

球铰接结构防拉脱改进研究

谷万森, 陈 强, 宋则良

(中航工业郑州飞机装备有限责任公司, 郑州 450005)

[摘要] 铰接结构是一种工程中常用的结构形式, 能够为机械装置提供多自由度的运动, 可以有效简化机构的复杂程度。针对铰接结构易于拉脱的问题, 提供了一种防止球铰接结构拉脱的设计结构, 经过实践检验, 可以有效解决球铰接结构拉脱问题, 提高结构的可靠性。

关键词: 抗拉; 球铰接; 防拉脱

Study on Anti-Pull-off Improvement of Ball Hinge Structure

GU Wanmiao, CHEN Qiang, SONG Zeliang

(AVIC Zhengzhou Aircraft Equipment Company Limited, Zhengzhou 450005, China)

[ABSTRACT] Ball hinge is a common form of engineering, can provide more freedom of movement, it can reduce the complexity of the organization. A new design can prevent the ball hinge from being pull-out. After practice verification, the design can effectively solve the problem and improve the reliability of ball hinge structure.

Keywords: Pull-out; Ball hinge; Anti-pull-off

DOI: 10.16080/j.issn1671-833x.2017.1/2.122

某运动机构为了保证驱动零件的受力面法向自动与从动零件承力面的法向保持一致, 采用了球铰提供足够的空间运动自由度。球铰只允许两部分绕公共球心相对转动, 限制它们 3 个方向的相对移动^[1]。

传统的球铰接结构由球窝、球头、开口挡圈 3 个零件组成, 球头与球窝的组合是通过对球窝口部材料的收口变形完成的, 结构形式如图 1 所示。

球铰的设计要求较为严格, 对结构的可靠性要求很高, 必须保证在承受拉力和压力时球头与球窝始终保持灵活运动而且不能脱离。

在使用过程中, 经常发现图 1 所示的球铰接结构在承受拉力时收口部位材料翻转变形, 造成球窝与球头脱离, 球铰接结构失效的现象, 尤其在冲击的工作环境中, 这样的现象更为频繁。

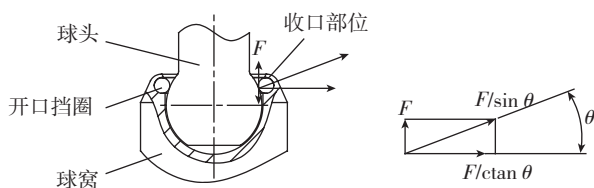


图1 传统球铰接结构

Fig.1 Traditional ball hinge structure

1 失效原因

1.1 受力分析

受收口形式的限制, 当球头和球窝之间的拉力值为 F 时, 球窝收口部位与球头之间的挤压作用力数值为 $F/\sin\theta$ 。该力的方向为沿球头和开口挡圈截面圆心的连线。由于 θ 角是锐角, $F/\sin\theta$ 的数值大于 F , 受力分析见图 2。

受力分析证明: 用数值 F 的力拉球头时, 球窝收口部位材料将承担比 F 值更大的挤压力 $F/\sin\theta$ 。力值经过放大的挤压力会造成收口部位材料翻转变形, 降低球铰接结构可靠性, 只能通过加装支撑零件或增加加强结构的方法提高强度防止材料翻转变形。

1.2 工艺性分析

传统的球铰接结构装配工艺采用滚压收口的方式, 存在以下 5 个比较明显的缺点。

(1) 承力材料不足。

为了减少滚压收口部位的材料变形抗力, 保证顺利加工, 收口部位材料的初始厚度必须减薄, 大大降低了材料的稳定性, 导致在收口中很容易出现材料失稳形成的层叠和裂纹等缺陷。为了避免加工缺陷, 必须降低变形材料的高度以提高稳定性。高度的降低再次减少了收口部位材料, 不仅削弱变形收口部位的强度, 而且

会减小图 1 所示的 θ 角度值,导致受力分析中的挤压力 $F/\sin\theta$ 数值增大,挤压方向则指向被削弱的变形收口部位,受拉力时容易失效,球窝很容易脱落^[2]。

(2) 材料回弹。

收口部位材料存在弹性变形,会在使用中缓慢释放;如果收口变形量很小,释放的弹性变形会严重影响铰接结构的可靠性。

(3) 变形材料无支撑。

收口加工无法保证尺寸结构的一致性。收口完成后,零件表面也无法进一步加工,给后续通过加装支撑零件或结构提高强度的方法增加难度。

(4) 材料无法强化。

为了保证收口变形,球窝材料收口前不能热处理强化。形成组件后,整体热处理会在配合面产生无法清理干净氧化皮、冷却介质残留物等杂质,严重影响机构的运动灵活性。通常只有对运动灵活性和精度无要求的球铰接结构方可进行整体热处理。

