

带式输送机托辊材料及结构研究

王 萌

西安重装蒲白煤矿机械有限公司 陕西 渭南 715517

摘 要：带式输送机托辊性能对工业物料运输效率以及成本影响十分深远，本论文开展托辊材料及结构的系统研究，剖析金属、非金属、复合材料的性能特性与适用情形，探讨辊体、轴承等结构设计怎样去优化，实施耐磨性、抗压强度等材料性能测试工作，以及进行旋转阻力、使用寿命等整机性能的相关试验，比较不同材料及结构托辊的差别，工程实例显示，非金属与复合材料托辊的初始成本虽相对较高，但借助长寿命、低维护以及节能方面的优势，实现更优的经济收益，为托辊的选型设计提供重要借鉴。

关键词：带式输送机；托辊；材料性能；结构优化；工程应用

引言

在矿山、港口等工业范畴中，带式输送机为物料运输的主力装备，托辊身为核心组件，其性能直接关系到系统运行的稳定性，复杂工况里，传统金属托辊容易出现腐蚀、磨损等问题，阻滞输送效率上升，伴随工业技术的进步，新型材料与结构不断冒出，但材料性能跟成本的平衡、结构创新与工艺适配等方面的问题亟待化解，深度探究托辊材料性能及结构的优化，对提高输送设备的可靠性、降低运行费用有重要现实意义。

1 带式输送机托辊的研究背景与现状

在现今工业运输地带，带式输送机凭借高效、持续、大运量的好处，成为矿山、港口、电力等行业物料输送的核心设施，托辊作为带式输送机的要害部件，担负着承载输送带及物料重量、维持输送带稳定运转的重要功能^[1]，其性能的优劣直接影响到输送机的能耗程度、运行年限和维护所需成本，按照行业统计的相关数据，由托辊故障引起的停机时间，在输送机总体故障里占比超30%，能耗损失的占比处在25%-35%这一区间，深入探究托辊材料及结构具备突出的现实意义。

早期托辊多数采用铸铁、钢材等传统金属材料，虽有着良好的机械强度，但存在易被侵蚀、自重大、摩擦阻力大等缺陷之处，跟着工业技术进步和输送需求升级，托辊制造开始采用高分子聚合物、陶瓷等非金属材料以及多种复合材料，非金属材料凭借其出色的耐磨、抗腐蚀特性，有效克服了金属材料在恶劣工况下的失效难题；复合材料凭借让不同材料的优势互为补充，在改善托辊综合性能期间，延伸了其在复杂环境下的应用边界。

从结构设计角度看，传统托辊结构已不太能满足现代高效、节能、智能化的输送要求，科研人员针对辊体

结构的优化、轴承密封系统的优化以及新型托辊形式的开创等方向开展研究，采用变截面辊体设计可减少输送带运行阻力，自调心托辊结构有效果地解决输送带跑偏问题，这些创新型结构的涌现推动着托辊技术的迭代革新，现今托辊研究依然面临材料性能与成本平衡、结构创新和制造工艺相适配等挑战，迫切需要借助跨学科技术融合与工程实践探索，进一步增强托辊的可靠性与经济性。

2 托辊材料性能分析与选型

2.1 托辊常用材料分类

托辊材料的选取直接关系到设备运行性能，目前在托辊制造里应用的材料主要涉及金属材料、非金属材料 and 复合材料三大类，金属材料靠成熟的加工工艺和大量的资源贮备，在传统托辊制造方面占据显著地位，从铸造阶段到机械加工阶段，现已形成完整的生产体系，可以迅速针对大规模生产需求作出反应。非金属材料凭借独有的物理化学性质，渐次成为应对复杂工况情形的理想选定，尤其是在现在环保要求日益严格的阶段，其低污染、能回收的特性贴合行业发展趋势，复合材料通过有机结合各材料的长处，在提高托辊综合性能上有着巨大潜力，伴随材料科学的发展，不断涌现新型复合配方，这三类材料携手构成托辊材料的多元化应用格局，以采矿行业为例，早期大范围采用金属托辊，而近段时间随着开采环境变得复杂了，非金属与复合材料托辊的应用占比逐年走高，反映出材料应用格局的动态形势改变^[2]。

2.2 金属材料的力学性能与适用性

作为典型金属材料的铸铁和钢材，具备较高的强度以及刚性，可承受较大的载重，在输送重量大且运行速度快的工况环境里，能让托辊结构的稳定性得以保障，用大型港口的煤炭输送线作为例子，铸铁托辊在短时间

