



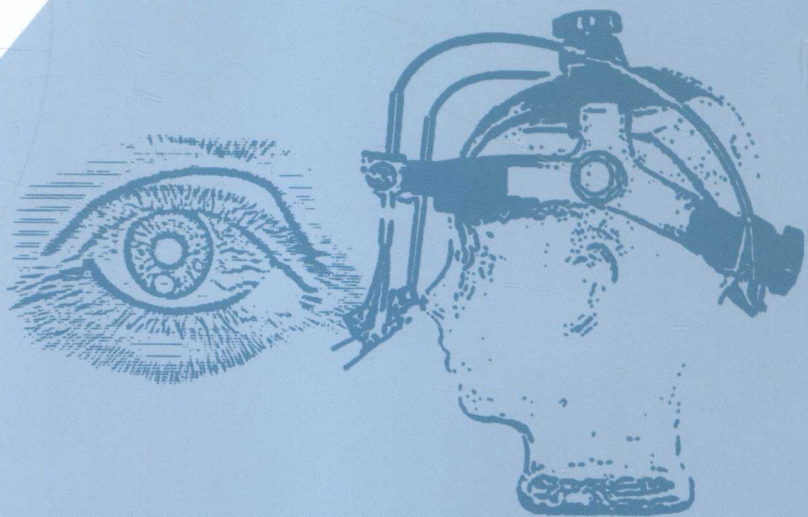
21世纪高等院校示范性实验系列教材

眼动实验原理

——眼动的神经机制、研究方法与技术

YANDONG SHIYAN YUANLI

高 闯 著



教育部直属师范大学
华中师范大学出版社

九江学院图书馆



1541719

1596128

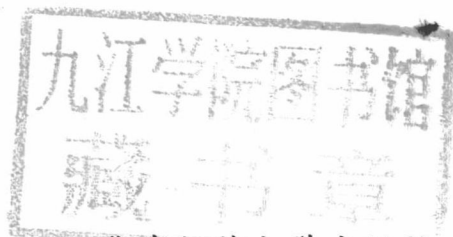
青少年网络心理和行为教育部重点实验室
湖北省心理学实验教学中心

眼动实验原理

——眼动的神经机制、研究方法与技术

高 闯 著

B842.2/
13888



华中师范大学出版社

2012年·武汉

新出图证(鄂)字 10 号

图书在版编目(CIP)数据

眼动实验原理——眼动的神经机制、研究方法与技术/高闯 著. —武汉:华中师范大学出版社,2012.9
(21世纪高等院校示范性实验系列教材)

ISBN 978-7-5622-5679-3

I. ①眼… II. ①高… III. ①眼动—实验—研究 IV. ①B842.2-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 191580 号

眼动实验原理——眼动的神经机制、研究方法与技术

© 高 闯 著

责任编辑:叶 莉 刘晓嘉

责任校对:易 雯

封面设计:罗明波

编辑室:高校教材编辑室

电话:027—67867364

出版发行:华中师范大学出版社有限责任公司

社址:湖北省武汉市洪山区珞喻路 152 号

邮编:430079

电话:027—67863280/3426(发行部) 027—67861321(邮购)

传真:027—67863291

网址:<http://www.ccnupress.com>

电子信箱:hscbs@public.wh.hb.cn

经销:新华书店湖北发行所

印刷:仙桃市新华印务有限公司

督印:章光琼

字数:261千字

开本:889mm×1194mm 1/16

印张:10

版次:2012年10月第1版

印次:2012年10月第1次印刷

印数:1-2000

定价:20.00元

欢迎上网查询、购书

敬告读者:欢迎举报盗版,请打举报电话 027—67861321

前 言

通过视觉通道探测心理现象是心理学研究的重要方向之一,也是心理学领域中最为深度调查的领域之一。因此,视觉心理学机制研究受到认知心理学的高度重视。

视觉心理学有两个基本问题:(1)视觉信号的空间、时间表达及其认知加工,(2)视觉觉知及其意识活动。眼睛运动方式中蕴含了人脑视觉信息加工过程、人脑高级心理加工过程的处理方式、神经机制、觉知及意识活动方式。因此,眼睛运动方式反映了视觉心理活动及其动力过程。通过眼动运作方式探测、研究心理活动,是认知心理学普遍采用的手段之一。

