

团 体 标 准

T/CAAMTB XXXX—XXXX

乘用车电子制动踏板总成性能要求及试验方法

Performance requirements and test methods for passenger vehicles electronical brake pedal

（征求意见稿）

（本草案完成时间：2025 年 7 月 18 日）

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

中国汽车工业协会 发 布

目 次

前 言 III

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语与定义 1

4 性能要求 5

 4.1 纵向位移 5

 4.2 侧向位移 5

 4.3 刚度 5

 4.4 强度 5

 4.5 EBP 特性曲线 5

 4.6 回程时间 5

 4.7 线性度 5

 4.8 同步度 5

 4.9 五点参数条件下的输入-输出特性 5

 4.10 接插件性能 6

 4.11 抗扭性能 6

 4.12 防护性能 6

 4.13 工作噪音 6

 4.14 环境负荷 6

 4.15 电气负荷 7

 4.16 电磁兼容试验要求 7

 4.17 工作耐久性 7

 4.18 振动耐久性 7

 4.19 自由落体性能要求 7

 4.20 机械冲击性能 7

 4.21 失效冗余要求 8

 4.22 燃烧特性要求 8

5 试验相关要求 8

6 试验方法 9

 6.1 纵向位移 9

 6.2 侧向位移 9

 6.3 刚度 10

 6.4 强度 10

 6.5 EBP 特性曲线试验 10

 6.6 回程时间试验 10

 6.7 线性度试验 11

 6.8 同步度试验 11

 6.9 五点参数条件下的输入-输出特性试验 11

6.10 插接件性能试验	11
6.11 抗扭性能试验	11
6.12 防护性能试验	12
6.13 工作噪声试验	12
6.14 环境负荷试验	12
6.15 电气负荷试验	13
6.16 电磁兼容试验	14
6.17 工作耐久试验	14
6.18 振动耐久试验	16
6.19 自由跌落试验	17
6.20 机械冲击试验	17
6.21 失效冗余要求试验	17
6.22 燃烧热性试验	17

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这些专利的责任。

本文件由中国汽车工业协会标准法规工作委员会汽车制动系统专业委员会提出。

本文件由中国汽车工业协会归口。

本文件起草单位：长城汽车股份有限公司、昆山市兴利车辆科技配套有限公司、菲格智能科技有限公司、长安汽车股份有限公司、上海汽车制动系统有限公司、广州瑞立科密汽车电子股份有限公司、中国汽车工程研究院股份有限公司、坐标系智能科技有限公司、浙江力邦合信智能制动系统股份有限公司、埃梯梯精密机械制造（无锡）有限公司。

本文件主要起草人：杨瑞、杨文谦、徐振华、庞召鑫、李方方、程明、王应国、冯小明、陆洪明、杨靖、张仕钊、赵文韬、尹伟奇、彭嘉煌、蔡伟、吴波、徐锋

乘用车电子制动踏板总成性能要求及台架试验方法

1 范围

本文件界定了乘用车电子制动踏板总成的术语和定义，规定了性能要求、试验相关要求，描述了相应的试验方法。

本文件适用于GB/T 15089规定的M1类车辆用电子制动踏板总成。其他类车辆用电子制动踏板总成可参照执行。

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；凡是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 2423.22 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 8410 汽车内饰材料的燃烧特性
GB/T 10125 人造气氛腐蚀试验 盐雾试验
GB 21670 乘用车制动系统技术要求及试验方法
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 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 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 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 28046.5 道路车辆 电气及电子设备的环境条件和试验 第 5 部分：化学负荷
GB/T 30038 道路车辆 电气电子设备防护等级
GB 34660-2017 道路车辆 电磁兼容性要求和试验方法
QC/T 1067.1-2017 汽车电线束和电气设备用连接器 第1部分：定义、试验方法和一般性能要求

