

捞渣机链条磨损原因及维护策略研究

朱 宝

江苏新海发电有限公司 江苏 连云港 222000

【摘要】：捞渣机是火电机组锅炉排渣系统的核心设备，圆环链作为其动力传输与承载的关键部件，其运行状态直接影响机组的安全稳定与经济运行。本文以捞渣机圆环链为研究对象，结合 HEKO 圆环链产品特性、现场运行数据与检修经验，系统分析链条磨损的主要原因，包括环间机械摩擦、腐蚀作用、冲击载荷、安装偏差及运维不当等。在此基础上，提出涵盖定期检测、安装校正、运行调控及备件管理的全方位维护策略，并设计针对性的维护计划表。研究结果可为火电厂捞渣机圆环链的运维提供技术支持，有效延长链条使用寿命，降低机组非计划停机风险。

【关键词】：捞渣机；圆环链；磨损原因；维护策略

DOI:10.12417/2705-0998.25.23.005

1 引言

在火电机组运行过程中，锅炉燃烧产生的大量灰渣需通过捞渣机及时排出，以保障锅炉炉膛正常工况。捞渣机圆环链承担着牵引刮板、输送灰渣的重要功能，长期处于高温、高尘、重载及腐蚀性介质的复杂环境中，磨损问题尤为突出。据现场统计，正常工况下捞渣机圆环链的使用寿命约为 1.5-2.5 年，若磨损加剧，可能导致链条断裂、刮板卡阻等故障，引发机组非计划停机。因此，深入剖析捞渣机圆环链的磨损原因，结合其结构特性制定科学有效的维护策略，对提升机组运维水平、降低运行成本具有重要的现实意义。本文结合某电厂捞渣机及 HEKO 圆环链的实际运行情况，对链条磨损原因及维护策略展开详细研究。

2 捞渣机圆环链磨损原因分析

2.1 机械摩擦磨损

机械摩擦是圆环链磨损的最主要原因，核心表现为圆环链环间的相对摩擦，以及链条与链轮、导轨、刮板及灰渣之间的滑动摩擦。HEKO 圆环链相关研究表明，环与环之间的相对运动是链条磨损的根本原因，尽量减少环间不必要的相对运动是延长使用寿命的关键。捞渣机圆环链承载负荷大，单条链条需承受数十吨的牵引力与灰渣重量，在运行过程中，圆环链环间接触面、链条与链轮齿面、链板与导轨之间形成持续摩擦。随着运行时间延长，圆环接触面逐渐出现磨损凹陷、厚度减薄，链轮齿面出现磨损沟痕，进而导致链条节距伸长。此外，锅炉排出的灰渣中含有大量硬质颗粒，这些颗粒会随刮板输送过程与链条表面产生剧烈摩擦，形成磨粒磨损。尤其当灰渣颗粒度较大、硬度较高时，磨损速度会显著加快，严重时会导致圆环穿孔、断裂。

2.2 腐蚀磨损

锅炉燃烧过程中，燃料中的硫、氯等元素会生成 SO_2 、 HCl 等腐蚀性气体，这些气体随烟气进入捞渣机，与捞渣机内的水、灰渣混合形成腐蚀性介质。圆环链长期浸泡在这种酸性或碱性

介质中，会发生化学腐蚀，表面形成腐蚀层。同时，在链条运行过程中，腐蚀层会因环间摩擦及与其他部件的摩擦而脱落，暴露出新的金属表面，新表面又会再次被腐蚀，形成“腐蚀-磨损”的恶性循环，即腐蚀磨损。此外，部分电厂采用海水或中水作为捞渣机冷却水，水中的氯离子等腐蚀性离子会加剧圆环链的电化学腐蚀，导致链条表面出现点蚀、锈蚀，降低链条的机械强度，进而加速磨损失效。对于煤化工行业的捞渣机，电化学腐蚀问题更为突出，需重点防范。

2.3 冲击载荷作用

捞渣机在启动、停机及负荷调整过程中，圆环链会承受较大的冲击载荷。启动时，电机输出的扭矩突然作用于链条，导致链条瞬间承受较大的牵引力，圆环之间、链条与链轮之间产生剧烈冲击；停机时，链条及刮板的惯性力会对圆环和链轮造成反向冲击。此外，当锅炉排渣量突然增大或灰渣中混入大块杂物时，链条会因负荷突变而承受冲击载荷。

2.4 安装与校正偏差

安装精度不足或运行过程中的校正偏差是导致圆环链异常磨损的重要原因。若捞渣机链轮安装时平行度偏差过大、中心距不一致，会导致链条运行时出现跑偏现象，链条单侧与导轨、链轮单侧过度摩擦，造成链条单侧磨损严重，出现“偏磨”问题。尤其对于 HEKO 配对圆环链，若安装时未严格遵循配对要求，或配对链条的中心距（尺寸“e”）误差超过 $\pm 2\text{mm}$ ，会导致链条与链轮配合不良，同时引起张紧力变化、摩擦力增大，加剧磨损。此外，链条张紧度调整不当也会加剧磨损：张紧度过大时，圆环间及链条与链轮之间的接触压力增大，摩擦阻力增加，磨损加快；张紧度过小时，链条易出现跳动、抖动，圆环与链轮齿面的冲击载荷增大，同时链条与导轨之间的相对滑动加剧，导致磨损加剧。

