

# 第十五届国际先进机器人及仿真技术大赛

## 第十五届国际水中机器人大赛

工程项目组  
比赛说明及裁判规则

国际先进机器人及仿真技术大赛组委会

2022 年 3 月

## 1 比赛场地、设备及赛前准备

### 1.1 基本比赛场地

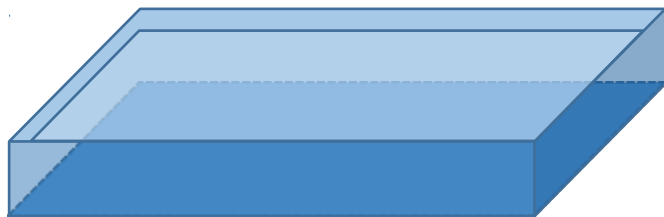


图 1-1 工程项目组比赛场地示意图

工程项目组比赛场地有两种，分别为标准  $3\text{m} \times 2\text{m} \times 0.36\text{m}$  长方形水池、 $3\text{m} \times 2\text{m} \times 0.6\text{m}$  长方形水池，浅水池水面高度为  $24+1\text{cm}$ ,  $50+5\text{cm}$  (如图 1-1 所示)。比赛场地由组委会统一提供。

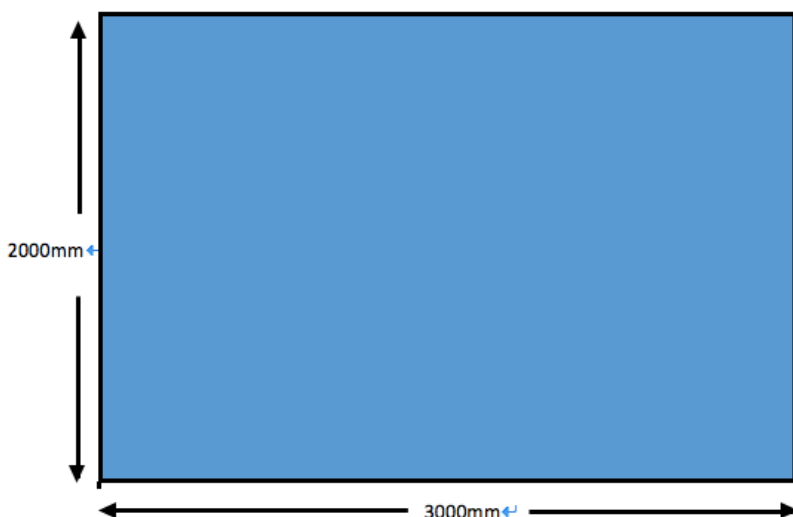


图 1-2 工程项目组比赛场地尺寸

比赛过程中，场地周围  $1.5\text{m}$  范围内除裁判及两名参赛队队员外不得有其他人员围观。除比赛必须设备和参赛机器人（以下称机器鱼）外，比赛场地中不得放入其他任何物品和设备（如人工遮光设备等）。场地附近由组委会统一配置机器鱼存放货架或台面。

注：实际比赛场地的环境中不能保证光线照明绝对平均、水池水绝对澄清。参赛队伍应于比赛前到达比赛场地，调试机器鱼以便适应场内光照环境。

### 1.2 管道

比赛用管道为白色 PVC 直径  $75\text{mm}$  管道，拐角处使用标准  $90^\circ$  PVC 管连接拐角。比赛用管道由组委会统一提供。

### 1.3 区域分界线

由组委会统一使用黑色胶带作为比赛场地分界线，用于标定起点区和终点区的正上方。

#### 1.4 计算机

比赛现场不提供专用计算机，如需效果展示、远程控制启动等，请自带便携式笔记本电脑。

#### 1.5 参赛方

##### 1.5.1 机器鱼

比赛所用机器鱼需要基于单关节仿生机器人平台（为确保比赛公平，单关节必须为 Smart tuna 或单关节基础版、创新版。动力部分为尾鳍及舵机，电压不得高于12伏且不得使用升压装置）组装或改装。机器鱼长度不得超过500mm；机器鱼宽度不得超过 300mm；并且机器鱼置于水中时，机器鱼结构的最低点与管道顶部的距离 $\geq 1\text{mm}$ （即不允许机器鱼卡管运行）。说明：机器鱼放入水中，以机器鱼游动前进方向的长度定义为机器鱼长度，以水平面内垂直于机器鱼游动前进方向的长度定义为机器鱼的宽度，垂直于水平面方向的长度定义为机器鱼高度。游动过程中，必须保证机器鱼不会有任何尖锐结构触碰到水池。参赛队伍机器鱼通过组委会检测和批准后方可参赛。参赛资格最终解释权归大赛组委会。

注意：大赛要求机器鱼动力方式为尾鳍推动，不得使用螺旋桨等非仿生结构推进。

##### 1.5.2 参赛队伍

各参赛队最多由2名指导教师和 4 名队员组成（其中 1 名为队长）。比赛开始，机器鱼启动后，队长和队员禁止接触比赛中的机器鱼。

#### 1.6 裁判

裁判由组委会指定，其中主裁 1 人，副裁 2 人。主裁负责控制整个比赛，副裁负责一些辅助任务以帮助主裁使比赛顺利进行。

##### 1.6.1 主裁职责

- （1）赛前宣布比赛规则，检查场地设置，复查参赛者的机器鱼（尺寸与结构）是否符合规定。
- （2）宣布开始、重新开始比赛，暂停、继续、结束比赛，宣布比赛结果。
- （3）根据比赛规则判断机器鱼是否犯规，并对犯规机器鱼进行处罚。

- (4) 按比赛项目规则记录比赛时间。
- (5) 按比赛项目规则记录和计算比赛队伍获得的成绩。
- (6) 如果比赛中出现机械或其他故障，参赛队伍可以向主裁提出申请，由主裁进行中断或继续比赛的裁决。
- (7) 比赛期间，主裁享有最终裁定权。如果队员对裁决有争论，给予黄牌警告；如若争论不止，则出红牌取消其比赛资格。
- (8) 比赛结束时督促各参赛队队长必须在计分纸上签字确认。只有在计分出错的情况下，赛后才允许参赛队员提出抗议。
- (9) 在赛前调试过程中，对参赛队队员提出的关于竞赛用设施设备（如摄像头、触发机构等）意见进行处理。在竞赛进行中或竞赛后，不接受任何竞赛设备质疑。

