

1845年创刊 132位诺贝尔奖得主撰稿 从爱迪生到比尔·盖茨都喜欢阅读

环球科学

SCIENTIFIC AMERICAN

《科学美国人》
独家授权

2007·9 www.sciam.cn 邮发行图代号: 80-498

请到邮局订阅
2008年《环球科学》!

眼睛泄露 你的心灵

- 40 预测森林大火
- 30 爱因斯坦错了
- 28 证据确凿，是人类活动让地球变暖
- 20 NASA会为一支笔花百万美元吗
- 17 开灯，校准你的生物钟
- 15 惊天骗局：因肤色用药
- 13 粮食作物多年生不是科幻
- 11 期待超越DVD

鲨鱼的第六感

ISSN 1673-5153
09
7717 105061

定价：12.00元
港币：25.00元
美元：4.50元

什么使它们与众不同？
观看视频DVD，了解精彩世界的创新故事。

IBM

眼睛泄露 你的心灵

眼睛其实一直在跳动,虽然我们根本察觉不到,但“跳动”的作用非常关键:眼睛一旦停止跳动,我们将看不到静止的物体。而且,跳动还会泄露潜意识,因为它的方向总是朝着我们最关心的东西!

撰文 苏珊娜·马丁内斯-康德 (Susana Martinez-Conde)
斯蒂芬·L·麦克尼克 (Stephen L. Macknik)
翻译 韩彦文

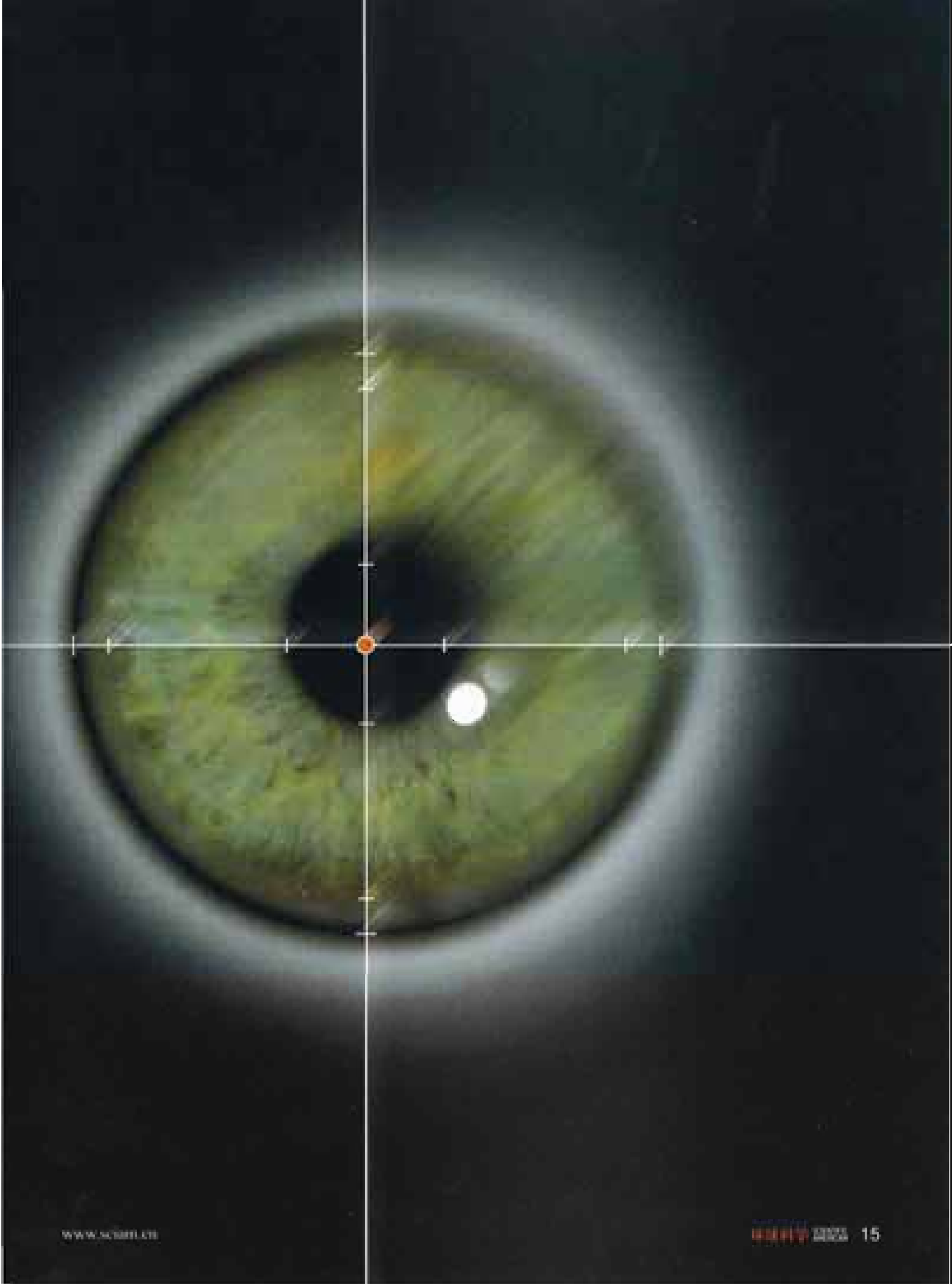
微眼跳

- 当你注视一个物体时,双眼并不是完全静止的,而是一直在轻微跳动,这种令人察觉不到的跳动是视觉的重要组成部分。
- 这种跳动究竟有何作用? 几十年来,科学家们一直在研究它。幅度最大的视觉跳动又被称作“微眼跳”,是科学家们的主要研究对象。本文作者的研究结论证明,当一个人盯着某物看时,要留意眼睛跳动产生的视觉感知,而且跳动得越快,幅度越大,视觉感知就越好。
