

# 欧洲蝴蝶监测的历史、现状与我国的发展对策<sup>\*</sup>

房丽君<sup>1\*\*</sup> 徐海根<sup>2</sup> 关建玲<sup>3</sup>

(<sup>1</sup>陕西省植物研究所, 西安 710061; <sup>2</sup>环境保护部南京环境科学研究所, 南京 210042; <sup>3</sup>陕西省环境监测中心站, 西安 710061)

**摘要** 蝴蝶是进行生物多样性监测、评估及生态环境影响评价的重要指示生物。欧洲对蝴蝶的种类组成、种群动态与分布的长期监测已有数十年的历史,先后实施了许多具有国际性影响的长期监测计划。这些计划的目标是评估区域及国家范围的蝴蝶物种丰富度的变化趋势,分析其与栖境和气候变化等环境因素的相关性,为研究、保护和利用蝴蝶资源及预测环境变化提供基础数据,并在蝴蝶受威胁等级的划分、保护措施的制定、生态环境保护与管理等方面发挥了重要作用。本文在总结欧洲蝴蝶监测历史及现状的基础上,着重介绍英国蝴蝶监测计划(The UK Butterfly Monitoring Scheme, UKBMS)、德国及欧盟等重要的蝴蝶监测计划,同时提出了开展我国蝴蝶监测工作的具体建议。

**关键词** 蝴蝶 监测 欧洲 案例 建议

**文章编号** 1001-9332(2013)09-2691-08 **中图分类号** X8 **文献标识码** A

**History and present status of butterfly monitoring in Europe and related development strategies for China.** FANG Li-jun<sup>1</sup>, XU Hai-gen<sup>2</sup>, GUAN Jian-ling<sup>3</sup> (<sup>1</sup>Shaanxi Institute of Botany, Xi'an 710061, China; <sup>2</sup>Nanjing Institute of Environmental Sciences, Ministry of Environmental Protection, Nanjing 210042, China; <sup>3</sup>Shaanxi Province Environmental Monitoring Center Station, Xi'an 710061, China). -*Chin. J. Appl. Ecol.*, 2013, 24(9): 2691-2698.

**Abstract:** Butterfly is an important bio-indicator for biodiversity monitoring and ecological environment assessment. In Europe, the species composition, population dynamics, and distribution pattern of butterfly have been monitored for decades, and many long-term monitoring schemes with international effects have been implemented. These schemes are aimed to assess the regional and national variation trends of butterfly species abundance, and to analyze the relationships of this species abundance with habitat, climate change, and other environmental factors, providing basic data for researching, protecting, and utilizing butterfly resources and predicting environmental changes, and playing important roles in the division of butterfly's threatened level, the formulation of related protection measures, and the protection and management of ecological environment. This paper reviewed the history and present status of butterfly monitoring in Europe, with the focus on the well-known long-term monitoring programs, e. g., the UK Butterfly Monitoring Scheme and the Germany and European Union Butterfly Monitoring Scheme. Some specific proposals for conducting butterflies monitoring in China were suggested.

**Key words:** butterfly; monitoring; Europe; case; proposal.

蝴蝶是一个较大的动物类群,其种数约2倍于陆地鸟类,约3倍于哺乳及爬行等动物<sup>[1]</sup>,是陆地节肢动物多样性评估和监测的最好类群<sup>[2]</sup>,也是种群及生态系统水平研究的极好材料<sup>[3]</sup>,是目前仅有的可以评估物种灭绝率的无脊椎动物<sup>[4-6]</sup>。蝴蝶体型

小,生活周期短,属日出性,易观察及捕捉,分布广泛,具有相对独立的生活空间,栖境要求专一性强,对不断发生的细微环境变化十分敏感并能做出快速响应<sup>[3,6]</sup>。其寄主包括多种植物和一些动物<sup>[7-10]</sup>,发生于许多栖境中,从人工到原始区域都有分布<sup>[11-13]</sup>。另外,蝴蝶的生物学及分类较为普及<sup>[14-15]</sup>,已有90%的类群被描述<sup>[16]</sup>,对其开展调查和观测具有简单、快速、实用、成本小、易普及等特

<sup>\*</sup> 陕西省科学院科技计划重大项目(2009K-04,2013K-01)和西安市科技计划项目[HJ1111(2)]资助。

<sup>\*\*</sup> 通讯作者。E-mail: fanglijunn@hotmail.com

2013-12-23 收稿,2013-07-11 接受。

点,并能在种群及生态系统水平上准确反映气候变化等环境胁迫的生态效应<sup>[17]</sup>。

蝴蝶作为宝贵的环境指标,地位独特,既是气候和栖息地等环境变化的快速、灵敏反应的代表,也是其他野生动植物多样性反应的标志。现有调查数据证明,蝴蝶与鸟类和植物相比是种群数量下降最快的类群<sup>[18]</sup>。蝴蝶的种类组成、分布、种群数量及群落结构等特征可直接反映栖息地的适宜性<sup>[19-23]</sup>、生态系统健康及生物多样性状况<sup>[24-27]</sup>、气候变化<sup>[28-35]</sup>、人类活动对生态系统的干扰<sup>[36-37]</sup>、土地利用<sup>[21,37]</sup>、景观改变的影响<sup>[38-40]</sup>、生态环境质量<sup>[41-42]</sup>、蝴蝶多样性的保护情况<sup>[43-44]</sup>、生态环境的风险评估与预警<sup>[5,45]</sup>等,其监测数据在许多国家被广泛使用在生态环境监测、生物多样性保护、土地利用规划、政策制定、教育、科研及提高公众环境意识等方面。

