

# 第十二届国际水中机器人大赛

## 水下操控组比赛说明及裁判规则

## 1 比赛科目一 水下对抗赛

### 1.1 比赛目的

人类社会的发展，离不开对各种资源的开发和利用。在陆地资源逐渐枯竭的今天，人们把目光投向了深海大洋。海底世界除了大家耳熟能详的锰结核、深海油气，还有热液矿床，以及当前炙手可热的天然气水合物。天然气水合物的储量极为巨大。据估计，把人类已经用掉的和还没有开发的石油、煤、天然气加在一起，还不及天然气水合物中有机碳总含量的一半。如果这个估计不错，那无疑是人类的福音，因为它很可能将成为新世纪的新能源。

无人遥控水下机器人（ROV），也称为水下机器人，一种工作于水下极限的作业机器人，能潜入水中替代人完成水下操作。水下环境恶劣且危险，人的潜水深度有限，因此水下机器人已成为开发海洋的重要工具。它的工作方式是由母船的工作人员，通过连接潜水器的脐带电缆提供动力，操纵或控制潜水器，通过水下电视、声纳等专用设备进行观察，还能通过机械手进行水下作业。

水下组各项目为提高同学们对海洋的兴趣而设立，通过此赛事可以提高同学们对海洋开发领域的专业认识，并且将提高学生的团队协作、批判性思考、分析问题、解决问题的能力等。该赛事的主题每年都有所变化，主要是针对海洋开发中的最新进展或所遇到的实际问题等，意图是为了提高同学们对海洋开发的认识。

本项比赛主题为海底资源争夺。比赛采取双方对战的形式，竞赛双方采用水下机器人寻找并采集、争抢海底矿石。

每个参赛队最多由 2 名指导教师和 10 名参赛队员（其中 1 名队长）组成，每次比赛最多派出 2 个机器人参赛。

### 1.2 比赛场地及所需物料

比赛场地大体为 7.5m×3.5m 大小的支架泳池，水深 1m 到 1.3m 之间，池底根据比赛规则布置“矿石”及双方大本营等比赛道具。矿石由彩色高尔夫球充当，直径约 42mm，重量约 50g，密度大于水，大本营为用 PVC 管及工程塑料板搭建成的 50cm×50cm×10cm 的长方形平台，其上可垂直插入“战旗”，战旗旗杆为外径 20mm 长约 30cm 的 PVC 管，旗面为硬塑料片。水池一侧 2.5m×10m 左右区域为比赛区，比赛双方操作手、拖缆手在该区域为进行操作。比赛区内

为双方各准备至少 6 孔插线板一个及桌子一张（若单个桌子无法容纳两个操作手同时操作，则需要两张桌子拼接使用，建议每个操作手桌面面积不小于 80cm×50cm）。比赛场地平面图如图所示。

