

图 2-8 射频脉冲对宏观磁向量 \vec{M} 的影响

90°脉冲:使得 \vec{M} 向平面 xOy 偏转(A);180°脉冲使得 \vec{M} 反向(B)。

为了得到 180°脉冲,可以施加 2 倍时间的射频脉冲或者 2 倍强度的脉冲。因此,当在时序图上描述射频脉冲时,可以将 180°脉冲表示成 90°脉冲的 2 倍长,或者 2 倍高(C)

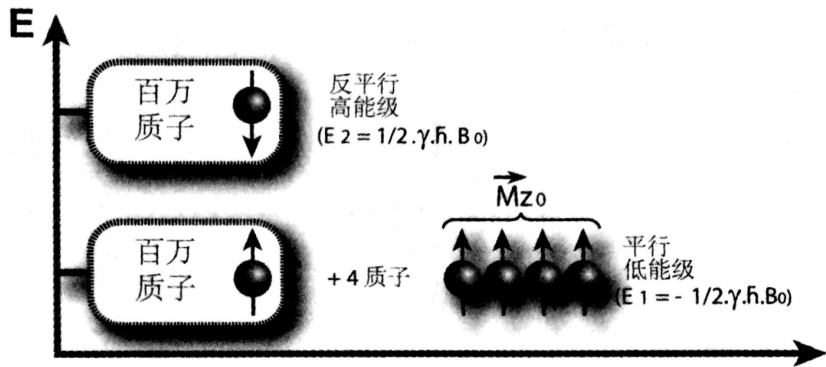


图 2-9 当处于磁场 \vec{B}_0 中时,质子只能取两个方向,并且取值量子化:平行(上状态, $E_1 = -\gamma \hbar B_0 / 2$)和反平行(下状态, $E_2 = +\gamma \hbar B_0 / 2$)

如果所处理的切片中包含 2 000 004 个质子,在 \vec{B}_0 作用下,这些质子将被分配成两组:100 万个反平行质子(高能级 E_2)和 100 万+4 个平行质子(低能级 E_1)。这 4 个多出的平行质子导致了宏观磁向量 \vec{M} 的出现,即平衡态时的 \vec{M}_{z0} 。

