1 耐人寻味的加速度和力

飞行员手抓子弹的惊诧

第一次世界大战期间的一次空战中，一个法国飞行员在2千米的高空飞行时，觉得脸旁好像有个什么小东西在游动，他以为这是一只小昆虫，便敏捷地用手把它抓了过来，仔细一看，原来他抓到的是一颗向他射来的德国子弹。

这件令人惊诧的事情，用物理学原理来分析一下，其实并不奇怪。任何物体的运动状态都是相对的。同一物体相对于不同的参照系有不同的运动状态。相对于地面而言，子弹的出膛速度虽然为每秒几百米，但由于空气阻力的作用，子弹的飞行速度不断降低，若任其在空气中飞行，子弹跌落前的速度往往只不过是40米／秒左右，而这是飞机可以达到的飞行速度。当飞机与子弹的飞行方向相同时，子弹相对于飞机速度为零的现象也是可能出现的。此时，飞行员用手抓住飞着的子弹也就不足为奇了。

相对运动使飞着的物体“不飞”，但也能使不飞的物体“飞”起来，甚至超过弹丸的速度。现以国产84式7.62毫米微型手枪枪弹的出膛初速度（200米／秒）为基准来看一下具体数字：

由于地球以7.3×10^{-5}弧度／秒的角速度在自转，则位于

需要全本请访问 www.ertongbook.com

北纬 31°12′的上海市，其绕地心运转的速率为 398 米／秒，竟是手枪弹速率的 2 倍。这就是说，上海人时时都在以 2 倍手枪子弹的速率相对于地心飞旋着！

地球还要围绕太阳公转，其相对于太阳的运动速率为 30 千米／秒，是手枪子弹速率的 150 倍。太阳又在以 250 千米／秒的速率（是手枪子弹速率的 1250 倍）绕银河系的中心旋转。银河系在总星系中旋转，而总星系又在无限的宇宙中运动，其速率更为惊人！

为什么生活在地球上的人们对如此大的运动速率竟没有感觉呢？这是因为人们通常都以地球的表面作为参照系来研究物体运动的结果。

显而易见，宇宙间的一切物体不仅在不停地运动着，而且相互间竟以军事中的“超常”速率在运动。在一定的条件下，枪弹的速率也是微不足道的。因此，飞行员手抓子弹的事也就不难理解了。

鸟的力有多大？

空中飞行的区区小鸟常常是人们休闲时的玩物，然而鸟撞飞机的事故却令人烦恼！有关调查资料表明，欧洲每年大约发生 1500 次鸟和飞机相撞的事件，甚至多次发生使飞机坠毁的惨祸，造成的损失达 2 千万至 4 千万美元。

小鸟怎能有如此大的破坏性能？利用物理学原理作简单的计算可以得知：一只质量约为 0.45 千克的鸟，即使相对于地面的飞行速度很小，甚至静止，但若与时速 80 千米的飞机

相撞，碰撞时间按百分之一秒计，能产生 10^3 牛顿的力；一只质量为 7 千克的大鸟撞在时速为 960 千米的飞机上产生的作用力竟达 1.9×10^5 牛顿;目前,米格 -25 飞机的最大平飞速度可达 3.2 倍音速（相当于时速 3800 千米),若质量为 7 千克的鸟与其相撞，则可产生 7.4×10^5 牛顿的力。

为了对鸟撞飞机的作用力有进一步的认识，我们不妨与美国 M728 战斗工程车作一比较。该工程车是装备于工兵团的先进机械之一,可用于摧毁敌方阵地和工事、清除路障、填平壕沟和弹坑，自重 50.4 吨、长 9.45 米、宽 3.7 米、高 3.2 米，发动机功率为 559.5 千瓦，这种相对于小鸟而言可谓是“庞然大物”的工程车，其牵引力为 7.79×10^4 牛顿。由此可见，由于鸟撞飞机的相对运动速度较大，所以鸟撞飞机的瞬时力可远大于工程车的牵引力。

为了防止鸟撞飞机事故的发生，世界各国采取了各种措施，有的机场还采取了一些别出心裁的措施：英国伦敦的一个机场设置了能活动的电子稻草人，驱扰鸟类不敢进入机场；意大利的米兰机场训养猎鹰，用以捕捉其他鸟类、守卫机场。

