

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

Acta Ecologica Sinica



第 33 卷 第 21 期 Vol.33 No.21 **2013**

中国生态学学会
中国科学院生态环境研究中心
科学出版社

主办
出版



中国科学院科学出版基金资助出版

生态学报

(SHENGTAI XUEBAO)

第 33 卷 第 21 期 2013 年 11 月 (半月刊)

目 次

前沿理论与学科综述

- 生态系统生产总值核算:概念、核算方法与案例研究..... 欧阳志云,朱春全,杨广斌,等 (6747)
- 气候变化对传染病爆发流行的影响研究进展..... 李国栋,张俊华,焦耿军,等 (6762)
- 好氧甲烷氧化菌生态学研究进展 负娟莉,王艳芬,张洪勋 (6774)
- 氮沉降强度和频率对羊草叶绿素含量的影响..... 张云海,何念鹏,张光明,等 (6786)
- 世界蜘蛛的分布格局及其多元相似性聚类分析..... 申效诚,张保石,张 锋,等 (6795)
- 风向因素对转基因抗虫棉花基因漂移效率的影响..... 朱家林,贺 娟,牛建群,等 (6803)

个体与基础生态

- 长江口及东海春季底栖硅藻、原生动物和小型底栖生物的生态特点 孟昭翠,徐奎栋 (6813)
- 长江口横沙东滩围垦潮滩内外大型底栖动物功能群研究..... 吕巍巍,马长安,余 骥,等 (6825)
- 沔阳沿岸土壤和优势植物重金属富集特征和潜在生态风险..... 杨 阳,周正朝,王欢欢,等 (6834)
- 盐分和底物对黄河三角洲区土壤有机碳分解与转化的影响..... 李 玲,仇少君,檀菲菲,等 (6844)
- 短期夜间低温胁迫对秋茄幼苗碳氮代谢及其相关酶活性的影响..... 郑春芳,刘伟成,陈少波,等 (6853)
- 32 个切花菊品种的耐低磷特性 刘 鹏,陈素梅,房伟民,等 (6863)
- 年龄和环境条件对泥蚶富集重金属镉和铜的影响..... 王召根,吴洪喜,陈肖肖,等 (6869)
- 角倍蚜虫瘿对盐肤木光合特性和总氮含量的影响..... 李 杨,杨子祥,陈晓鸣,等 (6876)
- 多噬伯克霍尔德氏菌 WS-FJ9 对草甘膦的降解特性 李冠喜,吴小芹,叶建仁 (6885)
- 金龟甲对蓖麻叶挥发物的触角电位和行为反应..... 李为争,杨 雷,申小卫,等 (6895)

种群、群落和生态系统

- 白洋淀生态系统健康评价..... 徐 菲,赵彦伟,杨志峰,等 (6904)
- 珠海鹤洲水道沿岸红树林湿地大型底栖动物群落特征 王 卉,钟 山,方展强 (6913)
- 典型森林和草地生态系统呼吸各组分间的相互关系..... 朱先进,于贵瑞,王秋凤,等 (6925)
- 抚育间伐对油松人工林下大型真菌的影响..... 陈 晓,白淑兰,刘 勇,等 (6935)
- 百山祖自然保护区植物群落 beta 多样性 谭珊珊,叶珍林,袁留斌,等 (6944)
- 土霉素对堆肥过程中酶活性和微生物群落代谢的影响..... 陈智学,谷 洁,高 华,等 (6957)

景观、区域和全球生态

- 兴安落叶松针叶解剖结构变化及其光合能力对气候变化的适应性 季子敬,全先奎,王传宽 (6967)
- 盐城海滨湿地景观演变关键土壤生态因子与阈值研究..... 张华兵,刘红玉,李玉凤,等 (6975)

半干旱区沙地芦苇对浅水位变化的生理生态响应 马赞花,张铜会,刘新平 (6984)

SWAT 模型融雪模块的改进 余文君,南卓铜,赵彦博,等 (6992)

科尔沁沙地湖泊消涨对气候变化的响应..... 常学礼,赵学勇,王 玮,等 (7002)

贝壳堤岛 3 种植被类型的土壤颗粒分形及水分生态特征..... 夏江宝,张淑勇,王荣荣,等 (7013)

三峡库区古夫河着生藻类叶绿素 a 的时空分布特征及其影响因素..... 吴述园,葛继稳,苗文杰,等 (7023)

资源与产业生态

煤炭开发对矿区植被扰动时空效应的图谱分析——以大同矿区为例..... 黄 翌,汪云甲,李效顺,等 (7035)

学术信息与动态

《中国当代生态学研究》新书推介 刘某承 (7044)

期刊基本参数:CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 300 * zh * P * ¥90.00 * 1510 * 30 * 2013-11



封面图说: 百山祖保护区森林植物群落——百山祖国家级自然保护区位于浙西南闽浙交界处,由福建武夷山向东北伸展而成,主峰海拔 1856.7m,为浙江省第二高峰。其独特的地形和水文地理环境形成了中亚热带气候区中一个特殊的区域,保存着十分丰富的植物种质资源以及国家重点保护野生动植物种,尤其是 1987 年由国际物种保护委员会列为世界最濒危的 12 种植物之一的百山祖冷杉,是第四纪冰川的孑遗植物,素有“活化石”之称。随着海拔的升高,其植被为常绿阔叶林、常绿-落叶阔叶混交林、针阔混交林、针叶林、山地矮林和山地灌草丛。

彩图及图说提供: 陈建伟教授 北京林业大学 E-mail: cites.chenjw@ 163.com

DOI: 10.5846/stxb201207080951

申效诚, 张保石, 张 锋, 刘新涛. 世界蜘蛛的分布格局及其多元相似性聚类分析. 生态学报, 2013, 33(21): 6795-6802.

Shen X C, Zhang B S, Zhang F, Liu X T. Worldwide distribution and multivariate similarity clustering analysis of spiders. Acta Ecologica Sinica, 2013, 33(21): 6795-6802.

