



甲虫形态学研究现状及态势分析

张萌娜^{1,2*} 邹丽雪^{3*} 杨星科^{1**}

(1. 中国科学院动物研究所, 中国科学院动物进化与系统学重点实验室, 北京 100101; 2. 中国科学院大学, 北京 100049;
3. 中国科学院文献情报中心, 北京 100190)

摘 要 为了解甲虫形态学的研究概况和发展趋势, 本文检索 Zoological Record (ZR) 数据库中该领域的研究论文, 利用 Thomson Data Analyzer (TDA) 分析工具进行统计分析和数据挖掘。分析表明, 该研究在 20 世纪六七十年代得到了快速发展, 近十年以来, 数量又有所增加。从事该研究的主要国家有美国、德国、日本、中国、法国等, 热点主要内容集中在翅、生殖系统、结构大小、触角、口器等方面。新方法应用的领域各不相同, 几何形态学和 TEM 的发文量较多, 其次为显微 CT 和三维重建, MRI、CLSM、FIB/SEM 发文量较少。甲虫形态学研究进入了一个新的发展阶段, 显微 CT、计算机三维重建、几何形态学等新方法的作用越来越突出。中国的研究数量表现不俗, 但是论文影响力较弱, 相关研究有待深入。

关键词 鞘翅目, 形态学, 新方法, 文献计量, 研究热点

The current situation and trends in research on beetle morphology

ZHANG Meng-Na^{1,2*} ZOU Li-Xue^{3*} YANG Xing-Ke^{1**}

(1. Key Laboratory of Zoological Systematics and Evolution, Institute of Zoology, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China; 2. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China; 3. National Science Library, Beijing 100190, China)

Abstract To understand the current situation and future direction of research on beetle morphology. Papers on beetle morphology were retrieved from the Zoological Record (ZR) database. Hotspots and trends in research in this field were then extracted by data mining using the Thomson Data Analyzer (TDA) of Thomson Reuters Company. The results indicate that research relevant to beetle morphology has developed very rapidly since 1960s and that this has increased again in the last decade. The main countries that are engaged in the study of beetle morphology are the United States, Germany, Japan, China and France. The hot topics in this field are wings, reproductive system, size, antennae and mouthparts. New techniques are being applied to different aspects, most papers use geometric morphometrics and transmission electron microscopy (TEM), followed by micro-computer tomography (μ -CT) and three dimensional reconstruction; only a few used magnetic resonance imaging (MRI), confocal laser scanning microscopy (CLSM) and focused ion beam scanning electron microscopy (FIB/SEM). Research on beetle morphology has entered a new stage in which creative techniques and advanced technologies, such as μ -CT, three dimensional reconstruction and geometric morphometrics, play a more prominent role. The number of research papers on this subject published in China is adequate, but their impact has been relatively weak. More effort therefore needs to be made to improve the quality of Chinese research on beetle morphology.

Key words Coleoptera, morphology, new technique, bibliometrical analysis, hotspot

*第一作者 First author, E-mail: ldhp22@163.com; zoulx@mail.las.ac.cn

**通讯作者 Corresponding author, E-mail: yangxk@ioz.ac.cn

收稿日期 Received: 2014-11-14, 接受日期 Accepted: 2015-01-29

1 前言

鞘翅目 Coleoptera (俗称甲虫) 隶属于昆虫纲 Insecta, 是昆虫纲中最具多样性的一个类群。迄今已记载种类约为 35 万种 (Beutel and Leschen, 2005), 占世界已知生物种数的四分之一, 中国记载约 1 万余种, 其中有大量对人类生存与发展起着重要作用的类群。甲虫的种类多样性也直接导致了形态结构的多样化 (葛斯琴等, 2013), 形态结构的多样化又促进了甲虫的多样性。甲虫形态结构中包括了很多具有重要价值的生物学性状和分类学特征, 这些对研究甲虫的生命系统的发展、谱系演化、系统分类至关重要。形态的多样性也必然导致功能的多样化。研究甲虫的形态结构, 才能更好地进行相关功能的探讨, 为开展进化研究及仿生学研究提供重要科学依据, 奠定良好的基础。

甲虫形态学的研究工作可分为表面形态和内部形态两部分, 涉及口器、触角、前后翅、足、内骨骼等结构, 有传统的二维平面形态研究, 也有利用新方法开展的三维立体图像研究。

文献计量学是借助文献的各种特征的数量, 采用数学与统计学方法来描述、评价和预测科学技术的现状与发展趋势的图书情报学分支学科 (庞景安, 2002)。本文从文献计量学的角度, 拟通过对已发表的与甲虫形态学相关的文献进行分析, 以理清甲虫形态学研究发展的演化趋势以及学科发展的领域前沿, 展现甲虫形态学的发展脉络。

本文研究数据来源于 Zoological Record (ZR) 数据库, 具体方法为: 以“Coleopteran and morpholog*”为主题词, “Coleoptera or beetle*”为主题叙词, 主题和主题叙词之间用“and”连接, 检索所有年代发表的论文后, 研究方向限定为“Anatomy morphology、Evolutionary biology”, 最终获得的论文作为分析的数据集, 其中论文数据截至 2014 年 3 月 27 日, 被引频次数据截至 2014 年 4 月 14 日。

本文的数据分析主要采用 Thomson Data Analyzer 软件 (简称 TDA), 是美国 Thomson

Reuters 公司开发的一个具有强大分析功能的文本挖掘软件, 本文运用 TDA 主要对国家、虫态、叙词数据进行清理, 将不同名称进行合并, 提高分析效率和准确度, 并做二维矩阵分析, 节省数据处理的时间。其中, 国家或地区指标采用通讯作者地址中列出的国家或地区数据; 由于 Zoological Record 数据库没有统计出关键词, 研究热点采用数据库中的叙词数据进行统计分析。

