

T/CMEEEA

团 体 标 准

T/CMEEEA XXXX—2025

自动紧急制动系统(AEBS)关键零部件可靠性技术规范

Technical specification for reliability of key components of AEBS

(征求意见稿)

2025 - XX - XX 发布

2025 - XX - XX 实施

中国机电设备工程协会 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 技术要求	1
4.1 通用要求	1
4.2 环境可靠性要求	1
4.3 机械可靠性要求	2
4.4 电气可靠性要求	2
4.5 耐久性与寿命要求	3
5 试验方法	3
5.1 环境可靠性	3
5.2 机械可靠性	4
5.3 电气可靠性	4
5.4 耐久性与寿命	5
6 检验规则	6
6.1 检验分类	6
6.2 出厂检验	6
6.3 型式检验	6
7 标志、包装、运输与贮存	错误！未定义书签。
7.1 标志	错误！未定义书签。
7.2 包装	错误！未定义书签。
7.3 运输	错误！未定义书签。
7.4 贮存	错误！未定义书签。

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××××提出。

本文件由中国机电设备工程协会归口。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

自动紧急制动系统(AEBS)关键零部件可靠性技术规范

1 范围

本文件规定了自动紧急制动系统(AEBS)关键零部件的可靠性技术要求、试验方法、检验规则、标志、包装、运输与贮存。

本文件适用于M1类车辆使用的前装自动紧急制动系统(AEBS)关键零部件。

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 2828.1 计数抽样检验程序 第1部分:按接收质量限(AQL)检索的逐批检验抽样计划

GB/T 4208 外壳防护等级(IP代码)

GB/T 17626.3 电磁兼容 试验和测量技术 第3部分:射频电磁场辐射抗扰度试验

GB/T 17626.4 电磁兼容 试验和测量技术 电快速瞬变脉冲群抗扰度试验

GB/T 28046.3 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 34590.11 道路车辆 功能安全 第11部分:半导体应用指南

GB/T 39001 道路交通安全管理体系 要求及使用指南

GB 44495 汽车整车信息安全技术要求

3 术语和定义

GB/T 39001界定的术语和定义适用于本文件。

4 一般要求

4.1 芯片等级

芯片等级应优于GB/T 34590.11中D级的规定。

4.2 信息安全

信息安全应符合GB 44495的规定。

5 技术要求

5.1 通用要求

所有关键零部件在设计寿命周期内,应能在车辆预期的各种环境、机械、电气条件下稳定、可靠地工作,不应出现功能降级、性能衰减或硬件失效。

5.2 环境可靠性要求

5.2.1 温度适应性

零部件应能在表1规定的温度范围内正常工作,并能在更严酷的存储温度下不受损坏。

表 1 温度适应性要求

工况	温度范围	要求
工作温度	-40 °C~+85 °C	功能正常，性能参数在规格范围内
存储温度	-40 °C~+105 °C	恢复至工作温度后，功能正常，无物理损坏

5.2.2 温度循环与湿热

5.2.2.1 温度循环

零部件应能承受-35 °C~+55 °C的温度循环，循环次数不应小于100次，试验后功能正常，无结构损伤。

5.2.2.2 湿热循环

安装在仓外的零部件在40 °C, 93%RH高温高湿环境下，持续时间500 h，应能防止冷凝水引起的短路或腐蚀，试验后功能正常，绝缘电阻不应小于10 MΩ。

5.2.3 防护等级(IP)

5.2.3.1 前向感知传感器

安装在仓外的前向感知传感器外壳防护等级至少应达到IP6K9K。

5.2.3.2 ECU 及执行器

外壳防护等级至少应达到IP67。

5.3 机械可靠性要求

5.3.1 机械振动

零部件应能承受基于车辆实际道路谱推导的随机振动试验。试验后，结构无松动、裂纹，电气连接可靠，功能正常。

表 2 机械振动要求

安装位置	频率范围	功率谱密度(PSD)	总均方根加速度	时间
车身	10 Hz~200 Hz	依据GB/T 28046.3或定制道路谱	根据谱图计算	每方向≥24小时
底盘/发动机舱	5 Hz~500 Hz	依据GB/T 28046.3或定制道路谱	根据谱图计算	每方向≥24小时

