

团 体 标 准

T/CSAE 117—2019

动力电池热管理系统性能（台架） 试验方法

Test method (bench) of performance of traction battery
thermal management system

2019-10-29 发布

2019-10-29 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 符号和缩略语	3
5 试验条件	3
6 试验方法	4
附录 A（资料性附录） 中国轻型汽车行驶工况	9

前 言

本标准按照GB/T 1.1—2009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。

本标准由中国汽车工程学会汽车测试技术分会组织提出。

本标准起草单位：中国汽车技术研究中心有限公司、爱驰汽车（上海）有限公司、上海蔚来汽车有限公司、格朗吉斯铝业（上海）有限公司、天津力神电池股份有限公司、微宏动力系统（湖州）有限公司、浙江清优材料科技有限公司、中航锂电（洛阳）有限公司、恒大新能源科技集团、郑州深澜动力科技有限公司、北京华特时代电动汽车技术有限公司、天津大学。

本标准主要起草人：樊彬、马绪、王芳、宋兆普、周宇、徐坤豪、刘磊、孙龙、张俊英、马兴华、宋春亮、宾玲、杨振杰、马天翼、姜成龙、李师、庄萍。

动力电池热管理系统性能（台架）试验方法

1 范围

本标准规定了动力电池热管理系统性能的试验方法。

本标准适用于乘用车用动力电池热管理系统，商用车用动力电池热管理系统可以参考使用。

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 2900.41-2008 电工术语 原电池和蓄电池

GB 18352.6-2016 轻型汽车污染物排放限制及测量方法（中国第六阶段）

GB/T 18386-2017 电动汽车 能量消耗率和续驶里程试验方法

GB/T 19596-2017 电动汽车术语（ISO 8713:2002, NEQ）

GB/T 31467.2 电动汽车用锂离子动力蓄电池包和系统 第2部分：高能量应用测试规程

QC/T 468-2010 汽车散热器

3 术语和定义

GB/T 2900.41-2008、GB/T 19596-2017中界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

动力电池热管理系统 battery thermal management system

综合运用各种技术手段，具备动力电池冷却、加热、保温和均温等功能，保证动力电池在不同温度环境下正常工作的系统。同时，该系统可以在动力电池发生热失控时提供报警信号，具备安全防护功能。动力电池热管理系统包括主动式热管理系统和被动式热管理系统两种。

3.2

被动式热管理系统 passive thermal management systems

基于热传导、热辐射、热对流等热量传输原理，只依靠冷却或加热流体因为温度因素自然完成热量输入输出交换的热管理系统。包括自然冷却系统和相变材料系统。

3.3

自然冷却系统 natural cooling system

将热源即电芯的热量通过传导和空气对流的方式传递到电池系统的壳体，再利用壳体对外界空气传热实现电池冷却的系统；此种系统需要额外的加热装置实现电池的加热功能。

3.4

相变材料系统 Phase Change Materials Systems

又称固体相变蓄热系统，利用相变材料（通常为石蜡基或无机盐基材料）在某个温度下或温度区间吸热发生相变的特性，实现电池冷却和保温功能的被动式相变系统。

3.5

主动式热管理系统 active thermal management systems

基于热传导、热辐射、热对流等热量传输原理，使用耗能部件消耗能量完成热量输入输出交换的系统。主动式热管理系统包括空气冷却加热系统、液体冷却加热系统、制冷剂式冷却系统。

3.6

空气冷却/加热系统 a Air Cooling/Heating Systems

又称风冷系统，利用空气作为热量交换载体控制分配动力电池系统内部温度的系统。该系统通常使用风扇和管道完成空气在电池系统内的流动，分为直接接触式和间接接触式两种。空气可以从电池系统外部进入并排出电池系统外，也可以在电池系统内部循环实现电池冷却或加热功能；若空气仅在电池内部循环，则电池系统内部通常需要有空气冷却装置（通常为空调蒸发器）、空气加热装置和空气循环风扇。

3.7

液体冷却/加热系统 Active Liquid Cooling/Heating Systems

又称液冷系统，利用冷却液作为热量交换载体控制分配动力电池系统内部温度的系统。该系统通常使用水泵和管道完成冷却液在电池系统内的流动，分为直接接触式和间接接触式两种。冷却液可以通过低温散热器冷却加热，也可以通过整车冷却系统内的冷却器冷却和加热器加热。

