

自动武器架座设计

申正宾 编著

国防工业出版社

前 言

本书是根据 1983 年 10 月在南京召开的兵器部高等院校第二教材编审委员会制订的“自动武器架座设计”教材编写大纲编写的。

本书在编写中努力反映自动武器架座设计中的新技术与新成果，重视理论联系实际，并适当增加高射炮架设计的内容。

为了适应实际发展的需要，书中写进了射击原理方面的基础知识；枪炮结构性质对射击精度的影响；四种不同形式驻锄的射击稳定性公式；枪身缓冲运动与自动机运动间的相互影响，并简介有限元法在研究弹性枪架振动中的应用和土壤抗力基本知识。书中着重介绍了小口径高射炮和航空炮用制退复进机的特点。在机构设计一章写进了高射炮用回转装置设计，车体减振器和车轮制动器的设计等内容。

本书一律采用国际单位制 (SI)。

刘学昌同志为本书的主审，提出了许多宝贵意见；教材编审组的同志对本书进行了认真评审；赵学良同志参加了第六章的编写工作，并对全部书稿进行了整理。对此，编者表示衷心的感谢。

由于编者水平有限，编写时间仓促，书中难免错漏之处，恳切欢迎广大读者给予批评指正。

编 者

目 录

常用符号表	1
第一章 自动武器架座的基本知识	
第一节 架座的功用与一般构造	4
一、架座的功用	4
二、架座的一般构造	4
第二节 对自动武器架座的战术技术要求	7
一、射击威力	8
二、机动性	12
三、可靠性	14
四、勤务性	14
五、生产经济性	14
第三节 架座的结构分析	15
一、野战枪架	15
二、高射枪架	19
三、各类枪座	21
第四节 对影响射击精度因素的分析及提高射击精度的措施	23
一、造成初速波动的诸因素	23
二、射击过程中能使初始射角射向改变的因素	24
三、外因影响	31
第二章 野战枪（炮）架的稳定性	
第一节 自动武器射击稳定性的概念	33
第二节 轮式枪架的后坐稳定性	34
一、枪（炮）受力分析	34
二、稳定条件式与提高稳定性措施	37
三、稳定极限角	39
四、射击时作用于枪架各支点的反力	43
第三节 三脚式枪架的后坐稳定性	44
一、概述	44
二、射击时枪架受力与稳定性	44
第四节 三脚枪架纵向射击时枪身前冲阶段的稳定性	47
第五节 枪架的横向稳定性与高射稳定性	48
一、枪架的横向稳定性	48
二、高射枪架的稳定性	50
第六节 枪架的跳动与平移	51
一、跳动方程	51
二、枪架跳动现象的分析与估算	52

第七节 确定武器的动力特征	54
一、武器质心位置的确定	54
二、武器转动惯量的确定	55
第三章 枪身缓冲器设计	
第一节 枪身缓冲器的结构与要求	57
一、对枪身缓冲器的设计要求	57
二、枪身缓冲器的结构类型与特点	58
第二节 解射击时枪身的缓冲运动	62
一、枪身缓冲运动微分方程的建立和求解	62
二、后坐力 F_p 的求法: 作冲量-力图	65
第三节 枪身缓冲运动的图解法和影响因素	68
一、枪身缓冲运动的图解法	68
二、影响枪身运动诸因素	70
第四节 缓冲簧设计步骤与示性数选择	75
一、弹簧缓冲器的设计步骤	75
二、确定缓冲簧示性数的原则	76
三、预选缓冲簧示性数方法	77
第五节 枪身缓冲对自动机运动的影响	82
一、用逐次逼近法求出 I_x 的准确值	83
二、考虑枪身缓冲运动的影响求 I_3	84
三、对冲量 I_2 与冲量 I_3 的时间间隔 t_k 的修正	84
第六节 高射速武器与管退式武器的缓冲器计算特点	85
一、高射速武器	85
二、枪管短后坐式武器	86
第七节 缓冲簧示性数的调整	87
第四章 弹性枪架	
第一节 枪身在弹性枪架上振动的近似计算	95
一、运动微分方程的建立	95
二、替换质量 M_i 的确定	96
三、枪架刚度 k_f 的确定	98
四、 $F_p(t)$ 的确定	101
五、图解法步骤	101
第二节 确定弹性枪架的刚度	102
一、弹性枪架的设计步骤	102
二、枪架刚度的确定	102
第三节 用有限单元法研究机枪振动	107
一、单元刚度矩阵和质量矩阵	108
二、坐标变换	111
三、结构整体的刚度矩阵与质量矩阵	114
四、机枪结构动力分析模型	116
五、机枪载荷(激励)的确定	117

