

# CONWIP 拉式机制在自动包装线中的应用设计

黄国栋, 陈杰

(南京理工大学, 南京 210094)

**摘要:** 提出了一个具有固定在制品拉式机制(CONWIP)的自动包装线控制方案。讨论了自动包装线实现这种拉式机制所面临的问题,给出了采用 PLC、传感器和工业组态技术的实施方法。通过某企业自动包装线实际应用,验证了这种方案的可行和高效。

**关键词:** CONWIP; PLC; WIP; 自动化; 生产调度; 拉式系统; 包装线

**中图分类号:** TB486<sup>+</sup>.03; TH166 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2011)11-0058-03

## Design of CONWIP Pull Mechanism Implementation in Automatic Packaging Line

HUANG Guo-dong, CHEN Jie

(Nanjing University of Science and Technology, Nanjing 210094, China)

**Abstract:** Control scheme of automatic packaging line with CONWIP (Constant Work-in-process) pull mechanism was put forward. Problems faced when using CONWIP mechanism in automatic packaging line were discussed. An implementation method using PLC, sensors, and industrial configuration technology was put forward. It was proved with practical application that this scheme is feasible and efficient.

**Key words:** CONWIP; PLC; WIP; automation; production scheduling; pull system; packaging line

近年来包装生产线自动化程度日益提高,包装线外延逐渐向生产线上下游延伸,兼具组装和出/入库功能的柔性包装线越来越受到企业关注。许多学者对包装线系统做了相关研究,或针对局部包装工位机构的研究<sup>[1-2]</sup>,或侧重于某类产品包装线或自动控制系统的研究<sup>[3-5]</sup>。随着制造业拉式系统的引入,自动包装线作为其中一个环节也需要实现这一机制。目前少有文献涉及具有拉式机制的自动包装线控制系统的设计。20世纪90年代后期,Spearman<sup>[6]</sup>在研究传统拉式系统基础上,提出了一个结合推式和拉式特点的生产控制系统,称之为固定在制品 CONWIP 生产系统。该系统结构清晰,便于推广,又属于推拉混合系统,能更好地应对产品需求波动。有许多学者研究证明了这种改进型拉式系统在应对需求高度变动方面,比传统拉式系统表现更好<sup>[7-9]</sup>,更符合生产系统对于精益生产、柔性生产的需要。因此笔者旨在应用自动化技术来说明如何构建一条具有 CONWIP 拉式机制的自动包装线。

## 1 CONWIP 拉式系统设计

### 1.1 导入 CONWIP 拉式机制的相关问题

CONWIP 拉式系统属于“首尾”拉式机制,见图1。虽然 CONWIP 拉式机制构造并不复杂,但自动包

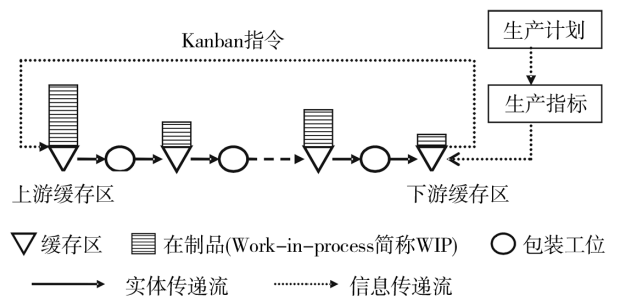


图1 CONWIP 拉式方案

Fig. 1 CONWIP pulls solution

装线要实现该机制还需主要解决3个问题:

一是进入包装线的投放装置设计。主要包括电

机与传感器的安置、传输带的功能机构、包装操作工位的匹配问题。一般解决该问题多采用传送带、机械臂或人工等方式,根据指令以输送或提取方式投放在制品。传送带设计需考虑传感器放置和可调式电机功能,以便实现数据采集和投放速度的控制。机械臂多是采用液压驱动,其运动投放速度可以编程实现,但需在夹具端设计具有识读条形码或电子标签传感单元的功能,以实现数据收集。人工辅助投放要注意人员配置和操作规范,应结合工业工程的动作分析技术编制标准投放规程。最终选择何种投放方式还需从劳动效率和经济效益综合衡量。

二是 CONWIP 拉式策略的制定。主要涉及参数优化,系统环路、串并联设计,产品组合问题。问题二属于生产运作与调度优化问题,关键在于看板(Kanban)指令数量的确定与优化,可以采用线性规划或启发式算法来解决。一些包装线承担多种产品的包装作业,属于产品组合问题,即涉及不同产品争夺设备资源的优化问题,可以采用比较成熟的遗传算法解决。

