

山东省“技能兴鲁”职业技能大赛
——第五届全国智能制造应用技术技能大赛
山东省选拔赛

机电设备维修工
(智能制造生产运维方向)项目
技术工作文件

第五届全国智能制造应用技术技能大赛
山东省选拔赛组委会办公室

2023年10月

目 录

一、技术描述.....	1
(一) 项目概要.....	1
(二) 能力要求.....	1
(三) 基本知识.....	2
二、试题与评判标准.....	4
(一) 试题.....	4
(二) 比赛时间及试题具体内容.....	4
(三) 评判标准.....	6
三、竞赛细则.....	6
(一) 竞赛时间.....	6
(二) 裁判员的工作内容.....	6
(三) 选手的条件和要求.....	7
(四) 选手的工作内容.....	8
四、竞赛场地、设施设备等安排.....	9
(一) 场地布局图.....	9
(二) 基础设施清单.....	10
五、安全、健康要求.....	11
(一) 安全防护措施要求.....	11
(二) 有毒有害物品的管理和限制.....	12

（三）医疗设备和措施.....	12
附件.....	13

一、技术描述

(一) 项目概要

本赛项聚焦智能制造技术应用和高技能人才培养需求，选取生产单元运行调试、生产物流系统安装调试、智能制造系统运行维护及分析等智能生产车间典型场景，基于智能制造系统平台，运用智能制造基础关键技术（数控加工技术、工业机器人技术、工业工程技术、物联网技术、生产运维技术等），围绕安装调试、运行分析、故障处理、效率监测等任务，进行批量产品智能加工和生产运维管理，聚焦“设备自动化、生产精益化、管理信息化、系统稳定化”的先进制造理念。进而促进智能制造生产运维领域复合型技能人才培养，加快先进制造业技术技能积累和高素质人才队伍建设，助推工业企业实现数字化转型发展。本赛项要求完成智能制造单元主要硬件设备和控制系统的安装与调试，并实现智能制造单元的安全高效运行。

竞赛内容主要包含：智能制造设备的安装与调试、三维检测单元的操作、工业机器人的安装调试和编程、智能制造单元控制系统的安装与调试、智能制造单元的切削试运行、切削加工智能制造单元虚拟仿真共 6 类主要竞赛任务。

(二) 能力要求

本赛项强调利用智能制造单元进行智能化加工与生产管控的技术应用能力和职业素养。参赛选手应具备以下技术能力：参

赛选手应具备以下技术能力：

1. 识图技能；
2. 工艺制定技能；
3. 数字化设计技能；
4. 数控加工中心操作技能；
5. 三维检测操作技能；
6. 工业机器人编程能力；
7. 总线通信技术和工业网络应用技能；
8. PLC 技术应用技能；
9. MES 管控软件使用技能；
10. RFID 系统应用技能；
11. 智能制造单元内设备的应用与管控技能，包括数控机床、工业机器人、立体仓库、RFID 装置、主要机械部件、电气系统、PLC 控制系统及传感器的调试、运维等。安全防护能力。

（三）基本知识

本赛项旨在考核、培养多技能、多用途、多就业面的复合型高层次技能人才，需要掌握以下相关知识：

1. 数控机床装调维修：机械加工基础、数控机床及其工作原理、数控机床的电气控制、数控机床机械装配与调试、数控机床的性能与精度检验、数控机床的故障诊断与维修知识等知识。
2. 数控机床操作：数控车床加工工艺、加工中心加工工艺、

数控编程技术、零件检验与质量控制、加工新技术等知识。

3. 智能制造单元技术相关知识:

(1) 机械部分: 包括气动液压系统知识、标准及机器人快换夹具、机床夹具组装及调试、零点夹具组装及调试, 利用三坐标测量仪、三维扫描仪进行机械零部件的检测等。

(2) 电路部分: 包括相关标准及规范、RFID 系统基本原理及使用、总线及工业网络相关知识, 利用 PLC 进行电气控制系统的设计及进行工业网路构架的相关知识等。

