

书刊自动生产线的优化设计

何邦贵¹, 王睿¹, 杨琛¹, 杨卫梅², 丁子然³, 王云马¹

(1.昆明理工大学, 昆明 650504; 2.云南师范大学, 昆明 650500;

3.中国铁塔股份有限公司, 昆明 650000)

摘要: 目的 改进目前云南国方印刷厂的书刊自动生产线。方法 基于数字化和自动化的思想, 重构云南国方印刷厂的书刊生产体系。结果 得到了一套能够充分利用闲置空间的集收贴、仓储和运输为一体的连接方案, 并且使得云南国方印刷厂现有印刷加工环节与印后装订环节有效地串联起来。结论 成功地解决了目前书刊生产相互独立、书贴周转分散、生产过程离散、生产效率低和多样性变化困难等问题。

关键词: 书刊自动生产线; 工艺流程; 数字化设计

中图分类号: TS206 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2017)19-0185-05

Optimization Design of Book Automatic Production Line

HE Bang-gui¹, WANG Rui¹, YANG Chen¹, YANG Wei-mei², DING Zi-ran³, WANG Yun-ma¹

(1.Kunming University of Science and Technology, Kunming 650504, China; 2.Yunnan Normal University, Kunming 650500, China; 3.China Tower, Kunming 650000, China)

ABSTRACT: The work aims to improve the current book automatic production line of Yunnan Guofang Printing Factory. Based on the idea of digitization and automation, the book and periodical production system of Yunnan Guofang Printing Factory was rebuilt. A set of connection scheme able to take full advantage of the unused space integrating the post receiving, storage and transportation was obtained, which effectively connected the existing press process with the after-press bookbinding. The current problems, such as mutually independent books and periodicals' production links, disperse book post turnover, discrete production process, low production efficiency and diversity change, are successfully solved.

KEY WORDS: book automatic production line; technological process; digital design

书刊是文化传承和信息传播的主要载体。虽然电子读物不断发展和完善, 但中小学教科书目前仍以纸质图书为主, 现有的中小学教科书的生以绿色轮转胶印、折叠配贴、装订为主要生产环节, 由于中小学教科书实行国家标准限制和免费提供等政策, 需要书刊印刷企业实现绿色生产、限时供应、质量保证。随着科学技术的进步, 虽然书刊生产技术有了较大的技术进步, 但受到投资和技术的限制, 目前书刊生产仍存在各环节相互独立、书贴周转分散、现场人工管理、生产过程离散、大量的人工劳动、生产效率低和多样性变化困难等问题。文中对现有书刊生产企业生产体系进行智能制造的研究, 探讨应用智能制造改造传统

企业生产体系和设备改造的途径, 构建书刊企业现代化发展的目标, 为国内书刊企业的技术改造提供参考。

1 书刊的工序

云南国方印刷有限公司是云南出版集团下属的国有企业, 承印着中央和省内报纸及各类图书的印刷装订任务, 全省教材教辅印刷装订和包装装潢产品的制作任务, 是云南省集书、报、刊和包装装潢制设计、印刷、印后加工为一体的综合性骨干印刷企业之一^[1]。云南国方印刷有限公司是一家机械化生产程度低, 劳动密集型企业, 每年印刷厂为工人支付工资金额巨大。为降低人工成本, 实现企业迈向机械化、自动化

收稿日期: 2017-04-19

作者简介: 何邦贵 (1963—), 男, 昆明理工大学教授, 主要研究方向为包装材料与工艺、机械创新设计与制造。

生产的任务^[2-3],云南国方印刷有限公司委托昆明理工大学机电工程学院轻工技术与工程实验室设计一套书刊自动生产线。一本成品书刊的生产,要经过三大工序:印前制版、印刷加工、印后加工。

1) 印前制版工序。印刷需要一个载体将书刊设计信息通过油墨转移到纸张上,印版就是用于传递油墨或其他黏附色料至承印物上的印刷图文载体。书刊印刷采用平板印刷方式,平板印刷包括传统的PS版、平凹版,以及感光型、感热型CTP版等。在印前制版阶段,国方印刷厂采用了较为先进的CTP直接制版设备。

