

# 第一章 绪 论

海军武器广泛应用于空中、水面、地面和水下。火炮和导弹用于对付空中、水面和地面的目标，而鱼雷则用以对付水下目标。舰载武器的学员必须首先掌握武器概述和评价的一般方法，也就是说，必须熟悉火炮、导弹和鱼雷的术语和特性。

## 武器的选择

选择武器系统主要考虑的因素是舰艇的战斗使命。例如，用来护卫航空母舰的核动力导弹巡洋舰装备有防空战、水面战和反潜战等各种配备完善的武器。坦克登陆舰装备有像三英寸速射炮之类的近程自卫武器，因为这种舰并不是作战用舰，而是作为装载海军陆战队和装甲车的舰船来设计的。而水翼巡逻艇则装备有舰对舰导弹，用以攻击水面舰艇。这种巡逻艇也可以装备自卫用的防空火炮，用以对付该舰最大的威胁——飞机。

## 面防御和点防御

在武器设计中，除了考虑上述使命问题以外，还有两个战术原理，对于火炮和导弹的设计、使用来说也是很重要的。

如果其目的在于护卫舰船免受攻击，需要提供离舰队尽可能远的防卫，则其探测装置和武器都必须设计成能在离舰船较远的大范围内起作用。这种武器为整个舰队提供防卫，叫作面防御武器。例如导弹巡洋舰就是设计成能提供面防御的舰船。这种巡洋舰防御的范围可达到它们所载搜索雷达和射击控制雷达的最大极限，其舰载武器能够攻击进入这个范围的任何目标（见图1-2）。

点防御的概念是指单舰（任何型号）自卫。以点防御装备的舰艇将力图击毁闯入该舰安全范围以内的任何目标。其舰炮和导弹必须能在很近的距离内有效地防止对方击毁本舰。执行特种任务的舰船，如航空母舰、舰队辅助船、驱逐护卫舰等都装备有近程点防御武器。

## 武器的性能

在了解了武器的一般使命概念以后，本节将介绍有关火炮性能的术语<sup>●</sup>。性能表虽然不一定完整，但是对大多数武器操作手来说，是值得阅读的。

### 火炮性能

名称/命名

启用年份

高低角

方位角

● 本章介绍的术语将在以后各章中定义和解释。特殊的术语在附录中的“名词解释”中列出。

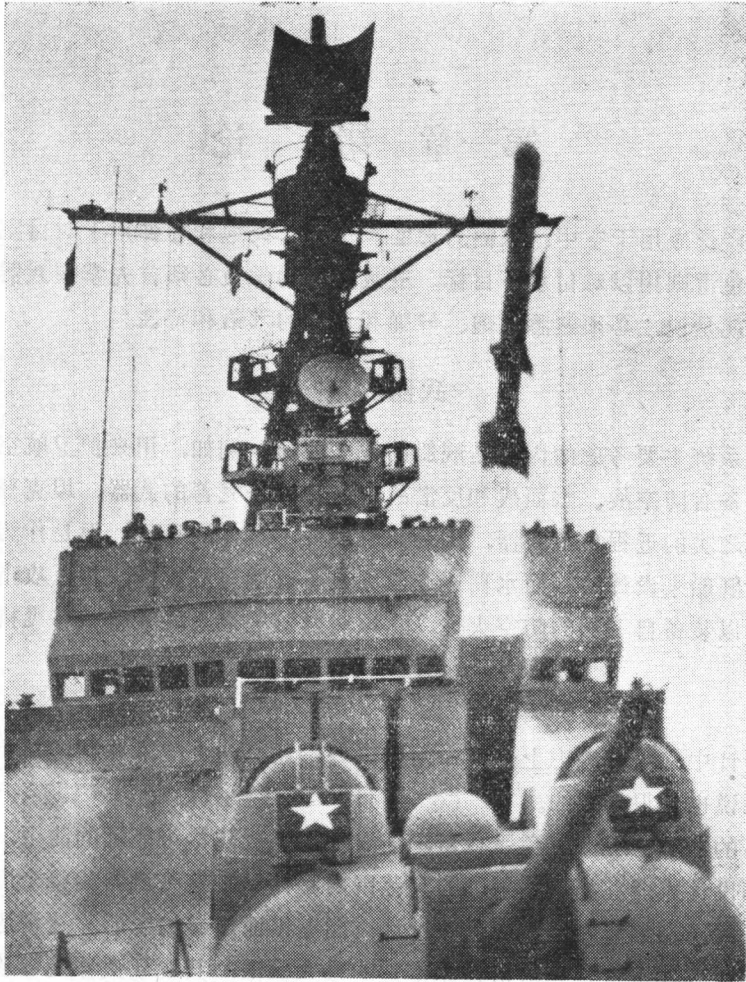


图1-1 这张照片说明了现代海军武器在战术上和技术上的紧密配合情况。照片中在舰炮的上方是正在发射出去的火箭助飞鱼雷。射击控制和搜索雷达高耸于上层建筑和主桅上

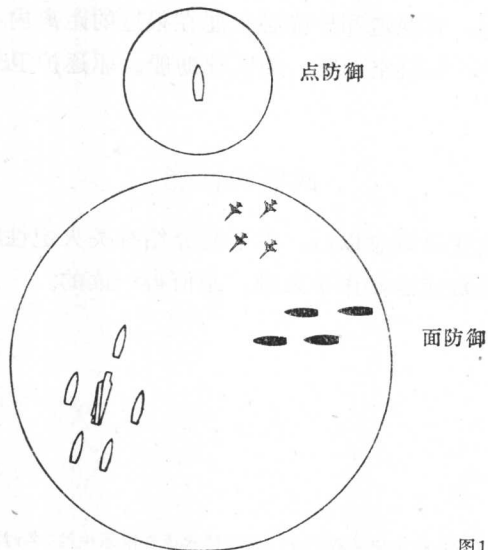


图1-2 面防御和点防御

射程

炮弹种类

发射率

初速

装填系统

重量和体积

方位角速度和高低角速度

自动化程度

通用性和材料消耗

可维修性

### 名称/命名

火炮在交付海军使用之前，一般由火炮制造厂为其型号进行命名。有时也仅用制造厂的名称来加以识别。在名称和命名的后面，须说明火炮口径大小和炮管的长度及其基本用途。例如：通用电气公司，“火神”密集阵 20 毫米防空火炮；或者 MK42，10 型，5 英寸 54 倍口径，两用火炮。

