

智能化多参数脑波 / 眼动心理测试系统的研究

蔺彬涛

上海天岸电子科技有限公司，上海

摘要 | 事件相关电位片 P300 (ERP) 是一种特殊的脑诱发电位，通过靶向刺激具有特殊的心理意义。图片和视频刺激引起的大脑事件相关电位反映了大脑在认知过程中的神经电生理变化，也称为认知电位。在本研究中创造性地从脑电波中提取了眼球运动的视觉诱发电位 (VEP) 信号。

关键词 | 脑波 P300 事件相关电位；眼球运动视觉诱发电位

Copyright © 2024 by author (s) and SciScan Publishing Limited

This article is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>



目前脑波技术在心理测试领域多见 P300 应用，本研究除了 P300 又开发了脑波的思考深度和专注度及眼球运动的眨眼频率和强度、眼球运动速度（眼跳）和强度。实验了图片靶刺激、非靶刺激及陪衬刺激的注视时间、间隔及刺激顺序。同时实验了视频内容关注点的靶刺激。

脑波参数测量加上眼动参数测量，实现了“想什么、怎么想”和“看哪里、怎么看”提供了更进一步的认知神经的研究和测试方法。

眼动研究方法是来源认知心理学研究中的重要方法，具有无损伤、生态化的特点。而基于眼动研究方法的测试技术与传统测谎技术相比，也是一种具有较高信度与效度的心理测试方法，在实际应用中具有较大的优势。对眼动行为指标进行分析，可以考察“谎言”机制。

眼动指标如首视点、注视时间、注视次数、眼跳距离与速度、回视数、瞳孔直径、兴趣区、眼跳潜伏期、眼动轨迹等，都具有一定的测谎价值。本文重点研究了眨眼速度及强度、眼球转动速度及强度。

1 研究方法 & 原理

(1) 脑波传感器

众所周知传统的脑波传感器多是戴帽式，此传感器为了获取良好的脑波信号佩戴十分困难费时费力。

本研究使用的是无线蓝牙传感器，该传感器采用了单一干电极在人前额 FP1 区域，采集用于研究和实战的脑波及眼动信号。

(2) 信号处理方法

通过脑波信号的傅里叶变换将时域（即时间

域)上的信号转变为频域(即频率域)上的信号,随着时域的不同,对同一个事物的了解角度也就随之改变,因此在时域中一些处理困难的信号在频域就可以较为简单的处理。

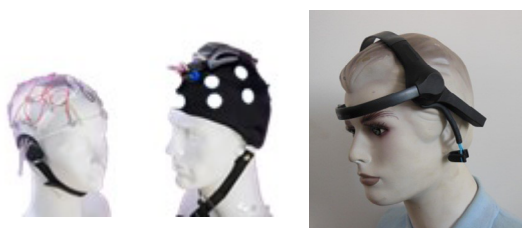


图1 传统脑波传感器与蓝牙传感器比较

Figure 1 Compare traditional brainwave sensors
Bluetooth

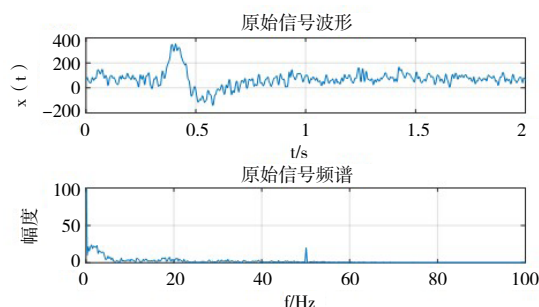


图2 脑波原始波形

Figure 2 Brainwave original waveform

脑波信号的傅里叶变换FFT:

在DFT的算法之后,又出现了各种各样快速计算DFT的方法,这些方法统称为快速傅里叶变换(Fast Fourier Transform),简称为FFT。FFT的出现,使计算DFT的计算量减少了两个数量级,从而成为数字信号处理强有力的工具,还有效地减少了计算所需的存储容量。

信号的时域转换到频域,通过傅立叶变换可以将信号转变为不同频率的周期信号的线性组合,本质上是正余弦信号的组合,因为周期复指数信号可以通过欧拉公式分解为正余弦分量。经过变换得到的波形被称为信号的频谱,它表示在信号中不同频率的分布。傅立叶变换得到的频率分布只是在数学上有意义。

(3) 脑波信号的滤波

脑波的低通、高通和带通滤波器:脑电波在频

域上进行一些操作,选择性地保留一部分需要研究频率,而衰减另一部分不希望得到的频率。我们希望保留的频率和希望衰减掉的频率,是通过低通滤波器和高通滤波器来实现,同时只保留中间频带的滤波器被称为带通滤波器。通过上述的数字滤波获得P300事件相关电位、专注度与思考深度的脑电信号。

