

直角坐标机器人简述及其应用介绍

沈阳莱茵机电有限公司 李 刚 周文宝

机器人按ISO 8373定义为:位置可以固定或移动,能够实现自动控制、可重复编程、多功能多用途、末端操作器的位置要在3个或3个以上自由度内可编程的工业自动化设备。这里自由度就是指可运动或转动的轴。工业机器人按其结构形式及编程坐标系主要分类为关节型机器人、移动机器人、水下机器人和直角坐标机器人等。按主要功能特征及应用分类为移动机器人、水下机器人、洁净机器人、直角坐标机器人、焊接机器人、手术机器人和军用机器人等。

作为在各行各业中被广泛应用直角坐标机器人主要是以直线运动轴为主,各个运动轴通常对应直角坐标系中的X轴、Y轴和Z轴,一般X轴和Y轴是水平面内运动轴,Z轴是上下运动轴。在一些应用中Z轴上带有一个旋转轴,或带有一个摆动轴和一个旋转轴。在绝大多数情况下直角坐标机器人的各个直线运动轴间的夹角为直角。

直角坐标机器人的主要组成部分

图1是一个典型的3D直角坐标机器人,它由水平轴(X轴、Y轴)、垂直轴Z轴及驱动电机组成。

此外一个完整的机器人系统还需

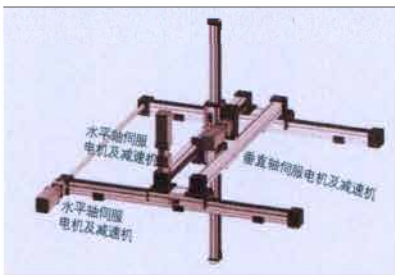


图1 3D直角坐标机器人

要控制系统和手抓,下面分别予以介绍:

直线运动轴

也叫直线运动单元,它就是一个独立的运动轴,主要由支撑载体的铝型材或钢型材和被安装在型材内部的直线导轨、运动滑块以及作为带动滑块做高速运动的同步带组成。

运动轴的驱动系统

直角坐标机器人的传动主要是通过驱动电机的转动带动同步带运动,同步带带动直线导轨上的滑块运动。当驱动轴的最高转速低于600r/min时通常选用步进电机,否则选用交流伺服电机。

直角坐标机器人的控制系统

机器人要在一定时间内完成特定的任务,比如每10s内完成一次搬运工作。在完成抓取,加速运动,高速运动,减速运动,释放工件等同时,还要与相关的设备通过通讯或I/O口实现一些时序上的协调同步。另外在涂胶应用

上,各个运动轴要完成直线和圆弧插补运动。因此其数控系统要按具体应用要求来选定其控制轴数、I/O口数量和软件功能。通常选用数控系统、PLC,工控机加运动控制卡和带轴卡功能及I/O口的驱动电机来做控制系统。

直角坐标机器人的末端操作器——手爪系统

根据其具体情况,其手爪系统可能是气动吸盘、气动夹取手爪、电动夹取手爪、电磁吸取手爪、焊枪、胶枪、专用工具和检测仪器等。在很多场合可以一次抓取多个工件。

直角坐标机器人的主要结构形式及主要特点

图2是典型的3D龙门式直角坐标机器人。

针对各种不同的应用,实际上可以方便快速组合成不同维数,各种行程和不同带载能力的壁挂式、悬臂式、龙门式或倒挂式等各种形式的直角坐标机器人。从简单的二维机器人到复杂的五维机器人就有上百种结构形式的成功应用案例。从电机到汽车等各行各业的自动化生产线中,更是各式各样的多台直角坐标机器人和其它设备严格同步协调工作。可以说直角坐

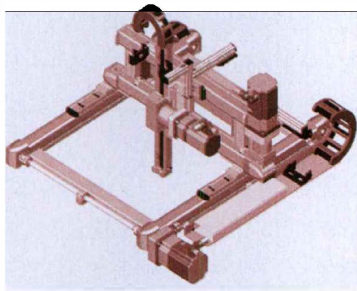


图2 3D龙门式直角坐标机器人
标机器人几乎能胜任所有的工业自动化任务。下面是其主要特点:

- 任意组合成各种样式:每根直线运动轴最长是6m,其带载能力从10kg到200kg。在实际应用中已有近百种结构的直角坐标机器人,这些结构也可以任意组合成新的结构等;

- 超大行程:因为单根龙门式直线运动单元的长度是6m,还可以多根方便地级连成超大行程,所以其工作空间几乎没有限制,小到手机点胶机,大到18m长行程的切割机,8m长行程钻铣床,6m×6m×3m的检测机器人等。超大行程时要采用直线导轨和齿条传动方式;

- 负载能力强:单根直线运动单元的负载通常小于200kg。但当采用双滑块或多滑块刚性联结时负载能力可以增加5到10倍。当把两根或四根直线运动单元并排接起来使用时,其负载可以增加2到4倍。当采用多根多滑块结构时其负载能力可增加数吨;

- 高动态特性:轻负载时其最大运行速度可达 8 m/s ,加速度可达 4 m/s^2 。使其具有很高的动态特性,工作效率非常高,通常在几秒内完成一个工作节拍

- 高精度:按传动方式及配置在整个行程内其重复定位精度可达 0.05 mm 到 0.01 mm ;

- 扩展能力强:可以方便改变结构或通过编程来适合新的应用;

- 简单经济:对比关节机器人,直角坐标机器人不仅外观直观且构造成本低,编程简单类同数控铣床,易培训员工和维修,使其具有非常好的经济性;

- 胜任复杂任务:采用带有RTCP功能的五轴或五轴以上数控系统能完成非常复杂的喷涂,喷丸,检测,加工等任务;

- 寿命长:直角坐标机器人的维护通常就是周期性加注润滑油,寿命一般是10年以上,维护好了可达20年;

- 应用面宽:可以方便地装配多种形式和尺寸的手爪,可以胜任许多常见的工作,如焊接、切割、搬运、上下料、包装、码垛、拆垛、检测、探伤、分类、装配、贴标、喷码、打码和喷涂等任务。

直角坐标机器人的选型和保养

选型

选型首先要根据负载大小,行程,工作节拍和工作空间限制来选择机器人的外形结构。选好结构形式后要根据行程和变形量等选择每个轴的形式和型号。大负载时和高冲击力时可以选择由2根或4根运动轴组合成一个复合运动轴。各个运动轴间的装配也很关键,不仅要保证其垂直度,更要考虑在各个方向有足够的抗冲击力和变形。机器人要在几秒内完成一个运动节拍,选择的驱动电机必须有足够的驱动力,通常要比理论计算值高出100%。当负载的转动惯量与驱动电机的转动惯量比大于12时,要选配德国纽卡特公司的精密行星减速机。

在超高动态和定位精度要求很高情况下,可以选用直线电机来驱动。但直线电机的安装和防护难度大,发热量大,撞击危险性和控制难度高,成本也高,所以要慎用。而其防护难度大和发热量大目前在机床行业还是世界性难题。

安装

机器人在加速和减速时会产生强大的冲击力,而且通常每天要工作24小时,所以机器人必须被牢固地安装在支架上。机器人的支架要有足够的抗冲击力,要有地脚,以保证在长期高速

高动态运动冲击下,没有任何晃动。此外在安装时要保证运动轴间的平行度、平面度和垂直度。

保养事项

通常机器人的每个运动轴在经过一定长度的运动后要周期性的通过滑块的注油孔给直线导轨加注润滑油。随机器人使用环境的不同和工作速度不同,其注油的周期也不同。在食品和玻璃切割等行业要选用带防尘带的运动轴和缩短注油周期,在有喷水的场合也要缩短注油周期。

应用

直角坐标机器人以其特有的一些优点在西方国家被广泛用来执行焊接、搬运、上下料、包装、码垛、拆垛、检测、探伤、分类、装配、贴标、喷码、涂胶和切割等一系列工作。深受包装机械、印刷机械、汽车工业、食品生产工业、药品生产工业、电子工业、机器制造业和化妆品生产等行业的好评。随着自动化程度、环保要求、卫生规定、生产效率和人工费用的提高,直角坐标机器人在中国也必将被各行各业广泛采用。

