

大型发电机三流环密封油系统的特点及其应用

蒋玉彪

华润电力(仙桃)有限公司 湖北 仙桃 433000

摘要: 大型发电机三流环密封油系统以其独特的设计原理,实现了对发电机内部氢气的高效密封与保护。该系统通过引入第三股经过真空处理的压力油,彻底隔绝空侧油和氢侧油的接触与交换,有效防止发电机漏油和氢气泄漏。同时,三流环密封油系统具备高度的自动化监测与预警能力,能够实时监测并调节系统参数,确保发电机的稳定运行。该系统在大型发电机组中得到广泛应用,为电力行业的安全、高效运行提供有力保障。

关键词: 大型发电机;三流环密封油系统;应用

引言:随着电力行业的快速发展,大型发电机组的安全性和可靠性成为关注焦点。发电机密封油系统作为关键部件之一,其性能直接影响发电机的运行效率和安全性。传统密封油系统存在漏油、氢气泄漏等问题,难以满足现代发电机的需求。因此大型发电机三流环密封油系统的研发与应用显得尤为重要。本文将详细介绍该系统的特点及其应用,以期为电力行业的可持续发展提供参考。

1 大型发电机密封油系统的基本原理

1.1 密封油系统的作用与功能

发电机密封油系统的主要作用是保证发电机内部氢气不外泄,同时防止空气和潮气进入发电机。这对于采用氢气冷却的汽轮发电机尤为重要,因为氢气泄漏不仅会导致冷却效率下降,还可能引发燃烧或爆炸等恶性事故。密封油系统通过向密封瓦提供压力油源,形成油环,在密封间隙处形成密封油流,既起密封作用,又润滑和冷却密封瓦。

1.2 密封油系统的类型

1.2.1 单流环密封油系统

密封油系统根据密封瓦的形式和供油方式的不同,可以分为单流环密封油系统、双流环密封油系统和三流环密封油系统。单流环密封油系统只有一套供油系统,不分氢侧和空侧供油,只分氢侧、空回油。在正常运行方式下,汽轮机来的润滑油进入密封油真空油箱,经主密封油泵升压后由差压调节阀调节至合适的压力,经过滤网过滤后进入发电机的密封瓦。空气侧的回油进入空气抽出槽,氢气侧的回油进入扩大槽后再向下流入浮子油箱,而后依靠压差流入空气抽出槽。单流环密封油系统设备较少,系统简单,投资少,运行和维护费用相对较低。

1.2.2 双流环密封油系统

双流环密封油系统由空侧和氢侧两个相互独立的循环系统组成,空、氢两侧油压相等,油流向分开,油量无交换。发电机在运行中密封油压高于氢压一个恒定压差,这个差值由压力差压阀来实现^[1]。空侧与氢侧油压由压力平衡阀来调节平衡。双流环密封油系统密封效果好,调节范围宽,是非常成熟的产品。但如果对其结构不甚了解,操作不当也可能造成发电机内部进油事故。

1.2.3 三流环密封油系统

三流环密封油系统在原来的双流密封油系统的密封环的空侧油和氢侧油中间,引进第三股经过真空处理的压力油,以彻底隔绝空侧油和氢侧油的接触和交换。这种系统结构较复杂,但密封较好,漏氢量少。三流环密封瓦共有四个油系统,六台油泵,包括氢侧油泵、空侧油泵、中间浮动油泵等。其中,中间浮动油压略高于空侧油压,其作用是将密封环在大轴上“浮起”,增强密封效果。氢侧油压高于氢压,由油泵出口旁路阀来调节。三流环密封油系统虽然设备较多,投资较大,但由于其出色的密封性能和较低的漏氢量,在一些对氢气纯度要求较高的场合得到了广泛应用。大型发电机密封油系统是发电机安全稳定运行的重要保障。不同类型的密封油系统各有优缺点,应根据发电机的具体需求和运行条件选择合适的系统类型。

2 大型发电机三流环密封油系统的特点

2.1 三流环密封油系统的结构设计

大型发电机三流环密封油系统的结构设计是其独特性的核心体现。该系统在原有的双流密封油系统基础上进行了创新,引入了第三股经过真空处理的压力油。这股压力油位于空侧油和氢侧油之间,起到了彻底隔绝两者接触和交换的作用。这种设计不仅提高密封效果,还降低漏氢量,从而保证发电机内部氢气的纯度和稳定性。三流环密封瓦是该系统的关键部件,它由空侧和氢

侧两个环瓦组成，密封瓦面加工有凸凹状油囊，用于建立设计的梯状油压。这种设计使得密封油能够分别从密封瓦的空侧、真空侧和氢侧进油通道进入，然后沿转轴轴向穿过密封瓦内径与转轴之间的间隙流出。这种油流方式不仅增强了密封效果，还提高了系统的稳定性和可靠性。