第四节 土壤抗力	118
一、土壤受压力作用时的弹塑性变形	118
二、土壤的剪切变形	121
三、表示土壤抗力的一种简单模型	122
第五章 制退复进机	
第一节 制退复进机的类型与构造作用	125
一、复进机	125
二、液压制退机	127
三、液压制退机的辅助装置与制退液	130
第二节 液压阻力与制退液的发热	131
一、求液压阻力 F_r	132
二、对求液压阻力公式所取各项假设的讨论	133
三、制退机液体发热计算	135
第三节 炮身的制动后坐运动	137
一、如何选取后坐阻力 F_R 的一般原则	137
二、炮身后坐运动微分方程	138
三、自由后坐诸元的计算公式	139
四、炮身制动后坐运动的计算	141
第四节 炮身的复进运动	144
一、概述	144
二、复进制动图	145
第五节 制退机结构设计	146
第六节 解反面问题	151
一、炮身的后坐运动	151
二、复进运动诸元	153
第六章 架座机构设计	
第一节 摇架设计	161
一、摇架的结构和要求	161
二、摇架体的受力和强度验算	162
三、射击时作用于起落部分的力与反力	164
四、耳轴	165
第二节 托架设计	167
一、托架结构	167
二、对托架体的设计要求	169
三、托架受力分析	170
四、托架强度验算	172
第三节 平衡机设计	174
一、概述	174
二、圆柱螺旋弹簧平衡机设计	175
三、扭簧平衡机	179
第四节 瞄准机构设计	181

一、对瞄准机构性能的要求	181
二、瞄准方式的选择	184
三、高低瞄准机构的设计和计算	185
第五节 回转装置设计	192
一、回转装置的作用和结构类型	192
二、回转装置的强度计算	195
三、回转装置受力分析	198
四、回转装置中参量的选择和工艺要求	208
第六节 脚架	211
一、脚架结构	211
二、脚架设计	213
第七节 高射炮运动体的结构	215
一、十字梁和左右炮脚	215
二、前后车体、活节、平衡轴和杠起螺杆	216
三、缓冲器	217
四、制动器	220
五、车轮	223
第八节 车体缓冲器设计	225
一、缓冲性能及其指标	225
二、扭杆缓冲器的设计	226
三、板簧缓冲器的设计	233
第九节 车轮制动器的设计	240
一、制动计算	240
二、蹄片式制动器设计	241
参考文献	247

常用符号表

名 称	符 号	单 位	名 称	符 号	单 位
第 一 章			地面对枪架后支点		
射击威力	M_w		水平反力	F_{T_B}	N
理论射速	n_s	min^{-1}	地面对枪架前支点		
战斗射速	n_d	min^{-1}	水平反力	F_{T_A}	N
枪架质量	m_j	kg	前滑板座上的法向		
弹头质量	m_d	kg	反力	F_{N_1}	N
装药质量	m_u	kg	后坐滑板上法向反力	F_{N_2}	N
初速	v_0	$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$	滑板座上摩擦力	F_f	N
命中率(命中公算)	P	(%)	枪身质量(自动机质		
杀伤公算	P_{s_d}	(%)	量除外)	m_s	N
散布密集界	C	cm	枪架前后支点间距离	L	m
散布半数必中圆			动力偶臂	e	m
半径	R_{50}	cm	火线高	H	m
公算偏差	B	cm	耳轴中心至后支点水		
全散布圆半径	R_{100}	cm	平距离	l_k	m
枪架金属利用系数	η_j	$\text{N}\cdot\text{m}\cdot\text{kg}^{-1}$	高低射角	φ	(°)
枪架金属威力利用			方向射角	β	(°)
系数	η_{jw}	$\text{N}\cdot\text{m}\cdot\text{kg}^{-1}$ $\cdot\text{min}^{-1}$	稳定极限角	φ_{lim}	(°)
药室容积	V_w	cm^3	土壤许用比压	$[C_T]$	$\text{N}\cdot\text{cm}^{-2}$
火药厚度	$2\delta_d$	mm	能量损失修正系数	μ	
第 二 章			第 三 章		
火药气体作用时期的			弹簧力	F	N
后坐力	F_p	N	缓冲簧预压力	F_1	N
全枪(炮)的重力	W	N	缓冲簧最大工作压力	F_2	N
枪(炮)身重力	W_s	N	枪(炮)身后坐初始		
后坐阻力	F_R	N	阻力	F_{R_1}	N
抵肩力	F_j	N	枪(炮)身后坐终止		
地面对枪架前支点法			时的阻力	F_{R_2}	N
向反力	F_{N_1}	N	缓冲簧刚度	k	$\text{N}\cdot\text{mm}^{-1}$
地面对枪架后支点法			复进簧刚度	k_f	$\text{N}\cdot\text{mm}^{-1}$
向反力	F_{N_2}	N	火药燃气膛底冲量	I_1	$\text{kg}\cdot\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$
			火药燃气气室前壁		
			冲量	I_2	$\text{kg}\cdot\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$

