

立式磨煤机在气化煤粉制备中的应用及研究

梁杰斌

陕煤集团榆林化学有限责任公司 陕西 榆林 719000

摘要：立式磨煤机作为气化煤粉制备的核心设备，凭借高效节能、煤粉质量稳定等优势，在煤化工、电力等领域应用广泛。本文围绕其运行故障、维护策略、性能优化及研究进展展开分析，阐述常见问题的成因与解决路径，提出全周期维护体系，探讨智能化技术、材料升级等优化方向，展望其在高效化、绿色化、智能化领域的发展趋势，为提升气化煤粉制备系统的稳定性与经济性提供参考。

关键词：立式磨煤机；气化煤粉制备；常见故障；维护方式

在现代煤化工产业中，气化煤粉的制备质量对气化反应效率、能耗及设备安全性影响重大。立式磨煤机集破碎、干燥、粉磨、分级于一体，具有占地面积小、能耗低、煤粉细度调节灵活等特点，成为大型气化装置煤粉制备的首选设备。磨机由电机驱动，通过减速机带动磨盘转动，磨辊在磨盘的带动下转动，经落煤管进来的原煤分布在磨盘上，磨辊与磨盘之间相对运动挤压碾磨原煤，原煤被碾磨的同时得到热风的干燥，干燥后的煤粉通过热风输送进入分离器分离产出合格的煤粉。气化煤粉制备工况复杂，立式磨煤机长期运行易出现部件磨损、系统堵塞、振动超标等问题，影响设备运行和煤粉质量。因此，深入研究其故障机理、优化维护策略、推动技术升级，对保障气化系统长周期稳定运行意义重大。

1 立式磨煤机运行中的常见故障

立式磨煤机的故障可分为结构部件故障、工艺系统故障及辅助系统故障三类，其成因与设备设计、操作工况及维护水平密切相关。

1.1 结构部件故障

结构部件是磨煤机承载研磨、加压等核心功能的关键，其故障直接影响设备运行稳定性。磨辊/磨盘过度磨损：磨辊与磨盘是直接接触原煤的部件，其表面耐磨层在煤中硬质杂质的冲刷、挤压作用下易产生磨损。当磨损量超过设计阈值时，研磨效率下降，煤粉细度超标。煤中杂质含量及硬度对磨辊和磨盘的磨损程度有较大影响。轴承失效：磨辊轴承与驱动端轴承承受径向与轴向复合载荷，若润滑不良、安装偏差或异物侵入，易导致轴承过热、滚道剥落，表现为温度骤升、异响。轴承的正常运行依赖于良好的润滑、精准的安装以及清洁的运行环境。加压装置异常：液压加压系统（或弹簧加压系统）通过向磨辊施加压力保证研磨效果，常见故障包括

液压油泄漏（密封件老化）、压力波动（油泵故障或油路堵塞）。压力异常会影响研磨效果，压力不足时煤粉粗颗粒增多；压力过高则加剧磨损，甚至导致磨辊卡涩^[1]。机壳筒体磨损：热风携带煤粉高速流经机壳筒体，形成冲蚀磨损，尤其在入口弯道、静环上方、分离器下方等区域磨损更为严重。长期磨损会导致壳体漏风，破坏气流场稳定性，增加系统能耗。

1.2 工艺系统故障

工艺系统故障与操作参数、煤质特性密切相关，直接影响煤粉质量与系统运行效率。煤粉细度不达标：分离器转速过低、热风风速过高或煤质过软均会导致细度超标。分离器的分级能力、热风风速以及煤质的硬度和成分都会对煤粉细度产生影响。系统堵煤/结露：原煤水分过高且热风温度不足时，煤粉易黏结在管道或分离器内壁形成堵煤；系统漏风率过高时，局部温度降至露点以下，引发结露并加剧堵煤。堵煤会导致系统阻力上升，严重时触发停机保护。振动超标：磨煤机振动烈度超过标准时，可能由磨盘内有异物、磨辊磨损不均、基础螺栓松动或给煤量波动过大等原因导致。持续振动会加速部件疲劳损坏，缩短设备寿命。

1.3 辅助系统故障

辅助系统为磨煤机运行提供动力、润滑及密封保障，其故障易引发连锁反应。润滑系统泄漏：润滑油路接头松动、密封圈老化或冷却器破损会导致油泄漏，使轴承润滑不良。同时，泄漏的润滑油混入煤粉会影响气化反应效率。密封失效：磨辊轴端密封因粉尘侵入或弹簧失效导致密封失效，会使煤粉进入轴承箱，加剧轴承磨损；机壳与分离器之间的静密封泄漏会导致冷风吸入，破坏干燥工况。驱动电机异常：电机过载会导致电流超标，长期运行会烧毁电机；电机轴承缺油或定子绕组绝缘老化则会引发电机异响、温度升高，甚至停机^[2]。

