

# 基于产品生命周期分析的电视机环境绩效评价

## TV Environmental Performance Evaluation Based on Product Life Cycle Analysis

王玲<sup>1</sup> 刘阳<sup>1</sup> 邢军<sup>1</sup> 万超<sup>1</sup> 邵守田<sup>2</sup> 王青亚<sup>2</sup>

(1. 中国电器科学研究院有限公司 广州 510300; 2. 合肥工业大学 合肥 230009)

**摘要:** 为了减少电器产品在使用过程中造成环境污染, 本文采用全生命周期评价 (LCA) 方法对电视机进行生命周期评价, 通过 GaBi 软件比较不同阶段产生的环境影响。研究表明: 电视机对环境造成的主要影响, 在使用阶段影响最大, 其次是生产制造阶段、回收处理阶段, 运输阶段影响最小。使用蒙特卡洛仿真法, 对电视机生产制造阶段的碳排放进行分析。最后对电视机的使用阶段和生产制造阶段提出了改进方案。

**关键词:** 全生命周期评价; GaBi; 电视机; 蒙特卡洛仿真

**Abstract:** In order to reduce the environmental pollution caused by the use of electrical products, the whole life cycle assessment (LCA) method is used to evaluate the life cycle of television and the environmental impact of different stages of television are compared through GaBi software. The results show that the largest environmental impact, is produced in use stage. The following are manufacturing stage, recycling stage and transportation stage respectively. Monte carlo simulation method is used to analyze the carbon emission in the manufacturing stage of television. Finally, improved plans are put forward for the use and manufacturing stage of television.

**Key words:** whole life cycle assessment; GaBi; television; Monte-Carlo simulation

### 引言

随着经济的发展, 人们生活质量提升, 电视机使用的数量也在不断增加, 数据显示: 2017年12月中国彩色电视机产量为1 881.9万台, 同比增长6.9%; 2017年1~12月止累计中国彩色电视机产量为17 233.1万台, 同比增长1.6%。电视机数量增长所带来的能源消费增加及温室气体排放和废弃电视机处理等环境问题也日益严峻。因此, 为实现电视机的绿色设计、绿色使用和绿色回收, 对电视机进行从原材料获取到回收处理的整个生命周期, 进行环境影响评价与分析是十分必要的。

产品的低碳设计方法的基本要求是对碳足迹进行计算和分析, 因此相关学者和有关机构对碳足迹进行了大

量的研究。Post<sup>[1]</sup>以各种能源为前提, 研究了英国电力产业全生命周期的碳排放的不同影响, 通过比较化石燃料在现在及未来燃烧情况(化石燃料包括: 煤、燃气、石油)以及对比了低碳能源的碳足迹(低碳能源包括: 风能、生物能、潮汐能、太阳能、水能和核能)。Giurco和Petrie<sup>[2]</sup>通过对动态物质流模型(Dynamic material flow models)进行分析, 对金属铜生产过程以及使用过程中作出了碳足迹评价, 使用GaBi软件的情景分析功能, 得出了金属铜在不同情境下CO<sub>2</sub>排放不同的结论。美国国家标准与技术研究院正在进行碳足迹的分析研究<sup>[3]</sup>, 定义了连续波公差法, 提出了一种基于连续波分配的再设计方法, 用于描述碳排放的统计值。Jeswiet J等<sup>[4]</sup>通

2017年绿色制造系统集成项目《智能显示终端绿色供应链系统建设》;

广州市产学研协同创新重大专项《典型家电产品绿色制造关键技术研发与示范》(201604046029)

通过分析制造过程中的能耗，把（Carbon Emission Sign, CES）作为碳排放的标志，从而得到了制造过程中产生的碳排放量。孙良峰等<sup>[5]</sup>采用了碳排放分层描述的方法，准确定位各层高碳排零部件，为低碳优化设计提供实际指导。陈波等<sup>[6]</sup>对钢铁生产过程的减排机制进行了大量的研究，并且采用了生命周期评价方法，得出对转炉钢渣进行充分利用可有效降低钢铁生产的资源与能源消耗的结论。