另外, 为了解一些新技术在甲虫形态学研究领域的应用情况, 提取 2000 年以来的研究论文人工判读, 进行文献调研分析。这些新技术的类别参考葛斯琴等 (2013) 和 Friedrich 等 (2014), 包括透射电子显微镜 (Transmission electron microscopy, TEM)、显微 CT (Micro-computed tomography, μ CT)、扫描电子显微镜 (Focused ion beam scanning electron microscopy, FIB/SEM)、激光共聚焦扫描显微镜技术 (Confocal laser scanning microscope, CLSM)、核磁共振成像技术 (Magnetic resonance imaging, MRI)、几何形态学 (Geometric morphometrics) 和计算机三维重建 (Computer-based three-dimensional reconstruction)。

2 文献总体情况分析

2.1 甲虫形态学论文数量的年度分布情况

截至统计日期, 共检索到相关文 8 828 篇, 其中, 最早的文献发表于 1901 年, 1901—1913 年发文量为 6 篇, 2014 年的文献数量为 3 篇。1914 年至 2013 年以十年为一个区间划分, 总体趋势表现为甲虫形态学相关的国际论文逐渐增加 (图 1)。其中: 1974—1983 年, 文献量从前 10 年的 361 篇突破至 1 070 篇, 增长幅度非常大。之后 10 年的论文数量又翻了一倍, 1994—2003 年论文数量平稳发展。2004—2013 年期间, 发文量又开始呈现增长趋势。

2.2 主要国家/地区分布情况

根据数据库统计显示, Zoological Record 数

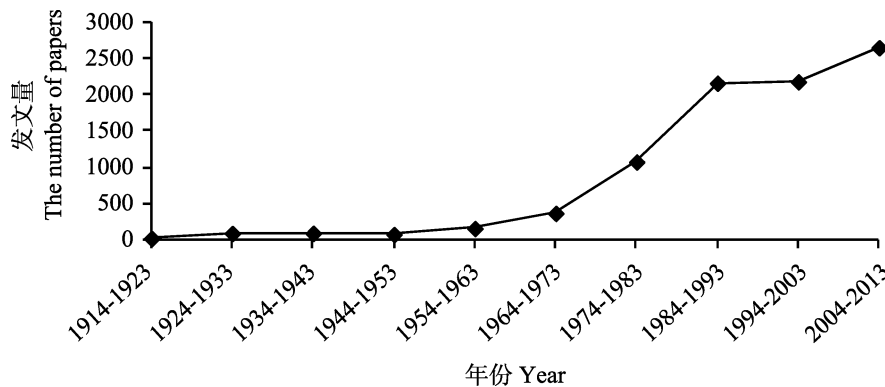


图 1 1914—2013 年甲虫形态学发文章量的变化趋势

Fig. 1 The change tendency of paper amount of beetle morphology from 1914 to 2013

数据库中收录的甲虫形态学论文,发文章量较多的前 10 位国家分别为美国、德国、日本、中国、法国、意大利、西班牙、俄罗斯、英国和加拿大(表 1)。这些国家发文章量占总量(8 828)的 32.5%。

美国作为世界上科学技术研究最发达的国家,总被引频次和篇均被引频次均为最高。按篇均被引频次进行统计分析,最高的为美国,其篇均被引频次约为中国的 15 倍,其次为英国、加拿大、德国、日本。其中加拿大发文章量不到中国的 1/2,其篇均被引频次却是中国的 9 倍。中国发文章量占总发文章比 3.33%,位居第四,但是论文影响力比较弱。

2.3 研究热点分布情况

统计高频叙词发现,甲虫形态学领域研究内容中以 Wings、Reproductive system、Size、Antennae、Mouthparts 等叙词出现的次数较高,揭示出国际上与甲虫形态学相关的论文研究热点主要集中在翅、生殖系统、结构大小、口器等方面,其中排名前 20 的研究热点及发文章量见表 2。

分析所关注的 5 个国家美国、中国、英国、俄罗斯和日本在前 10 个研究热点中的发文章量可以看出,5 个国家关于甲虫形态学的论文在各个研究热点领域的分布各不相同(图 2)。美国发表的论文涉及到的各个研究热点的论文量都较高,主要分布在体型大小、生殖系统和触角等研究热点方面;中国发表的论文涉及触角和翅的比

重相对其他研究热点较高,尤其是触角研究比较突出,相对其他国家比重也比较高,涉及生殖系统和体型大小的研究相对较少。日本研究的论文涉及体型大小的比重较高,涉及触角和表皮衍生生物的研究较少。英国和俄罗斯发表的论文在各个研究热点方面的分布比较均匀,差异不大。

前 10 研究热点中,出现最早的是关于翅、触角、口器等结构的形态学研究,结构大小、颜色、进化适应、表皮衍生物在 1964 年之前的研究较少。不同年度区间,各研究热点所占比例有所变化(图 3)。翅的形态学发文章量比例在各个年度区间呈降低趋势,生殖系统、触角、口器、头部等方面的研究在早期波动后有所减少,大小、颜色、适应性进化、表皮衍生物、二态性等方面的研究随着时间有所增加。近十年以来,各个研究热点的比重逐渐趋近,平衡发展。

