

眼动技术测谎：基于模拟实验的实证研究

毛佳灵^{1,2} 张子培² 殷明²

1. 南京信息工程大学，南京；

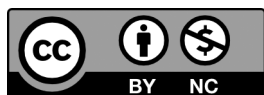
2. 江苏警官学院，南京

摘要 | 谎言识别是刑事侦查中非常重要的一环，而眼动技术因其高精度和非侵入性等特点，可以作为识别谎言的有力手段。通过构建模拟盗窃犯罪场景眼动实验，比较不同被试对靶刺激与非靶刺激的眼动数据，有以下发现：（1）同一年龄的“有罪”和“无罪”被试面对相同刺激类型时，在注视时间、眼跳距离和瞳孔直径三组眼动数据上均有较大差异，产生了分离效应；（2）“有罪”被试在面对不同刺激类型时，在首次注视时间、总注视时间、眼跳距离、平均瞳孔大小、所有注视点注视平均时间、再注视比率、回视时间七组眼动数据上产生显著差异，同样出现分离效应。这一结果为眼动测谎提供了新启示：通过整合各种眼动指标，同时多重考量被试态度、刺激顺序和环境多种因素，一定程度上可以有效地区分出犯罪嫌疑人与无辜者，从而有力推动案件侦查的开展。

关键词 | 眼动技术；模拟实验；有罪与无罪；测谎

Copyright © 2024 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 眼动技术概述

眼睛是人们心灵的窗户，是人们感知事物的主要途径，是人们获得信息的重要渠道。人们对信息的处理高度依赖视觉，80%~90% 的外部信息都由人眼获取^[1]，所以对人眼的科研工作始终非常有意义。眼球运动与人们的精神状态密切相关，大脑在接收和处理信息的过程中，其情绪和认知负载会发生变化，进而会直接作用到眼动活动上。“眼动分析”的主要研究思路就是根据这一时期的眼动信息，对被试的认知加工情况进行判断。19 世纪^[2]人们就已经开始研究眼动行为与心理活动之间的关系。美国心理学家贾斯特（Just）、卡朋特（Carpenter）^[3]提出了“直接假说”（Immediacy Assumption）和“眼脑假说”（Eye-mind Assumption）两种假设，他们认为眼睛活动与人类的大脑信息处理存在着密切的关系。所以眼动分析法是一个观察人脑中认知加工过程的好方法，对于鉴别谎言的研究有着很好的指导作用。

基金项目：江苏省研究生科研与实践创新计划项目（项目编号：SJCX22_1099）成果。

通讯作者：殷明，江苏警官学院教授，研究方向：心理测试、谎言识别。

文章引用：毛佳灵，张子培，殷明：眼动技术测谎：基于模拟实验的实证研究[J]. 中国心理学前沿，2024，6（1）：15-31.

<https://doi.org/10.35534/pc.0601002>

研究眼动行为的主要指标包括瞳孔直径、注视时间、眼跳距离、注视点轨迹等。瞳孔直径的变化是研究最多的一个参数，它可以直观地反映出被试者的情绪与精神状态的变化；通过分析注视时间的长短能得出被试者对所呈现的图片是否熟悉，并可以用来对眼球运动的各种方式进行分析，从而揭示眼睛认知加工信息的过程；眼跳的方位及距离能够反映出被试者的关注对象和视线迁移的过程；注视点轨迹由多种眼动数据组合而成，能够直观、具体、全面地反映出眼球运动的时间和空间特性。通过对各种眼动指标的整合，可以有效地区分出犯罪嫌疑人与无辜者，从而有力推动案件侦破。

2 眼动指标研究

早在19世纪末，研究者就开始使用简单的仪器来观察被试的眼球运动，以此来考察被试的心理活动。20世纪50年代以来，欧美学者利用眼动追踪技术对注视、回视、眼跳等指标做了许多研究。自20世纪80年代起，国内许多学者的诸多实验以及研究已经证实了通过考察眼部特征测谎的可行性，一些眼动指标如注视、眼跳、眨眼频率及瞳孔直径都可作为谎言检测的工具，并初步打造出研究范式，有些研究从侧面证实了某些眼动指标对谎言检测有重要的参考意义，可以应用到谎言检测中。

2.1 注视类眼动指标

关于首视点和首视时间，首视点是指被试在观测目标刺激时首先关注的区域，是代表被试注意力最感兴趣之处，首视时间是指被试注意力在该区域停留的时间。夏洛特等人（Charlotte et al., 2012）对被试者看到不同熟悉度人脸的眼动行为进行了研究，结果表明，人们的首次注视具有很强的认知效应，首视点反映了被试者对刺激材料的感兴趣程度，首次注视的时长与熟悉度之间存在着密切的关系，对于熟悉面孔的人们首次注视时间更长^[4]。基什内尔（Kirchner, 2006）又指出，首次注视位置还易受外界环境因素的影响，包括：刺激材料的新异性（亮度、颜色、与周围环境的区别）、活动性（移动的物体更易引发注意）和危险性（如：刀、枪等）等^[5]。

关于注视时间和注视次数，从贾斯特和卡朋特提出“直接假说”与“眼脑假说”开始，大量研究显示，人们对刺激物的注视时长约等于人脑对信息进行认知加工的时间^[6]，当承受更大的认知负担时，人们的注视时间就会变长。瑞恩等人（Ryan et al., 2013）发现，被试者看到熟悉人脸相较陌生人脸注视时间会明显增加^[7]。Heist J J（2011）等人将明星与陌生人的面部图片作为刺激物，发现人们的关注点更聚集在熟悉面部的内部特征（眼睛、鼻子和嘴）以及不熟悉面部的特征（脸型、头发、肤色等）上^[8]。由此可见可以根据注视时间的长短和注视点的分布特点来判断被试者对刺激物的熟悉程度。

