工程与管理科学
Engineering and Management Science
第 8 卷◆第 10 期◆版本 1.0◆2026 年
文章类型：论文|刊号（ISSN）：2705-0637(P) / 2705-0645(O)

卸煤系统翻车机设备磨损问题治理与检修方案探讨

熊瑶
大唐长春第二热电有限责任公司　吉林长春　130000

DOI：10.32629/ems.v8i10.22599

[摘　要] 本文以火电厂卸煤系统核心设备翻车机为研究对象，聚焦其重载、连续作业、工况多变条件下的严重磨损问题，系统梳理针对性治理措施与标准化检修方案。文章先介绍翻车机的基本结构、作业流程，及其高粉尘、强冲击、载荷动态波动的典型运行特征。重点剖析摇臂铰链销轴磨损、回转轴承滚道压溃、轮齿磨损失效等典型故障的危害表现，深入明确频繁启停、强冲击载荷、恶劣工况、润滑管理缺位是磨损加剧的核心诱因，同步说明基于故障特征开展状态监测的实操方法。在此基础上，提出涵盖关键部件结构优化、耐磨材料选型、润滑体系升级、作业规程完善的全链条治理方案，明确状态监测与预防性检修结合的落地路径，细化核心部件的检修工序与技术要求，凸显标准化检修规程对保障卸煤系统长期稳定运行的关键价值，为翻车机磨损治理与日常运维提供可靠的理论依据与实操参考。

[关键词] 翻车机；磨损治理；状态监测；润滑管理；检修策略

引言

伴随我国能源电力事业的不断进步，火电厂的燃煤供应保障需求越来越增强。卸煤系统作为燃料接卸的关键环节，其运作效率与可靠性直接影响到整个电厂的生产平稳与经济效益。翻车机作为该系统的核心设备，负责完成迅速、大量地翻卸铁路敞车煤炭的任务。因其工作原理与结构特性，该设备一直处在满载、多次启动停止、冲击负荷剧烈的严酷工况之下，加上现场粉尘浓度偏高、环境湿度波动明显，造成其机械部件，尤其是运动副与承力部位，很容易产生严重的磨损。这类磨损不但加快了设备的衰变与失效，引起频繁故障停机，减少了卸煤效率，而且容易由于关键结构件如摇臂铰接点、回转支承等的突然破坏而导致重大安全生产事故。全面地研究翻车机设备的磨损机理，探讨切实可行的综合治理措施与合理的检修维护策略，已经成为保证卸煤系统乃至电厂整体安全、平稳、高效运作迫切需要处理的技术工程难题。本文围绕上述问题，详细解析典型磨损现象与深层成因，结合现场状态监测实践，研究覆盖结构优化、材料升级、润滑管控、检修策略的全链条治理方案，为提升翻车机健康水平、延长设备使用寿命提供理论依据与实操参考。

1.卸煤系统翻车机设备概述与运行特点

1.1 翻车机的主要结构与工作原理

翻车机是火电厂卸煤系统的核心关键设备，专门用于快速翻卸铁路敞车内的散装燃煤，整体结构复杂且功能集成度高。目前最常见的一种 C 型转子式翻车机主要由金属材料制成的框架、传递动力的传动系统、用来压紧和靠近车辆的连接机构、回转盘的整体组件，还有控制全部工作的液压系统和电子控制系统这几大部分组成[1]。翻车机的基础作业流程为：将运煤敞车精准停靠至指定工位后，通过夹持装置完成可靠固定，随后依托传动系统内的驱动电机、减速器与开式齿轮副协同运转，带动回转盘沿中心轴线持续转动，驱动整节敞车同步翻转至约 165°，煤炭由于受到重力作用会自然地从敞车上滚落下来落入下面预先准备好的地下煤斗里面。翻转作业需保证启动平稳、转速均匀、停机定位精准，以此满足设备机械动作的协同配合要求，同时保障控制系统响应快速、运算精准。翻车机还会使用液压或者机械方式来夹紧连接装置，确保敞开的车厢在整个翻转过程中不会出现松动或者脱落的情况，从而保证整个作业过程的安全可靠。

1.2 卸煤系统运行环境与典型工况

翻车机所在的卸煤系统运作环境非常艰苦，给设备带来了巨大压力。工作场所粉尘含量很高，煤炭输送期间产生的大量微小煤尘易于进入设备的运转部位空隙,造成磨料腐蚀。设备需持续应对高频重载冲击工况：火电厂长周期高强度的运行需求，要求翻车机保持高节奏连续作业，日均需完成数十至上百节满载车厢的翻卸任务。每一次接车、翻转、复位的完整流程都是一次启停循环，会对传动部件形成反复冲击载荷。设备长期处于半开放户外环境，持续受雨水、冰雪与大幅温度波动的影响，进一步加速金属构件锈蚀与密封件老化。这种粉尘多、负荷大、启动停止频繁、环境敞开的特点，

Copyright © This work is licensed under a Commons Attibution-Non Commercial 4.0 International License.