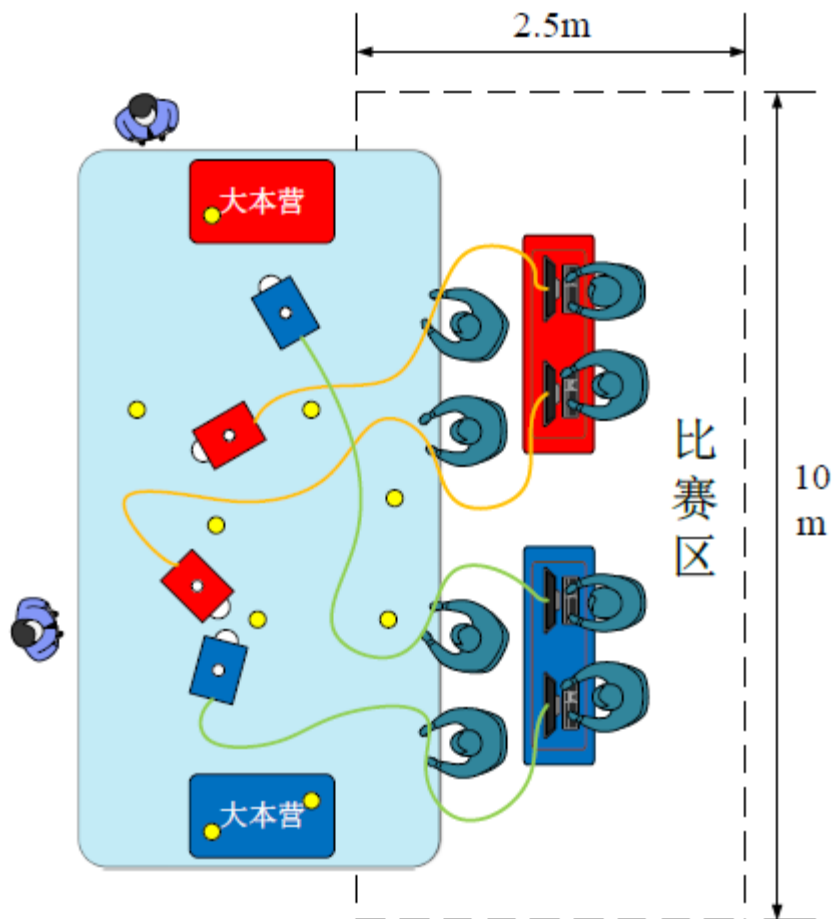


图 1. 比赛场地平面图

### 1.3 赛制及比赛规则说明

水下对抗赛项目采用淘汰赛制。

比赛规则

1. 参赛队最多可同时使用两台机器人参赛。
2. 机器人上需安装摄像头，比赛时间内操作手只能通过观看机器人传回的图像来操控机器人，不得直接观看水池。
3. 比赛开始前赛场中央区域随机布放 9 个矿石，比赛开始后双方首先夺取矿石，将抓取到的矿石放置于本方大本营内，当某一方大本营内同时出现 5 个或以上矿石时则认定该方获得夺旗资格，率先将对方大本营内的战旗拔出的一方获胜。

4. 比赛中允许双方去对方大本营内抓取矿石。当某一方获得夺旗资格后，如果该方拥有矿石数减少至 5 个以下并不影响该方夺旗资格。

5. 比赛时间 10 分钟，若比赛时间结束时双方均未夺取到对方战旗，则计算双方大本营内矿石数量，采集矿石多者获胜。

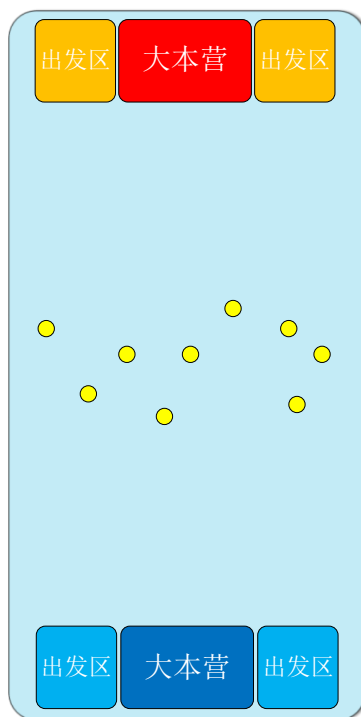


图 2. 赛场布置图示

具体竞赛过程如下：

1. 所有比赛场次开始前每队派出一名代表参加由裁判主持的简短会议，明确比赛规则，并抽签确定比赛分组及场次顺序。
2. 每场比赛开始前，工作人员根据图 2 布置赛场；
3. 每场比赛时间净时长为 10 分钟，相临比赛场次之间有 3 分钟的衔接时间，上一场次参赛队的退场和下一场次参赛队的进场及赛前准备须在衔接时间内完成；
4. 每队最多派出 4 名操作手和 2 名拖缆手参赛，赛前进入比赛区做好准备，非参赛队员不得参与或干预比赛；
5. 比赛开始前双方机器人均位于各自的出发区；
6. 裁判询问双方队长是否准备就绪，得到双方队长确认后，裁判下达比赛开始命令，同时计时人员开始计时，双方机器人下水，操作手控制机器人运

动。

7. 比赛中，双方可根据本队机器人性能及操作手技术特点制定战略，执行采集矿石、防御大本营或干扰对手等战术。

8. 当任一方战旗被拔出，或比赛时间走完，则比赛结束，由裁判根据规则判定获胜方。

#### 1.4 裁判规则

裁判负责时刻观察赛场情况并及时作出正确判决，以下规则为裁判判罚依据。

1. 比赛中双方机器人可互相阻挡对方，利用本方机器人与对方机器人的正面或侧面进行接触以干扰对方操作属于合理的对抗动作。

2. 使用机械手长时间（超过 10 秒）或频繁抓住对方机器人机身及脐带缆、从后方撞击对方机器人、故意用脐带缆缠绕或牵制对方机器人等恶意动作属于犯规行为。

3. 裁判对于犯规行为进行判定并提出警告，裁判有权根据犯规情况判定犯规方 1 个或 2 个机器人一定时长的出水判罚，判罚时长分 15 秒、30 秒、45 秒三档，由裁判根据犯规情况进行判罚。

4. 出水判罚流程为：出现犯规情况时裁判叫停比赛，计时人员停止计时，双方操作手停止操作，由裁判指出犯规方及犯规机器人，犯规方将裁判指定的 1 个或 2 个犯规机器人搬出水面，其余所有机器人保持原地不动，裁判声明比赛继续后，赛场内机器人可以继续开始动作，计时人员继续计时，并在达到裁判指定的判罚时长后提示犯规方将犯规机器人在出水处放回水中继续比赛。

