

游蛇科 8 种蛇的鳞片显微皮纹结构观察

王晓彤 罗 旭 李奇生*

西南林业大学林学院 昆明 650224

摘要: 游蛇科 8 种蛇, 分别为云南沾益采集的棕网腹链蛇 (*Hebius johannis*), 云南铜壁关采集的卡西腹链蛇 (*H. khasiensis*)、八线腹链蛇 (*H. octolineatum*)、双带腹链蛇 (*H. parallela*)、八莫过树蛇 (*Dendrelaphis subocularis*), 云南澜沧采集的大眼斜鳞蛇 (*Pseudoxenodon macrops*), 云南昆明采集的虎斑颈槽蛇 (*Rhabdophis tigrinus*), 云南临沧采集的中国小头蛇 (*Oligodon chinensis*)。于 2014 年 4 月对其背鳞显微皮纹结构进行扫描电镜观察, 8 种蛇每种使用 1 个个体, 每个个体分别从蛇体的前、中、近尾部各采集 3 枚鳞片, 共观察 9 枚鳞片。低倍下观察到鳞棱, 高倍下观察到纵行小棱、条索、横纹、小孔结构, 这些结构存在种间差异。八莫过树蛇和中国小头蛇无鳞棱, 但是其余 6 种蛇鳞棱十分明显; 大眼斜鳞蛇的纵行小棱短于 100 μm , 其余 7 种蛇的纵行小棱均长于 100 μm ; 仅八莫过树蛇和双带腹链蛇背鳞上有明显的条索结构; 八莫过树蛇的横纹为平缓波纹, 其余 7 种蛇的横纹为“U”形波纹; 小孔的形状、排列位置在种间变化较大, 小孔的密集程度以八莫过树蛇、大眼斜鳞蛇、虎斑颈槽蛇较高。在 8 种蛇中, 八莫过树蛇背鳞的显微皮纹结构最为复杂, 可能与其栖息在热带雨林中有关。

关键词: 蛇鳞; 显微皮纹结构; 生态适应

中图分类号: Q954 **文献标识码:** A **文章编号:** 0250-3263 (2016) 04-606-08

Microdermatoglyphic Structures of Eight Species of Snakes (Colubridae)

WANG Xiao-Tong LUO Xu LI Qi-Sheng*

Faculty of Forestry, Southwest Forestry University, Kunming 650224, China

Abstract: Scanning electron microscopy was used to examine the microdermatoglyphic structures of the dorsal scales of eight species of colubridae snakes, which were collected from Yunnan Province (Table 1). Species are Brown Netted Keelbacks (*Hebius johannis*), Khasi Keelbacks (*H. khasiensis*), Eight Lined Keelbacks (*H. octolineatum*), Boulenger's Keelbacks (*H. parallela*), Bhamo Tree Snakes (*Dendrelaphis subocularis*), Big-Eyed Mountain Keelbacks (*Pseudoxenodon macrops*), Tiger Groove-necked Keelbacks (*Rhabdophis tigrinus*), and Chinese Kukri Snakes (*Oligodon chinensis*), and all the specimens are preserved in the zoological museum of southwest forestry university. We chose one individual for each species and examined 3 dorsal scales at neck, back, and rear respectively. Totally, five kinds of microstructures were found on the scales: keel, longitudinal ridge, thin ridge, vertical stripe, and pore. The characteristics of these

基金项目 云南省高校森林灾害预警与控制重点实验室开放基金项目 (No. ZK14SB07);

* 通讯作者, E-mail: li_qi_sheng@163.com;

第一作者介绍 王晓彤, 女, 硕士研究生; 研究方向: 动物形态学; E-mail: 251577869@qq.com.

收稿日期: 2015-11-03, 修回日期: 2016-02-05 DOI: 10.13859/j.cjz.201604012

microstructures varied among these species (Table 2). Six species had keeled scales, which were not observed in Bhamo Tree Snake and Chinese Kukri Snake. The longitudinal ridge was longer than 100 μm in 7 species, but shorter than 100 μm in Big-eyed Mountain Keelback. The thin ridge was only found in Bhamo Tree Snake and Boulenger's Keelback. The vertical stripe showed U-shape in 7 snakes but wave-shape in Bhamo Tree Snake. The position and structure of the pores differed significantly among these species, but more densely distributed in Bhamo Tree Snake, Big-eyed Mountain Keelback, and Tiger Groove-necked Keel back. The microdermatoglyphic structures of Bhamo Tree Snake were the most complex (Fig. 1) that might be due to the humid tropical rainforest they lived in.

