•生物编目•

龙栖山自然保护区蝴蝶群落多样性及区系组成

洪芳¹ 向颖² 陈朝阳¹ 孙亮先¹ 罗春首³ 蒋国芳^{1*}¹ (泉州师范学院海洋与食品学院, 福建泉州 362000)² (吉首大学生物资源与环境科学学院, 湖南吉首 416000)³ (福建龙栖山国家级自然保护区管理局, 福建三明 353305)

摘要: 蝴蝶是生态质量和环境变化的重要指示生物。查明福建省龙栖山国家级自然保护区蝴蝶资源及其动态对龙栖山生物多样性保护和研究具有重要意义。通过2016–2018年对龙栖山自然保护区蝴蝶的持续调查和观测, 应用Shannon-Wiener指数及相对多度分析研究了蝴蝶的多样性、种群动态和区系成分。结果表明: 龙栖山自然保护区的蝶类有5科107属193种。在龙栖山样区设置的6条样线中, 小沛样线的属和种数均为最多, 共48属58种; 属于国家保护的蝴蝶有6种; 区系组成主要以东洋种成分(79.3%)为主, 广布种成分次之(21.2%); 蝴蝶优势种组成在不同年度间稍有变化, 持续稳定的优势种为矍眼蝶(*Ypthima baldus*)。

关键词: 群落多样性; 种群动态; 优势种; 区系分析; 龙栖山自然保护区; 蝴蝶观测

Community diversity and faunal composition of butterflies in the Longqishan Nature Reserve

Fang Hong¹, Ying Xiang², Chaoyang Chen¹, Liangxian Sun¹, Chunshou Luo³, Guofang Jiang^{1*}¹ College of Oceanology and Food Science, Quanzhou Normal University, Quanzhou, Fujian 362000² Institute of Biological Resources and Environmental Science, Jishou University, Jishou, Hunan 416000³ Longqishan National Nature Reserve Administration, Sanming, Fujian 353305

Abstract: Butterfly is an important indicator of ecological quality and environmental change. Finding out the butterfly resources and their dynamics in Longqishan National Nature Reserve in Fujian Province is of great significance to the conservation and research of Longqishan biodiversity. We analyzed the butterfly diversity, population dynamics, and faunal composition throughout the nature reserve using Shannon-wiener index and relative abundance and continuous observations over a three year period (2016–2018). We recorded five families, 107 genera, and 193 species of butterflies in the Longqishan Nature Reserve. Among the six sample lines in the Longqi Mountains area surveyed, the greatest number of genera and species was recorded on the Xiaopei sample line, with 48 genera and 58 species recorded in total. Six recorded butterfly species are under state protection. Overall, the faunal composition was dominated by Oriental species (79.3%) followed by widespread species (21.2%). The dominant butterfly species composition did not vary significantly between years. The continuously stable, dominant species recorded was *Ypthima baldus*.

Key words: community diversity; population dynamics; dominant species; fauna analysis; Longqishan Nature Reserve; butterfly observation

蝴蝶是生态环境的指示性昆虫, 大部分蝶类对环境变化敏感, 可以很好地反映环境的质量和变化, 还可以作为生物多样性丰富程度的指示物种, 间接地反映生物多样性的变化(Pollard & Yates, 1993; Hermy & Cornelis, 2000; 王敏等, 2003)。不同地理种

群是生态环境的产物, 蝴蝶的生态地理分布主要受食物、植被、土壤结构、温湿度等生态因子的影响。

龙栖山国家级自然保护区(以下简称“龙栖山保护区”)位于浙闽山地, 在全球25个重要的生物多样性热点之一的中国中南部(South-Central China)的东

收稿日期: 2020-05-14; 接受日期: 2020-08-14

基金项目: 生态环境部生物多样性保护专项(2018YFC0507206)

* 通讯作者 Author for correspondence. E-mail: cnjgf1208@163.com

部(Myers et al, 2000), 是我国陆地生物多样性关键地区, 也是目前华东地区森林保存较好、面积最大的区域(陈灵芝, 1993)。该地区的生物资源虽然丰富, 但过度的开发已造成普遍的资源枯竭, 加强保护和实现可持续利用是迫切之需(陈灵芝, 1993)。中国科学院动物研究所于1990–1991年在龙栖山保护区内开展了全面调查研究, 出版专著《龙栖山动物》(黄春梅等, 1993)。该书记载的昆虫种类约占福建省昆虫种类数的1/3, 而龙栖山面积仅占全省面积的1/2,000, 并首次记载了龙栖山蝴蝶10科72属104种, 但无绢蝶科和珍蝶科记录。此后未见有龙栖山蝴蝶的研究报道。

根据生态环境部蝴蝶多样性观测网络的统一要求(马方舟等, 2018), 2016–2018年我们对龙栖山自然保护区的蝴蝶进行了连续3年的观测调查, 结合前人的相关资料, 分析龙栖山自然保护区的蝶类多样性、种群动态及区系组成, 为进一步研究中国蝴蝶多样性和福建省鳞翅目昆虫区系的全貌提供参考。

1 研究区域概况

龙栖山国家级自然保护区位于福建省将乐县境内(117°13′–117°21′ E、26°28′–26°37′ N), 属武夷山脉东南延伸的支脉; 海拔235–1,620 m, 南北长18 km, 东西宽14 km, 保护区总面积156.93 km²。东南接白莲镇, 北靠黄潭镇, 西连万全乡, 西南与明溪县交界。地处中国南北亚热带交替区域, 千米以上高峰有40余座, 最高峰海拔1,620 m。年均气温16℃, 1月平均气温6.2℃, 7月平均气温为25.3℃, 比区外低5.8℃, 绝对最低气温–8.3℃, 绝对最高气温32℃。年平均降水量1,797 mm, 雨季主要在春夏, 秋冬降水量较少。该保护区自然生态环境良好, 保存着丰富、完整的原始森林, 森林覆盖率达96.5%; 珍稀动物较多, 如国家一级保护动物有金钱豹(*Panthera pardus*)、云豹(*Neofelis nebulosa*)、黄腹角雉(*Tragopan caboti*)、白颈长尾雉(*Syrmaticus ellioti*)、黑麂(*Muntiacus crinifrons*)、蟒(*Python molurus*)等, 生物多样性资源丰富(黄春梅等, 1993)。

