

液压式四自由度机械手设计

■ 沈阳机床集团设计研究院（辽宁 110142） 陈洪军

摘要：本文结合抓取机械手的设计要求，对机械手技术进行了分析，设计出采用液压驱动、PLC控制的液压式4自由度机械手。

工业机械手是一种模仿人手动作，并按照设定的程序、轨迹和要求代替人手抓取、搬运工件或进行操作的自动化装置。它的用途十分广泛，对于实现生产过程自动化，提高劳动生产率，减轻工人的劳动强度，保证工人的安全都具有重要的意义，尤其对于那些有毒、危险、多粉尘、深水作业及放射性等恶劣环境和条件下的作业，使用工业机械手更具有显著的优越性。目前，已经在机械加工、铸造、锻造、冲压生产线和某些操作作业中得到比较广泛的应用。在热处理、焊接、涂漆及装配等生产中也开始研制和应用。

目前机械手常用的驱动方式有液压驱动、气压驱动及电动机驱动等多种方式，各种驱动方式有其自身的特点，在工业机器人中液压和气压驱动应用很广泛，有些机器人则同时采用多种驱动方式，这都视不同机器人的特点和要求所定。由于液压驱动具有以下特点：驱动力和驱动力矩较大，速度反应性较好，调速范围较大，多用于要求臂力较大而运动速度较低的工作场合。

1. 整体设计方案

本文设计的机械手要求在几台机械设备间进行搬运和装卸工件。它具有4个自由度，分别为机械手腕的旋转运动、机械手臂的伸缩运动、机械手臂的旋转运动和机械手臂的升降运动，坐标形式为圆柱坐标，采用液压驱动控制方式，用于生产线中的自动搬运货物的装置。本设计的结构简图如图1所示，工作程序为：启动机械手，当工件成形后发出信号，机械手的手臂下降到预定位置，手爪张开，夹紧工件后上升；然后机械手臂正向旋转180°，机械手腕正向旋转90°，机械手臂伸出到预定位置后下降到指定位置，手爪松开，放好工件；最后机械手臂上升到指定位置后反向旋转180°，机械手腕反

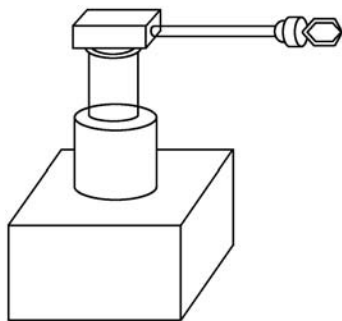


图1 机械手结构简图

向旋转90°，机械手臂缩回，回到原点位置，开始下一个周期。

2. 机械系统设计

针对该工业机械手的任务要求，为了使它具有一定的操作灵活性和较好的使用性能，在结构设计上采用圆柱坐标系。整个机械手系统设计为4个自由度，包括机械手臂上下移动、机械手臂水平伸缩、机械手臂旋转和机械手腕旋转，这4个自由之间无耦合，可以有效地简化运算和控制。在本次设计中主要采用液压部件来实现，因此机械手臂上下移动和机械手臂水平伸缩采用双作用单活塞杆液压缸，而两个旋转运动通过内曲线径向马达实现，如图2所示。

机械手夹持部分由机械手指、杠杆、杠杆支座、楔块、弹簧及液压缸等组成，如图3所示。工作时，压力油从油孔通入到

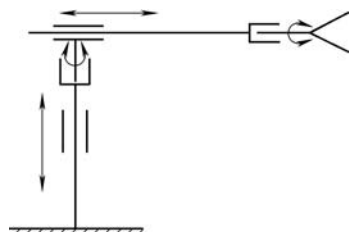


图2 机械手原理

$\phi 65\text{mm}$ 作用液压缸的左腔，推动活塞、楔块向前移动，再推动杠杆绕销轴转动，使机械手指夹紧工件。当控制机械手手部动作的电磁换向阀换向时，液压缸左腔的油液流回油箱，则活塞、楔块在弹簧的作用下而复位，机械手指在拉簧的作用下松开。

由于机械手的手部和腕部自重以及工件重量较大，当大臂伸出时，活塞杆不足以承受它们的重量。同时，活塞杆本身对于变形的要求很高，因而利用光杠来提高其承载能力，减小活塞杆的变形。为了美观，同时也能起到减小活塞杆受力，在大臂上方安装一个外罩，它本身还能减少外界对液压缸的污染。

