



辽宁省优势特色重点学科建设丛书
渤海大学教育学卓越学科建设丛书
教育部人文社科项目（13YJC880028）资助

DONGHUA QINGJINGXIA DUOMEITI
XUEXI DE SHIYAN YANJIU

动画情境下多媒体 学习的实验研究

胡卫星◎著



中央编译出版社
Central Compilation & Translation Press



辽宁省优势特色重点学科建设丛书
渤海大学教育学卓越学科建设丛书
教育部人文社科项目（13YJC880028）资助

DONGHUA QINGJINGXIA DUOMEITI
XUEXI DE SHIYAN YANJIU

动画情境下多媒体 学习的实验研究

胡卫星◎著



中央编译出版社
Central Compilation & Translation Press

图书在版编目 (CIP) 数据

动画情境下多媒体学习的实验研究 / 胡卫星著. --

北京 : 中央编译出版社, 2016.7

ISBN 978-7-5117-3029-9

I . ①动… II . ①胡… III . ①多媒体教学—研究

IV . ① G434

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 122782 号

动画情境下多媒体学习的实验研究

出 版 人 : 葛海彦

出版统筹 : 董 巍

责任编辑 : 王 可

责任印制 : 尹 珺

出版发行 : 中央编译出版社

地 址 : 北京西城区车公庄大街乙 5 号鸿儒大厦 B 座 (100044)

电 话 : (010) 52612345 (总编室) (010) 52612341 (编辑室)
(010) 52612316 (发行部) (010) 52612317 (网络销售)
(010) 52612346 (馆配部) (010) 55626985 (读者服务部)

传 真 : (010) 66515838

经 销 : 全国新华书店

印 刷 : 北京天正元印务有限公司

开 本 : 710 毫米 × 1000 毫米 1/16

字 数 : 142 千字

印 张 : 9.25

版 次 : 2016 年 7 月第 1 版第 1 次印刷

定 价 : 28.00 元

网 址 : www.cctphome.com 邮 箱 : cctp@cctphome.com

新浪微博 : @ 中央编译出版社 微 信 : 中央编译出版社 (ID : cctphome)

淘宝店铺 : 中央编译出版社直销店 (<http://shop108367160.taobao.com>) (010) 52612349

本社常年法律顾问 : 北京嘉润律师事务所律师 李敬伟 问小牛

凡有印装质量问题, 本社负责调换, 电话 : (010) 66509618

序

近些年来，伴随着信息技术与互联网的广泛深入应用，传统学校教育情境正发生着日益深刻的变化。教师在教学时不仅可以方便地获取各种多媒体素材，而且还可以采用多媒体组合呈现的方式来展示教学内容和设计教学活动过程，使教学活动具体化和情境化，多媒体教学已经成为时下课堂教学的主流形式。然而，多媒体设计不仅仅是一股脑地加入文字、图片、声音、动画及视频，或者只是将课本的内容加上绚丽的声光效果，而是一个如何符合学生认知特点，降低其认知负荷和增强学习有意义性的系统化设计过程。多媒体信息呈现方式的教学应用，能不能有效、高效和有趣地提升学习者的学习品质是一个非常值得深入研究的领域。

在最近几年的多媒体学习研究领域，传统的认知心理实验研究范式正日趋成熟，多媒体学习研究正快速地由传统图文结合的静态研究转向现代视频或动画与声音结合的动态研究。在已有的多媒体学习研究领域形成了两个著名的研究团队：美国梅耶（Mayer）教授的团队和德国史诺兹（Schnotz）教授的团队。这两个团队均运用优秀的研究方法和先进的仪器设备，不断地推动着多媒体学习机制的深入研究。美国梅耶教授的团队侧重于多媒体效应的研究，力求通过科学的实验设计发现多媒体学习的各种效应，进而找到能够有效提升多媒体学习材料研发工作的“秘诀”，该团队的工作主要是确立了多媒体学习研究的范式、内容框架和基本认知理论。而德国史诺兹教授的团队更侧重于自然状态下的多媒体学习过程分析和行为特征研究，尤其是注重将各种新型认知科学技术工具加以研究应用，如眼动行为追踪技术和ERP脑认知神经科学技术等，使传统多媒体学习向认知行为分析和脑功能分析前进了一大步，进而为多媒体学习研究开辟了新的发展方向和研究领域。

