

三自由度机械手液压系统设计

张志刚 陈恒 程李

(西京学院机械工程学院 陕西西安 710123)

摘要: 三自由度机械手目前主要被用于工厂货物的搬运, 生产线零件的安装及医疗航天等领域, 具有精度高, 适用范围广等特点。本课题针对三自由度物料搬运机械手的液压系统进行设计和改进, 可实现搬运重量小于 5kg, 在两区域转移搬运货物工作, 广泛运用于各种物流, 制造等领域, 具有很大的研究价值与意义。

关键词: 三自由度机械手; 液压系统; 液压缸

Design of hydraulic system of manipulator with three degrees of freedom

Zhang Zhigang, Chen Heng, Cheng Li

School of Mechanical Engineering, Xijing University, Xi'an 710123, China

Abstract: At present, the three-degree of freedom manipulator is mainly used in the handling of factory goods, the installation of production line parts and medical aerospace and other fields, with high precision and wide application range. This paper aims at the design and improvement of the hydraulic system of the three-degree-of-freedom material handling manipulator, which can realize the handling weight less than 5kg and transfer the cargo in the two regions. It is widely used in various logistics, manufacturing and other fields, and has great research value and significance.

Key words: three-degree-of-freedom manipulator; Hydraulic system; Hydraulic cylinder

1 引言

机械手是一种能够模仿人手工作动作的自动化机械装置。它具有不会疲倦、能够从事繁重重复工作、力量比人大等特点。随着工业自动化的进步, 机械手广泛应用于高危和重体力劳动场合, 如易燃、易爆环境。它能够取代人类在危险环境下工作, 并应用于太空、海洋、生物、军事等领域的实验和研究。

机械手主要有液压驱动、气压驱动、电气驱动和机械驱动四种方式。其中, 液压驱动具有压力高、导向性好、操作方便快捷、高效、大功率、高集成度等优点。由于这些优势, 液压驱动长期以来被广泛应用于各个生产和制造领域, 而在技术上, 机械手液压系统的设计是其中关键的技术之一。

2 机械手的工作原理

如图 1 所示的三自由度机械手的运动流程为:

1. 初始状态: 机械手位于初始位置, 大臂上升, 手爪松开。
2. 进入工作状态: 大臂摆向物料传送带方向并停止, 小臂伸到物料上方停止, 大臂下降, 手爪夹紧工件。
3. 抬升工件: 大臂上升, 小臂回缩到初始位置, 并将工件带到加工传送带上方停止。
4. 放置工件: 大臂下降, 手爪松开, 工件被放在加工传送带上。

