

# 中国对虾体表感觉毛结构和功能的研究

## I. 头胸部附肢上感觉毛的形态和分布\*

陈楠生<sup>1)</sup> 孙海宝

(中国科学院海洋研究所, 青岛 266071)

收稿日期 1991年9月17日

关键词 中国对虾: 体表感觉毛, 化学感觉, 机械感觉

**提要** 利用解剖镜和扫描电镜观察了中国对虾头胸部附肢上各种体表感觉毛的外部形态以及它们的分布模式。根据感觉毛的外部形态可将其分为嗅毛 (aesthetasc hair)、锥状刚毛 (cuspidate seta)、简单光滑刚毛 (simple seta)、鳞状刚毛 (squamous seta)、锯齿状刚毛 (serrate seta)、细齿状刚毛 (serrulate seta)、羽状刚毛 (plumose seta)、轮生羽状刚毛 (pappose seta)、CAP 器官 (CAP organs)、齿状刚毛 (tooth-shaped seta)、栓状毛 (peg sensilla) 等 11 种类型。本文还分析了体表感觉毛的形态和分布与功能之间的相互关系。

甲壳动物主要依靠体表感觉毛感受其生存环境中的各种信息, 从而表现出摄食、逃避捕食者, 交配、洄游等各种相关的行为反应<sup>[3]</sup>。有关甲壳动物体表感觉毛结构和功能的关系, 国外对某些甲壳动物有较系统的研究<sup>[4~12]</sup>, 但国内仅郑小衍<sup>2)</sup>对桡足类作过初步研究, 尚未公开发表。

中国对虾 (*Penaeus chinensis*) 是水产养殖的重要品种, 具有很高的经济价值。研究中国对虾体表感觉毛结构和功能的关系, 进而研究其化学感觉特性, 如对不同化学物质的摄食敏感性、觅偶、交配、洄游等具有很大的实际意义<sup>[1]</sup>, 同时, 也具有较大的理论意义<sup>3)</sup>。

本文是有关中国对虾体表感觉毛形态学研究的首次系统报道。

## I. 材料与方法

### 1.1. 标本的制备

实验用中国对虾为 18—22 cm 的海捕亲虾。活体上取下附肢, 包括第 1、2 触角, 大颚, 第 1、2 小颚, 第 1~3 颚足, 第 1~5 步足, 共 13 种, 分别浸泡于 70% 乙醇中固定保存。

### 1.2. 解剖镜观察

将标本用亚甲基蓝染色后, 用带绘图装置的 WILD/HEERBRUGG 双筒解剖镜观察, 并绘图。

\* 中国科学院海洋研究所调查研究报告第 2074 号。本研究得到了山东省自然科学基金和中国科学院海洋研究所所长研究基金的支持。电镜照片由王军同志拍摄。本文在第三届全国海洋湖沼研究生学术讨论会上宣读, 并获得本次学术讨论会优秀论文二等奖。

1) 陈楠生为本刊通讯员。

2) 郑小衍, 1984。海洋桡足类的摄食生态。厦门大学硕士毕业论文。

3) 陈楠生, 孙海宝。甲壳动物化学感觉研究进展(待发表)。

### 1.3. 扫描电镜观察

将附肢截成小段(约1cm),转入95%乙醇、再转入醋酸异戊酯,临界点干燥、喷金,然后用AMRAY 1000 B型扫描电镜观察并拍照。观察重点是:(1)单根感觉毛的形态特征;(2)感觉毛的组合方式。

## II. 结 果

### II.1. 体表感觉毛的种类

扫描电镜下中国对虾体表感觉毛的种类相当繁多(表1)。

表1 中国对虾头胸部附肢上的体表感觉毛

Tab. 1 Cuticular sensillae on the cephalothoracic appendages of *Penaeus chinensis*