2 立式磨煤机的维护方式

针对立式磨煤机的故障特点，需建立“日常维护-针对性维修-预防性管理”三级维护体系，以降低故障发生率，延长设备寿命。

2.1 日常维护要点

日常维护是保障立式磨煤机正常运行的基础，通过对设备的持续关注和及时处理，可有效预防故障的发生。参数监控：需实时监测磨煤机各关键部位的温度，如磨辊轴承温度、驱动电机温度、液压油温度等，确保其在正常范围内。同时，对系统内的压力，如磨腔内压力、热风管道压力、液压系统压力等进行监测，以及设备的振动情况，包括磨辊、磨盘及整机的振动幅值和频率。通过连续监测这些参数，及时发现异常波动，为故障判断提供依据。润滑管理：根据不同部件的要求选择合适型号的润滑剂，如轴承采用高温抗磨润滑脂，液压系统使用专用液压油^[3]。严格按照设备手册规定的周期添加或更换润滑剂，同时注意润滑剂的清洁度，防止杂质混入。定期检查润滑系统的油路是否畅通，确保各润滑点得到充分润滑。

2.2 常见故障的针对性维修策略

当立式磨煤机出现故障时，需采取针对性的维修策略，及时恢复设备的正常运行。磨损件更换：对于磨辊、磨盘等磨损件，应及时采取补焊修复，当磨损程度超过规定标准时应进行更换。同时，对更换下来的磨损件进行检查分析，找出磨损原因，采取相应措施减少后续磨损。密封修复：针对不同部位的密封失效问题，采取相应的修复方法。对于磨辊轴端密封，若因密封件老化或损坏导致失效，应更换密封件，并检查密封腔的清洁度；对于静密封泄漏，需重新调整密封件的安装位置，更换损坏的密封垫片，确保密封面平整贴合。系统调试：当出现煤粉细度不达标、系统堵煤等工艺系统故障时，应对相关参数进行调试。如调整分离器转速以改变分级效果，调节热风温度和风量以优化干燥和输送工况，调整给煤量使设备处于稳定的负荷状态。通过逐步调试，使系统参数达到最佳匹配，恢复正常运行。机壳筒体防磨措施：为减少机壳筒体的磨损，可在易磨损部位加装耐磨衬板，如采用高铬铸铁、高铬堆焊复合板、陶瓷等耐磨材料制作的衬板；定期检查衬板的磨损情况，及时修复或更换损坏的衬板^[4]。此外，优化气流组织，减少高速气流对筒体的冲刷，也是降低磨损的有效措施。

2.3 预防性维护体系

建立预防性维护体系可提前发现潜在故障，降低故

障发生的概率，提高设备的可靠性和使用寿命。周期检查维护：定期对磨辊表面、磨盘凹槽、分离器叶片、管道内壁等进行检查清理，避免煤粉在这些部位结块堆积，影响设备的正常运行和煤粉质量；检查各部件的磨损情况、连接螺栓的紧固程度、电气系统的绝缘性能、液压系统的油质和压力等。寿命评估：根据设备的运行时间和使用状况，对磨辊、磨盘、轴承、筒体衬板等关键部件进行寿命评估，结合磨损程度、性能参数等，预测其剩余使用寿命。根据生产运行周期，提前制定检维护计划，在设备停运期间进行全面的检查及维护，避免运行中因设备故障导致停机或影响生产。故障预警机制：利用在线监测系统收集设备的运行参数，通过建立的数学模型和故障判据，对设备的运行状态进行分析和评估；当参数出现异常趋势时，及时发出预警信号，提醒维护人员进行检查和处理，将故障消灭在萌芽状态。

3 立式磨煤机的性能优化与技术改进

为提高立式磨煤机的运行效率、降低能耗、改善煤粉质量，需不断进行性能优化与技术改进。

3.1 性能优化方向

能耗降低：通过优化设备的结构设计，减少运行过程中的能量损耗。如改进磨辊与磨盘的接触方式，降低研磨阻力；优化热风系统，提高热利用率；采用高效的驱动装置，提高电机的运行效率。同时，合理调整运行参数，使设备在最佳工况下运行，减少不必要的能量消耗。煤粉均匀性提升：提高分离器的分级精度，确保煤粉颗粒大小分布均匀。通过改进分离器的结构，如优化叶片形状和排列方式，增强其对不同粒径煤粉的分离效果。同时，稳定给煤量和研磨压力，减少煤粉质量的波动^[5]。负荷调节灵活性增强：改进设备的控制系统，使磨煤机能够快速适应负荷的变化。通过采用先进的调速技术，实现给煤量、热风风量等参数的精准调节，确保在不同负荷下设备都能稳定运行，提高其对气化系统负荷变化的适应性。

