# 全国三维数字化创新设计大赛 "华中数控杯"工业协作机器人及数字孪生技术 创新应用专项赛(国赛)规程

武汉华中数控股份有限公司 2023年6月

# 目 录

一、	赛项简介	1
_`	赛项主题	2
三、	竞赛内容	2
四、	赛程安排	2
五、	参赛对象	2
六、	奖励办法	3
七、	赛项命题	3
八、	竞赛场地要求	8
九、	竞赛平台介绍	9
+、	评分细则	13
附件	<del> </del>	15
附件	‡二	16
附件	=	17

# 一、赛项简介

随着科技的发展,机器人工程已经成为了一个重要的领域,其在工业、医疗、家庭、教育等方面正在得到越来越广泛的关注和应用,机器人数智化将是未来机器人工程的主要趋势之一,相关人才缺口巨大,能解决复杂工程问题、有创新能力及编程仿真操作能力的高素质技术型、应用型、复合型人才培养面临着一些挑战和机遇。

全国普通高校学科竞赛排行榜是由中国高等教育学会高校竞赛评估与管理体系研究工作组基于竞赛数据采集、综合评价和专家委员会投票情况确定的学科竞赛榜单。该榜单为进一步推动和发挥学科竞赛类活动在教育教学、创新人才培养等方面的重要作用提供了规范和引导,为高校提高人才培养质量提供服务性参考信息,是检验高校创新人才培养质量的重要标准之一。

全国三维数字化创新设计大赛是全国普通高校学科竞赛排行榜赛事之一,已 连续成功举办至第 16 届, "华中数控杯"工业协作机器人及数字孪生技术创新 应用专项赛(下称:本赛项)是全国三维数字化创新设计大赛中的一个专项赛, 赛项组织机构如下:

#### (一) 指导单位

教育部

工业和信息化部

科学技术部

中国科学技术协会

#### (二) 主办单位

国家制造业信息化培训中心

全国 3D 技术推广服务与教育培训联盟 (3D 动力)

全国三维数字化创新设计大赛组委会

#### (三)技术支持与协办单位

武汉华中数控股份有限公司

# 二、赛项主题

数字赋能 协作创新

# 三、竞赛内容

本赛项利用工业协作机器人及数字孪生技术创新应用平台,进行机器人夹具设计、安装和调试工业协作机器人及数字孪生技术创新应用平台,完成码垛、涂胶及饮料的搬运、分装等工作任务,满足小批量多品种产品的定制化生产需求。本赛项主要考察选手对工业协作机器人、PLC 可编程控制器、机器视觉等设备的安装、编程、调试、集成应用等能力,以真实的工业装备和应用环境作为赛场,来考察大学生解决机器人领域复杂工程问题的综合能力。

#### 四、赛程安排

"华中数控杯"工业协作机器人及数字孪生技术创新应用专项赛分为三个赛段开展,每个赛段时间安排如表1所示:

序号	赛程安排	时间
1	校赛/初赛/命题挑战赛时间	2023年6月6日-7月15日
2	省赛	2023年8月20日-11月20日
3	国赛/全国总决赛	2023 年 12 月上旬

表1 赛程安排表

# 五、参赛对象

#### (一) 参赛对象

本赛项设高职高专生组、本科生组、研究生组,每个参赛团队由 3-5 名选手和 1-2 名指导老师组成。每位学生只能加入 1 支参赛队,指导教师可以指导多支参赛队伍。竞赛报名截止后,所有赛项参赛队伍不得更换、增加参赛成员以及指导老师。

#### (二)报名方式

参赛人员请统一在大赛官网(https://3dshow.3ddl.net/ii/HZSK)注册、组队报名参赛,并按要求完整、准确、真实地填报相关信息(公益竞赛,报名不收取任何费用)。

