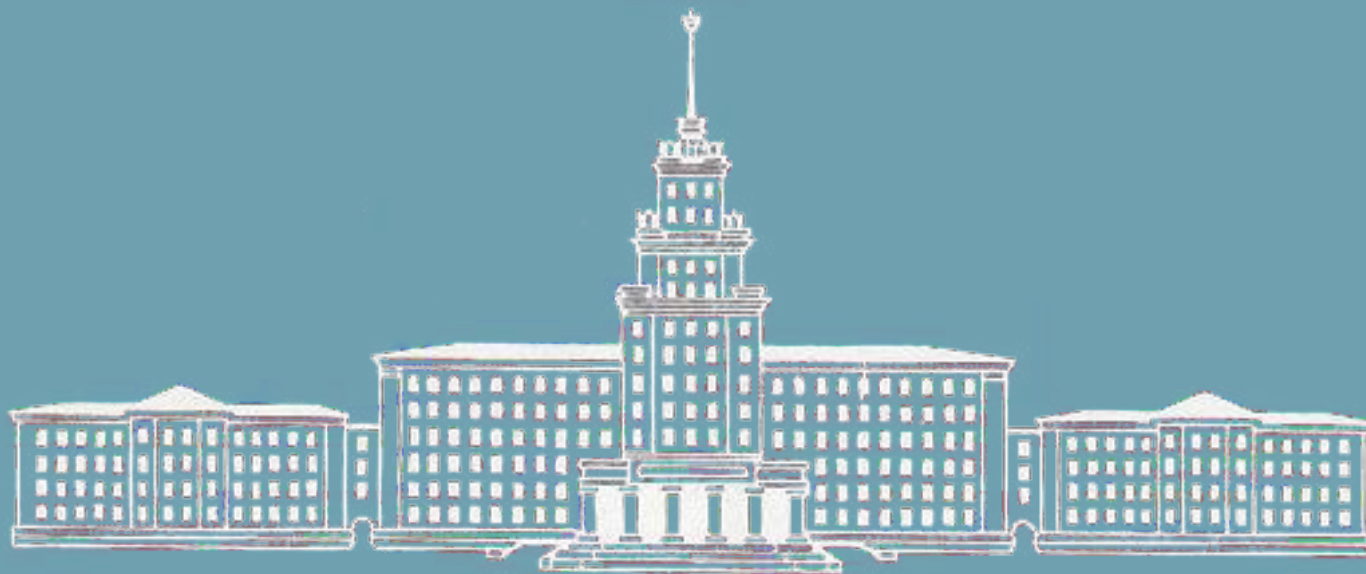




# 面向辅助控制及运动康复的实用型BCI 系统优化策略研究

报告人：王仲朋



# Outline

---

1

背景介绍

2

预实验及结果

3

未来工作展望



# 背景介绍

---

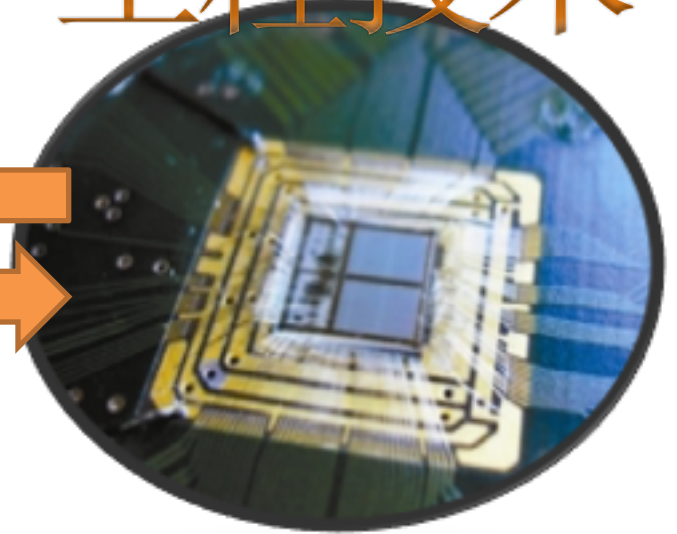
# 脑-机接口技术背景

“improve, restore, replace, enhance, supplement”

神经科学



工程技术



“exploit”

