

# 北京幽灵蛛体表微感受器的类型、结构和分布

肖永红<sup>①</sup> 李枢强<sup>②\*</sup>

① 井冈山大学生命科学学院 江西 吉安 343009; ② 中国科学院动物研究所 北京 100101

**摘要:** 北京幽灵蛛 (*Pholcus beijingensis*) 体表的微感受器包括毛状感受器 (触毛、听毛、味觉毛和刺)、裂缝状感受器 (单个裂缝器、竖琴器) 和附节器等。扫描电镜观察显示, 北京幽灵蛛体表的毛状感受器数量最多, 分布最广; 其次是裂缝感受器; 此外, 每个附节末端具有一个附节器。除触毛在整个身体表面均有分布外, 其他毛状感受器 (听毛、味觉毛、刺) 以及竖琴器和附节器等均只在附肢分布。微感受器在各条步足分布的类型和数量一致, 但步足各节不同。北京幽灵蛛体表的微感受器类型及其着生位置在雌雄间无差别, 除成群分布的裂缝感受器在雌蛛步足的数量多于雄蛛外, 其他类型微感受器的数量也没有明显性别差异。

**关键词:** 扫描电镜; 蜘蛛; 毛状感受器; 裂缝状感受器; 附节器

中图分类号: Q954 文献标识码: A 文章编号: 0250-3263 (2011) 03-01-10

## Type, Structure and Distribution of Micro-receptors on the Surface of the Spider *Pholcus beijingensis*

XIAO Yong-Hong<sup>①</sup> LI Shu-Qiang<sup>②\*</sup>

① *College of Life Sciences, Jinggangshan University, Ji'an Jiangxi 343009;*

② *Institute of Zoology, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China*

**Abstract:** Spiders are sensitive to various stimuli. To understand the sensing mechanism, microreceptors on body surface of the spider *Pholcus beijingensis* were studied by scanning electronic micrograph (SEM). Four kinds of sensory hairs including tactile hair, trichobothrium, gustatory hair and spine, were found. Among these hairs, tactile hairs grow on all over the body surface while others just present on appendages. There are not obvious sexual differences in type and distribution of the microreceptors in the spider *P. beijingensis*, while females have much more single slit sensilla, which distributed in group on the femur, than males.

**Key words:** SEM; Spider; Sensory hairs; Slit sensilla; Tarsal organ

蜘蛛对环境刺激应答非常敏锐, 在漫长的进化过程中形成了独特而复杂的行为模式, 如织网、捕食、求偶、护幼等。这些行为模式以发达的感觉系统为基础, 遍布于蜘蛛体表的各种感受器是蜘蛛与外界联系的桥梁。蜘蛛通过视觉、听觉、触觉、嗅觉等感受器感知生境中其他生物个体和非生物因子传递的视觉信号、机械信号和化学信号等。感受器的类型、数量和分布等特征与蜘蛛的生活环境和通讯方式有重要的关系。除单眼外, 常见的蜘蛛体表感受器还

包括体毛、裂缝器和附节器等。体表被毛是蜘蛛的共性, 在成千上万的体毛中, 除了极少数短毛和绒毛突起外, 绝大多数体毛是由三合神经

基金项目 国家自然科学基金项目 (No. 31060282), 江西省自然科学基金项目 (No. 2007GQN1690), 江西省教育厅科技项目 (No. GJJ08423);

\* 通讯作者, E-mail: lisq@ioz.ac.cn;

第一作者介绍 肖永红, 女, 副教授; 研究方向: 动物行为与化学通讯; E-mail: yonghongxiao01@126.com。

收稿日期: 2011-01-06, 修回日期: 2011-03-02

支配的 (triple innervation), 说明蜘蛛的体毛是重要的感觉器官<sup>[1]</sup>。依据功能差异, 蜘蛛体毛可分为触毛、听毛、化学感觉毛和刺, 其中研究最早、最为深入的感觉毛是听毛<sup>[2-3]</sup>。裂缝感受器 (slit sense organs, sensilla) 是节肢动物普遍使用的机械感受器, 就蜘蛛而言, 包括单个的裂缝器和多个裂缝器聚合成的竖琴器 (lyriform organs)<sup>[4]</sup>; 竖琴器通常位于步足各节的关节处, 各裂缝互相平行, 形似一把竖放的琴。附节器 (tarsal organs) 存在于蜘蛛的所有种类, 是用来感知环境温度的<sup>[5-6]</sup>。蜘蛛体表听毛和附节器等感受器的超微结构已有一些报道<sup>[7-9]</sup>。蜘蛛对外界的感知往往是多模态的, 一种蜘蛛体表有着多种感受器, 已有一些学者进行了报道, 如 Barth 研究了游猎型狼蛛 (*Cupiennius*) 的各种感受器和行为<sup>[3]</sup>。

幽灵蛛 (蜘蛛目: 幽灵蛛科) 俗名“长腿蜘蛛” (daddy-long-legs spider), 是分布广泛的结网型蜘蛛<sup>[10]</sup>。北京幽灵蛛 (*Pholcus beijingensis*) 生活于北京及邻近地区的各种洞穴入口处, 通常在石缝或者角落织不规则网。夏秋温暖季节向洞口外周边缘扩散, 结较大的网捕食各种昆虫, 个体间距离相对较远; 冬季则往洞内迁移, 聚集伏于岩石壁缝中过冬, 仅以少数蛛丝粘连以便攀附<sup>[11]</sup>。本文通过扫描电镜观察, 对北京幽灵蛛体表各种微感受器的超微结构和分布等特征进行阐述, 为研究蜘蛛的通讯方式和行为模式等奠定基础。

## 1 材料与方法

**1.1 北京幽灵蛛采集和饲养** 北京幽灵蛛雌、雄亚成蛛采自北京房山区霞云岭乡蝙蝠洞入口处 (39°42.350'N, 115°42.825'E), 单头分装于玻璃管 (内径 4 cm, 高 12 cm), 管底部放入饱吸纯净水的无毒海绵以保持管内湿度。玻璃管置于人工气候箱 (RXZ-268B, 宁波江南仪器厂), 白天温度 (25 ± 1) °C, 夜晚温度 (23 ± 1) °C, 光周期 12L: 12D。所有蜘蛛均以黑腹果蝇 (*Drosophila melanogaster*) 饲养, 每周投喂果蝇一次, 每次 10 ~ 15 只。蜕皮成熟后用于扫描电

