

团 体 标 准

T/CAMIE 03—2021
T/CEEIA 500—2021

曝气风机用磁悬浮高速三相永磁同步电动机

Maglev high speed three-phase permanent magnet synchronous motor
for aeration blower

2021-4-26 发布

2021-5-26 实施

中国环保机械行业协会
中国电器工业协会 发布

目 次

前言	III
引言	IV
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 型式、基本参数与尺寸	2
5 技术要求	2
6 试验方法	4
7 检验规则	5
8 标志、包装及贮存、保用期	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。

本文件由中国环保机械行业协会提出并归口。

本文件起草单位：天津飞旋科技股份有限公司、湘潭华联电机有限公司、中车株洲电机有限公司、清华大学、亿昇（天津）科技有限公司。

本文件主要起草人：沙宏磊、俞天野、毕刘新、王步明、晏才松、于溯源、周亮、王少景。

本标准由中国环保机械行业协会提出，由中国环保机械行业协会和中国电器工业协会双编号。

本标准为中国环保机械行业协会和中国电器工业协会共同首次发布。

引 言

曝气风机用磁悬浮高速三相永磁同步电动机采用磁悬浮轴承,电动机运行时轴承部分无接触,无摩擦,无需润滑油,既能提高电动机的运行可靠性,抑制电动机振动,又能提高电动机的功率密度和效率,降低运行功耗,是一项前沿性技术。目前尚无国家标准和行业标准,为了保证产品质量,参照相关的国家标准、行业标准和企业的研制成果,编制本团体标准,作为组织生产和检验产品的依据,其中的各项技术内容将随着技术进步及产品的改进而修改、补充与完善。

曝气风机用磁悬浮高速三相永磁同步电动机

1 范围

本标准规定了曝气风机用磁悬浮高速三相永磁同步电动机的术语和定义、型式、基本参数与尺寸、技术要求、试验方法、检验规则、标志、包装及贮存、保用期等。

本标准适用于污水处理曝气风机用磁悬浮高速三相永磁同步电动机（以下简称电动机），用于驱动其它高速流体机械（如真空泵、空压机等等）的电动机也可参照执行。

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 191—2008 包装储运图示标志

GB/T 755—2019 旋转电机 定额和性能

GB/T 997—2008 旋转电机结构型式、安装型式及接线盒位置的分类（IM 代码）

GB/T 4942.1—2006 旋转电机整体结构的防护等级（IP 代码）分级

GB/T 9239.1-2006 机械振动恒态（刚性）转子平衡品质要求 第 1 部分：规范与平衡允差的检验

GB/T 10069.1—2006 旋转电机噪声测定方法及限值 第 1 部分：旋转电机噪声测定方法

GB/T 12665—2017 电机在一般环境条件下使用的湿热试验要求

GB/T 14711 中小型旋转电机通用安全要求

GB/T 22669—2008 三相永磁同步电动机试验方法

GB/T 22719.1—2008 交流低压电机散嵌绕组匝间绝缘 第 1 部分：试验方法

GB/T 22719.2—2008 交流低压电机散嵌绕组匝间绝缘 第 2 部分：试验限值

GB/T 25442—2018 旋转电机（牵引电机除外）确定损耗和效率的试验方法

ISO 14839-2：2004 机械振动—配备有主动磁悬浮轴承的旋转机械装置的振动 第 2 部分：振动评价 [Mechanical vibration—Vibration of rotating machinery equipped with active magnetic bearings Part 2 : Evaluation of vibration]

3 术语和定义

下列术语和定义、缩略语适用于本文件。

3.1

主动磁悬浮轴承 **active magnetic bearing**

利用可控磁力作用将转子悬浮于空中，使转子与定子之间没有机械接触的轴承，以下简称“磁轴承”。

3.2

保护轴承 touchdown bearing

安装在磁轴承系统中的轴承，其设计是为了限制转子的运动和防止由于磁轴承系统过载、故障或失稳而造成磁轴承定子或转子表面接触。

3.3

保护轴承间隙 touchdown bearing clearance

保护轴承内径与转子轴外径的直径差。

4 型式、基本参数与尺寸

4.1 电动机的防护等级不低于 GB/T 4942.1-2006 规定的 IP31。

4.2 电动机的定额是以连续工作制（S1）为基准的连续定额。

4.3 电动机的结构及安装型式符合 GB/T 997—2008 的规定。

4.4 电动机的额定电压为 380 V、690 V。

4.5 电动机的额定频率为 200 Hz ~ 1000 Hz。

4.6 电动机按下述额定功率制造：

50 kW、75 kW、100 kW、150 kW、200 kW、250 kW、300 kW、350 kW、400 kW。

4.7 电动机的安装尺寸、外形尺寸及公差，应按照制造厂与用户的定货协议设计制造。

5 技术要求

5.1 电动机除应符合本标准的要求外，并按照规定程序批准的图样文件及技术文件制造。

5.2 电动机在下列环境条件下应能额定运行：

——海拔不超过 1000 m；

——最高环境空气温度随季节而变化，但不超过 40 °C。当电机在海拔超过 1000 m，或最高环境空气温度高于或低于 40 °C 的条件下运行时，按 GB/T 755—2019 的规定；

