

高炉煤气柜故障分析及解决措施

陈进杰

广西钢铁集团有限公司能源总厂 广西 防城港 538000

摘要：高炉煤气柜作为钢铁企业煤气储存与稳定供应的关键设施，其安全稳定运行至关重要。本文深入剖析高炉煤气柜故障成因，涵盖设计制造缺陷、安装调试问题、运行维护不当及外部环境因素等方面。针对结构设计不合理、操作违规、腐蚀等具体故障原因，提出包括侧板修复、密封装置更换、建立完善维护制度、优化结构设计等一系列解决措施与预防策略，旨在为提升高炉煤气柜运行可靠性、保障钢铁生产安全高效提供技术参考与理论支持。

关键词：高炉煤气柜；故障分析；解决措施

引言：在钢铁工业生产流程中，高炉煤气柜承担着储存和调节高炉煤气的关键任务，是保障能源稳定供应、降低生产成本的重要环节。然而，在实际运行过程中，高炉煤气柜常因多种因素出现故障，不仅影响煤气供应的稳定性，还可能引发安全事故，造成重大经济损失和环境污染。因此，深入探究高炉煤气柜故障原因，提出科学有效的解决措施与预防策略，对提升钢铁企业生产效率、保障生产安全具有重要的现实意义。将从设计制造、安装调试、运行维护及外部环境等维度展开分析，并给出针对性解决办法。

1 高炉煤气柜概述

高炉煤气柜是钢铁生产中不可或缺的能源缓冲枢纽，主要用于平衡高炉煤气的产耗波动，保障煤气稳定输送至用户端。在钢铁冶炼过程中，高炉煤气的产生与消耗难以实时匹配，煤气柜通过灵活调节储存量，可有效避免煤气放散造成的能源浪费与环境污染，同时降低企业外购能源成本，提升整体经济效益。从构造来看，高炉煤气柜主要分为湿式与干式两大类。湿式煤气柜以水为密封介质，依靠水槽与塔节间的水封实现气密，具有结构直观、造价较低的特点，但存在冬季易结冰、柜体易腐蚀等弊端；干式煤气柜则采用橡胶膜、稀油等密封材料，密封性更强，占地面积小，且不受环境温度影响，在现代钢铁企业中应用日益广泛。其运行原理基于活塞升降，当煤气产量过剩时，活塞上升将多余煤气储存；当煤气供应不足时，活塞下降释放煤气，通过柜体内部压力调节系统维持管网压力稳定。作为钢铁企业能源循环利用的关键节点，高炉煤气柜的稳定运行对推动行业绿色低碳发展具有重要意义^[1]。

2 高炉煤气柜故障原因深度分析

2.1 设计与制造缺陷

2.1.1 结构设计不合理

在高炉煤气柜设计时，若对柜体结构的力学性能考量不足，将引发系列问题。比如，部分设计未充分考虑煤气压力的动态变化，导致柜体支撑结构无法承受长期压力，致使柜体倾斜甚至倒塌；一些密封结构设计缺乏对煤气腐蚀性的防护，加速密封材料老化，造成煤气泄漏；还有活塞导向结构设计若存在缺陷，会使活塞在升降过程中偏离轨道，引发设备碰撞，严重影响煤气柜运行安全。

2.1.2 制造工艺问题

制造环节的工艺缺陷是导致煤气柜故障的重要因素。焊接时，若电流、电压参数设置不当，易产生虚焊、脱焊现象，使得柜体焊缝处成为煤气泄漏点。零部件加工过程中，如活塞导轮的圆度误差超标，会在运行时产生异常磨损与振动；密封件的制造精度不足，难以形成有效密封。同时，未严格把控的质量检测流程，会让存在制造缺陷的部件投入使用，增加设备运行故障风险。

2.2 安装与调试问题

2.2.1 安装误差

在高炉煤气柜的安装过程中，各类误差会严重影响设备性能。例如，柜体侧板拼接时若存在较大的尺寸偏差，不仅破坏柜体整体密封性，还可能导致应力分布不均，引发局部变形；活塞导轮与导轨安装位置不准确，会使活塞运行时出现卡滞、偏斜，加剧部件磨损；密封装置安装不规范，如密封胶涂抹不均匀、密封件未完全贴合，易造成煤气泄漏。此外，基础沉降控制不当、螺栓紧固力不一致等安装误差，也会在长期运行中逐步显现，埋下安全隐患。

2.2.2 调试不到位

调试是保障高炉煤气柜正常运行的关键环节，若调试工作不充分，易导致设备带“病”运行。部分调试过程中，未对煤气柜的压力、升降速度等关键参数进行

细致校准,使得设备运行参数偏离设计标准,影响煤气储存与输送效率;对密封性能、导轮系统运行状态等未进行全面测试,无法及时发现潜在故障点;调试流程简化,省略部分必要的试运行步骤,致使设备在实际运行中出现异常振动、异响等问题时难以快速定位根源,增加后期维护难度与安全风险。

