

赛题题目：康复机械手的脑机接口协作控制赛项

——出题单位：燕山大学

一、赛题说明：

本赛题旨在模拟用户在实际生活中运用脑机接口技术控制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脑电信号识别性能，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。

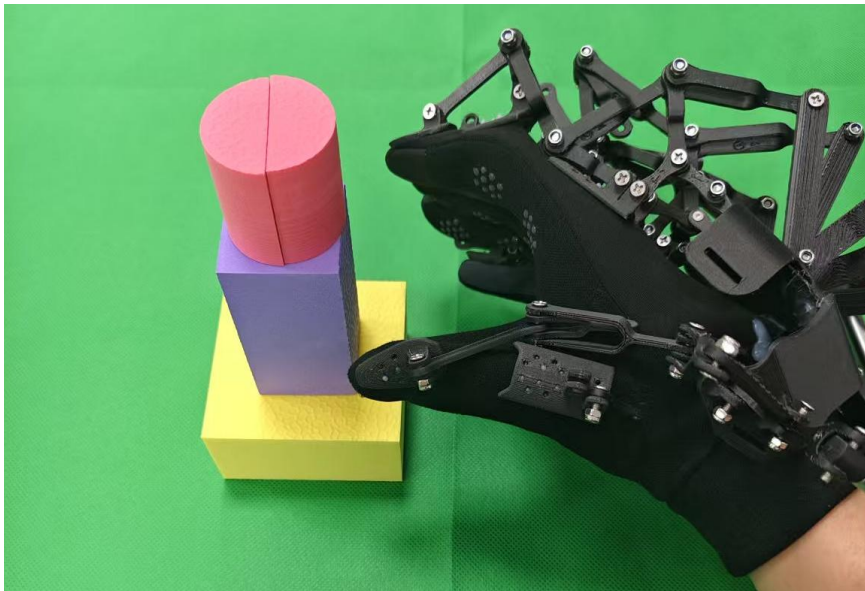


图 1 机械手完成搭积木任务示意图

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、参赛资格：

- 1、参赛选手可自由组队，不限背景，但每人限参与一支团队，每支队伍人数不大于 5 人。
- 2、团队成员需提前注册，满 18 周岁，并在注册时提供详细的团队信息，包括成员姓名、联系方式、学术/职业背景等。

四、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

- 1) 初赛要求所有参赛队伍自行设计算法,分别对所提供的 SSVEP 数据和 MI 数据进行分类,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)的实时分类。
- 2) 参赛队伍使用离线框架运行自己的算法,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,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。每个赛队可**最多提交两次**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)。

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

- 3) 初赛提供了一个加分项,即参赛队伍可以围绕脑机接口技术辅助残患者生

活背景拍摄相关案例视频，被控对象可为机械手、机械臂、轮椅、虚拟场景等不限，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。最终成绩中分类得分占 90%，案例视频得分占 10%，以此决定晋级决赛的队伍。

2. 决赛流程：

- 1) 参赛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。
- 2) 各赛队按抽签顺序，进行调试并开始比赛。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。
- 3) 比赛过程中，赛队按照指定任务完成脑控机械手协作任务，并摆出左手 OK 或者右手 OK 的手势，方可视为任务完成。
- 4) 赛队需完成所有指定任务，才可获得分数与名次，其中完成时间和搭积木任务完成度作为综合计分项。
- 5) 赛队比赛过程将被全程拍摄。赛队需要在准备完毕开始记时起 20 分钟内完成任务。在规定时间内，可多次挑战，取最好成绩。

五、初赛数据说明：

初赛数据所提供的 SSVEP 数据和 MI 数据为 3 名健康被试的训练数据和评分数据两类。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 3 个 Block，不提供数据标签。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。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 和表 2 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。

