

新能源电动汽车整车总体技术方案的制定实例研究

周连明

上海知豆电动车技术有限公司 上海 201812

摘要: 开发高品质汽车产品,是项目重要内容,整车总体技术方案的制定是研发的重要课题,是决定整车性能高低的法宝,常规性能和智能化的同步提升也是。本论文以某公司的纯电动Mini-EUV车型开发为例,就汽车研发过程中如何制定总体技术方案进行探讨,以实例形式从明确整车项目需求、遵循整车开发流程、制定整车总体技术方案三个角度来阐述,技术方案细分到平台架构、性能目标、人机布置、三电选型、电池方案选型、底盘系统调整、整车安全和轻量化设计,阐述了电动汽车整车总体技术方案制定的关键内容和方法,也是整车开发的基础,决定整车各分系统的开发难度、性能的优劣突破、开发成本的高低,生产设备、工艺改造的投资可行性等。为后续电动汽车的整车开发提供实用参考价值。

关键词: 新能源电动汽车; 整车总体技术方案; 实例研究

随着我国经济的突飞猛进,开发高品质汽车产品,是项目重要内容,整车总体技术方案的制定是研发的重要课题,尤其是电动汽车的开发,在国家“弯道超车”的战略号召下,智能化的拓展速度突飞猛进,对整车平台和架构都有极大的考验,本文以某纯电动Mini-SUV(Z1)车型开发为例,就汽车研发过程中如何制定总体技术方案进行探讨,将相关技术经验、重要的关注点进行总结。

1 明确整车项目需求

在项目的开发初期,要根据公司产品战略及市场调研报告,通过产品对标、技术预研提出整车需求和开发范围,并定义车型类别。Z1车型定位为两门四座纯电动Mini-SUV产品,满足一、二线城市代步、节能出行目的,那就要以这个目标为前提,搜集关于同类别车型的法律法规,依据GB 7258、GB/T 28382等重要标准要求,在涉及的领域进行检索项分解,逐一排查,做好符合性检查,规避法规雷区。

2 遵循整车开发流程

在整车项目开发过程中,应遵循整车开发流程,依据整车开发流程的9个阶段、8个里程碑、8个质量阀来管控项目,从体系上来保证开发的完整性和有效性,同时也要根据车型平台体量、质量、性能、成本来确定整车技术方案,围绕质量目标、性能目标、成本目标为中心,制定整车技术配置表、功能列表、整车性能VTS表,将整车技术方案的分解和优化。

3 总体技术方案的制定

3.1 平台架构确认

以Z1车型为例,通过大量的对标和预研工作,确认以某微型轿车C1作为对标,在其平台上以电池为中心,重新设计汽车底盘平台,将前后悬、轴距、高度做到柔性可调,并同步可拓展两厢、三厢、CROSS、SUV、MPV等车型,如图1。

电动汽车的智能化应用需求更新极快,在架构搭建时,做到自识别、自切换、可共享的柔性拓展,涵盖动力更换、远程监控、智能交互、智能驾驶、域控制等新技术应用,鉴于配置和功能需求量加大,架构的可区隔化、冗余设计和数据缓冲处理的繁琐程度越来越高,Z1电动汽车设定四路CAN,分别将动力CAN、车身CAN、娱乐信息CAN及底盘CAN分开,在网络拓扑中增加核心部件独立网关控制器GW和诊断接口,作为整车网络的数据交互枢纽,把CAN、LIN、MOST等网络数据在不同网络中进行收集并再发散出去,优化整车电子电气架构设计,并提高拓扑结构的可扩展性、安全性,如图2。