关于注视方向，曼、卡若琳^[9]和^[10]、奥尔德特^[11]（Mann, Carolyn, and Aldert, 2010），君迪^[12]等人（Jundi et al., 2013）等对视线接触是否会提高测谎效果进行了研究，结果表明，采用视线接触能够发现更多的说谎线索，但是其准确性依然没有明显地超过对照组。曼和萨曼塔（Mann and Samanth, 2012）在机场随机抽取被试者，对刚下飞机旅客的职业和旅行动机等问题展开了各种提问，并且要求他们分别作出真假两种答案，但是都没有获得预期的效果。即便是在实验室的理想环境下，对真话组与假话组的视线指向进行采集比对，依旧没有发现与谎言之间存在联系^[13]。可以看出，当前阶段注视方向这一参数并不能对谎言进行有效的识别。

2.2 眼跳类眼动指标

关于眼跳，沙尔（Schall, 2002）提出眼跳是一种快速的注视转移，是将视网膜的中央凹重新定位到视觉场景中的一个新点上，以此来获得精确而清晰的视觉^[14]。眼跳潜伏期是指从刺激源呈现到眼跳行为开始发生之间的时间间隔，反映从信息传入到传出之间在神经中枢进行加工的时间，一般为150 ~ 175ms，被试面对刺激源包含的信息，大脑快速进行接收、处理、反应，并通过外部眼跳行为表现。王敬欣（2014）发现相对于中性图片，情绪图片引起的眼跳潜伏期更长，被试的选择性注意会偏向于情绪性图片。这从另一方面说明通过对被试进行情绪刺激，眼跳潜伏期可以一定程度反映被试与图片的熟悉程度。

而眼跳距离，则是指视线从上一个注视点到下一个注视点转移时，两个注视点中间的夹角，该指数通常用角度来表示。眼跳距离反映了人们的视觉处理范围，波姆、克劳斯、巴特、马丁内斯（Bo-hme et al., 2004）研究表明，当人眼接受信息时，对于包含信息更多的刺激区域，眼跳角度倾向于更小^[15]。弗莱等人（Vrij et al., 2014）对在说实话和说谎两种情况下的眼跳数据进行了采集，结果表明，在说谎的情况下眼睛跳速率会更大，但是两种情况之间的差别具体有多大还需要进一步的实证研究^[16]。

2.3 瞳孔类眼动指标

对瞳孔类眼动指标的研究主要是瞳孔直径。瞳孔是人眼内虹膜中央一个圆形的孔洞，它是光线进入眼睛的主要通道。通过伸缩虹膜上的平滑肌，能收缩或扩大瞳孔的直径，从而调节进入眼睛的光线。瞳孔大小受光线的强弱和一些心理过程的影响，而且无法被人的意识所操控的，因此，瞳孔直径的大小变化能够成为测谎研究的一个重要指标。

瓦尔奇克等人（Walczyk et al., 2012）对观看完真实犯罪视频的真话组和谎言组人员瞳孔直径的变化进行了采集分析，发现谎言组人员的平均瞳孔直径要大得多^[17]。普劳德富特等人（Proudfoot J G et al., 2015）验证了人际交流中的瞳孔直径的测谎有效性的同时，还将其开发成了计算机程序^[18]。弗莱、曼和费舍尔（Vrij A, Mann S A, and Fisher R P, 2008）通过一场模拟盗窃实验对比研究，得出了“犯罪者”的瞳孔直径明显增大，而无辜被试者瞳孔大小没有改变的结论^[19]。丽贝卡·戴尔（Rebecca Dyer, 2007）通过类似的模拟犯罪实验，发现在观察犯罪现场相关图片时“犯罪者”瞳孔直径要明显大于无辜者，而观察与犯罪现场无关图片时，二者的差异不明显^[20]。

国内叶小卉（2008）首先运用眼动仪作为测谎仪器，尝试以瞳孔直径作为测谎指标，并与GKT测谎法相结合，结果表明，在GKT模型中，对“有罪”被试者的判断正确性达到80%，而对无辜的判断正确性达到100%，证明了认识因素与谎言在GKT模型中的作用，同时验证了瞳孔大小可以区分各种受试者。此外刘远（2014）、朱小艳（2018）同样通过CKT测试验证了瞳孔大小等多个指标的匹配性问题。

以上的实验结果表明，个体的瞳孔直径受到认知负载和情感的交互影响，且该数值的改变不能被人类意志所控制，因此，考察瞳孔直径的变化情况是眼动测谎技术里最有效和最稳定的方法。但瞳孔直径的大小容易受到外界因素如环境的明暗情况和被试者疲劳程度等因素的影响，在测谎时需要注意控制无关变量的一致，避免对实验造成干扰。

3 实验设计

3.1 被试与分组

本实验共招募被试者 33 人，所有被试者的视力或矫正视力均正常。其中大一组招募 12 人，大四组招募 12 人，教职工组招募 9 人。33 人共分为 11 组，每 3 人为一组。小组 3 人通过抽签决定 1 人扮演小偷，其余被试者均为平民。

表 1 实验被试者构成

Table 1 Composition of experimental subjects

	被试人数 / 人	百分比
大一年级被试者	12	36.4%
大四年级被试者	12	36.4%
教职工被试者	9	27.2%
共计	33	100%

3.2 材料与仪器

(1) 靶刺激图片

犯罪现场内部的照片、鼠标垫上有书的照片、“受害者”的面部照片、窗台上有矿泉水的照片。所有图片经过统一处理，亮度、对比度、大小一致，都在显示器上全屏放映，人物面部表情均为中性。

(2) 非靶刺激图片

针对每个靶刺激图片，匹配 1 个与之相似但与模拟犯罪无关的图片（确保被试之前未见过）。

(3) 数据的采集与分析

实验采用 Eyelink Portable Duo 型眼动仪（加拿大 SR Research 公司）对被试进行眼动测量、跟踪、数据记录和采集，实验刺激程序采用 Experiment Builder 软件进行编写，所获得的数据经过 Data Viwer 编辑导出后，使用 Spass 进行分析。比较“有罪”与“无罪”被试者实验数据时选择方差分析法，自变量为“有罪”或“无罪”，因变量为被试者的眼动数据，分析方法选择精确检验。比较“有罪”被试者对靶刺激与非靶刺激的反应区别时选择单样本 t 检验。比较大一和大四教职工三组组间数据差异时，选择单因素 ANOVA 检验。