3 术语与定义

GB 21670和GB/T 28046界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

电子制动踏板总成 **electronical brake pedal, EBP**

在ETBS系统中，仅使用电信号传递驾驶人车辆减速和停止需求的脚操纵的控制机构。

3.2

纵向位移 **longitudinal displacement**

L_{xz}

在垂直于踏板表面、过踏板几何中心点正反两方向纵向力 F_{xz} 作用下，踏板产生的垂直位移量。如图1所示。

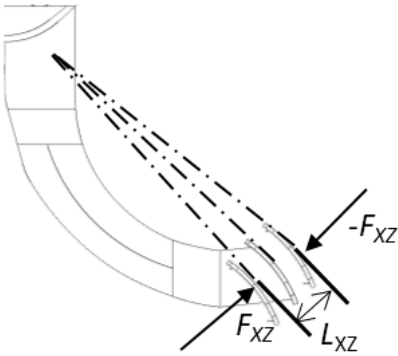


图 1 纵向位移示意图

3.3

侧向位移 lateral displacement

L_y

在平行于踏板表面、过踏板几何中心点正反两方向侧向力 F_y 作用下，踏板产生的水平位移量，如图2所示。

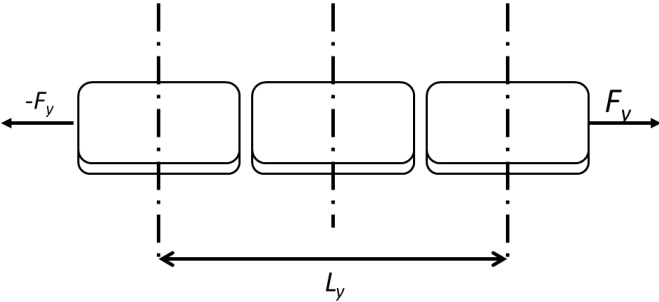


图 2 侧向位移示意图

3.4

刚度 inflexibility

在垂直于踏板表面、过踏板几何中心点纵向力 F_{xz} 作用下，踏板产生的垂直变形量 L_n ，如图3所示。

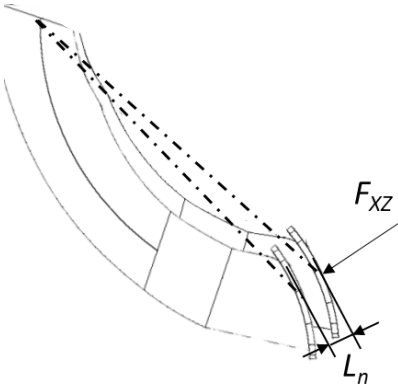


图 3 刚度变形量示意图

3.5

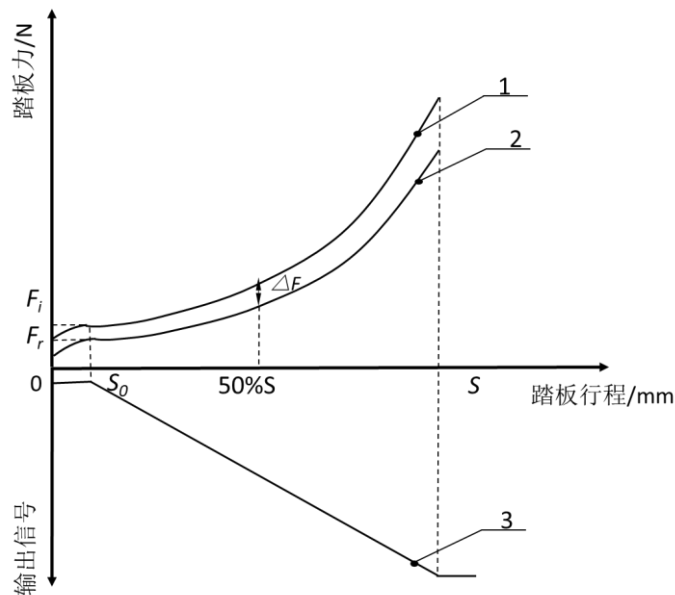
传感器 sensor

EBP中检测踏板的转角\位移\压力值并将其转化为电信号的传感器。

3.6

EBP 特性曲线 EBP characteristic curve

在规定工作条件下，踏板行程与踏板力/输出信号之间的关系曲线。



- 标引序号说明：
- 1——加载曲线；
 - 2——释放曲线；
 - 3——输出信号曲线；
 - F_i ——初始力；
 - F_r ——释放力；
 - S_0 ——空行程；
 - S ——全行程；
 - ΔF ——滞后力。

图 4 踏板行程-踏板力/输出信号特性曲线

3.7

初始力 initial force

F_i

EBP在加载过程中，输出信号曲线产生拐点时，作用在踏板的最小输入力（见图4）。

3.8

释放力 release force

F_r

EBP在释放过程中，其输出信号曲线回到信号拐点时作用在踏板上的最小输入力（见图4）。

3.9

滞后力 force hysteresis

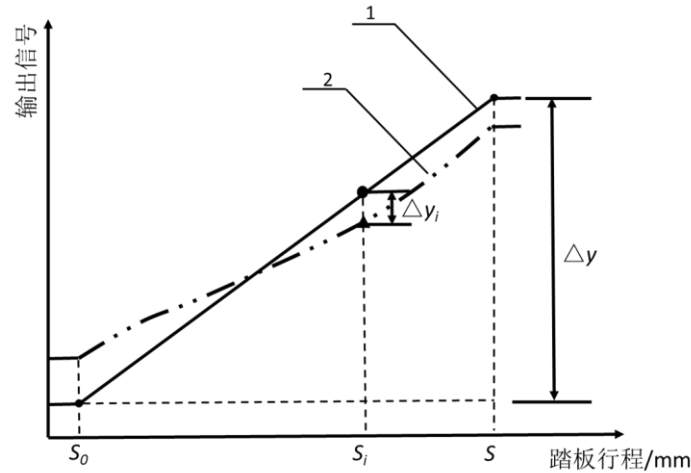
ΔF

在EBP特性曲线中，踏板加载和释放过程中同一行程位置对应的踏板力的差值(见图4)。

3.10

线性度 linearity

EBP在整个工作行程中，输出信号的实际值与理论值的逼近程度。



标引序号说明：

1——踏板行程与输出信号理论关系曲线；

2——踏板行程与输出信号实际关系曲线。

图 5 EBP 线性度示意图

EBP线性度按公式（1）计算：

$$L = \frac{\max\{|\Delta y_i|\}}{|\Delta y|} \dots\dots\dots (1)$$

式中：

L ——EBP线性度；

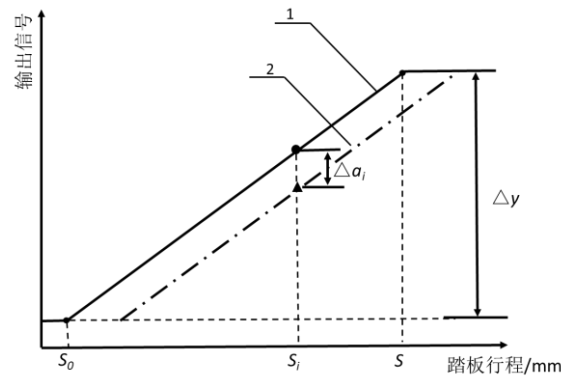
Δy_i ——踏板行程为 S_i 时，理论输出信号与实际输出信号差值；

Δy ——输入为空行程 S_0 时的输出信号与输入为全行程 S 的输出信号差值。

3.11

同步度 synchronicity

EBP在整个工作行程中，两路输出信号的逼近程度。



标引序号说明：

1——输出信号1；

2——输出信号2；

图 6 EBP 同步度示意图

EBP同步度按公式（2）进行计算：

$$K=\frac{\max\left\{\left|\Delta a_i\right|\right\}}{\left|\Delta y\right|} \dots\dots\dots (2)$$

