

DOI: 10.13671/j.hjkxxb.2015.0500

彭飞, 杨沿平, 殷仁述, 等. 2015. 商用车铝合金与钢制轮辋生命周期环境影响评价对比分析[J]. 环境科学学报, 35(12): 4136-4142

Peng F, Yang Y P, Yin R S, et al. 2015. Comparative analysis on life cycle environmental impacts assessment between aluminum alloy and steel rim of vehicle[J]. Acta Scientiae Circumstantiae, 35(12): 4136-4142

商用车铝合金与钢制轮辋生命周期环境影响评价对比分析

彭飞, 杨沿平*, 殷仁述, 李娟, 杨阳

湖南大学汽车车身先进设计制造国家重点实验室, 长沙 410082

收稿日期: 2015-03-04 修回日期: 2015-06-04 录用日期: 2015-06-04

摘要: 基于生命周期评价(LCA)理论, 运用 GaBi 软件建模, 采用 EDIP 2003 评价体系, 对某款商用车铝合金轮辋和钢制轮辋的生命周期环境影响进行了评价和对比分析. 结果表明, 在原材料获取阶段铝合金轮辋对环境的影响要远远大于钢制轮辋; 制造阶段两种轮辋对环境的影响相差不大; 使用阶段钢制轮辋对环境的影响大于铝合金轮辋; 综合所有阶段来看, 当车辆总行驶里程低于 11.6 万 km 时, 铝合金轮辋对环境的影响更大, 超过 11.6 万 km 后, 钢制轮辋对环境的影响更大.

关键词: 铝合金轮辋; 钢制轮辋; 生命周期影响评价; EDIP 2003

文章编号: 0253-2468(2015)12-4136-07 中图分类号: X24, X820.3 文献标识码: A

Comparative analysis on life cycle environmental impacts assessment between aluminum alloy and steel rim of vehicle

PENG Fei, YANG Yanping*, YIN Renshu, LI Juan, YANG Yang

State Key Laboratory of Advanced Design and Manufacturing for Vehicle Body, Hunan University, Changsha 410082

Received 4 March 2015; received in revised form 4 June 2015; accepted 4 June 2015

Abstract: Based on the theory of life cycle assessment (LCA), a new model is built by the GaBi software to assess and analyze the life cycle environmental impacts of a certain commercial vehicle rim made of aluminum alloy and steel by means of the EDIP 2003 assessment system. The result shows that the environmental impact of the aluminum alloy rim is far greater than steel rim during the stage of raw material acquirement, while there is little difference during the manufacturing stage. The environmental impact of the steel rim is greater than that of the aluminum alloy rim in the employment stage. In view of all stages, the life cycle environmental impact of steel rim is less than that of aluminum rim when the accumulative distance of the vehicle is less than 116000 km.

Keywords: aluminum alloy rims; steel rims; life cycle impact assessment; EDIP 2003

1 引言(Introduction)

近年来, 随着我国经济的快速发展, 商用车保有量不断增加, 据中国汽车工业协会数据显示: 2013 年全年我国商用车产销量分别达到 403.16 万辆和 405.52 万辆, 同比增长 7.56% 和 6.40%. 截至 2013 年年底, 我国商用车保有量已达到 2016 万辆. 尽管商用车仅占我国民用汽车保有量的 15.9%, 但却消耗掉

了近 50% 的成品油, 且由于商用车多为柴油车, 产生的污染更是远远高于普通汽油乘用车, 因此, 给我国的能源与环境带来了巨大的负担. 在能源方面, 中国石油集团经济技术研究院最新发布的《2013 年国内外油气行业发展报告》指出, 2013 年我国石油(成品油)和原油的表观消费量分别达到 4.98 亿 t 和 4.87 亿 t, 同比分别增长 1.7% 和 2.8%; 石油对外依存度达到 58.1%. 在环境污染方面, 商用车燃油的

基金项目: 国家自然科学基金(No.71173072); 中国工程院咨询项目专题(No.2015-XZ-051-05-01)

Supported by the National Natural Science Foundation of China (No.71173072) and the Consulting Project of Chinese Academy of Engineering (No.2015-XZ-051-05-01)

作者简介: 彭飞(1990—), 男, E-mail: pfking0@163.com; * 通讯作者(责任作者), E-mail: yyp71@163.com

Biography: PENG Fei (1990—), male, E-mail: pfking0@163.com; * Corresponding author, E-mail: yyp71@163.com

