ICS 29.160.10

CCS K 26

团　体　标　准

T/EES 005-2023

电机用四极同极性混合磁轴承技术要求

Technical requirement of four poles homopolar hybrid magnetic bearings for electric machines

2023-10-27 发布　　2023-10-27 实施

中关村现代能源环境服务产业联盟 发布

版权保护文件

版权所有归属于该标准的发布机构。除非有其他规定，否则未经许可，此发行物及其章节不得以其他形式或任何手段进行复制、再版或使用，包括电子版，影印件，或发布在互联网及内部网络等。使用许可与发布机构获取。

目　　次

前　言 II
1 范围 1
2 规范性引用文件 1
3 术语 1
4 型式命名和基本参数 2
5 技术要求 3
6 试验要求 4
7 标志、包装、运输和储存 5
附录 A 7
附录 B 8
附录 C 10

EESIA

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。

本文件由江苏嘉瑞丰机电设备有限公司提出，本文件由中关村现代能源环境服务产业联盟归口。

主要起草单位：淮阴工学院、江苏嘉瑞丰机电设备有限公司、华信电机股份有限公司、安徽工程大学、安徽建筑大学、中国标准化研究院、中国质量认证中心、江苏省节能技术服务中心、扬州泰富特种材料有限公司、南京南钢产业发展有限公司、淮安磁科智能传动设备有限公司、国际铜专业协会(美国)北京代表处、青岛智工场物联科技有限公司、中关村现代能源环境服务产业联盟。

主要起草人：叶小婷、张涛、朱庭楼、李文杰、左如忠、伍超、刘韧、金悦、施健健、陶源、贺战、樊星星、岑晨、姚瑶、梁栋、李林、陈晓星、张浩楠、乔情辉。

电机用四极同极性混合磁轴承技术要求

1 范围

本文件规定了四极同极性混合磁轴承的型式命名和基本参数、技术要求、试验要求、标志、包装、运输和储存等要求。

本文件适用于电机用四极同极性混合磁轴承。

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 191　包装储运图示标志

GB/T 2423.1　电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法试验 A：低温

GB/T 2423.2　电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法试验 B：高温

GB/T 2423.3　电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法试验 Cab：恒定湿热试验

GB/T 2423.5　电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法试验 Ea 和导则：冲击

GB/T 2423.10　电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法试验 Fc：振动(正弦)

3 术语

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

四极同极性混合磁轴承 Four poles homopolar hybrid magnetic bearing

具有四个磁极，采用永磁体励磁，且永磁体磁场在转子上产生的极性相同的磁轴承。

3.2

偏置磁通 Bias magnetic flux

由永磁体产生，经过定子铁心的四个磁极、气隙、转子铁心形成闭合路径的磁通。

3.3

悬浮绕组 Suspension winding

由漆包线绕制而成，连接开关功放通入电流，产生悬浮磁通的绕组。

3.4

悬浮磁通 Suspension magnetic flux

由悬浮绕组通电产生，经过定子铁心、气隙、转子铁心形成闭合路径的磁通。

3.5

悬浮力 Levitation force

为控制绕组通电产生的与电流成正比的径向力。

3.6

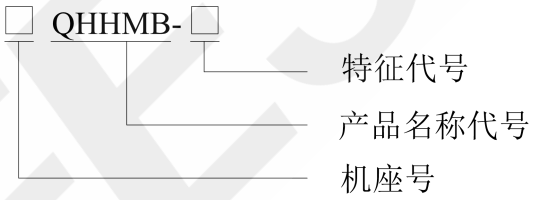
承载力 Bearing capacity

能正常悬浮的最大径向载荷。

4 型式命名和基本参数

4.1 产品型号命名

四极同极性混合磁轴承命名由机座号、产品名称代号和特征代号组成。型号组成如下:



4.1.1 机座号

机座号用四极同极性混合磁轴承定子外径的毫米数以阿拉伯数字表示。

示例1：48QHHMB-250，表示定子外径为48mm，悬浮力250N 的四极同极性混合磁轴承。

示例2：118QHHMB-500，表示定子外径为118mm，悬浮力500N 的四极同极性混合磁轴承。

4.1.2 产品名称代号

产品名称代号用四极同极性混合磁轴承五个英文单词开头的三个字母表示。

QHHMB（Q-四极；H-同极性；H-混合；MB-磁轴承）表示四极同极性混合磁轴承。

4.1.3 特征代号

特征代号用四极同极性混合磁轴承悬浮力的牛顿数以阿拉伯数字表示。

产品型号命名应符合上述要求，特殊情况下可由产品专用技术条件规定。

4.2 基本参数

四极同极性混合磁轴承的基本参数应包括定子外径、定子内径、轴向厚度、气隙长度、气隙饱和磁密、悬浮力、绕组安匝数、导线线径。

5 技术要求

5.1 基本要求

四极同极性混合磁轴承应按程序批准的产品图样和技术文件制造，并符合本文件的规定。

电机用四极同极性混合磁轴承应能在以下环境下正常工作:

a）环境温度：-25℃～40℃；

b）相对湿度：45%～95%；

c）气压：86kPa～106kPa。

5.2 设计要求

5.2.1 基本参数

四极同极性混合磁轴承基本参数应符合附录 A 要求，特殊情况下可由产品专用技术条件规定。

5.2.2 基本结构

四极同极性混合磁轴承基本结构应符合附录 B 结构要求。

5.2.3 参数设计

四极同极性混合磁轴承参数设计应根据附录 C 方法进行计算。

5.2.4 环境适用能力

5.2.4.1 低温贮存：如四极同极性混合磁轴承在(-20±3)℃的温度条件下贮存，应放置48h，取出在常温常湿中放置30min 后，基本参数、结构满足附录 A、B 要求。

5.2.4.2 高温贮存：如四极同极性混合磁轴承在温度(80±2)℃、相对湿度50%以下的环境内贮存，应放置48h，取出在常温常湿中放置30min 后，基本参数、结构满足附录 A、B 要求。

5.2.4.3 温度变化：如四极同极性混合磁轴承承受相关产品专用技术条件规定的温度变化试验，应在试验后，常温常湿放置30min，并保证基本参数、结构满足附录 A、B 要求。

5.2.4.4 恒定湿热：如四极同极性混合磁轴承在温度（40±2)℃、相对湿度90%～95%的环境中放置，放置48h，取出在常温常湿中放置30min 后，并保证基本参数、结构满足附录 A、B 要求。

5.2.4.5 振动：如四极同极性混合磁轴承承受相关产品专用技术条件规定的振动试验，试验后，外观应无明显变化，并保证基本参数、结构满足附录 A、B 要求。

5.2.4.6 冲击：如四极同极性混合磁轴承承受相关产品专用技术条件规定的冲击试验，试验后，外观应无明显变化，并保证基本参数、结构满足附录 A、B 要求。

6 试验要求

6.1 试验条件

6.1.1 试验的大气条件

除另有规定外，所有试验均应在下列试验的大气条件下进行：

a）温度：15℃～35℃；

b）相对湿度：45%～75%；

c）气压：86kPa～106kPa。

6.1.2 仲裁试验的大气条件

如果需要严格控制试验大气条件，以获得重现结果时，规定在下列仲裁试验大气条件下进行：

a）温度：(23±2)℃；

b）相对湿度：50%±5%；

c）气压：86kPa～106kPa。

6.2 试验安装及精度要求

6.2.1 试验安装

如无特殊规定，试验时四极同极性混合磁轴承应轴向水平套在电机转轴上。

6.2.2 精度要求

应用目测法、保证测量精度的量具检查四极同极性混合磁轴承外观及尺寸。

四极同极性混合磁轴承定子外直径、定子内直径、轴向厚度、气隙长度、导线线径应采用保证测量精度的游标卡尺对其进行测试。

四极同极性混合磁轴承的气隙饱和磁密应采用保证测量精度的高斯计对其进行测试。

悬浮力应采用保证测量精度的拉压力称重传感器配合显示仪表进行测试。

6.3 特殊试验要求

6.3.1 高温贮存

按 GB/T2423.2的规定进行试验。

6.3.2 温度变化

除另有规定外，四极同极性混合磁轴承在(-10±3)℃温度下，放置2h，取出后在常温常湿中放置30min，再在(60±2)℃中放置2h，取出后在常温常湿中放置30min 作为一个循环，不少于5个循环。

