

2025 年中国大学生工程实践与创新能力大赛

河南赛区选拔赛——校企协同育人赛道

智能制造数字孪生技术赛项

竞  
赛  
规  
程

2024 年 10 月

## 一、赛项简介

### （一）赛项名称

#### 智能制造数字孪生技术大赛

### （二）赛项组织和主办单位

大赛由中国大学生工程实践与创新能力大赛河南赛区组委会主办，中原工学院承办，武汉高德信息产业有限公司提供技术支持。

### （三）赛项比赛时间

比赛时间为 2025 年 3 月，具体时间以承办方所发比赛通知为准。

## 二、赛项主要内容

### （一）赛项主旨及作用

智能制造作为国家发展战略，智能制造技术已经成为了制造强国战略的主攻方向，企业向智能制造转型升级已经成为发展趋势，也是新质生产力的重要要素之一，发展智能制造产业也是发展新质生产力的需要。智能制造将人工智能技术和信息技术赋能制造技术，已经实现了从家用电器、电脑、手机、汽车到飞机等产品的大规模定制化高效、优质和低成本的制造，由此催生了许多新型岗位，相关人才缺口巨大。迫切需要培养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。

本赛项的举办将促进智能制造工程技术实训教学和创新实践，促进智能制造工程实践教学水平提升；促进高等院校智能制造工程实践教学体系和教学内容的改革与发展；促进制造工程技术与信息控制技术的融合；促进工程实践向多学科交叉融合发展，为培育合格的智能制造工程技术人才，为实现工程训练从传统制造模式向智能制造模式转型升级发挥积极作用。

### （二）赛项主题

数字赋能、赛课融通！

### （三）参赛对象

本赛项为团体赛，面向非职业院校类的高等院校在校本科学生。每个参赛队由 2 名全日制本科在校学生和 1-2 名指导教师组成，每位学生只能加入 1 支参赛队，指导老师可以指导多支队伍。

#### （四）报名方法

以学校为参赛单位，向大赛组委会秘书处提交参赛队报名表和汇总表。学生组每个学校不超过 3 支队伍。报名表与汇总表提交时间：2024 年\_月\_日前。

#### （五）获奖规则

本赛项按照组织方统一要求，设置一、二、三等奖，各奖项比例按照组委会要求设定。

### 三、赛题内容简介

竞赛项目利用智能制造生产线数字孪生虚拟调试平台，进行多品种混流生产工艺设计、生产运行过程调试，并在平台上，完成一个优化的生产周期中机器人物料的搬运、上料、下料、数控车铣加工等生产过程联调，满足小批量多品种产品的定制化生产需求。

#### （一）竞赛安排

竞赛包含制造工艺方案设计和现场竞赛两个环节，制造工艺方案设计环节由选手在赛前根据命题自行完成，于比赛报到时提交材料；现场竞赛时间为 150 分钟，包含生产工艺调试和生产调试结果展示两个模块。具体安排如下表所示：

表 1 竞赛安排

竞赛环节	时长	说明
制造工艺方案设计	赛题提前一周发布，比赛报到提交设计文档	1.根据已知的设备资源和订单要求自行设计工艺规程、制定数控加工工序卡、编制数控加工程序、进行零件数控仿真加工调试；完成不少于 2 种排产方案设计，并从设备利用率、生产效率、设备均衡率、生产时长、设备工时费等方面分析得出优化的排产方案。 2.根据优化的排产方案，完成一个生产周期的生产逻辑控制程序设计。

现场竞技	150 分钟	1.生产调试环节（90 分钟）。参赛队在数字孪生虚拟调试软件中完成自行优化设计的排产方案中一个周期的生产调试。
		2.生产调试结果演示与评分环节（60 分钟）。参赛队启动产线自动运行展示生产运行的过程及生产结果，不得再进行调试；评委根据数据结果进行评分。

## （二）竞赛命题（样题）

某智能工厂接到一批机械零部件生产的订单，需要在 8 小时内完成生产，请设计排产方案并在智能产线数字孪生虚拟调试软件（简称：虚拟调试软件）中进行生产流程验证。

已知条件：

1.智能工厂的智能产线包含数控车床两台、加工中心两台、数字化立体料仓两个、复合机器人（AGV）两台。立体料仓用于存放毛坯和成品件，每个立体料仓有 48 个仓位；AGV 负责工件的运输和上下料。产线布局见图 1。

