

2011



## 长白山地区四种蝗虫鸣声的比较研究

指导老师：任炳忠

小组成员：崔继雯 申含光 郭梓园 仇仟惠

王莹珠 景馨 刘碧琳

实习时间：2013年7月1日—2013年7月11日

中国·长春

二〇一三年九月

# 长白山地区四种蝗虫鸣声比较

## 【摘要】

Comparison of four kinds of locusts in Changbai Mountain area.

[ Abstract ] Acridoidea has forewing and hind leg strands of internal friction sound mechanism. In the natural selection and evolution process, calling song by different environmental factors and produces significant functional differentiation. This experiment mainly through computer technology and the mathematical theory of statistic compares several normal Changbai mountain locusts' song and voice and discusses the several locusts' song and voice of the relationship between the characteristics and differences, including on the analysis of the oscillogram, spectra and the sound file form. Through this study we found that the calling song of every locust has strong regularity and different locusts have certain difference. So the song differences can be used as the basis for classification of auxiliary.

*Podismopsis* Zub *Chorthippu* Fieb Calling song Oscillogram Spectra

## 1 引言

我们知道，很多动物和人类一样都是可以进行信息交流的。人类可以依靠语言、文字、行为等等进行交流，而动物并没有人类进化的完全，但他们也有自己独特的交流方式。昆虫的交流方式有化学信息素、行为交流以及鸣叫声交流三大类，鸣声是昆虫传递信息的主要方式之一，不同鸣声代表了不同的行为，不同种类表达行为的鸣声有其种的特异性。这里我们来研究昆虫中直翅目昆虫的鸣声的差异。

直翅目昆虫的鸣声在种内个体间的召唤、聚集、求偶等方面起着重要作用，可以说，鸣声是昆虫生命活动与外界环境的纽带。而在分类学上，直翅目昆虫的鸣声起到至关重要的作用，尤其是其求偶和召唤时发出的声音，为直翅目昆虫的分类直接提供了有效依据。

近年来，有关于昆虫鸣声通讯的研究越来越得到重视，主要集中于昆虫发声器及发声机制的研究。不同类型的鸣虫，经过长期的自然选择和进化，鸣声已经有了显著的功能性分化。按照产生鸣声的原因大体上可将鸣虫分为两大类：其一是由专门的发声器官发声；另一类是通过取食、清洁、飞翔等行为过程产生声波，并没有专门的发声器。按照发声方式又可将鸣

虫分为摩擦发声（指昆虫体表的各部位相互摩擦而产生的声波。这种发声方式在昆虫中最为普遍，据不完整统计，有11个目的昆虫能以摩擦的方式发声，其中报道最多的为直翅目、半翅目、鞘翅目。）、膜振动发声（膜状发声器通过肌肉的收缩与松弛作用振动发声，最为典型的是蝉。）、气流振动发声（与人发声原理相似，但还没有充足证据，较清楚的是一种天蛾。）等发声方式。当同一类群的发声原因和发声方式皆相同时，其不同种属的鸣虫鸣声在时域与频域上也有着显著的差异，同属内鸣声一般相近，但也仍存在着种间特异性和种内稳定性。判定这些差异的主要参数主要包括一个鸣叫周期内脉冲组数以及构成脉冲组的单脉冲数目，及脉冲组与脉冲的分别延续时间和发声间隔等。

本世纪中叶以来，分类学家利用鸣声对鸣虫类，如蟋蟀、蚌蛄、蝗虫及蝉类雄虫进行分类鉴定，甚至更高级的类群划分，显示了其突出的可靠性。如美国原被认识的蟋蟀为65种，由于对鸣声的分类鉴定，导致了40个新种的发现，使其总数达到了105种。在直翅目，这方面的研究开展的比较早，也比较广泛，但多集中在孟生斯和蟋蟀。而蝗虫类的鸣声研究远不及上述两类广泛，且主要集中在雏蝗属。

直翅目昆虫中，国外Wie(1951)研究了二色雏蝗(*C. bicolor*)、山区雏蝗(*C. montanus*)雄性的鸣声结构和特征；Busnel(1954)研究了雏蝗属的3个近缘种的鸣声，证明每种雌性只对其感兴趣的雄性鸣声产生行为反应。Jacobs(1953)、Haskell(1955)、Broughton(1955)、Walker(1957)等都对雏蝗属其他种的鸣声结构、频谱范围做了分析。20世纪70年代后，蝗虫鸣声研究范围逐渐扩大。Eisner(1974)在对一种草地蝗(*Stenobothrus rubicundus* L)后足股节一前翅型的摩擦发声机理及功能研究中，描述了鸣声结构，1975年他又研究了西伯利亚蝗、红拟棒角蝗、绿牧草蝗的鸣声结构，发现它们在鸣声结构、频率、脉冲、速率和振幅等声学参数等方面有明显差异。Goto(1982)比较分析了声谱波形图，证明3种雏蝗的近缘种有显著差异。

我国对于蝗虫鸣声的研究，正式发表的文献有刘举鹏于1986年在内蒙古发现蛛蝗属(*Aeropedellus* Heb.)这一新种的论文。他对新种锡林蛛蝗(*A. xilinensis* Liu)的鸣声特性表明：每一次擦翅声在图像中显示出1个脉冲序列，属连续脉冲序列，每个序列的延续时间为2.5s(序列由104个/s脉冲组成，脉冲间隔很小，振幅由小变大)；频谱范围为100Hz—11.5kHz，100~300Hz的振幅依次减少，300Hz以后振幅基本不变，从9.5kHz~11.5kHz振幅逐渐衰减，到11.5kHz时完全消失。张凤岭等在对大兴安岭蝗虫区系的初步调查中，凭借人的主观意识，比如在记录短尾跃度蝗(*Podismopsis brachyeaudata*)的鸣声时，确定了其鸣声清晰、短促的特点；四声跃度蝗(*Podismopsis brachycaudafa*)的鸣声为清晰的特点；

