

电动汽车碳排放争议辨析

■赵福全 郝翰 刘宗巍

低碳化是中国汽车产业发展的必然方向

伴随着中国国民经济的飞速发展,中国的碳排放量也在逐年增加,目前已经超越美国成为全球第一,占全球排放总量的近30%。为防止全球变暖、履行国际义务,近年来中国政府签署了多项减排协议:2014年,中美发布应对气候变化的联合声明,中国提出将在2030年左右二氧化碳排放达到峰值且将努力早日达峰;在2015年的巴黎气候会议上,中国进一步承诺,到2030年单位国内生产总值二氧化碳排放比2005年下降60%~65%。可见,低碳化已经升级为国家战略。

规模庞大的汽车产业牵涉面广、关联性强,既是国民经济的支柱产业,又在碳排放中占有较大比重,因此在国家降低碳排放的总体目标下,汽车产业责无旁贷。当前,中国明确将发展新能源汽车作为国家战略,车辆电动化已是大势所趋。特别是在政府持续的大力支持下,中国新能源汽车产业初露曙光,2015年销量超过33万辆,跃居全球第一。日前发布的《节能与新能源汽车技术路线图》,更是将中国新能源汽车在2020、2025和2030年的销量目标分别定在了200万、700万和1500万辆,以期新能源汽车为实现国家节能环保目标做出更大贡献。

电动汽车碳排放存在巨大争议

然而,关于电动汽车是否比传统内燃机汽车更为低碳,学术界和产业界一直存在不同的看法。对此,许多研究机构先后进行了深入研究。但是,不同研究的结果差异较大,由此也产生了巨大的争议。我们汇总了近十年来的主要相关研究结果,通过比较发现:以电动汽车相对于传统汽油车的碳减排幅度这个指标衡量,多数研究认为电动汽车可以实现一定程度的减排效果,甚至早期有一些学者作出了电动汽车碳减排幅度超过50%的乐观估计;而最近几年的研究结果显示,各方的预测逐步趋于保守,不过不同预测之间的差别依然较大。如有研究认为电动汽车可以实现20%以上的碳减排;但也有研究得出相反的结论,认为电动汽车会导致碳排放增加。正确解读以上争议,对于科学评估新能源汽车在中国低碳化进程中的作用具有重要意义,将直接影响国家的战略决策和导向。

争议辨析与原因解读

实际上,出现争议的根本原因在于,各方的研究对于影响电动汽车碳排放的因素有不同的假定,从而导致评估结果的明显差异。解决这个问题,是要深入分析不同研究的基本假设,即对影响电动汽车碳排放的主要因素进行综合判断和客观评估。

电动汽车碳排放的影响因素众多,包括生产阶段排放、车辆能耗比值(电

耗/油耗)、电网碳排放强度、车辆使用情景(强度、寿命)、电能传送效率等。其中比较核心的因素是车辆能耗比值、电网碳排放强度以及电能传送效率。

1、车辆能耗比值

车辆能耗比值即电动汽车百公里电耗与汽油车百公里油耗的比值(kWh/L)。这个参数的合理选取,是汽油车与电动汽车能够进行客观比较的前提。不同研究对于车辆能耗比值的选取存在较大差异,例如对于油耗6L/100km左右的汽油车,有研究者认为与之可比的电动汽车电耗应在12kWh/100km左右,而有的研究者却认为相应的电动汽车电耗应在20kWh/100km以上。

通过相关性分析可以进一步发现,车辆能耗比值假定的较大差异,对于电动汽车碳减排效果的影响很大。为此,我们汇总了近年来市场上具有代表性的量产电动车及其对标的基础汽油车型,根据实际数据进行了测算,得出车辆能耗比值平均约为2.2。结合相应的数据离散性分析,我们认为能耗比值区间在2.0~2.5之间较为合理。如果假定偏离这个区间太大,研究的可靠性就值得商榷,极有可能存在明显的偏向性。一些研究之所以得出电动汽车碳减排效果不明显甚至增加碳排放的结论,很大程度上就在于其选取的车辆能耗比值远高于合理区间。像上面提及的最后一个研究,车辆能耗比值高达3.3,这样极端的假设使电动车的碳排放直接从“天堂”坠入“地狱”,其结果具有极大的误导性。

2、电网碳排放强度

这也是极为关键的影响因素之一,主要通过电力结构和各类电能碳排放强度来进行核算。电网排放强度越高,电动汽车的碳减排效果就越弱。比较不同的研究,能够发现该项参数的核算值存在一定差异,对最终结果产生了较为明显的影响。

基于最新基础数据,目前中国电网的碳排放强度合理区间在700~750gCO₂eq/kWh(当量CO₂排放),预计2030年可以下降到300~500gCO₂eq/kWh。明显偏离这一区间的研究,其结果就会出现偏差。同时应注意的是,中国电网碳排放强度属于高碳电范畴,远高于欧洲(欧洲目前为330gCO₂eq/kWh,预计2030年将下降到100~200gCO₂eq/kWh)。不过目前我国这一数值正在逐年降低,因为一方面火电比例在逐步下降,另一方面火电厂的效率也在逐步提高。因此,对于未来的评估预测,应充分考虑到这一发展趋势。

而与电网排放强度相对应的是汽油排放强度指标,主要通过计算汽油全生命周期内的碳排放(不考虑车辆生产),包括上游阶段开采、精炼、运输过程的排放,以及使用过程中直接燃烧的排放。分析发现,各方研究对汽油排放强度的假定差异不大,汽油全生命周期碳排放强度约为3kgCO₂eq/L,其中使用阶段燃烧排放占比约为75%。

