

《电动汽车分布式驱动控制系统通用技术规范》

报批稿编制说明

1 任务背景

轮毂/轮边电机分布式驱动是电动汽车驱动的终极形式，是智能驾驶技术的天然优质载体。分布式驱动也是实现电动化、智能化、模块化、标准化智能底盘的必然选择。随着车辆智能化新能源化不断发展，电驱动系统的智能化、集成化、模块化程度会越来越高。从最早电机、驱动控制器、减速器分体式驱动单元，过渡到“三合一”物理性集成，目前已经逐步达到电机、减速器、驱动控制器的集成式驱动单元，最终通过轮毂/轮边电机完成驱动与制动的智能化集成，实现智能底盘标准化集成，即智能滑板底盘设计。轮毂/轮边电机分布式驱动在新能源车中的重要性不言而喻，已被视为汽车驱动模式的颠覆性变革。据预计，2025 年轮毂/轮边电机分布式驱动控制系统的渗透率将达到 10%以上，市场规模达到万亿级。

分布式驱动电动汽车去除了变速器、传动轴等部件，减轻了车重，简化了底盘结构，结构紧凑，提高了空间利用率，增加了传动效率。另外，分布式驱动电动汽车各驱动电机互相独立，使得转矩控制更加灵活，控制精度也更高，有利于操纵稳定性、驱动防滑以及电子差速等功能的实现，提高了整车安全性能。

由于国内外没有分布式驱动通用技术规范，这使得各企业新研发的分布式驱动电动汽车定位不清晰、分布式驱动控制功能不完善、分布式驱动控制测试缺乏针对性、准确性，已经阻碍了下一代电驱动技术更高品质发展。

2 任务来源

本标准编制任务来源于浙江省汽车工程学会于2023年6月26日下达的浙汽学标字[2023]14号《浙江省汽车工程学会标准起草任务书》，归口单位为浙江省汽车工程学会标准技术工作委员会，标准名称为《电动汽车分布式驱动控制通用技术规范》，起草任务书号：ZJSAE2023020。

3 主要起草单位和工作组成员

主要起草单位：中汽研汽车检验中心（宁波）有限公司、极氪汽车（宁波杭州湾）有限公司、奇瑞汽车股份有限公司、浙江吉利远程新能源商用车集团有限公司、天津天海轮毂电机科技有限公司、杭州电子科技大学、浙江工业大学、浙江理工大学、江苏迈吉易威电动科技有限公司、江苏大学、卧龙电气驱动集团有限公司、浙江大学嘉兴研究院、中国电子科技集团公司第二十八研究所、江苏汇川联合动力系统有限公司、同济大学、联合汽车电子有限公司、浙江交通职业技术学院、龙泉产业创新研究院、杭州科技职业技术学院、杭州世宝汽车方向机有限公司。

工作组成员：朱绍鹏、陈慧鹏、高健、胡巧声、李兵、李跃进、张荡、瞿元、韦圣兵、殷玉明、王严、王云冲、郭立书、李通、张旭、张敬堂、施刚、刘业、李勇、倪敬、杨林、周立新、熊树生、郑旭、汪国栋、李林林、曹健、王力、胡笏、王浩然、汪圆、陈国栋、应东平、张翀、葛正、吴志军、林鼎、全吴迪、熊陈福、张朝山、汪超、朱忠民、虞忠潮。

4 主要工作过程

本标准的编制及修订工作遵循指导新型电驱动控制系统研发为主，以对比现有相关国标、行标及业内知名企业技术规范并行的路线方针。首先在编制初期，工作组针对分布式驱动控制进行了范畴划分、构型及功能分析、技术要求梳理、功能安全定义等。然后，针对现有分布式驱动控制产品进行分析，进一步完善通用技术要求。最后，由各起草单位工作组成员及行业资深专家进行综合分析讨论，起草编制出电动汽车分布式驱动控制通用技术规范。

主要技术研究活动如下：

4.1 第一次编制讨论及项目立项

2023年4月至6月，本标准主要起草人员浙江大学朱绍鹏，根据浙江大学电动汽车团队十多年来在电动汽车分布式驱动控制领域的理论研究、产品研发经验，主导起草了《电动汽车分布式驱动控制通用技术规范》（草案），提交浙江省汽车工程学会。2023年6月16日，由浙江省汽车工程学会组织专家组，召开立项会议，通过了项目立项，确定了标准的工作内容、工作思路以及后续的主要工作安排。专家组还对《电动汽车分布式驱动控制通用技术规范》（草案）提出了修改意见。

