

EyeSo 眼动追踪系统

EyeSo 眼动追踪系统与眼动研究白皮书

心拓英启科技（北京）有限责任公司

Braincraft Technology Co., LTD

技术支持邮箱: Support@braincraft.net

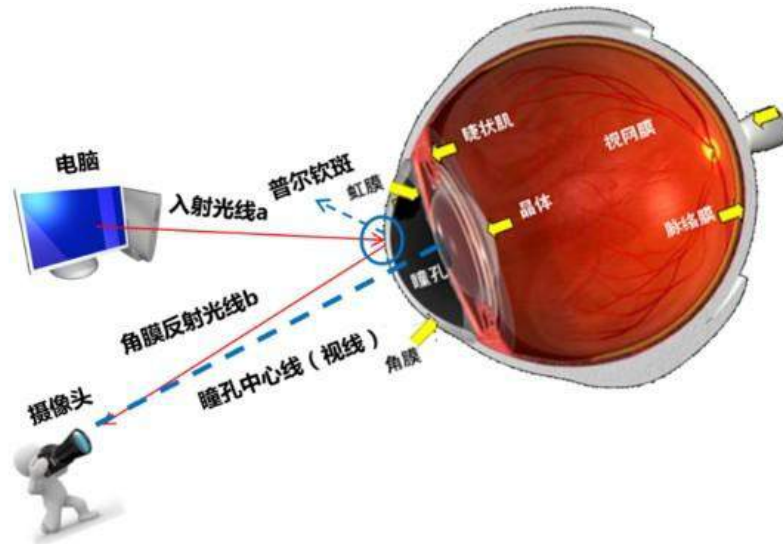
技术支持电话: 010-8241-9895

目录

1 什么是眼动追踪技术？	2
2 我们的眼睛是如何工作的？	2
3 为什么被试者无视某些刺激材料.....	5
4 我的眼睛是如何运动的？	6
4.1 注视	6
4.2 眼跳	7
4.3 平滑追踪运动	7
5 眼动追踪研究能揭示什么？	8
6 注视意味着实验刺激是好还是不好.....	9
7 EyeSo 系统如何追踪眼球运动？	9
8 EyeSo 为何采用暗瞳追踪技术？	10
9 EyeSo 眼动仪是否可以计算瞳孔大小	11
10 EyeSo 眼动追踪数据告诉我们什么.....	11
11 结论	12