——最低环境空气温度为 -15 °C。

5.3 在符合以下要求的变频调速系统中，电动机应能额定运行：

——电动机运行期间变频电源的电压和频率与额定值的偏差应符合 GB/T 755—2019 的规定；

——变频调速系统默认设置为无速度与位置传感器系统；

——变频器的输出电流谐波（THD）不超过 10%；

——当变频器传输距离大于 50 m 及以上时，应使用屏蔽电缆。

5.4 电动机在功率、电压及频率为额定值时，其效率的保证值应符合表 1 的规定。效率值取 4 位有效位数。

表 1 电动机效率的保证值

功率（kW）	50	75	100	150	200	250	300	350	400
效率（%）	96.0	96.0	96.7	97.0	97.0	97.2	97.2	97.5	98.0

5.5 电动机在功率、电压及频率为额定值时，电动机功率因数的保证值为 0.9（滞后）。功率因数取 3 位

有效位数。

5.6 在额定电压、额定频率下，电动机失步转矩对额定转矩之比的保证值为 1.5。

5.7 电动机电气性能保证值的容差按表 2 的规定。对 5.4 至 5.6 数值修约间隔规定为 0.01。

表 2 电气性能保证值的容差

序号	电气性能名称	容差
1	效率 (η)	-0.15(1- η) (额定功率在 150kW 及以下); -0.10(1- η) (额定功率在 150 kW 以上)
2	功率因数 ($\cos \phi$)	-(1- $\cos \phi$)/6, 最小绝对值 0.02, 最大绝对值 0.07
3	失步转矩倍数	保证值的 -10%

5.8 当海拔及环境空气温度符合第 5.2 条规定时,电动机采用 180 (H) 级绝缘,定子绕组的温升限值(电阻法)为 105 K。

5.9 当海拔及环境空气温度符合第 5.2 条规定时,电动机磁轴承极绕组采用 180 (H) 级绝缘,容许工作温度(温度计法)为 155 °C。

5.10 电动机偶然过电流的考核,应按 GB/T 755—2019 的规定。

5.11 电动机在空载情况下,应能承受提高转速至额定值的 120%,历时 2 min 而不发生有害变形。

5.12 电动机定子绕组与磁轴承极绕组的绝缘电阻在热状态或热试验后,应不低于 1 M Ω 。

5.13 电动机定子绕组应能承受为时 1 min 的耐电压试验而不发生击穿,试验电压的频率为 50 Hz,并尽可能为正弦波形,电压的有效值为:2 UN+1000 V,同一台电动机不能重复本试验,如用户提出要求,允许在安装后,开始运行之前,在现场再进行一次,其试验值应符合 GB/T 755—2019 的有关规定。

5.14 电动机定子绕组应能承受匝间绝缘耐电压试验而不击穿,其试验冲击电压峰值应符合 GB/T 22719.2—2008 的规定。

5.15 电动机的定子绕组应能在按 GB/T 12665—2017 所规定 40 °C 交变湿热试验方法进行 6 周期试验后,绝缘电阻应不低于 0.38 M Ω (额定电压 380 V 时)或 0.69 M Ω (额定电压 690 V 时),并能承受第 5.13 条规定耐压试验而不发生击穿,但试验电压的有效值分别为 1500 V (额定电压 380V 时)或 2020 V (额定电压 690 V 时)。

5.16 当三相电源平衡时,电动机的三相空载电流中的任意一相与三相平均值的偏差应不大于三相平均值的 5%。

5.17 电动机三相定子绕组在实际冷状态下各相绕组直流电阻值相互差别,应不超过其最小值的 $\pm 1.5\%$ 。

5.18 电动机的定子绕组三相各设置 1 个(共 3 支)分度号为 Pt100 的埋置式电阻测温元件,每相中 1 支工作。

5.19 在电动机运行期间,磁悬浮轴承单元应能满足以下要求:

——磁悬浮轴承单元的最大轴向负荷应满足驱动系统的要求。

——每个磁轴承极绕组(包括 2 个径向轴承,1 个轴向轴承)均设置 2 个分度号为 Pt100 的埋置式电阻测温元件,1 支工作,1 支备用。

——保护轴承应能够保证,在承受总次数不超过 2 次的跌落冲击后,磁悬浮轴承单元仍能够安全

可靠地运行。

——磁悬浮轴承单元的停电继续悬浮功能，应选用断电自发电或配置 UPS 功能，且具有故障报警或者故障记录功能。

5.20 电动机转子须经过动平衡校正，按照 GB/T 9239.1—2006 规定用去重法或配重法校正，并且：

——具备主动振动抑制功能的磁悬浮轴承，其转子的动平衡精度为 G1；

——不具备主动振动抑制功能的磁悬浮轴承，其转子的动平衡精度为 G0.4。

5.21 电动机在空载与满载运行时，轴振动双振幅峰 - 峰位移值不得超过保护轴承间隙的 30%；当轴振动双振幅峰 - 峰位移值达到保护轴承间隙的 40% 时报警；轴振动双振幅峰 - 峰位移值达到保护轴承间隙的 50% 时停机。

5.22 电动机在空载时测得的声压级噪声应不大于 90 dB(A)，容差 +3 dB(A)。

5.23 电动机有一个圆柱形轴伸，与负载直联。

5.24 接线盒的设计应符合以下要求：

——电动机可制成三个或六个出线端（用户要求时），从轴伸端视之，电动机的接线盒位于机座的右面或上方，双方另有协议时，允许接线盒位于左面或其余位置。

——电动机的接线盒内应有接地端子，同时应在机座上另设计一个接地端子，并在接地端子附近设置接地标志，该标志应保证在电动机整个运行期间内清晰，不易磨灭。

——强电接线盒（主接线盒、加热器接线盒、磁轴承极绕组接线盒）与弱电接线盒（定子绕组与磁轴承测温元件接线端子、磁轴承传感器接线端子）应分别设计，标识清晰。

5.25 电动机的安全性能应符合 GB/T 14711 的要求。

5.26 电动机三相空载反电势中任意一相与三相平均值的偏差应不大于三相平均值的 5%。

5.27 电动机的机械检查项目包括：

——转动检查：电动机转动时，应平稳轻快，无停滞现象；

——外观检查：检查电动机的装配是否完整正确，电动机表面油漆应干燥、均匀、无污损、碰坏、裂痕等现象；

——安装尺寸、外形尺寸检查：安装尺寸及外形尺寸应符合 4.7 的规定。

6 试验方法

6.1 定子绝缘电阻测定、定子绕组在实际冷态下直流电阻的测定、空载电流和损耗的测定、空载反电势测定、热试验等等按照 GB/T 22669—2008 进行；

6.2 匝间绝缘试验按照 GB/T 22719.1—2008 进行；

6.3 振动的测定按照 ISO 14839-2: 2004 进行；

6.4 噪声的测定按照 GB/T 10069.1—2006 进行；

6.5 耐电压试验、超速试验、偶然过电流试验等等按照 GB/T 755—2019 进行；

6.6 效率的测定按照 GB/T 25442—2018 中第 7.2.2 段中的方法 2-1-2D：双电源对拖法进行；

6.7 外壳防护等级试验按照 GB/T 4942.1—2006 进行；

6.8 40℃ 交变湿热试验按照 GB/T 12665—2017 进行。

6.9 电动机的安全性能试验按照 GB/T 14711 进行。

6.10 转子动平衡试验按照 GB/T 9239.1-2006 进行。

7 检验规则

7.1 每台电动机必须经检验合格后才能出厂，并应附有产品检验合格证。

7.2 电动机检验分为出厂检验与型式试验，检验项目按表 3 执行。

7.3 凡遇下列情况之一时，必须进行型式试验：

- 经鉴定定型后，第一次试制或小批试生产时；
- 电动机设计或工艺上的变更足以引起某些特性和参数发生变化时；
- 当检查试验结果与以前型式试验结果发生不可允许的偏差时；
- 成批生产电动机的定期抽试，抽试时间至少每二年一次；
- 国家质量监督部门提出要求时。