Key words: Snake scale; Microdermatoglyphic structure; Ecological adaptation

有鳞目包括蜥蜴亚目和蛇亚目(赵尔宓等 1998, 杨大同等 2008), 它们的鳞片表面有一层坚硬的 β -几丁质(Irish et al. 1988), 显微镜下这一结构存在极大的形态多样性, 称之为显微皮纹学结构(Dowling et al. 1972)。这些结构是物种长期进化形成的, 与其生活环境有一定的联系(Smith et al. 1982, Renous et al. 1985), 具有一定的种属特异性(Price et al. 1989)。有关蜥蜴类显微皮纹结构研究较多(Stewart et al. 1972, 1973, Irish et al. 1988, 马克勤等 1990, Harvey 1993, 梁刚 1999), 已有研究发现, 表面凹陷、龙骨样突起和小刺等特征, 可作为蜥蜴分类依据(Dowling et al. 1972, 常城等 1993)。我国现有蛇类 241 种(李丕鹏等 2013), 但目前仅对少数蛇类鳞片显微结构有报道。吴孝兵等(1994)对游蛇科(Colubridae)锦蛇属(*Elaphe*) 6 种蛇的背鳞和腹鳞进行了扫描电镜观察, 发现背鳞和腹鳞有鳞窝、鳞棱、刺状突起、纵行小棱、小孔等结构, 腹鳞的种间变化较小, 但是背鳞种间变化较大。王义权等(1998)对蝰科(Viperidae)、游蛇科 16 种蛇的背鳞和腹鳞进行扫描电镜观察, 同样发现以上 6 种结构特征, 但鳞窝只在尖吻蝮(*Deinagkistrodon acutus*) 和日本蝮(*Agkistrodon blomhoffii ussurens*) 两种蝰科蛇类中观察到。吴孝兵等(1997)认为陆栖蛇类通过增大体鳞表面的粗糙程度, 来与外界进行热量交换。蛇类背鳞的显微结构稳定, 蛇蜕和

本体基本无差异(Parker et al. 1977, 胡新 1998, 王义权等 1998, 李磊等 2007), 因此蛇蜕可替代活体用作显微结构观察材料(赵尔宓 2006)。然而, 这些显微结构是否在各种蛇类的鳞片都具有, 在种间是否存在变化, 如何反应生态问题, 这都需要增加研究的物种数。我们选择在云南分布的游蛇科 8 种蛇进行研究, 其中 7 种蛇以往研究未有涉及, 以增加对蛇类显微皮纹特征的了解, 并探讨蛇类种间的显微皮纹结构特征异同及其生态适应。

1 材料与方法

蛇的鳞片均取自西南林业大学标本馆馆藏标本(表 1), 每种利用 1 号标本, 每号标本取背鳞前、中、后部各 3 片鳞片进行观察和拍照。扫描电镜材料制备参考王义权等(1998)和任冬云等(2009)的方法, 将鳞片材料用蒸馏水清洗后, 依次用 50%、70%、100% 的乙醇脱水。将脱水后的鳞片依次放在载玻片上, 用另一片载玻片压紧, 两端用夹子夹紧, 以防鳞片卷缩, 然后放于干燥剂中完全脱水。将干燥好的鳞片背面朝上粘于导电胶纸上, 标号记录, 用日立 E1010 真空离子镀膜机镀金 40 s, 在日立 S-3000N 扫描电镜下拍照, 放大 70、400、1 000、4 000 倍观察, 挑选合适的放大倍数进行特征描述。用 Image-Pro Plus 6.0 软件对特征进行测量或计数, 通过放大倍数转换得到实际值。

