

Analysis on the overall structural design of high-efficiency vertical electric lathe

Xiaodong Zhu

Nantong Xinfeng Precision Machinery Co., Ltd., Nantong, Jiangsu, 226000, China

Abstract

With the increasing demand for high precision, accuracy, and green machine equipment in the manufacturing industry, the design and modification of the vertical electric lathe, as one of the important process manufacturing equipment, is particularly important for improving its overall structural performance. Especially for fine craftsmanship production and highly automated production processes, vertical electric lathes play a very important role. However, the existing vertical electric lathe has problems such as poor stability, high energy consumption, and low processing accuracy, which cannot fully play the important role of vertical electric lathe in modern industry. Therefore, how to improve equipment performance and reduce equipment energy consumption under high-precision processing conditions is an urgent problem that needs to be solved.

Keywords

vertical electric lathe; Overall structural design; intelligentization

高效立式电动拉床整体结构设计探析

朱晓东

南通新冯精密机械有限公司, 中国 · 江苏 南通 226000

摘 要

随着制造业对于高精度、精确性与绿色机器设备的需求不断增加, 作为重要的工艺制造设备之一的立式电动拉床的设计改型对其结构整体性能的提升尤为重要。特别是对于精细工艺生产和高度自动化的生产环节, 立式电动拉床更是发挥着十分重要的作用。但是现有的立式电动拉床存在稳定性差、能耗大、加工精度不高等问题, 因而无法发挥立式电动拉床在现代工业化工业中的重要作用, 因此在高精度的加工条件下如何提升设备的性能和降低设备能耗是当前亟需解决的问题。

关键词

立式电动拉床; 整体结构设计; 智能化

1 引言

基于当前科技水平和发展趋势, 以及对制造技术效率与精确度日益增长的需求, 立式电动拉床在现代生产过程中占据着重要地位。本文将针对现有问题进行深入分析, 明确高质量立式电动拉床的功能需求, 并提出符合当今机械加工生产需求的创新型解决方案, 以期全面提升设备性能, 并推动其在精密加工生产过程中的广泛应用。

2 本文研究目的与意义

虽然目前立式电动拉床能够适应部分制造企业的需求, 但是对于一些精度要求和工作效率都极高的加工任务而言, 仍然存在缺陷。首先, 设备刚性较差, 设计的强度不足。面对高压力长时间的加工, 设备的刚性不足, 容易造成设备和

刀具振动, 影响工件加工精度和加工质量。其次是整体能耗较大。由于采用传统的动力设计以及控制系统设计不足, 电动拉床长时间连续加工能耗大, 不能满足节能减排的要求。再次是智能化程度低, 由于现有智能技术应用在电动拉床上的精度和实时情况的监测, 很难应对高精度、复杂情况下拉床自动化调整, 不能满足电动拉床高精度使用的要求。最后, 可调性较差。大部分传统设计的电动拉床, 不能满足各种规格工件的加工, 无法实现其可调性, 也很难及时满足不断变化的市场需求。

3 立式电动拉床整体结构设计要求分析

3.1 设计需求分析

立式电动拉床的总体结构设计应从满足高精度、高效率、节能以及运行稳定等功能需求出发。在符合现代工业加工要求的基础上, 立式电动拉床的设计应遵循以下几个关键原则:

首先, 立式电动拉床必须具备高精度的生产能力。生产过程中, 机械构件的振动、强度和稳定性直接影响产品的

【作者简介】朱晓东 (1971-), 男, 中国江苏南通人, 本科, 工程师, 从事机床制造领域研究。

加工质量。因此,设计时需要优化机械结构,以增强设备的稳定性,减少因振动引起的加工精度损失^[1]。

随着智能化技术的迅猛发展,立式电动拉床的设计也应融入一定的智能化管理功能。这些功能能够实时监控产品状态,并根据生产过程中变化的需求进行自动调节,从而保障生产过程的稳定性和精确性。最后,为了响应环保需求,设计时应注重提升电动拉床的工作效率,减少能耗,以提高其整体环保性能。通过这些措施,立式电动拉床不仅能够满足生产需求,还能有效降低能源消耗,推动可持续发展。

3.2 结构稳定性与刚性要求

在立式电动拉床的设计中,结构刚性和稳定性对加工精度至关重要。在高速、大负荷运行时,若结构刚性不足,容易导致振动和变形,从而影响加工精度。因此,确保结构的刚性成为设计中的核心问题^[2]。为提高结构的刚性,设计改进对策应包括:优化关键部位的结构设计以减少部件干扰;增强结构强度和稳定性以减少振动和变形;提升负载能力以减小外部负载对结构的影响;设计高效支撑结构确保平衡稳定;适当增加机床支撑结构件的自重;采用更大直径和更高负载的滚珠丝杆。此外,合理的负载分配能够确保各部件受力均匀,避免局部过载。通过这些措施的实施,将有效提升电动拉床的加工精度和长期运行的稳定性。图1为立式电动拉床的结构图。

