

Research on Sealing Structure Optimization of Active Drum Bearing for Coal Feeders in Thermal Power Plants

Yongchun Wu

State Power Investment Corporation Chaoyang Yanshan Lake Power Generation Co., Ltd., Chaoyang, Liaoning, 122000, China

Abstract

To address frequent damage to the active drum bearings in HD-BSC26 coal feeders caused by coal powder intrusion, this study proposes a packing-type sealing retrofit solution based on mechanical seal principles. By replacing traditional skeleton seals with a three-layer packing structure combined with mother-and-child groove gland designs and dynamic adjustment bolts, sealing performance was significantly enhanced. Two-year engineering practice demonstrated that this technology increased bearing seal lifespan from 6 months to 18 months (a 200% improvement), reduced annual average bearing seal failures from 42 to 10 instances (76.2% decrease), decreased annual maintenance time per unit from 15 hours to 2.1 hours (86% reduction), and lowered annual maintenance costs from 151,200 yuan to 11,000 yuan (92.7% reduction). These findings provide innovative insights for sealing design in rotating equipment operating under high dust conditions.

Keywords

coal feeder; bearing seal; packing gland; dynamic adjustment

火力发电厂给煤机主动滚筒轴承密封结构优化研究

吴永春

国家电投朝阳燕山湖发电有限公司, 中国·辽宁 朝阳 122000

摘要

针对HD-BSC26型给煤机主动滚筒轴承因煤粉侵入导致的频繁损坏问题, 本文提出一种基于机械密封原理的填料式密封改造方案。通过将传统骨架密封替换为三层盘根填料结构, 结合子母槽压盖设计和动态调节螺栓, 显著提升密封性能。两年期工程实践表明, 该技术使轴承密封寿命从6个月增加到18个月, 提高了200%; 14台给煤机轴承密封年均故障次数由42次下降至10次, 降低了76.2%; 单台设备年均维护时间由15小时下降至2.1小时, 降低了86%; 单台设备年均维护成本从15.12万元下降至1.1万元, 降低了92.7%, 为高粉尘工况下的旋转设备密封设计提供新思路。

关键词

给煤机; 轴承密封; 盘根填料; 动态调节

1 引言

火力发电厂输煤系统中, 给煤机主动滚筒轴承长期处于高温、高粉尘环境。高温环境源于锅炉制粉系统的热风, 使轴承腔体长期处于高温状态; 高粉尘则来自煤粉输送过程的持续性逸散, 细微颗粒物在密封区域形成高浓度积聚。这种高温与高粉尘的协同作用, 构成了对轴承密封系统的严峻挑战。某电厂 14 台给煤机的运行记录清晰揭示了传统骨架密封的结构性缺陷: 其狭窄的线性接触面导致密封唇口单位面积压力过大, 材质的耐温性能与耐磨性不足, 在热应力与磨粒磨损的持续作用下, 密封唇缘快速老化变形。当密封唇口出现微观裂隙后, 煤粉沿轴向侵入轴承, 导致轴承润滑能

力下降, 甚至轴承损坏。直接后果体现为设备可靠性严重下滑, 统计数据显示单台给煤机轴承密封年均故障频次高达 3 次, 年直接维修成本累计超过 15.12 万元。这种从密封失效到轴承损坏的连锁反应, 不仅造成设备频繁停机维修, 更威胁到输煤系统的连续稳定运行, 亟需开发具有更优密封界面与材料适应性的新型密封结构。

2 设备系统说明

在火力发电厂复杂的能量转换体系中, 给煤机扮演着燃料输送中枢的关键角色。作为燃煤制粉系统的核心设备, HD-BSC26 型称重式计量给煤机^[1]承担着精确调控锅炉“口粮”的重要使命。它不仅是简单的物料输送装置, 更是实现锅炉燃烧效率与发电负荷动态平衡的智能控制系统。通过持续稳定的煤炭供给机制, 配合精密的实时计量能力, 确保发电机组能够响应电网负荷的瞬息变化, 维系整个电厂安全高

