

# 团 体 标 准

T/CAAMTB XXXX—XXXX

## 乘用车电子机械制动卡钳总成耐久性能要求及台架试验方法

Endurance performance requirements and bench test methods for passenger vehicles  
electromechanical brake caliper assembly

（征求意见稿）

（本草案完成时间：2024年9月28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 术语和定义 .....	1
4 性能要求 .....	1
4.1 全耐久 .....	1
4.2 驻车耐久 .....	2
4.3 振动耐久 .....	2
4.4 扭转疲劳 .....	2
5 试验相关要求 .....	2
5.1 试验设备 .....	2
5.2 样品 要求 .....	2
5.3 其它要求 .....	2
6 台架试验方法 .....	3
6.1 全耐久试验 .....	3
6.2 驻车耐久试验 .....	8
6.3 振动耐久试验 .....	9
6.4 扭转疲劳试验 .....	10
图 1 常规制动动作循环示意图 .....	3
图 2 ABS 制动模式 (ABS1、ABS2、ABS3) 循环过程示意图 .....	4
图 3 ABS 制动模式 (ABS4、ABS5、ABS6) 循环过程示意图 .....	4
图 4 环境箱温度循环示意图 .....	5
图 5 驻车制动动作循环示意图 .....	8
图 6 随机振动试验频率与加速度谱密度曲线 .....	9
图 7 随机振动试验时间与控制温度曲线 .....	10
表 1 常规制动过程的时间构成 .....	3
表 2 ABS 制动模式、目标夹紧力、标准动作与 1 个循环过程时间对应关系 .....	4
表 3 ABS 制动模式、制动夹紧力、标准动作与循环控制时间对应关系 .....	4
表 4 温度总周期占比 .....	5
表 5 环境箱循环周期与制动衬块对应关系 .....	5
表 6 全耐久试验单个温度循环内的对应温度、目标夹紧力的工作模式次数和执行情况 .....	6

表 7 驻车制动过程的时间构成 .....	9
表 8 驻车制动耐久试验执行流程 .....	9
表 9 随机振动试验频率与加速度谱密度对应关系.....	10

## 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。

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：杭州沃镭智能科技股份有限公司、菲格智能科技有限公司、长城汽车股份有限公司、中国计量大学、上海汽车制动系统有限公司、上汽集团创新研究开发总院、广州汽车集团股份有限公司广汽研究院、上海华为数字能源技术有限公司、恒创智行（上海）电控制动系统有限公司、中国汽车工程研究院股份有限公司、中国第一汽车研发总院、北京汽车研究总院有限公司、江淮汽车集团股份有限公司、上海理想汽车科技有限公司、广州小鹏汽车科技有限公司、泛亚汽车技术中心有限公司、吉利汽车研究院（宁波）有限公司、博世汽车部件（苏州）有限公司、浙江万安科技股份有限公司、浙江力邦合信智能制动系统系统股份有限公司、布雷博（南京）汽车零部件有限公司、炯熠电子科技（苏州）有限公司、珠海格莱利摩擦材料股份有限公司、上海华申瑞利汽车科技有限公司、通标标准技术服务（天津）有限公司

本文件主要起草人：

本文件为首次发布。

# 乘用车电子机械制动卡钳总成耐久性能要求及台架试验方法

## 1 范围

本文件规定了乘用车电子机械制动卡钳总成（以下简称“EMB卡钳”）耐久性能要求相关的术语和定义、性能要求、试验相关要求及台架试验方法。

本文件适用于GB/T 15089规定的最大设计总质量不超过3500 kg的M<sub>1</sub>类用电子机械制动卡钳总成，其它类车辆用电子机械制动卡钳总成可参照执行。

## 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；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 2423.10 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验 Fc：振动（正弦）

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/T15089 机动车辆及挂车分类

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 28046.3 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

QC/T 316 汽车行车制动器疲劳强度台架试验方法

T/CAAMTB XXXX 乘用车电子机械制动卡钳总成性能要求及台架试验方法

## 3 术语和定义

T/CAAMTB XXXX界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**三分之一磨损状态制动衬块 one-third wear state brake pad**

摩擦材料的厚度磨耗到新制动衬块厚度剩余三分之二状态时的制动衬块。

### 3.2

**三分之二磨损状态制动衬块 two-thirds wear state brake pad**

摩擦材料的厚度磨耗到新制动衬块厚度剩余三分之一状态时的制动衬块。

### 3.3

**全磨损状态制动衬块 full-wear state brake pad**

摩擦材料磨耗到制造商设定的磨损报警位置时的制动衬块。

## 4 性能要求

### 4.1 全耐久

按6.1进行试验后，EMB卡钳应满足如下要求：

- 功能正常，无明显的表面裂纹和影响功能的变形；
- 常温下额定电压夹紧力偏差不超过 30%，或满足供需双方商定的要求；
- 制动响应时间偏差不超过 30%，或满足供需双方商定的要求；
- 制动释放时间偏差不超过 30%，或满足供需双方商定的要求。