5. 当比赛中出现由于非恶意动作导致的机器人行动受阻（如无意的线缆缠绕、机器人之间或机器人与道具之间产生勾连而无法自行脱离等情况）或道具大幅度易位（如机器人激烈对抗中将大本营推离原位置较远或将大本营顶翻等情况），裁判应叫停比赛并安排工作人员或参赛队员恢复赛场，恢复完毕后参赛双方将机器人在叫停时所在位置下水，裁判宣布继续比赛。

6. 如比赛中有机器人出现故障或需要调整，故障方可向裁判申请维修，获得裁判允许后可将机器人移出水面进行维修。维修期间比赛仍会继续计时，维修完成后机器人必须在己方出发区重新入水进行比赛。

7. 当任一方大本营内出现了 5 个或以上数量的矿石时，裁判应声明该方获得夺旗资格。

8. 当某一方获得夺旗资格后拔出对方大本营中的战旗，则比赛结束并判定该方获胜。

9. 如果某一方误将己方战旗拔出，或在未取得夺旗资格的情况下将任一战旗拔出，则比赛结束并判定对方获胜。

10. 当出现脐带缆缠绕战旗的情况，裁判应及时中止比赛，解除缠绕后恢复比赛。如果出现脐带缆或其他非机身部位将战旗拔出的情况，应判定该动作来自于提供动力一方。

### 1.5 其它说明

1. 比赛中所用的目标物、配件等都是示意图，原理相同，比赛时实际场地布置与物品的尺寸位置会有所偏差，请以实际比赛为准。赛前会根据实际竞赛进程适当安排练习时间。比赛规则解释权归组委会所有，如有争议进行协商解决，最终服从组委会安排与解释。

2. 每队参赛机器人不超过 2 台。机器人动力应来自水下推进器，不允许搭载动力轮或履带。如使用螺旋桨式推进器，要求配有导流罩，避免螺旋桨叶片直接暴露在外。

3. 机器人重量限制在 20kg 以内（不含脐带缆），在机械手闭合状态下机器人要能完全放置入 2m×1m×1m 尺寸的盒子中。

4. 比赛时每队最多可派出 4 名操作手和 2 名拖缆手参赛，其他队员不得进入比赛区域。

5. 为适应本项目对抗性较强的特点，参赛队应合理设计机器人，提高机身结构稳固性，并避免关键部件暴露在外。不允许参赛机器人搭载具有毁坏能力的部件，如大功率机械臂、尖锐物体等，以免对比赛道具及水池造成损坏。

## 2 比赛科目二 水下作业赛

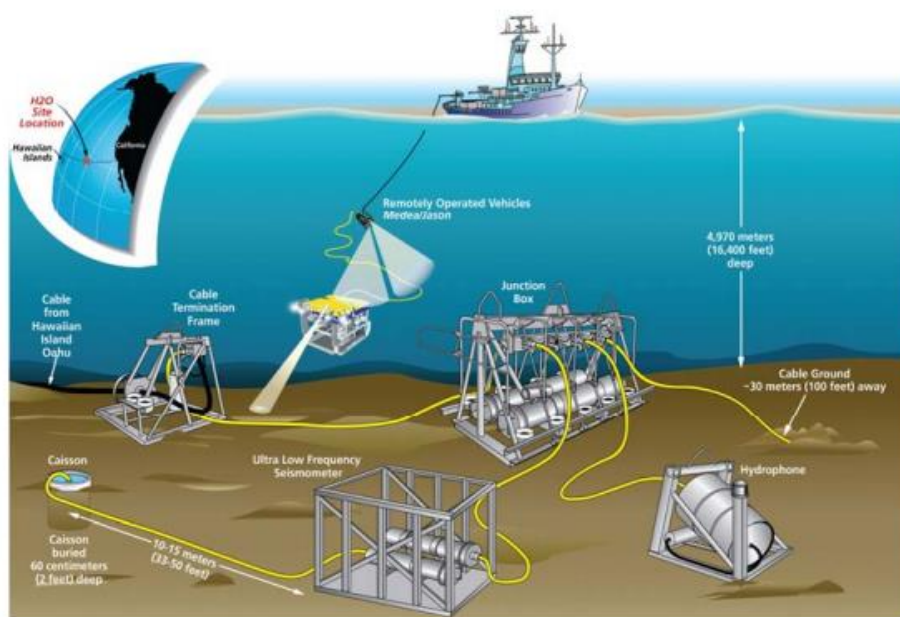
### 2.1 比赛目的

近年为增强深海资源调查和开发能力，执行中国大洋协会对深海热液矿藏附近生物基因以及极端环境下微生物的科学考察取样任务，由中国大洋协会支持

的“海龙号”ROV已于2008年5月在中国南海完成了3278米的深海试验，这在目前世界上只有极少数国家能够做到。2009年10月，“海龙号”ROV再传佳绩，首次使用ROV在东太平洋海隆区域观察到罕见的巨大“黑烟囱”，用机械手获取了热液“黑烟囱”样品，并搭载了部分大洋探测设备，获取了宝贵的资料。这一发现标志着我国成为国际上少数能使用水下机器人开展洋中脊热液调查和取样研究的国家之一。