表 3 检验项目

序号	检验项目	检验要求	检验方法	出厂试验	型式试验
1	机械检查	5.27	4.7	●	●
2	定子绝缘电阻测定 a	5.12	GB/T 22669—2008	●	●
3	定子绕组在实际冷态下直流电阻的测定	5.17	GB/T 22669—2008	●	●
4	耐电压试验	5.13	GB/T 755-2019	●	●
5	匝间绝缘冲击耐电压试验	5.14	GB/T 22719.1—2008	●	●
6	噪声的测定 b	5.22	GB/T 10069.1—2006	●	●
7	振动的测定 b	5.21	ISO 14839-2:2004	●	●
8	空载电流和损耗的测定	5.16	GB/T 22669-2008	●	●
9	空载反电势测定	5.26	GB/T 22669—2008	●	●
10	转子动平衡试验	5.20	GB/T 9239.1—2006	●	●
11	热试验	5.8	GB/T 22669—2008	—	●
12	效率的测定	5.4;5.7	GB/T 25442—2018	—	●
13	超速试验 c	5.11	GB/T 755—2019	—	●
14	外壳防护等级试验 c	4.1	GB/T 4942.1—2006	—	●
15	40℃ 交变湿热试验 c	5.15	GB/T 12665—2017	—	●
16	偶然过电流试验 c	5.10	GB/T 755—2019	—	●
17	电动机的安全性能 c	5.25	GB/T 14711	—	●

注：“●”为应检验项目；“—”为可不检验项目。

a 出厂检验时可测量冷态绝缘电阻，但应保证热状态的绝缘电阻不低于 5.12 的规定。

b 出厂检验时可以抽检，抽检方法由制造厂制定。

c 仅在新产品鉴定时以及在产品结构定型或当结构与工艺有较大改变时进行。

8 标志、包装及贮存、保用期

8.1 铭牌材料以及铭牌上的数据刻划方法，应保证其字迹在使用期间内不易磨灭。

8.2 铭牌应固定在电机机座的上半部，应标明的项目如下：

- 制造厂名称；
- 电动机型号；
- 出厂编号；
- 额定功率；
- 额定电压；
- 额定电流；
- 额定频率；
- 额定转速；
- 热分级；
- 工作制；
- 重量；
- 防护等级；
- 安装方式；
- 制造日期。

8.3 电动机定子绕组的出线端及接线板的接线位置上均应有相应的标志，并应保证其字迹在电机整个使用期间内不易磨灭，其标志按表 4 的规定。

表 4 出线端标志

定子绕组名称	三个出线端标志	六个出线端标志	
		始 端	末 端
第一相	U	U1	U2
第二相	V	V1	V2
第三相	W	W1	W2

8.4 电动机定子三相绕组与磁轴承极绕组的 Pt100 测温元件的出线端及接线盒中的接线板位置上均应有相应的标志，并应保证其字迹在电动机整个使用期间内不易磨灭。

8.5 电动机的使用维护说明书及产品合格证应随每台电动机一同供给用户。

8.6 电动机的轴伸以及外露加工面，应采取防锈及保护措施。

8.7 电动机的包装应能保证在正常贮存、运输条件下，自发货之日起的一年时间内不致因包装不善而导致受潮与损坏。

8.8 当电动机发运到距离较远的用户时，应增加轴伸的固定装置。

8.9 包装箱外壁的文字和标志应清楚整齐，内容如下：

- 发货站与制造公司名称；

- 收货站与收货公司名称；
- 电动机型号和出厂编号；
- 电动机净重及连同包装箱的毛重；
- 包装箱的长宽高；
- 在包装箱外壁适当位置应标有“小心轻放”、“防潮”等字样，其图形应符合 GB/T 191—2008 的规定。

8.10 电动机的贮存应符合以下要求：

- 电动机贮存时应保持干燥，应放在环境空气温度为 10 ℃ ~ +50 ℃，相对湿度不大于 75% 的清洁、通风良好的库房内，空气中不得含有腐蚀性、爆炸性气体及粉尘，并避免周围环境温度的急剧变化；
- 电动机应平稳放置，注意保护轴伸；
- 如贮存在木质包装箱中时，要打出 5 ~ 10 个直径不小于 10 mm 的透气孔并防止水和昆虫进入，透气孔数量多少视包装箱大小而定；
- 连接器的接口，包括电连接器，机械接口，贮存时都需要密封。

8.11 在用户按照使用说明书的规定，正确地使用与存放电动机的情况下，制造厂应保证电动机在开始使用一年内，或自制造厂的出品日期不超过两年的时间内能良好地运行。如在此规定时间内电动机因制造质量不良而发生损坏或不能正常工作时，制造厂应无偿地为用户修理或更换零件或整台电动机。

T/CAMIE 03—2021
T/CEEIA 500—2021

中国环保机械行业协会
中国电器工业协会 标准

曝气风机用磁悬浮高速三相永磁同步电动机

T/CAMIE 03—2021
T/CEEIA 500—2021

开本 880×1230 1/16 印张 0.75 字数 1.6 千字
2021年4月第一版 2021年4月第一次印刷