2 方法

2.1 样线设置

为了充分体现龙栖山样区的生物多样性, 依据

全国统一的样线调查法(马方舟等, 2018), 我们在保护区的实验区和缓冲区分别设置了3条样线, 每条样线代表不同的海拔、植被和生境类型如森林、草地、菜地、田埂等。在2016–2018年的每年6个月里(4–9月), 对龙栖山自然保护区6条样线(龙潭、田角、沙溪仔、小沛、小王水库段和沙洲村)进行调查。在无雨、无较强干扰因素条件下, 尽量做到各月份同一日期(20日)调查。

2.2 调查与观测方法

每条样线长度2 km, 划分成10个样段, 平均每样段200 m, 每个样段内生境类型或土地利用方式相同。各样线、样段设置明显标识物并编号标记。选定样线后, 用基于安卓系统的手机应用“GPS工具箱”定位坐标, 在1:10,000地图上标注样线的路线。

观测时沿样线缓慢匀速前行, 速度1–1.5 km/h, 时间控制在80 min左右。记录样线左右各2.5 m、上方5 m、前方5 m范围内见到的所有蝴蝶的种类和数量(马方舟等, 2018)。记录迎面飞来的蝴蝶, 不重复计数同一只个体及身后的蝴蝶。在悬崖或水边, 沿样线记录一侧宽度为5 m范围内的数据, 在观测范围之外见到的蝴蝶种类, 写入备注栏中。若蝴蝶数量过多, 登记估计值或使用相机拍摄后计数。

对于不能确定的种类, 网捕或者拍照后进行鉴定。对网捕的蝴蝶种类确定后原地释放; 当场不能确定的种类, 用捕虫网采集, 放入三角纸袋中, 并记录采集地点、时间、采集人, 带回实验室鉴定、统计记录或拍照后依据照片和标本特征数据比对相关书籍检索鉴定。

2.3 分类和区系划分依据

对野外获得的标本, 依据《中国蝶类志》(周尧, 1994)、《中国蝴蝶图鉴》(武春生和徐堉峰, 2017)、《台湾蝴蝶图鉴》(徐堉峰, 2013)等资料进行检索鉴定和归类。根据各物种在我国的地理分布记录进行区系成分划分(王敏等, 2003), 把跨越两个或两个以上大动物地理区的种类称为广布种; 主要或完全分布于东洋区的种类称为东洋种; 古北界中的物种称为古北种(洪芳等, 2004)。

2.4 数据整理和分析方法

对上述获得的数据进行整理和统计, 并对统计的数据进行相对多度和Shannon-Wiener指数分析。

Shannon-Wiener指数(Shannon & Weaver, 1949; 王敏等, 2003): $H' = -\sum P_i \ln P_i$ 。 P_i 为种 i 的个体数占总个体数的比例。

在每条样线的每次观测中能被发现或采集到10个及以上个体的蝴蝶种, 我们拟定为优势种。

观测和整理的最终结果提交至全国蝴蝶多样性观测平台(China BON-Butterflies, <http://58.213.151.82:9966/>)。

3 结果

3.1 龙栖山自然保护区蝴蝶种类组成

3年中, 在龙栖山自然保护区共观测到蝴蝶5,171只, 分属于5科107属193种(附录1)。其中凤蝶科4属18种, 粉蝶科7属10种, 蛱蝶科53属106种, 灰蝶科24属30种, 弄蝶科19属29种, 总体上增加了134种在《龙栖山动物》(黄春梅, 1993)一书中未曾记载的蝴蝶。根据2000年国家林业局颁布的《国家保护的有益的, 或者有重要经济、科学研究价值的野生动物名录》, 龙栖山保护区内属于国家保护的蝴蝶种类有6种, 即金裳凤蝶(*Troides aeacus*)、宽尾凤蝶(*Papilio elwesi*)、箭环蝶(*Stichopthalma howqua*)、华西箭环蝶(*S. suffuse*)、枯叶蛱蝶(*Kallima inachus*)和虎斑灰蝶(*Yamamotozephyrus kwangtungensis*), 占我国两次颁布(1989和2000年)的保护物种名录中蝶类总数量(83种)的7.2%。

3.2 区系地理成分

龙栖山自然保护区的蝶类中, 广布种已知32属41种(附录1), 分别占保护区蝴蝶属、种总数的29.9%和21.2%; 东洋种有86属151种(附录1), 分别

占80.4%和78.2%。出现了1个古北种(附录1), 即小弄蝶(*Leptalina unicolor*)。

3.3 龙栖山自然保护区蝶类的多样性

3.3.1 各样线蝴蝶物种多样性

从统计结果(表1)来看, 在龙栖山样区设置的6条样线中, 小沛样线的属数和种数均为最多, 共48属58种; 小王水库段最少, 共25属34种, 这应与小王水库段人为活动频繁、植被较单一有关。

3.3.2 优势种组成

2016年, 龙栖山蝴蝶优势种主要有宽边黄粉蝶(*Eurema hecabe*)、蒙链荫眼蝶(*Neope muirheadii*)、连纹黛眼蝶(*Lethe syrcis*)、矍眼蝶(*Ypthima baldus*)和斐豹蛱蝶(*Argyreus hyperbius*); 2017年, 有宽边黄粉蝶、东方菜粉蝶(*Pieris canidia*)、苎麻珍蝶(*Acraea issoria*)、矍眼蝶和酢酱灰蝶(*Zizeeria maha*); 2018年, 有东方菜粉蝶、长尾麝凤蝶(*Byasa impediens*)、连纹黛眼蝶、矍眼蝶和酢酱灰蝶。由此可见, 矍眼蝶在3个年度均是优势种, 是该保护区活动表现最为稳定的蝴蝶优势种。

3.3.3 物种多样性指数

从Shannon-Wiener多样性指数计算结果来看, 龙栖山自然保护区具有较高的蝶类多样性(表2), 这与保护区多年来注重自然保护, 避免人为破坏有一定的关系。从多样性指数年度变化来看, 龙栖山保护区2017年的物种多样性指数最高(5.0442), 而2018年的物种多样性指数降低的主要原因是当年6月份整个福建省受到了台风暴雨天气的较大影响。

