

一种带自反馈的搬运车液压控制装置设计

郭 婷

(西安职业技术学院, 陕西 西安 710032)

摘要:针对普通液压搬运车人工操作时受力无法控制且不能适应任意高度的问题, 该文在传统液压搬运车的基础上进行了改造, 设计加装了一套以信息采集、传输、处理、分析和反馈为闭环的自动控制装置。通过传感器收集载荷和位置等数据信息, 再利用 PID 数字处理算法对信息加以分析, 确认相关参数, 从而实现了搬运车在自动控制下的平稳运行。同时, 还根据载荷和高度位置的不同进行自适应调节反馈, 使其在最短的时间内稳定地达到设计效果。实验测试分析结果表明, 加装所提自动控制装置的搬运车相比于传统的人工操作方法, 节省时间约 40%, 且该设计能够适用于多种复杂的搬运场景, 具有良好的工程普适性。

关键词:液压搬运车; 闭环系统; 自动控制系统; 数字处理算法

中图分类号: TP13

文章编号: 1000-0682(2024)06-0009-04

文献标识码: A

DOI: 10.19950/j.cnki.CN61-1121/TH.2024.06.002

Design of a hydraulic control device for a carrier with self-feedback

GUO Ting

(Xi'an Vocational and Technical College, Shaanxi Xi'an 710032, China)

Abstract: In response to the problem of uncontrollable force and inability to adapt to any height during manual operation of ordinary hydraulic transport vehicles, this article has made modifications on the basis of traditional hydraulic transport vehicles and designed and installed an automatic control device with information collection, transmission, processing, analysis, and feedback as a closed loop. By collecting data information such as load and position through sensors, and then using PID digital processing algorithm to analyze the information and confirm relevant parameters, the smooth operation of the transport vehicle under automatic control is achieved. At the same time, adaptive feedback adjustment is also carried out according to the different loads and height positions, so as to achieve the design effect stably in the shortest possible time. The experimental test analysis results show that the transport vehicle equipped with the proposed automatic control device saves about 40% of time compared to traditional manual operation methods. Moreover, this design can be applied to various complex transport scenarios and has good engineering universality.

Keywords: hydraulic carrier; closed loop system; automatic control system; digital processing algorithm

0 引言

液压搬运车作为制造型工厂中一种常见的传统工具, 在日常工作中可以轻松地将一些重物搬运或

转移到指定的位置, 其可节省人力, 并提升效率^[1-2]。但传统的液压传动, 需要人工手动按压, 利用液压的力量再配合传动杆, 将搬运车抬起或放下, 因此从人工操作的层面来看, 其自动化程度较低^[3-4]。而且, 由于人工按压的不规律性, 搬运车上下并不能保持匀速。在搬运一些易碎或不能剧烈震动的物品时, 会因为受力不均匀而导致物品损坏或发生碎裂。另外传统的搬运车在遇到某些特定场景时, 例如需要搬运固定高度平台的物品或是要将搬运车上升到固定高度, 对操作者的要求极为严格, 需要有较为丰富的经验才有可能完成。

收稿日期: 2024-04-24

基金项目: 陕西省职业技术教育学会 2024 年度职业教育教学改革研究项目(2024SZX070); 西安职业技术学院 2023 年度专项项目(2023YJZX05); 西安职业技术学院 2022 年度科技项目(2022YB03)。

第一作者: 郭婷(1983—), 女, 陕西铜川人, 硕士, 副教授, 研究方向为数控技术专业教学及研究。

基于上述问题,该文从自动控制的技术理论出发,设计了一种新型的液压自动控制装置。该装置可以基于搬运车受到的载荷,自动调节液压的大小,保持搬运车上下的匀速运动,且不论针对任何重量的物品,液压搬运车均可以自动测量受到的载荷,并且可以进行自动调节,使其始终保持匀速运动。此外,新装置还可以利用光电传感器感应位置,自动到达固定的高度或自动与任意高度的平台保持一致,使搬运过程更加平稳。

1 自动控制装置硬件设计

1.1 自动控制装置设计

整个装置分为 5 个主要单元,分别为信号的采集、传输、处理、分析和反馈,整体组成一个闭环系统。

针对于传统的液压搬运车的上述缺点,在搬运车的最前端和搬运车的车身上增加一个位置传感器和重量传感器作为信号采集单元。其中,位置传感器为光电传感器,用来感应和采集高度的变化;而重量传感器,则用来感应搬运车受到载荷的变化。两个传感器连接隐藏在车体内的光纤,光纤将信号进行光电和数字的转换、传输。光纤另一端连接 PLC 盒子,内嵌 DSP 芯片^[5-7]作为信号处理器。搬运车操作台上安装一块液晶显示屏,作为操作者进行处理和分析的载体。显示屏上安装 BI 智能软件,对所传输的信号进行分析,然后输出相应的操作指令供操作者进行选择。最后,当操作者选择完成之后,信号通过光纤反馈给液压系统前段的电磁阀,电磁阀根据反馈信号进行相应的通断,增加或减少液压的输出力矩,对搬运车的速度进行控制。

