自动称量配料控制系统设计

田智慧[1]，张永胜[1]，王国平[2]
（1.阿拉善职业技术学院，阿拉善盟 750306；2.中盐吉兰泰盐化集团有限公司，阿拉善盟 750306）

摘要：目的 为了实现配料称量过程的自动化控制，数据的实时监控，提高配料环节的生产效率以及称量包装精度。**方法** 设计基于现场总线 DeviceNET 的自动称量配料控制系统，控制系统核心采用欧姆龙 CJ1M-CPU13 PLC 以及电源、I/O 等模块相组合的方式，实现对称量配料过程的自动控制。通过 DeviceNET 现场总线对远程称量仪表数据进行采集，并将数据通过总线传送到下位机 PLC 中进行处理，并由 PLC 发出各种控制命令，管理级 PC 与 PLC 通过以太网实现通信。**结果** 实验结果表明，所提出的控制方法能够有效提高称量配料精度，称量误差能控制在±3 g 以内。**结论** 该控制系统具有稳定性强、成本低、可编程能力强等优点，大大提高了配料称量包装精度，并实现了对数据进行实时监控。

关键词：配料称量；现场总线；PLC；数据采集
中图分类号：TP273.5 **文献标识码：**A **文章编号：**1001-3563(2019)01-0140-05
DOI：10.19554/j.cnki.1001-3563.2019.01.000

Design of Automatic Weighing Batching Control System

TIAN Zhi-hui[1], *ZHANG Yong-sheng*[1], *WANG Guo-ping*[2]
(1.Alxa Vocational & Technical College, Alxa League 750306, China;
2.Zhong Yan Kelantai Salinization Group Co., Ltd., Alxa League 750306, China)

ABSTRACT: The work aims to realize the automatic control of the batching weighing process and the real-time monitoring of the data, and improve the production efficiency of the batching link and the weighing and packaging precision. The automatic weighing batching control system based on DeviceNET fieldbus was designed. The core of the control system combined OMRON CJ1M-CPU13 PLC, power supply, I/O and other modules to achieve the automatic control of weighing and batching process. The data of remote weighing instrument were acquired through the DeviceNET fieldbus, and then transferred to the lower computer PLC by the bus for the processing, and all kinds of control commands were sent by the PLC. The management-level PC and the PLC communicated through Ethernet. The experimental results showed that the proposed control method could effectively improve the weighing batching precision, and the weighing error could be controlled within ±3 g. The control system has the advantages of strong stability, low cost and strong programmable ability. It greatly improves the batching weighing precision, and realizes the real-time monitoring of data.
KEY WORDS: batching weighing; fieldbus; PLC; data acquisition

在现代工业产品生产过程中，称量配料在食品、农产品、饲料以及化工等行业被广泛应用，配料称量精度高低直接影响了产品的质量[1—3]。配料是将多种不同颗粒状物品按照预定的比例进行混合，经过特殊工艺生成另一种产品，称量配料精度直接影响产品的生产效率和下游产品的质量。传统的配料方法通常采

收稿日期：2018-09-11
基金项目：内蒙古自治区高等学校科学研究项目（NJZY17644）
作者简介：田智慧（1983—），女，硕士，阿拉善职业技术学院讲师，主要研究方向为自动控制。

用人工称量的方式，将不同物品按照预定比例分别称量，然后进行混合。随着企业自动化的不断改善以及企业竞争日趋激烈，传统的配料方法生产效率过低、配料精度低、没有先进的上位机进行数据监控，不能实现生产过程数据的实时监控、数据采集等功能[4—7]。

国内外应用到配料称量中的控制系统主要包括两大类：单片机控制和可编程控制器 PLC 控制[8—9]。随着电子技术的快速发展，单片机数据处理速度也得到了较大提高，因此单片机在众多工业领域得到了广泛应用。单片机称量配料系统是将单片机作为控制中心，并结合外围芯片完成自动配料称量。由于单片机控制系统不具备通用性，不能实现自主开发，对使用环境也较为苛刻，因此开发周期长。可编程控制器 PLC，能够在较为恶劣的工业环境中持续工作，其抗干扰性能较强，且能够根据现场需求对硬件进行扩展，可以满足配料系统中较多输入、输出点数以及多个模拟量的要求[10—15]。文中为了提高配料称量精度，实现配料称量系统数据的实时监控，提出一种以 PLC 为下位机，以 PC 为上位机的控制系统，通过 DeviceNET 总线实现与 PLC 的实时通信，以获取多个称量仪表数据，从而完成动态称量任务。

