

自动武器学

(自动机设计分册)

于道文 涂光苏 殷仁龙 编著

于道文 主编

国防工业出版社

自动武器学

(自动机设计分册)

于道文 涂光苏 殷仁龙 编著

于道文 主编

国防工业出版社

(京)新登字106号

内 容 简 介

本书以自动机各工作机构为重点阐述自动武器设计计算的基本原理和方法。首先介绍了自动武器总体设计的几个问题，然后分别讨论自动机各机构（闭锁、加速、供弹、退壳、击发、发射）和装置（复进、缓冲）的设计原理与应用。书中不仅给出了结构分析和设计的方法，而且还有许多结合具体武器的计算实例。

本书可供从事自动武器研制、生产、教学的科技人员使用，并可作为高等院校有关专业的教学参考书。

自动武器学

(自动机设计分册)

于道文 涂光苏 殷仁龙 编著

于道文 主编

责任编辑 彭华良

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路23号)

(邮政编码 100044)

新华书店经售

国防工业出版社印刷厂印装

·850×1168毫米 32开本 印张18 476千字

1992年11月第一版 1992年11月第一次印刷 印数：0001—1000册

ISBN 7-118-00929-6/TJ·67 定价，16.50元

前 言

本书是为从事自动武器研制、生产和教学的科技人员编著的。主要以自动机各工作机构为重点阐述自动武器设计计算的基本理论和方法。

本书具有以下几个特点：

1) 为了吸取我国军工生产的实际经验，本书利用产品图纸直接从中提炼有效的技术措施；为了吸取国外产品的设计经验，本书以实物为模型，测出原始数据并分析其原理，得出可靠的结论。

2) 书中某些内容是编著者亲身参加设计实践总结出来的经验，如各工作机构或零部件的设计步骤和方法；另外还提出了若干不同于传统见解的新设计观点。

3) 对自动武器中某些重要弹性元件，如专用弹簧、弹链链节的强度和刚度问题，均以弹塑性理论为基础进行分析，根据其形变规律提出既符合理论又联系实际计算方法。

4) 本书所用数学符号、力学单位和材料规格以及插图绘制均以最近的国标和部标为依据；书中所用专业名词术语、机构及零件名称尽量与最新出版的辞书一致；国外武器名称一律采用参考文献〔9〕、〔10〕所列出的。

全书共八章：第一章绪论介绍了总体设计中的几个问题；第二章闭锁机构的设计，包括枪机（或机头）回转式、枪机偏转式和卡铁摆动式；第三章枪机加速机构（杠杆凸轮式、滚柱凸轮式）和半自由枪机（滚柱式、杠杆式）的设计；第四章弹仓式供弹机构（弹匣、弹盘、弹鼓）的设计；第五章弹链供弹的设计；第六章退壳机构（抽壳、抛壳）的设计；第七章击发机构和发射机构的设计；第八章复进装置和缓冲装置的设计。第一、三、五章和第

七章第二节由于道文撰写，韩美华描图；第二、六章和第七章第一节由涂光苏撰写，李丽萍描图；第四、八章由殷仁龙撰写，韩美华描图。于道文任主编，审阅了全稿。

由于编著人员水平有限，书中难免有错漏之处，恳切希望广大同行和读者们给予批评指正。

编著者

目 录

主要名词术语符号与单位	1
第一章 绪论	4
一、自动武器的生成、现况与未来	4
二、自动武器的战术技术要求	13
三、自动武器的研制程序和设计方法	26
四、自动原理和工作循环图	35
第二章 闭锁机构	52
第一节 闭锁机构的功用和设计步骤	52
一、闭锁机构的功用和结构组成	52
二、对闭锁机构的要求和设计步骤	53
三、弹底间隙	57
四、闭锁机构结构形式的选择	60
五、防反跳机构	69
第二节 枪机(或机头)回转式闭锁机构	74
一、闭锁凸笋和闭锁支撑面	75
二、火药燃气压力作用下的强度验算	77
三、开、闭锁工作面	85
四、楔紧现象和避免(或减轻)楔紧的措施	106
五、闭锁机构与其他机构的关系	109
第三节 枪机偏转式闭锁机构	115
一、结构简介	115
二、发射时枪机各受力部位的强度验算	117
三、开锁运动分析和开锁能量损耗	120
四、闭锁工作面的设计和复进时的楔紧现象	123
第四节 卡铁摆动式闭锁机构	130
一、结构简介	130
二、闭锁支撑部分的强度验算	134

