

# 核磁共振成像实验

吴先球

华南师范大学

物理学科基础课实验教学示范中心

# 主要解决的问题

- 核磁共振的基本原理是什么？
- 核磁共振的测量方法有哪些？
- 什么是脉冲核磁共振？
- 二维核磁共振成像的原理是什么？
- 如何操作NMI20台式核磁共振成像仪？
- 主要参数如何设定？

# 一、核磁共振的基本原理

# 核磁共振的基本原理的关键词

- NMR——Nuclear Magnetic Resonance  
核磁共振
- MRI——Magnetic Resonance Imaging  
核磁共振成像
- 旋进频率 $\omega_0$ 。 VS 拉莫尔频率

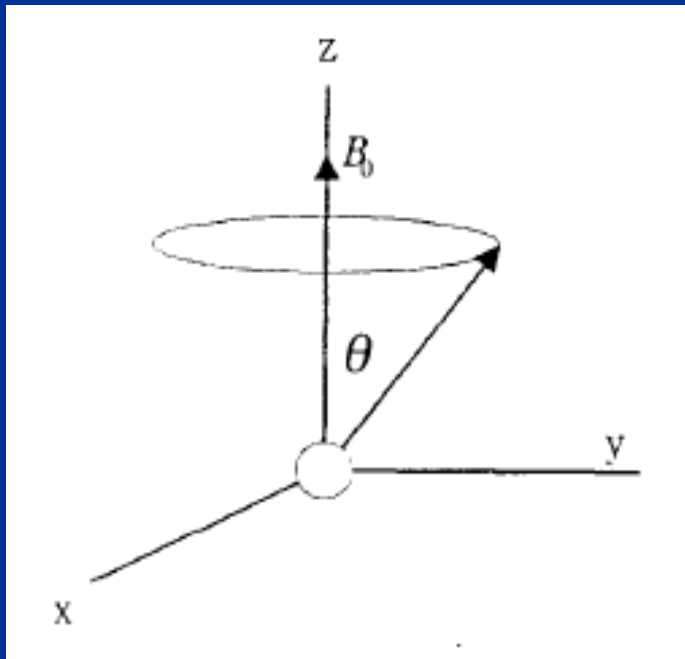
$$\omega_0 = \gamma B_0$$

- 傅立叶变换 F.T.

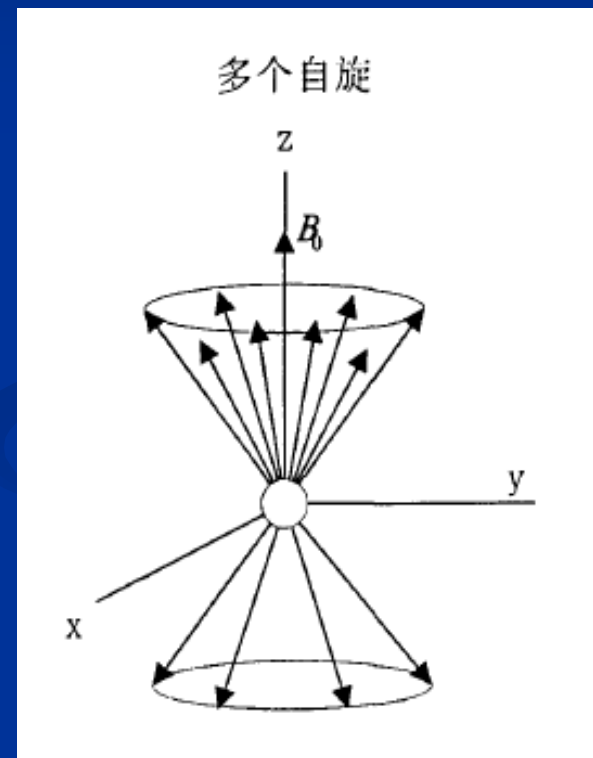
$$G(\omega) \xleftrightarrow{F.T.} g(t)$$

# 核磁共振的基本原理的关键词

- 核自旋
- 宏观磁化矢量  $M$



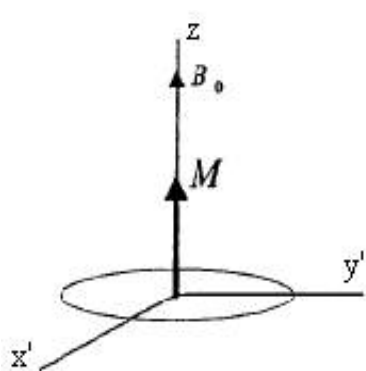
核自旋在外加磁场中的旋进



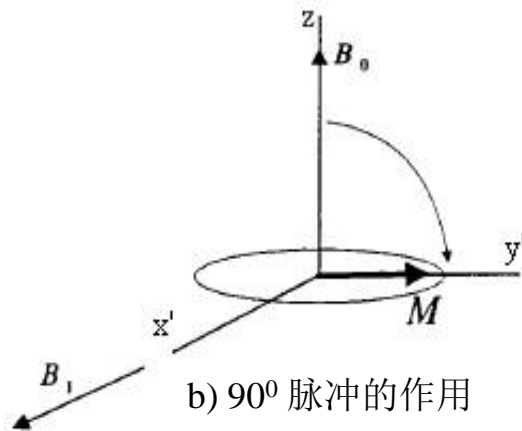
宏观磁化矢量的形成

# 核磁共振现象

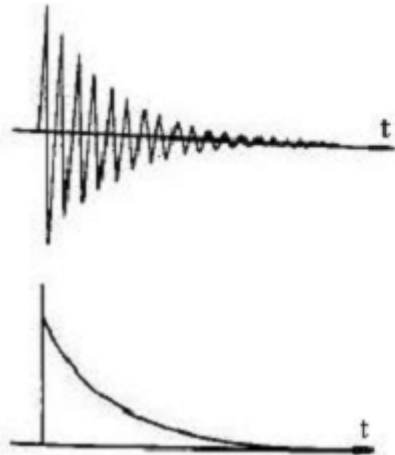
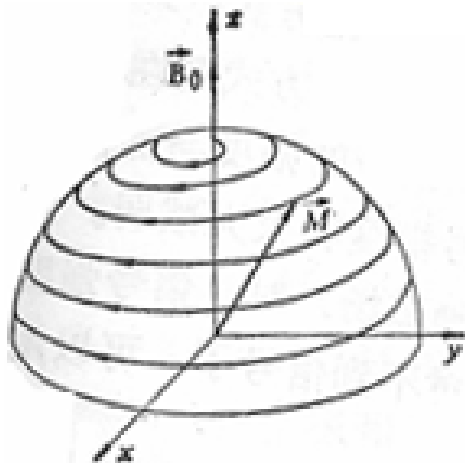
## ■ 射频场对磁化强度矢量 $M$ 的作用



