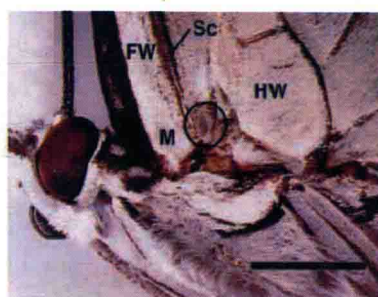
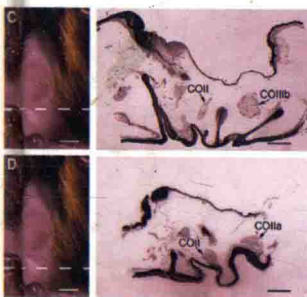


昆虫声学

Entomological Bioacoustics



姜定风 主编

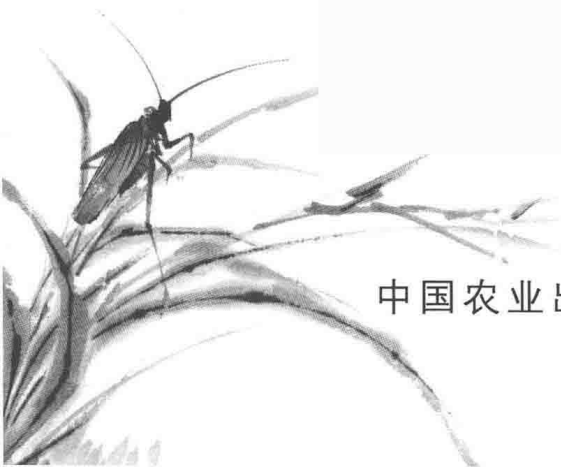
中国农业出版社

昆虫声学

Entomological Bioacoustics

娄定风 主编

中国农业出版社



图书在版编目 (CIP) 数据

昆虫声学/娄定风主编. —北京: 中国农业出版社, 2012. 11

ISBN 978-7-109-16951-7

I. ①昆… II. ①娄… III. ①昆虫学-生物声学
IV. ①Q96

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 147913 号

中国农业出版社出版

(北京市朝阳区农展馆北路 2 号)

(邮政编码 100125)

