

高等学校心理学
精品教材系列
心理学研究方法书系

心理学实验新技术 应用教程

应荣华 施聪莺 邓 铸◎编著

Application of New
Experimental Technologies
in Psychology

详解

「前沿的心理学
实验技术」



北京师范大学出版集团
BEIJING NORMAL UNIVERSITY PUBLISHING GROUP
北京师范大学出版社

江苏高校品牌专业“应用心理学”建设工程基金资助
南京师范大学“心理学研究方法”教学团队建设成果

心理学实验新技术应用教程

应荣华 施聪莺 邓 铸 著



北京师范大学出版集团
BEIJING NORMAL UNIVERSITY PUBLISHING GROUP
北京师范大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

心理学实验新技术应用教程/应荣华,施聪莺,邓铸著. —北京:
北京师范大学出版社, 2017.4
(高等学校心理学精品教材系列·心理学研究方法书系)
ISBN 978-7-303-21782-3

I. ①心… II. ①应… ②施… ③邓… III. ①实验心理学—
高等学校—教材 IV. ①B841.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 307753 号

营销中心电话 010-58802181 58805532
北师大出版社高等教育分社网 <http://gaojiao.bnup.com>
电子邮箱 gaojiao@bnupg.com

XINLIXUE SHIYAN XINJISHU YINGYONG JIAOCHENG

出版发行:北京师范大学出版社 www.bnup.com
北京市海淀区新街口外大街 19 号
邮政编码:100875

印 刷:北京东方圣雅印刷有限公司
经 销:全国新华书店
开 本:730 mm×980 mm 1/16
印 张:13.25
字 数:238 千字
版 次:2017 年 4 月第 1 版
印 次:2017 年 4 月第 1 次印刷
定 价:40.00 元

策划编辑:何 琳 责任编辑:齐 琳 邸玉玲
美术编辑:焦 丽 装帧设计:焦 丽
责任校对:陈 民 责任印制:陈 涛

版权所有 侵权必究

反盗版、侵权举报电话:010-58800697

北京读者服务部电话:010-58808104

外埠邮购电话:010-58808083

本书如有印装质量问题,请与印制管理部联系调换。

印制管理部电话:010-58808284

序

一百多年来，随着心理学实验技术体系的建立、发展与推广，特别是 20 世纪 50 年代以来，信息科学与生物工程技术被广泛应用于心理学的实验研究，心理学实验装备从过去简单的机械型向智能型转化，心理学研究方法论也随之发生了重大变革，实验材料制作、变量控制、实验过程的标准化以及数据处理和信息存储等都变得更加智能和精细化。近 20 年来，由于计算机技术的飞速发展，很多心理学实验已完全可以用计算机程序来实现。比如，认知心理学领域的感知觉、记忆、注意、语言认知和思维方面的实验研究基本上可以用计算机来完成。从近些年实验教学的趋势来看，教师基本上是以计算机化的实验教学软件和实验平台为主要教学手段。在实验研究领域，如空间认知、生理心理、认知神经科学等，基本都采用专业的精密仪器与计算机联机技术来实现，现代化医学影像设备和神经电生理技术也日趋成为主流研究手段。

我在 2006 年进入南京师范大学心理学实验室工作。南京师范大学是中国现代心理学的发祥地之一，其前身南京高等师范学校早在 1920 年即建立了中国高等教育史上的第一个心理系。经过若干年的历史积淀和新中国成立后几代大师的勤奋耕耘，南京师范大学在心理学历史与理论研究方面独树一帜。从 2001 年开始，南京师范大学心理学系借助“211 工程”“江苏省高校基础实验教学示范中心”“中央与地方共建高等学校专项”“中央财政支持地方高校发展项目”“江苏省品牌专业建设”等多个项目的经费支持，陆续配备了一批主流的先进设备，如多导生理仪、16 导和 10 导生物反馈仪、128 导和 64 导事件相关电位仪、桌面式和头盔式眼动仪、沉浸式虚拟现实系统、行为观察分析系统、脑片膜片钳系统等，并已建成各类实验分室 20 余个，成为江苏省首批心理学实验教学示范中心，是国内心理学实验研究与人才培养的高端平台之一。

