

运行和维护手册

鼠笼异步风力发电机

2021年7月 印制

客服电话：0731-52863032

传真：0731-58596256

目 录

目 录	1
1 安全规范	3
1.1 注意.....	3
1.2 定义, 警告.....	3
1.3 安全和应用规范.....	4
1.4 报废处理方法.....	5
2 描述	6
2.1 用途.....	6
2.2 解释.....	6
3 安装/装配	10
3.1 运输, 存储.....	10
3.2 吊装.....	11
3.3 固定.....	11
3.4 连接.....	12
3.5 定子绕组连接.....	13
3.6 接地电缆连接.....	14
3.7 辅助电路连接.....	14
3.8 收尾工作.....	14
3.9 螺栓联接的拧紧扭矩.....	15
3.10 在长时间停机或存储之后检查轴承润滑.....	16
4 试车	17
4.1 准备.....	17
4.2 接通电源.....	18
5 极限温度参数	21
6 操作	22
6.1 接通电源.....	22
6.2 停机期间.....	22
7 维护	23
7.1 维护.....	23
7.2 维护时间表.....	23
7.3 常规清理和维护检查.....	24
7.4 维护轴承.....	25
8 发电机使用环境条件和技术参数.....	27
8.1 环境条件	27
8.2 技术参数	27
9 备件、质保清单	28
9.1 备件(易损易耗件)清单.....	28
9.2 质保清单.....	28
10 检查证书/工作日记	29
10.1 投运	29
10.2 售后服务工作.....	29
10.3 事故/故障	30

10.4 变更	31
10.5 检验证书	31
附件一：双馈风力发电机定子绝缘检测操作指导书.....	32
附件二：轴承润滑脂更换作业指导书.....	34
附件三：风力发电机接地碳刷装配维护手册.....	36

注意：本运行维护手册涉及的技术条款如有修改，本公司保留不另行通知用户的权利。

1 安全规范

1.1 注意

在发电机安装和试车之前请仔细阅读此运行维护手册。

运行维护手册必须小心保存。

严格遵守此手册所列出的条款。

工作日记（参见第 10 章）必须小心保存。

1.2 定义，警告

有资质的人员

依照此运行维护手册或产品上的警告，熟悉产品的安装、装配、试车和运行，并由具有相关资质的人员执行操作，例如：

- 1) 接受设备相关内容培训。
- 2) 接受设备相关安全使用方法及运行维护培训。
- 3) 急救培训。

危险



危险

表示如果不注意相关的警告**将会**导致死亡或重大的人身伤害或财产损失。

警告



警告

表示如果不注意相关的警告**可能**导致死亡或重大的人身伤害或财产损失。



警告

当电气设备处于运行状态时，这些装置将一直处于危险状态。因此如果不注意相关警告可能导致严重的人身伤害或财产损失。

只有具备相关资质的人员才能操作这些装置。操作人员必须十分熟悉所有的警告并且遵守此运行维护手册中的维护措施。

要安全无误的运行此设备除了需要小心的运行维护以外还需要正确的运输、专业的储存、安装和装配。

必须遵守国家的相关安全指导方针。

小心



小心

带三角的警告标志表示如果不注意相关的警告可能导致轻微的人身伤害。

小心

没有带三角的警告标志表示如果不注意相关的警告可能导致财产损失。

注意

注意

表示如果不注意相关的提示可能导致不良结果或情况发生。

注释

注释

是与产品有关的重要信息或运行规范中需要特别注意的部分。

1.3 安全和应用规范



危险

这些电气设备是用于工业电力的安装单元。在运行时，这些安装单元有裸露的带电部分和机械转动部分。因此，在未经允许的情况下打开盖板并进行不恰当的使用、错误的操作或不充分的维护，可能导致重大人身伤害或财产损失。

如果设备被用于非工业地区，其安装位置需有适当的装置（例如保护围栏）和标志禁止未被授权的人员接近。

必须遵守运行维护手册中的条款。

工作日记（第 10 章）必须认真记录和保存。

如果个人要为设备的安全负责，必须保证：

- ◆ 设备的基础施工，例如运输、装配、安装、试车、维护和修理工作，都将由负责的专员执行或控制。

- ◆ 装配、连接、环境和运行条件的技术资料 and 详细数据都将被严格的记录。

- ◆ 设备的特殊安装和安全防范是必须的，并且必须确保人身安全。

- ◆ 无资质的人员禁止操作或接近电机。

因此，此运行维护手册只是建议电机的常规运行由有资质的人员来操作。

注释

推荐使用由湘潭电机提供的与电机相关的技术支持和服务，如施工、装配、维修业务及备品备件。

1.4 报废处理方法

注释

此电机没有包含任何危险物质。

危险物质定义为致癌物质、诱导有机体突变的物质、有毒物质、放射性物质、水质污染物、导致全球变暖的物质、消耗臭氧层的物质等危险物质。

电机各个零部件的处理方法如下：

部 件	原 料	处理方法
轴承润滑脂	油脂	废料的处理需要特殊的监控
转轴	钢	废料回收再利用
机座/轴承座	钢板/铸钢	废料回收再利用
不带绕组的铁芯	电工钢板	废料回收再利用
绕组	铜，混合部分绝缘材料	废料回收再利用
电缆	铜，绝缘材料	废料回收再利用
导电环 接线母排/刷握	铜 黄铜	废料回收再利用
玻璃钢、塑料部件 密封垫	不同的有机原料	废料回收再利用
碳刷	石墨	废料回收再利用

2 描述

2.1 用途

该产品主要用于变速恒频风力发电机组的功率输出单元与电网直接连接，用于风力发电。其特点是高效率、长寿命和高可靠性。

2.2 解释

此电机符合以下规章制度：

额定值和性能	IEC/EN 60034-1	(GB 755-2008)
防护等级	IEC/EN 60034-5	(GB/T 4942.1-2006)
冷却方法	IEC/EN 60034-6	(GB/T 1993-1993)
结构类型分类	IEC/EN 60034-7	(GB/T 997-2008)
声压级测定	IEC/EN 60034-9	(GB/T 10069.1-2006)
振动强度测定	IEC/EN 60034-14	(GB 10068-2008)

2.2.1 定子

定子铁心是整圆硅钢片冲制，由扣片、通风槽板和压圈等零部件组成。定子冲片采用冷轧硅钢板，T4 涂层，冲片冲出扣片槽，先将冲片全部叠压后扭斜，用扣片拉紧焊牢，叠压时沿轴向分成多个叠片段，段间放置导风片，形成径向通风槽。

定子绕组为双叠绕组，相互串联的线圈间的连接采用并头套，线圈与导电环间采用银铜焊，在爬电距离不够的地方采用云母缠包。电枢绕组嵌完线、并头后，VPI 浸漆一次，普通一次，烘干、清渣后套入机座。

