

“四足机器人人机协同脑控赛项” 参赛说明

一、赛项介绍

随着人工智能、机器人技术的发展，具身智能日趋成为现实，脑机接口作为颠覆性人机交互技术将为具身智能注入“灵魂”，实现从“被动工具”到“主动伙伴”的跨越。SSVEP 因其独特的优势而成为最常用的脑机接口范式。随着基于 SSVEP 的脑机接口技术的发展，SSVEP 范式和解码算法不断迭代进化，使得基于 SSVEP 的脑机交互开启了实际应用化进程。具有高解码准确率、快响应速度、连续控制、被试完全自主权的自然脑机交互是 SSVEP-BCI 走向实际应用的必然趋势。

本赛项旨在考察选手在人机自然交互场景下，协同控制四足机器人的能力。选手需借助 AR 眼镜呈现的 SSVEP 范式，运用赛方提供的脑电异步控制算法，精准操控四足机器人沿赛道行进，并在指定区域完成规定动作。比赛成绩将综合考量完成速度、巡线精度及任务执行准确度。本赛项将与“面向四足机器人协同控制的 SSVEP 自然交互算法”技术赛（下文简称“异步 SSVEP 技术赛”）同步开展，本赛项参赛选手将作为被试，使用技术赛选手设计的算法完成比赛。相关算法与硬件设备均由赛方统一提供。

二、赛项规则

2.1 初赛和决赛

初赛和决赛以反馈结果正确率 Acc 作为核心评分指标，包含整体 IC 态识别正确率、IC 态响应速度、NC 态虚警率三部分。在计算 IC 态识别正确率时，以 0.2s 的长度对每个 trial 分割为 n 个区间（其中 $n = \text{floor}(\text{trial 时长}/0.2)$ ， $\text{floor}()$ 为向下取整）进行计算，IC 态识别正确率计算公式如下：

$$\text{Acc1} = \frac{\sum_{i=1}^{N1} (a(i)/n(i))}{N_IC}$$

式中：a(i) —— IC 态成绩有效 trial 中，第 i 个 trial 汇报结果正确的区间数；n(i) —— 第 i 个 trial 的区间总数；N1 —— IC 态成绩有效的 trial 总数；N_IC —— IC 态 trial 总数。

IC 态响应速度计算方式如下：

$$\text{Acc2} = \frac{\sum_{i=1}^{N1} (1/2^{b(i)})}{N_IC}$$

式中：b(i) —— IC 态成绩有效 trial 中，第 i 个 trial 第一次汇报结果时所用的信号时间长度，单位为秒 (s)；N1 —— 成绩有效的 IC 态 trial 总数；N_IC —— IC 态 trial 总数。

NC 态虚警率计算方式如下：

$$\text{Acc3} = 1 - \frac{\text{NC 态正确识别 trial 次数}}{\text{NC 态 trial 总数}}$$

因此最终成绩计算方式如下：

$$\text{Acc} = (\text{Acc1} + \text{Acc2} - \text{Acc3}) \times 100$$

◇ 注意事项：

A. 在算法没有汇报结果时，默认为 NC 态。

B. 在 IC 态 trial 中，只要出现汇报结果为其他 IC 态，该 trial 成绩记为 0，即该 trial 判为识别错误，成绩无效；汇报结果为 NC 态或不汇报，该 trial 成绩有效。在 NC 态 trial 中，只要出现汇报结果为 IC 态，则该 trial 判为识别错误；正确汇报或者不汇报，则该 trial 判为识别正确。

C. 在 trial 分割的小区间中，如果出现多次正确汇报结果，在计算 Acc1 时该区间只统计

一次。

D. 每获取一个新数据包时，如果该数据包包含状态切换，即具有两种标签数据，则正确标签以最新标签为准。

E. 最终成绩为多次平均正确率。

2.2 附加赛

附加赛以完赛时间作为核心评分指标。选手按照预先设置的任务流程脑控四足机器人完成任务，计算从起止点出发到返回起止点的时间，单论成绩计算公式为：

单轮次有效成绩 = 完成规定任务时长 + 罚时

罚时规则如下：

A. 抢跑或在休息区错误切换为 IC 态，一次 30s；

B. 机器人超出规定边界（3 足界外），一次 $5+t$ s, t 为本次超界时长（需回到出界点继续比赛），操作者应沿赛道前进；

C. 需要人为干预，包括主动干预（无法回到出界点）、被动干预（将发生危险，紧急避险），一次 60s；

D. 脑控操作时，在交互区执行错误任务，一次 30s（需再次操作直至完成指定交互动作）。

注意事项：

A. 超时未完赛，成绩按设定最大时长计，并记录成功执行的任务数量（如前进距离等）；

B. 系统执行所有算法、顺序随机，参赛选手未知执行的算法来源，每名选手执行每个算法 2 次；

C. 最终成绩为所有轮次成绩平均；

三、竞赛流程

本赛项采用正弦光闪烁刺激法设计 SSVEP 刺激范式，具有 7 个刺激目标，相邻刺激目标间的相位差为 0.5π ，其标签、刺激频率、相位、动作对照表如表 1 所示。通过 7 个指令利用分级页面实现对四足机器人移动、简单交互动作和页面切换操作，如图 1, 2 所示。

