

10.16638/j.cnki.1671-7988.2019.22.003

纯电动重型商用车生命周期评价分析*

郝卓, 马洋洋, 张杭钺, 路易斯, 邹航

(长安大学汽车学院, 陕西 西安 710064)

摘要: 由于当下严重的环境污染以及资源匮乏, 纯电动汽车迅速发展并已渐渐成为当下汽车产业的主流, 纯电动汽车也被誉为当下最适合我们的环境友好型汽车。然而现实情况却更为复杂, 需要我们从完整的生命周期进行评价。鉴于此, 文章基于 GABI 软件建模, 对纯电动重型商用车从原材料获取到零部件回收的全生命周期进行评价。通过对所获取的数据进行归一化和量化处理, 进而分析纯电动重型商用车全生命周期各阶段的能耗与排放。研究表明: 纯电动重型商用车在使用阶段的排放量最高, 其次为整车装配阶段。

关键词: 纯电动汽车; 全生命周期; GABI; 节能减排

中图分类号: U469.72 **文献标识码:** A **文章编号:** 1671-7988(2019)22-06-03

Life Cycle Assessment of Pure Electric Heavy Commercial Vehicle*

Hao Zhuo, Ma Yangyang, Zhang Hangcheng, Lu Yisi, Zou Hang

(School of Automobile, Chang'an University, Shaanxi Xi'an 710064)

Abstract: Due to the current serious environmental pollution and lack of resources, pure electric vehicles have developed rapidly and gradually become the mainstream of the current automotive industry. Pure electric vehicles are also praised as the most suitable environmental friendly cars for us. However, the reality is more complex, requiring us to evaluate and analyze from the complete life cycle. In view of this, based on GABI software modeling, this paper evaluates the whole life cycle of the pure electric heavy commercial vehicles from raw material acquisition to parts recycling. Through the normalization and quantification of the data obtained, the energy consumption and emission of pure electric heavy commercial vehicle in each stage of its life cycle are analyzed. The research shows that the emission of pure electric vehicles is the highest in the use stage, followed by the whole vehicle assembly stage.

Keywords: Pure electric vehicle; LCA; Energy saving and emission reduction

CLC NO.: U469.72 **Document Code:** A **Article ID:** 1671-7988(2019)22-06-03

引言

2018年, 中国进口原油量高达4.6亿吨, 对外石油依存度超过69.8%, 再次刷新历史记录。随着汽车工业的发展和汽车保有量的不断增加, 能源危机将继续加剧^[1]。汽车产业市场也亟需改变, 故新能源汽车迅速发展并成为主流趋势,

作者简介: 郝卓, 就读于长安大学汽车学院。*基金项目: 省级大学生创新创业训练项目(S201910710055)。

其中纯电动汽车的年产销量最高。

国内外的学者们已经对重型商用车的生命周期评价展开了一定的研究, 如, 西里西亚工业大学 Burchart-Korol, Dorota 等^[2]利用生命周期比较评估(LCA), 考虑了电动汽车从摇篮到坟墓的生命周期, 重点研究了电动汽车电池充电所需电能的生产。德国学者 Hombach, Laura E 等^[3]对德国使用可再生风能、不同的电解技术 Fischer-Tropsch 合成的电子燃料生产进行了经济和环境分析。意大利学者 Lombardi, Tribioli 等^[4]

利用生命周期评价对传统，电动，混合动力和燃料电池汽车动力系统进行了详细的评估分析。华南理工大学杨磊等^[5]采用简化的生命周期评估方法(LCA)和 TCO 评估方法，评估了轻型和中型柴油卡车(DTs)、插电式电动卡车(ETs)和电池交换式电动卡车的温室气体(GHG)排放和总拥有成本(TCO)。生命周期评价是对车辆从原材料的获取到最终的报废回收的全生命周期进行评价，用数据说话，得出科学的结论、引导科学的发展，从而为企业及政府决策提供依据。

1 研究对象与系统边界

本文的研究对象为纯电动重型商用车，而生命周期评价范围为原材料获取、零部件生产制造、整车装配、使用、零部件回收等几个阶段。在此我们主要研究的为纯电动重型商用车在生命周期各阶段的排放，排放指标为 CO₂、SO_x、NO_x、PM_{2.5} 及 PM₁₀ 等。系统边界如图 1 所示：

