

# 核电站大型发电机端盖注胶分析及优化

沈和彪

(三门核电有限公司 浙江 台州 318000)

**摘要:** 某核电站发电机端盖安装在发电机定子两端, 该核电发电机冷却水方式为水氢氢, 定子堂内存在大量带压氢气, 端盖与定子接触的部位是密封氢气的重要部位, 端盖在该位置设计有沟槽结构, 沟槽内注满特殊密封胶, 用于密封氢气。本文重点介绍大型发电机端盖安装注胶方法, 总结发电机端盖注胶相关注意事项, 保证发电机端盖密封的可靠性, 为机组的良好运行打下基础。

**关键词:** 核电站; 发电机; 端盖; 密封胶

## 1 概述

某核电厂 1、2 号机组发电机由三菱电机设计, 哈电与三菱电机联合制造, 发电机为三相交流隐极式同步发电机, 额定功率 1266.3MW, 功率因数 0.9, 额定电压 24kV, 额定电流 33847A, 频率为 50Hz, 额定转速 1500rpm, 冷却水方式为水氢氢, 氢气压力为 0.55MPa。转子铁芯采用导磁性能好和机械强度高的优质合金钢锻件。

发电机定子主要由机座、定子铁芯、定子绕组、端盖等部分组成。发电机端盖是发电机密封的一个组成部分, 为了安装、检修、拆装方便, 端盖由水平分开的上下两半构成, 并由螺栓紧固在一起。在端盖和定子基座的合缝面上设计有密封沟槽, 沟槽内充以密封胶以保证良好的气密。

发电机漏氢是电厂常见的问题, 漏氢不能及时处理, 可能导致严重的后果, 存在极大的安全隐患, 氢气泄露导致运行人员频繁的补充氢气, 增加了人员负担, 该核电正常情况下每 7 天补充一次氢气, 该核电在某次在氢气泄漏情况下, 运行人员每 2 天补充一次氢气。漏氢的原因较多, 主要归结为三大方面, 包括设计、安装、运行三大类。本文以端盖安装注胶为例, 介绍端盖安装注胶相关注意事项, 并设计一套监测注胶压力的工具, 保证端盖安装及注胶规范, 注胶压力满足相关技术要求, 避免端盖发生氢气泄漏。

## 2 端盖安装及注胶

### 2.1 端盖安装前准备

端盖安装前需对端盖进行清理, 包括对端盖与定子基座的配合面、上下端盖结合面, 如有高点, 必须使用油石清理打磨, 确保各个配合面平整, 端盖尺寸较大, 重约 5T, 在对端盖进行翻身时注意对各个密封配合面的保护。将所有的端盖注胶头拆除, 妥善保管, 使用压空对注胶槽进行清理吹扫, 确保各个注胶槽通畅, 检查各个注胶头配合螺纹是否损坏, 如有损坏, 记录并修复或者更换处理。

在端盖清理完毕回装之前, 确认密封胶型号正确无误, 保质期满足使用要求, 工作人员将密封胶搓成条状, 塞入密封沟槽内, 塞满且不得有断线的情况, 在填满密封胶的过程, 注意保证清洁度, 不可引入异物进入密封沟槽。

### 2.2 端盖安装

端盖吊装应平稳, 不得发生磕碰措施, 端盖就位前, 最后确认端盖与定子基座结合面无异物残留, 使用手拉葫芦调整就位, 安装定位销, 并紧固端盖与定子基座螺栓, 螺栓紧固完成后使用塞尺检查检查端盖与定子基座间隙, 间隙过大可能会发生漏胶的情况, 无法实现密封, 一般要求 3 丝不入, 否则需要检查端盖情况并处理, 如无法消除缺陷, 则需要重新安装端盖, 进一步检查原因。

发电机上端盖安装前, 转子已经就位, 在安装上端盖前, 如有条件应将转子使用千斤顶顶起, 避免转子所有的重量作用在下端盖上, 造成下端盖受力过大而变形, 影响上端盖安装质量。上下端盖合盖后, 先安装左右两颗锥形定位销, 并保证定位销安装到位。最后依次按照要求安装紧固螺栓到位, 最后检查上下端盖间隙和端盖与定子基座间隙满足相关技术要求。

