

研究员：连一席

✉ lianyixi@evergrande.com

联系人：谢嘉琪

✉ xiejiaqi@evergrande.com

#### 相关研究：

1. 《固态电池：能否成为下一代电池技术？》  
2018-10-24
2. 《揭开动力电池巨头崛起之谜》  
2018-10-23
3. 《平价价格时代渐行渐远，万亿产业整装待发——电动汽车行业发展简史、主要挑战与前景展望（下）》  
2018-03-23
4. 《平价价格时代渐行渐远，万亿产业整装待发——电动汽车行业发展简史、主要挑战与前景展望（上）》  
2018-03-22

#### 导读：

特斯拉是一家充满话题与争议的公司。支持者认为特斯拉是硅谷创新精神的代表，“汽车界的苹果”；做空者认为特斯拉烧钱模式不可持续，是“庞氏骗局”。特斯拉究竟是否具有颠覆性？它的核心竞争力是什么？未来特斯拉的前景和挑战是什么？

#### 摘要：

自 2003 年创立以来，特斯拉的发展历史可以分为三个阶段：

**第一阶段，特斯拉需要造出一辆车（Roadster）。2005 年前后电动车仍是新鲜事物，第一款车并不需要完美，只需要在外观、性能和营销上形成差异化优势就足以让部分消费者买单。但特斯拉一开始在供应链管理、关键零部件研发遭遇严重瓶颈，交付延期、成本飙升，几乎在金融危机中破产。2008 年马斯克亲任 CEO 并赌上了所有身家，在他强悍的管理风格下，公司执行了激进的成本削减计划，最终得以走出困境。**

**第二阶段，特斯拉需要造好一辆车（Model S），为此特斯拉不仅需要延续 Roadster 在外观和性能上的优势，更需要在三电技术研发、供应链管理、生产制造、销售交付和服务领域摸索并打造一系列成熟体系。凭借独特的电池管理技术，2009 年特斯拉拿到奔驰和丰田的战略投资，并向这两家全球顶尖的 OEM 学习整车制造的 know-how。2012 年特斯拉推出业内第一款能够实现空中升级（OTA）的电动轿跑 Model S 并成为年度车型，Model S 的畅销使得特斯拉市值大幅上涨，甚至比肩于通用、福特。**

**第三阶段，特斯拉需要大规模地造好车（Model 3）。Model 3 是电动汽车发展史上具有里程碑意义的一款车型。相比于特斯拉的前几款车型，Model 3 不仅在三电的工程技术层面做了进一步改进，而且采用了类似于智能手机的集中式电子电气架构，即用一个中央处理器和操作系统控制所有车辆上的硬件。Model 3 推出后收到了近 50 万份订单，这给特斯拉的生产和交付体系带来了极大挑战。经历了 2018 年艰难的产能爬坡后，特斯拉放弃了激进的完全自动化生产，选择了更加传统稳健的半自动化方案，目前周产能达到 7000 辆。**

在长期而清晰的发展战略指导之下，特斯拉以“加速全球向可持续能源转变”为使命，以三代产品定位依次下沉为路径，逐步扩大用户群体，同时维持环保、科技、高端的品牌形象。在执行层面，特斯拉吸取了第一代产品研发的经验教训，并在后续的产品生命周期中更加注重创新、工程制造、用户体验和成本四者之间的平衡，逐步构建核心竞争力：

**一、研发设计：**特斯拉历年研发强度基本在 10%以上，远超传统车企 5% 的平均水平。在三电领域，特斯拉拥有不少黑科技，例如高镍电芯和高精度电池管理系统的组合、开关磁阻电机和碳化硅功率半导体的首次应用，既提升续航里程、又降低整车电耗。在智能化和自动驾驶领域，特斯拉自研车载操作系统和自动驾驶芯片，目前在整车 OTA 与 L2 自动驾驶的用户体验上超过大多数竞争对手。

**二、生产制造：**特斯拉奉行高度垂直整合的生产模式，在电芯、电机等核心零部件上基本采用自主设计+代工或者合资的形式，牢牢把握供应链主导权，通过规模效应不断降低成本。根据瑞银拆解测算，Model 3 电芯成本约 110 美元/KWh，低于 LG、CATL 等其他主流电芯制造商。

**三、产品矩阵：**Roadster 之后特斯拉平均 2-3 年才推出一款车型，Model S/X 定位于高端轿跑/SUV，Model 3/Y 定位于中高端轿车/SUV。少而精、平台化的车型矩阵带有苹果式的极简主义风格，也让特斯拉能够更加聚焦精力打造爆款，从而摊薄单个车型的研发生产成本。

**四、品牌、营销与服务：**特斯拉从来不做广告，但 CEO 马斯克凭借成功塑造的“硅谷钢铁侠”人设和 Twitter 互动，为特斯拉带来超高流量和媒体曝光度。“2018 年 BrandZ 全球品牌价值 100 强”榜单显示，特斯拉品牌价值达到 94 亿美元，超越保时捷等老牌豪车品牌。同时，特斯拉采用了直营模式而非传统经销体系，利用软件+OTA 的方式为用户提供车辆全生命周期的售后服务，进一步改善用户体验。

随着垂直整合程度的加深，特斯拉正不断开拓业务边界，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，甚至还有石油巨头。尽管面临产能、产品安全与质量、现金流等方面的问题与争议，然而在当今全球创新普遍依赖模式驱动而非技术驱动的环境下，有着“第一性原理”基因的特斯拉可能成为为数不多的“硬核”玩家，用软件 and 智能重新定义汽车。

**一、特斯拉将真正成为一家全球化车企。**Model 3 在美国市场已经成为现象级的产品，特斯拉的当务之急在于将成功经验复制到中国和欧洲，同时交付基于同一平台打造的 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。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 300 万辆，海外市场营收占比将超过 50%。

**二、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。特斯拉目前已经拥有极佳的赛道卡位，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。

**三、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**

## 目录

1 特斯拉发展简史.....	6
1.1 2003-2008 年：Roadster 艰难诞生.....	7
1.2 2009-2015 年：绝处逢生，打造爆款.....	7
1.2.1 化解危机，成功上市.....	7
1.2.2 四年磨一剑，Model S 成为爆款.....	8
1.3 2016 年至今：走向大规模量产.....	10
2 特斯拉有坚固的护城河吗？.....	11
2.1 研发设计：业界最先进的三电技术.....	12
2.1.1 电池系统.....	12
2.1.2 电机电控.....	16
2.2 软件与架构：汽车将成为移动的计算机.....	20
2.2.1 系统软件.....	20
2.2.2 应用软件.....	22
2.3 生产制造：高度垂直一体化.....	24
2.4 销售、品牌与服务：直营与全生命周期交互.....	26
3 特斯拉的下一个十年：挑战与前景.....	27
3.1 挑战.....	27
3.2 前景.....	31

## 图表目录

图表 2: 特斯拉发展大记事 .....	6
图表 4: 2009-2010 年是特斯拉发展的转折点 .....	8
图表 5: Model S 销量情况 .....	9
图表 6: 2013 年美国中大型豪华轿车市场 Model S 市占率第一 .....	9
图表 7: Model X 销量情况 .....	9
图表 8: 2016 年美国中大型豪华 SUV 市场 .....	9
图表 9: Model 3 销量情况 .....	10
图表 10: 2018 年美国中型豪华轿车市场情况 .....	10
图表 11: 2018 年特斯拉分项目收入情况 .....	10
图表 12: 2018 年特斯拉各地区销售情况 .....	10
图表 13: 特斯拉储能产品销量情况 .....	11
图表 14: 特斯拉全球五大工厂 .....	11
图表 15: 特斯拉历年专利情况 .....	12
图表 16: 特斯拉研发强度遥遥领先 .....	12
图表 17: 特斯拉专利申请前十关键字 .....	12
图表 18: 特斯拉电池单体对比 .....	13
图表 19: 特斯拉电池钴含量大幅减少 .....	14
图表 20: 特斯拉电池模组分层管理 .....	14
图表 21: 特斯拉 BMS 技术 .....	15
图表 22: 特斯拉 Model 3 高集成度的电池管理模块 .....	15
图表 23: Model 3 热管理系统 .....	16
图表 24: 特斯拉电芯冷却系统升级过程 .....	16
图表 25: 铜电导率远高于铝 .....	17
图表 26: 6 英寸铜芯转子成品出现不合缝隙、多气泡现象 .....	18
图表 27: 特斯拉感应电机结构示意图 .....	18
图表 28: Model 3 与竞品电机性能对比 .....	19
图表 29: Model 3 与 Model S 电机对比 .....	19
图表 30: Model 3 动力总成运作图 .....	20
图表 31: 主流汽车的分布式 EEA .....	21
图表 32: 特斯拉 EEA: Vehicle Computer .....	21
图表 33: 智能汽车架构的四个层次: 硬件、芯片、系统软件、应用软件 .....	22
图表 34: Model 3 和雪佛兰 Bolt 内部结构对比 .....	22
图表 35: 辅助驾驶系统结构 .....	22
图表 36: 大型豪华车美国出险率对比 .....	23
图表 37: 辅助驾驶系统车道保持情况对比, Autopilot 8.1 表现突出 .....	23
图表 38: 特斯拉 Autopilot 行驶里程数量 .....	24
图表 39: 各电动汽车外包与 In-house 模式对比 .....	25
图表 40: Model 3 热管理系统集成后, 不需要 PTC 加热器 .....	25
图表 41: Model 3 电机三合一 .....	26
图表 42: 特斯拉品牌价值迅速增长 .....	26
图表 43: 特斯拉营销费用占比连续降低 .....	27
图表 44: 2018 年各公司营销费用占比情况 .....	27
图表 45: Model 3 产能问题严重 .....	28

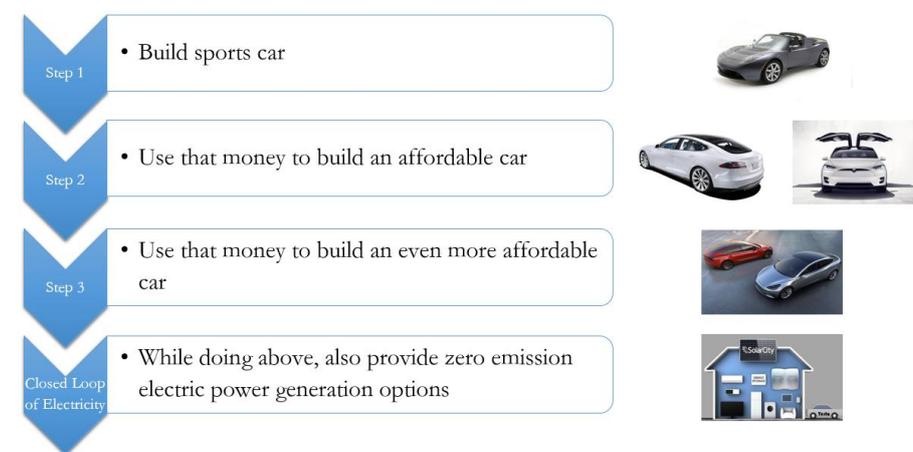
图表 46:	铝合金与钢材料对比 .....	28
图表 47:	Model 3 车身架构材料组成情况 .....	29
图表 48:	Model 3 车身架构材料组成情况 .....	29
图表 49:	2013 年以来特斯拉汽车事故情况.....	30
图表 50:	各项事故原因占比 .....	30
图表 51:	特斯拉现金流问题严重 (FCFF) .....	31
图表 52:	2018 年以来部分离职高管情况 .....	31

# 1 特斯拉发展简史

2003 年，硅谷工程师艾伯哈德和塔本宁创立电动汽车制造公司，为致敬交流电发明者尼古拉·特斯拉，公司取名为特斯拉(Tesla Motors)。2004 年，硅谷新贵马斯克在特斯拉 A 轮融资中领投 650 万美元，成为特斯拉最大股东和董事长，并在 2006 年 8 月提出贯穿特斯拉发展的路线图“Master Plan”，即“三步走”战略：

