战场时空观的变迁

【物理知识点】

1，空间； 2.时间

物理学是研究物质运动最基本规律的学科。在物理学中，以时间和空间作为基本物理量来表示物体位置、运动状态的变化。在瞬息万变的战场上，更离不开时间和空间这两个基本物理量，而且随着武器装备的不断改进，战争的时间效应越来越强、空间效应越来越广。这是科学技术进步的必然结果，也是物理学发展推动的结果。

在原始社会，人们为了满足生存的需要，石刀、石斧既是生产工具，也是部落之间的格斗武器。物理学中的劈尖原理只是被人们无意识地应用于实践。

随着冶金业的发展,由金属制成的刀、剑、矛、盾等进攻性和防御性武器逐渐成为战场上的主要兵器。冷兵器时代的战场万马奔腾、刀光剑影、杀声震天。显然,这时的战场空间是以陆地为主的，战争的胜负主要决定于刀剑之间的拼搏撕打。人们随着日月星辰的变化来计算时间。

火药的发明、大炮的使用，使人嘶马叫的陆战场在枪炮声中向着人们的头顶扩展。物理学家伽利略指出了炮弹的抛物线轨道,并发明了摆振动计时器,从此以‘ 小时 ’来计算时间的钟出现了。钟面上出现分针是在 18 世纪的时候。又过了一个世纪，钟表上才有了秒针。 1 秒钟就是一个平均太阳日的 1/86400 ,炮弹 1 秒钟要飞过几千米。

需要全本请访问 www.ertongbook.com

热力学理论的建立促使各种热机相继问世。新生的热机很快就被“应征服役”，装备大量前所未有的自行火器。1769年，法国炮兵军官尼古拉·约瑟夫·居尼奥研制成人类第一台用于牵引火炮和运输的蒸汽汽车。1903－1904年，法国研制了第一辆装甲车。1915年8月，英国研制的第一辆坦克诞生。炮火纷飞的热兵器时代使陆战场的情况一改旧观，战场的前沿不再靠人行马奔来推进，而是由双方的机械化力量来决定。显然，炮弹飞行的速度、成片杀伤的效能，远远大于冷兵器时代中一对一的格斗效果。此时，人类对长度的测量不再满足于以简单地以“长在身上的尺子”（英尺、码等）作为长度的基准。1799年法国制作了“米原器”，它于1889年被确定为国际长度“米”的标准，从而提高了长度测量的精度。

热机的广泛使用，流体力学理论的不断完善，让人工划桨的战船变成了以蒸汽机为动力的军舰。各国制造的装甲舰、巡洋舰、护卫舰，使水面战场的区域迅速扩展。根据阿基米德沉浮原理制成的潜水艇又开辟了水下作战的手段。莱特兄弟制造的飞机开拓了人类飞向空中的新纪元，飞机制造业的发展带来了飞机的重要军事价值，战争中人们利用飞机向对方阵地、仓库投掷炸弹。此时的战场已扩展为三维的立体空间：地上战车轰鸣，天上飞机掠空．水中军舰潜艇驰骋。

1819年，丹麦物理学家奥斯特揭示了电与磁的关系；1831年，英国物理学家法拉第发现电磁感应定律；1865年，麦克斯韦预言电磁波的存在；人们测得光速为3X10'千米／秒……一系列电磁理论的建立，促进了无线电报机的问世，也促进了无线电通信在陆、海、空军中的广泛应用。根据电磁波反射原理制成的雷达在探测飞机的过程中发挥了重要作用。电磁波理论促使四维战场的形成。因为从某种意义上讲，人为发射和接收电磁波听涉及的空间也可视为战场空间的一个组成

