恒大研究院
EVERGRANDE RESEARCH INSTITUTE

特斯拉研究报告二：新科技综合体崛起

恒大研究院研究报告

科技行业　　专题报告　　2020/12/4

首席经济学家： 任泽平

研究员： 连一席

lianyixi@evergrande.com

联系人： 谢嘉琪

xiejiaqi@evergrande.com

相关研究：

1.报告名称　201X-XX-XX

2.报告名称　201X-XX-XX

导读：

当 “硅谷基因”遇到 “中国市场”“中国制造”，今年以来特斯拉大涨 5 倍，市值突破 5000 亿美元，已经超过传统汽车龙头丰田（2200 亿美元），登顶全球第一大市值汽车公司。

特斯拉近年快速崛起，意味着汽车百年大变局正在到来，市场对新能源和智能汽车技术及商业模式变革的未来充满巨大期待。大时代，大变局，中国凭借庞大的市场、强大的制造和研发能力，会否诞生世界级的新能源汽车巨头？

摘要：

1、特斯拉维持全球新能源汽车龙头地位，连续五个季度实现盈利。2020 年 1-9 月特斯拉全球累计销量约 31.7 万辆，全球占比 17.8%，超过大众 23.1 万（13%）和雷诺 14 万（7.8%），继续领跑全球新能源汽车市场，其中美国与中国市场累计销量分别达 13.4 万辆、8.1 万辆。Model 3 累计销量 23.8 万辆、全球占比 13.4%，为全球最畅销车型。10 月 22 日，特斯拉发布 2020 年第三季度财报显示连续第五个季度实现盈利。通过车型平台化、生产国际化，特斯拉不断扩大汽车交付数量，从而实现规模效应与成本领先。

2、特斯拉正从一家新能源汽车公司成为一家科技公司。特斯拉 2014 年推出自动驾驶辅助系统 Autopilot、2016 年着手布局光伏新能源、2019 年推出自研的自动驾驶 FSD 车载芯片、2020 年宣布将自研自制电芯并开始部署神经网络训练集群 Dojo system。**可以发现，特斯拉正在新能源与智能汽车的核心技术领域不断深化布局，涉及范围包括深度学习算法、人工智能芯片、大数据、超算、电芯、新能源、新材料等各项前沿技术领域。其业务边界远远超出普通意义上的汽车公司，汽车只是特斯拉业务的载体，其实质是打破原有供应链的分工，在精简扁平的组织架构上形成软硬件一体化的内生能力，并维持高速迭代，最终用技术解决出行和能源领域所面临的根本性问题，类似于“丰田+英伟达+Waymo+宁德时代”的商业和技术综合体。**

3、特斯拉引领了汽车产业的商业模式变革，从卖硬件到卖软件+服务，类 SaaS（Software-as-a-Service）模式引发竞争对手效仿和资本市场热捧。1）通过集中式的电子电气架构，特斯拉可以通过整车 OTA 持续地改进车辆功能，为提供车辆交付后的运营和服务。目前特斯拉已经推出部分服务，例如 9.9 美元/月 Premium Connectivity 流量服务，服务包括流媒体、车况查询、浏览器使用等。此外，特斯拉推出驾驶系统性能加速升级包，为 Model 3 双电机版本提供加速服务，更新后 0-60mph 加速时间可从 4.4 秒降低为 3.9 秒，升级费用 2000 美元。2）**自动驾驶领**

域，特斯拉率先打造“数据+算力+算法”的闭环。特斯拉目前拥有一百万辆车队规模，累计行驶里程达数十亿公里，数据量远超任何竞争对手；自研 FSD 芯片，算力高达 72TOPS，计算平台 HW3.0 算力高达 144TOPS，为量产车型中最高；自研视觉感知、决策规划等核心算法。目前特斯拉推出的 FSD 功能售价达到 8000 美元，未来转为订阅模式后用户可以按 100 美元/月进行订阅。与苹果类似，苹果一开始从硬件销售起家，而后通过自研 iOS 逐步构建应用生态，2020 年三季度苹果 iTunes 软件及服务收入达 537.7 亿美元，营收占比 19.6%，特斯拉通过自研芯片+算法+车载操作系统构建出行生态闭环，未来收入模式可以从车辆一次性销售升级为客户提供全生命周期的服务。

4、特斯拉的未来。特斯拉未来所面临的竞争对手不仅仅是大众、丰田等传统 OEM，更有谷歌、英伟达、Uber 等高科技企业，还有石油巨头、氢能源技术、中国传统与新造车势力。全球新能源汽车市场格局仍存变数。

1）特斯拉将成为一家全球化车企。Model 3 已经成为现象级的产品，当务之急在于快速推进德国工厂建设，并推出 Model Y 以满足 SUV 用户的需求。此后特斯拉还将推出电动卡车 Tesla Semi、电动皮卡 Cybertruck。我们预测 2030 年全球电动汽车销量将达到 3500 万辆，特斯拉年销量将达到 600-800 万辆，海外市场营收占比将超过 50%。

2）未来特斯拉在电动化领域的领先优势可能被逐步缩小，核心竞争力在于智能化、无人驾驶技术、数据和品牌。从智能手机发展史来看，外观和供应链都极易被模仿借鉴，但苹果的利润却超过所有竞争对手总和，核心在于自研 A 系列芯片、iOS 系统，并打造应用生态和高端品牌。特斯拉通过自研自动驾驶芯片和人工智能算法，并配合数量最大的车队不断提供用于深度学习的真实路况数据，特斯拉将拥有比其他竞争对手更高的算法迭代效率。未来一旦特斯拉的摄像头路线被证明可行性，相对于激光雷达路线将体现出极大的成本优势。

3）长期来看，汽车服务和能源服务将成为特斯拉新的增长点。特斯拉已经建立了全球范围的直营店和充电网络，通过 OTA 不断向用户推送新的软件与功能，特斯拉正持续构建线上+线下、汽车+能源的服务闭环。全自动驾驶成熟以后，特斯拉还将自建车队提供出租车服务。

风险提示：汽车安全事故、中美贸易摩擦等

目录

1 特斯拉新阶段：国际化、稳定盈利、迈向年产销百万 5
1.1 连续五个季度实现盈利 5
1.2 稳步推进国际化 5
1.3 产品矩阵化 7
2 特斯拉：从汽车公司到科技公司 8
2.1 电动化：掌握三电核心技术，电芯走向自研自产 9
2.2 智能化：构建“算法+算力+数据”的自动驾驶闭环，集中式电子电气架构赋予 OTA 能力，引发汽车商业模式变革 11
2.2.1 整车 OTA：软硬件解耦，软件持续升级提供全生命周期价值 11
2.2.2 自动驾驶：构建“算力+算法+数据”闭环，不断加深垂直整合 12
2.3 高效的软性能力：品牌、销售、服务 17
2.3.1 以个人形象提高品牌知名度 17
2.3.2 以直营模式改变传统销售方式 17
2.3.3 以软件订阅模式提升盈利能力 18
3 挑战与展望 19

图表目录

图表：特斯拉历年营收（亿美元） 5
图表：特斯拉历年净利润（亿美元） 5
图表：特斯拉各个市场销量情况 6
图表：特斯拉全球工厂情况 7
图表：全球新能源乘用车销量情况 7
图表：全球 SUVs 渗透情况 8
图表：中国 SUVs 渗透情况 8
图表：Model Y 中国版本情况 8
图表：特斯拉的成长模式 9
图表：特斯拉-松下合作款电池情况 10
图表：特斯拉全球电池供应链布局 10
图表：特斯拉 EEA：Vehicle Computer 11
图表：特斯拉 Autopilot 技术堆栈情况 12
图表：特斯拉历代 AP 情况对比图 13
图表：特斯拉“总-分”结构的神经网络模型 14
图表：特斯拉鸟瞰图 3D 预测 15
图表：特斯拉自动驾驶芯片发展历程 16
图表：主流量产车规级自动驾驶芯片布局对比 16
图表：主流量产车规级自动驾驶芯片性能对比 17
图表：特斯拉 Autopilot 行驶里程情况 17
图表：特斯拉营销费用对比 18
图表：苹果 iTunes 软件服务收入占比提升 19
图表：特斯拉 Robotaxi 未来 5 年营收假设分析 21
图表：特斯拉 Robotaxi 未来 5 年车队情况分析 21

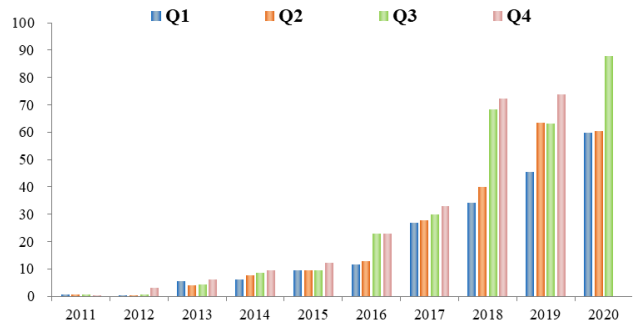
1 特斯拉新阶段：国际化、稳定盈利、迈向年产销百万

10 月 22 日，特斯拉发布 2020 年第三季度财报，从财报数据来看，这是特斯拉连续第五个季度实现盈利。从不被认可、量产艰难，到稳定盈利，特斯拉已经成为一家产品矩阵逐渐丰富的全球化汽车公司。

