

钢筋连接套自动包装生产线设计

朱金达, 高思齐, 崔洪斌, 刘庆磊, 刘兆奂

(河北科技大学 机械工程学院, 石家庄 050018)

摘要: **目的** 针对目前钢筋连接套的打标、包装、码垛任务都是由人工完成, 存在着劳动强度大、生产效率低、不能满足市场需求等问题, 以市场常见钢筋连接套为研究对象, 设计一款钢筋连接套自动包装生产线。**方法** 采用分步打标、集成包装的思想, 制定钢筋连接套打标、包装、码垛生产线的总体设计方案, 用 UG 对该生产线各个工段进行三维建模, 并进行虚拟装配及仿真。**结果** 该包装生产线实现了对 $\phi 18 \sim \phi 32$ mm 规格钢筋连接套的打标、包装、码垛一体化生产, 效率可达 120 袋/h, 相比传统手工方式提高了 5 倍。**结论** 该生产线结构合理, 在保证包装质量的前提下, 大幅度地提高了包装效率, 降低了包装成本, 为钢筋连接套的自动包装提供了一种解决方案。

关键词: 钢筋连接套; 生产线; 打标; 包装; 码垛

中图分类号: TB486⁺.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2020)11-0174-07

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2020.11.025

Design of Packaging Production Line for Steel Bar Connecting Sleeve

ZHU Jin-da, GAO Si-qi, CUI Hong-bin, LIU Qing-lei, LIU Zhao-huan

(School of Mechanical Engineering, Hebei University of Science and Technology, Shijiazhuang 050018, China)

ABSTRACT: The work aims to design an automatic packaging production line for rebar connecting sleeve with the common rebar connecting sleeve in the market as the research object in view of the problems such as high labor intensity, low production efficiency, and failure to meet market demand due to that the current marking, packaging and palletizing tasks of rebar connecting sleeves are manually completed. The idea of step-by-step marking and integrated packaging was used to formulate the overall design of the marking, packaging, and palletizing production line for the rebar connecting sleeve. UG was used to set up the 3D model of each section in the production line, and perform virtual assembly and simulation. The integrated production of marking, packaging and palletizing of $\phi 18 - \phi 32$ mm steel rebar connecting sleeves were realized by the packaging production line, with an efficiency of 120 bags/hour, which was 5 times higher than that by traditional manual method. The production line has a reasonable structure. Under the premise of ensuring the packaging quality, it greatly improves the packaging efficiency and reduces the packaging cost, and provides a solution for the automatic packaging of the rebar connecting sleeve.

KEY WORDS: rebar connecting sleeve; production line; marking; packaging; palletizing

传统的钢筋连接方式主要分为焊接和机械连接两大类, 钢筋套筒连接是当前钢筋机械连接的主要方

式, 与传统的连接方式相比, 具有精度高、强度高、质量可靠、操作简单等优点。钢筋连接套的应用性也

收稿日期: 2019-12-24

基金项目: 河北省重点研发计划 (18274006D); 河北科技大学博士科研基金 (1181339)

作者简介: 朱金达 (1980—), 男, 博士, 河北科技大学讲师, 主要研究方向为基于 VR 的智能设计与制造技术、机械自动化技术。

较为广泛，尤其适用于高铁、高层、核电站等重要场合。选择钢筋连接套连接，不仅可使钢筋的连接质量得到提升，而且还有利于降低施工成本，提高施工速度^[1]。目前，钢筋连接套在加工成成品后要进行打字、检验、整理装袋、封口等工序，完成钢筋连接套的定量装袋。当前钢筋连接套生产企业在包装环节都采用全人工操作，这样的装袋过程劳动强度大，生产效率低，需要的工人数量多，成为制约生产自动化发展的瓶颈。为此，必须设计一条适用于钢筋连接套包装的自动化生产线，完成钢筋连接套自动定向输送、打标、整理计数、装袋封口、自动码垛等工序^[2]。

关于生产线的设计，林利彬等^[3]针对人工包装效率低、自动化程度低等问题，设计了一种指甲油自动包装生产线，实现指甲油的自动化包装生产。徐雪萌等^[4]设计一种卧式—间歇—回转给袋式包装机，实现了自动取袋、开袋、落料、整型、封口等功能，为挂面自动化包装提供了一种可行的解决方案。张海波^[5]为了减轻工人劳动强度，弥补传统生产线上码垛作业的不足，降低作业的危险性，设计了一种串并联式多自由度的关节型料袋码垛机器人，并着重对末端执行器进行了设计，为码垛机器人的设计提供了非常有价值的参考。根据现有包装生产线^[3-7]的参考文献，文中拟设计一条针对常见钢筋连接套的集打标、包装、码垛为一体的自动生产线。