名称	符号	单位	名称	符号	单位
运动件后坐到位撞击冲量	I_s	$\text{kg}\cdot\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$	单元质量矩阵	$[m]$	
运动件复进到位撞击冲量	I_0	$\text{kg}\cdot\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$	单元刚度矩阵	$[k]$	
枪身初始后坐总冲量	I_z	$\text{kg}\cdot\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$	局部坐标系单元位移向量	$\{\bar{u}\}$	
枪机框和枪机质量	$m_{k,j}$	kg	整体坐标系单元位移向量	$\{u\}$	
自动机工作-循环时间	t_e	s	节点位移向量	$\{X\}$	
运动件后坐时间	t_h	s	节点加速度向量	$\{\ddot{X}\}$	
运动件复进时间	t_f	s	与位移 $\{\bar{u}\}_i$ 对应的节点力	$\{f\}_i$	
枪(炮)身制动后坐速度	v	$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$	与位移 $\{u\}_i$ 对应的节点力	$\{f\}_i$	
枪(炮)身制动后坐行程	X	mm	单元位移转换矩阵	$[T]_i$	
枪(炮)身后坐长	l_h	mm	中间坐标系用局部坐标系表示的转换矩阵	$[t_1]$	
膛口制退器效率	η_e	%	中间坐标系用整体坐标系表示的转换矩阵	$[t_2]$	
弹性模量	E	$\text{N}\cdot\text{mm}^{-2}$	整体结构的节点力向量	$\{F\}$	
切变模量	G	$\text{N}\cdot\text{mm}^{-2}$	整体质量矩阵	$[M]$	
第 四 章			第 五 章		
武器替换质量	m'_i	kg	液压阻力	F_e	N
枪架变形部分质量	m'_j	kg	后坐时的液压阻力	$F_{e,h}$	N
枪架变形部分刚度或枪架刚度	k_j	$\text{N}\cdot\text{mm}^{-1}$	复进时的液压阻力	$F_{e,f}$	N
第一共振刚度	k_{p_1}	$\text{N}\cdot\text{mm}^{-1}$	弹丸出炮口时的膛底合力	F_{pk}	N
第二共振刚度	k_{p_2}	$\text{N}\cdot\text{mm}^{-1}$	后效期终了时的膛底合力	F_{pm}	N
枪(炮)身最大自由后坐速度	$v_{0\max}$	$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$	紧塞具摩擦力	F_{rj}	N
弹头出枪(炮)口时枪(炮)身自由后坐行程	$X_{0,k}$	mm	有效复进力	F'	N
弹头出枪(炮)口时枪(炮)身制动后坐行程	X_k	mm	复进时后坐制动器液压阻力	F_{df}	N
弹头出枪(炮)口前的运动时间	t_k	s	复进时复进制动器的液压阻力	F_{ff}	N
后效期作用终了时间	t_m	s	单位面积上的液体压力	p	$\text{kN}\cdot\text{m}^{-2}$
枪身振动周期	T_r	s			
枪架质量替换系数	β_j				

名 称	符 号	单 位	名 称	符 号	单 位
制退液比重	ρ	$\text{N}\cdot\text{cm}^{-3}$	平衡机平衡力矩	M_p	$\text{N}\cdot\text{m}$
自由后坐行程	L	mm	手轮力	$F_{r,h}$	N
弹丸相对炮身的行程	l	mm	扭簧转角	θ	rad
复进真空段长	l_p	mm	角速度	ω	$\text{rad}\cdot\text{s}^{-1}$
后效期时间	t_e	s	齿轮齿数、滚珠数	Z	
惯性后坐时间	t_0	s	角加速度	α	$\text{rad}\cdot\text{s}^{-2}$
液量	V	m^3	滚珠压缩变形量	λ	cm
液体体积压缩系数	β_s		滚珠上的载荷	q	N
液流阻力系数	k_s		滚珠接触应力	σ_s	kPa
液流收缩系数	α		动力系数	k_d	
与针形杆两端支承条 件有关的系数	k_{ex}		缓冲相对能容量	A_b	$\text{N}\cdot\text{cm}/\text{N}$
			缓冲工作行程	h_m	mm
第 六 章			扭杆预(静)扭角	φ_j	rad
平衡机簧力	F_{pi}	N	扭杆最大工作扭角	φ_p	rad
起落部分重力	W_v	N	地面对车轮的摩擦力	F_m	N
回转部分重力	W_{hx}	N	蹄片上的摩擦力矩	M_t	$\text{N}\cdot\text{m}$
回转装置法向受力	F_n	N	制动器的制动力矩	M_{zd}	$\text{N}\cdot\text{m}$
回转装置切向受力	F_t	N	蹄片与制动鼓间单 位面积上的摩擦 功	W_f	$\text{N}\cdot\text{m}\cdot\text{cm}^{-2}$
对回转装置中心的 力矩	M_o	$\text{N}\cdot\text{m}$	地面对车轮的最大 摩擦力矩	M_{mmax}	$\text{N}\cdot\text{m}$
耳轴反力	F_r	N	摩擦片上的压强	p_m	kPa
高低齿弧反力	F_v	N			
起落部分重力矩	M_v	$\text{N}\cdot\text{m}$			

