

doi: 10.3969/j.issn.1674-0858.2016.05.14

南岭国家级自然保护区蝴蝶多样性与区系研究

周光益¹, 顾茂彬^{1*}, 龚粤宁², 王胜坤¹, 吴仲民¹, 谢国光²

(1. 中国林业科学研究院热带林业研究所, 广州 510520; 2. 广东南岭国家级自然保护区管理局, 广东乳源 512727)

摘要: 广东南岭国家级自然保护区位于南岭山脉中段的核心区域, 在生物进化史中具有特殊的地位。对栖息微环境变化敏感的蝶类是生态环境变化的指示物种, 对其进行多样性和区系的研究, 可为南岭蝶类资源的保护和利用等提供科学依据。于 1990–1997 年, 2006–2016 年连续多次对该保护区蝶类进行了调查, 结果显示: 共记录蝴蝶 11 科 218 属 501 种, 是国内诸保护区中蝴蝶种数最多的。分布在东洋区的蝴蝶共 377 种, 占蝶类种数的 75.2%, 古北区 94 种, 占 18.8%, 其它跨区系分布的只有 30 种, 属东洋区主导的分布型; 国内分布于华南、西南、华中 3 区的蝴蝶共 391 种 (78.04%), 其它分布区种类少, 这些说明南岭蝴蝶与南岭植物一样主要属亚热带成分。从自然保护区尺度的蝴蝶区系相似性比较看出, 种类数和区系相似性都随着离南岭的距离增大而减少, 与海南尖峰岭相比热带成分明显减少, 这些说明南岭蝴蝶组分不仅有热带向亚热带过渡的特点, 而且明显表现出以南岭为核心向周边扩散, 暗示了南岭中段可能为我国蝴蝶的起源和分化中心。弄蝶是蝶类中系统发育过程中最古老的类群, 该保护区弄蝶达 132 种, 占我国弄蝶种数的 35.68%, 这可能与丰富而古老的植物区系紧密相关; 黛眼蝶属 (幼虫以竹子为寄主) 有 28 种, 居国内各保护区之首, 这与南岭山地丰富的竹类资源有关, 这些表明植物与蝴蝶间密切的协同进化关系。

关键词: 南岭; 蝴蝶多样性; 区系; *G-F* 指数; 协同进化

中图分类号: Q985

文献标识码: A

文章编号: 1674-0858 (2016) 05-0971-08

Diversity and fauna of butterflies in Nanling National Nature Reserve

ZHOU Guang-Yi¹, GU Mao-Bin^{1*}, GONG Yue-Ning², WANG Sheng-Kun¹, WU Zhong-Min¹, XIE Guo-Guang² (1. Research Institute of Tropical Forestry, CAF, Guangzhou 510520, China; 2. Administration Bureau of Nanling National Nature Reserve, Ruyuan 512727, Guangdong Province, China)

Abstract: Nanling National Nature Reserve (NNNR) is located at the core area in middle part of Nanling Mountains of China, has special position in biological evolution history. Environmentally sensitive butterfly is an indicator species for environment changes. The research for diversity and fauna can provide important scientific basis for protection and utilization of butterfly resources in this region. The consecutive field investigations during 1990–1997 and 2006–2016 were conducted in NNNR. The results indicated that the reserve had the most butterfly species among all nature reserves in China and that there are 501 butterfly species affiliated 11 families and 218 genera, of which 377 species (75.2%) belong to Oriental realm, 94 species (18.8%) are Palearctic realm and other 30 species are co-existent in Oriental, Palearctic and other realms. 391 species (78.04%) are existent or/and co-existent in South China, Southwest China and Central China, while a few species are existent in other regions. These results indicate that NNNR's butterfly faunal elements, like its floral elements, are mainly subtropical. By comparing the similarity of

基金项目: 中央级科研院所基本科研业务费专项 (RITFYWZX201504, CAFYBB2011004-04, RITFYWZX2011-42); 中央林业补助资金项目 (GDHS15SGHG09093); 中国林科院广东北江源森林生态系统定位研究站

作者简介: 周光益, 男, 1964 年生, 研究员, 主要从事森林生态系统研究, E-mail: cheersritf@163.com

* 通讯作者 Author for correspondence, E-mail: gmbcpz@163.com

收稿日期 Received: 2016-03-07; 接受日期 Accepted: 2016-07-22

butterflies in different regions in reserve-scale, it can be found that species number and Jaccard index decreased along with the increasing distance far from NNNR, and the tropical elements of NNNR's butterfly species was significantly less than that of Jianfengling of Hainan Island. These data illustrated Nanling butterfly fauna has remarkable characteristics of transition from tropic to subtropic, and of spreading from NNNR to its surrounding areas, and implied that middle part of Nanling Mountain may be an originated and specialization center of butterfly in China. *Hesperiidae* species belongs phylogenetic ancient butterfly, 132 *Hesperiidae* species which occupied 35.68% of all *Hesperiidae* species of China were found in NNNR, this may be closely related to that there exist an ancient and rich-species flora there. Also, 28 *Lethe* species (host plant of its larva is bamboo) of Satyridae were found in NNNR, that also be closely related to rich bamboo resources there. This study revealed indirectly that there existed close cooperative coevolution relationship between plant and butterfly.