1.1 连续五个季度实现盈利

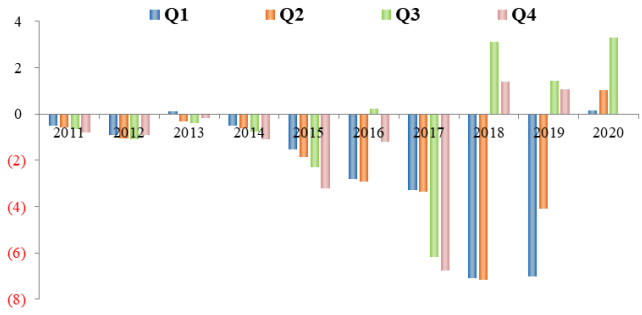
2020 年第三季度，特斯拉营收 87.7 亿美元、同比增长 39.2%，净利润实现连续 5 个季度为正，从 2019 年第一季度亏损 7 亿美元提升至本季度盈利 3.31 亿美元。从毛利率来看，汽车业务毛利率 27.7%，同比增长 4.8 个百分点，主要得益于各个主要工厂本土化策略带来的成本下降，以及上海工厂产能利用率提高。分项目来看，汽车销售是特斯拉主要的收入来源，2020 年第三季度汽车销售收入 76.1 亿美元，营收占比 86.8%。分国家和地区来看，美国是特斯拉的主要市场，营收 42.2 亿美元、占比 48.1%，中国大陆市场其次，营收 17.4 亿美元、占比 19.9%。

图表：特斯拉历年营收（亿美元）



资料来源：特斯拉

图表：特斯拉历年净利润（亿美元）

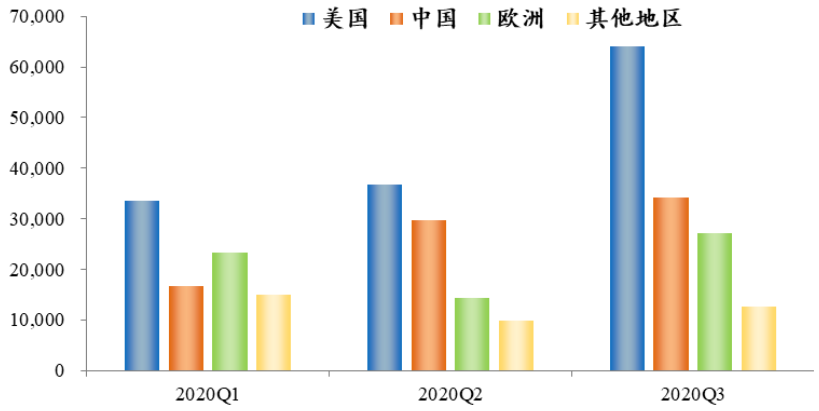


资料来源：特斯拉

1.2 稳步推进国际化

中国、欧洲成为特斯拉除美国的两大重要市场。从销量来看，2020 年 1-9 月，特斯拉全球累计销量约 31.7 万辆，其中美国为第一大市场，累计销量 13.4 万辆、销量占比 42.4%，中国为第二大市场，累计销量 8.1 万辆、销量占比 25.4%。

图表：特斯拉各个市场销量情况



资料来源：乘联会，carsalesbase

从生产来看，为完成订单和交付需求，全球生产工厂加速恢复。出于国际易变的环境而导致关税提升、货运时间拉长等潜在风险的考虑，与此同时也是基于降低生产成本来提高产品价格竞争力的国际化市场战略，特斯拉在全球主要市场均设有生产工厂，**包括美国 3 座、欧洲 3 座、中国 1 座。**由于中国是全球最大新能源汽车市场、而欧洲尤其是德国对新能源汽车优惠政策不断出台，特斯拉负责生产制造汽车工厂共 3 座，分别位于美国加州、中国上海、德国柏林，其中加州 Fremont 工厂负责全线汽车产品生产，上海工厂和柏林工厂则负责 Model 3/Y 的生产。因此，除了美国 Fremont 工厂具备 Model X/S 生产功能，特斯拉全球的生产重任将向 Model 3/Y 转移。

从产能来看，美国工厂方面，Fremont 工厂年产能提升至 59 万辆，其中 Model 3/Y 合计年产能提升至 50 万辆。为了达到目标，特斯拉升级通用组装线，开启第二座涂装车间；**上海工厂方面，**Model 3 年产能已提升至 25 万辆，周产能目前为 5000 辆，Model Y 尚在建设中，预计 2021 年交付。与此同时，特斯拉扩大上海工厂对外出口能力，标准续航版本 Model 3 已登陆欧洲市场；**德国工厂方面，**预计 2021 年投产交付，Model 3/Y 最大年产能 50 万辆。其外，根据电池日消息，德国工厂将采用自建电池产线和最新制造工艺，采用 4680 电池，制造成本减少 56%，单位投资成本减少 69%。

图表：特斯拉全球工厂情况

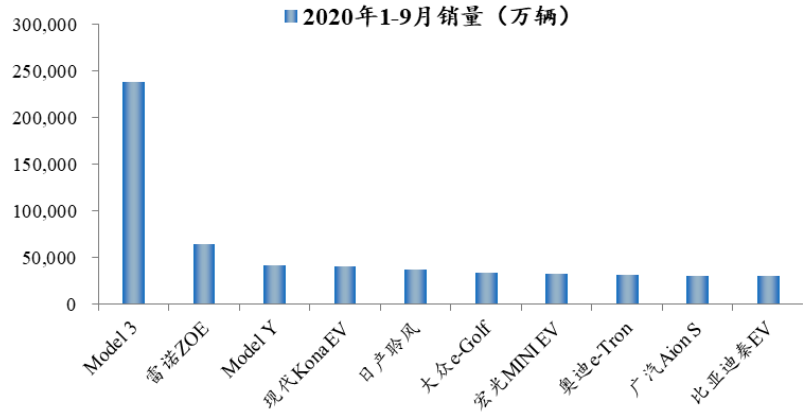
工厂名称	地点	时间	主要职责	产能规划
Fremont 制造工厂	美国加州	2010 年收购并改造	生产制造 Model S/X/3/Y（Model Y 已下线交付）	**目前：**Model X/S 9 万辆/年 Model 3/Y 40 万辆/年 **预计 2020 年：**Model X/S 9 万辆/年 Model 3/Y 50 万辆/年
Gigafactory 1	美国内华达州	2014 年 6 月	生产制造动力电池、Powerwall 和 Powerback	N/A
Gigafactory 2	美国纽约州	2016 年收购 SolarCity 获得	生产制造太阳能电池板 solar roof	N/A
Gigafactory 3	中国上海	2019 年 1 月	生产制造 Model 3/Y	**预计 2020 年：**25 万辆/年 Model Y 产线建设中，预计 2021 年交付
Tilburg 组装工厂	欧洲荷兰	2013 年 8 月	组装 Model S/X	N/A
Gigafactory 4	德国柏林	2020 年 5 月	生产制造 Model 3/Y	Model Y 为首款制造车型，获得建设许可，预计 2021 年交付
奥斯汀工厂	美国德州	2020 年 7 月	生产 3/Y/Cybertruck/semi	2021 年 5 月投产

资料来源：特斯拉

1.3 产品矩阵化

Model 3 是特斯拉成功开拓市场的标志性产品，成为全球最畅销车型。自 2017 年年底交付以来，Model 3 超越宝马、奔驰、奥迪等传统豪华燃油车品牌以及同类新能源汽车品牌，据 EV Sales 数据统计，2020 年 1-9 月全球新能源乘用车累计销量为 178.4 万辆，其中 Model 3 为全球最畅销车型，累计销量 23.8 万辆、全球占比 13.4%。