1　自动称量配料系统

1.1　称量配料机工艺流程

称量配料过程，是将多种原料按照一定的混合比例进行混合，并通过一定的工业生成一种新产品，自动配料机比较适用于环境恶劣的环境中，文中所研究的单工位称量结构见图 1。每个工位主要由解包器、除尘器、顺料筒、料仓、给料器、集料盒、称量装置等组成。该系统主要用于洗衣粉配料包装行业，在国内多家洗衣粉厂家得到应用。

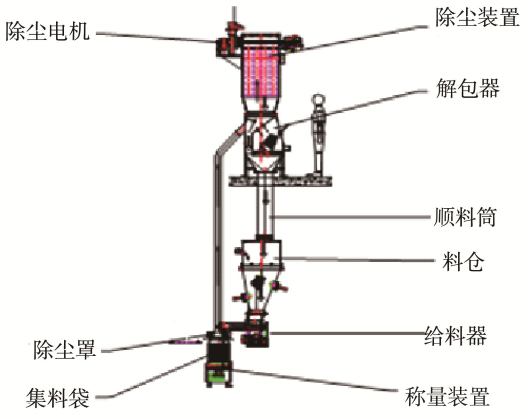

图 1　单工位称量结构

Fig.1 Single station weighing structure

该系统结构采用多个单工位形成环形封闭结构，根据洗衣粉中配方物料设定的质量密度，多种原料分别进行称量，并将称量好的物料进行混合，全自动化的称量配料方式，大大降低了操作工人的劳动强度，极大提高了生产效率。采用单个配料单独称量，根据物料特性设计了不同形式的供给器，并设有总校验沉重传感器以确保总质量称量精度。

该机械自动化设备在运行过程中，通过不同工位称量洗衣粉中不同种类的物料，总称量工位对所有物料混合后的总质量进行称量检查。通过上位机设置好每个称量工位种类、质量和质量修正量后，系统开始运转。环形称量生产线自动完成旋转，包装袋旋转到工位时，完成物料的称量和放料，当包装袋完成 1 圈后，则完成配方中所有物料的称量，并到达检验工位进行总质量称量，当总质量达到合格时，则被输送到合格区域；如果不合格，则由剔除装置将其剔除。

1.2　称量配料控制系统设计要求

在洗衣粉生产过程中，为了提高配料精度、生产效率以及智能管理，对自动配料控制系统有以下控制要求。

1）控制系统能够满足手动控制和全程自动控制，可满足对配料机的不同需求操作，实现生产流程的多功能控制。

2）控制系统能够对每一种配料进行准确称量，配料误差控制在 1%~2%。

3）控制系统具备功能齐全的上位机，能够实现配料系统的实时监控、配方管理、数据采集、等功能。

4）控制系统具有优良的人机界面，方便现场操作人员的操控和机组调试人员的调试。

5）控制系统具有良好的通信能力，实现数据的远程传送。

6）控制系统具有故障报警和预置报警功能。

2　控制系统硬件设计

自动称量配料控制系统主要分为上位机和下位机两大部分。上位机为 PC 机，采用组态王进行上位机组态，该上位机具有实时监控、参数设置、数据采集和传输、数据保存、预置报警、故障显示等功能；上位机实时监控画面可以实现各传感器工作状态、称量数据曲线以及执行电机运转状况的实时显示。下位机为 PLC，主要对称量系统中的数据进行采集，并在 CPU 中进行计算，同时发出过程控制命令。传统的 PLC 主要通过 RS232 对称量仪表中的数据进行采集，此种采集方式具有通信距离短，通信速度慢，易受到电磁干扰，导致采集数据丢失，为此文中通过 DeviceNet 总线通信进行数据传输。

