doi:10.3969/j.issn.1003-5559.2021.09.004

全球汽车的电动化革命与未来演进

■ 张 锐 本刊特约撰稿人

摘 要：落实控制全球气候变暖的《巴黎协议》，各国政府出台了禁售燃油汽车的具体时间表。受到政策驱动，不仅传统汽车厂商纷纷朝着电动汽车转向，并制定了针对中国这一全球最大电动汽车市场的竞争计划与方略，同时更有代汇成群结队的造车新贵加入到汽车电动化行列。但是，由于受到技术与成本以及环境再破坏因素的影响，电动汽车最终取代燃油汽车可能还需要不短的过程，同时电动化也只是汽车革命的上半场，下半场的智能化与自动化弹奏也许更加精彩。

关键词：电动汽车；燃油汽车；禁售时间；成本与技术约束；智能化与自动化

浏览汽车工业250多年的时间坐标便可发现，以原油为主的传统燃料几乎主导了汽车驱动的绝大部分历史，而且陆地与海底不断被发现与挖掘出的石油资源也似乎在强化着汽车会沿着燃料动力轨道走得更远的判断。然而，将汽车工业置放于全球气候变暖以及生态环境恶化的严峻生态中进行考量，人类则增强了更多的忧患与变革意识。一场由公共政策倒逼、市场竞争力量共同发起的汽车动能革命正在全球浩然铺开，而作为试图一统天下的新主角，电动汽车正携带强大的颠覆基因阔步而来，并且身后还卷起了强大的智能化、自动化声浪。

一、全球汽车进入电动化赛道

自从特斯拉在十四年前跳入人们的眼帘后，这一全球汽车的新贵就一直以自己靓丽的形象牵引着公众的视线，如此磁性般的吸睛之力无疑来自特斯拉对汽车工业传统动力路径的持续突破。从推出第一款汽车产品Roadster，到发布第二款汽车产品Model S，再到研发出第三款汽车产品为Model X，特斯拉在电动汽车刮起一阵又一阵除旧布新的巨大旋风。资料显示，2020年Model 3在全球销量达到了365240辆，并在去年12月创下23804辆的月度销量纪录。但是，Model 3还是特斯拉的入门级电动汽车，名为Model Y的SUV无论是在续航里程还是在稳定性方面都要胜于Model 3 。根据电动汽车销量跟踪机构EV Sales Blog的数据，2020年全球电动汽车销量达到312.4万辆，其中特斯拉的市场份额为12%，虽然有分析认为特斯拉在全球电动汽车的主导地位在今后5年时间内“牢不可破”，但至少可以说未来电动汽车绝对不是特斯拉独霸天下，全球已有更多的汽车厂商包括是传统汽车生产企业和更多的非汽车制造商都在朝着电动汽车快速集结，其中欧洲汽车生产商“触电”最为活跃与生猛。

戴姆勒：旗下挂出了纯电动车品牌EQ，并且首款纯电动车EQC已在德国布莱梅正式投产，截至目前EQ品牌的车型达到10款；另根据规划，戴姆勒将在数年内投资100亿欧元研制电动车，以在2025年前推出从小型到大型SUV的产品阵容，电动车销量将达到75万辆，至2030年，插电式混合动力及纯电动车型将占全球销量的50%以上。

大众汽车：计划到2025年之前奥迪品牌的电动车型年销量占到公司年车辆销量的1/4以上，并成为全球电动汽车市场的领导者，其中SUV在2025年电动车的销量达到200至300万辆，在总销量当中的占比达到25%；到2030年，旗下的300款车型全部电动化；同时，大众公布了最雄心勃勃的电池生产计划，计划2030年之前在欧洲建设6个大型电池工厂，在2025年之前在欧洲运营1.8万个快速充电桩。

