

带式输送机平面小半径转弯装置设计应用

赵育军 张 辽

西安重装蒲白煤矿机械有限公司 陕西 渭南 715517

摘 要：狭小作业场景对带式输送机转弯输送能力提出更高要求，常规转弯结构难以适配小半径高曲率输送工况。本文结合柔性输送带力学机理与弯曲运动特性，分析小半径转弯工况的运行制约因素，完成转弯装置整体方案选型与空间布局设计。针对设备承载、限位、张力调节及防护密封核心部件开展结构优化与参数标定，构建适配紧凑型工况的转弯设备结构体系。同时配套完善标准化装配、对接调试及运维检修工艺，有效改善输送带偏移、形变、磨损问题，提升小半径转弯输送系统的运行稳定性与结构适配性。

关键词：带式输送机；小半径转弯；结构设计；参数优化；装配工艺

引言：带式输送机是散料输送领域的核心设备，广泛应用于各类工业输送场景。复杂受限的场地条件，使得传统大半径转弯输送结构无法适配紧凑化、多弯折的线路布局需求，制约输送系统的空间适配能力。小半径转弯输送模式可有效缩减设备占地、优化线路布局，但高曲率弯曲路径会让输送带产生复杂形变与受力失衡问题，易引发跑偏、褶皱、部件磨损等运行隐患。通过梳理小半径转弯力学与运动特性，优化设备结构设计 with 装配运维工艺，能够切实提升狭小空间内带式输送机的转弯输送性能。

1 带式输送机小半径转弯核心理论与特性

1.1 平面转弯力学基础理论

带式输送机直线运行状态下，输送带仅承受轴向拉力与竖向承载压力，受力状态保持单一且稳定。平面转弯运行状态会改变输送带受力体系，物料与输送带整体运动方向发生偏转，产生径向作用力。该作用力会改变输送带原有平衡状态，促使输送带产生侧向滑移趋势。平面转弯力学理论以刚体运动力学与柔性体形变力学为核心，明确弯曲路径内输送带各类力的传导规律^[1]。理论内容涵盖离心力、支撑摩擦力与轴向拉力的相互作用关系，当输送速度达到2.5m/s时，转弯段径向离心力增幅最为明显，能够解释输送带在弯曲路段的运动平衡机制，为转弯结构设计提供基础力学依据。

1.2 小半径工况下输送带运动特性

常规大半径转弯工况中，输送带形变幅度小，运动状态相对平稳。小半径转弯工况会大幅压缩输送带弯曲行程，提升运动状态的变化速率。输送带表层与内部结构会产生差异化形变，横向弯曲形变与径向拉伸形变同时存在。弯曲路径内侧输送带处于挤压状态，外侧输送带处于拉伸状态，形变分布存在明显差异。物料在输送

带表面会产生侧向滑动趋势，运动轨迹跟随输送带弯曲路径发生偏移。这类差异化运动形态是小半径转弯工况区别于常规转弯工况的核心特征。

1.3 小半径转弯核心制约因素

小半径转弯作业会受到结构与力学两类条件的限制。力学层面中，径向作用力的增大会加剧输送带跑偏趋势，当转弯半径小于30m时，跑偏量会成倍增加，超出承载阈值后会引发输送带褶皱、偏移等问题。结构层面中，狭窄的转弯空间会限制托辊、机架等部件的布置形式，常规部件排布方式无法适配紧凑弯曲路径。输送带自身材质韧性、拉伸强度等物理属性，常规橡胶输送带最小容许转弯半径限值为15m，也会对最小转弯半径形成约束。各类制约条件相互牵制，直接决定小半径转弯装置的结构形式与设计标准。

1.4 平面转弯轨迹适配理论

平面转弯轨迹适配理论用于规范输送带弯曲运行的路径形态，保障输送作业的稳定性。理论针对柔性输送带的弯曲运动规律，界定弯曲路径的曲率变化方式，规范输送带运行轨迹的偏移范围。结合输送物料形态与设备运行条件，轨迹适配理论可以确定合理的弯曲路径参数，将输送带轨迹偏移量控制在±2mm以内，消除不规则轨迹波动带来的运行隐患。该理论能够衔接力学特性与结构设计，为转弯装置的结构布局、参数设定提供直接的理论支撑，保障小半径转弯输送作业有序开展。

2 平面小半径转弯装置总体方案设计

2.1 装置设计原则与设计思路

平面小半径转弯装置的核心设计目标，是适配高曲率弯曲输送线路，解决常规转弯结构曲率上限低、狭小空间无法布置的缺陷。设计工作遵循结构稳定性、装配通用性、后期维护便捷性的硬性准则，完全围绕小半径

转弯工况的设备运行短板展开。针对转弯半径15m~30m高曲率弯曲路径内输送带易出现的横向变形、侧向偏移、局部应力集中等实际问题制定优化方向^[2]。通过结构形式、部件布局、限位方式的针对性优化,弱化弯曲路径对输送带运行状态的干扰,构建适配小空间、大曲率转弯工况的专属结构设计体系。