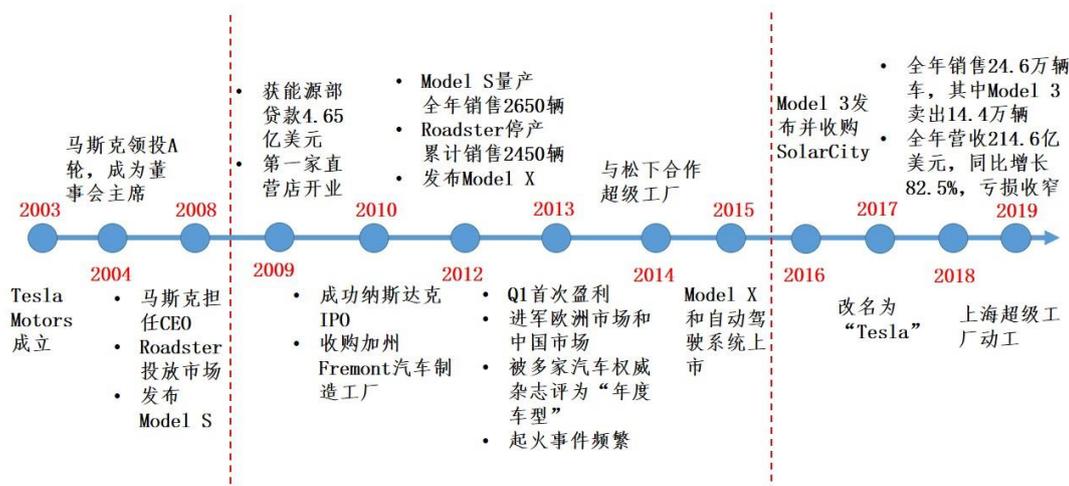
- 一、打造一台昂贵、小众的跑车 (Roadster)；
- 二、用挣到的钱，打造一台更便宜、销量中等的车 (Model S/X)；
- 三、用挣到的钱，打造一台更具经济性的畅销车型 (Model 3)；
- 四、在做到上述各项的同时，还提供零排放发电选项。

图表1: 马斯克 2006 年提出特斯拉的发展路线图“Master Plan”



资料来源：特斯拉，恒大研究院

图表2: 特斯拉发展大事记

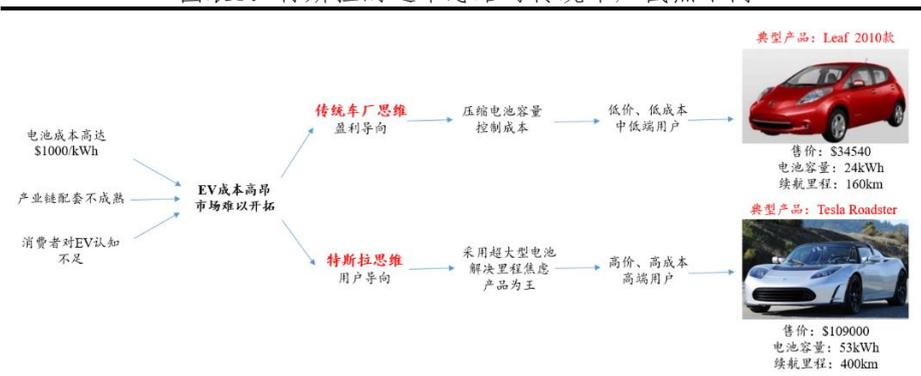


资料来源：恒大研究院

## 1.1 2003-2008 年：Roadster 艰难诞生

特斯拉以高端小众电动跑车切入汽车行业。汽车是典型的技术密集与资本密集型行业，也是初创企业存活几率最低的行业之一。无论生产工艺、供应链管理或是企业品牌，特斯拉初期都无法比拟有着几十年甚至上百年积淀的传统车企。况且在当时高达\$1000/KWh的电池成本与产业链配套尚不成熟的客观环境下，不论造一辆跑车还是经济实用型轿车的成本都相当昂贵。特斯拉的思路非常清楚：既然第一款车注定亏钱，不如先针对高收入群体推出高端电动跑车，高举高打，彻底颠覆人们对于电动车续航里程短、性能差的认知。

图表3：特斯拉的造车思路与传统车厂截然不同



资料来源：恒大研究院

2006年7月特斯拉正式推出 Roadster 跑车，Roadster 为特斯拉与英国莲花汽车共同打造，起步售价 9.8 万美元，该款超跑百公里加速度约 3.7 秒，最高续航达到约 400 公里，起步阶段的推背感甚至超越法拉利等传统跑车。作为第一款采用锂电池技术的超跑，Roadster 一经推出便受到诸多好莱坞明星和硅谷高管等社会名流青睐。

然而，受制于供应链和核心零部件技术瓶颈，Roadster 生产成本失控、量产艰难。当时在 CEO 艾伯哈德的领导下，特斯拉团队过于注重技术研发和性能提升，忽视了生产安排和产品管控，大大拖延了成品进度。2007年6月，距离 Roadster 正式投产只剩 2 个月时，特斯拉依然没有完成核心零部件两档变速箱的研制。此外，由于供应链采购缺乏规模效应，最初 50 辆 Roadster 的研制成本从平均 6.5 万美元上涨超过 10 万美元，1000 名预定用户中有 30 多名因为交付延期而取消订单。

创始人出走、高层动荡，马斯克出任 CEO 力挽狂澜。因为管理失误和费用失控，2007年8月创始人艾伯哈德被罢免了 CEO 职务，最后由马斯克亲自担任。为实现 Roadster 正常上市，特斯拉团队决定优化一档变速箱来替代研发全新的二档变速箱，并开始削减不必要的开支。2008年2月，第一辆 Roadster 终于正式交付。

因为产品定位和受众的局限性，Roadster 所带来的经济效益有限。从 2008 年 2 月上市到 2012 年停产，Roadster 销往 30 多个国家，全球销量约 2450 辆。按照 9.8 万美元售价计算，特斯拉也仅通过 Roadster 回笼现金流 2.4 亿美元，对于第二代车型 Model S 的研发和生产来说杯水车薪。2008 年年末，金融危机令特斯拉的财务状况雪上加霜，特斯拉处于破产边缘。

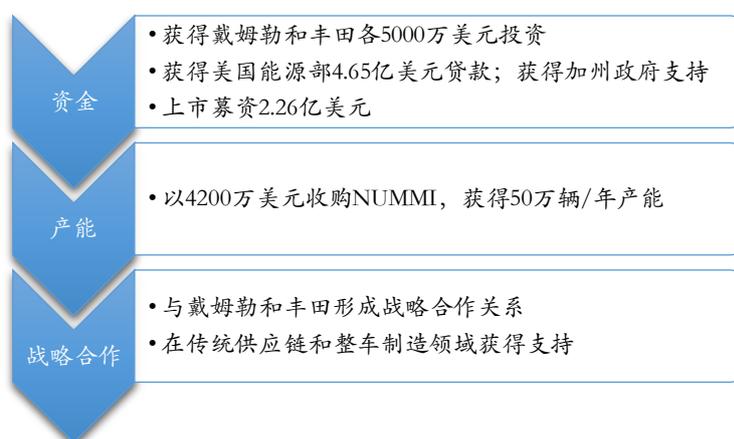
## 1.2 2009-2015 年：绝处逢生，打造爆款

### 1.2.1 化解危机，成功上市

奔驰和丰田的战略投资使特斯拉获得资金与品牌双重背书。2009年1月底特律车展之后，戴姆勒向特斯拉订购了4000颗电池组用于奔驰A-Class车辆测试，并且以5000万美元取得了特斯拉10%的股份，形成了合作伙伴关系。2010年5月特斯拉获得丰田5000万美元投资，取得3%股份。与两家传统车企巨头的战略合作不仅解决了特斯拉资金方面的燃眉之急，更让特斯拉快速学习到生产、管理经验和模式的know-how。此外，特斯拉还以4200万美元低价收购原丰田与通用合资、年产能50万辆的工厂NUMMI，为大规模量产打下基础。

美国政府大力支持，特斯拉现金流危机暂缓并成功上市。2008年金融危机后，为促进经济发展，美国国会出台一系列政策帮扶各行各业，其中包括美国能源部的250亿美元先进技术汽车制造贷款项目，通过补贴和低息贷款支持当地先进汽车技术和零部件研发。2009年6月，特斯拉成功获得4.65亿美元贷款。在加州零排放(ZEV)政策背景下，特斯拉车主还可以获得最多7500美元联邦税务抵免(2019年降至3750美元)。2010年6月特斯拉成功于纳斯达克上市，共募集资金2.26亿美元，这也是继1956年福特汽车上市以后第一家美国汽车企业成功上市。

图表4：2009-2010年是特斯拉发展的转折点



资料来源：恒大研究院

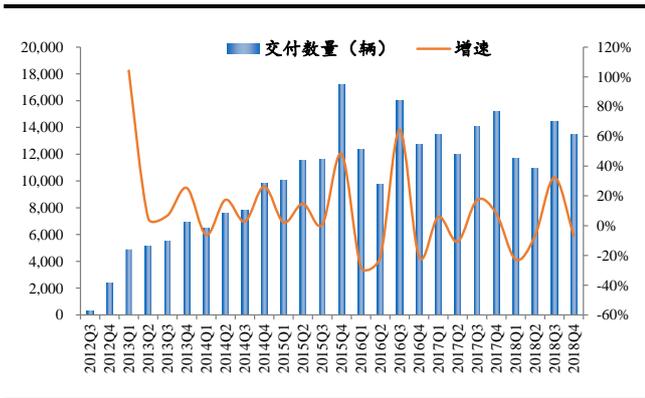
### 1.2.2 四年磨一剑，Model S成为爆款

Model S定位中大型豪华轿车，是特斯拉第一款真正意义上的量产车型，于2012年6月正式交付，当时共推出三款，配备电池40kWh、60kWh、85kWh，售价5.74万美元-8.74万美元，对应百公里加速度最快达4.4秒，续航里程最高可达483公里。Model S首次引入了17寸中控触摸屏，集成车辆信息查询、导航、音乐等多种功能，同时配备4G LTE无线网络使车主可以免费享受系统OTA空中升级服务，例如2014年推出的Autopilot自动辅助驾驶功能。2019年1月，Model S不再提供电池75kWh选项，目前仅剩100D与P100D两款。

作为首款高端电动车，Model S一经推出便大受好评。2012年年末，Model S预定量从推出时的520辆上升至15000辆。2013年Model S在美国中大型豪华轿车市场的市占率超过奔驰S系、宝马7系等老牌豪车品牌，排名第一。2015年第四季度Model S销量一度达到17192辆，目前全球销量超过26万辆。Model S曾荣获著名汽车杂志《Motor Trend》“2013年度车型”、时代杂志“2012年25项最佳发明之一”、美国权威消费者测评《Consumer Reports》“2017年度10款车主最满意车型之首”等荣誉。

