

基于 PLC 的食品饮料生产线在线清洗系统的改进

Improvement of a cleaning in place system based on PLC

杨静宜 崔建弘 宿敬肖

YANG Jing-yi CUI Jian-hong SU Jing-xiao

(河北工程技术学院, 河北 石家庄 050091)

(Hebei Institute of Engineering Technology, Shijiazhuang, Hebei 050091, China)

摘要:文章介绍了 CIP 技术的原理,以及 S7-200PLC、触摸屏技术及相关软件在食品饮料生产线在线清洗系统中的应用设计和 CIP 系统的工艺流程和总体设计方案,详细阐述了硬件结构以及程序的设计,并使用 MPI 通讯协议提高了设备的自动化程度和可靠性。通过设置不同的运行参数能够保证 CIP 清洗系统的正常运行,使得控制系统不再单一化。增加了系统控制的反馈环节,使得系统处于密闭空间,保证操作人的安全。结果表明:系统运行稳定可靠,操作简单,达到了设计要求。

关键词:CIP 清洗系统;PLC;控制系统;反馈环节

Abstract: This paper introduces the principle of CIP technology and the research status of CIP cleaning system at home and abroad. And from the practical application, this paper introduces the application of S7-200PLC, touch screen technology and related software in the on-line cleaning system. And using MPI communication protocol improves the degree of automation and reliability of the equipment. By setting the different operation parameters to ensure the normal operation of the CIP cleaning system, the control system is no longer simplification. Increase the control system of feedback loop, making the system in a confined space, to ensure the safety of operation. The results show that the system is reliable and stable, the operation is simple, and the design requirements are achieved.

Keywords: CIP system; PLC; control system; feedback link

传统食品饮料生产线的清洗主要是手工清洗和消毒剂的浸泡,在实际的生产过程中较难达到卫生标准要求。随着对设备自动化程度要求的提高,传统的清洗方法逐渐被淘汰^[1]。国外的食品饮料生产线在线清洗技术比较成熟,如瑞典的 Delaval、美国的 HiranWaller,已经实现了生产线的自动化管理^[2-4]。这种在线清洗系统称为 CIP(Clean-In-Place)清洗系统,即就地清洗或称为原位清洗,其定义为不拆卸设备或元

件,在密闭的条件下,用一定温度和浓度的清洗液对被清洗装置加以强力作用,对与食品接触的表面洗净和杀菌的方法。

PLC 控制的 CIP 自动清洗系统通过卫生泵进行洗涤液的输送,并利用清洗液流动产生的运动能、清洗液产生的化学能及热能,对加工设备、罐体和管道进行直接清洗。此外,还可以对清洗液进行回收再利用或者直接排放。中国大部分 CIP 清洗系统采用单片机或者电线的通讯控制,通讯的接口比较小,控制比较单一,同时 CIP 清洗主要的洗涤剂酸碱清洗液在储存清洗时会释放出特殊味道,使用不当会产生副作用,对人体造成一定的伤害。本研究拟改进其控制单一的问题,通过增加反馈系统降低污染物对人体的伤害。

1 CIP 控制系统的基本原理及其问题

1.1 CIP 系统的工作原理

CIP 自动清洗系统通过 PLC 的程序设计实现液体的配制、输送以及回流等,由清水罐、酸罐、碱罐、清洗泵及气动阀等组成;CIP 系统的主要工作流程是碱溶液清洗、酸溶液清洗、消毒、加热工艺等,见图 1。每管路的清洗系统可以根据要求实现单碱清洗、酸碱清洗和消毒工艺。在实际操作的过程中,清洗液通过板热器的加热,对不同的设备清洗液温度、流量等进行控制^[5-6]。

在对设备进行清洗时,系统内部有一定的原则。首先,系统清洗的命令是由 PLC 发出;其次,罐类对象和管道类对象清洗的方式应加以区分;最后,对管道内的流量,其值必须大于 1.5 m/s,喷水的压力在 3 Pa。

