



ChinaSkills

2022 年全国职业院校技能大赛

中职组

机电一体化设备组装与调试赛项

(样题 1)

任

务

二

联轴器自动分选生产线编程与调试

工作目标：

1. 请根据现场设备的接线及相应规范，完善电气工程图。
2. 根据联轴器自动分选生产线运行的功能要求，完成 PLC、工业机器人程序的编写，制作人机交互界面，并完成生产线的联调。
3. 填写安装与调试记录单。

工作时间：

6 小时（8:30~14:30）

注意事项：

1. 设备调试过程中必须佩戴安全帽；
2. 设备上电前，必须请示现场裁判；
3. 竞赛结束前，做好本工位的清洁卫生及相关工具整理；
4. 工程文件下载方法：双击电脑桌面上的“亚龙 YL-SWH09D 型 iMes 竞赛客户端”图标，打开软件，软件界面左下角的网络状态显示为“已连接”，则表示该软件已经与现场服务器连接。



点击界面下方的【下载文件】按钮，开始下载“设备调试程序”，如果文件下载状态栏显示“下载完毕”，则相关工程文件以压缩包格式存储在计算机 D 盘的根目录下。

一、完善电气工程图

在赛场服务器下载的“设备调试程序”压缩包中，有联轴器自动分选生产线的电气工程图，该图尚未完善，请打开电气工程图文件，在首页填写工位号和日期；从第3页开始至最后一页，根据现场设备的接线，按照电气安装规范，将虚线框内的电气符号及接线补充完整，完成后删除该虚线框。

电气工程图的提交：将完成后的电气工程图以PDF格式导出，并保存在D盘根目录下，名为工位号加A的文件夹中（选手自建该文件夹），如03号工位，文件夹名为“03A”。

二、联轴器自动分选生产线概述

联轴器自动分选生产线可根据订单的要求将联轴器按外径 Φ 、高度L进行分选包装。可供分选的联轴器有三种规格，其高度L \times 外径 Φ 分别为：20mm \times 30mm、25mm \times 35mm和30mm \times 42mm，对应的产品代码分别为2030、2535和3042。

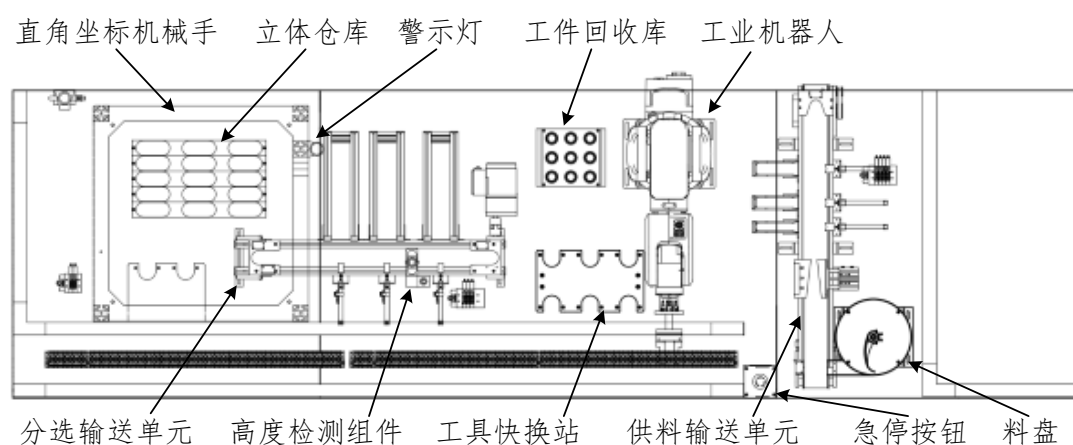


图1 联轴器自动分选生产线布局示意图

生产线主要由料盘、供料输送单元、工业机器人(含工具快换站)、分选输送单元(含高度检测组件)、直角坐标机械手(含警示灯)、立

体仓库和工件回收库组成，各单元及模块的总体布局如图 1 所示。

整条生产线由两套 PLC、触摸屏系统进行控制，控制模式分为调试模式和订单生产模式。

在调试模式下，主站 PLC 负责料盘、供料输送单元以及与工业机器人的交互控制；从站 PLC 完成分选输送单元和直角坐标机械手的交互控制。主、从站触摸屏和按钮指示灯模块实现相应单元的监控。