3. 控制系统设计

本文所设计机械手采用液压系统驱动，由PLC控制。液压系统如图4所示。

采用型号为FX2N-64MR-001的PLC作为控制系统的核心，假定工作场景为机械手将工件从甲地搬到乙地，控制面板如图5所示。工作方式选择开关的5个位置分别对应于5种工作方式，操作面板下部的10个按钮是手动按钮。为了保证在紧急情况下（包括PLC发生故障时）能可靠地切

断PLC的负载电源，设置了交流接触器KM。在PLC开始运行时按下“负载电源”按钮，使KM线圈通电并自锁，KM的主触点接

通，给外部负载提供交流电源，出现紧急情况时使用“紧急停车”按钮断开负载电源。机械手动作顺序如图6所示。

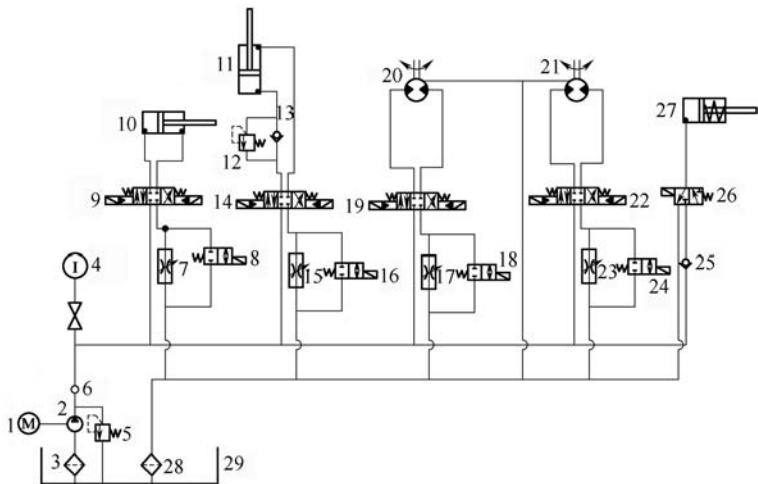


图4 液压系统

- 1.电动机 2.泵 3.吸油过滤器 4.压力计 5、12.溢流阀 6、13、25.单向阀
7、15、17、23.调速阀 8、16、18、24、26.电磁换向阀 9、14、19、22.电液换向阀
10、11、27.液压缸 20、21.马达 28.回油过滤器 29.油箱

