

特斯拉汽车产业规划布局对中国电能耗和碳排放的影响评估

江东^{1,2}, 王娣^{1,2}, 林刚^{1*}, 付晶莹^{1,2*}, 陈帅^{1,2}

1. 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101

2. 中国科学院大学资源与环境学院, 北京 100049

摘要 随着新能源汽车尤其是纯电动汽车的发展, 其对电力的需求越来越大, 由此对中国电力系统造成的压力以及碳排放等问题需要格外关注。以近来发展迅速的特斯拉汽车为例, 针对特斯拉充电设备在全国的快速扩张, 通过统计调查、资源环境等多源数据, 运用空间信息技术对充电站的空间分布以及对中国电力和碳排放的影响做出评估。分析表明, 预计到2025年全国特斯拉电动汽车总耗电量将达到165.54亿kW·h; 相对于传统燃油汽车, 纯电动汽车所带来的减排效果足以弥补其增加的供电碳排放量。

关键词 纯电动汽车; 能源消耗; 碳排放; 充电设施

当前由化石燃料引起的环境污染问题日益凸显, 能源危机逐渐显现。汽车工业作为耗能较大的产业之一, 面临着较大的节能环保压力。为适应社会可持续发展的需求, 各国纷纷开展汽车产业结构化调整工作。新能源汽车以电或氢燃料等清洁能源作为动力来源, 使用期间不存在化石燃料燃烧, 污染物几乎零排放, 因此得到了诸多关注。世界各国政府将其作为实现汽车节能减排的重要战略手段之一, 纷纷给予政策鼓励和支持。2017年, 中国出台面向新能源汽车产业的相关政策累计36项,

涉及宏观、补贴、基础设施、安全管理、技术研发、智能网联等诸多方面, 全面推动了中国新能源汽车产业快速发展。

新能源汽车在行驶过程中较少排放或几乎不排放污染物使其成为替代传统燃油汽车的希望, 国内外很多学者研究了新能源汽车的减排潜力。Brady等认为电动汽车的能源利用效率比传统燃油汽车高出46%以上, 并具有13%~68%的CO₂减排潜力^[1]。唐葆君等采用车用燃料生命周期分析法结合北京市电动车的运行情况, 对新能源电动车的

收稿日期: 2018-12-25; 修回日期: 2019-03-11

基金项目: 中国科学院战略性先导科技专项(A类)(XDA19040300)

作者简介: 江东, 研究员, 研究方向为资源环境遥感应用, 电子信箱: jiangd@igsrr.ac.cn; 林刚(通信作者), 讲师, 研究方向为可持续能源发展, 电子信箱: ling@reis.ac.cn; 付晶莹(共同通信作者), 副研究员, 研究方向为生物质能源, 电子信箱: fuji@igsrr.ac.cn

引用格式: 江东, 王娣, 林刚, 等. 特斯拉汽车产业规划布局对中国电能耗和碳排放的影响评估[J]. 科技导报, 2020, 38(16): 140-145; doi: 10.3981/j.issn.1000-7857.2020.16.016

碳排放进行量化分析,预计到2020年,推广的新能源电动车将节能 15.4769 万 kW·h,减排 39.4 万 t CO₂^[2]。

但是也有学者质疑,在中国仍然以煤电为主的供电结构下是否真的适合发展新能源汽车尤其是纯电动汽车。朱成章^[3]和肖献法^[4]认为电动汽车消耗的电力主要依靠燃煤发电,由此带来的污染物排放并不比传统燃油车少,并且会加剧中国煤炭的开采量或增加中国煤炭进口,不利于能源安全。

特斯拉在电池安全控制系统及充电技术上的创新突破了长期以来限制电动汽车发展的瓶颈问题,通过颠覆性的技术和商业模式改变了人们对电动汽车的看法,近几年引起了国内的广泛讨论。很多学者从创新技术、国家政策、充电标准等角度对特斯拉为中国新能源汽车产业带来的影响做了研究^[5-8],却很少有关于其对中国电能耗及碳排放的评估分析。

因此,本研究以特斯拉电动汽车为研究对象,收集多源数据,采用改进的燃料碳排放模型对其汽车产业及充电设施的空间布局以及对中国电能耗和碳排放的影响进行分析,并对其离网太阳能充电桩在中国的发展做出展望。