截至统计日期,在所有关于甲虫形态学研究的研究论文中,被引频次最高的文章是关于鞘翅的进化适应性的(Parker and Lawrence, 2001),其次是研究体型多态性(Eberhard and Gutierrez, 1991)、后翅翅脉(Kukalova-Peck and Lawrence, 1993)和附节显微结构(Gorb *et al.*, 2007)等方面的论文。在被引频次最高的前 10 篇论文(表 3)中,有 6 篇研究蜣螂头部的角突,涉及角突的多型性、发育生物学、生殖策略相关内容(Eberhard, 1982; Emlen, 1994, 1997; Nijhout and Emlen, 1998; Moczek and Emlen, 2000; Nijhout, 2003),可见甲虫形态学研究中有蜣螂

表 1 甲虫形态学研究领域主要发文国家/地区分布

Table 1 The author's country /region distribution of papers of beetle morphology

排名 Ranking	国家/地区 Country/ Region	发文量 Paper amount	占总发文比 (%) Ratio	篇均被引频次 Times cited per paper
1	美国 USA	639	7.24	15.7
2	德国 Germany	411	4.66	7.91
3	日本 Japan	338	3.83	6.07
4	中国 China	294	3.33	1.04
5	法国 France	237	2.68	2.64
6	意大利 Italy	232	2.63	2.9
7	西班牙 Spain	209	2.37	5.21
8	俄罗斯 Russia	200	2.27	1.36
9	英国 UK	180	2.04	13.1
10	加拿大 Canada	128	1.45	9.15

统计国家发表文献量时，文章通讯作者地址中每出现 1 次，则记数为 1。

If one country appeared once, then noted 1.

表 2 国际发表论文量排名前 20 的研究热点

Table 2 Top 20 hot spots of international paper amount

排名 Ranking	热点 Hot spot	发文量 Paper amount
1	Wings	994
2	Reproductive system	891
3	Size	848
4	Antennae	691
5	Colour	662
6	Mouthparts	616
7	Evolutionary adaptation	523
8	Integumentary derivatives	390
9	Head	358
10	Dimorphism	351
11	Thoracic legs	345
12	Abdomen	315
13	Thorax	310
14	Body form	248
15	Morphological sex differences	235
16	Excretory system	232
17	Polymorphism	184
18	digestive system	183
19	Biochemical variation	168
20	geographical variation	161

螂的部分比较深入和经典，在国际上备受关注。

2.4 发表期刊的分布情况

按发文期刊进行统计分析，甲虫形态学研究论文主要发表在 *Coleopterists Bulletin*、*Annals of the Entomological Society of America*、*Zootaxa*、*Systematic Entomology* 等期刊上，影响因子普遍都比较低（表 4）。

影响因子较高的期刊有 *Nature*、*Science*、*Genes & Development*、*Systematic Biology* 等，发文量都相对较少（表 5）。这些论文大多都是形态学与多个学科领域交叉的，比如分子遗传学、发育生物学、生态学等，其中有 11 篇关于赤拟谷盗的发育生物学（Sommer and Tautz, 1993；Choe *et al.*, 2006；Bolognesi *et al.*, 2008；Sarrazin *et al.*, 2012），8 篇论文研究甲虫生殖系统的形态（Rowland and Emlen, 2009；Hotzy *et al.*, 2012），6 篇关于甲虫翅的形态（Parker and Lawrence, 2001；Fedrigo and Wray, 2010），5 篇研究金龟总科部分类群（如蜣螂）的角突（Palmer, 1978；Nijhout and Emlen, 1998；Anonymous, 2012），其他论文研究涉及足的粘附结构、口器、体色等（Schultz and Bernard, 1989；Eisner *et al.*, 1998；Peisker *et al.*, 2013）。

2.5 种虫态的情况分析

在卵、幼虫、蛹和成虫 4 种虫态方面, 国际上有关成虫的形态学研究最多, 其次是幼虫, 卵

和蛹的形态学研究比较少。各种虫态的研究论文篇均引用频次差异不大(表 6)。

4 种虫态的在各个年度区间的发文量整体呈上升趋势(图 4)。其中成虫相关的研究数量

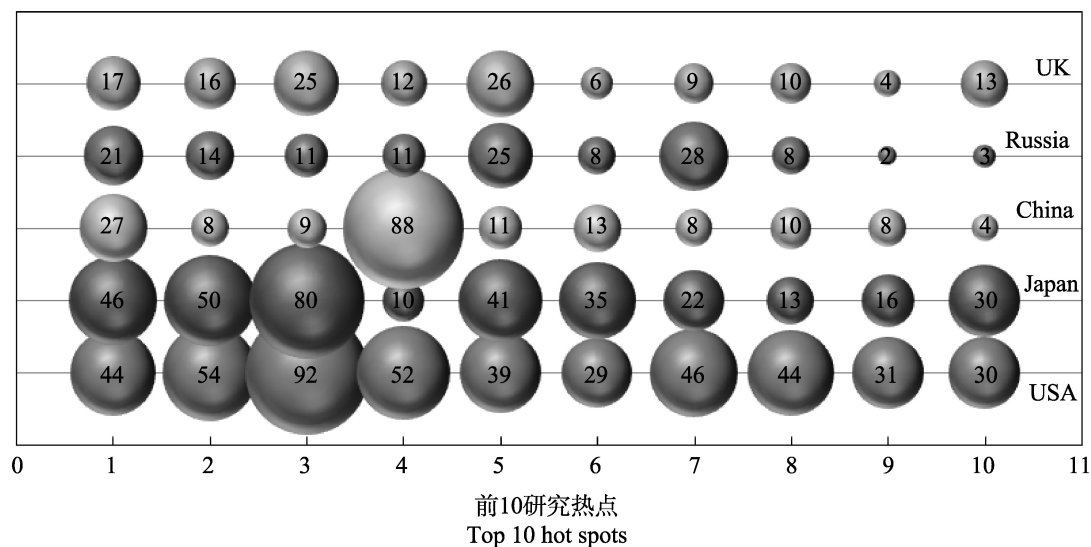


图 2 5 个国家关于前 10 研究热点的发文量

Fig. 2 Paper amount of five countries in top 10 hot spots

1~10 分别代表前 10 研究热点: 1. 翅; 2. 生殖系统; 3. 大小; 4. 触角; 5. 颜色; 6. 口器; 7. 进化适应; 8. 表皮衍生物; 9. 头部; 10. 二型性。

