

doi: 10.11799/ce201902023

矿井多绳摩擦提升机天轮车削装置车削误差分析

张新, 张晨旭, 夏华明, 朱安行

(安徽理工大学 机械工程学院, 安徽 淮南 232001)

摘要: 根据对矿井多绳摩擦提升机天轮车槽装置的运动系统、定位方法、安装方式进行分析, 研究了影响车削精度的误差因素。通过建立几何模型研究了各个因素对最终车削结果的影响方式和大小, 并通过对车铣装置进行试验, 通过对试验结果与理论分析进行对比验证, 结果表明车槽装置在使用时会同时出现定位和安装误差, 其中车削装置与天轮轴心的平行度误差对车削结果的影响较大。针对试验结果从控制系统和安装方法方面提出了改善建议。

关键词: 车槽装置; 几何模型; 定位误差; 安装误差

中图分类号: TD538 **文献标识码:** A **文章编号:** 1671-0959(2019)02-0102-04

Analysis on Turning Errors for the Turning Device of Mine Multi-rope Friction Lifter

ZHANG Xin, ZHANG Chen-xu, XIA Hua-ming, ZHU An-xing

(School of Mechanical Engineering, Anhui University of Science and Technology, Huainan 232001, China)

Abstract: According to the analysis of the motion system, positioning method and installation method of the gearbox device of multi-rope friction hoist in mine, the error factors affecting the turning precision were studied. Through the establishment of a geometric model, the influence of various factors on the final turning results was studied, and through the test of the turning and milling device, the test results and the theoretical analysis were compared and verified. The results show that the positioning of the vehicle groove device occurs at the same time. And the installation error, in which the parallelism error of the turning device and the gimbal axis has a greater influence on the turning result. Improvement advise was proposed in terms of control systems and installation methods based on the test results.

Keywords: car slot device; geometric model; positioning error; installation error

天轮作为煤矿提升钢丝绳的支撑和导向的重要部件, 其中绳槽内的衬垫为缓解钢丝绳磨损和改善钢丝绳受力条件起到决定性作用。目前, 市场上的绳槽车削装置都是针对主提升机, 尚没有很好的针对天轮工况的车槽装置。目前, 天轮衬垫车削多采用操作人员通过在天轮下方安装工作平台, 操作人员悬空对天轮衬垫进行手动修整。目前, 大部分是采用在制动轮边缘上拉线测量绳槽深度, 而这种办法测量麻烦、精度差, 难以满足生产要求。同时由于没有专用绳槽深度测量工具, 需要在切削时反复测量绳槽深度, 防止车削过量^[1]。

根据煤矿安全规程第 422 条, 天轮的各段衬垫磨损达到 1 根钢丝绳直径的深度时, 或沿侧面磨损

达到钢丝绳直径的 1/2 时, 必须更换^[2]。对于衬垫的报废衬垫的更换, 每个天轮有四条绳槽, 对应绳槽内有 90 副衬垫, 上下两个天轮共有 1440 块衬垫, 传统是通过将钢丝绳通过小葫芦将钢丝绳脱离绳槽, 再通过手锤凿子等工具将衬垫拆除, 更换任务需要超过 24h 以上, 期间会影响人员和物资的运输, 因此会导致煤矿停产^[3]。同时缺少修整的天轮衬垫绳槽会加剧新钢丝绳的磨损, 并会导致每根钢丝绳张力不均, 严重影响钢丝绳的使用寿命^[4-7]。为减少由于衬垫磨损对煤矿生产效率的影响, 洛阳百科特公司以车铣复合加工的方式设计出了一种便携式的矿井多绳摩擦提升机天轮车槽装置。该装置采用单刀多次进给的加工方式, 操控系统采用数控操作

收稿日期: 2018-05-07

作者简介: 张新(1964—), 男, 安徽桐城人, 教授, 研究方向: 矿山机电, E-mail: yx340822@163.com。

引用格式: 张新, 张晨旭, 夏华明, 等. 矿井多绳摩擦提升机天轮车削装置车削误差分析 [J]. 煤炭工程, 2019, 51(2): 102-105.

