



# 基于心脑电信号特征融合的 精神分裂症辅助诊断算法设计



# 汇报提纲



1

研究背景与目的

2

方案设计与实现

3

测试方案与结果

4

研究发现与讨论

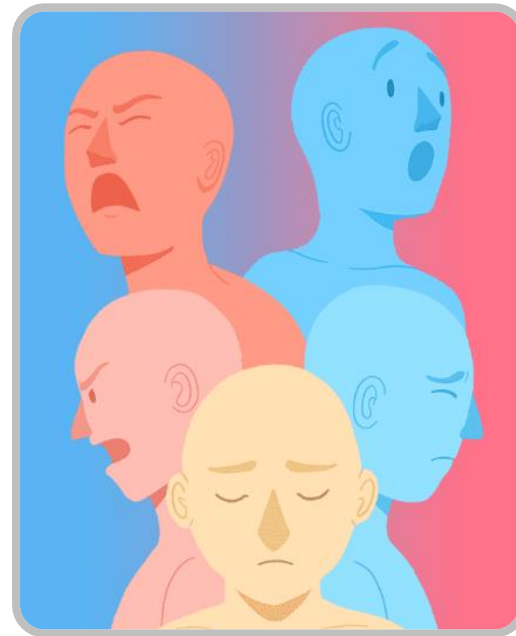
5

作品展示与感想

# 研究背景与目标



- 精神分裂症是一种高发、慢性、重性的精神疾病
- 其临床症状主要表现为幻觉、妄想、思维和言语紊乱等
- 精神分裂症的诊断依赖医师的**主观评价**，容易导致**误诊、漏诊**，**缺乏可靠的生物学标记物**

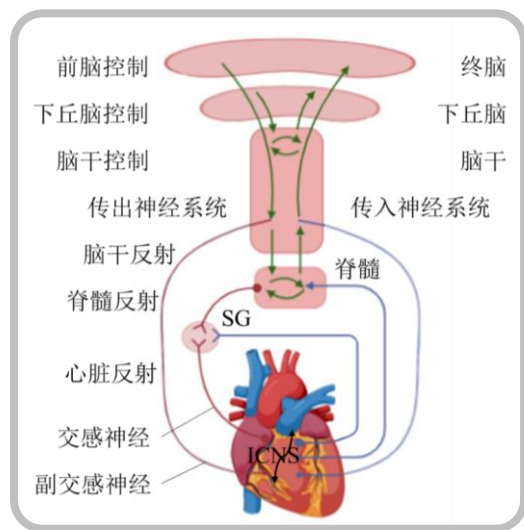


患者症状复杂多样

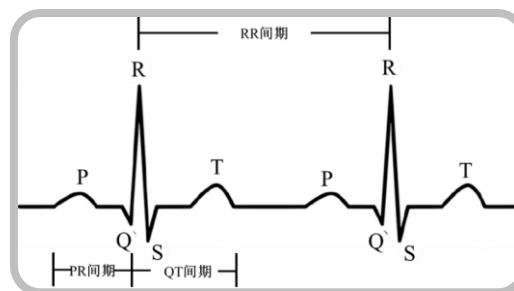
# 研究背景与目标



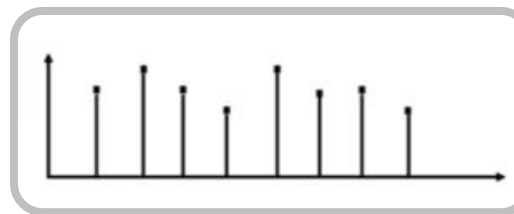
- 2011年, Hamitton等人将患者的心率变异性与正常对照组进行比较, 结果发现**精神分裂症患者的心率变异性(HRV)异于正常对照组**
- Clamor、Chang 等学者的多项研究也证实精神分裂症患者的心率变异性与正常对照表现出**参数差异**
- 基于以上研究发现, **精神分裂症患者的心率变异性**和正常对照之间存在差异, **心率变异性的异常可以反映在心电信号上**



心脏受自主神经系统的控制



RR周期

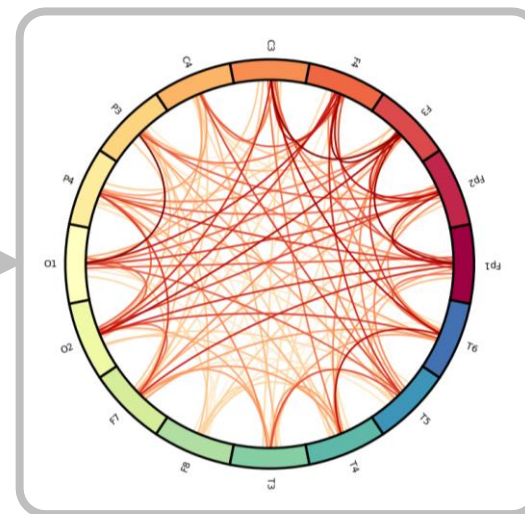
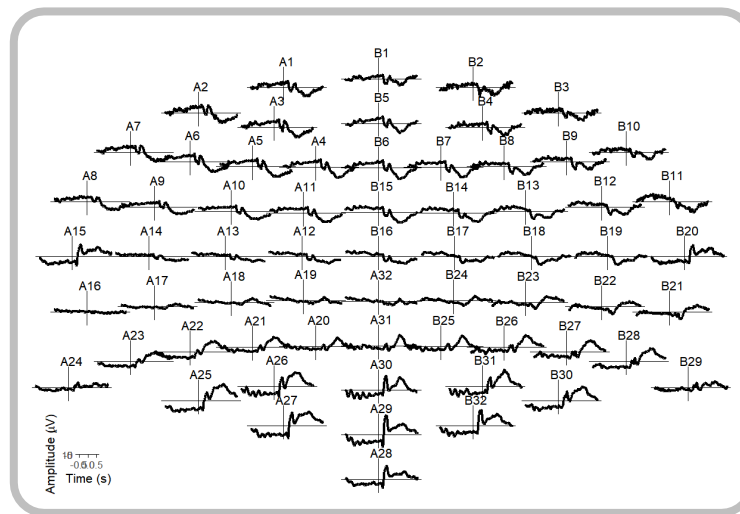
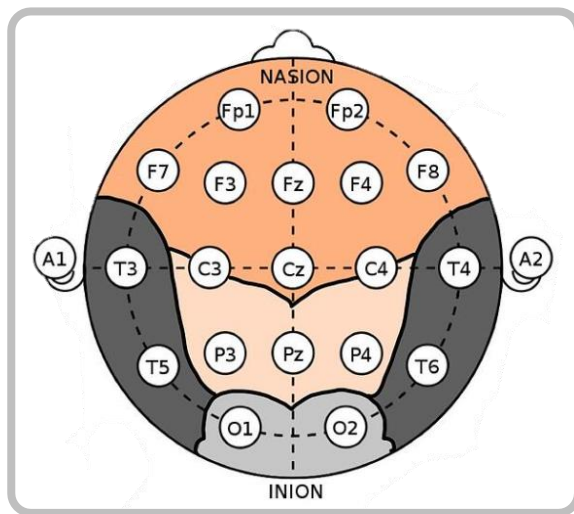


RR示意图与HRV 信号图

# 研究背景与目标



- 精神分裂症所导致的认知功能损害可能导致各**脑区间通信功能障碍**
- 脑功能网络可以表征各脑区间的连接情况



脑电信号采集

脑区连接情况

# 研究背景与目标



我们作品希望解决的问题:

