

团 体 标 准

T/CSICE 033.7-2025

柴油发动机电控单元 第 7 部分：硬件验证

Diesel engine electronic control unit—Part 7: Hardware verification

2025-12-26 发布

2025-12-26 实施

中国内燃机学会 发布

目 次

前言 III

引言 IV

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 试验条件 1

5 试验工况 2

6 试验方法 2

6.1 环境适应性试验 2

6.1.1 试验概述 2

6.1.2 低温试验 2

6.1.3 高温试验 3

6.1.4 温度梯度试验 3

6.1.5 带电温度循环试验 3

6.1.6 温度冲击试验 3

6.1.7 盐雾试验 3

6.1.8 湿热循环试验 3

6.1.9 稳态湿热试验 3

6.1.10 振动试验 3

6.1.11 机械冲击试验 3

6.1.12 外壳防护试验 3

6.1.13 耐久试验 3

6.2 电气负荷试验 3

6.2.1 试验概述 3

6.2.2 直流供电电压试验 4

6.2.3 过电压试验 4

6.2.4 叠加交流电压试验 4

6.2.5 供电电压缓降和缓升试验 4

6.2.6 供电电压瞬态变化试验 4

6.2.7 反向电压试验 4

6.2.8 开路试验 4

6.2.9 短路保护试验 4

6.3 电磁兼容性试验 4

6.3.1 试验概述 4

6.3.2 传导发射试验 4

6.3.3 辐射发射试验..... 5

6.3.4 沿电源线的瞬态抗扰度试验..... 5

6.3.5 沿信号线的瞬态抗扰度试验..... 5

6.3.6 辐射抗扰度试验..... 5

6.3.7 静电放电..... 5

7 判定依据..... 5

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。

T/CSICE 033-2025《柴油发动机电控单元》已经或计划发布7个部分。

- 第1部分：需求开发。
- 第2部分：应用软件开发。
- 第3部分：基础软件开发。
- 第4部分：硬件设计。
- 第5部分：软件集成。
- 第6部分：软件测试。
- 第7部分：硬件验证。

本文件为T/CSICE 033-2025的第7部分。

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。

本文件由中国内燃机学会标准管理部提出。

本文件由中国内燃机学会归口。

本文件起草单位：潍柴动力股份有限公司、济南汽车检测中心有限公司、中国重型汽车集团有限公司、南岳电控（衡阳）工业技术股份有限公司、招商局检测车辆技术研究院有限公司、潍柴雷沃（潍坊）农业装备有限公司、潍坊内燃机质量检验中心有限公司。

本文件主要起草人：高鑫、刘建飞、刘兴义、王国强、张文超、张硕、康见见、吴速超、皮耀、李泉明、尹慧琼、王加林、荣超、赵元星。

本文件于2025年首次发布。

引 言

T/CSICE 033-2025《柴油发动机电控单元》是指导柴油发动机电控单元如何自上而下进行正向开发。它涉及柴油发动机电控单元开发的原则、流程、设计、集成和验证的行业标准，由7个部分组成。

- 第1部分：需求开发。
- 第2部分：应用软件开发。
- 第3部分：基础软件开发。
- 第4部分：硬件设计。
- 第5部分：软件集成。
- 第6部分：软件测试。
- 第7部分：硬件验证。

T/CSICE 033-2025的第1部分规定了柴油发动机电控单元需求开发的术语和定义、一般要求和需求开发过程要求。第2部分规定了柴油发动机电控系统中基于模型的应用软件开发流程的要求。第3部分规定了柴油发动机电控单元中基础软件的技术指标及开发过程。第4部分规定了柴油发动机电控单元中硬件需求说明、架构设计、元器件及芯片选型、电路原理图设计和印刷电路板（PCB）设计需要遵循的基本指导方法和规则。第5部分规定了柴油发动机电控单元中软件集成的技术要求及实施步骤。第6部分规定了柴油发动机电控单元系统测试过程的要求。第7部分规定了柴油发动机电控单元硬件验证过程中试验条件、试验工况、试验方法及判定依据的要求。

柴油发动机电控单元 第7部分：硬件验证

1 范围

本文件规定了柴油发动机电控单元硬件验证过程中试验条件、试验工况、试验方法及判定依据的要求。

本文件适用于柴油发动机电控单元的硬件验证。

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/T 2423.2 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验B：高温

GB/T 18655-2018 车辆、船和内燃机 无线电骚扰特性 用于保护车载接收机的限值 and 测量方法

GB/T 19951 道路车辆 电气/电子部件对静电放电抗扰性的试验方法

GB/T 21437.2-2021 道路车辆 电气/电子部件对传导和耦合引起的电骚扰试验方法 第2部分：沿电源线的电瞬态传导发射和抗扰性

GB/T 21437.3-2021 道路车辆 电气/电子部件对传导和耦合引起的电骚扰试验方法 第3部分：对耦合到非电源线电瞬态的抗扰性

GB/T 28046.1-2011 道路车辆 电气及电子设备的环境条件和试验 第1部分：一般规定

GB/T 28046.2-2019 道路车辆 电气及电子设备的环境条件和试验 第2部分：电气负荷

GB/T 28046.3-2011 道路车辆 电气及电子设备的环境条件和试验 第3部分：机械负荷

GB/T 28046.4-2011 道路车辆 电气及电子设备的环境条件和试验 第3部分：气候负荷

GB/T 30038-2013 道路车辆 电气电子设备防护等级(IP代码)

