火电厂锅炉受热面常见泄漏原因分析及检修管控措施

胡　湧

国家能源集团华北电力有限公司廊坊热电厂　河北　廊坊　065000

摘　要：锅炉受热面泄漏是影响火电机组稳定运行的常见设备故障，各类工况因素与施工养护问题都会诱发管壁破损泄漏。本文结合火电锅炉设备实际运行工况，从材质劣化、操作工况、介质侵蚀、装配缺陷四个维度梳理受热面泄漏的核心诱因，针对性制定选材养护、运行管控、防腐防磨、装配规范等优化管控方案，有效改善锅炉受热面运行工况，降低设备故障发生率，保障火电生产稳定开展。

关键词：锅炉受热面；泄漏原因；检修管控

引言：锅炉作为火电生产的核心换热设备，受热面结构的运行状态直接关系机组整体运行效能。复杂的高温高压运行环境，会让受热面管材长期承受损耗侵蚀，各类隐性隐患逐步累积，极易引发泄漏故障。这类故障会造成机组运行紊乱，增加设备运维压力，影响生产连续性。结合受热面故障多发的现状，梳理故障诱发机制，完善配套检修管控模式，对提升火电设备运行稳定性有着重要的现实意义。

1 火电厂锅炉受热面泄漏研究概述

在火力发电的整套生产流程中，锅炉承担着热能转换的关键作用，设备运行的平稳状态，是发电机组可靠运转的基础保障。受热面是锅炉实现热能传递的关键构件，常年在高温、高压的复杂工况下持续工作，外部工况的持续作用会让构件本身产生持续性的损耗与性能退化。锅炉受热面发生泄漏故障后，会直接破坏设备内部的热能交换秩序，打乱机组正常的工作节奏，引发设备运转异常，无形中提升设备维护的工作负担。结合火电设备实际运行情况来看，受热面泄漏是锅炉设备运行阶段极为常见的故障问题，这类故障的产生机制较为复杂，不存在固定的单一诱发条件。构件长期接触高温烟气、受到介质侵蚀冲刷，再加上自身材质的自然老化，各类轻微损伤会不断叠加积累，最终造成管壁破损、介质泄漏等故障问题。设备运行状态把控不当、日常养护工作落实不到位、检修操作标准执行不严谨等各类情况，都会加速受热面构件的损坏进程[1]。深入梳理受热面泄漏的各类诱发条件，系统整治设备运行与养护过程中的潜在隐患，优化完善设备检修与日常管控方式，可以切实提升锅炉设备的运行可靠性，减少设备故障停机问题，维持火电生产全过程的稳定开展。

2 火电厂锅炉受热面常见泄漏诱因分析

2.1 管材材质性能劣化泄漏问题

火电机组锅炉受热面金属管材常年处于高温高压的工况条件下持续工作，金属内部的微观组织会随着设备运行时间推移不断发生变化，整体承载性能与抗变形能力会出现渐进式衰退。高温持续作用会改变金属内部晶粒排布状态，造成材料韧性、抗拉强度出现不同程度的下降，管壁应对温度波动和内部压力负荷的耐受能力随之变差。管材外壁与高温烟气、内部介质长期接触后，表面会逐渐生成不稳定的氧化表层，该结构附着力较差，容易出现起皮和脱落现象，使得金属基体反复直接接触恶劣介质，持续产生腐蚀损耗。长期工况载荷的持续作用，会让金属内壁逐步滋生细小孔隙与微观裂纹，这类细微损伤会在设备持续运行过程中不断延展、贯通，慢慢破坏管壁的整体结构稳定性。管材出厂自带的细微缺陷，或是长期服役过程中积累的材质损耗，都会造成管壁有效厚度不断减小，整体结构完整度遭到破坏。当材质性能下降到临界水平，管壁无法承载正常工作负荷，就会出现开裂破损，造成内部介质泄漏。充分掌握金属材质劣化的演变特点，及时开展隐患排查与防护处理，可以有效延缓管材性能衰退速度，提升锅炉受热面的运行稳定性。

2.2 设备运行操作不当引发泄漏

火电锅炉在启停和变负荷工作过程中的人为操控状态，直接关系受热面管材的结构完整程度。设备启停过程中，升温、升压节奏把控失衡，会使各段受热面管材出现温差变化不一致的情况，金属本体产生不均匀热应力作用，慢慢催生微观裂纹并持续延展扩大。锅炉燃烧调控工作把控不到位，炉内火焰燃烧位置出现偏移，