### 2.3 端盖注胶

#### 2.3.1 注胶工装

该核电站大型发电机注胶压力不得超过 50MPa, 压力过大可能会损伤端盖, 严重情况可能会出现漏胶的情况, 厂家提供了一套注胶工具, 但无法显示注胶压力, 为此, 自制了一套注胶专用工具, 用于注胶过程中实时检测注胶压力, 该注胶工具主要由手动液压泵、压力表、液压缸、注胶管线组成, 该注胶工具可直观反馈出注胶压力的大小, 避免压力超过 50MPa。实际上, 在注胶时, 压力约为 30MPa 即可使密封胶注入端盖内部。

该核电发电机一侧端盖共有 8 个注胶孔, 端盖注胶嘴分布情况如下图所示, 注胶过程必须使每个孔与孔之间的流道注满密封胶, 且需要保持一定的压力才可实现良好的密封效果。

#### 2.3.2 发电机解体大修注胶方案

(1) 注胶前检查所有注胶嘴是否损坏, 如损坏记录并更换新注胶嘴。

(2) 使用塞尺测量端盖与发电机壳体及上下端盖中分面间隙, 要求间隙不大于 3 丝, 如果间隙超标则需要处理, 间隙过大无法保证注胶槽内压力, 从而导致氢气可能发生泄漏。

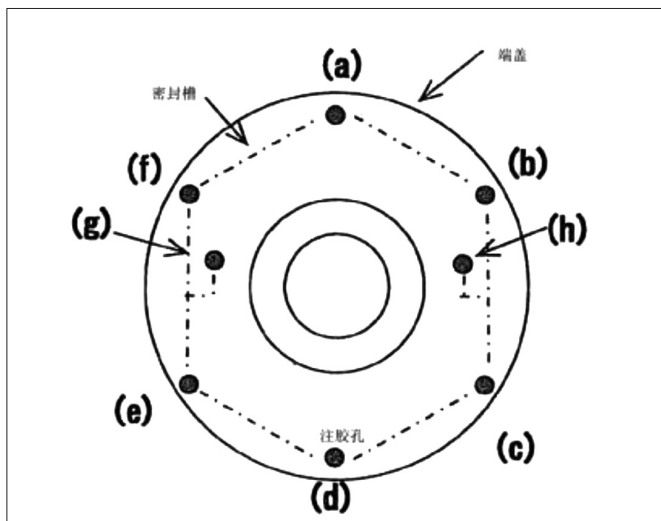


图 端盖注胶嘴分布

(3) 根据图拆掉带有止回阀的注胶嘴 (g)、(e) 和 (f)，将注胶枪连接至注胶孔 (g)，向注胶孔 (g) 内注胶直至 (e) 孔和 (f) 孔都有密封胶冒出停止，如果 (e) 孔或者 (f) 孔首先冒出密封胶，可将先冒出密封胶的 (e) 孔或者 (f) 孔堵上，继续向注胶孔 (g) 注胶直至另外一个孔冒出密封胶，冒出约 20mm ~ 30mm 长即可，需要注意的是缓慢压手动泵杆注胶，注胶压力约为 30 MPa 即可注入密封胶，密封胶注入压力最大不得超过 50MPa，注胶速度不宜过快，两次连续压注胶枪间隔在 10 ~ 15 秒之间。

(4) 将注胶枪连接至注胶孔 (f)，回装带有止回阀的注胶嘴 (g) 和 (e)。

(5) 拆掉带有止回阀的注胶嘴 (a) 和 (d)，向注胶孔 (f) 内注胶直至 (a) 孔和 (d) 孔都有密封胶冒出停止，如果 (a) 孔或者 (d) 孔首先冒出密封胶，可将先冒出密封胶的 (a) 孔或者 (d) 堵上，继续向注胶孔 (f) 注胶直至另外一个孔冒出密封胶。