了解、掌握、理解眼动实验方法,是眼动实验科学研究者面临的基本难题。根本原因在于:

(1) 眼动方法本身的不完善。不同眼睛运动的类型涉及的神经通路、脑区并不完全相同,眼动行为与心理对应的关系也就不同。神经功能性解释、意识活动等解释并不完全一致。以此为基础,眼动方法并不完善。

(2) 眼动方法涉及多学科。眼动方法涉及多个学科,例如信息科学、生物物理学、系统控制科学、数学等。眼动方法内容表现出多学科交叉的特性。这为理解、掌握、应用眼动方法,探测心理活动,带来了巨大困难,也是全球眼动研究者普遍面临的困难。

因此,尝试介绍相对系统的眼动方法学,而不是研究报告,也就成为本书写作的初衷。尽管这种尝试挑战巨大,却不失为一件有趣的事情,这也成为写本书的另外一种动力源泉。

《眼动实验原理——眼动的神经机制、研究方法与技术》一书,分为三个部分。

第一部分:眼动实验分析原理。该部分分为6章,包含两个问题:(1)从系统论角度,论述实验系统的构成,见第一章和第二章;(2)以实验系统理论为基础,论述眼动实验的特殊构成,见第三章至第六章。

第二部分:眼动动力分析原理。该部分分为4章,包含两个问题:(1)眼动运动状态描述,见第七章;(2)眼动运动动力和动力,见第八章,第九章则讨论了眼动中的一类特殊现象——固视。

第三部分:眼动实验设计原理。该部分分为2章,包含两个问题:(1)眼动实验设计基本技术,见第十章;(2)眼动实验数据处理方法,见第十一章。

本书最初的内容源于作者实验研究方法的积累的笔记。在对本科生、研究生的试讲中,笔记逐步形成眼动培训的实验讲义,这为本书内容的最终形成提供了实践契机,虽经多次框架的更正、修改,但部分内容的薄弱、不足和错误或许仍不可避免,希望读者给出建设性意见。

本书注重眼动实验方法的系统性和可读性,尽管交叉学科的知识相对难懂,但这点或许正能成为本书的特色。因此,本书较适合研究实验心理学的本科生、研究生、眼动研究人员以及研究相关交叉学科的学生、研究人员阅读。

作者

2012年3月于华师桂子山

目 录

第一部分 眼动实验分析原理

第 1 章 眼动实验概述	3
1.1 心理科学实验方法	3
1.1.1 自然观察实验	3
1.1.2 实验室可控实验	4
1.2 心理科学实验的功能	5
1.2.1 发现新心理效应	5
1.2.2 促进唯像理论发展	6
1.2.3 促进心理理论架构	8
1.3 眼动实验发展历史	8
1.3.1 眼动自然观察法	9
1.3.2 眼动机械记录法	11
1.3.3 光学记录法	13
1.3.4 电流记录法	16
1.3.5 电磁感应法	17
第 2 章 眼动实验系统概述	19
2.1 实验系统要素	19
2.1.1 实验者	19
2.1.2 实验对象	22
2.1.3 实验方法和手段	23
2.2 实验系统要素关系	23
2.2.1 心理实验基本探测方式	24
2.2.2 实验要素之间的关系	24
2.3 实验误差	26
2.3.1 实验误差现象	26
2.3.2 精确度和准确度	27
2.3.3 实验误差分类	28
第 3 章 眼动实验室人为因素规范	30
3.1 被试者测试规范	30
3.1.1 排除与任务无关的分心物体	30
3.1.2 眼动被试者选择	32
3.1.3 人机交互	34
3.2 实验者测试规范	35
3.2.1 实验者任务负担和效率	35
3.2.2 人机交互	35