直角坐标机器人在食品行业的应用工作要求

- 首先把从传送带传送过来的糕点抓住,再保证糕点间部份重叠及装入包装纸盒内;

- 每小时处理12000个糕点,每天可工作24小时,每周可工作六天;

- 机器人运动轴要有相应的防护措施,防止糕点屑掉到运动轴上;

- 要能适用3种传送糕点方式,5种不同形状和体积的包装盒以及对于不同形状和体积的糕点的码放;

- 更换不同品种糕点时机器人系统的停机时间最长不超过5分钟;

- 装满糕点后由人工搬运走。

机器人结构

由于行程小,负载轻,运动速度高

及不怕食品腐蚀,采用图3所示的XZ高动态结构机器人。该结构机器人自身重量轻,使其具有很好的高动态特性,可以完成快速加速或减速的运动及高速运动。在工作过程中食品一直在X轴和Z轴的下方使糕点屑不易粘到机器人上,加之机器人本体不怕食品腐蚀,自身不产生污染和粉尘。

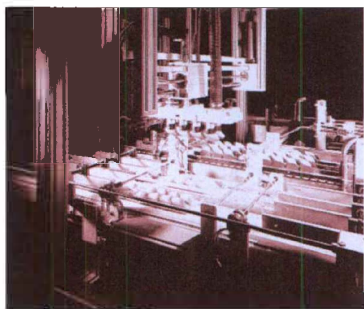


图3 高动态结构机器人

该机器人的控制系统采用德国Berger Lahr公司的智能型伺服驱动系统TLC634,对于大负载的应用可以如图4所示的选用带防护带的直线运动单元。齿型带已把里面的直线导轨全部盖上,在最外面又加一个防护钢带。防护钢带被直线运动单元内部的磁行材料吸在齿型带的外面,防止灰尘等接触齿型带和直线导轨。还可以采用丝杠和尺条传动方式。

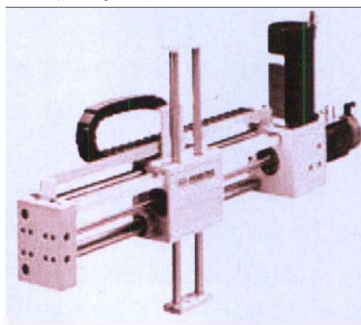


图4 直线运动单元

工作工程

图5是该机器人工作时的照片。从传送带上传送来的糕点分两排并列向机器人工作地点传送。由于糕点形状的原因,当两个糕点被最终点定位板挡住后,后面的两个糕点会部分压到前面的两个糕点上。当这一传送带上

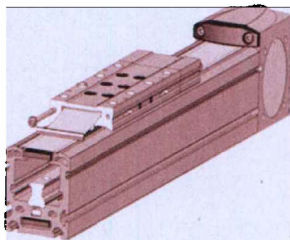


图5 机器人工作图

有8个糕点时其对应的4个传感器就都有输出信号,机器人就可以快速运动到其上方,然后Z轴下降使其吸盘完全压到糕点上,再通过负压把糕点吸住,然后先Z轴上升400mm,X轴再运动到包装盒上方,这时Z轴下降使糕点进入包装盒内,吸盘充气释放糕点。这样就完成了一次从抓取到装入盒内的过程,再开始完成从令一传送带上的抓取搬运和装盒过程。完成一次抓取搬运和装盒过程的时间是2.1s,有0.3s的剩余时间。在整个运动控制过程中,要检测抓取到位信号,压力信号等。

注意点及展望

- 由于在糕点生产过程中会有油污,易使运动轴粘上糕点渣,所以机器人必须有相应的防护措施。在本项目中采取高密度双刷去糕点渣办法;
- 另外整个机器人上裸露处及内部一些关键件全部采用不锈钢材料使其不上锈;
- 由于食品行业对卫生要求很高,必须确保机器人在工作中不掉润滑油,不产生任何灰尘。

综上所述的直角坐标机器人近10年来一直高效的应用在食品行业,并获得国内外客户的好评。而在有的食品生产过程中湿度大,还有的机器人要在有类似海水或其它腐蚀性气体和液体的环境下工作,因此机器人的防水防腐性能就变得很重要。

