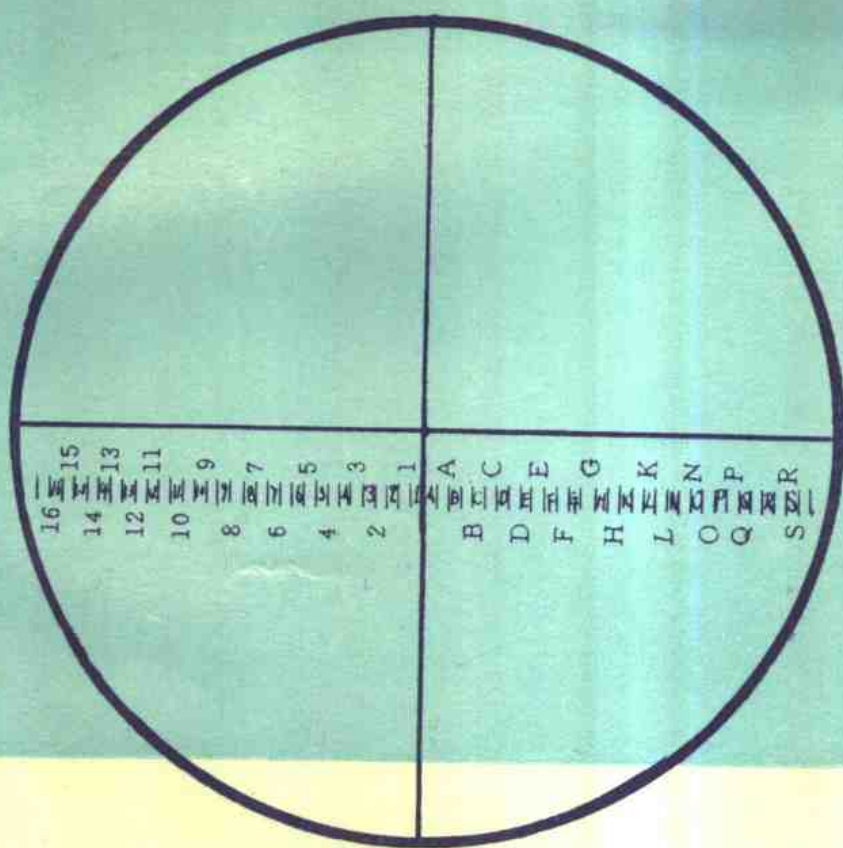


普通高等教育
兵工类规划教材

瞄准仪器 原理与设计

王中民 蔡俊春 孙培家 编著



北京理工大学出版社

瞄准仪器原理与设计

王中民 等 编著

北京理工大学出版社

内 容 介 绍

本书主要介绍瞄准仪器的原理、设计和应用。内容包括：光学瞄准仪器、激光瞄准仪器、微光夜视瞄准仪器、红外热成像瞄准仪器的基本理论和设计计算方法。

本书的特点是，以瞄准仪器的理论为主线，以技术手段为线索分述可见光、激光、微光、红外各种典型瞄准仪器，集光、机、电、算融为一体，便于读者循序渐进学习。

本书为高等学校军用光学仪器专业的主要教材之一，也可供有关厂、所及部队等单位有关人员阅读和参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

瞄准仪器原理与设计/王中民等编著. —北京：北京理工大学出版社，1996

ISBN 7-81045-131-6

I. 瞄… II. 王… III. 瞄准仪器-基本知识-高等学校-教材 IV. TH745.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (96) 第 06963 号

北京理工大学出版社出版发行

(北京市海淀区白石桥路 7 号)

邮政编码 100081 电话：68422683

各地新华书店经售

北京通县向阳印刷厂印刷

*

787×1092 毫米 16 开本 7.75 印张 183 千字

1996 年 8 月第一版 1996 年 8 月第一次印刷

印数：1—1000 册 定价：12.00 元

※图书印装有误，可随时与我社退换※

出版说明

遵照国务院国发〔1978〕23号文件精神，中国兵器工业总公司承担全国高等学校兵工类专业教材的规划、编审、出版的组织工作。自1983年兵总教材编审室成立以来，在广大教师的积极支持和努力下；在国防工业出版社、兵器工业出版社和北京理工大学出版社的积极配合下，已完成两轮兵工类专业教材的规划、编审、出版任务。其出版教材211种。这批教材出版对解决兵工专业教材有无问题、稳定教学秩序、促进教学改革、提高教学质量都起到了积极作用。

为了使兵工类专业教材更好地适应社会主义现代化建设需要，特别是国防现代化培养人才的需要，反映国防科技的先进水平，达到打好基础、精选内容、逐步更新、利于提高教学质量的要求，我们以提高教材质量为主线，完善编审制度、建立质量标准、明确岗位责任，建立了由主审审查、责任编委复审和教编室审定等5个文件。并根据兵工类专业的特点，成立了九个专业教学指导委员会和两个教材编审小组，以加强对兵工类专业教材建设的规划、评审和研究工作。

为贯彻国家教委提出的“抓好重点教材，全面提高质量，适当发展品种，力争系统配套，完善管理制度，加强组织领导的“八五”教材建设方针。兵总教材编审室在总结前两轮教材编审出版工作的基础上，于1991年制订了1991~1995年兵工类专业教材编写出版规划。共列入教材220种。这些教材都是从学校使用两遍以上、实践证明是比较好的讲义中遴选的。专业教学指导委员会从兵工专业教材建设的整体考虑对编写大纲进行了审查，认为符合兵工专业培养人才要求，符合国家出版方针。这批教材的出版必将为兵工专业教材的系列配套，为教学质量的提高、培养国防现代化人才，为促进兵工类专业科学技术的发展，都将起到积极的作用。