1 什么是眼动追踪技术？

眼动追踪 (Eye Tracking) 是指通过测量眼睛的注视点的位置或者眼球相对头部的运动而实现对眼球运动的追踪。



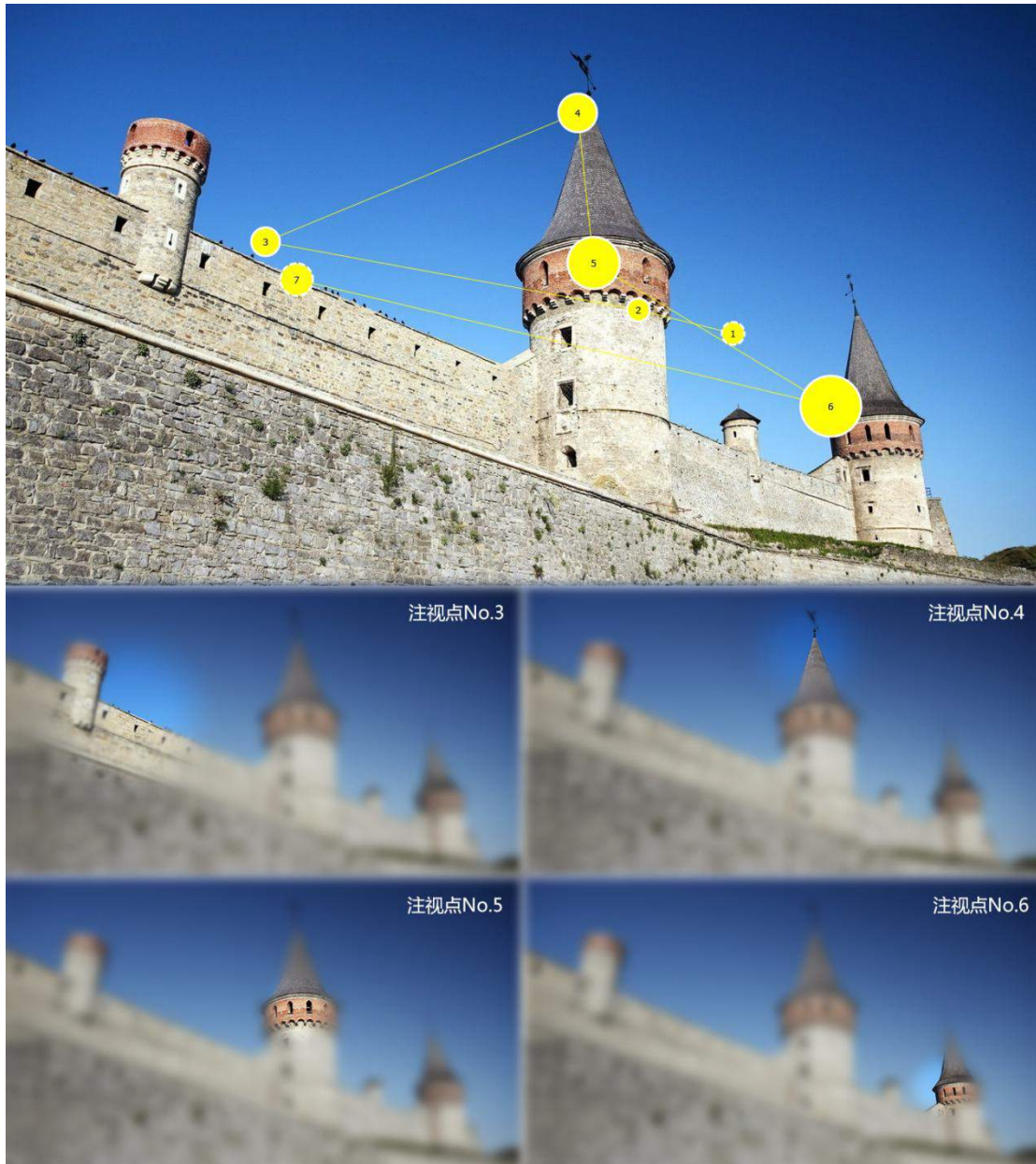
眼动追踪技术是历经了一个长期的发展过程才成熟起来的。在过去，眼动追踪采用的方法非常烦琐，例如要在被试者的眼球上固定某些东西。新型眼动追踪技术的基本原理是相同的，即将一束光线和一台摄像机对准被试者的眼睛，通过光线和后端分析来推断被试者注视的方向，摄像机则记录交互的过程。现代眼动仪采用了更加巧妙的方法，即从被试者的脸部反射回一束不可见的红外线这种方式。由于眼球内的视网膜吸收可见光，反射红外线，因此视网膜和眼睛的其他部分相比能较好地反射波长更长的红外线。这就使眼动仪无须进行特别的图像识别就能确定瞳孔的位置。

2 我们的眼睛是如何工作的？

人的眼睛看起来与照相机有很多相似之处：它有一个透镜，可以聚焦于一定距离内的物体；一个可变光圈，靠瞳孔调节光的等级；以及一个“胶片”或传感器，以视网膜的形式记录影像。但眼睛传感器无法像胶片一样以同样的分辨率呈现整个图像。相片的中心和边缘看起来同样清晰，但人的视觉只有中心位置才清晰，边缘是不准确的。例如，在周围视觉中，当没有运动发生时，眼睛有时也会认为有。眼睛在分辨颜色或细节方面的功能也不够强大。