大量消耗导致排放出大量污染物一氧化碳、碳氢化合物、氮氧化物和颗粒物等,严重污染了我国环境。综上,当前我国能源安全形势日益严峻,环境污染防治压力日渐加剧,商用车的节能降耗成为亟待解决的关键问题。资料显示:汽车整车质量减少 10%,燃油效率就可以提升 6%~8% (U.S. Department of Energy, 2011),而汽车的轻量化很大程度上取决于零部件的轻量化,因此,汽车零部件的轻量化已成为应对这一问题的有效途径之一。

目前,轻量化替代材料主要有铝、铝合金、高强度钢、镁合金等。发达国家已开始普遍采用屈服强度为 700 MPa 的高强度钢和 1400 MPa 级弹簧钢制作车架纵梁和悬架钢板弹簧,取消了副车梁,减少了弹簧片数,有效减轻了汽车质量(王新宇, 2012);美洲豹新款 XJ 型轿车的车身,基于原来钢质车身所用的壳体结构,采用铝合金制造,各结构间通过自冲铆与胶粘的方式连接取得了很好的轻量化效果,采用铝合金之后的车身质量比原来减轻约 40%,刚度提高 60% (张显波, 2011);本田公司通过使用铝板代替原来的钢板制造汽车车身使得质量减少了 50% (Chung *et al.*, 2000)。轻量化材料的使用降低了汽车质量,在使用阶段无疑可以节能减排。但在这些轻量化材料的整个生命周期过程中,原材料的获取、生产制造、回收利用阶段所产生的污染与排放可能会更大。刘志峰等(2012)对铝合金发动机罩和 GMT 材料的发动机罩进行了生命周期评价对比,得出铝合金引擎盖的全生命周期环境影响值小于 GMT 材料的引擎盖。丁宁等(2012)以铝合金轮毂为例,分析了铝合金零部件在生命周期中原材料生产、零部件生产及使用、回收再生等阶段的能耗和温室气体排放,并在此基础上定量分析了典型铝合金零部件在汽车上应用的节能减排效果,最后得出应用 1 kg 铝可减少 414~2475 MJ 的能耗和 30~147 kg (以 CO₂ 当量计)的温室气体排放量。因此,要判断汽车轻量化后能否真正的实现节能减排,仅考虑使用阶段是远远不够的,必须对其原材料获取、制造、使用、回收等各阶段进行全生命周期评价。

国际标准化组织在 1997 年制订的生命周期评价(Life Cycle Assessment, 简称 LCA)标准 ISO14040 中阐明:LCA 是一种用于评估与产品有关的环境因素及其潜在影响的技术,其方法框架包括目标和范围的确定、清单分析、影响评价、结果解释(ISO, 1997)。目前,国际上开发了多种生命周期评价软件,

例如:美国阿岗实验室的 GREET 软件、德国 PE 公司开发的 GaBi 软件、英国 Pira 公司研发的 PEMS 软件、荷兰莱顿大学环境科学中心开发的 SimaPro 软件、亿科环境科技有限公司开发的 eBalance 软件等。基于此,本文选取某款商用车的钢制轮辋和铝合金轮辋为研究对象,运用 GaBi 软件(版本:6.0),对以上两种轮辋的生命周期环境影响进行评价。该软件具有丰富的环境数据负荷库,数据主要来源为 Buwal、Eco、invent、PE-GaBi 和 Plastics Europe,所包括的影响评价方法包括 CML、EDIP、Eco-indicator 99 等,而本研究主要是两种资源类产品的 LCA 比较,故采用 EDIP 方法。

2 评价对象与评价系统边界的确定 (Evaluation objects and system boundary)

本文评价对象为选自企业某款商用车上的钢制轮辋,其规格为 22.5 mm×9.0 mm,质量为 46.2 kg,该商用车需要使用 10 个轮胎(不考虑备用胎),轮辋总质量为 462 kg,10 个相同规格的铝合金轮辋总质量为 232 kg。钢制轮辋商用车满载质量为 45030 kg,百公里油耗为 58.1 L。更换铝合金轮辋后每减轻 100 kg,百公里节油量可引用文献(Bertram *et al.*, 2009)中的公式计算:

$$S = \frac{E \times 100}{M} \times (1 - W) \quad (1)$$

式中, S 为节油量(L); E 为百公里油耗(L/100 km); M 为整车质量(kg); W 为在行驶周期内空气阻力与车辆所受所有阻力之比(取 $W=0.5$),通过计算可知使用铝合金轮辋商用车的百公里油耗。主要参数如表 1 所示。

