

安徽省蝴蝶物种多样性研究进展

胡降临¹, 林芳², 虞磊³, 舒玉³, 方杰³, 钱阳平¹, 潘少杰^{1*} (1. 黄山风景区管委会园林局, 安徽黄山 245800; 2. 黄山市生态环境保护综合行政执法支队, 安徽黄山 245000; 3. 安徽大学生命科学学院, 安徽合肥 230601)

摘要 在整理以往工作的基础上, 从物种组成、地理分布、区系成分等方面对安徽省蝴蝶物种多样性研究进行系统总结, 指明未来的研究方向, 旨在为安徽省蝴蝶资源的进一步研究、保护与合理利用提供科学依据。

关键词 蝴蝶; 物种多样性; 安徽省

中图分类号 Q969.42 文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2022)04-0011-02

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2022.04.003



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

Research Progress on Species Diversity of Butterflies in Anhui Province

HU Jiang-lin¹, LIN Fang², YU Lei³ et al (1. Landscape Bureau of Huangshan Scenic Area Management Committee of Anhui Province, Huangshan, Anhui 245800; 2. Comprehensive Administrative Enforcement Detachment in Ecological Environment of Huangshan City, Huangshan, Anhui 245000; 3. School of Life Science, Anhui University, Hefei, Anhui 230601)

Abstract Based on the literature research of previous work, we summarize the research progress on species diversity of butterflies in Anhui Province, including species composition, geographical distribution and faunistic composition. We also indicate the direction for future research and aim to provide scientific basis for further research, protection and reasonable utilization of the butterfly resources in Anhui Province.

Key words Butterflies; Species diversity; Anhui Province

蝴蝶隶属于节肢动物门(Arthropoda)、昆虫纲(Insecta)、鳞翅目(Lepidoptera)、锤角亚目(Rhopalocera), 具有较高的生态、文化、经济、营养和美学价值, 是一项极具开发利用前景的自然资源^[1]。我国学者汲取各家长处创立了蝴蝶分类的4总科系统, 把全球蝴蝶分为了17科、47亚科、1 690属、15 141种, 把中国蝴蝶分为12科、33亚科、434属、2 153种^[2]。

安徽省地处华东地区, 地跨5个纬度带, 横跨淮河、长江、新安江3大流域; 境内地形地貌南北迥异, 自然环境复杂多样, 山丘、平原、湖泊、盆地4种地貌兼备且相互交错; 跨越暖温带、北亚热带、中亚热带3个气候带, 淮河以北为暖温带半湿润季风气候, 淮河以南为亚热带湿润季风气候, 四季分明; 自然景观多样, 异质性极高, 孕育着包括蝴蝶在内的丰富的动植物资源。笔者在整理以往工作的基础上, 从物种组成、地理分布、区系成分等方面对安徽省蝴蝶物种多样性研究进行系统总结, 指明未来的研究方向, 旨在为安徽省蝴蝶资源的进一步研究、保护与合理利用提供科学依据。

1 物种组成较为丰富, 新记录不断刷新

种类调查是蝴蝶物种多样性研究中最基础、最核心的内容, 而安徽省开展蝴蝶物种多样性的研究工作相对较晚。周尧^[3]的《中国蝴蝶志》除了一些全国广布种, 仅记载了8种分布于安徽省的蝴蝶, 离实际种类相差很远。邬承先等^[4]的《中国黄山蝶蛾》记载黄山蝴蝶10科、106种和亚种, 是对安徽省蝴蝶研究的第一本专著。1998年以来, 安徽省内学者陆续开展了安徽省蝴蝶调查, 相继发表了大量安徽省蝴蝶的新记录^[5-20], 并将安徽省蝴蝶记录提升至12科、157属、309种,

