

ICS xx. xxx. xx
CCS xxx

T/ZJSAE

团 体 标 准

T/ZJSAE XXX—2022

电驱动力总成瞬态工况敲击噪声品质测试 评价规范

Clunk sound quality measurement and evaluation specification of electric drive
system

(报批稿)

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施



浙江省汽车工程学会

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 测试环境与测量仪器要求.....	2
4.1 测试环境.....	2
4.2 试验仪器.....	3
5 测试对象准备.....	3
5.1 样机检查.....	3
5.2 样机安装.....	4
5.3 试验前磨合.....	4
6 瞬态工况声品质测试.....	4
6.1 测点布置.....	4
6.2 标准测试工况.....	4
6.3 其它可参考测试工况.....	5
6.4 测试与记录.....	5
7 声品质评价方法.....	5
7.1 结果计算.....	5
7.2 声品质等级参考值.....	7

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。

本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由浙江省新能源汽车标准化技术委员会提出。

本文件由浙江省汽车工程学会归口。

本文件负责起草单位：浙江零跑科技股份有限公司。

本文件参与起草单位：浙江双环传动机械股份有限公司、湖州南洋电机有限公司、天津天海精密锻造有限公司、浙江方圆检测集团股份有限公司、浙江大学、浙江科技学院。

本文件主要起草人：巫存、马燕、廖卫杰、丁超、姜晓东、宋建军、岳卫东、姚伟科、廖扬、解杨华、汤卫平、曹然、李秉纪、李辉、田文松、李强、翁文祥、陈俊玄。

电驱动力总成瞬态工况敲击噪声品质测试评价规范

1 范围

本文件规定了新能源汽车电驱动力总成及其子系统瞬态敲击工况噪声品质的测试评价方法。

本文件适用于新能源汽车电驱动力总成及其子系统，包含驱动电机、电机控制器、变（减）速器、车桥等具有类似结构和功能的总成和部件。

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 3241 电声学 倍频程和分倍频程滤波器
- GB/T 3767-2016 声学 声压法测定噪声源声功率级和声能量级 放射面上方近似自由场的工程法
- GB/T 3785.1 电声学 声级计 第1部分：规范
- GB/T 6882-2016 声学 声压法测定噪声声功率级 消声室和半消声室精密法
- GB/T 10069.1-2006 旋转电机噪声测定方法及限值 第一部分 旋转电机噪声测定方法
- GB/T 15173 电声学 声校准器
- GB/T 18488.2-2015 电动汽车用驱动电机系统 第2部分：试验方法
- GB/T 19596—2017 电动汽车术语
- QC/T 1132-2020 电动汽车用电动动力系噪声测量方法
- T/CSAE 176-2021 电动汽车电驱动总成噪声品质测试评价规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

电驱动力总成 Electric drive system

由驱动电机系统与传动系统组成，能实现从整车电池电能输入到机械能输出给驱动轴的能量转换，为车辆行驶提供动力。

3.2

驱动电机系统 Drive motor system

驱动电机、驱动电机控制器及其工作必须的辅助装置的组合。

3.3

驱动电机 Drive motor

为车辆行驶提供驱动力的电动机。

3.4

电机控制器 Electrical motor controller

控制动力电源与电机之间能量和数据传输的装置，由控制信号接口电路、电机控制电路和驱动电路组成。

3.5

敲击噪声 Clunk Noise

电驱动力总成在正负扭矩切换、扭矩突变过程中，传动系统间隙（花键配合、齿轮副、轴承、差速器内部等）产生的敲击声。

3.6

半消声室 Hemi-anechoic room

在反射面上方可获得自由声场的测试室。

3.7

背景噪声 Background noise

除被测声源之外，所有其他声源贡献的噪声。

注：背景噪声包含空气声、结构振动噪声和仪器的电噪声。

3.8

声压级 Sound pressure level

声压平方与基准声压平方之比，取以10为底的对数的10倍，用分贝(dB)表示。

$$L_p = 10 \lg \left(\frac{p_e^2}{p_{ref}^2} \right) \dots\dots\dots (1)$$

式中： p_{ref} —参考声压，取 2×10^{-5} Pa。

3.9

时间平均声压级 Time-average sound pressure level

在指定的持续时间段T(起始于 t_1 ，终止于 t_2)内，声压 p_e 平方的时间均值与基准值 p_{ref} 平方之比，取以10为底的对数的10倍，用分贝(dB)表示。

$$L_{p,T} = 10 \lg \left[\frac{\frac{1}{T} \int_{t_1}^{t_2} p_e^2 dt}{p_{ref}^2} \right] \dots\dots\dots (2)$$

