

2024 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：精益智造系统的设计与优化方向 赛题（本科组/高职组）

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。

为了应对这些问题，越来越多的制造企业加入践行精益化、自动化、信息化、智能化转型升级的行列。精益变革是智能制造的基础。通过最大限度地减少企业在生产、产品交付等环节所占用的经营资源，降低企业管理和运营成本，使生产系统快速适应用户需求变化。精益制造运营的顶层设计将为企业节省大量在转型升级过程中的投入，是指挥企业落实自动化、信息化和智能化的必经之路。

精益变革是实现智能制造的基础，而智能制造为企业实现精益变革提供支撑。智能制造意味着除了在整个价值创造链的组织和控制上不断地进行精益迭代提升，以更好满足日益个性化的客户需求外，还要借助数字化措施将制造过程的透明化，积极推进智能化设备应用、完善智慧平台发展，打造工业“大脑”，开启智造时代。

协作机器人是现阶段比较有代表性的自动化设备，更灵活、更智能化。相比于传统的机

机器人协作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，同时具有安全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实操视频、数据、文档等佐证。

请注意：

1. 方案、视频等资料中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，扣 10 分，符合要求未透漏以上信息的，不另加分。

2. 出现以下情况，均按不合格方案处理，即初赛方案成绩直接按“0”分：

(1) 参赛队没有提供现状实操视频并通过实操实测获得相应数据的方案；

改善后的实操视频最好也一并提供，但不做强制要求。

(2) 参赛队没有提供 A3 报告，用于总结和梳理方案整体逻辑，简洁概况改善过程。

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、晋级和评奖，其他未说明事项，均按大赛统一要求处理。

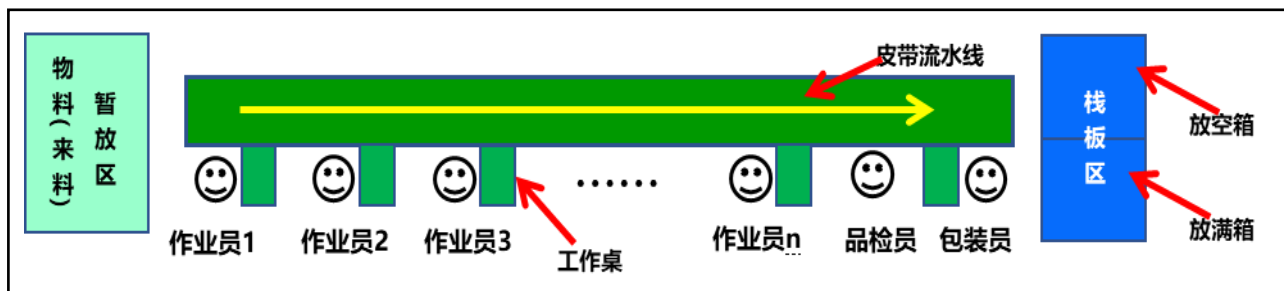
三、赛题内容：

(一) 现场背景介绍：

W 厂是一家生产厂家，有 A~D 四个车间及若干个仓库。其中 B 车间是机加车间，进行内部的有特殊加工工艺要求的零件的机械加工，完成加工的零件入半成品仓库供 D 车间领用，D 车间是组装&包装车间，车间有 n 条独立的人工装配线，进行产品组装、装箱包装和成品堆栈。

机加设备车间专门设有供应 D 车间装配使用有特殊要求的 2 种物料的机加设备，机加设备与产线的配合关系是 1:1，该设备按批量切换的方式生产依次生产 2 种物料，每种物料生产完后由机加车间物流员搬运到半成品仓库，再由组装车间的物流员按生产计划要求领料出库使用。

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下图：



参考实物图片如下：



组装车间各个班组都有专职的物流员，主要负责从不同的仓库领取的原物料、耗材、半

成品并搬运、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，原有的专线生产模式将存在一定的产量冗余，为了不浪费这些产能，进一步压缩厂内自制零件的库存量，内部决定 2~3 个产品共用一条生产线进行生产，同时，将原来机加车间的加工设备搬到组装车间内，有生产线上的人员操作设备边加工零件边进行人工组装生产，以减少不必要的搬运和库存。

