

推荐性行业标准

《电动汽车动力蓄电池热管理系统

第1部分：通用要求》

（征求意见稿）

编制说明

标准起草项目组

2022年12月

目 次

一、工作简况 3

二、行业标准编制原则和确定行业标准主要内容的依据5

三、主要试验（或验证）情况分析 8

四、标准中涉及专利的情况 17

五、预期达到的社会效益等情况 18

六、采用国际标准和国外先进标准情况 18

七、与现行相关法律、法规、规章及相关标准的协调性18

八、重大分歧意见的处理经过和依据 18

九、标准性质的建议说明 18

十、贯彻标准的要求和措施建议 18

十一、废止现行相关标准的建议 19

十二、其他应予说明的事项 19

《电动汽车动力蓄电池热管理系统 第1部分：通用要求》

（征求意见稿）

编制说明

一、工作简况

1 任务来源

锂离子电池作为复杂的电化学系统，其电性能、寿命和安全性都与温度高度相关。当锂离子电池在 0℃ 以下的环境中工作时，电池的可用能量和输出功率都会显著降低，甚至冷启动失败。此外低温情况下充电容易导致负极发生析锂，产生的锂枝晶容易刺穿隔膜，诱发电池发生内短路。而在高温情况下充放电，锂离子电池的寿命衰减则会加剧。

因此需要设计高效可靠的热管理系统，以确保电池始终工作在适宜温度内，且不同单体之间的温差尽量小，以提高电池的运行一致性。动力电池热管理形式分别包括液冷、直冷、自然冷却等不同形式。对于不同形式的热管理系统，在功能上都需要满足高温条件下的高效散热、低温情况下的加热和保温，以及各种工况下的均温功能等。

目前行业内尚无动力电池热管理系统的相关测评标准，为了给整车、动力电池企业等提供热管理系统科学的试验验证参考依据，助推热管理行业水平的发展，有必要开展动力电池热管理系统测试评价标准的制订工作，对热管理系统的技术要求、试验要求和试验方法提出明确规定。

标准制定计划已于 2021 年 11 月由工业和信息化部下达，计划编号：2021-1114T-QC。

2 主要工作过程

本标准由全国汽车标准化技术委员会电动车辆分技术委员会归口，并由电动车辆分标委动力蓄电池标准工作组负责组织开展制订工作。制订工作于 2020 年 9 月正式启动，标准起草组由电动汽车整车、动力电池生产企业、检测机构等单位组成。标准起草组经过多次专题研讨会议，进行了关键测试项的验证试验，完成了标准制订草案撰写，并在动力电池工作组层面进行了多次意见征集和讨论，于 2022 年 10 月形成标准征求意见稿，主要技术会议及研究活动情况如下：

（1）2020 年 9 月 17 日，动力蓄电池标准工作组在浙江省杭州市召开了 2020 年第 2 次会议。会上，起草组介绍了《电动汽车动力蓄电池热管理系统》系列标准的制订计划，建议将系列标准的第 1 部分定义为通用要求，重点内容包括术语、功能性要求和试验方法和典型运行工况等，并在会上就该系列标准项目设置的合理性、具体热管理系统的测试要点及技术成熟度、典型工况的选取依据等与参会代表进行了讨论；

（2）2020 年 9 月~2020 年 10 月，起草组充分调研了国内外企业关于热管理系统的相关开发工作和应用情况，在前期预研工作基础上，完成了《电动汽车动力蓄电池热管理系统 第

1 部分：通用要求》(以下简称“本标准”)的立项草案；

(3) 2021 年 5 月 11 日，动力蓄电池标准工作组在江苏省常州市召开了 2021 年第 1 次会议。会上审议了 QC/T《电动汽车动力蓄电池热管理系统 第 1 部分：通用要求》的工作组草案。起草组逐条介绍了草案文本，记录并解答了工作组各单位提出的问题和建议，包括考虑电机余热加热、双重方式加热等，明确温差、最高温度、最低温度、升温速率定义和计算公式，增加关于电池包底部托盘、上部覆盖隔热材料等，低温环境保温测试按照用户使用工况继续考虑等。

(4) 2021 年 5 月~2021 年 7 月，标准起草组在前期研究和讨论的基础上，结合 2021 年 5 月份工作组会议结论，并面向工作组成员单位进行了线上意见征询，进一步完成了对本标准工作组草案的修订版本；

(5) 2021 年 8 月 20 日，按照全国汽车标准化技术委员会电动车辆分技术委员会（SAC/TC114/SC27）秘书处的工作安排，本标准起草组通过网络会议形式参加了电动汽车动力蓄电池标准立项研讨会，会上起草组介绍了 QC/T《电动汽车动力蓄电池热管理系统 第 1 部分：通用要求》标准草案的制订情况，并对专家的提问进行了解答；

(6) 2021 年 8 月~2021 年 12 月，本标准起草组在行业内组织成立了热管理系统专项讨论组，通过发放调研问卷等形式进行行业技术水平调研，重点研究了动力电池热管理系统的冷却、加热、保温性能技术要求，一方面考虑符合当前行业现状的技术指标，另一方面考虑不同使用环境对热管理系统的需求差异进行相关技术指标的设定。

(7) 2021 年 12 月 10 日，动力蓄电池标准工作组召开了 2021 年第 2 次会议。会议审议了 QC/T《电动汽车动力蓄电池热管理系统 第 1 部分：通用要求》在研标准项目的具体进展。会议通告了本标准已顺利通过国标委/工信部立项答辩，当前已正式下达立项计划。本次会议审议了修改后的工作组草案，参会专家针对该标准项目，提出了具体修改建议，包括低温加热性能试验的环境温度设置、低温加热性能试验中仅考查电池包无充电状态时的加热情况、保留低温快充试验等。

