

枪炮自动原理

国防工业出版社

基本符号

- A ——枪（炮）膛横截面积 吋²；
 B ——身管簧和枪机复进簧平均簧力之比；
 C ——积分常数（也表示身管和枪机的质量比值）；
 D ——后座部件后座总行程 呎；
 d ——后座部件在时间 t 时的位移 呎；
 E_r ——后座部件动能 呎·磅；
 E_1 ——身管动能 呎·磅；
 E_2 ——枪机动能 呎·磅；
 E_3 ——活塞动能 呎·磅；
 F_{av} ——全程平均簧力 磅；
 F_{av_1} ——身管簧的全程平均簧力 磅；
 F_{av_2} ——枪机复进簧的全程平均簧力 磅；
 F_0 ——弹簧预压力 磅；
 F'_0 ——修正后的弹簧预压力 磅；
 F_0 ——身管簧预压力 磅；
 F'_{0_1} ——修正后的身管簧预压力 磅；
 F_{0_2} ——枪机复进簧预压力 磅；
 F'_{0_2} ——修正后的枪机复进簧预压力 磅；
 g ——重力加速度 32.2呎/秒²；
 K ——弹簧系数 磅/呎；
 K_1 ——身管簧或枪（炮）身簧的弹簧系数 磅/呎；
 K_2 ——枪机复进簧弹簧系数 磅/呎；
 M_c ——发射药质量 磅·秒²/呎；
 M_p ——弹丸质量 磅·秒²/呎；

- M_r ——后座部件质量 磅·秒²/呎；
 M_1 ——身管质量 磅·秒²/呎；
 M_2 ——枪机质量 磅·秒²/呎；
 M_3 ——活塞或肘节的质量 磅·秒²/呎；
 P ——压力 磅/吋²；
 T ——后座总时间 秒；
 t ——时间 秒；
 T' ——一个自动循环的时间 秒；
 T_f ——火药气体作用的总时间 秒；
 T_{res} ——后效期压力持续时间 秒；
 V_p ——弹丸初速 呎/秒；
 v_p ——时间 t 时弹丸在膛内的速度 呎/秒；
 v_r ——时间 t 时的减速后座速度 呎/秒；
 V_1 ——身管速度 呎/秒；
 V_2 ——枪机速度 呎/秒；
 V_3 ——活塞或肘节的速度 呎/秒；
 V_{av_1} ——身管平均速度 呎/秒；
 V_{av_2} ——枪机平均速度 呎/秒；
 V_{rf} ——最大自由后座速度 呎/秒；
 v_{rf} ——时间 t 时自由后座速度 呎/秒；
 $v_{rf(all)}$ ——许可平均后座速度 呎/秒；
 W_p ——弹丸重量 磅；
 W_c ——发射药重量 磅；
 W_r ——后座部件的重量 磅；
 W_1 ——身管重量 磅；
 W_2 ——枪机重量 磅；
 W_3 ——活塞重量 磅。

编 译 者 序

遵照毛主席“洋为中用”的教导，我们根据美国 George M. Chinn 主编的《The Machine Gun》第四卷编译了这本《枪炮自动原理》。全书共分五章，前四章对自动武器的基本原理和工作能源作了系统的工程和数学分析，第四章的“转膛武器”在过去其他自动武器书籍里很少介绍。第五章汇集了各种典型机构的原理图，包括以前武器的原型、某些“专利”及未来武器机构的设想等。

本书的目的，是在分析各种自动原理的基础上，向研究设计人员提供权衡武器的性能的基本方法和一般估算。书中应用了机械运动有关的力学基本原理和定律，大部分采用图解法，比较浅显易懂；理论分析部分，概念阐述较清楚；图册部分的机构类型较多，直观感较强。但由于原书作者资产阶级世界观的局限，某些观点过于武断，也有吹嘘、夸张的地方；文字不够严谨；不少公式、数据计算和图解曲线还有错误。我们对原书错误之处进行了修正，个别章节作了删改和调整。

