

ICS 29.160.40

K52

T/CEEMA

中国电力设备管理协会标准

T/CEEMA—0201—2025

# 风力发电机组主轴承及主轴检修更换 技术规范

Technical Specification for Inspection and Repair of Main Shaft Bearing and Main  
Shaft in Wind Turbine

2025-6-12 发布

2025-6-12 实施

中国电力设备管理协会 发布

# 目 次

## 目录

目 次.....	2
前 言.....	2
风力发电机组主轴承及主轴检修更换技术规范.....	3
1 范围.....	3
2 规范性引用文件.....	3
3 术语及定义.....	4
4 塔上主轴系各零部件的要求.....	5
5 返厂维修各零部件检测和处理要求.....	7
6 返厂维修主轴系装配.....	9
7 返厂维修后的测试.....	10
8 涂漆.....	11
9 返厂维修文件.....	11
10 包装、运输、存储.....	11
11 交付和验收.....	12
附录一：风力发电机组主轴承失效阶段.....	13
附录二：风力发电机组主轴承的检查保养.....	14

## 前 言

本标准按照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》给出的规则起草。

本标准主要规范了以下内容：

风力发电机组主轴承及主轴检修更换技术规范的相关术语及定义。

风力发电机组主轴承及主轴检修更换技术规范的总体和具体要求。

本标准由中国电力设备管理协会提出，本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本标准由中国电力设备管理协会归口和解释。

本标准参编单位：斯凯孚（中国）销售有限公司、上海骋海新能源科技有限公司、华能新能源股份有限公司、华电中光新能源技术有限公司、龙源（北京）新能源工程技术有限公司、湖北能源集团新能源技术有限公司、北京航能绿电科技有限公司、青岛百恒新能源技术有限公司、哈尔滨国开能源科技有限公司、北京电设亚联科技有限公司。

本标准参编人：

薛菲，张彬，王宏亮，倪达，高飞，叶林，曾繁礼，常海东，王文，王建国，许学良，郭光华，王超，张歆璜，王森，刘继涛，肖剑，田楠，刘迪，王仕林，陈虎，付彦海。

本导则在执行中若有意见和建议，请反馈至中国电力设备管理协会标准化管理办公室，电子邮箱：[emiunted@163.com](mailto:emiunted@163.com)。

# 风力发电机组主轴承及主轴检修更换技术规范

## 1 范围

本标准规定了风机主轴系现场检查、返厂维修和验收的术语和定义、各零部件的检修要求以及检修后成品的装配、试验、外观要求等。

本标准适用于3MW及以下功率的双馈机组主轴系的检修和验收，主要包括三点支撑、两点支撑机组的主轴系。其它形式和功率的主轴系检修作业和验收也可参照本规范执行。

## 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 34524-2017 风力发电机组 主轴
- SKF 14219 轴承损坏及失效分析
- SKF 滚动轴承型录 PUB BU/P1 17000/2 ZH
- GB/T 24611-2020 滚动轴承 损伤和失效 术语、特征及原因
- GB/T 6402-2008 钢锻件超声检测方法
- DIN EN 10228-1:2016 钢锻件的无损检测 第1部分:磁粉探伤
- DIN EN 10228-3:2016 钢锻件的无损检测 第3部分:铁素体或马氏体钢锻件的超声波检验
- BS EN 12680-3:2012 铸造 超声波检测 第3部分:球墨铸铁铸件
- BS EN 1369:2012 铸造 磁粉检验
- EN ISO 12944-5:2018 色漆和清漆 防护涂料体系对钢结构的防腐保护 第5部分:防护涂料体系
- GB/T 275-1993 滚动轴承与轴和外壳的配合
- GB/T 1348-2009 球墨铸铁件
- GB/T 6060.1-2018 表面粗糙度比较样块 铸造表面
- JB/T 5000.1-2007 重型机械通用技术条件 第1部分:产品检验
- JB/T 5000.10-2007 重型机械通用技术条件 第10部分:装配
- JB/T 5000.13-2007 重型机械通用技术条件 第13部分:包装
- GB/T 4879-2016 防锈包装
- GB/T 33540.1 风力发电机组专用润滑剂
- GB/T 191 包装储运图示标志
- ISO 6194-3 旋转轴唇型密封件—储存、运输和安装
- ISO 6194-5 旋转轴唇型密封件—外观缺陷的鉴别
- RMA OS-4 径向轴密封的应用指南
- GB/T 17394(所有部分) 金属材料 里氏硬度试验
- GB/T 29796-2013 激光修复通用技术规范
- GB/T 42401-2023 激光熔覆修复 缺陷质量分级
- GB/T 9793-2012 热喷涂 金属和其他无机覆盖层 锌、铝及其合金
- GB/T 11374-2012 热喷涂涂层厚度的无损测量方法