3.4 种群动态

在2016–2018年, 蝴蝶种数以2017年最多(129

表1 龙栖山保护区6个样线的蝴蝶属种数量
Table 1 The number of species and genus of butterflies in six lines in the Longqishan Nature Reserve

科 Family	龙潭 Longtan		沙溪仔 Shaxizhai		小王水库 Xiaowang reservoir		沙洲村 Shazhoucun		田角 Tianjiao		小沛 Xiaopei	
	属 Genera	种 Species	属 Genera	种 Species	属 Genera	种 Species	属 Genera	种 Species	属 Genera	种 Species	属 Genera	种 Species
凤蝶科 Papilionidae	2	5	3	4	1	3	3	9	2	3	3	4
粉蝶科 Pieridae	2	3	2	4	2	2	2	2	2	2	3	3
蛱蝶科 Nymphalidae	18	27	17	29	11	16	21	23	21	27	29	38
灰蝶科 Lycaenidae	9	10	7	8	8	10	6	7	7	7	9	9
弄蝶科 Hesperiidae	6	7	2	2	3	3	2	2	4	6	4	4
合计 Total	37	52	31	47	25	34	34	43	36	45	48	58

蝴蝶多样性观测专栏

表2 龙栖山自然保护区蝶类群落多样性指数**Table 2 Species diversity index of butterflies in the Longqishan Nature Reserve**

年度 Year	科数 Family	种数 Species	个体数 Individual	Shannon-Wiener 指数 Shannon-Wiener index
2016	5	88	1,184	4.9590
2017	5	129	1,936	5.0442
2018	5	110	2,037	5.0325

种), 个体数则是逐年递增, 以2018年为最多(2,037)(表2)。

龙栖山各月份蝴蝶种群数量动态分析表明: 每年的蝴蝶种类数以6月份最多, 而个体数则主要以9月份最多(表3)。

4 讨论

龙栖山自然保护区的蝶类资源非常丰富。仅从跟踪观测的6条样线的调查结果来看, 就有5科107属193种。从属种的区系组成和数量分配上来看, 龙栖山自然保护区蝶类以东洋种成分占绝对优势地位, 有86属153种, 占该保护区属、种总数的80.4%

和78.2%, 这与其温暖湿润的气候和复杂的地形地貌密切相关。另外还发现了1个古北种, 即小弄蝶。

对于福建省蝴蝶的种类, 徐奇涵(2004)统计有11科224属545种, 比《福建昆虫志(第四卷)》(黄邦侃, 2001)中记录的多了30种, 但缺乏正式发表的详细名录, 因此本文并不以此为据。本文认可《福建昆虫志(第四卷)》的可靠性。从与福建全省蝴蝶种类和数量的比较来看, 据中国蝴蝶分类系统(周尧, 1994), 福建蝶类有11科(黄邦侃, 2001), 而根据现行国际蝴蝶分类系统, 即凤蝶科、粉蝶科、蛱蝶科、灰蝶科和弄蝶科5科系统, 这5科的种类在福建省均有; 龙栖山自然保护区也有这5科蝴蝶。根据《龙栖山动物》记录的蝴蝶, 缺少珍蝶科, 即现行国际分类系统中的蛱蝶亚科的珍蝶族(Acraeini), 也缺少绢蝶科, 即现行的绢蛱蝶亚科(Calinaginae)。可是在我们这3年的蝴蝶观测中发现隶属于珍蝶族的苧麻珍蝶是龙栖山蝴蝶的1个常见种。我们推测, 当年中国科学院动物所在进行龙栖山昆虫考察时并未采集到苧麻珍蝶。龙栖山蛱蝶科的资源非常丰富, 共有53属, 占福建全省蛱蝶种类的65.4%。

表3 龙栖山每年6个月份蝴蝶的种数和个体数**Table 3 Species and individual numbers of butterflies in Longqishan in six months every year**

年度 Year	4月 April		5月 May		6月 June		7月 July		8月 August		9月 September		10月 October	
	种数 Species	个体数 Inds.	种数 Species	个体数 Inds.	种数 Species	个体数 Inds.	种数 Species	个体数 Inds.	种数 Species	个体数 Inds.	种数 Species	个体数 Inds.	种数 Species	个体数 Inds.
2016	—	—	33	155	52	170	38	217	35	260	42	454	7	11
2017	27	107	41	264	—	—	48	222	53	434	54	738	54	293
2018	42	212	49	563	53	232	33	176	—	—	52	402	42	309

—数据缺失(因台风、暴雨等极端天气无法观测) — Lack of data (cannot be observed due to typhoons, torrential rains and other extreme weather)

从多样性来看, 将乐县龙栖山自然保护区具有较高的蝶类多样性, 除了跟龙栖山独特的地理环境因素有关, 还与当地注重保护生态环境资源密不可分。但是在观测过程中, 我们发现该保护区尚存在一些生境破坏等人为干扰的因素。龙栖山蝴蝶多样性面临的威胁因素主要是植被破坏, 如砍伐和运输竹子及清除下层小灌木丛(为方便砍竹及运竹), 这些行为主要对竹林中蝴蝶生存影响较大。其次是旅游开发, 建议今后注意适度控制旅游人数和路线。

参考文献

Chen LZ (1993) Biodiversity in China: The Present Situation of

and Its Protection Measures. Science Press, Beijing. [陈灵芝 (1993) 中国的生物多样性: 现状及其保护对策. 科学出版社, 北京.]

Chou I (1994) Monographia Rhopalocerorum Sinensium. Henan Science and Technology Press, Zhengzhou. (in Chinese) [周尧 (1994) 中国蝶类志(上、下册). 河南科学技术出版社, 郑州.]

Hermý M, Cornelis J (2000) Towards a monitoring method and a number of multifaceted and hierarchical biodiversity indicators for urban and suburban parks. Landscape and Urban Planning, 49, 149–162.

