

# 1000MW超超临界二次再热火电机组控制系统的应用与优化

李可可

江西赣能上高发电有限公司 江西 宜春 336400

**摘要:** 由于化石燃料的匮乏,和全球社会对环境排放限制的日渐增加,因此,本文深入探讨了1000MW超超临界二次再热火电机组控制系统的应用现状,重点分析了再热汽温控制难度大、轴封系统密封性能不足、冲转逻辑不精确以及控制系统与其他系统协同不足等问题。针对这些问题,提出了相应的优化策略,包括过热汽温控制优化、DEH系统精细化调整、控制保护逻辑完善及节能降耗措施的实施,旨在提升机组运行的安全性、稳定性和经济性,为大型火电机组的优化运行提供理论支持和实践指导。

**关键词:** 1000MW; 超超临界; 二次再热; 火电机组; 控制系统; 应用与优化

引言: 随着电力需求的不断增长和环保要求的日益严格,1000MW超超临界二次再热火电机组作为高效、清洁的发电设备,在电力行业中扮演着越来越重要的角色。然而,由于其复杂的结构和运行特性,机组的控制系统面临着诸多挑战。如何确保机组安全、稳定、高效地运行,成为当前研究的热点之一。将从控制系统应用现状出发,分析存在的问题,并提出相应的优化策略。

## 1 1000MW 超超临界二次再热机组概述

1000MW超超临界二次再热机组是当代火力发电领域的一项先进技术,它代表了高效、节能与环保的发电方向。该机组通过提升主蒸汽和再热蒸汽的温度与压力,显著提高了发电热效率,从而实现了更低的煤耗和更少的碳排放。第一,1000MW超超临界二次再热机组的主蒸汽温度通常达到600°C以上,再热蒸汽温度也相应提高,同时主蒸汽压力也远超普通机组,达到25MPa以上。这种高温高压的蒸汽条件使得机组在能量转换过程中能够更充分地利用热能,从而提高发电效率。第二,二次再热技术是该机组的另一大亮点。在普通的再热机组基础上,增加一个超高压缸,使得蒸汽在高压缸做功后,先经过一次再热器加热,再进入中压缸做功,之后再次进入二次再热器加热,最后进入低压缸继续做功<sup>[1]</sup>。这一过程不仅在不提高主蒸汽温度和压力的情况下,进一步提高了发电热效率,还通过多次利用蒸汽能量,减少了能量损失。第三,超超临界二次再热机组的技术难度也相对较高。高温高压的蒸汽条件对锅炉和汽轮机的制造材质提出了更为苛刻的要求,同时机组的控制系统也需要具备更高的精度和稳定性。因此,该机组的研发、制造和运行都需要先进的技术支持和丰富的经验积累。第

四,1000MW超超临界二次再热机组以其高效、节能、环保的特点,成为了当前火力发电领域的重要发展方向。随着技术的不断进步和应用的推广,相信该机组将在未来的电力生产中发挥更加重要的作用。

## 2 控制系统应用现状分析

### 2.1 再热汽温控制难度大

再热汽温控制难度大是1000MW超超临界二次再热火电机组运行中面临的一个显著挑战。由于机组采用了二次再热技术,流程复杂且热惯性大,导致再热汽温的调控变得尤为困难。一方面,再热蒸汽在系统中经历多次加热和膨胀过程,其温度受多种因素影响,如锅炉燃烧状况、烟气分配、蒸汽流量等,这些因素之间的相互作用使得再热汽温呈现出高度的非线性和时变性。另一方面,为了满足电网对机组负荷快速响应的需求,机组需要频繁地进行负荷调整,这进一步加剧了再热汽温控制的难度。具体来说,在低负荷运行时,再热汽温容易出现欠温现象,这不仅影响机组的热效率,还可能对机组的安全运行构成威胁。而在高负荷或负荷变化较大的情况下,再热汽温的控制更是需要极高的精确度和响应速度,以防止超温现象的发生,保护机组设备和延长其使用寿命。因此,再热汽温控制难度大是机组运行中亟待解决的一个重要问题<sup>[2]</sup>。

### 2.2 轴封系统密封性能不足

轴封系统密封性能不足是1000MW超超临界二次再热火电机组运行中面临的一个关键问题。轴封系统作为机组的关键部件,其密封性能直接关系到机组的安全运行、经济性和环境效益。然而,在实际运行过程中,轴封系统往往难以达到理想的密封效果,导致蒸汽泄漏问

