

一种 45° 阶梯型斜床身卧式数控车床床身构件设计

柳晓川

(安徽新诺精工股份有限公司 安徽 黄山 242700)

摘要: 本文设计了一种新卧式数控车床 45° 床身构件。本文对比布置于床身上的主轴箱、床鞍、尾座等部件的安装形式,通过分析切削工况下,床身的静刚度、床身体减重及其加工成本控制等影响因素,得出阶梯式错落分布各部件的水平安装面,能够优化 45° 斜床身卧式数控车床的整机结构。床身是数控卧式车床的基础支撑构件,其结构性能直接影响设备的加工精度和生产效率,45° 斜床身阶梯式错落分布在具有稳定的静、动态性能的同时,配置功能部件的水平安装简化了分析力学模型,便于分析研究与改进。

关键词: 卧式数控车床; 床身; 结构设计; 阶梯式

0 引言

随着工业化进程的不断推进,数控机床产品系列中被广泛应用的卧式数控车床不断推陈出新。卧式数控车床根据床身构件结构的不同可分为平床身和斜床身,以往的斜床身导轨的倾斜角有 30°、45°、60° 和 75°^[1],置于床身上的主轴箱、尾座、床鞍等部件都是随着对应的倾角安装分布。本文主要论述的是 45° 阶梯型斜床身,但此床身上的部件安装面是水平的,沿 45° 倾角错落分布。这种新式斜床身仍能够保持原 45° 斜床身优异的静、动态特性和良好的排屑空间,通过 ANSYS 分析优化筋型,进行轻量化结构设计。错落阶梯状分布的各个部件水平安装面便于加工,有效控制加工成本,是卧式数控车床 45° 斜床身的一种新的发展方向。

1 45° 阶梯型斜床身结构设计

本文所介绍的 45° 阶梯型斜床身主要用于卧式数控车床。卧式数控车床广泛应用于制造业的各个行业,随着产品的迭代升级,床身作为提升整机性能的关键构件,不仅要具有很强的承载能力和刚度^[2],还要保证置于其上的功能部件传动的稳定性及对应几何精度,因此导轨的选取和布置尤为重要。

1.1 导轨选取及布置设计

在加工直径在 400 ~ 450mm 的 45° 斜床身数控卧式车床及同类产品中,斜床身的结构大都是如图 1 (a) 所示,导轨的安装面与地面成 45° 角度;该类规格的零件加工需要较高的精度、较好的承载能力以及良好的加工稳定性和效率,因此同类产品通常选用滚动直线导轨。

滚动直线导轨分为滚珠和滚柱两种形式,可以根据承载特性^[3]的不同进行对应的选择。但不论是哪种类型的滚动直线导轨,在功能部件安装于床身构件上后,属

于垂直载荷施加于导轨上,滚动直线导轨承载功能是通过滚动体与滚道面之间的接触实现的,所以接触形态尤为重要。因滚动导轨具有如下特点,所以越来越多地应用于数控机床。

(1) 具有定位精度和重复定位精度高的特点。同时根据需求,适当增加预载荷^[3],可以保证机构的平稳运行,减小了运动的冲击和振动,保持整机加工的稳定。

(2) 功能部件运行摩擦阻力小,相同情况下消耗的动力源少,所以机床通过滚动直线导轨实现高速运动时,能够获得相对高的工作效率,满足高速运行的同时保持节能的效果。

(3) 滑块与导轨通过 4 列圆弧滚道来实现运行,滚道可以承载对应方向的负载和倾覆力矩^[3]。根据实际切削工况下需要承受的负载大小来匹配不同规格的滚动直线导轨。可以施加预加载荷,根据设备加工需要的精度值,保证过程收到冲击和振动时的稳定性,赋予合适预加负载值。

(4) 安装简易且兼容性强,传统的滑动导轨接触面为保证传动精度需要刮研;滚动直线导轨维护更换相同型号操作简易,同型号规格更换后可重新适配。本文讨论的 45° 阶梯型斜床身选取滚珠直线导轨,满足产品的运行精度和加工性能。