# 脑-机接口应用



## 康复医疗

BCI系统帮助运动功能失常但思维正常的患者通过大脑的思维活动来实现与外界的信息交流。例如中风康复、假肢控制以及字符拼写等等。



## 生活娱乐

BCI为人们提供了新的娱乐方式，人们的思维活动直接取代了肢体的运动，拓宽了视野，也丰富了生活。



## 交通领域

弥补人的生理应急反应慢于心理反应的不足，对机动车辆驾驶中的紧急情况通过BCI系统自动启动应急措施，避免事故的发生。



## 工业领域

在特殊环境下可以利用思维操纵机器来代替人的危险作业操作。



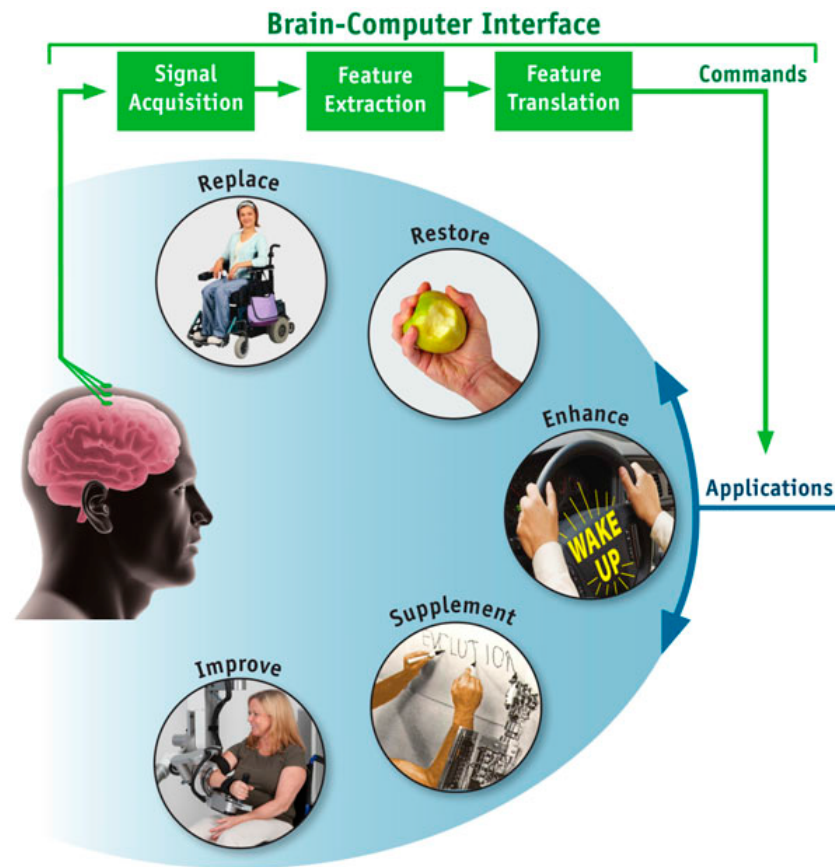
## 军事领域

BCI技术可以帮助飞行员在高加速度状态下控制飞机和武器，亦可用于战士伤后康复治疗，还可以利用脑电编码来发送军事信息，协同作战及等。

# 脑-机接口定义及基本原理

- 脑 - 机 接 口 （ Brain-Computer Interface, BCI）是一个通过检测中枢神经系统活动并将其转化为人工输出来**替代，修复，增强，补充**或者**改善**中枢神经系统的正常输出，从而改变中枢神经系统与内外环境之间进行的交互作用的系统。

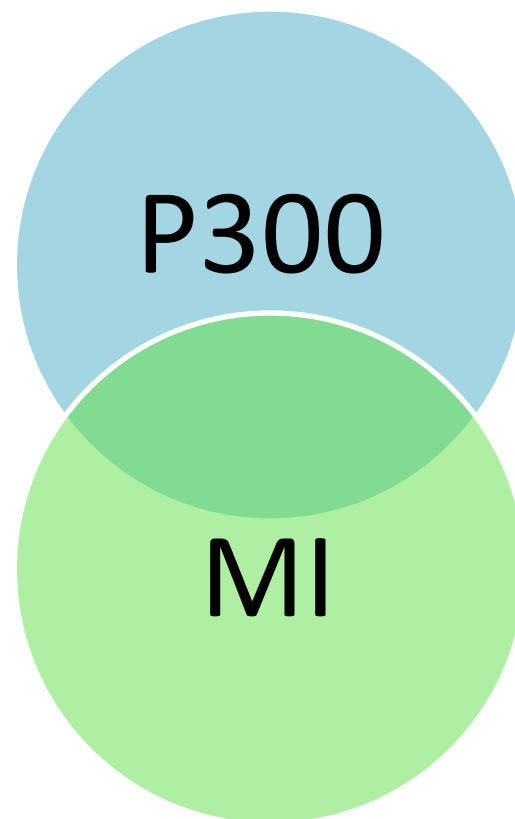
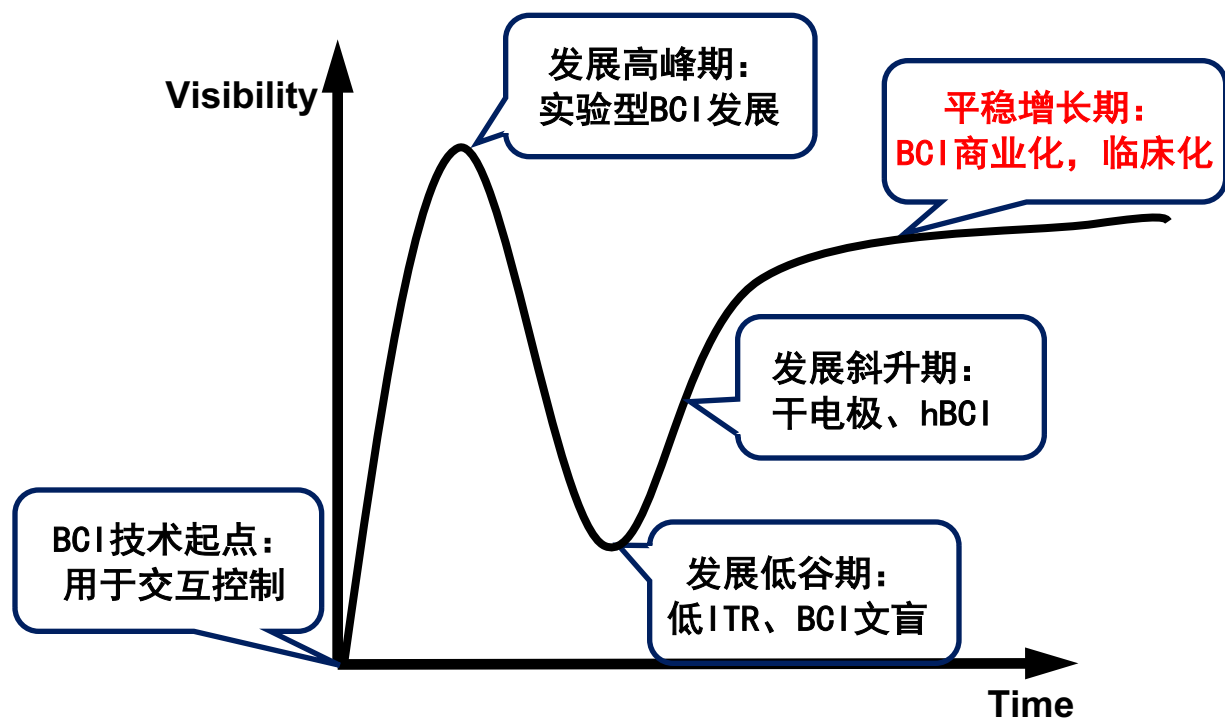
基本原理：大脑不同的思维意识会产生不同的神经电活动，可对这些神经电活动信号进行处理，提取出具有明确意义的特征信号来控制外界的设备。