有关电视机的碳排放研究很多，但也存在不足之处：一般的研究方法只能针对某些特殊产品，局限性较大，难以推广；在生产制造过程中，其材料、结构和工艺等存在差异，因此在计算产品的环境影响时需要充分考虑这些因素；本文通过 GaBi 软件，分析电视机的生产制造过程到回收利用阶段产生的影响，并对电视产品提出了改进建议，为电视机产业的产品绿色化设计提供参考。

### 1 产品生命周期分析

生命周期评价（Life Cycle Assessment, LCA）是一种

工具，专门用来衡量有关产品的环境负荷工具<sup>[7-9]</sup>。产品的生命周期包括原材料的获取、生产制造、产品使用维护、回收处理以及期间的运输过程。生命周期评价步骤可分为以下四步：目标与范围的确定。明确研究的对象、功能单元、边界条件和假设。清单分析。收集所研究对象的全生命周期资源消耗、能量输入和输出排放的数据，并对数据进行量化分析。影响评价。通过收集的数据清单，对产品或系统的全生命周期对环境的影响进行量化的分析与描述。结果解释。对评价结果进行分析，对各种影响因素进行分析，提出环保的建议<sup>[10]</sup>。

### 2 目的与范围确定

#### 2.1 目的确定

电视机在电子产品市场中占有不可或缺的地位，随着科技的不断进步，电视机的功能也在不断的完善，对比过去功能欠缺的电视机，到现在全面发展的液晶电视，电视机已成为人们在日常生活中必不可少的电子产品。

