

**信号与系统实验：**

**基于通信系统的被动感知**

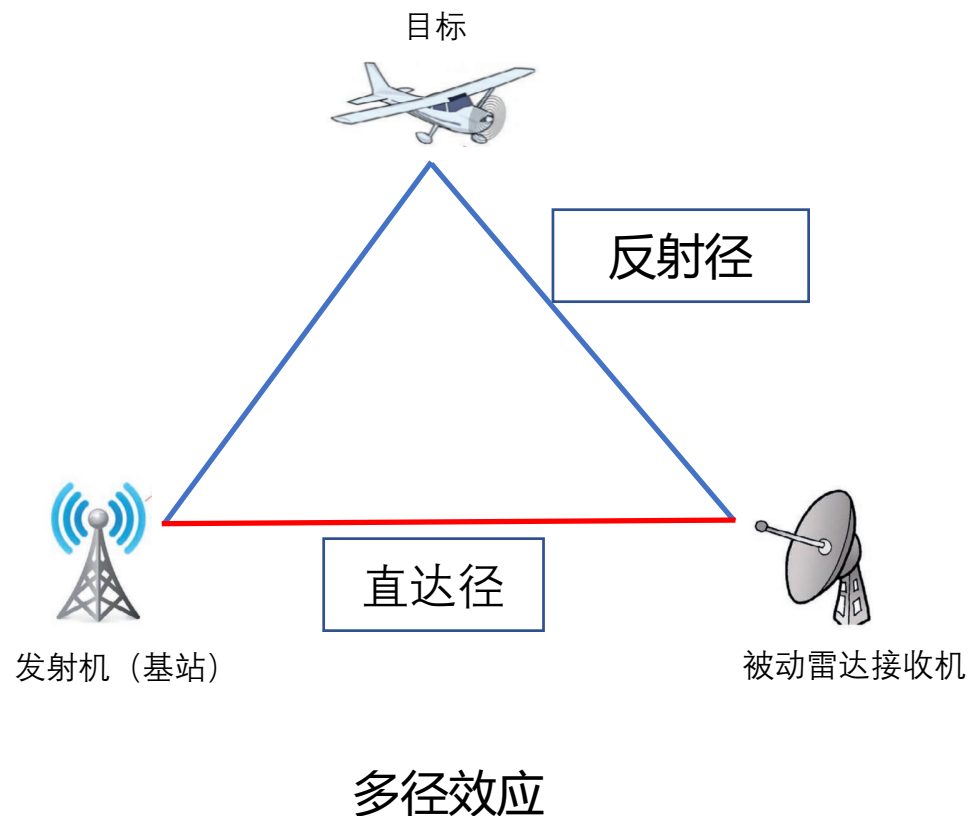
# 无线信号传播

**多径效应：**无线通信的收发机之间存在多条传播路径；电磁波经不同路径传播后，发射信号的不同拷贝到达接收机的时间和衰减各不相同；上述不同拷贝在接收机处叠加，构成了接收机的接收信号。

**多普勒频移：**当目标移动时，反射径长度的变化会造成接收信号相位和频率的变化。

多普勒频移与传播路程的关系：传播路程变短时多普勒频移为正，反之为负。

**雷达：**雷达发射电磁波对目标进行照射并接收其回波，由此获得目标至电磁波发射点的距离、距离变化率（径向速度）、方位、高度等信息。



# 主动雷达vs被动雷达



**主动雷达：**发射机发射特定信号波形，接收机接收目标的回波信号实施探测。

**被动雷达：**利用第三方非合作辐射源发射的电磁信号(如地面广播、电视和移动通信等)来照射目标，自身仅被动地接收目标回波信号实施探测。

## 被动雷达的优点：

1. 在军事应用上，被动雷达在进行目标探测时保持无线电静默，其很难被定位或者受到干扰，因此十分适用于对隐蔽性要求较高的场景。
2. 不需要额外的时间/频率资源，从而使得其成本和复杂度大大低于传统的有源雷达设备。

