

# 团 体 标 准

T/CAAMTB XX—20XX

## 中央集成式商用车电驱动桥总成 技术要求及台架试验方法

Technical requirements and bench test method for  
central integrated commercial vehicle electric drive axle assembly

征求意见稿

XXXX-XXXX - 发布

XXXX - XXXX - 实施

中国汽车工业协会 发布

# 目 录

前 言 .....	II
1 范围 .....	3
2 规范性引用文件 .....	3
3 术语和定义 .....	3
4 测试相关要求 .....	4
5 技术要求 .....	5
6 试验方法 .....	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车桥分会提出。

本文件由中国汽车工业协会归口。

本文件起草单位：XXX

本文件主要起草人：XXX

本文件为首次发布。

# 中央集成式商用车电驱动桥总成技术要求及台架试验方法

## 1 范围

本文件规定了中央集成式商用车电驱动桥、电驱动总成及电驱动系统的术语和定义、试验方法及评价指标。

本文件适用于中央集成式商用车电驱动桥、电驱动总成及电驱动系统。其它结构型式的电驱动产品可以参照执行。

## 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 4208 外壳防护等级(IP等级)

GB/T 10125-2021 人造气氛腐蚀试验盐雾试验

GB/T 18488 电动汽车用驱动电机系统

GB/T 19596 电动汽车术语

QC/T 1126 汽车驱动桥术语及定义

T/CSAE 173 基于道路载荷谱的汽车用户使用与试验场试验相关性分析评价规程

T/CSAE 176 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

GB/T 19596、QC/T 1126、T/CSAE 173界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**中央集成式商用车电驱动系统** `central integrated commercial vehicle electric drive system`  
由中央电机进行驱动，并集成控制器模块、驱动电机模块、车桥模块和（或）减/变速器模块的商用车动力总成，以下简称电驱动系统。

### 3.2

**中央集成式商用车电驱动总成** `central integrated commercial vehicle electric drive assembly`  
由中央电机进行驱动，并集成驱动电机模块、车桥模块和（或）减/变速器模块的商用车动力总成，以下简称电驱动总成。

### 3.3

**中央集成式商用车电驱动桥** `central integrated commercial vehicle electric drive axle`  
拆除电驱动总成的控制器模块和电机模块，由车桥模块和（或）减/变速器模块组成的机械传动机构，以下简称电驱动桥。

### 3.4

**电机额定功率** `rated power`

匹配的驱动电机能长时间运行的最大功率。

### 3.5

**电机额定扭矩 rated torque**

匹配的驱动电机长时间运行的最大扭矩。

### 3.6

**电机额定转速 rated speed**

匹配的驱动电机额定功率下额定扭矩点对应的转速。

### 3.7

**电机峰值功率 peak power**

匹配的驱动电机短时间允许达到的最大功率。

### 3.8

**电机峰值扭矩 peak torque**

匹配的驱动电机短时间允许达到的最大扭矩。

### 3.9

**电机峰值转速 peak speed**

匹配的驱动电机短时间允许达到的最高转速。

### 3.10

**正转 positive rotation**

按规定方式安装，车辆前进时，输入轴的旋转方向。

### 3.11

**反转 reverse rotation**

按规定方式安装，车辆倒车时，输入轴的旋转方向。

### 3.12

**正驱 positive drive**

台架试验时，从电驱动桥输入端提供试验动力。

### 3.13

**反拖 reverse drive**

台架试验时，从电驱动桥输出端提供试验动力。

### 3.14

**疲劳耐久系数 fatigue endurance index**

应力幅值与疲劳寿命次数的关系指数。

## 4 测试相关要求

### 4.1 试验环境条件

如无特殊规定，所有试验应在下列环境条件下进行：

- a) 温度：(23±5) °C；
- b) 相对湿度：10%~90%；
- c) 气压：86 kPa~106 kPa；
- d) 海拔：不超过1000 m，若超过1000 m，应按GB/T 16935.1的有关规定。

## 4.2 测试设备

所用设备功率、电压、电流、扭矩、转速、温度以及其他参数需均能覆盖试验需求。

## 4.3 仪器仪表

仪器的准确度或误差应不低于表1的要求，并满足实际测量参数的精度要求，尤其对于电气参数测试量的仪器仪表，应能够满足相应的直流参数测量的精度和波形要求。

表1 试验仪器准确度

序号	试验仪器	准确度或误差
1	功率分析仪	0.5级
2	电流传感器	0.2级
3	电压测量装置	0.5级（兆欧表除外）
4	转速测量装置	0.2级
5	转矩测量装置	0.2级
6	温度测量装置	±1℃

