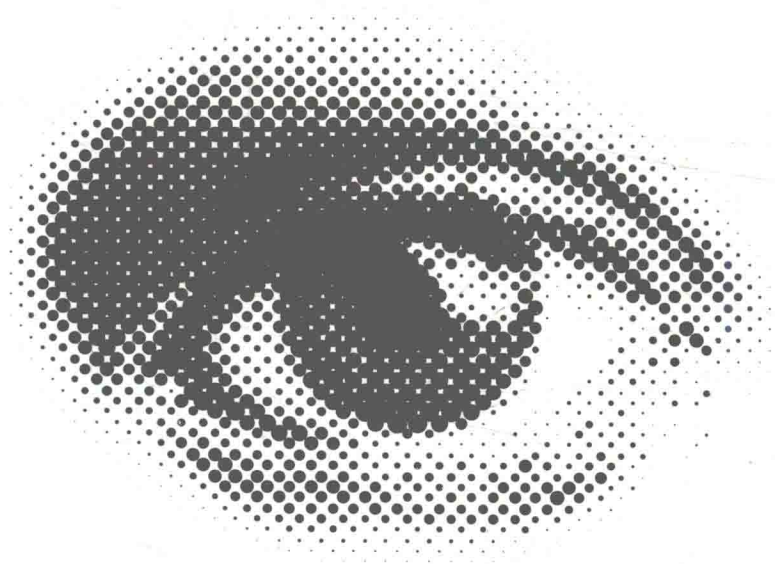


# 视线感知与视觉注意转移 交互原理和分析

SHIXIANGANZHI YU SHIJUEZHUYIZHUANYI JIAOHU YUANLI HE FENXI

钱 谦 王 锋 冯 勇 殷继彬 著



云南大学出版社  
YUNNAN UNIVERSITY PRESS

# 视线感知与视觉注意转移 交互原理和分析

SHIXIANGANZHI YU SHIJUEZHUYIZHUANYI JIAOHU YUANLI HE FENXI

钱 谦 王 锋 冯 勇 殷继彬 著



云南大学出版社  
YUNNAN UNIVERSITY PRESS

图书在版编目(CIP)数据

视线感知与视觉注意转移交互原理和分析 / 钱谦等  
著. -- 昆明: 云南大学出版社, 2017  
ISBN 978-7-5482-3075-5

I. ①视… II. ①钱… III. ①视觉功能—研究 IV.  
①Q436

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第181349号

策划编辑: 赵红梅

责任编辑: 蒋丽杰

封面设计: 王娅一

# 视线感知与视觉注意转移 交互原理和分析

SHIXIANGANZHI YU SHIJIJEZHUYIZHUANYI JIAOHU YUANLI HE FENXI

钱 谦 王 锋 冯 勇 殷继彬 著

出版发行: 云南大学出版社

印 装: 云南南方印业有限责任公司

开 本: 787mm × 1092mm 1/16

印 张: 11.75

字 数: 230千

版 次: 2017年8月第1版

印 次: 2017年8月第1次印刷

书 号: ISBN 978-7-5482-3075-5

定 价: 36.00元

社 址: 昆明市一二一大街182号(云南大学东陆校区英华园内)

邮 编: 650091

电 话: (0871) 65033244 65031071

E-mail: market@ynup.com

本书若发现印装质量问题, 请与印刷厂联系调换, 联系电话: 0871-65148757。

# 前言

脑科学的研究一直是国内和国际上基础研究领域的重要组成部分，而脑认知科学的相关研究是进入 21 世纪以来的一个新的研究方向和研究热点。与传统上偏重于生理学和解剖学的脑研究不同，脑认知研究侧重于对人脑信息处理的动态机制进行观测，最终目标是揭示人脑智能和认知的原理，为社会生产生活等其他领域的发展提供理论基础和指导准则。视觉是人脑获取外界信息的主要渠道，视觉系统是最复杂的感知系统。目前，视觉信息在人脑中的加工过程，特别是高级视觉皮层对物体（如人脸）和范畴的识别，以及视觉注意系统在大脑处理资源分配中的作用还不是很明确。此外，脑与认知科学的相关研究，特别是与视觉认知相关的研究在我国还处于起步阶段。为了更好地普及脑科学知识，尤其是人脑视觉认知原理，迫切需要具有专业性质的研究性科技书籍，而本书可以为本领域研究者提供翔实的、专业的和独创的知识，具有很好的参考价值。本书可作为认知心理学领域高年级本科生和研究生学习视觉注意系统时的教材，也可以供从事脑科学和视觉认知方向的科研人员参考。本书对研究人脑视觉注意系统和符号线索（包括视线、箭头等）所引起的注意转移机制有重要的学术价值和社会意义。