估计种类数可达350种^[19]。目前, 皖南地区仍有潜力能够继续发现安徽新纪录蝶种, 而江北地区由于调查较为全面充分, 已较难再发现安徽蝴蝶新纪录。值得一提的是, Huang^[21]陆续发表了一些蝴蝶新种, 包括在九华山发现的 *Halpe dizangpusa* Huang 和在牯牛降发现的 *Potanthus yani* Huang, *Ahlbergia leechuanlungi* Huang et Chen 在皖南也有分布^[22]。分布于大别山的黄环链眼蝶在2018年被定为新亚种 *Lopinga achine tshikolovetsi*^[23]。

总体来看, 安徽省蝴蝶物种组成较为丰富, 包括《国家重点保护野生动物名录》中的二级保护物种: 中华虎凤蝶(*Luehdorfia chinensis*)、金裳凤蝶(*Troides aeacus*)、黑紫蛱蝶(*S. funebris*)3种。属于《国家保护的有益的或者有重要经济、科学研究价值的陆生野生动物名录》中的物种有: 冰清绢蝶(*P. citrinarius*)、大伞弄蝶(*B. miraculata*)、枯叶蛱蝶(*K. inachus*)、宽尾凤蝶(*A. elwesi*)、箭环蝶(*S. howqua*)5种, 也是国内拥有12科(亚科)蝴蝶的少数省份之一。安徽省的蝴蝶类群中, 蛱蝶科占主导地位, 其次是灰蝶科、弄蝶科、眼蝶科、凤蝶科和粉蝶科, 蛱蝶科、环蝶科、斑蝶科、绢蝶科、珍蝶科和喙蝶科所占比例很小。随着研究力量的日益增强和研究力度的不断深入, 安徽省的蝴蝶资源调查研究也将更加系统全面。

2 地理分布较为复杂, 区域差异明显

1998年以来, 省内学者陆续对各地的蝴蝶多样性和地理分布开展了大量的研究, 包括皖南山区的黄山^[24-25]、白际山^[11]、清凉峰^[13]、天目山^[26]等地, 大别山区的天柱山^[9]、天堂寨^[12, 27]、鹞落坪^[28-31]等地, 江淮丘陵的琅琊山^[5, 32-35]、韭山^[36]、皇甫山^[37]和合肥^[20, 38]等地, 沿江湿地的升金湖^[39]和马鞍山^[40]等地以及皖北平原的蚌埠^[41]。总体来看, 安徽省蝴蝶的地理分布较为复杂, 区域差异明显。诸立新^[42]对琅琊山和黄山的蝴蝶进行了比较研究, 通过对两地蝴蝶种类和自然环境的分析, 讨论了两地蝴蝶区系划分和相似程度及原

基金项目 全球环境基金资助项目(GCP/CPR/049/GEF)。
作者简介 胡降临(1985—), 男, 山东平阴人, 工程师, 硕士, 从事生态监测和生物多样性研究。*通信作者, 工程师, 从事生态环境保护研究。
收稿日期 2021-06-21; **修回日期** 2021-06-30

因。研究表明,淮北平原是我国古老的农业区之一,绝大部分地区的自然植被已不复存在,蝴蝶资源贫乏,主要是一些安徽的广布种及古北界的种类^[41]。

3 区系成分过渡明显,彰显安徽特色

在中国动物地理区划中,我国西部地区古北界与东洋界的分界线较为明显,以喜马拉雅山系和秦岭为界,已经被国内外学者所认可^[43]。我国东部地区处于长江中下游,地势较为平坦、海拔低,缺乏能够限制动物迁移的天然屏障,因此该地区分界不明显,形成了较为广泛的渐次过渡混合带,多数学者主张将古北界与东洋界的分界线划分在 $28^{\circ} \sim 32^{\circ} \text{N}$ ^[44]。按照马世骏^[45]对中国昆虫地理区的划分,安徽地处长古北—东洋界过渡地带,北部属华北区,南部属华中区。安徽境内两界的分界线没有明确定论,一般认为广泛过渡是比较妥当的,但不排除长江的阻隔作用^[43,46],因此安徽省蝴蝶区系成分的构成十分复杂。相关研究^[10,17]表明,安徽省蝴蝶以东洋界为主,其次为东洋界和古北界共有种,古北界最少。环蝶、珍蝶、斑蝶和蛱蝶为东洋界种类,绢蝶为古北种类,其他各科均以东洋界种类为主。这些结果与安徽省所处的地理位置特性相符合,表现出强烈的过渡性特点。同时,安徽不同地域的蝴蝶差异较大,这与安徽地处长古北—东洋界过渡地带相一致。

