

ICS 43.020

CCS T 47



团 标 准

T/CEATEC XXX—2025

新能源汽车电驱动总成 NVH 性能评价 规范

Specification for NVH performance evaluation of new energy vehicle
electric drive assembly

2025-X-XX 发布

2025-X-XX 实施

中国欧洲经济技术合作协会 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 评价原则与要求	1
4.1 基本原则	1
4.2 评价规则	2
4.3 评价机构要求	2
4.4 人员要求	2
4.5 安全要求	2
5 评价指标	2
5.1 噪声指标	2
5.2 振动指标	3
5.3 声品质指标	3
6 试验方法	3
6.1 噪声试验	3
6.2 振动试验	3
6.3 声品质试验	4
7 取值规则	5
7.1 单项指标取值与评分	5
7.2 指标加权	5
7.3 综合得分计算公式	5
8 评价结果	6
8.1 综合评分等级	6
8.2 评价报告	6

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。

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专利的责任。

本文件由中国欧洲经济技术合作协会提出并归口。

本文件主要起草单位：。

本文件主要起草人：。

本文件为首次编制。

新能源汽车电驱动总成 NVH 性能评价规范

1 范围

本文件规定了新能源汽车电驱动总成噪声、振动与声振粗糙度（NVH）性能的评价原则、评价指标、试验方法、取值规则及评价结果。

本文件适用于纯电动汽车和插电式混合动力汽车中采用集中式、分布式或集成式结构的电驱动总成，包括驱动电机、减速器及其支撑系统的NVH性能评价。

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 3785.1 电声学 声级计 第1部分：规范

GB/T 4208 外壳防护等级（IP代码）

GB/T 19001 质量管理体系 要求

GB 39752 电动汽车供电设备安全要求

QC/T 1209 汽车噪声与振动（NVH）术语和定义

ISO 532-1 声学—响度计算方法—第1部分：Zwicker法（Acoustics—Methods for calculating loudness—Part 1: Zwicker method）

3 术语和定义

QC/T 1209界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

电驱动总成 electric drive assembly

由驱动电机、减速器、差速器（如有）、动力传动轴及相应的控制系统、安装支撑结构组成，用于将电能转化为机械能并输出驱动力的完整装置。

3.2

NVH性能 NVH performance

指电驱动总成在运行过程中所表现的噪声（Noise）、振动（Vibration）和声振粗糙度（Harshness）特性及其主观与客观评价结果的综合性能。

4 评价原则与要求

4.1 基本原则

应满足以下基本原则：

a) 科学性原则：评价方法、指标体系和数据分析应基于声学、振动学及统计学原理，确保结果的客观性与科学性；

b) 系统性原则：评价应覆盖电驱动总成的噪声、振动及声品质等主要性能要素，并结合结构、工况及环境因素进行综合分析；

- c) 可比性原则：采用统一的试验条件、测试方法和评价指标，使不同产品和样品之间具有可比性；
- d) 可操作性原则：评价程序、方法及判定规则应明确、简洁，便于实验室和企业在实际检测与开发过程中实施；
- e) 安全性原则：评价过程应符合相关安全标准要求，保证测试设备及人员安全，避免电气、机械及噪声危害；
- f) 公正性原则：评价活动应独立、公平，测试与判定应基于事实与数据，不受主观或商业因素干扰。

4.2 评价规则

评价规则应满足以下要求：

- a) 评价工作应包括准备、测量、分析、取值与判定五个阶段；
- b) 试验设备与仪器应具备相应的声学与振动测试精度等级，声级计精度不低于1级(GB/T 3785.1)，加速度传感器频率响应不低于20 kHz；
- c) 测试环境应满足背景噪声 ≤ 35 dB(A)，地面反射系数 < 0.06 ，温度 $20^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度40%~70%；
- d) 评价过程应形成完整的数据链和记录链，包括样品编号、试验条件、测点布置、原始数据、分析图谱和评价结果；
- e) 评价结果应由至少两名具有声学或振动测试资质的工程师审核确认。

4.3 评价机构要求

承担NVH性能评价的机构应具备以下条件：

- a) 具有独立的NVH试验室或半消声室，环境参数应满足4.2规定；
- b) 配备转矩台架、电机控制系统、信号采集系统、阶次分析仪、声品质分析软件等设备；
- c) 仪器设备应在国家认可的计量检定机构(CNAS)校准周期内；
- d) 建立完善的质量管理体系，符合GB/T 19001的要求，具备数据管理和试验安全制度；
- e) 拥有电驱动系统测试相关资质或授权。

4.4 人员要求

人员应满足以下要求：

- a) NVH评价负责人应具备声学、机械或汽车工程专业本科及以上学历，且具有3年以上相关工作经验；
- b) 测试人员应熟悉声学测量、阶次分析和电机控制系统操作，能够独立完成数据采集与处理；
- c) 数据分析人员应掌握噪声源识别、振动特征提取及声品质评价等方法；
- d) 所有参与人员应通过相应安全培训，熟悉高压系统和转动设备操作规范。

