

煤矿伸缩式钢架带式输送机换向滚筒优化设计分析

刘晓花

(甘肃机电职业技术学院 甘肃天水 741000)

摘要: 带式输送机在煤矿行业运输系统中占据着非常重要的地位,它能够在运输量比较大的时候实现连续输送,应用优势十分突出。但是在实际运行中,有时会出现驱动滚筒打滑或者钢丝绳断裂等问题,严重影响煤炭输送的工作效率和质量,尤其在技术水平不断提高的前提下,煤矿行业中高产高效的矿井不断出现,这类问题更是日益突出,因此技术人员也要对带式输送机进行不断的改进。其中换向滚筒是带式输送机中重要的零部件之一,承担着为输送带提供转向的作用,本文通过对换向滚筒进行优化设计来提高带式输送机的工作效率,为煤炭企业创造更多的经济收益。

关键词: 伸缩式钢架;带式输送机;滚筒

引言: 换向滚筒在带式输送机的正常运行的过程中起着非常重要的作用,但是有时会突然出现失效的情况,此时会导致生产流水线停产或者设备维修等问题,影响煤矿生产工作的顺利进行,为企业造成巨大的经济损失。因此煤矿企业将优化设计换向滚筒作为工作重点,确定改向滚筒的装配体,并对其荷载的分布进行分析,对失效形式进行总结,通过现代化技术对其进行静力与模态分析,提出相应的优化措施。优化改进后的换向滚筒结构会减少失效的频率,有效的提高了煤矿运输工作的效率。

1. 带式输送机换向滚筒的结构与受力分析

1.1 换向滚筒的结构设计

换向滚筒主要是指在水平方向上引导并能改变方向的滚筒,从滚筒结构上来看,它与传统的滚筒差异并不是非常大,但是换向滚筒的结构更加紧凑、空间要求低、性能也非常稳定,而且安全性比较高,因此在很多行业中都得到了广泛的应用。滚筒主要由筒体、滚筒轴、轮毂、轴承等零部件组成,在设计时可以根据实际情况来确定具体参数,主要有以下几个参数:(1)滚筒直径,需要根据传送机的输送能力以及传送带的抗拉强度等内容进行具体确定。同时需要注意的是,在设计滚筒直径时,设计人员需要考虑输送带与滚筒面间的最大或者平均比压、输送带发生弯曲的频率等。(2)筒体厚度,带式输送机滚筒轴一般都采用的是铸造结构,在设计时可以通过经验公式法来确定滚筒筒体的厚度。(3)筒体宽度,筒体的宽度主要由输送带的带宽决定,计算时筒体的宽度需要根据输送带的宽度值再加上 200 毫米左右。(4)滚筒轴径,滚筒轴在使用过程中是受到轴向荷载与周向荷载两种,设计人员要根据强度和刚度分别进行滚筒轴径计算,得出结果之后再进行比较即可。

1.2 换向滚筒的受力分析

通过计算分析,对各个零件进行了三维建模,在连接螺钉、吊环、垫片时需要使用标准件。滚筒的主体结构包括滚筒轴、轴套、轮辐、筒体和支撑环,轴的两端由轴承支撑,滚筒的筒体表面由于张力的原因受到法向压力,这种压力被视为均布载荷。筒体除了受到皮带张力的作用外,还会整体受到重力的作用。

1.3 换向滚筒的失效形式

换向滚筒的失效形式主要有三种,第一种是磨损,滚筒筒体上覆盖的橡胶出现磨损与脱落、筒体受到腐蚀,导致滚筒表面的摩擦系数逐渐降低,造成驱动力不足,在使用过程中可能会出现“打滑”现象。第二种是局部变形、剪切力破坏,轮辐和轴的连接位置有螺栓联结、胀套联结附近的剪应力比较大而断裂损坏。输送机传输物料时,物料一般都集中在中间的位置,两边相对集中的比较少,因此中间长期的受到比较大的压力,滚筒筒体中间就会出现凹陷,例如轮辐开裂,滚筒轴弯曲变形等。第三种是裂纹,辐板的径向失稳破坏和辐板与轮辐连接处裂纹式的破坏。

2. 带式输送机换向滚筒的有限元分析

2.1 有限元分析法的介绍

设计换向滚筒的解析方法有很多,通常情况下设计人员都采用的是经验公式和类比法,但是由于滚筒的组成部分与结构比较复

杂,这些方法无法完全计算出滚筒的变形规律,因此无法全面的分析滚筒各个部件之间的接触与受力情况。有限元分析法的提出与应用,有效的解决了传统设计方法中存在的弊端,提高了分析方法的直观性、精准度。有限元分析法通过技术人员多年的研究与完善,已经成为了现代工业中重要的组成部分,它的特点主要体现在以下几个方面:(1)物理概念更加清晰,设计人员可以在不同的理论层面建立有限元法的理解。(2)复杂结构的适应性,有限元法通过离散法将无线自由度的连续体力学问题变成有限单元节点参数的计算,虽然它所得到的答案是近似值,但是可以适当的选取形状和大小,也能得到比较满意的答案。(3)适合计算机的高效性,有限元法在引入边界条件的方法相对比较简单,是在得出整个结合体的代数方程之后再引进有限元的方程,因此内部与边界上的单元都可以利用相同的变量函数,另外在边界条件发生改变时,不会对变量函数造成任何改变,最大限度的简化了程序的编制,它的主要分析流程如图 1 所示。

