



工业和信息化部“十二五”规划教材

火炮构造与原理

主编 高跃飞 ●

BASIC THEORY AND COMPONENTS OF
ARTILLERY WEAPONS



北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS



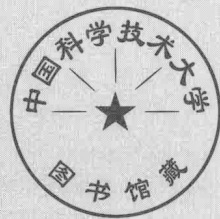
工业和信息化部“十二五”规划教材

火炮构造与原理

主 编 高跃飞

副主编 薛百文 常德顺

BASIC THEORY AND COMPONENTS OF
ARTILLERY WEAPONS



北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 提 要

本书介绍了现代火炮系统的基本知识、火炮结构组成及工作原理。内容包括火炮系统的基本知识、火炮的结构组成、典型火炮结构及相关技术发展等。

本书可供武器系统与工程专业及相近专业高年级本科生学习使用,也可用作从事火炮武器设计与制造及相关工程技术人员的参考资料。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

火炮构造与原理/高跃飞主编. —北京:北京理工大学出版社, 2015. 8

ISBN 978-7-5682-0804-8

I. ①火… II. ①高… III. ①火炮-高等学校-教材 IV. ①TJ3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 143775 号

出版发行 / 北京理工大学出版社有限责任公司

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010) 68914775 (总编室)

(010) 82562903 (教材售后服务热线)

(010) 68948351 (其他图书服务热线)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 保定市中华美凯印刷有限公司

开 本 / 787 毫米 × 1092 毫米 1/16

印 张 / 14.25

字 数 / 332 千字

版 次 / 2015 年 8 月第 1 版 2015 年 8 月第 1 次印刷

定 价 / 36.00 元

责任编辑 / 王玲玲

尹 晖

文案编辑 / 王玲玲

责任校对 / 周瑞红

责任印制 / 王美丽

图书出现印装质量问题,请拨打售后服务热线,本社负责调换

前言

火炮作为一种火力压制和支援武器已有几百年的历史，伴随着军事需求的演变和科学技术的发展，其系统构成、结构形式和战术应用等总是处于不断变化的过程中。当前，在战场正向数字化、信息化发展的背景下，对于火炮性能要求的变化和大量高新技术的涌现，促使火炮系统的构成、新型结构的应用和新技术集成的程度都有了突飞猛进的发展，新型火炮武器的功能和结构特点都有了很大的变化。

本书编写的目的是为武器系统与工程专业及相近专业的本科生提供学习、掌握专业基础知识的入门教材。本书以火炮的发射过程及相关的知识、火炮的结构与工作原理为主线来介绍火炮武器的基本知识和结构组成等，其内容分为火炮的基本知识、典型火炮介绍两大部分。火炮的基本知识包括火炮及火炮系统的概念、火炮的分类、火炮的战术技术要求、火炮的发展、火炮射击的基本知识和火炮的结构组成等。典型火炮部分针对常见的火炮类型，对具有代表性的牵引火炮、自行火炮、高射炮等进行了介绍，并尽量选择新型的火炮武器，便于读者了解现代火炮的技术进展及新的成果。

本书由高跃飞任主编，薛百文、常德顺任副主编。其中，第1章由高泉盛编写，第2、6章和5.1节由高跃飞编写，第3章由薛百文编写，第4章由常德顺编写，第5.2、5.3节由曹红松编写。全书由高跃飞统稿。

本书由中国兵器工业第二〇二研究所李魁武研究员和中北大学姚养无教授主审。本书的许多内容是在参考了相关的著作、教材和技术文献的基础上形成的，作者向审稿人和这些著作、教材和文献的作者表示深切的谢意。

由于作者水平所限，书稿中难免有疏漏和不妥之处，恳请读者批评指正。

作者

目 录

CONTENTS

第 1 篇 火炮的基本知识

第 1 章 绪论	003
1.1 火炮及火炮系统	003
1.2 火炮的分类	004
1.3 火炮的战术技术要求	007
1.3.1 战斗要求	008
1.3.2 勤务要求	011
1.3.3 经济要求	012
1.4 火炮在现代战争中的地位	012
1.5 火炮发展简史	013
第 2 章 火炮射击的基本知识	016
2.1 武器的发射原理	016
2.1.1 火箭武器发射原理	016
2.1.2 身管武器发射原理	017
2.1.3 电磁发射原理	018
2.2 火炮的发射过程及特点	019
2.3 弹丸在膛内的运动规律	020
2.4 弹丸在空中飞行的特性	023
2.5 弹丸在空中飞行的稳定性	027
2.6 射弹散布	034
2.7 火炮的瞄准和射击	035

