变暖,分别占 59.88%和 39.69%;使用阶段贡献最大,原材料次之。为改善家用空调的环境性能,针对其设计、生产过程、使用和废物回收等方面提出了改善建议。

关键词:家用空调;生命周期;评价

Abstract: The paper analyzes the main environmental impact categories and corresponding indicators of household air-conditioner life cycle, including material processing, product manufacturing, use and disposal stages, etc. The results indicate that the major environmental impact of household air-conditioner life cycle includes fossil energy depletion and global warming, 59.88% and 39.69% respectively. The greatest contribution is the use processing stage, the material processing phase followed. In order to improve the environmental effect of household air-conditioner, the improvement suggestions focusing on design, production process, use, and waste recycling were provided.

Key words: household air conditioner; life cycle; evaluation

中图分类号: X24

文献标识码: A

文章编号: 1674-1021(2018)08-0012-03

1 引言

随着经济的发展,人们生活质量提升,使用空调产品的家庭越来越多,据国家统计局资料,空调产量由 2010 年 10 887.47 万台增长至 2016 年 14 342.37 万台,增长了 31%。家用空调使用的增长所带来的能源消费的增加及制冷剂泄漏、温室气体排放和废弃空调处理等环境问题也日益严峻。因此,为实现家用空调的绿色设计、绿色使用和绿色回收,对家用空调进行从原材料获取到废弃处理整个生命周期的环境影响评价与分析是十分必要的。

近年来,国内陆续有学者对空调进行生命周期的评价研究^[1-3],大部分集中在碳排放的量化方法及评价方面,对臭氧层耗竭等其他环境影响研究较少,

也未能系统地构建分析评价工具对主要的影响因素进行筛选与分析。本文主要针对变频家用空调全生命周期过程的环境影响进行识别与评估,并采用层次完整的 LCA 模型,对家用空调在原材料采集、产品生产、使用和废弃处置整个生命周期引起的环境影响进行评价,同时对产品提出改进建议,以期为我国家用空调产业的产品绿色化设计及环境管理提供参考。

2 研究方法 with 模型

2.1 目标范围的确定

本研究根据国内某大型空调企业的实际调研,选择 1 台节能变频分体式空调作为研究对象,其具体参数见表 1。

收稿日期: 2018-05-08; 修订日期: 2018-08-16。

作者简介: 周丽,女,1985 年生,工程师,硕士研究生,主要研究方向为绿色制造、清洁生产与全生命周期评价。

表 1 空调的具体参数

参数名称	数值	单位
制冷功率	810	W
制热功率	1 160	W
制冷剂	1	kg
室内机质量	11	kg
室外机质量	32	kg
能效级别	1	级
使用寿命	15	年

应用生命周期评价方法，研究范围为原材料采集阶段、生产制造阶段、销售运输阶段、使用阶段和回收处置阶段等全生命周期阶段。系统边界如图 1。

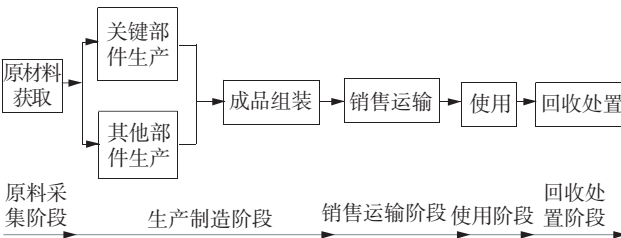


图 1 家用空调生命周期评价系统边界

2.2 研究方法 with 数据库

依据 ISO 14040 系列国际标准中的相关规定，使用标准 LCA 的技术框架，包括目标范围的确定、清单分析、影响评价和结果解释。原材料和能源的生命周期背景数据主要来自于中国生命周期参考数据库(Chinese Life Cycle Database, CLCD)以及欧盟生命周期参考数据库(European Reference Life Cycle Database, ELCD)。生产过程数据来自于企业实际调研。

2.3 生命周期清单分析

2.3.1 原材料采集阶段

依据生产企业的物料清单(Bill of Material, BOM)列出家用空调的原材料物质清单,具体见表 2。在本次 LCA 评价中,只考虑了占房间空气调节器质量比重较大的金属和塑料,主要包括钢、铁、铜、铝、ABS、HIPS、PP、PVC、环氧树脂等,它们占空调总质量的 99.45%,其他物质使用量过少,几乎不会对评价结果造成影响。

表 2 家用空调主要原材料

		kg
类别	材质	数值
产品生产原材料	钢板	14.89
	铝板	2.94
	铁	1.62
	铜板	9.47
	ABS	3.36
	HIPS	1.34
	PP	0.60
	PVC	0.70
	环氧树脂	2.35
包装材料	制冷剂	1.00
	瓦楞纸	3.99
	聚苯乙烯泡沫(EPS)	0.47

2.3.2 生产制造阶段

家用空调的生产制造阶段主要分为零部件生产和整机组装,主要消耗的能源为电能和天然气,还有少量用于喷涂废气处理的循环水;排放的主要污染物为废气、废水和固废。生产制造阶段的具体产排情况见表 3。