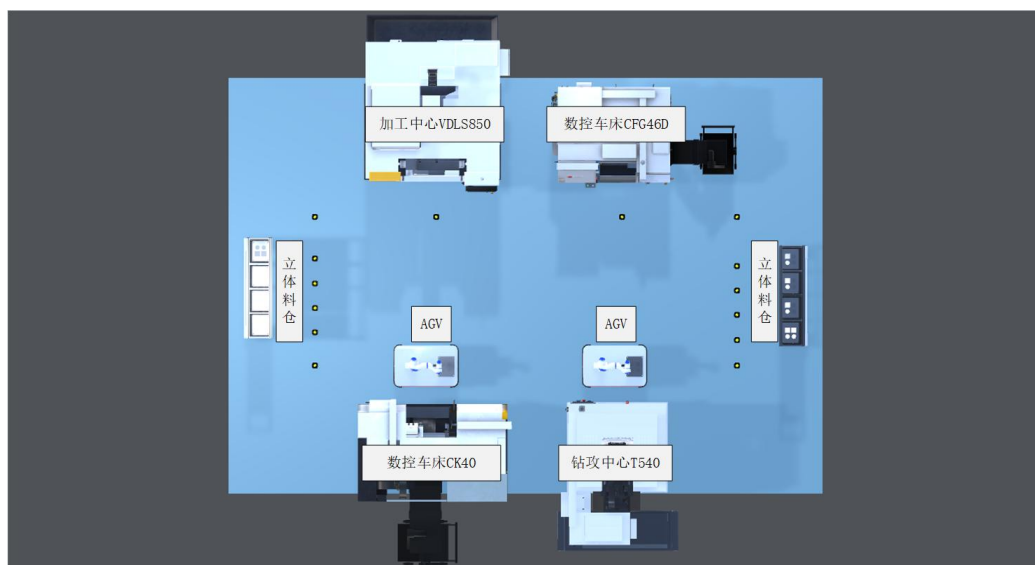


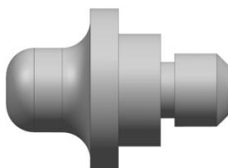
图 1 智能产线布局图

2.零件生产任务：8 小时内完成零件总数量 70 件的生产任务，零件三维模型见图 2 所示。其中曲柄轴 14 件、刀柄 14 件、法兰螺钉 7 件、紧固盖 7 件、密封套 7 件、端盖 21 件。零件工程图纸见附件 1。

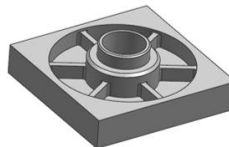
零件1: 密封套



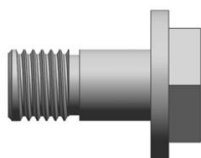
零件2: 曲柄轴



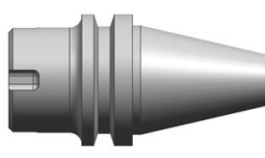
零件3: 端盖



零件4: 法兰螺钉



零件5: 刀柄



零件6: 紧固盖

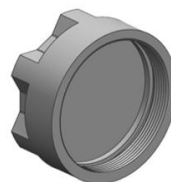


图 2 生产零件

### 3.加工设备相关技术经济参数。

表 2 加工设备列表

设备名称	设备型号	技术参数	设备工时费
数控车床 1	CK40(S)	1.回转直径：400mm 2.最大车削长度：400mm 3.主轴转速：3000rpm 4.主轴功率（额定/最大）：7.5/11KW 5.移动距离 X/Z：165/410mm 6.快速移动速度 X/Z：12000/16000mm/min 7. 自带三爪卡盘夹具	15 元/小时
数控车床 2	CFG46D	1.回转直径：250mm 2.最大车削长度：100mm 3.主轴转速：5000rpm 4.主轴功率：5.5KW 5.移动距离 X/Z：720/280mm 6.快速移动速度 X/Z：30000mm/min 7. 自带三爪卡盘夹具	10 元/小时
加工中心 1	VDLS850	1.工作台规格（长*宽）：800*420mm 2.X/Y/Z 轴坐标行程：860/510/560mm 3.X/Y/Z 快速进给速度：36/36/30m/min 4.X/Y/Z 切削速度：10000mm/min 5.主轴电机功率：7.5/11Kw 6.主轴最高转速：12000r/min 7.自带平口钳夹具	30 元/小时

