|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| ICS | 32.020 | |
| T40 | |  |
|  | |  |
|  | | | | | | |
|  | | | | | | |
|  | | | | | | |
| 团 体 标 准 | | | | | | |
|  | | | | | | |
|  | | | |  |  |  |
|  | | | |  | T/CSAE XX－2019 |  |
|  | | | |  |  |  |
|  | | | | | | |
|  | | | | | | |
| 电动汽车一体化电驱动总成测评规范  **Test and assessment specifications for integrated electric drive system of electric vehicles**  **pollutants emissions of the automobile**  Drafting guidelines for commercial grades standard of Chinese medicinal materials | | | | | | |

（征求意见稿）

在提交反馈意见时，请将您知道的该标准所涉必要专利信息连同支持性文件一并附上。

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | | |
|  | | |
| 2019-XX-XX发布 |  | 2019-XX-XX实施 |
|  | | |
| 中国汽车工程学会 发布 | | |

T/CSAE XX -2019

目 次

[1范围 1](#_Toc15657706)

[2规范性引用文件 1](#_Toc15657707)

[3术语和定义 1](#_Toc15657708)

[3.1一体化电驱动总成 1](#_Toc15657709)

[3.2高压控制模块 1](#_Toc15657710)

[3.3变速器模块 1](#_Toc15657711)

[4测试条件和要求 1](#_Toc15657712)

[4.1试验环境条件 1](#_Toc15657713)

[4.2仪器仪表 1](#_Toc15657714)

[4.3测试设备要求 2](#_Toc15657715)

[4.4测试准备 2](#_Toc15657716)

[4.5测试项目 2](#_Toc15657717)

[5试验方法 3](#_Toc15657718)

[5.1一般性试验 3](#_Toc15657719)

[5.1.1外观及质量 3](#_Toc15657720)

[5.1.2密封性 3](#_Toc15657721)

[5.1.3绝缘电阻 4](#_Toc15657724)

[5.1.4耐电压 4](#_Toc15657725)

[5.1.5接地电阻 4](#_Toc15657726)

[5.2性能试验 4](#_Toc15657727)

[5.2.1动态密封 4](#_Toc15657728)

[5.2.2输入输出特性 4](#_Toc15657729)

[5.2.3差速可靠性 7](#_Toc15657744)

[5.2.4拖曳力矩 8](#_Toc15657745)

[5.3安全性试验 9](#_Toc15657751)

[5.3.1极限温升 9](#_Toc15657752)

[5.3.2超速试验 10](#_Toc15657757)

[5.4环境适应性试验 10](#_Toc15657758)

[5.4.1温湿度试验 10](#_Toc15657759)

[5.4.2机械负荷试验 11](#_Toc15657766)

[5.4.3化学负荷试验 11](#_Toc15657769)

[5.4.4流动混合气体腐蚀 11](#_Toc15657772)

[5.4.5盐雾试验 11](#_Toc15657773)

[5.4.6 IP防护等级测试 11](#_Toc15657774)

[5.5 EMC测试 12](#_Toc15657775)

[5.5.1传导发射 12](#_Toc15657776)

[5.5.2辐射发射 12](#_Toc15657777)

[5.5.3辐射抗扰度（电波暗室法、大电流注入法） 12](#_Toc15657778)

[5.5.4磁场抗扰度 12](#_Toc15657779)

[5.5.5手持发射机抗扰度 12](#_Toc15657780)

[5.5.6沿电源线的瞬态传导抗扰度 12](#_Toc15657781)

[5.5.7静电放电 12](#_Toc15657782)

[5.6 NVH测试 13](#_Toc15657783)

[5.7可靠性测试 13](#_Toc15657784)

[5.7.1试验工况要求 13](#_Toc15657785)

[5.7.2 试验要求 13](#_Toc15657786)

[5.7.3评价标准 13](#_Toc15657787)

[5.7.4 冷却回路脉动可靠性 13](#_Toc15657788)

|  |
| --- |
| 前 言 |
|  |

本标准按照GB/T1.1－2009《标准化工作导则 第1部分：标准的结构和编写》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：