(3) 生产物流: 包括生产物流流程、设施设备和技术等相关知识, 利用自动化立体仓库、工业机器人及仓储管理系统进行原材料及产成品的物流管理操作。

(4) 软件编程: 包括应用软件编写程序, 通过软件展现设备的动作流程及运行状态的知识等。

(5) 工业机器人, 包括工业机器人的发展概况、工业机器人的结构、工业机器人的运动学及动力学、交流伺服电机驱动、工业机器人的控制、工业机器人的操作与编程、机器人视觉传感系统等基本知识。

(6) 管理系统软件应用与维护: 包括 MES 软件功能与应用, 数据库系统架构、大数据应用管理等相关软件知识。

(7) 工业工程技术: 包括工业工程基本知识、人机工程学基本知识、生产计划与控制基本知识、物流工程基本知识、质量

管理基本知识、生产效能管理与优化知识等。

(8) 工业数字仿真与可视化知识, 其他相关新技术、新工艺、新设备知识等。

(9) 安全文明生产与环境保护知识、职业道德基本知识。

二、试题与评判标准

(一) 试题

理论知识竞赛和实际操作竞赛的总成绩为 100 分, 其中理论知识竞赛占总成绩的 20%, 实际操作竞赛占总成绩的 80%。

理论知识题库提前发布, 职工组和学生组的理论赛题分别从题库中随机抽取。每支参赛队的所有选手均需参加理论知识竞赛, 成绩分别计算; 其加权平均成绩为该参赛队的理论知识竞赛成绩。

实操试题为任务书, 共分 5 个任务。包括: 智能制造单元功能调试、智能生产物流系统调试、智能生产运行与维护、智能设备运行状况分析、职业素养与安全规范。

(二) 比赛时间及试题具体内容

1. 比赛时间安排: 实际操作竞赛连续进行, 总长 180 分钟 (含现场评分时间)。理论竞赛, 总长 60 分钟。

2. 试题: 根据任务书给定的任务要求和现场提供的智能制造单元部件, 要求选手在规定时间内完成智能制造单元功能调试、智能生产物流系统调试、智能生产运行与维护、智能设备运行状况分析以及职业素养与安全操作等内容。竞赛任务设计见下表。

竞赛任务	竞赛内容	分值	备注
任务一 智能制造单元 功能调试	1. 对数控车床与加工中心进行基础精度检测	25	
	2. 完成数控系统、网络摄像头与外部系统的互联互通，实现摄像画面显示。		
	3. 三维扫描设备的校准与调试。		
	4. 刀具安装及对刀调试		
任务二 智能生产物流 系统调试	1. 工业机器人快换装置、气动部件等外部设备的安装与调试。	25	
	2. 通过HMI界面实现通过指令调用完成入库、出库及定点搬运等动作运行。		
	3. 工件的三维扫描。		
任务三 智能生产 运行与维护	1. 针对赛项设置的相关故障，对智能生产系统软硬件进行排查与处置。	25	
	2. 通过MES管控软件手动排程，实现产线自动化运行。		
	3. 利用MES管控软件，实现在线检测、故障预警、故障诊断、设备状态管理等远程运行功能。		
任务四 智能设备运行 状况分析	1. 通过MES管控软件、实现智能产线自动化运行。	20	
	2. 操作管控软件进行自动排产，工单下发、自动连续加工多组零件并三维扫描。		
	3. 通过MES管控软件实现生产数据分析、设备运行状态分析、生产质量分析等任务。		
职业素养	1. 具备爱岗敬业、精益求精、讲求科学、遵规守纪的职业精神	5	
	2. 能够做到产品设计规范、工业软件应用、编程及设备操作规范与交互协作规范。		

