

面向长距离输送的刮板输送机结构强度与可靠性设计研究

景旭辉 冀超 廉博

西安重装蒲白煤矿机械有限公司 陕西 渭南 715517

摘要: 本文针对长距离输送过程中刮板输送机的结构强度和可靠性问题,从材料选型及构造方案创新若干方面展开探讨。通过对材料力学特性进行深入分析并筛选高性能原材料,以期实现整体结构强度的提升。利用有限元模型构建与受力区域分析方法,针对关键部位进行载荷分布评估,进而增强设备的安全保障,搭建仿真平台模拟实际运行条件,重点关注疲劳寿命指标,对设计可靠性进行验证。在此基础上,探索多种构造方案,借鉴国内外先进经验,实施结构优化试验,推动刮板输送机整体升级。

关键词: 刮板输送机; 结构强度; 可靠性设计

引言

刮板输送机作为矿山、港口、冶金等行业长距离物料输送的重要装备,其结构强度和长期运行的可靠性始终是设计和应用的核心问题,传统设计方案多注重局部性能改善,而对于整体结构及全程受力状态的综合考量不足^[1]。

1 整合材料选型 提升结构强度

1.1 分析材料力学特性

针对刮板输送机各关键部位,应首先对候选材料的力学性能进行定量分析,重点考察材料的屈服强度、延展性、疲劳极限及断裂韧性等指标,对比材料在高应力、动态载荷条件下的表现,明确其在长时间高频振动和冲击载荷作用下的稳定性,高强度与高韧性材料能够在极端工况下保持稳定,不易发生局部失稳和裂纹扩展。保证设备结构整体性和使用寿命^[2]。

1.2 筛选高性能原材料

在完成力学特性分析后,必须结合实际工况和设计需求,严格筛选出性能优异的原材料,对比不同材料的密度、热处理性能以及加工成型工艺,优先选择那些在高温、低温环境下依然保持良好性能的材料,对现代合金、复合材料及高分子材料进行综合评估,明确其在长期运行中的性能优势,确保材料在设计载荷下不发生塑性变形和疲劳损伤^[3]。

1.3 综合考虑经济性及安全性

材料的高性能不光体现在物理力学指标上,更需从经济和安全角度进行综合考量,在筛选过程之中应充分权衡材料成本、加工难度及维护周期,确保在满足强度要求的同时达到最优成本效益,安全性方面,选择材料时要充分考虑极端工况下的冗余设计与失效模式,保证材料在遇到意外载荷时具有足够的韧性和缓冲能力。直

接从经济性与安全性角度提出优化方案,有效提升整体结构抗疲劳能力与故障预防机制。

2 优化受力分析 增强安全保障

2.1 构建有限元模型

为准确把握设备整体受力情况,应利用有限元方法构建完整的结构模型,模型构建过程之中,选取适当的网格划分方式及边界条件,确保数值计算精度,直接通过有限元分析,揭示设备在各工作状态下的应力分布、变形情况及潜在疲劳风险,提供直观的受力数据,为后续的结构优化提供基础。

2.2 分析关键受力区域

通过采用精细网格划分、合理设置边界条件及精准施加静动态载荷,该方法能够捕捉结构连接节点、曲率变化处和局部过渡区域中的应力集中现象,揭示出局部薄弱环节。数值仿真结果直观显示各受力点的应力峰值和局部变形情况,为评估疲劳累积和失效风险提供定量依据。通过对比不同工况下的载荷作用效果,直接量化各关键区域的疲劳特性和安全裕度,进而为针对性加固设计奠定基础。有效整合理论与实践,确保数据精准可靠进而为后续结构优化提供科学指导^[4],防止因局部应力过大引发整体结构性能下降。通过在实际工况下布设高精度传感器,直接采集各关键区域在运行过程之中的应力变化、局部振动和温度波动等数据,实现现场监控与仿真结果的实时对比,利用先进数据处理算法,将传感器采集到的动态信息与数值仿真数据有效融合直接量化局部应力集中趋势和疲劳累积速率,进而准确预测潜在失效风险,该方法通过实时监控与数据反馈形成闭环,能够及时调整设计参数并对局部加固方案进行动态优化。

2.3 评估载荷分布情况

在结构设计中,载荷分布的均匀性直接关系到设备

安全。利用受力分析数据定量评估各部件在工作时所受载荷的分布状态,对比不同工况下载荷分布的变化趋势,明确动态载荷与静载荷对结构的共同影响,直接采用数据对比法确定哪些部位存在超载风险,并依据评估结果提出结构优化措施,确保整个系统在长时间、高负荷运行中依然保持安全稳定,