| 感觉毛类型   | 大致分布                  | 主要功能     | 图 版                                          |
|---------|-----------------------|----------|----------------------------------------------|
| 嗅 毛     | 第1触角外鞭基部              | 化学感觉(嗅觉) | I: 1,3                                       |
| 锥状刚毛    | 第1,2小颚内肢              | 化学感觉(味觉) | II: 13,14,15,16                              |
| 简单光滑刚毛  | 第1,2触角;第1,2小颚         | 化学感觉(味觉) | I: 2,4; II: 10                               |
| 鳞状刚毛    | 步足指节(包括钳足掌节)          | 化学感觉(味觉) | III: 19,20,21,22,24                          |
| 锯状刚毛    | 第1步足掌节;<br>第2颚足掌节、腕节等 | 机械感觉;清洗  | III: 26,27                                   |
| 细齿状刚毛   |                       |          | I: 8; II: 11,12,17,18;<br>IV: 31,32,33,34,36 |
| 三排细齿状刚毛 | 第3颚足等                 | 双重感觉     | I: 5,7                                       |
| 四排细齿状刚毛 | 第2颚足指节、掌节             | 双重感觉     | IV: 28,29,30                                 |
| 多排细齿状刚毛 | 肢鳃,步足外肢等              | 机械感觉;清洗  | IV: 35                                       |
| 羽状刚毛    | 颚足外肢等                 | 机械感觉     | I: 9; III: 25                                |
| 轮生羽状刚毛  | 触角、大颚、颚足等             | 机械感觉     | III: 19,23                                   |
| CAP 器官  | 第3颚足;步足               | 机械感觉     | I: 6                                         |
| 齿状刚毛    | 钳足(第1~3步足)            | 化学感觉(味觉) |                                              |
| 栓状毛     | 分布广泛                  | 机械感觉     |                                              |

### II.2. 第1、2触角上的体表感觉毛

II.2.1. 第1触角 主要感觉毛类型为嗅毛,数量多,排列很有规律。嗅毛位于第1触角外鞭基部的膨大部分(图版I:1),每节上有2排嗅毛,共约100排,每排13~20根(图1b)。嗅毛外形基本上呈圆柱形,末端有孔(图版I:3)。体长18~22cm的个体,其嗅毛长约500 $\mu$ m,基部膨大部位直径约20 $\mu$ m。其他类型的感觉毛有轮生羽状刚毛、羽状刚毛和简单光滑刚毛(图1a),光滑刚毛另见图版I:2,4。中国对虾第1触角的主要功能是距离化学感觉(嗅觉),而起作用的主要刚毛为嗅毛。

II.2.2. 第2触角 感觉毛的类型较少,主要有羽状刚毛,另外还有轮生羽状刚毛和简单光滑刚毛(图1c,d)。触鞭上的羽状刚毛在每个节上有两根(图1e)。简单光滑刚毛沿长度方向排列成3排,这些感觉毛都较短,功能尚不清楚。第2触角的主要功能为机械感觉。

### II.3. 大颚和小颚上的体表感觉毛

大颚、小颚和颚足是构成口器的附肢,其感觉毛一般与接触化学感觉(即味觉)有关。

II.3.1. 大颚 主要感觉毛为轮生羽状毛,另外还有少数细齿状毛(图1e)。大颚为主要的咀嚼器官<sup>[2]</sup>,但着生许多轮生羽状毛的触须(mandibular palp),其功能尚不清楚。

