

第四届世界大学生水下机器人大赛

比赛规则

目录

一、AUV 赛道比赛规则	2
1. 大赛简介	2
1.1 自主式水下机器人 (AUV)	2
1.2 场地介绍	2
1.3 比赛要求	2
1.4 比赛流程	3
2. 比赛背景	4
3. 比赛任务	4
3.1 深海基站准入认证	4
3.2 管道巡查	6
3.3 水下作业	7
3.4 样本采集与自主返航	8
4. 评分规则	11
二、ROV 赛道比赛规则	12
1. 大赛简介	12
1.1 无人遥控水下机器人 (ROV)	12
1.2 场地介绍	12
1.3 比赛要求	12
2. 比赛背景	13
3. 比赛任务	13
3.1 饲料投放	13
3.2 回收网箱	14
3.3 海螺捕捞	16
3.4 精准作业	17
3.5 比赛结束	19
4. 评分规则	20
三、创意概念赛道	21
1. 参赛要求	21
2. 比赛规则	21
2.1 比赛流程	21
2.2 评分细则	21

AUV 赛道比赛规则

1. 大赛简介

1.1 自主式水下机器人 (AUV)

自主式水下机器人 (Autonomous Underwater Vehicle, AUV) 是水下机器人的主要类别之一, 集成了控制器、传感器、计算机软件、能源, 具备自主感知和智能决策能力。实现自主航行的同时, 可执行大范围航行探测任务, 如海洋航测、目标搜寻、海底勘探等。

本次比赛考察水下机器人的水下综合自主控制能力, 评判 AUV 的环境感知、目标识别、自主决策、运动控制、任务执行等多方面综合能力。

1.2 场地介绍

比赛场地为室内泳池。场地长度约为 20 米, 宽度约为 8 米, 水深度范围约为 1.3m-1.6m。比赛场地布置如图所示。

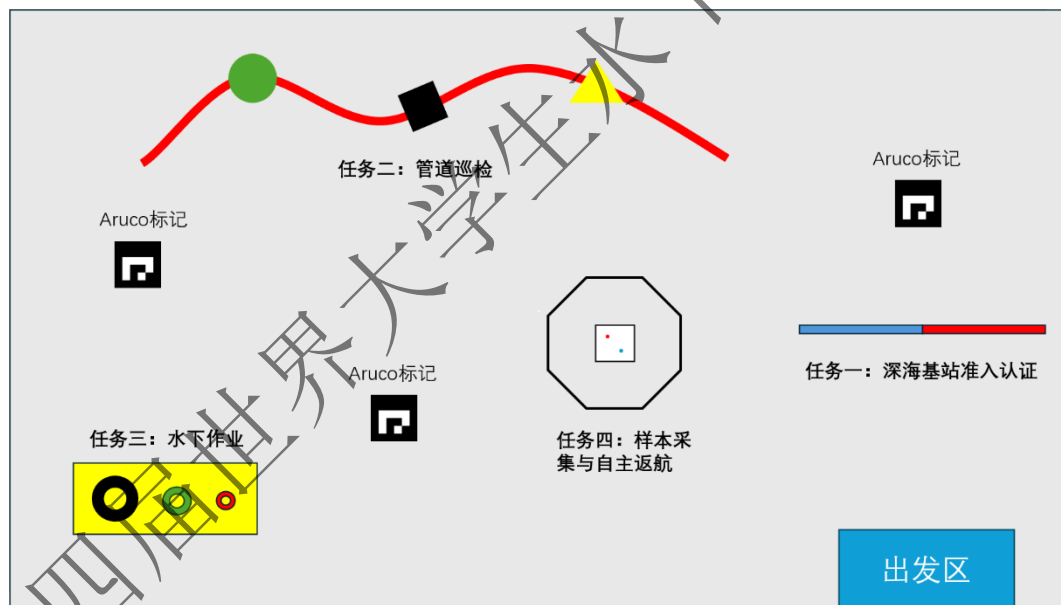


图1. 比赛场地布置示意图

1.3 比赛要求

1. 机器人数量: 1 台
2. 机器人尺寸: 机器人可以放进 $1\text{m} \times 1\text{m} \times 2\text{m}$ 的长方体中。
3. 机器人电源: 仅限于电池供电, 不可使用 220v 供电, 电池电压不得超过 72V。
4. 机器人安全: 每台机器人都需安装一个稳定可靠的安全 (急停) 开关, 位

于机器人外部醒目的位置,潜水员可以轻易的操作,用于紧急情况时的系统停机,停机后所有的推进器都需要停止。

5. 比赛过程中,除了比赛所需投掷的道具,不可丢弃任何物体进入水池中。在比赛过程中不能有油液等污染物渗漏。

6. 比赛过程中,AUV 必须保证完全自主运行,参赛队伍不能以任何装置触及池水,不可使用任何无线通讯装置对机器人进行遥控控制。

1.4 比赛流程

1. 比赛总时间为 30 分钟,10 分钟为调试准备时间,20 分钟为比赛时间。参赛队宣布开始比赛,裁判开始 20 分钟计时。AUV 需要在比赛开始后 10 分钟内过门,获得比赛资格,方可继续执行后续任务,否则本轮比赛视为弃权。

2. 比赛时间 20 分钟内最多可进行三次尝试。如果参赛队员对本次尝试不满意,可随时终止本次尝试。当参赛队员宣布终止本次尝试时,由工作人员打捞机器人,此时 20 分钟的计时仍然继续。若参赛队选择进行再一次尝试,则本次获得的分数保留,工作人员将机器人交与参赛队员。参赛队再次宣布开始比赛,同时 20 分钟计时继续。多次尝试取最高分。

3. 比赛过程中 AUV 仅可以在上浮框中浮出水面,完成任务。此外,机器人任何部分露出水面视为终止本次尝试。

4. 参赛队可指定一名参赛队员与裁判进行沟通,在赛前进行抽签,在赛中可与裁判沟通停止比赛。注意:其他队员与裁判的沟通可能被视为扰乱赛场。

5. 机器人发生以下状况之一,将视为该次尝试结束。由工作人员打捞机器人,参赛队可选择进行再一次尝试。

- 1) 在上浮框外,机器人任意部位露出水面;
- 2) 指定参赛队员主动要求停止尝试;
- 3) 上浮框内浮出水面保持 3 秒,完成任务。

2. 比赛背景

“深海一号”是中国自主研发建造的全球首座十万吨级深水半潜式生产储油平台，是中国海洋工程建造领域的集大成之作。2021 年 6 月 25 日上午 10 时 30 分许，随着水下机器人顺利开启 1500 米深水下油气阀门，油气通过水下管汇进入生产处理系统，海面火炬点燃，我国自营勘探开发的首个 1500 米超深水大气田“深海一号”正式投产。

