

站在物理视角探秘 “陆战之王”

王宏民 朱泽亚

(陆军装甲兵学院理化教研室 100072)

坦克是家喻户晓的陆战武器,曾经被人们誉为“陆战之王”。坦克一词来自于英文单词“tank”,原意是储放液体(或气体)的容器,当时为了保密取用这一名字并沿用至今。1916年,世界上第一辆坦克“大游民”(也称作“马克I型”坦克,图1)由英国人研制成功,同年9月15日,坦克首次应用在索姆河战役上。坦克驰骋疆场不惧枪弹,深深地震撼了当时还是士兵的希特勒。二战期间,德国开始大力研发坦克,甚至制造出了重达188吨的迄今世界上最重的坦克:“鼠式”超重型坦克。德国利用坦克成功地对法国发动了闪电战,并在苏德战场上多次进行数千辆坦克参加的大会战。具有现代特征的主战坦克形成于20世纪60年代。20世纪50年代后期,我国开始生产59式中型坦克,60年代初先后制造出62式轻型坦克和63式水陆坦克,目前我国最新式的坦克是99式主战坦克(图2)。

普通人对坦克的认识局限于它的外观:适合高度越野的履带,能够防枪弹的厚厚的装甲,可以360度无死角旋转的炮塔。其实现代坦克的结构十分

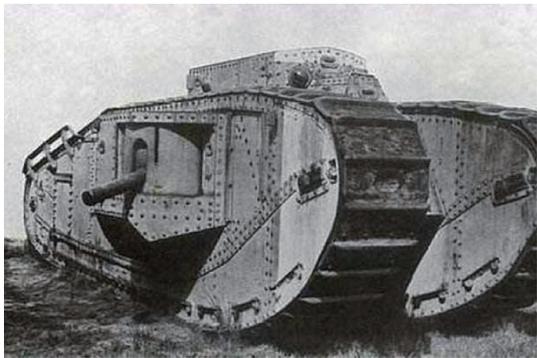


图1 世界上第一辆坦克“大游民”



图2 中国99式主战坦克

复杂,主要由武器系统、火控系统、瞄准系统、防护系统、通讯系统、电气设备和特种设备等组成,其中包括高性能的火控计算机、激光测距仪、微光夜视仪和热像仪、无线电台、潜渡装置、导航装置等等,可见现代坦克就是一个高新技术的集合体,里面有很多有趣的物理学知识。

1. 坦克是如何实现高度机动性的

坦克按战斗全重和火炮口径可以分为:轻型坦克、中型坦克和重型坦克。目前的主战坦克多为重型坦克,重量为40~60吨。那么如此重的“庞然大物”是如何实现高度机动性的呢?

坦克的高度机动性主要得益于它的高功率发动机(图3)。功率越高,产生的驱动力就越大,从而使坦克获得更高的加速度以及更快的行进速度。以我国99A式主战坦克为例,它的发动机为12缸柴油机,功率可达1500马力,和美国M1主战坦克的燃气涡轮发动机相比,功率相差不多,却具有油耗低、更环保的优点。除了提高发动机性能之外,坦

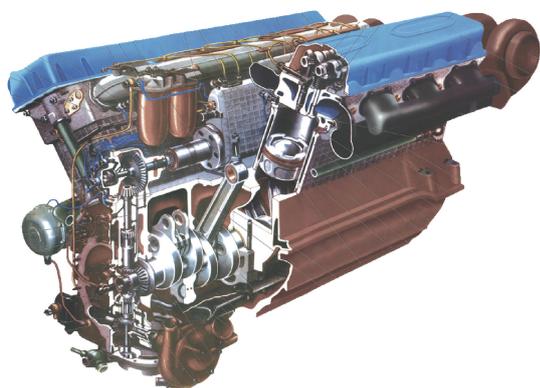


图3 坦克柴油发动机内部结构

克还采用以下措施来提高机动性:一是减少传动装置的摩擦功耗;二是提高齿轮啮合效率与缓冲参数;三是安装信息控制系统实现根据发动机的实际负荷自动换挡、自动转弯以及自动控制发动机的启动方式等。这些辅助措施可将坦克的机动性提高三分之一以上,将来甚至有望达到二分之一。

2. 坦克是如何实现减震的

众所周知,坦克需要有高度的越野性,但由于作战地形比较复杂,坦克在行进中会出现较大的颠簸,这种颠簸不仅影响了坦克的平稳性,同时也降低了车上人员的舒适性和射击的精准度。那么这一问题是如何解决的呢?