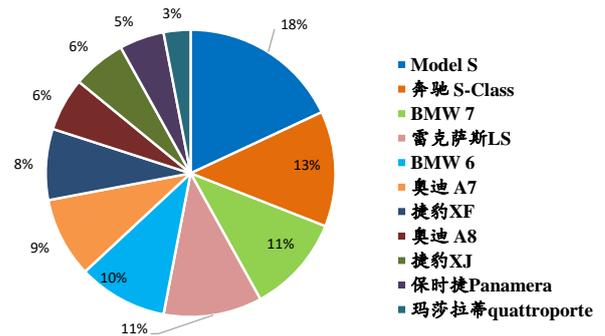


图表5: Model S 销量情况



资料来源: 特斯拉, 恒大研究院

图表6: 2013 年美国中大型豪华轿车市场 Model S 市占率第一



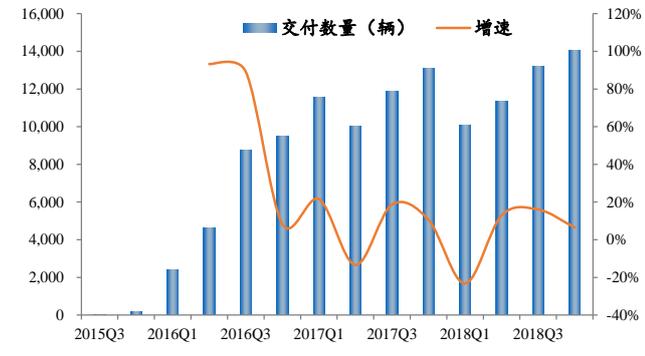
资料来源: GCBC, 恒大研究院

务实、注重长远规划和成本管控，特斯拉盈利性和生产效率大幅上升。随着 Model S 交付，特斯拉收入成倍增长，也于 2013 年第一季度扭亏为盈净利润 1125 万美元，并且同年成为第一个还清能源部低息贷款的汽车制造公司。此外，为了 Model S 生产和 Model X 项目推进，除了改造加州 Fremont 工厂外，2014 年 7 月特斯拉与松下达成合作协议，在美国内达华州投资超 50 亿美元建造超级工厂 Gigafactory 1，以应对未来 5-10 年生产计划。

超级工厂 Gigafactory 1 主要负责特斯拉所有动力系统，包括 Model 系列车型配套锂电池、太阳能蓄电池 Powerwall 和 Powerback，以满足 2020 年 50 万辆特斯拉汽车配套的 35GWh 动力电池年产能。松下负责生产制造，特斯拉负责电池组装和进一步加工。目前，Gigafactory 1 每天生产约 350 万个 2170 动力电池。

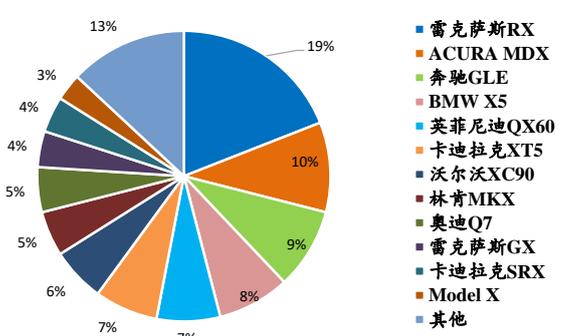
2015 年第三季度，搭载鹰翼门豪华 SUV Model X 正式交付。相较 Model S，Model X 在性能上并没有太多的创新，两者的用户定位与价格也相仿，均属“Master Plan”第二阶段计划。Model X 主要为满足需求更大的豪华 SUV 市场，并丰富产品线。较 Model S 销量呈稳定趋势，Model X 依旧保持增长，目前全球总销量超 12 万辆，在美国大中型豪华 SUV 市场占有率与奔驰 GLE、宝马 X5 等竞品接近。

图表7: Model X 销量情况



资料来源: 特斯拉, 恒大研究院

图表8: 2016 年美国中大型豪华 SUV 市场



资料来源: GCBC, 恒大研究院

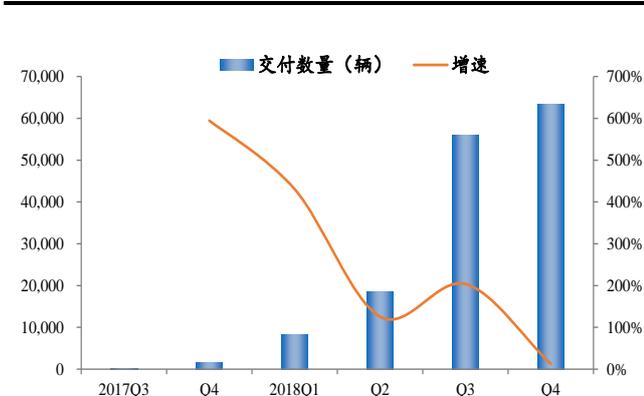
同时特斯拉进行了一系列行业垂直整合，除 Gigafactory 1 外，还在全球范围大量修建超级快充 Supercharger 和目的地充电桩 Destination Charger，并在全球范围内增加门店展区和服务中心的数量。

### 1.3 2016 年至今：走向大规模量产

中型轿车是规模最大最具性价比的细分市场。根据汽车轴距、车长、价格和功能，汽车市场可以分成微型、小型、紧凑型、中型、中大型和大型这六大细分市场。而汽车价格每下降 5000 美元，潜在买家数量便会翻倍的行业定律决定了中型市场在所有细分市场中的重要性。对于特斯拉而言，中型汽车不仅是第三阶段发展目标的关键，更决定了特斯拉能否真正成为一家主流车企，战略意义重大。

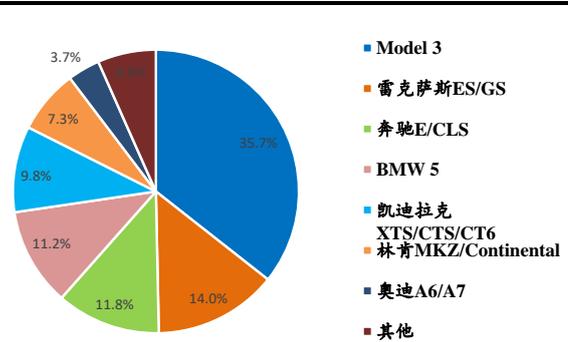
Model 3 继 Model S 后，成为特斯拉成功开拓市场的标志性产品。Model 3 于 2016 年 3 月公布、2017 年年底交付，标准版起步价 3.5 万美元、续航里程 354 公里，极具性价比。随着产能爬坡，Model 3 在美国的销量超越同类型的宝马 5 系、奔驰 E 级、奥迪 A6 等传统豪华燃油车型，全年销量超过 14 万辆，市占率达 35.7%，成为 2018 年美国中型豪华轿车市场冠军。

图表9：Model 3 销量情况



资料来源：特斯拉，恒大研究院

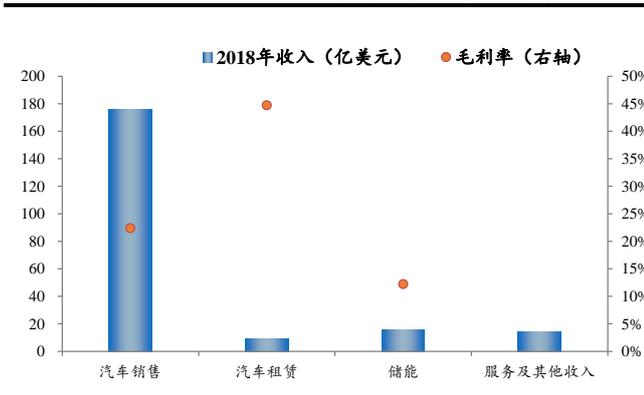
图表10：2018 年美国中型豪华轿车市场情况



资料来源：GCBC，恒大研究院

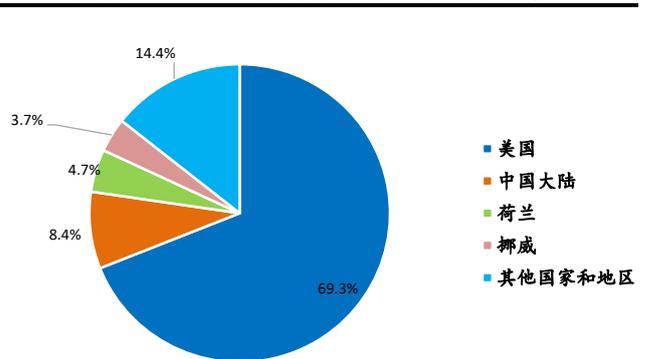
Model 3 的大获成功，令特斯拉的营收更上新台阶。2018 年全年特斯拉收入达 214.6 亿美元，净利润从 2017 年亏损 19.6 亿美元缩窄至亏损 9.8 亿美元。分项目来看，汽车销售收入达 176.3 亿美元，占整体营收的 82.2%，是特斯拉的主要收入来源。分国家和地区来看，美国依然是特斯拉的主要市场，占比近 70%，中国大陆市场占比达到 8.4%。

图表11：2018 年特斯拉分项目收入情况



资料来源：特斯拉，恒大研究院（服务部分成本大于收入，无盈利）

图表12：2018 年特斯拉各地区销售情况



资料来源：特斯拉，恒大研究院

为实现向可持续能源转型，特斯拉加速从电力生产到能源存储运输的新能源产业链布局，包括在全球主要市场建造工厂、储能网络和充电网络。制造工厂方面，出于降低关税影响以致降低生产成本来提高产品价

格竞争力的考虑，同时也为长期市场战略铺垫，特斯拉在荷兰建造 Tilburg 组装工厂，为欧洲客户组装检测 Model S/X；在上海投建 Gigafactory 3，为中国与亚洲客户生产制造 Model 3/Y。

**储能方面**，利用太阳能发电覆盖家庭储能和大型光伏储能系统。家庭储能产品为 Powerwall 电池和太阳能屋顶 Solar Roof，Solar Roof 白天收集太阳能并转化为电能储存于 Powerwall 内，Powerwall 可以在家庭有用电需求时再进行放电，形成“存储-充放”的有机循环。大型储能系统产品为 Powerpack，主要针对商用和工业能源存储利用。为更好深入储能领域，除在 Gigafactory 1 生产 Powerwall 和 Powerpack 电池外，特斯拉于 2016 年 11 月以 2.6 亿美元收购光伏公司 SolarCity 22% 股权，并在纽约州水牛城建造 Gigafactory 2 生产太阳能面板。

图表13：特斯拉储能产品销量情况



资料来源：特斯拉，恒大研究院

**充电网络方面**，特斯拉的主要产品为超级快充 SuperCharger、目的地充电 Destination Charging 和家庭充电。家庭充电即上述利用太阳能+储能进行汽车充电，充满耗时约 10-14 小时。超级快充针对公里沿线，第三代超级快充充电功率最高可达 250kW，Model 3 长续航版在峰值功率环境中，5 分钟所充电量可行驶约 120 公里，较第二代充电时间降低 50%。目的地充电针对停车场、商场等地，充电速度与家庭充电相同。目前，特斯拉全球拥有超过 12000 个超级充电桩和 21000 个目的地充电桩。

图表14：特斯拉全球五大工厂

工厂名称	地点	主要职责
Fremont 制造工厂	美国加州	生产制造 Model S/X/3/Y
Gigafactory 1	美国内华达州	生产制造动力电池、Powerwall 和 Powerback
Gigafactory 2	美国纽约州	生产制造太阳能电池板 solar roof
Gigafactory 3	中国上海	生产制造 Model 3/Y
Tilburg 组装工厂	欧洲荷兰	组装 Model S/X

资料来源：恒大研究院

## 2 特斯拉有坚固的护城河吗？

作为第一性原理 (First Principle) 的忠实信徒，马斯克倾向于回归事物的本质分析和解决问题，而非采用类比和改良的方式。他认为后者属于线性思维，只能对技术或产品产生较小的升级和迭代，而只有从事

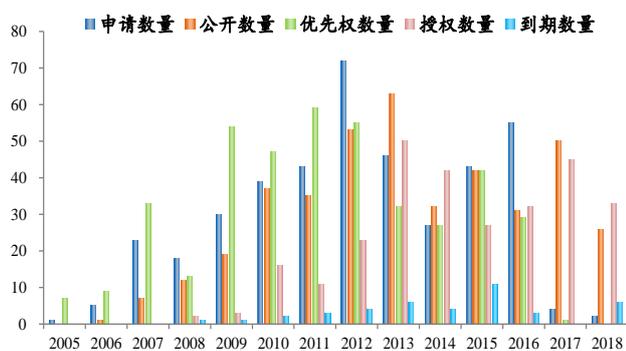
物本质出发，才能产生颠覆性创新。这种思维方式在马斯克的另一家初创企业 SpaceX 上取得巨大成功，在特斯拉身上也有着第一性原理的烙印。它使得特斯拉有时候能够独辟蹊径，做出让人惊叹的设计和产物，有时候过于激进却适得其反，常常导致批评和争议。