会议结论：

该标准项目前期预研充分并已形成标准草案，项目发起单位在该领域具备较强的技术研究开发能力，项目实施方案可行。针对标准草案及研究内容建议加快标准研制速度，加强试验方法或测试方法的研究，有效推进行业应用。

综上所述，专家审查组认为该项目总体方案可行，一致建议列入2023年浙江省汽车工程学会团体标准编制计划。

4.2 第二次工作组会议

2023年6月23日，召开标准启动研讨会（第二次工作组会议）。2023年6月23日至2023年7月23日一个月，工作组成员对第一次编制讨论的内容进行了详细的校对评审，并对标准征求意见稿讨论稿进行了深入的研讨，尤其对标准的条款及内容等进行分析研判，形成了基本共识。

会议结论：

- 1、本团体标准主要用来规范电动汽车分布式驱动控制的通用技术，因此删除了关于试验的内容：

7 试验方法

分布式驱动控制车辆动力性试验，参照GB/T 18385 电动汽车动力性能试验方法进行。

分布式驱动控制车辆操纵性试验，参照GB/T 6323 汽车操纵稳定性试验方法进行。

- 2、“3 术语和定义”部分删除了“纯电动汽车”的定义。

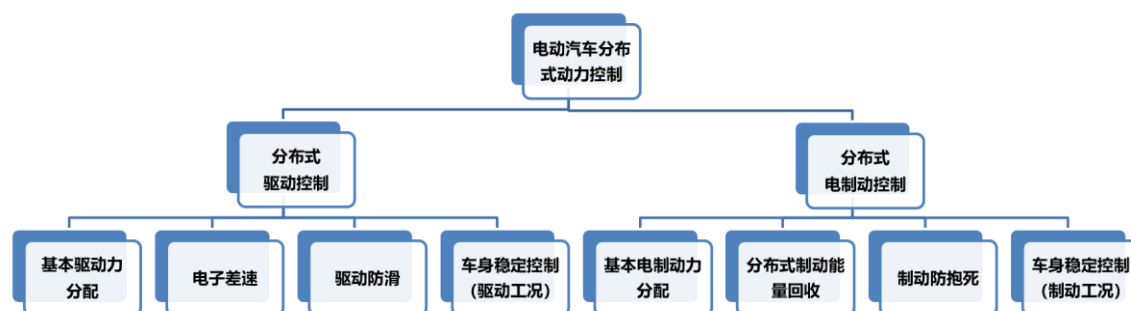
- 3、“2 规范性引用文件”处新增加引用了“GB/T 18387 电动车辆的电磁场发射强度的限值 and 测量方法”

4.3 第三次工作组会议

2023年7月24日，工作组进行了第三次标准讨论。在2023年7月24日至2023年8月24日一个月，深入讨论了本标准每一条款的内容、指标及语言描述，并对标准基本达成了共识。

会议结论：

- 1、精简了语言，删除了“本技术规范制定了”语句。
- 2、改成了“各驱动电机转矩总值与整车总转矩需求误差小于 $\pm 5\%$ ”，之前是小于 $\pm 3\%$ 。
- 3、为了更加清晰表述及方便理解，增加了“电动汽车分布式动力控制功能图”



4、关于直行偏差，改为“车辆不应出现跑偏现象，100m 直线行驶侧向位移偏差，乘用车小于 0.5m，商用车小于 1m。”

2023 年 8 月 10 日，完成征求意见稿。2023 年 8 月 20 日，完成征求意见稿编制说明。

4.4 第四次工作组会议

2023 年 9 月初至 2023 年 10 月中旬，根据浙汽学标字【2023】18 号文件要求，《电动汽车分布式驱动控制通用技术规范》正式进入征求意见阶段。学会收到了来自中汽研汽车检验中心（常州）有限公司、浙江鑫可传动科技有限公司等 8 家相关企业的意见反馈表 8 份，修改建议或意见 11 条。