表 3 生产制造阶段的能源投入和环境排放情况

类别	污染物名称	数值	单位
电能	-	8.83	kW·h
天然气	-	0.48	kg
水	-	0.05	kg
废水	SS	4.5×10 ⁻⁴	kg
	总磷	4.91×10 ⁻⁶	kg
废气	颗粒物	5.68×10 ⁻⁵	kg
	非甲烷总烃	4.58×10 ⁻⁵	kg
固废	生产固废、生活垃圾	7.91×10 ⁻⁴	kg

2.3.3 销售运输阶段

本研究假定空调产品采用的是公路运输方式,选取了洛阳、邯郸和北京三大销售地,平均运输距离为 797 km,燃料类型为柴油,则可根据运输距离结合 CLCD 数据库计算出运输过程的排放情况。

2.3.4 运行使用阶段

空调使用阶段的主要消耗为电能,少量制冷剂泄漏。空调使用阶段假定空调夏天制冷 3.5 个月,冬

天制热 1 个月,工作日和双休日每天分别运行 6 h 和 8 h,一个月按 4 周计算。本研究对象为变频空调,正常使用时功率约 0.4 kW,则根据假设运行时间,在空调使用阶段的耗电量为: $[(6 \times 5 + 8 \times 2) \times 4] \times (3.5 + 1) \times 0.4 \times 15 = 4\,968 \text{ kW} \cdot \text{h}$ 。假定空调使用阶段每年制冷剂泄漏量为 6%,此数值是由空调生命周期过程中的 3 个过程(包括制冷剂添加过程、空调运行过程和制冷剂回收过程)制冷剂泄漏的总量平均到空调使用的每一年计算得到的。

2.3.5 废弃回收阶段

由于国内废旧家电的回收体系还未完善,因此在本研究中假设空调报废后,金属件和塑料件全部回收,制冷剂 45%回收,其余的按填埋处理。

3 家用空调生命周期分析

前期通过 CLCD 软件对家用空调生命周期的各个阶段进行分析,建立了生命周期各个阶段的模型,根据家用空调生产主要原材料使用与环境排放的主要成分,选择全球变暖、臭氧层耗竭、光化学烟雾、酸化效应、富营养化和中国化石能源消耗等 6 种环境影响类型。为了了解各阶段生命周期环境影响情况,列出了家用空调全生命周期以及不同阶段的环境影响。

由图 2 可以看出,家用空调全生命周期对环境的影响主要是中国化石能源消耗和全球变暖,其中中国化石能源消耗占比约 59.88%,主要来自于各个阶段煤、原油和天然气、电等能源的消耗。

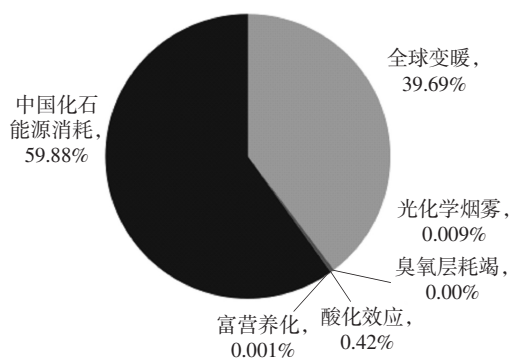


图2 家用空调全生命周期环境影响分析

图 3 为各生命周期阶段对环境的影响对比分析。由图 3 可知,空调使用阶段对中国化石能源消耗

及全球变暖的环境影响较大。一是由于使用年限较长,在家用空调整个生命周期能源消耗较多,环境影响明显;二是由于使用过程中制冷剂泄漏造成的温室效应较大,全球变暖环境影响明显。回收处置阶段对家用空调金属部件、塑料部件和制冷剂的回收,均对环境形成有益的影响。