绿异爪蝗 (*Euchoa hippus herbaceus*) 的鸣声纤细; 黑俏雏蝗 (*Ch. Bellus*) 鸣声音量较弱, 每次发声时间较长, 前一段有7~8个长声, 后一段有4~5个短声。郑哲民等对东北地区8种跃度蝗虫鸣声自然节律及脉冲节律图像描述表明, 这8种同一属的蝗虫鸣声音质相似, 也是单脉冲形式, 脉冲组中的脉冲个数接近, 这些均说明为其属的共同特征, 但种间又存在着脉冲个数、鸣声清晰度、节奏的快慢、脉冲组间隔时间长短, 结合其音齿形状及外部形态等特征, 鉴定了2个新种。曹立民等<sup>151</sup>对东北地区跃度蝗属鸣声结构的比较研究表明, 通过SBR-1型双线示波器, 分析了该属8个种鸣声的脉冲节律图像, 选取了脉冲组的间隔时间、脉冲序列的组合、脉冲组的图像、脉冲组的延时等参数, 描述了8种跃度蝗的鸣声结构, 比较了它们鸣声的节律图像特征, 结合其外部特征, 从而鉴定出了3个新种。

芦荣胜等对四种雏蝗雄性鸣声结构的比较研究表明, 4种雏蝗雄性召唤声特征差异显著, 可作为识别物种的依据。白纹雏蝗 (*C. albonemus*) 雄性每次鸣叫持续时间3~4s, 脉冲组重复率26次/秒, 脉冲组持续时间0.032s, 主能峰频率约为7.96kHz; 宽隔雏蝗 (*C. amplintedtus*) 雄性每次鸣叫持续时间1.5-2s, 脉冲组重复率8.9次/秒, 脉冲组持续时间0.108s, 主能峰频率约为8.98kHz, 每个脉冲组由5个不明显的脉冲串构成; 华北雏蝗 (*C. brunneushuabeiensis*) 雄性每次鸣叫持续时间50~55s, 脉冲组重复率8.8次/秒, 脉冲组持续时间0.105s, 主能峰频率约为8.91kHz, 每个脉冲组由4个明显的脉冲串组成; 中宽雏蝗 (*C. aprcadus*) 雄性每次鸣叫持续时间55~60s, 脉冲组重复率为4.9次/秒, 脉冲组持续时间0.18s, 主能峰频率约为10.17kHz, 每个脉冲组由3个脉冲串构成。芦荣胜等对两种米纹蝗雄性鸣声的比较研究表明, 红足米纹蝗 (*Notostaurus rubripes* Mistshenko) 和小米纹蝗 (*Notosaurus albicornis*) 雄性鸣叫声的脉冲组持续时间、脉冲组组份、脉冲组间隔、频率的主能峰以及鸣叫行为均具有显著差异。红足米纹蝗雄性鸣声的脉冲组间隔约为0.647s, 每一脉冲组持续时间约0.0673s, 每个脉冲组有8个脉冲串, 每个脉冲串仅有1个单脉冲, 鸣声的主能峰频率约3.86~5.64kHz。小米纹蝗雄性鸣声的脉冲组间隔约0.529s, 每一脉冲组持续时间为0.1185s, 每个脉冲组有8个脉冲串, 每一脉冲串有1~6个单脉冲构成, 主能峰频率约8.10—9.24kHz。

这次野外实习动物六组就地取材, 应用计算机技术和数学统计学原理对东北地区常见的2种跃度蝗和2种雏蝗进行了鸣声研究, 它们为长须跃度蝗 (*P. dolichocerca*)、小翅雏蝗 (*Chorthippus fallax*)、宽径域跃度蝗 (*P. ampliradiareas*)、白纹雏蝗 (*Chorthippus albonemus*)。对4种蝗的鸣声节律图像进行比较研究, 分析鸣声在时域和频域两大方面的差别, 为分类学提供一些帮助。

## 2 材料与方方法

### 2.1 实验材料

本实验我们小组对长白山露水河镇附近常见种长须跃度蝗 (*P. dolichocerca*)、小翅雏蝗 (*Chorthippus fallax*)、宽径域跃度蝗 (*P. ampliradiareas*)、白纹雏蝗 (*Chorthippus albonemus*) 进行研究。采集及记录的时间在上午 8:00-下午 16:00, 每个物种采集二至十头样本, 取平均值进行相关数据的记录。

### 2.2 实验方法

本次试验我们对蝗虫的录音使用的是 SONY PCM-D50 型数字录音棒 (采样率为 96 kHz)。在距离蝗虫鸣叫个体 6—30cm 处, 在不打扰蝗虫的情况下, 用话筒正对鸣叫个体直接录取单头蝗虫的鸣声, 录制完成后说明记录的时间、地点及相应编号, 之后用捕虫网将其捕捉, 放入瓶中并标号, 带回实验室进行种类鉴定。

对于蝗虫鸣声分析, 我们主要通过 Cool edit Pro 2.1 系统软件进行分析。分析的数据主要包括脉冲组个数, 脉冲组的持续时间, 脉冲组间隔, 脉冲组中脉冲个数, 单个脉冲持续时间等以及频域中的频率范围以及音谱图的相关分析。

