

铣车复合加工中心热变形研究

张彬, 金莹, 王丹红

(咸阳职业技术学院机电学院, 陕西 西咸新区 712046)

摘要: 本文以铣车复合加工中心为研究对象, 对其进行了热—结构耦合有限元分析, 同时以热—结构耦合有限元模型为载体, 利用热态信息链法定量计算出了各零部件对主轴轴端热位移影响的大小和方向。研究表明: 1. 加工中心最大热变形量为 $108\mu\text{m}$, 且出现在主轴后轴承处; 2. 主轴系统和刀架对加工中心轴端热位移影响最大。其中, 刀架主要影响径向热误差, 使得轴端向X向产生 $-18.52\mu\text{m}$ 热位移, 向Y向产生 $26.74\mu\text{m}$ 热位移。主轴系统主要影响轴向热误差, 使得轴端向Z向产生 $-55.48\mu\text{m}$ 热位移。研究结果为减小机床热变形的实施提供理论依据。

关键词: 热变形; 有限元分析; 热态信息链;

中图分类号: TG65

文献标识码: A

文章编号: 2019-SY035-(2020)04-003

0 引言

机床在加工时, 受到内部热源和外部热源的共同影响使得各个零部件产生不同程度的温升, 进而在零部件内部产生不同程度的热应力, 热应力就会驱使零部件产生不同程度的热变形, 受装配约束关系的限制, 会导致刀尖与工件的原始相对位置发生偏移, 最终引起热误差^[1]。研究表明: 在先进制造领域, 由机床热变形引起的误差已经占到了机床总误差的70%左右^[2]。因此, 对机床热变形的研究对减少机床加工误差尤为重要。

本文以某企业生产的铣车复合加工中心为研究对象, 对其进行热—结构耦合有限元分析, 文章《铣车复合加工中心热特性研究》中已对加工中心的温度场进行了有限元分析^[3], 本文将温度场计算结果作为载荷施加到结构分析中, 求解加工中心热变形场。同时, 以加工中心热—结构耦合有限元模型为载体, 利用热态信息链法挖掘各部件对加工中心轴端热位移的影响大小。

1. 加工中心热—结构耦合有限元分析

将加工中心温度场作为载荷, 同时施加约束条件, 进行热—结构耦合有限元分析, 得到加工中心

热变形云图如图1所示。

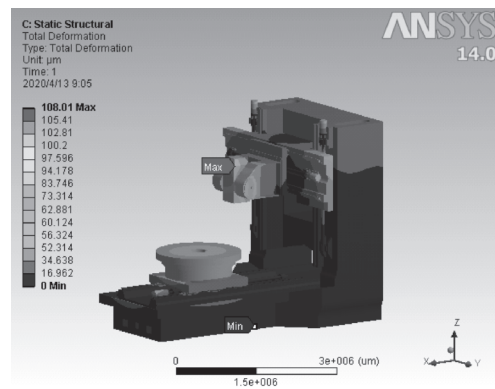


图1 加工中心热变形云图

从图1可知, 最大热变形点出现在主轴后端, 为 $108\mu\text{m}$ 。床身基本保持不变, 立柱上端有一定热变形, 横梁呈端部变形量大中间变形量小趋势, 与横梁温度场分布基本一致, 刀架右端受摆头力矩电机发热产生变形的影响, 导致其变形大于刀架左端, 转台受力矩电机定转子发热影响, 使其中间变形量大, 边缘变形量小, 表现为向上凸起。

主轴壳体热变形表现为前端变形量大, 后端变形量小, 为了能看清主轴内部各部件热变形情况, 对主轴系统进行热—结构耦合有限元分析, 得到主轴系统热变形云图如图2所示, 主轴系统Z向热变形云图如图3所示。

