

万能管件快速自动倒内 外角及平端面机床设计应用



扫码了解更多

■ 宁波海天塑机集团有限公司 (浙江 315800) 潘晓敏 张洪斌 黄发明

摘要: 所有液压式注塑机都配置规格不一且有一定数量的硬油管。而下料后的油管外角、内角及端面易产生毛刺或飞边现象,难点在于加工的油管全、规格众多,操作自动化且需要高效、稳定可靠。本文主要阐述一种万能管件快速自动倒内、外角及平端面机床设计与功能应用。

1.加工问题现状

车间要求机床适用于 $\phi 18\text{mm}$ 到 $\phi 80\text{mm}$ 管径范围任意规格,首先确定由部门自主研发设计一款适用 $\phi 18\text{mm}$ 到 $\phi 80\text{mm}$ 管径规格通用性自动化倒内、外角及平端面的专用机床。由于需要满足并优化车间的要求,而且该项目史无前例、无据可查,设计过程面临很大的困难和挑战。决定从以下10大问题点进行突破。

(1) 要适应 $\phi 18\text{mm}$ 到 $\phi 80\text{mm}$ 管径范围任意规格。规格相当杂,而且随着注塑机不断更新换代,油管的管径规格也会随之变动,所以对专机设计要求不能定死几档规格,必须能接受在所需范围内对任意规格的加工。

(2) 管件装夹自定心和自动化。

(3) 要适应不同长度的管件,保证切削余量一致。

(4) 颠覆传统刀具结构固有概念。刀具既要实现管件倒内角、倒外角与平端面一次切削成

型,又要适应 $\phi 18\text{mm}$ 到 $\phi 80\text{mm}$ 管径范围任意规格,且任一规格管径对应的刀盘和成型刀片都要统一不变,便于制造与采购。

(5) 为了保证刀具在机床上快速更换,需最高效实现装卸。

(6) 既要刀具旋转和直线进给按步骤相应实现又要使整体结构紧凑且互不干涉。

(7) 装夹、刀具旋转和刀具进给动力源的提供。

(8) 如何保证切削进给时平稳而有效。

(9) 直线进给时需要分为先行快速行程和后行慢速行程以及后退快速行程。

(10) 机床采用卧式床身,要使排屑畅通,保证床身不积屑、安全生产以及便于清理。

2.新设计机床的工作原理

针对前面提到的10大难点,制定了如图1所示的方案。为了防止工件旋转导致的管件端部周期性摆动,在总体方案中,采用工件用双V形块相对固定、刀具旋

转进给的结构;采取工件固定方式,同时也是为了长短不一的管件有个统一的限位,结构设计为刀具做直线进给动作,并且将刀具旋转与直线运动集于一体,运动稳定性好,同时结构合理,不浪费床身面积。大致分为自动抱合夹紧机构、自动限位机构、旋转主轴的刀架推进机构、刀具刀架结构、几大动力机构以及其他辅助部件组成。每一步的动作程序、时间延时及信号反馈等依托PLC控制完成。最大程度减少人为操作带来的种种问题。

3.新设计机床的结构特点

(1) 针对第1问题点,首先要突破V形块组夹持范围的局限性。普通V形块组合相对夹持管件时,如果V形的开口处与另一V形开口处即将相并,此时该V形块组处于最小夹持极限,我们要做的就是如何突破最小夹持极限。

如图2所示,第1V形块与第2V形块左右相配,分别设计了嵌

入体（凸口，11和21分别为各自V形块的第1嵌入体）和槽口（凹口，12和22分别为各自V形块的第1槽口），对应的嵌入体和槽口相匹配并相互进入穿过，即实现对应的V形开口处互相通过，将最小夹持范围极限突破并进一步缩小，通过计算机放样排布，选用角度为 90° ，V形开口尺寸为80mm，能保证所需管径范围都可以有效夹持，如此就解决了大范围管径通用的难题。

（2）针对第2问题点，需要管径中心线与刀盘中心线重合，才能保证倒角的质量，前提需要管件夹持自定心，必须实现这组V形块相对同步运行。通过自主研究开发和取长补短，并仿生模拟很多形式的结构，在布局位置、合理性以及动力源有机结合度方面比较和整合后，最终设计1种新型的双连杆传动机构，设计初始首先确定动力输出源只可一处，避免多输出源产生传输速率误差不可控造成的同步误差。

