

分布式光伏技术在汽车制造业双碳目标路线中的应用

文海明, 罗为文

(广州风神汽车有限公司, 广东 广州 510800)

摘要: 进入 21 世纪, 化石燃料的使用带来的全球气候变化问题已成为人类所面临的共同挑战。全球各汽车生产企业陆续根据政府要求及自身条件, 提出相应的“2025 年前碳达峰、2050 年前碳中和”的双碳目标, 并在此基础上制定相应的双碳目标路线图。为达成此目标, 汽车电动化也仅是目前没有更好的、可广泛应用的节能措施前提下的一个缓兵之计。终极的碳双达的对策, 还是得寻求更清洁的能源。而分布式光伏技术就是目前工业企业可实施并可广泛应用的、有效的清洁能源措施之一。为此, 本文就世界各国节能减排现状、“双碳目标”的制订和实施以及分布式光伏技术应用的可行性等予以深入浅出的论述, 力图为业界提供一份可供借鉴的参考资料。

关键词: 碳达峰碳中和; 可再生能源; 分布式光伏技术

中图分类号: F426

DOI: 10.12230/j.issn.2095-6657.2022.09.019

文献标识码: A

自从《巴黎协定》(2016) 制定了争取把全球温度升幅限制在工业化之前水准的 2℃ 以内的目标^[1], 各国对 CO₂ 的减排达到了前所未有的重视。2019 年的联合国气候行动峰会上, 共 66 个成员国和 100 多个地区政府宣布在 2050 年达成净零碳排放量。我国在第七十五届大会上, 也宣布了力求 2030 年前完成排放量峰值, 并努力争取到 2060 年完成碳中和的目标 (见图 1)。

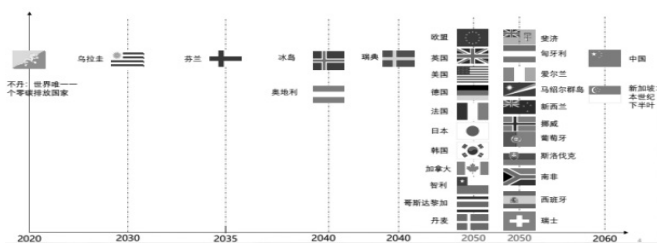


图 1 世界主流国家的碳中和目标实现的年限

1 世界各国的鼓励节能减碳的行政措施

世界上常用的节能减碳方式有以下两种: 一是 CO₂ 排放税的征收, 由于各项条件并不成熟, 目前在我国并未采用。我国目前主要是采用的是第二种, 即双积分和碳交易的市场机制。根据 2020 年的积分交易情况, 积分价格已经有了明显的提高, 对于整车制造业生产新能源汽车的约束力大幅提高, 未来双积分对于提升新能源汽车产量, 降低碳排放将发挥重要作用。

在碳排放管理机制真正确立起来之后, 对整车制造商而言有三种选项。其一是积极发展新能源车型, 一旦汽车实际的碳排放量远小于碳配额值, 就可以将差额部分的碳排放权在汽车交易市场中卖掉, 从而获得利润; 其二是碳排放量远高于碳配额时, 以市场定价方式向其他公司收购碳排放权益; 其三是受到政府财政处罚。

2 碳达峰碳中和的目标设定

各国主流汽车生产企业陆续根据政府要求及自身条件, 提出相应的“2025 年前碳达峰、2050 年前碳中和”的总体目标 (见图 2)。中国的国际车辆制造商联合会则在《2020 汽车蓝皮书》上, 给出了 2028 年碳达峰、2050 年近零排放的总目标。根据自上而下的原则, 我国的主流中日合资汽车厂也相应提出了“2025 年碳达峰、2050 年零排放的总目标”。

2.1 碳中和的技术路线的选择

按照由中国车辆工程学会主持编写, 中国节能与新能源汽车行业发展战略咨询委员会出版的《节能与新能源汽车技术路线图 2.0》^[2] 的设计路径: 到 2025 年, 中国将可基本形成独立

可控完整的车辆产业链和环保、智能交通系统; 实现了车辆生产整个生命周期的数字化网络化智能化, 并出步实现了汽车产业发展升级目标; 以智能网联车技术为重点建立行业共性创新中心。到 2035 年, 新能源汽车占汽车总销量 50% 以上, 纯电动则将占到新能源汽车的 95% 以上。

