

2023 年 CIMC“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 赛题

一、题目背景：

在市场经济条件下，消费者的嗜好趋于多样化，新产品层出不穷，企业为了扩大市场占有率，必须适应市场的这种变化。外部市场对制造型企业提出了“能够生产多品种的产品，并做到快速迭代、少批量快速交付/灵活交付”的严苛挑战。与传统的大量生产方式相比，多品种小批量生产方式的效率低，成本高，不易实现自动化，生产计划与组织更复杂。企业在组织进行多品种生产时，要对有限资源进行适当调配，满足很多产品项目资源共享的要求，由于物料需求变化多变，对企业原有的计划、采购机制会有很大的挑战和压力。同时，企业每年也面临着劳动力成本上升、劳动者技能单一很难贡献高价值高绩效劳动成果输出、原材料成本上升等诸多内部问题，企业需要考虑如何科学地编排投产顺序，实行连续生产，以期达到适时适量的生产，不断给员工创造加薪的机会，推行富有成效的激励机制促进内部人才和组织增值，在打造合理计划体系、清晰掌握自身产能情况、合理规划存货策略等“内功修炼”中不断提升发展。

传统的工业机器人工作站方案，通常是为了某一类产品进行适应性定制，同时也会安装安全栅栏对人员进行保护，企业在更改生产产品种类的时候，会面临需要重新设计方案及重新铺设生产线的情况，企业调整生产线的周期长，反而为企业增加了成本。而协作机器人相比于传统的机器人，一般都会安装有防碰撞控制器能够适应高精细要求的工作无需安全栅栏便可以有效的避免误伤工作人员，产线变更的灵活性大大提升，同时具有良好的人机交互协作界面，使人员和机器人在应对不同的工作要求时实现功能的互补。由于人员不再承担那些危险、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，从而为人员创造舒适、安全的工作环境，工人有机会去学习和从事一些有挑战性的工作，工作的积极性也会得到提升。

二、比赛形式：

组委会扮演招标甲方，各参赛队伍扮演乙方应标企业，根据甲方的招标需求和甲方现场生产及管理现状，进行生产现场改造方案设计。

初赛：主要以方案设计为主，各参赛队伍按甲方要求撰写设计方案并提供必要的文档附件，如：方案中必须包含必要的数据、文档等佐证。

请注意：

- 1. 方案、视频等资料中不允许出现或透露任何与参赛队及其学校相关的名称、缩写、图标、标志性建筑物图片等身份信息。否则扣 10 分**
- 2. 没有相应数据的方案，均按不合格方案处理。**

决赛：入围决赛的参赛队伍，可以根据赛前实操应用练习情况，对参赛方案进行迭代更新调整，按更新后的方案准备决赛。决赛环节将设置答辩和实操环节，答辩和实操环节的综合成绩排名确定决赛排名。