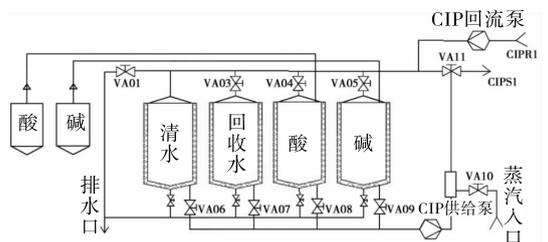


图 1 清洗系统示意图

Figure 1 Cleaning system schematic diagram

作者简介:杨静宜(1981—),女,河北工程技术学院讲师,硕士。

E-mail: jingyiyang@163.com

收稿日期:2016-03-23

每个管路清洗工艺主要分为3个基本工序:①初步去污;②冲刷以及消毒;③系统冲淋。清洗系统的基本工序又包括系统加热及清洗液的排放^[7-10]。根据图1,对清洗的工艺流程进行分析,分为以下几步:

(1) 除去罐中的污物,并回收混合液,打开 VA07、VA11 阀,其它的阀门处于关闭状态。

(2) 补充清洗液,打开 VA09、VA11 阀,一定时间后转到下一步。

(3) 冲洗以及消毒,打开 VA09、VA11、VA05 阀,时间为 10 min。

(4) 补充工艺用水,打开 VA01、VA06、VA11、VA05 阀,并设定温度。

(5) 热水冲淋,打开 VA03、VA06、VA11 阀,洗去残留液体。

1.2 CIP 控制系统的原理

CIP 控制系统可以控制 CIP 各气动阀门及 CIP 泵,达到自动控制 CIP 清洗的过程,控制清洗流程,清洗的时间以及温度,流速和压力以及化学物质组成等各个过程的参数,具有如下的特点:

(1) 清洗流程控制主要以时间顺序控制为基础,并且各清洗段的时间值能够随时设定、调整和存储。

(2) 酸碱罐内为危险性液体,液位的显示和控制有较高的可靠性。

(3) 各罐的出液阀和回液阀应不管在手动或自动的条件下,具有互锁功能;必要时会采用双座阀,防止人为操作失误时,引起不同液体混合的现象。

(4) 具有良好的人机操作界面,易于现场的操作,并且能直观地显示工艺流程及各种控制参数。

(5) 各种参数设定和存储方便,便于验证检测。

1.3 CIP 控制系统存在的问题

CIP 自动清洗系统的清洗剂及灭菌剂成分复杂多样,虽然可以起到一定的清洗效果,提高了清洗效率,但其中的多种成分在去除微生物及细菌的同时对清洗车间内的环境有污染,对车间内的工作人员身体也有危害,并且其中的酸碱洗涤剂水洗性差,多数灭菌剂有刺激性味道、储存条件要求高、气温低易冻结、杀菌效果不稳定。

单片机控制或是电线控制不能满足所有饮料包装的清洗工作,通讯的接口比较小,输入输出由制作厂家封闭式设计,应用厂家无法进行更改调试,控制单一,并且程序设计复杂,不能满足饮料包装清洗多样化需求。

在使用 PLC 对 CIP 进行控制时只对 CIP 系统生产过程中各泵、开关阀、调节阀等设备及温度、压力、液位、流量、电导率等工艺参数进行控制,记录完整的生产工艺数据,配合模拟控制屏,显示工艺流程中阀门和电机的运行情况,以手动或是自动的方式来实现 PLC 对清洗全过程的控制。但是程序清洗完毕后,在对成品进行检测时多数为人工检测,这样增加了清洗液所释放的有害物质对人体造成伤害的机率。

2 CIP 控制系统的改进

基于上述理论来完善控制系统,在原有管理者、PLC、触

摸屏、泵以及阀门等结构基础上加入反馈控制环节,去除管理者检测环节,实现系统的密闭自动检测功能,见图 2^[11]。

清洗自控系统主要采取集中监测和分散控制的设计方法完成现场工艺的需求,利用软件界面和 PLC 分布式控制相结合。图 2 中的管理者主要是负责系统的生产过程,并对权限进行设置;反馈检测程序对生产的工艺流程进行全程跟踪,实现实时动态及末端检测;触摸屏作为开发平台,可提供友好的操作界面;PLC 系统发出命令,对不同的参数进行采集,控制泵和阀门的运行状态;清洗系统就会执行命令,实现功能要求。