2.2 整体结构方案选型设计

现有带式输送机转弯结构可分为托辊倾斜式、强制导向式、圆弧机架式等主流类型,各类结构的承载特性与适用曲率区间存在明显区别。常规转弯结构多针对大半径平缓弯曲工况开发,结构容错范围无法覆盖小半径高曲率工况的运行需求。结合狭小场地安装条件与输送带弯曲运行特点,对不同结构的占用空间、限位性能、应力分散能力进行筛选对比。优先选用强制导向与圆弧支撑相结合的复合结构形式,依靠紧凑集成的构造特征适配极小转弯半径,依靠限位结构约束输送带横向位移,满足高曲率转弯的稳定运行标准。

2.3 整体结构布局与空间排布设计

高曲率转弯区域的设备布置容错率极低,部件排布方式直接决定输送带的形变均匀程度。依据预设弯曲路径的曲率参数与现场安装空间尺寸,对转弯机架、支撑托辊、导向限位部件进行整体排布规划。调整托辊组的疏密分布与安装倾角,匹配输送带内外侧差异化的形变特征。合理压缩结构冗余空间,控制整套转弯装置的整体占地尺寸,满足紧凑型线路安装要求。规范各部件的安装位置与相对间距,杜绝部件相互干涉的问题,让输送带全程保持规整的弯曲形态,规避布局缺陷引发的运行故障。

2.4 整机结构协同适配设计

小半径转弯装置属于输送机系统的功能拓展结构,独立结构设计无法保障整机运行的连续性。设计过程针对装置与输送机主体的衔接匹配问题进行专项优化,细化转弯段与直线段机身、张紧部件、头尾输送组件的对接方式。统一整套设备的安装基准,控制对接位置高差误差不大于1mm,保证直线输送段与弯曲输送段的路径平滑过渡。优化衔接位置的结构构造,填补输送线路的衔接间隙,将对接间隙控制在3mm以内,避免输送带经过对接区域产生跳动或偏移。提升转弯结构与整机系统的适配程度,让改造后的输送系统可稳定完成高曲率转弯输送作业,形成完整成熟的设计方案。

3 转弯装置核心零部件结构与参数设计

3.1 转弯支撑部件结构与参数确定

转弯支撑部件是整套小半径转弯装置的承载基础,

负责承接输送带与物料的竖向荷载,维持弯曲输送路径的结构稳定性。结合高曲率转弯工况的受力特点,对支撑机架与转弯托辊组开展结构化设计,优化整体承载架构的受力形式,缓解局部应力集中问题。依托弯曲路径的曲率标准、输送带宽及荷载等级,确定支撑部件的整体尺寸、杆件截面规格与安装间距。通过力学核算标定结构承载极限,筛选适配高强度、抗形变的结构形式,提升支撑体系的整体刚度^[3]。合理设定托辊排布密度与安装弧度参数,让支撑结构完全适配输送带弯曲形态,保障输送载体运行过程的平稳性。

3.2 导向限位部件结构与参数确定

导向限位部件用于约束输送带横向位移,解决小半径转弯工况下偏移、跑偏等核心问题。结合输送带弯曲运动的偏移规律,设计专用侧向限位与导向结构,改变传统平直限位结构适配性不足的短板。根据输送带宽度、弯曲曲率及运行速度,确定限位轮直径、导向结构安装高度与侧向预留间隙参数。优化导向部件的接触形式,降低结构与输送带侧壁的摩擦损耗,减少输送带磨损、起边等故障问题。合理布置导向部件的安装点位,重点强化弯曲段首尾及曲率峰值区域的限位能力,持续规范输送带的弯曲运行轨迹。

3.3 张力调节部件结构与参数确定

输送带经过小半径弯曲区域会产生内外侧形变差异,张力分布处于不均匀状态。张力调节部件可以平衡弯曲路段的张力差值,维持输送带恒定的张紧状态。针对高曲率转弯的形变特征,设计适配紧凑型安装空间的调节结构,摒弃大行程、大体积的传统调节组件。结合输送带材质伸缩特性、弯曲形变幅度,标定调节行程、调节精度与预紧力参数。通过精准的参数设定适配不同荷载状态下的张力变化,弱化张力不均引发的输送带松弛、褶皱问题,保障输送系统持续稳定运转。

3.4 防护密封部件结构与参数确定

转弯装置的弯曲结构更容易积聚粉尘、物料碎屑,杂质侵入会影响零部件转动精度与结构寿命。防护密封部件针对转弯区域的结构特点开展专项设计,阻断杂质进入核心运动区域。结合各零部件配合间隙、运动轨迹与安装空间,确定密封件尺寸、防护结构覆盖范围与安装固定参数。选用适配动态运行工况的密封结构形式,兼顾密封防护效果与部件运动灵活性。全方位包裹托辊、导向轮、调节组件的衔接间隙,减少杂质堆积带来的结构卡顿、磨损加剧等问题,延长转弯装置各核心零部件的服役周期。