由于原书的图解曲线是按英制单位绘制的，不便更动，故在书后附录中列出常用英制—公制单位换算表，以供参考。

考虑到书中的讨论均以常规的 20 mm 武器、弹药为例，而这一口径为枪、炮的分界口径，故本书定名为《枪炮自动原理》。

在编译本书过程中，我们得到后字 242 部队领导的热情支持和刘学昌同志的大力协助，特此表示感谢。

由于我们思想水平不高，业务能力有限，又缺乏编译方面的经验，难免有不少错误，欢迎批评指正。

中国人民解放军后字 418 部队

目 录

编译者序	3
------------	---

第一章 枪机后座

第一节 枪机后座原理	7
一、弹壳的性能	8
二、结论	13
第二节 枪机后座系统	18
一、枪机自由后座系统	19
二、前冲击发式枪机后座系统	45
三、枪机延迟后座系统	60
四、枪机减速后座系统	76

第二章 身管后座

第一节 概述	88
一、身管后座的原理	88
二、身管后座的动作	91
第二节 身管后座系统	92
一、身管长后座系统	93
二、身管短后座系统	122

第三章 导气式武器

第一节 导气式武器的原理	175
第二节 导气式武器的动作	181

第四章 转膛武器

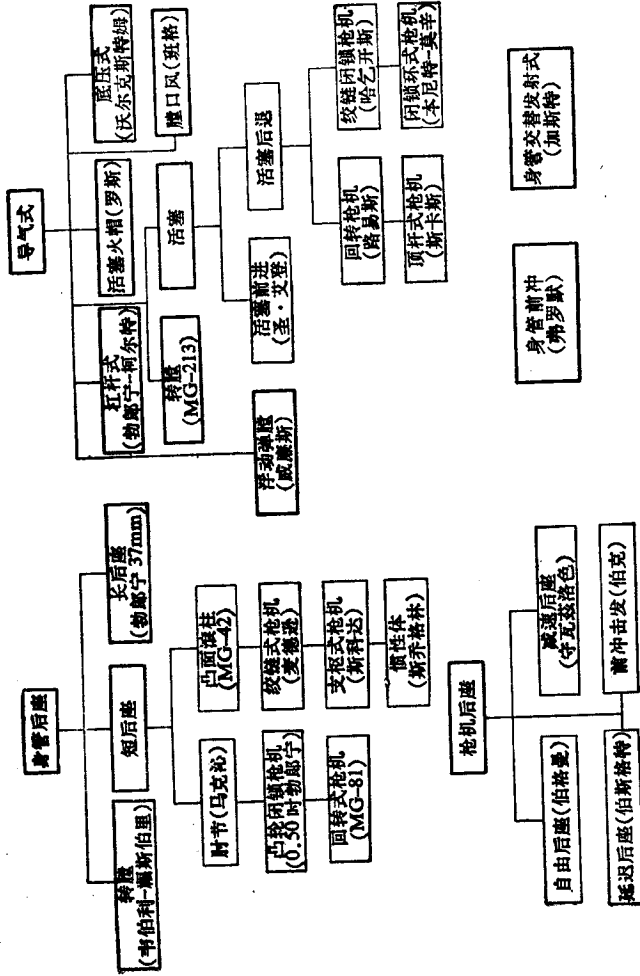
第一节 概述	245
第二节 多膛武器原理	246
第三节 转膛武器机构原理	262

第五章 典型机构原理图

第一节 供弹机构	278
----------------	-----

一、杠杆传动	278
二、凸轮传动	293
三、链轮传动	309
四、托弹器	322
五、送弹棍	331
六、无弹链供弹	334
七、供弹附件	349
第二节 闭锁机构	355
一、枪机回转闭锁	355
二、节套闭锁	373
三、曲柄连杆闭锁	377
四、倾斜闭锁	383
五、闭锁卡铁	395
六、凸轮闭锁	433
七、无壳弹闭锁机构	465
八、其他类型	467
第三节 转膛武器	473
第四节 加速器	485
第五节 气体调节器	492
第六节 身管固定机构	497
第七节 拉壳钩(抽筒子)	503
第八节 抛壳机构	512
第九节 发射机构	521
第十节 击针	535
第十一节 缓冲器	539
第十二节 装填机构	547
第十三节 膛口装置	550
第十四节 连接装置	553
第十五节 弹簧	557
附录 常用英制、公制单位换算表	559