GB/T 33014.2 道路车辆 电气/电子部件对窄带辐射电磁能的抗扰性试验方法 第2部分：电波暗室法

GB/T 33014.4 道路车辆 电气/电子部件对窄带辐射电磁能的抗扰性试验方法 第4部分：大电流注入(BCI)法

3 术语和定义

本文件没有需要界定的术语和定义。

4 试验条件

柴油发动机电控单元硬件验证可分为环境适应性试验、电气负荷试验和电磁兼容试验，其中：

- a) 每项试验开始前，均应按照本文件表1要求的工作模式5进行功能验证，确保产品试验前功能正常；

- b) 环境适应性试验每项试验的电控单元数量 ≥ 2 ，电气负荷试验单项试验电控单元数量 ≥ 1 ；
- c) 每个试验结束后均应按照表 1 要求的工作模式 5 进行功能验证，确保产品功能正常。

陪试品试验条件应符合下列规定：

- a) 使用输出电流能力大于电控单元浪涌电流的稳压电源，并采用 14 V（12 V 系统）或者是 28 V（24 V 系统）为电控单元供电；
- b) 电控单元应连接真实负载或与真实负载电气参数一致的负载模拟器；
- c) 使用信号模拟器为电控单元提供输入激励；
- d) 在给定输入信息条件下，能监控和记录电控单元所有输出信息（包含硬件、软件的采集值以及总线信息）；
- e) 自动定时改变给定输入信息，使电控单元工作在循环模式；
- f) 监控速率大于 100 Hz，并根据设定允许偏差自动标记和记录错误；
- g) 监控和记录（通过仪器直接测量或通过电控单元通讯总线上传）的输出信息至少包含技术规范中规定的电压、电阻、电流、时序（例如，高压共轨喷油器驱动的相位信号）及内部诊断信息。

5 试验工况

建立试验工况，模拟电控单元的下电休眠模式、启动模式、怠速模式、常规负荷模式、满负荷模式以及高怠速模式，用以模拟电控单元的电应力水平，工作模式定义规定见下表 1。除另有规定，环境适应性试验应按照规定的循环试验工况进行试验；电气负荷试验及电磁兼容试验采用工作模式 5。

表 1 内燃机电控单元工作模式定义

工作模式	描述
工作模式1	给定一组电控单元输入信息，使其所有的输出电信号工作在与发动机下电休眠时相同的电气负荷。
工作模式2	给定一组电控单元输入信息，使其所有的输出电信号工作在与发动机启动（仅上电）时相同的电气负荷。
工作模式3	给定一组电控单元输入信息，使其所有的输出电信号工作在与发动机低怠速时相同的电气负荷。
工作模式4	给定一组电控单元输入信息，使其所有的输出电信号工作在与发动机处于常规负荷点时相同的电气负荷。 常规负荷点的确定应满足关系： 常规负荷点转速=0.75×低怠速模式转速+0.35×高怠速模式转速 确定电控单元常规负荷点转速后，其余输入信息应满足与常规负荷点转速相匹配的工作模式。
工作模式5	给定一组电控单元输入信息，使其所有的输出电信号工作在与发动机处于满负荷点时相同的电气负荷。
工作模式6	给定一组电控单元输入信息，使其所有的输出电信号工作在与发动机高怠速时相同的电气负荷。

6 试验方法

6.1 环境适应性试验

6.1.1 试验概述

环境适应性试验应至少包含6.1.2~6.1.13所规定的试验，其余试验项目可与产品订购方协商确定。

6.1.2 低温试验

低温试验应在-40℃下进行，试验方法按GB/T 28046.4-2011中5.1.1的规定。

6.1.3 高温试验

当控制器安装于发动机本体时，高温试验应在105℃下进行；当控制器安装于车架或驾驶室内时，高温试验应在85℃下进行。试验方法按GB/T 28046.4-2011中5.1.2的规定。

6.1.4 温度梯度试验

温度梯度试验按GB/T 28046.4-2011中5.2的规定进行，最高温度、最低温度应与6.1.1、6.1.2一致。

6.1.5 带电温度循环试验

带点温度循环试验按GB/T 28046.4-2011中5.3.1的规定进行，最高温度、最低温度应与6.1.1、6.1.2章节一致，循环数应不小于100循环。

6.1.6 温度冲击试验

温度冲击试验按GB/T 28046.4-2011中5.3.2的规定进行，最高温度、最低温度应与6.1.1、6.1.2章节一致，循环数应不小于200循环。

6.1.7 盐雾试验

盐雾试验按GB/T 28046.4-2011中5.5的规定进行。对于应用场景为船舶的控制器，试验应按照中国船级社发布的电气电子产品型式认可试验指南中盐雾试验Kb的要求进行。

