

## 课程教学设计（教案）

课程名称	《新能源汽车动力电源系统检测》		任课教师	XXX
课程类型		教学对象	计划学时	
教学单元	项目二 动力电池箱组装与检测			
教学章节	任务三 动力电池 Pack（包括电池筛选、成组、气密性检测、绝缘性检测等）			
教学目标	<p>➤ <b>知识目标</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 了解动力电池 PACK 过程。</li> <li>2. 了解动力电池 PACK 设计要求。</li> <li>3. 了解动力电池 PACK 出厂前测试。</li> </ol> <p>➤ <b>技能目标</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 能够独立完成单体电池的测试与配对。</li> <li>2. 能够独立完成模组与总成的组装测试。</li> </ol> <p>➤ <b>职业素养目标</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 严格遵守岗位操作规程，确保工具、设备和自身的安全。</li> <li>2. 严格执行 6S 现场管理。</li> <li>3. 具备良好的职业道德，尊重他人劳动，不窃取他人成果。</li> <li>4. 具有良好的团队协作精神和较强的组织沟通能力。</li> <li>5. 养成定期反思与总结的习惯，改进不足，精益求精。</li> <li>6. 正确认识自身岗位，热爱本职工作，时刻保持恭敬心与敬畏心。</li> <li>7. 坚持与时俱进，善于思考，敢于创新，提高工作效率。</li> </ol>			
教学重点	动力电池 Pack（包括电池筛选、成组、气密性检测、绝缘性检测等）		教学难点	动力电池 Pack（包括电池筛选、成组、气密性检测、绝缘性检测等）
教学手段	讲授法、讨论法		教学资源	多媒体、PPT、习题、实训工作页
课 前 预 习 任 务				
1. 是否阅读本任务知识？			是	否



块，电解液、正负极连接线等）不得穿入乘客舱内。

②若动力电池安装在乘客舱内，如座椅下面，则电池箱体的移动必须保证车内乘客的安全。通常电池箱的设计优先考虑人电分离，即动力电池箱体不放在乘客舱内。

③如果发生碰撞，电池模块或电池单体要保证其结构的完整性，即碰撞时禁止电池箱体内电池模块或电池单体散落，更不允许甩出车外。

④如果发生碰撞，电池组的过流断开装置必须迅速切断连接，防止动力电池发生内部短路。

⑤如果发生碰撞，电池箱体的刚度要确保电池模块或电池单体产生的挤压变形量在一定的安全范围之内。

## **2. 绝缘与防水性能要求**

纯电动汽车动力电池输出电压一般在 200~700V，电池箱体除容纳保护电池外，还要确保隔绝操作人员及乘员与电池组的接触；电池箱体必须密封防水，防止进水而导致高压短路，电池箱体设计的防护等级要求满足 IP67，具体的设计要求如下。

①动力电池的正负两极以及两极的导线或者连接板与电池箱体的距离必须大于 10mm，防止击穿放电现象的发生。

②整个电池箱体必须进行电泳喷涂，电池箱内部要喷涂绝缘漆或者在内部表面安装绝缘板。

③电池箱体的焊缝处一定要涂密封胶，电池箱体上盖与下箱体配合处要安装密封圈或者添加密封胶，另外插接件固定处要采取一定的密封措施。

④电池箱体布置在车身底部时不能与车身或底盘的部件产生运动干涉，特别是要与底盘的运动件保持 25mm 以上的距离，还要保证整车的最低离地间隙，满足不同路况下的越野性或通过性，以免刺破或刮伤电池箱外壳。

⑤电池箱体的正负极插接件及整车的通信插接件安装

孔最好设置在电池箱体 1/2 高度以上的部位。

### 3. 通风与散热性能要求

电动汽车长时间运行时，特别是在夏季高温天气持久高负荷快速行驶时，动力电池在放电的同时也会释放出大量热量；电动汽车在城市工况行驶时，循环的制动能量回收，也会伴随动力电池热量的释放；电动汽车进行快充时，更会产生巨大的热量。大量的热量聚集在电池箱体的内部不及时散发，可能导致热失控，严重时会引起火灾爆炸。因此为确保动力电池的安全和使用寿命，电池箱体要具备良好的散热能力。

