

# 航空自动武器设计手册

国防工业出版社

TJ3-62  
01

# 航空自动武器设计手册

何志强 黄守仁 李载弘 编著

11255/57



C0190528

国防工业出版社



-30107505-

## 内 容 简 介

本书是在总结航空自动武器设计、制造、试验和使用等方面实践经验的基础上编写而成的设计参考手册。

全书共分十四章。第一章到第四章为概述和内弹道设计部分。第五章到第八章为结构设计部分，内容包括航炮（枪）的各类典型结构的性能分析，各种装置和部件的设计方法及实际数据。第九章到第十四章为分析计算及测试部分。同时还介绍了航空自动武器常用工具、常用材料和表面处理的选择方法。

本书有助于从事本专业的技术人员、有关教学人员解决航炮（枪）研制、生产、维护使用和教学中经常遇到的有关技术问题。

### 航空自动武器设计手册

何志强 黄守仁 李载弘 编著

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刷

787×1092 1/16 印张40<sup>1</sup>/<sub>2</sub> 插页2 944千字

1990年8月第一版 1990年8月第一次印刷 印数： 001—700册

ISBN 7-118-00571-1/TJ·40 定价：29.10元

科技新书目 222-048

## 前 言

航空自动武器基于其近距离作战的优良性能和工作可靠、使用灵活、造价低廉等特点，一直都是空军装备中不可缺少的一个品种。半个多世纪以来，航空自动武器已发展成为一种有别于一般小口径自动炮和其他自动武器的特种兵器。我国的航空自动武器30年来从仿制到自行设计，积累了不少经验，为了进行系统的整理和总结，我们汇集有关的资料，编写出了这本“航空自动武器设计手册”，供航空自动武器设计者及有关技术人员参考。

本书主要介绍航空自动武器的各种工作原理、结构、主要参数以及设计的一般方法与有关问题。

全书内容是根据武器设计工作的一般程序编排的，即从总体设计到部件设计；从产品工作图设计到工附具设计。为了便于对航空自动武器进行理论分析及实验研究，还介绍了机构运动分析计算及测试方法，最后是航空自动武器的性能试验。

本书以航空自动武器的结构设计为主，其中又以航炮的结构设计为主要内容。航空机枪因为目前设计及使用都已很少，故本书未用较多的篇幅介绍。

本书所列举的有关结构参数以国内航空自动武器为主，国外航空自动武器列举的不多。

本书不包含航空弹药的设计内容，但是，介绍了国内外航空弹药的有关数据供航空自动武器设计人员参考。

参加本书编写工作的还有赵学强、苏日敬、祁和祥、成真、咸家钰、包希增、汪学仁、李印怀、张万相、马逢伯、张久亨、高会祥、冯顺兴、常兴华、阎汉轩等；高日升和郭云珍也为本书提供了资料。

在本书初稿完成后，曾请有关专家进行会审，戴成勋、王肇恭、曹菊人、张戡山、康海清、张学文、高贵昌、朱家琪、吴培增、许大森、彭定、孙庆余、陈应德、陶筠、方秉尧、郜素贤、王瑞芳、张健等到会提出了许多宝贵的意见，使本书在内容上得以进一步的充实和提高。在此，谨向他们和其他为本书提供资料和建议的同志表示衷心的感谢。

本书由咸家钰同志负责检查有关标准的贯彻及新旧计量单位换算工作。

本书最后经张洪钧、成曾桂同志审阅。

由于编者水平有限，经验不足，搜集资料也有欠缺，书中的缺点和错误在所难免，诚恳地希望广大读者提出批评指正。

# 目 录

<b>第一章 概论</b>	
第一节 航空自动武器发展概况	1
第二节 航空自动武器的分类	6
一、按口径分类	6
二、按自动工作利用能量的方式分类	6
三、按自动工作主要特征分类	9
第三节 航空自动武器设计的一般程序	11
一、战术技术指标论证	11
二、方案设计	12
三、总体设计	12
四、武器样机研制	14
五、设计定型	16
六、生产定型	17
<b>第二章 航空自动武器用弹药</b>	
第一节 航空自动武器用弹的分类及用途	19
一、实战用弹	19
二、辅助用弹	22
第二节 国内外航空自动武器用弹药主要技术诸元	24
一、各项诸元所用量纲	24
二、性能数据	24
第三节 航空自动武器用弹链	34
一、概述	34
二、弹链的分类与性能	35
<b>第三章 航空自动武器的总体设计</b>	
第一节 对航空自动武器的设计要求	38
一、航空自动武器主要的战术技术性能要求	38
二、对航空自动武器设计的特殊要求	46