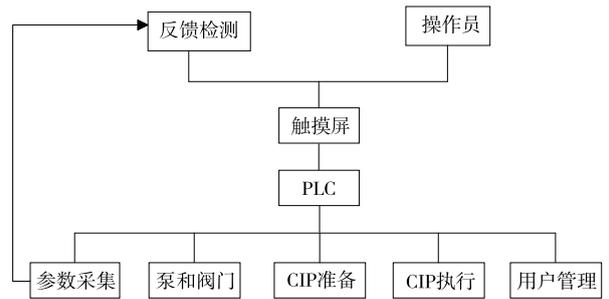


图 2 系统总体结构图

Figure 2 General structure of the system

2.1 控制系统多样化的改进

CIP 自动清洗系统饮料清洗的一般过程:

(1) 洗涤 3~5 min, 常温或 60 °C 以上的热水;碱洗 10~20 min, 1%~2% 清洗溶液, 60~80 °C; 中间洗涤 5~10 min, 60 °C 以下的水;最后洗涤 3~5 min, 清水。

(2) 洗涤 3~5 min, 常温或 60 °C 以上的热水;碱洗 5~10 min, 1%~2% 溶液, 60~80 °C; 中间洗涤 5~10 min, 60 °C 以下的水;杀菌 10~20 min, 90 °C 以上的热水。

CIP 自动清洗路线目前仅此两条,清洗路线单一。在 PLC 编程控制环节,设计可编程控制 PLC 系统,这样使用厂家可以根据各个饮料生产需求的不同进行清洗路线更改,从而实现清洗路线多样化,操作简单化的目的。

2.1.1 硬件设计 自控清洗系统采用 SIEMENS S7-200 作为核心控制器,以信号模块 SM 为通讯接口,以触摸屏为控制面板,采用触摸屏可以减少大量的按钮,并且可以构成较直观的工艺流程图,方便用户操作,且可以解决参数设定问题。其系统的控制框图见图 3^[12]。

S7-200 系列的 PLC 具有强大的功能,它的具体配置如下所示。对于供电模块来说,其可达到的要求为 PS307/10 A;对于中央处理模块来说,采用的是 CPU226;对于数字量输入模块来说,其要求为 EM221 DI 32×24 V;对于数字量输出模块来说,其要求为 EM221 DO 32×24 V/0.5 A;对于模拟量输入模块来说,其值可为 EM221 AI 8×12 BIT;对于模拟量输出模块来说,其值可为 EM221 AO 8×12 BIT;最后是触摸屏选择为 SIEMENS TOUCH。整个硬件模块除控制模块外都在密闭空间内进行工作,保证环境的同时,也提高了饮料清洗洁净度。

2.1.2 通讯方式和程序设计 在系统控制过程中,S7-200 系列的 PLC 采用 MPI 通讯协议,实现与触摸屏的连接。一般

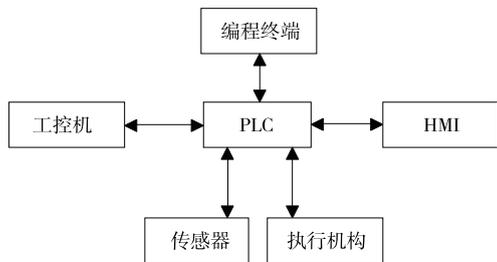


图 3 控制系统框图

Figure 3 The control system diagram

情况下 MPI 的通讯速率为 19.2 kbit/s~12 Mbit/s,但是连接 S7-200CPU 的通信速率为 19.2~187.5 kbit/s。当选择 MPI 协议后,就可以创建 WinCC flexible 连接,进而完成参数的配置和系统的控制。这样就解决了通信接口狭窄、通信单一的问题。

