

# 基于无线通讯的旋转称量式灌装旋盖机设计

段文军, 徐志刚, 屠凤莲, 徐德众, 冯巍  
(北京航天斯达科技有限公司, 北京 100076)

**摘要:** **目的** 改进旋转称量式灌装旋盖机的控制方法。**方法** 基于对市场上现有该类设备的研究, 设计一种以工业无线局域网(IWLAN)通信方式代替电滑环的旋转称量式灌装设备, 同时将称量传感器与称量模块分开进行设计。**结果** 实现旋转 PLC 与固定 PLC 的数据传输, 既传输了大量的数据, 又避免了因电滑环掉电而导致的数据传输中断, 在保证灌装精度的同时大大降低了更换称量单元的成本。**结论** 该设备既保证了很高的灌装精度, 同时具有很快的灌装速度, 在实际应用中取得了很好的使用效果。

**关键词:** 工业无线局域网通讯; 电滑环; 称量模块; 旋转称量式灌装

中图分类号: TB486 文献标识码: A 文章编号: 1001-3563(2017)09-0065-04

## Rotary Weighing Filling-oriented Capping Machine Based on Wireless Communication

DUAN Wen-jun, XU Zhi-gang, TU Feng-lian, XU De-zhong, FENG Wei  
(Beijing Aerostandard Star New Technology Co., Ltd., Beijing 100076, China)

**ABSTRACT:** The work aims to improve the control method of rotary weighing filling-oriented capping machine. Based on the research on such existing equipment on the market, a kind of rotary weighing filling equipment was designed with industrial wireless local area network (IWLAN) communication mode instead of electric slip ring. In the meantime, the weighing sensor and weighing module would be separately designed. As for the data transmission of rotary and fixed PLCs, it not only realized the transmission of mass data, but also avoided the interruption of data transmission caused by power failure of electric slip ring. The cost of replacing the weighing units was greatly reduced while the filling precision was ensured. This equipment not only ensures the very high filling precision, but also has higher filling speed. In the actual application, excellent using effects have been achieved.

**KEY WORDS:** industrial wireless local area network communication; electric slip ring; weighing module; rotary weighing filling

在目前国内的自动化包装生产线中, 比较常见的灌装方式为容积式灌装和称量式灌装。容积式灌装又分为直线容积式和旋转容积式; 称量式灌装又分为直线减量称量式和旋转称量式。容积式灌装不论是直线还是旋转方式, 其特点均为灌装速度快, 但灌装精度易受灌装物料的温度及粘度变化的影响, 因此灌装精度不高; 减量称量式灌装方式的灌装精度高, 不受灌装物料的温度及粘度变化的影响, 目前该方式的应用较为广泛, 但由于减量称量式灌装是靠液体自流方式进行灌装的, 因此生产速度有限; 旋转称量式灌装方式结合了旋转式较快的灌装速度和称量式的高灌装精度, 使得旋转称量式灌装机有较好的应用市场, 笔者所在公司开发的基于工业无线局域网通信方式的旋

转称量式灌装旋盖机, 其既可保证很高的灌装精度, 又具有很快的灌装速度<sup>[1-6]</sup>。

## 1 灌装设备的工作原理及组成

旋转称量式灌装旋盖机采用旋转式连续进桶和电子称量式灌装相结合的方式, 集中连续进桶的速度快和称量式灌装的精度高的优势。空桶经灌装入口的螺旋输送机构输送至各个灌装头正下方, 由特定的卡具将空桶固定后开始灌装, 一边灌装, 一边向出桶方向输送, 待灌装完毕后, 桶被输送出灌装区域, 经中间过渡拨盘进入旋盖区域, 旋盖头在旋转的同时自动取盖, 并将盖旋拧在桶上, 最后完成灌装旋盖的桶被