## 4.2 驻车耐久

按6.2进行试验后, EMB卡钳应满足如下要求:

- 驻车功能正常, 无明显的表面裂纹和影响功能的变形;
- 常温下额定电压夹紧力性能满足整车驻车要求, 或供需双方商定的要求。

## 4.3 振动耐久

按6.3进行试验后, EMB卡钳应满足如下要求:

- 不允许有破坏、龟裂、零件脱落及剪断等影响使用性能方面的损坏;
- 螺纹类零件的拧紧力矩下降值不超过 30%;
- 功能状态达到 GB/T 28046.1 定义的功能状态 A 级要求;
- 常温下额定电压夹紧力偏差不得超过 30%, 或满足供需双方商定的要求;
- 制动响应时间偏差不得超过 30%, 或满足供需双方商定的要求;
- 制动释放时间偏差不得超过 30%, 或满足供需双方商定的要求。

## 4.4 扭转疲劳

按6.4进行试验后, EMB卡钳应满足以下要求:

- 无明显的表面裂纹, 性能在可接受值范围内或供需双方商定的要求;
- 功能状态达到 GB/T 28046.1 定义的功能状态 B 级要求。

## 5 试验相关要求

### 5.1 试验设备

#### 5.1.1 高低温试验箱

高低温试验箱调温范围应覆盖 $-40\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 105\text{ }^{\circ}\text{C}$ , 实际温度与设定温度的误差不应大于 $\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。试验箱应留有电源线、数据线通道, 并具有隔热、隔湿的密封措施。

#### 5.1.2 测量仪器

试验设备应配置夹紧力、电流、电压的测量仪器, 测量仪器或仪表的精度等级不应低于1.0级。

#### 5.1.3 人机交互功能

试验设备应配置声学或光学报警装置, 试验过程中出现故障或需更换制动衬块时能主动报警; 试验设备应配置数字存储器和数据可视化装置, 可存储试验过程数据, 并实现试验数据的可视化。

#### 5.1.4 扭转疲劳试验设备

5.1.4.1 试验设备为扭转式或旋转式制动器疲劳试验台, 或等效装置, 其性能指标应满足 6.4 试验方法的相关要求。

5.1.4.2 试验设备施加的制动夹紧力应满足试验过程中制动力矩控制要求, 制动力矩控制误差不应超过 $\pm 5\%$ 。

#### 5.1.5 振动耐久试验设备

随机振动耐久试验设备满足GB/T 2423.56 相关要求, 正弦振动耐久试验设备满足GB/T 2423.10 相关要求。

### 5.2 样品要求

5.2.1 样件应为按经规定程序批准的技术文件制造的产品。

5.2.2 样件的外表面应清洁, 无锈蚀、毛刺、裂纹和其它缺陷。

### 5.3 其它要求

- 5.3.1 除非另有规定，试验室环境温度应为 5 °C~35 °C。  
 5.3.2 如无特殊规定，测试电源电压为额定电压，测试温度为室温，测试过程中不允许断电。  
 5.3.3 试验后，样件与安装位之间紧固螺栓色标无移动。

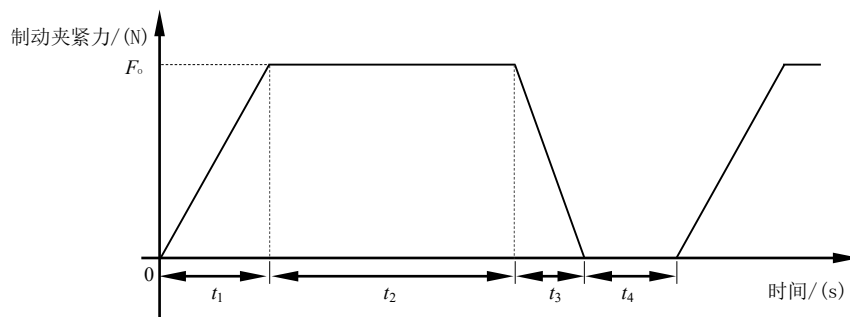
## 6 台架试验方法

### 6.1 全耐久试验

#### 6.1.1 工作模式

##### 6.1.1.1 常规制动模式

常规制动动作循环见图1，主要由制动响应阶段、制动保持阶段、制动释放阶段和制动间隔阶段四个部分组成。



标引符号说明：

- $t_1$ ——制动响应阶段时长；  
 $t_2$ ——制动保持阶段时长；  
 $t_3$ ——制动释放阶段时长；  
 $t_4$ ——制动间隔阶段时长；  
 $F_0$ ——目标夹紧力。