### 启用年份

了解火炮的启用年份，用处很大。当然，了解发明日期也很重要，然而许多优良的武器系统往往在装舰使用之前早就研制成功了。这首先是由于对这些武器系统需要进行测试和改进，其次是由于政治和经济因素影响了这些武器系统的及时启用。舰炮的启用年份能使懂行的人很好地掌握舰炮武备的价值，并能与其他舰炮进行性能比较。例如，5 英寸 38 倍口径两用火炮是本世纪早期发明的，从三十年代后期开始进行过多次成功的改进。该炮曾在海军中使用过，而现在正逐步退出现役。因此，只须查看一下舰炮武备说明书和启用年份表，就可以了解该炮的技术性能。

### 高低角

火炮炮管可升降的垂直总弧度决定了火炮能否用来进行防空。现役的大多数火炮是两用的，可以升高到水平线以上 85 度并降低到水平线以下 15 度。然而，5 英寸 54 倍口径 MK45 型轻量火炮因为受其装填系统的限制，只能升高到 65 度。该火炮的设计目的是射击水面目标和超低空飞行的飞机。

### 方位角

火炮进行回转射击而不至于击中本舰任何部分的水平总角度是火炮的第二个重要性能。如果火炮恰当地装备在舰艏，则可回转 320 度以上进行连续射击。装于舰部的火炮方位角仅为 180 度。如果火炮配置不当（因为火炮的配置要服从于舰艇的其他设计条件），也许就只能在 90 度内有效。在“莱希”级导弹巡洋舰上装有两座 3 英寸火炮，一座在左舷，另一座在右舷。

### 射程

显而易见，火炮系统必须考虑其对空、对海的有效射程。有效射程的远近主要取决于速度，而速度又取决于发射药、炮弹重量、火炮口径，以及传感器和射击控制系统的目标捕获能力。

## 炮弹的种类

火炮为了能最有效地发挥其火力，必须根据不同的目标选择不同的炮弹。美国海军舰炮可以发射标准整发弹、次口径整发弹和火箭助飞炮弹。第十六章将对此进行阐述。

## 发射率

火炮在持续射击和最高速射击中的发射率是一个特别重要的因素。当用火炮来射击临近敌机和飞航式导弹时，该因素尤为重要。火炮的发射率主要取决于炮管金属对射击时产生的高热所具备的承受能力和快速冷却能力。炮管抗速射应力的能力是根据不同类型火炮的要求来设计的。例如 20 毫米近距离武器系统由于应用了旋转炮管的加特林原理而获得非常高的射击速率，因此就出现了上述炮管抗速射应力的问题。人工装弹火炮的发射率取决于炮手的装弹速度。

## 初速

初速（即炮弹离开炮口时的速度）在很大程度上决定了火炮的射程，并能表示出整发弹到达位于一定位置的目标所需要的时间。

## 装填系统

火炮的装填方法是影响火炮用途的另一个决定性因素。火炮必须备有足够的待发弹药，以保证长时间射击而不需要临时开箱和搬运更多的弹药，在目前的火炮系统设计中，大部分工作是致力于改进装填系统。因为缓慢的装填方式和人工装填会损害火炮的其他有效性能。

## 重量和体积

火炮的重量和体积是火炮设计中的重要因素，而且对载有这类火炮的舰艇设计也有影响。火炮和火炮瞄准装置的重量越轻，在保持舰艇稳定性的条件下配置火炮的灵活性就越大。这就使得海军可以在大小不同的许多舰上使用同一类火炮，这样对补给、修理、保养和弹药的要求可做到标准统一。

## 方位角速度和高低角速度

中口径和小口径舰炮，如 3 英寸舰炮，必须能够迅速回转和俯仰，以跟踪临近的敌机和导弹。但是，只有使用大型电机才能提高方位角速度和高低角速度，因此就会影响火炮的体积。

## 自动化程度

自动化的目的在于提高火炮的效率和速度，而并不在于减少火炮系统的操作人数。但是一般说来，火炮系统自动化程度的提高必然能减少操作人员，从而提高了火炮的效率。

## 通用性和材料消耗

在火炮的设计和使用中，还必须进一步考虑其经济效果。火炮的配件要求能和其他武器具有最大的通用性。还必须估计到舰上维修的需要。火炮的零件必须易于得到，易于维修，必须按照工艺要求做得尽可能地简单而结实牢固。舰炮系统和舰载各种电子设备一样，正趋向于模式设计。如果舰炮发生故障，作为基本设备的测试装置能自动识别出故障模块，该装置监控整个舰炮系统。故障模块由补给部门提供另一个模块进行更换。如果情况许可或者已于更换，可对故障模块加以修理。

## 可维修性

如果舰炮在航行中由于战斗状态不佳或炮管损耗等原因而不能正常工作的话，将对海军带来严重的后果。这些问题必须能够迅速纠正，否则海军不可能购买这种有问题的火炮。因此现代武器制造厂在设计时就致力于确保其产品便于维修。

## 导 弹

舰载导弹和舰炮一样使用于各种进攻和防御任务。导弹可用来射击敌方舰艇、导弹、飞机，甚至潜艇。导弹根据其不同的使命、推进系统和制导系统进行分类。现将导弹的主要性能介绍如下，若和火炮性能不同，则加以说明。

### 舰载导弹性能

名称/命名

启用年份

使命——反潜

舰对舰

舰对空

弹头——连杆弹头

弹片杀伤弹头

穿甲弹头

核弹头

弹体——长度

重量

推进系统——发动机

燃料

速度

射程

发射系统——单导轨/双导轨

制导系统

弹仓容量和装填系统

一次能处理的目标数

消耗

可维修性

### 弹头

导弹弹头是导弹的一个重要部分，它表示导弹的使命。例如，舰载导弹系统可以向敌方飞航式导弹发射弹片杀伤弹头，向敌机发射连杆弹头，向敌舰发射炸药弹头。不同的弹头必然要对导弹的制导和推进系统的设计提出不同的要求。例如，如果弹头只在小范围内才有杀伤能力，则显然要求把导弹制导至十分接近目标的地方才能发挥其杀伤威力。