【作者简介】吴永春(1973-), 男, 满族, 本科, 工程师、高级技师, 从事火力发电厂锅炉检修研究。

效运行的生命线。设备采用全封闭耐压壳体设计，具备抵抗内部正压环境的特殊结构，有效防止煤粉逸散污染环境。给煤机结构如图1所示，主要包含四大功能模块：首先是物料输送通道，配备可调节的进煤闸门和防堵型出煤装置；其次是精密的称重计量单元，通过特殊布置的承重机构与传感系统实现动态监测；再次是动力传动系统，由电动机、减速装置和主动滚筒构成动力传递链；最后是关键的轴承密封结构，作为防护旋转部件免受外界侵害的重要屏障。

设备长期处于极端恶劣的运行环境，面临多重严苛挑战。高温环境源于锅炉系统热辐射和热风的影响，使设备表面温度显著升高；高粉尘浓度则是由于细微煤粉在封闭空间内持续飘散积聚；更严峻的是化学腐蚀威胁，煤中特定成分在温湿环境下形成具有侵蚀性的介质。这种“高温-高粉尘-强腐蚀”三重叠加的极端工况，对设备材料的耐久性构成严峻考验。

原设计的骨架密封存在明显的结构性弱点。其密封接触形式过于单薄，仅依靠狭窄的线性接触面实现密封效果，在持续运转过程中极易产生磨损。材料选择方面也存在局限，在长期高温作用下逐渐丧失弹性，无法适应轴系的动态形变。更严重的是材料耐化学腐蚀能力不足，在含硫介质中长期服役后出现明显劣化现象。这些缺陷共同导致密封系统

难以满足长周期稳定运行的需求。

当密封系统出现失效时，会触发连锁性的设备损伤过程。细微煤粉通过密封间隙侵入轴承腔体，与润滑介质混合形成研磨性物质，加速轴承工作表面的磨损。随着磨损加剧，设备振动水平显著上升，最终导致轴承过早损坏。这种失效不仅造成设备本身停机维修，更会引发系统性的运行紊乱——给煤精度产生明显偏差，制粉系统平衡被打破，甚至可能因煤粉外泄带来安全隐患。

从系统影响维度观察，密封失效的后果具有明显的放大效应。微观层面的煤粉侵入，在未及时干预的情况下会逐步发展为宏观的设备故障。单点故障可能通过动力传输链影响整个输送系统的稳定性，计量偏差则直接影响锅炉燃烧效率。最终表现为机组供电质量波动，设备维修频率上升，电厂运营成本增加等系统性影响。这种由局部密封缺陷引发的全局性问题，凸显了基础部件可靠性在复杂系统中的关键作用。设备系统说明揭示了在特殊工况下传统密封技术的局限性，为后续创新性改造提供了理论基础。通过深入分析失效机理，研究人员认识到解决密封问题需要从密封结构上进行系统性优化。据此，开发设计出了新型给煤机主动滚筒密封结构。