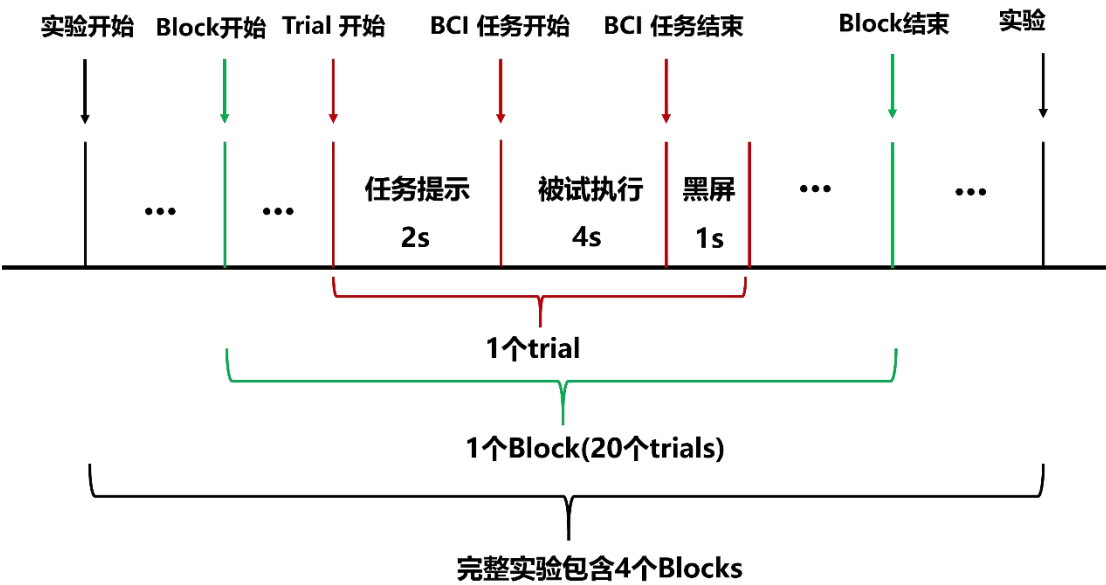


图 3 训练数据范式图

2) 提供给参赛队的两类数据均使用博睿康 64 通道脑电采集设备采集，包含 trigger 信息，数据采样率为 1000Hz，未做其他滤波处理。

表 2 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
220	左手 MI
221	右手 MI
230	13Hz SSVEP
231	13.2Hz SSVEP
232	13.4Hz SSVEP
233	13.6Hz SSVEP
234	13.8Hz SSVEP

六、评分标准：

1、初赛

初赛成绩根据各赛队提交的分类结果以及案例视频进行综合评判，筛选出 9 名队伍入围决赛。具体计分方式见下表。案例视频加分占总成绩的 10%。，重点考察脑机接口应用案例的创意、成熟度、应用前景等内容。

表 3 初赛计分标准

评分项	计分项	评分标准	分数
算法结果	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。	满分 90
案例视频	完成度	根据脑机接口应用案例的创意、成熟度、	满分 10

	和成熟度	应用前景等内容进行评判。	分
--	-------------	--------------	----------

2、决赛评分方式

决赛依据机械协作任务的完成时间作为评判指标之一，从第一次接收到数据包开始计时开始自动记录，到完成最后一个指令为止。专家综合评判机械手完成任务的情况，给出另一评分指标。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。

表 4 决赛计分标准

评分项	计分项	评分标准	分数
搭积木任务挑战结果	完成时间	程序自动记录任务的完成时间，从第一次接收到数据包开始到完成任务的最后一个指令为止。在规定时间内，可多次挑战，取最好成绩。所有赛队按时间成绩排序后进行赋分。	满分 90
	任务完成度	根据所搭建积木形状的精确性和完整性、搭建过程的合规性等内容进行评判。	满分 10 分

七、决赛设备租赁

1、比赛设备主要包括 64 导 NeuSen W 博睿康脑电放大器（配套电极帽）和湖州臻友科技有限公司自主研发的 ZYH-01 手部康复机器人（左右手各一只）等，决赛中由出题方提供一套设备供所有参赛队轮流使用。决赛开始前，参赛队如需