式中： p_{ref} —参考声压，取 2×10^{-5} Pa。

4 测试环境与测量仪器要求

4.1 测试环境

4.1.1 气象基准条件

如无特殊规定，应在下列环境条件下进行：

- a) 温度：25±2 °C；
- b) 相对湿度：50~60%；
- c) 气压：101 kPa。

4.1.2 背景噪声

4.1.2.1 背景噪声满足以下条件之一即视为满足背景噪声要求：

- a) 测试频率范围内，背景噪声应低于测试对象 6 dB(A) (如有可能低于 15 dB(A))；
- b) 对于只关注 A 计权声压级、声功率级或声能级测量时，①计算测试频率范围内总 A 计权声功率级或声能量级；②剔除不符合 a) 中条件的频段，计算声功率级或声能量级；③比较①和②方法计算结果只差小于 0.5 dB(A) 时则符合本试验项目的要求。
- c) 最大噪声背景噪声小于表 1 中所述值：

表 1 测试室中最大背景噪声值

1/3 倍频带中心频率/Hz	最大频带声压级/dB
50	44
63	38
80	32
100	27
125	22
160	16

表1 测试室中最大背景噪声值（续）

1/3 倍频带中心频率/Hz	最大频带声压级/dB
200	13
250	11
315	9
400	8
500	7
630	7
800	7
1000	7
1250	7
1600	7
2000	7
2500	7
3100	8
4000	8
5000	8
6300	8
8000	12
10000	14
12500	11
16000	46
20000	46

4.1.2.2 背景噪声测试：被测件和传声器均放置于待测位置，被测件与测功机断开，驱动电机系统断电，测功机以测量工况转速空载运转。

4.1.3 测试条件举例

适用于与本试验项目的半消声室满足以下条件：

- 适当隔离背景噪声（见 4.1.2）并在一个反射面上方提供自由声场的实验室或者平坦的户外区域；
- 适当隔离背景噪声（见 4.1.2）并可对混响场对测量面声压的有限影响进行环境修正的房间或平坦的户外区域；
- 要避免强电、磁场、气流对测量产生不利影响；
- 满足 GB/T 6882-2016 中附录 A 的规定的半消声室环境。

4.2 试验仪器

数据采集系统、传声器：传声器测试结果衰减量 ≤ 6 dB的频率范围包含20-22390 Hz，精度满足传声器、电缆在内的声学仪器系统，应满足 GB/T 3785.1中1级的要求；

校准器：满足 GB/T 15173中1级要求；

校准要求：传声器应当每次测量前校准，校准读数误差值应小于0.3dB(A)，数据采集设备每年进行校准。

5 测试对象准备

5.1 样机检查

5.1.1 测试对象

电驱动力总成布置和结构形式上有多种形式，满足QC/T 1132-2020 附录A要求的结构适用于本文件。

5.1.2 样机状态

- 电驱动力总成、电机、车桥样机结构完整，空转灵活且无异响、卡滞；
- 紧固件完整，按照整车使用状态拧紧力矩或安装；
- 样机表面无破损、变形、锈蚀等目视异常；
- 样机添加的冷却、润滑油牌号、数量符合规定要求；
- 结合面、油封处应密封良好、无渗漏。

5.1.3 辅料

电驱动力总成工作边界条件相关的辅助零部件，例如悬置、半轴、冷却管路、线束接口等，应当使用配套样件。

5.2 样机安装

电驱动力总成测试对象应当尽量接近工作时的安装状态：

- 测试对象应当被固定，姿态应尽量保持与整车安装状态一致；
- 测试对象应当完整包含相关附件，例如电驱动力总成本体的声学包裹，安装在总成上的油泵等；
- 单独测试控制器、电机、传动系统时其他部件应当放置在测试室外，或被有效的声学隔离；
- 台架支腿等振动源或反射噪声的结构应当被有效的声处理，例如使用吸音棉包裹；
- 样机与负载测功机之间的连接至少有一套具有隔振功能的弹性联轴器。