In the abscissa 1-10 denotes top 10 hot spots, respectively, i.e. 1. Wings; 2. Reproductive system; 3. Size; 4. Antennae; 5. Colour; 6. Mouthparts; 7. Evolutionary adaptation; 8. Integumentary derivatives; 9. Head; 10. Dimorphism.

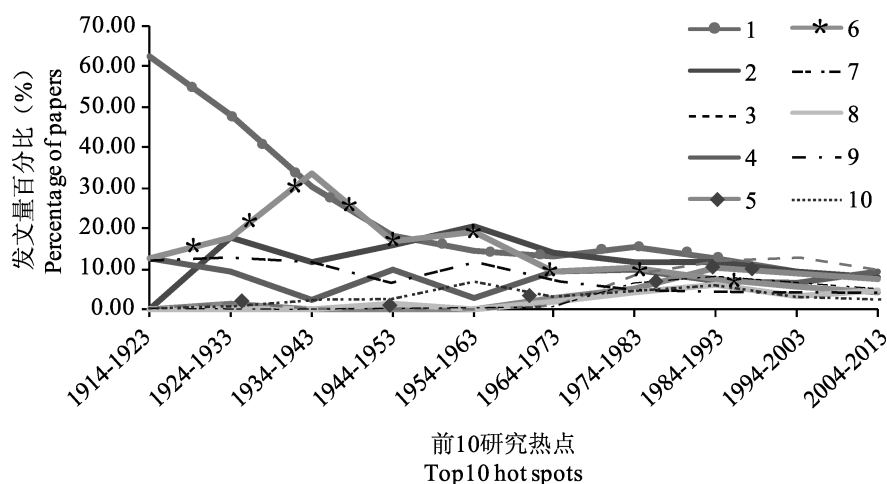


图 3 1914—2013 年前 10 研究热点的发展趋势

Fig. 3 The change tendency of top 10 hot spots from 1914 to 2013

1~10 分别代表前 10 研究热点: 1. 翅; 2. 生殖系统; 3. 大小; 4. 触角; 5. 颜色; 6. 口器; 7. 进化适应; 8. 表皮衍生物; 9. 头部; 10. 二型性。

In the legend 1-10 denotes top 10 hot spots, respectively, i.e. 1. Wings; 2. Reproductive system; 3. Size; 4. Antennae; 5. Colour; 6. Mouthparts; 7. Evolutionary adaptation; 8. Integumentary derivatives; 9. Head; 10. Dimorphism.

表 3 被引频次排名前 10 篇文章
Table 3 Top 10 cited papers of beetle morphology

论文标题 Paper title	期刊 Journal	年代 Year	国家/地区 Country/ Region	影响因子 Impact factor	被引频次 Times cited
Water capture by a desert beetle	Nature	2001	英国 UK	42.351	357
Environmental control of horn length dimorphism in the beetle <i>Onthophagus acuminatus</i> (Coleoptera: Scarabaeidae)	Proceedings of the Royal Society of London Series B Biological Sciences	1994	美国 USA	5.292	204
Competition among body parts in the development and evolution of insect morphology	Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America	1998	美国 USA	9.809	197
Evolution of the hind wing in Coleoptera	Canadian Entomologist	1993	加拿大 Canada	0.667	193
Development and evolution of adaptive polyphenisms	Evolution & Development	2003	美国 USA	2.684	189
Biomimetic mushroom-shaped fibrillar adhesive microstructure	Journal of the Royal Society Interface	2007	德国 Germany	3.856	187
Alternative reproductive tactics and male-dimorphism in the horned beetle <i>Onthophagus acuminatus</i> (Coleoptera: Scarabaeidae)	Behavioral Ecology and Sociobiology	1997	美国 USA	3.049	187
Beetle horn dimorphism: making the best of a bad lot	American Naturalist	1982	美国 USA	4.454	180
Male horn dimorphism in the scarab beetle, <i>Onthophagus taurus</i> : do alternative reproductive tactics favour alternative phenotypes?	Animal Behaviour	2000	美国 USA	3.068	178
Male dimorphisms in beetles and earwigs and the question of developmental constraints	Evolution	1991	美国 USA	4.659	174

影响因子来源于 2013 Journal Citation Reports。Impact factors are from 2013 Journal Citation Reports.