a) 平衡状态



b) 90° 脉冲的作用



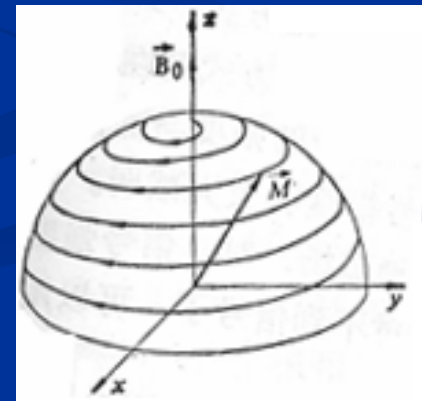
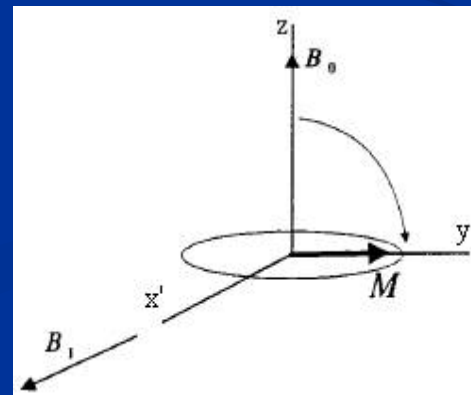
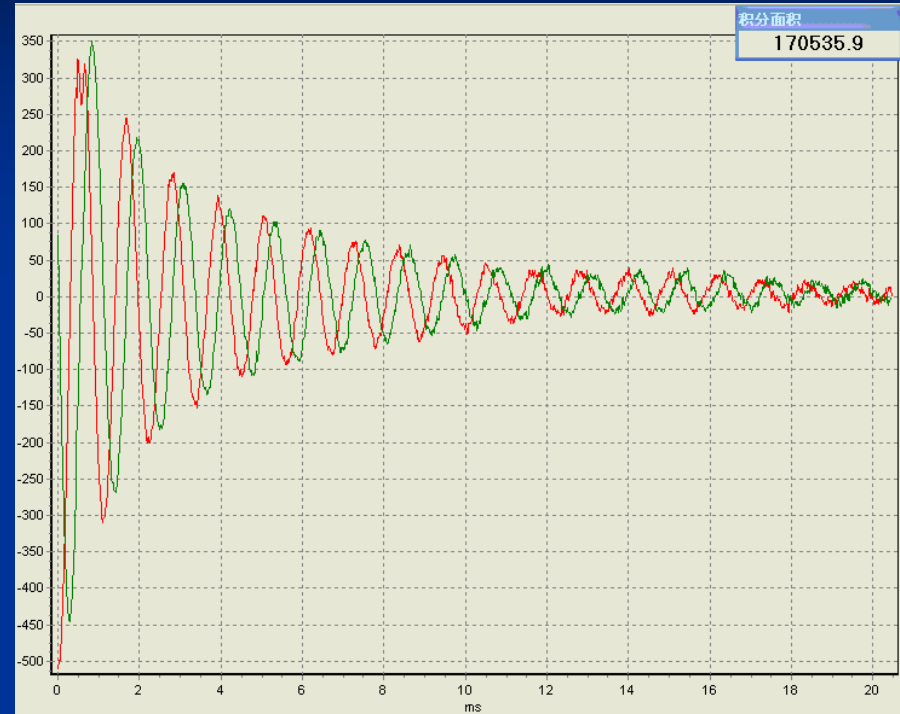
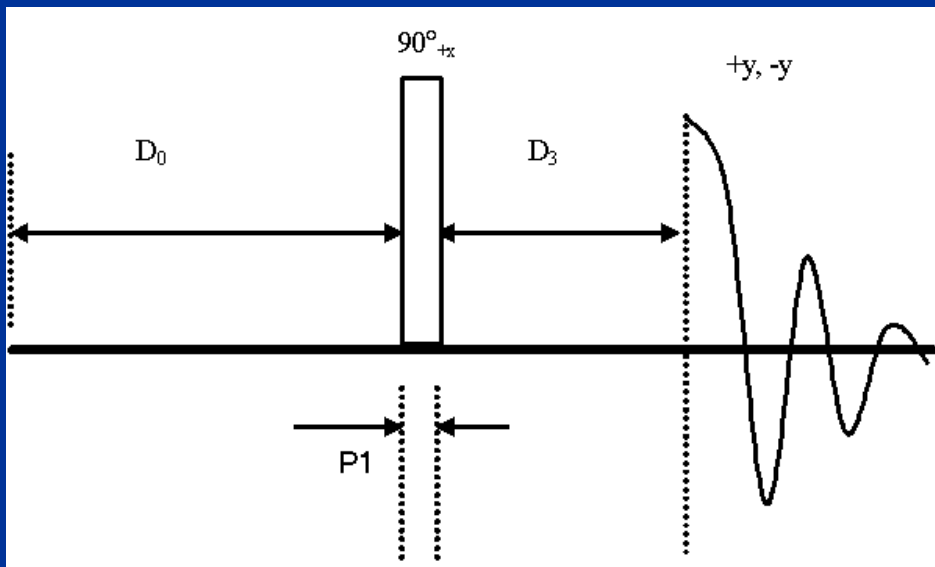
自由感应衰减信号

检波后的自由感应衰减信号

## 二、脉冲核磁共振

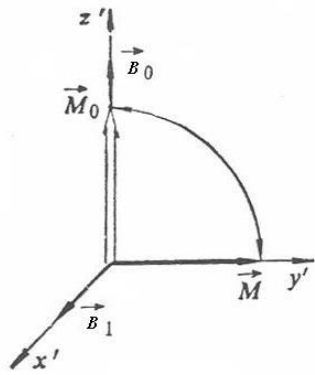
# 硬脉冲FID信号

- 硬脉冲FID序列
- 自由衰减信号

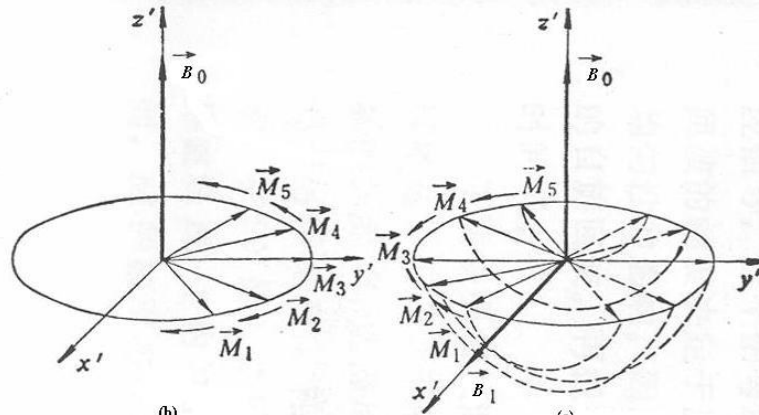




# 自旋回波

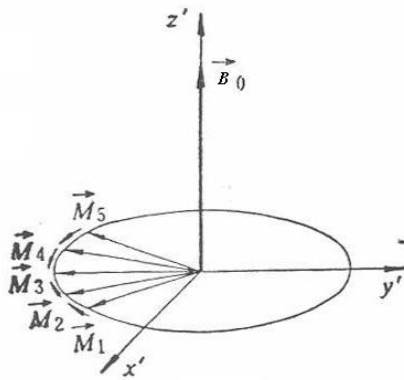


(a)



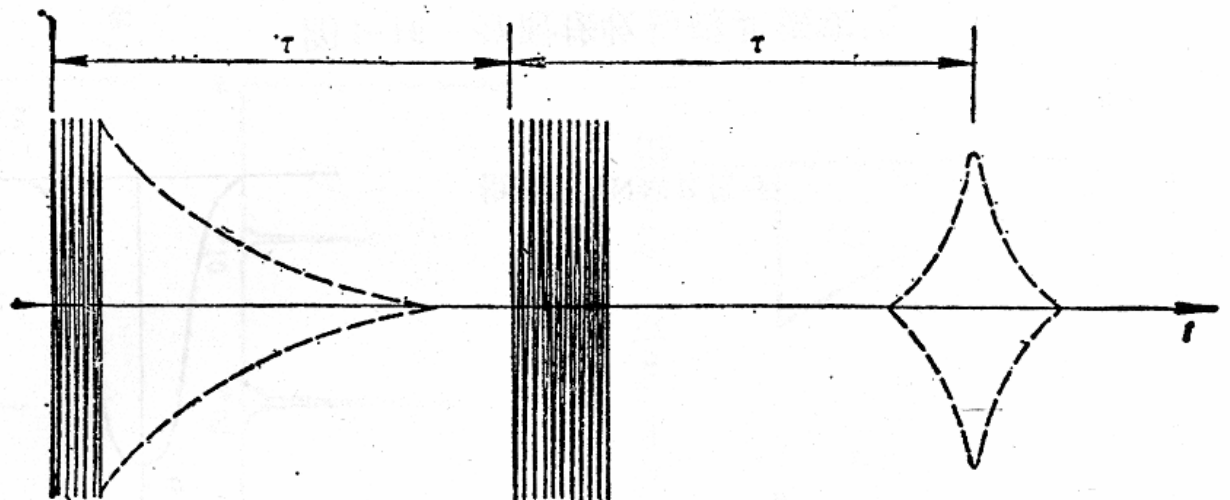
(b)

(c)



(d)

(e)



