



(12) 实用新型专利

(10) 授权公告号 CN 203503226 U

(45) 授权公告日 2014. 03. 26

(21) 申请号 201320228670. X

(22) 申请日 2013. 04. 28

(73) 专利权人 苏州博实机器人技术有限公司

地址 215121 江苏省苏州市苏州工业园区金  
鸡湖大道 99 号纳米城西北区 09 栋

(72) 发明人 王振华 杨清义 王晓强

(74) 专利代理机构 北京科亿知识产权代理事务  
所（普通合伙） 11350

代理人 汤东凤

(51) Int. Cl.

G09B 25/02 (2006. 01)

(ESM) 同样的发明创造已同日申请发明专利

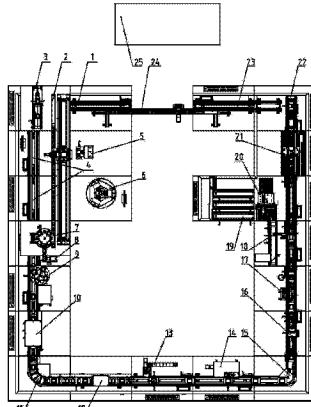
权利要求书4页 说明书10页 附图17页

(54) 实用新型名称

一种机光电气液一体化柔性生产综合实训系  
统

(57) 摘要

一种机光电气液一体化柔性生产综合实训系  
统，包含输送线运输单元，轨道式六自由度上下料  
串联机器人单元，气动上料单元，液压单元，六自  
由度并联加工单元，图像检测搬运单元，落料单  
元，喷涂烘干单元，图像处理单元，加盖装配单元，  
穿销装配单元，检测单元，条形码识别单元，分拣  
单元，提升仓储单元，堆垛解垛单元，行车机械手  
单元，总控单元。上述各单元具备单机 / 联机功  
能，在单机模式下，各单元铝合金桌面可脱离系统  
独立运行，可以通过本单元的控制系统控制该单  
元工作；联机模式下，该单元作为网络中的一个  
节点，受主站调度；四个嵌入式控制单元系统均  
配置图形化界面显示，其余各单元采用 plc 控制。



1. 一种机光电气液一体化柔性生产综合实训系统,包含:输送线运输单元(1),轨道式六自由度上下料串联机器人单元(2),气动上料单元(3),液压加工单元(5),六自由度并联加工单元(6),图像检测搬运单元(7),落料单元(9),喷涂烘干单元(10),图像处理单元(12),加盖装配单元(13),穿销装配单元(14),检测单元(16),条形码识别单元(17),分拣单元(18),提升仓储单元(19),堆垛解垛单元(21),行车机械手单元(24),总控单元(25),其特征是:其中轨道式六自由度上下料串联机器人单元(2)、六自由度并联加工单元(6)、图像检测搬运单元(7)、图像处理单元(12)为嵌入式单元控制系统,上述各单元具备单机/联机功能,在单机模式下,各单元可系统独立运行,通过本单元的控制系统控制该单元工作;联机模式下,该单元作为网络中的一个节点,受主站调度;除四个嵌入式控制单元外其余各单元采用plc控制,

所述的输送线运输单元(1)包括皮带输送机(4)、滚筒转角输送机(11)、圆带转角输送机(15)、气动转角圆带机(22),分布于各个桌面,输入输出至各个工作工位;

所述的轨道式六自由度上下料串联机器人单元(2)采用同步带与导轨配合形式,六自由度串联机器人通过连接板固定于导轨滑块上,根据光电传感器定位实现各工位的移动定位,单元采用基于PC104总线嵌入式运动控制器控制,本单元横跨4个桌面,工位包括下述的气动上料单元(3)输出工位、液压加工单元(5)工作工位、六自由度并联加工单元(6)工作工位以及图像检测搬运单元(7)中四工位转盘其中一个工位;

所述的气动上料单元(3)由底座、井式上料机构、推料机构、皮带传输机构、导料装置、电控阀、安装支架组成,推料机构位于井式上料机构一侧,皮带传输机构安装于推料机构对侧,并且在传输机构上安装由导料装置;

所述的液压加工单元(5)由液压直动缸、夹紧定位机构、定时器及机械调整杆机构、C型钢结构组成,机械调整杆机构为滚珠丝杠与导轨组合,夹紧定位机构采用气动夹紧与传感器反馈结合;

所述的六自由度并联加工单元(6)由并联机器人加工中心、夹紧气缸、光电传感器、控制继电器模组、安装支架组成,并联机器人加工中心为模块化结构,各轴步进电机驱动、滚珠丝杠与直线导轨配合结构,虎克铰连接至末端输出平台,输出平台上安装由电主轴,装夹气缸通过传感器反馈实现其自动化装夹定位;

所述的图像检测搬运单元(7)包括四工位转盘、位移传感器组件、CCD图像采集组件、机械手搬运组件和下层皮带输送线,位移传感器组件及CCD图像采集组件位于四工位转盘上方,整个四工位转盘安装于皮带输送线上方的铝合金桌面上,而机械手搬运组件位于皮带输送线侧;所述搬运机械手采用气电混合控制,Z轴为步进电机驱动,滚珠丝杠与导轨配合结构,滑块上固定旋转气缸绕Z进行180°旋转,旋转气缸输出端固定有薄型导杆气缸完成手爪的X轴进给,工作装置末端安装有气动手爪实现搬运动作;

所述的落料单元(9)通过槽轮机构及各类机械传动,实现间歇运动,落料平台为层式结构,推料转盘相对于落料平台转动,转至落料口处实现工件从上道工序落料至皮带线上托盘工位;

所述的喷涂烘干单元(10)由喷涂室、加热装置、温度传感器、模拟喷头、冷却风扇、交流调压模块、智能温度显示仪、触摸屏、加热指示器、光电传感器、电感传感器、阻挡气缸、直流减速电机组成,实现对工件先喷涂后加热烘干固化及冷却过程,通过各传感器反馈实时控

制各工序流程；

所述的图像处理单元(12)由光源、镜头、CCD 照相机、图像处理控制器、操作键盘、显示器组成，通过视觉传感器完成对工件的图像的摄入并与标准模板比较后输出检测结果，输入至后续单元；

所述的加盖装配单元(13)包含出料组件及真空吸附机械手装配两个组件，其中出料组件通过工件放置于滑道式工件架上，当底部工件被机械手抓取离开后，在重力作用下工件实现其自动填充，真空吸附机械手采用直流电机带动蜗轮蜗杆减速器输出经过同步带控制摇臂旋转，末端旋转输出端固定有伸缩气缸及真空吸盘，并保证伸缩气缸始终保持垂直向下，实现两个工位之间的搬运装配动作；

所述的穿销装配单元(14)由直流减速电机带动不完全齿轮传动机构使得槽型下料机构间歇旋转，料斗中销轴在重力作用下自动填充至槽型下料机构落料花盘沟槽处，并旋转到达下一工位，通过气缸推出完成穿销动作；

所述的检测单元(16)由触摸屏、挡料气缸、检测气缸、光电传感器、光纤传感器、色标传感器、电感传感器、电控阀、安装支架组成，通过各传感器反馈信息至总控进入后续单元；

所述的条形码识别单元(17)通过对装配体贴标并条码识别进行入库信息前处理；

所述的分拣单元(18)由二维机械手及运输皮带机，废料回收装置组成，根据检测单元(16)检测结果判定实现对两工位处的搬运、废品分拣；

所述的提升仓储单元(19)由立体库架及出入库机械手组成；

所述的堆垛解垛单元(21)由堆垛解垛机械手及托盘暂存库组成，其中堆垛解垛机械手两个自由度，均为平移副，同时在同步带输送机上安装有托盘临时存储库，安装于机械手下方，在本单元控制下，使得机械手完成对托盘的抓取和放置动作，

所述的行车机械手(24)，行车机械手为龙门桥式结构，将输送线上一输出工位上托盘搬运至输送线上一输入工位，与输送线构成结构闭环，行车机械手有两个自由度，均为平移副，末端安装由气动手爪，实现对托盘的抓取和放置。

2. 根据权利要求 1 所述的机光电气液一体化柔性生产综合实训系统，其特征是：控制系统主站采用西门子 S7-300，从站采用 S7-200 系列 PLC，嵌入式单元采用 X86 系列嵌入式系统，主站与从站之间使用 ProfiBus-DP 总线进行通讯，同时系统还配有以太网通信模块和触摸屏。

3. 根据权利要求 1 所述的机光电气液一体化柔性生产综合实训系统，其特征是：

所述的输送线运输单元(1)包括皮带输送机(4)、滚筒转角输送机(11)、圆带转角输送机(15)、气动转角圆带机(22)；

所述的滚筒转角输送机(11)采用大锥齿轮啮合多个小锥齿轮结构，滚筒输送机还包括链传动结构；由与输送面垂直且设置于转角内侧的直流电机(2-3)带动大锥齿轮(2-1)转动，进而带动与大锥齿轮啮合的多个小锥齿轮(2-2)转动，小锥齿轮(2-2)转动带动输送线上转角处的传动辊转动，实现转角处的传动，该转角处传动两端连接链传动结构，链传动结构由链条传动(2-4)带动各传动辊转动，同时在链传动结构输送面两侧设置有限位装置(2-5)，于链传动结构机架上设置有光电传感器(2-6)，用于检测输送面是否有工件；

所述的气动转角圆带机(22)，由旋转气缸(2-8)带动型材支架(2-7)呈(90)度往复水平转动，型材支架(2-7)上设置有直流减速电机(2-3)，通过同步带传动(2-10)带动输送面

上的圆带传动(2-9)运动,在铝型材支架(2-7)上设置有光电传感器(2-6)用于判断输送面上是否有工件;

所述的圆带转角输送机(15),由圆带轮(2-11)带动圆带(2-12)运动完成输送运动,输送入口设置有限位装置(2-5),支架上设置有涨紧装置(2-14)用来涨紧圆带(2-12),拐角处设置有圆带传动轮(2-13),圆带传动轮(2-13)圆周与外侧圆带圆角重合,用于完成工件在输送面的转角;

所述的皮带输送机(4),由铝型材支架(2-7)上设置的直流减速电机(2-3)通过同步带传动(2-15)带动同步带(2-17)实现输送面上工件输送,皮带输送机上设置有光电传感器(2-6)、限位装置(2-5)、电感式接近传感器(2-16);

所述的轨道式六自由度上下料串联机器人单元(2)设置在气动上料单元(3)、输送线运输单元(1)、图像检测搬运单元(7)组成的铝合金台面上,六自由度串联机器人(4-1)在同步带与导轨组成的轨道(4-2)上运动,轨道式六自由度上下料串联机器人单元(2)另一侧设置有液压加工单元(5)、六自由度并联加工单元(6);

所述的气动上料单元(3)由铝型材支架上设置底座(3-7)与皮带输送机(3-4)衔接,底座(3-7)上设置有井式上料机构(3-1),井式上料机构的下端底座上设置有对射传感器(3-6)、通过推料气缸(3-2)及其推动的推块(3-3),推块可以将井式上料机构中供应的工件推送至皮带输送机上,皮带输送机上设置有导料装置(3-5)与对射传感器(3-6);

所述的落料单元(9)由槽轮机构(5-1)、锥齿轮传动机构(5-5)、同步带轮传动、推料转盘(5-3)、落料平台(5-2)、光电传感器(5-4)、光纤传感器(5-8)、直流减速电机(5-6)、槽式光电开关(5-7)、安装支架组成;通过槽轮机构及各类机械传动,实现间歇运动,通过直流减速电机(5-6)带动槽轮机构(5-1)实现间歇式运动,再将间歇式运动通过锥齿轮传动机构(5-5)传导至落料平台(5-2)的推料转盘,落料平台为层式结构,推料转盘相对于落料平台转动,转至落料口处实现工件从上道工序落料至皮带线上托盘工位;

所述的加盖装配单元(13)由滑道式工件架(6-1)、蜗轮蜗杆减速器(6-5)、旋转臂(6-10)、同步轮带(6-4)、直流减速电机(6-6)、挡料气缸、伸缩气缸(6-3)、真空吸盘(6-2)、光电传感器(6-9)、电容传感器(6-7)、电感传感器、机械限位开关、电控阀(6-8)、安装支架构成出料组件及真空吸附机械手装配两个组件;

所述的穿销装配单元(14)由料斗(7-4)、槽型下料机构、不完全齿轮传动机构(7-2)、直流减速电机(7-1)、挡料气缸(7-6)、落料气缸(7-5)、顶销气缸(7-8)、光电传感器(7-14)、光纤传感器(7-13)、电感式传感器(7-9)、电控阀(7-10)、安装支架(7-7)组成;

所述的条形码识别单元(17)由挡料气缸、电感传感器、光电传感器(9-4)、贴标机(9-3)及条码识别系统组成,通过对装配体贴标并条码识别进行入库信息前处理;贴标机(9-4)通过贴标机支架(9-1)安装在机架上,条形码识别系统的扫描仪安装在扫描仪固定台(9-2)上,工件通过皮带输送机(9-5)传输;

分拣单元(18),由分拣单元中二维机械手(10-2)气动手爪将工件与托盘分离,并将工件搬运至本单元皮带输送机(10-1)输送工位,经传感器(10-4)判定工件在位,皮带机运转,经气动阻挡导向装置(10-6),将工件运输并准确滑入废品回收装置(10-5);分拣单元配置触摸屏(10-7)操作控制;