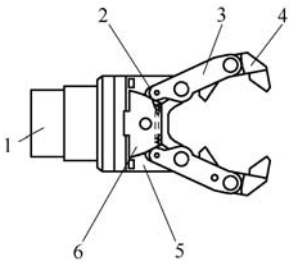


图3 手爪机械结构

- 1.液压缸 2.弹簧 3.杠杆 4.机械手指
5.杠杆支座 6.楔块

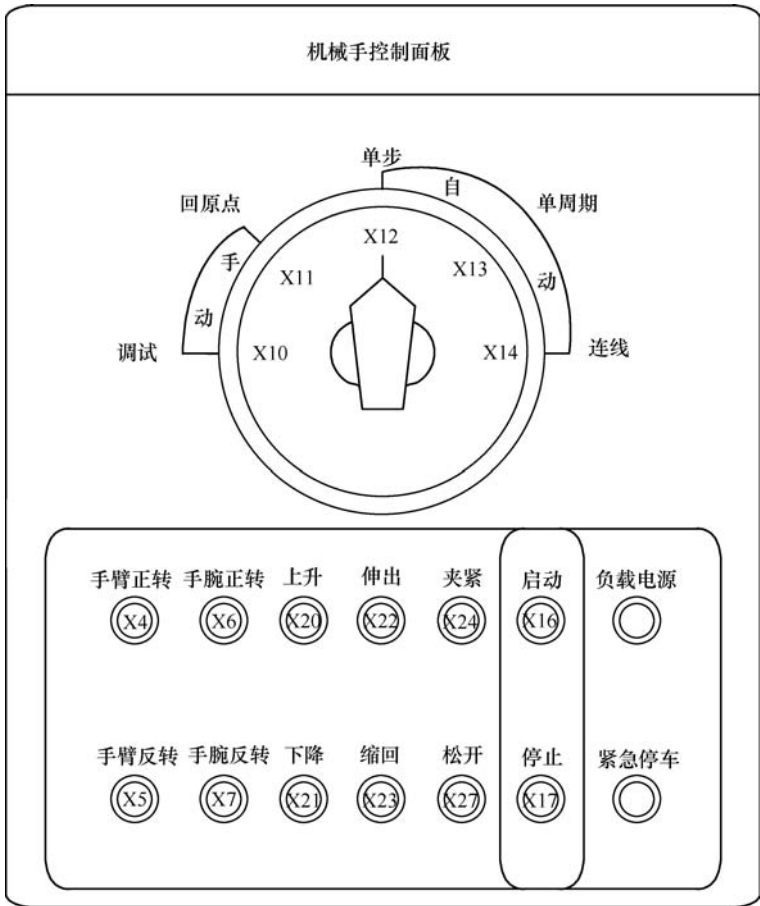


图5 控制面板

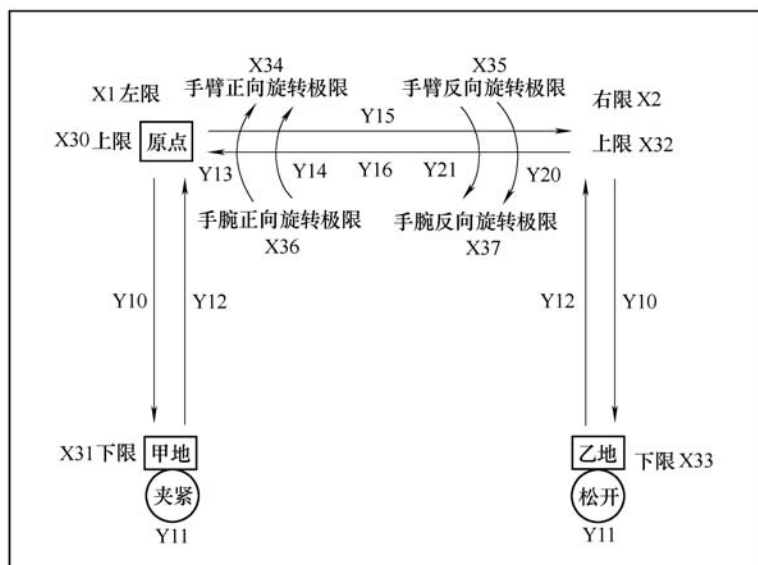


图6 机械手动作示意图

4. 结语

本文设计的机械手主要用于几台机械设备之间进行搬运和装卸工件。它具有4个自由度，分别为机械手腕的旋转运动、机械手臂的伸缩运动、机械手臂的旋转运动和机械手臂的升降运动，坐标形式为圆柱坐标，采用液压驱

动控制方式。这种机械手结构简单，控制较为柔性，在自动生产线上有较大的应用前景。

参考文献：

- [1] 师占群，孙立新. 一种PLC控制的液压机械手[J]. 机床与液压，1998 (6) : 51-51.
- [2] 张琦，郭松辉，谢庆华. 基于PD

型迭代学习的液压机械手轨迹控制[J]. 湖南科技大学学报(自然科学版)，2005，20 (1) : 10-12.

- [3] 赵旭. 基于机电液一体化的液压机械手设计及其控制[D]. 沈阳：东北大学机械工程与自动化学院，2010.
- [4] 张艳. 深海水下液压机械手驱动系统压力适应型控制器研制[D]. 杭州：浙江大学机械工程学院，2012.
- [5] 贾起军. 放射源运输车及其应用液压机械手的设计研究[D]. 长春：吉林大学汽车工程学院，2011.
- [6] 王增娣，薛林. 基于液压机械手的绿化带自动浇灌装置设计[J]. 机械工程与自动化，2012 (6) : 83-84.

MW (收稿日期：20160104)

TBI MOTION将亮相CIMES2016



第十三届中国国际机床工具展览会（CIMES2016）将于2016年6月22日在北京开幕，全球传动科技（TBI MOTION）展位号为W2-D501，展出产品有线性滑轨、滚珠螺杆、滚珠花键、旋转式滚珠螺杆/花键等。

TBI MOTION积极投入“工

业4.0”智动产业，传动组件产品将在自动化设备中扮演关键组件的角色，服务与质量是TBI MOTION最大的利基，力争为客户研发出高性价比的产品，与客户一起在“工业4.0”时代共创佳绩。

TBI MOTION以机器人的关键传动组件为其核心技术，创新研发旋转式滚珠螺杆花键，通过让螺帽/外筒旋转或停止的运作，以一根螺杆就能进行直线、螺旋、旋转三种模式的运动。

TBI MOTION统合各项传动组件精湛的优点，使此项产品具



有高速性、高刚性、高定位精度等特性，更因螺帽与轴承外筒一体成型，整体体积小可节省安装空间且易于使用，为SCARA水平式多关节机器人手臂专用零组件；在产品方面，亦可选择多项组合，如单螺帽旋转式滚珠螺杆、旋转式滚珠花键或二者合并使用。其适用于半导体机械、自动化机械、工业用机器人、木工机、雷射加工机及搬运装置等。