

实验一 机械匀场和电子匀场实验

一、实验目的：

- 1、了解磁场均匀性的概念与表示方法。
- 2、掌握永磁体的机械匀场和电子匀场的概念和基本方法。
- 3、掌握 NMI 20 台式成像仪的主磁场均匀性调整的方法。

二、实验器材

NMI 20 台式核磁共振成像仪一台，样品管（含样品）一根，无磁内六角扳手 4mm、6mm 各一把。

三、具体名词解释：

硬脉冲 FID 序列：时域较窄，幅值较高，的脉冲信号，它可激励质子的频带范围较宽，不具有很好的选择性。

T_2^* ：磁场不均匀情况下的 T_2 弛豫时间。而 T_2 是在理想均匀磁场中的横向弛豫时间。

四、实验原理

1、主磁场的均匀性

磁场的均匀性是指在特定的容积限度内磁场的同一性，即穿过单位面积的磁力线的数目的等同程度。在磁共振系统中，均匀性是以主磁场的百万分之一(ppm)作为一个偏差单位来度量的，其数学定义为。

$$1\text{ppm} = \frac{B_{\max} - B_{\min}}{B_0} \times 10^6 = \frac{\Delta B_0}{B_0} \times 10^6$$

在某一个限定的空间范围内，式中： B_0 为主磁场中心磁感应强度 (Gs)； ΔB_0 为磁感应强度最大值与最小值的差 (Gs)。对于不同的主磁场大小，其偏差单位也是不同的。例如对 1.0T 的磁共振，一个偏差单位即 1 个 ppm 为 $1.0 \times 10^{-6} \text{T}$ (0.001mT)。

在 MRI 中，要进行空间编码（层选脉冲、相位编码和频率编码），就要在静磁场上迭加微弱的梯度磁场。静磁场均匀性越差，偏差越大，图像质量越差。而且如果静磁场不均匀，在迭加上梯度磁场后，层位信号将发生偏离，引起图像失

真和畸变。

例如，中心磁场强度为 3000Gs，梯度磁场强度为 0.15Gs/cm。在 20cm 直径的球形体积内，静磁场的均匀度为 10ppm。那么，在 X 轴的几何失真为多大？

$$\Delta B = (10 \times 3000) \div 10^6 = 0.03 \text{Gs}$$

沿 X 轴的几何失真为 ΔX

$$\Delta X = \frac{1}{\text{梯度场强}} \times \Delta B = \frac{1}{0.15 \text{gs/cm}} \times 0.03 \text{Gs} = 0.2 \text{cm}$$

主磁体磁场均匀性越差，几何变形越大。

均匀性标准的规定还与所取的测量空间的大小有关。本实验装置所取的测量空间范围为 10mm×10mm×10mm 的球形空间。医学磁共振由于需要给受检者提供较大的受检范围，因此其磁场均匀性的空间范围一般为直径 40~50cm 的球形或椭球形；

2、均匀性对组织 T_2 的影响因素和匀场方式

主磁场的均匀性直接影响到组织的 T_2^* 时间长短。根据磁共振成像理论，组织的 T_2^* 与主磁场的均匀性 ΔB_0 之间的关系为： $\frac{1}{T_2^*} = \frac{1}{T_2} + g\Delta B_0$ 。如图 1 所示，

当主磁场均匀性越低时，即 T_2^* 越短，弛豫越快，即 FID 信号的拖尾越短。当主磁场均匀性越高时，即 T_2^* 越长，弛豫越慢，即 FID 信号的拖尾越长。理论上，当主磁场绝对均匀时， $T_2^* = T_2$ ，FID 以组织固有的 T_2 弛豫进行衰减。