正是造成翻车机重要零部件出现严重磨损和疲劳断裂的主要外部原因。



图 1　翻车机卸煤系统运作环境示意图

2. 翻车机典型磨损现象及危害

2.1 摇臂铰链点销轴磨损

摇臂铰链点是连接翻车机压车梁与摇臂机构的关键受力部位。销轴在反复的液压驱动下承受巨大的径向和轴向载荷，长时间作用后很容易出现磨损。主要磨损形式表现为销轴外圆表面形成周向与轴向的明显划痕、凹坑，与其接触的轴套内壁也跟着磨损加剧，造成配合间隙显著增大。这类种磨损直接破坏了铰链点的传动精度，使摇臂在举升和压车过程中晃动加剧，产生明显的撞击与异响。如果不及时处理，不仅会加快部件损坏，还可能因受力不均导致结构变形。

2.2 回转轴承滚道压溃与齿轮断齿

翻车机驱动回转轴承和开式齿轮系统属于核心旋转部件。回转轴承滚道经受周期性冲击性载荷作用后，滚子与滚道接触表面容易出现疲劳剥落现象，最终形成点蚀或片状剥落区域，情况严重时会导致滚道发生塑性变形并最终压溃。驱动大齿轮与齿圈在频繁启停、重载啮合的冲击作用下，齿面会逐步出现点蚀、胶合等损伤，极端工况下还会萌生齿根裂纹，甚至发生整齿断裂。上述各种故障都会导致设备的承载能力大幅下降，从而严重影响整个回转框架的运行稳定性和安全性。

2.3 设备磨损对运行效率与安全的影响

常见磨损给卸煤系统造成双重危险。运行效率方面，因为间隙变大、振动加重以及卡住风险增加，翻车机每次作业所需时间被迫延长，而且频繁出现故障导致停机，明显降低系统整体卸煤能力。安全生产方面，重要承重部件如铰链销轴断裂或者齿轮突然失效，容易引发压车梁损坏、回转机构卡死等严重事故，危及现场设备和工作人员安全[2]。不正常振动和冲击还会波及到相邻的轨道、端环等基础构件，加快整台设备的老化速度，形成恶性循环，大幅增加设备从开始使用到报废整个周期的维修费用[3]。

3. 设备磨损问题的综合治理措施

3.1 关键部件结构设计与材料选型优化

针对磨损高发的摇臂铰链点销轴，可通过优化铰接结构实现多向载荷的均匀分散。例如将传统单圆柱销轴结构升级为内置自润滑衬套的关节轴承结构，或采用双排圆锥滚子轴承支撑方案，大幅提升销轴抗冲击载荷与抗偏载能力，延长部件服役寿命。针对易发生压溃失效的回转轴承滚道，核心优化方向是提升接触位置的接触强度与抗冲击性能，可通过适度放大滚道曲率半径，改善滚子与滚道的接触应力分布，从根源上规避局部应力集中问题。同时在轴承座设计阶段保证足够结构刚度与宽支撑面，有效防止轴承座受载发生局部变形与失效[4]。

材料选型需根据各部件实际受力特征精准适配：销轴及关键铰接耐磨件选用高强度合金钢，经渗碳淬火或氮化处理强化，大幅提升表面硬度与耐磨性能；受强冲击的齿轮部件选用高淬透性合金钢，配套精细锻造工艺与严格热处理管控，实现齿面高硬度高强度与齿芯高韧性的性能平衡。在长期受煤尘冲刷腐蚀的非核心部位，加装超高分子量聚乙烯材质的耐磨防护衬板，有效阻隔煤尘对金属基体的持续性磨损侵蚀。

3.2 润滑系统强化管理与操作规范

治理磨损需要构建全面的润滑管理体系。应当依据翻车机各个润滑点的工作状况（载荷、速度、温度、粉尘环境）合理挑选润滑介质。对于重载低速的摇臂铰点和回转轴承，应当选用黏度高、抗压性能好的润滑脂，并且保证其具备优秀的防渗漏能力和粘附能力。对于开式齿轮传动部分，应当选用粘附性好、抗压性能突出的开式齿轮润滑脂或者喷雾型润滑油。必须拟定并且严谨实施规范化的润滑操作规程，涵盖清晰的润滑周期、加注量、加注方法以及所用润滑剂的牌号。推广润滑作业记录卡制度，保证每次润滑作业能够查证。对于粉尘较多的环境，应当加强润滑点的密闭防护，更新密封件（例如采用多层迷宫密封或高质量唇形密封），按时清除密封腔周边堆积的灰尘，防止煤粉渗透污染润滑剂。引进

Copyright © This work is licensed under a Commons Attibution-Non Commercial 4.0 International License.