5.3.2 机械冲击

零部件应能承受车辆运行中可能遇到的过减速带、路面坑洼非重复性冲击。试验后，无永久性机械变形或功能失效。

5.4 电气可靠性要求

5.4.1 电源特性

零部件应能耐受车辆电源系统的各种瞬态现象，包括：

- 过电压：标称电压12 V时，应承受16 V±0.5 V电压持续60s，功能正常；
- 电压跌落与复位：电压从12 V跌落至6 V±0.5 V（持续500 ms）后恢复，应在2s内正常复位，无错误输出；
- 反向电压：承受-14 V±0.5 V反向电压持续60 s，无硬件损坏或功能失效。

5.4.2 电磁兼容性(EMC)

5.4.2.1 电磁抗扰度

在80 MHz~1 GHz，场强30 V/m的射频电磁场、±2 kV瞬态传导干扰等条件下，系统不应出现功能降级或误触发。

5.4.2.2 电磁辐射

在30 MHz~1 GHz频段下，零部件产生的电磁辐射不应超过54 dB μ V/m限值。

5.5 耐久性与寿命要求

5.5.1 功能耐久性

5.5.1.1 加速寿命试验：模拟30万公里（或15年）行驶工况后，主要性能参数衰减不应大于初始值的10%，无功能性失效；

5.5.1.2 执行器：完成 ≥ 100 万次制动循环（制动压力0~100 bar，频率0.5 Hz），试验后密封性泄漏量不应大于0.5 mL/min，响应时间不应大于100 ms；

5.5.1.3 ECU：40℃环境下持续通电10000 h（计算负载率80%），无程序跑飞或硬件失效。

5.5.1.4 传感器：光学部件透波率/透光率衰减不应大于5%，数据处理准确率不应小于98%。

6 试验方法

6.1 环境可靠性

6.1.1 温度适应性

6.1.1.1 工作温度试验

按下列步骤执行：

- 将样品在常温（25℃ \pm 5℃）下放置2 h，进行初始功能检测；
- 设定高低温试验箱温度至-40℃，待温度稳定后保持8 h，期间每隔2 h通电检测功能及性能参数；
- 升温至+85℃，待温度稳定后保持8 h，期间每隔2 h通电检测功能及性能参数；
- 恢复至常温，放置2 h后进行最终功能及性能参数检测。

6.1.1.2 存储温度试验

按下列步骤执行：

- 将样品在常温下进行初始功能检测；
- 设定高低温试验箱温度至-40℃，保持24 h；
- 升温至+105℃，保持24 h；
- 恢复至常温，放置4 h后进行功能检测及外观检查。

6.1.2 温度循环与湿热

6.1.2.1 温度循环试验

按下列步骤执行：

- 样品在常温下进行初始功能检测；
- 按以下循环条件进行100次循环：
 - 低温段：-35℃保持1 h；
 - 高温段：+55℃保持1 h；
 - 温变时间： ≤ 5 min（从-40℃升至+85℃或反之）。
- 循环结束后恢复至常温，进行功能检测及结构检查。

6.1.2.2 湿热循环试验

按下列步骤执行：

- 样品在常温下进行初始绝缘电阻检测，使用500 V绝缘电阻表，测量外壳与电源端之间电阻；
- 设定湿热试验箱条件为40℃、93%RH，持续500 h（避免冷凝水直接接触样品）；
- 试验结束后，在1 h内测量绝缘电阻，并进行功能检测。