第二节 武器总体结构设计保证战术性能的技术措施	50
一、提高射速的技术措施	50
二、提高连发射击精度的技术措施	51
三、减小后坐力的技术措施	53
四、提高工作可靠性的技术措施	55
第三节 武器总体结构设计的工作内容及方法	57
一、性能估算	57
二、对部件的技术设计提出要求	59
<b>第四章 内弹道计算与设计</b>	
符号表	61
第一节 基本假设和内弹道方程组	63
一、基本假设	63
二、内弹道方程组	68
第二节 内弹道方程组的分析解法	68
一、前期	68
二、第一时期	69
三、第二时期	70
四、后效期膛内压力的变化规律	70
第三节 内弹道表解法	71
一、 $\Gamma AY$ 表的结构和应用	71
二、不同形状火药内弹道表解法	76
第四节 内弹道电子计算机解法	81
一、内弹道基本方程组	81
二、弹道计算中一些问题的处理方法	82
三、弹道符合计算框图及使用说明	83
四、程序操作说明	85
五、例题	85
第五节 内弹道设计	89
一、内弹道设计过程	89
二、内弹道设计方案的评选标准	90
三、起始参量的选择	92
四、内弹道设计的方法与步骤	95

<b>第五章 航空自动武器典型工作原理与结构</b>	
<b>第一节 导气式和管退式单管滑动机心航炮</b>	
动机心航炮	109
一、导气式单管滑动机心航炮	109
二、管退式单管滑动机心航炮	118
<b>第二节 导气式双管滑动机心航炮</b>	
一、概述	127
二、航炮的基本工作原理	129
三、对双管23-3型航炮的评价	133
<b>第三节 转膛炮</b>	
一、概述	135
二、基本原理	136
三、特殊结构及设计要求	140
四、对转膛炮的评价	149
<b>第四节 外部能源式多管旋转武器</b>	
一、概述	149
二、武器工作原理	152
三、转管武器系统的几个特殊问题	162
四、对多管旋转式武器的评价	166
<b>第五节 自身能源(导气式)多管旋转武器</b>	
一、概述	167
二、自身能源转管武器的工作原理	167
三、对苏联口径12.7mm自身能源式四管旋转机枪的评价	174
<b>第六节 GAU-2B/A 六管旋转机枪的单向无链供弹机构</b>	
一、航空自动武器无链供弹概况	174
二、GAU-2B/A机枪的无链供弹系统结构	175
三、GAU-2B/A六管机枪无链供弹系统工作原理	182
四、GAU-2B/A六管机枪进弹系统特点	183
<b>第七节 链式航空自动武器</b>	
一、概述	184
二、链式武器工作原理	185
三、对链式武器的评价	188
<b>第六章 身管设计</b>	
<b>第一节 射击时身管的受力分析</b>	
一、径向作用力	189
二、轴向作用力	189
三、扭矩	190
<b>第二节 身管设计压力曲线的确定</b>	
一、发射各瞬间膛内压力的分布规律	190
二、药温变化对膛压的影响	191
三、设计压力曲线的计算步骤	193
<b>第三节 身管强度设计</b>	
一、身管壁上的应力分布	195
二、身管设计所用的强度理论	196
三、身管强度设计-校核程序	198
四、身管强度设计实例	200
<b>第四节 身管内部结构设计</b>	
一、弹膛的结构设计	205
二、坡膛的结构设计	207
三、线膛的结构和分类	207
四、膛线导转侧上力的计算	209
五、膛线缠度的确定	210
六、渐速膛线的设计	211
七、膛线参量的确定及其强度验算	212
八、导带的强度校核	213
<b>第五节 身管连接处的受力</b>	
<b>第六节 身管寿命</b>	
一、身管内膛的破坏特点	217
二、身管寿命标准	220
三、影响身管寿命的因素	221
四、提高身管寿命的措施	223
<b>第七章 自动机构与装置设计</b>	
<b>第一节 进推弹机构</b>	
一、进推弹机构的构造和分类	225
二、进弹机构的设计要求	229
三、送弹板传速比变化规律确定的程序	233
<b>第二节 闭锁机构</b>	
一、闭锁机构设计的主要要求	237
二、闭锁机构的分类	237
三、闭锁机构的设计与计算	240
四、击发机构的设计与计算	248
<b>第三节 加速机构</b>	
一、加速机构的种类及其工作原理	253
二、加速机构的作用及其设计要求	254
三、加速臂工作曲面的确定	255
四、复进加速器结构尺寸的设计计算	258