- 微眼跳还能揭示出一个人的潜意识想法。最近的研究表明,微眼跳具有方向性,会偏向真正感兴趣的物体,即使此物体同意的不是另一个方向。

当你阅读一行文字时,眼睛从左到右迅速扫过,每个字依次成为视线的焦点;当你盯着某人的脸,眼睛同样“不安分”,视线四处飘移:左眼、右眼、鼻子、嘴……回想一下,你会发现,这样的情形经常发生,无论是在浏览文章、打量别人,还是在欣赏美丽的景色时。

这种随意的眼运动叫做眼跳 (saccades), 只是眼部肌肉日常工作的一小部分。实际上,我们的眼睛一直都在动,即便处于注视状态——如盯着某人的鼻子、眺望海天交界处的帆船时,也是如此。在清醒状态下,我们有80%的时间都在盯着这样那样的东西看,但不管看什么,眼睛总以我们无法察觉的幅度跳动。这种跳动对视觉的产生非常必要,如果让眼球在注视时保持绝对静止,你很快就会发现,眼中的静态景象完全消失了。

直到最近,这些“注视眼动”(fixational eye movement)才逐渐受到研究人员的重视。50年来,科学家一直在讨论一个问题:幅度最大的一种注视眼动——微眼跳 (microsaccades) 到底有何作用? 一些科学家认为,微眼跳不仅没有任何益处,反而有损视力,因为眼睛不断地跳动会使视线模糊。不过在美国菲尼克斯市巴罗神经学研究



眼运动的频率
和幅度稍有下降
我们的视觉能力
就会被削弱

所，本文作者马丁内斯-康德教授所在实验室的最新研究却表明，当一个人注视静态景象时，必须依赖这些微妙的眼动过程，才能产生相应的视觉感知。

微眼跳还是一个“跳板”，神经科学家借此可以了解大脑利用视觉产生意识知觉的方式。过去几年，我们和其他同行找到了与微眼跳有关的神经活动模式，这使我们不得不相信，人类的绝大部分视觉感知，都是在微眼跳的作用下产生的。而且，这种细微动作的运动方向不是随机的，而是指向人们真正关注的地方，即便眼睛正盯着其他地方——眼睛真正成为了我们思维的窗户，把隐藏在内心深处的想法和意愿流露出来。

