

● 陈 心 中

● 徐 润 君

军事中的物理学

JSZDWLX

国防大学出版社

军事中的物理学

程开甲

(京)新登字120号

军事中的物理学

陈心中 徐润君

国防大学出版社出版发行

北京市新华书店经销

北京市燕山联营印刷厂印刷

787×1092毫米1/32 7.25印张 150千字

1992年3月第1版 1992年3月第1次印刷

印数：1—2000册

ISBN 7-5626-0305-7/E·179

定价：3.05元

前 言

物理学是一门基础学科，它普遍存在于人类各种活动之中，也广泛渗透到与其相关的各门学科的方方面面。

自从人类有了战争，军事就与物理结下了不解之缘。从古代的矛、盾、刀、剑，到现代的飞机、坦克、火炮、原子弹，乃至激光武器、电磁炮，无不包含着丰富的物理内容。

物理学理论的发展对整个科技领域直至整个人类社会的进步，起了重大的推动作用，毫无疑问，也促进了军事科学技术的发展，使军队的武器装备和作战战术不断变革。

古今中外，兵家无一不是科学技术新成果的酷爱者，他们关注每一可能具有巨大潜力的新成果的诞生，当然他们也常常是科技新成果的最先受益者。由物理学新成果引发的各种新技术、新装备往往是从军事应用开始的。在军事上的应用，即便是再复杂、再尖端的武器装备，其中也包含着最基本、最简单的物理原理。为此，我们研究军事，特别是研究武器装备的改进和制作，就很有必要从研究物理的基本原理入手，从而对武器装备的性能及其在军事上的应用，有一个较全面、较深刻的认识。

我们认为，对于一般大专院校或中学的学生来说，结合军事实例学习物理学，不仅可以大大提高学生学习物理的兴趣，而且有助于加深对基本物理概念的理解，同时也是一种对学生进行生动国防教育的好方式。我们还认为，军事院校的物

理教学，应着眼于为部队建设服务，在使用一般物理教材的同时，应当补充一些与军事联系紧密的内容。基于这一认识，我们根据自己的多年教学实践和体会，编写了这本《军事中的物理学》。这本书以我国现行物理教材的内容体系为顺序，采用专题介绍的方式，对物理学原理在军事活动中的一些显著作用作一些介绍。在介绍中注重阐述物理学对军事行动（特别是现代战争）的影响和作用，从而揭示军事与物理学的密切联系。在阐述中，我们力图把军事与物理融为一体，在军事现象中求其物理原理，用物理原理介绍军事知识。

中国科学院学部委员、我国著名的核物理学家、军事科学家程开甲教授对本书的编写工作给予了热情的鼓励和支持，并亲笔题写了书名；中国教育学会物理教学研究会名誉理事长雷树人先生在百忙中审阅了书稿，特此致谢。

由于我们的学识有限，书中疏漏之处在所难免，恳切希望读者提出宝贵意见。

陈心中 徐润君

一九九〇年十月

于解放军汽车管理学院

目 录

位置矢量与战场方位的确定.....	1
斜抛运动与炮弹轨道.....	4
自带轨道的“地面战场大王”.....	6
跳弹轰炸和跳弹射击.....	8
加速度与黑视和红视.....	10
导弹惯性制导系统中加速度的测定.....	12
乘着炮弹去月球旅行的幻想与现实.....	15
空气阻力与弹丸形状.....	16
动量定理与后座力.....	20
利用动量定理巧妙处理后座力.....	21
动量守恒与火箭.....	24
卫星“登天”、“下凡”的力学原理.....	28
陀螺原理在军事中的应用.....	32
英、德福克兰群岛海战与科里奥利力.....	37
齐步过桥的悲剧.....	38
声波在军事上的应用.....	39
声波原理与窃听技术.....	42
无声胜有声.....	45
电子反噪声技术.....	48
多普勒效应的军事应用.....	51
冲击波的破坏作用.....	54

