

# 克氏原螯虾交配行为的研究

邱高峰

(上海水产大学渔业学院, 200090)

堵南山 赖伟

(华东师范大学生物学系, 200062)

**提 要** 本文以对比行为实验方法研究了克氏原螯虾的交配行为。结果表明,克氏原螯虾交配过程可分为交配前期和交配期。在交配前期,雄虾表现出特有的交配前期行为;交配期包括钳夹、翻转、横跨、交尾和分离五个阶段。雌虾被雄虾钳住后表现顺从行为;而在对照组中的雌虾被同性钳住后却不表现顺从行为,雄虾之间的接触导致进攻行为。交配时雄虾横跨的步足均为右第5步足,雌虾在交配前无需生殖蜕皮,交配的成败与雄虾接近雌虾的行为方式有关,且螯足较大的雄性个体交配成功率明显较高。

**关键词** 克氏原螯虾,交配行为,交配前期行为,顺从行为,横跨

克氏原螯虾(*Procambarus clarkii* Giard)又名克氏原螯蛄,在上海地区群众称之为“龙虾”,但它隶属螯蛄科(Astacidae)螯蛄亚科(Cambarinae)不同于海产的龙虾。本种动物在北美具有悠久的养殖历史,是主要养殖对象和捕捞对象,仅美国得克萨斯州东南部及路易斯安那州南部就有约4万公顷的螯蛄池,主要养殖克氏原螯蛄。二十世纪初期,克氏原螯蛄从北美移殖入日本,第二次世界大战期间,又从日本移殖到我国,已在我国许多省区均有分布,它不仅可食用或作为饵料,还可入药,是中药材,因此它是一种具有开发前途的水产蛋白资源[戴爱云等,1983]。作者曾对其摄食行为及化学感受器做了一些工作[邱高峰等,1992;1994],王桂云等[1992]对其外形及呼吸系统进行了观察研究。本文较详细观察和研究了其交配行为,以期为开展人工繁殖和开发利用这一潜在蛋白资源提供理论基础。

## 1 材料与方方法

### 1.1 材料来源

研究中所用螯蛄于1992年6月采自上海南汇县沟渠,带回实验室后,驯养于室内水泥池中。

### 1.2 实验组的建立

秋季(9—10月)螯蛄进入繁殖季节,选取触角、附肢完整、性成熟的雌雄个体(雄性成熟个体第1螯足粗大,雌性成熟个体尾扇泛白),根据其体长不同分为三种不同等级(如表1),每个实

验组包括这三种不同大小级别的雌雄个体,另设两个对照组,分别暂养于 $80 \times 40 \times 15(\text{cm}^3)$ 的玻璃水族箱中,箱中水深10 cm左右,底面铺以砂砾,碎石,并用瓦片等筑起蟹虾隐蔽所。

表1 实验组中雌雄个体头胸甲、大螯大小测量

Tab. 1 Carapace and chela dimensions of the males and females of *P. clarkii* in the tested groups

| 等级 | 实验个体数 | 头胸甲平均长度<br>(mm) | 螯足平均长度<br>(mm) |
|----|-------|-----------------|----------------|
| 1  | ♂ 26  | 29.4 ± 1.95     | 27.8 ± 2.13    |
|    | ♀ 26  | 22.8 ± 2.04     | 20.9 ± 2.88    |
| 2  | ♂ 27  | 35.7 ± 3.85     | 33.2 ± 3.04    |
|    | ♀ 27  | 26.1 ± 2.14     | 23.8 ± 1.41    |
| 3  | ♂ 29  | 40.5 ± 4.34     | 37.9 ± 4.39    |
|    | ♀ 29  | 29.9 ± 3.43     | 2.61 ± 2.56    |

### 1.3 实验观察与记录

实验期间,每天观察2 h,用边讲边录音和拍摄照片的方法记录蟹虾行为变化。对照组实验则把同性别的个体放在同一个水族箱中,记录其行为反应。

## 2 结果

### 2.1 交配过程

克氏原蟹虾的交配过程可划分为交配前期和交配期,交配期包括钳夹、翻转、横跨、交尾与分离五个阶段。必须指出的是交配过程是一系列连续的行为,划分阶段是为了研究和描述之便而设定的。