黑视和红视的祸根

我们在观看精彩的飞行表演时，只见战鹰忽而昂首腾空，像一支银光闪闪的利箭直插蓝天；忽而又风驰电擎般地向前俯冲，神奇般地出现在远方的蓝天白云之中。扣人心弦的情景使人惊叹不已！这不仅需要飞行员具有高超的驾驶技术，而且还必须具有与黑视、红视抗争的能力。

飞行员在驾驶飞机飞行的过程中，有时会觉得身子像沉

重的沙袋，手脚重得不能动弹，脖子和腰都伸不直，整个人体就像被巨大的无形怪物紧紧地压住一样，眼前一片漆黑，什么也看不清，甚至晕厥；有时却又感到全身的血液都往脑袋里涌，头脑像要爆炸似的，眼睛疼痛难忍，眼前似乎是一片红色的海洋。前者常被称为飞行中的“黑视”现象，后者称为“红视’现象。

黑视和红视虽是两种迥然不同的现象，但从物理学的角度来看，它们的祸根都是飞机运动的加速度引起的人体生理变化。

众所周知，人体血管中流动着的血液起着向全身供给氧气和营养物质、输送二氧化碳和其他废物的作用。遍布全身的血管分为动脉、静脉和毛细血管三种，总长度约达 9 万 6 千千米。人体中任何一部分缺少了血液的流动，这部分机体的功能就会丧失。

在飞机飞行过程中，如果加速度（或加速度分量）沿着从脚到头的方向，例如飞机加速上升时，飞行员身体跟随着飞机一起加速运动，血管中的血液由于惯性的作用，其速度的改变则落后于人体速度的改变，血液就会积聚在人体的下部（即腹腔、盆腔和下肢），头部血液缺乏，头部各器官的功能受到影响,因而出现黑视现象。反之,如果飞机加速下降,加速度(或加速度分量）沿着从头到脚的方向，血液则会积聚在头部，而出现红视现象。

黑视和红视现象的严重程度均取决于加速度的大小。例如在黑视现象中，对于一般的人来说，加速度为 $2g$（g 为重力加速度）时，手脚感到沉重；加速度为 $3g$ 时，耳边响起呼啸声,呼吸困难,肚子疼痛 当加速度为 $4g$ 与 $5g$ 时，心脏要把

血液压送到 30 厘米高的头部是极其困难的，因而发生黑视；加速度为 $6g$ 时，则易发生晕厥。但是，人体的功能是可以锻炼的。国外的测试表明，经过专门训练的人可以在 $10g$ 的加速度下坚持 3 秒钟而无黑视。

为了克服黑视现象，飞行员身穿的抗荷服（飞行服）就有一种克服血液惯性、促进血液流动的功能。抗荷服由几个串通的气囊组成，这些气囊分别位于腹部、大腿和小腿，气囊的外面包裹着尼龙布外套并做成裤子形状。飞机上的增压气源可通过抗荷调压器按人体的需要自动调节气压，向抗荷服内充气，使气囊鼓胀，压迫飞行员的腹部和下肢，减少血液下涌，增加返回心脏的血液，从而在一定程度上防止了黑视和晕厥现象。抗荷服对预防由于飞机加速运动而引起的内脏器官移动也起着一定的作用。当一个飞行员的抗过荷能力为 $4g$ 时，穿上抗荷服后的抗过荷能力可达到 $6g$。

因此，我们在仰慕飞行员精湛技艺的同时，还应该敬佩飞行员的顽强意志和超常的抗荷能力。

“炮弹车厢”的幻想与现实

“到月球上去旅行”,这曾是古代人们的幻想。《嫦娥奔月》的故事在中国流行至今，在国外，儒勒·凡尔纳在其小说《炮弹奔月记》和《月球旅行记》中曾经幻想铸造一门巨炮,炮筒长 250 米，竖直地埋在地上，使炮筒里可以装进一颗极大的、里面能坐得下旅客的空心炮弹，炮弹重 6 吨、所用的发射火药重 160 吨,用大炮把这个“炮弹车厢”射到月球上去,达到乘坐炮弹到月球旅行的目的。