在订单生产模式下，主、从站 PLC 控制的单元、模块与调试模式相同，主站触摸屏实现订单数据的输入和对订单生产数据的查询，从站触摸屏用于生产过程与数据监控。

直角坐标机械手的范例工程文件可通过赛场服务器下载，工业机器人的范例程序已经保存在工业机器人系统中，请选手在此基础上编写 PLC 及触摸屏程序，使生产线能按功能要求正常运行。

三、生产线运行的功能要求

（一）生产线上电后的初始状态

联轴器自动分选生产线上电后，各单元复位为初始状态。即料盘电机不转动；供料输送单元传送带不运转，卡料斜槽松开，各推料气缸缩回；工业机器人各轴回到原点位置；分选输送单元传送带不运转，各推料气缸缩回；直角坐标机械手各轴回到原点位置；黄色和绿色警示灯闪烁（1Hz）；主、从站旁边“按钮指示灯模块”的指示灯均熄灭；两台触摸屏均显示如图 2 所示的登录界面。

注：调试时，工业机器人和直角坐标机械手的手腕部应处于无手抓状态。（在调试过程中，出现手抓跌落的情况属安全文明操作不规范）

图 2 系统登录界面

系统默认操作员为 Admin，密码为“操作员名”+“235”，例：操作员 Admin 的密码为 Admin235。如果操作员和登录密码匹配，则系统进入下一界面；若不匹配，则弹出对话框，显示“密码错误！”，4 秒后对话框消失，操作员和登录密码编辑框清空。

登录成功后进入的界面与主、从站 PLC 旁边各自的选择开关的状态有关。当选择开关接通时，则主、从站触摸屏均进入“调试界面”；选择开关断开时，主站触摸屏进入“订单设置与总控”界面，从站触摸屏进入“生产过程与数据监控”界面。改变选择开关的状态，主、从站触摸屏则可在各自的界面之间切换。

（二）调试模式

1. 主站调试

主站调试界面如图 3 所示，触摸屏中“供料输送单元”指示灯默认为绿色，“工业机器人”指示灯为黄色，该状态表示可对供料输送单元进行调试。

按下【调试单元选择】按钮，“工业机器人”指示灯转变为绿色，“供料输送单元”指示灯转变为黄色，该状态表示可对工业机器人进行调试。通过【调试单元选择】按钮，可实现调试对象的切换。

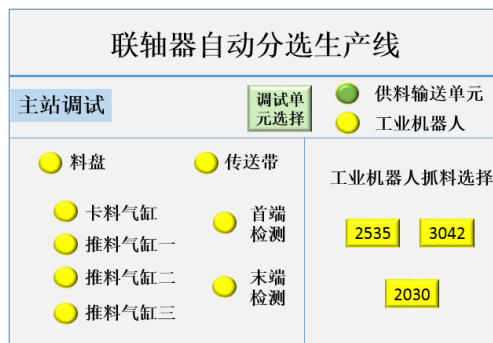


图 3 主站调试界面

(1) 供料输送单元调试

当按下主站“按钮指示灯模块”中的绿色启动按钮（对应线号为 Start-1），料盘电机转动，5 秒后停止，随后供料输送单元的传送带正向运转，可将工件由传送带首端向末端方向传送，按下红色停止按钮（对应线号为 Stop-1）传送带停止运行。在触摸屏上，料盘电机运行时，料盘指示灯由黄色转变为绿色；传送带运行时，传送带指示灯变为绿色；料盘电机和传送带停止时，对应指示灯恢复为黄色。

调试时，手动将工件放置到传送带首端，触摸屏上首端检测指示灯变为绿色，3 秒后卡料气缸（靠近料盘处的第一个气缸）伸出，伸出到位 3 秒后，推料气缸一伸出，依此规律，后续两个气缸伸出，上述各气缸伸出到位时，触摸屏上的对应指示灯变绿。如果因某些原因，气缸伸出不到位，后续气缸暂停，直到故障排除才可继续动作。

手动将工件放置到传送带末端，触摸屏上末端检测指示灯变为绿色，3 秒后，传送带上的各气缸缩回，缩回到位后，触摸屏上左下侧区域的 8 个指示灯恢复为黄色，至此，供料输送单元调试完毕。