本次比赛将模拟“深海一号”各种工作任务，比赛任务包括过深海基站准入认证、管道巡检、水下作业、样本采集与自主返航等，水下 Aruco 标记将帮助引导 AUV 完成所有任务；声学信标也可以引导 AUV 完成最后任务。

3. 比赛任务

任务顺序说明：

机器人需完成第一大项任务后才可继续执行后续任务，后续任务顺序可由各参赛队自行决定。

3.1 深海基站准入认证

机器人在进入“海基一号”深水导管架前需要进行安全测试。机器人将通过资格赛门以确保其性能和安全性，机器人还可以通过自转来模拟遭受南海内波流冲击后的稳定性。经过测试合格的机器人方可继续完成其他任务。

3.1.1 道具说明

资格赛方形大门由红色和蓝色的 PVC 管连接而成，中间被白色 PVC 管一分为二。其总长度约为 3 米，总高度约为 1.3 米，蓝色旋转方向指引标 CCW 在一侧，红色旋转方向指引标 CW 在另一侧。具体尺寸与形状如下图所示。

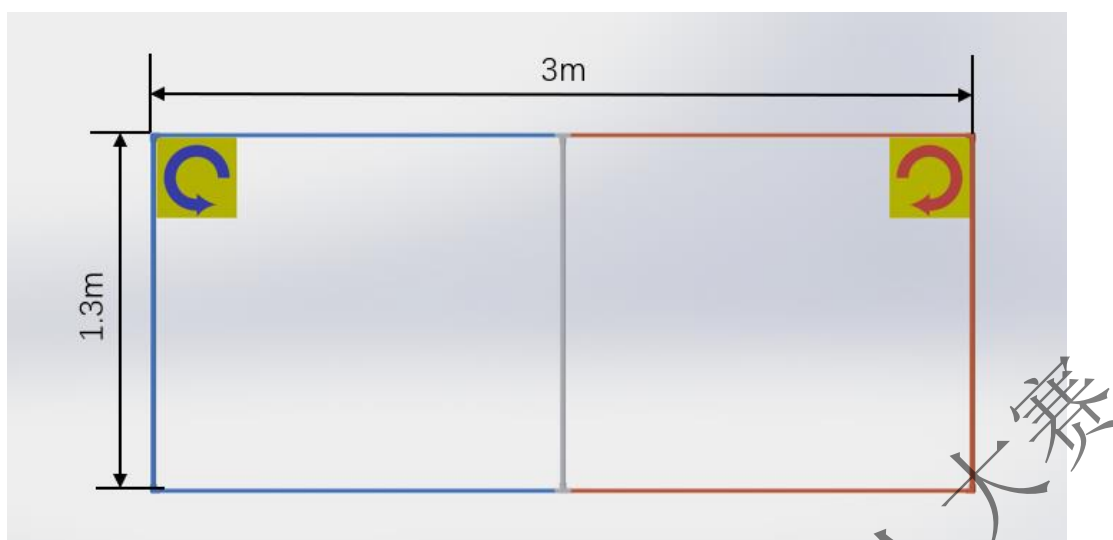


图2. 资格赛大门（正视图）

场地内每个任务之间有不同的 Aruco 标记（如图所示）用手机机器人的定位和定向使用。例如资格赛大门后的 Aruco 标记的方向指明了管道巡查任务的方向。

Aruco 标记板的大小为 400mm×400mm，旋转角度范围为 -180° 至 $+180^{\circ}$ 。其摆放位置如下图所示。（后文不做陈述）

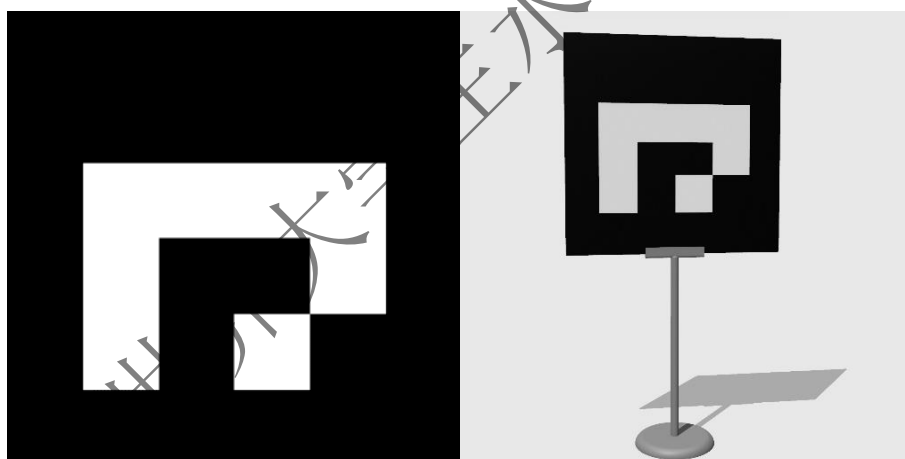


图3. Aruco 标记及其摆放方式

3.1.2 规则解释

在比赛开始前，会通过抽签方式决定颜色。该颜色即为参赛队应过门颜色以及对应旋转方向，同时该颜色即为上浮任务应取样本颜色。

AUV 在启动区域内完成下潜，开始执行任务，先从资格赛门内通过，并开始计分，若未通过资赛门，则不予计分。

本任务得分包括基础分以及挑战分，其中机器人完成过门即可获得基础分并获得资格。

挑战分-花式过门：机器人可在过门的同时朝该门指定方向旋转 1 周。包括

水平旋转（z 轴）和横滚/俯仰旋转（x 轴或 y 轴），每旋转 90°可以获得一定分值，但反向旋转会将分数扣回，旋转 1 周获得满分。

机器人旋转方向的界定：将图 2 视为资格赛大门的正视图，裁判员从大门的正视图、左视图和俯视图方位来判定机器人旋转方向。

注：水平旋转—5 分/90°，最高 20 分；横滚/俯仰旋转—10 分/90°，最高 40 分。从水下穿过门就可以获得基础分和后续项目的比赛资格。

3.2 管道巡查

水下油气管道长期受海水侵蚀和洋流冲击，在不同位置会遭受到不同程度上的损坏，需要定期巡检。有些需要及时修补，有些需要及时更换。以此为目标，机器人需沿着海底油气管道巡检并在不同的任务点完成相应的任务。