自动武器的基本系统



第一章 枪机后座

第一节 枪机后座原理

在设计任何枪炮时，都必须注意使弹壳底部得到充分的支撑，以便承受火药气体的巨大后推力。在许多武器上，这是靠高强度的闭锁机构和使枪机[●]保持牢固闭锁的确实动作完成的，直到火药气体压力下降为零或至少降低到枪机可以安全开锁的限度时为止。然而，要达到绝对的刚性闭锁是不可能的，如果根据某种特定的原理对枪机和弹壳的运动加以控制，可允许枪机和弹壳运动一段距离。这种受到控制的运动则可用来作为武器机构自动的能量。

我们把靠弹壳的运动(弹壳在火药气体压力下被推向后方)向武器机构提供自动能量的系统，称为“枪机后座”(blowback)系统。在某些必须采用低能弹药的武器上，自动循环的全部能量来自于枪机自由后座(plain blowback)；在另一些武器上，枪机后座能量只用来完成循环中的某些动作，或仅用来补充另一工作系统提供的能量。

从广义上讲，枪机后座式不妨认为是导气式的一种特殊形式，因为弹壳可以看成是受火药气体驱动的一种活塞。但是，由于枪机后座包含的特殊问题很多，所以它本身最好自成一类。至于枪机后座是否应当包括在导气式或身管后座式自动原理之内，则纯属理论性的考究。重要的是它兼具两种原理的某些特征，因此，根据它现存的特定问题，可以认为它属于两原理中的任何一种。

枪机后座式武器突出的特点是，弹壳必须在火药气体压力的直接作用下运动。因此，膛内存在压力时，允许枪机运动的任何武器都会受

● 文中泛指“枪机”(bolt)和“机匣”(receiver)，火炮术语称作“炮闩”和“炮箱”。

——编译者注

到某些“枪机后座”作用。对枪机后座作用利用的程度取决于：一、控制枪机运动的方式；二、从其它工作系统中取得的工作能量所占的比例。枪机后座自动原理面临的主要问题是控制枪机的运动，从而使弹壳能在弹丸飞出膛口前巨大的火药气体压力下保持最小限度的运动（以弹壳的极限强度为限）。为了有效地闭气，避免在最大压力范围内弹壳运动量过大导致壳体横断或破裂，解决上述问题是十分必要的。

一、弹壳的性能

分析枪机后座原理时应考虑的最重要的因素是弹壳的性能，因为它要受到火药气体压力的影响。由于这一十分关键的因素制约着枪机后座式武器的全部基本设计特性，所以在详细叙述枪机后座系统之前预先加以全面的说明（这里所提到的绝大多数数据适用于 20 mm 机关炮和典型的 20 mm 弹药。为了说明问题，特地选用了这一口径，因为它对于大威力机关枪（炮）来说具有代表性）。