在欧洲,有关蝴蝶种类组成、分布、种群结构与动态的长期监测已有数十年的历史<sup>[44,46-47]</sup>,先后实施了许多具有国际性影响的长期监测计划。这些计划的主要目的是在大尺度上了解蝴蝶物种多样性、分布与种群数量动态;分析其地理分布、变化趋势、及与栖息地和气候变化等环境因素的相关性;为研究、保护和利用蝴蝶资源及预测环境变化提供基础数据;并在蝴蝶受威胁等级的划分、保护措施的制定、生态环境保护与管理等方面发挥了重要作用。

本文在总结欧洲蝴蝶监测历史与现状的基础上,重点介绍英国蝴蝶监测计划、新千年蝴蝶计划(the Butterflies for the New Millennium, BNM)、英国乡村蝴蝶调查计划(The Wider Countryside Butterfly Scheme, WCBS)、德国蝴蝶监测计划等重要监测计划的实施情况及结果,分析我国蝴蝶监测现状与存在的问题,并提出我国开展蝴蝶监测工作的对策与建议,以促进我国蝴蝶长期监测计划的实施。

## 1 欧洲蝴蝶监测历史与现状

20世纪50年代初,国外就将蝴蝶作为一种环境变化及优劣的指示动物,对其种类和个体数量逐年进行观察、记载,至今已持续60余年。对蝴蝶进行长期系统监测起源于英国,开始于1976年。首个具有统一标准、大规模的监测计划是英国蝴蝶监测计划,旨在通过长期监测蝴蝶的种类与数量来反映环境质量的变化。其任务主要为评估英国蝴蝶种群的保护、生存现状、变化趋势。1995年英国又启动了新千年的蝴蝶计划,在整个英伦三岛对蝴蝶物种进行分布调查与记录;随后,英国蝴蝶监测计划与蝴蝶保

育学会的独立样带进行合并,构成一个长期运行的蝴蝶监测计划(Butterfly Monitoring Scheme, UK-BMS)。另外,通过UKBMS项目,蝴蝶保育和生态与水文中心又进一步开发了一个新的监测计划——英国乡村蝴蝶调查计划。这项新计划采用UKBMS的样带进行监测。继英国的BMS计划之后,荷兰、德国、比利时、西班牙、瑞士、芬兰、法国及意大利等其他欧洲国家也陆续开始了蝴蝶监测,仅在欧洲范围内先后实施十余项具有国际影响的长期蝴蝶监测计划。

德国自然保护学会(Naturschutzbund Deutschland, NABU)和促进协会(GFS)于1995年启动“欧洲蝴蝶的测绘”项目(Mapping European Butterflies, MEB),其主要目标为建立欧洲蝴蝶分布数据库、出版欧洲蝴蝶分布图集及评估欧洲蝴蝶种类的保护现状。此项目的完成完全得益于欧洲广泛的蝴蝶监测网络。项目的第一个成果(MEB-1)是2002年出版的“欧洲蝴蝶分布图集(The Distribution Atlas of European Butterflies)<sup>[48]</sup>”。该图集包含了450种欧洲蝴蝶的分布图。

2004年由欧洲委员会出资,启动了“欧盟共同关注的物种和栖息地的监测方法与监测系统”项目(EU-wide monitoring methods and systems of surveillance for species and habitats of community interest, EuMon),其目的是在欧洲范围内对重要生物的多样性进行监测,蝴蝶作为一个重要的监测对象被列入其中。同年还启动了“采用测试方法评估生物多样性的的大尺度环境风险”(assessing large-scale environmental risks for biodiversity with tested methods, ALARM)项目,其任务侧重于调查生物多样性及其结构和功能、生态系统变化和预测环境的动态变化。蝴蝶在该项目中起到了至关重要的作用。

目前,已有众多的蝴蝶监测项目在全球范围内展开,美国、澳大利亚、日本等国家均有大范围的蝴蝶监测项目正在实施。另外,还有不少相对小尺度(跨州或省)的监测项目,其监测范围大小不一,监测时间各有长短。例如,以色列在耶路撒冷西南40 km的拉克什地区进行蝴蝶监测,这个丘陵区地处地中海与沙漠气候的过渡带,沙漠和东非大裂谷的边缘地带,是迁徙蝴蝶的过境和越冬区。该研究在生态学上具有极高的价值。2003年在奥地利启动的维也纳及其周边地区蝴蝶监测计划,主要监测城市环境蝴蝶多样性的变化<sup>[20]</sup>;2001年在法国的10个国家级自然保护区进行的蝴蝶监测项目,旨在研究放牧、砍伐等对草地和沼泽等栖息地的影响<sup>[49]</sup>;芬兰对分布于半