#### 1.6.2 副裁职责

- (1) 维护比赛秩序。
- (2) 禁止比赛无关人员进入比赛场地。
- (3) 根据主裁指令拿出或者放入机器鱼。
- (4) 服从主裁其他工作安排。

### 1.7 机器鱼控制平台

该竞赛项目属于非对抗类比赛项目，起始控制指令由裁判发出，开始比赛后不允许使用其他平台对参赛机器鱼进行控制。

### 1.8 机器鱼编程及改装说明

#### 1.8.1 结构改装要求

本赛项允许对机器鱼进行结构改装。改装要求需满足：机器鱼的长、宽、高尺寸符合 1.5.1 中的规定；机器鱼在比赛过程中不能依靠物理接触管道方式寻迹；机器鱼改装后的结构件尖锐处需做好保护，以防损害比赛专用水池。

#### 1.8.2 编程要求

本赛项需要进行底层软件编程，要求使用水下机器鱼创新平台自带的 ATmage128 芯片、STM32 芯片、WRTnode、树莓派等主板进行程序开发，程序基于组委会提供的最新版基础程序进行拓展编程。

### 1.9 赛前准备

为确保机器鱼符合比赛要求，赛前将由裁判长检查各参赛队的机器鱼。比

赛期间机器鱼若有修改，修改后的机器鱼必须再次接受检查。赛前组委会公布比赛赛程，并为每个参赛队伍提供不少于30分钟的设备调试时间。检录后，所有参赛机器鱼上交裁判组拍照记录留存底案，竞赛期间由参赛队自行保管。

### 1.10 迟到处罚

检录或比赛时未按规定时间到达检录地点或竞赛场地，视为迟到。参赛队伍迟到 5分钟及以上者，取消参赛资格。

## 2 科目一：输油管巡检技术挑战赛(浅水)

### 2.1 比赛项目场地设置

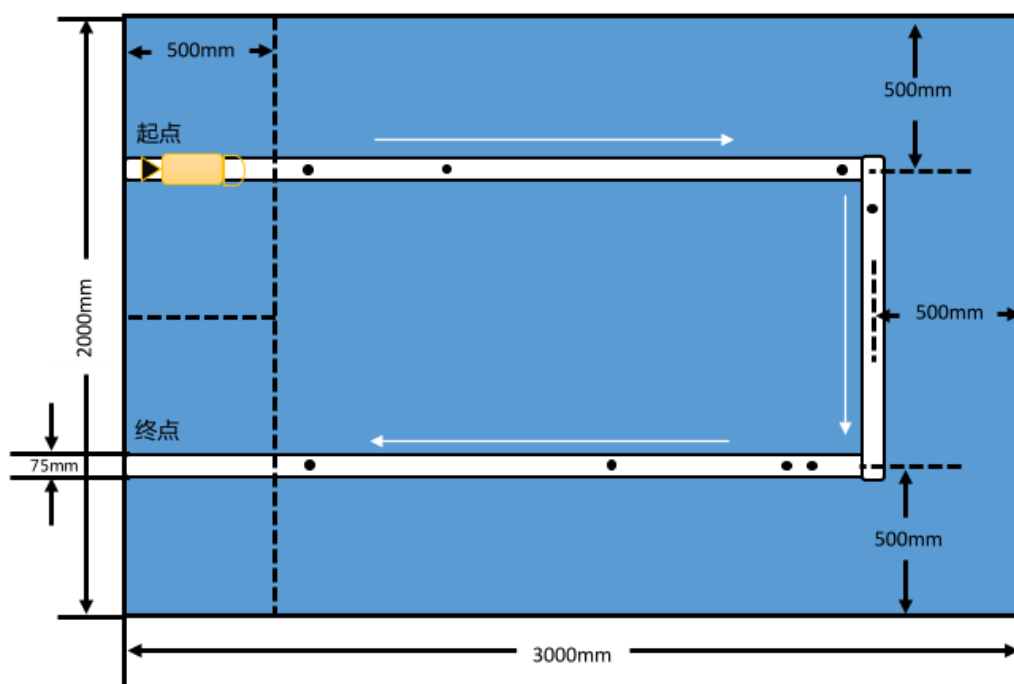


图 2-1 输油管巡检技术挑战赛场地图

用直径75mm白色PVC管铺设模拟输油管线，PVC管铺入水池底部，管线布局如图2-1所示。用直径3cm 圆形实心黑色标记表示漏油处，全程共设置8个漏油处，随机分布在输油管正上方。场地图标识起点和终点所处的虚线方框内部分别为起点区和终点区，起点区和终点区用黑色胶带标记规划范围。

### 2.2 比赛内容

输油管巡检技术挑战赛(浅水)是水中机器人面向工程应用方向的非对抗性技术挑战比赛。比赛使用基于水下机器人创新平台而搭建出的水下输油管检测机器鱼，能够激发学生对工程应用机器鱼的兴趣，提高学生在机器人结构、电路、软件等方面的知识技术水平。参赛队各派一条由水下机器人创新平台搭

建的单关节尾鳍摆动推进方式的机器鱼参加比赛。

### 2.3 比赛过程

比赛开始前机器鱼位于起点分隔线框内，不得超过分隔线。裁判吹哨示意比赛开始，参赛选手启动机器鱼，当机器鱼头部最前端抵达分隔线，比赛计时开始，启动后不允许再对机器鱼进行任何操作。机器鱼沿着输油管线按照白色箭头指示方向游动，不得偏离管线，从正上方观察，若机器鱼在水平面上的投影与管线在水平面上的投影没有重叠，则比赛结束，按此时成绩计分。机器鱼在游动的同时检测管线上标记的漏油处，检测到漏油处时通过一定的效果显示方式，现场告知裁判及观众，可以是声音、光、回传 PC 机数据等，机器鱼全身进入终点区（尾部过终点线）比赛结束。