因此,相较于传统的液压搬运车,该文所设计的自动控制装置新增了传感器、光纤、PLC 模块、液晶显示屏、电源以及电磁阀等单元,其等效设计图如图 1 所示。

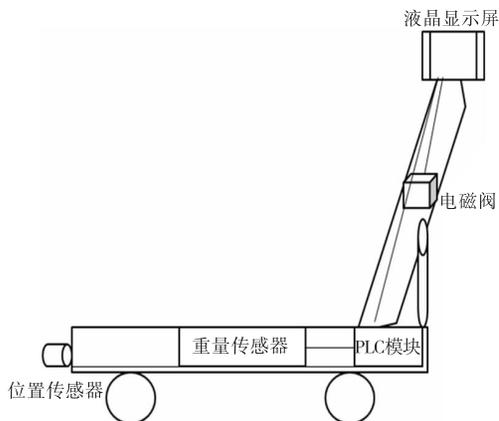


图 1 自动控制装置设计图

1.2 等效电路

从上述自动控制装置的设计中可以看出,整个液压搬运车增加了一个电学控制单元,为了使电磁阀能够成功的进行通断,需要设计相应的电路。整个液压车的等效电路如图 2 所示。

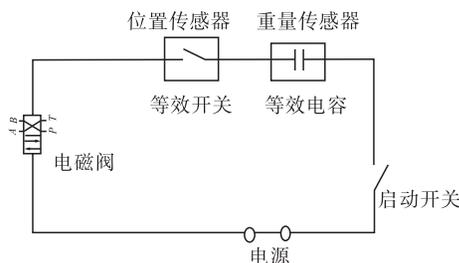


图 2 自动控制装置等效电路图

图 2 中,整个自动控制装置共配置了一个电源,其为搬运车的主电源,给各个单元提供电压。另外还存在一个启动开关,整个液压车系统全部由该开关进行启停。重量传感器在电路中等效于一个电容,当受到的载荷变化时,电容的两块极板之间的距离也会发生变化,相应的电容也会产生改变,从而使通过的电流变大或减小,最终反馈给电磁阀,加大或减小液压系统的力矩,使液压车整体的力矩平衡,搬运车匀速进行移动。位置传感器在电路中等效于一个开关,当光电传感器亮/灭时,相应的开关也会进行开闭。当搬运车到达指定位置时,光电传感器熄灭,开关断开,整个装置断电,搬运车停止运动。

2 自动控制方案

2.1 数字处理核心结构

液压搬运车自动控制装置的核心是其电控系统。位置传感器或重量传感器负责进行信号的采集,采集而来的信号通过 AD 转换器^[8]转化为 CLK (时钟)信号,再输入给 DSP 芯片。该 DSP 芯片采用目前市场上常用的 32 位定点芯片,可以对多事件信号进行管理。DSP 芯片对信号进行处理之后,将数据进行整理并传送给 BI 智能软件进行分析。BI 智能软件作为目前市场上主流的信号处理软件,搭载于一块液晶显示屏上进行工作。数据经过处理分析之后,转换为例如上升或者下降等便于操作者识别的信号。操作者选择之后,信号通过 DSP 芯片进行反馈,输出给电磁阀,从而对液压系统进行控制。而整个系统所有信号的记录及存储,只需通过一个移动存储设备即可实现。

以上即为整个电控系统的原理,具体的实现方式如图 3 所示。

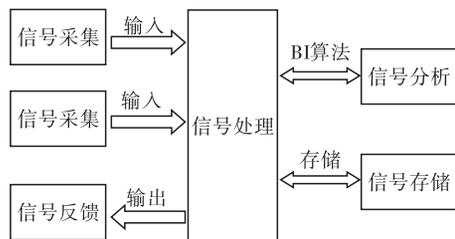


图3 液压搬运车电控系统原理图

2.2 自动控制

该文设计的液压搬运车需要带有自反馈系统,原因在于搬运车的升降速度会随着负载的变化而产生不一致;其次,在面对不同高度平台时,也需要实时进行调节。因此,普通的开关控制难以取得理想的效果。

