

水切割机床横梁立柱有限元分析及优化

徐 丹

(南通航运职业技术学院 机电系, 江苏 南通 226010)

摘 要:文章通过 APDL 参数化建模建立了某型号水切割机床横梁立柱的有限元模型,进行了静态分析,得到其应力及位移分布云图及各方向最大变形量及最大应力,并通过修改结构参数,在保证机床强度、刚度、稳定性等性能的同时减轻了重量,实现了轻量化设计。

关键词:水切割龙门机床;APDL 参数化建模;静力学分析;结构优化

中图分类号:TG502.1

文献标识码:A

文章编号:1671-9891(2016)02-0049-04

0 引言

高压水射流切割技术又称为水刀,属于冷切割,无局部高温及烧蚀,工件不易发生变形,切缝光滑平整无毛刺,精度高,并且无粉尘危害,成为集机械设计与制造、自动控制及流体力学等学科为一体的一门新兴综合性学科。数控机床的整机性能决定了机械产品的精度及加工质量,而横梁立柱是机床主要承重件,其力学性能对于机床的加工精度将产生较大的影响。^[1-2]传统设计时由于结构复杂,往往采用经验类比法,进行简化计算,计算结果不够精确,较难满足高压水射流机床高精度技术指标的要求。采用有限元进行分析,可以比较精确地分析其应力情况及变形大小、方向,发现设计中变形较大、应力集中之处,从而进行优化,并对优化后模型进行仿真,分析比较优化后结果,通过提高机床性能来提高机械产品加工的质量,可极大降低产品开发过程中设计及制造的周期及成本。^[3]

1 有限元模型的建立

模型来自于某公司开发的“863”项目某型号龙门高压水射流机床。用三维软件 SolidWorks 建立整体模型,将横梁立柱三维模型保存为 Para solid(*.xt)文件,导入有限元 Ansys 软件。也可以直接在 Ansys 中采用 GUI 指令建模,但对于比较复杂的零件通常采用导入方式。为方便后续优化,此处采用了参数化 APDL 建模方式。对于初学者而言 APDL 参数化建模方式比较前两种建模方式有一定的难度,但是进行优化时可以直接修改相关参数,非常方便,不需要重新建模,从而节省了很多的工作量。为方便网格划分,建模时进行了合理简化,去除了一些小圆角及小的螺纹孔,这样减少了网格计算工作量,对于整体分析计算并不会产生大的影响。横梁立柱部分建立模型如图 1 所示,以横梁中心为原点,建立坐标系,坐标轴方向中 Y 轴正方向垂直向上。经综合考虑结构及性能要求,材料选用 Q345 及 HT250,材料性能如表 1 所示。

表 1 材料属性及许用应力

参数	Q345(横梁)	HT250(立柱,导轨)
杨氏模量	$2.06 \times 10^{11} \text{Pa}$	$1.2 \times 10^{11} \text{Pa}$
泊松比	0.28	0.25
密度	$7.85 \times 10^3 \text{kg/m}^3$	$7.4 \times 10^3 \text{kg/m}^3$
屈服强度	345MPa	250MPa

收稿日期:2015-12-20

基金项目:江苏省高等职业院校校内高级访问学者计划资助项目(项目编号 2015fx052)。

作者简介:徐丹(1970—),女,江苏南通人,南通航运职业技术学院机电系副教授,硕士。

2 有限元静力分析

2.1 载荷、约束分析及划分网格

横梁受力可简化为简支梁受力方式,主要受力为重力及切削力。由于水刀工作时属于点切割,切削力相对于重力很小,可忽略不计,此处仅计算重力,重力加速度取 9.8m/s^2 。^[4]将电主轴和水刀等效成同质量的质量块,重心坐标值进行转换。工作时电主轴、水刀分布位置变化较大,可分布于横梁两边或偏向一侧,但以电主轴、水刀均位于横梁中间时受力变形及应力值最大,此处以该种位置进行分析,约束使用全约束。然后选择合适的单元类型,进行自由网格划分,为保证计算精度及程序运算的收敛性,进行局部细化和调整,加载划分网格后模型见如图 2 所示。

