

# 新能源汽车发展历程、现状以及制造技术

■ 上汽大众汽车有限公司 (上海 201089) 张书桥

**摘要:** 随着国家对环保的重视以及能源使用的长期规划政策影响,近年来我国新能源汽车发展非常迅速,今后还可能会加快发展。本文主要介绍了新能源电动车的三大核心零部件以及相关的制造工艺,并对其未来的发展表达了一点看法。

**关键词:** 新能源; 电动汽车; 核心零部件; 制造技术



上汽大众高级经理 张书桥

## 1. 世界新能源汽车发展历程

1993年9月美国推出了汽车能源可持续发展的PNGV计划(the partnership for a new generation of vehicle),美国联邦政府和美国大汽车公司为实现PNGV计划投入了大量的资金和技术力量。美国三大汽车公司进行了分工合作,围绕安全、节能减排及环保等,全面研究新能源、能源储

备、电子技术、新型材料、制造技术及车辆轻量化,开发和制造了多种新型概念车,推动电动汽车、燃料电池汽车和混合动力汽车达到规模经济效益。

美国在2002年9月发布的“自由汽车开发计划”在很多方面为新能源汽车发展推进了一步,特斯拉是一个受益者和成功的案例。

欧盟在欧洲推出新能源和电动汽车的研究计划,推出的FP (framework programme) 系列计划中,1998—2002年的FP5计划中的“能源环境可持续发展”小项目,对燃料电池及其相关技术进行了广泛的研究,2008年金融危机后,欧盟提出了“环保型经济的中期规划”,打造具有国际水平的绿色产业,同时各国有各自的研究计划。电动车似乎已成为英国建设“净零”城市的重要抓手,承诺在2050年之前将碳排放量降为零。

日本由于石油几乎全部依靠进口,因此,20世纪70年代就注意对电动汽车的研究和开发。2000—2015年由日本经济产业负责实施氢燃料电池示范工程,丰田公司1997年在全球率先开始销售量产混合动力乘用车普锐斯,2000年在北美、欧洲等销售,到2007年就突破100万辆,2019年丰田的氢燃料电池车Mirai充氢只需3~5min,5kg氢气可续航650km。

“十一五”期间我国为发展节能、减排及环保汽车,制定了中国新能源汽车“三纵、三横”的发展规划,将开发重点倾向于混合动力汽车,并推出纯电动汽车关键技术研发和市场应用路线,之后再进一步带动电动燃料汽车的推广,展示了中国新能源汽车战略路线图。在国家的推动下,汽车企业积极行动,目前新能源电动车在世界范围内处于领先地位。

## 2. 电动汽车发展现状

2014、2015及2016年，全球电动汽车市场连续增长超过50%，2016年中国电动汽车市场超过100万辆，占世界的50%以上。2012年美国电动汽车销量是中国的4倍，中国只是一个配角。2016年中国电动汽车的销量是美国的2倍，占全球的40%。

2018年全球电动汽车销量总数为210万辆，占整个乘用车市场2.2%。2019年全球电动汽车销量达到230万辆，市场份额为2.5%。2019年燃油车相比2018年下降435万辆，降幅为4.7%。