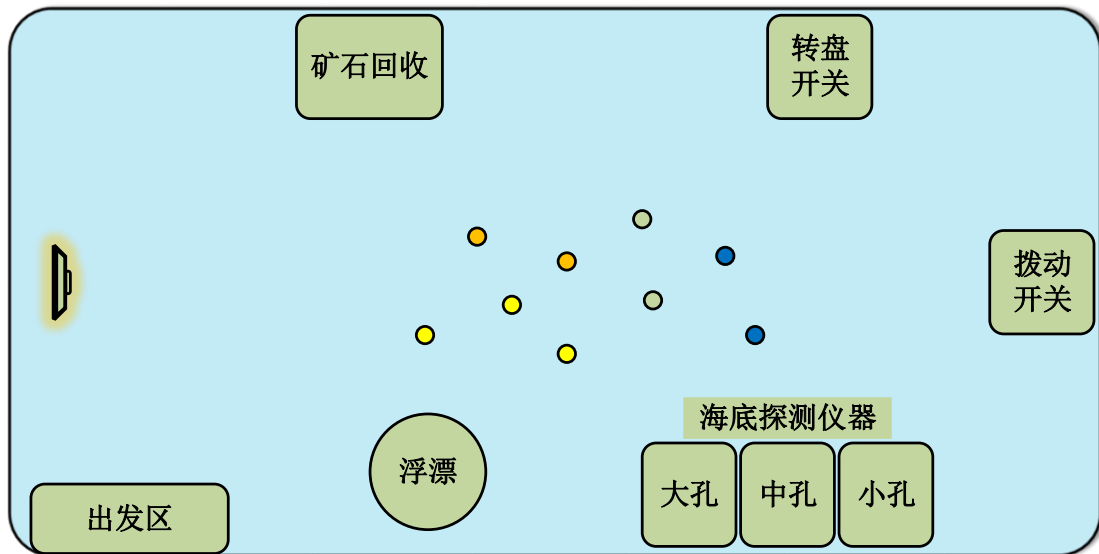
本次比赛主题为我国科研人员进行南海科学考察时，通过水下机器人ROV对海底水文情况、洋流流向、海底矿藏进行数据采集。ROV应负责将水下设备工作所需的供电、通信等设施从母船带至工作区域，与预先部署在工作区域的考察设备相连接，并进行部署，以保证考察工作的顺利进行。

每个参赛队最多由2名指导教师和10名参赛队员（其中1名队长）组成，每次比赛只允许派出1个机器人参赛。



## 2.2 比赛场地及所需物料

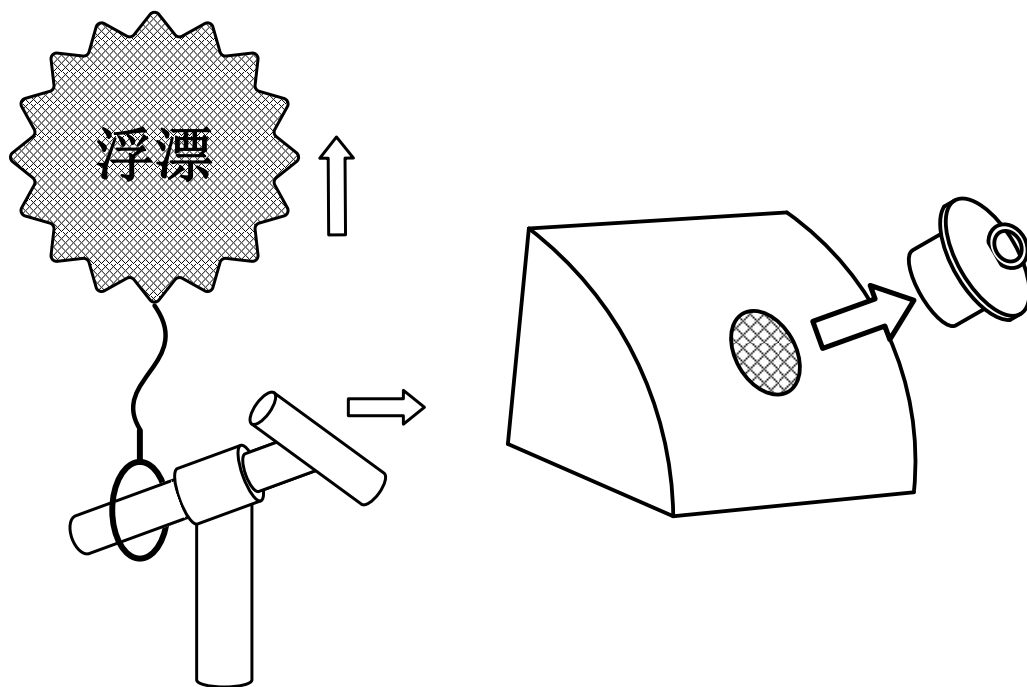
比赛场地大体为7.5m×3.5m大小的支架泳池，水深1-1.3米，水池内道具布置如下图所示。



