

国家标准

往复式内燃机电控单元高温寿命试验方法

编 制 说 明

（征求意见稿）

《往复式内燃机电控单元高温寿命试验方法》编制组

二〇二五年八月

《往复式内燃机电控单元高温寿命试验方法》 编制说明 (征求意见稿)

一、 工作简况

1. 任务来源

本标准系根据国家标准化管理委员会2024年12月3日下发国标委发〔2024〕53号文《国家标准化管理委员会关于下达2024年第九批推荐性国家标准计划及相关标准外文版计划的通知》的要求制定，计划编号为20243382-T-604，项目名称为《往复式内燃机电控单元高温寿命试验方法》。主要起草单位：潍柴动力股份有限公司、上海机动车检测认证技术研究中心有限公司。项目周期：18个月。

2. 主要工作过程

1) 起草阶段

2025年1月，项目下达后，组织成立了标准编制组。标准起草过程中，由潍柴动力股份有限公司牵头完成本标准的制定工作。

2025年3月11日，潍柴动力股份有限公司组织了线上第一次标准起草工作组讨论会议，对标准的范围、框架、主要内容进行了讨论。达成意见如下：修改英文标题；增加试验允许偏差要求；增加试验流程图；添加报告模板。

2025年4月10日，在山东省济南市组织召开了第二次起草工作组讨论会，对标准内容的修改情况做了集中讨论，会上对标准起草组讨论稿做了逐字逐句的讨论、修改和完善。达成意见如下：修改温度参考点章节描述；增加阿伦尼斯公式常数描述；修改测量间隔时间。

2025年7月29日，在山东省潍坊市组织召开了第三次起草工作组讨论会，对标准内容的修改情况做了集中讨论，会上对标准起草组讨论稿做了逐字逐句的讨论、修改和完善。达成意见如下：增加样本数量与试验延长系数关系描述；删除耐电压试验；增加工作循环模式说明。

2) 征求意见阶段

标准工作组根据意见和建议完成标准征求意见稿及编制说明，于2025年8月提交至全国内燃机可靠性分技术委员会秘书处。

3) 审查阶段

4) 报批阶段

二、 标准编制原则和主要技术内容

1. 标准编制原则

本标准按照 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》的要求起草。在编写过程中，参考国内外一流内燃机制造企业相关企业标准和技术资料，同时结合国内电控单元研发、试验的实际情况，综合考虑安全性能、可靠性及经济性，使本标准更科学、规范、具可操作性，并与内燃机行业的同类相关标准保持横向协调。

本文件从范围、规范性引用文件、术语和定义、一般要求、试验准备、试验方法、试验后功能检查及试验报告等八个大方面进行了明确规定，其中试验准备规定了全生命周期平均温度、高温寿命试验温度、试验时间、样本数量及工作循环模式等五个方面的技术要求。本文件在编写中收集和查阅了国内外同行企业的产品图样、内部标准和相关技术资料，在分析对比的基础上进行编制。本文件的发布实施将极大促进往复式内燃机电控单元产业的发展。

2. 主要技术内容

本文件规定了往复式内燃机电控单元高温寿命试验的试验条件、试验准备、试验方法、试验后功能检查和试验报告的要求。

本文件适用于往复式内燃机电控单元高温寿命试验。

3. 解决的主要问题

3.1 涉及的产品、行业地位

内燃机是热效率最高、全生命周期碳排放低、使用方便、耐久性好、应用最为广泛的动力机械，是当今世界公认的装备制造业投资发展的重点。可靠性是评价内燃机产品的重要指标，是产品品质的重要体现，也是未来市场竞争的焦点。它直接影响着配套机械的可靠性，也影响着我国内燃机工业的可持续发展。2021年7月中国内燃机工业协会印发的《内燃机产业高质量发展规划（2021-2035）》的重点任务中，指出“推动内燃机软硬件体系架构规范”、“重点突破新一代智能控制器软硬件架构设计与高可靠性技术”，并提出“2025年自主智能控制器达到国际先进，2030年达国际领先”的期望。2023年6月，工业和信息化部等五部门联合印发了《制造业可靠性提升实施意见》，再次强调了“可靠性国际领先”的目标。

