

# 磁压缩等离子体电热炮

王保成 唐卫红 方延平

(空军后勤学院 徐州 221000)

电热炮 (electrothermal gun) 是全部或部分地利用电能加热工质来推进弹丸的发射装置。一般地说, 电热发射有两个含义: 一是利用特定的高功率脉冲电源向某些工质放电, 把工质加热而转变成等离子体状态, 利用含有热能和动能的等离子体直接推进弹丸运动; 二是利用加热产生的等离子体再去加热其他更多质量的低分子量的轻工质, 使其化学反应变成热气体 (含有少量等离子体), 借助这些热气体的热膨胀做功来推进弹丸。

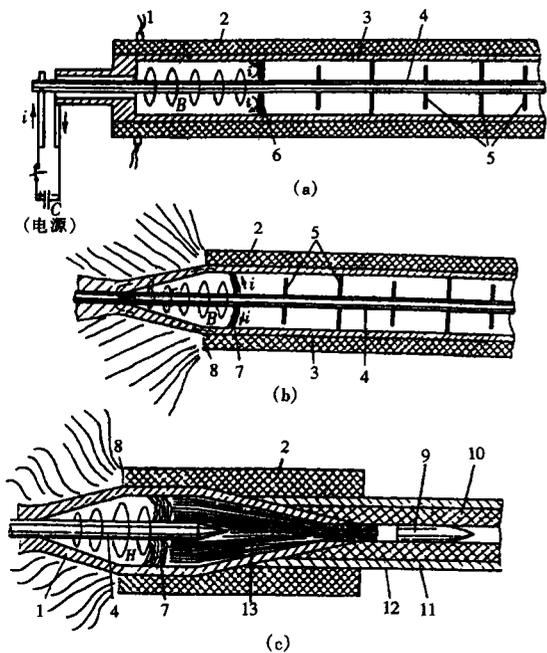
磁压缩等离子体电热炮是一种以炸药能量驱动的电磁“火炮”。它把化学能转变成磁能, 然后利用磁能压缩等离子体推进弹丸前进。

磁压缩等离子体电热炮是一个同轴结构装置, 由内导体、外导体、炮管、电源、炸药、连接内外导体的短路电桥和若干同轴圆盘组成。如图 1 所示。

闭合电源开关时, 大电流脉冲 ( $i$ ) 通过内外导体和电桥而构成回路, 它将电桥电爆炸成等离子体, 并在回路空间产生磁场  $B$ 。在激励电路的同时, 引爆外导体周围敷设的炸药, 将输入端的内外导体压缩成短路, 并进而推动短路环向前, 如图 1 (b) 所示。同时压缩闭合回路空间的磁场, 推动等离子体电桥前进。等离子体电桥及其内部放电电流在前进过程中, 把沿路的圆盘都转变为等离子体或中性气体 (其能量来自炸药爆炸压缩磁通期间产生的大电流), 它们加入原等离子体电桥的质量内。改变等离子体电桥的质量可以调节被压缩的回路空间体积, 以此能改变磁场被压缩的程度。在洛伦兹力作用下, 被压缩的磁场驱动前面的已气化的气体前进, 从而推动炮管内的弹丸高速前进, 如图 1 (c) 所示。在特殊情况下, 弹丸本身也可当作内外导体间的电桥。不过, 此时的短路“电桥”不被电流爆炸成等离子体, 而是以固态形式前进。

炸药爆炸以后, 回路空间体积继续减小, 包围其内的初始 (“种子”) 磁通被压缩。炸药前进的速度大约是  $8\text{km/s}$ 。所选同轴系统的参量应保证磁场衰减时间常数要比压缩过程用的总时间常数大。在磁场被压缩的过程中, 炸药储存的化学能转变为机械能, 以此压缩回路内的磁场, 为反抗磁场的“膨胀”力做了功。根据磁通压缩发生器原理, 这个功被转变为电磁能量。其转变速率的增长近似地正比于磁能。这意味着开始压缩时磁场的强度较低, 能量转变速率也低, 此时来自炸药的能量没有被充分地利用。仅在压缩的后期, 磁场的强度变得充分高时, 转变速率才增高, 来自炸药的能量才被充分利用。由此可见, 转变速率在压缩过程中增加。这表明磁场能量的含量近似与压缩因子成正比, 即近似与同轴路程的剩余长度成正比。

磁压缩等离子体电热炮具有速度快、加速度大、费效比高, 对飞行目标的拦截性能好等优点, 可用于反战略弹道式导弹、防空、以及反卫星和战术导弹, 它将在未来战争中发挥无可替代的作用。



(a) 提供“种子”磁通; (b) 爆炸磁压缩; (c) 等离子体加速弹丸。  
1-引爆装置; 2-炸药; 3-外导体; 4-内导体; 5-圆盘; 6-短路电桥; 7-等离子体电桥; 8-爆炸前沿; 9-弹丸; 10-炮管; 11-钢管; 12-陶瓷衬套; 13-物质包。

图 1 磁压缩等离子体电热炮工作原理