4 展望

综上所述,安徽蝴蝶物种组成较为丰富,地理分布较为复杂,区系成分过渡明显。但是,调查尚不够充分,今后需要加大投入,进一步加强对安徽省蝴蝶资源的调查工作。目前,安徽省蝴蝶的多样性研究仍处于物种丰富度调查和物种编目阶段,对于生态系统多样性的研究较少,并且主要集中在 α 多样性指数的测度以及不同生境之间物种相似性的比较上,针对生态系统 β 多样性和 γ 多样性指数的测度更是少有研究。

遗传多样性是生物多样性的基础,随着 PCR 技术和 DNA 测序技术的迅猛发展,应用 DNA 序列研究蝴蝶的系统发育和进化规律已成为当今分子系统学研究的热点。但是,并不能忽视基于形态学研究的传统系统学的重要作用,若是将分子数据与形态、行为、生态等数据联合分析,将会使结果更加可靠^[46]。加强蝴蝶遗传多样性的研究,尤其是对皖南山区和大别山区等热点地区濒危物种遗传多样性的研究非常必要。

有关景观多样性的研究已经越来越被重视,景观格局和生物多样性保护的关系、景观异质性与景观多样性测度、生境片段化如何影响生物多样性以及人类活动如何影响景观多样性等都受到了学者的关注。今后应加强对蝴蝶生态系统多样性和景观多样性的研究,破解不同生态系统中的蝴蝶的物种多样性变化,全面掌握安徽省蝴蝶的多样性及其进化历程与适应环境的潜力,找出珍稀种类濒危的内在和外在原因,从而对珍稀物种加以保护^[47]。

蝴蝶对气候和光线非常敏感^[48-49]。一旦生境恶化,蝴蝶会立即做出反应,速度通常比其寄主植物快 3~30 倍,所以大

多数研究者都认为蝴蝶是一种环境指示物^[50-51]。今后可选择重要生态功能区域开展长期蝴蝶动态监测,通过研究各区域内的蝴蝶群落多样性变化,寻找其与生境的关系,进而评价各区域内的生态环境质量,并对生态环境恢复与保护提出相应的应对策略。

