

电厂汽机热力系统运行优化研究

高锦寿

鄂尔多斯市西金余热发电有限公司 内蒙古 鄂尔多斯 017000

摘要: 汽机热力系统是火电机组能量循环与动力输出的关键载体, 运行优化对机组热力性能提升意义突出。本文从汽机热力系统运行机理出发, 剖析能量转换过程与工况变化规律, 梳理设备工况、介质参数、负荷波动等多因素对系统运行的作用机制, 揭示多因子耦合下热力系统的运行特征。在此基础上, 围绕参数匹配优化与全工况方案迭代展开讨论, 并搭建涵盖动态参数匹配、多单元协同调控及长效保障体系的优化运行架构, 为火电机组热力系统高效运行提供理论参照。

关键词: 汽机热力系统; 运行优化; 参数匹配; 协同调控; 能量转换

引言: 火电机组运行中, 汽机热力系统承担着热能与机械能转换及循环能量分配的关键职能。机组面临设备性能衰减、介质参数波动、电网负荷频繁变动等多重干扰, 传统固定参数运行模式已难以适配复杂变工况需求, 能量利用效率与运行稳定性均受到不同程度制约。围绕热力系统运行机理、影响因子、优化方案及运行体系展开研究, 梳理各环节运行规律与调控逻辑, 对推动机组热力循环向高效化方向发展具有现实意义。

1 汽机热力系统运行机理与特性剖析

1.1 汽机热力系统整体构成与关联逻辑

汽机热力系统是支撑火电机组能量循环与动力输出的核心成套体系, 由主蒸汽循环、回热换热、疏水输送及辅助换热结构共同组成^[1]。各类功能结构依托热力循环规律形成紧密的运行关联, 不同单元承担差异化的热力转换与介质输送任务。主汽循环结构负责高温高压蒸汽的输送与做功转化, 主蒸汽温度通常维持在535℃~571℃区间, 压力可达16.7~25.4 MPa, 回热换热结构完成给水热量回收与温度提升, 疏水结构保障系统内部介质平稳流转。各单元依托介质流动与热量传递形成闭环运行链路, 任一结构的运行状态变动都会传导至整体热力流程, 改变机组整体热力运行状态。完整的结构关联模式支撑机组连续化的热力循环过程, 保障能量流转的有序推进。

1.2 汽机热力系统能量转换运行机理

汽机热力系统的核心运行流程围绕热能与机械能的相互转化展开。高温高压蒸汽携带大量热能进入汽轮机通流结构, 蒸汽介质在通流通道内完成膨胀做功, 单级焓降约为80~120 kJ/kg, 热能逐步转化为转子旋转的机械能。做功后的低温低压蒸汽进入后续换热结构, 与给水介质完成热量交换, 实现余热的二次利用。凝汽器排汽

温度一般控制在30℃~45℃范围内, 给水经过多级换热升温后重新回流锅炉完成加热升压, 生成全新蒸汽介质参与循环流程。整套运行流程依托热力学基本定律完成能量的逐级转化与传递, 持续维系机组动力输出的连续性, 构成火电生产的基础热力循环模式。

1.3 汽机热力系统工况运行变化规律

机组实际运行过程中, 外界用电负荷的浮动会带动热力系统运行状态产生持续性变动。负荷需求提升阶段, 系统蒸汽流量与换热强度会出现对应增幅, 介质温度与压力参数随之发生正向偏移。负荷需求回落阶段, 介质输送流量逐步降低, 热力循环速率放缓, 各类运行参数呈现稳步回落的变化趋势。变负荷运行过程中, 不同热力单元的参数变动幅度存在差异化特征, 换热环节与做功环节的参数波动具备滞后属性, 形成机组特有的工况动态变化特征。

1.4 汽机热力系统运行现存桎梏

现有汽机热力系统的运行模式存在多项制约机组热力性能提升的问题。固定化的运行参数设定方式难以适配频繁变动的负荷工况, 变工况运行阶段会出现热量利用不充分的问题。换热结构长期运行产生的性能衰减会削弱热量回收能力, 增加循环过程中的能量损耗。介质输送流程内部存在无用能耗损耗, 常规运行方式无法实现热力资源的高效利用。工况变动引发的参数波动会扰乱热力循环平衡状态, 弱化整套系统的运行稳定性, 限制机组热力运行品质的持续提升。

2 汽机热力系统运行影响因子与运行规律研究

2.1 设备工况对热力系统运行的作用机制

汽机各类配套设备的运行状态, 深度干预热力循环的推进质量与运行稳定性。汽轮机组通流部件的工作状态直接改变蒸汽膨胀做功效率, 通流结构工况状态偏移

会打乱热能与机械能的转化节奏。回热设备运行状态的变动,会改变给水换热效率,调整循环系统内部热量回收水平。输送辅机工作状态的波动,会改变介质输送速率与输送压力,间接改变整套热力流程的运行节奏。设备长期运行产生的性能衰减会逐步改变设备固有运行特性,让热力循环的基础运行条件发生偏移,逐步降低热力系统整体运行效能,诱发循环能量损耗增加的问题。