## 3 实验结果

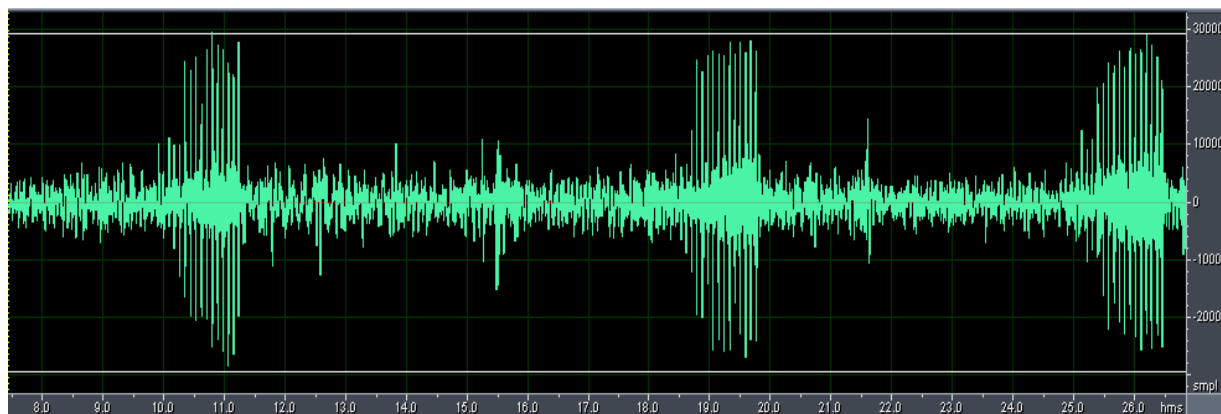
### 3.1 鸣声分析结果

#### 3.1.1 长须跃度蝗 (*P.dolichocerca*)

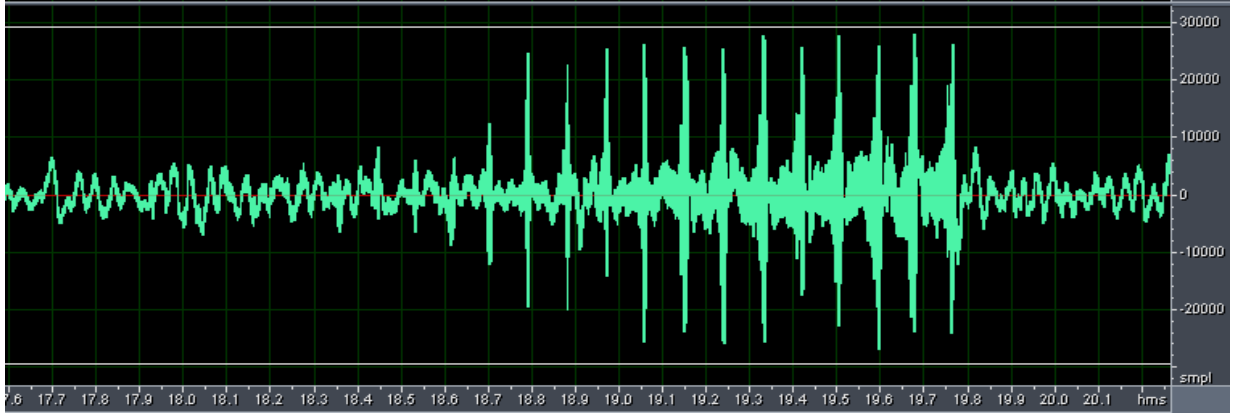
##### A.长须跃度蝗 (*P.dolichocerca*) 鸣声时域分析

本次试验中, 我们选取 6 只样本进行分析。针对小翅雏蝗, 我们所取得的声音样本脉冲组的持续的平均时间是 1.402s, 脉冲组间隔的平均时间是 6.766s。平均每个脉冲组的脉冲个数为 14, 脉冲间隔的平均时间是 0.064s, 脉冲的平均持续时间 0.025s。

该声音样本的波形图如下所示:



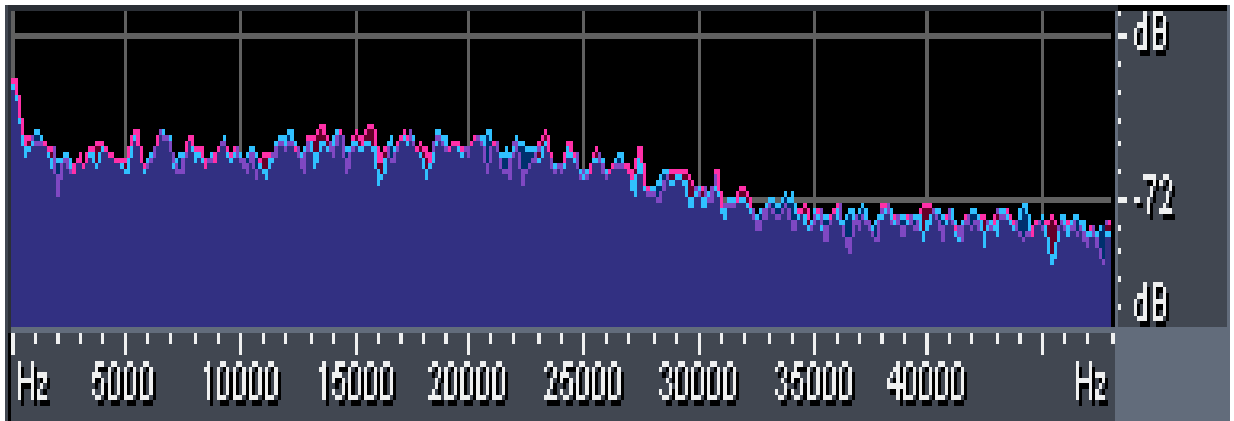
图(1) 长须跃度蝗鸣叫周期



图(2) 长须跃度蝗脉冲组中的脉冲数

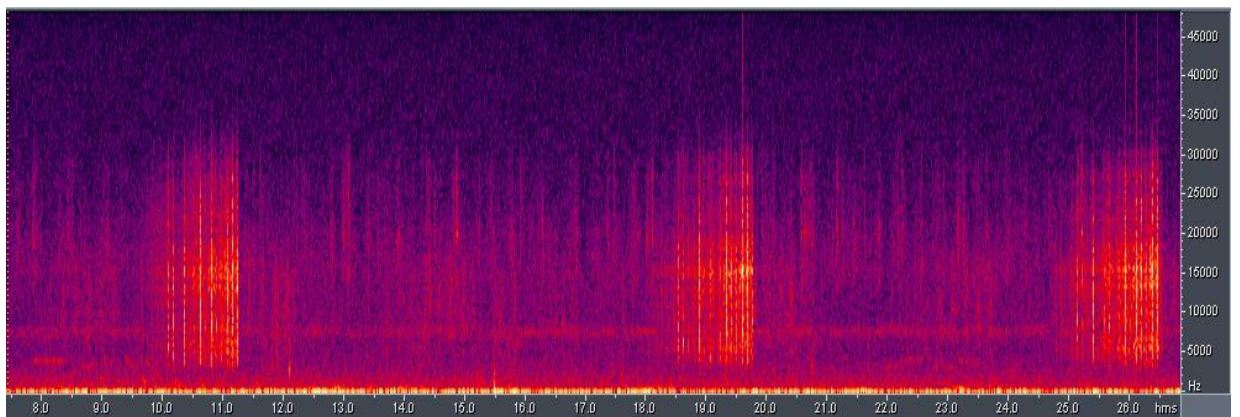
### B.长须跃度蝗 (*P.dolichocerca*) 鸣声频域分析

对于该声音选取段落进行频率分析，从下图可知，我们选择的语音样本中 72dB 频率范围分布在 5000—25200Hz，主要集中在 5600—21000Hz 范围。对于该段的频率，从整体上看，其分布并没有不呈现明显的函数关系。而在 20000Hz 以上也有一定频率分布，说明此种蝗虫鸣声时含有少量超声成分。



