

**重庆市第七届全国大学生
工程训练综合能力竞赛方案
(2021.02.22 终稿)**

全国大学生工程训练综合能力竞赛重庆赛区组委会

2021 年 2 月 22 日

目 录

一、势能驱动车和热能驱动车赛项命题及运行	3
1、对参赛作品/内容的要求	3
2、对运行环境的要求	3
3、赛程安排	5
4、驱动车赛项具体要求	7
二、“智能+”赛道竞赛命题与运行	10
1、对参赛作品/内容的要求	10
2、对运行环境的要求	11
3、赛程安排	17
4、智能搬运机器人赛项具体要求	17
5、比赛说明	19
三、桥梁设计赛项命题及运行	21
1、对参赛作品/内容的要求	21
2、赛程安排	22
3、桥梁设计赛项具体要求	23
四、生活垃圾智能分类赛项命题及运行	28
1、对参赛作品/内容的要求	28
2、对运行环境的要求	29
3、赛程安排	29
4、生活垃圾智能分类赛项具体要求	30
五、水下管道智能巡检赛项命题及运行	32
1、对参赛作品/内容的要求	32
2、对运行环境的要求	33
3、赛程安排	35

4、水下管道智能巡检赛项具体要求	35
六、智能配送无人机赛项命题及运行	37
1、对参赛作品/内容的要求	37
2、对运行环境的要求	37
3、赛程安排	39
4、智能配送无人机赛项具体要求	40
七、“工程场景数字化”赛项命题及运行	42
1、竞赛命题	42
2、竞赛试题	42
3、竞赛技术平台	42
4、竞赛内容	43
5、竞赛方式	44
6、竞赛流程图	44
7、成绩与评分细则	44
“虚拟仿真赛道—工程场景数字化”赛项样题	47
八、全地形小车赛项命题及运行	53
1、竞赛主题	53
2、竞赛命题	53
3、竞赛组织	53
4、对竞赛场地的要求	54
5、赛场竞赛项目	57

一、势能驱动车和热能驱动车赛项命题及运行

本赛道重点考察大学生的基础工程知识与基本实践技能，强调大学生思创融合与团队合作等综合素质能力，夯实后备人才的工程基础。

本赛道主要包括势能驱动车、热能驱动车两个赛项。

1、对参赛作品/内容的要求

1.1 势能驱动车

自主设计并制作一台具有方向控制功能的自行走势能驱动车，该车行走过程中必须在指定竞赛场地上与地面接触运行，且完成所有动作所用能量均由重力势能转换而得，不允许使用任何其他形式的能量。重力势能通过自主设计制造的 $1\text{kg} \pm 10\text{g}$ 重物下降 $300 \pm 2\text{mm}$ 高度获得。在势能驱动车行走过程中，重物不允许从势能驱动车上掉落。重物的形状、结构、材料、下降方式及轨迹不限，要求重物方便快捷拆装，以便现场校核重量。

势能驱动车结构、设计、选材及加工制作均由参赛学生自主完成。

1.2 热能驱动车

自主设计并制作一台具有方向控制功能的自行走热能驱动车，该车行走过程中必须在指定竞赛场地上与地面接触运行，且完成所有动作所用能量均由热能转换而得，不允许使用任何其他形式的能量。热能是通过液态乙醇（浓度 95%）燃烧所获得。竞赛时，给每个参赛队配发相同量的液体乙醇燃料，产生热能装置的结构不限，由参赛学生自主完成，但必须保证安全。

热能驱动车的设计、结构、选材及加工制作均由参赛学生自主完成。

以下势能驱动车、热能驱动车简称为驱动车。

2、对运行环境的要求

2.1 现场运行场地

驱动车场地为 $5200\text{mm} \times 2200\text{mm}$ 长方形平面区域（如图 1 所示），驱动车必须在规定的赛场内运行。图中粗实线为边界挡板和中间隔板，两块长 1000mm 的中间隔板位于两条直线段赛道之间，且两块中间隔板之间有 1000mm 的缺口，缺口处的隔板中

心线上可以放一块活动隔板(如图 2 所示),活动隔板和中间隔板的厚度不超过 12mm;赛道上的点画线为赛道中心线,用于计量运行成绩以及判定有效成功绕桩;驱动车必须放置在发车区域内,并在发车线后按照规定的出发方向发车,前行方向为**逆时针**方向;在赛道中心线上放置有障碍物(桩)(如图 1 所示的圆点),障碍桩为直径 20mm、高 200mm 的圆棒,障碍桩间距指两个障碍桩中心线之间的距离。

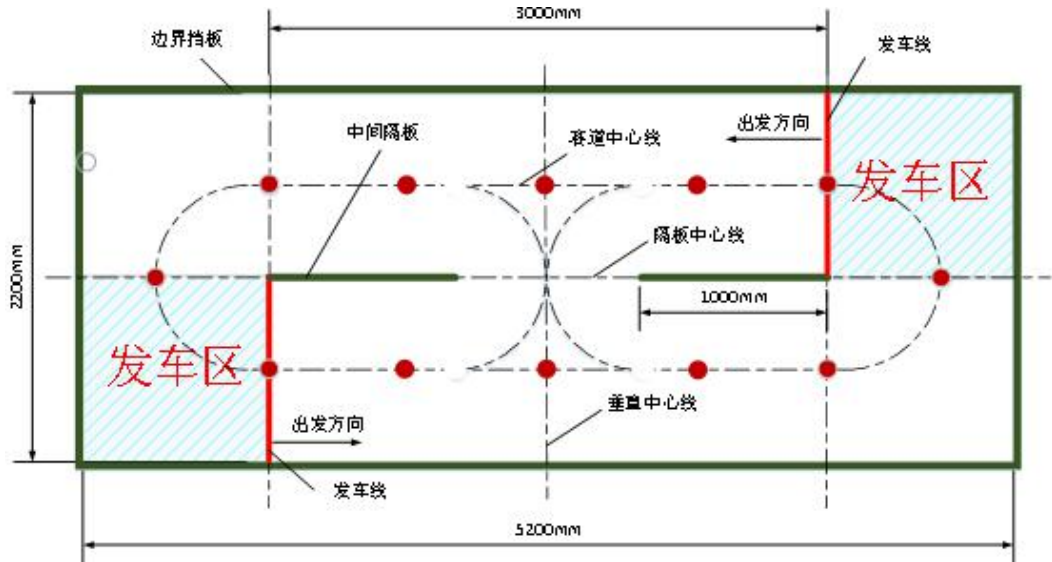


图 1 驱动车赛道示意图（注：赛道上无“发车区”字样和“剖面线”）
（说明：5200mm 、2200mm 均为内尺寸）



图 2 活动隔板形状

现场**初赛**时，缺口处放置活动隔板；沿直线赛道中心线上放置 5 个障碍桩（如图 3 所示），最初障碍桩是从出发线开始按平均间距 750mm 摆放。各队统一在此标准环境下进行比赛。

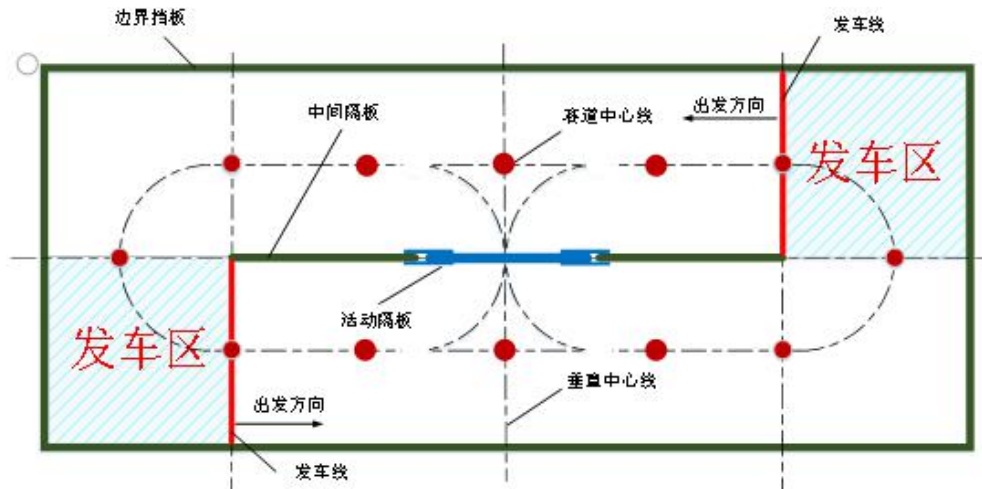


图 3 现场初赛赛道示意图

现场**决赛**时，障碍桩数量为 5，第一、三、五根障碍桩位置不变，第二、四根障碍桩的位置在-150~+150mm 范围内沿赛道同向调整（按 30 的倍数调整桩距，即“正”为沿赛道逆时针调整，“负”为沿赛道顺时针调整，调整后各桩呈对称布置），其调整值在初赛结束后现场抽签确定，各队统一。决赛示意图如图 4 所示。

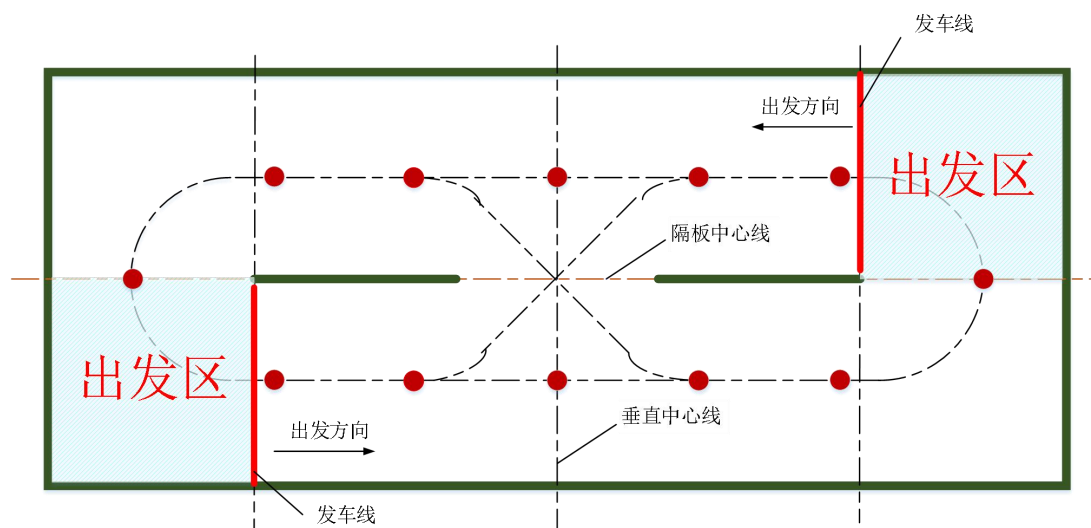


图 4 现场决赛赛道示意图

2.2 竞赛社区提供的设备

竞赛社区将提供 220V 交流电，以及 3D 打印、激光切割等设备，并提供亚克力板（厚度规格为 3mm、4mm、5mm），竞赛所需的笔记本电脑、相关软硬件，以及安装、拆卸、调试工具等各参赛队自备。

3、赛程安排

3.1 任务命题文档

任务命题文档的内容应包括：设计说明书、结构图和计算等。设计说明书应包括对系统的构思、造型和结构体系及其他有特色方面的说明；结构图和计算应包括驱动车机械结构图及主要构件详图，还应包括计算简图、受力分析等。按设计说明书、结构图和计算内容的完整性、正确性以及模型结构的构思、造型和结构体系的合理性、实用性和创新性进行评价。

3.2 运行方式

驱动车有环形、8 字和综合三种运行方式；其中环形为在赛道上走 S 轨迹（如图

5a 所示），8 字为在赛道上走 8 字 S 轨迹（如图 5b 所示），综合则为在赛道上交替完成环形和 8 字两种运行方式，次序不限。

现场初赛只采用环形运行方式，缺口处放置活动隔板（轨迹如图 5a 所示）。

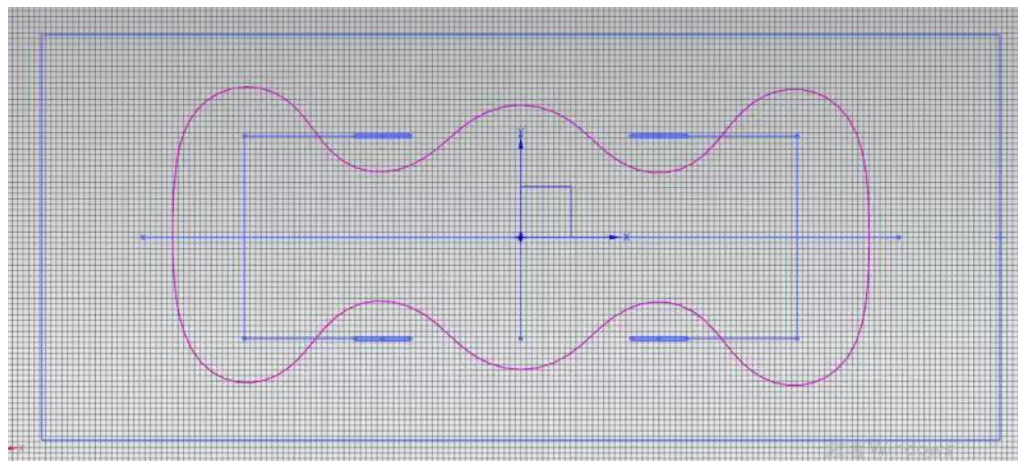


图 5 a) 驱动车的环形运行方式示意图

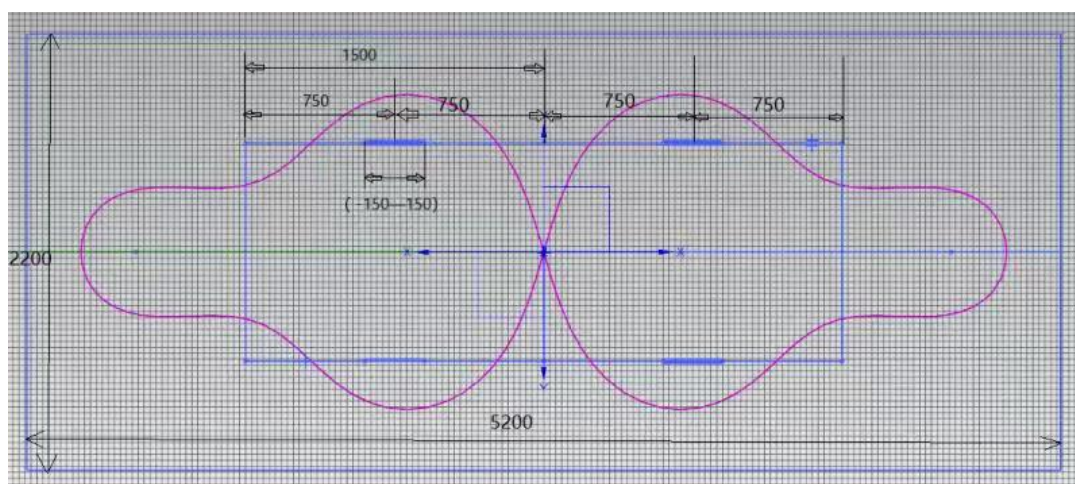


图 5 b) 驱动车的 8 字运行方式示意图

现场决赛有环形、8 字和综合三种运行方式，任选其中一种，不同的运行方式使用不同的难度系数，在一圈里不能出现有两种运行方式。驱动车在指定赛道上以选定的环形 S、或 8 字 S，或综合的运行方式绕过障碍桩进行比赛，若驱动车运行脱离赛道或没有以选定的运行方式运行或停止运行，比赛结束，没有在指定赛道上以选定的运行方式运行视为运行脱离赛道。

3.3 驱动车赛程

驱动车赛项由驱动车初赛（简称：初赛）和驱动车决赛（简称：决赛）组成。初赛由现场调试和现场初赛两个环节组成。决赛由任务命题文档、现场拆装及调试、

现场决赛三个环节组成。各竞赛环节如表 1 所示。

表 1 驱动车赛项各环节

序号	环节	赛程	评分项目/赛程内容
1	第一环节	初 赛	现场调试
2	第二环节		现场初赛
说明：所有队伍进入决赛并现场发布任务命题			
3	第三环节	决 赛	现场拆装、加工及调试
4	第四环节		现场决赛

4、驱动车赛项具体要求

4.1 初赛

4.1.1 现场调试

初赛障碍桩数为 5，障碍桩间距为 750mm，参赛队依次提取小车后，在备用赛道上并在规定时间内对小车进行调试。（可滚动作业）

4.1.2 现场初赛

势能驱动车采用规定重量和规定高度差的重物驱动，热能驱动车使用统一配置的相同量的液体乙醇燃料燃烧产生的热能驱动，驱动车在赛场的出发区按环形运行方式逆时针方向布置赛道（活动隔板封闭缺口）。