1 特斯拉电动汽车产业及充电设施现状分析

特斯拉自2014年底开始进入中国市场,销售量呈现逐年递增趋势。据统计,截至2019年,中国特斯拉保有量约为9.26万辆^[9]。相比于2018年的约4.79万辆,增长率接近100%(图1)。照此速度,到2025年特斯拉汽车在中国的保有量将达到约640万辆。

从空间地域分布看,截至2017年,中国特斯拉汽车保有量主要集中在华北、华东和华南地区,分别占全国保有量的33.1%、37.2%和20.3%。从省市分布看,保有量排名前5的省市依次为北京市、上海市、广东省、浙江省、四川省,其中有29%的销量流向了北京,其保有量约为6148辆;24%销量流向了上海,其保有量约为5088辆;19%的销量流向

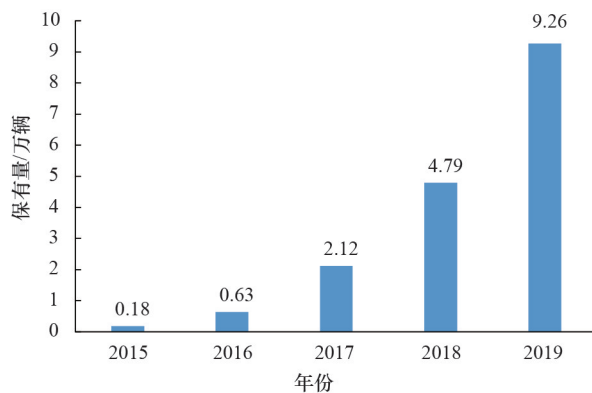


图1 2015—2019年中国特斯拉汽车保有量

了广东,保有量约为4028辆。京沪粤三地总共贡献了特斯拉在中国销量的72%(图2)。

为了做好汽车销售与充电设施规划的有效衔接,特斯拉大力筹建超级充电站并积极寻求合作伙伴加入Tesla目的地充电计划^[10],这与其深度发掘中国市场潜力,加大其在中国的销售力度密不可分。截至2018年5月底,特斯拉在中国已建成和正在筹建的超级充电站达419座,至全部筹建完成时预计配置超级充电桩数量约为3550个。如图2所示,特斯拉充电桩分布在全国26个省份,其空间分布特征和保有量空间特征大致趋同,也主要集中在北上广以及江浙等沿海地区。目前在北京市、上海市、广东省、江苏省和浙江省5省市已建成投产的超级充电桩为786个,占全国总量的65.4%,计划筹建的超级充电站42座,占全国总量的36.5%。而山东省、陕西省、安徽省和湖北省等地紧随其后,计划筹建的超级充电站为31座,占全国总量的27.0%。

2 特斯拉电动汽车电量需求

目前,特斯拉在中国市场销售的车型主要有Model S系列和Model X系列两款。截至2017年底,Model S系列汽车在中国的保有量占累计保有量的77%,约为1.6324万辆;Model X系列总交付量达到23%,约为4876辆。从特斯拉中国官网上可以查到,两款车型配置的蓄电池容量分别为85和100 kW·h,标准版配置的最高续航里程分别为466和552 km。按照中国汽车年均行驶里程1.5万 km