本教材由李德熊教授主审，经中国兵器工业总公司光学技术与光学仪器专业教学指导委员会复查，兵总教材编审室审定。

限于水平和经验，这批教材的编审出版难免有缺点和不足之处，希望使用本教材的单位 and 广大读者批评指正。

中国兵器工业总公司教材编审室

1993年11月

序 言

在国民经济第八个五年计划期间，兵器工业总公司组织了各有关兵工专业系列教材的编写工作。教材内容根据各类专业设置和各专业人才培养的要求确定。

“光学技术”专业在八五期间的系列教材包含有摄影仪器、航空瞄准具原理与设计、瞄准仪器、测距仪器、薄膜技术、光学材料与辅料、光学玻璃工艺学、晶体生长工艺学等专题。这些教材配合七五和六五期间出版的教材，组成了该专业的一个比较完整、协调的系列。

每一种系列教材的作者和编写大纲都经过“光学技术”专业指导委员会的委聘和研究讨论，最后由兵工教材编审室审定。

各类光学仪器在国防技术上一直承担着观察、监视方面极为重要的任务；在空间技术方面利用电影经纬仪跟踪拍摄人造天体；在原子能方面利用高速摄影装置拍摄和研究核反应和爆炸的过程；在机械、建筑、材料工业、农业、医学等方面各类光学仪器都是必不可少的。应该说，光学仪器在社会主义建设各个领域中的作用一直十分重要。

解放以来，我国的光学工业得到了蓬勃的发展。在有关学科和技术上都已先后缩短了与国际水平的总差距，有的方面已达到或接近国际先进水平。

光学玻璃方面：无色光学玻璃已能生产 18 种类型计 135 种牌号；有色光学玻璃生产类型有硒镉着色玻璃、离子着色的选择性吸收玻璃和中性玻璃等；特种光学玻璃有耐辐射光学玻璃、防辐射光学玻璃、透红外光学玻璃、透紫外光学玻璃、超低膨胀玻璃以及种种光学功能玻璃等等。

光学晶体方面经过几十年的研究，已能成功地制造透紫外晶体、透红外晶体、偏振晶体闪烁晶体、窗口材料、激光晶体、电光晶体、声光晶体和变频晶体。

对光学塑料的研究我们起步略晚，光学性能的研究范围比起光学玻璃来尚有较大的局限性，但是光学塑料已正式开始用于望远镜目镜系统以及低档摄影镜头中。

为了满足近代光学发展的需求，我国已能生产梯度折射率光学材料，为光学材料开拓了新的使用领域。

光学零件冷加工正向两个方向不断发展：一方面是更高的生产率，另一方面是更高的精度。

在高效生产方面，中等精度的透镜、棱镜已经正式采用大批量生产方法。使用金刚石磨轮的铣磨、使用金刚石精磨片的高速精磨、聚胺酯抛光、使用固着磨料抛光片的抛光、机械法定心磨边等工序均已能达到比较稳定的生产。

高效生产所使用的辅料，例如人造金刚石，采用粉末冶金法制造金刚石磨轮和精磨片，固着磨料抛光片，聚胺酯片，氧化铈抛光粉，新型冷却液等都已正式用于生产。但是在产品的系列化方面和质量的稳定性方面，与国际当前水平相比尚不免存在一定差距。

在高精度加工方面，大型球面加工和非球面加工上采用了计算机控制抛光；在高精度平面镜和棱镜加工上采用了环形抛光；此外光学零件的复制技术也已普遍地用于生产。

真空镀膜采用了离子束蒸发技术和反应蒸发技术，可以镀制从真空紫外到远红外的各个

光谱区域的多层光学薄膜。并采用了计算机辅助设计，向自动化方向发展。

精密刻划方面，成功地采用了光刻法、莫尔条纹定位、激光干涉条纹定位、全息照相、离子蚀刻等技术，制作出例如 21 位编码盘和全息闪耀光栅等精密刻划元件。

纵观我国的光学技术，包括军用光学仪器和光学材料、光学零件的制造工艺，经历了多年来的进展，都已经陆续进入了更高的发展阶段。总结过去，展望未来，迎接二十一世纪的挑战，是兵工系列教材编写时的要旨。相信系列教材的问世，也无疑将促进光学工业的进一步发展。

前 言

本书是军用光学仪器专业的主要教材之一。在学习本课程之前，应学过应用光学、仪器零件与部件、电学及计算机等课程，具有光、机、电、算方面的基础知识。

本书由《光学技术专业教学指导委员会》定为军用光学专业的兵工系列教材。分为基础理论和典型仪器两部分。基础理论是指瞄准仪器设计共同遵守的基本原理、设计思想、计算方法等。第一章着重论述瞄准仪器的基础知识，第二章讲述光学瞄准仪器，第三章激光瞄准仪器，第四章微光夜视、红外热成像瞄准仪器。

本书的特点是以基本理论为主线，以技术手段为线索分述可见光、微光、红外、激光各种典型的瞄准仪器，集光、机、电、算融为一体，形成一个完整的瞄准体系。

本书第一章由蔡俊椿副教授执笔，第一章中的光学系统、第二章中的光学系统的特点，分划的计算和稳像瞄准镜由孙培家教授执笔，内容介绍、前言、目录、第二、三、四章以及参考文献均由王中民副教授执笔。

