

焊接技术在矿山机械维修中的应用探讨

胡安芮，王上上，康 健

(兖矿能源集团股份有限公司南屯煤矿，山东 济宁 273515)

摘要 在矿业生产过程中，需要使用大量机械设备以提升生产效率，因此矿山机械的稳定性会对矿业生产产生直接影响。而矿山机械在实际应用中经常处于恶劣环境中，导致机械设备常常磨损和损坏，因此，如何对矿山机械进行合理维护十分重要。本文分析了焊接技术在矿山机械维修中的作用，阐述了矿山机械维修中焊接技术的应用现状，并提出了矿山机械维修中焊接技术的应用策略，以期为相关人员提供参考。

关键词 焊接技术；矿山机械维修；焊接材料；热处理；焊接加固

中图分类号:TD4

文献标志码:A

DOI:10.3969/j.issn.2097-3365.2025.27.037

0 引言

矿山机械是矿业生产中不可或缺的设备，其运行状态直接关系到矿产资源的开采效率和安全性。由于矿山环境通常较为恶劣，这些机械设备在长期运行过程中不可避免地会出现不同程度的故障和损伤。因此，及时、有效的维修对于保障生产正常进行至关重要。焊接技术作为矿山机械维修的重要工具，凭借其修复能力强、适用范围广等优势而被广泛应用。在矿山机械的维修过程中，选择合适的焊接方法以及保证焊接质量成为维修人员面临的主要挑战。尽管焊接技术在维修领域具有诸多优势，但实践中也存在焊接缺陷、焊接后材料性能变化等问题。

1 焊接技术在矿山机械维修中的作用

1.1 对矿山机械结构损伤进行快速修复

在矿山机械维修中，焊接技术的合理应用能够为受损的矿山机械零部件提供最为直接和高效的修复路径。矿山机械，如挖掘机的动臂斗杆、破碎机的机架衬板、输送机的滚筒轴颈等关键承载或耐磨部位，在恶劣工况下极易出现断裂、磨损、变形或开裂等严重损伤。此类损伤若采用传统的更换新件方式，不仅采购周期长、成本高昂，而且在偏远矿区往往难以实现及时供应，导致设备长时间停机，严重影响生产进度。焊接技术则能直接在设备现场或维修车间，通过对损伤部位进行填充、堆焊或结构重建，实现金属材料的重新连接或磨损表面的再生^[1]。

1.2 提供多样修复方案以满足复杂工况需要

矿业生产作为一个复杂的系统性工程，需要多种矿山机械的参与，而不同的机械设备结构各异，其损

伤形式也多种多样，因此在维修过程中也会受到多种因素限制，而焊接技术的重要优势就是其灵活的焊接方法和广泛的材料选择，能够针对不同机械设备、不同类型的损伤进行针对性修复，进而帮助工作人员针对不同机械设备的损伤特点进行修复。例如：对于大型不可拆卸设备的局部裂纹，可采用冷焊或低热输入工艺进行补焊修复；对于承受高冲击载荷的连接部位断裂，需选用高韧性焊材和严格的预热、后热工艺以保证焊接接头韧性^[2]。

1.3 降低维修成本并延长机械设备使用寿命

在矿山机械维修中，焊接技术的经济性优势尤为明显，与传统的设备零部件更换维修相比，焊接技术只需要消耗少量焊材和能源就可以完成对设备的维修，其成本往往是新件的几分之一。同时，高质量的焊接修复不仅能针对当前出现的损伤问题进行修复，还可以对易损耗部位进行强化处理，如堆焊耐磨层、优化焊缝设计提升疲劳强度，使机械设备在后期使用中具有较强的适应性。

2 矿山机械维修中焊接技术应用遇到的问题

2.1 焊接材料选择难题

在矿山机械维修中，焊接技术是当前常见的维修技术之一，但是在实际应用中也面临一定的问题，其中典型问题就是焊接材料的选择。因为矿山机械设备运行时不可避免地会处在高压、腐蚀、高温等恶劣环境下，所以想要保障焊接质量就需要对这类因素进行考虑。在焊接材料选择时需要具备良好的耐高温性能，确保材料可以在高温环境下依然展现出良好的维修性能。同时，焊接材料还必须具备耐腐蚀性能，在实际

应用中，当材料接触到腐蚀性介质，如盐、酸、碱等物质，需要抵抗这类物质的侵蚀，保证材料的使用寿命。此外，焊接材料的选择不仅要考虑其性能，还需要对成本与可用性进行考虑，在机械设备维修中焊接材料使用量较大，所以材料选择最好是易获取、成本低^[3]。