参考文献

- [1] 蒲正宇,史军义,姚俊,等.中国蝶类多样性威胁因子分析[J].中国农学通报,2015,31(11):148-155.
- [2] 寿建新.崭新蝴蝶分类之研究——中国蝴蝶研究最新成果[J].西安文理学院学报(自然科学版),2012,15(4):26-32.
- [3] 周尧.中国蝴蝶志[M].郑州:河南科学技术出版社,1994.
- [4] 郭承先,李文杰.中国黄山蝶蛾[M].合肥:安徽科学技术出版社,1997.
- [5] 许雪峰,吴义莲.安徽滁州琅琊山蝶类调查报告[J].四川动物,1998,17(3):114-115.
- [6] 许雪峰,欧永跃,陶承晞.安徽省蝶类新记录[J].四川动物,1999,18(2):75.
- [7] 诸立新,欧永跃,许雪峰,等.安徽省蝶类新记录[J].野生动物,2000,21(1):47.
- [8] 诸立新,陶承晞,许雪峰,等.安徽省蝶类二新记录种[J].四川动物,2000,19(2):69.
- [9] 诸立新,欧永跃,许雪峰,等.安徽天柱山蝴蝶资源[J].野生动物,2000,21(4):36-37.
- [10] 诸立新,华兴安,欧永跃,等.安徽蝶类研究初报[J].安徽师范大学学报(自然科学版),2001,24(3):243-246.
- [11] 诸立新,罗来高.安徽白际山蝶类资源[J].特种经济动植物,2001,4(1):13-16.
- [12] 诸立新.安徽天堂寨国家级自然保护区蝶类名录[J].四川动物,2005,24(1):47-49.
- [13] 诸立新,吴孝兵,欧永跃.天目山北坡蝶类资源和区系[J].安徽师范大学学报(自然科学版),2006,29(3):266-271.
- [14] 诸立新,叶要清,杨邦和,等.安徽省蝶类新纪录[J].野生动物,2007,28(1):51-52.
- [15] 诸立新,欧永跃,秦思,等.安徽省蝶类新纪录[J].滁州学院学报,2010,12(2):66-67.
- [16] 欧永跃,诸立新.安徽省蝶类新记录[J].四川动物,2008,27(1):69.
- [17] 欧永跃,诸立新.安徽省蝶类资源和可持续利用[J].野生动物,2008,29(1):32-39.
- [18] 虞磊,李葵,骆军,等.安徽省蝶类新记录[J].合肥联合大学学报,2001(2):83-85.
- [19] 虞磊,李葵,沈业寿,等.安徽省蝶类分布新记录[J].合肥学院学报(自然科学版),2006,16(2):41-43.
- [20] 虞磊,韩杰,诸立新.合肥市蝶类研究初报[J].滁州学院学报,2011,13(5):54-57.
- [21] HUANG H. Some new butterflies from China-2 (Lepidoptera, Hesperidae) [J]. Atalanta, 2002, 33(1/2): 109-122.
- [22] HUANG H, ZHAN C H. A new species of *Ahlbergia* BRYK, 1946 from Guangdong, SE China [J]. Atalanta, 2006, 37(1/2): 168-174.
- [23] SONG Y L, ZI H L, LEI Y, et al. Some notes on *Lopinga* Mooer, 1893 with the description of two new subspecies from China [J]. Atalanta, 2018, 49(1/2/3/4): 127-130.
- [24] 诸立新.皖南山区蝶类资源和可持续利用[J].四川动物,2001,20(1):25-26.
- [25] 曹万友.黄山地区蝶类初步调查[J].华东昆虫学报,2001,10(1):20-22.
- [26] 诸立新,孙灏.安徽清凉峰自然保护区蝶类区系结构及垂直分布[J].南京农业大学学报,2002,25(2):115-118.
- [27] 许国权,段海生,刘亦仁.大别山主峰天堂寨地区蝶类资源及区系组成研究[J].湖北大学学报(自然科学版),2010,32(3):330-334,343.
- [28] 王松,鲍方印,梅百茂,等.鹞落坪国家级自然保护区蝶类多样性[J].昆虫知识,2003,40(6):542-545.
- [29] 王松,鲍方印,梅百茂,等.安徽鹞落坪国家级自然保护区蝶类的垂直分布及其群落多样性[J].应用生态学报,2009,20(9):2262-2270.
- [30] 范洁,韩德民,方杰,等.安徽鹞落坪蝶类区系研究[J].生物学杂志,2008,25(5):13-16.
- [31] 郑鹤鸣,虞磊,侯银续,等.大别山区皖鄂蝶类多样性比较研究[J].安徽农业科学,2012,40(21):10911-10913.