电控单元作为发动机电子控制系统的核心组成部分，负责控制各种功能和操作，对于优化发动机性能、减少排放以及延长发动机寿命等方面都具有重要作用，是现代内燃机技术中不可或缺的一部分。提高电控单元的可靠性，提升自主关键零部件竞争力，是确保内燃机高质量发展的重要举措。

3.2 本标准的作用

1) 突破关键核心技术，实现自主可控。

内燃机电控单元软硬件核心技术长期被国外垄断，技术壁垒高，自主化难度大，属于典型的“卡脖子”技术。随着内燃机应用领域范围加大，相关企业对于内燃机的需求量也正逐年增加。据中国内燃机工业协会数据统计，近五年来内燃机年总销量均超过4000万台，2021年更是高达5047.36万台。但在如此高需求的大环境下，我国自主电控单元的配套率却不足30%，不免暴露出一系列的行业痛点问题。这其中，导致自主研发企业丧失市场竞争力的重要影响因素之一就是“长期稳定工作能力较国际一流企业差”。为此确保电控单元全生命周期可靠性，以提高我国内燃机电控单元产品的市场竞争力至关重要，应尽快开展其失效物理、寿命试验等技术的研究和成果转化工作，形成内燃机电控单元可靠性试验标准以供全行业遵循。

2) 提升内燃机质量与可靠性水平。

自2011年起，我国已相继颁布多项政策支持内燃机及配件制造业的发展，对于内燃机的可靠性更是有着明确的要求，如非道路移动机械用高可靠性、低排放、低能耗的内燃机：寿命指标（重型8000~12000小时，中型5000~7000小时，轻型3000-4000小时）。电控单元作为内燃机的重要组成部分，其全生命周期的可靠性对于内燃机的高效运行寿命至关重要。例如，某整车厂多车辆运行2万公里，出现巡航闯动现象。经失效分析确认为电控单元滤波电容性能衰减导致电流干扰变大，引起车速信号采集出现错误，导致巡航控制不稳定。在如今高算力、高精度性能需求的大环境下，即便是毫伏级的电信号偏差，也会对内燃机的性能安全造成严重影响。

本文件首次提出电控单元全流程高温寿命试验方法，能够验证出一些特定的“时间特性”缺陷，通过寿命试验，筛选出性能优异、质量可靠的内控单元产品。基于多年对内燃机电控单元不同应用领域（道路、非道路等）的路谱数据分析拟合，总结了高温寿命试验过程中电控单元的工作循环模式；结合失效案例，构建电控单元失效案例库，对失效数据进行原因定位总结，提出试验后检查项目，保证试验的一致性和可信性。确保电控单元在长时间、高负荷运行过程中的稳定性和可靠性，从而提升内燃机的性能表现和使用寿命，减少因故障导致的维修及更换成本。提升我国内燃机产业在国际市场的竞争力，推动产业健康发展。

3) 推动内燃机产业绿色发展。

2021年国务院印发《2030年前碳达峰行动方案》，指出要“确保交通运输领域碳排放增长保持在合理区间”，“降低交通基础设施全生命周期碳排放”。内燃机每年消耗我国石油的60%以上，并排放56%的NO_x污染物以及9.8%的CO₂温室气体。为满足日益严格排放法规，降低CO₂排放，智能控制技术是内燃机技术创新发展的方向，是推动内燃机技术进步的主要动力。电控单元是内燃机高效、低排放运行的关键部件。通过优化电控单元的性能和寿命，可以进一步提高内燃机的燃油经济性，减少有害物质的排放，有利于环境保护和可持续发展。

3.3 本标准的创新点

1) 首次提出往复内燃机电控单元高温寿命试验的一般要求和技术规格,规定了高温寿命试验的环境条件以及试验设备的参数规格,对往复内燃机电控单元产品生产企业组织产品研发、生产、主机配套提供了行业规范性的要求,解决了本行业相关企业往复内燃机电控单元高温寿命验证结果不一致的问题。

2) 首次提出往复内燃机电控单元高温寿命试验的温度要求。提出采用步进温度应力试验验证电控单元的高温极限温度,提出了样本数量与试验结果置信度和电控单元可靠度的关系,提出了试验时间与样本数量的关系,解决了现有电控单元高温寿命试验验证置信度低或样本数量不足的问题,使往复内燃机电控单元产品作为单独的产品具有独立的输出特性指标。