(8) 2021 年 12 月~2022 年 5 月，根据 2021 年第 2 次会议形成的结论，起草组进一步完善了标准草案，同时为了收集行业观点，加快起草进度，工作组对于会上行业专家反馈的部分问题，进行了第二轮的问卷调查。进一步的，起草组根据调查问卷反馈情况，对标准草案进行修改。

(9) 2022 年 5 月 24 日，动力蓄电池标准工作组以网络会议形式召开了 2022 年第 1 次会议。会议审议了 QC/T《电动汽车动力蓄电池热管理系统 第 1 部分：通用要求》的标准草案。会上起草组介绍了草案的重点部分，记录并解答了工作组各单位提出的问题和建议，包括电池温差等术语的具体定义以及计算公式、冷却和保温等的测试工况等。

(10) 2022 年 6 月 17 日，根据 2022 年第 1 次会议形成的结论以及会上记录的修改建议，起草组在工作组会后针对各条修改建议讨论形成了初步处理方案，并以线上网络会议形式组织热管理系统专项讨论组召开了标准草案修改讨论会，对相关修改意见达成了一致。

（11）2022年7月～2022年9月，组织国轩高科、欣旺达、宁德时代等数家行业企业完成了对QC/T《电动汽车动力蓄电池热管理系统 第1部分：通用要求》的验证测试工作，起草组收集、对比了各家的实测数据，并根据测试结果对标准草案进行了完善。

（12）2022年10月20日，为进一步听取行业意见，采用线上网络会议形式召开了热管理系统专项讨论组会议，会上介绍并讨论了前期验证测试结果及草案完善方案，参与专家进一步就草案细节提出了修改建议，包括公式中相关时刻的具体描述、技术指标的数值、充放电策略、保温性能试验中的降温 and 升温速率等。

（13）2022年10月～2022年11月，根据10月份热管理系统专项讨论组会议形成的结论，起草组进一步完善了标准草案，主要包括对于相关技术指标增加“或符合制造商提供的技术说明文件”等描述性文字、调整试验方法中某些测试步骤的描述以避免歧义、调整试验开始和结束时刻的描述性文字等。

（14）2022年11月22日，动力蓄电池标准工作组在安徽省合肥市召开了2022年第2次会议。会上审议了QC/T《电动汽车动力蓄电池热管理系统 第1部分：通用要求》的征求意见稿草案。会上起草组介绍了草案的重点部分和相对上次会议的修订内容，记录并解答了工作组各单位提出的问题和意见建议，包括是否涵盖固态电池，对测试台架是否增加更细化的要求等。

二、行业标准编制原则和确定行业标准主要内容的依据

1 编制原则

- 1）本文件编写符合GB/T 1.1《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；
- 2）本文件制定过程中，立足国内电动汽车动力蓄电池热管理系统的技术现状，在工作组及行业内进行多次意见征求，并在会上充分讨论；
- 3）起草过程参考了GB/T 19596-2017、GB/T 31467-XXXX和SAE J073，并充分考虑国内外先进经验和现有相关企业标准、团体标准的统一和协调，同时结合了我国道路、交通、电动汽车及动力电池发展的情况。

2 主要内容

本文件规定了电动汽车动力蓄电池（以下简称“电池”）热管理系统的技术要求和试验方法。

本文件适于电动汽车动力蓄电池热管理系统，其他动力蓄电池热管理系统可参考使用。

本文件中规定的电动汽车动力蓄电池热管理系统的测试项目如表1所示：

表1 电动汽车动力蓄电池热管理系统需要进行的测试项目

试验类型	试验项目	试验方法章条号
------	------	---------

冷却性能	充电后行车冷却性能试验	6.3
加热性能	无充放电加热性能试验	6.4.1
	低温慢充加热性能试验	6.4.2
	低温快速充电加热性能试验	6.4.3
	低温放电加热性能试验	6.4.4
保温性能	低温环境保温性能试验	6.5.1
	高温环境保温性能试验	6.5.2

本标准主要技术内容如下：

1) 术语及定义

在充分总结和归纳了国内外电池制造商和整车厂对电池热管理系统的认识与测评方法的基础上，参考GB/T 19596-2017《电动汽车术语》和GB 31467-XXXX《电动汽车用锂离子动力电池包和系统电性能试验方法》等标准，起草组对电池热管理系统的现行技术路线分类、组成部件、关键参数等术语进行了定义。

动力蓄电池热管理系统包括冷却系统、加热系统和保温系统，其中冷却系统分为风冷系统、液冷系统和直冷系统；加热系统分为电加热膜和PTC加热。

关键参数包括电池系统的最高温度、最低温度、温差和温升/温降速率。

2) 技术要求

基于国内外电池制造商的设计要求和整车厂对电池热管理系统的性能要求，参考不同类型热管理系统的实测数据，起草组对冷却系统、加热系统和保温系统性能的关键参数提出了推荐性指标，如表2~表4所示。

表2 电池热管理系统冷却性能推荐要求

冷却系统类型	最高温度℃	温差℃
主动风冷系统	制造商规定的最高温度	≤10
液冷系统		≤5
直冷系统		≤8

表3 电池热管理系统加热性能推荐要求

加热系统类型	温差℃	温升速率℃/h
PTC加热（液冷系统）	≤10	≥30
PTC加热（风冷系统）	≤15	≥20
电加热膜（液冷系统）	≤15	≥20
电加热膜（风冷系统）	≤15	≥20
电加热膜（直冷系统）	≤15	≥20

表4 电池热管理系统保温性能推荐要求

项目	温差/℃	温降/温升速率/℃/h
低温环境保温性能	≤15	≤4
高温环境保温性能	≤15	≤3

3) 试验条件

本着“试验检测可操作性强、有据可依”的原则，起草组参考GB/T 31467-XXXX《电动汽车用锂离子动力电池包和系统电性能试验方法》和现有相关企业标准、团体标准，规定了电池热管理系统性能试验的环境条件、环境适应过程、样品布置方式、SOC调整方法和视同原则，以及试验仪器及仪表准确度和数据记录的要求。