3.8

制冷剂式冷却系统 Refrigerant Cooling Systems

又称气液相变冷却系统，利用制冷剂作为热量交换载体控制分配动力电池系统内部温度的间接接触式系统，也可称为冷媒直冷系统。该系统通常与整车空调系统集成。

3.9

阻燃隔热系统 flame retardant thermal insulation system

利用特殊材料（通常为泡沫聚合物）实现单体电池间、模组间、电池包壳体内或其他部位隔热保温和阻隔热失控扩散作用的系统。

3.10

电池最高温度 battery maximum temperature

动力电池系统中的单体最高温度。

3.11

电池最低温度 battery minimum temperature

动力电池系统中的单体最低温度。

3.12

电池平均温度 battery average temperature

动力电池系统中的单体平均温度。

3.13

电池系统温升 battery temperature rise

动力电池系统最大温升：在某个测试工况开始时电池最高温度与结束时电池最高温度差值的绝对值。

动力电池系统最小温升：在某个测试工况开始时最低温度与结束时电池最低温度差值的绝对值。

3.14

电池系统温差 battery temperature difference

动力电池系统在某一时刻的电池最高温度与电池最低温度的差值。

3.15

流阻 pressure drop or flow resistance

流体流过液冷板或电池系统进出口，从流体的入口到流体的出口的静压力差。

4 符号和缩略语

下列符号和缩略语适用于本文件。

RT: 室温 (25 ± 2) °C。

I_1 : 1h率放电电流 (A), 其数值等于额定容量值。

I_3 : 3h率放电电流 (A), 其数值等于额定容量值的1/3。

SOC: state-of-charge, 荷电状态。

5 试验条件

5.1 一般条件

5.1.1 除另有规定外, 试验应在温度为 $25 \text{ °C} \pm 2 \text{ °C}$, 相对湿度为 25%~90%, 大气压力 86kPa~106kPa 的环境中进行。

5.1.2 测试样品交付时需要包括必要的操作文件, 以及和测试设备相连所需的接口部件, 如连接器、冷却系统等, 制造商需要提供动力电池系统的工作限制, 以保证整个测试过程的安全。

5.1.3 当测试规定的温度改变时,在进行测试前测试样品需要完成环境适应的过程:直到单体电池温度与测试规定的温度差值不超过 2 °C。测试样品如果包含蓄电池控制单元,则环境适应过程需要将其关闭。

5.1.4 电池系统的额定容量对于测试过程具有重要影响。如果电池系统实际可用容量与额定容量之差的绝对值超过额定容量的 5%,则在测试报告中要明确说明,并用实际可用容量代替额定容量用于充放电电流及 SOC 计算的依据。

5.1.5 调整 SOC 至试验目标值 n%的方法:按制造商提供的充电方式将电池系统充满电,静置 1h,以 $1I_3$ 恒流放电 $(100-n)/100 \times 3h$,或者采用制造商提供的方法调整 SOC。每次 SOC 调整后,在新的测试开始前试验对象应静置 30 min。

5.2 测量仪器、仪表准确度

测量仪器、仪表准确度应满足以下要求:

- a) 电压测量装置:不低于 0.5 级;
- b) 电流测量装置:不低于 0.5 级;
- c) 温度测量装置: ± 0.5 °C;
- d) 时间测量装置: $\pm 0.1\%$;
- e) 流量测量装置:不低于 0.5 级;
- f) 压力测量装置:不低于 0.5 级;
- g) 尺寸测量装置: $\pm 0.1\%$;
- h) 质量测量装置: $\pm 0.1\%$ 。

5.3 测量过程误差

控制值(实际值)和目标值之间的误差要求如下:

- a) 电压: $\pm 1\%$;
- b) 电流: $\pm 1\%$;
- c) 温度: ± 1 °C;
- d) 流量: ± 0.2 L/min;
- e) 压力: $\pm 0.1\%FS$ 。

5.4 测试工质说明

测试工质要求如下:

冷却液: 50%纯乙二醇, 50%纯水(体积比),除非特殊说明,否则默认按此执行。

5.5 数据记录和记录间隔

除非在某些具体测试项目中另有说明,否则测试数据的记录间隔应小于等于 100s,如时间、温度、电流、电压和流量等。

6 试验方法

6.1 试验准备

正式开始测试前,电池系统应处于正常工作状态。

6.2 预处理

正式开始测试前，电池系统需要先进行预处理循环，以确保测试时试验对象的性能处于激活和稳定的状态，步骤如下：

- a) 以不小于 $1I_3$ (A) 电流或按照制造商推荐的充电方法充电至制造商规定的充电截止条件；
- b) 静置 30 min 或制造商规定的时间；
- c) 以制造商规定的且不小于 $1I_3$ (A) 电流放电至制造商规定的放电截止条件；
- d) 静置 30 min 或制造商规定的时间；
- e) 重复步骤 a)~d) 5 次。

如果电池系统连续两次的放电容量变化不高于额定容量的3%，则认为电池系统完成了预处理，预处理循环可以中止。

除某些具体测试项目中另有说明，否则若预处理循环并充满后和一个新的测试项目之间时间间隔大于24h，则需要重新进行一次标准充电：使用不小于 $1I_3$ (A) 电流充电至制造商规定的充电截止条件或按照制造商推荐的充电方法充电，静置30min或制造商规定的时间。

6.3 基本功能测试

6.3.1 液冷系统阻力测试

6.3.1.1 对于液冷系统，可直接测试其进、出口压力差。

6.3.1.2 连接水冷机与电池液冷系统进、出口，且进、出口需要预先安装精密压力传感器（或其他精密压力测量装置）。调节水冷机出水口温度为 25 °C 或制造商推荐值，流量分别为 8 L/min、10 L/min、12 L/min 或制造商推荐值，待温度（变化不超过 1 °C/min）、流速（变化不超过 0.1 L/min）稳定。

6.3.1.3 记录电池液冷系统进、出口压力并计算流阻（ $\text{Pa}\cdot\text{s}/\text{m}^2$ ）。

6.3.2 液冷系统密封性能测试

6.3.2.1 对于液冷系统，试验前后需要检查其气密性。

6.3.2.2 通过气密检测装置，从液冷系统的进水口通入 400kPa 的压缩空气，保压时间 120s，测试时间 60s，排气时间 5s，按式(1)换算为渗漏量。

$$F = 0.0006 * V * \left(\frac{\Delta p}{\Delta T}\right) \dots\dots\dots (1)$$

式中：

F—渗漏量， cm^3/min ；

V—散热器和测量回路总容积， cm^3 ；

$\frac{\Delta p}{\Delta T}$ —压力损失， Pa/s 。

6.3.3 气液相变冷却系统阻力测试

6.3.3.1 对于气液相变冷却系统，可直接测试蒸发器的流阻；

6.3.3.2 选择以下两种方式中的一种进行试验：

- a) 用 R134a 制冷剂或者制造商推荐的的制冷剂以一定的的流量流过蒸发器（可参考 16g/s (57.6kg/h 或 1.13L/s)）；
- b) 或采用干燥空气，以一定的流量流过蒸发器（可参考 3.89L/s 或 16.8kg/h）。

6.3.3.3 用精密压力传感器（或其他精密压力测量装置）测量蒸发器进出口的压力，压力差值即为蒸发器在规定工况下的流阻（Pa·s/m²）。

6.3.4 固体相变蓄热系统储热能力测试

6.3.4.1 对于固体相变蓄热系统在室温下将电池系统充电至充电截止条件，并静置到电池最高温度与测试规定的温度差值在±1℃之间。

6.3.4.2 电池系统以 1I₁ (A) 电流放电至放电截止条件%，再根据制造商提供的电池系统快充策略，将电池系统充电至快充截止条件，停止试验。

6.3.4.3 记录过程中电池系统电流、电压、容量、能量、 电池最高温度、最低温度、电池系统温差和温升。

6.4 冷却性能测试

6.4.1 高温快充-电池系统层级

6.4.1.1 在室温下，将电池系统放电至放电截止条件。

6.4.1.2 将电池系统置于 40℃环境下环境适应，静置至电池单体温度在（40±1）℃之间，并连接冷却辅助装置（如水冷机等）。

6.4.1.3 在 40℃环境下，电池系统以制造商推荐的快充策略进行充电，同时主动开启热管理系统的冷却功能（如是液冷系统，调节水冷机出水口温度 25℃或制造商推荐值、流量 12L/min 或制造商推荐值），直到充电至快充截止条件。

