

# 室内养殖条件下三疣梭子蟹的 生殖蜕壳和交配行为

宣富君<sup>①</sup> 姜森颢<sup>①</sup> 卞勋光<sup>①</sup> 刘秋宁<sup>①</sup> 葛宝明<sup>①</sup> 崔 军<sup>①</sup> 张代臻<sup>①</sup>  
李超峰<sup>①</sup> 管卫兵<sup>②</sup> 周春霖<sup>①</sup> 唐伯平<sup>①\*</sup>

① 盐城师范学院 江苏滩涂生物农业协同创新中心 江苏省盐土生物资源研究重点实验室 盐城 224051;

② 上海海洋大学海洋科学学院 上海 201306;

**摘要:** 本文采用外部特征观察和红外线摄像,对室内配对养殖三疣梭子蟹(*Portunus trituberculatus*)的生殖蜕壳和交配行为进行了系统研究。结果发现:近交配季节,雌性三疣梭子蟹腹甲出现蓝黑色并不断加深,游泳足掌节则最终汇聚成一轮红色月牙,这些体表特征集中出现在生殖蜕壳前期,可能是除信息素外,另一类用于交配活动的视觉信号。三疣梭子蟹的交配活动起始于两性间的求偶抱对行为,雌性完成生殖蜕壳便进行软壳交配,这是一个连续的过程,包括随后的抱对守护行为;期间,相对于交配前后的抱对行为,三疣梭子蟹用于实质性交配活动的时间十分有限。然而,这可能是一种生殖策略:一方面,雌性可以采用抱对这种方式确保随后进行的生殖蜕壳及软壳交配过程能在有限的时间内安全有序地完成;另一方面,作为补偿,雄性可通过交配活动在雌性生殖道内生成精子塞来保证父权,减少个体间的竞争。

**关键词:** 三疣梭子蟹; 生殖蜕壳; 交配行为

**中图分类号:** Q958 **文献标识码:** A **文章编号:** 0250-3263(2014)04-579-08

## Reproductive Molt and Mating Behavior of the Swimming Crab *Portunus trituberculatus* in the Laboratory-reared Condition

XUAN Fu-Jun<sup>①</sup> JIANG Sen-Hao<sup>①</sup> BIAN Xun-Guang<sup>①</sup> LIU Qiu-Ning<sup>①</sup> GE Bao-Ming<sup>①</sup>  
CUI Jun<sup>①</sup> ZHANG Dai-Zhen<sup>①</sup> LI Chao-Feng<sup>①</sup> GUAN Wei-Bing<sup>②</sup>  
ZHOU Chun-Lin<sup>①</sup> TANG Bo-Ping<sup>①\*</sup>

① Jiangsu Synthetic Innovation Center for Coastal Bio-agriculture, Jiangsu Key Laboratory for Bioresources of Saline Solis, Yancheng Teachers University, Yancheng 224051; ② College of Marine Sciences, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China

**Abstract:** Reproductive molt has special significance for crab species of Brachyura because it determines crab's two different growth phases for postlarval development: the puberal phase and the mature phase and only after this molt, the crab has the ability to mate. However, the process of reproductive molt and mating of the

**基金项目** 国家自然科学基金项目(No. 31071897),江苏省自然科学基金项目(No. BK20140461),江苏省高校自然科学基金重大基础研究项目(No. 12KJA180009, 13KJB180027),盐城市农业科技创新专项引导资金项目,江苏省盐土生物资源研究重点实验室开放课题(No. JKLBS2012028),盐城师范学院自然科学研究项目(No. 12YSYJB0120);

\* 通讯作者, E-mail: boptang@163.com;

**第一作者介绍** 宣富君,男,博士;研究方向:渔业资源生殖生态; E-mail: swimming\_crab@126.com。

**收稿日期:** 2013-11-19, **修回日期:** 2014-03-23

swimming crab *Portunus trituberculatus*, one of most important marine economic species in China, has not been observed in detail, yet. Our study recorded this process and relative mating behaviors in the laboratory-reared condition based on the daily external characteristic examination and real-time infrared videography in the mating season. As the prepubertal females progressed towards the reproductive molt, their abdomen changed from faint shades of blue to dark blue that eventually covered the entire abdomen while the propodus of the swimming leg finally formed a red crescent. These particular external characteristics appeared in pre-molt stage and therefore, may be as one kind of visual signal for subsequent mating activities as pheromone. The mating process started from the behavior of courtship embrace while the copulation occurred immediately after reproductive molt. It was a continuous course including following post-copulatory guarding embrace. But compared with the prolonged pre-and/or post-copulatory embrace, the time used for molting and mating was very limited. So this may be a reproductive strategy adopted by *P. trituberculatus*; in one hand, the female can make her reproductive molt and soft-shell mating completed safely and orderly within a limited time by mean of embrace; in another hand, as compensation, male can guarantee paternity by formation of sperm plug in the female reproductive tract to reduce mating chance and sperm competition.