镜观察。

**1.2 样品的制备和观察** 取北京幽灵蛛雌雄成体各 5 头制备样品, 将整头蜘蛛浸入浓度为 2.5% 的戊二醛溶液中, 4°C 冰箱过夜以固定标本; 用 0.1 mol/L 磷酸盐缓冲液 pH 7.4 清洗蜘蛛标本 4 次, 每次 15 min; 梯度脱水法逐步取代样品中的水分, 逐级用 30%、50%、70%、80%、90% 和 100% 的乙醇浸泡蜘蛛标本, 每个浓度保持 15 ~ 30 min; 100% 乙酸异戊酯置换蜘蛛标本中的乙醇, 4°C 冰箱过夜; 液态 CO<sub>2</sub> 临界点干燥法 (HCP-2 临界点干燥仪, 日本 HITACHI 公司) 使蜘蛛标本干燥; 金属镀膜后置于扫描电子显微镜 (S-3000N, 日本 HITACHI 公司) 下进行体表微感受器的超微结构观察。

## 2 结果

**2.1 感觉毛** 北京幽灵蛛体表的毛状感受器依据功能差异分为 4 种类型: 触毛 (tactile hairs)、听毛 (trichobothria)、味觉毛 (gustatory hair) 和刺 (spines)<sup>[11]</sup>, 其中触毛数量最多, 遍布整个身体表面, 而听毛、味觉毛和刺仅分布于附肢上。各种感觉毛在北京幽灵蛛各步足上着生情况一致, 但在步足的各节着生数量有差异。

触毛 (图 1) 与身体表面约呈 45°角着生, 基部的毛囊紧包着毛干基部。触毛的毛干上有许多绒毛状突起, 环绕毛干着生。触毛的长度因着生部位不同而有较大差异: 步足腿节上的触毛最长、附节上的触毛最短。由于附节上生长的触毛很短, 因而绒毛状突起与毛干的比例远大于身体其他部位的触毛。触毛的末端为盲端, 一般直而细, 毛干末端的直径远小于毛干基部。触毛在各步足的基节和转节数量较少, 自腿节至附节都密生触毛。雌蛛的触肢短而细, 但形态变异不大, 被毛情况与步足类似。雄蛛的触肢特化为交配器官, 形状较步足和雌蛛触肢都有很大变异, 附节突、生殖球以及插入器等部分均没有触毛着生。背腹表面皮肤有较多皱褶, 使得触毛着生处呈三明治状<sup>[8]</sup>。触毛对身体表面各种接触刺激和体位变化敏感<sup>[1]</sup>, 受外力容易脱落, 电镜下可以观察到样品前期处理

过程中导致部分触毛脱落损坏的现象,一般是自毛囊内被带出,偶尔有些从触毛的基部与毛

囊相接处被折断,但同一部位的其他感觉毛如听毛、刺等未见脱落。

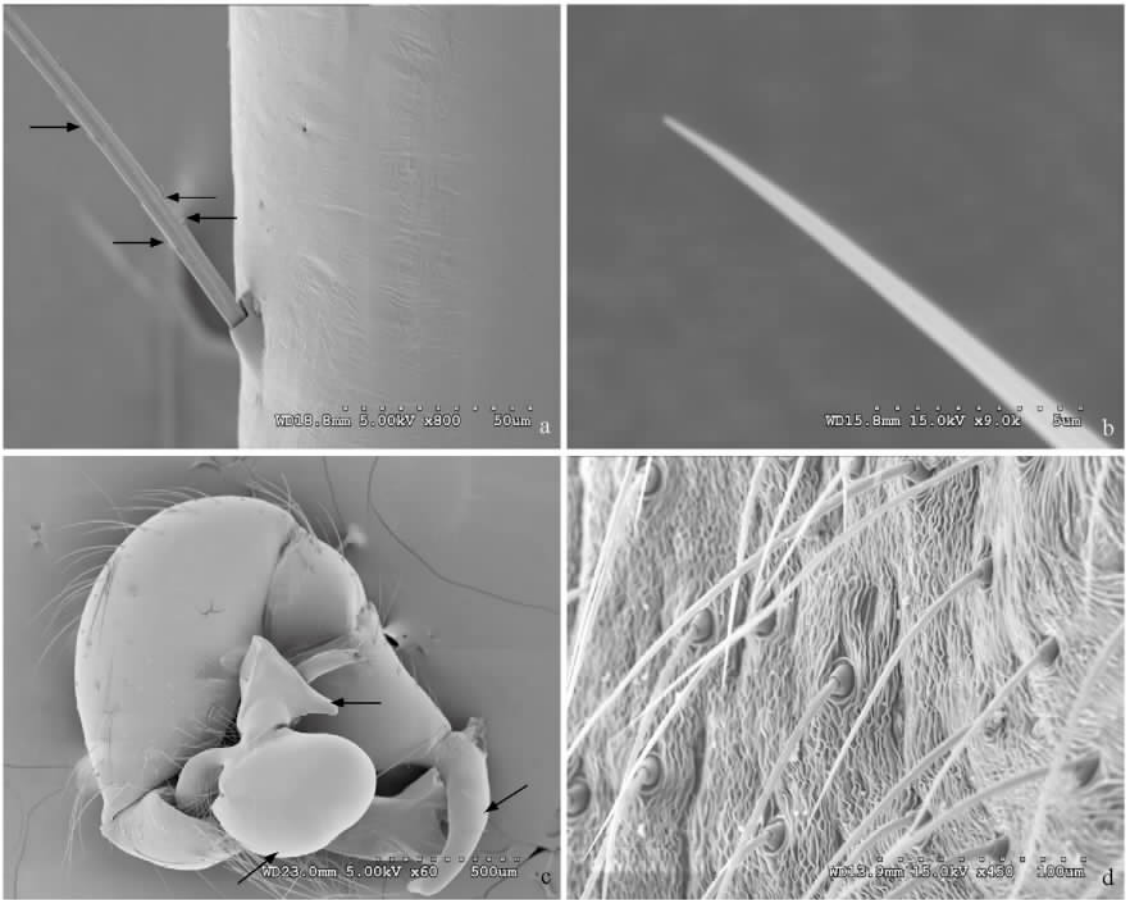


图 1 北京幽灵蛛的触毛

Fig. 1 Tactile hairs of *Pholcus beijingensis*

a: 毛干基部及毛囊,箭头所指为绒毛状突起; b: 毛干末端; c: 雄蛛触肢器,箭头所指为未着生触毛的部位; d: 雄蛛腹部背面的触毛。

a: Hair shaft and hair socket where the hair shaft emerging from. Arrows pointing to scopula; b: Tip of tactile hair; c: Prolateral view of the male pedipalp, arrows pointing to its hairless sections; d: Tactile hair on the backside of a male abdomen.