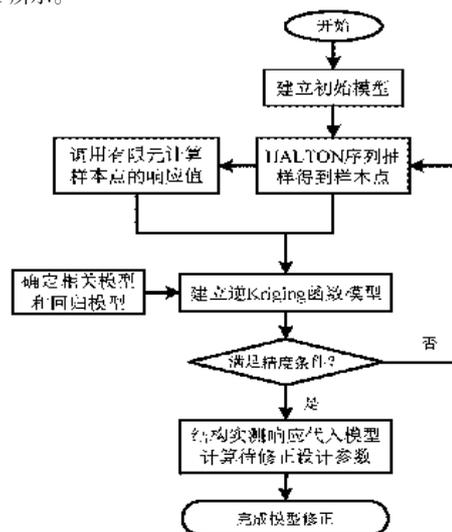


图1 有限元分析与计算问题的求解流程

2.2 换向滚筒的有限元模型与简化

本文主要对换向滚筒设计的滚筒轴、轮轴、筒体与支撑环进行简化与假设,首先是筒体与轮辐的焊接结构,在进行分析时,设计人员可以将焊接的零部件看作连续的整体来分析,仔细检查焊接的位置是否均匀,有没有焊接缺陷。同时将滚筒轴端的联轴器、胀套中的螺钉、螺孔等次要构件,全部当作是一体化结构来判断。其次是假设滚筒的运动过程所产生的张力都比较均匀,如果滚筒没有转筒,就视其为静态的过程。最后是筒体外表面的橡胶主要用来增加摩擦,从强度的角度出发考虑减轻结构,因此将橡胶部分忽略不计。

在对换向滚筒建立有限元模型时,还要根据材料的实际情况来定义单元属性并划分网格。单元属性主要是分为定义单元类型、定

义实常数、定义材料属性三方面,对于网格的划分可以分为自由划分网格、映射网格划分,需要根据滚筒中各个部分的材料参数进行确定。表1为滚筒各部分材料的参数,给设计人员提供一定的参考价值。

表1 滚筒材料的参数信息

结构	材料	密度 g/cm ³	弹性模量 GPa	泊松比	屈服强度 MPa	抗拉强度 MPa
轴	45号钢	7.85	210	0.31	355	600
轮辐	ZG230-450	7.85	200	0.3	230	450
滚筒	Q235	7.85	210	0.33	235	400左右

2.3 换向滚筒的静力分析

静力分析主要是研究基于力作用下的平衡,从结构有限元的特征出发,力学对于静力学而言非常关键,通过有限元的方法来分析结构的应变、寿命以及位移等性能。对滚筒的三维模型进行有限元网格的划分,换向滚筒在工作中受到皮带压力的同时轮辐与轴接触,因此在设计滚筒时,务必要确保结构布置的科学性,保证滚筒在受到荷载并运转的过程中,各个零部件的应力都是最小。在进行总体布局时,在合理范围内,轴承中心间的距离为最小,辐板间距达到了最大。增加约束是对滚筒强度分析的最重要环节,首先要有足够的约束力来消除刚体运动的可能,确保刚度矩阵非奇异,从而得到位移的确定解。其次是不能存在多余的约束,因为多余的约束会增加附加的约束力,导致部件的计算刚度增加,使结果不真实。设计方案的过程中可以根据物体的状态对模型进行约束,点约束大概有6个方向自由度,其中3个方向是平动自由度、3个方向是转动自由度,然后在模型进行载荷的增加。增加的载荷有很多种,例如集中载荷、均布载荷等,需要进行全面的考虑。

2.4 换向滚筒的模态分析

模态分析能够更好的反映出结构动态特征的物理量,例如结构自振周期、自振频率以及振型等。模态分析有实验中的模态和理论上的模态两种情况,通过对滚筒的实际研究结果分析能够得出,优化设计工作能够在很大程度上改善结构的动态性能,从而避免滚筒出现振动失效的情况。但是如果想要优化换向滚筒的使用性能,则必须要对换向滚筒进行模态分析。通过模态分析不仅能够了解滚筒在不同阶段的阵型与频率,还能加大结构力学的研究力度。

对换向滚筒的模态分析主要有三步,第一步是建立模型,在进行求解程序运行时,将其一起运行,同时设定好分析的种类与方式,明确模型的具体承载量与承载内容,从而确定储存的数据,然后启动求解运算,当运算结束后再将求解程序关掉。第二步是在扩展模型状态时,再次将求解程序打开,然后设定荷载,等到拓展模块结束后,再将求解程序关闭。最后是回顾求解结果,将模态拓展的结论放入到最终的结果中,最终确定具体结构的固定频率、相对的力学分布等。