3.3 实验设计

整个实验分为两阶段。

阶段 1：预备实验

被试者按分组到达实验室外，通过抽签决定小偷和平民的身份，以及进入“犯罪现场”的顺序，3 人中一人扮演小偷，其余人员均为平民。例如甲抽到的签为“平民 &1”，表示他的身份是平民，第一个进入“犯罪现场”；乙抽到的签为“小偷 &3”，则他的身份是小偷，第三个进入“犯罪现场”。犯罪现场内放置一张长桌，一名正在玩手机的“受害者”坐在其中一端，在桌子一角随机地将一本书放置

在鼠标垫上。所有被试者均需要环绕“犯罪现场”两周，确保对环境有充分的印象，小偷还需要在不被“受害者”发现的前提下伺机将书偷走。所有被试者均在实验开始前告知实验要求，实验全程禁止交流。

阶段 2：正式实验

为了获得眼睛位置的准确记录，需要在开始前要对眼动仪进行校准。在校准过程中，被试需要将视线随着屏幕上出现的注视点“+”一起移动，若校准结果符合，则可以进入下一步实验。实验过程中，被试需要通过键盘上的“1”和“2”来选择自己对出现的图片有无印象。被试者不论身份是小偷还是平民，均需要诚实回答问题。

电脑会按照随机顺序呈现出几张图片，分别是：犯罪现场的照片、与犯罪现场环境相似的照片，鼠标垫上有书的照片、鼠标垫上书被拿走以后的照片（放在左、右手边桌子的照片均会呈现），在实验现场放的书的照片、另一本用于对照的书的照片。

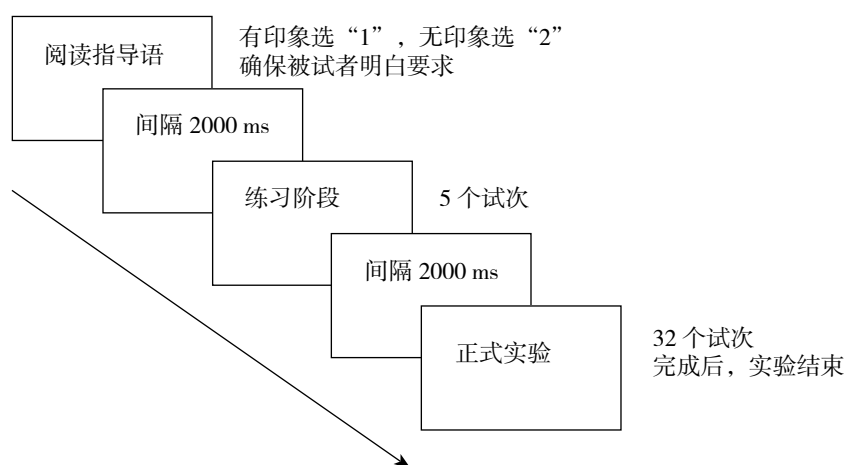


图 1 实验进程示意图

Figure 1 Schematic diagram of the experimental process

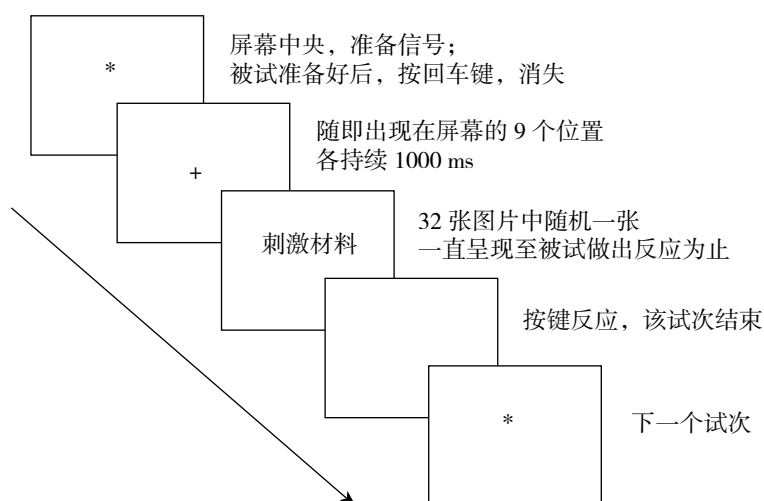


图 2 实验试次流程示意图

Figure 2 Schematic diagram of experimental trial process

4 实验结果

4.1 观察“有罪”组与“无罪”组的眼动数据比较

实验共采集了33人的眼动数据，其中一人数据无效予以排除，实际共采集到32人的有效数据。在有效数据中选取首次注视时间、总注视时间、眼跳距离、平均瞳孔大小、所有注视点注视平均时间、再注视比率、回视时间的参数进行比较。测试整体结果如表2所示。

表2 “有罪”组与“无罪”组的眼动数据

Table 2 Eye tracking data for the “guilty” and “innocent” groups

被试组别	首注视时间 / ms	总注视时间 / ms	眼跳距离 / 视角度	平均瞳孔直 径 / 相对值	所有注视点 平均注视时 间 /ms	再注视比率 /%	回视时间 / ms
大一“有罪”者	222.92	1081.83	6.85	972.89	4.3	2.76	387.19
大四“有罪”者	217.14	1289.72	6.08	1141.1	5.66	2.65	709.38
教职工“有罪”者	143.97	889.47	6.12	587.28	5.03	3.09	335.22
“有罪”平均	199.29	1104.96	6.37	928.89	4.99	2.81	490.18
大一“无罪”者	220.03	1256.89	5.44	828.61	5.13	2.7	603.82
大四“无罪”者	259.73	1263.92	4.7	1015.11	4.72	2.79	496.66
教职工“无罪”者	231.43	2186.41	7.57	626.37	7.71	2.84	1454.45
“无罪”平均	239.33	1538.56	5.78	842.54	5.74	2.78	816.14