表 1 商用车钢和铝合金轮辋的主要参数

Table 1 Main parameters of steel and aluminum alloy rim in commercial vehicle

材质	满载质量/kg	百公里油耗/L	轮辋质量/kg	行驶里程/km
钢	45030	58.10	462	400000
铝合金(A356)	44800	57.95	232	400000

注:数据来源于某商用车企业。

铝合金与钢制轮辋的全生命周期评价系统边界如图 1 所示。由于两种材料的轮辋在运输、销售及维修等阶段差异不大,故主要考虑原材料获取阶段、制造阶段、使用阶段和回收处理这 4 个阶段的情况。除此之外,本文主要考虑材料变化的一次影响(即零部件替代所直接产生的影响),并未考虑二次

影响(如轮辋质量变轻了,那么发动机也必须相应做设计上的改变等).

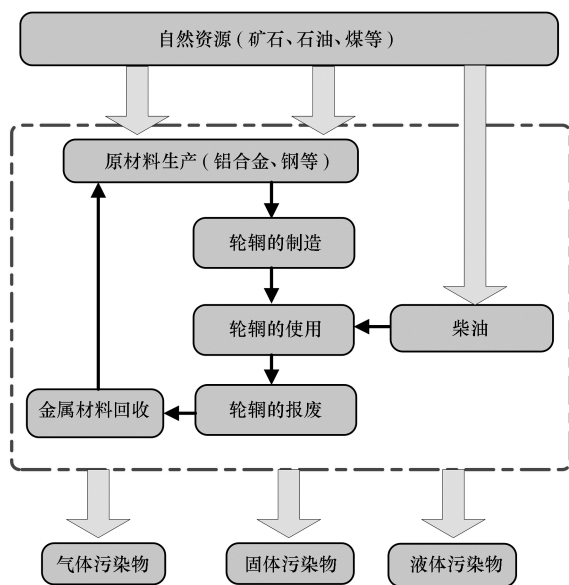


图1 评价系统边界

Fig.1 Boundary of evaluation system

3 各阶段数据处理与模型构建 (Data-processing and model-building of each phase)

3.1 原材料获取阶段

本文研究的铝合金轮辋使用的材料为铝合金 A356,其主要成分如表 2 所示(何树先等,2002),其中,数据清单引用文献(丁宁等,2012),具体数值如表 3 所示.铝合金原材料的获取流程如图 2 所示.钢

的原材料获取与铝合金的原材料获取过程基本相同,都是通过矿产的开采再经过冶炼加工得到钢坯,其中,数据清单来自文献(Bertram *et al.*,2009),具体数值如表 3 所示.

表 2 铝合金 A356 主要成分

Table 2 Main ingredients of A356 aluminum alloy

铝	硅	镁	铜	锌	铁
92.215%	7.100%	0.403%	0.0520%	0.134%	0.0960%

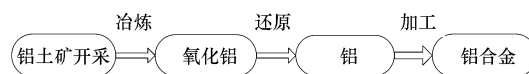


图 2 铝合金获取流程图

Fig.2 Flow chart of aluminum alloy acquirement

3.2 制造阶段

铝合金轮辋的制造主要是通过挤压成型,这样可以避免在材料内部形成气泡从而影响其性能,具体工艺流程为图 3a 所示(郑伟龙等,2013).由于制造阶段数据较难获得,故采用 GaBi 软件数据库中类似工艺数据,可得制造 10 个铝合金轮辋要消耗 2639.25 MJ 的电能.钢制轮辋则使用轮辋滚压的方法进行加工制造,整个工艺流程如图 3b 所示.其中,三次滚压是轮辋成形工艺的重点(王慧玲,2009).同样由于制造阶段数据较难获得,故采用 GaBi 软件数据库中类似工艺数据,可得制造 10 个钢制轮辋耗电为 2054.8 MJ.

