

附件9

2023年全国行业职业技能竞赛
——第五届全国智能制造应用技术技能大赛

数字孪生应用技术员（智能制造控制技术方向）

赛项竞赛平台主要设备技术标准

（指导版）

大赛组委会技术工作委员会

二〇二三年十月

2023 年全国行业职业技能竞赛 ——第五届全国智能制造应用技术技能大赛 数字孪生应用技术员（智能制造控制技术方向） 赛项竞赛平台主要设备技术标准

一、技术平台简介

以数控机床、机器人、复合机器人、智能传感、边缘计算、云平台等关键技术装备为基础，运用智能制造控制关键技术，辅以物联网、工业网络通信、数字孪生技术和可视化等技术搭建的智能制造控制技术综合应用竞赛平台，为智能制造控制技术应用提供展示场景，聚焦智能制造数字控制技术应用实际，重点体现工业数字控制技术助推传统产业升级的技术要素，以智能制造控制系统设计与装调、产品工艺控制数字化仿真、智能生产数字化控制虚实联调、智能制造控制技术综合应用以及智能制造控制可靠性分析等为重点，搭建技术推广应用平台，涵盖了数字化智能制造控制技术应用所需元素，旨在促进智能制造领域控制技术方向应用的高素质复合型技能人才培养，助力企业数字化、智能化转型升级。

二、技术平台结构图

智能制造控制技术应用平台布局图如图 1 所示，包含加工中心、智能制造涂胶与装配单元、复合机器人、工业常用传感器、边缘计算采集系统、智能生产工业网络系统、数字孪生及虚拟调试软件、云平台（私有云）、料架及工具包、可视化系统及显示终端等。



图 1 智能制造控制技术应用平台总布局简图

三、技术平台主要设备配置

技术平台主要配置清单如下表 1 所示。

表 1 智能制造控制技术应用平台主要配置清单

序号	设备名称	数量	单位	备注
1	数控加工单元	1	套	参考具体技术参数
2	汽车智能涂胶与装配生产单元	1	套	参考具体技术参数
3	复合机器人	1	套	参考具体技术参数
4	边缘计算采集系统	1	套	参考具体技术参数
5	智能生产工业网络与控制系统	1	套	参考具体技术参数
6	工业 APP 应用平台	1	套	参考具体技术参数
7	数字孪生仿真及虚拟调试软件	1	套	参考具体技术参数
8	可视化系统及显示终端	1	台	参考具体技术参数
9	编程和设计工业计算机	2	台	参考具体技术参数
10	工具包	1	台	参考具体技术参数
11	安全围栏	1	套	参考具体技术参数

四、技术平台主要设备技术参数

智能制造控制技术应用平台主要设备的技术参数如下：

（一）数控加工单元

1. 加工中心主要技术参数：

- （1）工作台尺寸：长宽 $\geq 650 \times 400\text{mm}$ ；
- （2）三轴行程：XYZ $\geq 600 \times 400 \times 450\text{mm}$ ；
- （3）工作台最大负载： $\geq 350\text{kg}$ ；
- （4）主轴转速： $\geq 6000\text{rpm}$ ；
- （5）交流伺服主电机额定功率： $\geq 5.5\text{kW}$ ；
- （6）气动门；
- （7）标配数控系统：主流数控系统。

2. 加工中心其他要求：

- （1）加工中心有以太网接口；
- （2）提供自动化接口，能实现加工中心的远程启动、程序可上传到机床内存，能获取机床的状态信息、机床的模式、主轴的位置信息；
- （3）加工中心自动化夹具和自动门的控制与反馈信号可以直接接入机床自身的 I/O 模块，并且由机床自身来控制，其状态可以通过网络反馈给工控机；
- （4）机床内置摄像头，镜头前装有气动清洁喷嘴。

3. 网络接入方式为无线接入，加工中心配套工业级双频无线客户端。
技术参数：

- （1）无线支持 2.4GHz 频段：400Mbps、5GHz 频段：867Mbps；
- （2）无线功能支持 Client、Client-Router；
- （3）访客网络、员工网络、支持 WPA、WPA2、WPA-PSK、WPA2-PSK 等加密方式；Client-Router 网络支持 DHCP 服务器、静态地址分配、

NAT、静态路由。

(二) 汽车智能涂胶与装配生产单元

1. 工作台主要技术参数:

- (1) 外形尺寸(长×宽×高): $\geq 1300 \times 800 \times 850 \text{mm}$;
- (2) 底部形态: 水平调节支撑型脚轮;
- (3) 桌面附带三色灯、安全光栅、急停按钮等装置。

2. 机器人主要技术参数:

- (1) 负载: $\geq 3 \text{kg}$;
- (2) 臂展: $\geq 560 \text{mm}$;
- (3) 自由度: 6个旋转自由度;
- (4) 重复定位精度: $\leq \pm 0.06 \text{mm}$;
- (5) 每个关节最快速度: $\geq 110^\circ / \text{s}$;
- (6) 防护等级: IP54;
- (7) 通信方式: 以太网通信, 可获取机器人运行状态, 关节角度, 位姿等信息;
- (8) 机器人配合末端工具可进行汽车、车窗、轮胎、轮毂的搬运。

3. 仓储单元主要技术参数:

- (1) 汽车容量 ≥ 3 ;
- (2) 车窗容量 ≥ 3 ;
- (3) 轮胎容量 ≥ 6 ;
- (4) 轮毂容量 ≥ 6 。

4. 模拟涂胶工位:

- (1) 由支架和胶枪组成;
- (2) 支架固定于工作台上, 胶枪位置、角度可调;

(3) 模拟涂胶过程中再涂胶作业对象上留下涂胶痕迹。

5. 轮胎轮毂组装工位

用于进行轮胎和加工好的轮毂组装。

6. 皮带输送机主要技术参数:

(1) 前后限漫反射光电传感器;

(2) 最高速度: $\geq 2\text{m/min}$;

(3) 驱动方式: 电机;

(4) 测速方式: 编码器测速;

(5) 用于进行汽车零件的运输。

7. 汽车模型装配线主要技术参数:

汽车模型装配线主要由汽车模型输送线和装配工位组成,汽车模型由桌面机器人从仓储单元搬运到汽车装配线,也可从汽车装配线搬运回仓储单元。

(1) 汽车模型输送线: 用于承载汽车模型,并将汽车运输到各装配工位,可直线往复运行,步进电机驱动;

(2) 装配工位: 装配工位包含车窗装配工位和车轮装配工位,汽车模型输送线将汽车运输到对应工位后进行相关零件的组装。其中车窗由桌面机器人进行安装,四颗轮毂两两安装,具体安装顺序可通过编程实现;

(3) 汽车模型: 两组前轮、两组后轮及顶部车窗均可拆卸。轮毂设计图纸随规程发布,车辆底盘和车轴厂家根据轮毂图纸进行改造。

(三) 复合机器人

复合机器人主要有移动机器人和搬运机器人组成,负责“数控加工单元”和“汽车智能涂胶与装配生产单元”之间轮毂零件的运输和上下

料。

1. 移动机器人主要技术参数:

- (1) 最大载重: $\geq 200\text{kg}$;
- (2) 最大速度: $\geq 1.5\text{m/s}$;
- (3) 爬坡能力: $\geq 2.5^\circ/5\%$;
- (4) 站点定位精度: $\pm 10\text{mm}$;
- (5) 精准对接精度: $\pm 5\text{mm}$;
- (6) 通信接口: 以太网通信, 可获取移动机器人的运行状态, 站点, 速度, 角度等数据。

2. 机器人主要技术参数:

- (1) 负载: $\geq 3\text{kg}$;
- (2) 臂展: $\geq 560\text{mm}$;
- (3) 自由度: 6 个旋转自由度;
- (4) 重复定位精度: $\leq \pm 0.06\text{mm}$;
- (5) 每个关节最快速度: $\geq 110^\circ/\text{s}$;
- (6) 防护等级: IP54;
- (7) 通信方式: 以太网通信, 可获取机器人运行状态, 关节角度, 位姿等信息;
- (8) 配套末端工具。

3. 机器人末端相机主要参数:

- (1) 1/3"CMOS 成像仪: 彩色;
- (2) S 接口/M12 镜头;
- (3) 成像模式: 640×480 ;
- (4) 光源: 白色漫射 LED 环形灯;

(5) 通信方式: PROFINET、Modbus TCP、TCP/IP。

(四) 边缘计算采集系统

1. 边缘控制器技术参数:

- (1) 内存 $\geq 4\text{GB}$, 硬盘 $\geq 64\text{G}$;
- (2) 支持以太网等通信;
- (3) 支持 HDMI, VGA 输出。

2. 数控机床功率采集套件:

- (1) 触发电流: 100mA ;
- (2) 响应时间: $0.08\text{--}0.8\text{S}$;
- (3) 功率量程: 13kW ;
- (4) 精度: $0.5\%\text{FS}$;
- (5) 分辨率: 1W 。

3. 振动采集卡:

- (1) 支持 8 位 I/O 点;
- (2) 采样速率: 20KHz/CH ;
- (3) 采样精度: 优于 0.3% ;
- (4) 支持 TCP/IP 通信;
- (5) 信号最大输入范围: $\pm 10\text{V}$ 。

