

智能双组分精确定量涂胶系统研究

周俊, 郭巍, 贺小琼

(中国船舶集团长江科技有限公司, 重庆 404100)

摘要: 针对光伏、汽车制造、3C 电子、船舶、轨道交通等行业的涂胶作业需求, 提出了一种智能双组分精确定量涂胶系统, 设计了双组分定量涂胶机及双组分涂胶控制算法, 搭建了涂胶控制系统。供胶泵将胶输送到双组分定量涂胶机中, 双组分定量机精确输出所需胶量到涂胶阀中, 涂胶阀由机器人带动运行将胶涂覆在工件上, 控制系统实现对涂胶作业的精确控制并实时监测各项工作参数。试验表明: 该智能双组分精确定量涂胶系统能够实现 1:1 至 5:1 的胶型配比, 重复出胶精度约为 3%, 双组分配比精度约为 3%, 为智能、高效、精确涂胶作业提供了一种新的技术方法。

关键词: 涂胶系统; 精确定量; 双组分; 智能

中图分类号: TQ639 文献标志码: A 文章编号: 1007-9548(2025)06-0041-05

Research on Intelligent Two Component Precise Quantitative Gluing System

ZHOU Jun, GUO Wei, HE Xiao-qiong

(China State Shipbuilding Changjiang Technology Co., Ltd., Chongqing 404100, China)

Abstract: A intelligent two-component precise quantitative gluing system is proposed to meet the gluing operation needs of industries such as photovoltaics, automobile manufacturing, 3C electronics, ships, and rail transit. A two-component quantitative gluing machine and its control algorithm are designed, and a gluing control system is built. The glue pump delivers the glue to the two-component quantitative gluing machine, and the two-component quantitative machine accurately outputs the required amount of glue to the gluing valve. The gluing valve is driven by a robot to coat the glue on the workpiece, and the control system realizes precise control of the gluing operation and real-time monitoring of various working parameters. The experiment shows that the intelligent two-component precise quantitative gluing system can achieve a glue type ratio of 1:1 to 5:1. The precision of repeated gluing is about 3%, and the precision of the dual group allocation ratio is about 3%, providing a new technical method for intelligent, efficient, and precise gluing operations.

Key words: gluing system; precise quantification; two-component; intelligent

0 引言

传统涂胶作业为人工手动涂胶模式, 该方法工作量大、效率低下、涂胶质量主要依赖操作工的经验和自觉性, 涂胶量不均匀, 胶浪费较多, 这直接影响到产品的寿命、性能等^[1]。随着自动化技术的不断发展, 光伏、

汽车制造、3C 电子、船舶、轨道交通等行业对智能化、自动化、高效化的涂胶作业需求越来越高, 对涂胶量精度要求也更加严格。目前涂胶作业中胶的类型主要有单组分胶和双组分胶, 单组分胶可直接用于涂胶作业, 而双组分胶为两种胶混合在一起使用, 两种胶的配比为 1:1 到 5:1, 胶的重复出胶精度和双组分胶的配比精度对涂胶质量至关重要^[2]。

针对家电行业设计了一种智能涂胶系统, 包含供胶系统、机器人、控制系统等, 设计了智能控制系统软件及人机界面, 通过涂胶试验找出了胶线宽度和胶线

收稿日期: 2024-10-12

作者简介: 周俊(1993—), 男, 本科, 工程师, 主要从事涂装、涂胶产业自动化智能化控制系统的研究与开发工作。E-mail: 254475877@qq.com。

高度的影响因素,采用多元二次方程进行曲线拟合,得出了涂胶胶线宽度和高度的表达式,实现了实时性、稳定性较好的涂胶效果^[1]。针对动力电池导热胶涂胶作业提出了一种基于遗传算法的涂胶轨迹优化方法,对提升电池包导热胶覆盖率、减少涂料量有较好的应用效果^[2]。设计了一种涂胶机器人离线编程系统,提高了涂胶机器人离线编程的灵活性和应用范围,能够有效提升涂胶效率和质量^[3]。现有研究逐渐将涂胶作业与工业机器人、控制系统、智能编程技术结合,并用于实现工业涂胶作业的自动化、高效化^[5-6]。