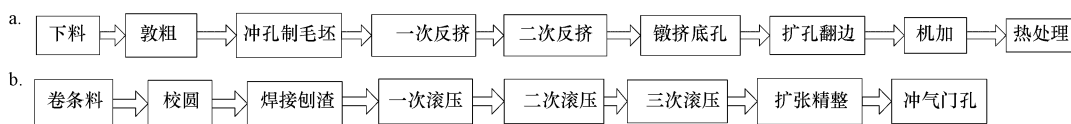


图 3 铝合金轮辋(a)和钢制轮辋(b)制造工艺流程图

Fig.3 Manufacturing process of aluminum alloy rim(a) and steel rim(b)

3.3 使用阶段

汽车轮辋在使用过程中由于自身重量会消耗一定的燃料,并伴随着污染物的排放,轮辋在使用过程的油耗按轮辋质量与整车质量比例进行分配(张雷等,2013),具体如下式所示:

$$E_{ICEV} = o \times \frac{L_{ICEV}}{100} \times \frac{m_{ICEV}}{M_{ICEV}} \quad (2)$$

式中, o 为汽车百公里油耗(L/100km); L_{ICEV} 为总行驶里程(km); m_{ICEV} 为轮辋总质量(kg); M_{ICEV} 整车质量(kg).

根据表 1 数据,汽车行驶里程为 40 万 km,代入计算可得钢制轮辋在行驶过程中柴油消耗量为 2384 L,铝合金轮辋消耗柴油 1196 L,根据柴油密度($0.835 \text{ kg} \cdot \text{L}^{-1}$)计算可得,在使用过程中钢制轮辋与铝合金轮辋的柴油消耗量分别为 1990.64 kg 和 998.66 kg.

3.4 回收利用阶段

铝合金材料与钢材都属于可回收金属材料,在回收处理阶段对环境的影响,等于回收处理阶段对环境的直接影响减去原材料获取阶段对环境的影响.虽然在材料回收阶段有一定的污染物排放,但最

终获得可利用的原材料从而得到正效益.目前废旧铝合金材料的回收率可达 98% (张铁军等,2008),废旧钢材的回收率可达 91% (Bertram *et al.*,2009),按此回收率计算则可回收得到铝合金 227.36 kg,钢 420.42 kg.通过对废旧材料的回收,可将回收所得材料制成新的产品,这一过程不仅可以减少原材料获取阶段对环境的影响,还能节省大量的矿产资源,对于矿产资源日益严峻的今天具有重大意义.本阶段清单数据分别来源于铝合金回收相关文献 (Burnham *et al.*,2006) 与钢回收相关文献(冶金工业信息标准研究院和南京钢铁联合有限公司,2010),具体数值如表 3 所示.通过对两种轮辋 4 个阶段的分析,运用 GaBi 软件建模(图 4).

通过 GaBi 数据库及相关文献资料的查阅可知,两种轮辋 4 个阶段的能源消耗及各种污染物的排放如表 3 所示.

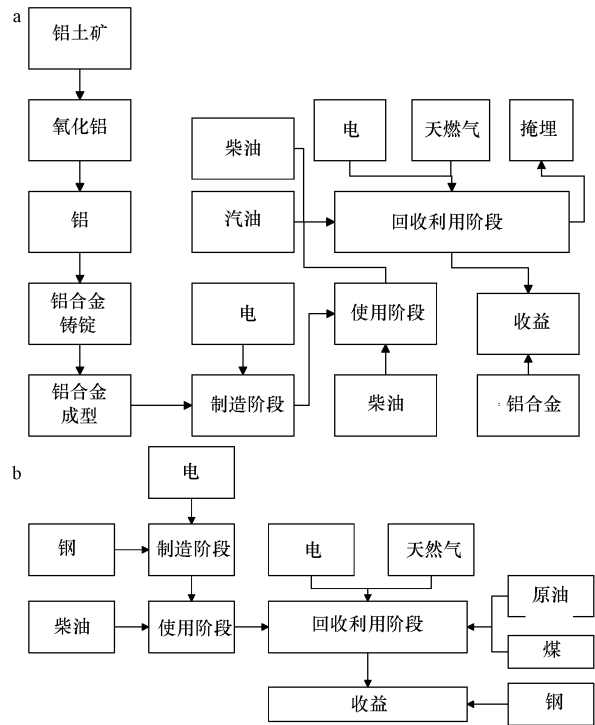


图 4 铝合金轮辋 (a) 和钢轮辋 (b) 全生命周期模型

Fig.4 Life cycle model of aluminum alloy rim (a) and steel rim (b)

表 3 两种轮辋不同阶段能耗与污染物排放

Table 3 Energy consumption and pollutant emissions in different phases of two different rims