坦克是通过安装悬挂装置(图4)来解决颠簸问题的。悬挂装置是连接车体和负重轮的部件和零件,其中包括减震器和缓冲器。减震器主要利用的是阻尼振动的物理原理。物理上的阻尼振动是指振动系统受到阻力时振幅随时间逐渐减弱的振动,



图4 坦克减震器模型

在阻尼振动过程中系统的能量需要克服阻力做功,能量会被逐渐消耗并最终转化为热能。悬挂装置正是利用这一物理原理使坦克振幅逐渐减小,从而达到了减震目的。坦克车上的减震器又分为液压式和机械摩擦式,目前液压式车辆减震器得到广泛应用。减震器作为缓冲装置对降低官兵的行驶疲劳程度和提高瞄准的精确水准有着至关重要的作用,在保证坦克行驶稳定的同时提高了行驶速度。

3. 坦克炮塔的旋转与坦克炮俯仰角的调整

旋转炮塔是坦克区别于其他装甲车辆的重要标志,旋转炮塔不是坦克与生俱来的,号称世界坦克鼻祖的英国“大游民”坦克就没有炮塔(图1)。第一辆装有360度旋转炮塔的坦克是法国的“雷诺”FT-17型坦克,这是真正意义上的“世界第一部现代坦克”。大家知道,物体转动的时候具有“转动惯量”,它是描述一个物体转动惯性大小的物理量,可以用刚体力学知识粗略估算一下坦克车旋转炮塔的转动惯量。坦克车旋转炮塔的塔顶很薄(图5),大部分质量集中于周边(塔本体),因此可将旋转炮塔近似地看成圆环形的刚体。以目前主战坦克为例,炮塔质量约为3500千克,表面积约为15平方米;同样坦克炮旋转时也有转动惯量,目前国际主战坦克的炮管质量一般约为2500千克,炮长约6米,可看成绕端点旋转的刚性细杆。由刚体力学知识可估



图5 旋转炮塔模型

算出整个旋转炮塔和炮管对转轴的转动惯量约为47000千克·平方米。那么如此巨大的转动惯量是如何实现水平360度无死角旋转的呢？

坦克炮塔的旋转主要依赖于它的座圈结构(图6),这一结构位于旋转炮塔底部周遭,朝外有齿轮和底座齿轮啮合,这与汽车轮胎采用中轴旋转方式明显不同。旋转炮塔的动力来自于与底座齿轮相连的底座发动机,发动机通过底座齿轮驱动座圈上的齿轮,然后再将动力矩作用于炮塔上。根据杠杆原理,座圈结构产生的力矩远远大于以中轴旋转方式产生的力矩,从而轻松驱动旋转炮塔进行旋转。

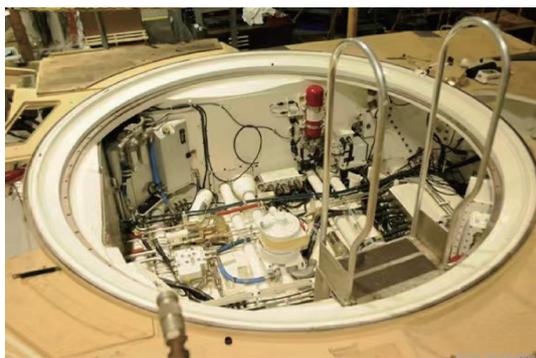


图6 美国M1A2坦克炮塔座圈

现代坦克炮塔可以实现一定角度的俯仰,这主要依赖于坦克的俯仰系统。由于动量守恒,坦克发射炮弹时,炮筒具有很强的后坐力,所以坦克炮不可能直接刚性连接在旋转炮塔上。这就需要在旋转炮塔上给炮管留出一些上下活动的空间,因此坦克炮也就可以实现上下俯仰了。

4. 坦克炮是怎样实现平稳飞行的

坦克炮分为线膛炮和滑膛炮两种,二者的区别在于线膛炮内刻有不同数目的膛线,而滑膛炮没有膛线。

早期的坦克火炮主要是由线膛炮一统天下,各国的主战坦克都清一色的采用线膛炮,比如我国的59式、69式、80式系列坦克。“膛线”英文单词为“rifle”,意思是“来复”,所以膛线又名来复线,因其截面形状酷似风车,所以还称作风车线(图7)。膛线的



图7 挑战者2的L30A1线膛炮(上)与莱茵金属120毫米滑膛炮(下)内部结构图

作用是赋予炮弹旋转的能力。众所周知,炮弹在飞行的过程中,会不断受到空气的阻力,在没有高速旋转的情况下,炮弹会在空气阻力的作用下翻转,从而无法命中目标。如果炮膛内刻有膛线,炮弹在炮筒内被火药产生的爆炸力推进时,炮弹边缘会受热变软并嵌入膛线,嵌槽的阻力会对弹体产生力矩使炮弹绕自身的轴线高速旋转。根据刚体力学可知:飞行中的刚体相对于质心轴的角动量守恒,这会使刚体有一定的定向功能,陀螺仪就是利用这一物理学原理实现惯性导航的。在空气中飞行时,高速旋转的炮弹的角动量很大,因而具有很好的定向性(图8),这时空气阻力只会使炮弹产生微小的进动,从而有效地提高了炮弹的飞行稳定性和打击精确度。