2.2 油压建立与控制系统

三流环密封油系统的油压建立与控制系统是其正常运行的关键。空侧密封油压通过主调节阀完成，采集信号油压为空侧密封油压和发电机内部氢压，控制调节压力差在55~65kPa之间。氢侧真空油压控制为超过空侧油压20kPa，即75~85kPa之间。这种油压控制方式不仅保证密封油能够顺利进入密封瓦，还确保了发电机内部氢气的压力稳定。在油压控制系统中，差压调节阀起到至关重要的作用。它根据发电机内部氢气的压力和密封瓦进油压力之间的差值，自动调节密封瓦的进油压力，使油-气压差稳定在所需的范围之内^[2]。这种自动调节方式不仅提高系统的响应速度，还降低操作人员的劳动强度。三流环密封油系统还配备真空油箱和真空泵等设备，用于对密封油进行真空处理，以去除其中的空气和水分。这种处理方式不仅提高密封油的纯净度，还延长密封瓦的使用寿命。

2.3 安全性与可靠性

大型发电机三流环密封油系统的安全性和可靠性是其得到广泛应用的重要原因。该系统采用了多重保护措施，以确保在各种工况下都能保持稳定的密封效果。例如，当氢侧循环系统因故退出运行时，空侧循环系统能够独立运行，继续对发电机进行密封。这种设计不仅提高系统的冗余性，还降低因单一故障导致系统失效的风险。三流环密封油系统还配备完善的监测和报警系统。当系统出现异常情况时，如油压过低、油温过高或氢气纯度下降等，监测系统会立即发出报警信号，提醒操作人员及时采取措施进行处理。这种监测和报警系统不仅提高系统的安全性，还降低因故障导致的停机时间。

2.4 制造与维护要求

大型发电机三流环密封油系统的制造和维护要求相对较高。由于该系统结构复杂，制造工艺要求高，因此需要采用先进的加工设备和工艺来确保其制造精度和性能，在制造过程中还需要进行严格的检测和试验，以确保系统的可靠性和安全性。在维护方面，三流环密封油系统需要定期进行清洗、检查和更换密封瓦等部件。这些维护工作不仅需要专业的技术人员进行操作，还需要使用专用的工具和设备，还需要对系统的油压、油温和

氢气纯度等参数进行定期监测和记录，以便及时发现和处理异常情况。

3 大型发电机三流环密封油系统的应用

3.1 应用范围与场景

大型发电机三流环密封油系统，凭借其无可比拟的密封性能、卓越的安全性和高度的可靠性，在电力行业中赢得广泛的认可与应用。该系统专为采用氢气冷却的大型汽轮发电机设计，尤其适用于那些对氢气泄漏控制和高氢气纯度保持有着严格要求的场合。在核电站、大型火电厂以及水电站中，只要发电机采用氢气作为冷却介质，三流环密封油系统便成为首选方案，为发电机的稳定运行提供了坚实的保障。随着新能源领域的蓬勃发展，风力发电、太阳能发电等新型发电方式不断涌现，发电技术和发电容量也在持续提升。在这一背景下，三流环密封油系统凭借其出色的性能和适应性，开始逐渐在新能源领域得到应用，为新能源发电设备的稳定运行和高效发电提供了有力的支持。可以预见，在未来，三流环密封油系统将在电力行业中发挥更加重要的作用，为构建更加安全、高效、环保的电力体系贡献力量。

3.2 实际应用案例分析

具体发电厂的安装与调试过程；以某大型火电厂为例，该电厂为了提高发电效率和降低运营成本，决定对发电机进行升级改造，采用三流环密封油系统。在安装过程中，技术人员首先进行了详细的现场勘查和测量，确保密封瓦的尺寸和形状与发电机轴颈完美匹配。随后，按照制造商提供的安装指南，逐步完成了密封瓦的安装、油管的连接以及控制系统的调试。在调试阶段，技术人员对系统的油压、油温、氢气纯度等关键参数进行了实时监测和记录，确保系统能够稳定运行并满足设计要求。该系统投入运行后，表现出色。在正常运行状态下，空侧密封油压和氢侧密封油压均保持在设定范围内，且油-气压差稳定。氢气纯度也得到了显著提高，从原来的95%提高到了99%以上，大大降低氢气泄漏的风险。由于三流环密封油系统采用先进的油流控制和监测技术，使得系统的运行更加稳定可靠，减少因故障导致的停机时间。尽管三流环密封油系统具有较高的可靠性，但在实际应用中仍可能遇到一些故障。例如，在某次例行检查中，技术人员发现氢侧密封油压突然下降，且氢气纯度也有所降低。经过详细排查，最终确定是氢侧密封油泵的轴承磨损导致油压下降。技术人员立即更换了磨损的轴承，并对系统进行重新调试，最终恢复系统的正常运行。这次故障排查和处理过程充分展示三流环密封油系统的高可靠性和可维护性^[3]。

