

康复机械手的脑机接口协作控制赛项参赛说明

一、赛题介绍：

本赛题旨在模拟用户在实际生活中使用康复机械手进行辅助操作的过程，通过识别不同频率的稳态视觉诱发电位（SSVEP）或左右手运动想象（MI）信号来实现对两个机械手的协作控制。赛题以搭积木这一复杂度较高的双手协作任务为背景，重点考察参赛算法在用户控制与非控制状态下的识别性能，以及不同控制状态之间协同配合效果。评判标准以任务完成时间为核心，同时注重用户操作的连贯性、准确性以及算法的鲁棒性。通过对这些维度的综合评估，赛题旨在推动脑机接口技术在康复领域的应用，提升用户对机械手控制的效率和体验。

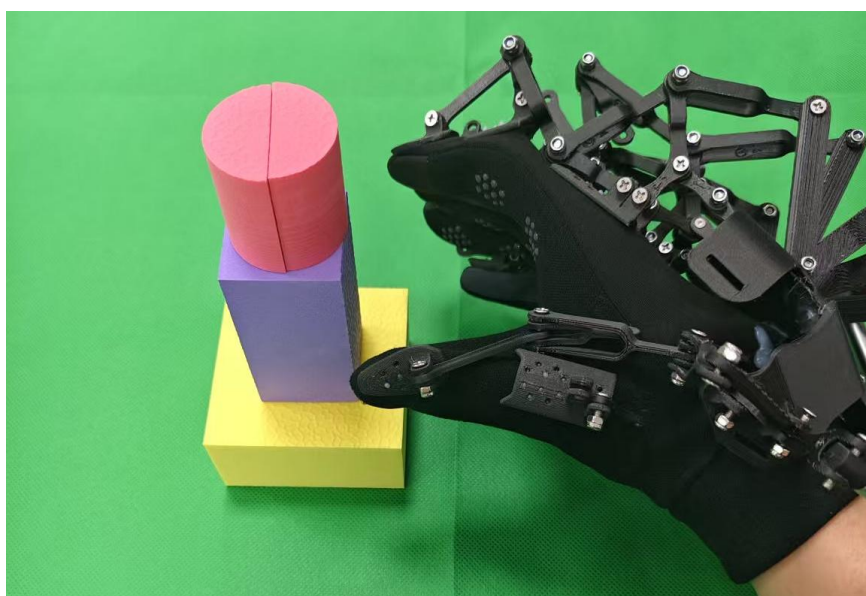


图 1 机械手完成搭积木任务示意图

二、赛题范式：

在初赛阶段，所有参赛队伍都需要分别对一段 SSVEP 数据和一段 MI 数据进行分类，两段数据的分类结果相加后作为初赛筛选的依据之一。

在决赛阶段，参赛队伍可以自行选择使用 SSVEP 范式或者 MI 范式，也可以同时使用两种范式。决赛阶段需要控制机械手的五种行为，分别是：左手抓取/松开、左手 OK 手势、右手抓取/松开、右手 OK 手势、双手协作抓取/松开，决赛的用户界面将提供 5 个刺激频率，分别为 13Hz、13.2 Hz、13.4 Hz、13.6 Hz、13.8 Hz，初始相位均为 0。