5. 回到初始状态: 大臂上升, 小臂回缩, 机械手回到初始位置。
6. 重复循环: 开始下一个工作循环, 回到步骤 2。

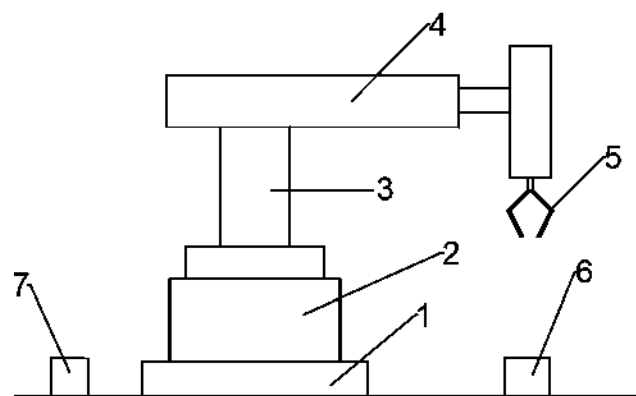


图 1 机械手结构示意图

1-底座; 2-立柱; 3-大臂 (升降臂); 4-小臂 (伸缩臂); 5-手爪;
6-物料传送带; 7-加工传送带

3 机械手液压系统原理图拟定

根据液压回路具体设计要求, 调速回路选择变载荷调速回路, 卸荷回路选择二位二通阀控制先导溢流阀的卸荷回路, 故拟定机械手液压系统原理图如图 2 所示

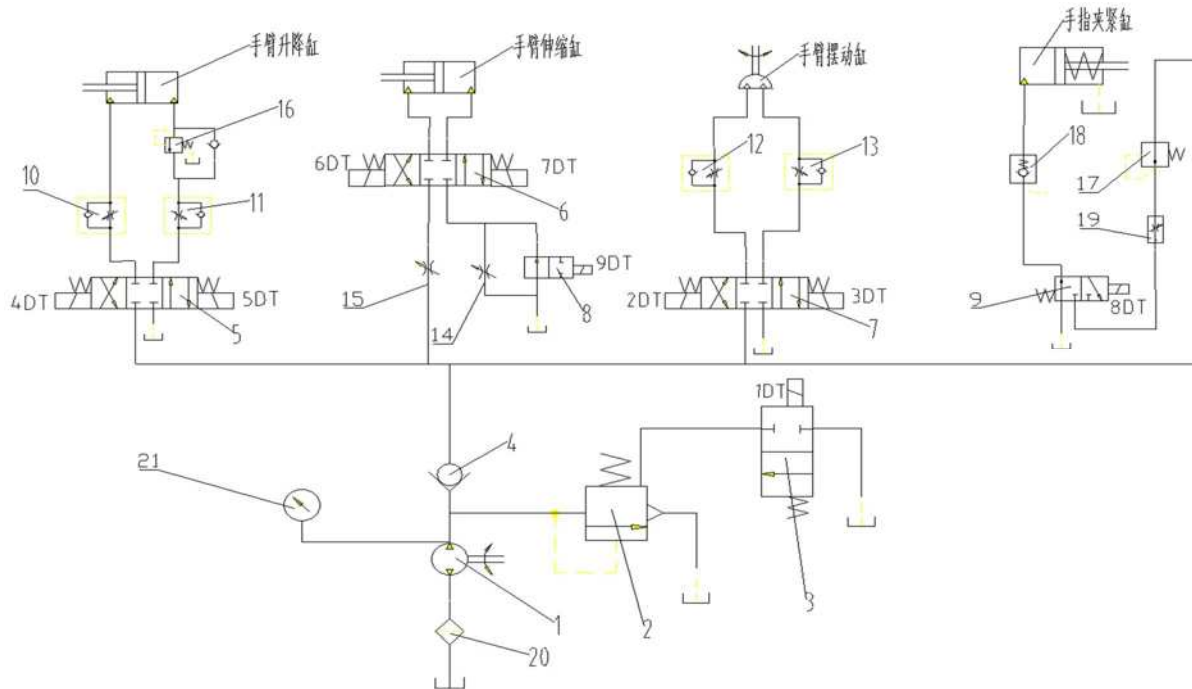


图2 机械手液压系统原理图

1—齿轮泵， 2—先导式溢流阀；3—二位二通电磁换向阀；4—单向阀；5、6、7—三位四通电磁换向阀；8—二位二通电磁换向阀；9—二位三通电磁换向阀；10、11、12、13—单向节流阀；14、15—节流阀；16—单向顺序阀；17—减压阀；18—液控单向阀；19—节流阀；20—线隙式滤油器；21—压力表

4 机械手控制元件选型及辅助元件设计

4.1 液压泵的选择

4.1.1 确定液压泵的最大工作压力 P_p

$$P_p \geq P_1 + \sum \Delta P \quad (4-1)$$

式中：

P_1 —液压执行元件的最高工作压力；

$\sum \Delta p$ —泵到执行元件间的管路损失。

通过分析液压系统原理图后，可取 $\sum \Delta p = 0.5 \text{MPa}$ 。执行元件的最高压力时升降缸的入口压力 $P_1 = 1 \text{MPa}$ 。将数据代入公式（4-1）可得：

$$P_p = (1 + 0.5) \text{MPa} = 1.5 \text{MPa}$$

4.1.2 确定液压泵流量

$$Q_p \geq K \cdot \sum Q_{\max} \quad (4-2)$$

式中：

K —是系统泄漏系数，取 $K = 1.2$ ；

$\sum Q_{\max}$ —指同时工作的执行元件的最大总流量。

因为系统最大流量发生在伸缩缸伸出时，且 $Q = 0.624 \text{L/s}$ ，又因为该回路中有节流调速回路，故需要加上溢流阀的最小溢流量取为 $0.5 \times 10^{-4} \text{m}^3/\text{s}$ 。