系统,能够精确控制进给量,相比传统加工方式理论加工精度可达0.02mm,减少了多余车削导致的衬垫浪费,同时避免了反复测量,极大的节省的人力物力。

1 车槽装置的介绍

车槽装置分为机械部分和数控部分,其中机械部分由底座和车削移动平台组成,底座和移动平台通过两对相互垂直的滚珠丝杠副连接,车削电机安装在车削移动平台上;数控部分是由触摸屏、PLC、步进电机组成,步进电机通过减速器与滚珠丝杠副连接,操作人员通过与PLC相连的触摸屏调节步进电机的转速和切削电机的移动方向。车削装置实体图如图1所示。



图1 车削装置实体图

受天轮井架安装环境的影响,车槽装置无法正常安装在井架上,需要专门的托架提供车槽装置提供安装平面。由于井架上缺少定位基准面,缺少安装校核的手段。

车槽装置的定位方法如下:

1) 先通过卷尺将机架抬到距离天轮轴线垂直面1.800m的前方位置,保证机床的车削位置适宜,同时使机架前端面与天轮轴线保持平行。

2) 使用框式水平仪测量机架的上端面的前后两侧边线,通过在机架底部加垫片的方式调节两端水平位置,使其左右两端保持水平。

3) 使用粉笔画出托架顶部螺栓孔的位置,向右滑移机架,使用金属电钻对画出螺栓孔位置进行打孔,之后将机架通过螺栓组固定在平台面上,经微调后预紧。

4) 抬出机床,通过螺栓组将切削机床固定在机架上端的倾斜平面上,并使机床与机架倾斜工作面保持平行。

根据车槽装置的定位方法,车削时的误差可以分为如下几个部分:系统机械部分的传动误差、定位基准的偏移误差、安装倾角的偏移误差以及天轮

的制作和安装误差。

2 误差分析

2.1 系统误差

矿井多绳摩擦提升机天轮车槽装置的运动机械部分是由步进电机带动滚珠丝杠推动切削平台移动。车槽装置的系统误差由滚珠丝杠和步进电机决定,车槽装置选用的滚珠丝杠的精度为C0级,进给方向的滚珠丝杠长度为500mm,总导程误差为 $6\mu\text{m}$,平移方向的滚珠丝杠的长度为1200mm,总导程误差为 $9\mu\text{m}$;步进电机的累积误差在旋转一周后会相互抵消,对切削结果的影响很小。

2.2 定位误差

定位时由于天轮的轴心无法直接测出,在实际操作时是通过在天轮多点取值测量得出天轮直径的平均值作为天轮的直径,通过目测得到天轮轴心位置,通过卷尺测出车槽装置的安放位置,在定位时无法保证车削装置与天轮轴心的平行度。在定位打孔后,车槽装置的实际安装位置与理想安装位置会发生偏离。车削装置平行度偏移误差示意图如图2所示。

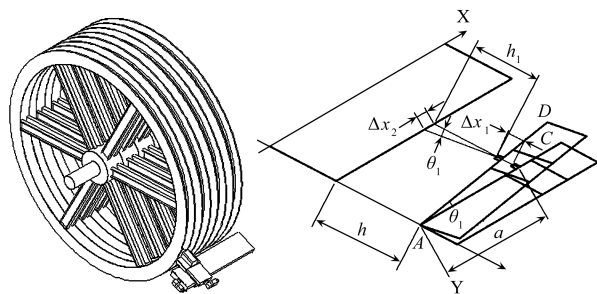


图2 车削装置平行度偏移误差示意图

车槽装置在出现定位误差后,不仅会导致进给量出现误差,同时会导致对衬垫单侧进给量偏大。以天轮的轴心作为X轴,以车削装置的进刀方向为Y轴建立坐标系,其中点A为第一天轮对应的对刀位,点C为第四天轮对到位置。