# 被动雷达基本原理

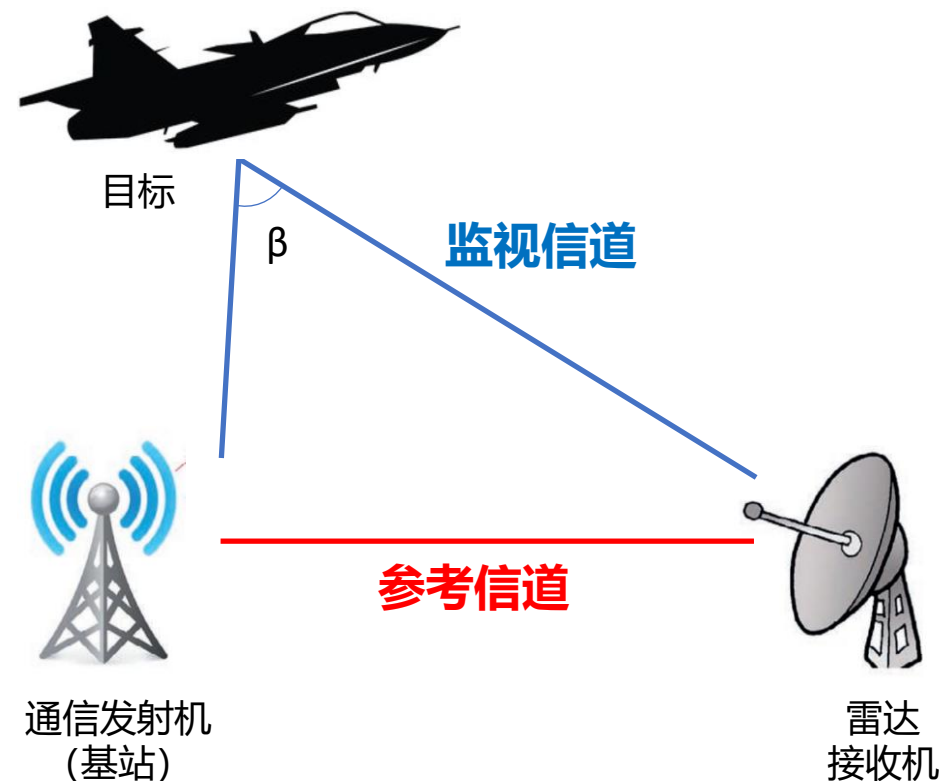
## 基本原理:

被动雷达首先接收一个从外部发射机发出, 经直达径(通常称为“**参考信道**”)传输的参考信号。同时, 它会收到同一信号经由目标散射(称为“**监视信道**”)后的回波信号。通过计算从两个信道收集的信号之间的时间差和频率差来估计目标距离和多普勒频移。

## 目标距离与速度的计算:

路径长度差 = 信道时延差 × 光速

$$\text{目标速度} = \frac{\text{波长} \times \text{多普勒频移}}{2\cos(\beta)}$$



# 被动雷达基本原理

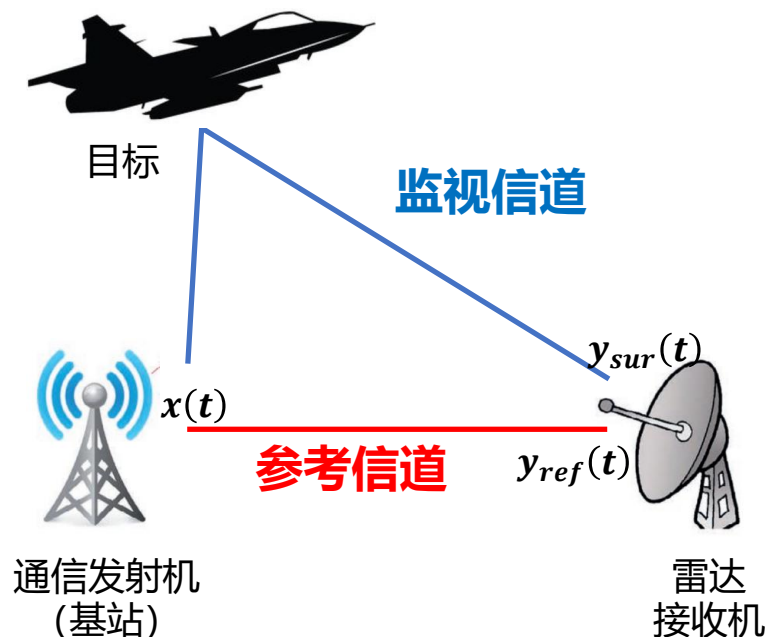
- 假设  $x(t)$  为发射信号
- 参考信号  $y_{ref}(t) = \alpha x(t - \tau_r)$  为时延和衰减后的发射信号
- 监视信号  $y_{sur}(t) = \beta x(t - \tau_s) e^{j2\pi f t}$  为衰减、时延和多普勒频偏后的发射信号