第4章 眼动刺激的呈现方法与规范	37
4.1 刺激呈现的物理参数控制	37
4.1.1 刺激大小控制	37
4.1.2 刺激亮度控制	39
4.1.3 反复测量法	39
4.2 眼动刺激呈现的定时	40
4.2.1 CRT显示器工作原理与定时误差	41
4.2.2 软件控制导致的时间延迟误差	43
4.2.3 多任务运行导致的定时误差	43
4.2.4 计算机时钟定时误差	43
4.3 眼动刺激空间构型	43
4.3.1 图形坐标系	44
4.3.2 光栅扫描图形的显示	44
4.3.3 彩色查找表	45
4.3.4 CRT显示器与图形空间误差	47
第5章 眼动记录方法	48
5.1 瞳孔—角膜反射原理	48
5.1.1 眼球结构	48
5.1.2 视轴测量原理	49
5.2 注视点记录原理	50
5.2.1 相机坐标系和世界坐标系	50
5.2.2 瞳孔位置提取	52
5.2.3 角膜曲率中心提取	55
5.2.4 注视点测量	57
第6章 眼动仪校正	61
6.1 眼动测量误差来源	61
6.1.1 眼球模型参数误差	61
6.1.2 光路反射误差	61
6.1.3 显示器显示误差	61
6.1.4 被试者头动误差	62
6.1.5 眼镜镜片误差	62
6.1.6 相机误差	62
6.2 眼动仪校正	62
6.2.1 相机校正模型	62
6.2.2 相机坐标与像素坐标的转换	63
6.2.3 相机校正	64
6.2.4 校正方法	65

第二部分 眼动动力分析原理

第 7 章 眼动运动学	69
7.1 眼动类型	69
7.1.1 双眼共轭运动	70
7.1.2 双眼聚散眼动	73
7.2 眼球定轴旋转定律	74
7.2.1 李氏面	74
7.2.2 李氏定律测量实验	75
7.3 眼动轨迹与参数	75
7.3.1 注视点轨迹描述方法	76
7.3.2 眼球运动描述方法	77
7.4 眼动主序分析方法	81
7.4.1 赫罗图与主序星	81
7.4.2 眼动主序方法	81
第 8 章 眼动动力学	84
8.1 眼球机械力学模型	84
8.1.1 眼球受力	84
8.1.2 Sherrington 定律	86
8.1.3 眼球力学模型	86
8.2 眼动扭转力的神经编码	88
8.2.1 Robinson 实验	88
8.2.2 位置与眼动速度编码	90
8.2.3 Hering 定律	91
8.3 眼动控制系统	91
8.3.1 速度、位置码控制细胞	91
8.3.2 速度、位置码神经控制通路	92
8.3.3 水平、垂直眼动控制	93
8.4 眼动神经回路	93
8.4.1 前庭眼球反射通路	93
8.4.2 平滑追踪神经通路	94
8.4.3 跳视神经通路	95
8.4.4 聚散眼动神经通路	97
第 9 章 固视	100
9.1 固视早期发现	100
9.1.1 固像实验	100
9.1.2 固视成分	101
9.2 固视神经系统	103
9.2.1 参与固视的脑区	103
9.2.2 固视的神经响应	103

第三部分 眼动实验设计原理

第 10 章 眼动实验设计	111
10.1 交叉视与非交叉视	111
10.1.1 注视点—屏幕坐标系	111
10.1.2 双眼注视点计算	112
10.1.3 中央眼注视点	113
10.1.4 交叉视与非交叉视	114
10.2 刺激呈现光路设计	115
10.2.1 Desaguliers 范式	115
10.2.2 立体镜方法	116
10.2.3 滤光片分视方法	117
10.2.4 偏振镜分视方法	118
10.3 眼动的注意模型	119
10.3.1 视觉的神经通路	119
10.3.2 眼动的注意模型	123
10.4 眼动的实验范式	124
10.4.1 反射性跳视实验范式	125
10.4.2 自主控制跳视实验范式	126
10.5 测量方式	127
10.5.1 组间设计与组内设计	127
10.5.2 反复测量设计	130
第 11 章 眼动数据分析方法	133
11.1 信号处理基础	133
11.1.1 眼动实验采样	133
11.1.2 眼动数据数字滤波	134
11.2 眼动数据探测算法	136
11.2.1 位置变异探测方法	136
11.2.2 微分方法	139
11.3 微跳视提取算法	140
11.3.1 眼动实验数据平滑	140
11.3.2 微跳视提取多元统计算法	141
11.4 眼动谱分析	143
11.4.1 傅里叶分析	143
11.4.2 跳视谱	147
11.5 事件相关眼动分析	147
11.5.1 随机过程基础	148
11.5.2 事件相关眼动	149