2.3 运行与维护不当

2.3.1 操作违规

操作人员违反规程操作是引发高炉煤气柜故障的常见因素。例如,未按规定控制煤气柜的储气量,超上限或下限运行,会使柜体承受异常压力,导致密封结构损坏或活塞脱轨;在煤气输送过程中,随意调节阀门开度,造成管网压力骤变,冲击柜体结构;部分操作人员未对设备进行预热、预冷处理,直接启动或停止设备,引发热胀冷缩应力集中,加速部件老化。这些违规操作不仅降低设备使用寿命,更易引发煤气泄漏、爆炸等严重安全事故。

2.3.2 维护不及时

高炉煤气柜长期运行后,部件会出现磨损、老化等问题,若维护不及时,将加速故障发生。密封材料老化、导轮磨损等情况未及时检查更换,会致使煤气泄漏风险增加、活塞运行不畅;油泵站润滑油未定期更换,导致润滑效果下降,引发设备异常磨损;电气控制系统的线路老化、元件接触不良等问题未及时修复,可能造成控制失灵。此外,忽视日常巡检,无法及时发现设备隐患,小问题逐渐累积,最终演变为重大故障,严重影响生产安全与效率。

2.4 外部环境因素

2.4.1 温度变化影响

温度变化对高炉煤气柜的正常运行影响显著。极端高温下,柜体金属材料会出现热膨胀,若预留伸缩空间不足,将导致柜体结构变形,焊缝处应力集中,引发开裂;密封材料也会因高温软化,降低密封性能,造成煤气泄漏。在低温环境中,煤气中的水分易凝结成冰,堵塞管道、阀门,影响煤气输送;金属材料低温韧性下降,变得脆硬,受外力冲击时易发生断裂;同时,温度骤变还会使活塞与柜体之间的间隙发生变化,导致活塞运行不稳定,增加设备故障风险。

2.4.2 腐蚀作用

高炉煤气柜长期暴露于外部环境,易受腐蚀侵袭。大气中的湿气、酸雨等与柜体金属接触,会发生电化学腐蚀,逐渐削弱柜体强度;煤气中含有的硫化氢、二氧化碳等腐蚀性气体,在水的作用下会对柜体内部及密封

装置造成化学腐蚀,加速部件老化损坏。此外,潮湿的环境还会加速电气设备的绝缘老化,引发短路等故障。若未采取有效的防腐措施,腐蚀问题会不断加剧,缩短煤气柜使用寿命,甚至威胁设备安全运行^[2]。

3 故障解决措施与预防策略

3.1.1 侧板修复技术

当高炉煤气柜侧板出现变形、开裂等问题时,需采用针对性修复技术。对于轻微变形,可使用液压千斤顶等设备进行局部校正,通过逐步施加外力,使侧板恢复至原有形状;对于开裂部位,先对裂缝进行清理,去除氧化皮和杂质,再采用焊接修复。焊接时,需根据侧板材质选择合适的焊条,并严格控制焊接工艺参数,如电流、电压和焊接速度,防止出现焊接缺陷。修复后,应对焊接部位进行打磨处理,确保表面平整,并进行探伤检测,如采用超声波探伤或磁粉探伤,验证修复效果,防止裂缝再次扩展,保障侧板结构强度与密封性。

3.1.2 密封装置修复与更换

密封装置失效是煤气柜煤气泄漏的常见原因。若密封材料出现轻微磨损或老化,可通过涂抹密封胶、调整密封件压缩量等方式进行修复;若密封件破损严重,则需及时更换。更换时,先清理密封槽,确保无杂质残留,再安装新的密封件,安装过程中要保证密封件与密封槽贴合紧密,避免出现扭曲、褶皱。对于橡胶类密封材料,要注意其耐腐蚀性和耐温性是否符合运行要求。更换完成后,需对密封装置进行气密性测试,如采用肥皂液涂抹法或压力测试法,检查是否存在泄漏点,确保密封性能达到标准,防止煤气泄漏事故发生。

3.1.3 导轮系统调整与维修

导轮系统故障会导致活塞运行不畅,甚至卡滞。当导轮出现磨损、偏斜时,首先要对导轮的安装位置进行检测,使用激光对中仪等设备检查导轮与导轨的平行度和垂直度,若存在偏差,通过调整导轮的固定螺栓进行校正。对于磨损严重的导轮,需及时更换,选择与原型号匹配、精度符合要求的导轮。更换后,要对导轮系统进行润滑处理,涂抹合适的润滑脂,减少运行摩擦。同时,检查导轮轴的转动灵活性,如有卡阻现象,需进一步检查轴与轴承的配合情况,必要时更换轴承,确保导轮系统运行平稳,保障活塞正常升降。

3.1.4 油泵站维护与故障排除

油泵站故障会影响煤气柜的压力调节和设备润滑。当油泵站出现压力不足时,首先检查油箱油位,若油位过低需及时补充符合要求的润滑油;再检查油泵进出口阀门是否全开,管道是否存在堵塞,清理过滤器和管