跳动着
的注视

即便你专注地看着某个物体，眼睛也从未停止跳动，只是你没有察觉到，因为这种微小的眼运动，对视觉功能有着非常关键的作用。

100多年前，科学家们就发现了“眼睛会不停地动”的秘密。1860年，德国物理学

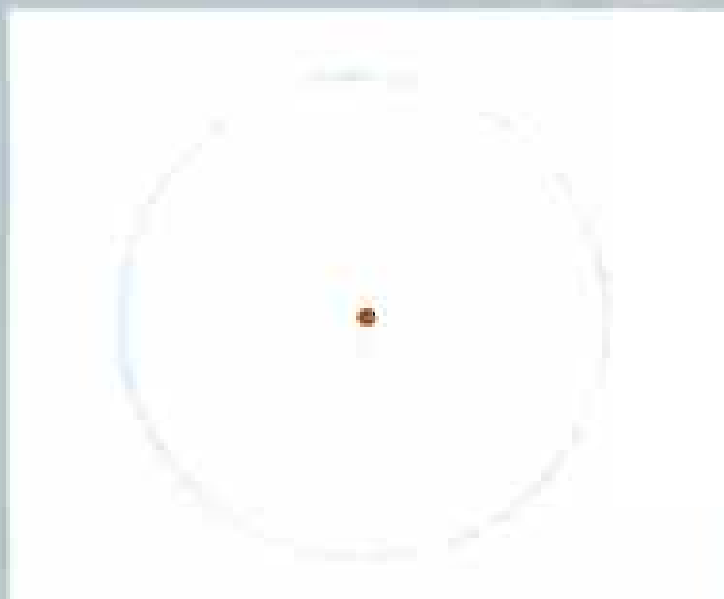
家、医生赫尔曼·冯赫姆霍茨（Hermann von Helmholtz）指出，让一个人的双眼保持静止是非常困难的，他还认为“跳动着”的注视能防止视网膜疲劳。

人的眼睛为什么要不停地动？从动物身上可以看出一些端倪。由于及时察觉环境变化有利于生存，动物的神经系统进化出了监测环境变化的能力。视野里出现某种运动变化，往往意味着捕食者正在靠近，或猎物正在逃离，这些变化促使视觉细胞以电脉冲的形式及时作出反应。而不动的物体通常不构成威胁，动物的大脑和视觉系统也就没有进化出相应的监测机制。青蛙就是一个极端的例子：一只苍蝇停在墙壁上，青蛙是看不见的，而一旦苍蝇飞起来，它立即就能发现，并用舌头抓住它。

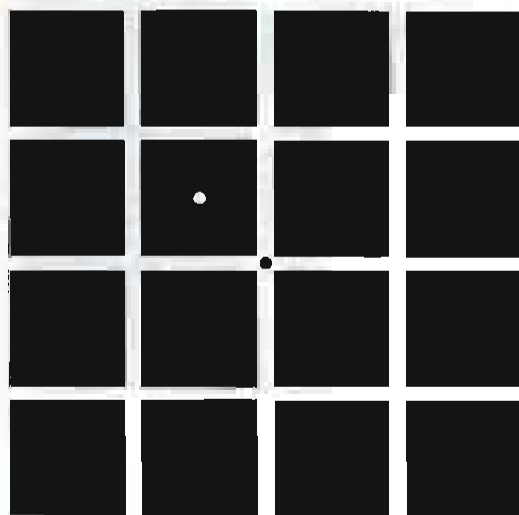
冯赫姆霍茨猜想，青蛙看不到静止的物体，是因为静止的物体不能刺激神经，导致了神经适应——视觉神经细胞逐渐降低电脉冲输出量，直至停止反应。神经适应可以节省能量，但

