

煤矿设备维修应用无损检测技术的分析

郭武将

国家能源集团神东煤炭 陕西 榆林 719300

摘要: 无损检测技术利用声波、电磁波、射线等物理现象评估煤矿设备状态,无需拆解设备即可识别缺陷。该技术涵盖超声、磁粉、渗透、涡流等多种方法,各有适用场景与优劣。其应用于设备故障诊断、维修质量核查及定期维护等环节,针对采掘、运输、提升等不同设备发挥关键作用。但应用中面临环境、结构等挑战,需通过技术优化与人员培训提升检测效果。

关键词: 无损检测技术;煤矿设备维修;故障诊断;技术优化;人员培训

引言:煤矿设备长期处于恶劣工况,易出现各类缺陷,影响生产安全与效率。传统检测方法多具破坏性,难以满足需求。无损检测技术凭借非破坏性、快速识别缺陷等优势,成为煤矿设备维修的关键手段。该技术能全面评估设备状态,覆盖不同类型缺陷,为故障诊断、维修决策提供科学依据,对保障煤矿设备稳定运行意义重大。

1 无损检测技术基础

1.1 无损检测技术的基本原理

无损检测技术通过声波电磁波射线等物理现象与设备缺陷的相互作用实现对设备状态的评估。声波在均匀介质中传播时呈现规律性,遇到裂纹或空洞等缺陷会发生反射折射,通过捕捉这些声波变化可判断缺陷位置和形态^[1]。电磁波在设备表面或内部传播时,缺陷会改变其磁场分布或能量衰减程度,依据这些变化能识别表面或近表面的损伤。射线具有穿透能力,穿过设备时会被缺陷吸收或散射,形成的影像可直观显示内部缺陷的形状和大小。不同技术的共性在于无需拆解或破坏设备即可完成检测,能在保留设备原有功能的前提下获取缺陷信息。特性则体现在适用场景的差异,声波对内部体积型缺陷敏感,电磁波更适合检测表面微小裂纹,射线在显示复杂结构内部缺陷时更具优势。这些原理共同构成了无损检测技术的核心,为煤矿设备维修中的缺陷识别提供了科学依据。

1.2 煤矿设备维修中常用的无损检测技术类型

超声检测利用高频声波探测设备内部缺陷,具有穿透能力强的特点,适合检测厚壁管道轴承等部件的内部裂纹或夹杂,检测过程中需在设备表面涂抹耦合剂以确保声波有效传播。磁粉检测通过施加磁场使设备表面缺陷处产生漏磁场,吸附磁粉形成可见痕迹,适用于铁磁性材料制成的齿轮轴类等部件,能有效识别表面或近表

面的微小裂纹,但对非铁磁性材料不适用。渗透检测将渗透剂涂抹在设备表面,利用毛细作用使渗透剂渗入表面开口缺陷,去除表面多余渗透剂后施加显像剂,缺陷处会呈现明显痕迹,适用于各类材料的表面缺陷检测,尤其是非磁性材料的裂纹检测,但无法识别内部缺陷。涡流检测通过交变磁场在设备中产生涡流,缺陷会改变涡流的大小和分布,适用于检测薄壁管件或板材的表面及近表面缺陷,检测速度快且能实现自动化,但对形状复杂的部件检测效果不佳。

1.3 无损检测技术的优势与局限

无损检测技术在煤矿设备维修中展现出显著优势,检测过程不会对设备结构造成损伤,可避免因检测导致的设备功能失效,尤其适合对关键承重部件进行检测。能够快速识别缺陷,减少设备停机时间,在生产任务紧张时可提高维修效率。检测范围广泛,从微小的表面裂纹到内部的体积型缺陷都能覆盖,满足不同部件的检测需求。然而该技术也存在一定局限,受设备材质影响较大,某些非金属材料对声波或电磁波的传导性差,可能导致检测信号微弱难以识别。设备形状复杂时,曲面或死角处的缺陷难以被充分探测,容易出现漏检。表面状态不佳如存在油污锈迹会干扰检测信号,影响结果的准确性。这些局限使得无损检测技术在应用中需结合设备实际情况合理选择,必要时配合其他检测手段以确保检测效果。

2 煤矿设备维修中无损检测技术的应用环节

2.1 设备故障诊断

设备运行时出现异常振动或异响,可借助超声检测探查内部结构是否存在裂纹。声波在正常部件中传播平稳,遇到裂纹会产生异常反射,通过分析反射信号的变化能锁定故障位置。停机状态下,对疑似腐蚀的管道采用涡流检测,交变磁场在管道表面形成的涡流若出现局

部紊乱,可能预示管壁存在腐蚀坑^[2]。磁粉检测适用于检查齿轮齿面的微小裂纹,施加磁场后磁粉在裂纹处聚集形成清晰纹路,直观显示损伤形态。对于一些非金属部件的内部缺陷,可采用射线检测,射线穿透部件后形成的影像能清晰呈现内部空洞或分层。这些技术的应用无需拆解设备,能在短时间内完成对关键部件的全面扫描,为故障原因分析提供可靠依据。针对不同故障类型选择适配的检测方式,振动异常优先采用超声检测,表面损伤则侧重磁粉或渗透检测,确保诊断结果精准。