顺应国际多媒体学习研究的新进展，国内一批优秀的专家学者，尤其是心理学和教育技术学研究专家开始采用不同的研究范式来展开中文情境下的多媒体学习研究。近五年来，采用眼动分析法来展开多媒体学习研究已经成为一种新的发展趋势。眼动分析法可以提供人在进行心理活动过程中的即时



信息加工数据，从而实现对人的心理活动进行精细的分析。正是由于这一特点，加上眼动仪设备的不断发展和完善，越来越多的心理学家和教育技术学研究者开始以眼动指标来探索人类心理活动或学习活动的奥秘。

本书共为六章，第一章探讨眼动分析技术的兴起、发展以及在当前科学研究领域中的应用。第二章从多媒体学习研究的发展历程梳理着手，重点介绍当前多媒体学习这一传统研究领域的基本研究内容和基本研究范式。第三章在影响多媒体学习效果四大要素（学习材料性质、内容设计形式、空间认知能力和教学策略）的基础上分析归纳出交互作用机制下的新研究。第四章系列化实验研究学习材料性质与多媒体类型对学习效果和眼动行为的影响，内容设计形式与动画多媒体类型对学习效果和眼动行为的影响，空间认知能力与动画多媒体类型对学习效果和眼动行为的影响和教学策略与动画多媒体类型对学习效果影响的教育实验研究。第五章动画情境下多媒体学习实验研究的综合讨论及研究结论的形成。第六章动画情境下多媒体学习研究的未来发展展望。

作为一种尝试，笔者将心理学研究领域中的眼动分析法与传统多媒体学习研究相结合，试图找寻一条更为完备的多媒体学习研究新思路，尤其是如何开展动态表征的多媒体信息加工过程分析研究。眼动实验研究表明，学习者对动画多媒体信息呈现的学习内容信息加工过程会呈现出“双重情境性”（文本用来建构意义，画面用来验证和加强联系），学习者对信息的加工需要将文本信息和画面信息进行有机地整合。本研究的实施不是要去刻意评价国内外多媒体学习研究成果，目的是要让人们了解国内外多媒体学习研究的历史和现状，更为重要的是要去借鉴国外优秀研究成果（研究方法工具和研究内容）来拓展构建拥有我们自己研究特色的新领域，特别是目前对中文多媒体阅读（数字化阅读、移动阅读）的眼动研究。伴随着脑认知科学的新进展和认知神经分析技术的日趋成熟，多媒体学习的眼动研究和脑机制研究将会在未来的一段时期内成为各类学者交叉综合研究的新热点，衷心希望越来越多的相关成果面世，衷心希望我国在多媒体学习研究方面越来越强大。

胡卫星

2015年12月于美丽的渤海大学人文楼

目 录

Contents

第一章 人眼与眼动分析技术	1
一、人眼结构与眼动的生理机制	1
(一) 人眼结构	1
(二) 眼动的生理机制	3
二、眼动分析技术	4
(一) 眼动的基本模式	5
(二) 眼动记录方式与眼动仪	6
(三) 眼动分析指标	7
三、眼动分析技术的应用	9
第二章 动画情境下多媒体学习的研究回顾	12
一、动画情境下多媒体学习的内涵	13
(一) 多媒体与多媒体学习	13
(二) 动画与动画情境	16
(三) 多媒体学习研究的发展历史	17
二、动画情境下多媒体学习的研究内容	19
(一) 动画情境下多媒体学习的心理机制理论分析	19
(二) 多媒体元素自身不同设计属性对学习效果的影响研究	32
(三) 多媒体信息表征与不同外在条件对学习效果的影响研究	40
(四) 多媒体学习研究内容的整体评析	47
三、动画情境下多媒体学习的研究方法	48