本书共有十章。第一章主要从视觉注意转移的角度介绍人脑视觉注意系统，特别是视线感知所引起的注意机制的相关研究的理论、方法和成果；第二、六、七、

八、九、十章主要从各个角度对符号线索（视线、箭头、文字等）所引起的注意转移中的时序效应进行测量和研究；第三、四、五章主要针对视线引起的注意转移的特殊性以及人脸上下文信息的影响进行测量和研究。

本书由钱谦（昆明理工大学）执笔，王锋、冯勇和殷继彬在本书的撰写过程中提出了很多宝贵的意见和建议。本书受国家自然科学基金项目（31300938、61462053、61662042 和 61262042）资助。

由于时间仓促，书中欠妥和纰漏之处在所难免，恳请读者和同行不吝指正。

# 目 录

## 第一章 视觉注意转移与空间线索提示范式

|                     |    |
|---------------------|----|
| 1.1 视线感知和视觉注意       | 1  |
| 1.2 视觉注意转移和空间线索提示范式 | 9  |
| 1.3 视线感知引起的视觉注意转移   | 16 |
| 1.4 符号线索提示任务中的时序效应  | 25 |
| 参考文献                | 29 |

## 第二章 时序效应是在符号线索提示过程中普遍存在的现象

|                 |    |
|-----------------|----|
| 2.1 引 言         | 40 |
| 2.2 实验 1        | 43 |
| 2.2.1 被测试者      | 43 |
| 2.2.2 实验装置      | 43 |
| 2.2.3 实验刺激      | 43 |
| 2.2.4 实验设计      | 44 |
| 2.2.5 实验流程      | 44 |
| 2.2.6 实验结果      | 45 |
| 2.2.7 实验讨论      | 47 |
| 2.3 实验 2        | 47 |
| 2.3.1 被测试者      | 47 |
| 2.3.2 实验装置和实验刺激 | 47 |
| 2.3.3 实验设计      | 48 |
| 2.3.4 实验流程      | 48 |
| 2.3.5 实验结果      | 48 |

2.4 讨 论.....53

参考文献.....57

附 录.....59

第三章 真实视线线索所引起的线索提示效应具有特殊性

3.1 引 言.....63

3.2 实验 1.....66

3.2.1 被测试者.....66

3.2.2 实验装置.....67

3.2.3 实验刺激.....67

3.2.4 实验设计.....68

3.2.5 实验流程.....68

3.2.6 实验结果和讨论.....68

3.3 实验 2.....69

3.3.1 被测试者.....69

3.3.2 实验装置、实验刺激、实验设计和实验流程.....70

3.3.3 实验结果和讨论.....70

3.4 实验 3.....71

3.4.1 被测试者.....71

3.4.2 实验装置、实验刺激、实验设计和实验流程.....71

3.4.3 实验结果和讨论.....72

3.5 综合讨论.....72

参考文献.....75

附 录.....77

第四章 以非人脸物体为中心的参考系在线索提示任务中的作用

4.1 引 言.....79

4.2 实 验.....82

4.2.1 被测试者.....82

4.2.2 实验装置.....82

4.2.3 实验刺激.....82

|            |    |
|------------|----|
| 4.2.4 实验设计 | 83 |
| 4.2.5 实验流程 | 83 |
| 4.2.6 实验结果 | 83 |
| 4.3 讨 论    | 85 |
| 参考文献       | 86 |
| 附 录        | 89 |

## 第五章 人脸上下文对线索提示效应的影响

|            |    |
|------------|----|
| 5.1 引 言    | 90 |
| 5.2 实 验    | 92 |
| 5.2.1 被测试者 | 92 |
| 5.2.2 实验装置 | 93 |
| 5.2.3 实验刺激 | 93 |
| 5.2.4 实验设计 | 94 |
| 5.2.5 实验流程 | 94 |
| 5.2.6 实验结果 | 95 |
| 5.3 讨 论    | 97 |
| 参考文献       | 98 |
| 附 录        | 99 |

