

指揮儀理論基础和 設計原理

Л. И. 普列斯努欣

Л. А. 謝列勃罗夫斯基, Л. Б. 尤金

合 著

國防工業出版社

指揮儀理論基础和 設計原理

Л. Н. 普列斯努欣

Л. А. 謝列勃罗夫斯基, Л. Б. 尤金

合 著

曹承康, 郑士贵 合譯

張兆华 校

國防工業出版社

內 容 簡 介

本书向讀者介绍了指揮仪基本工作的理論基础和設計原理，討論了由人操纵連續測量目标現在位置的跟踪系統和确定目标运动参数及平滑在測量目标現在坐标过程中得到誤差的微分平滑裝置。闡述了归結为利用随动系統联立解方程組的解决令中問題的方法和介绍了关于彈道函数及解这些函数的各种裝置的知識。

本书系高等技术学校学习用教科书，并有益于工业部門和科学研究机关的工程技术工作者。

ГОСМАРШЕНННЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ
ИЗДАТЕЛЬСТВО

Л. Н. Преснухин, Л. А. Серебровский, Д. Б. Юдин
ОБОРОНГИЗ 1960

指揮仪理論基础和設計原理

曹承康、郑士貴 合譯

國防工業出版社 出版

北京市书刊出版業登記證出字第 074 号

新华书店北京发行所发行 各地新华书店經售

国防工业出版社印刷厂印裝

850×1168¹/₃₂ 印張 8³/₁₆ 209 千字

1963 年 5 月第一版 1965 年 11 月第二次印刷 印数：0,901—2,350 册

統一书号：15034·643 定价：(科六) 1.20 元

指揮儀理論基础和 設計原理

Л. Н. 普列斯努欣

Л. А. 謝列勃罗夫斯基, Л. Б. 尤金

合 著

曹承康、邦士貴 合譯

張兆華 校

國防工業出版社

內 容 簡 介

本書向讀者介紹了指揮儀基本元件的理論基礎和設計原理，討論了由人操縱車壇測量目標現在座標的跟蹤系統和確定目標運動參數及平滑在測量目標現在座標過程中得到的誤差的微分平滑裝置。闡述了歸結為利用隨動系統聯立解方程組的解決命中問題的方法和介紹了關於彈道函數及解這些函數的各種裝置的知識。

本書系高等技術學校學生用教科書，並有益於工業部門和科學研究機關的工程技術工作者。

ГОСМАРШТВЕННЕС НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ
ИЗДАТЕЛЬСТВО

Л. Н. Преснухин, Л. А. Серебровский, Д. Б. Юлян
ОБОРОНГИЗ 1960

指揮儀理論基礎和設計原理

曹承康、鄭士貴 合譯

國防工業出版社 出版

北京市書刊出版業營業許可證出字第074號

新華書店北京發行所發行 各地新華書店經售

國防工業出版社印刷廠印裝

850×1168 $\frac{1}{32}$ 印張 8 $\frac{3}{16}$ 209 千字

1963年5月第一版 1965年11月第二次印刷 印數：0,901—2,350冊

統一書號：15034·643 定價：(科六) 1.20元

目 录

序言	5
----	---

第一章 概論

§ 1 本教程的目的和任务	7
§ 2 指挥仪的发展史	8
§ 3 术语和符号	8
§ 4 测量单位	12
§ 5 火炮射击指挥仪系统解决的任务	12
§ 6 火炮射击指挥仪系统的组成及其在战斗对象上的配置	14
§ 7 火炮射击指挥仪和火炮装置是统一的动力系统	18

第二章 目标的现在座标, 现在座标的 测量及其引入于仪器

§ 8 发现目标和目标指示	21
§ 9 座标系	22
§ 10 目标座标的测量和引入于仪器的方法	33
§ 11 跟踪系统的参数和描写跟踪系统各个元件工作的方程式	41
§ 12 目标座标的测量误差及其与跟踪系统各参数的关系	48
§ 13 人在操纵跟踪系统时可能消耗的功率	57
§ 14 传动装置的计算	60
§ 15 指示装置参数的选择	72
§ 16 跟踪系统各元件的相互配置	82
§ 17 跟踪系统计算的举例	84
§ 18 座标的变换	91