II.3.2. 第1小颚 感觉毛的分布比较复杂(图1f)。主要特征是BE和CE上有几排粗壮

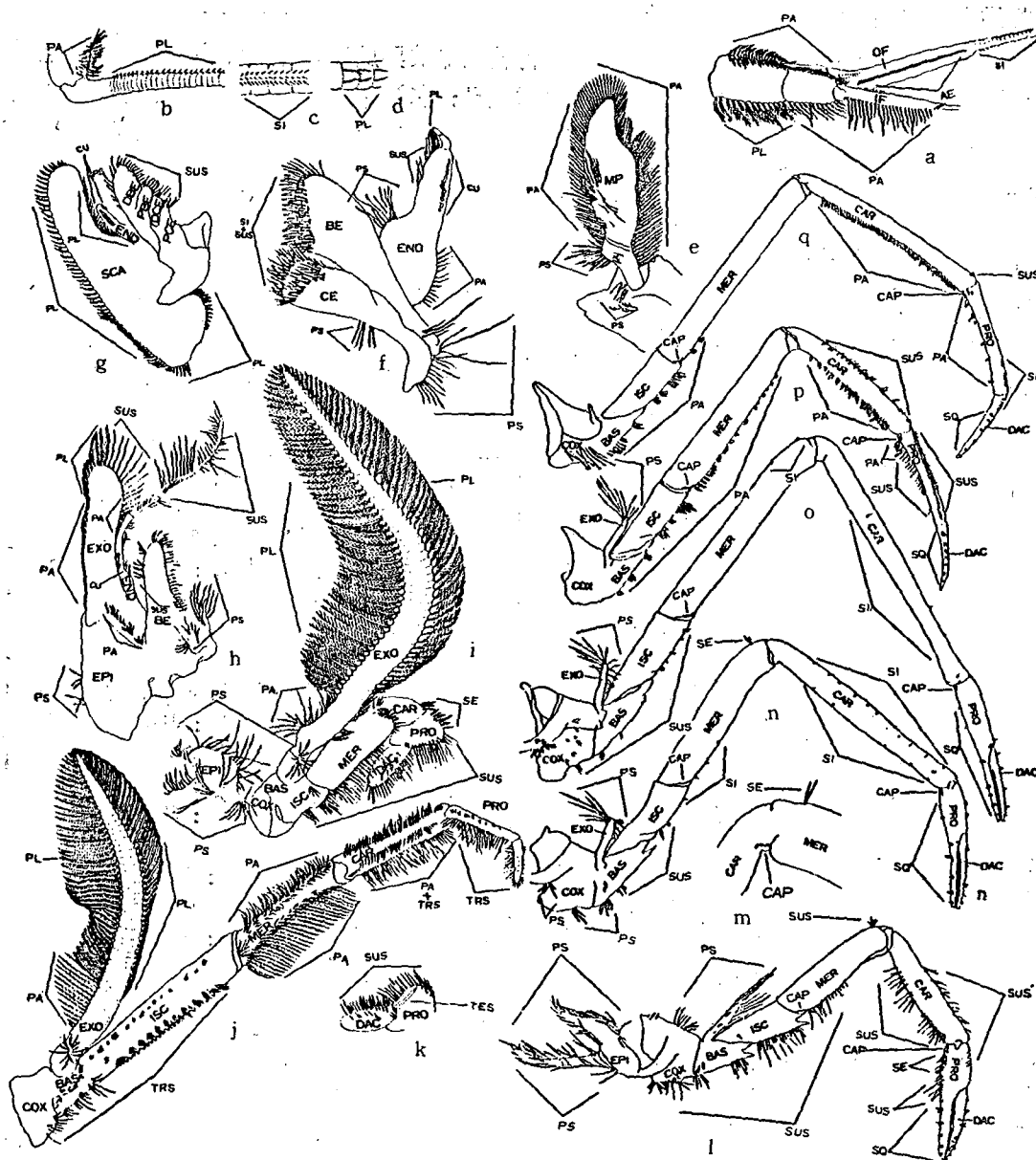


图 1. 中国对虾头胸部附肢上的体表感觉毛

Fig. 1 Cuticular sensillae on the cephalothoracic appendages of *Penaeus chinensis*

a. 第1触角; b~d. 第2触角; e. 大颚; f. 第1小颚; g. 第2小颚; h. 第1颚足; i. 第2颚足; j. 第3颚足; k. 第2颚足局部(图i中相应部位的背面); l. 第1步足; m. 第2步足局部(图n中相应部位的背面); n. 第2步足; o. 第3步足; p. 第4步足; q. 第5步足。

图中缩写分别代表: AE. 嗅毛; CU. 锥状刚毛; SI. 简单光滑刚毛; SQ. 鳞状刚毛; SE. 锯状刚毛; SUS. 细齿状刚毛; TRS. 三排细齿状刚毛; TES. 四排细齿状刚毛; PS. 多排细齿状刚毛; PL. 羽状刚毛; PA. 轮生羽状刚毛; CAP. CAP 器官; TS. 齿状刚毛; PE. 栓状毛; OF. 第1触角外鞭; IF. 第1触角内鞭; MP. 触须; END. 内肢; BE. 基节内叶; CE. 底节内叶; SCA. 颚舟片; DBE. 基节内叶远侧; PBE. 基节内叶近侧; DCE. 底节内叶远侧; PCE. 底节内叶近侧; EXO. 外肢; EPI. 肢鳃; DAC. 指节; PRO. 掌节; CAR. 腕节; MER. 长节; ISC. 座节; BAS. 基节; CDX. 底节。

的简单光滑刚毛(图 1f; 图版 II:10); 其间混杂着一些细齿状刚毛。另外,在内肢上,有一排排列不太规则的锥状刚毛。这些简单光滑刚毛和锥状刚毛的主要功能可能是味觉。

II.3.3. 第 2 小颚 与美洲螯龙虾 (*Homarus americanus*) 等甲壳动物相比<sup>[5]</sup>, 中国对虾第 2 小颚的一个显著特征是其内肢上具有成片生长的锥状刚毛(图 1g; 图版 II: 14,15,16), 它们的功能很可能是味觉。基肢上的主要刚毛为细齿状刚毛(图版 II: 17,18)。