参赛队在 5 分钟内将其驱动车放在出发区内的位置自行决定，不能压线，按统一指令启动驱动车，沿逆时针方向按环形运行方式自动前行，直至运行停止。

每个参赛队有两轮运行机会，取两次成绩中的最好成绩。

以初赛总成绩排名选出参加决赛的参赛队，若出现参赛队总成绩相同，则按现场初赛成绩排序，分高者优先，如仍旧无法区分排序，则抽签决定。

4.2 决赛

4.2.1 现场抽签

组委会在初赛结束后进行抽签，确定决赛赛道运行环境。

决赛时障碍桩数量为 5，第一、三、五根障碍桩位置不变，第二、四根障碍桩的位置在-150~+150mm 范围内沿赛道同向调整（按 30 的倍数调整桩距，即“正”为沿赛道逆时针调整，“负”为沿赛道顺时针调整，调整后各桩呈对称布置），其调整值在初赛结束后现场抽签确定，各队统一。抽签表如下。

签号	2 号桩偏移量	4 号桩偏移量	8 号桩偏移量	10 号桩偏移量
1	+30	-30	+30	-30
2	+60	-60	+60	-60
3	+90	-90	+90	-90
4	+120	-120	+120	-120
5	+150	-150	+150	-150
6	-30	+30	-30	+30
7	-60	+60	-60	+60
8	-90	+90	-90	+90
9	-120	+120	-120	+120
10	-150	+150	-150	+150

4.2.2 现场拆装、加工及调试

参赛队必须将本队参赛驱动车上安装有齿轮、凸轮、链轮和皮带轮等传动构件的轴（驱动轴、变速轴和转向轴）从驱动车上拆下，以及所有零件从轴上全部拆卸（过盈件可不拆）。

拆卸完成后，按照抽签结果，现场设计制作驱动车的一个从动轮，抽签决定从动轮的减轻孔的形状规格，制作完成后进行装配并调试驱动车。加工方式为非金属激光切割、3D 打印和激光切割任选一。（各参赛队可自备所需加工的从动轮毛坯，毛坯可对轮外圆进行预加工，中间孔和减轻孔要求决赛现场加工。）

拆装工具自带和修配工具，有安全操作隐患的不能带入。如需使用机床加工，可提出申请，经裁判批准，可到车间进行普车、普铣、钻孔等常规加工作业，所需刀具和量具自备，所用时间计入总时间。

4.2.3 现场决赛

参照现场初赛流程，参赛队按照现场抽签确定比赛场地和顺序。

势能驱动车使用规定重量和规定高度差的重物驱动，热能驱动车使用统一配置的

相同量的液体乙醇燃料驱动。

参赛队在3分钟调试时间内将其驱动车放在出发区内的位置自行决定,不能压线,按统一指令启动驱动车,沿逆时针方向按所选运行方式自动前行,直至不按其运行方式运行或运行停止。

每个参赛队有两轮运行机会,取两次成绩中的最好成绩。

以初赛和决赛总成绩对参加决赛的参赛队进行排名,若出现参赛队决赛总成绩相同,则按现场决赛成绩排序,分高者优先排序,如仍旧无法区分排序,则抽签决定。

二、“智能+”赛道竞赛命题与运行

本赛项面向全球可持续发展人才培养的需求，围绕国家制造强国战略，坚持基础创新并举、理论实践融通、学科专业交叉、校企协同创新，构建面向工程实际、服务社会需求、校企协同创新的实践育人平台，培养服务制造强国的卓越工程技术后备人才。

据《2021 年度全国大学生工程训练综合能力竞赛组委会的竞赛命题和赛项安排的说明》，重庆赛区组委会现发布 2021 年全国大学生工程训练综合能力竞赛重庆赛区赛项“智能物流搬运”竞赛命题要求和相关运行及细则。

1、对参赛作品/内容的要求

以智能制造的现实和未来发展为主题，自主设计并制作一台按照给定任务完成物料搬运的智能机器人（简称：机器人）。该机器人能够通过扫描二维码方式领取搬运任务，在指定的工业场景内行走与避障，并按任务要求将物料搬运至指定地点并精准摆放（色环或条形码）。

1.1 机器人功能要求

机器人应具有自主定位、自主移动、自主避障、读取二维码及条形码、物料位置、颜色及形状识别、物料抓取与载运、上坡和下坡、路径规划等功能；竞赛过程机器人可以自主运行，或采用无线人机交互手段操作（可加载 Wi-Fi 网络通信模块，但比赛过程中不能使用 Wi-Fi 网络通信功能，否则取消比赛资格）。

1.2 机器人电控及驱动要求

机器人所采用的控制系统不限（自主运行比赛的过程中不允许任何通讯，否则取消比赛资格）。机器人所用传感器和电机的种类及数量不限。要求在机器人的醒目位置安装有任务码显示装置，必须是亮光显示，字体高度不小于 8mm，且不被任何物品遮挡，该装置能够持续显示所有任务信息直至比赛结束，机器人没有任务显示装置不能参加比赛。机器人采用“一键式”启动方式（必须明确标记“启动”按钮且只能有一个，不能被任何物品遮挡）。机器人各机构只能使用电驱动，采用电池供电，供电电压限制在 12V 以下（含 12V），电池随车装载，比赛过程中不能更换。

1.3 机器人机械结构要求

自主设计并制造机器人的机械部分，该部分允许采用标准紧固件、标准结构零件及各类商品轴承。机器人的行走方式、机械手臂的结构形式均不限制。机器人腕部与末端抓取装置（手爪）的连接界面结构自行确定。

机器人决赛时，根据决赛题目要求，手爪（必做）需要在竞赛现场设计制作和更换，其他机构和部件均在校内完成，所用材料自定。

1.4 机器人外形尺寸要求

机器人（含机械手臂）外形尺寸满足铅垂方向投影在边长为 300mm 的正方形内，高度不超过 400mm 方可参加比赛。允许机器人结构设计为可折叠形式，但出发之后才可自行展开。

2、对运行环境的要求

2.1 机器人运行场地

近水平铺设的赛场尺寸为 4800×2400（mm）长方形平面区域（如图 1 所示），赛场周围设有一定高度的挡板，仅作为场地边界（颜色和高度不做任何要求），不宜作为寻边等其它任何用途。赛道地面为亚光白色或浅黄色等浅色底色，地面图案由线宽为 20mm、线中心距为 300mm 的黑色方格组成。在比赛场地内，设置出发区、返回区、原料区、粗加工区、半成品区、精加工区、库存区。其中机器人初赛主要经过原料区、粗加工区和半成品区完成粗加工物料的搬运过程；机器人决赛主要经过半成品区、精加工区和库存区完成精加工物料的搬运过程。出发区和返回区的尺寸均为 300×300（mm），颜色分别为蓝色和褐色；原料区和库存区的尺寸（长×宽×高）为 580×145×100（mm）白色亚光的双层货架（原料区物料采用颜色识别，库存区采用条形码识别物料放置的位置）（如图 2 所示）；粗加工区和精加工区的尺寸（长×宽）为 580×150（mm）；半成品区的尺寸（长×宽×高）为 580×150×45 及 580×140×0（mm）的台阶区域（如图 3 所示）；粗加工区、半成品区、精加工区顶面上均有用于测量物料摆放位置准确程度的色环，色环尺寸如表 2 和如图 4 所示，其中 Φ 为物料最大直径（单位：mm）， $\Phi 1-\Phi 5$ 为色环 1-5 环的外径，色环线宽为 1.5mm。除标注尺寸外，其余色环的直径差为 10mm。库存区顶面有外径为 Φ （物料直径）+15 的圆形区域，用于确定物料是否摆放到位。

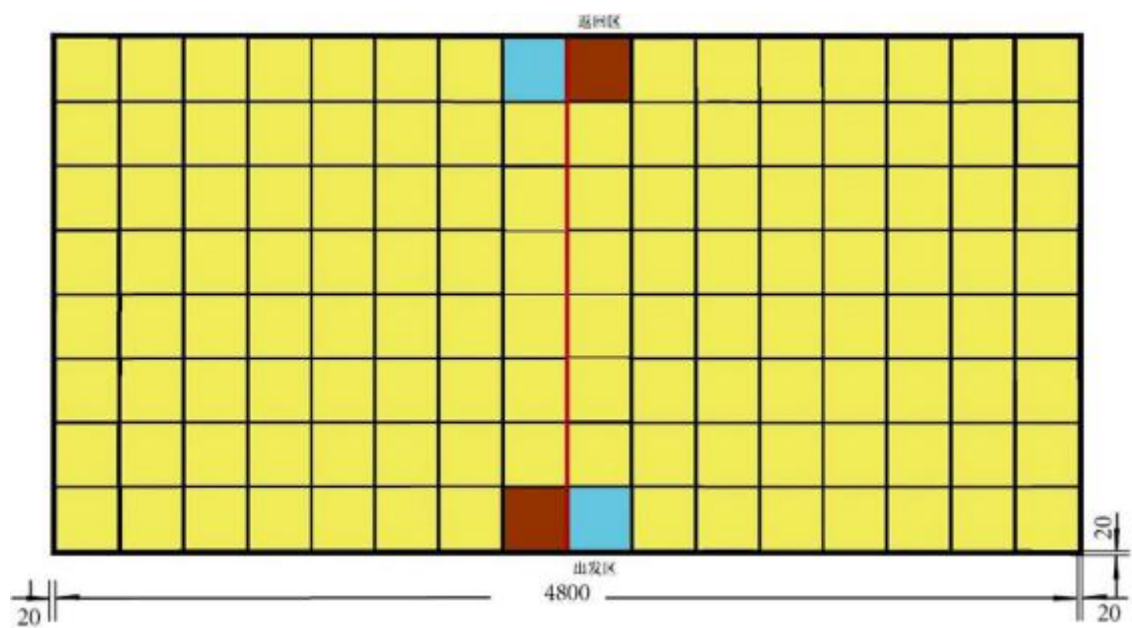


图 1 机器人赛场示意图

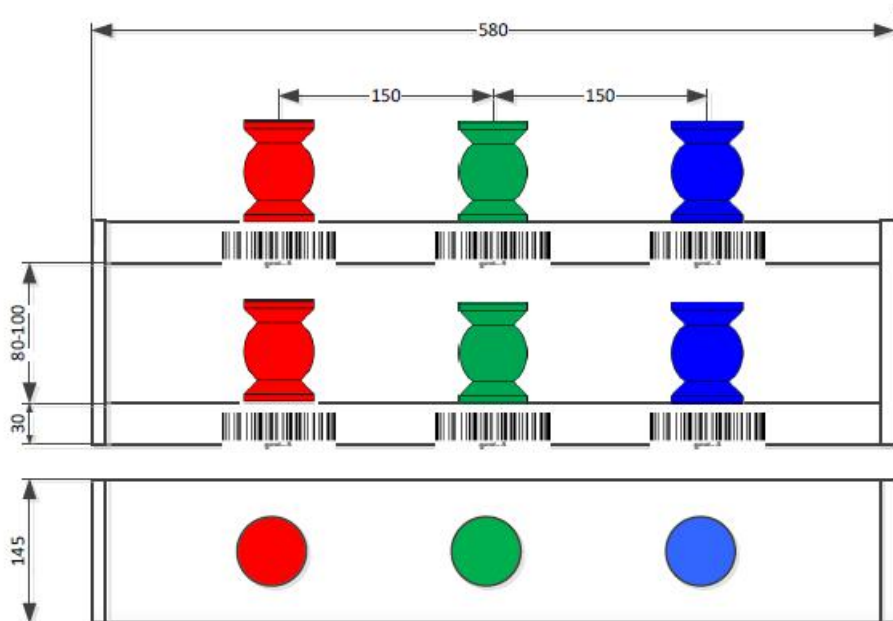


图 2 原料区和库存区示意

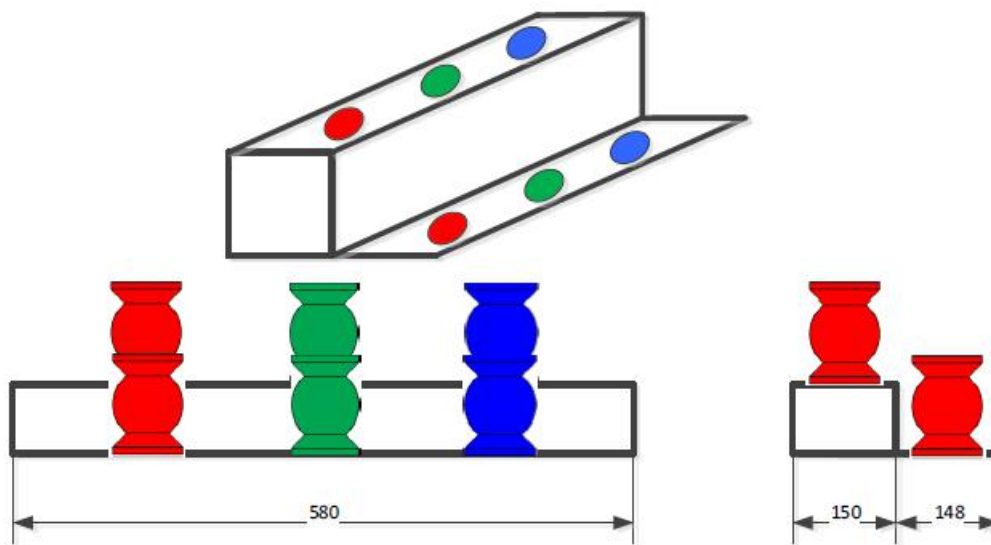


图 3 半成品区示意图

表 2 环号及环尺寸对照表

环号	1 环 (φ_1)	2 环 (φ_2)	3 环 (φ_3)	4 环 (φ_4)	5 环 (φ_5)	6 环 (φ_6)	6 环外及物料倾倒
外径尺寸	$\varphi + 3$	$\varphi_1 + 5$	$\varphi_2 + 7$	$\varphi_3 + 10$	$\varphi_4 + 10$	$\varphi_5 + 10$	

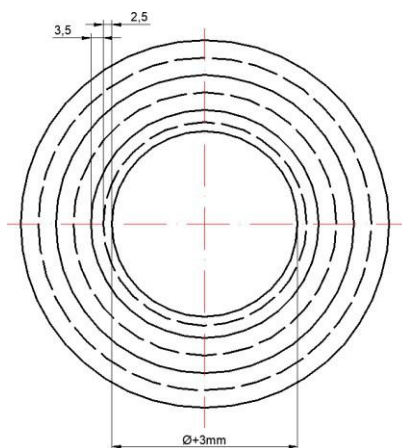


图 4 色环的尺寸图

2.2 机器人搬运的物料

机器人初赛时待搬运的物料形状包络在直径为 50mm、高度为 70mm、重约为 50g 的圆柱体中（如图 5 所示），夹持部分的形状为球体，物料的材料为 3D 打印

ABS，三种颜色为：红（ABS/Red（C-21-03））、绿（ABS/Green（C-21-06））、蓝（ABS/Blue（C-21-04））。三种不同颜色的物料（每种颜色两个）随机放置在原料区的物料架上（上层及下层红、绿、蓝物料各一个），物料间距为 150mm（如图 2 所示）。

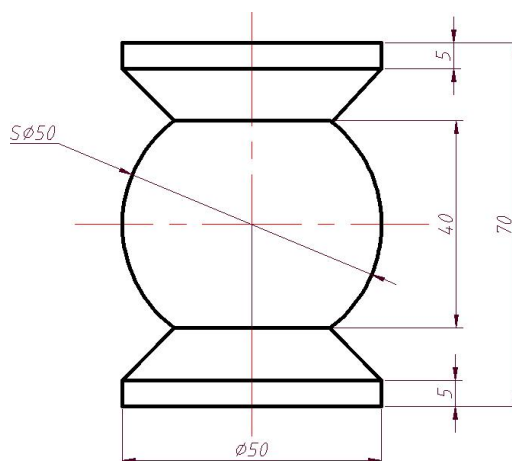


图 5 机器人初赛的物料形状图

机器人决赛时待搬运物料的颜色、材料与机器人初赛时相同，形状为简单机械零件的抽象几何体（圆柱体、方形体、锥体），物料的各边长或直径尺寸限制在 30~70mm 范围，重量范围为 40~80g，以上形状和参数的具体选择将通过现场抽签决定。

