

团 体 标 准

T/CSAEXX—2020

电动汽车制动系统故障诊断与应急保护 台架试验方法

Bench test method for fault diagnosis and emergency protection of
electric vehicle braking system

(征求意见稿)

在提交反馈意见时，请将您知道的该标准所涉必要专利信息连同支持性文件一并附上。

2020-XX-XX 发布

2020-XX-XX 实施

中国汽车工程学会 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 试验条件	2
5 电动汽车制动系统故障类型	2
6 试验方法	4
6.1 电动汽车制动系统故障诊断试验	4
6.1.1 试验流程	4
6.1.2 故障诊断评价指标	6
6.2 再生制动失效应急保护试验	7
6.2.1 试验流程	7
6.2.2 再生制动失效应急保护响应时间	7

前 言

本标准按照 GB/T1.1—2009《标准化工作导则 第1部分：标准的结构和编写》给出的规则起草。

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。

本标准牵头单位：中国科学院电工研究所。

本标准参加单位：清华大学、浙江亚太机电股份有限公司、中国汽车技术研究中心、上海汽车集团股份有限公司、浙江吉利控股集团有限公司、奇瑞汽车股份有限公司、郑州宇通客车股份有限公司。

本标准主要起草人：苟晋芳、何承坤、李立刚、张俊智、王伟、孙东升、袁野、季园、王琪、张毅华、陈志鹏、杨学青、刘伟龙。

本标准首次制定。

电动汽车制动系统故障诊断与应急保护台架试验方法

1 范围

本标准规定了电动汽车制动系统故障诊断与应急保护台架试验相关的术语和定义、试验方法以及评价指标。

本标准适用于再生制动与摩擦制动协调式耦合的电动汽车制动系统。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期引用文件，其最新版本（包括所有的修改版）适用于本文件。

GB/T 19596 电动汽车术语

3 术语和定义

GB/T 19596—2017界定的，以及下列术语和定义适用于本文件。为了便于使用，以下重复列出了GB/T 19596—2017中的某些术语和定义。

3.1 再生制动系统 regenerative braking system

汽车滑行、减速或下坡时，将车辆行驶过程中的动能及势能转化或部分转化为车载可充电储能系统的能量存储起来的制动系统。

注：改写 GB/T 19596—2017，定义 3.1.2.1.8。

3.2 驱动过程 driving process

汽车行驶中驱动系统起作用的过程。

3.3 制动过程 braking process

汽车行驶中行车制动系起作用的过程。

3.4 故障误报 fault false alarm

系统没有发生故障而报警。

3.5 故障漏报 fault miss alarm

系统发生故障而没有报警。

3.6 故障误报率 fault false alarm ratio

故障误报发生的概率。

3.7 故障漏报率 fault miss alarm ratio

故障漏报发生的概率。

3.8 故障检测的及时性 timeliness of fault detection

系统在发生故障后，故障诊断系统在最短时间内检测到故障的能力。

4 试验条件

4.1 进行台架试验的电动汽车制动系统应由以下子系统组成：

- a) 再生制动控制器
- b) 车用电驱动系统
- c) 摩擦制动系统
- d) 摩擦制动力调节装置

4.2 试验台架应包含运行车辆动力学模型的实时仿真系统、能模拟电动汽车运动状态的测功机、数据处理记录仪。

4.3 试验台架安装须稳定、可靠。车速、时间和其他相应的测量装置应同步起动。

5 电动汽车制动系统故障类型

电动汽车制动系统常见的故障类型及触发相应故障的危险事件见表1。

表1 电动汽车制动系统故障类型

故障类型	故障部位	危险事件类型
再生制动力失效	电池	电池单体过充/过热限制充电
		电池管理系统 SOC 估计值异常限制再生制动
	电机	电机控制器故障/电机本体故障导致电机不工作
	通信	CAN 网络故障导致再生制动力矩命令发送或接收异常
	制动控制器	制动控制器故障导致再生制动命令值为 0
再生制动力降低	电机	电机控制器故障/电机本体故障导致电机无法输出满额再生制动力矩
	通信	CAN 网络故障导致再生制动力矩命令发送或接收异常
出现非预期峰值再生制动力矩	电机	电机控制器故障导致电机输出峰值再生制动力矩
	通信	CAN 网络故障导致再生制动力矩命令发送或接收异常