### 弹体

导弹弹体的结构强度必须足以在飞行中能够承载和保护导弹的内部部件，而且重量要

轻、所需的燃料要少。结构强度使导弹部件能够承受发射时极大的加速度和追击目标时可能发生的航路迅速变化。导弹的体积和重量取决于从弹仓至发射架的传送、贮存条件，以及动力和制导等主要因素的限制。小型导弹有许多胜于大型导弹的优点。首先，小型导弹可以贮存于较小的弹仓中，在舰上所占空间较小。其次，在舰艇上能装载较多的导弹，减少了补给次数，便于舰艇自给自足，从而延长持续战斗的时间。第三，小型导弹的传送和装填较为方便，附属设备少，重量也轻。最后，和大型导弹相比，如在空中推进同样的距离，则小型导弹所需的燃料较少，或者以装填同量的燃料为条件，则小型导弹能飞行的时间较长。

### 推进系统

固体燃料用于飞机和飞航式导弹，具有反应快、燃烧快的特性，因此海军宜采用这类燃料作为导弹的推进剂。固体燃料还比液体燃料安全。例如，舰载自卫导弹设计成对付空中来犯目标的最后防御手段，就要求特别快速的反应。在这种战斗环境中，目标已经十分接近本舰。“海麻雀”就是这种类型的导弹。它使用的是固体燃料（详见第廿二章）。与之相反，使用液体燃料作持续飞行的导弹是远程导弹。“黄铜骑士”导弹就是一个实例。同一枚导弹可以用多种类型的发动机，往往还组装在一起。例如导弹在助飞阶段由火箭发动机推进，而在其余飞行时间内靠冲压式空气喷气发动机起推进作用。还有许多导弹使用两个火箭发动机，一个是助推发动机，一个是主发动机。

### 制导

制导系统和推进系统一样，是根据导弹的使命来进行选择的。例如“海神”类导弹使用惯性制导，适合于远程飞行。其他类型的制导有固定程序制导、指令制导、波束制导、自动制导和综合制导（详见第廿三章）。此外，导弹的制导系统还取决于舰载射击控制系统。例如，远程、防空、舰对空导弹需要由舰载计算机数据处理装置和大型雷达天线进行复杂的电子制导。而小型的短程防空导弹则配备较小的手控射击指挥仪，由光学瞄准具作指令制导。

### 一次能处理的目标数

理想的海上作战导弹系统应能同时向所有的敌方目标射击。在短时间内进行搜索、识别、跟踪和摧毁许多目标所牵涉到的实际问题，使导弹系统只有有限的能力来对付为数众多的敌方目标。一般说来，舰艇的战斗力的取决于在搜索雷达捕获目标以后，用于跟踪目标的射击瞄准装置的数目。较新的瞄准装置可以同时跟踪几个目标。这样，为了适应射击指令的要求，对发射架、弹仓和装填系统的要求也更高了。大多数火炮和导弹的瞄准装置都达不到舰载武器发射系统的要求，因此舰艇只能根据其所载瞄准装置的多少，向两个至四个目标同时射击。

诸如有效射程、自动化程度、弹仓和装填系统、消耗和可维修性之类性能均和火炮相同。

## 鱼 雷

反潜方法虽然很多，但是美国海军一般使用鱼雷作为反潜武器。许多舰艇除载有鱼雷以外，还载有各种火箭发射装置和深水炸弹。

舰艇发射鱼雷的设计目的，最初是对付水面舰艇的。然而，自从潜艇成为制海权的最大威胁，而且第二次世界大战后发展了可靠的自导鱼雷以来，大部分类型的舰载鱼雷已改为设计成用来攻击潜艇了。鱼雷的主要性能取决于鱼雷的发射方法、水下航行距离、航行速度、推进系统、制导系统和最大下潜深度等因素。

鱼雷的弹头一般由烈性炸药组成，足以炸碎潜艇的耐压艇体。潜艇早已承受了海水的强大压力，因此击毁潜艇比击毁水面舰艇所需的炸药少。所以现代鱼雷比第二次世界大战期间所用的鱼雷体积小，因为当时的目标是水面舰艇。反潜鱼雷弹头一般由触发引信或近爆引信起爆。

现介绍鱼雷的有关术语，对于和火炮、导弹所使用的相应术语有出入的地方均作了说明。

### **鱼雷性能**

命名

启用年份

体积

发射系统

制导

推进系统

弹仓和装填系统

速度

航程

下潜深度

消耗

可维修性

### **命名**

美国海军鱼雷有标记和型号，但是和导弹一样，鱼雷的名字很少为人们记住。水面发射的 MK46，0 型或 1 型鱼雷就是一个例子。而潜艇发射的 MK45，阿斯托尔鱼雷可以说是一个例外。

### **体积**

鱼雷的体积表明了目标种类、弹头大小和鱼雷航程，所以是一个重要的性能数据。后面章节将对此作进一步阐述。12.75 英寸是目前水面舰艇所用的反潜鱼雷的标准直径。21 英寸鱼雷则更长、更重，这表明该鱼雷航程更长，其破坏力足以摧毁水面舰艇和潜艇。

### **发射**

鱼雷的发射方法取决于战术情况。发射系统本身也各有一定的性能和限度。鱼雷可以从甲板上的鱼雷发射管中、从舰上起飞的直升飞机上、或从反潜火箭发射装置上进行发射。各种发射系统的作战半径是各不相同的。

### **制导**

鱼雷的制导几乎和目标的首次定位一样，是一个困难的技术问题。部分鱼雷有自己的制导系统，该制导系统把鱼雷导至目标区域，按照预定的轨迹进行搜索，捕获目标，最后

把鱼雷导向目标。其他鱼雷，尤其是最新式的鱼雷，在航行中进行有线制导，通过导线将校正指令传给鱼雷。

### 推进系统

在过去七十年中对各种鱼雷推进系统进行了试验(见图1-3)。海军已采用了一系列措施使鱼雷能在水中达到高速运行、无声航行和获得最大航程的要求。第二次世界大战期间所使用的蒸汽动力鱼雷仍然被潜艇和鱼雷艇用作演习和训练。其他的鱼雷采用了过氧化氢、电池组、固体燃料、液态氧化剂和液体燃料。每种系统都各有利弊。例如，电动鱼雷可以