将以上数据代入公式（4-2）可得：

$$Q_p \geq 1.2 \times (6.24 + 0.5) \times 10^{-4} \text{m}^3/\text{s} = 8.088 \times 10^{-4} \text{m}^3/\text{s} = 48.528 \text{L/min}$$

4.1.3 选择液压泵的规格

为使油泵具有一定的储压能力，选用的泵通常具有高于最高工作压力的额定压力。故液压泵可选为：

CB-B50 型齿轮泵，它的额定流量 $Q = 50 \text{L/min}$ ，额定压力 p 为 2.0MPa ， $n = 1450 \text{r/min}$ ，容积效率 $\eta_v \geq 90\%$ 。

4.2 电动机的选用

$$Q_p = \frac{50}{1450} \times 1430 \times 0.9 = 44.38 \text{L/min}$$

考虑到泵的总效率 $\eta = 0.65$ ， $n = 1430 \text{r/min}$ ，电动机的功率：

$$N = \frac{P_p Q_p}{\eta} = \frac{1.5 \times 10^6 \times 44.38 \times 10^{-3}}{0.65 \times 60} = 1.7 \text{kW}$$

根据计算的电机功率标准值，可选择最大功率 $P = 2.2 \text{kW}$ 、额定转速 $n = 1430 \text{r/min}$ 的 Y100L1-4 电机。

4.3 油箱的设计

为了使油箱的容量达到设计要求，一般都是根据液压泵对油箱的理论最大吸油量来计算的：

$$V = a Q_v \quad (4-3)$$

式中：

Q_v —液压泵每分钟排出的油量（ m^3 ）

a —经验系数

已知所选液压泵的总流量是 50L/min ，且机械手属于低压系统，故选择经验系数 $a = 3$ 。

将以上数据代入公式（4-3）可得油箱的有效容积为：

$$V = 3 \times 0.05 = 0.15 \text{m}^3$$

油箱结构简图如下图3所示：

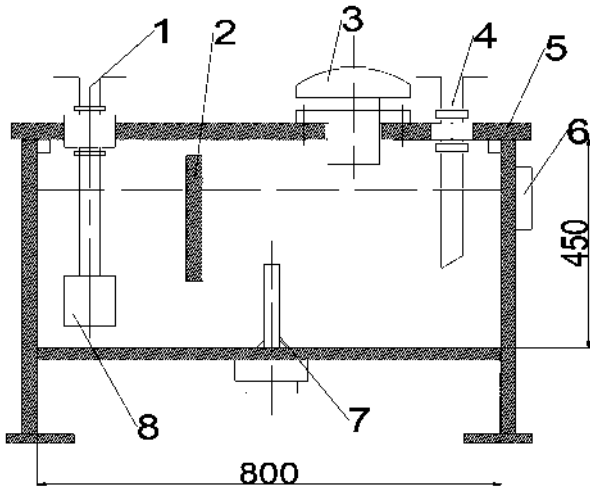


图3 油箱结构简图

1—吸油管;2—隔板;3—空气过滤器;4—回油管;5—上盖;6—油面指示器;7—隔板;8—过滤器

5 液压系统的性能验算

5.1 液压系统压力损失计算

虽然该系统包括多个工作回路,但在此过程中,液压伸缩缸和液压升降缸的进油管路压力损失比较大,因此可只分析伸缩缸和升降缸的压力损失。

液压系统的压力损失包括:沿程压力损失 Δp_1 、管路的局部压力损失 Δp_2 和阀类元件的局部压力损失 Δp_3 三类。

液压系统总压力损失为:

$$\Delta P = \Delta P_1 + \Delta P_2 + \Delta P_3 \quad (5-1)$$

沿程压力损失为:

$$\Delta P_1 = \lambda \frac{l}{d} \frac{V^2}{2} \rho \quad (5-2)$$

局部压力损失为:

$$\Delta p_2 = \xi \frac{v^2}{2} \rho \quad (5-3)$$

阀门元件的局部压力损失 Δp_3

$$\Delta p_3 = \Delta p_n \left(\frac{Q}{Q_n} \right)^2 \quad (5-4)$$

将相关数据代入公式(5-1)

可得升降缸出口压力为:

$$P_p = (1 + 0.2611) MPa = 1.2611 MPa$$

伸缩缸出口压力为:

$$P_p = (1.0 + 0.028) MPa = 1.028 MPa$$

5.2 液压系统发热温升计算

液压系统存在功率损失,且这些损失大部分将转化为热量,而产生的热量会提高液压油温度,降低机油粘度,使机油变质,甚至使机械部件变形,影响系统的正常运行。为了维持液压系统为温度平衡,选择水冷方式为系统散热,液压水循环冷却器结构图如下图

4所示

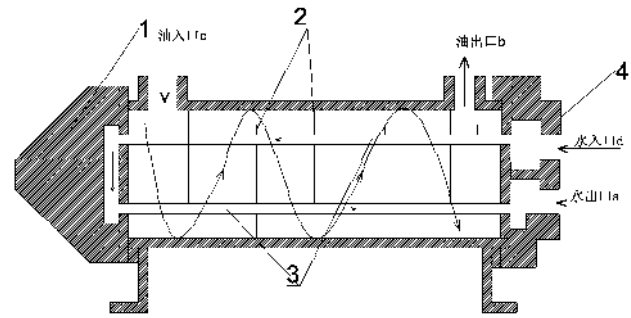


图4 水冷却器结构图

1-左端盖;2-隔板;3-水管;4-右端盖

液压系统采用螺旋式内部水管进行冷却。凉水从水入口进入系统,通过与油液接触增加吸热面积,提高冷却效率。经过一圈循环后,热水从水出口流出,完成一次冷却循环。通过不断循环这种方式,可以有效地降低液压系统的温度,确保系统的稳定运行。

6 总结

三自由度机械手液压系统设计符合预定要求,能实现液压系统平稳运行,具有压力高、导向性好、操作方便快捷、高效、大功率、高集成度等优点。而随着机械手的小型化和微型化,它的应用领域也从传统的机械领域扩展到电子、信息、生物、生命、航天等高端产业,这些领域对多自由度机械手的稳定性、定位精度和灵活性提出了越来越高的要求。

参考文献

- [1]陈文军,初晓旭. 液压控制回路的改进[J]. 液压气动与密封. 2019(12)
- [2]叶俊峰,朱安宁,齐芳,许月平. 液压系统热平衡理论分析[J]. 液压气动与密封. 2019(11)
- [3]杨继东,车海伟,刘昆,乔正明,何隼. 大型模锻压机多液压缸同步控制系统的研究[J]. 机床与液压. 2015(5)
- [4]林钊. 机械设计制造中液压机械控制系统的应用[J]. 中国设备工程. 2019(09)
- [5]Zu-Yun Li, Dong-Jie Zhao, Jing-Shan Zhao Structure synthesis and workspace analysis fatelesopic spraying robot[J]Mechanism and Machine Theory, 2019, 133
- [6]Yao jun Wang, Bruno Belzile, Jorge Angelesetal . Kinematic an alysis and optimum design of a novel 2PUR-2PU parallel robot[J]Mechanism and Machine Theory, 2019, 139.
- [7]Feng zq, Wang y x, Mayg . Application of PL Cand Touch Scree ninthe Control System for the Gantry Hydraulic Press [J] . Machine Tool & Hydraulics, 2016, 44(8):134 - 136.