侯永翔, 李宇飞, 王敏, 等. 醒斑银弄蝶 *Carterocephalus alcina* Evans, 1939 与其近似种 (鳞翅目: 弄蝶科: 链弄蝶亚科) 的关系 [J]. 华南农业大学学报, 2021, 42(1): 101-108.
HOU Yongxiang, LI Yufei, WANG Min, et al. The relationships of *Carterocephalus alcina* Evans, 1939 and relatives (Lepidoptera: Hesperiidae: Heteropterinae)[J]. Journal of South China Agricultural University, 2021, 42(1): 101-108.

醒斑银弄蝶 *Carterocephalus alcina* Evans, 1939 与其近似种 (鳞翅目: 弄蝶科: 链弄蝶亚科) 的关系

侯永翔[1]，李宇飞[2]，王　敏[1]，千葉秀幸[3]，范骁凌[1]
(1 华南农业大学 植物保护学院，广东 广州 510642； 2 西安交通大学 公共卫生学院，陕西 西安 710061；
3 檀香山毕肖普博物馆，美国 夏威夷 96817 - 0916)

摘要:【目的】探讨醒斑银弄蝶 *Carterocephalus alcina* Evans, 1939 与其近似种的关系。【方法】广泛采集醒斑银弄蝶及其近似种样本，基于形态特征、COI 条形码及地理分布进行关系分析。【结果】黄斑银弄蝶 *C. alcinoides* Lee, 1962 应是醒斑银弄蝶 *C. alcina* 的个体变异，故为其新异名；产自北京的 2 个银弄蝶标本与其近似种间的最小平均遗传距离为 3.9%，在系统树上独立成支，前翅中室基部和后翅前缘中部有斑且后翅 M_{1-2} 室斑延伸至外缘，为其独有；醒斑银弄蝶、北京支系、银弄蝶 *C. palaemon* 和黄翅银弄蝶 *C. silvicola* 呈高度支持的单系支。【结论】黄斑银弄蝶是醒斑银弄蝶的新异名；产自北京的近似于醒斑银弄蝶的种群是一个新种，即长斑银弄蝶 *Carterocephalus longimaculatus* Hou, Fan & Li **sp. nov.**。

关键词: 银弄蝶属；新异名；新种；形态；COI 条形码；系统发育
中图分类号: Q969.437.9　　**文献标志码:** A　　**文章编号:** 1001-411X(2021)01-0101-08

The relationships of *Carterocephalus alcina* Evans, 1939 and relatives (Lepidoptera: Hesperiidae: Heteropterinae)

HOU Yongxiang[1], LI Yufei[2], WANG Min[1], CHIBA Hideyuki[3], FAN Xiaoling[1]
(1 College of Plant Protection, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China;
2 School of Public Health, Xi'an Jiaotong University, Xi’an, 710061, China;
3 B. P. Bishop Museum, Honolulu, Hawaii, 96817-0916, U.S.A.)

Abstract:【Objective】To investigate the relationships of *Carterocephalus alcina* Evans, 1939 and its relatives.【Method】The relationships of *C. alcina* and its relatives were analyzed based on morphological characters, COI barcodes and geographical distribution using an extensive sample collection.【Result】*C. alcinoides* Lee, 1962 is only an individual variation of *C. alcina*, and therefore it is a new synonym of *C. alcina*. The minimum mean genetic distance between the two samples from Beijing and relatives is 3.9%, and they form a distinct clade in the phylogenetic tree. They are characterized by the presence of spots at the base of the discoidal cell of the forewing upperside and in the middle of the leading edge of the hindwing as well as the spot of M_{1-2} cells extending to the submarginal zone on the hindwing upperside. *C. alcina*, the clade composed of two samples from Beijing, *C. palaemon* and *C. silvicola* are recovered as a strongly supported monophyletic clade.

收稿日期: 2020–09–28
作者简介: 侯永翔 (1996—)，男，硕士研究生，E-mail: 894871864@qq.com； 通信作者： 范骁凌 (1966—)，女，副教授，博士，E-mail: fanxiaol66@scau.edu.cn
基金项目: 国家自然科学基金 (31872264)

【Conclusion】*C. alcinoides* is a new junior synonym of *C. alcina*. The population which has been known as *C. alcina* from Beijing is actually a new species, *C. longimaculatus* Hou, Fan & Li **sp. nov.**.