**Key words:** *Portunus trituberculatus*; Reproductive molt; Mating behavior

生殖蜕壳, 又称青春期蜕壳 (pubertal molt) 或终期蜕壳 (terminal molt), 是短尾派蟹类从幼体向成体过渡的一次关键性蜕壳; 蜕壳后, 蟹类达到形态成熟, 个体的某些部位会因相对生长率的改变而发生外部形态的显著变化, 例如, 雌蟹的腹甲可由三角形蜕变成半圆形 (Hartnoll 1974)。重要的是, 蟹类经历生殖蜕壳便可进行软壳或硬壳交配, 前者通常拥有较长时间的交配前求偶抱对和交配后抱对守护行为, 交配活动仅限于雌性蜕壳后的软壳阶段, 一般适用于常年生活在水中的蟹类, 如梭子蟹科 (Portunidae) 物种; 后者则主要出现在半陆生蟹类, 但交配前后缺乏明显的抱对行为 (Hartnoll 1969)。不过, 无论哪种方式, 雄性在交配过程中始终处于硬壳状态 (Jivoff et al. 2007)。

三疣梭子蟹 (*Portunus trituberculatus*) 是我国重要海产经济蟹类, 98% 的资源量仅分布于我国东部沿海的大陆架区域, 年捕捞量达 300 000 t (FAO 2006)。然而, 相比于其他经济蟹类, 有关三疣梭子蟹基础生物学的研究还十分有限 (薛俊增等 1997)。早年, 孙颖民等 (1982, 1984) 对池养梭子蟹生长的初步观察表明, 三疣梭子蟹从幼蟹发育成可进行交配活动的成体, 一般雄性需经历 8~10 次蜕壳, 而雌

性为 9~10 次。三疣梭子蟹交配前的这次蜕壳便可定义为生殖蜕壳。近年, 沈洁等 (2011) 对三疣梭子蟹的生长蜕壳周期进行了划分, 但生殖蜕壳与普通生长蜕壳是否存在差异以及三疣梭子蟹的软壳交配过程和相关交配行为, 目前均不清楚。为此, 本文拟通过外部体表特征观察及红外线摄像, 对室内配对养殖三疣梭子蟹的生殖蜕壳及交配行为进行较为系统的研究, 以期为三疣梭子蟹的资源保护及人工繁育等方面的工作提供参考。

## 1 材料与方法

**1.1 实验材料** 本次实验用蟹共 25 只, 其中雌性 15 只, 雄性 10 只, 均处于蜕壳间期 C (本文对三疣梭子蟹蜕壳周期的划分主要参照沈洁等 2011 的方法), 于 9 月上旬近交配季节采集于盐城师范学院位于大丰的养殖基地。雌性腹甲近等边三角形, 处于生殖蜕壳前阶段 (pre-pubertal stage), 头胸甲宽 ( $124.8 \pm 5.6$ ) mm, 而成熟雄性为 ( $146.3 \pm 4.2$ ) mm。三疣梭子蟹带回实验室后, 首先暂养于一个长 × 宽 × 高为 1.8 m × 1.2 m × 0.7 m 底铺细沙的长方体池子内。期间, 每日 17:00 时左右投喂新鲜野杂鱼, 次日上午 8:00~9:00 时清理, 投喂量根据前一日的摄食情况作适当调整。此外, 整个实

验周期内,养殖水体的盐度控制在 28,温度约 24℃,10 日左右换一次水,并用六孔 ACO-003 型增氧机(功率 45 W,森森)不间断增氧。

**1.2 实验方法** 一周后,待三疣梭子蟹适应室内条件,便选择其中 5 对个体(雌雄各 5 只)投放到 5 个长×宽×高为 0.5 m×0.5 m×0.5 m 的透明钢化玻璃缸内进行配对饲养;期间,采用型号为 CL-03 的红外线摄像头(沃仕达)对其可能的蜕壳交配行为进行 24 h 不间断监控,而相关的影像资料则于次日备份分析。此外,为了减少养殖过程对配对个体的干扰,实验员除日常投喂、水质轮换及增氧等事项外,每日仅对暂养池内剩余个体生殖蜕壳前的外部特征进行观察记录;如出现配对个体的意外死

亡,则可用暂养池内的其他个体补充,确保配对实验顺利开展。精子塞是短尾派蟹类成功交配的一个标志(McLay et al. 2011),为进一步了解三疣梭子蟹的生殖交配状况,本文对交配后 3 只雌性纳精囊内形成的精子塞进行了解剖分析。