（1）初赛运行场地

机器人初赛时，竞赛场地内给定原料区、粗加工区和半成品区的具体位置，并以挡板（仅表示边界）将场地一分为二，机器人只能在挡板所围区域内活动，如图 6 所示。

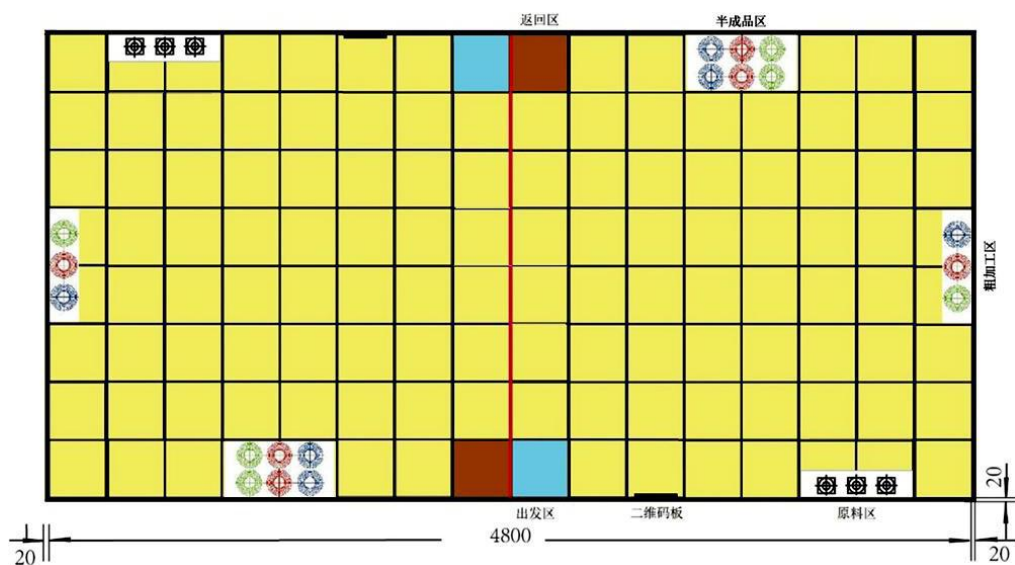


图6 机器人初赛赛场示意图

(2) 决赛运行场地

机器人决赛时，4800mm×2400mm 长方形平面区域内为两个决赛参赛队场地，正中间与初赛场地一样存在一个挡板，将其挡板去掉，挡板位置的上方架设一个桥梁，桥梁宽 400mm,长 600mm,高 95mm，两边引桥长度各为 600mm，桥梁尺寸如图 7 所示（桥梁由组委会按照竞赛要求统一制作）。

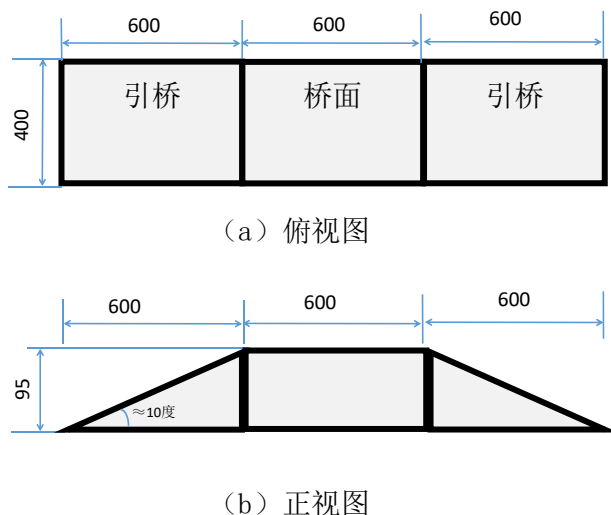


图7 决赛桥梁尺寸（mm）

桥面颜色和赛场颜色一致，正中心加一条黑色引导线，引线粗细与赛道黑线一致。决赛赛场布置如图 8 所示。

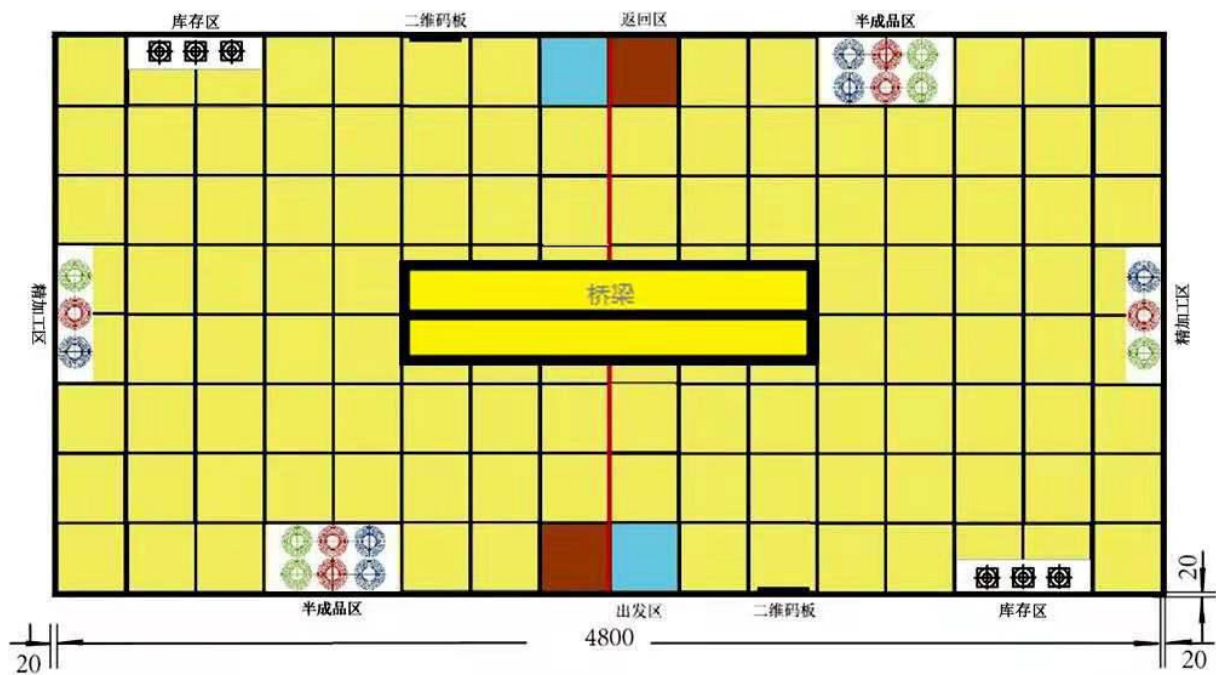


图8 机器人决赛赛场示意图

2.3 任务编码

任务编码被设置为“1”、“2”、“3”三个数字的组合，如“123”、“321”等。其中，“1”为红色，“2”为绿色，“3”为蓝色。机器人初赛和机器人决赛的任务码都由两组三位数组成，机器人初赛表示从原料区货架上层及下层搬运到粗加工区的顺序，机器人决赛表示从半成品区的底层和台阶层搬运到精加工区的顺序，两组三位数之间以“+”连接，例如 123+231。

机器人初赛中在每个赛场围挡内侧垂直安装 1 个 A4 大小的二维码显示板（亚光，横放），二维码位于板的中间，尺寸为 80×80mm，用于显示给机器人读取的任务编码（编码组合由现场抽签得到）；机器人决赛中，机器人通过扫描二维码获取任务编码（同批次上场的参赛队相同），物料在库存区货架的放置位置通过扫描条形码获得（条形码放置顺序由现场抽签得到）。

2.4 组委会提供的设备及保障

组委会将提供 220V 交流电，以及 3D 打印、激光切割、竞赛场地（包含相应附件）、机器人搬运的物料、二维码、条形码、决赛所用桥梁等设备和保障，竞赛所需的笔记本电脑、相关软硬件，以及安装调试工具等需由各参赛队自备。

注意：比赛前要检查比赛作品是否符合竞赛要求，如尺寸、电压、显示装置等。

3、赛程安排

3.1 运行方式

智能搬运机器人赛项由智能搬运初赛和智能搬运决赛组成。智能机器人有两种运行控制方式：自主运行和无线遥控运行，但必须首选自主运行方式，只有在自主运行方式出现故障时才可申请使用无线遥控运行方式。

3.2 机器人赛程

机器人初赛由场景设置与任务命题文档（简称：任务命题文档）、机器人现场初赛两个环节组成，机器人决赛由现场实践与考评、机器人现场决赛两个环节组成。最终比分为初赛得分和决赛得分之和。

4、智能搬运机器人赛项具体要求

4.1 智能搬运初赛

1) 任务命题文档

任务命题文档的内容应包括：设计说明书、结构图和计算等。设计说明书应包括对系统的构思、造型和结构体系及其他有特色方面的说明；结构图和计算应包括小车机械结构图及主要构件详图，还应包括计算简图、受力分析等。按设计说明书、结构图和计算内容的完整性、正确性以及模型结构的构思、造型和结构体系的合理性、实用性和创新性进行评价。

2) 现场初赛

现场抽签决定各参赛队比赛的场地、赛位号。

参赛队将其机器人放置在指定出发位置（如图 6 所示蓝色区域），按统一指令启动机器人，计时开始。在规定的时间内，机器人移动到二维码显示板前读取二维码，获得所需要搬运的三种颜色物料的搬运顺序。然后机器人移动到原料区按任务规定的顺序依次将上层物料准确搬运到粗加工区对应的颜色区域内，将三种物料搬运至粗加工区后，按照从原料区上层搬运至粗加工区的顺序将已搬到粗加工区的物料搬运至半成品区对应的颜色区域，将粗加工区的三个物料搬运至半成品区后，返回原料区，按任务规定的顺序依次将下层物料准确搬运到粗加工区对应的颜色区域内，将三种物料

搬运至粗加工区后，按照从原料区下层搬运至粗加工区的顺序将已搬到粗加工区的物料搬运至半成品区，该三个物料在半成品区既可以平面放置，也可以在原来已经放置的物料上进行码垛放置（颜色要一致），二者分数的权重不同，完成任务后机器人回到返回区。粗加工区和半成品区平面正确放置的度量标准均以每级色环外界垂直方向看到该色环外圈来评分，码垛放置以是否平稳放置在已有的物料上来评分。

注意：

在搬运过程中，应将物料放置在机器人上，机器人每次装载物料的数量不超过 3 个。

在竞赛时，两台机器人同时进入上述场地并在各自区域内定位和运行。如果出现越界并发生妨碍对方机器人移动或工作的情况，将被人工提起回退至上一工作地点重新运行，所用时间不会从竞赛计时中减除。

在规定的时间内，根据读取二维码的正确性、物料提取顺序和物料放置顺序的正确数量，粗加工区的平面放置准确程度和半成品区物料的平面放置和堆垛准确程度、是否按时回到出发区等计算成绩。

比赛分两轮进行，每轮比赛时间 5 分钟。第一轮准备时间 5 分钟（可由参赛队示意评委提前结束），第二轮准备时间 3 分钟（可由参赛队示意评委提前结束），取两轮中的最好成绩。机器人需在 5 分钟时间内完成比赛，用时少者排名更高，超时扣分，物料放置位置的精确程度也影响得分。若出现参赛队总成绩相同，则按现场比赛时间进行排序，用时更短的队伍排名更高。

4.2 智能搬运决赛

4.2.1 现场实践与考评

1) 机器人手抓设计与制作环节

机器人手抓现场设计与制作。每支参赛队伍派出一名队员，对机器人手抓进行设计。参赛队员需自带笔记本电脑和自装设计软件，设计完成之后将设计好的三维文件提交到指定邮箱或优盘，后进行手抓制作。在规定时间内完成得满分，违规或延时完成者减分，不能完成者不得分。

2) 联调环节

各队队员一起，将原来参赛机器人的手抓拆下交给裁判员，领回新加工的手爪安装到参赛机器人上，并完成调试。本项内容在规定时间内完成得满分，违规或延时完

成者减分。如果新制作的手爪有问题，可申请使用原来的手爪，扣 6 分，同时后续运行竞赛得分扣除 15%；联调环节无法完成者不能进入后续比赛。

4.2.2 现场决赛

现场抽签决定各参赛队比赛的场地、赛位号。

正式比赛前，参赛队将其机器人放置在指定出发位置（如图 8 所示蓝色区域），并抽取库存区条形码顺序。由工作人员放置好库存区货架后，按统一指令启动机器人，计时开始。首先，机器人移动到二维码显示板前读取二维码，根据正确读取的任务码所确定的搬运顺序，机器人移动到半成品区获取上层物料，将其搬运至精加工区对应的颜色区域内，将三种物料搬运至精加工区后，按照顺序将物料搬运至库存区上层，扫描条形码确定物料放置位置。然后再返回半成品区，按顺序将下层物料搬运至精加工区对应的颜色区域内，将三种物料搬运至精加工区后，按照顺序将物料搬运至库存区下层，扫描条形码确定物料放置位置。完成任务后机器人回到返回区（过桥）。

注意：在搬运过程中，应将物料放置在机器人上，机器人每次装载物料的数量不超过 3 个。

在规定的时间内，根据获取任务码的正确性、物料提取顺序和物料放置顺序的正确数量，精加工区的平面放置准确程度，库存区二维码读取的正确性、物料的放置准确程度、是否按时回到出发区等计算成绩。

机器人在精加工区的物料放置必须按照顺序码的顺序垂直放置在对应的色环上，然后根据物料放置的准确度计算得分。在放置过程中，只要物料与地面接触即为放置完毕，并按照此位置确定环数，如果将物料在场地推行移动，结束比赛。

库存区物料放置分为平面放置和装配两种：第一层平面放置物料按照放置的准确程度计算成绩；第二层装配放置两个物料必须完全装配在一起，掉下或不同颜色装配在一起不得分（不影响第一层平面放置的成绩）；装配必须在第一层放置正确基础上才计算装配分数，必须相同颜色装配在一起。

比赛分两轮进行，每轮比赛时间 8 分钟。第一轮准备时间 5 分钟（可由参赛队示意评委提前结束），第二轮准备时间 3 分钟（可由参赛队示意评委提前结束），取两轮中的最好成绩。

5、比赛说明

各参赛队在比赛过程中如“未能完成比赛”，则不参与评奖，即不获奖。

视为“未能完成比赛”的情况包括：

- （1）小车不能启动；
- （2）任一比赛环节弃权；
- （3）严重安全事故、不遵守赛场纪律；
- （4）参赛队员不符合参赛资格；
- （5）参赛作品不符合竞赛主题要求；
- （6）机器人比赛过程中，参赛队员不得使用任何物品对比赛场地进行光线遮挡或补光，否则取消参赛资格。
- （7）裁判专家组判定的其他情况。

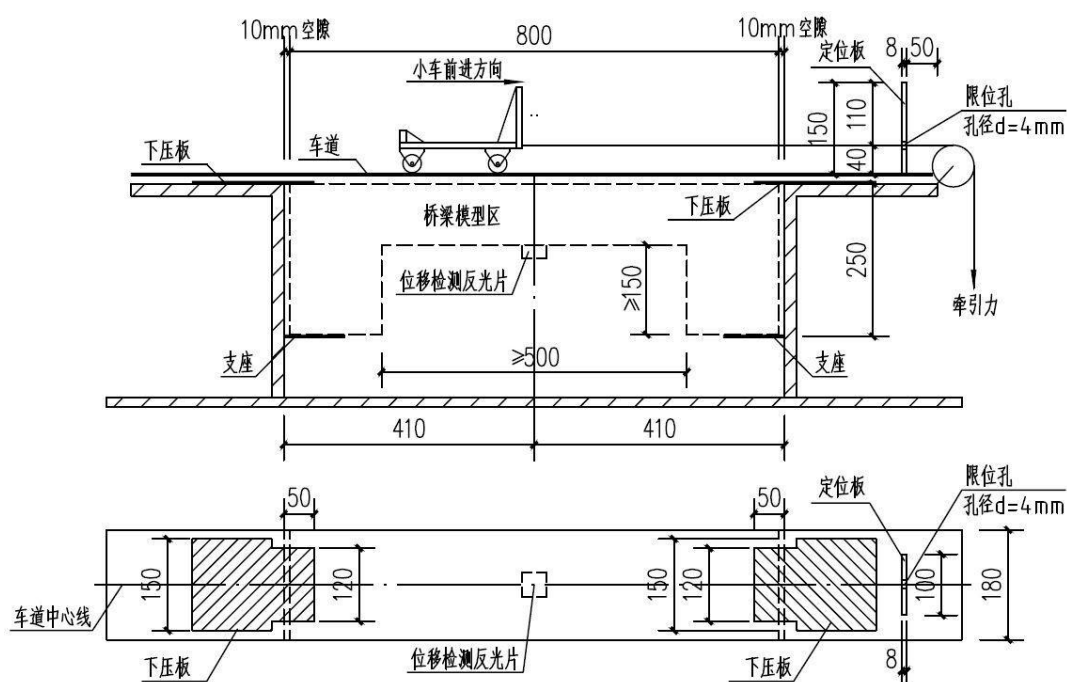
三、桥梁设计赛项命题及运行

据《2020 年度全国大学生工程训练综合能力竞赛组委会的竞赛命题和赛项安排的说明》《第七届全国大学生工程训练综合能力竞赛“智能+赛道”评分标准》（工训赛字 7-03 [2021]）要求，重庆赛区组委会现确定 2020 年全国大学生工程训练综合能力竞赛重庆赛区赛项 II-桥梁结构设计竞赛命题要求和评分细则。

1 、对参赛作品/内容的要求

根据图 1 所示的桥梁区间尺寸，自主设计单跨桥梁，并完成桥梁模型构件的制作，使用 502 胶水完成桥梁模型的粘贴组装。

要求桥梁模型材料必须采用本色侧压双层复压竹皮（其几何参数见表 2，力学性能参考值见表 3）、502 胶水（制作构件用）。不允许采用颜料对模型作美术装饰，不得使用非组委会指定的其它任何材料，否则取消其参赛资格或比赛成绩。



