

# 鹰爪虾与中国对虾雌虾纳精囊的形态结构

吴长功 周令华 相建海 刘瑞玉

(中国科学院海洋研究所, 青岛 266071)

**摘 要** 使用激光扫描共聚焦显微镜对鹰爪虾与中国对虾雌虾纳精囊的形态结构进行研究。结果表明, 鹰爪虾与中国对虾都具有封闭式纳精囊。鹰爪虾纳精囊表面被前后两片甲壳板所覆盖, 两板中间为一开口, 交配后被胶体物质所堵塞。纳精囊中部为单一的囊腔, 囊腔向后部两侧延伸形成两个袋状的囊, 为贮存精子囊的部位。中国对虾纳精囊内为单一的囊腔, 外面覆盖有两片半圆型、左右对称的甲壳质薄片。囊腔内部由前向后伸出三个锥状的甲壳质突起, 交配的雌虾, 锥状突起镶嵌于精荚内, 有固定精荚的作用。

**关键词** 鹰爪虾, 中国对虾, 纳精囊, 形态结构

对虾的纳精囊是对虾雌虾贮存精子的器官, 不同种类的对虾其纳精囊的形态结构不同。对虾纳精囊的形态结构常常作为对虾分类的依据之一, 并在对虾的系统进化分类上具有重要意义。有关对虾类纳精囊形态特征的研究, 前人已有一些报道[ Tuma 1967, Tirmizi 1968, George 和 Rao 1968, Tirmizi 和 Saved 1976, Hassen 1981, Bauer 1986, Bauer 和 Lin 1993], 这些研究主要是纳精囊的外部形态特征及在分类上的形态描述。对于封闭式纳精囊内部结构的研究报道较少。尹左芬等[ 1986] 对中国对虾外生殖器官的发育与分化中的纳精囊的形成及形态的变化进行了研究, 其内部结构特征未见报道。对于鹰爪虾属(*Trachypenaeus*)纳精囊的研究, 目前的报道也不多。Bauer 和 Lin[ 1993] 对近缘鹰爪虾(*Trachypenaeus similis*)精荚在雌虾纳精囊内的贮存以及纳精囊的形态结构进行了报道。Perez Ferfante[ 1971] 对鹰爪虾纳精囊的形态结构进行了简单的描述。刘瑞玉和钟振如[ 1982] 对鹰爪虾外生殖器的表面形态特征进行描述, 而对鹰爪虾纳精囊内部结构及精子的贮存特征则未见报道。

中国对虾与鹰爪虾分别是我国海水养殖和海洋捕捞中非常重要的两种对虾, 对其生殖生物学的研究意义重大, 但目前这方面的研究却很不够。本文利用冷冻切片技术及激光扫描共聚焦显微镜对鹰爪虾及中国对虾雌虾纳精囊的形态结构进行研究, 并讨论了雌虾纳精囊结构特征与雌雄虾交配及精子贮存的关系。

## 1 材料和方法

### 1.1 材料

雌性中国对虾(*Penaeus chinensis*)为中国科学院海洋研究所实验海洋生物学开放实验室虾

国家自然科学基金资助项目(鹰爪虾生殖发育生物学及人工养殖可行性的研究), 39670579号及国家攀登计划 B 资助项目(对虾繁殖的内分泌调控及生理功能和性控机理研究), PDB6-2 号。

收稿日期: 1998-09-03

贝组人工养殖的成虾及春季海捕虾。性成熟的鹰爪虾 (*Trachypenaeus curvirostris*) 购自青岛海滨渔船, 活体运回中国科学院海洋研究所水族楼暂养。解剖两种对虾未交配和已交配雌虾的纳精囊备用。