需要全本请访问 www.ertongbook.com

这只不过是一种幻想而已，且不说能否制造出这样的大炮，也不说如何装填炮弹，更不说埋在地下的炮筒如何点火，我们只要从物理学原理出发粗略计算一下在乘坐炮弹去月球的途中人所受的力将有多大，就可知这是难以实现的。

物理学知识告诉我们，要使人能脱离地球引力，必须具有的速度为 11.2 千米／秒。在 250 米长的炮筒内，炮弹由静止均匀加速到 11.2 千米／秒的速度，假设炮弹经历一个匀加速运动的过程，则其加速度

$$\begin{aligned} a &= v^2/2s \\ &= (11.2\times10^3)^2/2\times250 \\ &= 250000\text{(米／秒}^2\text{)} \end{aligned}$$

众所周知，地球上的平均重力加速度 $g = 9.8$ 米／秒^2，因此加速度 a 将是重力加速度 g 的 25000 倍。由牛顿运动定律可推知，在炮弹发射过程中“炮弹车厢”里的每个物体加在炮弹“舱底”上的压力将是这个物体在地球表面重量的 25000 倍。换句话说，旅客在“炮弹车厢”中会感到他们好像比平时重了 25000 倍。不用说人体是否能承受得了其体内“沉重”血液的流动，就是头上戴一顶礼帽也会重达几吨，礼帽将把主人压成肉饼或肉泥！

显然，乘着这样的“炮弹车厢”去月球旅行，只能是幻想而不能成为现实。然而，幻想往往是科学的先导。人们从儒勒·凡尔纳的幻想得到启发，进一步设想，如果把炮筒加长，使得“炮弹车厢”在长距离(或者说在长时间)内加速，那么“炮弹车厢”的加速度不就可以减小了吗？但是，如果再要利用钢铁制造更长的炮筒，那就确实使军械工程师们为难了。然而，人们的思想却因此而再一次受到启迪：索性不用炮筒，利用火箭连

续向后喷出燃烧气体,使‘炮弹车厢’不断向前加速,进而开拓了人类奔向月球的道路。

现在，人们已经乘坐着宇宙飞船成功地登上了月球。多年的幻想终于变成了现实。在这里，“炮弹车厢”就是宇宙飞船的船舱,发射‘炮弹车厢’的‘无形炮筒’则从地面一直通向遥远的宇宙空间。

少女的高跟鞋与坦克的钢铁履带

窈窕少女婷婷玉立，一双高跟鞋更显美姿。然而，乡间的泥泞小道会使陷入泥土的鞋跟不能自拔，更不用说爬山涉水时高跟鞋给少女带来的烦恼。但是，相对于少女又重又笨的坦克,却不仅能行驶于沼泽、草地之中,而且还能爬坡越沟。显然其原因不在于物体本身的重量，而在于物体对地面的压强。

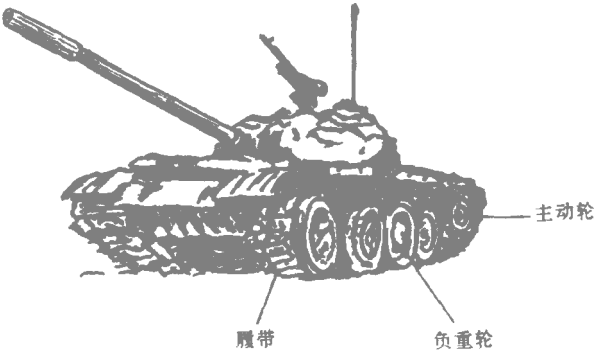


图 1　主战坦克

一个 50 千克重的女孩站在地面上，她双脚均匀触地（假设脚触地的面积为 300 平方厘米）时，对地面的压强为 1.6×10^4 牛顿／米^2；但如果她只用一个鞋后跟触地（触地面积约为 10 平方厘米），对地面的压强则为 4.9×10^5 牛顿／米^2，相当于 25 米高的砖墙或六层高楼对地面的压强。