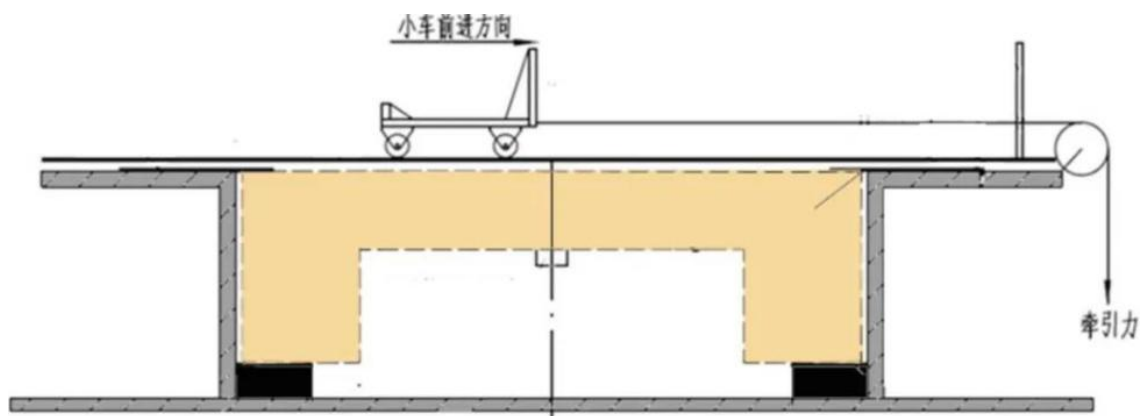


图 1 桥梁区间尺寸示意图

桥梁模型长度为 800mm（误差为 $\pm 5\text{mm}$ ），桥梁模型的外轮廓横向宽度为 180mm（误差为 $\pm 5\text{mm}$ ），桥面铺设专用的车道（桥面主体由竹条编制而成，长 1400mm，宽 180mm，由组委会统一提供），如图 2 所示。



图 2 桥面加载车道示意图

2、赛程安排

桥梁竞赛由理论方案测评、模型现场制作、模型加载三个环节组成。各竞赛环节如表 1 所示。

表 1 桥梁结构设计项目各环节

环节	评分项目/赛程内容	分数
第一环节	理论方案设计	10
第二环节	模型现场制作与组装	20
第三环节	模型加载试验	70

3、桥梁设计赛项具体要求

3.1 桥梁模型要求

竞赛模型为桥梁模型，模型结构体系不限，可以是拱梁组合体系、梁和桁架组合、拱和 桁架组合、悬索和梁组合等。体系可以是静定结构，也可以是超静定结构。

桥梁的类型不限，但必须保持主要承重构件和桥面为连续的，且桥面能够铺设加载车道。要求桥洞需满足如图 1 所示的尺寸，即距支座 150mm 高度范围内的桥洞长度不少于 500mm，桥洞高度不少于 150mm。对桥上部空间不做尺寸限制。桥梁结构形式和桥洞形状自定。模型除与加载装置的支座、专用车道、两端下压板（提供竖直向下压力，长 250mm，宽 180mm，厚 2mm，由组委会统一提供）接触外，加载前不能与加载装置的其它部位接触。在垂直桥面中央的最下方结构上必须设置一个与主结构有足够连接刚度的竖向位移检测反光片，尺寸不小于 35mm×35mm 铝片。

加载平台、模型以及桥墩尺寸如图 1 所示。如参赛选手设计了桥面纵坡，则桥面纵坡坡度应控制在 3.0%以内（否则无法牵引小车，无法完成加载，等同于失去比赛资格），并保持桥面平顺、连续。不符合要求的模型直接取消比赛资格。若加载时桥面塌陷导致小车无法行进，或桥面发生破坏，则视为模型加载失败。

模型桥面以上须保证不小于宽 170mm×高 250mm 的桥面通行净空(为单一净空。关于净空的概念详见规范 JTG D60-2004 公路桥涵设计通用规范)，以用于移动小车加载。两端支座间距为 820mm,两端设置下压板，如图 1 所示，为模型提供竖向约束，防止模型两头上翘，下压板伸出加载平台 50mm。两端支座高度和间距是固定的，模型只能支撑在两端支座上。

模型通过自攻螺丝钉固定在支座板上，支座板通过 T 型螺栓、钢垫片及手拧螺栓帽与支座连接，连接示意图见图 4。支座板采用长 240mm，宽 60mm，厚 10mm 的竹板制成。支座板、T 型螺栓、钢垫片及手拧螺栓帽由组委会统一提供。

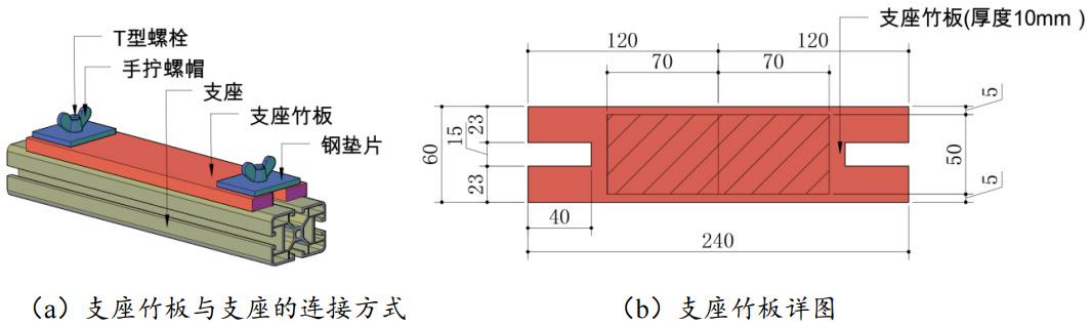


图 4 支座板与支座连接示意图

3.2 模型制作及要求

模型采用现场制作模式。现场模型设计与制作的总时间为 8 个小时，即第一比赛日 8 个小时。各参赛队要求在 8 个小时内完成模型的胶水粘贴工作以及反光片的粘接工作，此后不能对模型和反光片再做任何操作。

各队在指定的竞赛场地进行现场模型设计与制作，指导老师须离场。参赛学生不可携带手机等通讯设备入场，竞赛现场断网（布置网络屏蔽器）。

模型采用竹材制作，竹材规格及用量上限如表 2 所示，竹材参考力学指标见表 3。各参赛队应在报到时提交所需竹材材料清单，以便组委会提前准备材料。组委会对现场发放的竹材材料仅从规格上负责，若竹材规格不满足表 2 的规定（如出现负公差），各参赛队可提出更换。不允许采用颜料对模型作美术装饰，不得使用非组委会指定的其它任何材料，否则取消其参赛资格或比赛成绩。

表 2 竹材规格及用量上限

规格		竹材名称	标准重量	数量
竹皮	1250mm×430mm×0.35mm	本色侧压双层复压竹皮	210g	5 张
502	30g/瓶	日月星牌火速胶	30g	10 瓶

注：（1）竹材规格括号内数字仅为材料厚度误差限，通常为正公差；

（2）表中“标准质量”仅用于计算各参赛队领用材料质量，进而计算材料利用效率得分；

（3）模型制作提供 502 胶水（30g 装）10 瓶，用于结构构件以及支座板之间的连接。

表 3 竹材参考力学指标

密度	顺纹抗拉强度	抗压强度	弹性模量
0.789g/cm ³	120MPa	60MPa	10GPa

模型制作期间，统一提供美工刀、剪刀、水口钳、断线钳、刻刀、锉刀、磨砂纸、尺子（钢尺、丁字尺、三角板）、镊子、滴管、扳手、打孔器等常规制作工具，各参赛队可自带设计详图图纸 1 张（不得超过 80g、A1 图纸规格），其他模型制作工具或物品不得私自携带入场。

模型制作过程中，参赛队员应注意对模型部件、半成品等进行有效保护，期间发生的模型损坏，各参赛队自行负责，并不得因此要求延长制作时间。

3.3 模型检测与组装

模型各项尺寸、净空应满足本赛题 3.1 节相关要求。经组委会提供的尺寸监测装置测量后，若模型尺寸、净空等超出规定范围，则认定桥梁模型制作不合格，不能参

加后续环节。桥梁模型安装至加载装置中（如图 1 所示）后，需进行测量面定位测试。若测量面超出中央位置范围（通过激光位移计定位测试，激光点不落在反光片上），则认定桥梁模型制作不合格，不能参加后续环节。

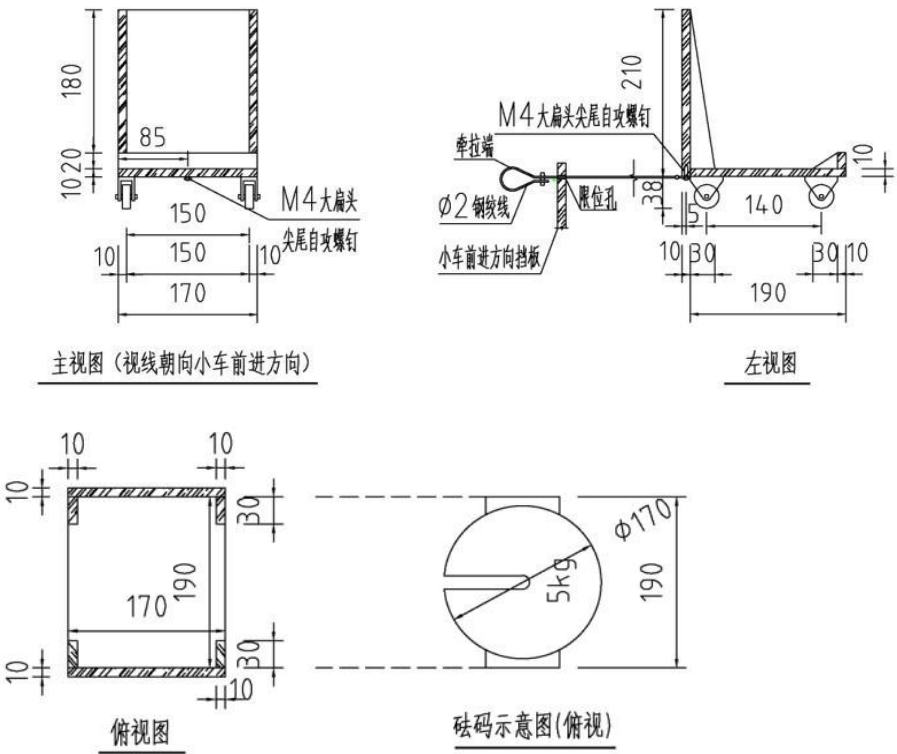
要求参赛队对本队的桥梁模型进行组装并在预留的测量面上粘贴反光片，反光片必须粘接牢固，比赛中反光片脱落由各参赛队自行负责。除桥梁的模型外，不允许自带任何备用材料入场，对违反规定的行为按减分法处理。组委会在现场将提供反光片、502 胶水、裁纸刀、剪刀、钢尺等工具，以辅助桥梁模型的安装。

模型安装时，可使用自攻螺钉将模型固定在支座竹板上，也可以选择不使用自攻螺钉，仅将模型放置在支座竹板上。除钻自攻螺钉外，不允许对支座竹板进行其它任何形式的加工。每使用一个螺钉相当于增加 1g 模型质量。

3.4 加载测试

各队在报到现场抽签决定各参赛队现场加载测试场地号。

加载时先在模型上满铺一条宽 180mm 的专用的车道，车道尺寸如图 2 所示。再在车道上通过加载小车，小车整体自重 $400\text{g} \pm 5\text{g}$ ，具体尺寸如图 5 所示。



成功。最终计算成绩时，取最大一次加载重量计算。

(3) 每队只有一次加载机会，进行两级加载。根据各参赛队桥梁的荷重比以及加载时的最大位移计算现场加载成绩。

(4) 加载过程中，如果出现下列任一情况，将视为加载失败，退出加载试验，本级加载及后续级别加载成绩为零；

(5) 桥梁模型跨中的最大竖向位移越过规定的限值（20mm）；

(6) 因桥梁模型主要构件出现失稳、结构变形过大和破坏等本身原因；

(7) 专家组认定不能继续加载的其他情况。

3.5 理论方案要求

理论方案按照组委会提供模板撰写，理论方案的内容应包括：设计说明书、方案图和计算书。设计说明书应包括对方案的构思、造型和结构体系及其他有特色方面的说明；方案图应包括结构整体布置图、主要构件详图和方案效果图；计算书应包括结构选型、计算简图、荷载分析、内力分析、承载能力估算，同时给出本队认为决赛的桥梁尺寸、引桥尺寸及结构等。按设计说明书、方案图和计算书内容的完整性、正确性以及模型结构的构思、造型和结构体系的合理性、实用性和创新性进行评价。

四、生活垃圾智能分类赛项命题及运行

以日常生活垃圾分类为主题，自主设计并制作一台根据给定任务完成生活垃圾智能分类的装置。该装置能够实现“可回收垃圾、厨余垃圾、有害垃圾和其他垃圾”等四类城市生活垃圾的智能判别、分类与储存。

1、对参赛作品/内容的要求

1.1 功能要求

生活垃圾智能分类装置对投入的垃圾具有自主判别、分类、投放到相应的垃圾桶、满载报警、播放垃圾分类宣传片等功能。

1.2 电控及驱动要求

生活垃圾智能分类装置所用传感器和电机的种类及数量不限，鼓励采用 AI 技术。在该装置的上方需配有一块高亮显示屏，支持各种格式的视频和图片播放，并显示该装置内部的各种数据，如投放顺序、垃圾类别名称、数量、任务完成提示、满载情况等，如：1 有害垃圾 1 ok!。该装置各机构只能使用电驱动，最高电压不大于 24 伏，锂电池或者碱性电池，禁止使用铅酸电池。

1.3 机械结构要求

自主设计并制造生活垃圾智能分类装置的机械部分，除标准件外，非标零件应自主设计和制造，不允许使用购买的成品套件拼装而成。每个垃圾桶至少朝外的面要透明，能看清楚该桶内的垃圾，而且该装置上设有一个垃圾投放口，投放口的尺寸为 200×200（mm）。选手将垃圾放置在该区域，然后由垃圾智能分类装置自动分类和投入到相应的垃圾桶。

1.4 外形尺寸要求

（1）生活垃圾智能分类装置外形尺寸（长×宽×高）限制在 500×500×850（mm）内方可参加比赛。

（2）生活垃圾智能分类装置有四个单独的垃圾桶，垃圾桶为立方体或圆柱体，其中：

● 存放电池的垃圾桶尺寸如下：立方体垃圾桶（长×宽×高）不小于：100×100×200（mm），圆柱体垃圾桶（直径×高）不小于：Φ100×200（mm）；

● 其余三个垃圾桶尺寸如下：立方体垃圾桶（长×宽×高）不小于：200×200×300（mm），圆柱体垃圾桶（直径×高）不小于：Φ200×300（mm）。

2、对运行环境的要求

2.1 运行场地

作品所占用场地尺寸（长×宽）为 500×500（mm）正方形平面区域内。

2.2 投放的物料

初赛时待生活垃圾智能分类装置识别的四类垃圾主要包括：

- （1）有害垃圾：电池（5 号带色环南孚电池）；
- （2）可回收垃圾：易拉罐、小号矿泉水瓶；
- （3）厨余垃圾：完整或切割过的水果、蔬菜（苹果和青椒）；
- （4）其他垃圾：砖瓦陶瓷、烟头等。

决赛时生活垃圾智能分类装置待识别的四类垃圾的种类、形状、重量（不超过 150 克）将通过现场抽签决定，垃圾种类限于初赛所规定的垃圾种类。决赛中的 AI 技术若具有自主学习功能，并且能识别初赛中未出现的各种垃圾分类，则对决赛成绩有一定影响。

3、赛程安排

生活垃圾智能分类赛项由生活垃圾智能分类初赛（简称：初赛）和生活垃圾智能分类决赛（简称：决赛）组成。初赛由场景设置与任务命题文档（简称：任务命题文档）、现场初赛两个环节组成；决赛由现场决赛组成。初赛成绩占总评成绩的 60%，决赛成绩占总评成绩的 40%。各竞赛环节如表 4 所示。

表 4 生活垃圾智能分类赛项各环节

序号	环节	赛程	评分项目/赛程内容
1	第一环节	初赛	任务命题文档
2	第二环节		现场初赛（两轮运行机会，取两次中最好成绩）
3	第三环节	决赛	现场决赛（两轮运行机会，取两次中最好成绩）

4、生活垃圾智能分类赛项具体要求

4.1 初赛

4.1.1 任务命题文档

参赛队按照组委会提供的文档模版提交设计任务方案。根据命题规则和决赛的任务命题文档模版等要求，给出所策划垃圾投放任务，包括垃圾数量、四类垃圾的种类、四类垃圾的投放顺序、全部垃圾的投放时间，每次同时放置垃圾到垃圾投放口的件数、垃圾投放口的尺寸、在垃圾投放口垃圾放置的位置、不同类垃圾的投入顺序和同类垃圾的投放策略，以及垃圾桶满载检测等，各队该项得分计入其初赛成绩。