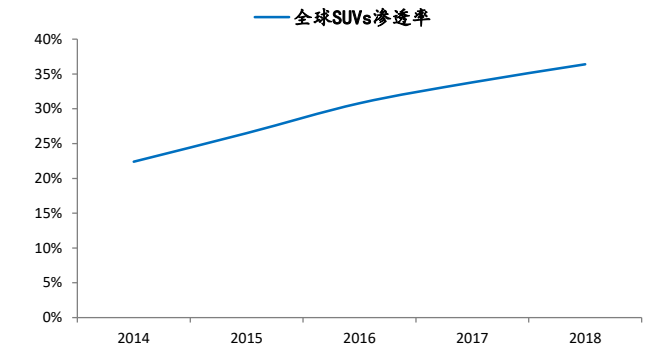
图表：全球新能源乘用车销量情况



资料来源：EV Sales

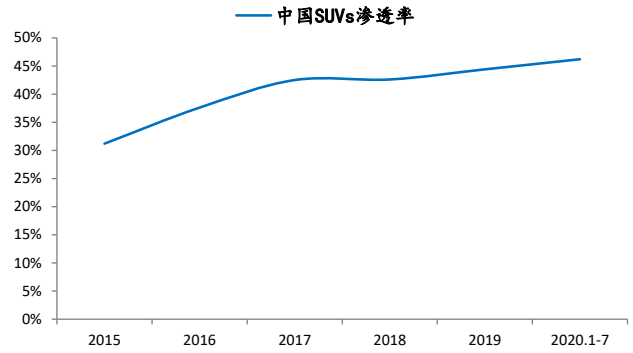
Model Y 将成为特斯拉下阶段的核心产品。对比同等级轿车，SUV 车内空间容量更大、功能性更强，更能满足家庭多元需求，因此，近十年来全球 SUV 销量攀升、市场渗透率增加，2018 年全球 SUV 渗透率达 36.4%，其中中国市场更甚，2020 年 1-7 月 SUV 渗透率达 46.2%。Model Y 定位为电动 SUV，于 2019 年 3 月发布、2020 年 3 月美国交付，起步价 3.9 万-5.7 万美元，续航里程最高可达 316 英里（508 公里）。作为“三步走”战略的第三个环节，即大规模地造好车，**Model Y 的推出可以满足全球消费者对 SUV 的需求，延续 Model 3 在轿车领域的成功。**

图表：全球 SUVs 渗透情况



资料来源：JATO

图表：中国 SUVs 渗透情况



资料来源：乘联会

图表：Model Y 中国版本情况

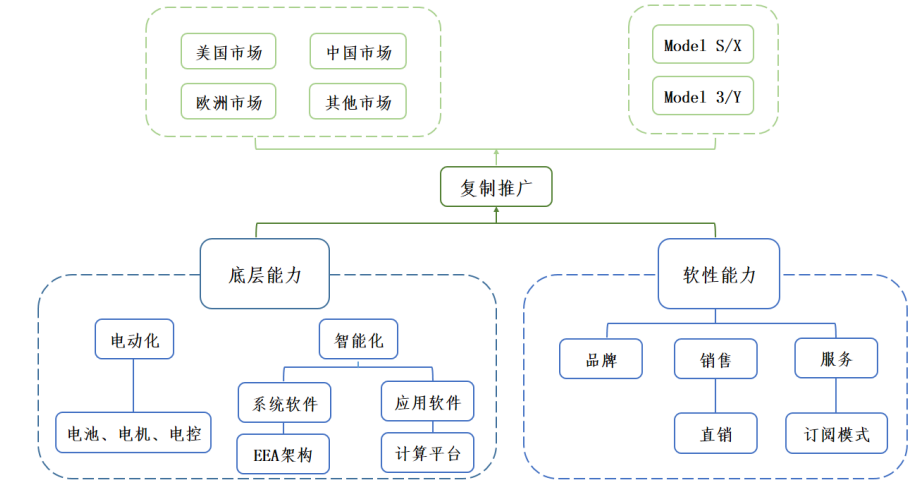
	长续航	高性能版
价格（万元）	48.8	53.5
WLTP 预估续航里程（公里）	505	480
最高车速（km/h）	217	241
百公里加速（秒）	5.1	3.7

资料来源：特斯拉官网

2 特斯拉：从汽车公司到科技公司

2019 年以来，特斯拉成长愈发稳健的根本原因在于整体模式拥有扎实的地基。一方面特斯拉将 Model 3 的成功复制到 Model Y，两款汽车沿用同一个底盘架构、大部分零部件；另一方面是将美国工厂的成功复制到中国工厂、欧洲工厂。品类和地域的快速复制可以提高交付数量，形成市场占有和规模效应，实现成本领先。特斯拉国际化布局和产品迭代的过程，展现了强大的底层技术能力和高效的软性管理能力。

图表：特斯拉的成长模式



2.1 电动化：掌握三电核心技术，电芯走向自研自产

从技术角度来看，电动化的重点在于高效率低成本，并且可以进行工程迭代。在《特斯拉研究报告：用软件定义汽车》中我们曾详细分析过，**电池方面**，特斯拉提出更优的两极材料、模组结构、电池管理系统和热管理四大主要途径来解决动力电池温度敏感性高、成组管理难度大、易爆炸等局限性，成功令 Model 系列车的续航能力达到业内中高水平；**电机电控方面**，特斯拉采取包括设计对应冲片、提高扭矩、冷却系统等手段，应用高性能永磁电机，成功令 Model 3 电机具有体积小、成本低（稀土使用量非常少，而且无需使用铜芯，降低铸造成本）、功率高等优点。

从生产制造角度来看，特斯拉一步步垂直整合，解决全球化布局中核心三电成本高、产能不足的问题，其中电池领域垂直整合程度最为明显，主要分为三步：

一、与松下深度绑定，解决电池研发成本高、周期长、难度大的问题，同时进行自身技术积累。特斯拉与松下共合作过三款电池，特斯拉在生产第一款汽车 Roadster 时，并不具备动力电池生产的所需技术和资质，在测试过当时市面上电池后，特斯拉选择能量密度高、工艺成熟、生产自动化程度高的松下圆柱电池。双方于 2014 年合作投资 50 亿美元建造电池超级工厂 Gigafactory 1，松下成为特斯拉独家供应商。双方关系深度绑定，松下负责电池电芯制造，特斯拉负责电池模组和电池包的组装，再将电池成品运输进行汽车装载。双方通过合作研发第二款 2170 电池，采用镍钴铝 NCA 配备硅碳负极，单体电池容量在 3~4.8Ah 之间，性能较上一代 18650 提高约 20%，用于搭载 Model 3/Y。4680 是双方合作的第三款电池，续航里程提高 16%，能量密度提升 5 倍，电力提升 6 倍，用于搭载 2021 年推出的新款 Model S Plaid 三电机高性能版。

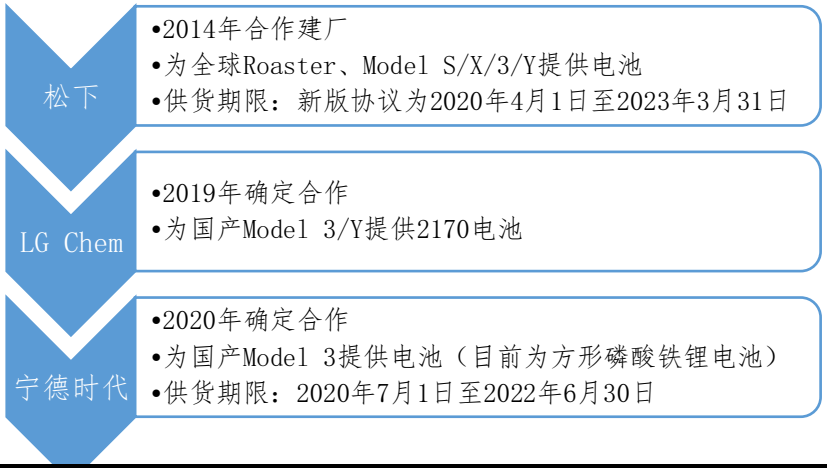
图表：特斯拉-松下合作款电池情况

	18650	18650	2170	4680
搭载车型	Roadster	Model S/X	Model 3/Y	Model S Plaid 三电机高性能版
长度（mm）	65	65	70	80
直径（mm）	18	18	21	46
电池正极材料	钴酸锰（LCO）	镍钴铝（NCA）	镍钴铝（NCA）	N/A
电池负极材料	石墨	石墨	硅碳	N/A
电池单体能量密度（Wh/kg）	~210	230~260	~340	N/A

资料来源：特斯拉

二、开放供应链，探测电池适用多样性以及通过竞争来近一步降低成本。特斯拉与松下合作期间，由于产能不足、成本过高、经营理念差异产生多次分歧。因此，特斯拉逐渐引进 LG 和宁德时代，形成“圆柱-松下、软包-LG、方形-宁德时代”的布局（目前 LG 为特斯拉提供的依然是 2170 圆柱电池）。**从技术角度来看**，三方均是该领域的技术领先者，特斯拉可以尝试探索电池模组多样性和模组优化的可行性；**从商业角度来看**，开放供应链引入价格协商机制，可以有效降低采购成本，确保当地产能的同时，有利降低最终汽车产品成本。