图1 常规制动动作循环示意图

不同温度下常规制动过程的时间构成按表 1 执行，或按供需双方商定的时间构成执行。

表1 常规制动过程的时间构成

环境温度 °C	动作时间 s			
	$t_1$	$t_2$	$t_3$	$t_4$
20	0.4±0.1	1.75±0.4	0.15±0.1	1.25±0.4
60				
80	0.45±0.1	1.75±0.4	0.15±0.1	3.65±0.2
105				
-20				
-40				

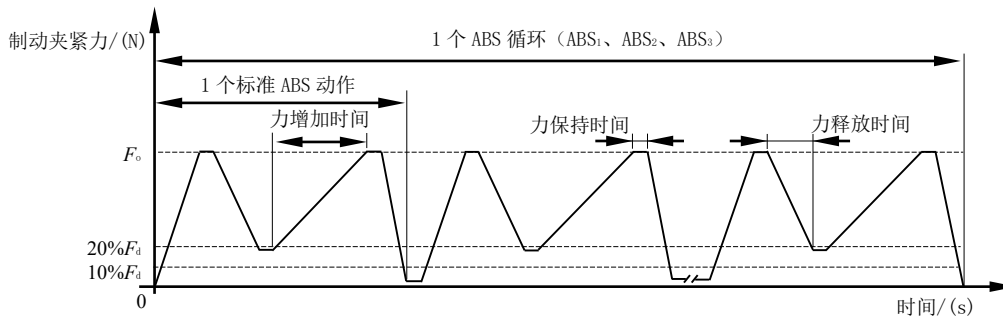
##### 6.1.1.2 ABS 制动模式

ABS制动分为六种ABS制动模式，ABS制动模式、目标夹紧力、标准ABS动作和1个ABS循环时间的对应关系按表2执行。ABS制动模式ABS<sub>1</sub>、ABS<sub>2</sub>、ABS<sub>3</sub>的标准ABS动作、1个ABS循环如图2所示，ABS制动模式ABS<sub>3</sub>、ABS<sub>4</sub>、ABS<sub>5</sub>的标准ABS动作、1个ABS循环如图3所示。ABS制动模式对应的循环次数按表3。

表2 ABS 制动模式与目标夹紧力、标准动作、1 个 ABS 循环过程时间的对应关系

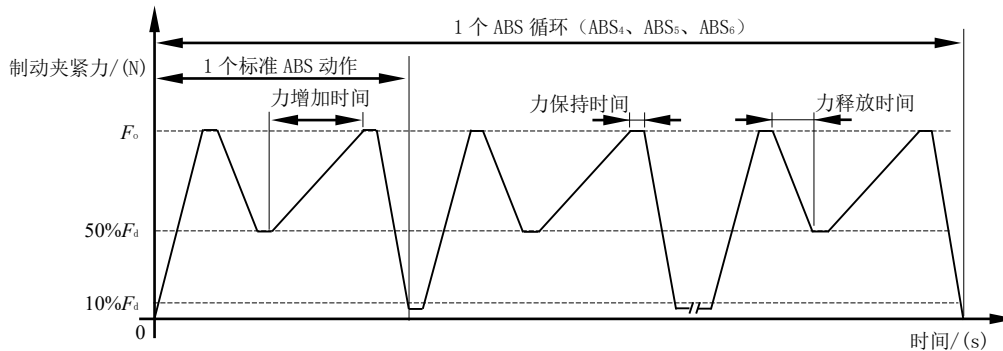
ABS 制动模式	目标夹紧力 N	标准ABS动作	1个ABS循环时间 s
ABS <sub>1</sub>	30% F <sub>d</sub>	夹紧力快速增加至F <sub>0</sub> →快速释放至20% F <sub>0</sub> 以下→快速增加至F <sub>0</sub> →快速释放至10% F <sub>0</sub> 以下。（力释放时间小于200 ms，力增加时间小于280 ms，力释放到力增加、力增加到力释放的保持时间都为30 ms）	1
ABS <sub>2</sub>	60% F <sub>d</sub>		1
ABS <sub>3</sub>	F <sub>d</sub>		2
ABS <sub>4</sub>	120% F <sub>d</sub> 或供需双方商定	夹紧力快速增加至F <sub>0</sub> →快速释放至50% F <sub>0</sub> →快速增加至F <sub>0</sub> →快速释放至10% F <sub>0</sub> 以下（力释放时间小于200 ms，力增加时间小于280 ms，力释放到力增加、力增加到力释放的保持时间都为30 ms）	4
ABS <sub>5</sub>	140% F <sub>d</sub> 或供需双方商定		2
ABS <sub>6</sub>	160% F <sub>d</sub> 或供需双方商定		10

