

# 浅谈人脸范式的 P300 拼写系统的参数优化

冯翊航 齐航 何殿宁

东北大学 辽宁 沈阳 110006

【摘要】P300 电位的脑机接口系统有很多优点，比如有一定的识别力且准确率很高、传输信息的速度非常快，通过拼写单词的时候使用该系统，能够发挥其很好的信息交互作用。通过面部刺激可以产生良好的事件电位，主要发挥作用的是事件电位诱发，使 P300 计算机接口拼写系统功能得以实现。然而，在脑-机接口中，面部刺激采用何种方式呈现会影响到信号的识别力。本论文着重于研究人脸范式的 P300 拼写系统的参数优化。

【关键词】P300 拼写系统；人脸范式；参数；优化

## 引言

P300 电位是在小概率事件发生时诱发的电位，当相应的事件发生之后，在 300 毫秒处的脑电信号中会有相关点产生，由于其具有较高的识别力，能够对信息做出准确判断，且信息得以快速传输，通常在拼写系统中使用 [1]。拼写系统是将 6×6 字符矩阵的行列随机闪烁充分利用起来。但是当系统运行的过程中，需要多次叠加信号，保证准确识别，提高信息传输速率。所以，很多研究人员将提高拼写系统性能作为主要的工作任务。

## 1 研究现状

现在，很多专业人士开始研究各种刺激呈现的形式，诸如刺激源、刺激呈现间隔以及刺激间间距等等都是重要的研究内容。Gonsalve 和 Polich 都认为，在 8 秒钟以内，随着刺激间隔时间的增加，P300 幅值也会相应地增加，P300 潜伏期也会缩短，但是不与内部刺激时间间隔具有直接相关性。经过不断研究所得到的结果是，如果时间间隔非常长，拼写系统的运行就会非常慢，如果时间间隔的时间非常短，就会出现一些问题，诸如信号之间的重叠、产生重复知盲效应等等。2009 年，slvaris 等人对刺激间距和刺激源规格将自己研究成果提出来，即字符之间的距离并不会影响到 P300 脑机接口系统响，但字符大小却需要高度重视，其会影响到系统的性能。此外，许多学者对视觉刺激强度、刺激颜色和诱发事件相关电位的机制进行了深入的研究。2011 年，Kaufman 等人经过研究发现，熟悉人脸，除了诱发非常强的 P300 之外，对于识别性非常高的 N400 也可以起到一定的诱发作用 [2]。与传统的字符刺激相比较，人脸刺激所获得的分类准确率会更高。要使人脸范式有良好的性能，专家们重点对倒人脸、卡通人脸、表情变化人脸进行研究，结果是，所呈现出来的人脸刺激形式对人脸诱发信号是否能够有效识别有一定的影响，这一点与传统字符刺激存在相似性。通过采用试验的方式分析脑机接口系统中人脸刺激所呈现出来的几个形式，明确系统性能受到 130 毫秒刺激间隔和 200 毫秒间隔的影响，受到 39.62 厘米和 60.96 厘米界面规格的影响。

## 2 参数优化

### 2.1 参数变化情况

P300 的拼写系统参数主要为界面的规格、刺激时间的间隔以及人脸图片像素，刺激范式设定为 4 种（详见表 1）。

| 范式 | 界面（厘米） | 刺激时间的间断时间（毫秒） | 图片的像素  |
|----|--------|---------------|--------|
| 1  | 39.62  | 130           | 80×110 |
| 2  | 39.62  | 200           | 80×110 |
| 3  | 60.96  | 200           | 80×110 |
| 4  | 60.96  | 200           | 50×69  |

表 1 刺激范式的参数

在对参数进行研究的过程中主要采用了控制变量法。通过解读图 1、图 2 可以明确，范式 1 和范式 2 的人脸图片像素和界面规格相同，系统的性能容易受到比较刺激时间的影响。实验在显示器上进行，界面规格是 39.62 厘米，为了明确 P300 拼写系统受到参数影响的具体情况，将范式 2 在界面为 60.69 厘米的显示器上进行，获得范式 3。当增加界面规格之后，就会相应地放大刺激面板，各项参数的比例也会相应地放大，为 39.62：60.96。范式 3 和范式 4 在各项参数的基础上使人脸图片像素发生了改变 [3]。