世界蜘蛛的分布格局及其多元相似性聚类分析

申效诚^{1,*}, 张保石², 张 锋³, 刘新涛¹

(1. 河南省农科院植物保护研究所, 郑州 450002; 2. 保定学院生化系, 保定 071000;

3. 河北大学生命科学学院, 保定 071002)

摘要: 蜘蛛是一类种类繁多、数量巨大、分布广泛的捕食性生物。至 2012 年底, 全世界共有蜘蛛 43678 种(包括亚种), 隶属于 112 科 3898 属。科、属、种 3 个分类阶元的分布域非常悬殊, 90% 的种分布在一个界内, 90% 的科是跨界分布或全球分布。按行政区域, 亚洲种类较多, 欧洲较少, 南极洲没有蜘蛛记录; 按动物地理区域, 古北界和新热带界较多, 新北界较少。根据地理条件、生态条件和蜘蛛的分布状况, 将全球陆地分为 53 个基础地理单元, 用申效诚等新近提出的相似性通用公式和据此创立的多元相似性聚类分析方法, 分别对属、种两级的分布进行分析, 得到两个聚类结构相同、聚类关系合理的支序图, 而且属级的支序图层次更为分明, 在相似性水平为 0.32 时, 53 个基础地理单元聚为 17 个小单元群, 在 0.22 水平上, 又聚为 8 个大单元群。这些大、小单元群的组成单元地域相邻相连, 生态条件相对一致, 可以作为蜘蛛地理区划的界、亚界两个层级。和华莱士主要以哺乳动物建立的世界动物地理区划相比, 主要差异是: 1) 古北界东、西两部分差异显著, 可分设两界; 2) 新西兰和澳洲大陆相似性较低, 可单独设界; 3) 新几内亚和太平洋岛屿与澳洲大陆的关系远于和东洋界的关系, 华莱士线在两界间的作用似乎不存在; 4) 新热带界的中美地区似乎属于新北界更为合适, 并由此产生了南北美洲间的紧密联系; 5) 新北界与古北界的相似性关系弱于与新热带界的关系, 全北界的概念几近消失。前两点差异可以从地球板块构造的变动得到解释, 第 3、5 个差异已在植物和其它生物类群得到佐证, 第 4 个差异尚不稳定, 需要更多类群的比较与分析。使用多元相似性聚类分析方法对于如此典型的点状分布的生物类群和如此海量的数据, 能够得到如此精细的, 既符合地理学、统计学的逻辑, 又符合生物学、生态学逻辑的定量分析结果, 这在国内外都是首次成功尝试, 其简便性和合理性将会促使在其它类群中的应用。

关键词: 蜘蛛; 分布; 生物地理; 多元相似性聚类分析

Worldwide distribution and multivariate similarity clustering analysis of spiders

SHEN Xiaocheng^{1,*}, ZHANG Baoshi², ZHANG Feng³, LIU Xintao¹

1 Institute of Plant Protection, Henan Academy of Agricultural Sciences, Zhengzhou 450002, China

2 Department of Biochemistry, Baoding University, Baoding 071000, China

3 College of Life Sciences, Hebei University, Baoding 071002, China

Abstract: Spiders have the greatest number of individuals and species, and the widest distribution, of any predacious animals. As of December 31, 2012, a total of 43,678 spider species and subspecies belonging to 3898 genera and 112 families have been reported worldwide. With respect to the three categories of species, genus, and family, distribution areas differ greatly: 90% of species are limited to a single realm, whereas 90% of families are found in at least two realms, with many distributed worldwide. Continental distributions also vary. Asia has the greatest number of spider species, with a smaller number in Europe and none in Antarctica. The greatest number of species is found in Palaearctic and Neotropical realms, the fewest in the Nearctic realm. In this study, we divided world land areas into 53 basic geographic units based on

基金项目: 河南省基础和前沿技术基金资助项目(082300430370)

收稿日期: 2012-07-08; **修订日期:** 2013-05-13

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: shenxiaoc@126.com

geographical conditions, ecological conditions, and distribution patterns of all known spiders. We then analyzed species and genus distributions using a similarity general formula (SGF) and multivariate similarity clustering analysis (MSCA). In the resulting genus-based tree, all basic geographic units are clustered into 8 groups and 17 subgroups at similarity levels of 0.22 and 0.32, respectively. The eight groups are designated as East Palaearctic, West Palaearctic, Oriental, Afrotropical, Australian, New Zealandian, Nearctic, and Neotropical kingdoms. The 17 subgroups, or subkingdoms, are distributed as follows: East Palaearctic kingdom (Siberian and East Asian subkingdoms), West Palaearctic kingdom (European and Central Asian subkingdoms), Oriental kingdom (Southeast Asian, New Guinea, and Pacific Ocean Islands subkingdoms), Afrotropical kingdom (West African, Southeast African, and Madagascar subkingdoms), Australian kingdom (East Australian and West Australian subkingdoms), New Zealandian kingdom (New Zealandian subkingdom), Nearctic kingdom (North American and Central American subkingdoms), and Neotropical kingdom (Amazon and Andes subkingdoms). Spider geographical divisions differ from those observed for mammals in several ways: 1) the Palaearctic realm is easily divided into eastern and western components; 2) there is a low similarity level between New Zealand and the Australian mainland, such that New Zealand can be considered to constitute its own kingdom; 3) New Guinea and Pacific Islands subkingdoms are more similar to the Oriental realm than to the Australian mainland, with no evident division between the two realms corresponding to Wallace's line; 4) Central America is more appropriately classified as belonging to the Nearctic realm; and 5) the Nearctic realm is more strongly related to the Neotropical realm than to the Palaearctic realm. The first and second observed differences can be explained by earth plate tectonics and differing evolutionary histories of spiders and mammals. The third and fifth geographical distributional patterns by which spiders differ from mammals are similar to those uncovered from biogeographical studies of plants and other groups. Analyses with additional examples are needed to elucidate the reason for the fourth difference. The application in this study of SGF and MSCA—techniques developed in recent years by the first author—represents the first reported quantitative analysis of typical point-forms and vast amounts of distribution information to successfully generate results that are statistically, geographically, ecologically, and biologically logical. This approach should be applicable to additional animal groups.