摩擦制动力失效	建压单元	建压单元（蓄能器、电动助力机构）损坏
	压力调节单元	电磁阀损坏
		泵损坏
	制动控制器	制动控制器故障导致摩擦制动命令值为 0
		制动控制器故障导致相关电磁阀命令错误
	制动主缸	主缸损坏
制动管路	制动管路破裂	
摩擦制动力降低	建压单元	建压单元泄漏
	压力调节单元	电磁阀泄漏、泵性能下降
	制动控制器	制动控制器故障导致相关电磁阀或泵命令错误
	制动主缸	主缸泄漏
	制动卡钳	制动卡钳泄漏
	制动管路	制动管路泄漏
	摩擦片	摩擦片损耗
出现非预期峰值摩擦制动力矩	建压单元	建压单元故障导致输出峰值摩擦制动力矩
	压力调节单元	压力调节单元故障导致输出峰值摩擦制动力矩
	制动控制器	制动控制器故障导致输出峰值摩擦制动命令
		制动控制器故障导致相关电磁阀或泵命令错误
全部制动力失效	制动踏板位置传感器	制动踏板位置传感器信号丢失
	制动控制器	制动控制器故障导致解析制动命令为 0
出现非预期峰值制动	制动踏板位置	制动踏板位置信号异常导致制动系统输出峰值制动力

力	传感器	
---	-----	--

注:

非预期峰值再生制动力矩指制动系统在无再生制动力矩需求或再生制动力矩需求非峰值时, 获得的峰值再生制动力矩。

非预期峰值摩擦制动力矩指制动系统在无摩擦制动力矩需求或摩擦制动力矩需求非峰值时, 获得的峰值摩擦制动力矩。

非预期峰值制动力指制动系统在无制动需求或制动需求非峰值时, 获得的峰值制动力矩。

6 试验方法

6.1 电动汽车制动系统故障诊断试验

6.1.1 试验流程

6.1.1.1 启动车辆, 令车辆按照包含驱动过程和制动过程的设定工况运行(如选取NEDC工况中的某段)。

6.1.1.2 分别在车辆驱动过程和制动过程注入相应的危险事件, 并记录危险事件的注入时刻。可按照表2提供的方式注入危险事件。

表2 危险事件注入方式

故障类型	危险事件类型	危险事件注入方式
再生制动力失效	电池单体过充限制充电	在车辆制动过程中将电池某单体电压信号修改为高于安全阈值
	电池单体过温限制充电	在车辆制动过程中将电池某单体温度信号修改为高于安全阈值
	电池管理系统 SOC 估计值异常限制再生制动	在车辆制动过程中将电池 SOC 信号修改为 100%
	电机控制器故障或电机本体故障导致电机不工作	设置电机控制器故障开关, 在车辆制动过程中切断能量回馈回路
	CAN 网络故障导致再生制动力矩命令发送或接收异常	采用 CAN 通信监控工具, 在车辆制动过程中修改再生制动力矩命令信号为 0
	制动控制器故障导致再生制动命令值为 0	车辆制动过程, 在制动控制器软件中将电机再生制动力矩命令信号修改为 0
再生制动力降低	电机控制器故障或电机本体故障导致电机无法输出满额再生制动力矩; CAN 网络故障导致再生制动力矩命令发送或接收异常	采用 CAN 通信监控工具, 在车辆制动过程中修改再生制动力矩命令信号为原命令值的 1/2

非预期峰值再生制动力矩	电机控制器故障导致电机输出峰值再生制动力矩； CAN 网络故障导致再生制动力矩命令发送或接收异常	采用 CAN 通信监控工具，在车辆制动过程中修改再生制动力矩命令信号为峰值再生制动力矩
摩擦制动力失效	建压单元（蓄能器、电动助力机构）损坏	车辆制动过程，在制动控制器软件中修改建压单元相应命令，使建压单元不工作
	电磁阀损坏； 制动控制器故障导致相关电磁阀命令错误	车辆制动过程，在制动控制器软件中修改电磁阀命令信号，使相应制动回路摩擦制动力为 0
	泵损坏	车辆制动过程，在制动控制器软件中修改泵命令信号，使相应制动回路摩擦制动力为 0
	制动控制器故障导致摩擦制动命令值为 0	车辆制动过程，在制动控制器软件中将某路摩擦制动力命令信号修改为 0
	主缸损坏	在主缸输出端设置制动液泄漏开关，在车辆制动过程中完全打开泄漏开关
	制动管路破裂	在制动管路中设置制动液泄漏开关，在车辆制动过程中完全打开泄漏开关
摩擦制动力降低	建压单元泄漏	在建压单元输出端设置制动液泄漏开关，在车辆制动过程中小开度打开泄漏开关
	电磁阀泄漏、泵性能下降； 制动控制器故障导致相关电磁阀或泵命令错误	车辆制动过程，在制动控制器软件中修改相关电磁阀和泵的命令信号，使相应制动回路摩擦制动力降低
	制动主缸泄漏	在主缸输出端设置制动液泄漏开关，在车辆制动过程中小开度打开泄漏开关
	制动管路泄漏	在制动管路中设置制动液泄漏开关，在车辆制动过程中小开度打开泄漏开关
非预期峰值摩擦制动力矩	建压单元故障导致输出峰值摩擦制动力矩	车辆制动过程，在制动控制器软件中修改建压单元相应命令，使建压单元输出峰值