美国2019年电动汽车市场下降3.2万辆，降幅为8.9%，燃油车下降18万辆，降幅1%。美国电动汽车市场份额从2.1%降到1.9%。

中国2019年汽车销量为2576.9万辆，同比下降8.2%，其中电动车120.6万辆，市场份额从4.5%上升到4.7%。

图1为2017、2018及2019年中国乘用车市场每月的销量。

预计2020年欧洲燃油车的产量1450万辆，电动汽车有望突破100万辆，约占市场份额6%。预计2020年汽车总销量持续下降，

电动车反而会增长，有望突破3%。

## 3. 电动汽车三大核心零件

(1) 电动机 与传统能源汽车不同，电动汽车的核心是三电技术，即电动机、电池和电控技术。

目前电动汽车的驱动电动机有以下几种：直流电动机、交流感应电动机、永磁无刷直流电动机、永磁同步电动机及开关磁阻电动机。

美国2025年电动机发展路线见表1，通过提高高硅钢片牌号降低中高速段铁耗，通过发卡阻工艺降低铜耗等，这些方法都能够提高电动机效率。

(2) 电池 纯电动汽车的电池技术是其核心竞争力。近几年，我国动力电池需求量经历了爆发式增长，2019年国内新能源汽车销售120.6万辆，动力电池

装机量达62.37GWh，同比2018年增长9.5%，目前，动力电池主要分为三大体系，分别是三元锂电池、磷酸铁锂电池和锰酸铁锂电池，其中，磷酸铁锂电池和锰酸铁锂电池凭借着较低的价格和稳定的性能，大量应用于电动客车，市场份额呈现增长态势。

按照另外一种分法，把电池分为方壳电芯、软包电芯和圆柱电芯。方壳电芯在整个市场占据压倒性的优势，在新能源乘用车和纯电动客车市场，都占有绝对的地位。软包电芯主要用于插电式客车市场，圆柱电芯主要局限于部分纯电动乘用车，在纯电动专用车里面使用较多。

电池技术发展对NEV产品有关键性影响，电池技术路线为磷酸铁锂→三元锂→固态电池。未来达到更高的能量密度目标需要转变到固态电池的技术体系。固

表1 美国电动机发展情况

	2020年电动机	2025年电动机
效率	系统>94% (折算电动机95%)	>97%
密度	5.7kw/L 1.6kw/kg	50kw/L 5.7kw/kg
成本	4.7\$/kw	3.3\$/kw

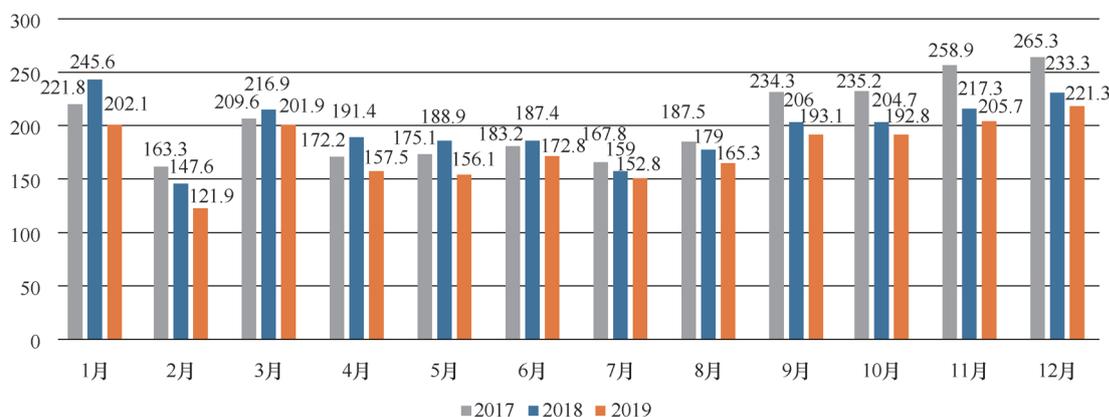


图1 2017、2018及2019年中国乘用车市场月销量

态电极+固体电解质，系统能量密度高，由于电解质无流动性，易通过内串联组成高电压单体，有望达到500Wh/kg，安全性高，没有引发电解液燃烧的问题。

德国大众电池续航里程提升计划如图2所示。电池技术的进步将改善电池的续航里程、质量和成本。

(3) 电池管理系统 电池管理系统与动力电池紧密结合在一起，对电池各项指标进行检测并控制输出，实现与其他系统的通信。电池管理系统的基本功能框架如图3所示。

随着电子技术、计算机技术的发展，汽车电控技术得到很大发展，特别是在控制精度、控制范围、智能化和网联化等方面有较大的突破。汽车电子控制技术是衡量汽车先进水平的标志。

具有高集成度、高可靠性及高安全性的一体化控制器，集成化程度高，有益于电动汽车的总布置，有益于电动汽车的轻量化、标准化，有益于信息传输的实时性和可靠性，同时一体化控制器降低了传导干扰并进一步降低整车故障率，增强整车安全性，大幅度降低电动汽车成本，