GB/T 13288.2-2011 涂覆涂料前钢材表面处理 喷射清理后的钢材表面粗糙度特性第2部分:磨料喷射清理后钢材表面粗糙度等级的测定方法比较样块法

NB/T 31004 风力发电机组振动状态监测导则

GB/T 14412 机械振动与冲击 加速度计的机械安装

VDI3834针对0-3MW风力发电机组的总振动值标准

ISO 10816 振动监测评估标准

GB/T 19873.1 机械状态监测与诊断 振动状态监测 第1部分:总则

《德国劳氏船级社 风力发电机组认证指南2010版》(简称GL2010)

### 3 术语及定义

GB/T 16823.2、GB/T 16823.3、GB/T 38952中界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

#### 3.1 风电主轴系:

由于主传动链形式的不同,风电机组主轴系的结构方案亦有多种形式,主轴系的功能是支撑叶轮,将扭矩载荷传递给齿轮箱,而将其他载荷通过轴承座传递给机组机架等支撑结构,主轴系是风电机组传动系统的重要组成部分。

#### 3.2 主轴:

主要功能是用于支撑叶轮,并与齿轮箱连接,将扭矩载荷传递给齿轮箱,并将其他载荷传递给主轴轴承、轴承座等支撑结构。

#### 3.3 轴承座:

三点支撑机组的主轴系中用来让主轴旋转并支撑主轴轴承,将主轴轴承载荷传递给机组主机架。

#### 3.4 主轴轴承:

三点支撑机组的主轴系中用来让主轴旋转,并将主轴载荷传递给轴承座。

#### 3.5 前主轴轴承:

两点支撑机组的主轴系中组装在靠近叶轮侧,用来让主轴旋转,并将部分主轴载荷传递给前轴承座。

#### 3.6 后主轴轴承:

两点支撑机组的主轴系中组装在靠近主齿轮箱侧,用来让主轴旋转,并将部分主轴载荷传递给后轴承座。

#### 3.7 前轴承座:

两点支撑机组的主轴系中用来让主轴旋转并支撑前主轴轴承,将前主轴轴承载荷传递给机组主机架。

#### 3.8 后轴承座:

两点支撑机组的主轴系中用来让主轴旋转并支撑后主轴轴承,将后主轴轴承载荷传递给机组主机架。

#### 3.9 主轴圆螺母:

通过螺纹与主轴连接，用于定位和固定主轴轴承内圈。

### 3.10 轴套：

安装在主轴上，用于定位或固定主轴轴承内圈，并参与密封或安装密封的环形结构。

### 3.11 前端盖：

安装在轴承座叶轮侧上，用于定位主轴轴承外圈，并阻挡外部异物进入轴承座内部，同时用于安装密封。

### 3.12 后端盖：

安装在轴承座齿轮箱侧上，用于阻挡外部异物进入轴承座内部，并用于安装密封。

### 3.13 风轮锁定盘：

安装在主轴法兰面上，用于风力发电机组中在正常运行、运转及保养维护过程中可能会遇到的强风侵袭等情况，对叶轮进行自动把关及锁定保护的装置。

### 3.14 风轮锁：

安装在主轴系轴承座上，对叶轮进行自动把关及锁定保护的机械或液压装置。

### 3.15 润滑脂：

用于润滑主轴轴承的润滑剂。

### 3.16 注油嘴：

安装在轴承座上，用于注脂枪和轴承座之间起到连接作用，将润滑脂注入主轴轴承内。

### 3.17 密封：

安装在轴套和端盖之间，用于阻止润滑脂泄露，主要包括V型密封、骨架密封、夹布密封等。