2 结果

表 1 扫描电镜观察的样品来源和种类
Table 1 List of the samples used in this study

属 Genus	种 Species	标本号 Voucher No.	采集地 Collecting site	采集地生境 Habitat	习性 Habit*
腹链蛇属 <i>Hebius</i> *	棕网腹链蛇 <i>H. johannis</i>	SWFU 2012120401	云南沾益 Zhanyi, Yunnan	水田边溪流 Paddy field	半水栖 Semi-aquatic
	卡西腹链蛇 <i>H. khasiensis</i>	SWFU 20130426012	云南铜壁关 Tongbiguan, Yunnan	常绿阔叶林边溪流 Evergreen broadleaved forest	半水栖 Semi-aquatic
	八线腹链蛇 <i>H. octolineatum</i>	SWFU 19940414	云南铜壁关 Tongbiguan, Yunnan	常绿阔叶林边水塘 Evergreen broadleaved forest	半水栖 Semi-aquatic
	双带腹链蛇 <i>H. parallela</i>	SWFU 20130427020	云南铜壁关 Tongbiguan, Yunnan	溪流岸边沙滩 Stream beach	半水栖 Semi-aquatic
过树蛇属 <i>Dendrelaphis</i>	八莫过树蛇 <i>D. subocularis</i>	SWFU 20130426014	云南铜壁关 Tongbiguan, Yunnan	热带季雨林树下 Tropical rain forest	树栖 Arboreal
斜鳞蛇属 <i>Pseudoxenodon</i>	大眼斜鳞蛇 <i>P. macrops</i>	SWFU 20130405	云南澜沧 Lancang, Yunnan	常绿阔叶林下公路 Evergreen broadleaved forest	半水栖 Semi-aquatic
颈槽蛇属 <i>Rhabdophis</i>	虎斑颈槽蛇 <i>R. tigrinus</i>	SWFU 201207001	云南昆明 Kunming, Yunnan	针阔混交林边草地 Mixed broadleaf-conifer forest	陆栖 Terrestrial
小头蛇属 <i>Oligodon</i>	中国小头蛇 <i>O. chinensis</i>	SWFU 20130805	云南临沧 Lincang, Yunnan	针阔混交林边草地 Mixed broadleaf-conifer forest	陆栖 Terrestrial

* 参考赵尔宓等 1998, 杨大同等 2008, Guo et al. 2014.

* Habit information is from Zhao et al. (1998), Yang et al. (2008), Guo et al. (2014).

2.1 显微结构特征

对 8 种蛇的显微皮纹结构观察发现, 低倍下 ($\times 70$ 、 $\times 400$) 可观察到鳞棱、高倍下 ($\times 1\ 000$ 、 $\times 4\ 000$) 可观察到纵行小棱、条索、横纹、小孔结构 (表 2), 对于同一个体, 不同部位背鳞结构无明显差异。鳞棱为鳞片中部隆起度高的纵向结构。纵行小棱为鳞片上纵向排列的条状结构, 隆起程度不一, 长短不同, 有分叉和不分叉 2 种形状。条索为纵行小棱之间纵向排列、隆起度较低的小条状结构。横纹为横向分布的线状结构, 性状分“隆起”或“无隆起”2 种, 形状大致分为平缓波纹、“U”形波纹 2 类。小孔为鳞片上的孔状结构, 形状有圆形、水滴形、不规则多边形、条形等, 密度、排列、分布区域在种间有差异。

2.2 分种特征描述

棕网腹链蛇 (*Hebius johannis*): 在 400 倍下, 有鳞棱。在 1 000 倍下, 除纵行小棱外, 观察不到其他结构。纵行小棱隆起度高, 无分叉, 多数与鳞棱平行, 长度大于 100 μm , 纵行小棱间距为 8 ~ 25 μm 。在 4 000 倍下, 可见横纹, 呈“U”型, 有隆起 (图 1a)。

双带腹链蛇 (*Hebius parallela*): 在 400 倍下, 有鳞棱。在 1 000 倍下, 可见纵行小棱, 隆起度高, 有分叉似麦穗状, 多数与鳞棱平行排列, 长于 100 μm , 纵行小棱间距为 4 ~ 20 μm 。在 4 000 倍下, 横纹呈“U”形, 有隆起; 横纹间有规则排列的条索 (图 1b)。

卡西腹链蛇 (*Hebius khasiensis*): 在 400 倍下, 有鳞棱。在 1 000 倍下, 仅能观察到纵行小棱。纵行小棱隆起度高, 无分叉, 多数与鳞棱平行, 长于 100 μm , 纵行小棱间距为 10 ~

表 2 八种蛇显微皮纹结构特征对比
Table 2 The microdermatoglyphic structure characteristics in eight snakes

