

· 学科发展 ·

昆虫系统学研究现状及发展趋势

黄大卫

(中国科学院动物研究所, 动物进化与系统学青年实验室, 北京 100080)

[摘要] 介绍生物系统学的三个使命和生物系统学家的任务, 简单总结国内外昆虫系统学的研究现状, 探讨昆虫系统学未来 15 年的研究热点, 剖析昆虫系统学发展趋势, 并扼要介绍作者最新部分研究成果。

[关键词] 昆虫, 昆虫系统学, 昆虫分类学, 研究现状, 发展趋势

1 生物系统学的使命

1994 年 2 月, 由美国植物分类学家协会、系统生物学家协会和威利·亨尼希学会发起, 在美国国家科学基金的支持下, 出版了《Systematics Agenda 2000》(生物系统学 21 世纪议程)。该议程的问世, 描绘了生物系统学在 21 世纪的发展蓝图, 提出了生物系统学的三个使命:

使命一: 发现生物多样性。发现、描述全球物种多样性并对全球物种多样性进行编目。这方面的工作包括调查、编目、收藏及对物种进行鉴定和描述。

使命二: 理解生物多样性。分析和综合来自全球物种多样性的研究结果, 把它们组合到一个有预见性的分类系统中, 这个系统能够反映生物的自然历史。这方面的工作包括研究系统发育、建立等级系统的分类和编写专著。

使命三: 管理生物系统学的知识。将来自全球生物系统学的信息以一种有效的、可提取的形式组织起来, 以满足科学和社会的需要。这方面的工作包括将生物系统学的知识组合到高效的数据库中、建立国际信息网络。

根据生物系统学的三个使命, 生物系统学家有如下几个任务: (1) 发现物种和编制物种的目录; (2) 比较物种和推断它们的系统发育历史; (3) 使用系统发育和来自系统发育的分类, 使基础生物学和应用生物学相结合; (4) 提供持续利用生物多样性所需的基本资料。

2 昆虫系统学的研究现状

2.1 国内研究现状

王祖望和黄大卫^[1]对我国动物生物系统学的研究现状已经作了介绍。王书永等^[2]、吴燕如^[3]也对中国昆虫区系考察的成就和昆虫分类学研究进展做了详细的综述。本文仅在上述总结的基础上, 对我国昆虫系统学的研究现状做一些补充。

由于我国的昆虫分类研究起步较晚, 据保守估计, 现已描述的物种约占我国可能有的物

本文于 1995 年 2 月 22 日收到。

种的十分之一或者二十分之一。迄今,我国仍然有许多科没有进行过生物系统学研究。目前我国大多数昆虫系统学家仍然致力于昆虫的分类、鉴定,建立分类系统、编制检索表等分类学研究。全国馆藏标本超过1亿号,这是价值无量的科学财富。但标本管理和保存的水平仍然非常落后,管理经费捉襟见肘,昆虫标本的采集、收藏、保存和管理与国际水准差距日益增大。我国从事昆虫系统学的研究人员达500人左右,但在经济大潮的冲击下,一些研究人员必须从事其它的研究与开发项目,这在一定程度上削弱了昆虫分类学的研究力量。更严重的是,在昆虫分类学研究队伍中,安心从事昆虫分类研究的年轻人不多,一般而言每年昆虫分类学的研究生招生计划难以完成,专业技术人员严重短缺。由于以上原因,我们的昆虫系统学研究难以为我国国民经济建设的飞速发展提供高效的服务,特别是对于生物多样性和生物资源的持续利用难以提供适时、科学的信息。国家必须重视对昆虫系统学研究的投资,加强昆虫系统学的队伍建设。