定子端部绑扎分别采用玻璃丝芯涤纶套管和空心涤纶套管将绕组与固定件和端箍等绑牢，后再经真空整体压力浸漆，使绕组端部具有足够的强度和刚度。导电环之间有专门的夹板相互隔离，既保证电气绝缘强度，又满足电机低电压穿越时的绕组端部受力不至损坏的要求。

2.2.2 转子

转子由转轴、转子铁心、转子导条等零部件组成。转子铁心由冷轧硅钢板冲制。

转子导条，线型为矩形铜母线 TMY。转子导条端部与转子端环焊接牢固，满足使用要求。转子焊接完后，真空浸漆一次。

整个转子要求经严格的动平衡检查，平衡块安装在铁芯压圈支架上，并点焊牢固，要求平衡精度为按 ISO1940/I 中 1.0 级。

转子两端配制接地电刷，电刷刷握配备有接地电刷磨损监控设备，可以通过辅助接线盒收集相关信号。

2.2.3 测速码盘和支架

轴伸端安装光电测速传感器支架和测速码盘。电机制造厂根据用户要求配备该装置。

2.2.4 编码器

在电机主轴的非驱动端安装了一个主轴速度传感器，通过编码器安装小轴固定，用于监控发电机转速。

重要

转轴非驱动端编码器的允许最大跳动量为：0.10mm。（电机出厂时编码器的最大跳动量为：0.05mm。）

参见制造商文件（编码器使用说明书）安装和操作编码器。

2.2.5 加热器

在发电机机座内装配了加热器，电源通过辅助接线盒连接。

加热器的连接位置、功率和电压等信息请参考电机的辅助元件接线布置图或接线标牌。

2.2.6 轴承

利用端盖将轴承室安装在机座中心。两端端盖轴承进行了绝缘处理，轴承为 SKF 深沟球轴承。一个轴承安装在 D 侧（驱动端）的轴承室内，为定位轴承。另一个轴承安装在 N 侧（非驱动端）的轴承室内，为非定位轴承，轴承轴向留有间隙，保证轴向不干涉。非定位轴承轴向预加载（采用柱形弹簧进行轴向预紧）。这一预加载提供了低噪声运行条件并具有运输锁紧的功能。定位轴承的尺寸选择适合于吸收电机自身产生的线性和轴向力（5°倾斜角，轴向磁拉力），它没有任何吸收外部导入的附加轴向载荷的设计（除联轴器的自身重量）。

两个轴承室内均有油脂甩油盘，可以从轴承室内排出多余的油脂。在轴承外盖的底部有开口和一个废油脂收集盒。

主轴轴承座的密封是由内向外的迷宫式密封，满足 IP54 防护等级。轴承外盖上配备有符合 GB1152 规定的锥形油嘴 AM 10×1，用于手动重新添加油脂，并配备有自动加油泵注油孔 M8。

2.2.7 冷却和通风

发电机采用空气—水的冷却系统。冷却方式为 IC86W，冷却器置于方形机座顶部，需外接水冷系统。

机座内焊有通风隔板，定、转子铁芯由多段带有径向通风的铁芯迭压而成，为轴—径向混合通风结构。在转子铁心中间位置设有一块隔风板，将两侧风隔开，从定、转子铁心的通风槽之间及定子绕组端部出风，形成一个两侧进风、中部出

风的循环风路。

如果没有特殊要求，冷却条件符合 GB 755 的规定。

通过发电机内部的冷空气须无腐蚀性气体和水蒸气，相对湿度最大为 95%，粉尘含量最大为 $1\text{mg}/\text{m}^3$ ， SO_2 含量最大为 $1.5\text{mg}/\text{m}^3$ ，盐雾环境条件下建议在机舱中配备盐雾过滤器。

2.2.8 监控设备

发电机装备了以下监控装置：

- 9 个绕组 Pt100 测温元件（铂， 0°C 时 100 欧，每相 3 个，3 相为 1 组，共 2 组，1 组接入监控，另 1 组备用）
- 每个轴承有 2 个双支 Pt100 测温元件（铂， 0°C 时 100 欧，1 个接入监控，另 1 个备用）
- 冷却器装有 3 个 Pt100 测温元件（进、出风口各 1 个）
- 定子出线盒装有 1 个 Pt100 测温元件（铂， 0°C 时 100 欧）
- 轴伸端接地电刷磨损监控（无源开关信号，常闭正常，断开报警）
- 润滑油泵故障监控（无源开关信号，常闭正常，断开报警）

