

工业协作机器人及数字孪生技术创新应用赛项

命题与运行

一、赛项简介

本赛项包含设计、组装和调试工业协作机器人及数字孪生创新工作站，完成产品、饮料的搬运、相机视觉技术等工作任务，满足产品小批量多品种定制化生产任务。本赛项主要考察选手对于工业协作机器人、PLC 可编程控制器、机器视觉等控制设备组成的工业协作机器人及数字孪生创新工作站的集成应用能力，掌握工作站的安装、编程和集成系统联调能力，以真实的工业装备和应用环境作为赛场，来考察大学生解决复杂工程问题的综合能力。。

二、赛项命题

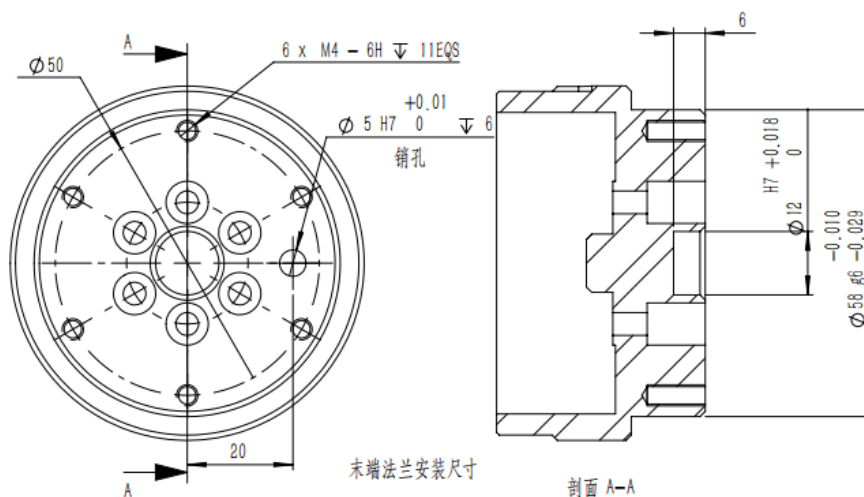
本赛项以“工业协作机器人及数字孪生技术创新应用”为主题，面向高等院校在校学生开展竞赛，省赛分为赛前准备、现场竞赛和场外答辩三个环节，参赛者需完成以下竞赛任务：

（一）赛前准备环节

需选手根据任务要求，提前设计、制作竞赛所用的机器人末端执行器和辅助装备，由参赛团队自行设计和制作，对制作的材料、结构无任何限制。辅助机构，由赛团队自行设计和制作，辅助机构的数量、类型、结构均无限制。竞赛时，所有辅助机构只能安装在辅助机构安装区。

1. 机器人末端执行器和辅助装备需满足如下要求：

- 1) 功能要求
- 2) 电控及驱动要求
- 3) 机械结构要求，如下图所示为 HSR-CR605 机器人末端尺寸图。



机器人末端尺寸图

4) 外形尺寸及载重要求

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 $\pm 0.02\text{mm}$ 。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。

5) 虚拟软件或设备平台验证要求

根据提供的虚拟软件或设备平台完成夹具及辅助机构验证，并附上验证结果。

2. 提交方案文件要求：

设计方案文件要完整，包括：作品布局图、产品结构图、要求标注所有自行设计的零件（A3 纸页）；装配爆炸图 1 幅（所用三维软件自行选，A3 纸 1 页）；设计说明书 1 份（A4 纸张 1-2 页），要有独立见解，图纸表达完整，文字描述准确、清晰。