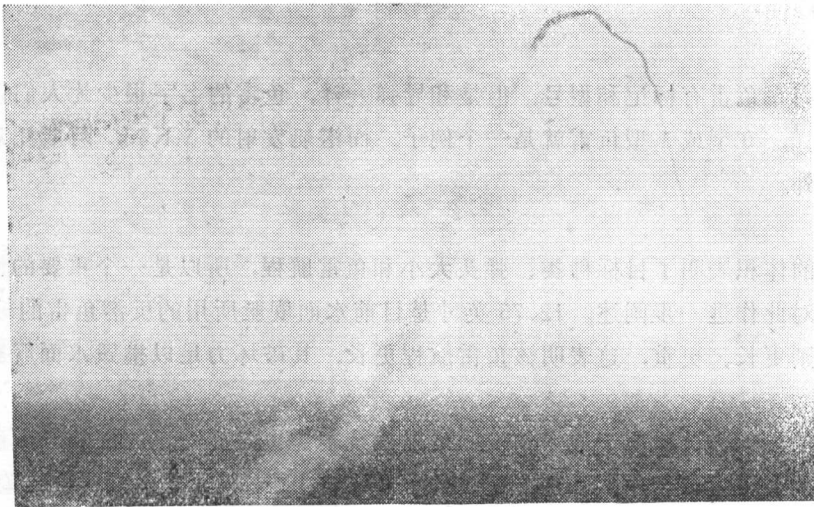
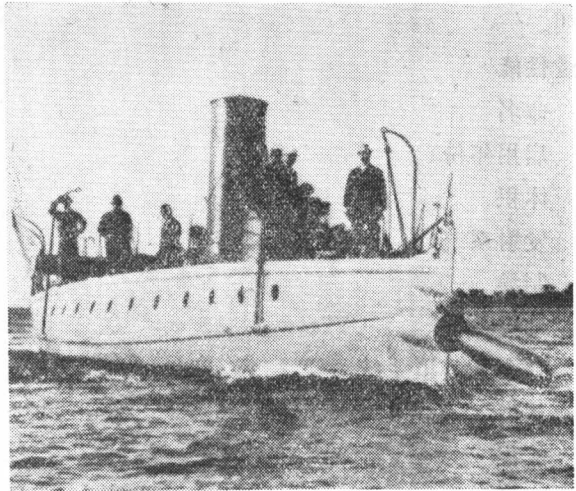
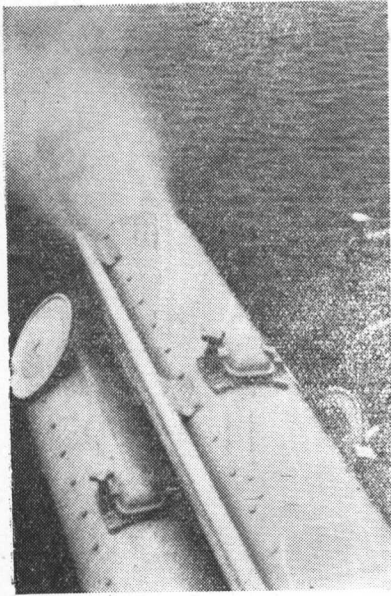


图1-3 鱼雷的战术用途历来和现代舰对舰导弹极为相似。鱼雷起初装于小艇，在有限的水域内作为对付水面舰艇的有效武器

左上图：鱼雷正从驱逐舰上的普通发射管中射出。近年来正致力于使鱼雷在声纳范围内发射得尽可能远。

右上图：1893年的鱼雷，从驱逐舰上投射入水的情况。鱼雷起初用于对付水面舰艇，后来又用于对付潜艇。

下图：发射反潜火箭的实况。



作高速无声航行，但是由于缺乏足够的动力，其航程短于其他系统。如果以航程长短作为重要条件，液体燃料就最为有用了。

### 弹仓和装填

鱼雷庞大笨重、结构复杂、精密度高，其存贮、补给和装填问题和其他武器一样，颇为复杂。迄今为止已研制成功的并用于在役的火箭助飞鱼雷的最灵活的存贮和装填系统可在“贝尔纳普”级导弹巡洋舰上见到。该舰使用了可以发射导弹和火箭助飞鱼雷的两用发射斜轨（见图1-4）。与之相比，直升飞机、甲板发射管以及较陈旧的“博克斯”反潜火箭发射装置的存贮和装填方法，充其量也只不过是缓慢而笨拙的手控方法。

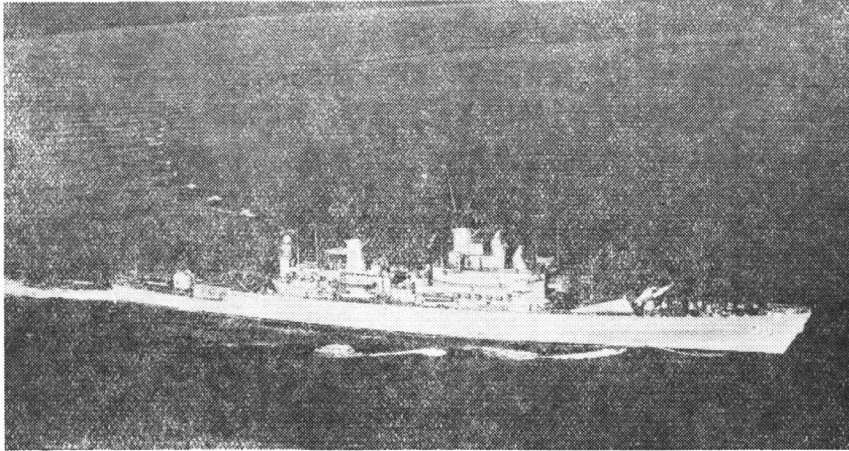


图1-4 美国“霍纳”导弹巡洋舰（CG-30）装备有发射反潜火箭鱼雷和“标准”导弹的两用自动装填发射斜轨。“贝尔纳普”级自动装填和两用射击的结构在美国海军中是独一无二的