第一部分

眼动实验分析原理



第 1 章

眼动实验概述

在科学研究中,研究者必须采取一定规范的方法才能达到科学发现的目的。这类规范性方法称为“科学研究方法”^[1]。换言之,它是描述科学调查、进行科学研究并根据证据获得新知识必须遵循的模式或过程。

科学研究方法分为三类:(1)适应于一切科学的最普遍的研究方法,如哲学方法、逻辑方法;(2)适用于自然科学或部分社会科学的一般研究方法,如观察方法、实验方法;(3)具体到某门科学专有的研究方法,如心理学中的数字计算、模拟等。而心理学实验方法是心理科学研究中重要的方法。

1.1 心理科学实验方法

根据实验条件可控与否,用于心理科学研究的实验可以分为两类:自然观察实验和实验室可控实验。迄今为止,这两类实验仍然是心理科学研究中普遍采用的方法。

1.1.1 自然观察实验

在主试者无任何操作的情况下,对被试者进行观察的实验,称为自然观察实验。自然观察实验是心理学研究中重要的研究方法。这种对自然发生的过程所进行的观察则称为自然观察。

自然观察实验过程中无任何人为操作,其实验数据具有很高的可信度。在心理学研究中,有两种情况往往采用自然观察实验。

(1) 在人类心理认知的早期阶段,实验可控的手段有限,通过自然观察可以有效获取心理现象的表象数据,丰富对心理现象的感性认知。因此,自然观察实验是进一步研究、提炼科学心理学知识的基础。

(2) 在心理学研究中,有些实验通过人工控制条件实现观察和测量,实验操作会违背道德、法律,因此,研究者往往会采用自然观察的方法。即使在现代心理学研究中,自然观察也是获取实验材料和数据的重要、直接手段。例如犯罪心理学的研究,往往不能通过设置犯罪条件去做犯罪心理测试,一般是通过自然观察来获得测试的相关数据和进行犯罪心理的分析。

自然观察实验也存在缺陷。由于自然观察实验的实验因素难以控制,这就为动理、动力因素分析带来困难,进而影响到实验结论的可靠性。

案例展示

Troxler 效应发现

Troxler 效应也叫 Troxler 消退(Troxler fading)。在自然观察下, Ignaz Paul Vital Troxler(1804)首

次发现这种知觉现象。当人眼盯着注视点,维持约 20 秒钟,在远离注视点的外周视野,刺激物会慢慢消失,知觉不到这些刺激物。当刺激物较小、对比度低或模糊时,Troxler 效应会增强。当刺激物离注视点越远,Troxler 效应就越强。这是科学家最初注意到的与眼动有关的知觉现象。



图 1-1 Troxler(1780—1866)

Troxler 生于瑞士卢塞恩州,内科医生,政治家,哲学家。发现 Troxler 消退,即人眼有意识地专注于某一事物,视野周边的静止事物会逐渐消失。

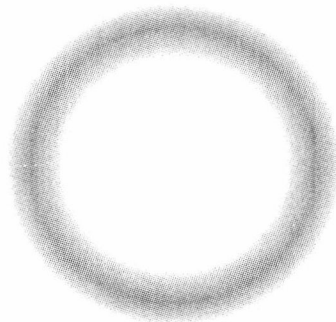


图 1-2 Troxler 效应

注视图中注视点——中央圆点,并将注意力保持约半分钟,周围圆环将消失。

1.1.2 实验室可控实验

它是有逻辑的系列测试及其伴生误差的流程总和,如图 1-3 所示。心理学研究大量使用这种流程。其目的是对假设进行证实或者证伪,以及确立假设的适用范围(效度)。



图 1-3 实验室可控实验

实验室可控实验是由系列测试组成的实验流程,其中的测试具有可重复性,测试之间存在内在的逻辑关系,每个测试都包含误差,误差间相互独立。

因此,实验室可控实验具有两个重要特性:可重复性和内在逻辑性。

可重复性指测试流程的可重复性。实验所包含的每项测验都在相同实验条件和误差可控范围内,必须得到相同的实验结果。否则,所提出的假设必须被更正或推翻。内在逻辑性指系列测试之间的测试关系。它反映了问题展开的关联,是科研假设推证合理的确定。考察实验流程的可重复性,考察测试之间的关系,是判断科学结论合理与否的关键。这种特性使系统的科学研究活动成为可能。因此,自然科学中系统的科学活动归结为实验室实验。