本书主审为北京理工大学李德熊教授，责任编委为中国人民解放军石家庄军械工程学院程守澄教授。

由于编著者水平有限，尤其受经济条件的制约，很多必要的工作无法开展，加之资料不足，书中错误和不足之处在所难免，望专家读者批评指正。

编 著 者

1995年1月于南京

目 录

第一章 瞄准仪器的基础知识	(1)
§ 1.1 火炮射击瞄准原理	(1)
§ 1.2 火炮瞄准具原理	(3)
§ 1.3 光学瞄准仪器的构造原理	(6)
§ 1.4 瞄准精度的分析与计算	(11)
第二章 光学瞄准仪器	(16)
§ 2.1 直接瞄准仪器	(16)
§ 2.2 间接瞄准仪器	(31)
§ 2.3 炮用瞄准镜	(44)
§ 2.4 行进间射击稳像瞄准镜	(55)
§ 2.5 测瞄合一瞄准镜	(57)
第三章 激光瞄准仪器	(60)
§ 3.1 激光瞄准具	(60)
§ 3.2 激光瞄准具的激光器	(63)
§ 3.3 激光测距仪与瞄准镜的组合	(67)
第四章 微光夜视红外瞄准仪器	(73)
§ 4.1 基本原理	(73)
§ 4.2 轻武器系统微光瞄准仪器	(92)
§ 4.3 红外热成像瞄准仪器	(97)
附录 一种稳像瞄准镜的稳像原理	(110)
参考文献	(113)

第一章 瞄准仪器的基础知识

§ 1.1 火炮射击瞄准原理

1.1.1 瞄准的实质与种类

一、瞄准的实质

火炮在射击时，为了命中目标，必须使火炮发射炮弹的平均弹道通过目标。要使火炮发射炮弹的平均弹道通过目标，发射前必须操纵火炮，使其炮身轴线在空间处在平均弹道通过目标的位置上。操纵火炮使其炮身轴线在发射前处在这一特定空间位置的过程，称为火炮的射击瞄准。

二、瞄准的种类

根据目标的性质与射击条件，瞄准的方法不同，瞄准可分为：

(1) 直接瞄准——在瞄准过程中，对目标直接进行瞄准。此种瞄准用于在暴露阵地或隐蔽阵地向可以看得见的目标进行瞄准射击。

(2) 间接瞄准——在瞄准过程中，是借助于特别选定的瞄准点作为辅助目标来进行瞄准。在间接瞄准时，瞄准手只要看到瞄准点，而毋须看到要射击的目标。一般在火炮处于隐蔽阵地，目标不能直接看见或看不清楚的时候，采用间接瞄准方法。

瞄准时，火炮炮身轴线在空间的位置可由两个角度参量（水平角和垂直角）确定，因此按操纵火炮的瞄准过程，瞄准又可分为：

(1) 水平瞄准——使炮身轴线在水平面内指向一定的方向；水平瞄准也称为方向瞄准。

(2) 垂直瞄准——使炮身轴线在垂直面内处于一定的俯仰；垂直瞄准也称为高低瞄准。

按完成瞄准的技术条件，瞄准还可分为：

(1) 不分离的瞄准——利用一条定向线（瞄准线或周视瞄准镜的光轴）使炮身轴线在空间占有特定的位置。

(2) 分离的瞄准——利用两条定向线使炮身轴线在空间占有特定的位置，例如水平瞄准利用周视瞄准镜的光轴或其它瞄准线，而垂直瞄准利用水准器。

此外，按目标的运动特性瞄准还可分为：

(1) 对固定目标的瞄准。

(2) 对活动目标的瞄准。

1.1.2 瞄准原理

表示火炮发射瞬间弹丸的平均弹道正好通过目标时, 炮身轴线与目标之间应具有的空间几何关系图形, 称为瞄准图。显然, 瞄准就是构成瞄准图, 瞄准原理可由瞄准图来阐明。

一、直接瞄准

设火炮 O 与目标 M 位于同一水平面上, 此种情况的直接瞄准图如图 1-1 所示。图中联线 OM 为炮目线, 因直接瞄准时目标 M 为瞄准点, 故 OM 线也是瞄准线。直线 OC 为炮身轴线, 也称为射线。炮身轴线 OC 在空间的位置由两个条件决定:

(1) 必须考虑到炮弹所走的弹道由于重力而下降, 因此必须在垂直面内将炮身轴线抬起一个角度, 即必须赋予火炮一个垂直瞄准角 α (实际应用中简称为瞄准角, 也称为高角)。

(2) 必须考虑到炮膛内一般具有的右旋来复线(膛线)所造成的弹道向右偏斜的偏流现象, 因此在水平面内必须使炮身轴线预先向左偏一个偏流角, 即必须赋予火炮一个水平瞄准角 δ (或称侧向瞄准角)。