- [14] 时玉强. 基于机器视觉的大豆品质的研究[D]. 哈尔滨: 东北农业大学, 2009: 21-28.
- [15] 杨冬平. 基于梯度改进 Hough 变换的油菜籽图像分割方法[J]. 粮油食品科技, 2016, 24(4): 80-82.
- [16] 李永锋, 周德祥, 邢超, 等. 基于数学形态学的粘连大米籽粒分割研究[J]. 农业网络信息, 2010(10): 18-21.
- [17] 周德祥, 毋桂萍, 杨红卫, 等. 基于数学形态学粘连粮食籽粒图像分割算法的改进[J]. 农机化研究, 2010, 32(7): 49-52.
- [18] 荀一, 鲍官军, 杨庆华, 等. 粘连玉米籽粒图像的自动分割方法[J]. 农业机械学报, 2010, 41(4): 163-167.
- [19] 王康, 梁秀英, 曾优, 等. 玉米籽粒大小特征检测方法研究[J]. 湖南农业大学学报(自然科学版), 2017, 43(3): 329-335.
- [20] 臧晶, 郭倩倩, 李成华, 等. 复杂条件下多玉米籽粒识别与统计方法研究[J]. 沈阳农业大学学报, 2014, 45(5): 633-636.
- [21] 奚德君. 面向定向种植的玉米粒群批量整理与分选系统的研制[D]. 哈尔滨: 东北农业大学, 2018: 48.
- [22] 杜世伟, 李毅念, 姚敏, 等. 基于小麦穗部小穗图像分割的籽粒计数方法[J]. 南京农业大学学报, 2018, 41(4): 742-751.
- [23] 杨蜀秦, 宁纪锋, 何东健. 一种基于主动轮廓模型的连接米粒图像分割算法[J]. 农业工程学报, 2010, 26(2): 207-211.
- [24] 张新伟, 易克传, 刘向东, 等. 玉米自动化考种过程的粘连籽粒图像分割[J]. 中国农业大学学报, 2018, 23(10): 144-151.
- [25] 深度学习[EB/OL]. [2021-01-15]. <https://baike.so.com/doc/7000002-7222884.html>.
- [26] 谢元澄, 于增源, 姜海燕, 等. 小麦麦穗几何表型测量的精准分割方法研究[J]. 南京农业大学学报, 2019, 42(5): 956-966.
- [27] 朱荣胜, 闫学慧, 陈庆山. 基于图像识别和卷积神经网络的大豆优良籽粒筛选研究[J]. 大豆科学, 2020, 39(2): 189-197.
- [28] 陈进, 韩梦娜, 练毅, 等. 基于 U-Net 模型的含杂水稻籽粒图像分割[J]. 农业工程学报, 2020, 36(10): 174-180.
- [29] 孙志恒. 基于深度学习的稻米蛋白识别算法研究与应用[D]. 成都: 电子科技大学, 2019: 24-39.
- [30] 张芳. 基于深度学习的玉米果穗分类识别[D]. 南昌: 江西农业大学, 2019: 23-30.
- [31] 王建宇. 基于卷积神经网络的玉米籽粒精选系统研制[D]. 哈尔滨: 东北农业大学, 2019: 41-64.
- [32] 梁争光. 基于卷积神经网络的种子智能分选算法研究[D]. 郑州: 中原工学院, 2020: 8-46.
- [33] 张博. 基于深度学习的小麦外观品质机器视觉检测研究[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2019: 21-43.
- [34] 祝诗平, 卓佳鑫, 黄华, 等. 基于 CNN 的小麦籽粒完整性图像检测系统[J]. 农业机械学报, 2020, 51(5): 36-42.
- [35] 于重重, 周兰, 王鑫, 等. 基于 CNN 神经网络的小麦不完善粒高光谱检测[J]. 食品科学, 2017, 38(24): 283-287.
- [36] 林萍, 张华哲, 何坚强, 等. 可见光谱图与深度神经网络的蛋白大米检测方法[J]. 光谱学与光谱分析, 2020, 40(1): 233-238.
- [37] 朱江波. 基于嵌入式平台的颗粒状农作物图像分类算法研究[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2019: 34-62.
- [38] 赵志衡, 宋欢, 朱江波, 等. 基于卷积神经网络的花生籽粒完整性识别算法及应用[J]. 农业工程学报, 2018, 34(21): 195-201.