1 总体设计方案

1) 设计要求。包装生产线在保证包装质量的前提下，能够连续地完成包装；包装生产线应操作简单、移动方便、稳定性好；能够实现多种规格工件的包装；能充分利用现有的包装袋；减少人工参与，减轻劳动

强度，生产效率应有较大提高。

2) 主要技术参数。文中针对市面最常见几种钢筋连接套进行自动包装生产线的设计，所使用的包装袋为双层编织袋，主要技术参数见表 1。

表 1 技术参数			
Tab.1 Technical parameters			
序号	名称	参数	备注
1	钢筋连接套	$\phi 18\sim\phi 32\text{ mm}$	圆形连接套
2	包装袋	110 mm×150 mm	双层编织袋(上下 2 个面片)
3	保护塞	$\phi 18\sim\phi 32\text{ mm}$	橡胶材质
4	每袋钢筋连接套的数量	35~42	

3) 生产线布局方式。通过对实际企业的走访与调研，为了提高打标工段、包装工段以及码垛工段间的协同效率，减小该生产线的占地面积，提高空间的利用率，该生产线采用结构紧凑的 L 型布局方式。

4) 包装工艺路线。因每个包装袋中需要装入 35~42 个钢筋套，会出现打标供给不足的问题，为此采用分步打标、集成包装的思想，通过旋转圆盘的间歇运动与多个打标机的协同配合，来实现多个打标机对同一零件不同部位的打标，然后将打标完成的工件集中到包装工段统一装袋。

在钢筋连接套包装生产线中，工艺流程主要分为打标、包装、码垛 3 部分。首先工件由输送带输送到打标工段，将橡胶保护塞安装到钢筋连接套一端，并同时在侧面打上标记；完成打标后将工件输送至包装工段，完成连接套的整理、计数和包装；最后将包装完成的钢筋连接套利用机械手码垛到料架上。具体工艺路线见图 1。

