

附件 4:

中汽协会《移动动力增程器高压电气系统安全规范》

团体标准编制说明

一、工作简要过程

(一) 任务来源

在全世界倡导零碳和低碳的背景下。交通运输领域，以内燃机低碳节能、低碳燃料技术创新和驱动电动化相结合的技术路线，是当前商用车以及矿山设备在“减碳”进程中的主要发展方向。

增程器有效结合了低碳燃料、低碳发动机和驱动电气化，已经吸引力很多主机厂和零部件厂家的注意。近年来，增程系统的应用得到了快速的发展，公路车、矿车都已经实现了批量化。但由于系统设计和开发过程中缺少标准的规范指导，导致燃料、发动机和发电中出现很多匹配问题、系统问题和可靠性问题，影响了驱动系统、车辆和矿山机械设备的正常运行。同时也影响了系统的维护和现场保障。

针对这些问题，甲醇协会推动了一些团体标准的建立，例如关于增程器性能、控制和燃料存储的标准已经开始逐渐形成。但是针对增程器电气系统安全的安全规范仍然缺失，而电气系统是甲醇增程器最关键的组成部分之一。为了补充包括甲醇在内的增程器电气系统安全标准的缺失，在中国汽车工业协会的牵头下，组织实施《移动动力增程器高压电气系统安全规范》团体标准策划起草工作，以促进增程器在商用车、矿山设备以及其它移动动力设备上的应用与推广。

中汽协会发布团体标准立项通知的函，将《移动动力增程器高压电气系统安全规范》列入中国汽车工业协会 2024 年团体标准研制计划，项目计划号为 2024-38。

(二) 主要起草单位及任务分工

标准起草组由凯博易控车辆科技（苏州）股份有限公司、江苏大学、西安清泰科新能源技术有限责任公司、浙江吉利远程新能源商用车集团有限公司、新疆能源重工科创有限责任公司、江苏沃得农业机械股份有限公司的王琳、闫斌、黄宇刚、胡伟、韩健全和王峰等组成，并负责起草，实验测试与数据由整车厂及相关单位负责与提供。

(三) 标准研讨情况

第一阶段：预研阶段（2024 年 3 月）

2024 年 3 月：起草组进行了标准启动会议，会上各专家进行了研讨，明确了标准起背景意义，初步确定了起草方向和各项任务，成立了标准起草小组。会后，起草组成员分别对国内外文献调研和资料收集，开展增程器电气系统规范的相关调查研究并归纳梳理了目前国内外标准的差异与不足，撰写了《移动动力增程器高压电气系统安全规范》的框架，确立了标准编写的方向，查阅资料，综合讨论，初步确定标准的框架内容及申报材料。

第二阶段：申报阶段（2024 年 4 月）

2024 年 4 月：起草组经过多次组内讨论和所内专家讨论，形成初稿并组织所外专家评议，根据专家意见修订标准框的结构和基本内容，分析整理各章节的内容，组内讨论并与专家反复沟通修改，完成标准结构的架构与申报材料，形成工作组讨论稿。将工作

组讨论稿上报中汽甲醇委员会进行立项评审。根据专家评审，并经标委会审议通过于2024年4月19日立项。

第三阶段：起草阶段（2024年5月-7月）

起草组通过组内讨论的形式对各章节内容细节进行组完善，分析整理各章节内容，根据标准制定要求，用标准化语言对草案进行修改，完成标准征求意见稿。

二、标准编制原则和主要内容

（一）编制原则

1、先进性原则

在标准立项时，标准的起草严格按照我国团体标准的编写要求，并且使用《标准化文件编写工具软件（SET2020）》对标准进行了编辑性处理，标准所涉及的内容经过查阅最新的高质量文献，与各领域的专家讨论完善，保证了标准的先进性。

介绍标准编制依据的原则，并对标准的主要技术指标（参数）等重要条款进行分析阐述，突出本标准的技术先进性、创新性和经济适用性；修订标准时应列出与原标准的主要差异和理由。

2、实用性原则

本标准内容编写始终围绕着运动队的科学训练工作展开，本标准的编写目的是为了运动队备战工作中运动员等速肌力测定方法提供参考，为准确进行运动员的力量提供检测和评价方法。

3、规范性原则

本标准文件按照 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》给出编写规则进行制定。在制定过程中，起草组参加了《标准化文件的结构和起草规则及编写工具使用》系列培训，对指南标准编写规则、规范标准编写规则等进行了深入的学习，保证标准的规范性。