### 3.18 温度传感器：

安装在轴承座上，用于测量主轴轴承外圈表面温度的仪器。

### 3.19 自动润滑系统：

安装在轴承座附近，在规定间隔内，定点提供适量润滑剂，对所需的轴承提供适量、精确的补脂。

### 3.20 主轴小端：

属于主轴本体，专门是指主轴上与齿轮箱连接的位置。

### 3.21 主轴轴承档：

属于主轴本体，专门是指主轴上安装主轴轴承的位置。

## 4 塔上主轴系各零部件的要求

### 4.1 紧固件

各位置连接紧固件无缺失、无松动、表面无锈蚀及变形，螺纹无断牙。

#### 4.2 轴承座

- a) 外观良好，无裂纹缺陷；
- b) 轴承座与主机架贴合紧密，无明显间隙；
- c) 轴承座漆层表面无锈蚀和剥落；
- d) 轴承座孔未发生椭圆、异常磨损和跑圈，功能正常。

#### 4.3 主轴

- a) 主轴表面不允许出现异常磨损、塑形变形、裂纹等；
- b) 主轴与轮毂、齿轮箱行星架贴合紧密，无明显间隙；
- c) 主轴漆层表面无锈蚀和剥落。

#### 4.4 主轴轴承

- a) 主轴承套圈滚道、滚动体无明显磨损、剥落、锈蚀；
- b) 套圈无破损断裂，滚动体无碎裂；
- c) 保持架无明显磨损、断裂；
- d) 同时轴承无异常温升及异响等现象。

#### 4.5 端盖

- a) 外观目测良好，无裂纹缺陷、变形；
- b) 端盖漆层表面无锈蚀和剥落。

#### 4.6 主轴圆螺母

- a) 外观目测良好，无裂纹缺陷、变形；
- b) 圆螺母未发生松动，与主轴轴套紧密贴合；
- c) 锁紧扣或锁紧螺钉未发生变形、松动和丢失；
- d) 螺牙无开裂、顶死。

#### 4.7 轴套

- a) 外观目测良好，无裂纹缺陷、变形；
- b) 接触式密封唇口接触位置，无明显磨损凹槽。

#### 4.8 润滑脂

- a) 润滑脂数量充足，无失效型泄露及老化板结现象。
- b) 定期对轴承内部的润滑脂进行分析，铁、油、及水等含量正常。

#### 4.9 温度

- a) 检查温度传感器是否正常。
- b) 内圈旋转轴承，外圈外表面温度应不超过70℃。

#### 4.10 风轮锁定盘

- a) 整体目测良好，无开裂、翘曲变形；
- b) 表面无大面积锈蚀、剥落；
- c) 锁定孔无严重影响锁定的变形。

#### 4.11 配套附件

- a) 密封无裂纹、唇口磨损、老化及缺失；
- b) 自动润滑系统，应定期检查润滑脂泵是否正常工作，且储油罐是否已填满润滑脂；
- c) 注脂油嘴工作正常，无丢失、堵塞、变形和破损；
- d) 温度传感器（如有）：线路和数据可靠正常；如采用PT100型铂热电阻：接线柱与PT100壳体绝缘阻值应大于 $1M\Omega$ ；各接线柱间阻值及测量方法应满足JJG229的要求。

### 5 返厂维修各零部件检测和处理要求

返厂维修单位应具备最基本的拆卸、检测和装配的车间、设备、工量具等，具有完善的生产技术规范和质量管理体系、记录分析体系。

主轴系零件拆解过程中，应尽量不破坏原有零部件，如遇轴承座、主轴圆螺母螺纹卡死等特殊情况下需采取切割等方法进行拆解时，必须进行工艺方案可行性论证并与客户进行沟通确认好方案。拆解过程中必须有完整的拆解过程记录。