人类视觉系统的奇妙之处在于，虽然几乎看不到大部分的环境，但人们会认为自己清楚地看到了整个环境。这是因为在人们想关注周边环境中的特定部分的那一瞬间，注视点都直接指向了这个特定部分，并对其清晰对焦。人的大脑将这些片段和一块块小且清晰的影像连成一体，在大脑中形成一张周边环境图片，这张图片比在那段时间内任一时刻你真正看到的图像都要清晰。



一般来说，人的视觉分为两个部分：具有极高分辨率的一小块中心区域，称为中央凹视觉；具有较差分辨率的大部分主要视觉区域，称为“周围视觉”。

真正的高分辨率区域只覆盖了约 2° 的视觉区域，就大约相当于将手臂伸展开后手指上一个指甲的大小，或者在大多数视觉条件下，计算机屏幕上二到四个汉字所占的区域。这就是人们能真正看清楚的区域。其余的部分都是模糊的，因为这些部分位于周围视觉区而非中央凹视觉区。

3 为什么被试者无视某些刺激材料

有时我们会发现被试会无视某个特定的刺激材料。那如何解释被试为什么没有看到这些刺激材料呢?如果被试没有看到这个刺激材料,它又是如何影响到被试行为的呢?

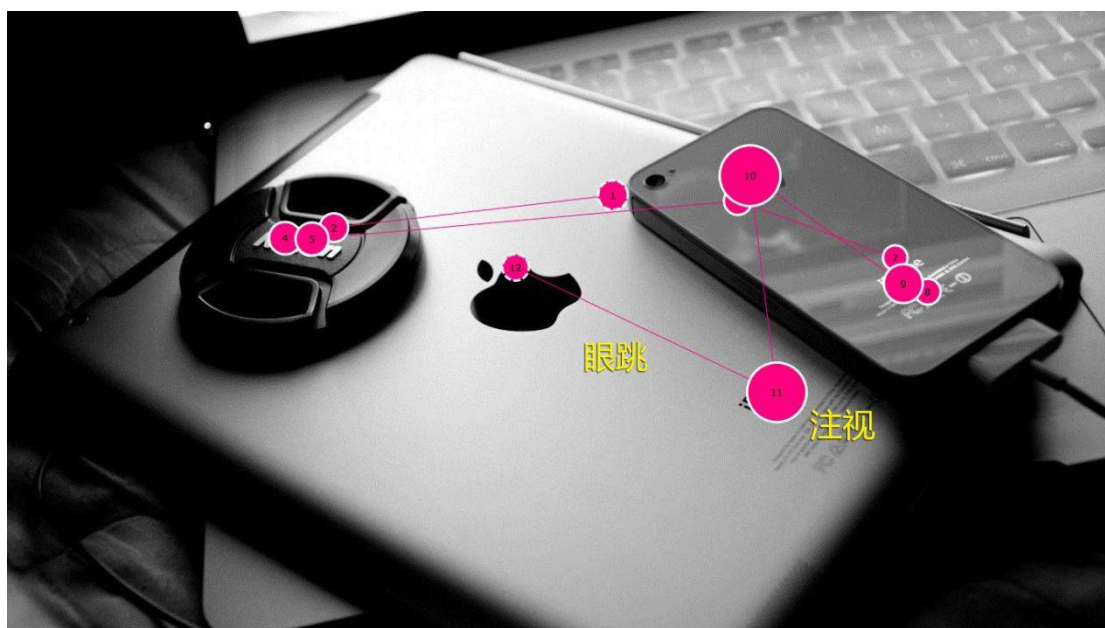
要解答这个相互矛盾的问题,可以思考一下中央凹视觉和周围视觉的区别。眼动追踪设备记录被试者的中央凹视觉在屏幕上的注视区域,但不记录周围(或中间视窝区)视觉。由于人的视觉系统中只有中央凹视觉是高分辨率区,因此只有被被试者注视的屏幕刺激材料(即落在中央凹视觉部分的刺激材料),被试者才能看得足够清楚,这样才能阅读屏幕上的内容或关注屏幕上那些显著的视觉要素。这也就是我们所说的被试者只看到了他们所注视的屏幕刺激材料。如果被试者根本没有注视屏幕上的某些选项,他们也就不会从屏幕上其他部分感知到足够的信息并真正理解其内容。