第三章 目标运动参数的确定

§ 19 目标运动参数	99
§ 20 确定目标运动参数的部件的特性	104
§ 21 确定不随时间改变的目标运动参数的装置	115

§ 22 不变的目标运动参数中的誤差的統計特性	134
§ 23 微分平滑装置中的最佳平滑方法的选择	138
§ 24 微分平滑装置观察時間的选择	145
§ 25 最佳重量函数的逼近	148
§ 26 微分平滑装置的綜合	154
§ 27 微分平滑装置的計算	163
§ 28 随時間改变的参数的平滑	172

第四章 解决炮弹与目标的命中問題

§ 29 命中問題的实质	176
§ 30 命中問題的原始方程式	181
§ 31 几个随动系統的协同工作	185
§ 32 火炮射击指揮仪随动系統协同工作的分析	189
§ 33 几个随动系統协同工作时的穩定性和相互影响系数	199
§ 34 解命中問題的合理方程式	204
§ 35 火炮射击指揮仪輸入諸元的誤差对解命中問題的精度的影响	209

第五章 彈道諸元和修正量

§ 36 彈道諸元	217
§ 37 火炮射击指揮仪中所計算的修正量	221

第六章 指揮仪理論的补充問題

§ 38 关于指揮仪的品质指标	230
§ 39 控制中的博奕論	235
§ 40 火炮射击指揮仪理論的补充問題	238
§ 41 火炮射击指揮仪理論中各个問題的应用范围	240
附录 1	243
附录 2	245
附录 3	248
附录 4	252
附录 5	253
附录 6	257

序 言

本书以机械制造和动力高等技术学校用教科书的形式，阐述了指挥仪最重要部件的理论基础和设计原理。

在解决总的炮弹与目标命中问题时，应把观察运动目标和确定它的座标认为是第一个局部性问题，这些座标作为解决指挥的所有其他问题的输入诸元。这个问题由本书的头两章加以讨论。

可以把座标变换为更适合于工作的座标系认为是开始控制阶段的第二个局部性问题。减小系统中仪器总数的倾向有时就造成整个指挥问题从头至尾在进行初始观察的那个座标系中解决。但是，这种简化往往招致确定未知数的方程式复杂化。

为了解决以下的一些局部性问题，有时必须计算目标所经过的路程，而为此又必须确定目标的运动速度。在这种情况下，除一般的目标变化座标的微分之外，往往还必须注意被确定参数变化的平稳性，即必须注意速度值或根据这些速度值所算出的目标位移长度的平滑。本书第三章讲到平滑过程的理论，即在设计控制系统时最合理的平滑方法的选择。

在第四章中阐述了解决命中问题。命中问题的解决在于利用所谓的“随动”系统通过机械求解具有三个未知座标的三个方程式的方程组。在设计这种系统时，主要问题在于尽可能地减弱它们的相互关系。若是三个各包含一个未知数的独立方程式的方程组，则为理想方程组。在列写方程式时，用适当的办法（即选择适当的投影轴）可使它们接近于这种理想的形式。