以第一天轮对刀位A基准,刀头进给量误差 Δx_1 为:

$$\Delta x_1 = a \tan \theta_1 \quad (1)$$

式中, a 为刀头沿X方向的位移,mm; θ_1 为车削装置的偏移角度,(°)。

各个天轮的距离经测量后为300mm,对各个天轮对刀位在不同偏角下的进给量误差结果如图3所示。

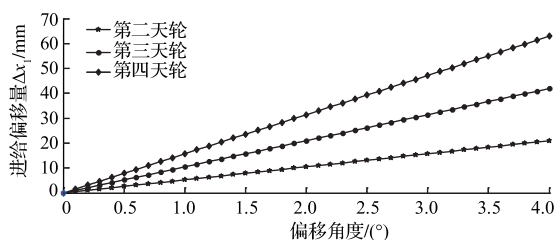


图3 刀位在不同偏角下的进给量误差

由于偏转角在 $0^\circ \sim 4^\circ$ 时, 偏转量很小, 所以误差曲线近似与直线, 车槽装置长 12000mm, 偏移角为 1° 时, 左右两端偏移距离在 20mm 以内, 实际偏移角度可以控制在 0.5° 以内。

由于偏角导致车削装置的进给方向发生偏移, 最终对绳槽单侧面车削过量, 由于偏角导致的车削误差 Δx_2 为:

$$\Delta x_2 = (h - \Delta x_1) \tan \theta_1 \quad (2)$$

式中, h 为无偏时的进给距离, mm。

根据安装流程, 计算出设计的刀头进给距离为 78.5mm, 通过与 Δx_1 联立可以求出对衬垫单侧的车削误差值 Δx_2 如图 4 所示。

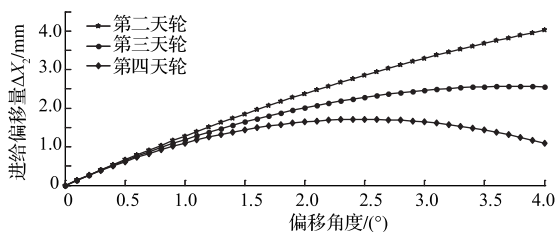


图4 单侧进给偏移

2.3 安装误差

根据安装方法, 托架通过增减垫片调整倾角, 使车削装置与天轮轴心平面保持一致, 由于缺少测量天轮轴心的工具, 在安装车削装置时进给平面会与天轮轴心平面出现偏移, 实际进刀方向与轴心方向出现偏移。车削装置倾角误差示意图如图 5 所示。安装时首先将托架固定在天轮井架的工字钢上, 车削装置最后安放, 托架在反复安装后会发生变形, 对车削装置的平行度产生影响。

图 5 中 O 为天轮轴心点, E 为车削装置安装点, F 为偏移后刀头的车削点。连接三点构成三角形根据余弦定理可以求出实际需要的进给量 h_2 :

$$h_2^2 + (h + R_1)^2 - 2(h + R_1)h_2 \cos \theta_2 = R_1^2 \quad (3)$$

式中, h_2 为实际需要进给量, mm; h 为控制进给量, mm; θ_2 为安装偏角, ($^\circ$); R_1 为天轮半径, mm。

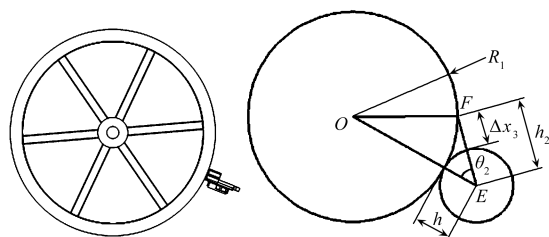


图5 车削装置倾角误差示意图

$$h_2 = \frac{2(h + R_1) - \sqrt{(2(h + R_1))^2 - 4((h + R_1)^2 - R_1^2)}}{2} \quad (4)$$

