

门机变幅机构制动器失效原因及检修维护要点

葛晓鹏 徐菲鸿 宋辉辉

山东港口集团烟台港股份有限公司矿石码头分公司 山东 烟台 264000

【摘要】：门机变幅机构制动器作为保障吊运系统安全与稳定的关键部件，其性能直接影响设备运行可靠性。制动器在长期运行过程中易出现磨损、摩擦片衰退、液压系统故障及控制机构失灵等问题，从而导致制动性能下降甚至失效。针对这些失效模式，分析其产生原因，包括机械磨损、液压泄漏、调节失误及环境因素等，并提出科学的检修和维护措施，通过定期检查、调整与更换关键部件、优化润滑及控制参数，实现制动器性能恢复和寿命延长。本文论述强调通过故障原因诊断与维护管理，提升门机变幅机构制动系统的可靠性和安全性，为相关设备的高效运行提供技术支撑。

【关键词】：门机变幅机构；制动器失效；故障分析；检修维护；可靠性

DOI:10.12417/2705-0998.26.09.007

引言

门机在港口及工业场合的物料输送中承担着关键的提升和位移任务，其变幅机构制动器是保证运行安全的重要环节。制动器失效不仅可能引发设备停机，还可能导致严重的安全事故，其隐蔽性和突发性使问题难以提前发现。制动器在使用中受机械磨损、液压波动及环境因素影响，容易出现性能下降，进而影响整个门机系统的稳定性。通过系统梳理制动器常见失效模式及成因，能够为维护提供科学依据，降低突发故障的发生率。明确维护重点和操作要点，有助于延长制动器寿命，确保门机在长期高负荷运行中保持稳定性能。对失效机理的分析不仅揭示制动器功能下降的内在规律，也为维护管理提供精确方向，从而形成预防为主、管理为辅的技术支撑链条。

1 门机变幅机构制动器失效表现

1.1 制动距离异常增大

制动距离异常增大是门机变幅机构制动器失效较为直观的表现之一。正常运行状态下，制动器在接收到制动指令后，应能够在规定时间内产生稳定制动力，使变幅机构迅速减速并停止在预定位置。当制动距离明显延长时，说明制动器摩擦副之间的接触状态、制动力传递过程或控制响应环节已经出现异常^[1]。常见情况包括摩擦片磨损变薄、制动轮表面附着油污、弹簧压力不足、液压推杆动作不稳定等，这些问题都会削弱制动器瞬时制动能力。制动距离扩大不仅会影响门机臂架定位精度，还会使机构在停止过程中产生额外冲击，增加钢结构、传动部件及连接件的受力负担。若该问题长期未被发现，变幅机构可能在重载或风载条件下出现位置偏移，进一步扩大设备运行风险。

1.2 制动力不足与打滑

制动力不足与打滑通常表现为变幅机构在制动后无法可靠保持静止状态，臂架可能出现缓慢下滑、回摆或位置偏移等现象。该类问题多与摩擦片磨损、制动轮表面粗糙度下降、弹簧疲劳、制动间隙过大及液压系统压力不足有关。当摩擦副之

间无法形成足够的摩擦阻力时，制动器虽然已经闭合，但实际产生的制动力难以抵消机构惯性力和外部载荷，进而造成打滑。打滑问题具有一定隐蔽性，轻微阶段可能只表现为停车位位置不准或保持能力下降，但随着磨损程度加深，制动稳定性会持续恶化。特别是在频繁启停、载荷变化较大或臂架处于较大角度位置时，制动力不足会直接影响变幅机构的安全控制。若制动器在承载状态下持续打滑，还可能导致摩擦片温度升高、表面烧蚀和材料硬化，使制动性能进一步下降，形成恶性循环。

