

露天采矿设备机械零件的损坏形式和修复措施分析

张 昊, 李 楠, 靳作成

(河北钢铁集团矿业有限公司化工分公司, 河北 唐山 063700)

摘 要 露天采矿作业因其独特的工作环境和高负荷运作特点, 对机械设备提出了更高的要求。机械零件的损坏不仅影响采矿效率, 还可能导致重大安全事故。因此, 了解零件的常见损坏形式及其原因, 以及掌握有效的修复措施, 对于保障露天采矿作业的安全和效率至关重要。

关键词 露天采矿; 机械零件; 损坏形式; 修复措施

中图分类号: TD4

文献标识码: A

文章编号: 2097-3365(2024)02-0046-03

随着矿山机械化程度的日益提高, 矿山机电设备管理与维修工作占据着越来越重要的位置。据相关数据统计, 在每年的矿山安全生产过程中, 由于机电设备故障造成的事故占总事故的六成, 一旦机电设备停止运转, 不仅会影响到矿山企业的正常运作和生产, 还会对矿山工作人员构成人身安全的威胁, 露天采矿设备在恶劣的自然环境和高强度的工作条件下, 其机械零件易受到各种类型的损坏。这些损坏可能由于环境因素、操作失误或材料和设计的不足引起。因此, 对这些损坏形式的系统分析和对策的研究对于延长设备寿命、降低维修成本和提高采矿效率具有重要意义。

1 露天采矿机械设备运作的特点

在露天采矿环境中, 设备经常暴露在极端的天气条件下, 包括强烈的阳光、暴雨、风暴甚至是低温或高温环境。这种不断变化的气候条件对机械设备的材料和构造提出了更高要求, 需要它们具有良好的耐候性和可靠性。例如, 金属部件可能需要特殊的涂层来防止腐蚀, 而塑料和橡胶部件则需要能够抵抗紫外线的破坏和极端温度的影响。

此外, 露天采矿区域的地形条件也对机械设备的设计和运作提出了挑战。这些设备不仅需要能够在崎岖不平的地面上稳定运行, 还需要有足够的动力和机动性来应对陡峭的斜坡和不均匀的地面。这就要求采矿机械拥有高效的动力传输系统和强大的驱动力^[1]。

露天采矿机械设备通常需要承担大规模和重载的作业任务。这不仅意味着它们需要有足够的力量来搬运重物, 如岩石和矿石, 还意味着它们自身的结构必须足够坚固以承受这些重负荷。因此, 这些设备通常

采用强化的钢材或其他高强度材料制造, 并且在设计上注重结构的稳固性和耐用性。

2 露天采矿设备零件损坏形式与原因

2.1 露天采矿设备零件损坏的形式

1. 磨损: 在露天采矿的环境下, 设备零件的磨损是一个普遍且不可避免的问题。长时间的运作使得部件表面受到持续的物理摩擦, 导致材料逐渐损失。磨损通常发生在零件的接触表面, 如齿轮、轴承和滑动导轨。这种磨损可能导致部件尺寸的改变, 从而影响机械的精度和性能。此外, 磨损还可能导致材料表面产生微裂纹, 进一步降低零件的整体强度; 在露天采矿中, 除了正常的摩擦磨损, 还有颗粒磨损, 即由于颗粒(如沙粒、小石子)的介入造成的额外磨损。这些颗粒在设备运动部件之间起着研磨剂的作用, 加速了零件的磨损过程。

2. 腐蚀: 腐蚀是另一种常见的零件损坏形式, 尤其是在露天采矿设备中, 由于经常接触到湿润的环境和化学物质。腐蚀通常涉及金属部件与环境中的水分和氧气反应, 形成氧化物, 导致材料结构的弱化。在有些情况下, 特别是在化学品或盐分存在的环境中, 腐蚀的速度可能会加快; 不仅如此, 腐蚀还可能通过电化学机制发生, 即当两种不同金属在电解质环境中接触时, 较活泼的金属会优先腐蚀。这种情况在采矿设备的多金属组件中尤为常见。

3. 疲劳断裂: 疲劳断裂是由于零件长期承受交变应力和负荷而发生的损坏。在露天采矿作业中, 设备经常需要处理重负荷, 如搬运大量的矿石和岩石。这些重复的负载会导致材料中的微裂纹逐渐扩展, 最终

可能导致零件的突然断裂。疲劳断裂通常在没有明显形变的情况下发生,这使得它成为一种特别隐蔽的损坏形式。断裂通常从材料内部的微小缺陷开始,随着时间的推移,这些缺陷在反复应力的作用下逐渐扩展。值得注意的是,即使在应力水平低于材料的屈服强度时,长期的循环加载也可能导致疲劳断裂^[2]。