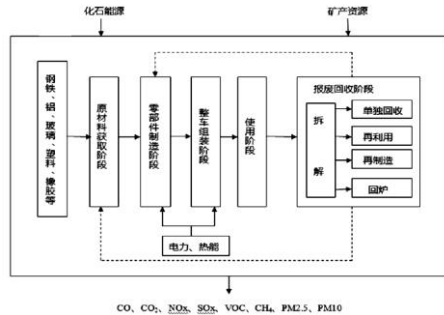


图 1 系统边界

2 纯电动重型商用车基本参数

选取某款纯电动重型商用车的基本参数^[6-7]如下：总质量 16 吨，总行驶里程 130000 千米，行驶范围 210 千米，百公里能耗 95 千瓦时。

3 影响评价与结果解释

3.1 纯电动重型商用车生命周期排放

纯电动重型商用车全生命周期排放见表 1。

表 1 生命周期各阶段排放表

	原材料获取	零部件制造	整车装配阶段	使用阶段	维修阶段	回收阶段	合计
CO ₂ (kg)	2.10E+04	7.54E+03	5.54E+04	1.10E+05	9.54E+03	-5.50E+03	2.03E+05
CO (kg)	1.06E+02	9.36E+00	6.72E+01	2.13E+03	1.42E+00	-1.90E+01	2.30E+03
NO _x (kg)	4.13E+01	1.86E+01	1.19E+02	6.72E+01	2.96E+00	-7.36E-04	2.50E+02
SO _x (kg)	6.54E+01	1.95E+01	1.61E+02	3.60E+00	5.58E+00	-1.00E-02	2.41E+02
NM VOC (kg)	6.40E+00	0.00E+00	3.20E+00	7.09E+01	1.25E+02	0.00E+00	2.05E+02
CH ₄ (kg)	5.86E+01	1.81E+01	1.51E+02	3.60E+00	7.54E+00	1.73E-01	2.40E+02
PM ₁₀ (kg)	2.61E+00	1.73E+00	1.43E+01	1.51E+01	1.84E-01	-2.30E+00	3.39E+01
PM _{2.5} (kg)	1.31E+01	1.44E+01	1.19E+02	1.26E+02	6.00E-01	-1.90E+00	2.74E+02

由表 1 中数据可知，纯电动重型商用车在全生命周期中排放量最多的为二氧化碳，主要是因为纯电动汽车的动力来

源为电能，而我国在生产电能时会产生大量的温室气体，导致原材料获取阶段的 CO₂ 排放量较高，而在使用过程中消耗电能为原材料阶段的将近五倍，以致 CO₂ 成为纯电动汽车排放量最高的气体^[8]。

3.2 纯电动重型商用车特征化结果

本文对纯电动商用车的生命周期评价运用 GaBits 软件计算建模，对全球变暖潜值 (GWP)、酸化潜值 (AP)、水体富营养化潜值 (EP)、光化学烟雾潜值 (POCP) 和臭氧层损耗潜值 (ODP) 五项影响指标进行分析，特征化结果如表 2 所示。

表 2 纯电动商用车全生命周期环境影响特征化结果

	GWP (kg, CO ₂ -Eq)	AP(kg, SO ₂ -Eq)	EP (kg, Phosphate-Eq)	POCP (kg, Ethene-Eq)	ODP(kg, R11-Eq)
原材料获取	2.29E+04	6.98E+01	6.24E+00	8.91E+00	1.02E-08
零部件制造	8.05E+03	3.02E+01	2.62E+00	2.91E+00	2.53E-09
装配阶段	5.95E+04	2.32E+02	1.71E+01	2.37E+01	1.90E-09
使用阶段	1.05E+05	3.36E+01	8.74E+00	7.79E+01	1.97E-09
维修阶段	1.07E+04	7.32E+00	4.42E-01	3.38E+01	2.67E-11
回收阶段	-5.78E+03	-1.49E+01	-1.22E+00	-1.74E+00	-1.76E-09
全生命周期	1.95E+05	3.74E+02	3.51E+01	1.47E+02	1.42E-08

3.3 纯电动重型商用车特征化分析

为了更直观的看到纯电动重型商用车在各阶段所产生的排放物对环境的影响以及进行客观对比分析，运用国际通用的 CML2001 方法对五种环境影响类型做归一化和量化处理，权重系数见表 3 归一化和量化结果见图 2。

表 3 归一化基准值与权重系数

环境影响类型	归一化基准值	权重 (无量纲)
全球变暖潜值 (GWP)	4.18E+13 kg, CO ₂ -Eq	0.27469229
酸化潜值(AP)	2.39E+11 kg, SO ₂ -Eq	0.18072651
水体富营养化潜值(EP)	1.58E+11 kg, Phosphate-Eq	0.0888622
光化学烟雾潜值(POCP)	3.68E+10 kg, Ethene-Eq	0.18102672
臭氧层损耗潜值(ODP)	2.27E+08 kg, CFC -Eq	0.27469229