（二）现场竞赛环节

选手需在 2 小时 120 分钟内完成以下所有竞赛任务。

现场竞赛环节每支参赛队伍只能选派 3-5 名选手参赛，并在规定的 2 小时之内完成如下内容：

任务一：机器人应用及数字孪生创新平台工作站机械，气路安装，电气部分调试（10%）

1.1 根据竞赛任务书中任务需求，完成硬件部分机械安装如机器人手爪安装等工作。

1.2 辅助装置电气机械安装完成，实现手动控制演示。

1.3 放置饮料区域传感器线路安装与调试。

1.4 机器人气管，气缸气管安装。

任务二：相机系统安装调试（15%）

2.1 根据竞赛任务书中任务需求，完成相机支架的安装。

2.2 相机镜头以及光源的安装。

2.3 相机电源线以及通信线的安装。

2.4 完成相机 9 点标定以及相机编程任务，对红牛饮料罐特征进行识别。

任务三：机器人程序编程（25%）

3.1 根据竞赛任务书中任务需求，完成工业协作机器人示教和编程，利用预先打印好的码垛夹具，完成一定规则的码垛排列。

（题目附件提供码垛排列要求）

3.2 根据竞赛任务书中任务需求，完成工业协作机器人示教和编程，实现机器人饮料罐子搬运。

3.3 手动示教机器人，完成易拉罐的抓取，在台面上方完成易拉罐 90 度旋转运动，并还原到初始位置。

任务四：机器人应用及数字孪生创新平台工作站数字孪生仿真联调（15%）

4.1 工业机器人夹具模型验证。将设计夹具模型导入虚拟调试软件中，使用夹具模型在虚拟调试软件完成饮料分装流程，验证夹具的可行性。

4.2 完成红牛易拉罐抓取动作，完成红牛易拉罐夹紧开盖动作，完成饮料分装动作。

任务五：机器人应用及数字孪生创新平台工作站工作站整体联调（30%）

5.1 调整虚拟调试模型位置，连接实物机器人，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，完成饮料罐子搬运、拍照、分装数字孪生仿真联调。

5.2 利用 PLC 和 HMI 界面在程序启动到程序运行结束前，参赛选手将不能再接触竞赛平台，不能采用任何人工互交的方式控制机器人和其它任何辅助装置。在相机的引导下（可选），机器人自动完成易拉罐抓取、开盖，液体分装、放回初始位置的动作。

5.3 自动运行阶段，完成机器人程序在指定的第一个水杯中自动倒入液体，倒入的液体为易拉罐中液体的 $\frac{2}{3}$ ，并且全程无液体溢出或洒落到台面。

5.4 自动运行阶段，完成机器人程序在指定的第二个水杯中自动倒入液体，倒入的液体为易拉罐中液体的 $\frac{1}{3}$ ，并且全程无液体溢出或洒落到台面。

任务六：安全文明生产（5%）

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。

（三）场外答辩环节

每支参赛队伍只能选派 1 名选手参赛，并在规定的 10 分钟之内

完成，场外问辩环节与场内竞赛环节同步进行)。各参赛队的选手按抽签的顺序，依次参与答辩环节，答辩问题涉及参赛作品（手爪、辅助机构）的设计思路、原理、创新点等相关知识。

另外，各参赛队在参赛报到时需要提交工程设计方案文件 1 套（含：电子版材料 1 份，纸质版材料 3 份）、与设计制作有关的 3 分钟视频介绍 1 份、答辩 PPT 材料 1 份。

该环节考核时间 10 分钟（选手设计介绍 3 分钟，专家问辩 7 分钟），满分为 30 分，具体参见评分方法和细则。

三、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：

赛区提供 15 套设备，总功率为：40KW；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、1

个裁判培训工位。赛场面积应不低于 500m²。

（三）机房要求

1. 硬件运行环境

CPU： Intel i7 或 六代以上 i5 （或同等级 AMD 系列）；

内存： 8G 及以上；

硬盘： 500GB 以上；

显卡： NVIDIA GTX 1050 及以上（或同等级 AMD 系列），显存 2GB 及以上；

显示器： 分辨率及色彩 1920*1080 32 位真色彩以上，刷新频率 60 赫兹；

2. 软件运行环境

Windows7 以上系统

四、竞赛平台介绍

（一）功能描述

竞赛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。

竞赛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，采用通过科技创新、技术创新和应用创新的多种模式，来培养、锻炼和选拔具有解决复杂工程问题的技术复合型人才。

