

2022 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 赛题

一、题目背景:

在消费升级的背景下,消费者的需求呈现多样化的特征,企业之间的竞争越来越强调基于客户需求的竞争,生产多样化和个性化的产品已成为必然选择。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,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,企业能否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,能否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,是每个企业在市场竞争中生存、发展的必要条件。

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。

为了生产更多的品种、更多规格的产品,制造企业需要根据每种产品的生产工艺要求,对生产线上的设备夹具、模具、原物料等进行更换,同时也要对设备的加工参数等进行调试,整个过程(准备-更换-调试)被称为“换型时间”,在整个换型的过程中无法正常生产,换型时间是非常常见的“工时损失”,在大批量生产时,换型时间平均到每个产品上的时间会很少,而随着“多品种小批量”生产的要求,换型作业次数频繁的话,换型损失时间在工作时间中的比例会越来越大,从而影响生产的效率。快速换型(SMED--单分钟换模(Single Minutes Exchange of Die),即10分钟以内的换模)改善手法通过巧妙使用治具、夹具和外部准备从而可以不断降低换型时间,单次换型时间下降以后,就可以生产将批量变小,可以快速响应顾客的需求,从而实现灵活交付。

防呆法又称防错法、防患法、愚巧法(Poka-yoke),由世界著名的品质管理专家新乡重夫提出,其表面意义是防止愚笨的人做错事,即在过程失误发生之前加以防止,是一种在作业过程中采用自动作用、报警、标识等手段,使操作人员不用特别注意也不会失误的方法。防呆法认为大部分的意外都是由于设计的疏忽,而不是人为操作失误,在生产线上可以通过优化设计工装治具等,把各种人为过失机会降到最低,保障生产品质、效率。

企业在进行多品种生产时，需要考虑如何科学地编排投产顺序，实行有节奏、按比例地混合连续生产，以期达到适时适量的生产。本次比赛的设计方案中，需要对设计的产线的生产组织形式进行说明，以证明设计方案能实现“多品种、小批量灵活交付”的应用需求。

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；

决赛：入围决赛的参赛队伍，将在决赛现场演示自己的设计方案，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，按更新后的方案进行现场操练。决赛现场公布初赛产品具体订单要求(如：所需交付产品的规格、数量等)，以完成交货要求的时间、品质、作业规范性为主要的考核要求，参加决赛的队伍中按排名入围答辩环节，答辩环节按更新后的方案准备答辩资料。

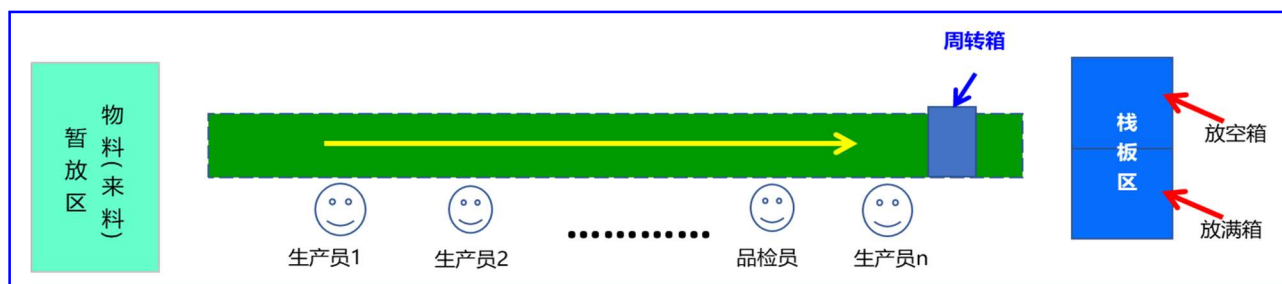
初赛、决赛中本科组和高职组将独立评分和评奖，同时决赛环节还将设立效率、灵活交付、作业规范性等单项奖项。

三、赛题内容：

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 → 装小盒 → 装箱&堆栈。(装配生产线布局参看附图 1)

附图 1



各个班组都有专职的物流员，主要负责出入各车间的物料、半成品、成品的“领取-搬运-放置”，也就是把从仓库领取的物料和半成品放置在各班组的物料暂放区，成品栈板送到成品仓入库。生产过程中，生产线/班组加工工站的物料供应补给由产线/班组自行安排。