Key words: *Carterocephalus*; new synonym; new species; morphology; COI barcode; phylogeny

弄蝶科 Hesperiidae 昆虫是一类色泽比较单一，翅面斑纹变化较大的蝴蝶，其种间、属间，甚至亚科间有模拟现象，表现出翅面斑纹的高度相似性，而有的种类雌、雄或种下存在明显的差异。越来越多的研究表明，仅依据成虫的形态特征，尤其过分依赖翅面斑纹的传统分类导致的误判与分类地位的混乱普遍存在[1-10]。

银弄蝶属 *Carterocephalus* Lederer, 1852 隶属于弄蝶科链弄蝶亚科 Heteropterinae，目前已知约 19 种，分布于亚洲、欧洲和北美洲，在中国均有分布，其中 12 种为我国特有。成虫活跃于高山草甸及林窗地带，喜访花和在潮湿地面吸水；幼虫以雀麦属 *Bromus*、洋狗尾草属 *Cynosurus* 等禾本科植物为食[11]。

醒斑银弄蝶 *C. alcina* 是 Evans 于 1939 年以产自云南腾冲的标本为模式描述的[12]。李传隆[13] 以产自云南昆明西山的标本为模式描述了黄斑银弄蝶 *C. alcinoides*，之后的多数研究中仅有黄斑银弄蝶的记录[11, 14-21]；另外，将其他种误定为该种的也不少见[11, 22]。近来我们在研究银弄蝶时发现，2 头产自北京的标本与醒斑银弄蝶非常相似，但又存在明显差异，有研究将其误定为黄斑银弄蝶[18-19, 23-24]。

本研究的目的旨在系统研究银弄蝶形态学的基础上，以醒斑银弄蝶及相近物种为主要研究对象，综合其形态特征、COI 序列和地理分布等信息，厘清它们之间的关系。

1 材料与方法

1.1 试验材料

根据 Evans[25]、武春生等[11] 的分类结果，本研究以醒斑银弄蝶、黄斑银弄蝶为主要研究对象，为了更好地解决疑难种的分类及近似种的关系问题，研究材料包括这 2 个种不同分布地，同一分布地斑纹变异的不同个体以及近似斑纹的其他种，共 9 种，32 个个体 (表 1)，根据近年弄蝶科系统发育研究[10, 26-27]，选取链弄蝶亚科 Heteropterinae 中 4 个不同属的物种：链弄蝶 *Heteropterus morpheus*(Genebank 序列号：KF881050)、小弄蝶 *Leptalina unicolor* (Genebank 序列号：AB192500)、糜弄蝶 *Metisella metis* (Genebank 序列号：KY019796)、胆弄蝶 *Dardarina dardaris* (Genebank 序列号：GU161460) 为外群。除 GeneBank 下载的序列外，其余均为本研究测序结果，并已上传 NCBI，具有标本编号的材料均保存于华南农业大学昆虫学系昆虫标本馆 (表 1)。

1.2 试验方法

1.2.1 *形态学研究* 选取代表性标本展翅后用 SONY DSC - RX100 拍照，将其腹部完整取下，用 100 g/L 的 NaOH 溶液加热处理，检视其外生殖器，采用 Keyence VHX-5000 超景深三维显微系统拍照。稳定的斑纹、外生殖器特征是鉴定种的标准，采用 Fan 等[3] 的形态术语。

1.2.2 *COI 序列的获取* 总 DNA 的提取使用天根生化科技 (北京) 有限公司的血液/细胞/组织基因组 DNA 提取试剂盒 (DP304)。COI 序列 (658 bp) 扩增与测序引物多为 LCO1490 和 HCO2198[28]，部分扩增困难的标本，根据黄翅银弄蝶 *C. silvicola*[29]、醒斑银弄蝶 *C. alcina*[27] 全线粒体基因组及本研究已获得的序列，采用新设计的 1 对引物 (CarF：5′-CGCGCTACTAATCATAAAGATATTG G-3′ 和 CarR：5′- CTTCAGGGTGTCCAAAAAATCA-3′)。PCR 扩增采用 20 μL 体系，包括 1 μL DNA 模板，各 0.8 μL(10 μmol/L) 的上、下游引物，10 μL 的 2 × Easy*Taq* PCR superMix(北京，全式金生物技术有限公司)。PCR 扩增程序为 94 ℃ 预变性 4 min；94 ℃ 变性 30 s、48 或 49 ℃ 退火 45 s，72 ℃ 延伸 1.5 min，循环 35 或 40 次；72 ℃ 延伸 7 min。测序由上海生工生物工程股份有限公司完成。

1.2.3 *数据分析* 序列检查、拼接及遗传距离的计算使用 MAGE 7.0 软件[30]。系统发育树构建采用最大似然法 (Maximum likelihood，ML) 和贝叶斯分析法 (Bayesian inference，BI)。其中 ML 使用 RAxML-HPC2 on XSEDE 8.2.12 软件[31]，选择 GTR+G 模型，重复抽样 1 000 次，以自展值 (Bootstrap support values, BS) 评估其节点的稳定性；BI 使用 MrBayes on XSEDE 3.2.7a 软件[32]，采用可逆跳跃马尔可夫链蒙特卡罗 (Reversible-jump markov chain monte carlo，MCMC) 策略，运行 5×10^6 代，每 1 000 代抽样 1 次，用后验概率 (Posterior probabilities, PP) 评估其分支的稳定性。2 种分析均在 CIPRES 线上服

表 1 本研究银弄蝶属 *Carterocephalus* 的标本信息[1)]