五、带连杆的凸轮加速机构设计 ..... 260

**第四节 抽、抛壳机构** ..... 263

一、抽壳和抛壳机构设计的一般要求 ..... 263

二、抽壳和抛壳机构的结构类型 ..... 264

三、抽壳力的计算 ..... 265

四、抽壳时机的选择 ..... 270

五、抽壳故障与抽壳条件的改善 ..... 271

六、抽壳部分的设计 ..... 271

七、抛壳部分设计 ..... 272

**第五节 电发火机构** ..... 273

一、电发火机构的主要组成和功用 ..... 273

二、电发火机构的分类及特点 ..... 274

三、对电发火机构的主要要求 ..... 277

四、扣机的工作协调与运动计算 ..... 278

五、电磁力的计算 ..... 280

六、电发火机构的典型故障 ..... 281

**第六节 装退弹机构** ..... 281

一、装退弹机构的功用 ..... 282

二、装退弹机构的分类及构造 ..... 282

三、冷气装弹时冷气消耗量的计算 ..... 286

四、装弹机构在冷气压力作用下的运动计算 ..... 287

**第七节 气体装置** ..... 290

一、概述 ..... 290

二、各类气体装置的结构分析及压力计算 ..... 291

三、导气筒压力的近似算法 ..... 300

**第八节 缓冲装置** ..... 304

一、普通弹性缓冲器 ..... 305

二、油压减冲筒 ..... 314

三、特种弹性缓冲器 ..... 318

**第九节 膛口装置** ..... 320

一、膛口装置的种类及其作用特点 ..... 320

二、炮口制退器设计与结构参数分析 ..... 322

**第十节 零部件设计的工艺性** ..... 337

一、机械加工对结构工艺性的要求 ..... 337

二、装配对结构工艺性的要求 ..... 342

**第八章 弹簧设计**

**第一节 圆柱螺旋弹簧** ..... 344

一、圆截面材料圆柱螺旋压缩弹簧 ..... 344

二、矩形、方形截面材料圆柱螺旋压

缩弹簧 ..... 351

三、复杂截面材料圆柱螺旋压缩弹簧 ..... 353

四、圆截面材料圆柱扭转弹簧 ..... 355

五、多股圆柱螺旋弹簧 ..... 357

六、高应力弹簧 ..... 362

**第二节 碟形弹簧** ..... 367

一、概述 ..... 367

二、碟形弹簧的计算及辅助值 ..... 368

三、普通碟形弹簧主要参数的选取 ..... 371

四、设计计算步骤 ..... 373

**第三节 环形弹簧** ..... 374

一、概述 ..... 374

二、设计与计算 ..... 375

**第四节 片弹簧** ..... 377

一、概述 ..... 377

二、设计与计算 ..... 377

**第五节 弹簧的组合** ..... 379

一、弹簧的串联 ..... 379

二、弹簧的并联 ..... 380

**第六节 圆柱螺旋弹簧的优化设计** ..... 381

一、已知条件 ..... 381

二、设计变量 ..... 382

三、目标函数 ..... 382

四、约束条件 ..... 382

五、程序设计过程 ..... 384

**第九章 机构运动分析计算**

**第一节 不考虑武器体部运动时的运动分析计算** ..... 391

一、传动工作循环图的建立 ..... 391

二、自动机构的运动微分方程式 ..... 392

三、传速比和传动效率 ..... 393

四、自动机构的撞击 ..... 402

五、机构运动微分方程式的电子计算机解法 ..... 405

六、运动时构件间内力的计算 ..... 408

七、武器的后坐力计算 ..... 410

**第二节 计算例题** ..... 412

一、基本构件的确定 ..... 413

二、传动工作循环图的计算 ..... 413

三、已知主要数据 ..... 413

四、内弹道计算结果 ..... 415

五、基本构件的运动微分方程式 .....	415
六、瓦斯气室内火药气体压力 $P_A$ 、 $P_B$ 的计算公式 .....	416
七、传速比和传动效率的计算结果 .....	420
八、后退滑板的运动方程组与瓦斯气 室气体压力方程组联立求解 .....	424
九、击发转轴运动规律计算 .....	427
十、航炮的射击工作循环图和射速 .....	432
<b>第三节 考虑武器体部运动时机 构的运动分析计算</b> .....	432
一、二自由度武器机构运动微分方程组 .....	433
二、影响系数的确定 .....	434
三、自动机构的撞击 .....	438
四、工作构件随基本构件作平面运动 的微分方程组 .....	440
五、二自由度武器机构运动微分方程 组的解 .....	442

