

4种步甲属昆虫一龄幼虫形态学特征 (鞘翅目:步甲科)

高磊^{1,2}, 陈开轩^{1,3}, 龚粤宁⁴, 李超荣⁴, 谢国光⁴, 田明义¹

(1 华南农业大学 资源环境学院, 广东 广州 510642; 2 上海市园林科学研究所 植物保护研究部, 上海 200232; 3 广州市森林病虫害防治检疫站, 广东 广州 510060;
4 南岭国家级自然保护区管理局, 广东 乳源 512727)

摘要:采用 Bousquet 等创立的幼虫原生刚毛标记分类法对步甲属 *Carabus* L. 切鞘步甲亚属 *Apotomopterus* Hope 中的普通步甲南岭亚种 *Carabus* (A.) *sauteri nanlingensis* Deuve et Tian、舜步甲南岭亚种 *C.* (A.) *shun floridus* Cavazzuti et Ratti、石坑崆步甲 *C.* (A.) *shikengkong* Deuve et Tian 和阿氏步甲粤北亚种 *C.* (A.) *arrowi yubeicus* Deuve et Tian 的一龄幼虫形态特征进行了描述,并编制了这4种步甲一龄幼虫的分类检索表。

关键词:步甲科; 步甲属; 切鞘步甲亚属; 一龄幼虫; 原生刚毛
中图分类号:Q969.48 **文献标志码:**A **文章编号:**1001-411X(2012)02-0197-06

Morphological Characteristics of the First Instar Larvae of Four *Carabus* Species (Coleoptera: Carabidae)

GAO Lei^{1,2}, CHEN Kai-xuan^{1,3}, GONG Yue-ning⁴, LI Chao-rong⁴, XIE Guo-guang⁴, TIAN Ming-yi¹

(1 College of Resources and Environment, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China;
2 Department of Plant Protection, Shanghai Institute of Landscape Gardening Science, Shanghai 200232, China;
3 Forest Pest Management and Quarantine Station of Guangzhou, Guangzhou 510060, China;
4 Administrative Bureau of the Nanling National Nature Reserve, Ruyuan 512727, China)

Abstract:In this paper, terminology of primary setae and pores proposed by Bousquet & Goulet were used to described the first instar larvae of four *Carabus* species belonging to the subgenus *Apotomopterus* Hope: *Carabus* (A.) *sauteri nanlingensis* Deuve et Tian, *C.* (A.) *shun floridus* Cavazzuti et Ratti, *C.* (A.) *shikengkong* Deuve et Tian, and *C.* (A.) *arrowi yubeicus* Deuve et Tian. In order to distinguish and identify different species, a classified key to species based on the larval character states was also provided.

Key words:Carabidae; *Carabus*; *Apotomopterus*; first instar larvae; primary setae

步甲幼虫形态特征不仅用于生态学和动物区系研究,还可用于分类学和系统发育学的研究^[1]. 步甲属 *Carabus* 是鞘翅目 Coleoptera 步甲科 Carabidae 昆虫中最大的属之一,是一类珍稀的、具重要保护意义的昆虫,其中以切鞘步甲亚属 *Apotomopterus* 种类最为丰富,现已记录 120 余种,大多数为中国特有种,只有少数种类分布在缅甸、老挝、泰国和越南的高山地区^[2],目前国内的研究主要集中在成虫的形态描述,鲜有涉及幼虫形态的研究^[3]. 在南岭国家级自然保护区,通过室内人工饲养,获得 4 种步甲的一龄幼虫. 本文对这 4 种一龄幼虫的形态特征和原生刚毛进行了描述,以期为开展其保护生物学研究打下基础。

1 材料与方法

所有步甲属的成虫均采自广东南岭国家级自然保护区,并在该保护区内配对进行人工饲养获得幼虫.所有幼虫标本经甘油法^[4]进行处理,并采用原生刚毛标记命名法^[5-8]对每种步甲的一龄幼虫原生刚毛进行了观察.标本的观察及绘图均在 Leica 体视镜(MZ125)下进行.用于观察的一龄幼虫的数量:普通步甲南岭亚种2头,舜步甲南岭亚种5头,石坑崆步甲1头,阿氏步甲粤北亚种2头,所有幼虫标本均保存在华南农业大学昆虫学系标本室.