Key Words: spider; distribution; biogeography; multivariate similarity clustering analysis

蜘蛛是一类种类繁多、数量巨大、分布广泛的捕食性生物,对抑制农林害虫发生、维持生态平衡等方面具有重要作用。对于蜘蛛的研究,西方发展较早,从林奈于 1758 年建立分类系统以来,已有 200 多年的历史,有少数经济发展较快、研究较早的国家和地区的蜘蛛资源已基本查清,如北美、西欧和日本等。到了 19 世纪中期后,蜘蛛研究得到了迅速发展。截止 2011 年 12 月 31 日,全世界共有蜘蛛 110 科 3859 属 42751 种(亚种)。由于全球地理条件、生态条件各异,蜘蛛的分布极不均匀。为了比较世界蜘蛛分布的差异及相互联系的紧密程度,应用作者近年提出的多元相似性系数通用公式^[1]和多元相似性聚类分析法^[2]对世界不同基础地理单元进行比较,以期为世界蜘蛛地理区划提出定量方案,并和世界高等动物地理区划进行比较与分析。

1 材料和方法

1.1 供分析的蜘蛛种类

蜘蛛的种类和分布资料来源于蜘蛛专业网站、蜘蛛专著、分类区系论文^[3-15]和长期采集调查。汇总全世界的蜘蛛种类及其分布地,剔除没有收集到分布地或分布地存疑的种类,共计 110 科 3823 属 41992 种,占 2012 年底全世界蜘蛛种类的 96.1%,属的 98.1%,科的 98.2%。

1.2 基础地理单元的划分

根据全球地理条件、生态条件和蜘蛛分布状况,将全球陆地分为 53 个基础地理单元。各基础地理单元的地理范围见表 1。

1.3 数据库的建立

将各个种类的行政区域分布资料转换为地理单元分布记录,用微软 Access 构建数据库,有分布记“1”,无分布不记。并汇总各属、各科的分布信息,以便分别进行各种统计查询和进行属、种两个层次的相似性分析。各基础地理单元的蜘蛛种类见表 1。

表 1 世界蜘蛛基础地理单元的地理范围和蜘蛛种类

Table 1 The basic geographical units of spider species in the World

地理单元 Geographical units	地理范围 Range	科数 Families	属数 Genera	种数 Species
11 北欧	斯堪的纳维亚半岛及冰岛	16	72	118
12 西欧	英国、爱尔兰、荷兰、比利时、法国等国	27	130	337
13 中欧	德国、波兰、捷克、斯洛伐克、匈牙利、奥地利、瑞士	30	157	352
14 地中海北岸	巴尔干、亚平宁、伊比利亚半岛及亚速尔群岛、马德拉群岛	55	383	2017
15 东欧	爱沙尼亚、拉脱维亚、立陶宛、白俄罗斯、乌克兰、摩尔多瓦	29	143	245
16 莫斯科地区	俄罗斯乌拉尔山脉以西的欧洲部分	23	122	240
17 东西伯利亚	西伯利亚东半部的山地高原	25	198	458
21 地中海东岸	小亚细亚半岛、阿拉伯半岛	54	350	1320
22 伊朗高原	伊朗、阿富汗、巴基斯坦	35	156	379
23 中亚	中亚 5 国、西西伯利亚平原	45	257	929
24 蒙古高原	蒙古国全境	13	94	213
25 印度半岛	印度、斯里兰卡、孟加拉、马尔代夫及安达曼、尼科巴群岛	61	439	1800
26 中南半岛	缅甸、泰国、老挝、柬埔寨、越南	53	359	1125
27 印尼	马来西亚、新加坡、文莱、东帝汶、印度尼西亚	59	511	1807
28 菲律宾	菲律宾全境	38	209	482
29 新几内亚	新几内亚岛、新不列颠岛、新爱尔兰岛、俾斯麦群岛	48	229	755
31 中国东北	中国黑龙江、吉林、辽宁、内蒙古	34	186	422
32 中国西北	中国新疆	28	147	434
33 喜马拉雅	中国青藏高原、尼泊尔、不丹、锡金、克什米尔	44	229	731
34 中国西南	中国横断山脉、西藏的墨脱、林芝、波密、芒康等地	45	226	741
35 中国华南	中国广东、广西、海南及云南南部	47	297	892
36 中国东部	中国南岭以北、横断山以东、燕山以南的广大地区	56	402	1662
37 中国台湾	中国台湾岛全境及周边岛屿	42	177	362
38 朝鲜半岛	朝鲜、韩国	40	218	552
39 日本	日本全境,北到千岛群岛,南到琉球群岛	55	371	1319
41 地中海南岸	埃及、利比亚、突尼斯、阿尔及利亚、摩洛哥、加那利群岛	54	329	1446
42 西非	撒哈拉沙漠及西非诸国、阿森松岛	49	312	829
43 中非	乍得、中非、喀麦隆、加蓬、赤道几内亚、比奥科岛、圣多美	47	279	798
44 刚果河流域	刚果、扎伊尔	46	236	605
45 南非	安哥拉、赞比亚、马拉维以南诸国、圣赫勒拿岛	69	508	2343
46 东非高原	埃塞俄比亚、乌干达和坦桑尼亚以东国家、塞舌尔	64	508	1938
47 马达加斯加	马达加斯加、科摩罗、留尼旺、毛里求斯、阿尔达布拉群岛	52	265	700
51 西澳大利亚	西澳大利亚州	49	212	605
52 北澳大利亚	澳大利亚北部地区	29	86	183
53 南澳大利亚	南澳大利亚州	38	118	270
54 昆士兰	澳大利亚昆士兰州	61	352	1306
55 新南威尔士	澳大利亚新南威尔士州、豪勋爵岛	55	259	786
56 维多利亚	澳大利亚维多利亚州、首都地区	46	149	293
57 塔斯马尼亚	塔斯马尼亚岛	46	132	246
58 新西兰	新西兰南岛、北岛及周边岛屿	50	244	1126

续表

地理单元 Geographical units	地理范围 Range	科数 Families	属数 Genera	种数 Species
59 太平洋岛屿	密克罗尼西亚群岛、美拉尼西亚群岛、波利尼西亚群岛	46	250	761
61 加拿大	加拿大、格陵兰	30	249	766
62 美国	美国(不包括夏威夷群岛和阿拉斯加)	66	519	3326
63 阿拉斯加	美国阿拉斯加州	21	97	203
64 墨西哥	墨西哥全境	63	383	1974
65 中美地区	从危地马拉、伯利兹到巴拿马	63	433	1747
66 加勒比海岛屿	加勒比海诸岛国家及巴哈马	61	358	1247
71 奥里诺科平原	委内瑞拉	54	314	633
72 圭亚那高原	圭亚那、苏里南、法属圭亚那	44	233	473
73 安第斯山北段	哥伦比亚、厄瓜多尔、秘鲁、科隆群岛	62	487	2020
74 亚马逊平原	巴西、玻利维亚	68	628	3285
75 安第斯山南段	智利	52	217	659
76 南美温带草原	阿根廷、巴拉圭、乌拉圭、福克兰群岛、南乔治亚到	64	446	1302