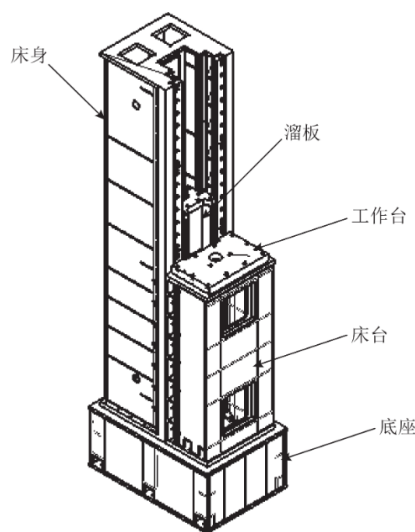


图1 立式电动拉床的结构图

首先,设计时,拉床的底座、床身要满足足够的刚性。一般底座、床身是整台拉床的承载部分,其刚性会直接影响拉床的稳定状态。底座、立柱、床身、床台设计采用HT300等高性能铸件,刚性大、吸振性好,经过500-600℃去应力退火和多道人工时效处理工序,保证了立式电动拉床的刚性和结构强度。主溜板导轨选用THK直线导轨,该品牌导轨刚性好、加工精度高、颠覆力矩小。夹刀体为合金钢制作,淬火硬度高,采用气缸夹紧式,经过气缸带动一套机构夹持拉刀柄部。其次,设备应具备强大的承载能力和长久的使用寿命。立式电动拉床在高负载下应能够长期稳定运行,确保工作状态始终如一。其次,拉床的主驱动电机为伺服电机,

其良好的电机加减速性能可大幅度减少拉床的运动冲击;拉床选用高刚性、重载滚珠丝杆,消除了主丝杆的抖动和变形对加工精度的影响;拉床主丝杆采用皮腔保护套保护,确保拉削加工过程中的铁屑不会粘到主丝杆上,充分保证拉床主丝杆一直处于高精度状况下运转;拉床配有多只减振垫铁,使得拉床在整个加工过程中基本处于无振动状态,充分保证了拉刀的使用寿命和零件加工的表面粗糙度。

其次,在精密加工过程中,全系统的运行特性及响应特性发挥着重要的作用。通过对驱动装置、传动系统及切削力的分析,优化驱动系统的选型,减少动态负载对结构带来的影响,改善系统运行的稳定性。

4 立式电动拉床结构设计方案

4.1 立式电动拉床的总体结构方案

高效立式电动拉床的设计思路是提高设备的功效、确保加工质量、提高生产效率。在设计之初首先要保证结构强度,保证各零件在高速运行状态下的稳定性以及承受高负载的能力^[3]。该设备的组成主要分为三部分,分别是主机架、传动系统和控制系统。其中主机架是整个设备最基本的部件,应该通过合理的选材以及结构设计来实现高强度和稳定性。而对于传动系统来说,其任务是为所有运动部件提供能量,因此设计时需要考虑效率、稳定性、能耗之间的平衡。最后控制系统的引入是赋予整合设备智能化的重要因素,在设计时需要充分考虑现代化工艺的需求以及设备的自动化调整能力,力求通过零件的搭配使拉床的生产效率和加工精度达到最优化,从而获得最大产能。

4.2 关键部件设计

4.2.1 传动系统设计

传动系统的设计对立式电动拉床的性能水平以及运行的稳定性影响很大。首先我们需要在选取电机上保证电机具有足够的输出功率且具有较高的利用效率;同时所选择的电机具有较高的功率密度以及节能特征,能有效控制整个系统的能耗;其次传动系统的构建中,采用高精度伺服电机驱动结合减速机的设计能够使电动拉床具有优异的动力响应性以及精确控制性,符合电动拉床的高精度、高效率的要求,并能提高能源利用率;同时要重点考虑传动装置的承载和耐损特性,保证设备在长时间高负载作用下,不会产生过度磨损。

4.2.2 控制系统设计

为了提高立式电动拉床自动化和精密性加工效果,需重视拉床控制系统的设计,引进智能化控制技术对拉床控制系统至关重要。控制系统负责对加工过程的实时监测和调整。首先,将数字化控制平台嵌入控制系统中,控制平台完成各类数据分析、切削速度和进给率的确定、刀具最佳路径的计算等工作,提高了加工效率和加工质量。其次,控制系统要拥有大量数据收集并分析数据的能力,通过安装在设备上的传感器对设备工作状态进行实时检测,再将这些检测数据回传到数控平台上,控制系统根据从数控平台上收集到的

数据自动调整各类切削参数来确保机床加工的平稳性以及产品质量。最后,控制系统还要具有远程控制的功能和故障诊断的功能,这使得操作人员可以通过网络轻松地调整设备参数、或者监控设备运行状态,提高了智能化管理的水平。

5 设计优化与创新

5.1 结构优化方法

5.1.1 材料选择与优化

在进行结构优化时,首先需要选用合适的材料以增强拉床的承载能力和使用寿命。选择材料时,采用高强度合金钢或铸铁等具有较高抗压强度、良好抗振性能以及良好耐久性的材料。根据经验,合金钢的抗拉强度通常可达到800–1200 MPa,铸铁 HT300 的抗拉强度则在 300Mpa 以上,这使得设备在高负荷下运行时能够保持良好的稳定性。此外,针对高频振动部件,还可采用振动阻尼材料进行局部增强,降低振动影响,进一步提高设备稳定性。