加工中心 2	HS-T540	1.工作台规格（长*宽）：650*400mm 2.X/Y/Z 轴坐标行程：500/400/300mm 3. X/Y/Z 快速进给速度：48/48/48 m/min 4. X/Y/Z 切削速度：20000mm/min 5. 主轴电机功率：2.2/5.5Kw 6. 主轴最高转速：24000r/min 7. 自带三爪卡盘夹具	20 元/小时
--------	---------	--	---------

## 2.1 制造工艺方案设计环节

参赛队根据竞赛命题要求，完成零件的工艺设计、排产方案设计、数控加工程序和 PLC 逻辑控制程序的编程。

### 任务要求：

1.参赛队根据竞赛命题要求，完成零件的工艺设计和排产方案设计（ $\geq 2$  种），并通过分析得到优化的排产方案。

1) 制造工艺设计含零件机械加工工艺过程卡、零件数控加工工序卡、数控加工刀具卡、数控编程过程文件（CAM 编程提供参数设置和刀轨生成的界面）、零件机械加工工艺流程图（排产方案中的最小周期）。

2) 设计多种（ $\geq 2$ ）排产方案，排产方案设计中应包含资源调度的甘特图、生产设备利用率、运行总时长、各设备运行时长、零件生产效率、设备均衡率和设备工时费等指标。通过比较不同方案中的相应指标，获得优化的排产方案。

2.参赛队在 CAM 软件中对零件进行数控编程，并在虚拟调试软件中完成仿真加工调试，获得优化的数控加工程序和加工时间，用于排产和现场竞赛。

3.参赛队根据优化的排产方案设计生产调试控制逻辑（必须满足优化的排产方案中的最小周期），编写 PLC 控制程序并设计 HMI 界面（见图 3 HMI 界面参考图），用于现场竞技。PLC 程序中关于生产数据的记录直接调用竞赛方提供的封装程序（见附件 2）。