属 Genus	种 Species	鳞嵴 Keel	纵行小嵴 Longitudinal ridge	条索 Thin ridge	横纹 Vertical Stripe	小孔 Pore
腹链蛇属 <i>Hebicus</i>	棕网腹链蛇 <i>H. johannis</i>	有 Present	长纵行小嵴, 无分叉, 隆起高 Long, no branch, highly raised	无 Absent	“U”型, 有隆起 U-shape and raised	不明显 Not obvious
	卡西腹链蛇 <i>H. khasiensis</i>	有 Present	长纵行小嵴, 无分叉, 隆起高 Long, no branch, highly raised	无 Absent	“U”型, 有隆起 U-shape and raised	横纹间布满密集小孔, 孔径 $0.1 \sim 0.8 \mu\text{m}$, 密度为 $102 \text{个}/\mu\text{m}^2$ Lie between vertical stripes, circular-shaped, 0.1 to $0.8 \mu\text{m}$ in diameter, $102/\mu\text{m}^2$ in density
	八线腹链蛇 <i>H. octolineatum</i>	有 Present	长纵行小嵴, 无分叉, 隆起低 Long, no branch, slightly raised	无 Absent	“U”型, 无隆起 U-shape	横纹基部可见规则排列小孔, 孔口呈圆形, 孔径 $0.2 \sim 0.9 \mu\text{m}$, 密度为 $8 \text{个}/\mu\text{m}^2$ Lie orderly at the basal zone of vertical stripes, circular-shaped, 0.2 to $0.9 \mu\text{m}$ in diameter, $8/\mu\text{m}^2$ in density
	双带腹链蛇 <i>H. parallela</i>	有 Present	长纵行小嵴, 分叉, 隆起高 Long, with branch, highly raised	有 Present	“U”型, 有隆起 U-shape and raised	不明显 Not obvious
过树蛇属 <i>Dendrelaphis</i>	八莫过树蛇 <i>D. subocularis</i>	无 Absent	长纵行小嵴, 分叉, 隆起高 Long, with branch, highly raised	有 Present	平缓型, 有隆起 Wave-shape and raised	横纹间条索结构相互交织成密集小孔, 孔口为条形, 孔径 $0.2 \sim 4.5 \mu\text{m}$, 密度为 $53 \text{个}/\mu\text{m}^2$ Formed by the interwoven thin ridges, bar-shaped, 0.2 to $4.5 \mu\text{m}$ in diameter, $53/\mu\text{m}^2$ in density
	大眼斜鳞蛇 <i>Pseudoxenodon</i>	有 Present	短纵行小嵴, 无分叉, 隆起低 Short, no branch, slightly raised	无 Absent	“U”型, 无隆起 U-shape	横纹间布满密集小孔, 孔口为水滴形, 孔径 $0.2 \sim 1.0 \mu\text{m}$, 密度为 $149 \text{个}/\mu\text{m}^2$ Lie between vertical stripes, waterdrop-shaped, 0.2 to $1.0 \mu\text{m}$ in diameter, $149/\mu\text{m}^2$ in density
颈槽蛇属 <i>Rhabdophis</i>	虎斑颈槽蛇 <i>R. tigrinus</i>	有 Present	长纵行小嵴, 无分叉, 隆起高 Long, no branch, highly raised	无 Absent	“U”型, 无隆起 U-shape	横纹间布满密集小孔, 孔口形状有圆形、不规则多边形、条索形, 孔径 $0.5 \sim 2.0 \mu\text{m}$, 密度为 $84 \text{个}/\mu\text{m}^2$ Lie between vertical stripes, circular/bar/irregular shaped, 0.5 to $2.0 \mu\text{m}$ in diameter, $84/\mu\text{m}^2$ in density
	小头蛇属 <i>Oligodon</i>	无 Absent	长纵行小嵴, 无分叉, 隆起低 Long, no branch, slightly raised	无 Absent	“U”型, 无隆起 U-shape	横纹“U”形底端可见小孔, 孔口呈水滴形, 孔径 $0.2 \sim 0.8 \mu\text{m}$, 密度为 $17 \text{个}/\mu\text{m}^2$ Lie at the basal zone of vertical stripes, waterdrop-shaped, 0.2 to $0.8 \mu\text{m}$ in diameter, $17/\mu\text{m}^2$ in density

