

电动汽车火灾安全性评估方法

Fire safety assessment methods for electric vehicles

(征求意见稿)

2024-XX-XX 发布

2024-XX-XX 实施

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 试验方法	2
4.1 试验条件	2
4.2 火灾触发方式	3
4.3 试验准备	3
5 评价方法	5
5.1 测评项目及指标	5
5.2 综合评分计算方法	6
5.3 评价结果	6
附录 A（规范性） 电池热失控触发方法	7
附录 B（规范性） 电安全监测方法	8
附录 C（资料性） 试验前信息确认	9
附录 D（规范性） 车门开关功能验证方	11
D.1 车门开关功能验证装置	11
D.2 车门开关功能验证顺序及其判定方法	11
附录 E（资料性） 试验后车辆状态确认	12

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。

本文件由中国消费品质量安全促进会提出。

本文件由中国消费品质量安全促进会归口。

本文件起草单位：招商局检测车辆技术研究院有限公司。

本文件主要起草人：

本文件为首次发布。

电动汽车火灾安全性评估方法

重要提示：使用本文件的人员应有正规实验室工作的实践经验。本文件的使用可能涉及某些有危险的材料、设备和操作，本文件并未指出所有可能的安全问题。使用者有责任采取适当的安全和健康措施，并保证符合国家有关规定的条件。

1 范围

本文件规定了电动汽车由于电池热失控引发的整车火灾安全性试验方法和评价方法。
本文件适用于M₁类电动汽车，包括纯电动汽车、插电式混合动力电动汽车。
本文件不适用于燃料电池电动汽车。

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 15089 机动车辆及挂车分类
GB/T 19596 电动汽车术语
GB/T 32960 《电动汽车远程服务与管理系统技术规范》
GB 38031 电动汽车用动力蓄电池安全要求

3 术语和定义

GB/T 15089、GB/T 19596、GB 38031界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

危险状态 dangerous state

威胁驾乘人员、车辆本身安全的状态，当有以下一种或多种情况出现时，可判定车辆进入危险状态。

- 电池包有火焰喷出；
- 车辆内部有火焰出现；
- 电池包发生爆炸；
- 乘员舱内烟雾浓度 ≥ 1000 ppm；
- 乘员舱内一氧化碳浓度 ≥ 600 ppm；
- 乘员舱内氧气含量 $\leq 19.5\%$ ；
- 车内任一温度监测点温度大于 60 °C。

注：其中a)、b)和c)为一级危险状态，d)、e)、f)和g)为二级危险状态。

3.2

高温预警 high temperature alert

当电池发生过热时，乘员舱内部发出的报警信息，通常以声光信号的形式表现。

3.3

热失控报警 Thermal runaway warning

当电池发生热失控时，乘员舱内部发出的报警信息，通常以声光信号和文字的形式表现。

3.4

车外警示 Outside warning

当电池发生热失控时，车辆外部发出的警示信息，通常以点亮危险报警闪光灯、点亮前照灯、鸣笛等一种或多种组合形式表现。

3.5

可用安全疏散时间 available safe evacuation time

从驾乘人员收到热失控报警信号至车辆进入危险状态所经过的时间，该时间段内保持相对安全，不会对驾乘人员造成重大伤害。

4 试验方法

4.1 试验条件

4.1.1 场地及环境

试验场地及环境条件应满足以下要求：

- a) 试验应在专业火灾试验室内进行，试验室内尺寸应不小于 $20\text{ m}\times 20\text{ m}\times 20\text{ m}$ ；
- b) 试验室应配备新风系统；
- c) 试验室应配备烟雾处理系统，排风量 $\geq 230000\text{ m}^3/\text{h}$ ；
- d) 试验室应具备污水收集能力；
- e) 试验室应配备完善的消防设施；
- f) 试验过程中，人员与试验车辆之间应设置安全距离和隔离措施；
- g) 试验初始环境温度 $>0\text{ }^\circ\text{C}$ ，相对湿度为10%~90%，大气压力为 $86\text{ kPa}\sim 106\text{ kPa}$ ，风速 $\leq 2.5\text{ km/h}$ 。