其次，讨论了由命中点的几何座标转换为达到控制目的实际

所需要的角度問題。同时也考虑到解决命中問題的真实条件与理想条件之間可能的偏差，需要引入相应的修正量。

在第六章中列举了运用上述理論的各种例子，并指出了在利用数学的一个新領域——博奕論的基础上考虑与操纵手无关的作用的可能方法。

本书是按彼得·彼得罗維奇·切楚林的創議，根据作者所收集并經系統化的材料写成的。

第一、第二和第五章是由 Л. Н. 普列斯努欣写的，第三和第六章是由 Л. Б. 尤金写的，第四章是由 Л. А. 謝列勃罗夫斯基写的。

本教科书由 Л. Н. 普列斯努欣作总的整理和編輯。

第一章 概 論

§ 1 本教程的目的和任务

本教程的目的是，针对指揮仪設計的具体問題，闡述一系列統計动力学的理論問題。

各种生产过程和軍事技术的控制仪器，在确定这些系統的动态品质方面，具有一系列共同的功用。为了控制某个过程，必須在一定的時間内对这个过程进行观察。由此得出結論，跟踪系統是指揮仪的重要元件，該系統保證了連續測量表征該过程进程的随時間而改变的变量（座标），并保證将这些变量引入于仪器。

決定該过程随時間变化性质的座标一般都由于随机干扰而失真。因此，只有对在控制过程进程中的随机干扰进行平滑和查明基本規律以后，才能正确地解决关于控制动力学的問題。由此得出对表征影响控制动力学的过程的变化参数进行計算和平滑的必要性。

控制本身在于根据对与系統工作同时发生的过程的規律性所进行的研究，制定出使系統經過确定的時間后进入对所解問題来說是某种合理状态的解算方法。換言之，任何控制系統均与一般借助于若干个随动系統协同工作来完成的随机过程外推法有关。

因为本书是高等技术学校学生用教科书，所以其中的材料只闡述到解决具体的工程問題为止。因而，本书的全部内容以被研究得最透彻的控制技术方面的材料为基础，即以火炮射击指揮仪为基础。但是，这样的具体闡述形式并不限制指揮仪理論的基本結論的应用範圍，以便使这些結論更易于被理解。

在写本书时是以讀者已学过解算装置、自动装置和遙控元件，以及自动調节基本原理为前提的。

§2 指揮仪的发展史

指揮仪系統应用于火炮比应用于其他技术领域要早。在应用滑膛炮时期，彈丸的散布很大。在这种情况下，直接瞄准射击的射程很小，也正因为这样，利用由照門和准星构成的最简单的机械瞄准具只能实现火炮的直接瞄准。

膛綫炮的发明，使射程增大，同时精度也提高了。这就要提高火炮瞄准敌人目标的精度。光学瞄准鏡和測距机的創造，解决了这个問題。

火炮射程的增大和精度的提高，也曾影响过使用火炮的战略。出现了应用从掩蔽障地射击和射击运动目标火炮的可能性。

这样，就对仪器制造者提出了新的任务，即創制用以計算火炮至測量目标座标的仪器間距离的計算仪器 and 确定炮彈与运动目标命中点的仪器。这些仪器首先被应用于岸炮和舰炮。

飞机在军队装备中的出现，要求創制装备有大量各种射击指揮仪的高射炮。因此創制了发现空中目标和进行目标指示用的仪器。在高射炮連的装备中出现了測量目标現在座标的光学仪器和雷达仪器。命中問題由机械或机电解算仪器——高射炮射击指揮仪来解决。

§3 术语和符号

火炮射击指揮仪中常用的术语和符号，不难由下列图形来闡明。在图1中： C ——測量目标座标的仪器的所在点； A ——在該时刻目标所在的点； a —— A 点在通过 C 点的水平面（仪器水平面）上的投影。