三是如何用工控技术构建 CONWIP 拉式机制,主要涉及 CONWIP 拉式功能的控制方案设计,PLC 的 IN/OUT 信号设定和逻辑控制程序的编制,监控组态环节中人机界面的设计。解决问题三的方法是通过将物理看板转换成电子信号,在制品投放授权功能通过传送带机构开停机来实现。由于 CONWIP 拉式机制需通过向上游缓存区传递看板指令,实现“拉入”在制品,一旦看板用完或没有获得看板指令授权则停止投放,从而达到按需生产目的。为了实现该功能,需要自动包装线首尾投放工位设置传感器,根据传感器收集的生产数据与下达的生产指令,借助 PLC 来驱动传输带或挡板机构运转,从而实现在制品投放通道控制。工控组态软件可以与 PLC 组成网络,实现生产指令的高效传递,根据产线状态对 CONWIP 在制品数量控制策略做出响应。利用组态编程接口实现 CONWIP 投放策略程序化,使得生产线能够根据情况自动调整包装线在制品数量投放,又能人工调度。虽然每个问题涉及不同的专业领域,但在应用层面上相互关联,为契合主题,只针对问题三提出具体实现方案。

## 1.2 CONWIP 系统功能分析

要实现 CONWIP 拉式系统,主要涉及如下功能:上游缓存区要在没有得到 Kanban 指令时阻止在制

品(WIP)投放,获得 Kanban 指令后触发 WIP 投入;下游缓存区要能统计产出量,根据下达的生产指标(比如产出量、Kanban 量等)向上游缓存区传递 Kanban 指令;当环路内包装设备或人员出现作业不稳定、紧急维修、产品变动等波动时,能够动态调整投放量;为了达到现代生产现场目视化管理要求,对于投放状态等情况要能够在生产线上反映出来,用于授权人工或半自动化工位是否继续作业。

## 1.3 CONWIP 系统功能配置

为实现上述 CONWIP 系统功能需求,在包装线两端安置传感器作为数据采集装置,通过无线或有线方式传输 Kanban 信号。缓存区使用伺服电机驱动传送带,并安置信号灯,通过 PLC 来实现投放控制和信号的可视化。利用组态技术监控 CONWIP 环路,对获得的生产指标、传感器参数,编写相应程序实现动态调整功能,见表 1。

表 1 功能配置

Tab. 1 Function configuration table

功能描述	相关装置
投放/产出统计	传感器(计数传感器或位置传感器等)
Kanban	电子信号
投放信号	指示灯(安灯系统)
上游缓存区	电机驱动式传输带(辊链式等)
状态信息监测与下达	监控计算机(工控机)

## 2 工控自动化方案设计

### 2.1 CONWIP 系统控制方案

上游缓存区采用电机驱动传输带投放,并在上下游缓存区安装计数传感器统计在制品数量,当少于规定 Kanban 数量时,电机运转驱动传输带投放在制品,并使可投料信号灯点亮,若在制品数量超过规定 Kanban 数量,则电机断电传输带停止,禁止投料信号灯点亮,从而实现投放通道的开闭。与上位机组成通信网络,在上位机中提供人机界面实现生产指令的人工控制,或自动决策辅助完成拉式系统控制,实现包装线上任务量的下达和动态调整。方案设计见图 2。

### 2.2 PLC 控制模块设计

PLC 属于整个系统的中枢,为了实现控制方案的功能,现对 PLC 的 IN/OUT 配置作出说明,市面主流 PLC 产品不同引脚号配置略有不同,其系统硬件接线见图 3。PLC 逻辑程序采用标准梯形图编写,其