促进电动汽车市场的商业化。

#### 4. 电动汽车制造工艺

新能源汽车的制造一方面与传统汽车的制造在制造工艺和装备上有传承关系，另一方面由于新能源汽车采用了新的动力来源和驱动系统以及相应的控制系统，在制造上又与传统汽车在生产工艺设备上存在很大差异。

(1) 整车制造及总装 新能源汽车在整车车身的制造上，与传统汽车的车身差别不大，通常还是需要冲压、焊装及涂装等工艺及相应的设备和输送装置等。

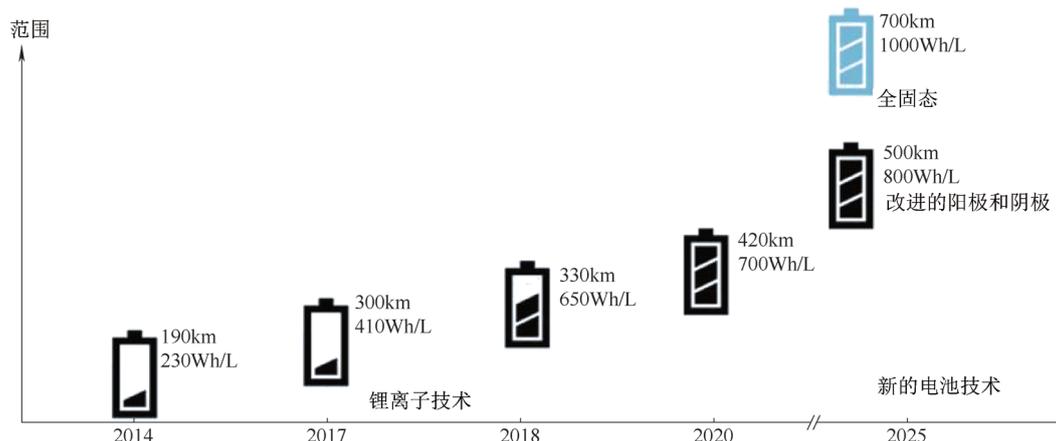


图2 德国大众电池续航里程提升计划

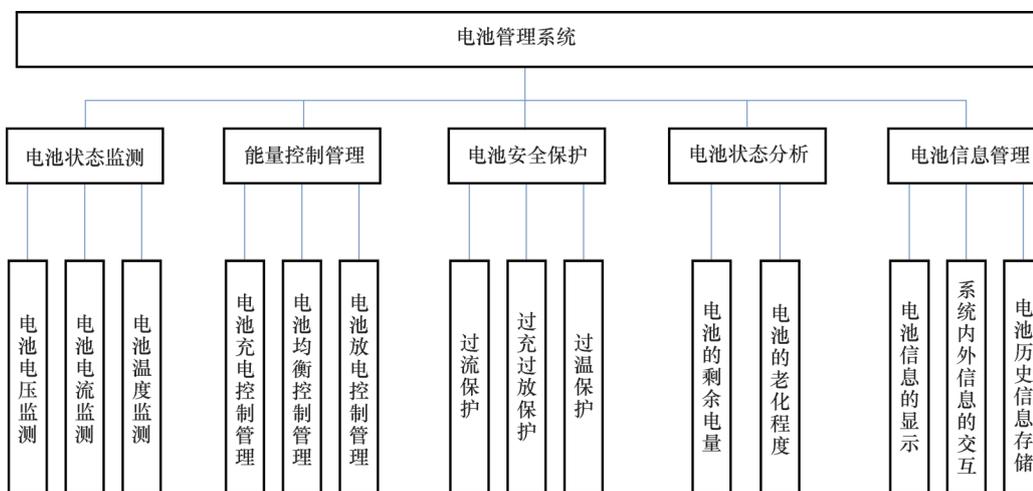


图3 电池管理系统的基本功能框架

在总装配工艺流程中主要的变化是需相应地安排电池、电动机、电控装置及高压线束等新增零部件的装配以及电动空调、电动助力转向系统等电驱动的其他汽车零部件的装配工序和相应的工装。

在整车检测上，新能源汽车工艺与装备和传统汽车有明显差别。一般说来，整车检测涉及到汽车主要功能、性能检验的各个方面。新能源电动汽车新增了电驱动系统及高压电系统的检测等，加强了电性能和电安全性的检测（见图4）。