2 结 果

随着生殖蜕壳的临近,雌性三疣梭子蟹在生殖蜕壳前腹甲和游泳足均出现了明显的体表特征;并经历生殖蜕壳,行软壳交配。雄性则在整个蜕壳交配过程中始终处于相对主动的地位,伴有求偶抱对、交配抱对及交配后守护等行为(表 1)。

表 1 室内养殖条件下三疣梭子蟹交配行为的观察

Table 1 Description of mating behaviors of the swimming crab *Portunus trituberculatus* based on the laboratory observations

行为 Behavior	表现者 Performer	描述 Description
靠近 Approach	♂	雄性用步足指尖支撑身子并爬向对方,伴随螯足和游泳足的伸展摆动行为
螯足伸展 Chelae Spread	♀♂	个体螯足向两侧展开,但指节关闭
游泳足拍打 Paddle	♂	雄性游泳足提升至头胸甲之上,作旋摆圆周运动;接近对方,摆动频率增加
身体摆动 Jump-back	♂	雄性在异性面前,上下摆动身体后部
控制 Corral	♂	雄性用螯足强行按住对方并将其固定在身体下方,同时确保面向同一方向
支持 Backing	♀	雌性生殖蜕壳前主动配合雄性,促使“求偶抱对”形成
求偶抱对 Courtship embrace	♂	一旦出现在雌性之上,雄性便会在对方生殖蜕壳前用第一对步足插入雌性螯足与第一步足间的空隙,控制住对方
回击 Bat	♂	一旦出现在雌性之上,雄性面对雌性反抗可用螯足抵制并最终让其屈服
放弃 Let go/Drop	♂	一旦出现在雌性之上,雄性面对雌性反抗一般会短暂释放对方;随后,再次控制或彻底放弃对方
交配抱对 Copulatory embrace	♂	生殖蜕壳一旦启动,雄性便用螯足快速翻转对方,使两者腹甲相挨;同时,还会利用步足牢牢控制住对方
交配后守护 Post-copulatory embrace	♂	交配一旦结束,雄性便迅速翻转对方并用第一对步足插入雌性螯足与第一步足间的空隙,继续控制对方
尾随/追逐 Follow/Chase	♂	雄性利用步足以爬的方式缓慢跟随对方称“尾随”;以游的方式快速跟进称“追逐”
威胁 Threat	♀♂	个体一旦认为对方有侵犯意图,便会举起螯足,向两侧挥舞,并不时张开指节,以恫吓对方
离开 Move away	♀	雌性朝对方相反方向走开,并向对方展示“威胁”等动作
逃跑 Flee	♀	雌性朝对方相反方向快速游走,伴有“威胁”“尾随”及“追逐”等动作
阻止/推 Block/Push	♀♂	个体用伸展的螯足去抵挡对方称“阻止”;若对方有所反应,个体还会用螯足主动挪动对方称“推”
戳/刺 Poke/Stab	♀♂	个体用一只螯足去猛触对方称“戳”,用一对则称“刺”

**2.1 雌性三疣梭子蟹生殖蜕壳前的外部特征和蜕壳过程** 生殖蜕壳前, 雌性腹甲近等边三角形, 呈白色(蜕壳间期 C, 图 1a); 等到生殖蜕壳前不到 2 周, 三疣梭子蟹便陆续进入蜕壳前期 D: 腹甲各节出现不同程度的蓝黑色, 周边开始泛红(蜕壳前期  $D_1 \sim D_2$ , 图 1b); 距蜕壳前 3 ~ 5 天, 腹甲基本被蓝黑色所覆盖, 周边

呈浅红色(蜕壳前期  $D_3 \sim D_4$ , 图 1c)。另外, 随着生殖蜕壳的临近, 雌性游泳足掌节在临近指节的外侧边缘(蜕壳间期 C 呈白色, 图 1d)出现血丝(蜕壳前期  $D_1 \sim D_2$ , 图 1e), 并最终汇聚成一轮清晰的红色月牙状(蜕壳前期  $D_3 \sim D_4$ , 图 1f)。