(一) 实验室实验法	48
(二) 自然实验法	50
(三) 多媒体学习研究方法的整体评析	51
第三章 动画情境下多媒体学习研究的总体设计	53
一、研究问题的提出	53
二、研究设计	54
(一) 研究内容	54
(二) 研究方案	55
三、研究流程	56
第四章 动画情境下多媒体学习的实验研究	58
一、学习材料性质与多媒体类型对学习效果影响的眼动研究	58
(一) 研究目的与假设	58
(二) 研究方法	58
(三) 结果与分析	60
(四) 讨论	65
(五) 结论	66
二、内容设计方式与动画多媒体类型对学习效果影响的眼动研究	67
(一) 研究目的与假设	67
(二) 研究方法	67
(三) 结果与分析	69
(四) 讨论	76
(五) 结论	78
三、空间认知能力与动画多媒体类型对学习效果影响的眼动研究	78
(一) 研究目的与假设	78
(二) 研究方法	78
(三) 结果与分析	80
(四) 讨论	88
(五) 结论	89



四、教学策略与动画多媒体类型对学习效果影响的教育实验研究	89
(一) 研究目的与假设	89
(二) 研究方法	90
(三) 结果与分析	91
(四) 讨论	96
(五) 结论	97
第五章 动画情境下多媒体学习实验研究的讨论与结论	99
一、动画情境下多媒体学习实验研究的讨论	99
(一) 多因素交互作用下的动画多媒体学习效果分析	99
(二) 动画多媒体学习过程的“双重情境性”	103
(三) 眼动方法在动画多媒体学习研究中的独特性	103
二、动画情境下多媒体学习的实验研究结论	105
(一) 研究结论	105
(二) 研究不足	106
第六章 动画情境下多媒体学习研究的未来发展展望	107
一、脑认知科学视角下多媒体学习认知理论的创新	108
(一) 多媒体学习过程的微观脑认知发生机制	108
(二) 多媒体学习的宏观社会认知发生机制	110
二、动画多媒体学习原理及其学习效应的再分析	114
(一) 多媒体学习动态表征效应(动画效应)存在的实验验证	114
(二) 动画多媒体学习效应与学习者因素的交互作用效果分析	115
三、学科教学实践中的动画多媒体学习应用研究	116
(一) 基于设计的研究新范式兴起	116
(二) 临床诊断与干预技术应用的重视	116
(三) 有意义高效学习系统模型的构建	117



参考文献	119
附 录	134
附录 1:《闪电的形成》动画多媒体学习材料（以动画+文字形式为例）	134
附录 2:《闪电的形成》多媒体学习测试题目及评分要点	137
附录 3:《交互式电子白板教学应用》多媒体学习测试题目及评分要点	138



第一章 人眼与眼动分析技术

眼睛是人的重要感觉器官，主管人的视觉功能，它是外界信息进入人脑的主要通道。人类的信息加工在很大程度上依赖于视觉，来自外界的信息约有70%~80%是通过人的眼睛获得的。因此，对于“人是如何看事物”的科学研究一直没有间断过，对于眼球运动（以下称眼动）的研究被认为是分析人类视觉信息加工过程机制的最有效手段。同时，眼睛也是透视人内部心灵的窗户，透过这个窗户可以探究许多心理活动的规律，眼动的各种模式一直与人的内部心理变化相关联。早在19世纪，人们就通过观察人的眼球运动来研究人的心理，但是要真正做到这一点并不容易。一百多年来，研究学者们一直致力于研发眼动的记录装置，并通过分析记录到的眼动数据来探讨眼动与人内部心理活动的关系。尤其是近些年来，伴随着一些精密测量眼动规律仪器（以下称眼动仪）的相继问世，关于眼动的实验研究有了新的有效研究工具和分析技术，使得相关研究的客观性、科学性和应用性有了突破性的发展。眼动作为一项重要分析指标内容，被广泛地运用于心理学研究、工业设计、广告设计、可用性测试、市场研究、体育运动、交通驾驶、航空运输、信息传播、司法侦探等学科领域。

一、人眼结构与眼动的生理机制

（一）人眼结构

眼睛是人类感官中最重要器官，人们在读书认字、看图赏画、观看演出、欣赏美景等无不用到它。人的眼睛非常敏感，能辨别不同的颜色、不同的光线和不同的物体，能将这些视觉形象信息转变成神经信号，传送给大脑。如果眼睛或视觉出现问题，人们与外界的接触便会受到极大的限制或影响。人眼是由眼球和眼附属器两个部分组成，眼球主要是完成视觉