部分区域受热面会持续接收过高热量，让管壁长期处在超温工作状态。这种非正常的受热状态会持续干扰金属内部的应力结构，加速金属疲劳现象的产生，让管材整体承载性能不断下降。机组工作负荷频繁出现大幅度变动，会让受热面持续承受交替变化的应力作用，逐步消耗管材本身的结构性能。炉内配风比例失调、燃烧状态调整不到位，都会造成炉膛温度分布紊乱，局部管段受热负荷远超常规工作标准。长期的应力交变与温度波动会不断叠加结构损伤，逐步造成管壁变薄、开裂，出现介质泄漏故障[2]。严格把控锅炉各项运行操作细节，保持机组参数平稳变动，可有效减少人为操作因素带来的设备损伤问题。

2.3 烟气介质磨损腐蚀造成泄漏

锅炉燃料燃烧过程中生成的高温烟气裹挟大量细小灰粒，在炉膛内部持续流动穿行，长期接触受热面管道表面，会持续产生机械冲刷和化学侵蚀作用。高速运动的固体颗粒持续撞击金属管壁，会慢慢磨蚀管材表层结构，使管壁厚度出现持续性损耗。烟气中含有的多种活性物质，可在高温环境下与金属基体发生化学反应，在管道表面生成质地疏松的腐蚀产物。这类表层结构附着力较弱，在烟气持续冲刷作用下容易脱落剥离，使得新鲜金属基体持续暴露在恶劣环境中，腐蚀磨损过程得以持续进行。机械磨削与化学侵蚀的双重作用会不断破坏管壁的完整结构，使管材表面逐步形成凹陷创面，整体性能持续变差。长期累积的表层损伤会不断向管材内部延伸，削弱管壁承载能力，最终造成管壁穿孔破损，引发受热面泄漏问题。优化炉膛内部介质环境与防护手段，可以有效减缓烟气磨损腐蚀的推进速度，维持受热面结构的完整状态。

2.4 施工装配瑕疵导致受热面泄漏

锅炉受热面管道现场组装及焊接施工的整体质量，对设备投运后的结构安全状态有着直接影响。焊接施工环节作业精度把控不到位，会使焊缝区域产生各类细微内部缺陷，常见问题包含孔洞、杂质残留以及焊接熔合不充分等情况。这类潜藏在结构内部的施工问题，在设备刚投入运行时不会表现出明显故障特征，在长期高温高压的持续工况影响下会慢慢扩大，损害焊缝结构的密闭性能。管道对接组装过程中产生的位置偏移、拼接缝隙不匀等施工问题，会改变管道原有受力体系，使运行产生的应力集中在装配异常的点位。应力长期集中作用会持续侵蚀管道结构，促使细微裂纹持续延伸扩展。管道支撑构件安装位置偏差、紧固程度不一致，会限制管材热胀冷缩的正常形变，衍生出额外机械应力。这类应力长期堆积会持续破坏管材与焊缝结构，最终引发开裂破损[3]。严格落实各项施工工艺标准，细化组装与焊接作业流程，可以有效规避施工瑕疵带来的设备隐患。

3 火电厂锅炉受热面泄漏检修管控优化措施

3.1 严控受热面管材选材与养护管理

各类管材自身的综合性能，会对锅炉受热面的长期运行状态产生直接影响，做好材料筛选和日常维护工作，是提升设备运行可靠性的关键环节。开展管材筛选工作时，要充分结合锅炉炉膛温度、工作压力等实际工况条件，挑选适配性更强、综合性能更优的金属管材，重点关注材料耐高温、抗腐蚀以及抗疲劳的综合能力。材料进场使用前，需开展全方位的质量核验工作，细致排查管材外观损伤和内部结构缺陷，剔除存在质量问题的构件，避免先天材质问题影响后续设备运行效果。设备正式投运之后，持续性的养护工作可以有效减缓金属管材性能衰退的速度。日常维护过程中，工作人员需要重点关注管壁表层状态，及时清理附着在管材表面的灰尘、积灰及腐蚀残留物，减少各类介质持续接触金属表面造成的结构损伤。对长期承受高温负荷的管段开展周期性检查，尽早发现材质老化、性能下降的早期问题。完善材料筛选标准、细化日常养护细节，可以持续保持受热面管材的结构完整性，拉长设备使用年限，减少因材质劣化引发的各类泄漏问题。