考虑到不同车型和类型的电池热管理系统形式、性能与工作条件的差异较大，本文件内各项试验平台搭建的零件要求和详细参数，如操作文件、接口部件、安全工作限值、充放电倍率、方法和截止条件等，应当由制造商提供。

4) 试验方法

① 预处理

考虑到不同的电池样品送检前可能存在状态差异，为了保证测试样品的状态一致性和批次一致性，尽量使样品在测试前处于稳定、均衡的活化状态，起草组参考相关的国家标准和行业标准，规定了正式测试开始前的预处理流程。即，以一定的流程对电池包进行充放电循环和环境适应5次，如果连续两次的放电容量变化不高于额定容量的3%，则认为电池包完成了预处理，预处理循环可以中止。

② 冷却性能试验

起草组基于主要生产厂商技术调研数据和数次讨论交流，选取了常温和高温环境下快充后行车这一典型工况作为试验条件，评估热管理系统的常温和高温冷却性能。常温环境为25℃，高温环境为40℃，分别代表了春秋季节和夏季的典型环境温度；充电流程为制造商规定的最快充电策略，充电后静置10min，立即以不小于 $1I_3$ (A)的电流持续放电至截止条件；热管理系统在测试过程中按制造商规定的策略运行，记录整个试验过程中的最高、最低温度并计算温差。

③ 加热性能试验

起草组结合我国北方冬季典型的汽车运行工况，参考主要生产厂商的反馈情况，分别拟定了环境温度-20℃下的无充放电加热、低温慢充加热、低温快速充电加热和低温放电加热四种试验方法，评估热管理系统在不同工作模式下的低温加热性能。

- a) 无充放电加热性能试验中，热管理系统按照制造商规定的策略运行，直至电池最低温度达到0℃后停止。测试过程中电池本身不进行充放电（电池为自带加热系统供

电的除外），仅仅评估热管理系统自身的加热能力和温度均匀性。

- b) 低温慢充加热性能试验和低温快速充电加热性能试验中，热管理系统均按照制造商规定的策略运行。在电池系统达到制造商允许的最低工作温度后，分别按照制造商规定的慢充充电策略和快速充电策略持续充电至截止条件。试验中以加热系统开始工作到结束工作为节点，采集这一过程的最高、最低温度并计算温差和温升速率以评估加热能力和均温性能。
- c) 低温放电加热性能试验中，热管理系统按照制造商规定的策略运行。在电池系统达到制造商允许的最低工作温度后，以不小于 $1I_3(A)$ 的电流持续放电至截止条件。试验中以加热系统开始工作到结束工作为节点，采集这一过程的最高、最低温度并计算温差和温升速率以评估加热能力和均温性能。

在低温充电和放电加热性能试验中，由于不同车型和类型的电池自身产热能力不一，可能会出现加热系统的多次启停。考虑到第一段加热过程可以代表最恶劣的工况，而后续加热的起始条件更多与电池自身产热相关，经过多次工作组会议的深入讨论，起草组规定了温差和温升速率的计算以-20℃开始的第一段加热过程为准。

④ 保温性能试验

起草组在与相关电池制造商和整车厂充分交流后，分别基于冬季停车工况和夏季行车工况两个极端条件，规定了低温-20℃和高温 55℃的保温性能试验方法。试验均是在常温下进行环境适应，然后在热管理系统停止工作的情况下，以 2℃/min 的速率将环境温度调至目标温度，记录电池系统在高温环境放置 6 小时或低温环境放置 8 小时的最高、最低温度并计算温差和温升/温降速率。

三、主要试验（或验证）情况分析

1 试验条件分析

1) 试验条件与技术要求分析

① 测试温度分析

经过前期对多家电池制造商和整车厂的调研，起草组收集了数十款车型的电池热管理系统设计参数和实际加热、冷却与保温性能，并汇总对比如下表5。

表5 多款电池热管理系统的设计参数和实际性能统计

序号	电池类型	工作温度区间	冷却形式 / 加热形式	冷却性能		低温加热性能		低温保温性能			高温保温性能		
				40℃试验温差	25℃试验温差	-20℃试验升温速率	-20℃试验温差	-20℃试验静置时间	-20℃试验降温速率	-20℃试验温差	55℃试验静置时间	55℃试验降温速率	55℃试验温差
1#	能量型	-30℃~55℃	液冷/液热	≤5℃	≤5℃	≥24℃/h	≤5℃	6h	≤4.16℃/h	≤5℃	5h	≤3℃/h	≤5℃
2#	能量型	-30℃~55℃	液冷/液热	≤5℃	≤5℃	≥24℃/h	≤5℃	6h	≤4.16℃/h	≤5℃	5h	≤3℃/h	≤5℃
3#	能量型	-30℃~55℃	液冷/PTC	≤5℃	≤5℃	/	≤5℃	/	/	/	/	/	/
4#	能量型	-30℃~60℃	液冷/PTC	≤10℃	≤5℃	/	≤5℃	/	/	/	/	/	/
5#	能量型	-30℃~55℃	液冷/液热	≤2℃	≤2℃	/	≤5℃	8h	≤5℃/h	≤2℃	8h	≤5℃/h	≤2℃
6#	能量型	-30℃~60℃	液冷/液热	≤7℃	≤7℃	≥40℃/h	≤12℃	12h	≤4℃/h	≤10℃	/	/	/
7#	能量型	-20℃~55℃	液冷/液热	<7℃	≤5℃	≥10℃/h	≤8℃	8h	≤5℃/h	≤15℃	8h	≤2℃/h	≤10℃
8#	能量型	-30℃~55℃	液冷/液热	≤5℃	≤5℃	/	≤10℃	8h	≤5℃/h	≤10℃	/	/	/
9#	能量型	-30℃~60℃	液冷/液热	≤6℃	≤6℃	≥30℃/h	≤7℃	2h	≤12.5℃/h	≤12℃	3.5h	≤5℃/h	≤10℃
10#	能量型	-30℃~60℃	液冷/液热	≤8℃	≤5℃	≥26.4℃/h	≤8℃	/	/	/	/	/	/
11#	能量型	-30℃~55℃	液冷/液热	≤5℃	≤5℃	≥15℃	≤5℃	/	/	/	/	/	/
12#	能量型	-30℃~55℃	液冷/液热	≤10℃	≤5℃	≥30℃/h	≤10℃	12h	≤4℃/h	≤5℃	/	/	/
13#	能量型	-25℃~55℃	液冷/PTC	≤5℃	≤5℃	≥10℃/h	≤5℃	8h	≤5℃/h	≤5℃	8h	≤5℃/h	≤5℃
14#	功率型	-30℃~55℃	液冷/液热	≤7℃	≤5℃	≥5℃/h	≤15℃	4h	≤7℃/h	≤15℃	4h	≤5℃/h	≤15℃
15#	功率型	-20℃~55℃	液冷/无	≤5℃	≤5℃	/	/	8h	≤4℃/h	≤5℃	8h	≤2℃/h	≤5℃
16#	功率型	-30℃~55℃	风冷/空气	≤5℃	≤5℃	≥10℃/h	≤5℃	/	/	/	/	/	/