控制系统硬件设计作为控制系统中的重要组成部分，硬件选型的好坏直接影响着整个系统的稳定性

和可靠性。根据控制要求，文中采用上位机和下位机相结合的控制方式，系统硬件结构见图 2。

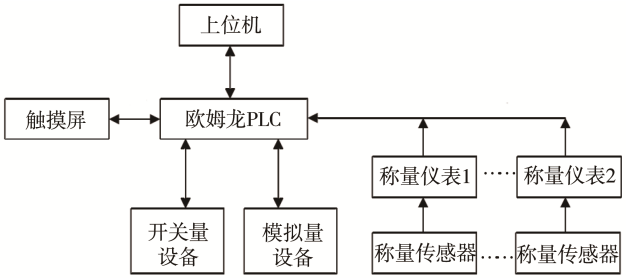

图 2　系统硬件结构
Fig.2 Hardware structure of system

根据配料称量工艺流程，PLC 采用模块设计，主要由 CPU 模块、通信模块、IO/DO 模块、模拟量采集模块等组成。如果上述模块在实际应用过程中不能满足系统需要，可以通过模块扩展方法，较容易地实现配料。为尽可能提高配料称量生产效率，要求所选择的 CPU 处理速度较高，又能支持多种功能模块的添加，经过对欧姆龙 PLC 各系列 CPU 模块的比较，选用的 CPU 模块为 CJ1M-CPU13。

该系统上位机与 PLC 通过串口通信的方式实现数据传送。CJ1M-CPU13 含有一个 USB 接口连接 PC 机，主要用于程序的下载与调试，另一个 RS-232C 口与触摸屏连接，完成上位机界面的传输。该系统触摸屏选择台湾威纶型号，通过该触摸屏可实现生产线参数的输入，并实时对生产线目前的生产状态等信息进行显示。MT6071IP 系列触摸屏具有多个串口（RS-232/RS-485），可同时与下位机实现通讯，拥有 400 MHz 的 32 位 RISC 处理速度、输入电源为 24 VDC，能够实现 1 min 的 500 V 交流超高耐压。

3　控制系统软件设计

3.1　PLC 主程序

控制系统 PLC 主程序主要包括送料主模块、模拟量采集模块、进料调速模块，各子程序之间相互配合，共同完成整个配料称量任务。控制系统主程序流程见图 3。控制系统设置有全自动和手动 2 种模式，通过触摸屏上的模式切换按钮进行切换。洗衣粉配方都是通过上位机软件将程序下载到 PLC 中，通过触摸屏显示配方名称、各物料称量以及各配料质量。

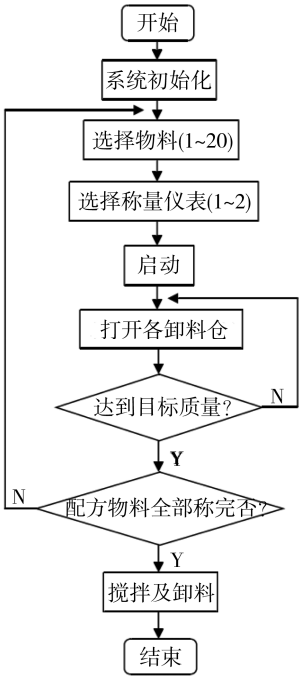

图 3　控制系统主程序
Fig.3 Control system master program

3.2　上位机程序

上位机管理软件是实现配料称量系统与设备操作人员之间的人机接口，通过运转流程图或者文字的方式实时地对整个配料系统的运行状态进行监控。对现场的传感器数据以及模拟量数据进行采集、保存，以便后期查询，进而实现了数据的安全性和可读性。配料称量系统上位机软件主要实现机组运行状态监控、参数设置、数据采集和传输、数据保存、预置报警、故障显示等功能，其具体功能框图见图 4。