在正常调试过程中，“按钮指示灯模块”中的绿色指示灯闪烁，频率 2Hz，因故障或按下急停按钮时，调试流程暂停运行，红色指示灯以 1Hz 的频率闪烁，绿色指示灯熄灭。故障排除或急停按钮复位后，红色指示灯熄灭，绿色指示灯恢复闪烁。供料输送单元调试完毕，绿

色指示灯熄灭。

(2) 工业机器人调试

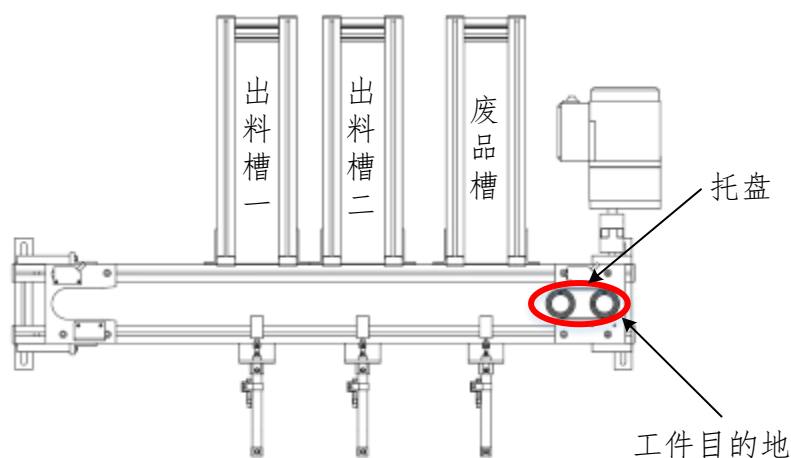


图 4 搬运工件目的地示意图

工业机器人调试的主要目的是测试工业机器人是否能准确完成工件（联轴器）的搬运。调试过程中需要完成 3 次工件搬运，约定待搬运工件的存放地点和搬运目的地如下：产品代码为 2030、2535 和 3042 的联轴器的存放地点分别为供料输送单元对应的工件滑槽底部；搬运的目的地在分选输送单元传送带的首端（放置有工件托盘），如图 4 所示。

注意：在订单生产模式中，3 种工件搬运的目的地可能是托盘中的任意位置。

当调试单元选择的调试对象为“工业机器人”时，触摸屏界面右下侧的 3 个工件选择按钮才可被按下。工业机器人在搬运工件前，首先应在触摸屏上选择需要搬运的工件，3 个工件选择按钮为三选一的关系，当某个按钮被按下时，该按钮显示为绿色，其余两个按钮显示为黄色。当选择某一待搬运工件后，按下“按钮指示灯模块”中的绿色启动按钮，工业机器人运动到工具快换站上方，拾取对应的手抓，然后将该工件从存放地搬运至目的地，搬运完成后，工业机器人将手

抓放回到工具快换站，机器人回到初始位置等待，工件搬运过程结束，触摸屏上的工件选择按钮恢复为黄色。

2. 从站调试

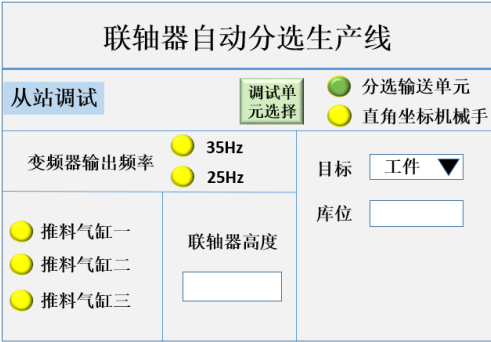


图 5 从站调试界面

从站调试界面如图 5 所示，触摸屏中“分选输送单元”指示灯默认为绿色，“直角坐标机械手”指示灯为黄色，该状态表示可对分选输送单元进行调试。按下【调试单元选择】按钮，“直角坐标机械手”指示灯转变为绿色，“分选输送单元”指示灯转变为黄色，该状态表示可对直角坐标机械手进行调试。通过【调试单元选择】按钮，可实现调试对象的切换。