1. 浮漂为直径约 20cm 的球形，距水底高度约为 60cm。
2. 矿石由彩色高尔夫球充当，直径约 42mm，重量约 50g，密度大于水。

说明：场地及目标物的布放以现场实物为准

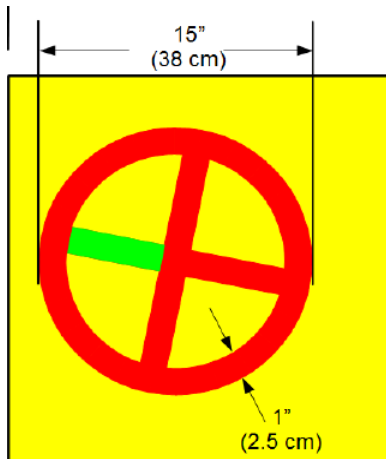
水底的各种道具示意图片如下：



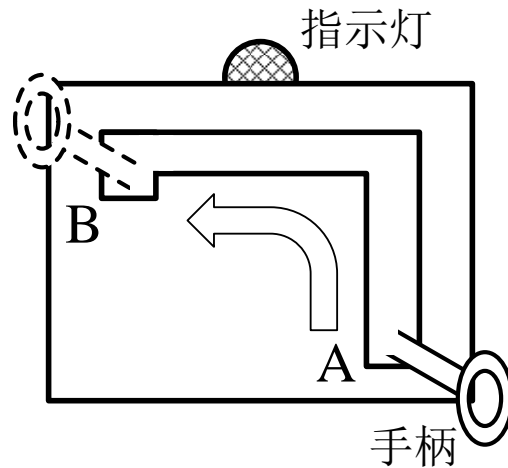
(a) T形插头及浮漂

(b) 海底探测器之一

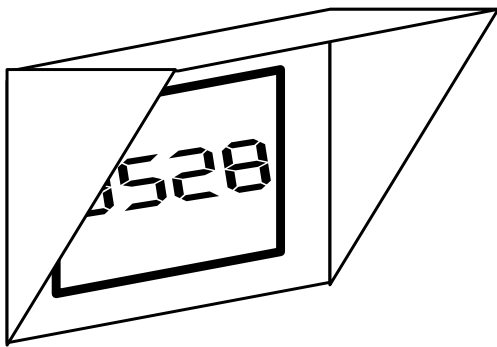




(c) 转盘开关



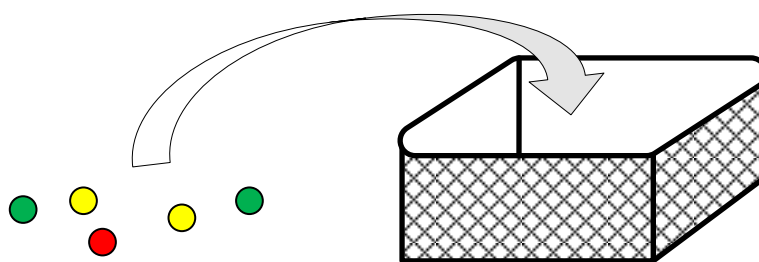
(d) 拨动开关



(e) 显示屏



(f) 矿石



(g) 矿石及回收处

### 2.3 赛制及比赛规则说明

水下作业赛项目采用排位赛制，所有参赛队按照得分进行成绩排名。

比赛中参赛队靠完成一系列任务获得相应分数，具体任务如下：

1. 拔出 T 形插头 (道具 a) ————— 20 分
2. 释放浮漂 (道具 a) ————— 10 分

3. 去掉海底探测仪器连接箱上盖（道具 b）—————20 分
4. 插头插入探测仪器相应接口（道具 b）
  - 插入大孔 —————10 分
  - 插入中孔 —————30 分
  - 插入小孔 —————50 分
5. 将旋钮开关转动 180 度（道具 c）————— 50 分
6. 将拨动开关的手柄从 A 点拉动至 B 点（道具 d）—————50 分
7. 任务 6 中手柄到达 B 点时开始计时，指示灯亮起，同时赛场另一端显示屏（道具 e）开始按顺序显示字符，共显示三个字符组合，每个字符组合持续 20 秒，操作手完成任务 6 后尽快控制机器人到达显示屏处观察字符组合，记录观察结果并提供给裁判。
  - 观察到第一组字符组合—————60 分
  - 观察到第二组字符组合—————40 分
  - 观察到第三组字符组合—————20 分
8. 每采集到一块矿石（道具 f）并将其送到回收处（道具 g）获得 10 分。判断得分以比赛结束时电梯上的矿石个数为准。  
矿石由志愿者现场随机投放位置不限。