现有的 45° 角斜床身结构如图 1 (a) 所示,根据对应夹角来分析导轨承载的静态应力,可分解为 X 方向、Y 方向的分力;而新设计得 45° 阶梯型床身结构如图 1 (b) 所示,X 方向的分力为 0,进而可以分析得知整机的静态性能优于原有床身结构。X 方向的应力主要拆分为加工过程中的切削径向分力,其会影响产品的重切加工能力,而重切加工能力直接关系设备的加工效率,所以应用新设计的 45° 阶梯型床身的整机性能更加优异。

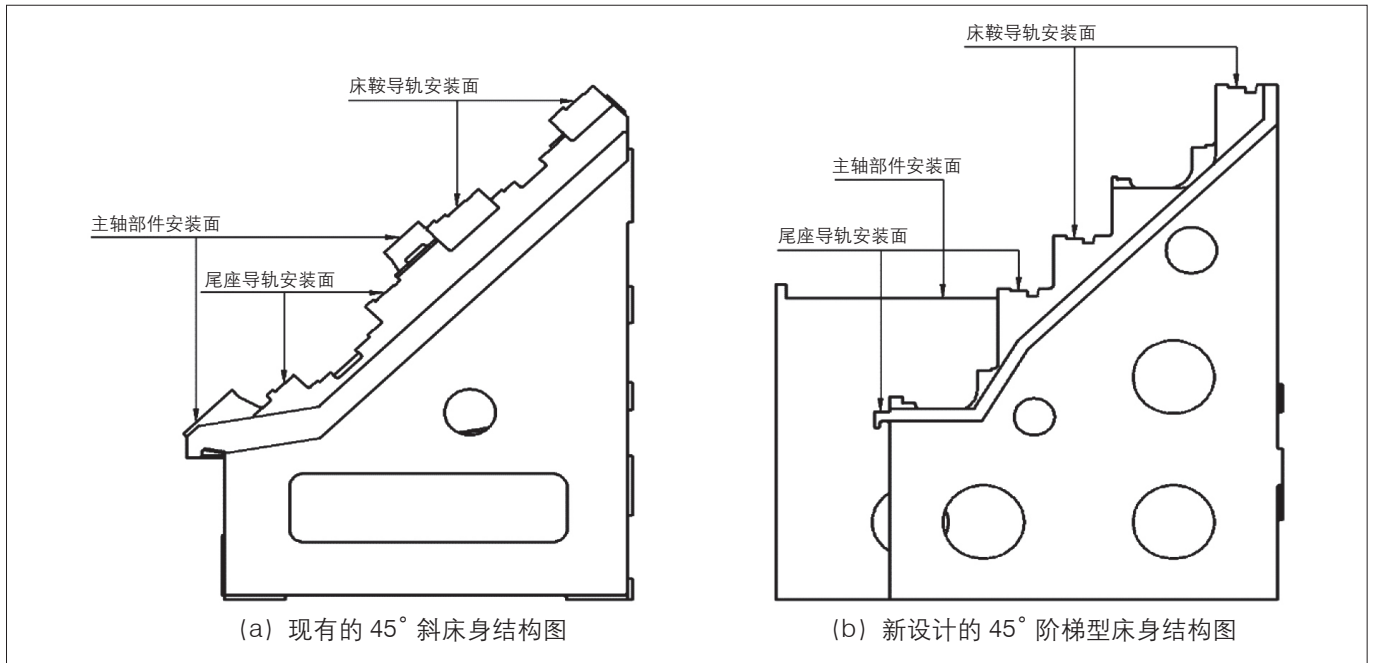


图1 新旧床身结构对比图

1.2 相关功能部件安装面设计

本文讨论的45°阶梯型床身上主要的关联功能部件是主轴箱、床鞍、尾座和伺服进给机构等。具有跟原有斜床身不同特点的主要功能部件是主轴箱和尾座，下面就主轴、尾座的安装面进行分析。

原有主轴部件如图1(a)所示，根据倾斜角度的不同进行相应安装，此种安装模式调试定位过程主要依靠调整块及顶紧螺钉，调整过程相对复杂，而且调整后的保持性有缺陷；新床身结构如图1(b)所示，靠面是水平的，定位更有保障，且调试过程有所简化，主轴的整体稳定性有所提升。