## 2.1 研发设计：业界最先进的三电技术

美国专利分析公司 Relecura 数据显示，截止 2018 年，特斯拉共计专利/专利族 408 件。从历年情况来看，2009 年后，专利申请数量与授权数量开始激增，主要与 Model S 的研发准备有关，申请数量于 2012 年到达顶峰，授权数量于 2013 年到达顶峰。从申请国家来看，美国申请数量保持领先，近年来欧洲与中国申请数量急速增加，这与特斯拉全球化的市场战略分不开。

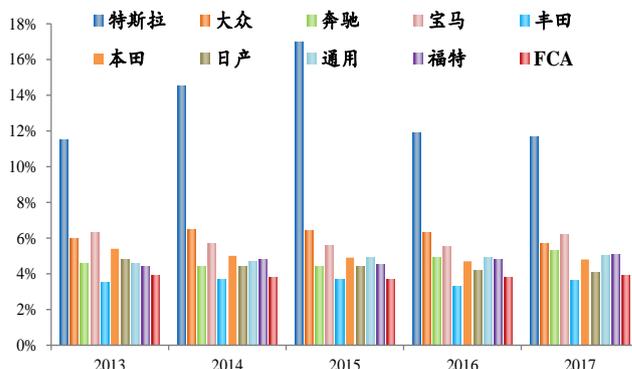
与传统车企相比，特斯拉在新能源汽车领域的专利数量并不算突出，例如丰田相关专利数超 14000 多件，约为特斯拉专利数量的 50 倍。从专利申请前十关键字来看，“电池”“热量管理”“冷却”等是特斯拉主攻目标。通过调动有限资源集中攻坚，特斯拉希望在三电系统领域与传统车企形成差异化竞争。

图表15：特斯拉历年专利情况



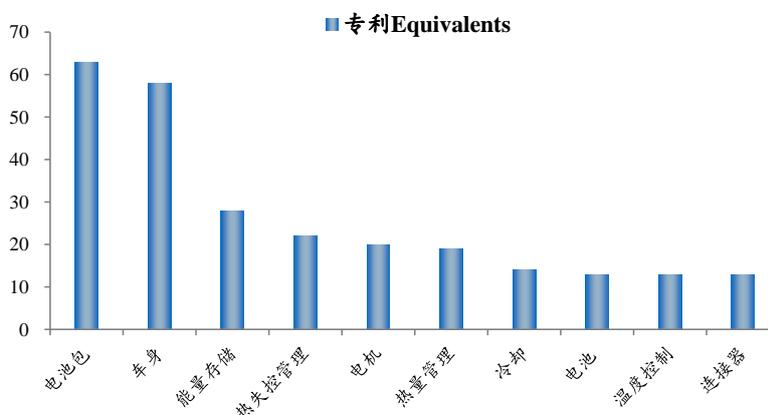
资料来源：Relecura，恒大研究院

图表16：特斯拉研发强度遥遥领先



资料来源：EU R&D Scoreboard，恒大研究院

图表17：特斯拉专利申请前十关键字



资料来源：Relecura，恒大研究院

### 2.1.1 电池系统

电池技术是特斯拉最引以为傲的优势领域之一。从专利数据显示，电池系统相关专利占比超 60%。特斯拉电池动力系统包括电池单体、电池管理系统 (BMS)、热量管理系统、冷却管理等，其中电池单体占电池动力系统成本 70% 以上。特斯拉前后应用过 18650 和 2170 两款电池，目前最新款 2170 圆柱电池采用镍钴铝 NCA 配备硅碳负极，单体电池容量在 3~4.8Ah 之间，单体能量密度可达 300Wh/kg，性能较上一代 18650 提高约 20%。

特斯拉使用的松下圆柱电芯在消费电子市场有成熟的应用历史，拥有能量密度高、工艺成熟、生产自动化程度高等优点。然而面对要求更为严格的汽车行业，温度敏感性高、成组管理难度大、易爆炸等则限制了其广泛使用。为此，特斯拉提出包括更优的两极材料、模组结构、电池管理系统和热管理四大主要解决办法。

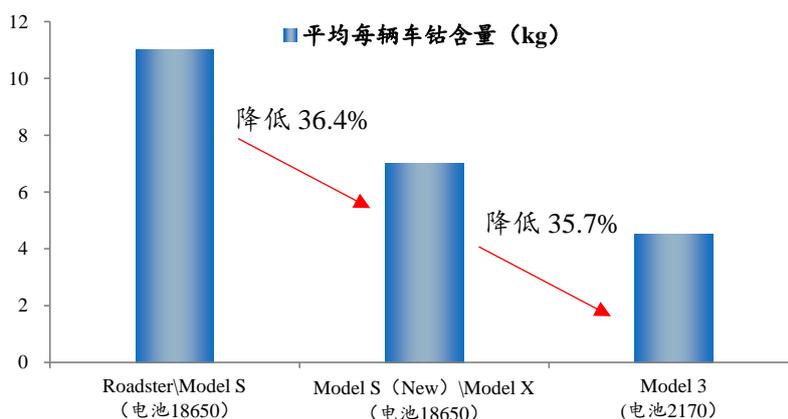
**一、不断寻找最优材料，降低成本、提升性能。**电池单体化学物质成分和比例的不同将直接影响电池性能表现，三元材料中，镍主要作用为提高材料整体能量密度，钴主要作用为稳定材料层状结构，提高整体循环性能。然而，过高的镍含量会导致化学成分不稳定，过高的钴含量会降低能量和容量，并且由于矿产稀缺性，钴价一直居高不下。为此，特斯拉不断攻克电池材料配比，试图找到最优方案。**横向来看**，当竞争对手 2013 年做磷酸铁锂电池与 NCM111 时，特斯拉已经开始在 Model S 上应用高能量密度 NCA 三元电池；当竞争对手 2017 年开始由低镍材料过渡到 NCM622/NCM811 高镍正极材料时，特斯拉已经探索更高能量密度的硅碳负极应用，特斯拉在电池技术的积累使其电池能量密度和整车续航里程能领先竞争对手数个身位。**纵向来看**，特斯拉一直坚持使用 NCA 作为电芯正极材料，并不断提高镍含量、降低钴含量。对比最新 Model 3 与 Roadster 两款汽车，特斯拉平均每款车钴含量降低约 60%。根据特斯拉 2018 年一季度报告，Model 3 的电芯能量密度超过其他任何一款竞品所使用的电芯，其钴含量低于主流电芯制造厂即将量产的下一代 NCM811 电芯产品。

图表18：特斯拉电池单体对比

	18650	18650	2170
搭载车型	Roadster	Model S、Model X	Model 3
长度 (mm)	65	65	70
直径 (mm)	18	18	21
电池正极材料	钴酸锰 (LCO)	镍钴铝 (NCA)	镍钴铝 (NCA)
电池负极材料	石墨	石墨	硅碳
电池单体能量密度 (Wh/kg)	~210	230~260	~300

资料来源：特斯拉，恒大研究院

图表19：特斯拉电池钴含量大幅减少



资料来源：WirtschaftsWoche，恒大研究院

二、串并联组合、分层管理模式优化模组结构，提高电池充放电能力。特斯拉电池采用特有的串并联方式，按照“单体电池-brick-sheet-pack”顺序进行分层管理。例如，特斯拉将 Roadster 电池系统的 6831 节电池分成不同的子单元（4 个模组中 2 个为 23Brick/module，另外 2 个为 25Brick/module，即  $2 \times 23 \times 31 + 2 \times 25 \times 31$ ）进行并联和串联，多组串联和平板的设计，极大增加电池铺设数量和使用效率，从而提高整车动力性能和续航里程。

图表20：特斯拉电池模组分层管理

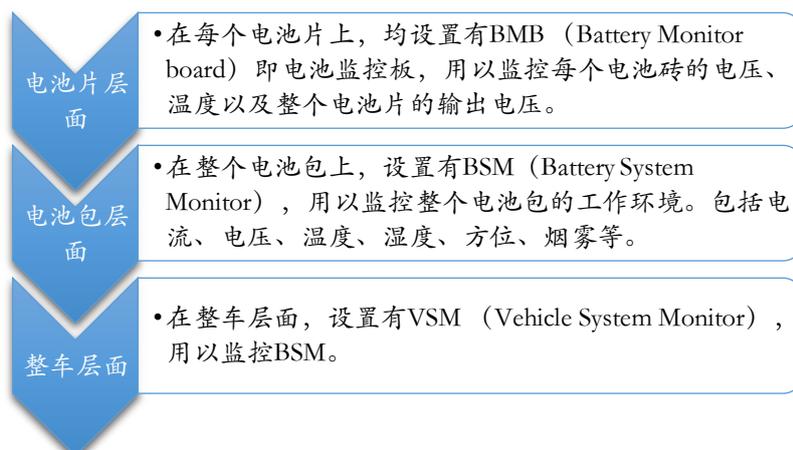
	Roadster	Model S 85	Model 3 50
电芯型号	18650	18650	2170
电芯数量	6831	7104	2976
Brick 中电池单体数量	69	74	31
Sheet 中 Brick 数量	9	6	23、25
电池包中 Sheet 串联数量	11	16	4

资料来源：特斯拉，恒大研究院（Model 3 电池 50kWh 版本有 4 个模组，其中 2 个每个包括 23 个 Brick，另外 2 个每个包括 25 个 Brick）

三、高精度的电池管理系统保障电池安全、提高循环寿命。电池管理系统（Battery Management System, BMS）是特斯拉最核心的几项技术之一。不同于铅酸电池，锂电池由于具有非线性的充放电曲线，造成不论是电芯或是电池包层面，监测、预估和管理的难度都大大增加。如果管理不当，个别电芯的过度充放电将引起永久性的电池损伤，造成整个电池系统电压、温度不稳定，严重的将导致热失控事件。因此电池管理系统对电池容量、循环寿命和安全性均起着至关重要的作用。自从 Model S 开始，特斯拉就采用了 NCA 为正极材料的电芯，与业界更加主流的高镍 NCM 材料相比，NCA 虽然能量密度更高，但是循环寿命更短，稳定性也更差，因此对 BMS 提出了更高的要求。

特斯拉的 BMS 主要由主控模块和从控模块组成。其中主控模块相当于 BMS 系统的“大脑”，负责电压电流控制、接触器控制、对外部通信等功能；从控模块连接了各路传感器，主要负责实时监测电池包里的电压、电流和温度等各种参数，并上报主控模块。

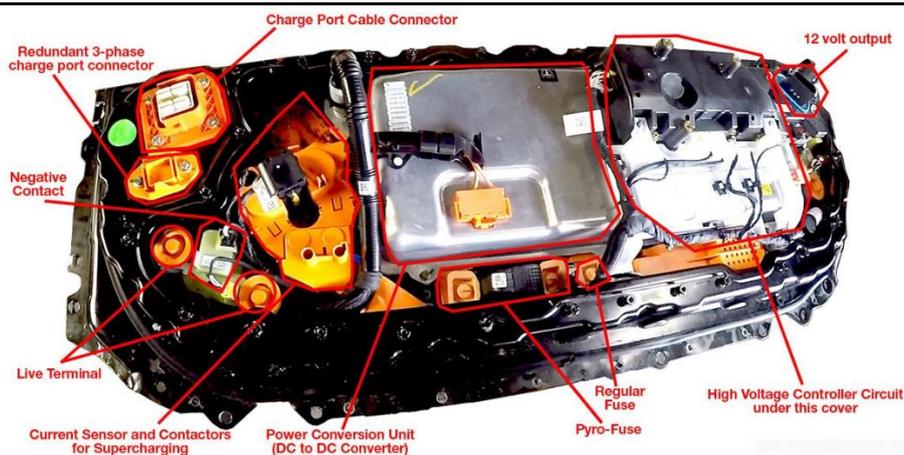
图表21：特斯拉 BMS 技术



资料来源：恒大研究院

特斯拉的BMS具有两个特点。一、**高精度**。根据Sandy Munro和Jack Rickard等人对Model 3的拆解，Model 3的BMS可以将23-25个独立电池组的电压差控制在2-3mV，远低于其他普通电动车的水平；二、**高集成度**。特斯拉BMS模块集成了高压控制器、直流转换器和多个传感器，由此可以减少内部通信所需的高压线束，最终减轻总重量并降低成本。