Key words: Nanling Mountains; butterfly diversity; fauna; *G-F* index; cooperative coevolution

广东南岭国家级自然保护区 (24°39'N - 28°08'N, 112°41'E - 113°15'18"E) 属中亚热带季风气候, 它与湖南莽山国家级自然保护区相连, 属同一山体, 地势北高南低, 地形复杂, 山地、峡谷、盆地俱全, 森林类型多样, 水热条件优越, 气候宜人。海拔超过 1200 m 的山峰有 85 座、海拔 1500 - 1600 m 的山峰有 29 座, 主峰石坑崆海拔 1902 m, 是广东的最高峰 (黄少敏等, 2003)。自下而上的垂直分布是常绿阔叶林带、山地常绿针阔叶林带、山顶常绿阔叶苔藓矮林带, 各植被类型之间的界线不明显。南岭植物种类繁多, 是广东省生物资源、生物基因最丰富的宝库 (陈涛和张宏达, 1994; 张宏达, 2003; 邢福武等, 2011)。这一得天独厚的自然环境为各种野生动植物提供了良好的栖息繁衍条件, 各类生物生长繁茂, 动植物资源十分丰富; 南岭自然保护区还是广东北部的天然屏障, 是中亚热带生物物种的发祥地、集中地和扩散地, 其物种起源古老, 种类繁多, 南北动植物交错渗透, 孕育着丰富的森林和野生动植物资源, 是我国生物多样性关键地区之一, 在生物进化史中具有特殊的地位。蝶类属鳞翅目 *Lepidoptera* 锤角亚目 *Rhopalocera* (D'Abrera, 1985; D'Abrera, 1993; 周尧, 1994; 顾茂彬和陈佩珍, 1997), 它们对栖息微环境变化敏感, 是监测环境变化的指示物种 (Singer, 1972; Ehrlich *et al.*, 1980; Kerr, 2001; Forister *et al.*, 2010)。在近 20 年前南岭自然保护区蝴蝶调查已有报道 (陈锡昌, 1997), 但其后在该区域又发现了许多新种和新分布种。本文研究主要内容是: (1) 以 1990 - 1997 年、2006 - 2016 年多次

调查的数据为基础, 结合他人的研究报道, 对南岭国家级自然保护区已发现的蝴蝶进行统计分析; (2) 对该区域蝴蝶进行多样性与区系的研究, 探讨昆虫的系统演化与生态地理分布。成果为昆虫科学和森林生态学研究、农业区划、环境监测、生物多样性保护与资源可持续性开发利用提供科学依据。

1 调查区域与方法

1.1 调查地点

固定样线调查区域分别在南岭树木园 (海拔 500 - 600 m)、八宝山保护站点的公路界牌 21 km 至 22 km (海拔 980 - 1100 m) 与石坑崆山顶附近 (海拔 1850 - 1902 m) 3 个固定地点进行; 其他调查点为乳阳管理区内的石坑口、清水湾和小黄山。本文作者于 1990 - 1997 年, 2006 - 2016 年多次对广东南岭国家级自然保护区蝶类多样性进行了调查研究, 记载蝴蝶的种类与数量。

1.2 调查方法

调查于晴天 9:00 - 11:30 进行。在树木园、八宝山保护站和石坑崆山顶 3 个点的调查按便于观察的固定路线法进行 (样线法), 每次每个点调查线路和距离 (约 1200 m) 相同 (谢国光等, 2015); 调查采用网捕、拍照和目测 3 种并用的方法, 沿途记载蝴蝶的种数与数量。其他调查点的调查, 只记载蝴蝶的种类。调查收集的标本存中国林业科学研究院热带林业研究所昆虫标本室; 大东山和大顶山保护站蝴蝶资料为生态摄影。

2 结果与分析

2.1 蝴蝶种类与多样性

本文作者于 1990 – 1997 年、2006 – 2016 年多次对广东南岭国家级自然保护区蝶类多样性进行了调查研究, 累计发现蝴蝶 11 科 218 属 501 种