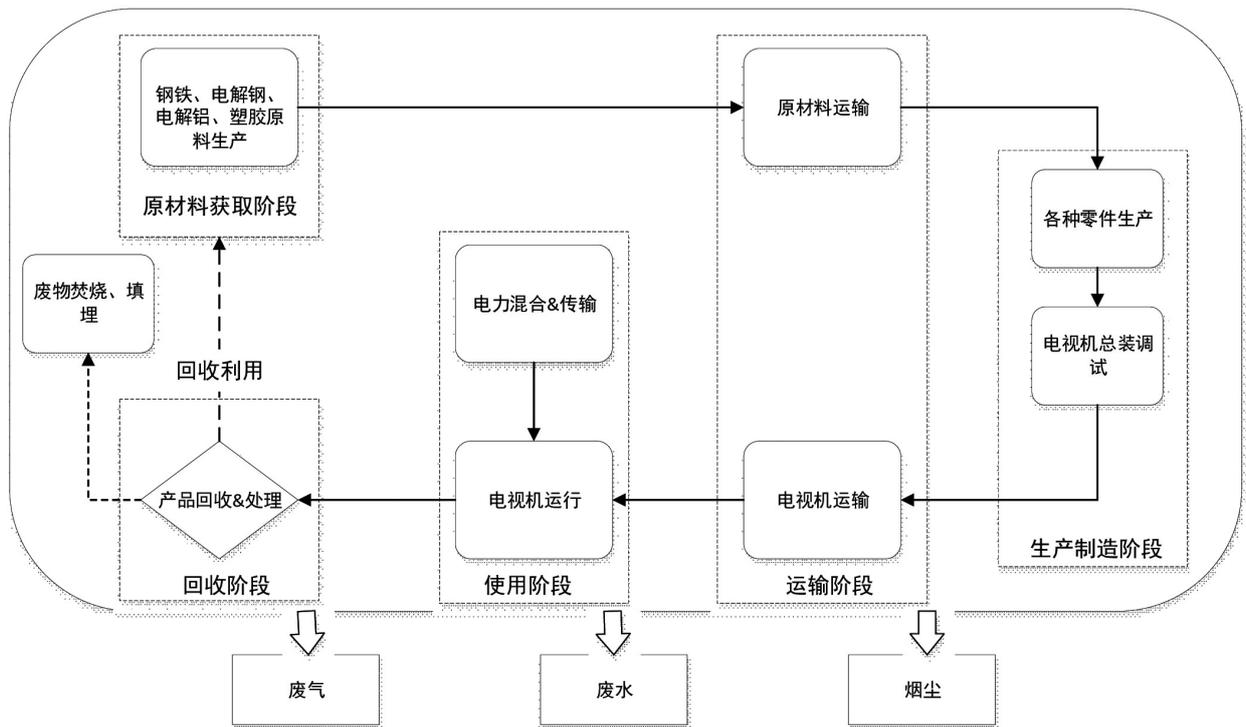


图1 电视机的系统边界

而液晶电视一直作为发展的焦点，本文选择 1 台广州创维平面显示科技有限公司生产的电视，型号 55E6000。目的是通过分析电视机全生命周期过程中所涉及的资源、能源利用及碳排放状况，判断出其关键碳排放生命周期阶段和主要影响因素。结合研究目标，确定了研究范围主要包括五个阶段：原材料获取阶段、生产制造阶段、运输阶段、使用阶段和回收阶段。

### 2.2 系统边界

电视机的系统边界是对电视机进行全生命周期分析，并且收集相应阶段的数据。全文采用了碳足迹核算标准 ISO 14067 来确定电视机的系统边界，电视机的系统边界包括原材料获取阶段、生产阶段、运输阶段、使用阶段、回收阶段。电视机的全生命周期系统边界如图 1 所示。

### 2.3 功能单位

评估对象为 1 台某公司生产的电视，型号 55E6000。其功能单位为：电源板，其参数如表 1 所示。

## 3 清单分析

### 3.1 原材料获取阶段

电视机的原材料清单，根据生产企业的物料清单 (Bill of Material, BOM) 以及企业对材料损耗率的调研情况综合分析获得的。在对清单清单的分析过程中，列出了电视机的原材料物质清单，具体见表 2。在本次碳足迹分析中，主要分析了电视机在原材料获取阶段时，铜、玻璃、钢、铁、等物质在生产过程中的直接与间接碳排放，其他物质碳排放量过少，几乎不会对评价结果造成影响。基于以上收集的数据及工艺分析，运用了 GaBi8 软件对电视机的原材料获取阶段进行了建模，如图 2 所示。

### 3.2 生产制造阶段

电视机的基本生产流程如表 3 所示，通过分析电视机的原材料，电视机的生产制造阶段是在不同的车间下共同完成的，其中包括注塑车间，模组车间，整机车间，机芯车间，和 SMT 车间。主要消耗的能源为电能，生产制造阶段的具体能耗情况见表 3，基于各

车间消耗的电能情况，运用了 GaBi8 软件对电视机的生产制造过程进行了建模，如图 3 所示。

### 3.3 运输阶段

在运输阶段，本研究考虑了主要原材料运输和电视机销售运输的情况，其采用的是公路运输和火车运输方式，燃料类型为柴油，运输阶段的具体情况如表 4。运用了 GaBi8 软件对运输过程进行了建模，如图 4 所示。

表 1 创维 55E6000 参数

参数名称	数值	单位
功率	150	w
电源	220	v
被动待机功率	0.5	w
能效等级	3	级
能效指数	1.3	EEJLCD
固有分辨率	3 840×2 160	ppi
声音输出功率	8	w
最大可视图像尺寸	138	cm
尺寸(宽×厚×高)	1 241×278×773	cm
质量	约 11.2	kg

表 2 原材料获取阶段数据

部件名称	材料	数量 / 批	质量 / Kg
后壳	HIPS	1	3.026
背板	SECC	1	5.710
灯条 PCB	PCB 板	1	0.224
LED	塑胶原料	1	0.001
LENS	PMMA	1	0.066
连接器	塑胶原料	1	0.002
扩散板	PS	1	1.963
支撑柱	PC	1	0.005
螺钉	钢	1	0.019
中框	PC	1	0.215
线材	铜	1	0.008