(1) 分选输送单元调试

分选输送单元调试前，需要在传送带末端适当位置放入一个工件（联轴器），随后按下从站“按钮指示灯模块”中的启动按钮，传送带反转（工件被送往传送带首端方向），变频器输出频率为 25Hz。当工件到达“高度检测组件”正下方时，传送带暂停 5 秒，触摸屏上显示出联轴器的高度值。5 秒后，变频器以 35Hz 的输出频率驱动传送带正转，当工件到达最后一个出料槽（出料槽一）中心位置时，传送带停止运行，该位置的推料气缸伸出，将工件推入出料槽。该推料气缸伸出到位 3 秒后，其余 2 个推料气缸伸出，伸出状态保持 5 秒后，3 个气缸同时缩回，分选输送单元调试结束。

传送带运行时，触摸屏上对应的变频器输出频率指示灯变为绿色；传送带停止运行时，该指示灯恢复为黄色。推料气缸伸出时，对应推料气缸指示灯变为绿色，气缸缩回后恢复为黄色。

(2) 直角坐标机械手调试

直角坐标机械手调试的主要目的确定机械手从立体仓库抓取托盘或工件的准确性。

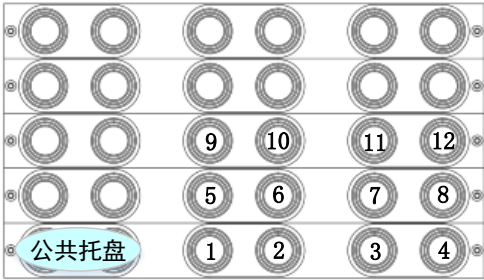


图 6 立体仓库库位分布图

立体仓库的库位分布如图 6 所示，1 到 4 号库位为立体仓库的最底层，1 号和 2 号库位共用一个托盘，以此类推，1~12 号库位总计摆放 6 个托盘，1、2 号库位左侧还摆放有一个公共托盘。调试开始前，所有库位都要摆放托盘。

当从站调试对象切换为“直角坐标机械手”后，首先需要在触摸屏上设置抓取目标，“目标”下拉菜单可供选择的为目标为工件或托盘。“库位”编辑框可输入 1~12 之间的数字。举例说明如下：当目标选择为工件，编辑框输入的库位为 5 时，表示机械手应到 5 号库位抓取工件；当目标选择为托盘时，库位编辑框输入 5 或 6，均是指机械手应到该库位抓取托盘。调试前，“目标”选择为工件时，应手动放置一个工件到指定的库位中。

设置完毕后，按下“按钮指示灯模块”的启动按钮，机械手从原点位置出发，运行到手抓托盘位置拾取对应的手抓，拾取完成，回到

原点位置，随后机械手运行到指定的位置抓取工件或托盘，抓取完成，再次回到原点，然后机械手将工件或托盘放置到分选输送单元的末端位置。放置完成，机械手再经过原点，将手抓放回到手抓托盘上，最后机械手回到原点位置。至此，直角坐标机械手调试结束。

在抓取工件或托盘的过程中，触摸屏上显示提示信息，如图 7 所示，显示的提示信息为“工件抓取中！”或“托盘抓取中！”，调试结束后提示信息消失。

联轴器自动分选生产线

从站调试

调试单元选择

分选输送单元

直角坐标机械手

变频器输出频率

35Hz

25Hz

目标

工件

库位

6

推料气缸一

推料气缸二

推料气缸三

联轴器高度

工件抓取中！

图 7 提示信息显示

(三) 订单生产模式

1. 订单设置与总控

当主站进入订单生产模式时，主站触摸屏显示如图 8 所示的订单设置与总控界面。界面右上角的“从站就绪”指示灯显示从站就绪的状态。即：从站没有进入订单生产模式，该指示灯为红色；从站进入订单生产模式，则该指示灯为绿色。

联轴器自动分选生产线

订单设置

从站就绪

| | | | | | | |
|------|------|------|------|------|------|------|
| 订单编号 | 0 | | | 0 | | |
| 产品代码 | 2030 | 2535 | 3042 | 2030 | 2535 | 3042 |
| 数量 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 出料槽 | | | | | | |
| 客户名称 | | | | | | |

订单确认

系统信息

启动生产

图 8 订单设置与总控界面

在订单设置表格中，可设置两个订单，订单编号为 1~50 中的任意值，订单编号不可重复。产品数量栏填写订单中某种规格的产品需求数量，同一订单中单一产品数量不超过 5，产品总数不超过 6。出料槽可选填 1 或 2，出料槽在分选输送单元的分布如图 4 所示。客户名称为中文或英文。