4 小半径转弯装置装配与应用工艺设计

4.1 装置标准化装配工艺设计

小半径转弯装置结构紧凑、部件排布精度要求高,标准化装配工艺是保障设备运行稳定性的核心前提。装配工作摒弃随意化的组装方式,按照先主体后附属、先支撑后限位的工序原则开展作业。以前期结构设计参数为依据,明确机架定位、托辊安装、导向部件固定、调节组件装配的完整工序流程。统一各部件装配基准,严格控制机架水平度、托辊安装倾角、限位结构安装位置的误差范围,规避装配偏差引发的输送带偏移问题。针对紧凑型转弯空间的结构特性,优化部件装配顺序,规避后期安装作业出现的空间干涉问题^[4]。制定规范化的紧固与定位工艺,保证各连接节点坚固牢靠,结构位置精准固定,从装配层面保障转弯装置的结构精度与整体稳定性。

4.2 设备对接配套工艺设计

小半径转弯装置需要与带式输送机直线段机身、传动机构、张紧机构完成精准对接,对接工艺直接决定输送线路的连贯性。结合整机结构布局特点,设计专属对接安装工艺,规范转弯装置与直线机身的衔接方式。细化机架对接找平、输送路径过渡、部件对位安装的作业标准,整机对接同轴度偏差控制在2mm以内,消除输送线路的高低落差与衔接缝隙。针对张力调节、导向限位等功能部件的对接需求,制定配套管线与辅助组件的安装工艺,保证功能部件可以正常发挥调控作用。优化对接区域的结构处理工艺,对接位置的部件间隙、结构平整度进行专项处理,实现直线输送段与小半径转弯段的平稳过渡,杜绝衔接位置出现物料卡顿、输送带颠簸等问题。

4.3 整机调试与姿态校正工艺设计

装配与对接作业完成后,需通过系统化调试与姿态校正,优化设备运行状态,适配小半径转弯工况。调试工作围绕结构姿态、部件运行、输送状态三个核心维度开展。对转弯机架整体水平度、托辊弧刚度、导向结构位置进行逐项检测,针对偏差位置开展姿态校正,保证整体结构完全符合设计标准。低速启动输送设备,观察输送带弯曲运行状态,排查跑偏、褶皱、异常摩擦等运行问题。结合实际运行反馈,微调限位间隙、托辊角

度、输送带预紧度等关键参数,优化输送带弯曲变形状态。建立完整的调试校正流程,固化标准化调试步骤,保障设备投产前达到最优运行状态。

4.4 设备日常维护与检修工艺设计

小半径转弯装置长期处于高曲率、高形变的运行工况,核心部件磨损与损耗速度高于常规输送结构,系统化维护检修工艺可有效延长设备使用寿命。结合各零部件运行特性与损耗规律,制定针对性的日常维护流程,涵盖部件清洁、紧固检查、润滑养护等基础工作。设定核心部件7天基础巡检、30天深度检修的周期标准,明确托辊、导向轮、调节构件的检修周期与检测标准,重点排查结构磨损、紧固松动、密封失效等常见隐患。制定故障预处理工艺,对轻微磨损、位置偏移等问题及时开展修复校正,避免小隐患演变为设备故障^[5]。规范检修后复位装配标准,保证检修作业不会改变设备原有结构精度,持续维持小半径转弯装置的运行可靠性与稳定性。

结束语

整套小半径转弯装置从力学机理、结构设计、参数匹配到装配运维形成完整设计体系,通过优化核心部件结构形态与布设参数,解决高曲率转弯工况下输送带受力不均、轨迹偏移的核心问题。科学的结构布局与标准化工艺体系,大幅提升转弯设备与狭小作业场景的适配能力,保障输送设备运行的平稳性与可靠性。合理的防护与运维设计,也能有效降低设备损耗,延长装置整体服役周期,为紧凑型带式输送机转弯结构应用提供完善的设计参考。

参考文献

- [1]王国清,蒲海峰,钟俞先.带式输送机平面小半径转弯装置设计应用[J].煤矿机电,2021,42(03):82-84.
- [2]李海峰.矿用带式输送机输送带纵向撕裂检测装置设计与试验研究[J].能源与节能,2025,(11):187-189.
- [3]王志军.带式输送机平面小半径转弯装置设计应用[J].西部探矿工程,2026,38(3):48-50.
- [4]潘荟宇.带式输送机张紧装置设计与试验分析[J].煤炭科技,2025,46(01):54-57.
- [5]崔波.带式输送机张紧装置分析与应用[J].机械管理开发,2025,40(01):266-267.