2 结果与分析

2.1 形态描述

(1) 普通步甲南岭亚种 *C. (Apotomopterus) sauteri nanlingensis* Deuve et Tian, 1999

体长 14.0 ~ 16.0 mm, 头壳宽 2.8 ~ 3.0 mm. 体深褐色, 触角、下颚、下颚须、下唇、下唇须和足颜色较浅.

头壳(图 1a)前窄后宽,额唇基前缘有 3 个大突起,中间为鼻突,鼻区具 4 齿向前伸长,4 齿成锯齿状,中间 2 齿高于侧齿.破卵器成鱼骨状,位于 FR_2 和 FR_3 之间.触角(图 1i)4 节,第 1 节至第 4 节逐渐变细,第 2 节最长,是第 1 节的 1.90 倍,第 3 节是第 1 节的 1.50 倍,第 4 节是第 1 节的 0.70 倍.

足(图 2e)基节最长,最粗大,转节是基节的 0.43 倍,股节是基节的 0.45 倍,胫节是基节的 0.36 倍,跗节是基节的 0.45 倍,跗节约为基节的 0.23 倍.

原生刚毛:头部额片(图 1a)原生刚毛缺 FR_1 、 FR_8 、 FR_9 、 FR_{10} 和 FR_{11} , 额区背面原生刚毛缺 PA_2 、 PA_3 、 PA_4 、 PA_5 和 PA_6 . 额区腹面(图 1e)原生刚毛缺 PA_{14} 、 PA_{17} 和 PA_{18} . 触角(图 1i)原生刚毛缺 AN_1 , 第 1 节近基部有 1 根附生刚毛.上颚(图 1m)原生刚毛缺 MN_2 . 下颚(图 1q、u)原生刚毛缺 MX_4 、 MX_7 、 MX_9 和 MX_{12} , 外额叶第 1 节端部有 1 根附生刚毛,下颚茎节背面的 2/3 布满 gMX, 有 11 根附生刚毛.下唇背面(图 1y)前额左右两边边缘均有 3 根附生刚毛,中间各有 5 根附生刚毛.前胸背板(图 1cc)原生刚毛缺 PR_1 、 PR_4 、 PR_5 、 PR_7 、 PR_9 、 PR_{12} 、 PR_{13} 和 PR_{14} . 中胸背板(图 1gg)原生刚毛缺 ME_1 、 ME_2 、 ME_3 、 ME_4 、 ME_5 、 ME_6 、 ME_7 、 ME_9 、 ME_{10} 、 ME_{13} 和 ME_{14} . 足基节(图 2e)原生刚毛缺 CO_3 、 CO_7 、 CO_8 、 CO_{12} 和 CO_{13} , 胫节原生刚毛缺 IT_1 , 跗节原生刚毛缺 TA_1 , 爪(图 2i)存在 UN_1 和 UN_2 . 腹部背板 I(图 2c)原生刚毛存在 TE_9 . 背板 II-VIII 存在原生刚毛 TE_9 . 背板 XI 与尾突(图 2t)原生刚毛缺

UR_1 、 UR_3 和 UR_9 . 腹节 I 上侧片(图 2o)有 1 根附生刚毛;腹节 VII(图 2s)前腹片原生刚毛缺 ST_1 , 中腹片有 1 根附生刚毛,下侧片有 2 根附生刚毛;腹节 VIII(图 2s)腹片原生刚毛缺 ST_1 , 上侧片有 4 根附生刚毛,下侧片有 6 根附生刚毛;腹节 IX(图 2s)腹片原生刚毛缺 ST_6 . 臀板侧面(图 2aa)原生刚毛缺 PY_1 .