表 3 生产制造阶段数据表

车间	项目名称	值
注塑车间	耗电 (kW·h)	1.691
模组车间	耗电 (kW·h)	1.140
整机车间	耗电 (kW·h)	0.866
机芯车间	耗电 (kW·h)	0.105
SMT 车间	耗电 (kW·h)	0.392



图2 电视机原材料阶段模型



图3 电视机生产制造阶段模型

表4 电视机运输阶段数据表

销售区域	起止点	运输距离	运输载体
上海	广州—上海	1 539 km	货车
		1 628 km	火车

表5 主要原材料运输阶段数据表

起止点	运输距离	运输载体
深圳—广州	135 km	货车
	167 km	火车

### 3.4 使用阶段

电视机在使用阶段过程中，电视机主要消耗的是电能，并且电视机在使用的过程中可能进行一些维修。由于电视机在维修的过程中对其碳排放的影响很小，因此电视机在使用阶段的碳排放量主要体现在电能的消耗上。该型号的电视机使用功率为 149.7 W，评价设定每天工作 8 h，每小时的耗电量为 1.2 kW，电视机的平均使用寿命 10 年；根据以上参数可以算出电视机在其使用阶段的耗电量： $1.2 \times 365 \times 10 = 4\,680 \text{ kW} \cdot \text{h}$ 。使用阶段的具体情况如表 6。运用了 GaBi8 软件对电视机的使用阶段进行了建模，如图 5 所示。

### 3.5 回收阶段

回收阶段主要是对废旧电视机进行拆解并通过一定的回收策略对拆卸零件进行材料的回收处理。但是相对于发达国家，目前我国没有一套完整的回收废旧电子产品的体系，废旧电子产品的回收产业相较于发达国家还是有很大的差距，电子产品的回收技术与回收规模仍处于起步阶段，因此回收处理阶段的边界确定为破碎、焚烧填埋、材料回收等过程。电视机的回收阶段的具体情况如表 7，并且运用了 GaBi8 软件对电视机的回收阶段进行了建模，如图 6 所示。