注：润滑油泵、PTC160 热敏电阻由电机制造厂根据用户要求配备。

2.2.9 润滑油泵

轴承润滑采用 P5X2-1XBF（LINCOLN 林肯）或同类型润滑系统，容量 2L，工作电压 24VDC，带故障报警信号。

电机制造厂根据用户要求配备该装置。

参见附上的制造商文件安装和操作这个装置。

2.2.10 定子避雷器

定子避雷器安装在定子出线盒内，每相通过低电阻连接到接地电位。

电机制造厂根据用户要求配备该装置。

2.2.11 电气连接

2.2.11.1 定子连接

定子绕组各相引出线接头（U、V、W）引至定子接线盒内。

2.2.11.2 保护和接地电缆的连接

电机装配了以下保护和接地连接：

◆ 定子出线盒内设接地点，配套提供联接螺栓（辅助接线盒例外）。所有连接点均带有保护或接地电缆标志。

◆ 电机接地点需可靠接地，其测量接地电阻应小于 1Ω 。

电机制造厂根据用户要求在其它位置配备接地点。

2.2.11.3 加热器的连接

加热器的电源接头位于辅助接线盒内。

2.2.11.4 冷却器的连接

冷却器各电缆线接头连接在辅助接线盒内。

2.2.11.5 自动加油泵的连接

加油泵电源线接头连接在辅助接线盒内。

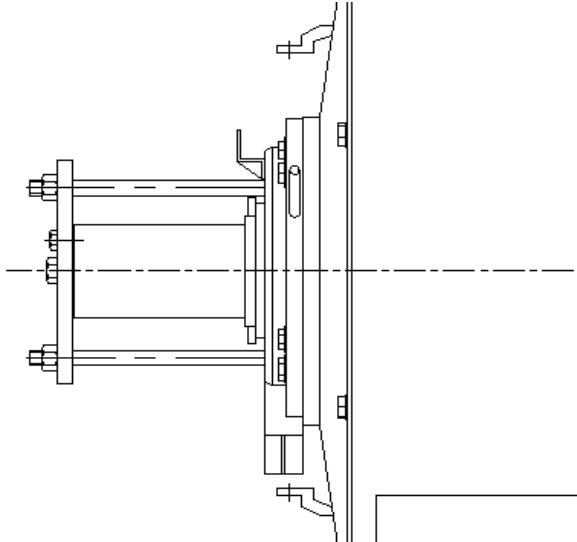
2.2.11.6 监控设备的连接

各测温元件信号线、电刷监控的微型开关动作信号线、自动加油泵报警信号线和避雷器信号线均连接到辅助接线盒内。

3 安装/装配

3.1 运输, 存储

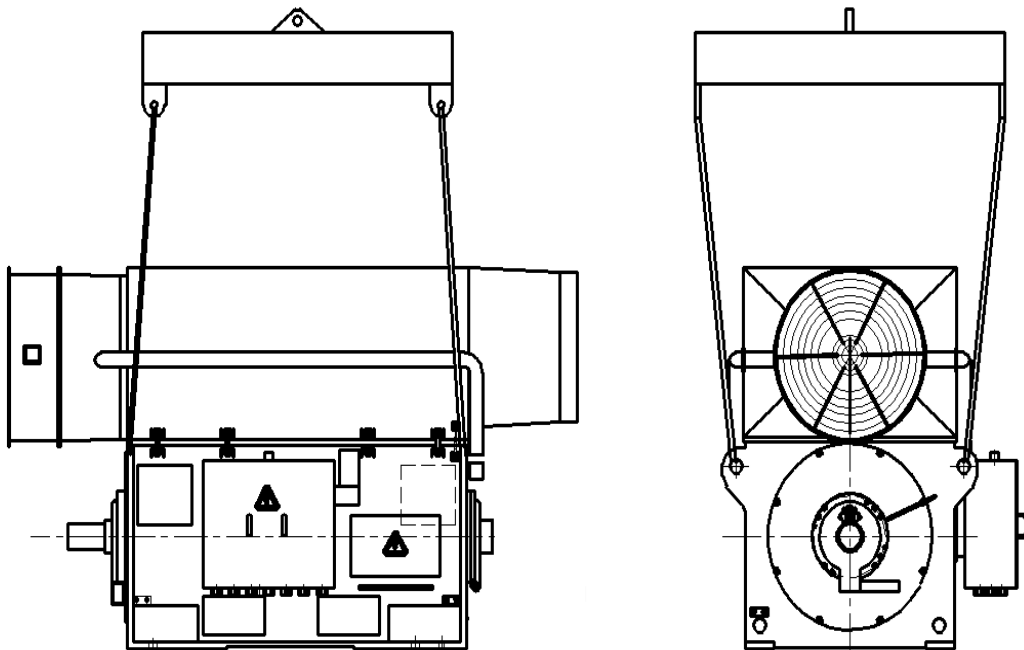
发电机运输过程中（包括整机装配完成后运输至风场），转子轴伸端应使用刚性装置固定，防止转子轴向窜动损伤轴承。



危险

发电机机座提供了用于装卸与运输的吊装孔。一定要使用一个带 4 个可调节载荷吊点的吊具（表现为一个支架连到发电机上）。重量参见发电机铭牌或外形图。冷却器上吊装孔只能用于吊装冷却器。

注：下图仅为吊装位置示意图，具体产品外观以外形图为准。



3.1.1 运输后的检查

目测检查发电机运输后任何潜在的损伤。

立即修理较小的损伤，如局部补做油漆。

电机开箱后应及时安装，否则一定要做好安全的存储措施。

3.1.2 存储防范

电机、机械部件或备件应该存储在防风雨、干燥、温度适宜和无振动的房间内。好的存储条件有利于以后的调试和维护。

房间内要保持适当的温度，避免在电机部件上凝结水珠。

发电机长期存储（六个月），应特别注意防止轴承腐蚀、失油、静振，存储期间应定期将转子转动一下（防止静振，应每星期将转子转动 1/4 周）。

防腐蚀保护：

- ◆ 所有的机械部件在存储之前都要做防腐蚀保护。
- ◆ 发电机转子轴伸端及机座四个底脚面清理干净，涂防锈油，粘贴电话纸。
- ◆ 发电机使用厚度不小于 0.18mm 的聚氯乙烯袋或覆膜金属箔袋封装。
- ◆ 油脂层一年之后要重新涂抹，因为到此时其保护效果已经减弱。
- ◆ 所有存储的部件需要定期检查。
- ◆ 只有在装电机的时候才能清除相关位置的防腐蚀保护介质。
- ◆ 使用无腐蚀性溶剂来清除防腐蚀保护介质。

3.2 吊装

小心

电机运行期间部分在机座上装配的电缆或安装的其它元件可能是高温的。

遵守电机文件资料和电机外壳上固定铭牌中规定的技术数据。

发电机在制造厂家的车间内已经进行了防腐蚀保护。这些防腐蚀保护只有电机开始安装和组装时才能被清除。

此外，遵守以下规定：

联轴器

电机适合使用直接弹性联轴器。联轴器应该是动态平衡的。不得使用产生或者传输额外载荷的联轴器（除技术规范中规定的额外载荷）。

噪声

在任何安装的工作场地评估噪声等级，必须考虑三相交流电机在标称载荷下运行时会产生超过 70dB（A）的噪声（A 级声压级）。

3.3 固定

稳定的基础、准确找平的机身和平衡良好的转子能产生一个平稳低振动的运行状态。

电机固定在 4 个带有地脚螺栓的固定基础上。也可以将电机安置在抗扭的底座上。电机底部安装面与支撑平面的允许偏差 $\leq 0.2\text{mm}$ 。安装在减震器上时，应该执行减震器制造厂家说明书的规定。

为了安全的固定和传输驱动扭矩，应该使用符合 ISO 898-1 规定的推荐强度等级的固定螺栓，例如 10.9 级。

3.4 连接



警告

当使用任何化学清洗剂时必须遵守相关的安全数据清单上的警告与规范。所有的化学溶剂都必须与各部件兼容，特别是塑胶部件。

为了确保电机正确的连接和安全的固定，必须具有与操作程序相关的详细的专业知识。其中包括：

- ◆ 基础的准备。
- ◆ 选择和装配联轴器。
- ◆ 测量实际运行时的径向跳动和轴向偏差。
- ◆ 轴向和水平定位。

如果对于这个工作有任何一项活动和工序是未知的，建议与本公司的服务中心联系，取得支持。

3.4.1 基础配置

- ◆ 安装工人必须确保当地运行条件符合电机的保护等级要求。
- ◆ 安装平面的允许偏差 $\leq 0.2\text{mm}$ 。
- ◆ 安装操作人员按照外形图的规定确定基础尺寸。
- ◆ 在设计电缆管道的时候要考虑电缆的弯曲半径和接头标高。

3.4.2 装配联轴器

- ◆ 确定联轴器安装侧的膨胀温度，检查轴颈和联轴器孔的尺寸和形状。
- ◆ 使用汽油将主轴上的防腐蚀蜡膜或防锈油清除。
- ◆ 使用石油溶剂油和溶剂石脑油清理所有的配合表面。
- ◆ 快速准确对中地将联轴器对轮安装到主轴上。
- ◆ 避免所有的冲击和碰撞，确保轴承不被损坏。
- ◆ 遵守联轴器制造厂商的使用说明书的规定。
- ◆ 确保联轴器对轮能被拆卸。
- ◆ 拆卸联轴器对轮需要使用合适的装置。