对 PLC 软件进行编程时,首先要进行组态,其次要完成变量的定义,最后是系统程序的调试。系统运行的程序分为主程序和子程序,其中主程序完成数据的初始化,如数据块和 I/O 点的初始化。子程序主要包括手动和自动的程序,手动的程序主要针对触摸屏和 PLC 数字量输入/输出对应控制,而自动程序需接到触摸屏命令后才执行相应的操作,其主要包括预处理、I 线和 II 线的清洗等。采用可编程控制器不仅保证了操作的安全性和可靠性,而且使 CIP 清洗系统的程序控制多样性,PLC 程序流程见图 4。

启动触摸屏上的指令,PLC 就会及时执行相应的任务,完成两线的自动清洗过程。为了更好地实现清洗过程中水位的自动补充,可以根据要求预先设定下水位的上下限。当罐内的水位低于下限时,进水的阀门自动打开,进行注水,达到设定位置时阀门会自动关闭,反之亦然。通过这样的设计可以及时和高效地对罐进行补水,避免了反复补水的复杂性,经验证后,该实时监控程序使用非常方便^[13]。

未进行 CIP 清洗前,由智能温控仪表控制热碱、热水罐

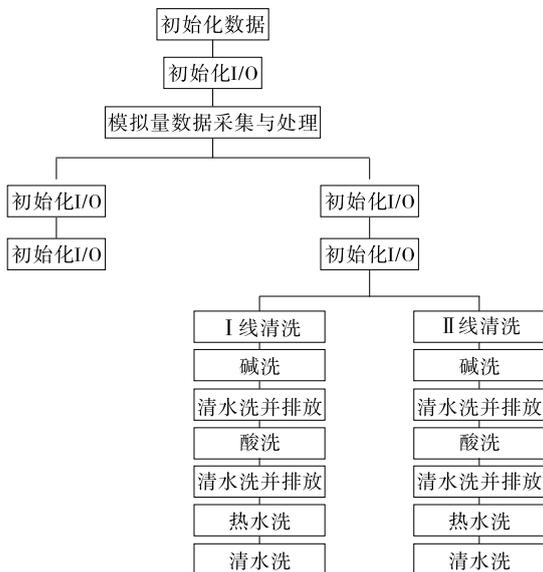


图 4 PLC 程序流程图

Figure 4 The diagram of PLC program flow

的温度恒定在某一数值,仪表检测罐的温度与给定值比较,根据温度的高低相应地控制加热器蒸汽调节阀的开度,同时控制泵的循环,维持温度的恒定。在 CIP 清洗过程中,由 PLC 根据仪表检测结果判断,如果温度达到给定要求,热水、热碱不经过加热回路,即可满足工艺要求;如果温度低于给定值,自动控制阀门使热水、热碱通过加热器,提高温度,满足生产工艺的要求。

为了保证在清洗的过程中,不同罐内的温度及时得到调节,即蒸汽阀的开度能够随着条件的改变而改变,这里加入了人工手动控制。把手动的程序放在主程序的后面,使得自动程序不能受到手动程序的影响,其中又可以保证手动程序的顺利实现,这种方法非常简单并且可靠性高,使用者可以实时地掌握系统运行的情况,做出正确的判断。

2.2 反馈系统的作用

反馈检测程序对生产的工艺流程进行全程跟踪,实现实时动态及末端检测,针对清洗剂、灭菌剂对环境污染及产生刺激性气味等问题,饮料包装清洗工序采用封闭式清洗空间,清洗后的产品采用自动检测监控系统进行合格检测,省掉人工检测环节,保证工人人身安全及环境安全。

3 人机界面的实现

用户界面是基于 WinCC flexible 开发的,它是一款面向机器的自动化概念软件,主要用来设计组态的界面,不仅可以更好地实现机器和设备的操作和监视,而且能够支持解决方案概念的组态任务。