表 6 使用阶段数据表

名称	项目	值	使用区域
日耗电量	耗能 (kwh)	1.2	上海 / 华东区域
使用寿命	时间 (年)	10	

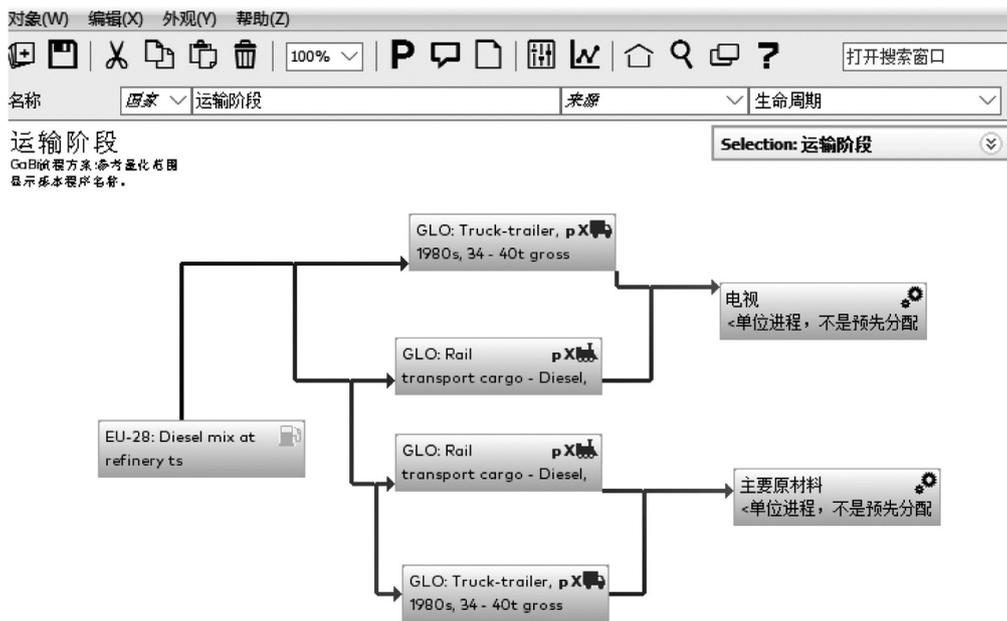


图 4 电视机运输阶段模型



图 5 电视机使用阶段模型

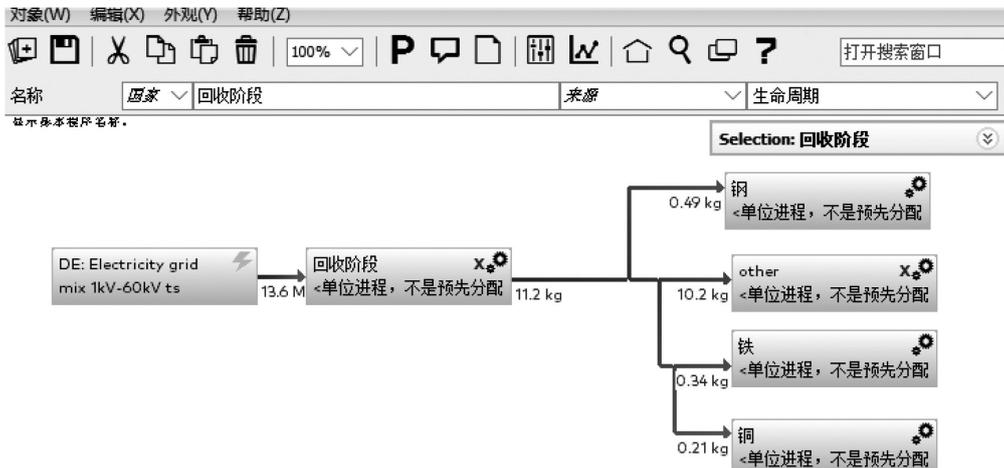


图6 电视机回收阶段模型

表7 回收阶段数据表

名称	项目	值
回收总能耗	耗能 (kwh)	3.79

#### 4 结果解释

通过对上述的电视机碳排放的全生命周期分析，建立其生命周期的 GaBi 模型，再通过平衡表计算，获得电视机不同阶段的碳排放量数据。列出了电视机生命周期在不同阶段的碳排放量柱状图。

由图7可知，电视机从生产制造到回收阶段的整个过程中，电视机的碳排放环境影响主要产生在使用阶段、生产制造阶段。产生这种现象的主要原因是因为使用阶段消耗大量的电能，在发电过程中，特别是火力发电过程中有大量温室气体的排放。由图8可知，电视机在生产制造阶段由于钢材使用较多，其产生的碳排放占碳排放总量的45%。由图9可知，电视机在回收的过程中，主要回收了钢、铁、铜等物质，剩余的废物主要是塑料，由于我国对废旧塑料的回收机制不完善，主要还是通过燃烧处理，其产生的碳排放占碳排放总量的90%。由图10可知，电视机的在运输过程中，其运输方式是火车和货车运输。相比之下，火车在运输过程中碳排放比货车运输过程中的碳排放少。由表8，通过对电视机环境影响的分析，电视机全生命周期的主要环境影响类别为海水水生生态毒性潜能值(MAETP)、非生物资源消耗(ADP化石)、温室效应潜能值(GWP 100年)。



图7 电视机全生命周期碳排放

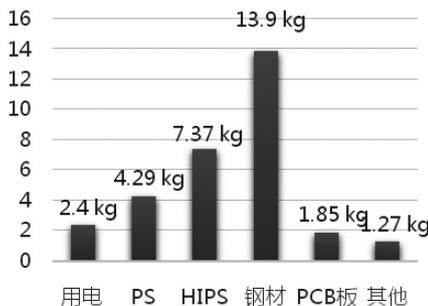


图8 电视机生产制造阶段碳排放

#### 5 蒙特卡洛分析

在电视机的生产制造过程中，实际用料是无法精确得到的，生产过程中可以通过控制生产工艺以及根据工作经验来确定材料用量的使用范围。本文通过 GaBi8 软件运用蒙特卡洛仿真法，将生产阶段的碳排放以概率分