文档成绩不仅包括文档的内容质量符合命题规则的程度，也包括文档的排版规范。

4.1.2 现场初赛

现场抽签决定各参赛队竞赛任务及“满载检测”的垃圾种类，投放的垃圾总数。

现场初赛包括**垃圾分类**和**满载检测**两环节。每个环节有两次运行机会，取两次成绩中的最好成绩。现场初赛成绩为两环节成绩之和。

各参赛队按统一指令启动生活垃圾智能分类装置，计时开始。在规定的时间内，指定一名选手（该轮比赛过程中不能换人）每次将**一件**垃圾按照竞赛要求放到该装置的垃圾投放口，待该装置将垃圾投入到垃圾桶和分类信息显示后再投放下一件垃圾到该装置的垃圾投放口，否则不计分。

每个参赛队有两轮运行机会，取两次成绩中的最好成绩。垃圾分类比赛结束后进行两轮**可回收垃圾**满载检测，现场抽签或由裁判决定各参赛队“满载检测”的可回收垃圾类型。垃圾箱里存放的实际垃圾数量应超过垃圾箱容量的**75%**。各参赛队必须在规定时间内完成。

4.2 决赛

4.2.1 现场决赛

参照现场初赛流程，各参赛队按照现场发布的决赛任务完成垃圾分类，需特别注意，现场抽签或由裁判决定各参赛队每次投入**两件**垃圾的种类，垃圾种类限于初赛所规定的垃圾种类。在非垃圾投放期间播放垃圾分类宣传片，开始投入垃圾时宣传片停

播，投放完毕后继续播放。

每个参赛队有两轮运行机会，取两次成绩中的最好成绩。

以比赛总成绩对参赛队进行排名，若出现参赛队总成绩相同，则分别按现场决赛和现场初赛的成绩排序，分高者优先排序，如仍旧无法区分排序，则抽签决定。

五、水下管道智能巡检赛项命题及运行

本赛项以水下管道智能检测的现实场景和未来发展为主题，利用智能技术自主设计一台按照给定任务完成水下管道检测的水中机器人（简称：水中机器人），该水中机器人能够沿着水下管道运动，检测管道上的吸附物，并发出警报，并完成移除、回收等任务。任务执行过程中不允许使用包括遥控在内的任何人工交互的手段控制水中机器人及辅助装置。赛项分为初赛和决赛，初赛主要对管道上的吸附物进行检测并报警，决赛除了对管道上的吸附物进行检测报警外，还需要对吸附物进行移除、回收，完成不同的任务其分数的权重不同。

1、对参赛作品/内容的要求

1.1 功能要求

水中机器人应能够实现自主前进、后退、左转、右转、上升、下潜等运动功能，初赛完成对水下管道上的吸附物进行检测、报警；决赛完成移除并回收等，竞赛过程中水中机器人应全程自主运行。

1.2 机械结构要求

水中机器人的机械结构自主设计与制作，所用材料自定。除标准件外，不允许使用购买的成品套件拼装或改装而成，水中机器人各部分的机械结构形式均不限制。

1.3 外形尺寸要求

水中机器人初始尺寸（长×宽×高）不得超过 500×400×300（mm）。允许水中机器人结构设计为可折叠式，但竞赛开始后才可自行展开。

1.4 电控及驱动要求

控制方式自行确定，鼓励各参赛队采用 AI 及 5G 技术。所使用的电机和传感器的种类及数量不限。水中机器人只能采用电驱动，电池供电，供电电压限制在 12V（含 12V）以下，电池随水中机器人装载，比赛过程中不能更换。

1.5 检测报警要求

要求水中机器人检测到吸附物报警时，吸附物必须在水中机器人垂直投影内（即水中机器人的最前端超过该吸附物，或水中机器人最末端没超过吸附物），必须采用闪光报警方式。

初赛的吸附物形状为圆形和方形。

2、对运行环境的要求

2.1 运行场地

赛场尺寸（长×宽×高）为 3000×2000×600（mm）长方形水池（如图 2.1 所示），水面高度 460–530mm。

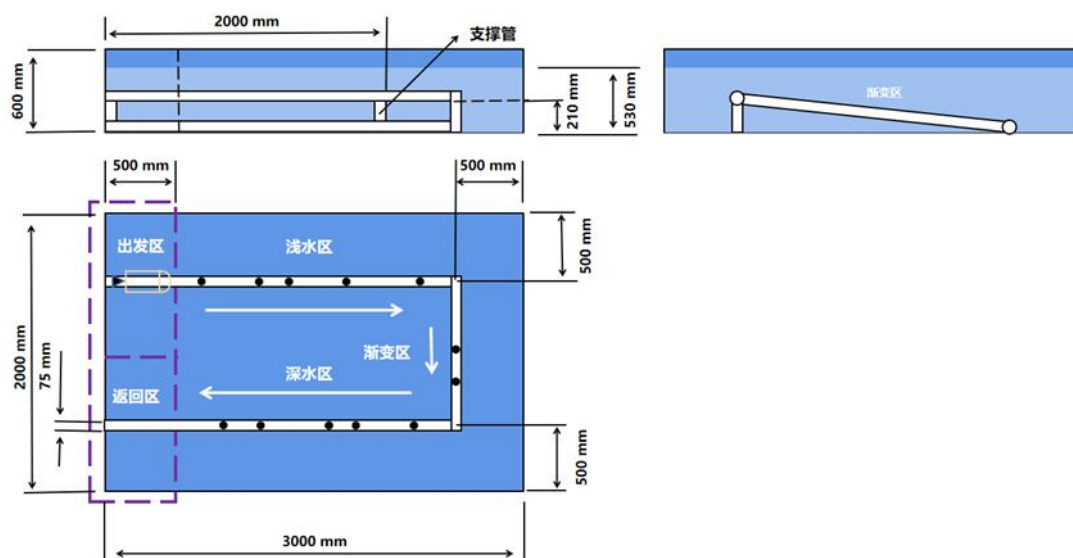


图 2.1 初赛赛场示意图

用直径 $\Phi 75\text{mm}$ 白色 PVC 管铺设模拟的水下管道，水下管道铺设在水池内，分浅水区、渐变区和深水区，即 PVC 管在不同区域的高度不一样。

初赛时，比赛场地左侧虚线方框内分别为出发区和返回区。浅水区的 PVC 管道的底部与水池底面的距离为 210mm，深水区的 PVC 管道的底部与水池底面接触（即 PVC 管道沉于水池底部），渐变区的 PVC 管道一端与浅水区的 PVC 管道相连，一端与深水区的 PVC 管道相连，成倾斜状。浅水区与渐变区管道下部有支撑物，位置不定，如图 2.1 所示。

决赛时，出发区和返回区的位置，浅水区和深水区的 PVC 管道的位置、管道底部与水池底面的距离现场确定。

在水下管道上共设置 10 个吸附物，分布在水下管道各处。初赛时，吸附物全部位于水下管道横截面上半部分的任意位置（如图 2.2 所示），吸附物的数量和沿管道布置的位置现场抽签确定，吸附物的最小间距为 500mm。决赛时，吸附物位置不限于横截面上半部分，吸附物的数量和沿管道布置的位置现场抽签确定。

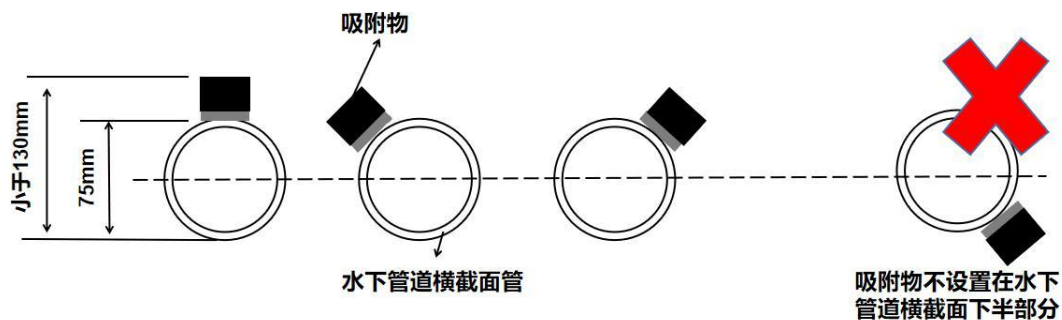


图 2.2 现场初赛吸附物布置方式示意图

吸附物为黑色物体，其截面为简单形状，吸附物边长或直径尺寸限制在 30~50mm 范围，厚度不大于 50mm。吸附物为正方形、圆形两种（如图 2.3 所示）。吸附物与管道的吸附力不大于 30~40g/cm²（可提供标准件参考）。

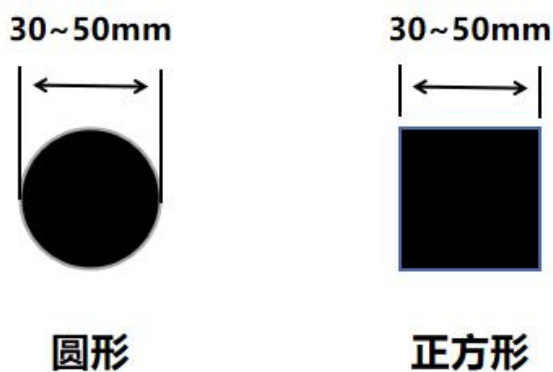


图 2.3 现场初赛吸附物截面示意图

出发区的水下管道上贴有黑色胶带作为比赛的出发线，如图 2.4 所示。

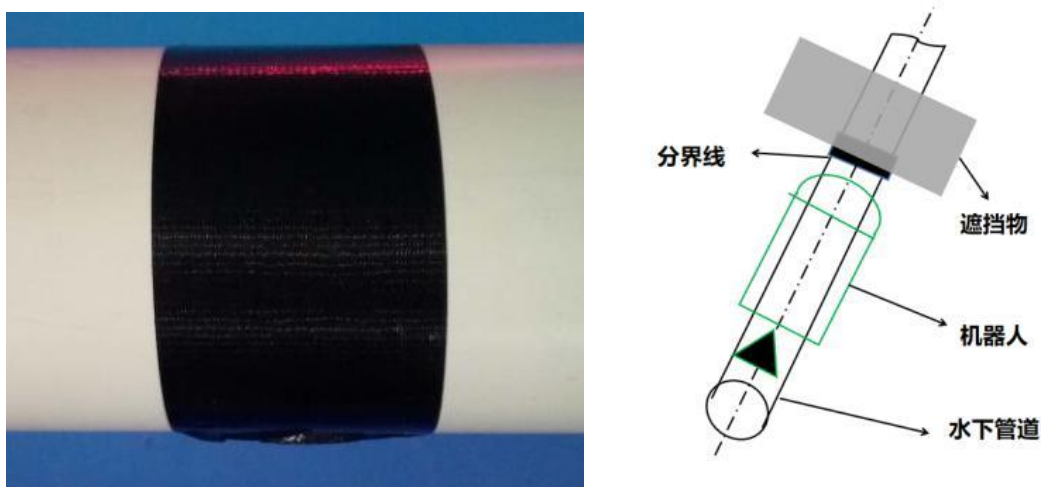


图 2.4 比赛场地分界线和遮挡物

3.2 比赛现场提供的设备

比赛现场将提供 220V 交流电。竞赛所需的笔记本电脑、相关软硬件，以及安装调试工具等各参赛队自备。

3、赛程安排

水下管道智能巡检赛项由管道巡检初赛（简称：初赛）和管道巡检决赛（简称：决赛）组成。

初赛由场景设置与任务命题文档（简称：任务命题文档）、现场初赛两个环节组成，决赛由现场实践与考评、现场决赛两个环节组成。初赛成绩占 40%，决赛成绩占 60%。各竞赛环节如表 3.1 所示。

表 3.1 水下智能管道巡检赛项各环节

序号	环节	赛程	评分项目/赛程内容
1	第一环节	初赛 40%	任务命题文档 10%
2	第二环节		现场初赛 30%
说明：现场发布任务命题			
3	第三环节	决赛 60%	现场实践与考评
4	第四环节		现场决赛

4、水下管道智能巡检赛项具体要求

4.1 初赛

4.1.1 任务命题文档

参赛队按照决赛的任务命题文档模版提交决赛任务命题方案。根据命题规则和决赛的任务命题文档模版等要求，给出决赛场景策划、管道路线及深浅规划（出发区、返回区、浅水区和深水区水下管道的布置）、吸附物沿水下管道的分布、吸附物的形状和数量、吸附物的吸附位置（圆周方向和管道轴线方向）、清理、移除及回收的方式、竞赛过程设计（水中机器人准备时间、出发要求、运行时间、吸附物数量、管道深浅、规划决赛场地等），以及工程管理相关的内容，各队该项得分计入其初赛成绩。

初赛的任务命题文档成绩不仅包括任务命题文档的内容质量符合命题规则的程度，也包括文档的排版规范。

4.1.2 现场初赛

现场抽签确定各参赛队比赛的场地、赛位号。

抽签确定吸附物在水下管道上的位置，吸附物的形状和数量。

参赛队将水中机器人放置在出发区等待出发，裁判将遮挡物放在出发线上。根据

现场统一指令，启动机器人，裁判移开遮挡物同时计时开始。

在规定时间内，水中机器人从出发区沿着水下管道游动进入浅水区，然后经过渐变区，再到深水区，在这个过程中进行水下管道吸附物的检测并报警，当检测到吸附物时，采用闪光报警。

完成全部任务后，水中机器人回到返回区并碰触触发装置计时结束。

在规定时间内，根据水中机器人正确检测到吸附物并正确报警、是否按时回到返回区和返回时间等计算成绩。

每个参赛队有两轮运行机会，取两次成绩中的最好成绩。

4.2 决赛

4.2.1 现场实践竞赛环节

现场实践竞赛环节在比赛现场进行。所有参赛队自备吸附物回收装置，在现场完成安装调试。每队自带拆装工具和调试工具等，有安全操作隐患的不能带入。

4.2.2 现场决赛

现场抽签确定各参赛队比赛的场地、赛位号。抽签确定吸附物在水下管道上的位置，吸附物的形状和数量。

参赛队将水中机器人放置在出发区等待出发，裁判将遮挡物放在出发线上。根据现场统一指令，启动机器人，裁判移开遮挡物同时计时开始。

在规定时间内，水中机器人从出发区沿着水下管道游动进入浅水区，然后经过渐变区，再到深水区，在这个过程中进行水下管道吸附物的检测、报警并完成吸附物抓取回收，当检测到吸附物时，采用闪光报警。

完成全部任务后，水中机器人回到返回区并碰触触发装置计时结束。

在规定时间内，根据水中机器人正确检测到吸附物并正确报警、是否按时回到返回区、返回时间和完成回收吸附物的个数等计算成绩。

每个参赛队有两轮运行机会，取两次成绩中的最好成绩。

以决赛和复赛总成绩对参加决赛的参赛队进行排名，若出现参赛队决赛总成绩相同，则按现场决赛成绩排序，分高者优先排序，如仍旧无法区分排序，则抽签决定。

六、智能配送无人机赛项命题及运行

以未来智能无人机配送为主题，结合实际应用场景，自主设计并制作一架按照给定任务完成货物配送的多旋翼智能无人机（简称：无人机）。该无人机能够自主或遥控完成“搬运货物、越障、投递货物”等任务。

1、对参赛作品/内容的要求

1.1 功能要求

无人机应具备自主定位、路径规划、目标识别、货物搬运与投递等功能，无人机必须具备遥控功能，并具有一键降落、一键锁桨的安全防护功能。

1.2 电控与驱动要求

无人机所用传感器、控制器和电机的种类及数量不限，鼓励采用 AI 技术，无人机只能采用电驱动，电池供电（蓄电池除外），供电电压限制在 17V（含 17V）以下，电池随无人机装载，每轮比赛过程中不能更换。

1.3 机械结构要求

自主设计并制造无人机的机械部分（货仓结构、货物在货仓中的固定装置和投放机构等），无人机必须具有旋翼保护装置。除标准件外，非标零件应自主设计和制造，不允许使用购买的成品套件拼装而成。

1.4 外形尺寸要求

无人机对角线方向旋翼转轴间距不大于 450 ± 5 （mm）。

2、对运行环境的要求

2.1 运行场地

赛场尺寸为 4000×4000 mm（长 \times 宽），场地边缘有宽度为 10mm 的黑色边界，距离比赛场地边界约 500mm 外设置安全隔离网尺寸为 $5000 \times 5000 \times 4000$ mm（长 \times 宽 \times 高）。

如图 1 所示，场地内设起降区（H 区）、三个货物放置区 A、B、C，以及障碍物（建筑物、灯柱等）若干。起降区 H 尺寸为 600×600 mm，其中心点距场地两个边沿的尺寸为 1000mm，货物放置区 A 的直径为 500mm，A 区中心点距场地边界的尺寸为 1000mm；货物放置区 B、C 的直径为 500mm，B 区、C 区中心位于距边界初赛 1250mm，决赛 1000mm、