表 4 发表论文量排名前 10 的期刊
Table 4 Top 10 journals of paper amount

排名 Ranking	发文量 Paper amount	期刊 Journal	影响因子 Impact factor
1	193	Coleopterists Bulletin	0.726
2	142	Annals of the Entomological Society of America	1.174
3	141	Zootaxa	1.060
4	110	Systematic Entomology	2.553
5	80	Canadian Entomologist	0.667
6	69	Zoologicheskii Zhurnal	/
7	62	Journal of Chemical Ecology	2.239
8	61	Entomologiste (Paris)	/
9	59	Entomologicheskoe Obozrenie	/
10	58	European Journal of Entomology	1.076

表 5 影响因子排名前 10 的期刊
Table 5 Top 10 journals of impact factor

序号 No.	期刊 Journal	影响因子 Impact factor	发文量 Paper amount
1	Nature	42.351	8
2	Science	31.477	6
3	Molecular Biology and Evolution	14.308	5
4	Ecology Letters	13.042	1
5	Annual Review of Entomology	13.021	3
6	Genes & Development	12.639	1
7	Systematic Biology	11.532	10
8	Nature Communications	10.742	2
9	Current Biology	9.916	7
10	Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America	9.809	14

与甲虫形态学研究总量的变化过程类似，在 1964—1973 年区间之后迅速增加，之后进入一个稳步发展阶段，近 10 年数量又开始增加。幼虫相关的研究也在 1964—1973 年区间开始增加，但发展较为缓慢。卵和蛹的发文增加较少。

通过发文量前 10 国家在 4 种虫态的发文量（图 5）可以发现，各个国家在甲虫形态学研究中关注最多的虫态均为成虫，其次为幼虫。美国在各个虫态方面的发文量均领先于其他国家。

3 新方法的使用情况

2000 年以来共有 3 496 篇相关文献，其中，应用几何形态学和 TEM 的发文量较多（36 篇和 33 篇），其次为显微 CT 和三维重建（12 篇和 8 篇），MRI、CLSM、FIB/SEM 发文量较少（4 篇、3 篇和 2 篇）。CLSM、FIB、TEM 处理的样品尺寸都比较小，主要用于研究微小的甲虫，如缨甲、拟球甲（Giglio *et al.* ,2003 ;Polilov ,2005 ;Polilov and Beutel , 2010），或甲虫触角或口器上的感器（Schmitz *et al.* ,2007 ;Polilov and Beutel ,2009）；MRI 仅能针对含水量较多的组织结构，主要用于研究甲虫体内的生理生化变化（Geoghegan *et al.* , 2000）；显微 CT 可以研究物体外部和内部结构形态，研究论文主要集中在甲虫头部，如

肌肉组织、内骨骼、口器等（Hoernschemeyer *et al.* , 2002；Weide *et al.* , 2010），也有涉及外生殖器（Breeschoten *et al.* ,2013）足（Weide and Betz , 2008）等。几何形态学的论文主要针对蜚蠊、拟步甲、步甲等，研究虫体形状（Taravati *et al.* , 2009；Hajek and Fikacek , 2010）体形大小（Roggero *et al.* , 2005）外生殖器（Roggero , 2004）口器（Tabugo *et al.* , 2012）等，其中虫体形状相关的研究对象包括前胸背板和鞘翅，目前仅停留在二维平面水平，还未有三维水平的研究发表。三维重建主要应用于甲虫的头部结构，如脑、口器、肌肉等（Sbita *et al.* , 2007；Hoernschemeyer *et al.* , 2013），可以基于三维图像进行形态学研究。在新方法相关的论文中，基于三维图像进行的形态学研究类群主要有长扁甲、缨甲、龙虱、隐翅甲类等。

4 讨论及展望

（1）与甲虫形态学相关的论文 20 世纪六七十年代开始迅速增加，20 世纪末出现了相对停滞状态，进入 21 世纪以后又开始增加。这些结果和昆虫形态学的发展历程基本吻合。昆虫形态学在 20 世纪开始蓬勃发展，基于昆虫分类学的形态学在 1969 年达到一个顶峰。20 世纪末，随

表 6 4 个虫态的发文量及引用情况
Table 6 Paper amount and times cited of four stages

排名 Ranking	虫态 Stages	发文量 Paper amount	被引频次 Times cited	篇均被引频次 Times cited per paper
1	成虫 Adult	7 383	46 078	6.24
2	幼虫 Larva	1 469	8 321	5.66
3	卵 Egg	324	2 250	6.94
4	蛹 Pupa	267	1 273	4.77

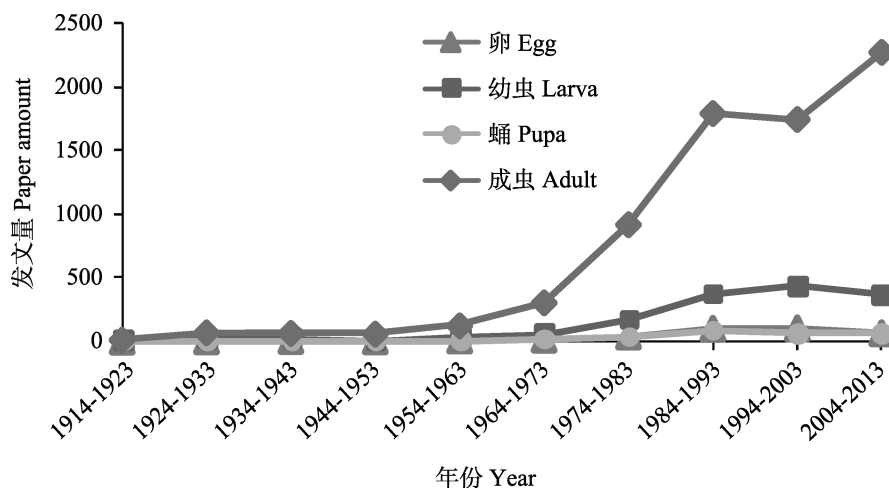


图 4 1914—2013 年 4 个虫态发文量的变化趋势
Fig. 4 The change tendency of paper amount of four stages