主轴系拆解后，需对各零件进行全面检查，根据检查结果出具维修技术方案。维修技术方案拆卸下来的零部件经检测合格后方可继续使用，替换的新制零部件应与原零部件具备等同的适用性。

零部件检测完成后，装配过程必须按照装配工艺指导进行操作作业，装配过程需严格按照质量记录文件进行检验和记录，确保产品达到规定要求。

装配/涂漆完成后，各紧固位置划线记录，便于后续检查螺栓是否松动。

#### 5.1 紧固件

- a) 紧固件如有缺失、变形、严重锈蚀、螺纹破损等异常，应予以更换相同规格紧固件；
- b) 如紧固位置发生松动现象，应予以更换松动相关位置所有紧固件；
- c) 10.9级及以上紧固件必须更换相同规格的紧固件，不允许重复使用。

#### 5.2 主轴轴承座

- a) 检查轴承座外观，如存在掉漆、锈蚀，应予以做好表面处理后进行补漆；
- b) 检查轴承座内孔，要求：

1) 尺寸检测：内孔尺寸在原有零件规定范围内，且要求至少4个角度测量数据，尺寸相对差值不超过0.05mm；

2) 蠕蚀腐蚀和拉痕检查：内孔表面蠕蚀腐蚀和拉痕面积不得超过总面积的20%，如果面积较大超出规定值，应予以激光熔覆修复；

3) 磨损检查：内孔表面不得存在凹坑、压痕、表面裂纹等缺陷且不允许明显的跑圈痕迹，否则应予以激光熔覆修复；

4) 破损检查：内孔表面破损面积超过20%，或者深度超过5mm，应予以更换，不超过时应予以激光熔覆修复；

5) 挡肩检查：挡肩不得有明显的磨损、跑圈痕迹，最大磨损深度超过3mm时应予以更换，不超过时应予以激光熔覆修复。

- c) 轴承座安装面存在变形或异常磨损，应予以更换；

d) 轴承座内孔表面进行磁粉，表面不得存在裂纹，按照标准 BS EN 1369:2012 要求执行，符合 2 级要求；

e) 轴承座进行超声波探伤，按照标准 BS EN 12680-3:2012 要求执行，关键区域 2 级，其他区域 3 级；

f) 维修后轴承座内孔直径、中心高尺寸及对于形位公差值符合原设计规定要求；

g) 维修后内孔表面粗糙度应不大于 Ra3.2。

### 5.3 主轴

a) 检查主外观，如存在掉漆、锈蚀，做好表面处理后进行补漆；

b) 主轴进行裸露精加工表面、轴体内部进行超声波探伤，按照标准 EN 10228-3:2016 要求执行，符合 4 级要求；

c) 主轴轴承挡、小端裸露精加工表面进行磁粉探伤，按照标准 EN10228-1:2016 要求执行，符合 4 级要求；

d) 检查主轴轴承挡，要求：

1) 尺寸检查：轴承挡外径尺寸在原有零件规定范围内，要求至少 4 个角度测量数据，尺寸相对差值不超过 0.04mm，且数据值不得为规定最小值；

2) 蠕动腐蚀和拉痕检查：轴承挡表面蠕动腐蚀和拉痕面积不得超过总面积的 10%，如果面积较大超出规定值，应予以激光熔覆修复；

3) 磨损检查：轴承挡表面不得存在凹坑、压痕、裂纹等缺陷且不允许明显的跑圈痕迹，否则应予以激光熔覆修复；

4) 破损检查：轴承挡表面破损面积超过 10%，或者深度超过 5mm，应予以更换，不超过时应予以激光熔覆修复；

5) 挡肩检查：轴承挡挡肩不得有明显的磨损、跑圈痕迹，最大磨损深度超过 2mm 时应予以更换，不超过时进行激光熔覆修复。

e) 主轴小端检查，要求

1) 尺寸检查：外径尺寸在原有零件规定范围内，要求至少 4 个角度测量数据，尺寸相对差值不超过 0.04mm；