3.2.1 道具说明

海底管道如下图所示，共分为 4 段，管道颜色为红色，内径为 50mm，长度 5-10m。水下机器人需依次经过三处任务点，并完成相应位置完成相应操作。不同任务点形状、颜色均不同。

道具参数如图所示。

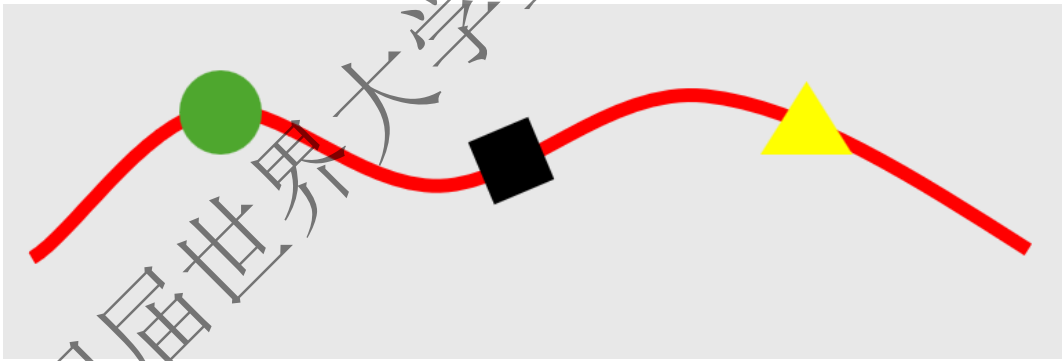


图4. 海底管道示意图

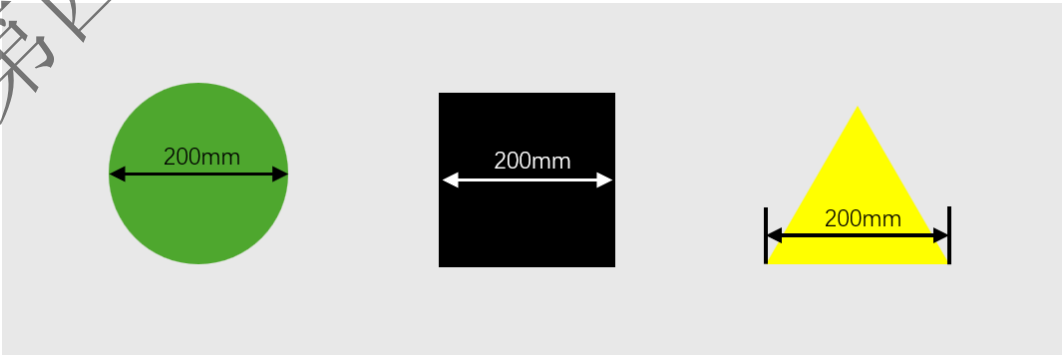


图5. 任务点示意图

3.2.2 规则说明

机器人需按顺序完成管道寻检和任务点任务，每段管道和每个任务点都有得分。

任务点任务描述：

- 黄色三角形：机器人需水平旋转一周完成巡视。
- 黑色正方形：机器人需要有一个外置能被轻易看到的 LED 灯，在黑色正方形处机器人需要亮红灯。
- 绿色圆形：机器人任意部位触碰传感器并亮绿灯。

如果机器人在巡线或者尝试任务点任务过程中，机器人投影离开管道，则视为该项任务结束。AUV 进入管道巡查任务后，在探测到黑色正方形和绿色圆形任务点之前机器人不能亮红、绿灯，否则将无法获得对应任务点得分。

比赛时三个任务点随机摆放，每一轮摆放顺序相同。

3.3 水下作业

“海基一号”深水导管架需安装阀门插销以开启油气管道。机器人在下水前携带一个水下阀门的插销，将其插入在基架上的插孔以开启水下油气阀门。

3.3.1 道具说明

三个插孔的尺寸为 50mm、100mm、200mm。孔外一周有圆环标记（颜色如图所示），圆环宽度为 20mm。插孔所在平面垂直于水平面。基架大致尺寸形状如图所示。