针对光伏、汽车制造、3C 电子、船舶、轨道交通等行业的涂胶作业需求,本文搭建了的智能双组分精确定量涂胶系统,设计了双组分定量涂胶机及双组分涂胶控制算法,双组分定量涂胶机一端通过高压管连接供胶泵,另一端通过高压管连接涂胶阀,涂胶阀安装于

机器人末端执行器上,双组分涂胶控制算法控制双组分定量涂胶机的启停、涂胶阀的开闭和机器人行走路径,该智能双组分精确定量涂胶系统能够实现精确控制出胶量和双组分胶型配比,同时提高涂胶作业效率和质量,减少人工劳动力,降低作业成本。

1 智能双组分精确定量涂胶系统硬件设计

1.1 智能双组分精确定量涂胶系统组成

智能双组分精确定量涂胶系统组成如图 1 所示,主要包含供胶泵、双组分定量涂胶机、控制系统、双组分涂胶控制算法、涂胶阀、机器人、高压管路、胶桶等。

系统由高压气源和电源为动力源,高压气源控制供胶泵的运行和涂胶阀的开闭,电源控制双组分定量涂胶机和机器人的运行。选择 FANUC R-2000iC/210F 型机器人,实现多工况、大范围涂胶作业。

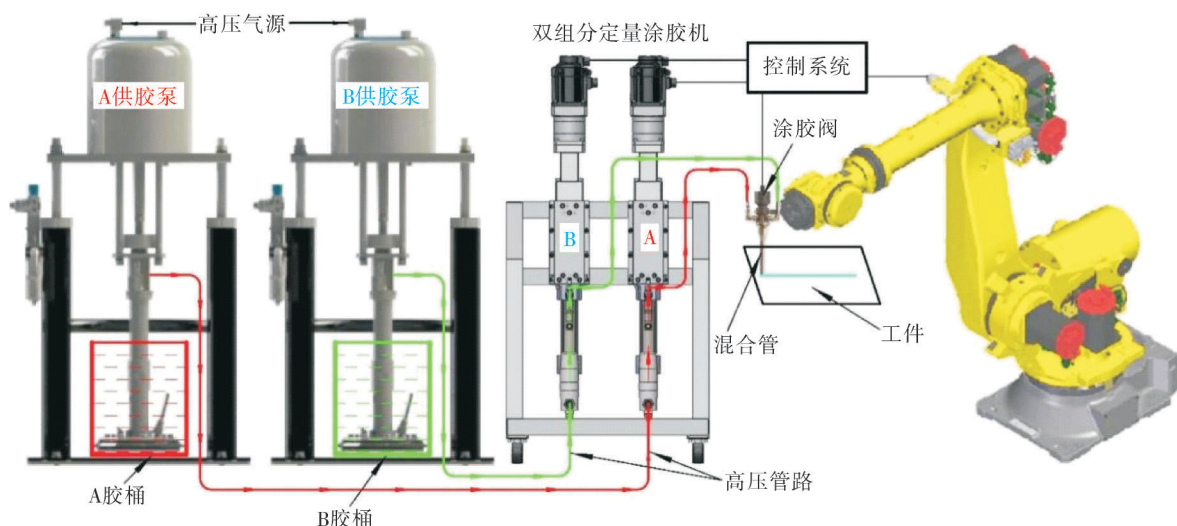


图 1 智能双组分精确定量涂胶系统组成

智能双组分精确定量涂胶系统的工作原理为:A、B 两台供胶泵分别连接 A、B 两个胶桶,用于输送 A 组分、B 组分不同类型的胶,两台供胶泵将 A、B 胶桶中的胶通过高压管路、减压阀传送到双组分定量涂胶机中,双组分定量涂胶机精确输出两种胶型所需胶量,再通过高压管路输送到涂胶阀,涂胶阀设有两个入口和两个出口,两个入口连接双组分定量涂胶机,两个出口连接混合管,两种胶型通过混合管完全混合,机器人带动涂胶阀行走将混合后的胶涂覆在工件上。控制系统控制机器人、双组分定量涂胶机和涂胶阀的运行,并实时监控系统中的各项工作参数,出现异常时自动报警。

