

事件相关电位（ERP）研究的经典实验范式

田柳青

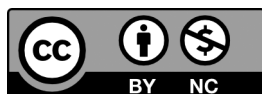
南京师范大学心理学院，南京

摘要 | ERP 技术是理解心理及其相应的脑活动的一个十分便利的工具。本文对文献中使用 ERP 技术的常用实验范式如 Go/No go 范式，Oddball 范式，Flanker 范式，Stroop 范式等进行介绍、举例、分析和总结，以厘清它们之间的异同，避免在研究中的误用或错用。

关键词 | 事件相关电位；Go/No go 范式；Oddball 范式；Flanker 范式；Stroop 范式

Copyright © 2022 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/>



1 引言

ERP 的发展经历了一个较长的阶段。在 1929 年，汉斯·伯格证明将电极放在人的头皮上，可以测量人的脑电活动，通过技术的处理，可以放大这个信号，以及观测其具体的变化。这就是脑电图（EEG）。随后，经历了几位科学家的努力，最终才使人们相信，这种信号并不是伪迹，而是真正存在的人脑的神经电活动。随后的几十年里，科学家的研究不断证明，EEG 无论是在科学领域还是在临床上都非常有用，但是也发现了一些不足，比如对 EEG 的测量只是对大脑神经电活动的一种粗糙的整体性的测量，而很难观测到某一个具体的认知过程是什么样的。后来，研究者使用简单平均的技术，把某些认知和运动事件相关的神经反应提取出来，于 1939 年发表了清醒的人类感觉 ERP 记录，这就是事件相关电位的获得。

现代的 ERP 研究开始于 1964 年，沃尔特发现了“关联性负变化”，这是人类发现的第一个认知性的 ERP 成分。他在实验中，先给被试一个警告的信号，然后再呈现靶刺激，让被试对靶刺激做按键反应，这时，在警告信号和靶刺激之间的一小段空暇时间里，能够观察到额部的一个巨大的负电压，这显然是被试对即将出现的靶刺激的一种准备，它就是关联性负变化（CNV）。在同期，研究者们还有另外一个重要的发现，即发现了 P300 成分，它的峰值在刺激后的 300 ms 左右，主要发生在被试不能预测下一个刺激是视觉刺激还是听觉刺激时。当他能预测时，那么这个成分就会大大地减小。此后研究者们对

于P300以及其他的ERP成分的识别、实验中ERP信息的记录与分析上进行了大量的研究,这大大加深了人们对于ERP的认识,为以后探索那些有科学意义的认知问题提供了强有力的技术手段。

后来,随着时间的推移,具有广泛科学意义的研究逐步增加,这使得ERP技术的声望不断提高,并且与PET和fMRI一道,为认知神经科学的研究做出了重要的贡献。

总而言之,人们对于ERP的特性和成分的认识正在逐渐加深,应用ERP技术对认知过程进行探讨的研究层出不穷。ERP技术具有显著的优点。首先,ERP能够测量从刺激呈现之前到个体做出反应之后的连续时间段里脑电的变化情况,这就能够精确的判断受到实验操作影响的是哪个认知过程。而行为实验的反应时和正确率测量则无法确定究竟是哪个认知过程的变化而导致反应时或正确率变化。比如,在经典stroop任务中,使用ERP技术能精确的确定辞色不一致的冲突条件下,到底是因为知觉过程的变慢,还是反应过程受到影响。其次,ERP能够在没有行为反应的情况之下,提供一种关于刺激处理的实时测量。比如,在Go/No go实验范式中,我们可以对注意刺激和忽略刺激的反应进行比较,这时使用ERP对脑电进行记录,就很可能对不要求反应的忽略刺激进行内隐的监测,这种实时信息处理的内隐监测能力是ERP的最大的优点。除此之外,ERP还具有无创伤性,时间分辨率高,费用不太昂贵等等优点,这些优点让ERP技术能够经久不衰,在认知神经科学的研究中能够持续的发光发热。

尽管有行为研究和其他技术无法比拟的优势,ERP技术仍然免不了许多局限。首先,最明显的缺点是,ERP成分的功能和意义实际上远没有行为反应的功能和意义这样清楚。比如,两种条件下反应时差异为120 ms,那么这个120 ms的含义是比较清楚的,即二者在信息的编码,处理和做出反应的时间差距。但是如果两个ERP成分的潜伏期存在一定差异时,如果没有精确的假设和推理,就基本上得不到结论,因而相较于其他的测量手段,ERP测量所得到的结果是更难解释的。其次,由于ERP比较小,所以必须通过大量的实验试次来弥补。ERP实验中,通常都需要在每种条件每个被试下进行50,100甚至更多的试次才能获得比较好的结果,这就带来了很大的限制。除此之外,ERP的空间辨别力较差,空间定位基本上是不准确的,且无法估计ERP定位的误差,除非在特殊的条件之下。

使用ERP技术,就必须使用合适的实验范式。何谓“合适”,或许也不见得有什么十分准确的划定范围。但是,从文献和相关著作中进行总结概括,就能发现将被使用到的有Go/Nogo实验范式,Stroop范式,Oddball范式和Flanker范式及其相关的变式。下面对各种实验范式和变式进行介绍,并举例说明。

