

脉冲磁场技术应用

脉冲磁场是什么

脉冲磁场：用间歇振荡器产生间歇脉冲电流，将这种电流通入电磁铁的线圈即可产生各种形状的脉冲磁场。脉冲磁场的特点是间歇式出现磁场，磁场的变化频率、波形和峰值可根据需要进行调节。

脉冲磁场有什么用？

如强磁场应用时脉冲磁场可以突破由于热效应导致的磁场上不去的限制，是产生超强磁场的有利手段。

磁共振成像 MRI

是什么和其优势

医学诊断重大工具，可显示丰富软组织对比，可形成结构+功能成像，无辐射。

MRI与CT比较，其主要优点是：

①离子化放射对脑组织无放射性损害，也无生物学损害。

②可以直接做出横断面、矢状面、冠状面和各种斜面的体层图像。

③没有CT图像中那种射线硬化等伪影。

④不受骨像干扰，对后颅凹底和脑干等处的小病变能满意显示，对颅骨顶部和矢状窦旁、外侧裂结构和广泛转移的肿瘤有很高的诊断价值。

⑤显示疾病的病理过程较CT更广泛，结构更清楚。能发现CT显示完全正常的等密度病灶，特别能发现脱髓鞘性疾病、脑炎、感染性脱髓鞘、缺血性病变及低度胶质瘤。

原理（进动）

射频磁场使得磁场中的旋子进动运动，而在“均匀磁场”（指空间）下所有自旋子的共振频率都相同。

简单理解，若认为是环形涡流， $F=qBv$ ，方向为右手定则确定。 v 为涡流速度， q 为电荷。

或者矢量式 $F = -j \cdot B$

注意图像信噪化

老师讲的主要是电磁部分，人体部分不是很清晰，我列出了我觉得更清晰的，来自知乎。

①人体内含大量水，每个水中的每个氢都含有一个质子，质子带正电荷，并且都会自转，所以带电质子的自转会产生磁场，其磁场的方向可以用右手定则确定。

②普通情况下人体所含质子的方向是随机的，所以自旋时产生磁场的方向也是杂乱无章的，因此产生的磁场相互抵消，故产生的综合磁场强度为零。

③外加磁场后，大部分质子产生磁场的方向指向外加磁场方向，称之为低能质子。少量质子的指向与外加磁场的方向相反，称之为高能质子。两者相消，所以质子产生的综合磁场指向外加磁场方向。需要注意：此时质子兼顾自旋和指向磁场方向或反方向的两种运动，其综合运动外观上类似于旋转的陀螺，称之为进动。需要注意的是，虽然每个氢质子表现为进动，但由于整个组织自旋运

动的初试相位杂乱无章，所产生的横向磁化矢量相互抵消，因此整体上不表现为进动。

④此时施加与质子进动频率相同的射频脉冲，射频脉冲有两个作用，第一能够传递能量，使少部分低能质子会吸收能量暂时变为高能质子，纵向磁场强度随之不断减小；第二由于射频脉冲信号频率等于质子进动频率，所有吸收能量的质子会相互吸引靠拢，产生相同的相位，即：进动质子同相位。此时高能质子和低能质子均产生一个磁场，两磁场的纵向分矢量相互削减，而横向磁化分矢量由于相位相同，所以随着射频脉冲的施加，横向磁化矢量逐渐增大，纵向磁化矢量逐渐减小，需要注意由于质子自旋状态一直存在，因此产生的横向磁化矢量是一种旋转的状态。

⑤射频脉冲关闭后同时发生横向弛豫（T2弛豫）与纵向弛豫（T1弛豫），也就是发生自由感应衰减现象（FID）。其中的横向磁化矢量其本质是发生进动质子失相位，即：失去相位的一致性，使横向磁化矢量逐渐衰减（横向磁化矢量衰减主要因为主磁场环境的不均匀和自旋质子微磁场环境的波动），这是质子群之间的能量传递，即：自旋-自旋弛豫；在T2弛豫中，由于水的横向弛豫较慢，一直存在横向磁场，所以能采集大量电信号，信号为高信号，规定为白色。而脂肪横向弛豫较快，所以相对水来说是低信号，为灰白色。

⑥而发生纵向弛豫（T1弛豫），也被称为自旋-晶格弛豫，也就是纵向磁化矢量逐步恢复增加的过程。如果分子进动频率和分子固有转动频率（自旋转动）越接近，则能量交换越高效，分子晶格之间能量传递速度越快，T1值越短。反之则越长。大分子物质转动频率远低于进动频率，所以T1值较长，而小分子如水的转动频率远高于进动频率，因此水的T1值也很长，只有脂肪组织进动频率和转动频率接近，其T1值较短。T1弛豫是质子群能量传递给其他分子。在这个过程中水是缓慢恢复，所以为低信号，规定为黑色，脂肪为快速恢复，所以为高信号，为白色。（注意T1、T2弛豫是同时发生的，但直接研究两种弛豫的含量比较复杂，因此将合磁化矢量分解为横向、纵向磁化分矢量及横向、纵向弛豫进行研究。）

⑦然后将磁共振信号通过空间相位编码技术形成磁共振图像。大概方法是外加X、Y、Z轴三个方向的梯度磁场（梯度磁场指场强渐变的磁场），所以采集到的每个信号都拥有了自己独特的空间位置信号，信号重建后获得磁共振图像。

功能部件

可以通过射频发射线圈、梯度线圈、超导主磁体完成

多时空脉冲强磁场成形制造技术

组成

1. 多线圈【时序控制】
2. 多电源【时序控制】
3. 多时空脉冲强磁场
4. 多级多向电磁力场
5. 形成大型复杂板管零件

典型应用

1. 航空航天大型板管件整体成形制造
2. 燃料电池双极板高性能成形制造
3. 异种金属高性能冶金复合焊接

永磁技术

单线圈充磁技术VS整体充磁技术

单线圈充磁技术：

小体积永磁块单个充磁

1. 磁场强度低
2. 充磁区域小
3. 磁场位形单一
4. 可拓展性差

整体充磁技术：

大型永磁设备整体充磁

1. 磁场强度高
2. 充磁区域大
3. 磁场位形精确
4. 可拓展性灵活

典型应用

1. MW级永磁风力发电机整体充磁
2. 高速高矫顽力永磁电机

总体思路

基础理论 - 方向和技术 - 平台验证 - 产业化