部分。电磁波的传播速度是战场上的最快速度。

1905 年，爱因斯坦狭义相对论的建立为物理学对高速运动物体的研究提供了理论依据。质能关系式启发人们，重核裂变或轻核聚变可释放出巨大的能量。量子力学的诞生，解决了原子领域内一系列重大问题。从此，宏观的战场又开始向微观领域渗透,原子弹、氢弹、中子弹相继被研制成功。原子的直径只有一百亿分之一米（即 10^{-10} 米),而洲际导弹可以轰击几千千米外的目标。1967 年，第十三届国际权度会议，通过了铯原子钟系统的时间新标准， 1 秒钟等于铯原子振动 9192631770 次所经历的时间，这种铯原子钟 30 万年的误差仅为 1 秒钟。1983 年 10 月，联合国度量衡组织在巴黎举行会议，把光在真空中 1/299792458 秒内所走的距离定为 1 米。现代武器系统中的光电设备和军事、航天事业是离不开时间和长度的精确测量和计算的。

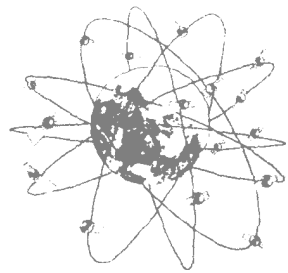
1957 年，第一颗人造地球卫星上天。不久，各种侦察卫星、导弹预警卫星、拦截卫星等相继升上了天空，基于地球表面的战场又进一步向宇宙空间扩展。

回顾人类战争史，物理学的发展促进了战争武器的不断革新，也促使战场不断拓宽。现代战争的立体化战场已经没有地面、空中、水下的绝然分离，也没有前沿和后方的严格区分。现代化战场的空间既可以扩展到宇宙间，也可以渗透到微观粒子间。现代战争的时间计算既可以延续若干年，也可以短暂到微秒、纳秒，甚至更短的瞬间。

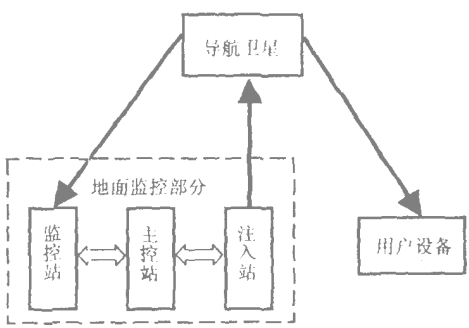
我们不妨以全球定位系统的使用来说明现代战场对时间、空间的测量。

全球定位系统（GPS）是美国国防部为提高部队快速反应能力而研制的导航系统。整个系统由导航卫星（图 1)、地面站和用户设备组成（图 2)。导航卫星有 24 颗卫星组成，卫星轨

道离地面20000千米，地球上任何地方至少可同时接收到4颗卫星的数据，以满足用户确定三维空间位置和一维时间的需要。卫星上有工作频率为2200～2300A，赫的遥测发射机，可将卫星的各种遥测数据以电磁波的形式发送到地面站。卫星上的精密原子钟稳定度为10-"秒，各卫星的原子钟相互同步，并与地面站原子钟同步，从而建立起精密时序。地面站组包括主控站、监控站、注入站。主控站中



图I　GPS全球定位卫星系统



图：GPS全球卫星定位系统组成示意图

的计算中心根据5个监控站送来的各种测量数据，编制导航星历．并送到注人站，由注入站向卫星发送导航信息和控制指令。用户设备（即GPS接收机）可装在宇宙飞船、飞机、地面车辆、水面舰船上，也可单兵携带。全球用户均可全天候地通过GPS系统实时得到自己所在位置坐标、速度和时间信息。三

维空间定位精度优于 10 米、速度精度优于 3 厘米／秒，时间精度为 20～30 纳秒。GPS 还可用于洲际导弹的中段制导、火炮的定位与发射等。GPS 系统为海、陆、空、天、电磁互为一体的现代战争提供了精密时、空系统测控手段。

【小结语】

时间空间基本量，
物理发展促战场。
作战时效日益强，
战场空间含义广。

【思考题】

1. 为什么说随着物理学的发展战场空间在不断扩展？

2. 为什么说随着物理学的发展战场时间效应越来越强？

3. 本文关于 GPS 系统的介绍中涉及到的哪些数据与时间、空间这两个基本量有关？

基于劈尖原理的刀斧剑矛

【物理知识点】

1 劈尖原理； 2. 杠杆原理； 3. 摩擦力

古代，由于生存竞争或血族仇杀，氏族或部落之间常会发生流血的暴力冲突，于是原本作为生产工具使用的带有锋刃的石器（图 3）也被用于人类的互相残杀，这种石器是用石块互相敲击而打制出来的。