订单设置完毕后，单击【订单确认】按钮。若订单编号、产品数量不符合规则，则在订单下方的系统信息区域显示提示信息，“订单编号错误，请修改！”或“产品数据不合规，请修改！”。如果无误，则不显示任何信息。

联轴器自动分选生产线

订单设置

从站就绪

| | | | | | | |
|------|------|------|------|------|------|------|
| 订单编号 | 12 | | | 46 | | |
| 产品代码 | 2030 | 2535 | 3042 | 2030 | 2535 | 3042 |
| 数量 | 2 | 3 | 2 | 4 | 1 | 0 |
| 出料槽 | 1 | | | 2 | | |
| 客户名称 | Tom | | | 小明 | | |

订单确认

系统信息

产品数据不合规，请修改！

启动生产

联轴器自动分选生产线

从站就绪

| | | | | | | |
|------|------|------|------|------|------|------|
| 订单编号 | 12 | | | 46 | | |
| 产品代码 | 2030 | 2535 | 3042 | 2030 | 2535 | 3042 |
| 数量 | 2 | 0 | 2 | 4 | 1 | 0 |
| 出料槽 | 1 | | | 2 | | |
| 客户名称 | Tom | | | 小明 | | |

订单确认

系统信息

启动生产

图 9 错误和正确订单示例

在订单确认无误，且从站准备就绪的情况下，触摸屏右下角的【启动生产】按钮由灰色转变为绿色，可以启动生产，否则该按钮无效。

在本系统中，订单编号值小的优先生产。按下【启动生产】按钮后，主站触摸屏转换为生产过程数据总控界面，如图 10(a)所示。在生产过程中，生产过程数据会实时更新；系统信息格式为：信息：“系统时间”客户“某某”的订单已启动生产。其中，“系统时间”与当前时间相同，其他引号所指的内容与订单相符。订单生产完毕，系统信息显示为：信息：“系统时间”客户“某某”的订单生产完毕。请到出料口“X”领取。在触摸屏的右下角出现【继续生产】按钮，如图 10(b)所示。



图 10 生产过程数据总控界面

当前订单生产完毕，如果还有订单等待生产，按下【继续生产】按钮，则继续下一订单的生产，如果两个订单都生产完毕，且所有生产环节已经结束，按下【继续生产】按钮，则跳转到如图 8 所示的订单设置与总控界面。

2. 生产过程与数据监控

启动生产前，立体仓库如图 6 所示的库位和公共托盘位置均摆放有托盘，直角坐标机械手的手抓有托盘手抓和通用工件手抓两种；机器人手抓快换站中已经配置好适用于抓取不同规格联轴器的手抓，共三种。前述手抓的安装位置请参赛选手自定。

从站触摸屏的“生产与数据监控”界面如图 11 所示，通过触摸屏右上角的【生产数据】或【生产过程】按钮可实现两个界面的切换。“主站就绪”指示灯显示主站就绪的状态，如果主站没有进入订单生产模式，该指示灯为红色；若主站切换到订单生产模式，则该指示灯为绿色。