初赛、决赛中本科组和高职组将独立评分和评奖，其他未说明事项，均按大赛统一要求处理。

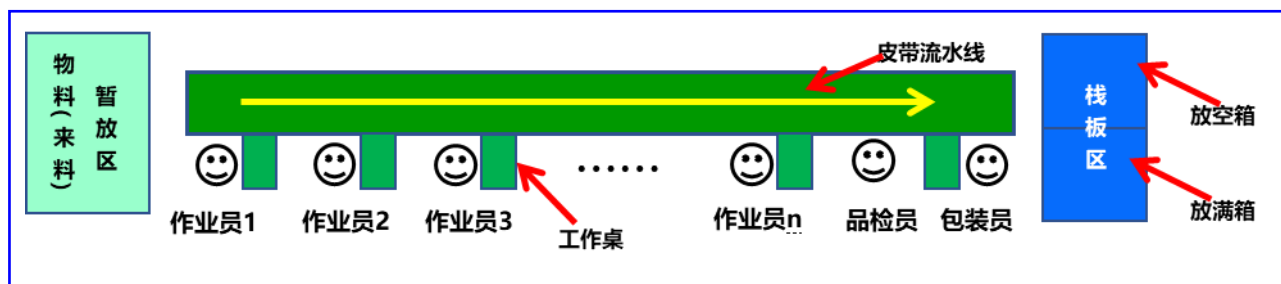
三、赛题内容：

(一) 现场背景介绍：

W 厂是一家生产家电的生产厂家。D 车间是 W 厂的组装&包装车间，车间有 8 条独立的人工装配线，装配线上主要完成的工作包括：产品组装、装箱包装和成品堆栈。

装配生产线的生产方式是比较传统的一天两班人工生产方式，受生产工艺的限制，需要大量的人工，每条装配线完成的工作都基本相同： 组装 1→ 组装 2→→ 组装 n→品检 → 装箱&堆栈。(装配生产线布局参看附图 1)

附图 1



参考实物图片如下：



各个班组都有专职的物流员，主要负责从不同的仓库将领取的原物料、耗材、半成品搬运并放置在各班组的物料暂放区，同时等成品堆栈满 1 个栈板后，将成品栈板送到成品仓入库，完成入库流程。受作业员工作区域限制，公司使用统一的物料盒盛装物料，由作业员自行决定物料盒在工作台上的放置位置，作业员为了防止工作台上的物料使用完后来不及补充物料，会在正式生产前将成箱（包括纸箱、胶箱等）的物料搬到自己的工站附近，生产过程中，若有提前备料使用完的情况，由生产班组的小组长协助补充（即：临时性将某一成箱的原物料从物料暂放区搬运到物料使用者附近）。

由于外部市场的需求变化，经过内部核算，现有的流水线分工方式仍沿用目前的工作安排，将存在一定的产量冗余，为了不浪费这些产能，内部决定 2~3 个产品共用一条流水线进行生产，不同产品进行生产切换时，上一批产品的最后一件产品经过某一工站后，作业员根据换产的要求更换所负责的工站上所使用的新物料和管控文件(如 SOP、检查表等)，撤换并清点上一批产品未使用完的物料交小组长统一进行退库，所有准备工作完成后，从第一个工站开始生产下一批产品，完成的首件需呼叫车间质检进行首件检测，首件检测合格后，才可以大量生产。

生产线各班组在每天下班前需提交班组每日的生产报表、当天的出入库表等进行生产收尾工作，为了防止和对班的物料、在制品、未处理完的不良品混合，当班班组会在下班前将产线清空，各班组自行保管各自的物料、在制品等，次日上班后继续生产。

计划部提前一周锁定生产计划，下达生产指令（生产产品类型、数量等），各产线按生产计划顺序生产各班

组次日早会上按产品标准人力管控表安排人员上岗，若有机动人员变动的，车间内各班组协调相互支援。

(二) 模拟产线情况：

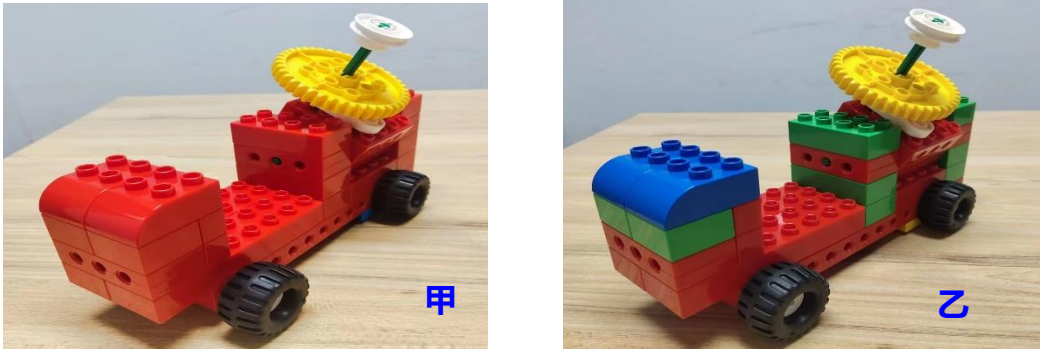
以 W 厂 D 车间中的一条装配生产线为研究对象，现场无法进行实地摄像，用乐高积木拼装产品替代正式产品，以临时产线模拟现场组装、包装作业和流程，各参赛队按观察到的模拟产线问题，提出改善方案，并进行详尽的改善方案。