2) 印刷加工工序。通过印前制版过程所得到的印版装入印刷机内印制出可以进行印后加工工序的印贴。在国方印刷厂中,拥有6台型号为北人4787的轮转胶印机,生产力完全可以承印中央和省内报纸及各类图书的印刷任务和全省教材教辅印刷任务。

3) 印后加工工序。印后加工是指印贴装订成书的过程。装订就是根据成品的要求,将印贴进行一系列加工和装潢,直至成品为止的工艺流程总称。国方印刷厂拥有2台北人—TSK品牌的无线胶订联动线,从印贴上配贴机开始到最后毛本通过三面切书机成为成品的整个过程,无线胶订联动线都呈现出了较高的自动化程度^[4]。

虽然国方印刷厂在3个工序中都呈现出了较高的自动化,但是在3个工序的连接部分就出现了机械化程度不高,效率低下的问题,特别是在第2工序印刷加工后与第3工序印后加工前这一连接部分,出现了人工堆码、人工运输、无仓储系统随意堆积、空间利用率低下、以及人工配贴的现象,见图1。



图1 人工堆码、人工运输、仓储单元、人工配贴
Fig.1 Artificial stacking, artificial transportation, storage unit and artificial association

1.2 国内外研究现状

在书刊自动生产线方面,近年来印刷设备的发展,促进了我国传统印刷领域技术的更新和进步,促进了我国印刷产业向自动印刷的过渡和转型。虽然自动化生产流程的应用在我国书刊印刷业还停留在初

级阶段,但其强劲的发展趋势已经越演越旺,主要体现在传统的生产模式向半自动生产模式的转变^[5-6]。

从印刷的总量来看,我国已经成为了一个不可否认的印刷大国。尽管如此,我国的书刊印刷生产线与世界先进国家的先进企业相比还有很大差距,与世界其他国家相比,设备流程较为落后,工艺流程、技术也比较落后。在我国,大多数的书刊印刷企业的工艺流程还十分落后^[7-9]。少部分企业虽然完成了设备流程和工艺流程的改造,但由于流程之间设备不连续、不规范、缺乏技术指导等原因,导致流程应用依然效率低下^[10]。

2 书刊自动生产线的方案设计

2.1 书刊自动生产线的工艺流程

由于云南国方印刷厂不能完全实现书刊自动化生产的主要问题出在印刷工序与印贴无线胶订工序之间,所以文中需主要设计出连接两大工序之间的自动收贴、仓储、物流、输送方案。在云南国方印刷厂原书刊生产线工艺上基于智能制造思想进行改造的书刊自动生产的流程见图2^[11-13]。

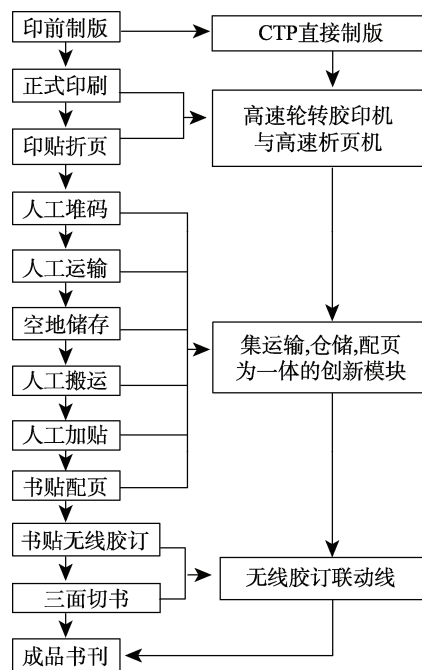


图2 书刊自动生产线改造流程
Fig.2 Reconstruction Flow chart of book automatic production line

设计此方案首先需要明确两大工序之间书贴的工艺流程为:印贴→运贴入库→书贴仓储模块→配贴传送模块→无线胶钉模块。由轮转胶印机印制好的印张经过高速折页机折成单个印贴,经由堆码机堆码成100贴一堆的书贴,经过运贴入库模块进入书贴仓储模块储存,需由其所所需书刊进行配贴时,再由配贴