90° 脉冲

180° 脉冲

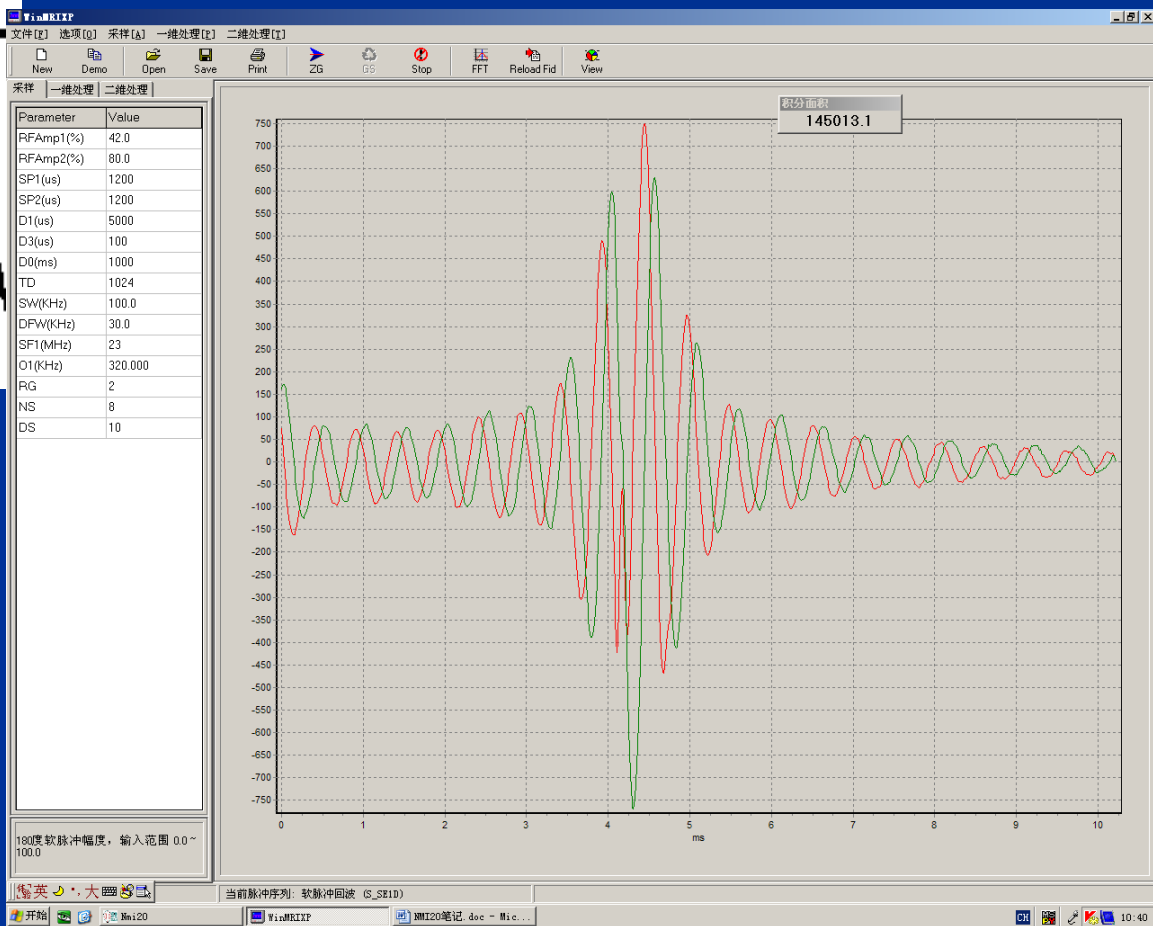
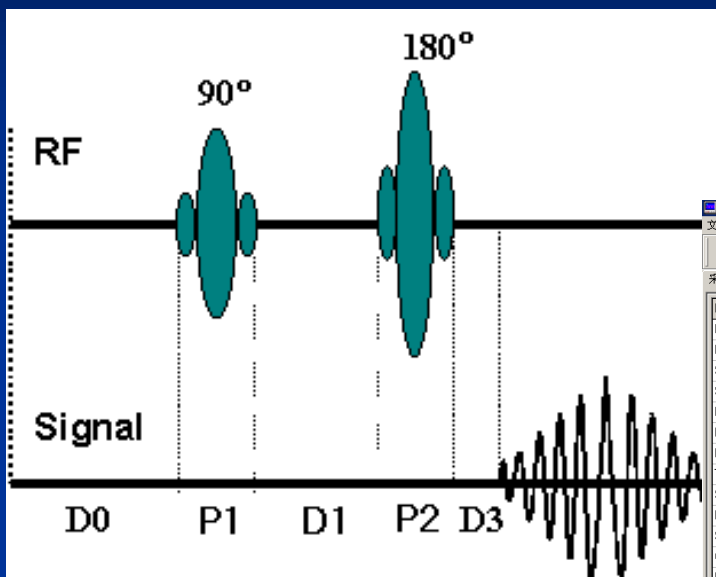
自旋回波

自旋回波的形成

(a) 脉冲 (b) 磁矩散开 (c) 脉冲 (d) 磁矩集中

(e) 形成回波 (f) 磁矩再散开

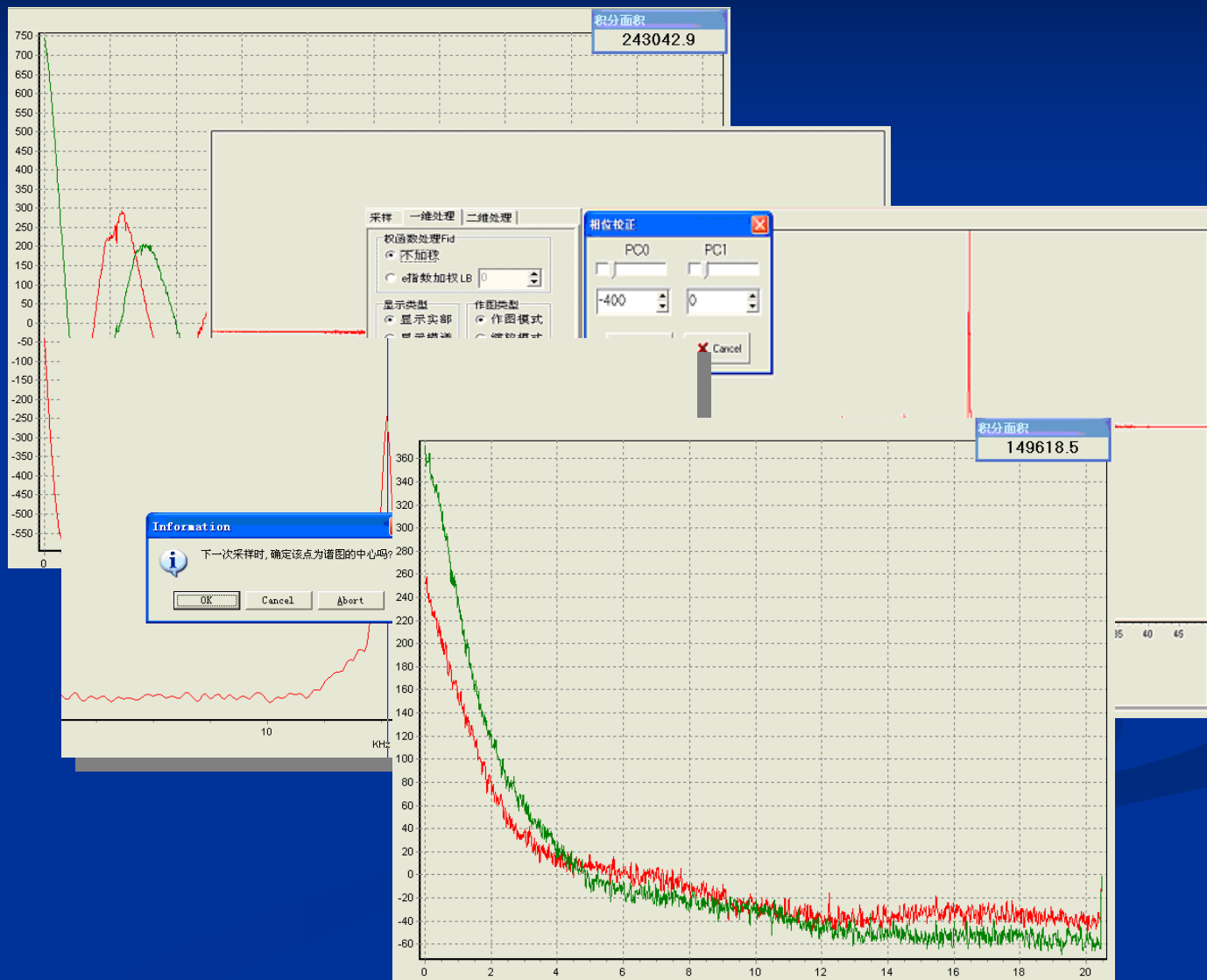
# 软脉冲自旋回波序列



# 三、核磁共振的测量

# 测量磁共振中心频率

1. 选择硬脉冲 FID 序列
2. 设置参数，射频频率 SF1 = 23, O1 = 320 左右
3. “GS”进行单次采集
4. 匀场
5. FFT
6. 相位校正后设置中心频率
7. 再次“GS”