由于以上调整需要，需要在新产线上进行不同产品的生产切换：

(1) 人工连续作业的生产切换：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。

(2) 设备的生产切换：完成最后一件产品/物料加工后，作业员更换设备所使用的新物料和管控文件（如 SOP、检查表等），设备工程师协助更换设备加工需要更换的加工零部件（如：模具等），并进行设备调试，达到加工工艺要求后，作业员完成的首件生产并完成首件检测后，才开始大量生产。

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) 赛题涉及的现状作业步骤及工时数据等相关内容，请各参赛队依据赛题提供的资料（包括但不限于标准文件），**通过自行进行模拟实操录制作业视频并自行测试所需数据**（提醒：若无视频和测量的数据，直接按不合格报告处理）

(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。

现将相关基础信息进行整理如下：

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/箱) | 堆栈规格 (箱/栈板) |
|------|------------|-------------|
| 甲 | 1 | 4 |
| 乙 | 1 | 4 |

甲、乙两种产品，最小可以单箱搬运到仓库，运送到客户端的最小交付单位：4个，也就是可以单个运送到仓库，最少需要达到单栈板的量运送到客户端。

栈板上成品的堆栈数量的排列方式：2*2，要求：包装箱的标签均需朝外，堆栈方式请参考下图：

栈板上成品的堆栈数量的排列方式：2*2，要求：包装箱的标签均需朝外，堆栈方式请参考下图：

式请参考下图：

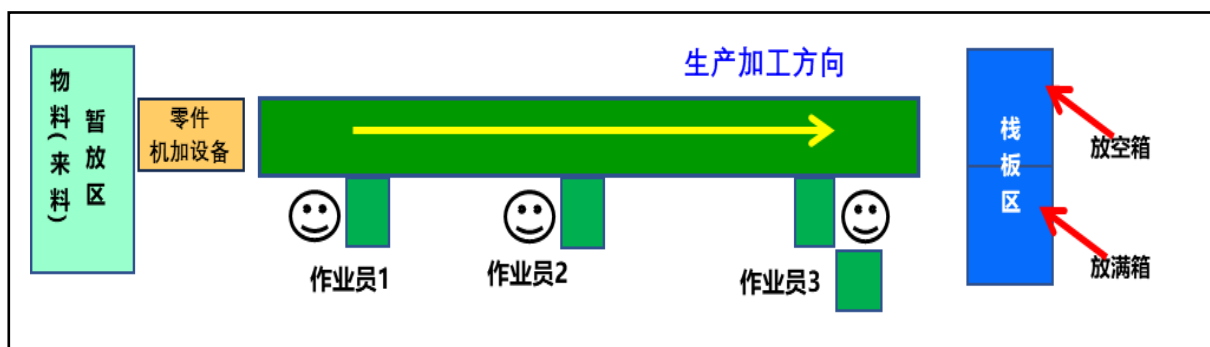


3. 以甲、乙两个产品“零件机加—组装—包装”全程为研究对象，各产品装配工艺、作业步骤具体可参考相应的 SOP，各产品工艺流程信息如下：

| 产品编号 | 工序 | | | | |
|------|------|------|------|------|---------|
| | 零件机加 | 组装 1 | 组装 2 | 自动测试 | 组装 3&包装 |
| 甲 | √ | √ | √ | | √ |
| 乙 | √ | √ | √ | √ | √ |

(请各参赛队自行根据 SOP 作业自行测试现状作业数据)

4. 模拟装配产线现状布局及作业人员活动范围，请参看下图：



注意：

(1) 原料仓和成品仓位置未包含在内，实际模拟实操时，原物料的领用和成品入库可忽略。但是原物料领取和成品搬运需要按需搬运，搬运方式和频率需在提交的方案中自行设计，并加以说明。

(2) 受目前场地的限制，随线机加的设备只能布置在线头，需要人员（零件使用的作业员或班组长）不定期到设备处进行零件加工，非常不方便。需要重新设计将机加设备和组装、包装工站就近安放，方便作业员将完成装配组装工作的同时，操作设备加工所需要的零部件。