注：F<sub>d</sub>为额定夹紧力，F<sub>0</sub>为目标夹紧力



标引符号说明：  
 F<sub>0</sub>——目标夹紧力；  
 F<sub>d</sub>——额定夹紧力。

图2 ABS 制动模式（ABS<sub>1</sub>、ABS<sub>2</sub>、ABS<sub>3</sub>）循环过程示意图



标引符号说明：  
 F<sub>0</sub>——目标夹紧力；  
 F<sub>d</sub>——额定夹紧力。

图3 ABS 制动模式（ABS<sub>4</sub>、ABS<sub>5</sub>、ABS<sub>6</sub>）循环过程示意图

表3 ABS 制动模式与 1 个 ABS 循环时间、循环次数的对应关系

ABS 制动模式	1个ABS循环时间 s	ABS循环次数 次
ABS <sub>1</sub>	1	10300
ABS <sub>2</sub>	1	1950
ABS <sub>3</sub>	2	500
ABS <sub>4</sub>	4	100
ABS <sub>5</sub>	2	200
ABS <sub>6</sub>	10	50
总计	/	13100

### 6.1.1.3 自检模式

从下电状态到上电状态时，EMB卡钳进行初始状态自检，自检流程按照产品定义。

### 6.1.2 温度循环

全耐久试验过程中，环境箱的温度循环曲线如图4所示，共4个循环，温度切换时间不应大于45 min，温度切换完成后，保持2 h，再开始下一个温度环境试验。各温度总周期占比按表4执行。

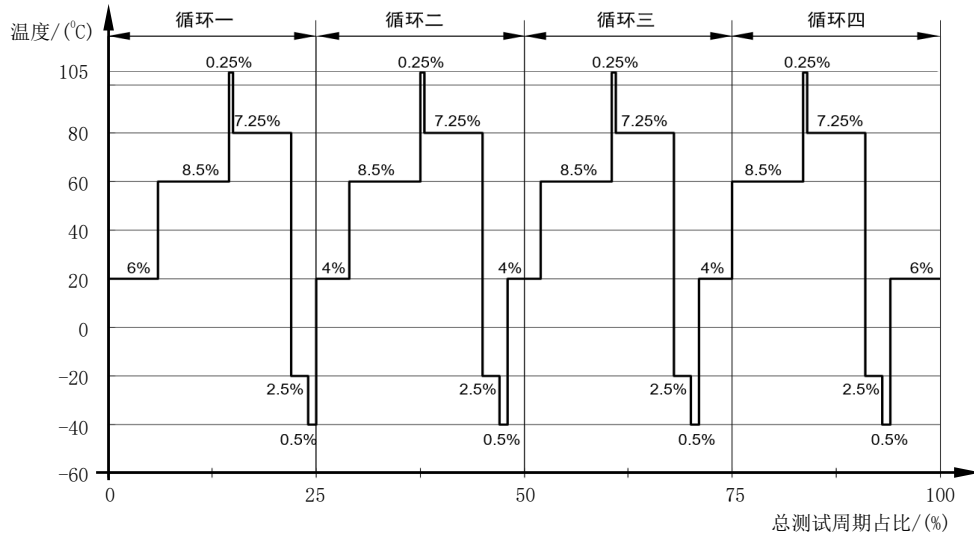


图4 环境箱温度循环示意图

表4 温度总周期占比

温度 °C	所占比例
-40	2%
-20	10%
20	24%
60	34%
80	29%
105	1%

### 6.1.3 制动衬块状态

全耐久试验中，四个温度循环阶段使用制动衬块的磨损状态按表5执行。

表5 环境箱温度循环周期与制动衬块对应关系

温度循环阶段	制动衬块状态
温度循环一	新制动衬块
温度循环二	三分之一磨损状态制动衬块
温度循环三	三分之二磨损状态制动衬块
温度循环四	全磨损状态制动衬块

### 6.1.4 试验执行流程

6.1.4.1 将 EMB 卡钳样件固定在试验台架上，将样件与控制电路相连。

6.1.4.2 试验流程：环境箱的温度循环按 6.1.2 执行，耐久性能试验共四个循环，其中一个温度循环内对应温度、目标夹紧力的工作模式执行次数及执行流程见表 6。耐久试验制动动作总次数为 220000 次，自检次数 50000 次，自检均匀分布于制动动作中，按表 6 中制动循环，每执行 44 次制动动作后执行一次自检操作。整个 ABS 工作循环总次数不少于 13000 次。