4.5 安全要求

安全要求如下：

- a) 试验设备应设置紧急断电开关、防护罩和泄能装置；
- b) 供电设备安全应符合GB 39752的要求，供电设备外壳防护等级应不低于GB/T 4208中IP54的要求；
- c) 试验平台应固定牢固，转矩传感器和联轴器安装同轴度误差不大于0.05 mm；
- d) 运行前应检查冷却系统、防护罩及控制线路是否正常。

5 评价指标

5.1 噪声指标

噪声性能指标及等级划分应符合表1的要求。

表1 噪声性能等级划分

指标项目	A级(优秀)	B级(良好)	C级(合格)	D级(不合格)
空载稳态噪声(dB(A))	≤ 65	≤ 68	≤ 70	> 70

加载稳态噪声 (dB(A))	≤68	≤71	≤74	>74
满载稳态噪声 (dB(A))	≤70	≤73	≤76	>76
瞬态加速噪声峰值 (dB(A))	≤73	≤75	≤78	>78
电磁噪声峰值 (dB(A))	≤60	≤63	≤66	>66
齿轮啸叫峰值 (dB(A))	≤65	≤68	≤71	>71

注：测量位置为电驱动总成外壳1 m处、距地面1.2 m。

5.2 振动指标

振动性能指标及等级划分应符合表2的要求。

表2 振动性能等级划分

指标项目	A级（优秀）	B级（良好）	C级（合格）	D级（不合格）
壳体振动加速度 (m/s ²)	≤0.8	≤1.0	≤1.3	>1.3
输出轴径向振动 (m/s ²)	≤1.0	≤1.3	≤1.6	>1.6
输出轴轴向振动 (m/s ²)	≤0.5	≤0.7	≤1.0	>1.0
电机端盖振动 (m/s ²)	≤0.6	≤0.9	≤1.2	>1.2

注：测量位置为电驱动总成壳体、输出轴端面及电机定子端盖外表面。

5.3 声品质指标

声品质指标及等级划分应符合表3的要求。

表3 声品质性能等级划分

指标项目	A级（优秀）	B级（良好）	C级（合格）	D级（不合格）
主观声品质评分	≥9.0	≥8.0	≥7.0	<7.0
响度	≤11	≤13	≤15	>15
粗糙度	≤0.20	≤0.25	≤0.30	>0.30
尖锐度	≤1.2	≤1.4	≤1.6	>1.6

注：测量位置为驾驶员耳部模拟位置。

6 试验方法

6.1 噪声试验

6.1.1 采用声级计测量电驱动总成在不同工况下的噪声，每项指标测量3次取平均值。

6.1.2 测量准备与安装

测量准备与安装步骤如下：

- 将电驱动总成固定在刚性试验台上；
- 选用1级精度声级计（符合GB/T 3785.1要求），麦克风通过支架固定在总成外壳1 m处，距地面1.2 m；
- 检查声级计及数据采集系统校准情况。

6.1.3 测量工况与方法

不同指标的测量工况与测量方法应符合表4的要求。

表4 测量工况与测量方法

指标项目	测量工况	测量方法
空载稳态噪声	电机空载，额定转速	连续采集≥10 s数据
加载稳态噪声	额定转速，50%额定扭矩	同上
满载稳态噪声	额定转速，100%额定扭矩	同上
瞬态加速噪声峰值	0→额定转速加速	记录峰值声压
电磁噪声峰值	满载，额定转速稳态	记录峰值声压
齿轮啸叫峰值	2000~6000 r/min变速	记录峰值声压并进行频谱分析

6.2 振动试验

6.2.1 采用三轴加速度传感器测量电驱动总成在不同工况下的振动加速度,每项指标测量3次取平均值。

6.2.2 测量准备与安装

测量准备与安装步骤如下:

- a) 将电驱动总成固定在刚性试验台上;
- b) 在壳体顶部、侧面和底部分别布置三轴加速度传感器,输出轴端面沿径向和轴向各布置传感器,电机定子端盖外表面布置传感器,覆盖中心和边缘;
- c) 传感器通过螺纹、磁性底座或刚性胶垫固定;
- d) 检查传感器及数据采集系统校准情况;
- e) 布线固定,避免自振或干扰信号。

6.2.3 测量工况与方法

不同指标的测量工况与测量方法应符合表5的要求。

表5 测量工况与测量方法

指标项目	测量工况	测量方法
壳体振动加速度	空载、额定、满载稳态	在壳体顶部、侧面和底部测点布置三轴加速度传感器,连续采集 ≥ 10 s数据
输出轴径向振动	空载、额定、满载稳态	在输出轴端面沿径向布置加速度传感器,采集 ≥ 10 s数据
输出轴轴向振动	空载、额定、满载稳态	在输出轴端面沿轴向布置加速度传感器,采集 ≥ 10 s数据
电机端盖振动	空载、额定、满载稳态	在电机定子端盖外表面布置加速度传感器,采集 ≥ 10 s数据