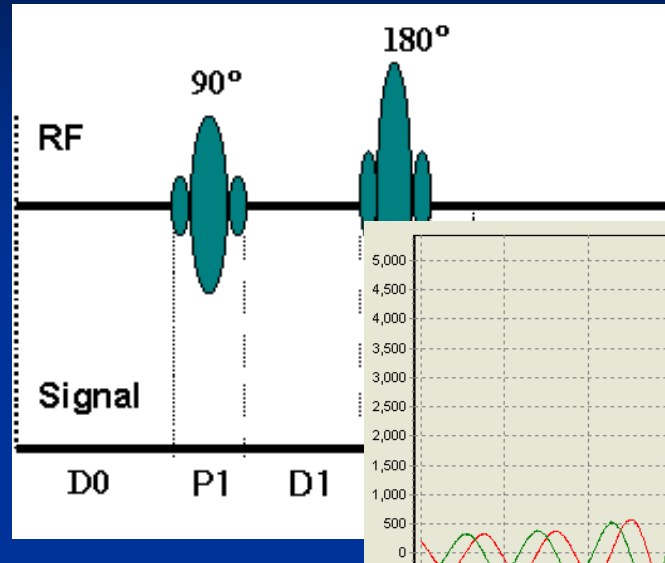


# 测量磁共振中心频率

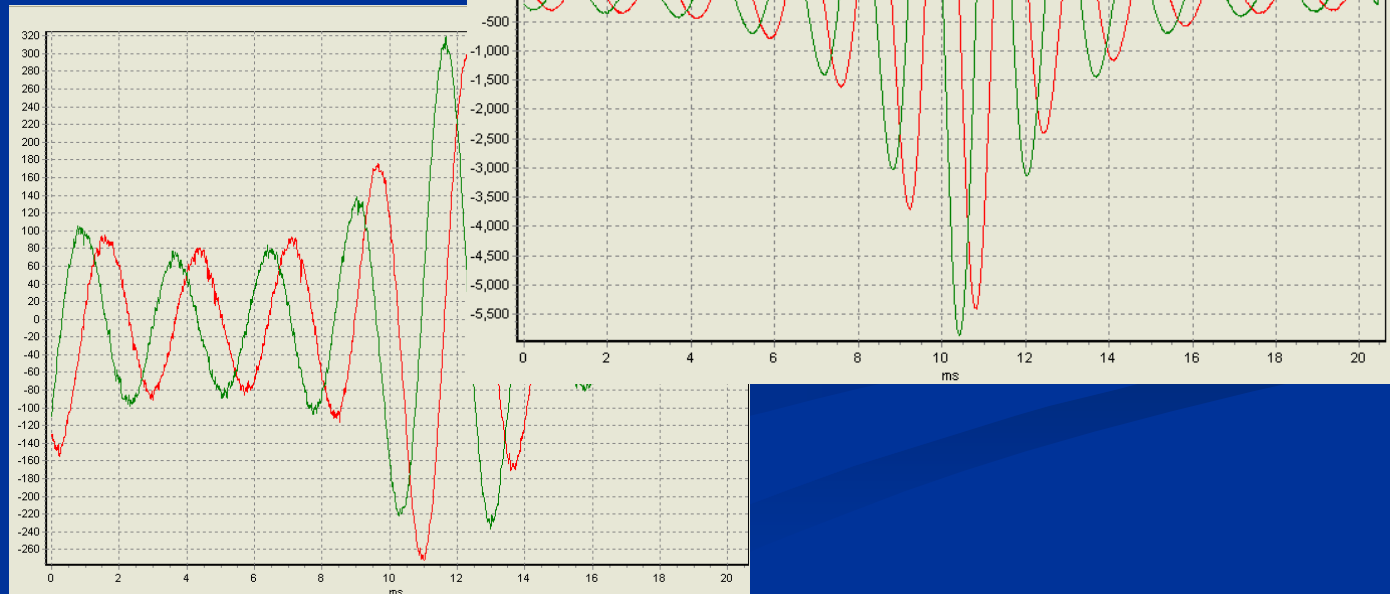
## 主要参数设置

- P1: 脉冲宽度
- SF1: 1H通道射频信号的频率F1的主值, 通常 $F1 = SF1 + O1$
- O1: 1H通道射频信号的频率F1的偏移量
- RG: 接收机的增益
- NS: 累加次数
- TD: 采样点数 (必须为偶数)

# 软脉冲自旋回波

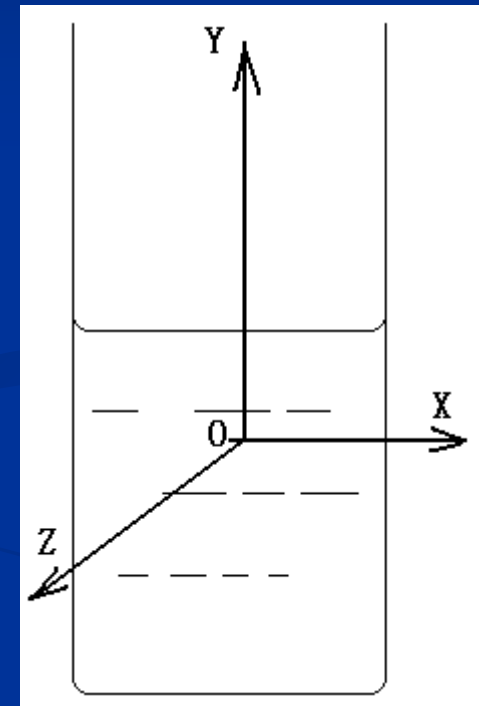
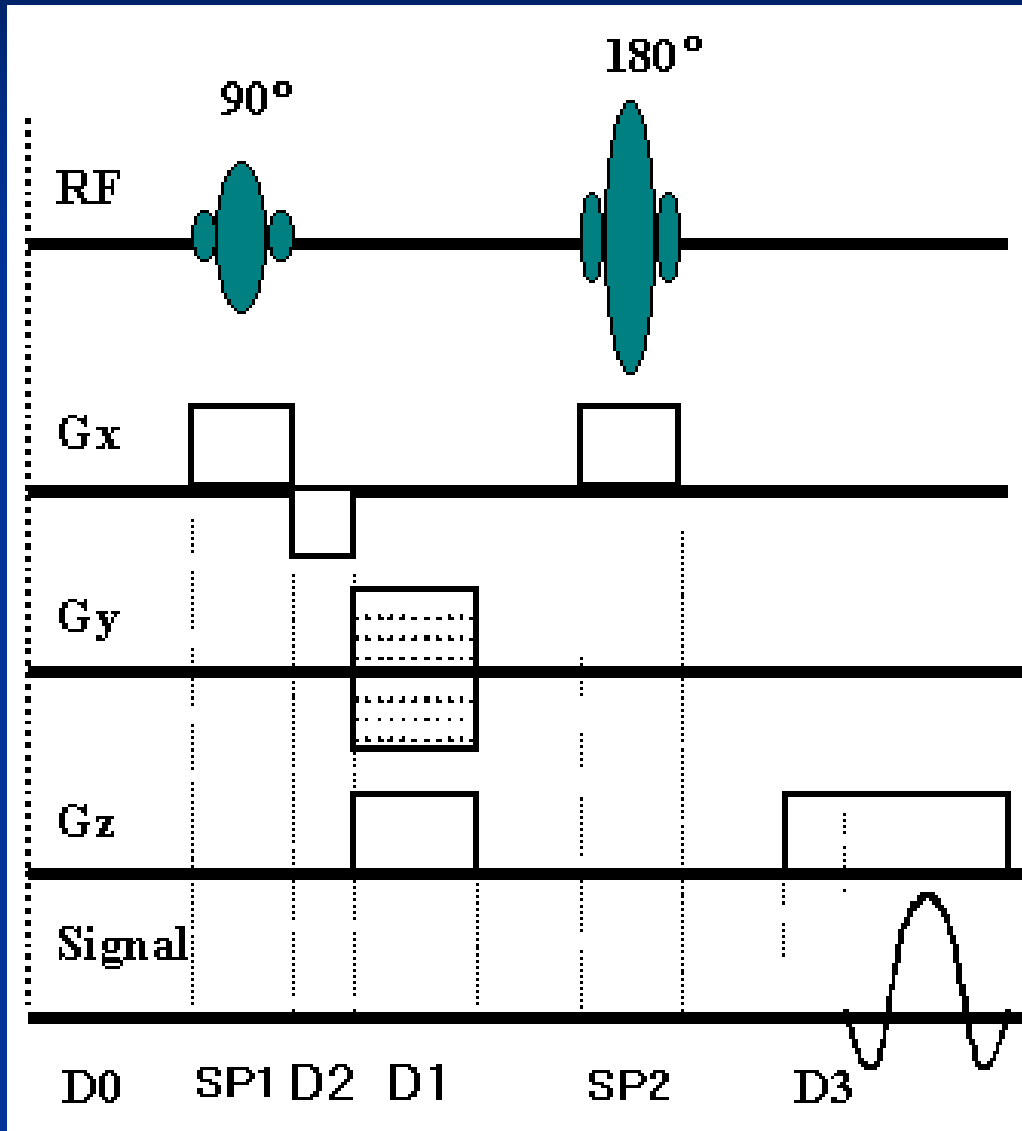