道杂质。若油泵出现异常噪音或振动，可能是油泵磨损或吸入空气，需拆卸油泵检查叶轮、轴套等部件，磨损严重的进行更换，并检查油泵的密封性能，防止空气进入。对于液压系统中的安全阀、压力表等元件，要定期进行校验和维护，确保其工作可靠。通过全面排查和处理故障点，恢复油泵站正常运行，保障煤气柜液压系统稳定工作。

3.2 日常维护与管理策略

3.2.1 建立完善的维护制度

建立科学完善的维护制度是保障高炉煤气柜安全稳定运行的基础。首先，需制定详细的维护计划，明确不同设备部件的维护周期，如密封装置每周检查、油泵站每月保养、柜体结构每季度全面检测等，并形成标准化操作流程。其次，建立维护档案，记录每次维护的时间、内容、发现的问题及处理结果，便于追溯设备运行状况和维护历史。同时，制定严格的责任制度，将维护任务落实到具体人员，明确岗位职责与奖惩机制，确保维护工作按时、高质量完成。此外，定期对维护制度进行评估与修订，结合设备运行实际和行业新技术，不断优化维护方案，提升管理水平。

3.2.2 加强操作人员培训

操作人员的专业素养直接影响高炉煤气柜的运行安全，加强培训势在必行。一方面，开展系统的理论培训，涵盖煤气柜工作原理、操作规程、安全规范等内容，帮助操作人员深入理解设备运行机制，掌握正确操作方法。另一方面，注重实操训练，通过模拟操作、现场演练等方式，让操作人员熟悉设备启停、参数调节、故障应急处理等操作流程，提升实际操作能力。同时，定期组织技能考核与经验交流，检验培训效果，分享操作经验与故障处理案例，促进操作人员相互学习。此外，引入行业新技术、新设备的培训课程，拓宽操作人员知识面，使其能够适应设备升级与技术发展需求，保障煤气柜安全高效运行。

3.2.3 定期检测与监测

定期检测与监测是及时发现高炉煤气柜潜在隐患的关键手段。利用先进的检测仪器，如红外热像仪监测柜体温度分布、超声波检漏仪检测煤气泄漏、振动分析仪评估设备运行状态等，对柜体结构、密封性能、电气系统等进行全方位检测，及时发现部件磨损、温度异常、煤气泄漏等问题。同时，建立在线监测系统，实时采集煤气柜压力、温度、活塞位置等关键参数，通过数据分

析与预警模型，预测设备故障趋势，实现故障早期预警。此外，定期进行人工巡检，重点检查易损部位和关键部件，与在线监测数据相互补充。

3.3 优化设计与改进建议

3.3.1 结构优化设计

针对高炉煤气柜结构设计不合理引发的故障，需进行系统性优化。在柜体结构设计上，利用有限元分析等技术，精确计算柜体在不同工况下的受力分布，优化框架结构，合理分散应力，避免局部应力集中导致变形或开裂。例如，加强柜体底部和顶部的支撑结构，提高整体稳定性；优化活塞导向系统，采用双导轨或多导轨设计，增强活塞运行的平稳性与导向精度，降低卡滞风险。此外，改进密封结构，采用多层密封、弹性补偿等设计，提升密封性能与适应性，减少煤气泄漏隐患。

3.3.2 选用优质材料与零部件

优质材料和零部件是保障高炉煤气柜可靠运行的关键。在材料选择方面，柜体板材优先选用耐腐蚀性能强的钢材，如耐候钢或不锈钢，减少大气和煤气介质对柜体的腐蚀；密封材料采用高性能橡胶或复合材料，提高密封件的耐温、耐腐蚀和耐磨性能，确保长期稳定密封。对于零部件，选择精度高、质量可靠的产品，如高精度导轮、低摩擦系数轴承等，降低运行磨损，提高设备运行效率。同时，加强对材料和零部件的质量检测，严格把控进厂检验环节，确保其性能指标符合设计要求^[1]。

结束语

高炉煤气柜作为钢铁企业能源系统的核心设备，其安全稳定运行直接关系到生产效率与能源利用率。故障分析需从设备本体、控制系统、操作维护等多维度切入，通过精密检测定位机械磨损、密封失效等硬件隐患，依托智能监测系统预警参数异常，同时强化人员培训以规避人为误操作。解决措施的落地需结合技术升级与管理优化，例如引入新型密封材料、完善自动化控制逻辑、建立全周期运维体系，形成“预防-监测-处置”闭环管理。

参考文献

- [1]韩钊,李俊雅. 酒钢高炉煤气柜密封装置漏油原因分析及解决措施[J]. 冶金动力, 2020(01):130-131.
- [2]杨永涛. 高炉煤气柜故障分析及解决措施[J]. 冶金动力, 2023(10):51-53+55.
- [3]董辉. 基于PLC的高炉煤气柜监控系统[J]. 化工自动化及仪表, 2022, 46(03):182-185.