夹持结构为左右滑动式，通

过气缸推动产生夹持动力，分别由导向杆、固定板、滑块、第1V形块、第2V形块、曲柄、深沟球轴承、固定架、连杆、连杆座和气缸组成。

根据图3所示，滑块在导向杆上运动，滑块相背的一侧均设置有推动槽，两个推动槽分别伸入有曲柄的一端，曲柄中部均与固定架转动连接，曲柄另一端与连杆的一端转动连接，连杆另一端与连杆座转动连接，连杆座中部与气缸的活塞杆头部固定连接，气缸的活塞杆运动方向与导向杆垂直且活塞杆运动方向所在的直线经过第1V形块和第2V形块嵌合的对称中心。采用这种结构通过气缸活塞杆的移动拉动滑块移动，以此来控制第1V形块和第2V形块的卡紧和分离，使得无论管件的管径如何变化，管件被夹持中心线始终位于同一位置，方便管件夹紧之后的加工。另外，曲柄上与推动槽配合处设置有深沟球轴承，用于减少曲柄与推动槽处配合的磨损。

至此，实现了V形块组同步运行，夹紧定位机构实现了管件与动力头上的刀盘中心的同轴度要求，从而保证倒角的均匀性。通过电气控制实现气缸运动和保压，实现装夹自动化且夹持力得到保证。

（3）针对第3问题点，在设计总方案时，设计确认刀具行程可调整，试样之后批量生产时将进行限位以保证工件质量的一致，但是不管何时，任一工件待加工处位置必须固定不变。另外，设计的限位装置需要在机床工作前起效；工件夹紧后，要在机床工作时失效，为刀具行程让路，使刀具与夹持限位不干涉。自动夹紧机构安装在切削装置前端，在该机构固定板朝刀具一侧（结合图3和图1夹持与刀具之间），固定一组小气缸作为动力源，小气缸将推动滑块限位进行运动，滑块挡于V形块前方，在管件夹持之前，滑块作为靠山限位，将管件端面贴到滑块面，待V形块夹持住管件后，再次启动小气缸推动滑块退出V形块前方区域，为刀具行程腾出空间，一个循环完成管件加工面限位的工作。另外，小气缸安装时，活塞杆退出V形块方向，以保证处于

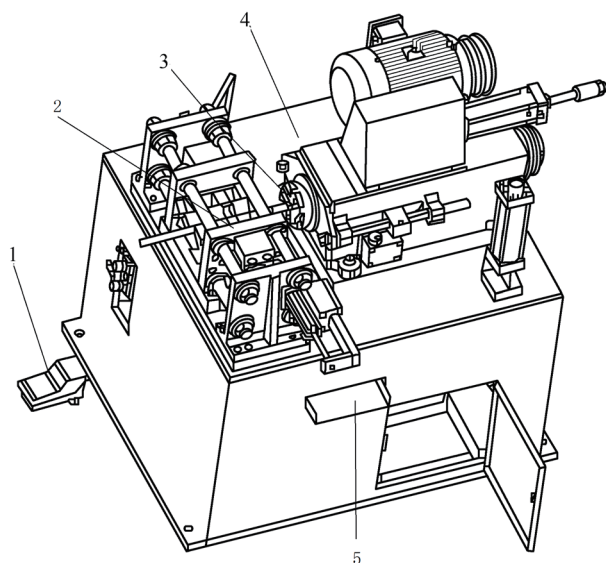


图 1

1.脚踏开关 2.夹夹机构 3.刀盘 4.床身 5.倾斜落料通道

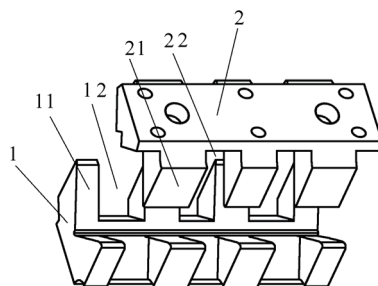


图2 新型大范围夹持V形块组

1.第1V形块（11为其第1嵌入体，12为其第1槽口）
2.第2V形块（21为其第1嵌入体，22为其第1槽口）

有效限位状态下,活塞杆大部分是进入到气缸腔体内的,目的是使滑块处于工作状态时活塞杆稳稳的被气缸前盖所导向,大大加长气缸的使用寿命。

(4) 针对第4问题点,目前1副刀具只能实现单功能,如果不改变现状,1次加工将需要更换3次刀具,在实际操作中不现实。

设计新型刀具的总思路是以刀盘中轴线为中心,120°方向3个角度各均布倒内角刀、倒外角刀及平端面刀,且每把刀都能沿120°方向做直线移动并能固定。

新型刀具总成如图4所示,倒内角刀、倒外角刀以及平端面刀分别固定到倒内角移动刀座、倒外角移动刀座和平端面移动刀座的刀座螺孔上,每组移动刀座各设3到4个刀座螺孔,由此增大了刀具的调整范围,并且刀座上分别设计斜面台阶,为各自相对应的刀具提供定位和切削角度。