1100mm、1300mm、1400mm、1500mm 等 5 种距离，现场抽签确定。B 区内有简易图形（如 Z、H、W 等任意一个图形），C 区内放置人、车、房子任意一个贴图。初赛时，A 与 B 点之间有建筑物，建筑物尺寸为 $500 \times 350 \times 2000\text{mm}$ （长 \times 宽 \times 高），位于 A 与 B 区中心连线中点；决赛时，则在此两点中心连线中点 $\pm 250\text{mm}$ 范围内，现场抽签决定。初赛时，B 区与 C 区之间有灯柱，灯柱尺寸为 $100 \times 2000\text{mm}$ （直径 \times 高），位于 B 区与 C 区中心连线中点；决赛时，则在此两点中心连线中点 $\pm 500\text{mm}$ 范围内，现场抽签决定。

三个货物由**人工放置**在无人机的货仓内，货仓内应设置有货物固定装置，使货物在任何方向不能移动。初赛时，A 区为标靶（尺寸如表 1 所示，线宽为 5mm。））、B 区为图形 W、C 区为汽车贴图。

初赛时，如图 1，放置区 A 中心点距场地边界的尺寸为 1000mm；货物放置区 B、C 区中心位于距边界初赛 1250mm；建筑物中心位于 A 与 B 点连线中点；灯柱中心位于 B、C 点连线中点。

初赛无人机的飞行路径： $H \rightarrow A \rightarrow \text{建筑物} \rightarrow B \rightarrow \text{灯柱} \rightarrow C \rightarrow H$ 。

决赛时，三个货物放置区 A、B、C 的特征和位置、障碍物的具体位置以及任务顺序等，由组委会根据现场发布的统一任务确定。

决赛无人机的飞行路径：起、终点为 H，必须经过货物放置区 A、B、C 投放货物，同时飞越障碍物（建筑物、灯柱）。

备注：初、决赛中，无人机在执行任务过程中，参赛选手必须在安全网之外；无人机停止工作后，经现场工作人员确认安全后，方可进入现场。

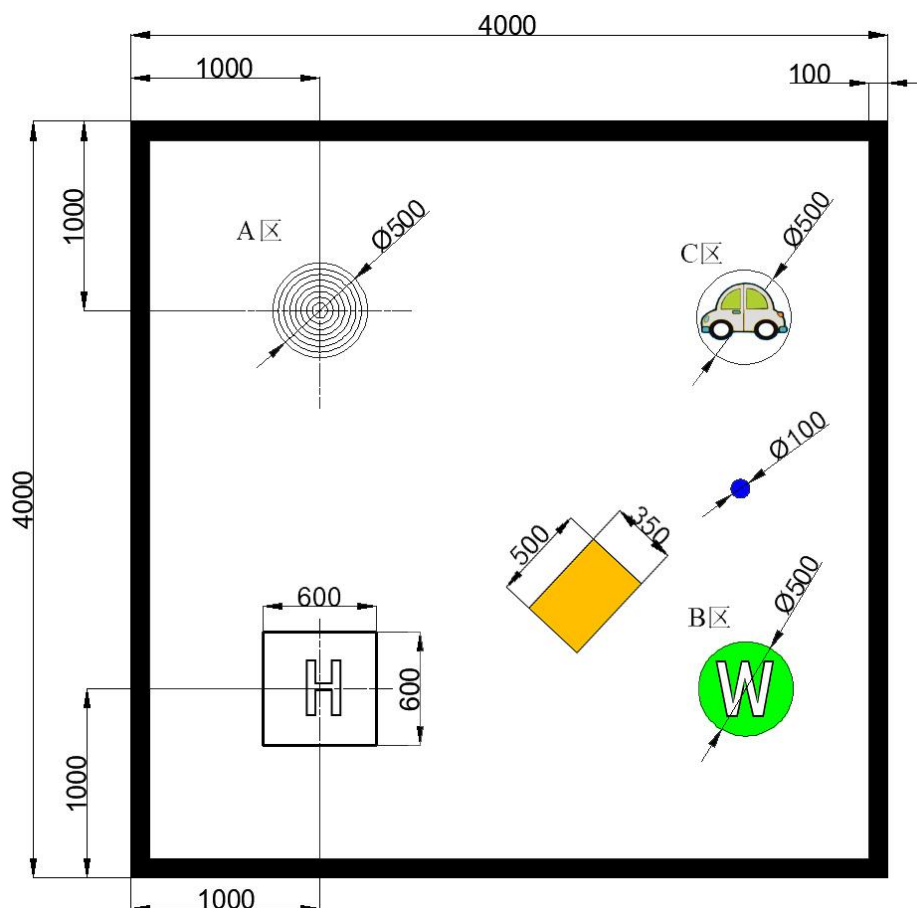


图1 初赛赛场示意图

表1 标靶的环号及环尺寸与分数对照表

环号	1 环	2 环	3 环	4 环	5 环	5 环外及物料倾倒
外径尺寸	100	200	300	400	500	
分数	20	15	10	5	1	0

3.2 搬运的货物

初赛时，待搬运的货物为直径 50mm, 高 70mm 的圆柱体，重量不超过 50g，材料为 3D 打印 ABS，其颜色没有要求。

决赛时，待搬运的货物颜色、重量、尺寸等现场抽签决定，形状为正四面体，货物颜色有：红（ABS/Red（C-21-03））、绿（ABS/Green（C-21-06））、蓝（ABS/Blue（C-21-04））三种，货物的各边长不超过 70mm，重量不超过 100g，以上参数的具体选择将通过现场抽签决定。

3、赛程安排

3.1 运行模式

无人机有自主和遥控两种运行模式。

3.2 赛程

智能配送无人机赛项分为智能配送无人机初赛（简称：初赛）和智能配送无人机决赛（简称：决赛）。初赛由场景设置与任务命题文档（简称：任务命题文档）、现场初赛两个环节组成；决赛由现场实践与考评、无人机现场决赛等两个环节组成。初赛成绩占总评成绩的 40%，决赛成绩占总评成绩的 60%。各竞赛环节如表 2 所示。

表 2 智能配送无人机赛项各环节

序号	环节	赛程	评分项目/赛程内容
1	第一环节	初赛	任务命题文档
2	第二环节		现场初赛
说明：现场发布决赛任务命题			
3	第三环节	决赛	现场实践与考评
4	第四环节		现场决赛

4、智能配送无人机赛项具体要求

4.1 初赛

4.1.1 任务命题文档

参赛队按照决赛的任务命题文档模版提交决赛任务命题方案。根据命题和决赛的任务命题文档模版等要求，策划竞赛场地的布置（起落区 H、三个货物放置区 A、B、C，以及障碍物（建筑物、灯柱等），以及 B 区、C 区的简易图形等），给出货物配送任务策略（投放货物的形状、尺寸、颜色、投放顺序，以及零件图（工程图和三维图）等），任务方案要与初赛有明显差异；在此基础上，对竞赛过程进行详细描述（可以从放无人机及货物准备时间、起飞要求、飞行路径，传动机构计算方法等），以及工程管理相关的内容，各队该项得分计入其初赛成绩。

决赛的任务命题文档成绩不仅包括任务命题文档的内容质量符合命题规则的程度，也包括文档的排版规范。

4.1.2 现场初赛

现场抽签决定各参赛队比赛的顺序号，场地、障碍物和 B、C 投放区的位置固定，提交无人机的运行模式（自主或遥控），初赛时货物的投放的顺序为 A、B、C 货物放

置区。

参赛队将无人机放置在起降区，准备好后举手示意，按统一指令开始比赛，计时开始。在规定的时间内，选手按照要求将货物装载到无人机后，启动无人机，按照规定投放顺序将货物投放到 A、B、C 区，每个货物放置区仅有一次投放机会，投放货物至 B、C 区时，必须越过障碍后到达货物放置区完成投放任务，飞越障碍物时无人机投影须与障碍物投影有重叠方视为成功飞越。当无人机完成 C 区的投放任务后，返航降落到起降区时停止计时。在规定的时间内，根据无人机起飞、越障、投放货物准确程度、降落、是否按时回到起飞点等计算成绩。

每个参赛队有两轮（连续进行）运行机会，取两轮成绩中的最好成绩。

4.2 决赛

4.2.1 现场实践与考评

决赛前，各参赛队的无人机货仓和货物投放机构与整机脱离，需要参赛队在规定时间内，完成无人机货仓、货物投放机构与整机的安装与调试。**备注：各参赛队可以准备两种规格和种类的货仓与投放机构，一个用于初赛，另一个用于决赛。**

参赛队自带拆装工具和调试工具等，有安全操作隐患的不能带入。如需使用机床加工，可提出申请，经裁判批准，可到车间进行普车、普铣、钻孔 3D 打印、激光切割等常规加工作业，所需刀具和量具自备，所用时间计入总时间。

4.2.2 现场决赛

参照现场初赛流程。决赛时障碍物和 A、B、C 投放区的位置由组委会现场抽取，各参赛队按照现场发布的决赛任务完成货物投放任务。

在规定时间内完成飞行任务，每个参赛队有两轮（连续进行）飞行机会，取两轮成绩中的最好成绩。根据无人机起飞、越障、投放货物准确程度、降落、是否回到起飞点、用时长短等计算成绩。

以比赛总成绩对参赛队进行排名，若出现参赛队总成绩相同，则分别按现场决赛和现场初赛的成绩排序，分高者优先排序，如仍旧无法区分排序，则抽签决定。

七、“工程场景数字化”赛项命题及运行

1、竞赛命题

本项竞赛题目为“工程场景数字化”。工程场景数字化赛项依据“中国制造 2025”精神而设置，旨在通过虚拟仿真比赛促进现代制造业人才培养。赛项结合行业企业在“中国制造 2025”背景下的人才需求，以工作站三维装配、工作站机电一体化概念设计、虚拟调试为主要内容，通过比赛提高普通高校学生工程素养和工程实践能力。

2、竞赛试题

- 1) 赛项执委会下设的赛项专家组负责本赛项赛题的编制工作。赛题编制遵从公开、公平、公正原则。
- 2) 于开赛 1 个月前，在大赛网络信息发布平台公开赛题库。
- 3) 赛前 1 个月左右举行赛前说明会，对竞赛题型、结构、考点、评分、注意事项等进行说明和答疑。
- 4) 正式比赛前从赛题库抽取赛题组成竞赛赛卷。
- 5) 竞赛赛卷的样卷见附件。

3、竞赛技术平台

3.1 硬件平台

计算机，参考配置（比赛赛场用机配置）如下：CPU——i7-9800@3.80GHz；内存——16G；显卡——独立显卡，显存 3GB；显示器——21.7 英寸，分辨率 1920×1080。

3.2 软件平台

- 1) Inte3D 三维装配工艺软件
- 2) 西门子 TIA-Portal
- 3) 西门子 S7-PLCSIM Advance
- 4) 西门子 NX-MCD

赛项设计软件平台开放，拟采用行业广泛应用的三维设计软件平台，由赛项执委会提供临时授权。

3.3 竞赛平台介绍

- 1) Inte3D 三维装配工艺软件。

2) 西门子 TIA-Portal: 主要功能为 PLC 硬件组态, PLC 程序编写与调试, HMI 画面制作与仿真。

3) 西门子 Plc sim Advance 为西门子软 PLC, 实现无实体 PLC 情况下的 PLC 程序运行与调试。

4) 西门子 NX-MCD: NX-MCD 为西门子公司推出的一款机电一体化概念设计软件, 基于 NX-MCD 体系。设计人员可对包含多物理场以及通常存在于机电一体化产品中的自动化相关行为的概念进行 3D 建模和仿真, 可以在系统设计阶段就设备硬件结构的合理性以及控制软件的可靠性进行虚拟调试验证。同时支持硬件在环调试与软件在环调试。

4、竞赛内容

工程场景数字化要求选手根据比赛要求, 完成某产品工作站设备的自动化虚拟集成与调试, 并完成产品三维装配工艺设计, 编写相关工艺、制造文档。赛项设置三维装配、机电概念设计、虚拟调试仿真三个模块, 三个模块均为现场比赛, 本赛项采用团体比赛方式进行, 3 名参赛选手互相配合, 协作完成竞赛任务。各参赛队按照竞赛任务书的要求, 在连续的 3 小时内完成所有模块内容, 具体内容如下。

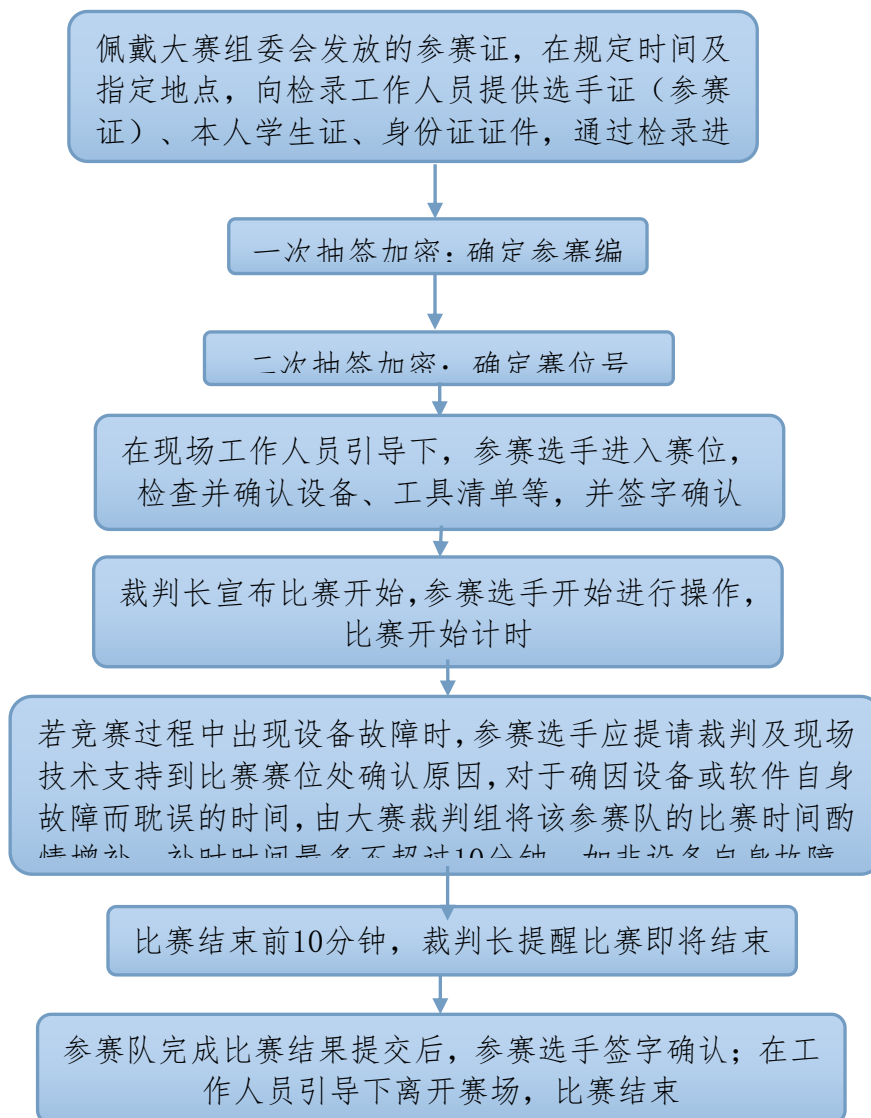
竞赛模块		内容要求	分值	时间	形式
一	三维装配	根据产品装配工艺, 使用 Inte3D 软件规划装配工序, 完成三维装配工艺路线和装配流程图, 验证装配工艺的可行性, 如零部件与工装之间是否发生干涉检查、零部件的安装空间是否足够等。装配仿真验证无误, 输出三维装配工艺文件及装配动画。	20	180 分钟	现场比赛
二	机电概念设计	针对该设备, 在西门子 NX-MCD 软件中进行运动机构定义, 物流路线制作, 信号映射等, 在西门子 TIA 博途中进行 PLC 硬件组态, 离线程序编写, HMI 画面的制作, 实现根据工艺过程对设备和机构的控制; 对该设备中使用的协作机器人, 在 MCD 软件中进行机器人轨迹规划, 主要包括定义机器人本体物理属性、运动属性, 通过反算机构驱动规划机器人运行轨迹并通过仿真序列实现机器人运行, 与信号配合受 PLC 程序控制。	40		
三	虚拟	使用 S7-PLCSIM Advanced 和 WinCC 仿真软件建立虚拟 PLC	40		

	调试	与 HMI，通过 TIA 博途软件将程序写入虚拟 PLC 控制器，并通过支持 OPC UA 协议的网络连接到 NX-MCD 软件，能够实现通过 PLC 控制器控制 NX-MCD 中的虚拟的设备模型运动，从而实现对工作站的虚拟调试。			
--	----	---	--	--	--

5、竞赛方式

比赛采取团队赛方式进行，每个参赛队由 3 名选手参赛，不超过 2 名指导教师。竞赛采取多场次进行，由赛项执委会按照竞赛流程组织各领队参加公开抽签，确定各队参赛场次。参赛队按照抽签确定的参赛时段分批次进入比赛场地参赛。

6、竞赛流程图



7、成绩与评分细则

7.1 成绩评定

竞赛评分注重对参赛选手价值观与态度、产线设计仿真与虚拟调试仿真能力、团队协作与沟通及组织与管理能力的考察。竞赛评分将采用以客观评分为主，定性定量结合的方法，客观公正地评出各赛项任务的分数，根据评分标准精确打分。