天然草地、农耕地边缘和林缘 3 种栖境中的 74 种蝴蝶的分布、种群数量等的变化进行了监测和分析<sup>[21]</sup>。

## 2 蝴蝶监测重要案例介绍

欧洲在蝴蝶监测方面走在了世界前沿,成功的案例很多,以下就英国、德国及欧盟的蝴蝶监测项目做一简要介绍,供我国开展相关工作借鉴与参考。

### 2.1 英国的蝴蝶监测计划<sup>[50]</sup>

**2.1.1 英国蝴蝶监测计划的由来与发展** 英国蝴蝶监测计划始于 1976 年,由 NERC (Natural Environment Research Council, Centre for Ecology and Hydrology) 负责启动了具有统一标准、大规模的监测计划——英国蝴蝶监测计划(UKBMS)。该计划最初涉及英国 34 个监测点,到 2004 年稳步增长到 134 个,截至 2009 年,监测点超过 1800 个,每周一次的调查共计 25 万次,覆盖整个英国(图 1);调查任务多由志愿者完成,调查的样线长度超过  $5.6 \times 10^6$  km,计数超过 1400 万只,监测蝴蝶 71 种。随着该监测计划的范围不断扩大,监测数据被用于评估国家和地方等不同范围的环境状况,同时也提供了一个认识蝴蝶生态、评估气候、土地利用和栖息地变化对生物多样性影响的途径。目前蝴蝶监测指标已发展成为政府生物多样性指标。

1995 年启动的“新千年蝴蝶计划”由英国国家银行发起,1995—1999 年有 1 万多名志愿者和数百个组织参加,2000—2004 年继续的调查使蝴蝶记录超过 160 万只;另外,蝴蝶的历史记录也被收录,跨越时期从 1690 至 2007 年,总数据库拥有 500 万条记录,此计划调查的数据形成了“英国和爱尔兰的蝴蝶千年地图集”(The Millennium Atlas of Butterflies in Britain and Ireland)。BNM 的数据集提供蝴蝶的分布、所有蝴蝶的繁殖地以及趋势的基本信息,是客观数据的一个主要来源,对制定国家、区域和当地的生物多样性行动计划、栖息地管理规划等起到了决定性作用。BNM 的数据还被用于广泛的生态学研究;评估近期和未来的气候变化对蝴蝶和其他生物多样性的影响;也有助于在许多方面政策的实施,例如针对更高级的环境监管计划、指导以恢复景观尺度为目的的保护项目等。BNM 数据的创新分析产生了英国优先保护地图,用来确定蝴蝶物种状况和优先保护措施,也促成了欧洲蝴蝶地图集和英国新的蝴蝶红色名录。研究表明,即使是单一的片段调查也包含了过去和未来状态的可靠信息,这些重要信息同时也促进了保护组织与政策决策者和一般公众的有效沟通。

英国蝴蝶监测计划(UKBMS)项目后又与蝴蝶保育的独立样带进行合并,构成一个长期运行的蝴蝶监测计划(BMS),其重点监测自然保护区和蝴蝶丰富的区域,未能对辽阔的农村地区进行监测,而英国 70% 的土地是农业用途,包括耕地、林地种植、高地和城市绿地。为了在这些区域监测蝴蝶,以了解广大农村地区的环境健康状况,蝴蝶保育、水文学和生态学中心及英国鸟类信托基金(the British Trust for Ornithology, BTO),通过 UKBMS 项目进一步开发了一个新的监测计划,即英国乡村蝴蝶调查计划(WCBS),以衡量在一般农村普遍存在的物种丰富度的变化。该计划经过 4 年的试验研究,2009 年正式推出,是第一个在全英国范围内基于随机抽样方式进行的蝴蝶监测,并建立了一个更大范围、代表了不同的栖息地和土地利用类型的蝴蝶保育数据集,非常有效地监测了广大农村地区的蝴蝶,评估农业景观对蝴蝶种群的影响。WCBS 的监测样线达 3300 km,47 种蝴蝶计数达 119000 个。WCBS 项目的实施,有效地监控了农村的蝴蝶物种丰富度的变化,对于评估广大农村地区整体环境变化发挥了重要作用,为农村地区的土地管理政策提供了理论依据。

UKBMS 的主要目标是:研究和开发蝴蝶监测的



图 1 英国蝴蝶监测计划样带分布

Fig. 1 UKBMS transects distribution.

指标,保持和发展网络化的站点,以评估和解释英国蝴蝶丰富度的变化.为了确保高水平的蝴蝶监测数据质量,采用严格的数据验证和核查程序.

BMS建有官方网站,网站介绍样线设置、UK-BMS记录标准、栖息地分类标准、表格填写方法、基本数据录入、自定义物种名录的创建、数据的打包、安全储存、数据发送及年度指数的计算等内容,另外还给出了详细的记录形式,包括蝴蝶样线信息表(表1)及调查记录表格、分析方法等.

**2.1.2 英国蝴蝶监测计划的作用及其主要结果** 大部分的BMS样地均设置于保护区内.在过去的30年中,BMS的数据在提升英国民众的蝴蝶生态知识方面起到了至关重要的作用.通过这些监测数据,科学家们揭示了蝴蝶种群对气候的依赖性,为评估全球变暖对生物多样性的影响提供了科学依据,且有助于理解景观、土地利用和栖息地的改变如何影响蝴蝶的多样性.例如,监测数据可以用来评估管理措施对小规模栖息地的影响,以及监测全国规模的农业环境计划的有效性.BMS已有百余篇科研论文发表,并不断改进对监测数据的分析方法,简化数据流,鼓励新样线的建立,促进新的分析技术和软件的开发.