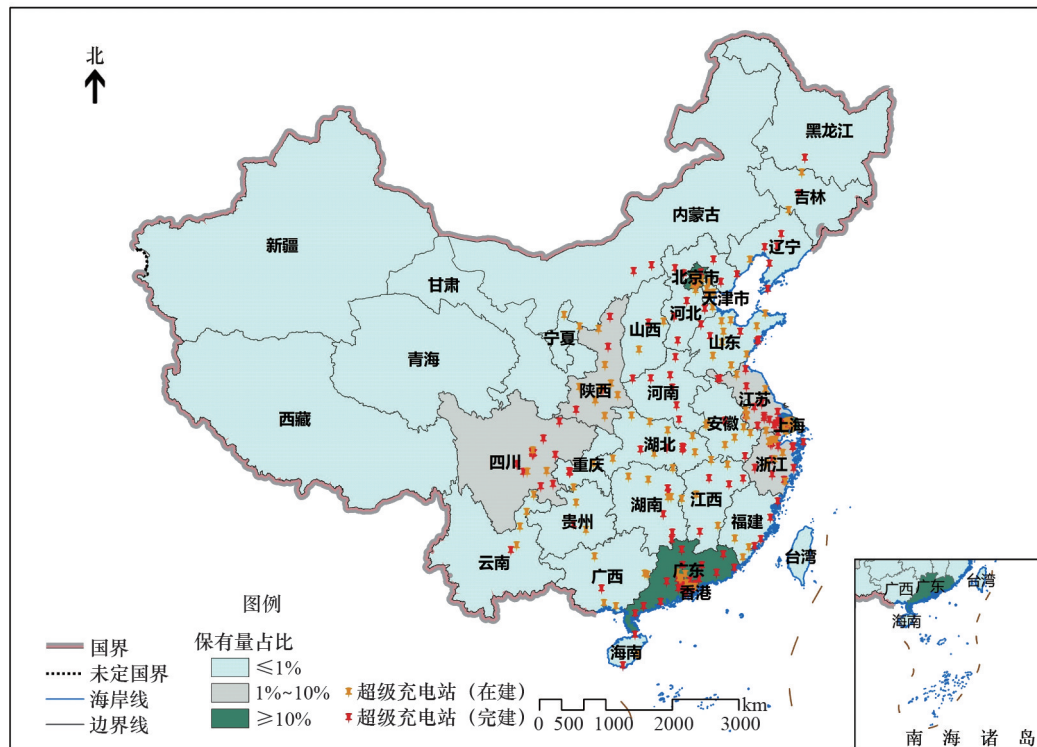


图2 2018年中国特斯拉汽车保有量及充电设施分布

估算,1辆 Model S 年均耗电量约为 2736.05 kW·h, 而 Model X 年均耗电量约为 2717.39 kW·h。根据《中国能源统计年鉴 2017》,中国 2016 年人均电力消费量为 4446 kW·h,1 辆特斯拉的耗电量占比达到 60% 以上。若按照 2017 年两款车型的保有量比例结构,2025 年全国特斯拉电动汽车总耗电量将达到 165.54 亿 kW·h。

在中国的能源结构中,电力供应的主要来源依靠火力发电。根据国家统计局公开的《2017 年度统计公报》数据(图 3),2017 年末全国发电装机容量 17.7703 亿 kW,比 2016 年增长 7.6%,其中火电装机容量为 11.0604 亿 kW,增长 4.3%,占总装机容量的 62.24%。预期到 2020 年全国发电装机容量将达到 20 亿 kW,电能占终端能源消费比例达到 27%。中国的煤炭资源丰富,燃煤发电技术成熟,成本相对较低,火电的重要地位在短期内仍不会改变。因此,在当前以火电为主的电力结构下,特斯拉汽车发展所带来的用电需求增长必然带来火电供应碳排放的增加。

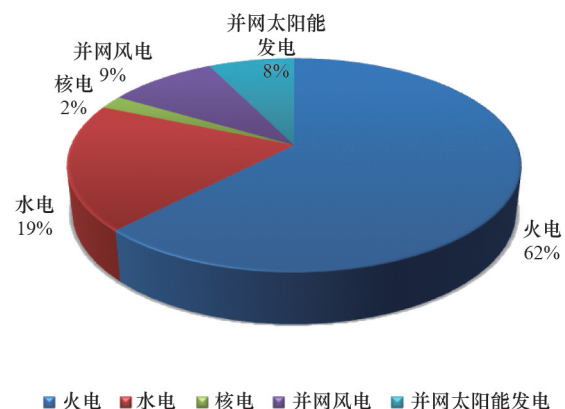


图3 2017年中国发电装机容量比例构成

3 特斯拉电动汽车碳排放量分析

中国作为世界上碳排放量最多的国家,电力系统是排放源的主体^[1]。虽然特斯拉电动汽车与传统燃油车相比,在行驶过程中并不产生碳排放,但在另一方面依然要靠火电供电,作为电力消费终端,所增加的供电碳排放是需要关注的问题。