就可完成大量物料的承载与输送,体现出厉害的瞬间承压能力。金属材料存在着原本就有的缺陷,铸铁托辊的质地偏脆,遇到冲击时容易出现断裂,譬如在矿石开采现场,爆破所产生的震动往往会使铸铁托辊出现裂纹,钢材虽有着较好的韧性,但在潮湿、酸碱这类腐蚀性环境里,容易出现生锈腐蚀,不仅会缩短托辊的寿命,也会加大输送带的磨损。在沿海盐场实施物料输送之际,在钢制托辊表面锈蚀了以后,高高凸起的锈斑会加剧跟输送带的摩擦,致使输送带的使用寿命降低近一半,金属材料托辊更适合干燥、没有腐蚀性介质,且对托辊承载能力要求高的常规物料输送情况,类似粮食仓储的短距离运输阶段^[3]。

2.3 非金属材料的耐磨与抗腐蚀特性

诸如超高分子量聚乙烯的高分子聚合物材料,表现出极低摩擦系数以及卓越的耐磨能力,能明显降低与输送带产生的磨损,增加输送带的使用时长,在矿山井下带式输送机投入应用的阶段,超高分子量聚乙烯托辊能让输送带更换周期从原本的6个月延长到18个月,极大降低设备维护开支。此类材料化学性质稳定性佳,对酸碱等腐蚀性介质体现出良好的耐受能力,在化工、矿山等腐蚀性强烈的环境里呈现出出色表现,在硫酸生产车间,采用该材质托辊以后,就算是长期跟酸性粉尘接触,托辊表面也未显现出明显的腐蚀痕迹。陶瓷材料是凭借硬度高、耐磨性强而著称的,其表面光滑,物料不容易黏附上去,可降低物料堆积对托辊运转的影响,而且具备不错的抗腐蚀特性,尤其适用于高温、高磨损、强腐蚀这种恶劣的工作环境,在水泥回转窑实施物料输送之际,在1200℃的高温环境下,陶瓷托辊依旧稳定运行,有效攻克了传统托辊因高温出现变形、磨损过快的难关^[4]。

2.4 复合材料性能上的长处与工程应用事例

复合材料一般由两种及两种以上不同属性的材料,采用物理或化学的办法,从宏观角度组合成有新性能的材料,以纤维增强复合材料当作例子,把高强度纤维跟基体材料进行复合操作,既能展现纤维高强度、高模量的特性,还能借助基体材料出色的成型性与韧性,让托辊兼具轻质、高强、耐磨、耐腐蚀等一系列优异性能。除采用碳纤维增强的复合材料外,玻璃纤维增强复合材料在托辊制造行业里也崭露头角,其成本处于相对低的水平,适合大范围推广应用开去,在某大型露天煤矿呈现的应用案例实例里,采用碳纤维增强复合材料制成的托辊,跟传统金属托辊相比,重量实现了40%的减轻,运行之际阻力降低30%,处于高粉尘且潮湿的环境里,使用寿命延长了两倍以上,切实降低了设备维护成本并缩

短了停机时间,反映出复合材料在托辊应用里的突出长处,在水利工程的砂石输送项目当中,选用玄武岩纤维复合材料托辊,成功扛住了潮湿、多泥沙的复杂环境考验,经过三年运行,性能仍旧良好,为复合材料工程应用贡献了新的实践范例。

3 托辊结构设计理论与优化

3.1 托辊基本结构组成

托辊作为带式输送机的核心零件,其基本结构由辊体、轴承、密封件和轴四个部分配合组成,辊体直接跟输送带接触,起到承受物料及输送带重量的作用;轴充当支撑零件,贯穿托辊的全长,把辊体承受的载重传递给支架;轴承会为辊体的旋转给予支撑,保证托辊实现灵活转动;密封件绕着轴承实施安装,阻止粉尘、水分这类杂质进入,防止轴承因沾染污染物而失效,四个部件彼此搭配协作,相互配合维持托辊稳行^[5]。

3.2 辊体结构参数对输送性能的影响

辊体的直径、长度以及表面处理方式,均会对带式输送机输送性能起到重要影响,就直径而言,直径较大的辊体可降低输送带和辊体之间的接触应力,减少输送带面临的磨损,但与此同时会加大托辊自身的重量和转动惯量,引起运行能耗的上升;长度参数须根据输送带宽度与物料特性进行匹配,合适的辊体长度能让输送带受力分布均匀,而表面处理工艺同样是关键要素,举例采用喷涂耐磨涂层、进行表面淬火等相关处理,可增强辊体表面的耐磨能力与硬度,降低跟输送带相互间的摩擦系数,以此提高输送效率,延长整体使用寿命。

3.3 轴承与密封系统的可靠性设计

对轴承与密封系统做可靠性设计是保障托辊长期稳定运行的核心,在润滑方式的选取上,不同工况会对应不一样的润滑方案,若遇到低速重载的工况,一般采用油脂这种方式润滑,以此降低摩擦与磨损;面对高速运转的工况情况,则需斟酌采用油浴润滑或喷油润滑,保障轴承实现充分润滑。设计密封结构时需兼顾防尘与防水的性能,迷宫式密封、接触式密封等多种密封形式各具特色,采用多层密封结构组合式设计,可有效抵挡外界杂质侵入,杜绝润滑介质逸出,由此保证轴承在清洁、润滑适宜的环境中工作,极大增强托辊整体可靠性。