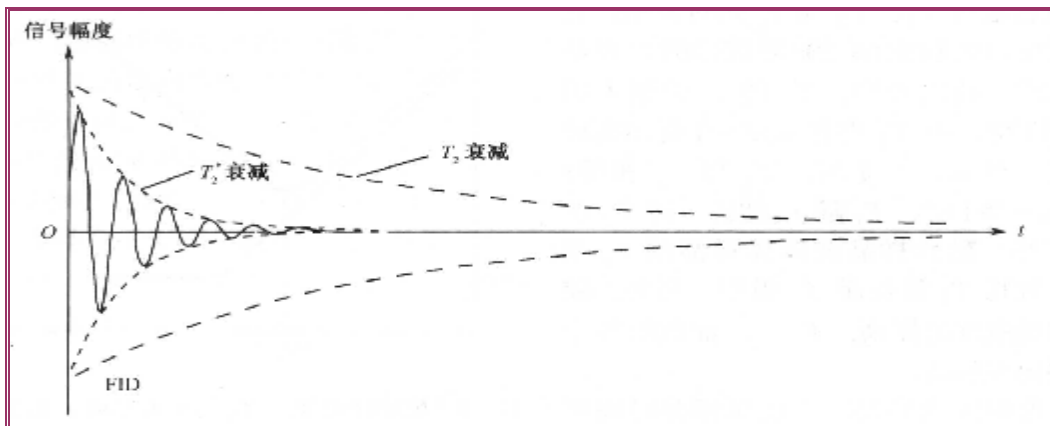


图 1 主磁场不均匀性对组织 T2 的影响

利用上述关系通过在显示器上观察 FID 信号的衰减快慢(即 FID 拖尾的长短)来调整两块磁极的平行度,从而达到调整主磁场的均匀性目的。当 FID 信号的拖尾越长,即 FID 衰减包罗线越缓,表示磁场均匀性越高。

3、均匀性影响因素和匀场方式

永磁型磁共振的主磁场均匀性与磁极间的平行度有关,因此我们可以直接调整两块磁极的平行度来达到匀场的目的;通过调整磁极平行度来达到的磁场均匀性还不能完全满足成像的需要,因此还需要进行其他方式的匀场,主要包括无源匀场和有源匀场。无源匀场是在磁极的内外面贴小磁片或磁钢片,通过小磁片或磁钢片对局部磁力线的改变从而调整磁场均匀性,本实验装置中由于磁极间的均匀性较好,因此未采用无源匀场方式。有源匀场方式主要是根据通电线圈在线圈周围会产生磁场,通过给不同方向的线圈施加合适的电流产生的微小磁场来对主磁场的不均匀性进行校正。在医学磁共振里,一般用专用的匀场线圈进行有源匀场的,本实验装置中用梯度线圈兼做匀场线圈,匀场电流调节好后,成像时施加的梯度电流脉冲是叠加在稳定的匀场电流上的。

五、 实验步骤:

1、 NMI20 台式核磁共振成像仪各部分设备接口识别及连接详见安装手册,连接结果如图 2 所示。

2、 将 NM2010 射频电子柜背面的 TSWITCH 开关设置在 ON 位置(如下图所示);让恒温系统给磁体进行加热,使磁体柜的温度保持恒定。



3、 在样品管中注入适量(见样品管上所标样品量的标记)的油样品;并将样品管放入到探头线圈相应的位置(见样品上的位置标记)处。

4、 用钥匙打开 NM2013 谱仪前面板的电源保护门；按一下 POWER 按钮来启动谱仪，进入 Windows 操作系统的用户登录界面。单击用户名，输入密码并按回车键进入到 Windows 操作系统界面。



图 2 实验装置连线图



5、 启动计算机后，点击桌面图标  进入到如图 2-1 所示界面。再点击  按钮进入 WinMR IXP 操作界面，如图 2-2、NMI20MRI 应用软件窗口的各项功能详见软件操作手册。



图 2-1 核磁共振成像技术实验仪软件界面



图 2-2 WinMRXP 操作界面

6、 将 NM2010 射频电子柜前面板 POWER 开关设置在 ON 位置。



图 2-3 NM2010 面板图


7、 在 NMI20MRIP 应用程序的界面上单击  Demo 按钮 (如图 3 所示), 进入脉冲序列的选择对话框, 在脉冲序列列表框中选中硬脉冲 Fid 序列 (如图 4 所示), 单击 OK 按钮进入到硬脉冲 FID 序列界面 (如图 5 所示):