第一章 自动武器架座的基本知识

第一节 架座的功用与一般构造

一、架座的功用

手提式自动武器，因其质量轻、后坐力小，可由射手直接握持、转动和瞄向目标，并承受射击时后坐力的作用。对于机枪与自动炮，因其质量大、转动惯量大和后坐力大，靠射手直接握持与转动来完成上述瞄准动作与支承功用是不可能的。因此，需要采用专门的结构，这种结构被称为自动武器架座。

架座是枪（炮）身的支座，它由一套机构组合而成，能完成一定的战斗、勤务和机械功用。

架座的战斗功用指它保证机枪射击威力的能力。性能良好的枪身安装在性能完备的架座上，武器就能在战斗中发挥射击威力；反之，如果架座设计不良，则会显著地降低武器的射击威力。

架座的勤务功用要求在操作、使用或转移机枪时，能最大限度地减轻战士的劳动，即架座应保证武器操作使用轻巧和方便迅速。

架座的机械功用要求架座是一个既可靠又稳定的支座和便于操纵射击的装置。

事实上，架座的三个基本功用是相互联系的，架座若操作容易，运转轻便，作用可靠和射击稳定，就能提高武器的射击威力。

二、架座的一般构造

1. 架座的基本组成

通常武器的架座由以下几部分组成（图 1-1）：

（1）摇架 又称起落架。用于直接支承枪身。其上有导引枪身后坐与复进运动的导轨（有枪身缓冲器时）。射击时摇架承受枪身传递来的动载荷，并经它传至托架上。枪身与摇架共同组成武器的起落部分。通过高低瞄准，使起落部分绕耳轴转动（俯仰），以赋予枪身所需的高低射角。

（2）托架 又称旋回架。为起落部分的支座。它下面以立轴与底座相连接。射击时，它承受起落部分通过摇架传来的动载荷，并经其立轴等零件传至下面的底座、车体或脚架

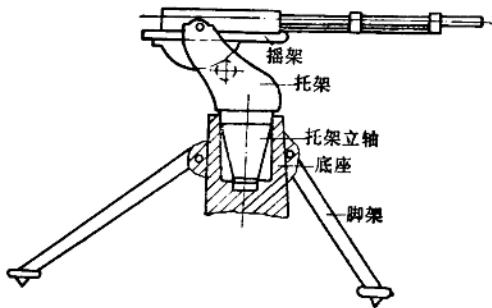


图 1-1 枪架的基本组成

上。托架连同起落部分共同组成回转部分，方向瞄准时使回转部分转动以赋予枪身所需的方向射角。

(3) 底座 它是承托回转部分质量的基础。对于枪架，底座与下部的三脚架或轮架相连接。对于自动炮架，底座下部常与行动部分（车体）相连接。对于枪、炮座，则其底座固定于客体的所需位置（如飞机的框架，舰艇的甲板、坦克的炮塔等）。

2. 枪身缓冲器

通过以弹性变形工作的弹性元件，将枪身与摇架联接起来的装置叫枪身缓冲器（图 1-2）。装有枪身缓冲器的机枪，射击时，枪身能沿摇架上的导轨往复运动，借弹性元件变形的缓冲作用以减小发射时枪架的受力，并有利于改善射击时枪架的稳定性，因而能提高武器的射击精度。

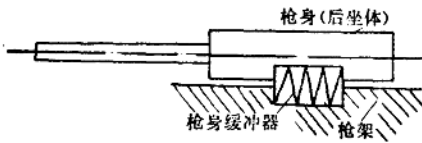


图1-2 枪身缓冲器

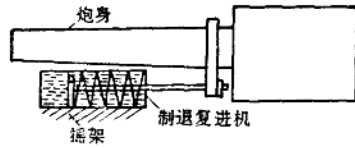


图1-3 制退复进机

3. 制退复进机

制退复进机又称反后坐装置（图 1-3）。是自动炮上联接炮身与摇架的重要装置，它与机枪采用枪身缓冲器有着类似的作用。因为火炮口径增大时，后坐力与后坐动能亦增大，用制退复进机中的液压制退机能吸收多余的后坐动能和复进动能，避免后坐或复进到位时的撞击，并将吸收的能量变为液体热能散失，从而避免了弹簧工作有可逆性的缺点。