4.1.1 “有罪组”和“无罪组”的比较

(1) 差异显著指标

“有罪”的被试者较“无罪”的被试者，在三个指标上表现明显，并且达到统计学意义差异显著，能够有效区分出“有罪”和“无罪”的差别：平均总注视时间减小（ $p<0.001$ ），平均首次注视时间增加（ $p<0.05$ ），平均回视时间减少（ $p<0.001$ ）。

第一，在平均总注视时间上，“有罪”被试组显著低于“无罪”被试，并且达到统计学显著标准减小（ $p<0.001$ ）；

第二，在平均首次注视时间上，“有罪”被试组显著大于“无罪”被试，并且达到统计学显著标准增加（ $p<0.05$ ）；

第三，在平均回视时间上，“有罪”被试组显著少于“无罪”被试，并且达到统计学显著标准减少（ $p<0.001$ ）；

研究表明，“有罪”的被试在平均总注视时间、平均首次注视时间、平均回视时间三个指标上表现明显，能够有效区分出“有罪”和“无罪”的差别。具体分析如下：

表 3 “有罪”与“无罪”平均回视时间差异性比较

Table 3 Comparison of the differences in average reflex time Between “guilty” and “innocence”

	值	自由度	渐进显著性（双侧）	精确显著性（双侧）	精确显著性（单侧）	点概率
皮尔逊卡方	268.389 ^a	1	<0.001	<0.001	<0.001	
连续性修正 ^b	268.022	1	<0.001			
似然比	266.780	1	<0.001	<0.001	<0.001	
费希尔精确检验				<0.001	<0.001	
线性关联	268.383 ^c	1	<0.001	<0.001	<0.001	0.000
有效个案数	43430					

表 4 “有罪”与“无罪”平均总注视时间差异性比较

Table 4 Comparison of the difference in average total fixation time between “guilty” and “innocent” individuals

	值	自由度	渐进显著性（双侧）	精确显著性（双侧）	精确显著性（单侧）	点概率
皮尔逊卡方	111.901 ^a	1	<0.001	<0.001	<0.001	
连续性修正 ^b	111.741	1	<0.001			
似然比	111.863	1	<0.001	<0.001	<0.001	
费希尔精确检验				<0.001	<0.001	
线性关联	111.900 ^c	1	<0.001	<0.001	<0.001	0.000
有效个案数	85852					

表 5 “有罪”与“无罪”平均首次注视时间差异性比较

Table 5 Comparison of the difference in average first fixation time between “guilty” and “innocent” individuals

	值	自由度	渐进显著性（双侧）	精确显著性（双侧）	精确显著性（单侧）	点概率
皮尔逊卡方	9.411 ^a	1	0.002	0.002	0.001	
连续性修正 ^b	9.299	1	0.002			
似然比	9.408	1	0.002	0.002	0.001	
费希尔精确检验				0.002	0.001	
线性关联	9.410 ^c	1	0.002	0.002	0.001	0.000
有效个案数	13957					

（2）差异不显著指标

对比饰演小偷的“有罪”组和饰演平民的“无罪”组对呈现图片在眼跳距离、平均瞳孔大小、所有注视点注视平均时间、再注视比率等数据，差别均不明显，无统计学意义（ $p>0.05$ ）。

4.1.2 不同样本群体中“有罪组”和“无罪组”的比较

（1）差异显著指标

进一步比较大一组、大四组、教职工组的实验数据。

①大一组“有罪”的被试者较“无罪”的被试者，在三个指标上表现明显，并且达到统计学意义，差异显著，能够有效区分出“有罪”和“无罪”的差别：平均总注视时间减小（ $p<0.05$ ），平均瞳孔直径增加（ $p<0.05$ ），平均回视时间减少（ $p<0.001$ ）。

第一，在平均总注视时间上，大一组“有罪”被试组显著低于“无罪”被试，并且达到统计学显著标准减小 ($p<0.05$)；

第二，在平均瞳孔直径上，大一组“有罪”被试组显著大于“无罪”被试，并且达到统计学显著标准增加 ($p<0.05$)；

第三，在平均回视时间上，大一组“有罪”被试组显著少于“无罪”被试，并且达到统计学显著标准减少 ($p<0.001$)；

研究确认，大一组“有罪”的被试在平均总注视时间、平均瞳孔直径、平均回视时间三个指标上表现明显，能够有效区分出“有罪”和“无罪”的差别。具体分析如下：

表 6 大一年级“有罪”与“无罪”被试者平均回视时间差异性比较

Table 6 Comparison of the difference in average gaze time between “guilty” and “innocent” subjects of freshmen

	值	自由度	渐进显著性 (双侧)	精确显著性 (双侧)	精确显著性 (单侧)	点概率
皮尔逊卡方	46.987 ^a	1	<0.001	<0.001	<0.001	
连续性修正 ^b	46.690	1	<0.001			
似然比	46.787	1	<0.001	<0.001	<0.001	
费希尔精确检验				<0.001	<0.001	
线性关联	46.982 ^c	1	<0.001	<0.001	<0.001	0.000
有效个案数	10344					

表 7 大一年级“有罪”与“无罪”被试者平均瞳孔直径差异性比较

Table 7 Comparison of differences in average pupil diameter between “guilty” and “innocent” subjects of freshmen

	值	自由度	渐进显著性 (双侧)	精确显著性 (双侧)	精确显著性 (单侧)	点概率
皮尔逊卡方	5.273 ^a	1	0.022	0.022	0.011	
连续性修正 ^b	5.203	1	0.023			
似然比	5.274	1	0.022	0.022	0.011	
费希尔精确检验				0.022	0.011	
线性关联	5.272 ^c	1	0.022	0.022	0.011	0.001
有效个案数	17726					