所述提升仓储单元(19)的立体库架,为四层三排,每层安装有一皮带输送机(11-8),

皮带输送机(11-8)由直流减速电机(11-2)通过同步带(11-3)带动运转,根据漫反射传感器(11-1)判定工件是否在位,调整漫反射传感器适量可根据实际情况调整每层仓储位数量;

所述提升仓储单元(19)的出入库机械手有四自由度,第一个为平移副,采用滚珠丝杠(11-14)与导轨(11-13)配合结构,通过伺服电机(11-16)带动滚珠丝杠(11-14)实现其往复运动,滚珠丝杆两端机架上设置有槽式光电开关(11-15)控制两端极限位置,在各排工位之间移动,Y向;第二个为自由度为平移副,采用链传动(11-5)与导轨配合结构,附配重装置,由步进电机(11-9)通过减速机(11-10)控制其运动,各层工位之间移动,机架上设置有槽式光电开关(11-17)控制两端极限位置,Z向;第三个自由度为平移副,滚珠丝杠与导轨配合结构或者由直线无杆气缸(11-6)实现,出入库转接平移,X向;第四个自由度为旋转副,旋转气缸(11-11)与气动手爪(11-12),绕Z轴旋转,实现末端工作位姿变换及装夹;

所述的堆垛解垛单元(21)由堆垛解垛机械手及托盘暂存库组成,其中堆垛解垛机械手两个自由度,均为平移副,第一个自由度采用同步带(12-7)与导轨(12-4)配合结构,沿皮带输送机方向;第二个自由度采用滚珠丝杠(12-2)与导轨配合结构,整体设于立柱支撑(12-3)上,通过步进电机(12-1)控制滚珠丝杠,沿垂直于水平面Z向,气动手爪(12-9)安装于二轴末端,铝合金基座使得机械手安装于同步带输送机上;同时在此同步带输送机上安装有托盘临时存储库,安装于机械手下方;在本单元控制下,使得机械手完成对托盘的抓取和放置动作;

所述的行车机械手(24),行车机械手为龙门桥式结构,将输送线上一输出工位上托盘搬运至输送线上一输入工位,与输送线构成结构闭环;行车机械手有两个自由度,均为平移副,第一个自由度为同步带(13-5)与导轨(13-4)配合结构,两工位直线上移动;第二个自由度为导杆气缸(13-3),末端安装由气动手爪(13-2),实现对托盘的抓取和放置,机架为龙门式铝合金支架(13-1)。

## 一种机光电气液一体化柔性生产综合实训系统

### 技术领域

[0001] 本实用新型涉及教学领域,具体是柔性生产的模拟训练系统。

### 背景技术

[0002] 柔性制造系统是由统一的信息控制系统、物料储运系统和一组数字控制加工设备组成,能适应加工对象变换的自动化机械制造系统,英文缩写为 FMS;FMS 技术是数控加工技术发展的必然结构,体现了一个国家的装备制造技术水平,其将以往企业中相互独立的工程设计、生产制造及经营管理等过程,在计算机及其软件的支撑下,构成一个覆盖整个企业的完整而有机的系统,以实现全局动态最优化,总体高效益、高柔性,并进而赢得竞争全面的智能制造系统。

[0003] 随着社会对产品多样化、低制造成本及短制造周期等需求日趋迫切,FMS 发展颇为迅速,然而,我国起步较晚,在柔性制造系统上相对落后,随着国内工业化程度的不断推进,以及产业化转型,对于自动化设备的需求,以及技术人才的需求不断增大,对于自动化系统的人才储备,对于自动化系统的教学普及显得尤为重要。

### 实用新型内容

[0004] 本实用新型目的是要提供一种机光电气液一体化柔性生产综合实训系统,以机器人技术为核心,实现生产加工检测输送等过程无人化控制,运用多元化的各类机械结构,结合模块化理念,达到为学生提供一个开放性的,创新性的和可参与性的实验平台,及教学的目的。

[0005] 本实用新型所采取如下技术方案解决上述问题:

[0006] 一种机光电气液一体化柔性生产综合实训系统,包括输送线运输单元,轨道式六自由度上下料串联机器人单元,气动上料单元,液压加工单元,六自由度并联加工单元,图像检测搬运单元,落料单元,喷涂烘干单元,图像处理单元,加盖装配单元,穿销装配单元,检测单元,条形码识别单元,分拣单元,提升仓储单元,堆垛解垛单元,行车机械手单元,总控单元。本系统以模块化理念,桌面式闭环结构,采用多元化的输送线通过各传感器反馈及定位装置等在总控调度下,根据工作节拍,实现在各工作工位的停止与运行,配合各类型机械手,在传感器技术,视觉技术信息流反馈下实现对工件或托盘的分拣,装配,加工,搬运,入库等动作。

[0007] 在控制方面,本系统通过 PROFIBUS-DP 现场总线将所有单元 PLC 控制系统、嵌入式控制系统进行高度、高效集成,各单元采用双系统工作模式:手动模式 / 联机模式。在手动模式下,可以独立控制单元运动。联机模式下,该中心作为现场总线上的一个节点,受主站调度。

[0008] 与现有技术相比,本实用新型教学系统的有益效果是:本系统采用多元化结构技术,机光电气液为一体,以模块化理念桌面构型为平台,机器人技术为核心,构建一柔性生产综合实训系统。

[0009] 以输送线为例,详见附图2,本系统包含了皮带输送机、滚筒转角输送机、圆带转角输送机、气动转角圆带机、同步带输送机等常用输送机。

[0010] 以机械传动为例,本系统糅合了链传动,同步带,齿轮又包括圆柱齿轮,锥齿轮,不完全齿轮,槽轮机构、滚珠丝杠等各类常用传动方式。

[0011] 以机器人为例,本系统包含了工业常用的串联机器人、并联机器人、以及根据生产线而具备特殊功能的多自由度机械手,或机械或气动或机械气动结合形式。

[0012] 以电机及减速器为例,本系统包含了伺服、步进、直流等各类常用电机,蜗轮蜗杆减速器,齿轮减速器,谐波减速器等。

[0013] 除上述以外,还包括运用各类传感器装置,多学科技术应用等。

[0014] 通过该系统,使学生可通过实验了解自动化生产控制教学实训系统的基本组成和基本原理,为学生提供一个开放性的,创新性的和可参与性的实验平台,让学生全面掌握机电一体化技术与物流技术的应用开发和集成技术,帮助学生 从系统整体角度去认识系统各组成部分,从而掌握机电控制系统的组成、功能及控制原理。可以促进学生在机械设计、电气自动化、自动控制、机器人技术、计算机技术、传感器技术、数控技术、物流管理等方面的学习,并对电机驱动及控制技术、PLC 控制系统的设计与应用、计算机网络通信技术和现场总线技术、高级语言编程等技能得到实际的训练,激发学生的学习兴趣,使学生在机光电气液一体化系统的设计、装配、调试能力等方面均能得到综合提高。

## 附图说明

- [0015] 图 1 是本实用新型系统总体结构布置图 ;
- [0016] 图 2a-1 是皮带输送机示意图 ;
- [0017] 图 2a-2 是图 2a-1 中 A-A 剖视图 ;
- [0018] 图 2b-1 是气动转角圆带机正面示意图 ;
- [0019] 图 2b-2 是气动转角圆带机俯视图 ;
- [0020] 图 2c 是圆角转角输送机示意图 ;
- [0021] 图 2d-1 是皮带输送机正面图 ;
- [0022] 图 2d-2 是皮带输送机俯视图 ;
- [0023] 图 3a 是气动上料单元结构主视图 ;
- [0024] 图 3b 是气动上料单元结构俯视图 ;
- [0025] 图 4 是轨道式六自由度上下料串联机器人单元及其覆盖单元工位布局图 ;
- [0026] 图 5a 为落料单元结构主视图 ;
- [0027] 图 5b 为落料单元结构俯视图 ;
- [0028] 图 6a 为加盖单元结构主视图 ;
- [0029] 图 6b 为加盖单元结构侧视图 ;
- [0030] 图 7a 为穿销单元结构主视图 ;
- [0031] 图 7b 为穿销单元结构俯视图 ;
- [0032] 图 8 为检测单元结构示意图 ;
- [0033] 图 9 为条形码识别单元结构示意图 ;
- [0034] 图 10 为分拣单元结构示意图 ;

- [0035] 图 11a-1 为提升仓储单元结构中库架示意图；
- [0036] 图 11a-2 为提升仓储单元结构中机械手示意图；
- [0037] 图 11b-1 为提升仓储单元结构库架示意图；
- [0038] 图 11b-2 为提升仓储单元结构机械手示意图；
- [0039] 图 12 为堆垛解垛单元结构示意图；
- [0040] 图 13 为行车机械手单元结构示意图；
- [0041] 1—输送线运输单元,2—轨道式六自由度上下料串联机器人单元,3—气动上料单元,4—皮带输送机,5—液压加工单元,6—六自由度并联加工单元,7—图像检测搬运单元,8—检测搬运单元搬运机械手,9—落料单元,10—喷涂烘干单元,11—滚筒转角输送机,12—图像处理单元,13—加盖装配单元,14—穿销装配单元,15—圆带转角输送机,16—检测单元,17—条形码识别单元,18—分拣单元,19—提升仓储单元,20—出入库搬运机械手,21—堆垛解垛单元,22—直角转向转角圆带输送机,23—同步带输送机,24—行车机械手,25—总控单元

### 具体实施方式

- [0042] 下面结合附图,对实用新型的具体实施方式作进一步详述：
- [0043] 所述的输送线运输单元 1 包括皮带输送机 4、滚筒转角输送机 11、圆带转角输送机 15、气动转角圆带机 22 的部分或全部,分布于各个桌面,输入输出至各个工作工位;与行车机械手 24 构成工作输送闭环,滚筒转角输送机 11 采用大锥齿轮啮合多个小锥齿轮结构,滚筒输送机还包括链传动结构。
- [0044] 滚筒转角输送机 11 由与输送面垂直且设置的于转角内侧的直流减速电机 2-3 带动大锥齿轮 2-1 转动,进而带动与大锥齿轮啮合的多个小锥齿轮 2-2 转动,小锥齿轮 2-2 转动带动输送线上转角处的传动辊转动,实现转角处的传动,该转角处传动两端连接链传动结构,链传动结构由链条传动 2-4 带动各传动辊转动,同时在链传动结构输送面两侧设置有限位装置 2-5,于链传动结构机架上设置有光电传感器 2-6,用于检测输送面是否有工件。
- [0045] 气动转角圆带机 22,由旋转气缸 2-8 带动型材支架 2-7 呈 90 度往复水平转动,型材支架 2-7 上设置有直流减速电机 2-3,通过同步带传动 2-10 带动输送面上的圆带传动 2-9 运动,在铝型材支架 2-7 上设置有光电传感器 2-6 用于判断输送面上是否有工件。
- [0046] 圆带转角输送机 15,由圆带轮 2-11 带动圆带 2-12 运动完成输送运动,输送入口设置有限位装置 2-5,支架上设置有涨紧装置 2-14 用来涨紧圆带 2-12,拐角处设置有圆带传动轮 2-13,圆带传动轮 2-13 圆周与外侧圆带圆角重合,用于完成工件在输送面的转角。
- [0047] 皮带输送机 4,由铝型材支架 2-7 上设置的直流减速电机 2-3 通过同步带传动 2-15 带动同步带 2-17 实现输送面上工件输送,皮带输送机上设置有光电传感器 2-6、限位装置 2-5、电感式接近传感器 2-16。
- [0048] 所述的轨道式六自由度上下料串联机器人单元 2 采用同步带与导轨配合形式,六自由度串联机器人通过连接板固定于导轨滑块上,根据光电传感器定位实现各工位的移动定位,单元采用基于 PC104 总线嵌入式运动控制器控制,本单元横跨 4 个桌面,工位包括下述的气动上料单元 3 输出工位、液压加工单元 5 工作工位、六自由度并联加工单元 6 工作工

位以及图像检测搬运单元 7 中四工位转盘其中一个工位。

[0049] 轨道式六自由度上下料串联机器人单元 2 设置在气动上料单元 3、输送线运输单元 1、图像检测搬运单元 7 组成的铝合金桌面上，六自由度串联机器人 4-1 在同步带与导轨组成的轨道 4-2 上运动，轨道式六自由度上下料串联机器人单元 2 另一侧设置有液压加工单元 5、六自由度并联加工单元 6。

[0050] 所述的气动上料单元 3 由底座、井式上料机构、推料机构、皮带传输机构、导料装置、电控阀、安装支架等组成，推料机构位于井式上料机构一侧，皮带传输机构安装于推料机构对侧，并且在传输机构上安装有导料装置。

[0051] 所述的气动上料单元由铝型材支架上设置底座 3-7 与皮带输送机 3-4 衔接，底座 3-7 上设置有井式上料机构 3-1，井式上料机构的下端底座上设置有对射传感器 3-6、通过推料气缸 3-2 及其推动的推块 3-3，推块可以将井式上料机构中供应的工件推送至皮带输送机上，皮带输送机上设置有导料装置 3-5 与对射传感器 3-6。