竞赛平台以实际的科研、工业或生活应用项目作为案例，以真实的工业装备和应用环境作为赛场，来考察大学生解决复杂工程问题的综合能力。

同时，本竞赛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。

■ 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。

■ 离线编程软件

1、支持不少于 5 种主流工业机器人品牌，包括华数机器人、ABB、KUKA、FANUC、安川、川崎等，仿真输出对应的机器人代码；

2、至少支持 4、6 关节机器人的新建、编辑、删除等功能，也可以直接导入机器人库文件，新建机器人可进行正常的编程和仿真；

3、支持工具的新建、编辑、删除等功能，也可以直接导入工具库文件，一个工具可切换不同 TCP 进行离线编程；

4、至少支持 1、2 轴变位机的新建、编辑、删除等功能，也可以直接导入变位机库文件，变位机可以和机器人进行联动控制；

5、支持三维仿真与碰撞检查功能。通过三维仿真可以观察机器人的位置姿态，充分地检查编程结果是否合理，仿真过程中如果发生碰撞，会显示警告提示；

6、支持机器人逆运动学选解功能，切换不同解组并生成路径查看仿真，选择最优解进行作为加工路径；

7、提供手拿工具、手拿工件两种编程模式；

8、支持自动、手动、外部等多种路径规划方式。1) 可以根据三维模型进行编程，包含不少于三种路径生产方法；2) 可以直接在曲面或曲线上任意点选编程，能够自适应产生主刀轴和辅刀轴。3) 可以导入外部刀位文件进行编程，能够自适应产生主刀轴和辅刀轴；

9、支持多种工艺路径变换与阵列方法。能够通过可视化交互界面进行简单的参数设置，快速实现路径的线性与圆形等多种变化与阵列；

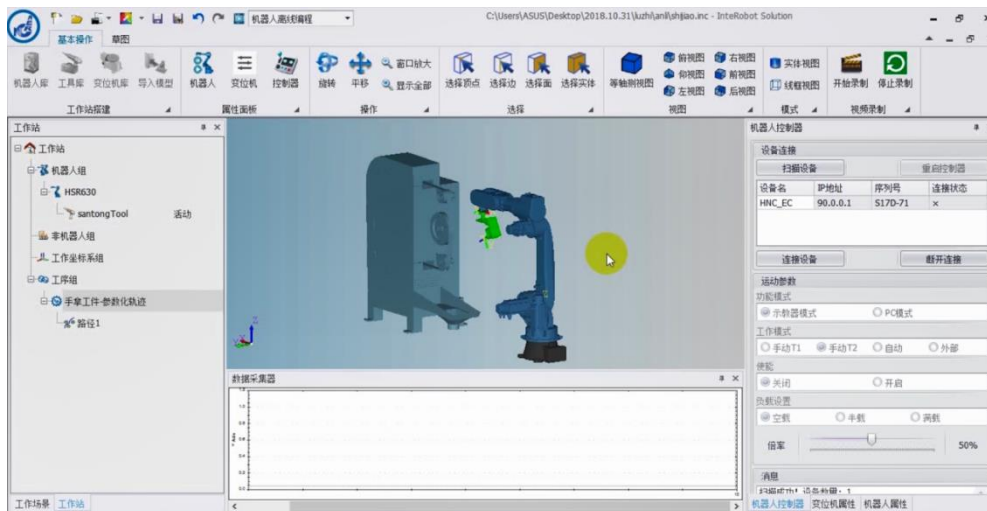
10、支持半实物仿真。真实示教器能够控制离线编程软件中的虚拟机器人运动，并保持示教器中的点位数据和离线编程软件中的点位完全一致。离线编程软件中虚拟机器人运动仿真时，真实示教器能够实时显示离线编程软件中虚拟机器人的位置；

11、支持真实控制器插补仿真功能。能够采集真实控制器的扭矩、速度、加速度等参数并绘制波形图，用户可以进行运动学和动力学的原理性分析，通过鼠标点击波形图时，离线编程软件中虚拟

机器人的能够移动到对应的位置；

12、能够根据应用场景的需求生成包含加工工艺的运动轨迹，比如生成参数化的锯齿折线轨迹、三角函数曲线轨迹以及螺旋线轨迹等，用户可根据需求修改轨迹的相关参数实现工艺轨迹的快速调整；

