

MRI的基本概念

原子的自旋和进动

- 自旋是粒子的一种基本属性
- 角动量=原子核的质子和中子的轨道角动量和自旋角动量的矢量和 $P_I = \frac{h/2}{\pi} \sqrt{I(I + 1)}$ ，其中I成为自旋量子数，为半整数或整数，由原子核的质子和中子数目决定

当中子数和质子数都为偶数时I=0
当中子数和质子数有一个是奇数时I为半整数，如 $\frac{1}{2}$
当中子和质子数都是奇数时，I为整数
只有都不是偶数时才会发生进动

- 原子核的磁矩：质子带正电，自旋时会产生磁场，等效于环电流产生磁矩，磁矩和角动量的关系为： $\mu_I = g_I \frac{eh}{4\pi m} \sqrt{I(I + 1)} = g_I \sqrt{I(I + 1)} \mu_N = \gamma P_I$

其中 g_I 为核的朗德因子， γ 为原子核的磁旋比

- 拉莫尔进动：由于原子核具有磁矩，因此当它处于均匀外磁场 B_0 中时会受到磁力矩的作用，结果是核子绕自身轴旋转的同时，又绕着外磁场的方向进动，称为拉莫尔进动，其拉莫尔频率为 $\omega = \frac{\mu_I}{P_I} B_0 = \gamma B_0$
- 塞曼效应：核自旋在外磁场中仅有 $2I + 1$ 个取向，也就是仅有 $2I + 1$ 个不同的 θ 角，不同的 θ 角因绕外磁场进动所产生的附加能量 ΔE_m 不同，这样，由于核自旋空间取向不同，其能量也不相同，形成能级分裂，即能量为 E_0 的能级分裂为 $2I + 1$ 层，这种现象称为塞曼效应

核磁共振

- 当原子核置于外磁场 B_0 中，因为核自旋（或磁矩）的空间取向不同，原来的能级分裂成 $2I + 1$ 个不同的能级，分裂后两相邻能级之间的能量差为 $\Delta E = g_I \mu_N B_0$ 。如果在与外磁场 B_0 垂直的平面内再施加一个射频磁场 B_1 ，低能级质子跃迁到高能级去，这种现象称为核磁共振。核磁共振的条件是外加射频场的频率等于氢质子的进动频率。

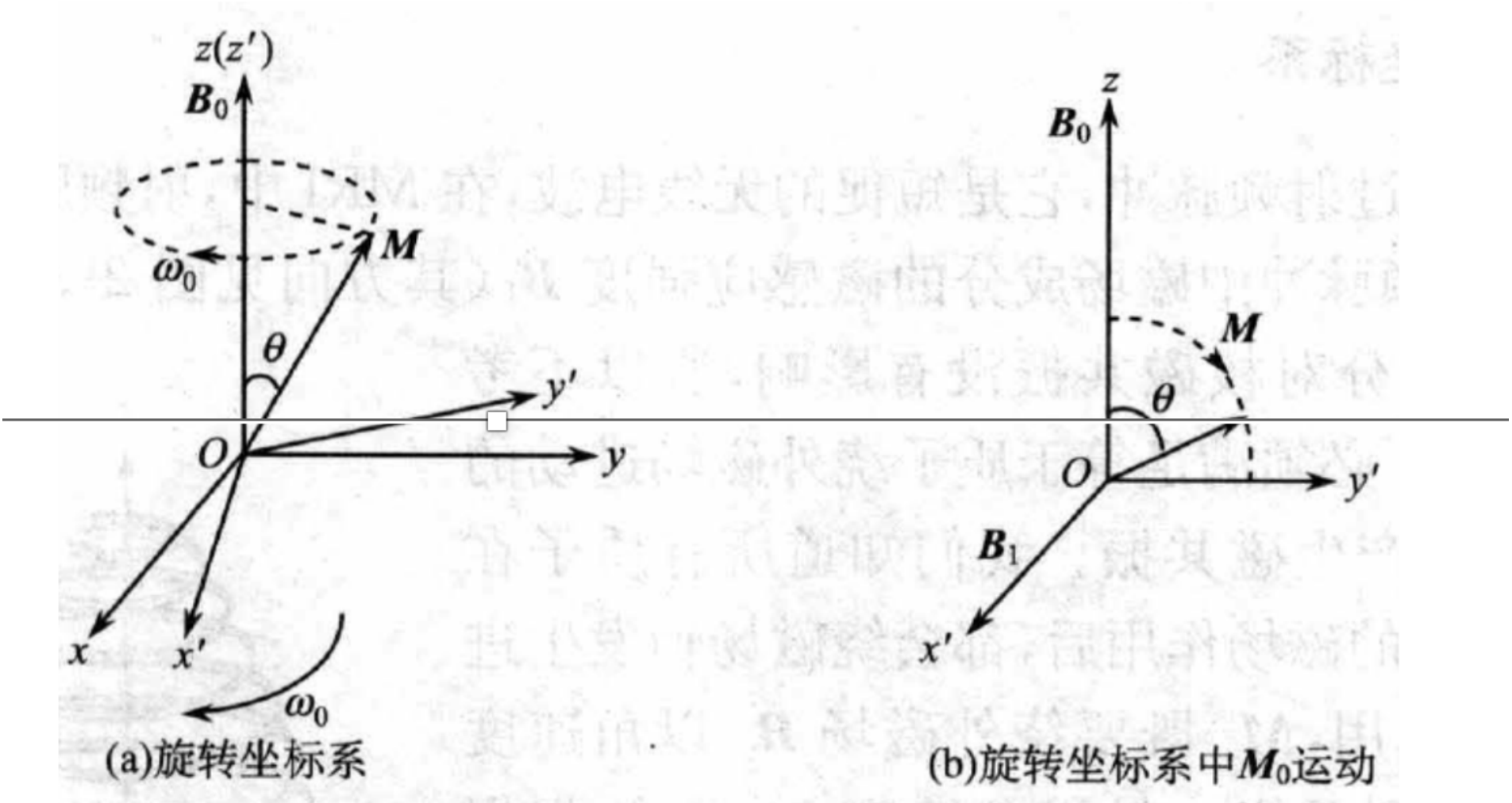
磁矢量

- 宏观层面上定义为所有原子核磁矩的矢量和 $M = \frac{\sum \mu_i}{\Delta V}$ ，没有磁场时系统是杂乱无章的，所以宏观上总的磁矢量为0

施加射频脉冲后，施加相聚合效应，进动的质子不再均匀分布在上、下两个圆锥面。这样，所有质子在同一时刻指向同一方向，并以拉莫尔角频 ω_0 绕外磁场进动，其核磁矩也在该方向叠加起来，于是出现了横向磁化。

旋转坐标系

- M_0 在绕 B_0 (z 轴)以 ω_0 进动的同时，又绕 B_1 (x 轴)以 ω_1 进动，导致磁化强度 M_0 由z 轴按螺旋形向 xOy 平面运动，这种螺旋形运动称之为章动。



弛豫

- 纵向弛豫:当撤掉脉冲后，跃迁到高能级的质子又落回到低能级，纵向磁分量增大

$$\frac{dM_z}{dt} = -\frac{M_z - M_0}{T_1}$$
$$M_z(t) = M_0 \left(1 - e^{-\frac{t}{T_1}} \right)$$

- 横向弛豫:横向磁分量逐渐减小的过程，横向磁分量减小

横向弛豫时间>纵向弛豫时间