但是,有时被试者也能够通过周围视觉感知到他们并未注视的设计刺激材料,这种感知是粗略的、低分辨率的形式。虽然周围视觉在阅读或解释细节方面不佳,但也足以感知屏幕刺激材料的基本形状和颜色。例如,即使被试者没有注视屏幕,但还是可以知道屏幕上有一大张照片。虽然无法说出照片里面是谁,但还是能够判断出这张照片的影像是人的脸庞(在某些情况下,海獭脸庞的外围轮廓也可能与人脸相似)。这就是高分辨率(中央凹视觉)和低分辨率(周围视觉)的不同之处。

4 我的眼睛是如何运动的？

为了将小的较佳的视觉区域合成为大幅且清晰的头脑影像,人的眼睛会对感兴趣的部分进行扫视。要了解这个过程需要知道一件非常重要的事情,即眼睛的多次观察并不是平稳的运动:那种我们在带有减震吸收器的三角架上用摄像机录影似的运动。事实上,眼睛的运动是并发式的,在每个运动之间是有停顿的。当然,眼睛运动的速度非常快,人们不会意识到,但心理学家 100 多年来,已经做了无数的实验确认了这个运动的细节。



4.1 注视

眼睛停留在某个物体上时,称为注视。注视是将眼睛的中央窝对准某一对象的过程,主要的作用是获取当前注视点及边缘视野的信息,并进行内部加工。

在注视过程中至少存在三种不同的加工，(1)对当前注视位置进行编码、加工，并对场景进行分类；(2)从当前注视的边缘视野确定下一个感兴趣的区域；(3)计划和准备下一次眼跳。当眼睛注视某个静止对象时，视线并非完全不动，而是伴有漂移 (drift)、震颤 (tremor/nystagmus) 和微小的不随意眼跳动 (involuntary saccades)。

一般注视的时间大于 100ms，典型的注视只持续十分之一到二分之一秒。事实上，人们在观看眼动追踪研究的视频录像时，所注意的第一件事就是眼睛运动的速度非常之快。为了分析这段时间内所发生的事情，我们需要慢镜头回放，至少慢到实际速度的二分之一（通常是十分之一）。即使如此，我们还需要多次回放，以跟踪并了解被试者视觉轨迹的细微片段。

4.2 眼跳

眼睛从一个注视点快速移动到下一个注视点，称为眼跳。眼跳是指眼球在两个注视点之间的快速跳动，主要功能是改变注视点，使即将注视的内容落在中央凹附近，以形成视网膜上清晰的像。眼睛运动的速度非常快，每次眼跳只持续百分之一秒到十分之一秒的时间。一次眼跳可覆盖 1° - 40° 视角，最高速度可达 400 - $600^{\circ}/s$ 。在眼睛快速运动时，视网膜上的光学影像非常模糊，事实上在眼跳期间我们和盲人一样，这时我们根本无法确切地看到眼睛移动时所掠过的物体。我们只有在眼睛静止不动进行注视时可能看得清晰。

4.3 平滑追踪运动

平滑追随运动是指眼球随运动目标的连续运动，只在追踪运动目标的过程中产生。平滑追随运动的目的是使运动目标的像保持在中央凹区域，它的最大运动速度为 $60^{\circ}/s$ 。