Wolpaw J R, *et al.* Brain-computer interfaces. 2012

# 脑-机接口发展

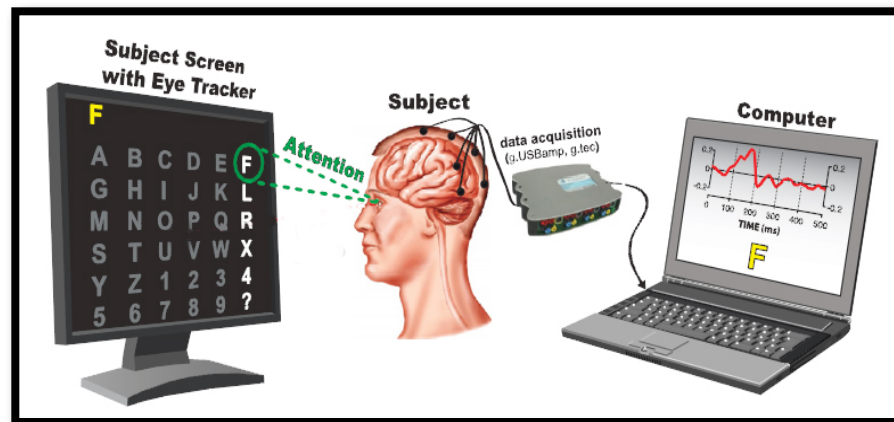
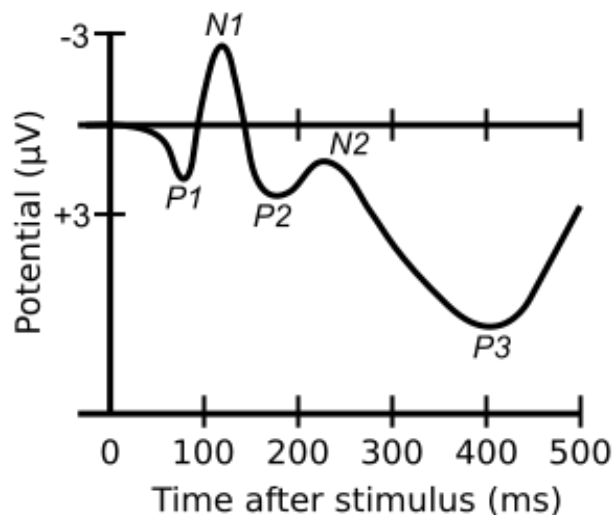
人性化、实用化、安全化的BCI应用成果步入临床康复及人们的日常生活。



Gartner, 1995. <http://www.gartner.com/technology/research/>

# P300-BCI 背景介绍

**P300事件相关电位**是当人受到**小概率靶事件**刺激后存在于脑电信号中的一种特定模式。P300信号因EEG信号中位于刺激点**后300ms左右**的一个**正向的峰电位**而得名。



Brunner P, *et al.* Does the 'P300' speller depend on eye gaze? . J Neural Eng, 2010

## ◆ 基于事件相关电位（ERP）中P300的脑-机接口：

- 被普遍认为是最稳定高效的脑控拼写方式，因此开发一种实用便携式的脑控拼写系统辅助病患对外交互与控制具有十分重大的意义

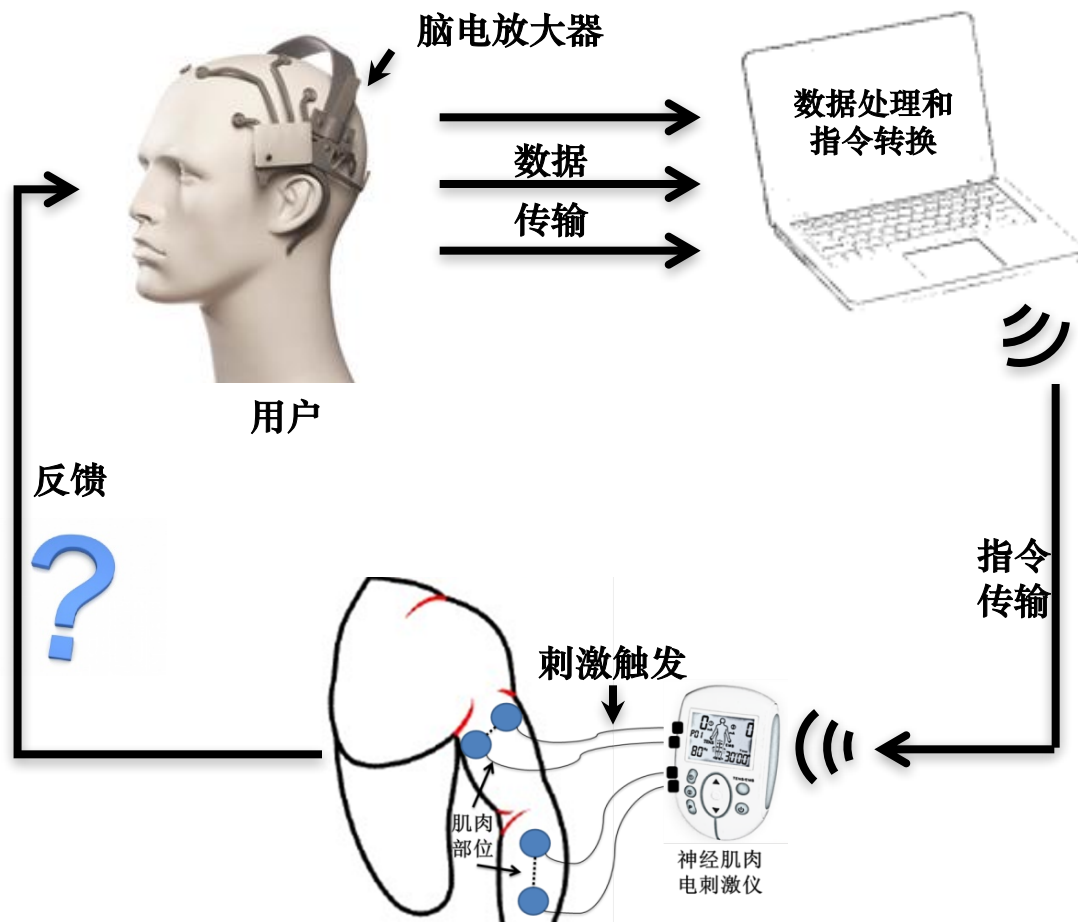


# P300-BCI 研究现状

作者	题目	期刊（年份）	研究对象	基本方法
McCane, et al	<i>P300-based brain-computer interface (BCI) event-related potentials (ERPs): People with amyotrophic lateral sclerosis (ALS) vs. age-matched controls</i>	<i>Clin Neurophysiol</i> (2015)	ALS	视觉刺激下实验组与年龄匹配对照组ERP机制对比
Simon, et al	<i>An auditory multiclass brain-computer interface with natural stimuli: Usability evaluation with healthy participants and a motor impaired end user</i>	<i>Front Hum Neurosci</i> (2015)	ALS	多类听觉刺激下的实验组与正常对照组ERP机制对比
<b>Mainsah, et al</b>	<b><i>Increasing BCI communication rates with dynamic stopping towards more practical use: an ALS study</i></b>	<b><i>J. Neural Eng</i> (2015)</b>	<b>ALS</b>	<b>动态停止</b>
Dejanovic, et al	<i>The role of P300 event-related potentials in the cognitive recovery after the stroke</i>	<i>Acta Neurol Belg</i> (2015)	中风后认知障碍	不同中风时间后患者P300机制研究
<b>Polprasert, et al</b>	<b><i>New stimulation pattern design to improve P300-based matrix speller performance at high flash rate</i></b>	<b><i>J. Neural Eng</i> (2013)</b>	<b>正常人</b>	<b>Emotiv+ 新型字符闪烁方式</b>
Kaplan, et al	<i>Adapting the P300-based brain-computer interface for gaming: a review.</i>	<i>IEEE Transactions on Computational Intelligence and AI in Games</i> (2013)	正常游戏	利用P300-BCI进行国际象棋和拼图游戏