#### 2.1.1 交配前期

雄虾在装有雌虾的水族箱中,表现特有的交配前期行为,即尾扇卷曲,大螯紧闭式或微张,决不高举,身体贴着箱底(图版-1,2),接近雌虾时动作轻缓,并以大触角轻拍雌虾大小触角、眼、口部周围或身体其他部分,同时小触角也不停地上下抖动,雌虾的触角也同样轻轻摆动或抖动,其摆动速率远不及进攻行为那么快而有力(表2),雄虾进一步用大螯不断地前伸,向对方探索,有时还轻微地夹往对方的大螯或触角。此时若雌虾不逃离则从而进入交配期的一系列行为过程,或雌虾因雄虾大螯的探索而向后逃遁,雄虾或追其后或仅调转身体面对雌虾,在原来位置保持不动,准备再度接近。

#### 2.1.2 交配期

##### 2.1.2.1 钳夹

雄虾与雌虾接近后,雄虾迅速用大螯紧紧钳住雌虾的大螯,触角基部或额剑,第2-5步足不同程度地抱住雌虾。雌虾若不表现逃离反应,则非常顺从,身体两侧所有步足伸直并拢紧贴头胸甲两侧,指端指向头胸部前方,大小触角及大小颚须停止摆动,整个身体呈现“僵直”状态,决不抵抗,故谓之顺从行为(submitting behavior)(图版-3)。

##### 2.1.2.2 翻转

雌虾表现出顺从行为后,雄虾把雌虾翻转90度角(图版-3),并迅速用左右两大螯相应地

钳住对方两侧已并拢在一起的所有步足(包括大螯),其余四对步足抱住对方头胸部,尾扇也紧压在对方尾扇上,同时再把雌虾翻转90度角,这样就形成了雄虾在上,雌虾在下两虾腹面相对的姿势(图版—4),也有的雄虾不再把雌虾翻转,雌雄虾形成侧卧的腹面对腹面姿势。雄虾大小触角及口部周围的颚须仍在不断摆动,而雌虾则保持不动。

### 2.1.2.3 横跨

雄虾在雌虾上下不断地前后移动调整位置,但大螯仍钳住对方的步足,仅腹部和第2—5步足移动,腹肢等也仍不断摆动,直到双方头胸甲后缘调整对齐后,雄虾腹部收缩向上抬起,抱紧的第2—4步足稍许松开,位于第4步足与第5步足之间腹甲上的生殖肢(第1腹肢)从原来水平状态向后摆动至一定角度,就在同一时刻右侧第5步足迅速从右侧横跨过身体至左侧,从左侧穿出,与虾体纵轴方向垂直,并嵌合在雌虾左侧第4—5步足基部之间的空隙里(图版—4,Er),而生殖肢紧贴其后。

### 2.1.2.4 交尾

雄虾生殖肢左右合拢,第2腹肢末端匙状部分紧扣第一腹肢末端,从横跨的第5步足下面穿过,末端顶在雌虾的腹环沟上。由于顶撞刺激雌虾腹部肌肉不停地抽搐,雄虾则不断用腹肢抚弄雌虾腹部。此外,雄虾第3步足和第4步足坐节上的钩,钩住雌体相应步足的底节(也有的仅钩上一个或均不钩)。随后雄体腹部收缩把生殖肢末端插入腹环沟内,第2腹肢在生殖肢上推动从而把精英送入腹环沟。交合时间持续几小时甚至十几小时。在交尾过程中,即使人为地在虾体周围扇动水流,对交尾也无影响,除非把雌雄分开。

### 2.1.2.5 分离

雄虾松开大螯,雌虾由原来“僵直”状态开始“复苏”,并拢在头胸甲两侧的步足松散开来,大螯顶着底面,身体翻转恢复正常状态。

## 2.2 实验组与对照组观察结果比较

在实验组,雄虾接近雌虾时表现出特有的交配前期行为,而在对照组,无论是在雌体之间还是在雄体之间均表现为进攻行为(如表2)