5 眼动追踪研究能揭示什么？

大多数眼动追踪研究的目的在于确定和分析执行特定任务（如阅读、查找、扫描图像和驾驶等）时个体视觉注意力的模式。在这些研究中，眼球运动往往是根据注视和扫视进行分析。每次扫视过程中，视敏度都会受到抑制，致使我们根本无法“看见”事物。我们只能通过注视才能从视觉上感知世界。实际上大脑通过对可视情景或物体来整合我们所获取的目视图像。此外，当注意力集中于特定情景或物体的特征上时，我们才能够将这些特征结合到精确感知中。这些特征越是复杂、易混淆或有趣，我们需要对其进行加工的时间就越长，结果就需要花更多的时间注视于这些特征上。在大多数情况下，只有在我们的视线注视于某个物体上或者距离这个物体很近时，我们才能够感知这个物体并清楚地说明其特征。

如果只知道人们在看哪里，却无法由此判断人们这时的行为或者想法，这是没有意义的。幸运的是，感谢大脑-眼睛一致性假设的提出，这个假设认为人们所看的和所想的往往是一回事。

往极端里讲，大脑-眼睛一致性假设好像比较可笑。所看的不所想的当然不一定总是相关。虽然你没有看到但可以想象粉红色的大象。你坐在车里看到红色信号灯变化时，可能正在想新炸出来的油圈饼。你可能不会注意你的中央凹视觉内的变化，例如红灯变成绿灯，直到你后面汽车的喇叭声将你从油圈饼的美梦中唤醒。

但一般来说，大脑-眼睛一致性假设通常是正确的，眼动追踪能告诉我们被试者正在关注刺激材料上的哪些内容。一般来说人们所看的和他们所想的是相同的。这是人的视觉系统工作的方式，这也是为什么眼睛让我们相信我们对周围的世界影像具有高分辨率的视觉能力。我们由此可以得出结论，即注视等同于注意力：人们会看他们所关注的刺激材料，他们看得越多，对这个刺激材料运行的思考也就越多。

并不是说看到了某个刺激材料，就意味着被试者理解了这个刺激材料或大脑里对这个刺激材料已进行了加工处理。很多时候，被试者只是简单地（或并非很简单地）注视他们需要的选项，但并不选择它。在这种情况下，即使被试者看到了它，也并没有记住实验者特意赋予给这些词汇、图像或链接的含义。

6 注视意味着实验刺激是好还是不好

就眼动追踪本身来说，它只能做一件事情，即发现被试的目光所在。只通过单纯地计算注视点，我们并不知道被试在看某些地方而非其他地方的时候是否感到高效和愉悦，或只是感到疑惑。

例如，被试者可能因为内容的相关性和趣味性而长时间注视文章的某一特定段落，这样就很好。但也可能是这段很复杂，很让人费解，这样就很糟。

例如在网页可用性研究中，如果被试者注视导航上的特定部分，可能是因为这些实验刺激材料看上去不像是导航，被试者错误地认为这些导航没有用处。这就是很拙劣的设计。另一种情况是，被试者不用浪费时间查看每个页面上都会出现的导航元素，因为被试者知道他在需要时能在哪里找到导航。这样就很好。