- [39] 马志宏. 基于深度学习的水稻粒穗复杂性状图像分析方法[D]. 上海: 上海交通大学, 2018: 33-55.
- [40] 蔡改贫, 刘占, 汪龙, 等. 基于形态学优化处理的标记符分水岭矿石图像分割[J]. 科学技术与工程, 2020, 20(23): 9497-9502.
- [41] 陈然. 基于双门限阈值的爆堆岩块图像分割技术及图像识别系统开发[D]. 衡阳: 南华大学, 2020: 19-48.
- [42] 刘晓敏, 茅健. 非均匀光照金刚石切割线颗粒提取方法[J]. 轻工机械, 2019, 37(6): 64-70.
- [43] 孙国栋, 林凯, 高媛, 等. 基于改进亲和度图的矿石颗粒图像分割研究与实现[J]. 仪表技术与传感器, 2019(12): 114-118.
- [44] 谢雅君, 张国英. 混配矿石图像的分割优化及级配检测算法[J]. 有色金属(矿山部分), 2019, 71(6): 110-115.
- [45] 黄友亮, 孙广彤, 战胜, 等. 基于自适应中值滤波高炉渣颗粒小波去噪[J]. 矿业研究与开发, 2019, 39(9): 141-145.
- [46] 孙颖. 机器视觉用于燃料粒度在线检测研究[D]. 太原: 山西大学, 2019: 5-22.
- [47] 郭挺. 基于视频图像的降雨识别方法研究[D]. 南京: 南京信息工程大学, 2019: 12-41.
- [48] 张庆杭. 基于图像处理的重叠类圆颗粒物的计数及 APP 的研究开发[D]. 镇江: 江苏大学, 2019: 17-72.
- [49] 展彦彤. 基于多尺度特征分析的矿石粒度分布方法研究[D]. 北京: 中国矿业大学(北京), 2019: 21-35.
- [50] 刘小燕, 吴鑫, 孙伟, 等. 基于形态学重建和 GMM 的球团颗粒图像分割[J]. 仪器仪表学报, 2019, 40(3): 230-238.
- [51] 张文晔. 基于机器视觉的金刚石线颗粒检测技术的研究与应用[D]. 常州: 江苏理工学院, 2018: 20-27.
- [52] 焦慧君. 拍摄深度限定的溶液晶体粒度分布图像识别方法研究[D]. 济南: 山东大学, 2018: 11-34.
- [53] 王晓迎. 细胞追踪的灰度图像准确分割方法研究[D]. 徐州: 中国矿业大学, 2014: 25-36.
- [54] 张瑞华. 医学显微细胞图像分割研究[D]. 武汉: 武汉科技大学, 2014: 38-83.
- [55] 谢涛. 基于深度学习的微细粒矿物识别研究[D]. 徐州: 中国矿业大学, 2020: 23-48.
- [56] 陈园园. 基于深度学习的 GCr15 轴承钢金相组织图像分割技术研究[D]. 兰州: 兰州理工大学, 2020: 37-46.
- [57] HEFFERNAN S T, LY N C, MOWER B J, et al. Identifying surface morphological characteristics to differentiate between mixtures of U3O8 synthesized from ammonium diuranate and uranyl peroxide[J]. Radiochimica acta, 2019, 108(1): 29-36.
- [58] XIANG D, CAI D, HU X N, et al. A deep learning algorithm for particle segmentation of aerosol images[J]. Journal of flow visualization and image processing, 2019, 26(3): 239-252.
- [59] 吴玥. 基于 MaskR-CNN 分割的 TEM 纳米颗粒参数测量方法研究[D]. 天津: 天津工业大学, 2019: 34-41.
- [60] 蔡杨, 苏明旭, 蔡小舒. 基于卷积神经网络的混合颗粒分类法研究[J]. 光学学报, 2019, 39(7): 123-132.
- [61] 张芳, 吴玥, 肖志涛, 等. 基于 U-Net 卷积神经网络的纳米颗粒分割[J]. 激光与光电子学进展, 2019, 56(6): 137-143.
- [62] 徐江川. 基于深度卷积神经网络的熟料颗粒方法研究[D]. 合肥: 中国科学技术大学, 2018: 18-52.