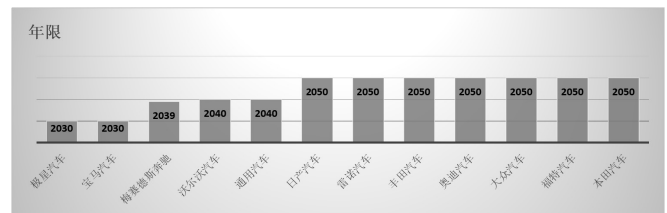


图 2 各国主流汽车生产企业的碳中和目标实现的年限

所以, 在减排压力下, 纯电动车成为发展趋势已经日渐成为整车制造业的行业共识。

2.2 目前条件下的纯电汽车技术路线的问题

纯电汽车的使用尽管本身没有废气和污染物, 但在生产和充电过程中使用的能量没有降低, 反而是在增加的。

在我国目前发电构成比例 (即电力排放因子约为 800g/KWh) 的条件下, 纯电动汽车全生命周期的碳排放与燃油车的基本接近^[3]。在绿电发达地区, 纯电动汽车的低碳效果才会凸显 (见表 1)。

表 1 不同发电比例情景电动汽车使用过程碳排放与燃油汽车对比

情景假设	火电主导区域	水电主导区域	核电和水电主导区域	火电主导区域 (IGCC 技术)	燃油汽车
电力构成比例	火电 80%, 水电 18%, 核电 2%	火电 35%, 水电 60%, 核电 5%	火电 20%, 水电 40%, 核电 40%	火电 80%, 水电 18%, 核电 2%	—
使用过程 CO ₂ 排放/t	39.35	19.40	12.85	30.50	44.12
与燃油汽车相比减少量	10.81%	56.03%	70.87%	30.87%	—

在我国中减排区域 (例如甘肃、浙江省)、低减排区域 (例如北京市及河北省), 传统燃油汽车和私人纯电汽车的燃料周期阶段为生命周期最主要的碳排放阶段, 传统燃油汽车燃料周期碳排放占比在 85% 以上, 私人纯电汽车燃料周期碳排放占比约为 57%—81%。而在高减排区域 (例如四川省和云南省), 私人纯电汽车的汽车材料生命周期为最主要的碳排放阶段, 占比分别约为 58.4% 和 60.2%。其主要影响因素是: 纯电动汽车比燃油汽车增加了电池的碳排量, 而且该量会随着车重增加而导致全生命周期的减碳作用递减, 甚至导致私人纯电动汽车在生命周期的碳排放量与燃油汽车相近。私人纯电动汽车在重量大

于 1682kg 且在河北省内使用情况下，在其生命周期内将不具备减碳作用^[4]。

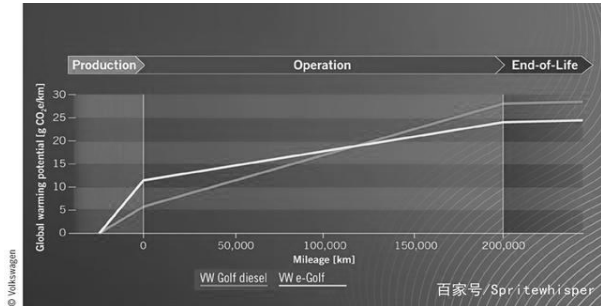


图3 电动车与汽油车的碳排放对比

如果仔细观察图3数据对比的话，会发现电动车的全生命周期的碳排放虽然整体比燃油汽车的生产量会少，但整体不会减少很多，因为电动车在制造的过程中其实远比燃油汽车造碳能力大得多。其主要原因是，电池的制造过程，以及火力发电的过程会产生大量的碳^[5]。并且电池有年限寿命的限制，所以，光靠电动机来达到碳达峰碳中和的目标，也仅是目前没有更好的、可广泛应用的节能措施前提下的一个缓兵之计。终极的碳双达的对策，还是得寻求更清洁的能源。

2.3 清洁能源的路线选择

清洁能源是不排放污染物的能源，它包括核能和“可再生能源”。而可再生能源常见的有水力发电、风力发电、太阳能、生物能（沼气）、海潮能等能源，而前三类为应用规模最为成熟与广泛的，并且水利发电受限于地域及选址苛刻原因，一般由专业发电公司采用。