# MI-BCI 背景介绍

运动想象疗法  
已成为运动康  
复研究的热点



患者康复训练过程中需要临床医师严密的控制和及时矫正，设计同时面向医师和患者的**实时反馈**，既可以作为**靶向任务调控手段**，且能够更好诱导**目标脑区与肌肉活动的同步耦合**，对于运动神经康复具有十分重要的意义！

# MI-BCI 研究现状

作者	论文题目	刊物信息	疾病种类	控制类型
Girijesh, et al	<i>Applying a brain-computer interface to support motor imagery practice in people with stroke for upper limb recovery: a feasibility study</i>	<i>J Neuroeng Rehabil.</i> (2010)	中风	计算机视觉反馈（游戏）
Daly, et al	<i>Exploration of the neural correlates of cerebral palsy for sensorimotor BCI control</i>	<i>Front Neuroeng</i> (2014)	脑瘫	视觉反馈
Ono , et al	<i>Brain computer interface with somatosensory feedback improves, functional recovery from severe hemiplegia due to chronic stroke.</i>	<i>Front Neuroeng</i> (2014)	中风	视觉反馈、体感反馈（触发矫正器）
<b>Kaiser , et al</b>	<b><i>Relationship between electrical brain responses to motor imagery and motor impairment in stroke</i></b>	<b><i>Stroke</i></b> <b>(2014)</b>	中风	视觉反馈
Zhu , et al	<i>Mirror neural training induced by virtual reality in brain-computer interfaces may provide a promising approach for the autism therapy</i>	<i>Front Neuroeng</i> (2011)	抑郁症	游戏反馈
<b>Masahito , et al</b>	<b><i>Near-infrared Spectroscopy-mediated Neurofeedback Enhances Efficacy of Motor Imagery-based Training in Poststroke Victims A Pilot Study</i></b>	<b><i>Stroke</i></b> <b>(2015)</b>	中风	<b>NIRS-BCI视觉反馈</b>



2

# 预实验及结果

---

2.1

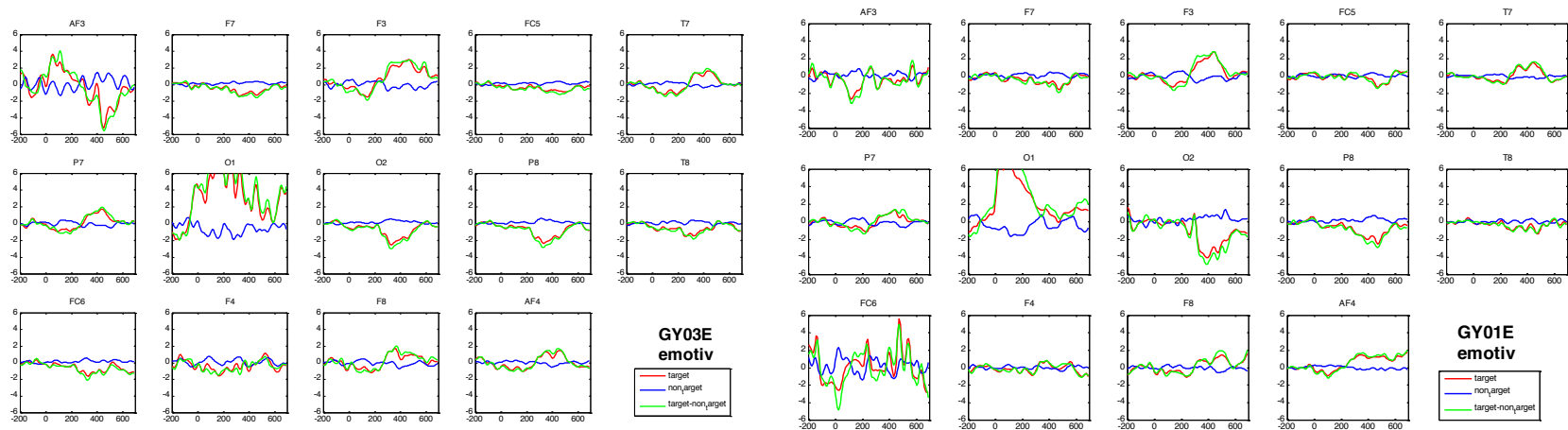
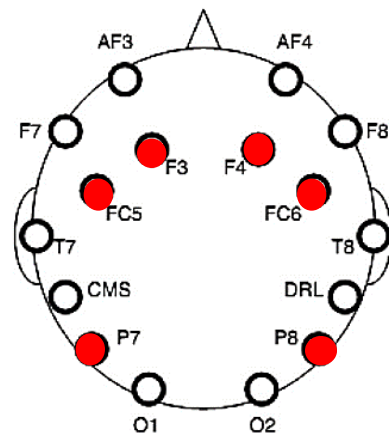
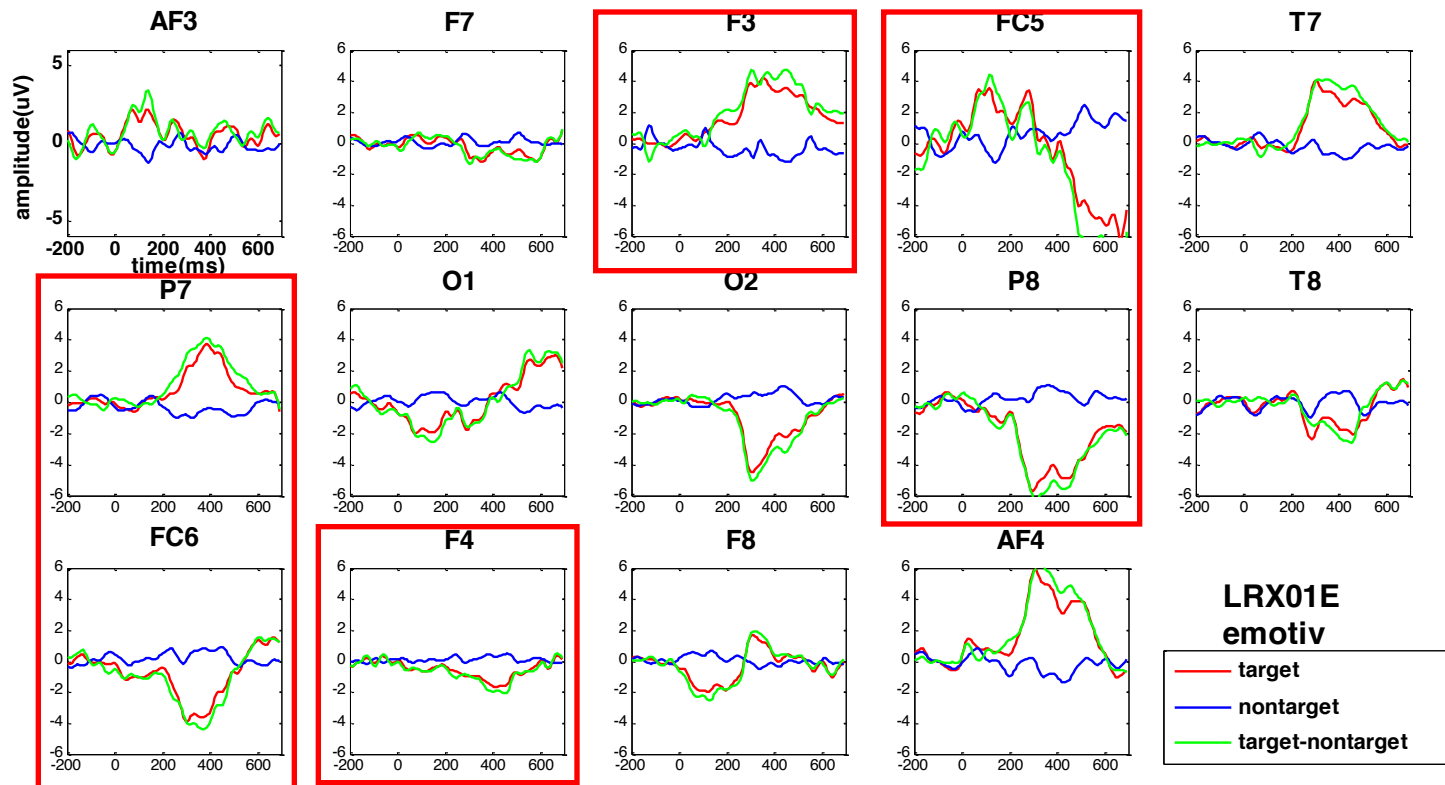
## 工作一：P300