	3. 能够掌握并应用信息安全知识、生产安全知识、环境安全及服务型制造基本知识。		
--	---	--	--

(三) 评判标准

1. 评判方法：实际操作竞赛评分由过程结果评分、违规扣分二部分组成。过程结果评分由 2 名现场评分裁判根据评分细则，共同对选手的操作进行现场客观评分，并记录评分结果；若现场评分裁判对选手的评分有分歧时，由现场裁判长裁决。

2. 成绩并列：名次的排序根据选手竞赛总分评定结果从高到低依次排定。竞赛总分相同者，实际操作竞赛用时少的优先。若实际操作竞赛用时相同，“任务 2：智能生产物流系统调试”得分高者优先。若得分再相同，“任务 3：智能生产运行与维护”得分高者优先。

三、竞赛细则

(一) 竞赛时间

竞赛前将根据参赛人数、竞赛批次等做出详细日程表，日程安排另行公布。

(二) 裁判员的工作内容

1. 裁判员应服从裁判长的管理，裁判员的工作由裁判长指派决定。

2. 裁判员在工作期间不得使用手机、照相机、录像机等设备。

3. 现场执裁的裁判员负责检查选手携带的物品。违规物品一律清出赛场。比赛结束后裁判员要命令选手停止操作。监督选手交回试题等其他需要上交的资料。

4. 比赛期间，除裁判长外任何人员不得主动接近选手及其工作区域，不许主动与选手接触与交流，除非选手举手示意裁判长解决比赛中出现的问题。

5. 检查选手所带工具：按照比赛携带工具要求严格执行，仔细检查每一个参赛队所带工具是否符合要求。

6. 记录选手比赛时间：包括记录选手比赛期间发生的事件，如：元件损坏等。

7. 现场成绩评判，在评分工作期间，除当值裁判员和被测选手在比赛工位内，随队教练应回避，其他选手和人员也不得围观。

8. 裁判应遵守竞赛行为规范，公平公正，不徇私舞弊。

9. 在比赛结束前 15min，裁判长提示一次比赛剩余时间。

10. 裁判如果违反约定将取消裁判资格（裁判长允许的除外）。

（三）选手的条件和要求

1. 参赛选手在竞赛期间不得携带、使用手机、照相机、录像机等通信设备，不得携带非大赛提供的电子存储设备、资料。

2. 参赛选手不能携带自带工具清单以外的任何工具。

3. 比赛试题和现场使用的纸张均不能带到赛场区域外。
4. 选手自带的物品及手机比赛前一律放到赛场为选手准备的储物箱内。
5. 比赛期间因为断电导致程序丢失，不会另外加时。
6. 在竞赛过程中如发现问题（设备故障等），选手应立即向裁判反映。得到同意后，选手退出到工作区外等候，等待故障处理完后方可继续比赛。如属于设备故障，补时时间为从选手示意到故障处理结束这段时间。若不属于设备问题，则不补时。
7. 比赛结束是指当天比赛任务及评分完成，裁判长宣布选手可以离开赛场。
8. 选手如果违反有关约定，比赛成绩将以零分计算（裁判长允许的例外）。

（四）选手的工作内容

1. 各参赛队在竞赛期间，应保证参赛选手的安全，防止交通事故和其它意外事故的发生，必须为参赛选手购买人身意外保险。
2. 赛前安排各参赛队选手统一有序的熟悉竞赛场地和设备，不允许拆装设备、不允许修改软件、设备参数等。
3. 熟悉场地时，不得携带手机、相机等设备，不得对赛场及赛场设备拍照。
4. 熟悉场地时不发表没有根据以及有损大赛整体形象的