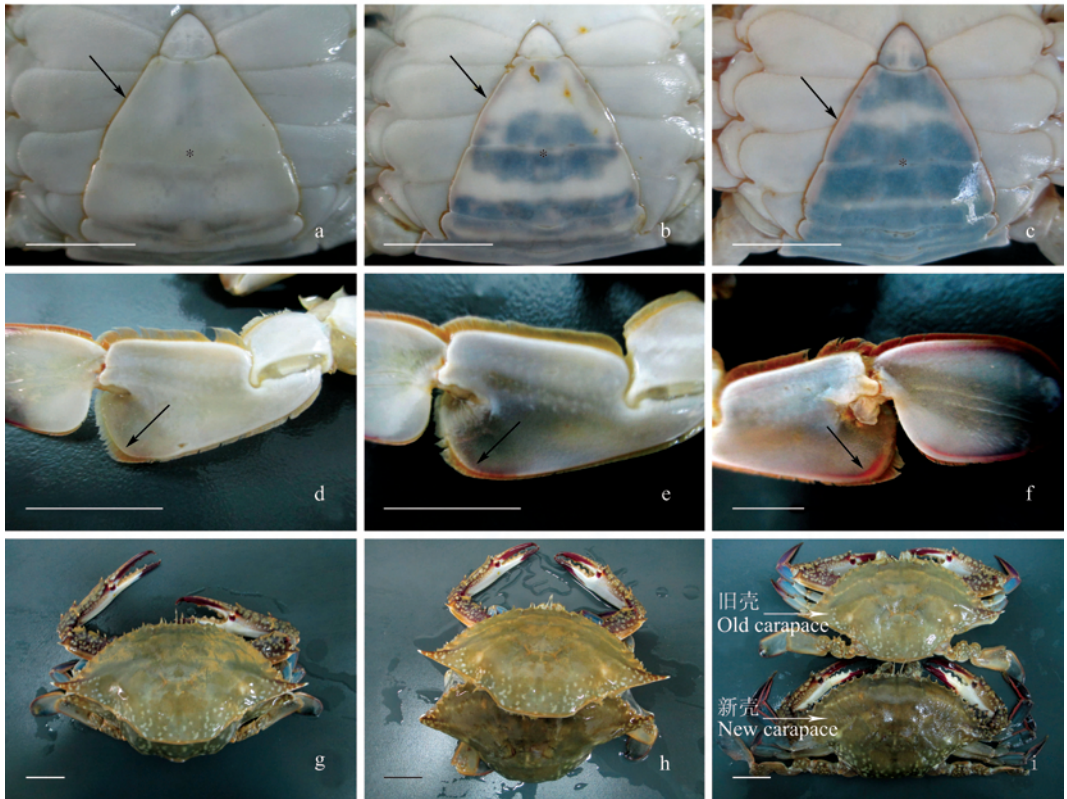


图 1 三疣梭子蟹生殖蜕壳前的外部特征和蜕壳过程

Fig. 1 External characteristics and reproductive molting of the pre-pubertal female

*Portunus trituberculatus*

a. 处于蜕壳间期 C 白色腹甲 (\*), 周边白色(↘); b. 处于蜕壳前期  $D_1 \sim D_2$  蓝黑色腹甲 (\*), 周边泛红(↘); c. 处于蜕壳前期  $D_3 \sim D_4$  蓝黑色腹甲 (\*), 周边红色(↘); d. 处于蜕壳间期 C 游泳足, 掌节边缘白色(↘); e. 处于蜕壳前期  $D_1 \sim D_2$  游泳足, 掌节边缘出现血丝(↘); f. 处于蜕壳前期  $D_3 \sim D_4$  的游泳足, 掌节边缘红色(↘); g. 蜕壳刚开始; h. 蜕壳进行中; i. 蜕下来的旧壳和刚完成蜕壳的软壳蟹。标尺 = 2 cm。

a. Intermolt female (molt stage C), showing while abdomen (\*) and perimeter (↘); b. Early molt stage female  $D_1 - D_2$ , showing blue black abdomen (\*) and the faint red perimeter (↘); c. Late molt stage female  $D_3 - D_4$ , showing blue black abdomen (\*) and the red perimeter (↘); d. Intermolt female (molt stage C), showing while second-to-last segment of the swimming appendage (↘); e. Early molt stage female  $D_1 - D_2$ , showing faint reddish second-to-last segment of the swimming appendage (↘); f. Late molt stage female  $D_3 - D_4$ , showing red crescent second-to-last segment of the swimming appendage (↘); g. Early ecdysis; h. Ecdysis; i. Old carapace and soft crab of early postmolt. Bar = 2 cm.



生殖蜕壳开始后,雌性腹部鼓胀,旧壳与新壳开始分离(图 1g),头胸甲腹面的蜕皮缝和螯足长节背面的蜕皮缝同时裂开。随后,背部旧壳隆起,旧壳与新壳分离(图 1h),头胸部率先蜕出,步足及腹部相继蜕出,螯足最后(图 1i)。生殖蜕壳一旦启动,整个过程不超过 30 min;蜕壳后,雌性头胸甲宽增长约 26%,为 $(157.3 \pm 6.2) \text{ mm}$  ( $n=6$ );腹甲从三角形变成了半圆形(图 2e),为接下来的受精产卵活动做好准备。

**2.2 三疣梭子蟹的蜕壳交配行为** 三疣梭子蟹的蜕壳交配过程起始于雌性生殖蜕壳前雄性的一种求偶姿态(courtship stance, 图 2a):雄性整个身体由 3 对步足指端触地抬起,螯足向两侧伸展,游泳足则超过头胸甲不时旋摆作圆周运动。借助这种姿态,雄性开始搜寻雌性配偶。当雄性确定可接受雌性的方位后,便会主动以爬或游的方式接近对方。在雌性面前,雄性通常表现十分兴奋,加速旋摆游泳足并上下摆动身体,有时还会用螯足试探性接触对方。