## 4.4 台架安装

样品安装应满足以下要求：

- 样品在台架上的固定模式应与其整车实际安装方式等同或相近。
- 电驱动总成或电驱动桥安装应牢固。
- 放油塞处需安装温度传感器。
- 试验电压按驱动电机额定工作电压，如有不同需单独标注说明。
- 若无单独说明，驱动电机系统处于电动状态。
- 电驱动系统的冷却条件宜模拟其在车辆中的实际使用条件或满足根据产品文件规定的冷却条件，并进行记录。
- 对于液冷系统，驱动电机系统液冷入口温度 50℃，流量按照产品技术文件规定设置；对于其它冷却方式，按照产品技术文件规定设定冷却条件。
- 试验电源、布线、信号屏蔽等参照 GB/T 18488 规定的要求。

## 4.5 磨合

样品在进行总成外特性、传动效率、总成可靠性、温升、高速性能、超速性能、高温性能、齿轮疲劳寿命、总成噪声等运转类试验前，应按以下规范进行磨合。

- 润滑油应使用 80W/90 或需方指定用油。
- 输入转速为电机额定转速的 50%，偏差为±10r/min。
- 输入扭矩为电机额定扭矩的 50%，偏差为±5Nm。
- 正转磨合时间不少于 1h，反转磨合时间不少于 0.5h，若样品有多个挡位，要进行相关试验的挡位均需进行磨合。
- 磨合阶段油温不得高于 90℃。
- 磨合后需更换润滑油。

## 5 技术要求

## 5.1 外观

总成外表面应无破损、渗油、变形，涂覆层应无剥落。

若安装铭牌，驱动电机控制器、驱动电机、电驱动桥总成铭牌安装应端正牢固，字迹清晰。

总成高低压电气接线端应完整无损，驱动电机系统应有直流电源极性、交流端相位、进出水方向、高压危险等标识。

接地点应有明显的接地标志。若无特定的接地点，应在有代表性的位置设置接地标志。

## 5.2 绝缘电阻

冷态下，直流端动力端子与金属外壳的绝缘电阻应不小于  $1\text{ M}\Omega$ ，三相端动力端子与金属外壳的绝缘电阻均应不小于  $20\text{ M}\Omega$ 。

## 5.3 接地电阻

电驱动系统所有接地电阻不应大于  $0.1\ \Omega$ 。

## 5.4 低温

电驱动系统应能承受 $-40^{\circ}\text{C}$ 、持续时间不少于24h的低温贮存。

贮存结束后，在低温箱内复测绝缘电阻应符合 5.2 要求。

在 $-40^{\circ}\text{C}$ 状态下，电驱动系统应能正常启动，并在额定转矩、额定功率正常运行不小于30min。

恢复常态后，电驱动总成应能在峰值转矩、峰值功率正常运行不小于10s。

## 5.5 高温

电驱动系统应能承受 $85^{\circ}\text{C}$ 、持续时间不少于12h的高温贮存。

贮存结束后，复测绝缘电阻应符合 5.2 要求。

电驱动系统在 $65^{\circ}\text{C}$ 环境温度下，额定转矩、额定功率下，应能持续运行2h。

恢复常态后，电驱动系统应能在峰值转矩、峰值功率正常运行不小于10s。

## 5.6 耐振动

按要求分别完成扫频振动和随机振动后，检查试验后样品零部件应无损坏，紧固件应无松脱现象。

复测绝缘电阻应符合 5.2 要求。

恢复常态后，电驱动系统应能在峰值转矩、峰值功率正常运行不小于10s。

## 5.7 湿热性能

电驱动系统应能承受单次循环300 min，共5次的湿热循环。

复测绝缘电阻应符合 5.2 要求。

恢复常态后，电驱动系统应能在峰值转矩、峰值功率正常运行不小于10s。

## 5.8 防水防尘

样品试验后应达到GB/T 4208中规定的IP67防护等级。

复测绝缘电阻应符合 5.2 要求。

电驱动系统应能在峰值转矩、峰值功率正常运行不小于  $10\text{ s}$ 。

## 5.9 盐雾

样品在完成240h的盐雾腐蚀后，应无明显的外表质量变坏及影响正常工作的锈蚀现象。

## 5.10 电磁兼容性能

应满足GB/T 18488中规定的电磁兼容性能中的相关要求。

## 5.11 总成噪声

应满足产品设计要求。

## 5.12 系统外特性

电驱动系统外特性应符合产品技术文件的规定。

## 5.13 电驱动系统传动效率

电驱动系统的最高传动效率的应不小于88%。

## 5.14 换挡可靠性

各挡换挡循环次数不应低于 $30 \times 10^4$ 次，有特殊工况要求的供需双方另行协商。试验过程中不得出现连续挂挡失效或连续5次出现换挡撞击声或打齿，试验完成后换挡机构及各零部件不应出现损坏及其他导致不能正常使用的状况。

