

# 燃煤火力发电机组锅炉受热面安装关键工序质量 风险识别与过程控制分析

霍志勇

华润电力控股有限公司 广东 深圳 518000

**【摘要】**：燃煤火力发电机组锅炉受热面安装质量直接影响发电机组的安全性及运行效率。本文探讨了锅炉受热面安装过程中关键工序的质量风险识别与过程控制方法，分析了焊接、设备对接、管道安装等环节中的主要质量风险。通过对风险识别方法的应用，提出了通过过程监控、质量控制点管理及智能化技术来有效降低受热面安装过程中的风险。结合具体案例分析，验证了这些控制措施的实际效果，并总结了成功与失败的经验教训。研究表明，优化工艺流程、加强人员培训、引入智能化技术将有效提升安装质量，确保锅炉长期安全、稳定运行。

**【关键词】**：质量风险；锅炉安装；受热面；过程控制；风险识别

DOI:10.12417/2811-0722.26.05.062

## 1 关键工序质量风险识别的重要性

### 1.1 受热面安装的核心工序

受热面安装是燃煤火力发电机组锅炉安装过程中的一项长期、复杂且关键的内容。安装过程涉及多个环节，如管道的焊接、支撑架的安装以及热力元件的对接等，每个环节都要求严格的质量控制。受热面的完整性和稳定性直接影响锅炉的热效率和使用寿命，因此，确保这些工序的精确执行至关重要。任何一项工序出现偏差，都可能导致锅炉运行不稳定，甚至可能对机组造成损害。在这一过程中，工艺参数、设备质量、施工规范等都需要严格监控和控制，只有确保各工序的精确实施，才能保证锅炉的整体安装质量。

### 1.2 质量风险对发电机组的影响

质量风险在受热面安装过程中可能导致诸多不良后果，尤其在锅炉长期运行时，风险带来的影响更加突出。任何安装工序中的偏差，如焊接缺陷、密封不严或管道对接不良，都会直接影响锅炉的热力传输效率，增加能耗，甚至可能造成局部过热、设备腐蚀等问题<sup>[1]</sup>。更严重的情况下，质量问题可能导致设备提前损坏，进而影响整个电厂的安全稳定运行和发电效率。这些隐患不仅会增加运维成本，还可能延长停机时间，造成巨大的经济损失，严重时甚至危及人员人身安全和环境保护。

### 1.3 风险识别方法的必要性

风险识别在锅炉受热面安装过程中扮演着至关重要的角色。通过对各工序的潜在风险进行全面识别，可以为后续的控制和预防措施提供有力的依据。有效的风险识别方法能够帮助工程团队提前发现关键工序中的潜在问题，从而采取针对性的控制措施，避免事故发生。常见的识别方法包括失效模式与效应分析(FMEA)、风险矩阵分析以及工序审查等，这些方法可以系统性地评估每一环节的潜在风险，并为项目管理者提供精

确的决策支持。在实际施工中，结合历史数据和现场反馈对风险进行动态评估，是确保锅炉安装质量和运行安全的关键步骤。

## 2 锅炉受热面安装过程中的主要质量风险

### 2.1 焊接工序的质量风险

焊接工序是锅炉受热面安装中的关键环节，焊接质量直接决定了锅炉受热面组件的稳定性与安全性。焊接过程中，常见的质量问题包括裂纹、未焊透、未熔化、咬边、弧坑、气孔、夹渣等，这些缺陷会导致焊接接头的强度不足，容易引发局部过热、腐蚀甚至断裂。高温和高压的工作环境下，焊接质量不达标可能会导致锅炉在运行过程中发生结构性损坏，影响锅炉的热效率和运行安全。为了确保焊接质量，需要严格控制焊接工艺参数，如电流、电压、焊接速度等，并对焊接接头进行必要的无损检测，如超声波探伤、射线检测等手段，确保焊接质量符合标准要求。加强焊接作业人员操作技能和质量意识也是减少焊接缺陷的有效途径。