听毛(图 2)丝状,与体表几乎垂直着生,基部有一特别膨大、呈圆球状的毛囊,囊中间有一腔窝,毛干着生于窝中,腔窝直径较毛干基部大很多。听毛比触毛细,其基部与端部的粗细相当。毛干上亦有绒毛状突起,呈螺旋状环绕毛干。北京幽灵蛛的听毛数量不多,均分布在附肢的背侧。每条步足后附节基部长有 1 根,胫节共 4 根:其中 1 根着生于胫节端部,另 3 根着生于胫节基部;在雌雄触肢胫节上均有 2 根。

分布于附肢各节的听毛长度基本一致,触肢和步足后附节的听毛长于触毛,胫节基部的听毛短于周边触毛。

味觉毛(图 3)垂直着生于步足四周表面,基部有一圆球状毛囊,中间有一腔窝,毛干基部着生于腔窝中,但味觉毛的毛囊及腔窝均不及听毛。味觉毛的毛干亦有绒毛状突起,分布于毛干上部,约占整个毛干的 2/3,朝向一侧,似毛刷。味觉毛末端约呈 90°急剧弯曲,朝向与

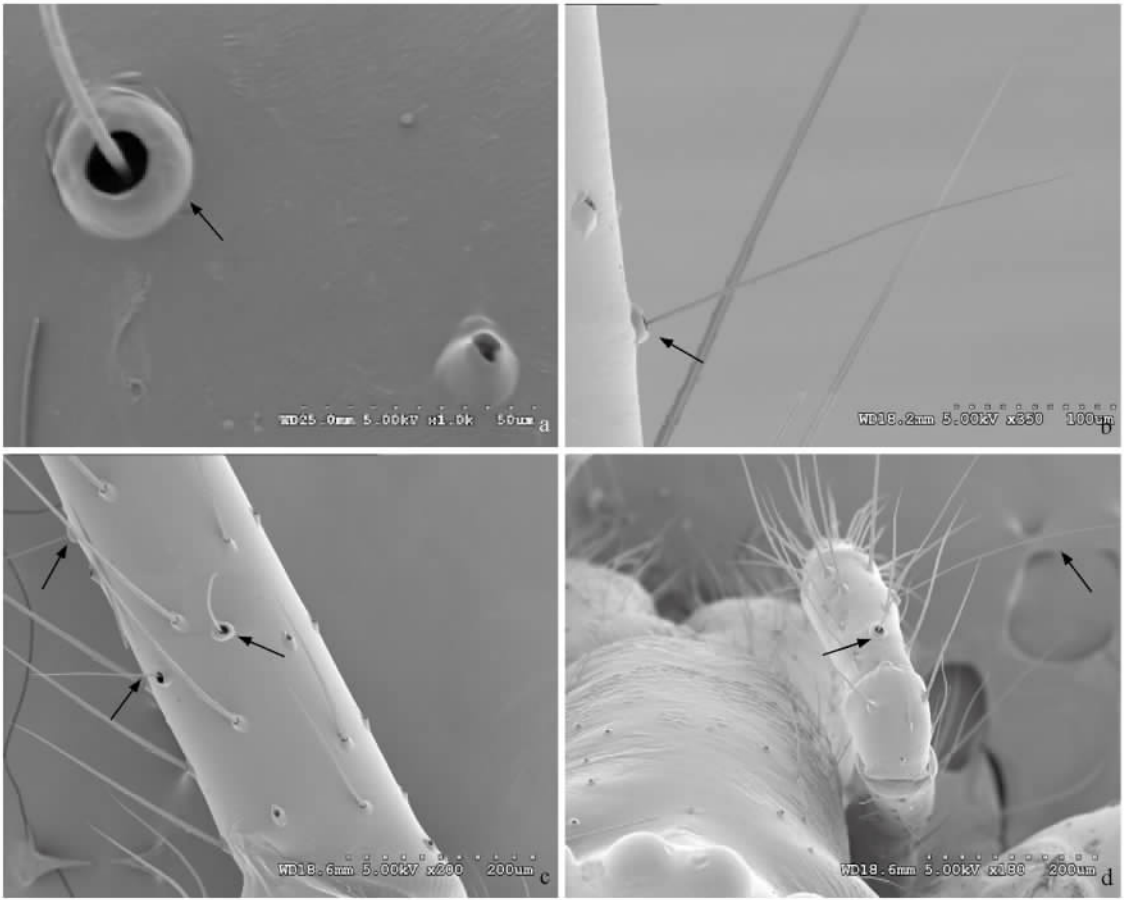


图 2 北京幽灵蛛的听毛

Fig. 2 Trichobothria of *Pholcus beijingensis*

a: 听毛的毛囊与触毛的毛囊对比; b: 胫节远端的听毛; c: 胫节近部的听毛;

d: 雌蛛触肢的听毛。箭头所指为听毛。

a: Hair socket of trichobothrium and that of tactile hair; b: Trichobothrium on the distal section of tibia;

c: Trichobothria on the proximal section of tibia; d: Trichobothria on female pedipalp. Arrow pointing to the trichobothrium.