4. 瞄准机构

机枪的瞄准就是将枪膛轴线旋转到指向目标的一定位置上的动作。瞄准是用瞄准具和瞄准机构（高低机和方向机）来进行的。瞄准目标时，赋予枪膛轴线正确位置所需的参数值，是在准备射击诸元的过程中得到的。对于地面固定目标，射前需测定距离和方位角，并进行瞄准；对于地面活动目标，还需要有合适的提前量；对于空中目标，应事先确定敌机的航向，航速和距离。按此数据，正确装定表尺或瞄准具，转动瞄准机构带动起落部分和回转部分运动，即可赋予枪膛轴线所需的空位位置。

利用瞄准机构进行瞄准的方法可分为：

(1) 自由瞄准

用手直接转动枪身，无需传动机构的瞄准方式。它用于普通口径（5~8mm）机枪和某些单管大口径机枪。为了提高对固定目标瞄准的准确性和迅速性，往往辅以精瞄机构（高低精瞄机和方向精瞄机）。

(2) 手摇瞄准

用于小口径高射炮、多管高射机枪和某些大口径机枪，以手力转动手轮驱动传动机构带动枪（炮）身实现瞄准。图 1-4 是一种齿弧式高低机。转动手轮 1，经过锥齿轮 2

和 3、轴 4，蜗杆 5，蜗轮 6，轴 7，齿轮 8 和正齿弧 9 而传至起落部分的摇架上；从而使起落部分绕起落轴 oo 转动，实现高低瞄准。

图 1-5 是一种齿弧式方向机的略图。图中 H—枪架的架杆，蜗轮 1 固定在底座上，

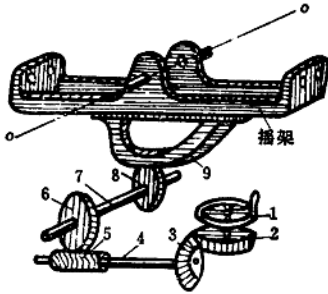


图1-4 齿弧式高低机

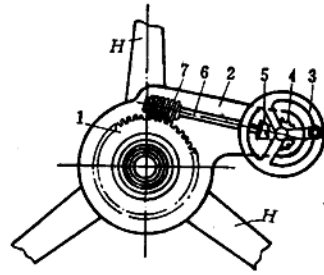


图1-5 齿弧式方向机

方向机套筒 2 固定在托架上，所有的方向机构件的轴承都装配在套筒 2 内。以手转动手轮 3，经过锥齿轮 4 和 5 和轴 6 的传动，并使蜗杆 7 转动，随之整个回转部分与方向传动机构绕蜗轮 1 转动，实现方向上的瞄准。

从上例看出，高低机和方向机中，主要的传动型式通常有：（1）蜗杆；（2）螺旋（图中未表示）；（3）正齿轮；（4）锥形齿轮等。实际的瞄准机构由不同的中间传动副组成，并视所需的转速比和机构配置条件而定。

（3）电力传动和液压传动瞄准

多用于中、大口径高射炮、航空炮和舰炮中，其传动型式与手摇传动类似，只是主动件不是用手轮转动，而是用马达来带动。

实用上还有混合瞄准法，它实际是上述三种中两种瞄准方法的组合。

5. 武器紧定机构和转动限制机构

紧定机构的作用是在瞄准完毕时以及行军状态或保存时，用以把武器固定在一定位置上的机构。在实施转动或散布射击时，能把转动界或散布界限限制在一定范围内的机构，称为限制机构。