图表：特斯拉全球电池供应链布局



资料来源：特斯拉

三、自建工厂，技术探索和生产供应共同进行。从电池角度看，特斯拉出于汽车未来发展以及企业战略考虑，对成本把控主要围绕技术、结构和生产三个层面。**1）通过技术降低成本、提高电池性能。**通过正极、负极、隔膜、电解液体系革新和新型材料来降低动力电池成本。动力电池成本居高不下的主要原因在于电池的原材料，四大材料占总成本的比例接近 3/4。目前主流电池中的锂和钴价格波动较大，不利于成本管控。特斯拉通过资助著名锂电池专家 Jeff Dahn，进行“百万英里”高循环高寿命电池、“无钴电池”等技术研发，建立正极、电解液方面的优势，其中“百万英里电池”，即“镍钴铝电极合成方法”（Method for Synthesizing Nickel-Cobalt-Aluminum Electrodes）技术已经申请专利。与此同时，正式发布的新款 4680 电池所采用的无极耳技术便是由 Jeff Dahn 团队研发所有。**2）优化结构降成本。**即通过优化设计减少模组或使用轻量化材料，提高电池组能量密度并降低成本。以宁德时代 CTP 方案为例，CTP 方案可以降低电池包零部件数 40%、提升空间利用率 15%-20%、提升能量密度 10%-15%。**3）建立自动化生产线和工艺改造提升生产效率。**特斯拉通

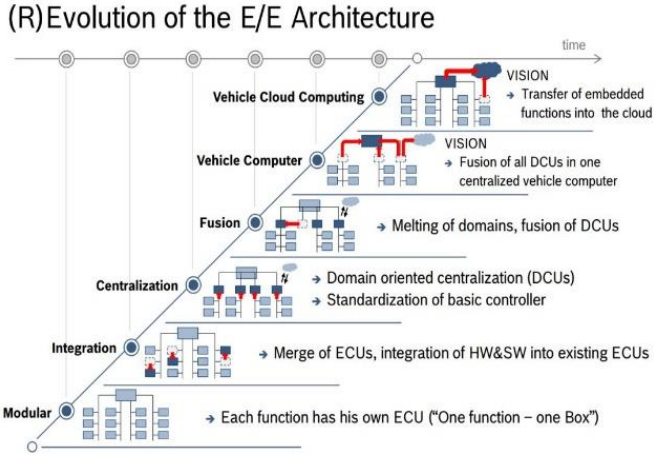
过收购超级电容企业 Maxwell 和生产制造企业 Hibar，进行电池生产技术探索，其中 Maxwell 更具备干电极制备工艺。与传统湿法电极制备工序不同，干电极无需将材料与溶剂混合，直接将粉状材料压制成薄膜并覆盖贴合到电池极片上。根据 Maxwell 报告数据显示，干电极制备技术较传统湿电极制备技术降低生产成本 10%-20%、循环寿命可提高 1 倍。

2.2 智能化：构建“算法+算力+数据”的自动驾驶闭环，集中式电子电气架构赋予 OTA 能力，引发汽车商业模式变革

2.2.1 整车 OTA：软硬件解耦，软件持续升级提供全生命周期价值

通过 Model S/X 与 Model 3/Y 不断升级，特斯拉电子电气架构向集中式发展。随着现代汽车的电子电气功能越来越复杂，整车上的电子控制单元（Electronic Control Units，ECUs）也随之增多。当前一辆普通汽车的 ECU 多达 70-80 个，代码约 1 亿行，其复杂度已经远远超过 Linux 系统内核和 Android。在传统的汽车供应链中，OEM 高度依赖博世、大陆等一级供应商提供的 ECU。但不同的 ECU 来自不同的一级供应商，有着不同的嵌入式软件和底层代码。这种分布式的架构在整车层面造成了相当大的冗余，而且整车企业并没有权限去维护和更新 ECU。**与传统造车不同的是，特斯拉采取了集中式的电子电气架构，即通过自主研发底层操作系统，并使用中央处理器对不同的域处理器和 ECU 进行统一管理。**特斯拉 Model 3 的电子电气架构分为三部分——CCM（中央计算模块）、BCM LH（左车身控制模块）和 BCM RH（右车身控制模块），其中 CCM 由 IVI（信息娱乐系统）、ADAS/Autopilot（辅助驾驶系统）和车内外通信三部分组成，CCM 上运行着 X86 Linux 系统。BCM LH 和 BCM RH 则负责车身与便利系统、底盘与安全系统以及动力系统的功能。

图表：特斯拉 EEA：Vehicle Computer



资料来源：博世（目前特斯拉处于 Vehicle Computer，向上级 Vehicle Cloud Computer 进化）

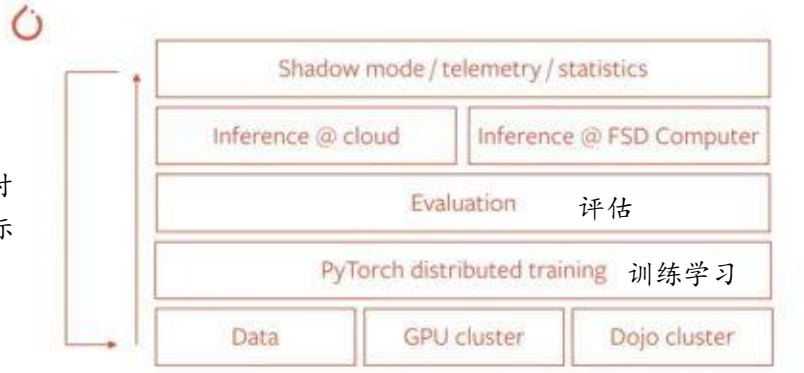
特斯拉集中式电子电气架构简化内部结构、集中算力、提升后续服务价值。集中式 EEA 架构主要有以下三点好处，**第一，软硬件解耦、算力集中化。**可以真正地实现硬件标准化和软件开发重复利用，既实现供应商可替代，也可以大大缩短软件迭代周期，同时为日后第三方软件开发扫清了障碍。车辆将成为移动的智能终端，同时大量计算工作可以集中至车载中央处理器甚至云端，减少了内部冗余同时车联网协同成为可能。**第二，内部结构简化、制造自动化。**车载以太网开始取代 CAN 总线结构，半导体集成使得特斯拉可以精简内部线束结构。Model S 内部线束长度长达 3 千

米，Model 3 只有 1.5 千米，Model Y 缩短至 100 米左右。线束结构的精简可以使特斯拉的生产效率进一步提高。**第三，提升服务附加值。**实现整车 OTA 功能后，特斯拉可以通过系统升级持续地改进车辆功能，软件一定程度上实现了传统 4S 店的功能，可以持续地为提供车辆交付后的运营和服务。传统汽车产品交付就意味着损耗和折旧的开始，但软件 OTA 赋予汽车更多生命力，带来更好用户体验。

2.2.2 自动驾驶：构建“算力+算法+数据”闭环，不断加深垂直整合

目前主流智能化汽车基本配备 L2 级别辅助驾驶系统，尚无企业实现完全自动化驾驶系统。特斯拉辅助驾驶系统 Autopilot 是率先实现大规模商业化的辅助驾驶系统。根据特斯拉 AI 主管 Andrej Karpathy 演讲内容，**“由于我们没有采用激光雷达和高精地图，Autopilot 的功能依赖 8 个摄像头采集原始图像，然后进行计算机视觉运算”**。特斯拉辅助驾驶系统的实现主要包括图像收集、特征提取、训练学习、评估、对比改进这五个步骤。

图表：特斯拉 Autopilot 技术堆栈情况



与采集的数据对比，帮助改进标注

图像收集、特征提取

资料来源：特斯拉 AI 主管 Andrej Karpathy 演讲《AI for Full Self-Driving》

第一步，摄像头采集图像信息。与人类驾驶员学习驾驶一样，辅助驾驶系统也需要先认识路牌、道路规则、行人等后再进行判断。这个时候，汽车的感知系统负责“认识”，探测车辆内外环境，包括驾驶员操作行为、车辆定位、环境可见度、路障等。感知系统由大量传感器组成，包括摄像头、激光雷达、毫米波雷达、地图定位等。目前自动驾驶环境感知的技术路线主要有两种，一种是使用视觉主导的多传感器融合方案，另一种则以激光雷达为主导，特斯拉为第一种方案。2014 年特斯拉推出了 Autopilot 1.0 版本，当时的主要传感器是“前置摄像头”，配备 1 个前置摄像头、1 个前向毫米波雷达、车身一周 12 个超声波雷达。视觉主导方案技术比较成熟，成本较低，但摄像头成像受环境光照的影响较大。2016 年 5 月美国佛罗里达，一辆 Model S 在 Autopilot 开启状态下与一辆卡车相撞、车主死亡，主要因为在天气影响下摄像头没有识别出和环境颜色相似的卡车（均为亮白色），导致汽车在速度过快的情况下撞上卡车，因此事后官方调查说明的是“在天空明亮光线的照射之下，自动驾驶功能和驾驶员都未能发现挂车的白色面，因此刹车功能就没能启动。”事故后，特斯拉将主要传感器换成毫米波雷达，Autopilot 2.0 的配置为 1 个毫米波雷达、8 个摄像头（3 个前置、2 个侧边、3 个后置）、12 个超声波雷达、1

