TKA2140数控深孔镗床同步驱动进给结构设计

■ 河南能源化工集团重型装备有限公司　（开封　475004）　权瑞霞
■ 安阳鑫盛机床股份有限公司　（河南　455000）　侯　磊
■ 河南安彩高科股份有限公司　（安阳　455000）　阎　红

摘要：通过对镗削加工的分析，指出对于加工直径较大、镗孔深度较长的深孔镗床，其进给机构不易采用传统的中间支承的丝杠驱动结构，而应采用双侧同步驱动的进给结构，并对双侧同步驱动进给结构及设计进行了介绍。机床的试用结果表明，双侧同步驱动的进给结构实现了均衡驱动，达到了预期设计效果。

深孔镗床是用来加工深孔的机床，在煤矿机械、液压元件及军工行业应用较多。目前在国内市场上看到的绝大多数深孔镗床仍为普通深孔加工机床，这种深孔镗床加工时看不到刀具切削时的具体情况，一旦出现扎刀、挤刀等现象，极易导致工件报废以及刀具损坏。随着数控技术的发展，传统加工方法与现代先进制造技术相比暴露出了更多的不足之处。近几年来，数控深孔镗床开始在市场上出现，但只有有限的几种，且加工直径较小，镗孔深度一般在3 000mm以下。针对市场需求，我们开发了中规格数控深孔镗床，加工直径为400mm，可扩展到600mm，镗孔深度为3 000mm，可扩展至十几米以上。由于加工直径较大、镗孔深度较长，在对机床进给机构设计时就不易采用传统的中间支承的丝杠驱动结构，而是采用了双侧同步驱动的进给结构，均衡驱动，效果很好。

1. 机床及进给部分组成

如图1所示，机床主要由电动机部分、主轴箱、鼓形卡盘、床身、授油器与泵组、镗杆及刀具、镗杆支架、镗杆箱、床鞍及进给驱动装置、积屑箱、操纵箱以及冷却系统、液压系统、电气系统等组成。

工件由鼓形卡盘与授油器顶紧装夹在二者之间，电动机通过主轴箱带动鼓形卡盘旋转，进而驱动工件转动。镗杆穿过授油器，前端部装上镗刀，在镗杆箱及床鞍的进给驱动下向前移动，形成镗削加工。其中，镗杆支架主要加强镗杆的刚性，授油器除了支撑工件外，还支撑镗杆，并通过冷却系统供给刀具液体，冷却润滑刀具，冲排切屑。液压系统提供授油器顶紧工件的压力，以及为主轴箱变挡提供压力，电气系统用于控制等。

图2所示为机床进给系统组成图，主要包括床鞍、电动机及联接箱和进给变速箱。床鞍与床身导轨配合的导轨上粘贴聚四氟乙烯软带，减少磨损，床鞍上还固定着镗杆箱，是镗刀架移动的支撑底座。床鞍靠伺服电动机通过减速后带动床身两侧的齿轮齿条啮合驱动。伺服电动机通过能够调整传递转矩的无侧隙弹性联轴器与传动轴相连，经一级减速后又通过可调转矩联轴器分与两侧减速箱，经再次减速后驱动齿轮齿条啮合而使床鞍移动。

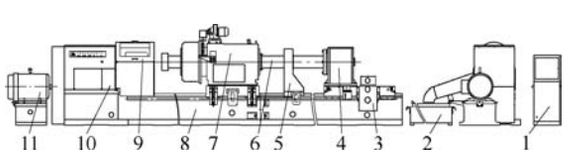


图1　TKA2140数控深孔镗床外观图

1.操纵箱 2.积屑箱 3.床鞍及进给驱动装置 4.镗杆箱 5.镗杆支架 6.镗杆及刀具 7.授油器与泵组 8.床身 9.鼓形卡盘 10.主轴箱 11.电动机部分