披挂一身坚厚钢甲的坦克（图 1）由于“穿”一副钢铁履带的“鞋”，大大增加了触地面积，对地面的压强大大减小，一般来讲，最大压强不超过 10^5 牛顿／米^2。例如巴西恩格萨公司制造的重量接近 20 吨的 EET－1 中型坦克，装上宽度为 0.57 米、着地长度为 4.49 米的履带后，对地面的压强为 7.66×10^4 牛顿／米^2，仅为少女高跟鞋对地面压强的 1/6。

由此也不难看出，物理学中“压强”概念的引入既实用也需要。火车通过铺设的铁轨减轻了火车对地面的压强。坦克的履带也可看成是坦克随身携带的轨道，坦克行进到哪儿，它就“自力更生”地把轨道铺设到那儿。

从盔甲到避弹衣

远在我国奴隶制时代就有了盔甲雏形。随着炼铁业的发展，为了阻挡刀枪剑戟的刺杀，用金属制成的盔甲依靠其坚硬的物理性能对人体起到了很好的防保作用。盔是头盔，甲是甲衣。用金属做的甲也叫铠。最重的铁甲可重达二三十千克，虽然穿着后行动不便，但却是冷兵器时代很有用的护身衣。

伴随着枪炮的问世，盔甲渐渐失去了应有的护身功能。第一次世界大战期间，为了抵挡低速和中速流弹或炮弹碎片

造成的伤亡，研制了一种适用于哨兵和机枪射手的新铠甲——钢胸甲，这种用钢材制作的护胸甲有较好的防保作用，但由于重达 9 千克左右，所以不适应于机动作战。第二次世界大战期间，美国研制的避弹衣重量减为 5 千克左右,多是用钢质材料制成的。飞机轰炸时，参战人员穿上这种避弹衣，伤亡可减少 30% 以上。越南战争期间，美军仍使用这种避弹衣。

随着新材料的出现，一种被世界公认为制作避弹衣的最佳材料——开夫拉纤维代替了钢质纤维抗弹材料。这种材料的物理性能不仅强度比钢丝高 60%，具有良好的抗冲击性能、热稳定性和抗化学性，而且具有特别优越的柔韧性，当弹片袭击的时候，它能减小弹片的冲击力，使弹片还没有接触到皮肤就已经有气无力地停留在服装表面了。这种避弹衣的重量仅有 2～3 千克。美国前总统卡特和福特都穿这种材料制成的避弹衣。

除防流弹和碎片外，为了防止直射弹，人们又研制出了一种质轻的由特殊陶瓷材料制成的避弹衣，当子弹打到这种特殊陶瓷上时，通过陶瓷片的破碎把子弹撞击的能量消耗掉，从而保护人体的安全。穿上这种防弹衣，在 50 米的距离内，可防 7.62 毫米步枪的直射子弹。

有的国家又研制了一种陶瓷玻璃钢复合材料避弹衣，当子弹打击避弹衣时，在陶瓷片有可能破碎的一瞬间，玻璃钢材料能成功地把子弹撞击的能量传遍整个避弹衣，从而把集中在一点的巨大撞击力分散开，避免陶瓷的破碎，即使子弹连续射击，陶瓷虽然破裂，由于玻璃和陶瓷紧密地粘合着，陶瓷也不会掉下来，仍有一定的防弹作用。目前，世界上一些国家的特殊兵种装备了这种避弹衣。

当然，避弹衣的制造技术还在不断发展。但是从物理原理来讲，目前的避弹衣都是从消耗子弹的动能、减小和分散子弹的撞击力的角度来考虑的。

2 弹箭出膛的神奇魔力

进入人体的子弹一定会爆炸吗？

美国密执安州绍斯费尔特的一个名叫乔治·亚当斯的 80 岁的老人，一天早餐时由于强烈咳嗽，突然从口里吐出一颗子弹，掉落在餐盘中。老人定神后，回忆起 11 岁时曾经被一颗子弹击中过。也就是说，这颗子弹在他体内停留了 69 年。类似的事也曾在美国伞兵李察·宾格利少校的身上发生，在朝鲜战争时中的子弹,直到 36 年后才被取出。当然，这样的事实属罕见，但也说明子弹头进入人体并非一定会爆炸。