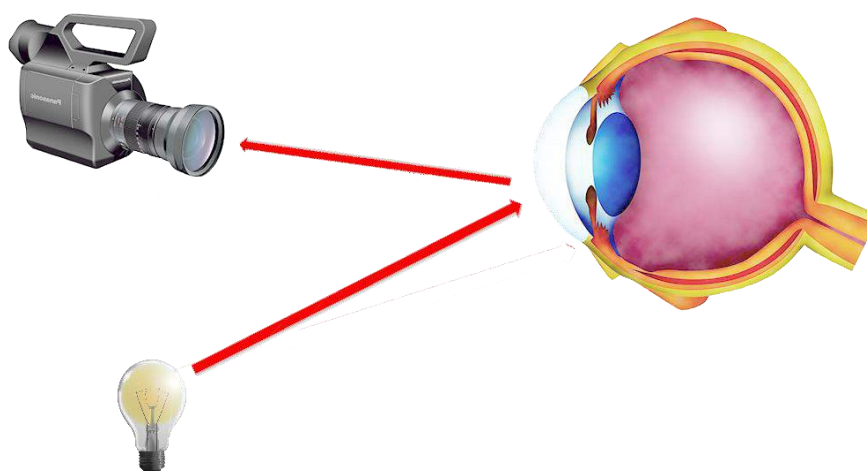
因此，某一特定的实验刺激材料被被试者注视或被被试者忽视，并不能说明它本身实验刺激设计得好还是不好。任何眼动追踪数据在判断实验刺激效果好坏的时候，都必须把对被试者目的的了解以及被试者行为对可用性的影响考虑在内。被试者忽视实验者希望其看到的内容，这不是好的设计，但被试者避开并不需要的内容以节省时间，这就是好的网页布局的特点。网络包罗万象，被试者不可能浏览网站上的每一个细节，只有那些能让被试者方便快捷地找到他们所关注的内容的网站，才能吸引被试者经常访问。

7 EyeSo 系统如何追踪眼球运动？

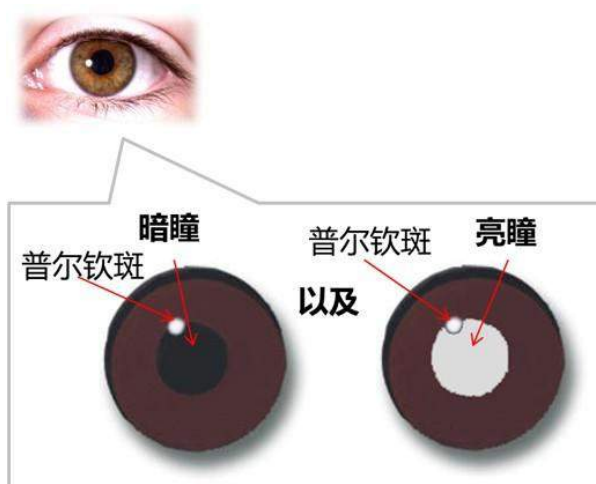
EyeSo 视线追踪技术利用眼球转动时相对位置不变的某些眼部结构和特征作为参照，在位置变化特征和这些不变特征之间提取视线变化参数，然后通过几何模型或映射模型获取视线方向。EyeSo 的视线追踪技术分为视线特征参数提取和视线估计模型建立两个组成部分，使用瞳孔-角膜反射方法通过暗瞳识别技术进行采集。EyeSo 追踪系统由近红外光源、滤光片、镜头、CMOS 传感器，处理算法，数据主机和显示器组成。由 CMOS 传感器获取使用者人脸图像后传到主机，主机通过特征参数提取和视线映射函数来得到视线落点，与刺激材料同步储存并显示在屏幕上。

8 EyeSo 为何采用暗瞳追踪技术？

当光源与视轴一条线，导致光线反射远离视网膜时，亮瞳产生；当光源偏移视轴线，反射光投射远离摄像机，导致瞳孔变暗时，暗瞳产生。暗瞳技术能够在虹膜中检测瞳孔的黑暗椭圆形区。这种方法在光亮环境以及室外自然光的条件下工作正常，但是眼睫毛与眼影影响较大，在瞳孔检测中容易导致误报。暗色的眼睛工作最好，是因为红外反射远离虹膜导致暗色虹膜在数字成像中呈现光，因此使瞳孔更容易辨别出来。