Table 1 The specimen information of *Carterocephalus* in this study

物种名 Species	采集地点 Collecting locus	采集日期 Collecting date	性别 Sexuality	标本编号 Specimen ID	登录号[2)] Accession number
醒斑银弄蝶 *Carterocephalus alcina*	云南昆明西山森林公园	2016-08-07	♂	SCAU He2228	MW115543
		2016-08-07	♀	SCAU He2229	MW115544
	云南腾冲明光乡	2016-07-06	♂	SCAU He2209	MW115545
		2016-07-07	♂	SCAU He2203	MW115546
	云南泸水片马镇	2018-07-16	♂	SCAU He2204	MW115547
		2018-07-16	♂	SCAU He2211	MW115548
		2018-07-16	♀	SCAU He2212	MW115549
	云南楚雄哀牢山	2018-08-23	♀	SCAU He2205	MW115550
		2018-08-23	♂	SCAU He2210	MW115551
	云南保山龙陵县	2017-07	♂	SCAU He2236	MW115552
	云南大理弥渡县	2016-07-27	♀	SCAU He2227	MW115553
	云南丽江玉龙县	2019-05-02	♀	SCAU He2206	MW115554
	云南昆明寻甸县	2013-04-09	♂	SCAU He2234	MW115555
	云南曲靖竹园镇	2016-07-04	♂	SCAU He2207	MW115556
	贵州贵阳	2006-06-15	♂	SCAU He2235	MW115557
	越南河江	2016-06	♂	SCAU He2216	MW115558
	四川甘孜州雅江县	2018-06-08	♂	SCAU He2208	MW115559
		2019-05-21	♂	SCAU He2213	MW115560
		2019-05-21	♂	SCAU He2218	MW115561
		2019-05-21	♀	SCAU He2219	MW115562
	云南昆明西山森林公园	2018-08-23	—	—	MN012974*
长斑银弄蝶 *C. longimaculatus* **sp. nov.**	北京小龙门森林公园	2014-05-25	♂	SCAU He2202	MW115563
	北京灵山	2017-06-03	♂	SCAU He2217	MW115564
白斑银弄蝶 *C. dieckmanni*	甘肃甘南州夏河县	2020-06-02	♂	SCAU He2200	MW115565
基点银弄蝶 *C. argyrostigma*	甘肃甘南州夏河县	2020-06-02	♂	SCAU He2201	MW115566
银线银弄蝶 *C. patra*	云南香格里拉小中甸镇	2019-08-05	♂	SCAU He2222	MW115567
		2019-08-04	♂	SCAU He2221	MW115568
射线银弄蝶 *C. abax*	云南香格里拉小中甸镇	2019-08-04	♂	SCAU He2225	MW115569
		2019-08-04	♀	SCAU He2226	MW115570
银弄蝶 *C. palaemon*	日本岐阜县高山市	2014-07-30	♀	SCAU He2231	MW115571
	波兰莫克拉	2017-05-18	♂	SCAU He2232	MW115572
	俄罗斯莫斯科	2016-06	♂	SCAU He2233	MW115573
	芬兰海卢奥托	2006-06-11	—	—	HM871044*
黄翅银弄蝶 *C. silvicola*	日本上川郡大曲市	2017-07-20	♂	SCAU He2230	MW115574
	挪威艾斯考格	—	♀	—	KX049745*
	芬兰托尔尼奥	2003-06-30	—	—	JF853608*
	瑞典瑞拉	2012-06-14	♂	—	MN140974*
愈斑银弄蝶 *C. houangty*	西藏林芝波密县	2017-07-28	♂	SCAU He1655	MN199393*
前进银弄蝶 *C. avanti*	西藏日喀则吉隆县	2018-05-16	♂	SCAU He1654	MN199391*

1) “—”表示无法获得该信息；2) “*”表示此序列从NCBI下载

1) “—” indicates that the information was unavailable; 2) “*” indicates that the sequence was downloaded from NCBI