BMS提供了丰富的蝴蝶种类的趋势和状态信息,主要监测结果有:1)单一蝶种的现状和一段时间内的趋势(图2);2)蝴蝶群落的现状和一段时间内的趋势(广布种和专一性种);3)蝴蝶成虫物候期

表1 蝴蝶样线详细信息表

Table 1 Butterfly transect details form

地点 Site name						郡县 County				
格网参考系统 Os grid ref.	系统图编号 Os map no. (1:50000)		样线建立时间 Year transect established							
样线长度 Transect length (m)	样线宽度 Transect width (m)		5	6	10	其他 Other				
栖息概况 Overall habitat description	栖息地编码 Hab. code (s)									
土地利用(如果样线位于废弃的工业区指明类型) Land use (If the transect is on a disused industrial site indicate type)	铁路	采石场	矿井			其他(加到注释中)				
监测点保护状况 Sites conservation status			记录类型 Type of recorder							
记录详细说明 Recorder details										
资料归属 Owner details										

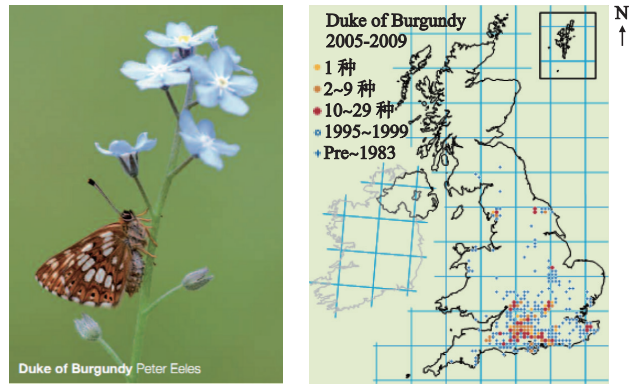


图2 橙红斑蛱蝶的记录图表、分布及趋势

Fig. 2 Recorders, distribution and trend of *Hamearis lucina*.

橙红斑蛱蝶是英国下降最迅速的蝴蝶之一,10年间种群数量下降46%,其分布区下降30%.在草地和林地,该蝴蝶的繁殖依赖于高草地和灌木丛生的生境.由于缺乏管理或人类过多的干预,使得这种栖境的面积下降,成熟的草原草地已分别被灌丛或低矮草地所取代.同时,许多栖息地面积缩小且被隔离,使这种蝴蝶濒临灭绝.有针对性的、景观尺度的保护才能扭转现有的不良状况,在北约克郡荒原的一个仅存的网格点进行的蝴蝶保护项目已经证明了这点. The Duke of Burgundy is one of the UK's most rapidly declining butterflies, 10-year population change -46%; 10-year distribution change -30%. In both grassland and woodland, the butterfly relies upon a mosaic of tall grassland sheltered by scrub. Colonies have declined due to either too little or too much management, which have replaced the mature grassland sward with scrub or short turf respectively. Many colonies are now small and isolated, and thus prone to extinction. Targeted, landscape-scale conservation can turn the situation around as has been demonstrated by Butterfly Conservation's programme of scrub management at a network of remaining sites in the North York Moors.

变化趋势;4)蝴蝶的整体趋势与表现(图3);5)各站点蝴蝶的丰富程度(图4).

英国蝴蝶监测的结果表明,54种英国本土的蝴蝶当中,已经有71%的种群数量在下降(图5),半数面临着灭绝的威胁.

## 2.2 德国和全欧盟蝴蝶监测项目<sup>[51-54]</sup>

德国的蝴蝶监测项目开始于2001年,在联邦北莱茵州-威斯特法伦州进行;2005年德国推

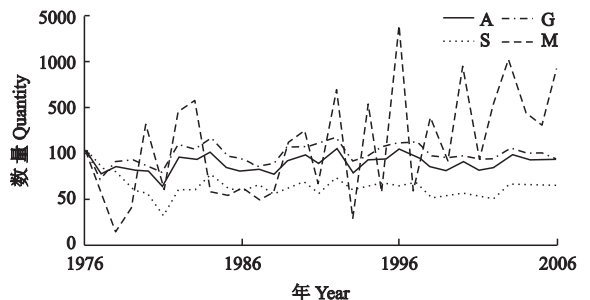


图3 1976—2005年英国蝴蝶种群变化趋势

Fig. 3 Trends in butterfly populations of all-species, specialists, generalists and migrants from 1976—2005.

A:全部种 All-species; S:专一性种 Specialists; G:广布种 Ggeneralists; M:迁移种 Mmigrants.

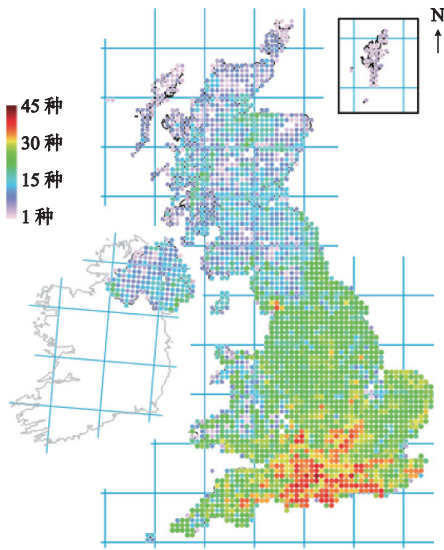


图 4 2005—2009 年英国蝴蝶的物种丰富度

**Fig. 4** Map showing the number of butterfly species recorded in each 10 km×10 km grid square in the UK during the 2005–2009 survey period (10 km×10 km).