3 开展仿真模拟 验证设计可靠性

3.1 建立仿真平台

构建专用仿真平台是验证设计可靠性的基础。平台应具备高精度、多工况模拟及数据实时监控能力。直接通过软件平台建立与实际设备参数匹配的仿真模型,确保平台能真实反映长距离输送过程之中的工作环境。平台设计中必须保证模型的可扩展性,方便后续在不同工况下进行数据比对与分析^[5]。

3.2 模拟长距离运行条件

在模拟长距离运行条件时,核心策略为基于现场数据构建多场耦合数字模型,实现实际工况精准还原。通过采集设备在连续输送过程之中各关键节点的动态载荷、温度波动、振动冲击及环境干扰数据,直接建立工况加载谱和边界条件,利用有限元分析、流体动力学和热传导模型,形成集成的多物理场仿真平台对结构响应、疲劳累积及局部失效进行量化预测,该方法突出数据驱动和现场校验,确保仿真结果真实反映设备在长距离输送中的运行状态,为设计优化提供精确参数,在模拟长距离运行条件的后续阶段,核心策略在于构建连续工况下的动态响应分析体系,实现全程运行状态的精准量化针对输送设备长时间连续运作中可能出现的载荷波动和振动模式,采用分段加载方法模拟起停、加速及急停等工况下各关键部位的应力变化。通过实时监控与仿真结果比对,准确识别结构中疲劳敏感区域和局部失效风险,并利用历史数据校准模型,建立统计回归疲劳预测模型,实现剩余寿命定量评估^[6]。

3.3 评估疲劳寿命指标

在评估疲劳寿命指标过程中,核心策略是采用数值模拟与理论计算相结合的方法,直接对设备关键构件的疲劳性能进行全面量化。通过构建高精度有限元模型,充分考虑实际工况中多种载荷循环、瞬时冲击、振动及温度波动等因素对结构疲劳性能的影响,模型中严格选取合适的网格划分与边界条件,确保各关键部位的应力集中区域能够被真实捕捉。依据有限元分析得到的应力历史数据,直接应用累积疲劳损伤理论进行定量计算,推导出各构件在不同应力水平下的疲劳寿命预测值,结合材料的S-N曲线,通过对比实验数据与模拟结果,实现

模型参数的修正与验证,确保数值预测与实际工况高度吻合。该方法不光可以明确局部应力波动对疲劳寿命的直接影响,还能直观反映整体结构在长周期循环载荷下的性能衰减规律。通过直接整合理论计算与数值仿真,策略实现了在设计初期即预测设备运行过程之中可能出现的疲劳风险,进而为提前制定优化措施提供了明确依据,数据驱动与结果反馈贯穿整个评估过程,每一项指标的精确测算为后续结构加固、材料更换以及设计改进提供了切实的技术支撑,确保在高负荷与长周期工况下设备各部分始终保持足够安全裕度与可靠性。

通过在关键工况下开展实际疲劳试验,直接测定设备各部件在长周期载荷作用下的疲劳累积情况,并与数值模拟结果进行精确对比。试验过程之中采用分段加载与连续监测技术,实时捕捉应力波动、局部变形及裂纹萌生等微观变化,进而直接获得材料的疲劳极限与实际寿命数据。该策略强调实验数据的精确采集与实时反馈通过对比试验与仿真结果,迅速调整模型参数,确保理论预测与实际表现高度一致。利用多组试验数据进行统计回归分析,直接建立设计参数与疲劳寿命之间的定量关系进而进一步优化设计模型。先进的信号处理技术被引入以高频率采集与解析实时监控数据。准确判断疲劳损伤发展趋势,确保在早期阶段及时识别潜在风险。该评估方法不光推动了理论模型的不断完善,而且直接促进了工程实践中的迭代改进为设备在极端工况下的结构安全提供有力验证。

4 创新构造方案 推动设备升级

4.1 探索多方案构造设计

探索多方案构造设计策略突破传统单一设计思路的局限,直接实现结构性能与经济效益的双重提升。通过并行开发多个设计方案,可针对不同工况条件进行精细化分析,明确各方案在受力分布、结构稳定性和局部加固方面的优劣。利用先进的计算机辅助设计工具和有限元分析技术设计者能够实时获取各方案在高频载荷及长周期运行条件下的应力、变形和疲劳数据进而直观甄别潜在薄弱环节。该策略强调数据驱动和理论验证相结合,通过大量仿真和实验对比,直接筛选出具有最佳抗疲劳能力和安全裕度的方案。多方案设计可以充分调动跨学科技术优势,将材料力学特性、几何构造和连接工艺等多重因素综合考虑,实现整体结构参数的最优化配置。