各个产线上依据排产计划生产不同的产品，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物料/管控文件等，等最后一个产品装箱后，从第一个工站开始生产下一批产品第一件。

生产部各班组在每天下班前需提交班组每日的生产报表，在下班前将产线清空，各班组自行保管未完成的在制品，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。

(一) 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	20
乙	1	20

每天分向客户交付甲、乙两种产品，最小交付单位：1 栈板(20 个)，堆栈排列方式：2*2*5

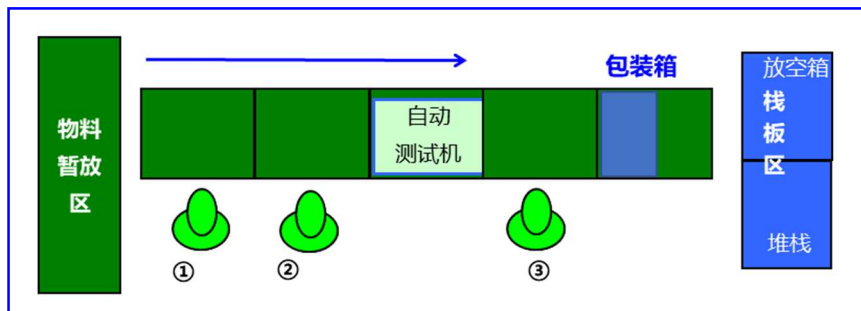
3. 以甲、乙两个产品“组装—包装”全程为研究对象，产品装配工艺：各款产品除了零部件外观差异外，组装流程相同，具体可参考装配用 SOP，各产品工艺流程信息如下：(提供的视频仅供参考作业顺序和零件布置，作业数据和持续作业部分相关作业请各参赛队自行根据 SOP 作业自行测试改善前后数据)

产品 编号	工序			
	组装 1	组装 2	自动测试机	装盒&堆栈
甲			12s	
乙			12s	

(具体设备设备为专用设备，每次仅能测试一台产品，不涉及本次改善，用计时器用倒计时的方式，表示设备测试过程。)

4. 模拟产线布局和生产信息(参看附图 2):

附图 2



(交付位置未包含在内)

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	2000	个/班	T/T ^[1] : 12.6s, 其中甲-1200 个/班, 乙-800 个/班
3	工作时间	460	分/班	8 小时/班, 20 分/班休息时间
4	额定总换型时间	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	换型间隔 (现状)	1000	个/次	换型方式: 生产线停止后按工序换型
6	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) 除“工作时间”外，其他指标均可按方案设计需求进行调整

(二) 改造限制条件：

1. 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）；
2. 拆除流水线(皮带线)，使用工作桌，主体框架尺寸统一提供，各参赛队根据各工站人员作业需求，确定工作桌高度，同时根据各工站的物料使用情况自行设计物料架，方便生产使用；
3. 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）；
4. 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，协作机器人成本为 20 万元/台，机器人及设备固定资产回收期 2 年，如增加其他设备及工装治具，费用按实际发生计算。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。自动测试机若要新增，费用为 5000 元/台。假设人工综合成本为每个月 6000 元/人，（每天工作 8 小时，两班倒）每年员工综合成本上升 5%；
5. 改造后的产线若有多名作业员时，人员不可进行同一作业；
6. 两种产品安排在一个生产线上进行生产，不能搭两条以上生产线；
7. 快速换型与快速交付的需求：工厂要管控成本，不能有太多库存，生产线有快速换型的需求，产线切换的损失时间越短越好，8 小时内能生产的产品类型越多，如：换型时间 40 分钟，仅能安排一次换型，生产 2 个类型的产品，若换型时间降低到 20 分钟，则可安排 2 次换型，生产 3 个类型的产品，以此类推.....，方案中必须有必要的换型方案陈述(含作业方法、使用的工治具等)，追求零库存；
8. 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. 新产线改造后的产线效率提升 20%以上(不含辅助人力)，线外辅助人力(如：物流人员)不能超过 1 人/线，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设计，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)；
4. 产线具备灵活交付能力，安排适当的产品切换批量，试用“订单 1—甲 200，乙—300，订单 2—甲 100，乙—200，订单 3—甲 300，乙—400”为演示说明产线组织生产的过程和交付时间。