收稿日期: 2016-10-27

作者简介: 段文军(1981—), 男, 硕士, 高级工程师, 主要研究方向为工业自动化设备电控设计。

输送出灌装机。

旋转称量式灌装旋盖机主要由进出桶输送部分、旋转灌装部分、理盖旋盖部分和控制系统组成，进出桶输送部分由进桶输送板链、螺旋进桶输送机构、进桶拨盘及出桶输送板链组成；旋转灌装部分主要由旋转储液罐、进料装置、灌装回转平台、沿回转平台均布的灌装头、电子秤秤台及卡具等组成；理盖旋盖部分主要由盖提升机、吹气式理盖机、旋盖机构以及桶定位盘组成。灌装回转平台主要由位于平台支架下方的电机驱动装置和平台支架上方的回转盘组成，灌装回转平台沿圆周均布电子秤秤台，秤台上安装灌装桶的卡具，秤台上的卡具与进桶拨盘配合，从而保证空桶平顺地从进桶输送板链上进入秤台并固定于卡具内，以便下一步灌装动作。灌装回转平台上方安装升降机构，升降机构上方安装储液罐，沿储液罐的圆环底部均布灌装出料口，在储液罐的外圆边缘均布灌装头，灌装头与灌装出料口通过金属软管相连。灌装头与安装于回转平台上的秤台一一对应，保证每个灌装头对应一个称量秤台，升降机构用来调整储液罐相对于回转平台的上下间距，即灌装头相对于秤台的上下间距，该机构用来兼容不同高度桶型的灌装，可以适用于容积为 1~10 L 的桶的高度变化，桶的形状变化可以通过设计不同的卡具形状来适应，来保证最大限度地兼容包装桶。储液罐顶端盖板上安装旋转进料孔，与固定的进料装置连接，储液罐顶端周围均布小电控箱，用于安装电控元件。理盖旋盖机构由灌装主电机经同步带减速器驱动，主要由平台支架下方的驱动装置和齿轮传动、平台上方的旋盖机构、理盖分盖机构及拨通定位机构组成，旋盖机构相对于平台支架可以上下运动，与旋转灌装机配合共同实现对不同高度桶型的兼容，而拨通定位机构的形状与灌装秤台卡具的形状一致，用来适应不同桶外形的变化<sup>[7-9]</sup>。旋转称量灌装旋盖机三维效果及结构见图 1。

灌装头的结构采用具有专利技术的带负压功能的液体灌装复合阀，其最大的特点就是可解决灌装滴漏问题，一般的灌装设备解决灌装阀滴漏问题都是采用接料盘，而在旋转称量灌装机上，由于空间和结构的限制无法加装接料盘，而此种结构的灌装阀在自身阀体内部加装负压阀，在灌装完成后阀体关闭时将残留在阀体末端的物料吸到负压阀内，有效防止滴漏和污染包装物，在灌装开始开阀时，负压腔内的物料又自动排出，流到包装物内，既减少了维护成本，也降低了物料浪费<sup>[10-11]</sup>。

在灌装回转平台位于平台支架下方的同轴位置安装旋转编码器，用来测量灌装头的旋转角度。以 24 头旋转称量灌装机为例，即圆周方向均布 24 个灌装头，则相邻灌装头的角度差就是 15°，只要确定