责任编辑 李振卿

中国农业出版社印刷厂印刷 新华书店北京发行所发行

2012 年 11 月第 1 版 2012 年 11 月北京第 1 次印刷

开本: 880mm×1230mm 1/32 印张: 10.625 插页: 4

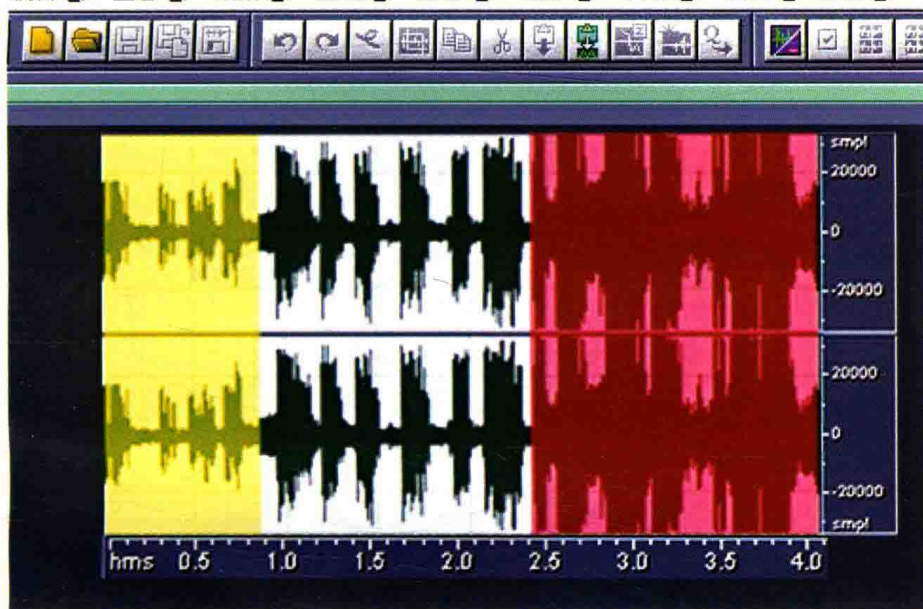
字数: 295 千字

定价: 98.00 元

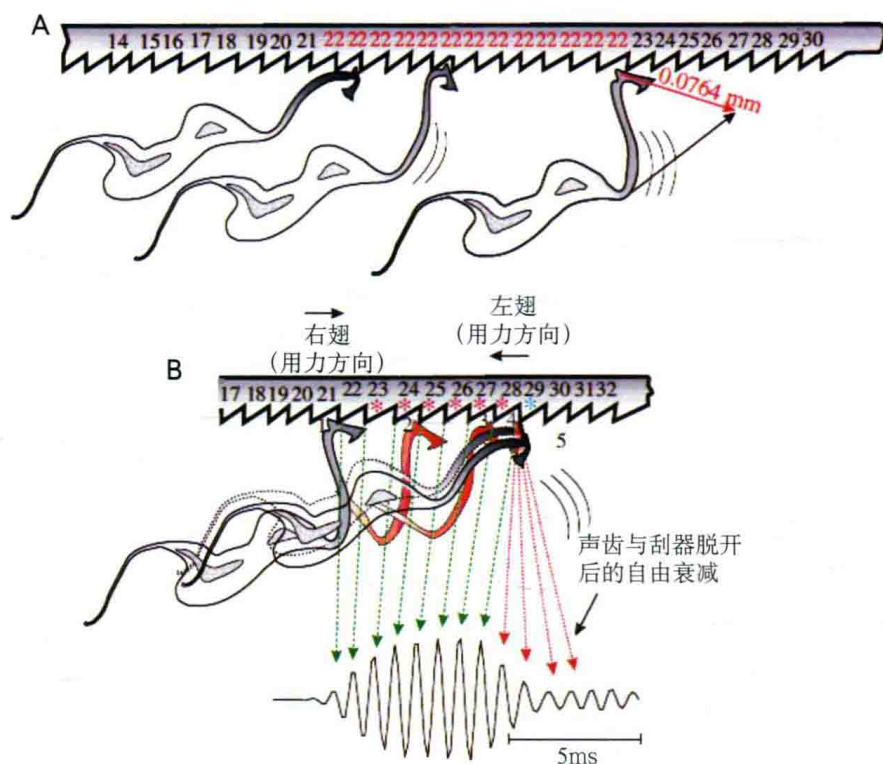
(凡本版图书出现印刷、装订错误, 请向出版社发行部调换)



编辑 (E) 查看 (V) 效果 (T) 生成 (G) 分析 (A) 偏好 (B) 选项 (O) 窗口 (W) 帮助 (H)



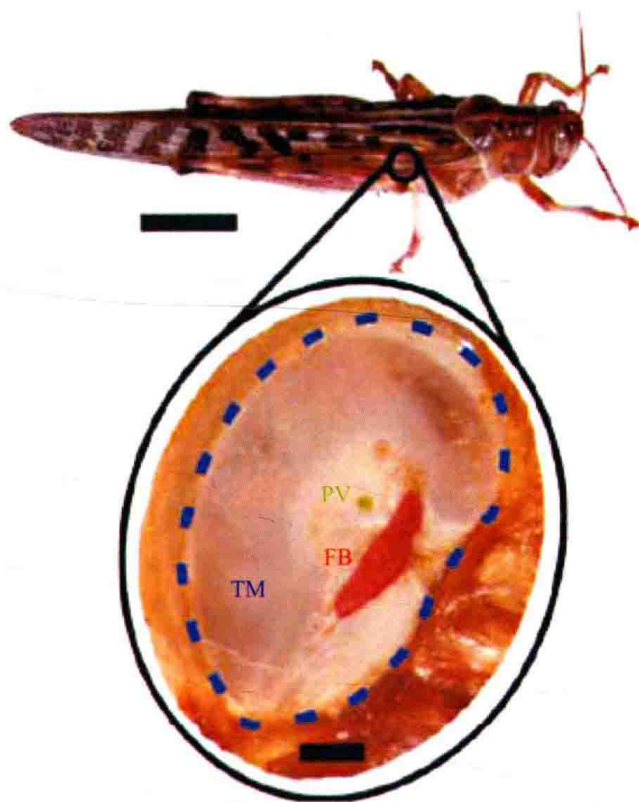
彩图1 录音中波形幅度设置



彩图2 南美螽斯超声发音原理
(仿Fernando Montealegre-Z, et al.)^[29]