350公斤工件大行程龙门式搬运机器人

在现代化制造业中,经常要把几百公斤到上吨的工件从一个工位搬到另一个工位。搬运过程有时是2D的XZ方

式运动,有时是3D的XYZ方式运动,有时搬运到位后还要把工件转动90°。而搬运一般要求几个方向同时运动,速度通常是30m/min到60m/min,最大加速度可达到2m/s²,当上下运动的Z轴较长时,几个方向同时减速会产生非常强大的冲击力和晃动。而在很多应用中,对晃动要求很小,定位精度通常达到0.1mm。直角坐标机器人非常适用上面的这些要求,但在实际应用中有很多参数必须经过严格计算来确定,下面结合一个应用例子来介绍龙门式机器人是如何实现大负载大行程高速运转的。

任务描述

在一些大型精密机械和机电设备的生产过程中,对于需要经常传动但又又要防止生锈的工件来说,浸油处理就非常的必要。本项目中需要搬运的工件及对应抓取手爪的总重量为350kg,其水平运动距离为4m,而上下运动行程为2m,运行速度为1m/s。那么采用龙门机器人搬运就显得非常的必要。本项目为浸油输送线的一部分,用机械手浸油,浸油输送线主要完成自动上下料、机械手搬运浸油、吹气淋油、工件输送、码箱、输送到穿梭车等工作。工件输送都是放在浸油筐中来实现,避免了工件间,及工件和操作台、输送轨道间的磕碰,即保证了工件的质量,又达到了工件浸油防锈的目的。

输送线的起始部分为工件存放处,主要功能就是把加工车间加工完成的齿轮、轴等工件放到浸油筐中,然后由中转小车把若干浸油筐运到上料输送辊道上,然后由机器人抓取浸油。浸油机械手为浸油过程的主要设备,当通过前段的辊道输送线把浸油筐输送到位后,定位系统完成浸油筐的定位,定位准备好后发给机械手上料指令;机械手在左端就绪位置下降500mm,然后抓取浸油筐后上升200mm,XZ轴再同时运动,其中Z轴上升300mm,X轴高速运动2000mm。这时浸油筐到达油箱的上方,要下降2000mm及停顿2s保证充分浸

油,然后上升2000mm后继续右行,右行到位下降,机械手把浸油筐放到输送线上,继续前行准备吹气淋油,机械手返回到左端的原始位置,准备对下一浸油筐进行浸油。

选型理论分析

针对该任务要求及现场空间位置限制,选定机器人的形式是二维XZ直角坐标机器人,然后进行运动节拍和速度分析。根据速度分析得出各个轴各自的最大加速度和减速度。然后再计算出单独运动和两轴同时运动时产生的最大冲击力。这里计算出XYZ三个方向的最大冲击力 F_x 、 F_y 和 F_z 及产生的扭曲力矩 M_x 、 M_y 和 M_z 。当XZ两个轴同时减速时的最大冲击力是合成减速度,要以合成减速度来计算 F_x 、 F_y 和 F_z 及产生的扭曲力矩 M_x 、 M_y 和 M_z 。在计算不同轴扭曲力矩 M_x 、 M_y 和 M_z 时要考虑等效负载的重心位置,总重力和减速时产生的冲击力。

Z轴选型分析:在选择上下运动的Z轴时,根据先面计算出的最大冲击力 F_x 、 F_y 和 F_z 及产生的扭曲力矩 M_x 、 M_y 和 M_z ,采用了两根Roboworker RSL90运动轴和120mm宽超强齿型带组成的复合轴。由于总长度几乎达到了3m,在X轴以1m/s速度下快速减速时对Z轴产生非常强大的冲击力和晃动。为了有更大的抗冲击能力和产生小的晃动,对两根RSL90运动轴我们采用四个超长滑块,上下两端采用40mm厚的高强度连接铝板。选用的120mm宽超强齿型的额定拉力是2000kg,破坏拉力达7000kg。Z轴的实际带载能力可达800kg,带350kg的负载可以长期高效可靠工作。