在研究成果的出版方面,除各大学学报外,我国目前有10多种关于昆虫系统学方面的中英文刊物,如《昆虫学报》、《动物分类学报》、《动物学集刊》、《昆虫学集刊》、《动物学研究》、《昆虫分类学报》、《昆虫知识》和《Sinoentomologica》等。作为代表动物生物系统学最高研究水平的《中国动物志》,目前已经出版昆虫志4卷,到1994年底,尚有两卷待出版。“八五”期间,我国动物志将完成昆虫纲各类群共19卷。“九五”期间中国动物志计划完成昆虫志36卷,中国动物志编辑委员会还编辑出版了《中国经济昆虫志》45册,尚有10册待出版。已出版的《中国动物志》中有两卷获国家自然科学基金二等奖,两卷获中国科学院自然科学奖一等奖。目前的问题是出版经费严重不足,需要政府为昆虫学出版事业投入更多的财力。

我国疆土辽阔,我们的昆虫系统学家不仅致力于全国性的昆虫区系研究,而且积极研究地方性、区域性昆虫区系。已经出版了如《中国青蜓志》、《中国白蚁》、《中国蝶类志》、《中国叶蝉分类研究》等全国性的分类专著和一批图谱、图鉴与地方性分类专著。

现代生物系统学新原理、新方法的应用和研究,形成了我国昆虫系统学研究中的一个热点,特别是支序生物系统学在我国昆虫系统学界引起很大反响。据初步估计,1994年国家自然科学基金面上项目有关昆虫系统学研究的申请书中,有近40%的项目涉及到用支序分析的方法重建昆虫专门类群的自然历史。我国在昆虫纲各主要目中,都有应用支序分析的原理和方法推断系统发育的实例,并且取得了重大进展。另外,支序系统学理论研究也取得了一些成绩。

支序生物系统学理论是当前生物系统学领域中最新的一个学术流派。近年来我国的生物系统学家对支序生物系统学的若干理论问题进行了探讨,如特征极化、特征演化序列分析、特征权衡、相互对立的假说的选择(简约法)等。黄大卫^[4]详细探讨了外群和内群的相互关系、外群成员间的相互关系、外群的数量、外群的分类等级以及如何选择外群等问题。提出一种新的外群比较方法——普遍即为原始—二次特征状态分布频率分析法。该方法首先对内群任一特征的特征状态进行分布频率分析,根据优势状态原则确定该特征在内群节点处的特征状态。当对所有特征都进行了这一步分析后,就可完整记述内群结点的特征状态矩阵。然后,将内群节点做为一个单元与多个外群一道再进行特征状态分布频率分析,根据优势状态原则确定特征极向。普遍即为原始—二次特征状态分布频率分析法既不同于内群分析,也不同于单纯的普遍即为原始的原则,它在方法上是以内群节点的特征状态分析为基础;在理论上,第

一次特征状态分布频率分析提供了内群特征状态的局部简约分析，第二次特征状态分布频率分析则提供了内外群之间的全局简约分析。这种外群分析的特征极化方法，提供了一个综合简约分析手段，能有效地减少系统发育推断中的有关平行进化、逆转等异源特别假设，也利于进行多外群分析。该法突破了 Maddison 等^[5]外群分析法对外群相互关系附加条件的限制。

黄大卫 (1993)^[6]提出的一个判别系统发育推断结果简约度的新评价体系，不仅适用于对使用同一简约法得到的系统发育树的比较和评价，而且适用于不同的优化标准（狭义地讲为不同的简约法）得到的系统发育推断结果。这个评价体系由下列三个因素构成：(1) 系统发育推断程序生成树的个数。(2) 合意树中严格合意单系亚群出现的百分数 S_c 。(3) 合意树中最小合意单系亚群的合意百分数 M_c 。综合分析这三个指标，选取简约度最高的系统发育推断结果。这个评价体系的提出，为解决在众多假设推断中做出抉择提供了重要手段和切实可行的评估办法，将可能进一步影响这个领域中计算机程序的未来发展。黄大卫 (1991)^[7]还对推断系统发育的几个重要的计算机程序进行了比较研究，对它们的生物学意义、推断方法、算法语言及其运行所需软、硬件环境等进行了剖析，对如何使用计算机程序进行系统发育的推断做了认真探讨，总结出了一些经验。