13、支持离线工艺编程、离线示教编程、离线码垛编程等多种应用编程软件包，能够融合应用领域工艺实现快速编程与仿真。



离线编程仿真界面

(二) 效果图



(三) 竞赛提供的主要设备清单

序号	名称	型号规格	单位	数量	备注
1	工业协作机器人	HSR-CR605	套	1	华数机器人
2	基础工作台	HSR-CX-CR605	套	1	华数机器人
3	3D 打印机	CT-228	套	1	选配
4	视觉检测模块	MV-CT060-10GC	套	1	海康威视
5	离线编程软件	InteRobot2022	套	1	华数机器人
6	静音无油气泵	TB750W-30L	套	1	雷纳图
7	创意设计终端	HSR-M455-A361	套	1	华数机器人
8	PLC 与人机交互编程模块	S7-1200, CPU 模块: 6ES7215-1AG40-0XB0/ 触摸屏: 6AV2124-0GC01-0AX0	套	1	西门子

9	工业协作机器人数字孪生虚拟调试软件	V1.0	套	1	高德信息
10	码垛模块	HSR-CX-MD	套	1	华数机器人
11	涂胶模块	HSR-CX-TJ	套	1	华数机器人

五、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

1. 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。

2. 赛项裁判组本着“科学、创新、严谨、规范、公平、公正、公开”的原则，根据裁判的现场记录、参赛队选手的赛项任务书及评分标准，评定成绩。

3. 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，以现场竞赛环节完成工作任务总时间较短的参赛队名次在前。如还相同，由裁判长现场召开裁判会决定。

4. 评分方式，以小组为单位，裁判相互监督，对检测、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、仲裁组分别核准后公布。

1) 基本评定方法

裁判组在坚持“公平、公正、公开、科学、规范”的原则下，各负其责，按照制订的评分细则进行评分。

2) 相同竞赛成绩处理

竞赛成绩相同时，取并列名次。

3) 现场评分

现场裁判依据现场打分表，对参赛队的操作规范、现场表现等进行评分。评分结果由参赛选手、裁判员、裁判长签字确认。

4) 过程评分

根据参赛选手在分步操作过程中的规范性、合理性以及完成质量等，评分裁判依据评分标准按步给分。

5) 答辩评分

根据参赛选手答辩结果，由答辩裁判进行评分。

6) 抽检复核

为保障成绩统计的准确性，执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。

（三）评分细则

本赛项采用结果评分和现场评分两种方式，满分 100 分，具体评分细则如下表 1 所示。

表 2 现场竞赛分值分配表

竞赛任务	具体评分项		评分要求
	评分内容	配分	
机器人应用及数字孪生创新平台工作站机械，气路安装，电气部分调试（10分）	1. 手爪与机器人法兰末端的机械连接	2	1. 根据任务书的装配要求对机械系统部件正确的安装，安装坚固，传动组件调整顺畅等； 2. 电气线路连接正确，导线、号码管使用正确合理，驱动器、传感器等连接正确、走线合理；
	2. 辅助装置电气机械安装完成，实现手动控制演示	3	
	3. 放置饮料区域传感器线路安装与调试	3	
	4. 机器人气管，气缸气管安装	2	

			3. 上电前安全检查，上电后初步检测元件工作是否正常，检查局部电路功能。
相机系统安装调试 (15分)	1. 完成相机支架的安装	4	1. 根据任务书的装配要求对机械系统部件正确的安装，安装坚固，传动组件调整顺畅等； 2. 电气线路连接正确，导线、号码管使用正确合理，驱动器、传感器等连接正确、走线合理； 3. 上电前安全检查，上电后初步检测元件工作是否正常，检查局部电路功能。
	2. 相机镜头以及光源的安装	4	
	3. 相机电源线以及通信线的安装	2	
	4. 完成相机9点标定以及相机编程任务，对红牛饮料罐特征进行识别	5	
机器人程序编程及调试(25分)	1. 利用预先打印好的码垛夹具，完成一定规则的码垛排列。	10	1. 手动示教机器人，完成易拉罐的抓取，在台面上方完成易拉罐90度旋转运动，并还原到初始位置 10分
	2. 机器人程序示教与编程，实现机器人饮料罐子搬运。	5	
	3. 手动示教机器人，完成易拉罐的抓取，在台面上方完成易拉罐90度旋转运动，并还原到初始位置	10	
机器人应用及数字孪生创新平台工作站数字孪生仿真联调(15分)	1. 将设计夹具模型导入虚拟调试软件中，使用夹具模型在虚拟调试软件完成饮料分装流程，验证夹具的可行性	5	完成易拉罐抓取动作2分，完成易拉罐夹紧开盖动作2分，完成分装动作6分. 三个动作全部完成，且用时最短的加1分。
	2. 夹具模型导入，并完成易拉罐抓取动作	2	
	3. 能够夹取红牛易拉罐	2	
	4. 完成易拉罐抓取动作，完成易拉罐夹紧开盖动作，完	6	