根据图 1,将自动清洗系统分为手动控制和自动控制两大类,以此为基础,设计两种不同的界面(图 5、6)。当用户登

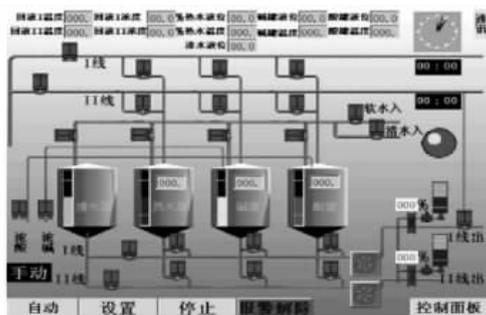


图 5 手动清洗系统监控界面

Figure 5 Manual cleaning monitoring interface

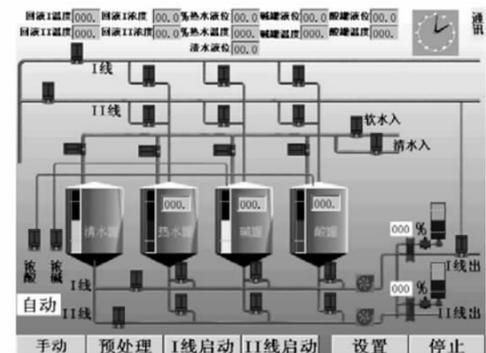


图 6 自动清洗系统监控界面

Figure 6 Automatic cleaning monitoring interface

(下转第 151 页)

3 结论

(1) 采用微波辅助提取核桃青皮多糖,各因素对核桃青皮多糖提取率均有显著影响($P < 0.05$),各因素对核桃青皮多糖得率的影响程度依次为微波功率 $>$ 提取时间 $>$ 液料比;最佳提取条件:提取次数2次,液料比25:1(mL/g),微波功率750 W,提取时间8.5 min,在此条件下多糖得率可达10.17%。本研究与于翠莲^{[7]15-17}采用醇-水浸提法提取核桃青皮多糖的研究结果相比,提取时间由4 h缩短到8.5 min,多糖得率由4.523%提高到10.170%。

(2) 抗氧化试验表明,核桃青皮多糖具有较好的抗氧化活性,虽然弱于相同浓度下的抗坏血酸,但对DPPH·、·OH、ABTS⁺·的清除作用明显,以及具有一定的总抗氧化能力,有望开发为一种天然抗氧化剂,具有较高的研究开发价值。下一步将对核桃青皮多糖的分离纯化做进一步分析,以明确核桃青皮多糖中起抗氧化作用的主要组分。

参考文献

- [1] KESKIN D, CEYHAN N, UGUR A. Chemical composition and in vitro antimicrobial activity of walnut (*Juglans Regia*) green husks and leaves from west anatolia[J]. *Journal of Pure and Applied Microbiology*, 2012,6(2): 583-588.
- [2] 徐巍. 青龙衣的药用研究概述[J]. *中医药信息*, 2002, 19(6): 13-14.
- [3] 陆俊, 赵安琪, 成策, 等. 核桃营养成分与生理活性及开发利用[J]. *食品与机械*, 2014, 30(6): 238-242.
- [4] CARVALHOM, FERREIRA P J, MENDES V S, et al. Human

cancer cell antiproliferative and antioxidant activities of *Juglans Regia* L.[J]. *Food and Chemical Toxicology*, 2010, 48(1): 441-447.

- [5] 刘元慧. 山核桃外果皮的化学成分及生物活性研究[D]. 杭州: 浙江林学院, 2009: 10-13.
- [6] 季宇彬, 陈海继, 汲晨锋. 青龙衣多糖的提取及单糖组分和质量分数测定[J]. *哈尔滨商业大学学报: 自然科学版*, 2006(4): 1-4.
- [7] 于翠莲. 核桃青皮粗多糖的提取、理化性质及其抗氧化活性的研究[D]. 保定: 河北农业大学, 2012.
- [8] 岳春, 李靖靖, 方永远. 虫草多糖微波辅助提取工艺的优化[J]. *食品与机械*, 2014, 30(1): 192-195.
- [9] 孟娟. 蒽酮-硫酸比色法测定甘草残渣中多糖含量[J]. *天津化工*, 2011, 25(5): 45-46.
- [10] 何玲玲, 王新, 刘彬, 等. 板栗多糖的分离纯化及抗氧化活性研究[J]. *食品与机械*, 2010, 26(2): 72-75.
- [11] 涂宗财, 寇玉, 王辉, 等. 荷叶多糖的超声波辅助提取和抗氧化活性[J]. *食品科学*, 2013, 34(16): 108-112.
- [12] 廖月霞, 王笑娜, 孔桂美, 等. 半枝莲乙醇提取物体外抗氧化活性研究[J]. *时珍国医国药*, 2012, 23(3): 520-522.
- [13] BENZIE I F, STRAIN J J. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of "antioxidant power": The FRAP assay[J]. *Analytical Biochemistry*, 1996, 239(1): 70-76.
- [14] 胡园园, 方淑玲, 杨虎清, 等. 微波辅助提取山茶萜多糖工艺优化[J]. *食品与机械*, 2011, 27(5): 93-95.
- [15] 申伟崧, 刘毅, 陈效毅. 响应面分析法优化微波辅助提取银杏外种皮多糖的工艺研究[J]. *中国野生植物资源*, 2014(5): 19-22.
- [16] 陈玉霞, 刘建华, 林峰, 等. DPPH 和 FRAP 法测定 41 种中草药抗氧化活性[J]. *实验室研究与探索*, 2011(6): 11-14.