表6 全耐久试验单个温度循环内的对应温度、目标夹紧力的工作模式次数和执行流程

温度 ℃	目标夹紧力 N	常规制动 (C) 次	ABS <sub>1</sub> 次	ABS <sub>2</sub> 次	ABS <sub>3</sub> 次	ABS <sub>4</sub> 次	ABS <sub>5</sub> 次	ABS <sub>6</sub> 次	单次循环 执行流程
20	10% $F_d$	20328	-	-	-	-	-	-	循环1: C( $F_o$ )×220- 1ABS <sub>x</sub>
	20% $F_d$	41910	-	-	-	-	-	-	
	30% $F_d$	36960	618	-	-	-	-	-	
	40% $F_d$	21015	-	-	-	-	-	-	
	50% $F_d$	8316	-	-	-	-	-	-	
	60% $F_d$	2443	-	117	-	-	-	-	
	70% $F_d$	805	-	-	-	-	-	-	循环2: C( $F_o$ )×44- 1ABS <sub>x</sub>
	80% $F_d$	88	-	-	-	-	-	-	
	90% $F_d$	10	-	-	-	-	-	-	
	$F_d$	1	-	-	30	-	-	-	
	110% $F_d$ 或供需双方商定	176	-	-	-	-	-	-	
	120% $F_d$ 或供需双方商定	3	-	-	-	6	-	-	
	140% $F_d$ 或供需双方商定	0	-	-	-	-	12	-	
160% $F_d$ 或供需双方商定	0	-	-	-	-	-	3		
60	10% $F_d$	28799	-	-	-	-	-	-	循环1: C( $F_o$ )×220- 1ABS <sub>x</sub>
	20% $F_d$	59373	-	-	-	-	-	-	
	30% $F_d$	52360	875	-	-	-	-	-	
	40% $F_d$	29771	-	-	-	-	-	-	
	50% $F_d$	10781	-	-	-	-	-	-	
	60% $F_d$	3460	-	166	-	-	-	-	
	70% $F_d$	1041	-	-	-	-	-	-	循环2: C( $F_o$ )×44- 1ABS <sub>x</sub>
	80% $F_d$	125	-	-	-	-	-	-	
	90% $F_d$	16	-	-	-	-	-	-	
	$F_d$	3	-	-	42	-	-	-	
	110% $F_d$ 或供需双方商定	249	-	-	-	-	-	-	
	120% $F_d$ 或供需双方商定	3	-	-	-	8	-	-	
	140% $F_d$ 或供需双方商定	0	-	-	-	-	17	-	
160% $F_d$ 或供需双方商定	0	-	-	-	-	-	4		
105	10% $F_d$	847	-	-	-	-	-	-	循环1: C( $F_o$ )×220- 1ABS <sub>x</sub>
	20% $F_d$	1747	-	-	-	-	-	-	
	30% $F_d$	1540	26	-	-	-	-	-	
	40% $F_d$	876	-	-	-	-	-	-	
	50% $F_d$	347	-	-	-	-	-	-	
	60% $F_d$	103	-	5	-	-	-	-	
	70% $F_d$	35	-	-	-	-	-	-	循环2: C( $F_o$ )×44- 1ABS <sub>x</sub>
	80% $F_d$	4	-	-	-	-	-	-	
	90% $F_d$	0	-	-	-	-	-	-	
	$F_d$	0	-	-	1	-	-	-	
	110% $F_d$ 或供需双方商定	5	-	-	-	-	-	-	
	120% $F_d$ 或供需双方商定	0	-	-	-	0	-	-	
	140% $F_d$ 或供需双方商定	0	-	-	-	-	1	-	
160% $F_d$ 或供需双方商定	0	-	-	-	-	-	0		

