

# 马氏正钳蝎的形态和结构特征

毛歆 刘辉 李文鑫 吴英亮\*

武汉大学生命科学院 武汉 430072

**摘要:** 马氏正钳蝎 (*Mesobuthus martensii*) 又称东亚钳蝎, 是中国最常见的蝎种。针对该蝎种系统性研究相对薄弱的现状, 本文通过扫描电子显微镜、体视显微镜、解剖学等手段对马氏正钳蝎的形态结构进行了研究, 全面系统地描述了马氏正钳蝎的外部形态和内部结构特征, 完善了该蝎种生物学特征的基础数据, 特别是对其呼吸系统、生殖系统及毒腺的结构进行了详细的研究, 观察和分析了马氏正钳蝎的螯肢、眼睛、步足及听毛、生殖孔、栉齿感受器、书肺、毒腺等结构特征及相关功能, 探讨了不同视觉蛋白的差异性表达、感光功能差异性与蝎子生存进化的相关性。

**关键词:** 马氏正钳蝎; 外部形态; 内部结构

**中图分类号:** Q954 **文献标识码:** A **文章编号:** 0250-3263 (2017) 03-468-10

## The Morphological and Structural Characteristics of *Mesobuthus martensii*

MAO Xin LIU Hui LI Wen-Xin WU Ying-Liang\*

College of Life Sciences, Wuhan University, Wuhan 430072, China

**Abstract:** The *Mesobuthus martensii* is widely distributed in China. It is recorded by traditional Chinese Pharmacopoeia as a famous medicine. According to the situation in which the systematic study on this scorpion was weak, the morphology and structure of the scorpion species were studied in-depth level by this study. In this paper, we used scanning electron microscope, stereo microscope and anatomical method to systematically describe the morphology and structure features of *M. martensii*, and improve the basic data of the scorpion biological characteristics, especially for the structure of the respiratory system, reproductive system and venom: 1. the structure characteristics of median and lateral eyes, chelicerae, pedipalps and legs including auditory hair on legs (Fig. 1 - 4); 2. the morphological structure and function of sternite region including pectines with sensilla on it (Fig. 5 - 6); 3. distribution and morphology of book lung in situ and its anatomical structure of lung lamellae (Fig. 7); 4. the structure in details of venom vesicle and aculeus showing dissection of venom gland and the canals (Fig. 8). We explored the relationship between the different expression of different visual proteins, the different function of photoreceptor in scorpion evolution And

**基金项目** 国家自然科学基金项目 (No. 31470812);

\* 通讯作者, E-mail: ylwu@whu.edu.cn;

**第一作者介绍** 毛歆, 女, 副教授; 研究方向: 蝎毒素分子生物学; E-mail: xinmao@whu.edu.cn.

收稿日期: 2016-07-20, 修回日期: 2016-11-15 DOI: 10.13859/j.cjz.201703013

investigated the sensing function of the tail in mating and predation defense.

**Key words:** *Mesobuthus martensii*; External morphology; Internal structure

蝎是属于节肢动物门螯肢动物亚门蛛形纲蝎目(Scorpiones)的一类有毒动物。在四亿多年进化过程中,蝎仍保留古生代蝎的主要形态与结构特征,因而被公认为“活化石”(Polis 1990)。早期的海蝎化石中,蝎尾部还没有进化“具有捕食和防御功能”的蝎毒腺器官。这表明了毒腺是经过长期自然进化形成。与其他物种一样,蝎也具有多样性特征。目前,世界上已发现且有记录的蝎约有 2 200 多种,分属 16 科 210 属;在中国有记载的蝎种约有 54 种(6 个亚种),分属 5 科 12 属(Di et al. 2014, 邸智勇等 2015)。蝎在中国也具有长期的进化史。1990 年,中国科研人员在武汉市发现了距今约有 3.7 亿年的含有毒腺的蝎化石(Walossek et al. 1990)。尽管蝎在中国具有数亿年的进化史,但是蝎物种分类与鉴定工作进展缓慢。2000 年以前,中国有记录的蝎种共有 5 科 7 属 19 种和亚种(朱明生等 2004)。中国学者伍献文于 1936 年根据馆藏标本鉴定了 4 个蝎种,外国学者在 1840~1911 年期间发现和鉴定 15 个蝎种(朱明生等 2004)。2000 年以后,中国学者朱明生、李文鑫、邸智勇等人相继开展了中国蝎种的分类与鉴定研究(Zhu et al. 2008, Di et al. 2010, 2011, 2013, 2014),这些数据变化表明了我国蝎生物学研究仍处于一个发展阶段。

马氏正钳蝎(*Mesobuthus martensii*),通常称东亚钳蝎,是中国最常见的蝎种,广泛分布于河南、河北、湖北等地。不同于滞后的中国蝎生物学研究,马氏正钳蝎在中国具有悠久的药用史。野生的马氏正钳蝎经炮制后的药材被称为“全蝎”,其药用记载可见于公元 960 年前的中医方剂学著作《蜀本草》。在宋代,全蝎已得到了广泛应用。在 2015 年《中国药典》中记述了全蝎具有疾病治疗作用。马氏正钳蝎的悠久药用史是导致其在国内外得到广泛关注