### 2.4 比赛时间

比赛时间为100秒，100秒仍未到达终点区则比赛结束，比赛过程中不得暂停。机器鱼抵达终点后，继续由裁判组统一保管。比赛分为两轮进行，两轮之间不设置调试时间，取两轮竞赛得分的最高分为参赛队伍的竞赛得分。

### 2.5 计分规则

竞赛计分由漏油检测分、完成比赛分、计时分、技术分四部分组成。

**漏油检测分：**正确检测到一个漏油处加10分，正确检测要求从正上方观测机器鱼与漏油处有重合，并且同时以明确、明显的方式报告检测到漏油处。机器鱼在未遇到漏油处时报告记为误报，扣10分，满分80分。

**完成比赛分：**在100秒内，机器鱼不偏离管线（判断标准以比赛过程描述为准）到达终点处完成比赛，加20分。

**计时分：**在100秒内完成比赛，比赛用时为T，获得 $(100-T)/2$ 分。上述三项分数之和是参赛队伍的竞赛计分。

**技术分：**为了促进竞赛项目的技术发展，比赛设定技术分，队员必须在比赛过程中自行录制视频，用于技术分的评分，防止误判，比赛中未发挥功能的部分不得技术分，技术分详见附表一。

### 2.6 比赛名次

竞赛计分排名位于第六名之后(含)的队伍，比赛名次由竞赛计分的高低决定第六名及之后的名次；竞赛计分排名前五的队伍，比赛名次由竞赛计分与答辩计分两项之和来决定前五名的具体排名。

### 3 科目二：输油管巡检技术挑战赛(深水)

#### 3.1 比赛项目场地设置

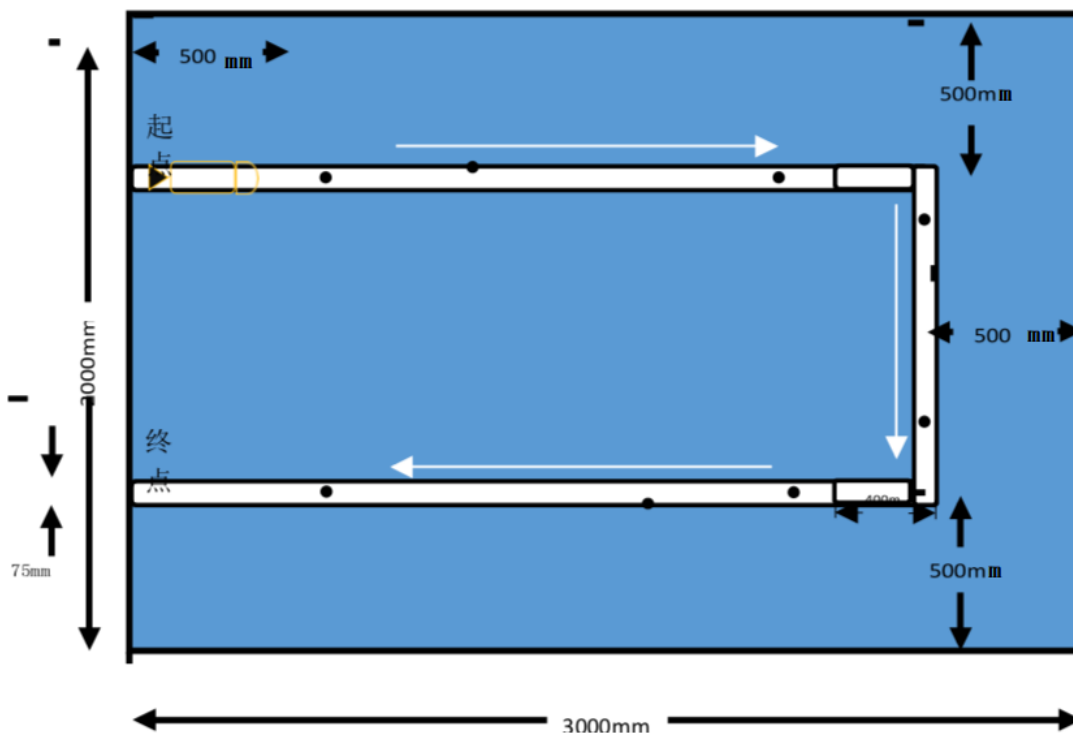
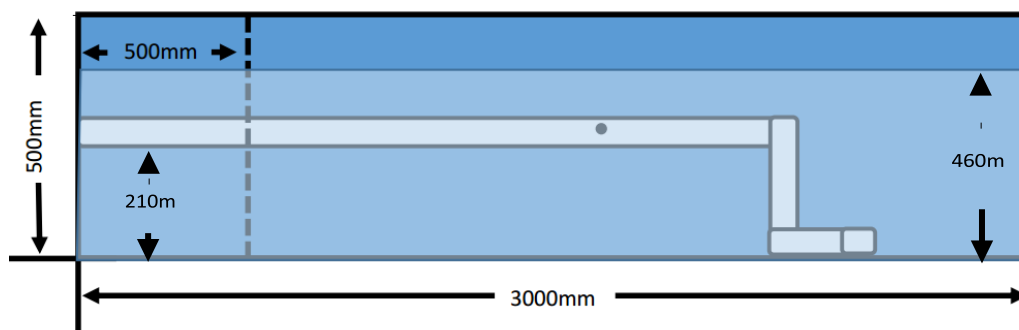


图 2-1 输油管巡检技术挑战赛场地图及侧视图



用直径 75mm 白色 PVC 管铺设模拟输油管线，PVC 管铺入水池底部，管线如图所示。用直径 1-3cm 圆形实心黑色标记表示漏油处，全程共设置8个漏油处，随机分布在输油管线各处，可以位于管道横截面的任意位置。场地图标识起点和终点所处的虚线方框内分别为起点区和终点区，起点区和终点区用黑色胶带标记规划范围。

