

中国电动汽车火灾安全指数

China Electric Vehicles Fire Safety Index

测试评价规程

2023 R1 版



中国电动汽车火灾安全指数

CHINA ELECTRIC VEHICLE FIRE SAFETY INDEX

2024 年 04 月 09 日发布并实施

目 录

前 言.....	1
1 范围.....	2
2 规范性引用文件.....	2
3 术语和定义.....	2
4 试验方法.....	4
4.1 试验条件.....	4
4.1.1 场地及环境.....	4
4.1.2 设备设施.....	4
4.1.3 试验车辆.....	5
4.2 火灾触发方式.....	6
4.3 试验准备.....	6
4.3.1 车辆准备.....	6
4.3.2 试验系统准备.....	6
4.3.3 车门应急开关功能验证试验.....	7
4.3.4 整车热扩散试验.....	8
5 评价方法.....	8
5.1 测评项目及指标.....	8
5.2 综合评分计算办法.....	9
5.3 评价结果.....	10
附录 A 电池热失控触发方法.....	11
附录 B 电安全监测方法.....	13
附录 C 试验前信息确认.....	14
附录 D 车门开关功能验证方法.....	16
附录 E 试验后信息确认.....	17

前 言

坚持发展电动汽车是我国汽车工业的基本战略思想，经过多年发展，我国电动汽车产业在规模、产销量和技术等方面已处于全球领先水平，已经建立起电动汽车整车及其零部件产品的完整研发体系。但是，近年来电动汽车起火事件频发，引起极高的社会关注度，事故涉及各种类型的电动汽车（纯电动汽车、可外接充电式混合动力汽车和增程式电动汽车），且电动汽车火灾突发性强、伤害性大、扑救难度大，成为继里程焦虑和充电焦虑后阻碍电动汽车产业持续健康发展的第三大难题。历年电动汽车火灾事故统计数据显示，电池系统故障、高电压系统故障和电子电器部件故障是电动汽车起火的三大主要车辆本身因素。为保障电动汽车更高质量、更安全稳定发展，电动汽车火灾安全性研究迫在眉睫。

为此，招商局检测车辆技术研究院有限公司（以下简称招商车研）牵头研制了中国电动汽车火灾安全指数（China Electric Vehicles Fire Safety Index, C-EVFI），以驾乘人员安全防护为出发点，独立、客观、公正的评估车辆在发生火灾时的整体安全性能，提供一种定性与定量相结合的、直观量化评估标准，为车辆研发、消费者购车用车提供参考。不断推动我国电动汽车技术进步，促进电动汽车产业的高质量发展。

C-EVFI 2023 R1 版从安全提示、应急救援、火灾防护、数据联动四个维度及 11 个二级指标和 25 项评价内容对电动汽车发生电池热失控后的安全性进行评价，本规程规定了电动汽车整车火灾安全性测试评价方法。

电动汽车安全测试评价管理中心（以下简称管理中心）保留对 C-EVFI 的全部权利。未经管理中心许可，除企业自行进行技术开发的试验外，严禁其他机构使用 C-EVFI 对电动汽车产品进行公开性或商业性质的试验或评价。C-EVFI 评价结果、得分仅对所评价的产品有效。使用 C-EVFI 评价结果的各方应对其真实性、完整性和准确性负责。管理中心保留一切法律追究的权利。

1 范围

本规程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。

本规程适用于 M₁ 类电动汽车，包括纯电动汽车、混合动力电动汽车。

本规程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 4780 汽车车身术语

GB/T 15089 机动车辆及挂车分类

GB/T 19596 电动汽车术语

GB 38031 电动汽车用动力蓄电池安全要求

3 术语和定义

GB/T 4780、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 荷电状态

当前电池单体、模块、电池包或系统中按照制造商规定的放电条件可以释放的容量占实际容量的百分比。

3.2 热失控

电池单体放热连锁反应引起电池温度不可控上升的现象。

3.3 热扩散

电池包或系统内由一个电池单体热失控引发的其余电池单体接连发生热

失控的现象。

3.4 车门应急开关

处于静止状态的车辆发生电池热失控时，通过拉动该车门开关打开车门，则认为该车门开关具备应急开关功能，车门应急开关可以是独立式也可以是集成式。

3.5 危险状态

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，可判定为车辆进入危险状态。

- a) 电池包发生爆炸；
- b) 车辆外部有火焰出现；
- c) 车辆内部有火焰出现；
- d) 乘员舱内烟雾浓度 ≥ 1000 ppm；
- e) 乘员舱内一氧化碳浓度 ≥ 600 ppm；
- f) 乘员舱内氧气含量 $\leq 19.5\%$ ；
- g) 车内任一温度监测点温度大于 $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