分子生物学的技术和方法也正在引入昆虫系统学研究领域，一些青年昆虫系统学家正在准备或者已经进行这方面的研究，但与脊椎动物方面相比，我们的差距还很大。

随着计算机技术的发展，我国的昆虫系统学家，特别是青年一代，对分类数据库的建立倾注了很多心血，不少专门类群，如隐翅虫、小蜂、尺蛾、细蛾（中国科学院动物研究所）和蝗虫（上海昆虫所）等类群的分类数据库已经有了很大进展。各主要标本收藏单位也在致力于建立标本数据库。同时，多媒体技术在昆虫系统学中的应用也取得了一些成绩。

2.2 国际研究现状

(1) 生物系统学理论有长足的进步。在生物系统学研究领域中，不同的理论流派相互撞击，为更多的生物学分支学科提供了广阔的时空舞台。继进化生物系统学、数值生物系统学和支序生物系统学之后，在支序生物系统学的发源地德国，又出现了一个新的学说：结构形态学。这个学说主张用水力学原理重建生物系统发育。

(2) 生物进化理论比过去任何时候都更深刻地对生物系统学理论和实践产生着重大影响。生物进化是生物学最基本的核心概念。由生物系统学解决的物种之间基于共同祖先的系谱关系，作为研究动物地理学、协同进化的比较模板，使生物系统学成为比较生物学的核心。

(3) 新技术、新方法、新途径为生物系统学注入新的活力。生物系统学家正在从繁重的研究中解脱出来。在这种意义上，亚显微技术、生化技术仅仅为生物系统学研究提供一些新的信息和数据来源，不能减轻生物系统学家的工作量，而计算机技术和人工智能技术在这方面将会有重大突破。分类数据的科学管理（数据库），智能操作，图像识别，多媒体技术，计算机分类自动检索专家系统（如 Delta），推断系统发育的计算机程序（如 PHYLIP, PAUP, HEN-NIG-86, COMPONENTS, PHYSIS）已取得重要进展。

(4) 生物多样性研究为生物系统学的发展提供了广阔舞台。生物系统学家正在积极参与各种层次、各种形式的生物多样性研究。生物系统学家不仅为生物多样性提供物种方面的信息，而且对生物多样性的理论、策略和方法等进行深层次的研究（如美国蚂蚁专家 Wilson E. O. 教授）。

(5) 对物种的描述、鉴定和编目仍然是生物系统学家的主要任务之一。估计地球上的生物物种总数在 500 万至 3000 万之间, 其中 3/4 以上属于动物界。而至今已经命名并描述的各种生物仅仅约 180 万种, 完成生物的编目是一个遥远的目标。其中昆虫的编目是最具挑战性的一个任务。世界各国以博物馆和科研机构为主的研究单位, 仍然不遗余力地对物种命名、描述、编目和确定它们各自在生物界的地位, 建立符合自然历史的分类等级系统并编制与之对应的检索表。无论从生物多样性还是从生物资源利用的角度看, 这些工作依然是非常重要的。

(6) 分子生物学技术为生物系统学开创了一个新的领域。自 20 世纪 70 年代以来, 分子生物学对昆虫系统学各个分类层次, 从种群内生殖过程的个体变异到近缘种的遗传分化和隔离, 乃至高级分类阶元之间的亲缘关系。研究 DNA 变异的方法与技术取得长足的进步。除了用过滤杂交这种间接的方法来显示限制片断长度多态性 (RFLP) 之外, PCR 技术为 DNA 分析提供了直接的途径。随机扩增多态 DNA (RAPD) 方法也取得很大进展。DNA-DNA 杂交成为确定两个分类单元之间的单复制 DNA 总体趋异 (或者总体相似) 的强有力的工具。DNA 遗传指纹是一个逐渐受到重视的研究种群结构和物种亲缘关系的方法。随着基因序列研究的深入, 人们获得的分子信息量大大增加, 因此在昆虫系统学研究中建立使用这些序列信息的最佳方法就变得更加重要。分子生物学资料无疑将为系统发育的重建提供另一种途径。