传送机构运送其至无线胶订联动线配页机的贮页格中，完成一个工作循环^[14]。

2.2 书刊自动生产线的总体布局及设计方案构成

云南国方印刷厂的印刷车间与无线胶订联动线占用了上下 2 层车间，轮转胶印机与无线胶订联动线的配贴单元、铣背锯槽单元以及无线胶订单元都在 2 楼车间，包封单元后的自然干燥与三面切书单元在 1 楼车间。文中主要研究的是印刷工序与印贴无线胶订工序之间连接的书贴运输、仓储单元只是集中在 2 楼车间，所以不予考虑 1 楼车间的场地的使用情况，调研测量的数据也主要集中于 2 楼车间场地基建的相关尺寸。云南国方印刷厂 2 楼车间的层高为 6 m，见图 3。

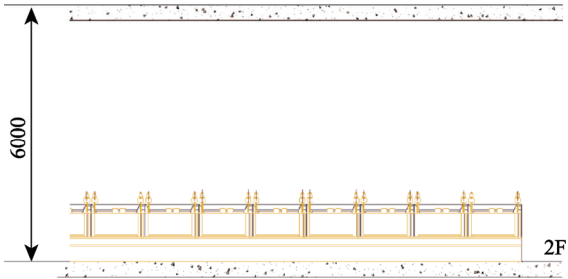
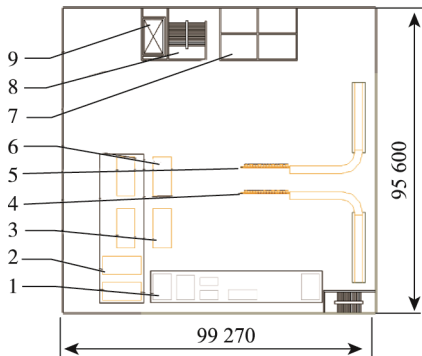


图 3 2 楼车间层高
Fig.3 Floor height of the second floor workshop

云南国方印刷厂的现有设备平面见图 4，二楼车间的长为 99.27 m，宽为 95.60 m，现书刊生产线由 6 台八色（双面四色）的北人轮转胶印机，2 台北人——TSK 品牌的无线胶订联动线及其他辅助设备构成，用来承印云南省全部的中小学教材教辅、多种报纸书刊及多种省内外期刊。



1.其他辅助设备 2.报纸等其他刊物的印刷机 3,6.书刊印刷专有印刷机 4,5.无线胶订联动线 7.卫生间，茶水间 8.消防楼梯通道 9.电梯
图 4 现有设备平面
Fig.4 Plan of existing equipment

由图 4 可知，在印刷书刊的专有印刷机与无线胶订联动线有一片可以用来作为仓储单元的闲置空地，在卫生间茶水间与无线胶 5 订联动线之间也有一片闲置空地。这 2 处闲置空地在之前原有的书刊生产线

中也是作为书贴的仓储单元，但是只是由纸凳毫无顺序的堆积而成，对空间的利用率极为低下。设计方案依托于此闲置空间，所设计的印刷工序与印贴无线胶订工序之间连接方案适用于该厂闲置空间，极大地减少了人力的干预，提高了空间的利用率。文中设计的书刊自动生产线布局平面见图 5。