随着生产力的发展和私有制的萌发，旧石器时代进入新

需要全本请访问 www.ertongbook.com

石器时代。此时有了专门用于防护和杀伤的特殊器具，即出现了兵器。人们已经能琢磨工艺较精致的锋利石质或骨质的兵器，例如便子手抓的石斧、骨制的鱼钩（图 4）及石锤等。他们在制作这些作战兵器的同时，自觉或不自觉地考虑了作用力与受力面积之间的关系，实际上就是应用了力学中的压强原理。

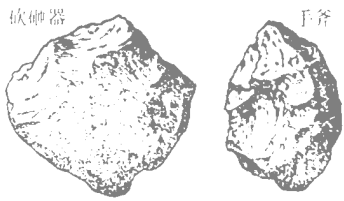


图 3　早期的石器



图 4　新石器时代的工具

随着冶金技术的发展，人类进入冷兵器时代，青铜和铁制的兵器出现了，并且种类繁多。

我国自汉朝以来，钢铁制造的刀——用于劈砍的单面侧刃格斗兵器，一直是古代军队装备的主要格斗兵器之一。为了适应格斗的需要，有短刀、长刀为了便于手握，加装了手柄或长杆（图 5），而且刀体较宽，以便加强刀的牢固性；刀头微上翘，前锐后斜，以便必要时减少接触面积，增加锋利程度。

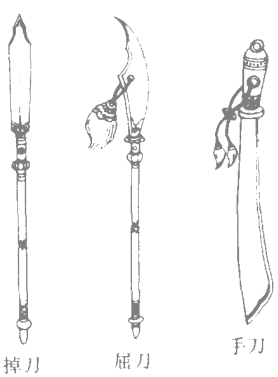


图 5　《武经总要》中的刀

由于在格斗过程中经常以推刺为主，所以自西周起一种用于刺劈的直身尖锋两刃兵器（即剑）逐渐盛行，并作为甲士佩带以表示等级身份（图 6），其两侧出刃，顶端收聚

成锋,剑身较长,刺杀效果较好,便于手握的短柄中有箍,既可增大手与柄之间的摩擦力，又使柄坚固耐用。

矛是一种用于直刺和扎挑的长柄格斗武器，是古代军队中大量装备和使用时间最长的冷兵器之一。矛的最原始形态是用来狩猎的前端削尖的木棒，显然作用力集中在尖端时其单位面积的作用力则更大。商朝的阔叶矛（图 7）有锋、刃、叶、脊等部位。根据不同的战术用途,矛的种类较多,《武经总要》中载述的步兵和骑兵使用的‘枪’实际上可视为‘矛’的衍生物（图 8）.

