



国家自然科学基金、福建省自然科学基金资助项目
福建农业大学生物防治研究所研究报告 专著第4号

本丛书由福建省自然科学基金资助出版

中国赤眼蜂分类

(膜翅目:小蜂总科)

林乃铨 著

(福建农业大学生物防治研究所)

福建科学技术出版社

序

欣悉林乃铨博士的《中国赤眼蜂分类》荣获福建省优秀科技著作出版基金资助出版，我十分高兴，在此致以衷心的祝贺！

赤眼蜂是我国用于害虫生物防治面积最广的一类天敌昆虫。它的基础理论研究和在害虫生物防治上应用的研究，都是十分迫切需要的。

我在长期从事寄生蜂研究的过程中，深刻认识到天敌昆虫对于维持自然界生态平衡具有十分重要的作用。肉食性的天敌昆虫与植食性昆虫是一条食物链中的两个相邻营养级，它们之间的关系是吃与被吃的关系。这种关系的性质要从两个方面来考察。从个体之间的关系来看，吃的一方当然得利，被吃的一方当然受害。这是生存竞争的一种表现。但是，从种群之间的关系来看，它们是对立统一的关系，互相依存，互相制约，它们的种群数量在一定条件下互相转化。这种关系也叫做自然调节。生物界就是通过这样的生存竞争，经过自然调节，达到生态平衡，表现为十分和谐。

天敌与害虫之间的对立统一关系，是农业昆虫学这门学科区别于其它学科的矛盾的质的特殊性。就像正与负是数学这门学科、作用与反作用是力学这门学科、化合与分解是化学这门学科区别于其它学科的矛盾的质的特殊性一样。这是一种生态规律，十分重要。

害虫不是天生就是害虫，而是因为次生的农业生态系统大面积栽种单一品种的农作物，为植食性昆虫提供取之不尽的营养物质，创造大量繁殖的有利条件，又由于该生态系统对它们的对立面天敌不利，缺乏有效的制约力量，这样才产生了害虫。但是，并不是每一个次生生态系统里的所有植食性昆虫都能成为害虫。能成为害虫者，仅是该生态系统中少数几种植食性种类。绝大多数种类，因受天敌的制约，维持着生态平衡。它们的种群数量很少，虽然对植物会咬几口，但无大害。可见在农田生态系统里，植食性昆虫与农作物之间有两类不同性质的矛盾：一类矛盾是会造成损害的，约占该生态系统里节肢动物种类总数的1%，它们是防治的对象；另一类是不会造成重大损害的，这类植食性昆虫的种类很多，连同天敌昆虫一起，约占99%，这些植食性昆虫不仅不会对农作物造成灾害，而且还能成为繁衍天敌的过渡转换寄主，因此它们与天敌昆虫一样都是应该保护的对象。对于不同性质的矛盾应该防治与保护兼顾，综合考虑。开展害虫防治工作，有没有运用天敌知识，关系十分重大。

我国天敌昆虫资源十分丰富。单就寄生蜂来说，估计我国至少有3万种，种类之多，差不多与我国高等植物种类相若。但是我国寄生蜂研究基础十分薄弱。近几年来，我国自己培养从事寄生蜂分类研究的人员，获得博士学位者，大约有五六人，从此我国寄生蜂分类研究开始走出了困境。这是十分可喜的现象。林乃铨同志在硕士研究生阶段，开始接触水稻田赤眼蜂调查；到了博士研究生阶段，这项研究不断扩大充实提高。先后经过十多年的不懈努力，终于完成了这部著作，实在很不容易。为了完成这项研究，单单玻片标本，就制作了万余片，这实在需要很大的毅力。喜见此书即将出版，特写数言，以志祝贺！

福建农业大学生物防治研究所

昆虫学教授 赵修复

1994年8月25日

前 言

随着科学技术的进步和工农业生产的发展,环境保护已引起全人类的普遍关注。在农业生产上,害虫防治工作也由单纯依赖化学农药发展为以保护利用天敌和维护生态平衡为中心的综合治理时代。赤眼蜂是现代农林害虫生物防治上研究历史最长、应用范围最广、防治面积最大、治虫效果最好的一类重要天敌。系统地进行赤眼蜂资源的调查和分类研究,不仅是开发利用这一天敌资源的迫切需要,同时也是害虫生物防治和综合治理的重要基础工作,对保护生态环境、发展农林业生产都有十分重要的意义。

赤眼蜂科的种类,大多数是农林害虫的重要卵寄生蜂,具有资源丰富、分布广泛和对害虫控制作用显著等特点,因而在害虫生物防治中倍受重视。有些研究基础较好的种类,如赤眼蜂属 *Trichogramma* 和分索赤眼蜂属 *Trichogrammatodea* 的种类等,已被广泛用于多种农林害虫的生物防治,取得显著的效果。根据对 20 个国家和地区的不完全统计 (*Trichogramma News*, 1988, No. 4), 1987 年这些国家和地区应用赤眼蜂防治害虫的面积达 1700 多万公顷;防治对象广及粮、棉、糖、烟、菜、茶、果等 20 多种作物及森林的 60 多种重要害虫。我国近 20 年来,应用赤眼蜂防治农林害虫的面积也稳定在 30 多万公顷左右,最多时达到 70 多万公顷 (包建中等, 1989)。

然而,由于赤眼蜂种类个体微小 (最小者体长不足 0.2 mm), 形态和习性变化较大,因此在调查研究上比较困难,直接影响了赤眼蜂研究和应用的顺利发展。特别是我国幅员辽阔,赤眼蜂资源极其丰富,目前除了赤眼蜂属的种类研究应用较多外,其余大量的赤眼蜂资源尚未得到研究开发,亟需加强全面研究利用。

作者承蒙业师赵修复教授长期的精心培养和悉心指导,从 1979 年开始调查研究福建省的赤眼蜂资源,1985—1988 年以多年采集积累的标本 (主要为福建省的标本) 为材料,完成了一篇《赤眼蜂科分类研究》的博士学位论文。嗣后,又得到国家自然科学基金的资助,在各地同行的支持帮助下,扩大调查采集了我国东北、华北、西北、华中、西南、华南等 17 个省 (市)、自治区的部分赤眼蜂资源,经过系统分类研究,并收集、参考了其它学者有关我国赤眼蜂种类的报道,完成了本书的编写工作。