3.6 高温预警

当电池发生过热时，乘员舱内部发出的报警信息，通常以声音信号、光信号一种或两种组合的形式表现。

3.7 热失控报警

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。

3.8 热失控车外警示

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。

3.9 可用安全疏散时间

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， t_1 表示。

3.10 应急联动时间

从电池发生热失控至监管平台通过短信、电话或 APP 主动联系车辆或车主所经过的时间，用 t_2 表示。

4 试验方法

4.1 试验条件

4.1.1 场地及环境

- a) 试验应在专业火灾试验室内进行，试验室内部尺寸应不小于 $20\text{ m} \times 20\text{ m} \times 20\text{ m}$ ；
- 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 $10\% \sim 90\%$ ，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： $\pm 5\% \text{ FS}$ ；

- b) 温度测量装置：±0.5 °C；
- c) 时间测量装置：±0.1% FS；
- d) 气体浓度测量装置：±5% FS。

4.1.2.2 测量过程误差

控制值（实际值）与目标值之间的误差要求如下：

- a) 电压：±1%；
- b) 温度：±2 °C；
- c) 气体浓度：±2% RH。

4.1.2.3 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≤1 s。

4.1.3 试验车辆

- 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 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

按照附录 A 设置电池热失控触发装置。

4.3.2.2 数据采集系统

按照图 1 和表 1 的规定布置传感器，监测点定义如下：

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

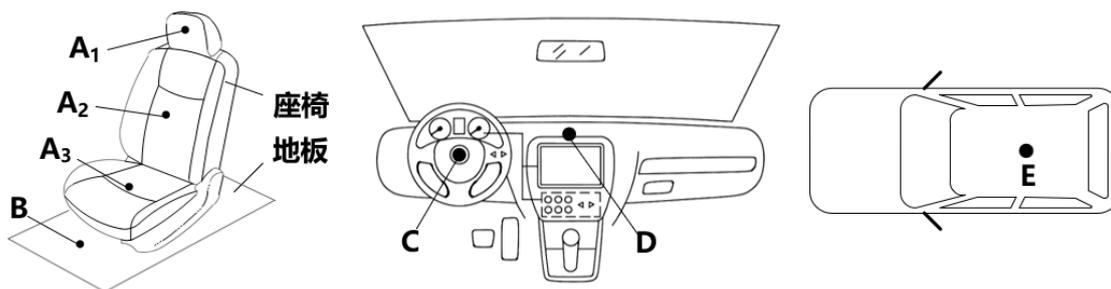


图 1 监测点示意图

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	全部座椅的 A ₁ 、A ₂ 、A ₃ 、B 监测点	各 1
		乘员舱内部 C、D、E 监测点	3
		电池包内部, 见图 A.1	9
2	一氧化碳浓度	全部座椅的点 A ₁ 监测点	各 1
3	氧气浓度传感器	全部座椅的 A ₁ 监测点	各 1
4	烟雾浓度传感器	全部座椅的 A ₁ 监测点	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 °C ± 5 °C 环境浸车 12 h。

4.3.3 车门应急开关功能验证试验

4.3.3.1 试验人员 A 坐于车内, 关闭车门并手动上锁。

4.3.3.2 关闭车辆电源。

4.3.3.3 试验人员 B 断开辅助蓄电池正、负极与车辆的连接。

4.3.3.4 对于配备有独立机械式车门应急开关的车辆, 车内试验人员依次拉动所有独立机械式车门应急开关; 对于没有配备独立机械式车门应急开关的车辆, 车内试验人员依次拉动所有车门的日常开关不少于 2 次。