7.2 评分标准

模块	模块内容	判分内容	分值	模块分	权比
三维装配	根据产品装配工艺，使用、使用 Inte3D 软件规划装配工序，完成三维装配工艺路线和装配流程图，验证装配工艺的可行性	是否根据给出的产品合理设计三维装配活动的路径规划	20	100	20 %
		是否根据三维装配工艺路线完成装配流程图，并输出到工艺卡	30		
		是否形成产品零部件的装配动画及安装路径	30		
		是否对装配活动零部件与装配工序中的零部件进行干涉检查，验证装配工艺的正确性。	20		
工作站机电概念设计	使用西门子 NX-MCD 软件进行设备机电概念设计； 使用 MCD 中的反算机构驱动与仿真序列配合 MCD 内部信号对协作机器人进行运行轨迹规划并实现机器人与其他机电设备的协同工作	设备模型导入 NX MCD 是否成功，模型部件是否完整；在 NX MCD 中物理属性定义、运动机构定义、运动驱动、传感器、信号等是否合理正确	40	100	40 %
		协作机器人路径规划和执行工艺节点是否合理正确，工艺节点插入其他设备的工艺节点和运行逻辑是否正确	30		
		仿真序列和 MCD 内部信号是否定义正确，与之对应的驱动是否受控；仿真序列和信号配合控制的逻辑是否合理正确，是否受信号控制	30		
虚拟调试	配置 OPC 服务器，映射 MCD 内部信号与 PLC 外部信号，建立	PLC 与 HMI 硬件在 TIA Portal 中组态是否成功；PLC 信号与 MCD 信号是否成功映射并正确合理；	20	100	40 %

模块	模块内容	判分内容	分值	模块分	权比
	PLC 与 NX-MCD 的通信，通过 PLC 控制器控制 NX-MCD 中的虚拟的设备模型运动，完成工作站的虚拟调试。	PLC 是否可以控制 MCD 中的虚拟工作站运行；PLC 控制的虚拟工作站运行逻辑是否正确，工艺是否正确	30		
		HMI 界面设计是否合理，控制是否准确无误；是否实现通过 HMI 按钮实现对工作站各设备进行手动控制	30		
		是否实现工作站的自动控制，并在 HMI 交互界面中可进行手动控制与自动控制的切换	20		

附件：

“虚拟仿真赛道—工程场景数字化”赛项样题

1 赛题背景

本赛项以某工厂新建智能制造自动化生产单元为背景，参赛队以乙方的角色参与到升级改造过程中，其中设计完成工作站三维装配工艺任务，完成数字样机的虚拟装配、机电一体化仿真与虚拟调试任务，包括但不限于制作基于三维可视化的装配工艺仿真动画，PLC、HMI 程序编写，机器人运行轨迹规划，MCD 物理属性、运动属性定义，多系统集成虚拟调试等。该赛项目的是培养一流的熟悉工业自动化并将数字化双胞胎技术在行业中充分应用同时具备一定创新能力的专业人才。

2 比赛要求

2.1 比赛题目

2020 年该项赛题为某产品的自动化组装焊接和产品搬运的工作站自动化虚拟集成与调试，如图所示。

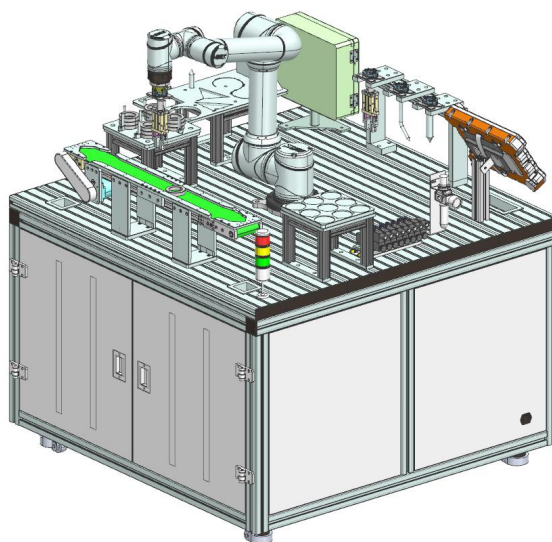


图 1 某产品的自动化组装焊接和产品搬运的工作站

(1) 设备组成

本工作站主要由原材料仓库，协作机器人、传送带、产品装配工位、机器人工装库、产品仓储区组成。

(2) 工艺流程

该系统工艺流程为，通过 MCD 内部的反算机构驱动规划协作机器人的路径并控制机器人从原材料仓库搬运原材料至传送带，原料被运送到下线工位；机器人更换焊枪工装，沿事先设计好的焊缝进行焊接动作仿真；PLC 控制相应机构进行各部协同工作。下线完成后，机器人将成品搬运到产品成品库后机器人返回等待位置。

2.2 比赛任务

针对该自动化包装设备进行电气自动化设计与虚拟调试，根据提供的工业机器人模型在 MCD 环境中进行机器人的路径规划和机器人控制，采用西门子 NX-MCD 软件进行物理属性定义、运动机构定义、电气驱动定义、仿真序列信号映射、虚拟调试，使用西门子 TIA 博途软件中进行控制设备的 PLC，HMI 编程，最终使用西门子 PLCSIM Advanced 软件实现虚拟 PLC 对虚拟工作站的虚拟调试。具体要求如下：

1) 三维装配工艺设计：使用 Inte3D 软件规划工作站装配工序，完成三维装配工艺路线和装配流程图，验证装配工艺的可行性，如零部件与工装之间是否发生干涉检查、零部件的安装空间是否足够等。装配仿真验证无误，输出装配工艺文件。

2) 根据装配工艺，将装配完成的工作站完整导入 NX MCD 环境中，并使重力方向为坐标系 Z 轴的反方向。

3) 针对该设备，再西门子 NX-MCD 软件中对运动机构进行物理属性和运动属性定义，添加机电驱动对象，信号映射等。

4) 对该设备中使用的协作机器人，在 MCD 环境中进行机器人的运行路径规划，主要包括规划机器人路径反算机器人运动，使控制机器人运动的仿真序列受 PLC 的控制并在 PLC 的控制下与其他虚拟设备配合运行。

5) 在西门子 TIA 博途中进行 PLC 硬件组态，离线程序编写，HMI 画面制作，从而实现根据工艺过程对设备和机构的控制。

6) 将西门子 HMI 与 PLC 虚拟控制器连接，通过 TIA 博途软件将程序写入 PLC 控制器，并通过支持 OPC UA 协议的网络连接到 NX-MCD 软件进行，能够实现通过 PLC 控制器控制 NX-MCD 中的虚拟的设备模型运动和运行数据反馈。

2.3 赛项要求

1) 比赛时间 300 分钟，180 分钟后，选手可以弃赛，但不可提前离开赛位场地，需要在赛位指定位置，与比赛设备隔离。

2) 比赛所需要的资料及软件都以电子版的形式保存在工位计算机里指定位置 D:\GX\。

3) 参赛选手在竞赛过程中, 不得使用 U 盘。

4) 选手在竞赛过程中应该遵守相关的规章制度和安全守则, 如有违反, 则按照相关规定在竞赛的总成绩中扣除相应分值。

5) 赛题中要求的备份和保存在电脑中的文件, 需选手在计算机指定文件夹 D:\2020GX\ 中命名对应文件夹(赛位号+3D, 赛位号+MCD, 赛位号+PLC)。赛题中所要求备份的文件请备份到对应到文件夹下, 即使选手没有任何备份文件也要求建立文件夹。

6) 赛队伍需完成并提交以下内容。

任务一：三维装配工艺设计

使用 Inte3D 软件规划工作站装配工序, 完成三维装配工艺路线和装配流程图, 验证装配工艺的可行性

选手需输出表 2-1 中三维装配工艺文件, 并保存在 D:\2020GX\赛位号+3D\文件夹下。

表 2-1 任务一需提交的文件

内容	需提交的文件	文件命名方式	备注
技术图解	高分辨率图片	赛位号+工作站装配图解.jpg	
装配模型	轻量化装配模型	赛位号+工作站.i3dAsm	
仿真动画	工作站三维动画仿真视频	赛位号+工作站装配仿真.avi	
三维装配文件	三维装配 PDF 文件	赛位号+工作站装配文件.pdf (或其他图片格式)	
工艺卡片	说明文档	赛位号+工作站装配工艺卡.xls	。

任务二：机电概念设计

针对该设备, 在西门子 NX-MCD 软件中进行运动机构定义, 物流路线制作, 信号映射等, 在西门子 TIA 博途中进行 PLC 硬件组态, 离线程序编写, HMI 画面的制作, 实现根据工艺过程对设备和机构的控制; 对该设备中使用的协作机器人, 在 MCD 软件中进行机器人轨迹规划, 主要包括定义机器人本体物理属性、运动属性, 通过反算机构驱动规划机器人运行轨迹并通过仿真序列实现机器人运行, 与信号配合受 PLC 程序控制。

选手需提交表 2-2 中机电一体化概念设计源文件，并保存在 D:\2020GX\赛位号+MCD\文件夹下。

表 2-2 任务二需提交的文件

内容	需提交的文件	文件命名方式	备注
机电概念设计	NX MCD 源文件	赛位号+MCD.prt	

任务三：虚拟调试

使用 S7-PLC SIM Advanced 和 WinCC 仿真软件建立虚拟 PLC 与 HMI，通过 TIA 博途软件将程序写入虚拟 PLC 控制器，并通过支持 OPC UA 协议的网络连接到 NX-MCD 软件，能够实现通过 PLC 控制器控制 NX-MCD 中的虚拟的设备模型运动，从而实现对工作站的虚拟调试。

选手需提交表 2-3 中虚拟调试仿真程序源文件，并保存在 D:\2020GX\赛位号+PLC\文件夹下

表 2-3 任务三需提交的文件

内容	需提交的文件	文件命名方式	备注
虚拟调试	控制工作站的 TIA Portal 项目源文件	赛位号+项目名称	
	录制的工作站软件在环虚拟调试运行视频	赛位号+运行视频.mp4	

3 评价依据

本次竞赛从以下几方面展开评价

功能：首先，所实现功能应能够满足题目的要求。其次，鼓励功能设计方面简洁高效，使其最大程度符合实际应用的需求。

性能：赛队伍根据题目要求，需明确提出相关程序设计思路和编程调试的实现要点，并设计合理、高效的运行逻辑，进行仿真、编程与调试的验证。

安全性：针对工业自动化领域的应用和设置，需明确的描述在安全性方面的考虑与设计。

成熟度：成熟度的评价设立时为了引导参赛队员在设计过程中具有较强的工程意识，所设计的程序不仅要实现功能和指标，同时还要考虑：

面向未来的功能升级具有灵活性。

维护维修功能方便。

用户使用过程中具有良好的可操作性，除自动运行外，还需提供手动运行的功能。

各任务模块评分细则见表 3-1

表 3-1 任务模块评分细则

模块	模块内容	判分内容	分值	模块分	权比
三维装配	根据产品装配工艺，使用、使用 Inte3D 软件规划装配工序，完成三维装配工艺路线和装配流程图，验证装配工艺的可行性	是否根据给出的产品合理设计三维装配活动的路径规划	20	100	20%
		是否根据三维装配工艺路线完成装配流程图，并输出到工艺卡	30		
		是否形成产品零部件的装配动画及安装路径	30		
		是否对装配活动零部件与装配工序中的零部件进行干涉检查，验证装配工艺的正确性。	20		
工作站机电一体化概念设计	使用西门子 NX-MCD 软件进行设备机电一体化概念设计；使用 MCD 中的反算机构驱动与仿真序列配合 MCD 内部信号对协作机器人进行运行轨迹规划并实现机器人与其他机电设备的协同工作	1. 导入工作站模型至 NX MCD 环境；（10） 2. 工作站物理属性定义；（10） 3. 工作站运动属性定义；（10） 4. 工作站机电驱动定义；（10）	40	100	40%
		1. 协作机器人使用 NX MCD 中的反算机构驱动规划路径并生成仿真序列实现机器人运动控制；（20） 2. 机器人能够按照规划的轨迹正确运行；（10）	30		
		1. 正确建立 MCD 内部信号并与相应驱动关联；（10） 2. 仿真序列与 MCD 信号配合控制，实现机器人与其他机构协同工作；（10） 3. 为部分运动机构添加正确的传感器并将运行时数据与 MCD 内部信号相关联输出数据；（10）	30		
工作站软件在	配置 OPC 服务器，映射 MCD 内部信号与 PLC 外部信号，建立 PLC 与 NX-MCD 的通信，通过 PLC 控制器	1. 建立 TIA Portal 项目文件；（5） 2. 使用 S7-PLCSIM Advancedz 软件创建虚拟 PLC 实例；（5） 3. 在 TIA Portal 软件中组态 PLC 与 HMI 硬件；（5） 4. 在 TIA Portal 软件中添加与 MCD 内部信号相对应的 PLC 变量并编写工作站的 PLC 控制程序；（5）	20	100	40%

模块	模块内容	判分内容	分值	模块分	权比
环 虚 拟 调 试	控制 NX-MCD 中的虚拟的设备模型运动，完成工作站的软件在环虚拟调试。	1. 在 MCD 环境中配置 OPC 服务器，建立 PLC 与 MCD 的通信；（10） 2. 在 MCD 软件中映射 MCD 信号与 PLC 外部信号，使 MCD 信号与 PLC 变量一一对应，实现 PLC 对 MCD 软件中的工作站控制；（10）	20		
		1. 编写正确的 PLC 控制程序，开发虚拟 HMI 界面和控制按钮，实现对 MCD 软件中的工作站手动控制；（20） 2. 编写自动控制程序，实现对 MCD 软件中工作站的自动控制；（20） 3. HMI 面板中编写手动控制模式和自动控制模式，实现通过虚拟 HMI 界面切换控制模式；（10） 4. 通过虚拟 HMI 控制 MCD 软件中的工作站自动运行和手动运行调试并运行，工作站运行应符合工艺设计并按照生产工艺正确运行并录制视频，视频包含 MCD 软件中得工作站运行窗口和虚拟 HMI 控制窗口，录制完成后输出 MP4 视频文件；（10）	60		
		是否实现工作站的自动控制，并在 HMI 交互界面中可进行手动控制与自动控制的切换	20		

八、全地形小车赛项命题及运行

1、竞赛主题

本届竞赛主题为：“全地形小车设计制作竞赛”。要求各参赛队在各自学校按照赛区组委会发布的命题要求，自主独立设计并制作完成参赛作品的制作。在重庆赛区集中比赛全地形小车现场进行现场竞争性运行考核和指定内容的操作。每个参赛作品应提交相关的设计报告。

2、竞赛命题

竞赛命题为：全地形小车设计制作竞赛（全地形爆破小车项目）。

参赛队应根据大赛组委会提供的具有 4 种不同特性障碍物的场地及比赛要求，采用相关套件设计制作全地形小车。小车的机械本体、主控板、检测元器件、电机和电池等可在市场上根据竞赛相关要求选择成熟的套件，同时鼓励学生自主研发创新设计小车，但比赛时须按照规则在规定时间内完成设定的任务。场地中设定四种五个不同特点、不同难度的障碍物，每种障碍物均有一定的分值，参赛队根据比赛规则自主设计制作全地形小车，完成穿越各个障碍物的比赛。

障碍物分别为三种颜色的气球、楼梯、管道、窄桥，各障碍物由黑色引导线连接，形成完整的比赛赛道，并设置比赛起点和终点，比赛场地由组委会统一布置。窄桥和台阶障碍的表面贴磨砂砂纸。

小车制作要求：小车的机械本体、主控板、检测元器件、电池等可在市场上根据竞赛相关要求选择成熟的套件。电机功率不得超过 4W，舵机的扭力不得超过 15kg/cm，自主越障小车尺寸要求长宽高分别不超过 300*230*200mm。在比赛过程中自主越障小车变形后长宽不超过 300*250mm，高度变形不限制。轮子直径不得超过 100mm，轮子宽度不得超过 25mm，前后轮轴间距离不得低于 200mm。比赛时须按照规则在规定时间内完成设定的任务（关于尺寸误差不超过 5%）。

3、竞赛组织

参加重庆赛区比赛的学生应为全国竞赛举办当年（2020 年 5 月）正式注册在校的全市各类高等院校在校全日制本科生、专科生。学生的参赛资格由其所在学校学籍管

理部门负责审核确认，赛区执委会负责复核。

各学校组织的初赛参赛队名额不限，初赛及由此选拔的决赛名单在 XX 月 XX 日前交由大赛组委会办公室，由组委会根据参赛队数量及获奖比例确定获奖名额。各参赛队报到时需自行携带竞赛要求的相关参赛套件。报到时各参赛队现场公开抽签，获得参赛编号，并上交全地形小车设计报告 1 份。