3、电能传送效率

一方面,电能通过电网进行输送,存在一定的线路损失,这可以用输电效率来衡量。对此,《中国电力年鉴》提供了权威的官方数据(目前约为93.4%),大部分研究也都采用了这一数据。另一方面,电能从充电桩充入动力电池的过程中也存在一定的损耗,这可以用充电效率来衡量。对于充电效率而言,不同研究的假定(90%左右)相差较小。而输电效率和充电效率共同决定电能传送效率(84%左右),各方研究对电能传送效率的共识度较高,不存在明显争议,不是影响最终结论的主要因素。

由此可见,影响电动汽车碳减排效果评估结论的首要因素是车辆能耗比值。此外,电网碳排放强度的假定也有较大影响,而其他因素基本没有争议。也就是说,前两个因素在很大程度上决定了电动汽车是否低碳的最终结论,必须客观选定才能得出具有指导意义的结论。

基于无偏假设的电动汽车碳排放评估预测

在上述分析的基础上,我们对几个核心影响因素进行了无偏假设,进而从全生命周期的角度出发,考虑未来10年的可能变化,对不同续航里程电动汽车(100km、200km、300km)的碳排放情况进行了综合评估,并与传统汽油车、轻度混合动力汽车(相比传统汽油车节油9%)、深度混合动力汽车(相比传统汽油车节油33%)进行了比较。

研究结果表明:对于传统汽油车来说(整备质量1.1吨,发动机1.5L),假设总行驶里程为15万公里,其全生命周期碳排放总量为36.9吨,其中生产制造阶段碳排放为6.5吨,约占总量的18%;使用阶段碳排放(汽油的开采、生产、运输与燃烧)为30.4吨,约占总量的82%。对于深度混合动力汽车来说,其全生命周期碳排放总量为27.2吨,比传统汽油车低26%,其中生产制造阶段碳排放为6.8吨,约占总量的25%;使用阶段碳排放为20.4吨,约占总量的75%。

对于中续航里程(200km)的电动汽车来说,生产制造阶段碳排放为8.6吨,高出传统汽油车约33%;使用阶段碳排放为18.0吨,比传统汽油车低41%;合计全生命周期碳排放总量为26.7吨,比传统汽油车低约28%,略低于深度混合动力汽车。总体上来看,即使在中国目前的高碳电力结构下,电动汽车相对于传统汽车仍然有一定的碳减排效果,其主要原因是电动汽车在使用阶段的低排放可以在很大程度上弥补其生产阶段排放较高的劣势。

对于长续航里程(300km)的电动汽车来说,生产制造阶段碳排放为10.5吨,数字较高主要是电池生产过程中的碳排放造成的。同时,由于电池增加使车辆更重,其使用阶段碳排放为19.3吨。相应的,全生命周期碳排放总量为29.8吨,比中续航里程电动汽车高出约

12%。由此可见,长续航里程电动汽车不符合低碳发展的理念。

未来随着电网条件的不断改善(发电效率的提高及电力结构的调整)以及电池能量密度的提升,电动汽车的碳减排效果还有较大提升空间。在综合考虑未来电力结构改善、煤电厂效率提升、车辆能效提升等因素后,我们测算发现:到2025年,传统汽油车全生命周期碳排放为32.2吨,深度混合动力汽车为24.0吨,中续航里程(200km)电动汽车为20.0吨,长续航里程(300km)电动汽车为22.3吨,略低于深度混合动力汽车。而当电动汽车的碳排放与深度混合动力汽车(24.0吨)基本相当时,其续航里程约为360km。这表明从长期来看,电动汽车(尤其是中短续航里程)的碳排放优势还将进一步扩大。因此,电动汽车作为汽车产业实现低碳化的有效技术路线,值得高度重视和大力推广。

同时,通过研究还可以得出以下两个重要结论。

第一,续航里程对于电动汽车的碳排放影响较大。在既定技术条件下,增加续航里程意味着电动汽车必须配备更多的电池,这必然造成电动汽车在生产阶段和使用阶段的碳排放大幅增加,同时也带来成本的大幅增加。因此,在推广电动汽车时,不应片面追求续航里程,建议遵循“够用即可”的原则。对于里程忧虑问题,更应通过充电基础设施的合理布局 and 加快建设加以解决,而非一味多上电池,这样才能真正助力国家低碳经济大局,实现国家大力推动电动车的“初心”。如果市场需要长续航里程的汽车,那么深度混合动力技术,尤其是插电式混合动力技术,是比电动汽车更好的选择,应该得到优先应用。未来一定是多种动力源的有效组合来满足日益多样化的个人出行需求。

第二,总行驶里程对电动汽车的碳减排效果影响较大。如前所述,在生产阶段电动汽车的碳排放始终高于传统汽油车,即使到2025年也是如此。这意味着生产出的电动汽车能够使用的总里程数越高,就越能发挥碳减排作用。一方面,这需要不断提升电池的使用寿命。在本文中,电动汽车是按照与传统汽油车相同的总行驶里程(15万公里)来测算的,如果电池不能支撑达到这样的里程,就需要额外更换新的电池,除成本显著增加外,还将附加产生碳排放。另一方面,也要求在电动汽车的使用周期内尽可能地提高使用强度,把电池循环寿命充分用足,避免闲置造成的电力衰减。因此,电动汽车应该优先在公共车辆、物流车等高使用强度车辆上广泛应用。同时,电动汽车也是共享汽车的适宜选择。笔者认为,这一结论对于实现汽车产业乃至整个交通领域的低碳化具有指导意义,国家和企业对此应有充分认知,并积极尝试推进。

(三位作者分别系清华大学汽车产业与技术战略研究院院长、助理研究员、副研究员)