X轴选型分析:采用了两根5m长的德国Roboworker RSL90运动轴,每根运动轴带两个滑块。单个300mm滑块RSL90型运动轴的最大负载能力可达360kg,这里采用的双滑块刚性联结负载能力可以增加5倍。当把两根运动轴并排刚性连接起来使用时,其负载能力可以增加2倍,所以这里采用的双轴

双滑块结构其负载能力可增加到2T。而负载(含手爪),Z轴及Z轴与X轴的连接板和驱动电机等总重量大约600kg,所以两根运动轴四滑块结构完全能承受600kg负载及加减速时产生的冲击力。两根X轴铝材的底面与支架上面钢板全部完全接触,支架的强度很高,所以不会产生任何压力变形。

XZ轴连接板的设计:连接板的设计不仅要考虑机械方面的装配配合精度,材料的物理强度,连接螺丝杆的拉力等,更要考虑在主要受冲击方向加大加强连接板,必要时增加连接板。主要螺丝杆和螺丝帽要加胶,以防长期振动后变松动。

电机和驱动器选型

该机器人的运行速度达1m/s,加速度 2m/s^2 ,选择的驱动电机必须有足够的驱动力,通常要比理论计算值高出100%。选择Z轴电机时要考虑Z轴和负载的自重,整个Z轴运动的加速力和磨擦力。选用德国Neugart精密行星减速机和德国带抱闸的伺服电机,负载的转动惯量与驱动电机的转动惯量比值为5.12,实际最大出力比所需求的最大出力超出289%,安全系数为289%。X轴的驱动选用德国Neugart精密行星减速机和德国产伺服电机,负载的转动惯量与驱动电机的转动惯量比值为6.82,出力安全系数为212%。数控系统选用德国恩格哈公司的D22数控系统。该系统稳定性高,易二次开发,这里主要用G代码G01和G04。

现场安装:机器人在加速和减速时会产生强大的冲击力,而且通常每天要工作24小时,所以机器人必须被牢固地安装在支架上。机器人的支架要有足够的抗冲击力,要有地脚,以保证在长期高速高动态运动冲击下,没有任何晃动。此外在安装时要保证运动轴间的平行度、平面度和垂直度。图6为现场安装后的照片。

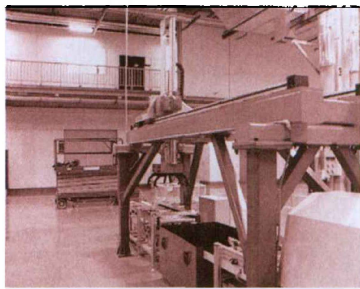


图6 龙门式搬运机器人

结语

随着机器人技术的发展,直角坐标机器人技术在各行各业中将得到更广泛的应用。直角坐标机器人作为执行机构,具用控制方便,执行动作灵活,可以实现复杂的空间轨迹控制。在工业应用中,能够实现自动控制的、可重复编程的、多功能的、多自由度的、运动自由度间成空间直角关系、多用途的操作机。它能够搬运物体、操作工具,以完成各种作业。因末端操作工具的不同,直角坐标机器人可以非常方便的用作各种自动化设备,完成如焊接、搬运、上下料、包装、码垛、拆垛、检测、探伤、分类、装配、贴标、喷码、打码、(软仿型)喷涂、目标跟随、排爆等一系列工作。特别适用于多品种,便批量的柔性化作业,对于稳定,提高产品质量,提高劳动生产率,改善劳动条件和产品的快速更新换代起着十分重要的作用。

(上接第84页)

传送零件。机械制造商能够根据他们的系统相关专业控制经验,定制金属板材加工工艺。即使是复杂的弯曲算法也可轻松在TwinCAT中编程。借助TwinCAT,日后的升级和改造及金属板材切割或步冲所需的灵活度不再是问题。

全面的TwinCAT功能库包括温度、凸轮和液压控制器、飞锯及凸轮盘等功能,编程简单。从能够通过运动控制功能库编程的PLC驱动器,根据VDI 2143指南用TwinCAT NC编程的凸轮盘,直到通过TwinCAT PLC温度控制器根据PLCopen编程的温度补偿。