# 六、奖励办法

#### (一) 排名规则

- 1. 校赛/初赛/命题挑战赛评选产生一等奖、二等奖、三等奖、网络人气奖。
- 2. 省赛评选产生一等奖、二等奖、三等奖。
- 3. 国赛评选产生龙鼎大奖(由武汉华中数控股份有限公司特别赞助)、一等 奖、二等奖、三等奖,并根据各参赛团队组织与获奖情况,评选产生优秀指导教 师奖、优秀组织奖。

#### (二) 奖励办法

由 3D 大赛组委会对省赛及国赛获奖团队进行表彰和奖励,包括获奖荣誉证书、奖杯、奖品,以及获奖作品项目投资孵化、获奖团队优先直接入职、面试推荐读研、师承、进修、实习等机会,各参赛校可根据自身情况制定本校奖励。

#### 七、赛项命题

本赛项的国赛阶段分为赛前准备、现场竞赛和场外答辩三个环节,参赛者需 完成以下竞赛任务:

#### (一) 赛前准备环节

参赛选手需在现场竞赛环节之前设计、制作一个或多个机器人夹具,并提交相关资料,具体要求如下:

#### 任务要求:

1. 夹具创新设计与制作要求:

参赛选手设计、制作一个或多个机器人夹具及其附件,并将其安装在HSR-CR605 机器人末端(机器人末端尺寸图见附件一),夹具的重量要求小于 5kg;夹具的功能要求:能够完成 A、B、C 三类易拉罐(易拉罐类别说明见表 2, 易拉罐拉环见图 1)的抓取、开盖,并将易拉罐中的饮料倒入纸杯等任务。

 类别
 易拉罐尺寸
 举例

 A
 直径 65±2mm, 高度 115±2mm
 如: 加多宝易拉罐 (310ml)

 B
 直径 65±2mm, 高度 91±2mm
 如: 红牛易拉罐 (250ml)

 C
 直径 51±2mm, 高度 132±2mm
 如: 六个核桃易拉罐 (240ml)

表 2 A、B、C 三类易拉罐的类别说明



图1 易拉罐拉环示例

#### 2. 提交文件要求:

设计方案文件要完整,包括但不限于:

- (1)设计图纸(零件图、装配图、三维效果图):电子版1份,纸质版5份,图纸表达完整。
- (2)设计说明书:电子版1份,纸质版5份,要有独立见解,文字描述准确、清晰,体现方案完整性、创新性,文档为PPT/WORD格式。
- (3) 答辩文档(仅省赛/国赛提交)1份:文档为PPT格式,供参赛队伍现场参与方案展示和答辩使用。
  - (4) 与设计有关的视频介绍1份。
  - (5) 提交文件标题命名规则: 作品名+团队名称+学校名称。
- (6)作品提交形式:根据全国 3D 大赛统一规则及评审相关要求,在该赛项专题网站下提交。

#### 任务说明:

参赛选手自选二维、三维设计软件。参赛单位可通过试用申请流程向技术支持与协办单位申请试用工业协作机器人数字孪生虚拟调试软件、工业协作机器人技术应用创新设计平台完成夹具验证,具体联系技术支持与协办单位联系人。

#### (二) 现场竞赛环节

现场竞赛环节比赛时长为2小时。参赛选手在工业协作机器人及数字孪生技术创新应用平台(如图5)上完成如下任务:

#### 任务要求:

1. 任务一: 机器人程序编程及调试

#### 任务要求:

- (1) 码垛任务:利用工业协作机器人及数字孪生技术创新应用平台上提供的码垛夹具,按照码垛规则(见附件二)完成工业协作机器人码垛任务。裁判评分时,工业协作机器人自动运行演示码垛任务。
- (2)涂胶任务:利用工业协作机器人及数字孪生技术创新应用平台上提供的涂胶夹具,按照涂胶轨迹(见附件三)完成工业协作机器人涂胶任务。裁判评分时,工业协作机器人自动运行演示涂胶任务。