#### 3.2 比赛说明

输油管检测技术挑战赛（深水）是面向机器鱼实际应用方向的非对抗技术挑战比赛，比赛使用水下机器人创新平台基础版搭建水下输油管检测机器鱼，

赛项的设置是对机器人工程项目的模拟应用，能够激发学生对机器人的兴趣，提高学生在机器人结构、电路、软件等方面的知识技术水平。参赛队各派一条由水下机器人创新平台基础版改装的单关节为动力源的机器鱼参加比赛。

### 3.3 比赛过程

3.3.1 比赛开始前机器鱼位于起点分隔线框内，不得超过分隔线。裁判吹哨示意比赛开始后参赛选手启动机器鱼，当机器鱼头部最前端抵达分隔线，比赛计时开始，启动后不允许再对机器鱼进行任何操作。

3.3.2 机器鱼沿着输油管线按照白色箭头指示方向游动，不得偏离管线，从正上方观察，若机器鱼在水平面上的投影与管线在水平面上的投影没有重叠则比赛停止，计时结束。

3.3.3 游动的同时检测管线上标记的漏油处，检测到漏油处时通过一定的效果显示的方式，现场告知裁判及观众，可以是声音、光、回传 PC 机数据等

3.3.4 机器鱼全身进入终点区比赛结束，计时停止。

### 3.4 比赛时间

比赛时间为100秒，100秒仍未到达终点区则比赛停止，比赛过程中不得暂停。机器鱼抵达终点后，继续由参赛队员统一保管。比赛分为两轮进行，两轮之间不设置调试时间，取两轮竞赛得分中的高分为参赛队伍的竞赛得分。

### 3.5 计分规则

#### 3.5.1 竞赛计分

竞赛计分由漏油检测分、完成比赛分、计时分、技术分四部分组成。

**漏油检测分：**正确检测到一个漏油处加10分，正确检测要求从正上方观测机器鱼与漏油处有重合，并且同时以明确明显的方式报告检测到漏油处。机器鱼在未遇到漏油处时报告记为误报，扣 10 分，满分 100 分。

**完成比赛分：**在 100 秒内，机器鱼不偏离管线(判断标准以比赛过程描述为准)到达终点处完成比赛，加 20 分。

**计时分：**在100秒内完成比赛，比赛用时为T，获得 $(100-T)/2$  分。上述三项分数之和是参赛队伍的竞赛计分。

**技术分：**为了促进竞赛项目的技术发展，比赛设定技术分，队员必须在比赛过程中自行录制视频，用于技术分的评分，防止误判，比赛中未发挥功能的部分不得技术分，详见附表一。



### 3.5.2 比赛流程

- (1) 抽签：确认队伍信息、抽取队伍参赛编号。
- (2) 检录：登记队伍信息、获取调试秩序、检测机器人是否符合规定。
- (3) 调试：按秩序测试场地环境。
- (4) 竞赛：按抽签序号上场竞赛、竞赛后签字确认成绩。

### 3.5.3 比赛名次

比赛分为两轮进行，两轮之间不设置调试时间，取两轮竞赛得分中的高分为参赛队伍的最终竞赛得分。

附件1：输油管巡检技术挑战赛比赛技术评分表

技术分							
项目 方式 得分	5	10	15	20	-10	-20	得分
启动 方式	触碰启动	红外启动	蓝牙远程 WiFi 远程				
巡线 方式	光电开关			摄像头	光电卡管	卡管	
漏点 检测	光电开关		摄像头				
报警 方式	光、声音	彩色 LED	语音播报				
终点 停止 方式	触碰停止	红外停止	图像识别				
漏点 统计	数码管	液晶显示					

专家签字-----姓名：

附件 2：管道巡检评分表

抽签编号								
队伍名称								
技术分（0-100）【功能必须可以实现才有技术分】								
领队姓名				队长姓名				
领队电话				队长电话				
场次 数据 项目	正确点数 （+10分/个）	误报点数 （-10分/个）	比赛用时 （秒）	时间 分	100 秒内 是否完成 （20分完 成分）	技术 分	总 得 分	队员确认 签字
1								
2								
最终最高分								

竞赛计分由漏油检测分、完成比赛分、计时分、技术分四部分组成。

①漏油检测分:正确检测到一个漏油处加10分，正确检测要求从正上方观测机、器鱼与漏油处有重合，并且同时以明确、明显的方式报告检测到漏油处。机器鱼在未遇到漏油处时报告记为误报，扣 10分，满分80分。