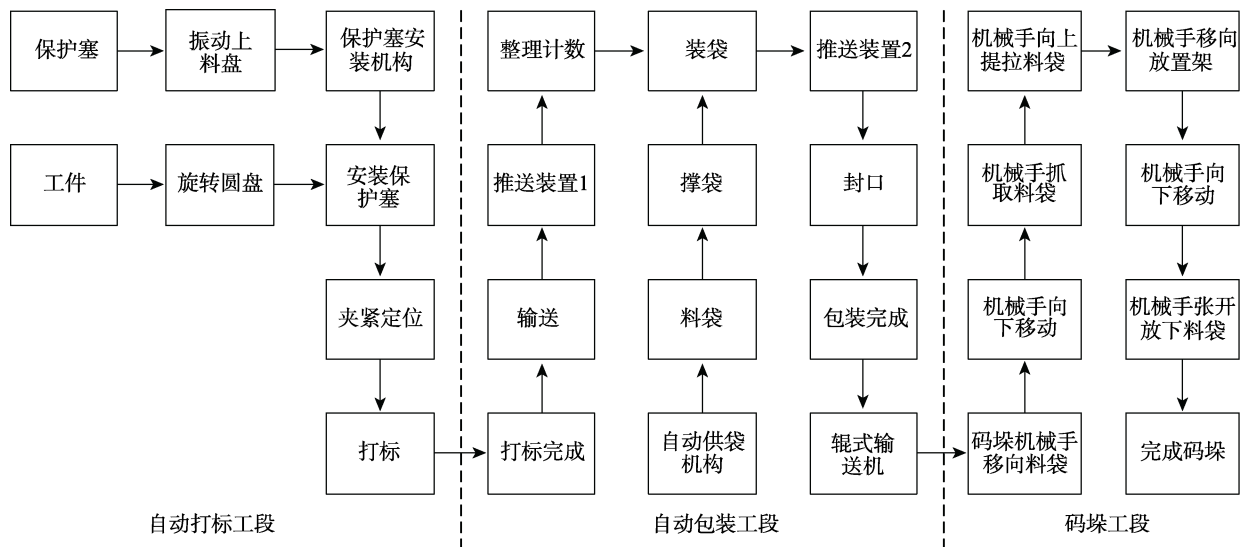


图 1 钢筋连接套自动化生产线流程工艺

Fig.1 Flow process of automatic production line for rebar connecting sleeve

2 结构设计

2.1 自动打标工段

钢筋连接套自动打标工段由轻型输送机、上料机构、振动上料盘、保护塞安装机构、旋转圆盘、加紧机构、下料机构以及打标机等组成,见图2。工作原理:轻型输送机将工件送至打标设备处,并有上料机构的气缸吸盘将工件放在旋转圆盘的内撑上;3个打标机围绕旋转圆盘周线设置,每个打标机用于打标钢筋连接套上的不同区域;旋转圆盘带动工件旋转至安装保护塞和打标位置,振动上料盘将杂乱无序的橡胶保护塞整理,并向保护塞安装机构输送保护塞,保护塞安装机构的压入装置将保护塞压入连接套内。每个打标机都配备相对应的加紧机构,加紧机构负责定位和加紧,保证打标位置准确,最后完成打标。

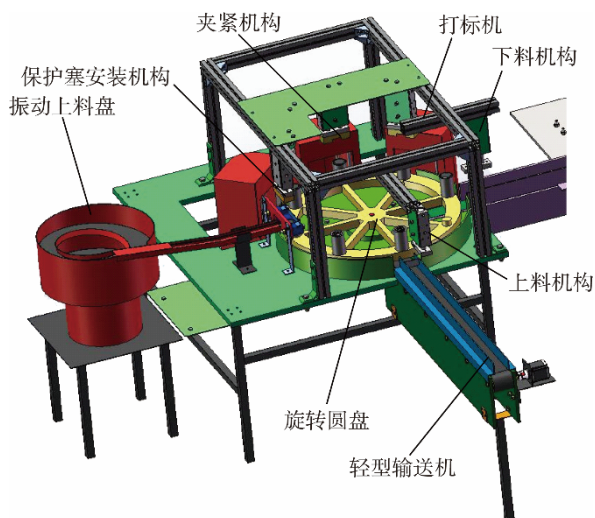


图2 钢筋连接套自动打标工段结构
Fig.2 Structure of automatic marking section for rebar connecting sleeve

旋转圆盘和打标机的配合属于打标工段的关键设计,其设计如下所述。采用3台打标机在旋转圆盘上周线布置,分步对一个工件打标,提高打标机的工作效率,相较于线性多台打标机同时工作,回转式的设计更加节约空间^[8],布局方式见图3。为满足打标速度和打标范围等要求,选用昆太KT-QD01金属打标机,每个打标机的标头部分均指向旋转圆盘轴心。在打标时,旋转圆盘在间歇驱动电机的驱动下转动,夹紧装置对工件进行竖直方向夹紧^[9],旋转圆盘每间歇旋转一个角度,3台打标机就分步对工件侧面进行打标,完成打标。打标完成后的钢筋连接套旋转至下料机构时,由下料机构的气缸吸盘抓取并放在输送机上完成下料。

其中旋转圆盘较大,为了减轻圆盘的质量,中间设计为镂空形式。该旋转圆盘设计有可更换的内置式

固定卡具,来实现对不同规格的钢筋连接套进行打标和安装保护塞,见图4。同时,为了减缓打标时冲击力对旋转圆盘转轴的损伤,将固定卡具上包裹一层橡胶,来起到减缓冲击力的作用。