1.3 动作迟滞与释放不畅

动作迟滞与释放不畅主要体现在制动器接收动作指令后反应缓慢，或制动解除后摩擦片不能及时脱离制动轮。该现象会使变幅机构启动不平稳，运行过程中产生抖动、异响甚至拖滞发热。造成动作迟滞的原因较多，包括液压推杆回位不灵活、铰接销轴锈蚀卡滞、弹簧弹性下降、电气控制信号延迟以及制动间隙调整不当等。释放不畅时，摩擦片与制动轮之间处于半接触状态，设备虽然能够运行，但制动部件会持续受到摩擦消耗，导致温升异常和磨损加剧。动作迟滞还会破坏变幅机构启停节奏，使传动系统承受不均匀冲击，影响齿轮、联轴器及电机等部件的工作状态。该类故障若仅从表面运行状态观察，容易被误判为传动系统问题，因此检修时需要结合制动器动作时间、推杆行程、弹簧压缩状态及摩擦片间隙进行综合判断。

2 制动器失效的主要诱因

2.1 摩擦部件磨损老化

摩擦部件磨损老化是门机变幅机构制动器失效中最常见的诱因之一。制动器在长期启停过程中，摩擦片与制动轮反复接触并产生摩擦热，材料表面会逐渐变薄、硬化或出现局部烧蚀，导致摩擦系数下降。随着磨损程度加深，摩擦片与制动轮之间的接触面积和贴合质量都会受到影响，制动力难以保持稳定输出。若制动轮表面存在沟槽、偏磨、油污或锈蚀，摩擦副之间的有效咬合能力也会明显减弱，使制动器在闭合状态下仍可能出现打滑现象^[2]。老化后的摩擦材料韧性降低，受热后更

容易产生裂纹、掉块和表层剥落，进一步破坏制动平稳性。门机变幅机构通常承受较大的惯性和载荷变化，摩擦部件一旦进入异常磨损阶段，制动距离增大、停车位置不准、制动噪声加剧等问题便会逐步显现。

2.2 液压与弹簧性能下降

液压与弹簧性能下降会直接削弱制动器动作响应和制动力形成能力。液压推杆作为制动器开合动作的重要执行部件，若出现密封老化、油液泄漏、油压不足或内部阻滞，制动器便难以按照规定行程完成释放与闭合动作。油液污染、黏度变化或管路堵塞也会造成推杆动作迟缓，使制动器出现释放不彻底、闭合不及时等异常状态。弹簧则承担施加制动力的重要任务，长期受压、频繁动作以及高温环境影响，会使弹簧产生疲劳、变形或弹力衰减。当弹簧压力不足时，即使制动器结构能够正常闭合，摩擦片施加在制动轮上的正压力也会下降，制动力随之减弱。液压系统与弹簧机构之间存在密切配合关系，任何一方性能下降都可能引起动作失衡。

2.3 安装调整与环境影响

安装调整不当与运行环境恶劣也是引发制动器失效的重要因素。制动器安装过程中若中心位置偏差较大，制动臂受力会出现不均衡，摩擦片与制动轮之间难以形成均匀接触，长期运行后容易产生偏磨和局部过热。制动间隙调整过大时，制动器闭合后接触压力不足，容易造成制动距离延长；制动间隙过小时，释放后摩擦片仍可能与制动轮接触，导致拖滞、发热和异常磨损。紧固件松动、销轴润滑不足、连杆位置偏斜等问题，也会影响制动器动作灵活性，使制动响应变慢。门机运行环境通常存在粉尘、潮气、盐雾、雨水和温度变化等影响，摩擦表面易被污染或锈蚀，液压密封件和弹簧部件也会加速老化。环境因素与安装调整问题往往相互叠加，使制动器故障从轻微异常逐渐发展为制动失效。

3 制动器故障诊断关键环节

3.1 外观状态检查

通过对制动器外观状态的检查，可以直观发现部件磨损、腐蚀、裂纹或油污等异常情况。摩擦片表面是否平整、是否存在脱落和烧蚀痕迹，制动轮是否有沟槽或偏磨，以及紧固件、销轴和支撑件是否松动或锈蚀，都直接影响制动器的可靠性。液压管路外观同样需要关注，检查是否存在泄漏、裂纹或接头松动，确保液压油压力传递正常^[1]。外观异常往往是潜在失效的前兆，表面油污或锈蚀可能降低摩擦系数，使制动器在动作时出现打滑或制动延迟。通过全面检查外观状态，不仅能够掌握摩擦副和支撑件的现状，还能够为后续间隙检测和动作性能评估提供基础信息，为判断制动器整体健康水平提供直观依据。