十分感谢各位学者专家为标准修订工作提出了宝贵的意见。经工作组讨论，采纳意见 10 条，被采纳的修改意见或建议主要内容归纳如下：

（1）“自主添加功能；辅助驾驶；自动驾驶；失效处理；其他功能。”修改为“自主添加功能；辅助驾驶；失效处理；其他功能。”，工作组采纳意见并修改文档。

（2）“EMC 应符合 GB/T 18387 相关规定”修改为“EMC 应符合 GB 34660 和 GB/T 18387 相关规定”，工作组采纳意见并修改文档。

（3）表 1 不在一页内，工作组采纳意见并修改文档。

（4）“识别发生故障的位置以及电机故障形式（包含驱动电机系统发生电功率（转矩）降额的软性故障）”修改为“识别发生故障的位置以及电机故障形式（包含驱动电机系统发生发电功率/转矩降额的软性故障）”，工作组采纳意见并修改文档。

（5）“实时准确运算分布式驱动控制及分布式制动控制算法”修改为“实时准确运算分布式动力控制算法”，工作组采纳意见并修改文档。

(6) “车辆不应出现跑偏现象, 100m 直线行驶侧向位移偏差, 乘用车小于 0.5m, 商用车小于 1m” 修改为 “车辆不应出现跑偏现象, B 级平整路面上, 100m 直线行驶侧向位移偏差, 乘用车小于 0.5m, 商用车小于 1m”, 工作组采纳意见并修改文档。

(7) “替代机械差速器, 转弯等工况下通过线控方式, 实时调节各驱动电机的转矩, 实现各驱动车轮差速差力, 保证驱动车轮作纯滚动运动” 修改为 “替代机械差速器, 转弯等工况下通过线控方式, 实时调节各驱动电机的转矩/转速, 实现各驱动车轮差速差力, 保证驱动车轮作纯滚动运动”, 工作组采纳意见并修改文档。

(8) ““分布式”驱动是针对采用单一驱动源(发动机或电机等)的“集中式”驱动而言, 指对多个独立驱动系统进行驱动力控制分配, 可实现基本驱动力分配、电子差速、驱动防滑、车身稳定控制(驱动工况)等功能” 修改为 ““分布式”驱动是针对采用单一动力输出的“集中式”驱动而言, 指对多个独立驱动系统进行驱动力控制分配, 可实现基本驱动力分配、电子差速、驱动防滑、车身稳定控制(驱动工况)等功能”, 工作组采纳意见并修改文档。

(9) “依据油门踏板信号等加速指令制定总驱动力, 配合方向盘转向信号等指令把总驱动力分配给各驱动电机系统, 实现加速、直行、辅助转向等基本驱动行驶功能” 修改为 “在当前运行工况下, 依据油门踏板信号等加速指令制定总驱动力, 配合方向盘转向信号等指令把总驱动力分配给各驱动电机系统, 实现加速、直行、辅助转向等基本驱动行驶功能”, 工作组采纳意见并修改文档。

(10) “集成了分布式驱动/制动控制程序” 修改为 “也可称之为分布式动力控制器, 集成了分布式驱动/制动控制程序”, 工作组采纳意见并修改文档。

4.5 第五次工作组会议(报批审核阶段)

2023 年 10 月 28 日, 浙江省汽车工程学会组织召开了《电动汽车分布式驱动控制通用技术规范》审核会议。2023 年 12 月 20 日召开第五次工作组会议, 依据审核会议意见修改完成报批稿。十分感谢各位学者专家审核会议为标准修订工作提出的宝贵意见, 依据修改意见主要修改内容归纳如下:

(1) 将标准名称增加了“系统”两个字, 更改为“电动汽车分布式驱动控制系统通用技术规范”。

(2) “2 规范性引用文件”加入了: GB/T 34660 道路车辆电磁兼容性要求和试验方法。

(3) 表 1 拉到了前面对齐，图 1 修改成了黑白图片，“3 术语和定义”中的英文全改成了小写。

(4) 文本中表示误差和精度范围小于 $\pm$ *的“小于”，全部删除。

(5) 补充了标准中的“试验方法”：

7.1 起步加速试验

7.1.1 高附路面起步加速试验

高附着系数均一路面（坡度不应超过2%，实验区间路段长度为500m~1000m，路面附着系数不小于0.8）加速行驶工况下，保持方向盘转角为零，车辆分别在20%、50%、80%、100%的加速踏板开度下，由静止加速到100km/h。