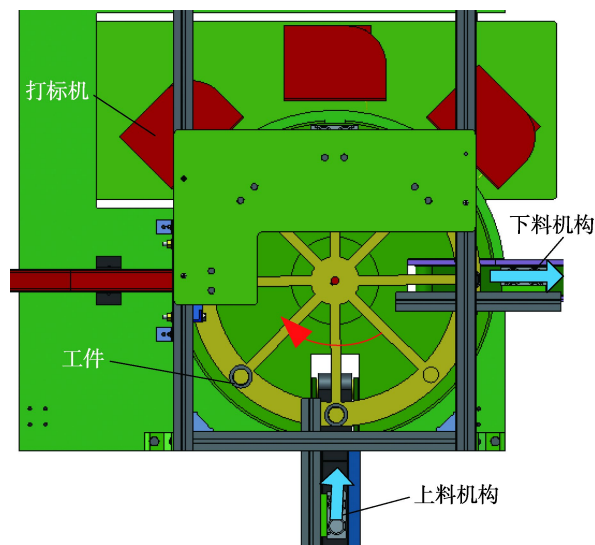


图3 打标机布局方式
Fig.3 Layout of marking machine

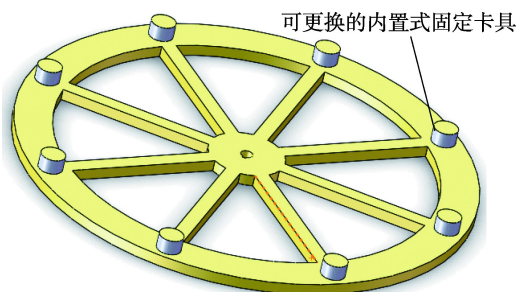


图4 旋转圆盘
Fig.4 Rotating disk

带动圆盘旋转的转轴为自动打标工段的关键零件,因此需要对其强度进行校核,以保证整个工段的正常运转。该转轴的材料采用普通的碳素钢Q235,许用扭转切应力 $[\tau]=18\text{ MPa}$,传递的最大扭矩 $M=16\text{ N}\cdot\text{m}$,最小轴段直径 $d=22\text{ mm}$ 。扭转切应力计算公式为:

$$\tau = \frac{M}{W} \quad (1)$$

其中:

$$W = \frac{\pi d^3}{16} \approx \frac{d^3}{5} \quad (2)$$

由式(1—2)可得,最大的扭转切应力为 15 MPa ,小于许用扭转切应力(18 MPa),所以设计的转轴满足打标工段的工作要求。

2.2 自动包装工段

钢筋连接套自动包装工段由整理计数机构、包装

执行机构、包装袋供料机构、封口机构以及机架等部分组成，见图 5。工作原理：输送带将打标好的钢筋连接套依次推送到包装机的整理计数机构中，当一定数量的钢筋连接套随输送机进入整理计数机构时，由气缸控制推板使包装机入口关闭，之后由推板将进入包装机的钢筋连接套推送至包装执行机构，随后推板返回原位，包装机入口打开，打标好的连接套继续进入包装机中；包装袋供送机构负责将包装袋抓取到指定位置并将开口打开，再由包装执行机构将连接套放入包装袋中，将装入连接套的包装袋由推送装置推送至封口机构，由于包装袋是编织袋，所以采用缝纫机进行冷封，封口完成后再由输送带将包装完成的连接套从包装机出口输送离开^[10—12]。

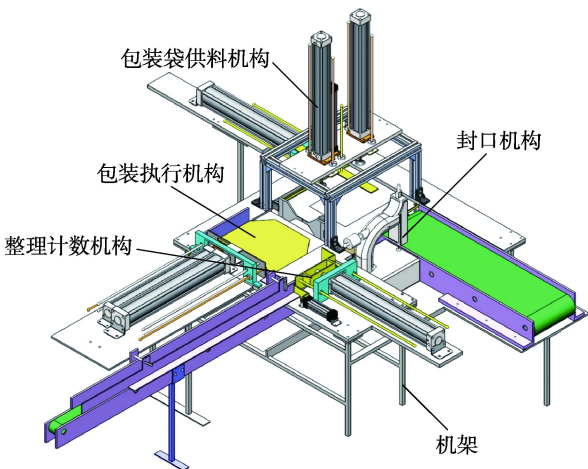


图 5 钢筋连接套自动包装工段结构
Fig.5 Structure of automatic packaging section for rebar connecting sleeve