(陈锡昌, 1997; 徐海明和王敏, 2014; 杨建业, 2014)。其中: 凤蝶科 14 属 36 种, 粉蝶科 14 属 27 种, 斑蝶科 5 属 8 种, 环蝶科 5 属 6 种, 眼蝶科 13 属 64 种, 蛱蝶科 43 属 115 种, 珍蝶科 1 属 1 种, 喙蝶科 1 属 1 种, 蛱蝶科 3 属 11 种, 灰蝶科 60 属 100 种, 弄蝶科 59 属 132 种 (表 1)。

表 1 南岭保护区各科蝴蝶的属数、种数及多样性
Table 1 Number of genera , species and diversity of butterflies in Nanling Nature Reserve

科 Family	属数 Genus	种数 Species	D_G	D_F	$G-F$ 指数 $G-F$ index
凤蝶科 Papilionidae	14	36			
粉蝶科 Pieridae	14	27			
斑蝶科 Danaidae	5	8			
环蝶科 Amathusiidae	5	6			
眼蝶科 Satyridae	13	64			
蛱蝶科 Nymphalidae	43	115			
珍蝶科 Acraeidae	1	1			
喙蝶科 Libytheidae	1	1			
蛱蝶科 Riodinidae	3	11			
灰蝶科 Lycaenidae	60	100			
弄蝶科 Hesperidae	59	132			
合计 Total	218	501	4. 795	18. 894	0. 746

蝴蝶科的多样性 (F 指数, D_F), 其计算公式为 $D_F = \sum D_{FK}$, $D_{FK} = - \sum P_i \cdot \ln (P_i)$, D_{FK} 为 K 科的物种多样性, P_i 为 K 科 i 属的物种数占 K 科物种总数的比值; 蝴蝶属的多样性 (G 指数, D_G) 计算公式 $D_G = - \sum q_j \cdot \ln (q_j)$, q_j 为 j 属的种数与总物种数之比; $G-F$ 指数 (D_{GF}) $= 1 - D_G/D_F$ (王敏等, 2003; 查玉平等, 2006)。研究得出: 南岭国家级自然保护区蝴蝶 G 指数和 F 指数分别为 4. 795 和 18. 894, 高出同一区域的石门台自然保护区中的原始林核心区蝴蝶多样性 (王敏等, 2003), G 指数和 F 指数分别高出 17. 15% 和 13. 50%。

2.2 蝴蝶区系组成

每种蝴蝶都有一定的地理分布区域, 是生物在进化过程对生态环境适应的结果。全世界陆地的动物地理分布划分为古北区、东洋区、澳洲区、非洲区、新北区和新热带区 (章世美, 1984)。中国陆地动物区划分属于世界动物地理分区的东洋区与古北区。

南岭国家级自然保护区共发现蝴蝶 501 种, 其中分布在东洋区的有 377 种, 占蝴蝶总数的 75. 2% (表 1); 古北区有种 94 种, 占 18. 8%; 澳洲区有 14 种, 占 2. 8%; 分布到古北、澳洲及古北、非洲各有 4 种, 占 0. 8%; 分布到其他区域的种类少, 详见表 2。由此可见, 南岭国家级自然保护区的蝴蝶区系组成以东洋区为主导的分布型, 其次是古北区。

东洋、古北两界在我国境内的分界线西起横断山脉北部, 经过川北的岷山与陕南的秦岭, 向东至淮河南岸, 直抵长江口以北。我国动物区系分七个区: 东北区、华北区、蒙新区、青藏区、西南区、华中区、华南区。其中前 4 个区属于古北界; 后 3 个区属于东洋界。南岭国家级自然保护区地处华南区, 分布在华南、西南、华中区的有 173 种, 占 34. 5%; 分布到华南与西南区的有 91 种, 占 18. 2%; 分布华南区的有 73 种占 14. 6% (表 3)。3 分布区有蝴蝶 391 种, 占 78. 04%, 南岭蝴蝶分布属于华南与西南区及华中为主导分布型, 符合南岭的生态地理位置。

表 2 南岭蝴蝶在全球动物区系中的结构与比重

Table 2 Component and percentage of Nanling butterflies in global fauna

东 洋 Oriental	古 北 Palearctic	澳 洲 Austral	非 洲 Africa	新 北 Nearctic	新 热 带 Neotropical	种数 Species number	百分比 (%)
■						377	75.2
■	■					94	18.8
■		■				14	2.8
■	■	■				4	0.8
■	■		■			4	0.8
■			■	■		3	0.6
■	■			■		1	0.2
■	■	■	■	■		1	0.2
■	■				■	1	0.2
■					■	1	0.2
■		■	■	■	■	1	0.2
合计 Total						501	100