务平台上完成 (https://www.phylo.org/)[33]。

采用 Fig Tree 1.4.4 和 Photoshop CS5 软件显示与编辑系统发育树。

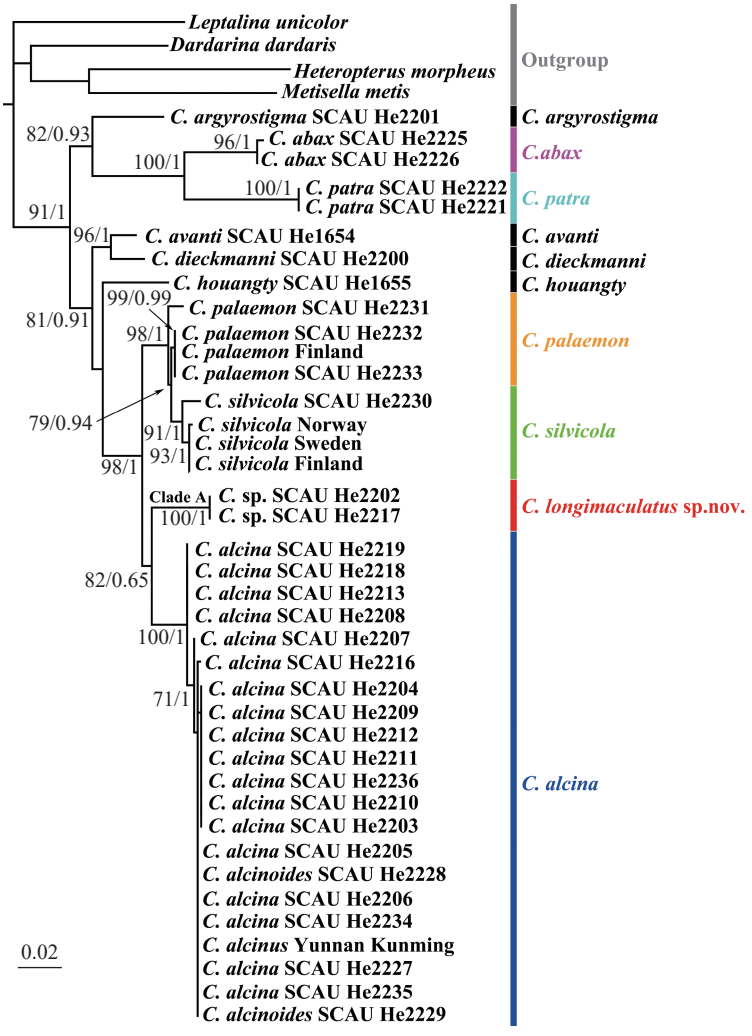
2 结果与分析

2.1 分子系统发育分析

基于 ML、BI 构建的系统发育树基本一致，仅部分节点的支持值存在差异 (图 1)。系统树显示银弄蝶属 *Carterocephalus* 单系并得到较强支持 (BS=91, PP=1)；研究材料聚为明显的 9 支，分别对应形态上的基点银弄蝶 *C. argyrostigma*、射线银弄蝶 *C.abax*、银线银弄蝶 *C. patra*、前进银弄蝶 *C. avanti*、白斑银弄蝶 *C. dieckmanni*、愈斑银弄蝶 *C. houangty*、黄翅银弄蝶 *C. silvicola* 与银弄蝶 *C. palaemon*、Clade A 和醒斑银弄蝶 *C. alcina*。其中射线银弄蝶与银线银弄蝶，前进银弄蝶与白斑银弄蝶的姐妹关系得到强烈支持；黄翅银弄蝶、银弄蝶、Clade A 和醒斑银弄蝶聚为高度支持的单系支 (BS＝98, PP=1)。在这一支中，银弄蝶 *C. palaemon* 非单系，并与黄翅银弄蝶 *C. silvicola* 聚为有强烈支持的一支 (BS=98, PP=1)；昆明西山的 2 个样本，即黄斑银弄蝶 *C. alcinoides* 没有独立成支，而是嵌套于醒斑银弄蝶 *C. alcina* 中，结合形态特征与地理分布，提出黄斑银弄蝶 *C. alcinoides* Lee, 1962 是醒斑银弄蝶 *C. alcina* Evans, 1939 的异名；北京产的 2 个个体独立聚成一支 (Clade A)，综合形态特征及遗传距离，Clade A 应该是 1 个新种，即长斑银弄蝶 *Carterocephalus longimaculatus* Hou, Fan & Li **sp. nov.**。

2.2 长斑银弄蝶 *Carterocephalus longimaculatus* Hou, Fan & Li sp. nov.

http://zoobank.org/A68ADACD-5893-41F1-AED8-00F72BE5995B



节点处“/”前后数值分别表示最大似然法的自展值和贝叶斯分析法后验概率

The values before and after “/” at nodes represent the bootstrap support values (BS) of Maximum likelihood analysis and the posterior probabilities (PP) of Bayesian inference, respectively

图 1 基于 COI 条形码以最大似然法构建的银弄蝶属的系统发育树

Fig. 1 Phylogenetic tree of *Carterocephalus* based on COI barcodes using Maximum likelihood analysis

Carterocephalus sp. Yang *et al*., 1994: 54[34].

Carterocephalus alcinus: Seto, 2013: Plate37[24].

Carterocephalus alcinoides: Wang *et al*., 1998: 188[18]; Wang, 1999: 277[19].

鉴别特征：外观与醒斑银弄蝶 *C. alcina* 相似，其主要不同在于前翅中室基部具有 1 个三角形小斑；后翅 Sc+R_1 室具有 1 个不规则方斑，端部 M_1-M_2 室具有 1 个长斑，延伸至亚缘。

雄性 (图 2A、2B)：触角长约 7 mm；下唇须第 2 节粗、腹面被黄色长毛，第 3 节尖细、前伸。前翅长 13~14 mm，前缘中部没有明显凹入；翅正面深褐色，斑纹橙黄色；中室端斑大，近方形，前缘具有 1 个较宽条状斑纹，与中室斑相连，终止于 R_2 室基部，中室基部有 1 个三角形斑，与前缘斑相连或不相连，翅端部 R_3-R_5 室、M_1-M_2 室 2 个方形大斑相连，R_4、R_5 外缘常有 2 个小斑，M_3、CuA_1、CuA_2 室斑