### 速度

现代潜艇在水下的航速特别大，甚至能够达到接近于鱼雷的速度，因此鱼雷的速度具有重大的战术意义。但是如果向离远的潜艇发射鱼雷，那么起决定性作用的因素就不仅仅是鱼雷的速度了。

### 续航力

现代潜艇和鱼雷的速度之比表明了鱼雷续航力的重要性。如果利用鱼雷稍高的航速来追赶在逃潜艇，就要求鱼雷有较大的续航能力。如果持航时间太短，则当鱼雷发动机停止转动时，潜艇就有希望免受鱼雷攻击而逃之夭夭。

### 下潜深度

最后，鱼雷显然必须能够在深水中进行搜索。如果用搜索深度限于 600 英尺的鱼雷来对付位于 800 英尺深的潜艇，那当然是无济于事的。因此，续航力和下潜深度都很重要。

# 第一篇 射击控制导论

## 导 言

武器系统的基本作用是发射炮弹、导弹或鱼雷，使之命中目标，这就叫作射击控制问题。射击控制问题就是研究从发射武器到命中目标之间，影响武器弹道的所有因素。本篇旨在阐明用于火炮的射击控制原理。本书下文所谈到的导弹和鱼雷射击控制问题原则上可以依据对火炮射击控制问题的详细阐述，但是也有所不同。因为所用武器和媒介（水、空气、宇宙）的不同，这两种武器命中目标的方法各有独特之处。

火炮射击控制问题在射击之前要完成以下四步计算：（1）弹道；（2）目标运动；（3）火炮平台运动<sup>●</sup>；（4）为炮架定位而作的其他修正等。本篇前两章阐述弹道要素计算，第四章详细介绍射击控制问题涉及到的各种因素。其余四章介绍陀螺和现代海军火炮射击控制系统的应用。

---

● 火炮平台运动在本文中即指甲板运动。——译者注

## 第二章 内弹道学

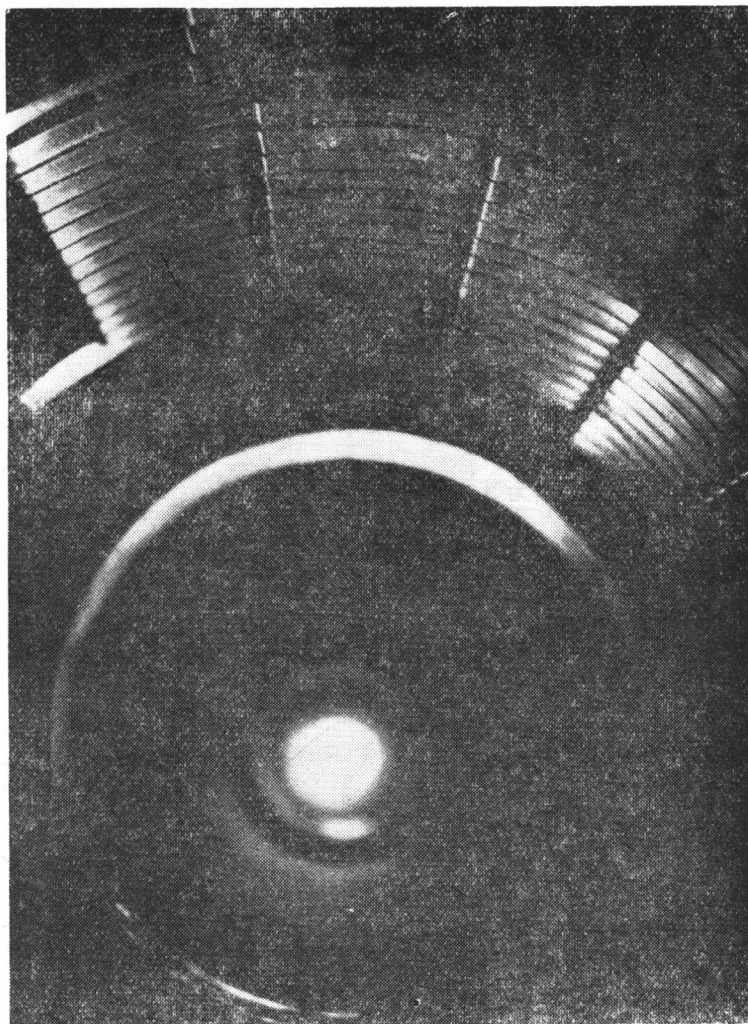


图2-1 内弹道学是研究从炮尾装进火药和炮弹，关闭炮闩时起，直至炮弹离开炮口时为止所发生的情况

### 导 言

炮弹的弹道诸元是解射击控制问题的主要因素。火炮弹道学是研究炮弹运动的科学，分成内弹道学和外弹道学。

内弹道各要素综合影响着炮弹在炮膛内的运动。内弹道学的研究包括：（1）火药的点火；（2）炮管内压力的增加；（3）由装填条件<sup>●</sup>引起的压力和速度的变化；（4）炮膛烧蚀。

● “装填条件”指的是为了得到所需战术效果而在装填数量、方式、火药种类和炮弹重量等方面所进行的综合调整。

外弹道学研究炮弹的飞行运动，仅涉及到对离开炮管后以已知速度向已知方向运动的炮弹产生影响的力。第三章将阐述外弹道学。

### 火药点火

在内弹道学中，首先考虑的是点火。理想的火药柱能在火炮炮膛内燃烧产生最大的炮弹初速而无过度的高热、高压或烧蚀。对火炮而言，最有效的火药应能在炮弹离开炮口之前迅速地全部烧尽。也就是说，理想的火药燃烧气体是在炮弹通过炮膛的运动全过程中逐渐产生作用的。

### 火药药粒的形状

火药的药粒形状有多种，大小不同。药粒的大小是确定火药在炮管那一部位上对炮弹压力最大的因素之一。每一颗药粒点火后即在表面平行层中燃烧。因此表面面积大的药粒燃烧较快，并能较快地产生较大的压力。