式中：
K ——EBP同步度；
Δ*a_i*——踏板行程为*S_i*时，传感器输出信号1与传感器输出信号2的差值；
Δ*y*——输入为空行程*S₀*时的输出信号与输入为全行程*S*的输出信号差值。

4 性能要求

4.1 纵向位移

EBP的纵向位移测量值不应大于1.0mm。

4.2 侧向位移

EBP的侧向位移测量值不应大于4.0mm。

4.3 刚度

EBP的纵向位移测量值不应大于5.0mm。

4.4 强度

EBP的永久变形量不应大于5.0mm，且不应出现裂纹或损坏。

4.5 EBP 特性曲线

EBP输入输出特性曲线不应出现任何不规则或不连续，特性曲线参考图6或按照客户定义的特性曲线，应满足表1要求。

表 1 EBP 输入输出特性技术要求

特性	技术要求
初始力	15N～25 N，或产品图样
释放力	≥15 N，或产品图样
全行程	产品图样
全行程的滞后力	产品图样
输出电信号特性曲线	产品图样

4.6 回程时间

EBP回程时间不应大于0.3s。

4.7 线性度

EBP每一路输出信号的线性度不应大于1.5%。

4.8 同步度

EBP每两路输出信号的同步度（同构传感器）不应大于3%，异构传感器同步度不应大于4%。

4.9 五点参数条件下的输入-输出特性

五点参数指以下五种条件：
a) 室温正常电压（温度20℃，供电电压5V）；
b) 低温低电压（温度-40℃，供电电压4.75V）；

- c) 低温高电压（温度-40℃，供电电压5.25V）；
- d) 高温低电压（温度85℃，供电电压4.75V）；
- e) 高温高电压（温度85℃，供电电压5.25V）。

在五点参数条件下，EBP特性曲线符合产品图样且不应出现任何不规则或不连续，试验过程中应无异常噪声，满足功能状态等级A级。

4.10 接插件性能

按6.10进行试验，EBP的接插件接合力、分离力和锁止装置强度应满足QC/T 1067.1-2017中4.12.3要求。

4.11 抗扭性能

踏板和焊缝/装配缝隙/分型线/接缝/气孔处不应出现裂纹或损坏。试验完成后EBP线性度、同步度应满足4.7、4.8要求。

4.12 防护性能

EBP防尘性能应满足GB/T 30038中IP5KX等级要求，试验完成后EBP功能无异响和异常；EBP防尘性能或按照供需双方约定要求；

EBP防水性能应满足GB/T 30038中IPX4等级要求，试验完成后EBP无异响，其密封结构(如有)无进水；EBP防水性能或按照供需双方约定要求；

另外EBP传感器及传感器与总成装配位置防尘性能应满足GB/T 30038中IP6KX等级要求，防水性能应满足GB/T 30038中IPX7&IPX9K等级要求，试验后，EBP功能状态应达到GB/T 28046.1定义的功能状态A级。

4.13 工作噪音

按6.13进行制动踏板噪音性能试验。

EBP加载至全行程过程中，50 mm/s 输入推杆速度下的工作噪音不应大于40 dB(A) 或按照供需双方约定，200 mm/s 输入推杆速度下的工作噪音不应大于40 dB(A)或按照供需双方约定，不应有尖锐噪音。

EBP加载至全行程处，噪音应不大于50dB（A）或供需双方约定，不应有尖锐噪音。

EBP回弹至初始位置时，噪音限制不应大于50dB（A）或供需双方约定，不应有尖锐噪音。

4.14 环境负荷

4.14.1 高低温存放试验

EBP功能状态应达到GB/T 28046.1中的C级。

4.14.2 高温适应性

试验过程中，EBP不应有干涉、卡阻现象和异常响声。EBP功能状态应达到GB/T 28046.1中的A级。试验后，EBP的纵向位移和侧向位移测量值应分别满足4.1和4.2的要求。

4.14.3 低温适应性

试验过程中，EBP不应有干涉、卡阻现象和异常响声。EBP功能状态应达到GB/T 28046.1中的A级。试验后，EBP的纵向位移和侧向位移测量值应分别满足4.1和4.2的要求。

4.14.4 高低温交变试验

试验过程中，EBP不应有干涉、卡阻现象和异常响声；EBP功能状态应达到GB/T 28046.1定义的A级。试验后，EBP的纵向位移和侧向位移测量值应分别满足4.1和4.2的要求。

4.14.5 温度/湿度组合循环试验

试验过程中，EBP不应有干涉、卡阻现象和异常响声；EBP功能状态应达到GB/T 28046.1定义的A级。试验后，EBP的纵向位移和侧向位移测量值应分别满足4.1和4.2的要求。

4.14.6 耐腐蚀性

EBP功能状态应达到GB/T 28046.1定义的功能状态A级。样品外表面任意100 cm²范围内不应产生一个以上直径大于2 mm的腐蚀点，但腐蚀总面积不应大于5 cm²，焊缝和螺纹（如有）处磨损可不考虑。

4.14.7 化学负荷性能

EBP功能状态应达到GB/T 28046.1定义的功能状态C级，标志和标签保持清晰可见，无试剂进入EBP的密封区域。

4.15 电气负荷

4.15.1 耐电压

EBP应能承受正弦电压500V（有效值，50 Hz）、持续60 s的耐电压试验。试验时不能出现击穿和闪络，试验后EBP特性曲线、线性度、同步度应满足4.5、4.7、4.8的要求。