A：长斑银弄蝶 (SCAU He2217)；B：长斑银弄蝶 (SCAU He2202)；C：醒斑银弄蝶 (模式)；D：黄斑银弄蝶 (模式)；E~N：醒斑银弄蝶 (SCAU He2210、SCAU He2203、SCAU He2209、SCAU He2229、SCAU He2228、SCAU He2218、SCAU He2206、SCAU He2213、SCAU He2208、SCAU He2219)；A~E：1、2 分别表示正、反面，3 为标签；F~N 左右分别表示正、反面

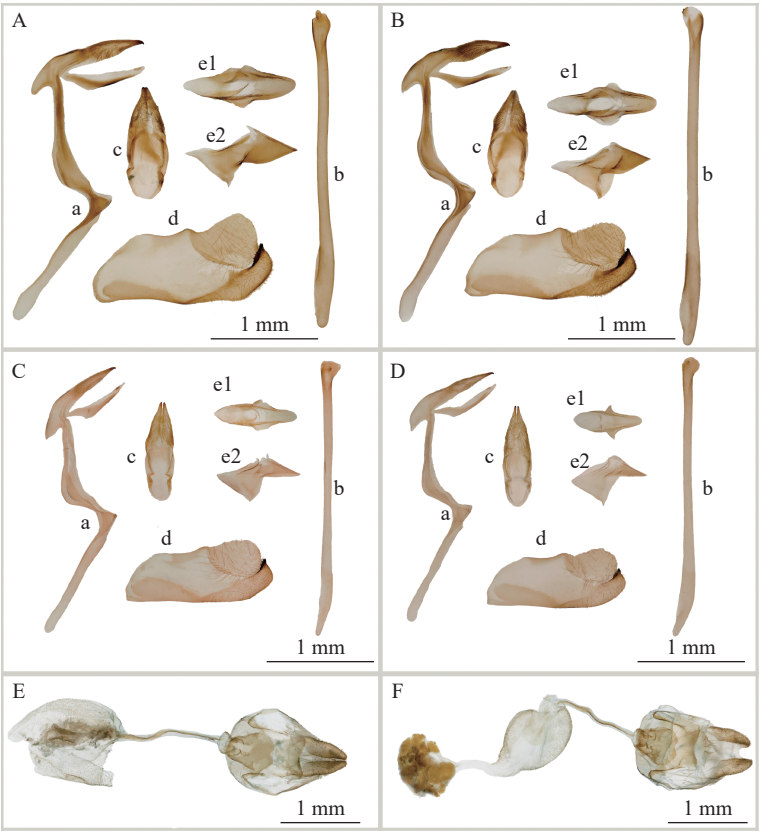
A: *Carterocephalus longimaculatus* **sp.nov**. (SCAU He2217); B: *C. longimaculatus* **sp.nov**. (SCAU He2202) C: *C. alcina* (Model); D: *C. alcinoides* (Model); E−N: *C. alcina* (SCAU He2210, SCAU He2203, SCAU He2209, SCAU He2229, SCAU He2228, SCAU He2218, SCAU He2206, SCAU He2213, SCAU He2208, SCAU He2219); A−E: 1, upperside; 2, underside; 3, lable; F-N: left, upperside; right, underside

图 2　2 种银弄蝶成虫

Fig. 2　Adults of two *Carterocephalus* species

相连呈 1 条宽短带，CuA_2 室近基部有 1 个水滴状黄斑，向基部渐窄；反面除外缘具有 1 列浅黄色小斑、中室端脉淡黄外，与正面基本相同。后翅正面底色、斑纹颜色同前翅，端部分别于 M_1、M_2，CuA_1 和 CuA_2 室有 3 个黄斑，其中 M_1、M_2 室的最大并延伸近外缘，并在外 1/3 处有缢缩状，M_3 室有时可见 1 个极小斑，$Sc+R_1$ 室具有 1 个不规则的方斑，中室基部具有 1 个水滴形斑，向基部渐窄；反面底色浅褐色，与正面斑对应位置的斑浅黄色，其余奶白色，外缘及亚缘具有 2 列小斑，$Sc+R_1$ 室、CuA_2 室基部均具有 1 个长斑，中室斑与 M_1、M_2 斑之间具不规则的条形斑。前翅缘毛深褐色，后翅外缘毛橙黄色。

雄性外生殖器 (图 3A、3B)：钩形突狭长渐细，端部两裂；颚形突左右愈合，渐窄，末端稍短于钩形突端；囊形突很长，占基腹弧的一半以上；阳茎很长，长于整个基腹弧的骨环结构，阳茎端膜被小刺；阳基轭片环状且沿阳茎背腹面突出；抱器端两裂，其中背端突钝圆，腹端突末端突出，被小刺。