三、开、闭锁工作面的设计	137
四、楔紧现象	141
第三章 枪机加速机构与半自由枪机	144
第一节 枪机加速机构	144
一、枪机加速机构的作用和结构	144
二、枪机加速机构的设计与计算	150
第二节 半自由枪机	174
一、半自由枪机的作用和结构	174
二、半自由枪机的设计与计算	178
第四章 弹仓式供弹机构	186
第一节 弹匣供弹	188
一、概论	188
二、弹匣设计	192
三、托弹簧设计	214
第二节 弹盘和弹鼓供弹	230
一、概论	230
二、弹盘和弹鼓的设计	236
三、平面涡卷弹簧的设计与计算	247
第五章 弹链式供弹机构	263
第一节 弹链的结构和设计	264
一、弹链的结构形式	264
二、弹链的设计和计算	268
第二节 弹链输弹机构的设计	286
一、弹链输弹机构的结构形式和特点	286
二、弹链输弹传动机构的设计要求	300
三、输弹传动机构的主动件	302
四、输弹传动机构的结构设计	305
五、输弹传动机构的动力分析	322
六、受弹器及有关附件的设计	329
第三节 弹链进弹机构的设计	333
一、进弹方式和进弹机构的设计要求	333
二、单层进弹机构的设计	335

三、双层进弹机构的设计	347
第六章 退壳机构	356
第一节 退壳机构的功用和结构分析	356
一、退壳机构的功用和对退壳机构的要求	356
二、退壳机构的结构分析	356
第二节 退壳机构的设计	368
一、抽壳钩工作时的受力分析	368
二、抽壳机构的设计	377
三、抛壳机构的设计	390
第七章 击发机构与发射机构	399
第一节 击发机构	399
一、击发机构的功用和对击发机构的要求	399
二、击发机构的类型	400
三、击发机构的工作可靠性	404
四、击发机构的设计	408
五、击发机构的保险机构	435
第二节 发射机构	440
一、发射机构的作用和要求	440
二、发射机构的工作原理和结构设计	441
三、发射机构中的点射机构	460
四、发射机构的几何分析	464
五、扳机行程和扳机力	468
六、发射机构零件强度的保证	472
七、发射机构中的减速机构	476
第八章 复进装置与缓冲装置	479
第一节 复进装置	479
一、复进装置的作用与结构	479
二、复进装置在武器上的安装位置和复进簧的配置	480
三、复进装置的设计与计算	486
第二节 缓冲装置	530
一、缓冲装置的作用和要求	530
二、缓冲装置的类型、结构与工作性能	531

目

三、缓冲装置的设计与计算.....	540
本书涉及的自动武器名称型号	565
参考文献	567

主要名词术语符号与单位

符 号	名 称	单 位
A	功、能量	$N \cdot m$ 或 J
a	加速度	m/s^2
B 、 b	宽度	mm
b	恢复系数	
C	螺旋弹簧的旋绕比	
D 、 d	直径	mm
D 、 D_1 、 D_2	弹簧圈的中径、内径、外径	mm
D	强化模量	N/mm^2 或 MN/m^2
E	动能、能量	$N \cdot m$ 或 J
E	弹性模量	N/mm^2 或 MN/m^2
F	螺旋弹簧的变形量	mm
F	复进簧力、扳机力、抱壳力	N
f	摩擦系数	
G	切变模量	N/mm^2 或 MN/m^2
g	重力加速度	$9.80665m/s^2$
H 、 h	高度	mm
I	转动惯量	$kg \cdot m^2$
J 、 J_0	断面惯性矩、断面极惯性矩	mm^4
K 、 K_1	曲度系数 (压簧、扭簧)	
K	弹链刚度	N/mm
k	传速比	
L 、 l	长度	m 或 mm
M 、 m	质量	kg 或 g
M	力矩	$N \cdot m$