1. 设置中心频率
2. 改变间隔时间D1
3. 从软脉冲FID实验中找出最佳RFA1值
4. 逐步修改90度和180度脉冲幅度, 即RFA1和RFA2值
5. 多次累加ZG减少噪声



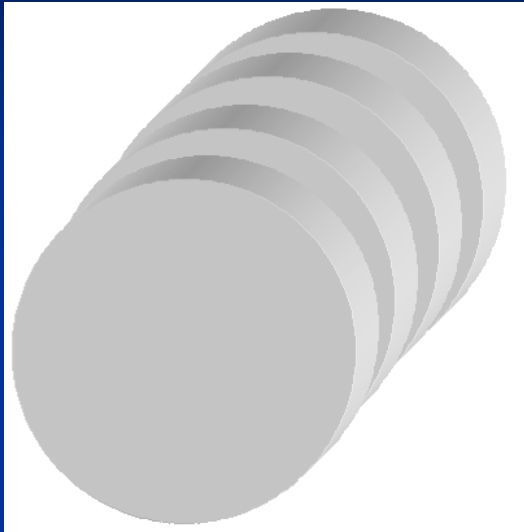
# 四、二维核磁共振成像

# 二维核磁共振成像的原理

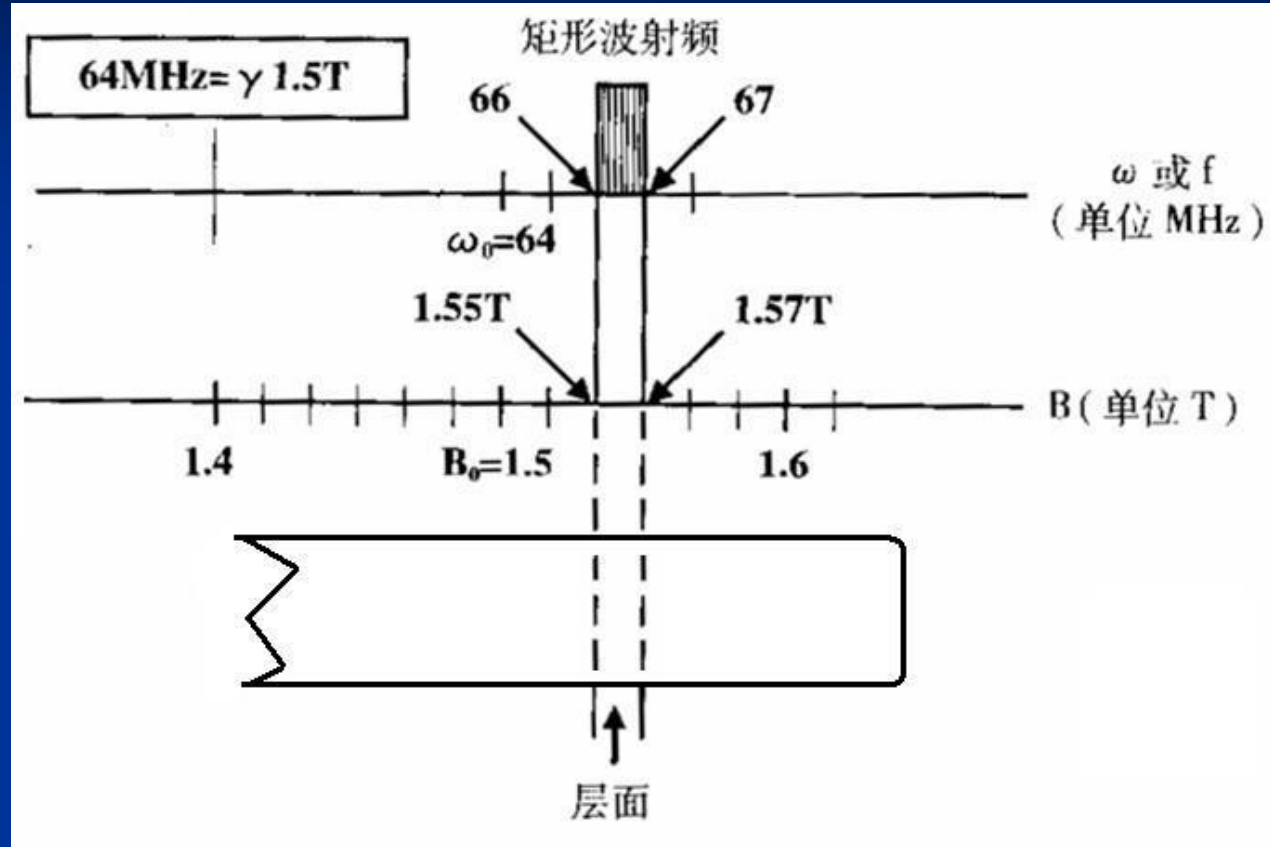




# $G_x$ ——层面选择梯度

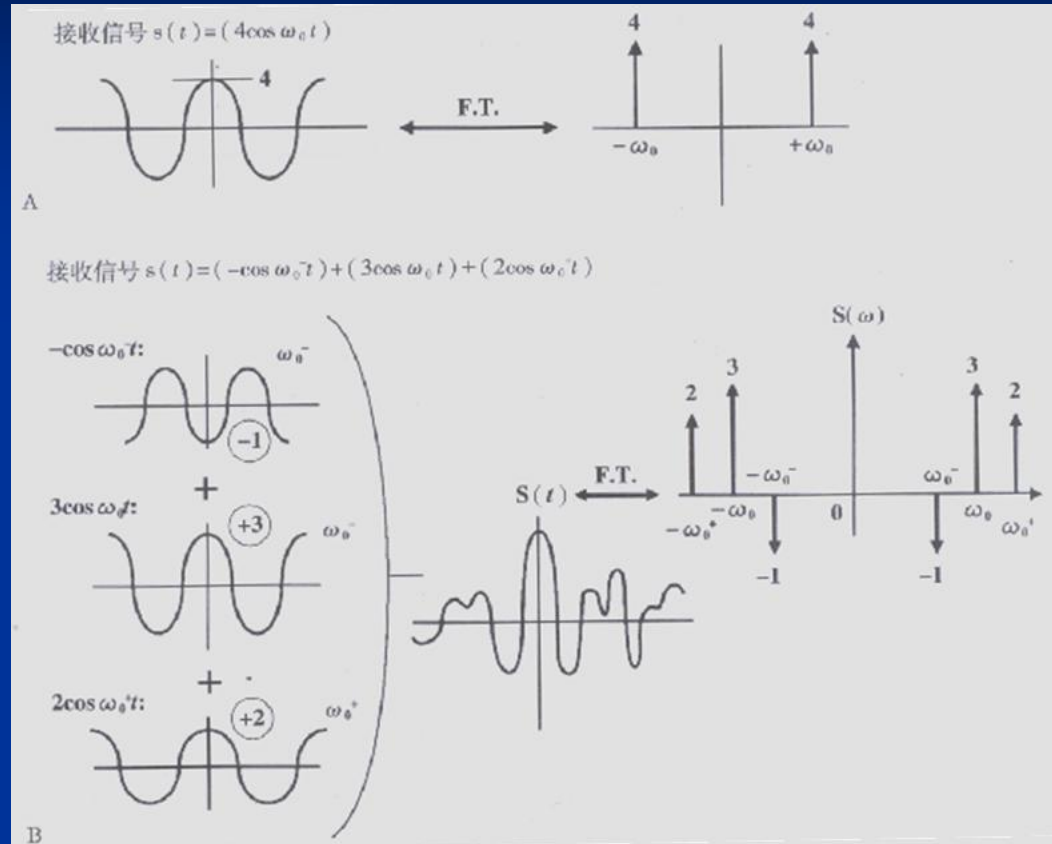
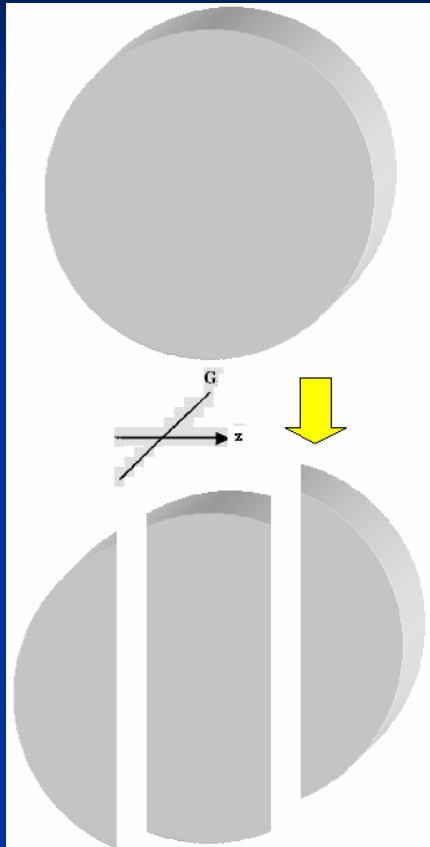