阶段	材料	能源消耗							
		电/MJ	汽油/kg	柴油/kg	天然气/m ³	燃料油/m ³	煤/kg	原油/kg	褐煤/kg
I	铝合金	14742.44	0	0	278.73	0.03	1.99	0	0
	钢	173.25	0	0	2.77	0	304.92	18.48	0.01
II	铝合金	2639.25	0	0	0	0	0	0	0
	钢	2054.8	0	0	0	0	0	0	0
III	铝合金	0	0	998.66	0	0	0	0	0
	钢	0	0	1990.64	0	0	0	0	0
IV	铝合金	184.69	0.014	2.08	11.19	0	0	0	0
	钢	892.65	0	0	0.66	0	22.55	13.26	0
阶段	材料	污染物							
		CO ₂ /kg	CH ₄ /kg	SO ₂ /kg	CO/kg	NO _x /kg	PM _{2.5} /kg		
I	铝合金	5448.2	10.01	15.87	22.02	10.91	1.13		
	钢	1383.81	1.06	3.05	16.3	3.01	0.85		
II	铝合金	510.79	1.5	1.83	0.61	3.28	0.67		
	钢	504.43	1.48	1.81	0.6	3.23	0.66		
III	铝合金	345.99	3.12	2.11	0.54	1.7	0.11		
	钢	689.77	6.21	4.2	1.08	3.39	0.22		
IV	铝合金	-4399.32	-7.99	-12.78	-17.92	-8.61	-0.86		
	钢	-577.86	0.23	-0.96	-9.18	-0.3	-0.2		

注: I:原材料获取阶段, II:加工制造阶段, III:运行使用阶段, IV 回收利用阶段.

4 评价结果与分析 (Results and analysis)

4.1 评价结果对比分析

采用 GaBi 软件和 EDIP2003 生命周期评价方法,对铝合金和钢制轮辋进行全生命周期评价,将

全生命周期过程中对环境的影响分为酸化、水体富营养化、全球变暖、人类光化学烟雾接触、植物光化学烟雾接触、臭氧层消耗、陆地富营养化 7 种,其特征化结果如表 4 所示。

表 4 铝合金轮辋与钢制轮辋全生命周期环境影响

Table 4 Life cycle environmental impact of aluminum alloy rim and steel rim

材料	阶段	酸化 (UES)/m ²	水体富营养化/kg	全球变暖/kg	人类光化学 臭氧接触/ (10 ⁻⁶ h ⁻¹ ·人 ⁻¹)	植物光化学 臭氧接触/ (10 ⁻⁶ m ² ·h ⁻¹)	臭氧层 消耗/kg	陆地富营养化 (UES)/m ²
铝合金	I	1.84×10 ⁻¹	8.52×10 ⁻²	7.36×10 ⁻¹	1.89×10 ⁻⁴	1.92×10 ⁻¹	1.16×10 ⁻⁵	1.34×10 ⁻¹
	II	2.76×10 ⁻²	2.47×10 ⁻²	6.41×10 ⁻²	4.54×10 ⁻⁵	4.75×10 ⁻²	2.95×10 ⁻⁹	3.97×10 ⁻²
	III	2.37×10 ⁻²	1.30×10 ⁻²	4.92×10 ⁻²	3.46×10 ⁻⁵	3.45×10 ⁻²	3.24×10 ⁻⁹	2.07×10 ⁻²
	IV	-1.48×10 ⁻¹	-6.73×10 ⁻²	-5.95×10 ⁻¹	-1.50×10 ⁻⁴	-1.52×10 ⁻¹	-9.49×10 ⁻⁶	-1.06×10 ⁻¹
	V	8.77×10 ⁻²	5.56×10 ⁻²	2.55×10 ⁻¹	1.19×10 ⁻⁴	1.22×10 ⁻¹	2.15×10 ⁻⁶	8.87×10 ⁻²
钢	I	3.70×10 ⁻²	2.52×10 ⁻²	1.67×10 ⁻¹	4.76×10 ⁻⁵	4.89×10 ⁻²	7.98×10 ⁻⁸	3.65×10 ⁻²
	II	2.73×10 ⁻²	2.43×10 ⁻²	6.32×10 ⁻²	4.47×10 ⁻⁵	4.68×10 ⁻²	3.50×10 ⁻⁹	3.91×10 ⁻²
	III	4.73×10 ⁻²	2.59×10 ⁻²	9.81×10 ⁻²	6.91×10 ⁻⁵	6.87×10 ⁻²	6.45×10 ⁻⁹	4.13×10 ⁻²
	IV	-9.23×10 ⁻³	-3.77×10 ⁻³	-6.80×10 ⁻²	-7.09×10 ⁻⁶	-6.98×10 ⁻³	-4.49×10 ⁻⁸	-3.72×10 ⁻³
	V	1.02×10 ⁻¹	7.17×10 ⁻²	2.60×10 ⁻¹	1.54×10 ⁻⁴	1.57×10 ⁻¹	4.49×10 ⁻⁸	1.13×10 ⁻¹