## 第六章 空间一致性在符号线索提示中的重要作用

|            |     |
|------------|-----|
| 6.1 引 言    | 100 |
| 6.2 实验 1   | 104 |
| 6.2.1 被测试者 | 104 |
| 6.2.2 实验装置 | 104 |
| 6.2.3 实验刺激 | 104 |
| 6.2.4 实验设计 | 105 |
| 6.2.5 实验流程 | 105 |
| 6.2.6 实验结果 | 106 |
| 6.3 实验 2   | 109 |
| 6.3.1 被测试者 | 109 |

|                                 |     |
|---------------------------------|-----|
| 6.3.2 实验装置和实验刺激 .....           | 109 |
| 6.3.3 实验设计和实验流程 .....           | 109 |
| 6.3.4 实验结果 .....                | 110 |
| 6.4 实验 3 .....                  | 113 |
| 6.4.1 被测试者 .....                | 113 |
| 6.4.2 实验装置、实验刺激、实验设计和实验流程 ..... | 113 |
| 6.4.3 实验结果 .....                | 113 |
| 6.5 讨 论 .....                   | 116 |
| 参考文献 .....                      | 123 |
| 附 录 .....                       | 127 |

第七章 空间一致性在对称双字母线索提示任务中的作用

|                                 |     |
|---------------------------------|-----|
| 7.1 引 言 .....                   | 130 |
| 7.2 实验 1 .....                  | 131 |
| 7.2.1 被测试者 .....                | 131 |
| 7.2.2 实验装置 .....                | 132 |
| 7.2.3 实验刺激 .....                | 132 |
| 7.2.4 实验设计 .....                | 132 |
| 7.2.5 实验流程 .....                | 133 |
| 7.2.6 实验结果 .....                | 133 |
| 7.3 实验 2 .....                  | 135 |
| 7.3.1 被测试者 .....                | 135 |
| 7.3.2 实验装置、实验刺激和实验设计 .....      | 135 |
| 7.3.3 实验流程 .....                | 135 |
| 7.3.4 实验结果 .....                | 136 |
| 7.4 实验 3 .....                  | 138 |
| 7.4.1 被测试者 .....                | 138 |
| 7.4.2 实验装置、实验刺激、实验设计和实验流程 ..... | 138 |
| 7.4.3 实验结果 .....                | 138 |
| 7.5 讨 论 .....                   | 139 |
| 参考文献 .....                      | 141 |

|           |     |
|-----------|-----|
| 附 录 ..... | 142 |
|-----------|-----|

## 第八章 基于四方向的汉字线索提示任务研究和分析

|                            |     |
|----------------------------|-----|
| 8.1 引 言 .....              | 146 |
| 8.2 实验 1 .....             | 147 |
| 8.2.1 被测试者 .....           | 147 |
| 8.2.2 实验装置 .....           | 147 |
| 8.2.3 实验刺激 .....           | 147 |
| 8.2.4 实验设计 .....           | 147 |
| 8.2.5 实验流程 .....           | 148 |
| 8.2.6 实验结果 .....           | 148 |
| 8.3 实验 2 .....             | 149 |
| 8.3.1 被测试者 .....           | 149 |
| 8.3.2 实验装置、实验刺激和实验设计 ..... | 150 |
| 8.3.3 实验流程 .....           | 150 |
| 8.3.4 实验结果 .....           | 150 |
| 8.4 讨 论 .....              | 151 |
| 参考文献 .....                 | 153 |

## 第九章 箭头线索提示时序效应不能归因于低层特征整合

|                  |     |
|------------------|-----|
| 9.1 引 言 .....    | 154 |
| 9.2 实 验 .....    | 155 |
| 9.2.1 被测试者 ..... | 155 |
| 9.2.2 实验装置 ..... | 155 |
| 9.2.3 实验刺激 ..... | 156 |
| 9.2.4 实验设计 ..... | 156 |
| 9.2.5 实验流程 ..... | 156 |
| 9.2.6 实验结果 ..... | 157 |
| 9.3 讨 论 .....    | 159 |
| 参考文献 .....       | 160 |
| 附 录 .....        | 161 |