布的形式表示出来，并通过蒙特卡洛方法仿真计算在这一用量范围内的结果。将分析的结果通过正态分布如图11表示。

### 6 结论

本文以电视机为研究对象，对电视机材料的原材料获取阶段，生产制造阶段、运输阶段、使用阶段、回收阶段的碳排放影响做了详细的评估和分析。结果

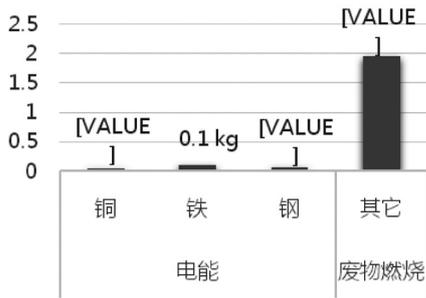


图9 电视机回收阶段碳排放

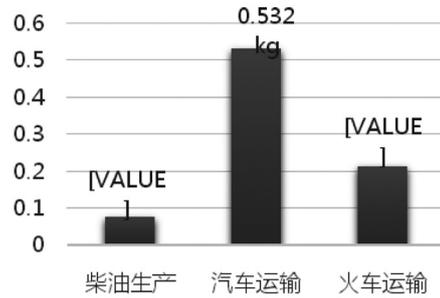


图10 电视机运输阶段碳排放

表8 电视机的环境影响

评价指标 (英文)	评价指标 (中文)	总数	单位
Global Warming Potential	温室效应潜能值	2 540	kg
Acidification Potential	酸化潜能值	3.89	kg
Eutrophication Potential	富营养化潜能值	0.631	kg
Ozone Layer Depletion Potential	臭氧层消耗潜能值	$7.14 \times 10^{-9}$	kg
Abiotic Depletion elements	非生物资源消耗	$1.75 \times 10^{-3}$	kg
Photochem. Ozone Creation Potential	光化学臭氧生成潜能值	0.261	kg
Abiotic Depletion fossil	非生物资源消耗潜能值	24 900	MJ
Freshwater Aquatic Ecotoxicity Pot	淡水水生生态毒性潜能值	3.26	kg
Human Toxicity Potential	人类毒性潜能值	179	kg
Marine Aquatic Ecotoxicity Pot.	海水水生生态毒性潜能值	$2.92 \times 10^5$	kg
Terrestrial Ecotoxicity Potential	陆地生态毒性潜能值	1.22	kg