- 定义模糊函数

$$Cor(c, d) = \int_t^{t+T} y_{sur}(t + c) y_{ref}^*(t) e^{-j2\pi d t} dt$$

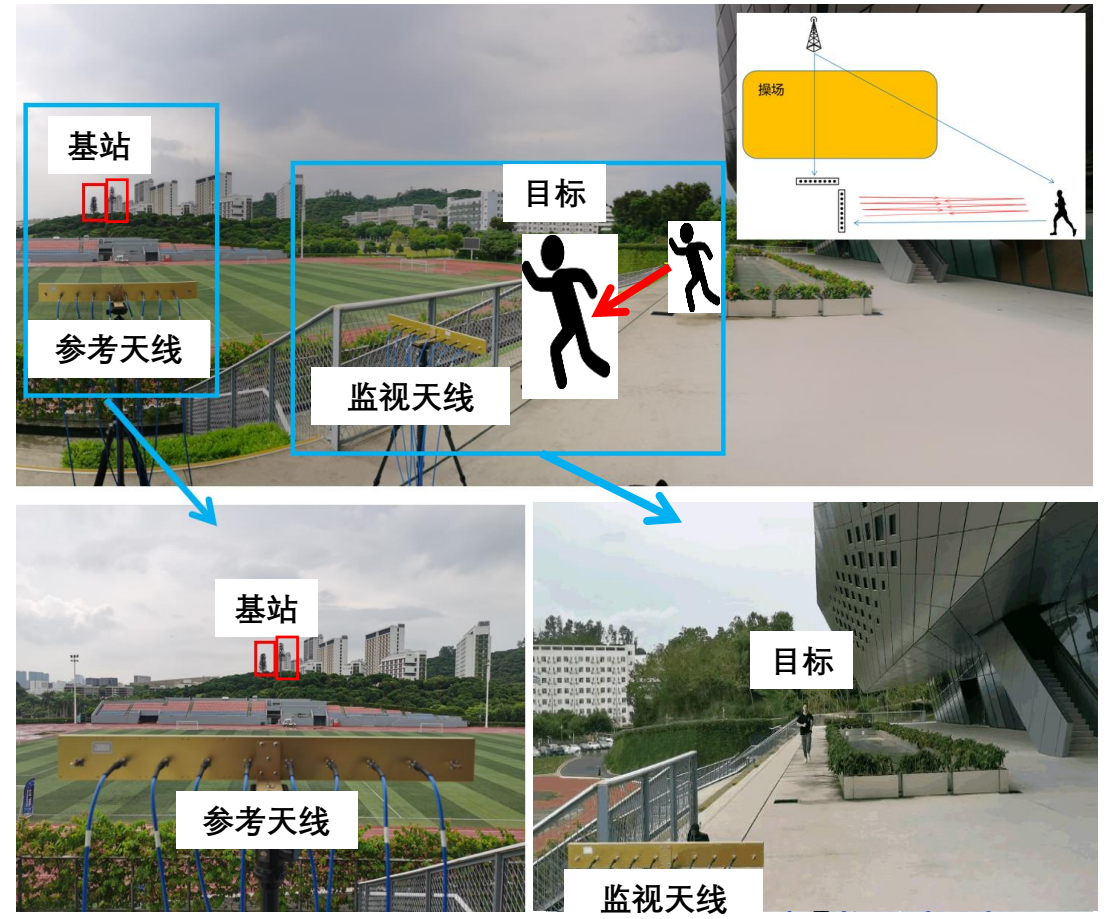
- 估计时延差和多普勒频移  $(\tau, f)$ :