图1 整车平台策略图

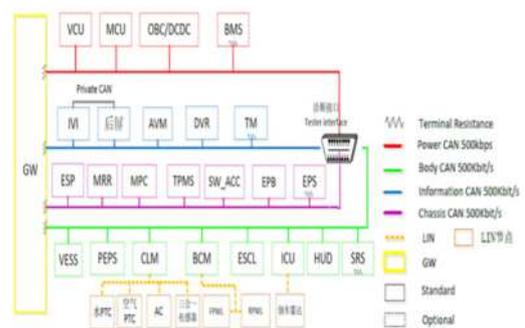


图2 整车架构网络拓扑图

3.2 整车性能目标制定

在整车性能上,还是要强调对标工作重要性的,摸清究

作者简介: 周连明,男,汉族,1978年8月15日,江西省吉安市,硕士研究生,工程师(中级),研究方向:汽车研发、新能源技术。

争对手的优劣势,提炼创新点。Z1车型在基于拆车、试验、性能摸底、材料分析、原理剖析、逻辑分解、智能化体验等工作基础上,提出性能目标,如图3,确认提出在舒适性、智能化娱乐、人机工程、轻量化、储物收纳性的指标上做到领先竞品车,在碰撞安全、能源管理、NVH、动力经济性、EMC等性能上保持与竞品车的相对平衡状态,基于SUV与轿车的特性,在整车电平衡、制动性等方面做到伴随状态,平衡了整车性能的提升和开发成本的矛盾性,达到质量目标要求,同时要制定“用车矩阵方案”来进行管控,保障性能开发有章可循,指标落地、验证到位。

3.3 整车人机工程确定

Z1是基于某轿车C1的平台拓展的Mini-SUV,前方视野、坐姿、内部空间都作了较大调整,为了保证舒适性能,优先确认电池容量、能量密度、规格型号的基础上,采用包容性设计,以电池设计为中心,设定离地间隙135mm,保证整车通过性,上视野15°、下视野6.5°,前排95%人体,后排50%人体进行布置,把前排R点上移30mm,后移10mm,后排R点上移25mm,后移40mm,如图4,通过 Ramsis 分析乘坐舒适性,模拟人机的可行性,并要在骡车阶段进行实物验证、主观评价,再次验证人机布置可行性。

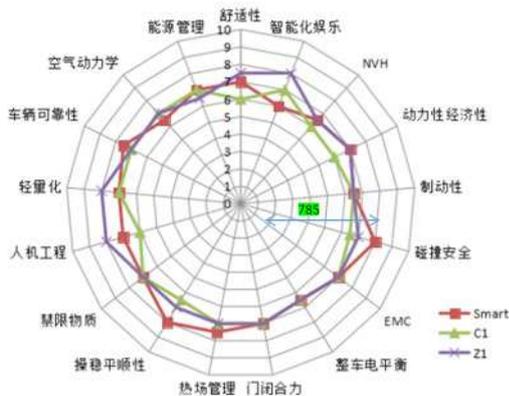


图3 性能目标VTS雷达图

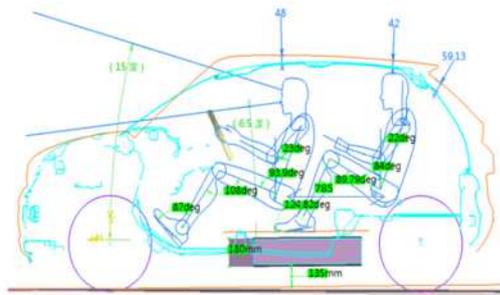


图4 人机布置图

3.4 三电方案确定

根据整车设计目标(表1)和设计参数(表2)进行动力系统匹配计算,提出三电系统的基本方案,再与供应商技术交流、产品匹配和验证,最终达成三电系统的确认。

表1 整车设计目标

项目	车辆属类	单位	数值	备注
动力性	最大爬坡度 i	%	≥20	
	最大爬坡速度 V	km/h	≥60	
	1km 最高车速 V _{max}	km/h	≥100	
	30 分钟最高车速	km/h	≥100	
	0~50km/h 加速时间 t	s	≤8	
经济性	50~80km/h 加速时间	s	≤10	
	工况法续驶里程	km	≥100	
	60km/h 等速里程	km	≥100	
	综合工况百公里能耗	kW·h	≤11	