M'	螺旋弹簧扭转刚度	$M \cdot m / ^\circ$
$M'_{\text{ax}}, M'_{\text{rad}}$	平面涡卷弹簧刚度	$M \cdot m / 2\pi, M \cdot m / \text{rad}$
m	钢索股数	
N	约束反力、支撑反力	N
N	平面涡卷弹簧转数	
n	弹簧圈数、枪机凸笋数、弹链枪弹数	
n	实际安全系数	
P	载荷、火药燃气作用力	N
P'	螺旋弹簧的刚度	N / mm
p_m	平均最大膛压	Pa
Q	切向力、拔弹抗力	N
q	载荷集度	N / m
R	摩擦力、约束反力	N
R, r	半径	mm
S	面积	mm^2
s	弹链节距	mm
s	行程、距离	mm
T	推力、伸张力	N
t	时间	s
t	螺旋弹簧的节距	mm
V, v	速度	m / s
W, W_0	抗弯断面模量、抗扭断面模量	mm^3
Z	冲量	$\text{kg} \cdot \text{m} / \text{s}$
α, β, γ	角度	$(^\circ)$
α	螺旋弹簧的螺旋角	$(^\circ)$
β	钢索拧角、半锥度角	$(^\circ)$
γ	质量密度	g / cm^3
Δ, δ	间隙	mm
δ	厚度	mm
$\delta, \delta_1, \delta_0$	弹簧圈轴向间隙、剩余间隙	mm

ε	应变	
η	传动效率	
θ	角度	(°)
λ	弹簧的工作行程	mm
ν	泊松比	
ξ	多股簧的刚度系数	
ρ	曲率半径	mm
ρ	弹链线密度	g/mm
σ	正应力	N/mm ²
σ_b	材料的抗拉强度	N/mm ²
σ_t 、 σ_y 、 σ_w	拉伸应力、压缩应力、弯曲应力	N/mm ²
σ_s	材料的屈服限	N/mm ²
$[\sigma]$ 、 $[\sigma]_w$	许用应力、许用弯曲应力	N/mm ²
$[\sigma]_{yy}$	许用挤压应力	N/mm ²
τ 、 τ_n	剪切应力、扭转剪切应力	N/mm ²
τ_b	压并剪切应力	N/mm ²
τ_s	材料的剪切屈服限	N/mm ²
$[\tau]$ 、 $[\tau]_n$	许用剪切应力，许用扭转剪切应力	N/mm ²
Φ	抽壳力	N
φ 、 ψ 、 ω	角度	(°)
φ	摩擦角	(°)
ω	角速度	rad/s

第一章 绪 论

一、自动武器的生成、现况与未来

自动武器是“利用火药燃气能量发射弹丸（或弹头）和装填弹药，并能自动发射的身管武器。”

按战斗用途来分，自动武器中有步兵自动武器、航空自动武器以及地面和舰用高射自动炮。步兵自动武器的口径在20mm以下，通常称为枪械，它包括手枪、步枪、冲锋枪和机枪。航空自动武器中有航空机枪和航空自动炮（口径20~37mm）。

1. 自动武器的诞生和成长

据史料记载：中国在南宋开庆元年（公元1259年）创制了突火枪，以巨竹为枪筒，内安子窠（弹丸），用火药发射，这是世界上最早的管形射击火器。中国人发明的火药传到西方后，14世纪在欧洲出现手工点火的火门枪。管形火器的发展和改进，当时主要集中在提高点火方式的方便性和可靠性方面，大致经历了火绳机点火（火绳枪，15世纪出现）、燧石机点火（燧石枪，16世纪出现）和击发机点火（击发枪，19世纪初出现）等几个阶段。当1807年以雷汞为击发药的点火方式发明以后，出现了定装枪弹，定装枪弹便于装填和击发，这就导致了近代步枪的产生。为了提高发射速度以增大射击威力，步枪又经历了机械化和自动化的发展过程。

在定装枪弹出现以后，枪械中的开关枪机、重新装填、击针成待击状态和击发等动作都实现了机械化。在19世纪中叶以后随之出现了很多机械化的连发武器，如美国人加特林发明的手摇式机枪（1862年）和瑞典人诺登菲尔德发明的5管排枪（1878年）。但机械化武器的机构动作全靠射手体力完成，在最紧张的工作情况下，加特林机枪的射速可达到300~350rds/min。