17#	功率型	-30℃~55℃	液冷/PTC	≤5℃	≤5℃	/	≤5℃	/	/	/	/	/	/
18#	功率型	-30℃~55℃	液冷/液热	≤5℃	≤5℃	≥10℃/h	≤5℃	34h	≤2℃/h	≤5℃	/	/	/
19#	功率型	-30℃~55℃	风冷/无	≤5℃	≤5℃	/	/	/	/	/	/	/	/
20#	功率型	-30℃~60℃	液冷/液热	≤6℃	≤6℃	≥22.8℃ /h	≤8℃	4h	≤5℃/h	≤12℃	4h	≤5℃/h	≤9℃
21#	功率型	-30℃~60℃	液冷/加热膜	≤5℃	≤5℃	≥40℃/h	≤10℃	8h	≤5℃/h	≤5℃	8h	≤5℃/h	≤5℃
22#	功率型	-30℃~55℃	液冷/液热	≤7℃	≤5℃	≥35℃/h	≤10℃	8h	≤6℃/h	≤8℃	8h	≤4℃/h	≤5℃
23#	功率型	-35℃~65℃	风冷/空气	≤15℃	≤15℃	≥20℃/h	≤15℃	8h	≤8℃/h	≤10℃	8h	≤6℃/h	≤5℃
24#	功率型	-25℃~55℃	风冷/PTC	≤7℃	≤5℃	≥10℃/h	≤7℃	8h	≤5℃/h	≤5℃	8h	≤5℃/h	≤5℃

从上述产品设计信息和实际性能数据可以看出，绝大部分车型电池系统的工作温度下限为 $-20^{\circ}\text{C}\sim 30^{\circ}\text{C}$ ，而上限为 $55^{\circ}\text{C}\sim 60^{\circ}\text{C}$ 。为了综合考虑各车型的应用场景，满足不同工作温度范围电池的测试需求，起草组将本文件中各测试工况的测试温度区间限定在 $-20^{\circ}\text{C}\sim 55^{\circ}\text{C}$ 之间。

② 技术要求分析

根据表5中不同车型和类型热管理系统的实际性能数据可以看出，无论是冷却、加热性能还是低温、高温保温性能在几十款产品上均呈现出较大差异。考虑到热管理系统的性能与其设计和制造成本强相关，且整车的热管理需求也与其车型定位有关，起草组除了在第4节给出技术要求的推荐参考值外，还注明了关键参数的技术要求可以参考制造商的规定值。

2) 一般条件

① 环境条件

表6 相关标准环境条件统计

标准	环境温度	相对湿度	大气压力
GB/T 31467.1 GB/T 31467.2	$25^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$	15%~90%	/
GB 38031-2020	$22^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$	10%~90%	86~106kPa
ISO 12405-4:2018	$25^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$	/	/
IEC 62660.1:2018	$25^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$	/	/
GB/T 38661-2020	工作温度 $-20^{\circ}\text{C}\sim 60^{\circ}\text{C}$	5%~95%	/
本文件	$25^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$	10%~90%	86~106kPa

基于国内外电动汽车动力蓄电池相关测试标准的调研结果如表6，起草组将本文件中电热管理系统测试的环境条件设定为温度 $25^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度10%~90%，大气压力86 kPa~106 kPa。

② 环境适应过程

由于不同车型和类型电池系统的热阻差别较大，对环境温度的适应能力也各不相同，本文件还规范了电池样品对环境温度改变时的环境适应过程，即在1h内热管理系统不工作，且电池单体温度与目标温度之间的差值不超过 2°C ，且电池系统温差小于 3°C 。主要是考虑到，若电池系统的初始温差过大，容易导致后续的热管理性能测试过程中温差进一步放大，影响对电池系统实际热管理性能的评估。

③ 布置形式

考虑到温控箱内的风速、风量和出风方式与电池包在整车上的环境有较大差异，经过对电池制造商和相关第三方检测机构的调研，对于布置在车辆底盘的电池包，起草组建议试验前在电池系统底部布置托盘以避免样品直接接触温控箱箱体，并保持电池系统底部空气流通顺畅，以免影响热传递效果。测试过程中为了消除热风/冷风对电池系统的直接加热或冷却，电池系统上表面应当覆盖防风隔热材料。