$$\omega_0 = \gamma B_0$$



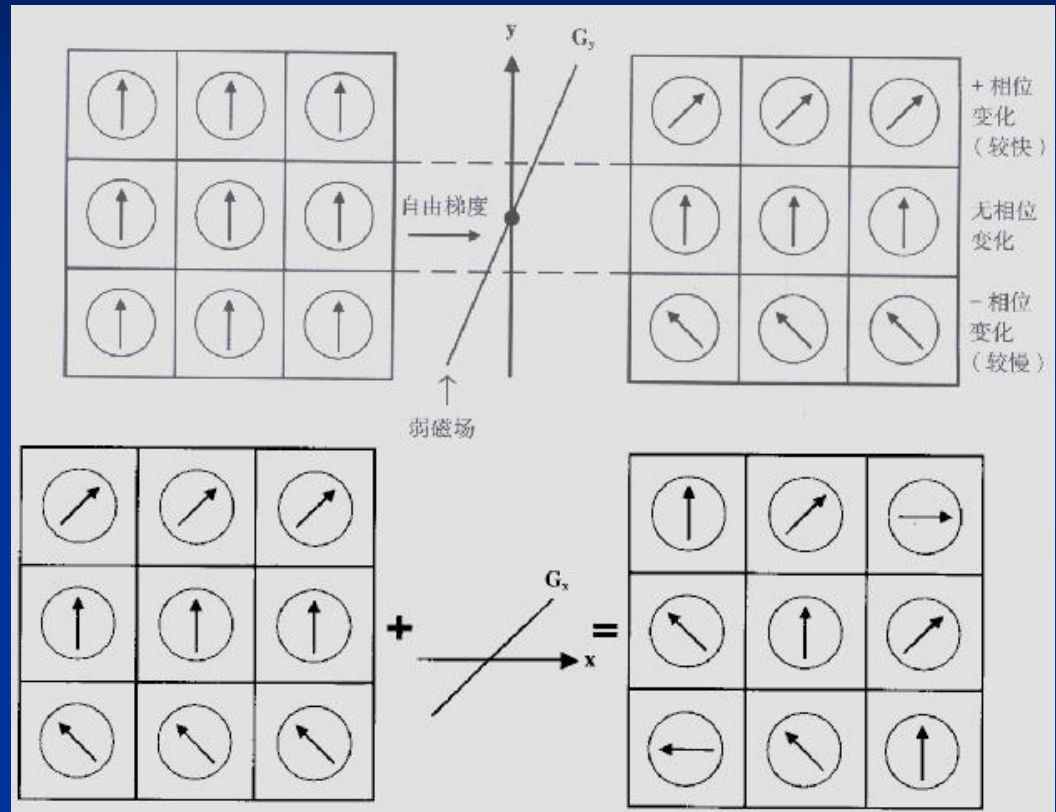
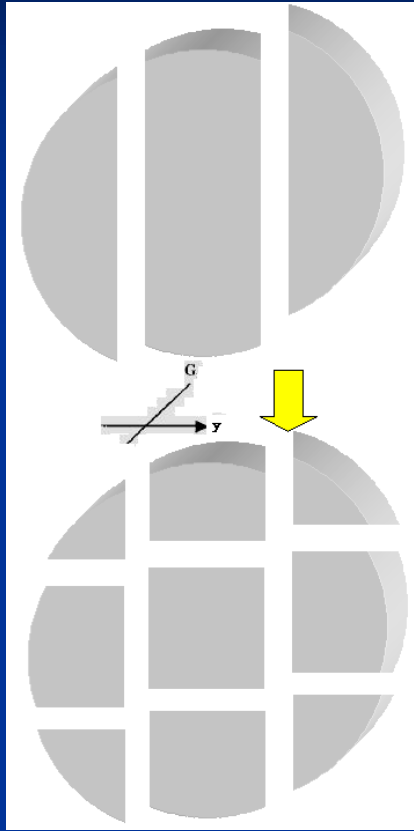
- 在 $90^\circ$  脉冲和 $180^\circ$  脉冲时施加
  - 带宽决定层面的厚度

# Gz——频率编码梯度



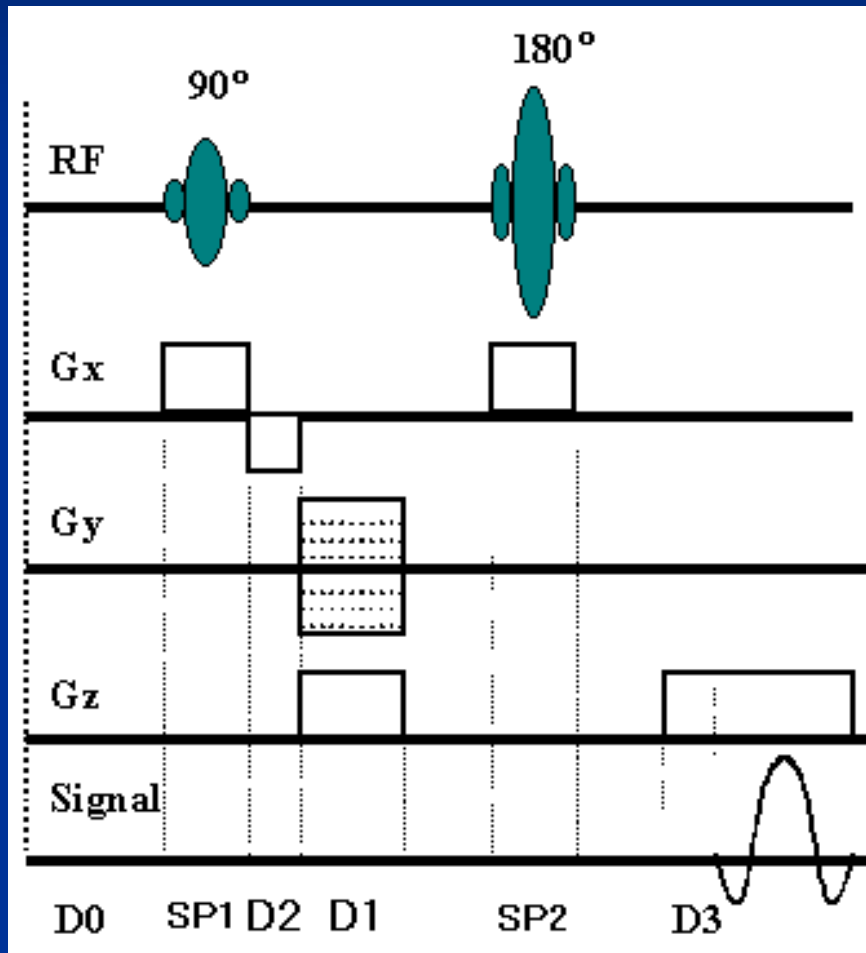
- 在接收回波时施加，也就是在读出时施加
  - 使频率与位置具有一一对应的关系