各移动刀座分别嵌入新型刀盘角度均分的轨道槽内,由刀座调节螺钉通过刀盘通孔连接刀座螺孔(见图5)带动各个刀座沿轨道槽导向进行调节,最后利用螺钉通过螺孔将移动刀座固定,以实现一副刀具应对不同直径规格的管件对刀功能,而且所有切削功能包含在1副刀具内,通过新型刀具的设计,大大提升了管件加工的切削效率,降低了刀具生产成本,解决了传统刀具的弊端。

(5) 针对第5问题点,刀具快速装卸设计原理如图6所示,在主轴端部内心固定磁性限位块,并且在磁性限位块前端设置有圆柱销,在刀盘背面设计与圆柱销相配合的凹槽,圆柱销起到拨叉的作用,主轴旋转依靠圆柱销带动刀盘凹槽旋转做切削运动。由于刀具直线进给切削时,刀盘受力方向是往磁性限位块的,也就是说反方向有些许磁吸力足以

保证刀盘不脱落即可,如此也便于刀盘的拆卸。采用这种结构使刀盘与主轴能够方便的进行拆装,使刀盘调节更加方便。

(6) 针对第6问题点,从刀具运动轨迹来说,旋转运动轨迹作为圆周切削,直线运动轨迹作为进给切削,加工管件时刀具运动轨迹二者缺一不可。

如图7所示,主轴的旋转力来源与皮带轮,固定主轴以及轴承的腔体如果要做直线运动,按照传统设计会在下方加装滑轨,缺点较明显,结构过于松散,空间占用较大,切削受力轴线与直线进给轴线不在同一水平面上,会导致切削圆周受力不均等问题出现。于是我们在主轴的轴承与腔体之间新增设计主轴套,与腔体过渡配合,在主轴套的尾部设计1副轴承支撑的内花键链接滚筒套,其内花键与主轴尾部的花键相配合,花键作用就是既能保证旋转力的传输,又使主轴直线运动顺滑不受阻力。直线运动需要依托动力推动,主轴套连接着拨板,考虑到拨板推动轴线与主

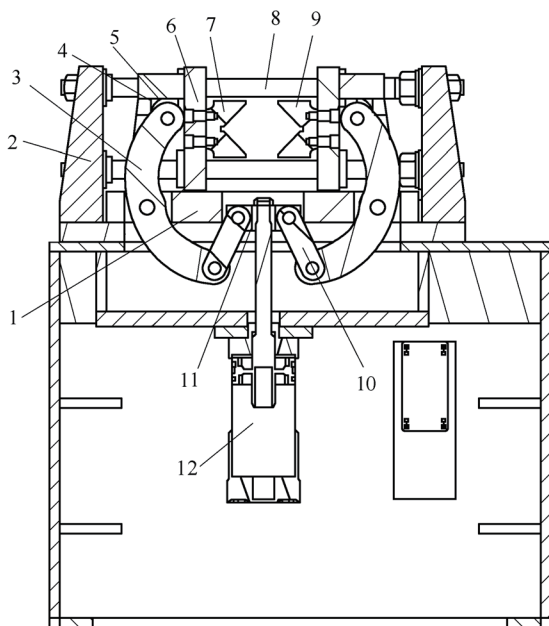


图 3

1.固定架 2.固定板 3.曲柄 4.推动槽 5.深沟球轴承 6.滑块
7.第1V形块 8.导向杆 9.第2V形块 10.连杆 11.连杆座 12.气缸

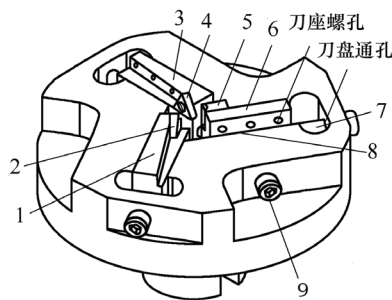


图 4

1.倒外角移动刀座 2.倒外角刀 3.倒内角移动刀座
4.倒内角刀 5.平端面刀 6.平端面移动刀座
7.刀座调节螺钉 8.轨道槽 9.螺钉

轴中心线未能在同一中心线,推动时会导致受力倾斜,所以在壳体上方设置1根导柱,并在拨板与导柱接触部分加设耐磨铜套与导柱过渡配合,通过动力源施加到拨板时,主轴套带着主轴与主轴端部的刀具平稳的做直线运动,实现了刀具直线进给在机械传动上的平稳传动。