图(3) 长须跃度蝗频域分析

除了对频率的分布进行研究，我们也分析了鸣声的光谱图，光谱图是频率分布的另一种分析方式，颜色较亮的区域即是声音频率较集中的区域。对所选取的 26 鸣叫的声音片段的光谱图进行分析可知，光谱图清晰地展现了鸣叫的频率和时域分布状态。由图谱可见，蝗虫鸣叫频率分布范围是 4800—29000Hz，集中分布范围在 4800—22000Hz，这与其鸣叫的频率分析图谱得出了相似的结论。



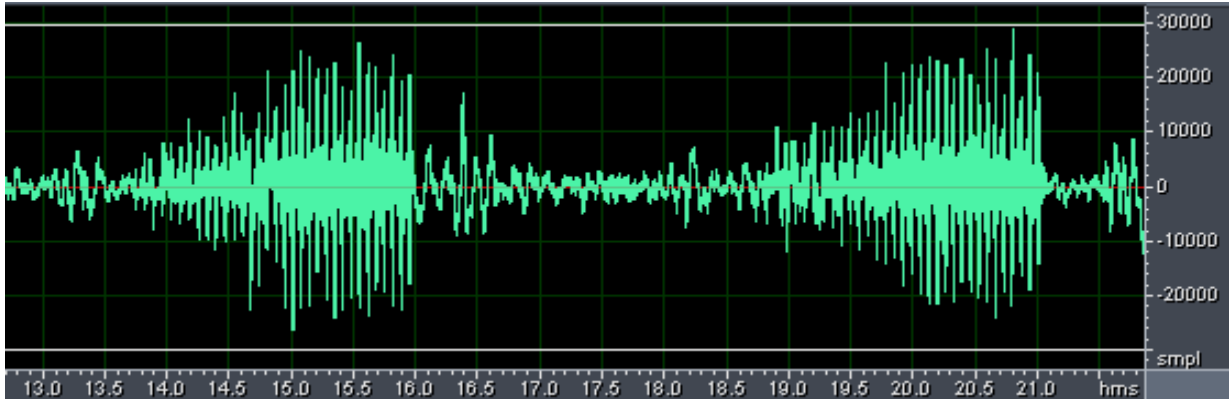
图(4) 长须跃度蝗蝗鸣声光谱图

### 3.1.2 小翅雏蝗 (*Chorthippus fallax*)

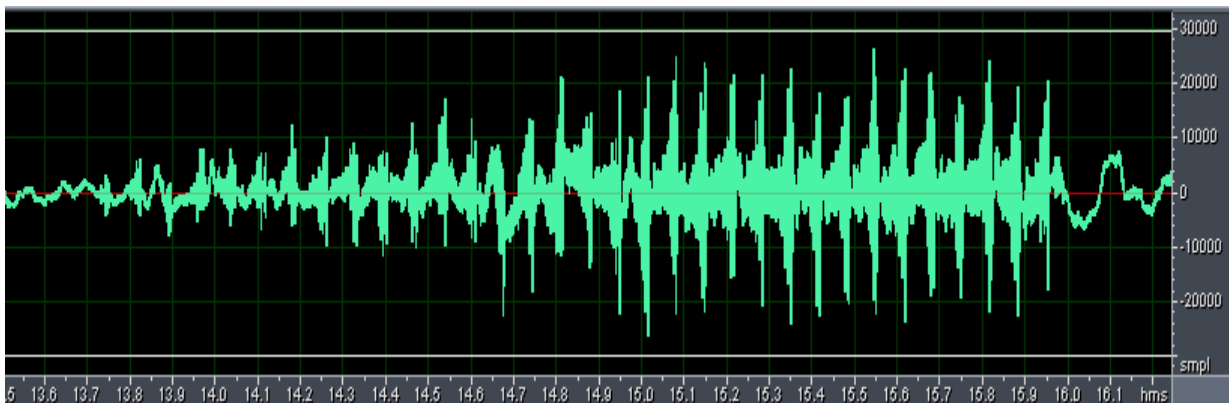
#### A. 小翅雏蝗 (*Chorthippus fallax*) 鸣声时域分析

小翅雏蝗(*Chorthippus fallax*)声音样本脉冲组的持续的平均时间是 2.372s, 脉冲组间隔的平均时间是 2.668s。平均每个脉冲组的脉冲个数为 30, 脉冲间隔的平均时间是 0.067s, 脉冲的平均持续时间 0.024s。

该声音样本的波形图如下所示:



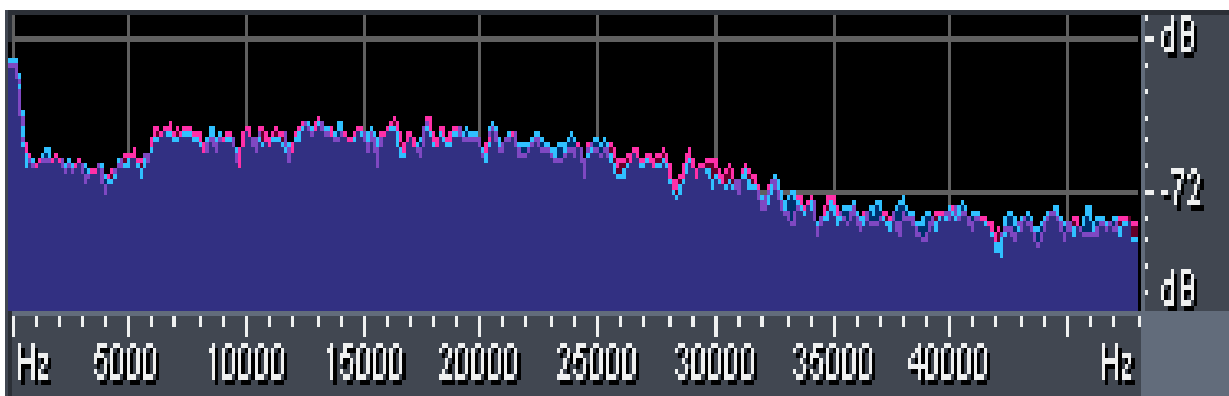
图(5) 小翅雏蝗鸣叫周期



图(6) 小翅雏蝗脉冲组中的脉冲数

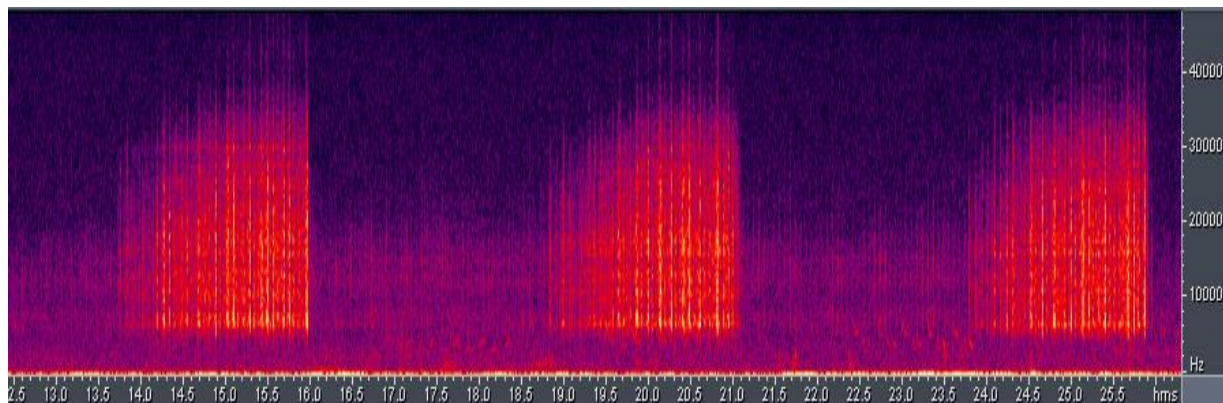
#### B. 小翅雏蝗 (*Chorthippus fallax*) 鸣声频域分析

小翅雏蝗的声音样本中 72dB 频率范围分布在 4300—36000Hz, 主要集中在 6000—33000Hz 范围。



图(7) 小翅雏蝗频域分析

对所选取的小翅雏蝗鸣叫的声音片段的光谱图进行分析可知，光谱图清晰地展现了鸣叫的频率和时域分布状态。由图谱可见，蝗虫鸣叫频率分布范围是 4000—41000Hz，集中分布范围在 5000—30000Hz，这与其鸣叫的频率分析图谱得出的结论相似。

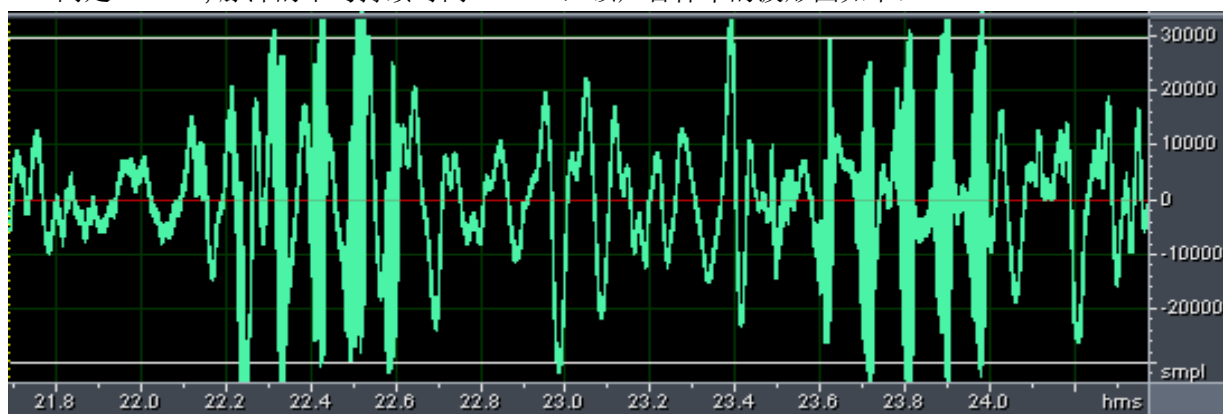


图(8) 小翅雏蝗鸣声光谱图

### 3. 1. 3宽径域跃度蝗(*P. ampliradiareas*)

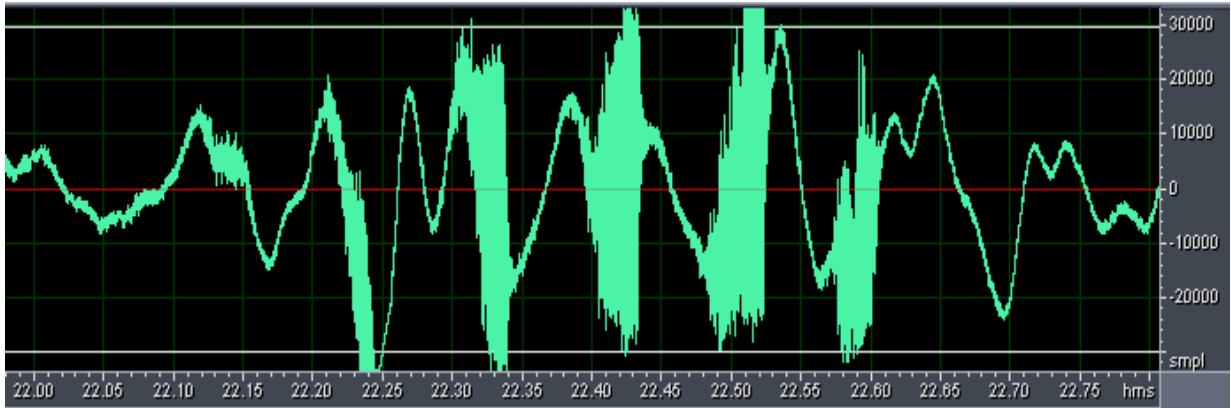
#### A. 宽径域跃度蝗(*P. ampliradiareas*)时域分析

实验中，对宽径域跃度蝗声音进行分析，可以得出，脉冲组的持续的平均时间是 0.443s，脉冲组间隔的平均时间是 1.383s。平均每个脉冲组的脉冲个数为 5 个，脉冲间隔的平均时间是 0.060s，脉冲的平均持续时间 0.026s，该声音样本的波形图如下：