图 3 WinMRXP 窗口菜单栏

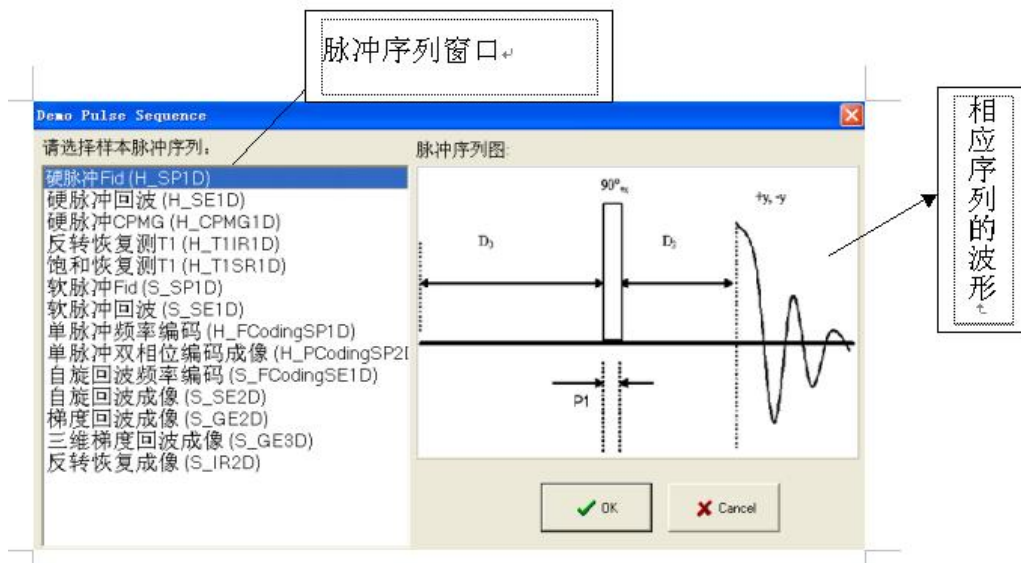


图4 脉冲序列对话

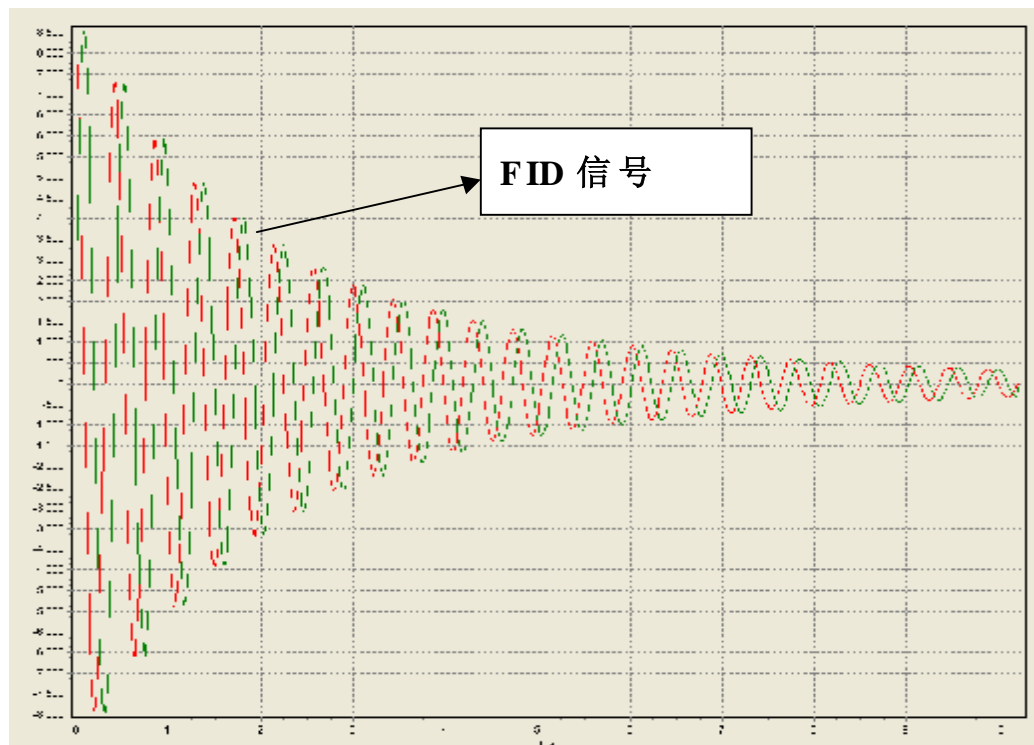


图5 硬脉冲 FID 信号

8、 在窗口的左侧参数列表中各参数的物理意义详见 NMI20MRI 软件操作手册。具体参数设置如下表：

参数名称	p1	D3	D0	TD	SW	DFW	SF1	O1	RG	NS	DS
	(us)	(us)	(ms)		(kHz)	(kHz)	(MHz)	(kHz)			
值	35	100	1000	2048	100	30	22	600	4	8	10


9、单击  按钮（如图 6 所示），观察窗口右侧有无 FID 信号；通过调整脉冲主频偏移量 O1 的大小（可按每次增大或减小 1~2KHz 为基准来寻找 FID 信号），直到找到 FID 信号为止。具体 FID 信号外观见图 7 所示。