2.8 炮兵用的角度单位	038
第3章 火炮结构组成	040
3.1 炮身	040
3.1.1 身管及其内膛结构	041
3.1.2 炮闩	051
3.1.3 炮尾	059
3.1.4 炮身上的其他装置	060
3.2 反后坐装置	065
3.2.1 概述	065
3.2.2 反后坐装置的结构原理	068
3.2.3 复进机的结构类型	071
3.2.4 制退机的结构类型	073
3.3 架体	077
3.3.1 摇架	078
3.3.2 上架	081
3.3.3 下架	084
3.3.4 运动部分	086
3.3.5 大架	090
3.3.6 调平装置	092
3.3.7 平衡机	095
3.3.8 瞄准机	098
3.4 火炮自动机	100
3.4.1 概述	100
3.4.2 自动机工作原理及分类	101
3.4.3 供弹机构	108

第2篇 典型火炮介绍

第4章 地面牵引火炮	115
4.1 85 mm 加农炮	115
4.1.1 概述	115
4.1.2 炮身	116
4.1.3 炮闩	119
4.1.4 摇架	128
4.1.5 反后坐装置	129
4.1.6 上架和防盾	134

4.1.7 瞄准机和平衡机	134
4.1.8 下架和运动体	137
4.1.9 大架	138
4.1.10 瞄准装置	139
4.2 M777 式 155 mm 轻型榴弹炮	140
4.2.1 概述	141
4.2.2 总体布置	142
4.2.3 结构组成	142
第 5 章 高射炮	145
5.1 57 mm 高射炮	145
5.1.1 概述	145
5.1.2 炮身和炮闩	148
5.1.3 压弹机	154
5.1.4 摇架	160
5.1.5 制退机	162
5.1.6 自动机各装置的联合动作	164
5.2 瑞士 35 mm 双管高射炮	167
5.2.1 概述	167
5.2.2 自动机	169
5.2.3 炮架	172
5.3 通古斯卡防空系统	173
5.3.1 概述	173
5.3.2 总体布置	174
5.3.3 火力系统	176
5.3.4 火控系统	177
5.3.5 底盘	177
5.3.6 炮塔	178
5.3.7 支援车辆	179
第 6 章 自行火炮	180
6.1 PzH 2000 自行榴弹炮	180
6.1.1 总体布置及乘员	181
6.1.2 火力系统	185
6.1.3 动力与传动系统	197
6.1.4 行驶系统	200
6.1.5 火控及观瞄系统	201

6.1.6 炮塔及防护	204
6.2 “弓箭手” 155 mm 自行榴弹炮	205
6.2.1 概述	205
6.2.2 总体布置	206
6.2.3 火炮	207
6.2.4 弹药自动装填系统	208
6.2.5 弹药	208
6.2.6 火控系统	210
6.2.7 底盘	211
6.3 诺娜—2C23 式 120 mm 自行迫榴炮	212
6.3.1 概述	213
6.3.2 总体布置	214
6.3.3 火炮	214
6.3.4 火炮各部分的联合动作	216
6.3.5 弹药	216
6.3.6 底盘	217
参考文献	219

第 1 篇

火炮的基本知识

第 1 章

绪 论

火炮是现代战争中普遍使用的一种常规兵器，用以完成战场上火力压制与支援的任务，广泛配置于各军、兵种。在战斗中，火炮主要完成以下任务：火力歼灭或杀伤敌方有生力量，压制或毁坏武器装备，破坏防御工事，支援我方步兵与装甲兵的作战行动以及进行其他特殊射击项目（如形成烟幕、提供照明等）。火炮可以配置于地面、水上、空中各种平台上，并与其他武器配合完成陆、海、空作战的各种任务。