枪架上的紧定与限制机构有：

高低瞄准紧定机构与制动机构；方向瞄准紧定机构与制动机构；方向制动器（图 1-6）；行军固定器；方向散布限制器等。

6. 供弹装置

它的作用是保证射击能及时对机枪供给弹药。供弹装置（图 1-7）包括：

（1）各种弹药箱及其在枪架上的固定器、弹链导槽、弹链引导滑轮、刚性和柔性导管。

（2）用以拉紧弹链的机构和装置（弹链的容弹量大时很需要）。

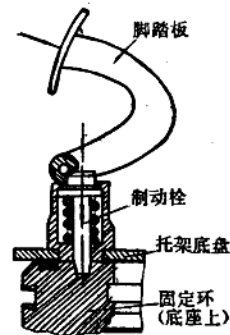


图1-6 方向制动器

(3) 集壳器, 多用于飞机、坦克枪座上, 因其中空间小, 不允许弹壳四处飞散, 故在抛壳处用袋收集空弹壳。

(4) 链节收集器, 用于收集可分离弹链的链节、链节导引管及其他等等。

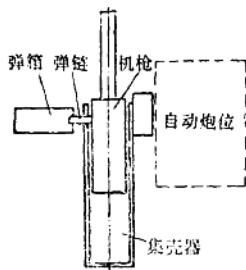


图1-7 坦克枪座上的供弹装置

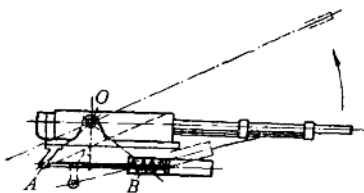


图1-8 弹簧式平衡机

A—销钉; B—弹簧。

7. 平衡机

平衡机是用于平衡起落部分对炮耳轴的重力力矩的机构。高射炮, 一般是高平两用, 因此应有大的高低射界。但因其全炮质量大, 火线高常为固定不变的, 不象三脚架式的高平两用机枪, 在高射时的火线高较平射时高、且可随高低射而改变。为了便于在大射角下实施对空射击, 只好将起落部分的耳轴置于其后端。然而这样作使起落部分质心前移, 对耳轴产生一个重力力矩, 致使高低瞄准困难, 甚至无法操作。因此, 需设置平衡机, 以对耳轴产生一反向力矩, 来平衡比重力力矩。小口径高射自动炮中常用的是以弹簧力对耳轴构成反向力矩的弹簧式平衡机(图1-8)。

8. 保证操作运输方便的装置

为了便于操作的装置包括有肩托、鞍肘座、座垫、臂座、座椅等。又如在多联装大口径机枪与自动高射炮中, 在射手不便于直接实施装填、发射和保险动作或者太费时, 而设有辅助装填、发射和保险的装置。为了运输方便, 在行动部分(车体)上装设减振器(悬架)、行军制动器、牵引杆等。

9. 光学瞄准具的固定装置

对空射击的高射武器, 在枪身或摇架上多装有光学瞄准具的固定装置。一般有平行四边形机构(为使瞄准基线与枪膛轴线平行)、瞄准具固定机构、航路指示器的稳定机构等。

10. 保护装置

包括各种防盾、防弹遮沿、转塔、半转塔、挡弹板、装甲被筒等。这些装置是为了保护操作人员和武器免受敌人弹头或炮弹破片的损伤。

第二节 对自动武器架座的战术技术要求

自动武器的战术技术要求, 是指从战术使用和生产技术两方面对武器提出的各种要求。它是设计新的和评价已有武器的依据。随着战争的发展, 军事科学技术和生产技术的提高, 对于武器的战术技术要求也在不断提高。因此, 应注意研究现代化战争的特点, 了解各种科学技术和生产技术上的新成就, 以使我们设计出的自动武器能符合现代

化战争条件下所提出的战术技术要求。

自动武器架座是自动武器的重要组成部分，对自动武器的战术技术要求包括了对架座的要求。所以仍可从五个方面看架座的作用。这就是：射击威力、机动性、可靠性、勤务性和生产经济性。

一、射击威力

射击威力的大小，决定于弹丸（头）对目标作用的效果、战斗射速和命中率。通常以下式表示

$$M_w = f(E_e, n_d, P)$$

式中 M_w ——射击威力，

E_e ——弹丸（头）击中目标时的作用效果，

n_d ——战斗射速，

P ——对目标的命中率。

射击不同性质的目标，需要采用不同性质的弹丸。对于普通实心弹丸，多系依靠其本身的动能起杀伤、破坏或穿甲作用的；因此其作用效果的大小，主要与弹丸的初速、弹形、射程有关。用于特殊功用的弹丸，如燃烧弹和曳光弹等，则是以传给目标的热能和曳光剂发光能量的多少而定。所以，枪炮架的正常性质，不影响弹丸击中目标时的作用效果。

（一）战斗射速

1. 战斗射速的含义

战斗射速是指战斗中在保持武器有一定射击精度的条件下，每分钟内发射的弹数。用 n_d 表示。

战斗射速是一个变量。射击频率的大小，更换供弹具的时间，修正瞄准和转移火力所需时间，采取的火力种类（如长点射、短点射、连续射等），射手的熟练程度以及气象条件等都影响战斗射速的大小。

提高战斗射速，使命中目标的机会增多，武器的威力就增大。对于航空和高射自动武器，由于飞机战斗性能的迅速提高，提高战斗射速已成为当前的迫切任务。

2. 枪架性质对战斗射速的影响

如上所述，影响战斗射速的因素很多，这里仅阐述与枪架性质、武器战术任务有关的各因素。设

s_d ——点射长（一次点射发数）；

e ——弹匣或弹带的容弹量；

t_m ——点射前所需瞄准时间，包括火力转移，火力追踪、校正瞄准和发射击发时间， s ；

t_o ——自动机一次工作循环时间， s ；

t_h ——装换弹匣或弹带的平均时间， s 。

则进行一次点射平均所需的时间为

$$t = t_m + t_o \cdot s_d + \frac{t_h}{e} s_d \quad s$$

式中 t_h/e ——为每发射弹均摊的装换弹匣或弹带时间。

因战斗射速 $n_d = 60s_d/t$ ，将上式中的 t 代入此式得

$$n_d = \frac{60 \cdot s_d}{t_m + t_c \cdot S_d + t_h/e \cdot S_d} \text{ min}^{-1}$$