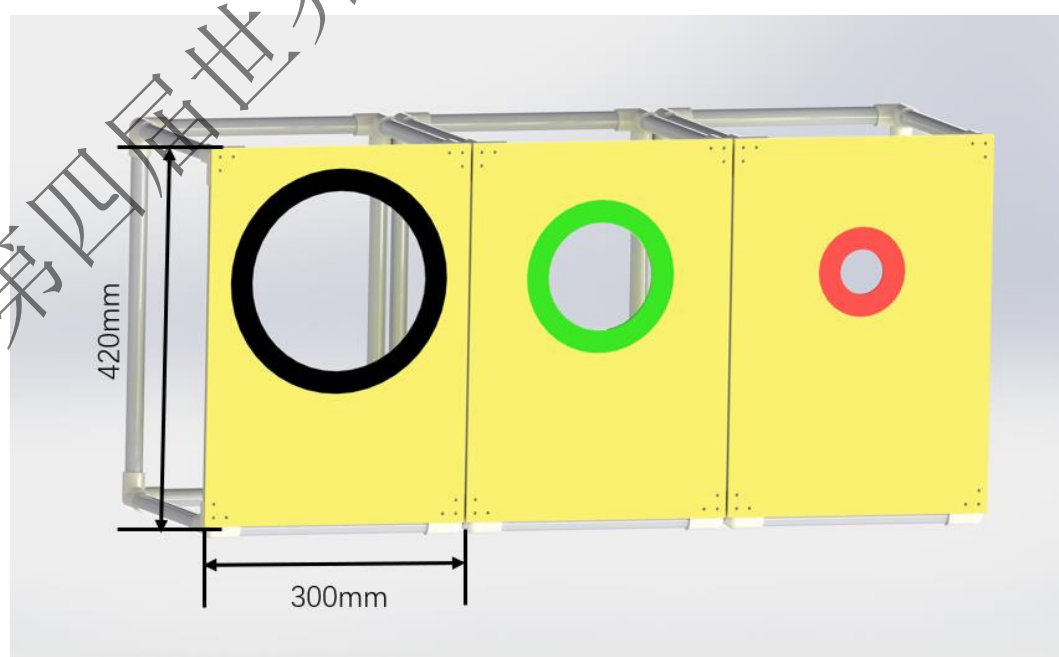


图6. 基架示意图

水下阀门插销为 T 型 PVC 管。尺寸形状如下图所示。

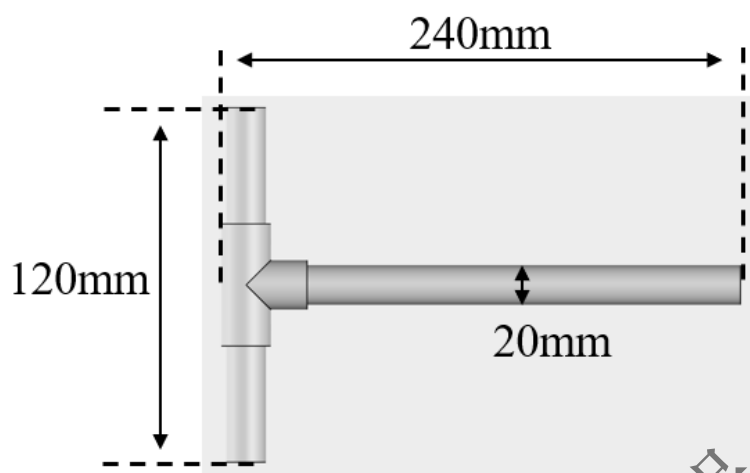


图7. 水下阀门插销示意图

3.3.2 规则说明

AUV 根据 Aruco 标记引导，抵达基架位置。将比赛开始之前，经过主办方检验合格的由 AUV 携带的水下阀门的插销，成功插入孔内并释放插销，完成阀门开启，获得分数。