4.15.2 绝缘电阻

绝缘电阻应大于10 MΩ，功能状态应达到GB/T 28046.1定义的功能状态C级。

4.15.3 短路保护试验

所有的输入输出端必须防短路设计（接电源和接地），试验结束后短路传感器功能状态应达到GB/T 28046.1定义的功能状态C级，无短路传感器功能状态应达到GB/T 28046.1定义的功能状态A级

4.15.4 开路试验

试验结束后，EBP开路传感器功能状态应达到GB/T 28046.1定义的功能状态C级，无开路传感器功能状态应达到GB/T 28046.1定义的功能状态A级

4.16 电磁兼容试验要求

EBP的电磁发射限值、抗扰性能应满足GB 34660的4.5、4.6、4.7、4.8及4.9要求。

4.17 工作耐久性

4.17.1 按照 6.17.1、6.17.2 分别开展测试，并满足以下要求或按照供需双方约定开展。

4.17.2 在工作耐久性试验 1 过程中，EBP 不应发生影响功能的变形，不应出现裂缝、断裂、弹簧断裂、过度变形或过度磨损等其他异常情况。试验后，EBP 的纵向位移测量值不应大于 2.0 mm，侧向位移测量值不应大于 6.0 mm。

4.17.3 工作耐久试验 2 过程中，EBP 输出信号数据应全部有效且工作正常，功能状态应达到 GB/T 28046.1 定义的功能状态 A 级，EBP 线性度应满足≤3%或供需双方约定。试验后，应满足 4.4 要求。

4.18 振动耐久性

4.18.1 试验后，EBP 不应发生影响功能的变形，不应出现裂缝、断裂、弹簧断裂、过度变形或过度磨损等其他异常情况。EBP 的纵向位移和侧向位移测量值应分别满足 4.1 和 4.2 的要求。

4.18.2 功能状态应达到 GB/T 28046.1 定义的功能状态 A 级。

4.19 自由跌落性能

不允许有隐性损坏，在不影响EBP性能的情况下允许外壳有微小损坏，功能状态应达到GB/T 28046.1定义的C级。

4.20 机械冲击性能

试验后，样件不允许出现损坏，纵向位移和侧向位移测量值应分别满足4.1 和4.2的要求，功能状态应达到GB/T 28046.1定义的A级。

4.21 失效冗余要求

当一个传感器供电或信号线束发生短路/断路等失效时，应能保证至少具有备份传感器正常工作并能向外输出有效信号，试验过程中，EBP输出信号应满足产品图样，不应出现信号跳变、抖动、丢失、异常的现象，且应满足4.5、4.7、4.8要求，。

4.22 燃烧特性要求

EBP的有机材料部分燃烧速度不应大于100mm/min。

5 试验相关要求

5.1 试验设备

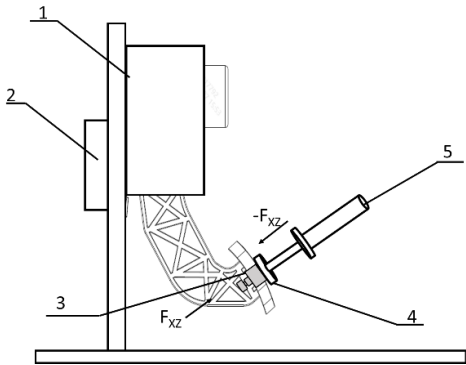
5.1.1 试验所用仪器仪表、设备应满足相关项目试验条件的要求，不对试验样品功能产生不利的影响。

5.1.2 性能测试用测量装置的精度等级不应低于 0.5 级，寿命试验用测量装置的精度等级不应低于 1.5 级。

5.2 试验装置及试验相关要求

5.2.1 试验装置

试验装置按图7安装，加载装置的推杆与踏板平面的中心轴线夹角不应大于3.5° 或根据双方商定，输入推杆应能迅速回位，周期工作时，加载频率和速率可根据试验要求进行调整。除非另有规定，装置的连接方式应与实车状态一致。



标引序号说明：

- 1——测试样件；
- 2——供电系统；
- 3——行程测量装置；
- 4——输入力测量装置；
- 5——加载装置；

图 7 试验装置图

5.2.2 试验相关要求

测试前应对样品预动作5次。

工作模式参考GB/T 28046.1第1部分一般规定中定义。

本文件中室温为23℃，规定试验方法中的温度偏差为±2℃，另有明确要求除外。

本文件中试验电压为5 V，试验用直流稳压电源，规定试验方法中的电压偏差为±0.25 V，另有明确要求除外。

5.3 试验顺序和试验项目组合

样件数量、试验顺序和项目组合宜按表2进行或按供需双方约定。

表 2 试验顺序和项目组合

序号	试验项目名称	样件编号及要进行的试验项目																		
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
1	纵向位移	*	*	*																
2	侧向位移	*	*	*																
3	刚度	*	*	*																
5	强度	*	*	*																
6	EBP特性曲线				*	*	*													
7	回程时间				*	*	*													
8	线性度				*	*	*													
9	同步度				*	*	*													
10	五点参数的输入-输出特性				*	*	*													
11	插接件性能	*	*	*																
12	抗扭性能	*	*	*																
13	防护性能	*	*	*																
14	工作噪声	*	*	*																
15	高低温存放							*	*	*	*	*	*	*	*	*	*			
16	高温适应性							*	*											
17	低温适应性							*	*											
18	高低温交变							*	*											
19	温度/湿度组合循环							*	*											
20	耐腐蚀									*	*									
21	化学负荷性能									*	*									
22	电气负荷							*	*											
23	电磁兼容性				*	*	*													
24	工作耐久1				*	*	*													
25	工作耐久2																	*	*	*
26	振动耐久											*	*							
27	自由跌落													*	*					
28	机械冲击															*	*			
29	失效冗余性				*	*	*													
30	燃烧热性															*	*			
a “*”表示要进行的试验。																				