奇妙的错觉

通过这3个错觉实验，你能够观察到无意识的眼动所带来的视觉效应。



错觉实验：1804年，瑞士哲学家特罗克勒发现，有意识地专注于某物时，该物体周围的静止图像会从视野中消失。盯着中央的红点，同时注意红点外周的蓝色圆圈，蓝圈很快会从视野中消失掉。眼睛移动一下，它又会重新出现。



错觉实验：这是一个能够“看到”注视眼动的实验。注视中央黑点一分钟左右，然后看相邻黑方框中的白点。你可以看到，白色交叉线上的黑色残留影像在不停移动，这就是注视眼动产生的效果。

限制了感知能力。虽然人类也有这样的神经适应过程，但和青蛙不同，我们能清楚地看见静止物体。奥妙就在于，人的眼睛能自己制造运动。注视眼动使整个视觉景象相对视网膜移动，以此刺激视觉细胞，使它始终处于兴奋状态，防止神经适应。这样一来，静止物体就不会从视野中消失了。

相反，注视眼动减弱，视野中的影像就会慢慢消失。早在1804年，瑞士哲学家伊格纳茨·保罗·维塔尔·特罗克勒（Ignaz Paul Vital Troxler）就报告说，有意识地专注于某一事物，视野周边的静止图像会逐渐消失（见左页下图）。其实，这种现象每天都在发生，专注于某一事物会使注视眼动的频率或幅度暂时降低，注视焦点之外的事物的视觉效果也会受到影响。因此眼运动的频率和幅度稍有下降，我们的视觉能力就会被削弱。但是，人们往往意识不到这一点，因为人们的注意力都集中在“眼前”的事物上，看不见的东西自然无法引起注意。

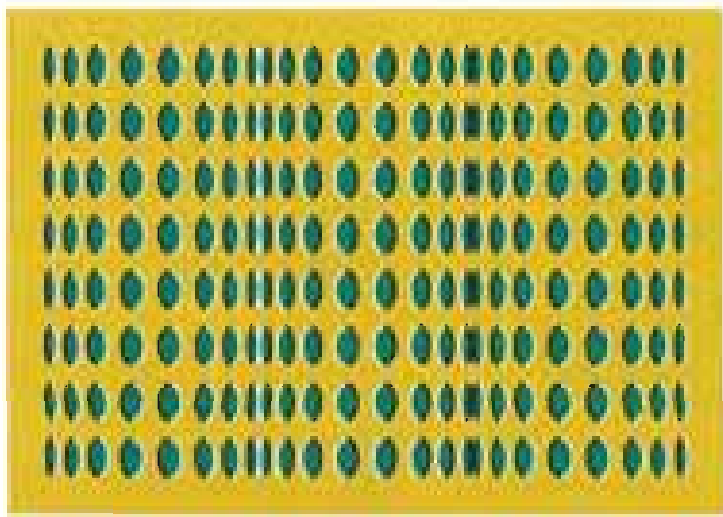
要使眼运动完全停止，只能在实验室实现了。20世纪50年代初，一些研究团队做

到了这一点。他们先把一台微型幻灯机安装在隐形眼镜上，再利用抽吸装置，将隐形眼镜附在眼睛上。于是，受试者透过眼镜看到的，就是幻灯机镜头投射出来的影像，而镜头会随着眼球的运动而运动。利用这种视网膜稳定技术，图像与眼睛保持相对静止，结果导致视觉神经细胞产生适应性，影像从视野中消失。如今，科学家改进了这一方法：先用摄像机对准眼睛，监测眼运动情况，然后将眼球位置数据传送给一个投影系统，根据这些数据改变投影位置，使图像与眼睛保持同步运动。

20世纪50年代末，科学家已经能将微眼跳的作用“分离”出来：在抵消了所有的眼运动（包括规模较大的眼跳）之后，他们人为地为眼睛增加了一些类似于微眼跳的运动，结果发现视觉感知恢复了。然而，另一些小组的研究结果却相反：在同样的条件下，加上微眼跳之后，没有产生任何效果。当时的视网膜稳定技术都不够完美——比如附在眼睛上的隐形眼镜可能滑落，仍然有微弱的眼运动在发挥作用。于是，没人说得清楚，