(4) 眼动波基本原理及分析

通过数字滤波获得眼动波信号,其来源是眼睛运动过程中脑电信号变化,眼动信号如眨眼、眼球运动等参数进行记录和分析得到的图形,眼动信号可用于研究个体的注意力、认知过程、学习状态等。

(5) 眼动类型和参数

眼动波形可以分为快速眼动、慢速眼动和注视三种类型。通过分析眼动信号的波形形态和频率,就可以判断眼球的运动类型以及转换之间的方式。眼动波形中包含了大量的参数,如峰值速度、持续时间、峰值位置等。这些参数可以帮助我们了解眼球运动的特征。通过测试可以研究统计心理测试(测谎)中眼球运动的特征与情绪变化(谎与非谎)之间的关系。

2 实验方法与内容

(1) 测试方法

P300事件相关电位属于长潜伏期诱发电位,测试时一般要求被试者清醒,并在一定程度上参与其中。引出ERPs的刺激是按研究目的不同编制而成的不同刺激序列,包括两种及两种以上的刺激,其中一个刺激与标准刺激产生偏离,以启动被试的认知活动过程。如果由阳性的物理刺激启动,除了由认知活动产生的内源性成分,尚包括外源性刺激相关电位;如由阴性刺激来启动心理活动过程,则引出由认知加工而产生的内源性成分。

P300为ERPs中重要的内源性成分,现时对它的研究最为广泛。多为神经精神学科研究,通过研究P300的潜伏期、波幅、波形变化,反映认知障碍或智能障碍及其程度,同时尚应用于测谎研究。

(2) 刺激模式

刺激模式的设置是研究ERPs的关键,根据研究目的设置了靶刺激概率为10%~30%,非靶概率70%~90%,刺激间隔多采用1.5~2秒,刺激持续

时间通常为1秒。随机图片5~6张,取其中1张设定为目标其余为陪衬,目标图片交于被测人仔细观。测试次数为10次,图片显示顺序为随机。

(3) 眼动测试

眼动波形图还可以显示被试者的扫视规律,即在阅读或观察过程中眼球的移动速度和强度。了解被试者在处理信息时的注意点和注意转移特征,从而评估其信息加工过程。眼动波形中还反映出被试者对特定刺激的反应时间。当被试者面对某个刺激时,眼动波形会出现明显的变化。通过分析反应时间,可以评估被试者对刺激的敏感度和注意力分配情况。

眼动波形图显示出眼球运动的特征,比如眼动的频率、振幅、高度等。通过观察这些特征,可以深入了解被试者在特定任务或情境下的注意力、认

知加工过程,为进一步的分析研究谎与非谎区别提供依据。总之,眼部波形数据分析图能够为我们提供丰富的信息,通过观察和分析这些图形,我们能更深入地了解个体的认知过程、情绪状态等心理活动,为测谎科学技术研究提供重要参考。

本研究,眼部波形信号是通过无线蓝牙脑波传感器记录眼球运动时产生的脑电波信号,然后将这些信号转换为波形图以进行分析。其独特的眼动信号采集方法是一种崭新研究方法。目前未见国内外文献报道。