图表22：特斯拉 Model 3 高集成度的电池管理模块



资料来源：Jack Richard，恒大研究院

四、**热管理系统温差设计合理，冷却路线丰富流畅，均温和能量管控能力突出**。新能源汽车的热管理系统主要包括整车、座舱、电池三方面，进行整车温度控制、客舱空调加热制冷、电池过热散热过冷加热等。目前，主流热管理包括自然冷却、液冷和直冷三种方案，特斯拉采取50%水和50%乙二醇为冷却液的液冷方案，由四通阀实现的电机和电池冷却循环串并联结构。由系统芯片算法控制，当电池温度超过设定目标值时，电池循环与电机循环相互独立，采用并联；电池温度低于设定目标值时，电池循环与电机循环采取串联，利用电机余热为电池和座舱加热，多余热量将由进气口的热量交换器排放出去。此方案充分利用车内所有部件热量，使热量有效循环游走，极大提高电池单体散热性和电池单体间温度一致性。因此，无论冬季还是夏季所对应的极端气候，特斯拉车辆温差控制保持在2℃内，体现强大的温度管控能力。



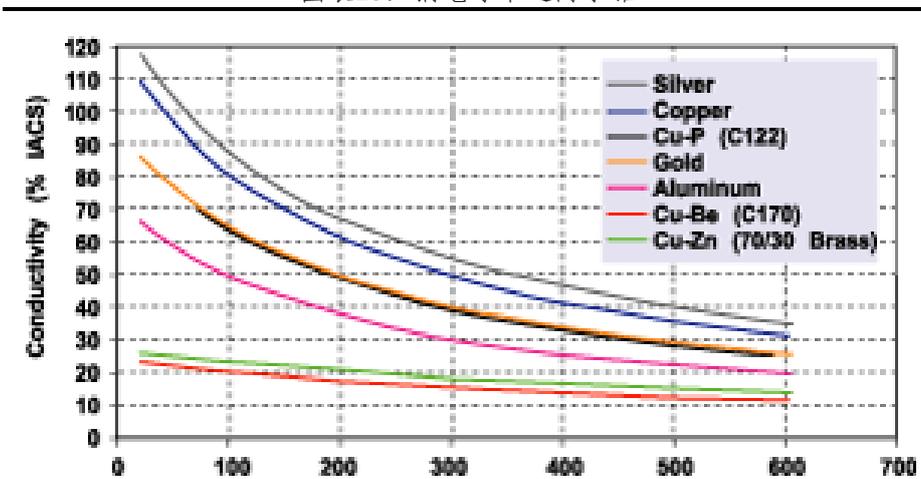
成，定子固定不动产生磁场，转子在磁场中受力转动。从工作原理来看，感应电机的定子绕组形成的旋转磁场，与转子绕组感应磁场驱动转子旋转，定子转子不同步；永磁电机定子产生电磁转矩来推动转子的磁场围绕轴心线进行旋转，定子与转子的磁场同步。从原材料来看，两者主要区别在于感应电机的转子主要采用铝或铜，成本较低；永磁电机的转子主要采用永磁体，涉及到钕铁硼等稀土材料，成本高昂。从性能来看，感应电机承受温差范围大、无退磁风险、高速区间效率好等；永磁电机输出扭矩调整范围大、同等条件下输出功率高体积小等。总体来说，永磁电机效率更高，感应电机性能更强。

**一、感应电机是特斯拉创立之初的“最优”选择。**上世纪 90 年代，通用汽车 EV1 系列首先将感应电机与逆变器结合应用于电动汽车，该系统可以将电池组输出的直流电转为电机所需的交流电。此后，T-zero 跑车也使用了改进版本的感应电机。该技术被特斯拉创始人艾伯哈德和塔本宁接纳吸收。在设计 Roadster 时，出于成本（全球稀土资本基本集中在东亚，尤其是中国和日本）、退磁风险、技艺成熟（当时制造环节合作商 AC Propulsion 即是感应电机领域技术领头者）等综合因素考虑，特斯拉选择了感应电机作为驱动电机。

为提高传统感应电机功率和运作效率，特斯拉采取一系列包括设计对应冲片、提高扭矩、冷却系统等手段，其中，最为创新的是感应电机铜芯转子专利技术（专利号 US20130069476）。

**铜较铝带来更高的电导效率。**从各项金属不同温度下的电导率来看，在相同温度下，铜的电导率远高于铝。如果将电机转子结构原材料换成铜，电机工作效率将大大提高。

图表25：铜电导率远高于铝



资料来源：JULIO VILLAFUERTE, 恒大研究院（横坐标为温度，纵坐标为电导率，蓝色线 Copper 金属铜、粉色线 Aluminum 金属铝）

**熔点高、大尺寸制造难度等制约铜芯电机发展。**对比铝（熔点 660.3℃），铜（熔点 1083.4℃）过高熔点增加制造难度，AC Propulsion 与 MIT 的一项实验表明，一旦电机体积过大，采用铜材料的电机成品极易造成气泡过多、难以镶嵌等问题。

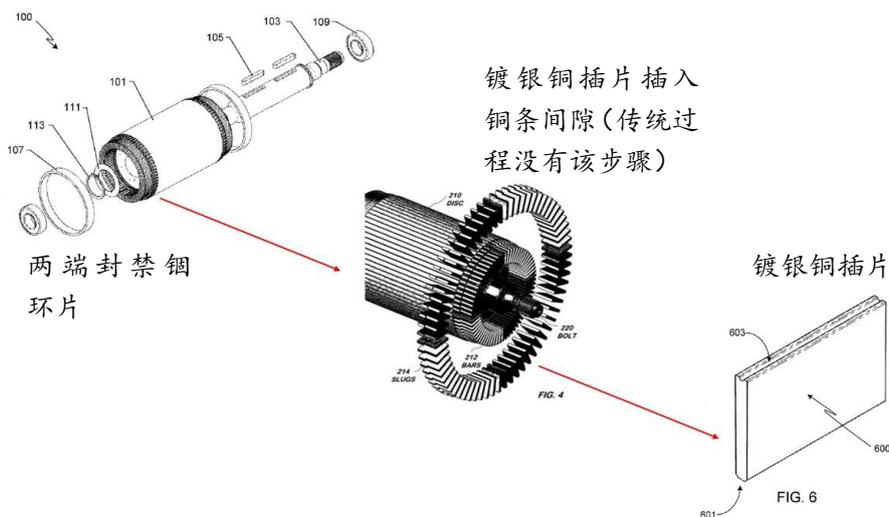
图表26: 6英寸铜芯转子成品出现不合缝隙、多气泡现象



资料来源: AP Propulsion & MIT 《CR IM Hi-speed Improvement Project》, 恒大研究院

镀银铜插片有别传统电机转子结构, 在低焊接要求条件下完成低成本、高性能改造。传统感应电机如果使用金属铜, 主要分为铜条插入转子槽和两端封环两个步骤, 铸造过程由于高焊接标准, 往往导致制造难度大、成本高。特斯拉使用镀银铜插片填满铜条转子槽间隙, 再加固两端, 封上禁锢环片的方法, 降低铸造难度的同时提升电机运行效率, 完成特斯拉特殊动力改造。

图表27: 特斯拉感应电机结构示意图



资料来源: 特斯拉专利 US20130069476, 恒大研究院

二、用算法解决控制难题, Model 3 开创性地应用了永磁开关磁阻电机。在成本、性能和效率的多重约束下, 特斯拉大胆尝试了永磁开关磁阻电机 (Permanent Magnet Switched Reluctance Motor)。传统开关磁阻

电机通过在定子中加入电磁铁和钢铁制成的转子，仅产生磁吸引力进而带动电机转子运动，具有成本低、结构简单、可靠性高、转子热损耗低等优点。然而传统开关磁阻电机存在功率输出时扭矩波动问题，需要非常精细的电流控制策略和算法，这也造成其迟迟没有得到大规模应用。

Model 3 对传统开关磁阻电机做了一定的改良：在定子加入少量稀土，并设计了控制算法来平滑扭矩波动，最终提高了电机输出功率。Model 3 的永磁开关磁阻电机具有体积小、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。相比于 Model S/X 感应电机 83% 的能量转化效率，Model 3 的能量转化效率提升至 89%，即 89% 的电能可以最终转化为驱动力，这样便进一步降低了电耗，提高了续航里程。

图表28: Model 3 与竞品电机性能对比

	Model 3 (后驱长续航版)	2017 雪佛兰 Bolt	2014 宝马 i3
类型	永磁开关磁阻电机	永磁同步电机	混合同步电机
最大电机功率 (hp)	306	200	170
最大扭矩 (lb-ft)	307	265	250
最大转速	18,000	8,810	11,400
百公里加速时间 (秒)	5.1	6.9	7.3
电机成本 (美元)	754	836	842
电机重量 (千克)	46.1	51.5	48.4

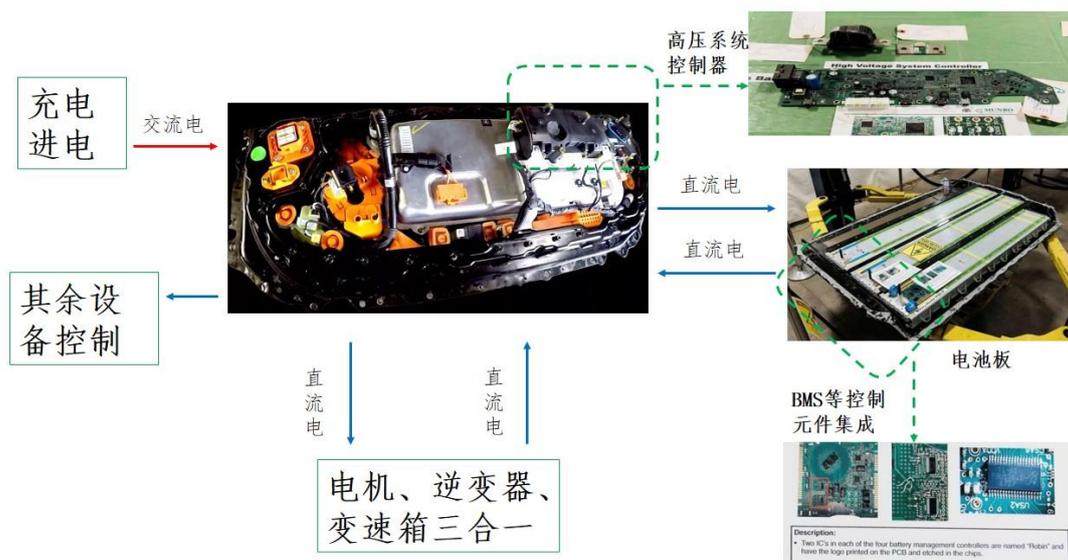
资料来源: UBS, 恒大研究院

图表29: Model 3 与 Model S 电机对比

	Model S		Model 3	
	单电机 RWD	双电机 AWD	单电机 RWD	双电机 AWD
电池 (kWh)	85	85	75	75
最大电机功率 (hp)	382	382	283	473*
最大扭矩 (lb-ft)	382	762	307*	471*
综合续航里程 (km)	426	407	523	496

资料来源: EPA, 恒大研究院 (\*307 为 UBS 测试数值、471 与 473 为 AutoWeek 测试数值)

图表30: Model 3 动力总成运作图



资料来源: Electrek, 恒大研究院 (该为单电机版本; 电机直流、交流内部转换)