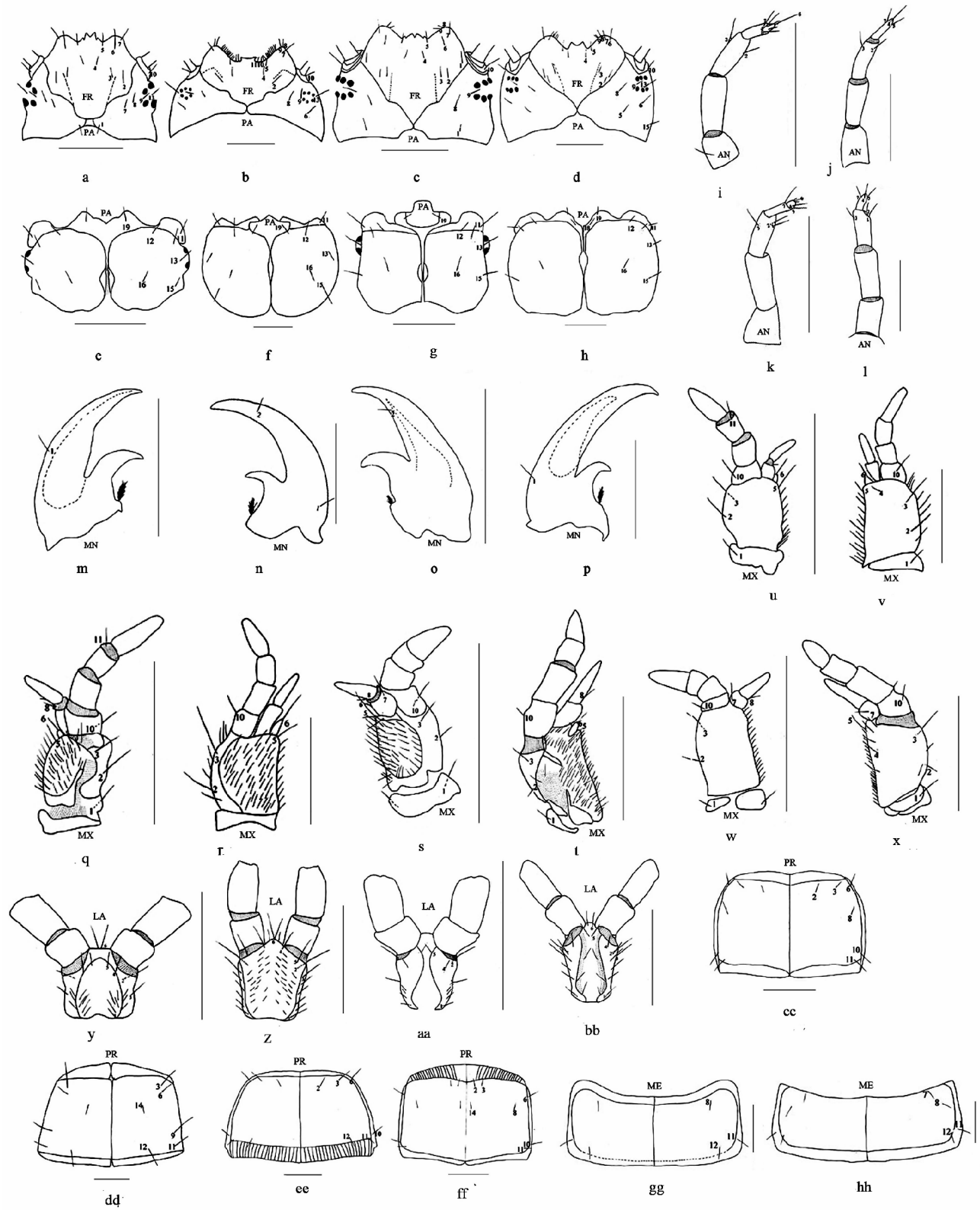
(2) 舜步甲南岭亚种 *C. (A.) shun floridus* Cavazzuti et Ratti, 1999

体长 18.6 ~ 23.0 mm, 头壳宽 3.0 ~ 4.0 mm. 体黑褐色, 触角、下颚、下唇、下唇须和足为浅褐色.

头壳(图 1b)呈梯形,前窄后宽,额唇前缘有 3 个突起,鼻突位于中间,鼻突具 2 侧齿且横向延伸,2 齿间距呈弧形,2 齿端部尖锐;2 侧齿中间具 1 齿,其较侧缘 2 齿位于更腹面区,背面观只能看到一小部分,鼻区两侧齿外各有 1 排附生刚毛.破卵器为 2 个锥形突,位于 FR_2 与 FR_4 之间的位置.触角(图 1j)4 节,第 2 节最长,是第 1 节的 1.29 倍,第 3 节与第 1 节等长,第 4 节是第 1 节的 0.71 倍.

足基节(图 2f)最长,最粗大,转节是基节的 0.5 倍,股节是基节的 0.44 倍,胫节是基节的 0.36 倍,跗节是基节的 0.36 倍,跗节约为基节的 0.39 倍.