本书共研究了采自福建 (福州、闽侯、武夷山、建阳、松溪、寿宁、福鼎、霞浦、福安、仙游、邵武、将乐、沙县、尤溪、永安、永春、连城、龙岩、漳平、南靖、龙海、云霄、诏安等 20 多个县、市)、江西 (南昌、鹰潭)、广东 (广州、肇庆)、广西 (南宁、凭祥)、贵州 (贵阳)、云南 (昆明、迪庆州、丽江、兰坪)、湖南 (源江、长沙)、湖北 (武汉、蒲圻、鹤峰、宣恩、巴东)、安徽 (泗县)、河南 (郑州)、山西 (太原、晋中、运城)、陕西 (西安、太白山)、内蒙古 (乌盟、哲盟、左旗、达茂旗)、北京 (香山、二里沟)、辽宁 (沈阳、千山、西丰)、吉林 (长春) 及黑龙江 (安定) 等地的赤眼蜂标本约 3 万余号,共鉴定描述了我国赤眼蜂科 39 属 128 种,其中 1 新属,68 新种和 8 属 13 种我国分布新纪录。同时,为了全面反映我国已知的赤眼蜂资源和便于同仁参考应用,作者也把国内外其他学者已记载的我国赤眼蜂种类 (包括台湾省在内,共 2 属、14 种) 收入本书,因此全书共记述我国迄今已知的赤眼蜂科 41 属 142 种。

全书分概论和分类两大部分。概论部分介绍了赤眼蜂科的分类研究历史,分类系统及系统发育分析,我国赤眼蜂的研究与应用概况,赤眼蜂的形态特征,生物学、生态学特性,寄主范围及地理分布等等。分类部分是全书的核心部分。为了方便赤眼蜂资源调查和分类研究工作参考应用,首先编制了我国已知 41 属的分类检索表,然后是各属的详细记述。全书所列各属、种的描述都有一个相对固定的记载格式。每个属均按属名、异名录、属模式种、模式标本产地、分布和属征等先后顺序记述。属征描述之后,是该属的进化缘系讨论、属的研究概况、已知种数、寄主范围、生物学特性和我国已发现的种类,如种数较多(3 种以上)者,还提供了它们的分种检索表,便于参考。各个种的描述,先是种的中名、学名和图版序号,随后是该种的文献出处、异名录和成虫形态特征。形态记述之后,列出研究所依据的标本或模式标本的数量、分布地点及寄主记录等。如系新种,描述之后还有该新种与近缘种的特征比较。

本书共附形态特征图 488 个。在全书记述的 142 种赤眼蜂中,有 128 种的形态特征是根据实物标本描述,其形态特征图也是根据玻片标本应用华南农业大学昆虫生态室的 Olympus 和福建农业大学生物防治研究所的 Leitz 显微镜描绘器(Camera Lucida)描绘。另外 14 种由于作者暂无标本,因而它们的形态特征系根据前人的记载,其形态特征图也采自原作者(均有注明)。书末附有参考文献、英文摘要、中名和学名索引、标本的采集、保存与制作方法及全世界赤眼蜂科种类名录。

我衷心感谢导师赵修复教授长期以来的精心培养和指导。从我 1979 年进行硕士学位论文的研究开始,赵教授就有意识地培养我从事赤眼蜂资源的调查研究。1988 年我完成《赤眼蜂科分类研究》的博士学位论文之后,他一如既往不断给予鼓励与鞭策,使我得以奋力完成本书。初稿完成后又蒙赵教授费心审阅,并提供宝贵的修改意见。

我也衷心感谢华南农业大学庞雄飞教授的热情指导和大力支持。他不仅无私地提供了自己多年收集的大量文献资料,而且热情提供工作条件和帮助核对大部分种类。初稿完成后又蒙他费心审阅并提供许多宝贵的修改意见。

同时,作者也感谢意大利那波里大学的 Viggiani, G. 教授热情帮助鉴定 50 多种标本和惠赠大量文献资料;中国科学院动物研究所的黄大卫博士热情提供分析系统发育的计算机软件和帮助分析赤眼蜂科的系统发育;西北农业大学的周尧教授热情帮助审定所有新种学名;浙江农业大学的何俊华教授费心审阅文稿,并提供宝贵的修改意见;北京农业大学的杨集昆教授等对书中新拟的各属中名,也提供了宝贵意见。

作者还要感谢下列国内外专家、学者的热情帮助和支持。帮助复印或惠赠文献的专家有:美国农业部益虫引进实验室的洪章夫(Akey C. F. Hung)博士;加州大学的 Oatman, E. R. 和 Pinto, J. D. 教授;加拿大生物分类研究中心的 Yoshimoto, C. M. 和 Huber, J. 博士;印度 Aligarh 穆斯林大学的 Hayat, M. 教授和印度联邦生物防治研究所的 Nagaraja, H. 博士;法国国家农业科学研究院的 Voegelé, J. 和 Pintureau, B. 博士;大英博物馆的 Noyes, J. S. 博士;保加利亚索非亚生物防治研究室的 Kostadinov, D. N. 博士;日本九州大学的 Hirose, Y. 教授;巴西圣保罗大学的 Zucchi, R. A. 博士;阿根廷拉布拉他博物馆的 De Santis, L. 博士;台湾农业研究院的林珪瑞先生等等。

帮助采集标本的有:华中农业大学的江世宏老师和袁合强、欧阳宗兵同学;湖北农业科学院的茅晓渊先生;西北林学院的杨忠歧博士;贵州农学院的杨孝龙、沈妙青老师;沈阳农业大学的于兴国同学;河南郑州园艺场的王彩敏同志;福建武夷山自然保护区的汪家社同志;

连城县柑桔场的罗福仲同志；寿宁县人民医院的朱忠耀同志；福建农学院生物防治研究所的汤玉清、许建飞、赵景璋、黄居昌、刘长明等同志；福建农业大学植保系 1982—1986 届同学陈新金、占挺清、刘明晖、郑耿、黄东宏、郑南辉、刘高盛、吴祖建、蔡毅群、郑琪、吴燕珠、谢志鸣等。中国科学院动物研究所的黄大卫博士和陈泰鲁先生、中国农业科学院生物防治研究所的彭华先生等也热情赠送了部分标本。

此外，福建农业大学生物防治研究所的赵景玮博士和赵景璋先生、福建农业大学图书馆的周令飞同志等帮助复印了大量资料；福建农业大学的刘长明博士帮助打印部分书稿；福建农业科学院的刘波博士和李平同志等帮助打印附录部分的名录，作者深为感激。