广义上的太阳能也包括地球上的风能、化学能、水能等，而目前在工业制造行业上应用最广的就是光伏发电与风力发电。到2030年，风电、太阳能总装机容量要达到12亿kW以上。截至2020年风光装机总容量为5.3亿kW，预示着未来十年将至少以每年6700万kW装机速度增长。

对于一般的工业制造企业而言，光伏的发展空间更大、更灵活。因为光伏电站的选址更容易一些，只要有太阳照到的地方都可以。而风电则不行，它的选址需充分考虑到宏观选址和微观选址的各参数，如果选址不好，对它的发电量影响比较大，而且电价经济性会更差。

2.4 光伏发电的路线选择

太阳能电池发电系统（又称光伏发电系统），在大类上包括离网光伏发电系统与并网光电体系两大类（如图4）。离网系统由于不受地域的限制，使用很广泛，但需要配备昂贵的储能蓄电池。并网系统由于可以免除使用蓄电池池，大大节省了系统的成本，因此，考虑电价的承受力及电力供应稳定性因素，一般的工业企业均会选择目前的主流的方式——并网太阳能发电系统。

光伏系统并网发电，整个网络系统基本上是由光伏组件、并网逆变器和供电系统所构成。太阳能蓄电池阵列首先将太阳光转换成直流电能，随后再利用并网逆变器将直流电能转换为与国家电网中同频谱、相等位的正弦波压力，通过升压装置输送到国家电网。

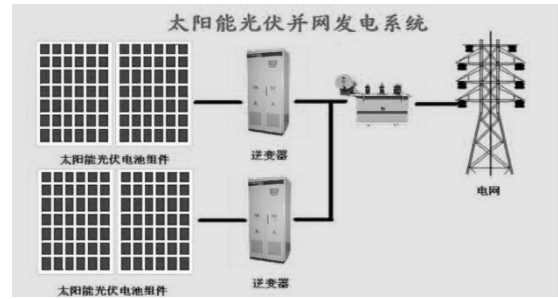


图4 光伏并网发电原理框图

分布式光伏系统发电特指在使用场所附近施工，运营方式以用户外侧自发自用、利用多余电力上网，并以与配电系统均衡调度为特点的光伏系统发电设备。分布式光伏发电按照因地制宜、清洁有效、分散布置、就近使用的原则，利用本地太阳能资源，以替代和降低化石燃料浪费。

分布式光伏发电具有投资小、装配灵活、就近低压并网且电量消纳快的优势。发展分布光伏有利于解决我国发电与负荷不一致的问题，同时大幅降低传输损失，减少对大电网的依赖，并缓解电网的投资压力。近年来，我国分布式光伏发展较快，2015年的分布式光伏装机容量仅606万kW，至2021年突破29.28GW，占全部新增光伏发电装机容量（54.88GW）的53.4%。

3 某中日合资整车制造工厂的双碳路线

为达成双碳目标，某中日合资工厂2021年根据自身的厂区面积、能源结构、生产工艺、生产计划、销量等特点，制定出相应的双碳目标路线的规划。

3.1 分布式光伏技术应用的可行性研究

在光伏可行性分析阶段，考虑充分利用产品车、员工私家车停车场的面积作为首要的建设场地。资金来源方式可以采用EMC模式。对于气候条件因素的调查，充分利用了RETScreen对清洁能源项目分析的软件系统进行了全面讨论和大数据分析研究。该软件是通过众多来自政策、产业、学界专家的支持而研发的独立决策支撑工具。该免费的软件系统能够在世界范围内广泛使用，以评价各种能效、可再生能源技术中的生物燃料生产率、节能效率、寿命周期成本、减排率，以及财务风险。软件系统中也包含了产品、成本信息以及气候数据库，并且有一份详尽的在线用户手册。下面是该光伏项目通过RETScreen软件可以查看的主要气象资料（见表3），年水平面总辐照不低于1461.6kWh/m²。