第十章 中心线索和周边线索所引起的线索时序效应对比

10.1 引 言.....162

10.2 实 验.....163

10.2.1 被测试者.....163

10.2.2 实验装置.....163

10.2.3 实验刺激.....163

10.2.4 实验设计.....163

10.2.5 实验流程.....164

10.2.6 实验结果.....164

10.2.7 子实验间的比较.....170

10.3 讨 论.....171

参考文献.....173

附 录.....174

# 第一章 视觉注意转移与空间线索提示范式

## 1.1 视线感知和视觉注意

人类主要通过视觉系统获得外界的信息，进而形成对外界的认知。而在所有的视觉信息中，他人的面孔无疑是与我们日常生活和社会交往最为相关的、最具有生物显著性的一类视觉刺激。有研究表明，人脸信息具有特殊性，甚至在人脑中存在专门用于人脸识别处理的脑区（Kanwisher、McDermott 和 Chun，1997）。在生活中，人脸能够提供多种社交信息，如性别、年龄、美貌、种族、情绪、身份等。然而，人脸所提供的视线方向信息以及我们对其的感知可能最能体现人与人之间的交往和互动。例如，他人的视线方向通常透露出此人的兴趣和注意焦点所在，而他人的凝视对于我们自身来说可能代表着欣赏（如异性之间）或者挑衅（如同性之间）。视线感知已经被证实不仅仅依赖于对瞳孔、虹膜、巩膜等眼睛组件之间亮度对比和几何结构的分析处理（Ando，2002；Jenkins、Beaver 和 Calder，2006），还受到人脸上下文信息（如表情、方向、角度等信息）的显著影响（Langton，2000；Todorovic，2006；Qian、Song 和 Shinomori，2013）。例如，人脸图像的倒置能够影响我们对视线方向的感知，反映了视线感知中对人脸的整体和结构性处理的过程（Vecera 和 Johnson，1995），不过 Jenkins 和 Langton（2003）发现仅对眼睛区域部分的倒置就足以引起视线感知的变化，这说明了对眼睛区域部分的结构性处理过程，而不是对整个人脸的整体处理，是视线感知的重要处理过程。此外，如图 1-1 所示，我们所观察到的视线方向不仅仅取决于眼睛所包含的虹膜位置，还受到人脸朝向的显著影响。具体来说，当眼睛所包含的虹膜位置靠右而人脸朝左时（图 a），我们觉得图中人物的视线直视观察者；当我们改变人脸朝向为右后（图 c），此时我们感知到人物的视线朝向右。图 1-2 是 Mona Lisa 效应，即我们所感知到的视线方向不受人物图像显示角度的影响。

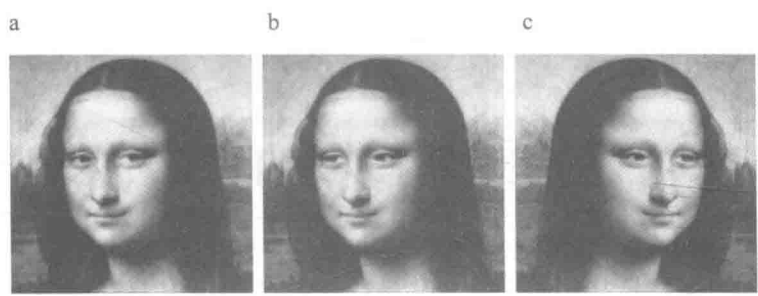


图 1-1

图 1-1 为 wollaston 效应。所谓的 Wollaston 效应，即我们所观察到的视线方向不仅仅取决于眼睛所包含的虹膜位置，还受到人脸朝向的显著影响。图 a 中虹膜靠右而人脸朝向左，导致我们觉得图中人物的视线直视观察者。图 b 中虹膜靠左而人脸朝向左，我们觉得图中人物的视线朝向左。注意，图中眼睛虹膜部分是图 a 中眼睛的镜像，所以不存在低层特征的不同。图 c 中虹膜靠右而人脸朝向右，我们觉得图中人物的视线朝向右。注意，图 c 是图 b 的简单镜像。本图出自 Todorovic（2006）。