3) 创新性提出往复内燃机电控单元高温寿命试验的试验方法。规定了高温寿命试验的运行时间要求,规定了电控单元试验的工作模式要求,规定了试验中检测时间点的要求,解决了当前行业对于高温寿命试验方法验证不一致,节约了高温寿命试验所需要的时间资源。

三、主要试验(或验证)的情况

本文件提出的电控单元的可靠性试验方法是结合多年来积累的电控单元历史失效数据进行原因定位及总结,形成的电控单元高温寿命试验方法,并大量参考国内外同行企业内部标准、技术资料及往复内燃机系统实际匹配、试验、标定、测试及行业装车试验验证结果等归纳总结出来,具备较强的实用性和可操作性。规定的试验后检查项目,能够有效解决当前行业内对于电控单元高温寿命的验证不一致、验证不充分问题,使电控单元产品作为单独的产品具有独立的试验规范。

主要试验项目有如下:

1) 根据电控单元在各细分市场应用领域的生命周期数据,确定全生命周期平均温度。利用步进应力方式确定电控单元高温工作极限,并结合阿伦尼斯温度应力模型确定试验时间。

2) 构建工作循环模式进行高温寿命试验,并设计 1-4-7 测量间隔时间进行实时工作状态检测,避免无效试验。

3) 提出试验后功能检查项目,包括五点功能、防护等级、耐电压及漏电流等测试,确认电控单元寿命试验结果。

四、标准涉及专利情况说明

本标准不涉及专利等知识产权问题。

五、预期达到的社会效益、对产业发展的作用等情况

1) 提升产品可靠性:全面检测电控单元的耐久性,确保电控单元在长时间、高负荷运行过程中的稳定性和可靠性,从而提升内燃机的性能表现和使用寿命,减少因故障导致的维修及更换成本。

2) 促进技术创新:推动企业和研究机构加大研发投入,加快技术创新步伐,推动内燃机产业向高端化、智能化方向发展。

3) 增强产业竞争力:通过寿命试验,筛选出性能优异、质量可靠的电控单元产品,提升内燃机整机的性能和品质,提升我国内燃机产业在国际市场的竞争力,推动产业健康发展。

4) 资源节约与环保:电控单元是内燃机高效、低排放运行的关键部件。通过优化电控单元的性能和寿命,可以进一步提高内燃机的燃油经济性,减少有害物质的排放,有利于环境保护和可持续发展。

六、与国际、国外对比情况

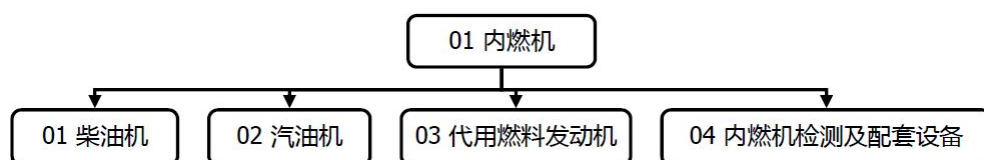
本标准没有采用国际标准。

本标准在制定过程中未查到同类国际、国外标准。

本标准为国内先进水平。

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

1.本专业领域的标准体系框架图如下:



本标准属于内燃机专业领域标准体系中“内燃机”大类。

2.本标准与现行相关法律、法规、规章及相关标准协调一致。

本标准在制定过程中充分考虑了与现行相关法律、法规、规章及相关标准的一致性。

八、重大分歧意见的处理经过和依据

无重大分歧。

九、标准性质的建议

建议为推荐性标准。

十、贯彻国家标准的要求和措施建议

本文件批准发布后，建议通过标准宣贯会、标委会及行业机构利用《内燃机标准化》等各种杂志、内燃机标准审查会、标准网年会、行业会议等宣传载体，积极宣传贯彻本文件，各内燃机混合动力系统研发、生产企业和相关主机厂及时采用本文件或按照本文件的规定和要求，对内部企业标准（或技术文件）进行制修订，提高混合动力系统的安全性，推进混合动力系统的发展，促进节能减排，寻求最大的经济、社会效益。

建议本文件发布后 6 个月实施。

十一、废止现行有关标准的建议

无。

十一、其他应予说明的事项

无。

《往复式内燃机电控单元高温寿命试验方法》编制组
2025 年 8 月