## 第十章 工具、压弹机和部队用 量规设计

<b>第一节 工具</b> .....	444
一、擦拭工具 .....	444
二、分解、结合工具 .....	448
三、排除故障用工具 .....	451
四、维护及维修用工具 .....	453
五、工具袋 .....	454

<b>第二节 压弹机</b> .....	454
一、压弹机的构造 .....	454
二、压弹机的总体设计 .....	455
三、纵向推入式压弹机的设计 .....	458
四、横向压入式压弹机的设计 .....	461

<b>第三节 部队用量规</b> .....	463
一、部队用量规设计的依据 .....	463
二、部队用量规设计的一般要求 .....	464
三、部队用量规使用说明书的编制 .....	467

## 第十一章 航空自动武器用材料 及表面处理选择

<b>第一节 对金属材料的要求及选择</b> .....	468
一、对金属材料的要求 .....	468
二、选用金属材料的一般原则 .....	468
三、材料的确定方法 .....	469

<b>第二节 常用的金属材料</b> .....	469
一、主要零件使用的金属材料及其要求 .....	469
二、常用材料化学成份及机械性能 .....	469
<b>第三节 航炮用塑料和橡胶</b> .....	492
一、塑料的分类及要求 .....	492
二、航炮用塑料的性能 .....	493
三、橡胶 .....	494
<b>第四节 表面处理选择</b> .....	497
一、概述 .....	497
二、常用镀层的性质、厚度和技术要求 .....	498
三、常用的化学保护层 .....	500
四、非金属保护层 .....	501
五、几种封存包装方法 .....	502
<b>第五节 金属零件表面冷形变强化</b> .....	504
一、概述 .....	504
二、喷丸强化 .....	505
三、滚压强化 .....	508
四、硬材料的挤压加工 .....	509
五、锤击强化 .....	509

## 第十二章 尺寸链计算

<b>第一节 尺寸链计算的内容和要求</b> .....	510
一、保证装配技术要求 .....	510
二、确定合理的修锉余量 .....	512
三、工艺或工序尺寸设计 .....	512
四、尺寸或公差变动时的计算 .....	512
五、尺寸链计算中的两类问题 .....	513

<b>第二节 编制尺寸链计算书的一 般步骤</b> .....	513
一、列出计算项目 .....	513
二、绘制计算简图 .....	513
三、列出数据表格 .....	513
四、确定计算条件 .....	514
五、进行分析计算 .....	514
六、写出计算结论 .....	514