3 昆虫系统学未来 15 年的研究热点

(1) 生物系统学理论研究。昆虫系统学家不断探求推断昆虫自然历史的理论与方法, 研究昆虫分类等级系统中进化信息的表达方式和途径, 寻找性状表达的复杂结果的处理方式。生物系统学理论中, 支序生物系统学已成为最受关注、影响最大的一个学术流派。研究的热点在于进化信息与支序分析的相互关系及表达方式; 性状评价、性状权衡、性状编码、系统发育树的建树标准、树的优化标准以及实现这些标准的算法等等。

(2) 昆虫分类数据计算机管理、自动检索专家系统与系统发育推断程序。将生物系统学的全部知识输入高效能的数据库中, 建立区域的和国际的信息网络。开发昆虫分类鉴定自动检索专家系统; 编制效率更高的推断系统发育的计算机程序; 在分类数据库、专家系统和系统发育三者之间建立灵活可靠的联系。开发图形、图像识别和多媒体技术在生物系统学研究中的应用。

(3) 生物系统学理论和方法在动物地理学中的应用。根据生物系统学揭示的分类单元系谱关系和分支过程, 研究昆虫类群分布格局在时间、空间和型式的不同尺度上之历史关系; 探讨区域单元的进化历史, 追溯形成现代昆虫分布格局的各种进化过程如物种形成、适应、灭绝等。

(4) 分子生物学技术和方法的应用。运用分子生物学的研究技术和方法, 如 RFLP 技术、PCR 技术、RAPD 技术、DNA-DNA 杂交和 DNA 指纹图谱等, 探讨分类单元之间的系谱关系, 鉴别近缘的分类单元。进一步探讨 DNA 水平上进化的动力和机制。

(5) 继续发现、描述新物种, 编制物种的目录, 建立反映昆虫自然历史的分类系统。实现这个目标需要巨大的国际努力, 因此必将导致全球性的合作。

4 昆虫系统学发展的国际趋势

(1) 建立国际性的组织机构

除了一些国际学术团体外,1991年CABI(国际农业和生命科学中心)提出了建立全球生物系统学网络(BioNET-INTERNATIONAL(BI)),Global Network For Biosystematics的设想。1993年6月,首届BI讨论会在伦敦召开,会上成立了BICG(BioNET-INTERNATIONAL Consultative Group,BI协商组)以促进和加快BI的发展,同时由这个协商组选举成立了BICC(BioNET-INTERNATIONAL Coordinating Committee,BI协调委员会)。在此基础上,1993年7月,在Tecwyn Jones教授指导下,CABI成立了TECSEC(BI Technical Secretariat,BI技术秘书处)。TECSEC积极协助建立亚区技术合作网络LOOPS(Locally Organised and Operated Partnership of Institution)。

BI是由一系列区域性LOOP构成的生物系统学家全球技术合作网络。1993年12月,在加勒比地区建立了第一个LOOP-CARINE(加勒比地区亚区技术合作网络)。目前正在筹建东南非、北美、印度和南太平洋的LOOP。BI的目的是动员和集中全世界生物系统学的研究力量,重点是在发展中国家建立和发展生物系统学专门知识和技能。BI特别关注具有绝对的数量和多样性、在生态系统和地球化学循环中起关键性作用、对整个自然的和人为环境中有特殊影响的那类生物,例如节肢动物(昆虫、蝉螨和蜘蛛),线虫(动植物中寄生虫),微生物(真菌、植物病原细菌和病毒)。

作为一个发展中国家,我国是世界上少数物种多样性最丰富的国家之一,我国的昆虫系统学家要力争尽快加入这个全球生物系统学家网络。

(2) 研究项目国际化

目前,在美国和一些西方国家,一些涉及昆虫系统学研究的项目正在开展国际范围内的合作。例如由美国昆虫学家牵头的哥斯达黎加地区昆虫多样性的研究等项目,都有许多国家的昆虫系统学家参与。我国的昆虫系统学家应走出国门,积极参与国际研究项目,增强国际竞争能力。