6 试验方法

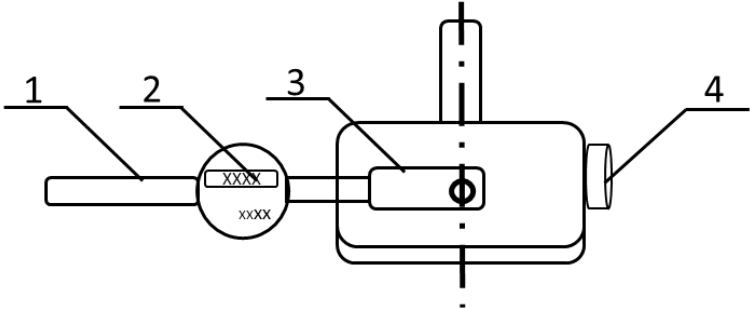
6.1 纵向位移

- 6.1.1 将被试样品按实车状态固定在试验装置上（见图7）。
- 6.1.2 在垂直于踏板表面，过踏板几何中心点处施加 10N±2N 的纵向力或供需约定值，保持 5s。并将此位置确定为踏板纵向位移测量零点，然后解除纵向力；再反向施加 10N±2N 的纵向力，保持 5 s 后，测量相对于测量零点踏板的纵向位移量。试验结果应满足 4.1 要求。

6.2 侧向位移

6.2.1 样件安装和固定方式同 6.1，侧向位移测量示意图 8。

6.2.2 在踏板一侧与水平面平行且过踏板几何中心点施加 $20\text{N} \pm 2\text{N}$ 的侧向力，保持 5s。并将此位置确定为踏板侧向位移测量零点，然后解除侧向力，再反向施加 $20\text{N} \pm 2\text{N}$ 的侧向力，保持 5s 后，测量相对于测量零点踏板的水平位移量。试验结果应满足 4.2 要求。



标引序号说明：
1——加载装置；
2——力传感器；
3——夹紧装置；
4——位移传感器；

图 8 侧向位移测量示意图

6.3 刚度

6.3.1 样件安装和固定方式同 6.1。将 EBP 去除踏板感元件，踏板此时处于全行程处。

6.3.2 预先施加 $10\text{N} \sim 20\text{N}$ 的纵向力，将此位置确定为踏板位移测量零点。

6.3.3 对 EBP 施加力至 $500\text{N} \pm 10\text{N}$ 的纵向力，保持 5s 后解除纵向力，共进行 5 次。测量并记录第 5 次施加纵向力时踏板的纵向位移量。试验纵向位移应满足 4.3 要求。

6.4 强度

6.4.1 样件安装和固定方式同 6.1。试验环境温度设定为室温或供需双方约定。

6.4.2 在垂直于踏板表面、过踏板几何中心点处预先施加 $10\text{N} \sim 20\text{N}$ 的纵向力，将此位置确定为踏板位移测量零点。按 $2000\text{N} \pm 20\text{N}$ 或供需双方约定值对 EBP 施加纵向力，保持 5s 后解除纵向力，共进行 5 次。然后测量相对于测量零点踏板的永久变形量，检查样品有无裂纹或损坏等缺陷，结果应满足 4.4 要求。

6.5 EBP 特性曲线试验

6.5.1 样件安装和固定方式同 6.1。

6.5.2 加载装置输入推杆以 $(5 \pm 0.5) \text{ mm/s}$ 的速度连续加载至 EBP 最大行程处，然后以相同的速率连续卸载，记录踏板行程、输入力、输出信号。

6.5.3 根据记录的值，绘制踏板行程与输入力的关系曲线，确定各特性参数值。

6.5.4 根据记录的值，绘制踏板行程与输出信号的关系曲线。结果应满足 4.5 要求。

6.6 回程时间试验

6.6.1 样件安装和固定方式同 6.1。

6.6.2 在试验电压下，加载装置输入推杆以一定的速度加载至 EBP 最大行程处，保持至少 2s 后，迅速解除作用在踏板上的力，使踏板自由返回，如图 9 所示，测量 EBP 的回程时间，试验结果满足 4.6 要求。

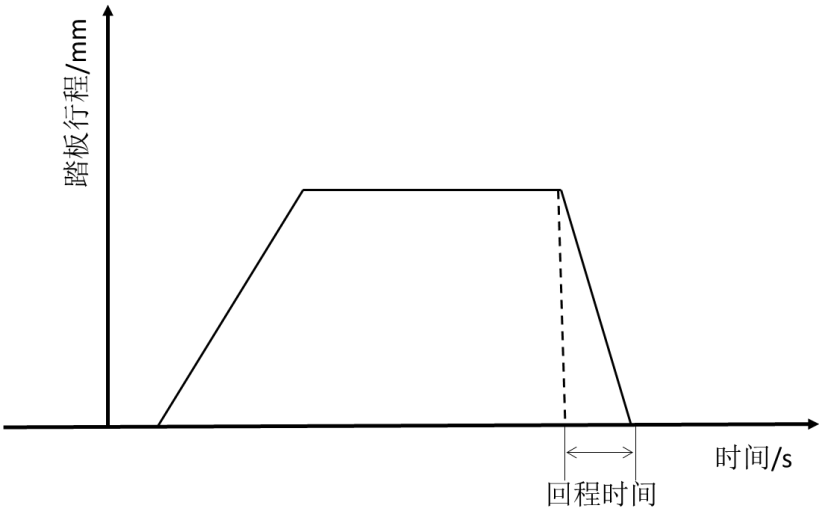


图 9 回程时间示意图

6.7 线性度试验

- 6.7.1 样件安装和固定方式同 6.1;
- 6.7.2 在试验电压下，加载装置以匀速(建议值： $(5\pm0.5)\text{ mm/s}$)连续加载到制动踏板最大行程处，然后以相同的速率连续卸载，记录踏板行程、输出信号；
- 6.7.3 根据记录的值，绘制实际踏板行程与输出信号的关系曲线，EBP 线性度结果应满足 4.7 要求。

