

DOI:10.3969/j.issn.1001-4551.2020.12.021

桥臂类零件自适应专用夹具的设计*

叶 俊

(浙江机电职业技术学院 智能制造学院, 浙江 杭州 310053)

摘要:桥臂类零件的毛坯为异形铸件,因其装夹定位需花费大量时间进行调整装夹,导致该零件加工效率低、劳动强度大、成品合格率不高,针对这一问题,通过对桥臂零件的图纸和加工工艺进行分析,对专用夹具的机械结构进行了设计。利用液压夹具夹紧稳定、操作简单等特点,对夹具的液压控制系统进行了设计;为了减少劳动强度,实现智能化生产,采用数控机床生产与物料控制(PMC)程序对夹具进行了控制,通过对控制信号的地址分配、PMC 程序编制等,达到了桥臂类零件智能化生产的目的。研究结果表明:该夹具在生产效率、加工质量上具有较为显著的效果;能够实现快速、准确地装夹定位,装夹效率提升 3 倍,且产品加工质量稳定。

关键词:自适应;专用夹具;液压控制;生产与物料控制

中图分类号:TH122;TG757

文献标识码:A

文章编号:1001-4551(2020)12-1525-05

Design of adaptive special fixture for bridge arm parts

YE Jun

(School of Intelligent Manufacturing, Zhejiang Institute of Mechanical
& Electrical Engineering, Hangzhou 310053, China)

Abstract: Aiming at the problems that bridge arm was a special-shaped casting, it took a lot of time to adjust the clamping, which resulted in low machining efficiency, high labor intensity and low qualified rate of finished products, the mechanical structure of the fixture was designed through the analysis of the drawings and processing technology of the bridge arm parts. The hydraulic control system of the fixture was planned and designed by using the characteristics of the hydraulic fixture, which was stable and easy to operate. To reduce the labor intensity and realize the intelligent production demand, the fixture was controlled by the PMC program of the numerical control machine tool through the control address distribution of signal, PMC programming and so on. to achieve the purpose of intelligent production. The results show that the fixture has a significant effect on production efficiency and processing quality, it can achieve fast and accurate clamping positioning, its clamping efficiency is increased by 3 times, and the product processing quality is stable.

Key words: adaptive; special fixture; hydraulic control; production material control (PMC)

0 引 言

随着工业 4.0 的发展,复杂零件、异性零件的加工也越来越普遍,为保证该类零件的加工,业界对夹具的设计也提出了智能化、精准化的要求。夹具设计的合理性、有效性直接影响了复杂零件、异性零件加工的效率和质量。其中,因为其自身具有夹紧稳定、操

作简单等特点,液压夹具得到了大量应用。

张文凡等人^[1]针对液压夹具易受外界干扰的问题,提出了一种自适应的液压夹具系统;邹德强^[2]提出了一种用于柔性生产线的液压夹具。在气压夹具方面,王细洋等^[3]研制了一种气动控制柔性快装夹具;马进中等^[4]利用数控机床内的 PLC 控制器对夹具进行了研究,通过数控机床的电气系统来控制气动夹具

收稿日期:2020-04-01

基金项目:浙江省自然科学基金资助项目(LY20E050021)

作者简介:叶俊(1974-),男,浙江绍兴人,高级实验师,主要从事异形复杂件数控加工、智能制造流水线设计等方面的研究。E-mail:157713041

@qq.com

动作,提出了一种气动多工位夹具。

某桥臂零件的加工量为 500 件/月,生产设备为数控加工中心,材料为铸件。该桥臂零件的毛坯表面粗糙,且外形不规则,加工时需人工花费大量精力进行找正、定位及装夹。为了解决该难题,通常需要借助于专用夹具进行装夹。为了减轻劳动强度,并确保一致的夹紧力,通常夹具应采用自动装夹的方式来夹紧工件,在保证加工质量满足生产要求的基础上,尽量提高生产效率,并降低工人的劳动强度^[5]。