#### II.4. 颚足上的体表感觉毛

II.4.1. 第 1 颚足 第 1 颚足内肢上的主要感觉毛类型不是锥状刚毛, 而是细齿状刚毛, 但其基部也有少数锥状刚毛(图 h)。

II.4.2. 第 2 颚足 主要感觉毛为内肢上的四排细齿状刚毛, (图 1i; 图版 I: 5,7), 可能为双重功能(化学感觉和机械感觉)感觉毛。掌节和腕节上有锯状刚毛(图 1i), 为机械感觉毛, 亦参与清洗作用。肢鳃上的感觉毛几乎全是多排齿状刚毛, 主要功能是清洗附着物。

II.4.3. 第 3 颚足 感觉毛分布非常密集, 如刷子一般(图 1j) 其主要功能是清洗体表。其座节上有一排牙齿状突起(图 1j; 图版 I:8)。另外,掌-腕,腕-长,长-座,基-底等关节附近的远侧节上分布着表皮活动关节栓器官,即 CAP 器官(图版 I: 9; III: 25)。CAP 器官由 1 排或几排光滑突起组成,进行本体机械感觉。

#### II.5. 步足上的体表感觉毛

中国对虾共有 5 对步足,第 1~3 对为钳状,第 4、5 对呈爪状。步足为捕食及爬行的器官。

II.5.1. 第 1 步足 主要感觉毛类型包括细齿状刚毛、鳞状刚毛、锯状刚毛、齿状刚毛以及 CAP 器官(图 1l)。第 1 步足为主要的摄食器官,其上大多数感觉毛具有化学感觉功能。CAP 器官的分布及功能均同于第 3 颚足。细齿状毛分布广泛也是第 1 步足的特点之一。鳞状毛略呈柱状,末端呈鳞片状,具末端孔,分布于指节和掌节,呈簇状分布(图 1l; 图版 III: 19,20,21,22), 一般每簇又可分为 2~3 小簇, 向不同方向投射。鳞状刚毛的结构与分布方式可能适于感觉化学信息以及不同方向的水流,为双重感觉毛。在钳的切割缘(cutting edge)上,可动指与不动指都生有一排齿状毛(图 1l; 图版 III: 19,23), 每根毛具有一个着生孔,排列整齐,犹如上、下两排牙齿,相对排列。齿状毛可能与味觉有关。在掌节上有一片锯状毛(图 1l; 图版 III: 26,27), 其形态类似第 2 颚足上的锯状刚毛,为机械感觉毛,还有清洗功能。

II.5.2. 其他步足 感觉毛的分布模式类似第 1 步足(图 1m~q)。

### III. 讨 论

我们将中国对虾与美洲螯龙虾体表感觉毛的类型与分布方式作了如下比较探讨。中国对虾的体表感觉毛的类型和分布方式基本上类似于美洲螯龙虾<sup>[5]</sup>,但是也存在许多差异。

III.1. 一般认为,所有甲壳动物的第 1 触角都是化学感觉器官,并且起化学感觉作用的感觉毛是嗅毛,然而,中国对虾嗅毛的分布明显不同于美洲螯龙虾。前者分布在第 1 触角外鞭基部,周围似无其他感觉毛;后者在第 1 触角外鞭的末端,且有针毛(guard hair)的保护,另外其周围还有伴毛(companion hair)和钟形毛(companiform sensilla)<sup>[5]</sup>。嗅毛的分布方式与甲壳动物的生活习性密切相关<sup>1)</sup>。

III.2. 口器和步足是甲壳动物的味觉器官,口器(特别是大颚)与食物咀嚼有关,步足与捕食有关。与美洲螯龙虾相比,中国对虾显著特点是两对小颚的内肢上均生有一片锥状毛(图 1f,g),

1) 陈楠生、孙海宝。中国对虾的摄食敏感性研究(待发表)。

而美洲螯龙虾在相应部位上刚分布着一些轮生羽状毛<sup>[10]</sup>；中国对虾钳足的可动指与不动指上均生着一排齿状刚毛（图版 III: 19, 23），而美洲螯龙虾在相应部位上刚分布着猬状毛（hedgehog-hair）<sup>[9]</sup>，猬状毛在中国对虾体表没有发现。

III. 3. 对于中国对虾第3颚足和步足上的 CAP 器官，Laverack<sup>[8]</sup> 曾作过初步研究。他认为，在这些附肢上，仅掌-腕、腕-长、长-座等关节处具有 CAP 器官，然而，我们利用电镜观察到，在基-底关节处也存在 CAP 器官。中国对虾 CAP 器官的分布方式与功能（本体机械感觉）类似于美洲螯龙虾。