本标准主要起草人：

电动汽车一体化电驱动总成测评规范

### 1范围

本规范规定了电动汽车一体化电驱动总成的检验规则、测试条件及要求、测试方法等。

本规范适用于新能源乘用车一体化纯电驱动总成，即高压控制模块、驱动电机模块、变速器模块的组合。其他机电耦合总成可以参照执行。

### 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 2423.18-2012 环境试验 第2部分：试验方法 试验Kb：盐雾，交变(氯化钠溶液)

GB/T 10592-2008 高低温试验箱技术条件

GB/T 18386-2017 电动汽车 能量消耗率和续驶里程 试验方法

GB/T 18488.1 电动汽车用驱动电机系统 第1部分：技术条件

GB T 18488.2 电动汽车用驱动电机系统 第2部分：试验方法

GB/T 18655-2018 车辆、船和内燃机 无线电骚扰特性　用于保护车载接收机的限值和测量方法

GB/T 28046.3-2011道路车辆 电气及电子设备的环境条件和试验 第3部分 机械负荷

GB/T 28046.4-2011道路车辆 电气及电子设备的环境条件和试验 第4部分 气候负荷

GB/T 28046.5-2013道路车辆 电气及电子设备的环境条件和实验 第5部分 化学负荷

GB/T 30038-2013 道路车辆 电气电子设备防护等级(IP代码)

GB/T 36282-2018 电动汽车用驱动电机系统电磁兼容性要求和试验方法

QC/T 1022-2015 纯电动乘用车用减速器总成技术条件

### 3术语和定义

GB/T 19596中确立的以及下列术语和定义适用于本标准。

### 3.1一体化电驱动总成 Integrated electric drive system

新能源乘用车动力驱动总成单元，耦合组成模块包括但不限于以下部分：驱动电机模块，变速器模块，高压控制模块。

### 3.2高压控制模块 High-voltage control module

电机控制器或多合一控制器。

注：多合一控制器包含直流变换器、车载充电机、高压接线盒等功能的模块

### 3.3变速器模块 Transmission module

齿轮、差速器及其他机械元件来获得单一或多种传动比的传动装置及其控制模块。

### 4测试条件和要求

### 4.1试验环境条件

GB/T 18488.2规定的试验环境条件适用于本文件。

### 4.2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 | 电气测量仪器 | 0.5级（兆欧表除外） |
| 2 | 电流传感器 | 0.2级 |
| 3 | 转速测量仪 | 0.1级 |
| 4 | 转矩测量仪 | 0.2级 |
| 5 | 温度传感器 | ±1℃ |

### 4.3测试设备要求

如无特殊要求，两轴电驱动测试台架：包括两台负载电机，负载电机输出转速应能覆盖一体化电驱动总成输出转速，负载电机总输出扭矩应能覆盖一体化电驱动总成输出扭矩。

高压电源应能够满足被试一体化电驱动总成的功率要求，并能够工作于相应的工作电压状态。温控系统应能够满足被试一体化电驱动总成的温度控制要求。

若被试件有环境要求，环境仓应能够满足被试一体化电驱动总成工作环境要求。

GB/T 18488.2、QC/T 1022-2015规定的布线、安装要求适用于本文件。

### 4.4测试准备

性能试验开始前，应对一体化电驱动总成进行以下项目检查：

a）检查是否按照规定加注润滑油；

b）试验开始前按照样件条件加装油温传感器；

c）一体化电驱动总成在做输入输出特性、拖曳力矩、温升、超速、NVH、可靠性测试时，按照如下条件完成磨合试验：

1）输出转速保持最高设计转速的50%，最大允许偏差为±10r/min；

2）输入扭矩为峰值扭矩的10%，最大允许偏差为±5N·m；

3）磨合时间：正转2小时，反转1小时；

4）磨合后变速器应更换润滑油。

输入输出特性试验过程中，一体化电驱动总成两轴端输出转速差速率不超过2%（道路负载模式），输出转矩差与总输出转矩的百分比不超过8%（转速控制模式）。

### 5试验方法和技术要求

### 5.1一般性试验

### 5.1.1外观及质量

外观以目测为主，样件外观无异常，无污损，即无可见的渗油、划痕、变形、腐蚀、开裂等。

采用满足测量精度要求的衡器量取一体化电驱动总成的质量并记录。

### 5.1.2密封性

### 5.1.2.1冷却回路密封性：

试验要求：

1）该项试验宜将一体化电驱动总成所有冷却回路联合测量；

2）试验前，不允许对驱动电机或驱动电机控制器表面涂覆可以防止渗漏的涂层，但是允许进行无密封作用的化学防腐处理；

3）试验使用的介质可以是液体或气体，液体介质可以是含防锈剂的水、煤油或黏度不高于水的非腐蚀性液体，气体介质可以是空气、氮气或者惰性气体；

4）用于测量试验气体压力的测量仪表精度应不低于0.5级，试验液体压力的测量仪表的精度应不低于1.5级，量程应为试验压力的1.5-3倍。

试验方法及判定标准：

试验时，试验介质的温度应和试验环境的温度一致并保持稳定；将被试样品冷却回路的一端堵住，但不能产生影响密封性能的变形，向回路中充入试验介质，利用压力仪表测量施加的介质压力。