表2 克氏原螯虾交配前期行为与对照组行为比较

Tab. 2 The behavioral comparisons between tested and control groups in *P. clarkii*

| 身体及附肢 | 组别 | 实验组               | 对照组                     |
|-------|----|-------------------|-------------------------|
| 身体    |    | 雄体紧贴水底 接近雌体       | 雌雄体的均不贴水底,进攻行为激烈时身体悬于水面 |
| 触角    |    | 大触角来回划分,小触角伴有修饰行为 | 触角摆动速率快而有力              |
| 口器附肢  |    | 不停摆动              | 不停摆动                    |
| 大螯    |    | 低下,微张或闭合并前伸       | 高举,张开,一般不前伸             |
| 尾扇    |    | 雄体尾扇卷曲            | 尾扇不卷曲,进攻时向两侧伸展          |

### 2.3 交配率与个体大小之间的关系

螯足大的雄性个体在实验组中交配率明显较高(如表3),说明个体大的雄虾在种内性选择竞争中占有优势,而不同大小组别的雌虾其交配次数并无明显差异。

表3 交配次数与雌雄个体大小的关系

Tab. 3 The relationship between the numbers of copulations and dimensions of the males and females in *P. clarkii*

| 等级 | 性别 | 交配总次数 | 平均每只个体交配次数 |
|----|----|-------|------------|
| 1  | ♂  | 28    | 1.08       |
|    | ♀  | 58    | 2.23       |
| 2  | ♂  | 72    | 3.04       |
|    | ♀  | 88    | 3.63       |
| 3  | ♂  | 151   | 5.21       |
|    | ♀  | 109   | 3.41       |