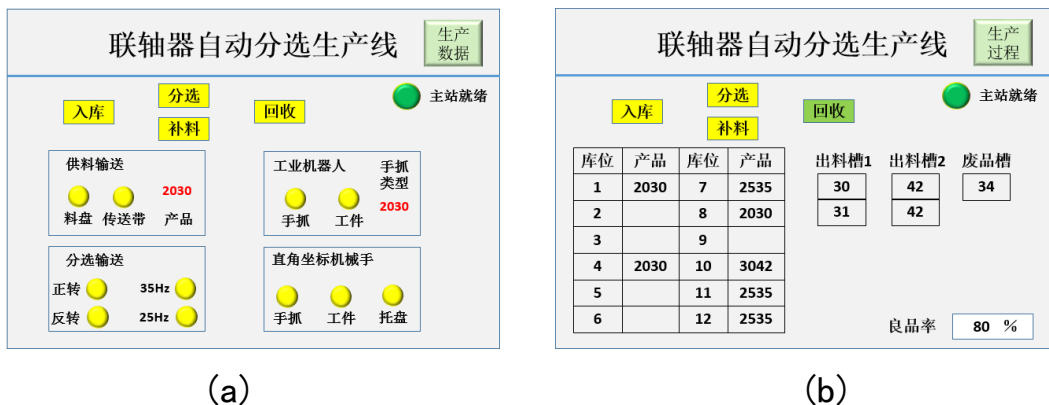


图 11 生产过程与数据监控界面

联轴器自动分选生产线的生产过程分为入库、分选、补料和回收四个环节。

(1) 入库

主站订单设置完成，按下主站触摸屏上的【启动生产】按钮后，安装在直角坐标机械手上的绿色警示灯闪烁，闪烁频率 2Hz，表示生产线正常工作。

1) 料盘与送料输送单元

启动生产后，料盘电机旋转，将工件（安装好的联轴器）从料盘送出（手动辅助完成），当送料输送单元首端检测光电开关检测到工件时，料盘停止运转，送料输送单元的传送带正转，同时卡料气缸伸出，卡料气缸旁的光纤传感器检测出工件的型号后，卡料气缸缩回，传送带将工件送达与工件规格匹配的斜槽位置，传送带停止运行，随后对应气缸将工件推入斜槽中。

启动生产后，在“生产过程与数据监控”界面，“入库”指示变为绿色。在送料输送区域，当料盘电机或传送带运行时，对应的指示灯变为绿色，停止运行时恢复为黄色；“产品”指示在卡料气缸处缩回时显示检测出的产品代码。不同时间，界面显示的示例如图 12 所示。

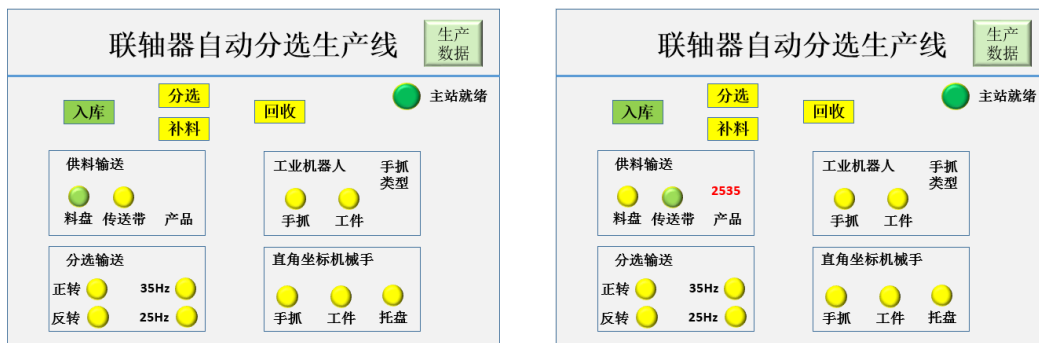


图 12

2) 工业机器人

当工件被推入斜槽后，从站触摸屏上工业机器人区域“手抓类型”处显示待抓取工件的代码，以提示操作人员注意工件与手抓的匹配。工业机器人从初始位置开始，到“工具快换站”拾取手抓，然后将工件搬运到分选输送单元首端的托盘中，完成后将手抓放回“工具快换站”，最后回到初始位置，等待下一个工件的抓取。

在触摸屏上“工业机器人”区域，当工业机器人运行目的是拾取或放回手抓时，“手抓”指示灯绿色闪烁（2Hz），当运行目的是抓放工件时，“工件”指示灯绿色闪烁（2Hz），否则恢复黄色。当工业机器人放回手抓后，“手抓类型”指示消失。当工件被抓离送料输送单元的斜槽时，送料输送区域的“产品”指示处的代码不再显示。某时刻，上述显示的示例如图 13 所示。

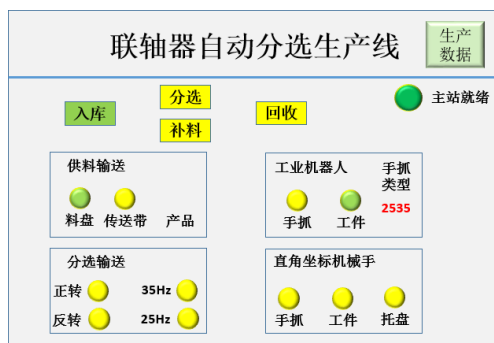


图 13

当工业机器人将工件抓离送料输送单元时，料盘启动，送出下一

个工件。如果抓取的工件数量足以放满立体仓库时，料盘不再送出工件。

3) 直角坐标机械手与分选输送单元

在按下主站触摸屏上的【启动生产】按钮时，直角坐标机械手抓取立体仓库中的公共托盘，然后将公共托盘放到分选输送单元的末端位置。当托盘放置到位，机械手将手抓放回手抓托盘后回到原点位置等待。