武器发射时，火药的燃爆产生变化很快的高压（图 1-1）。尽管各种型号的 20 mm 弹药配用在不同型号的武器上所得出的膛压曲线不

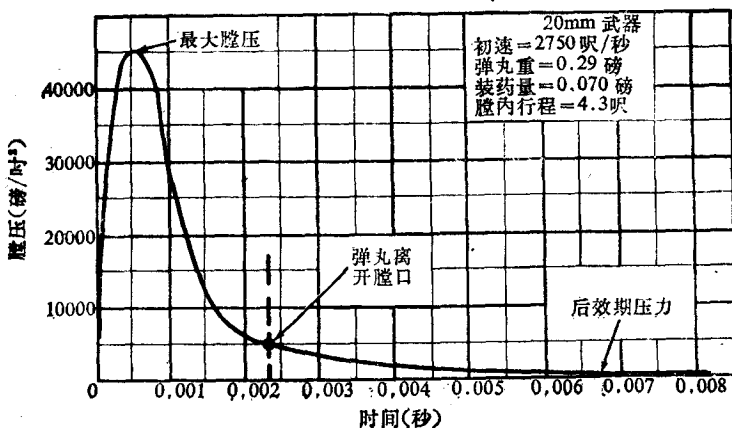


图 1-1 膛压随时间的变化

尽相同,但图中曲线表明的压力值对于这一口径的现代弹药来说,或多或少具有典型性。如图 1-1 所示,在底火点燃后 0.0005 秒之内,火药气体压力增加到 45000 磅/吋² 的最大值,此后压力逐渐下降,经过 0.0023 秒后弹丸飞出膛口,此时压力降为 5000 磅/吋² (就图 1-1 中所选用的特定身管长度而言),由于火药气体冲出膛口,压力很快降为零。在弹丸离开膛口后极短的时间内,膛内存在的压力叫作“后效期压力”(residual pressure)。可以认为这一压力随时间呈指数函数下降,在底火点燃后 0.008 或 0.009 秒内实际降低到零。

如图 1-2 所示,火药气体压力均匀地作用在弹壳内壁的各个方向上。压力的径向分力作用于弹壳壁,使弹壳膨胀,并使之抵压膛膛,起闭气作用,防止气体从后方逸出(应当认识到,作用于弹壳壁的径向力是很大的。事实上,弹壳壁抵压膛壁之紧,膛内温度之高,几乎要把弹壳点焊在弹膛上)。

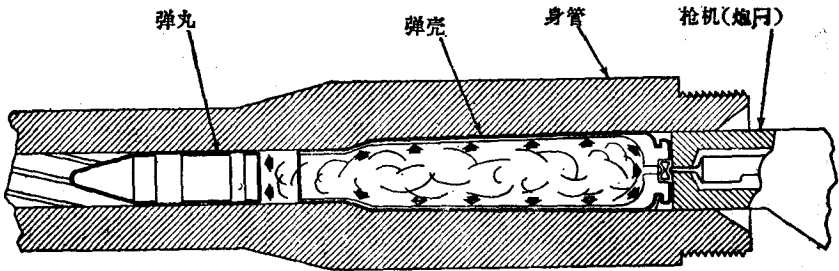


图1-2 膛压示意图

火药气体对于弹壳的轴向总压力形成一作用力,该力使弹壳后退以对抗枪机的阻力。当弹壳可以在弹膛中自由滑动时,该作用力等于膛压与弹壳口部横截面积的乘积(参看图 1-3)。如果弹壳底部的面积大于弹壳口部的面积,则作用于弹壳底部的压力比上述压力的总和要大一些。但是,这种压力上的差别由作用在弹壳锥部或颈部的轴向分力所抵销。应当注意,如果整个弹壳能自由运动,则前面所说的作用力与作用在弹壳底部的力之差会在弹壳四壁形成张力。