### 3 讨论与结语

#### 3.1 横跨行为

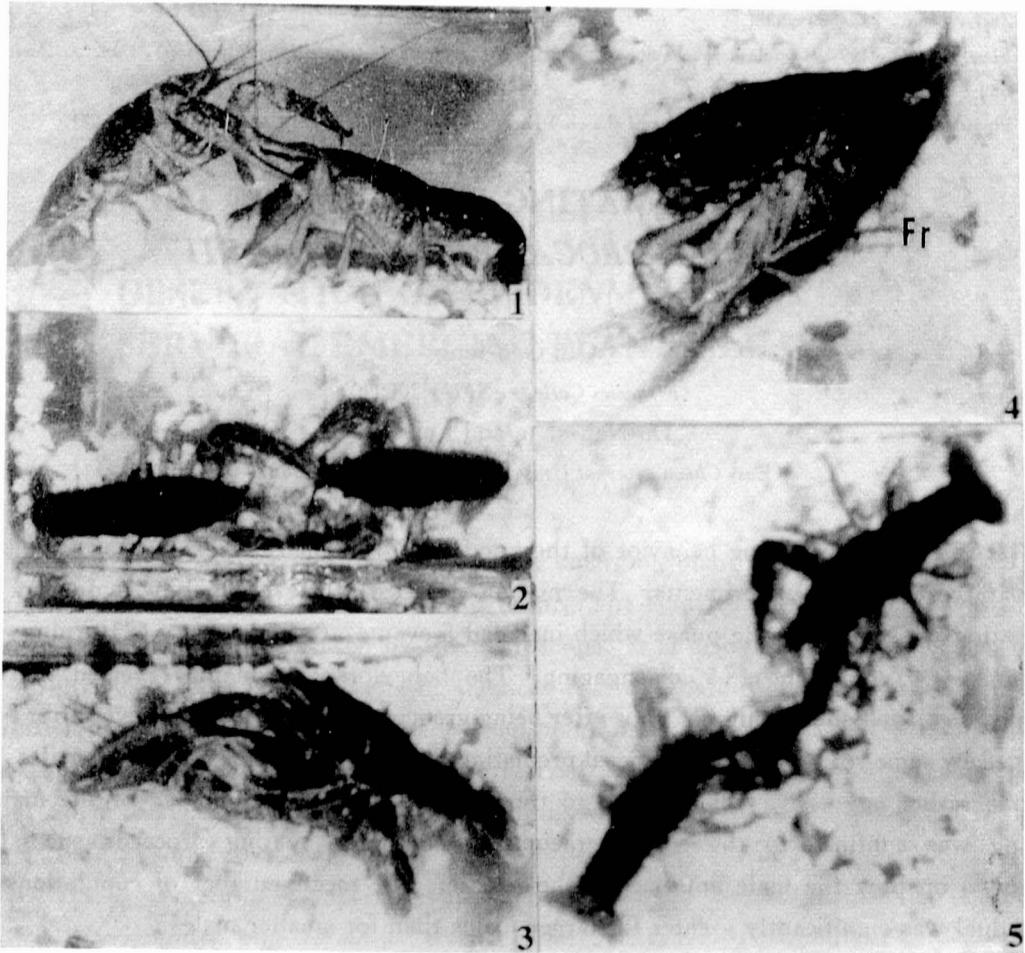
克氏原螯虾第5步足横跨身体至另一侧现象, Andrews[1895]、Ingle[1974]、Pippitt[1977]在其他螯虾种类中也有发现,不同的是克氏原螯虾横跨的第5步足都是右步足,没有发现左侧第5步足有横跨现象。关于横跨的生物学意义目前尚不清楚。Mason[1970]研究螯蛄亚科(Astacinae)的一种太平螯蛄(*Pacifastacus trowbrigii* Stimpson)的交配行为时未发现有横跨现象。Crocker等[1968]认为螯蛄亚科动物在交配过程中之所以有横跨行为而螯蛄亚科则没有,是由于它们本身形态上的差异,螯蛄亚科动物交配时生殖肢顶端必须插入腹环沟,而螯蛄亚科动物则只需把精荚粘在雌体腹甲上(雌体无腹环沟结构)。然而Ingle[1974]却发现螯蛄亚科的一种南河虾(*Austropotamobius pallipes*)的交配过程中同样也有第5步足的横跨行为,可见横跨与腹环沟的有无并无多大联系。

#### 3.2 两性识别

在螯虾雌雄性别识别方面, Ameyaw-akumfi等[1975],首次证实了克氏原螯虾性信息素(sex pheromone)的存在,并用触角电生理方法证明了雄虾能通过嗅觉识别雌虾。本实验通过对比行为观察结果与之相符合,当把雄虾放入雌虾的水族箱中后,雄虾产生了交配前期行为反应,而把雄虾放入雄虾的水族箱内后,则出现了与交配行为完全不同的进攻行为,即高举张开的大螯,尾扇展开,不卷曲(图版-5),二者相遇时大触角快速而有力地拍打对方,大螯相互钳住,相互厮杀,腹肢快速扇动,有时使得整个身体悬浮于水中。当把雌虾放入装有雌虾的水族箱中时,厮杀程度不及雄虾之间强烈,但也同样出现进攻行为,有趣的是,当其中任何一方被对方大螯有力地钳住后,总是挣脱逃避,绝不会出现顺从行为,可见雌体可能与对方的接触辨别对方是异性还是同性。此外,本实验观察到,刚放入雌虾水族箱中的雄虾,若迅速高举张开的大螯直奔雌虾,雌虾并不表现顺从行为,交配也就很难成功。从交配的成功率来看,雄虾从正面接近雌虾发生交配的概率比从侧面接近雌虾进入交配过程的概率要小得多,而且即使从正面接近,雄虾也必须调转角度后从侧面才能把雌体翻转过来,没有发现雄虾能直接从正面把雌虾翻转过来的现象。由此可见,雄体的接近行为方式直接关系到雌体的顺从行为的出现,同时也是交配成功与否的关键。

