面向城市工况的新能源汽车整车架构设计研究

梁 虎 胡智勇
吉利汽车研究院（宁波）有限公司 浙江 宁波 315000

摘 要：城市工况的独特运行特征——频繁启停、低速缓行、短时高功率需求及驻车用电常态化——对新能源汽车的动力性、经济性、安全性和舒适性提出了不同于高速工况的差异化要求。本文从城市工况的典型特征出发，系统分析其对新能源汽车动力系统、底盘平台、热管理系统及电子电气架构的深层影响，揭示当前以“兼顾型”为目标的通用架构设计在城市工况下面临的效率与体验失衡问题。在此基础上，提出面向城市工况的整车架构设计策略，涵盖高效电驱系统匹配、紧凑型滑板底盘构型、智能化热管理及城市专属电气架构等关键维度。研究表明，面向城市工况的专用化架构设计是提升城市使用场景下整车综合性能的有效路径，其核心在于将“城市优先”作为架构定义的原生约束而非后期调校方向。

关键词：新能源汽车；城市工况；整车架构；电驱系统；底盘平台；热管理

引言

新能源汽车的快速普及正在深刻改变城市交通的能源结构。在公共交通、城市物流、网约出行及私人通勤等典型城市应用场景中，新能源汽车凭借其零排放、低噪音和使用成本优势，已成为城市机动化的主力车型。然而，当前主流新能源汽车的整车架构设计多沿袭传统燃油车的平台布局思路，或在面向高速续航和综合工况优化的通用架构上进行适应性修改，而非从城市工况的源头需求出发进行正向定义。这种“通用架构适配城市”的设计范式，在续航经济性、空间利用率、城市驾驶体验及特定场景安全等方面存在显著的效率损失和体验妥协。城市工况与高速工况在运行特征上的本质差异——平均车速低、加减速频繁、怠速和低速占比高、环境热负荷变化剧烈——决定了面向城市的专用架构应当在动力系统功率匹配、能量管理策略、热管理架构及底盘布置上做出不同的设计选择。本文立足于城市工况的定量与定性特征，系统分析其对新能源汽车整车架构各核心子系统的影响逻辑，并提出面向城市工况的整车架构设计策略与工程实现路径。

1 城市工况的运行特征及其对车辆性能的需求映射

1.1 城市工况的典型运行特征

城市工况（如中国典型城市工况CATC-C、全球轻型车测试循环WLTC的城市部分）呈现出区别于高速公路工况的鲜明特征。速度特征方面，城市工况平均车速较低，通常为18~30km/h，且速度分布高度集中在低速区间，频繁经历“起步—加速—减速—停车”的循环。时间特征方面，怠速和低速行驶时间占比高，在城市核心区拥堵场景下，怠速比例可达30%~50%。功率需求特征方面，尽管平均功率需求较低，但起步和短时超车所需的瞬时峰值功率仍可达到较高水平，呈现“低平均、高峰值”的功率特征。里程特征方面，城市车辆日均行驶里程通常在50~150公里，对单次续航里程的绝对值要求低于长途出行，但对充电便利性和补能速度更敏感。此外，城市环境中的高温热岛效应和低温冷启动频繁的特点，对车辆的空调负荷和热管理系统提出了比高速公路更为严峻的挑战。

1.2 城市工况对车辆性能的核心需求

上述特征向新能源汽车整车性能提出了五方面核心需求。在能耗经济性方面，城市工况下频繁的加/减速意味着制动能量回收的效率对整车能耗具有决定性影响，同时低速低负荷区间是电机和发动机（增程器）的主要工作区，该区域的效率优化优先级高于高速区。在动力响应方面，城市交通对加速踏板响应的线性度和起步平顺性要求高，需要兼顾瞬态响应的灵敏性与驾驶平顺性。在空间利用率方面，城市停车空间紧张、道路狭窄，要求车辆在有限的外廓尺寸内实现最大化的乘坐和储物空间，这对底盘布置的紧凑性提出了高要求。在热管理方面，城市低速工况下冷却气流不足，而空调系统在驻车和低速时仍需高效运行，热管理架构需要适应低车速、高环境负荷的极端组合[1]。在驻车用电方面，城市用户驻车开空调、车内娱乐等“驻车用电”场景占比显著高于长途用户，对高压系统的驻车供电效率和低压系统的电量平衡策略提出了特殊要求。