6.1.3 防护等级

6.1.3.1 IP6K9K 防护等级（前向感知传感器）

按下列步骤执行：

- a) 按 GB/T 4208 规定进行 IP6X 防尘试验；
- b) 按 GB/T 4208 规定进行 IP6K9K 防水试验；
- c) 试验后样品内部无灰尘侵入，无进水痕迹，功能正常。

6.1.3.2 IP67 防护等级（ECU 及执行器）

按下列步骤执行：

- a) 按 GB/T 4208 规定进行 IP6X 防尘试验；
- b) 将样品浸入 1 m 深静水中，保持 30 min；
- c) 试验后样品内部无进水，功能正常。

6.2 机械可靠性

6.2.1 机械振动试验

6.2.1.1 设备

电磁振动台（支持随机振动，频率范围 5 Hz~500 Hz）、振动控制仪。

6.2.1.2 步骤

按下列步骤执行：

- a) 样品按实际装车状态固定于振动台，进行初始功能检测；
- b) 按表 2 规定的安装位置参数设置试验条件：
 - 车身安装：10 Hz~200 Hz，按 GB/T 28046.3 或定制道路谱加载，每方向持续 24 h；
 - 底盘/发动机舱安装：5 Hz~500 Hz，按 GB/T 28046.3 或定制道路谱加载，每方向持续 24 h；
- c) 三个轴向（X、Y、Z）依次进行试验，试验后检查结构及功能；
- d) 样品无松动、裂纹，电气连接可靠，功能正常。

6.2.2 机械冲击

6.2.2.1 设备

冲击试验台（半正弦波脉冲，加速度 0~1000 g 可调）。

6.2.2.2 步骤

按下列步骤执行：

- a) 样品固定于试验台，设置冲击参数：峰值加速度 50 g，脉冲持续时间 11 ms（半正弦波）；
- b) 在 X、Y、Z 三个轴向的正负方向各施加 3 次冲击；
- c) 试验后检查样品外观及功能，无永久性机械变形，功能无失效。

6.3 电气可靠性

6.3.1 电源特性

6.3.1.1 过电压试验

6.3.1.1.1 设备

可调直流电源（输出 0~30 V，电流 ≥ 10 A）、示波器。

6.3.1.1.2 步骤

按下列步骤执行：

- a) 样品接入标称电压 12 V，进行初始功能检测；
- b) 调节电源电压至 $16 \text{ V} \pm 0.5 \text{ V}$ ，持续 60 s，期间监测样品输出信号；
- c) 恢复至 12 V，检测功能是否正常；
- d) 过电压期间及恢复后，样品功能正常，无错误输出。

6.3.1.2 电压跌落与复位试验

6.3.1.2.1 设备

可调直流电源、信号发生器（模拟电压跌落波形）。

6.3.1.2.2 步骤

按下列步骤执行：

- a) 样品接入 12 V 电压，稳定工作后，通过信号发生器控制电压在 500 ms 内跌落至 $6\text{ V} \pm 0.5\text{ V}$ ，保持 500 ms 后恢复至 12 V；
- b) 记录样品从电压恢复到正常工作的复位时间；
- c) 重复 10 次试验，检测功能及输出信号；
- d) 复位时间不应大于 2 s，无错误输出。

6.3.1.3 反向电压

6.3.1.3.1 设备

可调直流电源（支持负电压输出）。

6.3.1.3.2 步骤

按下列步骤执行：

- a) 样品接入 12 V 电压，确认功能正常；
- b) 断开电源，反接正负极，施加 $-14\text{ V} \pm 0.5\text{ V}$ 电压，持续 60 s；
- c) 恢复正确接线，检测样品功能及硬件状态。

6.3.2 电磁兼容性（EMC）

6.3.2.1 电磁抗扰度试验

6.3.2.1.1 射频电磁场辐射抗扰度

按下列步骤执行：

- a) 依据 GB/T 17626.3，在电波暗室中进行，频率 80 MHz~1 GHz，场强 30 V/m，调制方式 1 kHz 正弦波 amplitude modulation (AM) 80%；
- b) 样品在辐射场中持续工作，监测是否出现功能降级或误触发。