#### 任务说明:

参赛选手可以用工业协作机器人及数字孪生技术创新应用平台上提供的夹具,或者自带夹具,完成码垛、涂胶任务演示。如遇紧急危险情况,选手应立即停止机器人运动。

2. 任务二: 工业协作机器人及数字孪生技术创新应用平台的机器人夹具、传 感器安装及调试

#### 任务要求:

- (1) 安装工业协作机器人夹具及其附件,操作工业协作机器人示教器能够 控制机器人夹具动作。
- (2) 安装、调试易拉罐存放区的传感器,要求: 传感器安装牢固,线路连接正确,能检测出易拉罐存放区的每个工位是否有易拉罐存放。
- (3) 验证夹具抓取功能:工业协作机器人依次抓取 A、B、C 易拉罐在工业协作机器人及数字孪生技术创新应用平台上方完成易拉罐 90 度旋转,并将易拉罐放回原位置。

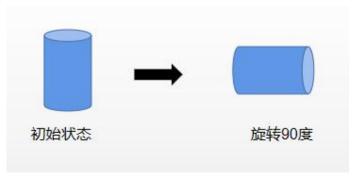


图2 易拉罐初始状态及旋转90度状态

任务说明:

以上任务二中的(1)和(2)两项任务为本赛项的不可缺少的任务,参赛选 手必须完成。另外,参赛选手可根据自身设计需求另行安装其他机械部件、电气 元件、气路系统等,此部分不计分数。

3. 任务三:视觉系统安装及调试

任务要求:

安装视觉系统(相机支架、镜头、光源),连接电源线及通讯线,调试视觉系统并编写视觉程序、视觉与机器人通讯程序,实现视觉识别 A、B、C 三种易拉罐。

任务说明:

工业协作机器人及数字孪生技术创新应用平台中包含视觉系统,需选手现场安装并调试,选手也可根据自身需求安装其他视觉系统,能够完成视觉识别 A、B、C 三种易拉罐即可得分。

4. 任务四: 数字孪生仿真调试

任务要求:

利用工业协作机器人数字孪生虚拟调试软件,导入工业协作机器人夹具模型 完成一种类型易拉罐的抓取、开盖动作,并将易拉罐中的饮料倒入杯中,完成饮料分装任务。

任务说明:

易拉罐类型由参赛选手从A、B、C三类中任选一种。

5. 任务五: 工业协作机器人及数字孪生技术创新应用平台整体联调任务要求:

(1)设计 PLC 程序和 HMI 界面, HMI 界面要求:可选择 A、B、C 不同类型的易拉罐,从易拉罐中倒出的饮料有三种不同规格(见表 3)可供选择。HMI 界面可参考图 3。

表 3 标准容量合格范围

规格	标准容量	合格范围
大杯	100ml	$100\pm10$ ml
中杯	60m1	$60\pm10$ ml
小杯	30m1	$30\pm10$ ml



图 3 HMI 界面图

- (2) 参赛选手完成工业协作机器人、视觉系统、PLC、HMI 等编程、联调后举手示意裁判,裁判随机指定易拉罐类型(A、B、C任选其一)和饮料规格(大杯、中杯、小杯任选其一),参赛选手根据裁判要求实现工业协作机器人自动运行完成指定易拉罐的抓取、开盖,并将易拉罐中的饮料按照指定的规格倒入杯中。
- (3)利用工业协作机器人数字孪生虚拟调试软件,获取实物机器人轴数据并配置到仿真机器人模型上,实现仿真机器人与实物机器人孪生运行,完成工业协作机器人自动运行完成易拉罐的抓取、开盖,并将易拉罐中的饮料按照指定的规格倒入杯中。

#### 任务说明:

上述(2)、(3)任务分别在工业协作机器人及数字孪生技术创新应用平台和工业协作机器人数字孪生虚拟调试软件中同时完成相同任务。

#### 注意事项:

- ①如遇紧急危险情况,参赛选手应立即停止机器人运动。
- ②如超出指定规格的合格范围(见表 3)被视为不满足要求,如出现此情况将不得分。
  - ③易拉罐中的饮料如洒落在杯外将不得分。