沃尔沃：按照计划，沃尔沃到

[作者简介]张锐(1964—)，男，广东技术师范大学经济学教授，本刊编委、特约撰稿人；研究方向：金融创新与服务贸易。

2021年推出五款纯电动汽车，2025年实现纯电动汽车和混合动力汽车各占其全球销量的一半，到2030年将只生产电动汽车，并成为“全电动化的汽车公司”。

除以上三大欧洲汽车厂商外，宝马宣布今年将推出纯电动BMW iX和BMW i4，到2023年宝马集团在全球提供约12款纯电动车型，到2025年宝马将在全球范围内交付200万辆电动车，电动车占比要达到15%至25%；而保时捷也明确表示2023年旗下电动车占比达到50%，市场销量约12万辆；同时捷豹路虎计划到2025年捷豹品牌将转型成为纯电动汽车品牌。

作为一道新景致，日系汽车则纷纷选择以抱团方式进入电动汽车领地，其中丰田与马自达交叉持股形成资本联盟，双方致力于电动车核心技术的共同开发，之后汽车零部件供应巨头电装也加入到了丰田与马自达的合作阵营中，三方将组建电动车合资公司，开发适用于从微型车、SUV到轻型卡车等不同类型电动车的架构和配件，并组装到丰田和马自达的电动车之中。另外，雷诺—日产以及三菱联盟计划到2022年推出12款纯电动汽车车型，同时实现占联盟销量30%的市场目标。

二、各国财税政策的联合撬动力量

国际非政府组织“全球碳计划”(GCP)的研究报告显示，2020年全球二氧化碳排放量同比下降了7%，主要是因为疫情期间人们乘汽车和飞机旅行的减少，但这种结果说明新冠肺炎导致汽车等交通工具使用的减少只是一种短期现象，同时汽车也是排放尾气重要来源之一。由于与阳光发生光化学反应，汽车尾气极容易产生臭氧以及其他剧毒的物质，虽然机动车尾气一次颗粒物浓度并不高，但在大气中反应后却可以产生大量的二次颗粒物。因此，据美国《科学》杂志的研究结果，城市交通工具的碳排放占据了全球总额的23%左右，而如果在城市公共交通中更多地使用电动汽车，那么到2050年，碳排放量可以减少50%。

据不完全统计，目前全球的汽车保有量约14亿辆，全球道路上行驶的电动汽车约为1000万辆，占比相当之小，这一方面说明燃油车作用于对大气污染的严峻压力，另一方面也代表着电动汽车未来的宽大增长与投放空间。对此，包括中国、法国、德国、英国以及美国等主要国家政府发起了推广电动汽车的倡议，集体设定到2030年将巴士、卡车以及厢式货车的电动市场份额提升至30%的目标。

不仅如此，以《巴黎协定》为约束，英国、德国、挪威、法国以及印度等国先后设定了逐步禁售并淘汰燃油车的政策时限，其中荷兰与挪威宣布2025年停售燃油车，德国计划2030年停售燃油车，法国和英国宣布2040年停止销售所有内燃机驱动的汽油车和柴油车，并到2050年所有上路汽车均要实现零排放，而印度也计划到到2030年前全国所销售的汽车都将由电力驱动。与上述国家相比，中国作用于新能源汽车方面的政策推广力度更为强硬，其中对在华汽车生产商自身产能转移至电动和混动汽车领域的占比要求从最初的8%提高到了2021年的14%，也就是所谓的新能源车“双积分”政策。以某汽车制造企业为例，其在华每年销售300万台汽车，需要在2020年拿到35万积分，对应来看品牌至少要销售6.3万辆纯电动汽车，或相应数量与积分标准相符的插混车型才能达标。

