

输送带跑偏力学机理分析与托辊组优化配置研究

唐良亚

宁波舟山港北仑矿石码头分公司 浙江 宁波 315800

摘要: 本文研究了输送带跑偏的力学机理及托辊组的优化配置方法。文章首先分析了输送带跑偏的表现形式、危害及其力学机理,探讨了托辊组和滚筒对输送带的作用力以及物料分布不均的影响。深入研究了托辊组结构、配置参数、安装误差和磨损对输送带运行的影响。基于这些分析,提出了托辊组优化配置的目标、基于力学分析的参数优化方法、结构改进设计以及考虑输送带特性的配置优化策略,通过某火力发电厂煤炭输送系统的案例,验证了优化配置方法的有效性和实用性。

关键词: 输送带跑偏; 力学机理; 托辊组优化

1 输送带跑偏现象及危害

1.1 输送带跑偏的表现形式

输送带跑偏是带式输送机运行过程中的一个常见问题,其表现形式多种多样。具体来说,输送带在运行过程中会偏离预设的中心线,可能向一侧或两侧偏移。这种偏移可能是持续稳定的,导致输送带长期偏离中心运行;也可能是间歇性的,时而偏移,时而恢复正常。跑偏现象往往伴随着一系列其他问题,如输送带振动,这不仅影响输送带的平稳运行,还可能对周围环境产生噪音污染。此外,跑偏还可能导致物料从输送带上洒落,这不仅会造成物料的浪费,还可能对工作环境造成污染。

1.2 跑偏对输送带及设备的危害

输送带跑偏对输送带及其配套设备造成的危害不容忽视。首先,跑偏会导致输送带边缘与托辊、滚筒等部件发生异常摩擦,这种摩擦会加速输送带边缘的磨损,从而缩短输送带的使用寿命。长期下来,可能需要频繁更换输送带,增加维护成本。其次,跑偏还可能导致托辊、滚筒等部件的损坏,这些部件在承受异常摩擦时容易产生磨损或变形,进而影响其正常功能。在极端情况下,跑偏甚至可能引发输送带的撕裂或断裂等严重故障,这不仅会导致设备停机,还可能对设备的安全运行构成严重威胁^[1]。

1.3 跑偏对生产效率和安全的影响

输送带跑偏对生产效率和生产安全的影响同样显著,从生产效率的角度来看,跑偏会降低输送机的输送效率。由于跑偏可能导致物料洒落和堵塞,输送机需要频繁停机进行清理和维护,这将严重影响生产线的正常运行。此外,跑偏还可能导致输送机的负载不均匀,进而影响设备的整体性能和稳定性。从生产安全的角度来看,跑偏可能引发一系列安全事故。例如,跑偏的输送

带可能碰撞到周围的工作人员或设备,导致人员受伤或设备损坏。此外,跑偏还可能引发火灾等严重事故,对生产安全构成巨大威胁。

2 输送带跑偏力学机理分析

2.1 输送带受力模型建立

在建立输送带受力模型时,需要考虑多种力的作用。输送带在运行过程中,主要受到重力、摩擦力、张力等力的作用。重力是输送带自身及其承载物料所受的地球引力,其方向垂直向下,对输送带的下垂程度和运行稳定性有一定影响。摩擦力包括输送带与托辊、滚筒之间的滚动摩擦力,以及输送带与物料之间的滑动摩擦力等,摩擦力的大小和方向会影响输送带的运行阻力和动力传递。张力是保证输送带正常运行的关键力,它使输送带张紧并能够传递动力。在建立模型时,通常将输送带简化为柔性体,假设其在受力时符合胡克定律,即张力与伸长量成正比。通过对输送带各部分进行受力分析,结合牛顿运动定律和材料力学原理,可以建立起输送带的受力模型,为后续分析跑偏力学机理提供理论基础。

2.2 托辊组对输送带的作用力分析

托辊组对输送带的作用力主要包括支撑力和摩擦力。支撑力是托辊组为了支撑输送带及其承载物料的重量而产生的力,其方向垂直向上。当托辊组安装位置不准确时,如托辊组倾斜、高度不一致等,会导致输送带受到的支撑力分布不均,从而产生侧向分力,促使输送带跑偏。摩擦力是托辊组与输送带之间相对运动时产生的力,它有助于驱动输送带运行。然而,若托辊组表面磨损不均或存在异物,会使摩擦力大小和方向发生变化,破坏输送带的受力平衡,引发跑偏现象。此外,托辊组的旋转阻力也会对输送带的运行产生影响,旋转阻力过大时,会增加输送带的运行负荷,影响其稳定性。