②完成比赛分:在100秒内，机器鱼不偏离管线(判断标准以比赛过程描述为准)到达终点处完成比赛，加20分。

③计时分:在100秒内完成比赛，比赛用时为 T，获得 $(100-T)/2$  分。上述三项分数之和是参赛队伍的竞赛计分。

④技术分由比赛效果决定

⑤偏离管道:机器人比赛过程中，正投影与管道没有交集【脱离管道】，比赛结束。

## 4 科目三：水中机器人协同竞技

### 4.1 竞赛环境

4.1.1 建议编程系统：KenFish 图形化编程平台。

4.1.2 编程电脑：选手自带。

4.1.3 禁带设备：手机、U 盘、平板电脑、对讲机等。

### 4.2 竞赛场地

下图仅为示意图，实际场地以比赛现场公布为准。

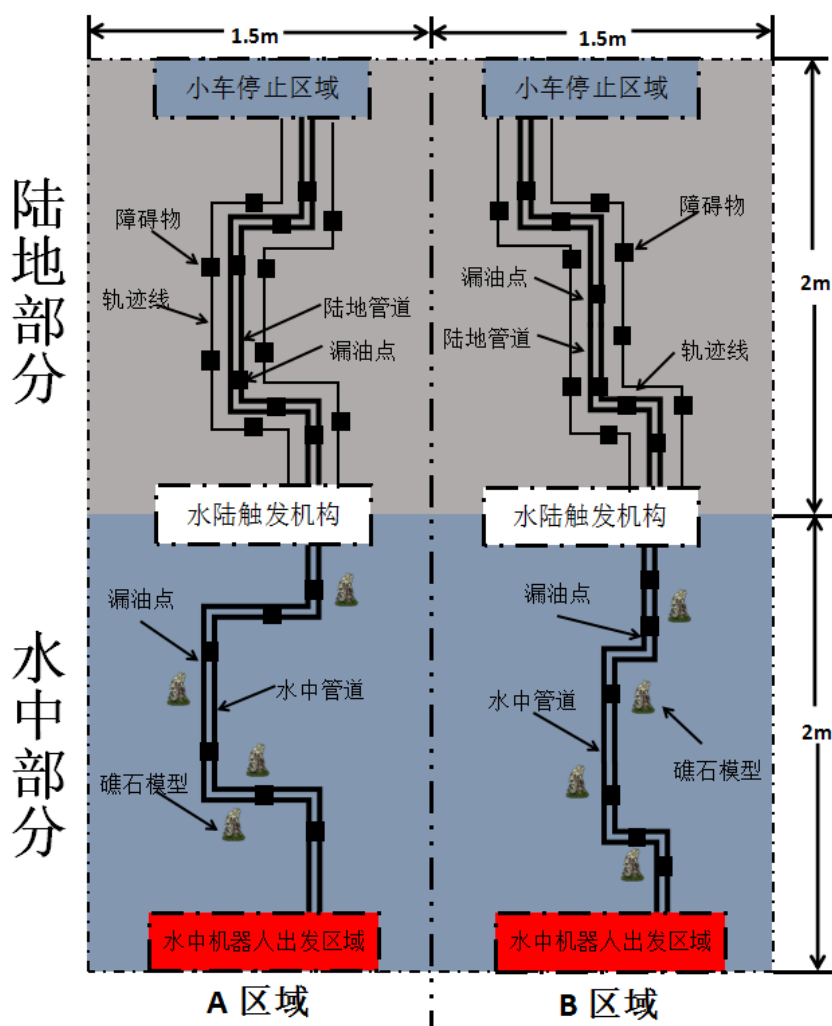


图 4-1 场地示意图

4.2.1 场地尺寸：长 400cm，宽 300cm。其中水池部分长 300cm，宽 200cm。

4.2.2 场地：以组委会提供的标准场地为准，其中水池场地四周为铝型材，可以安装水陆触发装置。

4.2.3 石油管道：直径 75mm 白色 PVC 管，水中部分紧贴水池底面铺设，陆地部分紧贴陆地地面铺设。

水中和陆地的石油管道均有四种规格的弯道模式：45 度弯道模式、90 度

弯道模式。所铺设的石油管道形状在比赛现场公布。

4.2.4 水池水深：24+1cm。

4.2.5 起点：A、B 区域水中机器人出发区域；终点：A、B 区域小车停止区域。

4.2.6漏油点：

(1) 直径 3cm 的圆环，黑色不反光，随机分布在管道一圈，摆放位置在比赛现场公布；

(2) 3cm×3cm 的正方形，黑色不反光，随机分布在管道上方，具体位置在比赛现场公布；

(3) 3cm×3cm 的正方形，其他标准颜色（包括但不限于红色、黄色、蓝色、绿色）不反光，随机分布在管道上方，具体颜色和位置在比赛现场公布。

4.2.7 礁石：随机摆放在水中管道两侧，距离直管道10cm处，距离转弯15cm处。礁石放置位置在比赛现场公布。



图 4-2 礁石模型

4.2.8 障碍物：3cm\*3cm\*3cm，随机放置在陆地小车循线的道路上。障碍物放置位置在比赛现场公布。



图 4-3 障碍物

4.2.9 轨迹线

轨迹线在管道两侧都有设置，参赛队伍可在 A 或 B 区域选择一条轨迹线

进行循迹。具体轨迹线分布在比赛现场公布。

#### 4.3 竞赛规则

##### 4.3.1 机器人要求

###### (1) 水中机器人

比赛所用水中机器人必须基于 KenFish 单关节进行组装和改装。改装后的水中机器人长度不得超过 50cm，宽度不得超过 30cm，并且水中机器人置于水中时，水中机器人结构的最低点与水池底部的距离不小于 75mm。

水中机器人长度定义：水中机器人放入水中，其游动前进的方向为水中机器人长度。水中机器人宽度定义：在水平面内，垂直于水中机器人游动前进方向为水中机器人宽度。水中机器人距离水池底部最低高度定义：在竖直面内，垂直于水中机器人长度的方向，

水中机器人置于水中时，水中机器人结构的最低点与水池底部的距离。

###### (2) 陆地小车

比赛所用陆地小车需要根据比赛规则自行组装，机器人尺寸不得超过 60cm\*60cm\*60cm，电子模块总数量不得超过 30 个例如：通过添加传感器识别管道上的漏油点。

##### 4.3.2 竞赛任务

(1) 设计 2 台机器人：1 台水中机器人，1 台陆地小车。

(2) 水中机器人从管道起点出发，沿管道行走，遇到漏油点进行识别，并执行修复动作（修复动作自行设定，例如：点亮 LED 灯进行提醒和控制舵机等，但不限于上述动作），然后继续前进；遇到弯道时，水中机器人应该调整姿态通过弯道，然后继续前进；水中部分放置礁石模型若干，设置漏油点若干和弯道若干（机器人需要具备转弯循管道能力），水中机器人在游动和转弯时应避免碰撞到礁石模型，最终水中机器人在水中管道末端触动触发机构，水中循检任务完成。

(3) 陆地小车被触发机构触发（触发方式自行设计，例如红外、触碰开关等，但不限于上述触发方式）后出发，沿着管道循检，检测到管道上的漏油点时，执行修复动作（修复动作自行设定，例如：点亮 LED 灯进行提醒和控制舵机等，但不限于上述动作），然后继续前进，沿途在小车行驶的道路上会有障碍物，需要陆地小车清除障碍物，转弯处应调节小车姿态；陆地部分设置障碍物若干、漏油点若干和弯道若干（机器人应具备转弯循管道能力），