①在不影响箱体内总布置空间的情况下，电池模块之间应保留一定的间隙，一方面满足电池自身散热的要求，另一方面，给予电池组工作时热膨胀的空间，避免过度的挤压。

②电池箱内部要合理布置温度传感器或信息采集板，实时监控箱体内电池的温度及电池单体的均衡电压。

③根据电池箱体内总容量的大小及电池放热特性，合理设计散热风流量，并保留一定的安全系数。如图 2-3-19 所示。

④电池箱体内部合理地布置扰流板引导内部气流方向，确保电池模块的每个电池单体都能充分的散热。

⑤如果遇突发故障，必须保证电池电源切断后一段时间再切断散热风扇，保留一段延迟的过程。

### （二）高压电气要求

高压电气系统应根据系统电压、电流等级和应用环境等因素（如车载工况、温度、湿度、海拔、电磁干扰等）进行选型和设计开发。电池包内部电气布置的设计应符合相关技术标准要求。

#### 1. 绝缘和耐压

在全生命周期内，要求高压电气系统的输出端（正极和负极）与电池箱体之间的绝缘阻抗大于  $2.5\text{M}\Omega$ ，或者满足

通过讨论，让学生了解高压电气要求。

《电动汽车 安全要求 第3部分：人员触电防护》(GB/T 18384.3—2015)规定的高压电气回路绝缘阻抗要求。同时，动力电池系统的绝缘防护设计还需要考虑密封性能，主要是因为水或者水蒸气进入电池系统内部，会引起系统内部的高压带电部分与壳体通过阻值较低的水相连接，导致高压绝缘失效。另外，高压电气系统也要具有绝缘失效检测功能，具体通过电池管理系统(BMS)进行检测。高压电气系统的输出端(正极和负极)与电池箱体之间的耐电压强度应满足《电动汽车 安全要求 第3部分：人员触电防护》(GB/T 18384.3—2015)规定的相关要求。

## 2. 直接接触防护

直接接触防护主要包括电气绝缘和屏护防护要求。除了满足上述绝缘防护要求之外，高压电气系统的带电部件，应具有屏护防护，包括采用保护盖、防护栏、金属网板等来防止发生直接接触。这些防护装置应牢固可靠，并耐机械冲击。在不使用工具或无意识的情况下，它们不能被打开、分离或移开。其中，带电部件在任何情况下都应由至少能提供《外壳防护等级(IP代码)》(GB4208—2017)中IPXXD防护等级的壳体来防护，同时规定在打开电池箱体上盖后，应具有IPXXB防护等级。

## 3. 间接接触防护

间接接触防护主要包括等电位、电气间隙和爬电距离要求。动力电池系统应通过绝缘的方法来防止与高压电气系统中外露的可导电部件的间接接触，所有电气部件的设计、安装应避免相互摩擦，防止发生绝缘失效。尤其是高压线缆的布置需要考虑安全间隙，并进行必要的固定和绝缘防护，应避免在行车过程中与可导电部件发生摩擦。

电池箱体必须与车辆的地(车身)实现等电位联结，连接阻抗应不超过 $0.1\ \Omega$ 。电池包上的所有可接触的导电金属

部件（比如模组金属端板侧板、电池箱体金属上盖、金属支架、水冷板等），都必须与电池箱体是等电位联结的。对于等电位联结所用的导体（比如接地线等），要求其颜色是黑色，便于维修和拆卸时辨认。等电位联结的螺栓或线束还需满足一定截面积的要求，一般要求等电位联结的导线或螺栓其截面积总和需大于等于电池系统中高压导线截面积。动力电池系统应满足《低压系统内设备的绝缘配合第1部分：原理、要求和试验》（GB/T 16935.1-2008）中电气间隙和爬电距离相关要求，尤其是电池模组需要重点关注。

#### **4. 预充电回路保护**

由于整车端高压电气系统中存在大量的容性负载，直接接通高压主回路可能会产生高压电冲击，为了避免接通瞬间的大电流冲击，高压电气系统需具有预充电功能。通常，要求预充电时间不超过 1000ms，并且在短时间内的频繁上下电不能出现预充电阻过热损坏的现象。预充电过程中，应能对整车端高压回路的绝缘、短路状态进行判断和失效保护。

#### **5. 余能泄放保护**

由于整车端高压电气系统中存在大量的容性负载，断开高压主回路之后仍存在较高的电压和残余电能。为避免可能带来的危害，在高压回路切断后应采用余能泄放的方法，保证动力电池系统端电压不超过 DC60V。通常要求整车高压电气系统具有主动能量泄放电路。

