

中重卡大中型轮胎自动装配生产线工艺分析

谭德

(三一机器人装备(西安)有限公司 湖南 长沙 410000)

摘要: 轮胎自动装配生产线是针对中重卡行业总装线大中型轮胎的自动装配。该生产线包含: 轮胎自动输送部分, 轮胎自动装配部分, 螺母自动装配、拧紧部分, 3D 视觉定位部分等。通过几个部分的协调配合, 实现中重卡轮胎自动搬运、装配, 螺母自动装配、拧紧的功能。该生产线避免了在中重卡大中型轮胎装配过程中采用人工方式进行装配生产的诸多弊端, 能够满足中重卡生产的自动化装配需求, 打造智能化、无人化工厂。

关键词: 轮胎装配; 自动装配; 自动装配轮胎

0 引言

随着现代物流的发展, 公路运输发挥着无可替代的作用, 中重卡车作为公路运输的主体, 对其性能及质量有更高的要求, 汽车装配对汽车的性能及质量有重要影响。在我国, 中重卡行业装配自动程度相较于乘用车装配自动化程度偏低, 大多数依靠人工进行装配。中重卡轮胎由于质量大 (100 ~ 300kg)、外形尺寸大 (1120 ~ 1360mm)、拧紧螺母数量多 (8 ~ 15 个)、后桥需装配正反双胎的特点, 多数中重卡生产家在安装轮胎时采用人工装配——由人工先将轮胎送至中重卡轮胎安装处, 采用行车吊装的方式装配轮胎, 再由手工装配螺母并预拧, 最后再由人工操作拧紧轴进行终拧。中重卡轮胎人工装配, 导致人工劳动强度大、生产效率低、安全风险大等问题。本文重点阐述中重卡轮胎安装自动生产线的主要设备及装配工艺, 旨在指导生产线如何自动、高效、高质量安装中重卡轮胎。

1 轮胎自动装配生产线总体方案及布局

中重卡轮胎自动装配生产线集合了搬运 / 拧紧一体化机器人、机器视觉系统、PLC 控制系统、螺母自动送料系统、轮胎自动输送线等, 实现机器人自动搬运和装配轮胎、机器人自动抓取和安装螺母、机器人自动拧紧螺母等功能; 配合智能化控制系统能够实现中重卡轮胎自动装配混线生产。

中重卡轮胎自动装配生产线三维模型如图 1 所示。轮胎装配生产线由

轮胎装配机器人, 轮胎装配夹具及拧紧工装, 螺母自动送料、定位机构, 轮胎缓存、定位架, 轮胎自动输送线, 3D 视觉定位系统, 控制系统等组成。

2 轮胎自动装配工艺流程

本项目中重卡轮胎自动装配分为两个过程: 总装线流转时间和总装线装配时间。总装线流转时间: 轮胎自动装配生产线进行轮胎自动输送机及轮胎缓存、3D 视觉定位工序; 总装线装配时间: 轮胎自动装配生产线进行中重卡车桥视觉定位, 轮胎自动搬运、装配, 螺母自动装配、拧紧工艺。