2.2 设备零件出现故障的原因

1. 设计缺陷:露天采矿设备的设计缺陷是引起零件故障的一个重要原因。这通常涉及结构设计不合理或材料选择不当。例如,如果一个部件的设计没有充分考虑到实际工作中的应力分布,可能会导致该部件在特定区域过早磨损或断裂。同样,如果选择的材料无法承受设备运作中的温度变化、化学腐蚀或物理冲击,也会加速零件的损坏。在采矿机械的设计阶段,合理的工程计算和材料选择对于确保设备的可靠性和耐用性至关重要。此外,设计时还需考虑到易损部件的易更换性,以便于日常维护和修理。

2. 运维不当:露天采矿设备的运维不当也是导致零件故障的一个关键因素。这包括缺乏定期维护、操作不规范或操作人员技能不足。定期维护,如润滑、清洁和零件检查,对于预防故障和延长设备寿命至关重要。如果忽视这些维护工作,可能会导致零件过早磨损、腐蚀或其他形式的损坏。此外,不规范的操作习惯,如超负荷使用设备、错误操作或忽视安全指南,也会加剧设备零件的磨损和损坏。因此,对操作人员进行适当的培训和指导,确保他们了解并遵循正确的操作程序,对于减少设备故障至关重要^[3]。

3. 外界因素:包括意外撞击、极端天气条件等,也是导致露天采矿设备零件损坏的原因之一。在采矿作业中,设备经常暴露在恶劣的环境中,如高温、低温、湿度变化、尘土和化学物质等。这些条件可能导致设备部件的腐蚀、材料退化或机械性能下降。除此之外,意外撞击,如在采矿作业中不小心碰撞到岩石或其他重物,也可能导致设备部件的损坏或失效。这类意外事件可能导致设备结构的弯曲、断裂或其他形式的损坏,影响设备的正常运行。

3 露天采矿设备机械零件的修复措施分析

3.1 针对磨损

1. 表面硬化处理:表面硬化处理是增加零件抵抗磨损能力的一种关键技术。它主要通过改变零件表面的物理和化学性质来实现。热处理是最常见的方法之一,包括但不限于淬火和回火。淬火涉及将金属加热

到一个高温,然后迅速冷却,通常使用水或油。这种快速冷却改变了金属的微观结构,使其变得更硬且更耐磨。回火则是在淬火之后进行的,用于消除淬火过程中产生的内应力,防止零件变得过于脆弱;化学处理,如渗碳、氮化和硼化,也是表面硬化的有效方法。这些过程涉及在高温下将碳、氮或硼等元素扩散到金属表面。这种扩散不仅增加了表面的硬度,而且还提高了耐腐蚀性和抗氧化能力,这对于露天采矿环境中的设备尤为重要。

2. 涂层保护:涂层保护作为一种表面工程技术,提供了一种额外的防护层来保护零件免受磨损。这些涂层可以是金属涂层,如镍、铬或锌涂层,也可以是非金属涂层,如陶瓷或聚合物涂层。这些涂层不仅增强了零件的耐磨性,而且在某些情况下,还能提供附加的耐腐蚀和耐化学性能。金属涂层通常通过电镀或热喷涂等工艺施加,而非金属涂层则可能采用物理气相沉积(PVD)或化学气相沉积(CVD)。这些高级涂层技术使得涂层与基体金属之间的结合更加牢固,从而提高了涂层的耐久性和效果。

3. 更换零件:当磨损到达一个无法通过表面处理或涂层保护来恢复的程度时,更换零件成为必然选择。更换磨损严重的零件是保证设备安全和高效运行的关键。这一过程要求对零件的磨损程度有准确的评估,并且要确保新零件的质量和与原设备的兼容性。更换零件不仅涉及零件本身的成本,还包括了安装和调试新零件所需的时间和劳力。因此,这个决策通常是在评估了维修成本与更换成本之后作出的。在某些情况下,即使零件尚未完全失效,考虑到预防维护和避免未来的大规模停机,更换零件也是一种明智的选择^[4]。

3.2 针对腐蚀

1. 防腐处理:防腐处理是对付腐蚀最直接的方法之一,通常使用防腐涂料或进行镀层处理。防腐涂料通过在金属表面形成一层保护性屏障来工作,阻挡水分和氧气,这两者是腐蚀过程中的主要催化剂。这些涂料可能基于各种化学成分,包括环氧树脂、聚氨酯和锌富含涂料等。每种涂料类型都有其独特的属性,适用于不同的环境条件和金属类型;另外,镀层处理,如镀锌或镀铬,也是一种常见的防腐方法。这些处理通过在金属表面形成一层牢固的金属镀层来提供保护。例如,镀锌通过形成牺牲阳极层来保护钢铁部件,即使涂层被划破,锌层也会优先于钢铁腐蚀,从而保护钢铁部件。

2. 材料替换:使用更耐腐蚀的材料制造零件,包

括不锈钢、铝合金、钛合金和某些高性能塑料或复合材料。这些材料因其优异的耐化学性和耐环境性能而被广泛应用于易受腐蚀环境的设备中。

(1) 不锈钢: 不锈钢是一种含有至少 10.5% 铬的合金, 铬的加入使得不锈钢在氧化环境中形成一层致密的自动修复的氧化铬膜, 这层膜阻挡了进一步的腐蚀。根据不同的应用和环境, 可以选择不同的不锈钢等级, 例如, 奥氏体不锈钢因其优异的耐腐蚀性和成形能力而广泛应用于采矿设备。