## 5.15 总成可靠性

按要求完成试验后，电驱动系统性能不得出现大于5%以上的衰减，不得出现齿轮断裂、严重齿面点蚀(单个齿面严重损伤、点蚀集中分布、其面积占全齿面的20%，或点蚀分散分布、面积占全齿面的30%，面积超过 $4\text{mm}^2$ 、深度超过0.5mm的点蚀等)、轴及轴承断裂、电气系统失效等其他导致电驱动桥不能正常运转的失效。

## 5.16 温升

试验期间样品油温不应高于设计最高许用油温，且温度-时间曲线应平滑无突变。

## 5.17 临界性能

试验期间应没有渗漏油现象，且轴承、齿轮、油封等零件不应发生烧蚀或有影响电驱动桥正常运转的损坏。

## 5.18 润滑

试验期间轴承、油封和其它运转件的润滑情况应满足设计要求。

## 5.19 齿轮啮合印记

各工况的齿轮啮合情况应满足设计要求。

## 5.20 动态密封性

试验期间不应有渗漏油现象。

## 5.21 差速可靠性

试验完成后差速器应转动灵活、无卡滞、无烧蚀发黑现象，允许齿面有轻微磨损和点蚀。

#### 5.22 电驱动桥传动效率

电驱动桥的最高传动效率的应不小于96%。

#### 5.23 齿轮疲劳寿命

样品输出端在按要求完成总循环次数次后，试验期间应无异响、渗漏油现象；试验后，主要零部件不应有损伤，如断裂、严重点蚀（点蚀面积超过 $4\text{mm}^2$ ，或深度超过 $0.5\text{mm}$ ）、剥落、卡滞等现象。