SSVEP 刺激范式示例图如下所示。

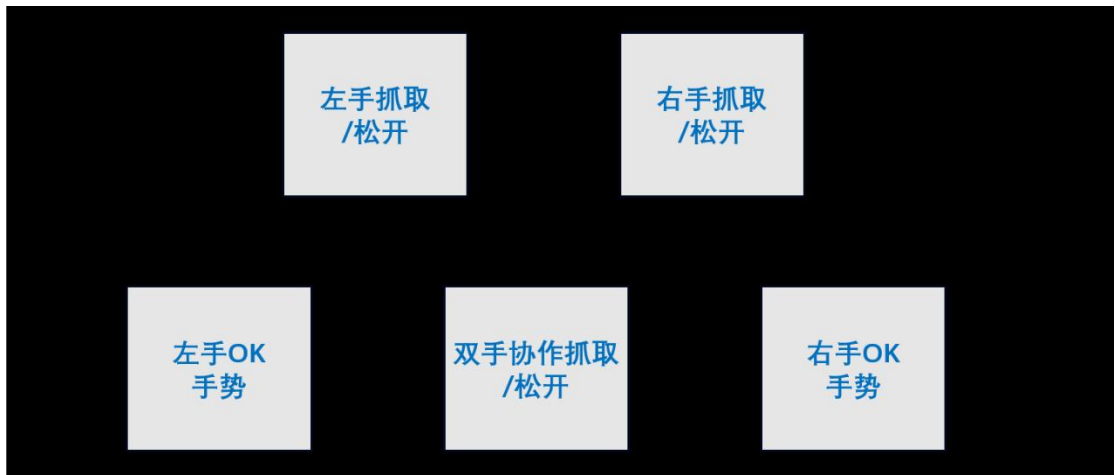


图 2 SSVEP 刺激闪烁阶段界面

三、赛题流程：

整个比赛分为初赛和决赛两个阶段，初赛采用线上形式，决赛采用线下形式。

1. 初赛流程

初赛要求所有参赛队伍分别对 SSVEP 数据和 MI 数据进行分类。两个类别分别提供 3 名被试的训练数据和评分数据，所有数据均为健康被试的脑电 EEG 数据，训练数据为 4 个 Block，提供数据标签用于分类器训练，评分数据为 4 个 Block，不提供数据标签。

参赛选手需设计算法，完成对 2 个类别评分数据的空闲状态（未执行 SSVEP/MI）和控制状态（五目标 SSVEP/两分类 MI 的执行状态）的实时区分，记录下对评分数据中每一秒的分类结果并提交给出题方。请注意，评分数据的实验范式与训练数据不同，各控制态和非控制态的先后和相邻关系以及时间长短采用随机方式设置，没有固定的流程规律。

表 1 被试返回结果定义

范式	返回结果	对应状态
SSVEP	0	空闲（任务提示/黑屏）
	1	13Hz
	2	13.2Hz
	3	13.4Hz
	4	13.6Hz
	5	13.8Hz
MI	0	空闲（任务提示/黑屏）

	1	左手想象
	2	右手想象

参赛选手使用离线框架运行自己的算法，程序中内嵌了 3 名被试各自的 4 个 block 的评分数据，运行结束后会自动生成结果文件，存储有各段数据每秒的分类结果，参赛队伍将**结果文件和成功运行的初赛代码**提交给出题方，出题方据此计算各队得分，请注意，在整个初赛赛程中，有且仅能**提交两次**结果文件和代码文件(即出题方能够成功运行两次，成功后告知赛队成绩)。

此外，参赛队伍可以结合团队的科研项目经历，围绕 <基于脑机接口的康复机械手如何辅助残疾患者生活>拍摄一个案例视频，并将该视频提交给出题方，出题方将邀请本领域专家对案例的创意、成熟度、应用前景进行评分，以机械手、有协作、复杂任务为优先加分项。最终成绩中分类得分占 90%，案例得分占 10%，以此决定晋级决赛的队伍。

2. 决赛流程

由出题方提供 32 导 NeuSen W 博睿康脑电放大器、配套电极帽、比赛电脑、左手和右手的机械手、SSVEP 刺激界面、积木等比赛用具，参赛的每个队伍需在赛前提交脑电信号的解码算法，由出题方拷到比赛电脑上进行配置，解码算法可以采用 SSVEP 或 MI 或同时采用两种范式，但不允许使用眼电和肌电信号。比赛中参赛队伍自行挑选一名队员作为被试，佩戴脑电帽控制康复机械手，完成指定的积木搭建任务。

赛场将设置难度相近但形状不同的积木搭建任务，积木的初始摆放位置随机，需要搭建的目标形状随机。参赛队在完成搭建后，需要任务卡片的指示摆出左手 OK 或者右手 OK 的手势，方可视为任务完成。如果搭建过程中积木倒塌，选手需重新开始搭建任务，任务完成后建筑不倒塌方可视为成功。