中国先秦时期一种主要用于勾、啄的格斗兵器称为戈，由长柄和横装的戈头组成，戈头包括上下有刃、前有尖锋的“援”和装柄用的“内”两部分。内上有绑在柄上穿绳用的孔（称为



图 6　剑的结构示意图

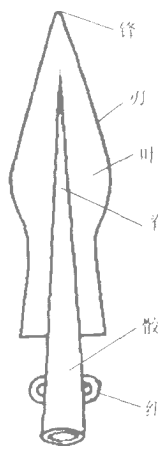


图 7　商朝阔叶矛

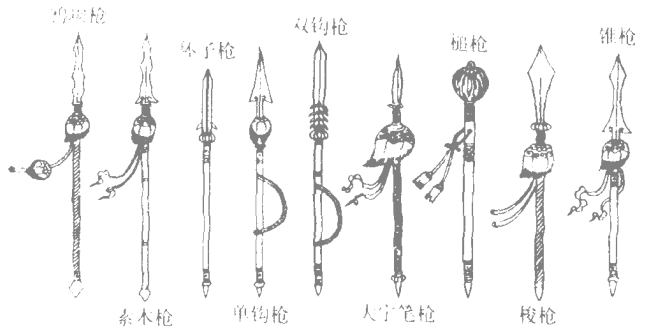


图 8 《武经总要》中的枪

“穿”)(图 9)。至今许多与战争有关的汉字(如战、戎、戒等)均带有戈部，其原因也就不难理解了。

戟是将戈的勾、啄和矛的直刺功能结合在一起的格斗兵器(图 10)。西汉时期“卜”字形的钢铁戟成了步兵和骑兵的主要格斗兵器。

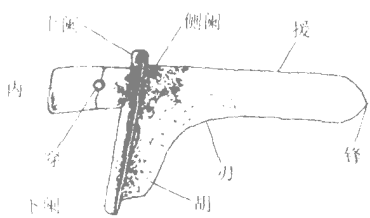


图 9 戈头各部名称示意图

钺是中国古代的一种两角上翘、具有弧形阔刀的劈砍兵器(图 11)。先秦时期，钺也作为统帅权威的象征物，并用于刑杀。

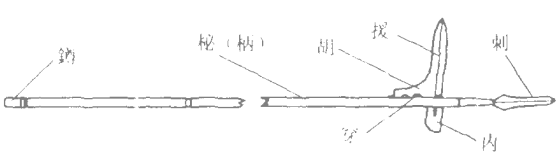


图 10 戟的各部名称示意图

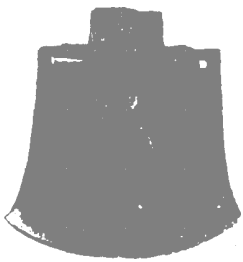


图 11　安阳殷墟出土的妇好钺

诸如此类，利用劈尖原理制成的冷兵器种类繁多。即是人们常说的“十八般兵器”，在不同的时期还有不同的型号。其实，“十八般兵器”也只是中国民间对古代兵器的泛称。在冷兵器的探索过程中，人们从无意识逐步过渡到有意识地运用物理学劈尖原理。在对兵器加柄、加杆的过程中又运用了杠杆原理，同时还考虑了增大摩擦力等方法，以提高作战的效能。物理学原理来自于实践又指导实践，这是不争的事实。

【小结语】

石骨铜铁冷兵器，
刀斧剑矛戈钺戟，
十八兵器加武艺，
格斗拼搏劈尖理。

【思考题】

1. 刀斧运用了什么物理原理？
2. 为什么矛的钻透效果比刀强？

功能原理与抛石机

【物理知识点】

1. 弹力；　2. 弹性势能；　3. 杠杆原理

为了能在较远距离内杀伤对方，弓是一种最简单的弹射武器，它由富有弹性的弓臂和有韧性的弓弦构成(图 12)。在拉弦张弓的过程中，人做功增加弓的弹性势能。在释放的瞬间,积聚的弹性势能使扣在弦上的箭或弹丸射向目标。弓箭最早使用于原始社会，当时只是木制或竹制的单体弓弹射石质或骨、蚌材料制成的箭。

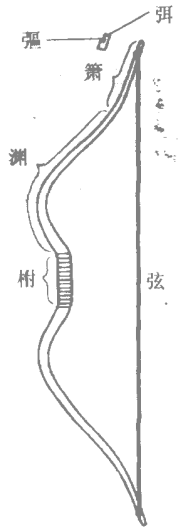


图 12　古弓各部名称示意图

装有张弦机构可以延时发射的弓称为弩(图 13)。张弦时可将箭置于弩臂上方的箭槽内，并由弩机保持其弹性势能，必要时瞄准射击。显然,将张弦装箭与瞄准射击分成两个独立步骤，相对于弓而言增加了命中率。而且不仅能借助于臂力，有些弩还可借助于足踏等方法张弦，使其储存的弹性势能更大。