表 3 南岭灰蝶在中国动物区系中的结构与比重

Table 3 Component and percentage of Nanling butterflies in Chinese fauna

华南 SC	西南 SW	华中 CC	华北 NC	东北 NE	青藏 QT	蒙新 MX	种数 Species number	百分比 (%) Percentage
○	○	○					173	34.5
○	○						91	18.2
○							73	14.6
○		○					54	10.8
○	○	○	○				24	4.8
○	○	○	○	○			16	3.2
○		○	○				11	2.2
○	○	○	○	○	○	○	10	2.0
○	○	○		○			10	2.0
○	○	○			○		6	1.2
○	○	○	○	○		○	5	1.0
○	○	○	○		○		5	1.0
○		○	○	○			5	1.0
○	○	○	○	○	○		4	0.8
○	○	○	○			○	4	0.8
○	○			○			2	0.4
○		○		○			2	0.4
○	○	○				○	1	0.2

续上表

华南 SC	西南 SW	华中 CC	华北 NC	东北 NE	青藏 QT	蒙新 MX	种数 Species number	百分比 (%) Percentage
○	○		○				1	0.2
○	○				○		1	0.2
○		○	○	○	○	○	1	0.2
○			○	○			1	0.2
○		○	○	○		○	1	0.2
合计 Total							501	100

Notes: SC , South China; SW , South West; CC , Central China; NC , North China; NE , North East; QT , Qinghai-Tibet; MX , Mongolia-Xinjiang.

2.3 蝴蝶区系相似性比较

两地蝴蝶区系相似 Jaccard 指数 (C_j) 按公式 C_j 数 = $c / (a + b - c)$ 计算, 相似百分率 (R) 按公式 $R = 2c / (a + b) 100\%$ 计算。式中: a 为 A 地物种数, b 为 B 地物种数, c 为 A 地和 B 地共有物种数; 相似百分率比较客观地反映两地蝴蝶的亲缘关系。通过南岭蝴蝶与其它地区保护区蝴蝶的相似性比较发现 (表 4): 广东南岭国家级自然保护区与同属南岭山脉中段的石门台自然保护区、南岭西段的广西猫儿山国家级自然保护区、南岭东段的江西九连山国家级自然保护区保护区蝶类的相似百分率分别为 67.29%、62.23% 和 70.23% , 该三地

的蝴蝶亲缘关系密切。南岭保护区蝴蝶总种数均高于其它保护区种数, 而且蝴蝶种类数和区系相似性都随着离南岭的距离增大而减少。另外, 在南岭发现不少新种, 如: 迷荫眼蝶 *Neope obscura* Wang et Fan、拟燕玳灰蝶 *Deudorix pseudorapaloides* Wang et Chou、南岭玳灰蝶 *Deudorix nanlingensis* Wang et Fan、陈氏何华灰蝶 *Howarthia cheni* Chou et Wang、陕婀灰蝶 *Shaanxiana australis* Xu、南岭双尾灰蝶 *Tajuria nanlingana* Wang et Fan、拟纹大弄蝶 *Capila neolineata* Wang et Huang、二色伊弄蝶 *Idmon bicolora* Fan et Wang、恩特须弄蝶 *Scobura stellata* Fan et Wang、庞氏肿脉弄蝶 *Zographetu pangi*

表 4 南岭保护区蝴蝶与其它地区保护区蝴蝶的相似比较
Table 4 Comaparion of butterflies similarity among different nature reserves

保护区名称/省 Reserve/Province	蝴蝶种数 Butterfly species	共有种 common species	相似率(%) Similarity ratio	Jaccard 指数 Jaccard index	引文 Cited reference
南岭/广东 Nanling /Guangdong	501				本研究
石门台/广东 Shimentai /Guangdong	361	290	67.29	0.507	王敏等, 2003.
九连山/江西 Jiulianshan /Jiangxi	285	276	70.23	0.541	袁景西等, 2015.
猫儿山/广西 Maoershan /Guangxi	280	243	62.23	0.452	王敏等, 2012.
舜皇山/湖南 Xunhuangshan /Hunan	323	250	60.68	0.436	陈玉君等, 2006.
戴云山/福建 Daiyunshan /Fujian	243	213	57.26	0.401	陈斌等, 2013.
尖峰岭/海南 Jiangfengling /Hainan	489	261	52.73	0.358	李意德等, 2012.
武夷山/江西 Wuyishan /Jiangxi	227	184	50.55	0.338	丁冬荪, 1996.
乌云界/湖南 Wuyunjie /Hunan	147	130	40.12	0.251	李密等, 2011.
天堂寨/安徽 Tiantangzai /Anhui	102	88	29.19	0.171	诸立新, 2005.
梵净山/贵州 Fanjingshan /Guizhou	86	74	25.21	0.144	梅杰等, 2015.