包装袋供送机构主要包括工作台、工作台上的承重板、容纳槽以及取袋撑口装置。其工作原理：在

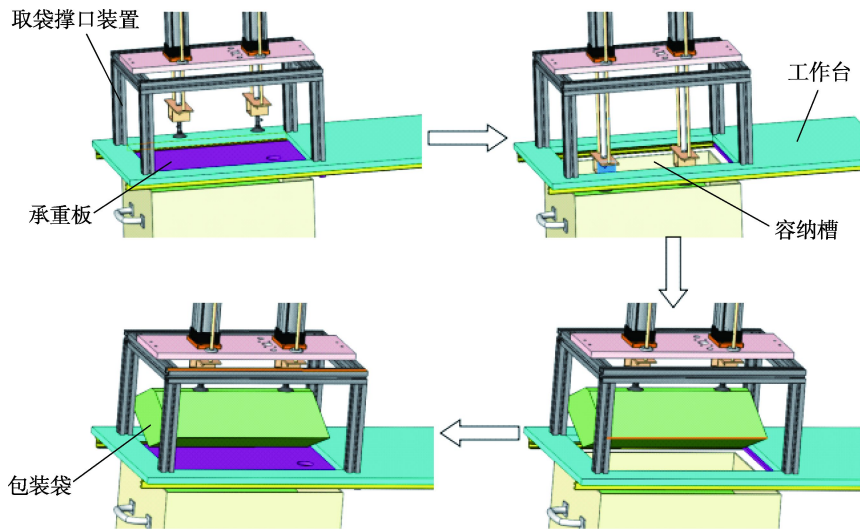


图 6 包装袋供送机构
Fig.6 Packaging bag feeding mechanism

钢筋连接套整理的同时，包装袋供送机构运行，气缸控制支撑板将放置包装袋的容纳槽打开；紧接着取袋撑口装置的真空吸盘向下移动，吸盘接触包装袋后在真空发生器的作用下吸附包装袋的上袋面；然后在伸缩装置的驱动下向上提起，且真空吸盘只吸住包装袋的上袋面，使得包装袋上袋面和下袋面之间的开口自然张开；包装袋下袋面提拉到工作台平面之上时，承重板复位来支撑包装袋，见图 6。其中，真空吸盘为 PJTK 系列双层真空吸盘，使用的材料为丁晴橡胶，它的唇部较薄，具有优良的密封性，与真空发生器一起使用，真空发生器抽取吸盘内的空气，使真空吸盘能以较大的接触面积接触包装袋上袋面，对包装袋上袋面具有较强的吸附力。

包装执行机构为包装工段的关键机构，见图 7。钢筋连接套的整理计数机构将整理完成的钢筋连接套推送至气缸推板 1 上，气缸推板 1 与气缸推板 2 同时向包装袋方向推进。当推板 1 与撑袋板接触时，带动撑袋板旋转使包装袋撑开，保证气缸推板可以顺利进入包装袋中；当推板 1、推板 2 和钢筋连接套完全进入包装袋后，推板 1 原路返回，推板 2 保持不动；当推板 1 回到初始位置，钢筋连接套完全留在包装袋中后，气缸推板 2 再返回，撑袋板在弹簧合页的作用下返回原位，包装执行机构运行结束。

2.3 自动码垛工段

码垛工段由机架、辊式输送机、第 1 滑动梁、第 2 滑动梁、滑动件、码垛机械手以及放置架组成，见图 8。工作原理：将包装好的钢筋连接套由辊式输送机输送至码垛机构，第 1 滑动梁、滑动件、第 2 滑动梁分别带动机械手沿 x 轴、 y 轴、 z 轴方向运动，运动到合适位置时码垛机械手抓取料袋放置在放置架上完成码垛^[13—14]。

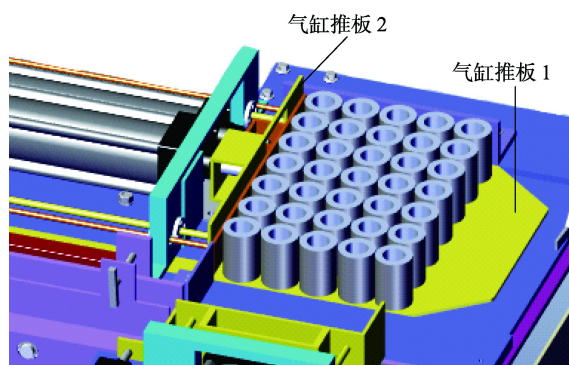


图 7 包装执行机构
Fig.7 Packaging actuator

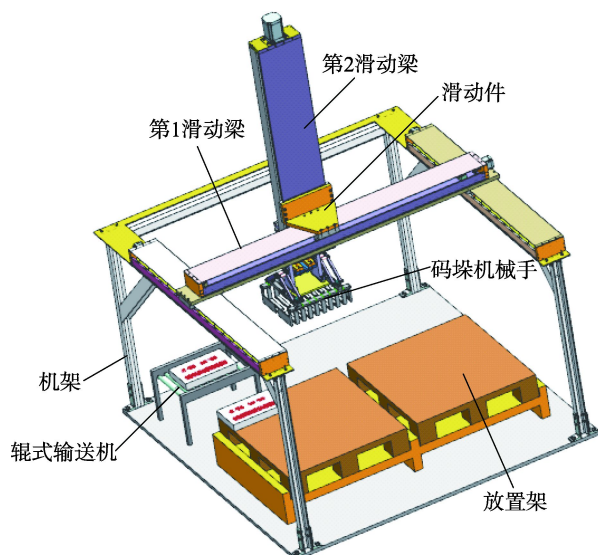


图 8 钢筋连接套自动码垛工段结构
Fig.8 Structure of automatic palletizing section for rebar connecting sleeve