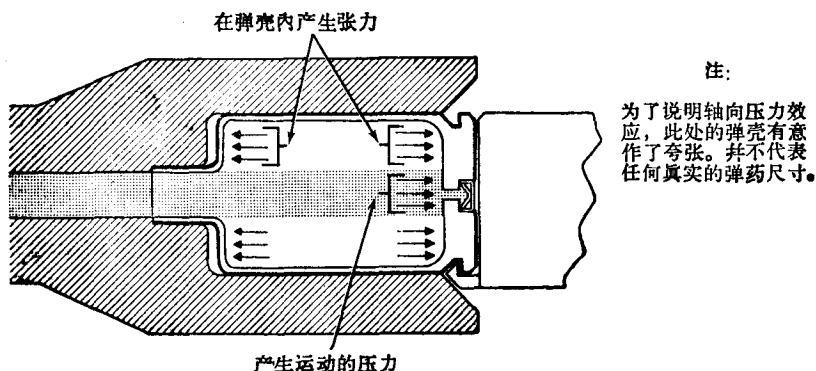


图1-3 轴向压力效应

若枪机呈刚性闭锁，紧紧抵住弹壳底部(即弹底间隙为零)，则火药气体压力仅能压缩弹壳材料，使之紧紧抵住弹膛内壁和枪机镜面。然而，就枪机后座式武器而言，弹壳和枪机在火药气体压力作用期间的某一预定时刻必须能够自由移动，这样才能将所需的能量传给枪机。为了考察这一运动的效果，可以假设枪机在任何时候都不闭锁，它仅用自身的质量(惯性)来阻挡弹壳的运动(下文将要指出，这一假设条件对所有的枪机后座式武器都不适用)。弹壳的运动可以分为如下三个阶段：

第一阶段

在发射药燃爆的最初 0.0001 秒内，存在的压力比较低，但足以使弹壳口部的薄壁膨胀并抵压在弹膛壁上，这样就形成了密封，防止火药气体逸出。由于这一阶段的径向压力不十分高，故弹壳和弹膛之间的摩擦力也不很大。因此，压力的轴向分力使整个弹壳伸长或在弹膛内轻微向后滑动，首先占据弹底间隙，然后推枪机运动。因为枪机具有较大的质量(惯性)，所以这一运动的速度较低。

注：如果弹底间隙非常大，在膛压升高之前可能没有占据整个间隙。在这样的情况下，第二阶段所说的条件适用。

第二阶段

弹壳运动的第二阶段发生在图 1-1 表明的最大压力点及其附近期间。在这一阶段，弹壳的性能完全取决于它本身是否经过适当的润滑。

如果弹壳完全没有润滑过，或者润滑不足，膨胀后就会紧紧地抵在弹膛上，形成高压下金属与金属的贴合，从而在弹壳和弹膛之间产生很大的摩擦力。这一摩擦力和作用在弹壳底部的压力，将在弹壳壁上形成张拉应力。事实上，在高压期间弹壳前部与弹膛贴得非常紧，所产生的摩擦阻力可以超过弹壳壁的抗张屈服强度 (tensile yield strength)。在这种情况下，弹壳前部贴膛，而后部继续运动，造成弹壳的塑性形变。如果枪机不提供充分的阻力防止弹壳的伸长超过壳体材料所允许的伸长量(约 0.015 吋)，弹壳将会横断。

在此应指出，如果采用非润滑弹药，过大的弹底间隙将会产生什么样的影响。如同第一阶段中所指出的那样，在膛压增高到足以使弹壳前部贴膛以前，弹壳的运动可能尚未占据全部弹底间隙。假设仍存在某些间隙，弹壳底部得不到支撑，而很高的压力将使弹壳伸长。若弹底间隙很大，当超过弹壳材料的抗张极限之前弹壳不能完全占据该间隙时，将会发生横断。

注：应当意识到，最大膛压所产生的力大大超过了弹壳薄铜壁的强度。这样巨大的力使弹壳伸长是轻而易举的。对此可说明如下：在弹壳前部贴膛的同时，使弹壳伸长的力等于压力与弹壳内底面面积的乘积。对于 20 mm 弹药来说，其最大膛压为 45000 磅/吋²，弹壳内底面面积约为 0.5 吋²，故张拉力为 22000 磅左右。受张拉的弹壳金属断面约为 0.1 吋²，制作弹壳的中等硬度 (half-hard) 铜的最大抗张强度约为 50000 磅/吋²。因此，弹壳对张拉和横断的最大阻力仅为 5000 磅左右。显而易见，与 22000 磅的张拉力相比，这一阻力是很微小的。其实，只要膛压超过 10000 磅/吋²时，弹壳就会横断。如图 1-1 所示，弹丸在膛内运动的整个期间几乎都存在着这样的压力（注意：在克服摩擦力和弹壳伸长时耗掉了一部分力，从而使枪机受到的力减少了。如果这一影响过大，武器将不能连续射击，因为赋予枪机的能量不足以带动武器机构）。