小车循检完到达管道末端终点处，小车停止，并有显著停止信号（声、光、电效果均可，但不局限于上述效果）发出，比赛完成。

### 4.3.3 竞赛时长

- （1）现场编程、程序调试：90 分钟/组别（可提前拼装模型）。
- （2）任务完成规定用时：3 分钟

### 4.3.4 比赛要求

（1）机器人于起点区域启动之前须静止，允许采用按下开关的方式进行启动。

（2）水中机器人和陆地小车须使用传感及编程自主运行。

（3）在任务完成所限定的时间内无暂停。

（4）比赛过程中，如果出现机器人失去控制并有可能损坏竞赛场地的情况，裁判应及时取出水中机器人或陆地小车，参赛队伍本次比赛随即结束。

（5）在任务完成所限定的时间内，参赛机器人如发生结构脱落，在不影响机器人正常运动的情况下，参赛选手可请求裁判帮助取回脱落件。

（6）比赛过程中不得更换机器人，不可以对机器人软硬件进行变更。

（7）参赛队伍可选择 A 场地或 B 场地进行比赛，每支队伍共有两次比赛机会。

### 4.3.5 比赛结束

（1）规定时间内完成任务视为比赛结束。

（2）规定时间内未完成任务，比赛结束。

（3）水中机器人和陆地小车偏离管道 5 秒，比赛结束。

### 4.3.6 取消比赛资格

（1）参赛团队迟到 5 分钟及以上。

（2）比赛过程中故意触碰礁石模型、障碍物、场地管道等，以及参赛的水中机器人和陆地小车。

（3）不听从裁判的指示。

## 4.4 评分标准

### 4.4.1 评分细则

	任务	得分
--	----	----

水中部分	水中机器人循管到达触发机构并成功触发小车	20 分
	水中机器人顺利识别得分点并执行得分提示	10 分/个
	得分提示部分设计的创意 ①机械运动得分提示 2 分 ②语音信息提示 6 分 ③声音或光提示 2 分 ④带有漏点数量显示功能 5 分	0-15 分
	水中机器人顺利避开礁石模型	5 分/个
	水中机器人碰撞到礁石模型	-1 分/次
	水中机器人碰倒礁石模型	-5 分/次
	水中机器人得分点误报	-5 分/次
陆地部分	陆地小车顺利循管道到达终点并自动停止	20 分
	陆地小车顺利识别得分点并执行得分提示	10 分/个
	得分提示部分设计的创意 ①机械运动得分提示 2 分 ②语音信息提示 6 分 ③声音或光提示 2 分 ④带有漏点数量显示功能 5 分	0-15 分
	陆地小车顺利清除障碍物	10 分/个
	触发机构设计的创意 ①机械接触式成功触发 5 分 ②含有非接触传感器设计装置并成功触发 10 分	0-10 分
	陆地小车通过循轨迹线方式完成任务	-10 分
	陆地小车得分点误报	-5 分/次
	陆地小车碰撞管道	-5 分/次

#### 4.4.2 最终比赛得分

每支参赛队伍有两次比赛机会，取两次比赛中最好的成绩为最终比赛得分。

参赛队伍依据最终得分排名，如果得分相同，则用时短的队伍排名靠前。

#### 4.5 相关说明

- (1) 严禁重复、虚假报名，一经发现或举报，将取消比赛资格。
- (2) 未在竞赛时间内参加比赛的视为弃权。
- (3) 比赛期间，凡是规则中没有说明的事项由裁判组决定。
- (4) 本规则是实施裁判工作的依据，在竞赛过程中裁判有最终裁定权，组委会对本规则具有最终解释权。

## 5 科目四：水下管道智能巡检组

### 5.1 对参赛作品/内容的要求

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下机器人（简称：水下机器人），该水下机器人能够实现自主前进、左转、右转、上升、下潜等运动功能，机器人能够沿着水下管道运动，检测管道上的吸附物，并发出警报同时进行移除清理等，任务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下机器人及其余辅助装置。

各参赛队基于竞赛项目要求的水下机器人功能和环境设置，以智能工程的现实和未来发展为主题，设计一套具有一定难度的水下管道附着物检测及清理等任务及任务应用场景（参考任务设计模板），为水中机器人决赛阶段的现场任务命题提供参考方案。

#### 5.1.1 水下机器人的功能要求

水下机器人应能够实现自主前进、左转、右转、上升、下潜等运动功能，并能够对水下管道上的吸附物进行检测报警及移除清理等，竞赛过程中水下机器人必须全程自主运行。

#### 5.1.2 水下机器人的机械结构要求

水下机器人的机械结构由参赛者自主设计与制造，所用材料自定。

除标准件外，非标零件应自主设计和加工制造，不允许使用购买的成品套件拼装而成，水下机器人各部分的机械结构形式均不限制，不得含有对场地造成损坏的结构。

#### 5.1.3 水下机器人的外形尺寸要求

水下机器人初始尺寸不得超过 $500 \times 400 \times 300$  (mm)。机器人运行时，机器人最低点与管道顶端距离 $>0$ mm(不允许卡管运行)，允许机器人结构设计为可折叠形式，但在竞赛开始后才可自行展开。



### 5.1.4 机器人电控及驱动要求

机器人控制方式自行确定，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。机器人采用电驱动，电池供电，供电电压限制在12V（含12V）以下，电池随机器人装载，比赛过程中不能更换。