7.1.2 低附路面起步加速试验

低附着系数均一路面（坡度不应超过2%，实验区间路段长度为500m~1000m，路面附着系数不大于0.5）加速行驶工况下，保持方向盘转角为零，车辆分别在20%、50%、80%、100%的加速踏板开度下，由静止加速到60km/h。

7.2 直线行驶试验

7.2.1 对接路面直线行驶试验

高低附对接路面（坡度不应超过2%，实验区间路段长度为1000m，前部分路面附着系数不小于0.8，后部分路面附着系数不大于0.5）直线驱动行驶工况下，保持方向盘转角为零，车辆分别在20%、50%、80%、100%的不同加速踏板开度下，由静止加速到50-60km/h，并通过对接路面（高→低，低→高）。

7.2.2 对开路面直线行驶试验

高低附对开路面（坡度不应超过2%，实验区间路段长度为1000m，对开路面，一侧路面附着系数不小于0.8，另一侧路面附着系数不大于0.5）直线驱动行驶工况下，保持方向盘转角为零，车辆分别在20%、50%、80%、100%的不同加速踏板开度下，由静止加速到50-60km/h。

7.3 坡道行驶试验

7.3.1 坡道高附着系数均一路面上坡行驶

坡度不小于20%，实验区间路段长度为不小于20m，路面附着系数不小于0.8，车辆由静止开始加速。

7.3.2 坡道低附着系数均一路面上坡行驶

坡度不小于8%，实验区间路段长度为不小于20m，路面附着系数不大于0.5，车辆由静止开始加速。

7.3.3 坡道对开路面上坡行驶

坡度设定为20-30%，实验区间路段长度为50m，坡道为对开路面（一侧附着系数为不小于0.8，另一侧附着系数为不大于0.5），车辆行驶时保持方向盘转角为零。

7.3.4 坡道对开路面下坡行驶

坡度设定为20-30%，实验区间路段长度为50m，坡道为对开路面（一侧附着系数为不小于0.8，另一侧附着系数为不大于0.5），车辆行驶时保持方向盘转角为零。

7.3.5 坡道对接路面上坡行驶

坡度设定为20-30%，实验区间路段长度为100m，坡道为对接路面（前部分路面附着系数为不小于0.8，后部分路面附着系数为不大于0.5），车辆行驶时保持方向盘转角为零。

7.3.6 坡道对接路面下坡行驶

坡度设定为20-30%，实验区间路段长度为100m，坡道为对接路面（前部分路面附着系数为不小于0.8，后部分路面附着系数为不大于0.5），车辆行驶时保持方向盘转角为零。

7.4 弯道行驶试验

7.4.1 直角弯道行驶

车辆从静止起步加速到20km/h，匀速行驶2s。保持车速不变，车辆转过90度直角弯。松开加速踏板，均匀制动减速至静止。

7.4.2 最大转角行驶

车辆从静止起步加速到20km/h，匀速行驶2s。保持车速不变，方向盘转角设置为 540° ，行驶10s。松开加速踏板，均匀制动减速至静止。

7.4.3 弯道加速试验

不同车速下车辆高附路面约0.6g（低附路面约0.3g）侧向加速度，稳态绕圆，稳定方向盘转角，增加加速踏板力度，加速行驶。

7.4.4 弯道加减速试验

不同车速下车辆高附路面约0.6g（低附路面约0.3g）侧向加速度，稳态绕圆，稳定方向盘转角，以0.5—1Hz的频率增加减少加速踏板力度，加减速行驶。

7.5 移线行驶试验

按照《GB/T 40521.1-2021 乘用车紧急变线试验车道第一部分：双移线》测试要求，

分别测试具有分布式驱动控制系统车辆和不具有分布式驱动控制系统同车型车辆的最高有效车速，车辆推头及甩尾程度。

7.6 容错控制试验

7.6.1 单点容错试验

高附平坦路面，车辆从静止急加速到60km/h，通过试验触发一个驱动电机单点失效，继续进行加速行驶2s后减速停车，记录车辆的动力输出情况和行驶稳定性情况。

7.6.2 两点容错试验

高附平坦路面，分布式四驱车辆从静止急加速到60km/h，通过试验触发两个对角驱动电机失效（交叉失效），继续进行加速行驶2s后减速停车，记录车辆的动力输出情况和行驶稳定性情况。