3.2 制动间隙检测

制动间隙是保证制动器正常作用和动作灵活性的重要参数，通过测量间隙可以判断摩擦片磨损程度及弹簧和液压执行机构的状态。间隙过大可能导致制动力下降，制动距离增加，而间隙过小则会引起释放不彻底、摩擦持续接触及局部过热。检测过程通常采用精密量具测量摩擦片与制动轮之间的实际距离，并结合标准值进行比较。间隙变化能够反映摩擦片厚度、制动臂调整精度及液压推杆行程状态，异常间隙往往与摩擦片老化、弹簧疲劳或安装偏差有关。通过制动间隙检测，可以提前发现潜在失效风险，为采取调整、修整或更换措施提供量化依据，同时为保证制动器在不同负荷和运行条件下保持稳定性能奠定基础。

3.3 动作性能试验

动作性能试验主要通过模拟制动器在实际运行条件下的闭合与释放过程，观察响应速度、制动力度和释放效果。试验中应关注制动器在接收到指令后是否能够快速、平稳地完成闭合动作，以及释放时摩擦片是否完全脱离制动轮。动作滞后、反应迟缓或半接触状态都会影响变幅机构的定位精度和运行安全。试验结果能够反映液压系统压力、弹簧弹力和机械结构配合的综合状态，对于判断制动器在不同负荷下的可靠性具有重要意义。通过反复动作测试，可以识别潜在异常环节，例如液压推杆滞后、摩擦片不均匀接触或控制信号延迟等问题，为后续维护提供明确方向，同时验证维修和调整措施的有效性，确保制动器在日常运行中保持稳定制动性能。

4 制动器检修维护技术要点

4.1 摩擦片更换与修整

摩擦片更换与修整是恢复制动器制动性能的关键环节。摩擦片在长期运行中会因反复摩擦、温升变化和载荷冲击出现磨损、硬化、裂纹、掉块及烧蚀等问题，当厚度低于允许范围或表面损伤明显时，应及时进行更换，避免制动力持续下降。更换过程中，需要检查新摩擦片型号、规格和材质是否符合设备要求，保证摩擦片与制动轮能够形成稳定接触^[4]。若制动轮表面存在轻微沟槽、毛刺或局部锈蚀，可通过打磨、清理等方式进行修整，使接触面恢复平整状态；若制动轮磨损严重或圆度偏差过大，则应进一步修复或更换。安装摩擦片时，应确保固定牢靠、受力均匀，避免出现偏斜和局部贴合不良。完成更换后，还需结合制动间隙和接触面积进行检查，使摩擦副保持良好配合状态，从而提升变幅机构制动稳定性。

4.2 液压系统检修维护

液压系统检修维护直接关系到制动器开合动作的灵活性和可靠性。液压推杆、油管、密封件和油液状态都是检查重点，若存在渗漏、压力不足、油液污染或推杆动作迟缓等情况，制动器便可能出现释放不彻底或闭合不及时的问题。检修时应查

看油管接头是否松动，密封圈是否老化变形，推杆表面是否有划伤、锈蚀或卡滞现象。液压油若出现颜色变深、杂质增多或黏度异常，应及时更换，并对油路进行清洁，防止杂质进入执行部件内部影响动作精度。推杆行程也需要与设备标准进行对比，行程不足可能导致制动器无法完全打开，行程异常则可能影响制动间隙。维护过程中还应注意排除液压系统中的空气，保持压力传递平稳。通过对液压系统进行细致检修，可减少动作迟滞、拖滞发热和制动失灵等问题。