$$(\hat{\tau}, \hat{f}) = \arg \max_{c, d} Cor(c, d)$$

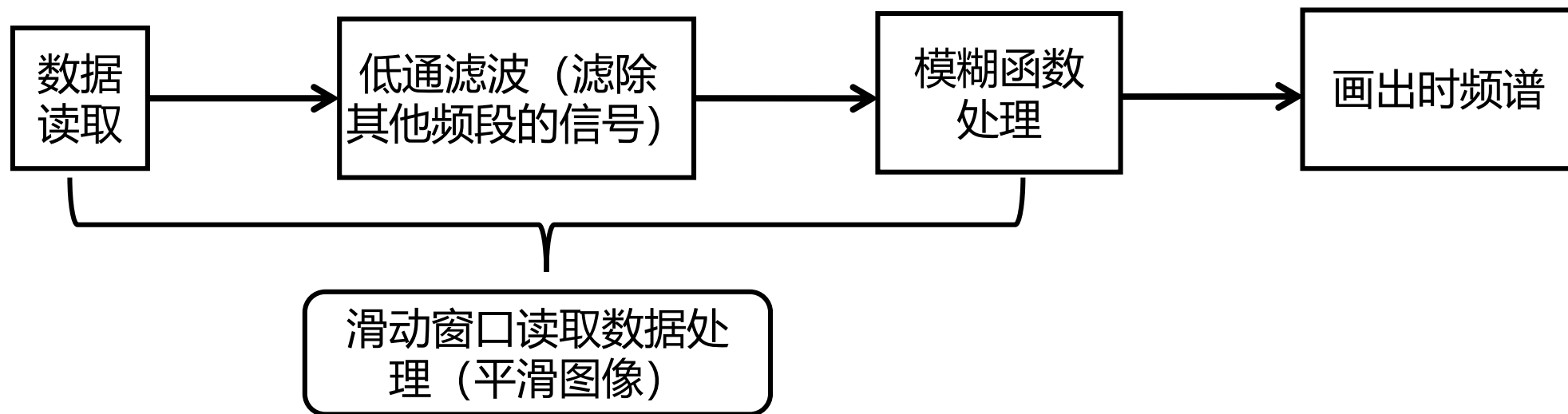


# 实验场景

- **待分析数据**：两路信号，一路为来自基站的参考信号；另一路为来自运动人体反射的监视信号。
- **实验目的**：获得监视信号中，人体运动导致的多普勒频率随时间的变化关系，从而推测运动方式。
- **信号源**：润扬体育馆对面两个基站，载波中心频率为2123MHz，采样率为25MHz。

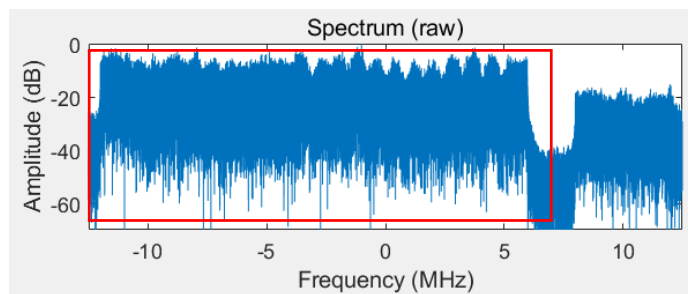


# 信号处理流程

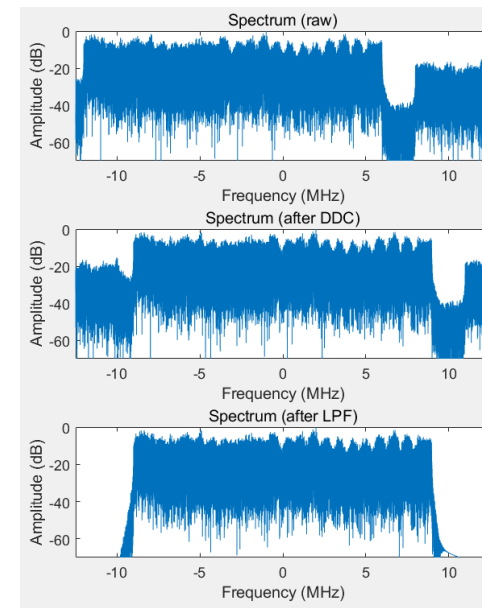


# 信号处理流程-滤波

## 信号频谱



- 接收2110-2130MHz和2130-2135MHz两个频段的基带信号。在信号处理前，需要滤除2130-2135MHz(5M带宽)的基站信号，保留2110-2130MHz(20M带宽)的信号。
- 滤波：
  - 首先需要先将我们需要保留的信号变频到以0 Hz为中心频率。
  - 再通过低通滤波器滤掉高频信号。