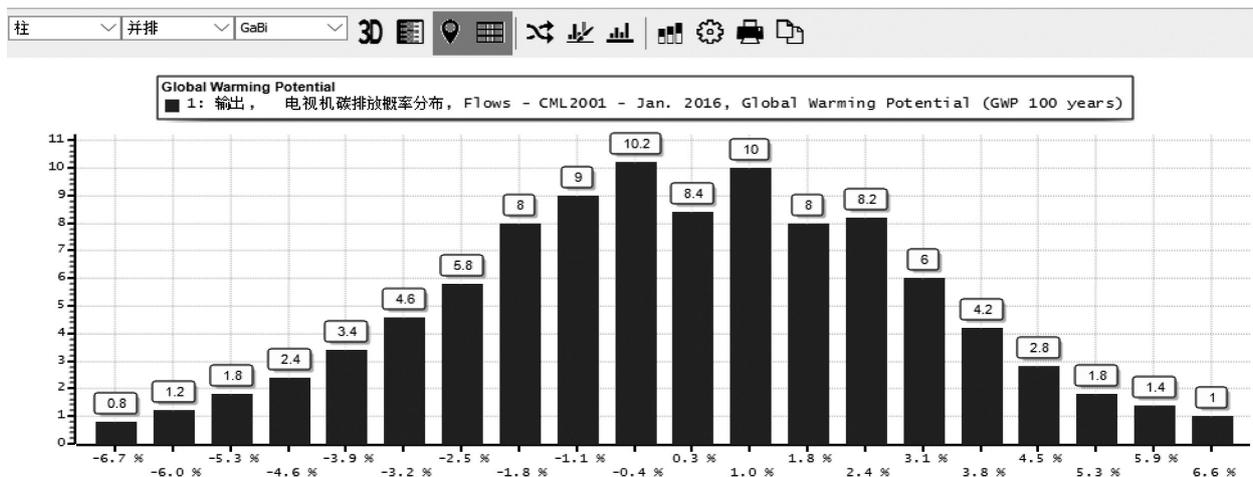


图11 电视机生产阶段碳排放概率分布

(下转 33 页)

自由度  $\nu$  用公式计算相对比较麻烦和繁琐, 当测量次数较少时也可以直接查表 7 得出。

## 8 结论

上述理论结合实例讲解了 A 类不确定度评定常用方法, 实验室可以根据测量次数和各方法的特点等实际情况选择合适的评定方法, 推荐实验室综合考虑下述表 8 中的因素。

实验室可以根据被测量测量的复杂程度、测量次数和已知的被测量信息量等灵活选择 A 类不确定度评定方法, 可以达到评定过程简单而评定结果准确的目的。

(上接 17 页)

表明, 电视机的使用阶段碳排放最多 (98.7%), 其主要原因是使用阶段消耗了大量的电能, 可通过采用清洁能源发电。在电视机的生产制造阶段, 由于钢材产生的碳排放最多, 因此在电视机的制造过程中, 在不影响电视机的性能前提下, 使用对碳排放影响较小的材料代替。电视机运输过程中, 可以尽可能通过火车运输来减少其碳排放量。

## 参考文献:

- [1] POST. Carbon Footprint of Electricity Generation[R]. Parliamentary Office of Science and Technology, 2006:268.
- [2] Giurcoa D, Petrie J G. Strategies for reducing the carbon footprint of copper: new technologies, more recycling or demand management[J]. Minerals Engineering, 2007, 20: 842-853.
- [3] Ameta G, Mani M, Rachuri S, et al. Carbon weight analysis for machining operation and allocation for redesign[J]. International Journal of Sustainable Engineering, 2009, 2(4):241-251.
- [4] Jeswiet J, Kara S. Carbon emissions and CES™ in manufacturing[J]. CIRP Annals - Manufacturing Technology, 2008, 57(1):17-20.
- [5] 孙良峰, 裴乐淼, 张树有, 等. 面向低碳化设计的复杂装备碳排放分层递阶模型 [J]. 计算机集成制造系统, 2012, 18(11):2381-2390.
- [6] 陈波, 杨建新, 欧阳志云. 钢渣内部综合利用碳减排效果的生命周期评价 [J]. 中国人口·资源与环境, 2010, 20(10):30-34.
- [7] Environmental Protection Agency. Defining Life Cycle Assessment (LCA) [EB/OL]. <http://www.gdrc.org/uem/lca/lcdefine.html>. 2012.
- [8] ISO. ISO 14041: Environmental management, life cycle assessment, goal and scope definition and inventory analysis[R]. Geneva: ISO, 1998.
- [9] SETAC. A Conceptual Framework for Life-Cycle Impact Assessment [M]. Pensacola FL: SETAC Press, 1993.
- [10] 蒋诗新, 田晓飞, 王玲. 家用空调全生命周期碳足迹分析 [J]. 家用电器, 2016(9):46-52.

## 作者简介:

王玲 (1970-), 女, 博士, 教授级高工, 多年从事绿色设计、绿色制造领域的研究工作。

## 参考文献:

- [1] CNAS-GL007:2018, 电器领域不确定度的评估指南 [S].
- [2] JJF 1059.1-2012, 测量不确定度评定与表示 [S].

## 作者简介:

姚东 (1976.6-), 毕业于湖北大学应用电子技术专业, 本科, 高级工程师, 主要从事电器产品安全和性能检测技术研究、实验室质量管理研究。