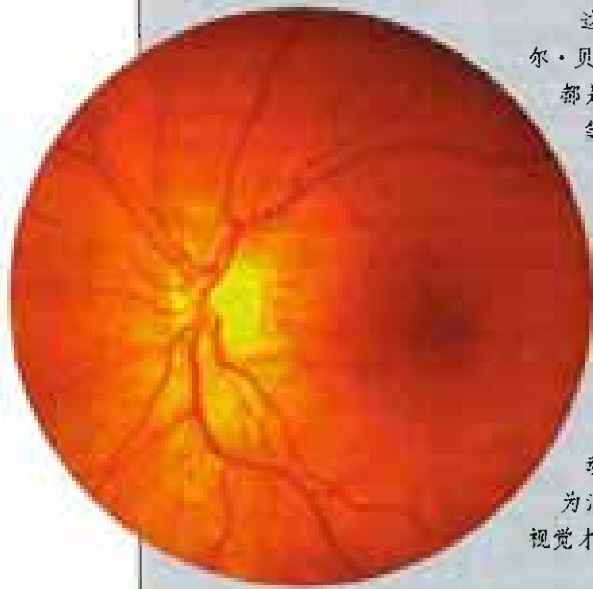
眼运动的类型

注视眼动包括微眼跳（直线运动）、飘移（曲线运动）、震颤（“Z”形曲线运动），对影像的输送是通过视网膜上的光感受器细胞完成的。



眼睛在上图中随意移动，你会看到3个“滚筒”似乎在旋转。但只要一直盯住图中央的某个蓝点，旋转就会慢下来，甚至停止。因为固定双眼能够终止错觉旋转，本文作者推测，注视眼动可能在错觉生成中发挥一定作用，虽然具体机制还不清楚。

▶ 消失的血管



这是由美国杜克大学神经科学家戴维·科普勒和威尔·贝维斯展示的视网膜血管图。每只眼睛的血管分布都是固定的，“血管图”仅能持续80毫秒（1毫秒等于1/1000秒），然后就会从眼前消失。你可以亲身体会一番这个过程，闭上双眼，举一个小手电筒（不要太亮）在眼旁快速绕动，这时你能瞥见位于视野外周的视网膜血管，但很快它们就会消失。

所有感觉都会产生神经适应，包括触觉。比如，当你早上穿鞋时你会感觉到它们，但很快这种感觉就会消失，毕竟没必要一天中16个小时始终意识到它们的存在。不过只要稍微动脚趾头，它们就又会“出现”。类似地，正是因为注视眼动持续“摆动”着视网膜上的影像，你的视觉才一直存在。

试验结果到底是由微弱的眼运动导致的，还是由“人工”微眼跳带来的。

微眼跳与视觉无关？

科学家一直不敢肯定微眼跳与视觉的关系，而且从某些视觉现象看，微眼跳的确对视觉功能没什么贡献。然而本文作者得出的结论却截然不同。

几乎在同一时期，科学家还发现了另外两种形式的注视眼动：飘移和震颤。飘移是一种慢速的曲折运动，在快速直线运动（即微眼跳）的间隔期出现；震颤则是叠加在飘移之上的、幅度小但频率高的振动。微眼跳是幅度最大的一种注视眼动，需要横跨数个到数百个光感受器细胞的范围。光感受器（photoreceptor）细胞的作用是探测光线，可分为视锥细胞（cone）和视杆细胞（rod）两种，前者负责精细视觉和颜色视觉，后者负责低亮度视觉和外周视觉。震颤是注视眼动中幅度最小的一种，不超过一个光感受器细胞的尺寸。