6.3.3 恒定湿热

按 GB/T2423.3的规定进行试验。

6.3.4 振动

除另有规定外，四极同极性混合磁轴承按 GB/T2423.10 的规定进行试验，振动频率 16.7Hz，双振幅 2mm，X、Y、Z 三个互相垂直轴线方向各振动 20min。

6.3.5 冲击

除另有规定外，四极同极性混合磁轴承按 GB/T2423.5规定的进行试验，冲击加速度588m/s^2，X、Y、Y 三个方向各冲击一次。

7 标志、包装、运输和储存

7.1 标志

每台四极同极性混合磁轴承应有铭牌标志，铭牌标志的字迹图形应清楚无误，并在使用期内不脱落，内容清晰可辨，铭牌位于四极同极性混合磁轴承的明显部位。

铭牌内容至少应包括：制造厂名或商标、四极同极性混合磁轴承型号、额定电压和生产日期。

7.2 包装

包装箱内四极同极性混合磁轴承应排列有序，相互间无摩擦现象，并附有产品测试报告。单元包装的四极同极性混合磁轴承应有产品合格证，包装应牢固可靠，且保证在正常储运条件下自发货日起一年内不发生受潮与损坏。

包装箱标识的文字和标志应清楚整齐，至少应包括以下内容：

a) 制造厂名称；

b) 四极同极性混合磁轴承型号及名称；

c）包装箱外形尺寸；

d）在箱外适当位置上标明“易碎物品”、“向上”、“防潮”等字样，其图形应符合 GB/T191 的规定。

出口四极同极性混合磁轴承的标志和包装由供需双方合同约定。

7.3 运输

四极同极性混合磁轴承在运输过程中应小心轻放，避免碰撞和敲击，严禁与酸碱等腐蚀物质放在一起。

7.4 储存

四极同极性混合磁轴承的储存温度为-5℃～35℃，相对湿度不大于75%，应放置在无凝露、清洁、通风良好的库房内，空气中无腐蚀性气体。

附录 A

（规范性）

基本参数

四极同极性混合磁轴承基本参数应符合表 A 的要求，特殊情况下可由产品专用技术条件规定。

表A 基本参数

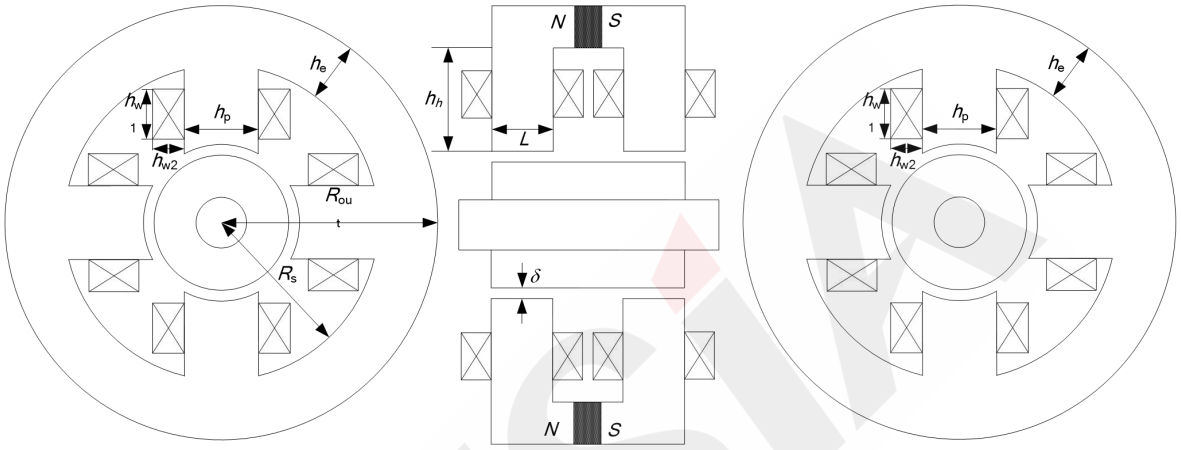
型号	定子外径 R_{out}（×10^{-3}m）	定子内径R_s（×10^{-3}m）	轴向厚度L（×10^{-3}m）	气隙长度 δ（×10^{-3}m）	气隙饱和磁密（T）	悬浮力F（N）	绕组安匝数（AT）	导线线径D（×10^{-3}m）
48QHHMB-250	48	28	20	0.6	1.2	250	150	1
118QHHMB-500	118	56	20	0.6	1.2	500	150	1
166QHHMB-750	166	94	20	0.6	1.2	750	150	1
213QHHMB-1000	213	111	20	0.6	1.2	1000	150	1
260QHHMB-1250	260	139	20	0.6	1.2	1250	150	1
307QHHMB-1500	307	167	20	0.6	1.2	1500	150	1
355QHHMB-1750	355	195	20	0.6	1.2	1750	150	1
402QHHMB-2000	402	223	20	0.6	1.2	2000	150	1

