

T/CAAMTB

中国汽车工业协会团体标准

T/CAAMTB XXXX—XXXX

基于运行数据的电动汽车动力电池健康度 评估方法

Health Assessment Method Based on Operational Data for Electric Vehicle Power
Batteries

(征求意见稿)

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

中国汽车工业协会 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 缩略语	1
5 运行数据采集要求	2
5.1 总体要求	2
5.2 线下数据采集要求	2
6 评估方法	2
6.1 总体评估指标体系	2
6.2 性能评估方法	3
6.3 历史状态评估	6
7 评估结果与应用	6
附 录 A （资料性） 电动汽车动力电池健康度评估报告	7
参 考 文 献	8

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。

本文件由中国汽车工业协会提出并归口。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

基于运行数据的电动汽车动力电池健康度评估方法

1 范围

本文件给出了在用电动汽车动力电池健康度评估的数据来源与条件要求、评估方法、评估结果与应用等内容。

本文件适用于在用电动汽车动力电池健康度评估活动。

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 19596 电动汽车术语

GB/T 32960 （所有部分）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 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 state-of-charge;SOC

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。

[来源：GB 38031-2020，3.3]

3.2

额定容量 rated capacity

以制造商规定的条件测得的并由制造商声明的电池单体、模块、电池包或系统的容量值。

注：额定容量通常用安时（Ah）或毫安时（mAh）来表示。

[来源：GB 38031-2020，3.7]

3.3

实际容量 practical capacity

以制造商规定的条件，从完全充电的电池单体、模块、电池包或系统中释放的容量值。

[来源：GB 38031-2020，3.8]

3.4

容量衰减度 capacity degradation degree

在规定试验条件和试验方法下，测得的电池容量衰减值与额定容量的比值，用百分数表示。

3.5

电压一致性 consistency of voltage

表征动力电池包/系统中各最小监控单元电压差别的指标。

3.6

温度一致性 consistency of temperature

表征动力电池包/系统中各最小监控单元温度差别的指标。

3.7

内阻一致性 consistency of internal resistance

表征动力电池包/系统中各最小监控单元内阻差别的指标。

4 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

BCU: 蓄电池控制单元 (Battery Control Unit)

VIN: 车辆识别代码 (Vehicle Identification Number)

FS: 满量程 (Full Scale)

DOD: 放电深度 (Depth of discharge)

注: FS指电池管理系统最大可测量值的绝对值。

5 运行数据采集要求

5.1 总体要求

5.1.1 动力电池运行数据应从电动汽车远程服务与管理系统的线下设备采集。

5.1.2 电动汽车远程服务与管理系统的线下设备采集数据应符合 5.1.4 和 5.2 的要求。

5.1.3 性能评估数据应至少包含一次充电过程数据 (DOD \geq 50%)，历史状态评估数据周期应在 3 个月及以上。

5.1.4 各项评估指标所需的数据应符合以下要求：

- a) 总电压误差不大于 $\pm 2\%$ ，且最大误差不大于 $\pm 5\text{ V}$ ；
- b) 总电流误差不大于 $\pm 2\%$ ，单体电压误差不大于 $\pm 0.5\%$ 且最大误差不大于 $\pm 10\text{ mV}$ ；
- c) 温度误差不大于 $\pm 2\text{ }^\circ\text{C}$ ，在 $-40\text{ }^\circ\text{C}\sim -20\text{ }^\circ\text{C}$ 以及 $60\text{ }^\circ\text{C}\sim 125\text{ }^\circ\text{C}$ 范围内，温度误差不大于 $\pm 3\text{ }^\circ\text{C}$ ；
- d) 绝缘电阻误差不大于 $\pm 20\%$ 且当绝缘电阻 $\leq 50\text{ k}\Omega$ 时，误差不大于 $\pm 10\text{ k}\Omega$ ；
- e) SOC 估算的累计误差不大于 5% 。

5.2 线下数据采集要求

5.2.1 设备功能要求

5.2.1.1 线下数据采集设备应具备自检功能，能通过信号灯或显示屏明确表示当前运行状态和故障状态信息。如出现故障，则应通过显示屏或者指示灯进行故障信息提示。

5.2.1.2 线下数据采集设备应符合 OBD 通用接口标准 (ISO/DIS 15031)，可插入被检测车辆 OBD 口。

5.2.1.3 线下数据采集设备应具备从 OBD 口中获取电池数据的功能。

5.2.1.4 线下数据采集设备应支持无线网络 (4G 及以上网络)、数据通讯功能，可与云端平台进行数据交互。

5.2.1.5 线下数据采集设备应具备远程升级功能，可定期自动更新 OBD 协议栈，以适配更多车型。

5.2.2 采集精度要求

线下数据采集设备检测 (或计算) 车辆动力电池健康度 SOH 误差应不高于 5% 。

5.2.3 作业基本要求

5.2.3.1 线下检测场所应通风良好，环境温度在 $15\text{ }^\circ\text{C}\sim 35\text{ }^\circ\text{C}$ 范围内，环境湿度为 $5\%\sim 90\%$ 。