5.1.2 受力均衡与结构加强

通过合理的结构设计,确保机床受力均匀分布,避免局部受力过大导致的设备损坏。对于高负载部位,可以通过加大横梁截面积或加强连接部分的结构来提升其承载能力。例如,使用复合型梁结构,可以有效提高结构的刚性和抗弯能力,减少因不均匀受力导致的变形。通过有限元分析(FEA),可以精确预测各部件的应力分布情况,并根据分析结果进一步优化结构设计。

5.1.3 简化机构与模块化设计

采用模块化设计,可以有效减少设备的复杂度,从而降低零件数目。根据最新研究,模块化设计不仅能够提升生产效率,还能降低生产和维护成本。通过减少复杂组件的设计,可以提高组装精度,并在设备故障时实现快速更换,缩短停机时间。传统机床硬轨结构,导轨和机床床身为一体铸造成型,然后对导轨安装面和定位面进行机加工,保证足够的加工精度,工作台和导轨为滑动配合,装配时须通过铲刮工艺保证装配精度。现在改用模块化线轨结构,线轨结构内部为滚珠或滚柱结构的滚动摩擦,极大减少了摩擦阻力,降低了设备负载,从而可以选用功率较小的伺服电机。同时,选用模块化线轨结构,大幅度减少了装配工作量,在机床导轨出现磨损时可以快速更换,提高了机床维修时零部件的互换性。对于装配工艺中需要精确对接的部件,采用自动化定位和精密检测技术,进一步提升了组装质量。在进行机床精度调整时,使用先进的芯轴调整法,可方便地将上下抓刀体、工作台定位孔的同轴度调整到设计要求的装配精度。

5.2 节能技术应用

5.2.1 变频驱动技术

高效的变频调速技术可有效降低电机的能耗。在传统电机运行中,功率输出通常是恒定的,导致能源浪费。而采用变频调速技术后,电机根据负载需求自动调节转速,减少了不必要的功率消耗。根据相关测试数据,采用变频驱动后,

电机的能效比可提升约 20-30%。此外,智能化调速系统能够根据负载变化自动优化功率输出,确保最大功率输出时仍能保持较高的电源利用率。

5.2.2 热加工技术

对于高负载、高温环境下工作的零件,应采用先进的热加工技术,如感应加热或电弧熔炼等,以确保零件在高温环境下仍能维持其机械性能。例如,采用特殊的高温合金材料制造关键零件(如轴承、齿轮等),这些材料在 500–800° C 环境下仍能保持较高的强度和稳定性,避免因高温导致的性能衰减。

5.2.3 传动系统的优化

机械传动系统的能效优化是提升整体节能水平的重要措施。通过采用高精度的滚珠轴承和低摩擦的润滑油,可以有效减少传动系统中的摩擦损耗,从而提高能量利用率。根据实验数据,优化后的滚珠轴承摩擦力可降低约 10%-15%,从而减少 5%-8% 的总能耗。此外,合理的齿轮传动设计和高效传动比的选择也能进一步提升传动效率,降低能量浪费。

5.3 精密加工与高效性提升

为了实现精确制造和有效增加收益,一定要在制造过程中就考虑精确制造的可靠性要求,零件强度和稳定性对制造精确性的影响最大,所以零件强度和稳定性问题在设计活动之初就必须进行优化设计。然后可以借助智能管理系统对制造过程中的各种参数进行管控,并在制造过程中对变化加以调整,以此保证精确制造。除此之外还可以通过采用最新刀具技术和冷却技术达到提高制造质量和精确制造效果。对于高精度制造来说,采用精良刀具以及恒温技术能够有效减少切削力和切削热变形,提升制造精度。最后就是通过多元一体化联动工作方式和自动化调配系统,可以最大程度提高自动化生产效率并减少人为介入。

6 结语

本研究较为详细地分析了高效立式电动拉床的整机结构,提出了高效立式电动拉床设计方法。我们采用全新的设计理念解决了传统拉床的各种弊端和不足,大幅提升了拉床设备的综合性能。同时,我们对拉床的控制系统和驱动系统进行了改进,使其生产能耗显著降低,满足了现代制造企业节约资源、保护环境的要求。可以预测,随着自动化及智能化的发展,未来的立式电动拉床还需要对其结构进一步优化,以便于提升拉床的加工性能及拉床智能化的发展,满足未来更高端的生产需求。

参考文献

- [1] 刘建华; 王瑞鹏; 赵宏涛. 立式电动拉床的结构优化与性能分析[J]. 机械工程学报, 2023, 59(4): 45-50.
- [2] 陈永辉; 许建新; 李伟龙. 基于自动化控制的高效电动拉床设计研究[J]. 制造业技术, 2022, 41(8): 63-68.
- [3] 张彦杰; 高志华; 孙国锋. 高效立式电动拉床的动力学分析与优化设计[J]. 机械设计与制造, 2021, 48(3): 22-27.