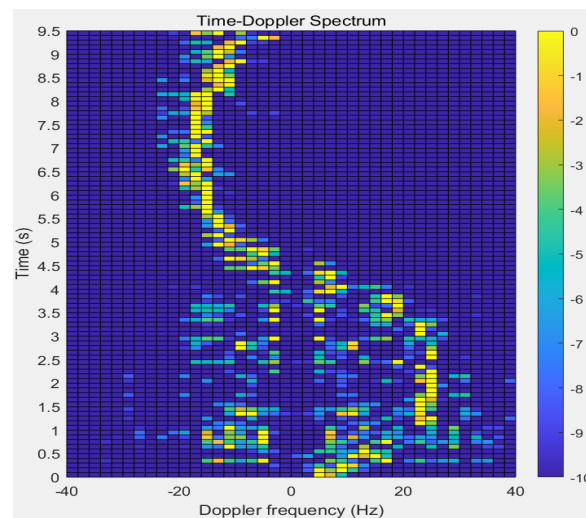
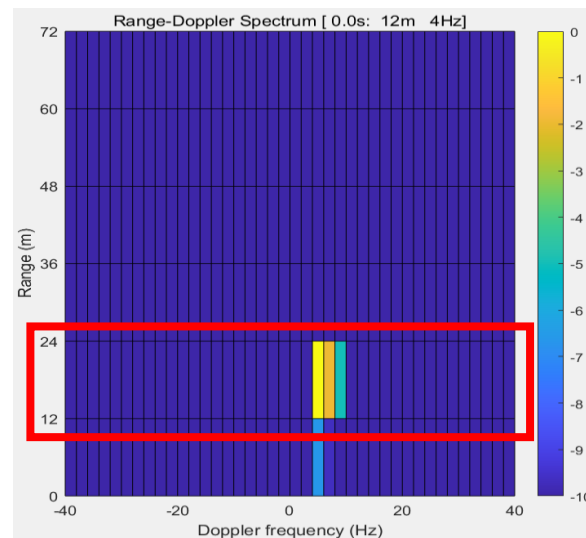


# 信号处理流程-模糊函数

在两路接受信号中取 $[t, t+T]$ 时间内的片段进行模糊函数计算，通过遍历所有可能的 $(c, d)$ 求模糊函数值，选取最大值对应的 $(c, d)$ 作为估计值。

$$Cor(c, d, t) = \int_t^{t+T} y_{sur}(t + c) y_{ref}^*(t) e^{-j2\pi dt} dt$$
$$g(d, t) = \max_c |Cor(c, d, t)|$$