Hong F, Jiang GF, Zhou SY (2004) A composition analysis of the butterfly fauna of Shiwandashan Mountain in Guangxi. Journal of Nanjing Normal University (Natural Science Edition), 27(2), 87–90. (in Chinese with English abstract)

- [洪芳, 蒋国芳, 周善义 (2004) 广西十万大山蝶类区系组成的初步研究. 南京师大学报(自然科学版), 27(2), 87–90.]
- Huang BK (2001) Fauna of Insects in Fujian Province of China, Vol. 4. Fujian Science and Technology Press, Fuzhou. (in Chinese) [黄邦侃 (2001) 福建昆虫志(第四卷). 福建科学技术出版社, 福州.]
- Huang CM (1993) Animals in Longqi Mountains. China Forestry Publishing House, Beijing. (in Chinese) [黄春梅 (1993) 龙栖山动物. 中国林业出版社, 北京.]
- Ma FZ, Xu HG, Chen MM, Tong WJ, Wang CB, Cai L (2018) Progress in construction of China butterfly diversity observation network (China BON-Butterflies). Journal of Ecology and Rural Environment, 34(1), 27–36. (in Chinese with English abstract) [马方舟, 徐海根, 陈萌萌, 童文君, 王晨彬, 蔡蕾 (2018) 全国蝴蝶多样性观测网络(China BON-Butterflies)建设进展. 生态与农村环境学报, 34, 27–36.]
- Myers N, Mittermeier RA, Mittermeier CG, da Fonseca AB, Kent J (2000) Biodiversity hotspots for conservation priorities. Nature, 403, 853–858.
- Pollard E, Yates TJ (1993) Monitoring Butterflies for Ecology and Conservation: The British Butterfly Monitoring Scheme. Chapman and Hall, London.
- Shannon C, Weaver W (1949) The Mathematical Theory of Communication. Urbana University of Illinois Press, Illinois.
- Wang M, Huang GH, Fan XL, Xie GZ, Huang LS, Dai KY (2003) Species diversity of butterflies in Shimentai Nature Reserve, Guangdong. Biodiversity Science, 11, 441–453. (in Chinese with English abstract) [王敏, 黄国华, 范晓凌, 谢国忠, 黄林生, 戴克元 (2003) 石门台自然保护区蝴蝶物种多样性研究. 生物多样性, 11, 441–453.]
- Wu CS, Xu YF (2017) Butterflies of China. The Straits Publishing House, Fuzhou. (in Chinese) [武春生, 徐堉峰 (2017) 中国蝴蝶图鉴. 海峡书局, 福州.]
- Xu QH (2004) A overview of butterfly resources in Fujian Province. Journal of Fujian Institute of Education, 16(10), 110–112. (in Chinese with English abstract) [徐奇涵 (2004) 福建省蝶类资源概述. 福建教育学院学报, 16(10), 110–112.]
- Xu YF (2013) Butterflies of Taiwan (Parts I, II, III). Morning Star Publishing Ltd., Taizhong. (in Chinese) [徐堉峰 (2013) 台湾蝴蝶图鉴(上、中、下). 晨星出版有限公司, 台中.]
- (责任编辑: 朱朝东 责任编辑: 时意专)

附录 Supplementary Material

附录1 龙栖山国家级自然保护区蝶类名录

Appendix 1 List of butterfly species recorded in Longqishan National Nature Reserve
<http://www.biodiversity-science.net/fileup/PDF/2020203-1.pdf>

附录2 蝴蝶在各样线的分布信息

Appendix 2 Distribution information of butterflies in each sample line
<http://www.biodiversity-science.net/fileup/PDF/2020203-2.pdf>

附录 1 龙栖山国家级自然保护区蝶类名录。表格中标有#者, 示在《龙栖山动物》中未曾记录的蝶种。

Appendix 1 Species list of butterflies recorded in the Longqishan National Nature Reserve

种名及分类归属 Species and classification	个体数 Individual number	东洋种 Oriental species	古北种 Palearctic species	广布种 Widespread species
1 凤蝶科 Papilionidae				
1) 金裳凤蝶 <i>Troides aeacus</i> (C.& R.Felder) #	2	+		
2) 中华麝凤蝶 <i>Byasa confusus</i> (Jordan)	34	+		
3) 长尾麝凤蝶 <i>Byasa impediens</i> (Seita)	240	+		
4) 灰绒麝凤蝶 <i>Byasa menciui</i> (C.& R.Felder)	3			+
5) 宽尾凤蝶 <i>Papilio elwesi</i> Leech #	1	+		
6) 玉带凤蝶 <i>Papilio polytes</i> Linnaeus	16	+		
7) 玉斑凤蝶 <i>Papilio helenus</i> Linnaeus#	67	+		
8) 蓝凤蝶 <i>Papilio protenor</i> Cramer	21			+
9) 美凤蝶 <i>Papilio memnon</i> Linnaeus #	8	+		
10) 碧凤蝶 <i>Papilio bianor</i> Cramer	14			+
11) 柑橘凤蝶 <i>Papilio xuthus</i> Linnaeus	4			+
12) 金凤蝶 <i>Papilio machaon</i> Linnaeus#	1			+
13) 宽带青凤蝶 <i>Graphium cloanthus</i> (Westwood) #	7	+		
14) 青凤蝶 <i>Graphium sarpedon</i> (Linnaeus) #	41	+		
15) 碎斑青凤蝶 <i>Graphium chironides</i> (Honrath) #	3	+		
16) 木兰青凤蝶 <i>Graphium doson</i> (C.& R.Felder) #	1	+		
17) 穹翠凤蝶 <i>Papilio dialis</i> (Leech) #	3	+		
18) 巴黎翠凤蝶 <i>Papilio paris</i> Linnaeus #	10	+		
2 粉蝶科 Pieridae				
1) 迁粉蝶 <i>Catopsilia pomona</i> (Fabricius) #	7	+		
2) 黑角方粉蝶 <i>Dercas lycorias</i> (Doubleday) #	1	+		
3) 尖角黄粉蝶 <i>Eurema laeta</i> (Boisduval) #	24	+		
4) 宽边黄粉蝶 <i>Eurema hecabe</i> (Linnaeus)	649			+
5) 槲黄粉蝶 <i>Eurema blanda</i> (Boisduval) #	4	+		
6) 洒青斑粉蝶 <i>Delias sanaca</i> (Moore) #	3	+		
7) 锯粉蝶 <i>Prioneris thestylis</i> (Doubleday) #	1	+		
8) 菜粉蝶 <i>Pieris rapae</i> (Linnaeus)	45			+
9) 东方菜粉蝶 <i>Pieris canidia</i> (Sparrman)	448			+
10) 飞龙粉蝶 <i>Talbotia naganum</i> (Moore) #	3	+		
3 蛱蝶科 Nymphalidae				
1) 暮眼蝶 <i>Melanitis leda</i> (Linnaeus)	58	+		
2) 睇暮眼蝶 <i>Melanitis phedima</i> (Cramer) #	2	+		
3) 黛眼蝶 <i>Lethe dura</i> (Marshall) #	27	+		
4) 连纹黛眼蝶 <i>Lethe syrcis</i> Hewitson	385			+
5) 宽带黛眼蝶 <i>Lethe helena</i> Leech #	1	+		
6) 棕褐黛眼蝶 <i>Lethe christophi</i> Leech	17	+		
7) 深山黛眼蝶 <i>Lethe hyrania</i> (Kollar) #	10	+		
8) 白带黛眼蝶 <i>Lethe confusa</i> Aurivillius	46	+		

