

# 第一章 绪论

Matlab是矩阵实验室 (Matrix Laboratory)的简称, 是美国 MathWorks 公司出品的商业数学软件, 用于算法开发、数据可视化、数据分析以及数值计算的高级技术计算语言和交互式环境, 主要包括 Matlab和 Simulink两大部分。

## 1.1 Matlab 简介

MATLAB 是英文 MATrix LABoratory(矩阵实验室)的缩写。早期的 MATLAB 是用 FORTRAN 语言编写的, 尽管功能十分简单, 但作为免费软件, 还是吸引了大批使用者。经过几年的校际流传, 在 John Little、Cleve Moler和 Steve Banger合作, 于 1984 年成立 MathWorks 公司, 并正式推出 MATLAB 第一版。从这时起, MATLAB 的核心采用 C 语言编写, 功能越来越强大, 除原有的数值计算功能外, 还新增了图形处理功能。

MathWorks 公司于 1992 年推出了具有划时代意义的 4.0版; 1994 年推出了 4.2版扩充了 4.0版的功能, 尤其在图形界面设计方面提供了新方法; 1997 年春 5.0版问世, 5.0版支持了更多的数据结构, 使其成为一种更方便、更完善的编程语言; 1999 年初推出的 MATLAB5.3 版在很多方面又进一步改进了 MATLAB 语言的功能, 随之推出的全新版本的最优化工具箱和 Simulink3.0达到了很高水平; 2000 年 10 月, MATLAB6.0 版问世, 在操作页面上有了很大改观, 为用户的使用提供了很大方便, 在计算机性能方面, 速度变的更快, 性能也更好, 在图形界面设计上更趋合理, 与 C 语言接口及转换的兼容性更强, 与之配套的 Simulink4.0版的新功能也特别引人注目; 2001 年 6 月推出的 MATLAB6.1 版及 Simulink4.1版, 功能已经十分强大; 2002 年 6 月推出的 MATLAB6.5 版及 Simulink5.0版, 在计算方法、图形功能、用户界面设计、编程手段和工具等方面都有了重大改进; 2004 年, MathWorks 公司推出了最新的 MATLAB7.0 版, 其中集成了最新的 MATLAB7 编译器、Simulink6.0仿真软件以及很多工具箱。这一版本增加了很多新的功能和特性, 内容相当丰富。

Matlab主要面对科学计算、可视化以及交互式程序设计的高科技计算环境。它将数值分析、矩阵计算、科学数据可视化以及非线性动态系统的建模和仿真等诸多强大功能集成在一个易于使用的视窗环境中, 为科学研究、工程设计以及必须进行有效数值计算的众多科学领域提供了一种全面的解决方案, 代表了当今国

际科学计算软件的先进水平。

MATLAB 的优势 (1) 工作平台编程环境十分友好 (2) 编程语言简单易用 (3) 数据的计算处理能力十分强大 (4) 图像处理能力强大 (5) 模块集合工具箱应用广泛 (6) 程序的接口和发布平台很实用 (7) 可以开发用户界面。

Matlab 语言的特点 MATLAB 语言被称为第四代计算机语言, 其利用丰富的函数资源, 使程序员从繁琐的程序代码中解放出来, 其最突出的特点就是简洁。MATLAB 用更直观的、符合人们思维习惯的代码, 代替了 C 和 FORTRAN 语言的冗长代码, 给用户带来最直观、最简洁的程序开发环境, 下面简单介绍一下 MATLAB 的主要特点。

语言简洁紧凑, 使用方便, 库函数十分丰富。MATLAB 程序书写的形式自由, 利用丰富的库函数避开了繁琐的子程序编程任务, 由于库函数都是由本领域的专家编写, 所以不必担心函数的可靠性。

高效方便的矩阵和数组运算, MATLAB 语言不需要定义数组的维数, 并给出了矩阵函数、特殊矩阵函数、特殊矩阵专门的库函数, 使得在求解信号处理、建模、系统识别、优化和控制等领域的问题时, 显得大为简洁、方便、高效, 这是其他高级语言所不能的。