#### 2.4 裁判规则

1. 每队仅允许 2 名操作手及 1 名拖缆手参加比赛，非比赛队员不得参与比赛。
2. 每队进行比赛的顺序是在该天比赛开始前由抽签决定。
3. 每支参赛队伍有 5 分钟的准备时间，10 分钟的比赛时间，5 分钟退场时间。
4. 裁判员发出比赛开始命令，参赛队将 ROV 放入水中，ROV 自动寻找目标物并撞击指定颜色目标物，随即开始手动完成比赛任务。手动进行比赛任务时，操控员看着面前显示器来控制 ROV，脐带电缆操作员可站在池边调整电缆，但不得操控电缆干预机器人正常操作，每次犯规会被扣 10 分。机器人控制人员要背向水池，不可以直接目视或由别人提示控制机器人。
5. 5 分钟的离场时间在 10 分钟任务时间一结束就开始计时，不论 ROV 在哪

里或何种状态。

6. 10 分钟比赛任务进行期间，竞赛中如机器人有损坏或需要调整，参赛队可以按需要进行维护、上岸调整而不会被扣分，但计时仍会继续进行。每次上岸调整、维修后，机器人必须在出发区重新释放。

7. 由参赛队员造成的 ROV 在裁判员开始命令前下水的，ROV 重新从出发区下水，所花费的时间计入总时间，重新下水前所得分数作废。

8. ROV 完成任务后应依靠自身动力返回，参赛队员不应将手伸至水面以下，除非裁判特许。

9. ROV 完成任务期间的任何时刻队长都可以宣布任务结束并要求收回 ROV。

10. 如果 ROV 遭受到主办场地的设备、线缆或者其他潜水设备的影响，队长此时可以要求计时结束，ROV 可返回，同时裁判将估算此情况下所导致的时间浪费，并将其算入比赛时间里。如果队长没有在合适的时间段内提出这个要求，那么此机会将丧失。不过，因场地灯光或者目标物等的冲突不合此项要求。

## 2.5 其它说明

1. 比赛中所用的目标物、配件等都是示意图，原理相同，比赛时实际场地布置与物品的尺寸位置会有所偏差，请以实际比赛为准。赛前会根据实际竞赛进程适当安排练习时间。比赛规则解释权归组委会所有，如有争议进行协商解决，最终服从组委会安排与解释。

2. 机器人动力应来自水下推进器，不允许搭载动力轮或履带。如使用螺旋桨式推进器，要求配有导流罩，避免螺旋桨叶片直接暴露在外。不允许参赛机器人搭载具有毁坏能力的部件，如大功率机械臂、尖锐物体等，以免对比赛道具及水池造成损坏。