[0052] 所述的气动上料单元中对射传感器检测料仓中工件在位情况，推料气缸动作将工件推至皮带输送机运输工位，皮带输送机延迟动作，将工件运输至另一运输工位，皮带输送机上对射传感器检测工件到达运输工位，气动上料单元暂停工作等待总控下一节拍命令。

[0053] 所述的液压加工单元 5 由液压直动缸、夹紧定位机构、定时器及机械调整杆机构、C 型钢结构等组成。机械调整杆机构为滚珠丝杠与导轨组合，人工手动调整。夹紧定位机构采用气动夹紧与传感器反馈结合。串联机器人夹持工件经轨道输送至液压加工单元 5 对应工位，六自由度串联机器人将工件通过末端气动夹头放置液压加工单元 5 中的自动装夹工位，经漫反射传感器判定工件在位，气动夹紧定位机构动作夹紧定位工件，液压直动缸动作，冲压加工后，气动夹紧定位机构气缸回位。

[0054] 所述的六自由度并联加工单元 6 主要由并联机器人加工中心、夹紧气缸、光电传感器、电动加工主轴、控制继电器模组、安装支架等组成。并联机器人加工中心为模块化结构，各轴步进电机驱动、滚珠丝杠与直线导轨配合结构，通过连杆与虎克铰连接至末端输出平台，输出平台上安装有电主轴，装夹气缸通过传感器反馈实现其自动化装夹定位。

[0055] 六自由度串联机器人将工件从上述工位中抓取，经轨道输送至并联加工单元 6 对应工位，六自由度串联机器人将工件通过末端气动夹头放置并联加工单元 6 中的气动装夹平台，经光电传感器判定工件在位，气动装夹平台动作，实现对工件的定位夹紧，六自由度并联加工中心在系统控制下开始工作，电动主轴固定于六自由度并联机器人末端，实现对工件的钻孔和铣削加工。加工完毕后，并联机器人复位，气动装夹平台回位，六自由度串联机器人通过末端气动夹头对工件抓取。

[0056] 所述的图像检测搬运单元 7 主要包括四工位转盘、位移传感器组件、CCD 图像采集组件、机械手搬运组件和下层皮带输送线等。位移传感器组件及 CCD 图像采集组件位于四工位转盘上方，整个四工位转盘安装于皮带输送线上方的铝合金桌面上，而机械手搬运组件位于皮带输送线侧。其功能为完成对前几道工序的检查、图像采集及搬运功能，下层输送线主要用于托盘的循环运输，四工位转盘的作用是将串联机器人运送过来的工件依次转移至位移传感器、视觉 CCD 和搬运机械手位置。

[0057] 所述搬运机械手采用气电混合控制，Z 轴为步进电机驱动，滚珠丝杠与导轨配合结构，滑块上固定旋转气缸绕 Z 轴进行 180 旋转，旋转气缸输出端固定有薄型导杆气缸完成手

爪的 X 轴进给,工作装置末端安装有气动手爪实现搬运动作。

[0058] 所述的落料单元 9 由槽轮机构 5-1、锥齿轮传动机构 5-5、同步带轮传动、推料转盘 5-3、落料平台 5-2、光电传感器 5-4、光纤传感器 5-8、直流减速电机 5-6、槽式光电开关 5-7、安装支架等组成。通过槽轮机构及各类机械传动,实现间歇运动,具体为:通过直流减速电机 5-6 带动槽轮机构 5-1 实现间歇式运动,再将间歇式运动通过锥齿轮传动机构 5-5 传导至落料平台 5-2 的推料转盘,落料平台为层式结构,推料转盘相对于落料平台转动,转至落料口处实现工件从上道工序落料至皮带线上托盘工位。当推料转盘旋转使得工件推至落料平台落料口时,工件掉落至托盘,漫反射传感器检测工件处于托盘位置。托盘所处输送线在单元控制系统下启动,转入下一个单元。

[0059] 所述的喷涂烘干单元 10 由喷涂室、加热装置、温度传感器、模拟喷头、冷却风扇、交流调压模块、智能温度显示仪、触摸屏、加热指示器、光电传感器、电感传感器、阻挡气缸、直流减速电机等组成,实现对工件先喷涂后加热烘干固化及冷却过程,通过各传感器反馈实时控制各工序流程。

[0060] 所述的图像处理单元 12 由光源、镜头,CCD 照相机,图像处理控制器,操作键盘,显示器等组成,通过视觉传感器完成对工件的图像的摄入并与标准模板比较后输出检测结构,输入至后续单元。

[0061] 所述的加盖装配单元 13 由滑道式工件架 6-1、蜗轮蜗杆减速器 6-5、旋转臂 6-10、同步轮带 6-4、直流减速电机 6-6、挡料气缸、伸缩气缸 6-3、真空吸盘 6-2、光电传感器 6-9、电容传感器 6-7、电感传感器、机械限位开关、电控阀 6-8、安装支架等构成两个组件,出料组件及真空吸附机械手装配组件,其中出料组件通过工件放置于滑道式工件架上,当底部工件被机械手抓取离开后,在重力作用下工件实现其自动填充。真空吸附机械手采用直流电机与蜗轮蜗杆减速器配合输出经过同步带控制摇臂旋转,末端旋转输出端固定有伸缩气缸及真空吸盘,并保证真空吸盘始终保持垂直向下,实现两个工位之间的搬运装配动作。

[0062] 当皮带输送机将托盘及样件运输至加盖单元(详见附图 6)时,光电传感器感应到样件,由挡料气缸将样件限制在标准位置上,电感式接近传感器感应滑道式工件架上的样件盖,直流减速电机及蜗轮蜗杆减速机驱动旋转手臂旋转摆动至样件盖的上方,同步带传动实现真空吸盘和伸缩气缸的竖直状态,通过伸缩气缸和真空吸盘抓取样件盖,然后通过旋转手臂的旋转摆动将样件盖移动至样件的上方并放置样件盖,完成对样件的加盖的装配工作。托盘运载装配工件输送至下一单元。

[0063] 所述的穿销装配单元 14 由料斗 7-4、槽型下料机构、不完全齿轮传动机构 7-2、直流减速电机 7-1、挡料气缸 7-6、落料气缸 7-5、顶销气缸 7-8、光电传感器 7-14、光纤传感器 7-13、电感式传感器 7-9、电控阀 7-10、安装支架 7-7 等组成。直流减速电机与不完全齿轮传动机构配合使得槽型下料机构间歇旋转,料斗中销轴在重力作用下自动填充至槽型下料机构落料花盘沟槽处,并旋转到达下一工位,通过气缸推出完成穿销动作。当皮带输送机将托盘及工件、工件盖运输至穿销单元(详见附图 7)时,光电传感器感应到工件,由挡料气缸将工件限制在标准位置上,直流减速电机带动不完全齿轮旋转,通过不完全齿轮的 传动及锥齿轮 7-12 的转向,将运动传递到落料花盘 7-3 上,放置销轴到标准工位上,同时通过落料气缸将料斗内的销轴推送至落料花盘上,然后通过顶销气缸将销轴推入工件和工件盖的定位孔内。

[0064] 所述的检测单元 16 由触摸屏、挡料气缸、检测气缸、光电传感器、光纤传感器、色标传感器、电感传感器、电控阀、安装支架等组成,通过各传感器反馈信息至总控进入后续单元。

[0065] 所述的条形码识别单元 17 由挡料气缸、电感传感器、光电传感器 9-4、贴标机 9-3 及条码识别系统等组成,通过对装配体贴标并条码识别进行入库信息前处理。贴标机 9-4 通过贴标机支架 9-1 安装在机架上,条形码识别系统的扫描仪安装在扫描仪固定台 9-2 上,工件通过皮带输送机 9-5 传输。

[0066] 当工件随输送机运行至条形码识别单元(详见附图 9)时,漫反射光电感应器感应到工件,阻挡气缸挡住定位工件,输送带停止,贴标机对工件进行贴标签的工作,完成后将工件运输至条形码扫描仪工位处,对条形码进行识别读取并输入仓库管理系统。

[0067] 所述的分拣单元 18 由分拣机械手及运输皮带机,废料回收装置等组成。其中分拣机械手为二自由度气缸搬运机械手,无杆气缸连接导杆气缸与末端大口气夹,根据检测单元 16 检测结果判定实现对两工位处的搬运、废品分拣。

[0068] 所述的提升仓储单元 19 由立体库架及出入库机械手组成。

[0069] 立体库架四层三排,每层安装有一皮带输送机 11-8,皮带输送机 11-8 由直流减速电机 11-2 通过同步带 11-3 带动运转,根据漫反射传感器 11-1 判定工件是否在位,调整漫反射传感器适量可根据实际情况调整每层仓储位数量。

[0070] 出入库机械手有四自由度,第一个为平移副,采用滚珠丝杠 11-14 与导轨 11-13 配合结构,通过伺服电机 11-16 带动滚珠丝杠 11-14 实现其往复运动,滚珠丝杠两端机架上设置有槽式光电开关 11-15 控制两端极限位置,在各排工位之间移动, Y 向;第二个为自由度为平移副,采用链传动 11-5 与导轨配合结构,附配重装置,由步进电机 11-9 通过减速机 10 控制其在各层工位之间移动,机 架上设置有槽式光电开关 11-17 控制两端极限位置, Z 向;第三个自由度为平移副,滚珠丝杠与导轨配合结构或者由直线无杆气缸 11-6 实现,出入库转接平移,X 向;第四个自由度为旋转副,旋转气缸 11-11 与气动手爪 11-12,绕 Z 轴旋转,实现末端工作位姿变换及装夹。

[0071] 到达出入库搬运机械手搬运工位时,定位气缸工作伸出定位,根据传感器反馈本桌面输送机停止运行,出入库机械手开始工作,在此之前,立体库架各排、各层、各列传感器判定是否有工件在位,在系统控制下,控制出入库机械手经过末端气动手爪 11-12 夹持装配工件搬运至立体库架上一皮带输送机 11-8 放置位上,皮带输送机随后运转,输送装配工件至仓位,仓位通过漫反射传感器 11-1 反馈确定位置。机械手复位,托盘继续流入堆垛解垛单元。

[0072] 所述的堆垛解垛单元 21 主要由堆垛解垛机械手及托盘暂存库组成,其中堆垛解垛机械手两个自由度,均为平移副,第一个自由度采用同步带 12-7 与导轨 12-4 配合结构,沿皮带输送机方向;第二个自由度采用滚珠丝杠 12-2 与导轨配合结构,整体设于立柱支撑 12-3 上,通过步进电机 12-1 控制滚珠丝杠,沿垂直于水平面 Z 向布置,气动手爪 12-9 安装于二轴末端,铝合金基座使得机械手安装于同步带输送机上。同时在此同步带输送机上安装有托盘临时存储库,安装于机械手下方。在本单元控制下,使得机械手完成对托盘的抓取和放置动作。

[0073] 堆垛解垛单元(详见附图 12)在总控根据工作节拍控制下开始工作,单元中托盘暂

存库通过漫反射光电传感器 12-5 检测托盘在位情况,堆垛解垛机械手将托盘暂存库 12-6 中将托盘抓取并放置到皮带输送机工位。通过电感式传感器 12-8 判定托盘运输工位在位,皮带机运转将托盘输送经过气动转角输送机 22(详见附图 1),圆带输送机 23,到达行车机械手 24(详见附图 13)搬运工位,经过传感器判定在位情况并气缸定位,本桌面皮带输送机停止运转,

[0074] 行车机械手 24 动作,气夹抓取托盘沿导轨放置下一工位。经传感器判定托盘在位,此工位皮带机运转,经过气动上料单元下方的圆带转角输送机(详见附图 1),及标识 4 处的皮带输送机一直到达落料单元 9(详见附图 5)中落料平 台落料口正下方的转接工位,由传感器判定在位并定位气缸工作,本桌面输送机停止工作。

[0075] 堆垛解垛单元实现托盘的暂存堆垛及解垛输出动作,在前面已有详述,此为一个工作节拍循环周期具体实施流程。

[0076] 所述的行车机械手 24,行车机械手为龙门桥式结构,将输送线上一输出工位上托盘搬运至输送线上一输入工位,与输送线构成结构闭环。行车机械手有两个自由度,均为平移副,第一个自由度为同步带 13-5 与导轨 13-4 配合结构,两工位直线上移动;第二个自由度为导杆气缸 13-3,末端安装有气动手爪 13-2,实现对托盘的抓取和放置,机架为龙门式铝合金支架 13-1。

[0077] 所述的总控单元通过 profibus 总线将各单元控制进行高度高效集成,通过 profibus-dp 分站卡与各单元进行通讯。

[0078] 如附图 1 所示:系统上电并启动,输送线运输单元在总控控制下根据工作节拍开始运转,气动上料单元(详见附图 3)中对射传感器检测料仓中工件在位情况,推料气缸动作将工件推至皮带输送机运输工位,皮带输送机延迟动作,将工件运输至另一运输工位,皮带输送机上对射传感器检测工件到达运输工位,气动上料单元暂停工作等待总控下一节拍命令。