从站触摸屏上直角坐标机械手区域，当运动目的是抓放手抓、工件或托盘时，触摸屏对应的指示灯绿色闪烁(2Hz)，完成后恢复黄色。如图 14 所示。

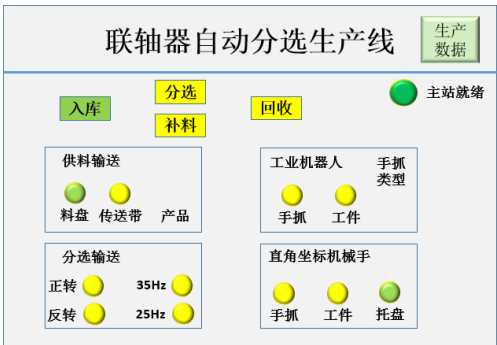


图 14

当托盘放置到位，手抓离开后，分选输送单元的传送带反转，将托盘送到传送带首端，随后传送带停止。传送带反转时变频器输出频率为 25Hz。触摸屏上正反转及相应频率值的指示灯与传送带和变频器的实际工作情况一致，例如，当传送带反转，变频器输出频率 25Hz 时，对应的指示灯为绿色，当传送带停止，变频器停止输出时，指示灯恢复为黄色。如图 15 所示。

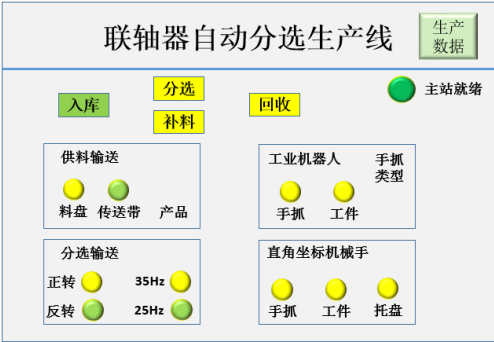


图 15

托盘到达传送带首端后，等待工业机器人往托盘里放置工件，当托盘里两个位置均放有工件后，变频器以 35Hz 的频率驱动电机使传送带正转，当托盘到达传送带末端时，传送带停止，然后由直角坐标机械手将工件送到立体仓库中。此后，传送带依照前述方式在传送带上往复运送工件，直至立体仓库中所有库位均放置有工件。当最后一个工件放置完毕，直角坐标机械手更换手抓，将公共托盘放回原位，然后机械手将手抓放回手抓托盘。至此入库生产环节完成。

从站触摸屏上各种指示灯或显示，与前述规则相同。

直角坐标机械手将工件放入立体仓库中的库位时，需要依据库位编号从小到大的顺序依次放置，并且在从站触摸屏的生产数据里显示各库位里工件的产品代码。图 16 为已经放置 5 个工件的情况示意图。



图 16

入库生产环节完成后，生产线暂停运行，操作人员按下从站“按钮指示灯模块”中的启动按钮，生产线进入分选生产环节。

(2) 分选

进入分选生产环节后，“生产与数据监控”界面的“入库”指示恢复为黄色，“分选”指示转变为绿色。

生产线将根据订单的数据进行分选生产，以图 17（a）所示的订单为例说明如下，订单中要求分选 2030 和 3042 的工件各 2 个，并送入出料槽一。



图 17

进入分选生产环节，直角坐标机械手将立体仓库中所需的工件按库位编号由小到大的顺序抓取到分选输送单元的传送带上（仅抓取工件），抓取时优先抓取产品代码数值小的产品，满足订单中对该工件的数量要求后再抓取产品代码数值大的产品。在图 17(b) 中，库位 1 和库位 2 中原来存放的就是代码为 2030 的工件，已经顺利完成分选，当抓取第 3 个工件时，因库位 3 不再是该订单需要的产品，则库位 3 的工件不能被抓取，应在库中剩余的工件中抓取所需的工件。

当工件被放置到传送带上以后，传送带反转（变频器输出频率 25Hz），将工件送至高度检测组件正下方，对工件高度进行检测。如果高度误差在 $\pm 2\text{mm}$ 内（含），则该工件可以送入出料槽一中，如果高度误差大于 $\pm 2\text{mm}$ ，则该工件为装配不合格产品，应该被推送到废