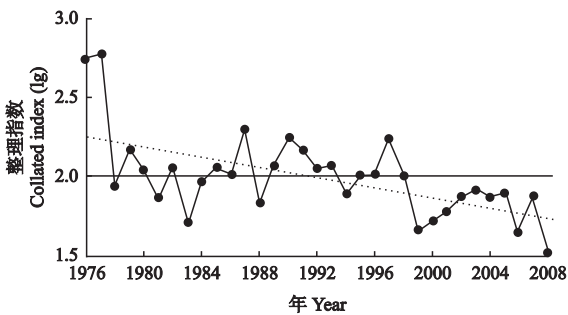


图 5 1976—2008 年英国蝴蝶年度整理指数(下降 71%)

**Fig. 5** Collated index (lg) calculated in 1976–2008 of the butterflies in the UK (71% decline).

出了一个全国性的蝴蝶监测计划,截至 2010 年已建立 650 个样线(图 6)。该计划由亥姆霍兹环境研究中心(UFZ)总体协调,德国公共电视台和环境非政

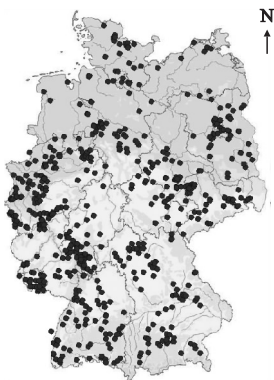


图 6 德国蝴蝶监测计划的样带分布

**Fig. 6** Butterfly survey transects distribution in Germany.

府组织作为合作伙伴参与。该监测计划的核心目标是:1)为生物多样性的分析提供一个核心要素;2)在区域、国家和欧洲范围内,调查和发展蝴蝶监测指标。该计划有超过 500 名志愿者用标准化的方法在德国境内调查蝴蝶多样性并编制文件,获得了蝴蝶种群的状态和发展趋势,以及土地利用和气候变化等环境因素对当地动植物的影响等重要信息。监测数据可满足丰富度、物候及长期变化趋势等方面的科学分析。

欧盟的蝴蝶监测项目包括 2004 年由欧洲委员会出资,在第六科技框架下启动的“欧盟共同关注的物种和栖息地的监测方法和监测系统”项目(Eu-Mon)。该项目联合了来自 11 个国家的 16 个合作伙伴,建立了一个在欧盟框架下的监测方案,协调现有的资源,比较和整合已有的物种和栖息地的研究方法和监测计划。蝴蝶是其中一个重要的监测对象。该项目在英国、德国、荷兰、意大利及芬兰等国开展了长期的、大尺度的、多国合作的蝴蝶监测。其主要任务是调查欧洲蝴蝶种群的数量和变化趋势,对蝴蝶物种和栖息地进行评估,保护生物多样性等。

2004 年在欧盟第六科技框架下还启动了 ALARM 项目。该项目旨在通过可检验的方法,对生物多样性的尺度环境风险进行评估,以减少人类对环境直接和间接的负面影响。该项目参与国达 35 个,整合了 70 余个合作伙伴。蝴蝶在该项目中起到了重要的作用。

欧盟的监测结果显示:576 种蝴蝶中,71 种面临危险<sup>[55]</sup>;从 1990 年到 2005 年,欧洲有 50% 的蝴蝶种群下降<sup>[4]</sup>,且种群下降的种类,其分布范围也会有不同程度的改变<sup>[56–58]</sup>。

### 3 中国蝴蝶监测的现状与发展策略

近几十年来,我国在蝴蝶领域开展了一定的研究工作,但多是在分类学方面,蝴蝶多样性<sup>[59–62]</sup>及生态学<sup>[63]</sup>方面的研究较少,更缺乏长期的大尺度的蝴蝶监测工作。有关蝴蝶种类组成、分布与种群动态的监测工作亦刚起步。台湾的蝴蝶监测<sup>[64]</sup>始于 2009 年,在台北市建立 3 个监测点,2010 年全台选定 31 条样线进行监测,以此反映台湾物种多样性的变化趋势;陕西和江苏省分别在秦岭地区和南京地区开展蝴蝶监测工作。

2012 年 1 月 1 日实施的中华人民共和国国家环境保护标准“区域生物多样性评价标准”<sup>[65]</sup>已将蝴蝶作为区域生物多样性的评价指标。但从整体上

看,目前我国尚未建立起有效的、完善的蝴蝶监测网络,整个监测处于分散和不规范的初级阶段,未形成可直接应用于蝴蝶监测的完整和成熟的技术体系。为了有效推进我国蝴蝶监测计划,根据国际各类蝴蝶监测计划的经验教训,提出以下建议:

1) 国家相关部门尤其是环保部门应关注蝴蝶的调查与监测,组织相关专家制定符合我国实际的中国蝴蝶监测计划,以及相应的监测技术标准与体系。应以行政主管部门为主体、由中国科研机构与学术团体提供技术依托,组织与协调全国的蝴蝶工作者、爱好者和志愿者共同参与,实施中国的蝴蝶监测计划;

2) 制定符合我国国情的监测技术与方法,由专家提供技术支撑,充分调动爱好者与志愿者的积极性;

3) 构建国家级蝴蝶监测数据库及信息共享平台,统一蝴蝶监测调查记录表格,编制统一的生境代码,统一数据格式,保证数据的共享与汇总分析;便于公众了解蝴蝶种类、分布等情况;方便志愿者在线提交和浏览调查记录;也使决策者尽可能迅速、准确地了解较大范围的生态环境现状和发展变化趋势;