1）使用气体介质试验时，应使冷却回路保持干燥，逐渐加压至试验压力不低于200kPa，保持60s后，压力下降应不大于1kPa，或压力保持过程中，泄露率仪表显示值下降应≤1mL/min；

2）使用液体介质试验时，应将冷却回路腔内的空气排净，然后，逐渐加压至试验压力不低于200kPa，并保持该压力至少15min，无渗漏。

### 5.1.2.2 腔体密封性：

1）一体化电驱动总成如由各独立腔体组成，宜独立分开测量；

2）堵塞其余通气阀，利用其中一个通气阀将压力为20±2kPa的滤水压缩空气平缓送入腔体，关闭送气阀保持30秒，压差≤25Pa，或压力保持过程中，泄露率仪表显示值下降应≤5mL/min。

### 5.1.3绝缘电阻

应分别在冷态及热态情况下测量一体化电驱动总成直流输入端对外壳的绝缘电阻。

GB/T 18488.2中规定的试验方法及要求适用于本文本。

### 5.1.4耐电压

应测量一体化电驱动总成直流端子对机壳的工频耐电压。

GB/T 18488.2中规定的试验方法及要求适用于本文本。

### 5.1.5接地电阻

一体化电驱动总成中所有能触及的可导电部分与外壳接地点的电阻最大值≤0.1Ω，接地点应有明显的接地标志。

GB/T 18488.2中规定的试验方法及要求适用于本文本。

### 5.2性能试验

### 5.2.1动态密封

QC/T 1022-2015中6.2.4.1规定的试验方法及要求适用于本文本。

其中试验油温可以根据使用情况由用户指定。

### 5.2.2输入输出特性

一体化电驱动总成冷却系统入口温度50℃±2℃，必要时可增大温度允差；流量依据产品的技术要求规定；风冷机的吹拂点、散热片等温度按制造厂的规定；变速器油温度按制造厂的规定或控制在80℃±5℃、必要时可增大温度允差；电机绕组温度在90℃~最高允许温度。

### 5.2.2.1工作电压范围

台架试验时，将一体化电驱动总成的直流母线电压根据产品技术文件分别设定在最高工作电压处和最低工作电压处，在不同的工作电压下，测试不同输出转速下的最大输出转矩，记录稳定的转速和转矩数值。

注：最高工作电压和最低工作电压是指系统使用的最高和最低电压。

在一体化电驱动总成转速范围内的测量点数不少于10个，绘制转速-转矩特性曲线，检查转矩输出是否符合产品技术文件的规定。

### 5.2.2.2转速-转矩特性

### 5.2.2.2.1转速测试点的选取

试验时，在一体化电驱动总成工作转速范围内一般取不少于10个转速点，最低转速点宜不大于最高工作转速的10%，相邻转速点之间的间隔不大于最高工作转速的10%。测试点选择时应包含必要的特征点，如：

——额定工作转速点；

——最高工作转速点；

——持续功率对应的最低工作转速点；

——其他特殊定义的工作点等。

### 5.2.2.2.2测量参数的选择

试验时，根据试验目的，在相关的测试点处可以全部或者部分选择测量或计算下列数据：

1）一体化电驱动总成直流母线电压和电流；

2）一体化电驱动总成驱动电机的电压、电流、频率及电功率（如可以测量）；

3）一体化电驱动总成输出的转矩，转速及机械功率；

4）一体化电驱动总成变速器油温；

5）一体化电驱动总成驱动电机绕组的温度；

6）冷却介质的流量和温度；

7）其他特殊定义的测量参数等。

### 5.2.2.2.3试验方法

1）试验时一体化电驱动总成直流母线工作电压为额定电压。

2）试验时，一体化电驱动总成直流端功率宜使用功率测量装置直接测量获得，测量时，电压和电流的测量点应在一体化电驱动总成靠近直流接线端子处。

3）试验过程中，为保证测量精度，电驱动总成的工作转矩和转速宜直接在输出轴端测量，此时，电驱动总成输出轴端和转矩转速测量设备之间应是刚性连接，如果可以忽略联轴装置的传动效率和中间的风摩损耗，也可以在电驱动总成轴端与转矩转速测量设备之间放置联轴环节，此时，转速转矩测量设备的读数即为电驱动总成轴端的输出值。

4）对于需要考虑到联轴装置的传动效率和试验过程中的风磨损耗的情况，参照GB/T 18488.2附录A的方法对试验结果进行修正。

### 5.2.2.3持续转矩

除非特殊说明，试验过程中，一体化电驱动总成直流母线电压设定为额定电压，电驱动总成工作于电动状态。

试验时，使一体化电驱动总成的电机系统工作于持续转矩及持续功率对应的最低转速下，利用5.2.2.2.3的方法进行试验和测量，电驱动总成应能够长时间正常工作，并且不超过驱动电机的绝缘等级和规定的温升限值。