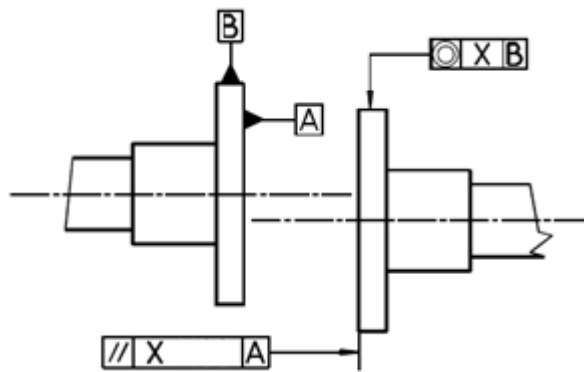
3.4.3 找中要求

- ◆ 必须的测量工具：千分表，千分表支架，激光对准工具。
- ◆ 利用调节螺母使电机找平。
- ◆ 通过轴向和径向对准，同时拧紧地脚螺栓。
- ◆ 使用千分表或激光对准工具检查（整圈）。
- ◆ 以同时旋转 $4 \times 90^\circ$ 的增量取得测量值。
- ◆ 计算每个测量点的所有实测值的平均值，比较平均值。

发电机和电机转轴中心的偏移量和联轴器端面平行度偏差不能超过以下值：

转速 (rpm)	x (mm)
<1800	0.05

联轴器同轴度偏差和表面平行度偏差。



弹性联轴器也需要精确找中。适宜的偏差将延长联轴器及发电机的使用寿命。

遵守联轴器制造商的规范和采取以下预防措施：

- ◆ 交叉的紧固地脚螺栓。
- ◆ 注意不得变形。
- ◆ 利用塞规检查发电机底脚是否已经用螺栓无间隙的固定在基础板上。

3.5 定子绕组连接

- ◆ 由专业人员装配电缆连接点（接线盒）安装侧电缆。
- ◆ 保证使用符合标称电流容量和有确定编号的合适的电缆接头，以规定的顺序进行电缆敷设、电缆穿墙和电缆连接。
 - ◆ 允许的最大电缆外径参见电缆密封套规定的尺寸。
 - ◆ 在裸露带电元件之间按照标称电压要求保证最小爬电距离。
 - ◆ 确保所有电缆都有序排列，避免混乱、短路和产生电弧。
 - ◆ 按照防护等级的要求密封电缆接入口，锁紧电缆密封套。

- ◆ 确保使用了正确的端子标记、电路连接，良好的接触和紧密的螺纹连接。
- ◆ 依照图纸设计的规定，发电机所标记的旋转方向相序是 K、L、M 连接到 U、V、W，而反向旋转的相序是 K、L、M 连接到 V、U、W。
- ◆ 旋转方向的指示参见指示牌或检验证书。

劳动保护

所有控制电路的连接不属于运行电路，并带有终端保护或接地电缆。这些元件的保护或接地电缆的电阻最大不超过 0.1 欧姆。在修理工作期间应特别注意。所有的装配、连接和安装工作只有由受过培训的人员依照相关规定和标准来完成。

3.6 接地电缆连接

◆ 依照国家相关标准进行外部接地电缆和电缆连接点（接线盒）的接地和保护电缆的连接。

- ◆ 在安装场地应该遵守设备运行使用说明书的规定。

电机部件的接地导线应符合安装的相关标准，例如符合 IEC / EN 60204-1，对于横截面积超过 35mm^2 的功率传递主电缆，其接地导线截面积至少是主电缆的 50%。

在连接电缆时必须确保：

保证电缆末端合适的接触面积和使用合适的防腐保护，例如无酸石蜡油膏。

- ◆ 接地联接螺栓紧固到位。

3.7 辅助电路连接

◆ 确保辅助接线盒内温度传感器、加热器、冷却器风机、自动加油泵、避雷器和电刷监控等连接电缆的正确连接。

◆ 电缆通过电缆密封填料函管道接入，电缆接入出线盒内紧固后，电缆密封填料函应锁紧到位。

辅助电路的详细信息参见接线盒盖板内侧的端子配置、接线标牌和电机随机文件资料。

所有端子适合的电缆截面积是 2.5mm^2 。

选择连接电缆需要考虑配线电流容量和设备条件。（例如环境温度、电缆敷设类型等）。

3.8 收尾工作

在关闭接线盒之前，请检查：

- ◆ 电缆连接符合接线盒上的端子配置。
- ◆ 接线盒内清理干净并且没有多余的线头。
- ◆ 所有的电缆螺纹连接保持紧固并注意相配的保护等级、电缆敷设类型、

容许的电缆截面积等，并且是按照相关规定安装的。

- ◆ 连接电缆自由排列，电缆表面没有损伤。
- ◆ 所有自由接入都被塞紧，所有塞子都用螺丝紧固（只有使用工具才能松开）。
- ◆ 接线盒所有的密封和封接面都整齐有序。发电机各出线盒盖板开启一次，原则上需更换盖板下橡皮密封垫后再重新安装盖板；也可根据橡皮密封垫的完好情况选择是否更换。
- ◆ 所有安装螺栓都需紧固。
- ◆ 各出线盒盖板安装关闭后，电机转子轴伸端裸露部分清理干净，涂防锈油。

3.9 螺栓联接的拧紧扭矩

生产和试验扭矩 无润滑螺栓连接								
尺寸	螺栓连接 铜/黄铜		强度4.6和5.6或 铜、黄铜、铝、 灰铸铁螺栓		强度8.8 —无锁定 —导体棒和电 缆插座锁定		强度8.8 —锁定	
	生产 [Nm]	试验 [Nm]	生产 [Nm]	试验 [Nm]	生产 [Nm]	试验 [Nm]	生产 [Nm]	试验 [Nm]
M4	1.0	0.7	1.4	1.0	3.0	2.6	3.3	2.8
M5	2.0	1.4	2.7	1.9	5.9	5.0	6.7	5.7
M6	3.5	2.5	4.6	3.2	10	8.5	11.5	9.8
M8	8.4	5.9	11	7.7	25	21.3	27	23.0
M10	13.2	9.2	17.1	12.0	38.1	32.4	54	45.9
M12	22.6	15.8	30.3	21.2	66.1	56.2	92	78.2
M14	-	-	48.2	33.7	105	89.3	145	123.3
M16	55.2	38.6	73.9	51.7	163	138.6	225	191.3
M18	-	-	101	70.7	233	198.0	320	272
M20	107	74.9	143	100.1	331	281.4	460	391
M22	-	-	194	136	451	383	620	527
M24	183	128	245	172	568	483	790	672
M27	-	-	366	256	856	728	1160	986
M30	369	258	494	346	1130	961	1550	1320
M33	502	385	673	471	1560	1330	-	-
M36	840	588	1120	784	2020	1720	-	-
M39	-	-	1380	966	2640	2240	-	-
M42	-	-	1370	959	3230	2750	-	-
M45	-	-	1700	1190	3990	3390	-	-