的重要原因。本文在宋大祥等(1982)对东亚钳蝎的形态和习性初步介绍基础上,结合我们研究团队 20 多年的蝎物种分类及毒素研究工作基础,系统地描述马氏正钳蝎的形态和结构特征,从而促进中国蝎的生物学研究与应用。

## 1 材料与方法

### 1.1 样品的采集与保存

马氏正钳蝎样本于 2016 年 5 月采集于山东省临沂市沂水县沂蒙山。该蝎种雌、雄形态基本接近,体长在 5~7 cm 之间,活蝎置于 75% 的酒精和 3% 的甲醛溶液中保存、固定,48 h 后进行扫描电镜标本制备或进行组织解剖。

### 1.2 外部形态观察和内部结构解剖观察

标本应用 Motic K-400L 体式显微镜(麦克奥迪实业集团有限公司)进行外部形态和解剖后的内部结构观察,使用 Mshot 数码相机照相,明美显微数码测量分析系统进行数据分析。

### 1.3 书肺的染色观察

将剥离的书肺制备临时装片,在盖玻片一侧滴一滴 0.5 g/L 亚甲基蓝染液,1~2 min 后在显微镜下实时观察至书肺层叠清晰,用双蒸水洗去染料后照相。

### 1.4 扫描电子显微镜观察

将标本取出自然干燥后,样品观察面向上逐个摆放在贴有透明双面胶的样品台上,喷金后置于 HITACHI S-3400 扫描电子显微镜(南京覃思科技有限公司)下观察并照相。

## 2 结果

### 2.1 外部形态

马氏正钳蝎整体由头胸部(前体)、前腹部(中体)和后腹部(后体)三大部分组成(图 1)。马氏正钳蝎头胸部和前腹部紧密相连,较宽、呈扁平椭圆形,组成蝎的躯干。蝎的后腹部(或称后体或尾部)狭长,可自由弯曲和转



图 1 马氏正钳蝎外部形态

Fig. 1 Morphology of *Mesobuthus martensii*

a. 雌性背面观; b. 雌性腹面观; c. 雄性背面观; d. 雄性腹面观。

a. Dorsal view of female; b. Ventral view of female; c. Dorsal view of male; d. Ventral view of male.

动。其后腹部的末端有一袋状尾节称作蝎尾，尾节末稍有一弯钩状螫刺，用于蜇刺和排出毒液。马氏正钳蝎有坚硬的背甲，背甲前窄后宽，呈梯形。其躯干的背面和蝎尾的第 5 尾节以及毒针的尖端与身体的其他部分相比较颜色更深，呈深褐或紫褐色，而身体的其他部分如附肢、腹面等均呈橙黄色（图 1）。此外，马氏正钳蝎雌、雄形态基本接近，只是雌蝎的体型比雄性显得更为粗壮，前腹部厚且宽。

## 2.2 马氏正钳蝎头胸部的形态结构特征

马氏正钳蝎的头胸部（或称前体）呈短宽、扁平、近椭圆形或梯形特点，其背面被一块角质化程度较高坚硬的背甲所覆盖（图 2a）。在马氏正钳蝎头胸部背甲的前 1/3 处有 1 对左右对称的中眼，生长在眼丘上（图 2b），在背甲的两侧前边缘有 3 对侧眼，每边 3 个（图 2b, c）。左右 3 对侧眼与 1 对中眼形成一个等腰梯形结构，侧眼位于梯形的两个下底角，1 对中眼位于上底角。马氏正钳蝎的中眼和侧眼都是固定的、开放式且不能转动。扫描电镜观察可见，放大后中眼的形状很像城市安全监控的半球形设备（图 2d ~ f）。

从马氏正钳蝎头胸部的腹面可见，头胸部由 6 个体节组成，依次生长有 6 对附肢，其中，

1 对螫肢、1 对触肢和 4 对步足（图 1, 3a）。蝎的螫肢或称口钳，位于头胸部前缘最前端的“口腔”前面，形状较小。螫肢左右嵌合，其上有钉状突起，螫肢的前端呈深褐色（图 3b ~ d）。螫肢可用于“撕裂”食物，这些处理后的食物经分泌到口腔外的唾液消化成液体，再经口腔附近浓密呈羽毛状的刚毛过滤进入口腔（图 3c）。马氏正钳蝎的触肢着生于背甲前缘的两侧，既可捕食，又可御敌，同时在蝎的交配过程中也发挥着重要作用，“婚舞”时用于牵拉或拥抱雌蝎，受精时将雌蝎牵至精荚上，使之受精。蝎的触肢分为 6 节，即基节、转节、腿节、胫节、掌节（包括其不动指又称上钳指）和可动指（下钳指），可动指和不动指相互嵌合，且其内侧相对面均有突起的成排齿状结构（图 4a）。蝎的步足分为 7 节，基节、转节、腿节、膝节、胫节、跗节和前跗节，末端有 2 个锋利的爪（图 4b）。在蝎的触肢、步足和身体其他部位密集分布长短不一的听毛（图 4c, d），它们能感知猎物、捕食者或同类发出的声音或对空气造成的微小振动，并能作出相应的反应和准确的判断，从而有利于蝎的生存、捕食与防御。通过扫描电镜观察了马氏正钳蝎步足的听毛，可以清楚地看到在听毛的