		制动压力
	压力调节单元故障导致输出峰值摩擦制动力矩； 制动控制器故障导致相关电磁阀或泵命令错误	车辆制动过程，在制动控制器软件中修改相关电磁阀和泵的命令信号，使相应制动回路获得峰值制动压力
	制动控制器故障导致输出峰值摩擦制动命令	车辆制动过程，在制动控制器软件中将某路摩擦制动压力命令信号修改为峰值摩擦制动压力
全部制动力失效	制动踏板位置信号丢失	在制动踏板位置传感器输出端设置故障开关，在车辆制动过程在切断其信号输出
	制动控制器故障导致解析制动命令为0	在制动控制器软件中将总制动力需求命令修改为0
非预期峰值制动力	制动踏板位置信号异常导致制动系统输出峰值制动力	设置制动踏板位置信号模拟装置，分别在车辆驱动过程和制动过程将制动踏板开度信号修改为100%

6.1.1.3 记录诊断系统上报的故障信息。

6.1.1.4 重复6.1.1.1-6.1.1.3的试验不少于20次。

6.1.2 故障诊断评价指标

6.1.2.1 故障误报率

注入类型为*i*的危险事件试验的故障误报率：

$$\zeta_i = \frac{M_i}{H \cdot P_i} * 100\%$$

式中：

M_i — 在*H*次试验中未发生危险事件时诊断系统上报故障的时间点总个数；

H — 试验总次数；

P_i — 在一次试验中未发生危险事件时的时间点总个数。

6.1.2.2 故障漏报率

注入类型为*i*的危险事件试验的故障漏报率：

$$\rho_i = \frac{N_i}{H \cdot Q_i} * 100\%$$

式中：

N_i — 在*K*次试验中发生危险事件时诊断系统未上报故障的时间点总个数；

Q_i — 在一次试验中发生危险事件时的时间点总个数。

6.1.2.3 故障检测的及时性

注入类型为*i*的危险事件试验的故障检测及时性采用最大故障诊断时间评价：

$$T_i = \text{MAX}(t_{diag_ij} - t_{inj_ij})$$

式中：

T_i 最大故障诊断时间；

t_{inj_ij} 第*j*次注入危险事件的时刻（ $j \leq Q_i$ ）

t_{diag_ij} 第*j*次注入危险事件后检测到故障的时刻。

6.2 再生制动失效应急保护试验

6.2.1 试验流程

6.2.1.1 将路面系数路面设为0.8。

6.2.1.2 将可充电储能系统的荷电状态调整至中间值附近。

6.2.1.3 将车辆加速到90km/h。

6.2.1.4 松开加速踏板，待车速下降至80km/h时，踩下制动踏板并维持踏板开度，该制动踏板开度不应触发ABS程序，记录制动踏板开度。

6.2.1.5 当车速下降至50km/h时，注入导致再生制动力失效的危险事件，记录危险事件注入时刻 t_1 。

6.2.1.6 监测摩擦制动压力的增长情况，当其进入平台段时，记录时刻 t_2 。

6.2.1.7 重复6.2.1.1-6.2.1.6的试验不少于5次。

6.2.2 再生制动失效应急保护响应时间

某制动踏板开度下再生制动失效应急保护响应时间：

$$\Delta t = \text{MAX}(t_{2,k} - t_{1,k})$$

式中：

$t_{1,k}$ 第*k*次试验中注入导致再生制动力失效的危险事件的时刻；

$t_{2,k}$ 第*k*次试验中摩擦制动力上升至应急保护水平的时刻。