<b>第三节 用极值法解尺寸链</b> .....	514
一、直线尺寸链计算 .....	514
二、平面尺寸链计算 .....	520

<b>第四节 工艺因素误差对尺寸链 计算的影响</b> .....	531
一、半公差问题 .....	531



二、各种情况下半公差计算 .....531

三、考虑半公差影响时尺寸链的计算方法 .....533

**第五节 用概率法解尺寸链** .....542

一、不对称系数 $\alpha_i$  .....542

二、相对分布系数 $K_i$  .....543

三、用概率法解尺寸链的基本公式 .....544

四、用概率法解尺寸链示例 .....544

**第六节 应用微机计算尺寸链** .....546

一、程序的设计和性能 .....546

二、计算前的准备 .....547

三、数据的输入与计算 .....547

四、计算举例 .....549

五、几点说明 .....555

**第十三章 航空自动武器性能参数测试**

**第一节 弹丸初速的测试** .....556

一、电子测时仪测速原理 .....556

二、初速测定方法 .....556

**第二节 射速的测试** .....560

一、射速的测试原理 .....560

二、射速的测试方法 .....560

**第三节 后坐力的测试** .....562

一、后坐力的测试原理 .....562

二、后坐力的测试方法 .....562

**第四节 压力的测定** .....564

一、最大膛压的测试 .....564

二、压力曲线的测量 .....566

**第五节 运动件速度和位移的测试** .....567

一、转鼓测速法 .....567

二、感应测速法 .....569

**第六节 温度测试** .....572

一、热电偶测温计 .....572

二、红外线测温计 .....572

三、光电比色测温计 .....572

四、测温实例 .....572

**第七节 振动测试** .....574

一、机械法 .....574

二、高速摄影法 .....574

三、应变测量法 .....577

**第八节 微处理机在测试中的应用** .....577

一、在测压中的应用 .....577

二、在测速中的应用 .....580

**第九节 测试误差分析** .....584

一、误差分类与处理 .....584

二、随机误差 .....584

三、系统误差 .....583

四、疏失误差 .....583

五、数据表示和运算 .....590

**第十四章 航空自动武器试验**

**第一节 概述** .....591

一、工厂靶场试验 .....591

二、国家靶场鉴定性试验 .....592

三、航空自动武器的装机试验 .....593

**第二节 内弹道试验** .....594

**第三节 外弹道性能试验** .....595

一、直射距离测定试验 .....595

二、弹丸章动角试验 .....597

三、立靶射击密集度试验 .....600

**第四节 特殊环境及条件下的工作可靠性试验** .....604

一、高温试验 .....604

二、低温试验 .....605

三、恶劣条件试验 .....606

四、垂直悬挂长弹带射击试验 .....607

五、耐热性试验 .....607

六、在不同俯仰角或翻转角度时的射击试验 .....608

**第五节 航空自动武器装机试验** .....608

一、地面校靶射击试验 .....608

二、地面射击精度试验 .....610

三、空中射击精度试验 .....611

四、武器装机后的工作可靠性试验 .....614

五、武器射击对飞机影响试验 .....615

**第六节 射击试验装置** .....619

一、对试验装置的一般技术要求 .....619

二、交验试验装置 .....619

三、后坐力试验装置 .....620

四、特种试验装置 .....621

**附 录**

附录 A 航空自动武器装机情况 .....622

一、航炮(枪)在歼击机和强击机上的 安装 .....	622	二、GPU-5/A 型航炮吊舱 .....	632
二、航炮(枪)在轰炸机上的安装 .....	627	三、GPU-2/A 型航炮吊舱 .....	633
三、航炮(枪)在武装直升飞机上的安装 .....	628	四、CC420型航炮吊舱 .....	633
附录 B 近代航空自动武器主要 性能数据表 .....	630	五、YJIK-23·250 型航炮吊舱 .....	634
附录 C 国外航空自动武器吊舱 主要数据 .....	632	六、SUU-11B/A型航空机枪吊舱.....	634
一、SUU-16A、SUU-23A型航炮吊舱.....	632	附录 D 产品图样及主要设计文 件完整性表 .....	635
		附录 E 常用标准目录 .....	636

# 第一章 概 论

## 第一节 航空自动武器发展概况

### 一、第二次世界大战以前

1903年12月17日，美国莱特兄弟把靠动力飞行的飞机送上天后，很快飞机便被用于战争。1911年在墨西哥革命战争中，革命军的一架寇蒂斯式飞机与政府军的一架侦察机在空中遭遇，驾驶员用手枪互相射击，开创了人类历史上的首次空战，手枪便成了最早用于空战的航空射击武器。后来，人们又将陆军使用的步枪和机枪搬上飞机，以提高空中射击的威力。1912年6月7日，美国飞行员昌德勒上尉在著名军械设计师路易斯少校的帮助下，把路易斯机枪安装在飞机上，这种机枪就成为世界上最早的航空自动武器。

第一次世界大战期间所使用的航空自动武器，都是由地面用的机枪改装到飞机上去的。当时的飞机都采用螺旋桨发动机。装在飞机头部的机枪所射出的子弹必须通过螺旋桨旋转面，子弹如击中螺旋桨的桨叶是十分危险的。为了解决这一问题，设计了协调装置（见图1-1），使机枪的射击受螺旋桨的控制，以便每发子弹正好都从转动的螺旋桨桨叶之间隙中射出，提高了从飞机上射击的安全性。