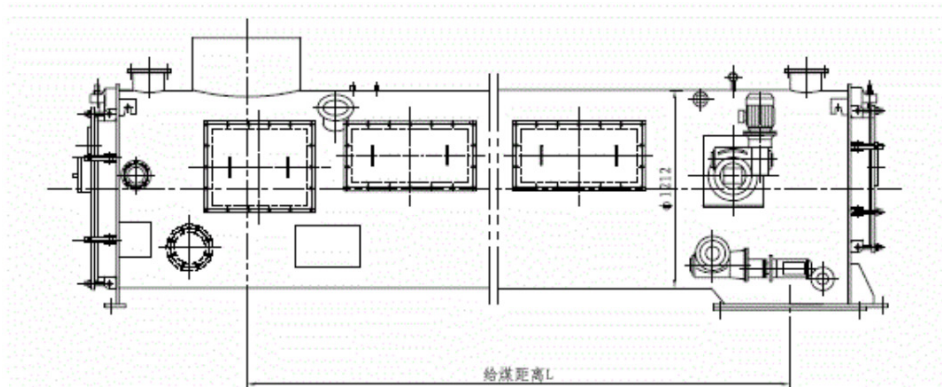


图1 给煤机结构图

3 改造方案

新型密封装置结构示意图如图2所示，改造方案的核心创新在于三重动态密封机制^[2]。新型密封装置的核心构件是三层直径12mm的石墨盘根填料，这些预压缩材料在填料室中形成多重密封，显著扩展轴与密封接触面积至原骨架密封的数倍。这种设计从根本上解决了传统线接触方式易磨损的缺陷，实现粉尘侵入路径的阻断。装置结构的关键在于子母槽压盖，将传统平面端盖改为凹凸嵌合结构，使轴向密封效果得到显著提升。两颗紧固调节螺栓构成调节系统，通过监测给煤机主动滚筒电机电流，实现密封压紧力的精准调节。该调节机制解决了旋转设备密封领域的经典矛盾：过度压紧导致摩擦损耗加大，压紧不足则致使密封失效。

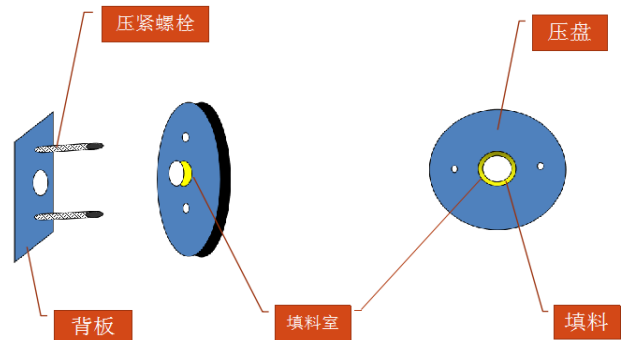


图2 密封装置结构示意图

具体改造流程如图3所示包含四个步骤：首先对轴颈表面进行抛光处理，消除表面划痕；随后安装填料室底座，接着分层装入预压缩石墨盘根，最后通过扳手实施压盖初

紧，在设备空载运行状态下完成动态调节。2023-2024年间两台机组14台设备的改造实践证明，该标准化流程可使单台改造时间稳定控制在3小时内。工程创新价值体现在三方面协同作用：盘根填料结构提供基础密封保障，子母槽压盖构建几何密封屏障，而动态调节系统实现运行参数的优化调

整。调节螺栓不仅作为紧固件，更承担着密封状态调节器的角色，开创了旋转设备密封维护的预防性调控新模式。整个方案在完全不改变原设备动力结构的前提下，仅通过局部功能重构便实现密封性能的跨越式提升，为高粉尘工况下的工业密封提供了新思路。