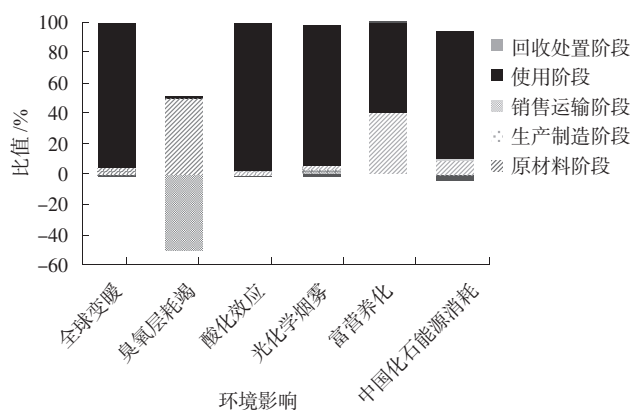


图3 各阶段生命周期环境影响对比分析

图 4 为主要原材料采集的环境影响分析。由图 4 可知,ABS 材料的能源消耗最大,其次是 HIPS 材料;对全球变暖贡献最大的是铜材,其次是 ABS 材料。

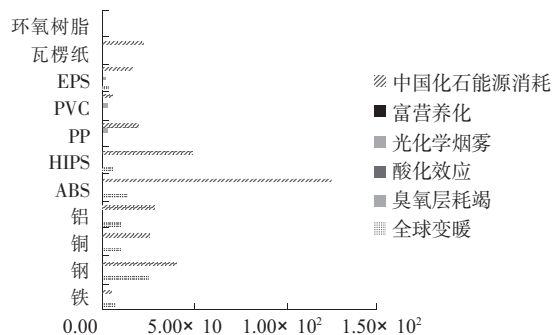


图4 主要原材料采集的环境影响分析

4 结论与建议

通过对家用空调全生命周期的环境影响进行分析,结果表明家用空调的环境影响主要体现在化石能源消耗和全球变暖方面,以使用阶段和原材料采集阶段最为显著,因此,对家用空调产品提出以下改进建议:

(1) 针对铜材、ABS 和 HIPS 等材料采集和生产

(下转 18 页)

在四川,拾荒者分类收集垃圾中价值物资卖给废品回收站的模式发展十分成熟,其已是垃圾分类的雏形,可以依托此地方特色。建议四川省政府制定鼓励垃圾资源化利用的相关政策,加强垃圾分类知识的宣传培训,按照先易后难的原则,先行教育公众将生活垃圾干湿分离,厨余垃圾和非厨余垃圾分开,可大幅提升垃圾热值,降低水分。同时引导拾荒者转变为垃圾分类的生力军,完善中间分类清运系统,解决分类收集混合运输处理的问题,强化后端产业链,鼓励废纸再生、废塑料利用等企业的发展。综合运用各种手段实施管理,宣传教育、政策引导、法律约束、经济激励等方式多管齐下,逐步推进和完善垃圾分类系统。

4.2 优化设备及工艺,完善二次污染防治措施

垃圾处理是一个产业,而不是单纯的市政设施,在良好的政策支持和机制体制保障下,四川省可鼓励各种主体参与,可采用PPP、BOT等多种经营模式,引进有实力、有经验的专业公司,规范运作,鼓励技术研发,支持设备国产化,降低垃圾焚烧成本。出台相应的具体措施,促进垃圾焚烧项目发展。可通过实地考察、调研、实验等多种方式,优化渗滤液处理工艺,完善二次污染防治措施,在实践中逐步优化卫生防护距离及环境防护距离的划定。

4.3 建立诚信及追责体系,完善政府、社会监管机制

建议四川省在垃圾处理设施的监管上狠下决

心,加强对垃圾焚烧发电投资、运营商的监督检查,制定垃圾焚烧厂的运行规范、监督处罚制度,实施垃圾焚烧厂的二噁英强制检测制度以及垃圾焚烧从业人员的考核、培训、持证上岗制度等。建立企业诚信体系,促进优秀企业承担更多项目,建立追责机制,夯实公众信心,约束企业行为。

同时四川可考虑引入国外运作良好的社会监督机制,着手研究建立公众参与和社会监督机制,防止垃圾焚烧厂在经济利益驱动下不规范建设和运营,重塑民众对政府监管垃圾处理项目的信心和信任。

5 结语

面临日益严峻的垃圾处理压力,垃圾焚烧可以很好地实现减量化和资源化的目的,但是与此同时带来的环境问题和公众压力不容小觑。无论何种工艺都各有优缺点,四川省相关部门应制定配套措施,对垃圾从源头减量,做好垃圾分类工作,在项目运行期严格环境监管,加强环保措施,确保垃圾焚烧的环境友好性,促进四川省垃圾焚烧行业良性发展。

参考文献

- [1]刘军伟,雷廷宙,杨树华,等. 浅议我国垃圾焚烧发电的现状与发展趋势[J]. 中外能源,2012,17(6):35-40.
- [2]王亦楠. 我国大城市生活垃圾焚烧发电现状及发展研究[J]. 宏观经济研究,2010(11):12-23.

(上接14页)

所消耗的能源较多,对全球变暖影响较大,建议通过改善产品的设计,选择环境影响小的材料替代,可有效地降低家用空调的环境影响。

(2)家用空调产品使用阶段环境影响最为显著,分别来自电力消耗和制冷剂泄漏所产生的影响。建议可以通过产品的节能设计间接减少使用过程电能消耗,改善用户的使用习惯;另外在产品的制造和使用维护过程中,采取更好的密封措施,尽量避免制冷剂的泄漏,减少环境影响。

(3)家用空调金属部件、塑料部件和制冷剂的回

收能很好地改善环境影响,建议建立有效的家用空调回收机制,将废弃产品进行有效地回收处理,实现绿色循环生产。

参考文献

- [1]孙铎,刘晶茹,杨东. 家用空调碳足迹及其关键影响因素分析[J]. 环境科学学报,2014,34(4):1054-1060.
- [2]蒋诗新,田晓飞,王玲,等. 家用空调全生命周期碳足迹分析[J]. 日用电器,2016(9):46-52.
- [3]张彬. 空调系统生命周期评价[D]. 西安:西安建筑科技大学,2010.