表2 整车设计参数

项目	单位	参数	项目	单位	参数
电压 U	V	144	电池放电深度 D _{oD}	/	≥5%
轴距	mm	1765	电池放电效率 η _Q	/	95%
整备质量 m	kg	700	传动效率 η _T	/	0.96
半载质量	kg	790	滚动阻力系数 f _r	/	0.012
满载质量	kg	880	旋转质量换算因数 δ	/	1.05
风阻系数 Cd	/	0.38	迎风面积 A	m ²	1.87
前轮胎	/	145/60 R13	后轮胎	/	155/50 R14

3.4.1 电机额定功率匹配分析

根据整车设计目标要求,参考公式计算,驱动电机的额定功率≥13.25kW,考虑电机输出功率的稳定性和设计余量,初步选型驱动电机额定功率≥15kW。

3.4.2 电机峰值功率匹配计算

根据0~50km/h加速时间要求≤8s,参考公式

$$P_{max} = \frac{\left(\delta \cdot (m+180) \cdot V_{50}^2 + (m+180) \cdot g \cdot f \cdot t \cdot V_{50} + C_D \cdot A \cdot t \cdot V_{50}^3 \right)}{2 \cdot \sqrt{t} \cdot 3600 \cdot t \cdot \eta}$$

计算,驱动电机的最大功率≥16.93kW,考虑动力性能加速余量、动力性能瞬间超速需求以及峰值功率的稳定性,初步选定电机的峰值功率≥19kW。

3.4.3 电机峰值扭矩选型

根据700kg整备质量设计输入,要求最大车速≥100km/h,最大爬坡度≥20%,计算、绘制Z1车型电机最大转速、峰值扭矩的范围图谱如图5所示,再根据供应商现有产品的传动比,对比该图谱进行反推,即可得到驱动电机需求的最低峰值扭矩和最大转速。

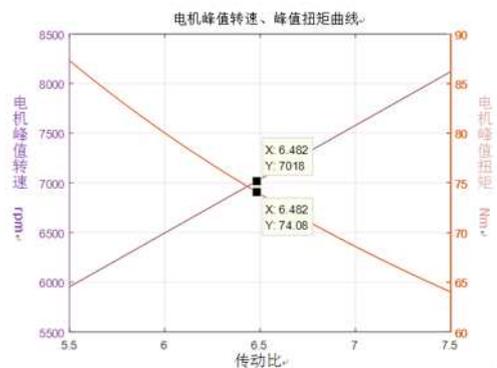


图5 电机最大转速和峰值扭矩曲线

3.4.4 减速器速比选型

电机扭矩、转速与电机功率有密切关系,依据市场

19kW左右的电机最高转速在6000~7500rpm, 峰值扭矩一般在70~90N/m。根据以上范围反推速比范围5.335~6.927, 绘制图谱如图6:

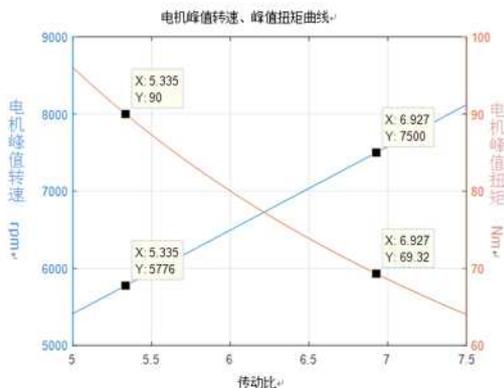


图6 速比范围计算

3.4.5 动力电池的选型

电池应满足电机峰值功率、工况续航里程两项电量需求, 峰值放电功率根据电机峰值驱动功率结合电机系统效率及电气附件的功率损耗参考公式 $P_{峰值} = 19/0.85 + 1.5 = 23.85\text{kW}$ 共同确定, 额定放电功率参考公式 $P_{额定} = 15/0.85 + 1.5 = 19.15\text{kW}$ 共同确定。

电池能量要保证整车NEDC续航里程100km, 其总能量需满足每个NEDC工况下所消耗电池包总电量, 可通过电机消耗能量沿时间方向累加获得, 即每个NEDC工况下总电量为1.109kWh (η 为电池电机总效率, 取值0.85)。由于NEDC续航里程100km, 每个NEDC工况续航里程11.022km, 低压附件电器平均消耗功率估计为150W左右, 制动能量回收约10%电量, SOC截止到95%, 则整个工况电池包际消耗电量为, 即总电量为。动力电池放电倍率参考公式: 持续放电 $\geq 60\text{s}$ 。