声齿和刮器 (*Arachnoscelis* n.sp.的解剖图) 交互部分显示
超声鸣唱家发声的假设机制的图解

- A. 在发出脉冲之前, 在一个声齿后面, 暂停的刮器可能经历不同程度的变形
B. 刮器在弯曲到一定程度后, 便沿着一系列的声齿向前弹, 打在该系列的最后一个声齿上 (蓝色星号)。用虚线表示脉冲驱动的摆动 (每个声齿一个), 接触到的声齿用红色星号表示。摆动衰减用红色虚线箭头表示



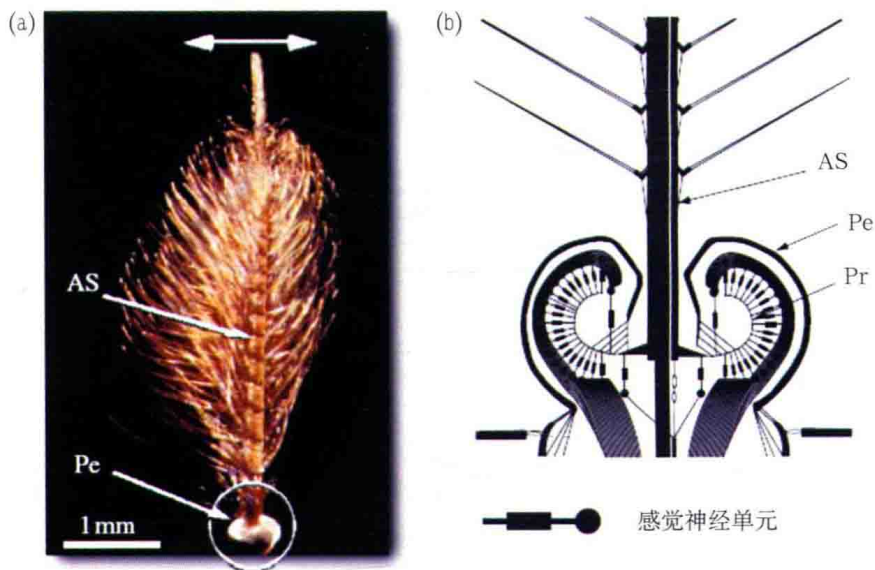
彩图3 蝗虫听器的鼓膜及其在虫体的位置^[158]

(仿J. F. C. Windmill, et al.)

体长线段: 12mm; 膜线段: 200mm; TM: 鼓膜

PV: 梨状泡, 位于对10kHz以上声音敏感的机械感受神经的位置

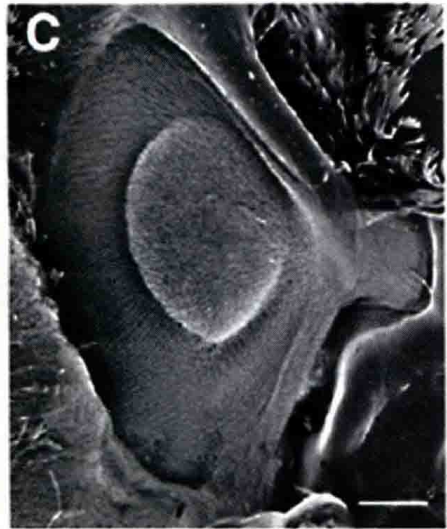
FB: 折叠体, 位于对10kHz以下声音敏感的机械感受神经的位置



彩图4 蚊子*Toxorhynchites brevipalpis*触角听器的形态^[163]

(仿D. Avitabile, et al.)

- a. 雄虫触角羽干 (AS) 大约3.5mm长, 长满无数的细毛。在羽干基部, 梗节 (Pe) 内有琼氏器, 其机械感觉神经元接收声引发的振动。触角振动的主要模式是摆动 (水平箭头)
- b. 蚊子梗节断面模型 (放大a中圆圈区域), 显示琼氏器结构, 机械感觉神经元所在的位置。触角羽干摆动通过连接到羽干基部的弯曲的爪 (Pr) 传递到机械感觉神经元