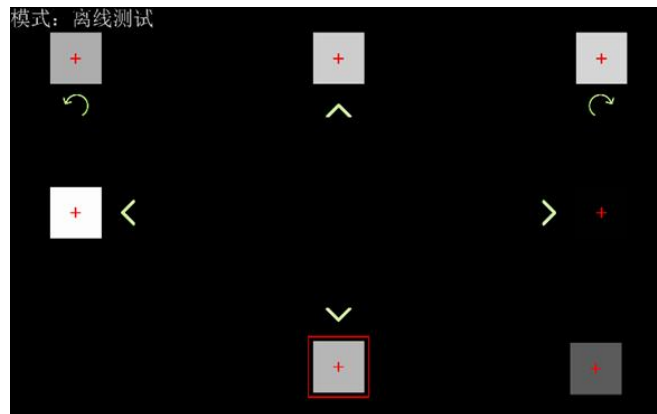


图 1 脑控移动界面示意图



图 2 脑控交互界面示意图

表 1 标签、刺激频率、相位、动作对照表

频率/Hz	9	10	11	12	13	14	15	
相位	0	0.5π	π	1.5π	0	0.5π	π	
标签	1	2	3	4	5	6	7	
动作	移动界面	左转	前进	右转	左移	进入二级界面	右移	后退
	交互界面	握手	—	蹲下	—	作揖	—	返回一级界面

3.1 初赛

初赛将以程序模拟异步控制的方式进行，不实际控制机器狗。比赛过程中，参赛选手需佩戴无线脑电帽，通过 AR 眼镜注视 AR-SSVEP 刺激目标。为保证自然、协调的控制方式，本赛项中 SSVEP 刺激目标将全程持续闪烁。当特定刺激目标出现提示框时，选手应依照提示正确注视指定刺激目标

初赛将于 5 月 15 号开始在西安交通大学创新港校区举行，选手需自行承担初赛过程中产生的交通费、食宿费等一切费用。

◇ 比赛流程：

- A. 选手佩戴脑电帽与 AR 眼镜、工作人员为选手涂抹导电膏并检测设备连接；
- B. 启动比赛程序，当屏幕出现如图 1 所示刺激界面时，选手应依照红框指示，注视特定刺激目标，避免额外的肌肉活动（如眨眼、扭头、活动四肢等）。此过程单次持续 5 秒，程序持续采集选手脑电，即为刺激态脑电；
- C. 当屏幕出现“静息”二字时，允许选手适当放松并活动身体，此过程单次持续 5 秒，程序持续采集选手脑电，即为静息态脑电；
- D. 当屏幕出现“休息”二字时，程序停止采集脑电，选手可休息调整；
- E. 以随机顺序采集全部 7 个刺激目标对应的刺激态脑电，并随机穿插 3 至 4 次静息态脑电，共计 10 至 11 次采集，称为一个 trail。每个 trail 结束后程序暂停，屏幕显示“space”字样。选手依照自身状态进行休息后，按键盘空格键继续下一个 trail 的采集。
- F. 6 个 trail 构成一个 block，比赛共计采集 4 个 block 的数据。在第一个 block 开始前，程序采集持续两分钟的静息态脑电（屏幕显示“静息”字样），随后依次进行 4 个 block 的采集，在采集第四个 block 的全过程中，选手应站起并缓慢行走或活动四肢；
- G. 采集完毕后，选手摘下脑电帽与 AR 眼镜，清洗头皮上残留的导电膏。

3.2 决赛

决赛将于 8 月 8 号开始在北京举行，具体形式与评分标准与初赛一致，选取初赛成绩前六名参加。脑电数据解码算法将由“异步 SSVEP 技术赛”提供。决赛过程中产生的交通费与食宿费由赛方承担。