上式右侧各项都与架座结构性能有关：

(1) 瞄准时间 t_m 。它决定于瞄准速度的大小，瞄准的容易性与平滑性，操作的方便性和制动时、紧定时的迅速性。

(2) 装换弹带的时间 t_h 。它与供弹装置的结构有关。

(3) 自动机一个工作循环时间 t_c 。它决定于射击频率。但弹性枪架的刚度、枪身缓冲器的弹簧示性数对射击频率也略有影响。炮身上装有制退复进机时，其后坐复进时间的长短对射击频率有较大的影响。

(4) 弹带(匣)容弹量 e 。增大 e 值能提高战斗射速，但确定 e 值时应考虑弹箱在枪架上安排的可能性与更换弹箱时的方便性。

(5) 点射长 s_d 。它取决于所下达的任务，而下达任务在某种程度上尚与武器的射击精度有关， s_d 可在 $1 \sim e$ 的范围内变化， n_d 值随 s_d 的增加而增大。

图 1-9 示 t_m 、 t_h 不同时， n_d 值随 s_d 与 e 的变化。(a) $t_m = 4s$ ， $t_h = 5s$ ， $t_c = 0.1s$ 。

(b) $t_m = 6s$ ， $t_h = 7s$ ， $t_c = 0.1s$ 。

(二) 命中公算和杀伤公算

1. 命中公算

即命中概率或称命中率，一般指一发子弹命中目标的可能程度，以预期命中弹数与射弹总数之比值表示。在实验射击中，预期命中数可用实际命中数代替。此时命中公算也近似地等于命中弹数与射弹总数之比。例如，对某一目标射弹 10 发命中 3 发，则可认为命中公算等于 0.3 或 30%；

又如在射弹的散布中心区内包含弹着数 50%，故当目标面积与散布中心区重合时，射弹的命中公算为 0.5 或 50%。

决定命中公算的因素，有战术上和技术上两类因素。从战术上看，它包括下列因素：

目标的大小和类型 当其它条件相同时，目标越大，命中公算也越高。对固定目标射击时的命中公算比对活动目标的大，对长期出现之目标的命中公算比对瞬时出现之目标的大。

射击方向 对集团目标而言，如果目标的分布横宽、纵短，则一般侧射时命中公算最大，斜射次之，正面射最小。反之，若集团目标分布纵长、横短，则在上述相应射击方向上将得到相反的结果。

射击距离 射击距离越远，则射弹散布越大，故命中公算也越小。

射击方式 连发射击的射弹散布一般比单发的大，故同一自动武器，连发的命中公算较单发的小。

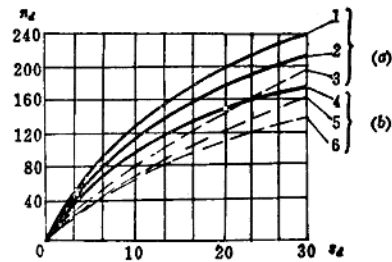


图1-9 n_d 与 s_d 、 e 的关系曲线
1— $e = 250$ ；2— $e = 100$ ；3— $e = 250$ ；4— $e = 50$ ；5— $e = 100$ ；6— $e = 50$ 。

从技术上看,其因素表现为武器本身的射击精度和战士的射击技术。武器的射击精度愈高,通常越容易命中目标,射击技术愈好,愈容易命中目标则是显而易见的。

通常从射击准确度和射击密集度两个方面评价武器的射击精好坏。射击准确度是指射弹散布的平均弹着点接近目标中心的程度,越接近目标中心,则射击准确度越高,命中概率越大。射击密集度表示弹着点的密集程度,以射弹散布面积大小表示之。平均弹着点与目标中心重合时,射击密集度越高,命中公算越大。但当平均弹着点不与目标中心重合时,通常在保持必需的火力密集度的前提下,散布面稍大一些,反而可以提高杀伤目标的概率。

2. 射击密集度

武器中影响射击密集度(即影响射弹散布)的因素很多。例如射击时弹药的初始扰动,弹药及枪膛状况对初速的影响,弹头结构及加工精度对弹头飞行稳定性的影响;武器(枪身和枪架)结构的受力,及举枪瞄准和击发动作等对射角射向的影响;气象条件对弹头飞行的影响等。可近似地认为,这些因素是相互独立的偶然因素,因此,射弹散布为服从正态分布规律的随机变量。

大量射击结果表明,射弹散布的规律有:(1)遵守误差的正态分布规律,弹着点对散布中心对称分布,且不均匀,靠散布中心越近越密,越远越稀。(2)散布有一定范围,通常高低散布大于方向散布,散布面呈椭圆形,而在近距离上则近似于圆形。