表 8 大一年级“有罪”与“无罪”被试者平均总注视时间差异性比较

Table 8 Comparison of differences in average total fixation time between “guilty” and “innocent” subjects of freshmen

	值	自由度	渐进显著性 (双侧)	精确显著性 (双侧)	精确显著性 (单侧)	点概率
皮尔逊卡方	5.966 ^a	1	0.015	0.015	0.008	
连续性修正 ^b	5.901	1	0.015			
似然比	5.967	1	0.015	0.015	0.008	
费希尔精确检验				0.015	0.008	
线性关联	5.966 ^c	1	0.015	0.015	0.008	0.001
有效个案数	23737					

②大四组“有罪”的被试者较“无罪”的被试者，在两个指标上表现明显，能够有效区分出“有罪”和“无罪”的差别：平均总注视时间减少（ $p<0.001$ ），平均回视时间减少（ $p<0.001$ ）。

第一，在平均总注视时间上，大四组“有罪”被试组显著低于“无罪”被试，并且达到统计学显著标准减小（ $p<0.001$ ）；

第二，在平均回视时间上，大四组“有罪”被试组显著少于“无罪”被试，并且达到统计学显著标准减少（ $p<0.001$ ）；

研究表明，大四组“有罪”的被试在平均总注视时间、平均回视时间两个指标上表现明显，能够有效区分出“有罪”和“无罪”的差别。具体数据分析如下：

表 9 大四年级“有罪”与“无罪”被试者平均回视时间差异性比较

Table 9 Comparison of the difference in average return time between “guilty” and “innocent” subjects of graduates

	值	自由度	渐进显著性（双侧）	精确显著性（双侧）	精确显著性（单侧）	点概率
皮尔逊卡方	257.854 ^a	1	<0.001	<0.001	<0.001	
连续性修正 ^b	257.283	1	<0.001			
似然比	257.123	1	<0.001	<0.001	<0.001	
费希尔精确检验				<0.001	<0.001	
线性关联	257.836 ^c	1	<0.001	<0.001	<0.001	0.000
有效个案数	13622					

表 10 大四年级“有罪”与“无罪”被试者平均总注视时间差异性比较

Table 10 Comparison of the difference in average total fixation time between “guilty” and “innocent” subjects of graduates

	值	自由度	渐进显著性（双侧）	精确显著性（双侧）	精确显著性（单侧）	点概率
皮尔逊卡方	24.422 ^a	1	<0.001	<0.001	<0.001	
连续性修正 ^b	24.302	1	<0.001			
似然比	24.406	1	<0.001	<0.001	<0.001	
费希尔精确检验				<0.001	<0.001	
线性关联	24.421 ^c	1	<0.001	<0.001	<0.001	0.000
有效个案数	30541					

③教职工组“有罪”的被试者较“无罪”的被试者，在四个指标上表现明显，能够有效区分出“有罪”和“无罪”的差别：首次注视时间减少（ $p<0.001$ ），总注视时间减少（ $p<0.001$ ），平均瞳孔直径减少（ $p<0.05$ ），平均回视时间减少（ $p<0.001$ ）。

第一，平均首次注视时间，教职工组“有罪”被试组显著小于“无罪”被试，并且达到统计学显著标准减少（ $p<0.001$ ）；

第二，平均总注视时间，教职工组“有罪”被试组显著小于“无罪”被试，并且达到统计学显著标准减少（ $p<0.001$ ）；

第三，平均瞳孔直径，教职工组“有罪”被试组显著小于“无罪”被试，并且达到统计学显著标准减少 ($p<0.05$)；

第四，平均回视时间，教职工组“有罪”被试组显著少于“无罪”被试，并且达到统计学显著标准减少 ($p<0.001$)。

表 11 教职工“有罪”与“无罪”被试者平均回视时间差异性比较

Table 11 Comparison of the difference in average return time between “guilty” and “innocent” subjects of faculty members

	值	自由度	渐进显著性（双侧）	精确显著性（双侧）	精确显著性（单侧）	点概率
皮尔逊卡方	194.610 ^a	1	<0.001	<0.001	<0.001	
连续性修正 ^b	193.952	1	<0.001			
似然比	194.424	1	<0.001	<0.001	<0.001	
费希尔精确检验				<0.001	<0.001	
线性关联	194.600 ^c	1	<0.001	<0.001	<0.001	0.000
有效个案数	19465					

表 12 教职工“有罪”与“无罪”被试者平均瞳孔直径差异性比较

Table 12 Comparison of the difference in average pupil diameter between “guilty” and “innocent” subjects of faculty members

	值	自由度	渐进显著性（双侧）	精确显著性（双侧）	精确显著性（单侧）	点概率
皮尔逊卡方	8.738 ^a	1	0.003	0.003	0.002	
连续性修正 ^b	8.617	1	0.003			
似然比	8.731	1	0.003	0.003	0.002	
费希尔精确检验				0.003	0.002	
线性关联	8.737 ^c	1	0.003	0.003	0.002	.000
有效个案数	11039					

表 13 教职工“有罪”与“无罪”被试者平均首次注视时间差异性比较

Table 13 Comparison of the difference in average first fixation time between “guilty” and “innocent” subjects of faculty members

	值	自由度	渐进显著性（双侧）	精确显著性（双侧）	精确显著性（单侧）	点概率
皮尔逊卡方	15.974 ^a	1	<0.001	<0.001	<0.001	
连续性修正 ^b	15.664	1	<0.001			
似然比	15.976	1	<0.001	<0.001	<0.001	
费希尔精确检验				<0.001	<0.001	
线性关联	15.970 ^c	1	<0.001	<0.001	<0.001	0.000
有效个案数	3640					

表 14 教职工“有罪”与“无罪”被试者平均总注视时间差异性比较

Table 14 Comparison of the difference in average total fixation time Between “guilty” and “innocent” subjects of faculty members

