浅析纯电动汽车动力系统性能开发

邱琳

广汽埃安新能源汽车股份有限公司　广东广州　511400

摘要：动力系统作为纯电动汽车的核心部件，设计的好坏直接影响着车辆的性能、效率和用户使用体验。通过对整车开发中的动力系统设计流程定义，从市场商品性目标中制定有竞争力的性能目标，并分解出具体的性能参数给到零部件系统完成设计开发并通过测试验收。结果表明，从市场需求转化为设计指标，开发出的动力系统满足目标设定，形成验证闭环，具备市场竞争力。

关键词：纯电动汽车；动力系统；性能开发；目标分解；测试验证

DOI:10.16173/j.cnki.ame.2025.07.014

动力系统是纯电动汽车可被消费者感知的基本属性，它包括车辆的动力响应、续驶里程、驾乘体验及充电时间等，因此消费者选购电动汽车的首要是选择优秀的动力系统。

如果动力系统的设计没有满足客户需求及市场定位，用已有零部件东拼西凑，以完成零部件开发为目标；或者设计中临时变更，对结果验收控制不严格，对这样设计出来的动力系统会无法保证车辆竞争力，不能给用户带来满足感。如何设计出具备竞争力的动力系统，作者对多款车型开发经验进行总结，下面进行详细说明。

动力系统性能开发V字流程

整车开发流程是汽车实现从概念设计到批量生产的重要保障，它通过系统化的目标定义和严格的测试验证，确保产品在设计、制造和交付过程中符合高质量标准[1]。动力系统开发流程按照V字流程可概括分为三层，如图1所示。

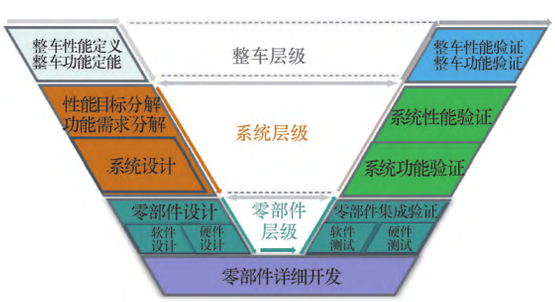

图1　动力系统开发流程

V字左边第一层为整车设计层级，应首先明确车型定位、目标用户和核心卖点，从商品性需求中定义整车性能目标，确保产品设计能够精准满足消费者需求和市场趋势。第二层为系统设计层级，根据整车目标分解出动力系统设计所需的详细开发参数，作为零部件设计的输入。第三层为零部件设计层级，动力电池、电驱系统等根据分解的性能参数，完成详细开发设计。V字右边分别通过零部件、系统、整车搭载，完成车辆性能的验收，从而形成从目标制定到目标分解，再到零部件开发，最后到整车验证的闭环流程。

动力系统性能开发

动力系统的主要性能包含动力性、经济性、充电性、驾驶性、NVH（噪声Noise，振动Vibration，声振粗糙度Harshness）、EMC（Electromagnetic Compatibility，电磁兼容性）等。动力系统的性能开发主要指围绕图2所示的性能，根据整车分解的需求指标，开发出符合市场需求的产品。

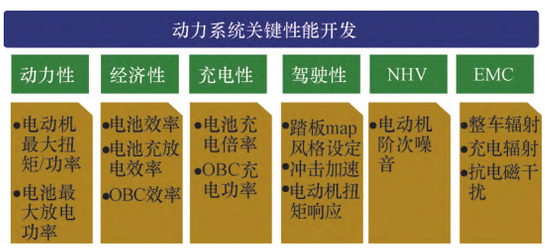

图2　动力系统关键性能

1.动力系统相关商品性目标确认

商品性定义是汽车研发过程中一个关键环节，它通过明确产品在市场中的定位和满足用户需求的方向，为后续的设计、研发和生产提供指导[2, 3]。首先明确产品在市场中的定位，包括目标消费群体、竞争对手及价格区间等，以确保产品能够满足市场需求和消费者期望。其次确定产品的核心特性和卖点，如动力性能、安全性能、舒适性、智能化程度等。同时关注行业内的技术发展趋势，引入创新技术，提升产品的竞争力，例如低温续驶里程打折率，超级快充技术。选择与同级别中销量、口碑较好的竞品车进行对标分析。通过以上方法制定出的商品性目标，可保证市场需求和产品定位相匹配，并具备同级别车型竞争力。