### 2.2 设备对接与密封过程中的隐患

锅炉受热面安装过程中，设备对接与密封是确保锅炉系统完整性的另一个关键环节。不恰当的对接会导致设备之间无法有效连接，进而造成热力和压力传递的异常，影响锅炉的正常运行<sup>[2]</sup>。密封不严则可能导致蒸汽泄漏、热能流失、系统压力不稳定等问题，严重时甚至引起设备故障或停机。在安装过程中，设备的对接面和密封面必须保证平整、光滑且无杂质，以避免泄漏现象的发生。使用优质的密封材料，严格控制对接工艺和密封材料的选择，确保每个接头的密封效果，是保障锅炉长期稳定运行的重要环节。对接与密封工作中的任何疏漏，都可能导致锅炉受热面部件的失效，甚至影响整个发电机组的安全性。

### 2.3 管道安装中的应力分布与变形风险

锅炉受热面管道安装过程中,管道的应力分布与变形是影响安装质量和设备运行安全的重要因素。管道在高温、高压条件下会发生热膨胀和变形,若设计和安装不当,可能导致管道的应力集中,进而引发疲劳破裂或应力腐蚀等问题。特别是在焊接与连接处,可能因热膨胀不均或支撑不当而发生局部变形,影响锅炉受热面的稳定性。为了避免这些问题的发生,需要通过精确计算管道的应力分布和变形情况,合理设计管道支撑和固定点,保证管道在运行时按设计预定方向自由膨胀。采用抗热疲劳的材料和优化的焊接工艺,可以有效降低管道因应力分布不均而引起的损坏风险。对于已经安装的管道,也需要进行必要的监测和检测,确保其长期稳定性。

## 3 有效的质量风险控制方法

### 3.1 过程监控与数据分析技术

在锅炉受热面安装过程中,过程监控和数据分析技术提供了强有力的质量控制手段。借助于先进的监控系统和传感器,可以实时监测安装过程中各个关键参数,如温度、压力、焊接温度和电流等,这些参数对于确保工艺规范执行至关重要。数据采集与分析系统能够对各项数据进行实时比对,及时发现偏差并报警,从而防止小问题发展成隐患。利用大数据和机器学习技术,能够进一步提高监控精度,对历史数据进行深度分析,预测潜在风险,提前采取预防措施。数据分析技术还可以帮助优化工艺流程,通过对不同操作条件下的性能分析,进一步改进安装质量和减少不合格品的发生。高效的数据处理能力和精准的过程控制使得整个安装过程更加透明化和可控化,从而大幅提升锅炉安装的质量水平,确保机组能够高效稳定运行。

### 3.2 质量控制点与关键节点管理

质量控制点与关键节点管理是锅炉受热面安装过程中不可忽视的重要环节。在安装过程的不同阶段,往往会出现多个质量控制点,如焊接工序、管道对接、设备安装等,每一个控制点的质量直接影响着最终安装的质量。通过对安装过程中的关键节点进行精确管理和严格控制,可以有效预防质量问题的发生。在焊接环节,应设置焊接质量检查点,确保焊接前的准备工作、焊接工艺的执行和焊后处理符合标准要求<sup>[3]</sup>。在管道安装中,必须设定管道对接的质量检查节点,对管道连接的尺寸精度、焊接质量及其密封性进行严格把关。关键节点管理的核心在于确保每个环节都得到严格监控,不留质量隐患。通过设置质量控制点并对关键节点进行全面管理,能够确保锅炉受热面安装过程中的每个细节都得到充分的关注,避免因小失误而导致质量事故的发生。这一方法的成功实施需要管理者具备敏锐的风险识别能力和足够的执行力,确保每个环节都按照预定标准严格执行。