心理学研究方法多种多样，与实验室的联系更是千丝万缕。由实验中心主任邓铸教授牵头建立的“心理学研究方法”教学团队是南京师范大学重点立项建设的优秀教学团队之一，团队成员的主体是掌握了各种实验新技术的中青年教师，他们在实验室做出了一系列有影响力的科研成果，同时在实验教

2 心理学实验新技术应用教程

学第一线上的工作经历也为他们积攒了很多人才培养的经验。我作为团队成员,基于本科阶段计算机应用专业的训练,对现代基于计算机技术的心理学实验技术的学习与掌握都比较快。我从2010年开始为本科生讲授生物反馈实验课程,指导若干名研究生进行了生物反馈的相关研究,将编印的《生物反馈实验技术教程》作为内部使用教材。在近10年的实验中心管理工作中,我发现我校心理专业本科生甚至是研究生对这些前沿实验设备和实验新技术的掌握不足,往往是临时要用了才找老师匆忙学一下操作。为此,我查阅了国内的心理学教材,以实验技术或实验教学为出发点的确实为数不多,其中代表性的实验教材主要有黄希庭编著的《心理学实验指导》、杨治良编著的《心理实验操作手册》和郭秀艳编著的《心理实验指导手册》。这三本书各具特色,共同点在于它们都以介绍经典的心理学实验为主,是学生系统掌握心理学实验流程、学习实验报告撰写的教材,所以包括南京师范大学在内的大多数高等院校多年来一直在以它们为范本来开展心理实验教学。但由于编写时代的限制,这其中仅《心理实验操作手册》一书中对脑事件相关电位仪、眼动仪和生物反馈仪这几款新型仪器做了简要介绍,其余两本教材并没有涉及前沿的实验技术。直至2011年前后,由周仁来主编的《高级心理实验技术培训手册》和《高级心理实验技术》才较多涉猎以生理心理和认知神经科学为主的新实验技术和实验设备。

经过十几年的飞速发展,南京师范大学心理学实验中心的众多实验分室已然构成了一个具有典型代表性的心理学实验新技术集合,既有认知行为范式的高级研究手段,如行为观察、虚拟现实;又有颇为盛行的生理心理、心理生理和认知神经科学研究技术,如生物反馈、脑事件相关电位记录;虽暂未购买但可与南京军区总医院共享使用核磁共振成像技术,新建了国内高校心理学专业中少有的动物电生理实验室。如何高效率地利用这些高精尖仪器为心理教学科研及人才培养服务,如何在江苏省乃至全国起到引领示范效应……幸遇我们学院邓铸教授和北京师范大学出版社何琳编辑正策划“高等学校心理学精品教材系列——心理学研究方法书系”,将此书列入计划。

此书的编撰是集体智慧的结晶。在教材编撰方面经验丰富的邓铸老师是总策划,他规定了写作的基本版式,并就语言风格提出了具体要求。几位参编的同事都是各自专题领域中优秀的青年专家。为使书稿内容更为系统和完整,我与邓铸教授、施聪莺老师共同构建了内容体系并组建了研讨团队。在撰写工作的具体分工中,我和施聪莺老师除负责教材的整体统筹外,还分别撰写了第二章“生物反馈技术”和第五章“行为观察分析技术”。受篇幅所限,以下仅对其他的主要编者作简要介绍:第一章“多导生理实验技术”,特邀东