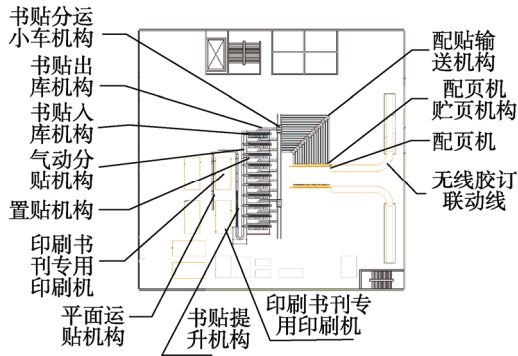


图 5 书刊自动生产线布局平面
Fig.5 Layout of book automatic production line

设计方案中，印张由书刊印刷专用印刷机印刷折页后被堆码为 100 贴一堆的书贴堆，被直接运至平面运贴机构，再由书贴提升机构提升至书贴仓储机构上方，经由气动分贴机构分贴至对应仓储位置后，通过书贴入库机构把书贴堆至仓储单元的置贴机构上储存，需要对此书贴进行配页时，由书贴出库机构运出书贴，经书贴分运小车把书贴分运至所对应的配贴输送机构内，送至改造后的配页机贮页机构内，由配页机开始工作进行配页，配页完成的书芯通过无线胶订联动线进行加工后，被制作成一本可供阅读、销售的书刊。所设计的书刊自动生产线方案主要由 3 个模块与一个机构改造构成，分别为运贴入库模块、仓储模块、配贴传送模块、新贮页格机构。

1) 运贴入库模块。设计方案中的运贴入库模块由 3 个机构构成，具体为平面运贴、书贴提升、气动分贴机构。运贴入库模块的主要功能是把由印刷折页后的书贴进行收贴，然后运输至仓储模块的对应位置。传统皮带运输不能够顺利实现书贴大倾角运输，考虑到云南国方印刷厂的空间限制因素以及在运送提升过程因角度倾斜过大的书贴宜散因素，遂设计了该书贴提升机构。

书贴提升机构原理见图 6，其传送原理为：当书贴运至本机构时，由 5 条宽度与间隔均相等的皮带构成的一组传送带升至仓储模块顶端位置，为避免书贴在爬升过程中因传送带倾角过大而导致的书贴散落与滑落，为此特在传送带下端设置携带 4 条档杆的档杆链条以保证前述出现的问题，在设计时为确保书贴在输送过程中与传送带不发生相对位移，故将档杆链条与传送带的线速度保持一致。根据图 6 可以看出，

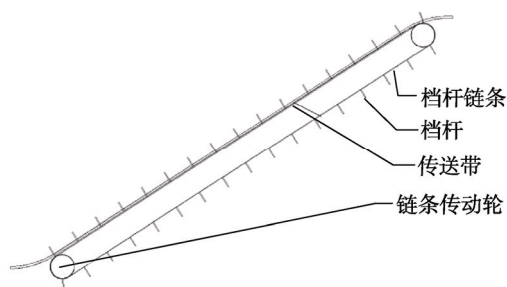


图6 书贴提升机构原理
Fig.6 Schematic diagram of the book post promotion mechanism

传送带前端与尾端具有较小的倾角，此举不仅可防止书贴散落还可避免档杆与平面书贴运输传送带发生干涉。可见，此步改进措施，对于书贴大倾角运输是可行的、可靠的。

2) 仓储模块。仓储模块的主要功能是把各类书贴进行贮存，大大提高了云南国方印刷厂内的空间利用率，见图7。

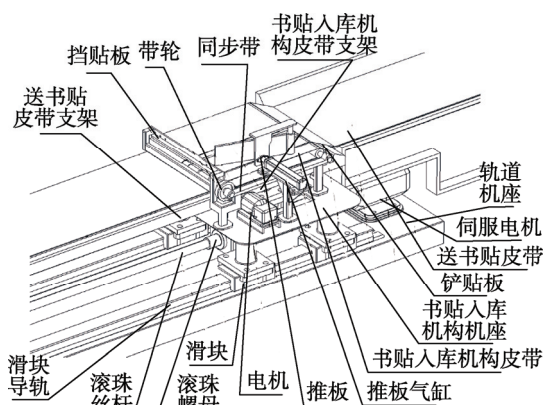
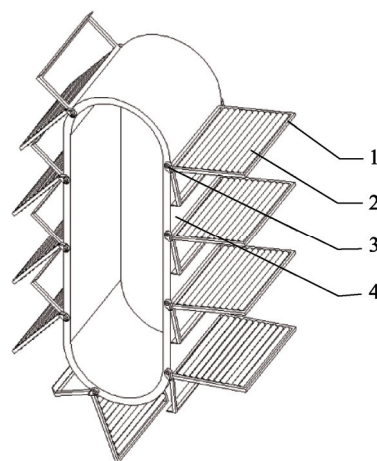