品槽中。

注：由于联轴器在装配过程中需要将联轴器的三个部件压紧，如没有压紧，则为不合格产品。

在“生产过程与数据监控”界面的生产数据的显中，会在出料槽位置依次显示所推出工件的实际高度值。如图 18 所示，图中推到出料槽 1 的第二个工件高度值是 31mm，满足误差要求，推到废料槽的工件高度值为 45mm，该工件高度大于误差要求。图中的良品率是指经过高度检测的工件中，符合误差要求的工件所占的比率，图中推到槽内的工件总计有 4 个，其中 1 个是不合格产品，所以良品率是 75%。

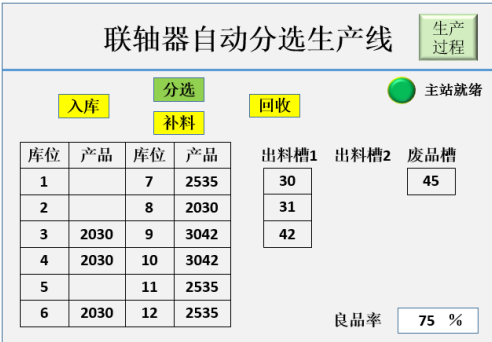


图 18

(3) 补料

在订单生产过程中，如果立体仓库里某规格的工件库存为零，不能继续当前订单生产的情况，则生产线暂停运行。此时，直角坐标机械手上的红色和绿色警示灯闪烁（2Hz）。

当操作人员按下从站“按钮指示灯模块”中的绿色按钮，生产线进入补料生产环节，从站触摸屏上的“补料”指示绿色显示，其他生产环节的指示变为黄色。

进入补料生产过程时，直角坐标机械手将公共托盘放置到分选输

送单元的末端，其传送带将公共托盘运送到传送带首端等待（系统运行的相关参数及从站触摸屏上的显示与入库生产环节相同）。

进入补料生产环节，料盘转动，随机送出工件，在供料输送单元的卡料气缸处，检测来料工件的规格，若该工件不是订单生产过程中所缺的工件，则该工件被传送到供料输送单元的末端，由人工将该工件拿走。工件拿走后，料盘继续供料。如果该工件是当前订单所缺工件，则该工件被推入相应的滑槽，由工业机器人将该工件搬运到公共托盘中。当公共托盘被装满后，依照入库生产流程将该工件送入立体仓库中。当立体仓库中已有足够满足当前订单生产需求的工件时，后续补料的工件则不再需要被送到供料输送单元的末端。

注意：若最后仅需一个工件即可摆满立体仓库，则公共托盘最后一次送料时无需将公共托盘装满。

补料结束时，公共托盘被直角坐标机械手送回到立体仓库中，系统自动转为分选生产环节，直角坐标机械手上的警示灯恢复绿色闪烁。

此后，生产线继续订单生产，根据实际情况在分选和补料生产环节切换，直至所有订单生产完毕。

（4） 回收

当所有订单生产完毕，生产线进入回收生产环节。此时，从站触摸屏上的“回收”指示绿色显示，其他生产环节的指示变为黄色。

回收时，直角坐标机械手首先将公共托盘放置到分选输送单元的末端，随后更换手抓，在立体仓库剩余的工件中，将其库位号最小和库位号最大的工件放置到公共托盘中（模拟代表剩余的所有工件），然后将手抓放回直角坐标手抓托盘。

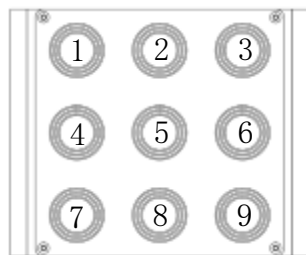


图 19 工件回收库库位示意图

当剩余工件被放回到公共托盘后，分选输送单元传送带将公共托盘送达传送带首端，工业机器人根据剩余工件的规格，选择对应的手抓将工件依次放置到工件回收库的 8 号库位（放置完成后立即手动将该工件取走），如图 19 所示。然后工业机器人放回手抓，回到初始位置；分选输送单元的传送带正转，将公共托盘运送到传送带末端；直角坐标机械手将公共托盘放回原位，最后放回手抓，回到初始位置。至此，回收生产环节结束。