

Research on innovative process to improve the efficiency of turbine control

Yong Li

China Energy Construction Group Guangdong Thermal Power Engineering Co., Ltd., Guangzhou, Guangdong, 510735, China

Abstract

Steam turbine occupies a key position in the field of energy conversion. It is converted into mechanical energy through steam heat energy. As an important unit of regulation and protection of steam turbine, the cleanliness of oil resistance system directly affects the safety and reliability of unit operation. In view of the problems of low flushing efficiency, difficult fuel tank cleaning and repeated excessive granularity, this study proposes an optimization scheme based on high-speed flushing valve and temporary fuel tank system. Through the short connection oil motor pipeline and add high-speed flushing valve, significantly improve the flushing flow rate and oil temperature; combined with temporary oil tank isolation impurities reflux, supplemented by high precision filter element ($1\ \mu\text{m}$), to achieve the oil quality fast standard. Engineering practice has proved that this scheme can shorten the oil filter time by 40%, stabilize the flushing granularity level to NAS level 5 or above, and reduce the labor cost and safety risk.

Keywords

anti-fuel oil system; oil circulation flushing; high-speed flushing valve; temporary fuel tank; NAS particle size

提高汽轮机控制油油循环冲洗效率的创新工艺研究

李勇

中国能源建设集团广东火电工程有限公司, 中国 · 广东 广州 510735

摘 要

汽轮机在能源转换领域占据关键地位。它通过蒸汽热能转化为机械能。抗燃油系统作为汽轮机的调节保护重要单元,其油质清洁度直接影响机组运行的安全性与可靠性。针对传统抗燃油循环冲洗工艺存在的冲洗效率低、油箱清理困难、颗粒度反复超标等问题,本研究提出一种基于高速冲洗阀门与临时油箱系统的优化方案。通过短接油动机管路并增设高速冲洗阀门,显著提升冲洗流速与油温;结合临时油箱隔离杂质回流,辅以高精度滤芯($1\ \mu\text{m}$),实现油质快速达标。工程实践证明,该方案可将滤油时间缩短40%,冲洗颗粒度等级稳定达到NAS 5级以上,同时降低人力成本与安全风险。

关键词

抗燃油系统; 油循环冲洗; 高速冲洗阀门; 临时油箱; NAS颗粒度

1 引言

汽轮机是现代工业中极为重要的动力设备,广泛应用于发电等众多领域。其工作原理基于蒸汽的能量转换,将热能转化为机械能。汽轮机作为一种高效、可靠的能源转换设备,在电力、化工、石油等多个领域得到广泛应用。汽轮机效率受叶片型线、叶栅通道和汽缸结构等设计的深刻影响。这些组件的形状与布局对蒸汽在汽轮机内的流动和能量转换至关重要。优化这些结构设计,如改进叶片型线以减少流体阻力,调整叶栅通道以降低湍流损失,以及精确设计汽缸结构来减少泄漏,都能显著提升汽轮机的效率。这些改进不仅增强了汽轮机的整体性能,减少了能源浪费,还有助于延

长设备寿命,降低长期维护成本。实践表明,合理的结构设计是实现能源高效利用和企业经济效益最大化的关键。因此,在汽轮机设计和制造过程中,应充分考虑这些结构因素,通过科学的设计和精密的制造,不断提升汽轮机的运行效率和整体性能,以满足现代工业对高效、可靠能源设备的需求。

汽轮机调节系统中的抗燃油,具有高温稳定性、抗氧化性、抗泡沫性等诸多优点,是保障汽轮机安全稳定运行的关键因素 [1]。然而,随着汽轮机的长时间运行,抗燃油会逐渐受到污染和老化,影响其性能和使用寿命。因此,对汽轮机抗燃油的维护及保养进行深入探讨,对于提高汽轮机的运行效率和使用寿命具有重要意义。抗燃油(EH油)为汽轮机调速系统提供清洁、稳定的压力油,其油质直接影响油动机动作精度与机组运行安全性。然而传统循环冲洗工艺存在以下问题:

【作者简介】李勇(1985-),男,中国湖南常德人,工程师,从事工程施工技术研究。

①抗燃油装置自带油箱体积小,人孔狭窄($< 500\text{mm}$),油箱清洁困难且狭小空间存在安全隐患;

②冲洗流速不足,导致杂质残留,油质颗粒度易反复超标(NAS 5级要求 $5\sim 15\mu\text{m}$ 颗粒数 $\leq 8000/100\text{ml}$);