图7 书贴入库机构原理
Fig.7 Schematic diagram of the book post warehousing mechanism

置贴板是书贴的承载与储存区域。置贴板位于置贴板传动链条上呈等间隔分布并与水平面呈 10° 的倾角，2个置贴板之间的距离为 250 mm，该距离足以适用于书贴的高度。置贴板的承载面由等距的无阻尼辊筒构成，为了减小书贴与置贴板承载面的摩擦力，便于书贴储存以及出库。置贴板传动链条，对置贴板起着传动与固定的作用。置贴板传动链条高为 5000 mm，车间高度为 6000 mm，足以容纳此设备。

置贴机构原理见图8，书贴被推入置贴机构最上端置贴板1，当书贴接触到置贴板的承载面时，因承载板与水平面有 10° 的夹角，置贴板1上的无阻尼辊筒靠书贴的自重开始向前滚动，带动书贴向前运动，使书贴与置贴板4传动链条面贴合，即为书贴的短时储存区域。待下一书贴到来之前，电机带动置贴板4传动链条顺时针转动，切换至下一空的置贴板1进行上述工作循环。当书贴需要出库时，最下端置贴板因置贴板传动链条的转动而行成与水平方向呈负角度，



1,3,4.置贴板 2.无阻尼辊筒
图8 置贴机构原理

Fig.8 Schematic diagram of the post placement mechanism

书贴会因自重无阻尼辊筒的转动下，向书贴出库机构运动，进入下一出库环节。

置贴板1设计为通过置贴板3挂耳固定在置贴板传动链条的两侧，以置贴板3挂耳的2个固定点形成一条转轴，使其具有一定的角度可旋转。在置贴板1跟随置贴板4传动链条运行至另一侧时，置贴板1靠自重沿转轴转动一定角度，使整个机构在水平方向上占用的空间变小，节约了仓储模块的占用空间，继而可增派更多的仓储机构。

3) 配贴传送模块。配贴传送模块是书贴进入无线胶订联动线的最后一个模块^[15]，由书贴分运小车机构与多通道传送机构组成，其特点为：区别于传统皮带输送线，在运送一接口对多接口时采用的树形结构或多接口对多接口采用的网状结构，该模块采用的是多接口承载有轨小车机构，其好处为减小了传送带交叉接口的数量，避免了传送带分运时较为复杂混乱的情况，也节省了大量使用传送带时所占用的空间，节约了开支，提高了生产效率。多接口承载有轨小车机构区别与现有的单接口承载有轨小车，极大地提高了小车的运载能力，实现了一车运多贴，一次停靠多贴卸载，减少了在多接口之间切换的频率，从而节省出更多的时间用于书贴的运送，保证无线胶订联动线的生产效率。多通道传送机构采用了分格传输的模式，有别于传统方式中单通道传输多岔口分类，避免了多种书贴在单通道运输时混排所造成的错送或书贴的损坏，从而减少了操作工人在排查与解决问题的时间，使工作流程简洁清晰明了，提高了生产效率。配贴传送模块的立体效果见图9。

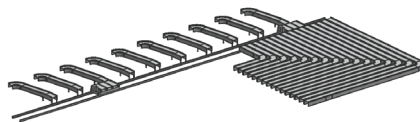


图9 配贴传送模块立体效果
Fig.9 Stereoscopic map of the association transmission module

4) 新贮页格机构。该设计方案对云南国方印刷厂无线胶订联动线的配贴机的原贮页格进行了适应性改造,将由4根横截面为“L”形的导向杆构成的贮页格改造成斗式贮页格。原贮页格与改造后的斗式贮页格立体效果对比见图10。

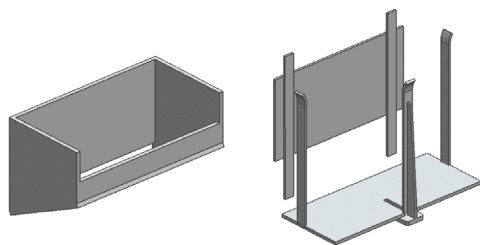


图10 新老贮页格立体效果对比

Fig.10 Comparison of the stereoscopic maps of the new and old page shelves

3 结语

文中对设计的书刊自动生产线的工艺流程、总体布局以及设计方案的构成进行了阐述,同时对生产线进行了设计与改造,包括运贴入库模块、仓储模块、配贴传送模块以及贮页格机构。提高了云南国方印刷有限公司机械化生产程度,并降低了人工成本,实现了企业机械化、自动化生产。