### 3.3 交配与生殖蜕皮

大多数十足类甲壳动物在交配前必须完成一次“交配前蜕皮”(又称生殖蜕皮), 交配行为的产生与雌体蜕皮周期紧密相连, 但本实验之前选用已抱对的克氏原螯虾中均未发现有软壳的雌体, 用全部硬壳的雌体作交配实验, 结果均可发生交配行为, 可见克氏原螯虾与其他螯虾种类一样, 其交配行为与雌虾的蜕皮周期无关。Hobbs, Jr. [1972]认为淡水螯虾的交配行为是由季节决定的。



图版说明 Illustration of the plate

1. 雄虾(右侧)尾扇卷曲, 身体贴着水底; 2. 同1.(背面观); 3. 雄虾(上侧)把出现顺从行为的雌虾(下侧)翻转90°;
4. 雄虾再把雌虾翻转90°, 形成雄在上, 雌在下的腹面相对的姿势, 在翻转同时, 雄虾第5右步足(Fr)横跨在身体左侧;
5. 对照组中两雄虾尾扇张开, 不卷曲。

### 参 考 文 献

- [1] 王桂云等, 1992. 螯蛄的外形及呼吸系统观察. 辽宁师范大学学报(自然科学版), 15(1): 49-56.
- [2] 邱高峰等, 1992. 克氏原螯虾化学感受器的初步研究. 中国科协首届青年学术年会上海生命科学及生物技术卫星会议论文集, 55-59. 上海科学技术出版社.
- [3] ——, 1994. 克氏原螯虾的促摄物质. 全国首届青年水产学术会议论文集, 401-408. 同济大学出版社(沪).

- [4] 戴爱云等, 1983. 介绍一种水产资源——螯蛄. 动物学杂志, (3): 48-50.
- [5] Ameyaw-akumfi C. *et al.*, 1975. Sex recognition in the crayfish *Procambarus clarkii*. *Science*, **190**: 1225-1226.
- [6] Andrews, E. A., 1895. Conjugation in American crayfish. *Amer. Nat.*, **29**: 867-873.
- [7] Crocker, D. W. *et al.*, 1968. *Handbook of the crayfish of Ontario, I-XIII*, 1-158. Canada: University of Toronto Press.
- [8] Hobbs, H. H. Jr., 1972. Crayfish (Astacidae) of north and middle America. Biota of Freshwater Ecoystems. *Identification Manual No. 9*, Washington, D. C., U. S. Government Printing Office.
- [9] Ingle, R. W., 1974. Mating and spawning of the crayfish *Austropotamobius pallipes* (Crustacea Astacidae). *J. Zool., Lond.*, **173**: 525-538.
- [10] Mason, J. C., 1970. Copulatory behavior of the crayfish *Pacifastacus trowtridgii* (Stimpson). *Can. J. Zool.*, **48**: 969-976
- [11] Pippitt, M. R., 1977. Mating behavior of the crayfish *Orconetes nais* (Faxon). *Crustace.*, **32**: 265-271.

## A STUDY ON MATING BEHAVIOR OF THE CRAYFISH *PROCAMBRARUS CLARKII*

Qiu Gao-feng

(Fisheries College, SFU, 200090)

Du Nan-shan and Lai Wei

(East China Normal University, Shanghai, 200062)

**ABSTRACT** The mating behavior of the crayfish, *Procambarus clarkii*, was studied by comparative behavior experiments. The mating process of the crayfish was divided into pre-mating phase and mating phase which included 5 events; (1) capturing; (2) turning; (3) crossing; (4) copulating; (5) disengaging. The behavior experiments revealed that the females displayed submitting behavior after being grasped by the males, but never after being grasped by same sex. The males showed pre-mating behavior when closed to the females, but became rather aggressive when closed to the same sex. The crossing leg of the male in mating was confined to the right peraeopod. Whether a mating proceeds successfully depended on how the male approached the female. The mean number of copulations per individual was significantly greater for larger males than for smaller males.

**KEYWORDS** *Procambarus clarkii*, mating behavior, pre-mating behavior, submitting behavior, crossing