---

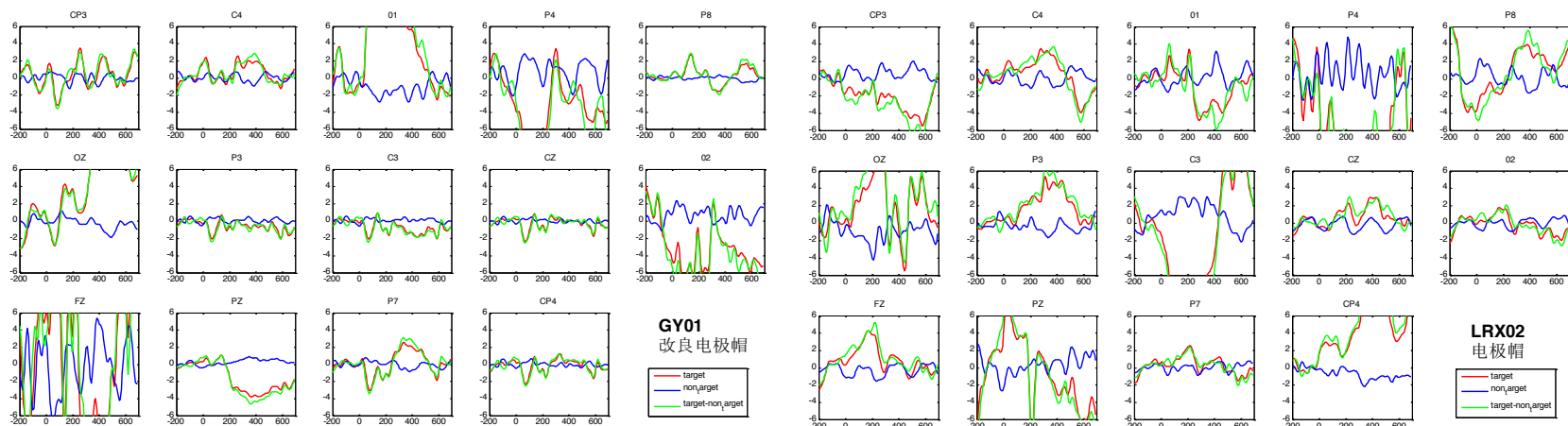
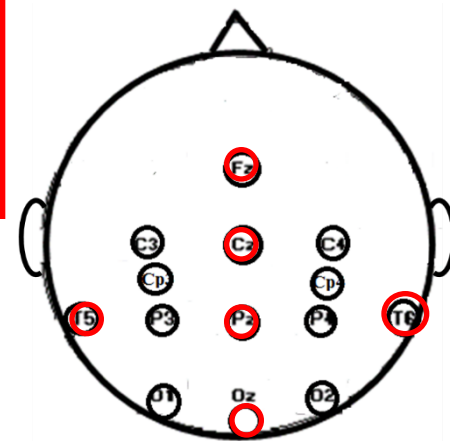
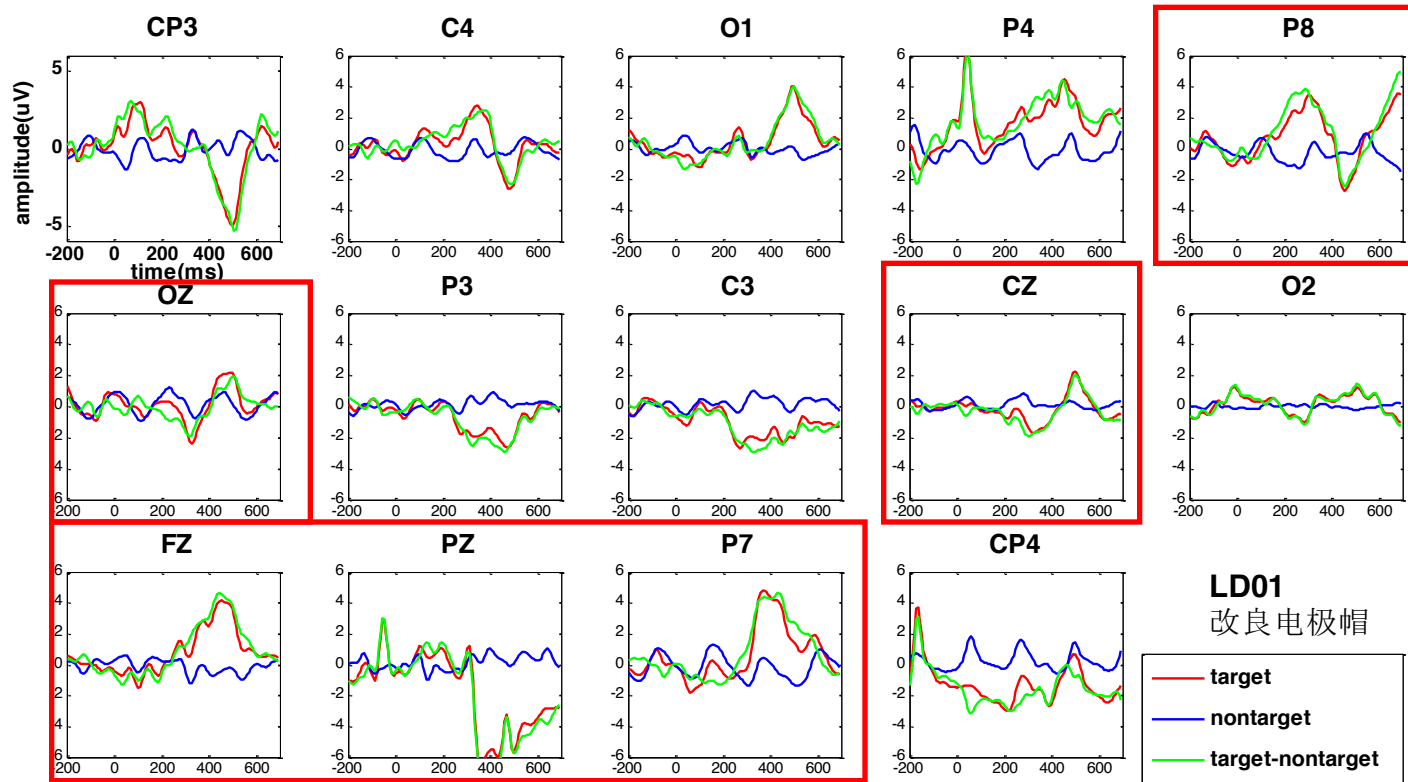
# 实验系统搭建