MATLAB 既具有结构化的控制语句, 又具有面向对象编程的特性。

MATLAB 语法限制不严格, 程序设计自由度大, 通过建立 M 后缀名文件的形式, 与用户已经编好的 FORTRAN、C 语言成语混合编程, 方便地调用有关的 FORTRAN、C 语言的子程序。可移植性很好, 基本上不做修改就可以在各种型号的计算机和操作系统上面运行。

MATLAB 的图形功能强大。在 C 和 FORTRAN 语言里, 绘图都很不容易, 但在 MATLAB 里, 数据的可视化非常简单。此外, MATLAB 还具有较强的编辑图形界面的能力。

MATLAB 拥有功能强大的工具箱, 主要用来扩充其符号计算功能、图示建模仿真功能、文字处理功能以及与硬件实施交互功能。

源程序的开放性强。除内部函数以外, 所有 MATLAB 的核心文件和工具箱文件都是可读可改变的源文件, 用户可通过对源文件的修改以及加入自己的文件构成新的工具箱。

MATLAB 软件自 1984 年推向市场以来, 历经十几年的发展和竞争, 现已成为国际公认的最优秀的科技应用软件。它功能强大、界面友好、语言自然、开放性强, 很快成为应用学科计算机辅助分析、设计、仿真、教学乃至科技文字不可缺少的基础软件。

## 1.2 语音概述

### 1.2.1 语音简介

语音, 即语言的声音, 是语言符号系统的载体。它由人的发音器官发出, 负载着一定的语言意义, 语言依靠语音实现它的社会功能。语音是人们交流思想和进行社会活动的最基本手段, 因此我们要对语音信号进行处理分析, 优化人类通信交流。语音信号处理包括语音通信、语音增强、语音合成、语音识别和说话人识别等方面。语音信号的好坏、语音识别率的高低, 都取决于语音信号处理的好坏。因此, 语音信号处理是一项非常有意义的研究课程, 而语音端点检测是语音信号处理中非常重要的一步。

语音端点检测是语音分析、合成和识别中的一个重要环节, 目的是从包含语音的一段信号中找出语音的起始点及结束点, 从而只存储和处理有效语音信号。有效的端点检测不仅可以减少数据的存和处理时间, 而且能排除无声段的噪声干扰。端点检测的困难在于无声段或者语音段前后人为呼吸等产生的杂音、语音开始处的弱摩擦音或弱爆破音以及终点处的鼻音, 这些使得语音的端点比较模糊, 需要综合利用语音的各种信号特征, 从而确保定位的精确性, 避免包含噪音信号和丢失语音信号。近年来出现了很多种端点检测的方法如短时能量、短时过零率、传统的双门限法、倒谱特征的检测方法、谱熵的检测方法、分形法等。尽管语音端点检测技术在安静的环境中已经达到了令人鼓舞的准确率, 但是在实际应用时由于声的引入和环境的改变通常会使系统性能显著下降。研究表明, 即使在安静的环境中, 语音识别系统一半以上的识别错误来自端点检测器。因此, 作为语音识别系统的第一步, 端点检测的关键性不容忽视, 尤其是噪声环境下语音的端点检测, 实验室的研究结果与复杂的实用环境下的语音端点检测仍存在一定的差距, 它的准确性很大程度上直接影响着后续的工作能否有效进行, 如何准确地检测出带噪语音的端点至今仍是一个难题。



## 1.2. 研究背景及意义

语音是语言的声学表现形式，语言是人类特有的功能，声音是人类常用的信息交流工具，通过声音传递信息是人类最重要、最有效、最准确、最方便、最自然的信息交换的方式。语音信号处理是一门涉及面很广的交叉科学，包含计算机科学、语音学、语言学、声学、生理学、心理学和数学等诸多领域的内容。随着现代科学的蓬勃发展，人类社会越来越显示出信息社会的特点，犹如衣、食、住、行对于人类是必要的一样，通信和信息交换也成为了人类社会存在的必要条件，不但在人与人之间，而且在人与机器之间每时每刻都需要进行大量的信息交换。让计算机听懂人类的语言，是人类自计算机诞生以来梦寐以求的想法。