码垛机械手由支架、连杆、直线驱动机构以及卡爪等部分组成, 见图 9。直线驱动机构通过连杆与卡

爪连接, 使直线驱动机构能够同时驱动 2 个卡爪向外张开或闭合, 实现对料袋的抓取, 有效提高了卡爪张开和闭合速率, 进而提高了抓取料袋的工作效率, 满足了快速运送的要求^[15]。

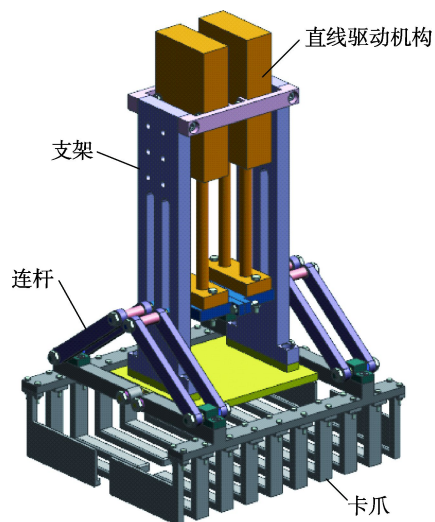


图 9 码垛机械手
Fig.9 Palletizing manipulator

3 虚拟装配及仿真

将自动打标工段、自动包装工段以及码垛机器人码垛工段设计完成以后, 在 UG 中完成这三大机构的装配, 总体装配见图 10。通过对自动包装生产线的各个零部件的虚拟装配, 对产品设计的装配可行性进行分析验证, 并以常见的 $\phi 18 \sim \phi 32$ mm 的钢筋连接套为例, 参照钢筋连接套自动包装生产线工艺流程, 根据其上料、保护塞安装、打标、装袋、封袋、输送以及码垛等工艺循环过程, 进行运动仿真试验。结果表明各零部件间运转良好, 无干涉现象, 各工段之间