2) 拉痕检查：表面拉痕面积不得超过总面积的 10%，如果面积较大超出规定值，应予以激光熔覆修复；

3) 磨损检查：表面不得存在凹坑、压痕、裂纹等缺陷且不允许明显的跑圈痕迹，否则应予以激光熔覆修复；

4) 破损检查：表面破损面积超过 10%，或者深度超过 5mm，应予以更换，不超过时应予以激光熔覆修复；

5) 跳动检查：主轴小端跳动相对于轴承挡，最大跳动值不大于 0.05mm。

f) 主轴法兰检查，要求：

1) 主轴法兰表面如存在较大的凹坑、变形、打滑等，应予以维修或更换；

2) 主轴法兰表面锌层面积脱落或磨损超过 5%，应予以去除原锌层重新喷锌。

g) 维修后主轴尺寸、形位公差值符合原设计规定要求；

h) 维修后主轴轴承挡粗糙度不超过 Ra1.6；

i) 维修后主轴小端粗糙度不超过 Ra1.6。

#### 5.4 主轴轴承

主轴轴承应予以更换相同型号轴承。

#### 5.5 端盖

a) 检查端盖外观，如存在掉漆、锈蚀，应予以做好表面处理后进行补漆；

b) 检查端盖，如有影响功能性或安全性的变形和缺陷，应予以更换；

c) 检查端盖安装面，如与轴承座贴合面存在明显间隙，应予以维修或更换；

d) 维修后应符合 4.5 要求。

#### 5.6 主轴圆螺母

a) 检查圆螺母外观，如有明显的裂纹缺陷、异常变形，应予以更换；

b) 检查圆螺母螺纹，如有螺牙无开裂、异常变形，应予以维修或更换；

c) 维修后应符合 4.6 要求。

#### 5.7 轴套

a) V 型密封轴套，如有严重磨损、跑圈、异常变形，应予以更换；

b) 接触式密封轴套，如有硬化层磨损、跑圈、异常变形、严重磨损，应予以更换。

#### 5.8 密封件

密封件应予以更换相同型号新密封。

#### 5.9 风轮锁定盘（如有）

a) 检查风轮锁定盘外观，如有明显扭曲变形、开裂，应予以更换；

b) 检查风轮锁定盘防锈镀层，如有明显的剥落、锈蚀，应予以修复；

c) 检查风轮锁定盘锁定孔，如有局部的破损、变形，应予以修复。

#### 5.10 润滑脂

润滑脂应予以更换相同型号新润滑脂。

### 6 返厂维修主轴系装配

#### 6.1 装配前准备

a) 装配前清洗干净所有零部件，并保证干净的环境和安装工具；

b) 检查主轴同轴承相配合部位的尺寸及形位公差，表面精度等数据必须满足。用千分尺检测在三处，及单一平面的四个不同位置，以此确定轴的尺寸公差、圆度及圆柱度，记录测量数据；

c) 检查轴承座孔与轴承相配合部位的尺寸及形位公差，表面精度等数据必须满足。用千分尺检测在三处，及单一平面的四个不同位置，以此确定轴承座的尺寸公差、圆度及圆柱度，记录测量数据；

d) 在安装前才进行轴承拆包。检查轴承相关尺寸，包括轴承的内径、外径，记录测量数据。检查完后，用清洁布清洁轴承外表面。

## 6.2 轴承的安装

a) 使用工装起吊轴承，并使用调平工装调整好轴承水平，确保装配过程轴承处于水平状态；

b) 设置轴承加热温度，通常为  $110^{\circ}\text{C}$ （如果环境温度过高，或轴及轴承的过盈过大可适当调整，但不允许超过  $120^{\circ}\text{C}$ ）。在加热过程中，监测轴承内外圈温度并控制内外圈温度差不高于  $30^{\circ}\text{C}$ ，以避免由于内圈过大膨胀导致滚动体对滚道的损伤；