3.2 完善锅炉日常运行管控工作

锅炉整套运行管控体系的落实效果，对受热面管材的服役状态和使用年限有着直接影响。火电设备持续运转期间，工作人员需实时把控炉膛燃烧工况，让炉内热量分布保持均衡，杜绝局部区域过热积热的现象出现。机组负荷调整作业需要循序渐进开展，放缓参数切换的节奏，减小温度、压力频繁波动带来的交变载荷，减轻金属管材承受的疲劳损伤。通过精准调整配风比例与燃料供给状态，可以优化炉膛燃烧环境，改善燃烧偏移、局部高温等不良运行问题。工作人员需要常态化监测设备运行状态，及时识别工况波动带来的细微异常，第一时间调整运行参数，避免不良工况长期作用损伤受热面结构。针对机组启停、负荷切换等关键操作环节，优化细化实操流程，摒弃不合理的操控方式，缓解极端工况对管道结构的持续损耗。精细化的日常运行管控能够有效规避人为操作带来的设备隐患，保护受热面结构完整性，从运行管控维度降低设备泄漏故障的发生概率[4]。可结合机组实时运行状态做好动态调控，规避长时间高负荷、不稳定工况运行带来的持续性结构损耗。

3.3 常态化开展防腐防磨养护工作

高温烟气和燃烧产生的各类杂质会持续作用于锅炉受热面表层，慢慢造成金属磨损和化学腐蚀，持续开展防护养护可以有效改善这类结构损耗问题。设备防护工作不能局限于单一检修时段，应当覆盖机组常态化运行和停机检修的全部过程，建立长效防护机制，削弱恶劣工况对管道结构的持续破坏。机组稳定运行期间，要有序开展受热面清灰作业，及时清除管壁附着的烟灰颗粒与残留杂质，减少固体物料持续冲刷带来的机械磨损，阻断腐蚀性介质持续附着引发的金属基体破坏。对于工况条件恶劣、损耗问题频发的管道区域，可针对性施加表层防护工艺，强化管材抵御冲刷和腐蚀的能力。设备停机检修阶段，需要对全部受热面构件开展细致检查，彻底清理管壁残留的腐蚀附着物，对出现轻微磨损、表层破损的位置及时开展修补复原作业。依据不同管段的损耗特征动态调整养护重点，对薄弱构件增加养护频次，持续维护管道结构完整性。系统且持续的防腐防磨作业，能够有效减缓受热面结构老化损耗节奏，保障设备长期平稳运行。结合设备不同运行周期的损耗特点动态调整养护方案，能够让防护工作更具针对性，切实提升设备抗损耗能力。

3.4 统一检修装配作业规范流程

锅炉受热面后期检修翻新与现场装配工作的落实质量，深刻影响设备修复效果以及长期运行的安全状态。受热面拆装、对接与焊接包含大量细碎作业环节，实操过程中细节管控不严，极易在管道结构内部留下隐性缺陷，这类问题会在设备长期运行过程中不断恶化，最终诱发介质泄漏。规整现场作业的整体执行标准，统一各工序实操要求，可以最大限度减少人为操作差异带来的施工问题，提升整体作业精细化水平。正式开展检修作业前，工作人员需要全面梳理现场作业条件，规整作业现场环境，摸清待修管段的实际工况与结构状态，明确整套作业的核心把控要点。管道对接拼装、焊缝熔接、固定构件安装等关键操作，需要严格遵循统一的作业要求，精准控制管口对接位置、拼接缝隙宽度以及焊接操作细节，减少拼装偏移、焊接不充分等常见施工问题。焊接作业结束后，需要全面检查焊缝成型情况，妥善处理表层瑕疵与内部隐性缺陷，保障焊缝密实度与结构完整性。管线及支撑构件安装阶段，合理调整构件受力状态，预留充足的热形变空间，避免机组运行期间产生局部应力集中[5]。规范整套检修装配的实操流程、细化各环节作业标准，能够有效规避施工缺陷，提升受热面装配品质，减少装配类故障隐患。

结束语

未来，火电设备运维工作中，需要持续聚焦锅炉受热面的故障防控与精细化管控，结合设备运行工况变化持续优化养护、运行及装配作业模式。针对性规避材质老化、操作偏差、介质侵蚀、施工缺陷等各类泄漏诱因，落实全周期、全方位的设备防护管控体系。通过完善的运维手段降低受热面泄漏故障频次，提升锅炉设备运行稳定性与服役年限，为火电机组长效平稳运行提供坚实的设备保障。

参考文献

[1] 欧鲤辉. 火电厂锅炉“四管”泄漏原因、防范与管理措施 [J]. 现代制造技术与装备,2024,60(5):219-221.

[2] 朱文高.CFB 锅炉过热器泄漏原因分析及预防措施 [J]. 煤化工,2025,53(6):76-78.

[3] 孙克顺. 电厂锅炉“四管”泄漏的原因分析及预防措施 [J]. 应用能源技术,2025,(08):103-105.

[4] 李强. 火电厂亚临界锅炉四管泄漏治理措施及预测分析 [J]. 电力设备管理,2025,(18):90-92.

[5] 曾良良, 杨晓明. 燃煤电厂锅炉“四管”泄漏原因及预防措施探析 [J]. 中国机械,2024,(11):83-86.