南大学学习科学研究中心的杨元魁博士编撰,杨老师现就职于东南大学“教育部儿童发展与学习科学重点实验室”,主要研究方向为神经教育学、儿童情绪能力与执行功能的发展等;第三章“事件相关电位技术”,由南京师范大学心理学实验中心的张小将博士编撰,张老师兼任《心理科学》杂志的审稿人,近年来一直承担本科生《生理心理学》的主讲任务,长期运用脑事件相关电位技术开展科学研究;第四章“功能性磁共振成像技术”,由南京师范大学心理学实验中心常务副主任钟元博士撰写,钟老师获得南京航空航天大学工学博士学位,在南京军区总医院开展过博士后流动站,从事过脑成像分析研究,是国家自然科学基金委项目评议人,主要领域为功能性磁共振成像及其在心理、认知、疾病研究中的应用;第六章“眼球追踪技术”,由南京师范大学心理学院陈庆荣博士撰写,陈庆荣老师担任《心理学报》《心理科学进展》等期刊的审稿专家,是实验中心主要采用眼动技术并将眼动技术与脑电技术有效结合开展汉语认知,特别是汉语句法加工研究的学术骨干,成果发表在 *COGNITION* 上;第七章“虚拟现实技术”,由实验中心李晶老师撰写,李晶老师在中国科学院心理研究所获得工程心理学博士学位,任《心理科学进展》审稿专家,主要开展空间认知心理学和工程心理学的研究;第八章“脑片电生理技术”,由实验中心最年轻的教授、博士生导师袁逸飞博士和叶茂老师共同撰写,袁逸飞老师是日内瓦大学神经科学方向的哲学博士,主要研究领域是涉及精神疾病的神经生物学基础、脑损伤的认知康复等。叶茂老师任加州大学圣地亚分校的博士后研究员。

本书的内容比较丰富,不仅在已有教材的基础上新增了一些最新的实验技术原理剖析、实验范式讲解以及研究进展介绍,还结合南京师范大学心理学实验中心的在用设备型号(或之前没有,或与已有教材中提及的不同)进行了最新仪器使用的补充说明。本教材对于每一种实验技术都新增了实验项目或应用研究案例,主要是考虑到切合各大高校开展心理实验教学的实际需求,期望通过此种编排做到让实验教师、心理学学者或科研人员立刻上手、拿来即用。本书可作为心理学专业本科生、研究生的教学用书,也可作为致力于心理实验研究人员的参考资料。

本书作为“心理学研究方法书系”中的一本,特别感谢团队负责人邓铸教授,他对该教材的编写和出版都给予了最大的支持与帮助。还有我的研究生导师蔡厚德教授,也是我从事心理实验研究的启蒙老师,对这本教材的编写给予了很多中肯的建议与指导,在此一并致谢!

书中必定还有很多不足与缺陷,恳请各位读者、同行和专家批评指正,我们将在未来的修订中充分吸纳。

4 心理学实验新技术应用教程

此书的撰写和出版，始终是在北京师范大学出版社何琳编辑的组织 and 协调下展开的，她的勤勉、严谨、细致和热诚，促成了本教材的最终诞生，我们在此致以诚挚的感谢！

应荣华
南京师范大学随园校区
2017 年 3 月

目 录

第一章 多导生理记录技术

1

第一节	多导生理记录技术的原理	2
一、基本原理		2
二、电生理信号		3
三、非电生理信号		9
第二节	多导生理记录仪简介	10
一、概述		10
二、硬件		11
三、软件		14
第三节	多导生理记录技术的应用	26
一、脑电的应用		26
二、皮电的应用		27
三、其他应用		28
第四节	多导生理记录技术应用研究案例	29
一、影片片段诱发情绪的生理活动研究		29
二、奖惩线索对抑制能力和心率皮肤电的影响		30

第二章 生物反馈技术

34

第一节	生物反馈技术概述	35
一、生命活动中的反馈现象		35
二、生物反馈训练的方法		38
三、生物反馈技术的优势与不足		39

第二节	生物反馈仪简介	40
一、概述		40
二、硬件		40
三、软件		43
第三节	生物反馈技术实验	47
一、SMR 波反馈实验		47
二、心率变异性反馈实验		51
三、皮电反馈实验		53