3.3 应用效果评估

三流环密封油系统通过引入第三股压力油，彻底隔绝了空侧油和氢侧油的接触和交换，从而有效防止了发电机漏油现象的发生。在实际应用中，该系统的漏油率极低，大大低于行业标准，为发电机的长期稳定运行提供了有力保障。三流环密封油系统通过精确控制油压和油流，有效降低了氢气的泄漏量，由于系统采用了先进的氢气纯度监测技术，能够实时监测并调整氢气纯度，使得发电机内部的氢气纯度始终保持在较高水平。这不仅提高发电机的冷却效率，还延长发电机的使用寿命。三流环密封油系统采用多重保护措施和先进的监测技术，确保系统在各种工况下都能保持稳定的运行。同时由于系统结构紧凑、设计合理，使得系统的维护成本大大降低，提高系统的经济性和实用性。在实际应用中，该系统表现出了极高的稳定性和可靠性，为发电厂的稳定运行提供有力支持。

4 大型发电机三流环密封油系统的优化与改进

4.1 简化结构设计，降低制造成本

大型发电机三流环密封油系统在确保高效密封与稳定运行的基础上，正朝着结构简化的方向不断优化。通过重新设计密封瓦的几何形状和油流路径，减少不必要的复杂部件和冗余油路，使得整个系统的结构更加紧凑、直观。这种简化设计不仅降低制造成本，还提高系统的可靠性和可维护性。采用标准化的零部件和模块化设计，使得生产流程更加高效，减少生产周期和成本。简化结构设计还使得系统在安装、调试和更换密封瓦等部件时更加便捷，降低现场操作的技术难度和人工成本。

4.2 提高自动化程度，降低维护难度

为了提高大型发电机三流环密封油系统的运行效率和降低维护成本，系统正逐步引入更先进的自动化控制技术。通过集成传感器、执行器和智能控制算法，系统能够实时监测油压、油温、氢气纯度等关键参数，并根据预设条件自动调节密封瓦的进油压力和油流量。这种自动化控制不仅提高系统的响应速度和稳定性，还降低操作人员的劳动强度，系统还具备远程监控和故障诊断

功能，使得维护人员能够远程查看系统状态、接收报警信息，并在必要时进行远程故障排除。这些自动化功能的引入，极大地降低了系统的维护难度和成本，提高了发电厂的运营效率 and 安全性。

4.3 增强系统的故障监测与预警能力

为了确保大型发电机三流环密封油系统的长期稳定运行，系统正不断优化其故障监测与预警能力。通过集成高精度传感器和先进的信号处理算法，系统能够实时监测密封瓦的磨损情况、油压波动、油温异常等潜在故障迹象^[4]。一旦检测到异常情况，系统会立即发出预警信号，提醒操作人员及时采取措施进行处理。同时，系统还具备故障记录 and 数据分析功能，能够自动记录故障发生前后的系统状态和数据，为后续的故障排查和修复提供有力支持。这种增强的故障监测与预警能力，不仅提高系统的可靠性和安全性，还降低因故障导致的停机时间和维修成本。

结束语

综上所述，大型发电机三流环密封油系统以其独特的三流设计、高效的密封性能以及先进的自动化监测技术，在电力行业中展现出卓越的应用价值。该系统不仅有效解决发电机漏油和氢气泄漏问题，还显著提高发电机的运行效率和安全性。随着技术的不断进步 and 应用的深入，相信大型发电机三流环密封油系统将在未来电力行业的发展中发挥更加重要的作用，为构建安全、高效、绿色的电力体系贡献力量。

参考文献

- [1]赵庆强.发电机双流环式密封油系统介绍及发电机进油分析[J].科技创业家,2019,01(14):182-183.
- [2]张赞,李亮.双流环式密封瓦碰摩引发振动的机理分析[J].中小企业管理与科技(下旬刊),2019,03(02):220-221.
- [3]丁千玲,高辉.氢冷发电机双流环式密封油系统改造浅谈[J].广西电力技术,2019,01(04):131-133.
- [4]邵伟,孙涛,赫英杰,等.国内大型氢冷发电机三种密封油系统的比较[J].能源与环境.2018,(4).DOI:10.3969/j.issn.1672-9064.2018.04.023.