除了加大约束外，作为一种统一的政策，许多国家还对电动汽车市场出台了力度不同的货币补贴与财政激励政策，其中法国对于碳排放量小于20g/km的车辆按车辆售价划分6000欧元、3000欧元两个补贴梯度，意大利的“生态奖励计划”在2020年和2021年各投入7000万欧元用于电动或超低排放混合动力汽车和EV充电的补贴，日本发布的《加速载货汽车和巴士电动化事业》计划拨款10亿日元，按照电动汽车与标准油耗水平燃油车差价的一定比例进行补贴，力争到2025年后，电动货车和电动公车在新车中的销量达8.6%。不仅如此，各国还运用税收杠杆对新能源制造与消费给予刺激，如，美国出台了新能源汽车消费税抵免政策，消费者最高可抵免税收7500美元，同时设计了抵免政策自动退出机制，如某一车企所销售的纯电动车型达到20万辆后，补贴额度降低50%，然后每6个月减少税收抵免50%，且在达到门槛的18个月后，最终取消该车企的税收抵免资格。而德国从2012年开始，对在2020年12月前购买纯电动车辆免征10年机动车税，同时，对2011年至2026年注册的纯电动车免征所有权税。

各国政府的政策推动以及车企的加速转型，在创造出电动车乐

观市场前景的同时，也使得人们对二氧化碳排放量压力的减轻多了几分胜算。据 IEA 预测，到 2040 年，英国、法国和德国可使电动汽车的二氧化碳排放量低于 50 克 / 英里；包括美国、中国、日本、英国、德国与法国在内的 6 个国家，纯电动汽车二氧化碳排放量的加权平均值将达 68 克 / 英里，大大低于同期内燃机车二氧化碳排放量的加权平均值的 140 克 / 英里。从全球范围看，到 2040 年，电动车每天将节省 800 万桶燃油，同时消耗全球 5%的用电量。

三、竞争全球最大的电动车市场

来自 Canalys 的统计报告表明，2020 年欧洲地区电动汽车销量达到 140 万辆，成为了全球最大电动乘用车市场，紧随其后的是中国，全年销售 137 万辆新能源汽车，排在了第二，且贡献主要来自电动汽车。不过论单一经济体，中国的汽车销量仍居全球第一，137 万辆的年度销量分别比排名第二和第三的德国和美国多出 97 万辆和 107 万辆。动态观察，2020 年中国国内纯电动汽车保有量只有 400 万，占新能源汽车总量的 81.32%，但只有整个机动车保量的 1.75%%，因此，虽然欧洲地区电动汽车销量暂时处于全球第一的位置，但按照中国国内的消费能力以及存量转换空间，中国将很快夺回全球电动汽车销量的霸主地位，且未来 10 年会一直保持着这种头部优势。按照 Canalys 的预测，到 2030 年，中国电动汽车保有量在 8000 万辆的规模区间，这会在中国催生出一个世界最大规模的电动化汽车产业链。

中国电动汽车市场产销两旺无疑来自于汽车排污而形成的压力要超过任何一个国家。数据显示，目前我国汽车保有量已经超过 3.72 亿辆，带给资源、能源和环境的负压与日俱增，而我国政府承诺 2030 年碳排放达到峰值，一次能源比重达 20%。为此，中国政府设定了到 2025 年电动汽车的国内市场份额要达 20%的基本目标，与此同时，《中国制造 2025》提出，到 2025 年，国内需年实现 5 万辆燃料电池汽车的应用，建成 300 座加氢站；2030 年实现百万辆燃料电池汽车的商业化应用，建设 1000 座加氢站；多种力量的共振为电动汽车的未来增长制造了广阔的想象空间，也诱发了中外汽车生产企业针对中国市场即将展开的新一轮竞争角逐。据路透社报道，全球汽车制造商正计划在未来 5 至 10 年内增加 3000 亿美元电动车资本支出，其中 45%约 1350 亿美元将发生在中国。