插销插入不同的孔内获得分数不同。若插入失败，机器人可将其自主捡起，再次尝试。

评判标准：以结束时插销状态为准。

若插销从孔中穿过，掉落至道具后方，视为成功开启阀门。

若插销插入后，被机器人带出或因其他情况掉落至道具前方，则视为未成功开启阀门，任务失败。

3.4 样本采集与自主返航

为避免采油平台在工作过程中对附近生态环境造成破坏，需定期采集平台附近海水样本，以检测水体成分。机器人在完成一系列水下任务后，需携带样本并通过上浮框返回平台。

3.4.1 道具说明

上浮框是由 8 根长度约为 620mm 的 PVC 管组成的正八边形。

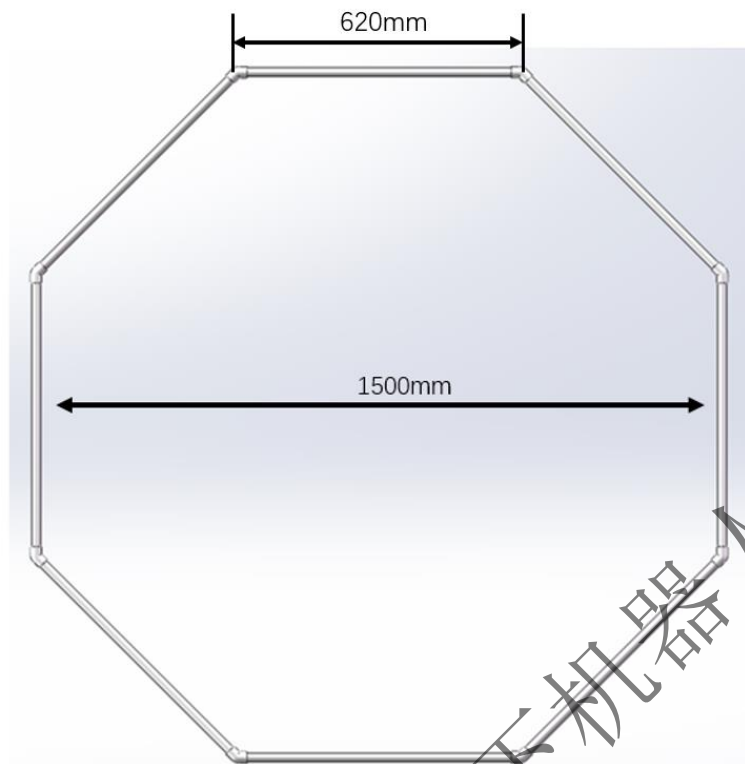


图8. 上浮框示意图

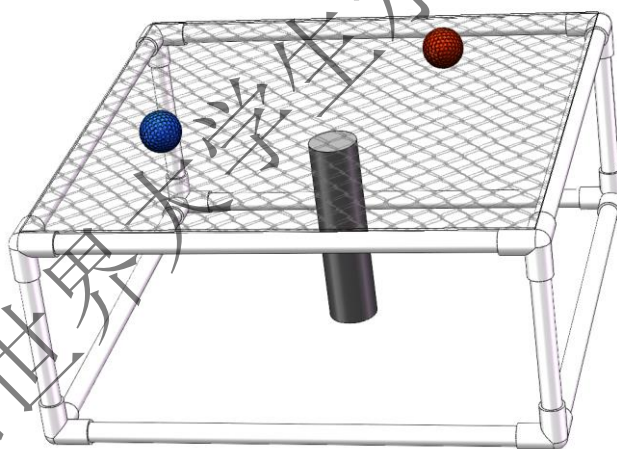


图9. 样品台与信标示意图

位于八边形中心附近地面上的一个 37.5kHz CW 信号声信标引导机器人执行该项任务。

位于八边形中心地面的是样品台，样品台上有 2 种不同颜色的样品，即红色高尔夫球和蓝色高尔夫球。

3.4.2 规则说明

机器人需要根据声学或视觉引导，到达任务地带。采集并携带正确颜色（过门时的颜色，即赛前抽取的颜色）的样本并从上浮框中浮出，完成任务。

机器人从框中浮出，任意部位露出水面，保持至少 3 秒，且机器人携带正确颜色的样本，并未触碰上浮框，则获得全部分数。

机器人上浮过程中触碰到浮框、机器人携带错误颜色样本，只能获得少量分数。

若机器人在上浮过程中，样本脱落，且机器人任意部位未浮出水面，则可再次尝试采集样本。

若机器人在水面保持 3 秒时间内，样本脱落，则视为未携带样本上浮。

若机器人携带正确、错误两个样本上浮，则视为未携带样本上浮。

上述图片仅供参考，比赛以实物为准。

最终解释权归大赛组委会所有。

第四届世界大学生水下机器人大赛

4. 评分规则

成功完成第一个任务获取资格后，方可进行后续任务。其余任务需按顺序完成，但可以跳过。

相同分数的队伍，用时短者获胜。时间相同，质量轻者获胜。

任务	分数	最大分数
任务 1: 深海基站准入认证		60 分
通过正确颜色大门	+20	20
通过错误颜色大门	+10	
花式过门: n 个 90°	$+5/10n$ ($n \leq 4$)	40
任务 2: 管道巡检		200 分
巡检 4 段管线	+20/段	80
完成任务点任务	+40/个	120
任务 3: 水下精准定位与作业		300 分
水下探测器安装在小, 中, 大 基架上	+300/+150/+50	300
任务 4: 样本采集与自主返航		240 分
正确颜色样本	+120	120
错误颜色样本	+60	
浮圈且未碰触到圈	+120	120
浮圈但碰触到圈	+60	
总分数		800 分

R0V 赛道比赛规则

1. 大赛简介

1.1 无人遥控水下机器人 (ROV)

无人遥控水下机器人 (ROV)，也称为水下无人机，是一种应用于水下极限作业的机器人，可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。其由脐带缆提供动力，由母船的工作人员操纵，通过水下电视、声纳等专用设备进行观测，多以机械手，进行水下作业。

本次比赛考察水下机器人的水下综合作业能力，包括通过水下机器人 ROV 维护海产养殖、回收网箱数据、收集海洋生物、开启海底探测等。

1.2 场地介绍

比赛场地为室内游泳池，水深约为 1.3 米-1.6 米，池底略微倾斜，非水平。场地长度约为 10m，宽度约为 5m。场地布置如图所示。

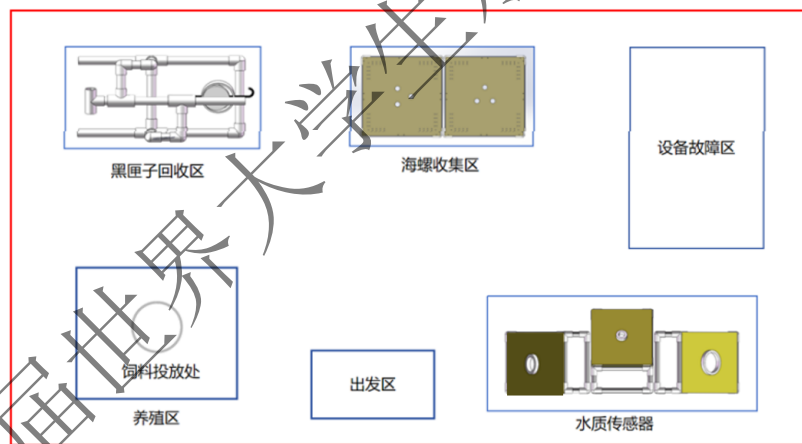


图1. 比赛场地布置示意图

1.3 比赛要求

1. 机器人数量: 1 台 (不得使用履带行走，以免破坏比赛场地)
2. 机器人空气中基准重量不超过 25kg (脐带缆重量不计算在内)，否则将不允许参赛。
3. 机器人尺寸: 在机械手收缩的状态下，机器人要能放置入 1m×1m×2m 的长方体中。

4. 控制器操作人数：最多 2 名。且必须是本参赛队成员，每名操作手只能代表一个参赛队上场。

5. 脐带操作人数：最多 2 名。

6. 比赛时间：10 分钟，调试时间 5 分钟，10 分钟以内只有一次机会完成任务。

7. 控制器操作人员：在指定位置就坐，操作过程中不能看到在水池中的机器人，可与裁判沟通询问时间，申请停止比赛等。

8. 比赛过程中，除了比赛所需投掷的道具，不可丢弃任何物体进入水池中。在比赛过程中不能有油液等污染物渗漏。

2. 比赛背景

海南省是中国最大的东风螺养殖基地，其沿海水域因水温适宜、盐度稳定、浮游生物丰富，成为东风螺规模化养殖的理想区域。近年来，随着养殖密度增加和气候变化影响，养殖场面临水质恶化、设施损毁、生态失衡等问题。为推进智能化养殖技术应用。

本届比赛以海南省儋州市典型东风螺养殖场为原型，模拟真实场景中的关键作业环节，要求参赛 ROV 完成饲料精准投放、台风后设施抢修、养殖区生态维护及智能监测设备部署等任务，助力绿色、高效的水产养殖管理。

3. 比赛任务

任务顺序说明：

各大项任务完成顺序可由各参赛队自行决定。各大项任务不可穿插着执行，需完成一项大任务后才可开始执行下一项大任务。如某大项任务中子任务未全部完成而开始执行其他大任务，即视为放弃执行上一项大任务中未完成的子任务，如后续再返回执行之前未完成的子任务，所得分数无效。大任务中的子任务完成顺序可由各参赛队自行决定。

3.1 饲料投放

东风螺对饲料分布和水质敏感，过度投喂易导致残饵堆积、氨氮升高。ROV 需定时更换饲料容器，并实时监测水温以优化投喂策略。

参赛队员操作机器人，将原有空饲料容器取出并交给脐带操作人员，然后从

脐带操作人员处获取新饲料容器，将新饲料容器投放到养殖区内。参赛队机器人在放置饲料的同时测量养殖区框内水温，测量需要使机器人位于养殖区范围内，测量时温度需要以摄氏度的形式显示在操作手的屏幕上，操作手需要主动向裁判示意，裁判读取并记录温度。