绒毛状突起一致。顶端不封闭,在高倍电镜下可以看到顶端有一空腔。味觉毛分布于步足跗节及后跗节的上半部分,在跗节分布最密,后跗节从远端至基端逐渐变稀并消失。雌雄触肢上均未发现味觉毛。不同位置的味觉毛长度一样,均短于触毛和听毛。

刺是蜘蛛感知血压的一类感受器,也是感觉毛中最短的一种<sup>[1]</sup>。北京幽灵蛛的刺(图4)垂直着生于步足表面,毛囊不发达,紧包毛干基部,毛干光滑,无绒毛状突起,末端尖、细且不弯曲。分布于各步足胫节和腿节的近基端,在一侧排列成一直线。雌雄触肢的胫节和腿节无

刺。

**2.2 裂缝感受器** 北京幽灵蛛的附肢上既有单个分布和成群分布的裂缝感受器,也有由多个裂缝感受器聚合而成的竖琴器(图5)。单个分布的裂缝感受器较少,仅在胫节末端发现1个;成群分布的裂缝感受器出现在步足腿节的基端一个侧面,约占腿节一半长度,雌蛛有多达20个以上的裂缝感受器成群分布,而雄蛛腿节成群分布的裂缝感受器不到雌蛛的一半。不同部位分布的竖琴器大小不一,由两个到十几个不等的裂缝感受器聚合而成;形状也有变化,有些竖琴器会形成扭曲的形状。竖琴器的形态、

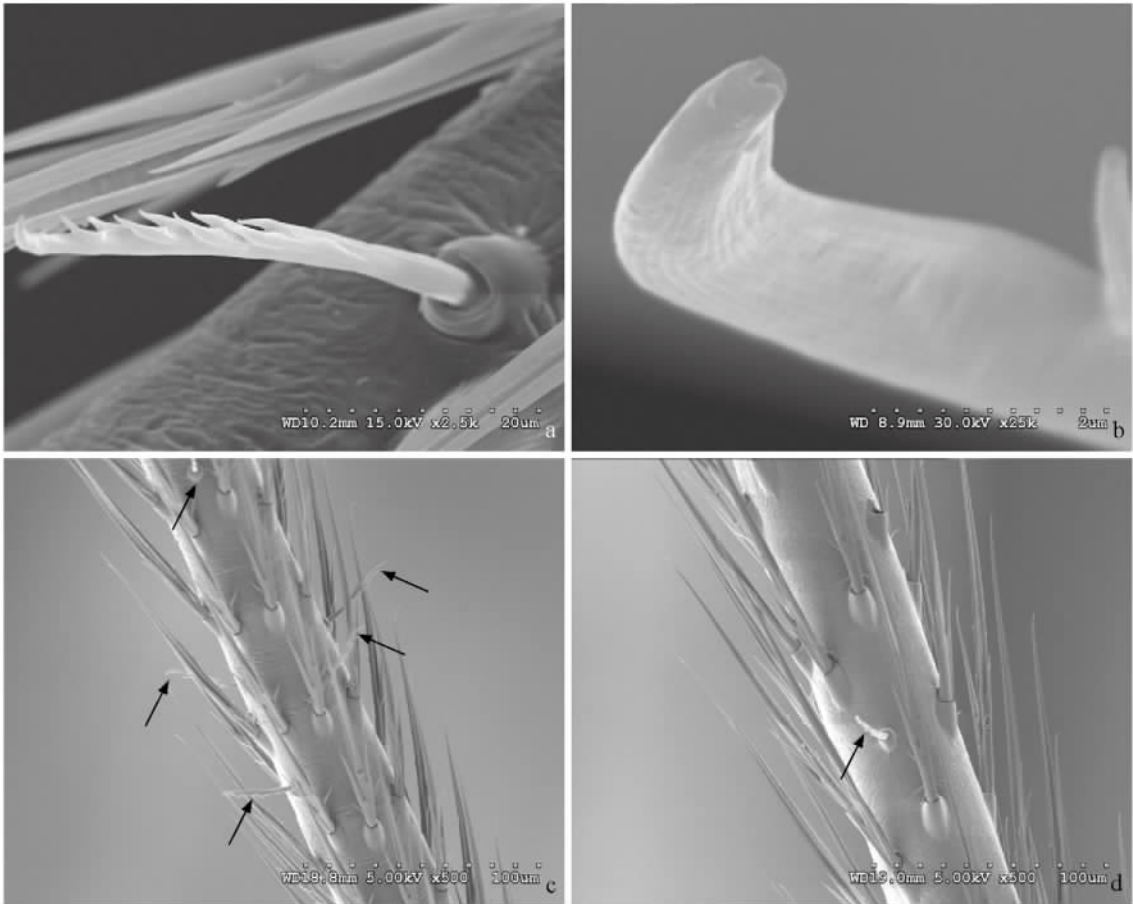


图 3 北京幽灵蛛的味觉毛

Fig. 3 Gustatory hairs of *Pholcus Beijingsis*

a: 味觉毛全图; b: 味觉毛末端的弯曲及开口; c: 步足跗节近端的味觉毛;  
d: 后跗节中端的味觉毛。箭头指向味觉毛。

a: The gustatory hair on the surface of leg; b: End of a gustatory hair, showing the curvature and the terminal pore; c: Gustatory hair on the proximal section of tarsus; d: Gustatory hair on the middle of metatarsus. Arrows pointing to gustatory hairs.

数量和分布位置在雌雄之间无明显差异。

北京幽灵蛛附肢各节的关节内侧面是裂缝感受器和竖琴器的主要分布部位(图6)。各步足自转节到后跗节的各节远端关节处均分布有裂缝感受器。后跗节末端有2个竖琴器,分别位于两侧;胫节末端有基本等距分开的1个裂缝感受器和3个竖琴器;膝节很短,其中部具3个竖琴器,其中一侧1个,另一侧2个;腿节末端两侧具2个竖琴器;转节与膝节情况类似;跗节和基节未见。螯肢的螯基外侧靠近螯爪处有3个较小的竖琴器。雌蛛触肢极细且短,其转节中部具1个裂缝感受器,腿节末端两侧有2