说明：(1) 赛题涉的工时相关数据，以各参赛队依据赛题提供的标准文件，通过模拟实操自行测试所得数据为准

(2) 模拟产线使用到的“产品”物料清单(BOM 表)、作业标准文件等方式随赛题一并发布，各参赛队可根据各自的方案进行实操验证。

现将相关基础信息整理如下：

1. 产线生产的产品系列：



2. 产线生产的产品系列包装规格

产品编号	装盒规格 (个/小盒)	堆栈规格 (箱/栈板)
甲	1	4
乙	1	4

甲、乙两种产品，最小交付单位： 4 个，堆栈排列方式：2*2 （包装箱的标签均需朝外）

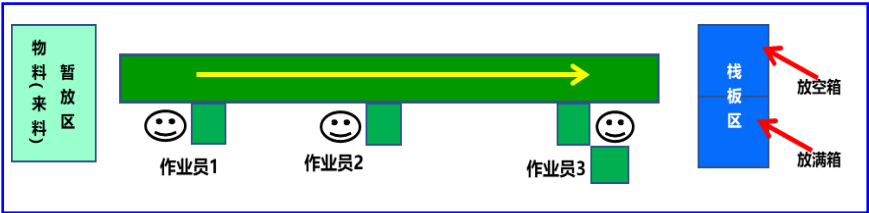
3. 以甲、乙两个产品“组装—包装”全程为研究对象，各产品装配工艺具体可参考相应的 SOP，各产品工艺流程信息如下：

产品编号	工序		
	组装 1	组装 2	组装 3&包装
甲	√	√	√
乙	√	√	√

（请各参赛队自行根据 SOP 作业自行测试所需要的作业数据）

4. 模拟产线现状布局 (参看附图 2)：

附图 2



注：原料仓和成品仓位置未包含在内，实际模拟实操时，各参赛队可自行安排原料仓和成品仓的位置。原物料领取和成品搬运按需搬运，搬运方式和频率需自行设计。

5. 模拟产线其他信息：

序号	内容	数量	单位	备注
1	组装作业者	3	人/班	装配&包装均有白夜班 2 班
2	日产量	800	个/班	T/T ^[1] : 31.5s
3	工作时间	420	分/班	8 小时/班，其中：20 分/班休息时间，20 分/班设备保养及 5S 环境维护活动时间，20 分钟班组会时间
4	额定总换型时间 ^[2]	40	分/班	经济角度换型时间占工作时间 10%左右，时间越短越好
5	线内物料补充	/	/	大包装放在工位附近，各工位人员自行取用