个后置倒车雷达。目前，除了 Model 3 增添了一个车内摄像头以外，特斯拉最新 Autopilot 3.0 版本的配置基本保持不变。

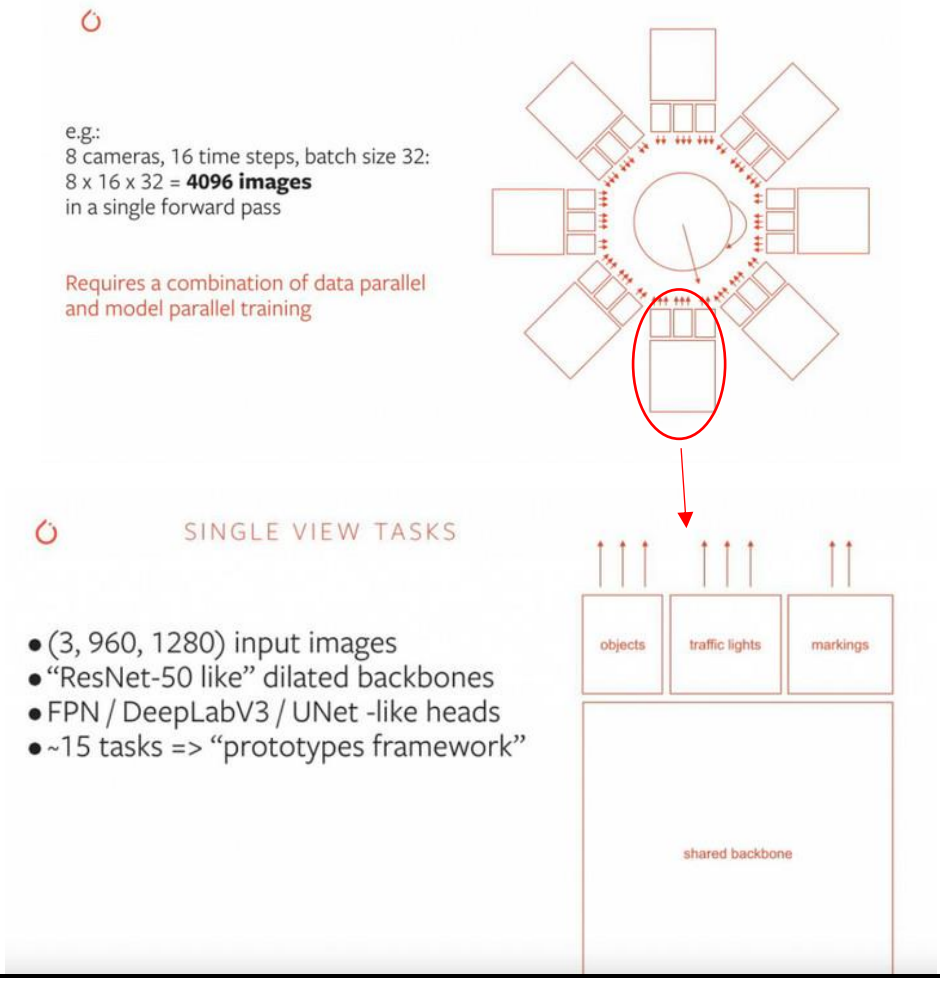
图表：特斯拉历代 AP 情况对比图

	Autopilot 1.0	Autopilot 2.0	Autopilot 2.5	Autopilot 3.0
推出时间	2014 年 9 月	2016 年 10 月	2017 年 8 月	2019 年 4 月
传感器	1 个前置摄像头	1 个毫米波雷达	1 个毫米波雷达	1 个毫米波雷达
	1 个前向毫米波雷达	8 个摄像头（3 个前置、2 个侧边、3 个后置）	8 个摄像头（3 个前置、2 个侧边、3 个后置）	8 个摄像头（3 个前置、2 个侧边、3 个后置）
	12 个超声波雷达	12 个超声波雷达	12 个超声波雷达	12 个超声波雷达
		1 个后置倒车雷达	1 个后置倒车雷达	1 个后置倒车雷达
				Model 3 增加一个车内摄像头

资料来源：特斯拉

第二步，利用“总-分”结构的神经网络进行深度学习来提取图像特征。在车辆驾驶环境中，道路情况和驾驶情况相当复杂，摄像头采集的信息和图像往往非常庞大，辅助驾驶系统需要同时处理几十乃至上百的运算任务，为了提高效率并且降低任务处理难度，特斯拉采用 HydraNets 架构的深度学习神经网络，概括来说，是一个“总-分”结构的神经网络。“总”代表首先将运算任务输入到一个大型的共享骨干网络上，总的骨干网络共有 8 个小网络，运算任务也将被分成 8 份到各个小网络中，以降低整体运算难度、提升运算效率。“分”是每个小网络单独训练和学习那一小部分的图像和信息、提取有效特征（例如物体外部特征、距离等信息）。

图表：特斯拉“总-分”结构的神经网络模型



资料来源：特斯拉 AI 主管 Andrej Karpathy 演讲《AI for Full Self-Driving》

第三步，采用 PyTorch 进行分布式训练。随着车辆增多、数据提取量提升，简单收集所有汽车的所有数据是远远不够的，并且任何因素都会导致上传数据，例如司机急刹车、道路上遇到某样物体等。过多的数据添加会占用数据集容量。此外，单纯的通过真实数据进行逻辑判断也会随着数据量提升而产生运算压力，因此，特斯拉认为“需要缩小数据收集范围”，除了真实数据以外还需要具备预测能力。特斯拉利用 PyTorch 进行分布式训练，不断训练计算机自主对路径、外界物体的判断和规划能力，毕竟与其人工对每一种驾驶行为进行编码，并且是否对每一种驾驶行为都进行编码还有待商榷，还不如训练算法，让算法自动的从数据中学习并能判断这些行为，模仿学习的使用可以很大程度减少工程师投入到路径规划上的工作量。

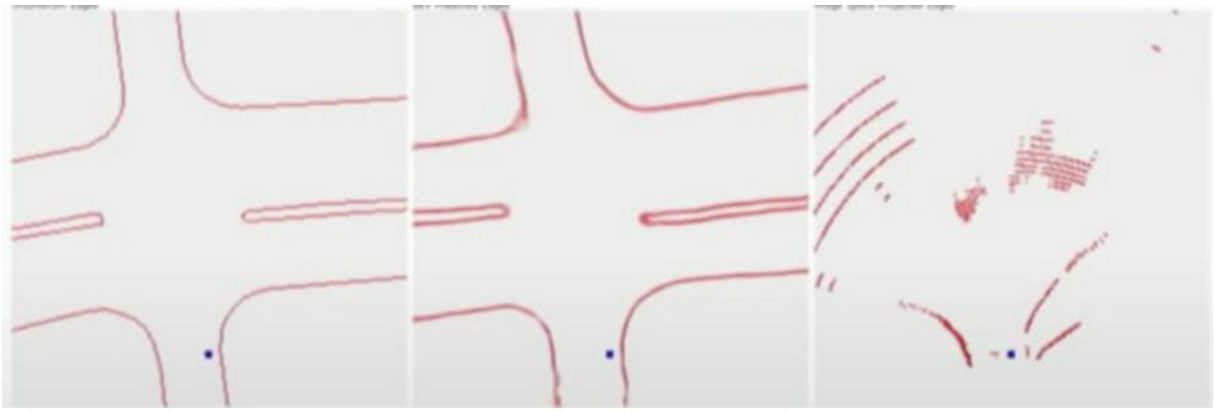
备注：PyTorch 是一个开源的 Python 机器学习库，用于自然语言处理等应用程序，目前被广泛用于深度学习领域。

第四和第五步，模拟结果和实际结果进行评估、对比，对错误部分进行修正。特斯拉认为需要缩小数据收集范围，即并非所有的数据都会被采集，特斯拉通过训练神经网络来模仿真实驾驶行为，车辆行驶的时候，后台神经网络就开始运行，只有当模拟结果和驾驶员真实操作相违背的时候，相关数据才会被上传，因为这部分的数据是算法预测错误的，也是最有价值的部分。修正神经网络学习结果并为数据打上标签，为下次相似操作提供更好的依据，这个模式也被称为“影子模式”。

从五个步骤下来，特斯拉 Autopilot 系统从被动学习，即从真实数据中进行判断，到主动学习，即通过深度学习进行预测判断，形成“数据采集-特征提取-训练学习-评估-预测对比”的数据闭环。而这种闭环，也为特斯拉变革商业模式提供有力支撑，特斯拉从单纯的卖汽车产品进而向卖软件服务转型。