c) 加热完成后，检查轴承内径尺寸并记录该值。同款轴承总结出规律后，可不必进行记录；

d) 使用吊装工具提升轴承，并调整轴承使其内圈端面处于水平状态，以便于轴承的对中及安装；

e) 将轴承装入主轴直至其有效接触到前挡圈的上端面。卸掉吊装力及吊装绳索后，轴承在其安装位置并处于冷却收缩状态，必要时需对轴承内圈施加一定的外力以确保其同前挡圈的接触。

f) 检查轴承内圈端面与前挡圈的间隙，确保其完全接触。利用塞尺测量。若因空间有限而操作困难，建议利用坐标关系确定。

## 6.3 轴承座的安装

a) 当轴承冷却后，加热轴承座至规定的温度，一般保证轴承座同轴承外圈有不小于  $30^{\circ}\text{C}$  的温度差。加热完成后，测量轴承座孔直径并记录该值，同款轴承座总结出规律后，可不必进行记录；

b) 使用吊装工具和调平工装提起轴承座，调整使轴承座内孔处于垂直状态；

c) 降低轴承座，直至其接触至轴承端盖端面。待轴承座冷却后，需确认轴承座已与轴承端盖端面完全接触。可利用塞尺测量轴承座与轴承端盖端面的间隙；

d) 锁紧螺栓使轴承座、轮毂侧轴承端盖在一体，此时轴承座同轮毂侧轴承端盖紧固于一体。轴承座自然冷却至室温。

## 6.4 填充润滑脂

a) 从轴承上部填充润滑脂，填充轴承内滚动体与滚道间的所有空间。

b) 轴承初始油脂填充量为：100%轴承内部空间，30%~50%轴承座与轴承间的剩余空间。

## 6.5 螺栓力矩的控制

主轴系螺栓使用力矩扳手对螺栓进行紧固，力矩值可参照 JB/T 5000.10-2007 的规定要求。

## 7 返厂维修后的测试

### 7.1 试验要求

返厂维修主轴系，装配完成后进行空载试验，要求：

- a) 试验台运行前，需进行手动盘车无异常；
- b) 主轴系转速为 15~20rpm 之间；
- c) 正转至少 2 小时，反向运转至少 1 小时。

## 7.2 试验基本验收要求

主轴系空载试验过程中，满足：

- a) 各螺栓连接处无松动；
- b) 各运转位置无异响、振动；
- c) 各密封处无明显润滑脂泄漏现象；
- d) 主轴轴承相对于试验环境温度，要求温升 $\leq 8^{\circ}\text{C}$ 。

## 7.3 试验数据记录

- a) 运行过程中记录主轴轴承的连续温度曲线、温升；
- b) 记录运行过程中温度最高值；
- c) 振动频谱数据显示平稳，无明显异常波动；
- d) 记录运行过程中最大振动速度值。

## 8 涂漆

维修后应清理主轴系涂层破坏处，并进行补漆处理，要求：

- a) 脱落位置使用底腻子磨平，再进行补漆；
- b) 新面漆色号原则上应与原面漆一致；
- c) 新面漆应与旧面漆兼容；
- d) 涂层表面应光滑、平整，不允许出现流挂、橘皮等缺陷；
- e) 新涂层防腐性能应不低于整机制造厂的要求，关键部位如有必要时也可进行涂层附着力测试。

## 9 返厂维修文件

主轴系维修完成后须提供维修报告，包括但不限于以下文件：

- a) 拆解方案报告：记录重要部件的拆解过程、特殊处理的拆解过程；
- b) 维修方案：应包括维修零件清单、维修处理方法和替换零件记录、检查和探伤记录；
- c) 轴承失效原因分析报告；
- d) 装配过程记录报告；
- e) 出厂随机文件：合格证、装箱清单、维护使用说明书等。