## 2.2 软件与架构：汽车将成为移动的计算机

### 2.2.1 系统软件

2018 年美国知名杂志《消费者报告》指出特斯拉 Model 3 存在刹车距离过长的问题，因此没有对其进行推荐。放在传统车企，解决类似问题的方案大概率是大规模的召回，或是通过 4S 店对零部件进行更换，无论哪一者都需要浪费车主漫长的等待时间。然而特斯拉的工程师通过 OTA (Over-the-Air) 的方式对系统进行了升级，在几天之内便解决了这一问题。

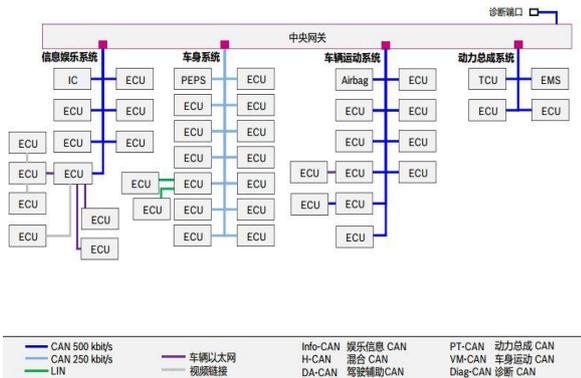
这就是特斯拉与传统车企最根本的不同——特斯拉可以像智能手机一样进行系统升级 (OTA)，传统车企的 OTA 只局限于车载信息娱乐系统 (infotainment system) 中地图等功能，却无法像特斯拉一样对车内温度、刹车、充电等涉及车辆零部件的功能进行远程控制或升级。背后更深层次的原因在于，两者底层的电子电气架构 (Electrical/Electronic Architecture) 完全不同。

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、德尔福 (现为安波福) 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。在这种关系下，一级供应商的研发周期与 2-3 年的车型研发周期相匹配，传统汽车的软件更新几乎与汽车生命周期同步，极大地影响了用户体验。

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。这种架构与智能手机和 PC 非常相似。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

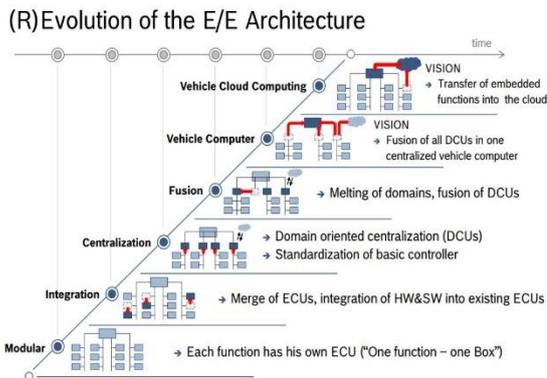
着 X86 Linux 系统。BCM LH 和 BCM RH 则负责车身与便利系统、底盘与安全系统以及动力系统的功能。

图表31：主流汽车的分布式 EEA



资料来源：博世，恒大研究院

图表32：特斯拉 EEA: Vehicle Computer



资料来源：博世，恒大研究院

这样做的最大好处在于：

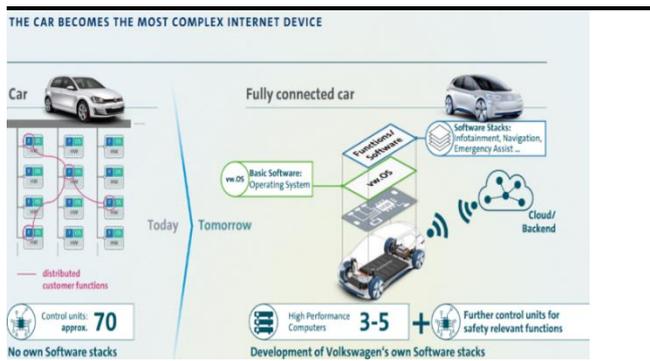
**一、软硬件解耦、算力集中化。**可以真正地实现硬件标准化和软件开发重复利用，既实现供应商可替代，也可以大大缩短软件迭代周期，同时为日后第三方软件开发扫清了障碍。车辆将成为移动的智能终端，同时大量计算工作可以集中至车载中央处理器甚至云端，减少了内部冗余同时车联网协同成为可能。

**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，未来 Model Y 上特斯拉的计划是将线束长度控制在 100 米。Model 3 的线束自动化组装问题曾使得特斯拉一度陷入“产能地狱”，最终不得不切换为人工组装。线束结构的精简可以使特斯拉的生产效率进一步提高。

**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，带来更好的用户体验。自 2012 年 Model S 上市以来，特斯拉软件系统至今一共进行过 9 次大更新，平均几个月一次小更新，已经累计新增和改进功能超过 50 项，包括自动辅助驾驶、电池预热、自动泊车等功能。**如果说三电系统领域特斯拉还只是与传统车企在同一维度上竞争，那么整车 OTA 属于特斯拉对传统车企甚至传统汽车一级供应商的一次降维打击。**

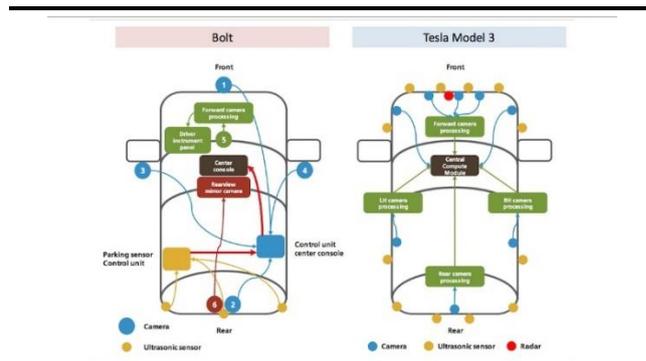
传统车企虽然开始智能化转型，但是未必能够追上特斯拉的步伐。按照博世对 EEA 的定义，大众等传统车企仍处于从“Modular”（模块化）向“Integration”（集成化）的过渡阶段，而特斯拉已经是一台“Vehicle Computer”（车载中央计算机）了。在 2018 年年报媒体发布会上，大众 CEO 迪斯明确提出要打造 vw.OS 操作系统，并且逐渐把整车的 70 多个 ECU 集成到 3-5 个高性能处理器上。大众成为传统车企中第一个明确提出智能化转型的公司，但是与特斯拉相比，软件并不是大众的强项。若想转型成功，大众不仅需要培养大量相关的软件开发人才，形成内生的软件开发能力，更需要调整相应的组织人员架构。股东的支持、管理层的远见、极强的执行力缺一不可。此外，现有一级供应商未来势必在 ECU 软硬件开发的主导权上与车企展开激烈博弈，车企转型的难度是可想而知的。

图表33：智能汽车架构的四个层次：硬件、芯片、系统软件、应用软件



资料来源：大众，恒大研究院

图表34：Model 3 和雪佛兰 Bolt 内部结构对比



资料来源：UBS，恒大研究院

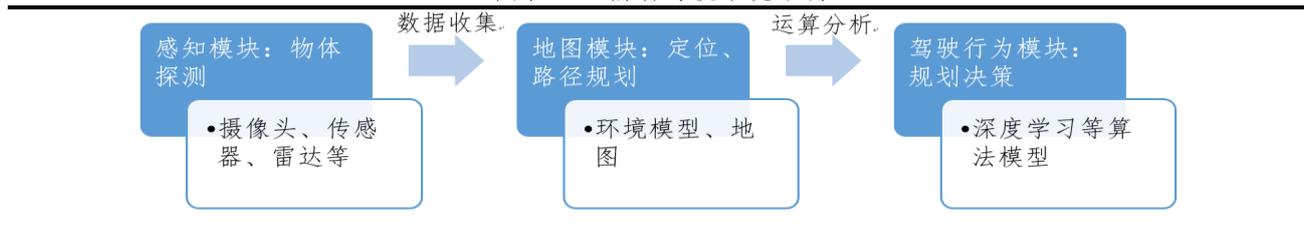
### 2.2.2 应用软件

**Autopilot 是特斯拉目前最重要的应用软件。**传统车与智能汽车最大区别在于驾驶系统，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。

汽车辅助驾驶系统由软硬件组合构成，从结构框架来看，主要分为感知模块、地图模块、驾驶行为决策模块。从流程来看，感知模块通过雷达、传感器、摄像头等硬件，收集周围环境探测到的物体数据，地图模块提供定位和全局路径规划，数据共同传输到驾驶行为模块，为驾驶方案提供信息支持，最后决策模块控制车体转向、加速等实施行为。

从技术路径来看，目前主要分为两大流派，一是以特斯拉为代表，以摄像头为主导方案；另一是以谷歌、百度为代表，以激光雷达为主导方案。摄像头是最接近人眼获取环境习惯的传感器，有较稳定的图像处理能力，但在例如下雨、起雾等恶劣环境中分辨率下降。激光雷达通过发射激光束来探测物体，具有抗干扰能力强、探测精准等优点。但多束精准度的激光雷达成本和技术门槛远远高于摄像头。

图表35：辅助驾驶系统结构



资料来源：恒大研究院

**特斯拉 Autopilot 的主要成就就在于率先实现大规模商用。**

**一、Autopilot 辅助驾驶商用化性能突出。**出险率可以一定程度判断该车体和自动驾驶系统的安全程度。根据美国保险赔款条例，可以分为六项类，分别为 Collision(车辆碰撞，由过错方造成的对过错方车辆理赔)、Property Damage (车辆碰撞，由过错方造成的对对方车辆理赔)、Comprehensive (其他非碰撞事故) 三项车险和 Personal Injury (双方各自赔付)、Medical Payment (车辆碰撞，由过错方造成的对过错方人身理赔)、Bodily Injury (车辆碰撞，由过错方造成的对对方人身理赔) 三项人险。

对比同等大型豪华轿车的出险率，从三项车体保护险来看，特斯拉与其他豪华轿车类似，表现较差，且数据远远高于其他同类型轿车，说明特

特斯拉单车平均碰撞率高于行业平均水平，这也暗示由于系统误判或者驾驶员忽视容易造成更多碰撞。但从三项人体保护险来看，特斯拉 Model S 低于平均、基本处于优秀水平，说明 Model S 对自身车主和对方车主有良好的人身保护。

图表36：大型豪华车美国出险率对比

2015-2017	Collision	Property Damage	Comprehensive	Personal Injury	Medical Payment	Bodily Injury
特斯拉 Model S 4DR	272	95	203	67	55	85
特斯拉 Model S 4DR AWD	311	104	204	46	53	72
奥迪 A6 4DR AWD	159	77	158	62	61	72
雷克萨斯 GS 350 4DR	159	83	179	89	132	90
2014-2016						
特斯拉 Model S 4DR	315	126	195	43	53	99
特斯拉 Model S 4DR AWD	336	97	180	51	48	76
雷克萨斯 GS 350 4DR	181	85	187	87	136	104
凯迪拉克 CTS 4DR	117	79	117	79	74	81
凯迪拉克 CTS 4DR AWD	129	85	98	74	90	76
BMW 5系 4DR	144	89	169	79	94	93
BMW 5系 4DR AWD	142	83	174	81	62	69
奥迪 A6 4DR AWD	145	72	156	58	57	66
奔驰 E级 4DR	148	77	139	86	112	74
奔驰 E级 4DR AWD	161	77	145	79	80	67

资料来源：IIHS，恒大研究院（出险指标基准为 100，数字越低、情况越好，例如 122 代表比平均水平差 22%，85 代表比平均水平好 15%；深绿色代表优秀、黄色代表平均、橙色代表次于平均、红色代表严重）

从车道保持情况来看，根据美国公路安全保险协会 IIHS 数据，在直径 1300-2000 英尺（396-617 米）不同的空旷道路测试环境下，对比宝马 5 系、奔驰 E、Model 3/S 和沃尔沃 S90 五辆同类别轿车，设定 3 种情况各 6 种测试的共 18 次测试条件，Autopilot 8.1 辅助驾驶系统在弯道和坡道的车辆保持能力最为突出，仅在坡道表现过一次压线。

