

# 带式输送机托辊的优化

徐 斌 马鹏飞 弥元杰

西安重装蒲白煤矿机械有限公司 陕西 渭南 715500

**摘要:** 带式输送机托辊优化需从结构、材料、工艺及运行适配等多维度展开。本文通过分析托辊各部件特性,提出结构创新设计、材料改性与选型、加工工艺改进及适配性调整等关键技术路径,重点解决减少运行阻力、提升耐磨性能、增强密封可靠性、延长使用寿命及降低维护难度等问题,为托辊性能提升与带式输送机高效运行提供系统性解决方案。

**关键词:** 带式输送机;托辊优化;结构创新;材料改性;运行适配

引言:带式输送机作为物料运输的核心设备,其运行效率与稳定性直接受托辊性能影响。托辊作为承载与导向的关键部件,长期面临高负荷、多工况及复杂环境挑战,易出现磨损、密封失效及运行阻力增大等问题,导致设备能耗增加、维护成本上升及使用寿命缩短。因此,需从托辊结构设计、材料选型、工艺优化及运行适配性调整等方面开展系统性研究,通过技术创新与参数优化,提升托辊综合性能,满足带式输送机高效、低耗、稳定运行需求。

## 1 托辊优化的核心方向

### 1.1 结构优化

托辊辊体结构设计优化聚焦辊体壁厚均匀性与轮廓曲线合理性,结合流体力学与材料力学原理,通过调整辊体截面形态减少运行过程中物料冲击与输送带摩擦产生的应力集中,提升辊体受力稳定性<sup>[1]</sup>。托辊轴承座结构优化侧重轴承安装定位精度与受力传递效率,优化轴承座与辊体、轴的连接方式,减少装配间隙引发的振动干扰,增强结构整体刚性。托辊轴结构优化围绕轴的直径设计与受力分布展开,依据托辊承载需求合理设计轴的台阶结构与过渡圆角,降低轴类零件常见的疲劳损伤风险。托辊密封结构优化以隔绝粉尘、水汽等杂质为目标,优化密封件的布置方式与接触形式,提升密封可靠性的同时降低密封结构对托辊转动的阻力。

### 1.2 材料优化

辊体材料选择与优化需结合托辊运行工况,优先选用高强度、耐磨性能优异的合金材料或复合材料,通过材料成分调整与热处理工艺配合,平衡材料硬度与韧性,延长辊体使用寿命。轴承材料选择与优化注重材料的耐磨性、抗腐蚀性、抗疲劳性能,选用符合机械传动标准的专用轴承钢,通过细化晶粒处理提升材料内部组织均匀性,增强轴承在高速、重载工况下的运行稳定

性。轴材料选择与优化以高强度合金结构钢为基础,根据托辊承载等级调整材料合金元素比例,通过调质处理提升轴的综合力学性能,满足长期承载与转动需求。密封件材料选择与优化结合使用环境湿度、粉尘含量等因素,选用耐磨损、耐老化的弹性材料,确保密封件在复杂工况下保持良好的密封性能与使用寿命。

### 1.3 工艺优化

辊体加工工艺优化重点改进辊体卷制、焊接与加工精度控制,采用精密卷制工艺保证辊体圆度误差符合行业标准,通过埋弧焊工艺提升辊体焊缝强度与致密性,减少焊接缺陷对辊体性能的影响。轴承装配工艺优化注重装配过程中的清洁度控制与预紧力调整,采用精密装配设备保证轴承安装精度,避免装配偏差导致的轴承运行卡滞与磨损加剧。表面处理工艺优化针对辊体、轴承座等零部件,采用喷涂、镀锌等表面防护工艺,形成均匀致密的防护层,提升零部件抗腐蚀、抗磨损能力。密封装配工艺优化聚焦密封件的安装精度与贴合度,优化装配流程减少密封件变形,确保密封结构的密封性与稳定性。

### 1.4 运行适配优化

托辊与输送带的适配性优化围绕两者接触压力与摩擦系数展开,根据输送带型号、厚度与运行速度,优化托辊表面粗糙度与轮廓设计,减少输送带磨损的同时保证输送带运行平稳。托辊间距适配优化结合输送带承载能力与物料特性,依据带式输送机设计规范合理调整托辊布置间距,避免间距过大导致输送带下垂变形或间距过小增加设备运行能耗。不同工况下托辊适配优化针对高温、潮湿、多粉尘等特殊工况,调整托辊结构、材料与工艺参数,使托辊能够适应-20℃至60℃的温度范围与80%-90%的高湿度环境,保障带式输送机整体运行稳定性<sup>[2]</sup>。

