

T/TMAC

团 体 标 准

T/TMAC XXXX—XXXX

增程式电动汽车动力系统协同控制规范

Specification for cooperative control of powertrain for extended-range electric vehicles

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

已授权的专利证明材料为专利证书复印件或扉页，已公开但尚未授权的专利申请证明材料为专利公开通知书复印件或扉页，未公开的专利申请的证明材料为专利申请号和申请日期。

XXXX – XX – XX 发布

XXXX – XX – XX 实施

中国技术市场协会 发 布

目 次

前言 II

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 缩略语 1

5 系统架构 1

 5.1 动力系统构成 1

 5.2 控制层级 1

6 协同控制策略 2

 6.1 工作模式划分与切换逻辑 2

 6.2 控制策略类型 2

 6.3 性能指标 2

7 协同控制功能 2

 7.1 能量分配协同 2

 7.2 工况自适应协同功能 3

 7.3 多控制器协同交互功能 3

 7.4 电池健康协同保护功能 3

 7.5 模式切换协同平滑功能 3

8 安全要求 3

 8.1 电气安全 3

 8.2 机械安全 4

 8.3 功能安全 4

 8.4 电池安全 4

 8.5 防火防爆 4

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由××××提出。

本文件由中国技术市场协会归口。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

增程式电动汽车动力系统协同控制规范

1 范围

本文件规定了增程式电动汽车动力系统的构成、控制策略、安全要求。
本文件适用于增程式电动汽车动力系统的设计、生产、测试及使用。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

- GB 18352.6 轻型汽车污染物排放限值及测量方法（中国第六阶段）
- GB/T 18384 电动汽车安全要求
- GB/T 18488 电动汽车用驱动电机系统
- GB/T 19596 电动汽车术语

3 术语和定义

GB/T 19596界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

增程器 range extender

由内燃机和发电机及控制器组成用于延长电动汽车续驶里程的车载供电装置。

3.2

动力系统协同控制 cooperative control of dynamical systems

通过合理的控制策略，实现发动机、发电机、电池组和电动机之间的能量流动和功率分配的优化，以提高整车动力性、经济性和排放性能。

4 缩略语

下列缩略语适用于本文件：

- BMS：电池管理系统（Battery Management System）
- ECU：发动机控制器（Engine Control Unit）
- MCU：驱动电机控制器（Motor Control Unit）
- SOC：电池荷电状态（State of Charge）
- VCU：整车控制器（Vehicle Control Unit）

5 系统架构

5.1 动力系统构成

- 5.1.1 动力电池组、驱动电机、增程器（发动机+发电机）、控制器（VCU、BMS、MCU）。
- 5.1.2 双电机架构时，应支持前后轴独立驱动及能量回收。

5.2 控制层级

5.2.1 VCU

统筹动力分配、模式切换。

5.2.2 底层执行器

发动机ECU、电机控制器MCU、电池管理系统BMS。

6 协同控制策略

6.1 工作模式划分与切换逻辑

基于SOC阈值、需求功率及车速动态切换模式，切换逻辑应符合下表1。

表 1 切换逻辑

工作模式	控制动作
纯电动模式	增程器关闭，动力电池驱动电机
增程模式（发电）	增程器启动，输出电能驱动电机并为电池充电
联合驱动模式	增程器与动力电池共同输出功率
制动能量回收模式	驱动电机转换为发电机，回收动能存储至电池

6.2 控制策略类型

6.2.1 恒功率控制

增程器在预设高效点（如最佳燃油效率转速）运行，输出恒定功率。

6.2.2 功率跟随控制

6.2.2.1 点控制

在高效功率点切换，适应动态工况。

6.2.2.2 曲线控制

沿发动机万有特性最优效率曲线运行，实时匹配Preq。

6.2.3 模糊自适应控制

结合路况预测与历史数据，动态优化权重系数（油耗/排放/电池寿命）。

6.3 性能指标

性能指标应符合表2的规定。

表 2 性能指标

指标类别	要求
模式切换时间	≤500 ms，避免动力中断
燃油经济性	增程模式百公里油耗相对燃油车降低百分之20%
电池保护	SOC工作区间：0.2~0.8，防止过充/过放
排放控制	符合GB 18352.6的规定