2 相关实验范式

2.1 Go/No go 实验范式

Go/No go 联想测验是由诺塞克和巴纳吉(2001)为了弥补内隐联想测验(IAT)的不足而提出的实验范式,它保留了经典IAT中的两个关键任务,同时又采用信号检测论中的辨别力指数为指标。

该范式要求被试对一些刺激做出反应而忽略另外的一个刺激。例如,要测量被试对狗熊的态度,那么就呈现狗熊、褒义词和贬义词三类刺激,然后将“狗熊+褒义词”和“狗熊+贬义词”作结合,制作成实验材料,让被试对“狗熊+褒义词”组合而忽略“狗熊+贬义词”,在接下来的实验中,让被试做相反的反应,然后记录反应时,正确率等指标,利用信号检测论的方法进行数据分析。

对于 Go/No go 范式来说, 它可以结合 ERP 技术来测量被试的抑制控制能力, 让被试根据实验的目的, 抑制不必要的优势反应或者习惯化反应, 即反应抑制。研究发现, 与测验反应抑制相关的 ERP 成分是 N200。N200 反映了冲突监控及抑制的过程与强度, 在非冲突的条件下 (即 Go 反应), N200 的波幅比冲突条件下 (No go 反应) 要更小。

2.2 Flanker 范式

该实验范式又称侧抑制任务, 是由艾瑞克森 (Eriksen) (1974) 等人在探究干扰字母对目标字母识别的影响中最先使用的研究范式。当被试判断屏幕中居中的目标刺激时, 如果目标刺激两侧的干扰刺激与目标刺激相反, 那么对于目标刺激的反应就要慢于目标刺激和干扰刺激相同的情况下, 正确率也要更低。

Flanker 范式同样可以结合 ERP 技术来测量被试的干扰抑制控制。

在近期的一项研究中 (陈晨 等, 2020), 研究者使用 Go/No go 范式、Flanker 范式分别研究反应抑制活动和干扰抑制活动的心理和神经电生理机制。在实验中, Go/No go 范式首先呈现注视点 1.5s, 随后是刺激图片呈现 1.5s, 要求被试对刺激 X 不做反应, 而对其他的字母刺激做出反应, 一共进行 150 次, 同时记录脑电信号。在 Flanker 范式中, 首先给被试呈现注视点 1.5s, 然后呈现刺激图片 1.5s, 要求被试判断刺激图片中央箭头的方向, 箭头向左就点左键, 向右点右键。

实验的结果发现, 在冲突条件下, 被试的错误率比非冲突条件下更高, 且诱发了更大的 N200 波幅。其中 Go/No go 范式诱发的波幅比 Flanker 波幅更大, 潜伏期更长, 二者都激活了额区。这些研究结果表明, 反应抑制和干扰抑制都有效的反映了抑制控制过程, 且两种抑制控制诱发的 N200 主要位于额区。额区是与计划、执行等高级认知功能相关联, 这是使活动服从于目的、动机和意图, 对生存有重要意义。与此同时, 两种抑制过程也存在差异, 即反应抑制的脑电激活强度高于干扰抑制, 这说明反应抑制更加困难, 需要消耗更多的认知资源。研究还发现, 干扰抑制主要涉及早期的认知加工阶段, 反应抑制主要涉及后期加工阶段对运动反应的调整 and 抑制。研究揭示了两种实验范式的异同, 这对于未来进行相关研究提供了一些有益的指导。

2.3 Stroop 范式

经典 Stroop 范式是呈现不同颜色书写的单词, 要求被试报告单词的颜色, 而忽略词义。当词的颜色和意义一致时, 被试报告的速度最快, 而当单词颜色和词义不一致时, 报告的速度就很慢。后来马塞尔对之进行改进, 形成了 Stroop 启动实验, 即先呈现一个启动词 (如红), 然后呈现一个色块 (如绿色色块), 要求被试报告色块的颜色。如果这种启动效应存在, 那么在启动词和色块颜色一致的情况下, 被试报告的速度要比不一致条件下快。更进一步的, 采用掩蔽技术对启动词进行掩蔽, 从而研究不同的知觉条件下, 启动效应是否都存在。如果知觉可以在无意识条件下存在, 那么掩蔽就不能消除启动效应。

研究者 (陈琼 等, 2020) 使用 Stroop 范式, 结合 ERP 技术考察了听障儿童的认知抑制控制的行为特点和脑内时程特点。与 Stroop 冲突效应相关的脑电成分是 N450 和 SP。其中 N450 是在认知抑制控制过程中监测冲突的, 持续电位 SP 在认知抑制控制过程中主要起到冲突解决和冲突适应的作用, 但是这