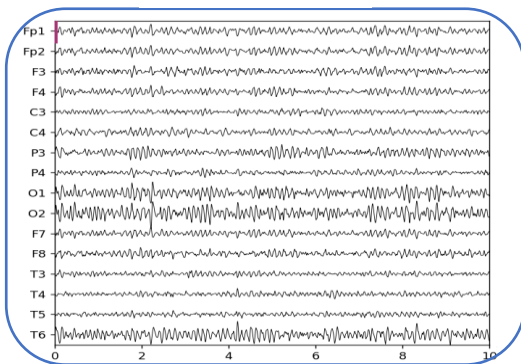
传统诊断技术

鉴别诊断难

依赖主观评价

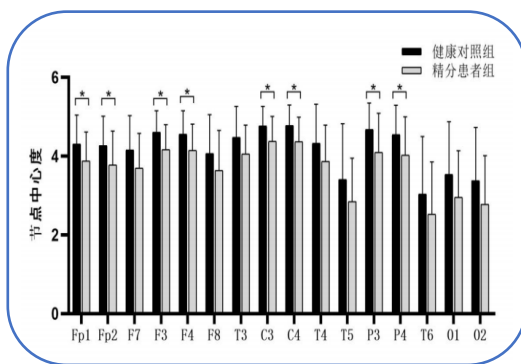
准确率及效率低

简便可靠



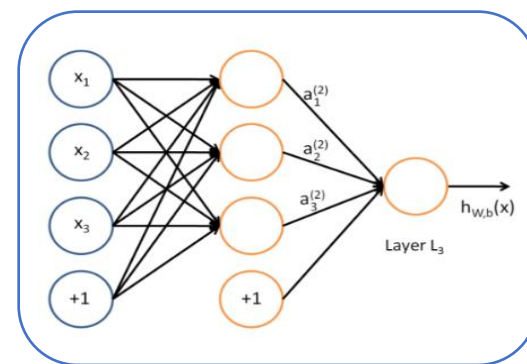
可靠的生物学表征

客观精准



客观的生物学证据

智能高效



能够快速诊断的智能方法

- 针对传统诊断技术存在的问题，我们创新性的提出了**结合心电、脑电信号辅助诊断精神分裂症**
- 我们期望通过这种方法取得比传统方法更好的效果

# 汇报提纲



1

研究背景与目的

2

**方案设计与实现**

3

测试方案与结果

4

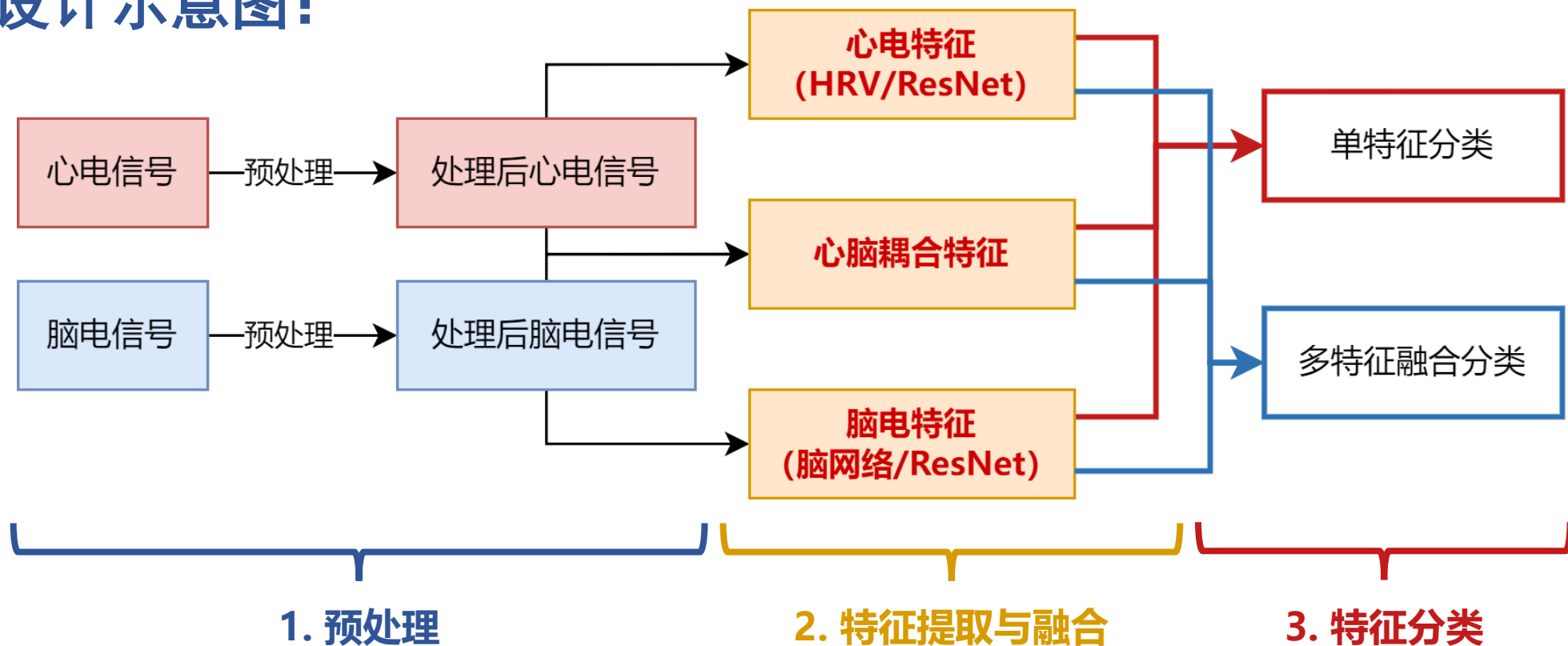
研究发现与讨论

5

作品展示与感想



## 总方案设计示意图：



- 1. 预处理：** 心电、脑电信号首先经过预处理，得到**处理后心电、脑电信号**
- 2. 特征提取与融合：** 通过不同方法提取**多种心电 (HRV/ResNet)、脑电 (脑网络/ResNet) 与心脑耦合特征**
- 3. 特征分类：** 单特征与融合特征经过**机器学习方法**进行分类





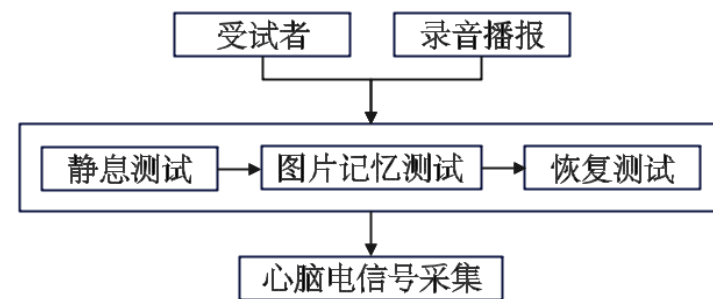
## 心电、脑电信号采集:

### 被试人口学信息

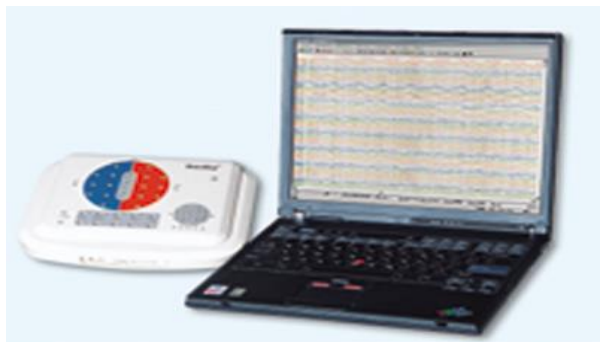
- 总被试人数: 99人
- 精分患者组: 49人
- 健康对照组: 50人

### 采集范式

- 静息测试 —— 4分钟
- 图片记忆测试 —— 2分钟
- 恢复测试 —— 4分钟



### 采集设备



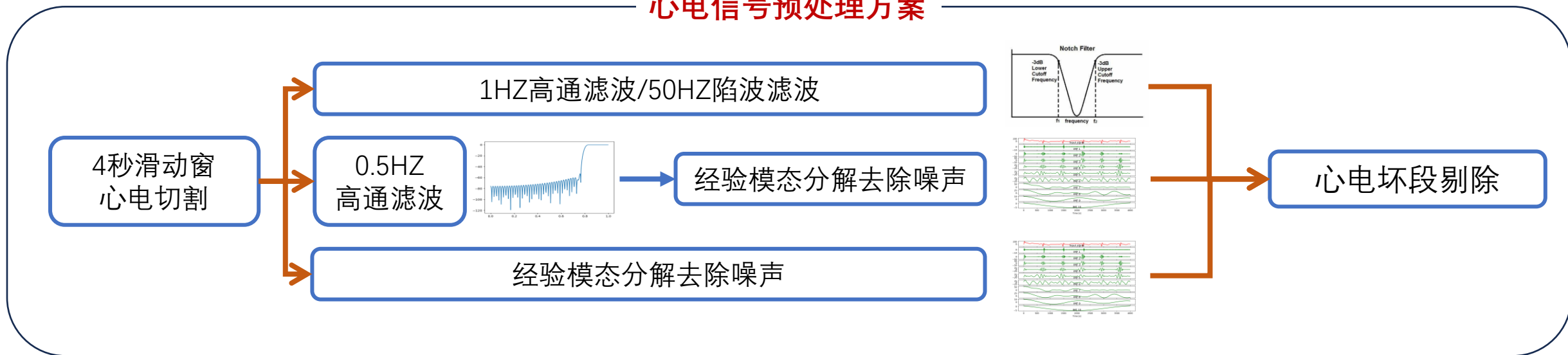
- 导联信息:
  - 16 导联脑电采集
  - 单导联心电采集
- 采样率:
  - 1000Hz

# 方案设计与实现

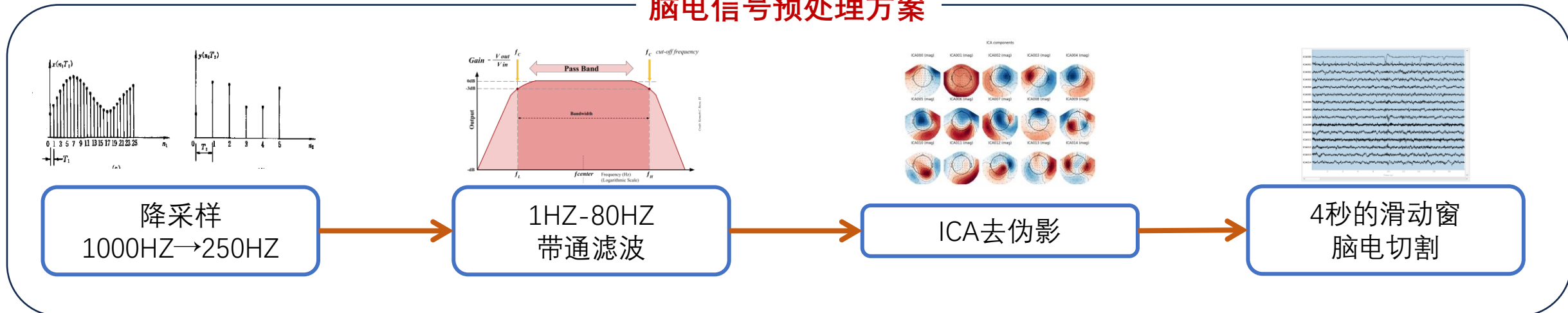


## 心电、脑电信号预处理方案：

### 心电信号预处理方案



### 脑电信号预处理方案



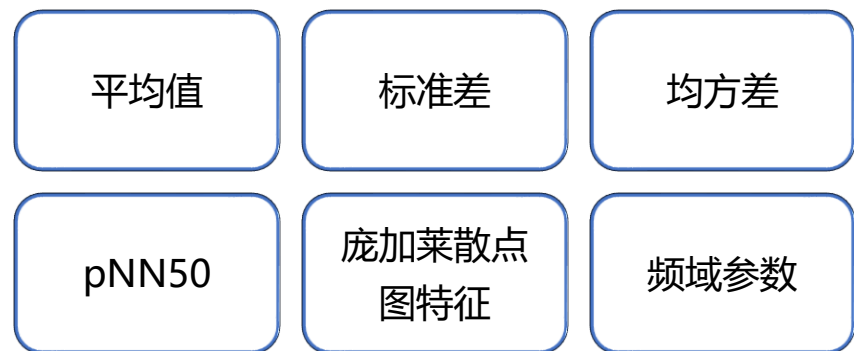


## 心电特征提取方案:

### 计算心率变异性相关特征

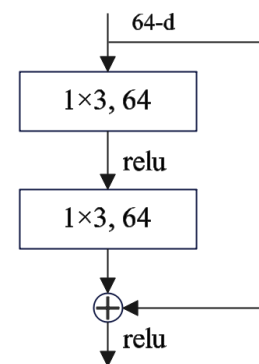
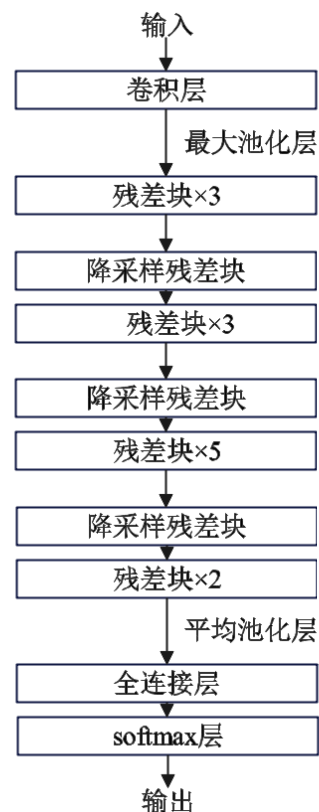