## 1.2 冷冻切片及共聚焦显微镜观察

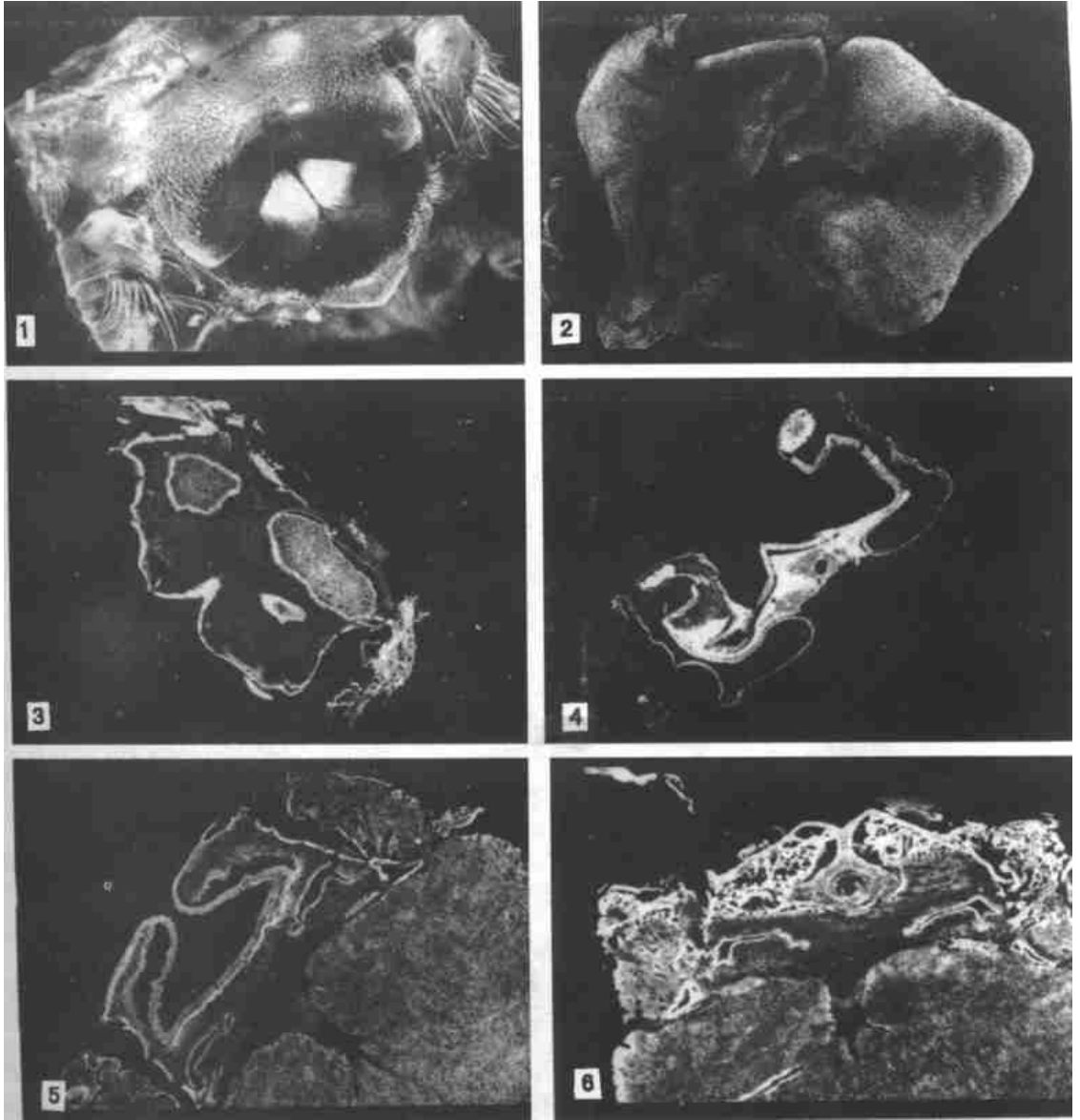
解剖取出成熟的未交配和已交配的雌虾纳精囊, 新鲜样品直接用 MICROM 冷冻剂包埋,  $-28^{\circ}\text{C}$  冷冻后, 用 MICROM-HM505E 冷冻切片进行切片, 厚度  $10\sim 20\mu\text{m}$ , 贴片到载玻片上, 以 10% 福尔马林固定 10 分钟, 用 pH 7.2 的磷酸缓冲液冲洗, 稍凉干, 以  $20\mu\text{g/mL}$  Acridine orange (AO) 进行荧光染色, 室温 20 min 以上, 然后用 pH 7.2 的磷酸缓冲液冲洗掉多余的染料。488nm Kr/Ar 离子激光激发, 发射波长 522nm, 对切片进行激光扫描, 得到完整图象。不经切片的鹰爪虾纳精囊直接进行共聚焦扫描, 染色及扫描条件同上, 观察纳精囊的表面形态。不经切片的中国对虾纳精囊解剖出其内部锥形突起, 进行共聚焦扫描, 染色及扫描条件同上。中国对虾纳精囊的冷冻切片经 H.E 染色后, 用 Zeiss 显微镜进行观察、照相。