以某纯电动B级SUV市场定位为例，目标客户是中产家庭，购车目的是提升全家人的出行品质，追求实用舒适和主流潮流的科技体验。用户最为重视的续驶里程、舒适、空间、安全、造型及补能等，归纳商品性目标定义如图3。

2.整车目标设定与动力系统性能目标分解

根据商品性目标输入，制定出整车性能目标，是汽车开发过程中的关键环节，它把商品性目标分解为具体的，工程化语言的性能指标，明确了车辆在设计和开发阶段需要达到的各项性能指标，是确保研发的产品符合市场需求的重要文件，为后续设计提供了

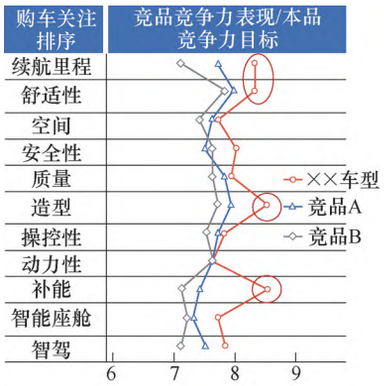

图3　某车型商品性目标定义

明确的设计输入，为市场和用户提供了可靠的产品保证。表1为某车型动力性和经济性能整车目标定义，包含了与竞品对比的情况。

表1　某车型动力性和经济性能整车目标定义

整车参数		本项目	竞品A	竞品B
质量	整备质量/kg	2050	2090	2100
目标阻力	风阻C_d	0.285	0.295	0.290
	迎风面积/m^2	2.76	2.86	2.96
	轮胎滚阻系数	6.2	6.2	6.2
动力性目标	0-100km/h加速/s	6.1	6.1	6.2
	最高车速/（km/h）	195	180	165
	最大爬坡度/%	30	30	30
经济性目标（CLTC）	里程/km	672	650	600
	电耗/（kW·h/100km）	13.2	13.4	13.5

性能指标分解是将整车性能目标逐级分解到系统级和零部件级的过程，目的是将总体的整车性能指标转化为具体、分层级的子系统和零部件性能要求，以便在汽车开发过程中实现各层级目标的协同优化和验证。以车辆动力性目标为例，通过对汽车运动学建立CAE（Computer Aided Engineering，计算机辅助工程）数学模型，模拟汽车的运动、受力、振动等特性，求出影响动力性相关因素的各个系统，并进一步通过仿真工具，计算出满足动力性要求下的电驱和电池放电功率及转矩的需求。

根据GB/T 18385－2024《纯电动汽车动力性能试验方法》[4]，动力性目标可分为最高车速、30min最高车速、零百公里加速、爬坡车速及最大爬坡等。

本文以零百公里加速举例，根据汽车运动学CAE模型，汽车百公里加速主要影响因素有几下几个方面：

（1）车辆参数　较轻的车身质量能够降低加速时的能耗，提升加速性能；优化的车身设计（如低风阻系数、隐藏式门把手、悬浮式尾翼等）可以减少空气阻力，提高加速效率；轮胎的抓地力和滚动阻力直接影响车辆的加速表现，高性能轮胎可以提供更好的抓地力，减少打滑。

（2）动力系统　电动机的峰值功率和转矩输出是影响加速性能的关键。高功率、高转矩的电动机能够在瞬间提供更强的动力，从而缩短加速时间；电池的电压、容量和放电能力直接决定了电动机的能量供应。高电压、大容量且低内阻的电池能够更高效地输出能量，支持电动机在加速时的大电流需求；高效的电动机、减速器和电控系统的集成效率，可以减少能量损失，提升加速性能；