### 5.2.2.4持续功率

按照5.2.2.3获得的持续转矩和相应的工作转速，利用以下公式可计算获得电驱动总成在相应工作点的持续功率。

………………………………………（1）

式中，——一体化电驱动总成输出端的功率，单位为kW,

——左侧半轴测功机测试扭矩，单位N·m,

——右侧半轴测功机测试扭矩，单位N·m,

——左半轴侧输出转速，单位r/min,

——右半轴侧输出转速，单位r/min。

### 5.2.2.5峰值转矩

在一体化电驱动总成实际冷态下进行峰值转矩试验。除非特殊说明，试验过程中，一体化电驱动总成直流母线电压设定为额定电压，一体化电驱动总工作于电动状态。

试验时，使一体化电驱动总成工作于技术文件规定数值的峰值转矩、转速和持续时间等条件下，利用5.2.2.2.3的方法从事试验和测量，峰值转矩试验持续时间30秒或按照用户或制造商的要求进行试验并记录持续时间。一体化电驱动总成应能够正常工作，并且不超过驱动电机的绝缘等级和规定的温升限值。

如果需要多次从事峰值转矩的测量，宜将驱动电机回复到实际冷态时，再进行第二次试验测量。

### 5.2.2.6峰值功率

按照5.2.2.5测试获得的峰值转矩和相应的工作转速，利用式（1）即可计算获得一体化电驱动总成在相应工作点的峰值功率，峰值功率应与试验持续时间相对应。

### 5.2.2.7最高工作转速

在试验过程中，一体化电驱动总成直流母线电压设定为额定电压，一体化电驱动总成宜处于热工作状态。试验时，匀速调节试验台架，使电驱动总成的转速升至最高工作转速，并施加不低于产品技术文件规定的负载，电驱动总成工作稳定后，在此状态下的持续工作时间应不少于3min。按照5.2.2.5的方法进行试验测量，每30s记录一次电驱动总成的输出转速和转矩。

### 5.2.2.8效率

### 5.2.2.8.1试验条件

### 5.2.2.8.2测试点的选取

a）转速测试点的选取；

按照5.2.2.2.1执行，在最高输入转速10%以下宜包括2%、4%、6%的转速点。

b）转矩测试点的选取；

在一体化电驱动总成电动或馈电状态下，在每个转速点上一般取不少于10个转矩点。测试点选择时应包括必要的特征点，如：

1）持续转矩数值处的点；

2）峰值转矩（或最大转矩）数值处的点；

3）持续功率曲线上的点；

4）峰值功率（或最大功率）曲线上的点；

5）其他特殊定义的工作点等。

注：峰值扭矩10%下的测试点宜至少包括2个点。

c）测量参数的选择；

试验时，根据试验目的，在相关的测试点处可以全部或者部分选择测量或计算下列数据：

1）直流母线电压和电流；

2）驱动电机的电压、电流、频率及电功率（如可以测量）；

3）一体化电驱动总成输出的转矩，转速及机械功率；

4）变速器油温；

5）驱动电机绕组的温度；

6）冷却介质的流量和温度；

7）电驱动总成的效率；

d）试验方法；

被试一体化电驱动总成可预热满足规定，直流母线工作电压为额定电压。

试验方法参考5.2.2.2.3。

### 5.2.2.8.3效率的测量

a）工作点效率；

将一体化电驱动总成在试验台架上进行试验，根据输入输出参数的测量和计算获得电驱动总成的效率。

一体化电驱动总成处于电动工作状态时，输入功率为一体化电驱动总成直流母线输入的电功率*P*E，输出功率为变速器轴端的机械功率*P*M，电驱动总成电动工作状态下效率按式（2）求取：

*η*1=100% ……………………………………（2）

电驱动总成处于馈电工作状态时，输入功率为变速器轴端的机械功率，输出功率为一体化电驱动总成直流母线输出的电功率，电驱动总成馈电工作状态下效率按式（3）求取：

*η*2=100%……………………………………（3）

式中：

*η1*，*η2*——电驱动总成的电动和馈电状态下效率（%）；

b）高效区等级划分；

效率选择与计算：在每个转速点上，分别记录从低转矩到高转矩，以及从高转矩到低转矩的试验结果，并以相同转矩下两次测试效率的平均值作为该转矩对应的效率值。根据测试数据，按照线性插值方法绘制系统效率分布图，并通过计算面积占比的方法得到相应条件下的能效数值。