7.6.3 多点容错试验

高附平坦路面，分布式四驱车辆从静止急加速到60km/h，通过试验触发三个及以上驱动电机失效，继续进行加速行驶2s后减速停车，记录车辆的动力输出情况和行驶稳定性情况。

5 标准编制原则和主要内容

5.1 标准编制原则

本标准编制按照GB/T 1.1-2020《标准化工作导则 第1部分：标准的结构和编写》的规定进行起草。本标准依据新产品的实际研发过程，对比现有相关国标、行标及业内知名企业技术规范进行编制。本标准不对新技术设定约束，仅对新技术的应用进行了描述。

5.2 标准主要内容

本文件规定了电动汽车分布式驱动控制的术语和定义、控制功能、技术要求、功能安全、试验方法。

本文件适用于具有分布式驱动控制系统的电动汽车。

5.2.1 术语和定义

对专业术语进行定义：分布式动力控制、分布式驱动控制、分布式电制动控制、驱动电机系统、分布式驱动控制器、分布式驱动控制系统。

5.2.2 控制功能

主要适用于电动汽车，分布式驱动控制指对多个独立驱动电机系统进行驱动力控制分配。多个驱动电机系统可以前后不同车轴独立驱动，也可以同车轴左右独立驱动，具有多种分布式驱动形式。

分布式驱动控制器具备分布式驱动控制功能、分布式电制动控制功能及冗余备份功能。

分布式驱动控制功能主要包含基本驱动力分配、电子差速、驱动防滑、节能控制、驱动力协调控制、驱动力容错控制。

分布式电制动控制功能主要包含基本电制动力分配、分布式制动能量回收、电制动力协调控制、电制动力容错控制。

5.2.3 技术要求

分布式驱动控制器硬件要求：控制器模块应具备浮点运算能力、逻辑运算能力、接口扩展能力，并应具有实时控制能力或实时操作系统。硬件由标准化核心模块电路(主处理器、电源、内存、控制器局域网)和传感器采集等专用电路组成。满足功能 ASIL-C/D 的安全等级。

分布式驱动控制器软件要求：为实现电动汽车的分布式驱动控制功能，软件系统应具有独立运行的分布式驱动控制模块以及电机驱动控制权限，电动汽车应开放相应的接口及功能以供分布式驱动控制模块的二次开发调用。

分布式驱动控制系统性能要求：起步及加减速、直线行驶、弯道行驶、容错控制、响应时间及稳态误差、总转矩误差、滑转率控制、分布式驱动控制系统 EMC 等。

5.2.4 功能安全

基于分布式驱动控制车辆使用场景，分析识别分布式驱动控制系统中因故障而引起的危害并对危害进行归类，定义相应的汽车安全完整性等级(ASIL)，制定防止危害事件发生或减轻危害程度的安全目标，以避免不合理的风险。

5.2.5 试验方法

参照GB/T 18385 电动汽车动力性能试验方法，GB/T 6323 汽车操纵稳定性试验方法等，制定了起步及加减速试验、直线行驶试验、坡道行驶试验、弯道行驶试验、移线行驶试验、容错控制试验等。

6 预期达到的社会效益、对产业发展的作用

本标准填补了关于电动汽车分布式驱动控制的构型功能、技术要求、功能安全的空白，完善了产品标准体系，为该产品批量产品化并走向市场奠定技术基础。

7 采用国际标准和国外先进标准情况

未采用国际标准或国外先进标准。

8 在标准体系中的位置，与现行相关法律、法规、规章及相关标准，特别是强制性标准的协调性

本标准属于地方团体标准。本标准与现行相关法律、法规、规章及相关标准，特别是强制性标准没有冲突或矛盾。

9 重大分歧意见的处理经过和依据

本标准制定过程中无重大分歧。

10 标准实施日期

待定。

11 标准性质的建议说明

无。

12 贯彻标准的要求和措施建议

无。

13 废止现行相关标准的建议

无。

14 其它应予说明的事项

无。

标准起草工作组

2024年1月16日