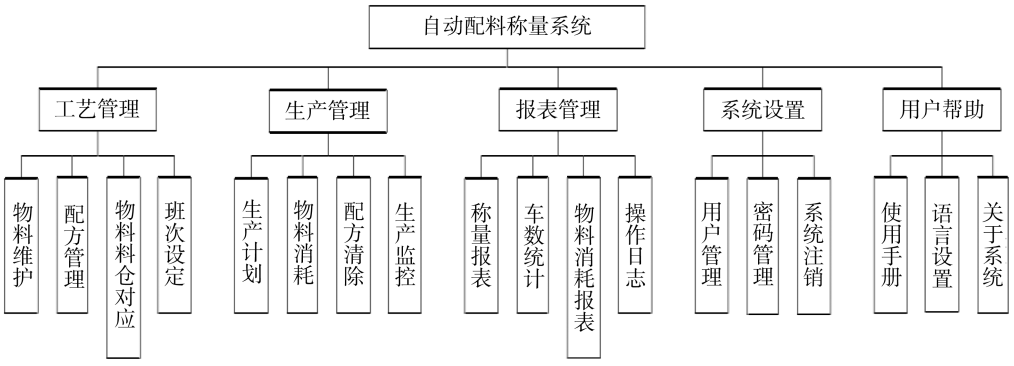

图 4　上位机软件功能
Fig.4 Software function of upper computer

4　实验数据分析

为了验证文中提出的自动称量配料控制系统的可行性和有效性，选取了同一配方的 10 组称量数据进行对比分析，洗衣粉所有配料的称量数据见表 1。

由表 1 数据可以看出，表面活性剂称量误差的最大值为 5 g，最小误差为 1 g，平均误差为 2.2 g；碳酸钠称量误差的最大值为 4 g，最小误差 1 g，平均误差为 2.5 g；硅酸钠称量误差的最大值为 5 g，最小误差为 0，平均误差为 2.5 g；荧光增白剂称量误差的最大值为−5 g，最小误差为 0，平均误差为 2.6 g；而总质量最大误差为 7 g，最小误差为 1 g，平均误差为 3.3 g。通过以上数据可以看出配料称量误差小于 3 g，总质量称量误差也不超过 3 g。由此可以看出文中设计的配料称量控制系统具有很高的稳定性，称量精度完全满足设计要求。

表 1　实验结果

Tab.1 The experimental results　　g

称量次数	表面活性剂		碳酸钠		硅酸钠		荧光增白剂		总质量	
	实际质量	称量误差	实际质量	称量误差	实际质量	称量误差	实际质量	称量误差	总质量	误差
1	101	1	153	3	200	0	98	−2	552	2
2	103	3	154	4	197	−3	98	−2	553	3
3	101	1	151	1	198	2	97	−3	551	1
4	103	3	152	2	195	−5	95	−5	545	−5
5	102	2	146	−4	203	3	102	2	553	3
6	103	3	154	4	203	3	97	−3	557	7
7	101	1	149	−1	204	4	98	−2	552	2
8	101	1	152	2	198	−2	103	3	553	4
9	102	2	153	3	198	2	104	−4	553	3
10	104	5	148	−2	199	1	100	0	553	3

5　结语

文中主要针对洗衣粉称量配料环节的控制系统进行了研究，设计了基于欧姆龙 CJ1M-CPU13 PLC 以及电源、I/O 等模块相组合自动配料控制系统。并将称量传感器通过 DeviceNET 总线连接，将称量数据通过总线传送到下位机 PLC 中进行数据分析，由 PLC 发出各种控制命令，管理级 PC 与 PLC 通过以太网实现通信。最后的实验数据表明，文中提出的控制系统称量误差能够稳定在 3 g 以内，由此也表明该控制系统拥有较强的稳定性，大大提高了配料称量的自动化程度，提高了配料称量精度。

参考文献：

[1] 肖绚, 邵世煌, 胡鸿豪. 一种新的定量动态称量方法[J]. 自动化仪表, 2004, 25(11): 28—30.
XIAO Xun, SHAO Shi-huang, HU Hong-hao. A New Quantitative Dynamic Weighing Method[J]. Process Automation Instrumentation, 2004, 25(11): 28—30.