## 2 托辊各关键部件优化要点

## 2.1 辊体优化

辊体形状与尺寸优化需结合带式输送机运行参数与物料特性,参考机械设计手册中托辊设计标准,合理设计辊体轮廓曲线与长度参数,确保辊体与输送带接触贴合度,减少局部受力不均现象。辊体壁厚均匀性优化依托精密轧制与机加工技术,严格控制壁厚偏差在行业允许范围内,通过无损检测技术把控壁厚一致性,避免壁厚不均导致的应力集中的问题。辊体两端连接结构优化聚焦连接可靠性与受力传递效率,优化两端与轴承座的连接方式,采用一体化成型或精密焊接技术,提升连接部位结构强度,减少运行过程中连接松动现象。

## 2.2 轴承优化

轴承类型适配优化需根据托辊运行转速、承载负荷及工作环境,结合滚动轴承设计规范选择适配类型,兼顾轴承承载能力与转动灵活性,适配不同工况下的运行需求。轴承润滑结构优化以延长轴承使用寿命为目标,优化润滑通道设计,选用适配的润滑介质,确保润滑介质均匀覆盖轴接触表面,减少轴承内部摩擦损耗。轴承防磨损结构优化通过改进轴接触表面加工精度,采用表面强化处理技术,提升轴承表面硬度与耐磨性,减少运行过程中磨损量,保障轴承长期稳定运行。

## 2.3 轴与轴承座优化

轴的受力结构优化依据材料力学与机械强度设计原理,优化轴的截面形态与台阶结构,合理分配轴的受力分布,降低轴在转动过程中疲劳损伤风险。轴承座与辊体的连接优化重点改进连接结构的贴合度与紧固性,优化连接部位的加工精度,减少装配间隙,提升连接部位的刚性与稳定性,避免运行振动引发的连接松动。轴承座的防松动优化通过优化紧固结构设计,选用防松动连接件,结合装配工艺调整,增强轴承座安装后的稳定性,杜绝运行过程中因振动导致的松动问题。

## 2.4 密封系统优化

密封结构的防尘防水优化参考机械密封设计标准,优化密封结构的层级设计,采用多道密封组合形式,提升密封结构对粉尘、水汽等杂质的隔绝能力,保护内部轴承与轴类部件。密封件的安装便捷性优化结合装配工艺需求,优化密封件的结构形态,简化安装流程,降低装配难度,同时保证安装后密封件的贴合度与密封性。密封结构的耐磨优化选用高强度耐磨密封材料,优化密封件与接触部件的配合精度,减少相对运动产生的磨损,延长密封结构的使用寿命,保障密封性能长期稳定。

## 3 托辊优化的关键技术路径

### 3.1 结构创新设计路径

结构创新设计路径以机械设计原理为支撑,结合托辊运行力学特性开展系统性设计优化。聚焦托辊整体结构协同性,打破传统结构设计局限,通过参数化设计方法优化各部件连接方式与受力传递路径,减少结构冗余带来的能耗增加与稳定性不足问题<sup>[1]</sup>。针对辊体、轴承座、密封等核心结构,采用拓扑优化技术梳理结构薄弱环节,优化结构形态以实现受力均匀分布,提升托辊整体结构强度与抗振动能力。同时结合流体力学与摩擦学理论,优化托辊与输送带接触结构及密封结构布局,降低运行过程中摩擦阻力与杂质侵入概率,实现结构设计 with 运行需求的精准匹配。

### 3.2 材料改性与选型路径

材料改性与选型路径以材料科学理论为基础,结合托辊运行工况特性筛选适配材料并开展改性处理。遵循材料性能与工况需求对应原则,针对辊体、轴承、密封件等不同部件的功能需求,筛选高强度、耐磨、抗腐蚀的基础材料,参考机械工程材料选用标准确保材料性能达标。通过热处理、表面合金化等改性技术,调整材料内部组织结构,提升材料硬度、韧性与耐磨性,平衡材料各项力学性能,避免单一性能过强导致的结构脆性问题。针对特殊工况需求,引入新型复合材料并优化其成分比例,提升材料环境适应性,延长托辊部件使用寿命。

### 3.3 加工工艺改进路径

加工工艺改进路径依托精密制造技术,围绕托辊各部件加工全流程开展工艺优化。针对辊体加工,改进卷制、焊接与精加工工艺,采用精密数控加工设备控制加工精度,通过在线检测技术实时修正加工偏差,减少加工缺陷。优化轴承装配工艺,引入精密装配设备与清洁装配技术,控制装配过程中的杂质残留与装配偏差,提升轴承安装精度与运行灵活性。改进表面处理工艺,采用喷涂、渗碳等先进技术,优化工艺参数以形成均匀致密的防护层,提升部件抗腐蚀、抗磨损能力,同时简化工艺流程、提升加工效率,实现加工质量与生产效率的双向提升。

### 3.4 适配性调整路径

适配性调整路径以带式输送机整体运行特性为导向,结合不同工况参数开展托辊适配性优化。通过梳理输送机运行速度、承载负荷、物料特性及环境条件等关键参数,建立托辊适配性评价体系,针对性调整托辊结构、材料与工艺参数。优化托辊与输送带接触参数,调整托辊表面粗糙度与轮廓设计,减少输送带磨损并保证运行平稳。根据输送机布置方式与工况变化,调整托辊间距与安装角度,优化托辊受力状态。针对高温、潮