种名及分类归属 Species and classification	个体数 Individual number	东洋种 Oriental species	古北种 Palearctic species	广布种 Widespread species
9) 玉带黛眼蝶 <i>Lethe verma</i> (Kollar) #	4	+		
10) 尖尾黛眼蝶 <i>Lethe sinorix</i> (Hewitson) #	1	+		
11) 蛇神黛眼蝶 <i>Lethe satyrina</i> Bulter	2	+		
12) 曲纹黛眼蝶 <i>Lethe chandica</i> Moore	121	+		
13) 三楔黛眼蝶 <i>Lethe mekara</i> Moore #	5	+		
14) 阿芒荫眼蝶 <i>Neope arandii</i> (Oberthür) #	3	+		
15) 布莱荫眼蝶 <i>Neope bremeri</i> (C.& R.Felder) #	6	+		
16) 黑斑荫眼蝶 <i>Neope pulahoides</i> (Moore)	2	+		
17) 蒙链荫眼蝶 <i>Neope muirheadii</i> (C.& R.Felder)	261	+		
18) 黄荫眼蝶 <i>Neope contrasta</i> Mell #	21	+		
19) 蓝斑丽眼蝶 <i>Mandarinia regalis</i> (Leech) #	2	+		
20) 小眉眼蝶 <i>Mycalesis mineus</i> (Linnaeus) #	30	+		
21) 平顶眉眼蝶 <i>Mycalesis mucianus</i> Fruhstorfer #	18	+		
22) 稻眉眼蝶 <i>Mycalesis gotama</i> Moore	4			+
23) 拟稻眉眼蝶 <i>Mycalesis francisca</i> (Stoll)	4	+		
24) 白斑眼蝶 <i>Penthema adelma</i> (C.& R.Felder) #	40	+		
25) 凤眼蝶 <i>Neorina patria</i> Leech	1	+		
26) 矍眼蝶 <i>Ypthima baldus</i> (Fabricius) #	364			+
27) 前雾矍眼蝶 <i>Ypthima praenubila</i> Leech #	3	+		
28) 幽矍眼蝶 <i>Ypthima conjuncta</i> Lecch #	5	+		
29) 密纹矍眼蝶 <i>Ypthima multistriata</i> Butler #	62			+
30) 古眼蝶 <i>Palaeonympha opalina</i> Butler	2	+		
31) 朴喙蝶 <i>Libythea lepita</i> Moore	3			+
32) 虎斑蝶 <i>Danaus genutia</i> (Cramer) #	7	+		
33) 青斑蝶 <i>Tirumala limniace</i> (Cramer) #	7	+		
34) 绢斑蝶 <i>Parantica agles</i> (Stoll) #	4	+		
35) 拟箭斑蝶 <i>Ideopsis similis</i> (Linnaeus) #	5	+		
36) 幻紫斑蝶 <i>Euploea core</i> (Cramer) #	1	+		
37) 纹环蝶 <i>Aemonia amathusia</i> (Hewitson)	6	+		
38) 箭环蝶 <i>Stichophthalma howqua</i> (Westwood)	168	+		
39) 华西箭环蝶 <i>Stichophthalma suffuse</i> Leech #	1	+		
40) 灰翅串珠环蝶 <i>Faunis aerope</i> (Leech) #	4	+		
41) 苎麻珍蝶 <i>Acraea violae</i> (Fabricius) #	178	+		
42) 白带锯蛱蝶 <i>Cethosia biblis</i> (Drury) #	1	+		
43) 黄襟蛱蝶 <i>Cupha erymanthis</i> (Drury) #	2	+		
44) 绿豹蛱蝶 <i>Argynnis paphia</i> (Linnaeus)	3			+
45) 斐豹蛱蝶 <i>Argyreus hyperbius</i> (Linnaeus)	156			+
46) 老豹蛱蝶 <i>Argyronome laodice</i> Pallas #	15			+
47) 青豹蛱蝶 <i>Damora sagana</i> Doubledag	47			+
48) 银豹蛱蝶 <i>Childrena children</i> (Gray)	71	+		
49) 枯叶蛱蝶 <i>Kallima inachus</i> (Doyère) #	8	+		