(7) 针对第7问题点,有运动就需要动力,应对不同功能的实现,需要根据实际情况设计制定不同的动力源。推动V形块组的曲臂连杆机构在V形块夹紧管件时需要一定时间受力,也就说动力源需要保压。另外考虑到倒角平端面切削力并不大,最终选用气压动力源,既经济又环保,能够长时间保压受力,通过压力设定,气压动力源重复稳定。刀具旋转是做圆周运动,通过切削力分析和选型,确定选择三相异

步电动机Y100L1-4作为刀具旋转动力源。刀具进给动力源,选用条件也同夹持动力源一样,由于切削力不大,从适用性以及经济性角度出发,也同样选用气压动力,依靠气缸活塞杆连接并推拉拨板实现刀具直线进给运动。

(8) 针对第8个问题点,对于这款机床的直线进给来说,空气动力会带来一种缺陷,空气在气缸腔体内受压会产生一定的压缩比,所以切削时会导致不稳定,对管件的加工质量以及机床使用和刀具寿命都会产生影响。用油压就没有这样的缺陷,但是油压存在经济成本高、不环保、液压站需要占据更多的空间以及增加1套液压系统等诸多不利。基于此,气压和油压二者我们分别取此长补彼短,在总体结构上还是采用气压方式,在机床右下角放置1套满油的储油缸与推进气缸相连接,气源第1步先通过储油缸,将储油缸内的液压油推到推进气缸内,相当于说推进气缸无杆腔内的介质不再是空气而是液

压油,该方法俗称气推油,这样一来无需购买液压站,即可实现进给动力的稳定可靠。

考虑到机械传动的稳定性,如果单设计主轴做旋转运动加上主轴套做直线运动,若主轴套的径向没有导向支撑的话,对于直线运动,特别是在切削过程中,主轴套径向摆动会对整体造成从点到面的不稳定影响,所以设计直线导向,而且在导向设计中,双导向是较为稳定的一种选择,故在主轴套对应的壳体两边上分别设计了导向组合,由壳体上的导向孔、导向杆和过渡连接板组成,导向组合在直线进给时抵消了主轴套的径向摆动,使得刀具整个切削过程稳定可靠,保证加工的管件质量合格。考虑到刀具切削时主轴套是伸出于壳体内腔的,所以在过渡连接板上方加装挡屑板,即使主轴套伸出壳体,也能保证铁屑进入不到壳体内腔,保护结构不受损坏。

(9) 针对第9个问题点,机床操作的安全是重中之重,工件

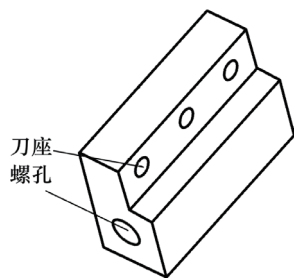


图 5

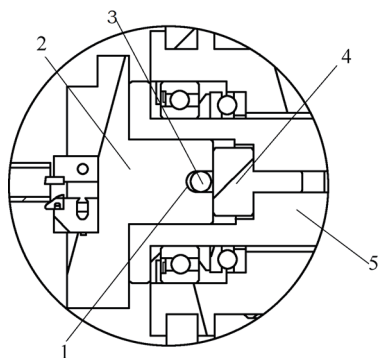


图 6

1.凹槽 2.刀盘 3.圆柱销 4.磁性限位块 5.主轴

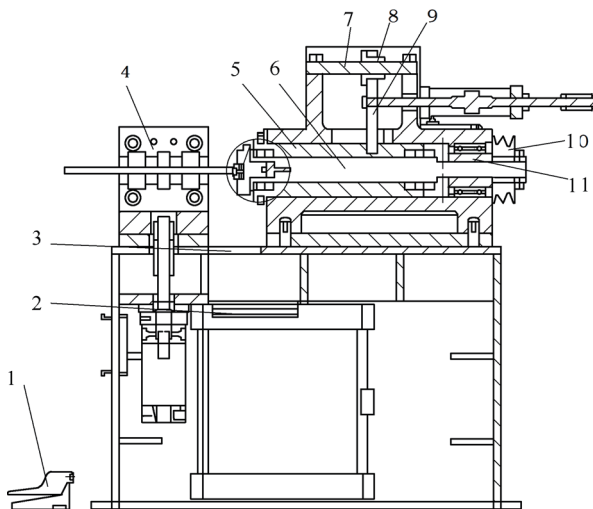


图 7

1.脚踏开关 2.倾斜落料通道 3.方形落料孔 4.夹紧机构 5.主轴套
6.主轴 7.导柱 8.铜套 9.拨板 10.皮带轮 11.滚筒套

装夹和刀具装夹时,工件和刀具都需要保持一段安全距离,但在机床工作时,这段安全距离显得比较尴尬,为了机床工作不在这段距离上浪费过多时间,所以制定了直线进给起动后需要分为先行快速行程(快进到位)和在即将接触工件时改用后行慢速行程(工进切削),最后后退快速行程(快退归位)的设计计划。