6.3 声品质试验

6.3.1 采用声品质分析系统对电驱动总成在不同工况下的声学特性进行主观与客观评价,每项指标测量3次取平均值。

6.3.2 测量准备与安装

测量准备与安装步骤如下:

- a) 将电驱动总成固定在具备隔振与吸声处理的刚性试验台上;
- b) 选用符合GB/T 3785.1要求的1级精度声级计及多通道声品质分析系统,系统应包含心理声学参数分析模块(响度、尖锐度、粗糙度、波动强度等);
- c) 麦克风布置于电驱动总成外壳1 m处,距地面1.2 m,布置角度应避开主气流方向;
- d) 校准声级计与分析系统,检查数据采集通道稳定性;
- e) 测试期间保持环境温度 $20^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度 $\leq 70\%$,避免外部噪声干扰。

6.3.3 测量工况与方法

不同声品质指标的测量工况与测量方法应符合表6的要求。

表6 测量工况与测量方法

指标项目	测量工况	测量方法
响度	空载、额定、满载稳态	采集不少于10 s噪声信号,按ISO 532-1计算响度
尖锐度	空载、额定、满载稳态	对信号进行临界带分析,按照Zwicker模型计算尖锐度
粗糙度	加速与减速瞬态工况	采集连续 ≥ 10 s噪声信号,进行时频分析,按Zwicker模型计算粗糙度参数
音质总体评分(综合听感)	典型稳态与变速工况	由 ≥ 5 名听感评估者在驾驶员耳部模拟位置进行打分(1-10分),结合响度、尖锐度、粗糙度加权计算综合评分

6.3.4 计算公式

6.3.4.1 尖锐度

尖锐度计算公式见式(1)。

$$S = 0.11 \times \frac{\sum_{i=1}^N g(z_i) \times E_i}{\sum_{i=1}^N E_i} \quad (1)$$

其中：

N ——临界带数量；

E_i ——第*i*个Bark带的声能（声功率）；

$g(z_i)$ ——尖锐度权重函数，随Bark带位置 z_i 变化（高频权重高）；

0.11——Zwicker标准化系数，单位为acum。

6.3.4.2 粗糙度

粗糙度计算公式见式（2）。

$$R = \frac{1}{T} \int_0^T \sum_{i=1}^N w_i m_i(t) dt \quad (2)$$

其中：

T ——信号总采样时间；

N ——临界带数量（通常24个Bark带）；

w_i ——第*i*个临界带权重（根据人耳敏感度确定）；

$m_i(t)$ ——第*i*个临界带的调制深度函数（瞬时幅度变化）。

7 取值规则

7.1 单项指标取值与评分

7.1.1 测量值计算

测量值取平均值作为该指标最终结果，若任一测点单次数据偏离平均值超过 $\pm 10\%$ ，应重新测量。振动指标，可采用三轴加速度传感器测量x、y、z三个方向，取均方根值（RMS）作为最终值；噪声指标，取每个测点3次测量值的算术平均值；声品质评分为主观评价平均值。

7.1.2 不同等级评分

各项指标根据第5章分级进行评分：

- a) A级（优秀）：10分；
- b) B级（良好）：8分；
- c) C级（合格）：6分；
- d) D级（不合格）：4分。

7.1.3 各类指标归一化

对每类指标，先计算该类指标的平均得分，计算公式见式（3）：

$$S_{类} = \frac{\sum_{i=1}^n S_i}{n} \quad (3)$$

其中：

n ——该类指标项数；

S_i ——第*i*个指标得分。

7.2 指标加权

不同类别指标权重如下：

- a) 噪声指标：40%；
- b) 振动指标：35%；
- c) 声品质指标：25%。

7.3 综合得分计算公式

综合得分计算公式见式（4）：

$$S = S_N \times 0.4 + S_V \times 0.35 + S_Q \times 0.25 \quad (4)$$

其中：

S_N ——噪声指标平均得分；
 S_V ——振动指标平均得分；
 S_Q ——声品质指标平均得分。

8 评价结果

8.1 综合评分等级

综合评分等级划分应按照表4进行。

表4 综合评分等级划分

综合得分 (S)	等级	性能描述
9.0~10.0	A	优秀, NVH性能极佳, 噪声与振动控制充分, 声品质优良
8.0~8.9	B	良好, NVH性能良好, 用户舒适性高
7.0~7.9	C	合格, NVH性能基本满足要求
4.0~6.9	D	不合格, 存在噪声或振动问题, 需要优化设计或控制策略

8.2 评价报告

评价报告应包括：

- a) 测试条件与工况说明（温度、湿度、背景噪声、负载工况等）；
- b) 各测点原始数据及平均值；
- c) 单项指标评分及类别加权表；
- d) 综合评分及等级判定；
- e) NVH问题分析及改进建议。

8.3 复核与异常处理

对检测结果存在疑义或接近等级分界值的样品，可申请复测，复测应由独立第三方机构进行，复核结果为最终评价结果。