

中国对虾幼体对运动物体的感觉能力及其与环境照度的关系

周仕杰 何大仁

(厦门大学海洋系)

甲壳动物具有明显的视觉运动反应。这种对视野内移动目标的反应有两种形式，一种是眼柄的颤动反应 (Optokinetic response)，另一种为全身性的视觉运动反应 (Optomotor response)。对于前一种反应形式国外已有许多研究，尤其对爬行亚目某些种类眼柄颤动反应特点和机制进行了大量实验。后一种反应形式的研究工作较少^[2,4]。有关游泳亚目视觉能力及对运动感觉能力的研究所见无几。人们已发现重叠型复眼中色素迁移能影响甲壳动物视敏度^[1]，但对色素细胞运动规律及其对视敏度的影响程度缺乏深入完整的探讨^[3]。本文利用中国对虾 (*Penaeus orientalis* Kishinouye) 幼虾的视觉运动反应，测定了不同照度下该种动物对运动的感觉能力，并试图揭示视觉能力随照度而变化的规律。

一、材料和方法

幼虾取自厦门郊区养殖场，体长2.0—2.7cm，实验前暂养在室内玻璃缸内，保持自然光照，每日均投饵并置换新鲜海水，选取正常健康者进行实验，水温21—25℃，实验于1985年4—5月份进行。

实验装置如图1所示。幼虾放在直径10cm的圆形透明玻璃容器内，其外是可以不同速度正、反向自由旋转的圆形屏幕。屏幕内侧设置8条等间隔垂直黑白条纹，白色光线来自容器上方，水面照度经中性衰减片准确调节为 $5 \times 10^n \text{lx}$ ($n = -3 - +3$)；共7个照度级，屏幕转速以刺激频率表示，即单位时间内通过

某点的黑或白条纹数，取2、4、8、12、16……条/秒。

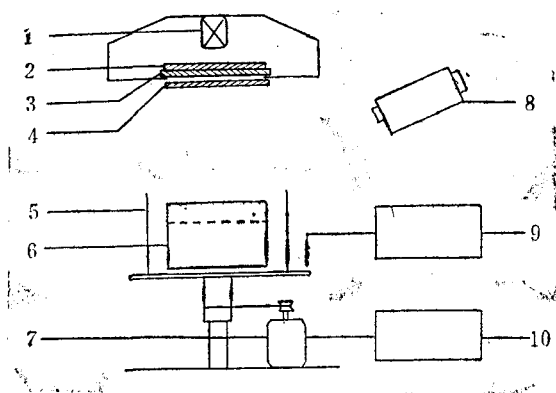


图1 实验装置示意

Fig.1 The schetch of the experimental apparatus

1. 光源；2. 红外滤色片；3. 毛玻璃；4. 中性衰减片；5. 屏幕；6. 玻璃缸；7. 调速电机；8. 红外主动夜视仪；9. 测速仪；10. 调速器。

实验前对虾预先进行半小时暗适应。实验时照度从低到高；低照度下，借助红外主动夜视仪进行观察。每一照度下屏幕转速亦从慢到快。在同一方向上旋转两分钟，能明显跟随运动者为正反应，从屏幕开始旋转到出现跟随反应这段时间为反应潜伏期。一个转速结束后休息片刻，刺激频率提高4次/s，转向与前次相反。这样起始转向不定，转度依次增加，直到跟随反应消失。

对个体（1尾）和群体（4尾）都进行了预备实验，个体组预备实验8次，发现幼虾对

运动条纹的跟随反应规律较一致,正式实验在相同条件下重复7次。

二、结果及讨论

实验结果表明,能引起视觉运动反应的最高刺激频率(以下称高限制刺激频率)随照度的提高而提高,如图2所示。但两者的关系不是线性的,在 10^{-3} Lx照度下高限制刺激频率只有5次/s,转速加快幼虾就不再跟随条纹运动。随着照度加强,高限制刺激频率迅速提高。而在 10^{-1} — 10^{+1} Lx照度范围内高限制刺激频率虽然有变化,但变化很缓慢,照度相差两个对数单位,高限制刺激频率增加不到5次/s。此后照度再提高,高限制刺激频率提高的速度又明显增大,在本实验最高照度(10^{+3} Lx)下高限制刺激频率可达到37次/s。这一结果说明,对虾视觉系统对运动物体的感觉能力与环境照度有密切关系,前者随后者提高而提高。这是容易理解的。因为随着环境照度的增加,屏幕上黑白条纹的对比度增大,提高了动物的视敏