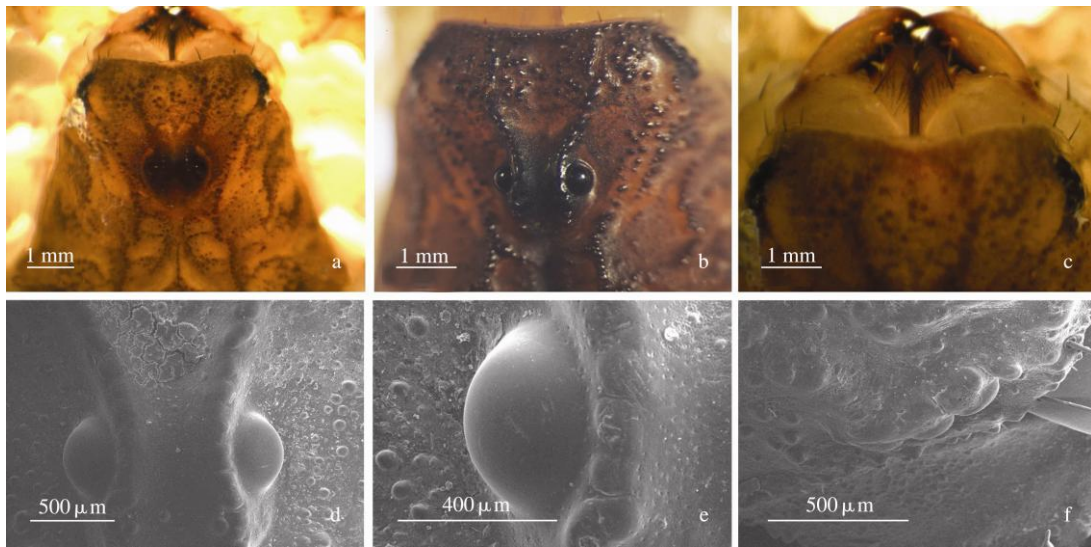


图 2 马氏正钳蝎头胸部背面的形态与结构特征

Fig. 2 Dorsal view and morphology of prosoma of *Mesobuthus martensii*

a. 头胸部背面; b. 中眼; c. 侧眼; d 和 e. 中眼的扫描电镜图; f. 侧眼的扫描电镜图。

a. Dorsal view of prosoma; b. Median eyes; c. Lateral eyes; d and e. Scanning electron microscope images of median eyes; f. Scanning electron microscope image of lateral eyes.

基部有一个宽的带有软边的圆杯形网眼状空隙结构, 从外到里呈环状(图 4e)。在蝎其他部位听毛的基部都有类似结构, 只是不同部位听毛的环状结构宽窄不同而已。这种结构特征可能有利于信号的收集或放大, 从而适应了蝎的生存与进化。

蝎 4 对步足的基节互相紧密连接, 占据了头胸部的大部分胸面(图 3a)。螯肢、触肢的基节和第 1、2 步足基节的颞叶(或称内叶)包围着口前腔。蝎的口位于口前腔的底部, 正对着第 2 步足左右颞叶的相接处, 其上方也就是位于口前腔中部的一个发达的上唇。蝎头胸部的第 3、4 基节有一个胸板, 马氏正钳蝎的胸板呈五角形(图 3a)。

### 2.3 马氏正钳蝎前腹部的形态结构特征

马氏正钳蝎的前腹部或称中体, 是身体的主要部分。从背面观察其体节分段明显, 7 个体节间有明显的分界, 分界处颜色较浅(图 5a, b)。马氏正钳蝎的腹面颜色比背面浅, 呈橙黄色, 体节分段明显, 可见其胸板(图 5c)。

在胸板后方有 2 片半圆形生殖口盖或生殖盾(图 5d), 打开后可见到有一个多褶壁的生殖孔(图 5d, e)。这是雌雄蝎共有的生殖结构特征, 但在交配过程中发挥不同的作用。在交配过程中, 雄蝎前腹部慢慢地向身体下方移动使生殖盾逐渐贴近地面, 并打开生殖盾排出精荚。随后, 雄蝎会拉着雌蝎慢慢后移, 与此同时, 雌蝎打开其生殖盾, 为受精作准备。当后移的雌蝎其生殖盾触及到精荚的尖端时, 雌蝎便猛力往下一压, 使精荚的上尖端进入其生殖腔内, 并破裂释放出精子团(或精球), 从而完成受精过程。此外, 在分娩过程中, 雌蝎会将生殖口盖打开, 使即将出生的幼蝎从生殖孔中产出。

在生殖口盖的下方是一个短耙状呈“八”字形的栉齿状感觉器, 主要由栉状板和栉状齿组成(图 5c 和 6a)。栉状齿结构是蝎目物种特有的感觉器官。栉状板密集分布了具有感觉功能的听毛。栉状齿从栉状板的外皮表面伸出, 成排地以齿状结构分布在栉状板上(图 6b)。