心电信号RR间隔



降维/统计选取

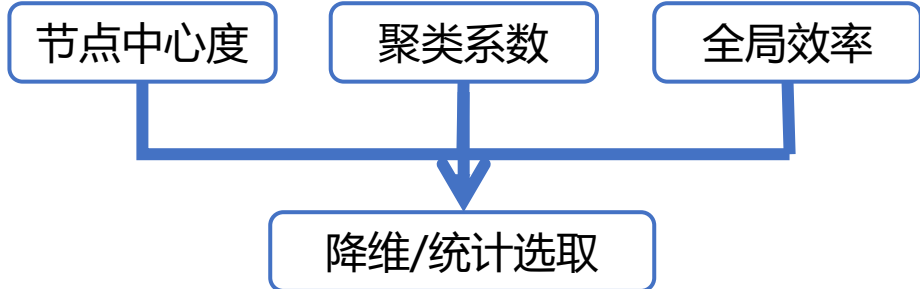
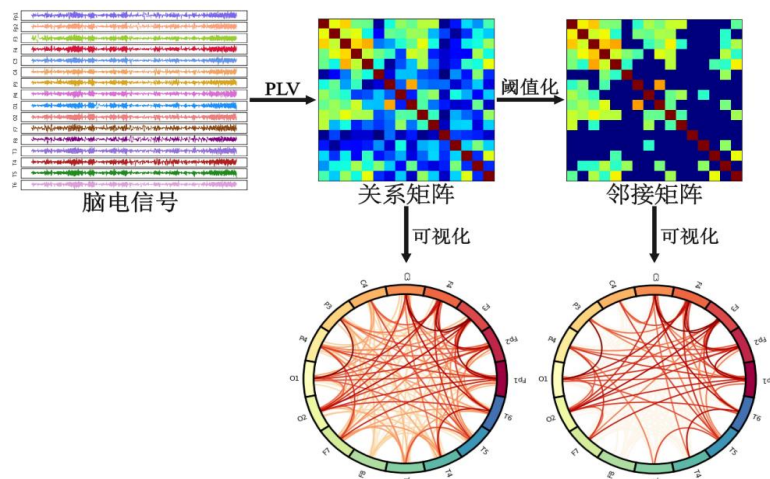
### 一维残差神经网络(1d-ResNet34) 提取特征