#### 5.24 静扭强度

静扭强度I挡后备系数应大于1.8。

#### 5.25 齿轮静态冲击

样品在各挡下完成冲击1000次，各零部件不应出现损坏及其他导致不能正常使用的状况。

### 6 试验方法

#### 6.1 外观

##### 6.1.1 试验样品

6.1.1.1 试验样品应为电驱动系统。

6.1.1.2 试验样品必须符合设计图样要求，试验样品不少于1件。

##### 6.1.2 试验步骤

通过目测、触摸的方式进行外观检查，检查外观的符合性。

#### 6.2 绝缘电阻

##### 6.2.1 试验样品

同6.1.1。

##### 6.2.2 试验步骤

在冷态下按 GB/T 18488 中规定的绝缘电阻试验方法分别测量并记录电驱动系统直流端及三相端动力端子对金属外壳的绝缘电阻。

#### 6.3 接地电阻

##### 6.3.1 试验样品

同6.1.1。

##### 6.3.2 试验步骤

按 GB/T 18488 中规定的接地电阻试验方法分别测量并记录被试电驱动系统能触及的可导电部分与外壳接地点处之间的接地电阻。

## 6.4 低温

### 6.4.1 试验样品

同 6.1.1。

### 6.4.2 试验步骤

6.4.2.1 试验前，排空冷却回路。

6.4.2.2 样品在不通电状态下，在-40℃环境温度下持续贮存不少于24h。

6.4.2.3 贮存结束后，在低温箱内按6.2.2复测绝缘电阻。

6.4.2.4 在低温箱内为驱动电机系统通电后空载启动，并在额定转矩、额定功率工况点运行不小于30min。

6.4.2.5 恢复常态后，启动样品在峰值转矩、峰值功率工况点运行不小于10s。

## 6.5 高温

### 6.5.1 试验样品

同 6.1.1。

### 6.5.2 试验步骤

6.5.2.1 试验前，排空冷却回路。

6.5.2.2 样品在不通电状态下，在85℃环境温度下持续贮存不少于12h。

6.5.2.3 贮存结束后，在高温箱内按6.2.2复测绝缘电阻。

6.5.2.4 将样品置于65℃环境温度下，对于不同冷却方式试验样品，按照产品技术文件提供冷却条件但不得改变箱内温，在额定扭矩、额定功率下，持续运行2h。

6.5.2.5 恢复常态后，启动样品并在峰值转矩、峰值功率工况点运行不小于10s。

## 6.6 耐振动

### 6.6.1 试验样品

同 6.1.1。

### 6.6.2 试验步骤

6.6.2.1 将被测样品直接固定在振动台上并处于正常安装位置。

6.6.2.2 检测点为位于夹具上或振动试验台表面或靠近固定点的被测样品上，采用多点控制方式，控制点不少于3个。

6.6.2.3 驱动电机系统处于非通电状态，不通冷却液，将产品连接的软管、插接器或其他附件安装并固定。

6.6.2.4 进行扫频振动试验时，步长为0.5 OCT/min，按表2的要求设置振动条件。

表2 扫频振动条件

X方向		Y方向		Z方向	
频率 (Hz)	加速器 ( $m/s^2$ )	频率 (Hz)	加速器 ( $m/s^2$ )	频率 (Hz)	加速器 ( $m/s^2$ )
100	10	100	15	100	21
160	37	180	50	210	42
185	37	240	50	330	42
200	25	260	30	440	28
440	25	440	30		
试验时间	30h	试验时间	30h	试验时间	30h

6.6.2.5 进行随机振动试验时，按表3的要求设置振动条件。

表3 随机振动条件

频率 (Hz)	PSD ( $m/s^2$ ) <sup>2</sup> /Hz		
	X-方向	Y-方向	Z-方向
10	25	45	100
20	—	45	—
30	—	—	100
50	25	—	—
300	0.2	0.15	0.6
2000	0.2	0.15	0.6
RMS ( $m/s^2$ )	45.2	38.4	73.0
试验时长	32h	32h	32h

6.6.2.6 试验结束后，按6.2.2复测绝缘电阻。

6.6.2.7 恢复常态后，启动样品并在峰值转矩、峰值功率工况点运行不小于 10 s。

## 6.7 湿热性能

### 6.7.1 试验样品

同 6.1.1。

### 6.7.2 试验步骤

6.7.2.1 单个循环工况按照GB/T 18488中的湿热的试验方法进行，进行单次循环运行时间300 min，共5次的湿热循环。

6.7.2.2 试验过程中，驱动电机系统不通电，不通冷却。

6.7.2.3 试验结束后，按6.2.2复测绝缘电阻。

6.7.2.4 恢复常态后，启动样品并在峰值转矩、峰值功率工况点运行不小于 10 s。

## 6.8 防水防尘

### 6.8.1 试验样品

同 6.1.1。

### 6.8.2 试验步骤

- 6.8.2.1 按照GB/T 4208-2017中规定的方法进行试验，试验中样品为非通电状态，高低压线束及接插件应模拟整车实际状态，通气管、通气阀应堵塞。
- 6.8.2.2 试验过程中，驱动电机系统处于非通电状态，不通冷却。
- 6.8.2.3 试验结束后，按6.2.2复测绝缘电阻。
- 6.8.2.4 恢复常态后，在额定电压下，按照产品技术文件要求，启动样品并在峰值转矩、峰值功率工况点运行不小于 10 s。

## 6.9 盐雾

### 6.9.1 试验样品

- 6.9.1.1 首选同6.1.1。
- 6.9.1.2 若因体积或重量过大等因素不能使用产品原件的，可从原件切样进行试验，切样种类应包含所有种类的材料和覆盖层，切割区附近的覆盖层不能有损坏，切割区域应使用适当的覆盖层如油漆、石蜡或胶带对其进行保护，保护层应具有比被试产品更好的耐腐蚀性。多个部件，相同材质相同覆盖层的可使用相同样件完成试验；

### 6.9.2 试验步骤

- 6.9.2.1 按照GB/T 10125-2021规定的中性盐雾试验方法进行试验240h。
- 6.9.2.2 试验过程中酌情定期检查样品状态。
- 6.9.2.3 试验结束后，按照按照GB/T 10125-2021中的要求进行清洗和恢复，并观察样品腐蚀程度。

## 6.10 电磁兼容性能

按GB/T 18488中电磁兼容性能的试验方法进行。

## 6.11 总成噪声

按T/CSAE 176-2021 规定的试验方法进行。

## 6.12 系统外特性

### 6.12.1 试验样品

- 6.12.1.1 试验样品应为电驱动系统。
- 6.12.1.2 试验样品必须符合设计图样要求，试验样品不少于1件。

### 6.12.2 试验步骤

#### 6.12.2.1 转速测试点的选取

试验时，在电驱动系统输入工作转速范围内取不少于10个点，最低转速点应不大于电机峰值转速的10%，相邻转速点之间的间隔应不大于电机峰值转速的10%。测试点选择时应包含必要的特征点，如：