参考文献:

- [1] 郑新. 云南印刷骨干企业介绍云南国防印刷厂[J]. 印刷世界, 2004(1): 43—44.
ZHENG Xin. Yunnan Printing Backbone Enterprise Introduction of Defense Printing Plant[J]. Printing World, 2004(1): 43—44.
- [2] 苟勇权. JMD 公司数字智能化胶订联动线项目财务评价研究[D]. 青岛: 中国海洋大学, 2012.
GOU Yong-quan. JMD Digital Intelligent Gum Line Project Financial Evaluation Research[D]. Qingdao: China Ocean University, 2012.
- [3] WEIN L M, CHEVALIER P B. A Broader View of the Job-Shop Scheduling Problem[J]. Management Science, 1992, 38(7): 1018—1033.
- [4] 陈乐, 黄运涛. 书籍印刷工艺流程分析[J]. 科技传播, 2013(3): 184—191.
- CHEN Le, HUANG Yun-tao. Books Printing Process Flow Analysis[J]. Science and Technology, 2013(3): 184—191.
- [5] 王小芳. 基于书刊印刷企业数字化生产流程建设方法的研究[D]. 武汉: 武汉大学, 2005.
WANG Xiao-fang. Based on the Digitalization of Books and Periodicals Printing Enterprise Production Process Method Research[D]. Wuhan: Wuhan University, 2005.
- [6] GAREY M, JOHNSON D, SETHI R. The Complexity of Flow Shop and Job Shop Scheduling[J]. Mathematics of Operations Research, 1976, 1: 117—129.
- [7] BLAZEWICZ J, ECKER K H, SCHMIDT G, et al. Scheduling in Computer and Manufacturing Systems[M]. Second Revised Edition Berlin: Springer-Verlag, 1996.
- [8] STEPHEN C G. A Review of Production Scheduling [J]. Production Scheduling, 1981, 29(4): 646—675.
- [9] 齐福斌. 中国特色的印刷强国之路(下)[J]. 中国印刷, 2015(2): 41—48.
QI Fu-bin. Printing Powers (Bottom) Road with Chinese Characteristics[J]. China Printing, 2015(2): 41—48.
- [10] DRATH R, HORCH A. Industrie4.0: Hitor Hype[J]. Industrial Electronics Magazine, IEEE, 2014, 8 (2): 56—58.
- [11] 时杰, 李明思, 王强. 开启智能制造新模式[J]. 现代国企研究, 2015(13): 14—15.
SHI Jie, LI Ming-si, WANG Qiang. Open Intelligent Manufacturing New Model[J]. Modern Research in State-owned Enterprises, 2015(13): 14—15.
- [12] 常杉. 工业 4.0: 智能化工厂与生产[J]. 化工管理, 2013(21): 21—25.
CHANG Shan. Industrial Factories and Production 4.0[J]. Chemical Enterprise Management, 2013(21): 21—25.
- [13] 张曙. 工业 4.0 和智能制造[J]. 机械设计与制造工程, 2014(8): 1—5.
ZHANG Shu. Industrial 4.0 and Intelligent Manufacturing[J]. Mechanical Design and Manufacturing Engineering, 2014(8): 1—5.
- [14] 吴鹏. 书刊装订企业生产线的设计[J]. 印刷杂志, 2004(2): 82—86.
WU Peng. The Design of Book Binding Enterprise Production Line[J]. Printing Field, 2004(2): 82—86.
- [15] 晏琼. 以生产实践谈无线胶订联动线的优缺点[J]. 印刷技术, 2011(7): 82—83.
YAN Qiong. Through Production Practice to Talk about the Advantages and Disadvantages of Wireless Gum Line[J]. Printing Technology of Publishing and Commercial Printing, 2011(7): 82—83.