托盘尺寸、防风隔热材料厚度及属性应参考电池系统在车辆中的布置位置 and 实际散热环境。

对于布置在其他位置的电池包，电池包在温控箱内的布置方式由制造商提供。

④ 视同原则

在起草组会议上有部分电池制造商和整车厂反馈，随着动力电池成组技术的快速发展，包括 CTC、CTP 等新技术也逐渐实现市场化应用，可能存在部分电池包或系统由于某些原因（如尺寸或质量）不适合进行某些测试。针对此种情况，起草组建议可以由制造商与检测机构协商一致后，用电池包或系统的子系统代替作为试验对象，进行全部或部分测试，但是作为试验对象的子系统应包含和整车要求相关的所有部分（如连接部件或保护部件等）。

此外，对于使用了混合类型或其他类型热管理系统的电池包或系统，制造商与检测机构协商一致后可以参照相关实验方法和某一类型的技术要求进行测试和判定。

3) 试验仪器及仪表准确度

表 7 相关标准试验仪器及仪表控制精度和准确度统计

标准	电压控制精度	温度控制精度	电压测量装置准确度	温度测量装置准确度
GB/T 31467.1 GB/T 31467.2	±1%	±2 °C	不低于 0.5 级	±0.5 °C
GB 38031-2020	±1%	±2 °C	0.5%FS	±0.5 °C
ISO 12405-4:2018	±1%	±2 °C	0.5%FS	±1 K
IEC 62660.1:2018	0.1%FS	±2 K	0.1%FS	±2 K
GB/T 38661-2020	/	/	±1%	±2 °C
Freedom CAR	/	/	±1%	±2 °C
本文件	±1%	±1 °C	0.5%FS	±1 °C

基于国内外电动汽车动力蓄电池相关测试标准的调研结果如表 7，本文件中电池热管理系统测试的电压控制精度为±1%，检测精度为±0.5%；温度控制精度为±1 °C，检测精度为±1 °C。

2 试验方法验证

为了确保本文件中相关试验的可重复性与可实施性，分别选取了四家电池制造商的多款不同类型电池包或系统，按照本文件对应试验方法进行测试，并对测量和记录的数据进行对比分析，结果汇总如下。

1) 冷却性能试验的数据验证

电池在高温下使用往往伴随着副反应和更高的安全风险，特别是当前快充技术的快速发展，会给电池引入更高的产热和温度不均，导致实际的循环效率降低、电池包衰减速度加快和潜在的热失控可能，如图1所示。因此，电池热管理系统需要具备良好的冷却能力，保证电池即使在最恶劣的环境条件下、产热最严重的工况下连续运行，也不会产生较大的温度差异。