4.3.3.5 检查车门是否能够正常打开。

4.3.4 整车热扩散试验

4.3.4.1 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。

4.3.4.2 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。

4.3.4.3 按照附录 A 的方法触发电池热失控。

4.3.4.4 实时观察试验数据，并判断车辆进入危险状态时刻。

4.3.4.5 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。

4.3.4.6 热失控发生后若有明火出现，则持续燃烧 5 min 后采取灭火措施，直至明火完全熄灭；热失控发生后若无明火出现，则采取适当措施防止危险情况发生。

4.3.4.7 在试验环境下静置并观察至少 120 min，实时观察并记录车辆状态及复燃情况。

4.3.4.8 待车辆温度降至室温后，确认车辆状态，对车辆及电池包进行拆解分析，并按照表 E.1 对试验后车辆状态和试验室内部进行检查。

4.3.4.9 试验结束。

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	评价内容	分值	满分	权重
1	安全提示	电池包高温预警	有光学预警	5	10	20%
			有声音预警	5		
		热失控车内报警	有文字报警	20	55	
			有声音报警	20		
			有光学报警	15		
		热失控车外警示	有声音警示	20	35	
有灯光警示	15					
2	应急救援	安全疏散	热失控后车内能够正常打开	30	70	30%
			热失控后车外能够正常打开	20		
			驾驶位车门具备应急开关功能	10		
			副驾驶位车门具备应急开关功能	5		
			后乘员门具备应急开关功能	5		
		防触电安全	≤30 V 交流或 60 V 直流	30	30	
3	火灾防护	可用安全疏散时间 t_1	$t_1 \geq 30 \text{ min}$	20	20	40%
			$20 \text{ min} \leq t_1 < 30 \text{ min}$	15		
			$10 \text{ min} \leq t_1 < 20 \text{ min}$	10		
			$5 \text{ min} \leq t_1 < 10 \text{ min}$	5		
			$0 \leq t_1 < 5 \text{ min}$	0		
		热扩散防护	未发生热扩散	15	15	
			热扩散电芯数量 $n=1$	10		
			热扩散电芯数量 $n=2$	5		
			热扩散电芯数量 $n>2$	0		
		防火安全	电池包无爆炸	15	65	
			车外无火焰	15		
			车内无火焰	15		
			车内监测点温度 $< 60 \text{ }^\circ\text{C}$	10		
			t_1 时间内, 烟雾浓度 $< 1000 \text{ ppm}$ 且 CO 浓度 $< 600 \text{ ppm}$ 且氧气浓度 $> 19.5\%$	10		
4	数据联动	安全监控	监管平台能够准确监控车辆状态	50	50	10%
		应急联动时间 t_2	$0 < t_2 \leq 3 \text{ min}$	50	50	
			$3 < t_2 \leq 5 \text{ min}$	20		
			$t_2 > 5 \text{ min}$	0		

5.2 综合评分计算办法

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 测评结果及其评分分布

测评结果	评分
★★★★★	$S \geq 90$
★★★★	$85 \leq S < 90$
★★★	$70 \leq S < 85$
★★	$60 \leq S < 70$
★	$S < 60$

附录 A

电池热失控触发方法

A.1 热失控触发对象

电池包内靠近温度采集点的电池单体。

A.2 热失控触发方法

A.2.1 整车底部针刺

确定触发对象后，在与触发对象底部正对的车辆底护板开孔，开孔尺寸不小于钢针尺寸。将试验车辆置于整车底部针刺平台，并采取固定措施防止车辆移动，调整底部针刺模块。用 $\phi 6\sim\phi 8$ mm 一字头耐高温钢针，以 $0.1\sim 3$ mm/s 的速度，从垂直于电池底部的方向刺入触发对象，直至触发对象发生热失控，钢针停留在触发对象中，直至试验结束。

A.2.2 加热

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不小于 2 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 200 W；当发生热失控或者 A.4 定义的监测点温度达到 300 °C 时，停止触发。

