

采煤机截割滚筒行星架强度分析与改进

李小梅

国能神东煤炭设备维修中心 陕西 榆林 719000

摘要: 针对JOY采煤机滚筒行星架出现损坏的问题,以该类型采煤机滚筒行星架为研究对象,借助有限元仿真分析软件,开展了强度分析工作。结果表明,行星架大直径端螺栓连接位置存在应力集中,通过增大行星架大直径端螺栓连接孔厚度的方法完成了改进,应力集中得到改善。截割部作为滚筒式采煤机的重要组成部分,主要负责传递采煤机的振动冲击,研究其行星架强度对于提高采煤机的可靠性具有重要意义。因此,文章主要以滚筒式采煤机截割部为研究对象,对其行星架强度以及改进措施进行探究,以期为提高煤炭开采的效率和质量提供参考。

关键词: 采煤机;截割滚筒;行星架强度

引言:作为煤矿开采不可缺少的设备,采煤机截割部的可靠性直接关系到井下作业人员的安全和公司的经济效益。井下作业环境比较复杂,截割部行星架关键组成部分在应力方面极为复杂^[1]。行星架作为摇臂的组成部分,是截割滚筒连续转动的基础,也是抵抗煤石冲击力的关键部件。行星架在使用过程中经常断裂。为了提高采煤机截割部的使用寿命,需要对行星载体的强度进行分析和提高,这也是促进现代煤矿企业可持续发展的重要举措。

1 滚筒采煤机结构概述

一种特定类型的滚筒式采煤机结构包括电控箱、牵引箱、走道和截割构件。中间电控箱用于控制采煤机截割滚筒的整个动作;牵引部分的主要作用是将力传递给行走部分,而牵引部分为电动牵引形式,依靠固定箱底部的滑靴和滑轨带动输送机到达正常运行;由牵引部分的力驱动,实现减速、增扭矩,实现采煤机的无级调速;截割部分是碳切割的重要组成部分,滚筒旋转运动产生的切割力与碳直接接触。煤碳接头被分布在滚筒上的槽口打断,落下的煤碳通过连续旋转的螺旋叶片输送到与采煤机配套的刮板输送机上,完成碳的开采过程。

2 行星架传动原理及受力分析

2.1 行星架传动原理

滚筒采煤机截割部行星架主要由以下部分构成:①太阳轮芯轴。通过传递采煤机电机的扭转力,来达到各行星轮转动的目的。②行星轮。在自转的过程中会带动行星架绕太阳轮发生公转。③内齿圈。与行星轮具有一定的啮合度,二者的工况条件是相互影响的^[2]。④行星减速设备。具有重量小、结构紧密、适应性好的特点,但消耗功率较大,通常作为摇臂的初级减速装置来使用。

行星减速设备的传动比计算如公式(1),其中 ω_r 、 ω_l 分别表示太阳轮和行星架的角速度; Z_N 、 Z_r 分别表示内齿圈和太阳轮的齿数。

$$i = \frac{\omega_r}{\omega_l} = 1 + \frac{Z_N}{Z_r} \quad (1)$$

2.2 行星架受力分析

通过分析行星架的运行结构和特点可知,在行星轮运行过程中,芯轴会对行星架产生反作用力。在这种反作用力的影响下,行星架会产生自转行为,在自转过程中本身自重和惯性载荷对扭矩力造成的影响可忽略不计。行星架扭矩力(T)的计算如公式(2),其中P表示采煤机电机的额定功率,通常情况下, $P = 5 \times 10^4 W$; μ 表示行星架的传动效率,一般 μ 取值90%;n表示行星架的转速,一般取值20r/min。

$$T = 9550 \times \frac{P\mu}{n} = 2.15 \times 10^7 N \cdot mm \quad (2)$$

3 行星架强度分析和改进

3.1 行星架强度分析

采煤机截割部行星架的铸造结构可选用ZG310-570,该材质经过加工铸造后成型速度快,且屈服强度和耐冲击力较高,完全满足截割部在煤层的使用需求。但是在采煤机运行过程中,在各个行星轮芯轴的压力作用下,以及截齿会意外撞击到矸石而发生损坏,均会导致行星架内部结构发生扭转变形,这种情况下,采煤机截割部的割煤阻力会增加。同时,在驱动侧轴安装末端根部还会出现应力集中的现象,这一现象会大大降低行星架设计的安全系数,导致薄弱位置的强度变小,从而导致裂纹、疏松等故障的发生^[3]。针对上述问题,有必要及时采取措施对行星架强度进行优化,以避免出现应力集中。

3.2 行星架强度改进

针对上述问题造成的行星架强度薄弱部位,可以进行优化:①在驱动侧轴承末端增设过度台阶,以提高工件结构的整体强度。②适当增加三角立柱的外圆直径,同时对各个立柱的圆角进行打磨处理。根据工件结构的强度变化构建分析模型,并采用有限元软件将强度变化值呈现出来,有利于更加直观地感受到行星架强度。在采取上述优化措施后,通过软件分析呈现的结果可知,驱动侧轴承末端的应力集中现象明显得到改善,截割部行星架各工件处于受力均匀的状态,安全系数也由此提高,有效提高了行星架的耐冲击能力,确保其在受到矸石、粉尘等外界因素影响时不会发生断裂受损的问题^[4]。

4 滚筒行星架有限元仿真分析

4.1 三维模型建立

根据截割滚筒行星架的随机技术数据,结合实际测量和测绘结果,采用Pro/E三维软件建立行星架三维模型。为避免后续模型导入ANSYS仿真计算软件时出错,提高仿真计算效率,对3D模型进行了一定程度的简化,忽略螺栓孔、圆角等功能对强度分析结果影响不大。