图(9) 宽径域跃度蝗鸣叫周期

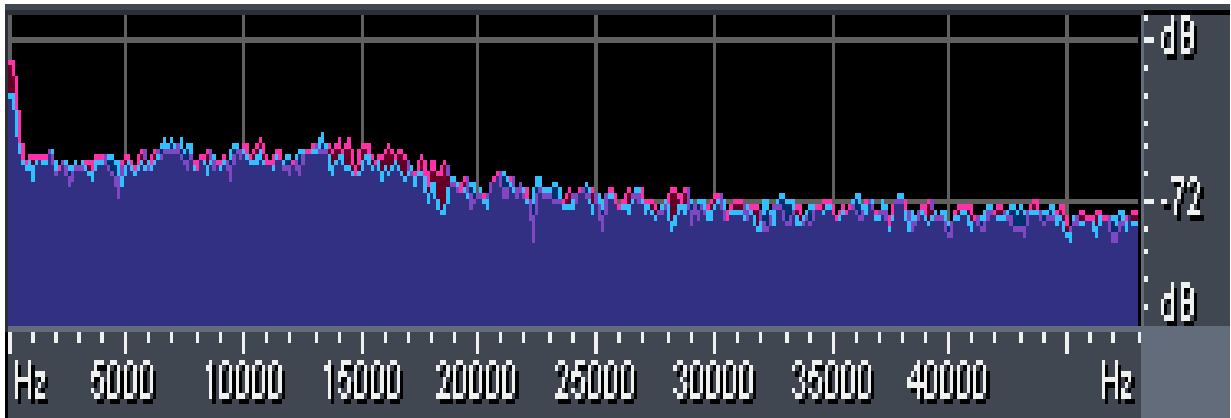




图(10) 宽径域跃度蝗脉冲组中的脉冲数

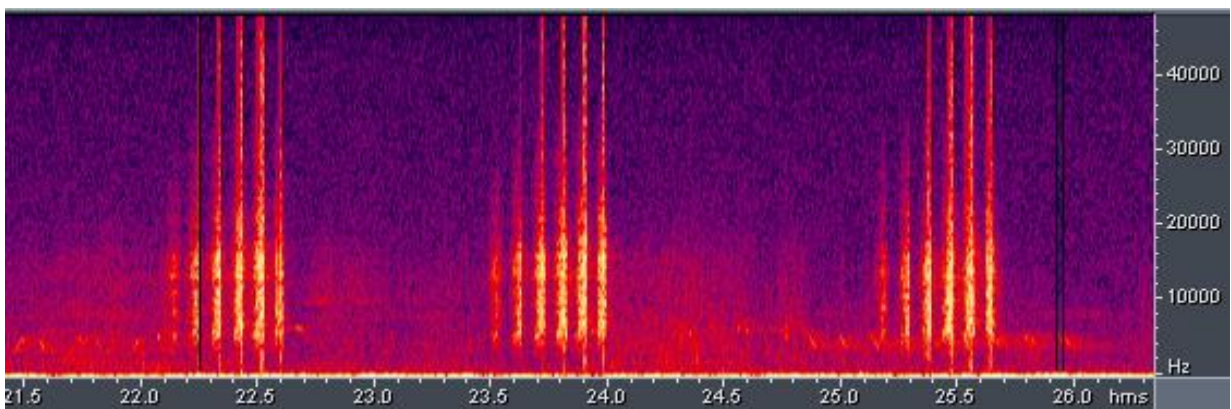
### B. 宽径域跃度蝗 (*P. ampliradiareas*) 鸣叫的频域分析