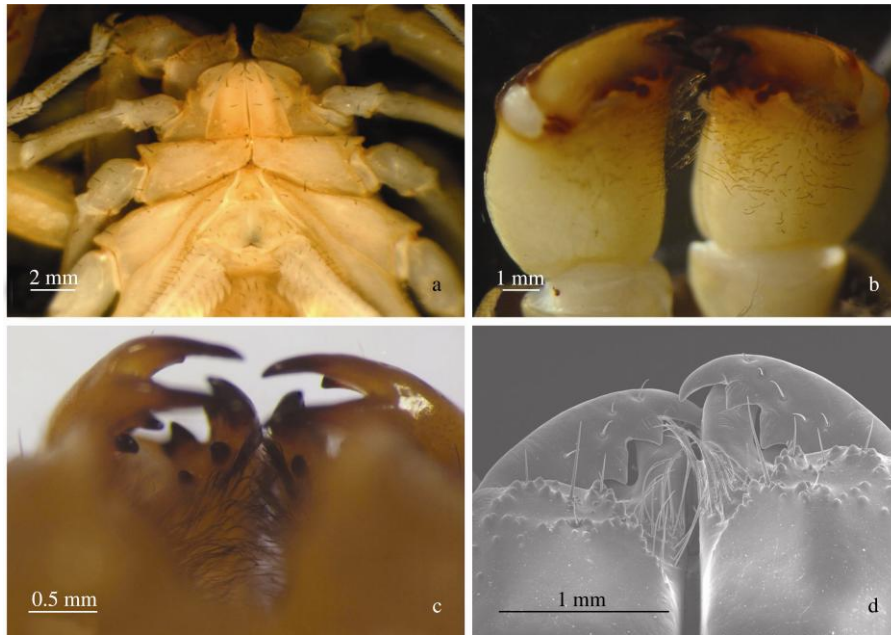


图 3 马氏正钳蝎头胸部腹面及螯肢的形态与结构特征

Fig. 3 Ventral view a of prosoma and morphology of chelicerae of *Mesobuthus martensii*

a. 头胸部的腹面; b. 处于伸展状态的螯肢; c. 口腔附近的刚毛; d. 螯肢的扫描电镜图。

a. Ventral view of prosoma; b. Chelicerae; c. Setae near the mouth; d. Scanning electron microscope image of chelicerae.

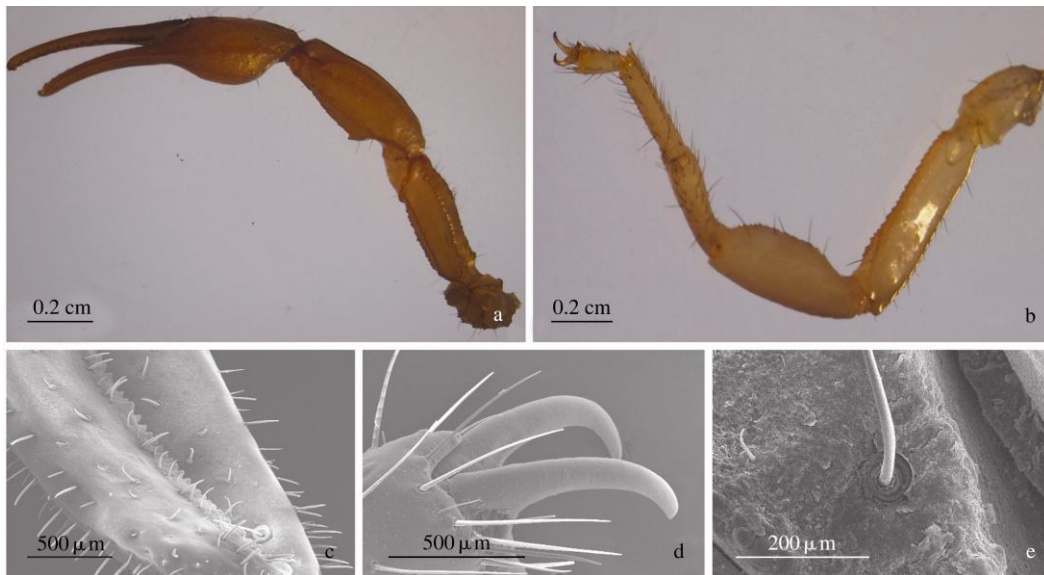


图 4 马氏正钳蝎头胸部触肢和步足的形态结构特征

Fig. 4 Morphology of pedipalps and legs of prosoma of *Mesobuthus martensii*

a. 触肢的形态; b. 步足的形态; c. 触肢钳的扫描电镜图; d. 步足的扫描电镜图; e. 步足听毛的显微结构。

a. Pedipalps; b Legs; c. Scanning electron microscope image of pedipalps claws; d. Scanning electron microscope image of leg claws; e. Structure of auditory hair on leg.