言论。

5. 熟悉场地时严格遵守大赛各种制度，严禁拥挤、喧哗，以免发生意外事故。

6. 选手遵守竞赛纪律，服从赛场规范，按照赛题要求完成竞赛。

7. 选手按照裁判员要求停止操作，并提交电子存储设备、作品、赛题、图纸、草稿纸等所有相关内容。

四、竞赛场地、设施设备等安排

（一）场地布局图



赛项平台采用江苏汇博机器人技术股份有限公司的工业机器人应用编程与智能制造一体化教学创新平台。设备占地长 3 米、

宽 2 米。主要设备技术标准见附件。

(二) 基础设施清单

赛场提供设施清单表

序号	名称	数量	技术规格
1	安全帽	1 个/选手	
2	卫生工具	1 套/工位	
3	计时秒表	1 块/工位	
4	毛坯	若干	
5	常用急救药盒	1 套	
6	抽号箱	1 个	
7	打印纸	1 箱	
8	订书机及钉	2 套	
9	文件柜	1 套	
10	移动式多媒体	1 套	
11	音响及扩音器	1 套	
12	U 盘	1 个/工位	

建议选手自带工具、材料清单表

序号	名称	建议型号	数量
1	记号笔	0.3mm-0.8mm	1-2 支
2	百分表	杠杆式	1
3	百分表表架	磁性	1
4	内六角扳手	7 件套	1 套
5	活动扳手	6 吋	1 把
6	十字螺丝刀	3 × 75	1-2 把
7	十字螺丝刀	5 × 150	1-2 把

8	一字螺丝刀	3 × 75	1-2 把
9	一字螺丝刀	5 × 150	1-2 把
10	游标卡尺	0-150mm	1 把
11	外径千分尺	0-25mm	1 把
12		25-50mm	1 把
13	内径千分尺 (两爪)	10-25mm	1 把
14		25-50mm	1 把

除上表中建议自带工具外，选手自带工量具清单可能根据样题需求增减。选手不允许携带自制工装、芯轴、半成品、通讯存储介质以及危险物品。严禁选手自带 WD-40 防锈清洗剂等易燃易爆化学品。

五、安全、健康要求

根据国家相关法规要求，结合本项目实际，提出安全、健康要求及职业操作规范要求，并明确违反后的处理规定。特别是根据本项目具体情况的诸如人身防护，有毒、有害物品携带、存放，防火、防爆等措施。

(一) 安全防护措施要求

1. 禁止使用刀具及剪刀以免受伤，禁止使用电动工具。
2. 专家在审视、检查或参与竞赛时应有适当的个人安全防护装备。
3. 裁判和参赛者入赛场必须穿防护(防砸、防扎、绝缘)鞋。
4. 所有选手必须确保自己的操作不会影响到其他选手。

(二) 有毒有害物品的管理和限制

禁止携带的有毒有害物品见下表所示:

有害物品	图示	说明
防锈清洗剂		禁止携带，赛场统一提供
酒精		严禁携带 
汽油		严禁携带 
有毒有害物		严禁携带 

(三) 医疗设备和措施

配备一名医务人员随时准备处理现场突发伤害事故。常规医疗物品见表所示。

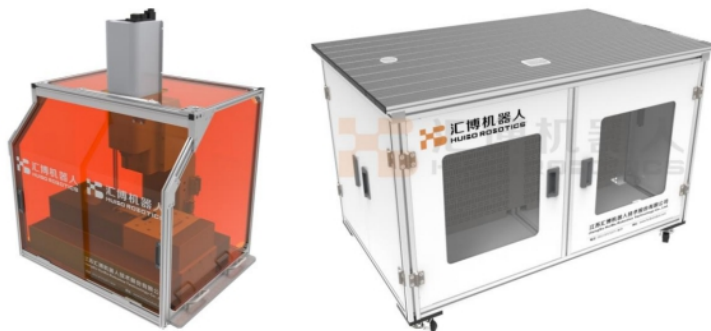
序号	名称	规格	数量	备注
1	酒精棉		1 盒	
2	纱布		1 卷	
3	创可贴		1 盒	
4	医用剪刀		1 把	