5.2.3.2 采集过程中原则上不应进行车辆拆卸操作，不应改变车辆原有控制策略。

6 评估方法

6.1 总体评估指标体系

动力电池健康度评估指标体系分为 2 个一级评估维度 (即性能评估和历史状态评估) 和 11 个二级评估维度，总体评估分值为 100 分，具体见表 1。其中，性能评估采用定量方法进行评估，评分方式为减分制，历史状态评估作为定性评估参考，不计分值，仅供用户查阅动力电池历史使用情况。

表1 动力电池健康度评估指标体系

序号	一级评估维度	二级评估维度	分值	总分值
1	性能评估	电池容量衰减度	40分	100分
2		电池温度一致性	10分	
3		电池单体电压一致性	10分	
4		电池单体内阻一致性	10分	
5		单体压差	5分	
6		单体电压过压	5分	
7		单体电压欠压	5分	
8		SOC 跳变	5分	
9		绝缘性能	5分	
10		电池单体升温异常	5分	
11	历史状态评估	历史通用报警标志	(仅列明实际情况作为定性评估参考, 不作定量计算)	

6.2 性能评估方法

6.2.1 性能评估指标体系

性能评估指标体系包括电池容量衰减度、电池温度一致性、电池单体电压一致性、电池单体内阻一致性、单体压差、单体电压过压、单体电压欠压、SOC跳变、绝缘性能、电池单体升温异常10个评估维度（见表2），根据各维度下评估结果取值范围对应的减分分值计算该维度的评估分值。

表2 动力电池性能评估指标体系

序号	二级评估维度	评估结果	对应分值	备注
1	电池容量衰减度 (G_d)	$95\% \leq G_d \leq 100\%$	0	
		$90\% \leq G_d < 95\%$	-2	
		$80\% \leq G_d < 90\%$	-5	
		$70\% \leq G_d < 80\%$	-10	
		$60\% \leq G_d < 70\%$	-15	
		$0 \leq G_d < 60\%$	-40	
2	电池温度一致性 (G_T)	$G_T = 0$	0	
		$0 < G_T \leq 2.5$	-1	
		$2.5 < G_T \leq 5$	-4	
		$5 < G_T \leq 7.5$	-6	
		$7.5 < G_T \leq 10$	-8	
		$G_T > 10$	-10	

3	电池单体电压一致性 (G_V)	$G_V=0$	0	t_V =平均电压值×2.5%
		$0 < G_V \leq 0.25t_V$	-1	
		$0.25t_V < G_V \leq 0.5t_V$	-4	
		$0.5t_V < G_V \leq 0.75t_V$	-6	
		$0.75t_V < G_V \leq t_V$	-8	
		$G_V > t_V$	-10	
4	电池单体内阻一致性 (G_R)	$G_R=0$	0	$t_r=r_{av} \times 50\%$
		$0 < G_R \leq 0.25t_r$	-1	
		$0.25t_r < G_R \leq 0.5t_r$	-4	
		$0.5t_r < G_R \leq 0.75t_r$	-6	
		$0.75t_r < G_R \leq t_r$	-8	
		$G_R > t_r$	-10	
5	单体压差 (G_c , SOC 状态应在 30%~80%)	$G_c > 150 \text{ mV}$ (三元锂)	-5	
		$G_c \leq 90 \text{ mV}$ (三元锂)	0	
		$G_c > 80 \text{ mV}$ (磷酸铁锂)	-5	
		$G_c \leq 80 \text{ mV}$ (磷酸铁锂)	0	
6	单体电压过压	是/否	-5/0	
7	单体电压欠压	是/否	-5/0	
8	SOC 跳变	是/否	-5/0	
9	绝缘性能	是/否	-5/0	
10	电池单体升温异常	是/否	-5/0	

6.2.2 电池容量衰减度

电池容量衰减度(G_d)的计算方法见公式1:

$$G_d = \frac{Q_d}{Q_r} \times 100\% \quad (1)$$

式中:

G_d ——电池容量衰减度, 单位为%;

Q_d ——实际容量, 单位为安时 (Ah);

Q_r ——电池额定容量, 单位为安时 (Ah)。

当前容量 (Q_d) 计算方法见公式2:

$$Q_d = \frac{\int_{t_0}^{t_1} i(t) dt}{\Delta SO} \quad (2)$$

式中:

t_r ——充电终止时刻, 单位为小时 (h);

t_o ——充电开始时刻, 单位为小时 (h);

$i(t)$ ——在任意时刻电池充电电流，单位为安（A）；
 ΔSOC —— t_i 时刻SOC- t_0 时刻SOC， $\Delta \text{SOC} \geq 50\%$ 。

6.2.3 电池温度一致性

在充电过程中，基于各最小监控单元温度值，计算每一个采样时刻对应的各最小监控单元之间的极差温度，把所有采样时刻对应的极差温度的均方根作为评价温度一致性的指标。计算方法见公式3：

$$G_T = \sqrt{\frac{1}{K} \sum_{j=1}^K (T_{\max-j} - T_{\min-j})^2} \quad (3)$$

式中：

G_T ——所有采样时刻对应的各最小监控单元之间的极差温度的均方根，即温度一致性指标值，单位为摄氏度（ $^{\circ}\text{C}$ ）；

N ——实际采样总数；

$T_{\max-j}$ ——充电阶段第j时刻各最小监控单元温度的最大值，单位为摄氏度（ $^{\circ}\text{C}$ ）；

$T_{\min-j}$ ——充电阶段第j时刻各最小监控单元温度的最小值，单位为摄氏度（ $^{\circ}\text{C}$ ）。

6.2.4 电池单体电压一致性

在充电过程中，基于各最小监控单元电压值，计算每一个采样时刻对应的各最小监控单元之间的极差电压，将所有采样时刻对应的极差电压的均方根作为评价电压一致性的指标。计算公式见公式4：

$$G_V = \sqrt{\frac{1}{K} \sum_{j=1}^K (V_{\max-j} - V_{\min-j})^2} \quad (4)$$

式中：

G_V ——所有采样时刻对应的各最小监控单元之间的极差电压的均方根，即电压一致性指标值，单位为伏（V）；

N ——实际采样总数；

$V_{\max-j}$ ——充电阶段第j时刻各最小监控单元电压的最大值，单位为伏（V）；

$V_{\min-j}$ ——充电阶段第j时刻各最小监控单元电压的最小值，单位为伏（V）。

6.2.5 电池单体内阻一致性

电池系统的充电过程多数是多阶段恒流充电，电流切换处的内阻可基本代表电池内阻的平均水平，故采用充电段 $30\% \leq \text{SOC} \leq 80\%$ 处电流切换时刻的最小监控单元电压差与电流差之比作为估计各最小监控单元电池的内阻。计算方法见公式5：

$$r_i = 1000 \times \frac{U_{iA} - U_{iB}}{I_A - I_B} \quad (5)$$

式中：

r_i ——第i个最小监控单元的内阻值，单位为毫欧（ $\text{m}\Omega$ ）；

U_{iA} ——电流切换前第i个最小监控单元的电压值，单位为伏（V）；

U_{iB} ——电流切换后第i个最小监控单元的电压值，单位为伏（V）；

I_A ——电流切换前的电流值，单位为安（A）；

I_B ——电流切换后的电流值，单位为安（A）。

基于各最小监控单元电池的内阻，计算平均内阻，把所有最小监控单元电池内阻数据的均方根误差作为评价内阻一致性的指标。平均内阻的计算方法见公式6：

$$r_{av} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N r_i \quad (6)$$

式中：

r_{av} ——各最小监控单元的内阻平均值，单位为毫欧（ $\text{m}\Omega$ ）；

N ——最小监控单元总数；

r_i ——第i个最小监控单元的内阻值，单位为毫欧（ $\text{m}\Omega$ ）。

所有最小监控单元电池内阻数据的均方根误差计算方法见公式7：

$$G_R = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (r_i - r_{av})^2} \quad (7)$$

式中：

G_R ——各最小监控单元内阻均方根误差值，即内阻一致性指标值，单位为毫欧（ $m\Omega$ ）；
 N ——最小监控单元总数；
 r_i ——第*i*个最小监控单元的内阻值，单位为毫欧（ $m\Omega$ ）；
 r_{av} ——各最小监控单元的内阻平均值，单位为毫欧（ $m\Omega$ ）。

