

卧式加工中心立柱结构分析与优选

沈阳机床股份有限公司 毕岩

立柱是卧式加工中心的重要组成部分，对机床整机的结构具有重要影响。本文应用 Pro/ENGINEER 软件建立三维模型，对卧式加工中心关键部件立柱的不同布筋方式进行了流体力学分析和有限元分析，比较不同筋板布置方案对立柱的影响，分析当前结构的合理性，提出结构优化方案。

一、引言

HMC50m 是沈阳机床股份有限公司开发的一款中小型卧式加工中心，最适合零件多工作面的铣、钻、镗、铰、攻丝、二维和三维曲面等多工序加工，具有在一次装夹中完成箱体孔系和平面加工的良好性能，广泛应用于汽车、内燃机、航天航空等行业。HMC50m 机床体整体结构紧凑，是比较典型的精密卧式加工中心。

机床的整体刚性不仅受机床整体结构的影响，更与机床的铸件结构有直接联系。因此，在设计过程中对机床立柱采用了最优化设计方法，通过合理的结构程度和加强筋的搭配，实现尽可能低的重量承载最大的载荷。

二、机床主要结构及三维模型建立

此款机床整机主体由床身、立柱、主轴箱、滑枕、刀库、工作台和交换站七部分组成。纵横床身呈倒 T 字型布局，立柱横向移动为 X 轴，主轴箱纵向移动为 Y 轴，滑枕前后移动为 Z 轴。立柱导轨采用平行等高布局，具有良好的刚性；工作台固定，并采用直接回转式双交换工作台结构，交换快捷；排屑器置于床身后部，床身中间采用冷却液冲刷方式排屑，减少机床热变形，利于提高精度。总体结构布局的整机装配如图 1 所示。

三、立柱的结构优化

1. 立柱结构在铸造工艺上的优化

机床的基础大件大部分是铸件，这些铸件对机床整体静态性能和动态特性有着密切影响。铸件内部筋板的布局方

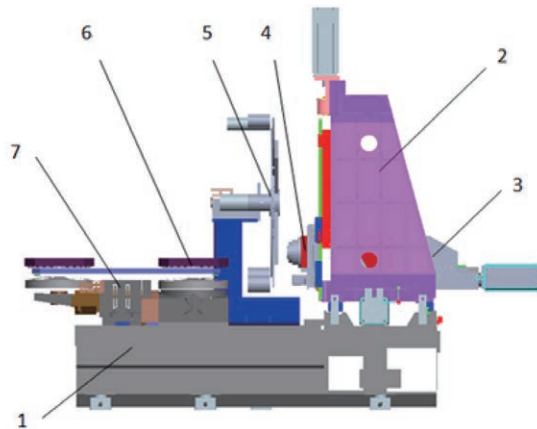


图 1 HMC50m 卧式加工中心结构模型

1. 床身 2. 立柱 3. 主轴箱 4. 滑枕 5. 刀库 6. 工作台 7. 交换站

面一定要合理。首先，从铸造工艺方面考虑，铸件结构便于排沙，不能形成死腔结构；其次，避免材料堆积，因为材料堆积将导致在冷却过程中，铸件内部缩孔的形成和低应力的出现。例如可以用 T 型节点取代十字节点，运用环形设计代替多个筋板汇集一个节点以及不同厚度的筋板交汇采用渐变的筋板厚度均可解决此类问题。在立柱的设计中，最初的

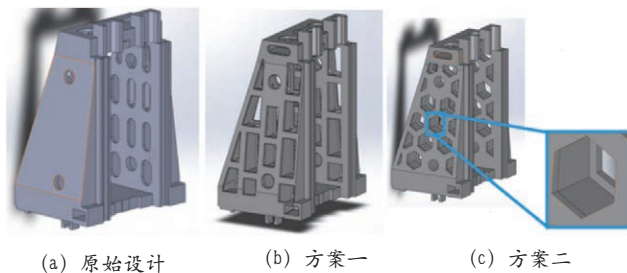


图 2 立柱的初次设计模型

方案如图 2 (a) 所示。考虑到立柱是移动部件, 最初的方案中重量太大, 不利于机床传动, 基于铸件筋板的布置原则, 又出现了后来的方案一和方案二, 如图 2 (b)、(c) 所示。方案一即减轻了立柱的重量, 十字节点改成 T 字节点形式; 方案二中的筋板布置成蜂窝结构, 增强刚性。