附件 技术平台主要设备技术参数

(一) 数控机床及数控系统

数控加工模块主要包括一套桌面式数控加工机床与工作台。可通过工业机器人自动上下料，实现对塑料、铝、铸铁等材质工件的数控加工作业。工作台由铝型材搭建而成，四周安装钣金封板与可视开关门，结构稳定牢固。数控系统为 FANUC 0i-MF。

序号	项目		规格参数
1	电机 扭矩	X 轴伺服电机扭矩	2.0N·m
2		Y 轴伺服电机扭矩	2.0N·m
3		Z 轴伺服电机扭矩	2.0N·m
4	行程	X 轴行程	400mm
5		Y 轴行程	150mm
6		Z 轴行程	200mm
7	主轴	主电机输出功率	1.5kW
8		主轴端部形式	ISO20
9		主轴转速	500~24000rpm
10	速度	X 轴快速移动速度	10m/min
11		Y 轴快速移动速度	10m/min
12		Z 轴快速移动速度	10m/min
13		切削进给速度	1~800mm/min
14	机床 精度	X 轴定位精度	0.03mm
15		Y 轴定位精度	0.03mm
16		Z 轴定位精度	0.03mm
17		X 轴重复定位精度	0.015mm
18		Y 轴重复定位精度	0.015mm
19		Z 轴重复定位精度	0.015mm
20	刀库容量		4
21	机床冷却（循环水冷）		9L
22	电源容量		5kVA
23	机床及工作台外型尺寸（长×宽×高）		1300×800×1910mm



(二) 工业机器人

由工业机器人、机器人底座、机器人控制柜和示教盒等组成。ABB 工业机器人可配套 RobotStudio 离线编程仿真软件，在虚拟环境中对工业机器人的各种典型应用进行仿真操作。

序号	项目	规格参数	
1	型号	IRB 120	
2	负载能力	3kg	
3	自由度	6	
4	防护等级	IP30	
5	重复定位精度	0.01mm	
6	最大动作范围	轴 1 旋转	$\pm 165^{\circ}$
7		轴 2 手臂	$\pm 110^{\circ}$
8		轴 3 手臂	$+70^{\circ} \sim -90^{\circ}$
9		轴 4 手腕	$\pm 160^{\circ}$
10		轴 5 弯曲	$\pm 120^{\circ}$
11		轴 6 翻转	$\pm 400^{\circ}$
12	最大动作速度	J1 轴臂旋转	$250^{\circ} /s$
13		J2 轴臂前后	$250^{\circ} /s$
14		J3 轴臂上下	$250^{\circ} /s$
15		J4 轴腕旋转	$320^{\circ} /s$
16		J5 轴腕弯曲	$320^{\circ} /s$
17		J6 轴腕扭转	$420^{\circ} /s$
18	工作范围	580mm	
19	高度	700mm	
20	供电电源	AC200-600V, 50/60Hz	
21	安装	任意角度	
22	本体重量	25kg	
23	环境温度 (机器人本体)	5~45℃	

(三) 快换工具模块

主要由固定底板、快换支架、检测传感器、快换盘（1 套主盘，7 套工具盘）等组成。根据不同的实训目标和操作对象，提供多种不同的快换工具。快换工具放置在带有定位和检测功能工具支架上。



序号	项目		规格参数
1	快换支架	支架外形尺寸（长×宽×高）	300×300×180mm
2		底座尺寸（长×宽×高）	300×300×8mm
3		容量	4
4		安装方式	适配标准实训台定位安装
5	快换盘	材质	本体材质铝合金，紧锁机构合金钢
6		承重	3kg
7		允许力矩	20N·m
8		工作压力	0.3-1MPa
9		重量	0.5kg
10	单吸盘工具	吸盘盘径	20mm
11		吸附力	10N
12		配件	配真空发生器和电磁阀
13	电机手爪工具	气缸缸径	12mm
14		行程	24mm
15	关节手爪工具	气缸缸径	12mm
16		行程	24mm
17	无源工具	工具类型	绘图笔工具，金属笔工具，模拟焊枪工具
18	激光笔工具	颜色	红
19		激光类型	点激光
20	辅助工具	标定工具	铝合金材质，端部尖锥型，配套防护盖
21		笔筒工具	主体铝合金材质，筒身角度可调