6.8 同步度试验

试验过程中同6.7，EBP同步度结果应满足4.8要求。

6.9 五点参数条件下的输入-输出特性试验

- 6.9.1 将样件固定在试验台架上。按下述条件分别进行测试，温度稳定时间不应少于 2 h。加载速率 $(5\pm0.5)\text{ mm/s}$ 。
- 6.9.2 在(室温, 5V)时，测试输入输出特性(初始力，释放力，全行程输入力、全行程滞后力，输入踏板行程和输出电信号特性曲线，线性度)。
- 6.9.3 在(-40 ℃, 4.75 V)时，测试输入输出特性(初始力，释放力，全行程输入力、全行程滞后力，输入踏板行程和输出电信号特性曲线，线性度)。
- 6.9.4 在(-40 ℃, 5.25 V)时，测试输入输出特性(初始力，释放力，全行程输入力、全行程滞后力，输入踏板行程和输出电信号特性曲线，线性度)。
- 6.9.5 在(10 ℃, 4.75 V)时，测试输入输出特性(初始力，释放力，全行程输入力、全行程滞后力，输入踏板行程和输出电信号特性曲线，线性度)。
- 6.9.6 在(85 ℃, 5.25 V)时，测试输入输出特性(初始力，释放力，全行程输入力、全行程滞后力，输入踏板行程和输出电信号特性曲线，线性度)。
- 6.9.7 检查 EBP 各零件，不得发生损坏，试验结果应满足 4.9 要求。

6.10 插接件性能试验

按QC/T 1067.1-2017中4.12.1、4.12.2规定进行测试。结果应满足4.10要求。

6.11 抗扭性能试验

6.11.1 样件安装和固定方式同 6.1;

6.11.2 以踏板面中心线为轴线,在踏板上施加相当于 $15\text{Nm} \pm 1\text{Nm}$ 的正反两方向旋转力矩,见图 10,试验完成后,检查装配缝隙和 EBP 有无裂纹或损坏等异常现象,然后按 6.7、6.8 进行试验,试验结果应满足 6.11 要求。

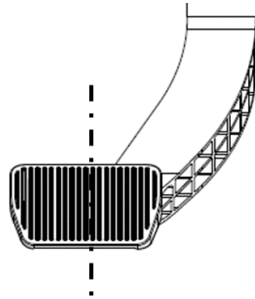


图 10 抗扭性能测量示意图

6.12 防护性能试验

6.12.1 将样件安装在试验测试台上,并按供需双方协商确定的方式连接接插口线束。

6.12.2 分别按 GB/T 30038 IP5KX、IP6KX 规定进行,连通电源设备,让被测样件按 GB/T 28046.1 中 5.3 规定的工作模式 3.2 工作,试验结果满足 6.12 要求;

6.12.3 分别按 GB/T 30038 IPX4、IPX7 或 IPX9K 规定进行,连通电源设备,让被测样件按 GB/T 28046.1 中 5.3 规定的工作模式 3.2 工作,试验结果应满足 6.12 要求。

6.13 工作噪声试验

6.13.1 将样件按 5.1 安装在噪音室内,环境噪音不大于 35dB (A) ,安装状态实车一致,连接负载装置。

6.13.2 在距离产品斜上 45° 的 1000 mm 处安装声级计。

6.13.3 分别以 50 mm/s 、 200 mm/s 的速度推动踏板,分别记录推动踏板加载过程中、踏板加载至全行程时的分贝值。

6.13.4 解除加载装置,踏板回弹至初始行程,分别记录踏板回程过程中,踏板回弹至初始行程处时的分贝值。

6.13.5 结果应满足 4.16 要求。

6.14 环境负荷试验

6.14.1 高低温存放试验

样件放入高低温环境试验箱中,在低温 -40°C 按 GB/T 2423.1 进行试验,持续 24 h ;样件恢复到室温后,在 90°C 按 GB/T 2423.2 进行试验,持续 48 h 。结果应满足 4.14.1 要求。

6.14.2 高温适应性

6.14.2.1 样件放入高低温环境试验箱中,在 85°C 温度下按 GB/T 2423.2 中试验 B: 高温试验方法进行,持续 96 h 。

6.14.2.2 将被试样品冷却至室温后,按 6.1 和 6.2 进行纵向位移和侧向位移测量。

6.14.2.3 结果应满足 4.14.2 要求。

6.14.3 低温适应性

6.14.3.1 样件放入高低温环境试验箱中，在-40℃温度下按 GB/T 2423.2 中试验 A：低温试验方法进行，持续 48 h。

6.14.3.2 将被试样品冷却至室温后，按 6.1 和 6.2 进行纵向位移和侧向位移测量。

6.14.3.3 结果应满足 4.14.3 要求。

6.14.4 高低温交变试验

样件放入高低温交变试验箱内，按 GB/T 2423.22 进行试验；样件在-40℃的低温箱中放置 2h，然后快速将产品放入 120℃的高温箱中放置 2h，完成 50 个循环，结果应满足 4.14.4 要求。

6.14.5 温度/湿度组合循环试验

按 GB/T 2423.34 中试验 Z/AD 试验方法进行试验，循环次数 10 次，结果应满足 4.14.6 要求。

6.14.6 耐腐蚀试验

将被试样品按实车安装状态放置在盐雾试验箱内，然后按 GB/T 10125 规定的中性盐雾试验要求进行 96h 的连续喷雾试验。试验结束后，将样品从盐雾试验箱内取出，用不高于 40℃的清洁流水轻轻清洗，除去样品表面盐沉积物，然后在 2min 内用空气吹干，检查并记录样品表面的腐蚀情况，试验满足 4.14.6 要求。