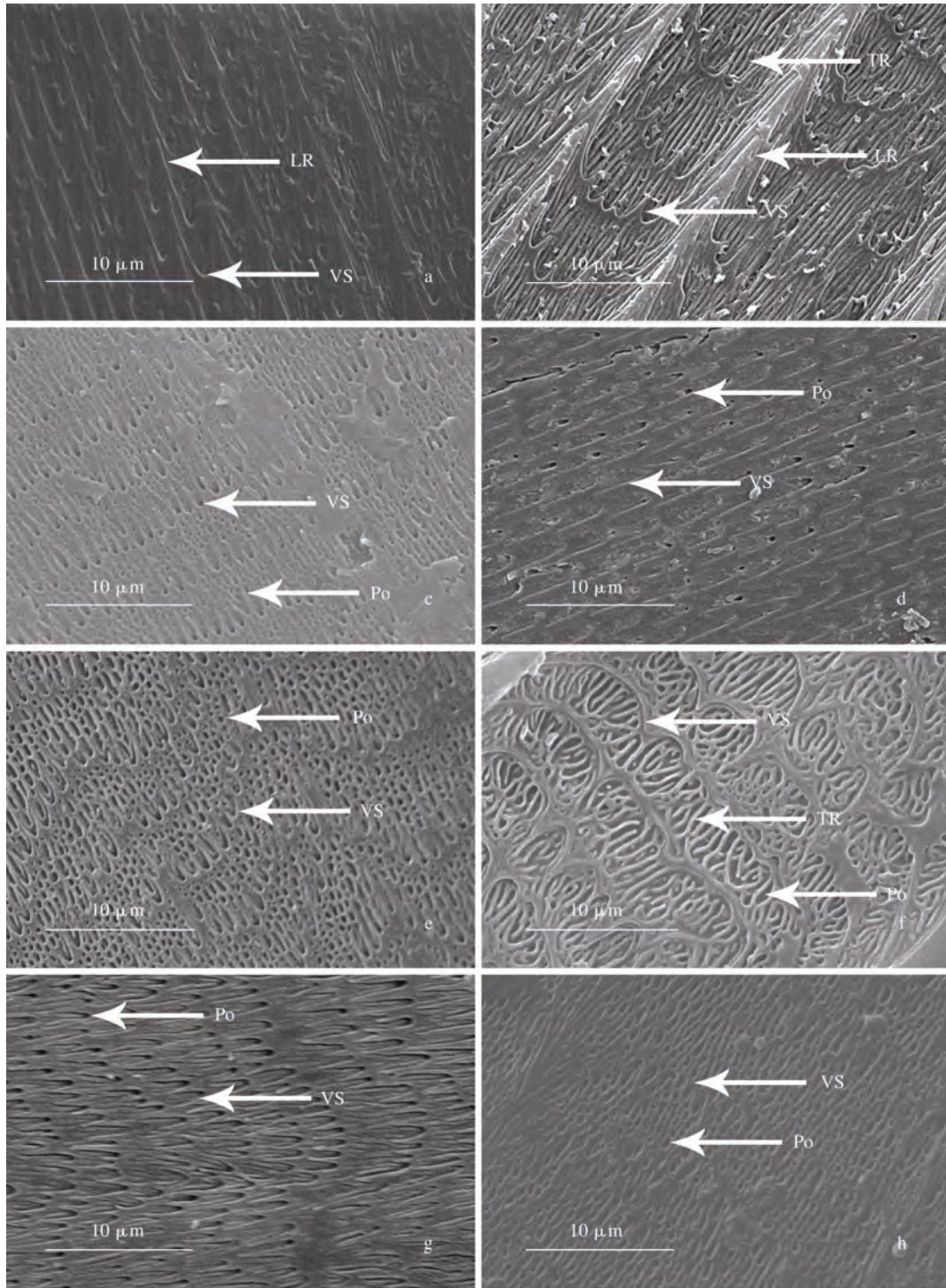


图 1 八种蛇鳞片显微结构 (× 4 000 倍)

Fig. 1 Microdermatoglyphic structures in eight species of snakes (× 4 000)

a. 棕网腹链蛇; b. 双带腹链蛇; c. 卡西腹链蛇; d. 八线腹链蛇; e. 大眼斜鳞蛇; f. 八莫过树蛇; g. 中国小头蛇; h. 虎斑颈槽蛇。

a. Brown-netted Keelback (*Hebius johannis*); b. Boulenger's Keelback (*Hebius parallela*); c. Khasi Keelback (*Hebius khasiensis*); d. Eight-lined Keelback (*Hebius octolineatum*); e. Big-eyed Mountain Keelback (*Pseudoxenodon macrops*); f. Bhamo Tree Snake (*Dendrelaphis subocularis*); g. Chinese Kukri Snake (*Oligodon chinensis*); h. Tiger Groove-necked Keelback (*Rhabdophis tigrinus*).

