

2021 年“西门子杯”中国智能制造挑战赛

智能制造工程设计与应用类赛项：智能产线与协作机器人方向决赛 赛题

一、题目背景

对于大批量生产的标准化产品，自动化生产方式具有生产效率高、品质稳定等优势，但是并不是所有行业、产品都适合全自动的生产方式。比如 3C 行业，笔记本电脑等消费电子产品，由于用户需求多样，产品迭代快，生产订单呈现出多品种、少批量的特点。在这样的背景下，“人机协作”就显示出了它的优势。一般来说，对于那些危险的、繁重的、枯燥的，以及由于人的生理局限难以胜任的工作，可以交给机器人来完成，而对于那些由于订单变化造成的灵活多变的环节，可以交给人来完成，从而提高生产交付的灵活性，这就是所谓的“人机协作”。

人机协作的优势在于：第一，由于机器人的运用，有助于提高产品生产的效率和品质，并降低生产成本；第二，由于人不再承担那些危险、繁重和枯燥的工作，职业伤害以及职业病的发生会大大减少，工人工作的积极性也会得到提升；最后，人机协作的生产方式，可以满足制造业当中多品种、少批量的订单需求，实现生产的“灵活交付”。

“防错法”，又称防呆法，源于日文 Poka-yoke，其发明人为著名的日本丰田精益生产体系创立者之一：新乡重夫。Poka-yoke 的意思是在过程失误之前即加以防止。是一种在作业过程中采用自动作用、报警、标识、分类等手段，使作业人员不特别注意也不会失误的方法。采用“防错法”可以有效提升产品质量，减少由于检查而导致的浪费，并消除报废和返工引起的浪费。由于在人机协作的生产方式中，人工操作占有很大的比重，因此，“防错法”在人机协作的生产系统中，对于提高品质、保证生产效率具有重要意义。在本次比赛方案评选中，除以往本赛项所考查的功能性、可行性、经济性等要素之外，“作业员防错法”在方案中的运用，是本次比赛新增的重点评价指标。

二、比赛形式

2021 年决赛中，参赛队伍扮演乙方设备供应商，根据甲方的招标需求，基于协作机器人进行人机协作生产方案的设计，并完成方案撰写，方案入围后进行招标答辩。对参加答辩的队伍，答辩前需制作 PPT，以便进行方案讲解。与初赛阶段相同，决赛中本科组与高职组将独立评分和评奖。

三、赛题内容

浙江省宁波市某电子厂，专业生产各种小型数码电子产品，现需设计一产品包装生产方案，以满足日益增长的充电宝等小型数码产品成品包装的生产需求。为降低成本，并改善工人劳动环境，甲方计划采用人机协作方案。为保持生产的灵活性，适应订单波动，应保证仅一名操作员即可开展生产。

(一) 方案技术要求

1. 设备工艺描述。某产品包装生产设备，主要用于移动电源、充电器等产品的成品包装。产品包装方式为双面吸塑泡壳包装，包装内需装配的物料包括：移动电源、充电线、说明书、彩色卡纸。吸塑上下壳之间设有卡扣，使上下吸塑壳扣合后不易脱开。图 1、图 2 为充电宝产品附件 USB 充电线和说明书，图 3 为产品包装成品，图 4 为高周波焊接设备示意图。