为了实现上述的设计计划,必须在动力输入的速率上做变化差,而且将在一个特定的位置产生,在上述条件框定下,来分析制定方案。因机床直线进给所用的动力源是气推油,所以首先确定选用FKC-G03*A机械式流量控制阀(见图8)来实现。将该控制阀安装于直线进给导向杆下方,并在导向杆上安装可调节的限位拨块,根据刀具实际位置调节固定拨块,拨块拨动圆柱三角槽前刀具走的是快速推进行程,一旦触到三角槽将进入慢速切削模式,由于切削余量小,所以圆柱三角槽转动 90° 的行程足够大于切削余量,然后达到 90° 后开始快速回退到刀具起始零点,一个节拍循环完成一个切削动作。

(10) 针对第10个问题点,在刀盘与夹紧机构之间下方的床身上设置方形落料孔,在落料孔下方固定有倾斜落料通道,落料通道出口位于床身侧壁,操作人员可在落料通道出口处放置碎屑收集箱,方便碎屑收集和清除。

另外在刀盘上方设有可跟随刀盘直线进给的挡屑板,起到防止细小铁屑进入主轴套与壳体配合之间间隙的作用,保证刀具直线的稳定进给。

◎机械式流量控制阀
FKC-G03 03AL,03ALI
尺寸图 THE DRAWING OF DIMENSION

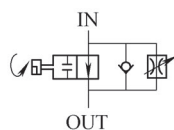


图 8

4. 自控系统

至此,10个问题点在万能管件快速自动倒内、外角及平端面机床得到解决并优化突破。为了方便整机的控制,床身旁边还设置有脚踏开关,踩下脚踏开关后,以PLC为中心的控制系统开始传输信号,第1步信号传递到气缸,起动气缸完成机床第1步动作V形块组夹紧管件,当夹持力达到一定系数时,感应气压的传感器将检测到的信号反馈至PLC控制系统传输第2步信号至小气缸,小气缸无杆腔受压工作将推动滑块限位离开管件待加工区域,待滑块限位完全离开时,处于小气缸内的位置感应器将信号反馈至PLC控制系统传输第3步信号至三相异步电动机Y100L1-4,起动电动机的同时PLC控制系统传输第4步信号至气推油进气受压,推动拨板连接的主轴套上的刀盘,使刀具既做旋转又做直线快速推进,当限位拨块行进至FKC-G03*A机械式流量控制阀的圆柱三角槽,刀具开始做慢速进给切削,到位后圆柱三角槽角度归位,刀具快速返回起始点,壳体上的位置感应器感应到拨块回位将信号反馈至PLC控制系统传输第5步信号至气缸换向阀,V形块组松开管件解除夹持,感应气压的力矩继电器再次反馈信号至PLC控制系统传输最后一步信号

至小气缸,滑块限位行至待加工区域,等待下一个管件来将其做靠山定位。以此为1个工作节拍,使得整个倒角及平端面工序实现了真正的自动化。整个机床的控制部分都是通过PLC编程实现,只要按下启动按钮,即可实现机床单循环运作状态,完成后机器自动停止运行。

5. 结语

该机床采用PLC控制,人工一次上料,可实现任一管径在范围尺寸内自动完成倒内、外角及平端面工作,整个过程无需人工干预。从实际工艺试验得到的各项数据表明,由于系统性能稳定以及自动化程度高,所以操作简便,产品质量可靠,提高了生产效率,降低了操作人员的劳动强度,自动排屑改善了作业环境。

至此,结束了海天塑机利用手持式磨头对油管每端进行人工倒角工作的历史,填补了油管倒角平端面通用自动化加工的空白,从根本上提高油管装配质量并解放了生产力,并且该项目已经申报国家专利4项,其中发明专利2项、实用新型专利2项。

参考文献:

[1] 闻邦椿.机械设计手册[M].北京:机械工业出版社,2010.

MW (收稿日期:20180602)