收稿日期: 2020-12-01

作者简介: 张彬(1988—), 男, 陕西咸阳人, 硕士, 助教, 主要研究方向为先进制造技术。

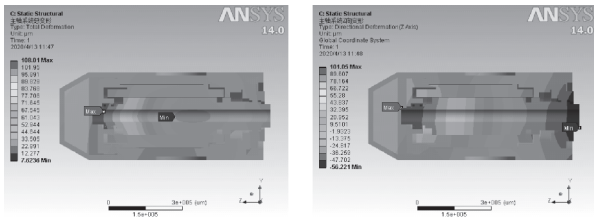


图2 主轴系统热变形云图 图3 主轴系统Z向热变形云图

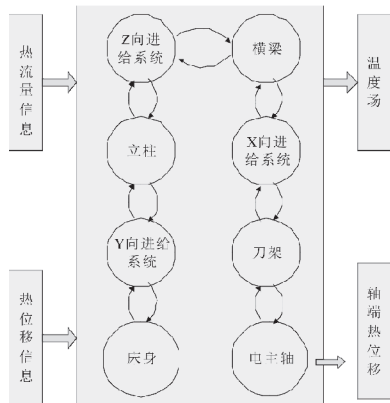
从图2可知, 主轴系统热变形表现为两端变形量大, 中间变形量小, 且最大热变形点出现在主轴后轴承处, 为108. μm 。从图3可知, 主轴系统Z向热变形表现为受热向两端伸长, 且最大热变形点出现在主轴后端, 为101 μm , 而主轴前端变形量为负, 表现为向前伸长约56 μm 。

2 加工中心热态信息链

加工中心热误差是由所有零部件受热变形综合影响而造成的, 零部件受热变形主要表现为拉伸、扭曲、弯曲等, 而这些变形受整体装配约束关系会在零件之间进行叠加、抵消等, 最终会反映到主轴前端部造成热误差。因此, 主轴前端部的热位移包含主轴自身热变形造成的热位移和其他零件热变形按装配关系传递到轴端造成的热位移两部分。

从加工中心热变形云图可以知道所有零部件热变形综合作用下的轴端热位移大小, 但是无法知道每个零部件影响轴端热位移的大小, 无法有针对性的减小热误差。因此, 本文将建立铣车复合加工中心的热态信息链来探究各零部件影响轴端热位移的大小。

2.1 热态信息拓扑结构



将每个零部件作为一个处理热流量和热位移的节点, 每个节点接收上一个节的热信息并通过自身处理, 将新的热信息传递到下一个节点, 最终传递

到主轴端部, 表现为轴端热位移。将加工中心拆分成基础部件: 床身、立柱、横梁, 进给系统: X向、Y向、Z向, 主轴系统及刀架, 然后按照装配约束关系组合, 得到整机热态信息拓扑结构如图4所示。

2.2 热态信息挖掘方法

将整机热—结构耦合有限元模型作为加工中心热态信息链的载体, 通过在软件中设定部分零部件的热膨胀系数为0, 使其热变形为0, 那么就可以认为轴端热位移是由未设定膨胀系数为0的那部分零部件的热变形通过装配约束关系叠加而来。具体思路: 在热—结构耦合有限元分析中, 一次只维持一个节点的零部件材料属性不变, 将剩余所有节点零部件热膨胀系数调整为0 (材料其他属性不变), 此时轴端热位移仅由该节点的零部件热变形造成。逐个计算每个节点单独作用下的轴端热位移大小就能挖掘出每个零部件对轴端热位移的影响大小。

3 各零部件对轴端热位移影响大小计算

上文将整机按结构拆为8个零部件, 即为8个热态信息节点, 令每个节点单独作用时产生的轴端热位移为 $e_i (i=1,2,\dots,8)$ 。

(1) 令 $n=i (i=1,2,\dots,8)$, 计算节点单独作用下轴端热位移 e_i ;

(2) 在ANSYS Workbench中添加新材料, 设置热膨胀系数为0, 材料其余属性不变;

(3) 用新材料代替剩余节点零部件材料;