1.1 火炮及火炮系统

火炮（artillery weapons）是以火药为能源、利用火药燃烧形成燃气压力来发射弹丸的一种身管射击武器。我国将口径大于和等于 20 mm 的这种类型的射击武器称为火炮，口径小于 20 mm 者称为枪械。枪械与火炮的分界在口径方面各国所取的数值不同。例如，日本在第二次世界大战前曾以 11 mm 为界限；美国取 30 mm；英国则取 25.4 mm。

火箭炮是发射火箭弹并控制其初始射向和姿态的武器，又称为火箭发射架。其发射能源为火箭弹自身携带的推进剂，依靠发射药燃烧形成的燃气流产生推力驱动弹丸飞行。

火炮是一个由弹药、发射装置、瞄准系统、运行系统等几部分组成的系统。这个系统的主体是发射装置，习惯上称其为“火炮”。为了区别于习惯称呼，常将上述几部分组成的系统称为火炮系统。

在火炮系统中，弹药是带引信的弹丸、带点火具的发射药及药筒的统称；瞄准系统是控制火炮将弹丸准确地射向目标的各种装置；运行系统是使火炮移动和转换射击阵地的装置或底盘。

早期的火炮靠炮手目测来调整射向，随着科学技术的发展，火炮的瞄准经历了由目测发展到普通光学瞄准镜，并进一步发展到采用光学、电子学、激光等原理制作的近代多种观瞄器材，瞄准机构由一般的机械装置发展为电力与液压驱动的随动系统。

火炮系统按照结构和功能特点通常可分为火力分系统（fire power system）、火控分系统（fire control system）、运行分系统（mobile system）和辅助分系统（auxiliary system）等几部分。火炮（发射系统）、火炮系统的基本组成如图 1-1 和图 1-2 所示。

伴随着高科技技术的进步，现代火炮武器正向能够独立作战的完整系统发展，已成为一个具有定位定向与导航、侦察与通信、目标获取、弹道解算、火力打击、毁伤评估等功能的复杂系统。如我国研制的 PLZ45-155 自行加榴炮就是一个由火力、指挥控制、侦察校射、

后勤保障和模拟训练多个分系统组成的火炮武器系统，其组成如图 1—3 所示。

近几十年来，新型发射技术如液体发射药火炮、电热炮、电磁炮的发展拓宽了火炮的技术范畴。

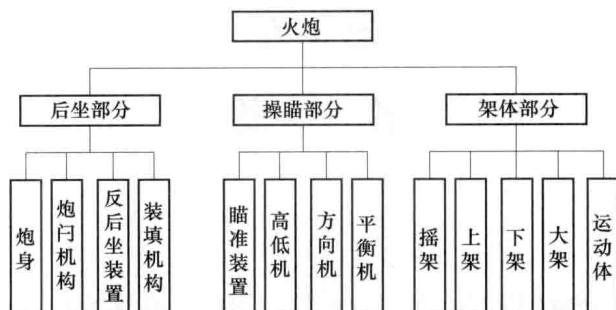


图 1—1 火炮（发射系统）的基本组成

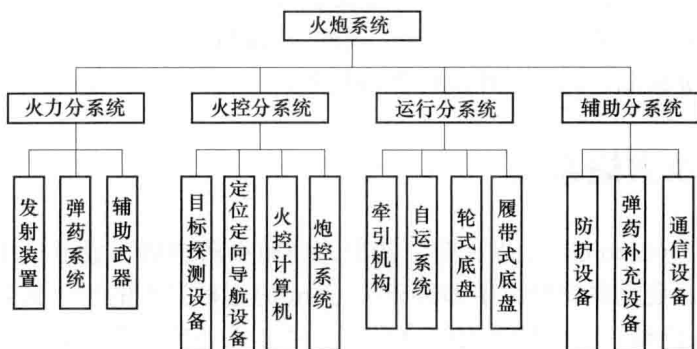


图 1—2 火炮系统的基本组成



图 1—3 PLZ45—155 火炮武器系统组成

1.2 火炮的分类

由于战争的多样性以及火炮技术本身的发展，现代火炮已形成多种类型和不同用途的武器装备。为了使用、研究的方便，常将火炮加以分类。火炮在不同的国家其分类也不同。通常按编制配属、作战用途、弹道特性、运行方式、装填方式和结构特征等来划分，如图 1—4 所示。