功能，眼附属器则起保护和运动眼球的辅助作用。

眼球是一个球状体，直径大约在 23 毫米左右，包括眼球壁、内容物、神经、血管等组织。首先，是眼球壁，它主要分为外、中、内三层。眼球外层纤维膜是由角膜和巩膜两大部分组成，前 1/6 为透明的角膜，其余 5/6 为白色的不透明巩膜（俗称“眼白”），整体上眼球外层纤维膜起到维持眼球形状和保护眼内组织的作用。眼球中层具有丰富的色素和血管，包括虹膜、睫状体和脉络膜三部分。虹膜呈环圆形，位于晶状体前，不同种族人的虹膜颜色不同。中央有一个 2.5~4 毫米的圆孔，被称为瞳孔。睫状体前接虹膜根部，后接脉络膜，外侧为巩膜，内侧则通过悬韧带与晶状体相连。脉络膜位于巩膜和视网膜之间，脉络膜的血循环营养视网膜外层，其含有的丰富色素起遮光暗房作用。眼球壁最内层为视网膜，它是一个含有 10 层之多的微细结构透明膜。其中有能感光的视细胞，视细胞感受光线的刺激后发生光化学变化，随之转变为生物电流，经视神经传导到大脑的视觉中枢从而产生视觉。视细胞又可分为锥细胞和杆细胞两种：锥细胞主要集中分布于网膜的黄斑部，在明亮的光线下，具有很高的视敏锐度和分辨率，并有颜色感觉的功能，眼睛视力的强弱，五彩缤纷的感受，都是锥细胞功能的反映；杆细胞分布在黄斑部以外的视网膜，在暗弱光线下具有感光功能，视敏锐度及分辨率低，无色觉能力，眼的视野范围和余光，都是杆细胞功能的体现。视网膜上两种视觉细胞功能上的相辅相成，使眼具有完善和立体的视觉功能。

其次，是眼内容物，主要包括房水、晶状体和玻璃体三大部分。房水由睫状突产生，有营养角膜、晶体及玻璃体，维持眼压的作用。晶状体为富有弹性的透明体，形如双凸透镜，位于虹膜、瞳孔之后，玻璃体之前。玻璃体为透明的胶质体，充满眼球后 4/5 的空腔内，主要成分为水。玻璃体有屈光作用，也起支撑视网膜的作用。

再次，是视神经和视觉通道。视神经是中枢神经系统的一部分，由特殊躯体感觉纤维组成，主要完成将视网膜所得到的视觉信息传送到大脑的任务，全长约 42~47 毫米，可分为球内段、眶内段、管内段和颅内段四大部分。视觉通道是指从视网膜接受视信息到大脑视皮层形成视觉的整个神经冲动传递的径路。它是由三级神经元组成，第一级为视网膜双极细胞，



第二级为神经节细胞，第三级神经元胞体在外侧膝状体内，发出的轴突则组成视辐射，最后终止于大脑的枕叶皮质（视区）。

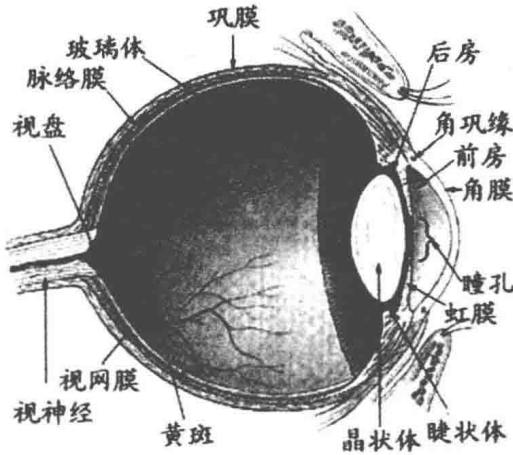


图 1-1 眼球的基本结构

视觉是人以眼睛为感受器辨别外界物体明暗、颜色、位置、深度和形状等特性的感受，包括人眼对物体产生的光觉、形觉和色觉，其接受处理的适当刺激是光波。由光源或物体反射的光线经过眼球的屈光系统作用于眼球中的视网膜，引起感觉细胞的兴奋进而形成神经冲动，这些冲动再经由视神经传入大脑皮层的视觉处理区，进而最终形成了视觉。人眼视觉形成的通路是：外界光线——角膜——前房——虹膜/瞳孔——晶状体——玻璃体——视网膜——视神经乳头——视神经通路——大脑。

