

FEA 在 XH786A 结构设计中的应用

连云港市灌南教育中心
东南大学机械工程系
江苏无锡职业技术学院

(江苏 222500)
(南京 210096)
(214031)

蒋素清
周如俊
蒋红平

数控机床结构设计时,仅满足静刚度的要求是不够的,还应满足动态特性,即机床机构的固有频率与激振频率相重合,应具有较高的动刚度和较大的阻尼,使机床机构在受迫振动时振幅较小。本文以 XH786A 数控机床机构为例,介绍利用 Pro/E 建模,通过 ANSYS 分析机床机构固有频率、振形及动态特性。

1. Pro/E 建模

当今, CAD 和 CAE 这两个领域具有代表性的应用软件分别是 Pro/E 和 ANSYS。Pro/E 拥有强大的实体和曲面造型功能,而 ANSYS 具有完善的有限元分析功能,且 Pro/E 和 ANSYS 能够完全接口,因此,在这里选用 Pro/E 进行有限元建模,然后将模型导入 ANSYS 进行有限元分析。

(1) 通过 Pro/E 建立的 XH786A 数控机床,如图 1 所示。

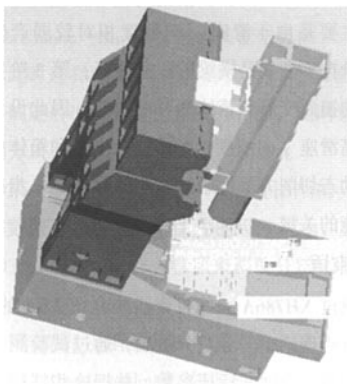


图 1 整机模型

(2) 用 Pro/E 的造型模块完成 XH786A 的三维造型,注意单位设置, ANSYS 中的有限元模型虽然是无量纲,但在 Pro/E 中设置材料属性的 E 、 I 时,采用的长度单位是 mm,而 ANSYS 默认的是 m。因此在 Pro/E

中设置杨氏模量、泊松比及密度等一定要注意换算,属性设置如图 2。

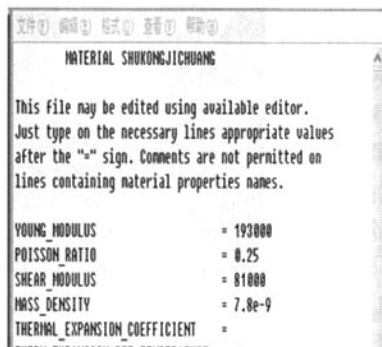


图 2 属性设置

(3) 模型导入 ANSYS 进行有限元分析,并进行网格划分,如图 3。

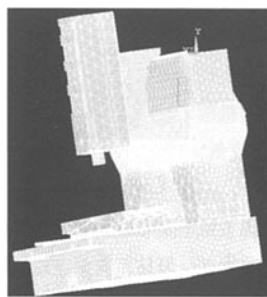


图 3 网格划分

2. 固有频率及振型分析

数控机床结构是个连续体,质量和弹性都是连续分布的,所以应具有无穷多个自由度,也就是无穷多阶模态。但是该机床的设计最高工作转速为 10 000r/min,因此作用在机床上的激振力频率一般都不高,因而只有最低几阶模态的固有频率才有可能与激振频率重合或接

近;高阶模态的固有频率已远高于可能出现

的激振力的频率,一般不可能发生共振,对于加工质量的影响不大。所以只需研究机床的低阶模态。对原机床整机的有限元模型进行模态

分析,得系统前 20 图 4 整机第 1 阶振型 (频率 57.65Hz)

阶固有频率和振型。其中能明显表现出机床动态特性的是第 1、2、3 阶振型,这三阶固有频率与振型如图 4、图 5 和图 6 所示。

模态分析结果可以看出第 1 阶模态主要是整机的 y 向摆动。横梁、滑板 and 箱体等部件作为一个刚体在滑座与立柱组成的基础件上作横向摆动。主振系统是滑座和立柱,因此固有频率取决于滑座和立柱的 y 向刚度。整机摆动的固定频率较低,为 57.65Hz。