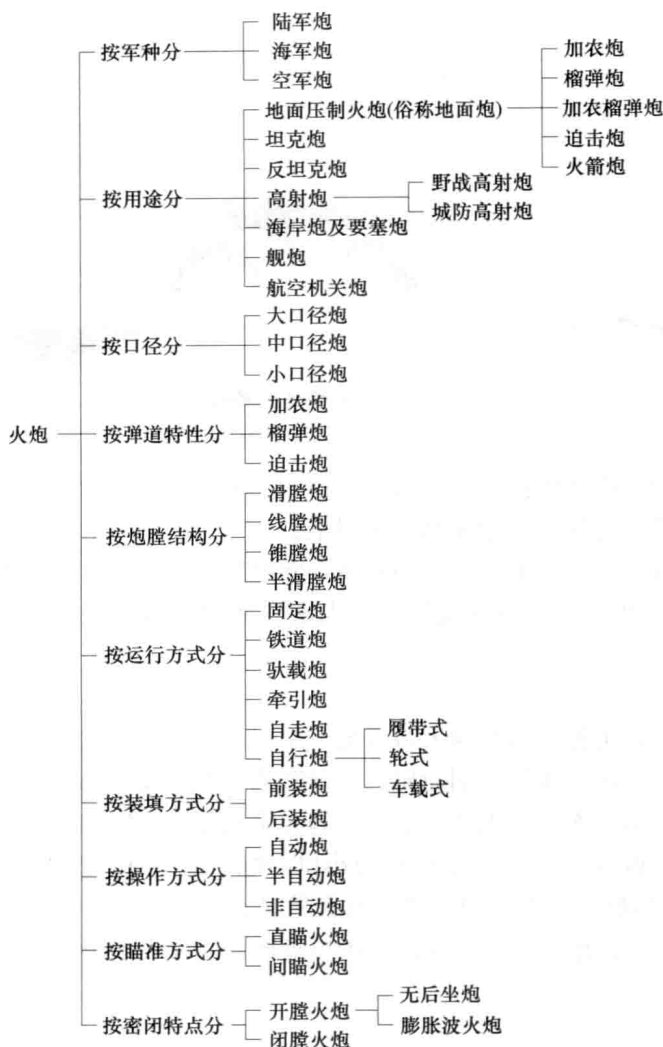


图 1-4 火炮的基本分类

上述各种分类反映了火炮在性能、结构和使用方面的特点。其中，几种常见的火炮分类解释如下。

1. 按弹道特性分类

该方法是根据弹丸在空中飞行的轨迹特性来分类的，它将火炮分为加农炮、榴弹炮和迫击炮（图 1-5）。

加农炮弹道低伸，身管长，初速大，射角范围小（最大射角一般小于 45° ），用定装式或分装式炮弹，变装药号数少，适于对装甲目标、垂直目标和远距离目标射击。高射炮、反坦克炮、坦克炮、舰炮和海岸炮都具有加农炮的弹道特性。