在规定的测试条件及测试方法下，一体化电驱动总成的高效工作区（效率不低于85%）占总工作区的百分比数值（X）称为一体化电驱动总成能效，划分为四级，如表3所示。

表3 一体化电驱动总成能效等级

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 能效等级 | 能效等级 | | | |
| 1级 | 2级 | 3级 | 4级 |
| 高效区占比（X） | X≥85% | 85%＞X≥80% | 80%＞X≥75% | 75%＞X≥70% |

c）工况效率测试：

——测试方法：

工况效率测试可以基于如下两种方法之一开展，报告中需注明：

1）台架布置整车控制器，一体化电驱动总成，高压电源，电子油门和刹车踏板等，将指定工况下的车速设定为目标值，公差要求参考GB/T18386中4.4.2执行。直流母线电压宜在额定工作电压进行；

2）将指定工况车速转化为负载测功机的转速、转矩，并输入到测功机控制系统。转矩偏差不大于±3%或根据用户要求确定；

试验过程应记录直流端电压、电流、输出转矩、输出转速，各记录数据应保持同步，采样频率不低于10Hz。

——计算方法：

基于时间进行求和得到轴端输出能量、制动回馈能量和总能量消耗,进而分别计算驱动效率、回馈发电效率和总能量利用的效率。

### 5.2.3差速可靠性

试验包括磨合工况和正式试验工况。

将一体化电驱动总成安装在试验台上，按规定加注润滑油，首先开始磨合，磨合工况如下：其中任一个输出端固定不能转动，另一个输出端可自由转动。油温控制在85±5℃，正转，空载，以100r/min±5r/min的输出转速运转不少于5min，交换固定端和自由转动端，重复上述试验。磨合完成后更换润滑油。

磨合完成后按照如下工况开始正式试验。

1）工况1：正转，最高输入转速的15%-25%，输入扭矩为10%~15%25%-35%最大输入扭矩，其中一个输出端固定不转，另一端可以转动，持续时间不少于30s，交换固定端和转动端，重复试验，循环次数不少于30次。

2）工况2：正转，保持最高输入转速的20%±10r/min，差速率12%~15%，输入转矩按下表规定的顺序和条件进行试验，每一个循环的时间不大于3min，总循环次数不少于200次。

表4 低速高扭试验条件

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 试验阶段 | 输入扭矩  N.m | 试验时间  min |
| 1 | 从0升到75%最大输入扭矩±5 | ≤1 |
| 2 | 75%最大输入扭矩±5 | ≥1 |
| 3 | 从75%最大输入扭矩±5降到0 | ≤1 |

试验结束状态检查

试验完成后，一体化电驱动总成中变速器模块应做拆解分析。拆解结果应满足以下要求：

1）轴承表面无点蚀，烧结等迹象；

2）齿轮状态无异常；

3）所有油封状态正常；

4）主减和差速器状态正常；

5）变速器油油品分析，其金属成分和残留物符合要求。

### 5.2.4拖曳力矩

### 5.2.4.1 工作模式

试验应在如下工作模式下进行并在报告中记录

工作模式Ⅰ：一体化电驱动总成未做电气连接

一体化电驱动总成的所有高低压线和接插件均未连接。冷却水路无冷却液注入，接头处密封。

工作模式Ⅱ：一体化电驱动总成通电

一体化电驱动总成在没有负载的情况下运行。冷却水管必须连接，所有水道均通满水。如果有必要的话,冷却水的流量及温度都必须根据额定功率的性能参数来设定。控制器供电电压正常，直流高压没有连接。

### 5.2.4.2试验方法

### 5.2.4.2.1试验准备

对于一体化电驱动总成的拖曳试验，可以采用直接扭矩法来测量。

扭矩传感器和转速传感器的精度等级应不低于0.05级。负载电机的转速控制精度不低于±2rpm。一体化电驱动总成中的齿轮箱壳体可以安装油温传感器。

将一体化电驱动总成安装在台架上，半轴的连接倾角按制造厂的要求。

根据驱动电机系统性能选择工作模式。两种模式的转速切换点为电机运行在小于等于该转速时，由于转子旋转产生的反电动势不会对电机和控制器造成损坏。定义该转速点为n\_s，单位为r/min。

试验开始前，应确保一体化电驱动总成中的润滑油已经处于良好润滑状态，并完成磨合。

拖曳试验宜分别在冷态、热态下进行。冷态状态为润滑油温度与室温相差不超过±3℃；热态状态为润滑油温度（60±5）℃。

### 5.2.4.2.2试验

一体化电驱动总成输出转速即负载电机转速运行在0到设计最大转速n\_max或用户提供最大允许转速之间，步长为100r/min，测试应包含最高工作转速。待转速、转矩到达稳定状态后记录数据。