(上接第98页)

录时,出现的画面包括手动控制和自动控制,两者之间可以自由切换。在系统的界面还可以进行清洗液的温度、浓度以及蒸汽阀的开度设置等参数的调节,见图5。当系统处于运行的状态时,即PLC和触摸屏同时工作,就可以实现对清洗系统的监控和调节。

4 结论

采用西门子S7-200系列的PLC和触摸屏技术,验通过对目标设备的分析,实现了多个工艺流程的正常运行,增加了系统反馈环节,提高了生产线的自动化水平和设备利用率,改变了现场工人的劳动条件。清洗过程均在密闭的空间内进行,避免了二次污染,也解决了控制单一化的影响,可以应用于不同饮料的自动清洗。善后的CIP自动清洗系统虽未经实践检验,但是理论上该系统能够有效清洗污物,自动化程度也有所提高,可为相关清洗系统设计提供一定的参考。

参考文献

- [1] 周万珍, 高鸿斌. PLC分析与设计应用[M]. 北京: 电子工业出版社, 2004: 17-21.
- [2] 陈爱清. 全自动CIP清洗系统在饮料、啤酒包装生产线的应用[J]. *饮料工业*, 2010, 13(11): 38-41.
- [3] 西门子(中国)有限公司. 深入浅出西门子人机界面[M]. 北京:

北京航空航天大学出版社, 2009: 22-32.

- [4] 唐文军, 樊石, 李磊. 乳品厂CIP系统的自动控制改造[J]. *自动化技术与应用*, 2014(4): 77-78, 81.
- [5] 廖常初. PLC编程及应用[M]. 北京: 机械工业出版社, 2005: 17-25.
- [6] 吕守军. CIP清洗系统的分析及优化[J]. *啤酒科技*, 2011(9): 26-28, 30.
- [7] 刘文芳. 基于PLC及触摸屏技术的CIP清洗控制系统的设计[J]. *制造业自动化*, 2011(3): 143-144, 212.
- [8] ROGER Cooke, ATZE Bosma, FRANK Heart. A practical model of Heinekens bottle filling line with dependent failures[J]. *European Journal of Operational Research*, 2005(164): 491-504.
- [9] MASUYAMA Rahaman, SORESCU Bare. Flow investigation of the product fill valve of filling machine for packaging liquid products[J]. *Journal of Food Engineering*, 2008(85): 252-258.
- [10] 时献江, 姚智宇. 乳品厂新型CIP自动控制系统[J]. *中国乳品工业*, 2005(3): 54-55.
- [11] 万永泉, 和强, 王家林. CIP技术在啤酒厂的新应用[J]. *酿酒科技*, 2001(1): 70-71.
- [12] 孙凯, 宋洪波, 安凤平, 等. CIP就地清洗机微机控制系统的研究[J]. *粮食加工与食品机械*, 2001(7): 37-38.
- [13] 李玲, 吴彦明, 潘建广. 超小型PLC在小型自动化控制系统中的应用[J]. *石河子大学学报: 自然科学版*, 2004, 22(1): 69-71.