（2）电动汽车动力总成系统 电动汽车动力总成的关键制造技术主要体现在电动机系统、



图4 整车制造及总装

电池系统以及电控系统的制造上。与传统汽车相比，电动汽车装配线的工艺变化最为突出。

在电动汽车中，电动机系统涉及到电动机控制系统、机械减速及传动装置等部件的制造，以及电池模组和电池包的装配工艺。

1) 电动机，交流感应电动机结构如图5所示。

涉及到电动机壳体加工、后端盖加工、电动机整体装配加工和转子加工。

德国Grob公司是全面投身于“电动汽车”领域的制造商之一，重点是电动机的基本组成部分，如前述三个主要零件，新型高度灵活的伺服控制机床用于电动机部件定子和转子的量产。特别是定子生产中，有多种将铜线圈入定子槽的制造工艺。Grob公司产品线包含了电动机整个制造过程，从波绕技术到Hairpin线成型工艺再到扇绕技术，电动机的核心过程是将铜线卷入定子的过程。

转子轴变化的工艺有感应、淬火、硬加工及内齿轮磨削等，目前汽车电动机已经成为整车厂投资的热点。电动机转子轴制造系统如图6所示。

2) 机械减速及传动装置，机

械减速及传动装置涉及到同步衬套、齿轮和差速器等变化的生产工艺，主要涉及磨削、滚齿及焊接等工艺。

3) 电池装配线，目前，大部分车企都在投资建电池工厂，高自动化、数字化及拥有先进技术的现代化工厂正在规划中。

动力电池组装自动化生产主要包括分配组工艺、自动焊接工艺、半成品组装工艺、测试工艺、PACK检测工艺以及PACK包装工艺。典型工艺流程为：壳体组装或焊接→电池模组入箱→电气线路及零件安装（安装线束，安装BMS系统等）→在线电气测试→整包含盖密封（涂胶/螺栓拧紧）→最终测试（线束检测、电气测试、绝缘性检测、充电等）→密封测试→下线（见图7）。

4) AGV在电池包生产中的应用，近年来，新能源得到飞速发展，AGV柔性化满足了新能源汽车及动力电池产业对自动化的要求，逐渐被广泛应用。AGV新能源电池包组装PACK生产线的应用，可提升生产效率、降低生产成本、并实现生产制造的数字化、柔性化甚至智能化。AGV组成的生产线可以实现灵活多变的工艺及编排，很好地实现不同品种产品的生产，在产品变更工艺布局调整中，大幅降低改造成本和周期。

这部分重点关注两个方面：

①保证电池装配线安全，涉及安全硬件、操作安全管理、运行安全管理等。②控制AGV与节拍的矛盾，涉及缓存、交通管制点等，在保证安全的前提下，缩短运输设备在无工位区间内的运行