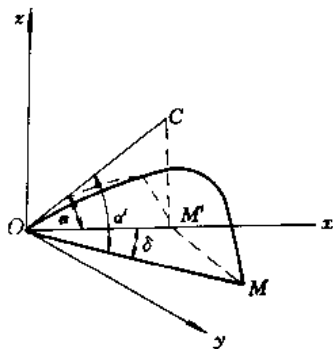


图 1-1

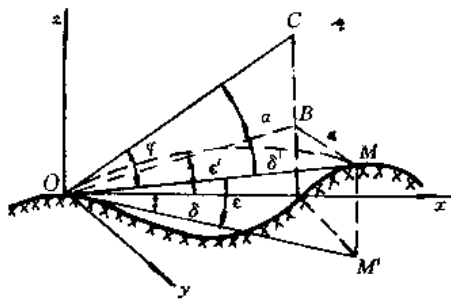


图 1-2

实际情况中目标不一定与火炮在同一水平面上, 这时的直接瞄准图如图 1-2 所示。图中目标 M 高于火炮 O , 炮目线 OM 与水平面的夹角 ϵ 称为炮目高低角, 炮身轴线 OC 与水平面的夹角 φ 称为射角, 炮目面(过炮目线 OM 的垂直面)与射面(过炮身轴线 OC 的垂直面)的夹角 δ 称为水平瞄准角, 角 α 为瞄准角, 角 δ' 为偏流角, 角 ϵ' 是炮目高低角 ϵ 在射面上的投影。

炮身轴线的空间位置由射角 φ 和水平瞄准角 δ 确定。在图 1-2 中, $\varphi = \alpha + \epsilon'$ 。当目标低于火炮即炮目高低角为负时, $\varphi = \alpha - \epsilon'$ 。

由于偏流角 δ' 很小, 使得 ϵ 与 ϵ' 相差不大, 故在实际应用中射角可按 $\varphi = \alpha \pm \epsilon$ 装定。

当 $\epsilon \neq 0$ 时, 偏流角(侧向瞄准角) δ' 与水平瞄准角 δ 不等, 但由于两者相差不大, 实际应用中仍按偏流角来装定水平瞄准角。

对应于不同火炮、不同弹药和不同射程的瞄准角和偏流角, 可由相应的射表中查得。

二、间接瞄准

图 1-3 是对固定目标射击时的间接瞄准图。图中 M

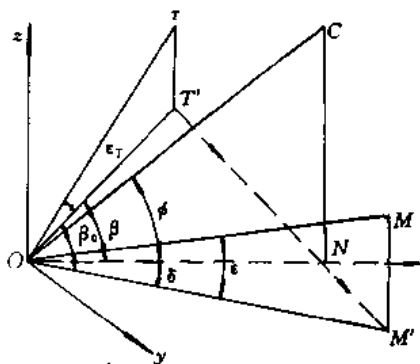


图 1-3

为目标, T 为特别选定的辅助瞄准点。由于间接瞄准时瞄准点不是被射击的目标, 因此其瞄准线 OT 与炮目线 OM 不重合。

间接瞄准时炮身轴线 OC 的空间位置, 在垂直面内与直接瞄准相同, 即射角按 $\varphi = \alpha \pm \varepsilon$ 装定; 在水平面上则与直接瞄准不同, 它是按瞄准面 (过瞄准线的铅垂面) 与射面之间的夹角 β 来装定。角 β 称为方向瞄准角。图中, $\beta = \beta_0 - \delta$ 。 β_0 是瞄准面与炮目面之间的夹角, 称为方向炮瞄角。当瞄准点 T 选在炮目面的右侧时, $\beta = \beta_0 - \delta$ 。

三、对运动目标的射击瞄准

对运动目标的射击采用的是直接瞄准方法。但由于在炮弹飞行时间内目标是不断运动的, 所以炮口瞄准的点必须不是目标的现在点 (发射瞬间目标的所在点), 而应该是目标的未来点 (经炮弹飞行的时间后, 目标预期达到的位置)。显然, 对运动目标瞄准射击的实质是使炮弹与运动目标在预定的时间后, 在预定的空间一点相遇。

图 1-4 为对运动目标射击的瞄准图。图中 O 为火炮, M 为目标现在点, M_y 为目标的未来点, D 为目标现在点斜距离, ε 为现在点炮目高低角, λ 为目标仰冲角, q 为目标航路角。

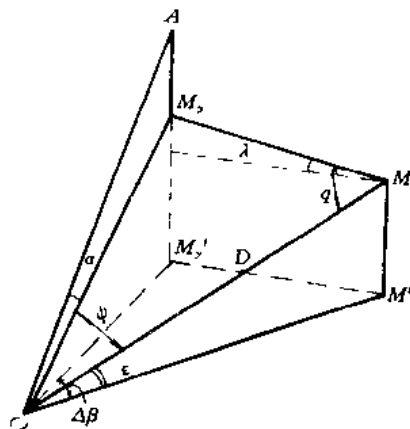


图 1-4

为了命中目标, 炮身轴线应指向 A 点, OA 相对于炮目线 OM 的正确位置取决于目标提前修正量 (前置角) ψ 或其水平投影 $\Delta\beta$ 和瞄准角 α 。 ψ 和 α 根据目标的现在点坐标参量计算求出。这些计算都必须在瞬间之内完成, 因为 ψ 和 α 是随时变化着的。

§ 1.2 火炮瞄准具原理

1.2.1 瞄准具的作用与分类

瞄准具是火炮的瞄准仪器和装置, 它的作用是指引火炮实施瞄准。

瞄准具按基本瞄准装置的作用原理可分为:

(1) 机械瞄准具: 瞄准具由准星和照门所组成, 它利用照门、准星和瞄准点三点在一视线上的原理进行瞄准。

(2) 光学 (包括红外线) 瞄准具: 这种瞄准具采用光学原理瞄准。在军用光学仪器中, 常把这类瞄准具称为瞄准镜。

瞄准具按与炮身联系的方法不同可分为:

(1) 非独立式瞄准具: 在垂直瞄准的过程中, 当操作火炮的高低机时, 整个瞄准具和炮身轴一起在垂直面内摆动。

(2) 独立式瞄准具: 这种瞄准具并不是直接与炮身相联系, 在火炮高低瞄准的过程中, 当

操作火炮的高低机时,瞄准具本身保持不动。

(3) 目镜不动的瞄准具:瞄准具的个别部分与炮身相联系,当操作火炮的高低机时,瞄准镜的目镜保持不动。

瞄准具按瞄准线在垂直面内的位置又可分为:

(1) 非独立瞄准线式瞄准具:在这种瞄准具上装定瞄准角或炮目高低角时,瞄准线的位置有所改变,所有非独立式瞄准具都是如此。

(2) 独立瞄准线式瞄准具:这种瞄准具在装定瞄准角或炮目高低角时,瞄准线始终保持不变的位置。因此在间接瞄准时,不论有无炮目高低角的装定,周视瞄准镜的测角盘始终保持水平位置。带有指针和高低角机构的瞄准具属于此类。

(3) 半独立瞄准线式瞄准具:在这种瞄准具上装定瞄准角时,瞄准线的位置并不改变,但在装定炮目高低角时,瞄准线的位置有所改变。带有指针和以侧向水准器为高低角机构的瞄准具属于此类。

1.2.2 瞄准具原理

一、非独立瞄准线式瞄准具

这种瞄准具多用于直接瞄准或小口径火炮的间接瞄准,例如机枪、迫击炮、及坦克炮等。瞄准具的原理如图 1-5 所示。瞄准具的指针 1 和瞄准具主轮 6 相连接。转动手轮 4 装定炮目高低角,这时侧向水准器 8 倾斜 ϵ 角。转动手轮 3 装定瞄准角,这时瞄准具本体 2 与周视瞄准镜 7 一起绕不动的主轮 6 转动 α 角。两次转动后侧向水准器轴线共倾斜一射角 $\varphi = \alpha \pm \epsilon$ 。再转动手柄 5 使水准气泡居中,同时瞄准具的指针亦转动了 φ 角。当操作火炮的高低机使火炮的指针 9 与瞄准具指针 1 重合时,便将射角 φ 传给了火炮。

二、半独立瞄准线式瞄准具

这种瞄准具的原理如图 1-6 所示。转动手轮 3 装定瞄准角,这时瞄准线的位置并未改变,而仅是瞄准具指针 1 相对于零位转动 $-\alpha$ 角。转动手轮 4 装定炮目高低角,这时侧向水准器 7 轴线倾斜 $-\epsilon$ 角。再转动手轮 5 使水准气泡居中,这时瞄准线倾斜 ϵ 角,而瞄准具指针 1 相对于零位共转动一射角 $\varphi = \alpha \pm \epsilon$ 。当操作火炮的高低机使火炮上的指针 8 与瞄准具指针 1 相重合时,即完成了高低瞄准。

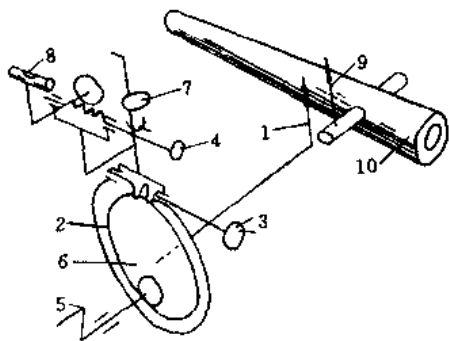


图 1-5

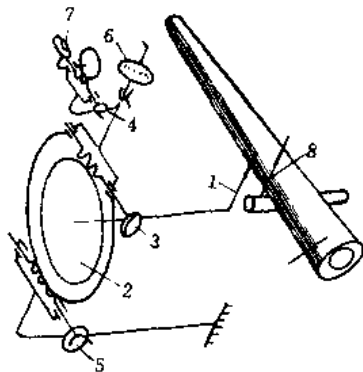


图 1-6

三、独立瞄准线式瞄准具

瞄准具原理如图 1-7 所示。转动手轮 3 装定瞄准角时，瞄准具指针 1 转动 $-\alpha$ 角。转动手轮 6 装定炮目高低角时，由于螺杆 5 的回转使蜗杆 4 发生平移，从而使瞄准具主轮 2 和指针 1 一同转动 ϵ 角。这样，瞄准具指针 1 相对于零位共转动的角度为 $\varphi = \alpha \pm \epsilon$ 。当操作火炮的高低机使火炮上的指针与瞄准具的指针重合时，便将射角 φ 传给了火炮。手轮 8 是用来校正瞄准具零位的。

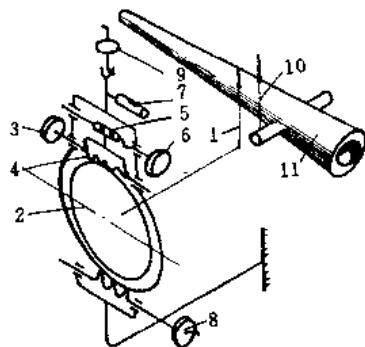


图 1-7

四、摆动式瞄准具

无论带何种瞄准具的火炮进行直接瞄准时，必须使瞄准角的平面在瞄准完毕时处于垂直状态，才能正确地标定炮身轴线在空间的位置。进行间接瞄准时，装定射角的平面也必须处于垂直位置。在摆动瞄准具中，是通过绕平行于炮膛轴线的直线摆动整个瞄准具或其某个机件使瞄准角平面处于垂直状态的。