A：长斑银弄蝶 (SCAU He2217)；B：长斑银弄蝶 (SCAU He2202)；C：醒斑银弄蝶 (SCAU He2203)；D：醒斑银弄蝶 (SCAU He2213)；E：醒斑银弄蝶 (SCAU He2212)；F：醒斑银弄蝶 (SCAU He2219)；a：基腹弧侧面观；b：阳茎侧面观；c：背兜与钩形突背面观；d：抱器瓣内侧观；e1：阳基轭片背面观；e2：阳基轭片侧面观

A: *Carterocephalus longimaculatus* **sp. nov.** (SCAU He2217); B: *C. longimaculatus* **sp. nov.** (SCAU He2202); C: *C. alcina* (SCAU He2203); D: *C. alcina* (SCAU He2213); E: *C. alcina* (SCAU He2212); F: *C. alcina* (SCAU He2219); a: Lateral view of vinculum; b: Lateral view of phallus; c: Dorsal view of tegumen & uncus; d: Inside view of valva; e1: Dorsal view of juxta; e2: Lateral view of juxta

图 3　2 种银弄蝶的外生殖器

Fig. 3　Genitalia of two *Carterocephalus* species

雌性：未见标本。根据北京蝶类原色图鉴 118 页图 24a[34]，前翅前缘橙黄长条及 R_4、R_5 室外缘的小斑缺如，中室基部斑小；后翅 M_1、M_2 室大斑不向外延伸、$Sc+R_1$ 斑小，其余似雄性。

模式标本：正模♂，北京灵山，2017-Ⅵ-3，李鹏采；副模♂，北京小龙门，2014-Ⅴ-25。模式标本保存于华南农业大学昆虫系昆虫标本室。

词源：学名 *longimaculatus* 源于 longi+maculatus，意为后翅正面 M_1、M_2 室的长斑。

主要分布于中国辽宁 (建平)、北京 (灵山)、天津 (八仙山)、河南 (济源) 等地。该种在北京地区的生境为林间空地及草地，成虫常被目击访花，发生期为 5 月初至 7 月中下旬。

2.3　黄斑银弄蝶是醒斑银弄蝶的异名

Evans[12] 描述醒斑银弄蝶 *Carterocephalus alcina* 时除检视了腾冲的标本外，同时还检视了产自丽江与昆明的雌、雄标本共 19 头。李传隆[13] 依据产自昆明西山的 2 雄 1 雌标本及河口的 1 雄标本描述了黄斑银弄蝶 *C. alcinoides*。根据原描述后者与前者极为相似，但又不同，表现在“前翅正面

前缘橙黄色长条斑粗且中部膨大；前翅反面 4、5 (M_1、M_2) 室的斑相连，且内缘略成一条直线；雄性外生殖器钩形突左右分叉，互相紧贴，形似钢笔尖；颚形突左右连成一体，尖长略等于钩形突；雌蝶前缘长条斑缺如”[13]。事实上，与二者的模式种 (图 2C、2D) 相比较，前翅前缘橙黄长条斑仅端部宽窄稍有差异，前翅反面 M_1、M_2 斑基本一致，而雌性根据 Evans 的描述[25] 和黄斑银弄蝶一样，前翅前缘条缺如。另外通过检视 15 雄 6 雌标本，其中包括腾冲标本 2 头、昆明标本 2 头，发现不同分布地，甚至同一分布地的不同个体，雄性前翅前缘橙黄长条斑端部的宽窄有变异，M_1、M_2 室斑的内缘成直线是不稳定的 (图 2E、2F、2G、2I、2J、2L、2M)；雌性前缘条斑缺如 (图 2H、2K、2N)；前翅端部 R_3-R_5 室和 M_1-M_2 室 2 个大斑通常雌性不相连 (图 2H、2K、2N)，雄性有变异，有相连的、有稍微分离的，甚至有左右翅连接不一致的 (图 2E)。通过对斑纹有变异的外生殖器解剖发现，雄性外生殖器除分布于四川格西沟的抱器瓣腹端突稍钝外，腾冲、昆明及其他分布地的基本一致 (图 3C、3D)。雌性外生殖器基本一致，前后阴片对称，前阴片上缘浅的小 V 型，后阴片稍弧形凹入 (图 3E、3F)，与袁峰等[35] 所描述存在一定差异。系统发育树表明，昆明、腾冲及其他分布地的 21 个个体交织成高度支持的一支，且遗传距离为 0~0.60%，其中，昆明与腾冲样本间遗传距离仅为 0.15%；格西构分支与其余个体间遗传距离为 0.60%，形态特征上，除了上述变异外中室基部有的个体可见小黄色斑纹 (图 2J、2L、2M)，外生殖器无明显不同 (图 3C、3D)。综合形态特征、分子系统发育分析、遗传距离及地理分布信息，我们认为黄斑银弄蝶 *C. alcinoides* Lee, 1962 是醒斑银弄蝶 *C. alcina* Evans, 1939 的新异名 (**syn. nov.**)。

3　讨论与结论

银弄蝶属已知 19 种 20 余亚种，本文仅包括醒斑银弄蝶 *C. alcina* 及其近似种且无涉及亚种的材料，因此该属的单系性仍需增加物种数和分子数据进一步确认。