4.1.2 设备设施

4.1.2.1 仪器、仪表准确度

测量仪器、仪表准确度应不低于以下要求：

- a) 电压测量装置： $\pm 5\%$ FS；
- b) 温度测量装置： $\pm 0.5\text{ }^\circ\text{C}$ ；
- c) 时间测量装置： $\pm 0.1\%$ FS；
- d) 气体浓度测量装置： $\pm 5\%$ FS。

4.1.2.2 数据记录与记录间隔

除另有规定，试验过程中测试数据的记录间隔应 $\leq 1\text{ s}$ 。

4.1.3 试验车辆

试验车辆状态应满足以下要求：

- a) 动力电池SOC状态不低于生产企业规定的正常SOC工作范围的95%；
- b) 对于混合动力车辆，燃料箱应排空；
- c) 辅助蓄电池应处于满电状态；
- d) 车辆处于启动模式，档位置于P档；
- e) 整车通讯正常，系统正常且无故障报警；

- f) 试验过程中，全部车门、车窗和天窗处于关闭且锁止状态（儿童锁处于解锁状态）；
- g) 车辆照明、信号装置及其他辅助装备处于关闭状态，空调系统处于内循环且关闭状态；
- h) 车辆座椅前后位置居中，靠背位置居中，头枕上下居中，方向盘位置居中；
- i) 轮胎气压调整至生产企业的规定值；
- j) 上述未提到的部件，均保持出厂状态；
- k) 除试验需要，车内不放置任何非车辆自带物品。

4.2 火灾触发方式

触发方式详见附录A。

4.3 试验准备

4.3.1 车辆准备

按照4.1.3的规定调整车辆状态。

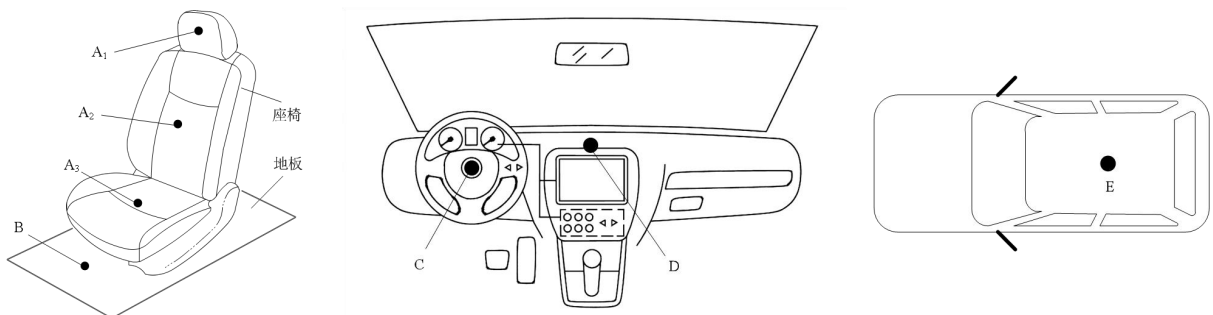
4.3.2 试验系统准备

4.3.2.1 电池热失控触发装置安装

按照附录A安装电池热失控触发装置。

4.3.2.2 数据采集系统布置

按照图1和表1的规定布置传感器。



标引序号说明：

- A1—座椅头枕正面；
- A2—座椅靠背正面正中央；
- A3—座椅上表面正中央；
- B—一点为座椅前方、电池包上方地板；
- C—一点为方向盘正中央；
- D—一点为仪表台上方正中央；
- E—一点为车内顶棚正中央。

图1 监测点示意图

表1 传感器类型及布置要求

序号	监测数据类型	布置位置	数量(个)
1	温度	监测点A ₁ 、A ₂ 、A ₃ 、B、C、D、E	各1
		触发热失控电池单体表面	1
2	一氧化碳浓度	监测点A ₁	各1
3	氧气浓度传感器	监测点A ₁	各1
4	烟雾浓度传感器	监测点A ₁	各1
5	车内视频	车内能够观察到仪表、地板、座椅和车门的位置,车外能够观察到电池包和车身整体情况的位置	根据需要确定
6	车外视频	车身周围,能够观察到车身各个角度及车辆四周环境的位置	4
7	车底视频	车辆底部,呈仰视状态,能够观察到车辆底部情况的位置	2
8	高压母线电压	参见附录B	3