# $G_y$ ——相位编码梯度



- 通常在 $90^\circ$ 和 $180^\circ$ 脉冲之间或 $180^\circ$ 脉冲和回波之间施加
  - 它不会改变回波的频率，只会产生相位移

# 自旋回波序列质子密度像（二维）

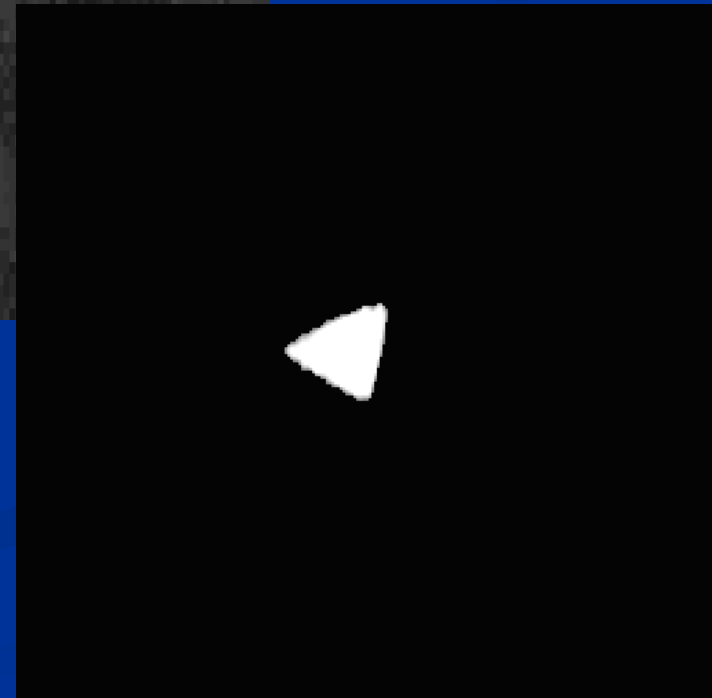
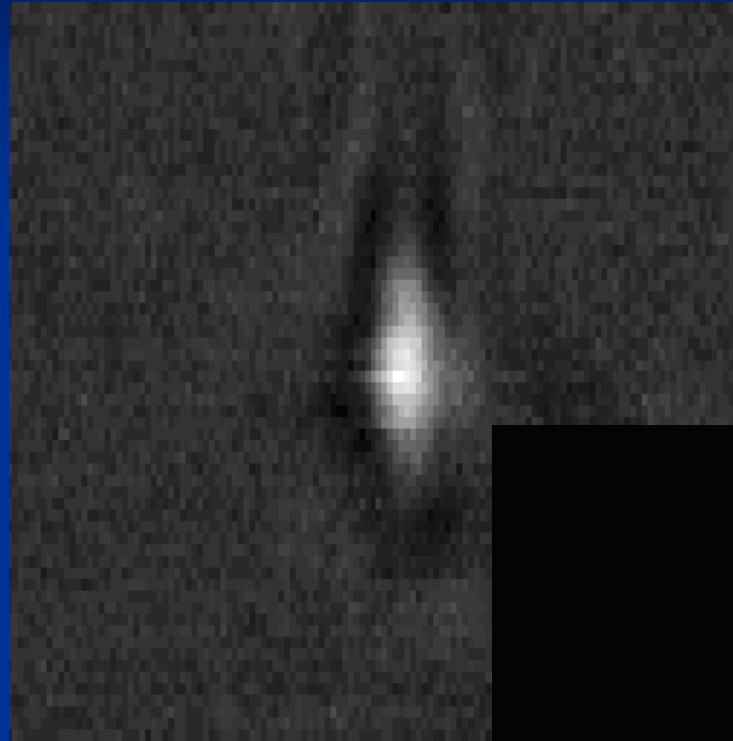


Parameter	Value
RFamp1(%)	26.0
RFamp2(%)	45.0
SP1(us)	1200
SP2(us)	1200
D1(us)	1000
D2(us)	600
D3(us)	100
D0(ms)	500
TD	128
SW(KHz)	25.0
DFW(KHz)	25.0
SF1(MHz)	22
O1(KHz)	608.900
RG	4
NS	8
NE1	64
GxAmp(%)	10.0
GyAmp(%)	30.0
GzAmp(%)	30.0
SlicePos(mm)	0.0
DS	10

Gz梯度的幅度，输入范围 -100.0 ~ 100.0，正负号代表电流方向

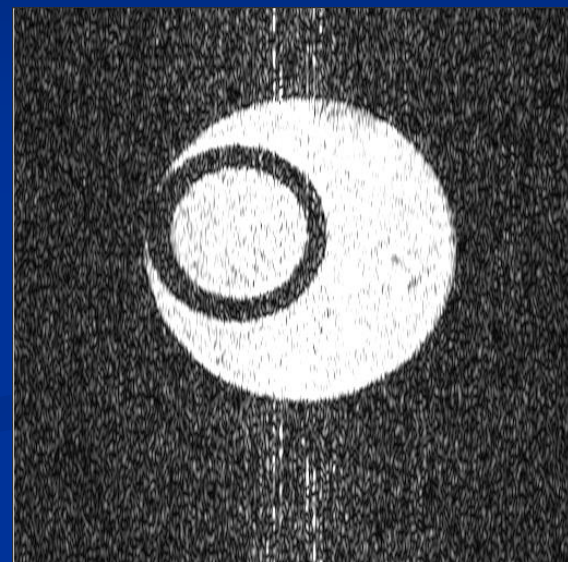
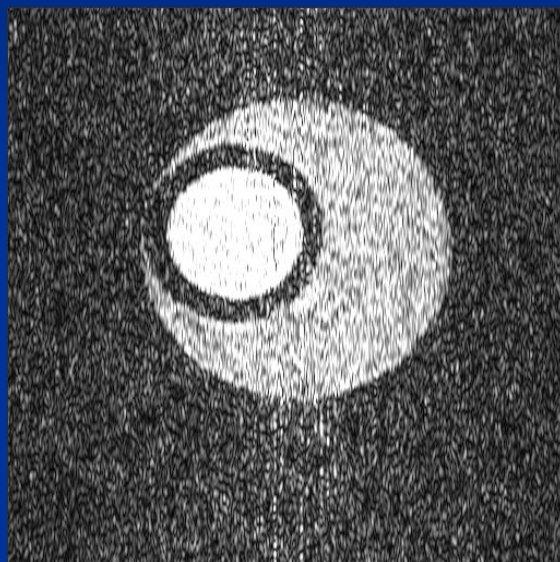
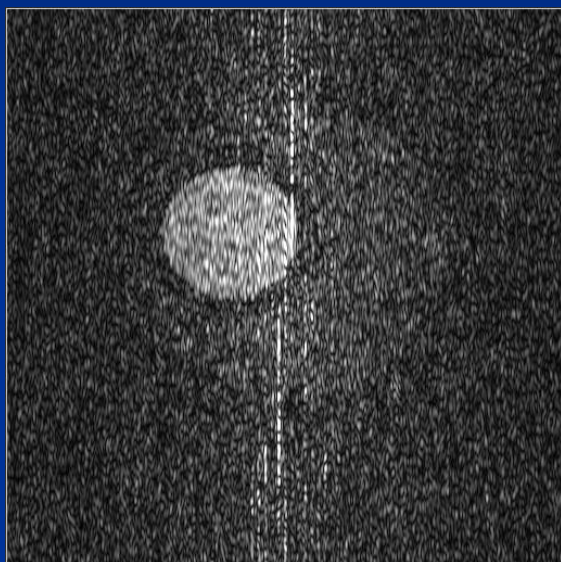
# 自旋回波序列质子密度像（二维）

1. 调节磁场均匀性
2. 确定中心频率
3. 调节 $90^\circ$ 射频和 $180^\circ$ 射频达到理想状态
4. 选择“自旋回波(S\_SE2D)”脉冲序列，设置参数
5. 进行“ZG”累加采集
6. 自动给出K空间数据矩阵
7. FFT