2 城市工况对新能源汽车整车架构的影响逻辑

整车架构设计的核心任务是定义动力系统、底盘平台、热管理系统和电子电气架构等子系统的拓扑结构、

接口关系和性能边界。城市工况的特殊性对上述各子系统的影响呈现高度关联和非线性的特征。

2.1 对动力系统架构的影响

城市工况的平均功率需求显著低于高速工况，但起步频繁的特性要求驱动系统具备高瞬时响应能力。这种矛盾意味着面向城市的动力架构应在电机选型上更注重“高效区覆盖”而非“峰值功率”，更倾向于选择额定功率适中、但低速区效率突出、响应迅速的电机方案。在混合动力架构中，城市工况对串联模式（增程模式）的依赖度远高于并联和直驱模式——因为发动机在低速区间直接驱动车轮的效率普遍偏低，而作为增程器运行在高效点发电、由电机驱动车轮的串联模式在城市工况下具有天然效率优势。这直接影响了架构对发动机、发电机和驱动电机的功率配比以及传动系统的拓扑选择。在纯电架构中，减速器速比的选择需要重新审视——城市工况更频繁的低速大扭矩需求倾向于选择略高的速比以提升轮端扭矩响应，但需要与高速效率损失进行权衡。

2.2 对底盘平台的影响

城市工况对底盘平台的影响集中体现在布置紧凑性与通过性的平衡上。城市道路狭窄、停车位尺寸受限，轴距和轮距的微小增加都可能显著影响车辆的机动灵活性。因此，面向城市的底盘架构倾向于采用“短悬长轴、四轮四角”的布局，在有限的车身尺寸内最大化轴距以提供乘坐空间，同时通过紧凑的动力总成布置缩短前后悬长度。电池包的布置对城市工况下的离地间隙和门槛高度设计有特殊约束——城市用户频繁上下车，较低的门槛高度和地板高度更为友好，但这对电池包的厚度控制和底盘平顺性设计提出了更高要求[2]。转向系统的响应特性也需要针对城市低速工况优化，在低速时提供更轻盈的转向手感以减轻驾驶疲劳。

2.3 对热管理系统的影响

城市工况对热管理系统的影响最为复杂且常被低估。低速工况下，车辆迎风面冷却空气流量不足，而空调系统在夏季高温城市环境中需要维持大功率运行，冷凝器的散热条件恶化，高压系统温度管理的难度显著提升。这要求面向城市的热管理架构具备更强的主动散热能力，包括更大换热面积的前端冷却模块和更高效的风扇系统，同时对冷却回路的拓扑设计提出了“低速优先”的优化方向——在架构层面确保在低车速条件下冷却液仍能保持足够的循环流量和温差，这涉及水泵选型、散热器布置和冷凝器分区的协同设计。冬季低温城市工况中，热泵系统的蒸发器结霜问题和座舱加热能耗对续航的影响比高速工况更为突出，需要热管理架构在“经济性”和“舒适性”之间进行更精细的权衡。

2.4 对电子电气架构的影响

城市工况对车辆电子电气架构的影响体现在数据量和实时性要求的显著提升上。城市环境中传感器（摄像头、毫米波雷达、超声波雷达等）需要持续处理大量近距离、低速、非规则运动目标的感知数据，对芯片算力和数据吞吐量提出了不同于高速巡航场景的需求。城市工况的复杂交通环境要求决策算法具备更高的运算频率和更低的延迟。此外，城市驻车场景下“停车后继续用电”的常态化，使车辆电气架构需要支持更精细的电源模式管理——在高压电池为低压系统供电时实现高效的DC/DC转换和负载分级管理，避免驻车用电过度消耗动力电池或导致低压蓄电池亏电。

2.5 影响传导的全局性关联

上述影响并非各自独立，而是通过整车架构的耦合关系形成传导网络。例如，动力系统的功率匹配直接影响高压电池的放电倍率需求，进而影响电池的散热负荷，最终反映到热管理架构的散热需求。底盘平台的紧凑化布置又约束了热管理前端模块的可用空间和电池包的体积边界。电气架构的算力需求则影响着供电系统的功率分配策略和热管理的热量贡献。这种全局性关联意味着面向城市的架构设计不能逐个子系统孤立优化，而必须在一个统一的“城市工况优先”框架下进行协同定义，将城市运行特征作为架构顶层输入而非后期调校项。

3 面向城市工况的整车架构设计策略

基于上述影响分析，本章提出面向城市工况的整车架构核心设计策略。

3.1 高效电驱系统的城市工况匹配策略

电驱系统的设计应围绕城市工况的功率分布进行专用化匹配。在电机本体层面，通过优化电磁方案使电机的高效区向低速大扭矩区偏移，具体措施包括：适当降低电机的额定转速、优化定子槽形和绕组设计以降低铜损、采用扁线绕组提升槽满率和散热能力。对于采用永磁同步电机的方案，应针对城市频繁启停的工作循环优化磁路设计，减少铁芯在低转速区间的磁滞损耗。在减速器层面，速比的选择应在城市起步加速响应与最高车速能力之间进行折中，建议以0~60km/h加速性能为优先设计目标，适当放宽对极速的要求[3]。对于双电机架构，应研究城市工况下前后轴扭矩分配的效率最优控制策略——在大多数城市行驶场景下，采用后轴单电机驱动（以减少传动损耗）配合前轴电机仅在急加速或低附着路面介入的“按需接入”模式，比传统的前后轴固定扭矩分配具有更高效率。