M48	-	-	2050	1440	4860	4130	-	-
M52	-	-	2630	1840	6200	5270	-	-
M56	-	-	3280	2300	7750	6590	-	-
M64	-	-	4890	3420	11600	9860	-	-
M68	-	-	5890	4120	13800	11700	-	-

3.10 在长时间停机或存储之后检查轴承润滑

在常温环境下（-40℃到+60℃）停机状态的润滑油脂有效期是一年。快到有效期的时候，需要观察油脂的情况（要拆除轴承外盖）。检查油脂的浓度和油脂是否分解，颜色是否变深。若润滑油脂未变质，简单的添加油脂即可。若润滑油脂已变质，需清除原油脂，再重新添加新油脂。

4 试车

4.1 准备



警告

确定所有的盖板都已经盖好，避免在电机运行的时候接触到带电的、转动的部件或通风、冷却装置。

任何电机的偏差（功率消耗增加、较高的温度或振动、异常的噪声和气味、安全装置的激活等）都表明正常的功能受到影响。为了避免主机烧毁可能导致的直接或间接的人员伤亡或财产损失。在发现异常情况的时候立即通知负责维护的人员。如果有任何怀疑关系到相关安全规则的需立即切断电机的电源。

4.1.1 检查绝缘电阻



警告

在测量期间和其后较短的时间内端子均可能带有危险电压，不得接触。

如主电缆已接好，需确保主电缆开关不会被合闸。

在经过长期的存储或停机之后的第一次试车之前要检查电阻值，其电阻值可能受到进入的湿气、不利的运输、存储和安装条件的影响而降低到最小可接受的绝缘电阻值之下。

只有专业人员才能执行测量工作。

使用1000V的绝缘电阻测试仪亦叫摇表。

◆ 最小可接受的绝缘电阻值： R_{is}

使用标称电压 U_N (kV) 和绕组温度来测量 R_{is} 。只测其对机座的绝缘电阻，链式测量。

绕组	最低绝缘电阻 (MΩ)
热态 (大约75°C)	$R_{isw} = 1 \times U_N$ (kV)
冷态 (大约20°C)	$R_{isk} = 15 \times U_N$ (kV)

R_{isw} = 热态最低绝缘电阻

R_{isk} = 冷态最低绝缘电阻

◆ 评估检查测量值

如果达不到最低值时，电机将不能运行；必须烘干绕组。

◆ 评估湿度

为了能测量湿度，本公司建议查出吸收比N。

它由以下比例产生

$$N = \frac{R_{is} \text{ 60s}}{R_{is} \text{ 15s}} \quad \begin{array}{l} \text{(60s测量值)} \\ \text{(15s测量值)} \end{array}$$

在绕组干燥的情况下 $N \geq 1.3$ 。

如果 $N < 1.3$ 将考虑执行烘干并测量最小绝缘电阻值。

具体操作过程可参附件一：《双馈风力发电机定转子绝缘检测操作指导书》。

4.1.2 绕组绝缘烘干

只有在检查绝缘电阻过低的情况下才需要烘干绕组。

适当的烘干程序取决于安装场地可供使用的设施。

只有专业人员才能执行该项工作。

◆ 热空气烘干

- 使用任何可用到的空气加热装置
- 每20分钟旋转转子1/4圈以达到均匀升温

◆ 气流通风吹干

- 如果可能，安排排气口与进气口对角相对
- 从两侧打开任何封闭电机的部件
- 这种类型的烘干方法特别适用于表面潮湿

◆ 通电烘干

- 连接低DC或AC电压
- 调整电流值，保持绕组温度低于75℃
- 输入端可任意选择，如端子U
- 输出端，如端子V或W
- 每小时改变一次端子连接以达到均匀加热
- 将入气口和出气口对角排列
- 尽量安排出气口在顶部
- 强制通风，排出湿气
- 这种烘干方式用于十分潮湿的绕组（I 值大概 1 MΩ）

◆ 使用加热器烘干

- 使用电机机座内的加热器通电加热
- 打开电机，排除湿气
- 监控电机，保证其内部正确的温度分布

烘干条件

- ◆ 保证缓慢和稳定开始所有的干燥作业。
- ◆ 最大烘干温度为75℃。
- ◆ 持续烘干，直到绝缘电阻显著增加并达到最小值。如需保存，需要更高的电阻值。
- ◆ 每小时测量绝缘电阻一次。
- ◆ 持续记录测量值。
- ◆ 利用适当的温度计检查局部升温。
- ◆ 确保湿气能够排出。
- ◆ 当电机干燥之后恢复运行状态。

4.1.3 收尾工作

- ◆ 检查集油器的位置是否适当。
- ◆ 检查空气口的过滤网是否被清理，检查运行条件。
- ◆ 常规：
 - 检查装配螺栓是否连接可靠。
 - 检查端子。检查布线是否正确，清理接线盒，紧固电缆螺栓。检查旋转方向。检查螺纹连接电缆是否正确接触。检查电缆接头是否符合要求。
 - 比较电机相关的电气安装数据。与电机铭牌上的信息进行比较。
 - 清洁安装场地。从电机区域移除所有吊装和辅助工具。
 - 检查联轴节盖板是否正确排列。
 - 检查接线盒、可拆板和风管的密封件是否正确。
 - 检查接地电刷刷握是否正确。

注释

以上给出的清单仅作参考并没有限制。可能需要其他的检查，具体检查取决于有关设施的具体情况。

4.2 接通电源

在首次运行之前执行功能测试。

- ◆ 检查旋转方向
- ◆ 空载运行：
 - 在联轴器耦合和发电机空载的情况下进行空载运行。
 - 检查：轴承温度、轴承噪声、振动测试。

- 时间：为了得到可靠的检查结果，应该等到轴承温度达到稳定状态。
- ◆ 带载运行：
 - 在无故障空载运行之后进行带载运行。
 - 在运行条件下进行长时间的带载运行，例如72小时试车试验。
 - 负荷电流条件参照发电机铭牌技术参数。

5 极限温度参数

以下极限温度参数：

机械部件	温度等级	报警温度	停机温度
定子绕组	H设计，F考核	140℃	145℃
轴承	-	95℃	100℃
轴承温度变化率	每分钟轴承温度变化超过5℃属于异常现象，应停机检查。		