6.14.7 化学负荷性能试验

按 GB/T 28046.5 规定中 B 类安装位置要求进行液体兼容试验，结果应满足 4.14.7 要求。

6.15 电气负荷试验

6.15.1 耐电压试验

6.15.1.1 在交变湿热试验后将 EBP 在室温中放置 0.5h 后立即开始测试（测试开始时间不得超过湿热试验后 1h）。施加正弦电压有效值 500V（50Hz 或 60Hz），漏电流 10mA，试验时间 60s；

6.15.1.2 测试部位：

- ①在带有电绝缘的端子间；
- ②在带有电绝缘的端子和带有电传导面的壳体间；
- ③在塑料外壳情况下，在端子和包裹外壳的电极（例如金属箔）间；

6.15.2 绝缘电阻

6.15.2.1 在交变湿热试验后，将 EBP 在室温中放置 0.5h 后立即开始测试（测试开始时间不得超过湿热试验后 1h），施加直流电压 500V，试验时间 60s；

6.15.2.2 测试部位：

- ①电流隔离端子；
- ②带有电隔离导电表面的终端和外壳；
- ③终端和用塑料外壳包裹的电极（例如金属箔）；

6.15.2.3 试验结果应满足 4.15.2 要求。

6.15.3 短路保护试验

6.15.3.1 按 GB/T 28046.2 中的 4.10 进行。每个插脚各对接地和对电源短路各 60s±6s；其它输入和输出端保持开路或供需双方约定。

6.15.3.2 试验按如下顺序进行：

- a) 连接电源电压并接地；

- 1) 激活输出;
- 2) 停止输出;
- b) 切断电源电压;

6.15.4 开路试验

6.15.4.1 EBP 系统连接并运行, 断开系统接口的一条电路, 然后恢复连接。观察装置断路期间和断路后的情况。在系统接口的每条电路分别重复进行。

6.15.4.2 试验条件如下:

- a) 断开时间: (10 ± 1) s;
- b) 开路阻抗: $\geq 10\text{ M}\Omega$;

6.15.4.3 试验结果应满足 4.15.4。

6.15.4.4 EBP 系统连接并运行, 断开系统的连接, 然后恢复连接。观察装置断路期间和其后的情况。

6.15.4.5 对多连接器装置, 应测试每一条可能的连接。

6.15.4.6 试验条件如下:

- a) 断开时间: (10 ± 1) s;
- b) 开路阻抗: $\geq 10\text{ M}\Omega$;

6.15.4.7 试验结果应满足 4.15.4 要求。

6.16 电磁兼容试验

EBP的电磁兼容试验按GB 34660-2017中 5.5、5.6、5.7、5.8及5.9开展, 试验结果应满足4.16要求。

6.17 工作耐久试验

6.17.1 工作耐久 1

工作耐久试验 1 主要试验目的是验证 EBP 踏板臂、踏板感组件、踏板底座等在高强度制动耐久的可靠性。试验过程如下:

6.17.1.1 将 EBP 按实车状态安装在试验装置上。制动踏板工作耐久性试验见表 3。先按图 13 所示的 F_{xz} 加载方向和加载位置进行 50 万次工作耐久性试验, 然后按 F'_{xz} 加载方向和加载位置进行 50 万次工作耐久性试验。

6.17.1.2 试验过程中, 注意观察样品是否发生阻滞和卡死等异常情况, 各连接件有无松动, 各零件有无危及功能的变形和损坏。试验后, 按照 6.1、6.2 试验方法测试, 结果满足 4.17 的要求。

表 3 试验参数

纵向力/N	试验频率/Hz	踏板行程/mm
500±20	0.3-1.0	设计全行程的80%±5%

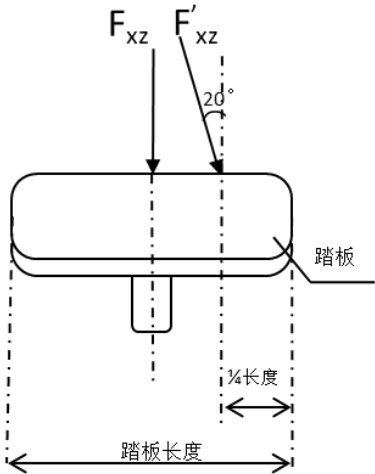


图 11 作用力示意图

6.17.2 工作耐久 2

工作耐久试验2主要试验目的是验证EBP包括传感器、踏板感组件、踏板臂、踏板底座等部件正常工作的可靠性。试验过程如下：

6.17.2.1 将样件固定在试验台架上，环境箱温度按表 3 执行，共 4 个循环，作用力施加方向如图 13 所示 F_{xz} 作用力方向进行 2 个循环试验， F'_{xz} 作用力方向开展 2 个循环试验，各温度总周期占比如表 4 所示，温度切换时间不应大于 45 min，温度切换完成后，保持 2 h，再进下一个温度环境试验。其中一个循环的踏板行程、踏板力、加载次数按表 5 所示或供需双方协商确定。全耐久试验制动动作总次数为 2200000 次。

6.17.2.2 试验过程中，记录制动踏板的踏板力和输出的电信号。试验结束后检验并记录各连接件有无松动及各零部件变形和损坏情况，试验完成后，按 6.4 开展强度试验。