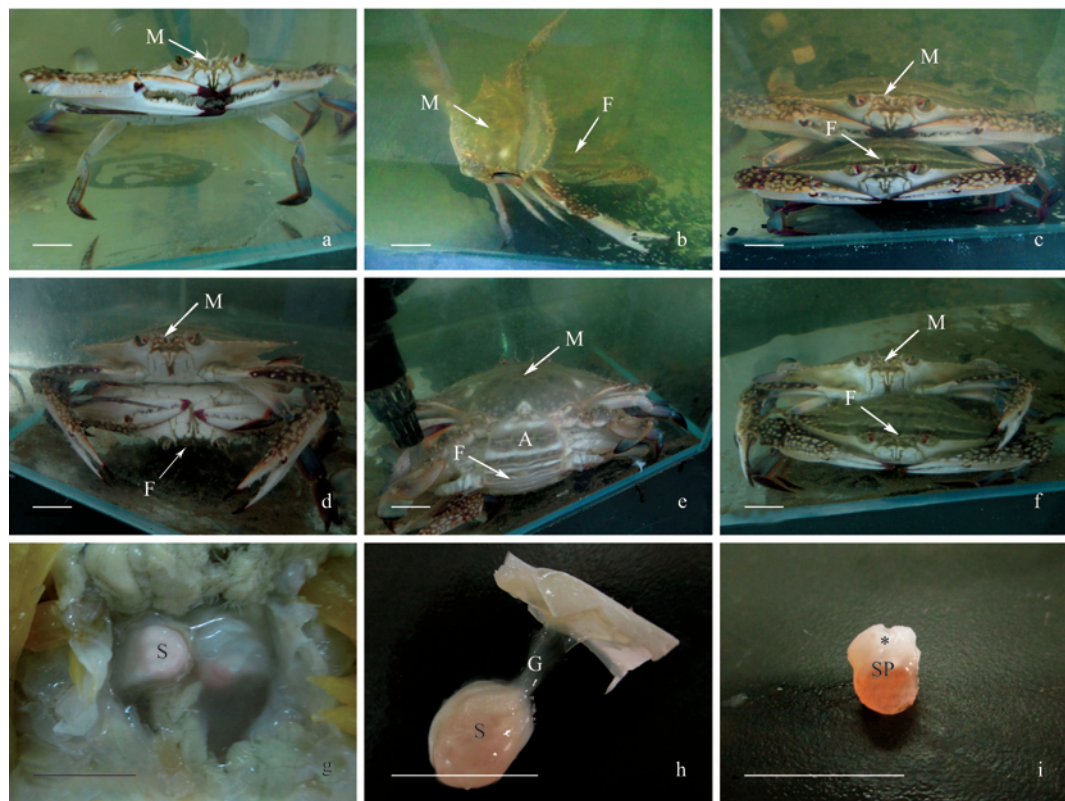


图 2 三疣梭子蟹的交配行为和生成的精子塞

Fig. 2 Showing mating behaviors and formed sperm plug of *Portunus trituberculatus*

a. 雄性的求偶姿态; b. 雄性搜寻配偶; c. 生殖蜕壳前的求偶抱对; d. 生殖蜕壳后的交配抱对(前侧); e. 生殖蜕壳后的交配抱对(后侧); f. 交配后的守护抱对; g. 交配后的雌性个体,示橘红色纳精囊; h. 示完整纳精囊,含硬质精子塞; i. 示橘红色精子塞,含乳白色精荚(\*). 标尺=2 cm。

a. Male courtship stance; b. Male searching partner; c. Pre-copulatory embrace; d. Copulation (anterior); e. Copulation (posterior); f. Post-copulatory embrace; g. Showing the reddish spermathecae after mating; h. Showing entire spermatheca containing one hard sperm plug; i. Showing the reddish sperm plug attached ivory spermatophores (\*). Bar = 2 cm.