语音技术的应用已经成为一个具有竞争性的高新技术产业，它正在直接与办公、交通、金融、公安、商业、旅游等行业的语音咨询与管理，工业生产部门的语声控制，电话、电信系统的自动拨号、辅助控制与查询以及医疗卫生和福利事业的生活支援系统等各种实际应用领域相接轨，并且有望成为下一代操作系统和应用程序的用户界面。语音处理内容涉及到计算机科学、模式识别、信号处理、生理学、语音学、心理学等学科，还涉及到信号和信息处理系统、通信和电子系统等具体应用领域。语音信号处理与信息科学中最活跃的前沿科学密切联系，并且共同发展。例如，神经网络理论、模糊集理论、小波理论是当前热门的研究领域，这些领域的研究常常把语音处理任务作为一个应用实例，而语音处理研究者也从这些领域的研究进展中找到突破口，使语音处理技术研究取得进展。

经过几十年的努力，语音信号处理在语音识别、语音增强、语音编码、说话人识别、说话人情感识别、语音合成等方面取得了巨大的进步，然而，一旦这些技术应用在实际环境中，由于环境噪声、信道等方面的影响，性能急剧下降，因为在实际环境中没有完全纯净的语音信号，一般都会伴有噪声或其它干扰。。语音检测的任务就是判断待处理信号是语音还是非语音，从输入信号中找到语音部分的起止点。语音检测是语音识别、语音增强以及语音编码等中的一个重要环节。有效的语音检测技术不仅能减少系统的处理时间、提高系统的处理实时性，而且能排除无声段的噪声干扰，从而使后续工作的性能得以较大提高。

## 第二章 语音信号处理

### 2.1 语音信号特点

语音信号是随时间变化的一维信号，由一连串的音组成，各个音的排列有一定的规则。语音具有声学特征的物理性质，声音质量与它的频率范围有关，语音信号的频率一般是在  $200\text{Hz}\sim 3500\text{Hz}$  范围内，随着带宽的增加，信号的自然度将逐步得到改善。语音信号本身的冗余度是较大的，少数辅音清晰度下降并不明显影响语句的可懂度，比如通常的模拟电话带宽只有  $3\text{KHz}\sim 4\text{KHz}$ 。

语音信号的特性是随时间变化的，所以是一种典型的非稳态信号。但是，从另一方面来看，由于语音的形成过程与发音器官的运动密切相关，这种物理运动比起声音振动速度来讲要缓慢得多，因此，语音信号常常可假定为短时平稳的。研究表明，在  $5\text{ms}\sim 40\text{ms}$  的范围内，语音信号的频谱特性和一些物理特征参数基本保持不变。这样，我们就可以将平稳过程的处理方法和理论引入到语音信号的短时处理中。因此，“短时分析技术”贯穿于语音分析的全过程。

语音信号的基本组成单位是音素。音素可分成“浊音”和“清音”两大类。如果将不存在语音而只有背景噪声的情况称为“无声”。那么音素可以分成“无声”、“浊音”、“清音”三类。一个音节由元音和辅音构成。元音在音节中占主要部分。所有元音都是浊音。在汉语普通话中，每个音节都是由“辅音—元音”构成的。在信号处理中，语音按其激励形式的不同可分为 2 类：（1）浊音 当气流通过声门时，如果声带的张力刚好使声带发生张弛振荡式的振荡，产生一股准周期的气流，这一气流激励声道就产生了浊音。这种语音信号是 1 种激励信号，它是由规则的全程激励产生的，其时域波形具有准周期性，语音频率集中在比较低的频率范围内，短时能量较高，由于语音信号中的高频成分有高的过零率而低频有低的过零率，因此浊音的过零率低。通常，浊音信号可以由周期激励通过线性滤波器合成。（2）清音 当气流通过声门时，如果声带不振动，而在某处收缩，迫使气流高速通过这一收缩部分而产生湍流，就得到清音。清音是由不规则的激励产生的，发清音时声带不振动，其时域波形不具有周期性，自相关函数没有很强的自相关周期峰，其语音频率集中在较高的范围内，短时能量较低，因而过零率较高。通常，清音信号可由白噪声通过线性滤波器合成。

## 2.1. 语音信号的“短时谱”

对于非平稳信号，它是非周期的，频谱随时间连续变化，因此由傅里叶变换得到的频谱无法获知其在各个时刻的频谱特性。如果利用加窗的方法从语音流中取出其中一个短段，再进行傅里叶变换，就可以得到该语音的短时谱。