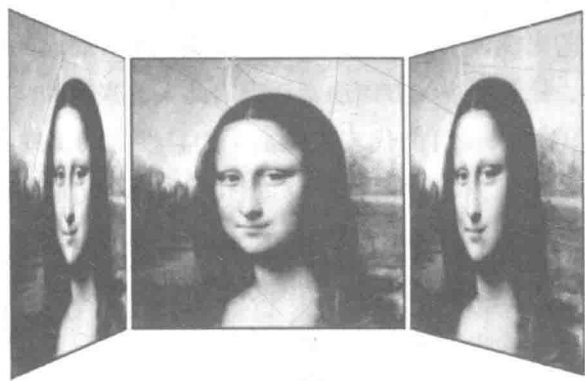


图 1-2

图 1-2 为 Mona Lisa 效应。所谓的 Mona Lisa 效应，即我们所感知到的视线方向不受人物图像显示角度的影响。本图出自 Todorovic（2006）。

在日常生活中，只要我们的眼睛一睁开就无时无刻不在获取外界的视觉信息，然而人脑对信息的处理是有容量限制的，我们不可能对进入眼睛的所有信息都进行细致的处理。大脑中的视觉注意机制帮助我们对相关的或者重要的外界视觉刺激进行选择性的处理，而忽略其他无关或者不重要的刺激。对人脑视觉注意机制的研究从来都是视觉认知研究的重点。人脑视觉注意系统对注意资源的分配一般分为三个阶

段：选择、保持和转移。选择指的是某些重要事物（如控制台上的红色按钮）能够把我们的注意焦点吸引到其所在位置，保持指的是重要事物获得我们的注意焦点之后对注意脱离的延缓作用，而转移指的是注意焦点在外界刺激的影响下再次进行分配的过程。这三个阶段是视觉注意从前一时间到后一时间在视野中分配和再分配的必经过程。已有的对视觉注意机制的研究主要集中在对这三个阶段中各种视觉刺激所引起的注意资源分配的比较上。

考虑到人脸上下文和视线方向信息在日常生活中的重要性，就不难理解其和视觉注意系统之间所存在的复杂交互作用。例如，有研究发现对凝视视线方向信息的检测能够在视线刺激未获取注意焦点的情况下完成，而对非凝视视线方向信息的检测则不能在该情况下完成（Yokoyama、Sakai、Noguchi 和 Kita，2014）。此外，人脸上下文信息（如表情）和视线方向信息的不同组合同样能够对视觉注意系统的资源分配产生影响。例如，Doi 和 Shinohara（2013）在研究中发现对带有凝视视线方向的愤怒人脸刺激的搜索速度比带有非凝视视线方向的相同人脸表情的搜索速度要快，说明表情信息和视线方向信息的不同组合对注意分配过程具有显著的影响。对人脑视觉注意机制在资源分配的过程中，人脸上下文和视线方向信息的影响进行深入和系统的研究，一方面有助于进一步揭示人脸和视线感知在人脑信息处理中的特殊性，另一方面也能够为我们深入了解人脑注意系统提供更完善的经验数据和更完备的理论假说。

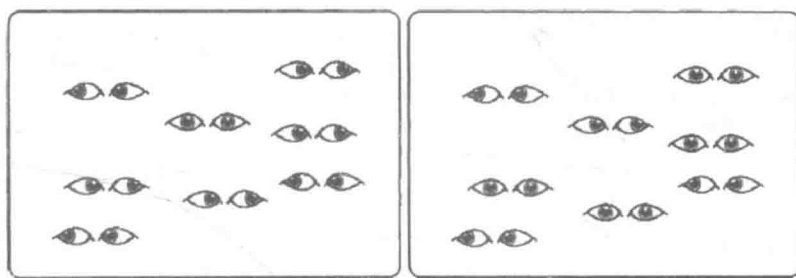


图 1-3 von Grunau 和 Anston（1995）中的实验刺激示例

从视觉注意的三个阶段来看，在注意选择阶段，人眼及其所含视线方向信息能够影响注意资源的分配效率，使我们能够更快地检测和发现视野中的这些重要信息。例如，有研究发现，一张凝视着观察者的人脸比一张看向其他方向的人脸更能吸引观察者的注意力（Miyazaki、Ichihara、Wake H. 和 Wake T., 2012; Conty、Tijus、Hugueville、Coelho 和 George, 2006; Senju、Hasegawa 和 Tojo, 2005; von Grunau 和 Anston, 1995）。以最初报道凝视视线优越性的 von Grunau 和 Anston