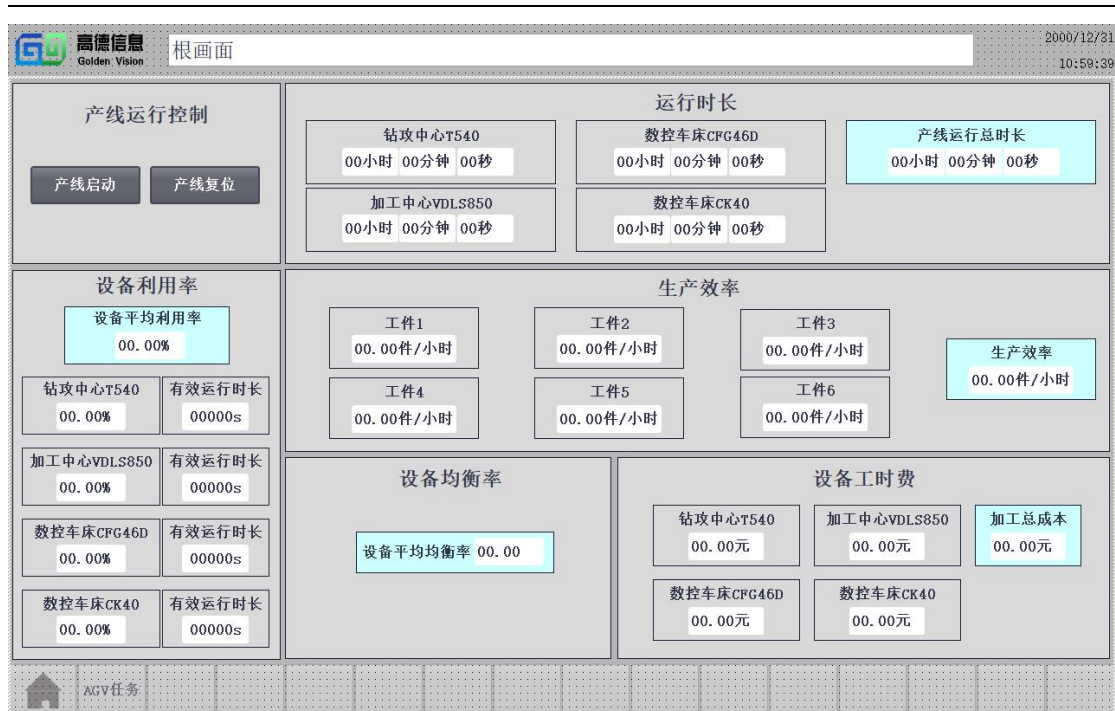


图 3 HMI 界面参考图

说明：1.设备利用率=设备实际工作时长/工作总时长

2.生产效率=零件总数量/工作总时长

3.设备均衡率是以任意一台生产设备为基准，计算相互之间的利用率比值

4.一个生产周期的设备使用总成本=数控车床 1 加工时长\*设备工时费+数控车床 2 加工时长\*设备工时费+加工中心 1 加工时长\*设备工时费+加工中心 2 加工时长\*设备工时费

**提交材料要求：**

- 1.排产方案设计说明书（见附件 3），电子版 1 份、纸质版 4 份。
- 2.数控加工程序（G 代码）电子版，按照每个零件命名，格式为 TXT。
- 3.PLC 程序项目文档 1 份。

**参赛队按照提交要求将所有材料在比赛报到时提交。**

## 2.2 现场竞技任务（150 分钟）

现场竞技比赛考察参赛选手对自行设计的最优排产方案的验证能力，参赛队需在组织方提供的初始项目文件的基础上，使用虚拟调试软件完成机器人上下料程序逻辑设计、数控加工程序验证和 PLC 控制调试，实现最优排产方案中最小周期的生产验证。并展示生产周期运行过程及生产数据。

### 任务说明:

1.比赛时长 150 分钟=生产调试 90 分钟+生产调试结果演示 60 分钟（1 个小时内的生产数据为有效数据）。

2.无论选手设计的最小周期时长是否超过 1 个小时，现场演示生产结果的时间都是 1 小时。

3.参赛队使用已提交的数控加工程序和 PLC 控制程序完成后续任务调试。

4.组织方提供的初始项目文件选手可根据完成任务的实际需求自行修改，不做限制。

### 任务要求:

1.选手在生产调试时间（90 分钟）内，利用赛场提供的初始项目文件在虚拟调试软件中完成机器人上下料程序逻辑设计、数控加工程序验证和 PLC 控制调试，实现优化的排产方案中最小周期的生产运行调试。

2.选手在生产调试结果演示时间（60 分钟）内，通过 HMI 启动产线的自动化生产运行，最终展示出生产运行的结果。运行过程中参赛选手不得人为干预。

1) 生产的成品工件必须为任务要求的零件（零件种类和数量不限），不在任务书要求内的成品工件着扣分处理；

2) 封装程序只记录 1 小时的生产数据。若生产周期  $< 1$  小时需手动停止产线，避免生产数据出现误差；生产周期  $\geq 1$  小时，1 小时结束后会自动停止数据记录；

3) HMI 界面上显示生产设备的利用率、生产效率、设备均衡率、运行时长、和设备工时费（可参考图 3）；

4) 参赛队展示出的生产运行结果中，设备利用率、生产效率、设备均衡率和一个周期设备使用总成本与优化设计方案中得出的理论值保持一致性，同时具有先进性。

## 四、评分流程及规则

### 1.评审标准

根据参赛队提交的材料及现场竞技展示的结果采用结果性评分方法，由裁判



依据评分标准进行评分。

## 2.分数权重

比赛得分采用百分制。

比赛成绩 $\Sigma$ =制造工艺方案设计成绩+现场竞技成绩，配分详情见表3。

表3 配分表

序号	名称	分值	说明
1	制造工艺方案设计	50	裁判集中评分
2	现场竞技	50	裁判集中评分
合计		100	

## 3.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。竞赛总分相同的参赛队，按照现场竞技成绩得分高者优先，若总得分与现场竞技分数均相同，按照生产效率得分高者优先。

## 4.评分指标

制造工艺方案设计和现场竞技评分指标见表4和表5。详细评分细则由裁判委员会制定。

表4 制造工艺方案设计评分指标

一级指标	二级指标	分值	备注
制造工艺设计	零件机械加工工艺过程卡	3	合理性、经济性和质量保证三个方面给出评价
	零件数控加工工序卡	6	
	数控加工刀具卡	6	
	零件机械加工工艺流程图	2	
	数控编程过程文件（CAM编程提供参数设置和刀轨生成界面）	3	
排产方案设计	通过不同排产方案分析得出优化的排产方案（包含资源调度的甘特图绘制、设备利用率、生产效率、设备使用均衡性、设备工时费等内容）	30	合理性、生产效率和设备利用率、设备使用均衡性、设备工时费四个方面给出评价
合计		50	