通过 C 点和 A 点的垂直平面称为瞄准平面。目标运动軌迹所在的垂直平面称为目标的航向平面。 CA 綫称为瞄准綫，而 M_1M_2

綫称为目标的航向綫。 m_1m_2 綫和 $m'_1m'_2$ 綫为目标航向綫的水平投影。

目标 A 在空間相对于仪器 C 的位置决定于一系列的現在座标: 斜距离 A (CA 綫段), 水平距离 d (Ca 綫段), 目标高度 H (Aa 綫段),

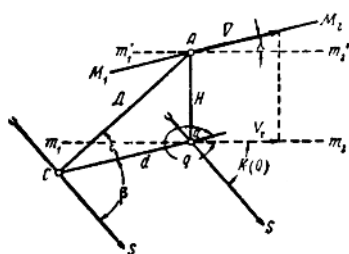


图1 在指挥仪中用到的各数值的符号
炮目高低角 ϵ_1 (aCa 角), 目标方位角 β (SCa 角)及其他座标。

方位角 β 由指南方向或其他假定方向测量起。目标在空間的运动規律决定于下列各参数: 目标运动速度 V , 目标航向角 q (水平距离延長綫与水平速度向量之間的夹角), 目标航向或目标航迹角 K 或 Q 和角度 λ , 这两个角度有几种名称: 当 m'_2AM_2 角为正值时称为机头仰起角; 当为小的負值($7^\circ \sim 10^\circ$ 以下)时称为下滑角; 而当为大的負值时称为俯冲角。角度 β 、 q 和 Q 按逆时針方向测量。

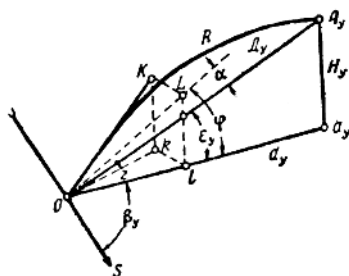


图2 炮彈的运动軌迹

图2所示: O ——火炮所在点; A_y ——炮彈与目标命中点 (前置点); OK ——炮膛軸綫; ORA_y ——炮彈的飞行軌迹 (空間彈道曲綫)。

前置点 A_y 在空間的位置决定于前置座标: 前置斜距离 A_y , 前置水平距离 d_y , 前置高度 H_y , 前置炮目高低角 ϵ_y 和前置方位角 β_y 。

炮膛軸綫 OK 的方向决定于下列角度: 射角 φ 、高角 α , 并且

$$\varphi = \epsilon_y + \alpha, \quad (1)$$

偏流 z 、火炮的方向角 $\beta_y + z = \beta_{op}$ 。

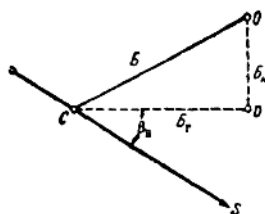


图3 基线及其要素

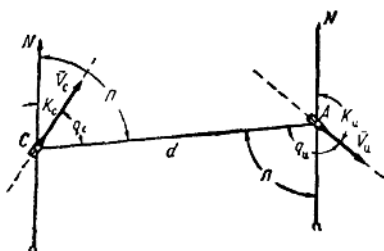


图4 射击舰和被瞄目标的相互位置

以 τ 表示炮弹由 O 点到 A_y 点的飞行时间。为了增大命中空间，炮弹装有带装定相应读数用（环形）刻度盘的定时引信。由火炮射击指挥仪制定的定时引信的装定数值以字母 n 表示。

图3所示为火炮或炮连阵地的中点（ O 点）与测量目标座标的仪器（ C 点）的相互位置简图。 CO 线段一般以字母 B 或 Π 表示，称为视差、基线或现炮距离。视差的水平分量称为水平视差，以字母 B_r 表示，而垂直分量称为垂直视差，以字母 B_n 表示。

指南方向或标定点方向与水平视差之间的夹角（ $\angle SCO$ ）称为基线方位角（ β_0 ）。若视差等于零或仪器中不计算视差，则目标的前置座标与现在座标之间的差值称为前置量，以下列符号表示： Δd ——斜距离前置量， Δd ——水平距离前置量， $\Delta \beta$ ——方位角前置量等。

在舰炮射击指挥仪系统中还会遇到一系列的术语和符号。

图4所示为我舰（ C 点）与敌舰（ A 点）的相互位置的简图。线段 $CA = d$ 称为距离，而角度 $NCA = \pi$ 称为方位。角度 K_c 和 K_u 分别称为我舰航向和目标航向。