（二）主要内容

1、范围

本文件主要适用于移动动力增程器系统的电气系统，设定了高低压电气设备、线束、电气连接设备的基本设计规范，提出了电气设备运行过程中的功能和性能要求。

本文件适用于甲醇增程系统、柴油增程系统、气体机增程系统以及未来的氢发动机系统。

矿山设备以及其它移动动力设备的增程器亦可参考本文件执行

2、术语和定义

本部分对增程器和移动动力增程器进行详细阐释以便于对标准正文的理解。

3、电气结构要求

本部分涵盖了高低压线束及布置规范、高低压接插件的技术要求，以及增程器电气设备和系统的具体布置和安全要求。首先，线束及防护材料选择方面，明确了不同电压等级的线束防护材料种类，包括热缩管、胶带和波纹管，强调了材料应具备的温度等级和阻燃性能，并应通过相关的化学试剂耐受性测试。

其次，高低压接插件的温度等级需在-40℃~125℃之间，外部连接的接插件防护等级应达到IP67，且须满足GB/T 28046.5的化学试剂耐受性测试标准。同时，B级电压部件接插件必须具有至少两级锁止机构和防错插功能，可插拔高压接插件需符合GB/T 37133附录A的标准。线束布置方面，明确了线束与零部件的安全距离要求，如线束应远离易燃材料的管路，布置在可能漏油区域的上方，并提供具体的最小安全距离表。

在电器负荷性能方面，对电源电路要求进行了详细规范，包括叠加交流电压、工作电压缓慢上升和下降、供电电压瞬时下降、电压骤降复位性能、抗反极性保护、开路试

验及抗对地和电源的短路保护等多项测试方法和合格判据。其中明确了各项试验参考 GB/T 28046.2 和 GB/T 28046.1 的标准，设定了如功能状态 A 级、B 级和 C 级的合格判据。

另外，电机控制器性能参数需符合 GB/T 18488.1-2015 中的电机输入输出特性要求，同时温度、湿度适应性、耐盐雾性能、耐化学试剂性能、电磁兼容性能（包括辐射骚扰、传导骚扰、大电流注入、瞬态传导抗扰度、信号线瞬态耦合抗干扰、静电放电等）的测试要求也一并做了具体规定。尤其是电磁骚扰和抗扰度的试验参考 GB 14023-2022 和 ISO 标准，设定了对应的限值和功能状态要求。

增程器系统的布置要求主要是确保增程器仓的通风良好，空间便于维修和保养，并在必要时采取隔离和防护措施。

最后，结构安全要求中强调了增程器系统应符合相关国家标准的防爆和电气安全规范，设计防燃料泄漏的监测机制、减震和耐振动性能要求、耐冲击性能及防护性能，确保在各种环境下的安全使用。同时，应配备有效的预警信号和紧急处理措施，包括声音警报、灯光闪烁、自动切断电源等，指导驾驶员在遇到异常或危险情况时正确应对。

4、电气安全要求

本部分主要阐述了电气安全要求，包括高压系统接地要求、谐振电流要求、Y 电容要求、高压故障保护以及发电机控制要求。首先，高压系统接地要求包括高压电缆和其他高压部件的接地细节。高压电缆必须带有屏蔽层，并在两端与高压部件的金属外壳进行 360° 全方位屏蔽接地，每端接地电阻应 $\leq 0.04 \Omega$ 。屏蔽层需符合 GB/T25087-2010 的要求，并满足整车电磁兼容性要求。其他高压部件的金属外壳与底盘或车身地之间应有永久、可靠和良好的电气连接，确保接地线端子的连接可靠，接地电阻 $\leq 0.1 \Omega$ ，使用独立接地端子，并有明显的接地标志。

其次，谐振电流管理方面，直流母线上的谐振电流应满足连接的电力电子器件的容忍度、温升、寿命和电磁兼容性等要求。对于 IGBT、MOSFET 等功率半导体器件，谐振电流应在容忍度范围内；对于电容器等被动器件，谐振电流引起的温升不得超过器件的额定温升值。谐振电流的测量需使用高精度谐振分析仪和纯净的交流电源，按照规范步骤进行测试，并记录各频段谐振的幅值、频率和相位等数据。

对 Y 电容的要求是由于移动动力增程器的电机控制器与驱动系统的电机控制器并联，每个电机控制器的 Y 电容应具有相似的容量和特性，确保系统中的电容参数一致，避免电流分布不均匀导致系统不稳定。并联后的 Y 电容应满足 GB18384 中的相关要求，在最大工作电压时存储电量不得大于 0.2J。

在高压故障保护方面，其目的是确保系统在发生故障时能够安全运行。高压系统应具备自保护功能，以应对电控过压、过温、过流和增压器超速等问题。故障保护分为三个等级：1 级故障表示系统降功率状态，存在轻微问题但持续运行有潜在风险；2 级故障表示系统停车状态，传感器部分失效或温度超过保护值；3 级故障表示最严重的故障，如母线电压过高或高压绝缘故障，需立即停车并断开高压系统，所有警示灯持续亮起。