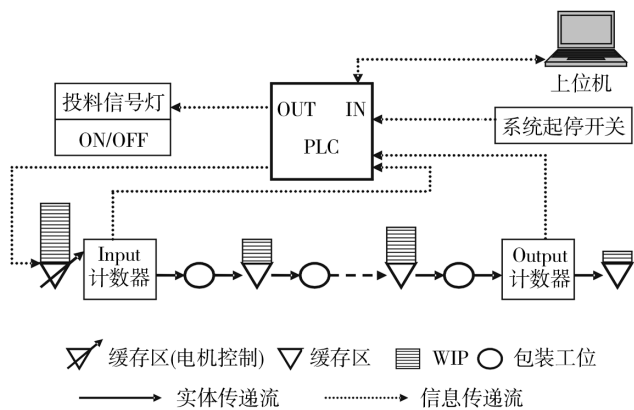


图2 工控自动化方案

Fig. 2 Industrial automation solutions

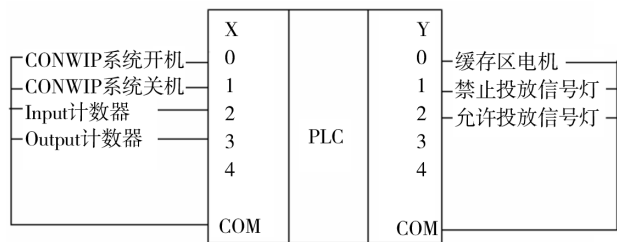


图3 PLC接线示意

Fig. 3 PLC wiring diagram

中暂存器 D1 将与组态软件设备通讯 I/O 接口连接,接收允许进入包装线的在制品数量。采用三菱 PLC 指令编写(不同 PLC 产品指令略有不同),见图 4。

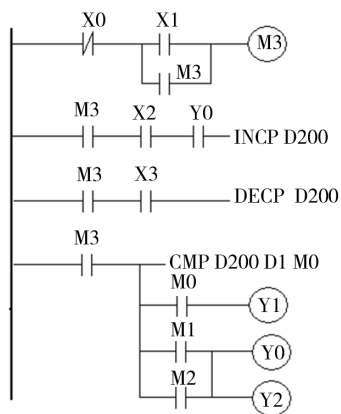


图4 PLC梯形图

Fig. 4 PLC ladder chart

### 2.3 组态需求

组态主要起监视和控制作用,通过包装线上传感器采集的数据反馈至 PLC 上。组态软件通信端口又与 PLC 对应接口相连接,起到信息的实时传递作用。

针对生产线反馈的信息,设计 2 种控制模式:人工控制模式,实现在制品定额、生产定额、生产节拍的人工调整;自动控制模式,主要根据初始人工调度设定的参数进行监控,并根据编制的相应算法自动做出参数修正。由于该算法涉及生产调度和看板数量确定,属于上文提及的问题二,此处不作讨论。

### 3 实例应用

系统在四川某企业手机整机包装线上试运行。手机等电子消费类产品具有批量小、更新快的特点。该车间也承接部分外包业务,根据不同时候的不同需求,随时改变包装线上的机种和数量,所以迫切需要一种能更好应对需求变动的生产控制系统。某型号手机生产包装流程见图 5。

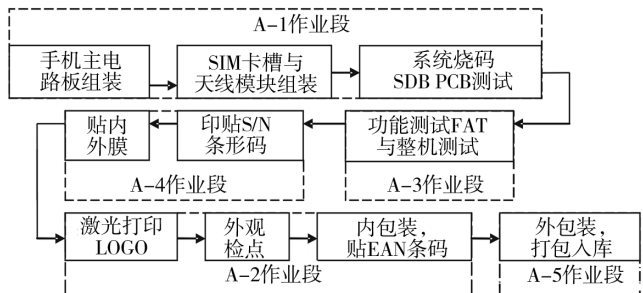


图5 某型号手机包装流程

Fig. 5 Packaging process of a type of mobile phone

由于流程工位较多,又分设 5 个作业段,分别用 A-1, A-2, A-3, A-4, A-5 标识。其中 A-2 段的 CONWIP 组态界面见图 6。

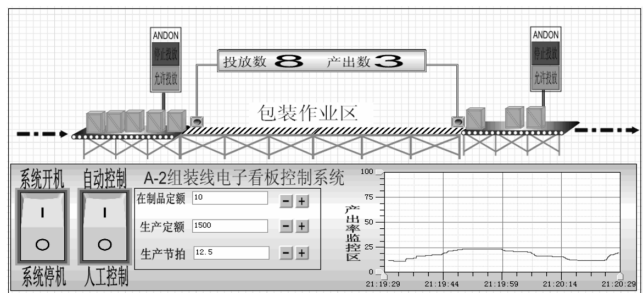


图6 CONWIP组态界面

Fig. 6 CONWIP configuration interface

投入试运行 1 年多来,由于效果显著逐步向其他产品线推广。该系统使原来平均月在制品数量由 300

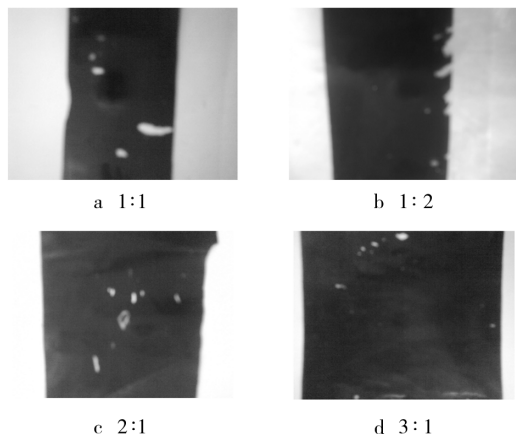


图6 不同质量配比的离型剂所制备试样的剥离效果( $F=350\text{ N}$ )