决赛开始前，决赛赛队可以通过交押金租赁的方式提前拿到脑电设备和左右手的机械手，以熟悉设备使用。

四、初赛阶段的赛题数据：

初赛阶段提供的数据分为训练数据和评分数据两类，其中评分数据无固定的范式和流程，不同 trial 会采用随机方式改变任务的先后顺序及时间长度。训练数据采用固定范式，每名被试需要完成 4 个 block，每个 block 包含 16 个 trial，训练数据的实验流程如图 3 所示。两个 block 之间的休息时长是由被试自主决定的，时长不固定，block 内按流程连续执行。

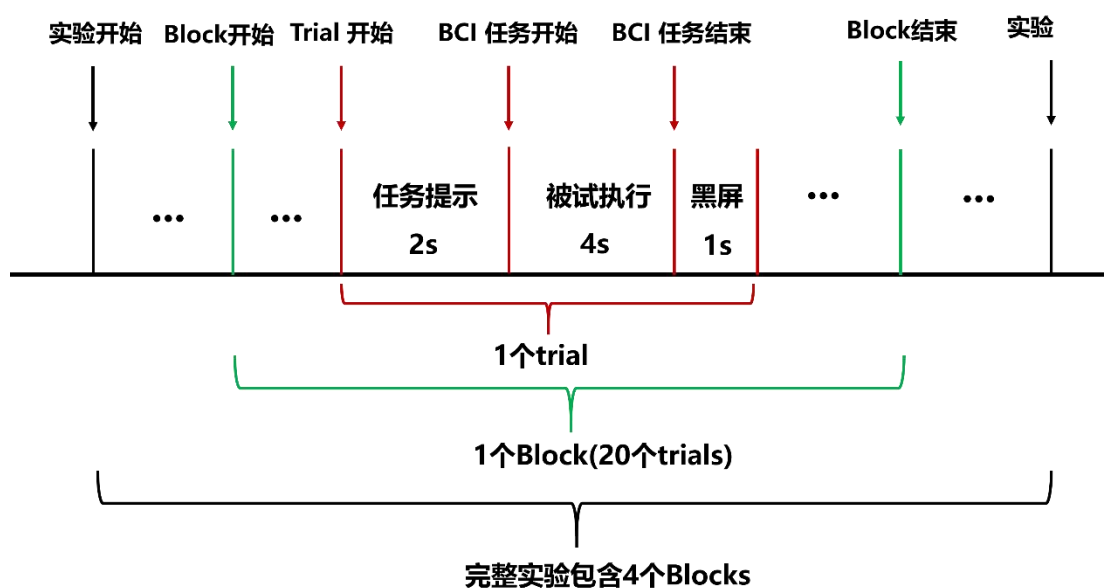


图 3 训练数据范式图

一个 trial 包括任务提示阶段(2 秒)，被试根据提示执行 BCI 任务阶段(2 秒)，黑屏阶段(1 秒)。其中，任务提示部分和黑屏部分均视为空闲状态，被试执行部分是控制状态。需要注意的是，该范式仅针对训练数据，评分数据仍包括以上三种状态，但并不按照以上流程进行，不同被试的流程不同，且同一被试，不同 Block 的流程也不相同。

提供给参赛队的两类数据均使用博睿康 32 通道脑电采集设备采集，包含 trigger 信息，原始采样率为 1000Hz，数据集中降采样到 250Hz，未做其他滤波处理。

表 1 实验流程 trigger 定义

Trigger	定义
250	实验开始
251	实验结束
242	Block 开始
243	Block 结束
240	Trial 开始
241	Trial 结束

五、 赛题评分：

1. 初赛

初赛成绩根据各赛队提交的分类结果文件以及案例视频进行综合评判，筛选出 9 名队伍入围决赛。其中分类结果按照平均准确率 p 进行比例换算，占总得分的 90%。计算公式为 $(p-p_b)/30\%*90$ 。其中 p_b 是参考算法的基准准确率，准确率低于 P_b 的队伍得分计为 0。