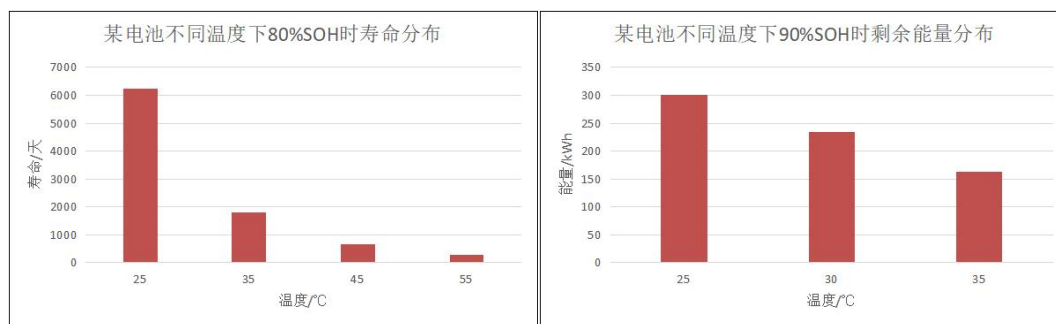


图1 某电池的寿命和可用能量与温度的相关性

为了验证冷却性能试验方法的可执行性与可重复性,选用两款电池包按照本文件 6.3 节的要求,分别在常温和高温环境下进行充电后行车冷却性能试验,结果对比如下图 2。

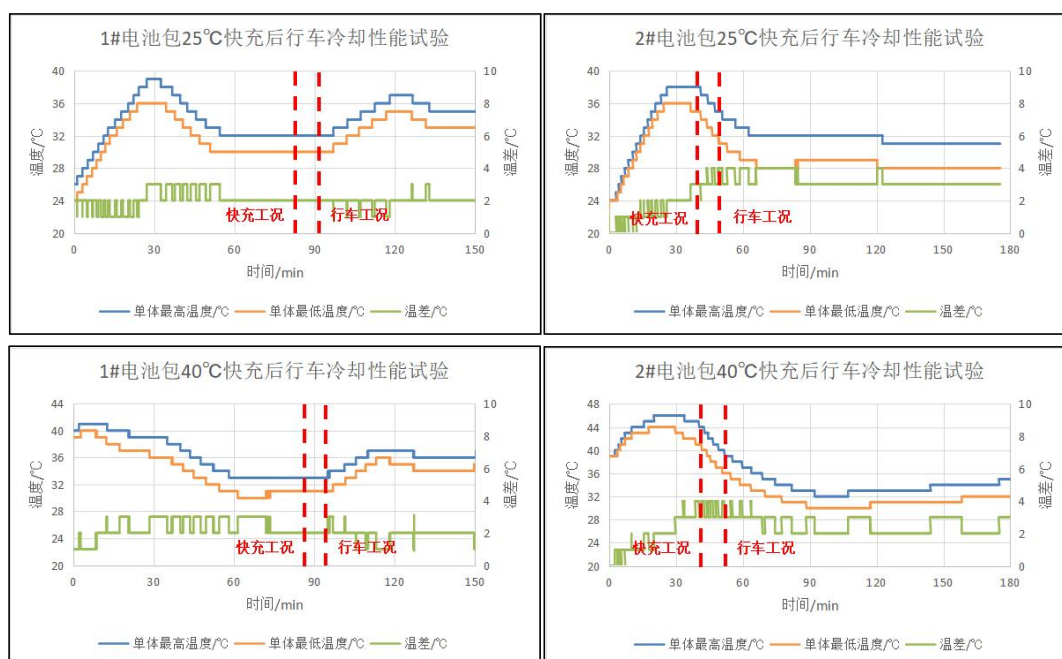


图2 快充后行车冷却性能试验测试结果

试验结论: 不同电池包的常温和高温冷却性能试验测试均可以正常进行,并能够获得具有参考性的温度和温差数据。基于数据的实际物理意义与行业认可度,形成标准草案冷却性能试验方法 6.3 和冷却性能试验关键参数的推荐要求 4.1。

2) 加热性能试验的数据验证

低温环境会使电池内阻增大、放电容量减少,导致汽车的功率性能衰减和续驶里程下降。此外,在低温环境下充电容易造成电池析锂,长期累积有可能刺穿隔膜、造成内短路,带来潜在的热失控可能,如图 3 所示。因此,电池热管理系统还需要具备优异的加热能力,能够在低温环境下快速、均匀地将电池加热至正常工作的温度区间。

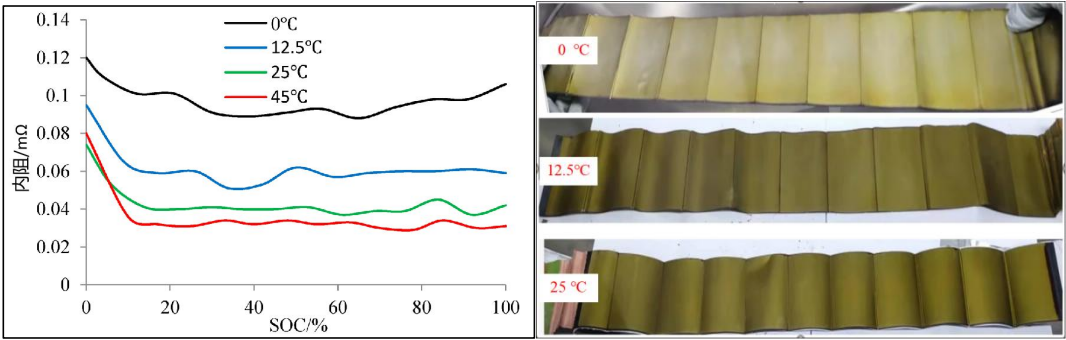


图3 某电池内阻和析锂状态与温度的相关性

起草组根据相关电池制造商和整车厂的反馈数据,汇总了不同电池系统的最低可充电温度,如下图4。可以看出大部分产品的最低可充电温度小于-20℃,个别产品处于-20℃~0℃的区间内。

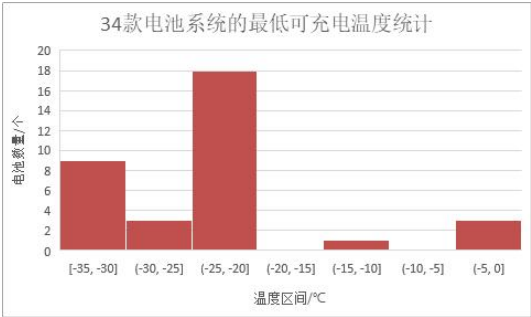


图4 34款电池系统的最低可充电温度统计

① 无充放电加热性能试验的数据验证

低温环境下部分电池包或系统可能无法正常启动并运行,直接进行充电还有可能因析锂带来潜在的热失控风险,因此需要先运行热管理系统将电池预热至制造商规定的最低可充电温度。考虑到几乎所有电池包在0℃时均可以开始充电使用,起草组参照本文件6.4.1节的测试方法,分别验证两款电池包从-20℃低温环境下,单纯依靠热管理系统加热至0℃的温升速率和温差数据,结果如下图5。

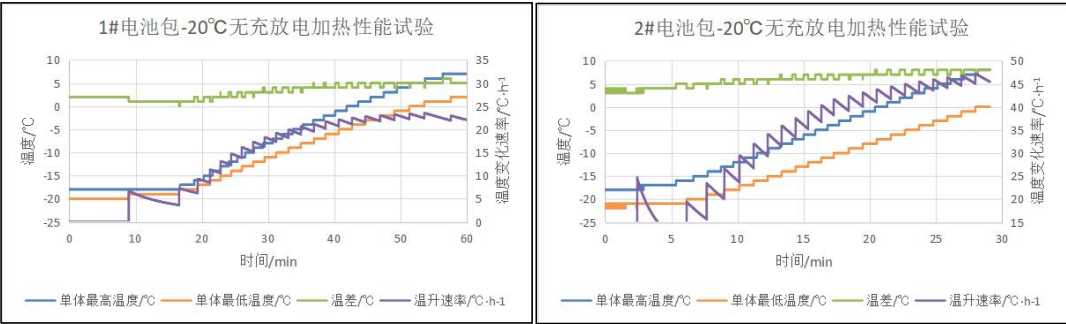


图5 -20℃无充放电加热性能试验测试结果

试验结论:不同电池包的低温无充放电加热性能试验测试均可以正常进行,并能够获得

具有参考性的温度、温差数据和温升速率数据。经过与工作组内电池制造商和整车厂的密切沟通和交流，从贴近整车运行使用状态的角度考虑，形成标准草案无充放电加热性能试验方法 6.4.1 和关键参数的推荐要求 4.2。