备注：

(1) T/T：节拍，由客户需求决定的连续完成相同的两个产品之间的间隔时间：

$$\text{节拍}(T/T) = \frac{(\text{一天的})\text{作业时间}}{(\text{一天的})\text{必要数量}}$$

(2) 额定总换型时间=单次换型时间×换型次数=40 分钟（最大值）

举例说明：

若根据实操测量记录，单次换型时间为 10 分钟，则工作时间内，最多可换型 4 次，生产 5 种不同的产品

单次换型时间下降以后，就可以将生产批量变小，可以更快速、更灵活地交付顾客所需产品。

(三) 改造限制条件：

- 产线至少有一个工序使用协作机器人/自动设备/工治具等进行工作，设计方案中明确说明设备硬件部件构成和控制程序，人员作业方式等，确保能完成所有的工作内容（需自行评估设备适当的数量）；
- 拆除流水线(皮带线)，使用可升降工作桌，设计最佳的站姿/坐姿工作台高度，同时根据各工站的物料使用情况自行设计物料架，方便使用。
(升降工作桌的主体框架尺寸统一提供)
- 尽可能挖掘产线各项浪费设计改善方案，自行评估改善方案可行性，并在总结报告中给具体的可实施的方案（最好包含量化的描述指标）；
- 产线改造的一次性投入费用应≤50 万元，满足生产需求的前提下，成本应尽量低。按公司管理要求：
 - 5 万元(含)以上的固定资产回收期 2 年；
 - 5 万元以下固定资产回收期 1 年。
- 协作机器人成本按 20 万元/台，机器人每年的电费、维护费、技术人员工资分摊用为 1 万元/台。如增加其他设备及工装治具，费用按实际发生计算。
- 产线人工综合成本为每个月 8000 元/人，（每天工作 8 小时，两班倒）每年员工综合成本上升 5%；
- 投入新自动设备/协作机器人后，产线内各工站人员的作业内容必须要进行优化，改造后的产线若有多名作

业员时,人员不可进行同一作业(不能安排逐兔式生产作业方式,仅能安排屋台式或分割式生产作业方式);

8. 两种产品安排在一个生产线上进行生产,不能搭两条(含)以上生产线;
9. 以订单式生产,无各产品库存,假定仓库内的物料充足,品质合格率为100%,无缺料、不良品等问题;各参赛队仅需考虑物流搬运车、单次搬运量等问题(仓库的位置、搬运距离忽略不计)。
10. 品质防呆的需求:为保障产品品质,保护工作人员安全,方案中须有防呆设计陈述。

(三) 改造交付目标:

1. 产线升级改造后,至少要减少1人/班,同时产线效率要提升20%以上(不含辅助人力),产线改造成本越低越好。
2. 新产线的作业人员和辅助人员均执行标准作业,方案中需提供生产/换型必要的标准作业文件,生产/换型有明确的指令措施。
3. 产线内部物料补充方案要进行优化改善,所有线上物品都要实施“三定管理”(即:定点/定容/定量,也就是放置位置固定、盛装容器固定、容器内装的数量固定)。
4. 产线中有必要的防呆方案(不能利用物料本身的颜色差异作为防呆措施);
5. 新产线必须具备灵活交付能力,安排适当的产品切换批量。产线组织生产的过程和交付时间要有充分的评估与说明。

备注:所有涉及计算的部分,四舍五入保留1位小数。

四、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。具体方案模板,请参见附件
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。对采用人工装配的生产工序,应给出清晰的操作指导,并运用防呆法,使人为造成的品质问题降至最低。同时,应考虑必要的品质检验。
4. 效率分析:通过提供的各项信息进行量化分析,自行评估设计方案中的效率指标是否满足设计要求。
5. 成本分析:通过数据分析,进行设备经济性分析。应计算设备整体成本,并与纯人工生产方案进行对比,以评估人机协作方案的经济可行性。
6. 快速换型设计。列出为生产不同产品/人员班次转换,实现快速切换所需的设备软硬件配置,分析说明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,若有需要,请提供必要的文档附件。
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。
8. 客户订单及生产计划排程。通过对外部订单的管理方式,配合安排生产计划,以达到快速相应客户需求、灵活交付、有效控制各类库存的目的。
9. 特别说明:方案、视频等资料中不允许出现或透露任何与参赛队及其学校相关的名称、缩写、图标、标志性建筑物图片等身份信息。否则扣10分

五、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。

赛题使用文档附件明细：

序号	文档名称	文档页数
附件 1	产品 BOM 表 (物料清单表)	2
附件 2	物料数量统计	2
附件 3	生产作业 SOP (现状)—甲乙	6
附件 4	生产作业 SOP (空白可编辑)	1
附件 5	工位物料布局图	2
附件 6	协作机器人相关指令执行时间列表	1
附件 7	设计方案写作模板	4
附件 8	竞赛硬件系统说明	4
附件 9	竞赛硬件环境图纸合集(压缩文件包)	/

说明：1. 附件 9 中包含工作桌、机器人夹爪、机器人底座等内容相应的 2D 或 3D 文档的图纸

2. 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

2023 年 3 月 1 日