1.2 双组分定量涂胶机结构设计

涂胶作业实际应用中通常将两种不同的胶型充分混合后涂覆在工件上,两种胶型分为 A 组分和 B 组分,设计双组分定量涂胶机的目的在于精确控制 A、B

双组分胶的出胶量,进而实现精确控制涂胶作业,提升涂胶质量。双组分定量涂胶机由 A、B 两台单组分定量涂胶机和机架组成,其结构设计如图 2 所示,A 和 B 两台定量涂胶机入口分别连接 A 供胶泵和 B 供胶泵,出口与涂胶阀连接。

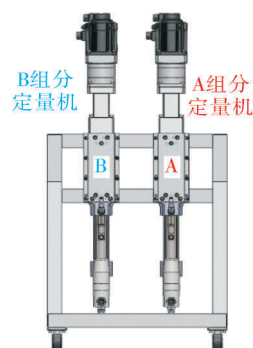


图 2 双组分定量涂胶机

单组分定量涂胶机的结构及原理如图 3 所示,主要包含伺服电机、减速机、联轴器、滚珠丝杆、循环泵、减压阀、压力传感器,减压阀设于循环泵入口处,压力传感器设于循环泵入口和出口,减压阀与供胶泵出口连接,循环泵出口与涂胶阀连接,两台单组分定量涂胶机的伺服电机、入口与出口的压力传感器均与控制系统连接。

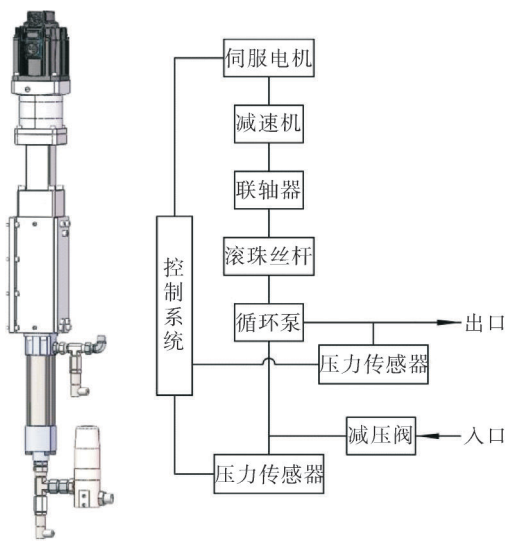


图 3 单组分定量涂胶机结构及原理

单组分定量涂胶机工作原理如下：伺服电机通过减速机、联轴器带动滚珠丝杆转动,滚珠丝杆将伺服电机的旋转运动精确地转化为循环泵的上下往复运动,从而实现对循环泵往复运动位移量的精确控制,循环泵上行过程中从入口将胶吸入,上行和下行过程中将胶从出口排出,实现单向供胶、往复出胶,提高涂胶作业效率,其中减压阀的作用在于稳定循环泵入口压力,控制系统实时检测循环泵入口和出口的压力、伺服电机的扭矩和转速,当各处压力值、电机扭矩和转速超过设定值时,控制系统报警并停机,以避免硬件损坏。其中伺服电机采用汇川 MS1H3-13C15CB-T334Z 型号,额定功率为 1.3 kW、额定转速为 1 500 r/min、18 位绝对值编码器、带抱闸功能,配备汇川 SV630NS012I 伺服驱动器和汇川 EASY521-0808TN 型号 CPU。

2 智能双组分精确定量涂胶系统软件设计

2.1 控制系统设计

控制系统是涂胶系统的重要组成部分^[1],由 PLC、机器人、伺服电机、伺服驱动器、压力传感器、触摸屏、控制按钮等组成,采用威伦通 MT8106iP 触摸屏作为人机交互平台,人工可在触摸屏上手动输入工作参数,通过与机器人、伺服电机、压力传感器的数据交换,实现对硬件运动状态的控制,人工也可通过触摸屏实时

观察系统运行参数。控制系统通信方式如图 4 所示,PLC 与 HMI 触摸屏、机器人交互通信,PLC 与伺服电机通过伺服驱动器控制并实时反馈运行状态,PLC 实时采集压力传感器的数据并显示到触摸屏上,PLC 控制涂胶阀的开闭进行涂胶作业。

