

JB

中华人民共和国机械行业标准

JB/T XXXXX—XXXX

内燃机电控单元可靠性试验方法

Internal combustion engine electronic control unit reliability test method

(点击此处添加与国际标准一致性程度的标识)

(征求意见稿)

(本草案完成时间：2025.5.12)

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。

XXXX—XX—XX 发布

XXXX—XX—XX 实施

中华人民共和国工业和信息化部 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 符号 1

5 试验条件 2

 5.1 环境要求 2

 5.2 试验设备 2

6 试验方法 2

 6.1 一般要求 2

 6.2 环境适应性试验 3

 6.3 电气负荷试验 4

 6.4 电磁兼容性试验 5

7 试验判定依据 6

 7.1 环境适应性试验 6

 7.2 电气负荷性试验 6

 7.3 电磁兼容性试验 6

8 试验报告 7

附录 A（规范性） 工作循环模式建立 8

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。

本文件由中国机械工业联合会提出。

本文件由全国内燃机标准化技术委员会（SAC/TC177）归口。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

内燃机电控单元可靠性试验方法

1 范围

本文件规定了内燃机电控单元可靠性的试验条件、试验方法、判定依据和试验报告要求。
本文件适用于内燃机电控单元的可靠性试验。

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 2423.5 环境试验 第2部分：试验方法 试验Ea和导则：冲击

GB/T 2423.18 环境试验 第2部分：试验方法 试验Kb：盐雾，交变(氯化钠溶液)

GB/T 2423.22-2012 环境试验 第2部分：试验方法 试验N：温度变化

GB/T 2423.34 环境试验 第2部分：试验方法 试验Z/AD：温度/湿度组合循环试验

GB/T 2423.56 环境试验 第2部分：试验方法 试验Fh：宽带随机振动和导则

GB/T 4208 外壳防护等级（IP代码）

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 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：对耦合到非电源线的电瞬态的抗扰性

GB/T 28046.1 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4部分：气候负荷

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

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

五点功能试验 5-point functional/parametric check

分别在 (T_{\min}, U_{\min}) 、 (T_{\min}, U_{\max}) 、 $(T_{\text{room}}, U_{\text{nom}})$ 、 (T_{\max}, U_{\min}) 、 (T_{\max}, U_{\max}) 五个温度及电压的组合环境下，依据需求规格书对组件进行的全功能性测试。

4 符号

下列符号适用于本文件。

T_{\min} ——电控单元温度许用下限；

T_{\max} ——电控单元温度许用上限；

T_{room} ——室温；

U_{\min} ——电控单元工作电压许用下限；

U_{\max} ——电控单元工作电压许用上限；

U_{nom} ——电控单元正常工作电压；

T_c ——温度变化速率。

5 试验条件

5.1 环境要求

试验应满足表1规定的环境参数和允许偏差要求。

表1 环境参数和允许偏差

参数类型	参数和允许偏差
室温	(23±3) °C
环境温度	±3 °C
温度变化速率	1 °C/min
测试时间	±0.5%
供电电压	±0.1 V
相对湿度	±5%RH
自由加速度 (GRMS)	±15%
加速度 (G)	±15%

5.2 试验设备

5.2.1 数据采集设备

数据采集设备应符合下列规定：

- 能持续监控和记录电控单元输入输出信息，包括硬件、软件的采集值以及总线信息等；
- 采集频率大于 100 Hz，并能够自动标记和记录超出允许偏差（见表 2）的数据；
- 试验期间，每次测试均应使用同一采集设备。如更换时，需经过计量保证测试精度。

表2 采集数据允许偏差/要求

参数类型	允许偏差/要求
电压	±5%
电阻	±5%
时序	符合技术规范要求
电流	±5%
信息存储单元	正常读写
内部故障诊断	试验前后无新的故障码

5.2.2 负载模拟器

负载模拟器应符合下列规定：

- 稳压电源输出电流能力大于电控单元浪涌电流，并采用 14 V（12 V 系统）或 28 V（24 V 系统）为电控单元供电；
- 连接真实负载装置，或与真实负载电气参数一致的模拟负载；
- 使用信号模拟器为电控单元提供输入激励。其中，输入激励的偏置条件在规定值的±1%以内，频率和占空比的允许偏差在规定值的±1%以内。