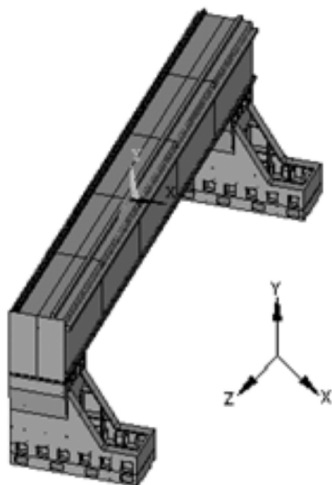


图 1 横梁立柱有限元模型

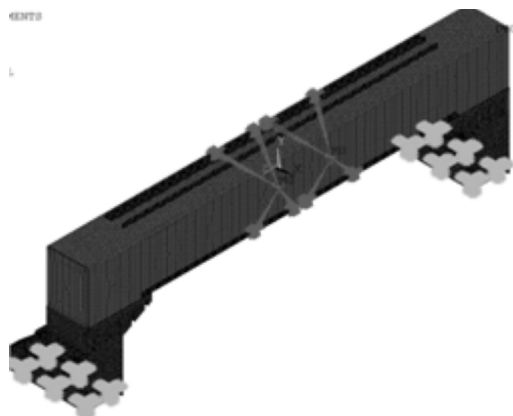


图 2 网格划分及加载

2.2 静力学分析

对模型求解,得到位移云图及应力云图,如图 3-6 所示。

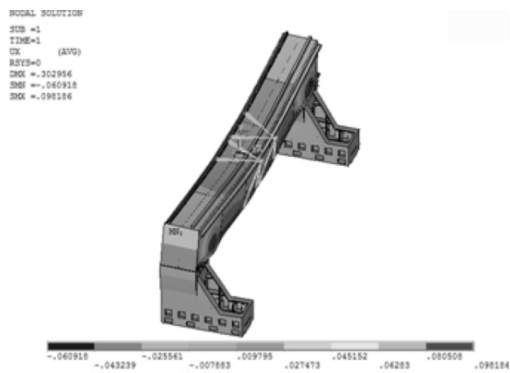


图 3 位移云图(X方向)

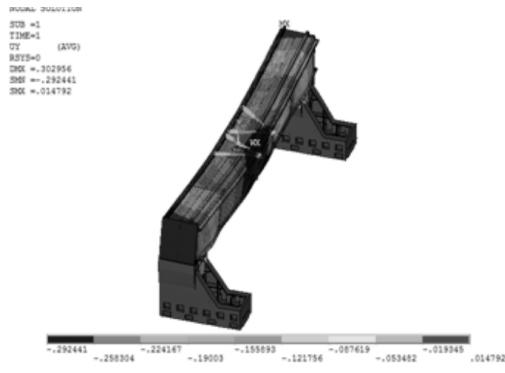


图 4 位移云图(Y方向)

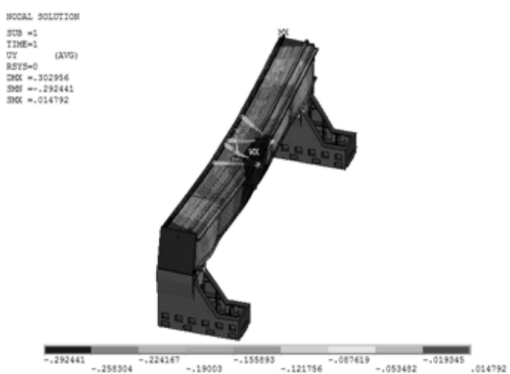


图 5 位移云图(Z方向)

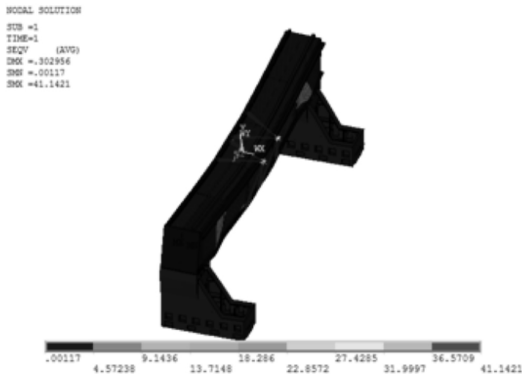


图 6 应力云图

从应力云图可以看出应力最大为 41.14MPa ,主要集中在靠近两边立柱的滑块导轨接触处、横梁与横梁过渡箱接触内侧、横梁立柱与横梁过渡箱接触内侧这几个部分。由于立柱屈服强度为 250 MPa ,取安全系数为 3 ,最大应力 41.14 MPa 远小于许用应力 83.3 MPa ,应力校验合格 ,可以看出原设计趋于保守 ,具有一定的优化空间。

比较 X、Y、Z 三个方向位移云图 ,最大变形量中 Y 方向最大 ,达到-0.303mm ,即垂直向下变形量最大 ,由于横梁长度 8 010 mm ,最大变形量相对较小 ,最大变形校验合格 ,但为提高横梁刚度 ,横梁变形可尽量降低。