浮力定律与潜水艇·····	57
弹尾的力学功能·····	60
伯努利定理在航海中的应用·····	64
军用运输机的外型特征·····	67
旋转效应——直升飞机的奥秘·····	72
水上飞机——飞机与船舶的结合·····	77
“上天”、“下海”如何按气态方程行事·····	82
温度对武器装备的影响·····	86
弹膛里的热学·····	89
火炮的热效率与功率·····	92
航天器中的温度调节原理·····	94
反坦克导弹中的火箭发动机·····	95
敢闯高压电网的坦克·····	97
提防静电作祟·····	98
电磁感应 在探雷中的作用·····	101
水中电磁引爆及其对策·····	103
兵器工业中的电磁成型工艺·····	107
含苞待放的电磁炮·····	109
电磁理论让雷达成为“千里眼”·····	113
电磁优势的较量——电子战·····	118
隐形飞机的隐身术·····	123
理想的战略防御性武器——粒子束武器·····	126
超导体及其军事应用前景·····	130
神奇色彩的军事妙用·····	136
军事侦察怎样应用光的干涉原理?·····	140
军用激光技术大有作为·····	145

精确的激光测距·····	151
奇妙的激光制导·····	154
百发百中的激光武器·····	158
军用激光通信·····	162
激光通信的好搭档——光纤·····	166
栩栩如生的全息照相·····	172
红外线的特性及在军事上的应用·····	178
从响尾蛇到红外制导导弹·····	182
主动红外夜视仪·····	185
微光夜视仪中的光电放大原理·····	188
夜战明珠——热象仪·····	191
军用侦察卫星·····	194
质量亏损与核武器·····	199
物理学家与原子弹·····	201
原子弹——单相弹·····	204
氢弹——双相弹·····	210
中子弹——加强辐射弹·····	214
核电磁脉冲对兵器电子元件的破坏·····	216

位置矢量与战场方位的确定

在战场上，目标位置的确定十分重要。

炮兵阵地上，指挥员要根据目标的位置，计算出方位角和距离标尺等射击诸元，然后发出命令。随着隆隆的炮声，敌方阵地上的一个个目标被击毁。

军舰在海面游弋，舰长不时地向指挥所报告军舰所处位置的坐标。这样指挥所参谋就可根据这些坐标，在海图上标出军舰的踪迹。

飞机在蓝天中翱翔，驾驶员不仅要随时了解飞机所处的地理位置，还必须知道飞机所处的高度。

无论是敌方阵地上的目标，或者是海面上的军舰，还是

空中的飞机，在确定其位置时，往往先要选择一定的参照系。这就犹如在物理中，要准确描述一个物体的位置，常常要先选取参照系和坐标系。图1所示的直角坐标系就是在参照系上选取一个坐标原点O和相互垂直的三个坐标轴X、Y、Z构成的。物体在空间某一点C的位置，可以用从坐标原点指

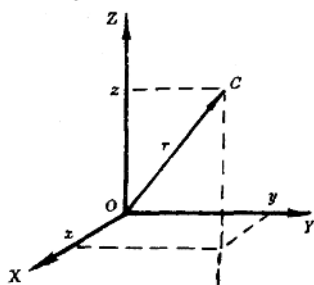


图1 位置矢量

向该点的矢量(即位置矢量)来表示。位置矢量的表达式为：

$$\mathbf{r} = x \hat{\mathbf{i}} + y \hat{\mathbf{j}} + z \hat{\mathbf{k}}$$

式中 $\hat{\mathbf{i}}$ 、 $\hat{\mathbf{j}}$ 、 $\hat{\mathbf{k}}$ 表示三个坐标轴方向的单位矢量， x 、 y 、 z 表示位置矢量在三个坐标轴方向上的投影。

实际上，这种描述物体位置的方法已在军事活动中广泛应用。例如，部队作战或在野外执行任务时，常把一些独立、明显、体积小、不易摧毁或消失的物体(如一间房屋、一个土堆、一座小桥等)选作方位物，用来指示目标或区分作战任务等。这个方位物实际就是物理学中的坐标原点。例如火炮轰击目标时，常以火炮本身作为坐标原点(图2)。目标离开方位物的直线距离就是位置矢量的大小。在地面、海面上的物体，往往就用东西和南北方向的垂直距离(即位置矢量在X轴和Y轴上的投影)来表示其位置(图3)；在空间的物体(如飞行中的飞机、导弹等)则需再加用高低位置(即位