第三章 事件相关电位技术

57

第一节	事件相关电位技术的引入与实验原理	58
一、事件相关电位研究的产生		58
二、事件相关电位记录的原理		58
三、事件相关电位数据提取的基本过程		60
四、事件相关电位技术的应用		61
第二节	事件相关电位的主要成分	62
一、什么是 ERP 成分		62
二、主要的 ERP 成分		62
第三节	事件相关电位记录仪简介	66
一、硬件		67
二、软件		67
第四节	事件相关电位实验	72
一、P300 成分的采集与研究		72
二、Go-Nogo 范式的 ERP 成分研究		74
三、面孔识别的 ERP 成分研究		75

第四章 功能性磁共振成像技术

77

第一节	功能性磁共振成像的概念、原理与应用 ...	78
一、磁共振成像		78

	二、血氧水平依赖的功能性磁共振成像	78
	三、功能性磁共振成像技术的应用	81
第二节	功能性磁共振成像技术的实验设计	83
	一、组块设计	83
	二、事件相关设计	84
	三、混合设计	86
第三节	功能性磁共振成像设备及数据分析方法	86
	一、fMRI 设备基本情况	86
	二、fMRI 图像采集	86
	三、fMRI 信号分析	87
第四节	功能性磁共振成像技术的发展	89
	一、应用现状概述	89
	二、发展前景	90
	三、有待改进之处	90
第五节	功能性磁共振技术实验	91
	一、运动功能的 fMRI 实验	91
	二、工作记忆的 fMRI 实验	92

第五章 行为观察分析技术

94

第一节	行为观察分析技术概述	95
	一、观察法	95
	二、行为观察法与行为观察实验	96
	三、行为观察实验室	97
	四、行为观察分析系统的应用	97
第二节	行为观察分析系统简介	98
	一、视频录制系统	98
	二、行为分析系统	101
	三、面部表情分析系统	111

第三节	行为观察分析实验与应用研究案例	117
	一、行为观察分析实验	117
	二、应用研究案例	118

第六章 眼球追踪技术

122

第一节	眼球运动的基本模式和测量指标	123
	一、眼球运动的基本模式	123
	二、眼球运动的测量指标	124
第二节	眼球追踪系统简介	125
	一、支架和光学系统	125
	二、视景和眼球信息在线处理系统	127
	三、图像与数据的离线叠加与分析系统	130
	四、眼动实验的标准化流程	135
	五、眼动分析指标	139
第三节	眼球追踪技术的应用	140
	一、动机与态度的研究	141
	二、发展心理学的研究	141
	三、教育心理学的研究	141
	四、消费心理学的研究	141
	五、工程心理学的研究	142
	六、交通心理学的研究	142
	七、体育心理学的研究	142
	八、病理心理学的研究	142
第四节	眼球追踪技术应用研究案例	142
	一、标签位置和内容对女性网购眼动特征的影响	142
	二、句法预测对句子理解影响的眼动研究	145

第七章 虚拟现实技术

153

第一节	虚拟现实技术的原理、特征与分类	154
	一、虚拟现实与虚拟现实技术的含义	154
	二、虚拟现实技术的主要内容	154
	三、虚拟现实技术的特征	155
	四、虚拟现实技术的分类	156
	五、虚拟现实技术现阶段存在的不足	158
第二节	虚拟现实技术的应用	159
	一、军事	159
	二、商业	160
	三、教育	160
	四、娱乐	161
	五、心理学	162
	六、虚拟现实技术在国内的应用现状	163
第三节	WorldViz 虚拟现实系统简介	163
	一、头盔式虚拟现实系统的组成	163
	二、实验基本操作	166
第四节	虚拟现实技术应用研究案例	167
	一、中国南北方驾驶者空间参照系的差异研究	167
	二、关于空间记忆的内在参照系研究	169

第八章 脑片电生理技术

174

第一节	脑片电生理技术的基本原理	175
	一、脑片技术	175
	二、膜片钳技术	175
	三、脑片膜片钳技术的优势	176
	四、脑片电生理技术的研究进展	176