4) 由于我国幅员辽阔、生境类型多样,仅仅依靠专业蝴蝶研究人员难以有效地开展大尺度的长期蝴蝶监测计划项目。应充分利用基层环境监测点和志愿者的力量,实施中国蝴蝶监测计划。众多志愿者的参与是大尺度蝴蝶监测项目完成的前提,也使这些项目具有公民科研的性质,组织相关专家对志愿者进行适当培训,以便志愿者的调查与记录按照统一的标准和格式进行。

#### 4 国内外发展趋势及展望

全球范围内的蝴蝶监测已经取得了一定进展,今后的研究与发展方向主要有以下几个方面:

1) 加强国际间的交流与合作,开展大尺度的监测;一个新的发展趋势是建立超国界的对物种和多种指示生物进行联合监测,以便进一步找出理想的、能全面反映整个生态系统健康状况的量化指标,为构建评价模型奠定基础;

2) 监测内容逐步从生态质量现状评价转为生态风险评估,以提供早期预警;

3) 信息管理上强调标准化、规范化数据采集,通过网络一体化传输,实现资源共享;

4) 完善指标体系与方法研究:目前还缺少度量环境变化对蝴蝶影响比较完善的指标体系和评价方

法,衡量标准仍缺乏充分依据;

5) 蝴蝶对栖息地丧失和破坏响应的监测:环境变化对蝴蝶栖息地环境改变的关联作用,以往的监测仅考虑蝴蝶的变化,缺少对环境因素指标的同步监测;

6) 极端气候对蝴蝶影响的监测与评估:极端气候变化能够对种群造成严重威胁,而这方面的研究几近空白;

7) 预测模型等方法研究:物种对环境反应模型包括相关统计模型、生物地理学和生物地球化学模型等。尽管已有较多的模型应用到实际预测中,但一些方法在蝴蝶的监测中应用不足,而模拟模型的选择成为影响监测评价结果的重要因素,何种模型对蝴蝶监测结果的评价较为适宜,需要在实践中探索;

8) 大规模预警监测:蝴蝶作为一种小型、敏感、快速和可以早期预警环境压力的指示物种,能弥补利用植物及大型动物指标进行大尺度监测的诸多不足,如欧洲现今正尝试的广泛、长期的蝴蝶监测,为气候及环境的改变提供预警。

随着蝴蝶监测与预警理论的成熟及方法的标准化的,蝴蝶有望成为今后对生态系统健康、恢复与重建状况进行快速监测和评价的理想指标。

#### 参考文献

- [1] Robbins RK, Opler PA. Butterfly diversity and a preliminary comparison with bird and mammal diversity// Wilson DE, Reaka-Kudla ML, Wilson EO, eds. Biodiversity II. Understanding and Protecting our Biological Resources. Washington, DC: Joseph Henry Press, 1997: 69-82
- [2] Kremen C. Assessing the indicator properties of species assemblages for natural areas monitoring. *Ecological Applications*, 1992, **2**: 203-217
- [3] Nowicki P, Settele J, Henry PY, et al. Butterfly monitoring methods: The ideal and the real world. *Israel Journal of Ecology and Evolution*, 2008, **54**: 69-88
- [4] Chris AMS, Nowicki P, Settele J, et al. Butterfly monitoring in Europe: Methods, applications and perspectives. *Biodiversity and Conservation*, 2008, **17**: 3455-3469
- [5] Thomas JA, Clarke RT. Extinction rates and butterflies. *Science*, 2004, **305**: 1563-1564
- [6] Thomas JA. Monitoring change in the abundance and distribution of insects using butterflies and other indicator groups. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B*, 2005, **360**: 339-357
- [7] Ehrlich PR, Raven PH. Butterflies and plants: A study in coevolution. *Evolution*, 1964, **18**: 586-608
- [8] Cottrell CB. Aphytophagy in butterflies: Its relationship to myrmecophily. *Zoological Journal of the Linnean So-*