图表37：辅助驾驶系统车道保持情况对比，Autopilot 8.1 表现突出

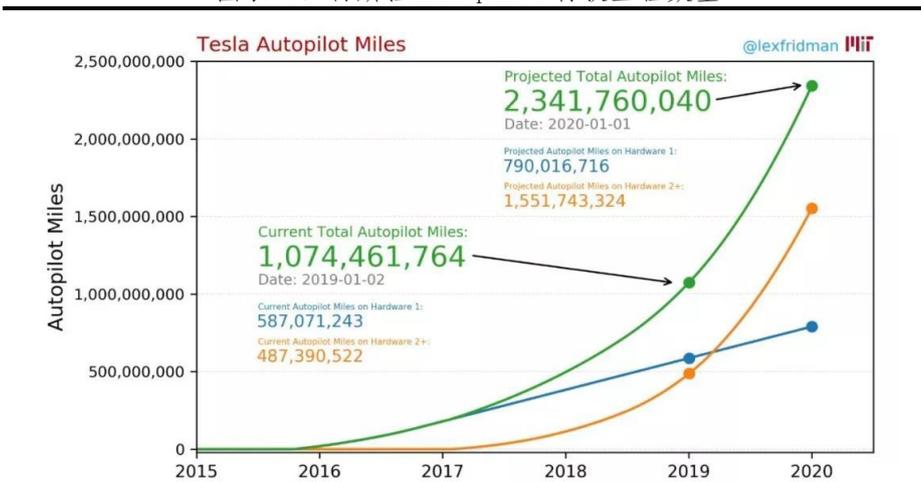
	过线		压线		系统失灵		保持线内行驶	
	弯道	坡道	弯道	坡道	弯道	坡道	弯道	坡道
2017 BMW 5系 (Driving Assistant Plus)	3	6	1	1	9	7	3	0
2017 奔驰 E-class (Drive Pilot)	2	1	5	1	1	1	9	15
2018 特斯拉 Model 3 (Autopilot 8.1)	0	0	0	1	0	0	18	17
2016 特斯拉 Model S (Autopilot 7.1)	1	12	0	1	0	0	17	5
2018 沃尔沃 S90 (Pilot Assist)	8	2	0	1	0	4	9	9

资料来源：IIHS，恒大研究院（五个辅助系统均属于 L2 级别）

**二、Autopilot 拥有数据优势。**作为最早搭载自动辅助驾驶系统的电动车品牌，同时拥有全球规模最大的辅助驾驶车队，截止 2019 年 1 月，特斯拉 Autopilot 行驶里程超过 17.3 亿公里，远超其他竞争对手，并且车队规模保守估计以每年约 40 万辆递增（Model S/X 10 万辆/年+Model 3 30 万辆/年）。作为对比，根据加州车辆管理局《2018 年自动驾驶脱离报告》的数据，激光雷达路线的领头羊 Waymo 在 2017 年 12 月至 2018 年 11 月期间的路测车队规模为 110 辆，路测里程数约 200 万公里。

庞大的数据量使得特斯拉在高精度地图、障碍物识别等方面的数据积累显著领先于竞争对手。此外，与大多数自动驾驶初创公司大量采用模拟数据进行算法学习不同，特斯拉车队采集的全部为现实数据，数据质量更高，更加有利于算法迭代更新。

图表38：特斯拉 Autopilot 行驶里程数量



资料来源：LexFridman，恒大研究院（2019 年后为预计数量）

**三、特斯拉自研自动驾驶芯片来满足完全无人驾驶算力需求。**根据特斯拉 4 月 23 日自动驾驶日披露的信息，历时 3 年秘密研发，特斯拉已经完成车载 AI 芯片的设计生产（由三星代工），SOC 算力超过了应用于 AP2.0 的英伟达 Drive PX2，并已经实现装车。从原理来看，无论哪条自动驾驶技术路径，对海量数据的处理和学习能力都至关重要，因此，汽车 AI 的实现需要底层软件到硬件的全方位变革。此前，自动驾驶芯片基本被英伟达和 Mobileye（已被 Intel 收购）两大巨头垄断，此次自研车载芯片是特斯拉近几年来最重要的硬件创新，将使特斯拉成为唯一一家具有自动驾驶芯片研发设计能力的汽车制造商，进一步扩大在智能化和无人驾驶领域的领先优势。

然而值得一提的是，特斯拉和马斯克在 Autopilot 驾驶系统的宣传上一直存在过度承诺和夸大。大多消费者在没有深度了解的背景下，或存在被“自动转向、自动泊车”等字眼所欺骗现象，导致驾驶过程中放松对车辆控制，进而造成数件安全事故。此外，由于摄像头主导的视觉方案对物体探测数据体量要求非常高，但 Autopilot 无法 100%将现实生活存在的每样实物都传输进数据库，从而又导致部分因为系统误判造成的交通事故。

### 2.3 生产制造：高度垂直一体化

特斯拉自行生产组装众多核心部件，包括电池包、BMS 系统、充电接口和设备、电机等。该模式的**最大特征为产业链高度垂直整合**，在核心技术和零部件上不容易被供应商“卡脖子”。但掌握大量核心技术必然带来前期的大量研发投入，因此必须通过打造精品和爆款，通过规模效应摊薄研发、开模等前期投入。

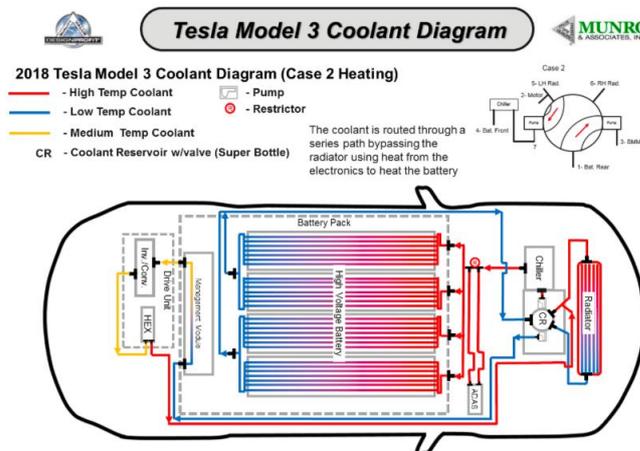
图表39：各电动汽车外包与 In-house 模式对比

	电池	电池包	BMS	充电	配电系统	DC-DC 变流器	逆变器	电机	变速箱	冷却系统
Model 3 (2017)	松下									多家
Model S (2013) 100D	松下									多家
BMW i3 (2014) Ext Range	三星 SDI		德国 Preh	NA	NA		NA			多家
尼桑 Leaf (2017) LR	AESC	AESC	康奈可	松下	NA	NA	康奈可		爱知机械	NA
雪佛兰 Bolt (2017)	LG Chem	LG Chem	LG Chem/LG Innotek	多家	LG Chem/LG Innotek	LG Chem/LG Innotek	LG Chem/LG Innotek	LG 电子	LG 电子	多家
比亚迪 E6 (2016)									NA	

资料来源：UBS, 恒大研究院 (标亮部分为车企品牌自行建造生产)

动力总成集成优化内部结构，有利缩减车型降低成本，形成价格竞争力。特斯拉一直保持包括电池包、BMS、冷却系统、电机等动力总成高度集成的特点。例如，无论是感应电机还是永磁开关磁阻电机，基本结构都为变速箱、逆变器和电机三体合一的结构。对比来看，每次推出新款车型，特斯拉都尽可能在原基础上集成升级。对比 Model S/X, Model 3 的车体减小约 20%、价格降低约 50%，为保证整车性能，特斯拉加入更多系统芯片来控制部件协调运作，并且将例如 Model 3 的冷水机、电动阀、液冷罐等零部件集成为冷却液储阀罐，即 Super Bottle，通过算法调节内部线路串并联结构，减少例如 PTC 加热器等零部件。

图表40：Model 3 热管理系统集成后，不需要 PTC 加热器



资料来源：Munro and Associates, 恒大研究院 (加热模式，电池和电机循环回路串联，利用电机产能，从散热器通过冷却器直接加热电池，由 CR 即 Super Bottle 管控，节省 PTC 加热器)

图表41: Model 3 电机三合一



资料来源: Electrek, 恒大研究院

## 2.4 销售、品牌与服务：直营与全生命周期交互

销售方面，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，选址从2012年的加州、纽约、华盛顿等美国主要城市扩增为全球378个城市，销售网络范围不断扩张。直营模式虽然有助于提高品牌形象、解决因为经销环节而产生的价格不一、体验感差等问题，但实际上直营店的运营成本并不低，而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。

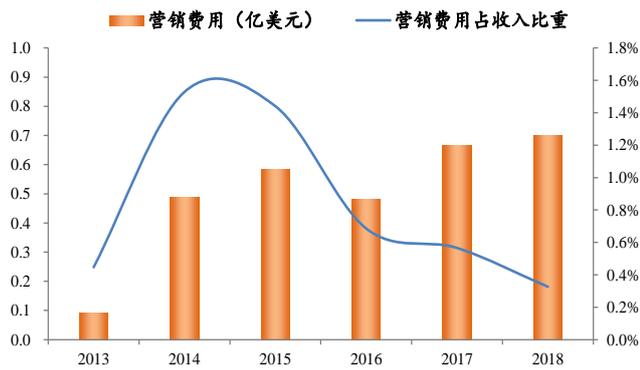
特斯拉具有非常高的品牌价值，这很大程度上得益于CEO马斯克的个人魅力和独特光环。马斯克初期打造现实版钢铁侠形象，个人影响力高涨，“网红效应”使得特斯拉自带流量和媒体曝光度。例如在Model 3发布会后利用社交网络上各路媒体及自媒体进行话题讨论，首周预定量便超过30万，传播效果远超传统广告渠道。根据全球品牌评估平台BrandZ数据，特斯拉自2016年起位列全球汽车品牌前十，品牌价值也从2016年的44亿美元涨至2018年的94亿美元，甚至超过保时捷等老牌豪车品牌。

图表42: 特斯拉品牌价值迅速增长

时间	排名	品牌价值 (亿美元)
2016	10	44.36
2017	8	59
2018	8	94.2

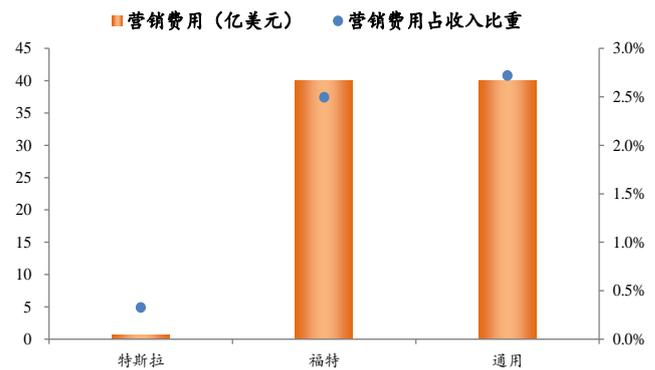
资料来源: WPP、凯度华通明略, 恒大研究院

图表43：特斯拉营销费用占比连续降低



资料来源：特斯拉，恒大研究院

图表44：2018年各公司营销费用占比情况



资料来源：各公司年报，恒大研究院

**服务方面**，由于特斯拉通过 OTA 进行软件更新，可以极大地提升产品附加值，并且由于不少问题可以通过远程“在线诊断”，能够省去用户维修时间，进而降低成本。此外，马斯克作为“Twitter 大 V”，经常在社交网络上与用户进行互动，在产品 and 软件更新时听取用户意见，这种近距离沟通也赢得了不少用户的好感，使得多数用户对产品存在的部分瑕疵表示理解和支持。