武器发展史上常把英籍美国人马克辛发明的机枪作为第一个设计成功的自动武器。这种机枪采用枪管短后坐的原理，利用火药燃气的能量通过曲柄连杆机构完成开、闭锁和待击。它是用布料弹带以曲拐拨送来完成供弹动作的。水冷枪管，能长时间连续射击，理论射速可达600rds/min。枪身质量27.2kg，放在炮架上射击。为了使机枪能伴随步兵作战，1902年，在丹麦研制出了麦德森机枪，它装有两脚架，采用气冷枪管，外形似步枪，全枪质量仅10kg。为了便于区分，常称带枪架的机枪为重机枪，带两脚架的机枪为轻机枪。

同一时期，手枪和步枪的自动化也开始了。最早的自动手枪有德国制造的博查特手枪（1893年）和毛瑟手枪（1896年）以及美国的柯林斯手枪（1897年）。19世纪末，一些国家开始从事自动步枪的研究。1908年墨西哥首先装备了蒙德拉贡设计的半自动步枪。第一次世界大战后，自动步枪在各国逐渐得到发展。但由于步枪的威力大，后坐太猛，精度很差，全自动步枪当时没有得到推广。

一般认为冲锋枪起源于第一次世界大战时期。为适应阵地争夺战的需要，1915年意大利人列维里设计了发射9mm手枪弹的维拉·派洛沙双管自动枪。但这种枪的射速太高，精度很差，也较笨重，不适于单兵使用，未得到发展。西班牙内战（1936~1939年）时期，交战双方使用了德国MP18等多种发射手枪弹的手提机枪。这些枪短小轻便，弹匣容弹量较大，火力猛，适用于冲锋、反冲锋、巷战和丛林战等近距离战斗。在第二次世界大战中，冲锋枪获得了更大的发展，如原苏联的ППШ-41和ППС-43等7.62冲锋枪在卫国战争中发挥了巨大的作用。

第一次世界大战中，出现了军用飞机和坦克，给自动武器提出了新的研究课题。首先出现的是口径大于12mm的大口径机枪。德国的加斯特机枪（1918年）是最早的大口径航空机枪，它是用两根连接在一起的枪管轮流发射，并且一根枪管发射时的后坐力被用来进行另一根枪管的装弹和发射，理论射速达到1200rds/min。

为了射击低空的飞行目标和薄壁装甲地面目标，又出现了威力较大的大口径高平两用机枪。在两次世界大战之间，航空机枪、航空自动炮以及高射机枪和高射自动炮得到了很大的发展。这时期研制的航空武器如原苏联的 ИЛКАС 7.62 航空机枪，理论射速为 1800 rds/min，为当时射速最高的武器。当时各国设计的航空自动炮和地面高射炮口径有 20、23、25、30、37mm 等。

2. 第二次世界大战后自动武器的发展与现况

由于在第二次世界大战中，自动武器发挥了巨大的作用，战后世界各国更是竞相发展自动武器。发展的主要指导思想是“弹药通用化”和“武器系列化”。

由于武器和弹药的种类逐渐增多，使后勤补给日趋复杂，许多国家都设法对弹药进行通用化。第二次世界大战末出现了质量和尺寸介于手枪弹和步枪弹之间的中间型枪弹。德国研制了用于 MP43 冲锋枪的 7.92mm 短弹，原苏联也研制了口径为 7.62mm 的中间型枪弹 M43，并且采用此弹药设计出 CKC 自动装填卡宾枪，AK-47 自动枪（即突击步枪）和 ППД 轻机枪等系列步兵班用自动武器。

为了在同一集团中枪械弹药的通用，1953年12月北大西洋公约组织选用了美国 T65 式 7.62×51 枪弹作为制式步、机枪弹，即 NATO 枪弹。随后便出现了使用该枪弹的典型自动步枪如美国的 M14、比利时的 FN·FAL、原联邦德国的 G3 以及意大利的 BM59 等自动步枪。

在“弹药通用化”和“武器系列化”的思想指导下，第二次世界大战后许多国家结合局部战争中武器使用的实践经验进行步兵自动武器的更新换代，其主要方面有：

（1）突击步枪与枪族

冲锋枪是一种便于携带、火力又猛的近距离使用的枪械，但因枪管短，命中率不佳，远距离射击不如步枪。第二次世界大战中有些国家设计能代替自动步枪、冲锋枪、卡宾枪，有效射程 400m 左右，火力突击性较强的步枪，如德国的 StG44 步枪、原苏联的 AK-47 自动枪的设计就体现了这种思想。这类枪后来称为突击

