

气动机械手的结构设计及伺服控制分析

覃伟

(三亚长岛光电特种设备有限公司 海南 三亚 572011)

摘要: 本文针对气动机械手的结构设计及伺服控制,采用理论结合实践的方法,分析了气动机械手的工作原理,探讨了气动机械手的结构设计要点,并论述了气动机械手伺服控制方法。分析结果表明,气动机械手的出现,有效减轻了人力劳动成本和劳动力,加强结构设计,并选择合适的伺服控制方法,能够提升气动机械手运行质量,发挥出应有的作用和价值。

关键词: 气动机械手; 结构设计; 运行原理; 伺服控制

0 引言

气动机械手具有结构简单、造价低廉、运行过程无污染等优势,被广泛应用在工业生产领域,是实现自动化生产的主要设备,深受人们的青睐。为保证气动机械手运行质量,能够在高速运动下,实现任一点自动定位,需要结合气动机械手运行情况,加强结构设计,注重气动伺服定位技术的应用。基于此,开展气动机械手的结构设计及伺服控制的分析研究就显得尤为必要。

1 气动机械手的工作原理

气动机械手的工作原理图如图1所示:

在工作中,大臂2有两个运动状态,其一是沿着大臂伸展方向的伸缩,其二是围绕铰接中心进行摆动,在大臂摆动通过气缸4的伸缩来实现。气缸2的缸体通过铰接的方式连接在机架之上,而活塞端则和大臂相互铰,随着气缸的伸缩,会带动大臂摆动,就能实现气动机械手的上下摆动。大臂的伸缩运动通过气缸3来实现,气缸3的缸体固定在大臂之上,其中活塞端和小臂相互连接,缸体伸缩就能带动气动机械手进行左右移动。小臂可看作是伸缩旋转组合缸,既能向前伸出也可以自由旋转,保证气动机械手能够接近物体,并保证良好的夹持姿态,手指在夹紧气缸的驱动之下,就能夹紧或者松开物体。

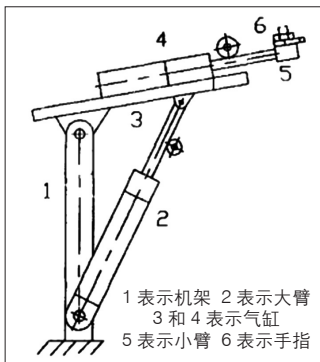


图1 气动机械手工作原理图

2 气动机械手的结构设计要点

2.1 手部结构设计

手部是气动机械手的主要组成结构,用于夹持或者放开物体,但由于手部和物体接触的形式不同,常用的手部结构有两种形式,一种是夹持式手部,另一种是吸附式手部。为提升气动机械手的实用性,在手部结构设计时刻,可设计成能够更换的结构。如果被夹持的物体是圆柱刀柄,可使用夹持式手部结构。如果被夹持的物体为板材,可选择气流负压式洗盘。气动机械手中的手部结构,对不同物件所需的要求不同,通常情况下,需要手部结构能够灵活变通,并且具有良好的夹紧力,以保证使用的安全性。因此,夹持式手部结构,

在设计中要尽量选择 SMC 的标准回旋式气爪,并安装上两根手指,此种设计方法,结构比较简单,可通过外夹的夹持方式完成物体搬运。

2.2 手臂结构设计

手臂结构设计是气动机械手设计的重中之重,需要遵循灵活、轻便的设计原则,是手部结构直接接触的部分,至少需要4个自由度,包括:小臂升降模块设计时要保证刀具能够从刀库的插孔中自由提出或者插入,并保证气缸能够按照设计好的轨迹运行;小臂伸缩模块设计时要尽量减少对回转中心的转动惯量;立柱升降模块设计时要保证立柱安装在基座连接的转台之上,同时带动机构进行运动,这就要求立柱具有良好的坚固性和刚性;手臂的回转模块设计时需要保证气动机械手臂能够实现自由回转运动。

手臂结构设计需要能够实现360°旋转,此功能需要通过摆动马达来实现全方位运动。气动机械手在运行中,手臂摆动幅度比较大,运动频率也比较大,在设计时需要对手臂的动力学、运动学进行分析研究,以保证运行的安全性,并且能够承受各项工作的需求,以提升手臂结构设计的实用性。此外,在具体设计中,还要尽量减少气动机械手运动时造成的误差,将整个气动机械手的关节在运动时所需的时间尽量减小,同时对轴承处的间隙大小严格控制,解决此问题的主要举措是通过调整轴承间隙的调整机构,以对轴承间隙进行全面控制。

2.3 基座结构设计

基座也是气动机械手的核心元件,在气动机械手运行过程中,主要起着承载作用,不同的基座形式有不同的作用,常见的基座形式有五种,包括落地式、悬挂式、固定式、可移动式、行走式。在具体设计中需要按照工业自动化生产的实际需求,选择合理基座形式。基座承受了气动机械手的全部重量,气动机械手的运动过程在基座上完成,为提升基座的应用效果,需要综合考虑以下几方面:

第一,为保证气动机械手工作的稳定性,在基座结构设计中需要较大的装配空间,以保证气动机械手装配及运行的安全性、稳定性。

第二,基座要有足够大的刚度和强度,以便更好地承受气动机械手自身荷载和各物件的重量。

第三,腰部是气动机械手运行的第一个回转节点,对气

动机械手运动精度的影响比较大，在设计时需要保证腰部轴承和传动装置都有较大的强度和刚度，以及精度。

3 气动机械手的伺服控制方法

伺服控制是气动机械手主要的控制方法，常用的伺服控制方法有两种，一种是 PID 控制，另一种是神经网络模型参数自适应控制。

3.1PID 控制

PID 控制时起源气压通常为 0.5MPa，比例流量阀上的电压上限为 3.5V，临界电压则为 2.85V，通常位移控制量在 30cm 左右。气缸负载重量通常为 2kg。如果保证气动机械手伺服控制系统相关参数保持不变，则 PID 控制系统具有很好的动态特性。但在实际运行，PID 控制系统需要建立在非常精确的数学模型上，才能有效整定伺服控制器的运行参数。所以，这种控制系统对参数变化以及结构变化适应的能力比较弱，只能通过不变的统一模式，来对气动机械手运行过程进行控制，难以很好地解决气动机械手运行稳定性和精确性之间的关系。

3.2 神经网络模型参考自适应控制

神经网络模型参考自适应控制器由 NNC、NNM 和气动伺服系统共同组成，其中 NNC 应用了单神经网络，可通过计算机系统来控制气动机械手运行信号，而且网络权值也可以进行在线调整。而 NNM 则采用局部模型网络来预测整个系统的输出信号，并和气动机械手的实际传输信号进行相比，得到位置差，再按照位置差，实现在线更新单神经元的权值。由于系统存在饱和特性，在应用神经网络模型参考自适应控制器时，需要使用到开关控制器，通过协调机构、控制阀进行自动调整。若气动机械手在运行中，神经网络模型参考自

适应控制器输出的信号小于给定位置的 0.8，则开关控制器就会起作用，否则神经网络模型参考自适应控制器工作，实现对气动机械手的分段控制。

神经网络模型参考自适应控制器和 PID 控制器相比，具有三方面的优势，其一是能够实现在线调整，也就不需要提前知道气动机械手运行的其他信息；其二是采用了分段控制测量，能够将神经网络控制和开关控制相互结合，大大提升控制水平；其三采用神经网络模型参考自适应控制器能够大幅度提升具有强非线性和不确定性的气动伺服系统的动态性，而且单神经元在实时控制时，还具有良好的学习能力和自动调整能力，符合气动机械手自动化、智能化、智慧化发展的要求。

4 结语

综上所述，本文采用理论结合实践的方法，分析了气动机械手的结构设计及伺服控制，分析结果表明，加强对气动机械手手部结构、手臂结构、基座结构的设计，能够大大提升气动机械手运行质量。选择神经网络模型参考自适应控制器能够提升伺服控制效果，值得大范围推广应用。

参考文献：

[1] 王二敏,马前帅.基于触摸屏的机械手虚拟设计[J].数字技术与应用,2019,37(001):156-157.
[2] 高红英,林希,樊爱珍.基于多自由度气动机械手位置伺服系统稳定性控制研究[J].液压气动与密封,2020,259(01):49-53.
[3] 李建校,尹飞超,贾旭,等.基于 PLC 的气动机械手控制系统设计[J].产业与科技论坛,2019,18(22):66-67.
[4] 田小静.多自由度教学机械手电气控制系统的研究[J].液压气动与密封,2019,039(002):54-57.

(上接第 9 页)

衡梁吊钩) a 应满足下式:

$$a \geq \frac{S}{2} (1 - \frac{150 \times 1.2}{190 + 150 \times 0.2}) = 0.071S$$

在保持主副钩平衡的前提下，应尽量减少平衡梁的长度，主副钩间距 L（抬吊梁吊点距）应满足下式：

$$L = (1 + \frac{120}{70})a = 2.714a$$

由于仅在安装发电机定子时起吊 190t 一次，且为低速运行，工作级别低、工作时间短，因此大小车运行机构也满足要求。

发电机定子吊装完成后，应拆除主副小车间的辅助连接装置及抬吊平衡梁，并将起重机恢复成未改进前的状态。

2.2 应用情况

该方案在某核电厂汽轮机增容改造项目中进行了应用，起重机改造所产生的费用不到原设备采购价的 6%，却很好地解决了发电机定子重量增加后的吊装就位问题以及后续设备维修的需求，实现了有限改造，成本可控、设备增能的目的。

3 结语

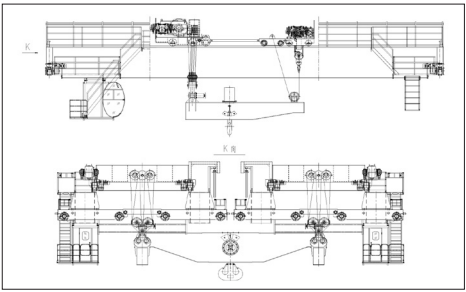


图 3 两台起重机联合抬吊图

本次增加桥式起重机起吊能力的改造方案，易于操作、工程量小、成本低，且得到现场工程验证，完全满足现场实际吊装需求。本方案既适用于现有核电厂汽轮机增容改造项目，也可为有类似需求的其它改造项目提供参考，在工程应用中具有很好的推广意义。

参考文献：

[1] 丁鑫伟: MPI 网在桥式起重机并车抬吊中的应用[J].起重运输机械.2007, (04) .
[2] 王敏: 桥式起重机走行制动器的改进[J];装备维修技术.2007, (04) .