中重卡轮胎自动装配工艺流程如图 2 所示。

(1) 轮胎放置在托盘上码垛成一摞, 每个托盘上码放 5 ~ 6 个轮胎, 两个托盘共放置一辆中重卡所需的装

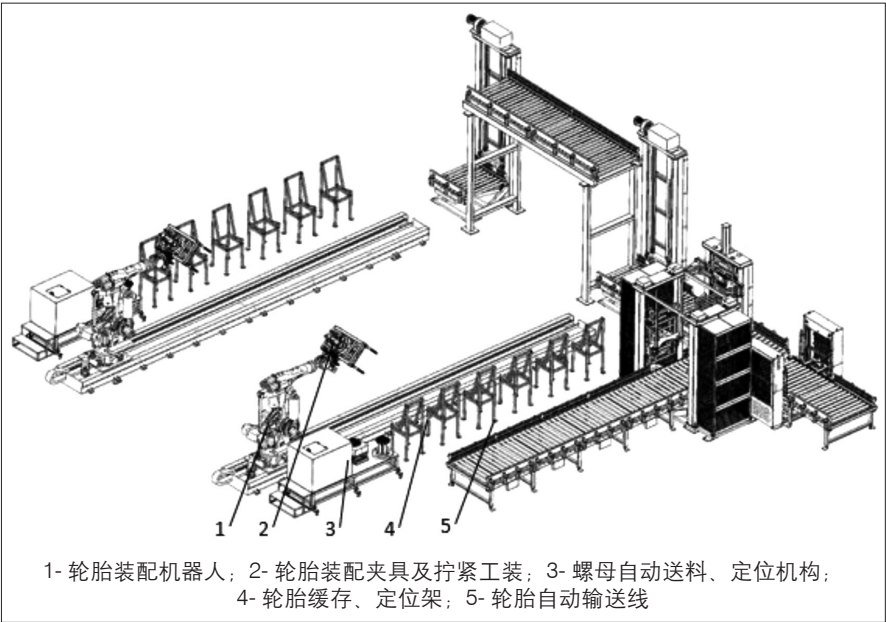


图 1 中重卡轮胎自动装配生产线三维模型

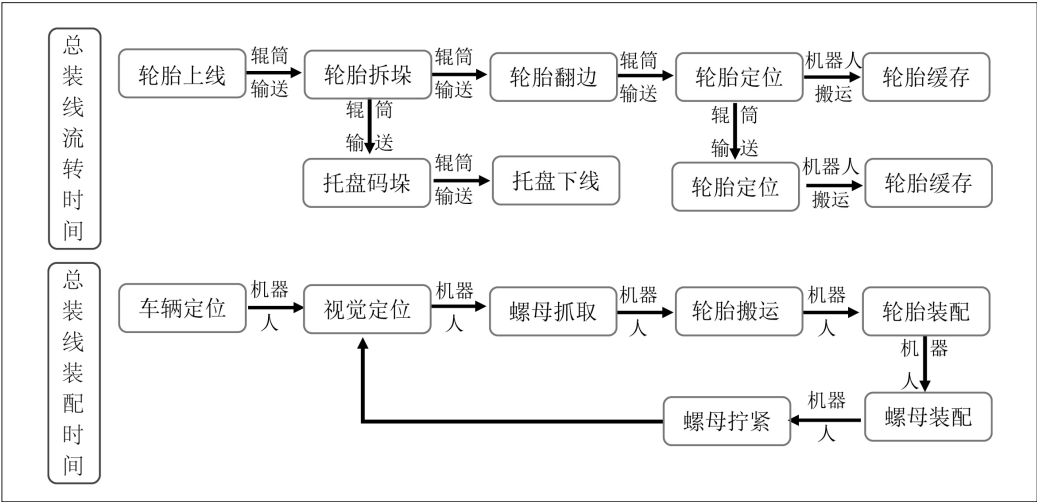


图 2 中重卡轮胎自动装配工艺流程

配轮胎，满托盘轮胎由叉车或 AGV 搬运至轮胎自动输送线上缓存、输送。

(2) 待接到主控信号后，满托盘轮胎输送至轮胎拆垛机构进行自动拆垛，由下往上进行拆垛；先将最底下托盘拆垛并输送至托盘码垛机构处码垛，再进行轮胎自动拆垛并将拆垛好的轮胎按照程序设定一个个往前输送，需要翻边的轮胎自动进行翻边后再往前进行输送。

(3) 待装配轮胎由一侧上线，车辆另一侧待装配轮胎通过两台升降机及空中输送线输送到位（空中输送线缓存轮胎），两侧升降机升降平台上安装有对中机构，轮胎进行对中定位后等待机器人抓取。

(4) 前一辆中重卡轮胎自动装配完成后，总装线开始流转；两侧机器人自动从升降机中抓取轮胎至两侧固定缓存架缓存，同时其他轮胎继续往升降机中输送并对中定位，机器人再次过来自动抓取，直至两侧固定缓存架摆放好下一辆汽车起重机的待装配轮胎。

(5) 两侧固定缓存架上摆放好轮胎后，机器人携带 3D 相机对固定缓存架上的轮胎自动拍照并记录位置，拍照完成后机器人携带拧紧机构从螺母自动送料定位机构上抓取螺母，然后自动运行到车桥拍照位置等待。