榴弹炮弹道较弯曲，炮身较短，初速较小，射角范围大（最大射角可达 70° ），使用分装式炮弹，变装药号数较多，火力机动性大，适于对平面目标和隐蔽目标射击。

迫击炮弹道弯曲，炮身短，初速小，多用大射角（一般为 $45^\circ \sim 85^\circ$ ）射击，变装药号数较多，适于对遮蔽物后的目标射击。

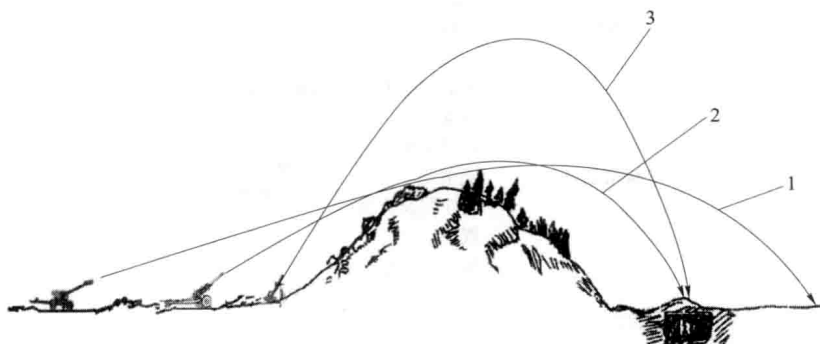


图 1-5 火炮弹道特性
1—加农炮；2—榴弹炮；3—迫击炮

兼有加农炮和榴弹炮两种弹道特点的火炮称为加农榴弹炮。由于弹道特性的不同，加农炮又称为平射炮，榴弹炮与迫击炮又称为曲射炮。

第二次世界大战后，由于火炮技术的发展，除高射炮、反坦克炮、坦克炮等外，西方国家已不再列装和发展加农炮，“加农炮”一词也很少使用，而是将新研制的大口径地面火炮统称为榴弹炮。

2. 按口径分类

按照口径的大小，可将火炮分为大口径炮、中口径炮和小口径炮。

划分口径大小的界限随火炮类别而异，并随着火炮技术发展的状况而变，而且各个国家的规定也不尽相同。第二次世界大战以前，火炮技术水平较低，大威力火炮口径都偏大。例如，对于地面火炮，曾将 90 mm 以下的称为小口径炮，200 mm 以上的称为大口径炮，90～200 mm 的称为中口径炮。对海岸炮，多数国家的规定是：口径大于 180 mm 者为大口径炮，低于 100 mm 者为小口径炮，二者之间的为中口径炮。地面火炮与高射炮的口径分类尺寸见表1-1。

表 1-1 地面火炮与高射炮的口径分类尺寸 mm

口径划分		中国	英、美	苏联
地面火炮	大口径	≥ 152	≥ 203 (8)	≥ 152
	中口径	76～152	100～203 (4～8)	76～152
	小口径	20～75	< 100 (4)	20～75
高射炮	大口径	≥ 100		≥ 100
	中口径	60～100		60～100
	小口径	20～60		20～60

注：括号内单位为英寸。

现代火炮的发展趋势是口径系列逐渐减少，口径较大的火炮逐步淘汰，如各国新列装的火炮口径基本上小于或等于 155 mm。

3. 按运行方式分类

现代火炮按运行方式,可分为牵引炮、自走炮、自行炮和搭载在不同机动平台上的火炮等。

牵引炮自身没有动力,需要由其他机动车辆牵引进行阵地转换和行军。牵引火炮通常有运动体和牵引装置,有的火炮还带有前车。牵引火炮的优点是结构简单、质量小,便于空运和空吊,战略机动性好,同时制造成本和维护费用低。

自走炮是加装辅助推进装置的牵引火炮。自走炮本身具有一定的动力,可进行短距离的运动,便于进入和撤离阵地,但长途行军仍需要由其他机动车辆牵引。

目前,在大口径牵引火炮上多加装有辅助推进装置,以提高火炮的机动性和操作轻便性,缩短进出阵地的时间。自走炮的缺点是火炮的质量增大。

自行炮是火炮与车辆底盘构成一体的、能够自身运动的火炮武器。自行炮机动性能好,投入和撤离战斗迅速,多数有装甲防护和自动化程度高的火控系统,战场生存能力强。

自行炮除按炮种分为自行榴弹炮、自行反坦克炮、自行高射炮、自行迫击炮、自行火箭炮等外,按底盘结构特点可分为履带式、轮式和车载式(图1-6);按有无装甲防护可分为全装甲式(封闭式)、半装甲式(半封闭式)和敞开式。