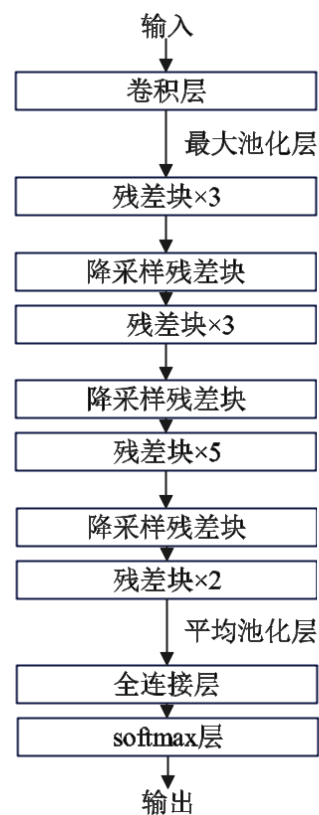


## 脑电特征提取方案:

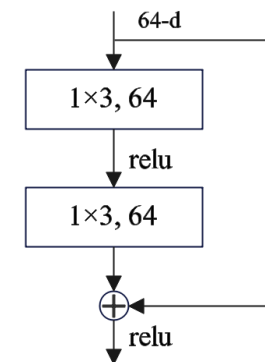
### 计算脑功能网络特征



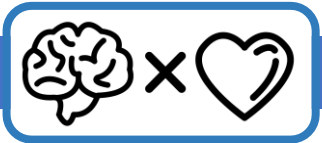
### 一维残差神经网络(1d-ResNet34) 提取特征



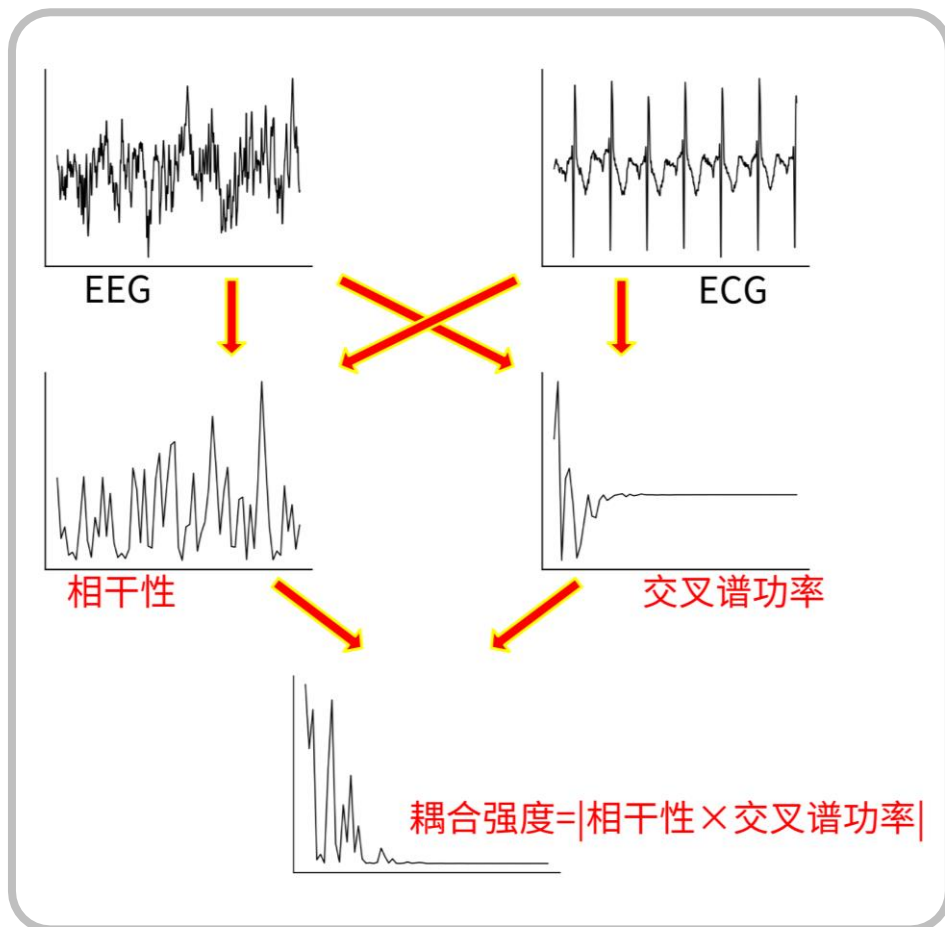
骨干网络结构图



残差块结构图



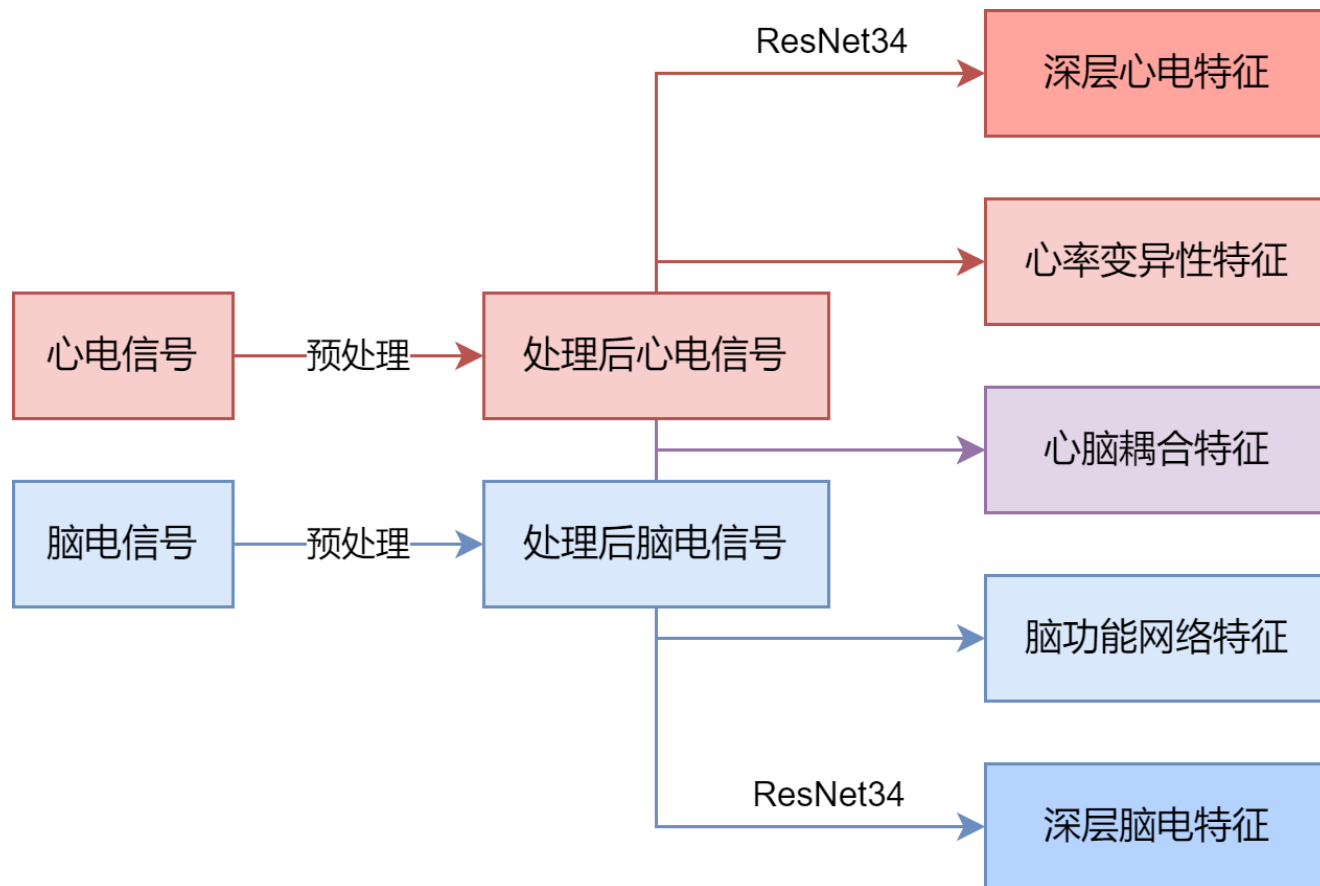
## 耦合特征计算方案：



- **模仿心肺耦合强度 (CPC) 定义心脑耦合强度**
- 使用心电信号代替心率变异性，脑电信号代替基于心电信号提取的呼吸信号
- 计算心电信号与脑电信号间**相干性、交叉谱功率及二者乘积**，定义二者乘积为心脑耦合强度

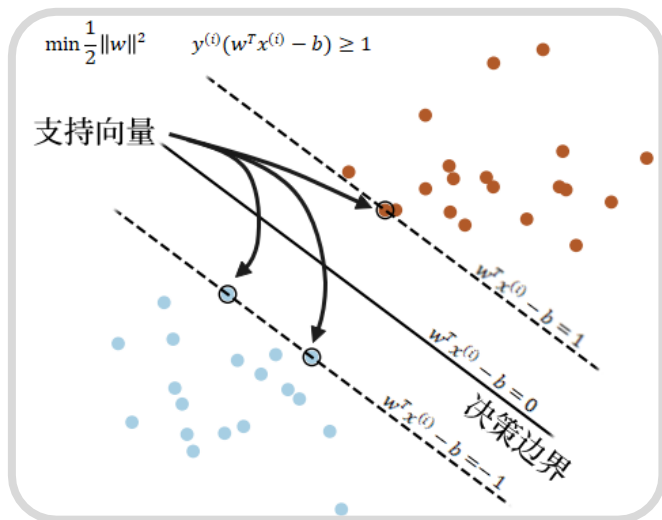


心电、脑电信号处理后得到五个特征：



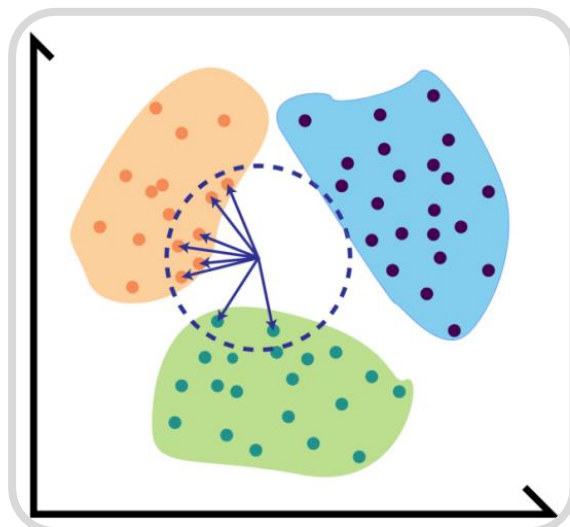


## 分类器模型：



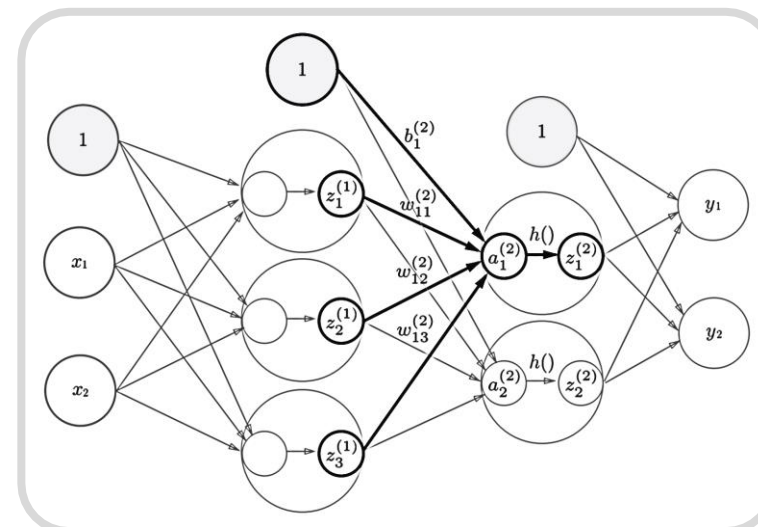
### 支持向量机 (SVM)