以上的叙述适用于弹壳未润滑或不充分润滑的情况。如果在弹壳和弹膛壁之间涂一层相当厚的润滑剂，则会产生完全不同的结果。不

应认为使用润滑剂只是为了使弹壳“滑溜”(slippery)。其真正目的在于使弹壳和弹膛之间形成一连续的薄膜，因而即使在极高的膛压下也能有效地“隔绝”(insulate)金属与金属的接触表面。由于金属与金属之间不存在能造成贴膛或粘连的接触，弹壳可以在膛中自由地滑动，它在运动中所受到的唯一阻力(除枪机的阻力外)是剪切润滑层所需要的力。

根据已经建立的关于摩擦力的法则，经过充分润滑的表面光滑的金属与金属之间的摩擦阻力相对来说是很低的，实际上不受表面之间的压力的影响。主要考虑的因素是受到剪切力的润滑层面积、润滑油的粘滞度以及金属表面之间相对运动速度。因此，润滑充分的弹壳在高膛压下能像在低膛压下一样自由地运动，所以良好的润滑剂应能完全消除弹壳横断的基本因素——弹壳贴膛(seizing of the cartridge case)。

尽管润滑良好将消除弹壳的贴膛现象，倘若膛压极高时容许弹壳运动的距离过大，也会产生其它困难。运动距离过大会使弹壳后部脱出弹膛，得不到膛壁的径向支撑；壳内的高压会使弹壳底部附近胀大，甚至破裂。另外，如果弹壳在弹膛中破裂，弹壳和弹膛之间的气密性就会受到破坏；炽热的火药气体将会从枪机机构中喷出(在大多数枪机后座式武器上，气体从枪机机构中逸出是不可避免的，但如果逸出过多，则会损坏枪机机构，甚至危害射手)。

应当注意，当使用超径药室(瓶颈式或大锥度弹壳)弹药时，就会遇到一个特殊的难题。这种弹壳的内部压力在壳壁上形成很高的张拉应力(见图1-3)。如果采用的是瓶形弹壳，它运动时弹肩与弹膛之间将形成空隙，由于该空隙的存在而使弹壳前部得不到支撑，内压力把弹肩向前推去填充该空隙，导致弹壳变形。如果采用的是锥形弹壳，弹壳的后退运动会在弹壳和膛壁之间形成空隙，弹壳将得不到支撑，内压力也会使弹壳胀大以填充该空隙。

无论在上述哪一种情况下，若枪机的运动过大，弹壳将显著变形，其形变超过铜材料所允许的极限是完全可能的，这将会引起弹壳横断

或破裂，致使抽壳和抛壳困难。基于这一原因，在枪机后座式武器上最好使用直筒式或仅有微小锥度的弹壳。

第三阶段

当膛压降到弹壳可以收缩而且摩擦力降至可以忽略不计时，弹壳的最后运动阶段开始。此后，后效期压力继续推弹壳后退，但作用在弹壳上的力已经小到不再使弹壳发生横断或破裂危险的程度。当火药气体压力接近于零时（底火点然后 0.008 或 0.009 秒时），此阶段结束。虽然此时原动力降为零，弹壳和枪机靠自身的动量仍继续运动，以足够的动能完成抽壳、抛壳并带动自动循环中的其它机构。