第二节	脑片电生理仪器及基本操作	178
	一、主要设备简介	179
	二、Clampex 软件简介	180
	三、脑片制备基本操作	183
	四、全细胞记录	185
	五、诱发海马场电位的记录	186
第三节	脑片电生理技术实验	187
	一、压力诱导中脑多巴胺神经元电生理特性改变	187
	二、 $A\beta$ 对小鼠海马突触可塑性的影响	188
	参考文献	190

第一章

多导生理记录技术

第一节 多导生理记录技术的原理

第二节 多导生理记录仪简介

第三节 多导生理记录技术的应用

第四节 多导生理记录技术应用研究案例

人的生命活动伴随着复杂且动态变化的生理活动，对这些生理活动的检测有助于了解受试者的心理状态和激活水平。多导生理实验技术可以通过仪器同步采集、记录和分析人体多种生理信号，包括电生理信号和非电生理信号。本章的学习重点在于掌握多导生理实验技术的基本原理、实验仪器的规范使用以及多导生理记录技术的应用。

第一节 多导生理记录技术的原理

一、基本原理

人类的心理活动主要是脑的产物，伴随出现的还有身体的各种其他生理变化。综合测量多种生理指标进行分析就是多导生理技术，它是现代心理学实验技术的一个重要手段，使用该技术得到的数据，既不属于认知心理实验范式中使用的反应时、正确率等行为指标范畴，又不属于认知神经科学范式中单纯以脑组织区为核心的生理指标范畴，因此，我们通常把它独立归为一类。

多导生理记录技术是一种综合的生理参数记录技术，它突破了传统的同时开启多台仪器采集不同生理信号的障碍，将各种生理信号采集模块集于一体并实现各信号同步，实时或后期处理分析皆可，为研究被试某一状态下的生理状况提供了保障。

多导生理记录仪采集的各种生理信号多为微弱信号且有很多干扰，不能直接进行信号处理，所以有必要先把传感器采集来的各种生理信号进行放大，且经过滤波得到的才是真实的生理信号。因此，系统中需要前置放大电路和滤波器。此外，传感器采集得到的是模拟信号，无法被计算机识别，必须以一定的采样率进行模拟/数字转换以获得数字信号(金安，安刚，张日辉，等，2010)。其信号采集和记录的基本过程如图 1-1 所示。

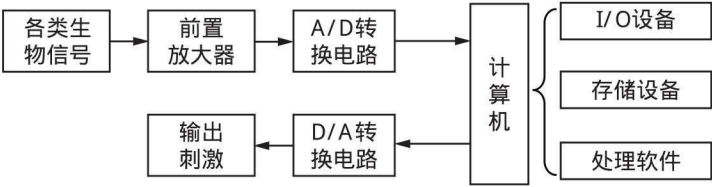


图 1-1 多导生理的信号采集和记录

早期的多导生理记录仪主要使用记录纸进行数据记录，其缺点明显。比如，走纸速度不均匀造成记录数据不准确，不能长时间记录，且光敏记录纸不能长久保存等(侯孝林，刘红，王保华，等，2004)。新型的多导生理记录仪主要是在电路性能和存储方式上进行了改进，将传感器采集到的生理信号，经过前置放大器放大后进行模拟/数字转换，转换后的数字信号通过显示设

备显示出来或者保存在存储设备中。随着电子技术、计算机技术和通信技术的迅速发展，目前多导生理记录仪的发展方向开始趋于小型化、便携化和无线化。

人体生理信号复杂多样，从电的性质来讲，常用的生理信号可以分为电生理信号和非电生理信号，下面将分别介绍这两种信号。

二、电生理信号

(一) 中枢电生理指标

1. 脑的自发电位

人类中枢神经系统的核心是脑，所以对脑的研究经久不衰。大脑皮层的神经细胞，在没有任何明显外加刺激的情况下能产生持续的节律性电位波动，称为自发电位。通过电子设备记录下来的自发电位称为脑电图(EEG)，人脑只要没有死亡，就会不断产生 EEG。健康成人在清醒状态下，头皮记录的 EEG 振幅一般在几微伏至 75 微伏，但在病理状态下(如癫痫发作时)可达 1 毫伏以上。虽然我们不能直接根据脑电波来解读人们的思想内容，但我们还是能将脑电波的变化与人的某些行为联系起来。按周期长短或频率高低可将 EEG 划分为四种节律成分，具体见图 1-2 和表 1-1。