个竖琴器。雄蛛的触肢特化为交配器官,未发现有裂缝感受器。

**2.3 跗节器** 跗节器分布于蜘蛛触肢和步足的跗节末端背侧。北京幽灵蛛的跗节器(图7)呈圆形囊状,比听毛的毛囊更大,且高出步足或触肢表面,中间有一较大的腔窝,看似一黑洞。

### 3 讨论

听毛是研究较多的一类蜘蛛的感受器。特定物体位置改变引发的空气振波,如均匀气流、空气震动、节奏性气流、近距离声波以及某些远距离物体产生的声波都能刺激听毛产生反

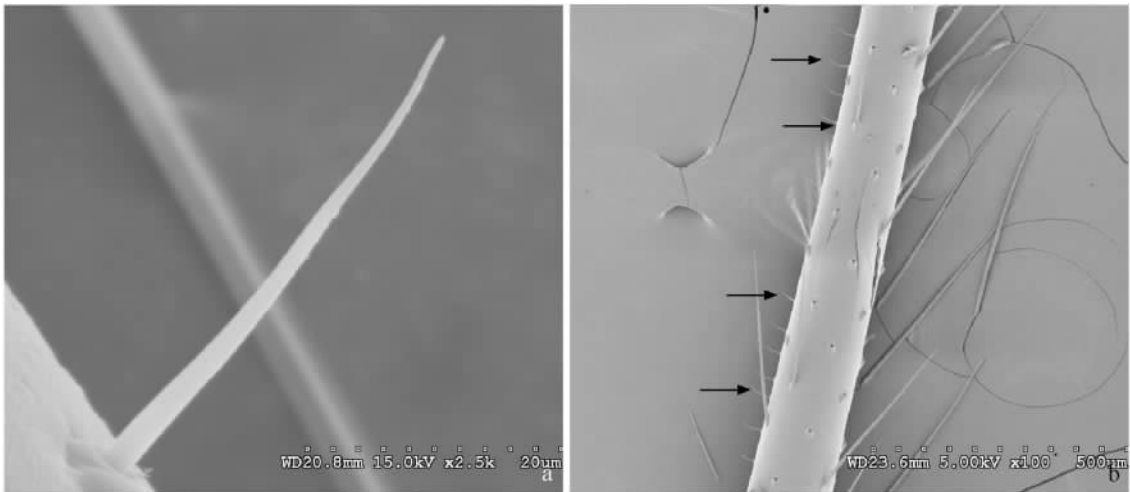


图4 北京幽灵蛛的刺

Fig. 4 Spines of *Pholcus beijingensis*

a: 刺全图; b: 胫节近基端的刺(箭头指向部分刺)。

a: The whole morphology of a spine; b: Spines on the proximal section of tibia (Arrows pointing to some of the spines).

应<sup>[12]</sup>。由于对气流非常敏感,听毛对蜘蛛捕食猎物 and 逃避敌害有着重要意义<sup>[13]</sup>。听毛的数量在不同蜘蛛类群中有很大差异,北京幽灵蛛每条步足有5根听毛,雌雄触肢仅有2根听毛。一种游猎型的栉足蛛 *Cupiennius salei* 其步足上的听毛数量多达100根以上,每条触肢亦有50根以上,是已知蜘蛛类群中听毛数量最多的种类<sup>[4]</sup>。赵敬钊等对新蛛亚目8个科(不包括幽灵蛛科)9种蜘蛛的听毛进行了电镜扫描观察,证实听毛在同种蜘蛛步足不同节的分布和数量存在差异,不同种蜘蛛的听毛数量变动幅度较大,其中北京马蹄蛛 (*Pritha beijingensis*)、中华涡蛛 (*Octonoba sinensis*) 的每条步足仅有听毛5~6根,而其他7种蜘蛛每条步足有听毛10~40根不等<sup>[7]</sup>。

味觉毛是短距离或接触性的化学感受器,能够感知同种或异种个体释放的信息化学物质。目前已有多种蜘蛛的雌雄性信息素得到化学结构鉴定<sup>[14-17]</sup>,但对蜘蛛的化学感受器缺乏深入的研究。Foelix的研究发现,蜘蛛的味觉毛具有以下几个特点:末端开口;毛干内分为圆形和半圆形两个腔;具有2~3种二元神经元,其树突成束进入圆形腔内<sup>[1]</sup>。Tichy等用电生

理的方法证实,栉足蛛 *C. salei* 雄蛛触肢上的味觉毛能感受到同种雌蛛产生的性信息素物质<sup>[18]</sup>。扫描电镜观察到北京幽灵蛛的味觉毛分布在各步足的跗节及后跗节,我们此前的研究用北京幽灵蛛雄蛛的性信息素顺-9-二十三烯对同种雌蛛的跗节进行触角电位(electroantennogram, EAG)试验,能记录到雌蛛的电位反应<sup>[15]</sup>,但雌雄蛛的触肢上均未发现味觉毛。已有报道发现,园蛛 (*Araneus diadematus*)、狼蛛 (*Lycosa punctulata*) 和栉足蛛 *C. salei* 的味觉毛除步足外在触肢末端亦有分布<sup>[3,19]</sup>,味觉毛的这种分布差异可能来自于种间的区别。昆虫中也有类似的情形,许多昆虫的味觉毛都集中分布于触角,但少数昆虫,如伊蚊 (*Aedes aegypti*) 的味觉毛不在触角而是分布于足的跗节<sup>[20]</sup>。

蜘蛛的另一类重要的化学感受器——嗅觉感受器到目前仍存在争议。早期有文献报道蜘蛛各个附肢的跗节器是嗅觉感受器, Foelix 等对跗节器内的神经分布等作了研究,认为跗节器可能是温度感受器或者嗅觉感受器,抑或兼有2种功能<sup>[19]</sup>。Dumpert等证实多种挥发性物质能够激发跗节器的电生理反应<sup>[21]</sup>。但随后