二、结 论

从上面关于枪机后座式武器配用弹药的性能的论述中可以总结出一条非常重要的规律，用以制约武器的基本设计要求和基本性能。此规律简述如下：

枪机后座工作方式最主要的困难是由高膛压期间弹壳的过大运动所直接造成的，这一困难由于弹壳的不充分润滑而加重。

在设计枪机后座式武器时，上述论断中所涉及的诸因素均须仔细考虑，以防机构工作困难。由上面的分析出发，可得出如下结论。

1. 膛压

上述全部困难都是由极高的膛压直接造成的。因此，如果能使膛压一直保持很低，则这些困难会立即消失。不巧的是，高膛压正是大威力机关枪（炮）（即本书主要关注的问题）的本质因素，因此，利用低膛压来解决设计问题是不能考虑的（在低能小口径弹药上应用枪机后座原理比较容易，这一点已由成功地应用这一原理的许多半自动手枪、冲锋枪和轻机枪充分证明了）。

2. 弹壳运动

大威力枪机后座式武器的设计者面临的主要问题是，在发射药燃爆的高膛压作用期间如何限制弹壳运动。这一问题和与之有关的设计困难是由于设计要求相互冲突而造成的。

在枪机后座式武器上，机构的工作能源来自火药气体对弹壳的推力，所以在火药气体压力作用期间，上述能源对于弹壳的运动来说是很重要的因素。然而，也正是压力作用下的这种运动，会造成弹壳的横断或损坏。当采用限制弹壳运动的办法来减轻这些困难时，必须注意保证有足够的能量使武器以预想的射速有效地工作。进而言之，如果弹壳经过充分的润滑，在高膛压期间允许枪机拥有相当高的运动速度，人们将会发现，随之而来的快速抽壳会造成弹壳炸裂或导致枪机气密性过早地破坏。

为了获得理想的性能，上述考虑和下面将要讨论的各点使枪机后座式武器的设计成为平衡各种相互矛盾着的关键性因素的问题。这一设计问题有许多解决办法，采用何种特定的办法则要根据武器的基本特点来决定。在下面题为“枪机后座系统”一节里，将详细说明在实践中如何应用这些解决办法。

3. 润滑

就枪机后座式武器上采用的大威力弹药而言，其适当润滑的重要性无论怎样强调都不算过分。经验证明，从缺乏适当的润滑而产生的弹壳贴膛、弹壳横断、枪机后座无力以及抽壳困难等问题来看，枪机后座式武器要达到很高的效能是不可能的。事实上，润滑如此重要，以致于有人建议用“油动”(oil-omatic)这一更合适的术语代替“自动”(automatic)一词来命名枪机后座式武器。

在实战条件下，弹药要进行适当的润滑极其困难——认识到这一点是十分重要的。例如，寒区作战或高空飞机携带的武器弹药须承受极低的温度，在这样的温度下，普通的润滑剂会完全丧失作用。此外，涂在弹药或弹膛壁上的油脂很容易粘上砂土或其它污物，引起润滑油层的破坏并造成弹壳贴膛。对于野战武器，这一问题显得特别严重。在所有应考虑的问题中，枪机后座式武器的设计者首先必须考虑找出一种润滑剂，它不仅适用于原定的目的，而且应当适用于武器将要遭遇的野战条件。如果找不到这样的润滑剂，为安全可靠起见，可以认为枪机后座自动方式不实用，应予放弃，转而采用弹壳润滑显得不很

重要的其它自动方式。

虽然“润滑剂”一词通常会使人联想到油或油脂，其实有许多物质有条件（至少在理论上如此）作为弹药的润滑剂。之所以如此，是因为对于弹药润滑剂的唯一重要的要求是：它必须形成一个连续的隔离层，剪切该层所需要的力必须小于弹壳横断所需要的力。不难看出，为了满足上述要求，不必强求某种物质具有通常用来减少摩擦的润滑剂那种“油滑”或“滑溜”的特征。

