

五轴混联加工机器人是支撑高效切削加工的关键装备。然而，理想条件下的混联机构并不等于工程应用中的混联装备，要实现五轴混联加工单元在不确定参数、非理想关节等实际条件下的真实性能有效评估与多性能目标协同优化极具挑战。为此，1) 提出计及不确定性参数的区间静刚度建模与评估方法。通过契比雪夫扩张函数将难以描述的不确定性问题转化为确定性区间运算，实现静刚度有效建模。由区间宽度定义物理意义明确的区间扩张灵敏度指标，量化实际静刚度与理想值的偏离情况。2) 提出综合考虑结构柔性及关节效应的弹性动力学建模与评估方法。通过概率密度函数建立关节间隙运动模型，实现对实际关节效应的量化表征。结合变形协调条件和碰撞检测建立接触/摩擦力分解模型，实现关节效应与动力学模型的有效融合，为动力学结构强化提供机理模型支撑。3) 提出融合自适应代理模型与决策模型的多目标均衡优化设计方法。实现混联加工单元的动力学多目标优化设计与均衡决策，得到兼顾动力学性能提升与运动部件轻量化需求的结构设计参数。据此，设计并搭建了一台新型五轴混联加工单元样机，实验研究表明样机性能指标符合设计预期，可用于复杂结构件的五轴联动切削加工。