步枪。当前它已成为各国设计新步枪的主要方向。

突击步枪可以说是一种质量较小、长度较短、具有冲锋枪的猛烈火力和接近普通步枪射击威力的自动步枪。主要用于在400m以内突然、灵活地发射枪弹，以弹头杀伤暴露的有生目标。有的还可用刺刀、枪托格斗；有的不但能单、连发射击，而且还有点射机构。枪托有木质或塑料的长托、短托或折迭式。

枪族是使用同一枪弹、采用相同的结构形式、主要零、部件可以通用但战术功能不同的几种枪的总称。50年代末美国将M14自动步枪加装两脚架做班用自动武器装备称M14A1，形成了M14枪族。原苏联于60年代在AK-47自动枪的基础上，采用相同结构形式（如自动方式、闭锁方式、发射机构等）利用M43式7.62枪弹设计出卡拉什尼科夫班用枪族，族中有AKM自动枪和PIIK轻机枪。PIIK轻机枪的枪管比自动枪的质量大，配两脚架，弹鼓供弹，但是装上AKM的弹匣也能进行射击。

枪族的优点是：便于训练，战士容易掌握族内各种枪支的操作、使用和维护保养；战时便于弹药的后勤供应和战场上的应急组配；可减少备份件的需要量；便于生产和有利于降低成本。目前世界上比较成功的枪族都是班用枪族，它一般是以步枪为基础。安装加长、加粗的枪管，配用大容量弹量的供弹具，再装上两脚架成为轻机枪；若安装较短的枪管并采用折迭式或伸缩式枪托即成为突击步枪。由于枪族的这些优越性，致使世界上出现了一系列的武器族，如比利时FN·FAL和意大利的BM59都形成了包括步枪、轻机枪和卡宾枪的7.62mm枪族。枪族进一步发展是由班用枪族到通用机枪族。

（2）班用枪械小口径化

经过对实践中步枪开火距离的大量统计研究，并考虑到在战斗中将大量使用步兵战车，人们认识到步枪的有效射程可缩短到400m，轻机枪可缩短到600m以内。这样就可以适当降低枪弹威力，也就是可以适当减小枪械的口径。1958年美军首先开始试验发射5.56mm M193式枪弹的小口径自动步枪AR15，1963年

列装部队，定名为M16步枪。M16步枪质量为3.1kg，有效射程为400m，曾首先用于越南战场。后经改进于1967年2月正式命名为M16A1步枪列装。

小口径枪械，口径一般小于6mm。这类枪械的优点是：枪和弹的质量都小，可增加弹药携带量，提高枪械持续作战的能力，后坐力小，连发射击时射手容易控制，有利于提高连发射击精度和减轻对射手由射击引起的疲劳；弹头初速高、弹道低伸，有良好的杀伤能力和侵彻能力；结构紧凑，体积小，便于在战车和直升机等运兵工具内及丛林中使用；节约了原材料，并且有利于后勤储存、运输和供应。

M16A1的列装，推动了世界各国军用步枪向小口径方向发展，例如法国的FA·MAS5.56自动步枪和比利时的FNC5.56自动卡宾枪。法FA·MAS自动步枪的自动方式为杠杆式半自由枪机，具有三发点射机构，并且采用了“无托”结构。“无托”结构是将枪管尽可能后移，取消枪托或把它尽量缩短以减小枪的全长，扳机放在小握把前，为便于射击将小握把放在弹匣前。1980年10月北约组织决定选用比利时5.56mm SS109枪弹为北约制式枪弹后，美国将M16A1改进为M16A2步枪，增添了三发点射机构。SS109枪弹提高了M16的远距离侵彻性能。

枪族在小口径步枪出现以后，又有了进一步的发展，如1973年正式列装的加列尔5.56班用枪族。原苏联于1974年定型了口径为5.45mm班用枪族，它包括AK-74自动枪和PIIK轻机枪。原联邦德国HK公司研制出使用5.56mm M193枪弹的HK33枪族。其自动方式为滚柱撑开式半自由枪机，包括步枪、冲锋枪和轻机枪，相当多零部件可以互换使用。此外奥地利的5.56mm斯太尔“AUG”通用枪也是一种小口径枪族。它也采用了“无托”结构，并且更换枪管系统可改成冲锋枪、突击步枪或轻机枪使用。

(3) 通用机枪、航空机枪与高射机枪

重机枪是步兵作战的主要支援武器，但它过于笨重，行军很