记录一体化电驱动总成电机每个转速点下左右半轴的扭矩测量值。该测量值的代数和即为一体化电驱动总成在每个转速点下总的拖曳力矩。

### 5.2.4.2.3要求

试验结束后，应确保一体化电驱动总成功能状态正常，无损坏。

### 5.3安全性试验

### 5.3.1极限温升

### 5.3.1.1测试要求

1）一体化电驱动总成参照整车安装方式，通过半轴安装在两轴电驱动测试台架上，测功机输出能力满足被测系统输出特性要求。

2）一体化电驱动总成需要安装在环境仓中，环境仓能够模拟被测系统工作环境。

3）测试台架配置液冷循环系统，使用整车冷却系统定义冷却液，能够控制冷却液循环流量和温度。

4）被测系统布置温度传感器，温度传感器类型根据测试精度和测温范围进行选择，至少在电机绕组、控制器IGBT、控制器外壳、变速箱外壳、环境仓、系统冷却液入口处、系统冷却液出口处、变速箱放油螺栓处各布置一个传感器，传感器与系统高压部分保持有效绝缘，其中电机绕组、控制器IGBT处温度可以采用一体化电驱动总成采集结果。

5）系统电机和控制器经过匹配标定，性能和功能控制策略满足整车定义要求。

6）若系统中包含电机、电机控制器、减速箱以外的电气设备，如DC-DC、充电系统，空调电机控制器、助力转向电机控制器等，需要配备相应负载，保证被测系统运行同时，其他系统能在额定负载条件下工作。

### 5.3.1.2测试准备

1）测试前被测件应已按照磨合工况完成磨合并更换润滑油。

2）设置环境仓温度为85℃，启动冷却液循环系统，设置冷却液循环流量为系统定义的最低许用流量，设置循环冷却液温度为系统定义的最高许用温度（以系统入水口温度为参考），待被测系统温度达到温升测试初始状态后，开始测试。

注：环境仓应满足GB/T 10592-2008要求。

### 5.3.1.3测试工况

被测系统温度达到温升测试初始状态后，按照下表工况进行测试，每一个工况开始前，被测系统需要恢复到温升测试初始状态。

表5 温升测试工况

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 工况序号 | 系统输出转速 | 系统输入转矩 | 工况持续时间 |
| 1 | 额定转速 | 持续转矩 | 系统电机控制器、电机、减速箱油温全部达到热稳态，或者根据系统定义时间 |
| 2 | 满足工况要求 | 满足工况要求 | 120km/h或最高车速,4%坡度情况，持续时间到温度平衡 |
| 15km/h,15%坡度情况，持续时间到温度平衡 |
| 90km/h,7%坡度情况，持续时间到温度平衡 |
| 3 | 系统外特性拐点对应转速 | 峰值转矩 | 30s，温度不超限或满足设计要求 |

注：

a）所有工况均以被测系统差速器输出转速和转矩为依据进行实验；

b）系统热稳态：被测系统电机控制器IGBT温度、电机绕组温度、减速箱油温在相应工况运行的情况下，30min内温度变化小于2k，判定被测系统温度达到热稳态；

c）温升测试初始状态：被测系统处于不工作状态，通入规定的冷却液，在规定的环境经温度下静置，30min内系统各部分温度变化小于2k，判定被测系统达到温升测试初始状态；

d）在工况1和工况3运行情况下，被测系统电机控制器IGBT温度、电机绕组温度、减速箱油温超过系统定义限值，无法达到系统热稳态，应在测试系统中设定相应限值，做限功率和停机处理；

e）系统外特性拐点对应转速：系统能够输出峰值转矩所对应的最高转速。

### 5.3.1.4测试判定

根据被测系统温升测试工况，参照以下三个条件对被测系统温升测试进行判定：

a）系统温升测试达到热稳态时，电机控制器IGBT，电机绕组、减速箱油温均未超过系统定义的最高许用温度。

b）系统温升运行规定的时间内，电机控制器IGBT，电机绕组、减速箱油温均未超过系统定义的最高许用温度。

c）温升测试过程中未出现因温度超限值引起的限功率故障和停机故障。

### 5.3.2超速试验

将一体化电驱动总成 1.2倍最高工作转速按照减速比换算成轴端输出转速，将两轴电驱动总成试验台架转速设置为此转速，持续时间：2min，其机械应该不发生有害变形。

### 5.4环境适应性试验

### 5.4.1温湿度试验

### 5.4.1.1低温贮存

进行低温贮存试验时，将一体化电驱动总成按照GB/T 2423.1—2008的规定，放入温箱内，使箱内温度降至产品定义的最低工作温度,并保持24h,试验过程中，一体化电驱动总成处于非通电状态，不通入冷却液。试验完成后复测绝缘电阻，并根据用户要求进行功能试验。