表2 某中日合资整车工厂的气象资料一览表

单位	空气温度	相对湿度	每日的太阳辐射 - 水平线	大气压力	风速	土地温度
月份	摄氏度	%	度/平方米/日	千帕	米/秒	摄氏度
一月	14.1	68.6%	2.32	99.9	2.2	12.6
二月	15.0	75.1%	2.22	99.7	2.2	14.4
三月	17.9	79.2%	2.07	99.4	2.2	17.8
四月	22.5	81.3%	2.53	99.0	2.1	21.7
五月	25.9	80.1%	3.29	98.7	2.1	24.7
六月	28.0	81.0%	3.55	98.4	2.2	26.7
七月	29.0	78.5%	4.13	98.3	2.3	27.3
八月	28.8	77.9%	3.78	98.3	1.9	27.1
九月	27.5	74.1%	3.80	98.7	2.1	25.1
十月	24.8	67.1%	3.73	99.3	2.3	22.8
十一月	20.3	64.1%	3.21	99.7	2.3	18.9
十二月	15.6	62.3%	2.82	99.9	2.3	14.2
年平均数	22.5	74.1%	3.13	99.1	2.2	21.1

3.2 光伏系统发电量测算

光伏发电系统的设计寿命较为耐久，太阳电池组寿命在20-25年之间，而逆变器寿命通常在12年以上，并且在25年期满以后，太阳电池组依然具有设计功率的80%的发电功率，并且能够持续并网发电。

3.2.1 系统效率计算

第一光伏阵列效率 η_1 :

光伏阵列在电能转化和输送过程中的能量损失主要包括:

组件的经济损失: 组件并联时因为电压不统一而造成的效能显著下降, 但按照电池板出厂的标称误差值, 对良好设计、细心建造的系统, 仅有约 4.2% 的经济损失; 太阳辐射经济损失: 涉及组件表层灰尘所遮蔽或不能利用的低、弱阳光照射经济损失, 参照有关文献, 选择了较为保守的数字, 一般取值在 4%;

直流线路损失: 根据项目的直流部分的电缆连接, 算得直流部分的电缆损失 = 2.8%

得: $\eta_1 = 95.8\% \times 96\% \times 97.2\% = 89.4\%$

第二逆变器的转换效率 η_2 :

逆变器输出功率的交换输出功率和直流进口电量之比。

对于本项目并网逆变器, 可取 $\eta_2 = 97\%$ 。

第三温度对发电量的影响:

光伏电池组件只能在标准的试验条件下, 如: 当电池工作温度为 25℃、垂直入射日照强度 1000W/m²、太阳能光谱值等同于大气质量 1.5 倍的情况下功率才可以满足此标准值。多晶硅电池由于工作温度的提高, 输出功率也会有所降低。本项目中采用 240W 的, 峰值功率系数为 -0.45%/℃, 而 NOCT (标准运行条件下的电池温度) 为 45℃。

电池板工作温度可以由以下计算公式:

$$T_c - T_a = (219 + 832Kt) \frac{NOCT - 20}{800}$$

NOCT=45℃, 即 Kt 晴朗指数 0.7, T_c 为电池板工作环境温度, 而 T_a 则为工作环境温度。基于各区域的气温平均数和电池组件的工作温度效率因素,

$$\eta_{temp} = \alpha * (T_c - 25)$$

α 为多晶硅的温度功率衰减指标, 本电池板为 -0.45%/℃。

测算过程中考虑考虑各月根据辐照数计算加权平均数, 可以估算得出的整体风险平均值 η_{temp} 约为 5.3% η_{temp} 。

第四其他功率损耗:

上述的系统损失尚无法涵盖全部, 如不可用的日光照射效果、相关设备功率损失等, 在此不做一一解析, 由具体情况进行系统分配来判断。该影响因素所相应的综合修正系数估计可取 95%。

综上, 光伏系统总效率: $\eta = \eta_1 * \eta_2 * (1 - 5.3\%) * 95\% = 78.0\%$

3.2.2 发电量测算

通过太阳能辐射量、系统组件的总输出功率、系统综合效能等数据, 预测了并网后光伏技术发电系统的年度总体发电量, 以及各月的发电量。

计算软件系统则使用可再生能源技术规划设计软件系统 RETScreen。

考虑到当地雾霾天气对电站发电的影响, 经模拟计算, 30MW_p 的光伏发电系统, 在该厂区的发电情况如表 3 所示 (首年后组件逐年衰减 0.8%):