# 特征分析：基于Emotiv信号采集



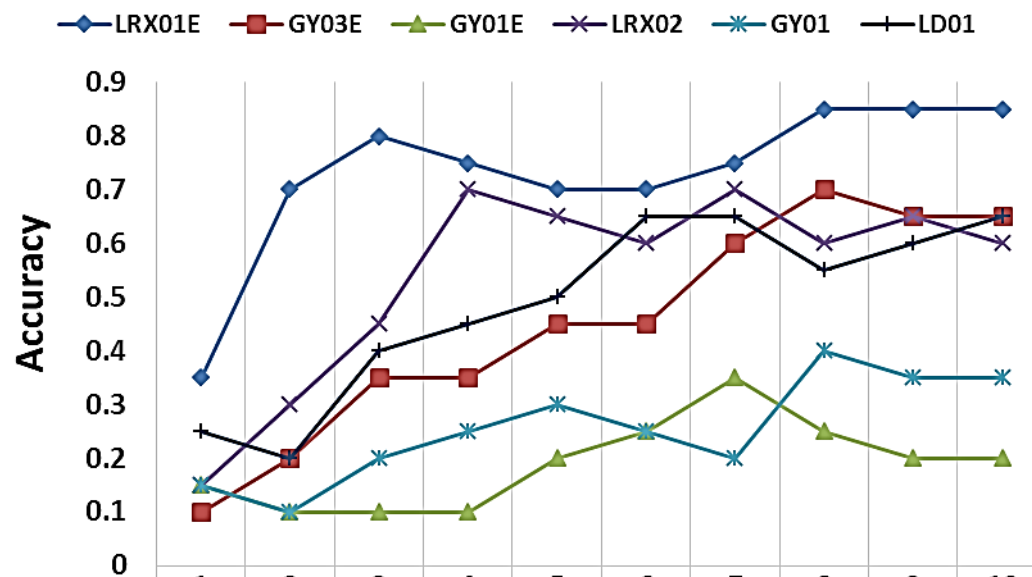
# 特征分析：基于自制电极帽信号采集





# 分类识别结果

识别结果



◆ LRX01E	0.35	0.7	0.8	0.75	0.7	0.7	0.75	0.85	0.85	0.85
◆ GY03E	0.1	0.2	0.35	0.35	0.45	0.45	0.6	0.7	0.65	0.65
◆ GY01E	0.15	0.1	0.1	0.1	0.2	0.25	0.35	0.25	0.2	0.2
◆ LRX02	0.15	0.3	0.45	0.7	0.65	0.6	0.7	0.6	0.65	0.6
◆ GY01	0.15	0.1	0.2	0.25	0.3	0.25	0.2	0.4	0.35	0.35
◆ LD01	0.25	0.2	0.4	0.45	0.5	0.65	0.65	0.55	0.6	0.65