1.4 多元相似性聚类分析(MSCA)

首先,用 Jaccard 的二元相似性系数计算公式算出两两单元间的相似性系数,从最大的相似性系数开始,用申效诚等的多元相似性公式,计算 3 个单元、多个单元、以至全部 53 个单元的相似性系数,作出支序图。

Jaccard 的公式:

$$SI = C / (A + B - C)$$

式中, SI 是两地理单元间的相似性系数, A 、 B 分别是两单元的物种数, C 是两单元的共有物种数。

申效诚等的 SGF:

$$SI_n = \sum H_i / nS_n = \sum (S_i - T_i) / nS_n$$

式中, SI_n 是 n 个地理单元间的相似性系数, S_i , H_i , T_i 分别是 i 单元的种类数、共有种类数、独有种类数,满足 $H_i = S_i - T_i$, S_n 是 n 个单元的总种类数。因此,公式可表述为:多个地理单元的相似性系数是各自共有种类的平均数占总种类数的比例。

上述两个公式的不同在于,Jaccard 的公式是申效诚等的公式在 n 为 2 时的一个特例,后者可代替前者,前者不能代替后者。

计算多个地区的相似性系数所需的参数都可以从数据库的查询表中得到。如要计算第 53—57 号 5 个地理单元的蜘蛛属相似性系数,直接建立查询表如图 1。

由表 1 已知,数据库的总属数为 3823 属,5 个地理单元的蜘蛛属数分别为 118,352,259,149,132,其和为 1010,图 1 第 1 行的 3323 属是 5 个地理单元都没有的属,这些单元的总属数为 $3823 - 3323 = 500$ 属;图中各列第 1 条记录的属数是各单元的独有属数,分别是 14,131,38,15,37,其和为 235,5 个地理单元的相似性系数为 $(1010 - 235) / 5 \times 500 = 0.31$ 。按左上方的视图键后,即可返回查询设计视图,随意更改、增添或删除小区,直到所有参与小区聚类完毕。新的 MSCA 法与传统的相似性聚类分析法的根本区别在于多元相似性系数的直接计算和摒弃计算过程中的合并环节。

图 1 5 个地理单元的蜘蛛属的分布查询表

Fig. 1 The distribution inquiry table of spider genera for 5 geographical units

2 结果与分析

2.1 蜘蛛的分布格局

世界陆地除南极洲没有蜘蛛记录外,6个洲中,亚洲蜘蛛种类最多,欧洲最少;6个动物地理界中,古北界和新热带界最多,新北界最少(表2)。

表2 各洲、各界的蜘蛛种类

Table 2 The spider species of each continents and animal zoogeographic realms

洲 Continents	科数 Families	属数 Genera	种数 Species	动物地理界 Realms	科数 Families	属数 Genera	种数 Species
欧洲	56	580	3133	古北界	75	1170	11690
亚洲	80	1397	12031	东洋界	71	866	5438
非洲	80	1114	7828	非洲界	79	1008	6603
大洋洲	83	946	5642	澳洲界	83	946	5642
北美洲	78	905	7579	新北界	66	548	3800
南美洲	80	1023	6955	新热带界	86	1242	10839

蜘蛛的集中产地有亚马逊河流域、东南非高原、地中海和东亚等地,蜘蛛分布最多的国家有中国、美国、澳大利亚、巴西等国,面积很小的岛屿蜘蛛种类也非常丰富(表3)。

表3 蜘蛛种类最丰富的地区、国家和岛屿

Table 3 The regions, countries and islands rich in spider species

地区 Regions	科数 Families	属数 Genera	种数 Species	国家 Countries	科数 Families	属数 genera	种数 Species	岛屿 Islands	种数 Species
亚马逊河流域	72	769	4580	中国	67	679	3829	亚速尔群岛	47
东南非高原	74	752	4107	美国	66	526	3405	马德拉群岛	71
地中海沿岸	63	572	4097	巴西	68	646	3047	加那利群岛	370
东亚	65	592	3366	澳大利亚	71	591	3214	比奥科岛	66
中美地区	71	543	3290	南非	65	459	1516	豪勋爵岛	68
印缅地区	68	582	2796	墨西哥	63	383	1974	圣赫勒拿岛	80

中国是世界上蜘蛛种类最多的国家,占世界蜘蛛种类的9.1%,其中古北种类650种,占中国种类的17.7%,东洋种类312种,占中国种类的8.1%,跨古北、东洋两界的种类57种,占中国种类的1.5%;中日种类228种,占中国种类的6.0%,其余2582种是中国特有种类,占中国种类的67.4%。

2.1.2 各分类阶元分布域的宽度

蜘蛛没有翅,自然的扩散迁移能力远不如昆虫,因此,种的分布域非常狭窄,约3/4的种类局限在1个地理单元内,还有1/6的种类局限在1个动物界内,只有1500余种是跨界分布,而且多是跨2、3界,能够跨6界分布的只有20种(表4)。平均每种分布1.2个地理单元。

蜘蛛属的分布域比种大为扩展,局限在1个地理单元内的属不到40%,单界分布的不到30%,有超过30%的属跨界分布,其中跨6界的属有66个,更有15属是绝大部分单元都有分布的可称之为全球性分布的属。平均每属分布3.8个地理单元。

蜘蛛的科级分布域极为宽阔,45%的科跨6界分

表4 不同阶元的分布状况

Table 4 The distribution of each categories

分布类型 Distribution types	科数 Families	属数 Genera	种数 Species
单元独有 Only one unit	4	1496	32019
界独有 Only one realm	7	1117	6720
跨2-5界 2-5 realms	49	1105	1575
跨6界 6 realms	34	51	20
全球分布 Whole world	16	15	0
无具体记录 Without any record	0	39	1688
合计 Total	110	3823	41992