附录 B

（规范性）

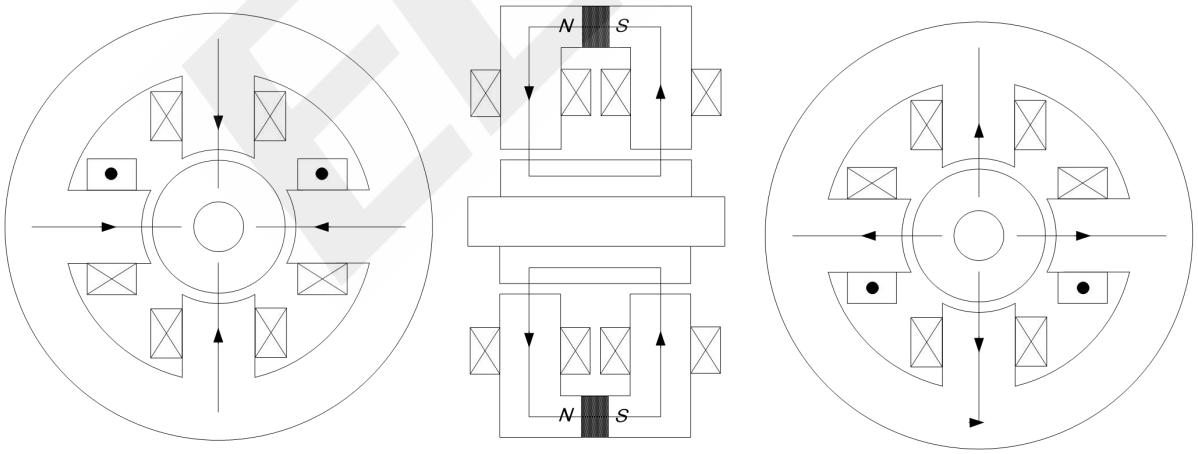
基本结构

B.1 四极同极性混合磁轴承的结构应符合图B.1的要求



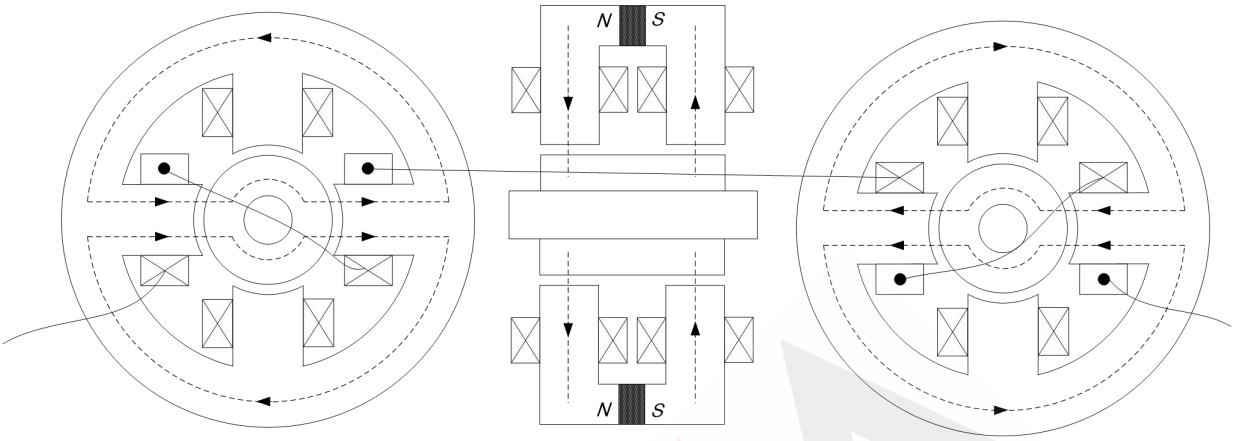
图B.1 四极同极性混合磁轴承结构图

B.2 四极同极性混合磁轴承偏置磁通的结构应符合图B.2的要求



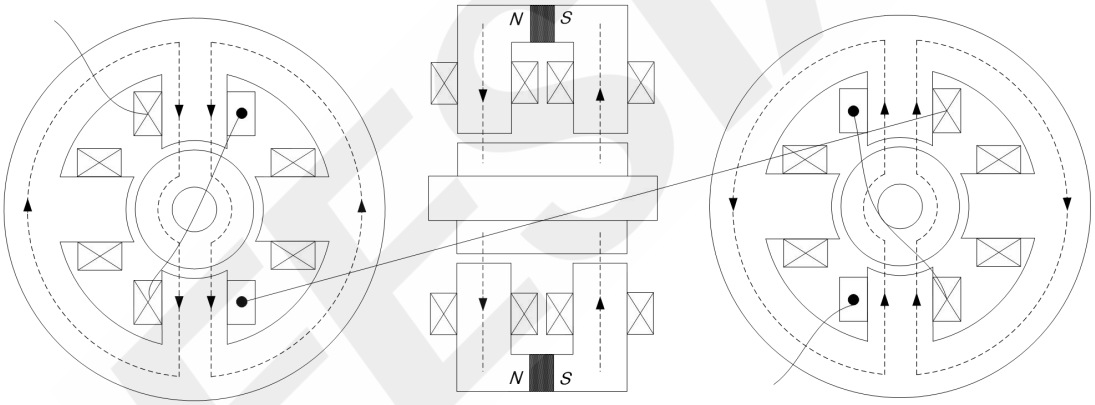
图B.2 偏置磁通图

B.3 四极同极性混合磁轴承产生X方向悬浮力的悬浮磁通的结构应符合图B.3的要求。



图B.3 产生X方向悬浮力的悬浮磁通图

B.4 四极同极性混合磁轴承产生Y方向悬浮力的悬浮磁通的结构应符合图B.4的要求。



图B.4 产生Y方向悬浮力的悬浮磁通图

附录 C

（规范性）

参数计算

C.1 选定气隙长度δ，参考范围为0.15mm～1.5mm，给定承载力需求 F，单位为：牛顿（N）。

C.2 确定气隙饱和磁密 B_s，单位为：特斯拉（T），其取值范围一般为1.2T～1.6T。

C.3 选择偏置磁密 B_g，为气隙饱和磁密的一半，单位为：特斯拉（T）。

C.4 磁极弧面积S_g

$$S_g = \frac{2\mu_0 F}{B_s^2} \tag{1}$$

μ_0为真空磁导率，单位为亨利/米（H/m）；

C.5 轴向长度 L

$$L = \frac{4S_g}{\eta \pi R_s} \tag{2}$$