2.5 运维管理不当

运维管理不到位会直接缩短圆环链使用寿命。需特别说明的是，由于捞渣机圆环链的结构特性，因此运维不当的核心问

题集中在以下方面：一是定期检测缺失，未建立完善的链条磨损检测机制，无法及时发现链条的偏磨、腐蚀、裂纹等问题，导致小故障逐渐发展为大故障；二是运行参数调控不合理，长期让捞渣机在超负荷、高转速工况下运行，会加剧圆环间的相对运动，加速链条的磨损与疲劳损伤；三是现场处理不规范，如需现场切割链条时，未遮盖相邻圆环，导致高温灼烧表面硬化层，破坏链条耐磨性能，或双排链切割环数不一致、非偶数，导致运行受力不均。

3 捞渣机圆环链维护策略

3.1 建立定期检测与状态监测机制

日常巡检过程中，重点观察链条的运行状态，检查链条是否存在跑偏、跳动、异响等异常情况，观察圆环表面是否有明显的磨损、腐蚀、裂纹及焊缝缺陷；每周对链条的张紧度进行检查与调整，确保张紧度符合要求，经验显示，链条能带动捞渣机过度段的下导轮转动，或徒手提起链条稍有挠度即为合适。定期专项检测每季度开展一次，采用无损检测技术（如磁粉检测、超声波检测）对链条的圆环、焊缝等关键部位进行检测，排查疲劳裂纹等隐性缺陷；同时，按照 HEKO 推荐方法开展磨损检测：在未磨损的非焊接侧测量链条实际直径，在圆环接触点测量尺寸，通过公式计算硬化区域磨损量及磨损百分比（硬化区域磨损(mm)=2×实际直径(1-4%)-接触点最小测量值；磨损百分比=硬化区域磨损(mm)/(2×硬化深度(mm))×100%）。

3.2 规范安装与定期校正

安装精度直接影响圆环链的运行状态，需严格按照设备安装规范及 HEKO 产品要求进行链条与链轮的安装。安装前，确认链条为 HEKO 原厂配对产品（配对链条通常用绳或钢丝捆扎），需配对安装，严禁混用不同批次或型号的链条；安装时，确保链轮平行度偏差不超过 0.2mm/m，中心距偏差不超过 ±2mm，配对链条的中心距（尺寸“e”）误差控制在 ±2mm 内，避免链条扭曲。对于 HEKO SMO 牛角式链条系统及连接器，需严格遵循安装流程：链条分左右侧摆放整齐，用接链环串联并顺进槽体，首尾相连形成闭环后安装刮板，张紧链条并试运行；HF 接链环需立式安装，紧固件按推荐扭矩拧紧（M8 螺栓 22Nm、M10 螺栓 44Nm），运行两周后复检，且紧固件仅限一次使用；TS 连接器安装时需按“+、-”标记对应配合，螺母按推荐扭矩紧固（如 M12 DIN934.8 螺母 85Nm、M14 为 135Nm 等），并采用锁紧螺母、弹簧垫片等防松装置。运行过程中，每半年对链轮、导轨的安装精度进行一次校正，若发现偏差超标需及时调整；对出现磨损的链轮齿面进行打磨修复，若磨损严重，需按 HEKO 建议整组更换链轮与链条，避免新旧混用加剧磨损。定期检查链条张紧装置，根据磨损情况及时调整张紧度。

3.3 完善备件管理与更换策略

建立完善的备件管理制度，提前储备一定数量的 HEKO 原厂圆环链、链轮、接链环等易损件，确保备件质量符合设备要求。根据链条的磨损规律、运行时间及检测数据，制定合理的更换周期，正常运行情况下建议更换周期为 2-2.5 年；若运行环境恶劣或检测发现磨损超标，需提前更换。更换链条时，严格遵循 HEKO 建议整组更换，严禁新旧链条混合使用；如需现场切割链条，需遮盖相邻圆环避免高温灼烧硬化层，双排链需切割相同环数且为偶数。更换后，按规范完成安装与试运行，检查运行状态是否正常。