备注：

- (1) 所有涉及计算的部分，四舍五入保留 1 位小数；
- (2) 决赛实操时间：2 小时，包含产线布置、设备调试、模拟共线生产甲、乙两类产品实操，实操过程中使用自制的标准文件进行模拟实操，按完成不同“小批量”订单的速度品质、作业规范性为主要的考核要求

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。
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。

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。

赛题使用文档附件明细：

序号	文档名称	文档页数
1	产品 BOM 表 (物料清单表)	1
2	产品甲生产作业 SOP (现状)	3
3	产品乙生产作业 SOP (现状)	3
4	工位物料布局图	1
5	协作机器人相关指令执行时间列表	1
6	设计方案写作模板	4

说明：1. 工作桌、机器人夹爪、托盘等内容，请参看《赛项硬件环境说明》（压缩包附件）

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

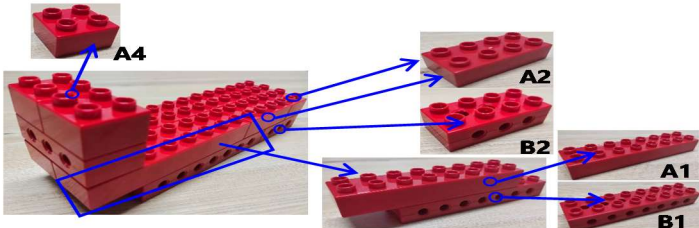








2022 年 3 月 1 日

附件 1：产品 BOM 表 (物料清单表) --产品甲/乙

序号	零件名称	零件编号	图示	用量	单位	备注
1	卡车底座	A		1	个	
1-1	红色 8 格立方体	A1		2	个	甲、乙通用
1-2	红色 7 孔立方体	B1		2	个	甲、乙通用
1-3	红色 3 孔立方体	B2		2	个	甲、乙通用
1-4	红色 4 格立方体	A2		3	个	乙产品仅用 2 个 A2
1-5	绿色 4 格立方体	A6		1	个	乙产品专用
1-6	灰色十字杆	D1		2	个	甲、乙通用
1-7	红色车轮	E1		4	个	甲、乙通用
2	卡车驾驶室	B		1	个	
2-1	红色 3 孔立方体	B2		1	个	甲、乙通用
2-2	红色 2 格立方体	A4		2	个	甲、乙通用
2-3	红色单排 4 格立方体	A5		2	个	甲、乙通用
2-4	红色 2 格斜顶模块	C1		2	个	甲、乙通用
2-5	绿色 4 格立方体	A6		2	个	乙产品专用
2-6	蓝色 2 格斜顶模块	C2		2	个	乙产品专用
2-7	产品包装箱	A3		1	个	甲、乙通用

附件 2: 产品甲生产作业 SOP (现状) — 1/3

标准作业指导书

适用产品（编号）		乐高车系列--甲		工 站 名 称		组装卡车底盘		规范编号		版次	1	页次	1/1
						ECN编号		XXX-XXXX-XXX XX-XX-XX-XX					
物料BOM List						使用工具/治具			作业组装图：				
No.	物料名称	代码	用量 (pcs)	备注	No.	名称							
1	红色8格立方体	A1	2										
2	红色7孔立方体	B1	2										
3	红色4格立方体	A2	3										
4	红色3孔立方体	B2	3										
5	红色2格立方体	A4	2										
6													
作业步骤													
1. 双手同时各取一个红色8格立方体(A1)和红色7孔立方体(B1)，A1在上，B1在下，将两者错开2格拼装成卡车一侧前端（如：图1）													
2. 取一个红色4格立方体(A2)，将A2拼接在B1(7孔立方体)上方剩余的位置上(如：图2)													
3. 取一个红色3孔立方体(B2)，将B2拼接到A2(红色4格立方体)下方剩余未拼接的位置上，拼装成卡车一侧后端（如：图3）													
4. 重复步骤1~3，拼装卡车另一侧（如：图4）													
5. 取一个红色4格立方体(A2)，用它在卡车的后端将卡车的两侧拼接在一起（如：图5）													
6. 取一个红色3孔立方体(B2)，在卡车前端将卡车的两侧连接在一起（如：图6）													
7. 依次取两个红色2格立方体(A4)，安装在卡车前端的B2上(如：图7、8)，完成后放入流水线													
图标区域：													
  													