- 额定转速点
- 峰值转速点
- 产品技术文件规定的最高效率点对应的转速点
- 持续功率对应的最低工作转速点
- 其他特殊定义的工作点

#### 6.12.2.2 扭矩点的确定

每一个对应转速下，在电驱动系统输入工作扭矩范围内取不少于10个点，且以不大于30Nm为间隔，分别在驱动电机电动和馈电状态下，得到在每个转速点对应的最大工作扭矩，每个测点的保持时间不得低于5s。

6.12.2.3电驱动桥的测试油温取 $80\pm 3^{\circ}\text{C}$ 。

#### 6.12.2.4测量参数的选取

试验时，根据试验目的，在相关的测试点处可全部或部分选择测量以下数据：

- a) 电驱动系统直流母线电压、电流及电功率；
- b) 驱动电机的三相电压、电流及电功率；
- c) 电驱动桥总输出的扭矩、转速以及机械功率；
- d) 电驱动桥油温；
- e) 驱动电机绕组的温度；
- f) 电机控制器的温度；
- g) 冷却介质的流量和温度；
- h) 其他特殊定义的测量参数。

6.12.2.5若样品为多挡位电驱动系统，则每个挡位均需进行试验。

6.12.2.6试验过程中，为保证测量精度，扭矩转速传感器应直接或通过传动轴与两轮端直接连接。

6.12.2.7在试验中，应防止被试驱动电机系统过热而影响测量的准确性，必要时，转速-转矩特性曲线可以分段测量。

### 6.12.3 数据处理

整理试验结果，绘制不同状态的的转速-转矩特性曲线。

## 6.13 电驱动系统传动效率

### 6.13.1 试验样品

同6.12.1。

### 6.13.2 试验步骤

#### 6.13.2.1转速测试点的选取

按照6.12.2.1执行。

#### 6.13.2.2扭矩测试点的选取

每个对应转速下，在对应电机峰值扭矩的5%到100%扭矩范围内取不少于10种扭矩，且满足选取的测试点的功率不能超过对应电机的峰值功率，测试点选择时应包含必要的特征点，如：

- 额定扭矩点
- 峰值扭矩点
- 额定功率曲线上的点
- 峰值功率曲线上的点
- 产品技术文件规定的最高效率点对应的转矩点
- 其他特殊定义的工作点

6.13.2.3电驱动桥的测试油温取 $80\pm 3^{\circ}\text{C}$ 。

6.13.2.4分别测量电驱动系统电动状态和馈电状态下的效率，结合转速、扭矩、油温组合的要求依次测量，在每个转速下分别从扭矩由低到高和由高到低进行测试，结每个测点在稳定状态下的保持时间不得低于5s。

6.13.2.5若样品为多挡位电驱动系统，则每个挡位均需按以上工况点分别进行测试。

6.13.2.6 试验过程记录的各电压、电流、扭矩、转速、油温等数据应保持同步，采样频率不低于 10 Hz。

### 6.13.3 数据处理

去从每个转速下扭矩由低到高，以及由高到低的效率试验结果的平均值作为该测点对应的效率值，电驱动系统功率为直流母线的电功率，电驱动总功率为三相线端的电功率，功率为轮端输出的机械功率之和。