原有尾座部件安装在床身下的一组直线导轨上，如图1(a)所示，导轨也是与水平面对应的角度，整个尾座部件的靠面即尾座主导轨的靠面，尾座导轨不仅仅要承受尾座部件自重，还要承受加工过程中的径向切削力，对尾座导轨的承载要求较高，且不符合尾座导轨承载的最佳角度。新床身结构如图1(b)所示，床身下面一组尾座的导轨采用主导轨用硬轨，副导轨采用直线导轨的形式。主导轨可以承受更大的载荷，能够保证尾座部件的运行稳定性，同时副导轨能够保证尾座定位的精确性。新床身结构的尾座组导轨的功能性更加强大，对整机性能的提升起着重要作用。

1.3 床身构件静态特性分析

本文讨论的45°阶梯型斜床身的静态性能^[4]分析，需要采用整机刚柔耦合的方法对床身进行有限元分析。该方法是在保留所设计卧式车床功能部件在对应位置的情况下，对床身构件的静态力学分析，在简化数据处理任务量的同时，可以

计算出关联功能部件受床身变形而产生的位移。将简化后的床身构件匹配关联功能部件后，整体导入ANSYS软件中，对分析的床身进行柔性化^[4]处理，对关联功能部件进行刚性化^[4]处理。

新设计的45°阶梯型斜床身的分析结果如图2所示，得出的结论是具有优秀的静态刚性和应力分布，符合设想，能够满足目前产品整机性能要求。

2 45°阶梯型床身结构优化

目前行业内数控卧式车床产品众多，其中日本MAZAK、日本津上、德国DMG等品牌的卧式车床占据高端市场的大部份份额。这些品牌的产品无论从产品外观，还是设计水平及创新性，亦或是加工能力和加工

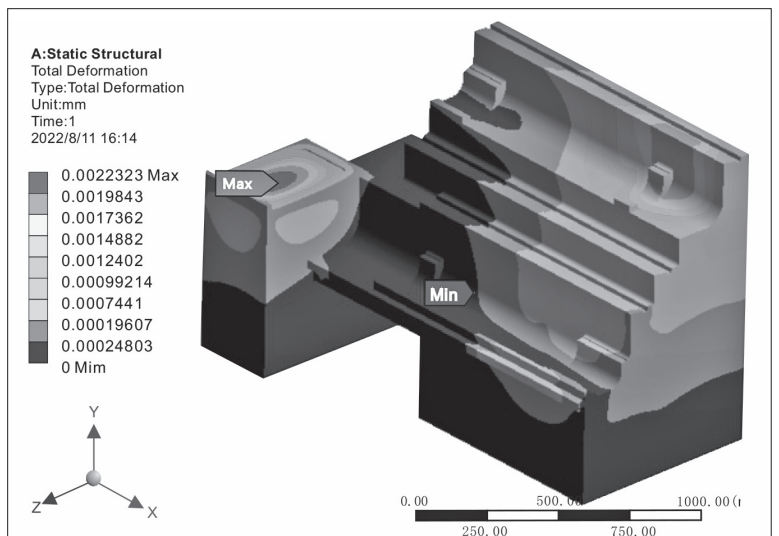


图2 新设计的45°阶梯型斜床身分析结果

精度,几乎无可挑剔。同类卧式车床的国外品牌加工精度极高,但产量不足,价格高昂,维保成本高。国内卧式车床品牌主要有沈阳机床、纽威、海天、海得曼、台湾友佳等,这些品牌的同类产品结实耐用、可靠稳定,是一、二线机械生产企业中的主要机加设备品牌。600规格的数控卧式车床在国内需求量大,同时竞争十分激烈,为能够保证产品具有足够的竞争力,机床结构的优化,涉及本文设计的45°阶梯型斜床身的结构优化十分重要。需要从外形结构的功能兼容性、床身机构本身的结构优化及成本控制等方面进行深入研究,本文所说的结构优化旨在对床身构件的壁厚、横截面筋型布置及加工面的设置进行分析。

2.1 外形结构优化

原斜床身结构比平床身排屑性能优异,但是由于空间的限制,容易堆屑造成排屑故障。因此,本文讨论的45°阶梯型斜床身在设计过程中考虑到既往斜床身卧式数控车床的排屑局限,特意加大了排屑口,预留更大的排屑空间,且排屑器的水箱能够直接落地安装,改善安装调试的便宜程度,从而提升了床身结构排屑性能,使后续的维护保养更加方便。