综上所述,实验室可控实验是科学探索活动的一种基本但重要的表现形式。它是搜集科学事实、获得感性材料的基本方法,同时也是检验科学假说、形成科学理论的实践基础。

实验室可控实验所创设的人工可控环境,能排除次要因素干扰,使实验结果具有可重复性、系统性,从而使获得的感性材料更丰富、更精确。因而在变革自然中认识自然有着独特的认识功能。这样,实验室可控实验拓展了人的主观认知能力,提供了更多发现新现象、新事物的机会。因此,对研究对象可控与否是实验室可控实验和自然观察实验的重要区别。客观上,心理学实验室可控实验把人类的认识活

动和客观的心理世界连接在一起,是人类认识自然的纽带。心理科学实验的这种关系如图 1-4 所示。

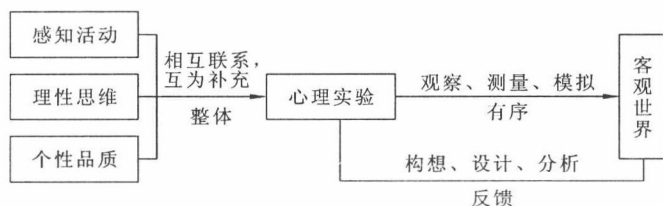


图 1-4 心理科学实验作为认识活动与客观世界的纽带

1.2 心理科学实验的功能

心理科学实验是心理学理论的基础,也是心理学发展的基本动力。物理学理论在发展过程中,形成了独特的架构^[2]:唯像理论、理论架构和数学(如图 1-5 所示)。

唯像理论(phenomenological theory)是介于实验和理论架构之间的研究。实验和唯像理论结合属于实验物理,唯像理论和理论架构合起来是理论物理,而理论物理的语言是数学。

心理学与物理学同属于实验科学,因此,这种架构对实验心理学、认知心理学研究的理解,同样具有借鉴意义。在近代科学的研究中,心理学实验的部分领域也在经历相同的结构性变化。因此,心理学有必要从它们之间的关系中理解科学实验的基本功能。

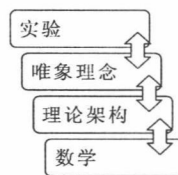


图 1-5 物理学发展阶段

物理学的发展通常自实验开始,然后在实验的基础上归纳出唯像理论,最后用数学的语言发展出理论架构。

1.2.1 发现新心理效应

在心理学发展中,揭示物质的结构、运行机制及其相互作用关系是心理学的基本任务。而对心理研究对象的深入理解,需要揭示心理对象的组成成分和不断发现成分在相互作用中所暴露出来的特殊心理现象或心理效应,提出唯像理论或假说。实验中新的物质、新的效应的发现往往是新的理论发展的生长点,进而引起人们的高度重视。

在历史发展中,每一个新心理结构、新效应的发现,都会和心理实验紧密地联系在一起,如部分报告法,如图 1-6 所示。特别是技术的进步在心理实验中的进一步应用,使心理学的研究对实验的依赖进一步加强。

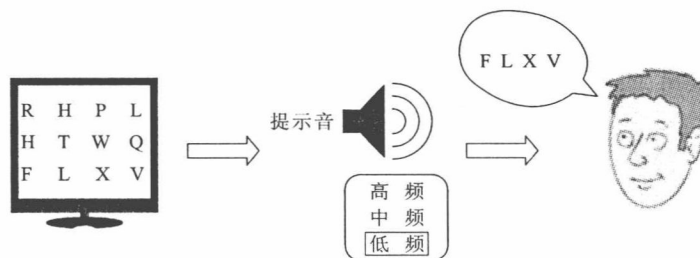


图 1-6 部分报告法

计算机屏幕呈现 12 个字母,消失后,呈现高、中、低三种频率提示音,分别对应三行字符。高频声音对应第一行,中频声音对应中间一行,低频声音对应第三行,三种提示音随机出现,要求被试者报告出提示音所对应的字符。

案例展示

部分报告法^[3]

认知心理学家 Sperling(1960)设计了部分报告法,研究视觉信息保持能力。

Sperling 向被试呈现一个字母阵列,排成 3×4 矩阵,时间维持 50 ms,之后是一个空屏。在空屏之后,Sperling 设置两种实验条件:

(1) 采用已被使用的全部报告方法,要求被试尽可能多地报告所记得的字母;

(2) Sperling 改进的部分报告法,在空屏后,给每一行一个提示音,被试听到提示音,就报出约定行的刺激项目。

在全部报告中,大多数人报告的准确率很低,12 个字母只能记住 4~5 个。在部分报告条件下,被试报告的准确率达到 76%,或者说记住了 12 个字母中的 9.1 个,远远高于全部报告条件下正确报告的个数。

实验结果表明,视觉通道的感觉记忆(又称图像记忆)容量是很大的,只不过保持时间非常短,在被试报告时大部分信息来不及被提取就已经消退了。

通过改变实验方法,Sperling 发现了与全部报告法不同的心理实验效应。

1.2.2 促进唯像理论发展

根据观测到的实验现象和实验效应,提出假设和假说,是心理理论发展的唯像阶段。在心理学发展过程中,建立了许多理论假设和假说,而这些假设和假说往往是不一致的,甚至完全相反。因此,这些假设和假说需要经过实践的检验,心理实验在对这些假设和假说的检验中起到了至关重要的作用,并促进了唯像理论的发展。在这方面,实验的功能主要包含三点:验证理论和假说,推翻已有假设和假说,发现已有假设的适用范围。但通过实验对理论假设和假说进行证实并不是检验假设和假说的唯一手段,其他的检验手段也可以实现对理论假设和假说的检验。

案例展示

视像衰减假说^[3]

为了评估在部分报告法中获得的实验结果,并评估图像记忆的时间进程,Sperling 分析了时间间隔(字母和声音信号之间)与被试者报告的正确率之间的关系。

基于部分报告法和全部报告的解释,Neisser(1967)提出视觉感觉记忆(iconic memory)模型:刺激呈现后,大量视觉信息被近似精确地保存,且记忆存储能力巨大,所存储的信息随时间迅速衰减,如图 1-7 所示^[3]。这是基于实验现象提出的唯像模型。

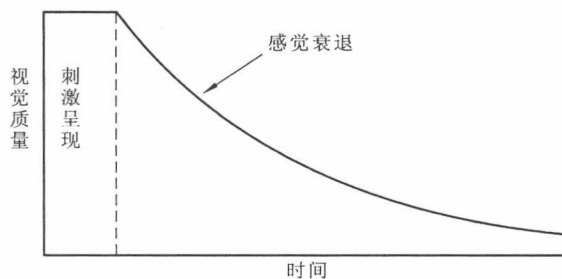


图 1-7 视像衰减唯像模型

刺激呈现维持一段时间,大量视觉信息被近似精确地保存在记忆中。保存的记忆信息在刺激消失后随时间的推移迅速衰减。

根据 Sperling 的报告,在不同时间间隔条件下,被试者的正确率不同(回忆出的字母个数)。随着时间间隔变长,正确率也在降低,当间隔延长至 1000 ms 时,实验结果便和在全部报告条件下没什么区别。

利用视觉感觉记忆模型,可以有效解释 Sperling 实验中部分报告和全部报告的实验结果。如图 1-8 所示,字母在 t_0 时刻消失,之后感觉记忆中的信息随着时间迅速消退。