7 协同控制功能

7.1 能量分配协同

7.1.1 增程器与电池能量互补

7.1.1.1 当车辆需求功率低于增程器最小高效功率时，增程器输出恒定高效功率，多余电能存储至动力电池；

7.1.1.2 当车辆需求功率高于增程器最大高效功率时，动力电池补充输出差额功率，避免增程器脱离高效区间运行。

7.1.2 多电机能量协同（双电机架构）

- 7.1.2.1 前后轴驱动电机根据路况动态分配扭矩，平直路面优先单电机驱动以降低能耗；
- 7.1.2.2 爬坡或急加速时，双电机协同输出，扭矩分配偏差不超过 $\pm 5\%$ ，确保动力平顺性；
- 7.1.2.3 制动回收时，双电机同步回收动能，回收效率不低于 60%。

7.2 工况自适应协同功能

7.2.1 车速自适应

- 7.2.1.1 低速工况优先纯电动模式，减少增程器频繁启停损耗；
- 7.2.1.2 中高速工况
- 7.2.1.3 根据 SOC 切换增程模式，维持电池 SOC 稳定；
- 7.2.1.4 高速工况自动进入联合驱动模式，保障动力储备。

7.2.2 路况自适应

- 7.2.2.1 通过车载传感器或导航数据识别坡度，上坡时提前启动增程器并提升动力电池输出功率储备，避免电池深度放电；
- 7.2.2.2 下坡时增加能量回收强度，回收扭矩随坡度增大而线性提升。

7.3 多控制器协同交互功能

7.3.1 数据交互要求

- 7.3.1.1 VCU 定时向各底层控制器发送目标功率、工作模式指令；
- 7.3.1.2 BMS 定时反馈电池 SOC、单体电压、温度；MCU 定时反馈电机转速、扭矩、温度；
- 7.3.1.3 发动机 ECU 定时反馈增程器转速、燃油消耗率，确保数据传输实时性。

7.3.2 协同决策逻辑

当单一控制器故障时，VCU 自动启用备用数据模型，同时限制功率输出，并触发故障报警，保障系统降级安全运行。

7.4 电池健康协同保护功能

7.4.1 SOC 精细控制

应能在不同工况下，调节 SOC，避免过充。

7.4.2 温度协同管理

BMS 监测电池温度，能根据策略利用余热为电池加热，或启动冷却系统降温，同时调整增程器和电机输出功率，防止电池热失控。

7.5 模式切换协同平滑功能

7.5.1 预启动协同

- 7.5.1.1 从纯电动模式切换至增程模式前，VCU 应提前向发动机 ECU 发送预启动指令，预热增程器，缩短启动时间；
- 7.5.1.2 同时 MCU 调整电机扭矩，补偿增程器启动瞬间的动力波动。

7.5.2 功率过渡协同

联合驱动模式切换至纯电动模式时，增程器功率逐步降低，动力电池功率同步逐步提升，降低车速波动。

8 安全要求

8.1 电气安全

8.1.1 绝缘要求

电池组、电机控制器等动力系统高压部件的绝缘电阻值在常温下不应小于100 Ω/V，潮湿环境下不应小于50 Ω/V，应符合GB/T 18384的规定。

8.1.2 防触电保护

高压系统应具备主动断电功能，当检测到绝缘故障或人员接触危险区域时，应在100 ms内切断高压电源，并通过声光报警提示。

8.1.3 接地保护

高压部件金属外壳应可靠接地，接地电阻不应大于0.1 Ω。

8.2 机械安全

8.2.1 高压部件固定

增程器、电池组等关键部件需通过高强度支架固定，能承受30g（X/Y/Z方向）的冲击载荷而不松动，符合GB/T 18488的振动测试要求。

8.2.2 防护等级

电机、控制器等动力系统部件的防护等级不应小于IP67，防止灰尘和水侵入导致故障。

8.3 功能安全

8.3.1 失效保护机制

8.3.1.1 当增程器或电机出现故障时，VCU 应能自动切换至纯电动模式或跛行模式等安全模式。

8.3.1.2 电池管理系统（BMS）需实时监控电池温度、电压、电流，当出现过温（单体温度>60 ℃）、过压（单体电压>4.35 V）或过流（持续电流>额定值 150%）时，应立即切断充放电回路。

8.4 电池安全

8.4.1 热管理

电池组应配置液冷或风冷系统，充放电过程中单体温差不应大于5 ℃，最高温度不应大于45 ℃，防止热失控。

8.4.2 过充过放保护

当SOC超出限值时，系统应限制功率输出或启动充电，避免电池过充过放。

8.5 防火防爆

8.5.1 高压回路保护

高压线缆需串联快速熔断器，当电流超过额定值200%时，熔断器应在10 ms内熔断，切断故障回路。

8.5.2 灭火装置

电池箱内部需内置温控式灭火装置，当温度大于120 ℃时自动启动，喷射灭火介质覆盖电池组。