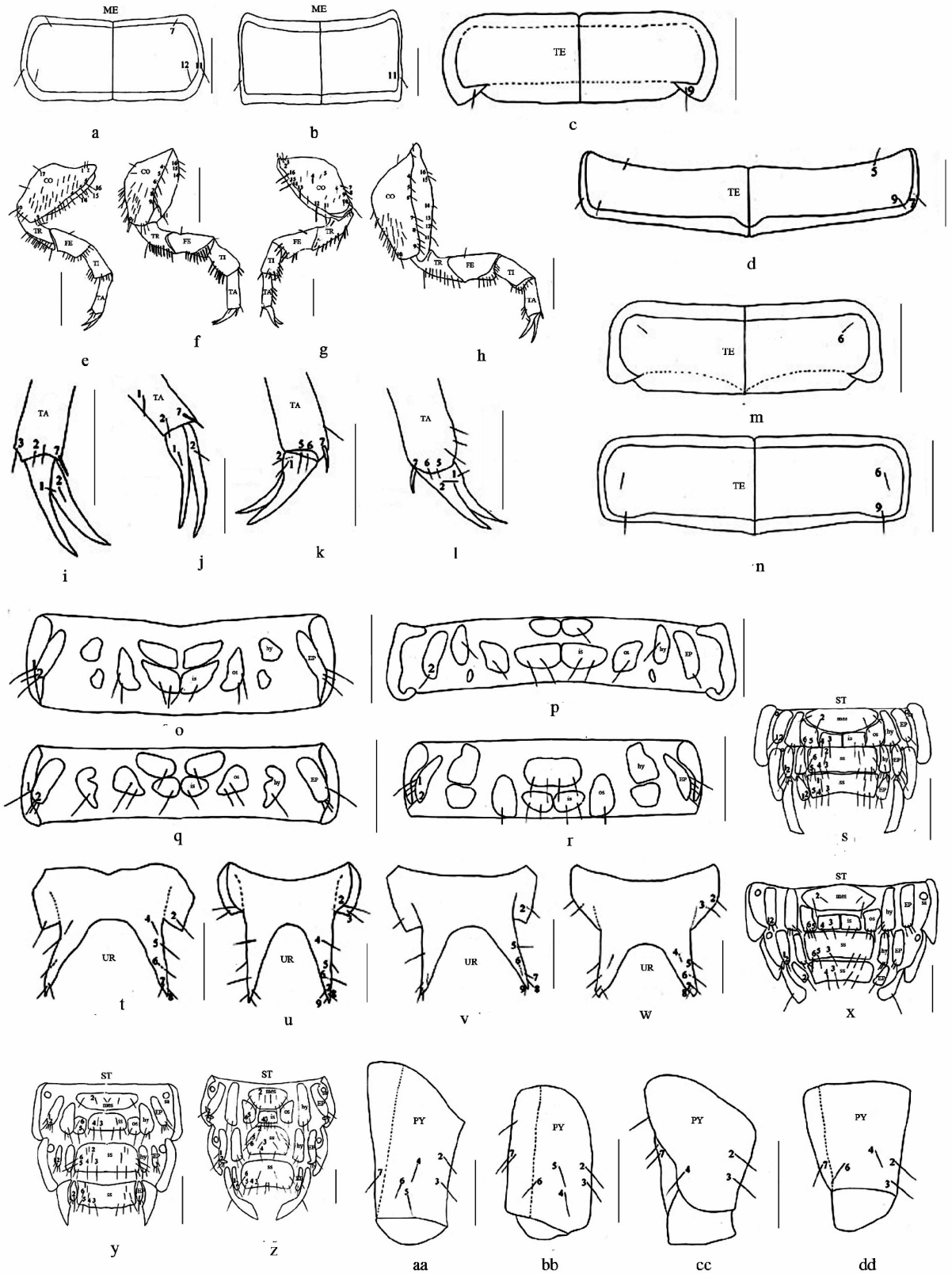
原生刚毛:头部额片(图 1b)原生刚毛缺 FR_1 、 FR_3 和 FR_6 . 鼻区两侧外着生 1 排附生刚毛.额区背面原生刚毛缺 PA_1 、 PA_2 、 PA_3 、 PA_4 、 PA_5 和 PA_7 . 额区腹面(图 1f)原生刚毛缺 PA_{14} 、 PA_{17} 和 PA_{18} . 触角(图 1j)原生刚毛缺 AN_1 和 AN_6 . 下颚(图 1r、v)原生刚毛缺 MX_7 、 MX_8 、 MX_9 、 MX_{11} 和 MX_{12} , 下颚茎节背面布满 gMX. 下唇背面(图 1z)前额左右两边边缘均有 4 根附生刚毛,中间着生很多细毛,唇舌有 2 根附生刚毛.前胸背板(图 1dd)原生刚毛缺 PR_1 、 PR_2 、 PR_4 、 PR_5 、 PR_7 、 PR_8 、 PR_{10} 和 PR_{13} . 中胸背板(图 1hh)原生刚毛缺 ME_1 、 ME_2 、 ME_3 、 ME_4 、 ME_5 、 ME_6 、 ME_9 、 ME_{10} 、 ME_{13} 和 ME_{14} . 足转节(图 2f)原生刚毛缺 TR_2 , 胫节原生刚毛缺 TI_1 , 爪(图 2j)存在 UN_1 和 UN_2 . 腹部背板 I(图 2d)原生刚毛缺 TE_1 、 TE_2 、 TE_3 、 TE_4 、 TE_6 、 TE_8 、 TE_{10} 和 TE_{11} . 背板 XI 与尾突(图 2u)原生刚毛缺 UR_1 . 腹节 I(图 2p)上侧片原生刚毛缺 EP_1 , 下侧片有 1 根附生刚毛;腹节 VII(图 2x)前腹片原生刚毛缺 ST_1 , 中腹片、外腹片和上侧片各有 1 根附生刚毛,下侧片有 5 根附生刚毛;腹节 VIII(图 2x)腹片原生刚毛缺 ST_2 和 ST_4 , 上侧片有 1 根附生刚毛,下侧片有 2 根附生刚毛;腹节 IX(图 2x)腹片原生刚毛缺 ST_1 、 ST_5 和 ST_6 , 外侧片原生刚毛缺 EP_1 . 臀板侧面(图 2bb)原生刚毛缺 PY_1 , 有 2 根附生刚毛.