#### **6. 过电流/短路保护**

高压电气系统中的所有零部件都必须满足典型使用工况的动力负载要求，并且能满足一定的过电流能力，不能允许规定的行驶工况条件下出现过热导致高压部件绝缘层融化、烧蚀或者冒烟的情况。同时，应合理地控制过电流时间，防止整个动力系统因为长时间过载而发生过热起火事件。当高压电气系统中发生瞬时大电流或者短路时，要求能

自动切断高压回路，以确保高压电附件设备不被损坏，避免发生电池的热失控，保证驾乘人员的安全。高压电气系统设计可以设置过载或短路的保护部件，例如设置熔断器等。

### 7. 高压电电磁兼容性

高压线束布置和接插件选型应考虑电磁兼容需求。高压线束设计时，主回路动力线缆与信号线尽量采用隔离或分开布线。电池包外部连接用高压线束、高压插接件选型要求接地和屏蔽隔离。

### 8. 高压电气功能安全

依据 ISO26262 《道路车辆功能安全标准》对高压电气系统功能进行危害分析与风险评估，对应的汽车功能安全完整性等级和安全目标如下表所示。

高压电气系统 ASIL 与安全目标

序号	安全功能	严重程度	可控度	功能安全完整等级	安全目标
1	电池管理系统整体功能安全	S3	E4	ASIL-C	BMS 应有足够的手段来保证 BMS 整体可靠运行。准确并及时监控系统状态，进行高压安全管理。
2	高压互锁	S3	E2	ASIL-A	应能覆盖高压连接部件，当检测到高压回路断开时，能立即切断高压输出。
3	碰撞断开高压	S3	E1	ASIL-A	应能在发生碰撞时，接收到碰撞信号，并能立即切断高压输出。
4	继电器控制和状态诊断	S3	E4	ASIL-B	控制和诊断逻辑应能保证继电器按照指令正确地动作，出现异常时能及时进行处理。
5	绝缘检测	S3	E2	QM	/

<p>热管理系统设计 (***)分钟)</p>	<p style="text-align: center;"><b>(三) 热管理系统要求</b></p> <p>热管理系统设计的总体目标是使电池包在全周期使用工况下运行在一个适合电池工作的温度,在确保使用安全性的同时减缓电池的容量衰减和寿命衰减,为动力电池系统提供一个热环境稳定的工作空间。</p> <p>为此,在热管理系统设计中,需要从系统的角度去考虑控制电池单体的工作温度和控制不同电池单体的温度差,前者会严重影响整个电池包的性能和寿命,后者会严重加剧电池包内部的短板效应,导致电池组一致性变差。要达到这样的目标,热管理系统的设计就应当考虑散热、加热、热均衡、保温这4个方面的措施。</p> <p><b>1. 散热要求</b></p> <p>所设计的热管理系统应能在一定的时间内带走一定的热量,使动力电池系统内各电池单体在不同环境温度的工作状态下不超过某一温度限值。</p> <p><b>2. 热均衡要求</b></p> <p>热管理系统的设计应使动力电池系统内各并联、串联电池单体间的温度差异稳定控制在某一限值以内。</p> <p><b>3. 加热要求</b></p> <p>在电池因寒冷天气或位于高寒地带而无法工作时,动力电池系统应具备加热功能,使其在短时间内温度升高至可运转温度。</p> <p><b>4. 保温要求</b></p> <p>热管理系统应能使动力电池系统不受外界高低温的影响,高温下隔绝热量进入,低温下阻挡热量逸出。</p> <p><b>一、热管理系统设计</b></p> <p>热管理系统的设计方案主要是基于单体电池的温度控制要求,确认动力电池系统的冷却散热、加热和保温设计方案。</p>	<p>通过讨论,让学生了解热管理要求。</p>
-------------------------	--	-------------------------



## 1. 冷却散热方案

常见的冷却方式主要有自然冷却、强制风冷、液冷和直冷，这四种冷却方式的冷却效率依次增强，冷却效率主要是通过对流换热系数来表征，一般情况下根据整车使用环境、整车工况和电池单体特性确定系统所需要的对流换热系数，然后综合质量、空间和成本等因素确定冷却方式。冷却方式的选择包括如下步骤：①冷却系统目标确认；②产热功率计算；③电池单体模型建立；④热流体仿真分析；⑤对流换热系数分析；⑥冷却方式选择。