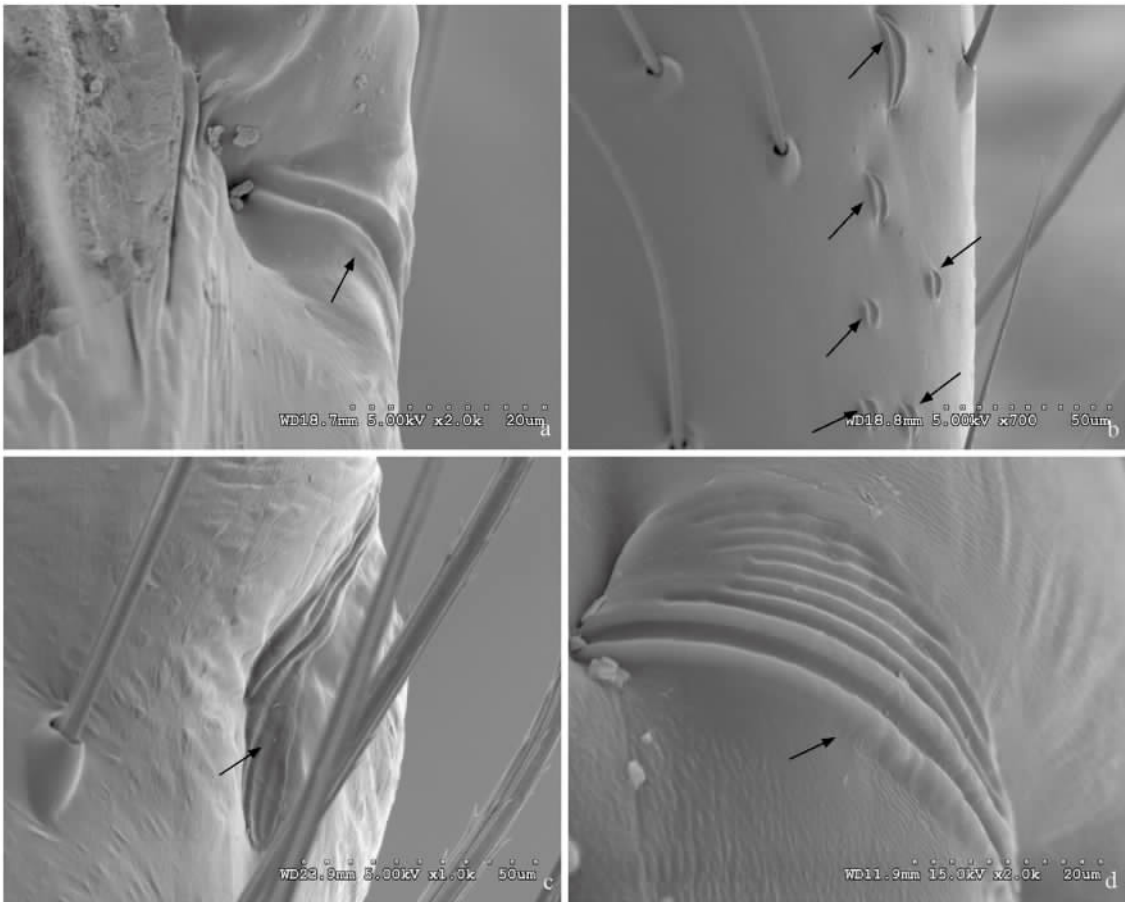


图 5 北京幽灵蛛裂缝感受器的类型

Fig. 5 Types of slit sensilla of *Pholcus Beijingensis*

a: 单个分布的裂缝感受器; b: 成群分布在步足腿节近基端的裂缝感受器; c 和 d: 竖琴器。箭头指向竖琴器。

a: Single slit sensillum; b: Group of slit sensilla occur on the femur proximal section;

c and d: Lyriform organs. Arrow pointing to lyriform organ.

Ehn 等的研究却认为,跗节器主要的功能是温湿度感受器,跗节器内有 3 种感觉细胞,其中 2 种对湿度改变敏感,另 1 种对温度变化敏感<sup>[5-6]</sup>。有关蜘蛛类群的嗅觉感受器还需要借助触角电位、单细胞记录等电生理技术进行更深入的研究。

裂缝感受器是节肢动物普遍使用的一类机械感受器<sup>[22]</sup>,许多研究者对裂缝感受器的内部神经结构、对机械震动信号的感知功能等方面进行了深入的探讨<sup>[4, 23-24]</sup>。蜘蛛的裂缝感受器包括单裂缝器和由多个单裂缝器聚合而成的竖琴器,裂缝感受器的类型和形态在不同蜘蛛种之间有很大程度相似性<sup>[3]</sup>。北京幽灵蛛附

肢分布的裂缝感受器包括竖琴器有大大小小几十个之多,其中单个分布的裂缝感受器仅发现 1 个(胫节末端);成群的裂缝感受器分布腿节基部,雌蛛数量多于雄蛛;竖琴器在步足各节均有。Höbl 等的研究认为,成群分布的裂缝感受器和竖琴器可感知到的载荷范围是单个分布的裂缝感受器的 3.5 倍左右<sup>[24]</sup>,说明北京幽灵蛛是对震动信号反应敏锐的蜘蛛种类。在我们此前的研究中,交配期性成熟的北京幽灵蛛雄蛛找到性成熟的雌蛛后,雄蛛会向雌蛛表现一系列求偶的行为,这些行为所引起的主要是震动信号,雄蛛通过拨丝、跳动、腹部摆动、全身抖动等一系列动作引起蛛网的震动,向雌蛛传递性