题频发。蒸汽泄漏不仅会造成能量的巨大浪费,增加机组的运行成本,还会对机组的环境控制造成不利影响。泄漏的蒸汽可能携带高温高压和有害物质,对机组周围的设备和环境构成威胁。此外,长期的蒸汽泄漏还会对轴封系统本身造成损害,加剧磨损和老化,进一步降低其密封性能,形成恶性循环。更为严重的是,轴封系统密封性能不足还可能引发机组的安全事故。泄漏的蒸汽如果未能得到及时有效的处理,可能会积聚在机组内部或外部,形成安全隐患。一旦遇到火源或高温环境,极易引发火灾或爆炸等严重后果,对机组和人员安全构成极大威胁。

### 2.3 冲转逻辑不精确

冲转逻辑不精确是1000MW超超临界二次再热火电机组启动过程中面临的一个严峻问题。冲转是机组从静止状态过渡到运行状态的关键环节,其成功与否直接影响到机组的整体性能和后续的稳定运行。然而,当冲转逻辑不精确时,一系列问题便随之浮现。首先,不精确的冲转逻辑可能导致机组在冲转过程中无法达到预期的转速或加速度,进而影响机组的并网时间和响应电网负荷的能力。这不仅降低了机组的运行效率,还可能因延误并网时间而对电网的稳定性产生不利影响。其次,冲转逻辑的不精确还可能引发机组的振动问题。在冲转过程中,机组各部件之间的相互作用和应力分布会发生显著变化,如果冲转逻辑不能准确反映这些变化并做出相应的调整,就可能导致机组出现振动过大、轴系失稳等严重问题,威胁机组的安全运行。

### 2.4 控制系统与其他系统协同不足

控制系统与其他系统协同不足是1000MW超超临界二次再热火电机组运行中的一个显著问题。在大型火电机组中,控制系统作为核心大脑,需要与各个辅助系统紧密配合,以实现机组的整体优化和高效运行。然而,在实际操作中,由于系统设计、通信协议、数据接口等多方面的限制,控制系统往往难以与其他系统实现无缝协同。这种协同不足首先体现在信息传输的滞后和失真上。控制系统需要实时获取各个系统的运行状态和参数信息,以便做出准确的判断和决策。然而,当协同不足时,信息传输的延迟和错误就难以避免,导致控制系统无法及时响应机组的变化,影响机组的稳定性和安全性。其次,协同不足还可能导致系统间的冲突和矛盾。在机组运行过程中,各个系统之间需要相互协调、相互配合,以实现机组的整体最优。然而,当控制系统与其他系统协同不足时,就可能出现指令冲突、资源争夺等问题,影响机组的运行效率和经济性<sup>[3]</sup>。

## 3 控制系统优化策略

### 3.1 过热汽温控制

在火电厂等工业领域,过热汽温控制系统的优化是确保机组安全经济运行的关键。过热汽温的稳定直接关系到锅炉和汽轮机的运行效率与寿命。(1)引入先进的控制算法,如PID+状态反馈控制、Smith预估控制等。这些算法能够更精准地应对过热汽温系统的大迟延、大惯性、非线性和时变性等特点,提高系统的响应速度和稳定性。例如,PID+状态反馈控制方案通过增加状态观测器,将状态变量反馈到执行器上,实现快速调节,改善系统动态特性。(2)优化系统结构,采用串级控制或双回路控制等策略。串级控制系统通过引入中间点信号作为补充信号,构成主副两个调节回路,实现更精细的调节。双回路控制系统则利用导前微分信号提高调节质量,使系统更加适应复杂工况。(3)结合现代控制理论和智能控制技术,如模糊控制、神经网络控制等,进一步提升控制系统的智能化水平。这些技术能够模拟人类专家的决策过程,根据实时数据自动调整控制策略,实现更高效的过热汽温控制。(4)加强系统监控与调整。通过实时监测过热汽温的变化趋势和系统的运行状态,及时发现并解决问题。同时,根据运行数据不断优化控制参数和策略,确保系统始终保持在最佳状态。

### 3.2 DEH系统优化

DEH(数字电液调节)系统在1000MW超超临界二次再热火电机组中扮演着至关重要的角色,它负责控制汽轮机的转速、负荷以及保护机组的安全运行。针对DEH系统的优化,是提升机组整体性能和可靠性的关键途径之一。第一,DEH系统的优化首先关注于控制逻辑的精细化调整。通过深入分析机组的运行特性和负荷变化规律,可以对DEH的控制逻辑进行针对性的优化,使其更加贴合机组的实际运行需求。这包括优化转速控制算法、负荷分配策略以及超速保护逻辑等,以确保机组在各种工况下都能实现稳定、高效的运行。第二,DEH系统的优化还涉及到硬件设备的升级和改造。随着技术的不断进步,新型的传感器、执行机构和控制器不断涌现,它们具有更高的精度、更快的响应速度和更强的抗干扰能力。通过引入这些先进的硬件设备,可以显著提升DEH系统的控制精度和可靠性,进一步挖掘机组的运行潜力。第三,DEH系统的优化还需要加强与其他系统的协同工作。DEH作为机组的核心控制系统之一,需要与其他辅助系统(如锅炉系统、凝汽器系统等)保持紧密的通信和协作。通过优化系统间的通信协议和数据接口,可以实现信息的实时共享和高效传输,从而提升机