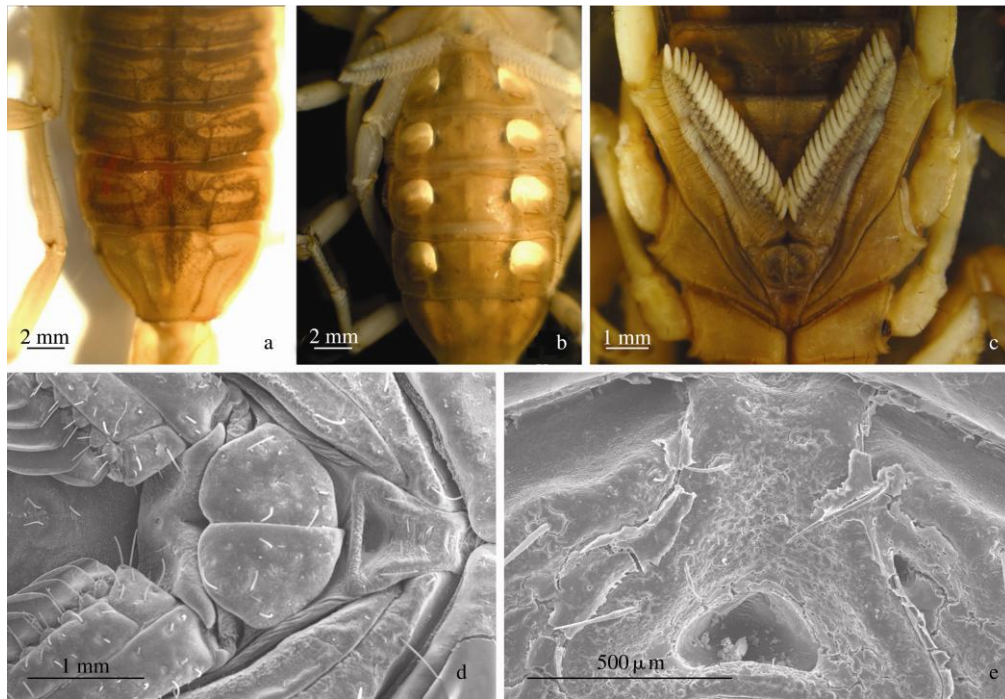


图 5 马氏正钳蝎前腹部和生殖孔的形态结构特征

Fig. 5 Morphology and structure of preabdomen and sternogenital region of *Mesobuthus martensii*

a. 前腹部的背面; b. 前腹部的腹面; c. 生殖孔处的形态结构; d. 生殖盖的扫描电镜图; e. 生殖孔的扫描电镜图。

a. Dorsal side of preabdomen; b. Ventral side of preabdomen; c. Morphology of sternogenital region; d. Scanning electron microscope image of genital operculum; e. Scanning electron microscope image of genital aperture.

通过扫描电子显微镜观察栉状齿的细微结构, 可见栉状齿的边缘, 有规律地分布着密密麻麻的点状结构, 进一步放大这些点状结构发现, 每个点状结构呈圆杯形, 圆杯中央有柱状突起, 柱状突起的环周有空隙 (图 6c, d)。蝎齿状感觉器官作为机械性刺激感知器和化学刺激感知器在马氏正钳蝎的生存与进化过程中发挥了重要作用。

在马氏正钳蝎的栉齿状感受器下方, 从第三节到第六节的腹板上, 每节各有 1 对气孔, 共 4 对, 气孔内部与书肺相通 (图 7a ~ c)。与其他节肢动物不同, 蝎没有气管, 空气直接通过腹面气孔进入书肺。因此, 蝎有与 4 对相应气孔相连的书肺。扫描电子显微镜观察发现, 蝎呼吸孔的形状变化很大, 或圆形或狭缝形, 无论哪种外形, 其边缘都有毛刷式的刺状突起, 或有表皮柱状突起 (图 7f, g)。蝎肺部的这

些柱状突起结构可以起到过滤作用, 防止沙子、灰尘或寄生虫等进入肺部。马氏正钳蝎的呼吸孔直接通向充满空气的肺部。蝎的肺是由很多表皮层片状结构 (约 140 ~ 150 个) 平行叠在一起的, 形成书页样的多层状结构, 因此称书肺 (图 7d, e)。马氏正钳蝎书状肺的每一个层片表面上都附着有增厚的外皮层, 呈多边形, 这些构造可能起到防止书肺层片间相互黏合, 并且避免层片坍塌的作用。每一个书肺层片都有两层极薄的表皮层, 其表皮层的外面是空气, 里面是柱状细胞以保持两个层片壁相互分离, 不会叠粘。马氏正钳蝎的血液就在这些细胞所形成的网络状空间进行循环和氧气交换。