## 2 结果

鹰爪虾纳精囊为封闭式纳精囊, 表面为两个特化的甲壳板覆盖, 前板近菱形, 因前板后部被后板所覆盖, 外观呈三角形, 中央具一纵沟, 为前板中央凹陷而形成。后板后缘较直, 前缘呈弧型, 前缘左右两侧向前突起呈锥状, 中间略凹陷, 后板前缘覆盖在前板的后部(图版 I-1, 2)。

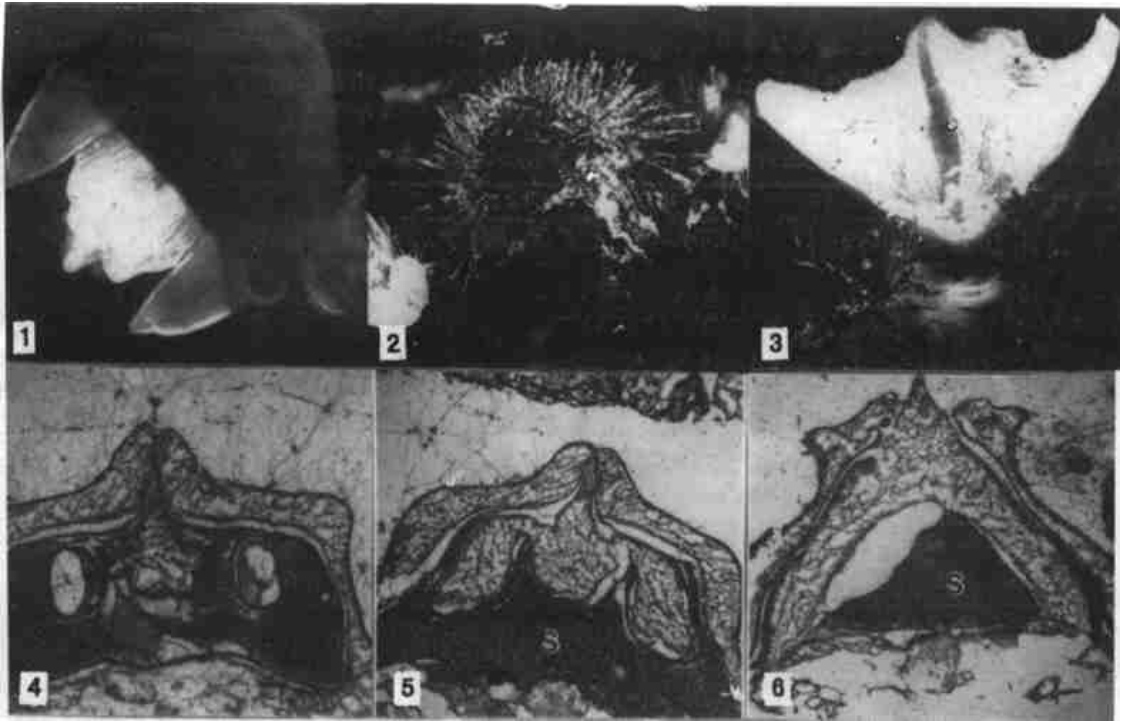
鹰爪虾纳精囊纵切面显示, 纳精囊中部为较大的腔, 未交配的雌虾纳精囊腔是空的(图版 I-5), 交配的雌虾纳精囊囊腔内充满胶体物质, 并堵塞雌交接器向外的开口(图版 I-4)。囊腔向前延伸逐渐变成管状(图版 I-6), 卵子产出时, 精子经由此管及前部的开口与卵子结合, 开口的位置接近第四步足基部。纳精囊腔后部为贮存精子的部位, 向后侧方呈管状延伸, 末端膨大, 形成两个袋状囊, 大小常不同, 两个囊向后延伸可达第一腹节腹部前缘, 囊内充满精子囊(图版 I-3)。