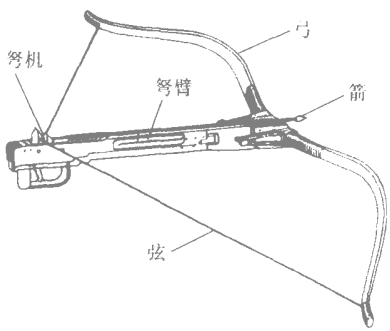


图 13　战国弩各部名称示意图

一种威力较大的弩(又称为床弩)是将一张或几张弓安装在床架上，以绞动其后部的轮轴张弓装箭,待机发射。多弓床弩可由多人绞轴，用几张弓的合力发射，显然其射程远大于单体弓。图 14 所示为三弓床弩。床弩在宋朝时得到较大发展，小型的用

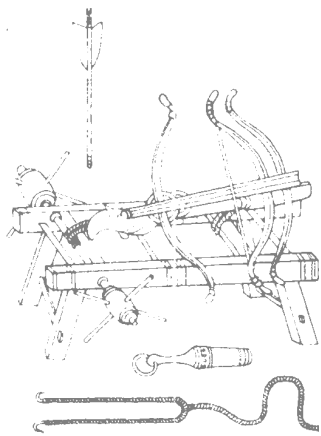


图 14 《武经总要》中的三床弩图

5～7 人,大型的‘八牛弩’要用 100 人以上。不仅可以射出各种破坏性很强的箭，还可射出‘踏橛箭”,使之成排地钉在土城墙上，以便攻城者攀登。床弩虽然杀伤力大，但笨重、机动性差。

弓是依靠积聚的弹性势能在发射箭的过程中变成箭的动能，以箭与目标的作用力起杀伤效应。此外,古代战争中人们还利用杠杆原理制造了抛掷石弹的炮（图 15）。炮架上方横置可以转动的炮轴，固定在轴上的长杆称为“梢”，起杠杆作用。梢的一端系上可容纳石弹的“皮窝”，梢的另一端有便于人拉拽的‘索”,每条索由 1～2 人拉拽，抛掷石弹时由 1 人瞄准定放，拽炮人同时猛拽炮索,将另一端甩起,皮窝中的石弹靠惯性抛向敌方。为了使抛出的石弹既重又远，常用多根木杆绑在一起做梢，并用多根索条。大型炮可多达上百条“索”,为了增加机动性,又在底座下装上轮子。这种炮也称为抛石机。

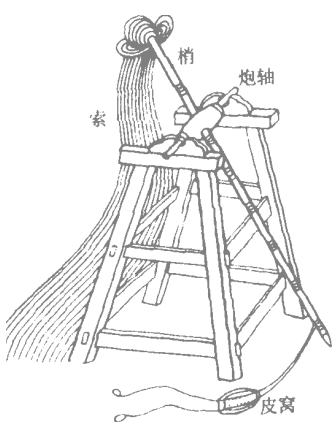


图 15 《武经总要》中的炮图

需要全本请访问 www.ertongbook.com

随着火药的发明、火器的发展，由竹制、金属制成的简单的箭已发展成利用冲量原理制成的火箭，投掷石弹的炮也变成了发射火药的炮。但是，在古老的箭和炮的基础上发展起来的火箭、火炮，不仅留下了祖先们的烙印，而且分解后的许多基本结构还是应用了弹性、杠杆原理，不过制造得更精细、更合理。

【小结语】

简单原理制兵器，
弹性势能弓弩机，
杠杆原理抛石机，
古老兵器历史记。

【思考题】

1. 弓弩是如何运用力学原理的？

2. 请在炮的图中找出梢的支点、、动力作用点、阻力作用点。

现代战场上的速度

【物理知识点】

1. 速度； 2. 速率

战争的过程是敌对双方人员和武器的拼斗、格杀的过程。无论是刺刀的拼搏、枪弹的射击，还是舰船、飞机、装甲车等作战平台的追杀，都存在着相对运动的问题。只有以更快的速度追赶，或以相反的速度迎头拦截，才能给对方以致命的打击。