### 5.4.1.2高温贮存

进行高温贮存试验时，将一体化电驱动总成放入温箱内，按照GB/T 2423.2—2008的规定，使箱内温度升至产品定义的最高工作温度,并保持 48h，试验过程中，一体化电驱动总成处于非通电状态，对于液冷式一体化电驱动总成，不通入冷却液。试验完成后复测绝缘电阻，并根据用户要求进行功能测试。

根据用户要求，可以将低温贮存和高温贮存组合成高低温交变贮存试验，开展测试。

### 5.4.1.3恒定湿热试验

试验方法及要求按照GB/T 28046.4中5.7规定进行，试验完成后复测绝缘电阻，并根据用户要求进行功能测试

### 5.4.1.4湿热循环

试验方法及要求按照GB/T 28046.4中5.6.2.3规定进行

### 5.4.1.5温度冲击

试验方法及要求按照GB/T 28046.4中5.3.2规定进行。其中，在每个温度点保持60分钟或根据用户要求选择。

### 5.4.1.6冰水冲击

试验方法及要求按照GB/T 28046.4中5.4规定进行。

### 5.4.2机械负荷试验

### 5.4.2.1振动试验

试验方法及要求参考GB/T 18488相关规定进行或用户自行指定。

试验过程中，温度条件按照GB/T 28046.3中4.1.1规定进行。

### 5.4.2.2机械冲击试验

试验方法及要求参考GB/T 28046.3相关规定进行。

### 5.4.3化学负荷试验

### 5.4.3.2试验初试

a）冷态绝缘电阻试验；

b）液冷系统冷却回路密封性能试验；

按GB/T 28046.5-2013中第4条进行，所用化学试剂为技术条件中规定冷却介质，洗车香波及技术条件规定其他可能接触到化学试剂。

### 5.4.3.3试验复试

a）冷态绝缘电阻试验；

b）液冷系统冷却回路密封性能试验。

表6 化学负荷试剂表

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 代号 | 化学试剂 | 温度 | 持续时间 |
| A | 制动液 | 85℃ | 22 |
| B | 防冻液 | 85℃ | 22 |
| C | 减速器油 | 85℃ | 22 |
| D | 车用化学清洁剂 | 常温 | 2 |
| E | 挡风玻璃清洗剂 | 常温 | 2 |
| F | 其它用户指定的液体和条件 | | |

### 5.4.4流动混合气体腐蚀

试验方法和要求按照GB/T 28046.4中5.8的规定进行。

### 5.4.5盐雾试验

一体化电驱动总成在盐雾箱内应处于正常安装状态，按照GB/T 2423.18规定的试验方法，采用5%氯化钠溶液（NaCl）进行盐雾试验，并至少满足标准严酷等级4的要求。

试验前，试样应进行目视检查和功能检测，试样的外观和功能检查正常才可进行试验。如必要，试样表面应进行适当清洁，以保证表面杂质不影响盐雾试验效果。各厂家可根据实际情况选择清洁方法，如擦拭、清水冲洗等，但要求清洁方法应不影响盐雾对试样的作用，也不能引起二次腐蚀。试验前应尽量避免用手接触试样表面。

试验结束后，按标准GB/T 2423.18要求进行清洗和恢复。试样恢复后，观察外观，不应出现可见的红锈和锈坑，并进行功能测试，各项功能均应正常。

### 5.4.6 IP防护等级测试

GB/T 30038-2013 中规定的防护等级试验适用于本文本。

至少应达到IP67,IPX9K，其中变速箱模块部分不作为考核点。

### 5.5 EMC测试

### 5.5.1传导发射

依据GB/T 18655-2018附录I中推荐的图I.2进行试验布置，用测量接收机分别测量高压和低压人工电源网络射频端口的骚扰电压，高压端口传导发射测量值应不超过GB/T 18655-2018中表I.1规定的等级3的限值要求，低压端口传导发射其测量值应不超过GB/T 18655-2018中表5规定的等级3的限值要求。

依据GB/T 18655-2018附录I中推荐的图I.6进行试验布置，用测量接收机测量低压线束的骚扰电流，其测量值应不超过GB/T 18655-2018中表6规定的等级3的限值要求。电流测量探头的位置应分别放置于距离被测样品50mm和750mm的线束长度位置。

被测样品应工作在至少25%的额定功率。其它参数和条件依据GB/T 18655-2018进行设置。

### 5.5.2辐射发射

依据GB/T 18655-2018附录I中推荐的图I.10进行试验布置，测量被测样品的电场辐射，其测量值应不超过GB/T 18655-2018中表7规定的等级3的限值要求。