几十年来，对于这几种注视眼动（尤其是科学家研究最多的微眼跳）是否有维持视觉的功能，科学家都不敢贸然下结论。持否定态度的人指出，有些人能够在几秒钟内抑制微眼跳，而视野中心的景象并没有因此消失（通过特罗克勒实验可以证明这点：当你

暂时抑制住微眼跳时，圆圈消失了，但视野中心的红点仍清晰可见）。此外，在执行射击或穿针等精确度极高的视觉任务时，人们都会自然而然地凝神屏气，让微眼跳暂时停

止。1980年，美国马里兰州的心理学家艾琳·科勒（Eileen Kowler）和罗伯特·M·斯坦曼（Robert M. Steinman）由此得出结论：微眼跳对视觉没有任何贡献，它们可能“只是一种神经紧张的表现”。

此后，这一领域的研究陷入停滞，直到20世纪90年代末才有了新的进展。科学家开始研究注视眼动可能在眼睛、大脑中产生的神经反应。1997年，我们开始与哈佛医学院的戴维·休伯尔（David Hubel）合作，他曾在1981年获得诺贝尔生理学或医学奖。在研究中，我们先在电脑屏幕上显示一个小点，在小点之外的其他地方显示一根光条，然后训练猴子紧盯小点。当猴子注视小点时，我们记录下它的眼动情况，以及中脑外侧膝状体核（lateral geniculate nucleus）和后脑初级视觉皮层中的神经细胞的电活动情况（右图）。

上述试验的结果分别于2000年和2002年公布，表明不管静止的光条出现在被记录细胞的感受野之内，还是感受野之外，在它的刺激下，微眼跳都能提高外侧膝状体核和

本文作者



苏珊·马丁内斯-康德：菲尼克斯市巴罗神经学研究所神经学实验室主任，西雅图华盛顿大学医学博士。

斯蒂芬·L·麦尼克：美国国家神经学研究所行为神经学实验室主任，哈佛大学神经生物学博士。

视觉皮层细胞的放电率。这些发现有力支持了“微眼跳有用论”——即微眼跳在维持视觉景象、防止视觉消失上发挥着重要作用。如果这种作用确实存在，就意味着我们的研究开启了破解视觉感知密码的大门。在猴子试验中，我们发现，相对于神经脉冲的零星发放，微眼跳与电脉冲快速爆发式发放的出现关系更密切，这表明电脉冲的爆发式发放是大脑使用的一种信号，标志着猴子看到了东西。

眼动与疾病

很多时候，我们的眼睛都处于注视状态，如果没有微眼跳，眼中的世界将是不完美的。而且，一旦微眼跳的频率和幅度出现异常，眼病将接踵而至。

其他一些科学家发现，微眼跳在他们检查到的视觉系统的每一部分都能引发神经应答。不过，由于视网膜稳定问题一直没有解决，

环球科学小词典

感受野 是指每个感觉细胞所接受的刺激范围。从接受刺激部位开始到引起该细胞产生神经冲动为止的范围。

刷新视野中的图像

物体反射光
物体反射光在视网膜上成像，光线由此产生，并刺激位于视网膜上的感光细胞。

光线

视网膜

视神经

视觉皮层

初级视觉皮层

视觉感受野

视神经节

视神经束

视交叉

视束

视觉皮层

初级视觉皮层

视觉感受野

视神经节

视神经束

视交叉

视束

视觉皮层

初级视觉皮层

视觉感受野

视网膜是视觉系统的核心，它负责接收来自眼睛的光线并将其转换为神经信号。视觉信息首先被初级视觉皮层接收，然后被传递到更高级的视觉皮层，在那里信息被进一步处理并解释。视觉感受野是指每个视觉细胞所接受的刺激范围。从接受刺激部位开始到引起该细胞产生神经冲动为止的范围。

眼睛接收到的光线被视网膜上的感光细胞接收。感光细胞将光线转换为神经信号，这些信号通过视神经传递到大脑。视觉信息首先被初级视觉皮层接收，然后被传递到更高级的视觉皮层，在那里信息被进一步处理并解释。