3. 机器人重量限制在 20kg 以内（不含脐带缆），在机械手闭合状态下机器人要能完全放置入 2m×1m×1m 尺寸的盒子中。

4. 比赛时每队最多可派出 2 名操作手和 1 名拖缆手参赛，其他队员不得进入比赛区域。

### 3 比赛科目三 水中巡游赛

#### 3.1 比赛目的

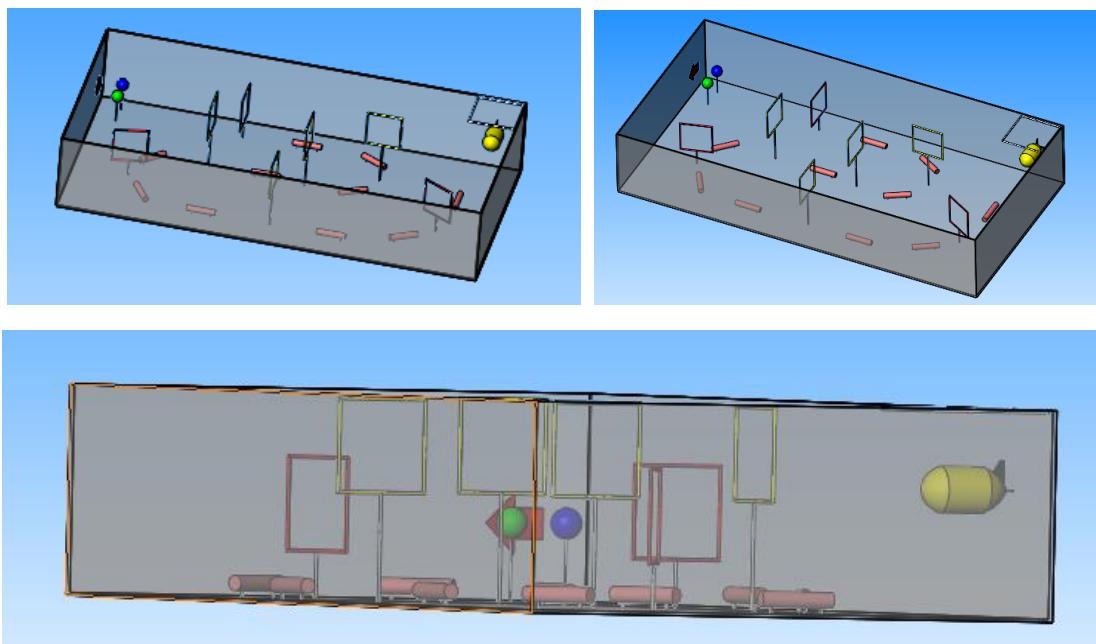
水中巡游项目为了提高广大同学对海洋技术的兴趣，并且针对该项目可以对同学的自动化技术、软件技术、模式识别技术、团队协作能力等进行锻炼与提高。

该比赛主要是通过程序实现让机器人自主地在一个  $7.3\text{m}\times 3.66\text{m}$  的水池中进行的三维运动，沿着池底的引导线路运行，并穿过高低门最终达到终点撞击指定的球比赛结束。最终用时最短的团队获胜。

每个参赛队最多由 2 名指导教师和 10 名参赛队员（其中 1 名队长）组成，每次比赛只允许派出 1 个机器人参赛。

#### 3.2 比赛场地及所需物料

1. 比赛场地为尺寸为  $7.3\text{m}\times 3.66\text{m}$  的支架泳池，水深 1.3 米。如图所示



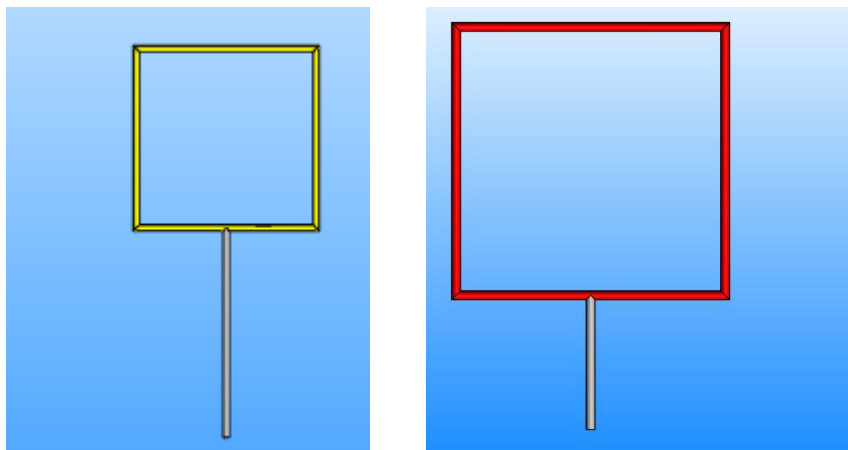
2. 引导线

引导线为 PVC 管材。喷涂橘红色。指引机器人按规定路径运动。如图该引导线直径约  $100\text{mm}$ ，沉在池底。引导线在整个路径上连续摆放。



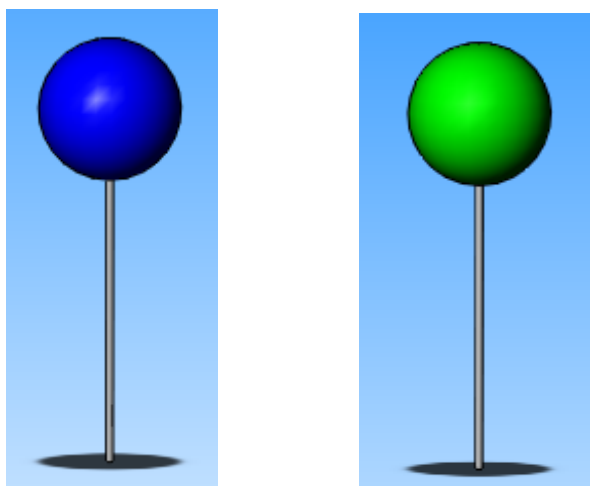
### 3. 得分门

得分门大小约为  $600\text{mm}\times 600\text{mm}$ ，分高低两种，其中高门中心距池底高度约  $800\text{mm}$ ，低门距池底约  $400\text{mm}$ 。