提前熟悉和调试设备，可以选择租赁使用或购买使用。脑电设备的租金暂定为 5000 元/月，一套康复手的租金暂定为 2000 元/月。参赛队可以在预赛或决赛开始前和相关公司联系人沟通具体事宜。（博睿康：苏磊 18516079940；湖州臻友：于金须 15557088827）

2、若参赛队伍已有和 64 导 NeuSen W 博睿康脑电放大器同型号的设备，以及自备有满足比赛协作任务要求的双侧康复机械手，可以申请在决赛中使用，但须在决赛前按要求提交相应机械手的通讯接口 SDK。暂不支持其他品牌或其他型号的脑电设备。

七、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的代码即可。

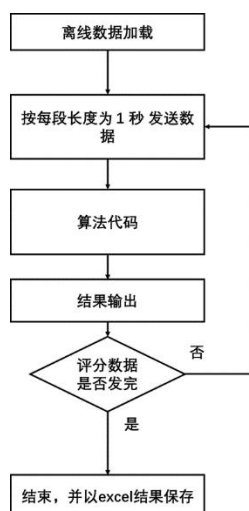


图 4 初赛程序框架图

（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的代码即可，在比赛前一天，设置代码测试环节。

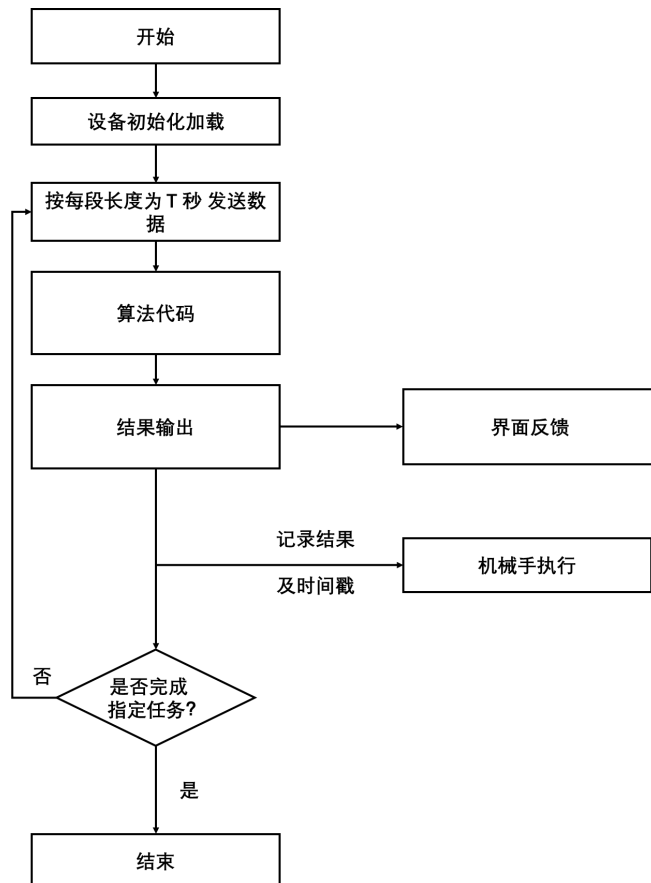


图 5 决赛程序框架图

八、奖项设置：

特等奖 1 名：2 万元；

一等奖 1 名：1.5 万元；

二等奖 2 名：1 万元；

三等奖 5 名：0.5 万元；

优秀组织奖若干：奖金总额 2 万元。

九、参赛报名时间：

2025 年 5 月 16 日开始。参赛赛队需要在 6 月 13 日 18 点前第一次提交分类结果文件，此后赛队可修改和优化初赛代码，在 7 月 4 日 18 点前提交最终的分
类结果文件，并同时提交脑机接口案例视频和成功运行的初赛代码。

十、竞赛事宜联系人：

李嘉新 1119077693@qq.com（赛题测试）

邵谢宁 sxn@stumail.ysu.edu.cn（比赛设备调试）

十一、赛项赞助：

博瑞康技术（上海）股份有限公司。