深度学习的结果需要 3D 化展现，因此特斯拉在 11 月推出的测试版 FSD beta 中引入了鸟瞰预测图。11 月一名美国特斯拉车主发布的关于 FSD Beta 版驾驶情况，视频中车辆在非封闭道路的路口左转前成功识别了交通信号灯，并在让了对向直行车辆后完成转向。对比之前系统无法预测路口布局，此次更新版本非常好的预测了路口布局，并且在实际操作中进行了“转向”操作，而原理则主要是特斯拉利用神经网络进行深度学习，通过多个不同角度的视频文件提取特征要素合并融合，再进行加工处理成为时态模块形成点状的数据，点状数据汇集到 BEV 网中，将时间和序列进行融合，展现更平滑和动态的结果。此次更新，特斯拉利用深度学习弥补因为摄像头精度不足而造成的部分区域不可见，预测了那部分不可见区域并且获得成功。

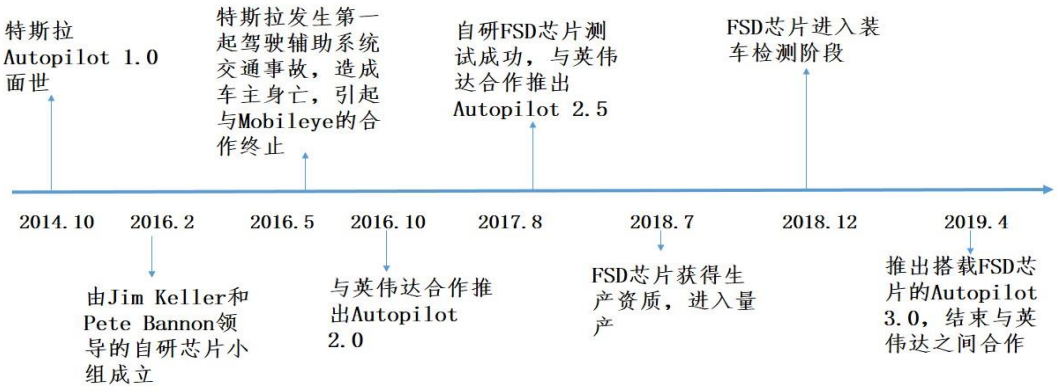
图表：特斯拉鸟瞰图 3D 预测



资料来源：特斯拉（左图为实际路口情况、中间图为此次更新系统预测的路口情况、右图为更新前预测的路口情况）

当然，上述步骤的顺畅运行离不开硬件部分的支持，当业内芯片方案无法满足特斯拉的需求时，特斯拉便自行研发了车载自动驾驶计算平台。特斯拉经历了合作到自研车载自动驾驶计算平台的过程。自佛罗里达事故发生后，特斯拉结束与 Mobileye 的合作，**一方面特斯拉转与英伟达进行合作**，采用英伟达 Drive PX2 计算平台推出 Autopilot 2.0/2.5 两个自动驾驶辅助系统；**另一方面，特斯拉建立自研芯片小组**，于 2018 年研制、检测成功，于 2019 年推出采用自研 FSD 芯片的 Autopilot 3.0 自动驾驶辅助系统。

图表：特斯拉自动驾驶芯片发展历程



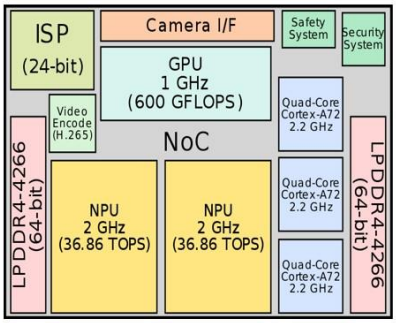
资料来源：特斯拉

特斯拉 FSD 芯片采用 14nm 工艺制造，包含 3 个四核 Cortex-A72 集群，共 12 个运行于 CPU（2.2GHz）、1 个运行于 GPU（1GHz）、2 个运行于 NPU（2GHz）。目前，自动驾驶处理器往往以 CPU 或者 GPU 为主，再结合其他功能模块，例如英伟达 Xavier 芯片就是以 GPU 为特色的自动驾驶处理器，采用 12nm 工艺上制造，包括一个八核 CPU 集群、具有额外推理优化的 GPU、深度学习加速器、视觉加速器和一套多媒体加速器。与主流设计方案不同，特斯拉 FSD 芯片更注重神经网络加速器 NPU 单元，2 块 NPU 单元分布占比最高，功能重要性可见一斑。

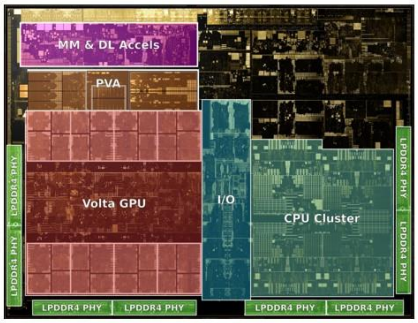
备注：NPU，嵌入式神经网络处理器，采用“数据驱动并行计算”架构，擅长处理视频、图像类的海量多媒体数据。

图表：主流量产车规级自动驾驶芯片布局对比

特斯拉FSD芯片



英伟达Xavier芯片



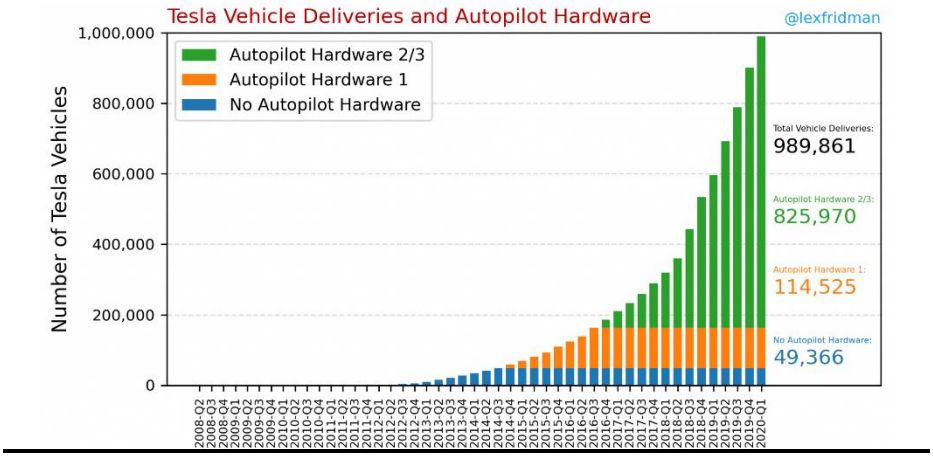
资料来源：Wikichip

图表：主流量产车规级自动驾驶芯片性能对比

	特斯拉 FSD 芯片	英伟达 Xavier	Mobileye EyeQ4
工艺制程（纳米）	14	12	28
整数运算能力（TOPS）	72(单芯片)	30	2.5
功耗（瓦）	72	30	3
能耗比（TOPS/瓦）	1	1	0.8
搭载计算平台	特斯拉 HW3.0	英伟达 DRIVE AGX Xavier	Mobileye EyeQ4
合作车企	特斯拉	小鹏 P7 等	蔚来、宝马、日产等

资料来源：企业官网，恒大研究院

图表：特斯拉 Autopilot 行驶里程情况



资料来源：Lex Fridman

2.3 高效的软性能力：品牌、销售、服务

特斯拉强大的底层能力有利降低不同车型的生产制造成本，而高效的软性能力有利快速提高新车推广和后续服务，其中包括品牌、销售和服务。

2.3.1 以个人形象提高品牌知名度

特斯拉具有非常高的品牌价值，这很大程度上得益于 CEO 马斯克的个人魅力和独特光环。马斯克初期打造现实版钢铁侠形象，个人影响力高涨，“网红效应”使得特斯拉自带流量和媒体曝光度。例如在 Model 3 发布会后利用社交网络上各路媒体及自媒体进行话题讨论，首周预定量便超过 30 万，传播效果远超传统广告渠道。根据全球品牌评估平台 BrandZ 数据，特斯拉自 2016 年起位列全球汽车品牌前十，品牌价值也从 2016 年的 44 亿美元涨至 2020 年的 113.5 亿美元，甚至超过保时捷等老牌豪车品牌。

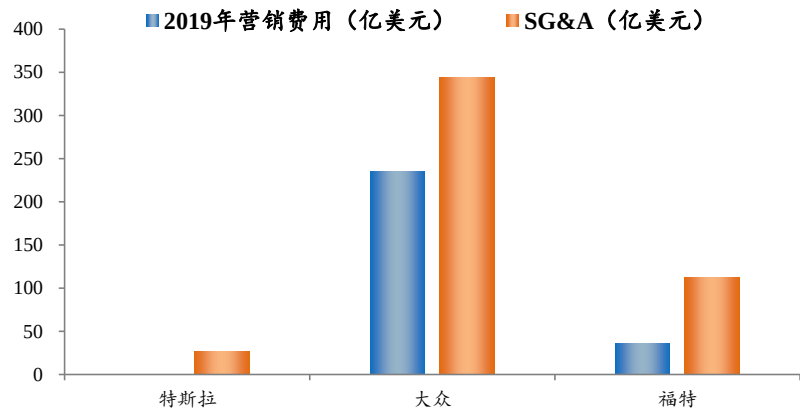
2.3.2 以直营模式改变传统销售方式

有别传统车企的多层经销模式，特斯拉效法苹果，选择自建展示厅和体验店，采取“线上销售+线下展示+后续服务”，直销模式有利降低营

销和渠道费用、优化库存管理。特斯拉依靠 CEO 马斯克个人影响力建立品牌形象，线上预定减免经销环节，减少销售步骤降低企业成本。此外，通过“线上预定-接单生产”模式可以优化库存管理，避免库存过多情况。