[0079] 在气动上料单元工作的同时,堆垛解垛单元(详见附图 12)在总控根据工作节拍控制下开始工作,单元中托盘暂存库通过漫反射光电传感器检测托盘在位情况,堆垛解垛机械手将托盘暂存库中托盘抓取并放置到皮带输送机工位。通过电感式传感器判定托盘运输工位在位,皮带机运转将托盘输送经过气动转角输送机 22(详见附图 1),圆带输送机 23,到达行车机械手 24(详见附图 13)搬运工位,经过传感器判定在位情况并气缸定位,本桌面皮带输送机停止运转,行车机械手 24 动作,气夹抓取托盘沿导轨放置下一工位。经传感器判定托盘在位,此工位皮带输送机运转,经过气动上料单元下方的圆带转角输送机(详见附图 1),及标识 4 处的皮带输送机一直到达落料单元 9(详见附图 5)中落料平台落料口正下方的转接工位,由传感器判定在位并定位气缸工作,本桌面输送机停止工作。

[0080] 根据工作节拍,在托盘从堆垛解垛单元输送至上述转接工位过程中,气动上料单元工件到达皮带输送机运输工位时,轨道式六自由度上下料串联机器人单元 2(详见附图 4)开始工作,机器人经轨道输送至气动上料单元对应的工位,六自由度串联机器人工作,将气动上料单元皮带输送机运输工位上的工件通过末端气动夹头抓取,机器人经轨道输送至液压加工单元 5 对应工位,六自由度串联机器人将工件通过末端气动夹头放置液压加工单元 5 中的自动装夹工位,经漫反射传感器判定工件在位,气动夹紧定位机构动作夹紧定位工件,液压直动缸动作,冲压加工后,气动夹紧定位机构气缸回位,六自由度串联机器人将

工件从上述工位中抓取，机器人经轨道输送至并联加工单元 6 对应工位，六自由度串联机器人将工件通过末端气动夹头放置并联加工单元 6 中的气动装夹平台，经光电传感器判定工件在位，气动装夹平台动作，实现对工件的定位夹紧，六自由度并联加工中心在系统控制下开始工作，电动主轴固定于六自由度并联机器人末端，实现对工件的钻孔和铣削加工。加工完毕后，并联机器人复位，气动装夹平台回位，六自由度串联机器人通过末端气动夹头对工件抓取，经轨道输送至图像检测搬运单元 7 对应工位，将工件放置入图像检测搬运单元 7 中四工位转盘中放置工位。通过光电开关来实现四工位旋转定位。四工位转盘中通过漫反射传感器判定工件放置工位在位情况，四工位转盘运转，依次经过位移传感器检测工位孔深尺寸、CCD 视觉检测工位形状颜色检测，相关信息传递至总控，信息流进入下单元，四工位转盘运转使得工件停至本单元机械手(详见附图 4)对应搬运工位。本单元机械手采用气电混合控制，通过机械开关与磁性传感器定位，实现将上述搬运工位的工件搬运至落料单元的四工位推料转盘上放置工位(详见附图 5)。此时，托盘通过输送机已输送至落料平台落料口正下方的转接工位，传感器反馈信号托盘在位，四工位推料转盘放置工位工件在位，落料单元中直流减速电机通过槽轮机构、圆柱齿轮传动、锥齿轮传动、同步带传动输出至四工位推料转盘，当推料转盘旋转使得工件推至落料平台落料口时，工件掉落至托盘，漫反射传感器检测工件处于托盘位置。托盘所处输送线在单元控制系统下启动，转入下一个单元。

[0081] 当工件随输送带运输到喷涂烘干单元时，漫反射光电传感器感应到工件，阻挡气缸挡住定位托盘及工件，电磁阀控制输送机停止运行，1# 喷枪对工件进行喷涂工作，喷涂规定时间后，解除阻挡气缸，运行输送带将工件输送至 2# 喷枪处，重复上一步，由 2# 喷枪对工件进行定时喷涂，喷涂完毕后，输送带运送工件至烘干工位处，停止一段时间，通过加热管对工件进行加热烘干处理，并通过智能温度显示仪、触摸屏来监控工件的温度状态。完成后将工件输送至下一单元。

[0082] 途中经过滚筒转角输送机(详见附图 2)，直线部分滚筒输送机通过减速机与链传动，转角部分为直流减速电机驱动大锥齿轮盘和四个小锥齿轮啮合传动，实现转角功能。

[0083] 当工件随输送机运行至图像处理单元时，漫反射光电感应器感应到工件，阻挡气缸挡住定位工件，输送带停止，CCD 照相机对工件进行图像处理并显示于液晶显示器上，通过视觉传感器完成对工件的图像的摄入并与标准模板比较后输出检测结果，提供给后续单元使用。

[0084] 当皮带输送机将托盘及样件运输至加盖单元(详见附图 6)时，光电传感器感应到样件，由挡料气缸将样件定位在标准位置上，电感式接近传感器感应滑道式工件架上的样件盖，直流减速电机及蜗轮蜗杆减速机驱动旋转手臂旋转摆动至样件盖的上方，同步带传动实现真空吸盘和伸缩气缸的竖直状态，通过伸缩气缸和真空吸盘抓取样件盖，然后通过旋转手臂的旋转摆动将样件盖移动至样件的上方并放置样件盖，完成对样件的加盖的装配工作。托盘运载装配工件输送至下一单元。

[0085] 当皮带输送机将托盘及样件、样件盖运输至穿销单元(详见附图 7)时，光电传感器感应到样件，由挡料气缸将样件定位在标准位置上，直流减速电机带动不完全齿轮旋转，通过不完全齿轮的传动及锥齿轮的转向，将运动传递到落 料花盘上，放置定位销到标准工位上，同时通过落料气缸将料斗内的定位销推送至落料花盘上，然后通过顶销气缸将定位销推入样件和样件盖的定位孔内。托盘运载装配工件输送至下一单元。

[0086] 途中经过圆带转角输送机(详见附图2),采用圆带张紧自闭回路,带动转角处转盘转动,托盘经过时随转盘转动90°实现其转角功能。

[0087] 当工件输送至检测单元(详见附图8)时,由光电传感器感应到工件,阻挡气缸将工件定位在标准工位上,输送机停止运行,检测气缸带动色标传感器、光纤传感器运行至工件附近,由光纤传感器检测工件上的定位销,色标传感器检测工件的颜色,检测装配体是否合格。检测完毕后进入下一单元。

[0088] 当工件随输送机运行至条形码识别单元(详见附图9)时,漫反射光电感应器感应到工件,阻挡气缸挡住工件,输送机停止,贴标机对工件进行贴标签的工作,完成后将工件运输至条形码扫描仪工位处,对条形码进行识别读取并输入仓库管理系统。

[0089] 然后,工件随输送机运行至分拣单元(详见附图10),根据检测单元检测结果进行分拣工作。检测结果不合格,则由分拣单元中二维机械手气动手爪将工件与托盘分离,并将工件搬运至本单元皮带输送机输送工位,经传感器判定工件在位,皮带机运转,经气动阻挡导向装置,将工件运输并准确滑入废品回收装置。托盘则随着输送机运输至堆垛解垛单元。检测结果合格则直接流入下一单元。关于上述二维机械手,二维机械手所用动作元件都是气缸,它主要来完成样件的搬运动作。X轴运用无杆气缸来实现样件的搬运,Y轴运用导杆气缸来实现,样件的夹持运用的是大口气夹来实现的,当工件输送至工位时在传感器作用下阻挡气缸动作将其定位,并将信号输送给导杆气缸并下行,到位后磁性开关将信号输送给大口气夹将样件夹持并上提,到位后在磁性开关检测下将信号传给无杆气缸并向左滑行,到位后导杆气缸下行经延时后气爪张开,然后重复上述动作归位。实现其抓取搬运功能。

[0090] 合格产品随托盘在输送机输送下,流入提升仓储单元(详见附图11),到达出入库机械手搬运工位时,定位气缸工作伸出定位,根据传感器反馈本桌面输送机停止运行,出入库机械手开始工作,在此之前,立体库架各层、各列传感器判定是否有工件在位,在系统控制下,控制出入库机械手经过末端气动手爪夹持装配工件搬运至立体库架上一皮带机放置位上,皮带机随后运转,输送装配工件至仓位,仓位通过漫反射传感器反馈确定位置。机械手复位,托盘继续流入堆垛解垛单元(详见附图12)。

[0091] 堆垛解垛单元实现托盘的暂存堆垛及解垛输出动作,在前面已有详述,此为一个工作节拍循环周期具体实施流程。

[0092] 本实用新型物流系统特点:系统中包含堆垛机设备、立体化仓库设备、自动化输送线装置、机器人设备、视觉检测设备、工业贴标识别系统及相应附属设备,以及各类传感器、工业总线系统、PLC技术、视觉技术、机器人等各类技术,实现生产加工装配检测入库的无人自动化工作,高效高产,完全模拟工业现场,并采用多元化的结构,控制等使得光、机、电、气、液各类技术揉为一体。

[0093] 1. 本系统通过PROFIBUS-DP现场总线将所有单元plc控制系统、嵌入式控制系统进行高度、高效集成,实现网络调度与控制,与工业现场形式完全相同,经总控控制,实现物流系统的自动化运输、加工装配、检测、分拣、入库等各项作业,通过各项传感器及识别系统对各项作业进行实时监测及更新。

[0094] 2. 本系统配备各类机器人以实现自动化,如六自由度串联机器人,六自由度并联机器人,各类根据实际工作需要的搬运机械手,或气动,或机械,或机械气动结合形式,充分

利用机器人技术配合多元化自动化输送线实现无人装配加工输送等各项动作。

[0095] 2. 在控制软件方面采用 windows 操作系统, 具有良好的交互式图形化操作界面, 直接, 高效, 对实时和多任务有很强的支持能力, 能完成多任务并且有较短的终端响应时间。并具有功能很强的存储区保护功能, 便于学生动手操作和系统可维护性。

[0096] 3. 系统中的单元设备具有“联机 / 单机”两种操作模式。所有的单元设备的软硬件均可以脱离系统独立操作, 可用单机设备为平台, 进行单项技术的研发, 易扩展。

[0097] 4. 系统软、硬件部分预留扩展空间, 用户方可在原有系统基础上增添设备模块, 并可轻松集成到系统中, 为用户方二次开发和扩展教学创造了极为有利条件。

[0098] 5. 系统集成信息管理软件, 通过计算机与各单元及传感器的通讯与集成, 将系统中各环节的状态显示在操作界面上, 使操作者通过计算机随时了解系统各环节的工况、状态、运行数据, 掌握系统运行状态。各 plc 单元配备触摸屏实时控制, 其余四个嵌入式控制系统单元配备显示器及鼠标等, 操作快捷方便。