图5 交流感应电动机结构

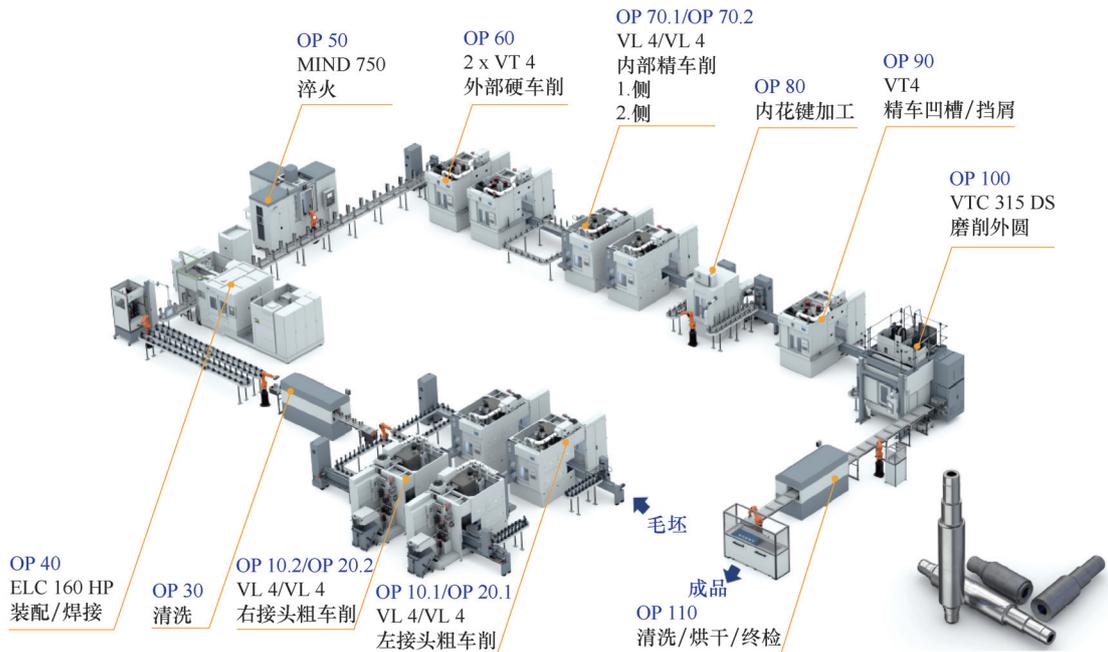


图6 电动机转子轴制造系统

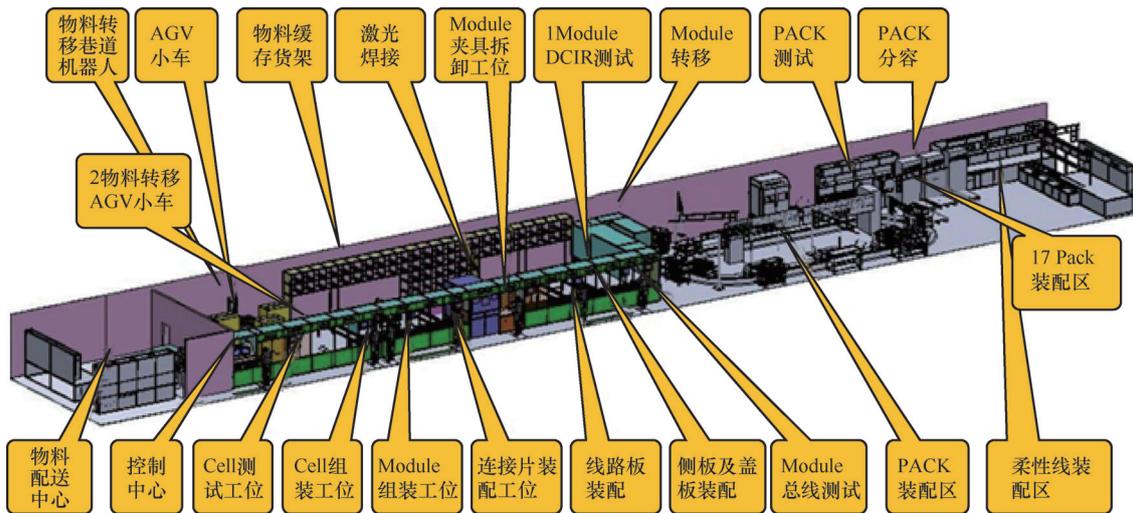


图7 电池装配线工艺流程

时间。

5) 电池密封工艺，目前有两种，一种是螺栓拧紧，另一种是涂胶+FDS。①螺栓拧紧：电池包上盖附着一层发泡密封圈，通过螺栓拧紧将上下壳体联结。优点是无需涂胶、工艺简单；缺点是一段后密封圈容易老化，密封性能下降，将来优化改进，还需加些涂胶。②涂胶+FDS：

先在上壳体由机器人涂敷一层密封胶，再由机器人将上盖放置在下壳体上，通过FDS工艺进行合盖。优点是长期密封性好，缺点是自动化精度要求高，拆卸困难，工艺较复杂。

铝合金热熔自攻螺纹铆接：FDS是flow-drill screws的缩写，是通过螺钉的高速旋转软化待联结的板材，并在巨大的轴向压力

作用下挤压并旋入待联结板材，最终在板材与螺钉之间形成螺栓联结（见图8）。

6) 刀具，很多刀具制造厂积极与主机厂合作，比如德国MAPAL、GUEHRING及WALTER，他们共同规划工艺方案，设计用于电动汽车加工的创新刀具。笔者与德国GUEHRING公司有很好的沟通交