因此,人们通常都将‘战’与‘动’紧密联系在一起,速度是战争取胜的重要因素之一。

在物理学中，速度表示物体在单位时间内的位移。速度是既有大小也有方向的物理量，速度的大小称为速率。在军事领域，常因各种武器运动速度的大小不同、作战场合不同，而采用不同的速度单位。当飞机、导弹的飞行速率大于音速时，常用马赫表示飞行的快慢，马赫数等于运动速率与音速之比，即 1 马赫＝1 音速；在航海中，常用节作为速度单位，1 节 ＝1 海里／小时＝1.852 千米／小时。

你知道军事领域中常见武器的速度吗？下面列举一些现代武器装备的有关速度大小。在许多情况下不涉及速度方向的研究，所以常将速度的大小简称为速度。

国产 80 式 7.62 毫米自动手枪	枪口初速 470 米／秒
国产 86S 无托型步枪	枪口初速 710 米／秒
国产 85 式 12.7 毫米高射机枪	枪口初速 825 米／秒
美国 M635 式冲锋枪	枪口初速 397 米／秒
美国 723 型卡宾枪	枪口初速 950 米／秒
英国 L16 式 81 毫米迫击炮	炮弹初速 250 米／秒
美国 M110 式 203 毫米自行榴弹炮	炮弹初速 747 米／秒
法国 GCT 式 155 毫米自行榴弹炮	炮弹初速 810 米／秒
国产 203 毫米榴弹炮	炮弹初速 936 米／秒
俄罗斯 M46 式 130 毫米加农炮	炮弹初速 1050 米／秒
德国“龙式”30 毫米自行高射炮	炮弹初速 308 米／秒
巴西阿斯特洛斯 2 型火箭炮	炮弹初速 1275 米／秒
美国“爱国者”防空导弹	最大飞行速度 6 马赫
苏制“飞毛腿”地地导弹	最大飞行速度 4.5 马赫
法国‘猎鹰’防空导弹	最大飞行速度 2.4 马赫
国产“红旗”2B 地空导弹	最大飞行速度 4.2 马赫
美国 AGM－88A“哈姆’反辐射导弹	最大飞行速度 3 马赫
英国“阿拉姆”空射反辐射导弹	最大飞行速度 2 马赫

俄罗斯AT-4式反坦克导弹	飞行速度200米／秒
美国M1A1主战坦克	最大行驶速度67千米／小时
法国AMX“勒克莱尔”主战坦克	最大行驶速度70千米／小时
国产85－IM式主战坦克	最大行驶速度 57.25千米／小时
美国M113A1装甲输送车	最大公路速度67.6千米／小时
	最大水上速度5.8千米／小时
美国M－2“布雷德利”履带步兵战车	最大公路速度66千米／小时
	最大水上速度7.2 千米／小时
加拿大LAV轻型轮式装甲车	最大行驶速度100千米／小时
法国幻影2000战斗机	最大飞行速度2.2马赫
国产歼－81m战斗机	最大飞行速度__.2马赫
俄罗斯米格－25攻击机	最大飞行速度2.8 马赫
美国SR－71侦察机	最大飞行速度3.2马赫
美国F-111战斗轰炸机	最大飞行速度2.2马赫
苏伊尔－76运输机	最大飞行速度850千米／小时
美国F －117A隐形战斗轰炸机	最大飞行速度1038千米／小时
美国AH-64“阿帕奇”攻击直升机	最大飞行速度365千米／小时
美国“尼米兹”航空母舰	最大航速33节
美国“俄亥俄”级核潜艇	最大航速30节
国产“汉”级攻击性核潜艇	最大航速30节
法国“科尔贝尔”巡洋舰	最大航速31.5节
英国“谢菲尔德”级驱逐舰	最大航速30节
意大利“西北风”护卫舰	最大航速32节
前苏联“黄蜂”级导弹艇（OSA）	最大航速40节

值得注意的是，由于空间技术的发展，卫星可以成为现代作战的一种装备，而卫星的速度则远大于上述装备的速度。由于军事光电技术的发展,电磁波(如微波波束、激光束等)已成为军事领域中最快的速度。