组的整体协同能力和响应速度。

### 3.3 控制保护优化

控制保护优化是确保1000MW超超临界二次再热火电机组安全、稳定、高效运行的关键环节。随着机组容量的增大和技术的不断进步,对控制保护系统的要求也越来越高。因此,对控制保护系统进行优化,成为提升机组整体性能和可靠性的重要手段。(1)控制保护优化需要关注保护逻辑的完善与精准。通过深入分析机组的运行特性和潜在风险,对保护逻辑进行精细化调整,确保在机组出现异常或故障时,保护系统能够迅速、准确地做出反应,避免事故扩大,保障机组和人员的安全。

(2)优化控制策略也是提升控制保护系统性能的重要途径。通过引入先进的控制算法和策略,如自适应控制、预测控制等,可以实现对机组运行状态的更精确预测和更有效控制,提高机组的运行效率和稳定性。同时,优化控制策略还可以减少人为干预,降低操作风险,提升机组自动化水平。(3)控制保护系统的硬件升级也是不可忽视的一环。随着技术的发展,新型的传感器、执行机构和控制器不断涌现,它们具有更高的精度、更快的响应速度和更强的抗干扰能力。通过升级控制保护系统的硬件设备,可以显著提升系统的可靠性和稳定性,为机组的长期稳定运行提供有力保障。(4)加强控制保护系统的维护和管理也是优化工作的重要组成部分。定期对控制保护系统进行巡检、测试和校准,及时发现并处理潜在问题,确保系统始终处于最佳状态。同时,加强人员培训和技术交流,提高运维人员的专业技能和应急处理能力,也是保障控制保护系统有效运行的关键。

### 3.4 节能降耗优化

节能降耗优化是1000MW超超临界二次再热火电机组运营中不可或缺的一环,对于提升机组经济性、减少资源消耗和降低环境污染具有重要意义。(1)优化机组运行参数是关键。通过精细调整锅炉燃烧、蒸汽参数等关键运行参数,确保机组在最佳工况下运行,提高热效率,减少能量损失。例如,优化燃烧调整,确保燃料充分燃烧,减少不完全燃烧损失;调整蒸汽参数,使蒸汽

温度、压力等参数与机组设计值相匹配,提高蒸汽做功能力。(2)采用先进的节能技术和设备也是节能降耗的重要手段。例如,引入高效的换热器和热回收装置,回收和利用机组运行过程中的余热和余压,提高能源利用效率;采用变频调速技术,根据机组负荷变化自动调节设备转速,减少电能消耗;推广使用高效节能的电机、泵和风机等设备,降低辅助系统的能耗。(3)加强机组的维护和保养也是节能降耗的重要保障。定期对机组进行检修和保养,保持设备处于良好状态,减少因设备故障导致的能量损失和浪费。同时,加强运行管理,优化机组启停和负荷调整策略,减少不必要的能量消耗和排放。(4)注重能源管理和数据分析也是节能降耗优化的重要方向。通过建立完善的能源管理体系和数据分析平台,对机组的运行数据进行实时监测和分析,发现潜在的节能降耗机会,并制定相应的优化措施。同时,加强与其他企业的交流与合作,共享节能降耗经验和科技成果,推动整个行业的绿色发展。

### 结束语

综上所述,1000MW超超临界二次再热火电机组控制系统的应用与优化是提升机组性能、确保安全稳定运行的重要途径。通过深入分析当前控制系统中存在的问题,并采取针对性的优化策略,如优化过热汽温控制、精细化调整DEH系统、完善控制保护逻辑以及实施节能降耗措施等,我们可以显著提升机组的运行效率、稳定性和经济性。未来,随着技术的不断进步和创新,我们有理由相信,大型火电机组的控制系统将会更加智能、高效和环保,为电力行业的可持续发展贡献力量。

### 参考文献

- [1]郭鹏飞,国电泰州1000MW超超临界二次再热火电机组控制系统的应用与优化[J].2017.34-45
- [2]李慧军,1000MW超超临界二次再热机组运行参数优化研究[J].2017.45-56
- [3]姚峻,1000MW超超临界机组控制系统新技术的应用解析[J].2018.67-7