将数据拓展到高维空间后使用超平面分类



### K近邻算法 (KNN)

将未知样本与K个最邻近样本中所属类别占比较多的归为一类



### 多层感知机 (MLP)

多层非线性感知机输出类别概率

# 汇报提纲



1

研究背景与目的

2

方案设计与实现

3

**测试方案与结果**

4

研究发现与讨论

5

作品展示与感想





## 测试方案:

### 测试方案

- **单特征分类**: 使用SVM、KNN与MLP做单特征分类
- **融合特征分类**: 尝试**单特征组合拼接**, MLP做融合特征分类

### 功能指标

- **准确率**: 分类器正确分类的性能
- **特异性**: 分类器正确检测阳性的性能
- **灵敏度**: 分类器正确检测阴性的性能

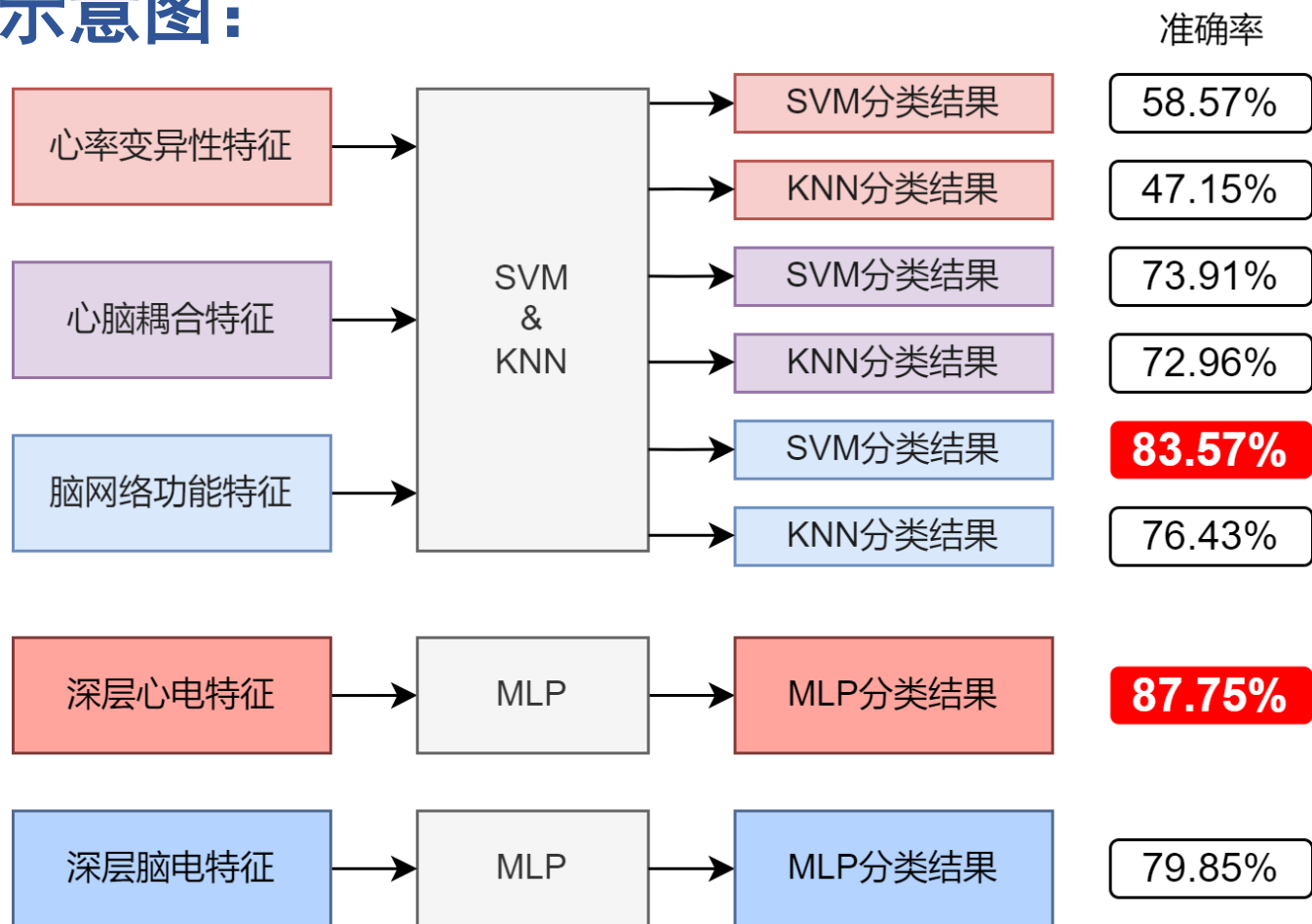