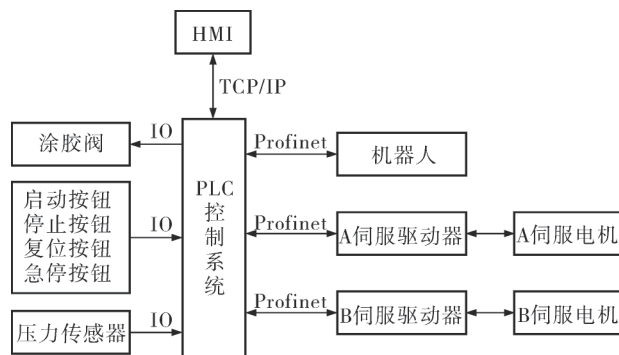


图 4 控制系统通信方式

在探讨智能双组分精确定量涂胶系统的控制逻辑时,我们首先需要理解系统的启动机制。如图 5 所示,系统的设计始于一个初始阶段,这一阶段的关键在于输入信号的接收,它触发了整个系统的后续操作。

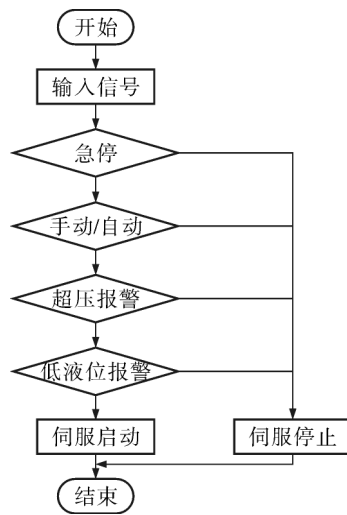


图 5 智能双组分精确定量涂胶系统的控制逻辑

随后,系统进入一个状态监控循环阶段。在这一阶段,系统必须实时监控多个关键状态,包括但不限于急停功能、手动与自动操作模式的选择,以及超压和低液位报警。急停功能的设计是为了在紧急情况下迅速切断系统运行,以防止潜在的安全事故。而手动与自动操作模式的切换则为用户提供了操作的灵活性,以适应不同的工作场景和需求。此外,超压和低液位报警功能则实时监测系统的压力和液位状态,一旦检测到超出

预设的安全范围,系统将触发报警,以提醒操作人员采取必要的应对措施。

在状态循环阶段,如果系统监测到的所有状态均正常,即没有错误或异常情况发生,那么流程将顺利过渡到伺服启动阶段。伺服启动是整个控制逻辑中的关键步骤,它不仅标志着系统已经完成了所有前置检查,而且也意味着系统已经准备就绪,可以开始执行精确的涂胶任务。这一步骤对于确保涂胶过程的精确性和一致性至关重要,是系统性能和可靠性的直接体现。

2.2 双组分涂胶控制算法

双组分涂胶控制算法通过控制双组分定量涂胶机中 A、B 两台伺服电机的运行,实现双组分定量涂胶机将 A 组分、B 组分两种胶型按照实际工况要求的比例精确输出胶量。设计的双组分涂胶控制算法如式(1)所示:

$$\begin{cases} v_A = \frac{a}{a+1} \times b \\ v_B = \frac{1}{a+1} \times b \\ t = t_A = t_B = \frac{c}{b} \end{cases} \quad (1)$$

式中: a 为 A 组分胶与 B 组分胶的配比比例,即 A 胶与 B 胶质量比; b 为涂胶阀混合管出口的总出胶速度; c 为总出胶量,总出胶量根据不同工况进行设置; v_A 为 A 组分定量涂胶机循环泵的输出速度; v_B 为 B 组分定量涂胶机循环泵的输出速度; t 为涂胶阀打开的时间, t_A 为 A 伺服电机的运行时间; t_B 为 B 伺服电机的运行时间;通常涂胶阀打开时间和 A、B 伺服电机运行时间相等。

根据定量机循环泵的一往复排量、滚珠丝杆导程、减速机减速比,通过 v_A 、 v_B 可计算出伺服电机转速,PLC 通过控制伺服电机转速和运行时间来精确控制 A、B 组分胶的输出量。

3 试验与分析

结合 PLC 编写了控制系统和双组分涂胶控制算法的程序,搭建了智能双组分精确定量涂胶系统的人机界面,人工可通过触摸屏操作系统的启停、复位,可在触摸屏设置工作模式和各项工作参数,如图 6 所示,该界面可设置涂胶作业的出胶流量、出胶总量、出胶比例等,以适应不同工况。