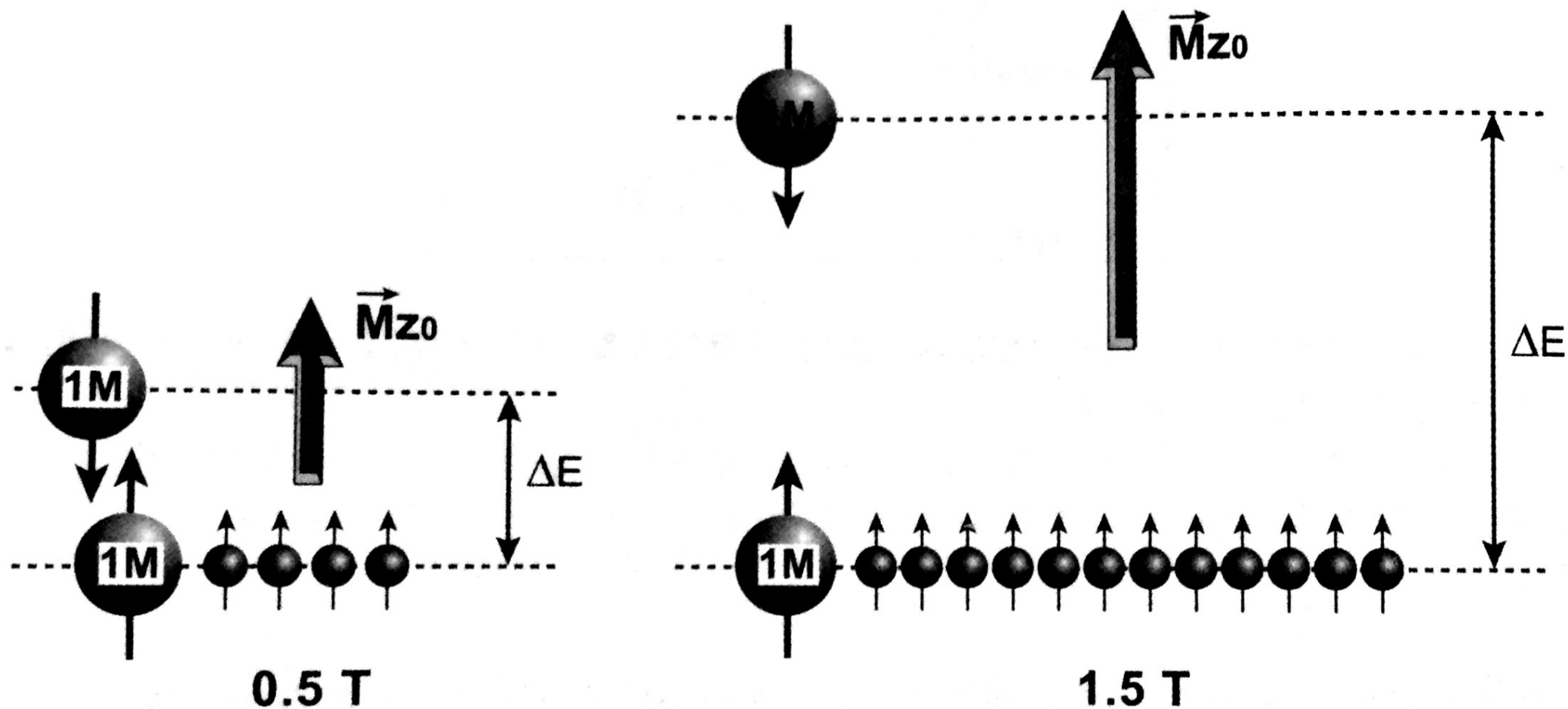


图 2-11 剩余质子数量与 B_0 成正比 (1.5T 下多余平行质子的数量是 0.5T 下的 3 倍), 这将引发 \vec{M}_{z0} 的相应变化

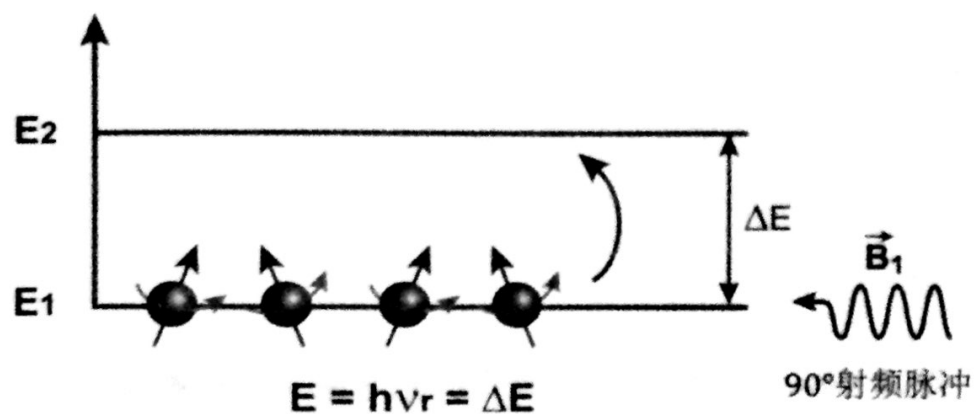
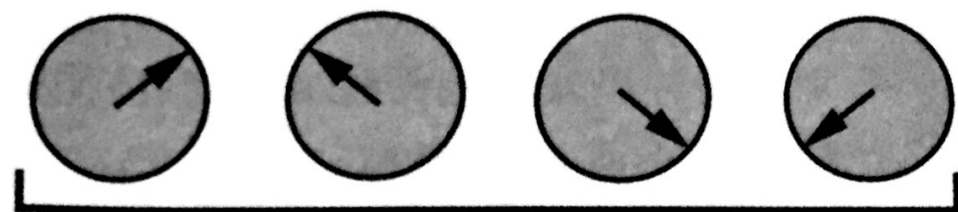
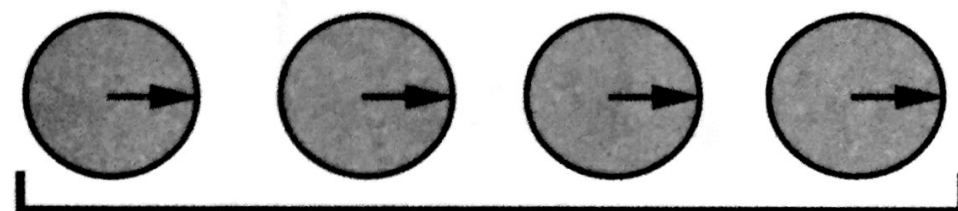