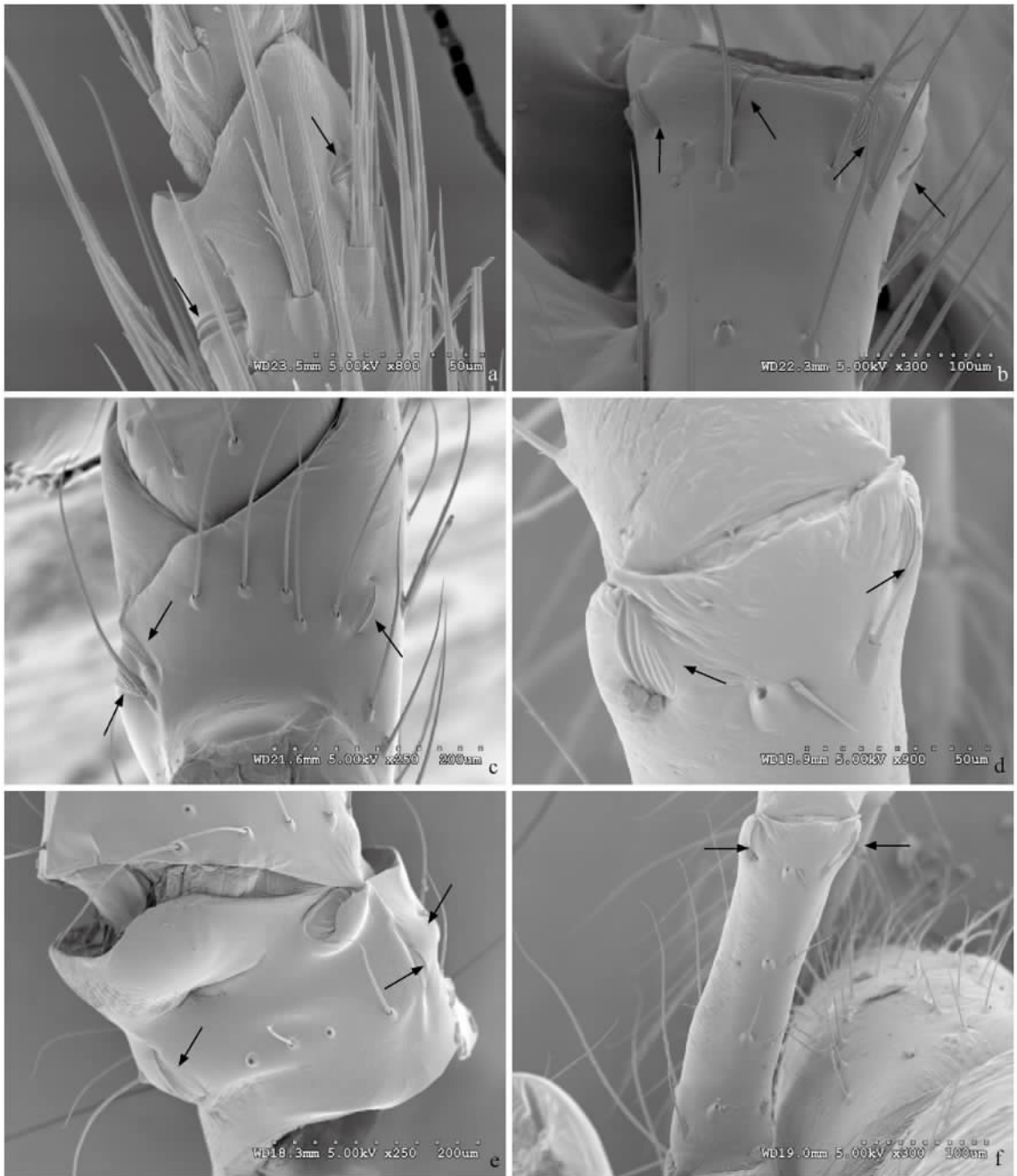


图 6 北京幽灵蛛的附肢上分布的单个裂缝感受器和竖琴器

Fig. 6 Single slit sensilla and lyriform organs distributed on appendages of *Pholcus beijingensis*

a: 后跗节末端; b: 胫节末端; c: 膝节; d: 腿节末端; e: 转节; f: 雌蛛触肢腿节。箭头指向裂缝感受器及竖琴器。

a: Distal end of the metatarsus; b: Distal end of the tibia; c: Patella; d: Distal end of the femur; e: Trochanter;

f: Femur of the female pedipalp. Arrows pointing to the slit sensilla including lyriforms.

信息<sup>[11,14]</sup>。雄蛛的求偶仪式是北京幽灵蛛雌雄交配之前必不可少的环节,这说明震动信号对雌雄交配的重要性,雌蛛腿节表面比雄蛛拥

有更多的裂缝感受器(成群分布),可能与感知雄蛛的求偶信号有关。

致谢 中国科学院动物研究所张健旭研究员阅



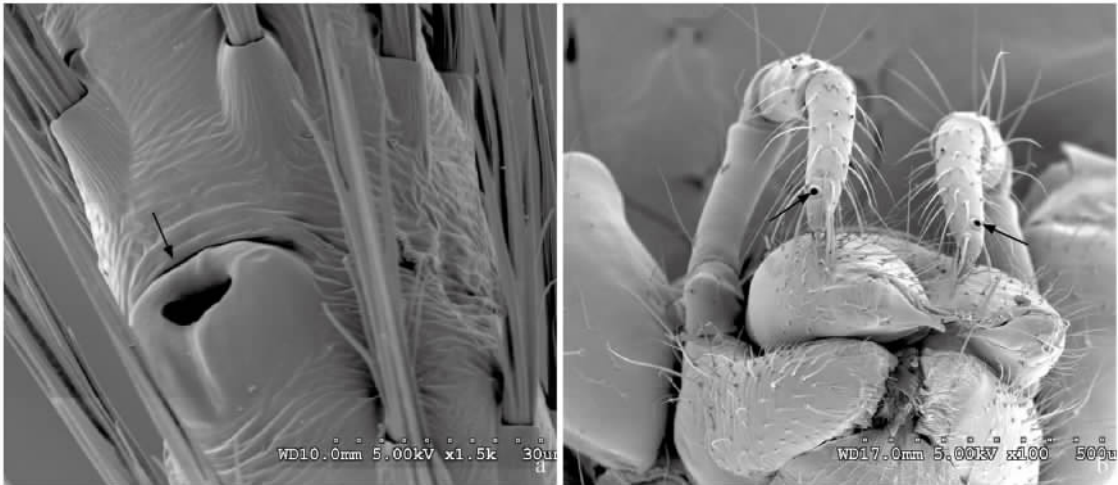


图 7 北京幽灵蛛的跗节器

Fig. 7 Tarsal organs of *Pholcus beijingensis*

a: 跗节器全景; b: 雌蛛触肢末端的跗节器。箭头指向跗节器。

a: The whole morphology of a tarsal organ; b: Tarsal organs on the end of female pedipalps.

Arrows pointing to tarsal organs.