- 信号采样率：128Hz
- 14导联数据
- 去基漂
- 0.5-30Hz滤波
- LDA分类（降采样到18Hz）

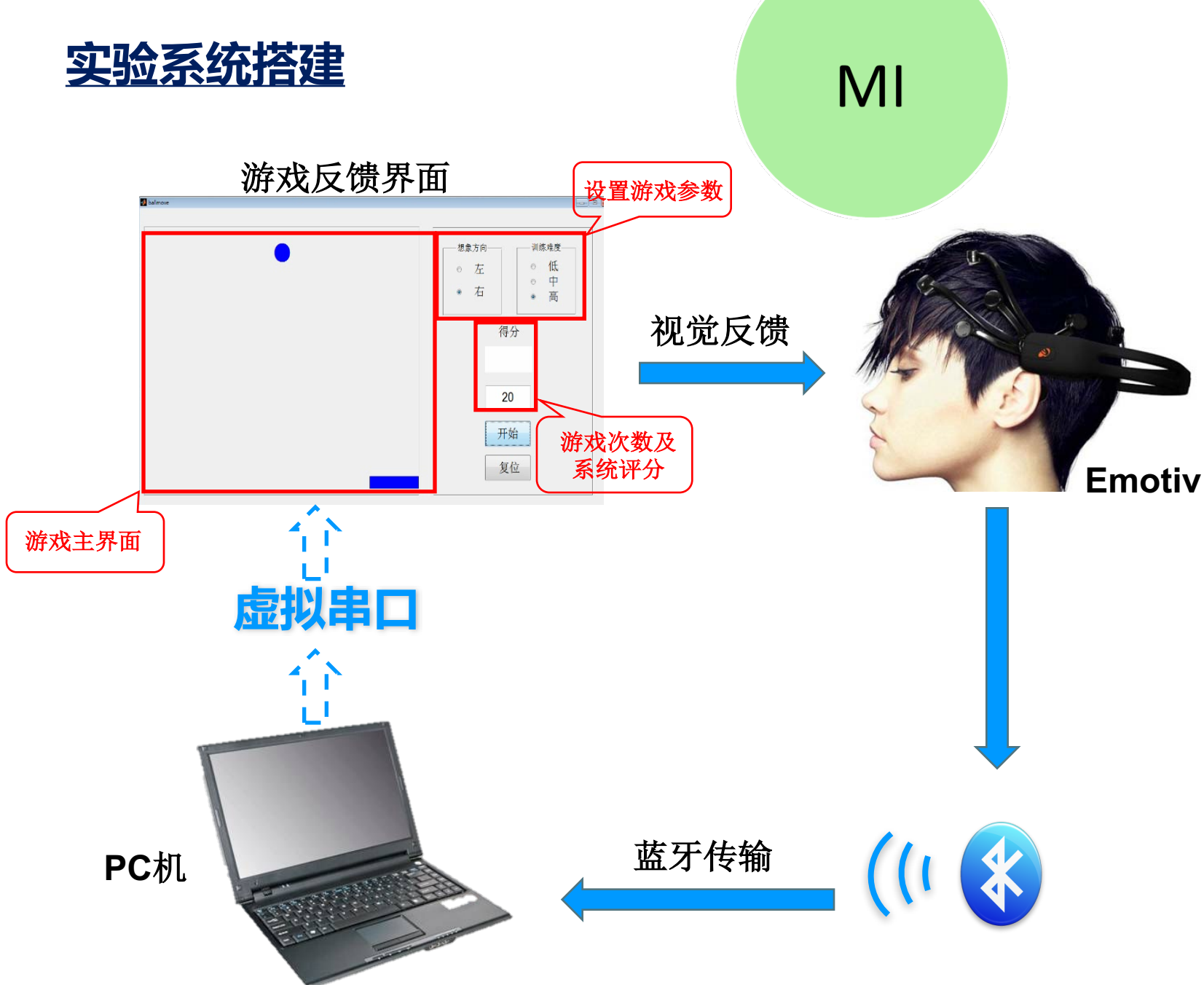
- ◆ 作为离线分析，该结果不是很理想，且Emotiv和导联选择后的自制电极帽数据处理结果相比，无显著性差异
- ◆ 原因一：系统采样率较低，达不到基本的识别要求
- ◆ 原因二：自制电极帽的屏蔽效果和硬件封装要比Emotiv差
- ◆ 因此，需进一步改进电极帽，提高信号质量，同时可尝试将自制电极帽与Neuroscan采集系统结合，探索可行性。