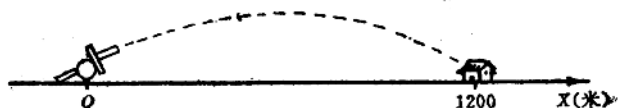


图 2 炮击目标位置的表示

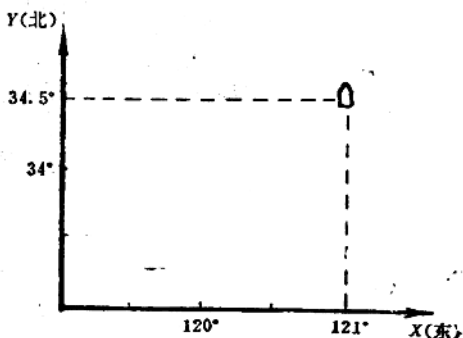


图 3 军舰位置的表示

置矢量在Z轴上的投影)来表示其位置(图4)。

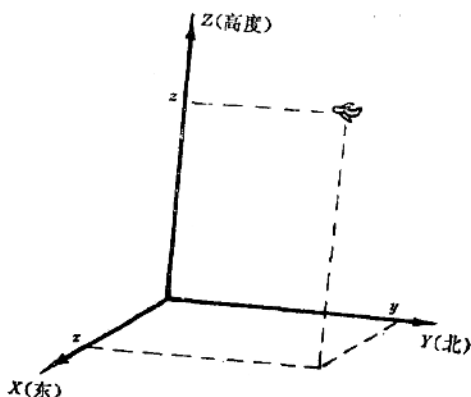


图4 飞机位置的表示

在茫茫黑夜中行军时，我们可以用指南针、北极星来辨别大致的方位。在海上航行的舰艇近海可以根据海岛、礁石、灯标、岸上和水上目标等来确定其方位；在远海中航行时，则可以用太阳、月亮及其他星球粗略判断舰艇所处的方位。然而，要精确地测定距离和方位，就必须借助于各种测量器具(如后面将要陆续介绍的声纳、雷达定位仪、激光测距仪、微光夜视仪、红外夜视仪及卫星导航系统等)。尽管各种仪器所测量的数据不同，但这些数据都与位置矢量有着密切的关系。

例如在用雷达测定空中目标位置时，往往用斜距、方位角和仰角三个数据来表示目标的位置(图5)。斜距 D 可以通过测量雷达发射电磁波与接收到目标回波的时间间隔而得出，

方位角 α 和仰角 β 可以分别由雷达天线在水平面内和竖直面内转动的角度来确定。实际上，斜距 D 就是飞机所在处位置矢量的大小； $D \cdot \sin\beta$ 即为目标的高度，也就是位置矢量在 Z 轴上的投影； $D \cdot \cos\beta$ 即为位置矢量在水平面上的投影； $D \cdot \cos\beta \cdot \cos\alpha$ 为位置矢量在 Y 轴（向北方向）上的投影； $D \cdot \cos\beta \cdot \sin\alpha$ 即为位置矢量在 X 轴（向东方向）上的投影。

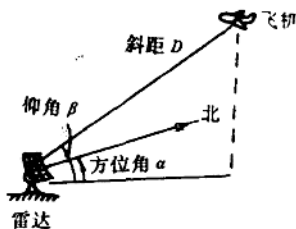


图 5 雷达测定目标位置

随着科学技术的发展，精确的定位手段和仪器不断改善、更新。但是，无论采用什么定位手段和仪器，其原理都与物理学中的位置矢量相一致的。物理学中的位置矢量原理，在军事中有着广泛的应用。