### 3.3 防止与纠正措施的实施

防止与纠正措施的实施是确保锅炉受热面安装质量的重要保障。在整个安装过程中,预防性措施的制定和执行对于降低质量风险至关重要。在工艺设计阶段,应通过对安装方案的充分论证和评估,预测并避免可能出现的质量问题。在具体操作中,应通过对工艺流程的优化、操作规程的完善以及对作业人员的培训,减少人为错误和工艺失误的发生。预防性措施还包括对设备和材料的严格把关,确保选用符合标准的高质量材料,避免因材料不合格而引起的安装问题。尽管采取了预防措施,安装过程中仍可能出现一些质量问题,此时,及时的纠正措施尤为重要。纠正措施需要在问题出现的第一时间进行诊断与处理,防止问题扩展。对于已经发现的质量问题,应进行原因分析,并采取切实有效的整改措施,确保问题不再发生。在实际操作中,纠正措施通常包括返修、替换损坏部件以及优化工艺等。这些措施的及时有效执行能够最大程度地减少质量问题带来的负面影响,保障锅炉受热面安装质量不受影响。

## 4 案例分析与实践经验

### 4.1 具体工艺中风险识别的实践案例

在锅炉受热面安装的实际工艺中,风险识别常常依赖于经验和技术手段的结合。在某火电建设项目中,通过详细的失效模式与效应分析(FMEA),在焊接接头的评估中发现了潜在的焊缝缺陷风险。在施工过程中,尽管焊接工艺和材料符合设计要求,但由于施工环境的温、湿度波动,焊接接头的金属流动性发生了微小变化,导致焊缝部分区域出现应力集中。通过现场监测设备收集温度和电流数据,结合实时分析,及时发现这一问题,避免了进一步的损坏。如果没有进行及时的风险识别,可能会导致焊接接头在运行中发生疲劳断裂,造成锅炉热效率下降甚至机组停运。该案例表明,细致的工艺监控和风险识别工具的应用能够有效预防潜在的质量问题。

### 4.2 过程控制实施的具体效果

在实施过程控制的过程中,数据监控与实时反馈对于提升锅炉受热面安装质量起到了至关重要的作用。在某大型电厂的锅炉安装过程中,工程团队采用了智能化的监控系统,实时追踪管道安装过程中各项关键参数,如温度、焊接电流、管道应力等<sup>[4]</sup>。通过这些数据的实时采集与分析,发现了部分管道在安装过程中存在轻微的偏移问题。通过及时调整安装方案和优化焊接工艺,避免了应力过度集中造成管道变形的问题。在这个过程中,数据驱动的过程控制系统不仅有效减少了因工艺问题导致的风险,还提高了安装精度和施工效率。锅炉受热面在安装阶段顺利完成,运行初期的各项参数达到预期标准。该案例表明,过程控制的有效实施能够显著提升锅炉安装质量和效率,确保项目顺利推进。

### 4.3 案例中的成功与失败经验

锅炉受热面安装过程中,成功与失败的经验教训为后续项目提供了宝贵的参考。在某火电项目中,采用了先进的焊接技术和严格的质量监控流程,通过全过程监控和关键节点管理,及时发现了管道安装过程中的潜在问题,并采取了有效的纠正措施,成功避免了焊接缺陷带来的质量风险,确保了锅炉的长期稳定运行。然而,也有失败的经验。在一个项目中,由于对接环节未能严格按照标准执行,导致密封不良,最终在锅炉运行时发生了泄漏。这个案例反映了即使在其他环节控制到位,部分关键环节的忽视仍然会导致整体质量问题。因此,保证每个环节的精细管理、严格控制并避免工序中的松懈,是确保锅炉安装质量成功的关键。成功案例的实施经验强调了技术手段与管理控制的结合,而失败案例则提醒了我们即便是小的疏忽也可能带来灾难性的后果。