图 7 为工作参数监控界面,通过该界面可实时监控到电机扭矩和转速、双组分定量涂胶机的入口和出口压力、涂胶阀的入口压力等,系统中可设置各项参数的范围,当工作时某参数超过系统设置值时,系统报警停止,以此来保护系统硬件结构。



图 6 工作参数设置界面

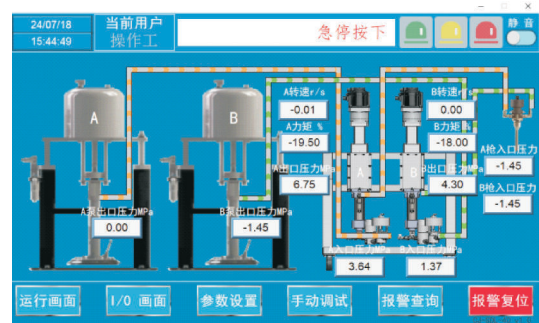


图 7 工作参数监控界面

将供胶泵的高压气源调至 0.4 MPa,采用质量法测试重复出胶精度,准备精度为 0.01 g 的称重计,用于计量每次出胶的质量。在图 6 工作参数设置界面中设置工作模式为“定量模式”,将 A、B 两个组分的出胶比例分别设置为 1:1、2:1、3:1、4:1、5:1,各比例重复试验 10 组。将混合管拆下,将两个容器分别置于涂胶阀的两个出口,分别收集 A、B 组分出胶量,称重记录每组胶的质量。通过 10 组数据与平均值的最大偏差来计算重复出胶精度,通过 10 组数据的配比与平均配比的偏差来计算双组分配比精度,重复出胶精度 P_1 的计算公式见式(2),双组分配比精度计算公式见式(3):

$$P_1 = \frac{(m_i - \bar{m})_{\max}}{\bar{m}} \times 100\%, \quad (2)$$

$$P_2 = \frac{((m_A/m_B)_i - (m_A/m_B)_0)_{\max}}{(m_A/m_B)_0} \times 100\%, \quad (3)$$

式中: i 为试验组别, $i=1,2,\dots,10$, m_i 为每组胶的质量, \bar{m} 为 10 组胶的质量的平均值, m_A 为 A 组分胶的质量, m_B 为 B 组分胶的质量, $(m_A/m_B)_i$ 为每组 A、B 胶型的配比, $(m_A/m_B)_0$ 为 10 组胶配比的平均值。

重复出胶精度及双组分配比精度试验结果如表 1 所列,重复出胶精度约为 3%,1:1、2:1、3:1、4:1、5:1 配比精度约为 3%,出胶总量、出胶流量对重复精度有一定影响,出胶量较小时,重复出胶精度较差,出胶量较大时,重复出胶精度较好。

表 1 重复出胶精度及双组分配比精度试验结果

组别	1:1			2:1			3:1			4:1			5:1		
	m_A/g	m_B/g	配比	m_A/g	m_B/g	配比	m_A/g	m_B/g	配比	m_A/g	m_B/g	配比	m_A/g	m_B/g	配比
1	21.05	20.66	1.02	27.16	13.89	1.96	41.62	13.72	3.03	38.64	9.96	3.88	48.00	9.86	4.87
2	20.62	20.76	0.99	27.46	13.52	2.03	42.10	14.08	2.99	39.25	9.68	4.05	48.66	9.68	5.03
3	20.68	20.54	1.01	27.46	13.52	2.03	42.20	14.08	3.00	38.32	9.42	4.07	47.76	9.82	4.86
4	20.90	20.21	1.03	27.60	13.98	1.97	41.30	13.72	3.01	37.84	9.60	3.94	48.84	9.66	5.06
5	20.50	20.38	1.01	27.76	13.48	2.06	42.28	13.76	3.07	38.90	9.64	4.04	48.86	10.05	4.86
6	20.48	19.87	1.03	27.10	13.70	1.98	42.40	14.10	3.01	39.25	9.60	4.09	48.38	9.86	4.91
7	20.58	20.88	0.99	27.42	13.52	2.03	42.14	14.30	2.95	38.75	9.60	4.04	48.54	9.66	5.02
8	19.95	20.26	0.98	27.54	13.70	2.01	42.14	14.04	3.00	38.24	9.72	3.93	48.50	9.64	5.03
9	20.54	19.90	1.03	27.34	13.28	2.06	41.14	13.42	3.07	39.54	9.78	4.04	48.04	9.58	5.01
10	21.05	20.66	1.02	27.54	13.48	2.04	42.26	13.68	3.09	39.32	9.80	4.01	48.82	9.50	5.14
重复出胶精度/%	3.1	2.5		1.2	2.7		2.0	3.4		2.5	2.9		1.4	3.3	
配比精度/%			2.5			3.1			2.5			3.2			3.2