图 6 WinMRXP 菜单栏

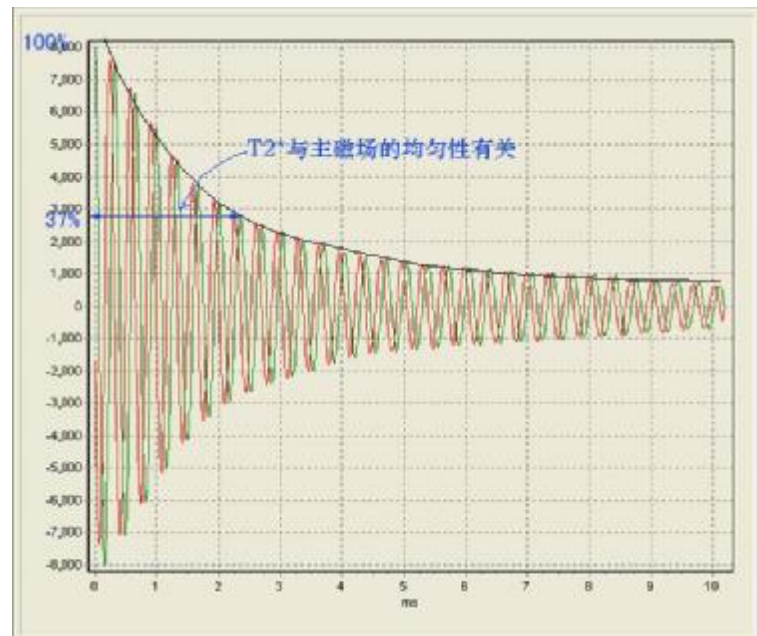




图 7 硬脉冲 FID 信号

10、用 4mm 无磁的内六角扳手松开磁体柜顶盖上 4 颗内六角螺丝，小心地打开顶盖（注意不要损坏样品管）。

11、用 6mm 无磁的内六角扳手缓慢地调整磁体柜内两个圆盘形磁极之一（左侧）上六颗内六角螺丝，同时观察监视器上的 FID 信号。最终监视器上的 FID 信号衰减达到最缓慢的时候，也就是主磁场最均匀的状态。

12、小心地将磁体柜的盖子盖上，用 4mm 的内六角扳手紧固磁体柜盖子上 4 颗内六角螺丝。

13、单击  按钮(如图 7 所示)停止扫描, 单击  按钮(如图 7 所示),



弹出一对话框, 如图所示:

S1 选择默认值, 点击 OK 按钮, 将 FID 信号进行傅里叶变换。

窗口如下图所示:

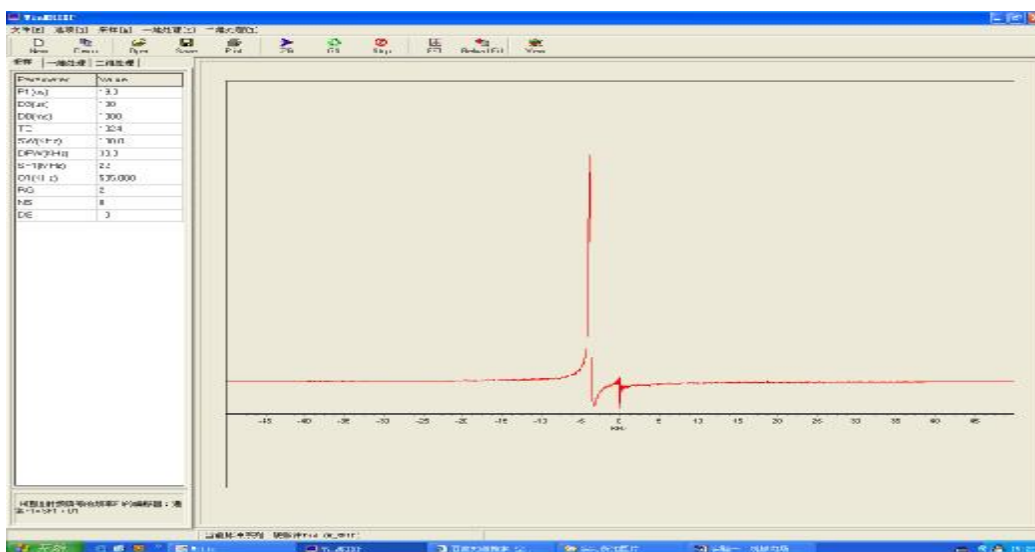




图 8 一维傅里叶处理后的信号图形

单击  进入一维处理界面(如图 10 所示), 单击  (见图 11) 进入



相位校正对话框, 点击 PC0 增减按钮直到 FFT 变换后的曲线峰值均在基线以上呈左右对称状态, 如下图所示:

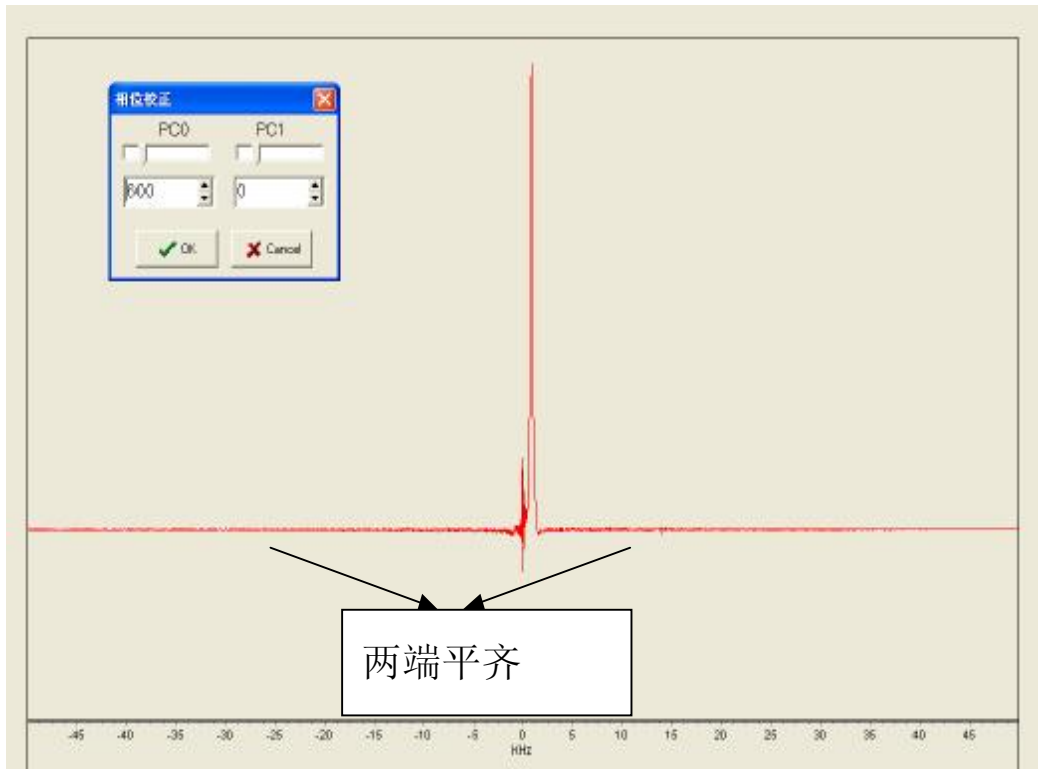


图 9 相位校正后的图形

单击 **工** 按钮（见图 11），使信号峰完整落在图像显示区。单击 **≡** 按钮（见图 11）选择曲线在 X 方向上的测量范围，再点击 **KHz** 按钮（见图 11）使测量单位以 ppm 为单位（ppm 计算方法：若此时中心频率为 23MHz，则一个 ppm 为 23Hz），最后点击 **测量谱线距离**（见图 11）测出信号峰的半高宽度（如图 12 所示），并记录在机械匀场主磁场均匀性的空格线上。



图 10 WinMRXP 菜单栏



图 11 一维处理工具

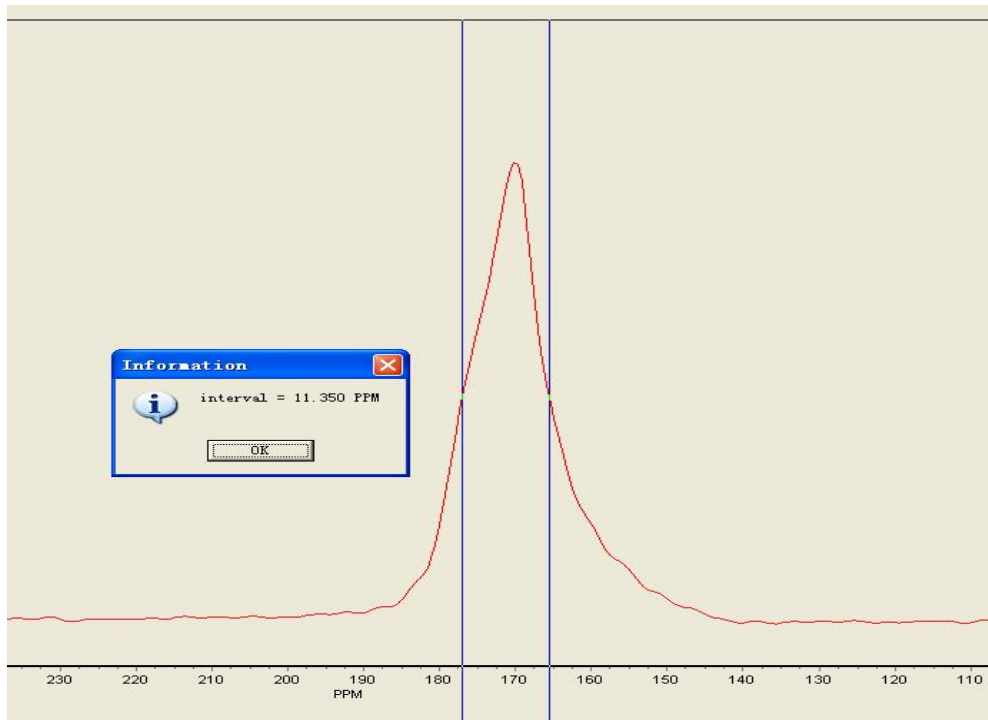



图 12 测量谱线距离

14、单击  按钮继续扫描，并将梯度电子柜的电源开关设置在 ON 位置，分别缓慢地调整梯度电子柜面板上的 GX Shim、GY Shim、GZ Shim 电位器旋钮，使监视器上的 FID 信号衰减达到更缓慢的时候，即主磁场经过电子匀场后达到了最均匀的状态，重复第 13 步，并记录在电子匀场主磁场均匀性的空格线上。

六、 实验结果：

1、机械匀场的结果：

主磁场的均匀性： _____ppm。

2、电子匀场后的最终结果：

主磁场的均匀性： _____ppm。

七、 结果讨论与思考题：

- 1、影响永磁体的磁场均匀性的因素有哪些？
- 2、校正磁场均匀性的方式主要有哪几种？
- 3、磁场均匀性会影响到组织的 T1、T2 和 T2*中的哪些参数？主磁场的大小对上述参数中的哪些参数有影响？