② 低温充电加热性能试验的数据验证

经过对多家电池制造商和整车厂在售及研发产品的调研，针对图 4 中的电池系统，起草组总结了其中可以低温充电的 30 款电池包的充电能力，见下表 8。可以发现随着近些年电动汽车技术的快速发展，目前在售的大部分动力电池已经具备了低温条件下的充电能力。即，在冬季室外温度较低的情况下，可以一边通过热管理系统对电池加热，一边运行充电工况使电池自产热，以减少用户的等待时间、更快实现车辆的补能。

表 8 30 款电池系统的充电能力统计

产品	类型	SOC 区间	快充倍率	产品	类型	SOC 区间	快充倍率
1#	能量型	0%~80%	0.89C	2#	能量型	0%~100%	慢充
3#	能量型	0%~80%	1.1C	4#	功率型	0%~96%	1.7C
5#	能量型	0%~80%	1.2C	6#	功率型	5%~80%	4C
7#	能量型	0%~80%	1.25C	8#	功率型	15%~80%	1C
9#	能量型	0%~96%	1.7C	10#	功率型	20%~95%	1.67C
11#	能量型	4%~80%	1.33C	12#	功率型	15%~95%	1C
13#	能量型	5%~80%	1C	14#	功率型	30%~80%	10C
15#	能量型	5%~97%	1.09C	16#	功率型	0%~100%	慢充
17#	能量型	5%~97%	1.2C	18#	功率型	0%~100%	慢充
19#	能量型	5%~97%	1.2C	20#	功率型	0%~100%	慢充
21#	能量型	15%~80%	1C	22#	功率型	0%~100%	慢充
23#	能量型	10%~80%	1.2C	24#	功率型	0%~100%	慢充
25#	能量型	20%~80%	1.5C	26#	功率型	0%~100%	慢充
27#	能量型	0%~100%	慢充	28#	48V	0%~70%	20C
29#	能量型	0%~100%	慢充	30#	48V	0%~100%	慢充

因此使用多款电池包，参照本文件 6.4.2 节、6.4.3 节的测试方法，在-20℃低温环境下分别按照制造商规定的热管理策略和不同的充电策略充电至截止条件。考虑到加热系统停止工作意味着热管理系统已经按照制造商的运行策略判定电池系统处于正常运转的工作温度区间，因此对于温差和温升速率的计算，均以加热系统从-20℃开始工作到首次停止工作之间的数据为准。具体的试验验证结果如下图 6、图 7。

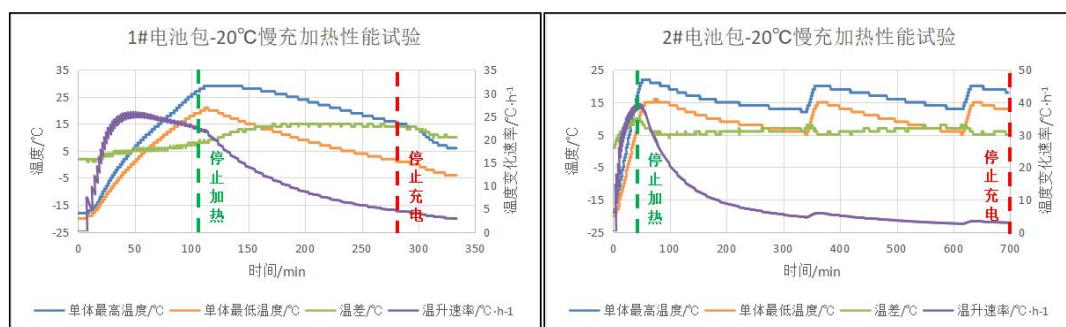


图6 -20°C低温慢充加热性能试验测试结果

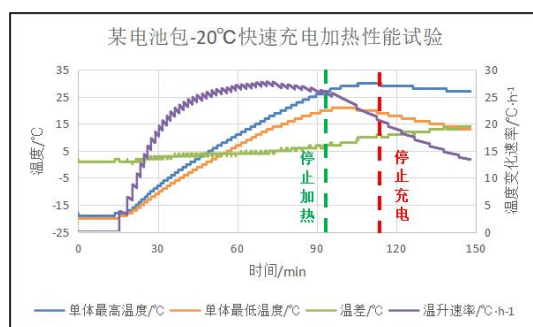


图7 -20°C低温快速充电加热性能试验测试结果

试验结论: 不同电池包的低温慢充加热性能试验和低温快充加热性能试验测试均可以正常进行, 并能够获得具有参考性的温度、温差和温升速率数据。经过标准起草组多次会议磋商并广泛征求制造商意见, 形成了标准草案低温慢充加热性能试验方法 6.4.2、低温快速充电加热性能试验方法 6.4.3 和关键参数的推荐要求 4.2。

③ 低温放电加热性能试验的数据验证

冬季室外温度较低时, 电池系统虽然可以正常放电, 但低温状态导致的容量衰减和能量回收限制将使得车辆续航里程和输出功率骤降。为此, 起草组使用某电池包, 参照本文件 6.4.4 节的测试方法, 在-20°C低温环境下按照制造商规定的热管理策略和放电策略放电至截止条件。具体试验验证结果见下图 8。

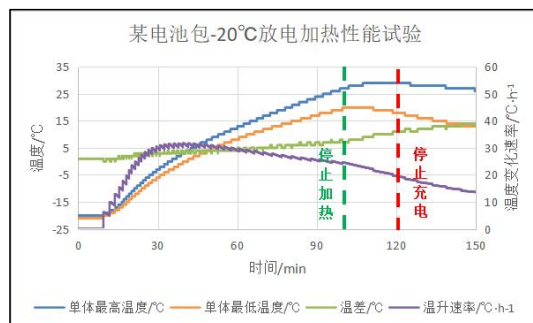


图8 -20°C低温放电加热性能试验测试结果

试验结论: 低温放电加热性能试验可以正常进行, 并能够获得具有参考性的温度、温差

和温升速率数据。基于贴近实际行车加热工况的初衷，经过起草组与电池制造商和整车厂的多次交流沟通，形成了标准草案低温放电加热性能试验方法 6.4.4 和关键参数的推荐要求 4.2。