在实际工程应用中多方案构造设计策略的落地实施要求遵循严谨的比较、筛选和迭代优化流程。各方案在初步设计阶段即基于工况模拟和实验数据进行定量评估,直接比对其在动态载荷、局部应力集中和疲劳寿命

等关键指标上的表现,针对设计中暴露出的薄弱部位,直接采用模块化思路。通过局部改进和结构调整。促进不同设计方案间优势互补,通过跨部门专家评审及多轮仿真验证。直接从技术、经济和安全三方面进行综合比较,确保选出的方案能够满足设备在长距离输送过程之中对高负荷和极端工况的严苛要求,

4.2 借鉴国内外先进经验

在构造设计创新过程中,应广泛吸纳国内外先进技术经验,直接考察国外成熟设备在材料、结构及受力分布方面的优化措施,并结合本国实际工况进行合理调整,通过对比不同地区技术水平,明确先进设计理念与本土化应用的结合点。国内外经验借鉴能够直接提高设计的前瞻性和实用性,确保设备在技术升级过程之中既符合国际标准又适应本地市场要求。

4.3 开展结构优化试验

在开展结构优化试验过程中,应严格贯彻以数据为核心、结果为导向的原则,直接针对设备结构中局部薄弱环节设计试验方案,确保每一项数据都真实反映实际工况。试验方案必须精细还原长距离输送环境下设备所承受的动态载荷、冲击振动以及温湿度变化等复杂条件。直接采用模块化加载方式,将承受最大应力和疲劳风险的关键节点、连接部位分别抽离进行独立测试。通过高精度应变仪、加速度传感器及动态加载设备实时采集数据,直接对比传统设计与优化方案在局部加固、疲劳寿命和整体变形上的差异。试验过程中,直接引入多工况分段加载,针对不同温度、湿度及振动频率下的结构响应开展系统测试,确保优化措施在极限工况下依然具备安全裕度。数据处理采用先进软件进行实时分析,直接形成应力分布图和疲劳累积曲线,为每一项优化改进提供定量依据。试验平台设计要求模块化与标准化紧密结合,确保每个试验模块均可独立验证并直接反馈优化效果。

试验流程严格按照预定方案进行,每阶段均直接以实验数据为依据,确保结果具有高度可信性,针对关键构件在实际工况下所受复杂载荷,设计分阶段加载方

案直接测定各阶段的瞬时应力峰值和累计疲劳损伤,确保数据能直观反映结构响应。试验中利用激光位移传感器和高分辨率摄像设备直接监控局部变形和裂纹萌生情况,实现从微观到宏观全尺度数据采集,采用多点同步数据采集系统。直接构建动态响应曲线,全面展示各受力点之间的相互作用及其对整体结构安全性的影响。数据采集后通过专业分析软件。直接比对不同试验方案下的关键指标变化,直观展示优化前后的性能提升效果,自动控制加载系统确保试验条件在各阶段保持稳定,避免人为干扰进而直接提高数据准确性和重复性。

结论:通过对候选材料力学特性及高性能原材料的筛选,实现整体结构强度的有效提升,并在经济性和安全性之间找到了平衡。利用有限元模型及关键受力区域分析,直接揭示了设备在复杂载荷作用下的安全隐患,并通过载荷分布评估提出了切实可行的改进措施,构建仿真平台并模拟长距离运行条件。使得设计方案在疲劳寿命指标上得到了充分验证,为实际工程应用提供了直观的数据支持。结合多方案构造设计、国内外先进经验和结构优化试验,直接形成了面向未来设备升级的前瞻性方案。

参考文献

- [1]高佳俊,程永军,王波,等.基于多方位的刮板输送机中部槽寿命优化方法研究[J].中国煤炭,2024,50(11):102-107.
- [2]张彦.高落差长距离大出力干化污泥输送方案对比[J].节能与环保,2022(12):72-73.
- [3]张晓东.综采工作面刮板输送机直线度检测技术研究[J].机械管理开发,2023,38(12):281-283.
- [4]罗薛椿,张明华.闪速炉、转炉锅炉烟灰就地破碎及密闭式输送系统的改造[J].中国金属通报,2024(22):113-115.
- [5]王学文,刘朝阳,李博,等.基于响应面法的仿生凹坑型中部槽耐磨性[J].煤炭学报,2022,47(10):3829-3839.
- [6]林壮.大功率永磁变频一体机在煤矿的应用[J].煤矿机械,2024,45(3):128-130.