一成分有个明显的缺陷,即存在不稳定性。该研究在情绪图片库中选择了10张男性10张女性的中性情绪面孔图,图片上写男或者女,要求被试判断图片的性别,而忽略上边的字。这里,面孔与字的含义相同为非冲突条件,不同则为冲突条件。在实验过程中,首先呈现注视点500 ms,然后是空屏,紧接着是刺激图片呈现1000 ms,随后又有一个空白,进入下一个试次。结果发现一致条件下反应快于不一致条件,且在不一致条件下,N450和SP的激活程度都比较高。对于听障儿童来说,枕区N450负激活程度显著高于正常儿童,任务完成正确率也显著的低。这些结果说明,在不一致的条件下,个体都需要投入更多的认知资源,听障儿童尽管投入了较多的努力,但是任务正确率依然很低,表明他们在认知抑制控制的过程中,监测冲突的信息和抑制无关信息的认知资源都是十分有限的,而冲突解决机制可能是没有问题的,SP在冲突条件下的显著正激活表明Stroop任务中出现了冲突解决效应,但是这里需要慎重下结论,因为无法排除SP的不稳定性。

2.4 Oddball 范式

Oddball 范式是指采用两种或以上的视觉或者听觉刺激进行持续的交替呈现,且不同刺激呈现频率相差较大,根据刺激频率的差异来研究被试的脑活动。它有较多种操作模式,如,有两种刺激,标准刺激的呈现概率为70%,偏差刺激为30%,要求被试对偏差刺激做反应;或者在这些刺激中插入缺失刺激,要求被试对缺失刺激做出反应等。它可以引发ERP的P300等成分。

近些年使用较多的是双选择Oddball 范式,这是经典范式的修订版,即要求被试对大概率的标准刺激和小概率的偏差刺激做出两类不同的按键反应。由于标准刺激的频率较大,因而被试对标准刺激的反应就成为优势反应。当偏差刺激出现时,被试需要抑制优势反应,而确保对偏差刺激做出正确的反应。

研究者采用双选择Oddball 范式对负性情绪干扰行为抑制控制进行研究(辛勇、李红、袁加锦,2010)。选用的标准刺激是一张凳子的自然景物图,而偏差刺激是不同效价的情绪图片,首先呈现注视点300 ms,然后是一个随机空屏,紧接着是刺激图片。被试对标准刺激和偏差刺激进行不同的反应。结果发现,负性条件下的反应时显著长于中性和正性,偏差刺激引起的显著行为抑制效应,集中表现为P300的活动偏差。除此之外,负性条件下N200的潜伏期也显著的更长。这些结果表明,负性条件下,人脑抑制加工会增强,导致反应时增加。由于N200是冲突监控中注意分配的直接指标,其潜伏期代表反应冲突觉察的速度,所以在负性条件下,被试消耗了更多的认知资源,且觉察反应冲突的速度也比较慢。人类对负性情绪事件存在加工偏向,容易导致任务相关维度加工的不足,所以个体需要克服对情绪维度的加工偏向,从而有效的监控反应冲突并完成行为抑制控制。

3 总结

ERP技术经过了较长的时间才发展的比较完备,尽管仍存在很多缺陷,但是在认知神经科学的研究中仍然有不可替代的地位。在使用ERP技术研究认知机制的文献中,远远不止上述这4种实验范式被使用,还有更多的实验范式可以选用,但是这几种是十分经典又广泛运用的。因而在本文中对之进行了回顾,梳理和举例,以求加深对其的优缺点和适用性的理解,便于在未来的研究中,能够选用最合理的实验范式,得到最科学的结果。

参考文献

- [1] 陈晨, 王宇, 钟闰清, 等. 基于 ERP 的抑制控制实验范式对比分析 [J]. 中国临床心理学杂志, 2020, 28 (5): 867-871.
- [2] 陈琼, 赵俊峰, 谷璜, 等. 听障儿童认知抑制控制的脑电特点 [J]. 心理发展与教育, 2020, 36 (3): 275-282.
- [3] 郭秀艳. 实验心理学 [M]. 北京: 人民教育出版社, 2004.
- [4] 贾丽萍, 卢国华, 宋玉萍, 等. 负性情绪启动对特质焦虑个体行为抑制的影响机制 [J]. 心理与行为研究, 2019, 17 (5): 604-612.
- [5] 拉克, S-J. 事件相关电位基础 [M]. 范思陆, 等译. 上海: 华东师范大学出版社, 2009.
- [6] 辛勇, 李红, 袁加锦. 负性情绪干扰行为抑制控制: 一项事件相关电位研究 [J]. 心理学报, 2010, 42 (3): 334-341.
- [7] 朱滢. 实验心理学: 第二版 [M]. 北京: 北京大学出版社, 2009.

Classical Experimental Paradigm for the Event-Related Potentials (ERP)

Tian Liuqing

School of Psychology, Nanjing Normal University, Nanjing

Abstract: Event-Related Potentials (ERP) technology is a very convenient tool for understanding psychology and its corresponding brain activity. This paper introduces the common experimental paradigms using ERP technology in the literature, such as Go/Nogo paradigm, Oddball paradigm, Flanker paradigm, Stroop paradigm, in order to clarify their similarities and differences and avoid misuse in the research.

Key words: Event-Related; Potentials (ERP); Go/Nogo paradigm; Oddball paradigm; Flanker paradigm; Stroop paradigm