摆动瞄准具一般分为两种类型。一种是非独立式摆动瞄准具，它的轴直接与炮耳轴固定在一起，当火炮摆动时瞄准具也随着摆动。另一种是独立式摆动瞄准具，它是用轴管套在炮耳轴上，而瞄准具本体则与上架相连接，火炮的摆动并不影响瞄准具的位置。

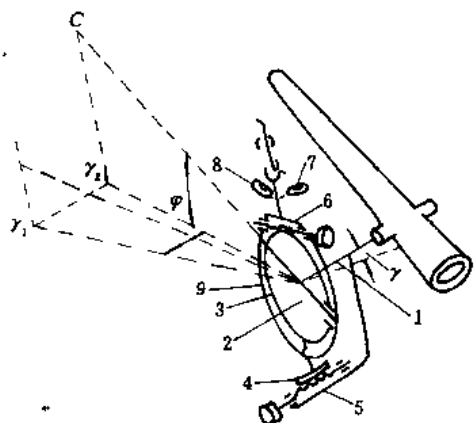


图 1-8

图 1-8 是非独立式摆动瞄准具的原理图。瞄准具轴 1 与火炮的起落部分固定在一起，在瞄准具轴上固定着两个枢轴 2，枢轴的轴与炮膛轴线平行。圆柱环 3 借助炮耳与瞄准具轴 1 联结在一起，在圆柱环的表面有蜗轮齿。瞄准具本体 9 安装在圆柱环 3 上，瞄准具本体上又固定着周视瞄准镜和水准器 7 及 8 的座。在本体内部装着与圆柱环 3 的齿相啮合的蜗杆 6，转动蜗杆 6，可以装定瞄准角（在直接瞄准时）或射角（在间接瞄准时）。此时，瞄准具的本体使和周视瞄准镜及瞄准具的水准器一起绕着圆柱环 3 的轴转动，但圆柱环本身保持不动。齿弧 4 直接与圆柱环固定在一起，转动与齿弧 4 相啮合的蜗杆 5 时，圆柱环 3、瞄准具本体、周视瞄准镜及水准器一起绕枢轴 2 摆动。这样当炮耳轴倾斜 γ 角时，转动蜗杆 5 使瞄准具绕枢轴 2 转动，即可使装定瞄准角或射角的平面处于垂直位置。水准器 7 称为倾斜水准器，它用来检查这个平面的位置是否正确。

§ 1.3 光学瞄准仪器的构造原理

1.3.1 光学系统

瞄准仪器中的光学系统可分为准直式系统和望远式系统两类。下面分别介绍。

一、准直式系统

准直式系统如图 1-9 所示。它主要由物镜、分划板及一块倾斜 15° 放置的平行玻璃板构成。平行玻璃板镀以分光膜,称为分光镜。分划板位于物镜的焦面上。分划板上的分划由光源照明。自分划板分划发出的光线经物镜出射成为平行光束,再经分光镜反射至右方到达人眼,于是瞄准手可看清分划。另一方面,自左方远处目标发出的光束也经分光镜透射到达瞄准手眼睛,于是瞄准手可同时看清楚远处目标和分划、实施瞄准。这种准直式系统结构简单、观察视场不受限制。但因对目标不具有放大作用,对远处目标不易看清,瞄准精度难以提高。多用于高炮和高射机枪上。

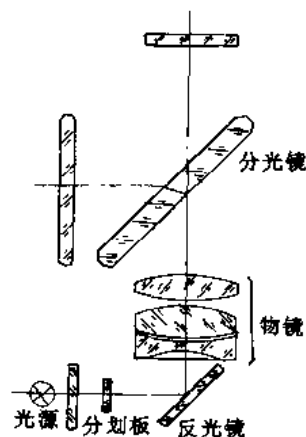


图 1-9

二、望远式系统

望远式系统主要由物镜、目镜和分划板组成。分划板位于物镜和目镜的焦面上。为了得到目标的正像,还需在系统中加一转像系统。转像系统有棱镜转像和透镜转像两种。棱镜转像系统还同时有转折光路的作用。有时是由棱镜和反射镜共同构成转像系统。透镜转像系统是适用于瞄准镜长度较长的情况。一些典型的瞄准镜光学系统如图 1-10 所示。