4. 三向振动传感器:

- (1) 常温灵敏度: 100mV/g (160Hz);
- (2) 加速度范围: $\geq 50\text{g}$;
- (3) 非线性振幅: 1% ;
- (4) 频率响应: $\pm 10\%$, $1\text{--}4000\text{Hz}$;
- (5) 横向灵敏度: $\leq 5\%$ 。

5. 机床数据分析软件:

(1) 支持实时采集加工过程中的负载信号, 振动数据, 机床主轴数据等;

(2) 支持学习已有加工工艺, 具有智能算法控制进给倍率、提高加工效率功能;

(3) 支持对加工参数实时调整, 缩短加工空程时间, 避免碰撞;

(4) 支持传输过程数据, 能够实现机床加工生产可靠性分析。

(五) 智能生产工业网络与控制系统

1. 环网三层管理工业交换机 3 台, 主要技术参数:

(1) 协议标准: IEEE 802.3, 802.3i, 802.3u, 802.3x, 802.3ab, 802.3z 兼容 Modbus TCP、Ethernet/IP、Profinet 等协议, 可实现透明数据传输;

(2) 端口形态: 8 个 10/100/1000M RJ45、4 个千兆 SFP 端口;

(3) 电源输入: DC 输入电压 12/24/48 VDC (9.6—60 VDC), 支持反接保护;

(4) 路由: 支持 RIP、静态路由、ARP 代理;

(5) VLAN: 802.1Q VLAN、MAC VLAN、Private VLAN、Protocol Based VLAN、Voice VLAN、VLAN VPN、GARP/GVRP;

(6) 地址表: MAC 地址显示/查询、MAC 地址过滤、静态 MAC 地址设置、动态 MAC 地址管理、支持 IVL;

(7) 端口管理: 端口汇聚、端口监控、端口限速、风暴抑制、环回检测、线缆检测、Ping、Tracert 检测、显示/过滤系日统计、日志服务器;

(8) 安全管理: 支持基于端口、MAC、IP 地址的安全管理;

(9) 环网：支持 ERPS 环网协议、支持 RPL 配置；

(10) 精确网络时间同步：支持 IEEE1588 精密时钟同步协议。

2. 工业级双频无线接入点 2 台，主要技术参数：

(1) 无线：2.4GHz 频段：600Mbps、5GHz 频段：1300Mbps；

(2) 端口：1 个 10/100/1000Mbps RJ45 端口（支持 IEEE 802.3at PoE 供电）、1 个 RS-232 Console 管理接口、2 对直流端子供电接口（V1+，V1-，V2+，V2-）、3 个 RP-SMA 天线接口、1 个接地口；

(3) 电源：IEEE 802.3at 标准 PoE 供电、12-48 VDC 冗余直流供电、支持反接保护；

(4) 无线功能：工作模式：AP/Client（AP 模式提供无线覆盖，Client 模式接入无线网络），SSID 广播：支持 SSID 数量：8（2.4GHz）+8（5GHz），网络类型：访客网络、员工网络，无线加密：WPA、WPA2、WPA-PSK、WPA2-PSK，用户隔离：无线网络间隔离、AP 内部隔离，无线 MAC 地址过滤：支持白名单（50），VLAN 设置：支持 SSID 和 Tag VLAN 绑定、发射功率设置、1dBm 线性调节、WDS 功能、无线客户端数量限制、QoS：WMM、踢除弱信号设备、禁止弱信号设备接入，增强漫游：Client 模式、快速设置向导。

3. 工业级双频无线客户端 1 台，主要技术参数：

(1) 无线支持 2.4GHz 频段：400Mbps、5GHz 频段：867Mbps；

(2) 无线功能支持 Client、Client-Router；

(3) 访客网络、员工网络、支持 WPA、WPA2、WPA-PSK、WPA2-PSK 等加密方式；Client-Router 网络支持 DHCP 服务器、静态地址分配、NAT、静态路由。

4. 工业网络安全模块 1 台，主要技术参数：

(1) 端口：3 个 10/100/1000M RJ45 端口、2 个 SFP（Combo）口、

1 个 USB 存储口、1 个 Console 端口、1 个 Micro SD 卡、1 个 MGMT 管理口；

(2) 输入电源：12/24/48 VDC (9.6—60 VDC)；

(3) 策略配置：安全策略、审计策略、带宽策略（带宽控制、连接数限制、连接数监控）、NAT 策略（NAPT、一对一 NAT、虚拟服务器、NATDMZ、UPnP）、ALG 策略（FTP ALG、H.323 ALG、PPTP ALG、SIP、ALG）；