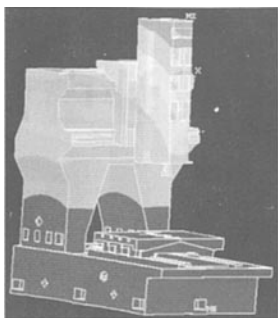


图 4 整机第 1 阶振型 (频率 57.65Hz)

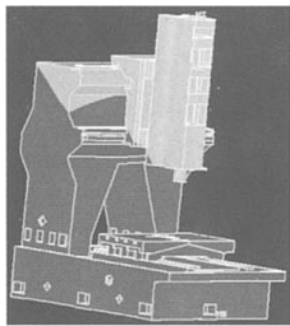


图 5 整机第 2 阶振型 (频率 85.96Hz)

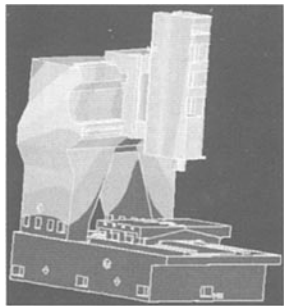


图 6 整机第 3 阶振型 (频率 119.5Hz)

第 2 阶模态主要是横梁的扭曲与弯曲变形。主振系统为横梁。振动特点是刀具部位 x 、 z 方向的振动幅值很大,并且与箱体的伸出长度成正比。固有频率为 85.65Hz。

第 3 阶振型主要是横梁的扭曲变形和箱体的弯曲变形。主振系统为横梁与箱体。固有频率为 119.5Hz。

3. 动态特性 (谐响应分析)

模态分析可得到整机各阶振型和固有频率,但这仅表示机床各部位的相对振动情况,而外力激励下各阶振型对整机振动作用大小是不同的,因此对整机进行谐响

应分析就能更清楚地看出在动态干扰激励下机床结构的抗振性能。在原整机有限元模型安装刀具部位加一 x 、 y 、 z 分力幅值均为 1000N 的简谐力。

根据模态分析得到的机床动态特性,以及实际工况下激振力频率,设置简谐力频率在 40~140Hz 范围,用该简谐力对整机激振。图 7 所示为该频段简谐力激励下机床刀具的振动响应,这是衡量机床动态性能的重要指标。

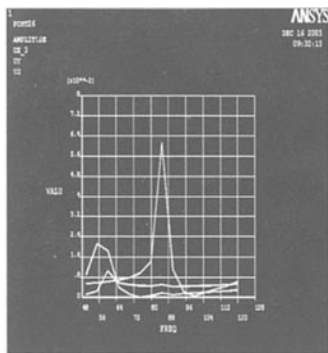


图 7 原整机结构谐响应分析结果

从原整机模型谐响应分析结果可以看出,在动态切削力激励下第 1、2、3 阶模态容易被激发,在这三阶模态下整机动刚度分别为 $6.19 \times 10^4 \text{ N/mm}$ 、 $2.34 \times 10^4 \text{ N/mm}$ 和 $3.18 \times 10^4 \text{ N/mm}$,与静力分析得到的整机静刚度 $k = 3.53 \times 10^5 \text{ N/mm}$ 相比小很多,因此这几阶振型对整机动态性能影响最大,并且在实际加工过程中机床的性能主要由其动态特性决定。结合模态分析可认为,第 1 阶振型主要是由于滑座 y 向刚度相对较弱产生的变形;第 2 阶振型主要是横梁的扭曲变形;第 3 阶振型主要是横梁的扭曲变形和箱体的弯曲变形。因此设计中如何适当提高滑座 y 向刚度、横梁抗扭刚度和箱体抗弯刚度,减小动态切削力下机床的这些变形是进一步提高机床动态性能的关键。

4. 结束语

这里通过 XH786A 数控机床机构介绍 FEA 的应用,采用模态分析理论中的分量分析法,通过试验测试的途径得到机床各结合面的特征参数,并把这些特征参数用于原整机结构有限元建模中,得到较精确的原整机结构有限元模型,对得到的该有限元模型进行模态和谐响应等分析,得到数控机床机构结构的动态特性。

(收稿日期:20060620)