将 $g(d, t)$ 向量化为 $\hat{g}(t)$ ，绘制出 $\hat{g}(t)$ 随时间的变化关系



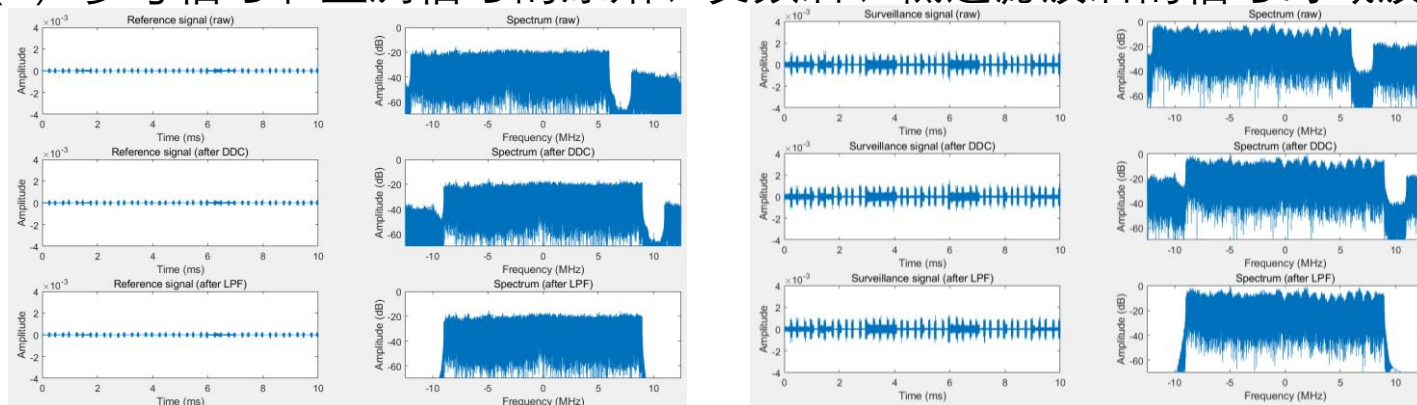
## mat数据文件

20个data\_x.mat分别对应0~0.5s, 0.5~1s, ....., 9.5~10s的数据。  
使用load('data\_x.mat')读取后,  
seq\_ref和seq\_sur分别为该0.5s的参考信号和监测信号得采样点;  
cut\_time对应开始采样时刻, duration=0.5s;  
f\_c和f\_s分别为载波频率和采样频率。

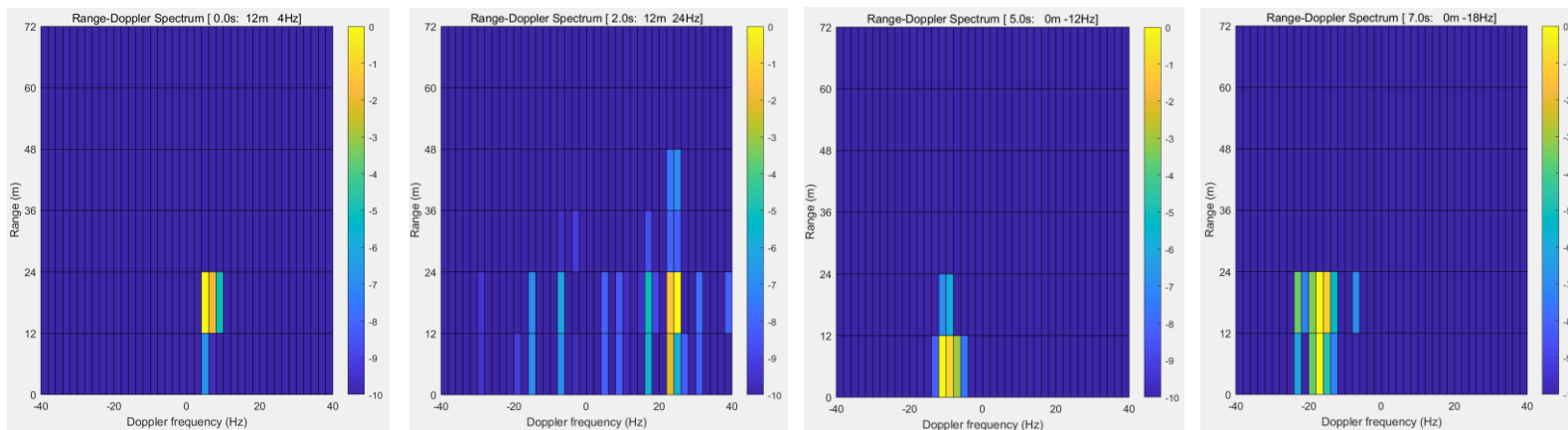
遍历的多普勒频移可取[-40:2:40] Hz, 时延的采样点个数可取[0:6]。

# 作业提交

(1) 参考信号和监测信号的原始、变频后、低通滤波后的信号时域波形和频谱;



(2) 0~0.5s、2~2.5s、5~5.5s、7~7.5s信号处理后得到的距离-多普勒谱;



(3) 以CIT=0.5s为滑动窗口每次滑动0.5s处理得到的10s数据的多普勒-时间谱。