[0099] 7. 系统机电技术全面开放, 配备完善的实验指导书, 可轻松开发出自己的运动或控制功能, 激发学习兴趣。

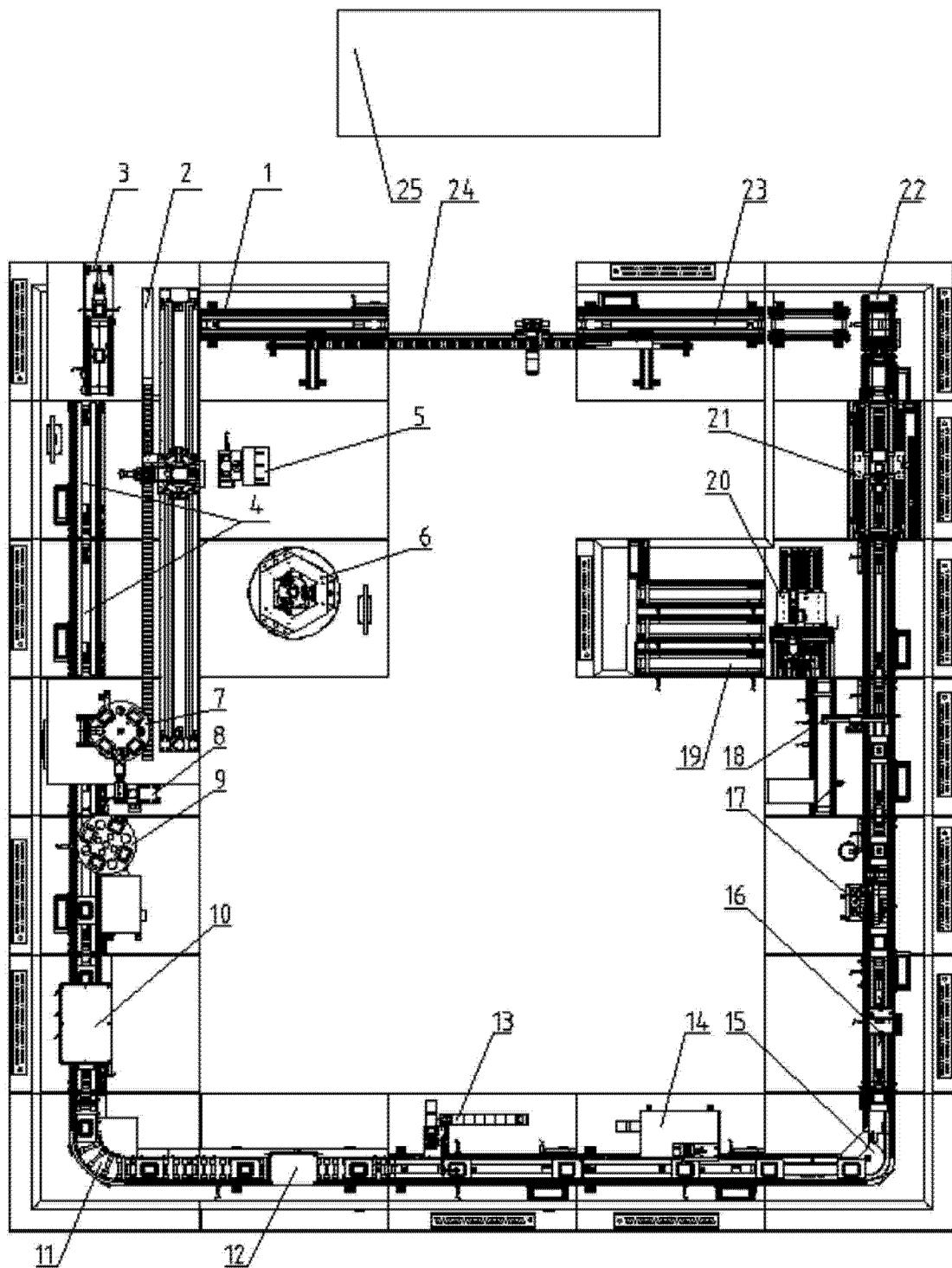


图 1

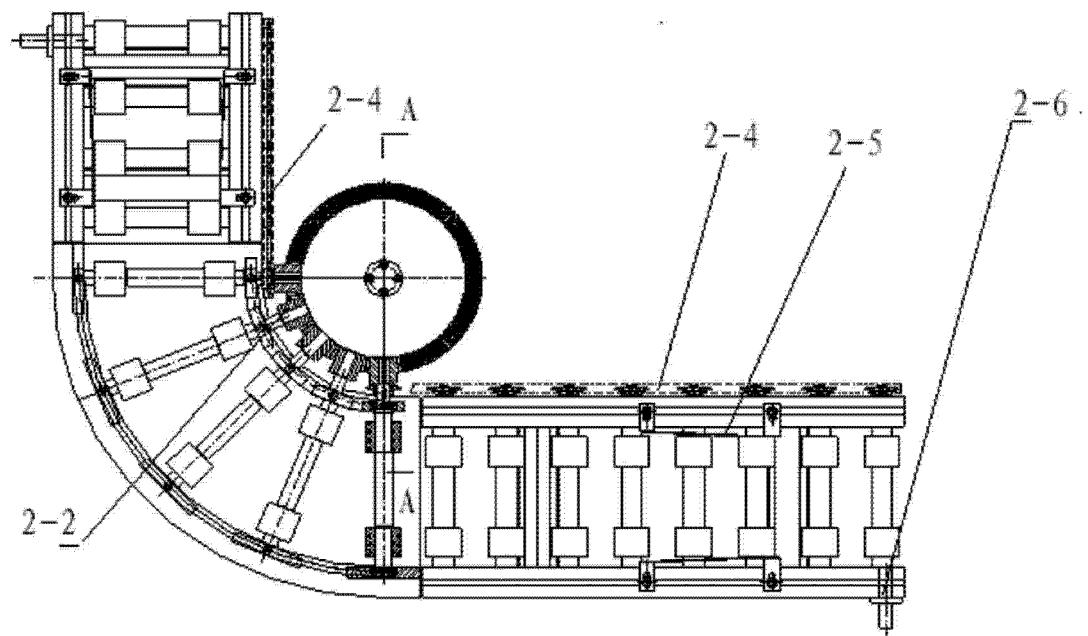


图 2a-1

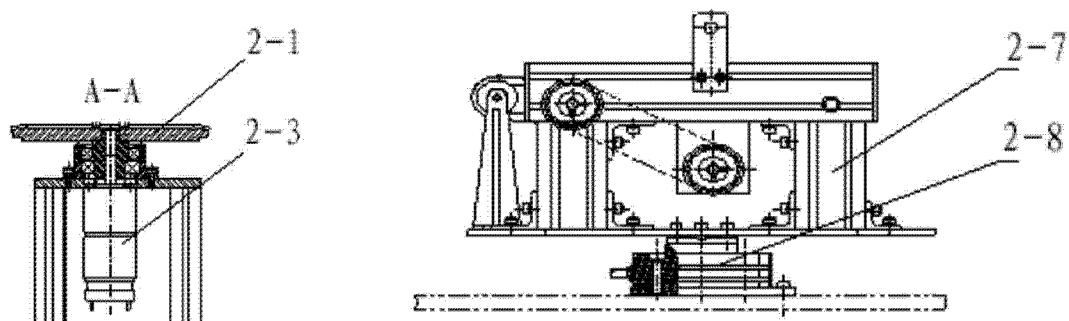


图 2a-2

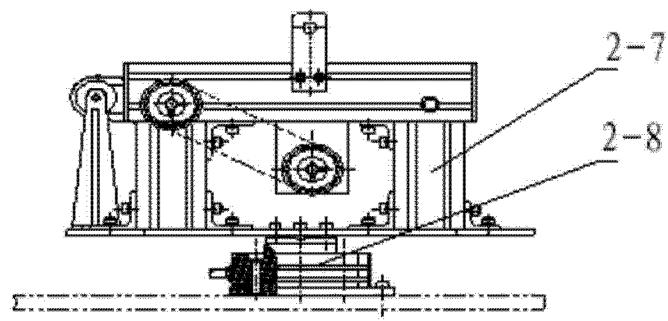


图 2b-1

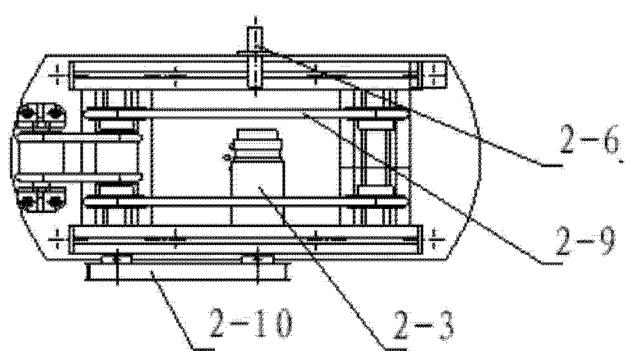


图 2b-2

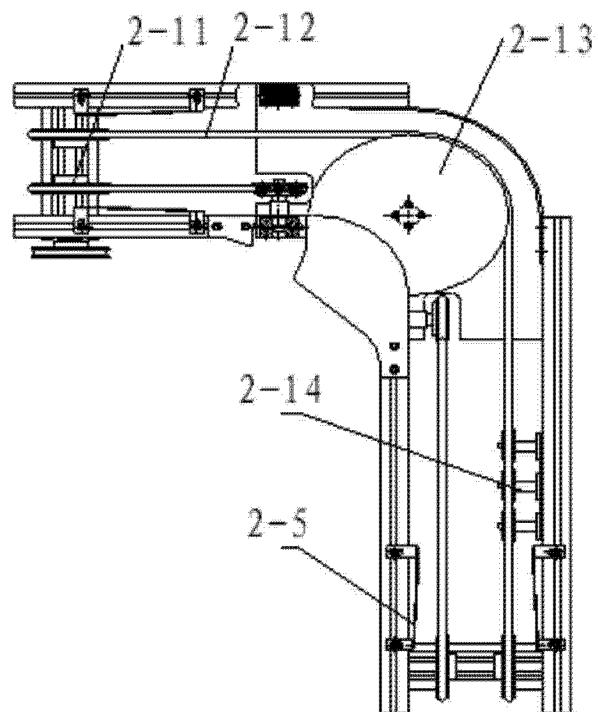