6.3.2.1.2 瞬态传导抗扰度

按下列步骤执行：

- a) 依据 GB/T 17626.4，通过耦合/去耦网络施加 $\pm 2\text{ kV}$ （线-线）、 $\pm 4\text{ kV}$ （线-地）的电快速瞬变脉冲群，重复频率 5 kHz；
- b) 试验期间样品功能正常，无错误响应。

6.4 耐久性与寿命

6.4.1 加速寿命试验

6.4.1.1 设备

综合环境试验箱（温度、振动复合应力）。

6.4.1.2 步骤

按下列步骤执行：

- a) 样品在温度（ $-40\text{ }^{\circ}\text{C} \sim +85\text{ }^{\circ}\text{C}$ 循环）与随机振动（按 4.3.1 车身安装条件）复合应力下，进行加速老化试验，总试验时间按 30 万公里（或 15 年）等效换算；
- b) 试验后测试传感器探测距离、ECU 运算延迟等关键性能参数；
- c) 性能参数衰减不应大于初始值的 10%，无功能性失效。

6.4.2 执行器耐久性

6.4.2.1 设备

液压/气压循环试验台（压力0~150 bar可调，频率0.1~1 Hz可调）。

6.4.2.2 步骤

按下列步骤执行：

- a) 执行器接入试验台，设置制动压力循环：0→100 bar→0（保持时间各1 s，频率0.5 Hz）；
- b) 累计完成100万次循环，试验过程中每10万次检测密封性；
- c) 试验后测量泄漏量（在100 bar压力下保持5 min）及响应时间（从指令发出到压力达到90%设定值的时间）。

6.4.3 ECU耐久性试验

6.4.3.1 设备

恒温箱（40℃±2℃）、直流电源（12 V，负载率80%模拟）。

6.4.3.2 步骤

按下列步骤执行：

- a) ECU接入12 V电源，设置负载率80%（模拟实际工况），放入40℃恒温箱；
- b) 持续通电10000 h，期间每1000 h检测程序运行状态及输出信号；
- c) 无程序跑飞、死机或硬件失效。

6.4.4 传感器耐久性

6.4.4.1 光学性能测试

按下列步骤执行：

- a) 使用分光光度计测量传感器光学部件初始透波率/透光率；
- b) 按5.4.1加速寿命试验条件老化后，再次测量透波率/透光率。

6.4.4.2 数据处理准确率测试

按下列步骤执行：

- a) 在标准测试场景（含行人、车辆、静态障碍物）下，采集传感器输出数据；
- b) 统计识别正确的目标数量占总目标数量的比例。

7 检验规则

7.1 检验分类

检验分为出厂检验和型式检验两类。

7.2 出厂检验

7.2.1 每批AEBS关键零部件（传感器、ECU、执行器等）出厂前应进行出厂检验。

7.2.2 检验项目应包括常温工作性能、电源特性、电磁兼容性。

7.2.3 抽样方案：按GB/T 2828.1的规定，采用正常检验一次抽样方案，一般检验水平II，合格质量水平（AQL）：电源特性、电磁抗扰度关键项目：AQL=0.65；一般项目：AQL=2.5。

7.3 型式检验

7.3.1 出现以下情况之一时，应进行型式检验：

- a) 新产品定型或老产品转产；
- b) 生产工艺、材料或关键部件变更，可能影响产品可靠性；
- c) 产品停产超过6个月后恢复生产；

- d) 出厂检验结果与上次型式检验有较大差异。
 - 7.3.2 检验项目覆盖本文件第5章“试验方法”中的全部项目。
 - 7.3.3 抽样要求：从出厂检验合格的产品中随机抽取3台（套），若有1台（套）不合格，应加倍抽样复检；若仍有不合格，则判定型式检验不合格。
 - 7.3.4 判定规则：所有检验项目均符合技术要求时，判定型式检验合格；否则不合格。
-