3.4 新型托辊结构形式

为实现现代工业对带式输送机更高性能的要求,新型托辊结构陆续涌现,变截面辊体设计打破以往的圆柱结构模式,采用优化辊体外形轮廓的举措,可有效降低输送带运行过程里的阻力,在减少能耗的当口,降低输送带的疲劳性磨损,自调心托辊结构针对输送带跑偏

这一普遍存在的问题,采用特殊的辊体安装角度及结构设计,当输送带出现偏移的情形时,托辊可自行调节角度,让输送带重新回到中心,减少因输送带跑偏引起的物料洒落和设备损毁,极大提升输送系统的稳定性及安全性,为工业生产高效运行提供切实有效的保障。

4 托辊性能试验与工程应用

4.1 材料性能测试方法

精准评估托辊材料的性能,是保障托辊质量的核心前提,采用旋转磨耗测试装置开展耐磨性试验,让材料试样与标准磨料相互接触,在设定的压力与转速状态下运行,通过查看试样磨损前后的重量变化情形或尺寸缩减情形,衡量材料耐磨的水平,抗压强度试验可借助万能材料试验机实施,对材料试样加上垂直的压力,观测其受压过程里的变形与损坏情形,记录材料承受的最大压力数值,以此鉴别材料抵抗压缩载荷的能力,给不同工况下的材料筛选提供科学依据。

4.2 托辊整机性能试验

托辊整机性能试验对其在实际应用里的可靠性有直接关联,旋转阻力测试借助搭建专门的试验平台,模拟托辊在带式输送机里的运行情形,处于一定的负载条件下,衡量驱动托辊转动所需的扭矩,得出旋转阻力系数,此数值直接反映出托辊运行期间的能耗水准。使用寿命测试采用的是加速老化试验方法,把托辊放到高负荷、高粉尘或腐蚀性的环境里持续运转,记录托辊自开始运转至出现故障(像轴承卡死、辊体严重磨损)的时长,进而预计其在实际工作情形下的使用寿命,为设备维护计划制定提供数据凭据。

4.3 不同材料与结构托辊的对比分析

经由大量试验数据对比发觉,尽管金属材料托辊在初始阶段承载能力强,但在湿度高、腐蚀强的环境里,其旋转阻力随使用时间的增加而大幅提高,使用寿命比非金属与复合材料托辊短得多,高分子聚合物托辊在耐磨性测试当中展现出良好表现,磨损量只是铸铁托辊的三分之一,旋转时的阻力同样相对较低,就结构方面而言,和传统圆柱辊体托辊比起来,变截面辊体托辊,开始运行后旋转阻力降低约20%;自调心托辊在模拟输送带

跑偏的试验里,在10秒内可把偏移的输送带调整到中心位置,切实降低因输送带跑偏引发的额外磨损与能耗。

4.4 工程应用效果评估与经济性分析

在某港口的散货输送项目当中,用陶瓷托辊替代传统钢材材质托辊后,设备年维护次数从最初的8次减少到2次,输送带的更换周期延长了一倍,每年所节省的维护成本超过50万元,处于煤矿井下输送系统里,引入纤维增强复合材料自调心托辊,导致输送带跑偏故障发生率降低70%,系统整体的能耗降低了18个百分点。从经济性角度去分析,虽然非金属和复合材料托辊一开始采购时的成本是金属托辊的1.5-2倍,但考虑到其拥有更长的使用寿命、较低的维护成本以及显著的节能效益,2-3年内就能靠节省下来的费用把成本收回来,在长时间运行里呈现出更高的性价比与综合经济效益。

结论

本研究对带式输送机托辊的材料与结构进行了全面分析,明确不同材料的特性以及适用工况,给出优化结构设计方案,试验及工程应用证实,非金属及复合材料托辊在耐磨、抵御腐蚀方面展现出显著优势,新型结构有效削减运行阻力、解决跑偏问题点,托辊技术还得突破材料成本这一瓶颈,提升生产工艺水平,往后应增进跨学科的合作,助力托辊技术向高性能、低成本、智能化方向拓展,适应工业现代化的要求。

参考文献

- [1]范鹏飞.带式输送机托辊结构优化方案研究[J].凿岩机械气动工具,2025,51(04):74-76.
- [2]夏巍.带式输送机传动滚筒受力分析及结构优化分析[J].机械研究与应用,2025,38(01):154-156.
- [3]范鹏.煤矿带式输送机结构参数的节能优化讨论[J].机械管理开发,2025,40(01):173-175.
- [4]刘治刚.基于焦准距绘制抛物线的带式输送机缓冲仓结构优化[J].工矿自动化,2024,50(S2):180-182.
- [5]张国恩,吴昌泉.带式输送机结构架锈蚀机理研究及水性聚偏二氯乙烯防腐涂料防护研究[J].煤炭技术,2024,43(11):274-277.