2.2 维修过程中的质量核查

零部件焊接修复后,采用射线检测查看焊缝内部是否存在未熔合或气孔。射线穿透焊缝时,缺陷会在影像中呈现暗区或不规则阴影,据此判断修复质量是否达标。更换轴承后,通过超声检测验证轴承内圈与轴的配合状态,声波传播均匀说明装配良好,若出现反射信号突变可能存在间隙过大或异物夹杂。对于更换的管道,涡流检测可排查新部件是否存在出厂时未发现的表面裂纹,确保更换部件的完整性。对修复后的液压支架活塞杆,渗透检测能检查表面是否遗留细微划痕,这些划痕若未处理可能成为日后腐蚀的起点。维修过程中每道工序完成后及时进行无损检测,能避免不合格修复进入下一环节,减少返工概率。检测结果与维修标准比对,符合要求方可进入后续步骤,为设备安全运行筑牢防线。

2.3 设备定期检测与维护

按照设备运行周期,对提升机主轴进行磁粉检测,查看表面是否出现疲劳裂纹。长期承受交变荷载的主轴,裂纹多从应力集中处萌生,磁粉的聚集能早期发现这些潜在隐患。对输送管道实施周期性超声检测,通过测量管壁厚度变化判断腐蚀速率,结合使用环境预测剩余寿命。通风机叶片采用渗透检测,毛细作用使渗透剂渗入微小裂纹,显像后可识别肉眼难以察觉的损伤。对矿用电机外壳进行涡流检测,能及时发现因长期震动产生的表面微裂纹,这些裂纹若持续扩展可能影响电机密封性能。定期检测获得的设备状态数据,能反映部件老化趋势,为制定预防性维修计划提供依据。根据检测发现的损伤程度,安排针对性维护,轻微腐蚀区域进行防腐处理,裂纹萌芽部位及时修复,避免小缺陷发展为大故障,延长设备使用寿命。

3 不同类型煤矿设备的无损检测技术应用

3.1 采掘设备

采煤机的齿轮箱内齿轮长期承受冲击荷载,齿面易出现疲劳裂纹,采用磁粉检测可清晰显示这些微小裂纹的位置和形态。检测时需清除齿面油污,施加磁场后均

匀喷洒磁粉,通过观察磁粉聚集情况判断损伤程度^[3]。轴承作为采煤机的关键旋转部件,内部滚道磨损或滚子缺陷会影响运行稳定性,超声检测能穿透轴承壳体探查内部缺陷,声波反射信号的异常变化可反映滚道的平整度和滚子的完整性。掘进机的截割头主轴受交变应力作用,易在轴肩等应力集中处产生裂纹,射线检测可穿透主轴显示内部是否存在裂纹或夹杂,确保主轴承能力符合要求。截割臂的焊接部位采用渗透检测,能发现焊接过程中可能产生的表面气孔或微裂纹,这些缺陷若未及时处理可能在重载下扩展。采煤机的摇臂壳体作为连接部件,内部可能因铸造工艺产生隐性气孔,超声检测可全面扫描壳体壁厚,排查内部结构缺陷。检测重点集中在承受荷载大、运动频繁的部件,通过针对性检测及时发现潜在故障。

3.2 运输设备

带式输送机的机架作为支撑结构,长期受力易产生变形或焊缝开裂,磁粉检测可用于检查机架焊缝的完整性,在焊缝表面施加磁粉后,裂纹处会形成明显的磁痕。滚筒作为带式输送机的驱动部件,其轴与滚筒体的连接部位可能出现焊接缺陷,超声检测能探查连接处内部是否存在未熔合区域,确保动力传递可靠。刮板输送机的刮板链销轴在运行中反复屈伸,易出现疲劳裂纹,渗透检测可通过渗透剂渗入裂纹并显色,识别肉眼难以发现的细微损伤。中部槽作为物料输送的通道,长期受物料摩擦和冲击,表面可能出现磨损或内部隐性裂纹,涡流检测能通过磁场变化判断表面及近表面的损伤情况。带式输送机的托辊轴在长期旋转中可能产生轴颈磨损,超声检测可测量轴颈尺寸变化,评估磨损程度是否影响正常运行。检测前需用专用清洗剂彻底清理部件表面油污锈迹,并用干布擦干,必要时用细砂纸轻磨氧化层,避免干扰检测信号,确保覆盖关键受力部位和易损区域。