  													
 													
注意/确认事项:													
作业前													
1. 检查各乐高模块完整性，不要有毛刺、缺口等问题													
作业中													
1. 必须按照作业步骤进行作业，防止各模块安装错误													
作业后													
1. 检查各乐高块要压合紧													
2. 检查乐高安装位置，不要安装错误													
制作日					XXXX/XX/XX					发行		XXXX/XX/XX	
修订日													

附件 2: 产品甲生产作业 SOP (现状) — 2/3

标准作业指导书

适用产品 (编号)		乐高车系列--甲		工 站 名 称		组装卡车车轮及驾驶室		规范编号		XXX-XXXX-XXX		版次		1		页次		1/1	
								ECN编号		XX-XX-XX-XX									
物料BOM List						使用工具/治具						作业组装图：							
No.	物料名称			代码	用量 (pcs)	备注		No.	名称										
1	红色单排4格立方体			A5	2														
2	红色2格斜顶模块			C1	2														
3	灰色十字杆			D1	2														
4	红色车轮			E1	4														
作业步骤																			
1. 从流水线上取卡车底座到工作位置																			
2. 双手同时取两个红色单排4格立方体(A5)，上下压合好后，贴合安装在客车底座的前端 （如：图1）																			
3. 双手同时取两个红色2格斜顶模块(C1)，分别压合在卡车前端的车顶上 (如：图2)																			
4. 双手同时取一个灰色十字杆(D1)和一个红色车轮(E1)，将十字杆固定在红色车轮上，顶端需与车轮外侧对齐 (如：图3)																			
5. 拿起卡车底座，将连好车轮的十字杆穿过卡车底座前端的第一个孔(如：图4)																			
6. 再取一个红色车轮(E1)，固定在十字杆的另一侧 (如：图5)																			
7. 取一个灰色十字杆(D1)，穿过底座后端的红色3孔立方体的第一个孔 （如：图6)																			
8. 取一个红色车轮(E1)固定在十字杆上，再取一个红色车轮(E1)固定在十字杆另一侧 （如：图7)																			
9. 将组装好的卡车放入自动测试机的固定位置上，启动设备开关 （如：图8)																			
图标区域：																			
  																			
    																			
作业中																			
1. 必须按照作业步骤进行作业，防止各模块安装错误																			
2. 红色车轮外侧位置和十字杆必须对齐，不能凸出																			
作业后																			
1. 检查各乐高块要压合紧																			
2. 检查乐高安装位置，不要安装错误																			
制作日						XXXX/XX/XX						发行		XXXX/XX/XX					
修订日																			