(6) 总装线流转将待装配车辆输送到位后停止，传感器自动识别车辆型号及停止位置并传输给主控；机器人开始进行轮胎自动装配。

(7) 轮胎装配前，机器人携带 3D 相机对车桥位置拍照定位，通过工控机自动计算，与固定缓存架上轮胎安装位置进行匹配，然后机器人通过轮胎装配夹具自动从固定缓存架上抓取轮胎进行装配，轮胎装配到位，拧紧机构自动伸出进行螺母自动拧紧，装配完成后机器人对下一个待装车桥拍照，再运行至螺母自动送料定位机构上自动抓取螺母，螺母抓取成功，机器人从固定缓存架上抓取轮胎进行下一个车桥轮胎自动装配及螺母拧紧。如此循环工作直至车辆轮胎全部自动装配完成。

3 轮胎自动装配主要设备及工艺介绍

3.1 轮胎装配机器人

轮胎自动装配采用六轴机器人（图 3），车辆每侧布置一台；六轴机器人选用大负载机器人，额定负载 $\geq 500\text{kg}$ ，可达半径 $\geq 2500\text{mm}$ ；且机器人配置水平行走地轨，增加机器人可达性，使机器人能运动至中重卡前后桥位置，并适应不同轴距车辆

的轮胎自动装配及螺母拧紧。3D 相机、轮胎装配夹具拧紧工装集成在机器人第六轴上。

3.2 轮胎装配及拧紧工装

轮胎装配及拧紧工装用于机器人自动搬运、装配轮胎，自动抓取、装配及拧紧螺母，安装在机器人第六轴

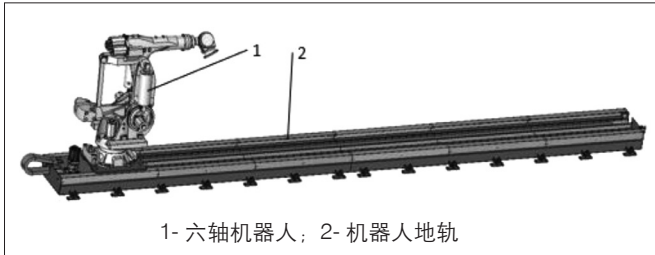


图 3 轮胎自动装配六轴机器人

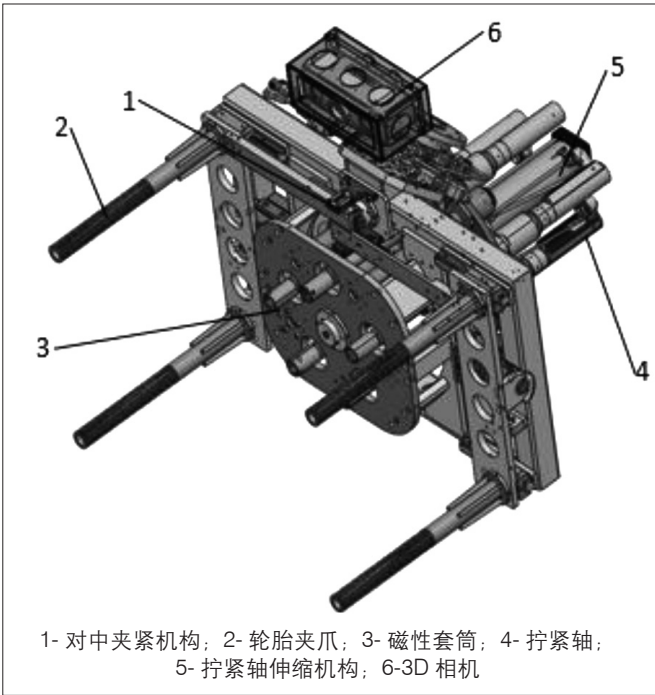


图 4 轮胎装配及拧紧工装

上,由五轴拧紧机及轮胎装配夹具两部分组成为一体式结构。

轮胎装配夹具采用对中夹紧方式抓取轮胎,以保证每次抓取轮胎时轮胎自定心。抓取轮胎直径范围 1050 ~ 1250mm,轮胎质量 $\leq 240\text{kg}$,轮胎厚度范围 260 ~ 400mm。

五轴拧紧机由拧紧轴、延长杆、磁吸套筒、气动伸缩装置组成,采用伺服电机驱动,具有定扭、定速功能,并实时监控拧紧转速及转矩。磁吸套筒用于自动抓取螺母;气动伸缩装置一是用于轮胎装配时拧紧轴避让车桥,二是深入后桥轮胎内部进行螺母装配及拧紧。五轴拧紧机一次共抓取并拧紧五个螺母,轮胎螺母分两次进行装配及拧紧:一次与轮胎装配同时进行(后桥为装配外侧轮胎时),另一次在轮胎装配完成后进行。