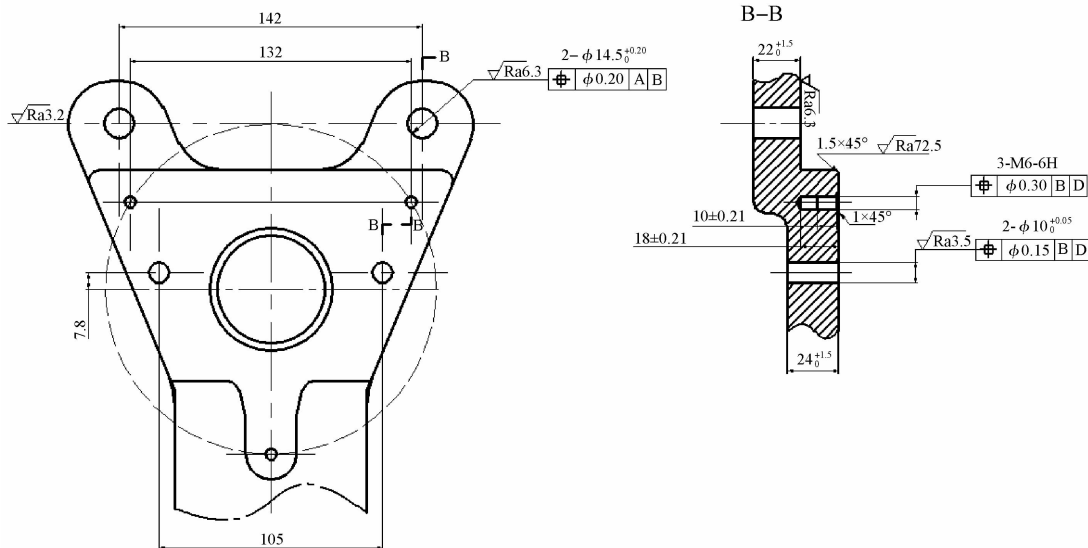


图 1 某桥臂零件图(头部)

图 1 中,该桥臂零件的材料为铸铁,最大轮廓尺寸为 419 mm×239 mm。其加工结构特征是:该桥臂头部共有 7 个尺寸不同的内孔,4 个内孔对称分布在轴线两端,另外 3 个内孔均匀分布在头部虚线圆的 3 等分处。

根据图 1 可知:零件头部需加工的 7 个小内孔皆有位置度要求,除了 3 个 M6-6H 螺纹内孔外, $\phi 14$ 内孔粗糙度要求达到 6.3, $\phi 10$ 内孔粗糙度要求达到 3.2。在加工中,针对 7 个内孔的位置度加工难以保证精准,由此需要设计一个专用夹具来满足其生产要求。

1.2 加工工艺分析

本文通过零件公差等级、加工表面尺寸确定工序余量,再确定表面加工方法,根据零件材料以及粗糙度要求选择合适的刀具。

桥臂(头部)加工方案如表 1 所示。

表 1 桥臂(头部)加工方案

需加工表面	经济精度	表面粗糙度	加工方案	备注
桥臂上端面	IT12	3.2	粗铣—半精铣	—
			—精铣	—
$\phi 14$ 孔	IT10	6.3	钻—扩—铰	—
$\phi 10$ 孔	IT10	3.2	钻—扩—铰	—
3×M6 螺纹孔	6H	—	钻—攻	—

针对以上问题,笔者将在对桥臂零件的图纸和加工工艺进行分析的基础上,设计一种桥臂替换的自适应专用夹具。

1 桥臂零件的分析

1.1 零件图分析

以某桥臂零件为研究对象,因其具有重要的导向和传递力的作用,对连接精度有很高的要求,其桥臂图(头部)如图 1 所示。

2 桥臂专用夹具的机械结构

该夹具主要是解决工件定位误差大和装夹困难等难题,因工件毛坯属于异形件,毛坯两侧存在高度差、毛坯整体尺寸较大的问题,在夹具设计中需要支撑元件支撑工件,利用浮动元件辅助毛坯进行夹紧。所设计的专用夹具主要由定位元件、夹紧元件、支撑元件、辅助元件等组成。