3 结构优化

横梁属于大件 ,考虑结构优化时最好能保证刚度的同时减轻重量 ,可以达到轻量化的目的 ,节省材料 ,降低成本。横梁原始结构如图 7 所示。横梁内有筋板 ,原筋板开口尺寸为 500mm×600mm ,截面图在 ANSYS 软件中以最小体积(即重量)为目标函数 ,筋板厚度、筋板尺寸等为设计变量 ,进行优化分析 ,得到横筋板数量为 9 块 ,厚度取 6.1 mm ,筋板开口尺寸由原来的 500mm×600mm 调整为 600mm×700mm。

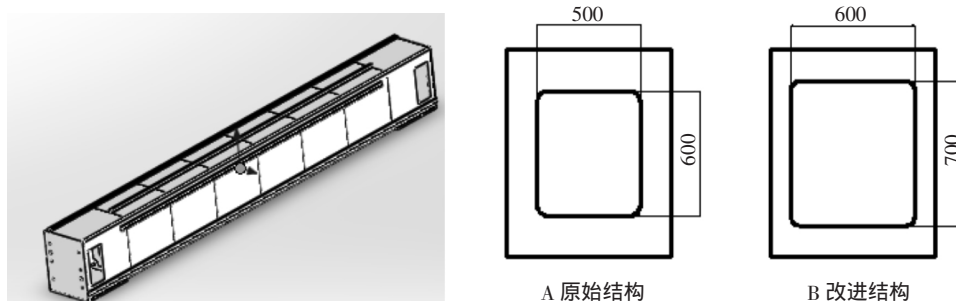


图 7 横梁结构

APDL 程序中部分命令流如下 :

```
/PREP7
```

```
*set,L1,1000 ! 横梁高
```

```
*set,L2,800 ! 横梁宽
```

```
*set,L3,8010 ! 横梁长
```

```
*set,t1,10 ! 横梁型材板厚
```

```
*set,t2,20 ! 横梁两侧板厚
```

```
*set,t3,30 ! 与立柱连接板厚
```

```
*set,t4,10 ! 加强筋板厚
```

```
*set,L4,600 ! 开口高
```

```
*set,L5,500 ! 开口宽
```

```
*set,L6,900 ! 与立柱焊接的板长
```

此处直接在参数中修改筋板开口尺寸参数 L4、L5 为 700、600 即可建立修改后的模型 ,然后用有限元进行分析 ,结果对比如表 2 所示。

表 2 优化结果比较

参数	筋板开口 500×600	筋板开口 600×700
最大位移/mm	0.303	0.304
最大应力/MPa	41.14	40.31
质量/kg	3700	3540

从表 2 可以看到 ,开口改变以后最大位移及最大应力变化较小 ,远小于许用应力值 ,但质量减小了 160 kg。质量的降低将减轻构建自重 ,而去最大应力并没有较大降低。同理 ,还可以修改与立柱焊接板长度 L6 尺寸 ,或修改筋板厚度 t4 等参数 ,就可以非常方便地得到新的模型 ,分析优化后的结构及静力学特性 ,与原结构特性比较可以得到优化后效果。

4 结束语

本文依据企业设计的三维模型,通过 APDL 建立了横梁立柱的有限元模型,进行了静态变形研究,得到变形及应力云图,显示了其应力及位移分布。通过修改结构参数,进行结构优化,在保证性能前提下实现轻量化设计,有利于降低成本。除了静态性能研究,机床的动态性能对于机床加工精度影响也不可忽视。可进一步对横梁立柱模态性能进行分析,静动态分析结果可为进一步整机优化提供设计依据,也可为相似龙门机床大件设计提供一定的借鉴。

参考文献:

- [1]刘树春,申屠留芳,张敬佩.机床横梁设计中结构优化技术的应用[J].机械工程与自动化,2011(2):8-10.
- [2]Jiang Xinyi.Parametric Design of Batch Flender's Gear U-nits Based on Pro/Engineer[J].Modern Applied Science,2011(3):152-156.
- [3]曹明,宋春明,张东生,等.基于 ANSYS 的定梁龙门机床横梁静力学特性分析及结构优化[J].机械工程师,2014(10):112-114.
- [4]许俊.悬臂式 1525 水切割机床力学特性分析和结构优化[D].南京:东南大学,2013.

Analysis and Optimization of Finite Element of Water-cutting Machine Tools' Beams

XU Dan

(Dept. of Mechatronics, Nantong Vocational & Technical Shipping College, Nantong 226010, China)

Abstract: This article applies APDL parametric modeling to the construction of the finite element model of the beam of a certain type of water-cutting machine tools, makes a static analysis to compute the distribution of the stress and displacement as well as the maximum deformation and the maximum stress in each direction. In addition, based on structural parameters modification, it attempts to ensure the strength, rigidity and stability of the machine tool and reduce its weight so as to realize the lightweight design.

Key words: Water-cutting gantry machine tool; APDL parametric modeling; Static analysis ; Structural optimization