4.2 材料属性设置与网格划分

将行星架三维模型另存为.igs格式之后导入ANSYS仿真计算软件进行材料属性设置,行星架材料为42CrMo。具体的材料属性参数包括:弹性模量数值为206GPa、泊松比数值为0.3、密度数值为7850kg/m³,屈服强度数值为630MPa。完成上述参数设置之后即可进行网格结构的划分,运用的是自由划分网格方法,避免仿真计算中出现网格质量不佳的问题。

4.3 载荷与约束施加

根据采煤机实际工作情况,采集得到了截割滚筒行星架所受最大三向力的图谱,X方向最大载荷约为50kN,Y方向最大载荷接近0,Z方向最大载荷约为25kN,以行星架轴线为中心,进行上述最大工作载荷的施加。为了考虑行星架动载荷的影响,按照检测得到的最大工作载荷的1.2倍进行仿真计算,以便提高仿真结果的准确性。

4.4 仿真结果

滚筒行星架有限元仿真分析预处理完成后,可以启动ANSYS仿真计算软件提供的求解器,运行滚筒行星架有限元计算程序的计算程序。仿真计算完成后,在涡旋行星架的仿真计算结果中检索等效电压分布云图。通过分析行星架工作过程中等效应力分布云图可知,行星架大直径端的工作应力高于小直径端,最大应力值为614MPa,如行星架孔的大端连接螺栓上所示。与630MPa的行星架材料的抗拉强度相比,行星架的最大工作应力非

常接近,在工作过程中存在安全隐患,因此需要改进设计。分析结果表明,行星齿轮减速机运行时,行星轴与行星架等效为悬臂梁结构,因此行星架大径端的应力值高于小径端。

5 改进设计

下文主要结合某矿采煤机截割部的实际运行情况,对行星架强度及改进措施进行分析。(1)实例概况。某矿煤层综采面正处于地质条件复杂的地区,该煤层平均厚度约1m,以黑色碳质岩石为主,且含有厚度约0.06m的矸石,整体煤层条件较为复杂,对采煤机的稳定运行提出了较高要求。结合上述地质条件,本工程在综合考虑后,选择了型号为MG200/446-WD的采煤机,在使用两个月的时间内多次出现了截割部行星架断裂的问题,故在此基础上对行星架强度进行分析,并采取了有效的改进措施。(2)强度分析。本工程主要从材料、结构、使用条件这三个方面对行星架强度进行分析,具体内容为:①材料方面。MG200/446-WD采煤机所采用的铸造材料为ZG42CrMo,这是一种新型的低合金铸钢材料,硬度达到了280-300HB,其机械性能和施工工艺完全满足采煤机的使用要求。②结构方面。采煤机在实际运行过程中处于一个来回反复割煤的状态,若遇到煤层中含有矸石的情况,交变载荷会逐渐增加,当增加到一定值时很容易导致行星架产生裂纹,从而行星架强度也会受到影响。③使用条件。本煤矿的综采工作面高度为1~1.3m,倾斜角度为25°~28°,整体走向起伏较大,煤层地质构造相对复杂。在这一运行环境中,采煤机截割部行星架容易受到较大的冲击载荷,且在长时间的冲击载荷作用下,行星架强度会逐渐减弱,造成行星架薄弱处出现断裂^[5]。(3)行星架改进方案。①保持行星架铸造材料不变,仅对其加工方式进行改进,由铸造改为锻焊,以提高行星架的耐冲击力和强度。②行星架结构优化可以从两个方面着手,一是增加行星架薄弱部位的厚度,由1.5cm增加到2.5cm;二是采取针对性措施减少应力集中的现象,将行星架薄弱部位的圆角由R5更换为R15^[6]。(3)为了消除应力集中的现象,可以加大对行星架进行喷丸处理的力度,以提高行星架的使用质量,避免发生断裂故障。(4)改进效果分析。在利用上述措施对行星架强度进行改进后,结果显示:①行星架在运行过程中,所承受的最大应力较之前减少了54%。②行星架抗拉强度较之前提高了30%,目前已经达到1080MPa。③在对行星架进行改进后,一直未发生行星架断裂的问题,且每月采煤量较之前也提高了4倍,这对于促进煤矿的经济发展具有重要意义^[7]。

6 结语

综上所述,改进行星架后运行稳定可靠,提高了滚筒工作的可靠性和寿命,降低了采煤机近5%的故障修复时间,节约了采煤机的运行维护成本,提高了综采工作面采煤设备近3%的有效工作时间,减少了煤炭掘进成本,为煤炭企业新增经济效益近60万元/年。

参考文献:

[1]王欣.采煤机振动截割滚筒设计及力学特性分析[D].西安科技大学,2020.DOI:10.27397/d.cnki.gxaku.2020.000869.

[2]宋子义.基于Abaqus的采煤机行星架轴对称结构受力分析[J].机械工程师,2019(05):148-150.

[3]葛磊.电牵引采煤机振动截割滚筒研究[J].内蒙古煤炭经济,2018(21):43+84.DOI:10.13487/j.cnki.imce.013030.

[4]邱磊,马亮,杭鑫.采煤机振动截割滚筒研究[J].内蒙古煤炭经济,2018(15):59-60.DOI:10.13487/j.cnki.imce.012538.

[5]任中全,刘涛.采煤机振动器设计及动力学仿真分析[J].煤炭技术,2016,35(04):201-203.DOI:10.13301/j.cnki.ct.2016.04.082.

[6]张丹.多齿复合截割滚筒随机载荷重构算法及牵引特性研究[D].哈尔滨工程大学,2016.

[7]卢川川,张世宗.采煤机截割部中滚筒座的有限元分析[J].山西焦煤科技,2012,36(03):8-10.