6.17.2.3 试验结果满足 4.17 要求。

表 4 温度周期占比

温度/℃	所占比例
-40	2%
-20	10%
20	24%
60	34%
85	30%

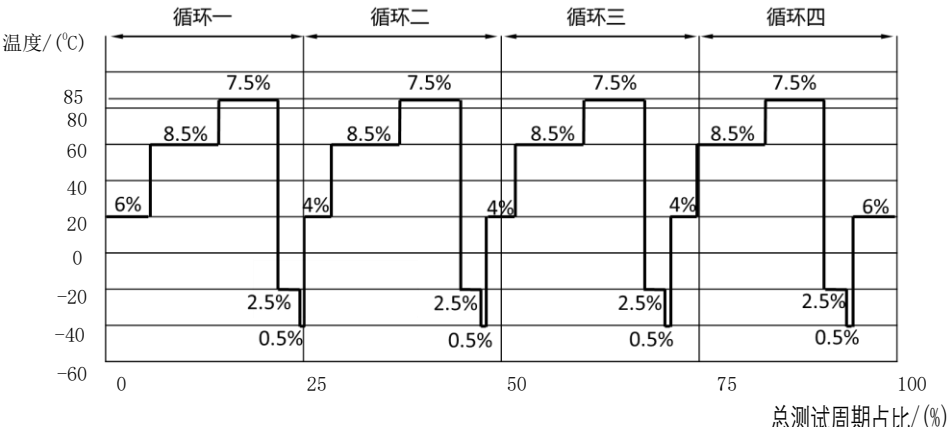


图 14 环境温度循环示意图

表 5 工作耐久试验参数

温度/℃	试验频率/Hz	踏板力 ^a /N	踏板行程/mm	加载次数 ^b /次	参考减速度/g
-40	1	25-40	按产品图样	1694	0.1-0.2
-40	1	40-55	按产品图样	3493	0.2-0.4
-40	1	55-80	按产品图样	3121	0.4-0.6
-40	1	80-140	按产品图样	1751	0.6-0.8
-40	1	300	按产品图样	997	0.8-1.0
-40	1	500	按产品图样	112	1.0≥
-20	1	25-40	按产品图样	8470	0.1-0.2
-20	1	40-55	按产品图样	17463	0.2-0.4
-20	1	55-80	按产品图样	15350	0.4-0.6
-20	1	80-140	按产品图样	8756	0.6-0.8
-20	1	300	按产品图样	4936	0.8-1.0
-20	1	500	按产品图样	552	1.0≥
20	1	25-40	按产品图样	20328	0.1-0.2
20	1	40-55	按产品图样	41911	0.2-0.4
20	1	55-80	按产品图样	36960	0.4-0.6
20	1	80-140	按产品图样	21001	0.6-0.8
20	1	300	按产品图样	11843	0.8-1.0
20	1	500	按产品图样	1323	1.0≥
60	1	25-40	按产品图样	28799	0.1-0.2
60	1	40-55	按产品图样	59373	0.2-0.4
60	1	55-80	按产品图样	52360	0.4-0.6
60	1	80-140	按产品图样	29771	0.6-0.8
60	1	300	按产品图样	16778	0.8-1.0
60	1	500	按产品图样	1872	1.0≥
85	1	25-40	按产品图样	24563	0.1-0.2
85	1	40-55	按产品图样	50442	0.2-0.4
85	1	55-80	按产品图样	44660	0.4-0.6
85	1	80-140	按产品图样	25394	0.6-0.8
85	1	300	按产品图样	14270	0.8-1.0
85	1	500	按产品图样	1657	1.0≥
^a : 踏板力可参考表内参数或按供应双方约定					
^b : 加载次数可参考表内参数或按供应双方约定					

6.18 振动耐久试验

按GB/T 2423.56进行随机振动试验，EBP每个轴向的试验持续8 h，加速度均方根（r、m、s）值应为27.8 m/s²，PDS与频率按表6规定。试验结果应满足4.18要求。

表 6 试验参数

频率 Hz	PSD (m/s ²) /Hz
10	20
55	6.5
180	0.25

300	0.25
360	0.14
1000	0.14

6.19 自由跌落试验

试验采用如下表7参数进行，跌落试验后目视检查样件，试验结果应满足6.19要求。

表 7 自由跌落试验参数

参数	要求
样品数量	3个样品，每个样品跌落次数2次，落差1m自由跌落或按协议高度。
撞击面	混凝土地面或钢板。
跌落方向	每个第1次跌落应在不同的空间轴，第2次跌落与第1次的空间轴向相同，方向相反。
工作模式	1.1（GB/T 28046.1）
温度	供需双方协商

6.20 机械冲击试验

样件安装和固定方式同5.1。按GB/T 28046.3中试验进行。

表 8 试验参数

冲击加速度 m/s ²	名义冲击持续时间 ms	冲击波形	每轴每方向冲击数 次	总冲击数 次
500	6	半正弦波	10	60

试验完成后，检查样件连接部位是否有松动现象，有无影响功能的变形和损坏，结果应满足4.20。按6.1和6.2进行纵向位移和侧向位移测量，结果应满足4.1、4.2要求。

6.21 失效冗余要求试验

EBP安装和固定方式同5.1，连接所有传感器线束进行功能测试，确认EBP各路传感器信号无异常。按如下顺序开展试验：

- a) 断开EBP一路信号的供电线，记录EBP其他信号线输出信号状态，恢复线束至正常状态；
- b) 将该路供电线短地，记录EBP其他信号线输出信号状态，恢复线束至正常状态；
- c) 断开该路信号线，记录EBP其他信号线输出信号状态，恢复线束至正常状态；
- d) 将该路信号线短地/电，记录EBP其他信号线输出信号状态，恢复线束至正常状态；
- e) 其他路信号按照上述步骤重复。

试验结果应满足4.21要求。

6.22 燃烧热性试验

燃烧热性试验按照GB 8410中要求进行测试。