中国对虾的纳精囊也为封闭式纳精囊, 囊外为左右两个半圆形的甲壳质骨片所覆盖, 因此雌性交接器外观成圆形, 中央为一纵向直的开口, 开口处甲壳质的骨片变厚, 并略为向上突起。中国对虾纳精囊内部为单一的腔, 腔内部前端向后伸出三个锥形突起, 呈叉状由前向后直立于纳精囊内, 交配前的雌虾纳精囊内的叉状突起, 紧靠在一起。交配后的雌虾, 可见三个突起基本平行向后伸出, 镶嵌于贮存的精荚中(图版 II-1)。雌性交接器前端甲壳板略突起, 周围有一圈刚毛(图版 II-2)。纳精囊内叉状突起与为第四步足特化向囊腔内突起形成, 基部为薄片状三角形甲壳质片, 中间略凹呈沟状(图版 II-3)。囊腔内中间一个突起由后向前逐渐变得宽大, 并向上突起, 堵塞于雌性交接器纵向开口的前端, 两侧两个突起插入囊腔内的精荚中(图版 II-4, 5)。纳精囊腔由后向前逐渐变窄, 呈三角形(图版 II-6)。整个纳精囊为甲壳质的体壁内陷特化而形成, 无明显的细胞结构, 未发现纳精囊与雌虾体内有通道相连, 精子在纳精囊贮存长达半年之久, 其生命力的维持及代谢的生理生化特征, 至今仍是一个谜。



图版 I Plate I

1. 鹰爪虾纳精囊表面形态特征,  $\times 20$ ; 2. 鹰爪虾纳精囊表面前后两甲壳板的解剖形态  $\times 25$ ; 3. 交配雌虾纳精囊后部的纵切面, 示两个大小不同的囊腔, 内储存精子囊,  $\times 25$ ; 4. 交配雌虾纳精囊腔内充满胶体物质, 囊腔向侧腹部延伸, 末端膨大,  $\times 25$ ; 5. 未交配雌虾纳精囊腔, 腔内充满未吸收胶体物质,  $\times 25$ ; 6. 纳精囊向前延伸, 形成较细的管,  $\times 25$ .



图版 II Plate II

1. 中国对虾纳精囊内的锥状突起,  $\times 20$ ; 2. 雌虾纳精囊前端一圈刚毛; 3. 雌虾纳精囊内突起基部甲壳质薄片, 中间有一凹沟,  $\times 25$ ; 4. 5. 6. 雌虾纳精囊的纵切面,  $\times 25$ . 图4示三个锥状突起的前端镶嵌于精荚内, 图5示中间的突起基部膨大, 图6示纳精囊向前变小并呈三角形。