Fig. 6 Peeling effect of samples with release agent of different mass ratio

### 3 结论

转移印刷过程中,在 PET 薄膜上先涂布一层离型剂层后再涂布油墨层,会比直接在 PET 薄膜上涂布油墨层的剥离效果好,剥离率低;剥离的效果与干燥时间有关,干燥的时间越长,剥离效果越好,干燥时间短会出现反粘,影响剥离效果,且离型层越厚,干燥时间越慢;在涂布过程中,压力越大,速度越快,单位面积油墨残留率越小,剥离效果越好;离型层越厚,剥

离后单位面积油墨残留率越小,剥离效果越好;在涂布时,离型剂可以适当稀释,这样可以节约成本;离型剂涂布速度为  $0.1\text{ m/s}$ ,压力为  $300\text{ N}$ ,厚度为  $9\text{ }\mu\text{m}$ ,质量比为 3:1 的试样,剥离的效果最好。

### 参考文献:

- [1] 张翔. 一种新型离型剂[J]. 上海包装, 2008(10): 42-43.
- [2] 陈正伟, 陈景华. 热转印油墨的组成与印刷适性[J]. 出版与印刷, 2007(1): 31-33.
- [3] 王能友. 墨膜附着力的检测[J]. 丝网印刷, 2005(1): 22-23.
- [4] KOVACS G J, GEORGES K G. Ink Compositions; US, 5932630[P].
- [5] 牛保兴, 王永明, 庞逊. 在非吸收性物面上转印用热敏色带: 中国, 90109475, 199126226[P].
- [6] 杨斌, 张翔, 韩娟. 离型剂中表面活性剂对其稳定性的影响[J]. 包装工程, 2008, 29(7): 65-66.
- [7] 魏然振, 徐凤玲. PVC 板材热转印技术[J]. 塑料科技, 2006(12): 60-63.
- [8] 范文. 离型剂稳定性及其应用效果的微观因素研究[D]. 西安: 西安理工大学, 2008.
- [9] 杨斌, 钱丹丹. 热转印膜用离型剂的制备与性能研究[J]. 包装工程, 2007, 28(2): 35-36.
- [10] 钱丹丹. 热转印膜用离型剂的制备与性能研究[D]. 西安: 西安理工大学, 2007.

(上接第 60 页)

个下降到 20 个, 交货期以月计精确到以天计, 库存资金降低约 30%。

### 4 结语

总结了组建 CONWIP 系统时所面临的实际问题和所涉及的技术, 具体阐述了如何使用自动化技术组建 CONWIP 自动包装线的方法, 给出了主要的设计方案, 并在企业得到了检验。工控自动化技术的高效可靠以及相对合适的开发价格, 在开发有针对性的包装线控制系统时, 具有很好的应用前景。

### 参考文献:

- [1] 王北海. 瓷砖包装线自动翻砖机构设计[J]. 包装工程, 2009, 30(11): 53-55.
- [2] 周文玲, 刘安静. 啤酒包装线的布局及单机的选配[J]. 包装工程, 2007, 28(5): 62-64.

- [3] 宁海. 啤酒灌装、压盖机 PLC 控制系统[J]. 可编程控制器与工厂自动化, 2005(7): 99-102.
- [4] 李永明, 田丽. 基于 PLC 的香烟包装生产线的控制[J]. 自动化与仪器仪表, 2005(2): 42-45.
- [5] 任建华, 王伟, 古超. PLC 在某化工生产包装线自动控制中的应用[J]. 包装工程, 2010, 31(3): 79-81.
- [6] SPEARMAN M L, WOODDRUFF D L, HOPP W J. CONWIP: Pull Alternative to Kanban [J]. International Journal of Production Research, 1990, 28: 879-894.
- [7] SELVARAJ N. Performance Evaluation of Single Parameter Pulls Production Control Systems [J]. International Journal of Engineering Studies, 2009(1): 47-58.
- [8] ENNS S T, ROGER P. Clarifying CONWIP Versus Push System Behavior Using Simulation [J]. Proceedings of the 2008 Winter Simulation Conference, 2008: 1867-1872.
- [9] CHERAGHI H S. Comparative Analysis of Production Control Systems through Simulation [J]. Journal of Business & Economics Research, 2008(5): 88-104.