实际上，一般子弹进入人体后是不会爆炸的，会形成可怕的爆炸型弹伤的也只是某些类型的弹头。例如英国在 19 世纪后半叶制造的达姆弹（俗称炸子），其特点是弹丸尖部露出直径 1 毫米的铅心，弹丸进入肌体后，立即变成蘑菇状，将全部能量传递给肌体，形成可怕的爆炸型弹伤，即伤口大，且易造成肢体断裂。又如前苏联的 5.45 毫米军用枪弹，弹丸尖部留有 5 毫米的空腔，弹丸命中肌体后易于翻滚，同时弹丸头部被甲破裂外翻，使弹心二次侵彻。美国的集束箭形弹、小箭弹直径仅 1.78 毫米、重 1 克左右,在撞击目标后会变成钩状,以一种无法预测的形式翻滚，而且尾翼也破碎成许多继发弹，从而增大杀伤效果。德国的 4.6 毫米 HK36 军用突击步枪，配

需要全本请访问 www.ertongbook.com

用尖部非对称形的锥形弹丸，其弹丸尖部一侧有 45。的切平面,切口深度为 0.8 毫米，它在目标内的翻倒作用更迅速，会形成爆炸型弹伤。

从物理学的观点来分析，上述会形成爆炸型弹伤的弹丸必须具有速度大、质量小、头弧尖长、弹头长与弹头直径比大、重心后移等特点。这样，易使弹丸进入肌体后迅速地失稳翻滚，将大部分能量传递给目标，同时弹丸变形甚至破裂，增大对目标的能量传递，达到爆炸型弹伤的目的。

虽然达姆弹曾被第一次海牙和平会议（1899 年在荷兰首都召开)列为禁用弹,但从本世纪 70 年代起，形状虽与达姆弹不同，但实际破坏作用与达姆弹相似的枪弹又被装备在“北约”和‘华约’的小口径军用步枪或机枪上。

历史两巨炮

根据抛体运动的规律，要使炮弹射程远、威力大，必须提高炮弹的发射速度，并采用适当的发射角。历史上曾以制造巨炮来加大炮弹的出口速度。在世界火炮史上，“巴黎火炮”和‘多拉火炮’可谓历史两巨炮。

第一次世界大战期间，德国当局为轰炸法国巴黎专门制造了超远程的‘巴黎火炮’。物理学原理指出,增大作用力、延长加速时间，可提高炮弹的出口速度，“巴黎火炮”采用了 34 米长、1 米粗的炮筒，炮筒下部壁厚 40 厘米,炮身重 750 吨;所用炮弹长 1 米、粗 21 厘米、重 120 千克,需装火药 150 千克,可产生 5000 大气压的压力，将炮弹以 1700 米／秒的速度发射出去。更为重要的是“巴黎火炮”采用了 53°的发射角。众所周

知，空气密度随着高度的增加而减小。在高度大于 30 千米的同温层中，空气密度很低，已近似真空。炮弹在同温层中飞行几乎没有空气阻力的影响。当炮弹以 1000 米／秒的速度进入同温层时，弹道切线与水平方向的夹角恰在 45°左右，按照斜抛运动的最大水平射程计算，炮弹在同温层中飞行约 100 千米后，重新进入对流层落到地面时，就可以轰击距发射阵地 128 千米的法国首都巴黎了。充分利用抛体运动规律的“巴黎火炮”，从制造技术上来讲，打破了当时人们认为“射程达 100 千米以上的火炮是根本不可能制成”的说法。