表6 全耐久试验单个温度循环内的对应温度、目标夹紧力的工作模式次数和执行流程（续）

温度 °C	目标夹紧力 N	常规制动 (C) 次	ABS <sub>1</sub> 次	ABS <sub>2</sub> 次	ABS <sub>3</sub> 次	ABS <sub>4</sub> 次	ABS <sub>5</sub> 次	ABS <sub>6</sub> 次	单次循环 执行流程
80	10% $F_d$	24563	-	-	-	-	-	-	循环1: C( $F_d$ )×220- 1ABS <sub>x</sub>
	20% $F_d$	50641	-	-	-	-	-	-	
	30% $F_d$	44660	747	-	-	-	-	-	
	40% $F_d$	25394	-	-	-	-	-	-	
	50% $F_d$	10049	-	-	-	-	-	-	
	60% $F_d$	2952	-	141	-	-	-	-	
	70% $F_d$	973	-	-	-	-	-	-	循环2: C( $F_o$ )×44- 1ABS <sub>x</sub>
	80% $F_d$	107	-	-	-	-	-	-	
	90% $F_d$	13	-	-	-	-	-	-	
	$F_d$	1	-	-	36	-	-	-	
	110% $F_d$ 或供需双方商定	213	-	-	-	-	-	-	
	120% $F_d$ 或供需双方商定	3	-	-	-	7	-	-	
	140% $F_d$ 或供需双方商定	0	-	-	-	-	14	-	
	160% $F_d$ 或供需双方商定	0	-	-	-	-	-	4	
-20	10% $F_d$	8470	-	-	-	-	-	-	循环1: C( $F_d$ )×220- 1ABS <sub>x</sub>
	20% $F_d$	17463	-	-	-	-	-	-	
	30% $F_d$	15350	257	-	-	-	-	-	
	40% $F_d$	8756	-	-	-	-	-	-	
	50% $F_d$	3465	-	-	-	-	-	-	
	60% $F_d$	1018	-	49	-	-	-	-	
	70% $F_d$	336	-	-	-	-	-	-	循环2: C( $F_o$ )×44- 1ABS <sub>x</sub>
	80% $F_d$	37	-	-	-	-	-	-	
	90% $F_d$	5	-	-	-	-	-	-	
	$F_d$	1	-	-	13	-	-	-	
	110% $F_d$ 或供需双方商定	73	-	-	-	-	-	-	
	120% $F_d$ 或供需双方商定	1	-	-	-	3	-	-	
	140% $F_d$ 或供需双方商定	0	-	-	-	-	5	-	
	160% $F_d$ 或供需双方商定	0	-	-	-	-	-	1	
-40	10% $F_d$	1694	-	-	-	-	-	-	循环1: C( $F_d$ )×220- 1ABS <sub>x</sub>
	20% $F_d$	3493	-	-	-	-	-	-	
	30% $F_d$	3080	52	-	-	-	-	-	
	40% $F_d$	1751	-	-	-	-	-	-	
	50% $F_d$	693	-	-	-	-	-	-	
	60% $F_d$	204	-	10	-	-	-	-	
	70% $F_d$	67	-	-	-	-	-	-	循环2: C( $F_o$ )×44- 1ABS <sub>x</sub>
	80% $F_d$	7	-	-	-	-	-	-	
	90% $F_d$	1	-	-	-	-	-	-	
	$F_d$	0	-	-	3	-	-	-	
	110% $F_d$ 或供需双方商定	15	-	-	-	-	-	-	
	120% $F_d$ 或供需双方商定	0	-	-	-	1	-	-	
	140% $F_d$ 或供需双方商定	0	-	-	-	-	1	-	
	160% $F_d$ 或供需双方商定	0	-	-	-	-	-	0	

表6 全耐久试验单个温度循环内的对应温度、目标夹紧力的工作模式次数和执行流程（续）

<p>注 1: <math>F_d</math>为额定夹紧力, <math>F_o</math>为目标夹紧力。          注 2: <math>C(F_o) \times 220 - 1ABS_x</math>说明: 执行220次常规制动 (<math>F_o</math>为对制动目标夹紧力), 然后执行 1 次ABS循环 (下标X 为ABS制动模式代号)。          注 3: 重复循环 1, 当循环中某一执行动作达到次数后可不再执行, 直接执行本循环下一个执行动作, 直至所有动作次数都满足表中要求。          注 4: 循环 1 中所有动作次数执行完成后, 进入循环 2, 以此类推。          注 5: 表中循环模式作为参考, 在总数量不少于要求情况下可根据实际实验进行循环安排。</p>
---

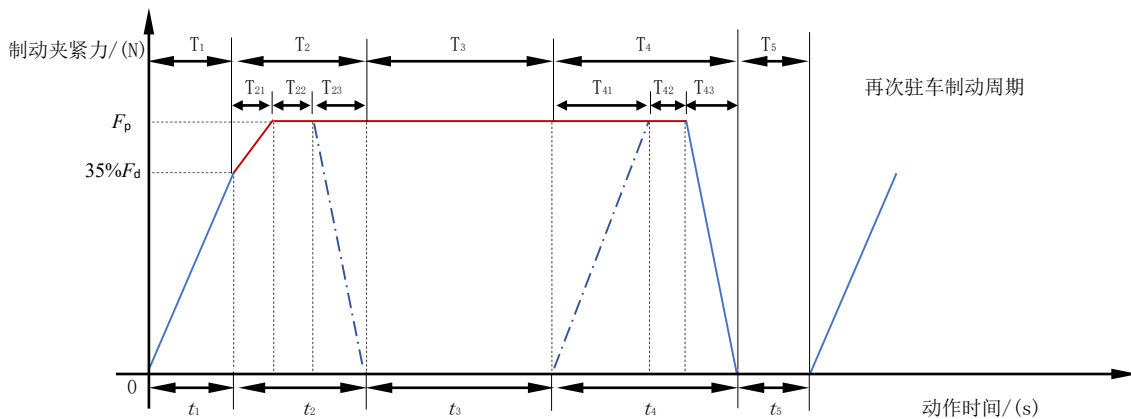
6.1.4.3 试验过程中, 记录 EMB 卡钳的输入电流、电压。

6.1.4.4 试验过程中, 试验周期完成 25%、50%、75%、100%时, 按 T/CAAMTB XXX 规定的 6.8 试验方法复检样件的常温下额定电压夹紧力, 按 T/CAAMTB XXX 规定的 6.6 试验方法复检样件的制动响应时间, 按 T/CAAMTB XXX 规定的 6.7 试验方法复检样件的制动释放时间, 并记录数据。