使用ETD法(铂热电阻)测量绕组温度。

如未超出极限温度但异于其它同类型电机时，立即通知负责维护的人员。

6 操作



警告

在运行期间确保所有的用于防止接触发电机带电或转动部件、通风冷却装置的盖板都被盖好。严禁手指伸入冷却器防护网罩内。

只有在停机、绝缘的情况下才能执行这项工作。如接地电刷故障，旋转零件、轴承点和喷油嘴可能带有危险电压。

6.1 接通电源

如果可能，空载启动电机，检查运行是否平稳。

如电机运行平稳，则接入负荷并检查轴承和定子绕组的温度。

6.2 停机期间

电机停机间必须防风雨。好的存储条件有利于以后的使用和维护。空间内要保持适当的温度，避免在电机部件上凝结水珠。

除非电机在10天内重新运行，否则电机的停机期间必须安排有效的防护。

发电机长期停机（六个月），应特别注意防止轴承腐蚀、失油、静振，停机期间应定期将转子转动一下（防止静振，应每星期将转子转动 1/4 周）。

防腐蚀保护：

所有电机部件在长期停机之前都要进行防腐蚀保护。

◆ 任何无防护的位置（主要是电机轴伸、底脚安装面、接地处安装面）都必须使用防腐蚀的清漆或防腐蚀的油脂或蜡保护。

◆ 任何受保护的部件或位置都用油纸、塑料薄膜或类似物品密封保护。

◆ 油脂薄膜每年要更换一次，因为其防腐作用到有效期。

◆ 只有在电机重新使用前才能清除防腐蚀保护。

◆ 使用溶剂清除防腐蚀保护薄膜。

7 维护

7.1 维护



警告

在对电机开始任何工作之前，确保电机依照规定与主电路分离。除此之外，还应该确保主电路与附加的辅助电路分离，特别是加热系统。

注意！一些电机部件可能很烫！

在使用压缩空气进行清理工作时，使用个人防护设备（护目镜、空气过滤器等）并注意采取合适的通风措施。

如果要使用化学制剂清理时必须遵守相关警告和使用说明书中的相关安全事项。化学制剂必须与零部件，特别是塑胶制品兼容。

注释

由于运行条件可能有很大差别，制造商只能指出普通的无故障运行周期。

电机日常维护很重要，不维护情况下长时间运行会给整个电机系统积累很多故障因素。电机最基本的维护工作如下：

- ◆ 维护轴承，包括润滑。
- ◆ 清理电机及其附件（包括冷却器）。
- ◆ 检查连接螺栓的拧紧防松标识（第3.9章节）。
- ◆ 做维护工作记录（第10章）。

电机维护工作由通过培训的专业人员进行，在绕组或者引接电缆线接头导致的高温区域，作警示标志。

7.2 维护时间表

部件	每六个月	每年	特殊安排	章节
发电机、冷却器，总体	一检查所有可见的紧固螺栓 一外部表面清洁 一检查绝缘电阻			3.9 7.3 4.1.1
轴承			一按照7.4章节的周期重新添	7.4

			加润滑脂 —运行2年后, 清理润滑脂	
接线盒电缆连接		—清洁连接点 —检查接头		7.3
冷却器电机	—检查运转情况			7.3
连接软管	—外观检查			7.3
油漆和接地块 防锈油涂层		—检查表面油漆 —清洁接地块正面, 重新涂防锈油		7.3
电机接地		—检查电机接地点需可靠接地		2.2.11.2
接地环	—检查接地环及接地碳刷情况			7.3

如当地的运行环境特殊, 电机某些部件可能需要缩短维护周期。

7.3 常规清理和维护检查

清理:

使用工业吸尘器彻底清洁, 并配合使用刷子或无绒布擦拭, 提高清理效果。

检查:

检查所有可见螺栓(钉)的联接紧固情况, 以及电机对中和电机振动情况。

具体如下:

- ◆ 每6个月对发电机(包括冷却器)外表面清理灰尘、油污等异物。
- ◆ 每6个月对电机转子轴伸端裸露部分清理、涂防锈油。
- ◆ 每6个月对电机上可见的联接螺栓(钉)进行检查, 若发现松动现象需重新紧固到位。
- ◆ 每6个月对电机转子轴伸端与联轴器的对中情况进行检测, 若发现偏差超差需重新对中。
- ◆ 每6个月(或更短时间周期)对电机的振动情况进行检测。
- ◆ 每6个月对冷却器电机检查, 是否运转应轻快、平稳, 无异常声响。
- ◆ 每6个月对冷却器电机安装螺栓进行检查, 应无松动现象。
- ◆ 每6个月对电机(包括冷却器)外部布线连接软管进行检查, 应无松脱和电缆线外露现象。
- ◆ 每年对定子接线盒、辅助接线盒内各电缆接头进行检查, 确保无松动、无发热烧蚀现象; 如接头位置有污物, 需清理干净。
- ◆ 每年对电机(包括冷却器)外表油漆检查, 应无油漆脱落和锈蚀现象, 否则须先清理后再补做油漆。

◆ 每年对机座、冷却器、定子接线盒上各接地块（位置）清理，重新涂防锈油。

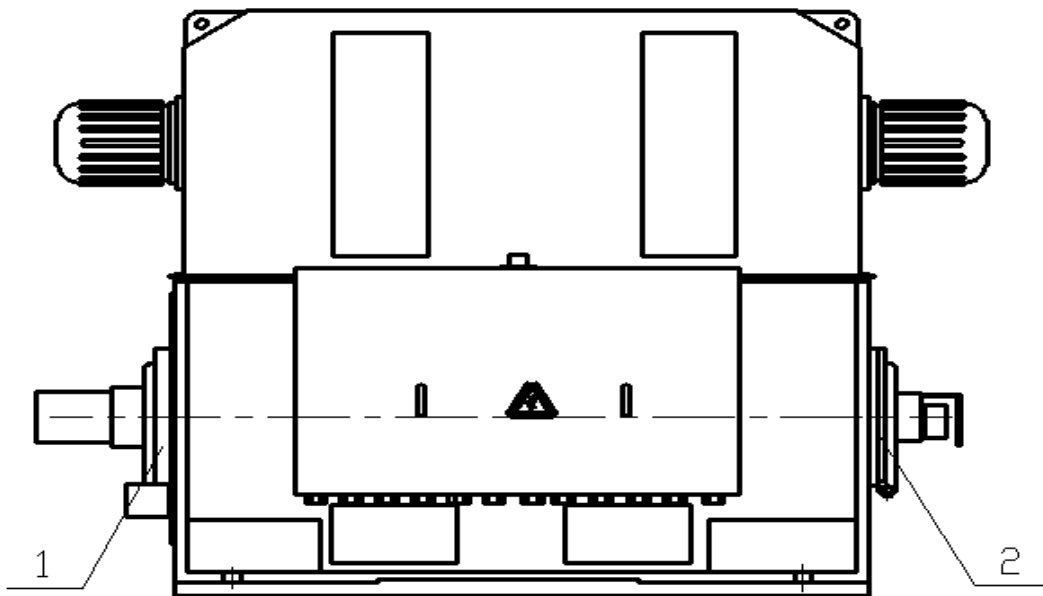
◆ 每6个月检查接地碳刷及接地环情况，如接地环上有污渍需及时清理干净，测量接地碳刷和接地环连接电阻应小于 0.5Ω 。