【小结语】

现代战场装备齐，

车舰飞机和卫星，
枪炮导弹高速行，
快慢之争永不停。

【思考题】

1. 当音速为 314 米／秒时，将文中有关“马赫”的速度换用国际制单位表示出来。

2. 将文中所列运动物体的时速换用国际制单位表示出来。

3. 将文中有关“节”的运动速度换用国际制单位表示。

4. 请从本书的有关叙述中找出卫星的运动速度与电磁波的传播速度。

“炮弹车厢”的幻想

【物理知识点】

1. 加速度； 2. 匀加速直线运动； 3. 牛顿运动定律

大约在 1865～1870 年间，在儒勒·凡尔纳所写的《炮弹奔月记》和《月球旅行记》中均有非常有趣的描写：有人曾设想铸造一门巨炮，身长 250 米，竖直埋在地下，使炮筒内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 8 吨，所用的发射火药重 160 吨，用大炮把这个“炮弹车厢”加速 210 米后，使其飞向月球，从而实现人类到月球旅行的幻想。

儒勒·凡尔纳所设想的“炮弹车厢”能实现吗？

我们暂且不说能否制造出这样的大炮，也不谈如何装填炮弹，更不说埋在地下的炮筒如何点火，而用物理学的观点来

考虑一下“炮弹车厢”的发射过程能否实现。

首先,“炮弹车厢”要在炮膛中运动,它与膛壁的摩擦将使机械能转化为热能,从而产生大量的热量,以致能把“炮弹车厢”烧毁。

其次,要使“炮弹车厢”飞向月球、其速度必须能克服地球引力的作用,它的出膛速度应远大于 11.2 千米/秒(即第二宇宙速度)。按小说中的描述,它从静止开始作匀加速直线运动前进 210 米,则由

$$v^2=2as$$

可知“炮弹车厢”在炮膛内的加速度

$$a=\frac{v^2}{2s}=\frac{11200^2}{2\times 210}=298667\ \text{米/秒}^2$$

其数值将是地球表面重力加速度($g=9.8$ 米/秒^2)的 3 万多倍。由牛顿运动定律 $F=ma$(式中 m 表示物体的质量、F 表示物体所受的合外力)可推知,在炮弹发射过程中,旅客在“炮弹车厢”中所受到的外力是平时重力的 3 万多倍。不用说“炮弹车厢”的车底是用什么材料制成的,它能否经得起如此大的压力;更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!

如果要想降低“炮弹车厢”在炮膛内的加速度,例如取 $a=10g$ 则炮筒应有的长度

$$s=\frac{v^2}{2a}=\frac{11200^2}{2\times 100}\approx 627200\ \text{米}\approx 627\ \text{千米}$$

为了安装这样的大炮,要向地下深挖 627 千米,其工程之艰巨可想而知。

再者,直接以 11.2 千米/秒的速度射出炮口,“炮弹车厢”在飞行过程中与大气层内空气的摩擦所产生的热量,也将把

“炮弹车厢”烧成灰烬。

应用物理定律进行分析不难看出，儒勒·凡尔纳发射“炮弹车厢”的幻想是超越物理规律的，是不能实现的。然而，人类上天的理想毕竟要实现！人们从儒勒·凡尔纳的幻想中受到启迪：是否能有办法不用长炮筒而使“炮弹车厢”加速，以致不产生“炮弹车厢”与炮筒之间的巨大摩擦力？是否能有办法先让“炮弹车厢”在大气层内低速前进，待穿过大气层后再高速前进奔向月球呢？经过科学家们不懈的努力，现在多级运载火箭已成为人类克服地球引力奔向月球的天梯。

1969 年 7 月，美国宇航员阿姆斯特朗登上月球，实现了人类登月的理想。然而他所乘坐的不是法国科幻小说家儒勒·凡尔纳所描绘的“炮弹车厢”，而是用火箭发射的“阿波罗 11 号”宇宙飞船。从“炮弹车厢”到宇宙飞船的实现，人类在 100 年科学的旅途中做出了巨大的努力。

【小结语】

物理定律仔细想，
炮弹奔月是幻想。
要使幻想成理想，
火箭可作天梯想。

【思考题】

用哪些物理原理能够说明“炮弹车厢奔月”的幻想是不可实现的？

需要全本请访问 www.ertongbook.com