(6) 将注胶枪连接至注胶嘴 (a)，回装带有止回阀的注胶嘴 (f) 和 (d)。

(7) 拆掉带有止回阀的注胶嘴 (b) 和 (c)，向注胶孔 (a) 注胶直至 (b) 孔和 (c) 孔有密封胶冒出停止，如果 (b) 孔或者 (c) 孔首先冒出密封胶，可将先冒出密封胶的 (b) 孔或者 (c) 堵上，继续向注胶孔 (a) 注胶直至另外一个孔冒出密封胶。

(8) 将注胶枪连接至注胶孔 (b) 并注胶，直至注胶孔 (a) 有密封胶冒出停止。

(9) 回装带有止回阀的注胶嘴 (a)，拆开带有止回阀的注胶嘴 (h)。

(10) 向注胶孔 (b) 注胶直至 (h) 和 (c) 有密封胶冒出停止，如果 (h) 孔或者 (c) 孔首先冒出密封胶，可将

先冒出密封胶的 (h) 孔或者 (c) 堵上，继续向注胶孔 (b) 注胶直至另外一个孔冒出密封胶，回装带有止回阀的注胶嘴 (b)、(c) 和 (h)。

经过上述注胶过程可使端盖密封胶槽内充满密封胶，若使密封胶达到良好的密封压力，需使密封胶达到一定的压力，因此还需要对密封胶进行加压，加压流程如下：

(1) 分别拆除注胶嘴 (g) 和 (h) 上的小堵丝。

(2) 注胶枪连接注胶嘴 (g)，注意缓慢压手动泵杆注胶，施压注胶压力约为 30MPa，最大压力不得超过 50MPa；直到观察到轴承室内部端盖中分面有密封胶渗出时停止注胶，注意缓慢压手动泵杆注胶，施压注胶压力约为 30MPa，最大压力不得超过 50MPa。

(3) 注胶枪连接注胶嘴 (h)，进行缓慢加压注胶，如下图直到观察到轴承室内部端盖中分面有密封胶渗出时停止注胶。

### 2.3.3 端盖泄漏注胶

在正常运行情况下，可能会发生氢气从端盖处泄漏，大多因为密封胶未注满或密封胶压力不足导致，此时只能通过补胶进行消除缺陷，补胶方法如下：

(1) 用肥皂液找到端盖法兰漏氢的位置。

(2) 如图如果注胶嘴 (e) 和 (d) 间漏氢，拆掉注胶嘴 (e) 或者 (d) 的上的小堵丝，将注胶枪连接至带有止回阀的注胶嘴 (e) 或者 (d) 上，缓慢压手动泵杆注胶，密封胶注入压力不得大于 50MPa，向里注胶直至没有氢气漏出为止，回装注胶嘴 (e) 或者 (d) 的上的小堵丝。如达到压力还有漏氢，则联系相关技术人员处理。

(3) 重复以上步骤消除其他泄漏点。

通过以上注胶工艺，可保证发电机端盖安装及注胶的可靠性，减少发电机漏氢情况的发生，保证端盖安装质量。

### 3 结语

国内无论是核电或火电，装机容量越来越大，机组安全问题需要给予足够的重视。本文重点介绍发电机端盖安装和注胶方法，保证发电机端盖密封的可靠性。技术和安全密不可分，可靠的安装技术是保证机组安全运行的前提，规范化的安装方法值得相互学习和借鉴。

### 参考文献：

- [1] 佟小明. 汽轮发电机端盖注胶方式的优化 [J]. 电工技术, 2021(15):85-86.
- [2] 罗贤龙. 百万千瓦氢冷发电机端盖漏氢处理及优化 [J]. 科技创新导报, 2020,17(08):77-78+80.
- [3] 贾凯利, 徐万年. 核电厂发电机内部漏油原因分析和处理 [J]. 中国核电, 2020,13(04):494-498.
- [4] 赵苡健. 发电机漏氢查找及处理措施 [J]. 科技视界, 2020(11):109-110.