布,其中卵形蛛科 Oonopidae,球蛛科 Theridiidae,皿蛛科 Linyphiidae,肖蛸科 Tetragnathidae,圆蛛科 Araneidae,狼蛛科 Lycosidae,漏斗蛛科 Agelenidae,栅蛛科 Hahniidae,卷叶蛛科 Dictynidae,米图蛛科 Miturgidae,管巢蛛科 Clubionidae,圆颚蛛科 Corinnidae,拟平腹蛛科 Zodariidae,平腹蛛科 Gnaphosidae,蟹蛛科 Thomisidae,跳蛛科 Salticidae 等 16 科几乎分布于所有地理单元;有 30% 的科为跨 2—5 界分布,只有 7 个科分别局限在澳洲界或新北界内,而 Penestomidae 和 Chummidae 共 2 科 2 属 11 种仅局限在南非地理单元, Huttoniidae 只有 1 属 1 种,仅局限在新西兰地理单元,2008 年建立的新科 Sinopimoidae 仅含 1 属 1 种,是在中国西南地理单元采到的。平均每科分布 22.3 个地理单元。

2.2 种、属的多元相似性聚类分析结果

蜘蛛种和属的 MSCA 结果分别为图 2 和图 3。

比较图 2 和图 3,所聚成的群数和各群的组成完全相同,群内各单元的聚类顺序也大体相同,不同的是属级阶元的聚类,相似性水平要比种级阶元高,而且能够提供更多的聚类信息。

在图 2 的 0.025 的相似性水平上和图 3 的 0.17 水平上,53 个地理单元聚成了相同的 5 个大单元群,A、B、C、D 分别相当于世界动物区划中的古北界、东洋界、非洲界和澳洲界,E 群则是南北美洲。

在图 3 的 0.22 水平上,聚成 8 个单元群,即 A 群分为东、西两部分,D 群中新西兰与澳大利亚分开,E 群分为南、北两部分。

在图 3 的 0.32 水平上,聚为 17 个小单元群,基本相当于各界下的亚界,1—4 小群相当于古北界的欧洲平原亚界、地中海亚界(包括中亚亚界)、西伯利亚亚界和东亚亚界;5 小群相当于东洋界,6、7 小群原属于澳洲界,但和澳洲界关系较远,接近于东洋界;8、9、10 小群可作为非洲平原丘陵亚界、东南非高原亚界和马达加斯加亚界;11、12 小群分别是西澳、东澳亚界,13 小群即新西兰界;14 小群相当于新北界,15 小群中美地区原属于新热带界,现和新北界关系密切,16、17 小群是南美洲的平原高原和智利山地两部分。

蜘蛛的上述聚类结果和哺乳动物的地理区划的差异,是真实和客观存在的。蜘蛛是节肢动物门的一个成员,进化历史已有 3 亿多年,比只有 6500 万年的哺乳动物经历过多得多的历史事件;蜘蛛是变温动物,受环境影响比哺乳动物大得多;蜘蛛多以昆虫为食,昆虫又大多以植物为食,食物链的关系决定蜘蛛在哺乳动物、植物和昆虫之间,会与昆虫最密切,再与植物为接近,和哺乳动物最远。况且,目前仍然沿用的 19 世纪对哺乳动物和有花植物的阐释^[16]都是定性研究的结果,各大地理区域间的关系还必须接受定量分析的检验,因此,如此的差异是合乎生物学逻辑和统计学逻辑的,如果没有差异,倒是有违自然规律。

进一步剖析这些差别的原因,蜘蛛在古北界东、西两部分的相似性存在较大差异,可能是两个地理区域之间在 2.1 亿年前到 6500 万年前,由鄂毕海相隔将近 1.5 亿年,占蜘蛛进化历史的将近一半,这应该在蜘蛛的区系构成上留下痕迹;新西兰和澳大利亚大陆虽然地理距离较近但生物关系较远,是由于它们先后脱离冈瓦纳大陆以后,一直没有接触的历史,较大的生物区系差异早已是生物地理学者的共识,只是没人定量地进行比较过;新几内亚及大洋洲岛屿与东洋界保持较近的关系而远离澳大利亚大陆,早已在植物界是不争的事实,也必然影响到昆虫和蜘蛛,最近,蚁科昆虫的分析也予以证明^[17];南美洲和北美洲的密切关系也已在哺乳动物和有花植物中得到证实^[18]。

3 结论与讨论

蜘蛛是种类繁多、全世界广泛分布、但属种的分布又非常狭窄的生物类群,特有性突出,各地分布差异悬殊,亚洲和古北界、新热带界种类较多,欧洲和新北界较少;亚马逊河流域、东南非高原、地中海沿岸以及中国、美国、澳大利亚、巴西是蜘蛛的集中产地。

对蜘蛛的属、种两个阶元进行多元相似性聚类分析结果,与世界哺乳动物区划 6 个界的定性划分相比,各动物界之内和之间的定量关系有所差异。这是生物进化与地球板块结构共同作用的结果,也是低等动物与高等动物分布格局不同的具体体现。诚然,这仅仅是一个蜘蛛目的数据,但至少已表明不能把华莱士主要用哺乳动物做出的世界动物地理区划来外延到整个动物界。若要对包括低等动物在内的世界动物分布格局进行