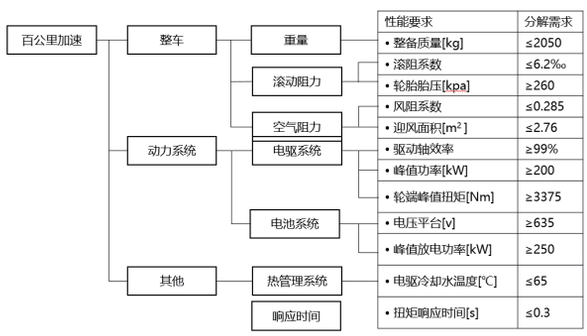

图4　零百公里加速动力性影响因素分解

（3）其他　如高效的热管理系统可以确保电池和电动机在高负荷运行时保持稳定的工作温度，避免因过热导致的性能下降；快速的电动机转矩响应速度，可以在踩下加速踏板一刻立即发挥出最大转矩输出，快速迸发出动能。

当不同约束系统之间目标定义清楚后，需要对动力系统内部哪些因素会影响百公里加速性能进行详细分解[5～7]，详见表2。

1）电动机峰值驱动功率、峰值转矩目标分解：根据汽车加速公式及整车参数，加速时间，可以计算驱动电动机需求峰值功率≥220kW且输出时间≥10s，轮端峰值转矩≥3375N·m，同时电池系统需要保证输出电压≥635V，热管理系统需要保证电驱工作进水温度≤65℃。

2）电驱总成系统效率是指电驱动系统在将电能转换为机械能时的效率，通常用输出功率与输入电能的比值来表示。它是整个电驱动系统的综合效率，包括

表2　零百公里加速动力系统目标分解

序号	动力系统	零百公里加速能力分解项	单位
1	电驱总成	峰值功率（条件：工作时长，额定工作电压/温度）	kW
2		峰值转矩（条件：工作时长，额定工作电压/温度）	N·m
3		峰值功率效率（条件：工作时长，额定工作电压/温度）	%
4		电动机输出峰值驱动转矩响应时间（条件：从转速0到目标转矩）	s
5	电池系统	放电功率（条件：放电时长，SOC90%）	kW
6		放电末端电压，（条件：峰值放电功率下）	V
7	控制系统	整车控制器请求转矩加载时间（条件：从踩油门到目标转矩）	s
8	其他	系统预留功率（经验值）	kW

电动机、电控和减速器等部件，反映了从电池到车轮整个能量转换过程的效率。在百公里加速工况中，此参数用来辅助计算电池系统放电功率。

3）电池系统峰值放电功率应在电驱电功率的基础上考虑效率加低压附件消耗功率和动力系统控制预留功率，常温低压附件消耗功率根据不同项目取0.2～0.4kW，动力系统控制预留功率按经验取3kW。

电池系统放电功率计算公式

$$P_{\text{Batt_Dchg_max}}=\frac{P_{\text{Mtr_max}}}{\eta}+3+0.4 \qquad (1)$$

式中　$P_{\text{Batt_Dchg_max}}$——电池系统峰值放电功率，kW；

$P_{\text{Mtr_max}}$——电动机峰值放电功率，kW；

η——电驱系统效率，%。

4）电池系统放电末端电压计算，需要考虑在全油门加速过程中电池输出的电流很大，电池内阻会引起电压下降，从而影响输出到电驱功率及电压。电池包内阻越大，压降越大。

电池系统放电末端电压计算公式

$$U_{\text{end}}=U-P_{\text{Batt_Dchg_max}}R_{\text{Batt_Dchg}}/U \qquad (2)$$

式中　$R_{\text{Batt_Dchg}}$——电池系统等效内阻，Ω，三元电池一般取0.05～0.15Ω，铁锂电池一般取0.1～0.15Ω；

U——电池系统无负载输出的开路电压，V；

U_{end}——电池包峰值放电末端电压，V；

$P_{\text{Batt_Dchg_max}}$——电池系统峰值放电功率，kW。

5）系统预留功率，是指为预防电池系统过放（由于电驱电流存在估算误差以及电流尖峰，某些工况可能导致电池放电电流超过所允许的最大电流），需预留的控制电流，根据经验一般取3kW。电动机输出峰值驱动转矩响应时间，如图5所示，是指电驱系统自身响应转矩目标的时间，加载响应越快，能力越强，根据经验值一般取值≤0.3s。