## 2.1.2 基音周期

语音信号的周期称为基音周期，它是声带振动频率的倒数，基音周期的估计称为基音检测。基音检测是语音处理中的一项重要技术，它在有调语音辨意、低速率语音编码、说话人识别等方面起着非常关键的作用。但在实现过程中，由于声门激励波形不是一个完全的周期脉冲串，再加上声道影响去除不易、基音周期定位困难、背景噪声影响强烈等一系列因素，基音检测面临着很大的困难。现在已有很多性能优越的基音检测算法，自相关基因检测算法就是一种基于语音时域分析理论较好的算法，在这里基于声音文件比较稳定的基础上，使用观察法获取基音周期。

## 2.2 语音信号预处理

为了消除因为人类发声器官本身和因一些采集语音信号的设备等所引起的混叠、高次谐波失真现象，在对语音信号进行分析和处理之前，必须对其进行预处理。语音信号的预处理应尽可能地保证处理后得到的信号更均匀、平滑，且能提高语音的质量。

## 2.2.1 预加重

在进行语音信号数字处理时，为了获取一段语音信号的时域波形，首先要将语音信号转换成电信号，再用 A/D 转换器将其变换为离散的数字化采样信号。已经数字化的语音信号将依次进入一个数据区。由于语音信号的平均功率受声门激励和口鼻辐射影响，高频端大约在 800Hz 以上按 6dB/倍频程跌落，即 6dB/oct (2倍频)或 20dB/dec (10倍频)，所以求语音信号频谱时，频率越高相应的成分越小，高频部分的频谱比低频部分的难求，为此要在预处理中进行预加重处理。目的是提升高频部分，使信号变得平坦，保持在低频到高频的整个频带中，能用同样的信噪比求频谱，而且预加重零点与辐射零点将抵消声门波的影响，使语音信号中只包含声道部分，以便于频谱分析或声道参数分析。图 2.1 表明了语音预处理的



过程

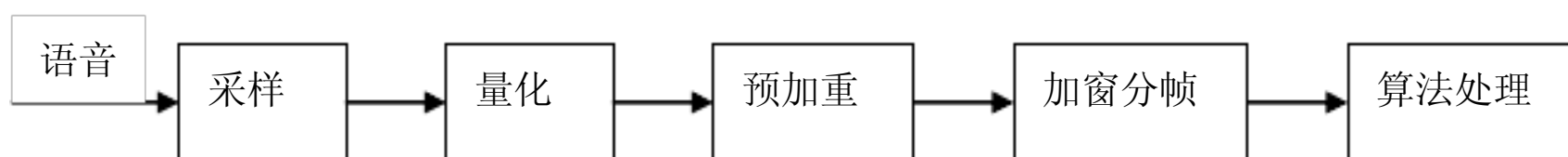


图 2.1 语音信号的预处理

预加重一般是在语音信号数字化之后，用具有 6dB/倍频程的提升高频特性的预加重数字滤波器来实现，它一般是一阶的数字滤波器：

$$H(z) = 1 - z^{-1} \quad (2-1)$$

式中  $z^{-1}$  的取值接近于 1。

有时要恢复原信号，需要从做过预加重的信号频谱来求实际的频谱时，要对测量值进行去加重处理，即加上 6dB/倍频程的下降的频率特性来还原成原来的特性。

## 2.2. 加窗分帧

语音信号检测首先要进行分帧处理，然后依次判断每一帧是否为语音的端点。如果采用较小的窗长，则计算量增加，语音识别的速度会降低。我们可以在语音静音段时，采用较长的窗；在语音和静音的过渡段时采用较小的窗，可以确切判断语音的起始点；一旦确定语音的起点，就改用常规窗长。

在进行了预加重后，接下来就要对语音信号进行加窗分帧处理。将语音信号划分为许多短时的语音段，每个短时的语音段称为一个分析帧。另外，由于不同语音信号的基音周期不同，为了兼顾男声和女声的最高和最低基音频率，且能准确地描述语音能量自身的实际变化规律，通常将窗宽选为 10ms~20ms。