最后，眼附属器主要包括眼眶、眼睑、结膜、眶筋膜和泪器等。眼眶就是容纳眼球的骨腔。眼睑就是人们常说的眼皮，起到保护眼球的作用。结膜是一层透明的薄膜，分为睑结膜、球结膜和穹隆结膜三个部分，主要起到润滑眼球的作用。泪器则主要包括泪腺和泪道，有润滑和清除异物的作用。这些附属器尽管不参与眼球的屈光系统，但对于眼球却起着重要的保护、运动和支持作用。

(二) 眼动的生理机制

眼球在眼眶里，有三对眼肌控制眼球的运动，它们协调活动控制着眼



球的上下左右方向的运动，三对肌肉的协调活动可使眼球以角膜顶端后方 13.5 毫米处为中心转动，每对眼肌控制眼球在同一个平面上转动。这三对眼肌分别为：内直肌和外直肌，上直肌和下直肌，上斜肌和下斜肌。内直肌由动眼神经支配，外直肌由外展神经支配，它们相互制约引起眼的水平运动，即当内直肌和外直肌收缩时，眼球向内外方向转动；上直肌与下直肌均由动眼神经支配，它们的活动引起眼的垂直活动。上直肌收缩，眼球向上内方向转动；下直肌收缩，眼球向下内方向转动；上斜肌由滑车神经支配，收缩时眼球向下外方向转；下斜肌由动眼神经支配，收缩时眼球向上外方向转。简言之，通过眼外各种肌肉的活动使运动着的物体或复杂物体在视网膜上连续成像就是眼动的生理机制。

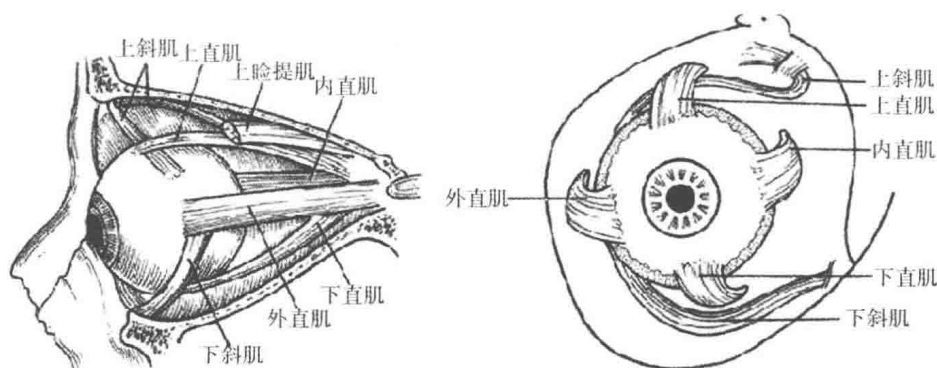


图 1-2 眼肌示意图

二、眼动分析技术

眼动研究是借助眼动仪对被试者在执行特定任务时对眼睛视线的运动轨迹进行记录，以分析被试者的认知行为和心理活动的过程。通过眼动数据，能分析被试者的注视规律，来评估和优化相应的设计。早在 19 世纪就有人通过考察人的眼球运动来研究人的心理活动，通过分析记录到的眼动数据来探讨眼动与人的心理活动的关系。眼动分析技术是经历了一个长期发展过程才逐渐成熟起来的。在过去，眼球分析（追踪）采用方法非常烦琐，例如要在被试者的眼球上固定某些东西。新型眼动分析技术采用了更加巧妙的方法，其基本原理是将一束光线和一台摄像机对准被试者的眼



睛，通过光线和后端分析来推断被试者注视的方向，摄像机则记录交互的过程。由于眼球内的视网膜吸收可见光，反射红外线，因此，视网膜和眼睛的其他部分相比能较好地反射波长更长的红外线，这就使眼动仪无须进行特别的图像识别就能确定瞳孔的位置。