3. 带式输送机换向滚筒的优化设计

3.1 换向滚筒结构优化设计的方法

换向滚筒结构的设计中滚筒主轴是非常重要的零件之一,在工作中一旦出现轴失效问题,则会直接影响换向滚筒的整体结构,因此为了让滚筒整体最优化,各个零件的优化都需要进行全面考虑。在进行换向滚筒结构优化时,设计人员可以采用 ANSYS 软件,它对设计方案的优化方式有两种,分别是零阶法和一阶法,零阶法主要是指通过模拟拟合曲线,不断的接近实际数据,或者利用函数与函数结合的方法将限定的问题转换成无限定的问题进行实现解读。一阶法主要是通过通过对目标函数中加入新函数的方法将设计问题转换成数学问题。在实际操作过程中,要将优化设计的变量范围和类型进行设定,并要明确目标函数和关系式。在 ANSYS 系统中,任何的设计变量都有上限与下限,它们都可以作为设计函数变量的范围。状态的变量是方案设计中的限定条件,可以只限定上限,也可以只限定下限,还可以同时进行限定。

3.2 换向滚筒结构优化设计的具体步骤

在优化滚筒结构设计时,具体步骤可以概括为以下几步,第一步根据设计要求和目的来定义化设计问题;第二步建立优化设计问题的数学模型;第三步选择合适的优化计算方法;第四步确定必要的的数据信息与设计初始点;第五步编写数学模型和优化算法的计算程序,然后通过计算机的求解计算来获得最优结构参数;第六步对数据结果与设计方案的科学性合理性进行分析。

3.3 换向滚筒的优化设计

优化设计是一种新的设计方法,它可以通过对换向滚筒进行受力分析,在符合边界条件的基础上,设计出最优结构,根据实际情况结合拓扑优化的结果对换向滚筒进行重新建模,分析比较进行重构设计。换向滚筒的优化主要分为三种情况,第一种是基于质量的优化,考虑到滚筒在后期的工作状态,需要对滚筒的整体进行优化,将质量优化目标设置为80%左右。轴与支撑环的减重十分明显,将轴中间位置的大部分质量去除掉,支撑环周期性的去除质量,轴套、轮辐和筒体三者基本上没有去除质量。

第二种是基于应力的优化,例如在对轴进行基于应力优化时,优化的结果显示中间部位的大部分质量都被去除了,保留少部分的边界质量。另外轮轴的应力优化目标的计算结果与70%质量为目标的结果更加相近。第三种是基于模态的优化,与基于静力分析结果的优化不同,轴在以自由模态结果为输入时,优化后显示出轴两端的质量被去除了。轮辐自由模态计算结果进行优化之后的几何显示,得到轮辐优化前后没有变化。

3.4 换向滚筒优化后的模型与计算

对换向滚筒的整体和零件进行静力与模态分析之后,分别进行了以去除质量、全局应力和频率为目标的优化,对优化后的结果以及静力分析的结果得出,轴中部的受力状况比较小,轴心可以设计成为空心的方式,轴的中部可以适当的减少质量。轮辐的强度比较充裕,可以适当的对圆孔进行扩大,减薄支撑,筒体可以进行开槽处理。通过对整个换向滚筒优化结果的分析,可以发现,滚筒的质量降低了大约11%,实现了轻量化的目标,受到的是应力也有所减小,最大应力已经远远小于铸钢等材料的应力,完全符合使用要求,给轻量化换向滚筒设计提供了参考。

结束语:带式输送机在煤矿的传输系统中起着非常重要的作用,其中滚筒是输送机的主要零部件,它不仅能够起到传递动力的作用,还能改变输送带的运行方向。带式输送机滚筒的设计效果直接影响着整个输送系统的安全性和可靠性,因此要对其进行优化设计,通过对换向滚筒的装配体、受力情况以及主要失效形式进行了分析,采取有限元的方法进行静力与模态分析,从而提高换向滚筒的质量与应用效果。在优化设计之后,对结果进行了分析,发现不仅起到了减重的效果,还提高了滚筒的工作效率,为煤矿行业的运输发展做出了更大的贡献。

2021年甘肃省高等学校创新基金项目《基于ANSYS的带式输送机换向滚筒有限元分析及结构优化设计》编号:2021A-293

参考文献:

- [1] 剧江涛. 煤矿伸缩式钢架带式输送机换向滚筒优化设计[J]. 机械研究与应用, 2022, 35(1):3.
- [2] 李逸. 矿用带式输送机传动滚筒的受力分析及优化设计[J]. 机械管理开发, 2021, 36(11):3.
- [3] 姚佳威. 基于Ansys的带式输送机滚筒辐板的优化设计[J]. 机械管理开发, 2020, 35(1):3.
- [4] 丰晓杰. 带式输送机换向滚筒的优化设计研究[J]. 机械管理开发, 2020, 35(8):3.
- [5] 耿县如, 张永建, 刘忠华, 等. 带式输送机输送带跑偏原因分析及优化设计[J]. 纯碱工业, 2020(1):3.
- [6] 李戈. 煤矿带式输送机滚筒的优化设计[J]. 煤矿现代化, 2019(3):3.
- [7] 付振兴, 李志涛. 带式输送机输送带跑偏原因分析及优化设计[J]. 商品与质量, 2019.