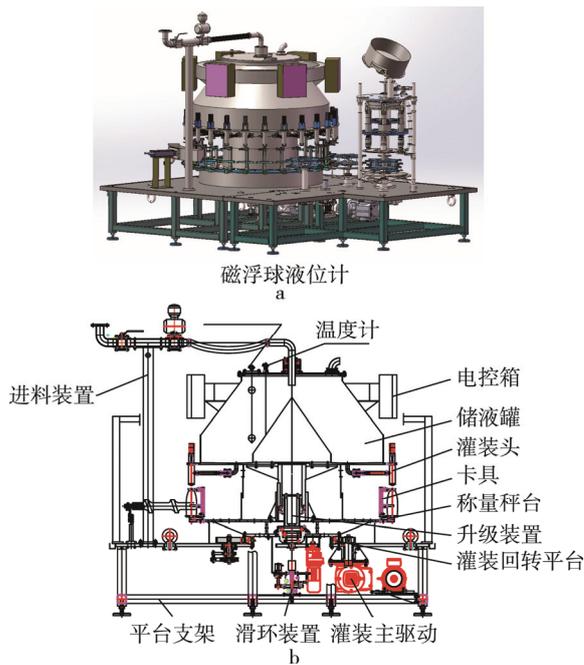


图 1 旋转称量灌装旋盖机三维效果及结构  
Fig.1 3D effects and structure diagram of filling machine conveying mechanism

了回转盘的零点位置，各个灌装头的实时角度就可以得知，而各个灌装头的实时角度除了用来实现灌装功能外，还可以用在固定区域的切换物料、清洗储液罐功能。

## 2 控制系统设计

### 2.1 系统的总体方案

该系统采用工业无线局域网通讯的方式，使用西门子 SCALANCE W788 作为接入点，SCALANCE W748 作为客户端的无线局域网，实现主站控制单元与旋转平台上的从站控制单元的无线通信，该系统具有实时通讯、高可靠性、高传输速率等特点，是其他无线通信方式如电气滑环方式所无法比拟的。由于可靠的实时通讯，减少了系统停机时间，节省了成本，同时减少了所需滑环数量，电滑环只负责提供旋转控制系统的供电，其余数据传输全部采用无线局域网通讯的方式实现。该方式将整个系统都接入工业以太网，使得系统可以集成到其他的应用中<sup>[12-15]</sup>。

将主站 PLC 通过 PROFINET 接入无线局域网的 SCALANCE W788 接入点，无线接入点设备用来辐射一个无线信号区域用于移动的无线客户端接入，将从站 PLC 通过 PROFINET 接入无线局域网的 SCALANCE W748 客户端，从而实现无线通信。控制方案见图 2。

### 2.2 控制系统硬件设计

该控制系统主要采用西门子 SCALANCE W 工业无线移动通讯系列产品作为主从站间的数据通信，各个控制单元主要使用西门子 S7-200PLC，CP243-1 作

为以太网连接模块，SIWAREX MS 模块作为称量单元，在满足系统需要的同时降低系统成本。

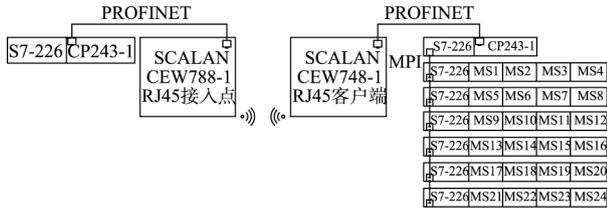


图 2 控制系统方案

Fig.2 Program diagram of control system

主站 PLC 安装于固定控制柜内，旋转从站 PLC 安装于旋转储液罐上，旋转从站 PLC 再通过 MPI 通信方式与各个称量子站 PLC 进行数据通讯。主站 PLC 主要完成空桶进桶、主电机旋转、进料阀开关、旋盖机理盖放盖以及与旋转从站 PLC 进行数据传输等功能的控制；旋转从站 PLC 主要完成各个灌装头旋转角度的定位，向各个称量子站 PLC 发送开始灌装命令，接受各个称量子站 PLC 发送的灌装结束命令（为了保证灌装命令发送接收的及时性采用数字量直接通信的方式），与主站 PLC 及各个称量子站 PLC 进行数据传输等功能的控制；各个称量子站 PLC 都扩展有相同数量的称量模块，主要完成各个灌装头的灌装过程控制，电子秤的标定及校验，接受旋转从站 PLC 的灌装开始命令，将灌装完成信号发送给旋转从站 PLC，与旋转从站 PLC 进行数据传输等功能的控制。24 头旋转称量式灌装旋盖机的硬件配置见图 3。