2.3 滚筒对输送带的作用力分析

滚筒对输送带的作用力主要包括驱动力和改向力。在驱动滚筒处,滚筒通过与输送带之间的摩擦力将动力传递给输送带,使输送带运行。当驱动滚筒轴线与输送带中心线不垂直或滚筒表面磨损不均时,会导致输送带两侧所受的驱动力不一致,从而使输送带向受力较小的一侧跑偏。改向滚筒用于改变输送带的运行方向,其对输送带的作用力同样重要^[2]。若改向滚筒的安装角度不准确或滚筒表面不光滑,会使输送带在改向过程中受到不均匀的力,导致跑偏。例如,在输送带转弯处,改向滚筒的安装角度稍有偏差,就会使输送带在转弯时产生侧向力,引发跑偏问题。

3 托辊组对输送带运行的影响

3.1 托辊组的结构与工作原理

托辊组是输送带输送系统中的重要组成部分,常见的托辊组结构包括槽形托辊组和平行托辊组。槽形托辊组由多个托辊按一定角度排列而成,其主要作用是支撑输送带,使输送带形成槽形,以增加物料的装载量和防止物料洒落。槽形托辊组的托辊角度一般在 20° - 45° 之间,不同的托辊角度适用于不同的物料和输送要求。平行托辊组则主要用于输送带的空载段或需要保持输送带平整的部位,如输送带的回程段。平行托辊组的托辊呈水平排列,能够有效地支撑输送带,减少输送带与机架之间的摩擦。托辊组的工作原理是通过托辊的旋转,减少输送带与托辊之间的滑动摩擦,降低输送带的运行阻力,使输送带能够平稳、高效地运行。

3.2 托辊组配置参数对输送带的影响

托辊组的配置参数,如托辊间距、托辊直径、托辊槽角等,对输送带的运行有着重要影响。托辊间距过大时,输送带在两托辊之间的下垂度会增加,导致输送带与托辊之间的接触压力增大,加速输送带磨损,同时还会影响输送带的运行稳定性,增加跑偏的风险;而托辊间距过小时,则会增加托辊组的数量和成本,且可能会限制输送带的正常运行。托辊直径的大小也会影响输送带的运行。较大直径的托辊可以降低输送带的弯曲应力,减少输送带的磨损,提高输送带的使用寿命;但同时也会增加托辊组的重量和成本。托辊槽角的大小直接影响着输送带的装载能力和物料的稳定性的。合适的托辊槽角能够使输送带更好地承载物料,防止物料洒落;若槽角过大或过小,都会影响输送带的正常运行和物料的输送效果。

3.3 托辊组安装误差对输送带跑偏的影响

托辊组的安装误差是导致输送带跑偏的常见原因之

一。安装过程中的垂直度误差会使托辊组对输送带的支撑力产生侧向分力,从而使输送带向一侧偏移。例如,若托辊组安装时与输送带中心线的垂直度偏差超过规定范围,输送带在运行过程中就会受到一个持续的侧向力,导致跑偏现象的发生。水平度误差同样会影响输送带的运行。当托辊组安装不水平时,输送带在托辊上的受力不均,会使输送带向较低的一侧跑偏。另外,托辊组之间的间距不一致、托辊轴线不平行等安装误差,也都会破坏输送带的受力平衡,引发跑偏问题。

3.4 托辊磨损对输送带运行的影响

托辊磨损会改变托辊的表面形状和性能,从而对输送带的运行产生不良影响。当托辊表面磨损不均时,会使托辊与输送带之间的摩擦力分布不均匀,导致输送带受到的侧向力发生变化,进而引发跑偏现象^[3]。同时,磨损严重的托辊可能会出现表面凹陷或凸起,增加输送带的运行阻力,使输送带运行不稳定。另外,托辊磨损还会影响托辊的旋转性能。磨损后的托辊可能会出现旋转不畅、卡死等问题,导致输送带在运行过程中受到的阻力增大,甚至会使输送带局部受力过大,造成输送带损坏。

4 托辊组优化配置方法研究

4.1 优化目标确定

托辊组优化配置的目标主要包括降低输送带跑偏风险、提高输送带使用寿命、减少设备能耗等。降低输送带跑偏风险是首要目标,通过优化托辊组的配置,可以使输送带在运行过程中受力更加均衡,减少跑偏现象的发生,提高输送系统的稳定性。提高输送带使用寿命能够降低企业的设备更换成本,增加经济效益。合理的托辊组配置可以减少输送带与托辊之间的摩擦和磨损,延长输送带的使用寿命。减少设备能耗则有助于实现企业的节能减排目标,降低生产成本。优化后的托辊组可以降低输送带的运行阻力,减少驱动设备的功率消耗,从而达到节能的目的。