6 试验方法

6.1 一般要求

电控单元可靠性试验应包含环境适应性试验、电气负荷性试验、电磁兼容性试验。若产品订购方认为必要，可以增加或删减某些附加试验项目。环境适应性试验单项试验的电控单元数量应不少于2块，电气负荷试验单项试验、电磁兼容性试验单项试验电控单元数量应不少于1块。

试验前应制定合适的试验方案，确定试验项目、类型、组合及单独试验的顺序。工作模式的建立参考附录A。

6.2 环境适应性试验

6.2.1 试验项目

环境适应性试验项目对应的试验方法和试验工况应符合表3的要求。

表3 环境适应性试验项目

试验项目	试验方法	试验工况
低温贮存试验	应符合GB/T 28046.4-2011中5.1.1.1的规定	工作模式1
低温运行试验	应符合GB/T 28046.4-2011中5.1.1.2的规定	工作循环模式
低温启动试验	应符合本文件6.2.2.1的规定	工作模式4
高温贮存试验	应符合GB/T 28046.4-2011中5.1.2.1的规定	工作模式1
高温运行试验	应符合GB/T 28046.4-2011中5.1.2.2的规定	工作循环模式
高温报警试验	应符合本文件6.2.2.2的规定	工作循环模式
五点功能试验	应符合本文件6.2.2.3的规定	工作循环模式
规定转换时间的快速温度变化试验	应符合GB/T 2423.22-2012中7的规定	工作循环模式
规定变化速率的温度变化试验	应符合GB/T 2423.22-2012中8的规定	工作循环模式
湿热循环试验	应符合GB/T 2423.34的规定	工作循环模式
振动试验	应符合GB/T 2423.56的规定	工作循环模式
冲击试验	应符合GB/T 2423.5的规定	工作模式1
自由跌落试验	应符合GB/T 28046.3-2011中4.3的规定	工作模式1
盐雾试验	应符合GB/T 2423.18的规定	工作模式1
外壳防护试验	应符合GB/T 4208中的13.6.2/14.2.7规定	工作模式1

6.2.2 试验内容

环境适应性试验项目方法应按照对应的标准要求执行，其中低温启动试验、高温报警试验及五点功能试验应满足6.2.2.1~6.2.2.3的要求。

6.2.2.1 低温启动试验

低温启动试验方法如下：

- 将电控单元放置在 T_{room} 环境中。降低温度至 T_{min} 后，保持 24 h；
- 激活电控单元并持续运行 1 h，期间持续监控/记录电控单元输出信息。

6.2.2.2 高温报警试验

过温报警试验方法如下：

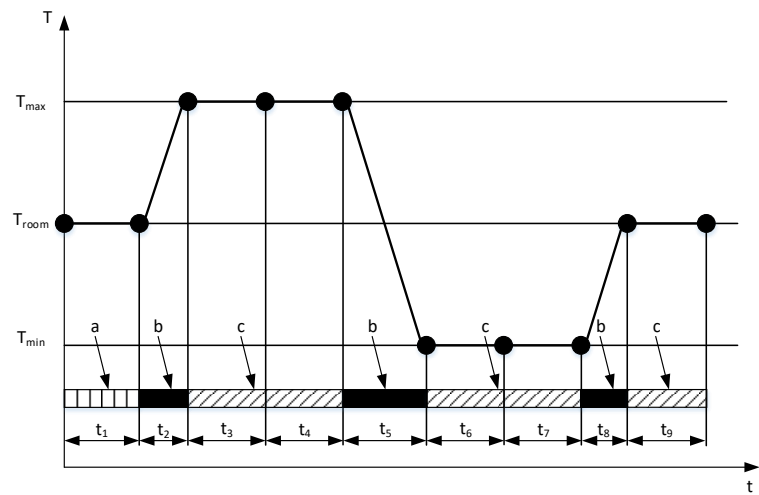
- 将电控单元放置在 T_{room} 环境中，升高温度至 T_{max} 后，保持 2 h；
- 将温度升高至 $(T_{max}+5)^\circ\text{C}$ ，激活电控单元全部部件功能并在每个温度点持续运行 1 h，期间持续监控/记录电控单元输出信息；
- 将温度降低至 $(T_{max}-5)^\circ\text{C}$ ，激活电控单元全部部件功能并在每个温度点持续运行 1 h，期间持续监控/记录电控单元输出信息；
- 步骤 b)~步骤 c)重复 5 次。