2.2 介质参数对热力系统运行的作用机制

蒸汽与给水介质的各项运行参数,是决定热力循环质量的核心条件^[2]。介质温度的波动会改变蒸汽焓值水平,直接影响蒸汽做功能力与换热效率,改变循环能量利用水平。介质压力的动态偏移会改变介质流动特性与膨胀特性,影响汽轮机做功过程的平稳程度,干扰换热环节的热量传递效率。介质干度的变化会调整通流部件的工作环境,改变热力循环的能量转化效率。各类介质参数的动态变动会渗透至热力系统各个运行环节,逐步改变循环流程的能量分配状态,影响整套系统的热力运行品质。

2.3 负荷波动对热力系统运行的作用机制

电网负荷需求的动态变动,会驱动汽机热力系统持续调整运行状态适配外部需求。负荷出现增减变动时,机组蒸汽消耗量会产生对应调整,热力循环整体运行速率随之发生改变。负荷变动过程会打破热力系统原有平衡状态,换热强度、介质流量、能量转化水平都会产生适应性调整。小幅负荷变动会引发热力参数的细微偏移,大幅负荷变动会造成热力循环工况的整体切换,让各子系统逐步脱离常规运行区间。负荷频繁变动会让热力系统长期处于状态调整过程,加剧参数波动幅度,提升循环运行的不稳定性。

2.4 多因素耦合下热力系统运行变化规律

实际机组运行场景中,设备工况、介质参数与负荷状态的变动会相互交织,形成多维度耦合作用效果。单一影响因子的状态变动会诱发其他因子产生连锁变化,让热力系统运行状态呈现复合型波动特征。设备性能衰减会放大介质参数波动带来的负面影响,负荷变动会进一步加剧各类参数的偏移程度,多重条件叠加重塑热力循环的运行特征。各类因子的耦合作用会改变热力系统原有变化趋势,让工况演变过程具备更强的复杂性,也让热力循环的能量损耗与运行波动呈现非线性变化特征,构成机组变工况运行的核心规律特征。

3 汽机热力系统运行优化理论与方案设计

3.1 热力系统优化设计基本准则

汽机热力系统的优化设计需要依托热力循环基础理

论开展,遵循火电生产热力转换的客观规律。优化工作围绕提升循环能量利用效率展开,依托科学的调控方式缩减流程内部的无效能量损耗。设计流程兼顾机组运行安全标准与运行经济性,所有优化调整方向均贴合设备长期运行的承载能力^[3]。优化过程重视系统整体运行的协调性,单一环节的改良调整需要适配全系统的运行状态,避免局部优化引发整体热力循环失衡。各类优化设计方向均服务于机组变工况运行需求,适配电网负荷动态变化的运行场景,提升热力系统运行适配能力。

3.2 传统热力运行模式的改良思路

常规热力运行模式采用固定化运行逻辑,参数调节方式较为固化,难以适配复杂变工况运行场景。传统运行方案对负荷变动与介质参数波动的适配能力偏弱,能量利用效率始终存在提升空间。针对传统运行模式的短板,可对固有运行逻辑进行升级调整,打破固定参数运行的局限。改良工作聚焦换热流程、介质输送流程与能量转化流程的细节调整,梳理老旧运行模式中存在的能耗漏洞。结合现代热力调控理念更新运行调节逻辑,弱化固定运行机制带来的性能约束,让传统热力运行体系具备动态适配的运行属性。

3.3 热力系统参数匹配优化设计

热力系统各类运行参数的匹配程度,直接决定循环热力特性与能耗水平。常规运行状态下的参数匹配模式存在适配盲区,不同工况区间的参数搭配无法达到最优状态。结合介质温度压力、介质流量、换热负荷等关键参数的变化特征,重构参数匹配逻辑。依托热力循环能量平衡规律,调整各运行参数的搭配关系,优化换热单元与做功单元的参数适配度。精细化调校多类参数的联动匹配关系,削弱参数错配引发的能量损耗,让不同运行工况下的热力参数组合均能贴合高效循环运行标准。

3.4 全工况下热力运行优化方案迭代完善

单一固定优化方案无法覆盖机组全部运行工况,稳态与变负荷运行状态对热力调控的需求存在明显差异。针对不同运行区间的热力特性差异,对初步成型的优化方案进行逐层打磨与迭代更新。结合低负荷、额定负荷、变负荷过渡阶段的运行特征,调整优化方案的调控侧重点,补齐特殊工况的优化短板。持续打磨方案内部的调控逻辑与参数标准,适配多因素耦合作用下的热力运行变化特征。逐步完善后的优化方案能够适配机组全工况运行场景,持续提升热力系统整体运行质量。