# 五、二维成像对比

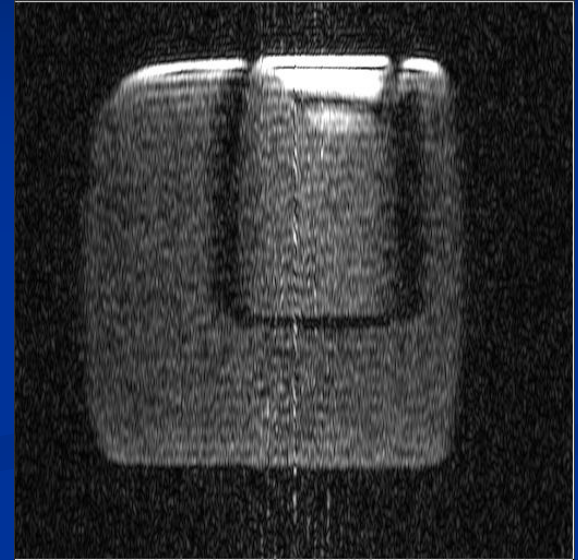
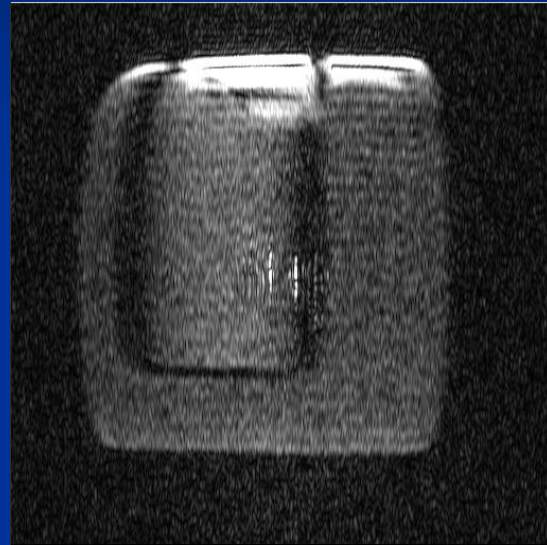
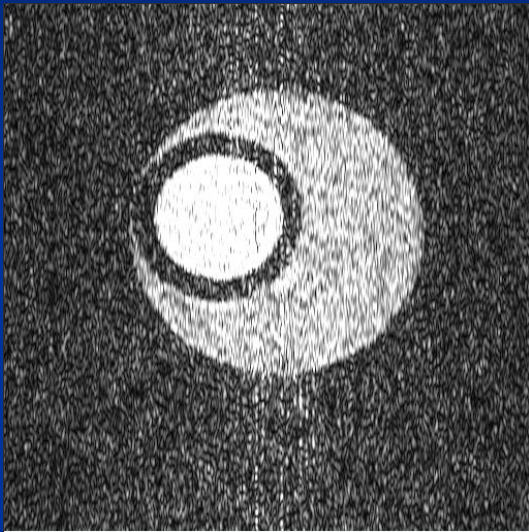
# 成像举例



- 自旋回波权重像
- 样品为装有纯水的大试管中插入装有生油的小试管
- 重复时间 $D_0$ 逐渐变大，可见水和油的亮度有所改变



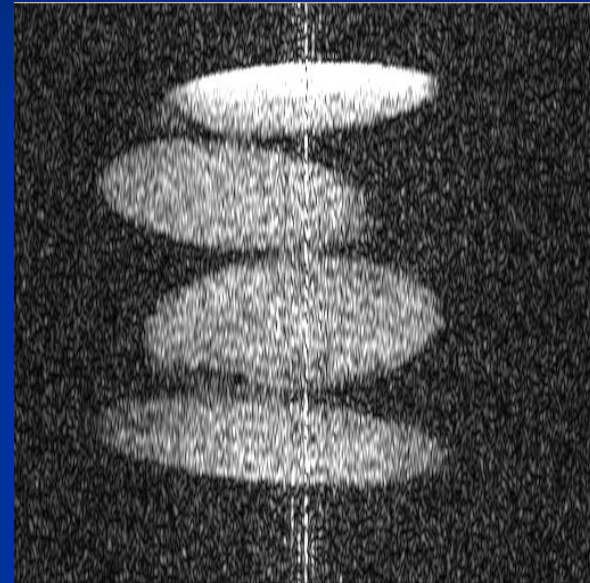
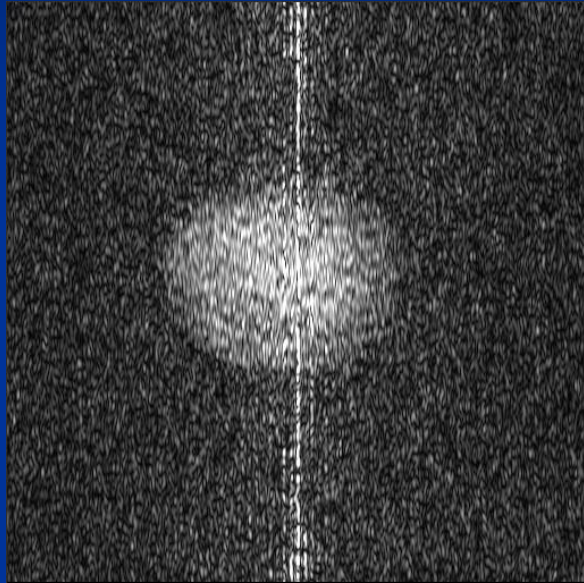
# 成像举例



- 调整Slice值，相当于旋转坐标系，可得到不同方向的截面图

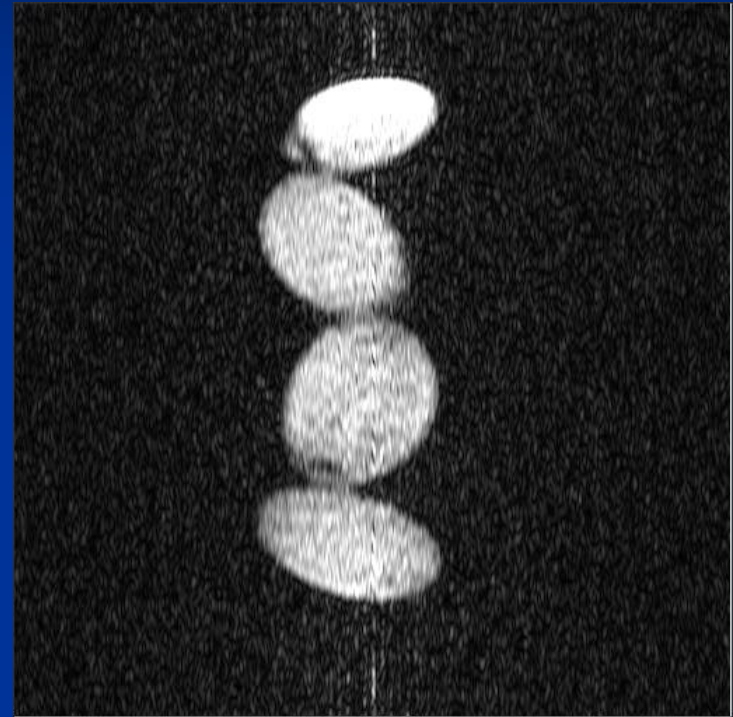
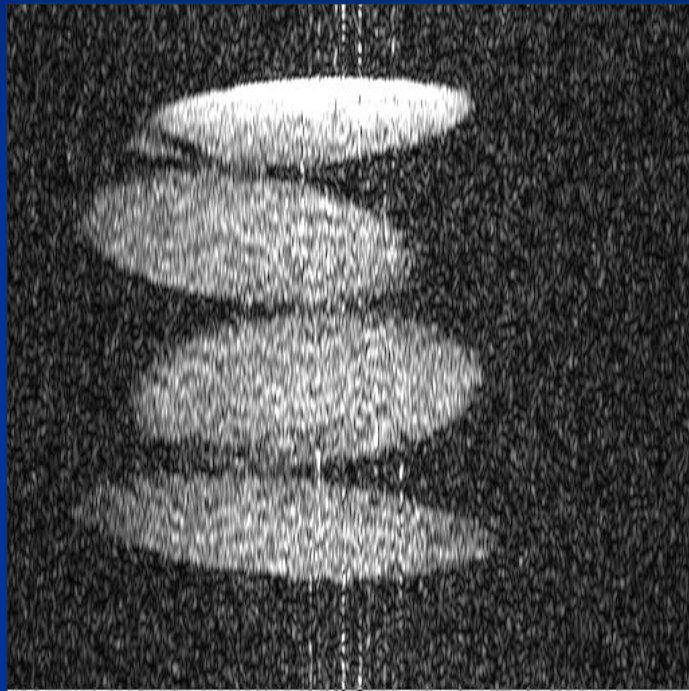


# 成像举例



- 样品：四颗大豆
- 横截面和竖截面

# 成像举例



- 调整 $G_x$ ，可得到比例适合的图像

The End