a~d:头壳背外观; e~h:头壳腹外观; i~l: 触角背外观; m~p:上颚背外观; q~t:下颚背外观; u~x:下颚腹外观; y, z, aa, bb:下唇背外观; cc~ff:前胸背板; gg, hh:中胸背板; a, e, i, m, q, u, y, cc, gg:普通步甲南岭亚种; b, f, j, n, r, v, z, dd, hh:舜步甲南岭亚种; c, g, k, o, s, w, aa, ee:石坑崹步甲; d, h, l, p, t, x, bb, ff:阿氏步甲粤北亚种; 比例尺: 1.0 mm.

图1 切鞘步甲一龄幼虫原生刚毛分布(I)

Fig. 1 Primary setae of the first instar larvae of *Apotomopterus* species (I)



a、b:中胸背板; e~h:中足后侧面观; i:爪腹面观; j:爪背面观; k:爪后侧面观; l:爪前侧面观; c、d、m、n:腹部背板 I; o~r:第 1 腹节; t~w:背板 XI 与尾突背面观; s、x~z:腹末 3 节腹面观; aa~dd:臀板侧面观; c、e、i、o、s、t、aa:普通步甲南岭亚种; d、f、j、p、u、x、bb:舜步甲南岭亚种; a、g、k、m、q、v、y、cc:石坑崆步甲; b、h、l、n、r、w、z、dd:阿氏步甲粤北亚种; EP:上侧片; hy:下侧片; is:内腹片; os:外腹片; 比例尺: a~h、m~z、aa~dd 为 1.0 mm, i~l 为 0.5 mm.

图 2 切鞘步甲一龄幼虫原生刚毛分布(Ⅱ)

Fig. 2 Primary setae of the first instar larvae of *Apotomopterus* species (Ⅱ)

(3) 石坑崹步甲 *C. (A.) shikengkong* Deuve et Tian, 2001

体长 17.0 ~ 17.5 mm, 头壳宽 2.5 ~ 2.6 mm. 全体黑色, 触角、下颚、下颚须、下唇、下唇须和足颜色较浅.