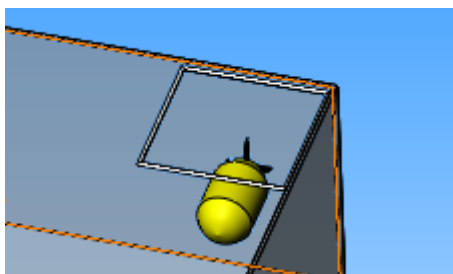
### 4. 撞击球

撞球分蓝绿两色，半径约  $100\text{mm}$ ，距池底高约  $600\text{mm}$ 。



### 5. 出发区

出发区框浮于水面，尺寸约  $800\text{mm}\times 800\text{mm}$ 。



### 6. 场地环境

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。

比赛场地周围的照明等级为一般室内状况。参赛者在比赛期间有时间了解周围的灯光等级及标定机器人。在正式比赛前调试设定后，比赛的照明将不会再调整来满足个别参赛者的要求。参赛者应意识到现场的照相机、摄像机和比赛场地周围采用的高压钠灯等，设计者应采取措施避免这些光源对机器人的影响。

注：以上尺寸可能存在一定误差，组委会会将该误差保证在合理范围内，最终解释权归组委会所有。

### 3.3 赛制及比赛规则说明

水下作业赛项目采用排位赛制，所有参赛队按照得分进行成绩排名。

比赛中参赛队靠完成一系列任务获得相应分数，具体说明如下：

1. 池中有两种门，分别是高 800mm 和高 400mm 的交替出现的门。图中门的摆放仅供参考，比赛时根据实际情况摆放进行调试。

2. 过门的时候如果顺利从门中间通过且与门无摩擦得 200 分，如果与门有摩擦得 100 分。

3. 比赛开始时间以裁判员吹哨时间为准，队员将机器人在出发区释放进水中开始进行比赛。

4. 比赛结束是以机器人撞击终点球结束。终点球有两个，比赛前由参赛队抽签决定撞击终点球颜色。撞击正确终点球得 1000 分，撞击错误得 500 分。撞击未成功，机身挂碰终点球不计分并且比赛继续直到艇头撞击成功或比赛时间到 15 分钟为止。

5. 如果 15 分钟仍未完成比赛则比赛结束，按以上得分累加计分。

6. 比赛分数相同的队伍则按用时最短的队伍获胜。

7. 如遇特殊情况仍未分出胜负则加赛一场。

8. 机器人放入水中后所有动作需使用视觉、声学等方式识别目标物自主完成，否则不得分，由裁判根据实际情况判定。

### 3.4 裁判规则

1. 非比赛队员不得参与比赛。

2. 每队进行比赛的顺序是在该天比赛开始前由抽签决定。

3. 每支参赛队伍有 5 分钟的准备时间，15 分钟的比赛时间，5 分钟退场时

间。

4. 裁判员宣布比赛开始，参赛队将机器人放入水中，调试电缆必须与机器人脱离，机器人开始自主完成任务。比赛过程中，机器人的任何一个部位露出水面，比赛即刻停止，当前得分计为总得分。

5. 5 分钟的离场时间在 15 分钟任务时间一结束就开始计时，不论机器人在哪里或何种状态。

6. 15 分钟比赛任务进行期间，如机器人有损坏或需要调整，参赛队可以按需要进行维护、上岸调整而不会被扣分，但计时仍会继续进行。

每次上岸调整、维修后，机器人必须在出发区重新释放，此后再次通过已经得过的门不再重复计分。

7. 机器人完成任务后应依靠自身动力返回，参赛队员不应将手伸至水面以下，除非裁判特许。

8. 机器人完成任务期间的任何时刻队长都可以宣布任务结束并要求收回机器人。

### 3.5 其它说明

1. 比赛中所用的目标物、配件等都是示意图，原理相同，比赛时实际场地布置与物品的尺寸位置会有所偏差，请以实际比赛为准。赛前会根据实际竞赛进程适当安排练习时间。比赛规则解释权归组委会所有，如有争议进行协商解决，最终服从组委会安排与解释。

2. 机器人动力应来自水下推进器，不允许搭载动力轮或履带。如使用螺旋桨式推进器，要求配有导流罩，避免螺旋桨叶片直接暴露在外。