#### 2.4 马氏正钳蝎后腹部的形态结构特征

蝎的后腹部或称后体, 由 5 个圆柱形的体节组成 (图 8a), 每节通过节间膜节节相连。与前腹部相比, 蝎后腹部狭窄而修长。马氏正

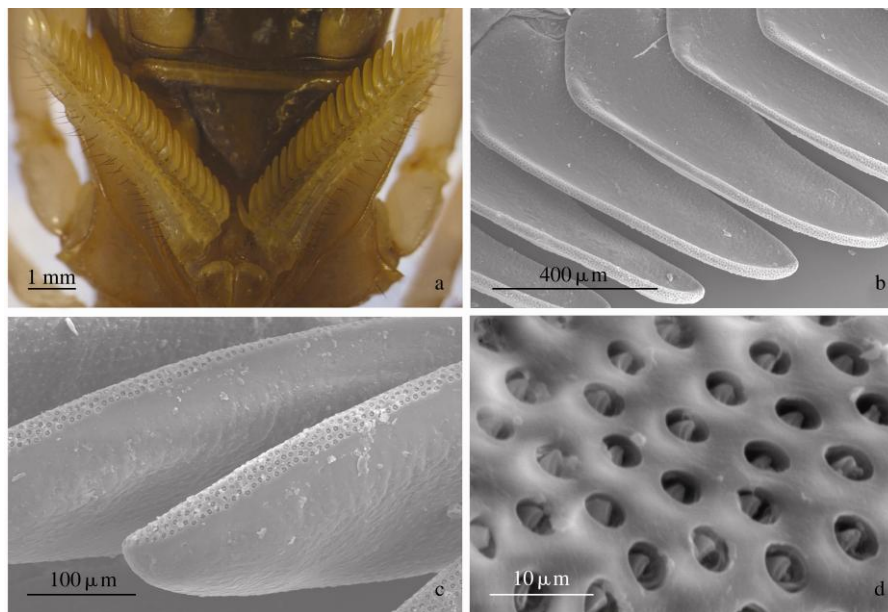


图 6 马氏正钳蝎的栉齿状感受器形态及结构特征

Fig. 6 Morphology and structure of the pectines of *Mesobuthus martensii*

a. 栉齿状感受器外部形态; b. 栉齿状感受器外部电镜图; c. 栉齿上的感受器; d. 栉齿感受器结构特征。  
 a. Morphology of pectines; b. Scanning electron microscope image of pectinal teeth; c. Abundant sensilla on pectinal teeth; d. Structure of sensilla on pectinal teeth.

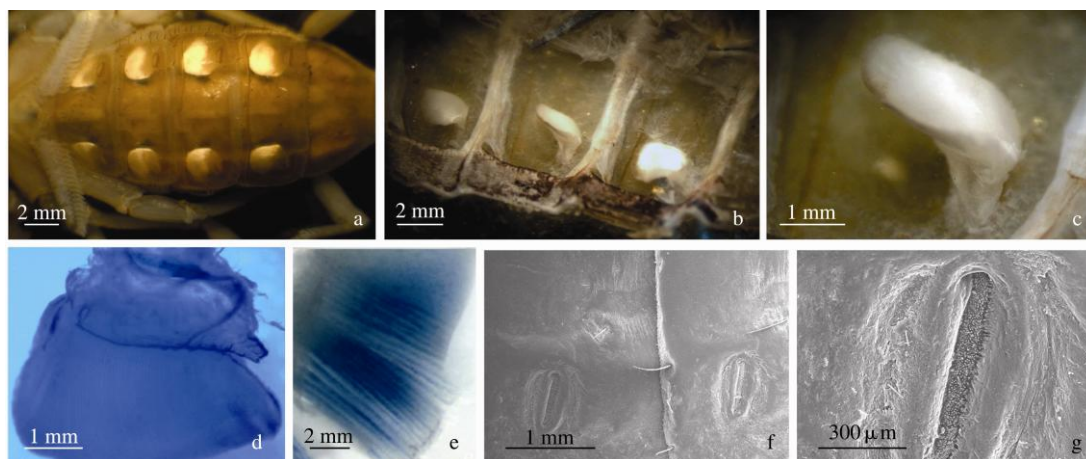


图 7 马氏正钳蝎的书肺形态及结构特征

Fig. 7 Distribution and morphology of the book lung of *Mesobuthus martensii*

a 和 b. 书肺的分布及形态; c. 书肺立面结构; d. 书肺的解剖结构; e. 书肺的层叠状结构; f 和 g. 书肺气孔形态结构电镜图。  
 a and b. Distribution of the book lungs; c. Morphology of book lung in situ; d. Anatomical structure of book lung; e. Lung lamellae; f and g. Scanning electron microscope image of spiracles.

钳蝎的后腹部各节背中线有一凹沟，背板与腹板接合形成一个由几丁质形成的环。在蝎后腹

部第 5 节之后，有一含有坚硬锋利蛰刺（毒针）的袋状尾节，它是马氏正钳蝎生产与分泌毒液

的器官(图 8a)。在后腹部第 5 节和蝎毒器官之间的节间膜上分布着马氏正钳蝎的肛门, 它由 4 个小瓣膜组成(图 8b)。

马氏正钳蝎的尾节毒液囊呈袋状, 其尖端有一弯月形毒针(图 8c)。这个毒液器官在蝎的捕食和防御过程中起着极其重要的作用。蝎毒液富含作用于神经系统的蝎多肽毒素, 这些毒素会使猎物快速产生疼痛、麻痹、瘫痪, 甚至死亡。对马氏正钳蝎的尾节毒囊解剖可见, 蝎的尾节有两个对称生长的毒液腺体(图 8d~f), 可以剥离分开, 每个毒液腺体外周包裹着一层厚而有力的肌肉(图 8f, g)。当蝎毒腺