种名及分类归属 Species and classification	个体数 Individual number	东洋种 Oriental species	古北种 Palearctic species	广布种 Widespread species
50) 琉璃蛱蝶 <i>Kaniska canace</i> (Linnaeus)	16	+		
51) 黄钩蛱蝶 <i>Polygonia c-aureum</i> (Linnaeus)	12			+
52) 大红蛱蝶 <i>Vanessa indica</i> (Herbst)	2			+
53) 小红蛱蝶 <i>Vanessa cardui</i> (Linnaeus)	12			+
54) 美眼蛱蝶 <i>Junonia almanac</i> (Linnaeus)	44	+		
55) 钩翅眼蛱蝶 <i>Junonia iphita</i> (Cramer) #	6	+		
56) 散纹盛蛱蝶 <i>Symbrenthia lila</i> Hewitson #	5	+		
57) 花豹盛蛱蝶 <i>Symbrenthia hypselis</i> (Godart) #	5	+		
58) 凤尾蛱蝶 <i>Polyura arja</i> (C.& R.Felder) #	5	+		
59) 二尾蛱蝶 <i>Polyura narca</i> (Hewitson)	4			+
60) 忘忧尾蛱蝶 <i>Polyura nepenthes</i> (Grose-Smith) #	5	+		
61) 白带蛱蝶 <i>Charaxes bernardus</i> (Fabricius)	5	+		
62) 迷蛱蝶 <i>Mimathyma chevana</i> (Moore) #	1	+		
63) 罗蛱蝶 <i>Rohana parisatis</i> (Westwood) #	18	+		
64) 傲白蛱蝶 <i>Helcyra superba</i> Leech #	13	+		
65) 黄帅蛱蝶 <i>Sephisa princeps</i> (Fixsen) #	4			+
66) 黑脉蛱蝶 <i>Hestina assimilis</i> (Linnaeus)	4			+
67) 白裳猫蛱蝶 <i>Timelaea albescens</i> (Oberthür)	15	+		
68) 素饰蛱蝶 <i>Stibochiona nicea</i> (Gray)	4	+		
69) 电蛱蝶 <i>Dichorragia nesimachus</i> (Doyère) #	3	+		
70) 网丝蛱蝶 <i>Cyrestis thyodamas</i> Boisduval	8	+		
71) 红裙边翠蛱蝶 <i>Euthalia irrubescens</i> Grose-Smith #	9	+		
72) 尖翅翠蛱蝶 <i>Euthalia phemius</i> (Doubleday) #	3	+		
73) 嘉翠蛱蝶 <i>Euthalia kardama</i> (Moore) #	1	+		
74) 黄翅翠蛱蝶 <i>Euthalia kosempona</i> Fruhstorfer #	40	+		
75) 黄铜翠蛱蝶 <i>Euthalia nara</i> (Moore) #	2	+		
76) 华东翠蛱蝶 <i>Euthalia rickettsi</i> Hall #	6	+		
77) 明带翠蛱蝶 <i>Euthalia yasuyukii</i> Yoshino #	3	+		
78) 褐裙玳蛱蝶 <i>Tanaecia jahnu</i> (Moore) #	2	+		
79) 婀蛱蝶 <i>Abrota ganga</i> Moore #	5	+		
80) 奥蛱蝶 <i>Auzakia danava</i> (Moore) #	3	+		
81) 断眉线蛱蝶 <i>Limnitis doerriesi</i> Staudinger #	1			+
82) 残钹线蛱蝶 <i>Limnitis sulphita</i> (Cramer) #	70	+		
83) 双色带蛱蝶 <i>Athyma cama</i> Moore #	4	+		
84) 玄珠带蛱蝶 <i>Athyma perius</i> (Linnaeus) #	2	+		
85) 新月带蛱蝶 <i>Athyma selenophora</i> (Kollar) #	7	+		
86) 孤斑带蛱蝶 <i>Athyma zeroa</i> Moore #	2	+		
87) 相思带蛱蝶 <i>Athyma nefte</i> (Cramer) #	3	+		
88) 玉杵带蛱蝶 <i>Athyma jina</i> Moore #	38	+		
89) 缕蛱蝶 <i>Litinga cottini</i> (Oberthür) #	3	+		
90) 丫纹俳蛱蝶 <i>Parasarpa dudu</i> (Doubleday) #	2	+		

种名及分类归属 Species and classification	个体数 Individual number	东洋种 Oriental species	古北种 Palearctic species	广布种 Widespread species
91) 小环蛱蝶 <i>Neptis sappho</i> (Pallas)	18			+
92) 中环蛱蝶 <i>Neptis hylas</i> (Linnaeus)	28	+		
93) 耶环蛱蝶 <i>Neptis yerburii</i> Butler #	3	+		
94) 珂环蛱蝶 <i>Neptis clinia</i> Moore #	72	+		
95) 娑环蛱蝶 <i>Neptis soma</i> Moore	5	+		
96) 娜环蛱蝶 <i>Neptis nata</i> Moore #	2	+		
97) 宽环蛱蝶 <i>Neptis mahendra</i> Moore #	2	+		
98) 弥环蛱蝶 <i>Neptis miah</i> Moore	9	+		
99) 断环蛱蝶 <i>Neptis sankara</i> Kollar	2	+		
100) 卡环蛱蝶 <i>Neptis cartica</i> Moore #	1	+		
101) 司环蛱蝶 <i>Neptis speyeri</i> Staudinger #	3			+
102) 啡环蛱蝶 <i>Neptis philyra</i> M é n é r i è s #	2			+
103) 阿环蛱蝶 <i>Neptis ananta</i> Moore	4	+		
104) 莲花环蛱蝶 <i>Neptis hesione</i> Leech	2	+		
105) 链环蛱蝶 <i>Neptis pryri</i> Butler #	2			+
106) 金蟠蛱蝶 <i>Pantoporia hordonia</i> (Stoll) #	1	+		
4 灰蝶科 Lycaenidae				
1) 白带褐蛱蝶 <i>Abisara fylloides</i> (Westwood) #	4	+		
2) 长尾褐蛱蝶 <i>Abisara neophron</i> (Hewitson)	3	+		
3) 白蛱蝶 <i>Stiboges nymphidia</i> Butler #	7	+		
4) 波蛱蝶 <i>Zemeros flegyas</i> (Cramer)	13	+		
5) 德铎灰蝶 <i>Allotinus drumila</i> (Moore) #	4	+		
6) 中华云灰蝶 <i>Miletus chinensis</i> C.Felder #	71	+		
7) 蛱灰蝶 <i>Taraka hamada</i> Druce	95			+
8) 尖翅银灰蝶 <i>Curetis acuta</i> Moore	49	+		
9) 线灰蝶 <i>Thecla betula</i> (Linnaeus) #	3			+
10) 青灰蝶 <i>Antigius atilia</i> (Bremer) #	4			+
11) 虎斑灰蝶 <i>Yamamotozephyrus kwangtungensis</i> (Forster) #	4	+		
12) 百娆灰蝶 <i>Arhopala bazalus</i> (Hewitson) #	1	+		
13) 齿翅娆灰蝶 <i>Arhopala rama</i> (Kollar) #	12	+		
14) 小娆灰蝶 <i>Arhopala paramuta</i> (deNic é ville) #	4	+		
15) 银线灰蝶 <i>Spindasis lohita</i> (Horsfield) #	3	+		
16) 生灰蝶 <i>Sinthusia chandrana</i> (Moore) #	8	+		
17) 古楼娜灰蝶 <i>Nacaduba kurava</i> (Moore) #	16	+		
18) 雅灰蝶 <i>Jamides bochus</i> (Stoll) #	3	+		
19) 酢酱灰蝶 <i>Zizeeria maha</i> (Kollar) #	234			+
20) 吉灰蝶 <i>Zizeeria karsandra</i> (Moore) #	3	+		
21) 毛眼灰蝶 <i>Zizina otis</i> (Fabricius) #	33	+		
22) 长腹灰蝶 <i>Zizula hylax</i> (Fabricius) #	4	+		
23) 蓝灰蝶 <i>Everes argiades</i> (Pallas) #	36			+
24) 点玄灰蝶 <i>Tongeia filicaudis</i> (Pryer) #	3			+