## 10 包装、运输、存储

## 10.1 包装、运输

- a) 主轴系裸露机加工表面涂抹硬膜防锈剂；
- b) 主轴系包装要适合运输、装载和存储的要求，应做好防锈、防雨；当轴承和小件裸露、海运、长时间露天存储时，主轴系整体采用热塑膜进行密封包装，外漏孔处使用强力胶带密封，保证包装密封性；
- c) 运输时运输支架应可靠牢固，主轴系与运输支架之间应垫防滑垫、固定且不易发生松动；
- d) 主轴系返厂维修经检验合格后按 GB/T13384 的规定进行包装，并按 GB/T191 的规定涂刷储运图示标志。

## 10.2 存储

- a) 主轴系应储藏在干燥、通风和无振动的地方，控制相对湿度，避免由于温度变化产生水汽凝结在零件表面；
- b) 主轴系应整体进行防水和阳光直射覆盖，主轴系防腐期为发货之日起存放 3 个月，存放期超过允许的防锈期时应清洗后重新涂抹防锈油；
- c) 主轴存放禁止超过 3 个月。如果发货之日起存放超过 5 日，每隔 5 日应对主轴系定期进行盘动，具体详见维修厂家提供的维护使用说明书。

## 11 交付和验收

主轴系运输至现场后，维修单位无法控制，因此客户按照维护使用说明书的规定，正确装卸、吊装、维护和贮存产品的前提下，维修单位保证产品在合同质保期内能良好的运行。

维修后主轴系运输至现场，使用单位应予以货品进行初步检验，检验内容主要包括：

- a) 外表面漆层无剥落、流挂、橘皮等缺陷；
- b) 密封无脱落、开裂、遗失等；
- c) 机加工裸露表面无目测锈蚀、破损等缺陷；
- d) 主轴系规格型号与需求一致；
- e) 相关配套和安装附件齐全，无遗漏；
- f) 随机文件齐全。

## 附录一：风力发电机组主轴轴承失效阶段

风力发电机主轴轴承从初始运行直至严重失效，可分为如下 4 个阶段：

### 第一阶段：

该阶段轴承滚子及滚道表面表现正常，或存在轻微划痕及运行痕迹。

油脂检测显示油脂中 Fe 含量应不超过 1000mg/kg。

### 第二阶段前期：

轴承部件表面有肉眼可见轻微压痕、磨损或点蚀情况出现。

此时油脂检测 Fe 的含量在 1000-5000mg/kg 之间。

### 第二阶段后期：

轴承失效程度会随着轴承运转时间继续发展并进入第二阶段后期。

滚子、内外圈滚道存在肉眼明显可见的磨损、剥落、压痕等情况。

油脂检测可发现 Fe 含量在 5000-12000mg/kg 之间。

### 第三阶段：

在第三阶段，随着轴承磨损的发展，磨损及剥落情况大面积出现，油脂中 Fe 含量大于 12000mg/kg，并肉眼可见明显金属铁屑。

处于该阶段的轴承，其损坏程度发展较快，此时应做轴承更换的准备，并在合适的条件下进行更换，避免非计划停机。

### 第四阶段：

轴承失效接近尾声，此时轴承部件已经出现严重的金属剥落，且剥落深度明显，甚至出现滚子、保持架、套圈断裂情况。

油脂完全变黑，并且失去粘性及流动性，油脂中存在的大量金属铁屑。

该阶段轴承已经彻底失效，需停机更换轴承。

## 附录二：风力发电机组主轴轴承的检查保养

1. 润滑脂数量充足，无明显泄露。
2. 定期对轴承内部的润滑脂进行分析，并根据油脂颜色及铁、油、及水等含量变化趋势判断轴承状态。
3. 负荷区滚道及滚子表面油脂铁含量如明显增加或有明显可见的铁屑，建议进行清洗及油脂更换等工作。
4. 人工注脂周期为每三个月注脂一次。
5. 如果使用自动润滑系统，应定期检查润滑脂泵是否正常工作且储脂罐是否缺失润滑脂，润滑管路系统是否发生堵塞。
6. 定期进行密封检查，并检查是否有润滑脂泄漏。此外，还应检查密封件的磨损情况。可以通过密封件磨损颗粒的存在或者检查密封唇的磨损情况来进行判断。