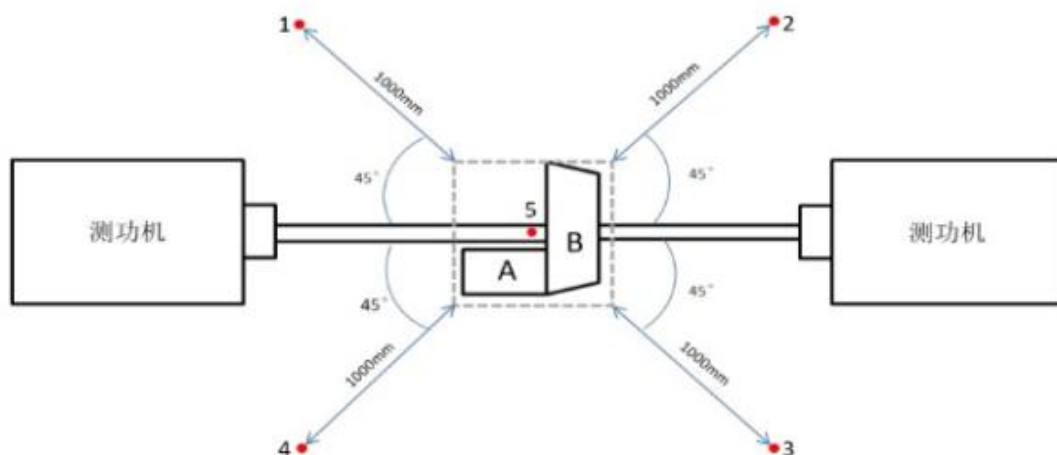
5.3 试验前磨合

样机在进行声品质测试前，特别是包含齿轮传动系统的样机，应当进行磨合处理。结合产品工作工况，磨合工况的等效里程应当不低于200km。

6 瞬态工况声品质测试

6.1 测点布置

传声器测点在条件允许的情况下应当测量样机各面（六面体包络面）距离1 m处的辐射噪声，且传声器测点不少于5个，具体测点形式可参照T/CSAE 176-2021的要求，如图1所示。



注：其中1~4点为被测对象包络几何中心高度，5点为被测对象上包络面中心高1000mm。

图1 5点包络法测点方案

6.2 标准测试工况

每一个工况按照以下步骤循环5次，完成一次工况的测试（瞬态工况转速和负荷示意图见图2）：

- 给定被测电机恒转速 1000 r/min 控制目标；
- 10%负荷维持稳定运行 5 s 以上；
- 以产品设计的最大扭矩响应速率(例如 1200 Nm/s)将扭矩切换至负 10%负荷；
- 待稳定运行 5 s 后；
- 以产品设计的最大扭矩响应速率(例如 1200 Nm/s)将扭矩切换至 10%负荷；
- 稳定运行 5 s 后。

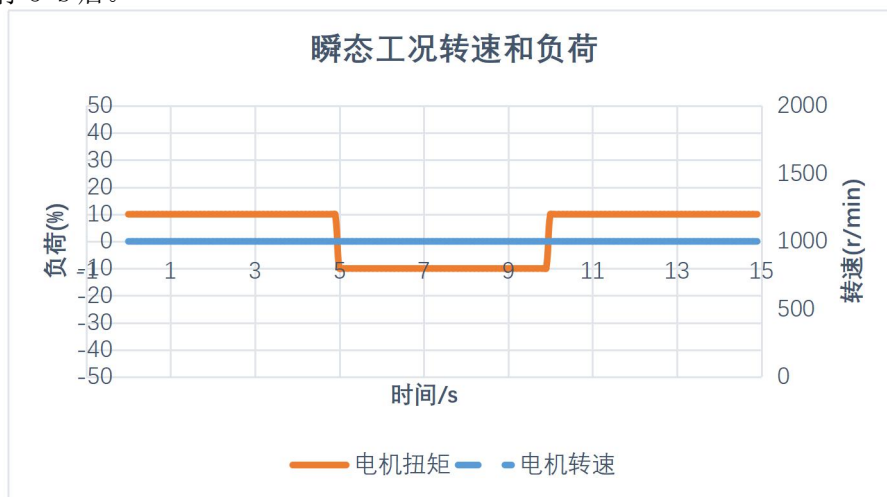


图 2 瞬态工况转速和负荷示意图

6.3 其它可参考测试工况

- 按照 6.2 规定的测试顺序，电机转速推荐在最高工作转速 2%~20%范围内，扭矩推荐在最大扭矩的 2%~20%范围内。
- 针对电驱搭载整车的实际工况，按照实际运行的扭矩-时间、转速-时间曲线进行的模拟工况。