3.3 提升设备

绞车的卷筒筒体长期承受钢丝绳的张力,筒壁易出现局部应力集中导致的裂纹,超声检测可测量筒壁厚度并探查内部是否存在分层或裂纹,保障卷筒安全运行。连接卷筒与主轴的法兰螺栓,螺纹根部是应力集中点,采用磁粉检测能及时发现螺栓表面的裂纹,避免螺栓断裂引发事故。天轮的轮缘在钢丝绳的反复摩擦下可能出现磨损或裂纹,渗透检测可用于检查轮缘表面是否存在细微裂纹,确保天轮转动平稳。提升机的制动系统闸瓦与制动轮接触部位,若制动轮表面出现裂纹会影响制动效果,涡流检测能快速扫描制动轮表面,识别因长期摩

擦产生的疲劳裂纹。提升机的钢丝绳连接装置,如楔形接头,内部可能存在应力腐蚀裂纹,射线检测可穿透接头显示内部结构完整性。检测需注重金属结构的整体性和连接件的可靠性,通过不同检测技术的组合应用,全面评估提升设备的安全状态。

4 无损检测技术应用中的问题与优化

4.1 应用中存在的问题

煤矿井下粉尘浓度高,附着在检测设备探头表面会阻碍声波电磁波的传播,导致信号衰减或失真,影响对缺陷的判断。潮湿环境会使设备电路受潮,降低检测仪器的灵敏度,甚至干扰检测信号的稳定性^[4]。采掘设备的复杂结构给检测带来困难,如采煤机齿轮箱内部结构紧凑,部分部件被遮挡,常规检测方法难以全面覆盖,易形成检测盲区。运输设备的机架连接处多为不规则形状,曲面与棱角并存,磁粉或渗透检测时试剂附着不均匀,可能遗漏隐藏的微小裂纹。提升设备的钢丝绳连接装置结构精密,狭小空间内操作受限,检测过程中难以确保探头与检测面的良好贴合,影响检测结果的准确性。长期使用的设备表面易形成氧化层或锈蚀,覆盖潜在缺陷,使检测信号难以穿透,增加误判风险。这些因素相互叠加,增加了无损检测技术在煤矿设备维修中应用的难度。

4.2 技术优化思路

针对粉尘影响,可在检测设备探头表面加装防尘罩,选用具有自清洁功能的材质减少粉尘附着,检测前对设备表面进行清理,去除浮尘和油污。应对潮湿环境,对检测仪器进行密封处理,选用防水性能强的元器件,提高设备的防潮等级。对于复杂结构设备,开发小型化可弯曲的检测探头,适应狭小空间和不规则表面的检测需求。结合不同技术的优势,对关键部件采用多种方法联合检测,如超声检测发现内部疑似缺陷后,再用射线检测进一步确认,提高缺陷识别的准确性。优化检测设备的信号处理算法,增强对微弱信号的捕捉能力,减少环境干扰造成的误判,使检测结果更可靠。针对氧化层和锈蚀的影响,可采用预处理工艺清除表面覆盖物,或开发能穿透氧化层的检测技术,确保信号有效传递。为提升设备移动性,可简化检测仪器的结构设计,

采用轻量化材料便于在井下复杂地形中搬运。^[5]

4.3 人员操作水平提升

检测人员的操作水平直接影响检测结果的质量。加强专业培训,使检测人员熟悉不同煤矿设备的结构特点,掌握各类无损检测技术的适用条件。通过实操训练,让检测人员在模拟煤矿环境中练习设备操作,熟练调整检测参数,确保在实际应用中能根据现场情况灵活应对。培训内容应包括缺陷信号的识别与解读,使检测人员能准确区分真实缺陷与环境干扰产生的虚假信号。定期组织案例分析,分享实际检测中遇到的复杂情况及处理方法,提升检测人员的问题解决能力。建立操作规范,要求检测人员严格按照流程开展工作,避免因操作不当导致的检测误差。开展技术交流活动,促进检测人员之间的经验分享,通过持续学习与实践,不断提高检测水平。培训中可加入设备故障模拟环节,让检测人员在模拟场景中强化对各类缺陷信号的判断能力。考核机制需与培训内容结合,通过理论与实操考核检验学习效果,督促检测人员巩固技能。

结束语

无损检测技术在煤矿设备维修中发挥着不可替代的作用,能精准识别缺陷,保障设备安全运行。尽管面临环境、结构等挑战,但通过技术优化、设备改进与人员培训,可有效提升检测效果。未来,随着技术发展,无损检测将更智能化、精准化,为煤矿设备维修提供更强支撑,推动煤矿行业安全生产与高效发展。

参考文献

- [1]毛华晋.无损检测技术在煤矿机械设备维修中的应用分析[J].中国设备工程,2024(4):166-168.
- [2]吴红伟.无损检测技术在煤矿机械设备维修中的应用分析[J].魅力中国,2025(11):173-175.
- [3]耿忠阁,李岩,张希伟.无损检测技术在煤矿机械设备维修中的应用分析[J].数字化用户,2024(30):259-260.
- [4]李航,王宁青.煤矿机械维修中无损检测技术的应用[J].机械管理开发,2024,39(9):323-324,327.
- [5]贺国华,刘刚,陆阳.应用无损检测技术提高煤矿机械设备故障诊断水平[J].工程机械与维修,2023(4):16-18.