为实现上述两个功能,该文采用多个控制算法融合进行改进:

(1)自适应算法^[9-11]。在进行位置的反馈时,由于光电传感器的特性,搬运车不会直接到达指定的位置进行反馈。自适应过程就是一个不断接近目标的过程,其中所遵循的途径可以用硬件或者软件进行相关的模拟,再通过模拟导出对应的数学模型,即为自适应算法模型;

(2)数字控制算法^[12-13]。在重量传感器进行载荷的采集时,可以用具体的数字指标进行编程输出。为了使液压搬运车在不同的载荷下保持匀速运动,只需要使液压系统输出的载荷与搬运车承受的载荷保持一致。当载荷发生变化时,数字信号也会随之发生变化,程序自动进行数字控制,将液压系统的输出力矩做出调整,从而实现自动化;

(3)模糊PID算法^[14-17]。是比例、积分和微分这3个系数组成的一种保持稳定的控制算法,公式为:

$$u(t) = K_p e(t) + K_i \int_0^t e(t) dt + K_d \frac{de(t)}{dt} \quad (1)$$

其中, $u(t)$ 为系统输出的信号; K_p 为调节比例参数; K_i 是调节积分增益; K_d 为调节微分增益; e 是误差,其定义为设定值与回授值之差; t 为当前时间。

以位置为例,当液压搬运车开始上升时,位置传感器会感应搬运车目前所处的位置。当液压搬运车到达平台相应位置时,传感器和平台之间的差值为0,此时液压搬运车恰好达到与平台相同的高度。

调节 K_p 的作用:当液压搬运车和平台高度差越大时,速度便会越大;而在越接近平台时,速度则会越慢。

调节 K_d 的作用:当液压搬运车越接近平台高度时,反作用力就会越大,使速度变得越来越慢。

调节 K_i 的作用:若传感器传回的高度与平台高度不一致时,便会一直对偏差进行累加,并反馈在速度上。直到高度逐渐变为一致,即传感器和平台之间的差值变为0为止。

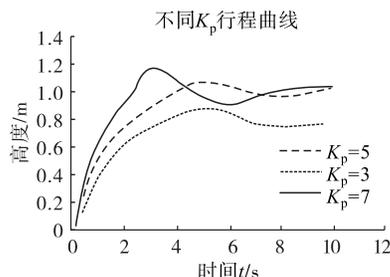
3种控制算法综合进行数据处理,可以使搬运车载荷以及位置两个参数同时得到自动化控制,进而使参数得到进一步的改善。由于自适应算法和数字控制算法相对简单,该文针对PID算法来进行相关实验测试。

3 自动控制实验与分析

在实际的搬运作业过程中,为了达到较好的工作状态,需要不断地进行调试和试验。假设需要搬运的货物重量为10 kg,需要运送的平台高度为1 m,对此进行试验设计。

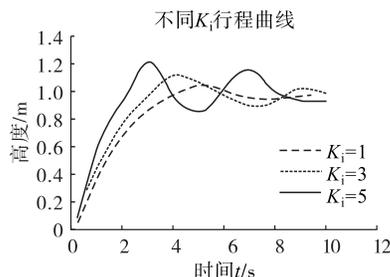
3.1 PID算法调试

首先,对 K_p 进行调试,其他2个参数保持为0。当选择 K_p 分别为3、5、7时,记录高度和时间,从而得出如图4所示的曲线图。

图4 不同 K_p 的行程曲线

当 K_p 为5时,液压搬运车的行程可以达到指定的位置,且相应的震荡是较低的。因此将 K_p 保持为5,然后进行下一步操作。

保持 K_p 为5,然后选择 K_i 为1、3、5时,记录高度和时间,得到如图5所示的曲线图。

图5 不同 K_i 的行程曲线

当 K_i 为3时,液压搬运车的震荡最为适中且能达到指定的位置。

保持 K_p 为 5、 K_i 为 3，然后选择 K_d 为 1、3、5 时，分别记录高度的时间，得到如图 6 所示的曲线。

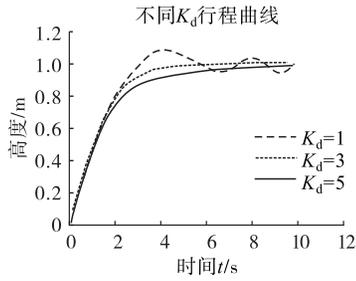


图 6 不同 K_d 的行程曲线

可以看出，当 K_d 为 3 时，液压搬运车的震荡最低，且能够快速到达指定位置。

从理论上进行模拟分析之后，模糊 PID 算法的最优参数为 $K_p = 5, K_i = 3, K_d = 3$ 。对上述 3 个参数进行调节设定后，整个搬运行程最为平滑，而且通过行程曲线还可以看出，在此条件下的搬运时间最短。