以桥臂零件的内孔为定位基准,为了简化夹具结构,保持基准统一,本文采用一面两销定位设计:支承板为第一基准限制 x 、 y 方向的转动和 z 方向的移动,圆柱销为第二基准限制 x 、 y 移动,菱形销限制 z 转动,限制了毛坯的 6 个自由度,属于完全定位。利用液压顶出型支撑元件辅助支撑毛坯,液压夹紧元件装夹工件。在底板上选择两销位置,将辅助元件支撑台放在内孔其中一定位销中,以另一定位销为圆心安置定位环;在支撑台上放置中部压紧油缸和浮动支撑,在其前端放上浮动支撑油缸;在前部和定位环两端放置前部压紧油缸和后部压紧油缸夹具。由于工件毛坯以货车桥臂的 2 个定位孔为基准进行粗定位,且具有浮动支撑,使毛坯的定位相对稳定可靠。

夹具整体结构如图 2 所示。

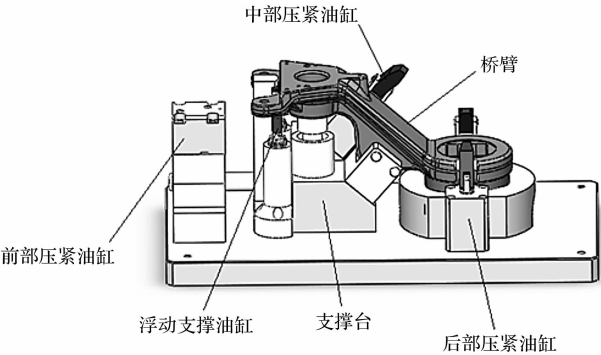


图 2 夹具整体结构图

3 桥臂专用夹具的液压控制

夹具进行结构设计后,需对夹具的控制系统进行规划,由于人工操作存在定位误差大、耗时长、不统一等缺陷,结合零件加工所需,本文采用数控机床的液压系统实现毛坯的辅助定位、夹具的夹紧、夹具的松开等来解决存在的缺陷^[6]。

3.1 夹具动作流程

笔者将工件放置在夹具的定位元件上后,启动数控程序,浮动支撑升起支撑工件。动作完成后,液压转向阀开始工作,夹紧装置启动,旋转液压缸带动压板向下压紧工件,此时将通过信号检测夹紧力,如夹紧力不够则停止所有工作并在数控系统中显示报警,如压力正常则继续启动数控加工程序,进行毛坯的切削加工。加工结束后,液压转向阀开始工作,浮动支撑缩回,压板松开工件并旋转至合理位置不干涉工件的取出。

桥臂零件专用夹具动作流程如图 3 所示。

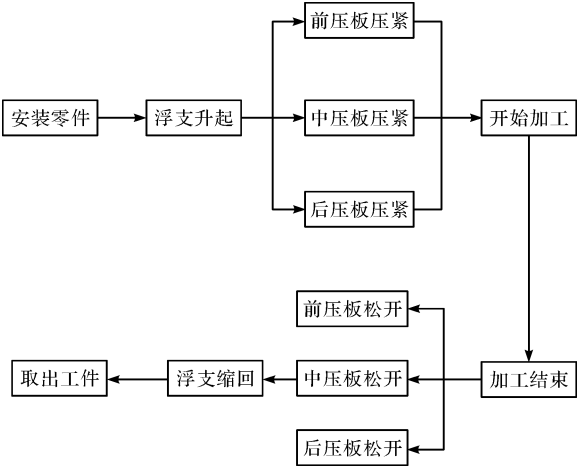


图 3 桥臂零件专用夹具流程

3.2 液压控制回路

当工件放置在夹具上,机床程序未运行时,此时液压泵输送的油液都被阻隔在三位四通换向阀下,所有的油缸油路都未接通,夹紧装置未启动,只有在接受收到指定的命令后,液压控制回路才会工作^[7]。当得到信号后,1 号电磁阀左端接通,打开回路,油液经过液控单向阀,到达浮动支撑油缸,使液压缸工作,带动支撑头上行,在碰到工件后立即停止上行并加压锁死支撑工件。接着 2、3、4、5 号电磁阀左端接通,油液通过单向阀进入使液压缸,使液压杆运动,从而带动压板压紧工件。