## 6.2 驻车耐久试验

### 6.2.1 动作循环定义

EMB卡钳驻车制动动作循环定义如图5所示, 主要由行车制动响应阶段( $T_1$ )、驻车制动响应阶段( $T_2$ )、驻车制动保持阶段( $T_3$ )、驻车制动释放阶段( $T_4$ )、再次驻车制动间隔阶段( $T_5$ )等5个阶段。其中驻车制动响应阶段( $T_2$ )由额定驻车夹紧力建立阶段( $T_{21}$ )、驻车机构锁紧阶段( $T_{22}$ )、行车制动夹紧力释放阶段( $T_{23}$ )等3个阶段组成, 驻车制动释放阶段( $T_4$ )由制动夹紧力上升阶段( $T_{41}$ )、驻车机构解锁阶段( $T_{42}$ )、制动释放阶段( $T_{43}$ )等3个阶段组成。驻车耐久性能试验在不同温度下驻车制动过程的动作时间构成按表7执行, 或按供需双方商定的时间构成执行。



- |                         |                       |
|-------------------------|-----------------------|
| $T_1$ ——行车制动响应阶段;       | $t_1$ ——行车制动响应阶段时长;   |
| $T_2$ ——驻车制动响应阶段;       | $t_2$ ——驻车制动响应阶段时长;   |
| $T_3$ ——驻车制动保持阶段;       | $t_3$ ——驻车制动保持阶段时长;   |
| $T_4$ ——驻车制动释放阶段;       | $t_4$ ——驻车制动释放阶段时长;   |
| $T_5$ ——再次驻车制动间隔阶段;     | $t_5$ ——再次驻车制动间隔阶段时长; |
| $T_{21}$ ——额定驻车夹紧力建立阶段; | $F_o$ ——额定驻车夹紧力;      |
| $T_{22}$ ——驻车机构锁紧阶段;    | $F_d$ ——额定夹紧力;        |
| $T_{23}$ ——行车制动夹紧力释放阶段; |                       |
| $T_{41}$ ——制动夹紧力上升阶段;   |                       |
| $T_{42}$ ——驻车机构解锁阶段;    |                       |

图5 驻车制动动作循环示意图

表7 驻车制动过程的时间构成

环境温度 ℃	动作时间 s				
	$t_1$	$t_2$	$t_3$	$t_4$	$t_5$
25	$0.2 \pm 0.1$	$0.4 \pm 0.1$	$1.75 \pm 0.4$	$0.4 \pm 0.1$	$1.25 \pm 0.4$
85	$0.25 \pm 0.1$	$0.45 \pm 0.1$	$1.75 \pm 0.4$	$0.45 \pm 0.1$	$3.65 \pm 0.2$
-40					

## 6.2.2 试验执行流程

6.2.2.1 将 EMB 卡钳样件按实车状态安装在试验装置上，然后将样件与控制电路相连。

6.2.2.2 EMB 卡钳驻车耐久性能试验时，行车制动夹紧力为额定夹紧力的 35%，驻车夹紧力为额定驻车夹紧力或供需双方约定。

6.2.2.3 驻车制动耐久总次数为 150000 次，驻车制动耐久性能试验流程按表 8 执行。

表8 驻车制动耐久试验执行流程

顺序号	温度 ℃	驻车制动次数 次
1	25	60000
2	85	15000
3	-40	15000
4	25	60000
总计	/	150000

6.2.2.4 试验完成后拆下样件，按 T/CAAMTB XXX 规定的 6.8 试验方法复检样件的常温下额定电压夹紧力，并记录数据。

## 6.3 振动耐久试验

### 6.3.1 随机振动耐久试验

6.3.1.1 按 GB/T 2423.56 进行随机振动试验，EMB 卡钳总成样件在上下、前后、左右每个轴向的试验持续 480 min，加速度均方根值为  $107.3 \text{ m/s}^2$ 。试验频率与加速度谱密度的关系见图 6 和表 9，温度随时间变化曲线见图 7。