(四) 皮带运输模块

输送机上安装光电传感器与阻挡装置,用以检测与阻挡工件。调速电机驱动皮带,运输多种零件,传送带可实现启停及调速控制。



序号	项目	规格参数	
1	外形尺寸(长×宽×高)	600×300×180mm	
2	安装形式	适配标准实训台定位安装	
3	输送机长度	600mm	
4	有效工作宽度	60mm	
5	最高速度	4m/min	
6	电源电压	DC24V	
7	调速器	电压	单相 AC220V
		频率	50/60Hz
		调速范围	90-3000r/min

(五) 外围控制器套件

平台采用西门子 S7-1200 PLC 及西门子 TP700 人机界面。



序号	项目	规格参数
1	CPU	CPU 1215C DC/DC/DC
2	物理尺寸	130×100×75mm
3	工作存储器	125KB
4	装载存储器	4MB
5	保持性存储器	10KB
6	数字量	14DI/10DO
7	模拟量	2AI/2AO
8	位存储器 (M 区)	8192 字节
9	高速计数器	6 路
10	脉冲输出	4 路
11	以太网端口数	2 个
12	通信协议	支持 PROFINET、TCP/IP、SNMP、DCP、LLDP、ISO-on-TCP、UDP、Modbus、S7 等通信协议，PROFIBUS、AS 接口通信扩展可支持
13	数据传输率	10/100Mb/s
14	布尔运算执行速度	0.08μs/指令
15	移动字执行速度	1.7μs/指令
16	实数数学运算执行速度	2.3μs/指令

(六) 仓储模块

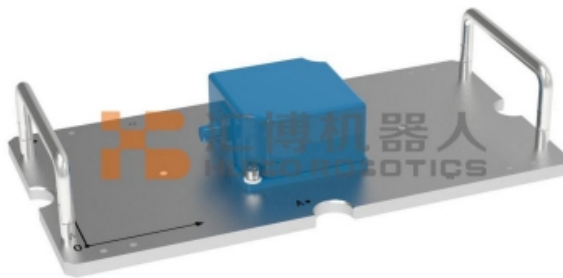
库位均配有检测传感器，通过以太网 I/O 采集模块，将信号传输给工业机器人，并可通过示教盒进行监控。工业机器人根据库位信息，通过快换工具，进行样件的出库入库。模块通过快插线缆连接。



序号	项目	规格参数	
1	外形尺寸(长×宽×高)	300×300×405mm	
2	安装形式	适配标准实训台定位安装	
3	仓储容量	6	
4	兼容工件种类	2种	
5	以太网 I/O 采集模块	数据采集通道	8DI
		通讯协议	Modbus TCP
		供电电源	DC24V

(七) RFID 模块

由 RFID 读写器、RFID 电子标签、固定底板、不锈钢拉手等组成。



序号	项目	规格参数	
1	外形尺寸(长×宽×高)	300×150×59mm	
2	安装形式	适配标准实训台定位安装	
3	通讯接口	RS422	
4	读写器	型号	RF340R
		工作频率/额定值	13.56MHz
		作用范围/最大值	140mm
		传输率/无线电传输时/最大值	106kbit/s
5	电子标签	型号	IHT-CAX1024
		数量	12
		用户区内存	1024bit
		尺寸	Φ24×3mm
		工作频率	13.56MHz
		固定类型	带背胶
		感应距离	2~20mm (根据设备不同)