3.2 结构改进技术

磨辊/磨盘型线优化：根据不同煤种的特性，优化磨辊与磨盘的型线设计。通过改变磨辊的曲率半径、磨盘的凹槽形状和深度等，使研磨过程更加顺畅，提高研磨效率，减少能量损耗，同时降低部件的磨损。分离器效率提升：对分离器的结构进行改进，如采用高效的旋风分离器或组合式分离器，提高其分离效率。增加分离器的级数，对煤粉进行多次分级，确保产出的煤粉细度符合要求。同时，减少分离器的阻力损失，降低系统能耗。防磨损设计：在设备的易磨损部位采用防磨损设

计，如在磨辊表面堆焊耐磨合金、在磨盘上铺设耐磨衬板、在管道弯头处采用导流装置等。通过提高这些部位的耐磨性，延长设备的使用寿命，减少维护成本。

3.3 智能技术应用

在线监测系统：在磨煤机的关键部位安装传感器，实时监测温度、压力、振动、流量等参数，并将数据传输到监控中心。通过对数据的分析和处理，及时掌握设备的运行状态，发现潜在故障，为维护决策提供依据。
自适应调节算法：利用自适应控制技术，根据煤质变化、负荷需求等因素，自动调整磨煤机的运行参数，如给煤量、研磨压力、热风温度和风量等。使设备始终处于最佳运行状态，提高运行效率和煤粉质量的稳定性。
远程诊断平台：建立远程诊断平台，将磨煤机的运行数据实时传输到远程服务器。专业技术人员通过平台对设备的运行状态进行分析和诊断，及时为现场提供技术支持和维修建议，缩短故障处理时间，提高设备的利用率^[6]。

3.4 材料与工艺升级

高温耐磨材料应用：选用性能更优异的高温耐磨材料，如陶瓷复合材料、金属间化合物等，制作磨辊、磨盘、衬板等易磨损部件。这些材料具有较高的耐磨性和耐高温性，能够适应气化煤粉制备的恶劣工况，延长部件的使用寿命。
模块化组装技术：采用模块化组装技术，将磨煤机的各个部件设计成标准化模块。在制造、安装和维修过程中，可实现模块的快速更换和组装，缩短设备的制造周期和维修时间，提高设备的可靠性和经济性。同时，便于设备的升级和改造，适应不同的生产需求。

4 相关研究进展与实践探索

4.1 故障机理与维护技术的研究成果

在故障机理研究方面，通过对磨煤机各部件的磨损、疲劳、腐蚀等失效形式进行分析，建立了相应的故障机理模型。例如，针对磨辊与磨盘的磨损，研究了煤质特性、运行参数对磨损速率的影响规律，为磨损预测和预防提供了理论依据。在维护技术方面，开发了一些新型的维护方法和工具，如激光熔覆技术用于磨损件的修复，提高了修复质量和效率；采用状态监测与故障诊断技术，实现了设备的预知维护，降低了维护成本。

4.2 未来技术发展的研究方向

未来，立式磨煤机的技术发展将朝着高效化、绿色化、智能化方向迈进。在高效化方面，进一步优化设备结构和运行参数，提高研磨效率和煤粉质量，降低能耗。绿色化方面，研发环保型的润滑剂和耐磨材料，减少设备运行过程中的污染物排放；同时，对煤粉制备过程中产生的粉尘进行有效控制和回收利用。智能化方面，加强智能传感器、大数据分析、人工智能等技术的应用，实现设备的自主诊断、自主调节和远程控制，提高设备的自动化水平和运行可靠性。

结论

立式磨煤机在气化煤粉制备中发挥着重要作用，但其运行过程中面临着多种故障问题。通过建立完善的维护体系，包括日常维护、针对性维修和预防性维护，可有效降低故障发生率，延长设备寿命。同时，不断进行性能优化与技术改进，如结构改进、智能技术应用、材料与工艺升级等，能够提高设备的运行效率和煤粉质量。相关研究成果为解决实际问题提供了支持，未来的研究方向将聚焦于高效化、绿色化、智能化，以适应煤化工产业的发展需求。通过持续的技术创新和应用实践，立式磨煤机将在气化煤粉制备领域发挥更大的作用，为提升整个气化系统的稳定性与经济性做出重要贡献。

参考文献

- [1]李海燕.磨机在煤粉制备中的磨损特性与耐磨材料应用分析[J].中国科技纵横,2025(4):70-72.
- [2]宋彬.煤粉制备球磨机主电机防爆改造[J].劳动保护,2024(1):76-77.
- [3]白岩,李凤军.中速磨煤机的常见故障深度原因分析与解决方案及点检管理[J].中国设备工程,2025(14):179-181.
- [4]宋彬.煤粉制备球磨机主电机防爆改造[J].中国水泥,2023(6):80-81.
- [5]刘迪,杜鑫,武晓,等.立式辊磨煤粉制备系统节能降耗改造[J].水泥技术,2023(3):50-55.
- [6]周敬文.有色冶炼企业煤粉制备车间设计[J].有色设备,2023,37(5):89-94.