搭载在不同机动平台上的火炮主要有战车炮、坦克炮、机载火炮、舰载火炮等。

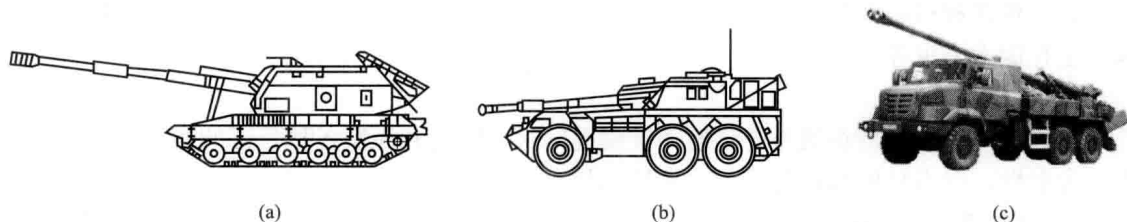


图1-6 自行炮

(a) 履带式; (b) 轮式; (c) 车载式

1.3 火炮的战术技术要求

火炮的战术技术要求又称为火炮的战术技术指标,是指对研制或生产的火炮系统的作战使用性能和技术性能方面的主要要求,也是进行火炮设计、生产和定型试验的根本依据。火炮的战术技术要求一般又可分为战斗要求、勤务要求和经济要求三个方面。

火炮的战术技术要求在提出的内容和拟定的程序方面,各个国家不尽相同,但通常是由使用单位根据全军的战术思想、战术任务、战斗经验及未来战争的特点、方式、国情等多方面的因素综合分析提出的,然后由相关部门结合科学技术的发展水平、国家的经济能力和生产能力等进行全面的分析和论证,最后确定出火炮的战术技术要求。

根据现代战争的需求,火炮战术技术要求主要包括如图1-7所示几个方面。

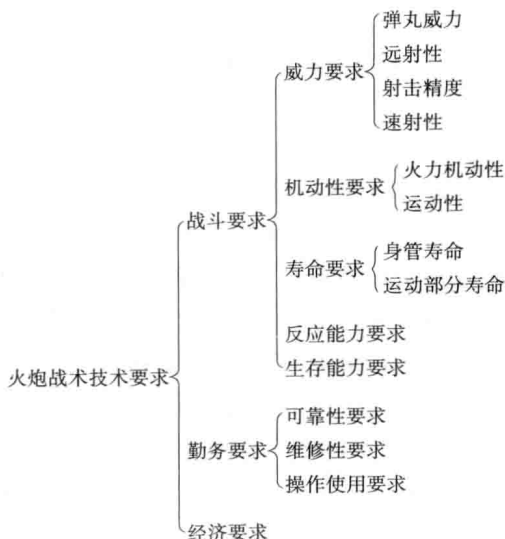


图 1-7 火炮战术技术要求

1.3.1 战斗要求

战斗要求是火炮战术技术要求的主要内容，它由火炮的口径、初速、射程或射高、射速、射击精度和机动性等构成。具体可分为威力要求、机动性要求、寿命要求、反应能力要求、生存能力要求等几个方面。

1. 威力要求

火炮威力是指火炮在战斗中迅速而准确地歼灭、毁伤和压制各种目标的能力。由弹丸威力、远射性、射击精度和速射性等主要性能构成。

① 弹丸威力是指弹丸对目标的杀伤和毁坏能力。对不同用途的弹丸有不同的威力要求。例如，杀伤榴弹要求杀伤破片多，杀伤半径大；穿甲弹则应具有较大的侵彻力；照明弹应发光强度大，照明时间长。通常，弹丸的威力与火炮的口径成正比。

② 远射性是指火炮杀伤、破坏远距离目标的性能。一般以最大射程（maximum range）表示。远射性可以保证火炮在不变换阵地的情况下火力的机动性，在较大的地域内能迅速集中火力，给敌人以突然的打击和压制射击，能以较长时间的火力支援进攻中的步兵和装甲兵；也能使自己的火炮配置在敌人火炮射程之外，增加自身的生存能力。

远射性对主要承担压制任务的加农炮、榴弹炮和加农榴弹炮具有重要的意义。但对于反坦克炮和高射炮而言，直射距离、有效射程、高射性比远射性更有意义。

直射距离（point-blank range）：是指射弹的最大弹道高等于给定目标高（一般为 2 m）时的射击距离。在这个射程内，射手可以不改变瞄准具上的表尺分划而对目标进行连续的射击，保证了对活动目标射击的快速性。直射距离越大，用同一表尺射击时毁伤目标区域的纵深越大，测距误差对目标毁伤的影响越小。它是坦克炮和反坦克炮的战斗威力指标之一。当弹丸一定时，弹丸发射时的初速越大，则直射距离越大，其穿甲能力也就越大。