	成分装动作，三个动作全部完成，且用时最短的加分。		
机器人应用及数字孪生创新平台工作站工作站整体联调（30分）	1. 调整虚拟调试模型位置，连接实物机器人，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，完成饮料罐子搬运、拍照、分装数字孪生仿真联调	8	1. 机器人倒入的液体无洒落到台面 2. 机器人倒入的液体无溢出水杯
	2. 自动运行阶段，完成机器人程序自动抓取并移动易拉罐动作。	4	
	3. 自动运行阶段，完成机器人程序自动开盖易拉罐动作。	6	
	4. 自动运行阶段，完成机器人程序在指定的第一个水杯中自动倒入液体，倒入的液体为易拉罐中液体的 2/3，并且全程无液体溢出或洒落到台面。	6	
	5. 自动运行阶段，完成机器人程序在指定的第二个水杯中自动倒入液体，倒入的液体为易拉罐中液体的 1/3，并且全程无液体溢出或洒落到台面。	6	
安全文明生产（5分）	1. 现场操作安全保护符合安全操作规程；	1	1. 现场操作安全保护符合安全操作规程，穿戴符合职业岗位要求； 2. 工具比赛过程中各赛后未摆放整齐、节约使用耗材； 3. 爱惜赛场的设备和器材，保持工位的整洁，团队分工有合作，遵守竞赛纪律，
	2. 工具摆放、包装物品、导线线头等处理符合职业岗位要求；	2	
	3. 团队合作有分工有合作，配合紧密；遵守赛场纪律，尊重赛场工作人员，爱惜赛场的设备和器材，保持工位的整洁。	2	

			尊重裁判员、工作人员等。
--	--	--	--------------

表 4 场外问辩环节竞赛分值分配表

场外问辩环节	评分标准	分值
提交的设计文件、视频文件和 PPT 文件完整，具有创新型，并且内容清晰合理。	提交 1 份设计文件、1 份视频文件、1 份 PPT 文件 2 分 3 分钟视频文件，制作精美，清晰阐述设计思想和实现的方式 3 分	5 分
设计介绍过程，能够大方得体、清晰的介绍和讲解所提交文件的内容和设计思路。	设计文件内容完整、设计新颖、无明显错误 2 分 依托 PPT 文件，3 分钟介绍，逻辑清晰，大方得体 3 分	5 分
能够准确回答专家所提出的问题。	7 分钟时间内，准确回答评委老师提出的与设计方案有关的 3-5 个问题，要求选手回答准确、表达清楚、逻辑正确、思路清晰 20 分（取专家评委的平均分）	20 分

六、竞赛须知

（一）裁判人员须知

1. 裁判员必须服从裁判长的领导，在裁判长领导下，依据评分标准和评分细则，公平、公正、真实、准确地完成竞赛评分工作。
2. 开赛前查验参赛选手身份证和参赛证是否与应考人相符，并向选手宣布考场规则和考场纪律。
3. 裁判员必须佩带裁判员胸牌，仪表整洁，举止文明、礼貌，接受参赛人员的监督。
4. 遵守职业道德，文明裁判。保守竞赛试题秘密，严肃赛场纪律。
5. 严格遵守竞赛时间规定，不得擅自提前或延长选手比赛时间。