表5 现场竞技评分指标

一级指标	二级指标		分值	备注
完成度	在规定时间内展示出连续生产过程		5	生产过程中出现异常导致无法继续生产扣 2 分
	在 HMI 界面上显示出运行时长、设备利用率、生产效率、设备均衡率、设备工时费 5 个模块的内容		5	
	通过 HMI 界面一键启动产线运行,中途参赛选手不得人为干预		2	
生产结果 (一个周期)	生产效率	1.与优化的设计方案理论值的一致性 2.设计方案中生产效率的先进性	16	按照与设计的吻合百分比赋分*加权系数
	设备利用率	1.与优化的设计方案理论值的一致性 2.设计方案中设备利用率的先进性	10	按照与设计的吻合百分比赋分*加权系数
	设备均衡	1.与优化的设计方案理论值的一致性 2.设计方案中设备均衡性的先进性	7	按照与设计的吻合百分比赋分*加权系数
	设备使用总成本	1.与优化的设计方案理论值的一致性 2.设计方案中设备均衡性的先进性	5	按照与设计的吻合百分比赋分*加权系数
合计			50	

## 五、竞赛技术平台

### (一) 硬件平台

计算机,参考配置(比赛赛场用机配置)如下:

CPU——intel i7 或十代以上 i5; 内存——16G 及以上

硬盘——固态硬盘 500G 及以上

显卡——GTX1050ti 及以上

显示器——1080p 及以上,尺寸 16: 9。

### (二) 软件平台

智能产线数字孪生虚拟调试软件、TIA Portal 软件

### (三) 竞赛软件平台介绍

智能产线数字孪生虚拟调试软件为武汉高德信息产业有限公司推出的一款既能搭配实体硬件又能独立使用的虚拟调试软件，软件界面见图 4。支持智能产线运行流程仿真、编程调试和数字双胞胎可视化展示，支持在虚拟环境中进行产线布局搭建、产线装备与工艺流程的仿真、数控加工仿真调试、PLC 编程仿真调试、机器人编程仿真调试等技术的训练，实现智能制造综合应用实训的目标。