6.4 测试与记录

测试结果应当出具测试报告，内容应包含但不限于

- 基本信息：测试时间、测试对象（包括厂家、产品型号、产品编号）、测试人员、软件版本号；
- 测试工况；
- 测点布置；
- 第 7 章节所规定的声品质评价指标值；
- 测试过程出现的其他需要记录的情况。

7 声品质评价方法

7.1 结果计算

7.1.1 声压级计算

被测件按照图1布置，各测点声压级按术语3.8定义的公式计算。

7.1.2 A 计权声压级

各频段声压级进行A计权：

$$L_{pA} = 10 \lg \sum_{j=j_{min}}^{j_{max}} 10^{0.1(L_{p,j}+A_j)} \dots\dots\dots (1)$$

式中：

L_{pA} —A计权声压级；

$L_{p,j}$ —第j各1/3倍频带的声压级，用分贝（dB）表示；

j, A_j —由表2给出；

j_{min}, j_{max} —参与平均计算的传声器总数。

7.1.3 多点 A 计权平均声压级

上述6.1规定的各传声器测点，用如下公式进行计算平均声压级：

$$\overline{L_{pA}} = 10 \lg \sum_{i=1}^N \frac{10^{0.1L_{pA,i}}}{N} \dots\dots\dots (1)$$

式中：

$L_{pA,i}$ —第i个传声器处测得的A计权声压级；

N —参与平均计算的传声器总数。

7.1.4 背景噪声修正

A计权平均声压级，采用如下的背景噪声修正系数进行修正。

$$L'_{pA} = K * \overline{L_{pA}} \dots\dots\dots (1)$$

式中：

修正系数 $K = -10 \lg(1 - 10^{-0.1\Delta L_p})$

$\Delta L_p = \overline{L_{pA}} - \overline{L_{pAB}}$ ， $\overline{L_{pA}}$ 为测试的平均A计权声压级， $\overline{L_{pAB}}$ 为背景平均声压级；

当 $\Delta L_p \geq 15$ dB时，不用修正；6 dB $\leq \Delta L_p \leq 15$ dB时，按K值修正；当 $\Delta L_p < 6$ dB时，测试结果不可用。

表 2 1/3 倍频带中心频率处的 j 值和 A_j

j	1/3 倍频带中心频率/Hz	A_j /dB(A)
1	50	-30.2
2	63	-26.2
3	80	-22.5
4	100	-19.1
5	125	-16.1
6	160	-13.4
7	200	-10.9
8	250	-8.6
9	315	-6.6
10	400	-4.8
11	500	-3.2
12	630	-1.9
13	800	-0.8
14	1000	0.0
15	1250	0.6
16	1600	1.0
17	2000	1.2
18	2500	1.3
19	3100	1.2
20	4000	1.0
21	5000	0.5
22	6300	-0.1
23	8000	-1.1
24	10000	-2.5
25	12500	-4.3
26	16000	-6.6
27	20000	-9.3

7.1.5 峰值因子

峰值因子可按如下公式进行计算

$$C = \frac{x_{peak}}{x_{rms}} \quad (1)$$

式中：

C —峰值因子；

x —即为修正后的A计权平均声压级 L'_{PA} ；

x_{peak} —分析总数据中的最大值；

x_{rms} —分析总数据的均方根值或者有效值，其计算方法为：

$$x_{rms} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i^2} \quad (2)$$

式中：

x_i —分析总数据中的第 i 个修正后的 A 计权声压级。

7.2 声品质等级参考值

在6.1规定测试布点位置和6.2规定的测点工况条件下，截取敲击声前后共计3s时间，声压有效值指定时长（7.1.2 Pe规定的时长）为35ms，声品质等级可参考表 3限值进行判定：

表 3 声品质等级参考值

瞬态工况敲击噪声品质等级	峰值因子
1	≤ 1.1
2	$1.1 < C \leq 1.4$
3	> 1.4