组织外面肌肉收缩时, 腺体瞬时就会受到强大的挤压, 毒液就会分别沿着两根白色透明的毒液导管(图 8f~h)迅速向体外射出。这个过程与球型注射器的作用原理一样。蝎毒液腺有两个毒液管道出口, 毒液管道出口分别位于螫刺(毒针)近尖端的两侧(图 8i)。蝎毒液的排出孔开口在螫刺尖端的正后方两侧, 这种结构与针管注射器的结构类似, 不仅保证了螫刺的末端极其锐利而坚固, 而且还使得毒液外排时顺畅和高效。

### 3 讨论



图 8 马氏正钳蝎的后腹部形态及结构特征

Fig. 8 Morphology and structure of postabdomen of *Mesobuthus martensii*

a. 后腹部的形态; b. 肛门; c. 毒液囊及螫刺; d. 毒液腺背面; e. 毒液腺体横切面; f. 毒液腺体及导管; g. 毒液腺体外包被的肌肉层; h. 毒液导管; i. 螫刺及排毒孔的电镜图。

a. Morphology of postabdomen; b. Anus showing 4 small anal plates arranged around the anus; c. Venom vesicle and aculeus; d. dorsal view of 2 venom glands; e. Transverse section of venom vesicle; f. Dissection of venom gland and the canals; g. Muscle wrapped venom gland; h. Canal of venom gland; i. Tips of aculeus showing the aperture corresponding to one gland.



在中国, 蝎目物种不仅具有数亿年的进化史, 而且具有悠久的药用史。在蝎目物种进化方面, 1990 年在湖北省武汉市发现了距今约有 3.7 亿年含有完整毒腺的蝎化石 (Walossek et al. 1990)。在蝎目物种药用方面, 从公元 960 年前的中医方剂学著作《蜀本草》到当今的《中国药典》均有记载。然而, 与国际其他主要发达国家和部分发展中国家相比, 我国蝎生物学基础研究仍具有较大差距。本文针对我国最常见的蝎目物种——马氏正钳蝎, 系统地描述了其形态和结构特征。结合我们研究团队 20 多年来对马氏正钳蝎基因组学、蝎毒腺的转录组学和蛋白质组学研究进展 (Zhu et al. 1999, Cao et al. 2013, Xu et al. 2014), 这些形态与结构特征有助于在不同层面上深刻认识蝎的生物学特征。尤其是在环境污染比较严重和人为过度捕捉的今天, 我国野生蝎子数量急剧减少, 部分蝎种濒临灭绝。因此, 蝎生物学研究对于促进我国蝎目物种资源的科学认识、保护与利用具有极其重要的意义。

马氏正钳蝎作为夜行性动物, 头胸部有 1 对中眼和 3 对侧眼, 它们都是固定和开放式。这与通常认为蝎视力较差相关。马氏正钳蝎基因组分析表明, 其头胸部含有 3 种视觉蛋白 Mmopsin 1、Mmopsin 2 和 Mmopsin 3, 其中, 视觉蛋白 Mmopsin 1 和 Mmopsin 2 对长波长的光波敏感, 而视觉蛋白 Mmopsin 3 对短波长光波 (紫光到蓝光) 敏感 (Cao et al. 2013)。荧光定量 PCR 表明, Mmopsin 3 表达量分别约是 Mmopsin 1 的 40 倍和 Mmopsin 2 的 20 倍。这表明在光线充足的白天, 马氏正钳蝎无需高表达对长波长敏感的视觉蛋白 Mmopsin 1 和 Mmopsin 2 就可以进行避光。相反地, 马氏正钳蝎为了适应夜间的生存需要高表达对短波长光波高度敏感的视觉蛋白 Mmopsin 3 显得尤其重要 (Cao et al. 2013)。一个众所周知的现象是, 马氏正钳蝎在紫外光照射下全身发射蓝靛色荧光, 这种荧光现象与蝎乙醇浸取液的荧光光谱扫描结果相吻合。在 340 nm 波长紫外光激

发下, 马氏正钳蝎乙醇浸取液能够产生最大发射波长约为 440 nm 的短波光谱 (Cao et al. 2013)。这些发现表明, 马氏正钳蝎的眼不仅尽可能利用夜间更微弱的紫外线, 而且可能最大限度利用自身发出的荧光。马氏正钳蝎的中眼除了尽可能探测自身发射的短波长光波信号, 还可能探测同类蝎子及一些猎物的短波长光波信号。马氏正钳蝎的侧眼可以方便地探测自身侧眼前方较强壮触肢发射的短波长光波信号, 引导触肢捕食防御和消化食物。在马氏正钳蝎交配过程中, 它们还能运用侧眼观察自身前方的触肢运动, 通过相互牵拉或拥抱完成交配。马氏正钳蝎基因组研究还发现为了充分利用自身外壳发射的短波长光波, 蝎尾毒腺也表达视觉蛋白 Mmopsin 3 及其完整的光波感应信号通路 (Cao et al. 2013)。这个发现有力地解释了马氏正钳蝎在夜间通常保持“竖立”尾巴行走现象的作用: 一方面通过蝎尾探测和利用自身外壳发射的短波长光波信号, 另一方面通过蝎尾探测和利用同类和部分猎物产生的短波长光波信号。