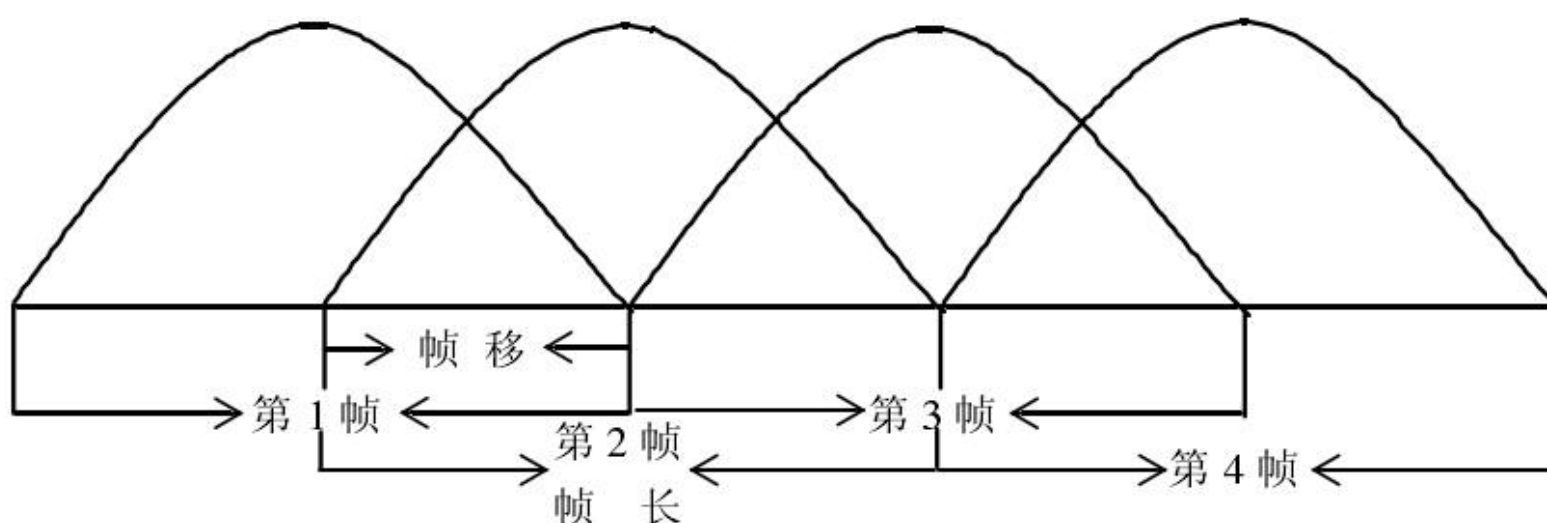


图 2.2 帧长和帧移

如图 2.2 所示分帧一般采用交叠分段的方法，这是为了使帧与帧之间能平滑过渡，保持其连续性。前一帧和后一帧的交叠部分称为帧移，帧移与帧长的比值一般取为 0~0.5 之间。分帧是用可移动的有限窗口长度进行加权实现的，即用窗函数  $w(n)$  乘以语音信号  $s(n)$ ，从而形成加窗的语音信号：

$$S(n) = S(n) \cdot w(n) \quad (2-2)$$

由于窗函数一般取为  $w(n)$  中间大两头小的光滑函数，这样的冲激响应所对应的滤波器具有低通特性，其带宽和频率取决于窗函数的选取。用得最多的三种窗函数是矩形窗、汉明窗 (Hamming) 和汉宁窗 (Hanning)，它们的定义如下：

矩形窗：

$$w(n) = \begin{cases} 1, & 0 \leq n \leq N-1 \\ 0, & \text{其他} \end{cases} \quad (2-3)$$

汉明窗：

$$w(n) = \begin{cases} 0.54 - 0.46 \cos(2\pi n / (N-1)), & 0 \leq n \leq N-1 \\ 0, & \text{其他} \end{cases} \quad (2-4)$$

汉宁窗：

$$w(n) = \begin{cases} 0.5 [1 - \cos(2\pi n / N)], & 0 \leq n \leq N-1 \\ 0, & \text{其他} \end{cases} \quad (2-5)$$

式中  $N$  为窗长，窗函数  $w(n)$  的选取 (形状和长度) 对于短时分析参数的特性影响很大，为此应该选择合适的窗口，使其短时参数能更好地反映语音信号的特性变化。以上这些窗函数的幅度频率响应都具有低通特性，它们的主瓣宽度和旁瓣高度如表 1-1 所示。