按照冷却介质的不同，现阶段已经有产品应用的冷却方式主要分为空气冷却、液体冷却和相变材料冷却三种方式。这三种方式的冷却散热能力依次增强，但冷却系统的结构复杂度也依次增加。除了根据冷却介质进行区分以外，也常常依据制冷散热过程中是否消耗额外能源分为主动冷却和被动冷却两种形式。

### (1) 空气自然冷却

采用自然冷却散热方式是典型的以空气作为传热介质的被动散热方案，即直接让电池箱体内部的空气穿过电池模组，通过空气与电池、电池箱体等导热部件之间的对流换热实现对电池进行冷却的目的。这种方式的对流换热系数较小，一般约为  $5\sim 25\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ 。由于空气自然冷却方案具有结构简单、零部件数量少、成本低等优点，是目前应用范围最广泛的一种散热方式。自然冷却主要需要确定导热路径，并优化自然对流换热的效率。

### (2) 空气强制对流

尽管空气自然冷却方案比较容易实现，但冷却散热效果有限。空气强制对流则是通过运动产生的风将电池箱体内部电池的热量经过排风扇带走，是一种主动散热方式，因而散热效率更高，这种方式的对流换热系数约为  $50\sim 100\text{W}/$

( $\text{m}^2 \cdot \text{K}$ )。空气强制对流方式的优点是结构简单，重量轻，成本较低，有害气体产生时能有效通风等。缺点在于这种换热方式的换热系数低，从而造成冷却和加热速度慢；同时对于风道的设计要求很高，很难达到流场一致，导致电池单体温度一致性不好。目前，应用空气强制对流方案的主要有美国福特插电式混合动力 C-Max (2013 版)、美国通用雪佛兰中混 Malibu Eco (2013 版)、日本三菱纯电动 iMieV (2011 版)、法国雷诺纯电动 ZOE (2012 版) 等。强制风冷系统主要包括出入风口、风道、风扇和防尘装置等，主要的问题是确定导热路径、进风口位置和进风口直径、风道布置、冷却策略等。

### (3) 液体冷却

一般工况下，采用空气介质冷却即可满足冷却散热要求，但在复杂工况下，尤其在高放电倍率（如插电式混合动力应用）、高充电倍率（如快充应用场合）较高的运行环境温度（南方夏季酷热天气）时，依靠空气冷却显然很难满足散热需求，而且电池之间的温度不均匀性也非常突出，因此需要效率更高的传热介质才能达到电池包的散热要求。液体介质相对于空气介质拥有更大的换热系数，通常以 50% 的水和 50% 乙二醇（体积分数）的混合物作为传热介质，通过设置的具有冷却液流道的薄壁液冷管道液冷板将热量导出，实现冷却液与电池之间的换热，可以比空气强制对流实现更高的散热需求。这种方式的换热系数可以达到  $500 \sim 1500 \text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 。另外，也有采用矿物油作为传热介质，将电池直接浸泡在液体介质中，即属于液体接触式冷却的一种方案。液体冷却方案主要包括液冷管路、液冷板、导热层、支撑结构和冷却策略等，概念设计主要涉及液冷回路及液冷板、管接头选型方案、冷却策略确定、导热路径等。

### (4) 相变材料冷却

相变材料（Phase Change Material, PCM）是一种能够利用自身的相变潜热吸收或释放系统热能的材料，在其物相变化过程中，可以从外界环境吸收热量或者向外界环境放出热量，从而达到通过能量交换控制环境温度和利用能量的目的。采用 PCM 的热管理系统是通过 PCM 在相变过程中的潜热在电池升温时来吸收电池的热量，同时减小电池单体之间温度差。目前，仅德国宝马增程式纯电动采用了制冷剂 R134a（1, 1, 1, 2-四氯乙烯）的直冷方式，这种方式的换热系数可以达到  $2500\sim 25000\text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ ，冷却效率比液体冷却更高，更能满足快充需求，同时结构紧凑，质量小。相变材料冷却方案与液体冷却方案基本类似。