养殖区约为边长为 1m 的正方形。饲料投放处为直径 150mm，高 150mm 的圆柱，放置在池底指定位置。

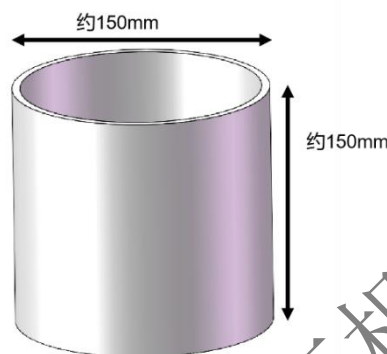


图2. 饲料投放处示意图

饲料容器为 500mL 塑料瓶，瓶中装有饲料（配重），旧饲料容器在空气中重力略大于 5N（在水中表现为微弱负浮力），新饲料容器在空气中重力为 10N，饲料容器如图所示。



图3. 饲料容器示意图（未配重、某 500mL 瓶）

3.2 回收网箱

海南省年均遭遇 3-4 次台风，网箱浮标易被巨浪冲毁。ROV 需快速回收关键数据（黑匣子），并重新固定安全绳防止网箱漂移。

有一个损坏网箱的黑匣子（尾部有绳，且带有一定正浮力）需要机器人回收，参赛队操控机器人需要取出存放数据的黑匣子与网箱间的连接器与插销，然后将

黑匣子送回脐带操作人员处，最后从脐带操作人员处获得安全绳，将安全绳的卡扣卡在网箱上。

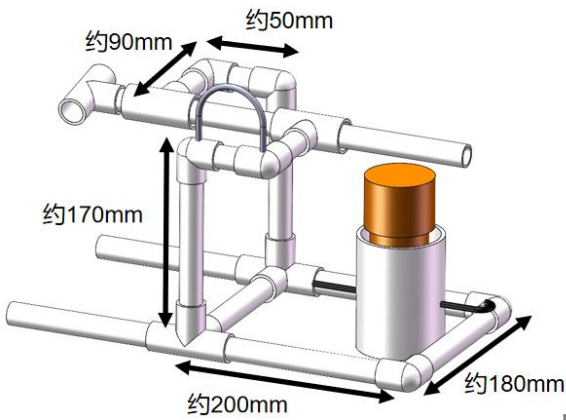


图4. 网箱

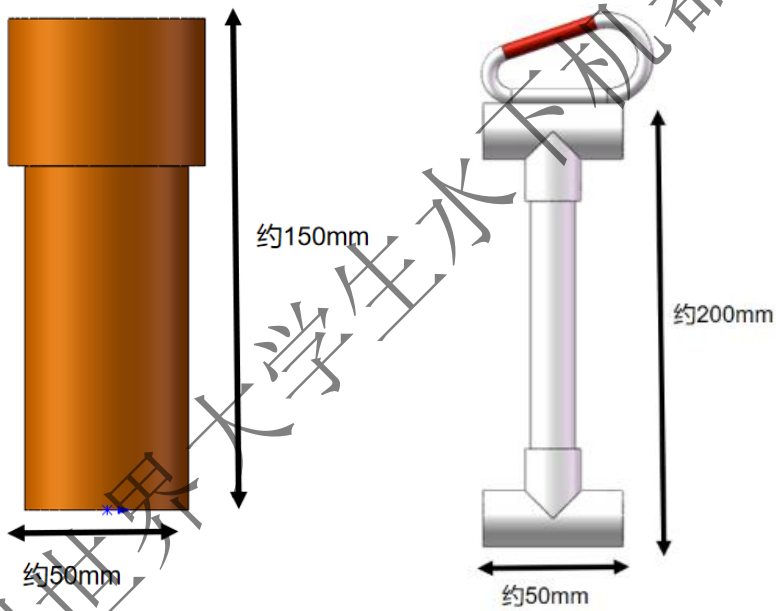


图5. 黑匣子(左)、带卡扣的安全绳(右)

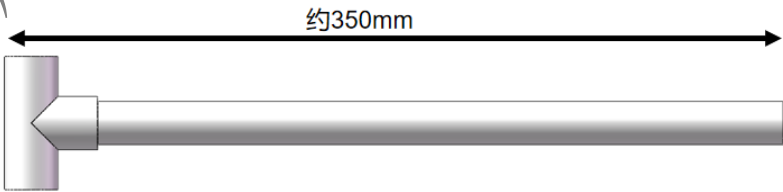


图6. 连接器

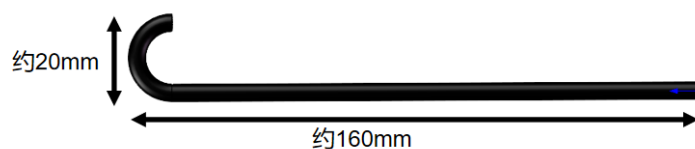


图7. 插销（直径 5mm）

3.3 海螺捕捞

东风螺畏光，喜好集群栖息在阴暗的角落中，捕捞藏匿在礁石角落间的东风螺成为了一个难题。

在两个不同高度的礁石(连为一体)上栖息着一些海螺(每处 3 个高尔夫球，呈三角分布)。

比赛时脐带操作人员将海螺收集框（底部有配重）交给机器人。操作人员操控水下机器人携带海螺收集框捕捞海螺。并将捕捞到海螺投放到海螺收集框内，最后将收集好海螺的海螺收集框交给脐带操作人员。