2.2 焊接操作困难

矿山机械的体型较大，并且内部结构复杂，一旦需要对机械设备进行维修，许多焊接位置都处于机械内部，不仅空间狭小，还难以接近，这就需要工作人员在狭小的空间中完成焊接工作，进而增加了焊接难度，并且容易造成焊接质量不稳定。再加上矿山机械设备通常处于恶劣的工作环境中，焊接操作时需要工作人员克服高温、高压、有毒气体等条件，进一步增加焊接的风险。

2.3 焊接质量评估

在矿山机械设备焊接完成后，焊接整体质量会对机械设备的安全性和稳定性产生直接影响。但是由于焊接位置通常在机械设备的内部，无法使用肉眼直接观察，因此如何对焊接质量进行综合评估就成了重点问题。如果在评估时没有对焊接质量进行合理评估，就可能导致机械设备的强度不达标，进而使得设备耐久性下降。因此需要相关人员积极应用无损探测技术对焊接质量进行确定^[4]。

2.4 焊接后的热处理

在焊接工作完成后对焊接部位进行热处理可以有效提升接头的强度和韧性，进而提升矿山机械承受荷载的能力。但是，在热处理过程中，如何对冷却速度和温度进行控制则是一个重点问题，如果对温度或者冷却速度控制不够精准，就会导致接头变脆弱，使得接头内部应力增大，进而出现裂缝。

3 矿山机械维修中焊接技术应用策略

3.1 破损修复

在矿山机械使用过程中其内部结构不可避免地会受到损坏，如磨损和开裂等问题，因此为了对这些损坏的部件进行修复，需要对断裂的零件进行连接修复，使其能够恢复正常功能。在修复过程中，首先要开展准备工作，工作人员需要对裂口位置进行清理，将表面污垢去除，确保表面没有氧化物后对焊接位置进行打磨，提升焊接材料与机械构件的粘贴性。之后需要对焊接方法与焊接材料进行合理选择。根据机械设备损坏部件的材料性质和使用要求，可以选择气体保护

焊、激光焊、电弧焊等，而焊接材料可以选择焊条、焊丝等。例如：针对承受冲击载荷的厚壁结构开裂，应优先选用低氢型焊材配合预热缓冷工艺，以避免冷裂纹并保证接头韧性；对于大面积均匀磨损的耐磨衬板，则适合采用自动化程度高的埋弧堆焊或耐磨药芯焊丝气保护堆焊，实现高效率的表面增材修复。而且在焊接修复完成后，需要对其进行后续处理，包括缓冷保温消氢、局部热处理消除残余应力，同时要对修复区域进行无损检测，验证内部质量。此外，现代矿山机械设备维修中的焊接修复不能局限于简单的功能恢复，而是要在焊接过程中实现机械设备性能的提升。因此，在修复磨损部位（如铲斗刃口、破碎机锤头）时，通过选用高铬铸铁型耐磨焊材或碳化钨复合焊材进行梯度堆焊，可在恢复几何尺寸的同时赋予表面数倍于基体的耐磨性；对承受交变载荷的铰接座、回转支承等关键节点，在裂纹修复后采用超声冲击或喷丸强化技术处理焊缝区域，可大幅提升其抗疲劳寿命^[5]。

3.2 焊接加固

在矿山机械工作过程中需要承受巨大的冲击和压力，因此机械结构容易出现破损和变形，为了提升矿山机械设备的承载能力和抗冲击力，需要借助焊接技术对机械结构进行加固。在实际应用中通过将金属材料加热至熔点，使其熔化在机械结构上后对其进行冷却固化，提升整体机械强度。在实际应用中，相关人员需要基于矿山机械设备的结构失效机理，制定预防性加固设计方案。例如：在挖掘机动臂根部应力峰值区增焊扇形肋板或箱体内增设交叉筋格，可分散交变载荷；对带式输送机桁架节点的薄弱盖板，采用坡口熔透焊加盖板复合加固工艺，显著提升抗弯刚度；针对频繁开焊的矿用自卸车货箱边板，在原始角焊缝基础上增焊连续加强角撑。这种设计方案需要工作人员结合设备运行工况对其进行综合分析，使焊接加固从原本的应急补救措施转变为主动防御措施，进而提升机械设备的使用寿命。其次，为了提升焊接加固的耐久性，需要注重焊接材料的合理选择。单一的高强度焊材容易引发焊接界面硬脆化或电偶腐蚀，因此在材料的选择上需要建立梯度过渡材料体系，在低合金钢基体上，优先采用韧性过渡层焊材缓冲应力，之后在堆焊表面耐磨耐蚀层。而对于长期暴露在酸性矿浆的溜槽底板加固，宜选用耐蚀合金焊丝进行密封盖面焊隔离腐蚀介质。