头壳(图 1c)略呈梯形, 前窄后宽, 额区前缘有 3 个大突起, 鼻突位于中间, 中间 1 齿较侧缘 2 齿位于更腹面区, 背面观不可见. 鼻突具 4 齿且向前突出, 4 齿成锯齿状, 齿端部微钝, 中间 2 齿高于侧齿. 破卵器鱼骨状, 位于 FR_3 和 FR_4 之间, 靠近 FR_3 位置. 触角(图 1k)4 节, 第 1 节至第 4 节逐渐变细. 第 2 节最长, 是第 1 节的 1.62 倍, 第 3 节是第 1 节的 1.24 倍, 第 4 节是第 1 节的 0.95 倍.

足基节(图 2g)最长, 粗大, 转节是基节的 0.57 倍, 股节是基节的 0.54 倍, 胫节是基节的 0.40 倍, 跗节是基节的 0.41 倍, 跗节约为基节的 0.32 倍.

原生刚毛: 头部额片(图 1c)原生刚毛缺 FR_{10} 和 FR_{11} . 额区背面原生刚毛缺 PA_2 、 PA_3 、 PA_4 、 PA_5 、 PA_6 和 PA_7 . 额区腹面(图 1g)原生刚毛缺 PA_{14} 、 PA_{17} 和 PA_{18} , 有 1 根附生刚毛. 触角(图 1k)第 4 节端部有 2 根附生刚毛. 上颚(图 1o)原生刚毛缺 MN_1 . 下颚(图 1s、w)原生刚毛缺 MX_4 、 MX_9 、 MX_{11} 和 MX_{12} , 茎节背面(图 1s)基部有 1 根附生刚毛, 茎节背面的 2/3 布满 gMX . 下唇(图 1aa)原生刚毛缺 LA_6 , 下唇背面前额左右两边均有 3 根附生刚毛. 前胸背板(图 1ee)原生刚毛缺 PR_1 、 PR_4 、 PR_5 、 PR_7 、 PR_8 、 PR_9 、 PR_{13} 和 PR_{14} . 中胸背板(图 2a)原生刚毛缺 ME_1 、 ME_2 、 ME_3 、 ME_4 、 ME_5 、 ME_6 、 ME_8 、 ME_9 、 ME_{10} 、 ME_{13} 和 ME_{14} . 足基节(图 2g)原生刚毛缺 CO_{17} , 转节原生刚毛缺 TR_1 , 爪(图 2k)存在 UN_1 和 UN_2 . 腹部背板 I(图 2m)原生刚毛缺 TE_1 、 TE_2 、 TE_3 、 TE_4 、 TE_5 、 TE_7 、 TE_8 、 TE_9 、 TE_{10} 和 TE_{11} . 背板 II-VIII 原生刚毛存在 TE_6 . 背板 IX 和尾突(图 2v)原生刚毛缺 UR_1 、 UR_3 和 UR_4 . 腹节 I(图 2q)有 2 根附生刚毛, 下侧片有 1 根附生刚毛; 腹节 VII(图 2y)前腹片原生刚毛缺 ST_1 , 中腹片有 2 根附生刚毛, 内腹片有 1 根附生刚毛, 外腹片有 1 根附生刚毛, 上侧片另有 4 根附生刚毛, 下侧片有 3 根附生刚毛; 腹节 VIII(图 2y)原生刚毛缺 ST_1 , 有 4 根附生刚毛, 上侧片有 2 根附生刚毛, 下侧片有 2 根附生刚毛; 腹节 IX(图 2y)腹片有 2 根附生刚毛, 外侧片有 1 根附生刚毛. 臀板侧面(图 2cc)原生刚毛缺 PY_1 、 PY_5 和 PY_6 , 有 2 根附生刚毛.

4) 阿氏步甲粤北亚种 *C. (A.) arrowi yubeicus* Deuve et Tian, 1999

体长 17.0 ~ 17.5 mm, 头壳宽 2.5 ~ 2.6 mm. 额区后半部纵条纹明显, 冠缝两侧至单眼位置略隆起. 前胸背板前缘有纵条纹明显, 其他背板条纹不明显.