图 1 USB 充电线

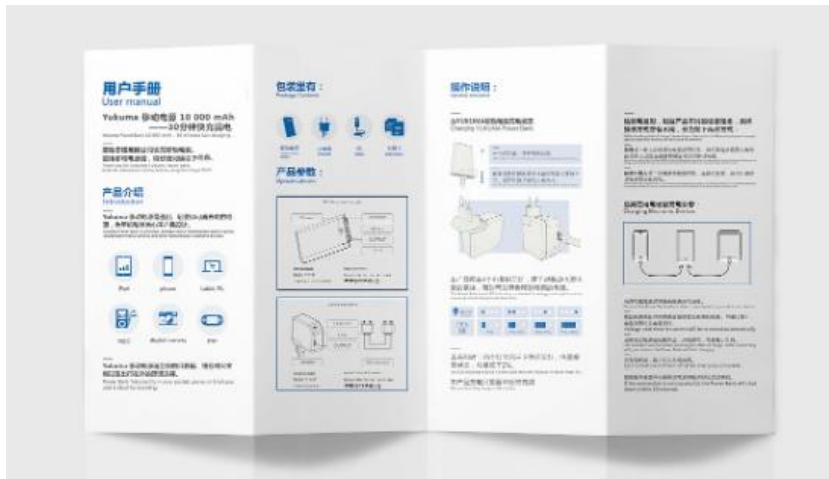


图 2 产品说明书



图 3 产品包装成品（正反面）



图 4 高周波吸塑包装焊接设备

2. 包装过程如下：

- 1) 需将产品本体、数据线、说明书和彩色卡纸分别装入吸塑壳内
 - 2) 合上并扣紧吸塑上下壳
 - 3) 将组装完成的产品放入高周波焊机内进行焊接封口
 - 4) 将成品由焊机内取出，并整齐地码放至产品外包装箱内（每层 4 个，矩阵放置，共 8 层）
- 说明：后续工序，如包装箱封箱，成品转运并放置空包装箱等，在本方案中暂不考虑。

3. 已知方案中设备及产品尺寸如下：

- 1) 高周波焊机：1m x 1m x 1.8m（宽 x 深 x 高），被焊接产品的上料位置，在水平方向上位于焊机中央
- 2) 机器人工作台：0.8m x 0.8m x 0.8m（宽 x 深 x 高）
- 3) 如设置人工操作工作台，台面尺寸应不小于 1 m x 0.8m（宽 x 深）
- 4) 产品包装成品尺寸 200mm x 120mm x 25mm（长 x 宽 x 高）

4. 设计作业员防错及其他品质管理措施。由于工厂操作员工素质参差不齐，通过设计合理的防错机制以降低操作难度，降低企业培训成本，保证品质。

5. 生产效率及成本控制。请根据设备运行情况合理定义系统中使用机器人的数量。操作员和设备综合工时费标准见表 1，方案设计中可能用到的操作员及设备动作时间标准见表 2。

注意：为简化效率及成本的计算，应将本方案中机器人的动作简化为水平和竖直两类运动，并假设所有运动均为匀速。机器人抓取/放置物体时，应先将工具手水平移动到目标位置上方，再下降到合适高度进行抓取/放置；机器人完成抓取/放置动作后，需先竖直移动到一定高度，再进行水平移动。

工时费项目	单价（元/小时）	备注
操作员	25	以上费用已包含房租、水电及管理费均摊成本
机器人	12	
高周波焊机	5	

表 1：操作员和设备综合工时费标准

动作主体	动作	时间（秒）
操作员	吸塑壳取料	3
	单个零件取料并完成装配（不可同时取或装配两种及以上物料）	3
	将成品放置于成品区	3
机器人	机器人水平由 A 点运动到 B 点（距离 $d < 30\text{cm}$ ）	1
	机器人水平由 A 点运动到 B 点（距离 $d > 30\text{cm}$ ）	2
	机器人竖直方向由 A 点运动到 B 点	1
	机器人关节旋转 180 度	1
	夹爪夹取/松开	0.5
	真空吸盘吸取/放下	0.5
	吸盘吸取后进行真空检测，以确认吸取成功	0.5
	I/O 通讯/ 其他通讯	0.5/次
	拍照并进行视觉识别	2
高周波焊机	高周波焊接封口	8

表 2：操作员及设备动作时间标准

6. 生产快速换型。该包装生产方案应满足多种小型电子产品吸塑包装需求，并可实现多品种产品生产间的快速切换。这些产品的体积和外形相似，但其吸塑壳外形、产品附件类型、数量和放置位置不尽相同。当进行产品生产换型时，应方便、快速。

7. 机器人编程。对机器人操作的部分，参赛队应按照 TM HMI 编程规范进行程序流程图绘制。流程图指令规范请参考达明 HMI 初阶训练培训文档《BT01_1.82_HMI Basic_ZH.pdf》，文档可在竞赛技术资料网盘目