	值	自由度	渐进显著性（双侧）	精确显著性（双侧）	精确显著性（单侧）	点概率
皮尔逊卡方	138.399 ^a	1	<0.001	<0.001	<0.001	
连续性修正 ^b	138.046	1	<0.001			
似然比	138.472	1	<0.001	<0.001	<0.001	
费希尔精确检验				<0.001	<0.001	
线性关联	138.395 ^c	1	<0.001	<0.001	<0.001	0.000
有效个案数	31574					

（2）差异不显著指标

对比大一组“有罪”的被试者和“无罪”的被试者对呈现图片在首次注视时间、眼跳距离、所有注视点注视平均时间、再注视比率，差别不明显，无统计学意义（ $p>0.05$ ）。

对比大四组“有罪”的被试者和“无罪”的被试者对呈现图片在首次注视时间、眼跳距离、平均瞳孔直径、所有注视点注视平均时间、再注视比率，差别均不明显，无统计学意义（ $p>0.05$ ）。

对比教职工组“有罪”的被试者和“无罪”的被试者对呈现图片在平均眼跳距离、所有注视点注视平均时间、再注视比率，差别不明显，无统计学意义（ $p>0.05$ ）。

4.2 比较大一组、大四组、教职工组对刺激的眼动参数

在实验实际采集的 32 人有效眼动数据中，按照大一、大四、教职工的分组，选取首次注视时间、总注视时间、眼跳距离、平均瞳孔大小、所有注视点注视平均时间、再注视比率、回视时间的参数进行比较。测试整体结果如表 15 所示。

表 15 大一、大四、教职工的眼动数据

Table 15 Eye tracking data for freshmen, graduates, and faculty members

被试组别	首注视时间 / ms	总注视时间 / ms	眼跳距离 / 视角度	平均瞳孔直 径 / 相对值	所有注视点 平均注视时 间 /ms	再注视比率 /%	回视时间 / ms
大一组	221.19	1186.86	6.01	886.32	4.8	2.73	517.17
大四组	245.53	1272.52	5.16	1057.11	5.03	2.74	567.56
教职工组	202.27	1754.09	7.09	613.34	6.81	2.92	1081.38

平均首次注视时间差异显著（ $p<0.01$ ），教职工最小，大四组最大；平均总注视时间差异显著（ $p<0.01$ ），大一组最小，大四组最大；平均眼跳距离差异显著（ $p<0.01$ ），大四组最小，教职工组最大；平均瞳孔直径差异显著（ $p<0.01$ ），教职工组最小，大四组最大；所有注视点平均注视时间差异显著（ $p<0.01$ ），大一组最小，大四组最大；平均再注视比率差异显著，大一组最小，教职工组最大；平均回视时间差异显著（ $p<0.01$ ），大一组最小，教职工组最大。

表 16 大一、大四、教职工组间眼动数据差异性比较

Table 16 Comparison of differences in eye movement data among freshmen, graduates, and faculty members

		平方和	自由度	均方	<i>F</i>	显著性
首次注视时间	组间	5169735.600	2	2584867.800	1222.677	<0.001
	组内	91807140.453	43426	2114.105		
	总计	96976876.053	43428			
总注视时间	组间	30834839789.601	2	15417419894.801	8747.793	<0.001
	组内	76535521588.475	43426	1762435.444		
	总计	107370361378.076	43428			
眼跳距离	组间	82259.432	2	41129.716	10770.879	<0.001
	组内	165826.682	43426	3.819		
	总计	248086.114	43428			
平均瞳孔大小	组间	1944101826.181	2	972050913.090	38106.734	<0.001
	组内	1107738145.468	43426	25508.639		
	总计	3051839971.648	43428			
所有注视点注视 平均时间	组间	221138.114	2	110569.057	7731.553	<0.001
	组内	621035.899	43426	14.301		
	总计	842174.013	43428			
再注视比率	组间	85.412	2	42.706	94.171	<0.001
	组内	19693.433	43426	0.453		

表 17 大一、大四、教职工组间眼动数据差异性比较（续）

Table 17 Comparison of differences in eye movement data among freshmen, graduates, and faculty members(continued)

		平方和	自由度	均方	<i>F</i>	显著性
再注视比率	总计	19778.845	43428		7877.412	<0.001
回视时间	组间	29093451187.555	2	14546725593.777		
	组内	80192084608.202	43426	1846637.604		
	总计	109285535795.757	43428			

4.3 比较“有罪”被试者观看靶刺激与非靶刺激时的眼动数据

在实验实际采集的 32 人有效眼动数据中，筛选出饰演小偷的“有罪”被试者的眼动数据。选取首次注视时间、总注视时间、眼跳距离、平均瞳孔大小、所有注视点注视平均时间、再注视比率、回视时间等眼动参数进行比较。测试整体结果如表 18 所示。

表 18 “有罪”被试者观看靶刺激与非靶刺激时的眼动数据

Table 18 Eye movement data of “guilty” subjects when watching target and non- target stimuli

被试组别	首注视时间 / ms	总注视时间 / ms	眼跳距离 / 视角度	平均瞳孔直 径 / 相对值	所有注视点 平均注视时 间 /ms	再注视比率 /%	回视时间 / ms
靶刺激	198.73	1077.69	6.2	887.69	4.77	2.65	491.52
非靶刺激	199.84	1132.24	6.54	970.09	5.22	2.97	488.84

对比“有罪”者观看靶刺激与观看非靶刺激时的眼动参数，平均首次注视时间减少（ $p<0.01$ ），平均总注视时间减少（ $p<0.01$ ），平均眼跳距离减小（ $p<0.01$ ），平均瞳孔直径减小（ $p<0.01$ ），所有注视点平均注视时间减小（ $p<0.01$ ），平均再注视比率减小（ $p<0.01$ ），平均回视时间增加（ $p<0.01$ ）。

表 19 “有罪”被试者观看靶刺激与非靶刺激时眼动数据差异性比较

Table 19 Comparison of differences in eye movement data between “guilty” subjects watching target and non-target stimuli