### 3 讨论

在所有的切片中发现鹰爪虾贮存精子的两个袋状囊大小不同, 贮存的精子多少也不同。由于取样时间的关系, 有的鹰爪虾已产卵多日, 单独饲养的雌鹰爪虾可以多次产卵并受精, 因而可以推断, 鹰爪虾可能是一次或多次交配, 多次产卵, 且精子排出时, 不是从两个袋状囊内一起排出, 或者排出的量不一样多, 因而多次产卵以后可见袋状囊一大一小, 另外可能是鹰爪虾在交配时精子在两个囊内的数量不同, 这种现象在锐脊单肢虾中也存在。Bauer[1992]用摄影仪详细研究了锐脊单肢虾多交配现象, 并对纳精囊的结构进行研究, 认为雌虾的纳精囊也是由左右两个囊组成, 雄虾必须对雌虾交配两次以上, 才可能使精子充满整个纳精囊, 同时也发现有的雌虾即使多次交配后, 纳精囊的一侧仍是空的。鹰爪虾纳精囊左右两个囊的大小不一也有可能是交配时放入两侧的囊内精子的量不同, 或是产卵时精子不是同时从两个囊内一起释放, 另外人工养殖环境对对虾交配有影响值得深入研究。

Bauer 和 Lin[1993]在对近缘鹰爪虾纳精囊结构功能的研究中将近缘鹰爪虾的纳精囊从功能上分为三个部分, 即纳精囊中部的开口, 交配时为胶体物质所充塞; 内部的囊腔为贮存精子的部位; 前端的开口为产卵时精子释放的出口。鹰爪虾纳精囊的内部结构与近缘鹰爪虾的纳精囊基本相似, 只是在近缘鹰爪虾未见报道其囊腔是一个还是两个。根据以前的报道鹰爪虾属对虾或为开放式纳精囊或为单一囊状的纳精囊[Dall 1957, Perez Ferfante, 1971], 鹰爪虾与本

属已报道的对虾都不同,可能具有种的特异性。有关纳精囊的结构与交配习性及其精子贮存和成熟的关系,以及不同形态的纳精囊在分类和进化中的作用,都有待作进一步的研究。

关于精子在纳精囊内的贮存,研究表明鹰爪虾的精子在纳精囊内是以精子囊的形式贮存的,精子不是直接贮存在纳精囊中。而中国对虾的精子则是直接贮存在纳精囊中,精荚破裂,精子释出,在纳精囊内可见胶质的精荚壁的残片,这与 Perez Ferfante[1975]报道的对虾属,美洲滨对虾亚属五种虾精子在雌虾纳精囊内的贮存是相似的。但美洲滨对虾亚属全为开放式纳精囊,与中国对虾的封闭式纳精囊是不同的,中国对虾的纳精囊可能是封闭式纳精囊中较为低等的类型,精子的贮存具有开放式纳精囊的特点,而鹰爪虾的纳精囊则为较为高等的类型,精子以精子囊的形式贮存,但鹰爪虾产卵时精子如何从精子囊内释放出来,其释放机理仍需进一步研究。

对虾纳精囊作为无生命力的甲壳质特化而来的专门贮存精子的器官,是对虾长期进化形成的结果,并且每一种对虾的纳精囊的形态结构特征都有各自的特异性,对于研究不同对虾种类之间的进化亲缘关系具有重要意义。Bauer [1986]在对十足类甲壳动物精子转移及纳精囊复杂性的系统发育趋势的研究中对不同类型纳精囊的甲壳类的进化程度进行了描述,他认为原始的枝鳃亚目(dendrobranchiata)对虾具有典型的开放式纳精囊,开放的或半封闭的雄性交接器,末端没有管道;在高等的种类雌虾具有封闭式纳精囊,雄虾具有半封闭式交接器,末端呈管状;在腹胚亚目(Pleocyemata)从低等到高等其交配器官具有逐渐复杂的趋势。对虾派的不同种类其外生殖器也有原始到高等的分化,开放式的纳精囊对虾应为较原始的种类,封闭式纳精囊的对虾应为对虾派中较高等的种类。但无论那种形式的纳精囊,精子在这种甲壳质的囊内的贮存过程中,在自然常温环境下,精子活力的保持及是否存在一个获能过程是一个很值得研究的问题。目前动物精子的保存只能通过冷冻保存的形式,虽然条件各异,但无论如何也不能将精子在常温环境下保存较长的时间,因此对雌性对虾贮存精子的器官纳精囊的形态结构特征进行研究,有可能弄清对虾精子在常温条件下的贮存并保持活力的特征及机理,以进一步解决精子常温能否保存的问题。