- ciety, 1984, **79**: 1–57
- [9] Singer MC, Ehrlich PR, Gilbert LE. Butterfly feeding on lycopsid. *Science*, 1971, **172**: 1341–1342
- [10] Singer MC, Mallet JLB. Moss-feeding by a satyrine butterfly. *Journal of Research on the Lepidoptera*, 1986, **24**: 392
- [11] Thomas CD. Habitat use and geographic ranges of butterflies from the wet lowlands of Costa Rica. *Biological Conservation*, 1991, **55**: 269–281
- [12] Brown JKS, Hutchings RW. Disturbance, fragmentation, and the dynamics of diversity in Amazonian forest butterflies// Lawrence WF, Jr. Bierregaard RO, eds. *Tropical Forest Remnants: Ecology, Management, and Conservation of Fragmented Communities*. Chicago: University of Chicago Press, 1997: 91–110
- [13] Kremen C, Colwell R, Erwin TL, *et al.* Terrestrial arthropod assemblages: Their use as indicators for biological inventory and monitoring programs. *Conservation Biology*, 1993, **7**: 796–808
- [14] Vane-Wright RI, Ackery PR. *The Biology of Butterflies*. London: Academic Press, 1984
- [15] Gilbert LE, Singer MC. Butterfly ecology. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 1975, **6**: 365–397
- [16] Robbins RK, Lamas G, Mielke OHH, *et al.* Taxonomic composition and ecological structure of the species-rich butterfly community at Pakitza. Parque Nacional del Manu, Perú// Wilson DE, Sandoval A, eds. *Manu: The Biodiversity of Southeastern Peru*. Washington, DC: Smithsonian Institution Press, 1996: 217–252
- [17] McGeoch MA. The selection, testing and application of terrestrial insects as bioindicators. *Biological Reviews*, 1998, **73**: 181–202
- [18] Thomas JA, Telfer MG, Roy DB, *et al.* Comparative losses of British butterflies, birds, and plants and the global extinction crisis. *Science*, 2004, **303**: 1879–1881
- [19] Molina JM, Palma JM. Butterfly diversity and rarity within selected habitats of western Andalusia, Spain (Lepidoptera: Papilionoidea and Hesperioidea). *Nota Lepidopterologica*, 1996, **78**: 267–280
- [20] Pendl M. Monitoring Butterfly in Vienna and surroundings// Kühn E, Feldmann R, Settele J, eds. *Studies on the Ecology and Conservation of Butterflies in Europe*. Vol 1: General Concepts and Case Studies. UFZ Leipzig: Pensoft Publishers, 2005: 98–99
- [21] Kuussaari M, Heliölä J, Pöyry J, *et al.* Developing indicators for monitoring biodiversity in agricultural landscapes: Differing status of butterflies associated with semi-natural grasslands, field margins and forest edges// Kühn E, Feldmann R, Settele J, eds. *Studies on the Ecology and Conservation of Butterflies in Europe*. Vol. 1: General Concepts and Case Studies. UFZ Leipzig: Pensoft Publishers, 2005: 89–92
- [22] Singer MC. Complex components of habitat suitability within a butterfly colony. *Science*, 1972, **176**: 75–77
- [23] Chen J-J (陈洁君), Wang Y-F (王义飞), Lei G-C (雷光春), *et al.* Impact of habitat quality on metapopulation structure and distribution of two melitaeine butterfly species. *Acta Entomologica Sinica* (昆虫学报), 2004, **47**(1): 59–66 (in Chinese)
- [24] Walther GR, Post E, Convey P, *et al.* Ecological responses to recent climate change. *Nature*, 2002, **416**: 389–395
- [25] Cleary DFR, Mooers AO. Butterfly species richness and community composition in forests affected by ENSO-induced burning and habitat isolation in Borneo. *Journal of Tropical Ecology*, 2004, **20**: 359–367
- [26] De Heer M, Kapos V, Ten BJE. Biodiversity trends in Europe: Development and testing of a species trend indicator for evaluating progress towards the 2010 target. *Philosophical transactions of the Royal Society of London B*, 2005, **360**: 297–308
- [27] De Vries PJ, Murray D, Lande R. Species diversity in vertical, horizontal, and temporal dimensions of a fruit-feeding butterfly community in an Ecuadorian rainforests. *Biological Journal of the Linnean Society*, 1997, **62**: 43–364
- [28] Dennis RLH, Shreeve TG. Climatic change and the British butterfly fauna: Opportunities and constraints. *Biological Conservation*, 1991, **55**: 1–16
- [29] Hill JK, Thomas CD, Fox R, *et al.* Responses of butterflies to twentieth century climate warming: Implications for future ranges. *Proceedings of the Royal Society of London B*, 2002, **269**: 2163–2171
- [30] McLaughlin JF, Hellmann JJ, Boggs CL, *et al.* Climate change hastens population extinctions. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2002, **99**: 6070–6074
- [31] Parmesan C, Ryrholm N, Stefanescu C, *et al.* Poleward shifts in geographical ranges of butterfly species associated with regional warming. *Nature*, 1999, **399**: 579–583
- [32] Parmesan C. Ecological and evolutionary responses to recent climate change. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 2006, **37**: 637–669
- [33] Settele J, Kudrna O, Harpke A, *et al.* Climatic risk atlas of European butterflies. Bulgaria: Pensoft Publishers, 2008
- [34] Stenseth NC, Mysterud A, Ottersen G, *et al.* Ecological effects of climate fluctuations. *Science*, 2002, **297**: 1292–1296
- [35] Warren MS, Hill JK, Thomas JA, *et al.* Rapid responses of British butterflies to opposing forces of climate and habitat change. *Nature*, 2001, **414**: 65–69
- [36] Brereton T. Farming and butterflies in Britain. *Biologist*, 2004, **51**: 1–5
- [37] Blair RB, Launer AE. Butterfly diversity and human land use: Species assemblages along an urban gradient. *Biological Conservation*, 1997, **80**: 113–125
- [38] Krauss J, Steffan DI, Tschamtkke T. How does landscape context contribute to effects of habitat fragmentation on diversity and population density of butterflies? *Journal of Biogeography*, 2003, **30**: 889–900
- [39] Roland J, Keyghobadi N, Fownes S. Alpine *Parnassius*