III. 4. 组成口器的感觉毛绝大多数为细齿状刚毛，也有许多简单光滑刚毛；小颚内肢上成片分布着锥状刚毛；步足指节及钳足的掌节上广泛分布着鳞状刚毛；钳足的可动指与不动指上均生存一排齿状刚毛。根据这些感觉毛的分布方式和外部形态，可以推知它们都与中国对虾的味觉有关，

III. 5. 中国对虾各类感觉毛的神经调控方式、不同感觉神经元的亚显微结构和电生理特性等正在研究之中。

## 参考文献

- [1] 陈楠生, 孙海宝. 1991. 化学感觉研究在水产养殖中的应用. 海洋科学 6: 8~10.
- [2] 刘瑞玉, 1955. 中国北部的经济虾类. 科学出版社. p. 5.
- [3] Carr, W. E. S., 1988. The molecular nature of chemical stimuli in the aquatic environment. Sensory Biology of Aquatic Animals. Eds. by J. Atema etc. Springer-Verlag Pub. Company, pp. 3-37.
- [4] Laverack, M. S., 1988. The diversity of chemoreceptors. Sensory Biology of Aquatic Animals. Eds. by J. Atema etc. Springer-Verlag Pub. Company, pp. 287-312.
- [5] Derby, C. D., 1982. Structure and function of cuticular sensilla of the lobster, *Homarus americanus*. *J. Crustacean Biol.*, 2: 1-21.
- [6] Laverack, M. S., 1964. Antennular sense organs of *Panulirus argus*. *Comp. Biochem. Physiol.* 13: 301-321.
- [7] Laverack, M. S., 1978. The organization and distribution of CAP organs in the lobster *Homarus americanus*. *Mar. Behav. Physiol.* 5: 201-208.
- [8] Laverack, M. S., 1978. The distribution and organization of CAP organs in decapod crustacea. *Mar. Behav. Physiol.* 5: 231-242.
- [9] Hindley, J. P. R. and C. G. Alexander, 1978. Structure and function of the chelate pereopods of the banana prawn *Penaeus merguensis*. *Mar. Biol.* 48: 153-160.
- [10] Factor, J. R., 1978. Morphology of the mouthparts of larval lobsters, *Homarus americanus*, with special emphasis on their setae. *Biol. Bull.* 154: 383-408.
- [11] Holmquist, J. G., 1982. The functional morphology of gnathopods: importance in grooming, and variation with regard to habitat, in talitroidean amphipods. *J. Crustacean Biol.* 2: 159-179.
- [12] Maitland, D. P., 1990. Feeding and mouthpart morphology in the semaphore crab *Heloeccius cordiformis*. *Mar. Biol.* 105: 287-296.

# STRUCTURE AND FUNCTION OF CUTICULAR SENSILLAE OF *PENAEUS CHINENSIS*

## I. MORPHOLOGY AND DISTRIBUTION OF CUTICULAR SENSILLAE ON THE CEPHALOTHORACIC APPENDAGES

Chen Nansheng Sun Haibao

(Institute of Oceanology, Academia Sinica, Qingdao 266071)

Received: Sep. 17, 1991

**Key Words:** *Penaeus Chinensis*, Cuticular sensillae, Chemoreception, Mechanoreception.

### Abstract

This article is the first paper deals with the structure and function of cuticular sensillae of *Penaeus chinensis*. The morphology of the setae on the antennules, antennae, mandibles, maxillules, maxillipeds and pereopods was analyzed using both light and scanning electron microscopy(SEM). Light microscopy was used to observe the distribution and the gross structure of different types of setae on the various appendages. Examinations with SEM provided a more detailed description of their structure.

Sensilla on the appendages can be classified morphologically and physiologically. There are about eleven types of cuticular sensilla on the appendages of *Penaeus chinensis* which arrange as follows:

1. Aesthatae hairs (AE), chemoreceptive.
2. Cuspidate setae (CU), probably chemoreceptive.
3. Simple setae (SI), probably chemoreceptive.
4. Squamous setae (SQ), chemoreceptive and mechanoreceptive.
5. Serrate setae (SE), mainly mechanoreceptive, and used for grooming.
6. Serrulate setae (SUS), including triserrulate setae (TRS), chemoreceptive and mechanoreceptive; tetraserrulate setae (TES), chemoreceptive and mechanoreceptive; polyserrulate setae (PS), mainly mechanoreceptive, and used for grooming.
7. Plumose setae (PL), mechanoreceptive, and used for swimming.
8. Pappose setae (PA), mechanoreceptive, probably also used for grooming.
9. CAP organs (CAP), mechanoreceptive.
10. Tooth-shaped setae (TS), chemoreceptive and mechanoreceptive.
11. Peg sensilla (PE), mechanoreceptive.