当前数控机床行业对卧式车床的自动化配置、客户定制化定制及换挡升级等方面有更多的需求。所以就新设计的床身结构做了更多的附件安装基础预留对接位置,如为自动化配置与定制化改造预留安装面,方便客户的不同自动化需求;如配置机械手、桁架料线等,可进行对应的产品升级,大大缩短了供货期限,为产品的可持续改进提供新的可能性。

2.2 轻量化设计

机床的轻量化设计是当前数控机床设计不可缺少的环节,主要是指相关构件设计在能满足机床性能的情况下,尽可能减少支撑构件的重量,实现减少原料和优化制造的目的。床身结构优化设计可以有效提高整机刚度。在初步完成床身构件的结构性能优化的基础上,下面主要是为45°阶梯型斜床身进行轻量化^[4]设计。

本文床身选用HT300来铸造,铸件整体尺寸大于500mm,外形相对规整,根据最小壁厚的选取表格选择床身最小壁厚在12~20mm。床身内部中空以便于设计相关重点支撑区域。为了增加静刚性,增加导轨安装处的铸件壁厚,避免横截面受载变形或扭曲,设计同长的横向加强筋。为保证抗弯刚度,增加45°纵向筋板,置于Z轴进给安装区域,以增加承载床鞍部件的静刚度。综合卧式数控车床的整机结构进行适应加工工件模式的外形设计,从底部到顶部的横截面铸件逐渐变窄,对应安装导轨处增加横向筋支撑。优化床身构件壁厚尺寸可将其质量最小化,床身外轮廓壁厚从25mm开始做ANSYS分析,最终确认改进壁厚为20mm。床

身承载主轴部件的地方是空心箱体结构,与地面水平的结构承载主轴部件,通过建模分析计算,得出不需要增加交叉的加强筋,现有结构就能够承载主轴部件。机床构件轻量化设计,早期多取决于经验而不是计算,现在机床构件对铸件材料的利用率、可持续性和性能指标要求愈加高,为保证力学性能,争取最优结构设计。随着相关结构分析软件的发展,通过虚拟样机和仿真切削受力计算分析,可以在一定程度上将结构刚度过高的地方适当削弱,显著减少床身构件的铸件铸造费用。

2.3 精简加工设计

床身构件的成本除了铸造费用外,还有加工费用。而控制加工费用的关键点主要是非必要加工面积的精简,有以下几个方向:一是阶梯错落的水平安装面能够减少加工装卡工序,提升床身构件的整体精度,一次装卡加工可直接节约加工成本;二是减少主轴部件与床身的安装结合面的面积,保证有效的结合面接触率,没有必要加工整个接触面,设计适当的关键连接部分并做相应的延展;三是减少加工面,类似于床身与防护部件的连接件,在设计床身构件的过程中,将对应部位增加安装凸台,可有效减少加工面。这样能够实现降低制造难度及相应成本的目标。此时的床身构件各方面也得以完善。

3 结语

近年来,制造产业对数控卧式车床设备的品质需求逐步向中高端性能产品转移。数控卧式车床床身的结构国内分为整体45°斜床身、平床身配置30°斜床鞍的结构两种;日韩机采用30°整体斜床身,MAZAK采用独特的30°阶梯布局结构。本文设计的是一种结合45°斜床身和阶梯导轨布局的床身机构,阶梯式布局确保加工、装配中与实际使用在同一状态,保证机床的稳定性,减少受力变形,提高刚度和稳定性。通过参数优化设计、拓扑优化、轻量化设计实现45°阶梯型斜床身的结构优化设计,达到床身机构的改进目的和性能提升需求。

参考文献:

- [1] 黄志伟,王德洋,靳岚,等.卧式数控车床床身结构的静动态特性对比分析[J].机械制造,2014,52(11):47-50.
- [2] 马治军,徐作恒.卧式车床床身的结构分析[J].科技与企业,2015(22):178.
- [3] 王万杰,王今荣,冷志斌,等.直线滚动导轨结合部刚度特性研究与应用[J].锻压装备与制造技术,2019,54(03):121-125.
- [4] 孙守林,董惠敏,刘建栋,等.斜床身卧式车床床身结构轻量化设计研究[J].组合机床与自动化加工技术,2015(04):10-14.