本书的研究工作先后得到福建农业大学研究生处（1985—1988）、福建省自然科学基金（1987—1989）、国家自然科学基金（1990—1992）的资助。福建省优秀著作出版基金委员会和福建科学技术出版社资助本书出版，在此一并表示衷心的感谢。

我国地域辽阔，生物资源丰富，本书结果只是我国赤眼蜂区系分类研究在现阶段的总结。限于时间和人力条件，暂时还不能全面摸清我国的实际资源。随着此项研究的不断深入，将会发现更多新的种类。因此，作者希望本书能为我国赤眼蜂资源的调查和分类研究提供一个比较全面的基础资料，对我国的赤眼蜂区系分类研究工作有所促进。限于作者学识水平，书中错漏之处在所难免，敬祈读者不吝教正，俾在今后再版时修订补充。

作 者

1994.8

目 录

概论	(1)
一、分类研究简史	(1)
二、分类系统与系统发育分析	(4)
三、中国赤眼蜂的研究与应用概况	(15)
四、形态特征	(17)
五、生物学、生态学特性	(23)
六、寄主范围	(25)
七、地理分布	(29)
分类	(33)
一、中国赤眼蜂科分属检索表	(34)
二、各属种类记述	(37)
单棒赤眼蜂属 <i>Doirania</i> Waterston	(37)
刺脉赤眼蜂属 <i>Brachygrammatella</i> Girault	(39)
刀管赤眼蜂属 <i>Xiphogramma</i> Nowicki	(41)
赤眼蜂属 <i>Trichogramma</i> Westwood	(42)
分索赤眼蜂属 <i>Trichogrammatoidea</i> Girault	(63)
长缨赤眼蜂属 <i>Paramegaphragma</i> Lin	(67)
筒索赤眼蜂属 <i>Epoligositina</i> (Livingstone et Yacoob)	(69)
优赤眼蜂属 <i>Eutrichogramma</i> Lin	(71)
双棒赤眼蜂属 <i>Probrachista</i> Viggiani	(72)
缨翅赤眼蜂属 <i>Megaphragma</i> Timberlake	(73)
爱波赤眼蜂属 <i>Epoligospita</i> Girault	(77)
光脉赤眼蜂属 <i>Aphelinoidea</i> Girault	(82)
肿棒赤眼蜂属 <i>Tumidiclava</i> Girault	(85)
四棒赤眼蜂属 <i>Prosoligosita</i> Hayat et Husain	(89)
多刺赤眼蜂属 <i>Lathromeromyia</i> Girault	(90)
尤氏赤眼蜂属 <i>Uscana</i> Girault	(93)
异角赤眼蜂属 <i>Uscanoidea</i> Girault	(98)
肿腿赤眼蜂属 <i>Tumidifemur</i> Girault	(100)
长脉赤眼蜂属 <i>Pterygogramma</i> Perkins	(102)
拟纹赤眼蜂属 <i>Lathromeroidea</i> Girault	(106)
纹翅赤眼蜂属 <i>Lathromeris</i> Foerster	(109)
尖角赤眼蜂属 <i>Hispidophila</i> Viggiani	(113)
刺角赤眼蜂属 <i>Haeckeliana</i> Girault	(116)
曲脉赤眼蜂属 <i>Ophioneurus</i> Ratzeburg	(118)

广翅赤眼蜂属 <i>Zagella</i> Girault	(122)
窄翅赤眼蜂属 <i>Prestwichia</i> Lubbock	(124)
环索赤眼蜂属 <i>Hayatia</i> Viggiani	(126)
异茎赤眼蜂属 <i>Eteroligosa</i> Viggiani	(128)
寡索赤眼蜂属 <i>Oligosita</i> Walker	(131)
长痣赤眼蜂属 <i>Japania</i> Girault	(168)
邻赤眼蜂属 <i>Paracentrobia</i> Howard	(170)
似邻赤眼蜂属 <i>Ittys</i> Girault	(175)
类宽赤眼蜂属, 新属 <i>Densufens</i> , gen. nov.	(177)
毛翅赤眼蜂属 <i>Chaetostricha</i> Walker	(178)
显纹赤眼蜂属 <i>Gnorimogramma</i> De Santis	(183)
毛角赤眼蜂属 <i>Neocentrobiella</i> Girault	(187)
圆翅赤眼蜂属 <i>Poropoea</i> Foerster	(189)
异赤眼蜂属 <i>Asynacta</i> Foerster	(196)
前毛赤眼蜂属 <i>Prochaetostricha</i> Lin	(199)
断脉赤眼蜂属 <i>Mirufens</i> Girault	(201)
宽翅赤眼蜂属 <i>Ufens</i> Girault	(205)
参考文献	(213)
英文摘要	(228)
索引	(248)
附录一、赤眼蜂标本的采集、保存与制作方法	(253)
附录二、全世界赤眼蜂种类、分布及寄主名录	(257)

概 论

一、分类研究简史

赤眼蜂科 Trichogrammatidae, 隶膜翅目 Hymenoptera, 细腰亚目 Apocrita, 小蜂总科 Chalcidoidea。最古老的赤眼蜂种类发现于加拿大 Manitoba 白垩纪 (Cretaceous) 的琥珀化石中,迄今约有 7000—9000 万年历史,比 Doult 和 Viggiani (1968) 报道的墨西哥渐新世 (Oligocene) 化石种类约早 4000—6000 万年。白垩纪与渐新世的化石标本和现代种类的区别在于触角索节 4 节,而无环状节,因此认为赤眼蜂科与姬小蜂科 Eulophidae 的缘系最近 (Yoshimoto, 1975)。

赤眼蜂的研究历史最早可追溯到 18 世纪末。Peck (1799) 把微小赤眼蜂 *Trichogramma minutum* Riley 误认为跳小蜂 *Encyrtus* 种类。19 世纪的前半叶,赤眼蜂科仅仅知道 1—2 个属、种,它们包括在姬小蜂科 Eulophidae 内 (Haliday, 1833; Walker, 1846), 或有时隶于跳小蜂科 Encyrtidae (Westwood, 1840)。Curtis (1829) 将广赤眼蜂 *Trichogramma evanescens* 称为 *Microma latipennis*, 因它只是一个裸名而没有任何特征描述, 没有获得承认。