对于步兵自动武器的射击密集度,一般用包含一定百分率的弹着点的区域的大小来表示,且该区域对称于散布中心。具体的标志量为公算偏差、散布密集界和散布圆半径三种。

公算偏差 对称于散布轴,含全部弹着点50%的区间之长度的一半叫公算偏差,以符号 B 表示。公算偏差有高低、方向和距离之分,分别用 B_y 、 B_x 和 B_z 表示。对于重机枪以上的武器才考虑距离散布。

散布密集界(70%密集界) 对称于散布轴、包含全部弹着点70%的区间的长度叫散布密集界,以符号 C 表示,一般亦有高低(C_y)、方向(C_x)和距离散布密集界(C_z)之分。

散布中心区 因散布密集界内包含着弹着点70%,故在两个不同方向的散布密集界内包含弹着点数为 $0.7 \times 0.7 = 0.49 \approx 0.5(50\%)$ 。所以,在以散布中心为中心,散布密集界为边界的矩形区域内,包含了全部弹着点中较密集的一半。此区域称为散布中心区或半数必中界。

散布圆半径 步兵自动武器在近距离上射击时,在铅直面上散布轮廓接近圆形,其高低与方向散布密集界(或公算偏差)概略相等(即 $C_y \approx C_x \approx C$, $B_y \approx B_x \approx B$)。故这时的射击密集度,也可以用散布半数必中圆半径 R_0 来衡量。 R_0 即以散布中心(平均弹着点)为圆心,包含弹着数50%的圆半径。

关于平均弹着点、公算偏差,散布密集界和散布圆半径的各种求法,请参阅参考资料[13]。

意外弹的判别 处理散布结果时,须剔除离群过远的意外弹。一般认为,当弹着点多于10发时,离群弹对任一散布轴的距离大于6倍公算偏差(扣除该离群弹后求出的 B),或当弹着点数少于10发时,离群弹对任一散布轴的距离大于5倍公算偏差,则该

弹着点即为意外弹。

3. 射击准确度

新枪的散布中心或平均弹着点偏离瞄准点，一般是两类不同因素引起的。一类是武器结构上的某些固定因素，如全枪质心位置偏离枪膛轴线、自动机原动件的偏心碰撞、瞄准具的结构、枪口结构、膛线旋向、枪管弯曲等等，它们使射角、射向发生固定性偏移。另一类是由于射手不能正确地瞄准与击发，以及测定射距与装定表尺有误差等等原因。在设计与制造武器时，应该尽可能地排除或减小第一类因素的影响，并且进行射效矫正，以提高武器的射击准确度。另外，应严格地训练射手，以消除第二类因素。

研究武器的射击准确度时，不考虑第二类因素所产生的误差，因为已在试验条件中予以排除。

武器经过射效矫正后，其射击准确度与射效矫正规则有关。射效矫正是发射一组枪弹（ n 发），求出其平均弹着点对检查点的偏差。根据此偏差量的大小，矫正瞄准装置，把平均弹着点修正到检查点上。这个方法的实质是把 n 发射弹的平均弹着点，近似地代替散布中心来矫正。矫正后，该次射击的平均弹着点与检查点重合，但是实际的散布中心对检查点仍然存在误差（即散布中心误差），这个误差就是少量射弹的平均弹着点对大量射弹散布中心的误差。根据公算原理，此平均弹着点对散布中心误差的公算偏差应等于 B/\sqrt{n} 。

因此射效矫正后，散布中心误差的公算偏差 R 应为

$$R = \frac{B}{\sqrt{n}}$$

式中 B ——射弹散布公算偏差；

n ——射效矫正时射弹数目；

R ——散布中心误差的公算偏差。

散布中心误差的公算偏差 R ，简称公算误差，它的大小表示武器射效矫正之后射击准确度的好坏，所以它是武器射击准确度的标志量。

因为武器的散布中心误差，是由于射效矫正时以少数射弹的平均弹着点代替由大量射弹得出的散布中心而引起的，所以表示散布中心误差分布程度的公算误差，也表示每一个射弹组平均弹着点的分布程度。

关于自动武器结构及动力对射击精度的影响的分析，及改善射击精度的措施等将于第四节专门讨论，并将其内容进一步应用贯彻于架座结构设计的有关章节中。

4. 杀伤公算

对目标射击一定弹数时，杀伤目标可能性的大小，可以用对目标的杀伤公算表示。对用于杀伤单个生动目标的普通口径机枪而言，命中了一发就能杀伤生动目标，故对目标的杀伤公算为至少命中一发的公算。

目标的杀伤公算取决于射弹数和命中公算。若任一发射弹的命中公算为 P_i ，则落空的公算应为 $1 - P_i$ 。由公算原理可知， n 发射弹都落空的公算为

$$(1 - P_1)(1 - P_2) \cdots (1 - P_n)$$

故此 n 发射弹至少命中一发的公算，即对目标的杀伤公算为

$$P_{i,n} = 1 - (1 - P_1)(1 - P_2) \cdots (1 - P_n)$$