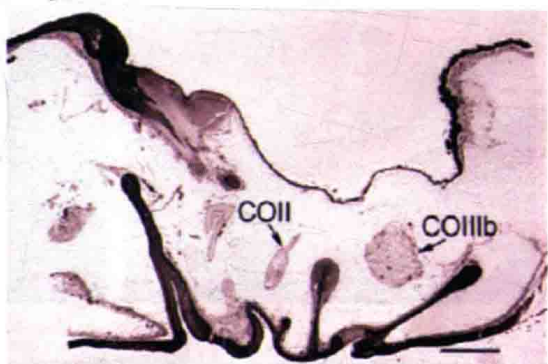
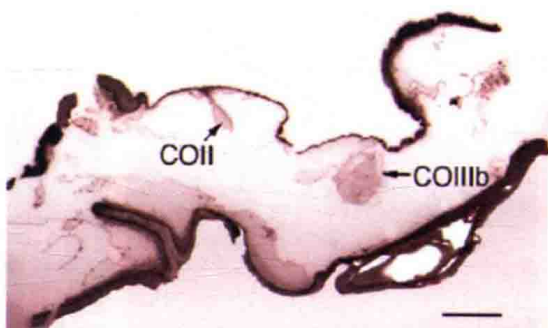
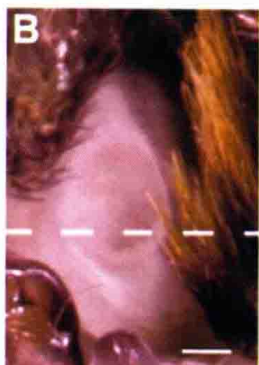
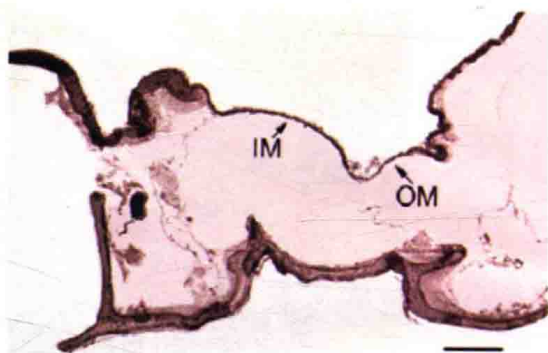
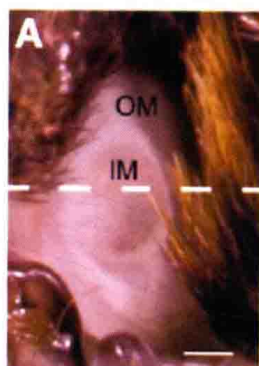
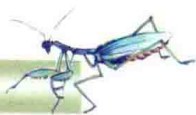


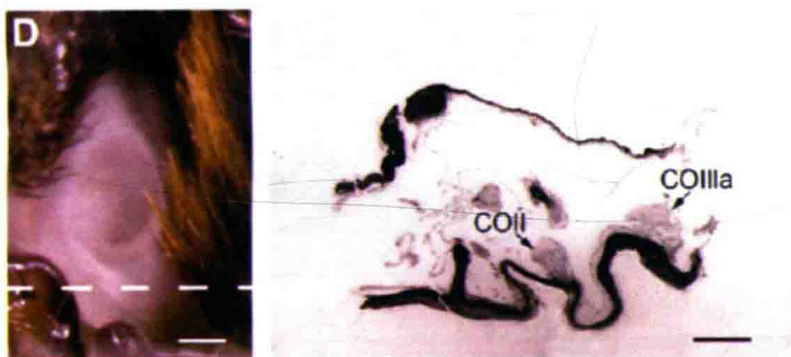
彩图5 蝴蝶*Morpho peleides*的沃氏器 (Vogel's organ) 的位置和外部形态
(仿Kathleen M. Lucas, et al.)^[192]