6.4.1.4 电池系统在室温下进行环境适应后电池系统以 1I₁ (A) 电流放电至放电截止条件，停止试验。

6.4.1.5 记录过程中电池系统电流、电压、容量、能量、 电池最高温度、最低温度、电池系统温差和温升。

6.4.2 高温工况放电-电池系统层级

6.4.2.1 在室温下，将电池系统充电至充电截止条件。

6.4.2.2 将电池系统置于 40℃环境下环境适应，静置至电池单体温度在（40±1）℃之间，并连接冷却辅助装置（如水冷机等）。

6.4.2.3 在 40℃环境下，电池系统按照工况要求（由制造商提供具体试验工况参数，包括 30 min 最高车速工况、120 km/h 高速工况、爬坡工况或其他工况等）放电至制造商推荐 SOC 值，同时主动开启热管理系统的冷却功能（如是液冷系统，调节水冷机出水口温度 25℃或制造商推荐值、流量 12 L/min 或制造商推荐值）。

6.4.2.4 记录过程中电池系统电流、电压、容量、能量、 电池最高温度、最低温度、电池系统温差和温升。

6.4.3 常温冷却-整车层级

6.4.3.1 参照 GB/T 18386-2017 4.4.5 续驶里程试验的试验方法及车辆道路负荷的设定，试验平台规格与设定参照 GB 18352.6-2016 附件 C、D 进行续驶里程试验。

6.4.3.2 试验工况采用表 1 的复合工况形式按照阶段 1-2-3 执行或制造商推荐的测试工况，全程开启热管理系统的冷却功能。

表1 复合工况

阶段	工况	运行时间
1	中国轻型汽车行驶工况（附录A）	1800s
2	制造商推荐的高发热功率工况	制造商提供
3	中国轻型汽车行驶工况（附录A）	1800s

6.4.3.3 记录过程中电池系统电流、电压、容量、能量、电池最高温度、最低温度、电池系统温差和温升。

6.5 加热性能测试

6.5.1 低温放电加热-电池系统层级

6.5.1.1 在室温下，将电池系统充电至充电截止条件，并静置至室温；将电池系统置于 -20°C 环境下进行环境适应，静置至电池单体温度在 $(-20\pm 1)^{\circ}\text{C}$ 之间。

6.5.1.2 在 -20°C 环境下，主动开启热管系统的加热功能（包括电池系统内置加热装置或外部加热装置），加热到电池最低温度达到热管理策略允许的最低放电温度。

6.5.1.3 电池系统以 $1I_1$ (A)电流放电至放电截止条件。

6.5.1.4 记录电池系统从开启加热时至电池最低温度升至热管理策略允许的最低放电温度所用的时间、电池最高温度、最低温度、电池系统温差、容量、能量。

6.5.2 低温充电加热-电池系统层级

6.5.2.1 在室温下，将电池系统放电至放电截止条件，并静置至电池温度到室温；将电池系统置于 -20°C 环境下进行环境适应，静置至电池单体温度 $(-20\pm 1)^{\circ}\text{C}$ 之间。

6.5.2.2 在 -20°C 温度下，根据制造商提供的低温加热充电策略进行充电，并按照制造商的控制策略主动开启热管系统的加热功能（包括电池系统内置加热装置或外部加热装置），充电至充电截止条件。

6.5.2.3 电池系统在室温下进行环境适应后电池系统以 $1I_1$ (A)电流放电至放电截止条件。

6.5.2.4 记录电池系统从开启加热时至关闭加热时所用的时间、电池最高温度、最低温度、电池系统温差、温升、容量、能量。

6.6 保温性能测试-电池系统层级

6.6.1 在室温下，将电池系统充电至充电截止条件，并静置至电池单体温度在 $(25\pm 1)^{\circ}\text{C}$ 之间，

6.6.2 将电池系统置于 -30°C 或制造商推荐低温环境下进行环境适应，静置至电池单体温度与测试规定的温度差值在 $\pm 1^{\circ}\text{C}$ 之间，整个过程中不启动加热功能。