图 2c

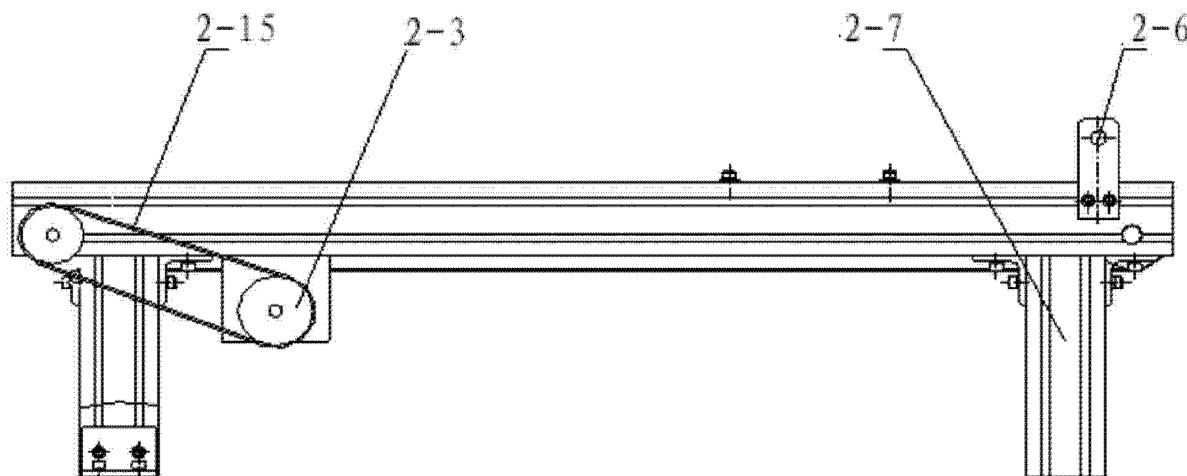


图 2d-1

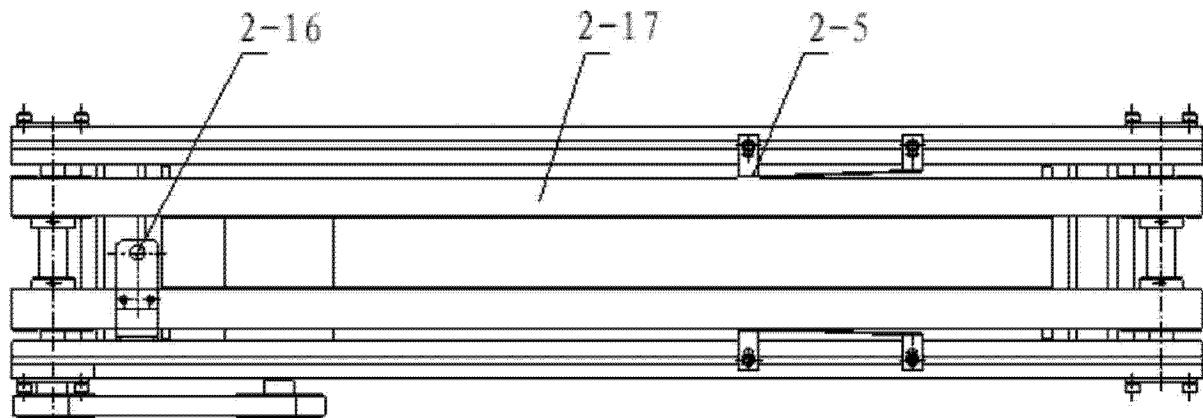


图 2d-2

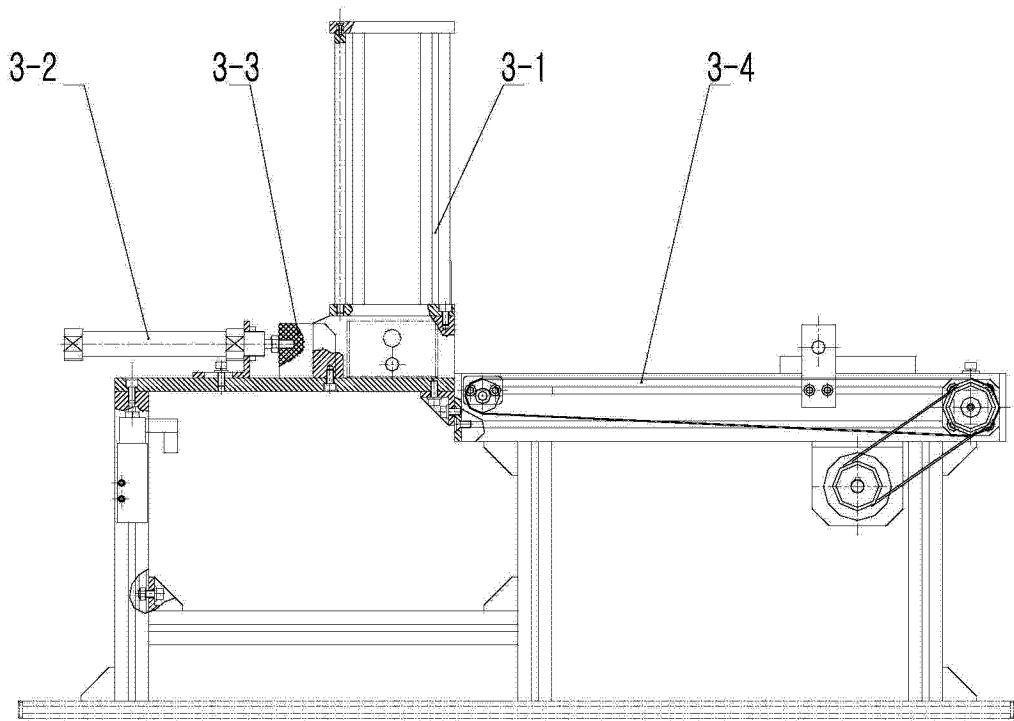


图 3a

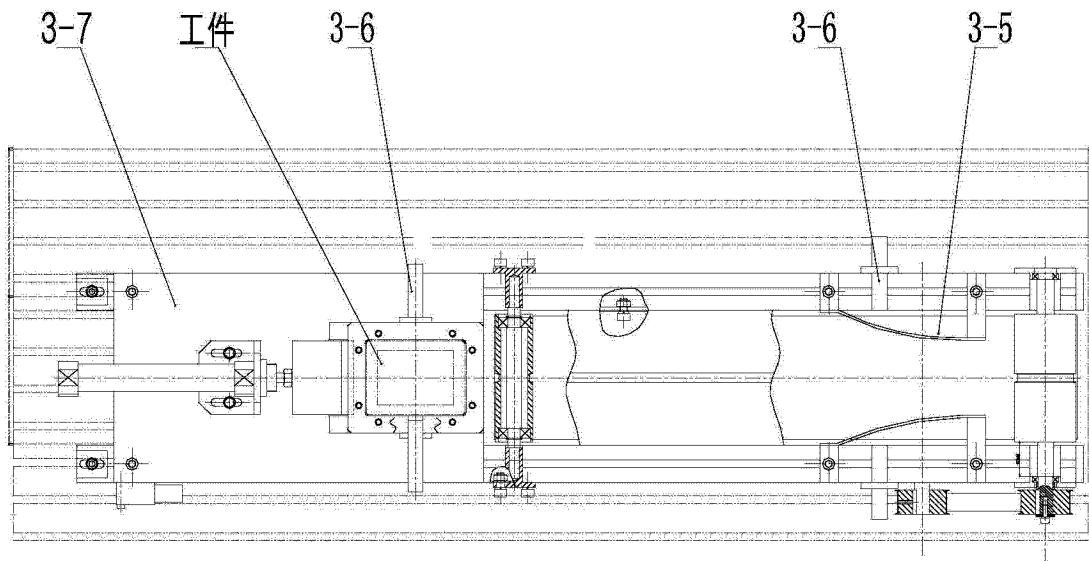


图 3b

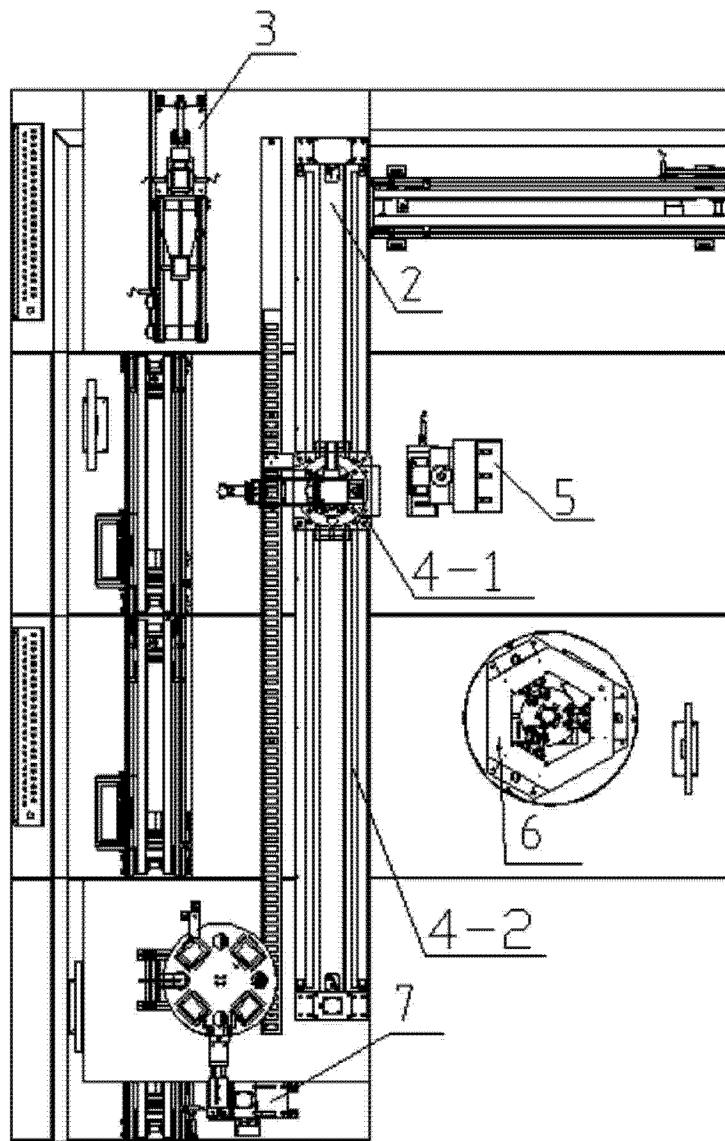


图 4

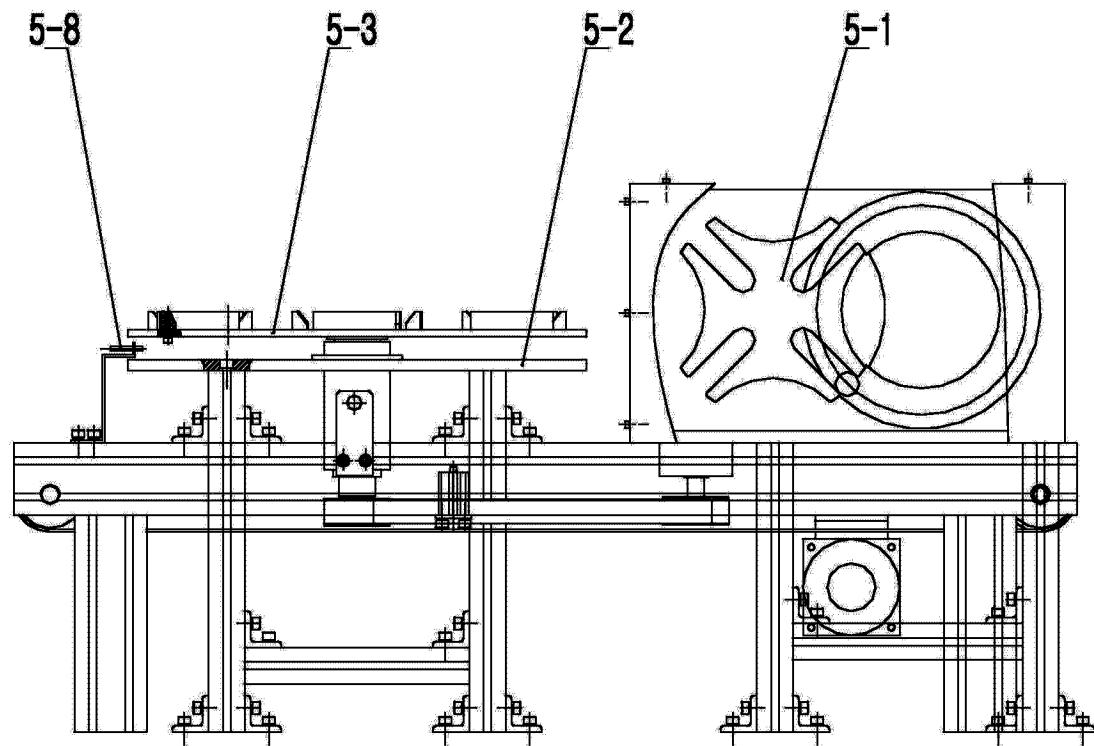


图 5a