最后，发电机控制要求中，启动发动机时需确保动力电池启动功率足够，避免损坏动力电池，并且启动条件要足够安全，避免在维修过程中非预期启动引发高压问题。高压保护方面，需考虑电池的持续和瞬时充放电能力，避免过充和过放导致的损坏。当高压系统损坏需要启动发动机检修时，发动机控制转速产生的反电动势不得超过母线的额定电压。

5、存储、维护、标识和运输要求

本部分主要包括移动动力增程器在存储、维护、标识、运输方面的要求。

在存储方面，应确保增程器被放置在干燥、通风良好的环境中，避免阳光直射和极

端温度影响。此外，需使用适当的遮盖物来防止灰尘和潮气的侵入，并定期检查存储环境以排除潜在的安全隐患。

在维护方面，应根据维护手册定期进行保养，检查零部件的磨损和清洁增程器的外观。需定期检查燃油、润滑油等液位，及时补充或更换，并对电池进行适当的维护和充电管理。

对于标识，增程器的基本信息（如制造商名、增程器名称及商标、生产日期或生产编号、主要技术参数等）应在显著位置标注。此外，危险部位需要使用警示标志，如触电、高温、易燃气体或液体、腐蚀性介质、有毒介质等，特别是高电压部件，应设置“当心触电”警告标志，并注明必要的安全操作提示。为了提高安全性和操作准确性，增程器的系统部件标识应明确，例如燃料加注口应有燃料标识，高压线路及部件周围应有高压标识。所有警示标识应清晰可见，并符合国家或行业标准。

在运输方面，应防止产品在运输过程中受到剧烈震动、撞击或倒放，需根据运输规定采取相应的包装和保护措施，如使用专用的干燥容器进行密封包装，避免与易燃易爆、有腐蚀性的物品混装运输，并防止运输过程中外界水分的吸入。运输和装卸应按照危险货物运输规定进行，操作时应轻装轻卸，远离热源和火种。

三、采用国际标准和国外先进标准情况

本标准未采用国际和国外标准，不涉及国际国外标准采标情况。

四、主要关键指标及试验验证情况

根据国内外相关研究调研，确定了谐振电流作为主要技术指标，其试验方法及标准要求如下：

直流母线上的谐振电流应满足与母线连接的电力电子器件的多方面的要求，包括但不限于谐振电流容忍度、温升、寿命、电磁兼容性等。要求如下：

a) 对于 IGBT、MOSFET 等功率半导体器件，谐振电流在不同的电流和工作范围内，应满足器件规格书中的容忍度的数值要求；

b) 对于电容器等被动器件，其耐受谐振电流的能力取决于其额定电流和绝缘特性。另外，谐振电流引起的器件温升不得超过器件的额定温升值，以确保器件在正常工作温度下稳定运行；

c) 器件的设计寿命应满足系统的使用寿命要求，应进行寿命测试和模拟计算；

d) 器件在谐振电流环境下应维持其设计的性能指标，如导通压降、开关速度等。

谐振电流测量试验设备要求如下：

a) 谐振分析仪：用于测量和分析谐振电流的设备，应具备高精度、宽频带和强运算能力等特点。

b) 交流电源：为试验提供稳定的交流电源，输出电力应无杂质、无噪声，能够提供稳定且高品质的电力，确保试验结果的准确性。

谐波电流测量试验步骤如下：

a) 准备阶段：

检查并校准试验设备，确保设备状态良好；搭建试验平台，连接谐振分析仪和交流电源，以及待测试的样件；

b) 设置参数：

根据具体需求设置测试仪器的采样频率，以确保能够捕捉到各频段谐振信号；设定需要测试的谐振频率范围；

c) 开始试验：

启动交流电源，为待测试的样件供电；启动谐振分析仪，开始测量和分析样件中的谐振电流；

d) 数据记录:

实时记录测量的数据, 包括各频段谐振的幅值、频率和相位等。
直流母线上的谐振电流会产生额外的热量, 计算方法见公式(1)。

$$Q = \int_0^t (I(t) - \bar{I}(t))^2 \times R dt \quad (1)$$

Q ——谐振电流产生的热量, 单位为焦 (J);

$I(t)$ ——直流母线瞬时电流值, 单位为安 (A);

$\bar{I}(t)$ ——直流母线瞬时直流分量, 单位为安 (A);

R ——系统等效电阻, 单位为欧 (Ω);

t ——时间, 单位为秒 (s)。

五、与现行法律、法规和政策及相关标准的协调性

本标准内容符合国家现行法律、法规要求, 并与参照采用的相关标准、管理办法有一定的对应关系。

六、贯彻标准的要求和措施建议

建议标准发布后, 中国汽车工业协会可组织起草单位编写标准宣贯出版物、开展专题标准培训等活动, 更好地推动本标准的具体实施工作。

七、其他需要说明的事项

本标准不涉及科技成果转化、专利处置、标准差异性分析等。