## 2. 加热方案

由于汽车地域适用性较为广泛，在冬季寒冷地区要使电动车辆能正常使用，必须对电池加入额外的加热系统以满足要求。尤其是冬季低温条件下，电池的活性变差，负极石墨材料的锂离子嵌入能力下降，如果采用大电流充电则电池内部可能出现析锂，影响充电效率和安全。因此，为了在低温环境下能够保证电池正常充电，需要对电池进行加热升温。常见的加热方式有三种：电加热膜加热、陶瓷 PTC 加热和液热。加热膜属于电阻加热方式，一般是将金属加热丝封装于绝缘层内，金属丝通电之后发热可对电池系统进行加热。PTC 加热器也是电阻加热的一种，不同的是它的电阻会随自身温度的升高而增大，从而达到恒温加热的效果。液热则是通过整车 PTC 加热部件将冷却液加热到一定温度，利用主动液冷系统来对电池系统加热的一种方式。加热方式的选择主要是根据电池单体升温速率、空间限制、对安全性的要求和成本来确定的，其中三种加热方式的主要特性对比见表。

常见的三种加热方式特点

项目	加热特点	空间限制	加热设备干烧温度	电池电体升温率	电池单体温差
----	------	------	----------	---------	--------

电加热膜加热	电阻加热	0.3~2mm	≥60°C	0.15~0.3°C/mm	10~15°C
陶瓷PTC加热	功率加热	5~8mm	60~80°C	0.15~0.3°C/mm	10~15°C
液热	对流加热	集成与液冷系统	40~60°C	0.3~0.8°C/mm	8~10°C

电加热膜概念设计主要包括：加热膜安装位置选择、加热膜发热功率选选择、加热回路内部的串并联方式及干烧温度控制要求等。如果不受安装空间限制，也可选用 PTC 加热片，其概念设计主要包括：PTC 加热片安装位置、PTC 加热片发热功率、加热回路内部的串并联方式、干烧温度控制要求等。如果采用的是主动液冷系统，则可以集成液热，主要确定冷却液入口温度和流量。

### 3. 保温方案

针对南方夏季高温天气，车辆在长时间高温热辐射作用下，热量会进入到电池箱内部，导致电池箱体内部温度过高。针对北方冬季严寒天气，车辆停放时间较长之后，电池箱体内部温度会快速下降，影响车辆的再次充电和起动；或者在对动力电池系统进行加热过程中，由于电池箱散热速度太快，也会影响加热速度和效果。因此，需要通过保温设计减少外部夏季高温或者冬季低温环境对电池箱内部电池的影响。通常采用保温材料起到隔热的作用，减少外部环境因素的影响。保温系统通常是配合冷却系统和加热系统完成工作的，优良的保温系统不仅可以提高冷却和加热的效率，而且还可以降低能耗。保温概念设计主要包括：保温材料选择、箱体保温材料的布置方案设计等。

## 二、动力电池 PACK 测试

### （一）动力电池 PACK 总成安全性测试

电池组体积能量密度越来越高，容量越来越大，动力电池的安全性也越来越被人们所关注。为了确保动力电池的安全性，动力电池总成在出厂前人们设计了多种性能测试来保

动力电池  
PACK 测试

通过讨论，让学生了解动力电

<p>(***分钟)</p>	<p>证动力电池在车辆行驶不同工况下的安全性和可靠性。</p> <p>安全性测试的目的在于验证动力电池系统在滥用情况下的安全性,最重要的目的在于验证动力电池系统保护自身的能力以及在发生危险情况下对乘员的保护能力。安全性测试主要包括跌落、挤压、火烧、水浸、热蔓延等测试。</p> <p><b>1. 电池跌落测试</b></p> <p>(1) 1m 跌落</p> <p>室温下,测试对象以实际维修或者安装过程中最可能跌落的方向,若无法确定最可能跌落的方向,则沿 z 轴方向,将充满电的电池每个面(6面)从 1m 的高度处自由跌落到水泥地面上各 1 次,6 个面跌落完成为 1 个跌落循环,总计跌落 6 个循环,试验完成 2h 后进行外观检查。看电池是否有无漏液、起火、爆炸现象。</p> <p>(2) 10m 高空跌落</p> <p>测试对象以最可能跌落的方向,若无法确定最可能跌落的方向,则沿 z 轴方向,将充满电的电池每个面(6面)从 10m 的高度处自由跌落到水泥地面上各 1 次,6 个面跌落完成为 1 个跌落循环,总计跌落 6 个循环,试验完后观察 2h。如图 2-3-33 所示。看电池是否有无漏液、起火、爆炸现象。</p> <p><b>2. 电池平面挤压测试</b></p> <p>室温下电池满充电后,按下列条件进行加压:</p> <p>(1) 挤压板形式:半径 75mm 的半圆柱体,半圆柱体的长度大于测试对象的高度,但不超过 1m。</p> <p>(2) 挤压方向: x 和 y 方向(汽车行驶方向为 x 轴,另一垂直于行驶方向的水平方向为 y 轴)。</p> <p>(3) 挤压程度:压力 13KN 的平板平压电池至压强 17.2MPa 时停止挤压。</p> <p>(4) 保持 10min。</p> <p>(5) 试验完成后观察 2h,看电池是否有无漏液、起火、</p>	<p>池 PACK 测试。</p>
----------------	--	-------------------