LR. 纵行小棱; Po. 小孔; TR. 条索; VS. 横纹。LR. Longitudinal ridge; TR. Thin ridge; Po. Pore; VS. Vertical stripe.

30 μm 。在 4 000 倍下, 纵行小棱呈层状; 横纹呈“U”形, 有隆起; 横纹间布满圆形小孔, 小孔孔径为 0.1 ~ 0.8 μm , 小孔密度为 102 个/ μm^2 (图 1c)。

八线腹链蛇 (*Hebius octolineatum*): 在 400 倍下, 有鳞棱。在 1 000 倍下, 仅能观察到纵行小棱。纵行小棱隆起度低, 无分叉, 与鳞棱不平行, 长于 100 μm , 小棱间距为 6 ~ 20 μm 。在 4 000 倍下, 横纹呈“U”形, 无隆起; 横纹基部有圆形的小孔, 小孔孔径为 0.2 ~ 0.9 μm , 小孔密度为 8 个/ μm^2 (图 1d)。

大眼斜鳞蛇 (*Pseudoxenodon macrops*): 在 400 倍下, 有鳞棱。在 1 000 倍下, 仅能观察到纵行小棱。纵行小棱隆起度低, 无分叉, 长度短于 100 μm , 纵行小棱间距为 10 ~ 30 μm 。在 4 000 倍下, 横纹呈“U”形, 无隆起, 横纹间布满密集水滴形的小孔, 小孔孔径为 0.2 ~ 1.0 μm , 小孔密度为 149 个/ μm^2 (图 1e)。

八莫过树蛇 (*Dendrelaphis subocularis*): 在 400 倍下, 无鳞棱。在 1 000 倍下, 纵行小棱隆起度高, 有分叉, 长于 100 μm , 小棱间距为 20 ~ 60 μm 。纵行小棱两侧延伸分叉似麦穗状, 小棱之间可见弯曲不规则的纹路, 似絮状。在 4 000 倍下, 横纹平缓, 有隆起; 横纹间条索互相织结成网, 形成条形小孔, 小孔孔径为 0.2 ~ 4.5 μm , 小孔密度为 53 个/ μm^2 (图 1f)。

中国小头蛇 (*Oligodon chinensis*): 在 400 倍下, 无鳞棱。在 1 000 倍下, 仅能观察到纵行小棱。纵行小棱隆起度低, 无分叉, 长于 100 μm , 小棱间距为 3 ~ 20 μm 。在 4 000 倍下, 横纹呈“U”形, 无隆起, “U”形底端可见水滴形的小孔, 小孔孔径为 0.2 ~ 0.8 μm , 小孔密度为 17 个/ μm^2 (图 1g)。

虎斑颈槽蛇 (*Rhabdophis tigrinus*): 在 400 倍下, 有鳞棱。在 1 000 倍下, 纵行小棱隆起度高, 无分叉, 多数与鳞棱平行, 长于 100 μm , 小棱间距为 10 ~ 30 μm 。纵行小棱间分布着密集的小孔。在 4 000 倍下, 横纹呈“U”形, 无隆起, 横纹间布满密集小孔, 小孔交织成网状,

小孔形状有圆形、不规则多边形和条形, 小孔孔径为 0.5 ~ 2.0 μm , 小孔密度为 84 个/ μm^2 (图 1h)。

3 讨论

3.1 八种蛇显微皮纹特征的比较

背鳞显微皮纹结构在观察的 8 种蛇之间存在差别。除八莫过树蛇、中国小头蛇外, 其他 6 种蛇鳞棱均非常明显。双带腹链蛇和八莫过树蛇纵行小棱形状为有分叉形, 其他 6 种蛇为无分叉形。大眼斜鳞蛇的纵行小棱比较特别, 长度短于 100 μm , 其他 7 种蛇的纵行小棱均长于 100 μm 。条索结构只在 2 种蛇中观察到, 双带腹链蛇的条索较八莫过树蛇的条索更为规则。八莫过树蛇的横纹为平缓型, 其他均为“U”形。小孔在八线腹链蛇、卡西腹链蛇、八莫过树蛇、大眼斜鳞蛇、虎斑颈槽蛇、中国小头蛇显微皮纹结构中明显; 八线腹链蛇和中国小头蛇的小孔在横纹的基部, 其余 4 种蛇的小孔分布在横纹之间; 大眼斜鳞蛇和虎斑颈槽蛇横纹之间的小孔交织成网状, 八莫过树蛇的小孔大小不一, 卡西腹链蛇横纹之间的小孔呈规则排列, 孔状结构在这些蛇类之间变化较大。