表 3 光伏发电系统重要设计参数

年峰值日照时长	1142.5	H
项目装机容量	30000	KW _p
衰减系数	0.8	%
系统效率	78	%
年平均发电量	2600	万KWh

3.3 发电计量

发电计算系统是评价光伏系统生产效益的重要途径, 同时也是进行相关发电核算工作的关键设备, 其配置方法, 以及精度指标均对光伏系统的质量评估产生了很大影响。

本光电科技的并网发电项目配备了智慧数码电表实现电量监控, 将智慧数码电表设置在光电系统输出电路的上端头、并网连接变压器低压侧下端头 (安装位置如图所示), 对回路电

量的采集经权威部门校测的电流互感器、电压互感器以及测控设备, 准确度均达到了零点五级, 以保证了电能测量的准确性。

所有接入点上都装有智能数字化电表, 通过 GPRS 远程抄表系统汇总到本项目的远程中央监测平台, 以完成各项目的远程测量表计的数据传输与运用。

该厂第一期的分布式光伏生产基地共可产生 30MW_p 的光伏发电。

3.4 将减碳核心放在光伏发电上

①光伏应用的试验 (2018-2025); ②光伏的扩大化 (2026-2030); ③光伏的全面化 (2030-2045) 即 2045 年之后, 光伏发电量可以 33% 满足整车工厂生产所需 (表 4)。

表 4 某中日合资整车工厂的分布式光伏实施计划

次序	类别	光伏安装地点	占地面积 (万m ²)	可装机容量 (MW)	计划投运年份
1	停车场	光伏一期	25	30.00	2019
2		光伏二期	13.6	20.4	2022
3		产品车停放地块	6.0	9.0	2026
①小计			44.6	59.4	
4	车间屋顶	总装车间01	5.84	7.6	2028
5		焊装车间01	4.67	6.1	2030
6		冲压车间01	2.42	3.1	2032
7		总装车间02	6.05	7.9	2035
8		冲压02、焊装02	7.45	9.7	2040
9	道路	厂区道路	3	4.5	2045
②小计			29.4	38.9	
①+②的合计			74.0	98.2	

3.5 建设储能项目

为更好发挥分布式光伏项目的效益, 计划陆续 5 年内建立 15MW/34.8MWh 规模的储能电站, 分布于两个整车工厂。

3.6 气动设备的递减

制定相应计划, 逐年保障投资费用, 削减气动工具、气动设备, 提升电动设备占比。

3.7 将双碳目标任务分解到每个年度

每年开展相应 CO₂ 削减量为目标的行动规划, 并以相应的节能投资额以确保行动的有效落实。

4 结束语

综上所述, 要真正的达到双碳目标, 就必须从全生命周期的视角理解节能与减排, 计算某种节能工具、措施、方法的能源与 CO₂ 排放量, 就必须从能源利用、零部件材料研究设计和使用, 以及整机报废回收处理的全过程来思考。同时, 我们还应该认识到, 今后在减碳过程中注重成本效用才是中国能源领域科技发展之道, 而提升能量效率才是进行 CO₂ 减排的最有效手段。在规划环节, 充分发挥全方位低碳是节能设计的大趋势, 绿色低碳应用覆盖到“最后一公里”。

参考文献:

[1] 杨秀汪, 李江龙, 郭小叶. 中国碳交易试点政策的碳减排效应如何——基于合成控制法的实证研究 [J]. 西安交通大学学报: 社会科学版, 2021, 41 (03): 13.

[2] 艾克. 面向碳达峰, 碳中和目标的汽车产业实施路线图 [J]. 汽车与配件, 2021 (22): 4.

[3] 孙涵洁. 基于不同发电构成的电动汽车全生命周期成本碳排放分析 [J]. 电工技术, 2017 (08): 3.

[4] 赵子贤, 邵超峰, 陈珏. 中国省域私人电动汽车全生命周期碳减排效果评估 [J]. 环境科学研究, 2021, 34 (09): 10.

[5] 周博雅. 电动汽车生命周期的能源消耗, 碳排放和成本收益研究 [D]. 清华大学, 2016.

作者简介: 文海明 (1975-), 男, 广西梧州人, 本科, 主要从事工厂制造的低碳环保、清洁生产、双碳规划、环境能源设备的体系化管理研究。