电驱动系统处于电动工作状态时，电驱动系统及电驱动总成的效率分别按式（1）和式（2）进行计算。

$$\eta = \frac{P_T}{P_D} \times 100\% \quad (1)$$

$$\eta = \frac{P_T}{P_C} \times 100\% \quad (2)$$

电驱动系统处于馈电工作状态时，电驱动系统及电驱动总成的效率分别按式（3）和式（4）进行计算。

$$\eta = \frac{P_D}{P_T} \times 100\% \quad (3)$$

$$\eta = \frac{P_C}{P_T} \times 100\% \quad (4)$$

式中：

$\eta$ ——传动效率（%）；

$P_T$  ——轮端的机械功率（W）；

$P_D$  ——直流母线的电功率（W）；

$P_C$  ——三相线端的电功率（W）；

根据测试数据绘制出对应的效率MAP图，并根据样品的特性划分各效率工作区占总工作区的百分比数值。

## 6.14 换挡可靠性

### 6.14.1 试验样品

6.14.1.1 试验样品应为多挡位电驱动系统。

6.14.1.2 试验样品必须符合设计图样要求，试验样品不少于2件。

### 6.14.2 试验步骤

6.14.2.1 将电驱动系统安装在试验台上，输出端与惯量装置或负载测功机连接，按规定加注润滑油。

6.14.2.2 电驱动系统挂入n挡，按表4工况进行磨合。

表4 换挡可靠性磨合工况

挡位	轮边转速 (r/min)	换挡频率 (次/min)	换挡次数 (次)	油温 (°C)
n→n+1→n	50-150	5-15	100	≤80

6.14.2.3 按表5工况进行正式试验，试验过程中电驱动系统发生选换挡动作不到位、换挡异响、输入轴转速异常波动、润滑油油温异常升高或其他不受控制等异常情况，则终止试验。

表5 换挡可靠性磨合工况

挡位	轮边转速 (r/min)	换挡频率 (次/min)	换挡次数 (次)	油温 (℃)
n→n+1→n	50-150	5-15	30×10 <sup>4</sup>	≤80

## 6.15 总成可靠性

### 6.15.1 试验样品

6.15.1.1 试验样品应为电驱动系统。

6.15.1.2 试验样品必须符合设计图样要求，试验样品不少于3件。

### 6.15.2 试验步骤

6.15.2.1 试验工况宜由实车运行工况导入，按疲劳耐久指数取5进行加速和处理。

6.15.2.2 耐久试验等效周期应满足不低于30万公里或由供需双方商定，加速后不应改变总成疲劳损伤模式和失效机理。

6.15.2.3 试验根据各档位的行驶占比来确定各档之间的分配比例。

6.15.2.4 电驱动系统按实车方式进行安装。

6.15.2.5 试验油温为80℃±10℃。

6.15.2.6 可靠性试验开始前，按照6.12的要求进行电驱动系统外特性测试，可酌情减少测试工况，仅对必要特征点进行测试，测试结果作为性能初试数据。

6.15.2.7 根据所制作的台架多级谱及规定试验时间进行试验。

6.15.2.8 试验过程中，记录电机转速、电机转矩、电机温度、控制器温度、母线电压、母线电流、驱动桥输出端转矩、驱动桥输出端转速、样品振动加速度、油温等参数。

6.15.2.9 可靠性试验结束后，按照6.15.2.6中的测试点进行系统外特性测试，测试结果作为性能复试数据。

### 6.15.3 结果处理

对样品进行拆解，检查是否有失效，并计算测试数据前后的衰减率。

## 6.16 温升

### 6.16.1 试验样品

6.16.1.1 试验样品应为电驱动系统或电驱动桥。

6.16.1.2 试验样品必须符合设计图样要求，试验样品不少于1件。

### 6.16.2 试验步骤

6.16.2.1 从油温与环境温度相差±2℃开始试验。

6.16.2.2 测量整个期间样品的油温，若样品为电驱动系统，应同时记录电机控制器温度、电机绕组温度（电机控制器温度、电机绕组温度可采用被测件自带传感器测定结果），采集的时间间隔不应超过1min。

6.16.2.3 若样品有多个挡位，则挂上最高挡进行试验。

6.16.2.4 按表 6 工况进行温升试验，每个工况开始前，应恢复至温升测试初始状态。试验结束。若试验过程油温超过所用齿轮油的最高许用油温，需提前终止试验。试验中电驱动桥无需额外冷却，电机需进行强制冷却。

表6 温升试验工况

工况序号	输入转速 (r/min)	输入扭矩 (Nm)	试验时间 (min)
1	电机额定转速	电机额定扭矩	120
2	电机峰值转速	空载	直至润滑油油温在30min内变化幅度大不大于0.5℃时

### 6.16.3 结果处理

记录工况2中的平衡油温，并绘制各个工况下油温随时间变化的曲线。

### 6.17 临界性能

#### 6.17.1 试验样品

6.17.1.1 试验样品应为电驱动系统或电驱动桥。

6.17.1.2 试验样品必须符合设计图样要求，试验样品不少于1件。

#### 6.17.2 试验步骤

按表7工况进行高速性能试验。若样品有多个挡位，则挂上最高挡进行试验。

表7 临界性能试验工况

序号	旋转方向	输入转速 (r/min)	输入扭矩 (Nm)	试验时间 (min)	试验油温 (℃)
1	正转	电机峰值转速	电机额定功率对应扭矩	≥300	90~110
2	反转	电机峰值转速50%	电机额定功率对应扭矩	≥10	90~110
3	正转	电机峰值转速的110%	空载	≥2	90~110
4	正转	电机额定转速	电机额定扭矩	2	≥最高许用油温的120%