(4) 实验数据

100例实测案例图片刺激,采用测前或测后GKT测试方法。五张为一组刺激图片其中设定一张(飞机)为靶刺激其他为非靶刺激,各项参数强度相加取平均值,如图3所示。

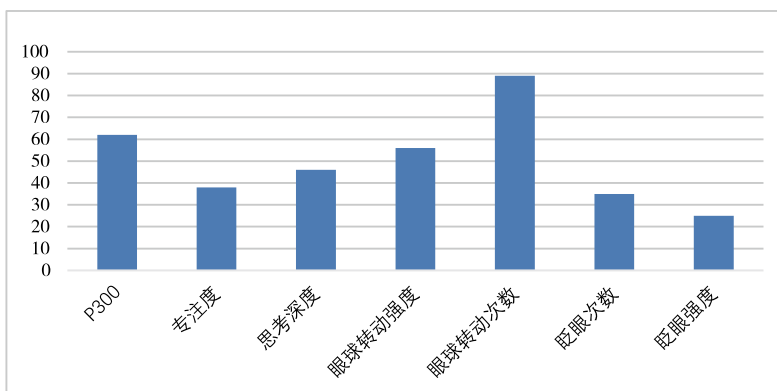


图 3 数据图表

Figure 3 Dada chart

3 数据智能化分析与判读

波图形数据在后台进行了定量分析,分析后数据以柱形图显示简洁易懂。

众所周知脑电波波形相对复杂化,本研究对脑

(1) 原始脑电波图形

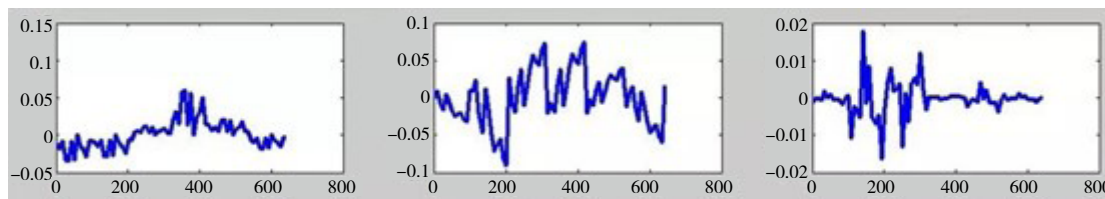


图 4 原始脑波

Figure 4 Primitive brain waves

(2) 原始眼动波图形

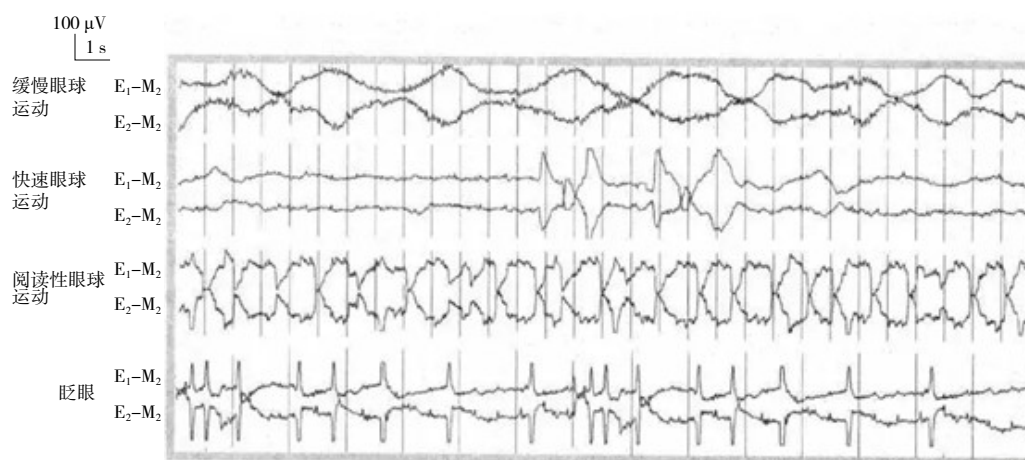


图 5 原始眼动波

Figure 5 Primordial eye movement waves

(3) 波形转换后柱形图与饼形图

运用本研究的核心算法对波形处理，提取各参数的反应峰值以柱形图和饼形图显示。

图示红色为靶目标图片，蓝色为非靶陪衬图片。右图为数数据叠加，下方饼图为数数据概率分析。



图 6 结果图示

Figure 6 Result illustration

4 结语

事件相关电位 (ERP) 作为可以反映大脑高级思维活动的一种客观方法在研究认知功能中得到广泛的应用，而作为其内源成分的P300是ERP中最典型、最常用的成分和认知过程密切相关，被视为“窥视”心理活动的一个窗口，并认为它是脑认知测谎研究的一种手段。

眼动特征是情绪的一项生理指标，眼动分析在情绪图片认知与情绪识别方面有重要意义。通过脑电波研究眼动信号研究较少，本研究通过分析四种

基本的眼动信号结合P300等脑参数，为谎言识别的提供了有效的参考。

参考文献

- [1] 张亭玉, 张雨青. 说谎行为及其识别的心理学研究 [J]. 心理科学进展, 2008, 16 (4): 651-660.
- [2] 任延涛, 孟凡骞. 眼动指标的认知含义与测谎价值 [J]. 心理技术与应用, 2015 (7).

- [3] 梁静, 李开云, 曲方炳, 等. 说谎的非言语视觉线索 [J]. 心理科学进展, 2014, 22 (6): 995-1005.
- [4] 崔茜, 张庆林. 测谎中反馈加工的认知神经机制: 一项ERP研究 [J]. 心理科学, 2013 (1): 23.
- [5] 董珊珊, 陈飞燕, 何宏建. 脑成像技术的测谎应用及其心理生理学基础 [J]. 生物物理学报, 2013, 29 (2): 94-104.
- [6] 杨宏宇, 林文娟. 国际情感图片系统在中国诱发正性和负性情绪反应的研究 [J]. 中国行为医学科学, 2005 (14): 1028-1030.
- [7] 白露, 马慧, 黄宇霞. 中国情绪图片系统的编制 [J]. 中国心理卫生杂志, 2005 (19): 719-722.

Research on Intelligent Multi-parameter Brainwave/eye Movement Psychological Test System

Lin Bintao

Shanghai Tianan Electronic Technology Co, LTD, Shanghai

Abstract: Event-related potential sheet P300 (ERP) is a special brain evoked potential, which has special psychological significance through targeted stimulation. The brain event-related potential caused by the stimulation of pictures and videos reflects the neuroelectrophysiological changes of the brain during the cognitive process, also known as cognitive potential. In this study, visual evoked potential (VEP) signals of eye movements were creatively extracted from brain waves.

Key words: Brainwave P300 event-related potential; Eye movement visual evoked potential