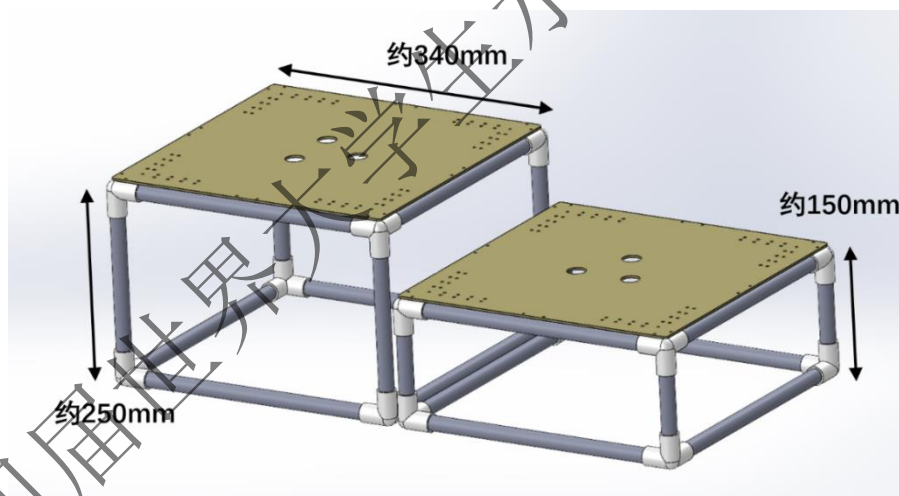


图8. 礁石空隙示意图

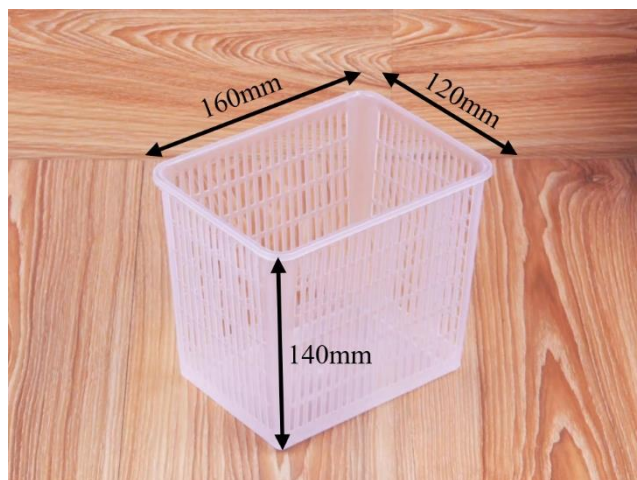


图9. 海螺收集框

3.4 精准作业

为预防病害爆发，需在养殖区部署多参数水质传感器，实时回传数据至岸基控制中心。

参赛队员操控机器人先从“设备故障区”内收集三个探头碎片，转交给岸边的脐带操作人员并从裁判处置换获得完整探头，参赛队员再操控机器人接过探头插到水质传感器上。在本任务中，水质传感器接口设置大、中、小三种型号，插入不同型号接口获得分数不同。

具体任务包括：

(1) 从“设备故障区”上获取探头碎片（组合后约长 24cm 宽 12cm 的 T 形插头），转交给岸边的脐带操作人员。

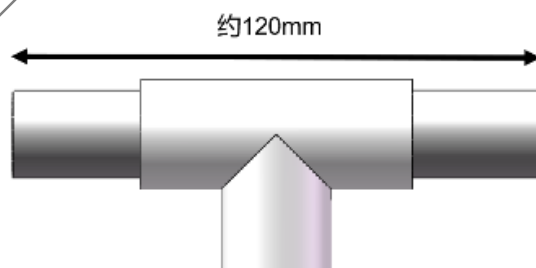


图10. 探头碎片（1）

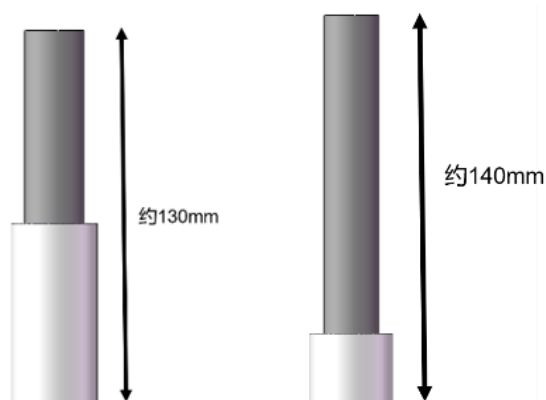


图11. 探头碎片（2、3）

（2）岸边的脐带操作人员获得所有碎片后，在裁判处换取完整的探头，并将其交给机器人执行后续任务。

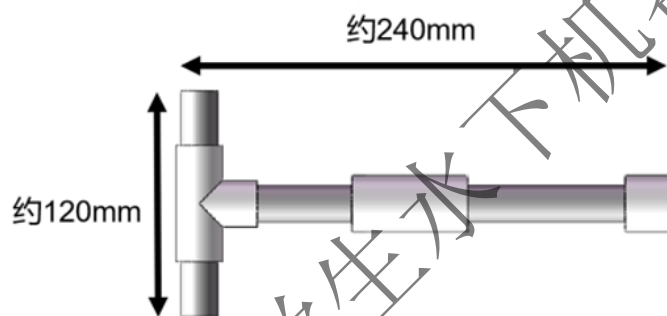
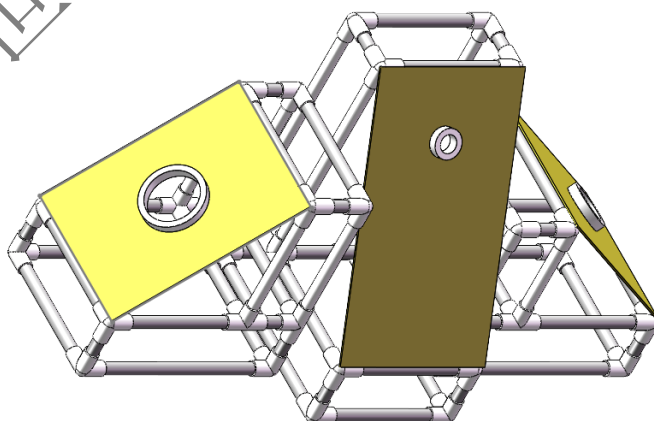