然而需要值得注意，尽管特斯拉是汽车行业内直销模式的典范，但实际上直营店的运营成本并不低，且直营模式并非特斯拉特有，不存在实际门槛，新造车势力例如蔚来小鹏等，大多也采用该模式。

图表：特斯拉营销费用对比



资料来源：Wind（2019 年特斯拉营销费用为 2700 万美元）

2.3.3 以软件订阅模式提升盈利能力

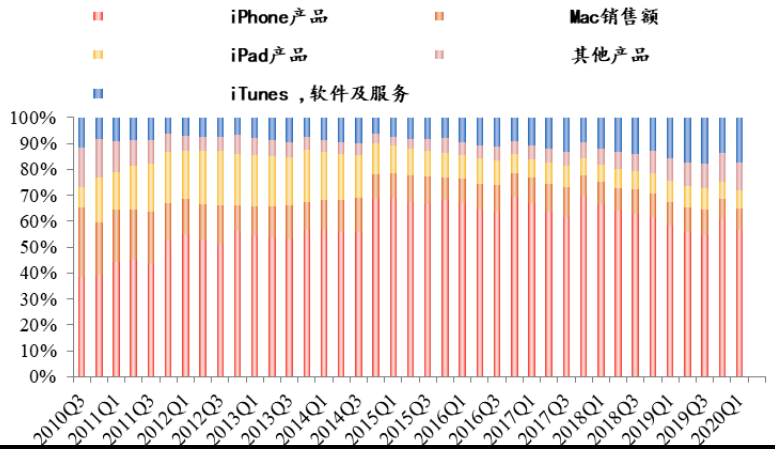
产品类型创新，从“硬件-软件-服务”三层渐进式推进。从发展历程来看，特斯拉与苹果相似，以售卖产品为铺垫向软件和生态服务发展。**第一阶段，为获取用户进行全球化产品销售。**特斯拉的软件应用以汽车产品为平台，主要包括 Autopilot 与 FSD，因此销售汽车是第一要务。为以更高性价比获取市场，特斯拉在全球主要国家和地区自建工厂来降低成本，或为了获取当地补贴进行价格调整。**第二阶段，局部试点进行市场和用户教育。**苹果从硬件到软件的转变主要从 iTunes 开始。iTunes 的推出主要因为 2000 年前后消费电子市场 MP3 的盛行，尽管市面上已经存在例如索尼、爱立信等市占率高的 MP3 产品，但是没有一款很好的音乐软件可以将 MP3 和播放器进行同步管理，直到 2001 年 iTunes 的推出得以实现。此后，苹果专门推出 MP3 播放器 iPod 系列，并通过“iPod 和苹果电脑+iTunes”捆绑销售，不断加深用户使用习惯。将 iTunes 升级为音乐商城尝试内容服务，以 0.99 美元/首的低价吸引用户，一方面逐渐培养用户消费习惯增加粘性，另一方面改变音乐市场版权混乱、盗版无序等现象，从而联通用户和内容生产者。与苹果 iTunes 时期相似，特斯拉以“硬件出厂搭载+软件不断更新”逐步解锁自动驾驶内容，不断吸引用户并培养用户使用习惯，进行自动驾驶领域的市场教育。**第三阶段，从用户到开发者逐步建立生态环境。**“iTunes+iPod/Mac”形成苹果内容和软件服务雏形，“App Store+iPhone”完善苹果内容服务生态。引入 App Store，苹果搭建用户和开发者沟通平台，用户方面，苹果通过应用软件排名、搜索为用户提供更广更丰富的服务；开发者方面，苹果提供设计工具箱，帮助开发者设计、营销和推广。特斯拉未来将会向 App Store 模式发展，特斯拉效仿苹果 App Store 开始建立应用商城（Tesla App），从仅限软件升级、充电等较为封闭服务，逐步发展成娱乐软件导入、付费升级等多元化的服务。从软件生态来看，特斯拉 10.0 版本更新后将支持 Spotify、Netflix、Cuphead 等信息娱乐软件；从服务内容来看，特斯拉尝试以付费形式进行车辆性能更新，例如 2019 年 12 月特斯拉推出性能加速升级（Acceleration Boost Upgrade），为 Model 3 双电机版本提供加速服务，

更新后 0-60mph 加速时间可从 4.4 秒降低为 3.9 秒，更新费用 2000 美元。此外，特斯拉未来还提供包括汽车保险、自动驾驶车队（Robotaxi）等，为用户后续扩充更多增值服务。

订阅服务提升盈利可持续性。特斯拉所有产品从出厂时均配备相关的自动驾驶硬件，如果用户想要添加和使用这些功能或者修复某些软件问题，特斯拉会通过 OTA 进行系统升级。价格方面，用户以打包价在车辆预定或者车辆交付时买断相关的功能，例如最新的 FSD 售价为 8000 美元。与苹果最早期应用软件类似，部分专业性较强的工具软件面对的是“一次付费+终身更新”，这对软件研发团队的后续改进无法起到很好的激励作用。因此，苹果推出订阅模式，从一次性买断转为月度支付，且随着“iPhone+App Store”生态完善，苹果软件营收能力不断增强，2020 年三季度苹果 iTunes 软件及服务收入达 537.7 亿美元，营收占比 19.6%。订阅模式将有利提升特斯拉未来营收结构，**第一，订阅模式可以增加软件使用用户数量**，目前特斯拉尝试 2020 年底推出 100 美元/月 FSD 订阅服务，相对 8000 美元套件价格，用户可以以更便宜的价格享受完整服务；**第二**，特斯拉 FSD 套件自推出后，经历过多次变价，最近一次 FSD 价格从 7000 美元涨至 8000 美元，**订阅模式可以缓解因价格多变而引起消费者不满情况；第三，随着特斯拉产品销量提升、订阅模式扩大软件使用率，未来软件服务将成为特斯拉核心营收来源。**目前特斯拉已经推出 9.9 美元/月 Premium Connectivity 流量服务，服务包括流媒体、车况查询、浏览器使用等（车主依然可以免费使用导航服务，Premium Connectivity 相关服务也可以依靠车主共享手机热点使用）。

备注：特斯拉 OTA 依然提供免费的基础更新服务，付费形式的车辆性能更新为可选项并非必备项。

图表：苹果 iTunes 软件服务收入占比提升



资料来源：Wind

3 挑战与展望

随着第一个十年基本已经完成，2016 年马斯克又提出了新的十年计划“Master Plan Part Deux”，包括四方面任务：

一、制造太阳能屋顶并整合储能电池；

二、扩大特斯拉新能源汽车产品线至所有主要细分市场；

三、积极开发无人驾驶技术，通过大规模车队实现快速迭代；

四、推出汽车共享分时租赁。

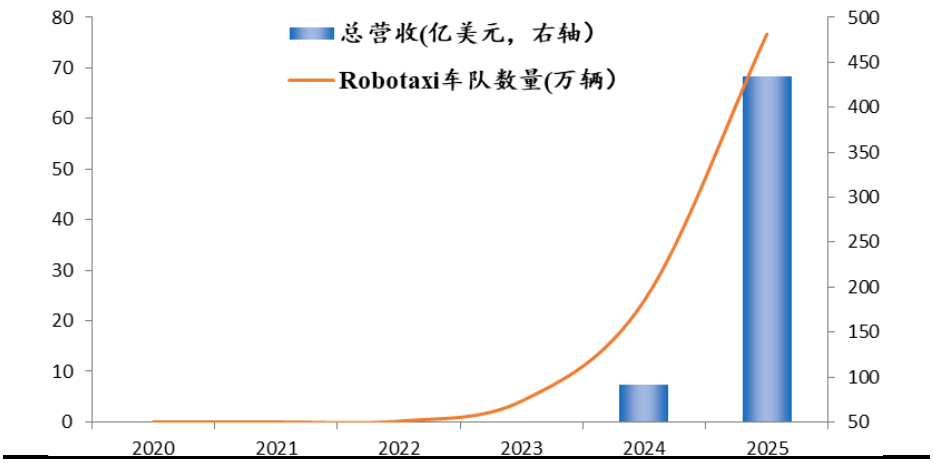
未来特斯拉所面临的竞争对手不仅仅是大众、丰田等传统 OEM，更有谷歌、英伟达、Uber 等高科技企业，还有石油巨头、氢能源技术、中国传统与新造车势力。全球新能源汽车市场格局仍存变数。