6.2.2.3 五点功能试验方法

五点功能试验示意图见图1，试验方法如下：

- 将电控单元放置在 T_{room} 环境中，激活电控单元并持续运行 0.5 h，期间持续监控/记录电控单元输出信息；

- b) 从 T_{room} 开始逐步增加温度至 T_{max} 温度点;
- c) 分别以 U_{min} 、 U_{max} 激活电控单元并持续运行 1 h，期间持续监控/记录电控单元输出信息;
- d) 从 T_{max} 开始逐步降低温度至 T_{min} 温度点;
- e) 分别以 U_{min} 、 U_{max} 激活电控单元并持续运行 1 h，期间持续监控/记录电控单元输出信息;
- f) 从 T_{min} 开始逐步升高温度至 T_{room} 温度点;
- g) 以 U_{nom} 激活电控单元并持续运行 1 h，期间持续监控/记录电控单元输出信息。



标引序号说明：
T——温度，℃；
t——时间，min；
a——满负荷模式；
b——下电休眠模式；
c——循环模式。

图1 五点功能试验示意图

表4 五点功能试验期间的温度、供电电压和持续时间

阶段	持续时间 [min]	温度 [℃]	供电电压
t_1	30	T_{room}	U_{nom}
t_2	—	从 T_{room} 到 T_{max}	—
t_3	60	T_{max}	U_{min}
t_4	60	T_{max}	U_{max}
t_5	—	从 T_{max} 到 T_{min}	—
t_6	60	T_{min}	U_{min}
t_7	60	T_{min}	U_{max}
t_8	—	从 T_{min} 到 T_{room}	—
t_9	60	T_{room}	U_{nom}

6.3 电气负荷试验

6.3.1 试验项目

电气负荷性试验项目对应的试验方法和试验工况应符合表5的要求。

表5 电气负荷性试验项目

试验项目	试验方法	试验工况
泄漏电流试验	应符合本文件6.3.2.1的规定	工作模式1
激活/下电循环耐久试验	应符合本文件6.3.2.2的规定	工作循环模式
限制电流供电试验	应符合本文件6.3.2.3的规定	工作循环模式
直流供电电压试验	应符合GB/T 28046.2-2019中4.2的规定	工作循环模式
过电压试验	应符合GB/T 28046.2-2019中4.3的规定	工作循环模式
叠加交流电压试验	应符合GB/T 28046.2-2019中4.4的规定	工作循环模式
供电电压瞬态变化试验	应符合GB/T 28046.2-2019中4.6的规定	工作循环模式
反向电压试验	应符合GB/T 28046.2-2019中4.7的规定	工作模式4
开路试验	应符合GB/T 28046.2-2019中4.9的规定	工作模式4
短路保护试验	应符合GB/T 28046.2-2019中4.10的规定	工作模式4

6.3.2 试验内容

环境适应性试验项目方法应按照对应标准执行，其中泄露电流试验方法、激活/下电循环耐久试验、限制电流供电试验应满足6.3.2.1~6.3.2.3要求。

6.3.2.1 泄漏电流试验方法

泄漏电流试验方法如下：

- a) 将电控单元连接至电压可调节电源，并将电源输出调整至 U_{nom} ；
- b) 将电控单元置于休眠模式；
- c) 使用测量设备（如万用表）测量电源的输出电流；
- d) 测量电流 10 s，并记录电压、电流数据。

6.3.2.2 激活/下电循环耐久试验方法

激活/下电循环耐久试验方法如下：

- a) 将电控单元连接至电压可调节电源，并将电源输出调整至 U_{nom} ；
- b) 测量电控单元工作电流波形，分别测量频率、最大值及平均值参数；
- c) 设置电源循环输出，通电时间 3 s/断电时间 7 s，每循环时间 10 s；
- d) 试验时间 24 h；
- e) 设置电源输出调整至 U_{nom} ，测量电控单元工作电流波形。