在暗瞳作用下，亚洲人虹膜颜色受近红外光源反射会变浅，瞳孔受角膜反射影响会变暗，这导致摄像装置拍摄下来的眼睛图像中，虹膜与瞳孔颜色容易区分，瞳孔轮廓较为清晰。在明瞳作用下，亚洲人虹膜颜色受近红外光源反射会变浅，瞳孔受角膜反射影响会变亮，这导致摄像装置拍摄下来的眼睛图像中，虹膜与瞳孔颜色较为接近，瞳孔轮廓不太清晰。种族因素是影响明暗瞳孔反应的重要因素之一。在年龄、光照等因素相同的情况下，对于亚洲人而言，采用暗瞳追踪可以更为清晰的捕捉瞳孔轮廓。



9 EyeSo 眼动仪是否可以计算瞳孔大小

在关于情绪对刺激的反应研究中常常需要知道瞳孔的大小以及瞳孔大小是否会随着时间改变。EyeSo 眼动追踪系统采用的眼睛模型可以计算出眼睛的位置和瞳孔大小。光学传感器暂存眼部图像之后就会对眼睛模型进行计算。

关于应当怎样确定瞳孔大小存在几种界定方法。EyeSo 眼动仪所使用的眼睛模型是将瞳孔的实际外形尺寸定义为瞳孔大小。然而，在大多数科学研究中，瞳孔的实际大小不如瞳孔随着时间变化而改变的尺寸那么重要。

10 EyeSo 眼动追踪数据告诉我们什么

眼动追踪分析是以注视、凝视和正在思考的事情这三者关系的重要假设为依据的，不过为了证实这个假设的真实性，有几个相关因素还需要我们考虑：

首先，有时候注视不一定会转化为有意识的认知过程。例如，某人在执行一项搜索任务时，很容易就能够将视觉短暂注视于搜索目标并忽视其存在，尤其是当这个目标具有出乎意料的形状或大小时，这个过程通常被称作改变视盲。发生这种情况的原因是由于我们认为一个物体或场景应该是什么样的期望在调整我们的视觉注意力并干扰对目标事物的察觉。我们可以在测试中通过给予参与者清楚的指示说明来消除这种影响，也可随后进行面对面的眼球追踪测试对参与者的动机或期望做出评估。

其次，注视转化的方式可能有所不同，这取决于研究的内容和目的。例如，若是让参与者在你的指导下随意浏览某个网站（编码任务），在网页某个区域注视的次数较多，就可能表明这个人对该区域感兴趣（如某张照片或某个标题），或者目标区域比较复杂，以至于编码起来比较困难。然而，如果给予参与者某个特定的搜索任务（如在卓越网上购买一本书），注视次数较多常常说明在为了完成任务所必须进行的元素组织过程中表现得困惑和不确定。另外，清楚地理解研究目的以及认真仔细地制定测试方案对于眼动追踪结果的阐释很重要。

第三，某人在对视觉场景进行加工的过程中，会将眼球移动到该场景的相关特征上。其中有些特征主要是由视野周边区进行检测。由于周边区视觉敏锐度低，位于这个区域的特征缺少形状和颜色细节，但是我们仍然能够利用它识别熟悉的结构和形式，以及对形状进行快速的综合比较。因此，我们能够利用视觉周边区并根据特征与我们的关联性来过滤特征。例如，如果我们通常都避免浏览网页上的广告横幅，也许我们也会避免将眼球移动到带有相似形状的网页其他部分，这

仅仅是由于周边视觉“告诉”我们那里可能是广告横幅。当前的眼动仪技术只能显示测试对象所注视的视觉场景中的区域并在这些区域之间跳动（注：不是整个视野范围）。因此，为了充分理解为什么被测试者注视某些区域而忽视其他区域，眼动追踪测试过程中应该伴随某种形式的面谈或宣泄法测试，这一点很重要。

11 结论

眼动追踪是一项非常重要的技术，它了解人类视觉注意力在某个场景中的注视地点提供了一种客观的方法。然而，这与其他任何分析技术一样，如果想要正确地理解和转换眼球追踪数据，我们有必要建立一套适合研究内容和目的清晰明确的方法。