(4) 计算第 i 节点单独作用下加工中心热位移场, 并提取主轴下断面中心一处的热位移 e_i 作为 i 节点零部件单独作用下的轴端热位移。

按照以上方法, 分别计算 $e_1 \sim e_8$, 得到各零部件对轴端热位移的影响大小如表1所示。

表1 各零部件对轴端热位移的影响大小

零部件	轴端热位移 (μm)		
	X 向	Y 向	Z 向
e_1 : 床身	0.03	0.30	-0.28
e_2 : Y 向进给系统	0.59	0.42	-0.10
e_3 : 立柱	-0.39	-2.60	6.84
e_4 : Z 向进给系统	0.04	3.08	-0.46
e_5 : 横梁	-0.89	4.10	6.45
e_6 : X 向进给系统	3.16	5.43	-0.46
e_7 : 刀架	-18.52	26.74	-10.81
e_8 : 主轴系统	9.10	-7.74	-55.48
合计	-6.89	29.73	-54.30

从图1的加工中心热变形云图中提取主轴前端面处一点热位移(X, Y, Z)为(-7.74, 31.45, -56.22), 而此时的轴端热位移由所有零部件共同引起, 将此数据与表1合计栏数据(-6.89, 29.73, -54.30)进行对比发现, 计算误差为(-0.85, -1.72, -1.92), 可知该方法计算精度较高, 最大误差为1.92 μm。

为了直观对比, 将表1中数据绘制成柱状图如图5—图8所示。

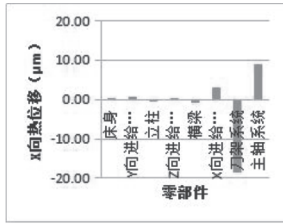


图5 零部件对X向热误差影响

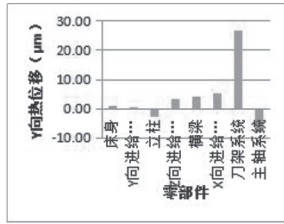


图6 零部件对Y向热误差影响

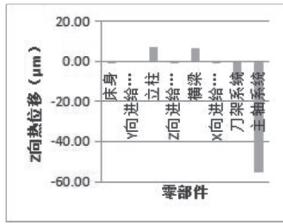


图7 零部件对Z向热误差影响

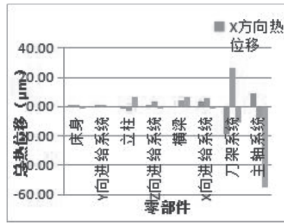


图8 零部件对机床热误差影响

结合表1和图5—图8可知: 主轴系统和刀架对加工中心轴端热位移影响最大。其中: 刀架主要影响径向热误差, 使得轴端向X向产生-18.52 μ

m热位移, 向Y向产生26.74 μm热位移; 主轴系统主要影响轴向热误差, 使得轴端向Z向产生-55.48 μm热位移。

4 结语

本文以铣车复合加工中心为研究对象, 对其进行了热—结构耦合有限元分析, 求解出了加工中心的热变形云图, 得出加工中心最大热变形量为108 μm。同时, 以加工中心热—结构耦合有限元模型为载体, 利用热态信息链法对各部件影响加工中心轴端热位移大小进行了挖掘。得出以下结论: 主轴系统和刀架对加工中心轴端热位移影响最大, 且刀架主要影响径向热误差, 主轴主要影响轴向热误差。

参考文献

[1]郝国庆,张丽娟,刘胜民.机床的热误差产生及补偿方法. 民营科技..2014(01):43-115
 [2]邵灵芝.五轴联动龙门加工中心热变形分析及结构优化 [D].东南大学,2017.
 [3]张彬,金莹,王丹红,铣车复合加工中心热特性研究[J].内燃机与配件,2020(18):103-104.

[责任编辑 王军利]

(上接第11页)

注: 本文系甘肃省教育科学“十三五”规划2019年度重点课题《音乐教育促进小学生心理健康发展的实践研究》成果之一, 课题立项号: GS[2019]GHBZ104

参考文献

[1]潘盈盈.音乐教育中情感教育的实施浅析[J].黄河之声,2018,19: 91.
 [2]李秀君.小学生不良情绪的表现和指导[J].新教育时代电子杂志,2019,13:143.

[责任编辑 王军利]