### 3 特斯拉的下一个十年：挑战与前景

#### 3.1 挑战

第一性原理是天使也是魔鬼。特斯拉习惯于在快速发展中解决问题，但随着时间推移，某些问题却越积越深，成为日后隐患：

**一、产能问题。**特斯拉的产能一直备受诟病，由于产能不足而导致的生产能力与产品预定量不匹配、交付延迟严重等。由于 Model 3 订单与实际产量偏离程度最高，特斯拉 2017 年年底以来暴露的产能问题愈加严重。2017 年第三季度 Model 3 实际产量仅 260 台，远低于 1500 台预期，主要因为早期电池超级工厂 Gigafactory 1 还未正式量产，人工组装电池包速度慢。电池量产问题得到解决后，Model 3 产能问题依然未得到解决，主要因为产线过于高度自动化。针对生产组装的 GA3 产线自动化程度高达 90% 以上，生产一台汽车匹配数百条机器设备，产线过于密集，机器设备过多导致作业时间冲突、效率和灵活性下降，激增的维护成本抵消掉自动化带来的成本优势。因此，特斯拉曾于 2018 年 2 月、4 月停产维护 GA3 产线，降低自动化程度并加入更多人手，此外还开设帐篷产线 GA4 增加生产速度。2018 年 6 月 Model 3 达到目标周产能 5000 辆，目前周产量约 7000 辆。即便如此，特斯拉按时完成交付任务依然艰难，按照 2017 年年底 Model 3 约 45.5 万订单、2018 年实际交付 14.7 万计算，不考虑新增订单，以目前 7000 辆周产能，剩余订单还需 1 年左右时间完成。

图表45: Model 3 产能问题严重



资料来源: 特斯拉, 恒大研究院 (2016 年预定量为特斯拉年中向 SEC 提交说明显示、2017 年预定量为 CEO 马斯克披露、2018 年预定量截止第一季度末)

**二、质量与做工问题。**一方面, Model 3 车身质量可靠性存在瑕疵。从原材料来看, 铝和钢使用率最高。对比两者物理性能, 大多情况中, 同等质量下, 铝合金强度大于高强度钢; 同等体积下, 高强度钢强度大于铝合金。为此, 大多新能源车企纷纷转战铝车身, 便是为了降低整车重量。从化学性能来看, 由于铝合金的低熔点, 对温度的敏感性更高, 因此传统焊接等升温手段并不适用, 往往采用铆接、胶联等技术, 增加制造成本。此外, 由于铝的特殊性, 车体事故后难以用传统手段维修, 根据事故严重程度进行部分或整片替换, 增加事后修复成本、降低用户使用感。Model S/X 便是高比例铝车身代表。

图表46: 铝合金与钢材料对比

	铝合金	钢
熔点 (°C)	~660	≥1500
密度 (g/cm <sup>3</sup> )	2.7	≥7
屈服强度 (Mpa)	400~900	1300~1700

资料来源: 恒大研究院 (根据材料配比和加工方式不同, 熔点、密度、强度将发生变化; 屈服强度代表材料塑性变形所对应强度,  $Mpa=N/mm^2$ )

为压缩成本, Model 3 车身选择钢铝混合。根据 Munro & Associates 的拆解报告和车身模型结构图可以发现, Model 3 采用铝合金、软钢、高强度钢和超高强度钢这 4 种材料。由于单电机 Model 3 为后置电机, 为平衡重量, 后车身大部分使用质量更轻的铝合金。大部分的纵梁、底板等则采用超高强度钢, 增加车身坚固程度以提高安全性。然而, 过多的不同类型材料增加连接难度, Model 3 车身连接方式便高达 5 种, 且并没有简化不必要配件, 反而增加了整车制造成本。

图表47: Model 3 车身架构材料组成情况



Figure 4 (Bottom view)



Figure 5 (Front components, exploded view of Shotgun)



资料来源: Munro & Associates, 恒大研究院 (银色为铝合金、蓝色为软钢、黄色为高强度钢、红色为超高强度钢)

图表48: Model 3 车身架构材料组成情况



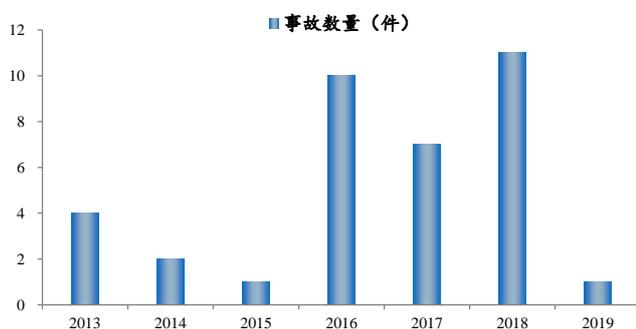
资料来源: Munro & Associates, 恒大研究院 (银色为铝合金、蓝色为软钢、黄色为高强度钢、红色为超高强度钢)

另一方面,自 Model S 上市以来特斯拉的做工问题一直饱受诟病,这种情况可能体现在钥匙扣字迹模糊、过多的塑料内饰、车门劣质等等。作为定位于豪华轿车的品牌,特斯拉在内饰和做工方面根本无法与同类的德系和日系车相提并论。这主要是由于一方面特斯拉缺少大规模量产

经验，对汽车制造工艺和供应链管理还缺少足够的积累，另一方面特斯拉过于追求自动化生产，最终不得不采用“帐篷工厂”的方式进行返工，反而影响了质量。此外，由于缺乏传统车企的国际化经验，Model 系列并没有对不同市场进行座舱调整，往往导致适用于欧美体型的内座，却对亚洲消费者来说过于空旷和不适。

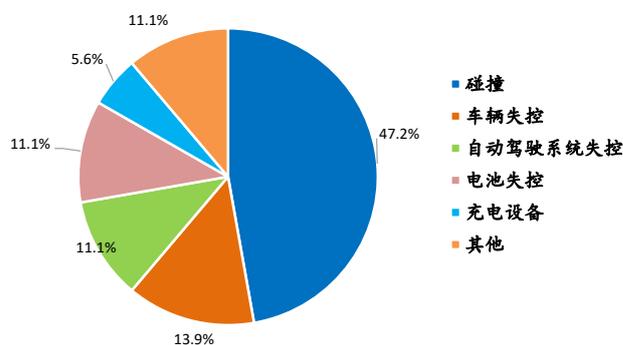
**三、安全问题。**即便对产品经过多次升级、采取各种安全措施，特斯拉汽车事故频率依然呈上升趋势，2013 年因频发的汽车起火事件导致特斯拉股价跌幅最高达 20%。根据已披露报道，从 2013 年至 2019 年 3 月特斯拉共发生 36 起汽车安全事故，47.2% 为车辆碰撞导致，其中包括因为酒驾、操作不当、路障等而造成的碰撞。然而，不同于燃油车，58.8% 车辆碰撞引发电池燃烧，且由于动力电池高燃烧时长，对驾驶员造成不同程度伤害。此外，事故伤亡程度深，36 起事故中有 9 起事故造成人员死亡。

图表49：2013 年以来特斯拉汽车事故情况



资料来源：恒大研究院（仅根据公开报道）

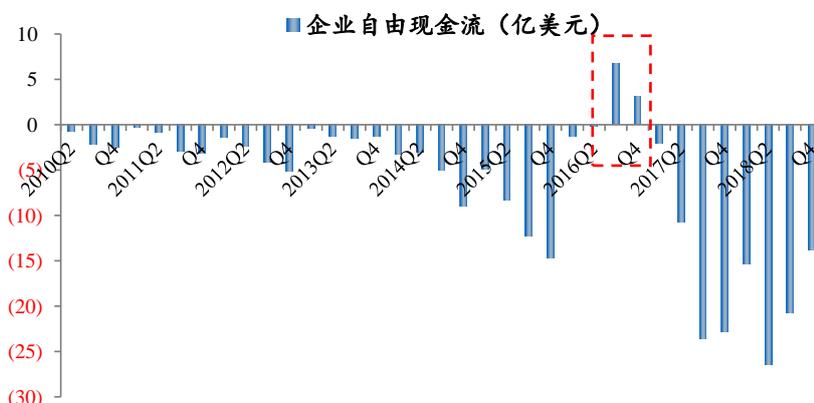
图表50：各项事故原因占比



资料来源：恒大研究院（仅根据公开报道）

**四、现金流问题。**作为一家初创型高端制造企业，由于其重资产、重研发属性，特斯拉在长达 10-20 年的时间内现金流基本为负。尽管通过 Model S 与 Model 3 等爆款车型占据中高端新能源汽车市场，然而 2010 年第二季度至 2018 年第四季度期间，特斯拉企业自由现金流仅 2 个季度为正。为进军欧洲和中国市场，2017 年第二季度以来特斯拉企业自由现金流更加恶化，2018 年第四季度企业自由现金流达到负 13.8 亿美元。除正常运营，2019 年 11 月 1 日到期的价值 5.66 亿美元可转债对高额负债的特斯拉来说更是雪上加霜。解除危机的最佳方法便是提高销售销量、及时交付。但目前产能反而拖累企业运营，若销售或交付不达预期，债务危机一触即发。因此，2019 年特斯拉将大幅度关闭门店和展示厅，并将销售模式转向线上，以削减成本开支。

图表51：特斯拉现金流问题严重（FCFF）



资料来源：特斯拉，恒大研究院

**五、高层震荡频繁。**特斯拉高层离职率呈增长趋势，仅2018年全年，离职高管超过40人。除正常的人员调动和行政方面高管离职，特斯拉核心团队的技术、财务、研发、法务管理人员均发生过离职，例如2016年5月离职的生产制造副总裁Greg Reichow与Josh Ensign、2017年4月离职的首席财务官Jason Wheeler、2017年7月离职的电池技术总监Kurt Kelty、2018年9月离职的首席人事官Gabrielle Toledano等。即便高管离职跳槽在硅谷科技企业非常普遍，但是管理层频繁变动仍不利于特斯拉稳健发展。

图表52：2018年以来部分离职高管情况

时间	人员	离职前职位
2018年1月	Will McColl	设备工程经理
1月	Jason Mendez	制造工程总监
3月	Jon McNeill	全球销售和服务总裁
3月	Eric Branderiz	首席财务官
5月	Cal Lankton	能源业务高级副总裁
6月	Karim Boust	全球服务与消费者体验副总裁
7月	Doug Field	高级工程副总裁
7月	Ganesh Srivats	副总裁
9月	Dave Morton	首席财务官
9月	Gabrielle Toledano	首席人事官
9月	Liam O'Connor	全球供应管理副总裁
10月	Gilbert Passin	全球制造副总裁
12月	Jens Peter Clausen	电池制造业务负责人
12月	Dan Kim	高级销售主管
2019年2月	Dane Butswinkas	法律总顾问
2月	Cindy Nicola	全球招聘副总裁

资料来源：特斯拉，恒大研究院

### 3.2 前景

回头来看，2006年马斯克在“Master Plan”中提出的十年计划、四大任务已经基本完成。2016年马斯克又提出了新的“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。

如果说2006-2016年属于特斯拉的关键词是“电动化”，那么2016年开始特斯拉将更多地在智能网联、共享化、清洁能源生产和储存上发力。特斯拉将不断开拓业务的边界，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，甚至还有石油巨头。在当今全球创新普遍依赖模式驱动而非技术驱动的环境下，有着“第一性原理”基因的特斯拉反而可能成为为数不多的“硬核”玩家，用软件和智能重新定义汽车。

**一、特斯拉将真正成为一家全球化车企。**Model 3在美国市场已经成为现象级的产品，特斯拉的当务之急在于将成功经验复制到中国和欧洲，同时交付基于同一平台打造的Model Y以满足SUV用户的需求。我们预测2030年全球电动汽车销量将达到3500万辆，占整体汽车销量的40%。目前特斯拉占全球电动汽车的市场份额约12%，但随着传统车企开始发力，行业竞争将更加激烈，预计2030年特斯拉市占率将维持在8%-9%，年销量将达到300万辆，海外市场营收占比将超过50%。

**二、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。特斯拉目前已经拥有极佳的赛道卡位，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。

**三、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。

## 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。

## 行业投资评级的说明：

推荐：研究员预测未来半年行业表现强于沪深300指数；

中性：研究员预测未来半年行业表现与沪深300指数持平；

减持：研究员预测未来半年行业表现弱于沪深300指数。

## 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