④A、B、C 饮料初始摆放位置如图 4 所示,参赛选手不得调换。否则将被扣分。

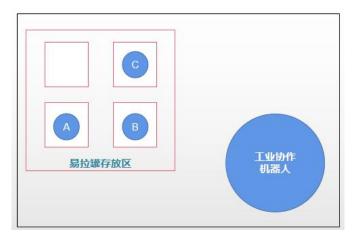


图 4 A、B、C 饮料相对工业协作机器人的初始摆放位置示意图

#### 6. 职业素养要求

对参赛选手全过程的职业精神及其具备的生产安全、环境保护知识和操作的规范性、系统性等进行综合评价,要求如下:

- 1. 如机器人出现撞机、夹具掉落现象, 扣5分。
- 2. 如出现易拉罐中的饮料洒落在杯外(台面、地面等), 扣5分。
- 3. 由于参赛选手人为因素导致人身安全的将被取消参赛队的比赛资格。

### (三) 场外答辩环节

各参赛队选派代表参加场外答辩,答辩问题涉及工业协作机器人夹具的设计 思路、工作原理、制作工艺及创新点等。该环节考核时间为15分钟(选手介绍10分钟,专家问辩5分钟)。

# 八、竞赛场地要求

#### (一) 场地要求

- 1. 竞赛场地平整、明亮、通风良好,场地采光良好,四周无太阳直射,照明 条件优良,可保证赛位在比赛期间稳定的光源环境。
  - 2. 赛场规划独立参观通道和体验区域,不得影响竞赛正常进行。
  - 3. 赛场设置合理数量空调, 保证赛场温度适宜。

- 4. 赛项设置合理数量监控,保证无死角全覆盖所有赛位和人员活动范围,监 控录像文件妥善保存。
  - 5. 赛场设置医疗站。
  - 6. 赛场放置灭火器。
  - 7. 赛场设置备用电源。
  - 8. 配电要求:每台设备电源要求单相 AC220V,功率 2.5KW。

#### (二) 工位要求

单个竞赛工位面积不小于 9m² (3m×3m), 标明竞赛工位号码, 有明显区域划分, 除了参赛工位, 还应准备 2 个备用工位。

#### 九、竞赛平台介绍

(一) 工业协作机器人及数字孪生技术创新应用平台功能描述

工业协作机器人及数字孪生技术创新应用平台主要面向自动化类、机械类、电子信息类、计算机类等相关专业的在校大学生,包括:研究生、本科生、高职高专生。

工业协作机器人及数字孪生技术创新应用平台内容涉及智能制造领域中的工业协作机器人、机械设计、夹具设计、视觉应用、信息通信、自动控制、可编程控制器等多种综合技术,通过科技创新、技术创新和应用创新等多种模式,培养、锻炼和选拔具有解决复杂工程问题的技术复合型人才。同时,工业协作机器人及数字孪生技术创新应用平台旨在打造一个智能制造协作机器人创新领域的高校、行业、企业之间交流平台,实现多方在教育、人才、科研等各个方向的合作,并实现理论教学、设计创新和工程实践的有机融合。