湿、多粉尘等特殊工况，调整密封结构与材料特性，确保托辊在各类工况下均能稳定运行，实现托辊与输送机系统的协同适配。

#### 4 托辊优化的重点解决方向

##### 4.1 减少托辊运行阻力

减少托辊运行阻力需以摩擦学理论为指导，结合托辊运行力学特性开展系统性优化。优化托辊轴承与轴的配合精度，采用精密加工技术降低配合间隙，减少相对运动产生的摩擦损耗<sup>[4]</sup>。优化托辊密封结构设计，选用低摩擦系数的密封材料，合理设计密封接触形式，降低密封结构对托辊转动的阻碍作用。参考机械设计中减阻设计标准，优化辊体表面加工精度，降低辊体与输送带之间的摩擦系数，同时优化托辊整体结构布局，减少运行过程中气流阻力与物料摩擦阻力，实现运行阻力的有效降低。

##### 4.2 提升托辊耐磨性能

提升托辊耐磨性能需结合材料科学与表面工程技术，针对托辊易磨损部件开展针对性优化。选用高强度耐磨合金材料或新型复合材料作为辊体、密封件等核心部件的基础材料，参考机械工程材料耐磨性能评价标准筛选适配材料。通过表面强化处理技术，如渗碳、喷涂耐磨涂层等，提升部件表面硬度与耐磨性，形成致密的耐磨防护层。优化部件加工工艺，减少表面加工缺陷，提升表面光滑度，降低磨损起始概率，同时优化托辊与输送带的接触状态，减少局部磨损集中现象，全面提升托辊耐磨性能。

##### 4.3 增强托辊密封可靠性

增强托辊密封可靠性需遵循机械密封设计原理，结合托辊运行环境特性优化密封系统。优化密封结构层级设计，采用多道组合密封形式，强化密封结构对粉尘、水汽、油污等杂质的隔绝能力，避免杂质侵入内部部件引发故障。优化密封件选型与安装精度，选用耐磨损、耐老化的密封材料，结合精密装配工艺确保密封件贴合紧密，减少密封间隙。参考密封设计行业标准，优化密封结构与托辊部件的配合关系，提升密封结构的抗振动能力，避免运行过程中密封件松动或变形，保障密封性能长期稳定。

##### 4.4 延长托辊使用寿命

延长托辊使用寿命需从结构、材料、工艺多方面协同优化，依托机械可靠性设计理论开展系统性提升。优

化托辊整体结构受力分布，采用拓扑优化技术消除结构薄弱环节，提升结构抗疲劳、抗振动能力，减少结构损伤概率。选用性能稳定、寿命长的基础材料，通过材料改性处理平衡力学性能，避免材料脆性或过度磨损导致的部件失效。优化加工与装配工艺，减少加工缺陷与装配偏差，提升托辊整体装配质量，同时优化运行适配性，使托辊适应各类工况需求，减少异常磨损与故障，实现使用寿命的显著延长。

##### 4.5 降低托辊维护难度

降低托辊维护难度需结合装配工艺与运维需求，优化托辊结构与部件选型。优化托辊拆卸与安装结构，简化装配流程，选用便捷式紧固连接件，减少维护过程中的工具使用与操作步骤<sup>[5]</sup>。优化润滑系统设计，设置便捷的润滑加注口，简化润滑维护流程，便于定期补充润滑介质。优化部件通用性设计，统一易损部件规格，减少维护过程中备件更换的复杂性。参考设备运维设计规范，优化托辊结构布局，便于维护人员检查、拆卸与更换部件，降低维护劳动强度与技术门槛，提升维护效率。

#### 结束语

托辊优化需兼顾结构协同性、材料适配性、工艺精密性及运行稳定性，通过多维度技术路径实现性能提升。结构创新可减少应力集中与振动干扰，材料改性能增强耐磨与抗腐蚀能力，工艺改进可提升加工精度与装配质量，适配性调整可满足不同工况需求。系统性优化可降低托辊运行阻力与维护难度，延长使用寿命，为带式输送机高效运行提供可靠保障，推动物料运输领域技术升级与成本优化。

#### 参考文献

- [1]贾涛.DTL140型带式输送机托辊密封结构设计 with 优化分析[J].机械管理开发,2025,40(7):151-153.
- [2]张青花.基于有限元法的煤矿带式输送机托辊结构优化研究[J].机械管理开发,2025,40(7):250-251,254.
- [3]康玉国.基于有限元仿真的管状带式输送机托辊布置优化[J].起重运输机械,2025(21):37-43.
- [4]林鹏.基于响应面参数优化的带式输送机托辊轻量化改进研究[J].凿岩机械气动工具,2025,51(3):52-54.
- [5]杨志刚.DTL140型带式输送机托辊结构的优化及应用研究[J].机械管理开发,2025,40(6):155-157.