1、特斯拉将成为一家全球化车企。Model 3 已经成为现象级的产品，当务之急在于快速推进德国工厂建设，并推出 Model Y 以满足 SUV 用户的需求。此后特斯拉还将推出电动卡车 Tesla Semi、电动皮卡 Cybertruck。我们预测 2030 年全球电动汽车销量将达到 3500 万辆，特斯拉年销量将达到 600-800 万辆，海外市场营收占比将超过 50%。

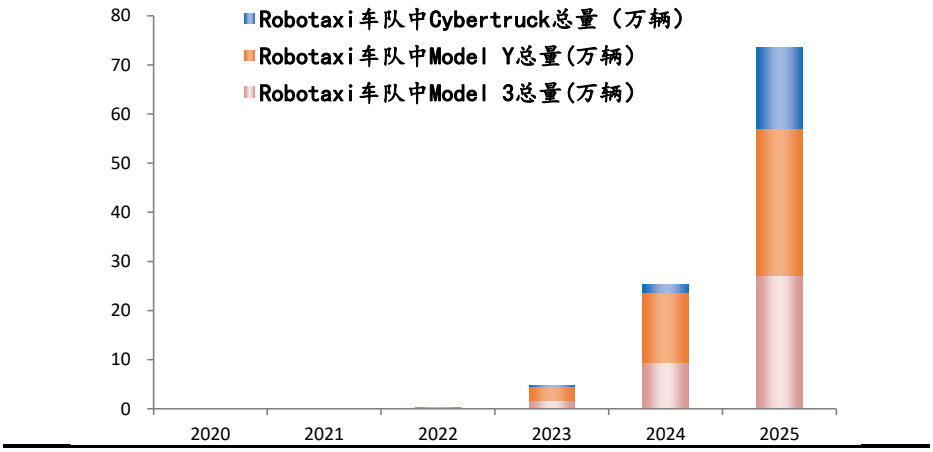
2、未来特斯拉在电动化领域的领先优势可能被逐步缩小，核心竞争力在于智能化、无人驾驶技术、数据和品牌。从智能手机发展史来看，外观和供应链都极易被模仿借鉴，但苹果的利润却超过所有竞争对手总和，核心在于自研 A 系列芯片、iOS 系统，并打造应用生态和高端品牌。特斯拉通过自研自动驾驶芯片和人工智能算法，并配合数量最大的车队不断提供用于深度学习的真实路况数据，特斯拉将拥有比其他竞争对手更高的算法迭代效率。未来一旦特斯拉的摄像头路线被证明可行性，相对于激光雷达路线将体现出极大的成本优势。

3、长期来看，汽车服务和能源服务将成为特斯拉新的增长点。特斯拉已经建立了全球范围的直营店和充电网络，通过 OTA 不断向用户推送新的软件与功能，特斯拉正持续构建线上+线下、汽车+能源的服务闭环。全自动驾驶成熟以后，特斯拉还将自建车队提供出租车服务。1）**特斯拉将构建应用商城，完善软件和服务生态。**无论是推出订阅模式、软件付费升级还是引入娱乐游戏软件，特斯拉的最终目标是为完善布局新能源汽车时代的出行生态。其中，可以连接用户和开发者的应用商城是运行软件和服务的重要平台，目前特斯拉应用商城（Tesla App）尚未达成苹果 App Store 成效，存在服务形式和品种较少、外部引入软件不够丰富、付费商业模式有待推进等问题。未来，随着特斯拉产品全球渗透率提高，应用商城使用率和需求量将会提升，亟待完善软件和服务生态。2）**推广保险服务，推出其他金融服务。**2019 年 4 月，特斯拉针对车主车险金额高而推出车辆保险业务，提供精准的保险覆盖和理赔服务，保险费率较美国传统车险却低 20%-30%。目前，特斯拉车险开始在加州地区试行，通过与 State National Insurance Company 美国国家保险公司合作，未来计划向其他州推广这项保险服务。3）**推出自动驾驶车队 Robotaxi，构建特斯拉网络（Tesla Network）。**从新版的十年战略可以看出，特斯拉的抱负和野心远不止单纯地占领汽车市场，而是瞄向未来的出行生态，通过自动驾驶车队 Robotaxi 构建特斯拉网络。特斯拉的 Robotaxi 与 Uber、滴滴、Lyft 相似，属于共享出行类别，主要区别在于特斯拉销售自行生产的汽车且车队使用时不需要驾驶员过多参与，即“无人版”共享出行。根据特斯拉数据，较美国传统燃油车单车用车成本 0,62 美元/英里，特斯拉 Robotaxi 费用可低至 0.18 美元/英里，而车队将为特斯拉带来单车 3 万美元的利润。尽管特斯拉尚未公布其他详细情况，根据目前规划，我们预计 2025 年 Robotaxi 车队将约有 76.7 万辆车加入，以 Model 3、Model Y、Cybertrunk 车型为主，车队将为特斯拉带来约 434.8 亿美元营收。

图表：特斯拉 Robotaxi 未来 5 年营收假设分析



图表：特斯拉 Robotaxi 未来 5 年车队情况分析



资料来源：根据官方信息以及以为特斯拉交付情况，假设 Cybertruck 上市时间为 2022 年 10

我们曾在《特斯拉研究报告：用软件定义汽车》提到特斯拉产能不足、做工粗糙、高管层不稳定、价格波动频繁等问题，目前这些问题依然存在。在随着业务升级、特斯拉向出行生态铺开的同时，也将面临新的挑战：

一、自动驾驶技术实现情况。特斯拉尽管宣称将于 2020 年年底完成 L5 级别的技术研发，但是新冠疫情、经济下行压力将对技术研发、市场推广产生一定的推迟。此外，L5 级别自动驾驶技术相应配套的基础设施依然不够完善，或将阻碍技术推进发展。

二、全球监管层许可。特斯拉在 2016 年新版十年计划中提到，全球监管层可以接受自动驾驶技术累计里程数为 100 亿英里，这一数字仅为特斯拉官网估算，目前全球尚未有国家或地区官方公布相关法律文件或规定。此外，全球尚未公布无人驾驶的相关执行标准，无论技术发展还是监管层面均在探索当中，特斯拉推广“Tesla Network”依然存在极高不确定性和风险性。

三、特斯拉 Robotaxi 路线规划难度较大。在运营传统的共享汽车时，驾驶员可以与乘客进行协商，道路交通允许的情况在方便乘客的地点进

行接送服务，即共享汽车上下接送点是较为灵活多变的。而 Robotaxi 可能短期无法做到类似效果，这对路程编程设计提出较大挑战。

四、对于汽车寿命情况过于乐观。特斯拉认为 Robotaxi 车队每辆车行驶寿命长达 11 年，由于新能源汽车具备动力电池，使用寿命或无法达到传统燃油车的限度。

恒大研究院简介

恒大研究院（恒大智库有限公司）成立于2018年1月，是恒大集团设立的科学研究机构，以“立足企业恒久发展 服务国家大局战略”为使命，追求成为国内顶级研究院，致力建成中国特色新型智库。研究院对内为集团领导决策提供研究咨询，为集团发展提供研究支持；对外建设成为杰出的经济金融市场专业研究领导者，建立与社会公众和公共政策沟通的桥梁，传递企业社会责任的品牌形象。

免责声明

本报告由恒大研究院（恒大智库有限公司）提供，仅供本公司客户使用。本报告仅在相关法律许可的情况下发放，所提供信息均来自公开渠道。本公司尽可能保证信息的准确、完整，但不对其准确性或完整性做出保证。

本报告所载的资料、意见及推测仅反映本公司于发布本报告当日的判断，相关的分析意见及推测可能会根据后续发布的研究报告在不发出通知的情形下做出更改，投资者应当自行关注相应的更新或修改。

市场有风险，投资需谨慎。本报告中的信息或所表述的意见仅供参考，不构成对任何人的投资建议。投资者不应将本报告为作出投资决策的唯一参考因素，亦不应认为本报告可以取代自己的判断，本公司、本公司员工或者关联机构不承诺投资者一定获利，不与投资者分享投资收益，也不对任何人因使用本报告中的任何内容所引致的损失负责。

本报告版权仅为本公司所有，未经书面许可，任何机构和个人不得以任何形式翻版、复制、发表或引用。如征得本公司同意进行引用、刊发的，需在允许的范围内使用，并注明出处为“恒大研究院”，且不得对本报告进行任何有悖原意的引用、删节和修改，否则由此造成的一切不良后果及法律责任由私自引用、刊发者承担。

本公司对本免责声明条款具有修改和最终解释权。

联系我们

	北京	上海	深圳
地址：	北京市朝阳区东三环中路5号财富金融中心6层607-608（100020）	上海市黄浦区黄河路21号鸿祥大厦11楼 （200003）	广东省深圳市南山区海德三道1126号卓越后海中心37楼（518054）
E-mail：	hdyanjiuyuan@evergrande.com	hdyanjiuyuan@evergrande.com	hdyanjiuyuan@evergrande.com