5 底盘系统调整

由于电池重量对整车质量及前后轴荷影响较大, 电池包为中心的底盘平台设计尤为关键, 制动系统主缸带真空助力器总成、后制动钳模块均需要重新匹配。ABS/ESP重新匹配标定、底盘K/C及调校均要进行系统规划, 作为子项目专项推进。

整车结构需对传动轴跳动、转向运动、悬架运动进行DMU分析, 对装配流程与装配工艺分析; 对转向系统、副车架、下摆臂(含支架)、后悬、副车架进行强度刚度分析确认, 重点确认悬置支架、ESP/ABS模块支架、举升点位置、后拖钩强度分析确认。

底盘设计重点关注底盘设计硬点, 并对悬架系统、转向系统、传动系统、制动系统进行设计计算, 检索并指导设计, 同步要采用多刚体分析前后悬架KC、平顺性、操纵稳定性、制动性能。

6 整车安全及轻量化设计

电动汽车总体符合2018版C-NCAP四星要求, 得分率超过72%, 规划得分73.5分, 分配到乘员保护78% (54.6分)、行人保护66% (9.9分)、主动安全60% (9分)及电安全合格, 用最少的成本实现整车碰撞安全要求。车身结构主要以电池为中心布置、轻量化设计以及碰撞安全等方面。白车身的轻量化考核在于高强度板的合理应用和空间框架设计水平, 采用框架笼式车身, 如图13, 前载荷路径设计了ZONE 1, ZONE 2、ZONE 3吸能层级区, 采用高强度材料及热成型工艺, 侧面载荷路径, 承力构件较少, 车门防撞梁采用超高强度板, 侧碰对电池包的考验最大, B柱加强板整体运用高强度热成型板BR1500HS, 厚度 $t = 1.4\text{mm}$, 精炼化结构, 实现减重。从仿真分析角度来看, 高强度板应用高于53%, 可以从原278kg基础重量降到245kg, 重量下降预计12%, 白车身BIP一阶扭转模态达 $50.3\text{Hz} \geq 40\text{Hz}$, BIP一阶弯曲模态达 $54.2\text{Hz} \geq 50\text{Hz}$, 极大提升车身强度和刚度。B柱下部加速度峰值达 $39.7\text{g} \leq 40\text{g}$, AB之间距离变化值达 $8.55\text{mm} \leq 10\text{mm}$, 基本满足要求, 但加速度偏大, 要在安全约束系统开发期间进一步调整和优化。

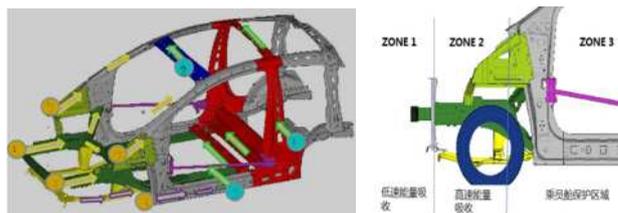


图7 框架笼式车身

7 结束语

综上所述: 本论文以实例形式从明确整车项目需求、遵循整车开发流程、制定整车总体技术方案三个角度来阐述, 技术方案细分到平台架构、性能目标、人机布置、三电选型、电池方案选型、底盘系统调整、整车安全和轻量化设计, 阐述了电动汽车整车总体技术方案制定的关键内容和方法, 也是整车开发的基础, 决定整车各分系统的开发难度、性能的优劣突破、开发成本的高低, 生产设备、工艺改造的投资可行性等。结合开发实例表述详解, 对后续电动汽车的整车开发具有较强的实用参考价值。

参考文献:

- [1]王志福.电动汽车电驱动理论与设计[M].北京:机械工业出版社, 2016: 45.
- [2]洪永福.汽车总体设计[M].北京:机械工业出版社, 2014: 320.2019-04-03.
- [3]秦建军.电动汽车整车技术方案的设计[M].汽车工程师, 2019-04-03.