M. 雄性; F. 雌性; A. 腹部; S. 纳精囊; G. 生殖孔; SP. 精子塞

M. Male; F. Female; A. Abdomen; S. Spermatheca; G. Gonopore; SP. Sperm plug

待时机成熟, 雄性便游到雌性上方(图 2b); 相应地, 雌性此时也会举起张开指节的螯足, 并不时向两侧挥舞, 摆出一种迎战姿态恐吓对方。不过, 雄性更会利用自身强健的螯足给予回击, 把雌性强行控制在其腹甲下方; 同时借助第二对步足维持这种状态, 最终完成生殖蜕壳前的求偶抱对。三疣梭子蟹的这种抱对活动一般可持续 4 ~ 6 d (图 2c), 而雄性的螯足此时可用来抵御各种可能出现的情况, 包括其他竞争者。进一步观察发现, 三疣梭子蟹这种交配前的抱对行为并不是每次都成功的, 它与雌性生殖蜕壳前所处的蜕壳阶段有关: 处于生殖蜕壳早期 ( $D_1 \sim D_2$ ) 的雌性个体, 当雄性接近时, 一般会极力地逃避或直接用螯足威胁甚至展示刺戳等动作攻击对方, 以此反抗雄体的强行抱对; 而处于生殖蜕壳较晚期 ( $D_3 \sim D_4$ ) 的雌性, 通常不会拒绝对方的追求, 甚至会主动配合促使抱对守护行为的快速形成(图 2c)。

生殖蜕壳开始后, 雄性一般会放松对雌性的抱对强度, 有时还会利用螯足或身体的其他部位来协助雌性蜕去旧壳。不过, 生殖蜕壳一旦完成, 雄性便立刻把雌性翻转过来, 确保两者腹部紧密相挨并面向同一方向(图 2d)。接着, 雌雄个体会主动地降低腹部, 以便让雄性的第一附肢顺利地插入雌性生殖孔(图 2e)。这样, 两性间的交配活动正式开启, 交配时间可达 5 ~ 8 h。交配后, 雄性又会快速翻转雌性背部并将其按在下方, 开始交配后的抱对守护行为(图 2f), 这个过程又可持续 3 ~ 5 d。此外, 解剖交配后仍处于软壳阶段的雌性生殖道, 发现其两侧纳精囊内分别出现一个硬质橘红色精子塞(图 2g, h), 且一端充满乳白色的精荚(图 2i)。

### 3 讨论

**3.1 三疣梭子蟹的生殖蜕壳** 随着交配季节的临近, 雌性三疣梭子蟹与同科美洲蓝蟹 (*Callinectes sapidus*) 一样 (Jivoff et al. 2007), 生殖蜕壳前在甲壳外部出现诸如蓝黑色腹甲等显著的体表特征。这些特征未见于沈洁等

(2011) 报道的三疣梭子蟹生长蜕壳周期, 而是集中出现在生殖蜕壳的前期, 表明其除了展现个体即将发育成熟, 还可能具有吸引雄性以协同完成生殖蜕壳前后交配活动的作用。鉴于短尾派蟹类确实存在区分不同颜色的视觉能力 (Bursey 1984), 所以雌性三疣梭子蟹的这些体征可能是除信息素 (Gleeson 1980, Bushmann 1999, Kamio 2009) 外, 另一类提供给雄性以开启蜕壳交配过程的视觉信号。这样, 当雄性利用生殖蜕壳前雌性分泌的信息素, 经长距离迁徙大概确定雌性的方位后, 便可进一步借助这些显著的视觉信号来准确掌握生殖蜕壳前最佳的求偶抱对时机。三疣梭子蟹综合这些信息, 一方面可以避免由于雄性过早抱对而导致雌性体能的过分消耗, 因为不抱对可以增加雌体的摄食机会和能量存储, 从而提高生殖蜕壳的成功率 (Donaldson et al. 1989, Jormalainen 1998); 另一方面可以进一步确保整个蜕壳交配过程的有序进行, 避免因交配时间有限而错过最佳的交配机会, 虽然三疣梭子蟹一个生殖季节可多次产卵 (Hamasaki et al. 2006, Wu et al. 2010), 但仅有一次交配机会 (孙颖民等 1984)。此外, 和正常的生长蜕壳相比 (沈洁等 2011), 雌性三疣梭子蟹的整个生殖蜕壳过程并没有出现特别的差异, 也是头胸部率先蜕出, 步足及腹部相继蜕出, 螯足最后, 唯一区别是后者蜕壳后腹甲由原来的三角形变成了半圆形。

**3.2 三疣梭子蟹的交配行为** 三疣梭子蟹与梭子蟹科的其他成员一样 (Hartnoll 1969, Jivoff et al. 2007), 雌性在完成生殖蜕壳后便进行软壳交配, 这是一个连续的过程, 起始于两性间的求偶抱对行为。当雌性梭子蟹进入生殖蜕壳前期, 雄性便摆出一种求偶姿态, 开始搜寻和追逐雌性; 雌性则会根据自身所处的蜕壳阶段, 拒绝或接受雄性的追求。三疣梭子蟹的这些求偶行为可能与许多其他甲壳动物存在共性 (Christy 1987, Claxton et al. 1994)。不过, 有一种行为可能仅见于梭子蟹科物种 (Jivoff et al. 2007), 即在雌性面前, 雄性不停地旋摆游