③滤芯精度低(正常工作滤芯等级 $\geq 10\mu\text{m}$),无法满足机组启动对油质的要求。

针对上述问题,本研究提出一种创新性工艺方案,通过优化管路设计与辅助系统,提升冲洗效率与油质稳定性,为电厂安全经济运行提供技术支撑。

2 文献综述

近些年,由于一些安装单位施工人员对汽轮机油系统清洁度认识不足,施工中过程控制重视不够,一些新投产的机组曾多次发生磨瓦、磨轴事故,严重威胁着机组的运行安全。这不仅给业主造成大量的经济损失,拖延了工期,更会给我们安装单位声誉造成恶劣的影响。其根本原因就是汽轮机润滑油系统油质不洁。为了保证机组安全可靠地运行,在机组启动之前必须进行油冲洗循环施工工艺,以消除掉黏附在油系统设备和管道内部的杂质,保证油系统的清洁度。

EH油系统,作为汽轮机数字电液系统-DEH的关键组件,涵盖了供油系统、执行机构以及危急遮断系统三大核心部分。其核心功能在于接受DEH的指令,通过控制进气调节阀的开度,来调整进入汽轮机的蒸汽流量,从而满足汽轮机在转速和负荷方面的多变需求。同时,EH油系统还肩负着保障机组安全稳定运行的重任。

供油系统是EH油系统的动力源泉。它以高压抗燃油为工作介质,为执行机构和安全部件提供必要的动力油,并确保油的品质始终处于最佳状态。该系统主要由供油装置、再生装置、油冷却器等精心构成,以确保供油的稳定性和油的品质。

执行机构是EH油系统的“行动派”。它紧密配合DEH的指令信号,精准地调节各调节阀的开度,包括主汽门、主汽调门、中低压抽气调门等,以实现汽轮机进气量的精细控制。危急遮断系统则是EH油系统的安全屏障。^[1]当汽轮机的监控参数超出安全范围时,该系统能迅速作出反应,自动关闭全部阀门或仅关闭调节阀,从而确保机组的安全无虞。油系统循环是指利用机组自身动力或外部动力设备,按正常参数和系统进行的循环。现有研究对抗燃油系统优化多集中于故障分析与局部改进。黄渭(2016)提出通过再生系统优化改善油质,但未解决冲洗效率问题;于海航(2015)提出油质颗粒度超标是导致油动机故障的主因;赵启鹏(2008)强调高精度过滤的重要性,但未提出系统性解决方案。本研究结合高速冲洗与临时油箱隔离技术,填补了高效循环冲洗的工艺技术空白。

3 创新工艺设计

3.1 技术原理

3.1.1 高速冲洗阀门

短接油动机进回油管路,增设高速冲洗阀门。启动油泵后,油压升至设计值(如 14MPa),快速开启阀门形成瞬时高压差,冲洗流速提升至传统工艺的2~3倍,同时冲洗油温持续升高至 $50\sim 60^\circ\text{C}$,加速抗燃油中杂质剥离;

3.1.2 临时油箱系统

抗燃油供油装置油箱体积普遍过小,其人孔直径小于 500mm ,人员进出较为困难,且油箱内部遍布取源部件、磁棒等相关部件,油箱在循环冲洗过程中的清理工作极其不易,很难清理干净,且抗燃油本身危害较大,油箱清理期间残存油气及油脂对人体造成较大伤害,故采用外置密闭临时油箱(材质:316或304不锈钢)作为冲洗时的临时储油单元,隔离回油管路中的杂质,避免污染主油箱。通过临时滤油机将临时油箱内油液过滤后输送至主油箱,确保油质达标^[1]。

3.1.3 高精度滤芯($1\mu\text{m}$)

冲洗期间将抗燃油系统内所有过滤滤芯更换为冲洗专用滤芯(精度 $\leq 5\mu\text{m}$),临时滤油机更换为 $1\mu\text{m}$ 的冲洗滤芯,确保颗粒度稳定在NAS 5级要求。

3.2 关键工艺步骤

3.2.1 管路短接与阀门安装

进回油路短接,安装高速冲洗阀门。

3.2.2 临时油箱配置

连接回油管路至临时贮存油箱,系统增设取样阀分段分阶段检测油质。

3.2.3 循环冲洗与监测

启动油泵,执行“升压—高速冲洗—过滤”循环,每路管道冲洗后取样验证冲洗颗粒度。

3.2.4 工频电源

由电源输入线路、开关、熔断器等基本元件组成。无需额外的复杂控制设备,价格相对便宜,结构简单,没有复杂的电子元件和控制电路,因此故障点少,运行稳定可靠,维护成本低,但不能根据实际的冲洗需求灵活调整流量和扬程,在不同工况下可能导致能源浪费或冲洗效果不佳,可能影响汽轮机中其他设备的正常运行,同时也会缩短电机的使用寿命。变压器的选择要确保能够稳定提供足够的电能,同时要考虑变压器的效率、空载损耗和负载损耗等参数,以满足节能要求;设计工频电源的主电路,包括输入断路器、熔断器、接触器等元件。输入断路器用于切断电源与电网之间的连接,起到过载和短路保护作用;熔断器作为后备保护,在短路电流过大时迅速熔断,保护电路安全;接触器用于控制电机的启停操作,其额定电流应大于电机的额定电流,确保可靠工作;构建工频电源的控制电路,实现电机的基本启