3.2 紧凑化底盘平台与空间优先布置策略

面向城市的底盘平台应以“外尺寸最小、内空间最大”为布置原则。在动力总成布置方面，采用高度集成的电驱动桥方案——将电机、减速器、逆变器三合一集成，显著减少动力总成的轴向长度和高度，为前悬缩短和座舱前移创造条件。电池包方面，采用“薄型化+底盘一体化”的CTP（CelltoPack）或CTC（CelltoChassis）技术路线，在保证能量密度的前提下压缩电池包厚度，降低门槛高度和地板高度，提升上下车便利性。转向系统方面，采用小转向比、低传动力的电动助力转向，在转向节和悬架设计中预留更大的车轮转角空间，以减小转弯半径，提升城市窄路掉头和泊车的机动性。制动系统则应在架构层面对电子助力器和ESC（车身稳定控制）进行城市工况专用标定——优先保证低车速下的制动力线性度和舒适性。

3.3 城市工况智能热管理架构设计

城市工况热管理架构的设计应立足“低速高热”这一极端约束条件。在前端冷却模块层面，增大冷凝器和散热器的有效迎风面积，并采用双风扇或大功率风扇设计，确保在零车速条件下仍能提供足够的冷凝风量。在回路拓扑层面，将电池冷却、电机冷却和座舱空调冷凝器解耦或半解耦，避免单一回路的极端负荷传导至其他回路——城市工况下座舱空调的制冷需求（尤其在夏季高温曝晒下）远高于电驱系统的散热需求，应优先保障空调冷凝器的散热能力，而非将两者串联散热[4]。在驻车场景下，热管理系统应支持“驻车空调”模式——通过高压电池直接驱动电动压缩机，同时将冷凝器风扇运行策略从“按需启停”调整为“持续低噪运行”，在保证制冷效果与噪声控制之间取得平衡。

3.4 城市专属电子电气架构特征

面向城市的电子电气架构应在硬件预埋和算力分配上为城市智能驾驶和座舱体验进行定向优化。在传感器配置上，优先保证360°环视摄像头、超声波雷达和角雷达的覆盖，满足城市低速泊车、窄道通行和交通拥堵辅助功能的需求，而非盲目追求远距离激光雷达等高成本硬件。在计算平台层面，分配足够的算力资源用于城市工况的多目标轨迹预测和决策算法，这类算法的计算密度和实时性要求往往高于高速公路的纵向控制。在电源管理方面，引入动态电源模式管理——在驻车状态下自动切换至“驻车用电模式”，低压系统转为节能运行，高压系统按需启动DC/DC，维持低压蓄电池电量平衡的同时控制驻车能耗，以适应城市用户驻车开空调、充电时娱乐等常态化用电习惯。

结束语

城市工况不是高速工况的降级版本，而是一种具有独立运行规律和使用需求的场景类型。本文从城市工况的运行特征出发，系统分析了其对新能源汽车动力系统、底盘平台、热管理系统和电子电气架构的影响逻辑，并提出了面向城市工况的整车架构设计策略与工程实现路径。研究表明，面向城市的专用化架构设计——而非在通用架构上“打补丁”——是提升城市使用场景下整车综合性能的核心路径。其本质在于将“城市优先”从后期调校方向升级为架构定义的原生约束，使城市用户的真实使用场景成为驱动架构演进的首要变量。随着城市交通电动化进程的不断深入，面向城市工况的专用架构设计理念有望从差异化策略演变为城市车型的主流设计范式。

参考文献

[1]欧阳明高,王贺武,李立国.面向中国典型城市工况的新能源汽车能耗评价方法[J].汽车工程,2022,44(8):1121-1130.

[2]赵福全,刘宗巍,杨晓光.新能源汽车整车平台开发与模块化架构设计[J].汽车技术,2023(5):1-9.

[3]张俊智,吕辰,何承坤.城市工况下电动汽车制动能量回收系统效率优化[J].机械工程学报,2024,60(10):245-256.

[4]徐向阳,王书翰,董鹏.城市配送场景下电驱动桥速比匹配与效率优化研究[J].汽车技术,2024(9):33-41.