定量性的评价,尚需更多的动物类群参与,但这已是一个良好的开端。

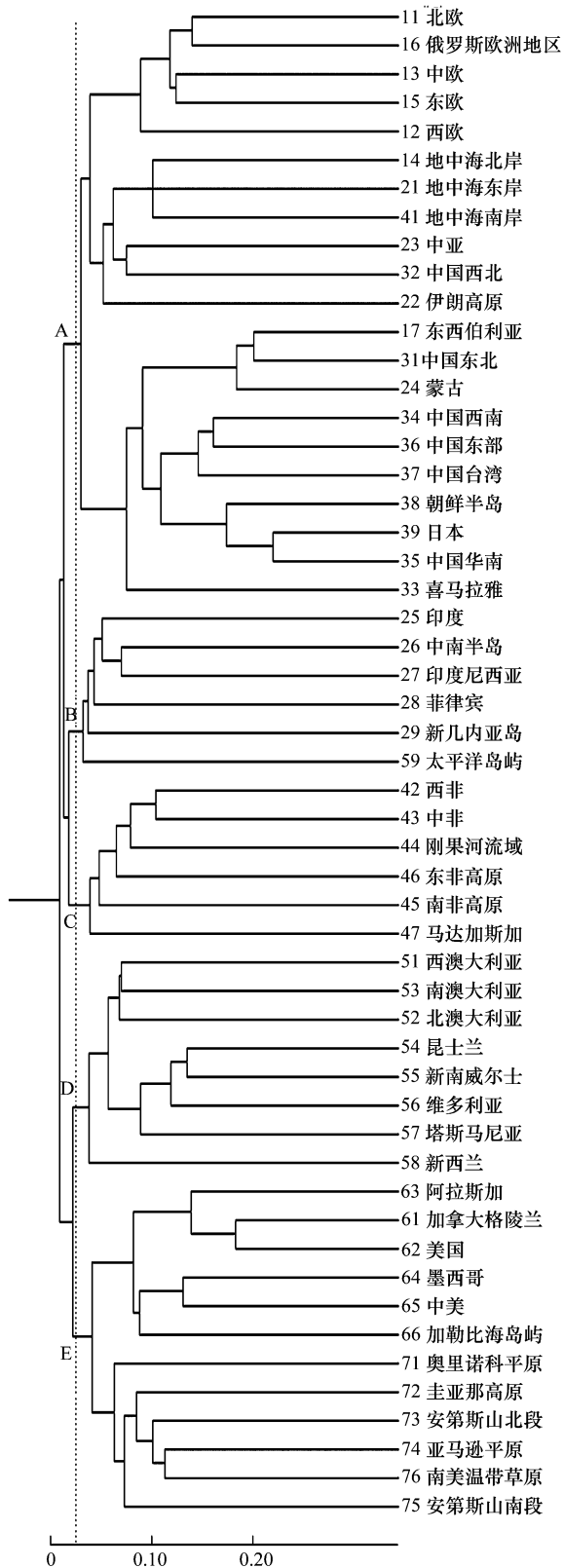


图2 蜘蛛种级阶元的聚类支序图

Fig.2 The MSCA tree for spider species

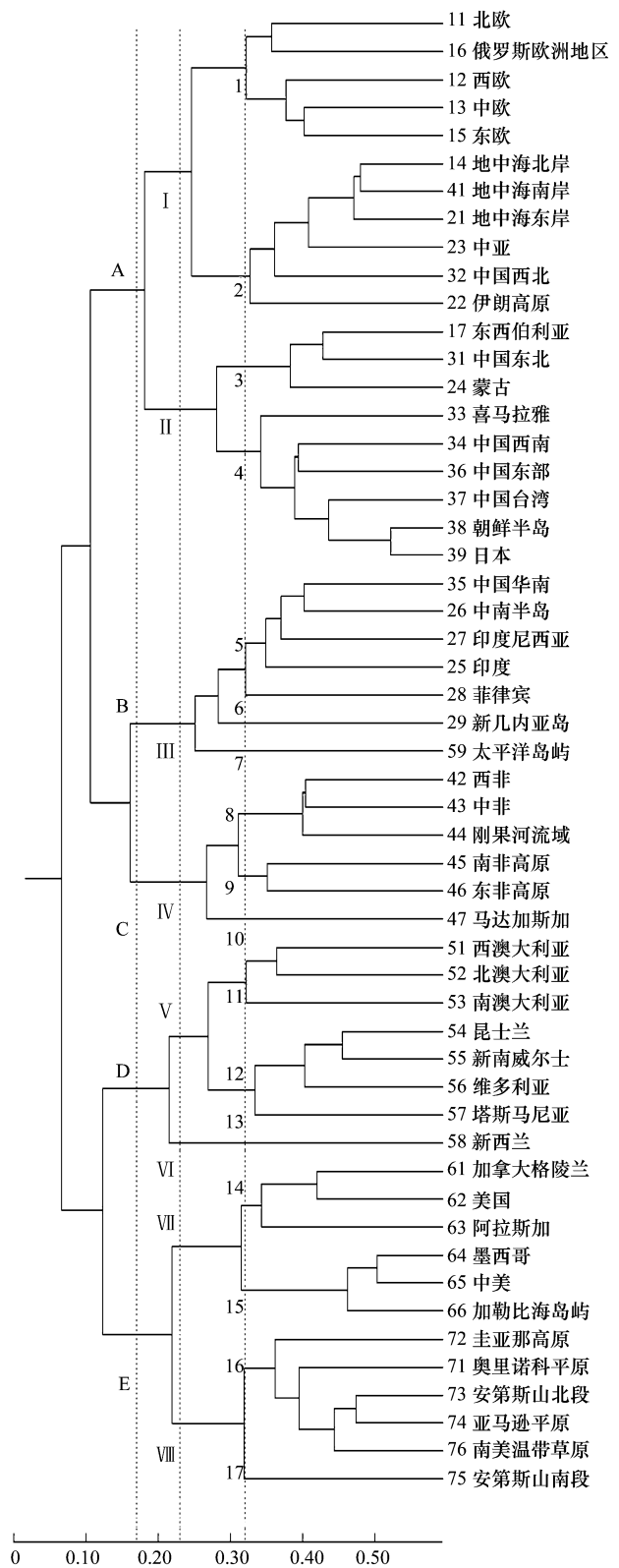


图3 蜘蛛属级阶元的聚类支序图

Fig.3 The MSCA tree for spider genera

本研究所使用的多元相似性聚类分析技术是我们近年创建的新方法,对于如此典型的点状分布的生物类群和如此海量的数据,能够得到如此精细的,既符合地理学、统计学的逻辑,又符合生物学、生态学逻辑的定量分析结果,在世界上尚难见到。之前的诸多以“合并降阶”为特征的传统聚类分析法均难以获得如此的结果。这预示着生物地理研究从定性研究进入定量研究将会加速。

References:

- [1] Shen X C, Wang A P. A simple formula for multivariate similarity coefficient and its contribution rate in analysis of insect fauna. *Journal of Henan Agricultural Sciences*, 2008, (7): 67-69.
- [2] Shen X C, Ren Y D, Wang A P, Zhang S J. A multivariate similarity clustering analysis for geographical distribution of insects, spiders and mites in Henan province. *Acta Ecologica Sinica*, 2010, 30(16): 4416-4426.
- [3] Platnick N I. The World Spider Catalog, Version 13.5. 2013, [2013-05-06]. <http://research.amnh.org/iz/spiders/catalog/INTRO1.html>
- [4] Song D X, Zhu M S, Chen J. The Spiders of China. Shijiazhuang: Hebei Science and Technology Publishing House, 1999: 32-564.
- [5] Yin C M, Wang J F, Zhu M S, Xie L P, Peng X J, Bao Y H. Fauna Sinica, Arachnida Araneae; Araneidae. Beijing: Science Press, 1997: 57-403.
- [6] Zhu M S. Fauna Sinica Arachnida Araneae Theridiidae. Beijing: Science Press, 1998: 17-348.
- [7] Song D X, Zhu M S. Fauna Sinica Arachnida; Araneae Thomisidae, Philodromidae. Beijing: Science Press, 1997: 19-214.
- [8] Zhu M S, Song D X, Zhang J X. Fauna Sinica; Invertebrata, Volume 35; Arachnida Araneae Tetragnathidae. Beijing: Science Press, 2003: 41-314.
- [9] Chen H M, Jia Q, Wang S J. A revision of the genus *Qianleptoneta* (Araneae: Leptonetidae). *Journal of Natural History*, 2010, 44(47/48): 2873-2915.
- [10] Han G X, Zhu M S. Taxonomy and biogeography of the spider genus *Eriovixia* (Araneae: Araneidae) from Hainan Island, China. *Journal of Natural History*, 2010, 44(43/44): 2609-2635.
- [11] Lin Y C, Li S Q. Long-legged cave spiders (Araneae: Telemidae) from Yunnan-Guizhou Plateau, southwestern China. *Zootaxa* 2010, 2445: 1-34.
- [12] Lin Y C, Li S Q. Leptonetid spiders from caves of the Yunnan-Guizhou Plateau, China (Araneae: Leptonetidae). *Zootaxa*, 2010, 2587: 1-93.
- [13] Song Y J, Li S Q. The spider genera *Araeoncus* Simon, 1884 and *Diplocephalus* Bertkau, 1883 (Arachnida, Araneae, Linyphiidae) of China. *Zoosystema*, 2010, 32(1): 117-137.
- [14] Zhang B S, Zhu M S. Two new species of the genus *Storenomorpha* Simon from China (Araneae: Zodariidae). *Acta Arachnologica*, 2009, 58(2): 91-95.
- [15] Zhang F, Zhu M S. A review of the genus *Pholcus* (Araneae: Pholcidae) from China. *Zootaxa*, 2009, 2037: 1-114.
- [16] Cox C B, Moore P D. Biogeography: An Ecological and Evolutionary Approach. 7th ed. Oxford: Blackwell Publishing Ltd, 2005.
- [17] Bolton B. A New General Catalogue of the Ants of the World. Cambridge: Harvard University Press, 1995.
- [18] Heywood V H. Flowering Plants of the World. Oxford: Oxford University Press, 1978.

参考文献:

- [1] 申效诚, 王爱萍. 昆虫区系多元相似性的简便计算公式及其贡献率. *河南农业科学*, 2008, (7): 67-69.
- [2] 申效诚, 任应党, 王爱萍, 张书杰. 河南昆虫、蜘蛛、蜚蠊地理分布的多元相似性聚类分析. *生态学报*, 2010, 30(16): 4416-4426.
- [5] 尹长民, 王家福, 朱明生, 谢莉萍, 彭贤锦, 鲍幼惠. 中国动物志 蛛形纲 蜘蛛目 园蛛科. 北京: 科学出版社, 1997: 57-403.
- [6] 朱明生. 中国动物志 蛛形纲 蜘蛛目 球蛛科. 北京: 科学出版社, 1998: 17-348.
- [7] 宋大祥, 朱明生. 中国动物志 蛛形纲 蜘蛛目 蟹蛛科 逍遥蛛科. 北京: 科学出版社, 1997: 19-214.
- [8] 朱明生, 宋大祥, 张俊霞. 中国动物志 无脊椎动物 第三十五卷 蛛形纲 蜘蛛目 肖蛸科. 北京: 科学出版社, 2003: 41-314.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol.33, No.21 Nov., 2013 (Semimonthly)

CONTENTS

Frontiers and Comprehensive Review

- Gross ecosystem product: theory framework and case study OUYANG Zhiyun, ZHU Chunquan, YANG Guangbin, et al (6747)
- Advances in impacts of climate change on infectious diseases outbreak LI Guodong, ZHANG Junhua, JIAO Gengjun, et al (6762)
- Ecology of aerobic methane oxidizing bacteria (methanotrophs) YUN Juanli, WANG Yanfen, ZHANG Hongxun (6774)
- Nitrogen deposition and *Leymus chinensis* leaf chlorophyll content in Inner Mongolian grassland
..... ZHANG Yunhai, HE Nianpeng, ZHANG Guangming, et al (6786)
- Worldwide distribution and multivariate similarity clustering analysis of spiders
..... SHEN Xiaocheng, ZHANG Baoshi, ZHANG Feng, et al (6795)
- The influence of wind direction on pollen-mediated gene flow in transgenic insect-resistant cotton
..... ZHU Jialin, HE Juan, NIU Jianqun, et al (6803)

Autecology & Fundamentals

- Ecological characteristics of benthic diatoms, protozoa and meiobenthos in the sediments of the Changjiang Estuary and East China
Sea in spring MENG Zhaoxui, XU Kuidong (6813)
- Macrobenthic functional groups at the reclamation and natural tidal flats of Hengsha East Shoal, the Estuary of Changjiang River
..... LV Weiwei, MA Chang'an, YU Ji, et al (6825)
- Enrichment and ecological risk of heavy metal in soils and dominant plants in the riparian of the Fenghe River
..... YANG Yang, ZHOU Zhengchao, WANG Huanhuan, et al (6834)
- Effects of salinity and exogenous substrates on the decomposition and transformation of soil organic carbon in the Yellow River
Delta LI Ling, QIU Shaojun, TAN Feifei, et al (6844)
- Effects of short-term dark chilling on leaves carbon and nitrogen metabolism and involved activities of enzymes in mangrove *Kandelia
obovata* seedling ZHENG Chunfang, LIU Weicheng, CHEN Shaobo, et al (6853)
- Preliminary evaluation on tolerance to phosphorous deficiency of 32 cultivars of cut chrysanthemum
..... LIU Peng, CHEN Sumei, FANG Weimin, et al (6863)
- Effects of age and environmental conditions on accumulation of heavy-metals Cd and Cu in *Tegillarca granosa*
..... WANG Zhaogen, WU Hongxi, CHEN Xiaoxiao, et al (6869)
- Effects of Chinese gallnut on photosynthetic characteristics and total nitrogen content of *Rhus chinensis*
..... LI Yang, YANG Zixiang, CHEN Xiaoming, et al (6876)
- The characterization of glyphosate degradation by *Burkholderia multivorans* WS-FJ9 LI Guanxi, WU Xiaoqin, YE Jianren (6885)
- Electroantennographic and behavioural responses of scarab beetles to *Ricinus communis* leaf volatiles
..... LI Weizheng, YANG Lei, SHEN Xiaowei, et al (6895)