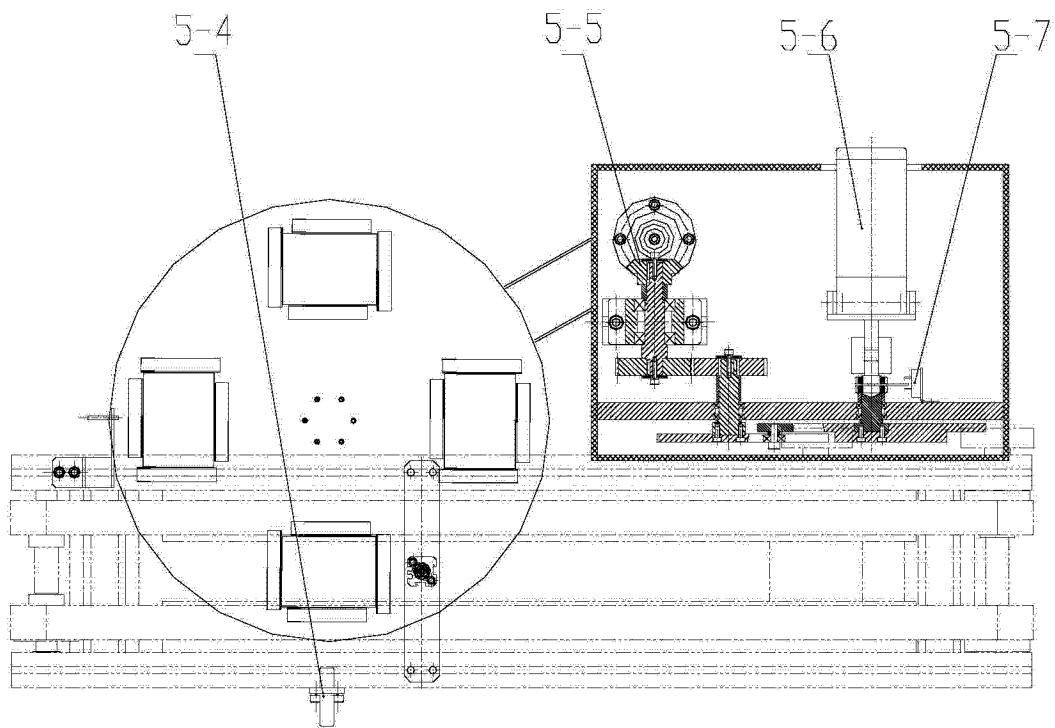


图 5b

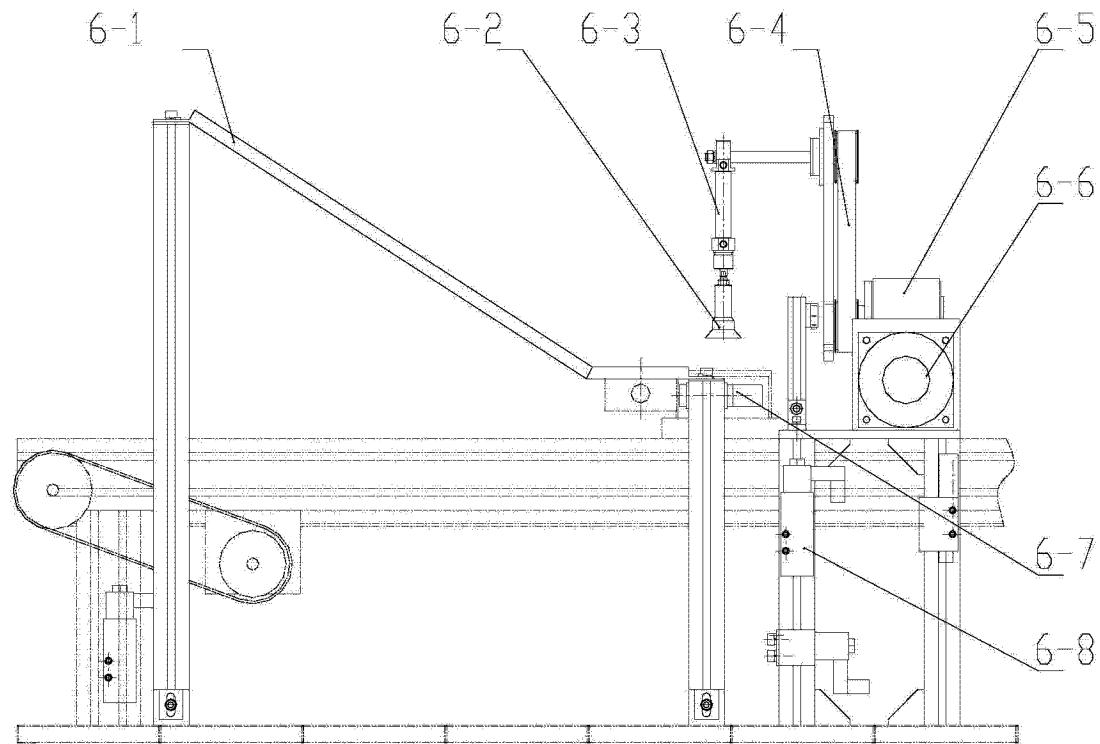


图 6a

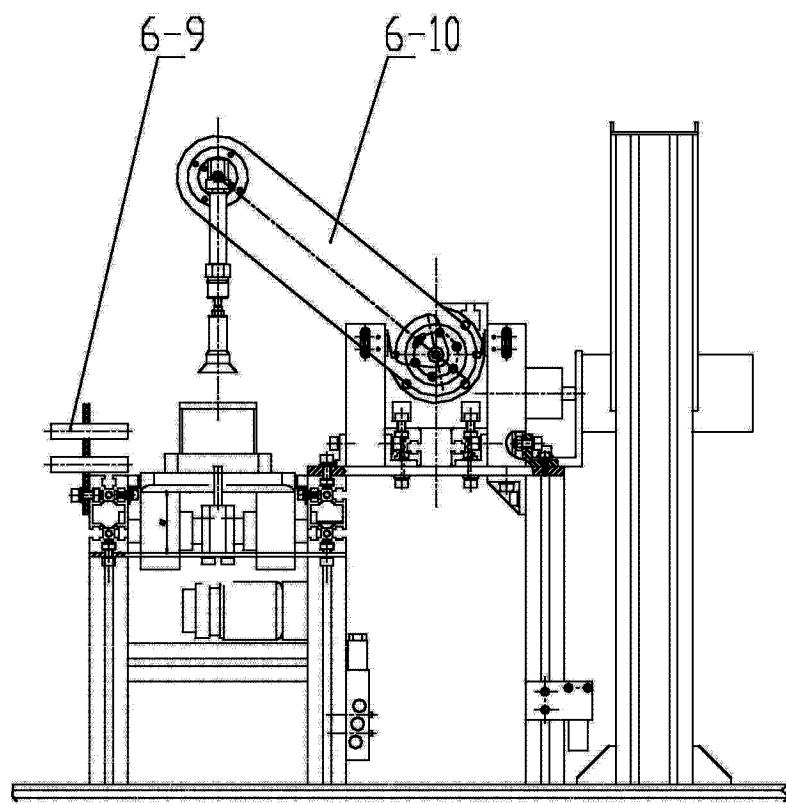


图 6b

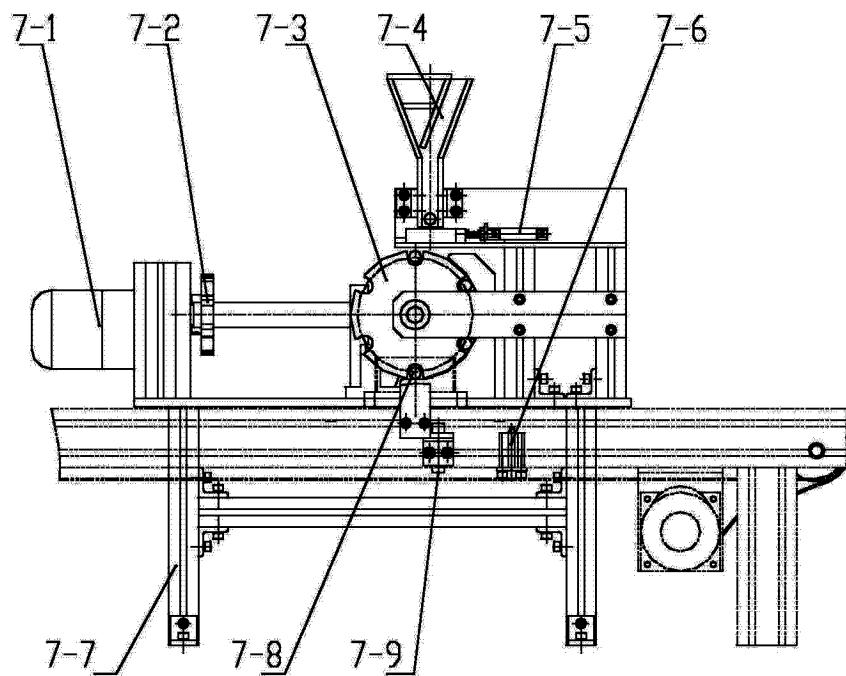


图 7a

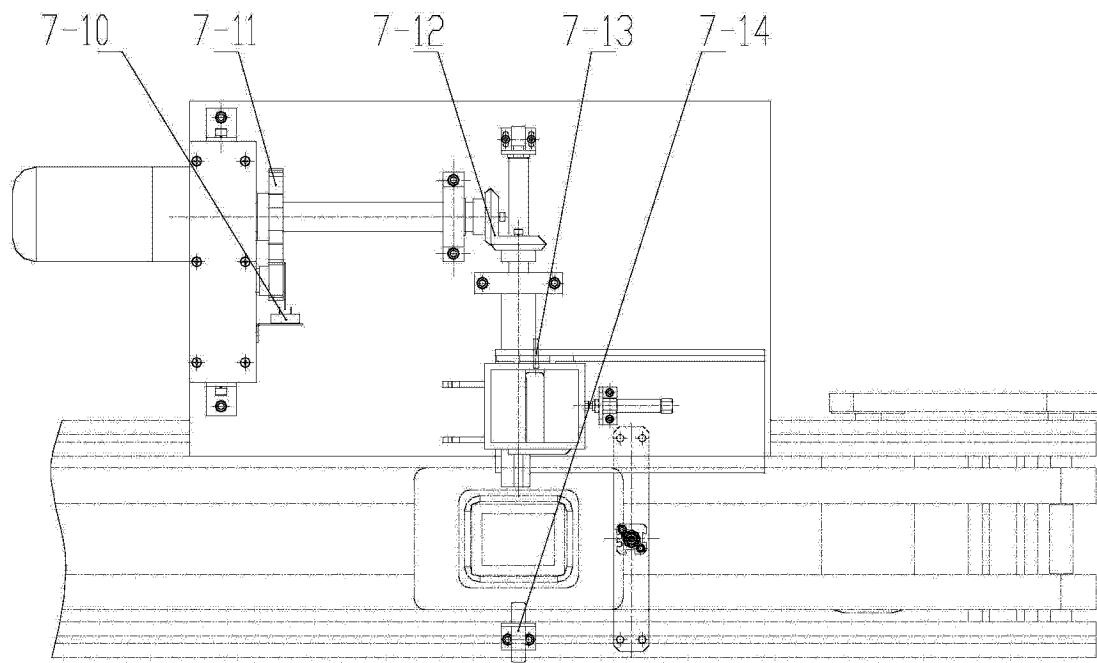


图 7b

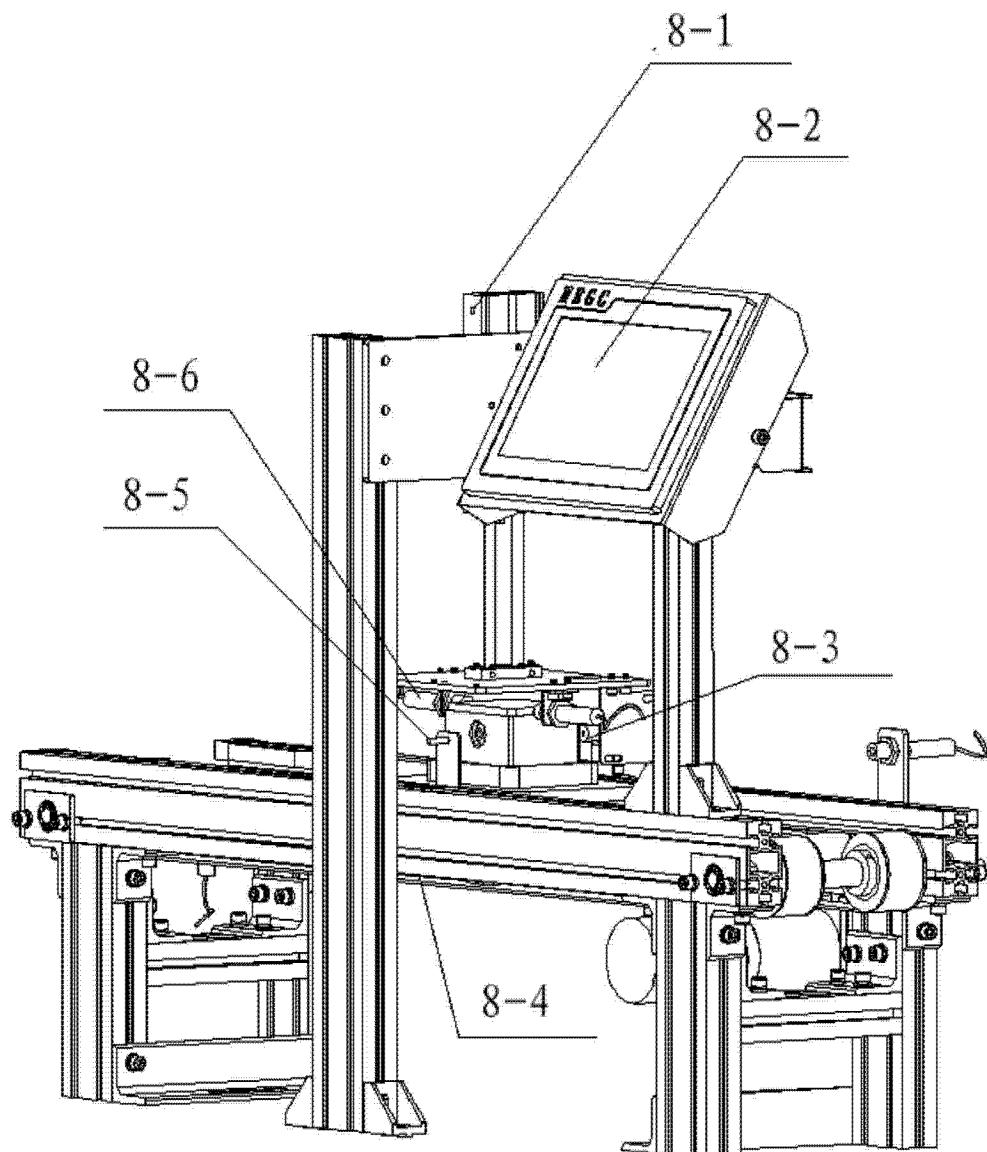


图 8

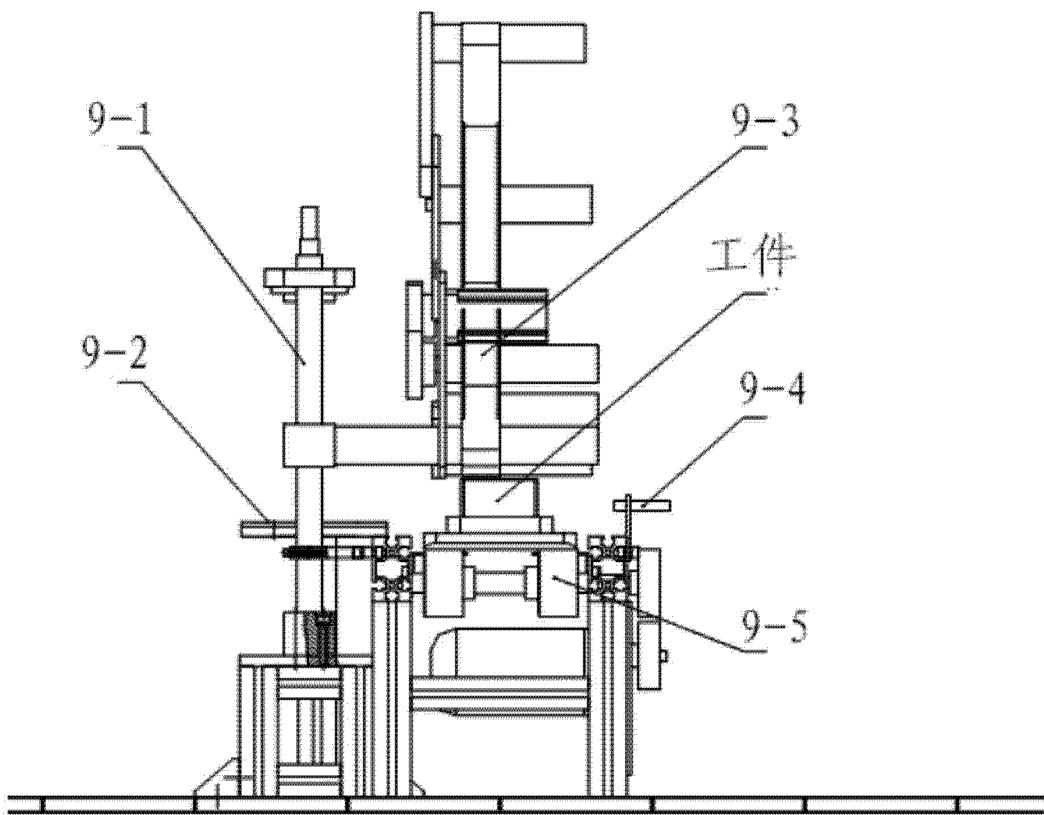


图 9