6. 严格执行竞赛规则，除应向参赛选手宣读竞赛须知外，不得向参赛选手暗示或解答与竞赛有关的内容。

7. 竞赛过程中如出现问题或异议，服从总裁判长的裁决，避免参赛选手和相关人员发生争执。

8. 竞赛组委会正式公布成绩和名次前，裁判员不得私自与参赛选手或代表队联系，不得透露有关情况。

9. 坚守岗位，不迟到、早退，无特殊情况不得在竞赛期间请假。

10. 裁判员自行准备，并穿戴比赛现场相应的安全劳保用品。

11. 裁判员要提醒选手注意操作安全，对选手的违规操作或可能引发人身伤害、设备损坏等事故的操作应立即制止并向现场负责人报告。

(二) 选手须知

1. 竞赛所用的设备、仪器、工具由竞赛执委会统一提供，各参赛队不得自带仪器、工具等；

2. 参赛选手在比赛开始前 30 分钟前到达指定地点检录，接受工作人员对选手身份、资格和有关证件的检查，竞赛计时开始后，选手未到，视为自动放弃；

3. 比赛用仪器设备、赛位由抽签确定，不得擅自变更、调整；

4. 选手在竞赛过程中不得擅自离开赛场，如有特殊情况，须经裁判人员同意。选手休息、饮水、上洗手间等，不安排专门用时，统一计在竞赛时间内，竞赛计时工具，以赛场设置的时钟为准；

5. 竞赛期间，选手不得将手机、U 盘等电子设备工具以及各种纸质资料、文件等带入赛场，非同组选手之间不得以任何方式传递信息，如传递纸条，用手势表达信息，用暗语交换信息等；

6. 所有人员在赛场内不得喧哗，不得有影响其他选手完成工作任

务的行为；

7. 爱护赛场提供的器材，不得移动赛场内台桌、设备和其它物品的定置，不得故意损坏设备和仪器；比赛过程中，参赛选手须严格遵守相关操作规程，确保设备及人身安全，并接受裁判员的监督和警示；

8. 完成竞赛任务期间，不得与其他选手讨论，不得旁窥其他选手的操作；

9. 遇事应先举手示意，并与裁判人员协商，按裁判人员的意见办理；

10. 比赛过程中，选手须严格遵守安全操作规程，并接受裁判员的监督和警示，以确保人身及设备安全。选手因个人误操作造成人身安全事故和设备故障时，裁判长有权中止该队比赛；如非选手个人原因出现设备故障而无法比赛，由裁判长视具体情况做出裁决(调换到备份赛位或调整至最后一场次参加比赛)；如裁判长确定设备故障可由技术支持人员排除故障后继续比赛，将给参赛队补足所耽误的比赛时间；

11. 参赛队若要提前结束竞赛，应举手向裁判员示意，比赛结束时间由裁判员记录，参赛队结束比赛后不得再进行任何操作；

12. 选手须按照程序提交比赛结果，配合裁判做好赛场情况记录，与裁判一起签字确认，裁判要求签名时不得拒绝；

13. 完成赛项任务及交接事宜或竞赛时间结束，应到指定地点，待工作人员宣布竞赛结束，方可离开；

14. 选手在比赛过程中遇到不能自行完成部分，可以提出弃权，由技术保障人员帮助完成，参赛队弃权部分不得分；

15. 不乱摆放工具，不乱丢杂物，完成工作任务后清洁赛位，清点工具，线头、废弃物品及工具，不得遗留在赛位上；

16. 使用文明用语，尊重裁判和其他选手，不得辱骂裁判和赛场工作人员，不得打架斗殴；

17. 任何人不得以任何方式暗示、指导、帮助参赛选手，对造成后果的，视情节轻重酌情扣除参赛选手成绩；

18. 比赛过程中，除参加当场次比赛的选手、执行裁判员、现场工作人员和经批准的人员外，其他人员一律不得进入比赛现场；比赛结束后，参赛人员应根据指令及时退出比赛现场；对不听劝阻、无理取闹者追究责任，并通报批评；

19. 裁判长在比赛结束前 15 分钟提醒选手，裁判长发布比赛结束指令后所有参赛队立即停止操作，按要求清理赛位，不得以任何理由拖延竞赛时间；

20. 参赛选手不得将竞赛任务书、图纸、说明书、技术文件、草稿纸和工具等与比赛有关的物品带离赛场，选手必须经现场裁判员检查许可后方可离开赛场；

21. 参赛队需按照竞赛要求提交竞赛结果，裁判员与参赛选手一起签字确认。