火药有实心 and 空心之分，具有实心、单孔、多孔三种主要类型。

图 2-2 a 和图 2-2 b 所示的实心火药药粒叫做减面燃烧火药，因为其燃烧表面的面积在燃烧中不断缩小。

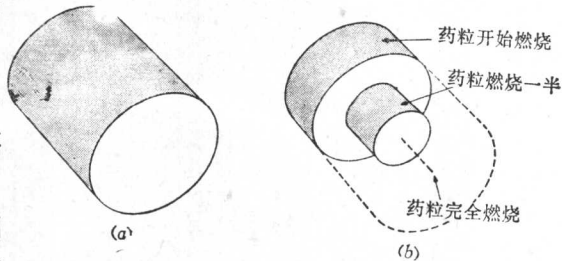


图2-2 未经燃烧的药粒 (a) 和减面燃烧的实心火药药粒 (b)

单孔火药药粒 (见图 2-3 a 和图 2-3 b) 叫做中性火药，因为其火药药粒的燃烧表面面积在燃烧中几乎保持不变。

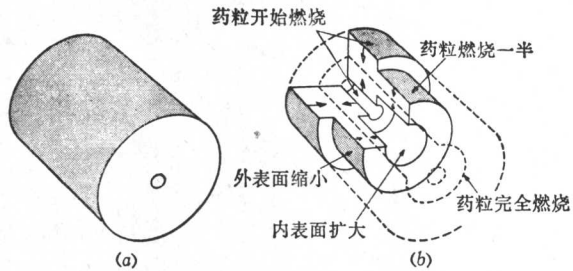


图2-3 未经燃烧的单孔药粒 (a) 和正在燃烧的单孔 (中性) 药粒 (b)

多孔火药药粒 (见图 2-4 a 和图 2-4 b) 叫做增面燃烧火药，因为其燃烧表面面积在燃烧中不断增大。

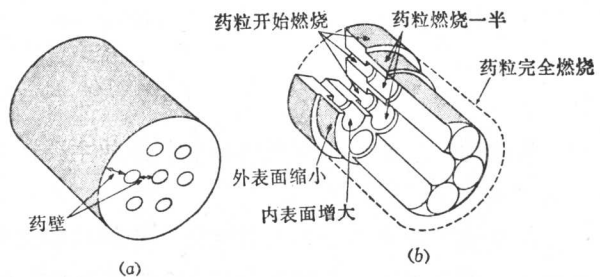


图2-4 未经燃烧的多孔药粒 (a) 和正在燃烧的多孔 (增面燃烧) 药粒 (b)

图 2-5 的曲线表示了三种不同类型的药粒分别在相同的炮膛内燃烧所产生的不同情况。请注意，增面燃烧火药达到最大压力的时间比减面燃烧火药迟得多，失去压力也缓慢得多。显然，在短炮管中减面燃烧火药比增面燃烧火药能产生更大的短期压力。

### 火炮强度和火药气体压力的关系

图 2-6 表示火炮设计的基本原理，同时也表示了炮管中压力行程的典型关系。如图所示，最高炮尾强度正好超前于最大火药压力点。5 英

寸火炮的最高炮尾强度在炮前身<sup>●</sup>之前就超前于最大火药压力点。火炮炮管的强度必须在每一点上都超过火药压力，超过的余量须能提供足够的安全系数，才能使炮管不致于爆炸。

图 2-6 的曲线表示出压力的起始值远远高于零。这说明压力产生于发射药点火之后，炮弹起动之前。只有当火药燃烧生成的气体达到了炮弹起动所需的压力之后，炮弹才开始起动。炮弹的初始运动受到惰性和膛线对弹带<sup>●</sup>的阻力。必须指出，此时炮管强度曲线是高于初始加压点和火药最大压力点之间区域的水平直线。因为膨胀气体对炮弹弹底的压力也同样对炮弹后面的炮管全部内表面产生压力，所以炮管强度曲线在火药最大压力点之前一直平行于压力曲线。因此在设计时，要求炮管尾部能承受对炮管的

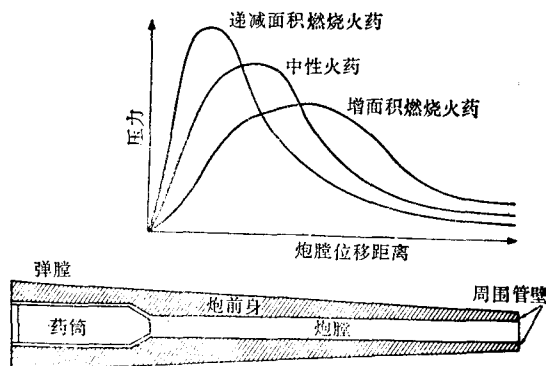


图2-5 燃烧药粒的压力-行程曲线

最大压力。

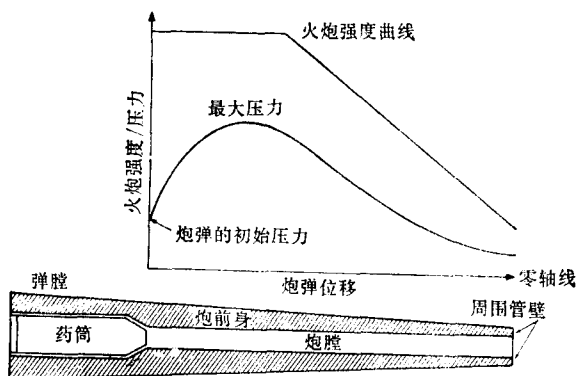


图2-6 火炮炮管强度与发射药气体压力的关系

炮弹通过最大压力点之后，由气体压力加速直至离开炮口。最大压力曲线下的总面积（直到炮弹离开火炮时的那一点为止）是炮弹初速的粗略度量。炮口的剩余压力表示炮口损耗程度<sup>●</sup>。这种很大的炮口剩余能量产生了炮口焰。

### 发射药成分

为了延长射程、提高初速、使弹道高度升高或降低，以使舰炮在各种战术情况下发挥最大的威力，有好几种控制火药特性的方法。为了命中目标，除了改变炮弹的重量和形状之外，还可以改变发射药的重量、密度、形状和药粒种类。