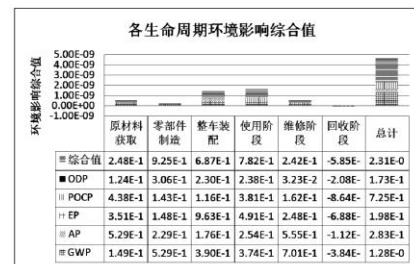


图 2 生命周期各阶段环境影响综合值

由表 3 可知，纯电动重型商用车的五种环境影响类型的影响力由大到小的顺序依次为：全球变暖潜值、光化学烟雾潜值、酸化潜值、水体富营养化潜值、臭氧层损耗潜值。

由图 2 可知，2020 年纯电动商用车的环境影响主要取决于使用阶段，其次是整车装配阶段，其中零部件装配阶段和回收阶段的环境影响最小。使用阶段的 GWP 最高，即由于电力资源的分配导致使用过程产生的二氧化碳量最多。整车装配阶段 AP 最高，

(下转第 11 页)

参考文献

- [1] 周奕,王英,黄晨东.动力电池热管理系统及其设计流程介绍[J].上海汽车,2014(6):7-10.
- [2] 桂长清.温度对 LiFePO₄ 锂离子电池的影响[J].电池,2011,41(2):36-39.
- [3] 肖飞,谢世坤,张庭芳,等.低温环境对动力锂电池放电特性影响[J].井冈山大学学报(自然科学版), 2012(6):61-64.
- [4] 付庆茂,锂离子电池低温性能研究[D].哈尔滨:哈尔滨工程大学化工学院,2015.
- [5] KUMARESAN K, SIKHA G, WHITE R E. Thermal Model for a li-Ion Cell[J] Journal of Electrochemical Society, 2008(155): 164-171.
- [6] Lin Cheng, Chen Ke, Sun Fengchun. Research on the thermo-physical properties identification and thermal analysis of EV Li-ion battery [C]. IEEE, 2009.
- [7] 林俊颇,林俊仰,姚卿敏,等.一种锂离子电池比热容的测定方法:中国专利,CN105806884A [P] 2016-07-27.
- [8] Fofana G H, Zhang Y T. Thermal Analysis of Li-ion Battery[J]. Applied Mechanics and Materials, 2013, 401-403:450-455.

(上接第7页)

主要是因为纯电动商用车质量较大,在整车装配过程中耗费了大量的化石能源及电力资源,产生了大量的酸化气体。

4 结论

(1) 纯电动重型商用车各阶段全球变暖潜值均较高,主要由于使用过程中电能的损耗以及电力的获取导致碳排放过高,故改善我国发电过程中的碳排放量是改善纯电动重型货车排放的有效举措。

(2) 纯电动重型商用车的光化学烟雾潜值也占较大比例。主要与我国的电能结构,动力电池的制造和回收有关。

(3) 纯电动重型商用车的排放中,大部分为 CO₂, 污染性气体较少,故属于环境友好型。

参考文献

- [1] 杨守波.我国新能源汽车产业发展的“优”与“忧”[J].濮阳职业技术学院学报,2019(04):50-54+58.
- [2] Burchart-Korol, D; Jursova, S; Folega, P et al. Environmental life cycle assessment of electric vehicles in Poland and the Czech Republic[J]. Journal of Cleaner Production, 2018,202: 476-487.
- [3] Hombach, LE; Dore, L; Heidgen, K et al. Economic and environmental assessment of current (2015) and future (2030) use of E-fuels in light-duty vehicles in Germany [J]. Journal of Cleaner Production, 2019,207: 153-162.
- [4] Lombardi, L; Tribioli, L; Cozzolino, R et al. Comparative environmental assessment of conventional, electric, hybrid, and fuel cell powertrains based on LCA[J]. The International Journal of Life Cycle Assessment, 2017,22:12.
- [5] Yang, L; Hao, CX; Chai, YN. Life Cycle Assessment of Commercial Delivery Trucks: Diesel, Plug-In Electric, and Battery-Swap Electric[J]. SUSTAINABILITY, 2018,10: 12.
- [6] Onat, NC; Kucukvar, M; Afshar, S. Eco-efficiency of electric vehicles in the United States: A life cycle assessment based principal component analysis [J]. Journal of Cleaner Production, 2019,212: 515-526.
- [7] Stefano C, Giampaolo M, Fernando G I. Energy analysis of electric vehicles using batteries or fuel cells through well-to-wheel driving cycle simulations[J]. Journal of Power Sources, 2008,186(2).
- [8] 沈万霞,张博,丁宁等.轻型纯电动汽车生产和运行能耗及温室气体排放研究[J].环境科学学报,2017,37(11):4409-4417.