本研究采用施晓清等^[12]提出的方法,即分别计算中国各省电动汽车与燃油汽车的碳排放量,并进行对比分析。计算公式为

$$E_M = \frac{V_s \times U \times F_E \times E_F}{T_E \times C_E} \times \frac{12}{44}$$

式中, E_M 为汽车碳排量,kg; V_s 为汽车保有量,辆; U 为汽车行驶里程,km; F_E 为汽车平均100 km能耗, 10^{-2} L/km(燃油汽车)或 10^{-2} kW·h/km(电动汽车); E_F 为汽车用燃料的CO₂排放系数,kg/L(燃油汽车)或kg/(kW·h)(电动汽车); T_E 为输电效率或汽油运

输效率,%; C_E 为充电效率,(或燃油效率,%)。其中,燃油汽车运输效率为95%,燃油效率为20%^[13-14];电动汽车输电效率为94%,充电效率为91%^[15-16]。

各区域单位供电平均CO₂排放因子如表1所示。汽油车100 km耗油量一般为8 L^[4],密度取0.72 kg/L。根据《省级温室气体清单编制指南》(发改办气候[2011]1041号)中提供的数据,汽油CO₂排放系数为2.9251 kgCO₂/kg(换算为2.1061 kg/L)。电动汽车与燃油汽车计算参数如表2所示。

表1 2015年中国区域电网单位供电平均CO₂排放因子

电网名称	覆盖省市	EFgrid, OM, y/[tCO ₂ ·(MW·h) ⁻¹]
华北区域电网	北京市、天津市、河北省、山西省、山东省、内蒙古自治区	1.0416
东北区域电网	辽宁省、吉林省、黑龙江省	1.1291
华东区域电网	上海市、江苏省、浙江省、安徽省、福建省	0.8112
华中区域电网	河南省、湖北省、湖南省、江西省、四川省、重庆市	0.9515
西北区域电网	陕西省、甘肃省、青海省、宁夏回族自治区、新疆维吾尔自治区	0.9457
南方区域电网	广东省、广西壮族自治区、云南省、贵州省、海南省	0.8959

注:数据及计算方法来源于国家气候战略中心发布的《2015中国区域电网基准线排放因子》。EFgrid、OM、y为2011—2013年电量边际排放因子的加权平均值。

表2 电动汽车与燃油汽车参数

燃料动力	平均100 km能耗	供电平均CO ₂ 排放因子	输电效率/%	充电效率/%
	/(10 ⁻² kW·h·km ⁻¹)	/[kg·(kW·h) ⁻¹]		
锂离子电池(85 kw·h)	18.24	见表1	94	91
锂离子电池(100 kw·h)	18.12	见表1	94	91

燃料动力	平均100 km能耗/(10 ⁻² L·km ⁻¹)	CO ₂ 排放系数/(kg·L ⁻¹)	运输效率	燃油效率
汽油	8	2.1061	95	20

通过上述方法计算各省特斯拉汽车100 km碳排放量(图4),并选取了特斯拉汽车与汽油汽车碳排放量差距较大的部分省市做对比(图5)。结果表明,100 km碳排放量较高的依然是北京市、上海市、广东省以及浙江省等省市,分别为29.60 t、23.44、14.92和7.56 t;与传统汽油车相比,上述省市特斯拉汽车的碳减排量也是非常显著,100 km碳排放分别减少119.08、99.61、82.50和38.59 t。