- “炮前身”的词解请参阅名词解释。
- “弹带”的词解请参阅名词解释。
- “炮口剩余压力”是指炮弹离开炮膛时，燃烧气体对空气产生的压力。

## 火药

火药根据燃烧速度可以分成“快速燃烧”和“慢速燃烧”两种。小颗粒火药在较短的时间内燃烧完，称为“快速燃烧火药”。这种火药可用于深水炸弹发射器和小口径至中口径火炮的弹药。快速燃烧火药要求炮管有较高的强度，因此不宜大剂量用于大口径火炮，因为这样势必要求管壁特别厚。形状与快速燃烧火药相同而颗粒较大的火药燃烧速度较慢，称作“慢速燃烧火药”。慢速燃烧火药的最大推进压力较小，而且在炮弹通过炮膛的行程中较晚才能达到。图 2-7 将重量相等的慢速燃烧火药和快速燃烧火药进行了比较。

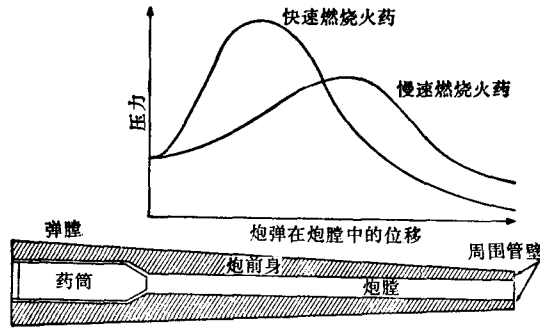


图2-7 慢速燃烧火药和快速燃烧火药的比较

## 发射药的重量

图 2-8 表示了炮管压力的典型曲线以及在炮管中提高炮弹速度而不提高最大压力的有效方法。图 2-8 清晰地表明，增加燃烧速度较慢的火药（曲线 3）量（重量），能够获得比初始发射药（曲线 1）和重量相等的慢速燃烧火药（曲线 2）都高的炮弹速度。

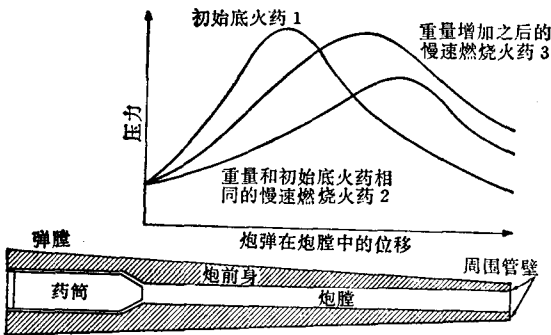


图2-8 在不增加初始发射药最大压力的情况下，火药重量和火药种类的关系

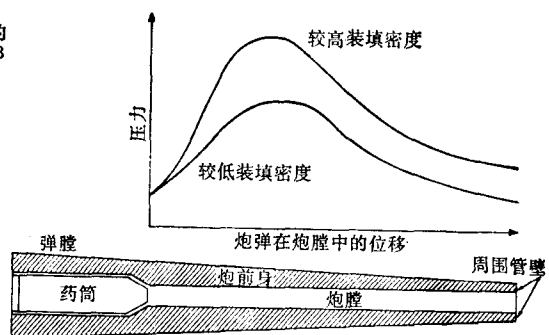


图2-9 装填密度的比较曲线

## 装填密度

装填密度是发射药重量与标准温度时药室所能容纳的水的重量之比，也可以用来量度炮弹开始运动之前燃烧气体膨胀空间的大小。装填密度高，使燃烧气体初始膨胀的空间十分有限，因此能迅速产生气体压力（见图 2-9）。降低装填密度，气体就必须多膨胀些，炮弹才会开始运动。在其他各种条件保持不变的情况下，装填密度的提高能增加火药的最大压力，提高炮弹速度并带来较大的炮口损耗。

### 药室的容积和形状

火炮设计人员确定了所需的炮弹初速之后，必须根据对火炮结构的研究，确定该炮所允许的最大压力和发射药重量。药室的容积和形状则必须满足上述要求。火炮制成后，药室的容积和形状仅由于射击烧蚀或炮弹推入膛时的不当而发生变化。

### 炮弹的重量

不同的炮弹重量各不相同。如果用同一门炮发射高容量炮弹和穿甲弹（不考虑任何其他因素），则高容量炮弹由于较轻，其初速就稍高些。

## 超高速火炮

炮弹在空中飞向目标所需的时间越短，目标进行防卫机动的的时间就越短。在飞机速度增大，机动性增大的情况下，这一点更为突出。因此人们不断地要求提高火炮炮弹的初速。为了提高初速，必须使炮弹压力-行程曲线下的面积达到最大。这就要求逼近尽可能平的 压力-行程曲线。提高初速的另一途径是通过使用第十六章所述的超高速火炮炮弹。例如，轻量炮弹的初速可以从标准 5 英寸整发弹的典型初速 2700 英尺/秒提高到 4000 英尺/秒。