图 2-12 射频脉冲的能量 $E = h\nu_r = \Delta E$ (共振) 引起了从低能级 E_1 到高能级 E_2 的跃迁



相散: 和 $\vec{\mu}_{xy} = 0$



同相: 和 $\vec{\mu}_{xy} \neq 0 = \vec{M}_{xy}$

图 2-13 每个质子相对于其他质子的相位叠合产生了磁性的横向分量,称之为自旋或质子的相重聚或者相位相干

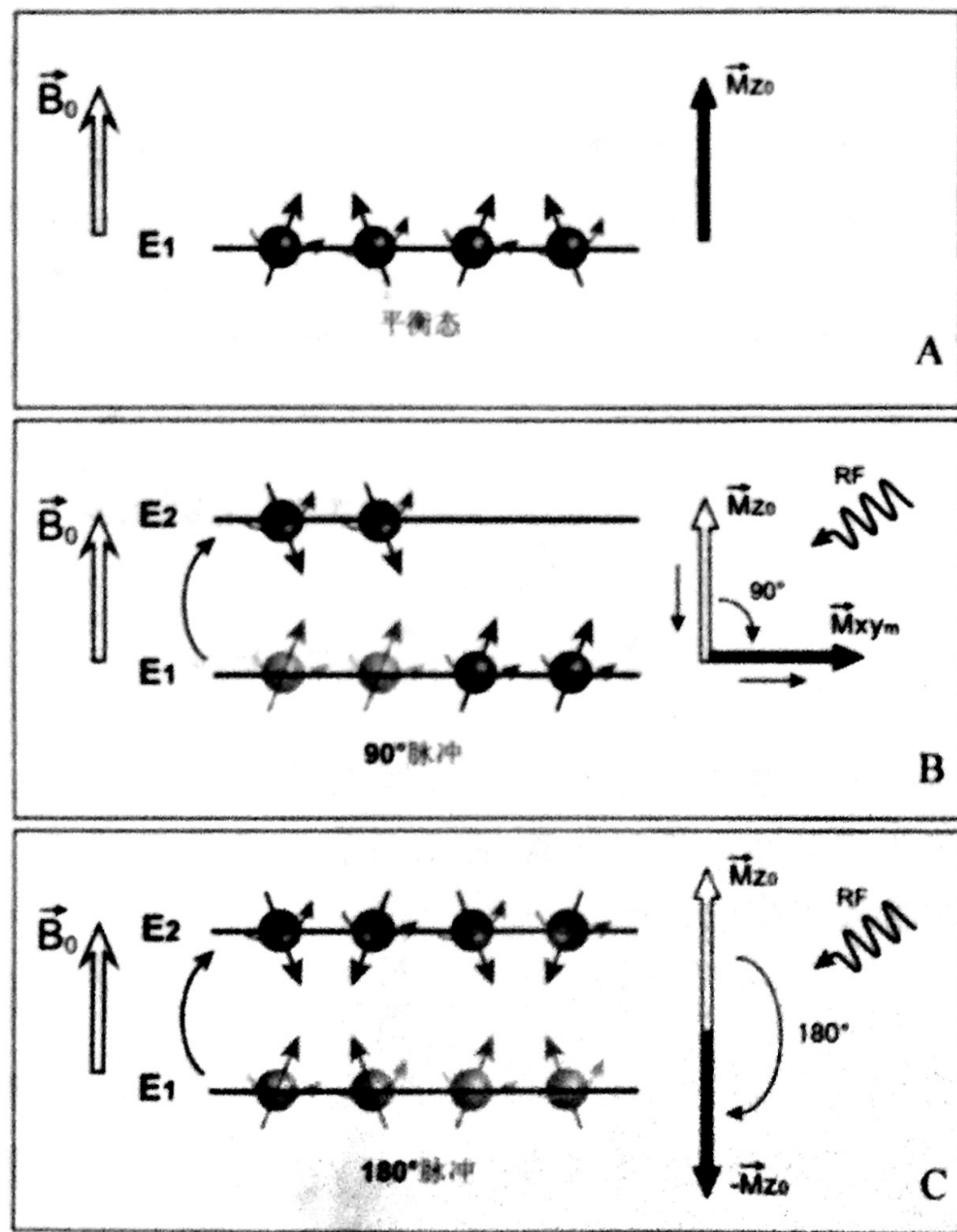


图 2-14 射频脉冲对宏观磁向量 \vec{M} 的影响

A. 在施加射频脉冲之前,有 4 个多余平行质子,它们是沿 \vec{B}_0 排列的宏观磁向量 \vec{M} 出现的原因,因为质子的相散,此时并没有横向分量的存在: \vec{M} 沿 Oz 轴排列, $\vec{M} = \vec{M}_{z0}$, $\vec{M}_{xy} = 0$; B. 射频脉冲引发了从低能级 E_1 到高能级 E_2 的跃迁(平行到反平行)以及质子的相重聚(\vec{M}_z 减小而 \vec{M}_{xy} 增加);当有两个剩余质子从能级 E_1 跳到能级 E_2 时,两能级上就有着相同数量的质子: \vec{M} 的纵向分量将不复存在($\vec{M}_z = 0$), \vec{M}_{xy} 达到最大值(\vec{M}_{xym}):此时脉冲为 90° 脉冲; C. 当 4 个剩余质子都从能级 E_1 跳到能级 E_2 时,能级上的质子(多余部分)发生了反向排列,从而使 \vec{M} 的纵向分量也发生逆转,即 $-\vec{M}_{z0}$:此时脉冲是 180° 脉冲