(八) 三维扫描仪



产品参数:	RigelScan Elite	
	标准模式	精细模式
重量	0.83kg	
尺寸	310 *147×*80 mm	
测量速率	650,000 次测量/秒	450,000 次测量/秒
扫描区域	最大 600*550mm	
蓝色激光光源	14 条激光线 (+额外 1 束扫描深孔, +额外 5 束扫描细节)	
激光类别	II 类 (人眼安全)	
分辨率	最高 0.02mm	
精度	最高 0.02mm	最高 0.01mm
体积精度	0.02+0.035mm/m	-
体积精度 (结合 PhotoShot)	0.02+0.015mm/m	-
基准距	300mm	150mm
景深	450mm	150mm
输出格式	*.asc, *.stl, *.obj, *.ply, *.txt 等, 可定制	
传输方式	USB 3.0	
工作温度	0-40 ℃	
工作湿度 (非冷凝)	10 -90%	

(九) 设备监控摄像头

每套设备配套 1 个监控摄像头,通过伸缩 U 型吊装铝合金支架对应安装在设备上,用于对设备的操作与运行进行监控。

序号	项目	规格参数	
1	型号	DS-2CD3146FWD-I	
	摄像机	传感器类型	1/2.7" Progressive Scan CMOS
		最小照度	彩色: 0.005 Lux @ (F1.2, AGC ON), 0 Lux with IR
		镜头	2.8mm, 水平视场角: 98.2°
		调整角度	水平: 0° ~355° ; 垂直: 0° ~75°
		快门	1/3s~1/100000s
		日夜转换模式	ICR 红外滤片式
		最小照度	0.07Lux@(F1.2, AGC ON), 0 Lux with IR; 0.19 Lux@(F2.0, AGC ON); 0 Lux with IR
宽动态范围	120dB		
2	压缩标准	视频压缩标准	主码流: H.265/H.264 子码流: H.265/H.264/MJPEG
		H.265 编码类型	BaseLine Profile/Main Profile/High Profile
		H.264 编码类型	BaseLine Profile/Main Profile/High Profile
		视频压缩码率	32Kbps~8Mbps
		音频压缩标准	G.711/G.722.1/G.726/MP2L2/PCM
		音频压缩码率	64Kbps (G.711)/16Kbps (G.722.1)/16Kbps (G.726) / 32-192Kbps (MP2L2)
3	图像	最大图像尺寸	2560×1440
		帧率	主码流: 50Hz:25fps (2560×1440, 1920×1080, 1280×720) 子码流: 50Hz:25fps (704×576, 640×480, 352×288, 320×40)
		图像设置	饱和度, 亮度, 对比度, 锐度, 白平衡, 旋转通过客户端或者浏览器可调

(十) 智能制造 MES 生产管理软件

1. MES 生产管理软件系统具有如下功能:

- (1) 加工任务创建、加工任务管理;
- (2) 立体仓库管理和监控;
- (3) 机床启停、初始化和 管理;

- (4) 加工程序管理和上传；
- (5) 在线检测实时显示和刀具补偿修正；
- (6) 智能看板功能：实时监控设备、立体仓库信息以及机床刀具监控等；
- (7) 工单下达、排程、生产数据管理、报表管理等；

(十一) CAD/CAM 软件

CAD/CAM 软件具有常用三维 CAD 建模和 CAM 功能，支持常用格式数据导入与编程。

(十二) 智能制造仿真软件

1. 可以搭建包含工业机器人、数控机床、滑轨、传送带等智能生产线虚拟仿真布局方案。

2. 具备碰撞检测、坐标锁定、限位停止等功能，便于优化智能产线虚拟仿真布局。

(十三) 编程和设计工位计算机

1. 计算机配置如下

- (1) 21.5 寸显示器；
- (2) 处理器：Intel i5 或同等以上处理器；
- (3) 内存： $\geq 8\text{GB}$ ；
- (4) 硬盘： $\geq 500\text{GB}$ 可用空间；
- (5) 显卡：独立显卡，显存 $\geq 2\text{GB}$ ；
- (6) 系统为 windows10 以上，64 位版本，能流畅使用相关工程软件。

2. 配置两个工位电脑桌。