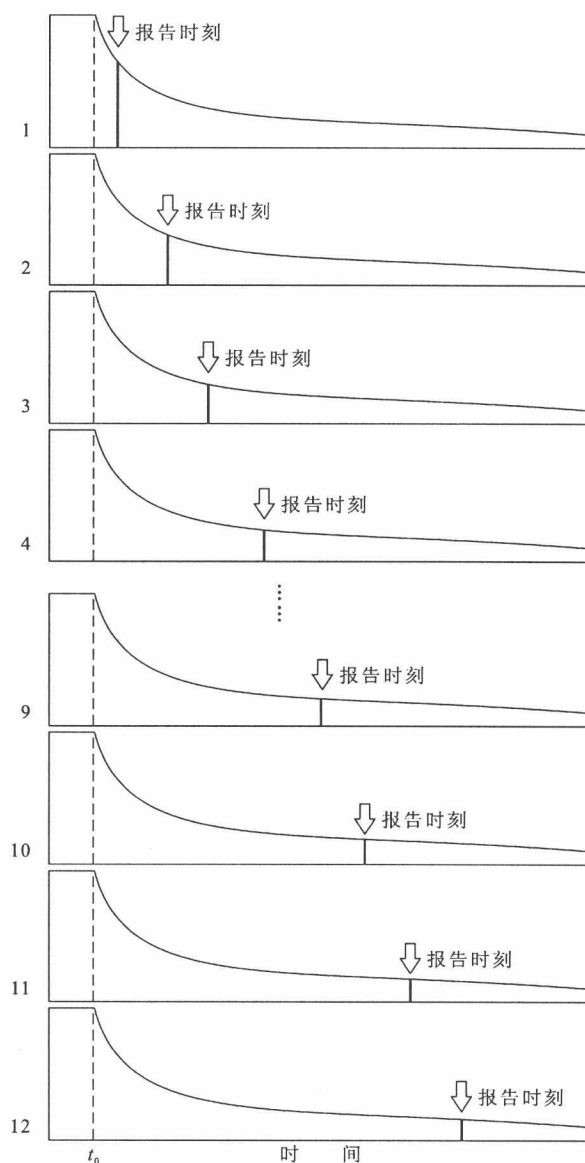


图 1-8 视像记忆模型对部分报告结果的解释

1~12 分别表示 Sperling 实验中 12 个字母。当呈现刺激后,每个字符在视觉系统中均被存储,并在刺激消失后随时间衰减。由于报告时刻不同,报告时,每个字母在记忆中保留强度不相同。因此,报告的正确率也会不同。

以第一行为例,当被试者报告第一个字母时,感觉记忆中的信息只衰减了很小一部分,因此正确率很高;由于顺次报告需要时间,当报告第 2、3、4 个字母时,记忆中保持的信息持续下降,被试者报告的正确率也随之下落,但 Sperling 的部分报告法显示,当只要求被试者报告前四个字母时,正确率依然有 76%。而整体报告法要求被试报告所有 12 个字母,随着报告所需的时间增加,信息快速地衰减,被试者能提取的信息越来越少,报告的正确率迅速下降。

1.2.3 促进心理理论架构

心理规律(包括心理的定律、定理、原理、法则和公式等)反映了心理现象、心理过程发展和变化的规律,揭示了一定条件下某些心理量之间内在的必然联系。它是观察、实验、思维、想象和数学推理相结合的产物。在这个过程中,实验起到了关键性的作用。心理规律反映了有关心理概念之间的必然联系,但是,心理规律具有近似性和局限性,它只能被发现,不能被创造。

在心理学发展过程中,判定提出的理论正确与否,需要一定标准,即理论的合理性判定。一般情况下,包含三条:

- (1) 解释已有理论所能解释的实验现象;
- (2) 解释已有理论不能解释的实验现象;
- (3) 提出预言。

解释已有理论所能解释的实验现象仅仅表明提出的新理论和已有理论居于同样地位,但并不表示它完全处于优势地位。因此,只有提出的新理论能够解释现有理论不能解释的实验现象,才表明它具有原有理论不可具备的优越性。根据该理论提出某种预言并得到证实则进一步表明了这种合理性。最终,这种合理性还是由实验来证实。

1.3 眼动实验发展历史

使用仪器对眼动进行观察、实验,始于10世纪的阿拉伯。其代表性的研究成果是人类历史上第一部生理光学著作——Ibn Al-Haytham(见图1-9)的*Kitabal AL Manazir*(见图1-10)。该书详细描述了眼睛结构、视觉系统的解剖学特点,并提出中心视觉和边缘视觉的概念。该书表明,人类已经意识到眼睛运动的重要性。

在之后的8~9个世纪里,眼动的研究领域一直沉寂。到19世纪,Charles Bell和Johannes Müller企图对眼动进行精细的分析,这才使这一领域重获生机。例如,此时Müller发现了视旋转,即眼球以视轴为中心旋转;Hueck试图揭示头动补偿眼动的规律;Volkman则首次尝试测量眼动速度。眼动研究开始进入全新时代,各种研究方法和



图1-9 Ibn Al-Haytham(965—1040)

阿拉伯学者、物理学家、数学家。发表第一部生理光学专著*Kitabal AL Manazir*,详细描述了眼睛结构和视觉系统的解剖学特点,并提出中心视觉和边缘视觉的概念。