在第二次世界大战中，希特勒为了攻克法国马其诺防线，又下令克虏伯兵工厂研制“多拉火炮”。整门多拉火炮组装起来，全炮长 42.976 米、宽 7.01 米、高 11.06 米，重 1329 吨。如此庞大的火炮相当于一艘驱逐舰的体积。多拉火炮可发射两种炮弹，弹长均为 7.80 米，竖起来足有两层半楼房高，恐怕是世界上最大的炮弹，每小时能发射 3 枚炮弹。其中榴弹弹丸重 4.81 吨，内装大量炸药，破坏力很大，射程达 47 千米；另一种混凝土破坏弹弹丸重 7.10 吨，内装 200 千克炸药，采用弹底引信，这种弹侵彻坚固目标后还能爆炸，射程达 38 千米，它可以击穿 3400 米处、厚为 0.85 米的混凝土墙。该炮的操作过程可通过电力或液压机构完成。为了装运这又大又笨的多拉火炮，需将许多部件拆下来分别装车，整门火炮连同弹药与补给需动用 60 个车皮，由于火炮宽度为 7 米，只好采用双轨铁道，而且由专门为其设计制造的 4 台功率为 1050 马力的 D311 型机车牵引。到达目的地后还需用龙门吊车将部件吊起安装，为此需 1500 人历时 3～5 周才能装配完毕。动用该火炮需经德国陆军参谋长哈尔德大将首肯，1 名陆军少将指

挥,射击时由 1 名大校指挥。火炮班 1420 人,加上 2 个高射炮连、警卫与维修人员共需 4120 名士兵“服侍”。这门需要大量人力、物力才能拉动、打响的“多拉”火炮的制造历时 5 年多，耗资巨额。从初次炮轰塞城到最后一次镇压华沙抵抗纳粹运动的 28 个月内，有记录可查的共发射了 104 发炮弹。

无论是‘巴黎火炮’还是‘多拉火炮’,都体现了当时科学技术的最高水平。然而都没有挽回制造者失败的命运。

这种“恐龙”式的巨炮，利用长炮管加大弹丸的出口速度，虽然威力巨大，但机动性能差，制造耗资大，给其使用带来了许多不便。

“脑袋”坚硬的穿甲弹

顾名思义，穿甲弹就是能够穿透装甲的弹丸。

力学知识告诉我们，弹丸的动能越大，其穿透能力越强。弹丸的动能与弹丸的质量、速度的大小有关。因此，穿甲弹大多是一些速度高、金属比重大、有效射程较远的弹种，穿甲弹的初速度通常都在 1000 米／秒以上,有效射程在 1000～3000 米之间。穿甲弹弹体强度好，前端都制成实心的，上面还有防裂槽，一旦头部被碰碎，防裂槽可防止弹体后端破裂，保证弹体贯穿装甲。对于装甲较薄、装甲倾斜角度不大的某些轻型坦克或装甲车辆，选用尖头穿甲弹就可以对付了。对于装甲较厚、强度较高的坦克或装甲车辆可以选用钝头穿甲弹或被帽穿甲弹。弹顶较平钝的钝头穿甲弹，在撞击装甲时，反作用力分布在头部较大的面积上，可减少弹丸的破裂，当它碰到倾斜的装甲表面时,也能死死地‘啃’住装甲,不易打滑,不跳弹。

被帽穿甲弹的头部戴上“被帽”,可起到一定的缓冲作用,保护弹丸不至破裂。由此可见，穿甲弹就是靠其非常坚硬的“脑袋”(即弹头)和足够大的能量穿透装甲的。

在第二次世界大战期间，为了对付装甲厚度达 150～200 毫米的重型坦克，又出现了超速脱壳穿甲弹。别看它的质量仅为普通穿甲弹的 1/3，弹身瘦长，但它初速高（通常可达 1500 米／秒以上）；弹丸飞出炮口后，其卡瓣在气流作用下很快脱落，大大减小了空气阻力，因而飞行中能量损失小；余下的一根弹芯好似一支坚硬的利箭高速射向坦克。很高的能量作用在装甲的极小面积上，可达 300 吨／厘米^2 的作用力。这种“长杆式”穿甲弹可以在 1000～3000 米的距离上穿透厚度 100～150 毫米、着角 60～65 度的装甲,它穿透装甲后,还能形成数百块高速破片和上千度的高温，杀伤坦克内的乘员、毁坏车内的设施。