虽然特斯拉汽车的快速发展会带来用电量需求的增加,但相对于传统燃油汽车,其所带来的减排效果足以弥补增加的供电碳排放量,仍可称为低

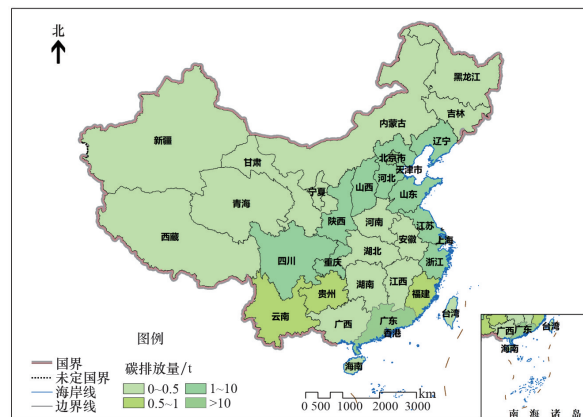


图4 各省特斯拉汽车百公里碳排放量

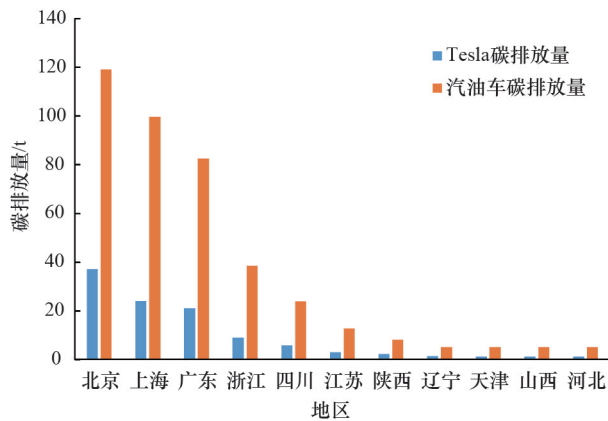


图5 部分省市Tesla汽车与汽油车碳排放量对比

碳汽车^[17]。并且由于纯电动汽车使用的是电能,随着科学技术以及清洁能源的发展,供电CO₂排放依然有减排的空间^[18]。

4 讨论

特斯拉于2019年3月正式推出新一代直流快充桩设备Supercharger V3,并提出该设备能够使用离网太阳能及Powerpack系统供电,如能真正实现将会大大降低火电供电带来的环境影响。但结合中国国情看,离网太阳能充电设备的发展主要受两方面的限制:一方面,离网太阳能产能受环境影响较大,与当地平均辐射强度、电池板的有效面积等均有相关性,按照目前中国市场常用的太阳能电池板性能,要想为一辆特斯拉汽车供电需要大面积铺设电池板,但对于特斯拉汽车保有量较高的一二线城市来说,居住环境相对密集,大面积铺设的可行性较低且存在较大的安全隐患;另一方面,虽然中国拥有十分丰富的太阳能资源,但分布并不均衡,太阳能资源最丰富地区主要位于青藏地区以及甘肃、宁夏和新疆等地,其次是河北、山西、河南等地,而广东、江浙及四川等地的太阳能资源最差^[19]。这与特斯拉产业分布及充电设施规划主要分布在东南沿海及北京等较发达省市的现状并不匹配。

另一方面,电动汽车产业在国内的发展目前主要依赖国家补贴力度,对于未来电动汽车保有量的预测存在很大的不确定性,特斯拉电动汽车作为依

赖进出口贸易的商品,同样如此,尤其会受到贸易政策变化的影响。

5 结论

在研究特斯拉汽车及其充电设施的产业布局现状的基础上,从特斯拉汽车用电量、碳排放量及离网太阳能充电桩发展三方面阐述了其产业布局对中国资源环境的影响,得出以下结论。

1) 特斯拉汽车在中国的保有量持续增长,由此带来用电需求的增加。预计到2025年,全国特斯拉电动汽车总耗电量将达165.54亿kW·h。中国2016年人均电力消费量为4446 kW·h,1辆特斯拉的年总耗电量约在2700 kW·h以上,占比达60%。

2) 虽然特斯拉汽车的快速发展会带来用电量需求的增加,但相对于传统燃油汽车,其所带来的减排效果足以弥补增加的供电碳排放量。

3) 特斯拉新一代离网太阳能充电设施布局与中国太阳能资源分布存在错位匹配,离网太阳能充电桩在中国的发展之路将面临挑战。

由于研究对象为进入国内市场时间较短的特斯拉电动汽车,在数据获取方面存在一定的困难。例如,特斯拉未来汽车保有量的预测会受到两国贸易政策、国内电动汽车补贴力度以及其他汽车品牌发展的影响,难以进行准确评估。另外,中国省级电网的供电平均CO₂排放因子数据的更新以及多种汽车类型在使用不同燃油时的油耗评估也是未来研究需要进一步深入分析的内容。

参考文献(References)

- [1] Brady J, O'Mahony M. Travel to work in Dublin. The potential impacts of electric vehicles on climate change and urban air quality[J]. Transportation Research, 2011, 16(2): 188-193.
- [2] 唐葆君, 马也. “十三五”北京市新能源汽车节能减排潜力[J]. 北京理工大学学报(社会科学版), 2016, 18(2): 19-23.
- [3] 朱成章. 对我国发展纯电动汽车的质疑与思考[J]. 中外能源, 2010, 15(9): 11-15.