1833 年, Westwood 和 Haliday 几乎同时描述了 Curtis (1829) 称为 *Microma latipennis* 的同种标本, Westwood 将它定名为 *Trichogramma evanescens*, 而 Haliday 则定为 *Calleptiles latipennis*。由于 Westwood 的描述约比 Haliday 早发表一个月左右, 因而 *Trichogramma* 成为本科的模式属, *evanescens* 成为模式种。在最初一段时期内, *Trichogramma* 和 *Calleptiles* 两属的优先权问题有许多争论, 但当时许多分类学家都反对把 *Calleptiles* 当为 *Trichogramma* 的异名。最早, Westwood (1833) 认为 *Trichogramma* 与蚜小蜂 *Aphelinus* Dalman 相近, 而 Haliday 则将 *Calleptiles* 放在姬小蜂科 Eulophidae 的一个未定名族内。Westwood (1840) 在他的《现代昆虫分类》一书中, 又将 *Trichogramma* 归在跳小蜂科 Encyrtidae 之下, 把 *Calleptiles* 当为异名。但是, 他自己 (1879) 又指出 *Trichogramma* 和 *Calleptiles* 是两个不同的属。

Walker (1839) 又将采自伦敦的另一些广赤眼蜂标本描述为 *Pteroptrix evanescens*, 同时把 *Trichogramma evanescens* 和 *Calleptiles latipennis* 当为 *Pteroptrix evanescens* 的同物异名。使赤眼蜂属 *Trichogramma* 在当时产生很多混乱。后来, Walker (1846) 自己纠正了这一错误。他同时把 *Trichogramma evanescens* 归在 Eulophidae 之下, 又将 *Calleptiles latipennis* 和 *Pteroptrix evanescens* 列为异名。

Haliday (1842) 根据 Walker (1839) 的标本描绘了详细的特征图, 从而获知 *Trichogramma evanescens* 和 *Calleptiles latipennis* 系同一个种。同时, Haliday 根据其跗节 3 节这一特征, 将 *Trichogramma* Westwood 列为小蜂科 Chalcididae 的一个单独属。

由上可知, 19 世纪的前半叶, 赤眼蜂的分类主要是围绕 *Trichogramma* Westwood 和 *Calleptiles* Haliday 两属的争论, 其它赤眼蜂类群尚未发现。

19 世纪后半叶开始, 赤眼蜂的分类有了新的进展。Walker (1851) 描述了 *Chaeotostricha*, *Poropoea*, *Brachista* 和 *Oligosita* 等 4 个新属, 同时他把这些属与 *Trichogramma* 一起归为 Eu-

lophinae 的一个族 Trichogrammini 内, 并且按翅面纤毛分布情况把它们分为两个部分, 这两个部分后来被 Ashmead (1904) 采用并提升为亚科。

Foerster (1856) 增加了 4 个新属, 并根据跗节 3 节这一特征, 首次将所有已知的赤眼蜂 10 个属从小蜂科中分出, 成立一个独立的科。但是 Aurivillius (1897) 又把它们归到小蜂科下作为一个亚科。直到 1904 年 Ashmead 把小蜂科升为总科, 下分若干科之后, 赤眼蜂科的地位才被普遍接受。

1857—1861 年, Stollwercki 研究观察了 *Poropoea stollwerckii* 的生物学特性, 使人们首次获知赤眼蜂寄生害虫卵的知识。

Lubbock (1863) 首次报道了 2 种小型的水生膜翅目寄生蜂, 一种是纓小蜂, 另一种是窄翅赤眼蜂 *Prestwichia aquatica*, 并介绍了它们可在水中游泳活动的有趣习性。

此后 30 多年中, 赤眼蜂科的研究特点是已知属内新种及其与寄主关系的报道较多, 其它新属增加很少。在此期间, 许多学者发表了膜翅目或赤眼蜂科的名录 (Howard, 1886; Cresson, 1887; Aurivillius, 1897; Dalla Torre, 1898; 等等), 但它们多不完整或错漏甚多。

本世纪以来, 赤眼蜂的分类研究发展很快。Ashmead (1904) 根据 Foerster (1856) 的意见, 再次将赤眼蜂独立为科, 并认为它与姬小蜂科 Eulophidae、纓小蜂科 Mymaridae 缘系较近。

Girault (1905—1938) 对赤眼蜂科的分类作了大量的研究。他先后一共建立了 58 个属, 描述了 183 个种, 其中有 40 个属 (亚属)、171 个种至今仍被认为是有效的。遗憾的是, 他所报道的新种绝大多数没有特征图, 形态描述也很简单。所以, 后人很难根据他的描述掌握特征。

Kryger (1918, 1920), Nowicki (1935, 1936, 1940) 先后研究了古北区的赤眼蜂分类。Mani (1935—1939), Ishii (1938, 1941), De Santis (1952, 1957), Doutt (1955) 和 Risbec (1955, 1957) 都先后分别报道了印度、日本、南美、泛太平洋和非洲地区的一些赤眼蜂种类。此外, Nikols'kaya (1952) 在《苏联小蜂志》(The Chalcid Fauna of the USSR) 中, 比较全面地报道了苏联的赤眼蜂 25 属。

本世纪中叶, 随着赤眼蜂属 *Trichogramma* 的种类在生产应用中日趋广泛, 因而有关赤眼蜂属的种类鉴别及生态型研究也倍受重视 (Flander 和 Quednau, 1960)。Quednau (1960) 等在研究了不同温度、寄主条件下赤眼蜂个体的形态差异之后, 提出要在相同的温度、寄主条件下培养的个体才能进行种类鉴别。但这一方法在分类实践中应用较困难。Ishii (1941), 钱永庆等 (1964), 曾省 (1965) 都试用雄性外生殖器作为区别赤眼蜂种类的依据。曾省 (1965) 强调了应用雄性外生殖器作为赤眼蜂属种类鉴别的主要特征, 已为后来的分类工作者普遍采用 (庞雄飞、陈泰鲁, 1974; 陈泰鲁、庞雄飞, 1981, 1986; 张荆、王金玲, 1982; Nagaraja 和 Nagarkatti, 1969, 1971, 1973; Nagaraja, 1973; Oatman 等, 1971—1978, 1982—1983; Pinto, 1978, 1982—1986; Pintureau 等, 1980—1984; Sorokina, 1977—1987; Voegelé, 1975—1985; 等等)。

1968 年, Doutt 和 Viggiani 全面研究了世界各地收存的赤眼蜂标本后, 整理了全世界范围的已知赤眼蜂种类, 共分 64 属、347 种。同时澄清了 50 个属和许多种类的异名。为赤眼蜂的分类研究提供了一个可靠的基础资料, 大大方便了后来的研究工作者, 对发展赤眼蜂的分类研究做出了贡献。