夹具夹紧液压图如图 4 所示。

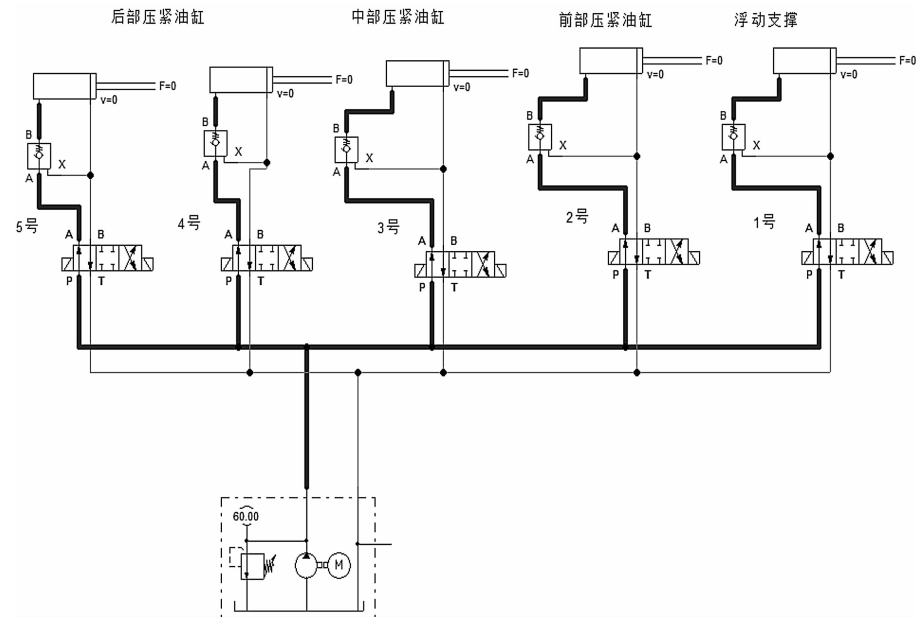


图 4 夹具夹紧液压图

在加工程序运行结束后,接收到信号后,5、4、3、2号4个电磁阀右端接通,改变油液通入方向使油液从另一端进入,提供反向推力带动压板松开上升,解除夹紧。最后接通1号电磁阀右端,同样转换油液方向,使支撑头下降返回原点,完成动作。夹具复位,此时可以取出工件,完成加工。

4 桥臂专用夹具的电气控制

夹具的控制有数控机床的程序代码进行控制,在完成了液压控制方案设计后,需对其电气控制进行设计^[8-10]。可以利用机床上内置的PMC编程控制器进行二次开发,通过指定的M功能指令,来实现液压夹具工作动作,从而实现自动装夹,提高加工效率。具体流程如下:运行加工程序,利用自定义的M15指令,控制A缸动作,上升支撑工件,同时也检查支撑状态;同

样地使用M25、M35、M45指令,控制B、C、D缸动作,锁紧工件并检查锁紧状态。工件加工完成后,使用M16、M26、M36、M46指令,A缸、B缸、C缸和D缸松开返回,取下工件,完成操作。

4.1 电气控制 I/O 口信号

依据夹具的工作过程还有加工安全可靠性的考虑,定义的M功能指令,I/O口信号地址,中间继电器以及电磁阀。

为实现夹具的自动装夹、松开,完成加工动作指令,本文通过自定义M指令控制夹具夹紧元件的压紧,松开;对I/O口输出信号的地址进行设定,选取符号,并添加注释;对中间继电器进行编号,对输出地址进行设定;对三位四通电磁阀进行编辑。

