

实验二 脉冲星轮廓的分解与合成

一、实验目的

1. 掌握用 MATLAB 进行脉冲星轮廓的轮廓折叠;
2. 掌握用 MATLAB 进行脉冲星信号的傅里叶分解;
3. 理解并研究脉冲星信号所含的频率成分;
4. 探究噪声对轮廓的影响。

二、实验内容

1、脉冲星信号的傅里叶分解

利用所学知识,对给定的 Crab 脉冲星的光子到达时间进行轮廓分析。

- (1) 对光子到达时间进行等间隔取样的统计, 取样间隔取值依赖奈奎斯特采样定律, 要保证信号无失真;
- (2) 然后, 对服从等间隔分布的光子到达时间统计数据进行 FFT, 得到其频谱;
- (3) 对比不同采样间隔下的频谱, 你发现了什么现象? 思考并解释该现象。
- (4) 观察不同采样间隔下的频谱, 分析频谱中的显著性峰值, 探索脉冲星信号所含频率成分;
- (5) 思考一下, 要清楚的观察到脉冲星信号的频率成分, 提高频率分辨率, 降低频谱栅栏效应, 应该怎么做?

要求:

- (1) Crab 脉冲星周期设定为 $T=1/29.79123091\text{s}$; 以29.791 来做一遍
- (2) 贴出保存好的不同采样率下的频谱图, 保存格式为.tiff,;
- (3) 分析并探讨脉冲星所含频率成分, 尝试着写出其傅里叶分解的形式
- (4) 附程序+自己一卡通照片。

2、脉冲星脉冲轮廓的影响因素分析

(1) 利用 MATLAB 设计一个程序，对一定观测时间下的脉冲星实测的数据-----光子到达时间(由老师提供)进行不同 bin 块 下的轮廓累积(轮廓累积原理见附 1);

bin 块长度分别为: (256, 512, 1024, 1024*10,)，研究轮廓随 bin 块的变化规律;

(2) 设计 MATLAB 程序，给累积的不同 bin 块下的轮廓加-20dB 的高斯白噪声，观察轮廓有什么变化?

(3) 分析 噪声 对轮廓有什么影响? 探如何实现降噪处理? 方法不限，鼓励尝试各种新方法。

注意事项:

(1) MATLAB 是矩阵实验室(Matrix Laboratory)的缩写，是一个非常强大的计算工具，主要用于矩阵的存取、通用数值计算、算法设计等，其含有的信号处理工具箱中，具有大量基本信号处理的封装函数，查阅上述函数功能及使用方法可在 MATLAB 命令窗口输入“**fhhelp *****”进行查阅。

(2) MATLAB 开发环境是一个友好的界面，如下图所示。主要有工作空间(查阅程序中调入、产生和保存的数据、及类型)、程序编辑区(进行程序的编写)、命令输入区(进行命令的输入)、历史命令区(查阅历史命令)等组成。不同的操作应该在不同的区域进行。

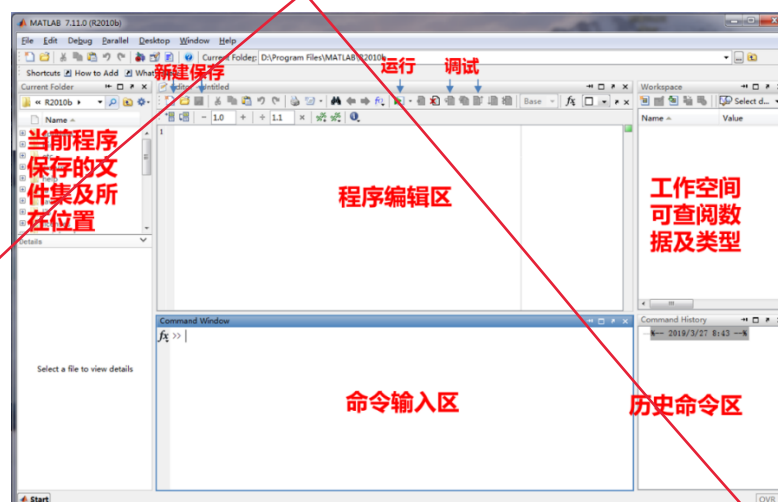


图 1 MATLAB 开发环境

(3) MATLAB 编程需严格按照语法要求，程序编写前要有说明，如所编写程序的功能、输入参数、输出参数、编写人、编写日期等。此外，关键语句要加注释。具体如下图所示。

```
1 %% 该程序的功能：
2 %% 输入参数：
3 %% 输出参数：
4 %% 编写人：
5 %% 编写日期：
6 clc %清除命令窗口的内容
7 clear all %清除工作空间的内容
8 close all %关闭打开的窗口
9 .....
```