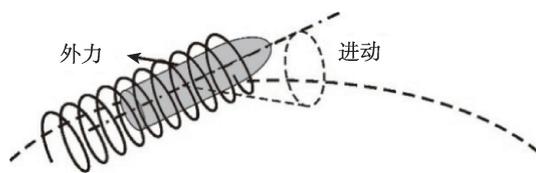


图8 在空气中飞行的炮弹受力示意图

高速旋转炮弹还可以实现炮弹的惯性引爆。炮弹的惯性引信装置主要包括:雷管、击针、击针座、离心子和保险装置(图9)。击针座前面装有弹簧,当炮弹保持静止时,弹簧会顶住击针座,避免击针撞击雷管引爆炮弹。出于安全考虑,击针座上还安装了保险装置将击针座卡住,这样即使炮弹在运输过程中不慎掉落,也不会引起自爆。那么打出去的炮弹是如何被引爆的呢?发射后的炮弹在膛线的作用下会高速旋转,相对于炮弹参考系,两个离心子会受到背离旋转轴方向的惯性离心力,因此离心子会压缩两侧弹簧从而打开保险装置。当炮弹击中目标时,弹体获得巨大的向后的加速度,击针座会在惯性的作用下与雷管相撞击,从而引爆炸弹。

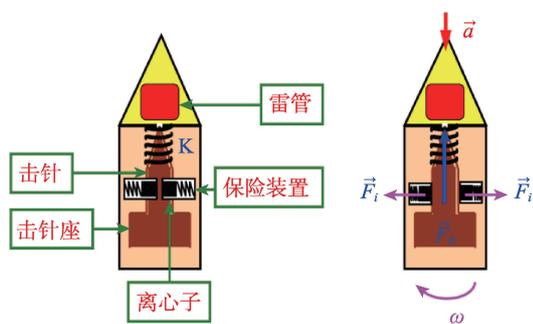


图9 惯性引信引爆炮弹示意图

虽然线膛炮有以上优点,但是目前除了英国的“挑战者”系列等极少数坦克外,绝大部分主战坦克都采用滑膛炮,这又是为什么呢?其中最主要的原因就是滑膛炮没有受到膛线的阻力,可以获得更大的炮口初速度,这对穿甲弹是至关重要的。比如我国的125毫米滑膛炮的炮口初速约为1800米/秒,而英国“挑战者2”的炮口初速只有1500米/秒左右。滑膛炮的飞行稳定性则通过安装尾翼实现。

5. 坦克车是如何实现夜间侦察的

众所周知,猫头鹰天生有一副“夜视眼”,在漆黑的夜晚双眼不仅看得清,而且看得远。能不能在坦克车上安装某种仪器从而看清黑夜里的物体呢?

微光夜视仪帮助人们实现了这一愿望。微光夜视仪的主要组成部分是像增强管、光学系统和高

压供电装置,它主要应用了爱因斯坦的光电效应原理。如图10所示,目标反射的自然微光通过物镜照射到像增强管的光电阴极上,由于光电效应,微光会在光阴极上激发光电子,光电子在像增强管内加速聚焦,以非常大的速度轰击荧光屏,被激发的荧光屏会产生可见光,然后通过目镜形成人们能够观察到的明亮图像。微光夜视仪最早出现于20世纪60年代,目前已有三代产品装备部队。微光夜视仪主要有以下优点:一是隐蔽性好。与红外夜视仪不同,微光夜视仪利用目标反射的星光或月光成像,不需要自身携带光源,从而克服了红外夜视仪容易暴露的致命弱点。二是能够抑制强光干扰。当微光夜视仪通道丝内二次电子的数目达到饱和状态后就不会再增加,这样就有效抑制了强光干扰。

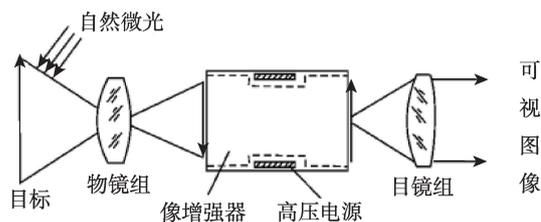


图10 微光夜视仪的工作原理图

6. 豹2A7坦克反应装甲的物理原理

豹2A7坦克是目前德国最新型的主战坦克,战斗全重为67吨,最高时速可达72千米/小时。它不仅具有先进的电子设备,强大的火力和高效的动力系统,更具有先进的防护系统。豹2A7坦克的防护系统配备有先进的烟雾弹发射器与侧防插板,它的装甲不仅重量轻,而且具有很高的强度和保护力。此外,为了能够有效的防止穿甲弹或破甲弹的攻击,它还装备了爆炸反应装甲。