头壳(图 1d)略呈梯形, 前窄后宽, 额唇其前缘有 3 个突起, 鼻突位于中间, 鼻突具 2 齿且向前伸出, 2 齿间距呈弧形, 2 齿端部稍钝; 破卵器鱼骨状, 位于 FR_3 和 FR_4 之间的位置, 较靠近 FR_3 . 触角(图 1l)4 节, 第 1 节至第 4 节逐渐变细, 第 2 节最长, 是第 1 节的 1.44 倍, 第 3 节是第 1 节的 0.96 倍, 第 4 节是第 1 节的 0.46 倍.

足基节(图 2h)最长, 粗大, 转节是基节的 0.52 倍, 股节是基节的 0.47 倍, 胫节是基节的 0.31 倍, 跗节是基节的 0.31 倍, 跗节约为基节的 0.26 倍.

原生刚毛: 头部额片(图 1d)原生刚毛缺 FR_1 、 FR_{10} 和 FR_{11} , FR_2 上方有 1 根附生刚毛, 鼻区两侧齿外有 2 根附生刚毛. 额区(图 1d、h)原生刚毛缺 PA_1 、 PA_2 、 PA_3 、 PA_4 、 PA_7 、 PA_{14} 和 PA_{17} , PA_{12} 下方有 1 根附生刚毛. 上颚(图 1p)原生刚毛缺 MN_2 . 下颚(图 1t、x)原生刚毛缺 MX_9 、 MX_{11} 和 MX_{12} . 茎节背面(图 1t)布满 gMX , 茎节腹面有 6 根附生刚毛. 下唇背面(图 1bb)前额左右两边均有 1 排附生刚毛. 前胸背板(图 1ff)原生刚毛缺 PR_1 、 PR_4 、 PR_5 、 PR_7 、 PR_9 、 PR_{12} 和 PR_{13} . 中胸背板(图 2b)只存在原生刚毛 ME_{11} . 足基节(图 2h)原生刚毛缺 CO_1 、 CO_2 、 CO_3 和 CO_{17} , 爪(图 2l)存在 UN_1 和 UN_2 . 腹部背板 I(图 2n)原生刚毛缺 TE_1 、 TE_2 、 TE_3 、 TE_4 、 TE_5 、 TE_7 、 TE_8 、 TE_{10} 和 TE_{11} . 背板 II-VIII 存在 TE_6 和 TE_9 . 背板 XI 和尾突(图 2w)原生刚毛缺 UR_1 和 UR_9 . 腹节 I 上侧片(图 2r)有 2 根附生刚毛; 腹节 VII(图 2z)前腹片原生刚毛缺 ST_1 , 中腹片有 5 根附生刚毛, 内腹片有 2 根附生刚毛, 上侧片有 3 根原生刚毛, 下侧片有 2 根附生刚毛; 腹节 VIII(图 2z)腹片原生刚毛缺 ST_1 , 有 2 根附生刚毛, 上侧片有 3 根附生刚毛, 下侧片有 3 根附生刚毛; 腹节 IX(图 2z)腹片缺 ST_1 , 有 2 根附生刚毛, 上侧片有 1 根附生刚毛. 臀板侧面(图 2dd)原生刚毛缺 PY_1 和 PY_5 .

2.2 4 种步甲一龄幼虫的检索表

1 鼻突具 2 ~ 3 齿	2
鼻突具 4 齿, 额区背面具 PA_1	3
2 破卵器成 2 个小锥型突, 额区背面具 FR_{10} 和 FR_{11}	舜步甲南岭亚种 <i>C. (A.) shun floridus</i>
破卵器成鱼骨状, 额区背面具 PA_5 , 尾突背面具 UR_9	阿氏步甲粤北亚种 <i>C. (A.) arrowi yubeicus</i>
3 下颚须具 MN_{11} , 臀板侧面具 PY_5	 普通步甲南岭亚种 <i>C. (A.) sauteri nanlingensis</i>

额区背面具 FR_1 , 下唇背面缺 LA_6
..... 石坑崆步甲 *C. (A.) shikengkong*

3 讨论

目前欧洲的大多数步甲属幼虫都被描述,我国步甲属种类非常丰富,特有成分高^[9],而对其幼虫进行分类的工作才刚刚起步. Liu 等^[3]首次运用原生刚毛标记分类法对切鞘步甲亚属的模式种奇步甲 *C. prodigus* 幼虫进行了描述,与奇步甲相比,本文描述的 4 种幼虫中,只有舜步甲南岭亚种的鼻突与其一致,具有 3 个齿,并在鼻区的两侧齿外都有一排附生刚毛. 由于切鞘步甲亚属种类繁多,亚属内又分为许多种组,而目前对该亚属幼虫的描述很少,这方面的研究有待展开,以便为步甲属昆虫系统学的研究提供科学依据.