图 2 编程示例

(4) 编写程序时应注意输入格式及语法要求，不要出现中英文字符混用；多次出现的数字应用变量代替；变量名要望文知意；

(5) 循环语句要注意循环条件。

附 1. 脉冲轮廓累积原理

设 X 射线脉冲星信号观测时间间隔为 (t_0, t_f) ，总观测时间为 $T_{obs}=t_f-t_0$ ，令 t_i 表示探测器处接收到的第 i 个光子到达时间，则任意递增光子到达时间序列 $\{t_1, t_2, \dots, t_m\}$ 可划归为满足 $t_1 < t_2 < \dots < t_m$ 。

综合 X 射线脉冲星光子辐射特性、任意时刻脉冲星光子相位模型和宇宙背景光子辐射的齐次泊松模型可以得出： $(0, t)$ 区间内所探测到的 X 射线光子数服从非齐次泊松过程 (NHPP)，其强度函数为：

$$\lambda(t) = \lambda_b + \lambda_s h(\Phi(t))$$

λ_b 为噪声光子到达速率， λ_s 为脉冲星信号光子到达速率， $h(t)$ 为归一化的周期脉冲轮廓。

X 射线探测器可以通过测量光子与探测器的碰撞时间来完成对脉冲星信号光子到达时间的记录。

通常情况下，所记录的信号在时域上表现为一系列的脉冲到达时刻，幅值为某一时刻到达的光子个数。

利用探测器所记录到的光子到达时间恢复出脉冲星信号轮廓是进行后续脉冲星导航信号处理的基础。一般称从记录的光子到达时间中恢复脉冲星信号轮廓

的过程为历元折叠（轮廓折叠）。

历元折叠（轮廓折叠）过程如下：

（a） 在一段观测时间 $T_{obs}=t_{end}-t_l$ 内，将 T_{obs} 内观测到的所有光子到达时间进行标记 t_i ($i=1,2,\dots,N$)；

（b） 将一个脉冲周期 P 划分为 N_{bin} 个等长度的时间段，每个时间段的长度为 $T_b=P/N_{bin}$ ；假设整个观测时间段 T_{obs} 内有 N_p 个周期，则有 $T_{obs}\approx P\times N_p$ ；

（c） 然后将上述所计算的相对时间归算并折叠到第一个脉冲周期 P 内。此处采用的方法是将所有光子到达时间除以周期 P 并取余数，该余数向上取整，归算到第一个周期 P 内所对应的不同 bin 块里，每个光子所对应的在第一个周期的 bin 块位置为：

$$\text{ceil}\{[t_i - \text{floor}(t_i/P) * P] / T_b\}$$

（d） 利用 MATLAB 函 hist (histc) 统计出第一个周期内每个时间片段内的光子数量 $\sum_{j=1}^{N_p} c_j(t_i)$ ，可得到累积脉冲轮廓。

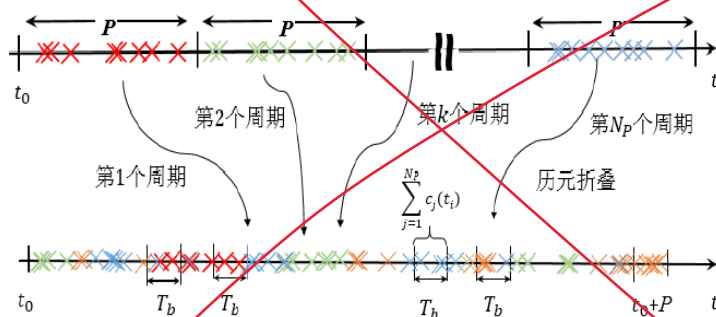


图 3 历元折叠（轮廓折叠）示意图