五轴头C轴双力矩电动机同步驱动改进设计

高秀峰
沈阳机床（集团）设计研究院有限公司　辽宁沈阳　110142

摘要：针对五轴头*C*轴分度精度略低于*B*轴、轴向长度偏长及质量偏大的问题，将*C*轴双力矩电动机同步驱动方案由并联改进为串联。改进后*C*轴分度精度由8″提高到了6″，轴向长度由723mm缩短为660mm，质量减小了50kg。

关键词：五轴头；*C*轴；力矩电动机；改进设计

1　序言

五轴头是中大规格五轴联动加工中心的核心功能部件，主要用于加工具有复杂曲面的大型精密零部件，常用于航空航天、船舶、发电、军工及大型模具等行业，当前国内各大机床主机企业的五轴头主要依赖进口。因此，对五轴头进行研制开发，进而完成国产化、产业化，替代进口同类产品，具有极其重要的意义。

近年来，我公司在国家“高档数控机床与基础制造装备”重大专项的支持下，研制了双外转子力矩电动机同步驱动的五轴头。

尽管我公司研制的五轴头各项技术指标均符合当前用户的使用要求，但在应用过程中，发现*C*轴分度精度略低于*B*轴。当前*C*轴分度精度是8″，*B*轴分度精度是5″，此外*C*轴轴向长度偏长、质量偏大。针对上述这些实际问题，我公司成立了专门技术攻关团队对*C*轴进行改进优化。

2　*C*轴原设计结构组成及有限元分析

（1）*C*轴原设计结构组成　图1为*C*轴原设计结构。*C*轴由双外转子力矩电动机同步驱动，双力矩电动机布置形式为并联。上方力矩电动机通过隔套将电动机转矩传递到轴承联接盘和*C*轴联接盘；下方力矩电动机直接将电动机转矩通过轴承联接盘传递到*C*轴联接盘。*C*轴联接盘通过止口及螺钉与*B*轴联接。为了尽量靠近滑枕端面与*B*轴的主轴鼻端，YRT转台轴承布置在*C*轴下部，该轴承内圈外圆周集成了编码器，考虑到*C*轴整体轴向长度较长，在*C*轴上部布置了一个带径向预紧的圆柱滚子轴承。由于*B*轴有多路水、液、气需要通过*C*轴，因此在*C*轴内部设计了配油环，并在配油环内部布置了多路旋

局部尖角、毛刺，仍需要打磨处理，但是打磨量极其微小。

5. 结束语

生产实践证明，导电杆焊缝加工装置工作时稳定可靠，加工效果非常好，焊缝加工效率提高40%，大幅降低了劳动强度，达到了预期的目标。

参考文献：

[1] 孙恒，陈作模．机械原理[M]．北京：高等教育出版社，2000.
[2] 成大先．机械设计手册[M]．北京：化学工业出版社，2003.
[3] 方喜风，刘胜龙．铝合金车体焊缝打磨的研究[J]．机车车辆工艺，2008（4）：20-21.
[4] 王晓强，王帅军，刘建亭．基于MATLAB的IRB2400工业机器人运动学分析[J]．机床与液压，2014（3）：40，54-57.
[5] 韦锦，蒙艳玖，董振，等．绿篱苗木修剪机械手运动学分析及仿真[J]．广西大学学报（自然科学版），2015（3）：622-628.