角度 q_c 和 q_u 类似地称为我舰航向角和目标航向角。

必须指出，水平角度读数的起点和方向在舰炮中与在地面高射炮中不一样。

向量 $\vec{v}_c$ 和 $\vec{v}_u$ 分别称为我舰速度和目标速度。速度向量在舰炮射击指挥仪中一般投影在距离方向（瞄准线）及其垂直方向上。

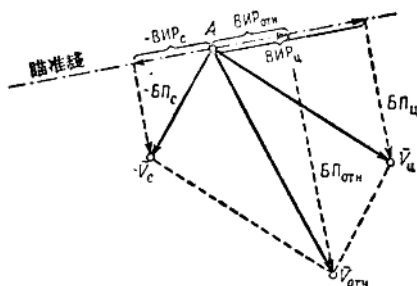


图5 目标和我舰的相对速度的分解

必须指出，从运动着的我舰可以测量目标的相对（总的）速度，即向量差：

$$\overline{V_{\text{обц}}} = \overline{V_{\text{ц}}} - \overline{V_{\text{с}}} \quad (2)$$

图5所示为速度分解和向量方程式（2）的解法。速度在瞄准线方向上的投影即距离变化率，以ВП表示，在垂直方向上的投影即侧向位移以БП表示。

根据我们要投影的速度向量的不同，将得到ВП_с、ВП_ц或ВП_{обц}（我舰、目标或总的距离变化率）。

$$\left. \begin{aligned} \text{ВП}_{\text{обц}} &= \text{ВП}_{\text{ц}} - \text{ВП}_{\text{с}} \\ \text{БП}_{\text{обц}} &= \text{БП}_{\text{ц}} - \text{БП}_{\text{с}} \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

在舰炮中，对于火炮装置瞄准所必须的数值，具有一系列的附加术语。例如，火炮的方向瞄准全角（ПУГН）与我舰的现在航向角（ α_0 ）之间的差值称为方向偏差（Ц）。

附加以一系列以长度单位表示的修正量的前置距离称为表尺距离。

关于舰的摇动有若干术语。在舰的船艏面中测得的舰甲板倾斜角称为纵摇角。在垂直于舰的船艏面及其甲板的平面内测得的甲板倾斜角称为横摇角。在火炮高低瞄准平面内的甲板倾斜角称为横倾角。在垂直于甲板和火炮高低瞄准平面的平面内测得的

甲板傾斜角称为炮耳軸傾斜角。

在下面的闡述中将主要应用高射炮中遇到的術語和符号。

§4 測量单位

长度单位 用于高射炮和野炮的基本长度单位为米，而用于岸炮和舰炮的基本长度单位为鏈。1 鏈近似地等于 185 米，10 鏈为 1 哩。

角度的測量单位 在苏軍炮兵中，角度是以“密位”或測角器分划来計量。測角器的一个小分划等于圓周的 $\frac{1}{6000}$ 圓弧所对应的角度。測角器的大分划等于 100 个小分划。

在美軍中所有的角度和在德軍中的方位角都用測角器分划来測量，該分划值为一圓周的 $\frac{1}{6400}$ 圓弧所对应的角度。

在德軍中，鉛直面內的角度以度或十六分之一度来計量。

在炮兵作业中，当进行近似計算时，将一个測角器分划（苏联和美国）和 $\frac{1}{16}$ 度所对应的圓弧取为半徑（距离）的千分之一，由此而得出一小分划——“密位”的名称。在舰艇作业时，舰艇航向以度計量。

時間单位 在高射炮兵中，将秒取做時間的单位，而在舰炮中为秒和分（秒仅用于炮彈的运动方面）。

速度单位 根据上述单位，高射炮兵以每秒米数（米/秒）測量速度。在舰艇作业中使用着两种单位：每分鏈数（鏈/分）和节。一个节等于每小时航行 1 哩的速度。

§5 火炮射击指揮仪系統解决的任务

任何火炮射击指揮仪系統的第一个任务，是发现目标和把目标座标的概略值傳送到精确地測量目标座标的仪器中去。

第二个任务，是精确測量目标的現在座标和把这些座标引入于火炮射击指揮仪或中央射击自动計算器內（舰炮連或岸炮連中央射击自动計算器）。

第三个任务是座标变换，这个任务之所以产生，是由于在把关于目标的諸元引入于仪器时所用的座标系在許多情况下与在解决随后的各任务时所用的座标系不相一致。座标变换的形式有三种。