根据翅面斑纹，以前的研究认为醒斑银弄蝶 *C. alcina* 与银弄蝶 *C. palaemon*、黄翅银弄蝶 *C. silvicola*、愈斑银弄蝶 *C. houangty*、射线银弄蝶 *C. abax*(2 亚种：指名亚种与银线亚种 *C. abax patra*)、美丽银弄蝶 *C. pulchra* 相似，其中与射线银弄蝶 *C. abax* 的关系最近[12, 25]。Sugiyama[36] 将银线亚种提升为种级分类单元，即银线银弄蝶 *C. patra*。本研究结果支持该亚种的提升，同时显示银弄蝶 *C. palaemon*、黄翅银弄蝶 *C. silvicola*、长斑银弄蝶 *C. longimaculatus* **sp. nov.**与醒斑银弄蝶 *C. alcina* 为高度支持的单系群，且后翅具大而醒目的淡黄斑，M_1、M_2 室斑与 $Sc+R_1$ 中部斑远离是其共同特征。基于基因组的研究也发现银弄蝶 *C. palaemon*、黄翅银弄蝶 *C. silvicola* 和醒斑银弄蝶 *C. alcina* 成单系[10]。遗传距离分析显示文中银弄蝶种间的平均遗传距离为 1.2%~10%，长斑银弄蝶 *C. longimaculatus* **sp. nov.**与其他种的平均遗传距离为 3.9%~10%，其中与醒斑银弄蝶的遗传距离为 3.9%。系统发育树中长斑银弄蝶 *C. longimaculatus* **sp. nov.**独立成支，尽管支持值不高，但 2 种方法均显示其在已知种中与醒斑银弄蝶的关系更近。黄翅银弄蝶 *C.silvicola* 与银弄蝶 *C. palaemon* 在系统发育树上聚为一支，其平均遗传距离为 1.2%，但产自日本的银弄蝶 *C. palaemon* 并没有与欧洲的聚在一起，其是亚种还是种？银弄蝶 *C. palaemon* 已知有近 10 余亚种。Cong 等[10] 基于基因组数据认为 *C. palaemon mandan* 为独立种。因此这 2 个种及种下问题的澄清需要更广泛的取材进行进一步深入研究。

致谢：衷心感谢标本采集及提供者：李鹏、张珑，云南省农业科学院何成兴研究员，华南农业大学黄珍富、纪树钦、汤静、魏福宏、韩雨珂、缪志鹏、莫世芳、曹成龙和谭舜云。感谢华南农业大学洞穴生物实验室提供 Keyence VHX-5 000 超景深三维显微系统以完成外生殖器拍照。感谢伦敦英国自然历史博物馆 Blanca Huertas 博士，中国科学院动物研究所的武春生研究员与姜楠博士在模式标本检视过程中给予的热情帮助与大力支持。

参考文献：

[1] WARREN A D, OGAWA J R, BROWER A V Z. Phylogenetic relationships of subfamilies and circumscription of tribes in the family Hesperiidae (Lepidoptera: Hesperioidea)[J]. Cladistics, 2008, 24: 642-676.

[2] WARREN A D, OGAWA J R, BROWER A V Z. Revised classification of the family Hesperiidae (Lepidoptera: Hesperioidea) based on combined molecular and morphological data[J]. Systematic Entomology, 2009, 34: 467-523.

[3] FAN X L, CHIBA H, WANG M. The genus *Scobura* Elwes & Edwards, 1879 from China, with descriptions of two new species (Lepidoptera: Hesperiidae)[J]. Zootaxa, 2010, 2490: 1-15.

[4] FAN X L, CHIBA H, WANG M. The genus *Matapa* (Lepidoptera: Hesperiidae: Hesperiinae) from China with description of a new species[J]. Florida Entomologist,

2013, 96(4): 1257-1262.

[5] FAN X L, CHIBA H, HUANG Z F, et al. Clarification of the phylogenetic framework of the tribe Baorini (Lepidoptera: Hesperiidae: Hesperiinae) inferred from multiple gene sequences[J]. PLoS One, 2016, 11(7): e156861.

[6] HUANG Z F, CHIBA H, FEI W, et al. The maculosus group of the genus *Celaenorrhinus* Hubner, 1819 from China, with discovery of female *C. kuznetsovi* Devyatkin, 2000 (Lepidoptera: Hesperiidae: Pyrginae)[J]. Zootaxa, 2014, 3881(3): 279-290.

[7] HUANG Z F, CHIBA H, WANG M, et al. Establishment of a new genus for *Abraximorpha heringi* and *A. pieridoides* (Lepidoptera: Hesperiidae: Pyrginae: Tagiadini)[J]. Zootaxa, 2016, 4173(2): 147-154.

[8] TANG J, HUANG Z F, CHIBA H, et al. Systematics of the genus *Zinaida* Evans, 1937 (Hesperiidae: Hesperiinae: Baorini)[J]. PLoS One, 2017, 12(11): e188883.