3.2 运用蛇类鳞片显微结构进行物种鉴定的可行性

理论上, 不同的蛇类因体型、涉水能力、栖息地海拔和生境等因素的影响, 鳞片的显微结构会表现出形态差异, 归纳这些差异特征可以作为鉴定物种的指标。较腹鳞而言, 背鳞具有数量多、不易受到磨损、显微特征明显等优点, 作为蛇类物种鉴定的材料, 应具有较好的可行性。然而, 受限于研究样本数量, 本研究 and 前人研究 (Dowling et al. 1988, 吴孝兵 1994) 均不能充分说明背鳞不同部位以及不同个体间的显微皮纹学特征稳定, 还需进一步研究证实。

用蛇类背鳞进行物种鉴定选用什么显微特征是需要重点考虑的问题。综合本文和之前的研究结果 (吴孝兵等 1994, 1997, 王义权等 1998, 李磊等 2007), 蛇鳞片皮纹学基本特征

为纵向分布的鳞棱和纵行小棱、横向分布的横纹以及横纹之间分布的小孔。而其他一些特征为少数物种所具有，如条索结构，本研究中仅 2 种蛇具有。以上特征可以归纳为描述性特征和可数可量特征两类，前者包括纵行小棱、纵行小棱隆起及分枝、条索结构、横纹形态、小孔形态及分布；可数可量特征包括纵行小棱间距、小孔密度和小孔孔径。多样化的特征是进行物种鉴定的前提，然而如何运用这两类特征建立游蛇科物种鳞片显微结构数据库，还需更多的材料积累。

3.3 显微皮纹结构与蛇类生态适应

蛇类的生活习性不同，对鳞片显微皮纹学结构有一定影响，蛇鳞的显微皮纹结构特征是对其栖息环境的适应表现（Smith et al. 1982, Renous et al. 1985, 吴孝兵等 1997）。蛇鳞表面突出的部位能有效打破水膜的附着力，有助于蛇在潮湿地和水中行进（张占立等 2007, Rocha-Barbosa et al. 2009）。纵行小棱是蛇鳞显微皮纹结构中最主要的突出结构，本研究中以八莫过树蛇和腹链蛇属种类较为发达，与它们栖息地近水或者潮湿相关（赵尔宓等 1998, 杨大同等 2008）。蛇类往往通过增加鳞片表面积提高获得热量的效率（吴孝兵等 1997, 时磊 2005），据观察孔状结构是增大表面积最直接有效的方式，这 8 种蛇中以虎斑颈槽蛇和大眼斜鳞蛇的小孔最为发达，这 2 种蛇分布范围广，海拔跨度大（赵尔宓等 1998, 杨大同等 2008），可能与它们的鳞片孔状结构较发达有关。孔状结构同时也是蛇体内化学物质（脂类和信息素等）排出的通道，能保持鳞片光泽与润滑（Chiasson et al. 1989, 王义权等 1998），是蛇健康的标志。本研究中，八莫过树蛇的显微皮纹结构最为复杂，能有效地进行热量交换和保持水分平衡，与其栖息于滇西南热带季雨林、温湿变化较大有关。