注: I: 原材料获取, II: 加工制造阶段, III: 运行使用阶段, IV: 回收利用阶段, V: 整个生命周期; UES: unprotected ecosystem (无保护生态系统), 水体富营养化以 NO₃⁻ 当量计, 全球变暖以 CO₂ 当量计, 臭氧层消耗以 R11 当量计。

为了更直观地反应两种不同材料的轮辋对环境影响的大小, 本文运用了 EDIP 2003 生命周期评价方法进行标准化, 并使用 GaBi 软件数据库中的权重因子对其进行加权评估, 具体的标准化因子与权重因子如表 5 所示。

表 5 不同环境影响类型的标准化因子与权重因子

Table 5 Standardization factor and weighting factor of different types of environmental impact

影响类型	标准化因子	单位	权重因子
酸化	2200	m ²	0.018
水体富营养化	58	kg	0.0173
全球变暖	8700	kg	0.0159
人类光化学臭氧接触	10	10 ⁻⁶ h ⁻¹ ·人 ⁻¹	0.0189
植物光化学臭氧接触	140000	10 ⁻⁶ m ² ·h ⁻¹	0.0189
臭氧层消耗	0.103	kg	0.8937
陆地富营养化	2100	m ²	0.0173

注: 数据来源于 GaBi 数据库。

根据特征化值再通过公式 (3) 计算得到加权结果:

$$E_A = \frac{T}{b} R \quad (3)$$

式中, E_A 环境影响评估值 (无量纲); T 为特征化值; b 为标准化因子; R 为权重因子。

所得铝合金轮辋与钢制轮辋的环境影响结果对比情况如图 5 和 6 所示。由图 5 和 6 可知: ①在整个生命周期过程中, 对环境影响较大的有酸化、全球变暖、植物光化学臭氧接触、水体富营养化、陆地富营养化等几类。酸化主要因为柴油中较高的硫含量造成的, 全球变暖来源于柴油燃烧产生的二氧化碳等温室气体, 富营养化环境影响产生的主要原因在于工业污水中含有大量的氮、磷等物质, 如发电厂的汽轮机通常选用水作为冷却介质, 大量的工业

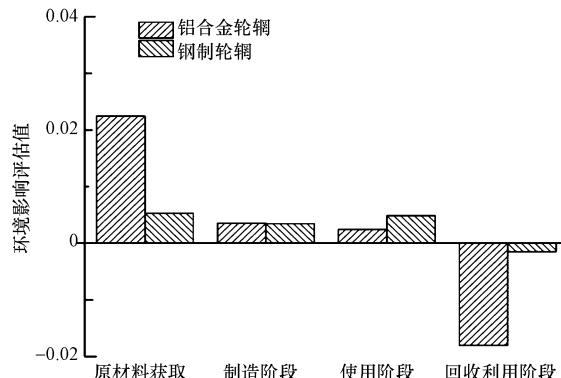


图 5 铝合金轮辋与钢制轮辋的不同阶段环境影响对比

Fig. 5 Comparison of environmental impacts between aluminum alloy rims and steel rims in different stages

废水大大加速了水体的富营养化过程.②分别从 4 个阶段来看,在原材料获取阶段,铝合金轮辋比钢制轮辋对环境的影响大;在加工制造阶段,两种材料的轮辋对环境的影响相差不大;而在使用阶段,由于钢制轮辋质量较大,所以对环境的影响要大于铝合金轮辋;在回收利用阶段,铝合金轮辋与钢制轮辋回收都得到了正效益,且铝合金的回收得到的正效益较大.③从整个生命周期来看,钢制轮辋对环境的影响要大于铝合金轮辋.