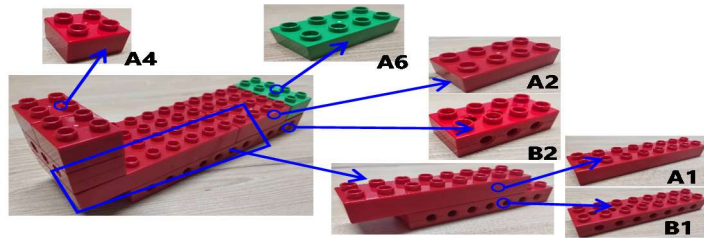






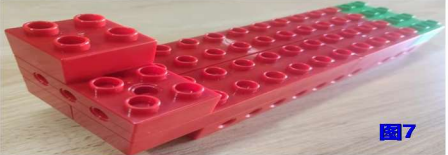

附件 2: 产品甲生产作业 SOP (现状) — 3/3

标准作业指导书

适用产品 (编号)		乐高车系列--甲		工 站 名 称		产品包装&检查&堆栈		规范编号		XXX-XXXX-XXX		版次		1		页次		1/1	
								ECN编号		XX-XX-XX-XX									
物料BOM List						使用工具/治具						作业组装图:							
No.		物料名称		代码		用量 (pcs)		备注		No.		名称							
1		产品包装箱		L3		1				1		黑色记号笔							
										2		湿巾							
作业步骤												注意/确认事项:							
1. 待自动测试设备停止运转后, 将产品从设备里取出来												作业前							
2. 用湿巾擦拭产品表面, 并目测检查产品各模块组装是否正确, 若有问题, 用记号笔做好记号, 放在待返工品暂放区; 若无问题, 将产品装入包装箱 (如: 图1)												自动测试设备停止之后, 才能取出产品							
3. 将包装好产品的包装箱搬运到栈板区, 按一层4个摆放5层的要求进行堆栈。(如: 图2)																			
图标区域:												作业中							
<div><p>图1</p></div> <div><p>图2, 仅供参考包装箱摆放要求</p></div>												/							
												作业后							
												产品表面清洁干净, 无脏污、指印等							
												制作日		XXXX/XX/XX		发行		XXXX/XX/XX	
												修订日							



附件 3: 产品乙生产作业 SOP (现状) — 1/3

标准作业指导书

适用产品（编号）		乐高车系列--乙	工 站 名 称	组装卡车底盘	规范编号	版次	1	页次	1/1	
					ECN编号					XX-XX-XX-XX
物料BOM List					使用工具/治具		作业组装图：			
No.	物料名称	代码	用量 (pcs)	备注	No.	名称				
1	红色8格立方体	A1	2							
2	红色7孔立方体	B1	2							
3	红色4格立方体	A2	2							
4	红色3孔立方体	B2	3							
5	红色2格立方体	A4	2							
6	绿色4格立方体	A6	1							
作业步骤							注意/确认事项：			
1. 双手同时各取一个红色8格立方体(A1)和红色7孔立方体(B1)，A1在上，B1在下，将两者错开2格拼装成卡车一侧前端（如：图1）							作业前			
2. 取一个红色4格立方体(A2)，将A2拼接在B1(7孔立方体)上方剩余的位置上(如：图2)										
3. 取一个红色3孔立方体(B2)，将B2拼接到A2(红色4格立方体)下方剩余未拼接的位置上，拼装成卡车一侧后端（如：图3）										
4. 重复步骤1~3，拼装卡车另一侧（如：图4）										
5. 取一个绿色+A18:L334格立方体(A6)，用它在前端将卡车的两侧拼接在一起（如：图5）										
6. 取一个红色3孔立方体(B2)，在卡车前端将卡车的两侧连接在一起（如：图6）							作业中			
7. 依次取两个红色2格立方体(A4)，安装在卡车前端的B2上(如：图7、8)，完成后放入流水线										
图标区域：							1. 必须按照作业步骤进行作业，防止各模块安装错误			
       							作业后			
					制作日		XXXX/XX/XX		发行	XXXX/XX/XX
					修订日					