3.3 螺母自动送料定位机构

螺母送料机构(图 5)用于将螺母按照规则定向有序排列并定位,由料仓、振动盘、分料定位盘、漏料检测等组成。

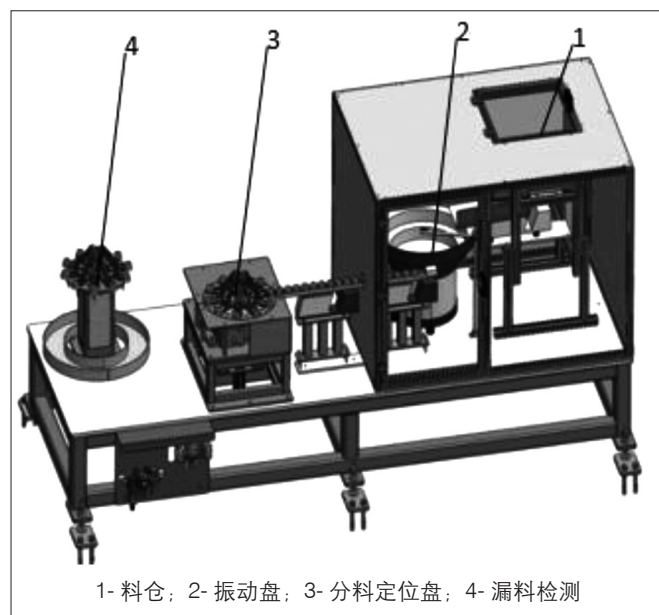


图 5 螺母自动送料定位机构

(1) 料仓:一次可缓存 1000 个螺母,满足半天产量需求,带缺料报警,并自动给振动盘投料,采用耐磨材料制作。

(2) 振动盘:将螺母按照规则定向输出,输出螺母速度为 40 个/min,由数显调频控制器、电磁底座、耐磨盘体等组成;带有缺料报警光电传感器;振动盘可一次投料 120 ~ 160 个螺母。

(3) 分料定位盘:将螺母在一个固定值圆上(车桥上螺母安装分度圆尺寸)均布并定位,一次定位 10 个螺母;带光电检测,以确保螺母定位到位;设置有螺母防转机构,以便机器人自动抓取螺母。

(4) 漏料检测:用于检测机器人自动抓取螺母时是否有漏抓,如有漏抓将螺母自动卸下并收集,机器人再从分料定位盘抓取螺母。

3.4 轮胎缓存/定位架

轮胎缓存/定位架(图 6)用于暂存产线流水时间机器人抓取过来的轮胎,轮胎采用立放稍倾斜状态摆放,可以自定心定位。车辆每侧摆放 6 个缓存架呈一列布置,满足车辆一侧轮胎装配数量需求,并便于机器人就近抓取轮胎。轮胎缓存到位后,机器人携带 3D 相机对轮胎进行视觉定位,并识别后桥装配轮胎气嘴位置,然后由机器人抓取轮胎,将轮胎气嘴旋转至合适角度再进行缓存。



图 6 轮胎缓存/定位架

3.5 轮胎自动输送线

轮胎输送线用于轮胎缓存、输送、定位,由轮胎上线缓存输送线、轮胎拆垛机构、轮胎翻边机构、升降机构、空中输送线、托盘码垛机构等组成(图 7)。

轮胎上线前码放在托盘上,采用平放,朝向一致,每个托盘放置 5 个或 6 个轮胎(车辆单侧轮胎数量)码成一摞,并在托盘上安装 RFID 磁条,轮胎码垛完成后并写入轮胎规格型号;轮胎由叉车或 AGV 在输送线上线处上线,在上线处有 RFID 扫码头识别轮胎型号。

整摞轮胎输送至拆垛机构,先将轮胎托盘与轮胎脱离并输送至托盘码垛机构进行码垛,再由拆垛机构将轮胎拆垛并依次往前输送;后桥反面轮胎由翻边机构进行翻边,输送至两侧升降机上对中定位后,等待机器人进行自动抓取。