3.3 机械设备零部件更换

矿山机械设备的焊接技术在机械零件更换中也有着广泛的应用前景，在机械设备长时间使用中不可避免地需要对内部损坏构件进行更换，而焊接技术则可以将新零件与原有结构进行紧密连接，确保矿山机械的正常运行。例如：对于出现磨损的链条或者轮胎，可以使用焊接技术将新的链条和轮胎与原有机械结构进行连接。在实际应用中，工作人员要先将磨损的轮胎和链条进行拆卸，并将新构件安装在对应位置，在确保连接处干净整洁后，开展焊接工作。在焊接过程中需要工作人员对焊接时间和温度进行把控，避免对新构件造成损坏。为了提升焊接更换技术的应用效果，工作人员需要引入全寿命周期成本模型，在考虑构件更换时不仅计算新件采购与焊接安装的直接费用，还需评估因缩短维修周期带来的产能恢复收益、更换后设备可靠性提升带来的维护费用下降，以及修复方案可能存在的二次失效风险成本。通过这种方法对构件进行评估，确保焊接更换技术应用的性价比。此外，为了进一步降低机械维修成本，在焊接更换技术应用中还需要对更换下来的大型构件进行合理应用，比如可以针对一些出现局部损伤的高价值部件进行维修，或者针对材质均匀的碳钢构件，经喷砂除锈后切割为标准坯料，作为后续维修的补板或加强筋原材料。

3.4 设备加固与改造

在矿山机械使用过程中可能会因为机械工作环境的变化，导致机械无法适应新的工作环境，这时就需要对矿山机械设备进行改造，提升机械设备的功能性。而焊接技术则能够有效提升矿山机械设备的改造效率。例如：在矿山挖掘机设备中，需要对铲斗的容量进行扩充，可以采用焊接的方式，对铲斗进行扩充。这样就可以使挖掘机具备更高的装载能力。同时，使用焊接改造技术还可以对矿山机械设备进行功能改造，以挖掘机为例，在改造过程中可以将抓取装置焊接在挖掘机的铲斗上，使挖掘机不仅可以进行铲石作业，还可以开展抓取作业，进而提升机械设备的功能性。而在焊接改造技术应用中，为了提升技术的适用性，工作人员需要借助信息技术提高改造效率，比如可以借助数字化建模，针对需要改造的机械设备进行三维建模，并在虚拟环境中对改造方案进行预演，这样就可以对不方便移动的机械设备进行针对性改造。同时，在改造过程中需要采用标准化接口设计，在保证机械结构强度的同时，方便后续对机械设备进行持续改造。

3.5 机械设备检测与维护

在矿山机械使用过程中需要工作人员对其进行定期维护和检测。而焊接技术可以实现对机械设备的有效检测，并对潜在的问题进行修复。在实际应用中，工作人员可以使用无损检测技术对焊接接头进行全面检测，一旦发现潜在的缺陷，就可以制定针对性维修计划。目前常见的无损检测包含超声波检测、磁粉检测、射线检测等，其中超声波检测主要是通过超声波传播的特性对焊接接头缺陷进行检测，可以有效检测出接头气孔、裂纹等问题。而射线检测则是使用射线对接头位置进行照射，如果接头出现问题，其投射和散射情况就会发生改变，进而帮助工作人员对接头质量进行判断。而磁粉检测则是借助磁性粉末在磁场下展现出的特性对接头质量进行判断。借助这类技术可以有效解决接头质量检测中的环境影响问题。最后，在焊接检测过程中，工作人员需要构建检测数据与维修策略闭环联动机制，在焊接维修过程中需要构建焊接档案数据库，记录焊接工艺相应参数和检测结果等信息，并借助大数据学习算法对接头表现历史数据进行分析，找到接头缺陷发生规律，进而实现对接头缺陷的预判，提升接头质量检测效率。

4 结束语

焊接技术在矿山机械维修中具有不可替代的重要作用，其灵活性和高效性使其成为设备修复的重要手段。通过对多种焊接技术的分析和应用效果的探讨，可以发现合理选择和实施焊接技术不仅能够有效修复受损设备，还能延长设备使用寿命。未来，相关人员需要进一步积累焊接技术使用经验，并结合大数据等技术提高焊接技术应用效率。

参考文献：

- [1] 刘鹏. 焊接技术在矿山机械维修中的应用分析 [J]. 中国金属通报, 2024(01):151-153.
- [2] 钟立才. 矿山机械的焊接维修技术及维护措施分析 [J]. 设备管理与维修, 2023(10):51-53.
- [3] 刘涛, 马云涛. 金属矿山机械齿轮传动设备断裂轮齿的焊接技术分析 [J]. 世界有色金属, 2024(22):64-66.
- [4] 齐枫. 大型矿山挖掘机回转平台开裂故障智能维修方法 [J]. 工程机械与维修, 2024(07):16-18.
- [5] 陈国雄, 曹阳, 吴家雄, 等. 焊接平台龙门架结构轻量化设计 [J]. 机械设计与制造, 2024(04):194-199.