托架与天轮的安装距离是确定的, 托架对应的倾角取 $0^\circ \sim 5^\circ$, 带入式(4)可以求出进给距离的误差 Δx_3 , 如图 6 所示。

$$\Delta x_3 = h_2 - h \quad (5)$$

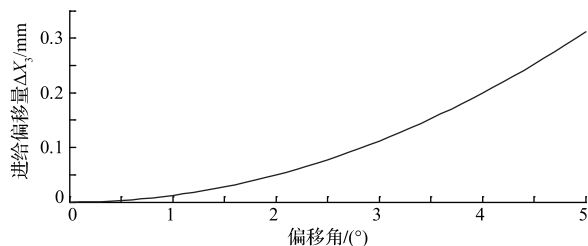


图6 进给距离的误差

2.4 天轮的制造与安装误差

根据天轮制作质量标准与流程, 天轮在制作时, 绳槽底圆直径在 1600mm 以上的天轮在制作后, 需要进行静平衡试验, 需要保证天轮转动轴线的偏心距小于 5mm。

根据天轮的种类不同, 组装后的偏差等级也不同, 其中模压天轮组装后的偏差规定见表 1。

表1 模压天轮组装偏差

绳槽底圆直径/mm	直径偏差/mm	径向圆跳动公差/mm	端面圆跳动公差/mm
3500	±6	10	10
4000	±6	11	11
5000	±7	13	13

铸钢天轮组装后轮缘基准端面对轴中心线的径向圆跳动和端面跳动应在 GB1184 规定中的 12 级精度要求以上。

3 试验结果

车槽装置在安徽省阜阳市谢桥矿进行车削试验, 使用所述的定位安装方案进行试车后的结果, 由于天轮绳槽的直径无法直接测量, 在试验结束后通过

对连接装置油缸伸长量的改变对试验结果进行分析,连接装置原始伸长量如图7所示,车削后连接装置油缸伸长量如图8所示。

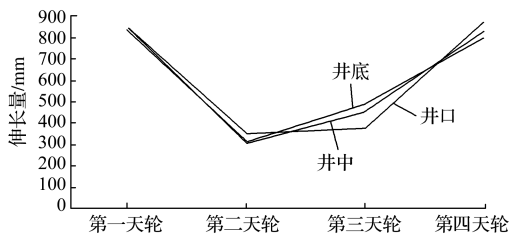


图7 连接装置原始伸长量

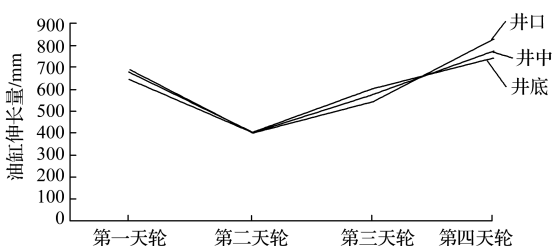


图8 车削后连接装置油缸伸长量

经过修圆试验后,油缸伸长量均值对比图如图9所示。

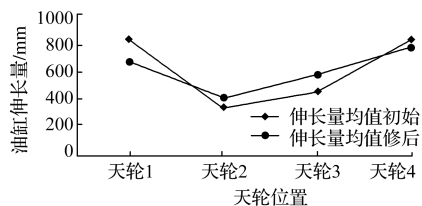


图9 油缸伸长量均值对比图

4 试验结果分析及改善方法

在试验后,各天轮连接装置的油缸伸长量都有改善,但未达到理想值,经过修整后的天轮尺寸仍存在误差。其中1号天轮相较4号天轮改善程度更高,2号天轮相较3号天轮改善程度反而较低。通过上述理论分析导致误差出现的原因因为切削装置同时发生定位和安装的误差,由于定位偏角导致的误差大于安装误差,故分析得出车槽装置的4号天轮的一端向远离天轮的一端发生偏移导致2号、3号4号天轮油缸伸长量改善程度都小于1号天轮,且4号天轮改善量最小;同时1号天轮对应的车槽装置一端在垂直方向上的偏角偏大,其中3号天轮对应的倾角与天轮轴心平面的倾角最接近,使得3号天轮的改善程度大于2号天轮。经过分析后,说明车槽装置仍有改进空间。