除了马氏正钳蝎独特的视觉系统外, 它还具有敏锐的感觉系统。如图 4 和 6 所示, 在蝎的触肢、步足、栉齿状感觉器和身体其他部位密集分布长短不一的听毛。通过这些听毛, 马氏正钳蝎能准确地感知和判断周围猎物、捕食者或同类发出的声音或在空气中造成的微小振动, 并能作出相应的反应。马氏正钳蝎这种听觉系统结构特征可以有效地弥补其视力的不足, 有助于其夜间捕食和防御。栉齿状感觉器除了具有感觉功能外, 它还可能具有机械性刺激感知器和化学刺激感知器的作用。栉齿状感觉器紧邻马氏正钳蝎的生殖口盖和生殖孔, 它在马氏正钳蝎交配过程中判断雄蝎精荚的空间位置和完成受精可能发挥了重要的作用。

陆生蝎与原始祖先海蝎的一个最主要区别是后期自然进化产生的蝎毒腺。陆生蝎与原始祖先海蝎在捕食和防御过程中一个共同点是都会利用强壮的触肢。中国武汉发现的距今 3.7

亿年蝎化石已具有了形态明确的毒腺器官 (Walossek et al. 1990)。蝎毒液对猎物和天敌具有神经毒性, 公认为它在蝎长期生存过程中发挥了举足轻重的作用。马氏正钳蝎后腹部的五 5 个圆柱形体节能够自由运动, 有效地保障了它灵活利用毒液进行捕食和防御。马氏正钳蝎的毒液腺体外周具有一层厚而有力的肌肉, 保障毒液可以快速有力地排出。与此结构特征相适应, 蝎毒液可以通过连接开口在螫刺尖端的正后方两侧毒液导管注入到其他动物体内, 使其产生疼痛、麻痹、甚至死亡。

### 参 考 文 献

- Cao Z, Yu Y, Wu Y, et al. 2013. The genome of *Mesobuthus martensii* reveals a unique adaptation model of arthropods. *Nature Communications*, 4(10): 2602.
- Di Z Y, He Y W, Wu Y L, et al. 2011. The scorpions of Yunnan (China): updated identification key, new record and redescription of *Euscorpions kubani* and *E. shidian* (Arachnida, Scorpiones). *ZooKeys*, 30(82): 1–33.
- Di Z Y, Wu Y L, Cao Z J, 2010. A catalogue of the genus *Euscorpions* Vachon, 1980 (Scorpiones: Euscorpionidae, Scorpioninae) from China, with description of a new species. *Zootaxa*, 2477: 49–61.
- Di Z Y, Xu X B, Cao Z J, et al. 2013. Notes on the scorpions (Arachnida, Scorpiones) from Tibet with the redescription of *Scorpions jendeki* Kovarik, 2000 (Scorpiones, Euscorpionidae) from Yunnan (China). *ZooKeys*, 301(301): 51–99.
- Di Z Y, Yang Z Z, Yin S J, et al. 2014. History of study, updated checklist, distribution and key of scorpions (Arachnida: Scorpiones) from China. *Zoological Research*, 35(1): 3–19.
- Polis G A. 1990. *The Biology of Scorpion*. Stanford: Stanford University Press, 9–63.
- Walossek D, Li C, Brauckmann C. 1990. A scorpion from the upper devonian of Hubei Province, China (Arachnida, Scorpionida). *Neues Jahrbuch fuer Geologie und Palaeontologie Monatshefte*, 3: 169–180.
- Xu X, Duan Z, Di Z, et al. 2014. Proteomic analysis of the venom from the scorpion *Mesobuthus martensii*. *Journal of Proteomics*, 106: 162–180.
- Zhu M S, Han G X, Lourenço W R. 2008. The chaerilid scorpions of China (Scorpiones: Chaerilidae). *Zootaxa*, 1943: 37–52.
- Zhu S, Li W, Zeng X, et al. 1999. Molecular cloning and sequencing of two ‘short chain’ and two ‘long chain’ K<sup>+</sup> channel-blocking peptides from the Chinese scorpion *Buthus martensii* Karsch. *The Federation of European Biochemical Societies (FEBS) Letters*, 457(3): 509–514.
- 邸智勇, 杨自忠, 曹志贱, 等. 2015. 中国蝎目区系 (螯肢亚门: 蛛形纲). *蛛形学报*, 24(2): 109–115.
- 宋大祥, 吕锡岫, 尚进文. 1982. 东亚钳蝎的形态和习性. *生物学通报*, 17(1): 22–25.
- 朱明生, 戚建新, 宋大祥. 2004. 中国蝎目名录 (蛛形纲: 蝎目). *蛛形学报*, 13(2): 111–118.