第一种变换形式是把一个座标系轉換为另一个座标系。例如，目标座标以球形座标系 (A, ε, β) 引入仪器，然后轉換为柱形座标系 (H, d 和 β)。

第二种变换形式在于轉移座标原点。在必須計算測量目标座标的仪器离火炮系統的距离的情况下就采用这种变换形式。

当火炮系統裝在搖摆平台上时，例如裝在舰上的情况下，則采用第三种变换形式。在这种情况下，必須把不稳定座标系变换为稳定座标系或反之。在数学方面，此种变换形式应考虑一个座标系的座标軸相对于另一个座标系的座标軸的傾斜。

火炮射击指揮仪的第四个任务，在于研究目标現在座标随時間变化的規律和計算目标的运动参数。在数学方面，这个任务归結为微分，即确定目标座标的变化率或座标的函数。同时，在解决这个任务时要对計算出来的目标座标的变化率进行平滑（平均）。这个措施是必須的，因为測量到的目标座标經常帶有变号的誤差。由此，座标变化率的誤差在百分比方面显著地大于座标的誤差。用平滑（平均）的方法可以减小这些誤差。

火炮射击指揮仪所解决的第五个任务，是确定可能命中点的座标。为了解决这个任务，只知道目标現在座标和对該时刻所算出的目标运动参数是不够的。必須采取关于目标在炮弹飞行時間內运动規律的假設。

第六个任务，是根据命中点的座标确定出火炮瞄准和装定引信所必須的彈道諸元。这些諸元按照标准射击条件来計算。但实际射击条件对标准射击条件一般有偏差，因此就必須解决第七个任务。

第七个任务的目的，是計算气象修正量和彈道修正量，以修

正实际射击条件对标准射击条件的偏差。所谓标准射击条件，一般的理解是炮弹飞行在静止的大气中，即风速等于零，空气密度等于 750 毫米水银柱，空气温度为 $+15^{\circ}\text{C}$ 和炮弹从炮膛飞出时的初速等于计算的速度。

前两个任务由雷达或光学仪器来解决，一般，雷达和光学仪器包括在火炮射击指挥仪系统之内。

后五个任务对高射炮来说，由高射炮射击指挥仪的解算仪器来解决，对岸炮和舰炮来说，由中央射击自动计算器来解决。

§6 火炮射击指挥仪系统的组成及其 在战斗对象上的配置

高射炮、岸炮和舰炮连阵地均装备有复杂的射击指挥仪系统。下面我们来讨论高射炮和舰炮射击指挥仪系统的基本部位和组织。

高射炮连射击指挥仪

图 6 所示为指挥仪系统的基本元件及它们的相互联系：

- · — · — 目标指示的同步传动；
- 目标座标和火炮瞄准所需诸元的同步传动；
- · — · — 控制信号传输线；
- — — — 电源线；
- 传动连接。

雷达站 1 用于发现目标和给雷达 2 及瞄准塔 3 傳送目标指示（方位角和距离的概略值）。仪器 2 和 3 精确地测量目标座标（ β ， ε 和 A ）并把测得的座标傳送到仪器 4。在这里重复使用座标测量仪器是为了增强系统的抗干扰性和提高测量座标的精度。仪器 4 是高射炮射击指挥仪的基本解算仪器。由它算出的诸元（ φ ， β_{op} 和 n ）經由炮连阵地的配电箱 6 到达各门火炮的配电箱 7。然后这些诸元分发到相应的受信仪：8——火炮方向角受信仪，10——