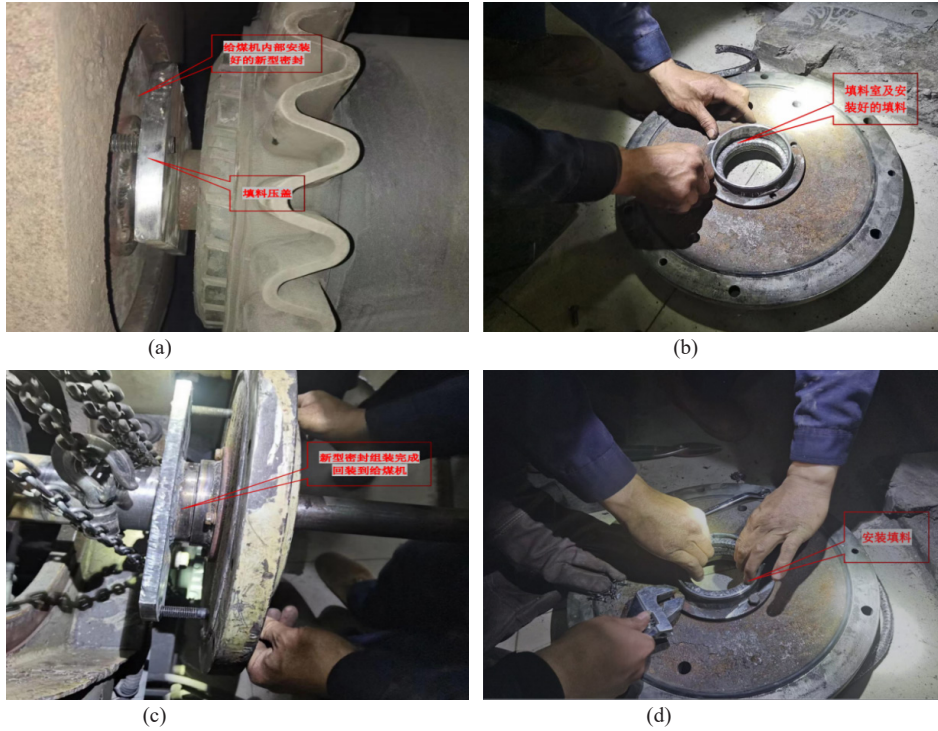


图3 改造过程

4 改造效果

在连续运行的两年周期内，14台改造设备展现出前所未有的可靠性飞跃。最显著的变革体现在密封寿命的本质提升，轴承密封平均服役周期从改造前的6个月延长至18个月以上，实现了200%的寿命增长率。这种持久性源于新型密封对煤粉侵入路径的彻底阻断，使得轴承工作腔体始终保持洁净状态。改造前14台设备年均发生42次轴承密封故障的困局被彻底打破，改造后年均故障次数锐减至10次，降幅高达76.2%。这种变化直接改变了电厂的维护保养形式：日常检修从频繁的应急抢修转变为预防性维护，单台设备年均维护时间从15小时骤降至2.1小时，时间效率提升86%。尤为重要的是维护成本的结构性变革——单次密封更换仅需极低成本，带动单台设备年均维护成本从15.12万元下降至1.1万元，降幅达到92.7%，创造了设备维护经济性的新范式。

设备可用率持续保持高位运行，彻底消除了因密封失效导致的非计划停机。因给煤系统故障导致的机组降负荷事件归零，为电厂连续安全生产提供坚实保障。年直接维修费用节约达14.02万元的财务数据，仅是显性效益的直观体现。更深层次的价值在于：三层盘根填料结构验证了机械密封在高粉尘工况的适应性，动态调节螺栓开创了旋转设备密封在

线维护的先河，而模块化设计则为行业同类改造提供了标准化蓝本。这些技术要素共同构成了火力发电设备密封技术升级的里程碑。

5 结语

本研究成功解决给煤机轴承密封频繁失效难题：三重密封机制使14台给煤机轴承密封年均故障次数42由下降至10，降低了76.2%；轴承密封寿命由6个月增加到18个月，提高了200%。动态调节设计实现密封效果在线调节，模块化结构使单次更换时间从5小时减小至3小时，效率提高了66.7%，单台设备年均维护从15小时降至2.1小时。单台设备年均维护成本由15.12万元下降至1.1万元，降低了92.7%，有效保证延长了密封使用寿命，降低了设备故障率及维护成本，保证了机组安全稳定运行。

参考文献

- [1] 肖榕辉, 俞康. CS2024型电子称重式给煤机给煤率异常的原因分析及处理[J]. 华电技术, 2015, 37(01):25-29+77.
- [2] 王志伟. EG-2490电子称重式皮带给煤机主、从动轮改造[J]. 湖南电力, 2011, 31(06):56-57.
- [3] 北方联合电力有限责任公司呼和浩特金桥热电厂. 一种给煤机的防护机构及轴承装置:CN202223225042.4[P]. 2023-06-20.