作为国内最大的电动汽车销售商，比亚迪发布了“7+4”全市场覆盖战略，准备在 7 大常规领域和 4 大特殊领域实现对电动车的全领域覆盖，并且比亚迪已经推出了宋 Plus、唐、e2 和 e3 型号等新能源车型，2020 年以 17.91 万辆的销量位居全球第一，比排名第三的特斯拉多出 4.37 万辆。紧追比亚迪的脚步，长安汽车推出了“香格里拉”计划，公开承诺至 2025 年正式停止销售传统燃油车，并于当年推出 21 款全新纯电动车型。根据规划，长安汽车到 2025 年在电动汽车全产业链上累计投入超过 1000 亿元的资金，到时电动汽车的销量将突破 400 万辆。此外，上汽集团宣布在未来五年将累计投入 200 亿元开发与投放 30 款以上电动汽车新产品，并到 2020 年实现 60 万辆的电动汽车市场销量目标。值得关注的是，国内完全自主品牌吉利汽车发布了蓝色吉利行动计划方案，并组建全新的纯电动汽车公司。

最为值得关注地是，在众多传统车企转向电动化的同时，一些科技公司也形成了进入汽车电动化领域的“造车新势力”，其中小米前不久正式对外宣布将成立一家全资子公司负责电动汽车业务，首期投资为 100 亿元人民币，预计未来 10 年投资额 100 亿美元；另外，作为一个重要的商业举动，华为也在国内汽车行业开始云布局，联合长安汽车、奇瑞控股、比亚迪等 18 家车企正式发布成立了“5G 汽车生态圈”，当然，华为并不像小米等科技公司那样亲自下场“造车”，而是凭借自己的 ICT 技术优势为汽车制造商提供智能解决方案，包括车联网、智能座舱、自动驾驶等。在小米、华为之前，已有小鹏、蔚来和理想等新贵在电动汽车地带搅得风生水起，拿 2021 年第一季度来说，小鹏汽车总交付量 13340 辆，同比大增 487%，创历史最佳季度交付成绩，蔚来汽车总交付量 20060 辆，同比增长 422.7%，同样交出了最好的单季销售记录。

国外汽车厂商提前布局中国电动汽车市场的脚步也格外铿锵。特斯拉在上海的工厂去年底已经完工，2021 年生产能力将增加到 55 万辆；与此同时，奥迪计划未来五年将在中国生产 5 款电动车型，其中包含续航里程 500 公里的纯电动 SUV。而根据计划，通用汽车提出未来 5 年在中国的二氧化碳排放

量降低28%的目标，且到2025年通用汽车将为在中国销售的几乎所有车型提供电动化技术。此外，在通过与中国卡车生产伙伴江铃汽车加强合作以进一步转向电池商用货车的同时，福特也与安徽众泰汽车成立了合资企业，方向是在中国推出新品牌电动汽车；至于丰田的首款纯电动SUV，也计划首先在中国实现量产输出；此外，宝马也选择与长城汽车进行战略合作，并以合资公司形式开发新能源汽车。

四、行进中的主要障碍与瓶颈约束

统计数据显示，2020年全球电动汽车销量同比猛增39%至312万辆，而按照Canalys预测，2028年电动汽车的销量将增加到3000万辆；到2030年电动汽车将占全球乘用车总销量的48%。之所以能够出现如此乐观的效果，除了各国产业政策为电动汽车清障护航外，技术的进步从而带来电池和电动机等零部件成本的大幅下降也将为电动车的提速助一臂之力，其中电池成本会从2020年110美元下降到2030年的73美元，电动汽车最终相比于燃油车的竞争优势由此将越来越显著。因此，作为一个新的物种，电动汽车眼下与未来都会表现出非常乐观的销售行情。但是，按照IEA的最乐观估计，即便是到了2040年这一实现温室气体减排目标的关键之年，全球电动车占到全部新车销量比也只有54%，其保有量占到全部汽车保有量也仅是三分之一。看得出，传统汽车与电动汽车还将共存相当长的时间，从传统汽车向电动车过渡的进程中存在着不可跨越的动态调整期。