70 年代, 赤眼蜂的分类研究有了全面的发展, 区系调查基本遍及世界各地。相对说来, 亚洲地区的研究力量明显增强, 研究范围广泛, 进展也最快 (Nagaraja 和 Nagarkatti, 1969, 1973—1974, 1978; Subba Rao, 1969, 1974; Jonathan 等, 1975; Khan, 1975—1977; Viggiani, 1972;

Yashiro, 1979; 庞雄飞、陈泰鲁, 1974; 等等)。其次是欧洲地区 (Viggiani, 1971, 1974, 1976—1977, 1979; Sorokina, 1977—1979; Sugonyave, 1975—1976; Voegelé, 1975, 1979, 等等), 但是他们的研究多数集中在赤眼蜂属, 其它类群研究较少。南北美此期的研究力量相对比较薄弱, 仅见 De Santis (1970—1972)、Doutt (1973—1974)、Yoshimoto (1975—1976)、Pinto 等 (1978) 等的研究。Yoshimoto (1975) 首次报道了北美洲的一个赤眼蜂化石新种, 填补了古赤眼蜂的研究空白。非洲和大洋洲此期只有 Viggiani (1971—1973, 1976—1977, 1979) 的零星报道。

80 年代以来, 东洋区的赤眼蜂区系调查及分类研究进展迅速。Hayat 和 Viggiani (1984), Hayat 和 Subba Rao (1985—1986) 等已整理出印度及其邻近地区的赤眼蜂名录和已知属的分类检索表。Yousuf 和 Shafee (1987) 对印度的赤眼蜂资源进行了系统分类研究, 共报道了 26 属、108 种, 其中 1 新属和 40 新种, 使印度成为世界上已知赤眼蜂资源最为丰富的国家之一。我国在近 10 多年来赤眼蜂的分类研究也十分活跃。林珪瑞 (1981) 发表了台湾省的赤眼蜂科资源 22 属、35 种 (但其中只有 8 个已定名种、27 种尚未定名), 陈泰鲁、庞雄飞 (1981, 1986)、张荆、王金玲 (1982)、霍绍棠等 (1986, 1990)、Viggiani 和任辉 (1986)、廖定熹等 (1987)、姜巨贤 (1991) 等先后报道了我国赤眼蜂 10 个新种。作者 (1985—1988) 在博士学位论文中系统研究了我国南方 (主要是福建省) 的赤眼蜂资源 30 属、95 种, 其中 1 新族、1 新属、67 新种和 11 属、19 种我国分布新纪录。至此, 我国 (包括台湾省) 赤眼蜂科资源已知有 36 属、117 种。但已正式发表的只有 31 属、61 种。

除亚洲地区之外, 近十多年来欧洲地区的多数研究仍以赤眼蜂属为主 (Pintureau 等, 1981—1982, 1984, 1987, Sorokina, 1981, 1984—1985, 1987; Voegelé, 1981—1982, 1985; Kostadinov, 1986—1987; 等等)。Viggiani (1980—1982, 1984—1989, 1992), Kostadinov (1988, 1991) 等也先后对赤眼蜂科其它属的资源作了一些研究; Skalaki (1988) 还发表了意大利的另一个赤眼蜂化石新种。特别重要的是, Viggiani (1981, 1982)、Viggiani 和 Laudonia (1992/94) 先后发现了 *Oligosita anomala* 和 *Lathromeris cecidomyiiae* 可以在双翅目瘿蚊科的幼虫、蛹内寄生发育, 证实了赤眼蜂种类除了多数在昆虫卵内寄生发育外, 也有部分能在寄主的幼虫或蛹等虫态内寄生发育。改变了过去把全部赤眼蜂种类都当成单期卵寄生蜂的认识。

北美洲在 80 年代末到 90 年代初主要是 Pinto 等 (1983, 1986—1992) 研究。南美、非洲和澳洲三地区在此期间的研究甚少, 其中只有 Noyes 和 Valentina (1989) 对新西兰赤眼蜂科 11 属、36 种的区系研究。因此, 包括本书描述的 1 新属、68 新种在内, 迄今全世界已知的赤眼蜂种类共有 82 属、747 种和 3 属、3 种化石种类 (见附录)。

在最近 20 多年间, 赤眼蜂的分类手段得到全面发展。在传统的形态分类基础上, 雄性外生殖器特征已得到广泛应用; 电镜扫描超微结构、数值分类和蛋白质电泳等先进技术也逐步开始在部分类群 (如赤眼蜂属和分索赤眼蜂属等) 的近似种或细微特征鉴别中得到发展 (Cao Guanliang 等, 1986; Debret 等, 1983; Hung, 1982, 1984; Hung 等, 1984, 1985; Jardak 等, 1979; Klausnitzer 等, 1983; Lu Wenqing 等, 1986; Nagaraja, 1978; Ouyang Yuling 等, 1986; Pintureau, 1982, 1987; Pointel, 1977, 1979; Schmidt 等, 1985; Voegelé 等, 1975; 王野岸等, 1986; 等等)。这些研究手段对于提高赤眼蜂分类鉴定的质量和促进赤眼蜂区系研究的发展等具有很大作用。

综上所述, 在赤眼蜂科资源调查和分类研究的 160 多年历史中, 由于此科种类个体微小, 研究比较困难, 因此世界各地的研究进展很不平衡。作者根据对全世界已知赤眼蜂资源的统

计结果（见表 1），虽然暂时还不能说明各地的实际资源数，却可以看出世界各地区有关赤眼蜂区系研究和发展的基本概貌。

表 1. 赤眼蜂区系研究进展及已知资源统计

地 区		中国	东洋区	古北区	新北区	新热带区	非洲区	澳洲区	全世界
已知属数		41	45	35	29	27	19	39	82
已知种数		142	221	188	106	43	48	149	747
1900 年以前所知的	种数	0	4	16	10	0	0	0	30
	%	0.0	1.8	8.5	9.4	0.0	0.0	0.0	4.0
1900—1967 年已知的	种数	7	23	87	54	16	20	140	340
	%	4.9	10.4	46.5	50.9	37.2	41.7	94.0	45.5
1968 年以来增加的	种数	135	194	85	42	27	28	9	377
	%	95.1	87.8	44.9	39.6	62.8	58.3	6.0	50.5