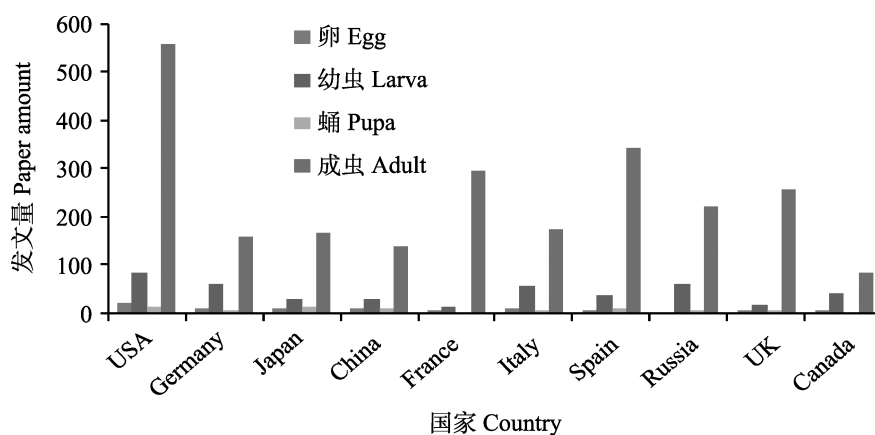


图 5 前 10 国家在 4 个虫态方面的发文量
Fig. 5 Paper amount of top10 countries in four stages

着分子系统学的兴起,详尽的昆虫解剖学研究越来越少。然而,近 10 年来,由于技术方法和学科理论的创新,有关昆虫结构和功能的研究又出现了明显的复兴趋势 (Friedrich *et al.*, 2014)。

(2) 重视甲虫形态学研究的国家主要有美

国、德国、日本、中国、法国等。一个国家关于某一学科领域的研究水平不仅反映在论文数量上,还可以从论文影响力上得以判断。论文被引频次是评价论文影响力的一个重要指标,它反映论文的受关注程度。美国在该领域的研究在论文

数量和影响力方面都具有明显优势。中国发表的相关论文量表现不俗,但论文质量有待提高,被引用的总体情况较低。

(3) 叙词在很大程度上可以反映论文的研究主题,通过对高频叙词的统计分析可以了解某个领域的研究热点。国际甲虫形态学研究的热点主要集中在翅、生殖系统、结构大小、触角、口器等方面。美国在各个热点研究论文量均较高,中国在甲虫形态学方面相对重视触角和翅的研究,尤其是触角的研究工作,对生殖系统和体型大小的研究重视度有所欠缺。各个研究热点在不同时间所占的比重有所差异,近十年来逐渐趋近,进入平衡阶段。

(4) 甲虫形态学研究论文主要都发表在 *Coleopterists Bulletin*、*Annals of the Entomological Society of America* 等影响因子较低的期刊上。影响因子较高的论文都涉及交叉学科内容,研究甲虫的生殖系统、头部角突、翅、口器、体色、跗节粘附结构等。被引频次最高的论文主要研究鞘翅、头部角突、体型多态性、后翅翅脉和跗节粘附结构等方面。从这里可以看出国际影响力较高的研究热点,而其中蜚蠊类群的研究工作备受关注。

(5) 甲虫形态学论文中关于成虫的研究最多,幼虫其次,卵和蛹的研究都比较少。成虫形态学的研究随着时间的增加规律与甲虫形态学研究总量的增加规律类似,幼虫研究随着时间也有所增加,卵和蛹的研究变化不大。发文量前 10 的国家研究最多的虫态都是成虫,美国在各个虫态的发文量都是最多。

(6) 近十年以来,甲虫形态学研究中使用了一些新方法。这些新方法超越了平面二维形态结构的研究分析,可以获取甲虫的三维(立体)图像,进而更好地进行形态学分析研究。显微 CT 技术、激光共聚焦扫描显微镜技术、计算机三维重建技术等可以观察微小的甲虫或结构,或者可以观察甲虫内部的形态结构和生理生化变化,甚至可以重建虫体的三维图像,实现甲虫形态结构的三维可视化。几何形态学的应用可以实

现形态性状由定性研究到定量研究的转变。这些新方法的出现为甲虫形态学的发展提供了新的动力。

总之,进入 21 世纪以来,甲虫形态学研究进入了一个新的发展阶段,新方法的使用起到至关重要的作用。中国学者应该继续加强对甲虫形态学的研究,但研究工作需要更加深入、系统,勇于创新 and 突破,提高在该领域的国际影响力。

形态学是一门经典学科,它历史悠久,所取得的成果促进了本领域不同学科的发展,影响和启发了不同学科的起源和发展,为人类认识生物界、认识生物提供了科学的依据和有效的工具。甲虫是动物界形态最丰富的类群,成就了其类群多样性最丰富。正因为如此,研究甲虫形态的多样性具有重要的科学意义和权威的代表性。

形态学对其他学科发展的贡献不容置疑,但由于其古老、经典和方法的传统性,在现代生物学研究大潮中,始终处于一种被动和不被重视的地位,直接影响了其发展和对生命科学、进化生物学应有的贡献。随着生物学发展的不断深入,涉及生命进化的新的问题的不断提出,人们反过来又要问津形态学。在学科交叉、新方法的移植和成熟使用等推动下,形态学也在不断改革、不断发展,逐渐适应新的生命科学的需求。