依托状态的润滑管理理念，定时对在用润滑脂开展取样检测，观察其污染度、粘度变化以及金属磨粒含量，从而判断润滑效果和设备磨损趋势，并且作为调整润滑周期或更换润滑剂类型的依据。借助以上措施，形成选对油、加对量、勤维护、严密封的全过程润滑管理闭环。

4.翻车机检修方案与维护策略

4.1 状态检修与计划性预防检修的结合

翻车机磨损治理需采用状态检修与计划性预防检修深度融合的运维模式。状态检修的核心目标是搭建一套完整的设备状态监测系统，通过实时或者离线的方式来采集摇臂铰链振动的数据、回转轴承温度的具体数值以及齿轮齿面磨损的详细情况等重要信息，然后根据预先设定好的故障特点标准，认真评估设备当前的磨损情况，一旦发现异常就立即发出需要检修的通知。计划性预防检修则是根据设备过去几年的实际运行记录和各个部件的设计使用寿命，提前规划出每个月或者每个季度都要进行一次彻底拆卸检查和润滑保养的具体时间安排，建立起一个固定的维护机制。两类检修模式协同应用，既可以快速响应磨损突发加剧的紧急工况，也能保障刚性维保任务全部落地，彻底解决传统模式下“过度检修”或“失修漏检”的弊端，实现维修资源的科学分配，显著提升运维工作的经济性与设备整体运行稳定性。

4.2 关键部件的检修工艺与技术要点

针对摇臂铰链点销轴异常磨损故障，检修核心是精准检测与规范更换。借助超声波检测或内窥镜设备，精准判定销轴与销孔的配合间隙、表面磨损程度，明确超标部件的更换范围。新销轴更换时，需保证其材料与热处理工艺完全符合优化设计标准，采用专用工装保障销轴与销孔的安装同心度，严格执行规定的过盈配合公差与锁紧力矩要求。针对回转轴承部位，检修核心是滚道缺陷排查与齿轮啮合精度恢复。拆解后对滚道开展磁粉探伤检测，精准识别压溃、隐性裂纹等缺陷[5]。齿轮断齿故障可根据损伤程度选择堆焊后数控加工修复，或直接整体更换新齿圈，安装过程中采用着色检验与间隙测量工具，精准调整齿轮副的啮合间隙与接触面积，保障传动系统运行平稳。所有核心部件复装完成后，润滑通道清洁度与密封件完整性校验，是保障整体检修质量的核心基础条件。

4.3 检修规程的制定与实施效果

根据前面磨损分析、治理措施以及检修策略，一定要制定出完整并且容易落实的翻车机检修规则。规程需覆盖检修前设备状态摸排、工器具与物资准备、标准化作业流程、明确质量验收标准，直至检修后设备带载试运与效果校验的全流程，尤其要明确各核心部件的检查周期、更换阈值、润滑点位与加注频次等量化要求。配套开展专项技能培训，确保所有检修作业人员全面掌握规程要求。通过刚性落实规程，设备运维工作彻底从“经验驱动”转向“标准流程驱动”，大幅提升检修作业的规范性与工作效率。现场长期运行数据显示，严格执行检修规程后，翻车机核心易磨损部件的平均服役寿命显著延长，故障非计划停运频次大幅降低，为卸煤系统长期稳定运行与现场作业安全提供了坚实的制度保障。

结束语

翻车机是火电厂卸煤系统的核心关键设备，其长期运行过程中出现的磨损问题，会直接影响全链路燃料供应的稳定性与作业效率。本次研究通过全面摸排翻车机在严苛工况下的实际运行状态，深度拆解摇臂铰接点、回转支承、齿轮副等核心部位的磨损失效机理，明确高频冲击载荷、高粉尘作业环境、润滑管理缺位是诱发磨损加剧的三大核心诱因。研究提出一套全维度综合治理方案，涵盖设备结构优化设计、高耐磨性能新材料选型、精细化润滑管理升级三大核心模块，形成覆盖设计、运维全环节的完整防控体系。同时探索出实时在线状态监测与预防性计划检修深度融合的运维模式，明确核心部件的重点检查与标准化维保操作流程，帮助运维人员精准掌握隐患前置识别手段，提前采取干预措施阻断设备劣化进程。

[参考文献]

[1]张宏利. 基于智能监测的火电厂输煤系统电气设备故障预测技术研究[J].现代制造技术与装备,2026,62(9):193-195+221.

[2]吴利国,刘宏,凌国峰,等. 基于煤种特性的输煤系统抑尘设备配置优化[J].内蒙古煤炭经济,2026,(13):157-159.

[3]吕宜光,孙凯明,郝明,等. 一种面向无人值守螺旋卸煤机的运煤车厢定位系统[J].自动化技术与应用,2026,45(7):158-161.

[4]孙林艳,李可磊. 输煤系统智能转运设备状态监测与运维管理[J].中国设备工程,2026,(12):150-152.

[5]项成龙.火电厂输煤系统节能降耗关键技术分析与应用研究[C]//江西省汽车工程学会.第二届工程技术与新能源经济学术研讨会论文集.2026:1145-1147.

Copyright © This work is licensed under a Commons Attibution-Non Commercial 4.0 International License.