6.6.3 记录电池系统从 25°C 下降到 -30°C 的过程的时间、电池最高温度、最低温度、电池系统温差和温升。

6.7 均温性能测试-电池系统层级

6.7.1 在室温下，将电池系统调节至 $\text{SOC}=50\%$ ，静置至电池单体温度在 $(25\pm 1)^{\circ}\text{C}$ 之间。

6.7.2 将电池系统与热管理辅助装置连接，选择以下两种工况中一种进行试验，并同时开启热管理系统的冷却功能（如是液冷系统，调节水冷机出水口温度 $(19\pm 1)^{\circ}\text{C}$ 、流量 $12\text{L}/\text{min}$ 或制造商推荐流量值）：

- a) 标准 2C 充电至 $\text{SOC}=70\%$ ， 1.5C 放电至 $\text{SOC}=30\%$ ，进行充放电循环10次；

b) $1I_1$ (A) 脉冲充放电, 脉冲时间 60s, 充放电间隔为 20s, 进行充放电循环 10 次。

6.7.3 记录过程中电池系统的电池最高温度、最低温度、电池系统温差、温升、容量、能量。

附 录 A
(资料性附录)
中国轻型汽车行驶工况

A.1 范围

中国轻型汽车行驶工况包括：中国乘用车行驶工况和中国轻型商用车行驶工况。

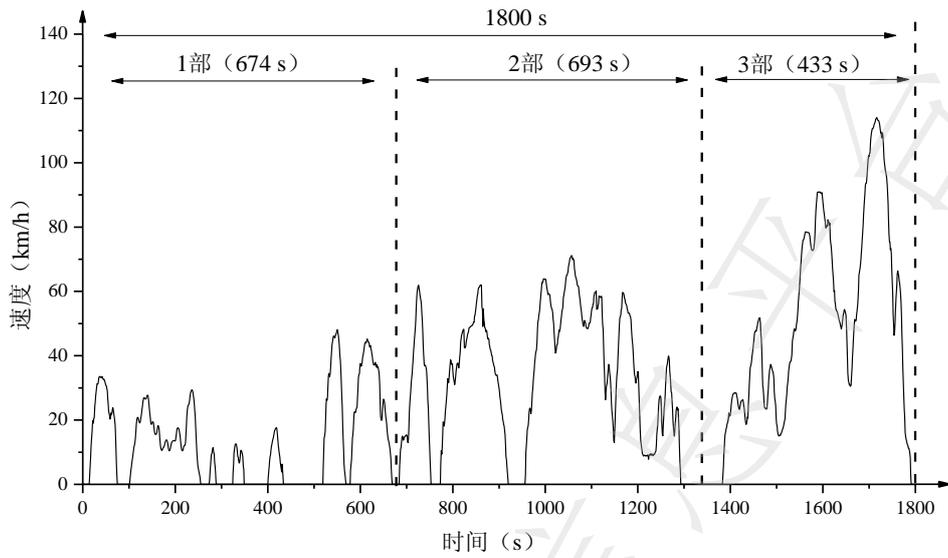
A.2 工况构成

A.2.1 中国乘用车行驶工况

中国乘用车行驶工况（CLTC-P）包括低速（1部）、中速（2部）和高速（3部）3个速度区间，工况时长共计1800秒，工况曲线如图A.1所示，工况曲线统计特征如表A.1所示。