由于受到新冠肺炎的影响，全球芯片制造企业被动性停工减产，出货量减少，即便可以下线的产能也因供应链的受阻不能依时出库配送，最终倒逼着不少晶圆厂和封测厂压缩生产规模。另一方面，汽车生产企业也因疫情覆压大幅降低了产能，直接倒灌成为对芯片供给企业的需求收敛压力。在这种情况下，自去年12月以来，全球性汽车“缺芯”的不安与焦虑至今仍在发酵与蔓延。除了大众与丰田两家汽车生产商因芯片供应不济而分别关闭了在中国成都与广州的部分生产线外，菲亚特•克莱斯勒日前也停止了在墨西哥和加拿大的轿车工厂生产步伐，同时福特在美国肯塔基州路易斯维尔的一家工厂也陷入空转；不仅如此，日产与戴姆勒公司双双发布公告称，由于芯片短缺将分别削减在日本和欧洲的汽车产量。动态来看，即便是芯片恢复正常供应，也至少需要一年左右的时间，而且芯片供求将始终处于一种紧平衡状态，电动汽车的未来生产与销售节奏可能因此被经常性被打断。

约束性重要因素还来自于燃油车在很长一段时间存在着较为稳固的支撑力量。一方面，历经百年发展的燃油车技术、产业及消费习惯，也并非行政化禁令就能完全简单改变，公众的接受是一个渐变的过程；另一方面，内燃机技术还将进一步发展，尤其是综合了汽油机和柴油机优点、油耗和排放都更低的均质压燃发动机(HCCL)，其燃油效率几乎可在现有的基础上翻一番，一旦重置于传统汽车，意味着可以减少近50%的碳排放。与此同时，在中国的发电能源结构里，石化能源约占70%，可再生能源等非石化能源约占30%，意味着电动汽车的电源来源有七成来自石化能源，仅有三成来自可再生能源。这也就是说，电动汽车只能起到三成的零排放效果，低于改良后的内燃气排放效率。多种力量的作用或许较大大冲抵电动汽车的替代效应。

石油供给的显著改善也会成为到汽车电动化转型的反向掣肘。先前，壳牌指出全球石油需求峰值将在未来5~15年内到来，艾克森美孚和英国BP预测石油需求至少会在2040年触顶，现在看来这种“峰值说”已经很难站住脚跟。随着美国的页岩油、中国的可燃冰、巴西的盐下石油以及加拿大的油砂等非常规石油的出现与快速商业化，使得原有石油资源的长期供给瓶颈被打破，同时供给能量的增强也将下拉石油价格，降低汽车的消费成本；尤其是在内燃机技术进步的支持下，随之不断升级的油耗与排放技术将会进一步延长内燃机的生命力与发展空间，由此也可能驱动着燃油汽车甚至会与电动汽车争抢未来市场。

从电动汽车本身来看，被视为产品痛点的续航里程、电池寿命等关键技术的根本性改良也是一个渐进的过程。目前纯电动车的续航一般保持在450公里左右，同时受到研发成本的约束，时下电动汽车的市场售价与传统燃料车消费成本相比也不具显著优势。而更重要的是，电动车还经常发生“掉电”、“掉续航”以及电池燃烧起火等事故，因此，据车质网统计数据显示，2020年国内纯电动车总投诉量为1837宗，比2019年增加了434宗，

同比增长30.9%。这些质量与技术故障不解决，直接冲淡的是消费者的消费体验，从而制约电动汽车的产销增长。需要强调的是，电动技术是否可以看成是全球唯一且最优的清洁能源技术路径目前还没有任何权威定论。从与汽车的匹配来看，液化天然气(LNG)以及生物燃料都可能充当新型的动力，而且电动汽车推广过程中也许会出现其他的“黑科技”产品。因此，决定电动汽车未来市场空间的力量只能来自于自身，包括技术的进化带动电动汽车续航里程的大幅加长与销售价格优势的显著加强，非化石能源技术的根本性突破与使用占比的规模化提升从而极大削弱电动汽车上游发电过程中的温室气体排放等。

