

机床动力学建模与仿真

沈磊¹, 丁晓红²

1. 机械工程学院, 上海理工大学, 上海市

2. 机械工程学院, 上海理工大学, 上海市

简介: 针对某机床(如图1)动态性能不足, 对整机进行结构优化, 首先需要建立准确、有效的机床有限元动力学模型。据文献统计^[1], 60%–80%的刚度、90%左右的阻尼由各种结合部决定。因此建立机床动力学模型的难点在于确立结合部的特性。利用整机模态测试数据, 借助Solid Mechanics模块和Optimization模块可以很好地完成机床的建模仿真。

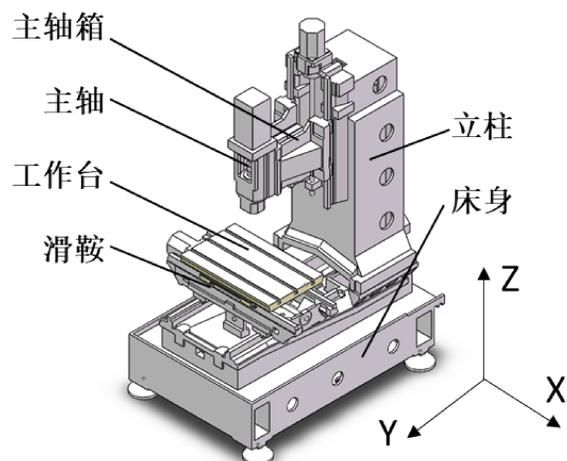


图1. 机床结构示意图

计算方法: 借助Solid Mechanics模块进行机床的动力学建模, 将整机的结合部简化(如图2), 添加一致对来模拟各个结合部, 并给定初始的弹簧基础的刚度值 K_i 。然后利用Optimization模块建立优化数学模型, 将简化结合部的刚度值作为设计变量, 优化目标是让COMSOL软件得到的整机固有频率接近于实验得到的固有频率, 以此得到机床结合部准确的刚度值。

$$M\ddot{X} + C\dot{X} + KX = F(t)$$

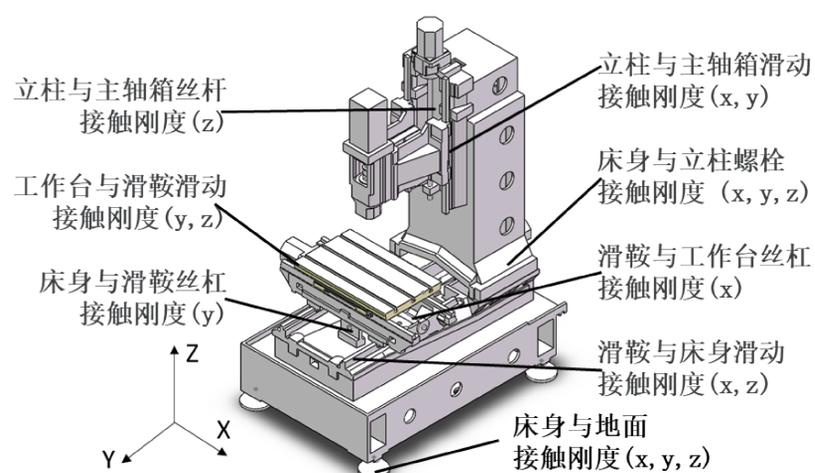


图2. 整机动力学建模

结果: 优化后得到结合部的刚度值, 并将实验测试的模态振型与COMSOL软件仿真的模态振型进行比较(如图3), 其振型较为一致, 同时仿真与实验的固有频率较为接近(如表1), 因此建立的有限元动力学模型较为准确。

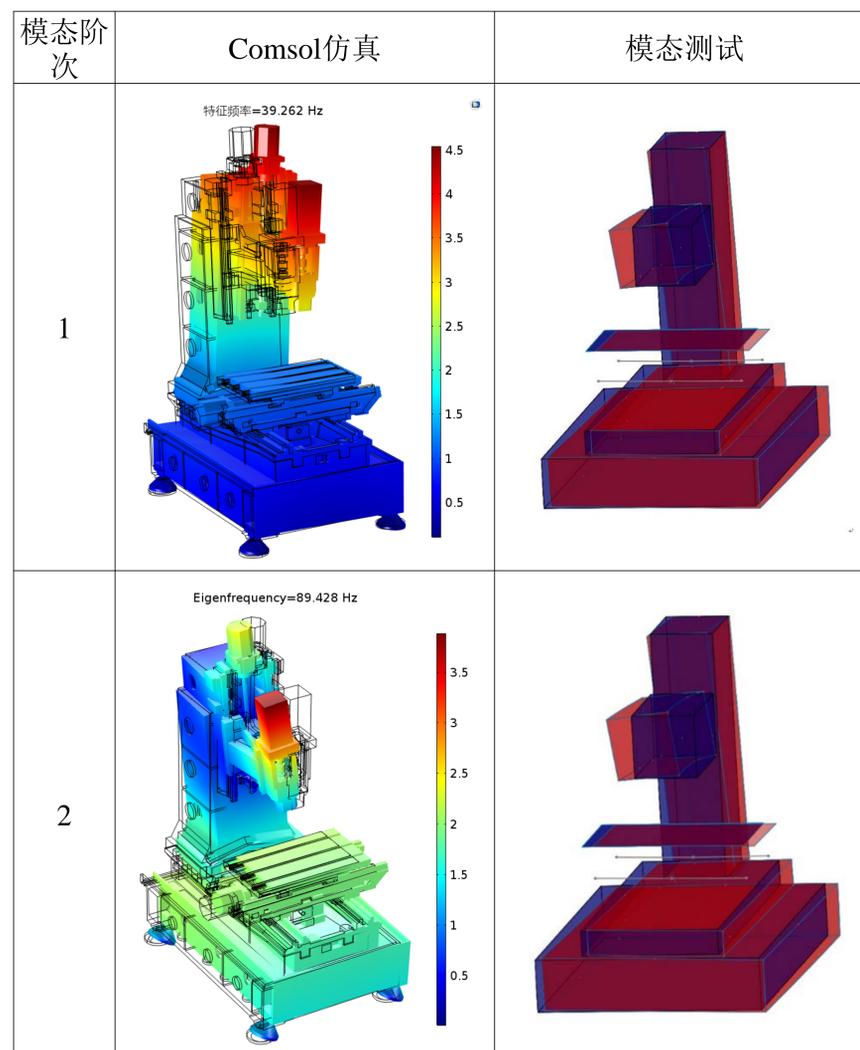


图3. 仿真与实验前2阶模态振型对比

模态阶次	实验/Hz	仿真/Hz	误差/%
1	37.4	39.3	5.0%
2	89.3	89.4	0.1%
3	98.3	99.7	1.4%
4	134	132.0	1.5%
5	160.8	147.8	8.1%

表1. 仿真与实验前5阶固有频率对比

结论: 借助COMSOL软件并结合实验测试数据, 建立了较为准确和有效的机床整机动力学模型, 并得到了准确的各结合部刚度值, 为后续机床的分析和优化建立了很好的基础。

参考文献:

1. G.P. Zhang, Y.M. Huang, W.H. Shi, W.P. Fu, Predicting dynamic behaviours of a whole machine tool structure based on computer-aided engineering, International Journal of Machine Tools & Manufacture, 43 (2003) 699-706.