刺激类型	t	自由度	显著性		平均值差值	差值 95% 置信区间	
			单侧 p	双侧 p		下限	上限
刺激类型	198.803	4383	<0.001	<0.001	1.501	1.49	1.52

5 结论

（1）结论一

对比“有罪”与“无罪”被试，前者在平均总注视时间、平均首次注视时间、平均回视时间三个指标上表现明显，能够有效区分出“有罪”和“无罪”的差别。

（2）结论二

对比大一组、大四组、教职工组，三组组间数据在首次注视时间、总注视时间、眼跳距离、平均瞳孔大小、所有注视点注视平均时间、再注视比率、回视时间七个指标全部存在显著性差异。说明眼动数据受年龄、社会经历等因素影响较大。

（3）结论三

对比“有罪”被试者观看靶刺激与非靶刺激时的眼动数据，可以发现在首次注视时间、总注视时间、眼跳距离、平均瞳孔大小、所有注视点注视平均时间、再注视比率、回视时间七个指标全部存在显著性差异。被试者对非靶刺激认知加工时间长，表现为注视时间更长、平均瞳孔直径更大、再注视比率更高，对靶刺激更为关注，表现为眼跳距离更小、回视时间更长。这说明视觉加工过程中，被试者会根据感兴趣的刺激特征，调整自己的注视和注意力分配方式，直接影响到眼动参数数据结果的不同。

6 讨论

6.1 结论分析

本文以某学院为案例地，基于视觉注意机制与“认知—情感—行为”理论，运用眼动实验和问卷调查相结合的研究方法，通过不同角色分组量化与眼动数据相结合，发现不同人群之间、同一人群面对不同的刺激类型，注视时间、眼跳距离、瞳孔直径等眼动数据均有较大差异，发生了分离效应。由此得出结论：眼动技术对于“有罪”与“无罪”有一定的区分作用，具有很大的研究意义。

(1) 年龄对眼动特征产生不同影响，在实验中体现在年龄越大，总注视时间、回视时间、眼跳距离等变长，但首注视时间、平均瞳孔直径变小，这初步反映不同年龄阶段的被试认知和心理成熟度存在差异，引发视觉的注意程度不同。年龄较大被试心理过程较为复杂，相应眼部活动时间延长，相同刺激对其作用效果会相应减弱。

(2) 角色对眼动特征产生不同影响，“有罪”被试相较于“无罪”被试多了盗窃的过程，则相应在其大脑中产生不同的认知活动，当相应刺激呈现时，反馈到“有罪”被试的大脑会引发更为复杂的信息分析、加工活动并唤醒相应情绪，表现为害怕、担心、恐惧等，而“无罪”被试的大脑仅进行初步的记忆提取活动，情绪较为平静稳定，因而其外在表现为个体的眼部指标如平均总注视时间、平均首次注视时间、平均回视时间有较大差异。

(3) 刺激对眼动特征产生不同影响，对于“无罪”被试而言，靶刺激无法唤醒其生理情绪，也无法调动大脑进行深层次加工。而对于“有罪”被试而言，靶刺激能够触发其对之前盗窃行为的深刻记忆，无论是在情绪还是大脑加工上，都能激活个体生理状态，表现为眼动状态的活跃。

6.2 偏差分析

对比相关资料后发现，如瞳孔直径等一些原本应该显示出区别的数据，在本次实验中仅在部分被试者中发现了显著性差异，与理想情况之间存在很大偏差。经过反思总结，认为可能是以下几个因素对实验结果造成了影响。

(1) 被试者对待实验的认真程度影响实验效果数据的获取。有些人可能会对实验非常认真，而另一些人可能缺乏兴趣，未仔细观察现场环境，无法发现靶刺激与非靶刺激的区别，导致两者结果近似；又比如被试者见到图片在选择是否有印象时，未经过充分思索随意选择答案，时间太短导致眼动仪未能捕捉到有价值的信息。大四组的被试者实验效果较差，只有两组数据出现了显著性差异，很大一部分都是这个原因。

因此，在实验设计时要充分考虑认真程度对实验的潜在影响，在实验过程中可以增强乐趣元素，重视场景布置，丰富视觉效果，设计一些奖励或者惩罚机制，以吸引被试的视觉注意，放大实验效果。

(2) 图片的呈现顺序可能会影响实验。在实验中，被试者需要连续对多张图片是否有印象做出选择，但是前面出现的图片可能对后面的图片起到提示作用，这种现象被称为“图片先行效应”。因此被试者即使在“犯罪现场”未见到相关场景，但前面见过的图片也可能会在实验过程中被不自觉地回忆起来，给他们产生一定熟悉感进而影响他们的反应和表现，这也意味着眼动参数有被影响的可能，反映出的认

知结果可能存在偏差。

为了减少这种影响，在实验设计中要小心控制被试者的情境和先前的接触，对图片的呈现顺序要进行针对性调整，并且增添迷惑项、干扰项，减少被试者能获得的提示甚至提供错误的提示。此外还可以在每次图片测试之前设立较长的间隔时间，并采取一些干扰记忆的方法，例如背诵和跳绳等，确保实验数据的准确。

(3) 眼动实验的结果还会受到多种因素的影响。如强光会刺激受试者的视网膜，导致瞳孔直径偏小、眨眼频率偏高，而昏暗的环境会影响受试者的视觉敏感性，使注视时间偏大；现场的噪声干扰则会影响被试者的情绪和注意力，从而影响实验结果；此外现场环境的色彩、氛围，被观看物体的活动性、危险性等因素都有可能使数据出现偏差。

被试者的个人因素也会对眼动实验数据产生影响。这一点在教职工组的情况比较明显，招募的教职工多为中年保洁人员，接受学习相对较慢，需要更多时间做出反应，对实验器材和电脑使用比较陌生，选择是否有印象时需要低头按键盘，这直接表现为总注视时间和眼跳距离比其他两组更长。