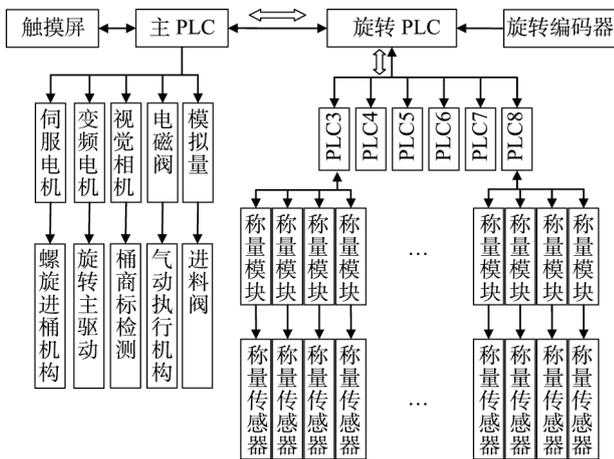


图 3 硬件配置

Fig.3 Diagram of hardware configuration

系统的称量单元采取称量模块加称量传感器的模式，而传统的旋转称量式灌装机的称量单元是称量模块与称量传感器集成一体的，在设备的使用中，称量传感器是较易被人为损坏的部件，如果称量模块与称量传感器集成一体的话，需更换称量传感器时就必需连称量模块一起更换，而将两者分开设计时更换成本就大大降低。

### 2.3 控制系统软件设计

软件设计全部采用模块化结构设计，按照灌装设备的功能实现进行划分，控制系统软件主要分为 3 个部分：主站 PLC 控制程序，主要有系统初始化、以太网通信数据处理、故障报警及处理、手动控制、自动运行控制、旋转主驱动控制、切换物料控制、储液罐进料控制、电子秤标定和校验控制；旋转从站 PLC 控制程序，主要有系统初始化、以太网通信数据处理、网络读写数据处理、故障报警及处理、旋转盘原点定位控制、灌装角度计算处理、灌装一致性调整、灌装头灌装控制等；各个称量子站 PLC 控制程序，主要有系统初始化、网络读写数据处理、故障报警及处理、各个电子秤的标定和校验控制、各个灌装头灌装过程控制等。

以太网通信数据处理主要是实现主站 PLC 与旋转从站 PLC 间的数据通信，主站 PLC 从旋转从站 PLC 读取的数据有各个灌装头的实时电子秤质量、灌装头的历史灌装数据、秤标定系数、称量模块原始码值、灌装头的粗相关值和精相关值、报警故障状态、灌装头的实时灌装角度、灌装停止角度等数据；主站 PLC 向旋转从站 PLC 写的的数据有系统启停命令、寻找零点命令、灌装启动角度、灌装停止最大角度、目标灌装量、粗相关值和精相关值的初始设定值、标定和校验命令等数据。

### 3 结语

该旋转称量式灌装旋盖设备在国内的润滑油厂进行连续运行生产，运行状态良好，可实现连续 1 周无故障生产，18 头 1 L 容积灌装机灌装精度可达到  $\pm 1\text{ g}$ ，24 头 4 L 容积灌装机灌装精度可达到  $\pm 2\text{ g}$ ，而灌装速度都可达到 6000 桶/h，在保证高精度的同时也达到了较快的灌装速度，而且由于设备的独特设计，使得维护成本较市场同类型设备大大降低，该设备成功研发以来得到了客户的高度认可和青睐，市场占有率不断增加，市场前景良好。

### 参考文献：

[1] 徐志刚, 冯巍. 液体自校准型直线容积式灌装机: 中国, 101607687A[P]. 2009-12-23.  
XU Zhi-gang, FENG Wei. Self-calibration Linear Volumetric Liquid Filling Machine: China, 101607687A[P]. 2009-12-23.