爆炸反应装甲主要应用了碰撞过程中的动量守恒原理。穿甲弹或破甲弹产生的金属射流的速度可达8000~10000米/秒,装在坦克车上的反应装甲块通过炸药爆炸可以产生与之速度相同的爆炸物,由于碰撞过程中的动量守恒,金属射流的速度会被降低或抵消,因此可以有效的减轻其对坦克车身的破坏。为了防止反应装甲块被子弹或普通弹

片击中而引起爆炸,反应装甲块用的是惰性炸药,只有当其受到的冲量达到一定值的时候才会爆炸。

综上所述,作为主要的现代陆战武器,坦克车上充分展示了现代高科技。除以上物理学知识外,坦克车的瞄准系统、通讯设备、电力系统、火控系统、激光测距等也有很多有趣的物理学知识值得去进一步探秘。可见物理学对军事科学技术的发展有着至关重要的作用。物理学提升了武器装备的威力,武器装备也推动了物理学的发展,二者相辅

相成,共同构建了维护我国国家主权和世界和平的钢铁长城。

参考文献

- [1] 赵凯华,陈熙谋《新概念物理教程》,高等教育出版社,2006年.
- [2] 郑慕侨,冯崇植,蓝祖佑等《坦克装甲车辆》,北京:北京理工大学出版社,2003年.
- [3] 高跃飞《火炮反后坐装置设计》北京:国防工业出版社,2010年.
- [4] 闫清东,张连第,刘辉等《坦克构造与设计(上下册)》,北京:北京理工大学出版社,2007年.

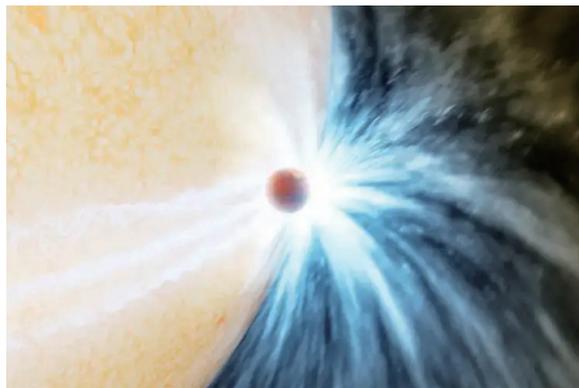
科苑快讯

天文学家看到恒星吞噬行星

麻省理工学院(Massachusetts Institute Of Technology, MIT)、哈佛大学(Harvard University)、加州理工大学(Caltech)和其他地方的科学家,使用望远镜组合发现一颗老化、膨胀的类太阳恒星吞噬了其行星。这些望远镜包括加州理工学院帕洛玛天文台(Caltech's Palomar Observatory)的兹威基瞬变设施(Zwicky Transient Facility, ZTF)、W. M. 凯克天文台(W.M. Keck Observatory)和美国宇航局(NASA)的NEOWISE(近地天体广角红外勘测探测器)。他们在《自然》(Nature)期刊发表了论文。

一颗恒星在燃料耗尽后,会膨胀到原来的100万倍,吞没其周围的所有物质,包括行星。虽然曾观察到恒星吞噬整个行星之前和之后的迹象,但是科学家观察到恒星吞噬行星的景象,这还是首次。

天文学家在约12000光年处的天鹰座,发现一颗恒星的亮度在短短10天内增加了100多倍,然后迅速消失。通过白热闪光之后是一个更冷和持续时间更长的信号,科学家推断是一颗恒星吞没了附近一颗行星。论文的主要作者之一、麻省理工学院卡弗里天体物理与空间研究所博士后(MIT's Kavli Institute for



Astrophysics and Space Research)德(Kishalay De)说,他们看到了吞噬的最后阶段。

科学家估计,被吞噬的是一个热的、木星大小的行星,它盘旋着靠近这颗垂死的恒星,然后被拉入其大气层。随着行星落入其核心,恒星的外层被炸开,在接下来的一年中以冷尘埃的形式沉淀下来。

类似的命运也将在50亿年后降临地球——如果其他文明在太阳吞噬地球时,从1万光年外观察我们,会看到太阳突然变亮(因为它喷出一些物质),然后在周围形成尘埃,再回到原来的样子。

(高凌云编译自2023年5月4日SciTechDaily网站)