流，GUEHRING成立专门的研究电动市场小组，研发了多款加工电动汽车的新型刀具，比如为电动机壳体加工设计的刀具（见图9）。德国MAPAL为加工不同类型的电池壳体提供PCD铣刀（见图10）和油雾润滑技术，实现无振刀加工高度复杂的薄壁电池壳体；MAPAL还提供加工电动汽车铝制涡轮用的螺旋刃铣刀（见图11）。

### 5. 对电动汽车未来发展和制造的看法

2019年12月31日，《解放日报》报道了这样一个喜讯：2019年最后一周的周一，中国汽车市场用一份特殊的“新年礼物”《告别艰难前行的一年》。也就是特斯拉首座海外工厂正式交付，笔者想谈一下对特斯拉老板马斯克的看法：马斯克无疑是一个科技天才，是和乔布斯、达芬奇等一样改变世界的巨人，他的合作者极其敬佩马斯克的眼界和极强的执行力。他将电动车向前推进了10年。马斯克在其他很多电动汽车宣告破产之时选择电动汽车几乎是一个死亡之旅，但有一种无形之力在帮助他，每次在崩溃边缘困难都被化解，实际上他目前还处于一个艰难的旅行阶段。在中国的成功，有政策因素，竞争不一定公平。最近，计划2020年3月在德国柏林建设新工厂，预计2021年7月之前投产，这才是实实在在的大考，笔者认为如果能在德国实现赢利才是真正的成功。

新能源不可否认是未来的发展方向，它要受到安全、节能及

环保的检验，而安全对于任何技术路线都有绝对的否决权。现在预测还是太早，只能摸着石头过河。丰田汽车公司制定新能源汽车发展趋势图，2050年是传统能源汽车的终点。然而德国科技界普遍认为，电动汽车市场方兴未艾，但取代的说法尚且太早，专家预测，即使20年后，燃油车依旧占据市场3/4。

未来电动汽车的制造技术将是一个渐进的发展过程，涉及产品、工艺、设备、刀具和材料

等，产品一定是主导作用，电池的制造和装配技术有很多创新的变化，另外数字化技术、智能制造技术以及3D打印技术也将会广泛应用。

#### 参考文献：

- [1] 张书桥. 电动汽车发展现状及前景分析[J]. 电气时代, 2019 (9) : 7-10.
- [2] 达世亮. 新能源汽车发展对制造工艺与装备的影响[J]. 汽车工艺师, 2016 (1) : 19-23.

MW (收稿日期: 20200226)

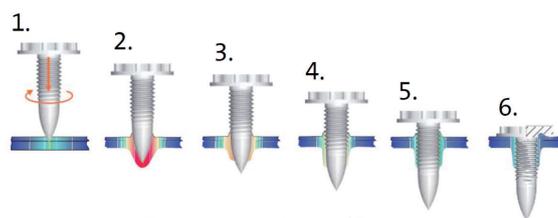


图8 铝合金热熔自攻螺纹铆接

1—旋转加热 2—钻孔 3—扩孔 4—攻螺纹 5—全螺纹接合 6—拧紧

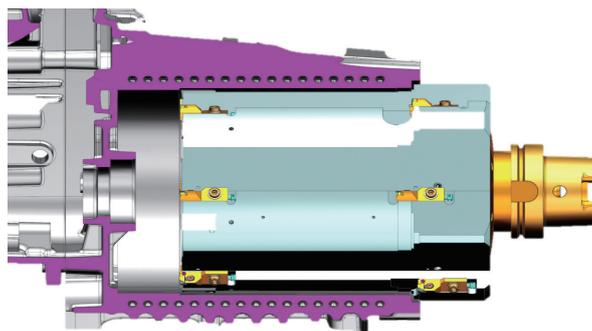


图9 德国GUEHRING为电动机壳体设计的刀具



图10 德国MAPAL的PCD铣刀



图11 德国MAPAL螺旋刃铣刀