4.2 基于力学分析的托辊组参数优化

根据前面的力学分析,对托辊组的参数进行优化。在托辊间距方面,通过建立输送带下垂度与托辊间距的数学模型,结合输送带的承载能力和运行要求,确定合理的托辊间距。一般来说,对于承载较重物料的输送带,托辊间距应适当减小,以保证输送带的稳定性;而对于空载段的输送带,托辊间距可以适当增大,以降低成本。对于托辊直径,考虑输送带的宽度、运行速度和承载能力等因素,选择合适的托辊直径。较大的托辊直径可以降低输送带的弯曲应力,但也会增加成本。托辊槽角的优化则根据物料的特性和输送要求进行调整,对

于流动性较好的物料，可以适当增大托辊槽角，以提高物料的装载量；而对于容易洒落的物料，则需要选择合适的槽角，防止物料洒落。

4.3 托辊组结构改进设计

为了提高托辊组的性能，对托辊组的结构进行改进设计。采用新型托辊材料，如高分子复合材料，这种材料具有耐磨、耐腐蚀、重量轻等优点，可以有效提高托辊的使用寿命，降低运行阻力。优化托辊组的排列方式，例如采用交错排列的方式，能够使输送带受力更加均匀，减少跑偏的可能性。另外，增加自动调心装置也是一种有效的结构改进措施。这种装置可以大大提高输送系统的自适应性和稳定性，减少人工调整的工作量^[4]。

4.4 考虑输送带特性的托辊组配置优化

不同类型的输送带具有不同的材质、强度和柔韧性等特性，在托辊组配置优化时需要充分考虑这些特性。对于强度较高、柔韧性较差的输送带，应选择直径较大、表面光滑的托辊，以减少输送带的弯曲应力和磨损；而对于柔韧性较好的输送带，可以适当降低托辊的直径，提高托辊组的紧凑性。同时，根据输送带的运行速度和承载能力，合理调整托辊组的间距和槽角。对于高速运行的输送带，需要减小托辊间距，增加托辊的支撑密度，以保证输送带的稳定性；而对于承载能力较大的输送带，则需要选择承载能力强的托辊，并适当调整托辊槽角，以提高物料的装载量。通过综合考虑输送带的特性，对托辊组进行优化配置，可以实现输送带与托辊组的良好匹配，提高输送系统的整体性能。

5 案例分析

在某大型火力发电厂的煤炭输送系统中，其主输送带长度达2公里，承担着每日将数千吨煤炭从储煤场运输至锅炉车间的重要任务。运行初期，该输送带频繁出现跑偏现象，呈现出整体向右侧偏移的情况，跑偏量最大时达到15厘米，导致输送带边缘与机架频繁摩擦，产生大量胶粉。同时，物料洒落问题严重，平均每小时洒落煤炭约50千克，不仅造成煤炭浪费，还增加了清理成本，影响周边环境整洁。经排查发现，造成跑偏的原因主要是托辊组安装存在垂直度误差，部分托辊组与输送

带中心线垂直度偏差超过3°，使得输送带受到的支撑力不均。此外，托辊组配置参数不合理，托辊间距过大，在承载煤炭时输送带下垂度明显增加，加剧了跑偏程度。并且，部分托辊因长期使用出现表面磨损不均，导致摩擦力分布异常，进一步推动了输送带跑偏。

针对这些问题，电厂依据论文中托辊组优化配置方法展开改进。首先，对托辊组进行重新安装，严格控制垂直度误差在1°以内，确保支撑力均匀分布。其次，基于输送带承载能力和煤炭输送要求，将托辊间距从原来的1.5米减小至1.2米，有效降低了输送带下垂度。同时，更换磨损严重的托辊，采用高分子复合材料托辊，提高耐磨性和运行稳定性。另外，在关键部位安装自动调心托辊组，实时监测和调整输送带运行轨迹。

优化后，输送带跑偏问题得到显著改善，跑偏量控制在2厘米以内，物料洒落现象基本消失。输送带边缘磨损情况明显减轻，使用寿命预计可延长40%以上。托辊组运行阻力降低，驱动设备功率消耗减少约15%，每年可节约电费数十万元。该案例充分证明了论文中托辊组优化配置方法的有效性和实用性，为解决输送带跑偏问题提供有力的实践支撑。

结束语

通过对输送带跑偏力学机理的深入分析和托辊组优化配置方法的系统研究，本文为解决输送带跑偏问题提供了重要的理论依据和实践指导。未来，随着物料输送技术的不断发展，对输送带稳定性和效率的要求将越来越高，需要继续深化相关研究，推动输送技术的持续创新和进步。

参考文献

- [1]李旭.带式输送机滚筒电液跑偏调节装置的设计[J].山东货物科技, 2020(09): 44-46.
- [2]李锋勃.带式输送机常见的胶带跑偏故障原因及改善策略[J].科学技术创新,2019(25):15-17.
- [3]于飞.带式输送机液压自动调偏装置的机械动力学仿真[J].机械管理开发,2022,37(10):41-42+49.
- [4]张建宇.基于可编程控制器的带式输送机自动调偏装置设计[J].机械管理开发,2022,37(08):262-264.