附件 3: 产品乙生产作业 SOP (现状) — 2/3

标准作业指导书

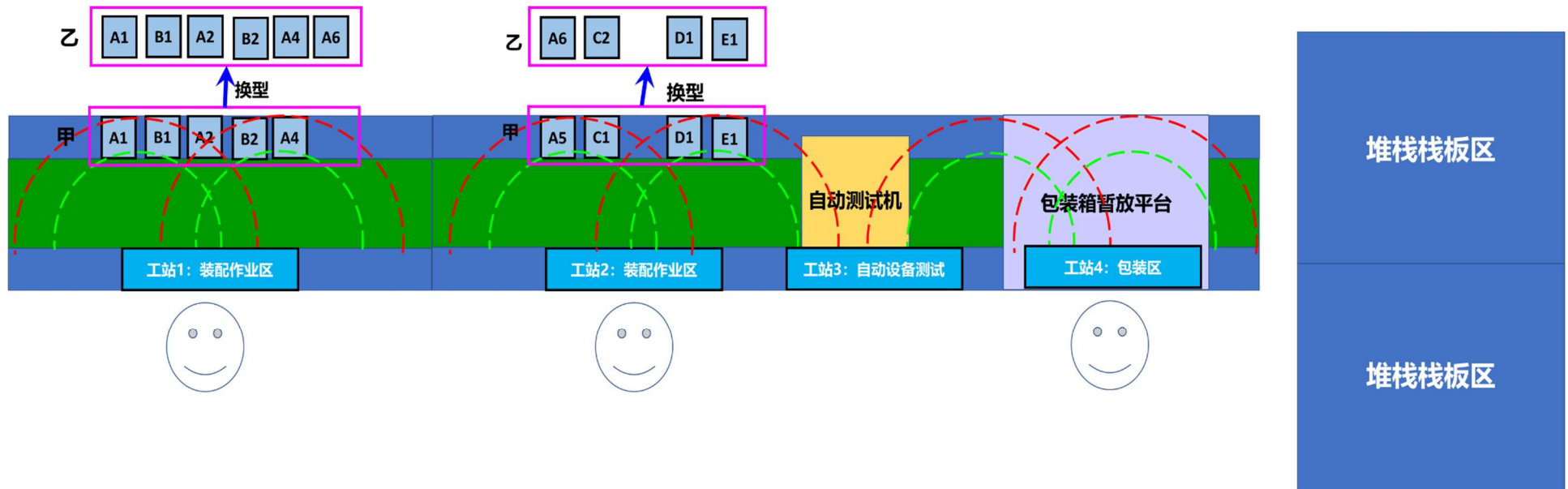
适用产品（编号）		乐高车系列--乙		工 站 名 称		组装卡车车轮及驾驶室		规范编号	版次		1		页次		1/1				
						ECN编号		XXX-XXXX-XXX											
物料BOM List						使用工具/治具				作业组装图：									
No.	物料名称	代码	用量 (pcs)	备注	No.	名称													
1	绿色4格立方体	A6	2																
2	蓝色2格斜顶模块	C2	2																
3	灰色十字杆	D1	2																
4	红色车轮	E1	4																
作业步骤						注意/确认事项:													
1. 从流水线上取卡车底座到工作位置						作业前													
2. 双手同时取两个绿色4格立方体(A6)，上下压合好后，贴合安装在客车底座的前端（如：图1）						1. 检查各乐高模块完整性，不要有毛刺、缺口等问题													
3. 双手同时取两个蓝色2格斜顶模块(C2)，分别压合在卡车前端的车顶上 (如：图2)																			
4. 双手同时取一个灰色十字杆(D1)和一个红色车轮(E1)，将十字杆固定在红色车轮上，顶端需与车轮外侧对齐 (如：图3)																			
5. 拿起卡车底座，将连好车轮的十字杆穿过卡车底座前端的第一个孔(如：图4)																			
6. 再取一个红色车轮(E1)，固定在十字杆的另一侧 (如：图5)																			
7. 取一个灰色十字杆(D1)，穿过底座后端的红色3孔立方体的第一个孔（如：图6）																			
8. 取一个红色车轮(E1)固定在十字杆上，再取一个红色车轮(E1)固定在十字杆另一侧（如：图7）																			
9. 将组装好的卡车放入自动测试机的固定位置上，启动设备开关（如：图8）						作业中													
图标区域：						1. 必须按照作业步骤进行作业，防止各模块安装错误 2. 红色车轮外侧位置和十字杆必须对齐，不能凸出													
																			
																			
																			