## 5 优化建议与未来改进方向

### 5.1 提升工艺流程的标准化与规范化

锅炉受热面安装过程中,工艺流程的标准化和规范化对确保质量至关重要。许多安装过程中出现质量问题,往往源于不同环节的工艺不一致或操作标准不统一。工艺流程的标准化需要进一步推进,确保所有安装步骤和操作方法都有明确、统一的技术规范。对于每一项工序,相关操作手册和质量控制标准应涵盖从设计图纸到施工现场的全过程,确保每一位操作人员都严格按照规范执行。建立起一套完善的标准化审核机制,对工艺流程和施工方法进行定期审核与更新,及时纠正工艺流程中出现的问题。标准化和规范化还要求对技术标准、设备要求及操作规范进行实时更新,并与国际或行业内最新的技术标准接轨。这些措施不仅能提升安装效率,减少错误发生,也能在长期运行中提高锅炉的可靠性和安全性。

### 5.2 加强人员培训与风险意识

人员素质和风险意识的提升是确保锅炉受热面安装质量的基础。作业人员在日常操作中往往面临复杂的工艺要求和极高的工作压力,尤其在高风险操作环节,如焊接、管道对接等,

任何轻微的疏忽都可能引发严重后果。因此,加强人员的专业技能培训与安全意识教育显得尤为重要。培训应涵盖最新的工艺技术、设备操作规范以及安全防范措施,确保人员不仅具备过硬的技术能力,还能灵活应对现场变化<sup>[5]</sup>。更为重要的是,提升全体作业人员的风险识别能力和应急处理能力,使他们在出现异常情况时,能够迅速做出反应并采取有效措施,防止事态扩大。定期组织工艺流程回顾和技术讲座,提高人员对潜在质量风险的认知,建立起全员参与的质量控制体系。在实际工作中,只有确保每一位人员都具备了高水平的操作技能和应急反应能力,才能有效地控制安装过程中的质量风险。

### 5.3 智能化技术在过程控制中的应用

智能化技术的引入为锅炉受热面安装过程控制提供了全新的解决方案。通过采用先进的传感器、监控系统 and 大数据分析平台,可以实现对安装全过程的精确监控与动态调整。传感器可以实时收集温度、压力、电流、焊接质量等各类数据,并通过中央控制系统进行集中管理。通过数据分析,施工团队可以实时了解施工过程中可能存在的风险点,并及时调整操作参数。焊接过程中焊接电流和温度的实时监控,可以防止因电流过大或温度过高导致的焊接缺陷。人工智能算法还可以对历史施工数据进行深度学习,预测可能发生的质量问题,提前采取预防措施。结合机器视觉与图像识别技术,能够对焊缝质量进行自动化检测,减少人为错误,提高焊接质量的稳定性。未来,随着智能化技术的不断发展,过程控制将变得更加精准和高效,为锅炉受热面安装提供更加科学的质量管理手段。通过智能化技术的全面应用,不仅可以大幅提升安装质量,还能有效降低施工风险,提高工作效率和安全性。

## 6 结语

通过对燃煤火力发电机组锅炉受热面安装过程中的质量风险识别与过程控制的分析,可以看出,提升安装质量和降低风险是确保锅炉安全运行的关键。优化工艺流程、加强人员培训以及智能化技术的应用,都能有效提高安装过程的精准度和效率。未来,随着技术的不断进步,质量控制将进一步精细化,为电力行业的可持续发展提供更坚实的保障。

### 参考文献:

- [1] 马立虎.火力发电机组锅炉承压部件泄漏原因分析及治理措施[J].东北电力技术,2023,44(4):38-42.
- [2] 陈琪奥.600 MW 燃煤机组锅炉燃烧状态在线监测与燃烧效率的优化策略[J].今日自动化,2025(9):135-137.
- [3] 陈崇明,韩忠阁,车凯,陈秋.污泥掺烧对燃煤机组污染物排放特性的影响分析[J].河北电力技术,2025,44(2):54-59.
- [4] 倪淼喆.350 MW 级超超临界 $\pi$ 型锅炉受热面安装[J].今日自动化,2025(2):112-114.
- [5] 潘建跃.散装锅炉受热面安装中的质量控制研究[J].低碳世界,2023,13(6):196-198.