- butterfly dispersal: Effects of landscape and population size. *Ecology*, 2000, **81**: 1642–1653
- [40] Moilanen A, Hanski I. Metapopulation dynamics: Effects of habitat quality and landscape structure. *Ecology*, 1998, **79**: 2503–2515
- [41] Nelson SM, Andersen DC. An assessment of riparian environmental quality by using butterflies and disturbance susceptibility scores. *The Southwestern Naturalist*, 1994, **39**: 137–142
- [42] Oostermeijer JGB, Van Swaay CAM. The relationship between butterflies and environmental indicator values: A tool for conservation in a changing landscape. *Biological Conservation*, 1998, **86**: 271–280
- [43] Schultz CB, Crone EE. Using ecological theory to advance butterfly conservation. *Israel Journal of Ecology and Evolution*, 2008, **54**: 63–68
- [44] Pollard E, Yates TJ. Monitoring butterflies for ecology and conservation. London: Chapman and Hall, 1993: 1–248
- [45] Settele J, Hammen V, Hulme PE, *et al.* ALARM: Assessing large scale environmental risks for biodiversity with tested methods. *GAIA – Ecological Perspectives in Science, Humanities and Economics*, 2005, **14**: 69–72
- [46] Ehrlich PR, Murphy DD. Conservation lessons from long-term studies of checkerspot butterflies. *Conservation Biology*, 1987, **1**: 122–131
- [47] Brown JKS. Conservation of neotropical environments: Insects as indicators// Collins NM, Thomas JA, eds. The Conservation of Insects and their Habitats. London: Academic Press, 1991: 349–404
- [48] Kudrna O, Harpke A, Lux K. Distribution Atlas of Butterflies in Europe. Halle, Germany: GfS, 2011
- [49] Langlois D. Butterfly monitoring in 10 national nature Reserves in France// Kühn E, Feldmann R, Settele J, eds. Studies on the Ecology and Conservation of Butterflies in Europe. Vol. 1: General Concepts and Case Studies. UFZ Leipzig: Pensoft Publishers, 2005: 93–95
- [50] Centre for Ecology and Hydrology, Butterfly Conservation, Joint Nature Conservation Committee. United Kingdom Butterfly Monitoring Scheme [EB/OL]. (1976) [2012]. <http://www.ukbms.org/>
- [51] Helmholtz Centre for Environmental Research. Germany Butterfly Monitoring [EB/OL]. (2005) [2012]. <http://www.tagfalter-monitoring.de>
- [52] European Union. EU-wide Monitoring Methods and Systems of Surveillance for Species and Habitats of Community Interest (EuMon) [EB/OL]. (2004) [2012]. <http://eumon.ckff.si/monitoring>
- [53] Naturschutzbund Deutschland. Mapping European Butterflies (MEB) [EB/OL]. (1995) [2012]. <http://www.mapeurbutt.de/aims.htm>
- [54] European Union. Assessing Large-scale Environmental Risks for Biodiversity with Tested Methods (ALARM) [EB/OL]. (2004) [2012]. <http://www.alarmproject.net/>
- [55] Van Swaay CAM, Warren MS. Red Data Book of European Butterflies (Rhopalocera). Nature and Environment, No. 99. Strasbourg: Council of Europe, 1999
- [56] Van Swaay CAM. An assessment of the changes in butterfly abundance in the Netherlands during the 20th Century. *Biological Conservation*, 1990, **52**: 287–302
- [57] Maes D, Van Swaay CAM. A new methodology for compiling national red Lists applied to butterflies (Lepidoptera, Rhopalocera) in Flanders (N-Belgium) and the Netherlands. *Journal of Insect Conservation*, 1997, **1**: 113–124
- [58] Telfer MG, Preston CD, Rothery P. A general method for measuring relative change in range size from biological atlas data. *Biological Conservation*, 2002, **107**: 99–109
- [59] Li M (李密), Zhou H-C (周红春), Tan J-C (谭济才), *et al.* Butterfly species diversity and its conservation in Wuyunjie National Nature Reserve, Hunan Province of China. *Chinese Journal of Applied Ecology (应用生态学报)*, 2011, **22**(6): 1585–1591 (in Chinese)
- [60] Liu G-L (刘桂林), Pang H (庞虹), Zhou C-Q (周昌清), *et al.* Diversity of butterflies in Lianhua Mountain Nature Reserve of Dongguan City, Guangdong Province. *Chinese Journal of Applied Ecology (应用生态学报)*, 2004, **15**(4): 571–574 (in Chinese)
- [61] Wang M (王敏), Huang G-H (黄国华), Fan X-L (范晓凌), *et al.* Species diversity of butterflies in Shimentai Nature Reserve, Guangdong. *Biodiversity Science (生物多样性)*, 2003, **11**(6): 441–453 (in Chinese)
- [62] Zha Y-P (查玉平), Luo Q-G (骆启桂), Wang G-X (王国秀), *et al.* Community diversity of butterfly in Houhe National Nature Reserve. *Chinese Journal of Applied Ecology (应用生态学报)*, 2006, **17**(2): 265–268 (in Chinese)
- [63] Qi B (漆波), Yang P (杨萍), Deng H-L (邓合黎). The diversity indexes, richness and evenness of butterfly communities in the Three Gorge Reservoir area of Yangtze River. *Acta Ecologica Sinica (生态学报)*, 2006, **26**(9): 3049–3059 (in Chinese)
- [64] Taiwan Entomological Society (台湾昆虫学会). Taiwan Butterfly Monitoring [EB/OL]. (2010) [2012]. <http://www.tbmn.org.tw/butterfly/index.php>
- [65] Ministry of Environmental Protection (环境保护部). Standard for the Assessment of Regional Biodiversity (HJ 623–2011). Beijing: China Environmental Science Press, 2011 (in Chinese)

作者简介 房丽君,女,1962年生,博士,研究员.主要从事蝴蝶分类与系统发育、多样性及蝴蝶监测研究,发表论文30余篇. E-mail: fanglijunn@hotmail.com

责任编辑 肖红