I/O口定义与说明如表2所示。

表 2 I/O 口定义与说明

输出信号			输入信号			
符号	地址	注释(信号)	控制指令	输出地址	继电器	注释
SP1	X6.0	液压报警(欠压)	M15	Y66.0	KA1	A缸上升支撑工件
SQ1	X6.1	A缸锁紧到位信号	M16	Y66.1	KA2	A缸下降松开返回
SQ2	X6.2	B缸锁紧到位信号	M25	Y66.2	KA3	B缸锁紧工件
SQ3	X6.3	B缸松开回位信号	M26	Y66.3	KA4	B缸松开返回
SQ4	X6.4	A缸松开回位信号	M35	Y66.4	KA5	C缸锁紧工件
SQ5	X6.5	C缸锁紧到位信号	M36	Y66.5	KA6	C缸松开返回
SQ6	X6.6	C缸松开回位信号	M45	Y66.6	KA7	D缸松开返回
SQ7	X6.7	D缸锁紧到位信号	M46	Y66.7	KA8	D缸松开返回
SQ8	X6.8	D缸锁紧到位信号				

当SP1闭合后,即表示液压回路不连通,液压控制回路液压欠压,机床发出报警信号,应立即停止机床工作;当SQ1接通后,回路连通,表示A缸锁紧信号到位,其代码动作指令完成。SQ2联通后,则显示B缸的夹紧动作完成,信号到位。

输出控制如图5所示。

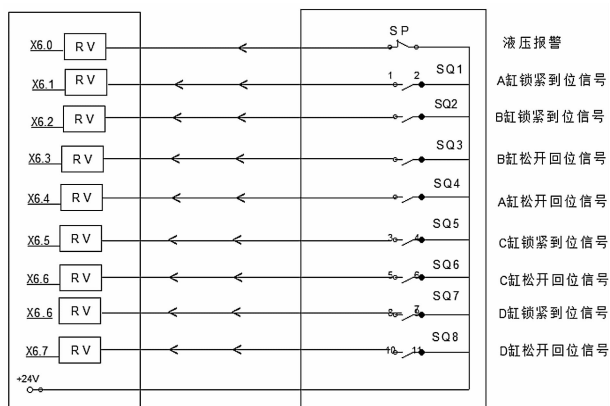


图 5 输出控制

当Y66.0线圈得电,中间继电器KA1得电,KA1的常开触点闭合让电磁阀YV1得电,使A液压缸油路

接通执行动作;浮动支撑油缸支撑头上行碰到工件后停止并继续加压支撑工件。

之后的Y66.7线圈得电,输入控制信号如图6所示。

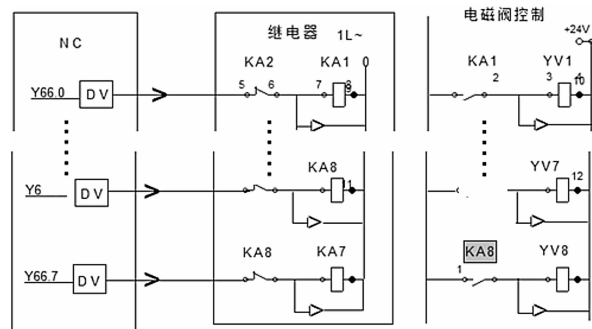


图 6 输入控制信号

依据液压夹具的控制方案及数控铣床内置的PMC功能,实现液压夹具所需要控制动作的M指令的自定义、安全故障报警设置^[11]。通过编制数控机床PMC梯形图实现上述功能。

4.2 夹具电气控制系统的实现

完成PMC程序编译后,可以将自定义的M指令

嵌入工件加工程序,利用数控程序控制数控机床的 PMC 信号,实现利用数控加工程序控制夹具液压元件的执行目的。自适应夹具运行程序如下:

O4567;(数控加工程序名)
G21;(定义加工尺寸为公制)
G17 G40 G49 G80;(数控代码初始化)
M06 T02;(更换所需切削刀具)
G90 G55 X65 Y30 S1800 M03;(主轴转动,定义下刀点)
M15;(A 缸上升支撑工件)
M25;(B 缸夹紧工件)
M35;(C 缸夹紧工件)
M45;(D 缸夹紧工件)
……;(零件加工的数控加工程序略)
M46;(D 缸松开工件并旋转复位)
M36;(C 缸松松开工件并旋转复位)
M26;(B 缸松松开工件并旋转复位)
M16;(A 缸下降复位)
M30;(程序停止)

5 桥臂专用夹具在生产中的验证

该桥臂零件自适应专用夹具在生产中已进行了验证。设备为浙江凯达机床股份有限公司生产的 6540 数控加工中心,系统为 FANUC oi-MD 系列。经过验证,该夹具在生产效率、加工质量上具有较为显著的效果,装夹效率提高了 287%,定位调试效率提高了 333%,产品报废率降低为 0%。

人工装夹与夹具装夹定位的统计数据如表 3 所示。

表 3 人工装夹与夹具装夹定位的统计数据表

项目名称/单位	统计数据	
	人工装夹	专用夹具
装夹时间/min	23	8
定位调试时间/min	10	3
报废率(50 个零件为基数)	2	0

6 结束语

结合企业生产所需,本文提出了自适应夹具的设计,对被加工零件进行图纸分析,结合加工工艺,对夹具进行了机械结构设计;对夹具的液压控制系统进行了设计,再者对夹具的电气控制系统进行了设计,最后利用数控机床的程序对夹具进行了夹紧及松开控制,达到了自动控制目的。

该专用夹具采用液压控制,其设计具有定位精确、节省人力的特点,能有效解决定位误差大、装夹不牢靠等问题,对桥臂零件的大批量生产带来便捷,提高效率,降低劳动强度。同时该夹具的开发也能为同类产品夹具的开发提供借鉴。

参考文献(References):

[1] 张文凡,李学燎,王 建,等.基于自适应的液压夹具压力控制的研究[J].机床与液压,2012,40(9):63-65.
[2] 邹德强.柔性线中典型液压夹具的设计[J].制造技术与机床,2015(65):84-86.
[3] 王细洋,朱志坤.航空铝型材零件柔性快装夹具设计[J].航空制造技术,2013,56(8):92-93.
[4] 马进中,韩 江.数控机床程控多工位自适应夹具的开发与应用[J].机械设计,2010,27(5):90-94.
[5] 张宏军.利用数控机床自身系统实现夹具的自动控制[J].汽车使用技术,2010(3):35-37.
[6] 魏 霞.机床夹具中定位与夹紧的研究[J].南方农机,2018,49(24):102.
[7] 左健民.液压与气压传动[M].北京:机械工业出版社,2018.
[8] 胡亚娟.液压式联合收割机电气控制系统的 PLC 设计[J].农机化研究,2019,41(10):111-115.
[9] 欧俊连,沙 玲,杨淞文.基于 PLC 的自动折标系统设计[J].轻工机械,2019,37(4):63-67.
[10] 蔡文明,董新华.蔡于 PLC 的自动搬运空调机械抱平控制系统设计[J].轻工机械,2018,36(1):79-82.
[11] 雷 钧,罗 敏,吴清生,等.数控立式加工中心夹具控制系统[J].机床与液压,2016,44(14):133-136.

[编辑:程 浩]

本文引用格式:
叶 俊.桥臂类零件自适应专用夹具的设计[J].机电工程,2020,37(12):1525-1529.
YE Jun. Design of adaptive special fixture for bridge arm parts[J]. Journal of Mechanical & Electrical Engineering, 2020,37(12):1525-1529.
《机电工程》杂志: <http://www.meem.com.cn>