R_s 为定子内径，单位为：米（m），η为极弧率。

C.6 极弧率η

$$\eta = \frac{\pi R_s - 8}{\pi R_s} \tag{3}$$

C.7 磁极面积 S_p

磁极面积 S_p 的单位为：平方米（m^2），一般按照0.5倍的 S_g 进行取值。

C.8 磁极厚度 h_p

$$h_p = \frac{S_p}{L} \tag{4}$$

单位为：米（mm）。

C.9 磁轭高 h_e

$$h_e = \frac{S_p}{L} \tag{5}$$

单位为：米（mm）。

C.10 绕组安匝数 NI

$$NI = \frac{B_g g}{2\mu_0} \tag{6}$$

N 为匝数。

C.11 根据安匝数，选择导线线径与最大悬浮电流。单根导线截面积 S_w

$$S_w = N\pi \frac{D^2}{4} \tag{7}$$

D 为所选导线的直径。

C.12 绕组取矩形排列来计算极高 NS_w

$$NS_w = h_{w1} h_{w2} \tag{8}$$

h_{w1} 为绕组高度，h_{w2} 为绕组宽度，单位为米（m），两者比值取值范围为 1.5～2.5。

C.13 磁极高度 h_h

单位为米（m），取值为（1.2～2）h_{w1}

C.14 定子外径 R_{out}

$$R_{out} = R_s + 2h_{w1} + 2h_e \tag{9}$$

单位为米（m）。

EESIA