## 5.2 对运行环境的要求

### 5.2.1 运行场地

赛场尺寸（长×宽×高）为3000×2000×600（mm）长方形水池（如图1所示），水面高度为460+50mm。

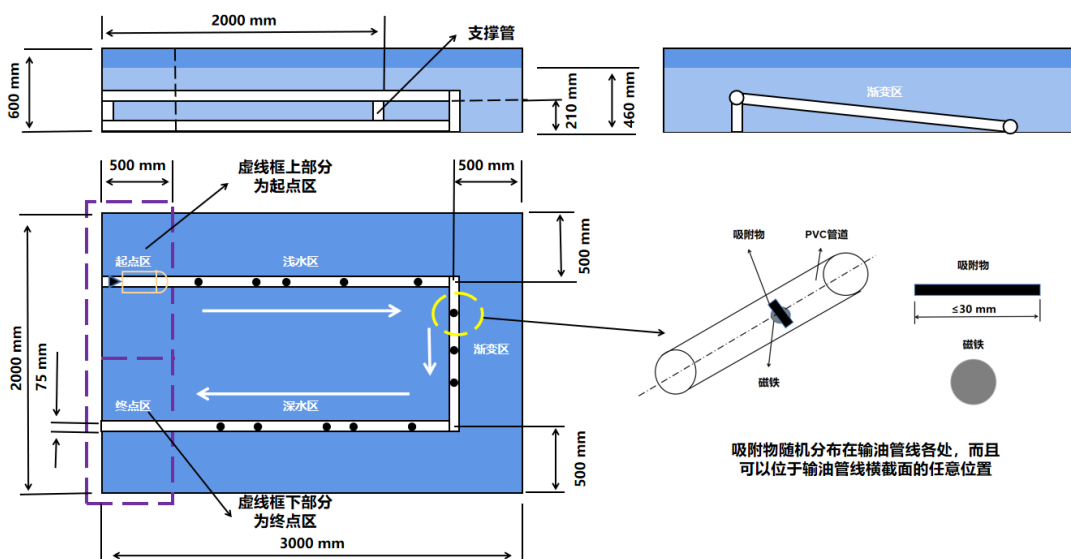
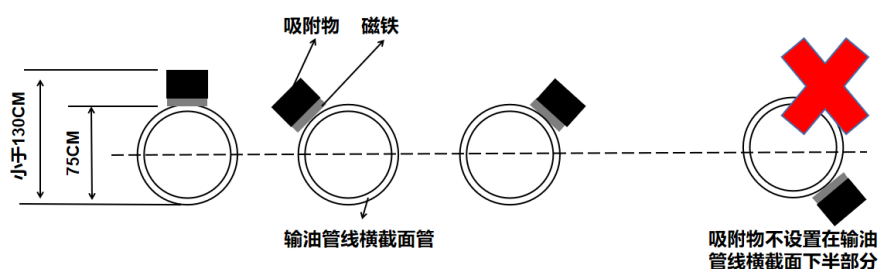


图1 水下智能管道巡检赛项初赛赛场示意图

道具为直径 $\Phi 75\text{mm}$ 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。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。

在整个模拟的水下管道上共设置若干（大于5小于20个）个吸附物，分布在管道各处。吸附物全部位于水下管道横截面上半部分的任意位置（图2所示），



比赛前抽签确定吸附物的数量和位置。具体位置由决赛裁判统一确定。

图2 吸附物布置方式

如图3所示，吸附物为实心黑色物体，其截面为正方形、圆形两种，边长或直径尺寸限制在30~50mm范围，厚度不大于30mm。吸附物与管道的吸附力为60-80g/cm<sup>2</sup>（可提供标准件参考）。

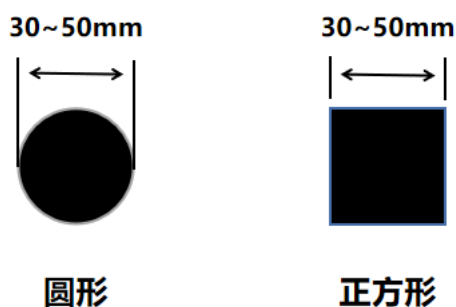


图3 吸附物截面

比赛场地左侧虚线方框内分别为起点区和终点区。起点区的水下管道上贴有黑色胶带（5cm宽黑色胶带，距离起点水池边缘50cm）作为比赛的出发线，如图4所示。

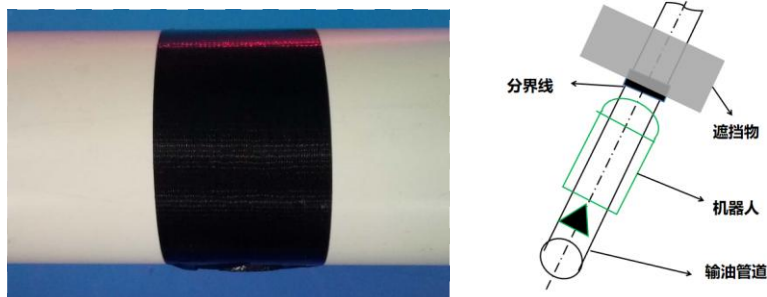


图4 比赛场地分界线和遮挡物

在运行过程中要求水下机器人检测到吸附物时报警，通过明显效果（声、光等）告知现场裁判和观众。在终点区设有一触碰装置（如图5所示），当水下机器人碰到触碰装置后，装置会自动发出停止信号，比赛计时结束。

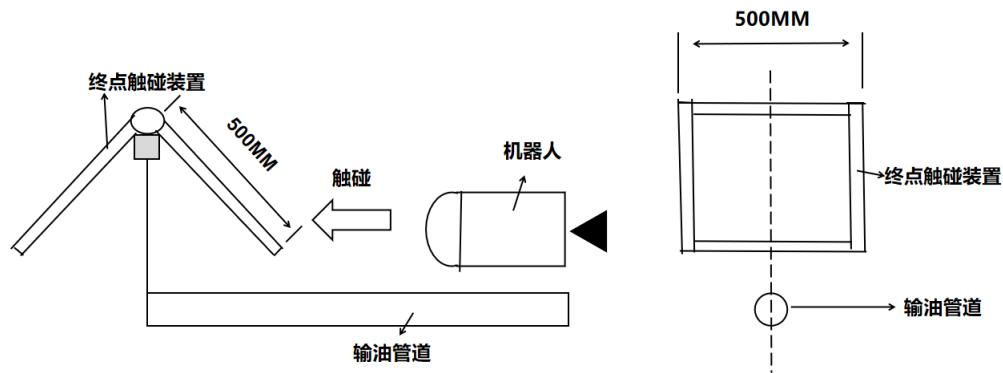


图 5 终点触碰任务示意

### 5.3 水下管道巡检赛项具体要求

5.3.1 现场抽签确定各参赛队比赛的场地各个吸附物形状、赛位号。

5.3.2 参赛队将水下机器人放置在起点区等待出发，不得越过出发线。根据现场统一指令，启动机器人，裁判发出开始指令同时计时开始。

计时开始后，选手不得对水下机器人进行任何操作，违规则视为本轮比赛结束。在规定时间内，出发分别经过浅水区、渐变区和深水区后到达终点，并在运动过程中进行管道吸附物的检测清除和回收，并通过声或光等方式进行报警。