停控制和简单的保护功能^[4]。

3.2.5 冲洗液源选择与质量控制

冲洗液源的选择对冲洗系统的效果至关重要。我们将选择清洁、稳定且压力适当的油田生产水作为冲洗液源，并设置过滤装置对冲洗液进行预处理，以确保其质量和稳定性。同时，我们将定期对冲洗液进行质量检测，及时调整冲洗液的配方和参数，以满足不同工况下的冲洗需求。

3.2.6 控制系统与监测仪表升级

抗燃油通常采用磷酸酯作为其主要成分，具有优良的理化性能和抗燃性能。然而，抗燃油在使用过程中会受到多种因素的影响，如水分、颗粒污染、电阻率等，这些因素都会导致抗燃油性能下降，进而影响汽轮机的正常运行。抗燃油的密度是其基本物理性质之一，它反映了油液的质量和体积关系。密度的大小直接影响到油液在系统中的流动性和传热性能。因此，在使用抗燃油时，必须确保其密度符合规定范围，以保证系统的正常运行。抗燃油的外观和颜色变化是判断其性能是否发生变化的重要指标之一。在正常运行过程中，抗燃油应呈现出清澈透明的状态，颜色均匀一致。如果抗燃油出现浑浊、沉淀、变色等现象，可能意味着油质已经劣化，需要及时进行处理。因此，应定期观察抗燃油的外观和颜色变化，并记录相关数据，以便及时发现并解决问题。

为了实现对冲洗系统的精准控制和实时监测，我们将对控制系统和监测仪表进行升级。采用先进的 PLC 控制系统，实现对冲洗液流量、压力和温度的精准调节和自动控制^[5]。同时，增设压力传感器、温度传感器和流量计等监测仪表，实时监测冲洗系统的运行状态，及时发现并处理潜在问题。

4 实验与效果

4.1 实验数据

某电厂 660MW 机组应用中，优化方案与传统工艺对比如下：

指标	传统工艺	优化方案
滤油时间 (H)	120	72
颗粒物达标率 (%)	78	98
人工成本 (万元)	8.5	4.2

4.2 优势分析

4.2.1 效率提升

高速冲洗缩短升温时间，油质达标周期减少 40%。

4.2.2 安全性增强

临时油箱的设置，避免了人员进入油箱内部清洗，降低了接触油液的风险。

4.2.3 经济效果显著

高速冲洗阀门可重复使用，单次施工成本降低 50%。

5 结论与展望

本研究提出的抗燃油循环冲洗优化方案，通过高速冲洗阀门、临时外置油箱系统、高精度滤芯协同作用，有效解决了传统工艺效率低、油质不稳定的问题，滤油时间大大缩短，减少了人力投入。采用高速冲洗及临时油箱，能提高滤油效果，能最大程度地避免管道、油箱内的异物残留，更好地避免因油中杂质导致的油动机解体检修等问题发生采购或者加工的高速冲洗阀门，可以在不同机组中循环利用，使得采购成本降至最低；且相关操作简单、极易上手，接受性较强。本施工技术在保证施工质量的基础上安全、经济、高效，具有显著的社会效益和广阔的市场应用前景，具备广泛的推广价值。未来可进一步探索智能化监测技术，实现冲洗过程全自动控制，为电厂数字化转型提供支持。实验结果表明，通过优化设计抗燃油循环冲洗方案调整，汽轮机在低负荷运行条件下的效率得到了明显提升。这不仅提高了汽轮机的能源利用效率，也降低了能源消耗和环境污染。因此，这些方法对于提升汽轮机控制油油循环冲洗效率具有重要意义。

参考文献

- [1] 黄渭.改善EH油系统抗燃油油质之对策[J].现代国企研究,2016(6):2.
- [2] 于海航.浅谈EH油系统常见故障及分析[J].中小企业管理与科技,2015(8):2.
- [3] 赵启鹏.汽轮机EH油系统故障分析及改进措施[J].科技资讯,2008(20):2.
- [4] 许志东.库尔勒电厂600MW机组EH油系统故障原因分析及处理[J].长春工程学院学报:自然科学版,2018(1):4.
- [5] DLT5210.3-2018 电力建设施工质量验收及评价规程第3部分:汽轮发电机组.