Fan and Wang, 还有些种只鉴定到属, 其中有些可能是新种。这些说明南岭蝴蝶组分不仅有热带向亚热带过渡的特点, 而且明显表现出以南岭为核心向周边扩散, 暗示了南岭可能为我国蝴蝶的起源和分化中心, 是我国南北动植物的分界线、发祥地和扩散中心。

3 结论与讨论

3.1 蝴蝶多样性

蝴蝶的分布及其多样性受多种因素制约, 包括自身的生物学特征、气候条件、地理因素 (地理位置、海拔高度、地质类型、离水源距离等)、生境状况 (生境类型、生境中植物种类数量、植被层次结构等) 和人为干扰情况 (人为管理、植被砍、作物栽培); 其中, 气候与植被是关键的影响因子。气候变化对蝴蝶地理分布的影响显著 (Pamesan *et al.*, 1999), 甚至引起蝴蝶种群的生存危险及灭绝 (Thomas *et al.*, 2004a; Chris *et al.*, 2008), 蝴蝶对气候变暖在物候上的响应是更快地度过幼虫阶段及变为成虫 (房丽君和关建玲, 2010); 而植被是蝴蝶赖以生存的栖息环境, 也是其食物来源, 植被变化时也会使蝴蝶分布区相应地随之改变 (Maslers *et al.*, 1998), 栖息地退化是导致生物多样性减少的主要原因 (Thomas *et al.*, 2004b)。

南岭国家级自然保护区下设秤架、乳阳、大东山、龙潭角和大顶山 5 个管理站, 历年的调查仅限在乳阳站几个固定点上进行; 杨建业等生态拍摄也仅限在乳阳站、大顶山与大东山。调查共发现的蝴蝶 501 种, 蝴蝶属的多样性 (即 *G* 指数) 和科的多样性 (即 *F* 指数) 高达 4.795 和 18.894。该区域蝴蝶种类之多超过被誉为蝴蝶王国台湾蝴蝶的种数, 台湾计迷蝶在内共 410 种 (陈维寿, 1998), 也超过海南尖峰岭国家级自然保护区的蝶类 489 种 (李意德等, 2012), 空前丰富的蝴蝶区系与南岭被誉为生物多样性特丰产地 (庞雄飞等, 2003) 结论相一致; 但形成南岭保护区蝴蝶多样性高的机理尚需要进一步研究。

3.2 系统发育与协同进化

南岭国家级自然保护区种子植物区系经历 4 亿年的发生、演替的自然历史产物, 区系中拥有大量古老、子遗、原始和特有的类群 (陈涛和张宏达, 1994; 张宏达, 2003), 弄蝶是蝶类中系统发

育过程中最古老的类群 (寿建新, 2011), 该保护区弄蝶总数达 132 种, 占我国弄蝶种数 (袁锋, 2015) 的 35.68%, 体现了南岭国家级自然保护区蝴蝶区系特别丰富是与丰富而古老的植物区系紧密相关的; 黛眼蝶属 *Lethe* 过去称竹眼蝶属 (李传隆, 1995), 因它们的幼虫主要取食竹子, 而南岭的崇山峻岭中各类竹子特别多, 黛眼蝶属发现有 28 种, 居国内各保护区之首, 环蛱蝶属 *Neptis* 有 26 种也属最多之列。这也表明植物与蝴蝶的密切关系与协同进化。

致谢: 参与调查的人员还有陈一全、邱治军、游章平、胡文强、吴裕建、陈军、肖小军等, 在此一并致谢!

参考文献 (References)