还有一个提高初速的途径是使用次口径炮弹，这也将第十六章中进行介绍。

中小口径火炮因其射程短和防空使命的需要，一般要求较大的初速和较高的发射率。



### 第三章 外弹道学

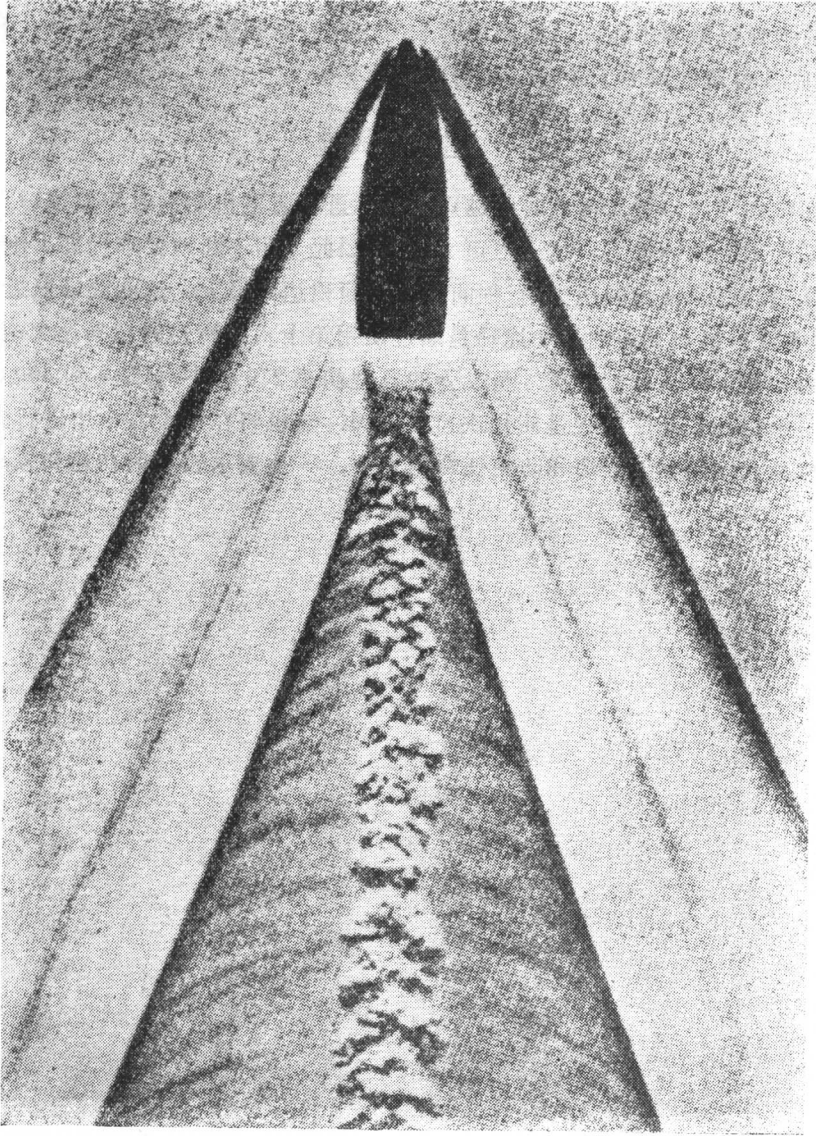


图3-1 炮弹在空气中运动时所形成的冲击波

#### 导 言

要了解炮弹离开炮口后以已知速度向已知方向运动的情况，就必须研究外弹道学。从第十三章“火炮炮管”一节中可以看出已知速度（初速<sup>●</sup>）是通过计算内弹道力而得到的。

● 炮弹离开炮口时的运动速度叫作初速，测量单位一般为英尺/秒。这是射击学的常用测量单位。例如，第四章所阐述的射击控制求解问题就需要使用初速。



已知方向就是炮管中心线（即射线）的方向。从炮弹离开炮口起到弹头爆炸时为止，有几种力影响着炮弹的飞行。这些力和炮管中产生的力不同，主要是由重力、大气影响、炮弹重量和炮弹形状而产生的。

## 重 力

牛顿第一运动定律指出：任何运动物体在受到阻力之前都能持续作匀速直线运动。如果把炮弹从炮口发射到外层空间就可以证明这一点。在这种情况下，炮弹简直能无限地沿射线持续地作匀速运动，直至其碰撞到某物体或接近了具有强大引力的物体（例如地球）为止。

### 真空中的重力效应

如果把炮弹从地上拾起来并掷出去，炮弹就会从空中掉下来。这是由于地球的万有引力使地球上每个物体都具有了重量的缘故。

如果忽略空气阻力，那末物体向地球自由下落的加速度为  $32.2$  英尺/秒<sup>2</sup>。该加速度对于向地球自由下落的任何物体都是相同的。

为了说明重力效应，把在真空中从高低角为零的炮膛中射出的炮弹与在真空中于舰艇舷边下落的另一枚炮弹相比较，研究一下会发生什么情况。既然所有物体的自由下落方式完全相同，那末两枚炮弹将以相同的速度下落，在一定的时间间隔内下落相同的垂直距离，见图 3-2。唯一的差别在于射出的炮弹向前运动并同时下落。

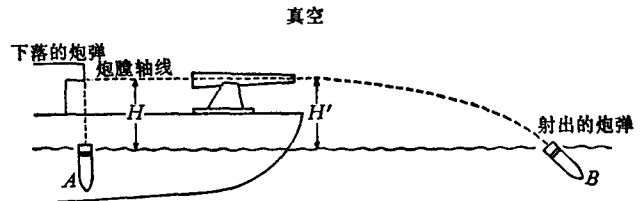


图 3-2 在真空中受重力影响的炮弹弹道。从水平瞄准的火炮中射出的炮弹 (B) 与以同样高度下落的炮弹 (A) 同时接触水面 (高  $H =$  高  $H'$ )

如果炮管上仰到水平线以上射击，炮弹仍然有两种运动。一种是沿着射线<sup>●</sup>以初速作向上向前运动，另一种是当炮弹经过纵坐标最大值（即弹道最高点）以后，以一定的加速度作向下向前运动。炮弹离开炮口后，其运动大部分是沿射线方向的向上和向前运动，此时弹道仅缓慢地偏离射线。随着炮弹继续向前飞行，其向上运动不断减速，直至向上动量的作用和重力作用相等为止。此时弹道即达到纵坐标的最大值。炮弹继续向前飞行，向上动量的作用逐渐小于重力作用，弹道曲线就向下偏转，直至碰撞到地面为止。

图 3-3<sup>●</sup>用曲线说明了在真空中飞行的炮弹在重力作用下的两种运动。图中还表示了炮弹运动的三个分量。第一分量是从高低角为  $45$  度的炮管中射出的炮弹在射线上的垂直向上分量。第二分量是沿弹道所位移的相等水平距离，在此不予研究。第三分量是在重力作用下产生的炮弹垂直向下运动。

重力本身虽然是一个常量，但是重力的作用在射击控制问题中却是一个变量。这是因为重力作用与炮弹的飞行时间成比例。该变量由高角（即现在高低角与提前高低角之差）

- “射线”是和炮膛轴线成一直线并笔直向外延伸的轴线，在无重力的情况下，炮弹在真空中将沿此轴线持续运动。
- 原文该图中部分数据有误，请读者阅读时注意。——编者注