(3) 进行现状演练时，不需要有皮带线（传送带）人员仅按图示方向模拟半成品放置方式即可。

5. 机加设备加工信息及换型作业相关信息：

(1) 现状加工信息：一次加工 4 颗物料

| 人机操作分析图 | | | | | |
|----------------|--------|---|------|----------|---|
| 人 | | <input type="checkbox"/> min <input checked="" type="checkbox"/> s | 机器 | | 备注/说明 |
| 作业内容 | 状态 | | 状态 | 作业内容 | |
| 空闲 (10s) | | 5 | | 加工 (10s) | 加工时间固定，不受加工零件的大小和数量变化。 |
| | | 10 | | | |
| 下4颗料及质量自检 (7s) | | 15 | | 空闲 (17s) | 特别说明： 时间仅供参考，不能使用，人员作业的时间需测量实际操作的时间。 |
| | | 20 | | | |
| 上4颗料 (10s) | | 25 | | | |
| | | 30 | | | |
| | | 35 | | | |
| 统计 | 作业周期时间 | 工作时间 | 空闲时间 | 利用率 | |
| 人 | 27 | 17 | 10 | 62.96% | |
| 机器 | 27 | 10 | 17 | 37.04% | |

 : 表示人或机器作业状态  : 表示人或机器空闲状态




图片仅供参考

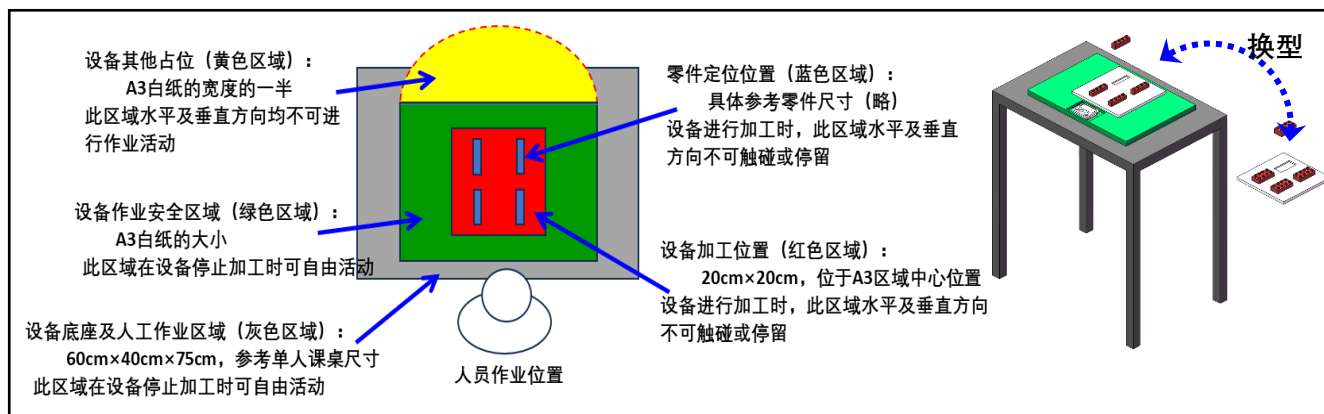
说明：模拟实操时，加工时间用计时秒表计时模拟：

- 1) 设备启动按钮加工--按倒计时开始键
- 2) 设备加工完--倒计时蜂鸣器提醒，人员可进行下料等操作

(2) 机器加工的零件信息:

| 序号 | 零件名称 | 编号 | 图示 | 同时加工数量 | 备注 |
|----|-------------|----|--|--------|--|
| 1 | 红色 4 格立方体 | A2 |  | 4 | (1) 受加工工艺限制, 同时可加工的零件数量, 可在 2~8 个零件数之间进行调整 |
| 2 | 红色单排 4 格立方体 | A8 |  | 4 | (2) 两个零件使用的材料和加工时间均相同, 换型无需更换生产材料 |

(3) 机加设备模拟信息:

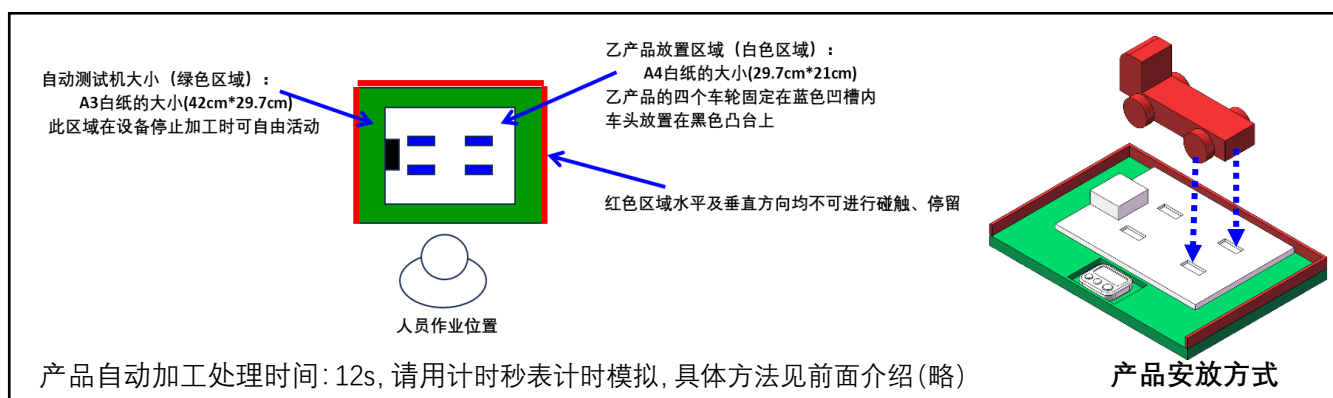


(4) 设备现行换型信息:

设备加工位置即是安装可拆卸的定位工装治具位置, 左右两边用螺丝固定, 零件换型生产时需要整体拆卸, 具体的换型作业步骤及时间信息如下:

| 序号 | 换型作业步骤 | 时间 (分钟) | 备注 |
|----|----------------------------|------------|--|
| 1 | 设备停机后松开固定螺丝，拆卸定位工装治具 | 1 | 后续若涉及优化 精简作业步骤 的，直接使用相 应数据增减说明 即可。实操练习 时第5步可忽 略。 |
| 2 | 从设备上把拆卸下来的定位工装治具放入身后的移动车上 | 0.5 | |
| 3 | 把需要更换的新的定位工装治具搬到设备上 | 0.5 | |
| 4 | 在设备上将定位工装治具对准安装螺丝孔，并用螺丝固定 | 2 | |
| 5 | 在定位工装治具上连接必要的管线 | 2 | |
| 6 | 开机调试程序及等待设备达到加工条件（如温度、压力等） | 6 | |
| 7 | 试加工并进行首件检查 | 2 | |
| | 合计 | 14 | |

6. 自动测试机模拟信息：



7. 模拟产线其他信息：

| 序号 | 内容 | 数量 | 单位 | 备注 |
|----|------------------------|-----|-----|---|
| 1 | 班组作业者 | 3 | 人/班 | 人员站姿作业，班组作业内容包括：机加&装配&包装，均有白夜班 2 班 |
| 2 | 日产量 | 600 | 个/班 | T/T ^[1] : 42s |
| | 甲产品日产量 | 400 | 个/班 | |
| | 乙产品日产量 | 200 | 个/班 | |
| 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，与实际总换型时间不同 ^[3] 。 |
| 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：

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

(2) 额定总换型时间=单次换型时间×换型次数=40 分钟（计划，最大值）

其中：

① 单次换型时间需参赛队自行模拟换型过程并测量时间。

② 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

(3) 若班组根据实际条件限制，实际只能安排 2 次换型，则实际的总换型时间为：

10×2=20 分钟

(4) 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：

1. 产线的各个工站可根据优化设计的方案使用协作机器人/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，人员使用其工作的作业方式等，确保能完成所有的工作内容（要求：需自行评估设备适当的数量）。
2. 改善后的方案中，仅能使用可升降工作桌，工站之间不能使用皮带线传递物料或半成品。
3. 改善后的方案中，可以自行规定作业人员是作业姿势（站姿或坐姿）并需要说明与之配合的工作台高度，同时根据新工站的工作安排及物料使用情况自行设计物料架、物料盛装方式（包括但不限于物料盒），方便使用。**（提醒：① 升降工作桌的主体框架尺寸统一提供；② 物料不能混放，即：不能将多种物料放置在一个物料盒里）。**
4. 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（改善前后需包含量化的指标进行对比）。