4.3.2.3 浸车

试验前在25℃±5℃环境浸车12 h。

4.3.3 试验流程

4.3.3.1 确认试验场地、环境条件及试验车辆状态。按照附录C检查试验车辆参数、配置,确认试验条件和车辆状态,并拍摄照片。

4.3.3.2 按如下方式验证车门应急开关功能

- a) 关闭车门并上锁。
- b) 关闭车辆电源。
- c) 断开辅助蓄电池正、负极与车辆的连接。
- d) 拉动车门应急开关,若车门能正常打开,则认为车辆车门应急开关功能有效。

4.3.3.3 按以下要求启动试验设备:

- a) 开启所有照明设备并关闭试验室出入口;
- b) 启动试验室烟雾处理系统和新风系统;
- c) 打开数据采集系统,确认各数据采集和记录正常且时间同步。

4.3.3.4 打开加热装置电源,电池发生热失控则立刻关闭加热装置电源,若未发生热失控则监测点温度达到300℃后关闭加热装置电源。

4.3.3.5 实时观察试验数据,并判断车辆进入危险状态时刻。

4.3.3.6 发生热失控后30 min内进入危险状态,则进入危险状态10 s内验证车门开关功能;发生热失控后30 min内未进入危险状态,在发生热失控后30 min时验证车门开关功能。车门开关功能验证方法参见附录D。

4.3.3.7 发生热失控后60 min内有明火出现,则持续燃烧5 min后采用消防水炮进行灭火,直至明火完全熄灭;热失控发生后60 min后,若无明火出现,则采取适当措施防止危险情况发生。

4.3.3.8 在试验环境下静置并观察至少24 h,实时观察并记录车辆状态及复燃情况。

4.3.3.9 待车辆温度降至室温后,确认车辆状态安全后对车辆及电池包进行拆解分析,并参照附录E拍摄照片。

4.3.3.10 试验结束。

危险：试验结束后，电池包还有残余电量，存在触电风险，在车辆拆解过程中要做好安全防护。

5 评价方法

5.1 测评项目及指标

按照本文件第4章进行试验，根据表2对车辆安全性进行评分。

表 2 测评项目及指标

序号	一级指标	二级指标	评价依据	分值 (s_i)	权重 (w_i)	
1	安全提示	电池高温预警	有预警	20	15%	
			无预警	0		
		电池热失控报警	有报警	40		
			无报警	0		
		热失控报警信息准确性	有声音和符号报警及类似“过热或热失控”文字提示	30		
			有声音和符号报警，但无文字提示	20		
			电池未发生热失控但误报警；	0		
		热失控车外警示	有警示	10		
无报警	0					
2	应急救援	车门开关	车内	能够正常打开	60	40%
			无法正常打开	0		
			车外	能够正常打开	20	
			无法正常打开	0		
		防触电安全	≤ 30 V交流或60 V直流	20		
			> 30 V交流或60 V直流	0		
车门应急开关(加分项)	配备电子门锁的车辆车内或车外设置机械式车门应急开关	10				
3	火灾防护	安全疏散时间	$t \geq 30$ min	100	40%	
			$10 \text{ min} \leq t < 30 \text{ min}$	80		
			$5 \text{ min} \leq t < 10 \text{ min}$	60		
			$0 \leq t < 5 \text{ min}$	0		
		加分项	电池发生热失控后，未发生热扩散	10		
		减分项	热失控后5 min内进入一级危险状态	-10		
4	数据联动	平台数据	按照GB/T 32960的要求上传	100	5%	
			未按照GB/T 32960的要求上传	0		
		应急联动(加分项)	发生热失控后，后台能够通过电话/短信或其他方式与车主或应急联系人联动救援	10		