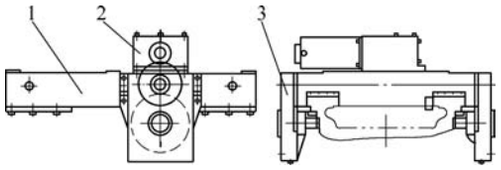


图2　机床进给系统组成

1.床鞍　2.电动机及联接箱　3.进给变速箱

2. 进给驱动结构设计

（1）进给驱动结构方案的确定。进给系统传统驱动方式一般为丝杠副驱动，把丝杠放置在机床的中间，床鞍受力均衡、刚性好。由于机床加工直径较大，工件较重，机床切削力也较大，在设计新的结构时应考虑使床鞍受力均衡，不过由于镗孔深度较长，采用丝杠驱动的结构须采取措施解决丝杠下垂问题，且丝杠越长其机械转动惯量越大，会给伺服系统的参数设计及调试带来更大的困难。另外，由于用户在开发设计更多的规格产品，需要加工更长的工件、镗削更深的孔，从产品模块化和系列化角度考虑，开发镗孔更深规格的机床产品需要在基型基础上易于扩展。基于以上考虑，在选择进给系统的结构设计时，不易采用丝杠驱动的方式，借鉴重型数控车床*Z*向进给结构的设计，可考虑采用齿轮齿条传动方式，为使驱动均衡，采用双侧同步驱动的进给结构。在此基础上，只要接长床身、增加齿条长度及加大床鞍移动距离，可以很容易开发出镗削更深孔、加工更长工件的新规格产品，以满足市场需求。

（2）进给驱动结构设计。图3所示为机床进给驱动结构图。床鞍15与床身16以矩型导轨副相配合可在床身上移动进给，伺服电动机14通过止口法兰盘与联接箱10紧固联接在一起，而联接箱10通过螺钉紧固在床鞍15上。电动机轴通过转矩限矩联轴器12与轴11联接，轴11上安装了齿轮9，齿轮8与齿轮9啮合，齿轮8通过键与轴7联接，轴7通过转矩限矩联轴器13与轴17联接，在轴7与轴17的另一端，联接了相同的齿轮箱传动结构，分别构成左、右两侧齿轮齿条驱动系统。如图3所示，以左侧为例进行说明，轴7通过胀套5与齿轮6联接，齿轮6与齿轮4啮合，齿轮4通过平键与齿轮轴2联接在一起，齿条3固定在床身16上，齿轮箱体1固定在床鞍15上，齿条3与齿轮轴2之齿轮啮合，驱动床鞍运动。

（3）进给伺服电动机选择计算。在对进给结构进行设计时，除了应对结构零件进行计算以确保零件

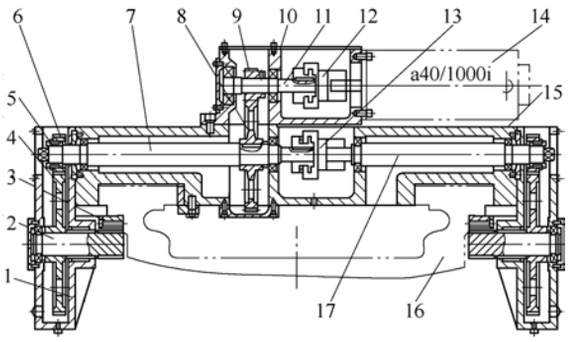


图3　TKA2140数控深孔镗床进给驱动结构图

1.齿轮箱体 2.齿轮轴 3.齿条 4、6、8、9. 齿轮 5.胀套 7、11、17.轴 10.联接箱 12、13.转矩限矩联轴器 14.伺服电动机 15.床鞍 16.床身

设计正确之外，还应对电动机选择进行计算。选择伺服电动机的计算条件主要包括：电动机瞬间最大转矩，满足起动转矩要求；电动机额定转矩，满足工作进给时转矩要求；电动机转动惯量与驱动机构转动惯量相匹配；快移速度符合要求等。

首先计算机床进给机构需要克服的负载，机床*Z*向进给要克服轴向切削力及摩擦力。切削力的计算根据切削要素由经验公式得到：切向切削力P_x=15 164N，轴向切削力P_z=8 340N。

切向切削力与驱动机构的重量各自作用在导轨上产生摩擦力，进给机构总重量为24 500N，计算可得到：重力引起的摩擦力f_1=2 450N，切削力引起的摩擦力f_2=1 516.4N，切削时负载阻力F=12 306.4N。

根据需要达到的快移速度，计算总传动比i=14.3，并适当分配至每一级传动机构，i_1=3.67，i_2=3.9。床鞍快移速度为5 000mm/min时，电动机转速为n=379.3r/min。