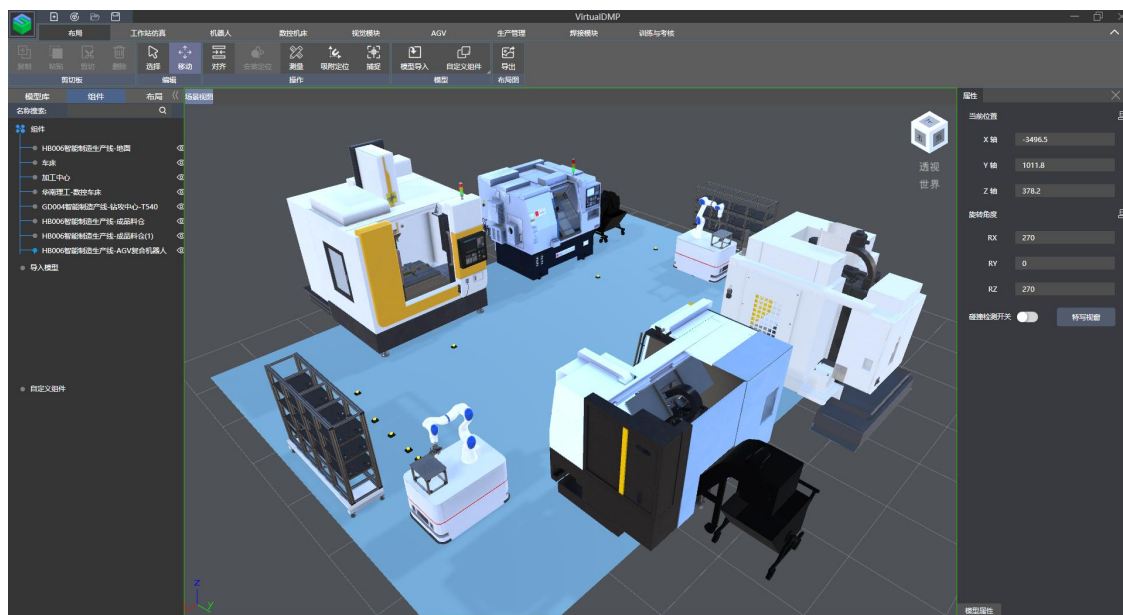


图 4 智能产线数字孪生虚拟调试软件界面

## 六、项目特殊说明

### （一）赛项裁判、监督与仲裁机构

#### 1. 裁判组

裁判组设裁判长一名，裁判员若干名，在裁判长的统一指挥下，依据评分细则，进行公正，准确的评分。裁判长负责处理在执裁过程中遇到的问题；裁判员负责各自评分项目的打分和统计，不得对外透漏有关评分排序任何信息。

#### 2. 监督组

监督组设组长一名，组员若干名。在组长统一领导下，负责监督赛项的各个环节，包括赛场准备、比赛抽签、裁判培训、成绩评判和排序、成绩发布、申诉与仲裁等过程，发现违规及时处理。

#### 3. 仲裁组

仲裁组设组长一名，组员 2 名。在组长统一领导下，负责接收书面申诉报告，申诉报告应在比赛结束后 2 小时内提交仲裁组。仲裁组在 5 小时内应给出书面仲裁结果，并送达申诉方，仲裁结果为最终结果。

## （二）现场竞赛赛场守则

1.现场竞赛环节选手的出场场次及编号在报道当天抽签决定。选手应在比赛报道之前准备好设计文档材料、数控程序、PLC 程序等材料。

2.参赛选手在报道当天，将文档材料进行提交，文档中只能出现参赛队编号，不能出现学校名称、学生姓名等指示性强的信息，否则视为 0 分；文档按照任务书中要求准备齐全，在提交时当面与工作人员清点核对，缺少文档责任后果自负。

3.比赛前，参赛选手需提前 15 分钟凭有效身份证和参赛证到比赛组委会指定地点等候。比赛前 5 分钟选手按照编号进入比赛场地，对比赛设备进行检查。

4.开赛迟到 30 分钟以上者，按自动弃权处理。迟到少于 30 分钟的比赛队不会补时。

5.参赛选手应严格遵守赛场纪律，所有的通讯工具、摄像工具不得带入竞赛现场，对竞赛设施设备应爱护，防止丢失和损坏。

6.冒名顶替、弄虚作假、作弊者，取消竞赛资格及成绩。

7.在评分环节，裁判应对每个参赛队所完成的情况认真记录，并填写评分表。

8.竞赛过程中如果出现安全事故，裁判员应立即中止竞赛。如查实事故责任属参赛选手，即取消参赛选手竞赛资格。

## （二）赛场规则

1.赛务人员必须统一佩戴由大赛执委会签发的相应证件，着装整齐。

2.赛场除现场裁判、赛场配备的工作人员以外，其他人员未经允许不得进入赛场。

3.新闻媒体等进入赛场必须经过大赛执委会允许，并且听从现场工作人员的安排和管理，不能影响正常竞赛过程。

4.各参赛队的领队、指导老师以及随行人员一律不得进入赛场。

5.竞赛期间，参赛选手未经大赛执委会批准，不得接受其他单位和个人对竞赛相关内容的采访。

6.参赛选手不得私自公布竞赛相关资料和情况。

7.竞赛过程中，参赛选手必须主动配合裁判工作，服从裁判安排，如果对竞赛的裁决有异议，可按规定以书面形式向仲裁组提出申诉。

8.竞赛现场必须配备实时监控系统，对现场赛事进行完整的实时监控和录像，并有专人对竞赛环节进行全程录像。

## 七、安全保障

为了确保本次大赛的顺利进行，承办方建立大赛期间相应的安全保障制度，同时由安全保卫、校园环境及卫生医疗保障组执行。

(一) 比赛期间所有进入赛区车辆、人员需凭证入内，并主动向工作人员出示。

(二) 在比赛开始前，选手要认真阅读场地内张贴的《入场须知》和应急疏散图。

(三) 各类人员须严格遵守赛场规则，严禁携带比赛严令禁止的物品入内。

(四) 严禁携带易燃易爆等危险品入内。

(五) 安保人员发现安全隐患及时通报赛场负责人员。

(六) 比赛场馆严禁吸烟，安保人员不得将证件转借他人。

(七) 如果出现安全问题，在安保人员指挥下，迅速按紧急疏散路线撤离现场。