3.5.1 轮胎拆垛机构

轮胎拆垛机构(图 8)用于将码放成一摞的轮胎自动

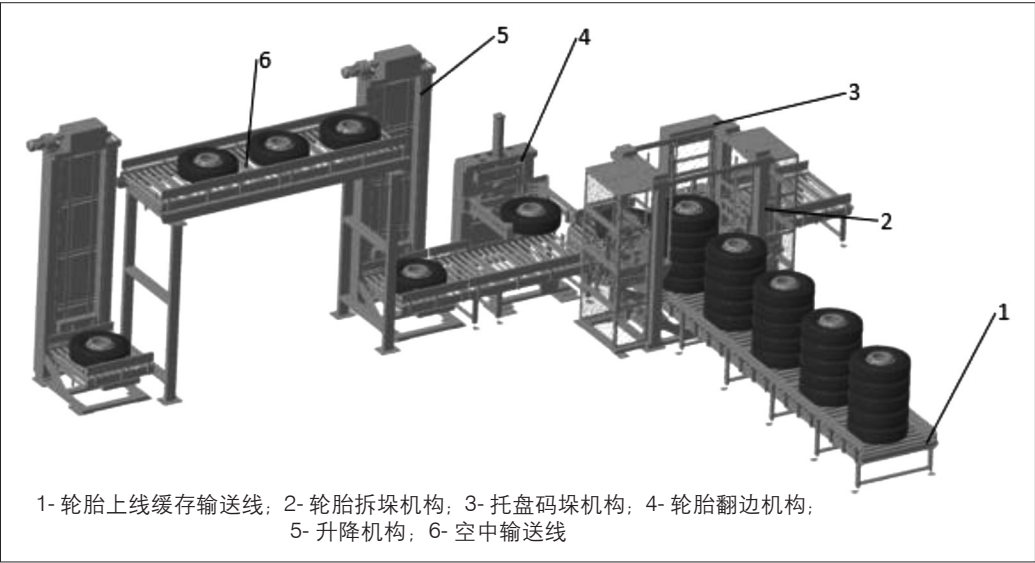


图 7 轮胎自动输送线

拆垛成单个轮胎向前输送，先将轮胎托盘拆垛并输送至托盘码垛机构，再将轮胎从下往上单个拆垛并往前输送；轮胎拆垛机构由对中夹紧机构、举升机构、辊筒线等组成。

自动拆垛工艺流程：检测轮胎输送到位，对中夹紧机构夹紧最下层轮胎，举升机构举升，轮胎与托盘脱离接触，轮胎托盘往前输送至托盘码垛机构，举升机下降，将轮胎放置到辊筒上，夹紧机构松开轮胎；举升机构上升至第二层轮胎高度（从下往上），对中机构夹紧第二层轮胎，举升机构再次举升，与第一层轮胎脱离接触，第一层轮胎往前输送至翻边机构，举升机下降，将轮胎放置到辊筒上，夹紧机构松开轮胎，如此循环工作，直至轮胎拆垛完成。

轮胎自动拆垛节拍：20s/ 个。

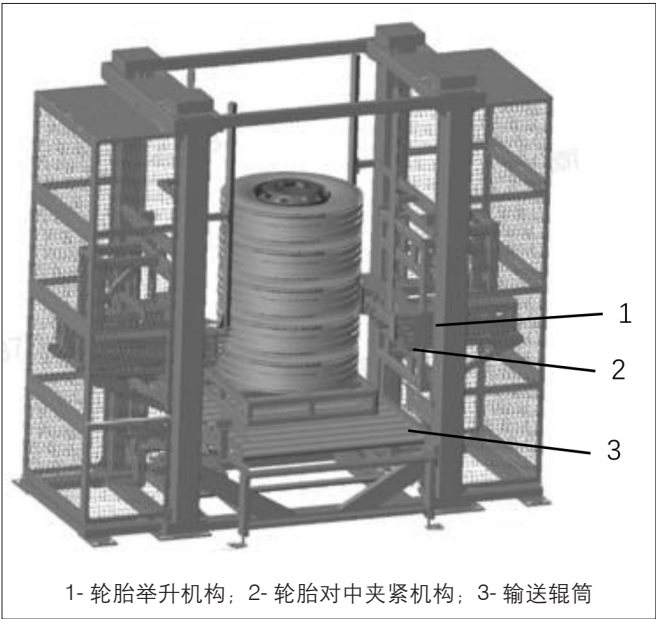


图 8 轮胎拆垛机构

3.5.2 轮胎翻边机构

轮胎翻边机构（图 9）用于后桥外侧轮胎的自动翻边，翻转 180°，由轮胎夹紧机构、气动升降机构、翻转机构、输送辊筒等组成。

轮胎翻边工艺流程：检测轮胎输送到位，升降机构将轮胎夹紧机构下降到位，夹紧机构夹紧气缸，升降机构上升到位，回转机构将轮胎翻转 180°，升降机构下降到位，夹紧机构松开轮胎，轮胎翻边完成，继续向前输送。