分子生物学是 20 世纪生命科学领域的佼佼者,它的产生、发展,促进了生命科学革命性的变化,人们由认识宏观世界一下子进入到微观世界,许多不可想象的谜团逐个被揭开,人们对自然社会、对生命世界的领悟和认识达到前所未有的高度。微观世界与宏观世界认知的矛盾性也随之不断升华,人们经历了由混沌到有序、又由有序到混沌的迷惑与痛苦,微观世界与宏观世界的认知统一性成为人们的渴望,分子形态学的产生成为发展的必然。

微观世界与宏观世界的认知统一性,分子形态学的发展与应用,势必促进人们对生命世界新的认识革命。经典分类学也正面临巨大的压力与挑战。为了追求人们对生命世界认识的科学性、

客观性,传统的认识生命体的形态识别指标必须重新修订和建立。单靠非专一的外部形态的认知或非宏观可识别的分子水平去鉴别,都不可能被接受和认可。人们需要能够真实反映生命体的综合形状的唯一性来认知。

这就可能给我们带来重要的战略思考,带来创新的动力:如何加强现代形态学的建设与发展,如何通过创新与突破,探索一套科学、完整的方法体系,实现分子与形态学的有机统一,实现宏观与微观认知的统一性,科学地认识生命世界。

参考文献 (References)

- Anonymous, 2012. Insulin may guarantee the honesty of beetle's massive horn. *Science*, 337(6093): 408.
- Beutel RG, Leschen RAB, 2005. Phylogenetic analysis of Staphyliniformia (Coleoptera) based on characters of larvae and adults. *Systematic Entomology*, 30(4): 510–548.
- Bolognesi R, Farzana L, Fischer TD, Brown SJ, 2008. Multiple Wnt genes are required for segmentation in the short-germ embryo of *Tribolium castaneum*. *Current Biology*, 18(20): 1624–1629.
- Breeschoten T, Clark DR, Schilthuizen M, 2013. Evolutionary patterns of asymmetric genitalia in the beetle tribe Cyclocephalini (Coleoptera: Scarabaeidae: Dynastinae). *Contributions to Zoology*, 82(2): 95–106.
- Choe CP, Miller SC, Brown SJ, 2006. A pair-rule gene circuit defines segments sequentially in the short-germ insect *Tribolium castaneum*. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 103(17): 6560–6564.
- Eberhard WG, 1982. Beetle horn dimorphism: making the best of a bad lot. *American Naturalist*, 119(3): 420–426.
- Eberhard WG, Gutierrez EE, 1991. Male dimorphisms in beetles and earwigs and the question of developmental constraints. *Evolution*, 45(1): 18–28.
- Eisner T, Eisner M, Attygalle AB, Deyrup M, Meinwald J, 1998. Rendering the inedible edible: circumvention of a millipede's chemical defense by a predaceous beetle larva (Phengodidae). *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 95(3): 1108–1113.
- Emlen DJ, 1994. Environmental control of horn length dimorphism in the beetle *Onthophagus acuminatus* (Coleoptera: Scarabaeidae). *Proceedings of the Royal Society of London Series B Biological Sciences*, 256(1346): 131–136.
- Emlen DJ, 1997. Alternative reproductive tactics and male-dimorphism in the horned beetle *Onthophagus acuminatus* (Coleoptera: Scarabaeidae). *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 41(5): 335–341.
- Fedrigio O, Wray GA, 2010. Developmental evolution: how beetles evolved their shields. *Current Biology*, 20(2): R64–R66.
- Friedrich F, Matsumura Y, Pohl H, Bai M, Hörschemeyer T, Beutel RG, 2014. Insect morphology in the age of phylogenomics: innovative techniques and its future role in systematics. *Entomological Science*, 17(1): 1–24.
- Geoghegan IE, Chudek JA, MacKay RL, Lowe C, Moritz S, McNicol RJ, Birch ANE, Hunter G, Majerus MEN, 2000. Study of anatomical changes in *Coccinella septempunctata* (Coleoptera: Coccinellidae) induced by diet and by infection with the larva of *Dinocampus coccinellae* (Hymenoptera: Braconidae) using magnetic resonance microimaging. *European Journal of Entomology*, 97(4): 457–461.
- Ge SQ, Ren J, Gao CX, 2013. The evaluation of three dimensional reconstruction techniques in application on Coleoptera morphology and function. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 50(6): 1737–1744. [葛斯琴, 任静, 高彩霞, 2013. 鞘翅目形态结构的三维重建与功能之间关系探讨的有效方法评估. 应用昆虫学报, 50(6): 1737–1744.]
- Giglio A, Ferrero EA, Perrotta E, Tripepi S, Zetto Brandmayr T, 2003. Ultrastructure and comparative morphology of mouth-part sensilla in ground beetle larvae (Insecta, Coleoptera, Carabidae). *Zoologischer Anzeiger*, 242(3): 277–292.
- Gorb S, Varenberg M, Peressadko A, Tuma J, 2007. Biomimetic mushroom-shaped fibrillar adhesive microstructure. *Journal of the Royal Society Interface*, 4(13): 271–275.
- Hajek J, Fikacek M, 2010. Taxonomic revision of the *Hydroporus bodemeyeri* species complex (Coleoptera: Dytiscidae) with a geometric morphometric analysis of body shape within the group. *Journal of Natural History*, 44(27/28): 1631–1657.
- Hoernschemeyer T, Beutel RG, Pasop F, 2002. Head structures of *Priacma serrata* Leconte (Coleoptera, Archostemata) inferred from X-ray tomography. *Journal of Morphology*, 252(3): 298–314.
- Hoernschemeyer T, Bond J, Young PG, 2013. Analysis of the functional morphology of mouthparts of the beetle *Priacma serrata*, and a discussion of possible food sources. *Journal of Insect Science (Tucson)*, 13: 121–114.
- Hotzy C, Polak M, Ronn JL, Arnqvist G, 2012. Phenotypic engineering unveils the function of genital morphology. *Current Biology*, 22(23): 2258–2261.
- Kukalova-Peck J, Lawrence JF, 1993. Evolution of the hind wing in Coleoptera. *Canadian Entomologist*, 125(2): 181–258.