针对车槽装置的特点提出以下改进意见:

1) 增加在线检测系统,对天轮的直径的实时检测,在天轮绳槽内增加轮式编码器,通过测量出天轮绳槽的线速度和角速度可以直接得到天轮绳槽的直径。对于切削结果可以做到更加精确的控制。

2) 设计可微调的机床托架,与在线检测系统相结合,得到实际进给量和控制进给量的误差后,根据理论推导,可以得出导致误差的原因,通过对托架的微调可以控制更加精确的进给量,尤其是对衬垫侧面的保护,减少多余的切削损耗可以提高经济效益。

3) 针对安装环境的不同,在缺少调整空间的情况下,将在线检测系统与控制系统相连,通过误差分析模型可以手动调节进给量,达到精确的切削结果。

参考文献:

- [1] 夏华明,尹玉龙,张新,等. 煤矿提升机天轮车槽的技术研究[J]. 山东青年, 2017(4): 223-236.
- [2] 国家安全生产监督管理总局, 国家煤矿安监局. 煤矿安全规程(2016修订版)[M]. 北京: 煤炭工业出版社, 2016.
- [3] 胡志鹏, 叶迪保. 沿沟矿提升机天轮衬垫更换工艺的改进[J]. 江西煤炭技, 2012(2): 126-127.
- [4] 双永顺, 刘坤良, 张涛, 等. 多绳摩擦式提升机天轮装置故障分析及修复方案[J]. 矿山机械, 2018, 46(2): 29-33.
- [5] 杨帆, 孟国营, 吴炳胜. 多绳摩擦提升机天轮衬垫的有限元分析[J]. 煤炭工程, 2011, 43(3): 99-101.
- [6] 刘占勇. 高空修复天轮轴[J]. 有色设备, 2006(2): 43-44.
- [7] 肖伟. 多绳摩擦式提升机导向轮常见故障及处理方法的研究与应用[J]. 中国机械, 2014(6): 187-187.
- [8] 黄镇, 邵良锋. 摩擦提升机衬垫磨损行为的研究[J]. 机械设计与制造, 2016(7): 29-31.
- [9] 于永立. 提升机衬垫摩擦损伤及性能评判研究[D]. 徐州: 中国矿业大学, 2016.
- [10] 肖慧儒, 杨清柏, 何方金, 等. 矿井提升机技术改造与更新换代综述[J]. 矿山机械, 2015(3): 1-6.
- [11] 樊启柏. 立井多绳摩擦式提升机摩擦衬垫维护研究[J]. 水力采煤与管道运输, 2016(1): 81-83.
- [12] 张俊勇. 煤矿提升机滚筒的安全控制系统改造[J]. 自动化与仪器仪表, 2016(9): 89-90.
- [13] 王卫锋, 徐永福, 王成明, 等. 落地摩擦式提升机新型车槽装置设计研究[J]. 煤炭工程, 2017, 49(3): 126-128.
- [14] 双永顺, 刘坤良, 张涛, 等. 多绳摩擦式提升机天轮装置故障分析及修复方案[J]. 矿山机械, 2018(2): 55-57.
- [15] 张希强. 多绳摩擦式提升机卷筒绳槽深度检测装置的研究与应用[J]. 矿山机械, 2017(3): 70-71.
- [16] 杜波, 贾建阁, 李涛. 多绳摩擦式提升机天轮装置结构设计的改进[J]. 矿山机械, 2016(3): 29-33.

(责任编辑 赵巧芝)