轮胎翻边节拍：20s/ 个。

3.5.3 托盘码垛机构

托盘码垛机构（图 10）用于将轮胎托盘自动码垛并缓存下线，由举升机构、伸缩卡爪、输送辊筒等组成。

托盘码垛工艺流程：托盘输送到位前，伸缩卡爪伸进底层托盘横梁下，举升机构将托盘举升，后续托盘输送到位，举升机构下降，将托盘码垛到一起，伸缩卡爪缩回，举升机构再次下降，伸缩卡爪伸入底层托盘，举升机构再次全部托盘整体举升；托盘码垛 8 层，将自动输送至缓存位置等待叉车下线。

3.5.4 升降机

升降机（图 11）用于轮胎升降并与空中输送线对接，将轮胎输送至车辆另一侧；升降机由升降系统、输送辊

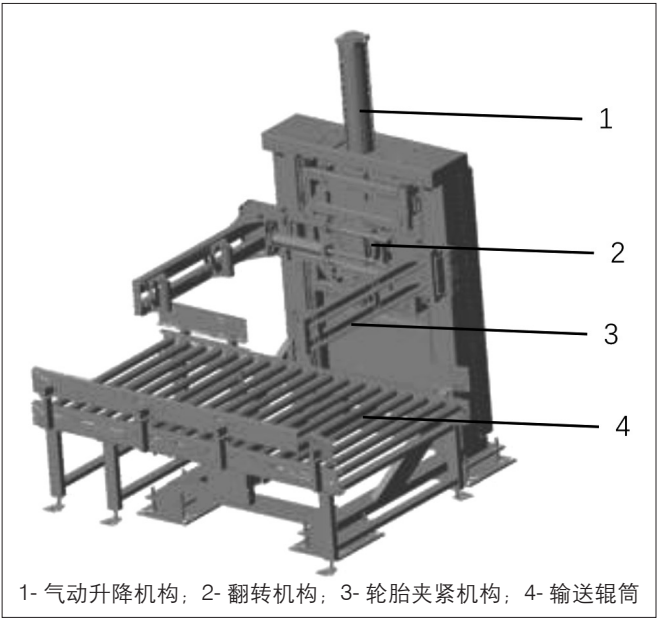


图 9 轮胎翻边机构

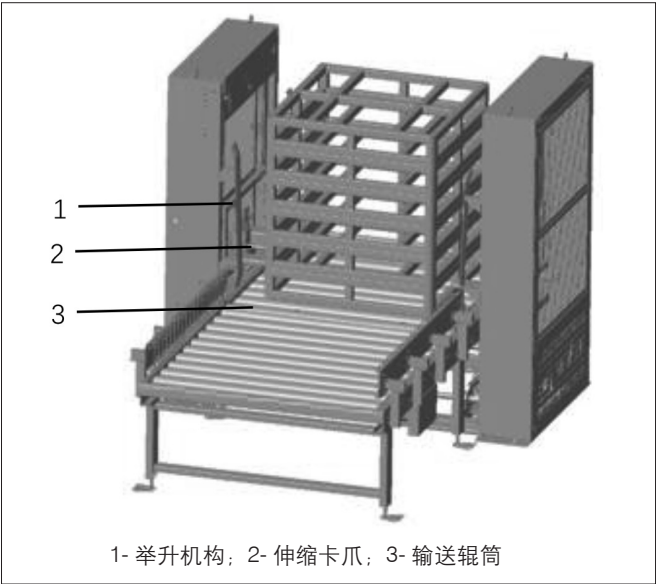


图 10 托盘码垛机构

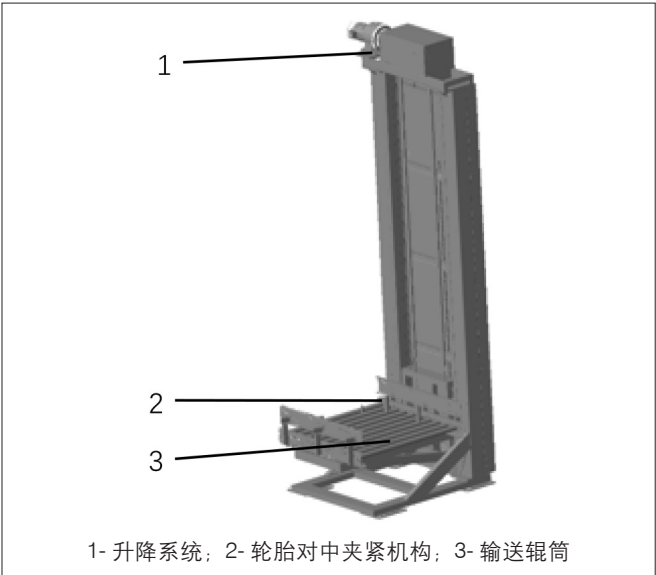


图 11 升降机

筒、轮胎对中央夹紧机构等组成。

轮胎跨线输送工艺流程：轮胎输送到位进行对中央夹紧，同侧轮胎由机器人自动抓取至固定缓存架缓存，另一侧轮胎先由升降机将轮胎提升与空中输送线对接，通过空中输送线传输至另一侧升降机，另一侧升降机将轮胎下降至固定位置，对中央夹紧后由另一侧机器人自动抓取至另一侧固定缓存架。

3.6 轮胎自动装配节拍

经过实际自动装配测试，三轴中重卡轮胎自动装配节拍≤ 7min/ 台，两侧机器人同时进行自动装配，具体步骤节拍如表所示。

4 结语

本文系统地阐述了中重卡轮胎自动装配工艺及相关设

表 轮胎自动装配各工艺步骤节拍

序号	工艺步骤	节拍 /s
1	机器人根据待装配车辆停止位置调整车桥拍照位置	20
2	前桥第一次拍照定位	5
3	前桥轮胎抓取搬运	10
4	前桥轮胎自动装配及第一螺母装配、拧紧	30