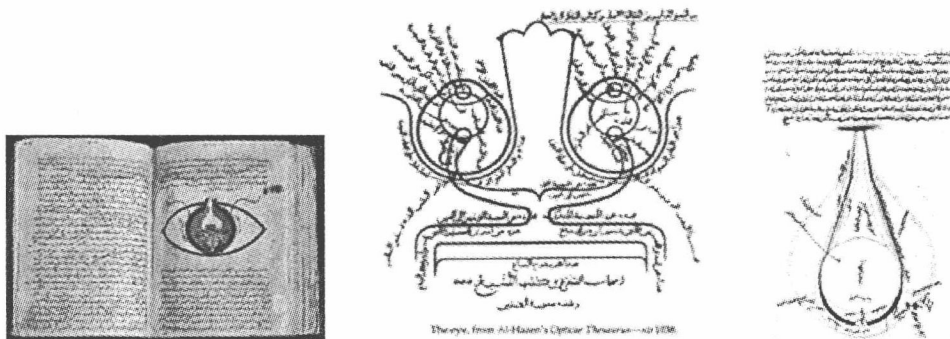


图1-10 Haytham的《生理光学》

Kitabal AL Manazir 是拉丁文,其英文名为 *The Book of Optics*,即生理光学。该书绘出了眼睛结构、神经示意图。

范式不断涌现,实验方法也不断更新。

考察整个眼动技术的发展历史,可以清晰地看到:眼动研究从初期的表象特征观察技术,慢慢发展到精确的测量、记录研究,并最终发展成为现代的眼动技术。从眼动技术测量的形式即复杂程度考察,大约分为三类:

(1) 早期眼动研究的自然观察方法。包括:直接观察法、镜像观察法、窥视孔法、后像法。

(2) 早期眼动研究的机械记录方法。包括:声鼓法、气囊法、机械杠杆法。

(3) 现代眼动研究与记录方法。包括:光学记录法(红外角膜反射法、双普氏像法、摄像法)、电流记录法、电磁感应法。

1.3.1 眼动自然观察法

自然观察方法是眼动早期研究的常用形式。要求被试者在自然的情境中阅读或观看,不对其进行任何干扰。在实施中,又包含多种表现形式:直接观察法,镜像观察法,窥视孔法,后像法。

1.3.1.1 直接观察法

法国科学家 Landolt(1891)使用直接观察法,研究眼动^[4],即利用肉眼,直接观察人们在阅读不同类型文章时的眼动。他研究发现:眼睛停留的次数会随着文章语言类型、单词词距的不同而产生明显的变化。这说明人脑会根据阅读材料属性变化调整眼动运动路径。这是眼动研究史上第一个实验观察记录。

1.3.1.2 镜像观察法

法国眼科医生 Louis Émile Javal(1878)(见图 1-11)利用望远镜,研究被试者阅读时的眼动^[5]。为了不干扰被试者阅读,在被试者前方很远的地方,放置一架望远镜,通过望远镜观察和记录被试者的眼动,如图 1-12 所示。

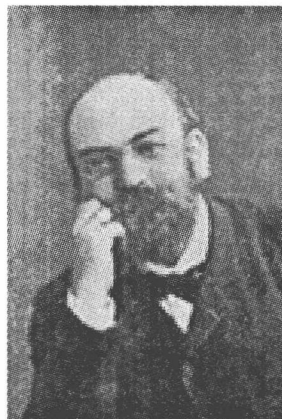


图 1-11 Louis Emile Javal(1839—1907)

法国眼科医师,生于巴黎。Javal 以生理光学的研究和在斜视方面的工作为人们所铭记。Javal 在 19 世纪后期首次描述阅读时的眼动现象。

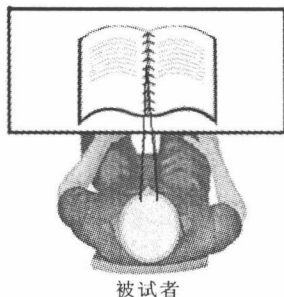
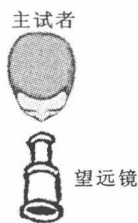


图 1-12 望远镜观察眼动

被试者阅读时,在远处放置一架望远镜,通过望远镜观察被试者的眼动。