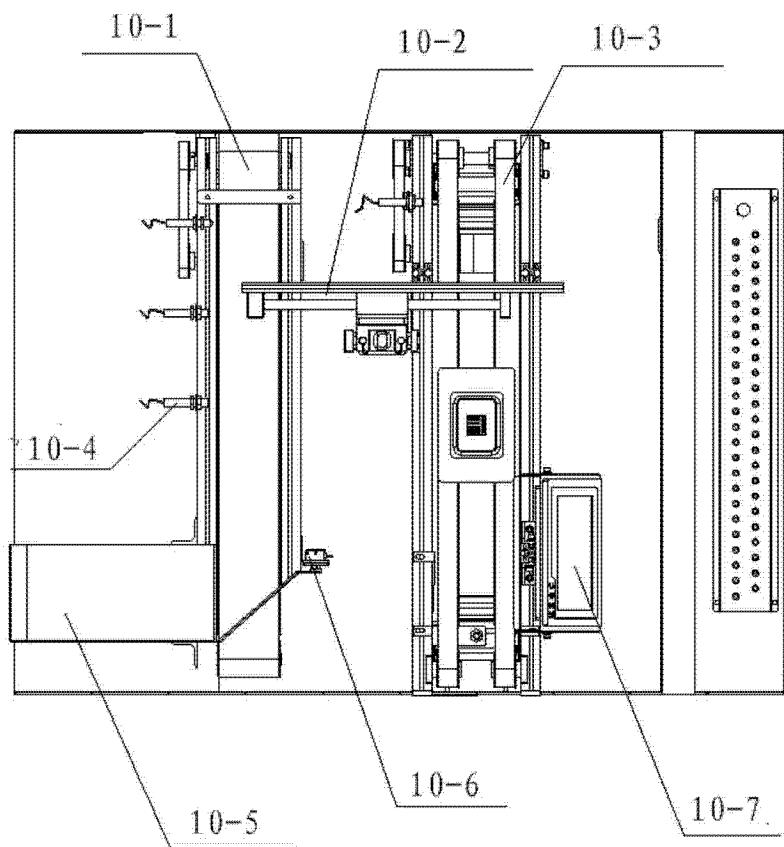


图 10

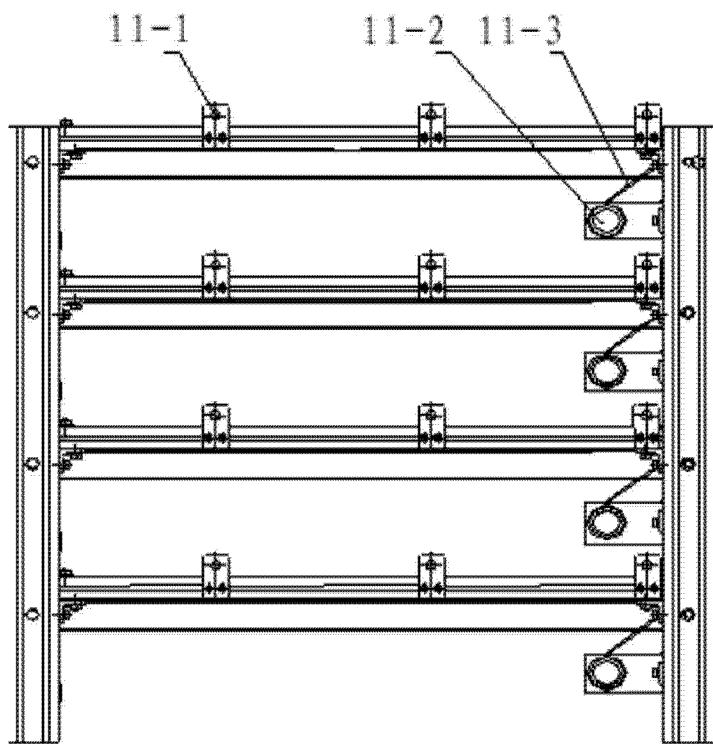


图 11a-1

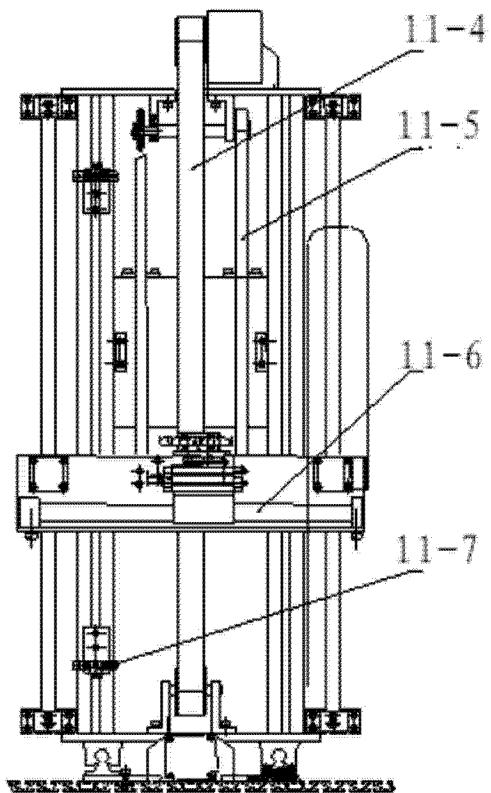


图 11a-2

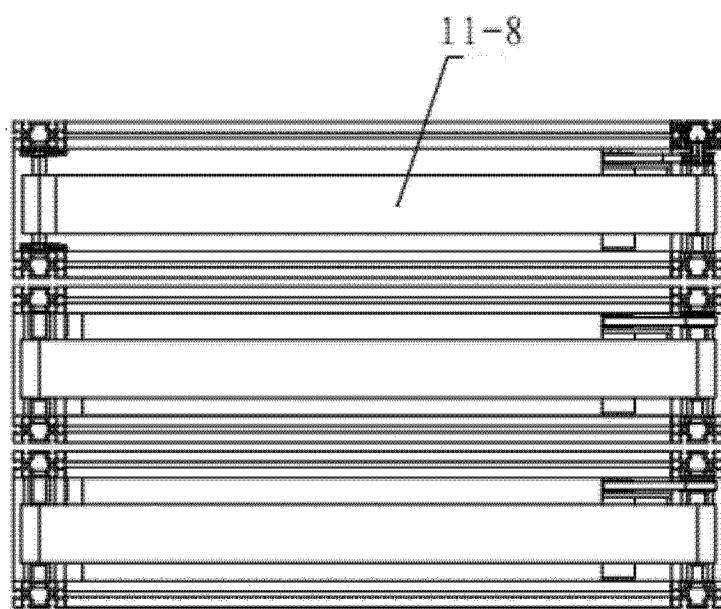


图 11b-1

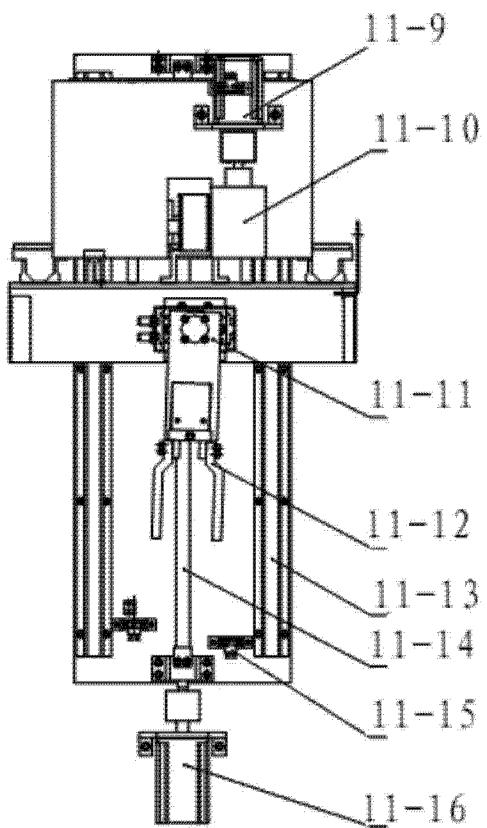


图 11b-2

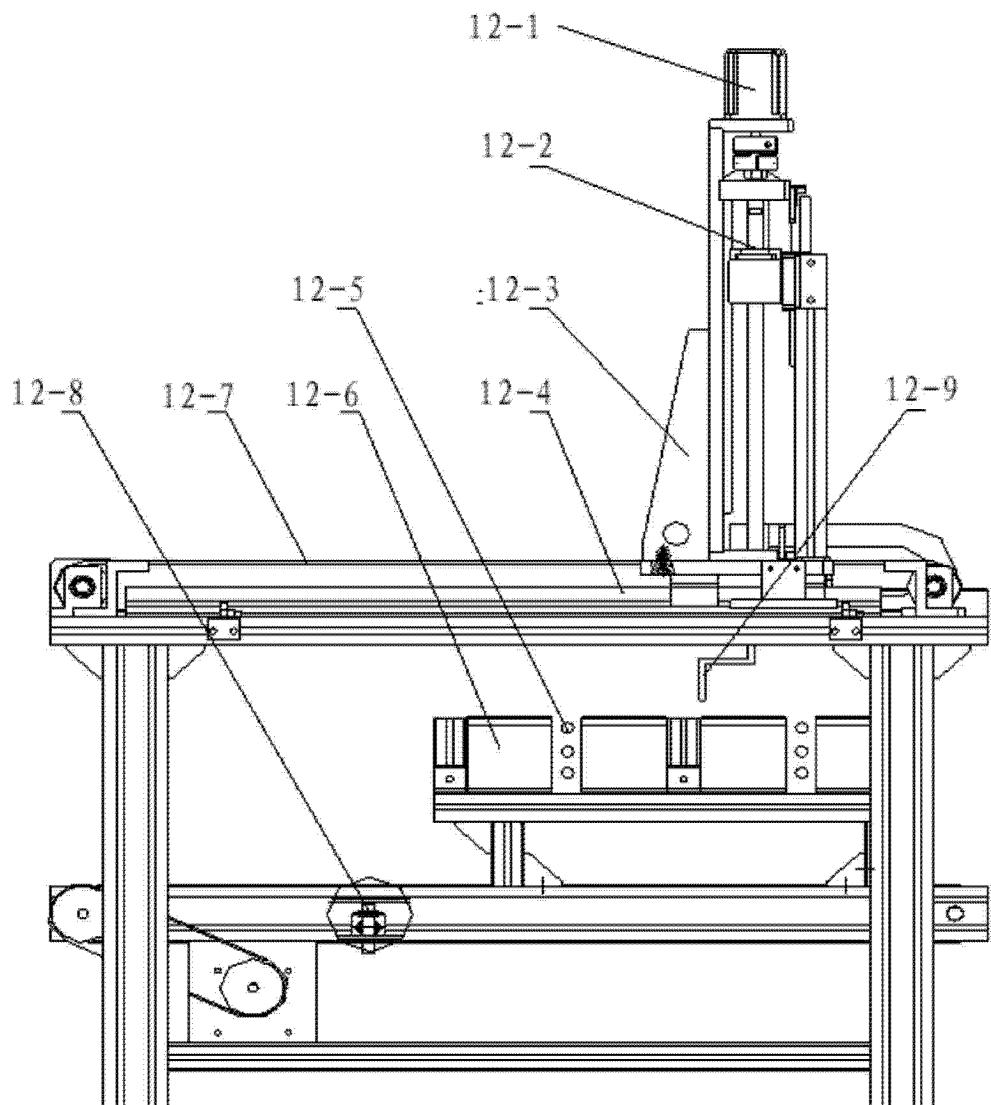


图 12

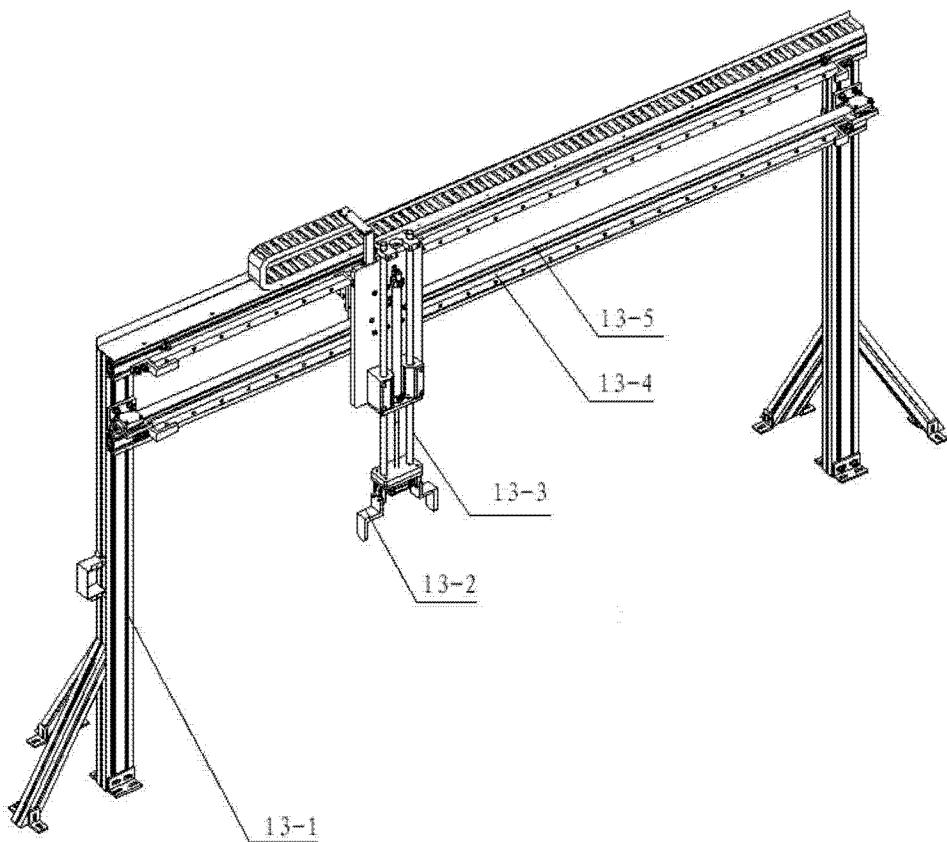


图 13