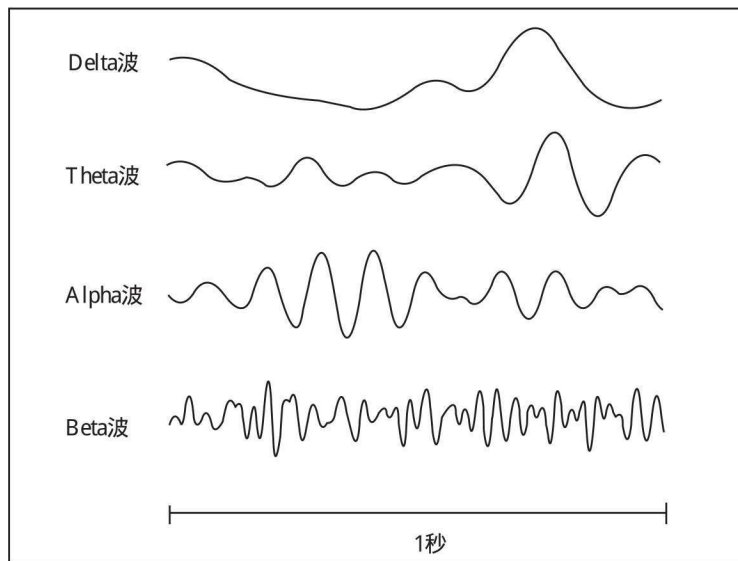


图 1-2 主要脑电波成分的波形图

表 1-1 脑电波主要成分一览表

脑电波	频率	振幅	行为特征
Delta (σ 波)	0.5~3.5 赫兹	20~200 微伏	正常成人只有在深度睡眠时才可记录到该成分，一般在 大脑的颞区与枕区比较明显，该成分的出现表示大 脑处于无梦深睡状态 该成分是婴儿大脑的基本波形，在生理性慢波睡眠状 态和病理性昏迷状态中也可见到
Theta (θ 波)	4~7 赫兹	100~150 微伏	正常成人在困倦时通常可记录到该成分，它的出现是 中枢神经系统抑制状态的一种表现，一般在大脑的顶 区与颞区比较明显 该成分是学龄前儿童大脑的基本波形
Alpha (α 波)	8~13 赫兹	30~50 微伏	该成分是正常人脑电波的基本节律，如果没有外加的 刺激，其频率是相当恒定的 该成分在人们清醒、安静闭眼时表现最为明显，睁开 眼睛或接受其他刺激时，该成分即刻消失
Beta (β 波)	14~30 赫兹	5~30 微伏	人们精神紧张、情绪激动或亢奋时易出现该成分 当人们从睡梦中惊醒时，原来的慢波成分可立即被该 成分所替代，所以该波段通常会伴随朝向反应而突然 出现

备注：以上是常用的脑电波分类方式，还存在其他分类，不过各种分类只是具体数值略有差异，所分的类型是相同的。

2. 脑的诱发电位

在给予特定刺激或在大脑对刺激信息进行加工时，在中枢神经系统的相应部位会产生一些可以检出的、与刺激有相对固定时间间隔(锁时关系)和特定定位相的生物电反应，这就是脑的诱发电位。研究者将各种刺激统称为事件，于是就有了事件相关电位(ERP)这个概念。通常认为 ERP 是湮没在 EEG 中的，需通过特殊操作进行提取。本书第三章将重点介绍事件相关电位技术的实验方法。

(二)外周生理指标

与中枢神经系统相对应的是外周神经系统，从众多文献研究来看，外周生理指标中使用较多的是皮电和心电。其他还包括肌电、眼电等，但它们作为单一指标进行探讨的较少。

1. 皮电

人体的皮肤电阻、电导随汗腺机能的变化而变化，这些可测量的皮肤电