5.3.3 在此过程中，水下机器人从起点区沿着水下管道按照白色箭头指示方向游动进入浅水区，在浅水区考察机器人在水面上的运动，要求机器人必须有一部分露出水面，同时进行水下管道吸附物的检测，并通过声、光等方式报警；

5.3.4 进入渐变区后考察水下机器人上升下潜的控制，要求水下机器人根据管道深度的变化进行上升下潜运动（水下机器人整体上升或下潜运动，水下机器人一部分的上升下潜视为无效上升下潜），同时进行吸附物检测清除及回收，并通过声、光等方式报警；

5.3.5 最后进入深水区后（当机器人正投影与渐变区无交集且机器人到达深水区后）考察机器人的水下运动，要求水下机器人整体没入水中（水下机器人不允许有任何部分露出水面），同时进行吸附物的检测，并通过声、光等方式报警。

5.3.6 在上述过程中水下机器人检测到吸附物报警时当时状态的水下机器人到水池底部的垂直投影要覆盖吸附物（即，当时状态下的水下机器人的最前端要超过该吸附物，同时水下机器人的最末端没有超过吸附物），否则视为

检测失败；

5.3.7完成全部任务，水下机器人触到终点区的触碰装置后，触碰装置发出信号，比赛结束，未触发触碰装置则视为比赛未完成。

5.3.8在规定5分钟时间内，水下机器人需比赛结束。比赛过程中不得暂停。

5.3.9每个参赛队有两轮运行机会，取两次成绩中的最好成绩。

5.3.10为鼓励技术发展，机器人运动全过程包含水下无线通讯、人工智能、5G技术且全过程有效，给与技术加分+20。

#### 5.4 计分规则

竞赛计分由漏点检测分、吸附物清除分、吸附物回收分、完成比赛分和计时分、技术分六部分组成。

**检测分：**每正确检测到一处加10分，现场公布数量，未遇到吸附物时有报告则为误报，每误报一次扣 10 分。

**吸附物清除分：**每清除一个得10分，现场公布数量。

**吸附物回收分：**在正确检测清除过程完成后，每收集一个得20分，现场公布数量。

**完成比赛分：**300秒内顺利到达终点，启动终点区装置获得20分。

**计时分：**在300秒内完成比赛，比赛用时为T秒，获得 $(300-T)/4$ 分。

**技术分：**机器人运动全过程包含水下无线通讯、人工智能、5G技术且全过程有效，给与技术加分+20

上述六项分数之和是参赛队伍的竞赛得分。

#### 5.5 比赛名次

比赛分为两轮进行，两轮之间不设置调试时间，取两轮竞赛得分中的高分为参赛队伍的最终竞赛得分。

#### 5.6 主裁职责

赛前宣布比赛规则，检查场地设置，复查参赛者的机器人是否符合规定，并指导副裁及志愿者引导非本场队员及其他无关人员离开竞赛区域，开赛前应远离竞赛场三米以外，开赛后第一次非本场参赛队员靠近场地，警告并降低排名处理，第二次直接取消参赛资格。主裁判有权将违规记录最终网上公布并通报批评。

(1) 宣布开始、重新开始比赛，暂停、继续、结束比赛，宣布比赛结果。

(2) 根据比赛规则判断机器人是否犯规，并对犯规机器人进行处罚。

(3) 记录比赛成绩。

(4) 比赛开始后，任何情况下，发现参赛者远程遥控机器人，判罚违规者输掉比赛，如发现非本场队员试图(以电脑或其他电子设备)干扰正常竞赛行为的，第一次，警告并降低排名处理，第二次直接取消参赛资格。主裁判有权将违规记录最终网上公布并通报批评。

(5) 比赛开始后，禁止参赛队员接触比赛中机器人。

(6) 如果赛前出现机械或其他故障，参赛队伍可以向主裁提出申请，由主裁进行裁决中断比赛或者继续比赛。

(7) 在比赛期间，主裁享有最终裁定权。如果队员对裁决有争论，给予黄牌警告；如若争论不止，则出红牌取消其比赛资格。

(8) 比赛结束时公布该场次成绩，如有计分争议，异议者须现场提供证据向赛事仲裁处申请仲裁，无证据者，一律以裁判记分册为准。无异议后，参赛队派一名队员在计分册上签字确认，组委会不接受确认成绩后的赛事投诉。

(9) 对比赛过程存在异议且无法在十五分钟内提供有效证据的，以扰乱正常竞赛秩序要求重赛或加赛的，取消本次竞赛资格。

## 6 附则

6.1 参赛者向主办单位提交报名信息，即表示其自愿按照本赛程规定参加第十五届国际先进机器人及仿真技术大赛工程项目组竞赛，参赛者必须服从大赛组委会的决议，否则将取消有关获奖资格。

### 6.2 知识产权保护

6.2.1 参赛者申报的作品不得侵犯其他第三方的专利权、著作权、商标权、名誉权或其他任何合法权益。

6.2.2 参赛者申报的项目所包含的任何文字、图片、图形、音频或视频资料，均受版权、商标权和其他所有权的法律保护，未经参赛者同意，上述资料不得公开发布、播放。

### 6.3 免责声明

**6.3.1** 对于因不可抗拒或不能控制的原因影响到大赛的举办，主办单位不承担任何责任，但将尽力减少因此而给参赛者造成的损失和影响。

**6.3.2** 为了维护参赛者的合法权益，参赛者应在参赛前向有关部门申请知识产权方面的保护。否则，由此给参赛者造成的损失，主办单位不承担任何法律责任。

**6.3.3** 因参加大赛而产生的法律后果(包括但不限于侵犯第三人专利权、著作权、商标权、肖像权、名誉权和隐私权等)由参赛者自行承担，主办单位对此不承担任何法律责任。

**6.4** 大赛最终解释权归大赛组委会。