能够满足上述理论要求的物质是很容易联想到的，由此可能会使人认为，寻找一般情况下弹药适用的润滑剂是一个小问题。但遗憾的是，自1898年以来，人们一直努力寻找，却未找到。在半个多世纪的探索中，设计发明家们、研究小组和某些实际工作者提出了数目惊人的似乎有可能性的材料。材料单上列出了蜡、石墨混合物、各种液体和固体涂料，名目繁多，不胜枚举。但是，根据对比试验（controlled tests）和实践的严峻考验，把它们全都淘汰了。利用镀铬、开槽或台阶式的弹膛来防止弹壳贴膛的基本尝试，至今同样成效甚微。上面提到的各种材料和补救办法之所以失败，是因为它们的结局总是从一个困境中解脱出来又陷进了另一个困境之中。例如，某种看来其它方面都很令人满意的涂料，被供弹机构从弹药上一片片地刮下来，其碎屑不一会就卡住了枪机；此外还有一些物质在膛中留下的残渣太多。这样的例子举不胜举。

因此，现在的情况如同1898年一样，重油或油脂尽管也附带一些困难，却仍旧是润滑弹药有一定成效的唯一物质。重油或油脂均能形成良好的薄层，起到所要求的隔离作用，实战使用时遇到的困难并不太严重。

在此应当指出，轻油（如缝纫机油）作弹药的润滑剂不能使人满意。有人或许会争辩说：即使是轻油，但也能形成薄层，这一薄层如同重油或油脂一样不可压缩，因此同样能起隔离作用。但是实践证明，使用轻油不能防止弹壳横断，因为它不能保持油层的充分厚度。如图1-4 a所示，轻油在整个弹壳的外表面形成一薄层，由于

弹壳表面不可避免地会有某些微小的不规则处，当弹壳在弹膛中受到火药气体压力而膨胀时（参看图 1-4 b），轻油就从高处向低处流动，因为油层很薄，没有充足的油量来充溢低处的空间，这样一来，所有的油都从高处流走了，而在这些高处，金属与金属就会相互接触。与此不同的是，重油层可以保持足够的厚度，虽然其中某些油流入较低的地方，却仍然有充足的油量覆盖高处（见图 1-4 c 和 1-4 d）。

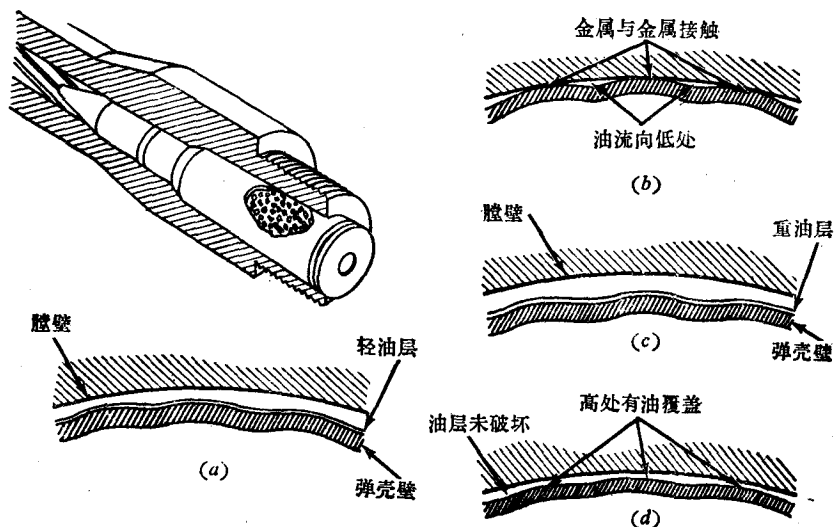


图1-4 轻油层与重油层的润滑效果

使用重油还有一个优点。任何武器上，在弹壳颈部膨胀并贴膛这一极短的瞬间，火药气体燃爆的火焰会绕着弹壳四周逸出（当弹带直径大于弹壳颈部直径时，这种现象尤为显著。在此情况下，弹壳颈部必须首先膨胀到相当大的程度，然后才能完成气密结合，这样就使火焰持续更长一段时间）。逸出的火焰趋于把弹壳上的润滑剂烧掉或烤干，而轻油恰恰容易被烧掉或烤干。重油或较厚的油层不仅滞留性较好，且能起到闭气效果，有助于限制火焰喷出。

上述分析中所使用的弹壳必须经过充分的润滑。当弹药颈部四周