### 6.18 润滑

#### 6.18.1 试验样品

6.18.1.1 试验样品应为电驱动系统或电驱动桥。

6.18.1.2 试验样品必须符合设计图样要求，试验样品不少于1件。

6.18.1.3 保证样品的轴承和其他运转件处等部位的润滑情况可见。

#### 6.18.2 试验步骤

6.18.2.1 按样品技术要求加注润滑油。

6.18.2.2 在空载状态下，按表8润滑试验工况运转样品，坡度和左右倾角分别独立进行试验，每个工况至少运行2min后进行观察。

表8 润滑试验工况

参数	范围
输入转速 (r/min)	(25%、50%、75%、100%) 电机峰值转速
输入扭矩 (Nm)	空载
坡度	-30%、-15%、0°、15%、30%
左右倾角	-5°、0°、5°

6.18.2.3 若样品有多个挡位，则每个挡位均需进行试验。

## 6.19 齿轮啮合印记

### 6.19.1 试验样品

6.19.1.1 试验样品应为电驱动系统或电驱动桥。

6.19.1.2 试验样品必须符合设计图样要求，试验样品不少于1件。

6.19.1.3 必要时在样品齿轮对应的桥壳观察处开透明窗口以更好进行观察。

### 6.19.2 试验步骤

6.19.2.1 将需要观察的啮合齿轮副大约均匀分成两份，每份处用红丹（或可替代颜料）涂抹 3 个啮合的齿面。

6.19.2.2 按表 9 所示工况分别进行试验，且每个工况试验前均需重新涂抹红丹（或可替代颜料）。

表9 齿轮啮合印记试验工况

旋转方向	输出转速 (r/min)	输入扭矩 (Nm)	试验时间 (min)
正转正驱	≤5	空载	≥1
		25%电机峰值扭矩	≥1
		50%电机峰值扭矩	≥1
		75%电机峰值扭矩	≥1
		100%电机峰值扭矩	≥1
正转反驱		空载	≥1
		25%电机峰值扭矩	≥1
		50%电机峰值扭矩	≥1
		75%电机峰值扭矩	≥1
		100%电机峰值扭矩	≥1

- 6.19.2.3 若电机在某些工况下不能持续运行 1min，可分段进行或酌情减少运行时间。
- 6.19.2.4 若样品有多个挡位，则每个挡位均需进行试验。
- 6.19.2.5 对每种工况下各齿面的啮合情况进行图像记录。

## 6.20 动态密封性能

### 6.20.1 试验样品

- 6.20.1.1 试验样品应为电驱动系统或电驱动桥。
- 6.20.1.2 试验样品必须符合设计图样要求，试验样品不少于1件。

### 6.20.2 试验步骤

- 6.20.2.1 按表 10 规定的顺序和条件，空载进行 5 个循环的试验。
- 6.20.2.2 若样品有多个挡位，则挂上最高挡进行试验。

表10 动态密封性能试验顺序和条件

试验阶段	旋转方向	试验油温 (°C)	输入转速 (r/min)	每个循环试验时间 (h)
1	正转	90±5	电机峰值转速	13
2	反转	90±5	电机峰值转速30%	0.4
3	正转	最高许用油温	电机峰值转速	5
4	反转	最高许用油温	电机峰值转速30%	0.2
5	---	---	0	3.5

注：阶段5为自然冷却阶段。

## 6.21 差速可靠性

### 6.21.1 试验样品

- 6.21.1.1 试验样品应为电驱动系统或电驱动桥。
- 6.21.1.2 试验样品必须符合设计图样要求，试验样品不少于3件。

### 6.21.2 试验步骤

- 6.21.2.1 试验前对差速器进行磨合，其中任意一输出端固定不能转动，另一输出端可自由转动，油温控制在90°C以内。正转，空载状态下以2000r/min的输入转速运转15min后，将固定端和转动端对调再运行15min，磨合完后更换齿轮油。若样品有多个挡位，则挂上I挡进行磨合。
- 6.21.2.2 按表11条件进行循环试验，先完成1和2的循环再进行3和4。