(1995) 的研究为例, 某次测试的实验刺激示意图如图 1-3 所示, 左部分所示为向左或者向右看的视线刺激包围的凝视视线目标刺激, 右部分所示为向左或者凝视的视线刺激包围的向右看的视线目标刺激。该示例仅表示了所含视线刺激数为 8 的实验刺激, 而研究中某次测试的视线刺激数可能为 4、8 或者 12。而实验结果如图 1-4 所示, 显示了各种情况下被测试者的平均反应时和标准误差, 图 (a) 部分为目标刺激存在时的实验结果, 图 (b) 部分为目标刺激不存在时的实验结果。我们可以看到, 在 von Grunau 和 Anston 的研究中, 测试者需要在不同数量的干扰刺激中找到目标刺激, 当目标刺激为凝视视线刺激时, 干扰刺激为向左或者向右看的视线刺激, 而当目标刺激为左 (右) 视线刺激时, 干扰刺激为右 (左) 视线或凝视视线刺激。在某次测试中, 目标刺激可能存在, 也可能不存在, 被测试者根据发现目标刺激与否按下事先定义好的两个按钮中的某一按钮。对被测试者的反应时分析表明, 凝视视线刺激相对于非凝视视线刺激具有两种优势。首先是搜索效率的提高, 即当干扰刺激个数增加时被测试者找到凝视视线刺激所需增加的时间较少, 反映为图 1-4 (a) 中凝视视线目标刺激存在时反应时随干扰刺激个数增加而增加的直线具有比非凝视视线为目标刺激并存在时更小的斜率。其次是总体反应时的加快, 反映为图 1-4 (b) 中搜索凝视视线目标刺激时比搜索非凝视视线目标刺激时具有更快的反应时。

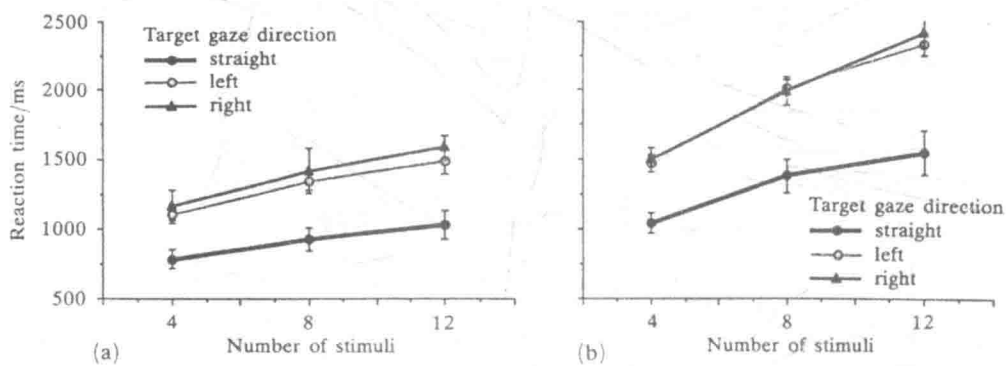


图 1-4 von Grunau 和 Anston (1995) 中的实验结果示例

在针对注意选择阶段采用视觉搜索任务的研究中, von Grunau (1995) 在最初的研究中发现了凝视视线刺激相对于非凝视视线刺激的两种优势, 即搜索效率的提高和总体反应时的加快。搜索效率指的是当非目标刺激的个数增加时, 搜索相同目标刺激所需反应时的增加幅度, 幅度越低则效率越高; 总体反应时指的是搜索目标刺激时被测试者所需反应时的平均值, 反应时越快则表明该目标刺激更容易被检测到。在之后的一些研究中, 很多研究者没有改变视觉搜索任务中非目标刺激的个数

(Palanica 和 Itier, 2011; Doi 和 Ueda, 2007; Doi、Ueda 和 Shinohara, 2009), 因此也就无法复制 von Grunau 和 Anston (1995) 关于搜索效率的研究结果。并且, 在仅有的三项改变了非目标刺激个数的研究中, 只有 Senju、Hasegawa 和 Tojo (2005) 复制了 von Grunau 和 Anston 的实验结果。然而, 在其他两项研究中, Conty et al. (2006) 并未发现凝视视线刺激相对于非凝视视线刺激在搜索效率上的提高, 而 Cooper、Law 和 Langton (2013) 则基于实验结果认为, 凝视视线刺激和非凝视视线刺激在搜索效率上的差异来源于不同情况下目标刺激和非目标刺激之间以及非目标刺激与非目标刺激之间的相似度的差异, 而并非前人所认为的在注意选择上的差异。