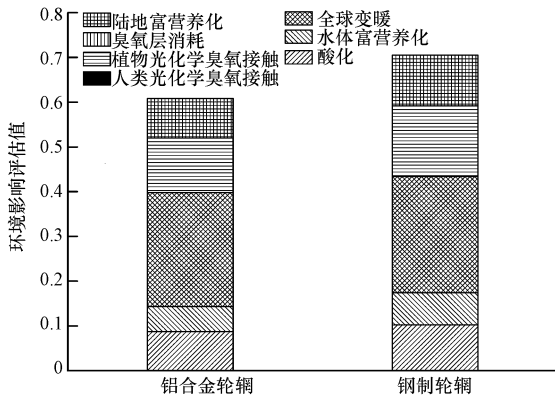


图 6 铝合金轮辋与钢制轮辋的不同环境影响类型结果对比
Fig.6 Comparison of environmental impact between aluminum alloy rims and steel rims

进一步分析图 5 可知,铝合金轮辋在原材料获取阶段对环境的影响远大于钢制轮辋,但由于钢制轮辋的质量要大于铝合金轮辋,在运行使用阶段必然要消耗更多的柴油,从而对环境造成较大的影响.因此,必然存在一个平衡点,即当该车行驶到一定里程时,铝合金轮辋的环境影响与钢制轮辋相当.为了得出该平衡点,本文将汽车行驶里程分为 4 段,建立相关模型,计算出的相应结果如图 7 所示.

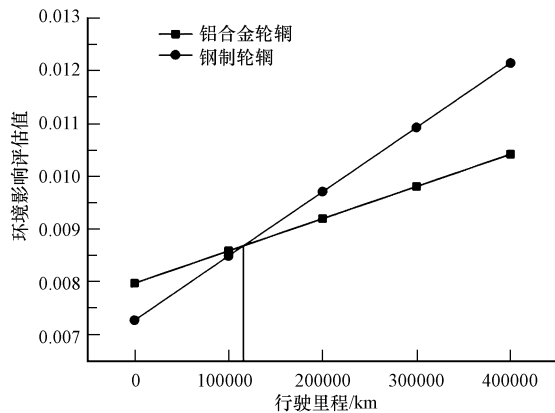


图 7 环境影响随行驶里程的变化关系

Fig.7 Relationship between the environmental impact and travel mileage

由图 5 和图 7 可知,由于铝合金轮辋在原材料获取阶段与制造阶段对环境的影响的总和要大于钢制轮辋,故在车辆尚未运行使用时,铝合金轮辋对环境的影响较大.随着行驶里程的增加,钢制轮辋消耗更多的柴油导致污染物排放大于铝合金轮辋.当行驶里程达到约 11.6 万 km 时,两种材料制造的轮辋造成的环境影响相同.之后随着行驶里程递增,钢制轮辋带来的环境影响将超过铝合金轮辋,且幅度不断增加.

4.2 敏感性分析

通过上述对两种材质轮辋的评价结果分析可知,铝合金轮辋对环境的影响总和在前期要远大于钢制轮辋,主要是因为其在整个生产阶段消耗了大量的电能,因此,接下来本文将对生命周期电耗进行敏感性分析.电耗的敏感性分析主要研究铝合金和钢制轮辋的生命周期过程中电耗从 -10%~10% 变化时,它们对环境的影响总值的变化.具体变化趋势如图 8 所示.

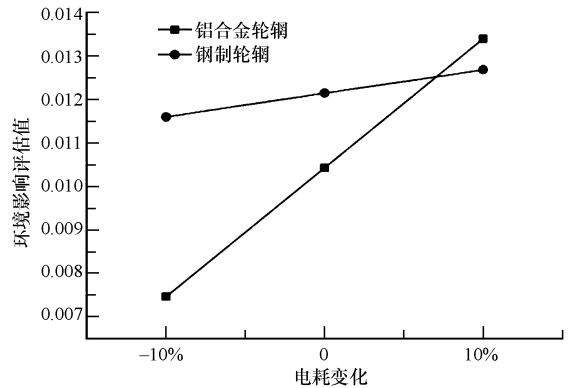


图 8 电耗变化对环境影响的敏感性对比分析

Fig.8 Comparative analysis of the sensitivity of electricity changes impact on the environment

由图 8 可知,铝合金轮辋生命周期环境影响对电耗的敏感度要大于钢制轮辋,这说明如果在铝合金轮辋的生产制造、原材料获取等阶段使用更加清洁的能源或者降低单位电能的消耗,那么对铝合金轮辋全生命周期过程降低环境影响具有较大的促进作用.因此,如果以降低生命周期环境影响为首要目标,在我国当前电力结构有望不断优化及火电污染物排放强度不断下降的大背景下,选择以铝合金替代钢制造商用车轮辋,有利于其生命周期环境影响的改善.