4.3 制动参数校验调整

制动参数校验调整是保证制动器检修后稳定运行的重要步骤。制动器完成部件更换、液压维护或结构修整后，必须对制动间隙、弹簧压缩量、推杆行程、制动力矩及动作时间等参数进行检查，使各项数据符合设备运行要求。制动间隙过大容易造成制动力不足，间隙过小则可能引发摩擦片拖滞和温升异常，因此调整时应结合摩擦片厚度、制动轮状态和机构运行负荷进行控制。弹簧压缩量关系到制动力形成强度，若调整不足，制动器难以可靠抱紧；若压缩过度，则可能加快弹簧疲劳并影响释放动作。推杆行程校验能够判断液压执行机构是否动作到位，避免因行程偏差造成闭合或释放异常。参数调整完成后，应进行空载与负载状态下的动作验证，观察制动响应、停车稳定性和释放效果，从而确认检修质量达到运行要求。

5 制动器可靠运行保障路径

5.1 日常巡检制度落实

日常巡检制度是确保制动器长期稳定运行的重要环节，通过固定频率对摩擦片、制动轮、液压系统及弹簧机构进行全面检查，可以及时发现磨损、松动、泄漏或腐蚀等潜在问题。巡检内容包括摩擦片厚度测量、制动间隙检测、液压油液位及压力状态检查、紧固件紧固情况确认等，每项检查均需记录数值和状态，以便对设备运行趋势进行追踪^[5]。巡检过程不仅关注表面异常，还需结合动作测试，观察制动器闭合、释放和响应速度是否符合标准。通过制度化的巡检安排，能够在问题发展到影响制动性能之前采取必要处理，避免轻微缺陷积累造成严

重故障，同时也为后续维护计划提供可靠的数据依据和判断参考。

5.2 周期维护流程优化

周期维护流程优化强调根据制动器使用频率、负荷特点和环境条件，制定合理的维护周期和操作规范，使关键部件得到及时保养。维护内容包括摩擦片更换、液压油更换及清洁、弹簧及铰接件润滑与检测、制动间隙和参数校验等，通过科学安排操作顺序和检查重点，可以减少重复作业、降低检修盲点，并保持制动器各项性能指标稳定。优化后的流程能够结合历史故障纪录和磨损趋势，精准安排部件检修和更换时间，从而提升维护效率和制动器可靠性。周期维护的有效执行有助于形成标准化操作规范，使制动器在不同负荷条件下保持高水平运行状态。

5.3 故障记录与风险控制

故障记录与风险控制是保证制动器长期可靠性的重要支撑，通过建立完整的故障档案和分析机制，可以追踪制动器异常模式和隐患因素。记录内容包括制动器失效类型、产生时间、操作状态、维护措施及后续效果等，为判断故障规律和制定改进策略提供依据。风险控制则结合记录数据，对可能导致制动性能下降的因素进行预防性干预，如对磨损趋势明显的摩擦片提前更换，对液压系统异常波动采取调整措施。通过系统化的记录和分析，能够识别潜在高风险环节，优化维护资源配置，并减少突发故障发生概率，从而确保门机变幅机构制动器在长期运行中保持安全、稳定和可靠状态。

6 结语

门机变幅机构制动器的可靠状态，直接关系到设备运行稳定性与安全控制水平。围绕制动器失效表现、诱发因素、诊断环节、检修维护及运行保障进行分析，可以看出摩擦部件、液压系统、弹簧机构和参数调整均是影响制动性能的关键内容。只有加强日常巡检、规范周期维护、完善故障记录，才能减少制动失效风险，提升门机变幅机构运行可靠性。

参考文献：

- [1] 吕思远.曳引式电梯制动器失效原因及其检验方法研究[J].标准生活,2025,(7):156-158.
- [2] 侯博奇.电梯制动器失效形式剖析与检验关键要素研究[J].仪器仪表用户,2025,32(5):127-129.
- [3] 费焯,肖楠,杨妍.全液联动臂塔机变幅机构能量回收液压系统研究[J].机电产品开发与创新,2022,35(5):11-14.
- [4] 洪椰,沈兰华,范开英.动臂塔机变幅机构的绕绳方法改进[J].建筑机械化,2022,43(4):12-14.
- [5] 李联中,颜子敏,杨雷,等.钻机二层台推扶式排管机变幅机构优化研究[J].钻采工艺,2022,45(2):110-114.