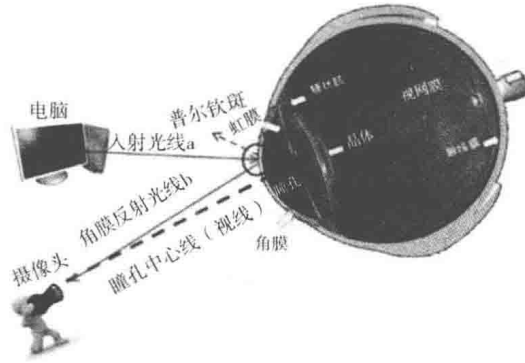


图 1-3 眼动追踪原理

(一) 眼动的基本模式

人的眼球运动（以下称眼动）有三种基本方式：注视、眼跳和追随运动。这三种眼动方式经常交错在一起，目的均在于让人准确选择信息，将要注意的刺激物置于像与中央窝区域，以形成清晰的像。

1. 注视

为了看清楚某一物体，人的两只眼睛必须保持一定的方位，才能使物体成像在视网膜上，这种将眼睛对准对象的活动叫注视。简言之，注视是将眼睛的中央窝对准某一物体。注视是人在获取信息时，眼睛停留在所加工的物体上。事实上，当眼睛注视一个静止的物体时，它并不是完全不动的，而是伴有三种更为细微的眼动活动：漂移、震颤和微小的不随意眼跳动。

2. 眼跳

在转移加工对象时，人眼在两个注视点之间的快速跳动，被称之为“眼跳”。眼跳的功能改变注视点，使下一步要注视的内容落在视网膜最敏感的区域——中央窝附近，这样就可以清楚看到想要看到的内容了。通常



我们不容易觉察到眼睛在跳动，往往认为都是自己的眼睛在沿着一行行的句子或图形的形状在平滑的运动。但实际上，我们的眼睛总是先在对象的一部分上停留一段时间，注视以后又跳到另一部分上，再对新的部分进行注视。眼跳有两个基本的特点：一是双眼的每次跳动都几乎是完全一致的；二是眼跳的速度很快。

3. 追随运动

当我们观看一个运动的物体时，如果头部不动，为了保证眼睛总注视这个物体，眼球会追随物体移动；或者是当身体或头部运动时，为了追随一个运动物体，眼球也需要做与头部或身体运动方向相反的运动。这时眼球的运动实际上是在补偿头部或身体的运动。

(二) 眼动记录方式与眼动仪

眼动仪的问世为心理学家利用眼动技术探索人在各种不同条件下的视觉信息加工机制，观察其与心理活动直接或间接奇妙而有趣的关系，提供了新的有效工具。眼动记录技术先后经历了观察法、后像法、机械记录法、光学记录法、影像记录法等多种方法的演变。眼动记录技术就是通过对眼动轨迹的记录从中提取诸如注视点、注视时间和次数、眼跳距离、瞳孔大小等数据，从而研究个体的内在认知过程。20世纪60年代以来，随着摄像技术、红外技术和微电子技术的飞速发展，特别是计算机技术的应用，推动了高精度眼动仪的研发，极大地促进了眼动研究在国际心理学及相关学科中的应用。眼动心理学的研究已经成为当代心理学及其相关学科研究领域的一种有用范型。

现代眼动仪的结构一般包括四个系统，即光学系统、瞳孔中心坐标提取系统、视景与瞳孔坐标叠加系统和图像与数据的记录分析系统。眼动可以反映视觉信息的选择模式，对于揭示认知加工的心理机制具有重要意义，从近年来发表的研究报告看，利用眼动仪进行心理学研究常用的资料或参数主要包括：注视点轨迹图、眼动时间、眼跳方向的平均速度时间和距离（或称幅度）、瞳孔大小（面积或直径，单位像素）和眨眼。眼动的时空特征是视觉信息提取过程中的生理和行为表现，它与人的心理活动有着直接或间接的关系，这也是许多心理学家致力于眼动研究的原因所在。