3.4 捞渣机圆环链维护计划表

为确保维护工作有序开展，制定针对性的维护计划表，明确维护项目、周期、方法及标准，具体内容如下表所示。

表 1 维护计划具体内容

维护项目	维护周期	维护方法	维护标准
运行状态巡检	每日	目视观察、听声辨位	无跑偏、跳动、异响，圆环无明显磨损、腐蚀、焊缝缺陷
链条张紧度检查与调整	每周	手动检查或张力计测量，调整张紧装置	能带动下导轮转动或徒手提起稍有挠度，无过紧或过松
专项无损检测	每季度	磁粉检测、超声波检测	无疲劳裂纹、焊缝缺陷等隐性问题
磨损参数测量与计算	每季度	按 HEKO 方法测量圆环直径、接触点尺寸，计算磨损量	耐磨层磨损未达 60%，节距伸长量 ≤3%
安装精度校正	每半年	调整链轮平行度、导轨直线度，检查配对链条中心距	链轮平行度偏差 ≤0.2mm/m，中心距误差 ≤±2mm
连接器紧固件检查	每两周	扭矩扳手检查接链环、TS 连接器螺栓紧固情况	符合推荐扭矩，无松动，防松装置完好
冲洗水系统检查	每周	检查冲洗水压力、喷淋位置	压力正常，链条出液面后能有效冲洗
易损件更换	按磨损情况或 2-2.5 年	整组更换 HEKO 原厂链条，修复或更换磨损链轮	备件符合技术标准，安装后运行正常

4 应用效果验证

4.1 维护前核心问题

某电厂 1000MW 机组捞渣机采用 HEKO 圆环链，长期受磨损问题困扰，核心问题集中在三方面：一是链条平均使用寿命较短，仅为 1.8 年；二是故障影响大，每年因链条故障导致

的非计划停机时间约 8 小时；三是运维成本压力大，链条频繁更换及故障处理使得维护成本居高不下。经排查，核心诱因包括安装时中心距偏差超标、运行转速过高、定期检测缺失及冲洗水配置不合理。

4.2 维护策略实施内容

为解决上述问题，该厂采用本文提出的维护策略，结合 HEKO 圆环链特性开展全方位维护工作，具体措施包括：（1）建立定期检测机制：每季度按 HEKO 方法开展磨损参数测量与计算，采用磁粉检测排查隐性缺陷；（2）规范安装与校正：重新按标准校正链轮平行度与中心距，确保配对链条中心距误差 $\leq\pm 2\text{mm}$ ，严格按照要求安装连接器并紧固；（3）优化运行操作：将链条运行转速控制在 3m/min 以内，调整底渣下料位置至中间，完善冲洗水系统。

4.3 试运行核心数据

上述维护策略实施后，经过 1 年的试运行，取得显著阶段性成果。链条运行稳定，未出现跑偏、异响等异常情况，运行可靠性大幅提升；检测数据显示，链条节距伸长量仅为 1.2%，耐磨层磨损量为 12.1%，两项指标均严格控制在允许范围内（节距伸长量 $\leq 3\%$ ，耐磨层磨损预警值 60%）。

4.4 综合应用成效

结合试运行数据及长期运行预判，维护策略的应用成效显著。链条预计使用寿命可延长至 2.8 年以上，较此前提升约 55.6%；每年可减少因链条故障导致的非计划停机时间 6 小时以上，提升机组发电稳定性；维护成本降低约 20%，大幅减轻电厂的经济负担。维护前后核心指标对比如下表所示。

表 2 维护前后核心指标对比

关键指标	维护前	维护后 (试运行/预判)	改善幅度/效果
平均使用寿命	1.8 年	≥ 2.8 年	提升约 55.6%
年非计划停机时间	约 8 小时	≤ 2 小时	减少 6 小时以上
运维成本	较高（频繁更换+故障处理）	显著降低	降低约 20%
链条节距伸长量	接近 3%（临界值）	1.2%	远低于允许偏差（ $\leq 3\%$ ）
耐磨层磨损量	接近 40%	12.1%	远低于预警值（60%）

由表格数据可知，维护策略在延长圆环链使用寿命、降低停机风险及控制成本方面效果突出，可有效解决捞渣机圆环链磨损难题。

5 结论

捞渣机圆环链的磨损是环间摩擦、外部摩擦、腐蚀磨损、冲击载荷、安装偏差及运维不当等多因素共同作用的结果。为有效缓解链条磨损问题，需结合其结构特性及 HEKO 产品要求，建立“预防为主、防治结合”的全方位维护体系：通过建立基于 HEKO 检测标准的定期检测与状态监测机制，可及时发现链条磨损与隐性缺陷；规范安装与定期校正，能避免偏磨、配合不良等问题；后续可进一步研究链条磨损的智能化监测技术，结合大数据分析实现磨损趋势的精准预判，提升维护的智能化水平。

参考文献：

- [1] 范晓程.刮板捞渣机链条针对磨损的维护与保养[J].技术与市场,2015,22(10):88.
- [2] 李晶,周浩,周德.火力发电机组捞渣机链条断裂原因[J].理化检验-物理分册,2025,61(04):75-78.
- [3] 李振梁,柯浩,杨林,等.超超临界锅炉捞渣机链条断裂原因[J].理化检验-物理分册,2024,60(05):61-65.