3) 保温性能试验的数据验证

前文所述的几种低温加热性能试验方法和不同温度下的快充后行车冷却性能试验方法，主要用于考察热管理系统面对极端温度条件的主动管理能力。除此之外，电池系统自身的热阻也是影响其使用过程中温度均匀性和温度保持能力的重要参数。良好的保温设计可以降低电池系统的传热系数、提高热阻，以减少热管理系统面对极端温度条件时启动的频率，降低加热/冷却系统的负担。

起草组参照本文件 6.5.1 节和 6.5.2 节的测试方法，先将多款电池包在 25℃ 下进行环境适应，随后以 2℃/min 的速率分别将样品所处环境温度快速调至 -20℃ 和 55℃，并搁置一定时间。为了验证电池系统自身的保温性能，热管理系统应当在试验全过程保持关闭状态，仅记录电池系统的最高和最低温度，并计算温差和温升/温降速率。具体试验验证结果见下图 9、图 10。

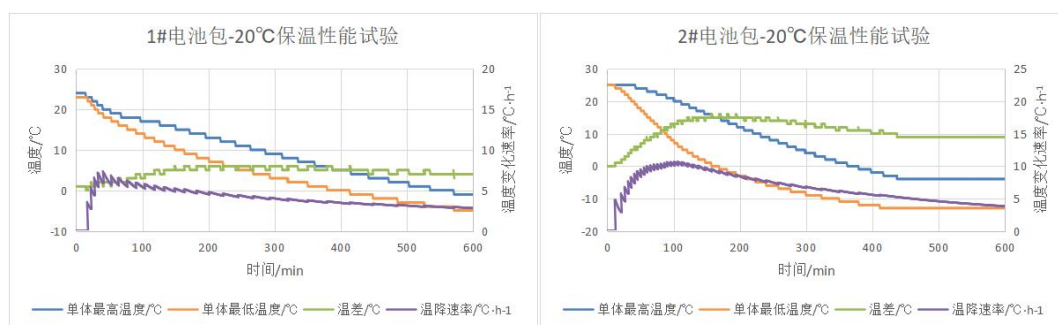


图 9 -20℃低温保温性能试验测试结果

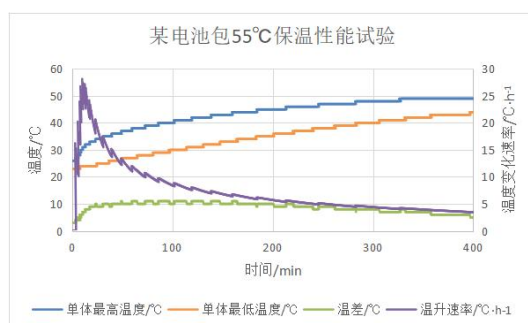


图 10 55℃高温保温性能试验测试结果

试验结论：不同电池包的低温保温性能试验和高温保温性能试验测试均可以正常进行，并能够获得具有参考性的温度、温差和温升速率数据。经过工作组多次专家讨论，基于实际使用情况和车辆行驶、停放的环境条件考虑，形成了标准草案低温保温性能试验方法 6.5.1 和高温保温性能试验方法 6.5.2 和关键参数的推荐要求 4.3。

四、标准中涉及专利的情况

本文件的主要技术内容及相关测试方法均不涉及专利。

五、预期达到的社会效益等情况

电动汽车具有无（低）污染物排放、能源利用率高、噪声低、运行成本低等优点，大力推广和普及电动汽车是缓解大气环境污染能源紧缺的最有效方式之一。近年来，电动汽车得到了各国政府及企业的高度重视，也取得了快速发展，我国已超过美国和日本成为世界第一大新能源汽车产销国和保有国，动力蓄电池及其热管理系统作为汽车的关键部件之一，得到了广泛应用。

目前电动汽车正处于产业发展关键时期，而热管理系统是电动汽车动力蓄电池的关键部件之一，制定电动汽车动力蓄电池热管理系统的测试标准及通用要求，对产业发展的作用主要有以下几方面：

- 1) 建立电动汽车动力蓄电池热管理系统测试规程。本标准作为测试方法标准，为电池热管理系统提供统一测试方法。
- 2) 填补随着产业发展热管理系统测试相关标准缺失的问题。从产品实际应用场景和需求出发，规范了冷却性能、加热性能和保温性能的评测方法。为电池热管理系统在应用层面的各项性能指标增加评测方法和内容。
- 3) 有助于提升我国电动汽车产业的竞争力，本标准引导企业设计更加符合整车性能需求的电池热管理系统，不仅可以提升我国动力蓄电池热管理系统的测试水平，同时也能促进产品设计研发水平，提升市场竞争力。
- 4) 有助于培育良好的产业发展环境。统一电池热管理系统测试方法有助于增加市场用户对电动汽车的认可度和信任，有助于产业良性循环，形成良好的发展环境。

六、采用国际标准和国外先进标准情况

本标准国外无相关标准，本次未采用国际标准或国外先进标准。

七、与现行相关法律、法规、规章及相关标准的协调性

本文件所规定的各项试验条件和方法在动力电池行业内接受度较高，与现行国家标准不存在矛盾与交叉，与现行相关法律、法规、规章及相关标准均协调一致。

八、重大分歧意见的处理经过和依据

无。

九、标准性质的建议说明

本文件可规范电动汽车动力蓄电池热管理系统的通用要求，建议作为电动汽车领域的推荐性行业标准。

十、贯彻标准的要求和措施建议

建议标准发布6个月后实施。

十一、 废止现行相关标准的建议

无。

十二、 其他应予说明的事项

无