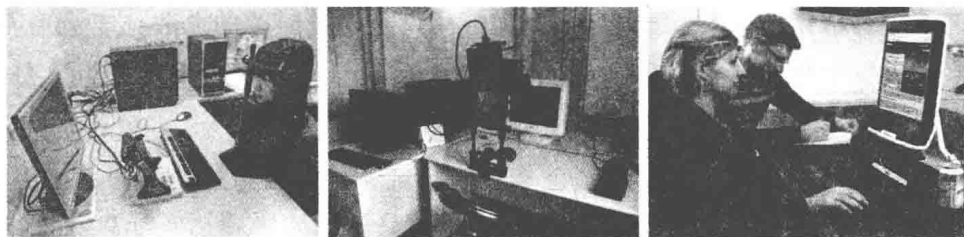


图 1-4 形形色色的眼动仪

(三) 眼动分析指标

1. 总注视次数：被认为是与被试者搜索绩效相联系的指标。总注视次数越多，表明搜索效率越低。

2. 平均注视驻留时间：反映的是被试者提取信息的难易程度。注视持续时间越长，表明提取信息越困难或目标更吸引人。

3. 首次到达目标兴趣区的注视时间（首次注视时间）：在显示区域搜索特定的目标时，第一次到达目标区域的时间。对于目标的首次注视时间越短，表明它越能引起注意。

4. 注视点序列（注视轨迹）：注视点在兴趣区之间的转换，记录被试者在整个体验过程中的注视轨迹，从而可知被试者首先注视的区域、注视的先后顺序、注视停留时间的长短以及视觉是否流畅等。注视轨迹反映了被试的兴趣变化过程，也反映了被试对不同区域关注度的变化。



图 1-5 注视轨迹

5. 兴趣区域分析：被试眼睛注视特定显示元素（设计者感兴趣区域）的平均注视时间和注视点的个数，以及在各兴趣区之间的注视顺序。包括



两个重要指标：一是凝视时间，兴趣区内所有注视时间的总和；二是兴趣区内注视次数，注视次数越多，表明这个区域对于观察者来说更为重要，更能引起注意。

6. 注视热点图：用不同颜色来表示被试者对界面各处的不同关注度，从而可以直观地看到被试者最关注的区域和忽略的区域等。在研究应用中，注视热点图常用于对多个被试者（用户）的普遍行为的揭示，可以看出群体注意力分配的趋势，群体的注视情况。

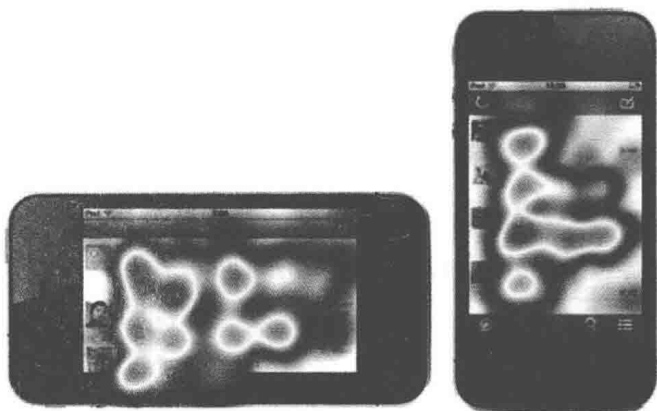


图 1-6 注视热点

7. 眼跳指标：眼跳过程不会发生编码现象，因此，眼跳指标无法反映出任何关于目标加工的信息。回视型眼跳可以作为编码过程中加工难度的指标，回视也可以作为一个认知效价的指标，回视次数与信息凸显性之间存在反比关系。常见的指标有：一是眼跳次数，眼跳次数越多，表明搜索过程越长；二是眼跳幅度，眼跳幅度越大，表明新区域或新位置有更多的意义性线索；三是回视型眼跳，回视表明当前缺乏意义性线索；四是方向改变型眼跳，如果眼跳大于 90 度，说明存在方向改变，意味着被试的搜索目标发生了改变。

8. 眼动扫描指标：典型的眼动扫描路径是：注视——眼跳——注视——眼跳——注视……扫描路径反映了被试信息加工过程的实时状况。其中又可细分成如下几个指标：一是扫描持续时间，持续时间越长表明搜