宽径域跃度蝗样本中 72dB 频率范围分布在 5000–25000Hz，其在 72dB 范围内分布比较均匀，集中分布范围是 5000–15000Hz。



图(11) 宽径域跃度蝗频域分析

由鸣叫的光谱图分析可知，蝗虫鸣叫频率分布范围是 5000–28000Hz，集中分布范围在 5000–15000Hz，这与其鸣叫的频率分析图谱得出的结论相似。



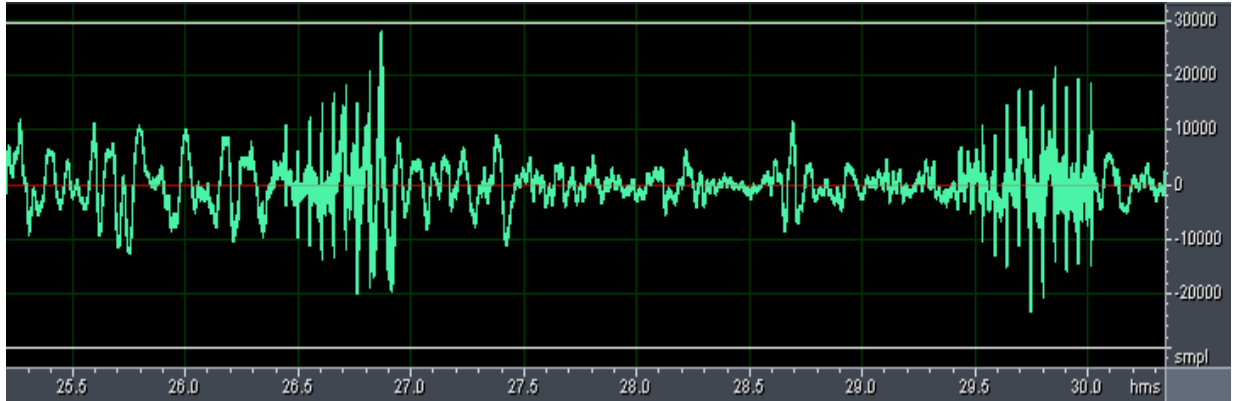
图(12) 宽径域跃度蝗鸣声光谱图

### 3.1.4 白纹雏蝗 (*Chorthippus albonemus*)

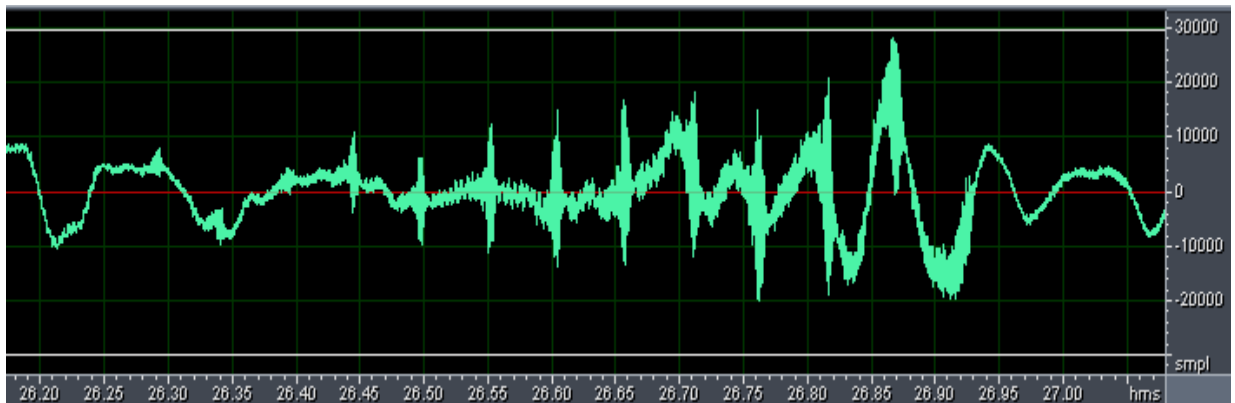
### A. 白纹雏蝗 (*Chorthippus albonemus*) 时域分析

我们所取的白纹雏蝗样本时间为 35s，并且对该样本进行了分析：每次鸣叫的脉冲组平均的时间间隔为 2.329s，脉冲组平均持续时间为 0.667s，平均每个脉冲组的脉冲个数为 12，单个脉冲的平均持续时间为 0.010s，脉冲间隔的平均时间是 0.050s。

鸣叫的时域特征如下图：



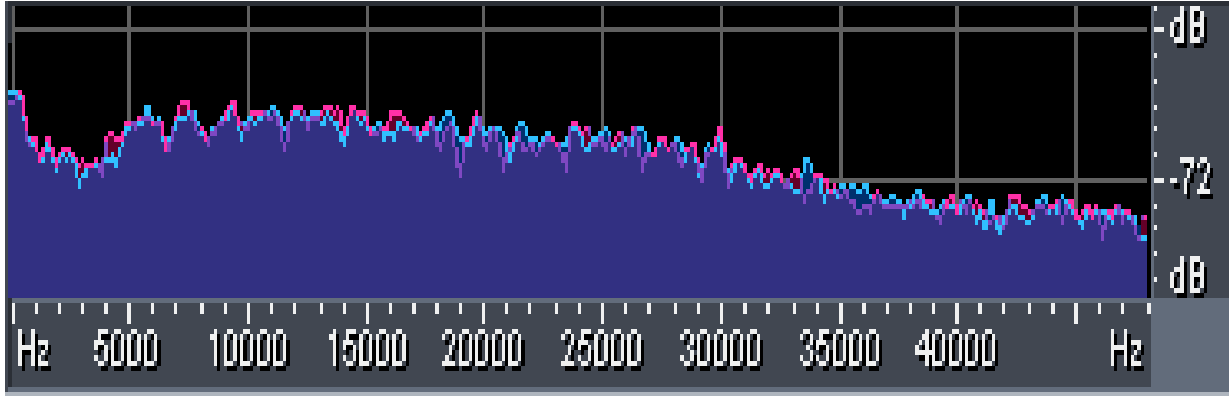
图（13）白纹雏蝗鸣叫周期



图（14）白纹雏蝗脉冲组中的脉冲数

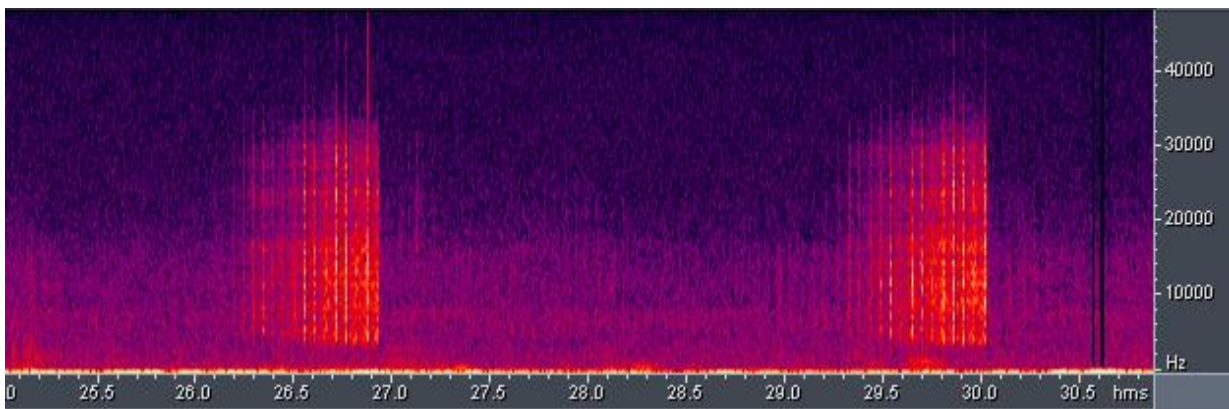
### B. 白纹雏蝗 (*Chorthippus albonemus*) 频域分析

对测定声音选取段落进行频率分析可得，该声音样本 72dB 频率范围大致为 2400-32000Hz，其分布表均匀，主要分布范围为 4200-24000Hz



图(15) 白纹雏蝗频域分析

对鸣声所选取声音片段的光谱分析图进行分析可知，蝗虫鸣叫频率范围是3000-35000Hz，主要集中的范围在5000-24000Hz，这与其鸣叫的频率分析图谱得出了相似的结论。



图(16) 白纹雏蝗鸣声光谱图

### 四种蝗虫的时域分析数据比较如表 1 所示：

表 1. 四种蝗虫的时域分析数据比较

| 数据名称                | 小翅雏蝗       | 白纹雏蝗       | 宽径域跃度蝗     | 长须跃度蝗      |
|---------------------|------------|------------|------------|------------|
| 样本时长/s              | 37         | 35         | 30         | 38         |
| 脉冲组持续时长/s           | 0.443      | 0.667      | 2.372      | 1.402      |
| 脉冲组间隔时长/s           | 1.383      | 2.329      | 2.668      | 6.766      |
| 脉冲组中脉冲个数            | 5          | 12         | 30         | 14         |
| 脉冲持续时长/s            | 0.026      | 0.010      | 0.024      | 0.025      |
| 脉冲间隔时长/s            | 0.060      | 0.050      | 0.067      | 0.064      |
| 频域集中分布范围/ Hz (72dB) | 5000-15000 | 4200-24000 | 6000-32000 | 5600-21000 |
| 光谱图中频率集中分布/Hz       | 5000-15000 | 5000-24000 | 5000-30000 | 4800-22000 |