五、未来趋势：汽车智能化与自动化

对于汽车制造企业来说，智能化代表着自身产品的转型升级，汽车的属性因此也将发生改变，即定义汽车产品核心竞争力的不再是硬件，而是多个模块下的软件，商业盈利模式也从主要提供硬件服务转向主要供给软件服务，而且有了软件以后，车企还能延伸出更多的增值服务，因为汽车已经不仅是智能的终端，还可以是办公、娱乐的智慧生活场所。因此，作为产品与服务提供商，汽车企业就必须具备强大的软件技术功能迭代能力，就如同今天的智能手机不断升级系统版本，车企未来同样能够通过OTA(远程在线升级)实现更快速的系统更新应用。

由于智能联网汽车并不只是单车智能，而是车－路－人的系统协同智能，其中汽车能够通过量级运算、高精定位以及灵敏感知等能力对道路与周边环境做出迅疾反应以及行为调整和运行预测，而同时交通信号灯等路测设备系统也能自动与快捷地向运动车辆发射信息，后者不用算法便可做出直接判断和行为决策，因此，对于驾驶员来说，完全没有驾驶传统汽车时的紧张与焦虑，更多地只是安全舒适与放松惬意。

显然，强大的产业协同以及全新而愉悦的消费体验已经足以让智能网联汽车创造出非常乐观的市场需求前景。根据《IDC全球智能网联汽车预测报告》发布的信息，未来的五年，智能汽车将会迎来飞速发展时期，智能汽车的出货量复合增长率会攀升至16.8%，到2024年，智能汽车在全世界范围内的出货量或将达到7620万辆；无独有偶，Marketsandmarkets预测，全球智能网联汽车市场规模在2027年将达到2127亿美元，而亿欧智库则预计至2030年全球自动驾驶和智能网联车端系统的市场规模将突破万亿元。

看到了巨大的需求端市场前景，智能网联汽车进入众多国家的政策赋能赛道就顺理成章。在欧盟先后发布了《通往自动化出行之路：欧盟未来出行战略》以及《智能汽车安全的良好实践》等重要文件并明确表示欧盟须在2030年完全进入自动驾驶社会的目标导向基础上，德国单独推出了《自动和联网驾驶战略》，宣布将投入数十亿欧元改造网络基础设施、鼓励智能汽车研发，同时法国将自动驾驶领域纳入国家人工智能发展计划和促进经济增长及企业变革行动方案。同样，美国政府推出了智能汽车的最新政策体系“自动驾驶4.0”，并计划改造一段长约40英里的轨道，这条专门用于自动驾驶汽车的跑道命名为“密歇根智慧出行走廊”。另外，韩国制定了将智能汽车作为重点的“未来汽车国家愿景”，且该国产业通商资源部新设“未来汽车产业课”，专门负责推进汽车智能化相关产业融合工作。

在智能联网汽车的全球商界作业层面，除了特斯拉作为造车新势力携带着自己的model3在自动驾驶的跑道上大出风头外，其他传统跨国车企也都在摩拳擦掌。在已经架构起自己的“智能城市模拟平台”的基础上，福特汽车计划在2023年之前投资40亿美元用于智能汽车的专项研发，无独有偶，德国大众已经投资26亿美元的资金用于Argo AI自动驾驶企业初创平台企业，同时日本丰田决定向小马智行投资4亿美元，通用汽车专门成立了自动驾驶子公司Cruise，而且设计研发出了Cruise Origin自动驾驶汽车。

对于中国而言，智能网联汽车承载着“制造强国”、“网络强国”、“交通强国”的未来重任，目前国内不仅已初步建成十几个国家级智能网联汽车测试示范区，同时推动开放路试工作。据不完全统计，目前全国20个多个省市区发放了300多张智能网联汽车测试牌照。另外，据中国汽车工程学会预测，2025年、2030年我国销售新车联网比率将分别达到80%、100%，联网汽车销售规模将分别达到2800万辆和3800万辆，中国到时成为全球最大的智能化汽车市场不容置疑。▲