图12. 组合后的连接器——探头示意图

（3）机器人将探头插入到水质传感器某一接口上（小-中-大：30mm-60mm-90mm）



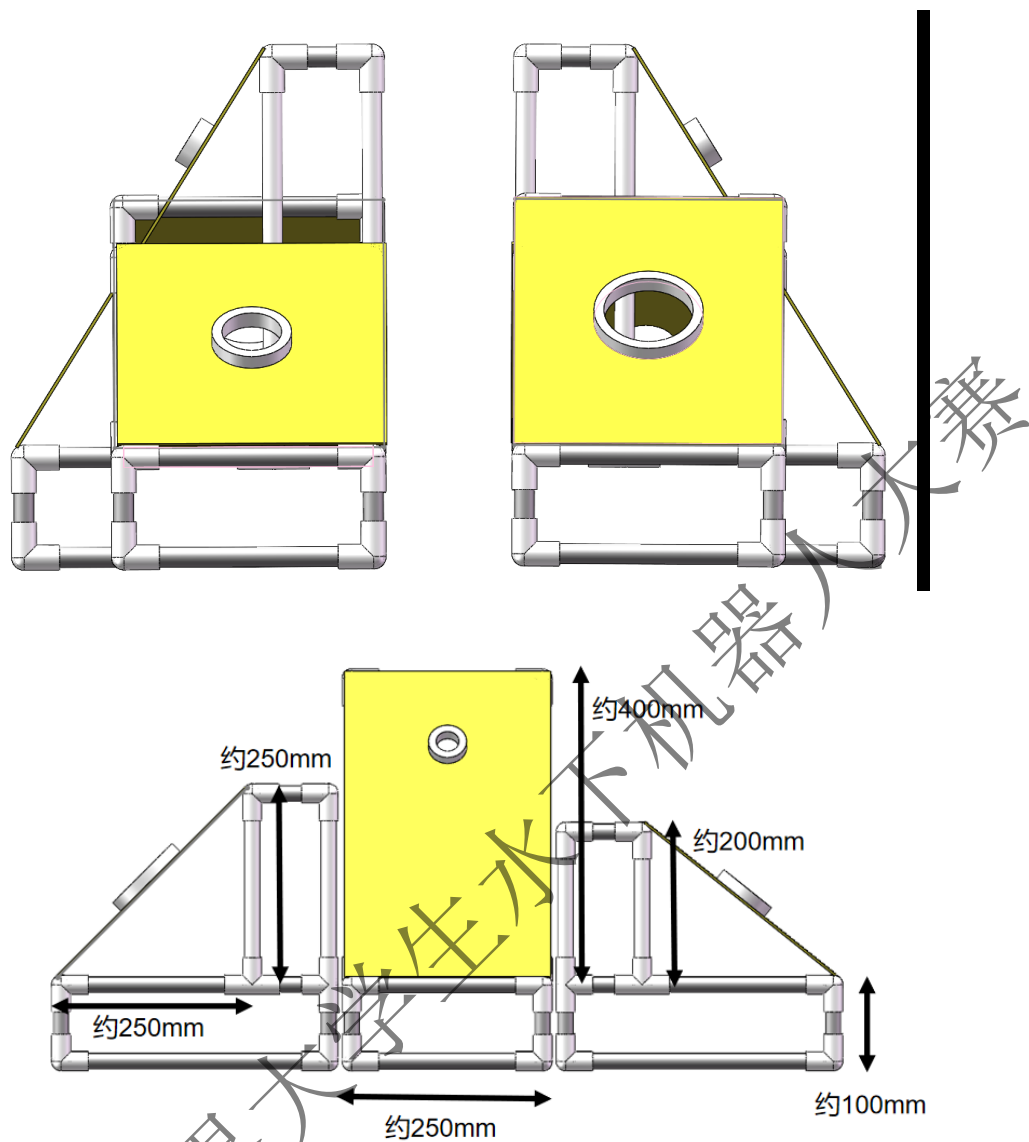


图13. 水质传感器接口示意图

3.5 比赛结束

机器人完成所有任务后，立即浮出水面，同时申请比赛结束。浮出水面后，10min 计时停止。

上述图片仅供参考，比赛以实物为准。

最终解释权归大赛组委会所有

4. 评分规则

总分由比赛时间内完成任务获得的所有分数加和组成, 操作人员可随时在机器人浮出水面后要求结束比赛, 此时停止计时。

相同分数的队伍, 用时短者获胜。时间相同, 质量轻者获胜。

任务	分数	最大分数
任务 1: 饲料投放		140 分
回收旧饲料容器	60 分	60
将新饲料容器投进区域	40 分	40
正确测量水温 (误差 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 以内)	40 分	40
任务 2: 回收网箱		280 分
取出连接器	40 分	40
取出插销	60 分	60
回收黑匣子	60 分	60
连接回收绳	120 分	120
任务 3: 海螺捕捞		120 分
将礁石空隙中的海螺取出 并放入收集框内	20 分/个	120
任务 4: 精准作业		260 分
成功获取探头碎片 (共 3 个)	40 分/个	120
将探头插入接口大/中/小	40/80/140 分	140
总分数		800 分

创意概念赛道

1. 参赛要求

创意概念赛道为水下机器人创意设计介绍和演示。设计需依据 AUV/ROV 赛道的操作任务和技术要求，进行总装、零部件、关键技术等内容的创意概念设计。

参赛作品的设计方案应有功能原理创新或布局创新。通过作品设计说明书介绍参赛作品的主要创新点、计算过程、设计图纸、实施途径、应用分析等。作品设计说明书不得超过 25 页（此外，说明书的技术介绍部分，不得含有参赛单位名称及标识等的身份信息，便于后期组织网上盲评）。

参赛作品鼓励提交功能演示视频，视频内容可为实物功能演示或三维模型演示。视频制作可准备两个版本，演示版时长不得超过 2 分钟，文件大小不得超过 200M；完整版时长不得超过 5 分钟，文件大小不得超过 1G。

作品不得包含涉及国家秘密的内容，由参赛单位负责审核。

2. 比赛规则

2.1 比赛流程

参赛队伍通过网络直播方式抽签决定作品答辩的顺序。答辩顺序公布后，答辩队伍可提前进入等候室等候，各参赛队依次进行答辩。专家根据团队答辩情况和作品设计说明书等进行评分，最终确定比赛成绩。

各参赛队答辩总时间不超过 10 分钟。其中，作品阐述时间不超过 5 分钟，其余时间是问辩环节。

答辩者必须是本团队成员，不得由团队以外的其他人替代。

2.2 评分细则

评分细则如下所示：

指标项	权重	指标内涵
创新性与独特性	40%	结构新颖，创新性强，原理独特，表现在用新方法解决同类任务，或者解决未被攻克的任务。
可行性与实用	30%	设计合理，实现方案明晰，可能形成的任务能力和特点、应用前景、工程可行性等。

文本内容与结构	20%	逻辑性强，层次清晰，论点论据清晰鲜明，理论分析与实验数据翔实。
答辩表现	10%	文字通畅清晰，语言表达简洁精炼，逻辑严密，临场表现较好。

第四届世界大学生水下机器人大赛