泳足,且随着距离接近,旋摆频率不断增加。这种旋摆曾被视为雄性在雌性面前的一种炫耀(Teytaud 1971),此时雄性游泳足结合摆动的螯足和身体,会引起小股水流,而水流便可携带其自身释放的某类雄信息素(Gleeson 1991, Bushmann 1999)吸引雌性,但该行为是否在三疣梭子蟹的整个求偶抱对过程起作用,目前尚未有定论,有待进一步研究。

三疣梭子蟹与其他行软壳交配的短尾派蟹类一样(Hartnoll 1969),进行实质性蜕壳交配的时间仅为5~8 h,这相对于其生殖蜕壳前长达4~6 d的求偶抱对及交配后3~5 d的抱对守护,显得十分简短。然而,目前尚不清楚是什么原因导致这些物种的交配活动仅局限于蜕壳后的软壳阶段,但这无疑令它们交配前后漫长的抱对行为显得更有意义。一般蟹类在进行蜕壳活动前会找比较隐蔽的地方躲藏起来,以防止在其蜕壳及蜕壳后相当长的时间内遭到同类或其他捕食者的威胁(Jivoff et al. 2007)。然而,雌性三疣梭子蟹进行生殖蜕壳前却背离了这种方式,因为一旦采用这种策略,极有可能在有限的时间内因找不到对象而错过最佳的交配时机,关于此本文已在3.1节提及,故这种方式是不可能被接受的。根据生殖理论,雌雄双方交配的最终目的均是为了自身的遗传信息得以延续,自身后代的利益得以最大化(Andersson 1994, Andersson et al. 1996),这便可以理解三疣梭子蟹采用了抱对这种折中的生殖策略:一方面,雌性通过抱对可以尽可能保证随后进行的生殖蜕壳及软壳交配活动能在有限的时间内安全有序地完成;另一方面,雄性为了保护雌性已在整个蜕壳交配过程中消耗了大量的时间和精力,作为补偿,它可以利用交配过程中在雌性纳精囊内形成精子塞,封闭生殖道,减少甚至避免雌性与其他雄性再次交配的机会,保证父权(宣富君等 2009)。

## 参 考 文 献

Andersson M. 1994. Sexual Selection. Princeton: Princeton University Press.

- Andersson M, Iwasa Y. 1996. Sexual selection. Trends in Ecology and Evolution, 11(2): 53–58.
- Bursey C R. 1984. Color recognition by the Blue crab, *Callinectes sapidus* Rathbun (Decapoda, Brachyura). Crustaceana, 47(3): 278–284.
- Bushmann P J. 1999. Concurrent signals and behavioral plasticity in blue crab (*Callinectes sapidus* Rathbun) courtship. Biological Bulletin, 197(1): 63–71.
- Christy J H. 1987. Competitive mating, mate choice and mating associations of brachyuran crabs. Bulletin of Marine Science, 41(2): 177–191.
- Claxton W T, Govind C K, Elner R W. 1994. Chela function, morphometric maturity, and the mating embrace in male snow crab, *Chionoecet esopilio*. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 51(5): 1110–1118.
- Donaldson W E, Adams A A. 1989. Ethogram of behavior with emphasis on mating for the Tanner crab, *Chionoecet eshairdi* Rathbun. Journal of Crustacean Biology, 9(1): 37–53.
- FAO. 2006. FAO fisheries global information system. [EB/OL] [2013-11-02]. [http://en.wikipedia.org/wiki/Portunus\\_trituberculatus](http://en.wikipedia.org/wiki/Portunus_trituberculatus).
- Gleeson R A. 1980. Pheromone communication in the reproductive behavior of the Blue crab, *Callinectes sapidus*. Marine Behaviour and Physiology, 7(2): 119–134.
- Gleeson R A. 1991. Intrinsic factors mediating pheromone communication in the blue crab, *Callinectes sapidus* // Bauer R T, Martin J W. Crustacean Sexual Biology. New York: Columbia University Press, 17–32.
- Hamasaki K, Fukunaga K, Kitada S. 2006. Batch fecundity of the swimming crab *Portunus trituberculatus* (Brachyura: Portunidae). Aquaculture, 253(1/4): 359–365.
- Hartnoll R G. 1969. Mating in the Brachyura. Crustaceana, 16(2): 161–181.
- Hartnoll R G. 1974. Variation in growth pattern between some secondary characters in crabs (Decapoda Brachyura). Crustaceana, 27(2): 131–136.
- Jivoff P, Hines A H, Quackenbush S. 2007. Reproduction Biology and Embryonic Development// Kennedy V S, Cronin L E. The Blue Crab, *Callinectes sapidus*. Maryland Seagrant: College Park MD, 255–298.
- Jormalainen V. 1998. Precopulatory mate guarding in crustaceans: male competitive strategy and intersexual conflict. Quarterly Review of Biology, 73(3): 275–304.
- Kamio M. 2009. Toward identifying sex pheromones in blue crabs: using biomarker targeting within the context of evolutionary chemical ecology. Annals of the New York Academy of Sciences, 1170(7): 456–461.