7.4 维护轴承

7.4.1 补充润滑脂

注意

为保证轴承正常运转，应按正常的时间间隔补充润滑脂，并在电机空转（风力驱动的自转方式）的情况下进行。



注：上图仅为补充润滑脂位置示意图，具体产品外观以外形图为准。

补充润滑脂周期：

◆ 调试运行前手动第一次补充润滑脂： $2 \times 100\text{g}$ 。

润滑脂类型：

◆ Klueber BEM41-141或其他牌号润滑脂。

新采购的润滑脂必须在仓库中存放至少6周时间，完全消除“凝胶收缩”影响。润滑脂必须保持干净，恒温存放。

使用其他牌号的润滑脂：

◆ 如果没有上述要求牌号的润滑脂，原则上不允许使用其他牌号的润滑脂，除非充分验证了两种润滑脂安全兼容，并咨询电机制造厂取得同意，才能使用，否则必须全部更换原润滑脂，包括所有的润滑位置。

补充润滑脂量：

◆ 驱动端润滑脂（位置1）：第一次调试运行前手动补充100g；后续电机运行中由自动加油泵供油，自动注油周期4小时，每次注油0.6ml。

◆ 非驱动端润滑脂（位置2）：第一次调试运行前手动补充100g；后续电机运行中由自动加油泵供油，自动注油周期4小时，每次注油0.6ml。

◆ 在补充润滑脂时不要超过规定的润滑脂量，以免润滑脂进入电机其他位置造成不利影响。

工具：

◆ 油脂枪，配套油嘴外端螺纹M10×1用于手动注油管添加润滑脂；配套油嘴外端螺纹M8用于自动加油泵内添加润滑脂。

补充润滑脂：

◆ 使用油脂枪通过手动注油管补充润滑脂。

◆ 使用油脂枪通过自动加油泵油嘴向泵体油箱内补充润滑脂。

◆ 补充润滑脂后需及时清除收集盒的废油脂。

电机安装了自动加油泵（润滑系统），自动加油泵需保持供电，其按设定参数定时、定量补充润滑脂。当观察到加油泵泵体油箱内润滑脂量接近油箱底部或加油泵发出低油位报警信号时，需及时向加油泵泵体油箱内补充润滑脂。当电机停机时，应同时断开自动加油泵电源。

7.4.2 维护轴承，清理润滑脂

发电机每运行2年，需对轴承运行的温升、振动情况进行检测，应正常，并检查轴承运行响声，应轻快、平稳无异响；否则需使用专业仪器检查轴承运行及磨损状况，并打开轴承盖清理轴承室内废油脂。

7.4.3 更换润滑脂

电机出现下列情况之一时应更换润滑脂：1) 长时间停机6个月；2) 存放1年以上；3) 运行过程中出现轴承温度高或运行3年之后；4) 更换轴承；5) 使用不兼容的新牌号润滑脂。

更换润滑脂操作可参照附件二：《轴承润滑脂更换作业指导书》

8 发电机使用环境条件和技术参数

8.1 环境条件

- 海拔高度：≤3000m；
- 存储环境温度：-30℃~+50℃；
- 运行环境温度：-40℃~+70℃；
- 湿度范围：0~95%（运行时）；
- 潮湿程度：凝露；
- 沙尘暴风险：有；
- 结冰风险：有。

8.2 技术参数

发电机型号	SKY4800-4
发电机名称	鼠笼异步风力发电机
标称额定功率	5100kW
运行工作制	S1
电机极数	4
定子额定电压	690V
定子额定电流	4595A
标称频率	54.43Hz
标称转速	1640rpm
转速范围	980-1886rpm
旋转方向	逆时针（从轴伸端看）
安装形式	IMB3
电机防护等级	IP 54
功率因素	≥0.9
额定效率	≥97%
定子连接形式	△
绝缘等级/温升限值	H / F
冷却类型	IC86W（空气—水热交换）
总重量	≤12000kg

9 备件、质保清单

为了保证您快速、安全的订购备品备件，恳请告知发电机铭牌上的准确数据和序列号，这些数据也可见检验证书。

9.1 备件（易损易耗件）清单

序号	名称	型号	备注
1	冷却器风机	9.2kW, 4 极, B5	
2	冷却器	GDSL4.8-400V	
3	接地碳刷	伸端接地碳刷：RS93/EH7U/ MA1147 12.5X25×64 非伸端接地碳刷：RS93/EH7U/ MA1147 12.5X25×64	
4	编码器	莱纳林德 861-900142-2048	
5	轴承	6338M/C4 (SKF)	
6	轴承测温元件	PT100 (WZP2M-201-M)	
7	定子出线盒测温元件	PT100 (WZP-200)	
8	加热器	500W/230V	
9	自动润滑泵	P5X2-1XBF (2L)	

注：上述备件（易损易耗件）清单不包含在发电机供货范围内，如需要请用户另行订购。

9.2 质保清单

序号	名称	质保期	备注
1	轴承	3年	
2	编码器	2年	
3	冷却器风机	2年	
4	轴承测温铂热电阻Pt100	2年	
5	冷却器铂热电阻Pt100	2年	
6	定子出线盒Pt100	2年	
7	加热器	2年	
8	自动润滑泵	2年	

10 检查证书/工作日记

请先在以下空格中填写序列号。你可以在电机铭牌上找到它。

序列号	
-----	--

10.1 投运

日期	工作项目	姓名/签字

10.2 售后服务工作

日期	工作项目	姓名/签字

10.4 变更

日期	工作项目/目的	姓名/签字

10.5 检验证书

请将检验证书附在后面。

附件一：

双馈风力发电机定子绝缘检测操作指导书

发电机在投运前或长期停机重新运行前需测量定子对地绝缘电阻，其操作方法、注意事项等按下列要求进行。

1、测量工具

1000V或2500V绝缘电阻测试仪。

2、绝缘电阻测试仪的正确使用方法

绝缘电阻测试仪亦叫摇表或叫绝缘电阻测试仪，是一种简便、常用的测量高电阻的直读式仪表，可用来测量电路、电机绕组、电缆、电气设备等的绝缘电阻。兆欧表上有3个分别标有接地（E）、电路（L）、保护环（G）的接线柱，使用时不仅要接线正确，端钮拧紧，还要注意以下事项：

- 1) 测量前先将兆欧表进行一次开路 and 短路试验，检查兆欧表是否正常。具体操作为：将两连接线开路，摇动手柄指针应指在无穷大处，再把两连接线短接一下，指针应指在零处
- 2) 被测设备必须与其他电源断开，测量完毕一定要将被测设备充分放电（约需2-3分钟），以保护设备及人身安全。
- 3) 兆欧表与被测设备之间应使用单股线分开单独连接，并保持线路表面清洁干燥，避免因线与线之间绝缘不良引起误差。
- 4) 摇测时，将兆欧表置于水平位置，摇把转动时其端钮间不许短路。
- 5) 摇动手柄时，应由慢渐快，均匀加速到120r / min，并注意防止触电。摇动过程中，当出现指针已指零时，就不能再继续摇动，以防表内线圈发热损坏。
- 6) 应视被测设备电压等级的不同选用合适的绝缘电阻测试仪。
- 7) 禁止在雷电天气或在邻近有带高压导体的设备处使用兆欧表测量。