### 十折交叉验证



# 测试方案与结果



## 单特征测试方案示意图：

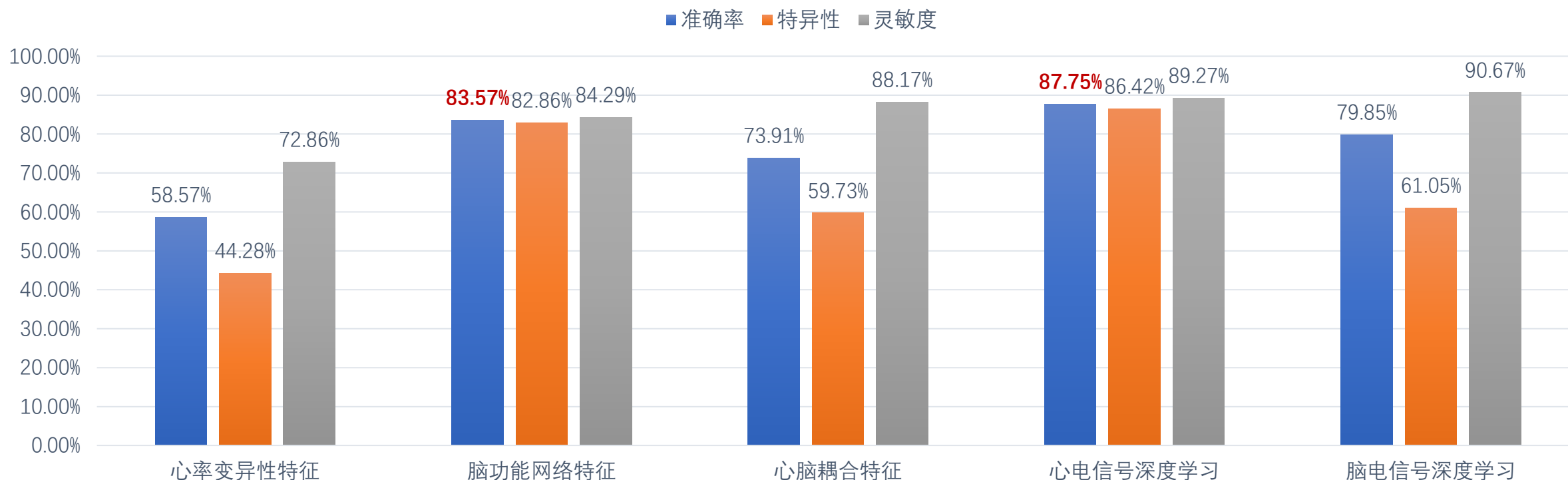


- 心电信号的单特征测试方案中，**深层心电特征**取得了最好的分类效果
- 脑电信号的单特征测试方案中，**脑功能网络特征**取得了最好的分类效果



## 单特征测试结果：

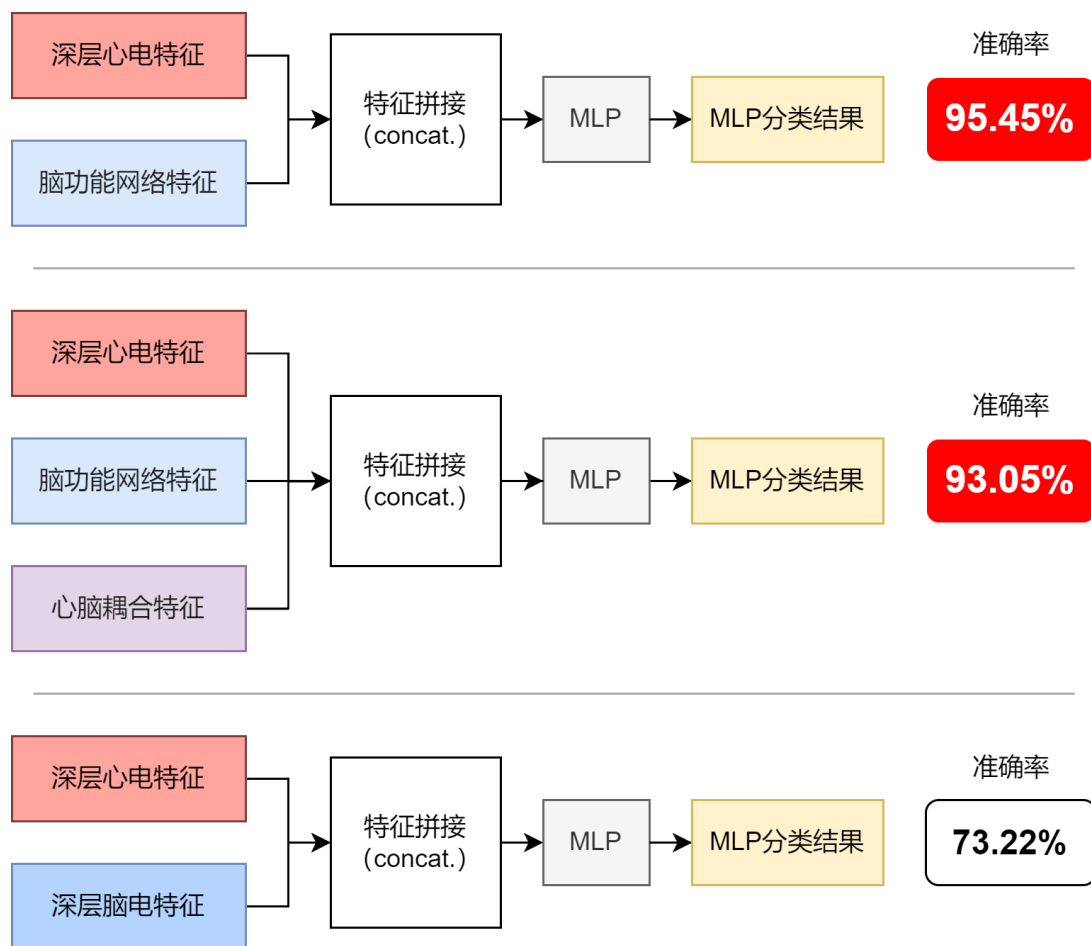
### 单特征最优测试结果



- 心电信号的单特征测试方案中，**深层心电特征**取得了最好的分类效果
- 脑电信号的单特征测试方案中，**脑功能网络特征**取得了最好的分类效果



## 多特征测试方案示意图：



## 研究发现

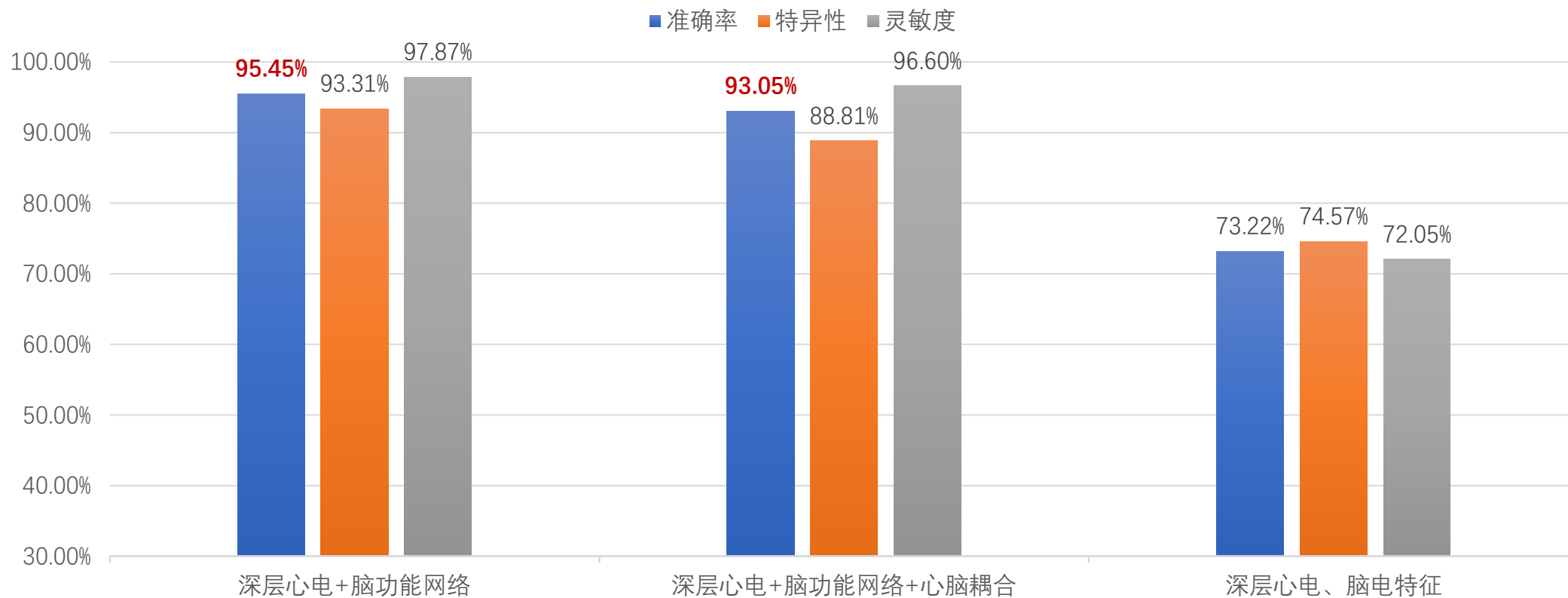
- **多个特征向量拼接**后使用**多层感知机 (MLP)** 进行分类
- 通过**准确率**等功能指标评判融合特征的分类效果