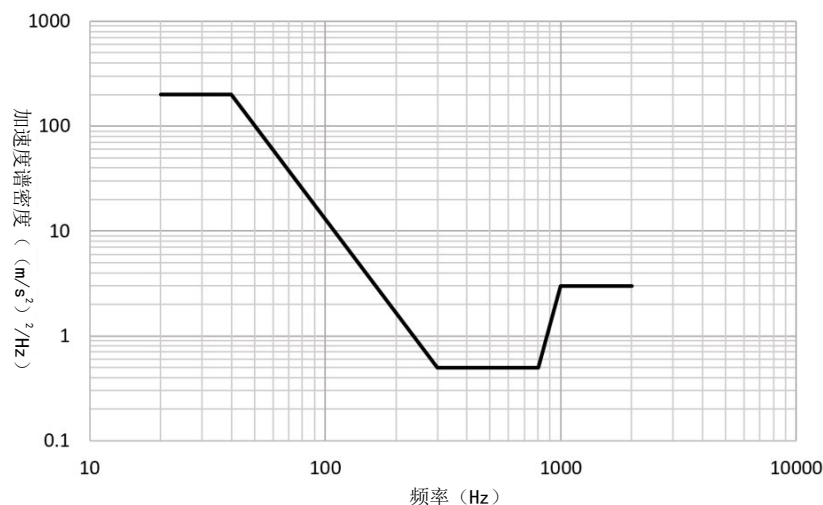


图6 随机振动试验频率与加速度谱密度曲线

表9 随机振动试验频率与加速度谱密度对应关系

频率 Hz	加速度谱密度 (m/s <sup>2</sup> ) <sup>2</sup> /Hz
20	200
40	200
300	0.5
800	0.5
1000	3
2000	3

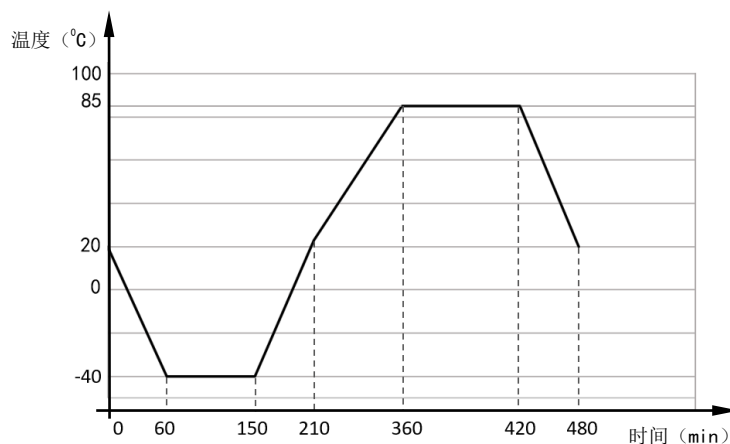


图7 随机振动试验时间与控制温度曲线

6.3.1.2 在试验 210 min~420 min 的时间段内 EMB 卡钳总成样件通电运行，每 6 min 进行一次制动，制动夹紧力为额定夹紧力的 35%，保持时间为 1 s，然后释放。

6.3.1.3 试验完成后，检查 EMB 卡钳连接螺栓的拧紧力矩，拆下样件。按 T/CAAMTB XXX 规定的 6.8 试验方法复检样件的常温下额定电压夹紧力，按 T/CAAMTB XXX 规定的 6.6 试验方法复检样件的制动响应时间，按 T/CAAMTB XXX 规定的 6.7 试验方法复检样件的制动释放时间，并记录数据。

### 6.3.2 正弦振动耐久试验

6.3.2.1 将 EMB 卡钳总成样件按实车安装状态安装在试验台上，然后将样件与控制电路相连。

6.3.2.2 以 150 m/s<sup>2</sup> 的加速度和 40 Hz 的振动频率进行垂直方向的连续振动试验，振动波形尽可能接近正弦波；同时，每分钟对 EMB 卡钳进行 1 次制动操作，制动夹紧力为额定夹紧力的 35%，保持时间为 1 s。

6.3.2.3 EMB 卡钳先安装新制动衬块，连续振动  $1 \times 10^6$  次；然后换装成全磨损状态制动衬块，再连续振动  $1 \times 10^6$  次。

6.3.2.4 试验完成后，检查 EMB 卡钳连接螺栓的拧紧力矩，拆下样件。按 T/CAAMTB XXX 规定的 6.8 试验方法复检样件的常温下额定电压夹紧力，按 T/CAAMTB XXX 规定的 6.6 试验方法复检样件的制动响应时间，按 T/CAAMTB XXX 规定的 6.7 试验方法复检样件的制动释放时间，并记录数据。

### 6.4 扭转疲劳试验

按 QC/T 316 进行试验，试验次数 20 万次。