3.2 自动控制的效果

为了验证所设计加装自动控制装置的液压搬运车相比传统方式对人力的节省和效率的提升情况，本文设计了对比实验。分别选取 4 个作业员在不同情况下对重物进行搬运，具体的细节和相关的重物指标如表 1 所示。

作业员的效率最终体现在使用液压搬运车将重物搬运到指定位置的时间及行程。因此，本次实验将重物的搬运高度作为控制参照量，而选取不同设计下的搬运车作为对比变量。

表 1 不同作业员在不同情况下搬运作业指标

作业员	物品重量/kg	搬运高度/m	液压控制	位置控制
A	10	1	无	无
B			有	无
C			无	有
D			有	有

实验完成后，将 4 个作业员的搬运时长和行程，绘制成如图 7 所示的曲线图。

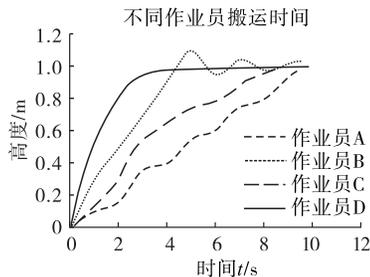


图 7 不同作业员搬运时间

通过实验可以看出，在相同的搬运载荷和固定的高度下，作业员 D 仅需要 6 s 便将重物搬运到了

指定位置，而作业员 A 需要将近 10 s 才能够完成，节省了约 4 s 的时间。相对于另外 2 名作业员而言，作业员 D 的搬运过程中更加平稳、快速。实验结果表明，该文所设计加装液压自动控制装置的搬运车可以满足实际作业需求，且能够提升约 40% 的工作效率。

4 结束语

该文通过对自动装置信号的采集、传输、处理、分析和反馈整个闭环系统进行解析，选取市面上相应的材料，对传统的液压搬运车提出了一套改进设计方案。在自动控制系统设计原理的基础上，以自适应算法、数字控制算法以及模糊 PID 算法作为控制策略，在对 PID 算法进行理论分析与模拟的基础上，提出了相应的自动控制装置设计方案，实现了搬运车的载荷自动调节和位置实时反馈，使搬运工作更加的智能化、自动化，整体的稳定性更好，精度也更高。最后，与传统液压搬运车进行对比实验的测试结果表明，所提设计方案能够有效提升工作效率，达到了减轻作业员作业强度的工程应用目标。

参考文献：

- [1] 李枫. 液压支架搬运车工作装置的设计与研究[D]. 徐州:中国矿业大学, 2023:12-35.
- [2] 贺克伟. 40 t 铲板式支架搬运车全液压制动系统应用研究[J]. 液压气动与密封, 2023, 43(3):26-29.
- [3] 彭诚. 基于随机矩阵谱分析的机械液压传动系统故障辨识方法[J]. 齐齐哈尔大学学报(自然科学版), 2022, 38(2):1-6.
- [4] 高波, 李世超, 张亚洲. 液压传动风力发电系统设计及仿真[J]. 机床与液压, 2023, 51(4):103-107.
- [5] 侯伟, 刘强锋, 段峻. 基于 DSP 的直流无刷电机控制系统探究[J]. 内燃机与配件, 2023(12):65-67.
- [6] 聂聪聪, 李永红, 岳凤英. 某型 DSP 芯片指标测试设计与实现[J]. 自动化与仪表, 2022, 37(11):1-6.
- [7] 杨彦, 韦朝欣. 基于 DSP 和交换芯片的中频软件无线电接收控制系统设计[J]. 计算机测量与控制, 2023, 31(8):98-103.
- [8] 王雅威, 国栋, 吕常智. 一种基于 C8051F020 的分辨率可配置的 AD 转换器[J]. 机床与液压, 2019, 47(17):125-128.
- [9] 崔瑞华, 蔡小龙, 刘艳芳, 等. 面向概念漂移数据流的在线集成自适应算法[J]. 南京大学学报(自然科学), 2023, 59(01):134-144.
- [10] 尚亚锐, 刘雪梅, 王泽. 基于空频自适应算法的抗干扰天线设计[J]. 电子设计工程, 2020, 28(16):142-145.