3、准备工作

- 1) 拆开发电机盖板。
- 2) 如发电机导电排上连接有电缆，需断开发电机与变频器等的电缆连线，变频器对地绝缘电阻约为5M Ω ，不断开会影响发电机绝缘电阻的测量。

3) 如发电机装有定子避雷器，测量前需将避雷器与导电排连线断开或将避雷器熔丝

拆下。

4、测量中的注意事项

- 1) 测量发电机绝缘电阻时应由两人担任，测量时使用的摇表外壳必须接地；
- 2) 所用摇表完好，引线及接线端头完好安全可靠，采用1000V摇表；
- 3) 验明无电压后，确实证明被测设备上无人工作，方可进行；
- 4) 在测量中禁止他人接近被测设备及连接部分，测量用的导线应使用绝缘导线，其端部应有绝缘套；
- 5) 在测量绝缘前，必须将被测设备对地放电2-3分钟；
- 6) 在带电部分附近测量绝缘电阻时，测量人员和摇表的安放位置必须选择适当，保持安全距离，避免摇表的引线支持物触碰带电部分；
- 7) 测量时应先将绝缘导线接到接地端，再接到被测设备上，摇表必须放平，转速要均匀，每分钟120转；
- 8) 测得的数据应填入在绝缘记录簿内。
- 9) 摇测顺序：
 - * 测量绕组回路时，先将其对地放电；
 - * 接好表计的两根线，注意端头位置正确，将摇表放平稳，将L端与绕组回路一点接好，用另一端与地端作好搭接准备，两根引线不得绞在一起；
 - * 一人均匀的摇表，每分钟达120转，另一人将被测设备搭接，从此时算起15秒和60秒填记数据。
 - * 测量完毕将回路对地放电后，将表计引线拆下。
- 10) 测量后复装发电机拆下的部件。

5、发电机定子绕组冷态绝缘电阻允许值

定子冷态绝缘电阻大于等于10MΩ 为合格。如果小于10MΩ 为不合格，需要对绕组进行干燥。

附件二： 轴承润滑脂更换作业指导书

		产 品 型 号	适用湘潭电机生产的双馈风力发电 机		
作业指导书		产 品 名 称	双馈风力发电机		
名 称		轴承润滑 油脂更换	工作班组	具有操作资质作业人员	
步 骤	相关示意	操作要领及目的	质量要求	工装设备/ 辅助材料	不良操作 后 果
1、检查		检查发电机轴承有无 异响，是否报温度过 高等异常状态，若有 异常需请专业人士对 轴承进行检测			
2、停机， 断电		注意遵守机舱内各项 安全措施，确保电源 完全切断			
3、拆下废 脂盒查看 并清理里 面废油脂		我司接废脂盒主要有 两种，一种为螺旋管 状，一种为抽屉式， 拆开仔细查看排出废 油脂情况，可用手触 摸是否有颗粒物，是 否变色，如有上述情 况须进行轴承检查并 记录		内六角或 起子，白 布	用力不均 衡，螺栓 滑丝
4、清洁加 油嘴		用白布小心清理前后 端盖轴承上的加油嘴		白布	灰尘进入 污 染 油 脂

5、在发电机转速为300r/min左右，采用手动注脂枪向轴承室缓慢连续注脂		该过程中必须及时清理接废脂处油脂，防止其落入他处；若在加注过程中出现加脂不进或油脂从端盖与轴接触处溢出的情况，应拆开轴承外盖，清理其中累积的废油脂	直至观察到排出油脂颜色与质地均不再改变，与新脂状态基本一致	油脂，手动加脂枪	油脂没有完全替换干净
6、复装，检查		废脂盒清理干净，复装到位			
7、发电机恢复正常运转1~2小时，重复步骤5（2~3次）		电机或轴承须达到稳定运行状态运行一段时间			油脂未完全融合
8、换油工作完成后，观察电机轴承温升，若温升偏高，则需拆开相应轴承外盖，清理轴承外盖上多余废脂		防止换脂过程中油脂堆积在轴承外盖上，影响轴承散热		内六角、活动扳手、白布、塑料袋等	轴承温升偏高
9、发电机稳定运行一周后，执行常规再润滑程序		前两个周期适当提高再润滑频率，之后可回归至常规润滑			

注：须在轴承转动（无载荷）时进行加脂，每次须记录加脂量。如有自动加脂泵，需将泵内原有油脂替换为新油脂，并手动操作泵送油脂，直至加脂管道内全部为新换油脂；请根据具体机型进行相关操作，如有疑问请致电我司售后服务工程师。

附件三： 风力发电机接地碳刷装配维护手册

1 安装说明

1.1 碳刷安装

碳刷装入接地刷握以后需要将碳刷辫子线固定到刷握上，碳刷安装后需磨合处理，打磨碳刷表面使其与接地环更好贴合，形成良好氧化膜。具体步骤如下：

- ◆ 用砂布缠在接地环表面，插入碳刷，压下卷簧，慢慢旋转发电机转轴，打磨碳刷与接地环接触面积达到80%以上。
- ◆ 拿开砂布，将刷握导线固定在刷握上，拧紧力矩参考运行维护手册中要求或者相关国家标准。
- ◆ 装上碳刷以后，抓住碳刷导线向外拉几次，检查碳刷在弹簧力的作用下可以在刷握离顺畅滑动。注意不要拉碳刷金属柄。
- ◆ 使用压缩空气或者干净棉布、毛刷等将刷架和接地环表面清理干净。
- ◆ 碳刷装在刷盒里，用扎带把碳刷引线在引线接头开口向下30mm处扎好。

1.2 接地刷握弹簧安装

装好接地碳刷后需要将接地弹簧装入接地刷握，装配前需要检查弹簧状态完好，无松圈、变形等缺陷。具体步骤如下：

- ◆ 弹簧直立部分放入刷握滑动槽，弹簧弯曲部分与碳刷圆弧凹槽贴合。
- ◆ 向下按压弹簧，直到恒压弹簧限位卡放入刷握限位槽。



直立式接地弹簧

1.3 碳刷更换注意事项

- ◆ 必需使用从电机制造商采购的碳刷。
- ◆ 打磨碳刷接触面。
- ◆ 装上碳刷以后，检查碳刷在弹簧力的作用下可以在刷握离顺畅滑动（抓住碳刷导线向外拉几次）。注意不要拉碳刷金属柄。

2 注意事项

- ◆ 接地电刷是有方向的，如使用双拼碳刷，则需按标记碳先进入银后入，接地碳刷安装时需注意碳刷上箭头与旋转方向一致。
- ◆ 对于新安装的发电机或者刚刚更换碳刷的发电机，需要密切注意碳刷的磨损是否正常，一般建议在 1 周之内对碳刷进行复查。