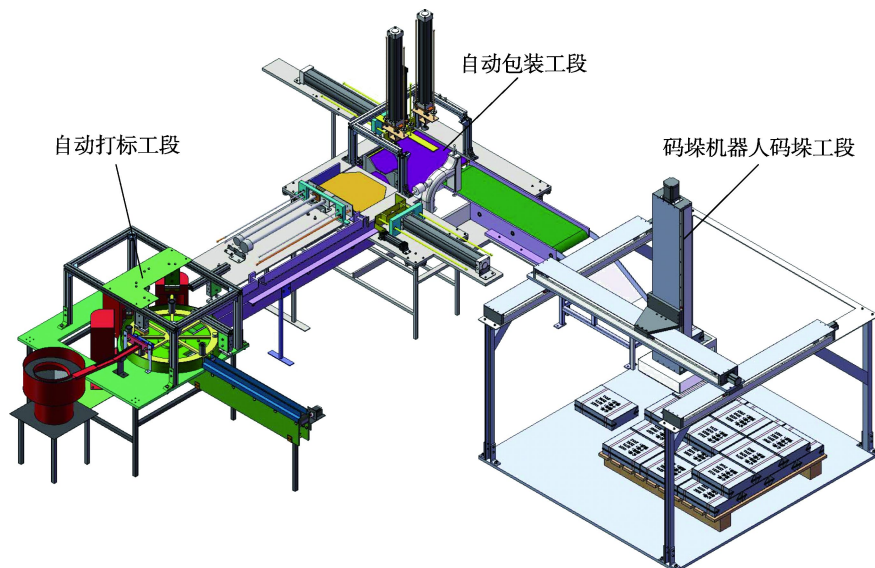


图 10 自动包装生产线总体装配
Fig.10 Overall assembly of automatic packaging production line

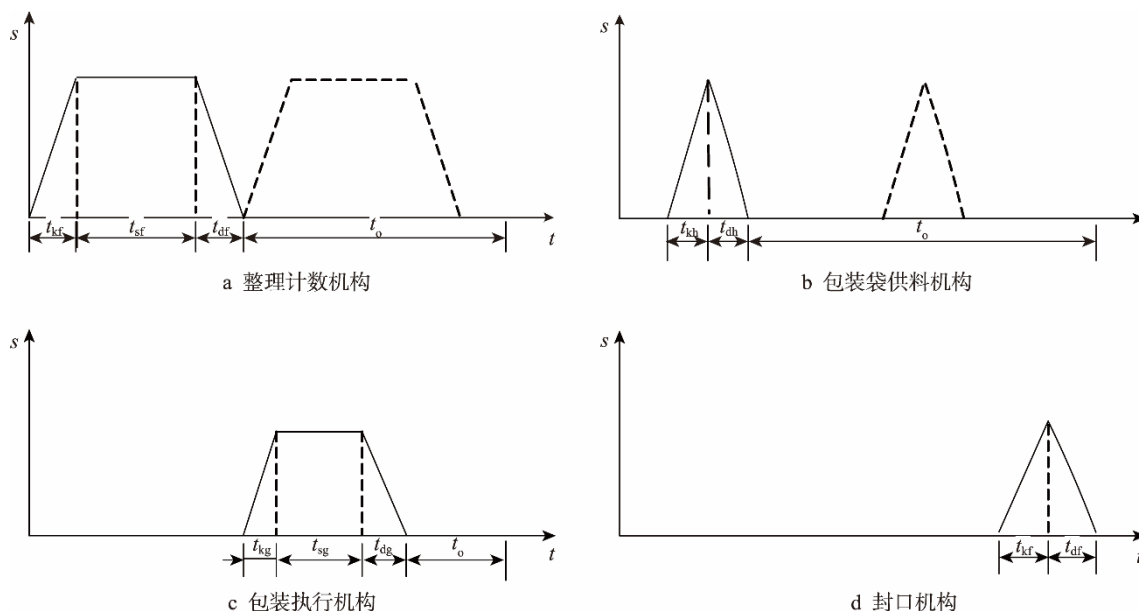


图 11 自动包装工段工作循环设计

Fig.11 Working cycle design of automatic packaging section

衔接得当,能够高效地完成对钢筋连接套的保护塞安装、自动打标、自动包装以及自动码垛等功能。

将自动机械 2 个产品加工的间隔,称为 1 个工作循环。自动机械的工作循环时间 t_p 由基本工艺时间 t_k 和辅助时间 t_f 组成,对于任意一个执行机构的运动循环,辅助时间可以进一步划分为空行程时间 t_d 和等待时间 t_o 等 2 个部分,即:

$$t_p = t_k + t_d + t_o$$

计算理论生产率:

$$Q_T = \frac{1}{t_p} = \frac{1}{t_k + t_d + t_o}$$

为提高自动机械的理论生产率,必须减少空行程和等待时间,其中 t_k 与工艺过程的工艺参数有关; t_d 与执行机构的运动规律有关,可以通过高速而平稳的运动规律来缩短; t_o 则应通过合理的循环图的设计,消除无用的停歇时间。自动包装工段的各执行机构的运动循环图的同步化设计见图 11,经计算包装效率为 120 袋/h,相比 20 袋/h 的人工操作效率提高了 5 倍。

4 结语

针对现有设备存在的打标效率低、钢筋连接套供给不足的问题,提出了分步打标、集成包装的解决方案,并利用 UG 的三维建模与仿真功能,设计出了一种全自动的钢筋连接套包装生产线。该生产线用于钢筋连接套的保护塞安装、自动打标、自动包装封口以及自动码垛,使钢筋连接套的包装效率比人工提高了 5 倍。该包装生产线自动化程度高、操作简单,有很大的应用空间,同时也为其他类型的包装生产线的设

计提供了很好的借鉴作用。

参考文献:

- [1] 张新聚, 张嘉钰, 牛虎力, 等. 钢筋连接套温挤压成型机机械手的设计与实现[J]. 制造技术与机床, 2014(1): 86—87.
ZHANG Xin-ju, ZHANG Jia-yu, NIU Hu-li, et al. Design and Implementation of Manipulators for Warm Extrusion Molding Machine for Rebar Connection Jacket[J]. Manufacturing Technology and Machine Tool, 2014(1): 86—87.
- [2] 张嘉钰, 牛虎力. 一种钢筋连接套输送理料装置: 中国, 201410332798.X[P]. 2014-10-15.
ZHANG Jia-yu, NIU Hu-li. A Material Conveying and Conveying Device for Reinforcing Steel Connecting Sleeves: China, 201410332798.X[P]. 2014-10-15.
- [3] 林利彬, 张昱, 陆英, 等. 一种指甲油自动包装生产线的设计与实现[J]. 包装工程, 2017, 38(21): 135—140.
LIN Li-bin, ZHANG Yu, LU Ying, et al. Design and Implementation of a Nail Polish Automatic Packaging Production Line[J]. Packaging Engineering, 2017, 38(21): 135—140.
- [4] 徐雪萌, 陈留记, 王志山, 等. M 袋自动挂面包装机关键装置设计与仿真[J]. 包装工程, 2019, 40(21): 199—204.
XU Xue-meng, CHEN Liu-ji, WANG Zhi-shan, et al. Design and Simulation of Key Device of M Bag Automatic Noodle Packaging Machine[J]. Packaging Engineering, 2019, 40(21): 199—204.
- [5] 张海波. 料袋码垛机器人设计[J]. 黄河科技学院学报, 2019, 21(5): 35—38.

- ZHANG Hai-bo. Design of Bag Palletizing Robot[J]. Journal of Yellow River Institute of Science and Technology, 2019, 21(5): 35—38.
- [6] RICHARD B. Robots Use Machine Vision and Other Smart Sensors to Aid Innovative Picking, Packing and Palletizing[J]. Industrial Robot, 2013, 40(6): 525—529.
- [7] KOVALEV S, DELORME X, DOLGUI A, et al. Minimizing the Number of Stations and Station Activation Costs for a Production Line[J]. Computers & Operations Research, 2017, 79(8): 131—139.
- [8] 陈平, 王云飞, 戴子杰, 等. 基于飞秒激光成丝的大幅面激光打标方法[J]. 中国激光, 2019, 46(5): 242—247.
- CHEN Ping, WANG Yun-fei, DAI Zi-jie, et al. Large-format Laser Marking Method Based on Femtosecond Laser Filamentation[J]. China Laser, 2019, 46(5): 242—247.
- [9] ZHANG H. Design and Implementation of the Clamping Device for the Underwater Blast Shoveling[J]. Applied Mechanics&Materials, 2015, 77, 5(1): 68—72.
- [10] 裘升东, 俞祥木, 谢成梁. 纱布片包装机设计分析[J]. 机械设计与研究, 2019, 35(3): 189—192.
- QIU Sheng-dong, YU Xiang-mu, XIE Cheng-liang. Design Analysis of Gauze Sheet Packaging Machine[J]. Mechanical Design & Research, 2019, 35(3): 189—192.
- [11] 叶旋, 冯友强, 叶韬. 基于 PLC 的柔性的指甲油瓶旋盖生产线[J]. 电子世界, 2016(5): 158—160.
- YE Xuan, FENG You-qiang, YE Tao. Flexible Nail Screw Cap Production Line Based on PLC[J]. Electronics World, 2016(5): 158—160.
- [12] Anon. New Study Projects World Demand for Packaging Machinery to 2017[J]. Modern Materials Handling, 2013, 68(10): 1—5.
- [13] LIN H. A Fast and Unified Method to Find a Minimum-jerk Robot Joint Trajectory Using Particle Swarm Optimization[J]. Journal of Intelligent Robot System, 2014, 75(3): 79—392.
- [14] 王汝贵, 陈辉庆, 戴建生. 新型可控变胞式码垛机器人机构动态稳定性研究[J]. 机械工程学报, 2017, 53(13): 39—47.
- WANG Ru-gui, CHEN Hui-qing, DAI Jian-sheng. Research on Dynamic Stability of New Controllable Cell-changing Palletizing Robot Mechanism[J]. Journal of Mechanical Engineering, 2017, 53(13): 39—47.
- [15] 王彩玲, 王亭岭, 马景义, 等. 饲料工业码垛机器人及配套生产线的设计[J]. 饲料工业, 2014, 35(3): 12—15.
- WANG Cai-ling, WANG Ting-ling, MA Jing-yi, et al. Design of Palletizing Robot and Supporting Production Line in Feed Industry[J]. Feed Industry, 2014, 35(3): 12—15.