表11 差速可靠性试验顺序和条件

序号	挡位	输入转速 (r/min)	输入扭矩 (Nm)	差速率	试验油温 (℃)	单个循环 试验时间	试验总时间
1	最低挡	20%电机峰值转速	电机额定扭矩	+15%	90±10	10min	30h
2	最低挡	20%电机峰值转速	电机额定扭矩	-15%	90±10	10min	30h
3	最高挡	20km/h对应转速	30%电机 峰值扭矩	+100%	90±10	10min	10min
4	最高挡	20km/h对应转速	30%电机 峰值扭矩	-100%	90±10	10min	10min

## 6.22 电驱动桥传动效率

### 6.22.1 试验样品

6.22.1.1 试验样品应为电驱动桥。

6.22.1.2 试验样品必须符合设计图样要求，试验样品不少于1件。

### 6.22.2 试验步骤

按6.13.2执行。

### 6.22.3 结果处理

输入功率为电驱动桥输入轴的机械功率，输出功率为电驱动桥轮端输出的机械功率之和，则传动效率按式（5）进行计算。

$$\eta = \frac{\sum(M_{out} \times n_{out})}{\sum(M_{in} \times n_{in})} \times 100\% \quad (5)$$

式中：

$\eta$ ——传动效率（%）；

$M_{out}$ ——电驱动桥轮端扭矩Nm；

$n_{out}$ ——电驱动桥轮端转速r/min；

$M_{in}$ ——电驱动桥输入轴扭矩Nm；

$n_{in}$ ——电驱动桥输入轴转速r/min；

根据测试数据绘制出电驱动桥对应的效率MAP图，并根据样品的特性划分各效率工作区占总工作区的百分比数值。

效率数据也可通过单独测试电驱动系统的效率和电机系统的效率计算得出，参考式（6）。

$$\eta = \frac{\eta_{系统}}{\eta_{电机系统}} \times 100\% \quad (6)$$

## 6.23 齿轮疲劳寿命

### 6.23.1 试验样品

6.23.1.1 试验样品应为电驱动桥。

6.23.1.2 试验样品必须符合设计图样要求，试验样品不少于3件。

### 6.23.2 试验步骤

试验条件、试验时间可按表 12 分 5 个循环进行。若试验过程中电驱动桥出现异常，需提前终止试验。若样品有多个挡位，则每个挡位均需进行试验。

表12 齿轮疲劳寿命试验工况

阶段	旋转方向	输出转速 (r/min)	输入扭矩 (Nm)	输出端总循环次数 (次)	试验油温 (℃)
1	正转正驱	50~150	电机峰值扭矩	$15 \times 10^4$	$90 \pm 10$
2	正转反驱	50~150	75%电机峰值扭矩	$3 \times 10^4$	$90 \pm 10$
3	正转正驱	50~150	60%电机峰值扭矩	$45 \times 10^4$	$90 \pm 10$

注：若样品有多个挡位，则每个挡位均按以上工况进行试验。

### 6.24 静扭强度

#### 6.24.1 试验样品

6.24.1.1 试验样品应为电驱动桥。

6.24.1.2 试验样品必须符合设计图样要求，试验样品不少于3件。

#### 6.24.2 试验步骤

6.24.2.1 将电驱动桥安装在试验台上，固定所有输出端。输入、输出端仅承受扭矩，不允许有附加的弯矩作用。

6.24.2.2 挂上I挡，按前进方向对输入端缓慢匀速加载，记录扭矩-转角关系曲线直至任一零件损坏为止。若样品有多个挡位，在I挡试验损坏的部件不影响其他挡位试验的情况下，继续进行对其他挡位进行试验。

#### 6.24.3 结果处理

计算静扭强度后备系数  $K$ ：

$$K = \frac{M}{M_{max}} \quad (7)$$

式中：

$K$ ——静扭强度后备系数；

$M$ ——实验结束时记录的扭矩Nm；

$M_{max}$ ——峰值扭矩Nm。

记录电驱动桥损坏部位。

### 6.25 齿轮静态冲击

#### 6.25.1 试验样品

6.25.1.1 试验样品应为电驱动桥。

6.25.1.2 试验样品必须符合设计图样要求，试验样品不少于3件。

## 6.25.2 试验步骤

6.25.2.1 将电驱动桥安装在试验台上，固定输入端。输入、输出端仅承受扭矩，不允许有附加的弯矩作用。

6.25.2.2 对输入端施加循环冲击扭矩，扭矩大小为 $(-1.5\sim+1.5)$ 倍峰值扭矩，单个循环时间为 $0.1\sim 0.2\text{s}$ ，若样品有多个挡位，则优先进行I挡试验，直至达到规定次数或者样品损坏为止，损坏的部件不影响其他挡位继续试验，则进行对其他挡位进行试验。

---