(5) 加工设备。

由于收口加工材料的变形抗力较大,会加速降低车床精度和专用工装。通常使用精度较低的车床收口,导致了收口部位的精度较差,降低结构可靠性。

综合以上分析,传统球铰接结构的收口工艺方式较差,承受拉力时容易拉脱,有必要优化结构,改变工艺方式,提高球铰接结构的可靠性。

2 改进方案

针对上述工艺的缺点,改进了球铰接结构形式,与传统结构形式最大的区别是:将球窝结构由整体式改成纵向分体式或者局部分体式^[3];球头装入球窝后,采用在球窝外圆加装外套的方式保持球窝形状,代替了传统的收口工艺方式。

以下是比较典型的两个结构方案。

2.1 方案一

(1) 结构形式。

采用两体式球窝结构,如图 2 所示。每个球窝块只

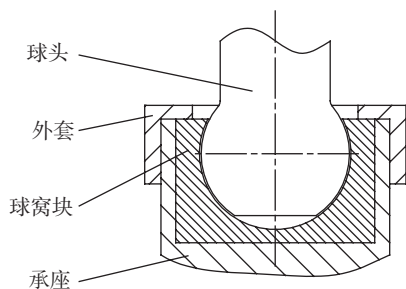


图2 两体式球窝铰接结构

Fig.3 Two-part type of spherical hinge structure

含半个完整球窝,组合后才能形成完整的球窝。

(2) 装配顺序。

装配时,首先将球头装入两件球窝块合并后形成的球窝中,然后将球窝块沿轴向装入承座的内孔中,最后在承座零件的外壁加装外套,防止球窝块从承座的内孔中脱出。

装配完成后,球窝块的径向及轴向都被可靠约束,无法分开,保证球头不能从球窝中脱出。

(3) 加工要点。

两件球窝块的外圆和内部球窝必须组合加工,高度差应控制在 0.1mm 之内。

若组合后的球窝块外圆与承座的内孔采取过盈配合,则球窝与球头应适当增加配合间隙,防止球窝被挤压,尺寸变小箍紧球头,影响运动的灵活性。

2.2 方案二

(1) 结构形式。

采用局部两体式球窝结构,如图 3 所示。将完整球窝结构的上半部切分为两半,下半部分保持连接,两半球窝的分离末端深度尺寸必须超过球窝的球心高度。装入球头后,承座零件的外壁加装外套,防止球窝口部变形张开,球头脱出。

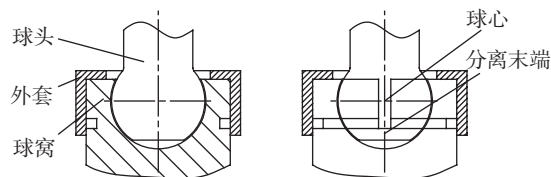


图3 局部两体式球窝铰接结构

Fig.3 Incomplete two-part type of spherical hinge structure

(2) 装配顺序。

首先将球窝的两部分向相反方向掰开,使开口变大;再将球头装入球窝内,恢复球窝原状;最后在球窝外部加装外套,完成装配。

(3) 加工要点。

若先加工球窝,再加工分离槽,球铰接结构装配完毕后,分离槽不闭合。加工简单,但是灰尘等杂质会累积在分离槽内,影响运动灵活性,适用于粉尘较少工作环境。

若先加工分离槽,再通过工装将分离槽收紧到一起加工球窝,球铰接结构装配完毕后分离槽闭合。加工相对繁琐,但是灰尘等杂质不易进入,不影响运动灵活性,适用于粉尘较多的工作环境。

3 改进方案优点

采用纵向两体式的球铰接结构,具有如下优点:(1)

球窝口部材料厚度无需减薄,结构强度不会被削弱;(2)材料不会在使用中释放弹性变形;(3)球窝口部材料有外套零件支撑,极大提高抗拉能力;(4)组装前各零件可以分别热处理强化,大大提高零件的承载能力,且配合面氧化皮、冷却介质残留等杂物方便清理,不影响机构运动灵活性;(5)安装防松外套即可完成球铰接结构的装配,操作简便,不需要使用车床和专用工装;(6)零件尺寸高度一致,容易实现批量化生产。

4 结论

经过实践证明,改进后的球铰接结构有效解决了球铰接结构的拉脱问题,提高了可靠性,具备推广应用价值。

参考文献

[1] 成亚鹏,郭瑞,韩进诚,等.大型履带行走支撑球铰接接触应力分析[J].工程机械,2011(42):15-18.
CHENG Yapeng, GUO Rui, HAN Jincheng, et al. Contact stress analysis of large crawler travel bracing ball hinge[J]. Construction Machinery and Equipment, 2011(42):15-18.
[2] 李杰,杨曙东.海水泵球铰副的结构设计及优化[J].液压与气动,2005(5):72-74.
LI Jie, YANG Shudong. Structural design and optimization of slipper Socket friction pairs in water hydraulic piston pump[J]. Chinese Hydraulics & Pneumatics, 2005(5):72-74.
[3] 谷万森,陈强,宋则良,等.抗拉型球铰接结构. CN 20405678.9 [P]. 2013-04-05.
GU Wanmiao, CHEN Qiang, SONG Zeliang, et al. Tensile type ball hinged structure: CN 20405678.9[P]. 2013-04-05.