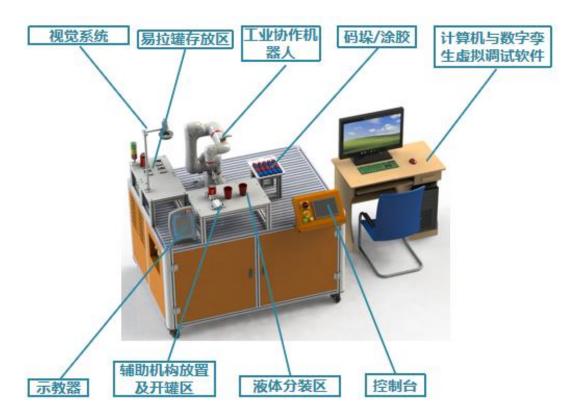


图 5 工业协作机器人及数字孪生技术创新应用平台

#### (二) 工业协作机器人及数字孪生技术创新应用平台的主要设备清单

表 4 工业协作机器人及数字孪生技术创新应用平台的主要设备清单

序号	名称		数量
1	工业协作机器人	套	1
2	基础工作台	套	1
3	视觉系统模块	套	1
4	离线编程软件	套	1
5	静音无油气泵	套	1
6	创意设计终端	套	1
7	PLC 与人机交互编程模块	套	1
8	工业协作机器人数字孪生虚拟调试软件	套	1
9	码垛模块	套	1
10	涂胶模块	套	1

#### (三) 主要设备介绍

#### 1. 工业协作机器人



图 6 工业协作机器人本体

HSR-CR605 机器人:包括机器人本体、示教器、驱控一体电控柜。其中,协作机器人的最大负荷 5kg,臂展 785mm,重复定位精度±0.02mm。华数机器人第六轴安装专用末端工具法兰,包括吸盘、夹爪,用于物料的搬运和基础模块等工作。

#### 2. 工业协作机器人数字孪生虚拟调试软件

- (1) 工业机器人数字孪生虚拟调试软件为机器人应用及数字孪生技术创新竞赛参赛平台,软件将工业机器人技术应用创新设计平台硬件设备 1:1 孪生到虚拟场景中,赛项设计为选手先在虚拟调试软件中完成工作站布局搭建,对工作站的运动进行仿真设计和运行调试,再到硬件平台完成竞赛任务。
- (2) 虚拟调试软件能够支持机器人工作站布局搭建、信号配置与调试、PLC与机器人程序设计、工作站和自动化线虚拟调试与仿真运行。能够支持机器人IPC和PLC等硬件进行数据交互,实现产线及工作站的搭建与全流程调试与仿真运行。学生可以通过在虚拟场景中进行个性化夹具功能辅助验证、工业机器人程

序编写、PLC逻辑控制、工作站和自动化线联调等教学内容的仿真训练,同时也可以自主进行虚拟仿真场景的搭建与仿真运行。



图 7 工业协作机器人数字孪生虚拟调试软件

#### 3. 视觉系统模块



图 8 视觉系统模块

视觉系统模块由相机支架、镜头、光源、固定底板等组成,适配外围控制器 套件和标准电气接口套件,可检测零件的形状、获取坐标(X/Y/A)等信息,通过 以太网将检测结果发往 PLC 或机器人,配合机器人夹具将易拉罐进行抓取搬运、 开盖等动作。

#### 4. 离线编程软件

InteRobot 是由华数机器人推出的一款具备自主知识产权、贴近市场应用的国产离线编程与仿真软件。相对于传统的手动示教编程来说,InteRobot 离线编程软件是直接针对三维模型进行编程和仿真的,它直接在计算机虚拟环境下对机器人和工作场景进行标定,通过开发的多种轨迹规划方法规划出机器人加工路径,经过虚拟仿真和碰撞干涉检查之后,输出的程序能够直接运行于实际工业机器人中,整个过程在办公电脑上完成,无需中断生产,编程快、精度高、且没有安全隐患。InteRobot 具备机器人库管理、工具库管理、加工方式选择、加工路径规划、运动学求解、机器人选解、控制参数设置、防碰撞和干涉检查、运动学仿真等离线编程基本功能,特色是与应用领域的工艺知识深度融合,可解决机器人应用领域扩大和任务复杂程度增加的迫切难题,可广泛应用于 3C 产品金属部件、航空航天零件、汽车覆盖件、激光焊接与切割、模具制造、五金零件、喷涂、多轴加工、石材和板材加工等专业领域。