												制作日		XXXX/XX/XX		发行		XXXX/XX/XX	
												修订日							

附件 3: 产品乙生产作业 SOP (现状) — 3/3

标准作业指导书

适用产品 (编号)		乐高车系列--乙		工 站 名 称		产品包装&检查&堆栈		规范编号		XXX-XXXX-XXX		版次		1		页次		1/1									
								ECN编号		XX-XX-XX-XX																	
物料BOM List						使用工具/治具						作业组装图：															
No.	物料名称			代码	用量 (pcs)	备注		No.	名称																		
1	产品包装箱			A3	1			1	黑色记号笔																		
								2	湿巾																		
作业步骤														注意/确认事项:													
1. 待自动测试设备停止运转后，将产品从设备里取出来														作业前													
2. 用抹布蘸水后擦拭产品表面，并目测检查产品各模块组装是否正确，若有问题，用记号笔做好记号，放在待返工品暂放区；若无问题，将产品装入包装箱 (如：图1)														自动测试设备停止之后，才能取出产品													
3. 将包装好产品的包装箱搬运到栈板区，按一层4个摆放5层的要求进行堆栈。(如：图2)																											
图标区域:														作业中													
<div><p>图1</p></div> <div><p>图2, 仅供参考包装箱摆放要求</p></div>														/													
														作业后													
产品表面清洁干净，无脏污、指印等																											
制作日										XXXX/XX/XX		发行		XXXX/XX/XX													
修订日																											

附件 4：工位物料布局图 – 现状



人员坐姿，使用可升降带轮的座椅

(交付位置未包含在内)

—— 伸直手臂动作的活动范围(M5)

—— 小臂动作活动范围 (M3)

附件 5: 协作机器人相关指令执行时间列表

动作主体	动作	时间 (秒)
协作机器人	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
	I/O 通讯/ 其他通讯	0.5/次
	吸盘吸取后进行真空检测, 确认吸取成功 (包含通讯时间)	0.5
	拍照并进行视觉识别	2

附件 6：基础工作台（草图）

附件 6：设计方案写作模板

说明：

1. 本报告是评审专家评阅设计方案的主要依据。以下给出的设计方案模板并不是强制的，只是一种引导性的大纲，所罗列的章节和要求也不一定是必须的。参赛选手可以根据自己的理解，制定自己特有的设计大纲，以体现自己的特色和创意。
2. 设计方案的封面根据大赛组委会的要求编制，以不泄露个人信息为原则。
3. 合理利用图形、表格、曲线、视频、动画等形式，以便更生动地表达设计方案。

作品中文标题（黑体二号字）

团队编号：（宋体小四号字，加粗，1.5 倍行距，下同）

XXXX 年 XX 月

摘要（黑体四号字，加粗）

内容（宋体小四号字，单倍行距，400 字以内）

关键词： 宋体小四号字，加粗

目录

摘 要..... 错误!未定义书签。

第 1 章 标题..... 错误!未定义书签。

 1.1 标题..... 错误!未定义书签。

 1.1.1 标题..... 错误!未定义书签。

 1.1.2 标题..... 错误!未定义书签。

 1.2 标题..... 错误!未定义书签。

 1.2.1 标题..... 错误!未定义书签。

 1.2.2 标题..... 错误!未定义书签。

参考文献..... 错误!未定义书签。

主要研究成果..... 错误!未定义书签。

致谢..... 错误!未定义书签。

附录..... 错误!未定义书签。

第一章 概述（黑体小三号字）

1 标题（宋体，四号，加黑，靠左，单行距，段前 1 行，段后 0.5 行）

正文内容（汉字：宋体，小四；英文：Times New Roman，小四；1.25 倍行距，两端对齐，首行缩进 2 字符）

1.1 子标题（宋体，小四，加粗，靠左，单行距，段前 0.5 行，段后 0.5 行）

正文内容（汉字：宋体，小四；英文：Times New Roman，小四；1.25 倍行距，两端对齐，首行缩进 2 字符），另外：

◎ 文中图形的编排：“图形”居中，上空 0.5 行；“图号、图题”居中，单行距，下空 0.5 行；图题中的汉字用宋体，五号字，英文用 Times New Roman，五号字；加粗。

◎ 文中表格的编排：“表格”居中，下空 0.5 行；“表号、表题”居中，单行距，上空 0.5 行；表格中的汉字用宋体，五号字，英文用 Times New Roman，五号字；加粗。

◎ 文中参考文献引用号用上标码，如“正文^[1]”；下脚注在单页内用特殊符号标注，如“正文¶”。

◎ 文中公式的编排：“公式”居中，公式编号顶右边，五号字，单行距。

参考文献（格式同§1）

[1] 文献（格式同§1.1）

[2] 文献（格式同§1.1）

[3] 文献（格式同§1.1）

附录（格式同§1）

附录内容（（格式同§2.1）