6.2.5 □ 单体压差

动力电池的单体压差是单个样本中最高电芯电压与最低电芯电压的差值，计算方法见公式8：

$$G_C = V_{\max} - V_{\min} \quad (8)$$

式中：

G_C ——单体压差，单位为伏（V）；
 V_{\max} ——单个样本中最高电芯电压，单位为伏（V）；
 V_{\min} ——单个样本中最低电芯电压，单位为伏（V）。

6.2.6 单体电压过压

根据企业提供的通用报警标志进行评估。

6.2.7 单体电压欠压

根据企业提供的通用报警标志进行评估。

6.2.8 SOC 跳变

根据企业提供的通用报警标志进行评估。

6.2.9 绝缘性能

根据企业提供的通用报警标志进行评估。

6.2.10 电池单体升温（非加热状态）异常

电池单体升温异常为非加热状态下的升温，当出现以下条件时判断为电池单体升温异常：

- 当充电电流 $\leq 1C$ 时，单位温差与单位时差的比值 ≥ 2 $^{\circ}C/min$ ；
- 当 $1C <$ 充电电流 $\leq 2C$ 时，单位温差与单位时差的比值 ≥ 4 $^{\circ}C/min$ ；
- 当充电电流 $> 2C$ 时，单位温差与单位时差的比值 ≥ 6 $^{\circ}C/min$ 。

6.3 历史状态评估

历史状态评估主要的评估项目为历史通用报警标志，仅便于用户了解、查看车辆动力电池历史运行状态。

表3 历史状态评估指标体系

评估项目	指标	分析方法	备注
历史通用报警标志	1 级	次数	时间范围、里程
	2 级	次数	时间范围、里程
	3 级	次数	时间范围、里程

7 评估结果与应用

7.1 动力电池健康度评估活动应形成评估报告，模板见附录 A。

7.2 评估报告可供在用电动汽车动力电池检测、保养、维修、价值评估等多种场景参考。

附录 A

(资料性)

电动汽车动力电池健康度评估报告

A.1 按照表 A.1 编制电动汽车动力电池健康度评估报告。

表A.1 电动汽车动力电池健康度评估报告

送检人(单位)				送检日期	
送检联系人及电话				所有人	
号牌		品牌/型号		VIN码	
初次登记日期		出厂年月		满载质量	
动力电池标称容量		动力电池类型		里程表读数	
车辆类型	营运车辆: <input type="checkbox"/> 乘用车 <input type="checkbox"/> 客车 非营运车辆: <input type="checkbox"/> 乘用车 <input type="checkbox"/> 客车				
一级评估维度	二级评估维度	满分	得分	总分	
性能评估	电池容量衰减度	40			
	电池温度一致性	10			
	电池单体电压一致性	10			
	电池单体内阻一致性	10			
	单体压差	5			
	单体电压过压	5			
	单体电压欠压	5			
	SOC跳变	5			
	绝缘性能	5			
	电池单体升温异常	5			
历史状态评估	历史通用报警标志	等级	次数	备注(时间范围, 里程)	
		1级			
		2级			
		3级			
改进建议 ^a (勾选)	<input type="checkbox"/> 整体健康度较差, 疑似存在较高风险, 建议尽快到相关专业服务站进行深度检测与风险排查处置。 <input type="checkbox"/> 整体健康度一般, 建议持续进行健康度监测评估, 并调整用车习惯, 如有必要也可进行线下检测。 <input type="checkbox"/> 整体健康度较好, 建议定期做好维保, 并注意保持良好用车习惯。				
^a 勾选规则为: a) 性能评估总分 ≥ 90 分, 则为整体健康度较好; b) 性能评估总分为60分~90分, 则整体健康度一般; c) 性能评估总分 < 60 分, 则整体健康度较差。					

参 考 文 献

- [1] GB/T 3730.1-2001 汽车和挂车类型的术语和定义
 - [2] GB 5768.3-2009 道路交通标志和标线 第3部分：道路交通标线
 - [3] GB 7258 机动车运行安全技术条件
 - [4] GB/T 31484-2015 电动汽车用动力蓄电池循环寿命 要求及试验方法
 - [5] GB 38031-2020 电动汽车用动力蓄电池安全要求
 - [6] GB/T 38661 电动汽车用电池管理系统技术条件
 - [7] GB 38900 机动车安全技术检验项目和方法
 - [8] GA 801 机动车查验工作规程
-