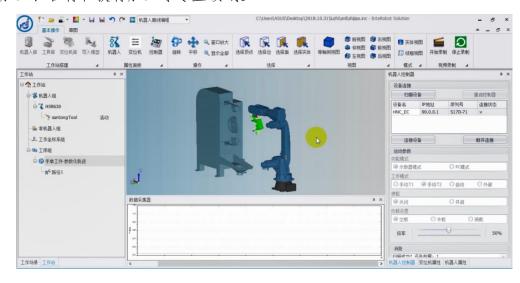


图 9 离线编程仿真界面

# 十、评分细则

#### (一) 评分标准的制订原则

评价方式采用过程评价与结果评价相结合、功能评价与性能评价相结合、设 计评价与应用评价相结合,本着"科学、创新、严谨、规范、公平、公正、公开" 的总体原则制定评分标准。

#### (二) 评分方法

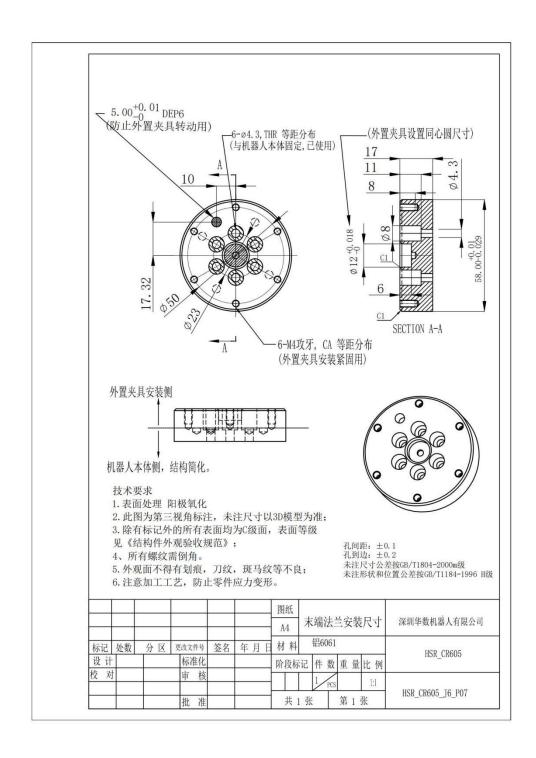
赛项裁判组负责赛项成绩评定工作,设裁判长一名,全面负责赛项的裁判和管理工作。赛项裁判组根据裁判的现场记录及评分标准评定成绩。

本赛项采用过程评分和结果评分相结合的方式,满分 100 分。名次按比赛成绩由高到低排列,比赛成绩高的参赛队名次在前;比赛成绩相同,以任务五得分高的参赛队名次在前,若比赛成绩仍相同,以答辩成绩得分高的参赛队名次在前。

评分方式,以小组为单位,裁判相互监督,对评分结果进行一查、二审、三 复核,确保评分环节准确、公正。成绩经工作人员统计,组委会、裁判组、仲裁组分别核准后,大赛闭幕式时公布。

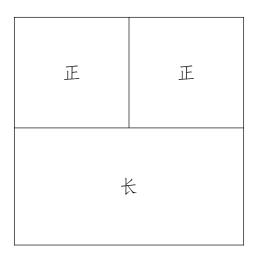
为保障成绩统计的准确性,组委会对赛项总成绩进行抽检复核;错误率超过 5%的,则认定为非小概率事件,裁判组需对所有成绩进行复核。

# 机器人末端尺寸图示意图

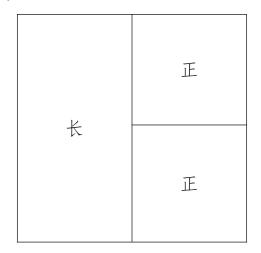


# 定制码垛任务

第一层(底层):



第二层(中间层):



第三层(顶层):