有效射程（effective range）：是指在给定的目标条件和射击条件下，弹丸能够达到规定毁伤概率的射程最大值。近年来，由于坦克上火力控制系统性能不断提高，使火炮能在大于直射距离的范围内迅速对活动目标射击，且能达到较高的命中概率，加之在实战中，地形或

环境条件等与标准条件的差异,即使在直射距离以内,有时仍需随时对射击诸元进行修正,方能命中目标。因此用“有效射程”的标准来取代“直射距离”,更能反映武器火力部分和火控部分的性能,反映射击对目标的作用效果。

高射性 (ability in fire altitude): 是指火炮在最大射角射击时弹丸所能达到最大高度的性能。它是高射炮的重要特征量。射高分最大射高和有效射高。有效射高是指保证必要的毁伤概率实施射击的最大高度。影响有效射高的因素比较复杂,与高射炮所担任的具体防空任务、火炮的口径、弹丸初速、弹丸结构、发射速度、瞄准器材和指挥方式(雷达指挥仪或手动瞄准)以及目标航速和目标要害面积的大小等有关。根据经验,高射炮的有效射高与最大射高的关系为:小口径高炮, $H = (0.3 \sim 0.6)H_{\max}$; 大口径高炮, $H = (0.6 \sim 0.85)H_{\max}$ 。

③ 射击精度是射击准确度和射击密集度的总称。它主要取决于火炮系统的性能、射手的操作水平及外界射击条件等因素。

射击准确度: 是指平均弹着点与目标预期命中点间的偏差,以两点间的直线距离衡量。射击准确度主要与射手操作火炮及有关仪表的状况有关(如目视测距、装定分划、射击操作的稳定性等)。

射击密集度(火力密集度): 指火炮在相同的射击条件下,进行多发射击,其弹着点相对于平均弹着点(散布中心)的集中程度,即弹丸落点分布在最小面积上的性能。对地面火炮,其射击密集度一般用距离中间偏差 E_x 与最大射程 $X_{\max}$ 的比值来表示,正常火炮的 $E_x/X_{\max} = 1/400 \sim 1/200$, 平均的 $E_x/X_{\max}$ 越小,表示射击密集度越好,击毁目标所消耗的弹药量越少。对坦克炮、反坦克炮和高射炮,常以一定距离的立靶密集度来表示,即以方向中间偏差 E_z 和高低中间偏差 E_y 表示,通常其值为 $E_z = 0.2 \sim 0.6$ m, $E_y = 0.2 \sim 0.5$ m, 数值越小,立靶密集度越好。

射击密集度主要与火炮自身的弹道与结构性能、振动情况有关。为提高射击精度,一方面,应对火炮的弹道性能、结构特点及动态特性进行综合分析,以改善火炮的使用性能;另一方面,应加强对射手的射击训练。

④ 速射性指火炮在不改变瞄准装定量度的情况下,单位时间内发射弹丸数量的能力,用射速(发/min)来表示。射速的大小取决于火炮工作方式和自动化程度,与装填、发射等机构和弹药的结构有关。射速一般分为理论射速、实际射速、极限射速和规定射速。

理论射速是指火炮按照其一个工作循环所需要的时间计算得到的射速;实际射速是火炮在战斗使用条件下所能达到的射速;极限射速是指在一定时间内持续射击时,火炮技术性能所允许的最大射速;规定射速是指在规定的时间内,在不影响火炮弹道和技术性能的条件下的射速。规定射击速度的原因是,若火炮以最大射速连续射击,在一定的时间后就会引起身管过热,金属性能下降,膛线磨损加速,从而使火炮很快失去原有的弹道性能;地面压制火炮在急速射击的情况下,不仅身管过热,而且反后坐装置中的液体和气体产生过热现象,使炮身的后坐、复进运动不正常,甚至会引起零件损坏。所以,对射击速度应有所限定,即根据火炮自身的条件(身管发热或制退机内的液体发热的程度)确定。如美国的 M198 式 155 mm 榴弹炮,在炮身上设置有温度超值显示器,以限制射弹的发射速度。表1-2 为某 122 mm 火炮的规定射速。