注：1. 表中所列全部为现存的赤眼蜂种类，没有包括化石种类。

2. 1967 年前的数字主要以 Douth 和 Viggiani (1968) 的报道为基础。

3. 本书描述我国的 41 属、142 种，已按采集地点分别归在东洋区或古北区种类中。

从研究发展历史看，可分为三个主要时期。1900 年以前的早期始创阶段，全世界只知 10 属、30 种，分布古北区、东洋区和新北区，其余地区一无所知。第二阶段从本世纪开始至 Douth 和 Viggiani (1968) 全面整理全世界已知的赤眼蜂种类为止，赤眼蜂区系研究在全世界范围全面开展，增加了大量的新属（54 属）、新种（340 种）。在此期间，最突出的是澳洲区赤眼蜂区系研究的迅速崛起。Girault (1905—1938) 的研究不但使澳洲区赤眼蜂区系研究跃为世界领先地位，而且还遍及全世界各地，全面推动全世界赤眼蜂区系研究的发展。1968 年，Douth 和 Viggiani 对全世界已知赤眼蜂资源的全面研究整理，为赤眼蜂科的分类研究提供了一个可靠的基础资料，使赤眼蜂的研究进入蓬勃发展的第三阶段。近 20 多年来，世界各地的研究力量均有不同程度的加强，进展速度也不断加快，一共增加了 19 属、375 种和 2 个亚种。特别是新技术的应用，使赤眼蜂的分类研究得到空前发展。

从各地区的进展情况看，欧洲与北美对本科的研究历史最长，且各时期研究持续不断，保持稳步发展；非洲和南美的研究力量始终都较薄弱，因此这两个地区所知的资源也最少；澳洲区在本世纪前 40 年间发展迅速，但其后趋于停顿；东洋区的赤眼蜂区系研究，前中期进展迟缓，近 20 年发展迅速，尤其是印度与我国的研究结果，都已跃居世界前列。

二、分类系统与系统发育分析

传统的分类学者常常根据自己对某些类群的研究经验或直觉印象，选择不同的依据或相关关系进行归类，从中得到不同的分类系统。由于自然界的复杂性，这种仅仅根据个别经验特征所建立的分类系统往往只是为了分类实践上使用方便，不能反映系统发育的实际。有关赤眼蜂科的分类系统，不少分类学者都曾有过专门的研究，先后也建立了不少系统。但是，这些系统都是根据个人的经验和不同的特征而立，所以因人而异，众说不一。为了便于说明，兹

将前人有关赤眼蜂科的主要不同分类系统列表如下。

表 2. 赤眼蜂科不同分类系统一览

作者(年份)	采用特征	亚科、族
Ashmead (1904)	翅面纤毛	Trichogrammatinae
Girault(1911)	分布情况	Oligositinae
Girault (1912)	翅脉形状, 触角索节有无	Trichogrammatinae
		Trichogrammatini
		Poropoini
		Chaetostrichinae
		Chaetostrichini
		Lathromerini
Girault (1913) (1914) (1915)	翅面纤毛, 翅脉形状, 触角索节 有无	Chaetostrichini
		Lathromerini
		Trichogrammatini
		Ophioneurini
Girault (1918) Nowicki(1935) (1940)	触角索节 有无	Trichogrammatinae
		Ophioneurinae
Kryger (1918)	翅面纤毛 分布情况	Trichogrammini
		Oligositini
		Brachistini
Viggiani (1971)	雄外生殖 器特征	Trichogrammatinae
		Trichogrammatini
		Paracentrobiini
		Oligositinae
		Oligositini
		Chaetostrichini
Yousuf 和 Shafee(1987)	前翅缘脉长短, 雄外生殖器具 钩爪、指 突否、触角 索节有无	Trichogrammatinae
		Trichogrammatini
		Aphelinoidini
		Oligositinae
		Megaphragmini
		Oligositini
		Lathromerini

最早在赤眼蜂科内建立分类系统的是 Ashmead。1904 年,他在建立小蜂总科并再次将赤眼蜂独立为科的同时,首次根据翅面纤毛分布情况将当时已知的 14 个属分为两个亚科,即:

寡索赤眼蜂亚科 *Oligositinae* 和赤眼蜂亚科 *Trichogrammatinae*。Girault (1911) 也接受了这一分类系统。

可是, Girault (1912—1915, 1918), Kryger (1918), Nowicki (1935, 1940), Viggiani (1971), Yousuf 和 Shafee (1987) 都没有采用这一系统 (见表 2)。

Girault (1912) 以翅脉形状为分亚科标准、以触角有无索节为分族依据把当时已知的 24 属赤眼蜂分为两个亚科、4 个族, 即: 毛翅赤眼蜂亚科 *Chaetostichinae*, 内含 *Chaetostichini* 族 (8 属)、*Lathromerini* 族 (10 属); 赤眼蜂亚科 *Trichogrammatinae*, 内含 *Trichogrammatini* 族 (4 属)、*Poropoini* 族 (2 属)。

Girault (1913, 1914, 1915) 又按翅面纤毛、翅脉形状和触角有无索节等特征, 把赤眼蜂科 (20 属) 分为 4 个族: *Chaetostichini* (13 属), *Lathromerini* (2 属), *Ophioneurini* (3 属), *Trichogrammatini* (2 属)。但他 (1918) 再次又以触角有无索节为依据将北美洲的赤眼蜂 (17 属) 分为两个亚科: *Trichogrammatinae* (12 属) 和 *Ophioneurinae* (5 属), 亚科之下没有再分族。Girault (1918) 的这一系统还被 Nowicki (1935, 1940) 用于欧洲的赤眼蜂分类。

Kryger (1918) 将欧洲的 11 个属赤眼蜂按翅面纤毛排列特征分为 3 个族, 即: *Oligositini* (2 属), *Trichogrammini* (7 属) 和 *Brachistini* (2 属)。