- Chan HSR, Young JJ. Search for Butterflies - world Series (Nanling National Nature Reserves Guangdong China) [M]. Hong Kong: HongKong Lepidopterists Society, 2013. [陈凯思, 杨建业. 寻蝶篇 - 海外之旅 (中国广东南岭国家级自然保护区) [M]. 香港: 鳞翅目学会, 2013]
- Chen B, Xu RD, Cai XX. The survey of butterfly species at Daiyunshan National Nature Reserve in Fujian [J]. *Wuyi Science Journal*, 2013, 29: 98 - 106. [陈斌, 徐荣地, 蔡孝星. 福建戴云山国家级自然保护区蝴蝶种类调查 [J]. 武夷科学, 2013, 29: 98 - 106]
- Chen RL, He KJ, Gong YN, *et al.* Effect of the 2008 ice storm on the butterfly resources in Nanling area of China [J]. *Ecological Science*, 2008, 27 (6): 478 - 482. [陈仁利, 何克军, 龚粤宁, 等. 雨雪冰冻灾害对南岭蝴蝶资源的影响 [J]. 生态科学, 2008, 27 (6): 478 - 482]
- Chen T, Zhang HD. The floristic geography of Nanling Mountain Range, China. I: Floristic composition and characteristics [J]. *Journal of Tropical and Subtropical Botany*, 1994, 2 (1): 10 - 23. [陈涛, 张宏达. 南岭植物区系地理学研究 I. 植物区系的组成和特点 [J]. 热带亚热带植物学报, 1994, 2 (1): 10 - 23]
- Chen WS. Information of Ornamental Butterfly in Taiwan [M]. Taipei: Qingxin Publishing Co., LTD, 1998. [陈维寿. 台湾赏蝶情报 [M]. 台北: 青新出版有限公司, 1998]
- Chen XC. A research on butterflies in Nanling National Nature Reserve [J]. *Natural Enemies of Insect*, 1997, 19 (1): 26 - 40. [陈锡昌. 南岭国家级自然保护区鳞翅目蝶类考察初报 [J]. 昆虫天敌, 1997, 19 (1): 26 - 40]
- Chen YJ, Li YY, Dou TS, *et al.* Investigation on butterflies resource in Shunhuangshan Mountain National Forest Park of Dong'an County in Hunan [J]. *Journal of Hunan Agriculture University (Natural Science)*, 2006, 32 (4): 398 - 401. [陈玉君, 李贻耀, 窦铁生, 等. 湖南省东安县舜皇山国家森林公园蝶类资源调查