方案一和方案二中, 多处出现尖角, 易形成应力集中。在此基础上又进行了优化设计, 在重量几乎不变的情况下, 方案一中的矩形开口设计成大的圆形形式, 同时对方案二的尖角予以倒圆角处理, 改进方案如图 3 所示。

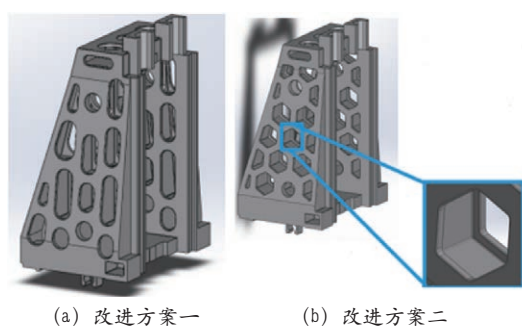


图 3 立柱的二次改进设计模型

2. 流体力学方法分析铸件结构

本文采用 FLOW-3D 分析立柱结构, FLOW-3D 是三维工程流体力学分析软件, 用于模拟金属液态流动及凝固过程。首先进行初始设置, 材料 HT300, 网格大小 $0.01 \sim 0.05\text{m}$, 溶液温度 1300°C , 自然冷却。分别对三个基本模型进行凝固分析。

通过分析, 三种方案整体固化分析如图 4、图 5 所示。图 4 中三种结构都能进行铸造浇注, 由于方案一和方案二重量比原始模型减轻 100Kg 左右, 建议选择更好的材料球墨铸铁, 能提高整体刚性。图 5 中侧壁的筋板布置蜂窝结构优于原始模式和方案一 (原始模型和方案一的侧壁筋板布局相似, 以其中一个进行了对比分析)。

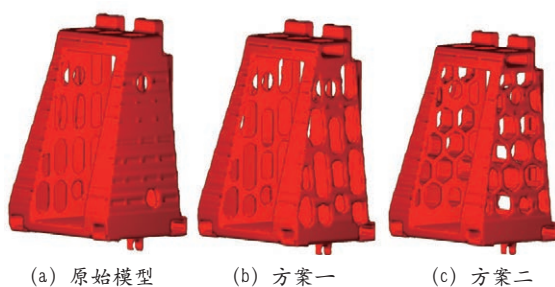
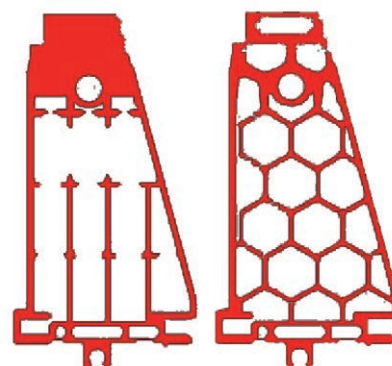


图 4 FLOW-3D 对立柱的分析结果



(a) 原始模型 (b) 方案二

图 5 立柱的侧壁固态分析

四、有限元动态分析

采用 ABAQUS 软件来进行立柱的有限元分析。ABAQUS 可以为常见的及复杂的研发过程遇到的问题提供完整的解决方案。

根据实际工况条件, 立柱的受力如图 6 所示, 其中, $F_X=3000\text{N}$ 、 $F_Y=17000\text{N}$ 、 $F_Z=3000\text{N}$ 。分别以三种方案为基础, 用 ABAQUS 进行模拟分析, 在受综合外力的情况下, 立柱各个方向的变形量如图 7 所示。方案二球墨中立柱材料为球墨铸铁, 其余均为灰口铸铁 HT300。