斜抛运动与炮弹轨道

斜抛运动是物理学中的一种典型运动。在忽略空气阻力的情况下，作斜抛运动的物体仅受重力作用，竖直方向的加速度为 g ，在水平方向上作匀速直线运动。

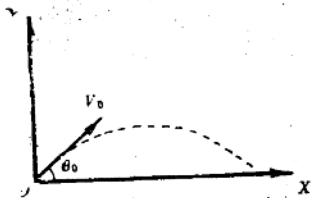


图 6 炮弹轨道

取 X 轴沿水平方向， Y 轴沿竖直方向，抛出点为坐标原点（图6），则斜

抛物体的运动规律为：

$$x = (v_0 \cos \theta_0) t$$

$$y = (v_0 \sin \theta_0) t - \frac{1}{2} g t^2$$

式中 v_0 为抛体的初速度、 θ_0 为初速度与水平方向的夹角(称为出射角)、 t 为飞行时间。

同时，可求出抛体的水平射程 R ：

$$R = \frac{v_0^2 \sin 2\theta_0}{g} \quad (1)$$

抛体的射高 H ：

$$H = \frac{v_0^2 \sin^2 \theta_0}{2g} \quad (2)$$

以上虽是在忽略空气阻力的理想情况下得出的计算公式，但①、②两式对军事实践具有很大的指导意义。军事工程中的弹道曲线就是在此基础上，再增加考虑空气阻力等因素的影响，对斜抛物体的运动规律加以修正而得到的。

由①、②两式可以看出，在其他条件相同的情况下，提高抛体的初速度 v_0 ，抛体的射高和水平射程都随之增大。

由①式还可看出，当初速度 v_0 一定时，水平射程与出射角 θ_0 有关，显然当 $\theta_0 = 45^\circ$ 时射程最大。在实际应用中，由于空气阻力等实际因素的影响，射程最大时的出射角 $\theta_0 < 45^\circ$ 。例如，85毫米加农炮出射角为 35° 左右、步枪为 30° 左右时，水平射程最大。

在战争中，可以根据斜抛运动规律，按实战要求选用不同型号的火炮轰击敌方目标。例如加农炮，具有炮弹出口速度大、弹道低、射程远等特点，炮弹的出口速度都大于音速

(300米/秒)，甚至超过音速四五倍，一般用来射击十几公里以至几十公里外敌人的快速装甲目标。除陆军配置有加农炮外，要塞的海岸炮、海军的舰炮以及高射炮等，实际上都是加农炮的化身。迫击炮则以弹道弯曲为主要特点，迫击炮的出射角较大(最大可达85°左右)，射高大大超过水平射程，因而它能够轰击遮蔽物后面或躲在战壕里、隐蔽在洼地内的敌人，被称为翻山炮。榴弹炮是介于加农炮和迫击炮之间的火炮。同加农炮相比较，榴弹炮是一种身管较短、弹道较弯曲的火炮。经过不断改进，榴弹炮已发展到炮身为口径的40多倍，初速可达每秒800多米，最大射角达75°，最大射程可达3万米，有些国家已用榴弹炮代替加农炮。

自带轨道的“地面战场大王”

1916年9月5日早晨，大雾弥漫，英法联军与德军在法国的索姆河畔展开激战。英军突然出动32辆坦克，以每小时6公里的速度，隆隆冲向碉堡林立、铁丝网密布的德军阵地。尽管有不少坦克因种种故障而中途停车，或在战斗中损坏，但最后仍有9辆坦克，引导步兵冲击，到达目标阵地。由于这些坦克首次出现在战场上，因而鼓舞了士气，震慑了敌人，英军很快占领了德军阵地。坦克的问世，开始了陆军机械化的新时期，对军队作战行动产生了巨大影响。此后，坦克技术有了飞跃的发展，铁甲雄风威名扬天下。如今，用红外、激光、导弹等现代设施装备起来的坦克，已成为各国陆军的主要兵器和基本突击力量，被称为“地面战场大王”。

从外型来看，坦克的最大特点是有一身坚厚的钢甲和一副钢铁制成的履带。钢铁的身躯本已很“笨重”了，为什么还

要再穿上宽长的钢铁履带而加重“负担”呢？

我们知道，火车在铁轨上行驶，汽车在公路上奔驰，而坦克面临的却是沟壕、弹坑、陡坡和沼泽等各种复杂的地面，没有人为事先铺设好的轨道。履带实际上就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。