6.3.2.3 限制电流供电试验方法

限制电流供电试验方法如下：

- a) 将电控单元连接至电压可调节电源；
- b) 将电源输出调整至 U_{nom} ，设置电源最大输出电流为 1 A；
- c) 持续监控/记录电控单元输出信息；
- d) 以 1 A 的步长逐步放大电源最大输出电流，重复步骤 c)，直至电源最大输出电流达到 10 A。

6.4 电磁兼容性试验

电磁兼容性试验项目对应的试验方法和试验工况应符合表6的要求。

表6 电磁兼容性试验项目

试验项目	试验方法	试验工况
静电放电抗扰度试验	应符合GB/T 1951的规定	工作循环模式
瞬态抗扰性试验	应符合GB/T 21437.2-2021中4.4的规定	工作循环模式
耦合到非电源线电瞬态抗扰性试验	应符合GB/T 21437.3的规定	工作循环模式
大电流注入（BCI）试验	应符合GB/T 33014.4的规定	工作循环模式

7 试验判定依据

7.1 环境适应性试验

环境适应性试验应满足表7要求。

表7 环境适应性试验要求

序号	试验项目	功能状态要求
1	低温贮存试验	C级
2	低温运行试验	A级
3	低温启动试验	A级
4	高温贮存试验	C级
5	高温运行试验	A级
6	高温报警试验	高于温度许用上限，报出过温故障； 低于温度许用上限，无过温故障报出。
7	五点功能试验	A级
8	规定转换时间的快速温度变化试验	A级
9	规定变化速率的温度变化试验	C级
10	湿热循环试验	A级
11	振动试验	A级
12	冲击试验	C级
13	自由跌落试验	C级
14	盐雾试验	试验后应无肉眼可见的金属表面明显变质或腐蚀
注：功能状态要求来源于GB/T 28046.1-2011。		

7.2 电气负荷性试验

电气负荷性试验应满足表8要求。

表8 电气负荷性试验要求

序号	试验项目	功能状态要求
1	泄漏电流试验	C级，且试验过程中泄漏电流应小于1 mA
2	激活/下电循环耐久试验	C级
3	限制电流供电试验	C级
4	直流供电电压试验	A级
5	过电压试验	A级
6	叠加交流电压试验	A级
7	供电电压瞬态变化试验	A级
8	反向电压试验	C级
9	开路试验	C级
10	短路保护试验	C级
注：功能状态要求来源于GB/T 28046.1-2011；正常供电电压范围来源于GB/T 28046.2-2019中4.2.2。		

7.3 电磁兼容性试验

电磁性试验应满足表9要求。

表9 电磁兼容性试验要求

序号	试验项目	功能状态要求	
1	静电放电抗扰度试验	静电试验如需进行针脚静电测试，功能状态要求应为C级，其余测试均应满足A级。	
2	瞬态抗扰性试验	试验脉冲1	C级
		试验脉冲2a	A级
		试验脉冲2b	C级
		试验脉冲3a	A级
		试验脉冲3b	A级
3	耦合到非电源线电瞬态抗扰性试验	A级	
4	大电流注入（BCI）试验	A级	
注：功能状态要求来源于GB/T 28046.1-2011。			

8 试验报告

- 试验报告应包括但不限于以下内容：
- a) 试验负载电气参数；
 - b) 试验项目、类型、组合及单独试验的顺序；
 - c) 试验和测量设备的型号及精度；
 - d) 试验项目顺序及样件数量；
 - e) 各试验参数（如温度、电压或持续时间等）；
 - f) 监控参数的波动范围；
 - g) 失效电控单元的试验时间及失效模式（如有失效）；
 - h) 试验结论。

附 录 A
(规范性)
工作循环模式建立

对内燃机电控单元各领域的路谱等反馈数据分析拟合，建立高温寿命试验过程中电控单元的工作循环模式，用于模拟电控单元的真实工作状态。

表A.1 内燃机电控单元工作循环模式

工作模式	描述	循环占比/%
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。	1
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。	2
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。	5
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：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电气负荷。	70
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转速相匹配的电气负荷。	20
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。	2
注：每轮工作循环时间最大为10 min。		