MW 20201228

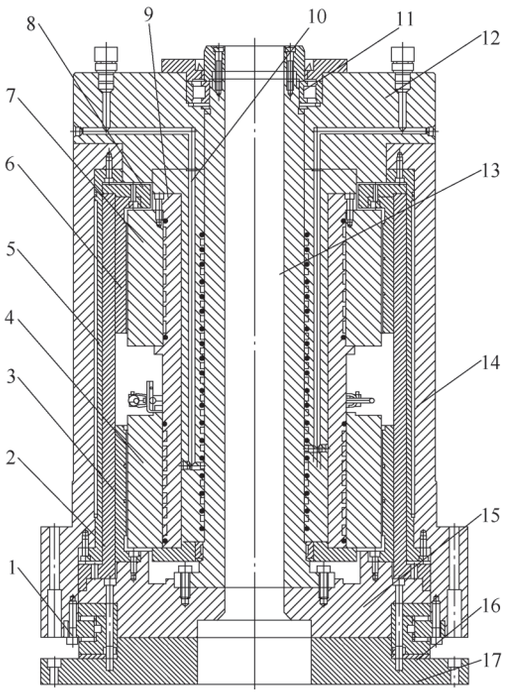


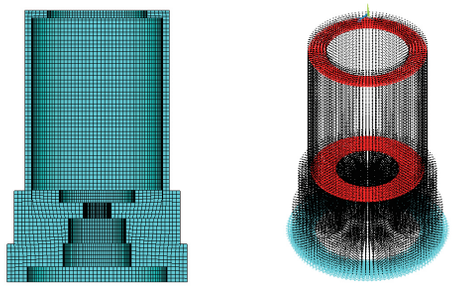
图1　五轴头*C*轴原设计结构

1—YRT转台轴承　2—隔套　3—下转子　4—下定子
5—液压抱闸　6—上转子　7—上定子　8—上转子联接盘
9—定子水冷套　10—配油环　11—圆柱滚子轴承
12—上端盖　13—心轴　14—*C*轴壳体　15—轴承联接盘
16—垫片　17—*C*轴联接盘

转格莱圈，旋转格莱圈的应用解决了多路水、液及气由旋转到静止的问题。为了实现五轴头的大转矩定角度分度加工，设置了专门的液压抱闸来实现定角度夹紧。当定角度夹紧时，液压抱闸直接夹紧隔套的外圆周。由于隔套的轴向长度较长，因此液压抱闸的轴向长度也较长。

通过对*C*轴原设计结构组成的分析，隔套的轴向长度达479mm，这可能是导致*C*轴分度精度较差的原因。下文通过ANSYS对*C*轴传动转矩部分进行专门分析，为*C*轴的改进优化提供理论依据。

（2）*C*轴原设计有限元分析　对*C*轴传动转矩部分进行扭转变形静力学分析，约束*C*轴联接盘的6个方向自由度，扭转载荷分别加载在轴承联接盘与隔套的上端面。其中，轴承联接盘上端面的载荷用于模拟下转子传递的转矩；隔套上端面的载荷用于模拟上转子传递的转矩。*C*轴上方与下方电动机的峰值转矩均是1197N·m，*C*轴传动转矩部分的有限元模型与加载模型如图2所示。



a）有限元模型　　b）加载模型

图2　*C*轴原设计传动转矩部分

对*C*轴传动转矩部分进行扭转变形静力学分析，结果如图3所示。隔套外径为360mm，将扭转变形的最大周向变形转换为角度变形：$0.003082/180\times180/\pi\times3600=3.53''$。

从图3可以看出，由于隔套的扭转变形在整个传动转矩部分中占比很大，因此减少隔套的扭转变形，将会极大地提高整个传动转矩部分的扭转刚度与*C*轴的分度精度。

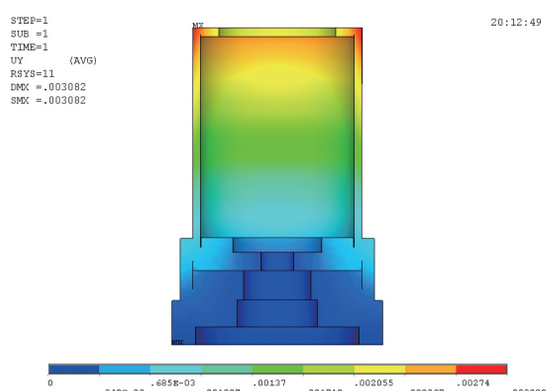


图3　*C*轴原设计传动转矩部分扭转变形

3　*C*轴改进设计结构组成及有限元分析

（1）*C*轴改进设计结构组成　由图1可以看出，*C*轴原设计中采用双力矩电动机并联的方案，并联的设计直接导致了隔套的长度较长，若能将隔套的长度缩短，则能有效地提高整个传动转矩部分的扭转刚度与*C*轴的分度精度。

在*C*轴的改进设计方案中，将上方电动机翻转，上转子与隔套的联接由上方转移到下方，该种联接方式将直接使隔套的轴向长度由479mm大幅缩短为274mm。同时，整个*C*轴轴向长度由723mm缩短为660mm。该种双力矩电动机布置方式为串联方案，结构如图4所示。