- Moczek AP, Emlen DJ, 2000. Male horn dimorphism in the scarab beetle, *Onthophagus taurus*: do alternative reproductive tactics favour alternative phenotypes? *Animal Behaviour*, 59(2): 459–466.
- Nijhout HF, 2003. Development and evolution of adaptive polyphenisms. *Evolution & Development*, 5(1): 9–18.
- Nijhout HF, Emlen DJ, 1998. Competition among body parts in the development and evolution of insect morphology. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 95(7): 3685–3689.
- Palmer TJ, 1978. A horned beetle which fights. *Nature (London)*, 274(5671): 583–584.
- Pang JA, 2002. Research Methodology of Scientometrics. Beijing: Scientific and Technical Documentation Press. 123–125. [庞景安, 2002. 科学计量研究方法论. 北京: 科学技术文献出版社. 123–125.]
- Parker AR, Lawrence CR, 2001. Water capture by a desert beetle. *Nature (London)*, 414(6859): 33–34.
- Peisker H, Michels J, Gorb SN, 2013. Evidence for a material gradient in the adhesive tarsal setae of the ladybird beetle *Coccinella septempunctata*. *Nature Communications*, 4: 1–7.
- Polilov AA, 2005. Anatomy of the feather-winged beetles *Acrotichis montandoni* and *Ptilium myrmecophilum* (Coleoptera, Ptiliidae). *Zoologicheskii Zhurnal*, 84(2): 181–189.
- Polilov AA, Beutel RG, 2009. Miniaturisation effects in larvae and adults of *Mikado* sp. (Coleoptera: Ptiliidae), one of the smallest free-living insects. *Arthropod Structure & Development*, 38(3): 247–270.
- Polilov AA, Beutel RG, 2010. Developmental stages of the hooded beetle *Sericoderus lateral*is (Coleoptera: Corylophidae) with comments on the phylogenetic position and effects of miniaturization. *Arthropod Structure & Development*, 39(1): 52–69.
- Roggero A, 2004. Analysis of shape variation in Phalops Erichson genus (Coleoptera, Scarabaeoidea, Onthophagini). *Italian Journal of Zoology* (Modena), 71(1): 73–78.
- Roggero A, Palestini C, d'Entrevies PP, 2005. Analysis of morphometric variations within three species of ground beetles, *Abax continuus* Ganglbauer, 1891, *Poecilus cupreus* (Linneo, 1758) e *Pseudoophonus rufipes* (Degeer, 1774) (Coleoptera: Carabidae). *Rivista Piemontese di Storia Naturale*, 26: 225–240.
- Rowland JM, Emlen DJ, 2009. Two thresholds, three male forms result in facultative male trimorphism in beetles. *Science (Washington DC)*, 323(5915): 773–776.
- Sarrazin AF, Peel AD, Averof M, 2012. A segmentation clock with two-segment periodicity in insects. *Science (Washington DC)*, 336(6079): 338–341.
- Sbita SJ, Morgan RC, Buschbeck EK, 2007. Eye and optic lobe metamorphosis in the sunburst diving beetle, *Thermonectus marmoratus* (Coleoptera: Dytiscidae). *Arthropod Structure & Development*, 36(4): 449–462.
- Schmitz A, Sehrbrock A, Schmitz H, 2007. The analysis of the mechanosensory origin of the infrared sensilla in *Melanophila acuminata* (Coleoptera: Buprestidae) adduces new insight into the transduction mechanism. *Arthropod Structure & Development*, 36(3): 291–303.
- Schultz TD, Bernard GD, 1989. Pointillistic mixing of interference colours in cryptic tiger beetles. *Nature (London)*, 337: 72–73.
- Sommer RJ, Tautz D, 1993. Involvement of an orthologue of the *Drosophila* pair-rule gene hairy in segment formation of the short germ-band embryo of *Tribolium* (Coleoptera). *Nature (London)*, 361(6411): 448–450.
- Tabugo SRM, Torres MAJ, Olowa LF, Sabaduquia MAB, Macapil RM, Acevedo AM, Demayo CG, 2012. Elliptic fourier analysis in describing shape of the mandible of the larvae of the coconut leaf beetle *Brontispa longissima* Gestro, 1885 (Chrysomelidae: Hispinae) collected from plants with varying degrees of damage. *International Research Journal of Biological Sciences*, 1(8): 19–26.
- Taravati S, Mirshamsi O, Darvish J, 2009. Geometric morphometric study of two species of the psammophilous genus *Erodiontes* (Coleoptera: Tenebrionidae) from the Lute desert, Central Iran. *Iranian Journal of Animal Biosystematics*, 5(2): 81–89.
- Weide D, Betz O, 2008. The application of synchrotron x-ray micro-tomography (SR- μ CT) in insect morphology. *Mitteilungen der Deutschen Gesellschaft fuer Allgemeine und Angewandte Entomologie*, 16: 467–472.
- Weide D, Thayer MK, Newton AF, Betz O, 2010. Comparative morphology of the head of selected Sporophagous and Non-Sporophagous Aleocharinae (Coleoptera: Staphylinidae): Musculature and Hypopharynx-Prementum Complex. *Journal of Morphology*, 271(8): 910–931.