## 参 考 文 献

- 尹左芬,宋微波,马林等. 1986. 对虾(*Penaeus orientalis*)外生殖器的发育与分化. 海洋湖沼通报, 4: 57~61
- 刘瑞玉,钟振如. 1982. 南海对虾类. 北京: 农业出版社. 184~187
- Bauer R T. 1986. Phylogenetic trends in sperm transfer and storage complexity in decapod crustaceans. J Crust Biol, 6: 313~325
- Bauer R T. 1992. Repetitive copulation and variable success of insemination in the marine shrimp *Sicyonia dorsalis* (Decapoda: Penaeoidea). J Crust Biol, 12: 153~160
- Bauer R T, Lin J M. 1993. Spermatophores and plug substance of the marine shrimp *Trachypenaeus similis* (Crustacea: Decapoda: Penaeidae): formation in the male reproductive tract and disposition in the inseminated female. Biol Bull, 185: 174~185
- Dall W. 1957. A revision of the Australian species of Penaeinae (Crustacea Decapoda: Penaeidae). Aust J Mar Fresh Res, 8: 136~230
- George M J, Rao P V. 1968. Observations on development of the external genitalia in some Indian penaeid prawns. J Mar Biol Assoc India, 10: 52~70
- Hassan H U. 1981. The genital organs and their development in *Metapenaeus affinis* (Decapoda, Penaeidae) studied through rearing them in the laboratory. Hydrobiologia, 78: 49~58
- Perez Ferfante I. 1971. A key to the American pacific shrimps of the genus *Trachypenaeus* (Decapoda, Penaeidae), with the description of a new species. Fish Bull, 69: 635~646

- Perez Ferfante I. 1975. Spermatophores and thelyca of the American white shrimp, genus *Penaeus*, subgenus *Litopenaeus*. Fish Bull. 73: 463 ~ 486
- Timizi N M. 1968. On the structure and some development stages of genitalia in the prawn *parapenaeopsis stylifera* (H. Milne Edwards) (Decapoda, Penaeidae). Crustaceana. 15: 193 ~ 203
- Timizi N M, Saved W. 1976. Study of juveniles of *Metapenaeus stebbingi nobili* (Decapoda, Penaeidae) with particular reference to the structure and development of the genitalia. Crustaceana. 30: 55 ~ 67
- Tuma D J. 1967. A description of the development of primary and secondary sexual characters in the banana prawn, *Penaeus merguensis* (Crustacea, Decapoda, Penaeidae). Aust J Mar Fresh Res. 18: 73 ~ 88

## MORPHOLOGY AND STRUCTURE OF THELYCUM IN *TRACHYPENAEUS CURVIROSTRIS* AND *PENAEUS CHINENSIS*

WU Chang-Gong, ZHOU Ling-Hua, XIANG Jian-Hai, LIU Rui-Yu

(Institute of Oceanology, CAS, Qingdao 266071)

**ABSTRACT** The morphology and structure of thelycum and sperm storage in *Penaeus chinensis* and *Trachypenaeus curvirostris* were studied using laser scanning confocal microscope. They all have closed thelycum. The thelycum of *T. Curvirostris* is covered with fore-and-aft two carapace slices, between the slices in center aperture, which is usually stoppered by jelly substance after male. At the center of thelycum is one single cavity and there are two sack-like vesicle at rear end of thelycum in which sperm sacs are stored. The thelycum of *P. chinensis* has single cavity covered with two semi-round, right-left symmetry carapace slices. There are three tapers shaped prominences stick out from front into the cavity. In mated female Chinese shrimp, the prominences were mosaicked into spermatophore, which could firm the spermatophore.

**KEYWORDS** *Trachypenaeus curvirostris*, *Penaeus chinensis*, Thelycum, Morphology and structure