- [J]. 湖南农业大学学报 (自然科学版), 2006 , 32 (4) : 398 - 401]
- Chen ZY , Liang LQ , Jia FL , *et al.* A catalogue of insects from Dadongshan (MT.) of Guangdong Nanling National Nature Reserve (V) [J]. *Natural Enemies of Insect* , 2002 , 24 (4) : 159 - 169. [陈振耀, 梁铭球, 贾凤龙, 等. 广东南岭国家级自然保护区大东山昆虫名录 (V) [J]. 昆虫天敌, 2002 , 24 (4) : 159 - 169]
- Chou I. Monographia Rhopalocerorum Sinensium [M]. Henan Science and Technology Publishing House , 1994. [周尧. 中国蝶类志 [M]. 郑州: 河南科学技术出版社, 1994]
- Chris AMS , Nowicki P , Settele J , *et al.* Butterfly monitoring in Europe , methods , applications and perspectives [J]. *Biodivers and Conserv.* , 2008 , 17 (14) : 3455 - 3469.
- D'Abrera B. Butterflies of Holarctic Region: Part 1 - 3 [M]. Victoria: Hill House , 1993: 118 - 179 , 186 - 250.
- D'Abrera B. Butterflies of the Oriental Region: Parts II [M]. Victoria: Hill House , 1985: 411 - 492.
- Ding DS. Faunistic structure and vertical distribution of butterflies in Jianxi Wuyishan Mountain Nature Conserve [J]. *Acta Entomologica Sinica* , 1996 , 39 (4) : 393 - 407. [丁冬荪. 江西武夷山自然保护区蝶类区系结构及垂直分布 [J]. 昆虫学报, 1996 , 39 (4) : 393 - 407]
- Ehrlich PR , Murphy DD , Singer MC , *et al.* Extinction , reduction , stability and increase the responses of checker spot butterfly populations to the California drought [J]. *Oecologia* , 1980 , 46: 101 - 105.
- Fang LJ , Guan JL. Progress in the studies of butterflies in responding to global climate change [J]. *Journal of Environmental Entomology* , 2010 , 32 (3) : 399 - 406. [房丽君, 关建玲. 蝴蝶对全球气候变化的响应及其研究进展 [J]. 环境昆虫学报, 2010 , 32 (3) : 399 - 406]
- Farm K , Garden B , Hau BC , *et al.* Report of a rapid biodiversity assessment at Nanling National Nature Reserve , Northwest Guangdong , China , June - July 2000 [J]. *South China Forest Biodiversity Survey Report Series* , 2003 (29) : 1 - 49.
- Forister ML , McCall AC , Sanders NJ , *et al.* Compounded effects of climate change and habitat alteration shift patterns of butterfly diversity [J]. *PNAS* , 2010 , 107 (5) : 2088 - 2092.
- Gong YN , Chen RL , Xie GG , *et al.* The butterfly fauna of Nanling and the impact of snow disaster on its densities [J]. *Journal of Environmental Entomology* , 2008 , 30 (4) : 381 - 385. [龚粤宁, 陈仁利, 谢国光, 等. 南岭眼蝶科区系及冰冻灾害前后的调查 [J]. 环境昆虫学报, 2008 , 30 (4) : 381 - 385]
- Gu MB , Chen PZ. Butterflies in Hainan Island [M]. Beijing: China Forestry Publishing House , 1997. [顾茂彬, 陈佩珍. 海南岛蝴蝶 [M]. 北京: 中国林业出版社, 1997]
- Huang SM , Long ZQ , Zhang JQ. Geomorphology of Guangdong Nanling National Nature Reserve. In: Pang XF , ed. Studies on Biodiversity of the Guangdong Nanling National Nature Reserve [M]. Guangzhou: Guangdong Scientific and Technology Press , 2003 , 14 - 27. [黄少敏, 龙志强, 张金泉. 广东南岭国家级自然保护区地貌. 见: 庞雄飞, 编. 广东南岭国家级自然保护区生物多样性研究 [M]. 广州: 广东科技出版社, 2003 , 14 - 27]
- Kerr JJ. Butterfly species richness patterns in Canada energy , heterogeneity and the potential consequences of climate change [J]. *Conservation Ecology* , 2001 , 5: 131 - 147.
- Li CL. Yunnan Butterfly [M]. Beijing: China Forestry Publishing House , 1995. [李传隆. 云南蝴蝶 [M]. 北京: 中国林业出版社, 1995]
- Li M , Zhou HC , Tan JC , *et al.* Species diversity and Faunistic characteristics of butterflies in Wuyunjie National Nature Reserve of Hunan province [J]. *Sichuan Journal of Zoology* , 2011 , 30 (6) : 897 - 915. [李密, 周红春, 谭济才, 等. 湖南乌云界蝴蝶物种多样性及区系特点研究 [J]. 四川动物, 2011 , 30 (6) : 897 - 915]
- Li YD , XV H , Luo TS , *et al.* Dataset of National Ecosystem Research Network of China: Jiangfengling Station of Hainan Island (Species Dataset) [M]. Beijing: China Agriculture Press , 2012 , 118 - 220 [李意德, 许涵, 骆士寿, 等. 中国生态系统定位观测与研究数据集: 海南尖峰岭站 (生物物种数据集) [M]. 北京: 中国农业出版社, 2012 , 118 - 220]
- Maslars GJ , Brown VK , Clarke IP , *et al.* Direct and indirect effects of climate change on insect herbivores Auchenorrhyncha (Homoptera) [J]. *Ecological Entomology* , 1998 , 23: 45 - 52.
- Mei J , Ran H , Yang TY , *et al.* Species diversity of butterflies in Fanjing Mountain National Nature Reserve of Guizhou [J]. *Chinese Journal of Ecology* , 2015 , 34 (2) : 504 - 509. [梅杰, 冉辉, 杨天友, 等. 贵州梵净山国家级自然保护区蝴蝶多样性 [J]. 生态学杂志, 2015 , 34 (2) : 504 - 509]
- Pamesan C , Ryrholm N , Stefanescu C , *et al.* Polew and shifts in geographical ranges of butterfly species associated with regional warming [J]. *Nature* , 1999 , 399: 579 - 583.
- Pang XF , Zhuang XY , Tian MY , *et al.* Nanling Mountains and Lingnan Basins: A megabiodiversity locality. In: Pang XF , ed. Studies on Biodiversity of the Guangdong Nanling National Nature Reserve [M]. Guangzhou: Guangdong Scientific and Technology Press , 2003 , 28 - 64. [庞雄飞, 庄雪影, 田明义, 等. 南岭和岭南 - 生物多样性丰产地. 见: 庞雄飞, 编. 广东南岭国家级自然保护区生物多样性研究 [M]. 广州: 广东科技出版社, 2003 , 28 - 64]
- Shou JX. A review of butterfly classification and its prospect [J]. *Journal of Xian University of Art & Science (Nat. Sci. Ed.)* , 2011 , 14 (2) : 19 - 25. [寿建新. 蝴蝶分类综述及展望 [J]. 西安文理学院学报 (自然科学版), 2011 , 14 (2) : 19 - 25]
- Singer MC. Complex components of habitat suitability within a butterfly colony [J]. *Science* , 1972 , 176: 75 - 77.
- Thomas CD , Cameron A , Green RE , *et al.* Extinction risk from climate change [J]. *Nature* , 2004 , 427 (8) : 145 - 148.
- Wang M , Tang DM. Butterflies of Guangxi Maoershan National Nature Reserve [M]. Nan Ning: Guangxi Minorities Press , 2012. [王敏, 唐东明. 广西猫儿山国家级自然保护区蝴蝶 [M]. 南宁:

- 广西民族出版社, 2012]
- Wang M, Fan XL. Butterflies Fauna Sinica: Lycaenidae [M]. Henan Science and Technology Publishing House, 2002. [王敏, 范晓凌. 中国灰蝶志 [M]. 郑州: 河南科学技术出版社, 2002]
- Wang M, Huang GH, Fan XL, *et al.* Species diversity of butterflies in Shimentai Nature Reserve, Guangdong [J]. *Biodiversity Science*, 2003, 11 (6): 441–453. [王敏, 黄国华, 范晓凌, 等. 石门台自然保护区蝴蝶物种多样性研究. 生物多样性, 2003, 11 (6): 441–453]
- Xie GG, Zhou GY, Gong YN, *et al.* Fauna component and ecological distribution of Lycaenidae in southern and northern side of Nanling Mountains [J]. *Journal of Environmental Entomology*, 2015, 37 (3): 507–516. [谢国光, 周光益, 龚粤宁, 等. 南岭南北坡灰蝶的区系组成与生态分布 [J]. 环境昆虫学报, 2015, 37 (3): 507–516]
- Xing FW, Chen HF, Wang FG, *et al.* Inventory of Plant Species Diversity in Nanling Mountains [M]. Wuhan: Huazhong University of Science and Technology Press, 2011. [邢福武, 陈红峰, 王发国, 等. 南岭植物物种多样性编目 [M]. 武汉: 华中科技大学出版社, 2011]
- Xu HM, Wang M. Preliminary report on Lycaenidae species from Nanling (Lepidoptera: Lycaenidae). [EB/OL]. www.paper.edu.cn. [徐海明, 王敏. 南岭灰蝶初报. [EB/OL]. 中国科技论文在线, <http://www.paper.edu.cn>]
- Yuan F, Yuan XQ, Xue GX. Fauna Sinica: Insecta Vol. 55 (Lepidoptera / Hesperidae) [M]. Beijing: Science Press, 2015. [袁锋, 袁向群, 薛国喜. 中国动物志: 昆虫纲·第五十五卷 (鳞翅目·弄蝶科) [M]. 北京: 科学出版社, 2015]
- Yuan JX, Hu HL, Xue GX. Monograph of Butterflies in Jiangxi Jiulianshan National Nature Reserve [M]. Haerbin: Heilongjiang Scientific and Technological Publishing House, 2015. [袁景西, 胡华林, 薛国喜. 江西九连山国家级自然保护区蝴蝶 [M]. 哈尔滨: 黑龙江科技出版社, 2015]
- Zha YP, Luo QG, Wang GX, *et al.* Community diversity of butterfly in Houhe National Nature Reserve [J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2006, 17 (2): 265–268. [查玉平, 骆启桂, 王国秀, 等. 后河国家级自然保护区蝴蝶群落多样性研究 [J]. 应用生态学报, 2006, 17 (2): 265–268]
- Zhang HD. An analysis on the flora of Nanling Mountain Reserves. In: Pang XF, ed. Studies on Biodiversity of the Guangdong Nanling National Nature Reserve [M]. Guangzhou: Guangdong Scientific and Technology Press, 2003, 204–212. [张宏达. 南岭山地的种子植物区系研究. 见: 庞雄飞, 编. 广东南岭国家级自然保护区生物多样性研究 [M]. 广州: 广东科技出版社, 2003, 204–212]
- Zhang SM. As to the fauna of insecta [J]. *Acta Agriculturae Universitatis Jiangxiensis*, 1984, 118 (1): 11–17. [章世美. 昆虫的分布区系 [J]. 江西农业大学学报, 1984, 118 (1): 11–17]
- Zheng LJ, Jin GM, Huang WZ. Seasonal variation in butterfly population in Nanling National Nature Reserve in Guangdong Province [J]. *Chinese Journal of Wildlife*, 2007, 28 (5): 33–35. [郑立军, 靳桂敏, 黄文志. 广东南岭国家级自然保护区蝶类季节变化的研究初报 [J]. 野生动物, 2007, 28 (5): 33–35]
- Zhu LX. Butterfly species in Anhui Tiantangzhai National Nature Reserve [J]. *Sichuan Journal of Zoology*, 2005, 24 (1): 47–49. [诸立新. 安徽天堂寨国家级自然保护区蝶类名录 [J]. 四川动物, 2005, 24 (1): 47–49]