读本文并提出宝贵建议;中国科学院遗传与发育生物学研究所田彦宝老师在电镜使用过程中给予指导和帮助。

## 参 考 文 献

- [ 1 ] Foelix R F. Biology of Spiders. 2nd ed. New York: Oxford University Press, 1996.
- [ 2 ] Bathellier B, Barth F G, Albert J T, et al. Viscosity-mediated motion coupling between pairs of trichobothria on the leg of the spider *Cupiennius salei*. Journal of Comparative Physiology A: Neuroethology, Sensory, Neural, and Behavioral Physiology, 2005, 191 (8): 733 - 746.
- [ 3 ] Barth F G. A Spider's World: Senses and Behavior. New York, Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 2002.
- [ 4 ] Barth F G. Spider mechanoreceptors. Current Opinion in Neurobiology, 2004, 14 (4): 415 - 422.
- [ 5 ] Ehn R, Tichy H. Hygro and thermoreceptive tarsal organ in the spider *Cupiennius salei*. Journal of Comparative Physiology A: Neuroethology, Sensory, Neural, and Behavioral Physiology, 1994, 174 (3): 345 - 350.
- [ 6 ] Ehn R, Tichy H. Response characteristics of a spider warm cell: temperature sensitivities and structural properties. Journal of Comparative Physiology A: Neuroethology, Sensory, Neural, and Behavioral Physiology, 1996, 178 (4): 537 - 542.
- [ 7 ] 赵敬钊, 卢宝廉, 宋大祥. 蜘蛛听毛的电镜观察. 蛛形学报, 2001, 10 (2): 8 - 11.
- [ 8 ] Jiang H, Li H X, Yang X J, et al. Spider's microstructure for sensing. Micron, 2006, 37 (2): 121 - 128.
- [ 9 ] 张俊霞, 屈平, 朱明生, 等. 三种猫蛛跗节器、听毛窝及纺器的扫描电镜观察. 河北大学学报: 自然科学版, 2007, 27 (2): 188 - 194.
- [ 10 ] Huber B A. The Pholcid spiders of Africa (Araneae: Pholcidae): state of knowledge and directions for future research // Huber B A, Sinclair B J, Lampe K-L. African Biodiversity: Molecules, Organisms, Ecosystems. New York: Springer, 2005: 181 - 186.
- [ 11 ] 陈海峰, 李枢强. 北京幽灵蛛的繁殖行为. 动物学杂志, 2005, 40 (1): 14 - 20.
- [ 12 ] Witt P N, Rovner J S. Spider Communication: Mechanisms and Ecological Significance. Princeton: Princeton University Press, 1982.
- [ 13 ] Anton S, Barth F G. Central nervous projection patterns of trichobothria and other cuticular sensilla in the wandering spider *Cupiennius salei* (Arachnida, Araneae). Zoomorphology, 1993, 113 (1): 21 - 32.
- [ 14 ] Xiao Y H, Zhang J X, Li S Q. A two-component female-produced pheromone of the spider *Pholcus beijingensis*. Journal of Chemical Ecology, 2009, 35 (7): 769 - 778.
- [ 15 ] Xiao Y H, Zhang J X, Li S Q. Male-specific (*Z*)-9-tricosene stimulates female mating behaviour in the spider

- Pholcus beijingensis*. Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences, 2010, 277(1696): 3009–3018.
- [16] Chinta S P, Goller S, Lux J, et al. The sex pheromone of the wasp spider *Argiope bruennichi*. Angewandte Chemie International Edition, 2010, 49: 2033–2036.
- [17] Jerhot E, Stoltz J A, Andrade M C B, et al. Acylated serine derivatives: a unique class of arthropod pheromones of the Australian redback spider, *Latrodectus hasselti*. Angewandte Chemie International Edition, 2010, 49: 2037–2040.
- [18] Tichy H, Gingl E, Ehn R, et al. Female sex pheromone of a wandering spider (*Cupiennius salei*): identification and sensory reception. Journal of Comparative Physiology A: Neuroethology, Sensory, Neural, and Behavioral Physiology, 2001, 187(1): 75–78.
- [19] Foelix R F, Chu-Wang I W. The morphology of spider sensilla II. Chemoreceptors. Tissue and Cell, 1973, 5(3): 461–478.
- [20] Slifer E H. The structure of arthropod chemoreceptors. Annual Review of Entomology, 1970, 15(1): 121–142.
- [21] Dumpert K. Spider odor receptor: electrophysiological proof. Cellular and Molecular Life Sciences, 1978, 34(6): 754–756.
- [22] Pringle J W S. The function of the lyriform organs of arachnids. The Journal of Experimental Biology, 1955, 32(2): 270–278.
- [23] Patil B, Prabhu S, Rajashekhar K P. Lyriform slit sense organs on the pedipalps and spinnerets of spiders. Journal of Biosciences, 2006, 31(1): 75–84.
- [24] Höbl B, Böhm H J, Schaber C F, et al. Finite element modeling of arachnid slit sensilla: II. Actual lyriform organs and the face deformations of the individual slits. Journal of Comparative Physiology A: Neuroethology, Sensory, Neural, and Behavioral Physiology, 2009, 195(9): 881–894.

## 《新疆鸟类分布名录》出版

鸟类研究新书《新疆鸟类分布名录》(Ma Ming. 2011. A Checklist on the Distribution of the Birds in Xinjiang. Science Press, Beijing, 1~244.)已于2011年1月由科学出版社出版发行。平装, B5开本, 30.7万字, 1~244页。编著者: 马鸣 研究员, 中国科学院新疆生态与地理研究所, 乌鲁木齐 830011。统一书号: ISBN 978-7-03-030046-1, 定价: 66.00元。各地新华书店经销。

本书是一部新疆鸟类种和亚种分类与分布的专著。编写过程参考了30多年来的考察成果和近10年的观鸟记录。书中共收录鸟类453种(约598种及亚种), 隶属于21目, 65科, 196属。这相当于中国鸟类种数的34%。另外, 对于有疑问的94种鸟类单独列在正文之后, 以备参考。正文给出了每个种的中文名、拉丁名(学名)、英文名、地理分布(至县级地名及主要地理单元)、生态习性等。每科附有黑白照片对应, 图文并茂。书后罗列参考文献576条、新疆地名中英文对照、考察年表(1974~2010)、新疆鸟类种数统计与比较、中文名索引、学名索引、英文名索引和致谢等。

新疆占据国土面积六分之一, 与八国接壤, 鸟类资源比较丰富。本书是一部迄今最完整的新疆野鸟名录。十年磨一剑, 与十年前试编的《新疆鸟类名录》(干旱区研究, 2001, 18(增刊): 1~90)相比, 本书增加了30多个新纪录种, 补充数万个地点资料。可供生物教学、科学研究以及农业、畜牧、林业、环境、野生动物管理、自然保护区、海关、艺术创作、自然观赏、国际交流、西部探险、户外旅游和观鸟等人士使用参考。

本书凝聚了无数人的辛劳。这里, 要深深感谢中国科学院、中国鸟类学会、新疆动物学会、新疆观鸟会、喀什观鸟会、阿尔泰观鸟会、香港观鸟会、乌鲁木齐及库尔勒和各地“鸟网”的朋友们, 有30多位鸟友为此书提供了数十篇文献、上百幅精美照片、上万个观鸟数据, 为本书增辉不少。当然, 他们每一个人的名字和作品都收录在了这本书中。谢谢各位!

附: 马鸣(联系方式)

新疆乌鲁木齐市北京南路818号新疆生态与地理研究所 邮编: 830011

Tel: +86 991 7885 363 (O), 0991 6622791 (H); Fax: +86 991 7885 320

E-mail: maming@ms.xjb.ac.cn