(上接第 12 页)

- [32] 许雪峰, 陶承晔, 诸立新. 琅琊山蝶类资源调查初报[J]. 生物学杂志, 1998, 15(1): 27-29.
- [33] 邢济春, 颜劲松, 郑和权, 等. 琅琊山蝶类数量调查初报[J]. 滁州师专学报, 2002, 4(2): 82-83.
- [34] 诸立新, 颜劲松, 郑和权, 等. 安徽琅琊山蝶类季节变化的研究[J]. 滁州师专学报, 2003, 5(4): 95-97.
- [35] 诸立新, 吴孝兵. 琅琊山国家森林公园蝶类多样性[J]. 昆虫知识, 2006, 43(2): 232-235, 225.
- [36] 王松, 鲍方印, 鲍成满, 等. 安徽韭山国家森林公园蝶类群落多样性[J]. 昆虫知识, 2010, 47(1): 183-189.
- [37] 王松, 李允东, 鲍方印. 皇甫山蝶类资源及区系的研究[J]. 生物学杂志, 2001, 18(1): 24-26.
- [38] 吴鹤鹤, 顾成波, 李文博, 等. 城市化对合肥蝶类多样性的影响[J]. 生态学杂志, 2016, 35(4): 992-996.
- [39] 束印, 侯银续, 王金刚, 等. 升金湖保护区蝴蝶产业开发的可行性分析[J]. 安徽农业科学, 2012, 40(6): 3374-3378.
- [40] 邢济春, 诸立新, 戴仁怀. 安徽马鞍山地区蝶类资源调查及区系分析[J]. 四川动物, 2007, 26(4): 898-902.
- [41] 吴刚, 王松. 蚌埠地区的蝶类多样性[J]. 宿州学院学报, 2008, 23(5): 120-122, 98.
- [42] 诸立新. 琅琊山和黄山蝶类的比较研究[J]. 滁州师专学报, 1999, 1(2): 44-47, 43.
- [43] 张荣祖. 中国动物地理[M]. 北京: 科学出版社, 2011.
- [44] 陈领. 古北和东洋界在我国东部的精确划界——据两栖动物[J]. 动物学研究, 2004, 25(5): 369-377.
- [45] 马世骏. 中国昆虫生态地理概述[M]. 北京: 科学出版社, 1959.
- [46] 章士美, 赵泳祥. 中国农林昆虫地理分布[M]. 北京: 中国农业出版社, 1996.
- [47] 袁锋, 袁向群. 蝶类分子系统学研究进展[J]. 西北农业学报, 2013, 22(12): 1-14.
- [48] WEISS S B, MURPHY D D, WHITE R R. Sun, slope, and butterflies: Topographic determinants of habitat quality for *Euphydryas editha*[J]. Ecology, 1988, 69(5): 1486-1496.
- [49] WEISS S B, WHITE R R, MURPHY D D, et al. Growth and dispersal of larvae of the checkerspot butterfly *Euphydryas editha*[J]. Oikos, 1987, 50(2): 161-166.
- [50] MAES D, VAN DYCK H. Butterfly diversity loss in Flanders (north Belgium): Europe's worst case scenario? [J]. Biological conservation, 2001, 99(3): 263-276.
- [51] NOWICKI P, SETTELE J, HENRY P Y, et al. Butterfly monitoring methods: The ideal and the real world[J]. Israel journal of ecology and evolution, 2008, 54(1): 69-88.