Viggiani (1971) 通过详细研究了 28 属、40 种赤眼蜂的雄性外生殖器之后, 发现不同属间的雄性外生殖器有很大差异, 同一属内的雄性外生殖器构造相对稳定, 因而把赤眼蜂分为两个亚科、4 个族, 即: 赤眼蜂亚科 *Trichogrammatinae*, 下设赤眼蜂族 *Trichogrammatini* (16 属) 和邻赤眼蜂族 *Paracentrobiini* (3 属); 寡索赤眼蜂亚科 *Oligositinae*, 下设毛翅赤眼蜂族 *Chaetostichini* (4 属) 和寡索赤眼蜂族 *Oligositini* (5 属)。在这一研究中, Viggiani 发现了赤眼蜂亚科的雄性生殖器可明显分为阳基和阳茎两个部分; 而寡索赤眼蜂亚科的雄性外生殖器已演化成为一个简单的管状构造, 没有独立的阳基部分。Nagarkatti 和 Nagaraja (1977) 认为这可能是当时最为合理的分类系统。此后, 广大赤眼蜂分类工作者都重视了应用雄性外生殖器的特征。

Viggiani (1984) 再次报道了 13 属、14 种赤眼蜂的雄性外生殖器, 作者在本研究中又增加描述了 10 属、69 种赤眼蜂的雄性外生殖器特征。因此, 至今已有 55 属赤眼蜂的雄性外生殖器特征被描述用于分类。

Yousuf 和 Shafee (1987) 根据印度已知的 26 属赤眼蜂的缘脉长短、雄性外生殖器是否具有钩爪、指突和触角索节有无等特征, 把赤眼蜂科分为两个亚科、5 个族: 赤眼蜂亚科 *Trichogrammatinae*, 内含 *Trichogrammatini* (5 属)、*Aphelinoidini* (2 属); 寡索赤眼蜂亚科 *Oligositinae*, 内含 *Megaphragmini* (1 属)、*Oligositini* (11 属)、*Lathromerini* (7 属)。作者根据我国已有种类的研究结果, 发现 Yousuf 和 Shafee (1987) 仅以印度 26 属赤眼蜂为依据, 所建立的分类系统不够全面。例如毛角赤眼蜂属 *Neocentrobiella*, 按其缘脉长而直、触角具索节等特征, Yousuf 和 Shafee (1987) 将它归在寡索赤眼蜂亚科 *Oligositinae*、寡索赤眼族 *Oligositini* 内。但其雄性外生殖器明显具钩爪和指突, 又应隶于赤眼蜂亚科 *Trichogrammatinae*、赤眼蜂族 *Trichogrammatini* 内, 相互矛盾。可见 Yousuf 和 Shafee (1987) 的这一分类系统不能包括所有赤眼蜂。

综上所述, 赤眼蜂科的分类系统十分混乱, 给分类工作者带来许多不便。

近年来, 根据支序分类的理论, 应用计算机程序分析某一生物类群的系统发育已经受到广大分类工作者的普遍关注。但是, 对于赤眼蜂科的系统发育分析, 国内外尚无研究报道。作

者承蒙中国科学院动物研究所黄大卫博士热情提供计算机程序 Hennig 86 (1.5 版), 对我国已知 41 属赤眼蜂的系统发育进行了初步分析, 同时比较研究了前人的不同分类系统, 从中寻找和建立一个较为科学的分类系统。全部系统发育的计算与分析工作都是在 IBM 80386 计算机上进行。

为了客观地反映进化缘系, 作者在全面研究前人不同分类系统的基础上, 从体形、雄性外生殖器、触角节数、前翅翅脉及翅面纤毛等方面筛选了鉴别上可用的特征 40 个。同时根据本科与姬小蜂科缘系接近的理论, 选择了姬小蜂科的嗜小蜂属 *Tetrastichus* 作为外群。运用外群比较法, 以外群分布频率高的特征状态作为祖征 (以 0 标记), 分布频率低的特征状态定为衍征 (分别以 1、2、3... 标记); 同时参考内群的特征状态分布情况, 以内群分布广泛的特征状态作为祖征, 分布狭窄者定为衍征。

赤眼蜂分亚科、族特征及其演化序列如下, → 表示特征演化方向。

1. 雄外生殖器: 构造复杂, 阳基、阳茎可完全分离 (0); 趋向简单, 阳基、阳茎趋于愈合 (1); 简单, 阳基、阳茎完全愈合 (2)。

演化序列: 0→1→2

2. 雄外生殖器与腹面相连情况: 以阳基基部背面与腹面相连 (0); 雄外生殖器基部直接与腹面相连 (1)。

演化序列: 0→1

3. 雄外生殖器阳基: 具背突 (1); 无背突 (0)。

演化序列: 0→1

4. 雄外生殖器阳基: 具侧瓣 (0); 无侧瓣 (1)。

演化序列: 0→1

5. 雄外生殖器阳基: 具钩爪 (0); 无钩爪 (1)。

演化序列: 0→1

6. 雄外生殖器阳茎: 单节 (0); 双节状, 端部具带状构造 (1)。

演化序列: 0→1

7. 雄外生殖器阳茎内突: 2 支互不愈合 (0); 趋向愈合 (1); 愈合为一 (2)。

演化序列: 0→1→2

8. 雌雄触角: 同型 (0); 异型 (1)。

演化序列: 0→1

9. 触角位置: 高于两复眼下端连线 (0); 位于连线上或低于该线 (1)。

演化序列: 0→1

10. 触角环状节: 2 节 (0); 1 节 (1)。

演化序列: 0→1

11. 触角索节: 2 节 (0); 1 节 (1); 0 节 (2)。

演化序列: 0 $\begin{matrix} \nearrow 1 \\ \searrow 2 \end{matrix}$

12. 触角棒节: 3 节 (0); 4 节 (1); 5 节 (2); 2 节 (3); 1 节 (4)。

演化序列: 0 $\begin{matrix} \nearrow 1 \rightarrow 2 \\ \searrow 3 \rightarrow 4 \end{matrix}$