案例视频由出题方邀请本领域专家对案例的创意、成熟度、应用前景进行评分，占总成绩的 10%。

2. 决赛

决赛采用整个任务的完成时间作为评判指标，当参赛队识别到错误指令或者误触发时候，机械手仍旧会完成收到的指令，从而导致完成时间的增加，因而仅采取完成时间作为评判指标，将在程序中自动记录，从第一次接收到数据包开始，到完成最后一个指令为止。

如有两队完成时间相同且并列排名第一，将按照加赛方式决出冠军。

六、 赛题框架说明：

(1) 初赛框架：

初赛框架如下所示，框架配备标准示例算法，参赛队伍仅需要将算法代码部分替换成自己赛队得代码即可。

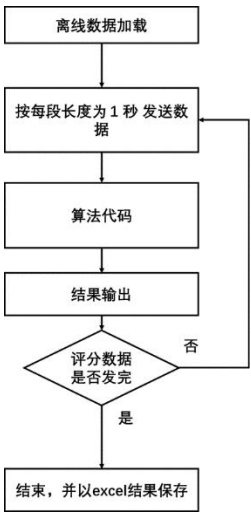


图 4 初赛程序框架图

(2) 决赛框架：

决赛框架如下所示，参赛队伍仅需要将算法代码部分替换成自己赛队得代码即可，在比赛前一天，设置代码测试环节。

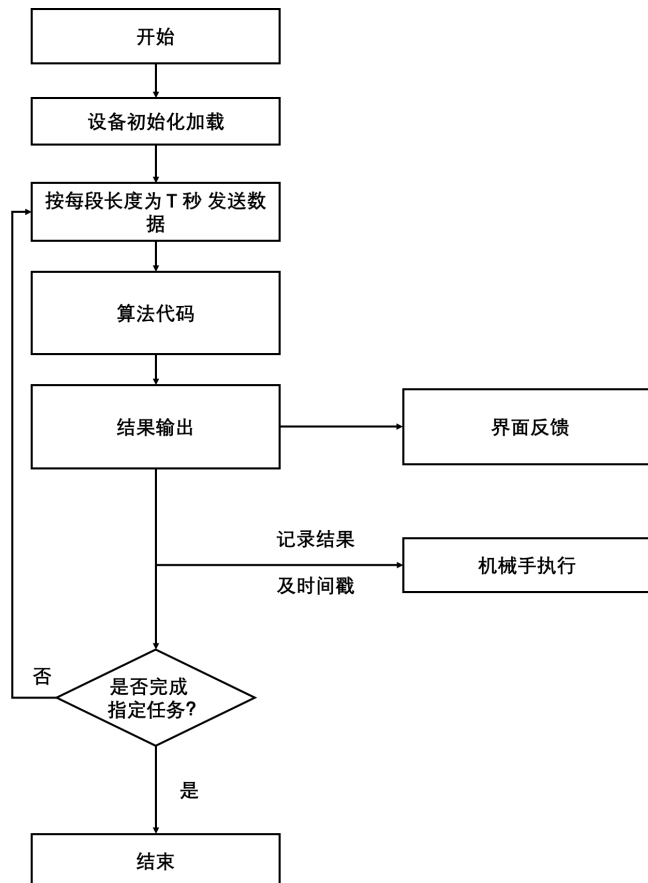


图 5 决赛程序框架图

七、 奖项设置：

特等奖 1 名：2 万元，获奖证书；
 一等奖 1 名：1.5 万元，获奖证书；
 二等奖 2 名：各 1 万元，获奖证书；
 三等奖 5 名：各 0.5 万元，获奖证书；
 优秀组织奖若干：奖金总额 2 万元。
 以上奖金金额为税前金额。

八、 参赛报名时间：

2025 年 5 月 1 日开始。

九、 联系人：

李嘉新 1119077693@qq.com（赛题）
 邵谢宁 sxn@stumail.ysu.edu.cn（比赛设备）