被测样品应工作在至少25%的额定功率。其它参数和条件依据GB/T 18655-2018进行设置。

### 5.5.3辐射抗扰度（电波暗室法、大电流注入法）

依据GB/T 36282-2018中第5.2.1条的规定进行试验，在施加干扰期间和之后，被测样品应满足GB/T 36282-2018中第4.2.1的要求。电波暗室法试验等级不低于100V/m，大电流注入法试验等级不低于100mA。

被测样品应工作在至少25%的额定功率。其它参数和条件依据GB/T 36282-2018进行设置。

### 5.5.4磁场抗扰度

按照GB/T 36282-2018中图5进行试验布置，依据ISO 11452-8：2015规定的辐射环法进行低频磁场抗扰度测试，测试过程中被测样品应满足GB/T 36282-2018中第4.2.1的要求。磁场抗扰度试验等级应不低于ISO 11452-8:2015附录A中表A.1和A.2规定的等级II。

被测样品应工作在至少25%的额定功率。其它参数和条件依据ISO 11452-8:2015进行设置。

### 5.5.5手持发射机抗扰度

按照GB/T 36282-2018中图5进行试验布置，依据ISO 11452-9：2012规定方法对DUT耦合干扰场强，试验等级按照ISO 11452-9：2012表A.1进行设置，测试过程中被测样品应满足GB/T 36282-2018中第4.2.1的要求。

被测样品应工作在至少25%的额定功率。其它参数和条件依据ISO 11452-9：2012进行设置。

### 5.5.6沿电源线的瞬态传导抗扰度

依据GB/T 36282-2018中第5.2.2条的规定进行试验，被测样品应满足GB/T 36282-2018中第4.2.2的要求。

### 5.5.7静电放电

依据GB/T 36282-2018中第5.2.3条的规定进行试验，被测样品应满足GB/T 36282-2018中第4.2.3的要求。

### 5.6 NVH测试

QC/T XXXXX—XXXX 《电动汽车用电动动力系噪声测量方法》中规定的试验方法适用于本文件。

要求如下：

总噪声水平、电机阶次噪声、变速箱啮合阶次噪声、悬置刚性安装点振动、靠近轴承中心位置振动满足用户要求。

### 5.7可靠性测试

### 5.7.1试验工况要求

耐久可靠性试验应满足整车耐久试验要求。

测试工况宜由实车运行工况导入，进行加速和处理。要考虑倒车、拖车、连续爬坡、连续下坡情况确定转速、转矩和持续时间，载荷谱中推荐拥堵路况占比10%，激烈驾驶工况13%，城市工况27%，城郊工况35%，高速工况15%。

### 5.7.2 试验要求

可靠性试验前应先进行功能和性能检查确认。

可靠性试验应加入温湿度要求。

试验过程中一体化电驱动总成直流母线电压设定为额定电压。

在可靠性试验前后，开展温度梯度试验，试验方法参考GB/T 28046.4中5.2进行。

可靠性测试中宜实时进行振动监测，测点的布置应包括轴承外壳处；

试验过程中观察一体化电驱动总成、试验设备、测量参数有无异常，若出现噪音大、异响、冒烟、管路爆裂、转速失控、转矩突变、温度突变、CAN通讯中断、测量数据丢失等异常情况，需立即停机，待异常情况解除后再继续试验。

### 5.7.3评价标准

可靠性试验过程中，一体化电驱动总成不允许发生诸如电机轴承损坏、电机绕组绝缘击穿、控制器IGBT炸裂、转矩掉零或者转矩突变等严重故障，允许一体化电驱动总成在试验过程中出现过温、过压等可恢复性的保护功能故障。

试验完成后，一体化电驱动总成按照要求能够正常工作，不发生故障。

可靠性试验前后，最高效率及峰值功率、峰值扭矩下降不超过10%或满足用户要求。

箱体及悬置（用整车悬置）不允许出现变形、渗油、壳裂；

试验后拆开检查，轴承、轮齿点蚀不超过20% ，不允许出现气蚀、轮齿不允许胶合、不允许铣齿；应无渗油；

更换润滑油时间按照实车整车比例折算

考虑使用3-6台样品进行可靠性试验，参考计算置信度及可靠度。

### 5.7.4 冷却回路脉动可靠性

1）试验方法：

冷却回路压力脉动：0.5~2bar，每分钟25~35次，脉动次数10万次，冷却液温度65℃。

2）试验要求：

试验前后应按照5.1.2要求进密封性试验，满足用户要求。

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  |  |