左：凝视 中：非凝视 右：闭眼。

图 1-5 Senju 和 Hasegawa (2005) 中所使用的刺激图片示例

一旦视野中的人眼和视线信息 (凝视或者非凝视) 获得了我们的注意焦点, 即处于注意保持阶段, 我们将付出更多的努力和花费大量的时间才能从包含凝视视线信息的人眼刺激处移开 (Senju 和 Hasegawa, 2005)。换句话说, 凝视的视线刺激比非凝视的视线刺激更能保持我们的注意资源, 防止注意焦点的脱离。在 Senju 和 Hasegawa 的研究中, 被测试者需要集中注意在屏幕中心显示的具有不同视线方向的人脸刺激上, 然后对出现在屏幕周边的目标刺激进行快速地检测和应答。如图 1-5 所示, 人脸刺激的视线方向分为三种: 凝视、非凝视 (即看向下方) 和闭眼, 而目标刺激出现位置为屏幕的左边或者右边。这一实验设计与用于测量视线线索所引起的注意转移的线索提示范式不同的地方是目标刺激可能出现的位置平面与人脸刺激的非凝视视线方向垂直, 因此能够反映被测试者的注意从不同人脸刺激上脱离所需要的时间, 而不会和非凝视视线方向所引起的注意转移效应相混淆。实验结果表明, 相对于人脸刺激具有非凝视视线方向或者处于闭眼状态的两种情况, 检测目标刺激所需的反应时在人脸刺激具有凝视视线方向的情况下被延迟了。根据这一实验结果, Senju 和 Hasegawa 认为具有凝视视线方向的人脸刺激能够保持观察者的注意, 反映了凝视视线感知的特殊性。然而, 这一研究结论在 Cooper、Law 和 Langton 的一项采用视觉搜索任务的研究中却并没有被重现。Cooper、Law 和 Langton (2013)

所使用的刺激图片如图 1-6 所示，左图中的目标刺激为凝视视线刺激，右图中的目标刺激为向右看的视线刺激。在 Cooper 等的研究中，被测试者搜索相同目标刺激所需时间并未随非目标刺激的视线方向的不同（凝视或者非凝视）而发生变化。如果凝视视线刺激确实能够保持被测试者的注意，那么被测试者在凝视视线刺激的干扰下搜索目标刺激所需时间就应该较长。因此，凝视视线感知在注意保持阶段的特殊性是否具有广泛有效性（即是否依赖于特定的实验配置和任务）还不明确。



图 1-6 Cooper、Law 和 Langton (2013) 所使用的刺激图片示例

在注意转移阶段，他人的视线已经被证明是一种有效的视觉线索刺激，能够加快我们的注意焦点转移到位于视线方向相同方向的其他刺激的过程（Qian、Song 和 Shinomori, 2013; Frischen、Bayliss 和 Tipper, 2007）。

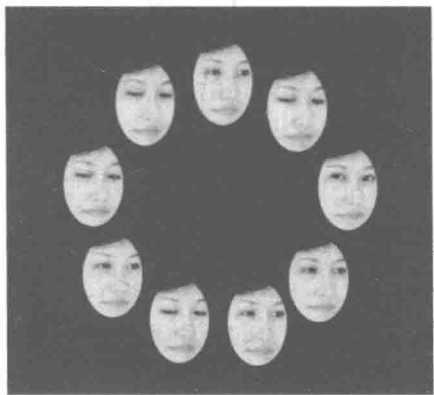


图 1-7 Senju、Hasegawa 和 Tojo (2005) 中所使用的刺激图片示例

由于人脸上下文信息（如人脸的角度、方向、表情等信息）是视线感知中的重要影响因素，其在视线感知和注意系统交互作用中的影响也受到了很多研究者的重视并进行了一系列的研究。例如，针对注意选择阶段的交互过程，Conty、Tijus、