表A.1 CLTC-P 工况曲线统计特征

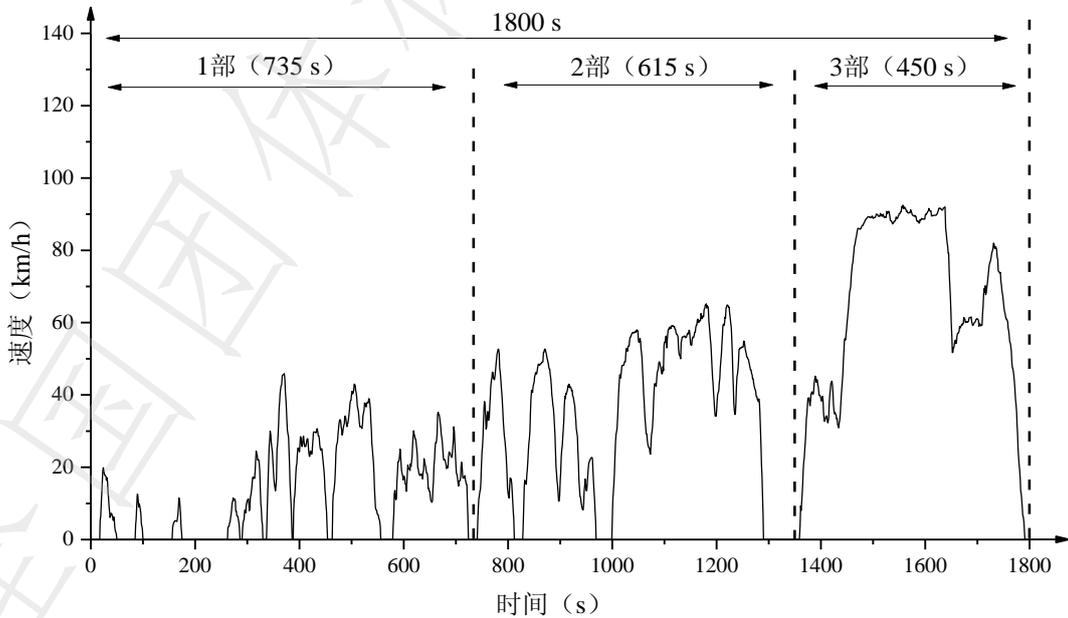
特征	总体	1 部	2 部	3 部
运行时间(s)	1800	674	693	433
里程(km)	14.48	2.45	5.91	6.12
最大速度(km/h)	114.00	48.10	71.20	114.00
最大加速度(m/s^2)	1.47	1.47	1.44	1.06
最大减速度(m/s^2)	-1.47	-1.42	-1.47	-1.46
平均速度(km/h)	28.96	13.09	30.68	50.90
运行平均速度(km/h)	37.18	20.20	38.24	53.89
加速段平均加速度(m/s^2)	0.45	0.42	0.46	0.46
减速段平均减速度(m/s^2)	-0.49	-0.45	-0.50	-0.54
相对正加速度(m/s^2)	0.17	0.14	0.16	0.18
加速比例(%)	28.78	22.55	30.45	35.80
减速比例(%)	26.44	21.51	28.43	30.95
匀速比例(%)	22.67	20.77	21.36	27.71
怠速比例(%)	22.11	35.16	19.77	5.54



图A.1 CLTC-P 工况曲线

A.2.2 中国轻型商用车行驶工况

中国轻型商用车行驶工况（CLTC-C）包括低速（1部）、中速（2部）和高速（3部）3个速度区间，工况时长共计1800秒，工况曲线如图A.2所示，工况曲线统计特征如表A.2所。



图A.2 CLTC-C 工况曲线

表A.2 CLTC-C 工况曲线统计特征

特征	总体	1 部	2 部	3 部
运行时间 (s)	1800	735	615	450
里程 (km)	16.43	2.68	5.73	8.01
最大速度 (km/h)	92.00	45.80	65.00	92.00
最大加速度 (km/h)	1.18	1.18	1.15	0.86
最大减速度 (km/h)	-1.39	-1.22	-1.39	-1.10
平均速度 (km/h)	32.85	13.15	33.52	64.12
运行平均速度 (km/h)	41.23	19.56	40.74	66.48
加速段平均加速度 (m/s^2)	0.47	0.49	0.49	0.41
减速段平均减速度 (m/s^2)	-0.48	-0.45	-0.52	-0.44
相对正加速度 (m/s^2)	0.11	0.15	0.14	0.08
加速比例 (%)	23.33	22.18	27.32	19.78
减速比例 (%)	23.67	23.67	26.67	19.56
匀速比例 (%)	32.67	21.36	28.29	57.11
怠速比例 (%)	20.33	32.79	17.72	3.56