5 结论(Conclusions)

1) 铝合金材料在原材料获取阶段对环境的影响要大于钢,主要是由于铝合金材料在获取过程中工艺较为复杂,其中电解还原需要消耗大量的能源,因此,单从原材料获取阶段来看铝合金材料并不环保。

2) 虽然铝合金轮辋在原材料获取阶段对环境影响较大,但由于质量较轻,其在汽车的运行使用阶段能够节省柴油,同时回收利用阶段也具有不错的正效益,因此总的来看,当汽车行驶里程为 40 万 km 时,使用铝合金轮辋代替钢轮辋具有更好的环境效益。

3) 如该款商用车生命周期总行驶里程低于 11.6 万 km,建议使用钢制轮辋,而当总行驶里程超过 11.6 万 km 时建议使用铝合金轮辋,之后总行驶里程越长,铝合金轮辋降低环境影响的效果越显著。

4) 通过对两种材料的电耗敏感性分析可知,铝合金材料对电耗的敏感性要大于钢制轮辋,因此,如能在铝合金轮辋的全生命周期过程中减少电能的消耗或者使用更加清洁的电能,铝合金轮辋降低环境影响的效果将会更加明显。

责任作者简介: 杨沿平(1955—),女,湖南大学机械与运载工程学院教授,博士生导师,主要从事汽车产品生命周期评价、汽车技术与产业发展战略等研究。E-mail: yyp71@163.com.

参考文献(References):

Bertram M, Buxmann K, Furrer P. 2009. Analysis of greenhouse gas

- emissions related to aluminium transport applications [J]. The International Journal of Life Cycle Assessment, 14(S1): 62-69
- Burnham A, Wang M Q, Wu Y. 2006. Development and Applications of GREET 2.7 —The Transportation Vehicle-CycleModel [R]. ANL/ESD/06-5. Chicago: Argonne National Laboratory
- Chung Y D, Kang H, Cho W S. 2000. The development of lightweight vehicle using aluminum space frame body [A]//Seoul 2000 FISITA World Automotive Congress [C]. Seoul, Korea
- 丁宁,高峰,王志宏,等. 2012. 汽车用铝合金零部件的节能减排分析 [J]. 汽车技术, (2): 55-59
- 何树先,王俊,孙宝德,等. 2002. 高密度脉冲电流对 A356 铝合金凝固组织的影响 [J]. 中国有色金属学报, 12(3): 426-429
- International Organization for Standardization (ISO). 1997. ISO 14040: Environmental management-Life cycle assessment-Principles and framework [S]. Brussels: European committee for Standardization
- 刘志峰,王进京,张雷,等. 2012. 铝合金与玻璃钢汽车引擎盖的生命周期评价 [J]. 合肥工业大学学报(自然科学版), 35(4): 433-438
- U.S. Department of Energy. 2011. Lightweighting Material: 2010 Annual Progress Report [R]. DOE/EE-0577. Washington: Department of Energy
- 王慧玲. 2009. 轮辋滚压过程仿真与成形工艺研究 [D]. 上海: 上海交通大学
- 王新宇. 2012. 重型商用车驾驶室轻量化分析与优化 [D]. 长春: 吉林大学
- 冶金工业信息标准研究院, 南京钢铁联合有限公司. 2010. 电弧炉冶炼单位产品能源消耗限额. 编制说明(征求意见稿) [Z]
- 张雷,刘志峰,王进京. 2013. 电动与内燃机汽车的动力系统生命周期环境影响对比分析 [J]. 环境科学学报, 33(3): 931-940
- 张铁军,何敬志. 2008. 3C 产品塑料与铝合金外壳材料的生命周期评价 [J]. 轻合金加工技术, 36(10): 42-45; 49
- 张显波. 2011. 商用车驾驶室白车身开发中轻量化材料的应用研究 [D]. 长春: 吉林大学
- 郑伟龙,王明哲,张治民. 2013. 铝合金轮辋成形工艺分析 [J]. 热加工工艺, 42(17): 92-93; 97