- McLay C L, Greco L L. 2011. A hypothesis about the origin of sperm storage in the Eubrachyura, the effects of seminal receptacle structure on mating strategies and the evolution of crab diversity: how did a race to be first become a race to be last? *Zoologischer Anzeiger*, 250(4): 378–406.
- Teytaud A R. 1971. The laboratory studies of sex recognition in the blue crab *Callinectes sapidus* Rathbun // Sea Grant Technical Bulletin No. 15. Miami: University of Miami Sea Grant, 1–63.
- Wu X G, Cheng Y X, Zeng C S, et al. 2010. Reproductive performance and offspring quality between the first and the second brood of the female swimming crab, *Portunus trituberculatus*. *Aquaculture*, 303(1/4): 94–100.
- 沈洁, 朱冬发, 胡则辉, 等. 2011. 三疣梭子蟹蜕皮周期的分期. *水产学报*, 35(10): 1481–1487.
- 孙颖民, 高振亮, 刘晓尧, 等. 1982. 三疣梭子蟹池养生物学的初步观察. *海洋科学*, (4): 40–43.
- 孙颖民, 宋志乐, 严瑞深, 等. 1984. 三疣梭子蟹生长的初步研究. *生态学报*, 4(1): 57–64.
- 薛俊增, 堵南山, 赖伟, 等. 1997. 中国三疣梭子蟹的研究. *东海海洋*, 15(4): 60–64.
- 宜富君, 管卫兵, 戴小杰, 等. 2009. 东海三疣梭子蟹纳精囊形态结构与内含物的变化. *动物学杂志*, 44(2): 1–11.

DOI: 10.13859/j. cjz. 201404027

## 湖南壶瓶山发现白喉针尾雨燕和乌嘴柳莺

### *Hirundapus caudacutus* and *Phylloscopus magnirostris* Discovered in Hupingshan, Hunan

2013年9月13日, 在湖南壶瓶山国家级自然保护区(以下简称壶瓶山保护区)壶瓶山主峰(30°06′53.2″N, 110°47′14.7″E, 海拔2099 m), 观察到2只白喉针尾雨燕(*Hirundapus caudacutus*)。2013年9月23日、24日, 先后在顶坪瞭望塔上(30°02′57.6″N, 110°31′22.6″E, 海拔1832 m)、神景洞碑垭(30°03′34.9″N, 110°31′22.6″E, 海拔1711 m)共观察到8只白喉针尾雨燕。

白喉针尾雨燕在中国主要分布于黑龙江、吉林、辽宁、内蒙古、河北、青海、西藏、四川、贵州、云南以及台湾(赵正阶 1995, 约翰·马敬能等 2000, 郑光美 2011), 在山东胶东丘陵区和河南鸡公山曾有过发现和报道(纪加义等 1985, 梁子安等 1999)。本记录为湖南省首次记录, 其居留性有待于进一步研究。

2012年5月至2013年4月, 作者在壶瓶山保护区小溪(30°02′02.3″N, 110°31′58.2″E, 海拔1534 m)和壶瓶山哨所(30°06′53.2″N, 110°47′14.7″E, 海拔1568 m)等多地的阔叶林、灌丛和混交林中听到并录制到乌嘴柳莺(*Phylloscopus magnirostris*)鸣叫声, 同时确定其有一定种群数量。2013年5月30日, 在顶坪一农户家屋后观察到2只乌嘴柳莺从房屋后墙木质窗口的挡风塑料膜破损洞口飞出, 初步确定有该鸟营造的巢; 9月下旬, 确定该鸟已迁走后, 查看此窗口角落确有乌嘴柳莺繁殖巢, 呈球形, 由草茎、竹叶、蕨类和地衣构成。

乌嘴柳莺在中国主要分布于青海、甘肃、四川、云南、西藏、湖北等地(约翰·马敬能等 2000, 赵正阶 2001, 郑作新等 2010, 郑光美 2011, 邓学建等 2013)。本记录为湖南省首次记录。

康祖杰<sup>①</sup> 杨道德<sup>②\*</sup> 刘美斯<sup>①</sup> 邓学建<sup>③</sup>

① 湖南壶瓶山国家级自然保护区管理局 石门 415319; ② 中南林业科技大学野生动植物保护研究所 长沙 410004; ③ 湖南师范大学生命科学学院 长沙 410081

基金项目 环境保护部南京环境科学研究所生物多样性示范监测(鸟类)委托项目;

\* 通讯作者, E-mail: csfuyydd@126.com;

第一作者介绍 康祖杰, 男, 高级工程师; 研究方向: 野生动植物保护与自然保护区管理; E-mail: hpskj@126.com。

收稿日期: 2014-04-14, 修回日期: 2014-05-29