表 1-1 1s 长的各种窗的主瓣宽度和旁瓣高度

	矩形	汉明	汉宁
主瓣宽度	0.81Hz	1.19Hz	1.87Hz
旁瓣宽度	-13dB	-43dB	-32dB

从表中可知：矩形窗的主瓣宽度最小，但其旁瓣高度最高；汉明窗的主瓣最宽，而旁瓣高度最低。矩形窗的旁瓣太高，会产生严重的泄漏现象。汉明窗旁瓣



最低，可以有效地克服泄漏现象，具有更平滑的低通特性，因此，一般在语音信号预处理中，都选用汉明窗来进行语音分帧处理。

## 2.3 语音信号分析

语音信号处理包括语音识别、语音合成、语音编码、说话人识别等方面，但是其前提和基础是对语音信号进行分析。只有将语音信号分析成表示其本质特性的参数，才有可能利用这些参数进行高效的语音通信，以及建立用于识别的模板或知识库。而且，语音识别率的高低，语音合成的音质好坏，都取决于对语音信号分析的准确性和精度。

### 2.3.1 短时域分析

语音信号本身就是时域信号，因此，时域分析方法是应用最为广泛的一种方法，这种方法直接利用语音信号的时域波形。时域分析通常用于最基本的参数分析以及用于语音的分割、预处理等。语音信号的时域参数有短时能量、短时平均幅度、短时过零率、短时自相关函数等，这些是语音信号中一组最基本的短时参数，在各种语音信号数字处理技术中都有重要应用。

进行语音信号分析时，最先接触到且最直观的就是它的时域波形。时域分析通常用于最基本的参数分析，语音的分割、预处理和大分类。这种分析方法的特点是表示语音信号比较直观、物理意义明确；实现起来比较简单、运算量少；可得到语音的一些重要参数；可采用示波器等通用设备进行观测。取样之后要对信号进行量化，而量化过程不可避免地会产生量化误差，即量化后的信号值与原信号之间的差值。

### 2.3.2 频域分析

语音信号频域分析，主要是对一些频域的参数进行分析，常用的一些频域参数有频谱、功率谱、倒谱等等，最常用的频域分析方法有傅立叶变换法、线性预测法等。

#### 1、傅立叶变换法

傅里叶频谱变换是语音信号频域分析中广泛使用的方法，是分析线性系统和

平稳信号稳态特性强有力的手段，对分帧加窗后的语音信号，进行傅里叶变换和逆傅里叶变换，可以相应的得到频谱，功率谱，倒谱距离，熵等特征。由于语音信号的特性是随着时间缓慢变化，所以采用短时傅里叶变换，相应的求得特征为短时频域特征，这里的窗函数都使用汉明窗。

### (1) 短时频谱和短时功率谱

设信号  $x_n(m)$  经过傅里叶变换后在频域记为  $X_n(e^{j\omega})$ ，则  $X_n(e^{j\omega})$  与  $x_n(m)$  的关系见公式 1-6。

$$X_n(e^{j\omega}) = \sum_{m=0}^{N-1} x_n(m) e^{-j\omega m} \quad (2-6)$$

语音的频谱为  $X_n(e^{j\omega})$  的幅度，则有

$$p_n(e^{j\omega}) = |X_n(e^{j\omega})| \quad (2-7)$$

语音的短时功率谱的是幅度的平方，所以短时功率谱的计算方法为

$$G_n(e^{j\omega}) = |X_n(e^{j\omega})|^2 \quad (2-8)$$

### (2) 倒谱距离

语音信号的倒谱分析是通过同态处理来实现的。同态信号处理也称为同态滤波，就是将非线性问题转化为线性问题的处理方法。由于语音信号可视为声门激励信号和声道冲击响应的卷积，可以对语音信号进行解卷。倒谱能很好表示语音的特征，在强噪声环境下，可通过倒谱系数求得倒谱距离，使用倒谱距离来作为端点检测的特征。信号的倒谱也可以定义为信号的能量谱密度函数  $S(\omega)$  的对数的傅里叶级数展开式的系数，

$$\log_s(w) = \sum_n c(n) e^{-jn\omega} \quad (2-9)$$

$c_n$  即为倒谱系数，通过倒谱系数求得倒谱距离  $d_{cep}$  为

$$d_{cep} = 4.3429 \sqrt{\sum_1 (c_1(n) - c_0(n))^2 + 2^p \sum_{n=1} (c_1(n) - c_0(n))^2} \quad (2-10)$$