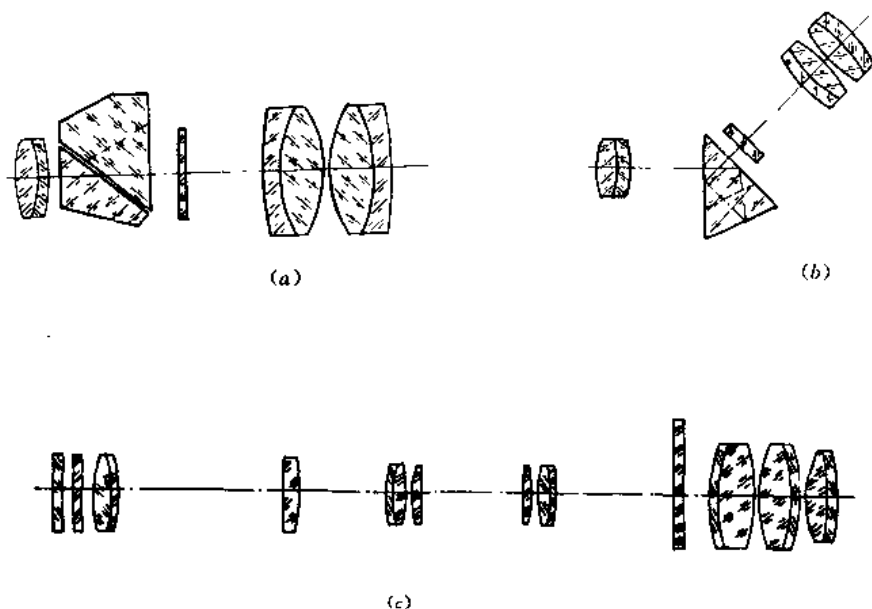


图 1-10

望远式系统的光学性能参数有：

1. 放大率

放大率（又称倍率）是瞄准镜的主要光学特性。增大瞄准镜的放大率可提高对远方目标细节的分辨能力，提高瞄准精度。也可对更远的目标实施观察、瞄准。但放大率也不能太大，放大率的增大会使瞄准镜的体积及重量加大。也会使瞄准镜的其它光学性能参数如视场、出瞳直径等减小。另一方面，由于安装在兵器上的瞄准镜可能会产生振动以及大气的抖动，大倍率瞄准镜中目标的像也会产生抖动而显得模糊不清，不易实施瞄准。放大率的取值主要根据瞄准镜适用的最大射程确定。射程远，即目标远，放大率可适当大些，反之则可小些。一般瞄准镜的放大率在 $1^{\times} \sim 5.5^{\times}$ 之间。

2. 视场

瞄准镜的视场决定其观察与瞄准的范围。一般视场越大越好。视场大有利于搜索和捕捉目标。特别是对于运动目标，当其位于较近距离时，为了在瞄准过程中不使目标跑到视场之外丢失目标需要较大的视场。但在望远系统中视场的增大是有一定的限制的。因为望远镜视场角 ω 与像方视场（即目镜的视场角） ω' 之间有如下关系：

$$\operatorname{tg} \omega' = F \operatorname{tg} \omega \quad (1-1)$$

而像方视场角 ω' 因受目镜结构限制多在 $20^{\circ} \sim 60^{\circ}$ 之间。这样对于一定的放大率 F ，视场角就受到限制而不能太大。瞄准镜的视场一般在 $9^{\circ} \sim 12^{\circ}$ 之间。只有对于放大率很低的瞄准镜才能有大的视场。

3. 出瞳直径

使用瞄准镜瞄准时人眼瞳孔应与瞄准镜的出瞳位置大致重合才能看清整个视场。若人眼瞳孔偏离出瞳位置则易丢失目标。另一方面当出瞳直径小于或等于人眼瞳孔时使用瞄准镜观察瞄准时目标像的亮度与出瞳直径的平方成正方，即出瞳越大看起来越亮。但望远镜的出瞳直径 d 、入瞳直径 D 及放大率之间有以下关系：

$$D = Fd \quad (1-2)$$

在一定倍率下，出瞳直径 d 越大，入瞳直径 D 也越大。这将导致瞄准镜的物镜及整体尺寸和重量加大。因而瞄准镜的出瞳直径的大小也受到限制，一般为 $2.5 \sim 6\text{mm}$ 。夜间用瞄准镜可达 8mm 。

4. 出瞳距离

出瞳距离是出瞳到目镜透镜表面的距离。用瞄准镜瞄准时人眼瞳孔应和仪器的出瞳位置重合，如果瞄准镜的出瞳距离过短，人眼就会碰到目镜。为此，瞄准镜的出瞳距离不应小于 10mm 。此外，为避免步枪和火炮在射击产生后坐时撞伤人眼，也要求有较长的出瞳距离。有时还要戴防毒面具使用瞄准镜，也需要出瞳距离长些，一般瞄准镜的出瞳距离在 $25 \sim 30\text{mm}$ 范围内。有特殊要求的可达 $50 \sim 80\text{mm}$ 。

5. 分辨率

分辨率是瞄准镜分辨远方目标细节的能力。以恰能分辨的远方目标上两点对瞄准镜物镜的夹角（秒）表示。分辨率高则瞄准精度也高。理想成像情况下，瞄准镜物镜的分辨率 α 与瞄准镜的入瞳直径 D 有如下关系：

$$\alpha = \frac{140}{D} \quad (") \quad (1-3)$$

一般情况下入瞳直径就等于物镜口径，故增大物镜口径可提高分辨率。当物镜成像质量不高时，其分辨率将较理想成像时降低。物镜能分辨的目标上两点对物镜的夹角值一般只有几秒，即物镜的分辨率通常是很高的，而人眼的极限分辨角约为 $60''$ ，只有当望远系统的放大率 $\Gamma \geq 60/\alpha$ 时，人眼通过瞄准镜观察才能分辨目标上与 α 相对应的两点。

1.3.2 瞄准角机构

一、直接瞄准仪器中的瞄准角机构

在光学瞄准仪器中，分划板上的瞄准标志点同物镜后主点的连线在物空间对应的射出线，称为瞄视线。瞄视线在垂直面内的方位变化，可用于直接瞄准仪器中的瞄准角装定，瞄视线在水平面内的方位变化，可用于直接瞄准仪器中的侧向瞄准角装定。当瞄准完成时，瞄视线通过目标，瞄视线也就代表瞄准线。