6.1.8 湿热循环试验

湿热循环试验按GB/T 28046.4-2011中5.6的规定进行，循环数不小于10次。

6.1.9 稳态湿热试验

湿热循环试验按GB/T 28046.4-2011中5.7的规定进行，试验时间不小于21天。

6.1.10 振动试验

当控制器安装于发动机本体或变速箱时，振动试验按GB/T 28046.3-2011中4.1.2.6的规定进行，每个方向振动时间不小于70 h；当控制器安装于车架时，振动试验按GB/T 28046.3-2011中4.1.2.7的规定进行，每个方向振动时间不小于32 h。

6.1.11 机械冲击试验

振动试验按GB/T 28046.3-2011的规定进行，加速度 500 m/s^2 ，每个方向冲击不小于10次。

6.1.12 外壳防护试验

外壳防护试验按GB/T 30038的规定进行，防护等级不低于IP6K7。

6.1.13 耐久试验

耐久试验应参考GB/T 2423.2，试验时间不小于1000 h。

6.2 电气负荷试验

6.2.1 试验概述

电气负荷试验应至少包含6.2.2~6.2.9所规定的试验，其余试验项目可与产品订购方协商确定。

6.2.2 直流供电电压试验

直流供电电压试验按GB/T 28046.2-2019中4.2的规定进行，功能状态达到GB/T 28046.1-2011中定义的A级。其中，12 V系统应至少满足代码C的要求；24 V系统应至少满足代码E的要求。若电控单元在使用过程中外接主继电器，应按使用情况将主继电器作为陪试品进行试验。

6.2.3 过电压试验

过电压试验按GB/T 28046.2-2019中4.3的规定进行，功能状态达到GB/T 28046.1-2011定义的A级。

6.2.4 叠加交流电压试验

叠加交流电压试验按GB/T 28046.2-2019中4.4的规定进行，严酷度等级不低于2级，功能状态达到GB/T 28046.1-2011定义的A级。

6.2.5 供电电压缓降和缓升试验

供电电压缓降和缓升试验按GB/T 28046.2-2019中4.5的规定进行。在6.2.2定义的供电电压范围内，功能状态达到GB/T 28046.1-2011定义的A级；低于正常供电电压的范围内，功能状态达到GB/T 28046.1-2011定义的C级。

6.2.6 供电电压瞬态变化试验

供电电压瞬态变化试验按GB/T 28046.2-2019中4.6的规定进行，功能状态达到GB/T 28046.1-2011定义的C级。

6.2.7 反向电压试验

反向电压试验按GB/T 28046.2-2019中4.7的规定进行，恢复正常连接后，功能状态达到GB/T 28046.1-2011定义的A级。

6.2.8 开路试验

开路试验按GB/T 28046.2-2019中4.9的规定进行，功能状态达到GB/T 28046.1-2011定义的C级。

6.2.9 短路保护试验

短路保护试验按GB/T 28046.2-2019中4.10的规定进行，功能状态达到GB/T 28046.1-2011定义的C级。

6.3 电磁兼容性试验

6.3.1 试验概述

电磁兼容试验应至少包含6.3.2~6.3.7所规定的试验，其余试验项目可与产品订购方协商确定。

6.3.2 传导发射试验

传导发射试验按GB/T 18655-2018中6.3的规定进行，试验限值应至少满足等级3的要求。

6.3.3 辐射发射试验

辐射发射试验按GB/T 18655-2018中6.5的规定进行，试验限值应满足等级3的要求。

6.3.4 沿电源线的瞬态抗扰度试验

沿电源线的瞬态抗扰度应符合GB/T 21437.2-2021附录A的规定，试验严酷度等级满足等级IV的要求。

6.3.5 沿信号线的瞬态抗扰度试验

沿信号线的瞬态抗扰度试验应符合GB/T 21437.3-2021附录B的规定，试验严酷度等级满足等级IV的要求。

6.3.6 辐射抗扰度试验

辐射抗扰度试验中电波暗室法应符合GB/T 33014.2的规定，试验严酷度等级至少应满足等级3的要求；大电流注入法应符合GB/T 33014.4的规定，试验严酷度等级至少应满足等级3的要求。两种试验方法均需进行试验。

6.3.7 静电放电

静电放电应符合GB/T 19951的规定，试验严酷度等级满足等级4的要求。

7 判定依据

功能测试判定依据如表2所示，当测试偏差超出允许偏差时，判定控制器不合格。

表 2 测试参数偏差

参数	测试参数偏差
主电源	试验前后浪涌电流、泄露电流波形无变化
传感器/执行器供电	额定输出电压的±5%
模拟量采集	满量程的±5%
内部监控模拟量	满量程的±5%
数字量	状态不允许跳变
频率输入	输入周期的±5%、输入占空比的±5%
高边输出	工作电压的±5%
高、低边驱动	驱动状态不允许跳变
PWM 驱动	驱动周期的±5%、驱动占空比的±5%
EEPROM	功能不受影响
故障诊断	试验前后无新的故障码报出

参 考 文 献

- [1] 电气电子产品型式认可试验指南-2024
-