### (3) 熵

熵(用  $H$  表示)是物质的复杂程度的一种反映。熵  $H$  代表  $X$  的信息量， $X$  的概率分布越模糊，越难判断，

则 X 的熵为 
$$H = -\sum_{i=1}^n p_i \log p_i \quad (2-11)$$

## 2、线性预测法

线性预测分析的基本思想是：由于语音样点之间存在相关性，所以可以用过去的样点值来预测现在或未来的样点值，即一个语音的抽样能够用过去若干个语音抽样或它们的线性组合来逼近。通过使实际语音抽样和线性预测抽样之间的误差在某个准则下达到最小值来决定唯一的一组预测系数。而这组预测系数就反映了语音信号的特征，可以作为语音信号特征参数用与语音识别、语音合成等。

将线性预测应用与语音信号处理，不仅是因为它的预测功能，而且更重要的是因为它能提供一个非常好的声道模型及模型参数估计方法。线性预测的基本原理和语音信号数字模型密切相关。



## 第三章 语音信号检测

### 3.1 清音浊音检测

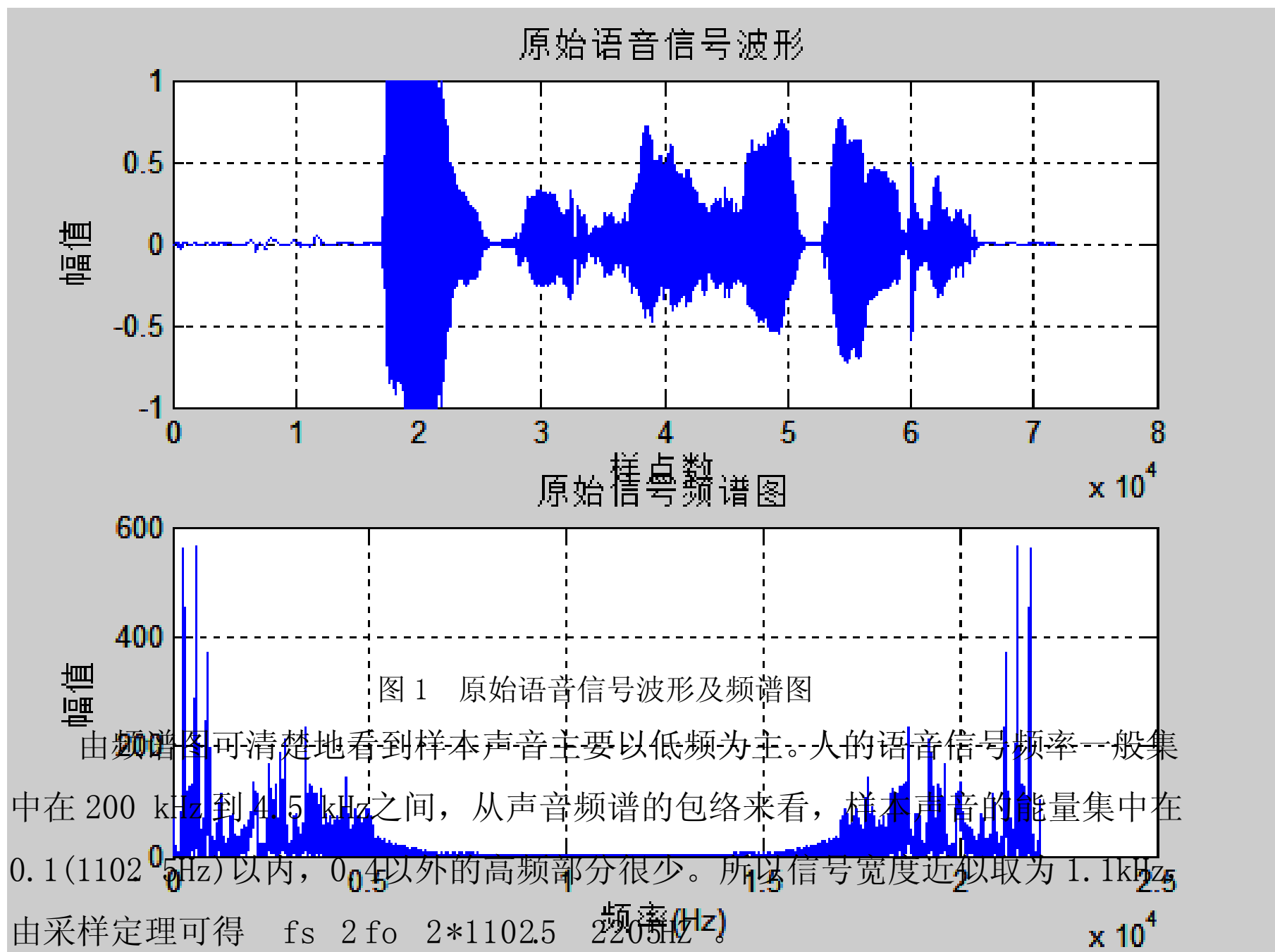
#### 3.1.1 信号采集

该设计以本人的声音为分析样本。可得出声音的采样频率为 11025Hz，且声音是单通道的。利用 sound 函数，可清晰地听到读音为：“电子信息”的音频信号。采集数据并画出波形图如下所示，fs 为采样频率，x 为采样数据，接下来对采样数据作傅里叶变换  $y=\text{fft}(x)$  并画出频谱图如图 1 所示，程序如下：

```

fs=11025; % 抽样频率
x=wavread('yin.wav');
sound(x1, 11025); % 读取语音信号“电子信息”
figure(1)
subplot(211)
plot(x) % 做原始语音信号的时域图形
title('原始语音信号波形');
xlabel('样点数'); %x 轴的名字是“样点数”
ylabel('幅值'); %y 轴名字是“幅值”
grid on;
N=128;
n=0:N-1;
y=fft(x); % 对 x 进行傅里叶变换
mag=abs(y); % 求幅值
f=(0:length(y)-1)*fs/length(y); % 进行对应的频率转换
figure(1)
subplot(212)
plot(f, mag); % 做原始语音信号的频谱图
xlabel('频率(Hz)');
ylabel('幅值');