## 5 讨论

在长白山地区跃度蝗和雏蝗分布相对比较广泛，本次研究主要对小翅雏蝗、长须跃度蝗、宽径域跃度蝗、白纹雏蝗进行了比较。研究发现不同属的蝗虫发声有明显的不同，同一属但

不同种类之间也有差异。在观察过程中我们发现，跃度蝗属和雏蝗属的蝗虫发出的声音有一定的区别，跃度蝗的叫声清脆响亮，富有节奏感；而雏蝗的声音则相对低沉。

### 5.1 不同属之间的比较

通过跃度蝗属和雏蝗属的蝗虫鸣叫的频域与时域的分析，可以看出：雏蝗脉冲组中的脉冲数明显小于跃度蝗属，雏蝗的脉冲组持续时长明显短于跃度蝗属；对于脉冲的持续时间和脉冲间隔时长，不同属之间的差异不太显著；而跃度蝗属脉冲组中的脉冲个数较雏蝗属多；跃度蝗属的高频成分的分布范围率大于雏蝗属。

不同属之间的差异特征分化的结果，使物种在进化过程中保持物种间生殖隔离。在形态结构和行为学上，表现为发声器结构和鸣叫行为的差异。因此，鸣声特征可以作为种类鉴定的依据之一，同时可以作为探讨物种起源于进化的依据之一，对于蝗虫的鸣叫声，主要是为了吸引相对间隔远的雌性，所以，不同属之间的鸣叫的差异也是物种繁衍的进化方式。

### 5.2 同一属不同种类之间的比较

通过观察两种跃度蝗以及两种雏蝗的发声时域和频域，比较可以看出，同一属中不同的种类之间也有一定的差异。

对于发声的时域和频域进行分析：宽径域跃度蝗鸣叫的脉冲组的持续时间较长须跃度蝗长，而脉冲组间隔时长却短于长须跃度蝗，这可能是长期进化的结果。针对样品的频域分析，两种跃度蝗发声是的频率分布范围都比较大，而且在 20000Hz 以上有超声波的出现，这可能与物种亲缘性有一定的关系。

小翅雏蝗的脉冲组持续时长和脉冲组间隔时长都短于白纹雏蝗，而脉冲时长及脉冲间隔时长都长于白纹雏蝗。白纹雏蝗的频率分布范围比较大。

本次实习课题中，我们选择了长白山分布广泛的两种跃度蝗和两种雏蝗为研究对象，对其发声的样本进行了处理与分析，但对其鸣叫的机制以及其发声机制的演变方向尚不明确，还有待于进一步的学习和研究。

## 6 参考文献

- 【1】 邓欣，黎家文；蝗虫鸣声行为特征在分类鉴定中的应用；华中昆虫研究（第三卷）
- 【2】 陈阿兰；雏蝗属四种雌雄性发音器的比较研究（直翅目：网翅蝗科）；青海师范大学学报（自然科学版）；2003年第1期
- 【3】 曹立民，郑哲民，廉振民；东北地区跃度蝗属鸣声结构的比较研究（直翅目：网翅蝗科）；昆虫分类学报；1995年3月
- 【4】 邓欣，黎家文；蝗虫鸣声行为特征在分类鉴定中的应用；华中昆虫研究（第三卷）
- 【5】 芦荣胜，石福明，黄原；四种蝗虫雄性鸣声的比较研究（直翅目，蝗总科）动物分类学报 29（4）：639-645（Oct.，2004）
- 【6】 芦荣胜，杨培林，石福明等；历山自然保护区四种蟋蟀鸣声结构的比较研究（直翅目：蟋蟀总科）；动物分类学报，27（3）：491~497
- 【7】 芦荣胜，石福明，杨培林；两种米纹蝗雄性鸣声的比较研究（直翅目，蝗总科）[J]；动物

分类学报;2003年03期

- 【8】 隋艳晖,徐洪富,孙淑君,刘勇,孙炳香;昆虫发声行为的研究现状;山东农业大学学报(自然科学版);2003,34(3)
- 【9】 石福明,杨培林,杜喜翠;日本条螽不同地理种群雄性鸣声的比较研究(直翅目,露螽科)[J];动物分类学报;2003年03期
- 【10】 石福明,杨培林,2002. 鼻优草螽和苍白优草螽鸣声和发声器的研究. 动物学研究, 22(2):13~16
- 【11】 林凤鸣;黄星蝗的发声(J);昆虫知识 1982,19(5):32
- 【12】 李恺,郑哲民. 棺头蟋属六种常见蟋蟀鸣声特征与种类鉴定[J]. 昆虫分类学报 1999, 21(1) 17-21
- 【13】 谢令德,郑哲民;音蟋属三种蟋蟀发生器特征的比较;武汉工业学院学报 1009-488 (2002) 04-0099-03
- 【14】 Ragge, K. R. and Reynolds, W. J. 1998. The songs of the Grasshoppers and Crickets of Western Europe. Published by Harley Books in Association with The Natural History Museum. London. 12348.
- 【15】 Reynolds, W. J. 1980. A re-examination of the characters separating *Chorthippus montanus* and *C. parallelus* (Orthoptera: Acrididae). Journal of Natural History, 14: 183-203.
- 【16】 Walker, T. J. and Carlisle, T. C. Stridulatory File Teeth in Crickets: Taxonomic and Acoustic Implications (Orthoptera: Gryllidae) [J]. I J Insect Morphol & Embryol, 1975, 4(2): 151-158
- 【17】 Fernando Montealegre-Z, Andrew C. Mason. The mechanics of sound production in *Panacanthus pallicornis* (Orthoptera: Tettigoniidae: Conocephalinae): the stridulatory motor patterns. The Journal of Experimental Biology 208, 1219-1237.