物理学中，把物体单位底面积上所受到的正压力称为压强。对于水平放置的固体，则有：

$$\text{压强} = \text{物体重量} \div \text{接触底面积}$$

显然，接触底面积越小，压强越大。例如，一个50公斤重的女孩站在地面上，她双脚均匀触地时（假设触地面积约为300平方厘米），对地面的压强为每平方厘米0.17公斤；但若她只用一个鞋后跟触地（触地面积约为10平方厘米），对地面的压强则为每平方厘米5公斤，这相当于25米高的砖墙或6层高楼对地面的压强。

载重汽车靠几个轮子触地，对地面的压强为每平方厘米1.5~2公斤，虽然比人用一只鞋后跟着地时的压强小，但是当汽车在疏松的地面、沼泽地上行驶时，还会陷进土中，以至不能自拔。

坦克比汽车重得多，行驶的路面比汽车差，因此，减小坦克对地面的压强尤为重要。坦克装上履带后，大大增加了触地面积，对地面的压强大大减小，一般来讲，最大压强不超过每平方厘米1公斤。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，装上了宽为0.57米、着地长为4.49米的履带后，对地面的压强仅为每平方厘米0.76公斤。

坦克安装了履带，不仅减小了对地面的压强，而且还使

坦克具有较好的冲越障碍的能力。环绕在主动轮、诱导轮和负重轮外廓的履带(图7)又宽又长,犹如两座便桥,因此坦克可以跨越2~3米宽的壕沟。又由于履带上具有花纹(履刺),增大了其与地面间的摩擦力,因此坦克的攀登能力大大增强。还由于坦克头部诱导轮处的履带离地,使其可以越过垂壁。一般可越过垂直墙高0.9~1.2米。从力学原理上说,具有钢铁身躯的坦克装上履带后,就等于为其在沼泽地、冰雪地、沙石地上行驶铺设了轨道;为其跨越壕沟架设了桥梁;为其攀登陡坡、冲过垂壁安上了“铁脚板”。总之,钢铁履带为“地面战场大王”展现神威创造了条件。



图 7 主战坦克

跳弹轰炸和跳弹射击

第二次世界大战期间,英国人曾企图用飞机轰炸德国的

水坝。然而，德国的高射炮火使得英军的飞机轰炸极其困难。于是，英国皇家空军研制了一种圆柱形的炸弹，长约1.5米，直径比长度稍短些。飞至目标上空投掷以前，先在弹舱内使炸弹绕着它的长轴以每分钟500转的转速旋转。这样旋转着的炸弹下投时，碰击到水面就会跳起来向前飞掠过去，随即落下去，接着又跳起来，其跳跃的距离越来越短（图8），直到击中目标。由于炸弹旋转，炸弹碰到水坝后并不反弹回去，而是紧贴着水坝往下钻，当其到达水面下10米时，炸弹内部的静水压力装置发生引爆，使这颗约5吨重的炸弹发生爆炸，从而有效地击中目标。

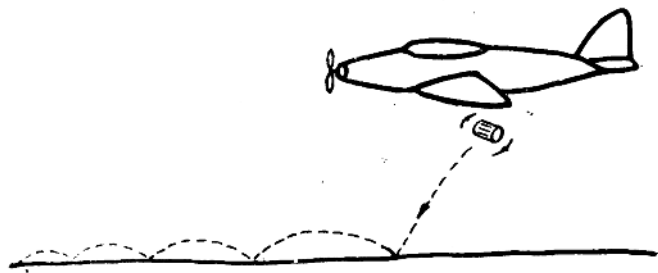


图 8 跳弹轰炸

从物理学原理上分析，这是由于快速旋转的炸弹在接触水面的瞬间，仍保持其原有的惯性继续向前运动；同时，又由于水面反弹作用，使其在向前运动的同时又一跃而起，于是形成跳弹。

跳弹只有在炸弹运行轨迹与水面的夹角较小的情况下才能发生。

其实，跳弹现象对于水乡的孩子们来说应该是不陌生的。孩子们在河边玩耍时，常常把瓦片沿着水面旋转着抛