A. 蝴蝶自然静止时, 沃氏器在前翅暴露着 (箭头指示处), 比例尺: 1cm

B. 右翅沃氏器的近观 (左侧为后), 比例尺: 200 μm

C. 沃氏器扫描电镜照片, 方向与 (B) 相同, 比例尺: 200 μm



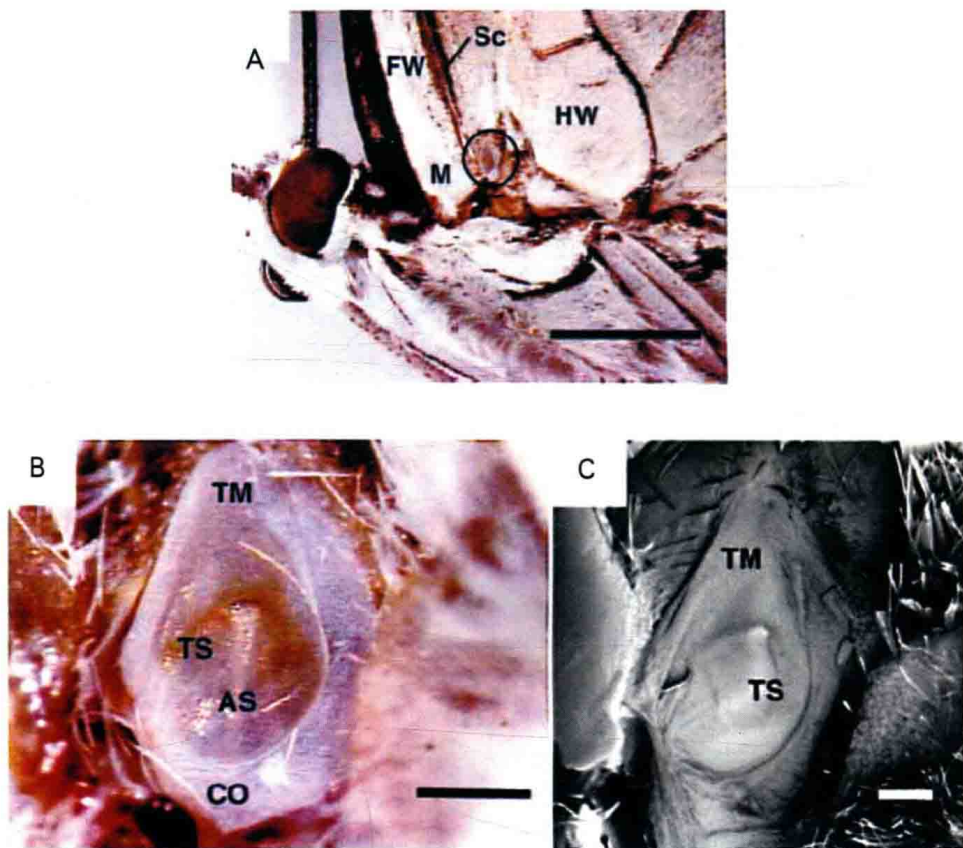


彩图6 *Morpho peleides*左前翅基的听器

(仿Kathleen M. Lucas, et al.)^[192]

*Morpho peleides*的左前翅基部的局部图示，听觉器的前侧边缘在左边。截面的大致位置由直线表示，A至D由远至近表示沃氏器（VO）（左侧）的显微图。所有的比例尺为200 μm

- A. 内膜（IM）的远端部分截面显示内（IM）和外（OM）膜
- B. 内膜的近端的截面，显示来自内膜弦音器官COII的附件束，以及在外膜下面的弦音器官COIIb的起点，由关联的气管组织所包围
- C. 外膜基部的截面显示COII在延伸到鼓室基部时的间断结构，以及COIIb的末端
- D. 外膜基部截面，显示附着在鼓室基部的COII，以及在鼓室基部的弦音器官COIIa



彩图7 *Hamadryas feronia*中沃氏器 (Vogel's organ) 的外部形态

(仿JAYNE E. YACK, et al.)^[193]

- A. 前翅 (FW) 腹面观, 后翅 (HW), 壶腹 (M) 和亚前缘脉 (Sc)。沃氏器 (圆圈内) 在肘脉 (被后翅遮挡) 基部, 比例尺: 3mm
- B. 沃氏器近观。新月状鼓膜骨片 (TS) 穿过不透明的鼓膜 (TM) 的上半部分。在内部, 弦音器官 (CO, 被遮挡) 伸出其附件束 (AS) 到鼓膜骨片中央, 比例尺: 250 μm
- C. 沃氏器扫描电镜照片, 比例尺: 100 μm

本书编委会

主 编 娄定风

副主编 周红生 许小芳

编 委 (按姓名笔画排序)