4 结语

搭建了智能双组分精确定量涂胶系统，包含两台供胶泵、双组分定量涂胶机、控制系统、双组分涂胶控制算法、涂胶阀、机器人、高压管路等，A、B 两台供胶泵将 A 组分、B 组分胶输送到双组分定量涂胶机，双组分定量涂胶机由伺服电机驱动，带动减速机、滚珠丝杆、循环泵运行，精确输出 A 组分、B 组分胶量，并通过高压液体管路传送到涂胶阀，涂胶阀由机器人带动对工件进行涂胶作业。设计了控制系统用于控制智能双组分精确定量涂胶系统的整体运行，设计了人机交互界面，人工可根据不同工况在触摸屏上手动输入工作参数，并实时监控各项工作参数，出现异常时报警停机。初步试验证明，该系统能够实现 1:1 至 5:1 的双组分胶型配比，配比精度约为 3%，能够较为准确的输出所需胶量，重复出胶精度约为 3%，能够较好地应用于精确涂胶作业。由于双组分定量涂胶机在往复运行过程中存在压力波动，对出胶精度、配比精度、胶量均匀性有一定影响，需后续进一步的研究。

参考文献：

[1] 张晓瑾, 胡斯乐, 林粤科. 智能涂胶系统的设计与实现[J]. 机床与液压, 2016, 44(15): 11-14.

[2] 姜志远, 王晓撰, 薛金磊. 机器人自动涂胶工艺质量与效率提升的应用研究[J]. 汽车实用技术, 2024, 49(12): 123-128.

[3] 程凯元, 罗怪, 周欣安, 等. 基于遗传算法的动力电池涂胶轨迹优化[J]. 机械设计与研究, 2024, 40(1): 206-211.

[4] 刘欢庆, 苏宇锋, 高建设. 涂胶机器人离线编程系统设计与应用[J]. 机床与液压, 2021, 49(17): 15-19.

[5] 韦帅. 六自由度涂胶工业机器人控制系统设计与研究[D].

广州: 华南理工大学, 2015.

[6] 王伟. 玻璃幕墙涂胶机器人自动编程技术的研究与实现[D]. 广州: 广州大学, 2023.

[7] ZHANG H, WANG G, LUO W, et al. A self-cleaning glue feeding system based on slit coating [J]. Journal of Physics: Conference Series, 2024, 2815(1): 012047.

[8] DROMGOOL B M. Duplex coating systems[J]. Journal of Protective Coatings & Linings, 2024, 41(3): 15-21.

[9] 胡庄稳. 基于机器视觉的自动涂胶智能检测系统研究[D]. 芜湖: 安徽工程大学, 2020.

[10] 王建国. 风电叶片自动涂胶设备的设计[J]. 机械工程与自动化, 2024(3): 85-86.

[11] 申淑丽, 邹庆, 梅雪川, 等. 基于 PLC 控制的高精准柔性化涂胶压合线体研究[J]. 机电工程技术, 2024, 53(6): 109-113.

[12] 饶建红, 鄢荣飞, 杨庆华. 基于激光线扫传感器锂电池动态涂胶系统方案设计[J]. 制造业自动化, 2022, 44(7): 82-85.

[13] 张禹, 邸贺彤. 基于深度学习车顶焊缝涂胶机械臂研究[J]. 组合机床与自动化加工技术, 2024(6): 48-53.

[14] 彭祝亮. 基于 PLC 与触摸屏的车窗涂胶工业机器人工作站系统设计[J]. 电工技术, 2024(8): 14-17. ◆