参考文献:

[1] ARNDT E, BRÜCKNER M, MARCINIAK M, et al. Phylogeny[M]//TURUN H, PENEV L, CASALE A. The genus *Carabus* L. in Europe, a synthesis. Sofia-Moscow: Pensoft Publishers, 2003:307-325.
[2] DEUVE T. Illustrated catalogue of the genus *Carabus* of the world (Coleoptera: Carabidae) [M]. Sofia-Moscow:

Pensoft, 2004:461.
[3] LIU Gui-qing, DEUVE T, TIAN Ming-yi. Larval description of *Carabus prodigus* Erichson, with discuss of the position of the subgenus *Apotomopter* within the genus *Carabus* L. (Coleoptera: Carabidae) [J]. Coleopts Bull, 2009,63(2): 221-227.
[4] GOULET H. Technique for the study of immature coleopteran in glycerine [J]. Coleopts Bull, 1977,31:381-382.
[5] 屈娟. 四种步甲一龄幼虫的形态研究[J]. 昆虫分类学报, 1996, 18(4): 283-293.
[6] BOUSQUET Y, GOULET H. Notation of primary setae and pores on larvae of Carabidae (Coleoptera: Adephaga) [J]. Can J Zool,1984,62(4):573-588.
[7] BOUSQUET Y. Description of first-instar larva of *Metrius contractus* Eschscholtz (Carabidae) with remarks about phylogenetic relationships and ranking of the genus *Metrius* Eschscholtz [J]. Can Entomol,1986, 118: 373-388.
[8] BOUSQUET Y, SMETANA A. A description of the first instar larva of *Promecognathus chaudoir* [J]. Syst Entomol,1986, 11: 25- 31.
[9] 田明义. 中国步甲属(鞘翅目: 步甲科)物种多样性及其保护问题[J]. 昆虫天敌, 2000, 22(4): 151-154.

【责任编辑 李晓卉】

(上接第 196 页)

[8] 耿波,关云涛,孙效文. 黑龙江野鲤细菌人工染色体基因组文库构建 [J]. 中国水产科学,2009,16(2):165-172.
[9] 张巨永,黄盛丰,王蔚,等. 白氏文昌鱼单个体基因组 BAC 文库的构建 [J]. 遗传,2010,32(1):67-72.
[10] 孙晓华,张全启,王旭波,等. 半滑舌鳎雌鱼基因组 Fosmid 文库构建及分析 [J]. 中国海洋大学学报,2010,40(8):88-92.
[11] 马宁,曾地刚,陈晓汉. 凡纳滨对虾基因组 Fosmid 文库的构建及钙离子通道基因的筛选 [J]. 武汉大学学报:理学版,2010,56(3):348-352.
[12] 茅云翔,崔菁菁,孔凡娜. 条斑紫菜基因组 Fosmid 文库构建 [J]. 水产学报,2009,33(3):396-402.
[13] 程洁,张玲玲,黄晓婷,等. 栉孔扇贝 Fosmid 文库的构建及基因组结构特征分析 [J]. 中国海洋大学学报, 2008,38(1):78-88.

[14] CRISTIAN G, MIGUEL A D R. Karyotype composition in three California abalones and their relationship with genome size [J]. J Shellfish Res,2007,26(3):825-832.
[15] 萨姆布鲁克,拉塞尔. 分子克隆实验指南 [M]. 黄培堂,译. 3 版. 北京:科学出版社,2003:863-864.
[16] DECKER H, HELLMANN N, JAENICKE E, et al. Minireview: Recent progress in hemocyanin research [J]. Integrative and Comparative Biology,2007,47(4):631-644.
[17] 彭文,王江勇,丁雪娟. 杂色鲍血蓝蛋白的分离纯化与酚氧化酶活性研究 [J]. 中国水产科学,2010,17(1): 52-58.
[18] LIEB B, ALTENHEIN B, MARKL J, et al. Structures of two molluscan hemocyanin genes: Significance for gene evolution [J]. Proceedings of the National Academy of Sciences,2001,98:4546-4551.

【责任编辑 柴 焰】