title('原始信号频谱图');
grid on;

```



### 3.1.2 短时能量和短时平均幅度

能量是语音的一个重要特性，由于语音信号的能量随时间变化，清音和浊音之间的能量差别相当显著，清音的能量较小，浊音的能量较大。因此对语音的短时能量进行分析，可以描述语音的这种特征变化情况。短时能量定义为：

$$E_n = \sum_{m=n-N+1}^n [x(m)w(n-m)]^2 \quad (3-1)$$

其中， $W(n)$  是窗函数， $N$  是窗长。特殊地，当采用矩形窗时，可简化为：

$$E_n = \sum_{m=n-N+1}^n x^2(m) \quad (3-2)$$

由此表明，窗口加权短时平均能量  $E_n$  相当于将“语音平方”信号通过一个单位函数响应为  $h(n)$  的线性滤波器的输出。

本次语音信号的短时平均能量和短时平均幅度如下图 2 所示及程序如下：

`N=240;`

`Y=wavread('yin.wav');`

`L=length(Y);`

```

LL=length(Y)/N;
figure(2)
Em=zeros(1,(LL-1)*240);
for ii=1:(LL-1)*240,
    temp=Y(ii:ii+240);
    Em(ii)=sum(temp.*temp);
end
jj=[1:(LL-1)*240];
subplot(211)
plot(jj, Em, 'b');           % 绘制短时平均能量曲线
xlabel('帧数');
ylabel('短时能量');
title('短时平均能量');
grid on;
% 短时平均幅度 Mn=sum(abs(Y))/N
Mn=zeros(1,(LL-1)*240);
for ii=1:(LL-1)*240,
    temp=Y(ii:ii+240);
    Mn(ii)=sum(abs(temp))/N;
end
figure(2)
jj=[1:(LL-1)*240];
subplot(212)
plot(jj, Mn, 'b');          % 绘制短时平均幅度曲线
xlabel('帧数');
ylabel('短时平均幅度');
title('短时平均幅度');
grid on;

```



以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/136103220104011002>