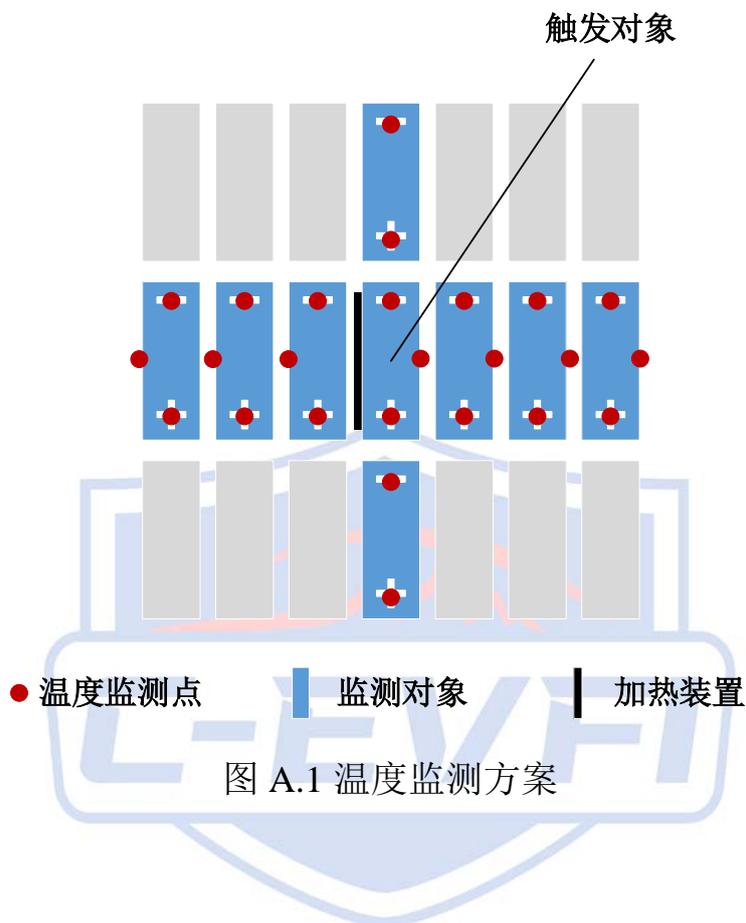
A.2.3 其他方法

可采用其他方式（如：整车底部球击、电池过充电等）触发电热失控。

A.3 数据监测方案

监测对象为触发对象及其相邻的电池单体，监测内容为监测对象的温度

及电压，监测位置为监测对象的正极、负极及大面，如图 A.1 所示。



A.4 热失控触发判定条件

- a) 监测对象产生电压降，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。

附录 B

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，取 t_1 时间内最小电压值。

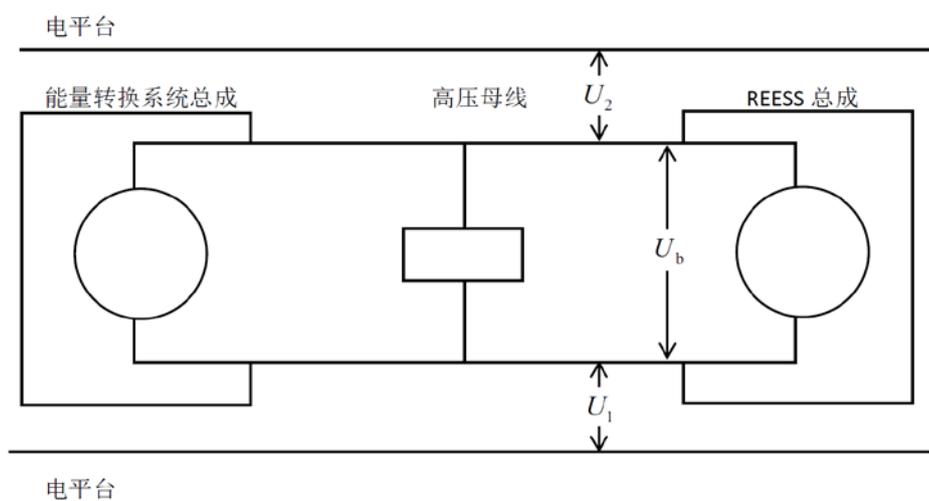


图 B.2 电压测量示意图

附录 C

试验前信息确认

表 C.1 试验条件及试验设备

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： <input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否，异常情况：_____。
	送风系统是否正常： <input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否，异常情况：_____。
	灭火系统是否正常： <input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否，异常情况：_____。
	行车及吊具是否正常： <input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否，异常情况：_____。
	试验室照明是否正常： <input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否，异常情况：_____。
	试验台是否正常： <input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否，异常情况：_____。
	数据采集系统是否正常： <input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否，异常情况：_____。
	其它试验设备是否正常： <input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否，异常情况：_____。

表 C.2 车辆信息

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： <input type="checkbox"/> 空调关闭， <input type="checkbox"/> 车灯关闭， <input type="checkbox"/> 其他辅助装备关闭。
	其它需要检测功能：_____，是否正常： <input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否。

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

车门开关功能验证方法

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安装方法如图 D.1 所示，拉力装置通过立柱和固定盘固定在试验室地面，拉力装置与门把手离地高度相同，钢拉绳垂直于门把手。试验时，试验人员控制拉力装置通过钢拉绳给门把手施加 $\geq 50\text{ N}$ 的力，拉力行程不小于门把手最大行程，施加时间 $\geq 3\text{ s}$ 。

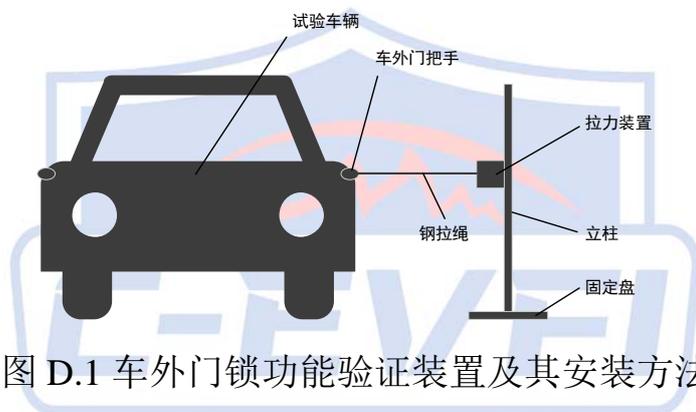


图 D.1 车外门锁功能验证装置及其安装方法

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 $\geq 30\text{ N}$ 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 $\geq 3\text{ s}$ ；车门推力施加装置对车门施加 $\geq 50\text{ N}$ 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

试验后信息确认

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	