- [4] 肖献法. 当前通过发展“纯电动汽车”来实现节能减排是个误区[J]. 商用汽车, 2012(2): 20.
- [5] 郭晓际. 特斯拉纯电动汽车技术分析[J]. 科技导报, 2016, 34(6): 98-104.
- [6] 刘春娜. 特斯拉汽车电池技术及策略[J]. 电源技术, 2014, 38(7): 1201-1202.
- [7] 罗慧, 杨可瞻, 曾慈航. 电动车特斯拉之崛起[J]. 中国中小企业, 2013(7): 68-71.
- [8] 吴辉. “特斯拉”效应: 能否带动中国新能源汽车产业走出困境[J]. 科技创新与品牌, 2013(7): 50-52.
- [9] 大搜车智云. 全国汽车保有量[EB/OL]. (2020-06-19) [2020-06-19]. <https://zhiyun.souche.com/dataQuery?typeId=4&prodId=19>.
- [10] 特斯拉中国. 目的地充电站[EB/OL]. (2018-09-02) [2018-11-30]. <https://www.tesla.cn/destination-charging>. 2018.
- [11] 闫丹. 中国省域火电行业碳排放效率评价及空间相关性研究[D]. 北京: 中国地质大学(北京), 2018.
- [12] 施晓清, 李笑诺, 杨建新. 低碳交通电动汽车碳减排潜力及其影响因素分析[J]. 环境科学, 2013, 1(1): 385-394.
- [13] 孔维政, 李琼慧, 汪晓露. 基于全周期能源利用效率的电动汽车节能减排分析[J]. 中国电力, 2012, 45(9): 64-67.
- [14] 余志生. 汽车理论[M]. 5版. 北京: 机械工业出版社, 2009.
- [15] 王成. 电动汽车发展对能源与环境影响研究[D]. 长春: 吉林大学, 2007.
- [16] 欧训民, 张希良, 覃一宁, 等. 未来煤电驱动电动汽车的全生命周期分析[J]. 煤炭学报, 2010(1): 169-172.
- [17] 苏利阳, 王毅, 陈茜, 等. 未来中国纯电动汽车的节能减排效益分析[J]. 气候变化研究进展, 2013, 9(4): 284-290.
- [18] 刘璟, 赵涛. 混合动力和纯电动汽车节能减排研究[J]. 标准科学, 2014(2): 21-25.
- [19] 王峥, 任毅. 我国太阳能资源的利用现状与产业发展[J]. 资源与产业, 2010, 12(2): 89-92.

Impact assessment of Tesla's automotive industry planning and layout for China's resource environment

JIANG Dong^{1,2}, WANG Di^{1,2}, LIN Gang^{1*}, FU Jingying^{1,2*}, CHEN Shuai^{1,2}

1. Institute of Geographical Sciences and Natural Resources Research, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China

2. College of Resources and Environment, University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China

Abstract In recent years, the Chinese government is committed to develop the new energy automobile industry as one of the effective solutions to solve the environmental and energy problems caused by the traditional fuel automobile industry. However, the demand for electricity is increasing with the development of new energy vehicles, especially, pure electric vehicles. It is necessary to pay a special attention to the pressure on China's power system and carbon emissions. This paper focuses on the rapid expansion of the charging equipment of Tesla vehicles and studies the impact on the power system and the CO₂ emission in China using the spatial distribution information technology and the multi-source data. The influence is assessed to provide a decision support for the national policies. It is shown that the total electricity consumption of Tesla electric vehicles in China will reach 165.54 billion kW·h in 2025 and compared with traditional fuel vehicles, the emission reduction of pure electric vehicles is enough to make up for the increased carbon emissions.

Keywords pure electric vehicle; energy consumption; carbon emissions; charging facilities ●



(责任编辑 傅雪)