5.2 综合评分计算方法

综合得分为安全提示、应急救援、火灾防护、数据联动四个测评项目得分加权相加，用S表示。

$$S = \sum_{i=1}^4 (s_i \times w_i)$$

式中：

S—综合评分；

s_i —第i项一级指标的得分；

w_i —第i项一级指标的权重。

5.3 评价结果

测评结果分为五个等级，详见表3。

表3 评价结果等级划分

测评结果	评分
★★★★★	$S \geq 95$
★★★★	$85 \leq S < 95$
★★★	$70 \leq S < 85$
★★	$60 \leq S < 70$
★	$S < 60$

附 录 A
(规范性)
电池热失控触发方法

- A.1 热失控触发对象：**电池包内的电池单体，选择远离电池包泄压阀和温度采集点的电池单体。
- A.2 推荐采用加热的方法触发电热失控。**使用平面状或者棒状加热装置，并且其表面应覆盖陶瓷、金属或绝缘层。对于薄膜加热装置，应将其始终附着在触发对象的表面；加热装置的加热面积应不大于电池单体的表面积；将加热装置的加热面与电池单体表面直接接触；以加热装置的最大功率对触发对象进行加热；加热装置的功率在数值上应等于 2.5 倍的电池单体电能，如：电池单体电能为 100 Wh，则加热装置最大功率为 250 W；当发生热失控或者 A.3 定义的监测点温度达到 300 °C 时，停止触发。
- A.3 推荐的监控点布置方案：**温度传感器布置在触发对象及其相邻电池单体的正极，同时采集触发对象及其相邻电池单体的电压。
- A.4 推荐的热失控触发判定条件：**
- a) 触发对象产生电压降，且下降值超过初始电压的25%；
 - b) 监测点温度达到生产厂商规定的最高工作温度；
 - c) 监测点的温升速率 $dT/dt \geq 1 \text{ } ^\circ\text{C/s}$ ，且持续3 s以上。
- 当a)和c)或者b)和c)发生时，判定发生热失控。
- A.5 也可采用加热以外的其他方式（如：整车底部针刺、整车底部球击、电池单体过充等）触发电热失控。**

附录 B
(规范性)
电安全监测方法

按照图B.2的方法布置电压采集点，电压测量应在整个试验过程中持续测量，发生热失控后60 s内，取最小电压值。

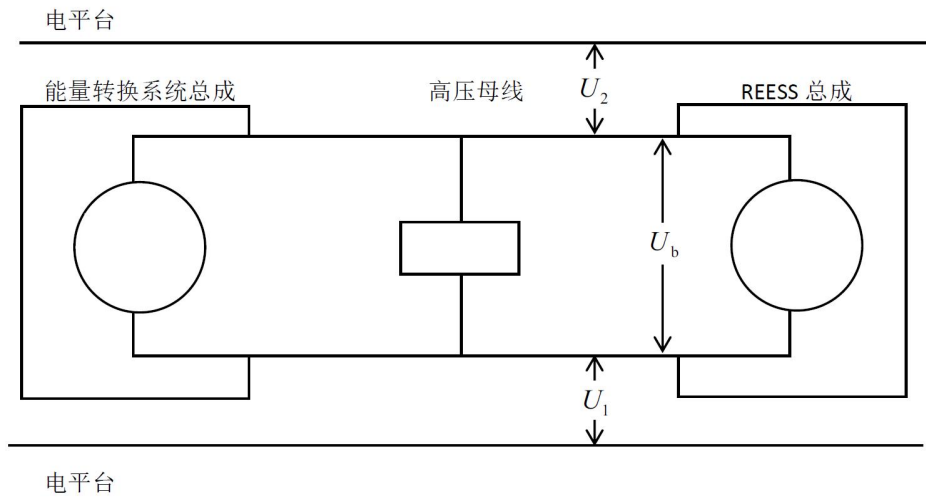


图 B.1 电压测量示意图

附录 C
(资料性)
试验前信息确认

C.1 试验条件及试验设备按表 C.1 进行确认。

表 C.1 试验条件及试验设备

项目	内容
环境条件	温度：_____；相对湿度：_____；大气压力：_____；风速_____。
试验设备状态	烟雾处理系统是否正常：□是 □否，异常情况：_____。
	送风系统是否正常：□是 □否，异常情况：_____。
	灭火系统是否正常：□是 □否，异常情况：_____。
	行车及吊具是否正常：□是 □否，异常情况：_____。
	试验室照明是否正常：□是 □否，异常情况：_____。
	试验台是否正常：□是 □否，异常情况：_____。
	数据采集系统是否正常：□是 □否，异常情况：_____。
其它试验设备是否正常：□是 □否，异常情况：_____。	