随着物理学的发展，人们对材料的认识更加深入，又出现了弹芯由铀合金制成的铀穿甲弹。因为铀 －238 合金有很高的强度和硬度，穿甲能力更强；而且铀在常温下极易氧化，一旦命中装甲，铀与装甲的金属材料会发生一种特殊的化学热反应，使周围空气的温度迅速上升，在撞击部位形成高温区和相当于 7 个大气压的超高压区,使装甲局部熔化,并发出像照明弹那样的白灼光。试验表明，铀制穿甲弹要比非铀穿甲弹提高有效射程 50%，穿透装甲后形成的破片也多，燃烧效力大，因而深受军事家们的赏识和器重

真可谓“脑袋”坚硬穿甲弹,能量集中奏奇效。

产生金属射流的破甲弹

破甲弹是靠“金属射流”来破甲的，而金属射流的产生又离不了物理学中的聚能效应。

力学理论告诉我们，如果炸药的能量向四周发散，某一方向的能量不会太大，装甲不易被攻破。为了使能量集中，人们把药柱带上锥孔，当药柱爆炸时，能量便沿着锥孔的中心方向很快汇集，高度集中，并产生一股高温、高速、高密度的气流，便于把钢板击穿。如图 2 所示,左侧平底药柱爆炸时,能量均匀分布，钢板不能被击穿；而右侧底部为锥形凹槽的药柱，由于能量的汇聚，使钢板击穿。

在深入研究的基础上，人们又在炸药锥孔上嵌入一个紫铜做的漏斗状药形罩。当炸药爆炸时，能量先作用在药形罩上，药形罩在高温（100℃以上）、高压（大约 20～100 万大气压）的作用下，一瞬间变成一股细长的能量很高的金属射流。这股射流的直径为 3～5 毫米、长可达几十厘米，头部速度高达 8～10 千米／秒，冲击压力高达 100～200 万大气压。在这样高温、高压、高速的金属射流面前，坦克装甲就好像被高压水

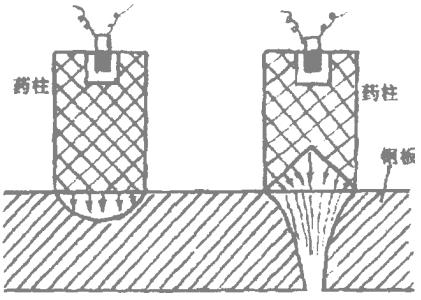


图 2　平底药柱和锥形凹槽药柱

枪喷射的土墙，顷刻间即被穿透。

现代的破甲弹足以穿透 300～600 毫米厚的装甲，而且破甲深度与弹丸速度或飞行距离无关，只要引信能起爆，它就能发挥作用。因此破甲弹已被广泛应用于各种类型的兵器（如火箭筒、无座力炮、榴弹炮、加农炮、反坦克导弹及地雷等）。

真可谓“聚能效应”助破甲，金属射流显威风。

制造破片的碎甲弹

穿甲弹以钻劲和挤劲穿入坦克内部，爆炸开花。破甲弹倚仗金属射流破孔而入，直捣坦克内脏。碎甲弹却利用“崩落效应”的碟形破片来达到杀伤效果。

也许人们在日常生活中常常会见到“崩落效应”。当用大锤敲击墙壁时，墙壁虽然还没打通，而墙壁背面的灰层却一块块地被震落了。碎甲弹破坏坦克的原理与此相同。当碎甲弹撞击装甲表面时，弹内的炸药就会像膏药那样紧贴在装甲表面上，引信发生作用后，炸药爆炸，所产生的冲击波以数十万大气压力作用于装甲上，装甲发生剧烈的震动，装甲内层产生一种很大的应力。当应力超过装甲本身的强度极限时，装甲内壁就会崩落一块数公斤重、形似一只碟子的大破片，同时在“碟形破片”周围还会掉下几十块小碎片。破片的崩落速度可达 300 米／秒。这些大小破片在坦克内部横飞乱撞，有极大的毁伤力，不仅可杀伤人员，而且可破坏机件。以至碎甲弹击中坦克后，在惊天动地的爆炸声中，坦克外形不见伤痕，坦克内部的“五脏六腑”被炸得千疮百孔。

碎甲弹是在 60 年代出现的一种新型反坦克弹种，它结构

需要全本请访问 www.ertongbook.com