2.2

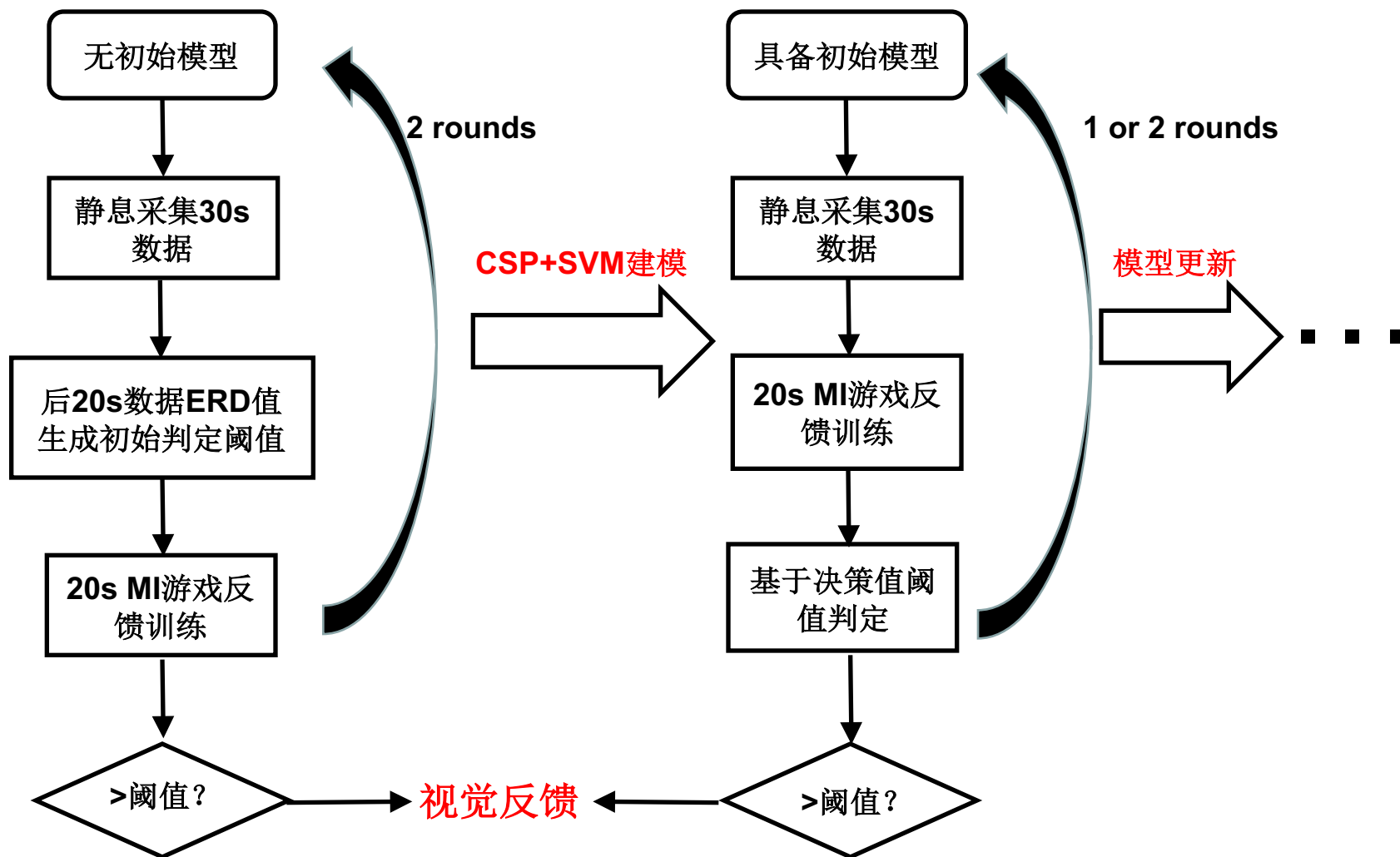
## 工作二：MI

---

# 实验系统搭建



# 实验基本流程设计



# 分类识别结果

有无初始模型	模型策略	离线分析正确率	实际系统评分
无初始模型	基于ERD值	85%	85
模型一	基于CSP模型决策值	75%	70
(更新) 模型二	基于CSP模型决策值	80%	75
... ..继续模型更新			

- 信号采样率：128Hz
- 14导联数据
- 去基漂
- 0.5-30Hz滤波
- ERD or CSP

- ✓ 整体结果比较理想，可以看到CSP模型更新的有效性
- ◆ 无初始模型的情况下，基于ERD值判定具有较大的偶然性，需确定一个判定标准。
- ◆ 且在反馈游戏难度设定方面是通过阈值调节还是游戏次数调节也需要一个标准



## 未来工作展望

---

## 已初步完成工作

### P300

- ✓ 完成基于**Matlab**平台刺激范式设计
- ✓ 基于**Emotiv**及自制电极帽的平台搭建
- ✓ 完成7组预实验
- ✓ 完成在线系统调试

### MI

- ✓ 完成基于**Matlab**平台的反馈游戏设计
- ✓ 完成1组预实验
- ✓ 完成在线系统调试

## 尚存问题 & 可能方案

- 信号采样率及信号质量达不到良好的识别要求
- 分类算法有待试验
- 个体识别与跨人识别的博弈

### P300

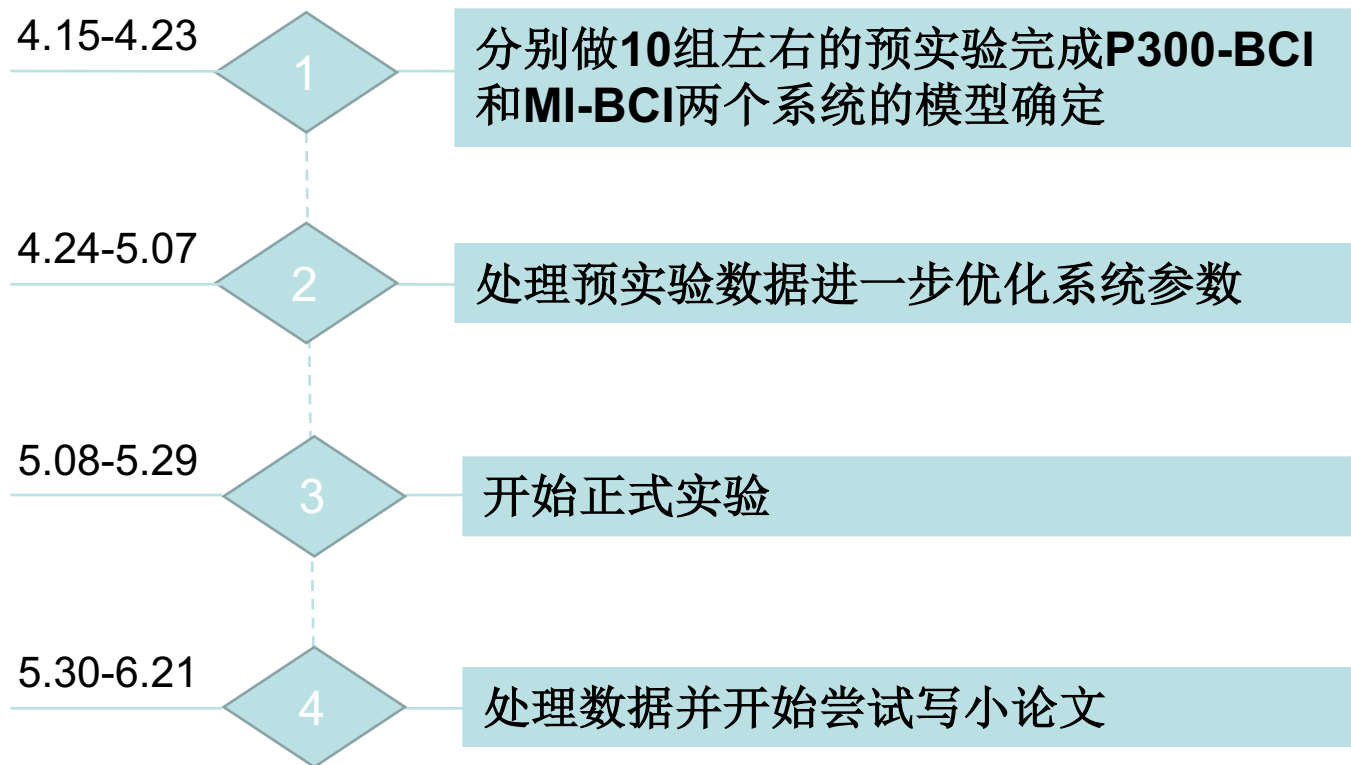
- ✓ 进一步改进封装自制电极帽，增强屏蔽效果以提高信号质量
- ✓ LDA, SVM, SWLDA算法尝试
- ✓ 在个体识别达到较高水平的基础上做跨人识别的尝试

- 触发反馈的阈值判别策略仍然存在
- 游戏难度量化问题
- 游戏界面美观性及反馈方式需要进一步改善

### MI

- ✓ 经过足够的实验组分析比较建立进行阈值的自适应选择策略
- ✓ 结合不同阈值大小量化游戏难度及次数
- ✓ 界面优化，反馈方式：视觉+听觉等，有条件可加入**NIRS**

# 科研进度安排





Thanks !