(4) 攻击防护：支持 ARP 防护，如 ARP 欺骗、ARP 攻击；支持多种常见的攻击防护，如 DDoS 攻击、网络扫描、可疑包攻击、支持 MAC 地址过滤，阻断非法主机的接入。

(六) 工业APP应用平台

1. 服务器主要技术参数：

(1) CPU：2.9GHz 或以上；

(2) RAM：≥16GB；

(3) 硬盘容量：≥256GB SSD；

(4) 显示器：23 英寸液晶显示器。

2. 工业 APP 系统主要技术参数：

(1) 工业 APP 基于低代码开发平台将各种功能模块组合，采用搭积木的方式构建顶层应用软件系统，实现整个生产系统的数据可视化和智能化管理。依托云服务进行部署和发布，可实现不同用户的数据访问；

(2) 系统通信功能节点支持：TCP/IP 协议、OPC UA 协议、S7 等协议。页面控件节点能满足常规数据可视化需求；

(3) 支持敏捷式快速开发环境，可快速验证开发效果并完成迭代；

(4) 支持图形化、可视化及模型驱动开发，基于 Web 端节点拖曳

图形化编程，利用模型拖拽组合的方式，通过 workflow 完成应用软件开发；

(5) 支持多平台端设备快速部署，软件开发完成后可直接发布；

(6) 可与 MES 等系统交换数据，快速延展并筛选管理所需数据。

(七) 数字孪生仿真和虚拟调试软件

主要技术参数：

1. 支持多种格式的 CAD 模型，支持 STEP、IGES、JT、PRT 等多种格式的 CAD 模型文件导入和导出；

2. 支持模型位置的精准和模糊设置两种方式，可以快速布局工作站；

3. 支持大型模型的智能优化，可实现大型复杂模型的轻量化，既能保证模型的质量，又能保证复杂系统仿真的流畅度；

4. 支持干涉和碰撞检查，可用于工作单元、工作站和产线的布局设计与优化，防止设备之间的干涉和碰撞；

5. 支持多种工业现场典型传感器，包括位置等数据检测传感器；

6. 支持多种常用工业通信协议如 OPC, TCP/IP 等，可将传感器数据与外部控制数据实现实时通信；

7. 支持机电复杂系统虚拟仿真和联调，包括工业机器人、数控加工中心、输送带、立体仓库、传感器等机电系统常见设备；

8. 支持 PLC、机器人等设备虚拟调试。软件可通过 OPC UA、S7 协议、开放的 SDK 接口与硬件通信进行数据交互，调试并验证信号设置、程序逻辑和加工工艺的准确性；

9. 提供强大的基于 Python、C++、C# 等的 API 功能，支持基于 Python、C++、C# 等二次开发，可以实现软件功能的定制化扩展，并能够实现与其他系统的对接扩展。

(八) 中央电气控制系统

中央电控系统包含 PLC 电气控制器及 I/O 通讯系统，主要负责周边设备（复合机器人等）及汽车智能涂胶与装配生产单元控制，实现智能制造控制技术平台的流程和逻辑总控。主控 PLC 采用 S7-1200 的 CPU1215C，配 Modbus TCP/IP 通信模块，配人机交互界面 HMI TP700。

（九）可视化系统及显示终端

1. 可视化系统：呈现智能制造控制技术平台生产运行状态、设备状态、传感器等数据。

（1）显示终端参数：采用 2 台 55 英寸显示终端为国产知名品牌；

（2）显示终端支架：显示终端配套支架；

（3）HDMI 高清显示线：5M。

2. 移动端智能设备：

（1）支持 Android 或鸿蒙或 Windows 等系统；

（2）支持 500W 以上摄像头；

（3）支持 WIFI 功能。

（十）编程和设计工位计算机

1. 计算机配置如下：

（1）CPU：不低于 I7；

（2）RAM：≥16GB；

（3）硬盘容量：≥1TB+256GB SSD；

（4）显卡：≥4GB 独显；

（5）显示器：≥23 英寸液晶显示器。

2. 平台配置 2 套计算机和桌椅。

（十一）工具包

根据大赛现场组委会要求随赛项技术规程另行发布。

（十二）安全围栏

1. 安全围栏及带工业标准安全插销的安全门，用来防止出现工业机器人在自动运动过程中由于人员意外闯入而造成的安全事故；
2. 安全外围防护设计参赛选手出入的安全门，配备安全开关，安全门打开时，除加工中心外的所有设备处于停止状态；
3. 尺寸：约 1.2m 高，黄色。

五、说明

1. 本技术标准由大赛组委会技术工作委员会牵头制定，知识产权、修改解释权归大赛组委会技术工作委员会所有。
2. 本技术标准适用数字孪生应用技术员（智能制造控制技术方向）赛项，是大赛合作企业遴选和设备平台选用的依据。