Population, Community and Ecosystem

- Ecosystem health assessment in Baiyangdian Lake XU Fei, ZHAO Yanwei, YANG Zhifeng, et al (6904)
- Characteristics of macrobenthic communities in mangrove wetlands along the waterways of North Hezhou, Zhuhai, South China
..... WANG Hui, ZHONG Shan, FANG Zhanqiang (6913)
- The interaction between components of ecosystem respiration in typical forest and grassland ecosystems
..... ZHU Xianjin, YU Guirui, WANG Qiufeng, et al (6925)
- Effects of thinning on macro fungi and their relationship with litter decomposition in *Pinus tabulaeformis* plantations
..... CHEN Xiao, BAI Shulan, LIU Yong, et al (6935)

- Beta diversity of plant communities in Baishanzu Nature Reserve TAN Shanshan, YE Zhenlin, YUAN Liubin, et al (6944)
- Effect of Oxytetracycline (OTC) on the activities of enzyme and microbial community metabolic profiles in composting
..... CHEN Zhixue, GU Jie, GAO Hua, et al (6957)

Landscape, Regional and Global Ecology

- Variations in leaf anatomy of *Larix gmelinii* reflect adaptation of its photosynthetic capacity to climate changes
..... JI Zijong, QUAN Xiankui, WANG Chuankuan (6967)
- The studying of key ecological factors and threshold of landscape evolution in Yancheng Coastal wetland
..... ZHANG Huabing, LIU Hongyu, LI Yufeng, et al (6975)
- Eco-physiological response of *Phragmites communis* to water table changes in the Horqin Sand Land
..... MA Yunhua, ZHANG Tonghui, LIU Xinping (6984)
- Improvement of snowmelt implementation in the SWAT hydrologic model ... YU Wenjun, NAN Zhuotong, ZHAO Yanbo, et al (6992)
- Responses of lake fluctuation to climate change in Horqin Sandy Land
..... CHANG Xueli, ZHAO Xueyong, WANG Wei, et al (7002)
- Water ecology and fractal characteristics of soil particle size distribution of three typical vegetations in Shell Island
..... XIA Jiangbao, ZHANG Shuyong, WANG Rongrong, et al (7013)
- Spatio-temporal distribution of epilithic algal chlorophyll a in relation to the physico-chemical factors of Gufu River in Three Gorges Reservoir WU Shuyuan, GE Jiwen, MIAO Wenjie, et al (7023)

Resource and Industrial Ecology

- Graphic analysis of spatio-temporal effect for vegetation disturbance caused by coal mining: a case of Datong Coal Mine Area
..... HUANG Yi, WANG Yunjia, LI Xiaoshun, et al (7035)

《生态学报》2014 年征订启事

《生态学报》是由中国科学技术协会主管,中国生态学学会、中国科学院生态环境研究中心主办的生态学高级专业学术期刊,创刊于 1981 年,报道生态学领域前沿理论和原始创新性研究成果。坚持“百花齐放,百家争鸣”的方针,依靠和团结广大生态学科工作者,探索生态学奥秘,为生态学基础理论研究搭建交流平台,促进生态学研究深入发展,为我国培养和造就生态学科人才和知识创新服务、为国民经济建设和发展服务。

《生态学报》主要报道生态学及各分支学科的重要基础理论和应用研究的原始创新性科研成果。特别欢迎能反映现代生态学发展方向的优秀综述性文章;研究简报;生态学新理论、新方法、新技术介绍;新书评价和学术、科研动态及开放实验室介绍等。

《生态学报》为半月刊,大 16 开本,280 页,国内定价 90 元/册,全年定价 2160 元。

国内邮发代号:82-7,国外邮发代号:M670

标准刊号:ISSN 1000-0933 CN 11-2031/Q

全国各地邮局均可订阅,也可直接与编辑部联系购买。欢迎广大科技工作者、科研单位、高等院校、图书馆等订阅。

通讯地址:100085 北京海淀区双清路 18 号 电 话:(010)62941099; 62843362

E-mail: shengtaixuebao@rcees.ac.cn 网 址: www.ecologica.cn

本期责任副主编 余新晓

编辑部主任 孔红梅

执行编辑 刘天星 段 靖

生 态 学 报

(SHENGTAI XUEBAO)

(半月刊 1981 年 3 月创刊)

第 33 卷 第 21 期 (2013 年 11 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 33 No. 21 (November, 2013)

编 辑	《生态学报》编辑部 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085 电话:(010)62941099 www.ecologica.cn shengtaixuebao@rcees.ac.cn	Edited by	Editorial board of ACTA ECOLOGICA SINICA Add: 18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China Tel: (010)62941099 www.ecologica.cn shengtaixuebao@rcees.ac.cn
主 编	王如松	Editor-in-chief	WANG Rusong
主 管	中国科学技术协会	Supervised by	China Association for Science and Technology
主 办	中国生态学学会 中国科学院生态环境研究中心 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085	Sponsored by	Ecological Society of China Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS Add: 18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China
出 版	科 学 出 版 社 地址:北京东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717	Published by	Science Press Add: 16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China
印 刷	北京北林印刷厂	Printed by	Beijing Bei Lin Printing House, Beijing 100083, China
发 行	科 学 出 版 社 地址:东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717 电话:(010)64034563 E-mail: journal@cspg.net	Distributed by	Science Press Add: 16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China Tel: (010)64034563 E-mail: journal@cspg.net
订 购	全国各地邮局	Domestic	All Local Post Offices in China
国外发行	中国国际图书贸易总公司 地址:北京 399 信箱 邮政编码:100044	Foreign	China International Book Trading Corporation Add: P.O.Box 399 Beijing 100044, China
广告经营 许 可 证	京海工商广字第 8013 号		



ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

国内外公开发行

国内邮发代号 82-7

国外发行代号 M670

定价 90.00 元