13. 触角棒节上的条形感觉器: 正常, 较少 (0); 明显增多 (1)。

演化序列: 0→1

14. 触角棒节条形感觉器起始着生部位：第一棒节 (0)；第二棒节 (1).
演化序列：0→1
15. 雄性触角鞭毛：数量、长短与雌性接近 (0)；明显比雌性多而长 (1).
演化序列：0→1
16. 前翅宽度：中等宽大，长为宽的 2—2.5 倍 (0)；极宽阔，长不足宽的 2 倍 (1)；狭窄，长为宽的 2.5 倍以上 (2).
演化序列：0 $\begin{smallmatrix} \nearrow 1 \\ \searrow 2 \end{smallmatrix}$
17. 前翅亚缘脉与缘前脉之间：有一折断痕 (0)；无折断痕 (1).
演化序列：0→1
18. 前翅翅脉形状：较直，各段基本在一直线上 (0)；弯曲，各段不在一直线上 (1).
演化序列：0→1
19. 前翅翅脉长度：较长，超过翅长的一半 (0)；翅脉较短，短于翅长之半 (1).
演化序列：0→1
20. 前翅缘脉长度：较长，占全脉的一半以上 (0)；缘脉较短，不足全脉之半 (1).
演化序列：0→1
21. 痣脉长度：较短，短于缘脉 (0)；痣脉较长，等于或长于缘脉 (1).
演化序列：0→1
22. 前翅后缘脉：无 (0)；有 (1).
演化序列：0→1
23. 前翅缘脉与前缘接触情况：紧密相接 (0)；不接触 (1).
演化序列：0→1
24. 缘室大小：小而不明显 (0)；明显宽大 (1).
演化序列：0→1
25. 前翅翅面纤毛数目：较多至稠密 (0)；稀少或无 (1).
演化序列：0→1
26. 前翅翅面纤毛排列情况：散乱分布，排列不规则 (0)；部分散乱，部分排列规则 (1)；全部规则排列 (2).
演化序列：0→1→2
27. 前翅翅面有无 m—cu 毛列：无或不清楚 (0)；有 (1).
演化序列：0→1
28. 前翅缘毛长度：较短，不足翅宽的一半 (0)；较长，超过翅宽之半 (1).
演化序列：0→1
29. 体形：圆筒形 (0)；侧扁 (1)；扁平 (2).
演化序列：0 $\begin{smallmatrix} \nearrow 1 \\ \searrow 2 \end{smallmatrix}$
30. 下颚须节数：2 节 (0)；1 节 (1).
演化序列：0→1
31. 下颚须端部毛数：3 毛 (0)；2 毛 (1)；1 毛 (2).
演化序列：0→1→2
32. 上颚端部齿数：多齿 (0)；3 齿 (1)；2 齿 (2).

演化序列: 0→1→2

33. 胸部是否具刻纹: 有较粗刻纹 (0); 较光滑, 刻纹不清楚 (1).

演化序列: 0→1

34. 中胸盾上盾纵沟情况: 清楚 (0); 不明显或无 (1).

演化序列: 0→1

35. 中胸盾上刚毛数: 4 支 (0); 2 支 (1).

演化序列: 0→1

36. 小盾片上刚毛数: 4 支 (0); 2 支 (1).

演化序列: 0→1

37. 内悬骨长短: 短, 末端不达腹部 1/3 (0); 末端伸达腹部 1/3 以上 (1).

演化序列: 0→1

38. 前足胫节外侧齿突: 无 (0); 有 (1).

演化序列: 0→1

39. 雌性产卵管长度: 正常, 长度短于腹部 (0); 极发达, 超过腹长 (1).

演化序列: 0→1

40. 雌性下生殖板大小: 较小, 长不足产卵管的 1/2 (0); 发达, 超过产卵管长的 1/2 以上 (1).

演化序列: 0→1

特征极化后的原始数据矩阵见表 3。

表 3. 特征状态的原始数据矩阵

<i>Tetrastichus</i>	00000000000000000000100000001100000000
<i>Aphelinoidea</i>	0000100000200100101100000000001111001011
<i>Asynacta</i>	0000000101000011010110110110100200000011
<i>Brachygrammatella</i>	0000100010040001101100000100010101001000
<i>Chaetostricha</i>	2001102000000001000100010210111111000111
<i>Densufens</i>	0000000001000001000101000110011111000000
<i>Doirania</i>	210110101114000010000000000121111111000
<i>Epoligosita</i>	2101102001130102100000001001012111111000
<i>Epoligositina</i>	2101102001230102100000001001012111111000
<i>Eteroligosita</i>	2101111101101000100000000000011111111000
<i>Eutrichogramma</i>	????????112310?0011110010200000000001010
<i>Gnorimogramma</i>	2001002000000001110100010210011101001000
<i>Haeckeliania</i>	????????002210?1111110010210000001000011
<i>Hayatia</i>	210111110110100010000000000101111111000
<i>Hispidophila</i>	0000100000221011100100000210000001000001
<i>Itys</i>	100010000000000010000000000011101000000
<i>Japania</i>	????????000000?1010110010210000111000000

(续)

<i>Lathromeris</i>	0000100000220100100000000200011110001001
<i>Lathromeroidea</i>	2001102000220100100000000210011001000000
<i>Lathromeromyia</i>	2001102000210000100000000201011101001001
<i>Megaphragma</i>	210110200113010210000000110121211111000
<i>Mirufens</i>	0000000100000011010110110210010100000100
<i>Neocentrobiella</i>	0000000100000010100000000101000111101010
<i>Oligosita</i>	210110200110010010000000000101111110000
<i>Ophioneurus</i>	0000000000220101011100010210100000000010
<i>Paracentrobia</i>	10001000000000000000000000000000011101000000
<i>Paramegaphragma</i>	210110200103010210000000100121211111000
<i>Poropoea</i>	0000000100001001110110110210100000000010
<i>Prestwichia</i>	2101102001100102100000000101012101110000
<i>Probrachista</i>	?????????0103017010100000000001111110000
<i>Prochaetostricha</i>	0000000111000010010110010100100111001011
<i>Prosoligosita</i>	210110200121000010000000010101121111000
<i>Pterygogramma</i>	0000100000220000010110010110011111101010
<i>Trichogramma</i>	0010000100040010010110010210011011000000
<i>Trichogrammatoidea</i>	0000000101040010010110010200010010000000
<i>Tumidiclava</i>	0001100000200100101100000100010111001000
<i>Tumidifemur</i>	0001100001221010010100010000011101000000
<i>Ufens</i>	0000000100010011011110010110011101001000
<i>Uscana</i>	2001102001210000000000010210011111001000
<i>Uscanoidea</i>	2001102000220101010100010210011101000000
<i>Xiphogramma</i>	0000000000040001101100000110110100001011
<i>Zagella</i>	?????????01101071011110010110011101000001

鉴于前人建立赤眼蜂分类系统时,主要围绕雄性外生殖器、触角节数、前翅翅脉及翅面纤毛等三个方面的特征,因此为了便于比较验证,作者进行了4种不同的分析。其一是特征等权处理:对所选择的40个特征一律给予相同的权值进行计算分析,并以此作为参照,结果如图1。二是特征加权处理:分别给雄性外生殖器、触角节数、前翅翅脉及翅面纤毛等三个方面的特征赋予不同的权值,比较分析了3种不同的结果。(如图2-4)。