(下转第 74 页)

动问题,对焊接质量造成影响,令生产效率下降,严重时还会导致设备的损伤。为此,提出了复杂金属接缝焊接机器人双臂非线性抖动控制方法。研究双臂焊接机器人的运动学特征,构建非线性抖动数学模型;以径向基函数神经网络为基础,提出一种针对非线性抖动的控制方法。实验结果表明,所提方法可以有效地降低双臂焊接机得非线性抖动的发生,从而提高焊接的质量与效率,为复杂金属接缝焊接机器人的抖动控制提供了新的思路,并对其他同类机器人的抖动控制具有借鉴意义。

参考文献:

[1] 李志文,程志江,杜一鸣,等. 基于 ROS 的清洁机器人运动控制研究[J]. 计算机仿真,2023,40(04):455 - 460.

[2] 潘海鸿,何飞龙,贾丙琪,等. 焊接机器人空间轨迹段间位姿平滑过渡方法[J]. 组合机床与自动化加工技术,2023(11):65 - 68.

[3] 贾爱亭,洪波,李湘文,等. 基于轨迹在线识别的 3D 折线焊缝机器人摆动 GMAW 实时跟踪方法[J]. 机械工程学报,2022,58(14):116 - 125.

[4] 吴超群,赵松,雷艇. 曲线焊缝的机器人焊接轨迹规划与高频控制[J]. 中国机械工程,2023,34(14):1723 - 1728.

[5] 张诚,袁慧铮,应之歌. 应用多传感器激光视觉的焊接

机器人变质心补偿控制[J]. 激光杂志,2024,45(01):236 - 241.

[6] LEI T, WU C, YU H. Electric arc length control of circular seam in welding robot based on arc voltage sensing[J]. IEEE sensors journal, 2022, 22(4):3326 - 3333.

[7] Ngo H Q T, Nguyen T H, Nguyen H A, et al. Model and simulation of tracking motion for accurate welding using a universal Cobot[J]. International Journal of Computer Applications in Technology, 2023,71(1):43 - 51.

[8] 闵小翠,李鹏. 基于 D-H 法的农业采摘机器人运动协作控制系统设计[J]. 计算机测量与控制,2024,32(01):72 - 78 + 84.

[9] 张泽鹏,茅云生,傅何琪,等. 基于混沌麻雀算法的船用焊接机器人轨迹优化[J]. 船舶工程,2022,44(05):134 - 140.

[10] 张潇,宋威. 径向基函数神经网络指导的粒子群优化算法求解多峰优化问题[J]. 小型微型计算机系统,2023,44(11):2529 - 2537.

[11] 苏赫朋,苗鸿宾,李梦虔,等. 双机器人不同约束下的协调运动轨迹规划方法的研究[J]. 制造技术与机床,2024(01):85 - 92.

[12] 刘育强,魏庆生,李浩然,等. 基于径向基函数神经网络的空间漂浮机械臂装配控制[J]. 哈尔滨工程大学学报,2023,44(05):831 - 836.

(上接第 12 页)

[11] 王博,张远,杨咏蓓. 基于模仿学习的决策树码率自适应算法研究[J]. 计算机工程,2023,49(5):206 - 214.

[12] 叶晨,江昊,任娇蓉,等. 基于 CPS - PWM 的 MMC 环流抑制及数字控制实现[J]. 电力电子技术,2023,57(4):132 - 135.

[13] 左姗姗,徐春雨,杨毅,等. 行波管高压电源数字控制技术[J]. 电气自动化,2023,45(1):78 - 80.

[14] 朱铭基,张会林,马立新. 基于 Smith 预估模糊 PID 的

氨法脱硫控制策略[J]. 电子科技,2023,36(5):80 - 87.

[15] 樊康生,杨光永,吴大飞,等. 论域非原点对称的等效变论域模糊 PID 控制[J]. 制造技术与机床,2023(11):75 - 81.

[16] 赵剑桥,严天一,桂永建,等. 基于模糊 PID 的半主动悬架控制策略研究[J]. 青岛大学学报(工程技术版),2023,38(3):54 - 58.

[17] 李钢. 基于模糊 PID 控制的恒压供水系统的研究[J]. 电子设计工程,2024,32(13):83 - 87.

欢迎投稿！ 欢迎订阅！ 欢迎刊登广告！

国内邮发代号:52 - 49 国际发行代号:BM529 定价:18.00 元/期 108.00 元/年
 地址:西安市高新区沣惠南路 8 号 邮编:710075 电话:029 - 81871277
 网址:http://yb - zdh. shaangu - group. com 电子邮箱:gyybbjb@126. com