通讯作者:谷万森,高级工程师,研究方向为航空军械结构, E-mail:guwanmiao@126.com。

(责编 大漠)

(上接第116页)

应用,2013(4):62-64.

LI Ke. The AGATE program and American general aviation composite[J]. Hi-tech Fiber & Application, 2013(4):62-64.

[14] 周正刚,张宝艳.真空袋成型复合材料体系固化动力学及性能研究[J].纤维复合材料,2009(2):10-12.

ZHOU Zhenggang, ZHANG Baoyan. Investigation on the cure kinetics and properties of a vacuum-bag-only composite systems[J]. Fiber Composites, 2009(2):10-12.

[15] 潘荣华,宋国栋,杨学永.无人机复合材料结构和制造工艺[J].南京航空航天大学学报,2009(41):120-122.

PAN Ronghua, SONG Guodong, YANG Xueyong. Composite material structure and manufacturing processes of UAV[J]. Journal of Nanjing University of Aeronautics & Astronautics, 2009(41):120-122.

[16] Agate laminate material qualification of T700G/#2510, 150 g/m², unidi-rectional Tape/T700s/#2510, 190 g/m²[S].

[17] 李鹏,杨小平.碳纤维/乙烯基树脂单向复合材料拉挤工艺研究[J].玻璃钢/复合材料,2013(1):36-38.

LI Peng, YANG Xiaoping. Investigation on the pultrusion technology of carbon/vinylester composite[J]. Fiber Reinforced Plastic/Composites,2013(1):36-38.

[18] 赵渠森,谢富源.先进复合材料手册[M].北京:机械工业出版社,2003:1318-1320.

ZHAO Qusen, XIE Fuyuan. Advanced composite handbook [M]. Beijing: Mechanical Industry Press, 2003: 1318-1320.

通讯作者:肖军,南京航空航天大学材料科学与技术学院教授,博士生导师,主要研究方向为先进复合材料设计、制造及自动化装备技术研究, E-mail: j.xiao@nuaa.edu.cn。

(责编 大漠)

(上接第121页)

[7] 粟时平,李圣怡,王贵林.基于空间误差模型的加工中心几何误差辨识方法[J].机械工程学报,2002,38(7):121-125.

SU Shiping, LI Shengyi, WANG Guilin. Identification method for errors of machining center based on volumetric error model[J]. Chinese Journal of Mechanical Engineering, 2002, 38(7):121-125.

[8] 粟时平,李圣怡.五轴数控机床综合空间误差的多体系统运动学建模[J].组合机床与自动化加工技术,2003(5):15-18.

SU Shiping, LI Shengyi. Modeling the volumetric synthesis error of 5-axis machine tools based on multi-body system kinematics[J]. Modular Machine Tool & Automatic Manufacturing Technique, 2003(5):15-18.

[9] 李琳,冯美君.五轴数控机床几何误差的建模与补偿技术[J].新技术新工艺,2014(1):18-22.

LI Lin, FENG Meijun. Modeling and compensation technique for geometric errors of five-axis CNC machine tools[J]. New Technology & New Process, 2014(1):18-22.

[10] 凡志磊.五轴数控机床误差综合建模与测量技术[D].上海:上海交通大学,2011.

FAN Zhilei. Five axis NC machine tool error modeling and measurement technology [D]. Shanghai: Shanghai Jiao Tong University, 2011.

[11] 任永强,杨建国,窦小龙,等.五轴数控机床综合误差建模分析[J].上海交通大学学报,2003,37(1):70-75.

REN Yongqiang, YANG Jianguo, DOU Xiaolong, et al. Analysis on the error synthesis model of a five-axis machine center[J]. Journal of Shanghai Jiaotong University, 2003, 37(1):70-75.

[12] HSU Y Y, WANG S S. A new compensation method for geometry errors of five-axis machine tools. International Journal of Machine Tools and Manufacture, 2007,47(2):352-360.

[13] LEI W T, HSU Y Y. Accuracy enhancement of five-axis CNC machines through real-time error compensation[J]. International Journal of Machine Tools and Manufacture, 2003, 43(9):871-877.

通讯作者:沈建新,教授、博士生导师,研究方向为数字化设计制造、飞机柔性装配技术, E-mail: cadatc@nuaa.edu.cn。

(责编 大漠)