4、对竞赛场地的要求

竞赛场地整体图如图 1 所示。对场地和障碍物的基本要求如下：

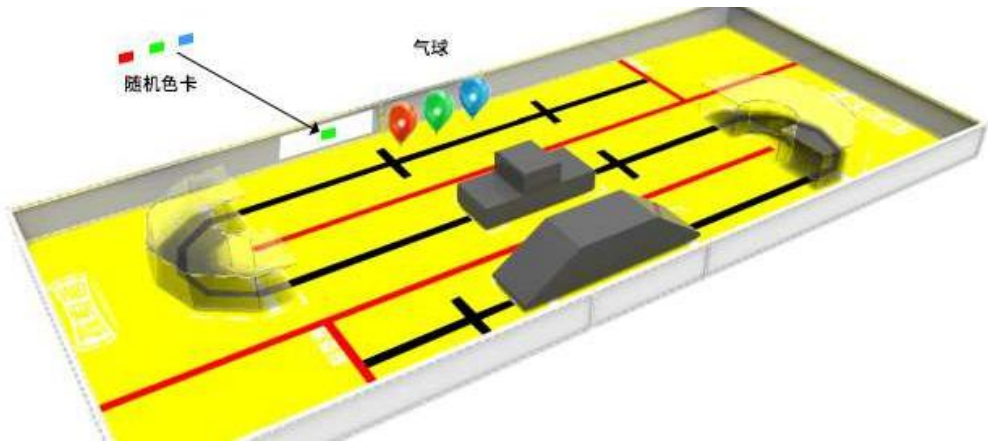


图 1 竞赛场地整体图

(1) 场地地面为 $408\text{cm} \times 175\text{cm}$ （尺寸误差 $\pm 3\text{cm}$ ）的宝丽布（如图 2），四周有高度为 18cm 的围栏。场地地面设有起点线和终止线，距离边缘 90cm 。部分障碍前后 20cm 设有标志线，供参赛队伍参考使用。距离长边 60cm 的两条红线为装饰线。5 个障碍物按图 1、图 2 所示种类、数量和位置安放，并以双面胶固定在场地地面上，不可移动。黑色引导线用 3.8cm 宽低反光绝缘胶带铺设。

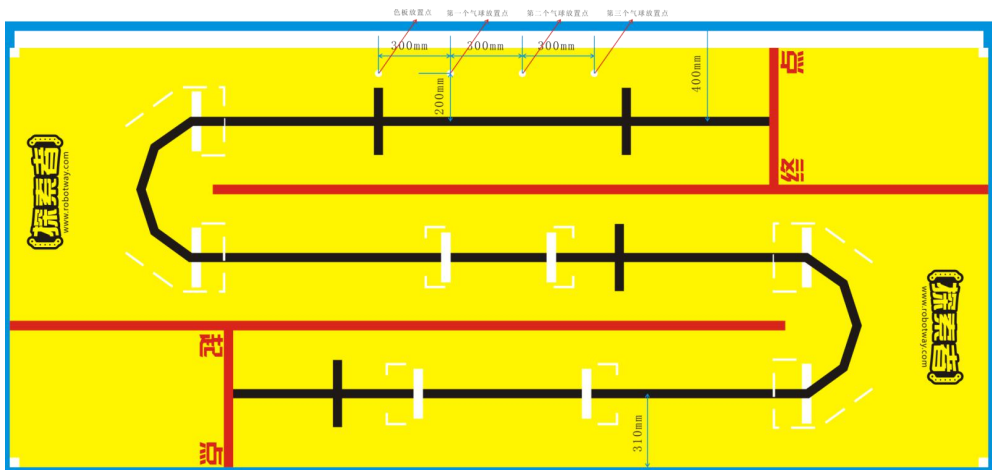


图 2 场地地面尺寸图

(2) 窄桥结构及尺寸如图 3 所示。图示尺寸的单位为厘米，所用材料为发泡 EVA ， 颜色为黑色。

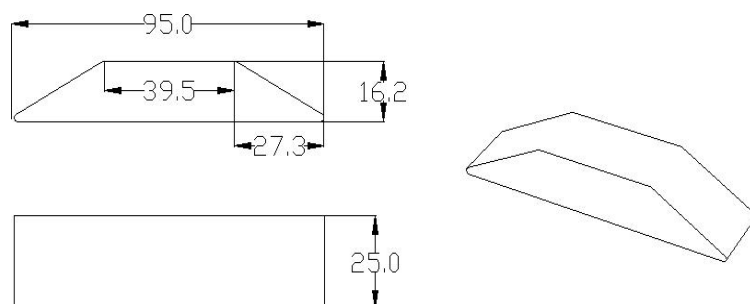


图3 窄桥结构和尺寸示意图

(3) 台阶结构及尺寸如图 4 所示。图示尺寸的单位为厘米，所用材料为发泡 EVA ， 颜色为黑色。

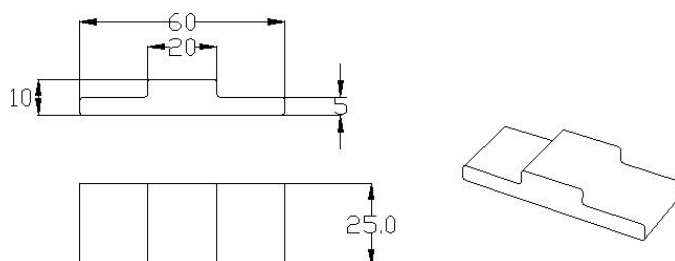


图4 台阶结构和尺寸示意图

(4) 管道结构及尺寸如图 5 所示。图示尺寸的单位为厘米，所用材料为亚克力， 颜色为透明。

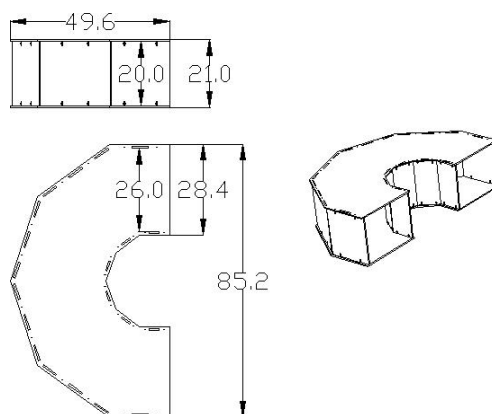


图5 管道结构和尺寸示意图

(5) 竞赛所用气球是橡胶材料的气球，颜色有深红、深绿、深蓝 3 种，气球大小（宽）在 22 cm 和 26 cm 之间，气球大小的测量处参考图 6 中的黑线。

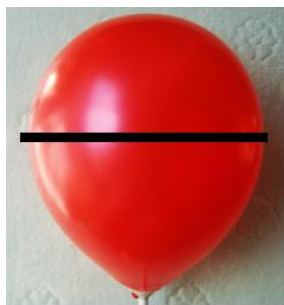


图6 气球测量示意图

色板和气球放置点位置如图7所示，其中尺寸标注 $\pm 10\text{mm}$ 。

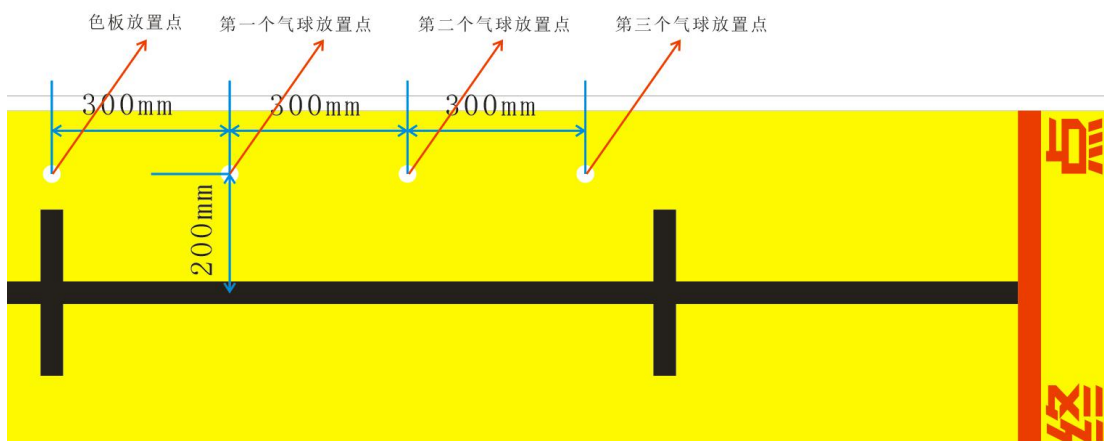


图7 色板和气球放置点位置图

气球安装如图8所示。气球横放，气嘴朝向终点线反方向，气球底面中部与场地布紧贴，气球与场地布通过粘度较高的双面胶固定（以侧向拍打不掉落为准），气球固定位置距离气球底面中点误差 $\pm 5\text{cm}$ 。



图8 气球安装示意图

关于扎气球的装置说明：扎气球装置末端可采用细小尖锐物体，如曲别针、图钉、牙签等，裁判员比赛前将对扎气球装置进行检验。

（6）关于挡板布置，如图2所示的蓝色外框（其中尺寸标注误差 $\pm 10\text{mm}$ ）。

（7）关于色卡：色卡长 \times 高=100mm \times 200mm，表面覆亚光膜，竖直放置在地面上。

(8) 气球购买链接:

<https://item.taobao.com/item.htm?spm=a230r.1.14.16.eece5f35yfBQnC&id=18973855248&ns=1&abbucket=11#detail>

或者打开淘宝搜索【彩色仿美亚光气球 100 只普通乳胶气球吹起后大约 25CM10 寸 1.5 克】

(9) 防滑砂纸购买链接:

<https://item.taobao.com/item.htm?spm=a230r.1.14.1.15292365HD2ueN&id=524522743997&ns=1&abbucket=11#detail>

或者打开淘宝搜索【防滑胶带黑色磨砂楼梯台阶防滑条地板瓷砖防水耐磨警示胶地板贴纸】

5、赛场竞赛项目

5.1 第一轮竞赛

第一轮竞赛是全地形小车现场运行竞赛。小车从如图 1 所示的起始位置启动,沿黑色导航线自动行驶并跨越其他三种障碍物(窄桥,管道,楼梯),再根据色板颜色砸破相对应颜色的气球后到达终点,比赛结束。以通过的障碍数量和时间来综合评定成绩。此轮竞赛色板颜色为红色,红色气球放置在第二个气球放置点的位置。

每支参赛队均有两次竞赛机会,取其中一次成绩作为本轮竞赛的得分。每个参赛队可指派一名“操作手”持作品进入场地,“操作手”需脱鞋,避免接触障碍。现场运行时间限定在 5 分钟内(选手到达现场 3 分钟内必须向裁判示意已经准备好了,示意裁判下达开始命令),现场运行时间是指:从裁判下达“开始”命令起开始计时,到小车首次抵达终点线停止计时,计时中途不暂停。“现场运行时间”是总成绩相同时,决定排名的参考指标,未能通过全部 5 个障碍者不予计时。

参赛作品应自主控制,不允许远程控制干预(一经发现,取消比赛资格,并告知组委会严肃处理)。比赛开始时,小车必须从总起始线起跑,比赛过程中作品一旦离手,未经允许不得再次接触,如需再次接触,“操作手”必须向裁判申请“重跑”。经裁判同意后,“操作手”可将作品移动至任意障碍起始线起跑(若是管道障碍,则可自选起始位置,但车体不得进入管道范围)。重跑时“操作手”可以对作品进行调整,但不得将作品带出场地,其他队员不得接触作品。

发生以下 4 种情况比赛终止:

- (1) 小车抵达终点线，比赛终止；
- (2) 5 分钟时间耗尽时，小车未抵达终点线，比赛终止；
- (3) 每个队伍有 4 次重跑机会，机会用尽比赛终止；
- (4) 未能通过全部 5 个障碍且不愿重跑时，“操作手”主动申请比赛终止。

比赛终止不影响评分。

评分依据为障碍通过情况。按照通过障碍的数量计分，每个障碍 8 分。以“从障碍头部进入，从障碍尾部驶出”为通过标准。色板颜色的气球未扎破或者砸破其他颜色的气球，此障碍通过分都按 0 分计。重复通过障碍不重复得分。每重跑一次扣 5 分，得分为负数时按 0 分计。

第一轮总成绩 I 由第一轮越障数量得分 IA 和越障用时得分 IB 构成，即 $I=IA+IB$ 。

第一轮越障数量得分 IA（总分 40 分）计算公式为：

$$IA=8*b-5*r$$

式中：障碍完成数量记为 b，重跑次数记为 r。

第一轮越障用时得分 IB（总分 20 分，起评分 12 分）

各队成绩按跑完所有障碍用时时间最少者为第一名，按时间依次排列出名次，按下列公式，计算各队此项成绩：

$$IB=20-8*(m-1)/(M-1)$$

式中：M 为越过 5 个障碍的队数，m 为本队排名。

如果没有跑过 5 个障碍此项 IB 分数为零，若按此公式计算若 IB 分数低于 12 分者以 12 分计算；

第一轮竞赛的所有参赛队伍现场运行总分将直接带入复赛，不进行淘汰。此轮比赛结束后，所有参赛队伍将参赛小车全部上交，由组委会统一管理。更换小车参加复赛的队伍在复赛阶段的所得到的分数全部认定为 0 分。

5.2 第二轮竞赛

此轮竞赛为综合能力竞赛，包含设计报告和现场装配调试这两个环节。

5.2.1 设计报告分（20 分）

报名后，现场比赛开始前在网上提交设计报告，由组委会专家评审打分。

不提交设计报告的队伍得 0 分。报告文字部分不超过 4 页 A4 标准幅面纸张，超过 4 页将扣分。

评分主要评定参赛队全地形小车设计的完整性、正确性、创新性和规范性，各方面具体要求包括：

完整性要求：

- (1) 作品说明：含作品名称，小车特点简述；
- (2) 结构方案说明：含作品机构简图，设计思路，创新点；
- (3) 控制方案说明：含控制系统设计思路，程序流程图，关键代码说明；
- (4) 装配图（A3 纸 1 页）：要求标注小车的关键零件；

正确性要求：机构原理与程序流程描述正确，元器件选择及系统设计合理。

创新性要求：在结构、电子、程序方面有一定的创新设计。

规范性要求：图纸表达完整，标注规范；文字描述准确、清晰。

5.2.2 现场装配调试分（20 分）

第一轮竞赛的全地形小车将被完全拆开，每支参赛队伍通过抽签来获知全地形小车第二次现场运行时砸破气球的位置和颜色，其他障碍位置保持不变。

参赛队伍获得抽签结果后，按照参赛编号到各自的指定的调试工位，进行现场组装全地形小车、编写程序、调试等，组装好的小车将参加第二次的现场运行竞赛。参赛队可以携带电脑，参考三维图、照片、视频、例程等资料进行制作。

现场组装调试时间为 120 分钟，结束时各队在小车上固定本队标记，并向组委会上交，由组委会记录完成用时 t （单位：分钟，精确至个位）、称重（单位：千克，精确至小数点后 2 位）并统一封存。

现场组装调试成绩 II 由装配计时分 IIA 和称重排名分 IIB 组成，即： $II=IIA+IIB$ 。

装配计时分 IIA 的评分依据为提交小车时组委会记录的完成用时。计算公式为：

$$IIA = (120 - t) / [(180 - T) / 15]$$

式中： t 为越过装配用时， T 为最快完成者用时，得 15 分。

剩余完成者按用时多少线性获得分数， IIA 精确至小数点后 1 位。

装配调试时间内未提交者 IIA 得分为 0，且不得参加后续比赛。

称重排名分 IIB ：5 分

评分依据为提交作品时组委会的称重记录。称重排名得分计算公式为：

$$IIB = 1 + 4 * (N - n) / (N - 1)$$

式中： N 为参赛队数量， n 为各队按作品重量由轻到重的排名。

根据称重排名得分公式可知，最重者得分为 1 分，最轻者得分为 5 分，其他名次得分在 1 分和 5 分之间按照公式线性分布，分数精确至小数点后 1 位。

5.3 第三轮竞赛

此轮竞赛为全地形小车的现场运行赛。参赛的队伍在比赛前从裁判组领取前一天封存的小车，然后在集中比赛现场指定的场地上进行现场运行。每支参赛队均有两次竞赛机会，取其中一次成绩作为本轮竞赛的得分。具体竞赛细节和现场运行评分标准都参见事项 5.1。

此轮总成绩 III 由此轮越障数量得分 IIIA 和越障用时得分 IIIB 构成，即 $III=IIIA+IIIB$ 。

IIIA 和 IIIB 分别参考事项 5.1 中 IA 和 IB 评分规则。

5.4 奖项分配

按公式计算总成绩排名：总成绩= I+II+III。

根据总成绩排名，若总成绩相同，则“现场运行用时”少，（且若有干预次数以干预次数）少者胜出。

奖项分配名额由组委会根据参赛队数量、按照重庆市教育厅有关规定在赛前确定。奖项公布后，进入 7 天异议期。

5.5 不获奖原则

各参赛队在比赛过程中如“未能完成比赛”，则不参与评奖，即不获奖。视为“未能完成比赛”的情况包括：

- （1）损坏比赛场地，引发安全事故；
- （2）不遵守赛场纪律，干扰他人参赛；
- （3）参赛队员不符合参赛资格；
- （4）制作材料不符合比赛要求；
- （5）裁判专家组判定的其他情况。