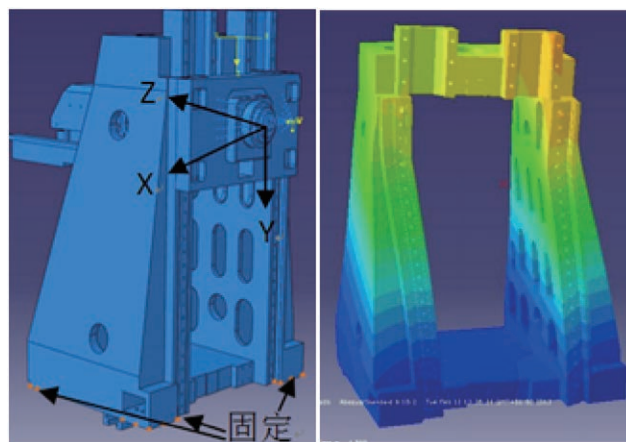


图 6 立柱受力示意图

图 7 原始方案受力变形图

由立柱受力变形数据分析表可以看出, 原始方案中最大的变形量是 $0.0176\mu\text{m}$, Y 方向的变形量最大 $0.0156\mu\text{m}$ 。变形量最大的地方在立柱上方电机座连接处, 如图 7 所示。方案一的最大变形量 $0.0105\mu\text{m}$, 方案二的最大变形量为 $0.0083\mu\text{m}$, 相比较发现, 方案二优于方案一、优于原始方

一种高精度盘类零件工艺分析与应用

中车永济电机有限公司 魏润芬

当盘类零件有多个高精度的位置公差时，传统的加工工艺方法很难保证其精度要求。本文介绍一种新的盘类零件加工工艺。

一、引言

我公司主要是为高速动车组和风电等产品配套各类电机，为了满足用户的需求，电机产品质量要求在不断提升，产品设计图纸对工艺提出了更高的要求。

图 1 是某种高速动车组电机的盘类零件，其中共有四处标记了位置公差分别为垂直度 0.02mm，面跳动 0.02mm，平行度 0.03mm，同轴度 0.05mm（本文只介绍如何保证高精度的位置公差）。该零件精度高、位置公差多，所以加工

案。当把铸件材料变成球墨铸铁之后，变形量又进一步减小到 0.0069 μm 。通过图 8 可以很清晰的反映出各个方案的变形量关系。

表 立柱受力变形数据分析表

变形量 μm	U	Uz	Ux	Uy
原始方案	0.017662501	4.05E-03	7.23E-03	1.56E-02
方案一	0.010544338	3.07E-03	9.27E-03	3.97E-03
方案二	0.008338152	2.46E-03	7.25E-03	3.30E-03
方案二球墨	0.006938495	1.93E-03	6.01E-03	2.88E-03

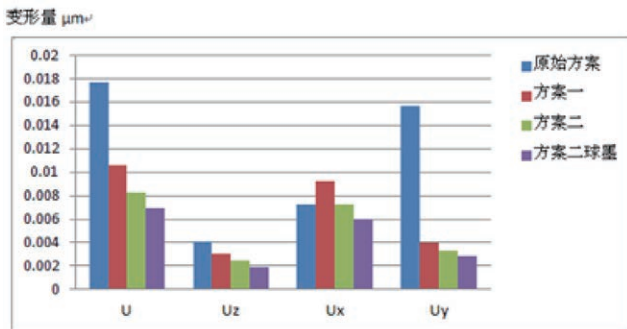


图 8 立柱受力变形数据分析图

综合分析如下，原始模型封闭的侧壁有助于提高刚性，缺点是重量大，动态响应不好；方案一侧壁开口和内部加筋方式导致了整体刚性的降低；方案二侧壁使用蜂窝结构可以提升其刚性，比方案一减小侧壁开口的大小可以进一步提高刚性。将其材料改为球墨铸铁，整体刚性提高了 16%。

五、结语

本文通过对立柱的流体力学分析和有限元分析，对立柱的内部结构进行了优化，提出最优结构。通过这种模拟固态分析和有限元动态分析方法，不但缩短了设计周期，提高了机床设计效率。通过对比发现，机床大件的内部筋板对结构性能影响很大，对机床的整体结构性能的提高具有重要意义。IM