在直接瞄准镜中一般采取两种装定瞄准角（即高角）的方式：一种是固定分划板和物镜，在分划板上的纵向刻制一系列点（十字刻线的交点），通过每一个点与物镜后主点的连线对应地表示一定高角的瞄视线；另一种是固定物镜，沿高低方向移动分划板，在分划板上取一个特定位置点与物镜后主点的连线表示零位瞄视线，当分划板沿高低方向移动后，该特定点与物镜后主点的连线同零位瞄视线之间的夹角即表示瞄准角。

移动分划板式的瞄准角装定，可用两个互相垂直的一自由度导轨叠合在一起的机构来实现。其中一个导轨的滑块引入瞄准角，同时此导轨又作为另一导轨的滑块引入侧向瞄准角。

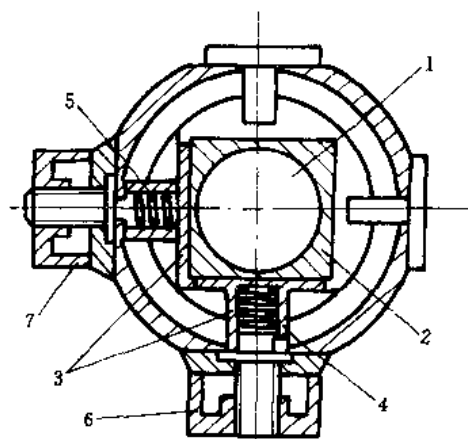


图 1-11

图 1-11 是经常采用的一种瞄准角机构。刻有十字分划的平面玻璃板 1 置于框架 2 中（有时不采用在玻璃板上刻十字分划，而采用毛发或细金属丝直接固定在框架 2 上构成十字线），框架 2 上有两条互相垂直的槽，在此沟槽中装有带凸缘的螺母 3，凸缘的形状与沟槽相同。当螺杆 4 转动时，十字线和框架一起在垂直方向移动，实现瞄准角装定。当转动螺杆 5 时，框架和十字线一起向侧向移动，实现侧向瞄准角装定。此机构的瞄准角分划环 6 上的瞄准角分划按下式计算。

$$\beta = \frac{h360}{t} \quad (1-4)$$

式中： h 为对应于某一瞄准角的十字线直线移动量；

t 为螺杆螺距；

β 为瞄准角分划环转角。

二、间接瞄准仪器中的瞄准角机构

所有间接瞄准镜均采用分划板中心同物镜后主点的连线在物空间的射出线作为瞄视线，

因此瞄准视线同仪器的光轴相重合。小口径火炮间瞄镜上多用机械式俯仰角机构，即通过机械传动使整个瞄准镜管在高低方向偏移；在大口径火炮间瞄镜上常用光学方式构成俯仰角，即使瞄准镜光学系统的个别棱镜或反光镜在高低方向偏转来构成俯仰角。机械式俯仰机构的缺点，是瞄准镜的目镜部分要随着镜管俯仰而在高低方向移动，不便于瞄准。采用光学方式俯仰机构，目镜部分可在高低方向保持不动，便于瞄准。

间瞄镜中射角的装定由射角机构来实现。射角机构包括两个部分：一个是用于装定高角的高角机构；另一个是装定炮目高低角的炮目高低角机构。这部分的结构原理可参看瞄准具原理一节。

间接瞄准仪器方向瞄准角机构，采用的是周视机构，这是因为它的工作范围为 360° 。周视机构有机械周视机构和光学周视机构。机械周视机构进行周视时，目镜随镜管一起周转，瞄准手必须跟着跑圆圈。这种周视方法只能用于象迫击炮这类火炮上，而对有防盾的火炮则不适用。光学周视机构周视时，只需光学系统中起周视作用的棱镜（或反光镜）转动，而目镜部分可以保持不动，从而克服了机械周视机构存在的缺点。

1.3.3 瞄准仪器同火炮的连接

一、连接要求

在瞄准的过程中，当操作火炮的方向机时，要求所有的瞄准仪器和炮身一起在水平面内转动，瞄准仪器不允许配置在与火炮炮身方向运动无关的地方。至于在垂直面内操作火炮的高低机进行高低瞄准时，则瞄准仪器可跟着一起动，也可不跟着动，视射角传予火炮的方式而定。

为了更好地保护瞄准仪器，一般在训练完毕和战斗结束后，应立即从火炮上取下仪器放入专用箱内保存。为此则要求瞄准仪器与火炮的连接要易于装卸，而且在多次装卸的情况下仍能保持连接的牢靠性和定位精度。

二、连接方式

一般说来，瞄准仪器与炮身之间的连接方式有三种。

(1) 非独立式连接：这种连接是操作火炮的高低机时，整个瞄准仪器和炮身一起在垂直面内转动。

(2) 独立式连接：这种连接瞄准仪器并不是直接与炮身相联系，在火炮高低瞄准的过程中，瞄准仪器本身保持不动。

(3) 半独立式连接：这种连接是仪器的一部分同炮身相连接，随同炮身一起俯仰转动，而另一部分则固定不动。

直接瞄准仪器同火炮之间的连接一般均采取非独立连接方式，比如56式85加农炮瞄准镜。半独立式连接方式则应用在折叠式直瞄镜中，比如59式100mm坦克瞄准镜。独立式连接方式在瞄准仪器中现在较少采用。

三、瞄准仪器在火炮上的固定方法

非独立式连接在火炮上的固定方法有两种形式。一种是固定在炮耳轴上，另一种是固定