[9] HUANG Z F, CHIBA H, JIN J, et al. A multilocus phylogenetic framework of the tribe Aeromachini (Lepidoptera: Hesperiidae: Hesperiinae), with implications for taxonomy and biogeography[J]. Systematic Entomology, 2019, 44: 163-178.

[10] CONG Q, ZHANG J, SHEN J H, et al. Fifty new genera of Hesperiidae (Lepidoptera)[J]. Insecta Mundi, 2019, 731: 1-56.

[11] 武春生, 徐堉峰. 中国蝴蝶图鉴[M]. 福州: 海峡书局, 2017: 1344-1348.

[12] EVANS W H. New species and sub species of Hesperiidae (Lepidoptera) obtained by Herr H. Höne in China in 1930-1936[J]. Systematic Entomology, 1939, 8(8): 163-166.

[13] 李传隆. 中国蝶类新种小志Ⅱ[J]. 昆虫学报, 1962(2): 139-158.

[14] 李昌廉. 云南蝶类调查及其地理分布[J]. 动物学研究, 1989, 10(4): 349-354.

[15] 周尧. 中国蝶类志[M]. 2 版. 郑州: 河南科学技术出版社, 2000: 724.

[16] 周尧. 中国蝴蝶分类与鉴定[M]. 郑州: 河南科学技术出版社, 1998: 292-293.

[17] 李传隆. 云南蝴蝶[M]. 北京: 中国林业出版社, 1995: 134-135.

[18] 王治国, 牛瑶, 陈棣华. 河南昆虫志鳞翅目: 蝶类[M]. 郑州: 河南科学技术出版社, 1998: 184-188.

[19] 王直诚. 原色原大中国东北蝶类志[M]. 吉林: 吉林科技出版社, 1999: 277.

[20] 张珑, 唐冬, 刘颖, 等. 贵阳市公园蝶类资源调查[J]. 山地农业生物学报, 2008, 27(6): 542-546.

[21] 陈正军. 贵州蝴蝶[M]. 贵阳: 贵州科技出版社, 2016: 470.

[22] 蔡继增. 甘肃省小陇山蝶类志[M]. 兰州: 甘肃科学技术出版社, 2011: 304.

[23] 李后魂, 胡冰冰, 梁之聘, 等. 八仙山蝴蝶[M]. 北京: 科学出版社, 2009: 40-41.

[24] SETO K. A study of the butterflies in Beijing[M]. Tokyo: Mokuyosha, 2013.

[25] EVANS W H. A catalogue of the Hesperiidae from Europe, Asia, and Australia in the British Museum (Natural History)[M]. London: British Museum (Natural History), 1949: 225-232.

[26] SAHOOL R K, WARREN A D, WAHLBERG N, et al. Ten genes and two topologies: An exploration of higher relationships in skipper butterflies (Hesperiidae)[J]. PeerJ, 2016, 4(4): e2653.

[27] LIU G C, CHANG Z, CHEN L, et al. Genome size variation in butterflies (Insecta, Lepidotera, Papilionoidea): A thorough phylogenetic comparison[J]. Systematic Entomology, 2020, 45(3): 571-582.

[28] FOLMER O, BLACK M, HOEH W, et al. DNA primers for amplification of mitochondrial cytochrome *c* oxidase subunit I from diverse metazoan invertebrates[J]. Molecular marine biology and biotechnology, 1994, 3(5): 294-299.

[29] KIM M J, WANG A R, PARK J S, et al. Complete mitochondrial genomes of five skippers (Lepidoptera: Hesperiidae) and phylogenetic reconstruction of Lepidoptera[J]. Gene, 2014, 549: 97-112.

[30] KUMAR S, STECHER G, TAMURA K. MEGA7: Molecular evolutionary genetics analysis version 7.0 for bigger datasets[J]. Molecular Biology and Evolution, 2016, 33: 1870-1874.

[31] STAMATAKIS A. RAxML Version 8: A tool for phylogenetic analysis and post-analysis of large phylogenies[J]. Bioinformatics, 2014, 30(9): 1312-1313.

[32] RONQUIST F, TESLENKO M, VAN D M P, et al. MrBayes 3.2: Efficient Bayesian phylogenetic inference and model choice across a larger model space[J]. Systematic biology, 2012, 61(3): 539-542.

[33] MILLER M A, PFEIFFER W, SCHWARTZ T. Creating the CIPRES science gateway for inference of large phylogenetic trees[C]// Gateway Computing Environments Workshop (GCE). IEEE. Computer Society: New Orleans, 2010.

[34] 杨宏, 王春浩, 禹平. 北京蝶类原色图鉴[M]. 北京: 科学技术文献出版社, 1994: 118 -119.

[35] 袁峰, 袁向群, 薛国喜. 中国动物志昆虫纲第五十五卷鳞翅目弄蝶科[M]. 北京: 科学出版社, 2015: 294-317.

[36] SUGIYAMA H. On the taxonomic status of *Carterocephalus abax patra* Evans, 1939, and its allied species (Hesperiidae, Lepidoptera)[J]. Pallarge, 2004(8): 13-16.

【责任编辑 霍 欢】