种名及分类归属 Species and classification	个体数 Individual number	东洋种 Oriental species	古北种 Palearctic species	广布种 Widespread species
25) 玄灰蝶 <i>Tongeia fischeri</i> ((Eversmann) #	4			+
26) 黑丸灰蝶 <i>Pithecopa corvus</i> Fruhstorfer #	1	+		
27) 琉璃灰蝶 <i>Celastrina argiola</i> (Linnaeus) #	3			+
28) 一点灰蝶 <i>Neopithecopa zalmora</i> (Butler) #	2	+		
29) 紫灰蝶 <i>Chilades lajus</i> (Stoll) #	21	+		
30) 曲纹紫灰蝶 <i>Chilades pandava</i> (Horsfield) #	15	+		
5 弄蝶科 Hesperidae				
1) 绿弄蝶 <i>Choaspes benjaminii</i> (Guérin—Méneville)	8	+		
2) 半黄绿弄蝶 <i>Choaspes hemixanthus</i> Rothschild & Jordan #	1	+		
3) 斑星弄蝶 <i>Celaenorrhinus maculosus</i> C.& R.Felder	4	+		
4) 四川星弄蝶 <i>Celaenorrhinus patula</i> deNicéville #	1	+		
5) 黄襟弄蝶 <i>Pseudocoladenia dan</i> (Fabricius) #	4	+		
6) 黑弄蝶 <i>Daimio tethys</i> (Ménétriér)	2			+
7) 滚边裙弄蝶 <i>Tagiades cohaerens</i> Mabille #	3	+		
8) 白弄蝶 <i>Abraximorpha davidii</i> (Mabille) #	2	+		
9) 小弄蝶 <i>Leptolina unicolor</i> (Bremer & Grey) #	3		+	
10) 黄斑弄蝶 <i>Ampittia dioscorides</i> (Fabricius) #	6	+		
11) 钩形黄斑弄蝶 <i>Ampittia virgate</i> (Lecch) #	2	+		
12) 旖弄蝶 <i>Isoteinon lamprospilus</i> C.& R.Felder #	2	+		
13) 腌翅弄蝶 <i>Astictopterus jama</i> C.& R.Felder #	2	+		
14) 曲纹袖弄蝶 <i>Notocrypta curvifascia</i> (C.& R.Felder) #	2	+		
15) 姜弄蝶 <i>Udaspes folus</i> (Gramer)	1	+		
16) 素弄蝶 <i>Suastus gremius</i> (Fabricius) #	1	+		
17) 黄弄蝶 <i>Taractrocera flavoides</i> Leech #	5	+		
18) 孔子黄室弄蝶 <i>Potanthus confucius</i> (C.& R.Felder)	4	+		
19) 曲纹黄室弄蝶 <i>Potanthus flavus</i> (Murray)	3			+
20) 宽纹黄室弄蝶 <i>Potanthus pava</i> (Fruhstorfer) #	4	+		
21) 严氏黄室弄蝶 <i>Potanthus yani</i> Huang #	2	+		
22) 黄纹长标弄蝶 <i>Telicota ohara</i> (Plötz) #	4	+		
23) 黑脉长标弄蝶 <i>Telicota besta</i> Evans #	1	+		
24) 直纹稻弄蝶 <i>Parnara guttata</i> (Bremer & Grey)	18			+
25) 曲纹稻弄蝶 <i>Parnara ganga</i> Evans #	4	+		
26) 刺纹孔弄蝶 <i>Polytremis zina</i> (Evans)	3			+
27) 黑标孔弄蝶 <i>Polytremis mencia</i> (Moore) #	3	+		
28) 盒纹孔弄蝶 <i>Polytremis theca</i> (Evans) #	3	+		
29) 中华谷弄蝶 <i>Pelopidas sinensis</i> (Mabille) #	2			+
合计 Total	5171	151	1	41