(3) 研究队伍重新受到重视

由于全球物种多样性不仅日益成为科学研究的话题,而且日益成为各国政府和庶民关注的热点,从事昆虫系统学研究的人才逐步重新受到重视。美国最近有一个基金,申请项目不仅考虑是否有人正在做,而且考虑是否有接班人。我国的昆虫系统学研究也要充分注意培养青年一代,这关系到昆虫系统学事业能否有更大发展的全局。1994年中国科学院在动物研究所成立了动物进化与生物系统学青年实验室,这是中国科学院为动物生物系统学研究培养人才的一个重要措施。这个青年实验室为了创造活跃的学术气氛,每周开展一次学术活动,取名为“动物进化与生物系统学论坛”,欢迎全国从事生物系统学和进化生物学研究的同行到这个论坛上做学术报告,交流信息,开展合作。青年实验室将设立关于动物进化和生物系统学方面的研究课题,欢迎全国同行同我们一起,为振兴我国的动物生物系统学研究而努力拼搏。

参 考 文 献

- [1] 王祖望, 黄大卫. 1995 宏观动物学研究现状和未来十五年发展趋势. 动物学报, 41 (1): 1-9.
- [2] 王书永, 杨星科, 谭娟杰. 中国四十年来昆虫区系考察的成就. 系统进化动物学论文集, 第二集, 1993, 1-8.
- [3] 吴燕如. 中国昆虫分类学研究进展. 昆虫知识, 1992, 29 (3): 139-142.
- [4] 黄大卫. 支序分类学中外群分析的探讨. 动物学集刊, 第九集, 1992, 149-157.
- [5] Maddison W P, Donoghue M J, Maddison D R. Outgroup analysis and parsimony. Syst. Zool., 1984, 33: 83-103.
- [6] 黄大卫. 中国经济昆虫志金小蜂科 (一). 北京: 科学出版社, 1993b, 196.
- [7] 黄大卫. 关于推断系统发育的计算机程序的讨论. 系统进化动物学论文集, 第一集, 1991, 235-239.

DEVELOPMENTAL TRENDS IN SYSTEMATICS OF INSECTS

Huang Dawei

(Young Scientist Laboratory of Systematics and Evolutionary Biology of Animals,
Institute of Zoology, CAS, Beijing 100080)

Abstract The three missions of systematics and the tasks of systematists are introduced. The present national and international situations of systematics of insects are briefly reviewed. The central issues of systematics of insects in the coming fifteen years and the developmental trends are discussed. The author's recent contributions to the systematics of insects are presented.

Key words insect, insect systematics, insect taxonomy, current situation, developmental trends

· 信息 ·

中国荷兰科学合作交流的新进展

中国国家自然科学基金委员会同荷兰应用科学研究组织 (TNO) 于 1995 年 6 月 16 日在北京正式签订了科学合作谅解备忘录。荷兰政府首相科克先生及其访华的荷兰政府代表团有关成员出席了签字仪式。这是自然科学基金会对荷兰科学基金组织正式签署的第二个备忘录 (合作协议), 标志着中荷两国科学合作交流有了新的进展。

备忘录指明, 协议双方将寻求共同感兴趣的应用科研领域中科学或商业方面进行合作的可能性, 并探讨实施合作研究计划的方式方法。为了促进支持这些合作交流, 可采取交换科研人员、举办培训班方式; 荷方亦可考虑参与中方的学术培训中心的计划。

根据中荷科学家们的建议, 在近期签订的备忘录范围内, 以中荷稀土环境化学研究与应用为专题的第一次双边学术讨论会由双方基金会资助将于今年底或明年初在北京召开。届时中荷科学家将就各自的科研成果、学术动态和信息进行学术交流并拟定今后深入合作的共同研究计划。

(国际合作局 吕蓓蕾 供稿)