录中“04 教育训练资料”路径中找到。流程图可使用 Visio 等流程图软件绘制，由于没有 TM HMI 软件环境，流程图能清晰表达程序逻辑关系和关键功能节点即可，必要的可给出注释。

注意：为简化程序流程，将应将机器人的动作简化为水平和竖直两类运动，并假设所有运动均为匀速。机器人抓取/放置物体时，应先将工具手水平移动到目标位置上方，再下降到合适高度进行抓取/放置；机器人完成抓取/放置动作后，需先竖直移动到一定高度，再进行水平移动。

（二）方案写作要求

1. 方案形式。设计方案应包含设备布局图、工作区域划分、工作流程图、主要软硬件配置清单等关键内容。其中设备布局图应为俯视图，并标注各个设备的名称，外形和相对位置尺寸。工作流程图应包含各主要工艺动作和设备控制逻辑信息。为更好地表达设备方案，也可对方案进行简单的三维建模，截图并配合文字说明，在技术方案中展示。
2. 人机协作方案合理。在方案设计之初，可首先根据甲方需求，对产品生产工艺流程进行分解，然后按照人机协作的分工原则进行分析，并得出结论。此外，应设计必要的人机交互机制。
3. 产品品质方面。对人工操作的部分，应进行防错设计。对采用人工装配的生产工序，应给出清晰的操作指导，并运用作业员防错法，使人为造成的品质问题降至最低。同时，应考虑安排必要的品质检验。
4. 效率分析：通过机器人运动速度、运动行程等信息进行量化分析，计算生产的节拍 Cycle time。
5. 成本分析：通过数据分析，进行设备经济性分析。应根据员工及设备成本，和生产节拍，计算得出人机协作生产单件产品的成本，并与纯人工生产方案进行对比。
6. 快速换型设计。列出为生产不同产品，实现快速切换所需的设备软硬件配置，分析生产切换所需的换型操作，并对设备的柔性生产特性进行评价。
7. 安全功能设计。例如，在人机协作工作中，分别对于人、设备等相关方面的安全风险做出评估，并列出相应保护措施。

四、竞赛用机器人及技术资料

1、比赛所形成的知识产权归属于各参赛队所有，但全国竞赛组委会享有对方案非营利性使用的权利。

2、本次比赛：初赛、决赛均采用的协作机器人是来自中国台湾的达明机器人（Techman Robot）。达明机器人是全球协作型机器人和智能视觉系统领导者，从 2012 年开始涉足机器人领域，目前已成功应用于 3C、汽车及零配件、机加工、半导体、食品、家电及服务等行业。

经过多年的持续研发和实际应用，达明机器人在推出产品后短短三年内跃升为全球第二大协作机器人品牌。达明协作型机器人拥有高达 90% 的产品自制率，并搭载国际先进的视觉辨识系统，突破了传统工业型机器人的瓶颈，提高了人机协同的生产效率，并且帮助企业员工远离高危环境和风险。决赛计划采用机器人型号为 TM5-900 系列，详细的资料请到官方网站上查询 www.tm-robot.com.cn。

3、达明机器人拥有内建视觉、以图像流程编辑取代编码的操作软件以及碰撞时紧急停止的安全功能等特色。利用人与机器人各自的优势与长处，可达成更紧密的协同合作。不只帮助工作人员提升工作速度与效率，也可保障了人员的安全，协助工厂全面提升生产的质与量，助力企业向智能制造迈进。

4、TM manager 是一套功能强大的 SCADA 资料收集、分析与自动化图控管理软件，采用 Windows 操作系统，支持通讯标准及数据库，友善的使用者界面让客户实现远程监控、全厂信息化系统管理。达明机器人期许 TM manager 为一全方位提供智能制造之解决方案，帮助客户优化生产流程，降低成本及时间，提高生产效率，协助决策者掌握大小状况，迅速应变做出正确决策，迎接工业 4.0 时代之智慧工厂。

点击以下链接可下载达明机器人技术资料包：

链接：<https://pan.baidu.com/s/1ghy8xNxTMUhYvjLowCIMtg>

提取码：trss

“西门子杯”中国智能制造挑战赛组委会

2021 年 10 月 30 日