根据驱动机构的相关零件结构尺寸计算总机构折合到电动机轴上的转动惯量，J_L=0.03kg·m^2。

根据机床进给系统电动机起动条件、机床工作时进给量，计算电动机最大起动转矩及切削转矩。最大起动转矩T_{L1}=20N·m，切削转矩T_{L2}=32N·m。

根据转矩、转速及惯量条件选择合适的驱动电动机。一般来说，负载转矩小于电动机额定转矩并应留有余量，瞬间最大转矩大于起动转矩，负载惯量不大于电动机惯量的2倍，电动机额定转速不小于快移时转速要求，这里选择FANUC系统所配α40/3000i伺服电动机，J_M=0.022kg·m^2，T_M=38N·m，T_{Mmax}=57N·m，n=3 000r/min。

专用锥齿轮吊具设计

■ 宁夏天地奔牛集团有限公司 （石嘴山 753001） 曾 熹

摘要：由于锥齿轮结构的特殊性，其吊具的选择显得尤为重要。通常使用吊环进行吊装，需要在锥齿轮上增加吊装用螺纹孔，增加了整体加工成本与时间成本。为了提高加工效率、降低成本，本文设计了一种专用的锥齿轮吊具。

吊具是生活中移动物体位置不可或缺的重要辅助工具，必须满足可靠性、安全性及易用性。锥齿轮在转运、铣齿工序装卸工件时，通常采用吊环进行吊装与转运，这种吊装方式需要在锥齿轮背锥斜面上加工螺纹孔。但该螺纹孔的加工成本较高，且在热处理过程中必须进行防护，才可避免产生淬火裂纹。

吊装螺纹孔有两种加工方法：一是将锥齿轮水平放置在镗铣床工作台上，在锥齿轮的重心位置加工吊装孔。锥齿轮的重心大多在背锥面的斜面处，需要先将钻孔处斜面锪平，再进行钻孔、攻螺纹。此种方式占用镗铣床，加工成本较高。二是将锥齿轮立放在钻床，在锥齿轮的重心位置进行锪平面、钻孔攻螺纹工序。因锥齿轮前、后面均为锥面，无法直接立起，所以此种方式需要增加定位工装。

基于上述问题，考虑设计了一种安全、易用的装卸锥齿轮吊具（见图1），以减少加工螺纹孔的工序、节约加工成本并提高生产效率。

1. 锥齿轮吊具工作原理及使用方法

该锥齿轮吊具由支撑体、活

（4）同步驱动的安装调整及转矩限矩器的作用。由于是双侧驱动，为保证两侧的同步一致性，在安装两侧的齿轮箱时，要保证每一侧的齿轮齿条啮合到位，不能出现干涉或偏斜的情况，床身两侧的齿条在固定时不必要求每一齿对应在同一横截面内，在安装齿轮箱时，当一侧的棒齿轮啮合时，可以通过松开联接另一侧传动轴的联轴器或者松开联接齿轮的胀紧套，调整转动棒齿轮使之啮合后再紧固联接轴或齿轮。床身上紧固齿条的定位面有严格的平面度要求，与导轨面有严格的平行度要求，在固定齿轮箱时可以通过将其转动一微小转角来调整保持齿轮齿条合适的啮合间隙。

在设计中，采用了两个转矩限矩器。转矩限矩器起联轴器作用，同时起限制转矩的作用。对于进给系统负载增大时，与电动机相联的限矩器起到保护电动机的作用，超出调定转矩时电动机联轴器将打滑；当两侧驱动因啮合间隙不匀等因素而产生局部不等的负载转矩时，联接两侧驱动轴的限矩器将会使其中一轴停转或快转，对进给移动过程中出现的负载不均起到一个缓冲及自行调整的作用，防止机构损坏。

3. 结语

数控深孔镗床设计制造完成后，进行了调试试车，加工工件合格，进给部分负载率在镗削加工时一般不超过80%，机床运行良好。由于是数控机床，进给切削时出现进给阻力较大时一般都能从系统负载上显示出来，过载时机床自动停车，对安全生产具有重要意义。TKA2140数控深孔镗床采用单电动机双侧同步驱动的进给结构设计是一次创新的尝试，其在镗床上的成功应用可以为车床等其他机床进给结构的设计提供借鉴。

参考文献：

[1] 戴曙. 金属切削机床[M]. 北京：机械工业出版社，1999.

[2] 张清. 数控机床进给系统交流伺服电动机选择[J]. 制造技术与机床，1998（7）：18.

MW（收稿日期：20150526）