(2) 铝合金: 铝合金以其轻质、强度高和良好的耐腐蚀性而著称。铝自然形成的氧化层提供了良好的保护, 阻止进一步的腐蚀。它们适用于需要减轻重量而又要求耐腐蚀的应用场合。

(3) 钛合金: 钛合金因其高强度、低密度和极佳的耐腐蚀性能而被视为理想的材料, 尤其适用于极端环境。尽管成本较高, 但它们在长期运作和恶劣条件下表现出的耐久性使得初期投资得以回报。

(4) 高性能塑料和复合材料: 一些高性能塑料如聚四氟乙烯 (PTFE) 和复合材料, 例如碳纤维增强塑料, 因其出色的耐化学性和耐环境性能而被用于制造易受腐蚀的零件。这些材料通常用于非结构性部件, 如密封件和轴承。

3. 环境控制: 通过改善存储和工作环境也可以有效减少腐蚀, 这涉及控制环境中的湿度、温度和化学物质的暴露程度。

(1) 湿度控制: 在存储或停用设备时, 控制环境湿度是至关重要的。使用除湿器或保持良好的通风可以减少空气中的湿度, 从而降低腐蚀的风险。

(2) 温度管理: 极端温度变化可以加速腐蚀过程。保持设备在温度稳定的环境中, 尤其是在非工作状态下, 有助于减少由温度引起的腐蚀问题。

(3) 化学物质控制: 避免设备接触腐蚀性化学物质, 如酸性或碱性物质, 是防止化学腐蚀的关键。在处理这些物质时, 使用适当的保护措施和清洁程序是必要的。

(4) 定期清洗和检查: 定期清洗设备可以去除可能导致腐蚀的盐分、灰尘和其他污染物。同时, 定期检查可以早期发现腐蚀迹象, 并采取适当的维护措施^[5]。

3.3 针对疲劳断裂

1. 结构强化: 结构强化涉及通过设计优化或加固部件来提高其承载能力和耐疲劳性。设计优化可能包括改进零件的形状和尺寸, 以更好地分散应力并减少应力集中点, 这些是疲劳裂纹最容易发生的区域。例如,

圆角或斜面的设计可以有效减少应力集中, 从而延长部件的使用寿命; 加固部件则包括使用更高强度的材料或在关键部位添加额外的支撑。这些加固措施不仅增强了部件的整体结构强度, 而且提高了其抵抗疲劳断裂的能力。

2. 定期检测: 由于疲劳断裂通常是一个渐进的过程, 定期检测是一种有效的预防措施。超声波检测是一种常用的非破坏性检测方法, 能够在不损害部件的情况下发现内部裂纹和缺陷。这种方法适用于各种金属材料, 并且能够精确地定位和评估裂纹的大小和严重程度; 磁粉检测是另一种有效的技术, 特别适用于检测表面和近表面的缺陷。在磁粉检测中, 首先将磁场施加到零件上, 然后撒上磁性粉末。如果存在裂纹, 磁粉将会在裂纹处聚集, 从而可视化裂纹的位置和形状。

3. 零件更换: 对于已经出现疲劳裂纹的部件, 及时更换是至关重要的, 即使是小裂纹也可能迅速扩展, 导致零件完全失效, 甚至可能引发设备故障或安全事故。更换受损的部件不仅可以防止进一步的损害, 还可以确保设备的稳定性和安全性。在实践中, 零件更换的决策通常基于定期检测的结果和部件的整体状况。一旦发现裂纹或其他严重损伤, 应立即采取行动更换零件, 以避免更大的风险和潜在的经济损失。

4 结语

对露天采矿机械设备进行合理的维护和及时的修复对于保证其高效稳定的运作至关重要。采用科学的方法诊断损坏原因, 并采取针对性的修复措施, 不仅可以有效延长设备的使用寿命, 还能提高作业的安全性和经济效益。因此, 对于露天采矿企业来说, 强化设备维护管理和技术创新是提升竞争力的关键。

参考文献:

- [1] 王传伟. 采矿机械设备维修保养问题及其优化措施分析[J]. 世界有色金属, 2023(04):50-52.
- [2] 刘治光. 露天采矿设备机械零件的损坏形式及修复措施分析[J]. 中国设备工程, 2023(02):145-147.
- [3] 解春文. 浅谈采矿工程施工中的不安全技术因素及对策[J]. 中国金属通报, 2021(08):33-34.
- [4] 张继伟. 采矿机械设备维修保养的问题及解决策略探析[J]. 中小企业管理与科技(中旬刊), 2021(07):110-111, 174.
- [5] 祁浩. 露天采矿技术及其采矿设备的发展思考[J]. 设备管理与维修, 2020(14):7-9.