附录 2 蝴蝶在各样线的分布信息

Appendix 2 Distribution information of butterflies in each sample line

样线 Lines	编码 Code	海拔（m）Altitude	起点 Starting point	终点 Endpoint	种类 Species
龙潭 Longtan	3500961001	533-622	26.5423 °N 117.3221 °E	26.5558 °N 117.3225 °E	灰绒麝凤蝶、玉斑凤蝶、蓝凤蝶、美凤蝶、碧凤蝶、菜粉蝶、东方菜粉蝶、宽边黄粉蝶、暮眼蝶、黛眼蝶、白带黛眼蝶、曲纹黛眼蝶、深山黛眼蝶、连纹黛眼蝶、黄荫眼蝶、矍眼蝶、前雾矍眼蝶、密纹矍眼蝶、蓝斑丽眼蝶、虎斑蝶、箭环蝶、绿豹蛱蝶、斐豹蛱蝶、老豹蛱蝶、琉璃蛱蝶、钩翅眼蛱蝶、二尾蛱蝶、傲白蛱蝶、华东翠蛱蝶、残鐸线蛱蝶、玉杵带蛱蝶、莲花环蛱蝶、小环蛱蝶、中环蛱蝶、珂环蛱蝶、白蛱蝶、波蛱蝶、中华云灰蝶、蚜灰蝶、尖翅银灰蝶、虎斑灰蝶、百娆灰蝶、齿翅娆灰蝶、酢浆灰蝶、玄灰蝶、斑星弄蝶、四川星弄蝶、黄襟弄蝶、滚边裙弄蝶、曲纹袖弄蝶、严氏皇室弄蝶、黄纹长标弄蝶
沙溪仔 Shaxi-zhai	3500961003	693-794	26.5250 °N 117.2995 °E	26.5298 °N 117.2959 °E	灰绒麝凤蝶、玉斑凤蝶、蓝凤蝶、青凤蝶、宽边黄粉蝶、槲黄粉蝶、菜粉蝶、东方菜粉蝶、暮眼蝶、黛眼蝶、连纹黛眼蝶、曲纹黛眼蝶、黑斑荫眼蝶、蒙链荫眼蝶、黄荫眼蝶、小眉眼蝶、幽矍眼蝶、密纹矍眼蝶、虎斑蝶、绢斑蝶、纹环蝶、箭环蝶、华西箭环蝶、苎麻珍蝶、斐豹蛱蝶、琉璃蛱蝶、黄钩蛱蝶、华东翠蛱蝶、网丝蛱蝶、残鐸线蛱蝶、新月带蛱蝶、孤斑带蛱蝶、小环蛱蝶、珂环蛱蝶、弥环蛱蝶、司环蛱蝶、链环蛱蝶、波蛱蝶、蚜灰蝶、虎斑灰蝶、齿翅娆灰蝶、小娆灰蝶、酢酱灰蝶、蓝灰蝶、一点灰蝶、黄弄蝶、直纹稻弄蝶
小王-水库 段 Xiaowang reservoir	3500961005	290-279	26.4913 °N 117.3409 °E	26.4944 °N 117.3390 °E	宽尾凤蝶、玉斑凤蝶、美凤蝶、宽边黄粉蝶、东方菜粉蝶、黛眼蝶、白带黛眼蝶、蛇神黛眼蝶、曲纹黛眼蝶、小眉眼蝶、矍眼蝶、密纹矍眼蝶、虎斑蝶、残鐸线蛱蝶、箭环蝶、钩翅眼蛱蝶、黄铜翠蛱蝶、婀蛱蝶、新月带蛱蝶、玉杵带蛱蝶、中环蛱蝶、白蛱蝶、波蛱蝶、中华云灰蝶、蚜灰蝶、百娆灰蝶、齿翅娆灰蝶、小娆灰蝶、酢酱灰蝶、蓝灰蝶、点玄灰蝶、斑星弄蝶、旖弄蝶、黄纹长标弄蝶
沙洲村 Shazhou- chun	3500961006	289-358	26.2914 °N 117.1997 °E	26.2952 °N 117.1826 °E	中华麝凤蝶、长尾麝凤蝶、玉带凤蝶、玉斑凤蝶、蓝凤蝶、美凤蝶、柑橘凤蝶、宽带青凤蝶、青凤蝶、宽边黄粉蝶、东方菜粉蝶、连纹黛眼蝶、蒙链荫眼蝶、白斑眼蝶、小眉眼蝶、平顶眉眼蝶、矍眼蝶、青斑蝶、箭环蝶、苎麻珍蝶、斐豹蛱蝶、青豹蛱蝶、银豹蛱蝶、琉璃蛱蝶、美眼蛱蝶、忘忧尾蛱蝶、傲白蛱蝶、黄帅蛱蝶、红裙边翠蛱蝶、黄翅翠蛱蝶、残鐸线蛱蝶、新月带蛱蝶、丫纹俳蛱蝶、珂环蛱蝶、波蛱蝶、蚜灰蝶、尖翅银灰蝶、小娆灰蝶、古楼娜灰蝶、酢浆灰蝶、吉灰蝶、黄斑弄蝶、直纹稻弄蝶
田角 Tianjiao	3500961002	816-839	26.5027 °N 117.2448 °E	26.5170 °N 117.2682 °E	长尾麝凤蝶、宽带青凤蝶、青凤蝶、宽边黄粉蝶、东方菜粉蝶、连纹黛眼蝶、白带黛眼蝶、曲纹黛眼蝶、阿芒荫眼蝶、蒙链荫眼蝶、黄荫眼蝶、小眉眼蝶、白斑眼蝶、矍眼蝶、幽矍眼蝶、青斑蝶、斐豹蛱蝶、老

				豹蛱蝶、银豹蛱蝶、琉璃蛱蝶、黄钩蛱蝶、小红蛱蝶、美眼蛱蝶、罗蛱蝶、傲白蛱蝶、黄帅蛱蝶、白裳猫蛱蝶、红裙边翠蛱蝶、残钹线蛱蝶、新月带蛱蝶、玉杵带蛱蝶、珂环蛱蝶、中华云灰蝶、蚜灰蝶、尖翅银灰蝶、银线灰蝶、古楼娜灰蝶、酢浆灰蝶、紫灰蝶、黑弄蝶、黄斑弄蝶、钩形黄斑弄蝶、腌翅弄蝶、直纹稻弄蝶、曲纹稻弄蝶
小沛	350096004	26.4961 N	26.4953 N	金裳凤蝶、长尾麝凤蝶、灰绒麝凤蝶、玉斑凤蝶、迁粉蝶、宽边黄粉蝶、东方菜粉蝶、飞龙粉蝶、睇暮眼蝶、连纹黛眼蝶、白带黛眼蝶、曲纹黛眼蝶、阿芒荫眼蝶、布莱荫眼蝶、蒙链荫眼蝶、黄荫眼蝶、小眉眼蝶、平顶眉眼蝶、白斑眼蝶、矍眼蝶、朴喙蝶、青斑蝶、纹环蝶、箭环蝶、斐豹蛱蝶、青豹蛱蝶、银豹蛱蝶、琉璃蛱蝶、黄钩蛱蝶、小红蛱蝶、美眼蛱蝶、散纹盛蛱蝶、二尾蛱蝶、白带螯蛱蝶、罗蛱蝶、傲白蛱蝶、白裳猫蛱蝶、网丝蛱蝶、黄翅翠蛱蝶、婀蛱蝶、残钹线蛱蝶、新月带蛱蝶、玉杵带蛱蝶、中环蛱蝶、珂环蛱蝶、弥环蛱蝶、中华云灰蝶、蚜灰蝶、尖翅银灰蝶、虎斑灰蝶、齿翅娆灰蝶、银线灰蝶、古楼娜灰蝶、酢浆灰蝶、毛眼灰蝶、斑星弄蝶、白弄蝶、腌翅弄蝶、曲纹稻弄蝶
Xiaopei	801-924	117.2875 E	117.2747 E	