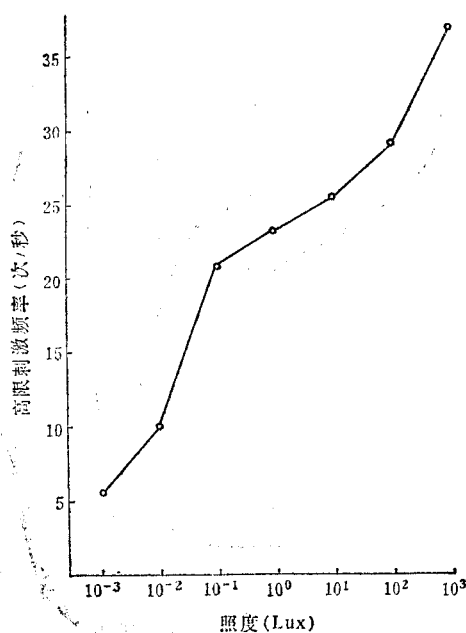


图2 高限制刺激频率与照度的关系
Fig.2 The relation between upper stimulus frequency

度,从而也提高了对运动物体的感觉能力。其它动物视觉方面的大量研究也证实了这一点。

从上述结果分析中,我们发现高限刺激频率与照度不成线性关系,曲线各点斜率不同。因为高限刺激频率与视敏度有关,作者推测对虾存在两种视觉状态,即明视觉与暗视觉。甲壳动物不象脊椎动物那样具有两种视细胞。产生两种视觉状态的原因可能为:第一,对虾的眼睛为重叠型复眼,每个小眼的周围包围着远端色素细胞,近端色素细胞和反光色素细胞。在不同的光强下这些色素细胞能发生迁移,这样在较高照度下一个小眼的感杆束只接受本小眼的入射光,而在较弱的光线下一个小眼的感杆束可接受相邻几个小眼的入射光,从而提高了视觉敏感性^[1]。色素细胞只在一定的光强范围内才发生明显的移动,概括本实验结果,引起色素细胞移动的照度范围在 10^{-1} — 10^{+1} Lx之间。实验中得到的幼虾反应潜伏期也支持了这一观点。取每级照度下的2次/s和4次/s刺激频率实验的幼虾反应潜伏期,计算其几何平均值,得到与 5×10^{-3} — $5 \times 10^{+3}$ Lx 7个照度级相对应的几何平均潜伏期为3.6、2.0、2.5、1.2、1.2、1.9、1.6(s)。从中可看到在10Lx照度潜伏期有缩短现象。这说明从这一级照度开始,每个小眼的感杆束趋于只接受本小眼的光线,从而使感受的图象变得清晰,缩短了动物判断屏幕运动方向的时间。第二,人们在某些甲壳动物眼睛中发现了两种或两种以上的视色素,其中某些种类的视色素作用不是区别颜色而是区别强光和弱光,如同脊椎动物的视感细胞和视锥细胞分别主司暗视与明视的功能一样。例如在蜘蛛蟹发现的两种视色素就是这样。对虾也可能有类似现象。

主要参考文献

- [1] De Bruin, G. H. P. and D.J. Crisp, 1957. The influence of pigment migration on vision of higher crustacea. *J. Exp. Biol.* 34 (4): 447—463,

- [2] Crozier, W. I. Ernst Wolf and Gertrud Zerrahn Wolf, 1938. The flicker response contour for the isopod *Asellus*. *J. Gen. Physiol.* 22: 451—462.
- [3] Selig Herzt and George Wald, 1933. The visual acuity and intensity discrimination of *Drosophila*. *J. Gen. Physiol.* 17: 517—547.
- [4] Crozier, W.I. and Ernst Wolf, 1939. The flicker response contour for the cryfish I. *J. Gen. Physiol.* 23: 1—10.

THE SENSIBILITY OF YOUNG PRAWN TO MOVING OBJECT AND ITS RELATION WITH ENVIRONMENTAL ILLUMINATION

Zhou Shijie and He Daren

(Department of Oceanography, Xiamen University)

Abstract

In this paper, by means of optomotor reaction, We study the receptive ability of young *Penaeus orientalis* to moving objects and its relation with the environmental illumination. The results are as follows:

The receptive ability of young prawns to moving objects increases non-linearly with the intensification of the environmental illumination. under the highest illumination (10^3 lx) and lowest illumination (10^{-3} lx) in this experiment, the prawns can distinguish the direction of moving objects at frequency 37/s and 5/s. The prawns may have scotopic and photopic visions, and the transitional illumination between these two visions is 10^{-1} — 10^{+1} lx).