- **深层心电特征与脑功能网络特征**相融合取得**最好**的分类效果



## 多特征融合测试结果：

### 多特征融合测试结果



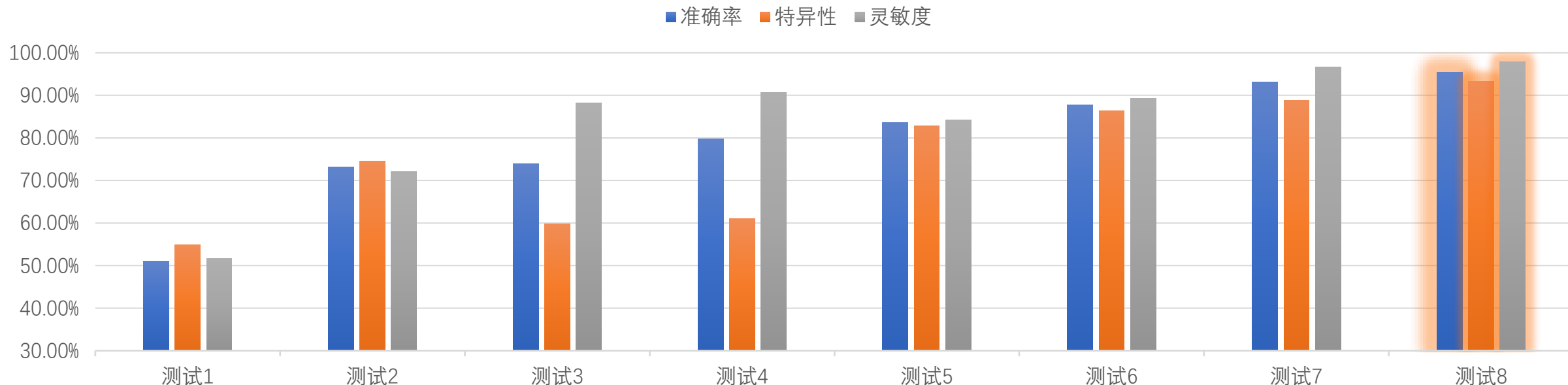
■ **深层心电特征与脑功能网络特征**相融合取得**最好**的分类效果

# 测试方案与结果



## 所有测试结果总结:

### 所有测试结果



### 总结

- 最优脑电单特征为：脑功能网络特征
- 最优心电单特征为：心电深层特征
- 最优特征融合策略为：脑功能网络特征+心电深层特征

### 注释

- 测试1: 心率变异性特征
- 测试2: 心电、脑电深层融合特征
- 测试3: 心脑耦合特征
- 测试4: 深层脑电特征
- 测试5: 脑功能网络特征
- 测试6: 心电深层特征
- 测试7: 心脑耦合特征+脑功能网络特征+心电深层特征
- **测试8: 脑功能网络特征+深层心电特征**

# 汇报提纲



1

研究背景与目的

2

方案设计与实现

3

测试方案与结果

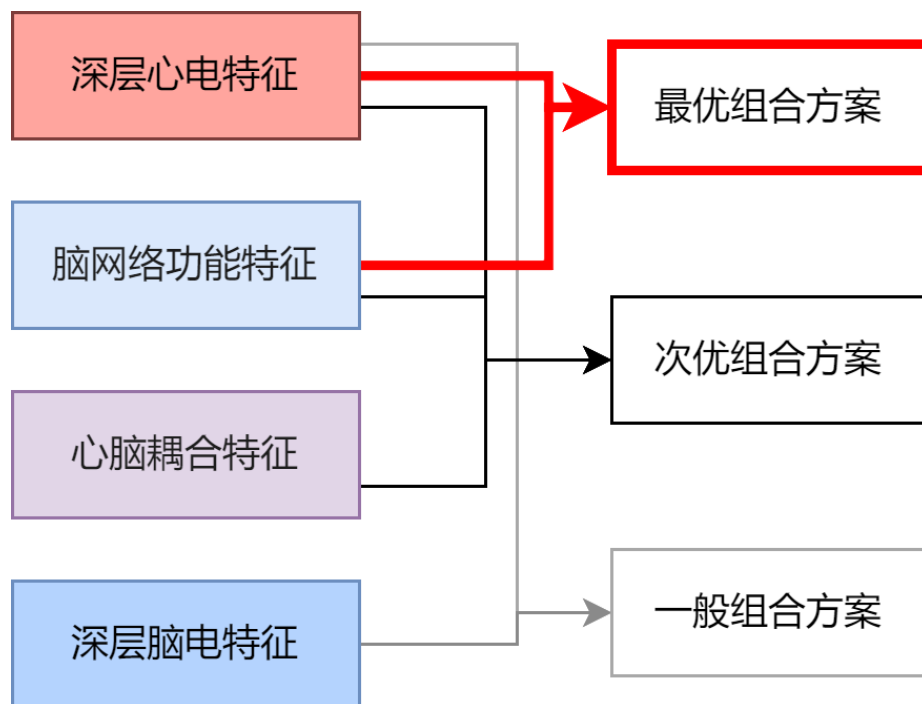
4

**研究发现与讨论**

5

作品展示与感想

# 研究发现与讨论



## 研究发现

- 深层心电特征相较于心率变异性特征有着更好的分类效果
- 脑功能网络特征相较于深层脑电特征有更好的分类效果
- 将这两种特征进行拼接，能够有效地提升分类效果

## 研究讨论

- 耦合特征设计不够合理，可以尝试更多设计思路
- 纳入作品研究的数据样本量较小
- 受限于时间，没有测试更多的特征组合方案



# 汇报提纲



1

研究背景与目的

2

方案设计与实现

3

测试方案与结果

4

研究发现与讨论

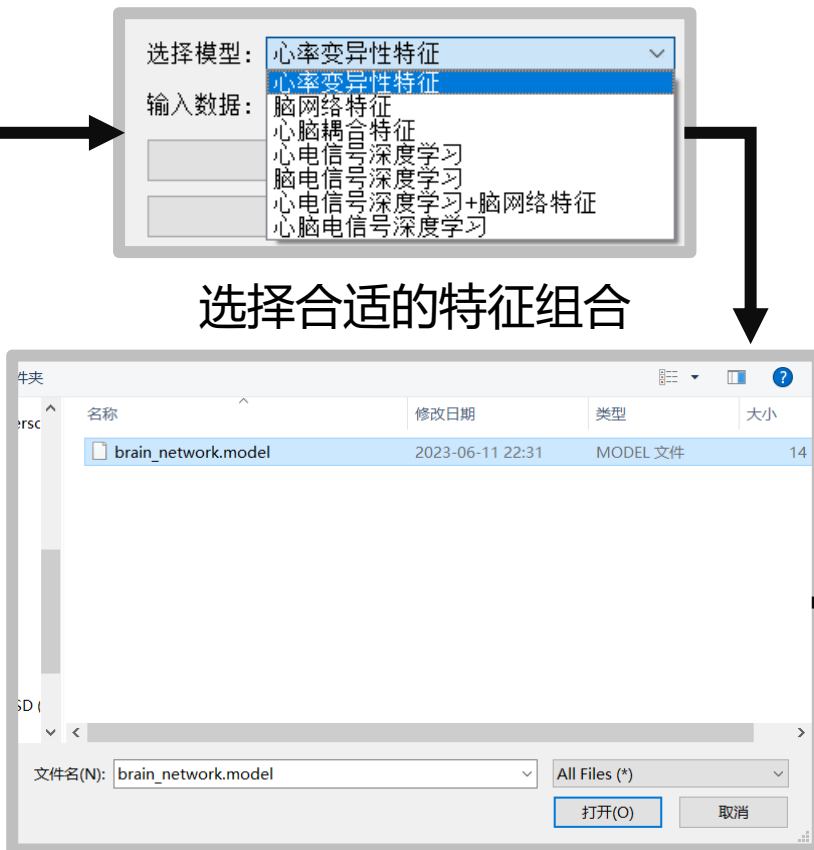
5

**作品展示与感想**

# 作品展示与感想



初始界面



导入已有的模型



输出结果

## 设计作品感想：

### 收获

作为大二本科生，通过完成本次设计，我们收获了：

- 如何正确地对心电、脑电信号进行处理
- 如何多角度、多层次地设计一个有意义的科研作品
- 如何通过设计测试指标筛选出作品的最优方案
- 如何在有限的时间内高效地进行作品设计

### 启发

本次作品设计的过程启发我们：

- 作品的最优方案需要通过尝试尽可能多的方案得到
- 团队协作可以有效提高效率
- 科研过程中要保持探索欲望和创新精神



小组成员合照



**谢谢各位老师的垂听  
请各位老师批评指正**