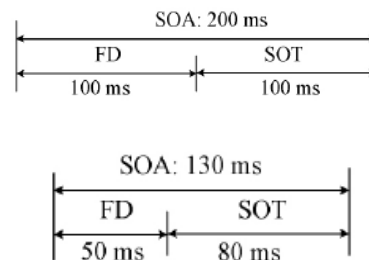


图 1：系统性能受到范式 1 比较刺激时间间隔影响示意图

### 2.2 优化结果

其一，刺激时间间隔的影响。根据实验结果，范式 2 的刺激时间间隔是 200 毫秒，范式 1 的刺激时间间隔是 130 毫秒，前者诱发 P300 信号的幅值更大 [4]。对于离线堆栈比特率，范式 1 要稍稍高一些，范式 2 则相

对比较低, 因为范式 1 的刺激间隔时间比较短, 有较高的离线堆栈比特率较高。

其二, 界面规格的影响。从分类性能来看, 范式 3 离线单闪烁序列有更高的分类精度, 明显超过范式 2, 但在线分类结果基本相同。在同一范式的情况下, 实验范式运行在不同规格的显示器上, 包括人脸图像的比例缩放、字符间距的比例缩放以及字符规格的比例缩放等等, ERP 信号强度不变。

其三, 人脸图片像素的影响。范式 3 的人脸图片像素为  $80 \times 110$ , 与  $50 \times 69$  像素相比较, 范式 4 所诱发的 N200 信号和 P300 信号更加强烈。从分类性能方面来看, 范式 3 的离线单个闪烁序列与范式 4 相比较, 有较高的准确率, 但是在线分类结果不存在明显差异 [5]。

人脸结构信息决定于人脸感知, 在人脸相同的情况下, 认知加工过程也会相同, 因此, 诱导的 N400 信号变化的程度非常小, 但如果人脸图像像素有很大的范式, 就会增强 N200 信号, 同时 P300 信号会更强, 从而获得良好的分类性能。

### 3 结束语

通过上面的研究可以明确, 研究传统的 P300 脑机接口系统是建立再物理参数设置的基础上, 对影响 P300 拼写系统的各项影响因素进行研究, 明确随着刺激时间间隔的增加, P300 信号就会更强, 分类准确率提高, 比特率也相应地提高。ERP 信号通常不会受到减小界面尺寸的影响, 即便降低了分类准确率, 但是系统的使用性能并不会受到影响。图片像素增大, N200 信号和 P300 信号都会有所增强, 分类准确率也会提高。人脸范式的 P300 拼写系统有很多优化的方式, 但是实际应用中会受到各种因素的影响, 诸如环境因素变化以及病人状况等等, 使拼写系统缺乏准确率, 速度也会变慢, 这就需要

采用人工智能模块将实际应用中的各种问题有效解决。

### 【参考文献】

- [1] 李宏伟. 基于 P300 的脑机接口拼写器的优化与实践 [D]. 浙江大学硕士学位论文, 2019.
- [2] 崔立杰, 赵丽, 孙永. 基于阻断的 SSVEP 和 P300 混合字符输入系统 [J]. 电子测量技术, 2020, 338(6):159-165.
- [3] 董倩妍. 基于空间听觉 P300 的脑机接口技术研究 [D]. 广州大学硕士学位论文, 2019.
- [4] 李梦凡, 杨光. 具体与抽象图形对 N200 和 P300 电位的影响研究 [J]. 生物医学工程学杂志, 2020, 000(3):427-433.
- [5] 崔立杰, 赵丽, 孙永. 基于阻断的 SSVEP 和 P300 混合字符输入系统 [J]. 电子测量技术, 2020, 338(6):159-165.

### 【作者简介】

1. 冯翊航 (1998.10.25—), 男, 河北邯郸涉县人, 汉族, 本科学历, 主要从事脑机接口方面的研究工作, 目前就职于东北大学, 单位地址: 中国辽宁省沈阳市浑南区创新路 195 号; 邮编: 110167;
2. 齐航 (1998.1.21—), 男, 河北唐山人, 汉族, 本科学历, 单主要从事脑机接口方面的研究工作, 目前就职于东北大学, 单位地址: 中国辽宁省沈阳市浑南区创新路 195 号; 邮编: 110167;
3. 何殿宁 (1988.07.11—), 男, 辽宁沈阳人; 汉族, 博士学历, 主要从事医学图像分析、脑科学方面的研究工作, 目前就职于东北大学, 单位地址: 中国辽宁省沈阳市浑南区创新路 195 号; 邮编: 110167.