[2] 杜巧连, 陈旭辉, 舒柏和. 自动化包装机械控制系统的设计方法研究[J]. 机械管理开发, 2015(6): 27—32.
DU Qiao-lian, CHEN Xu-hui, SHU Bai-he. Study on the Design Method of Packaging Machinery Automation Control System[J]. Mechanical Management and Development, 2015(6): 27—32.

[3] 程路, 张宏建, 曹向辉. 车辆动态称量技术[J]. 仪器仪表学报, 2006, 27(8): 943—948.
CHENG Lu, ZHANG Hong-jian, CAO Xiang-hui. Vehicle Weigh-inmotion Technology[J]. Chinese Journal of Scientific Instrument, 2006, 27(8): 943— 948.

[4] 李宝安, 李行善, 罗先和. 动态称量系统计量误差的动态校正[J]. 仪器仪表学报, 2001, 22(3): 251—254.
LI Bao-an, LI Xing-sha, LUO Xian-he. Dynamic Correction of Measurement Errors in Dynamic Weighing System[J]. Chinese Journal of Scientific Instrument, 2001, 22(3): 251—254.

[5] RAJANI K, MUDICHANCHAL D. Performance Improvement of PI Controllers Through Dynamic Set-point Weighting[J]. ISA Transactions, 2011, 50(2): 220—230.

[6] SARGAONKAR A P, GUPTA A, ADEVOTTA S. Dynamic Weighting System for Water Quality Index[J]. Water Science and Technology, 2008, 58(6): 1261—1271.

[7] 王乾发, 齐宇岚, 于浩. 基于 AVR 单片机的液晶显示系统的设计[J]. 长春理工大学学报(自然科学版), 2008, 31(2): 96—99.
WANG Qian-fa, QI Yu-lan, YU Hao. Design of LCD Display System Based on AVR Series Singlechip[J]. Journal of Changchun University of Science and Technology, 2008, 31(2): 96—99.

[8] MERHEJ D, DIAB C, KHALIL M. Embedding Prior

Knowledge within Compressed Sensing by Neural Networks[J]. IEEE Transaction on Neural Network, 2011, 12(10): 1638—1649.

[9] JAKUBIEC J, MAKOWSKI P, ROJ J. Error Model Application in Neural Reconstruction of Nonlinear Sensor Input Signal[J]. IEEE Transactions on Instrument and Measurement, 2009, 58(3): 649—656.

[10] DU Chun-hua, CHEN Shao-ke, LIANG Xiao-ming. Application of Fuzzy Theory in Temperature Control System of Thermoforming Machine[J]. Procedia Engineering, 2011(15): 639—643.

[11] 张俊, 李明. 基于 PLC 的模糊控制器在定量包装秤中的应用[J]. 制造业自动化, 2014, 36(5): 110—112.
ZHANG Jun, LI Ming. Application of Quantitative Packaging Machine Based on PLC Fuzzy Controller[J]. Manufacturing Automation, 2014, 36(5): 110—112.

[12] DENG J Q. The Smith-PID Control of Three-tank-system Based on Fuzzy Theory[J]. Journal of Computers, 2011, 6(3): 514—522.

[13] 艾龙辉, 皮小园, 邹建光. 基于 PLC 的全自动包装码垛生产线控制系统研究[J]. 科技与企业, 2013(3): 166—167.
AI Long-hui, PI Xiao-yuan, ZOU Jian-guang. The Control System Research Based on PLC Automatic Palletizing Production Line[J]. Technology and Enterprise, 2013(3): 166—167.

[14] 刘淑英. 基于 PLC 的集合包装机控制系统设计[J]. 包装工程, 2009, 30(5): 47—49.
LIU Shu-ying. Design of Control System of Collective Packaging Machine Based on PLC[J]. Packaging Engineering, 2009, 30(5): 47—49.

[15] 于镭, 常军, 黄存柱. 基于 DSP 的自动包装机控制系统的软件设计[J]. 微型机与应用, 2010, 28(1): 3—5.
YU Lei, CHANG Jun, HUANG Cun-zhu. Software Design of Automatic Packer Control System Based on DSP[J]. Microcomputer & Its Applications, 2010, 28(1): 3—5.