5. 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。投资经济可行性评估时，参照公司管理要求：
- (1) 5 万元（含）以上的固定资产回收期 2 年；
 - (2) 5 万元以下固定资产回收期 1 年。
6. 零件机加设备改善前后，仅有 1 台，不能增加，相应模具制作费用 3 万元/个，协作机器人成本按 20 万元/台，自动测试设备成本按 3 万元/台，升降工作台成本按 2000 元/张（仅基础部分，不含其他增设的物料架、电子设备等），现场设备的水电费、维护费、技术人员工资分摊用等费用忽略不计。如设计方案需要增加其他设备及工装治具，费用按实际发生计算。
7. 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%。
8. 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，不能安排二人以上人员做相同的作业（逐兔式）生产作业方式，仅能安排一人作业（屋台式）或二人作业（分割式）生产作业方式。
9. 两种产品要安排在一个生产线上进行生产，不能搭两条（含）以上生产线用于换线生产。
10. 假定各产品无成品库存，原料仓库内的物料充足，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、单次搬运量、搬运周期等问题（仓库的位置、搬运距离忽略不计）。
11. 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。

（四）改造交付目标：

1. 产线升级改造后，机加设备需要和组装包装产线布置在同一区域，就近生产或连线生产，不再安排专人操作机加设备进行生产，需要组装包装线上的人员兼任加工。
2. 产线班组至少要减少 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。

3. 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/物流必要的标准作业文件，生产/换型有明确的指令措施。附件中仅提供产线现状作业人员的作业指导书，其他内容需参赛队自行进行制作，并按其完成实操模拟，收集相关数据。
4. 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），盛装容器内的物料不能超过容器的上沿，工站之间的半成品数量需做好要求，并用可视化的手段加以落地应用。
5. 产线中有必要的防呆方案，并说明防呆方案的运作机制（不能利用物料本身的颜色差异作为防呆措施）。
6. 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。若有能力，可试着按平准化方式进行生产，如：“AABAAB……”、“AAAABBAAAABB……”等方式进行生产排。（平准化排产不做要求，但在方案中必须有生产排程和交付方式的说明。）

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：设计方案应包含现状概括及数据信息、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、改善后的产线数据信息等关键内容。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。为更好地表达设计方案，可对方案进行简单的三维建模，截图并配合文字说明，也可配合相应的模拟实操视频加以说明展示。具体方案模板，请参看附件。
2. 人机协作方案：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：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（自检-互检）。
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，并列岀相应保护措施。
8. 客户订单及生产计划排程：根据已知的产能需求，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：
 - (1) 方案、视频等资料中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，扣 10 分，符合要求未透漏以上信息的，不另加分。
 - (2) 提交的 A3 报告，旨在梳理方案逻辑，简洁呈现改善过程逻辑和主要的核心工具、方法，要单独提交，不要包含在详细说明方案的文档中。未提供 A3 报告的，均按不合格方案处理。
 - (3) 没有现状实操视频及相应数据的方案，均按不合格方案处理。
 - (4) 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。
 - (5) 视频、标准文件等附件，请自行保存在个人网盘内，并在方案报告中做好备注。

五、竞赛用机器人及技术资料：

本次比赛的初赛、决赛计划采用协作机器人型号为 TM5-900 系列，详细的资料请到官方网站上查询 www.tm-robot.com.cn，相关信息如下：

1. 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。
2. 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。
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、分析与智能化图控管理软件,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。
5. 协作机器人配套的控制软件 TM Flow-V1.88.2400 已经可以实现脱机项目编程设计,本次比赛各参赛队的初赛方案中涉及编程部分和决赛实操编程部分,均需用此版本完成。(不能像之前用 office 中的绘图方式完成)

六、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） | 3 |
| 附件 2 | 产品物料齐套数量统计 | 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 | 竞赛硬件环境图纸合集（压缩文件包） | / |
| 附件 9 | A3 报告模板（参考） | 3 |

说明：

- 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
- 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

- 点击以下链接可下载达明机器人配套的控制软件 TM Flow-V1.88.2400 安装包及软件升级方法：

链接：https://pan.baidu.com/s/1RYh_DKWx33pof-eWCNjmcg

提取码：CIMC

“西门子杯”中国智能制造挑战赛组委会

2024 年 3 月 1 日