爆炸现象。

### 3. 电池水浸测试

室温下，测试对象以实车装配状态与整车线束相连，然后以实车装配方向置于 3.5%氯化钠溶液（质量百分比，模拟常温下的海水成分）中 2h。水深要足以淹没测试对象。观察 2h。对于满足 IPX7 的样品，要求振动试验完成后进行海水浸泡试验。如图 2-3-34 所示。

### 4. 电池燃烧测试

#### （1）短时间耐火烧试验

测试中，盛放汽油的平盘尺寸超过测试对象水平尺寸 20cm，不超过 50cm。平盘高度不高于汽油表面 8cm。汽油液面与测试对象的距离设定为 50cm，或者为车辆空载状态下测试对象底面的离地高度，或者由双方商定。平盘底层注入水。在离被测设备至少 3m 远的地方点燃汽油，经过 60s 的预热后，将油盘置于被测设备下方。如果油盘尺寸太大，无法移动，可以采用移动被测样品和支架的方式。测试对象直接暴露在火焰下 70s。将盖板盖在油盘上。测试对象在该状态下测试 60s。将油盘移走，观察 2h。

#### （2）长时间耐火烧试验

测试中，盛放汽油的平盘尺寸超过测试对象水平尺寸 20cm，不超过 50cm。平盘高度不高于汽油表面 8cm。汽油液面与测试对象的距离设定为 50cm，或者为车辆空载状态下测试对象底面的离地高度，或者由双方商定。平盘底层注入水。在离被测设备至少 3m 远的地方点燃汽油，经过 60s 的预热后，将油盘置于被测设备下方。如果油盘尺寸太大，无法移动，可以采用移动被测样品和支架的方式。测试对象直接暴露在火焰下 20min。将油盘移走，观察 2h。

#### （3）电池燃烧试验

室温下将充满电的电池至于铁丝网内，对其进行加热至

燃烧或爆炸，持续 30min 后停止。观察 2h。看电池部件(粉尘状产物除外)或电池整体是否穿透铁丝网。如图 2-3-35 所示。

### 5. 电池热蔓延测试

热蔓延测试主要验证动力电池系统发生热失控时，能确保车内乘客的人身安全。测试对象为整车或完整的车载可充电储能系统或包括蓄电池及电气连接的车载可充电储能系统子系统。如果选择储能系统子系统作为测试对象，则需证明子系统的试验结果能够合理地反映完整的车载动力电池系统在同等条件下的安全性能。如果储能系统的电子管理单元（BMS 或其他装置）没有集成在封装蓄电池的壳体内，则必须保证电子管理单元能够正常运行并发送报警信号。

#### （1）试验条件

试验应在以下条件进行：

①除另有规定外，试验应在室温（ $25\pm 5$ ）℃条件下，相对湿度为 15%~90%，大气压力为 86~106kPa 的环境中进行。

②试验开始前，测试对象的 SOC 应调至大于电池厂商规定的正常 SOC 工作范围的 90%或者 95%。

③试验开始前，所有的试验装置应都必须正常运行。若选择过充电作为热失控触发方法，需关闭过充电保护功能。

④试验应尽可能少地对测试样品进行改动，制造商需提交所做改动的清单。

⑤试验应在室内环境或者无风条件下进行。

#### （2）试验方法

考虑到试验的可行性和可重复性，以下三种不同的方法可作为触动力电池系统热失控扩展试验的候选方法，分别是加热、针刺和过充电触发方法。均只需对动力电池系统做很小的改动。针刺触发要求提前在动力电池系统的外壳上钻

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/345313210302011111>