致谢 西南林业大学生命科学学院谢舒情同学、林学院李燕同学参与前期实验，一并表示感谢。

参 考 文 献

- Chiasson R B, Bentley D L, Lowe C H. 1989. Scale morphology in Agkistrodon and closely related crotaline genera. *Herpetologica*, 45(4): 430–438.
- Dowling H G, Gilboa I, Gennaro D E, et al. 1972. Microdermatoglyphics: a new tool for reptile taxonomy. *Herpetological Review*, 4: 200.
- Dowling H G, Price R M. 1988. A proposed new genus for *Elaphe subocularis* and *Elaphe rosaliae*. *The Snake*, 20(1): 52–63.
- Guo P, Liu Q, Zhang L, et al. 2014. A taxonomic revision of the Asian keelback snakes, genus *Amphiesma* (Serpentes: Colubridae: Naticinae), with description of a new species. *Zootaxa*, 3873(4): 425–440.
- Harvey M B. 1993. Microstructure, ontogeny, and evolution of scale surfaces in Xenosaurid lizards. *Journal of Morphology*, 216(2): 161–177.
- Irish F J, Williams E E, Seling E. 1988. Scanning electron microscopy of changes in epidermal structure occurring during the shedding cycle in squamate reptiles. *Journal of Morphology*, 197(1): 105–126.
- Parker H W, Grandison A G. 1977. *Snakes*. London: Cornell University Press.
- Price R, Kelly P. 1989. Microdermatoglyphics: basal patterns and transition zones. *Journal of Herpetology*, 23(3): 244–261.
- Renous S, Gasc J P, Diop A. 1985. Microstructure of the tegumentary surface of the Squamata (Reptilia) in relation to their spatial position and their locomotion. *Fortschritte der Zoologie*, 30: 487–489.
- Rocha-barbosa O, Moraes R B. 2009. Analysis of the microstructure of Xenodontinae snake scales associated with different habitat occupation strategies. *Brazilian Journal of Biology*, 69(3): 919–923.
- Smith H M, Duvall D, Graves B M, et al. 1982. The function of squamate epidermatoglyphics. *Bulletin of the Philadelphia Herpetological Society*, 30: 3–8.
- Stewart G R, Daniel R S. 1972. Scales of the lizard *Gekko gekko*: surface structure examined with the scanning electron microscope. *Copeia*, 1972(2): 252–257.

- Stewart G R, Daniel R S. 1973. Scanning electron microscopy of scales from different body regions of three lizard species. *Journal of Morphology*, 139(4): 377–388.
- 常城, 刘迺发, 李伯年. 1993. 蜥蜴皮肤感受器作为分类指标的研究. *甘肃科学学报*, 5(3): 57–61.
- 胡新. 1998. 乌梢蛇及其伪品黑眉锦蛇王锦蛇和白环蛇背鳞的显微鉴定. *时珍国医国药*, 9(4): 353–354.
- 李磊, 梁刚. 2007. 宁陕小头蛇 (*Oligodon Ningshnensis*) 的显微皮纹模式. *西安文理学院学报: 自然科学版*, 10(3): 66–68.
- 李丕鹏, 王维胜, 吕晓平. 2013. 中国蛇类保护和利用概述: 历史、现状和未来. *沈阳师范大学学报: 自然科学版*, 31(2): 129–135.
- 梁刚. 1999. 壁虎属四种壁虎显微皮纹的比较研究. *动物学研究*, 20(1): 60–70.
- 马克勤, 傅湘琦. 1990. 大壁虎皮肤的组织和扫描电镜观察 // 赵尔宓. 从水到陆: 刘承钊教授诞辰九十周年纪念文集. 北京: 中国林业出版社, 93–96.
- 任冬云, 时磊. 2009. 有鳞目动物显微皮纹学研究样品制备方法. *四川动物*, 28(6): 903–904.
- 时磊. 2005. 有鳞目动物显微皮纹学. *生物学通报*, 40(3): 15–16.
- 王义权, 周开亚. 1998. 16 种蛇鳞的显微皮纹分析. *应用与环境生物学报*, 4(2): 152–158.
- 吴孝兵, 陈士超, 何池友, 等. 1997. 对五种蛇背鳞表面结构的显微观察. *微观世界*, 18(4): 30–31.
- 吴孝兵, 顾长明, 陈士超. 1994. 锦蛇属六种鳞片扫描电镜研究. *安徽师范大学学报: 自然科学版*, 17(3): 59–64.
- 杨大同, 饶定奇. 2008. 云南两栖爬行动物. 昆明: 云南科技出版社, 257–329.
- 张占立, 杨继昌, 丁建宁, 等. 2007. 蛇腹鳞表面的超微结构及减阻机理. *农业机械学报*, 38(9): 155–158.
- 赵尔宓. 2006. 中国蛇类: 上. 合肥: 安徽科技出版社, 35–36.
- 赵尔宓, 黄美华, 宗愉. 1998. 中国动物志: 爬行纲 第三卷 有鳞目 蛇亚目. 北京: 科学出版社, 60–295.