3.3 附加赛

附加赛将在北京举行，考察决赛选拔出的优秀选手的实际操控能力，选取决赛前 2 名参加。

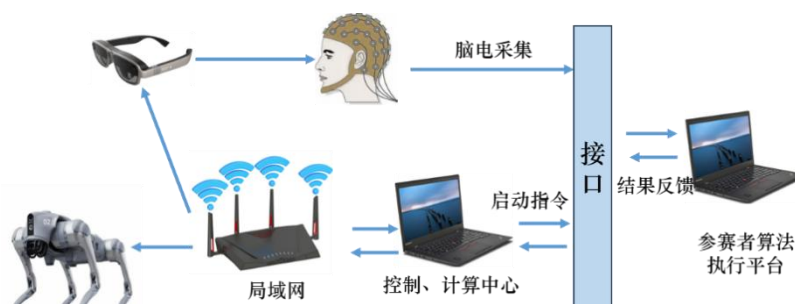


图 3 附加赛系统框架示意图

在附加赛中，选手基于脑控混合智能四足机器人平台，利用“异步 SSVEP 技术赛”参赛队的算法控制四足机器人完成相应的任务，如图 4 所示。重点考察在实际应用中，切换脑状态、快速精准下达指令和连续控制的能力。具体而言，选手将控制四足机器人从起点开始，沿着轨迹移动，到达特定区域进行休息，到达特定区域进行人机交互动作（挥手、作揖）等，最终回到起止点。四足机器人操控界面如图 1、图 2 所示，具体操作指令如表 1 所示。

主办方拟提供多台系统，并且各系统将随机为对应选手指定参赛队算法（选手不知道使用的哪一个算法），每名选手对每个参赛队算法执行两次。

◇ 参赛条件：

- 参赛者年龄不超过 60 周岁。如果年龄未满 18 周岁者必须由监护人陪同参加；
- 要求参赛人员能保持注意力集中，无脑外伤、癫痫等既往病史；
- 通过官方通道报名成功后，接到确认通知者，凭个人身份有效证件方可参赛；
- 考虑到比赛潜在风险性，参赛人员比赛前需与赛方线下签订风险协议。

◇ 注意事项：

- 比赛过程中无法佩戴眼镜，AR 设备自带 0 至 600 度近视调节功能，近视、散光等视力问题较为严重者不建议参加；
- 参赛过程中，选手需在头皮涂抹导电膏，对导电膏过敏者不建议参加；
- 部分比赛场地提供公共洗手台与冲淋设备方便选手清洗导电膏，参赛选手也可选择自行返回住处清洗；
- 赛方不承担初赛涉及的交通、食宿等费用；
- 本赛项所有参赛者为自愿参加并拥有中途退出的权利，但是比赛中需遵循工作人员的指导，尽量坚持完成；

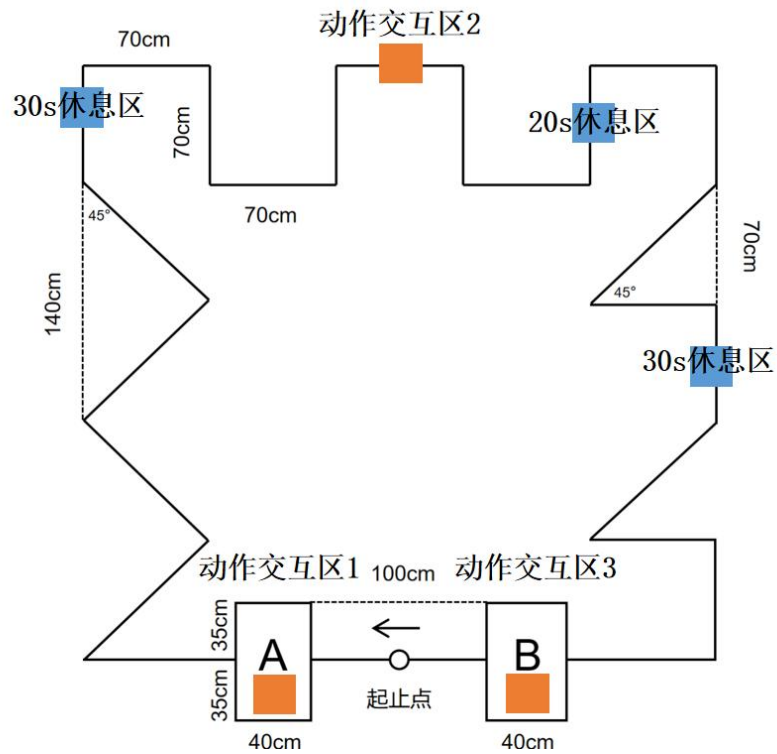


图 4 附加赛脑控任务示意图

四、奖项设置

本赛项设特等奖、一等奖、二等奖、三等奖获奖总数为 13 名，选取初赛前 6 名在北京“2025 世界机器人大赛锦标赛（北京）”现场参加决赛。根据决赛分数排名，设特等奖 1 个、一等奖 1 个、二等奖 4 个，三等奖 7 个（其中三等奖由初赛排名决定），赛方为获奖选手提供比赛奖状。

五、赛项联系人

韩丞丞、梁新哲 15734157186