最后，受试者的诚实性也会对实验结果产生影响。本实验仅模拟了被试者诚实回答的情况，但实战中犯罪嫌疑人大多会有所隐瞒、企图逃避侦查，而说谎会大幅提高被试者的认知负荷，造成情绪的波动，与理想情况下的眼动数据必然有所区别。

因此，以后在设计和实施眼动实验时，需要严格控制好变量，尽量在相似的场景开展实验；充分考虑被试者的个人因素，针对不同人群制定实验设计和数据分析方法，挑选对照组时要尽量保持一致；同时实战中要与讯问相结合，考虑到犯罪嫌疑人的心理状态，可以引导受试者感受到焦虑、恐惧情绪，实验前有保留地展示已有证据、讲解政策，攻破心理防线，提高嫌疑人的诚实回答率。

参考文献

- [1] 武媛媛. 眼动跟踪技术研究 [D]. 西安: 西安电子科技大学, 2009.
- [2] Porterfield, William. A Treatise on the Eye, the Manner and Phaenomena of Vision [M]. 1759.
- [3] 孟凡骞. 眼动指标的认知含义与测谎价值 [J]. 心理技术与应用, 2015 (7): 26-29.
- [4] Schwedes C, Wentura D. The Revealing Glance: Eye gaze Behavior to Concealed Information [J]. Memory & Cognition, 2012, 40 (4): 642-651.
- [5] Kirchner H. Ultra-rapid object detection with saccadic eye movements: visual processing speed revisited [J]. Vision Research, 2006, 46 (11): 1762-1776.
- [6] Just M A, Carpenter P A. Inference processes during reading: Reflections from eye fixation [M] // Senders J M, Fisher D F, Monly R A. Eye movements and the higher psychological functions. Hillsdale. IN J: Erlbaum, 1978.
- [7] Ryan J D, Hannula D. The Obligatory Effects of Memory on Eye Movements [J]. Memory, 2013, 15 (2): 508-525.
- [8] Heisz J J, Ryan J D. The Effects of Prior Exposure on Face Processing in Younger and Older Adults [J]. Frontiers in Aging Neuroscience, 2011, 3 (40): 15.
- [9] Mann S, Vrij A, Bull R. Looking through the Eyes of an Accurate Lie Detector [J]. Journal of Credibility Assessment and Witness Psychology, 2006, 7 (1): 1-16.

- [10] Carolyn M, Darrin J. Who Told You That? Uncovering the Source of Believed Cues to Deception [J] . International Journal of Psychological Studies, 2014, 15 (6) : 322–332.
- [11] Aldert Vrij. “Look into my eyes” : Can An Instruction to Maintain Eye Contact Facilitate Lie Detection [J] . Psychology, Crime & Law, 2010, 16 (4) : 327–348.
- [12] Jundi S, Vrij A, Mann S, et al. Who Should I Look At Eye Contact During Collective Interviewing as A Cue to Deceit [J] . Psychology Crime & Law, 2013, 19 (8) : 661–671.
- [13] Mann, Samantha. The Direction of Deception: Neuro-Linguistic Programming as A Lie Detection Tool [J] . Journal of Police & Criminal Psychology, 2012, 27 (2) : 160–166.
- [14] Schall J D. The neural selection and control of sac-cades by the frontal eye field [J] . Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences, 2002, 357 (1424) : 1073–1082
- [15] Bohme M, Krause C, Barth E, et al. Eye movement predictions enhanced by saccade detection Brain Inspired Cognitive Systems [M] . Stirling: University of stirling, 2004.
- [16] Vrij A, Oliveira J, Hammond A, et al. Saccadic Eye Movement Rate as A Cue to Deceit [J] . Journal of Applied Research in Memory & Cognition, 2014, 4 (1) : 15–19.
- [17] Walczyk, Jeffrey J. LIE Detection by Inducing Cognitive Load: Eye Movements and Other Cues to the False Answers of “Witnesses” to Crimes [J] . Criminal Jus- tice & Behavior, 2012, 39 (4) : 887–909.
- [18] Proudfoot J G, Jenkins J L, Burgoon J K, et al. Deception Is in The Eye of The Communicator: Investigating Pupil Diameter Variations in Automated Deception Detection interviews [C] // Intelligence and Security Informatics (ISI) , 2015 IEEE International Conference on. IEEE, 2015: 97–102.
- [19] Vrij A, Mann S A, Fisher R P, et al. Increasing Cognitive Load to Facilitate Lie Detection: The Benefit of Recalling An Event in Reverse Order [J] . Law & Human Behavior, 2008, 32 (3) : 253–265.
- [20] Rebecca Dyer. Are You Lying to Me? Using Nonverbal Cues to Detect Deception [J] . Haverford College, 2007, 12 (1) : 22–24.

Eye-movement Technique for Lie Detection: An Empirical Study Based on Simulated Experiments

Mao Jialing^{1,2} Zhang Zipei² Yin Ming²

1. *Nanjing University of Information Science and Technology, Nanjing;*

2. *Jiangsu Police Institute, Nanjing*

Abstract: Lie recognition is a significant part of Criminal Investigation, and eye movement technology can be used as a powerful means to identify lies because of its high-precision and non-invasive characteristics. By constructing a simulated theft crime scene eye movement experiment and comparing the eye movement data of different subjects on target and non target stimuli, it was found that: (1) when “guilty” and “innocent” subjects of the same age face the same stimulus type, there are significant differences in the eye movement data of three groups: fixation time, eye skip distance, and pupil diameter, resulting in a separation effect; (2) When facing different types of stimuli, “guilty” subjects showed significant differences in the first fixation time, total fixation time, eye skip distance, average pupil size, average fixation time at all fixation points, re fixation ratio, and return time of seven groups of eye movement data, and also showed separation effects. This result provides a new enlightenment for eye movement lie detection: by integrating various eye movement indicators, and considering multiple factors such as subjects' attitudes, stimulation order and environment, it can effectively distinguish suspect and innocent people to a certain extent, thus effectively promoting the development of case investigation.

Key words: Eye-tracking technology; Simulated experiments; Guilt and innocence; Lie detection