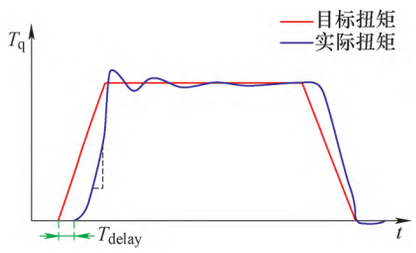

图5　电驱系统转矩响应时间

动力系统开发验证

零部件根据系统层级输入性能指标，如功率、转矩、转速、电量等，完成材料选型、硬件开发和结构设计。零部件完成开发后，在实验室台架测试，验证其是否达到设计指标，最后需要在整车搭载验收[8]。整车验收包含耐久测试、道路测试、性能指标测试等，发现不符合项目后对问题进行分析，可借助于FMEA等质量工具找到问题真因，进行零部件设计整改，再重新测试直至合格。以某车型为例，对于动力系统相关的动力性目标、经济性目标、充电目标进行验收测试，结果见表3。

结语

成功开发一款纯电动汽车高压系统开发，首先要从市场分析入手， 研究消费者需求、竞争对手产品，确定车辆的目标市场定位；然后基于市场定位分解出动力系统的开发参数，完成系统的详细开发设计；最后通过试验测试进行开发目标验收。

相比于单独说明动力系统仿真匹配的文章不同，该方法重点在于如何从市场需求推导出开发指标，用于零部件设计，保证最终产品符合设计目标，可具备竞争力，成功推向市场。

表3　动力系统性能目标验收表

性能指标达成情况		目标	实测
加速时间/s	0-100km/h加速时间（满电、单人）	≤6.5	6.50
	0-100km/h加速时间（满电、半载）	≤6.9	6.87
	60-100km/h加速时间（满电、半载）	≤3.5	3.48
	80-120km/h加速时间（满电、半载）	≤4.4	4.34
	0-100km/h加速时间（60%SOC、半载）	≤7.1	7
	0-100km/h加速时间（30%SOC、半载）	≤7.4	7.3
最高车速/（km/h）	1km最高车速	≥180	183
	30min最高车速	≥180	183
爬坡	最大爬坡度/ %	≥40	40
电耗/（kWh/100km）	CLTC工况电量消耗量	≤13.5	13.4
续驶里程	CLTC工况续驶里程/ km	≥675	676
	100km/h等速续驶里程/ km	≥510	513
	循环工况高温续驶里程下降率/ %	≤22	20
	循环工况低温续驶里程下降率/ %	≤40	38
充电时间	30%～80%直流充电时间（快充时间）/ min	≤18	17
	0%～100%交流充电时间（慢充时间）/h	≤14.5	14

参考文献：

[1] 刘宗巍，康丹，赵福全，等.汽车产品开发流程的量化评价与对比分析[J].汽车工程学报，2020（4）：286-296.

[2] 张洪志.汽车整车设计开发流程优化研究[J].汽车测试报告，2023（7）：13-55.

[3] 刘毅.基于用户体验的乘用车商品企划研究[J].汽车科技，2022（1）：21-25.

[4] 全国汽车标准化技术委员会.纯电动汽车动力性能试验方法：GB/T 18385－2024[S].北京，中国标准出版社，2024.

[5] 韩宁，梁作华，刘婷.纯电动汽车动力系统参数匹配及仿真研究[J].科技风，2021（6）：179-181.

[6] 薛冰.纯电动汽车动力性与经济性有效平衡的研究[J].汽车零部件，2023（5）：24-27.

[7] 张健，李波.电动汽车部件选型分析及仿真验证[J].汽车工艺师，2021（10）：25-28，31.

[8] 马小超.电动汽车动力域控制器设计研究[J].汽车电器，2022（7）：7-10.