4 汽机热力系统优化运行体系构建

4.1 热力系统优化运行整体架构搭建

汽机热力系统优化运行架构依托机组全工况热力调

控需求搭建,整合数据感知、动态调控、单元联动与状态维护的完整功能模块。整体架构遵循热力循环运行规律划分多层级运行模块,各模块承担专属运行职能,形成相互支撑、相互约束的闭环运行体系^[4]。数据感知模块负责持续捕捉机组介质参数、设备运行状态与负荷运行状态的各类信息,为调控工作提供完整的数据支撑。动态调控模块依托热力优化准则与参数匹配逻辑,完成运行状态的智能调校与运行方式的动态更新。单元联动模块统筹各热力子系统的运行节奏,平衡多单元运行状态。状态维护模块专注机组长期运行的性能保持与逻辑自检,保障优化体系的稳定落地。层级化的架构设计能够打破传统热力运行模式的碎片化局限,实现热力系统运行调控的整体性与规范化。

4.2 热力运行参数动态匹配机制构建

传统热力运行参数的固定匹配模式难以适配变工况运行状态,无法适配负荷波动与设备性能变化带来的运行状态改变。搭建全新的动态参数匹配机制,能够依据机组实时运行状态自主调整参数搭配标准。结合机组不同负荷区间的热力循环特征,梳理温度、压力、流量及换热负荷之间的内在关联,建立动态化的参数适配逻辑。依托热力平衡基本规律调整参数调校幅度与适配范围,让各类运行参数始终贴合当下工况的最优运行标准。机制运行过程中可以跟随工况渐变过程完成参数的平滑调校,规避参数突变引发的热力循环震荡,持续缩减热力循环内部的无效能耗,提升整套系统的能量利用水平。

4.3 系统各单元协同运行调控机制

汽机热力系统包含多个功能各异的子单元,单一单元独立调控会造成热力流程衔接失衡,影响整体运行品质。搭建适配全系统的协同调控机制,打通主汽循环、回热换热、介质输送各单元的运行壁垒。统一各单元的运行调控节奏,梳理不同单元的运行衔接逻辑,实现热力流程全程平稳推进。结合整体热力运行目标分配各单元的运行任务,让局部单元运行调整服务于全系统的热力优化需求,规避局部参数最优引发的整体循环偏移。协同调控模式可以弱化多单元独立运行产生的运行偏差,

平衡换热效率、做功能力与介质输送状态的匹配关系,大幅提升复杂工况下热力系统的运行稳定性与经济性。

4.4 热力系统长效优化运行保障体系

优化调控机制的稳定落地需要配套完善的保障体系,维系热力系统长期高效的运行状态。结合热力设备性能衰减规律与工况变动特征,搭建常态化运行自检模式,每隔72小时进行一次全参数扫描比对,实时捕捉热力流程中存在的运行偏差与能耗异常。完善运行调校的自适应逻辑,让调控体系可以适配设备长期运行的性能变化,自主微调优化调控规则。规范热力系统日常运行调控标准与作业流程,统一变工况调节的操作逻辑与参数调校方向,规避人为调控偏差带来的运行损耗^[5]。长效保障体系可以持续维持优化机制的运行精度,巩固热力系统优化改造成果,让机组在各类运行场景下均可保持优质的热力运行状态,实现热力循环效率的长效稳定。

结束语

汽机热力系统运行优化涵盖机理剖析、因子探究、方案设计与体系搭建等多个层面,各环节彼此衔接、相互支撑。运行机理分析为优化策略提供了物理依据,多因子耦合规律揭示了工况演变的复杂特征,参数动态匹配与协同调控机制则保障了优化方案在全工况下的落地可行性。长效保障体系的构建使热力系统在设备性能演变与工况持续变动中仍能维持较高的运行水准,为机组安全经济运行奠定了理论基础。

参考文献

- [1]崔少峰.电厂汽机热力系统运行优化研究[J].电力设备管理,2022(23):314-316.
- [2]杨洁.电厂汽机热力系统运行优化研究[J].电脑采购,2024(12):100-102.
- [3]马建云.火电厂汽机热力系统运行问题及优化研究[J].今日自动化,2023(3):65-67.
- [4]王广智.电厂汽机热力系统运行的优化研究[J].现代制造技术与装备,2024,60(1):73-75.
- [5]钱辉.基于PLC的汽机电厂热力系统运行优化方法[J].自动化应用,2025,66(5):21-23.