[2] 李明, 李丽娟, 杨松, 等. 全自动液体定量灌装机控制系统设计[J]. 包装工程, 2013, 34(5): 78—81.  
LI Ming, LI Li-juan, YANG Song, et al. Design of Automatic Quantitative Liquid Filling Machine Control Sys-

- tem[J]. Packaging Engineering, 2013, 34(5): 78—81.
- [3] KALPKJIAN S, SCHMID S. Manufacturing Engineering and Technology[M]. Upper Saddle River: Prentice Hall, 2001.
- [4] 尹章伟. 包装机械[M]. 北京: 化学工业出版社, 2002.  
YIN Zhang-wei. Packaging Machine[M]. Beijing: Chemical Industry Publishing House, 2002.
- [5] JIAO Sheng-xi, ZHAO Jia-qi, YU Tian-ming, et al. The Application Research of Robot Eye-in-hand Vision Technique on Bung-hole Positioning[C]// IEEE/ICCSM, 2010: 310—313.
- [6] YE Shi, BIN Liang. Modeling and Simulation of Space Robot Visual Servoing for Autonomous Target Capturing[C]// IEEE/International Conference on Mechatronics and Automation, 2012: 2275—2280.
- [7] 李文友, 胡振泉, 叶保华. 高精度桶装液体灌装生产线的研制[J]. 包装与食品机械, 2005, 23(4): 4—6.  
LI Wen-you, HU Zhen-quan, YE Bao-hua. The Development of Precision Barreled Filling Machine[J]. Packaging and Food Machinery, 2005, 23(4): 4—6.
- [8] 黄小兰. 基于 PLC 的旋转型灌装机控制系统研究[D]. 武汉: 武汉理工大学, 2012.  
HUANG Xiao-lan. The Control System Research for Rotary Filling Machine Based on PLC[D]. Wuhan: Wuhan University of Technology, 2012.
- [9] 杨启龙. 灌装机加塞机构的改进与设计[D]. 武汉: 武汉理工大学, 2012.  
YANG Qi-long. Filling Machine Stoppering Improvement and Design[D]. Wuhan: Wuhan University of Technology, 2012.
- [10] 薛孝锋. 容积式伺服灌装生产线: 中国, 103332641A [P]. 2013-10-02.  
XUE Xiao-feng. Servo Volumetric Filling Machine: China, 103332641A[P]. 2013-10-02.
- [11] 徐国宝, 杨红亮, 石卓栋, 等. 基于视觉寻口的旋盖压盖一体机设计[J]. 包装工程, 2015, 36(7): 57—60.  
XU Guo-bao, YANG Hong-liang, SHI Zhuo-dong, et al. Design of Cap Screwing-pressing Machine Based on Visual Positioning[J]. Packaging Engineering, 2015, 36(7): 57—60.
- [12] 周振雄, 徐玉娇. 全自动六线同步灌装控制系统设计[J]. 北华大学学报(自然科学版), 2012(5): 32—35.  
ZHOU Zhen-xiong, XU Yu-jiao. Automatic Six-Wire Synchronous Filling Machine Control System Design[J]. Journal of Beihua University (Natural Science Edition), 2012(5): 32—35.
- [13] 王冬梅. 啤酒灌装生产线自动控制系统研究与开发[D]. 西安: 西安理工大学, 2001.  
WANG Dong-mei. Beer Filling Production Line Automatic Control Systems Research and Development[D]. Xi'an: Xi'an University of Technology, 2001.
- [14] 孙茂泉, 严伟跃. 称量式液体灌装机控制系统[J]. 轻工机械, 2007(6): 324—328.  
SUN Mao-quan, YAN Wei-yue. The Control System of Weighing Liquid Filling Machine[J]. Light Industry Machinery, 2007(6): 324—328.
- [15] 冯清华. 伺服电机运动控制器的研制[D]. 西安: 西安理工大学, 2004.  
FENG Qing-hua. The Development of the Servo Motor Motion Controller[D]. Xi'an: Xi'an University of Technology, 2004.