5	后桥 1 第一次拍照定位	5
6	后桥 1 内侧轮胎抓取搬运	10
7	后桥 1 内侧轮胎自动装配	20
8	后桥 1 第二次拍照定位	5
9	螺母自动抓取	15
10	后桥 1 外侧轮胎抓取搬运	10
11	后桥 1 外侧轮胎自动装配及第一螺母装配、拧紧	30
12	后桥 2 第一次拍照定位	5
13	后桥 2 内侧轮胎抓取搬运	10
14	后桥 2 内侧轮胎自动装配	20
15	后桥 2 第二次拍照定位	5
16	螺母自动抓取	15
17	后桥 2 外侧轮胎抓取搬运	10
18	后桥 2 外侧轮胎自动装配及第一螺母装配、拧紧	30
19	后桥 2 第三次拍照定位	10
20	螺母自动抓取	15
21	后桥 2 第二次螺母装配、拧紧	20
22	后桥 1 第三次拍照定位	10
23	螺母自动抓取	15
24	后桥 1 第二次螺母装配、拧紧	20
25	前桥第二次拍照定位	10
26	螺母自动抓取	15
27	前桥第二次螺母装配、拧紧	20
小计		390

备。中重卡轮胎自动装配生产线解决了卡车总装生产线轮胎安装过程中人工搬运轮胎、人工拧紧螺母、人工安装造成的工人劳动强度大、生产效率较低、损伤轮毂、轮胎及螺母，造成轮胎安全系数降低等问题。轮胎自动装配生产线能够自动完整地完卡车轮胎装配全过程，节约大量的人力、物力。随着智能化工厂的普及以及汽车物流需求量的增加，中重卡的装配车间将会越来越智能化、自动化，轮胎自动装配问题将成为今后的研究热点。

参考文献：

[1] 张志豪，蒋东霖．轮胎自动装配机械手结构设计 [J]．长春师范大学学报（自然科学版），2021，40（1）：187-191．

[2] 沈伟，杨怀高，陈俊．汽车轮胎装配线工艺及设备研究 [J]．装备制造技术，2015（9）：64-66．

作者简介：谭德（1988.11-），男，汉族，湖南湘乡人，本科，工程师，研究方向：自动化装备设计。