王红英 叶奕优 向才玉 刘新娇

许小芳 李 嘉 李秋枫 陈冬美

陈志彬 陈枝楠 余道坚 张伟锋

周红生 郑 耘 娄定风 徐 浪

凌杏园 康 林 章桂明 焦 懿

序



昆虫声学是一门将现代声学、昆虫形态学、分类学、行为学、遗传学、生态学等多种学科相结合的交叉学科。该学科起源于古人对昆虫发声的观察，孕育在生物声学之中，伴随着生物声学的发展而发展。国内外许多学者长期致力于昆虫声学的研究，在现代声学结合昆虫形态学、生物学、生物化学等诸多领域研究中取得了丰硕成果，形成了具备完整理论，具有特定研究对象、研究特征、研究方法和研究目标的新学科。本书作者查阅了大量的国内外文献资料，并作了归类整理和系统总结，编辑了《昆虫声学》一书。该书汇集了当前昆虫声学的主要研究成果，全面阐述了昆虫声学的理论和方法。

本书的出版对于植物保护、森林保护、医学防疫、环境保护、园林建设等许多领域的活动具有重要的参考意义。尤其是对于研究和认识昆虫的声通讯，以及声通讯在生物学中的作用；对于利用昆虫的声特性，用以侦测、诱捕及驱逐昆虫，从而掌握昆虫的活动规律、监测和控制害虫；对于研发水果和储粮等害虫声信号微机监测系统，应用于农产品的进

出口检验检疫及存储检验，从而延伸现有的害虫监测技术等方面具有指导意义。本书适合大专院校教师、学生，科研院所研究人员，检验检疫部门工作人员和设备生产研究人员等阅读参考。

国家质量监督检验检疫总局动植物检疫监管司司长
研究员



二〇一二年十月

目 录



序

第一章 绪论	1
第二章 声学基础知识	6
2.1 声波基本特性	6
2.1.1 声波与声音	6
2.1.2 声波的描述	6
2.1.3 声波的传播特性	11
2.2 次声波和超声波	15
2.2.1 次声波	15
2.2.2 超声波	16
2.3 噪声	17
2.4 声音的数字化表示	18
第三章 声波在不同介质中传播	20
3.1 声波在粮食中传播	20
3.1.1 多孔性吸声机理	21
3.1.2 共振吸声结构	22
3.2 声波在木材中传播	24
3.2.1 木材中声衰减	24

3.2.2 木材内部声反射	25
3.2.3 木材声阻抗	26
3.2.4 木材声学的应用	26
第四章 声学研究设备与原理	28
4.1 概述	28
4.2 传声器	28
4.2.1 传声器的分类及其工作原理	28
4.2.2 传声器的主要性能参数	30
4.2.3 传声器的选择和使用	33
4.3 扬声器	34
4.3.1 灵敏度	35
4.3.2 频率特性	35
4.3.3 额定功率	35
4.3.4 谐波失真	35
4.3.5 指向性	35
4.4 数据采集	36
4.4.1 数据采集系统的主要性能指标	37
4.4.2 采集卡的选择与使用	38
4.5 数据分析	40
4.5.1 频谱分析仪的种类及原理	40
4.5.2 频谱分析仪的性能指标	41
第五章 声学分析原理与软件	43
5.1 声学分析	43
5.1.1 滤波器	43
5.1.2 小波分析	45
5.1.3 功率谱分析	48
5.2 声学分析常用软件	50
5.2.1 B&K PULSE 系统	50

5.2.2	Cool EditPro	56
5.2.3	Matlab 信号处理箱	58
第六章 昆虫的发声		61
6.1	昆虫发声的类型与机制	61
6.1.1	摩擦发声	62
6.1.2	膜振动发声	65
6.1.3	气流振动发声	66
6.1.4	碰击发声	67
6.1.5	振翅发声	68
6.1.6	振动发声	69
6.1.7	取食发声	69
6.1.8	其他活动发声	70
6.2	昆虫声特征	71
6.2.1	时域特征	72
6.2.2	频域特征	72
6.2.3	声谱特征	76
6.2.4	发声比例	78
6.2.5	时辰节律	79
6.2.6	季节特征	79
6.2.7	种群特征	79
6.3	影响昆虫发声的因素	79
6.3.1	内在因素	80
6.3.2	环境因素	84
6.4	昆虫种类与发声	94
6.4.1	蜻蜓目 (Odonata)	98
6.4.2	蜚蠊目 (Blattaria)	98
6.4.3	等翅目 (Isoptera)	98
6.4.4	襀翅目 (Plecoptera)	98
6.4.5	直翅目 (Orthoptera)	98