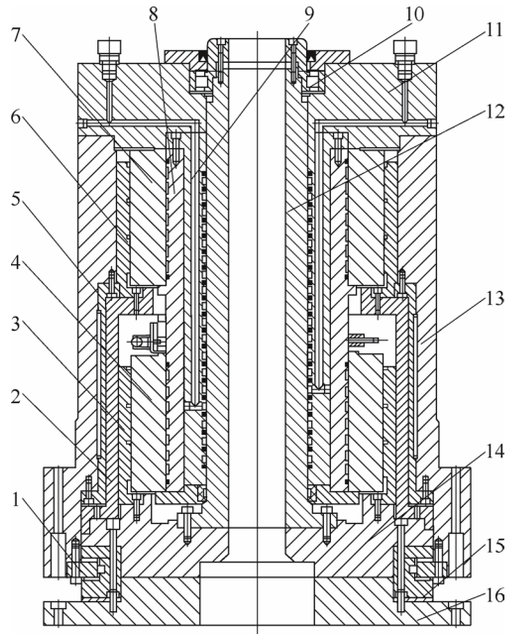
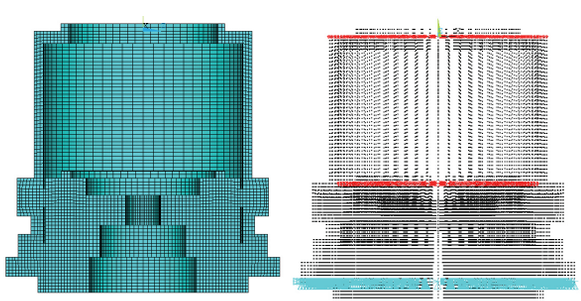


图4　五轴头*C*轴改进设计结构

1—YRT转台轴承　2—隔套　3—下转子　4—下定子
5—液压抱闸　6—上转子　7—上定子　8—定子水冷套
9—配油环　10—圆柱滚子轴承　11—上端盖　12—心轴
13—*C*轴壳体　14—轴承联接盘　15—垫片　16—*C*轴联接盘

（2）*C*轴改进设计有限元分析　采用与*C*轴原设计相同的约束方式与加载方式，对改进设计方案进行有限元分析。改进设计传动转矩部分有限元模型与加载模型如图5所示。



a）有限元模型　　b）加载模型

图5　*C*轴改进设计传动转矩部分

对*C*轴传动转矩部分进行扭转变形静力学分析，结果如图6所示。隔套外径为360mm，将扭转变形的最大周向变形转换为角度变形：0.001803/180×180/π×3600＝2.07″。

通过对比图3与图6可以看出，将双力矩电动机由并联布置改进为串联布置，不仅大幅缩短了隔套的轴向长度，同时整个传动转矩部分的扭转变形由

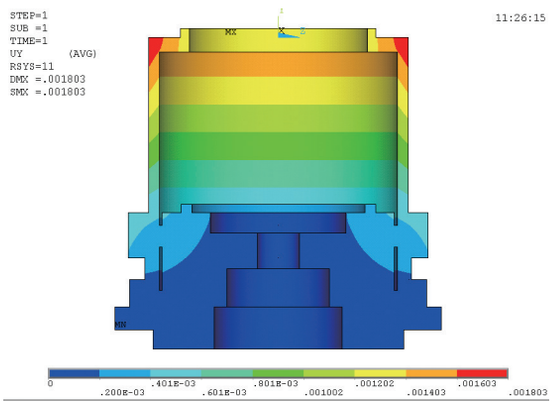


图6　*C*轴改进设计传动转矩部分扭转变形

3.53″减小为2.07″。

4　结束语

1）经过对改进后*C*轴的现场检测，*C*轴分度精度由8″提高到了6″，*C*轴轴向长度由723mm缩短为660mm，*C*轴质量减小了50kg。

2）生产实践证明了五轴头*C*轴双力矩电动机同步驱动改进设计的正确性，为我公司五轴联动加工中心联动精度的不断提高打下了坚实的基础。

参考文献：

[1] 高秀峰，刘春时，李焱，等．立式双摆角铣头几何误差数学建模与解耦研究[J]．制造技术与机床，2011（12）：111-114.

[2] 高秀峰，李焱．*A*/*C*轴双摆角铣头共性关键技术研究[J]．机床与液压，2011，39（22）：8-13.

MW 20201210

欢迎关注微信公众号：机工刀具世界

“机工刀具世界”定位于指导制造企业一线技术员工如何合理选择和使用数控刀具，介绍数控刀具使用技巧。关注刀具行业最新技术进展，为广大制造企业推荐先进、实用数控刀具产品。

扫描二维码即可关注！