C.2 试验车辆信息按表 C.2 进行确认。

表 C.2 车辆信息

项目	内容
车辆基本信息	车辆品牌：
	车辆型号：
	生产日期：
	车身颜色：
	车辆识别代码（VIN）：
	车辆行驶里程：
	动力电池系统型号：
	动力电池系统生产厂商：
	驱动电机型号：
	电机控制器型号：
	机动车整车出厂合格证编号：
车辆状态	车辆外观：
	电池系统SOC值：
	车辆启动状态：
	档位：
	整车应急灯、报警装置是否正常：
	车辆辅助装备开关情况：□空调关闭，□车灯关闭，□其他辅助装备关闭。
	其它需要检测功能：_____，是否正常：□是 □否。

C.3 试验前车辆及现场情况按表 C.3 确认。

表 C.3 试验前车辆及现场拍照

序号	拍摄方向	确认	序号	拍摄方向	确认
1	车辆正面视图		2	车辆左前侧45°视图	
3	车辆左侧视图		4	车辆左后侧45°视图	
5	车辆背面视图		6	车辆右后侧45°视图	
7	车辆右侧视图		8	车辆右前侧45°视图	
9	车辆底盘视图		10	车辆俯视图	
11	中控台		12	前排座椅	
13	后排座椅		14	后备箱	
15	前机舱		16	仪表	
17	铭牌		18	VIN码	
19	机动车车辆出厂合格证		20	试验室整体情况	
21	试验室温度、大气压力和相对湿度		22	试验室风速	
23	其他需关注信息				

附 录 D
(规范性)
车门开关功能验证方

D.1 车门开关功能验证装置

D.1.1 车外车门开关功能验证装置对车外门把手或开关按钮施加拉力或压力，拉力或压力行程不小于门开关最大行程，所施加拉力或压力根据车门开关实际所需拉力或压力决定，施加时间 ≥ 3 s。

D.1.2 车内车门开关功能验证装置由车门解锁装置和车门推力施加装置组成，根据车辆实际结构进行安装和调整。车门解锁装置对车门解锁拉手或按钮施加 ≥ 30 N的拉力或压力，拉力或压力行程不小于门锁拉手或按钮最大行程，施加时间 ≥ 3 s；车门推力施加装置对车门施加 ≥ 50 N的推力。试验时，试验人员控制车门解锁装置和车门推力施加装置验证车门开关功能。

D.2 车门开关功能验证顺序及其判定方法

首先进行车外车门开关功能验证，若车门能正常打开则判定为车外及车内均能够正常打开车门；若车外无法打开车门，则进行车内车门开关功能验证，若车门可正常打开则判定为车内能够正常打开车门且车外无法正常打开车门，若车门无法正常打开则判定为车内和车外均无法正常打开车门。

附 录 E
(资料性)
试验后车辆状态确认

E.1 按照表 E.1 对试验后车辆状态和试验室内部进行检查并拍摄照片。

表 E.1 试验后车辆及现场拍照

序号	拍摄方向	确认	序号	拍摄方向	确认
1	车辆正面视图		2	车辆左前侧45°视图	
3	车辆左侧视图		4	车辆左后侧45°视图	
5	车辆背面视图		6	车辆右后侧45°视图	
7	车辆右侧视图		8	车辆右前侧45°视图	
9	车辆底盘视图		10	车辆俯视图	
11	中控台		12	前排座椅	
13	后排座椅		14	后备箱	
15	前机舱		16	电池包整体形貌	
17	电池包内部		18	其他需关注车辆细节	
19	试验室整体情况		20	其他需关注试验室信息	