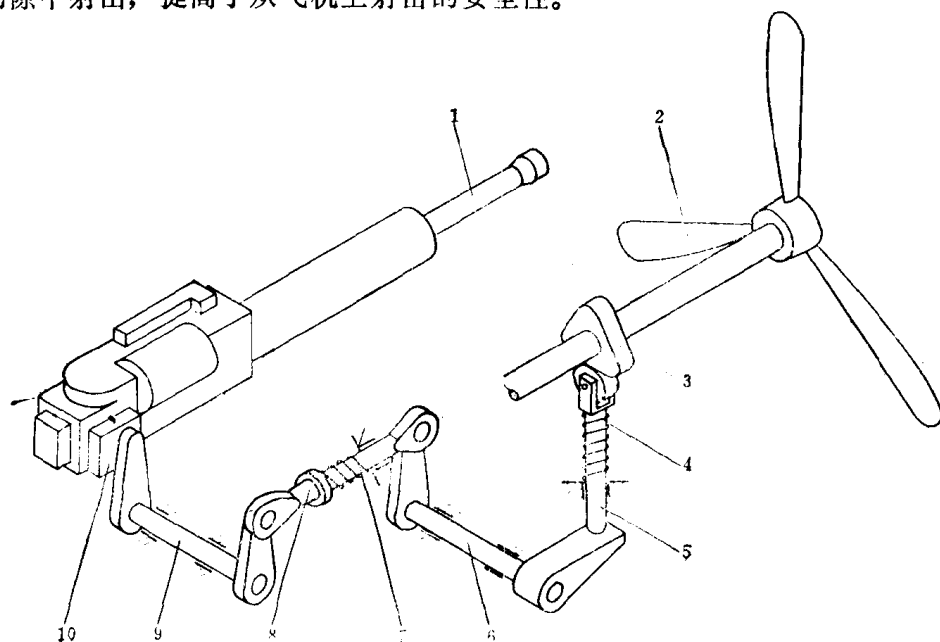


图1-1 航空自动武器发射协调装置

1—机枪；2—螺旋桨；3—凸轮；4—弹簧；5—顶杆；6—  
杠杆；7—弹簧；8—连杆；9—杠杆；10—协调扳机。

航空自动武器作为一种专用武器是在第一次世界大战之后才普遍发展起来的。随着航空技术的发展，军用飞机的速度逐渐提高，飞机的结构也不断加强，用步兵自动武器

改装成的航空机枪已经不能满足空战的要求。为了提高对高速飞机的命中率，要求增大武器的射速；为了提高对装甲飞机的击毁率，要求增大武器的口径。苏联在三十年代初设计出了7.62mm口径的ЛЛКАС高射速航空机枪，其射速达1800发/min。1936年苏联又在此基础上设计了口径20mm的ЛЛВАК航空机炮(简称航炮)；苏联在四十年代初还研制了口径为23mm的ВЯ-23航炮以及口径为37mm的НС-37航炮。与此同时，美国、英国和德国也都相继研制了各种类型的航空机枪和航炮，装备本国的空军(表1-1)。

表1-1 第二次世界大战前各国装备的航空自动武器性能表

型 别	口径mm	初速m/s	射速发/min	质量kg	国家
ЛЛКАС	7.62	825	1800	9.6	苏联
УБ-12.7	12.7	840	900	21.5	
ЛЛВАК	20	800	800	42	
ВЯ-23	23	880	600	66	
НС-37	37	880	250	150	
可尔特 勃朗宁	7.62	820	1000	10	美国
可尔特-勃朗宁	12.7	800	800	29	
依斯班诺	20	860	650	49.4	
勃朗宁	7.71	750	1000	10	英国
维卡斯	7.71	750	900	9.0	
MG-15	7.92	785	1100	9	德国
MG-17	7.92	785	1000	11	
厄利空	20	600	520	23	

在两次世界大战期间，航空自动武器在飞机上的安装也出现了两项重大改进，即安装部位扩大到机翼和应用活动射击装置——炮塔。这更加促进了航空自动武器的发展，加速其实现远距离操纵的自动化系统和扩大其应用的范围。

## 二、第二次世界大战至20世纪50年代

第二次世界大战期间，战争的急需加速了航空自动武器的更新。武器性能的改善仍集中在提高射速与加大口径方面，此外，伴随着口径的加大迫切要求尽量减小武器体积和质量。1945年，苏联以НС-23航炮代替了ВЯ-23航炮。在口径相同，初速和射速相当的情况下，航炮质量由66kg减轻为36.6kg；战争末期，苏联还研制了口径20mm的Б-20航炮，其初速和射速指标与口径20mm的ЛЛВАК航炮基本相同，质量却减轻近一半。美国与英国在战争期间，也都相继使用了大口径的航空自动武器，如美国使用了37mm口径的M-4航炮，英国使用了口径20mm的依斯班诺航炮与口径40mm的维克斯航炮。德国则着重发展了20~30mm口径的航炮，如MG-151、MK-108及MK-103航炮等(表1-2)。

第二次世界大战以后的十多年，航空自动武器的发展仍然很快，由于喷气式飞机的出现，要求武器的射速大幅度提高，以增加对高速机动飞机的命中机会。早在40年代初，各国就已开始致力于提高航炮射速的研究工作。如德国于第二次世界大战末期所研制的MG-213型转膛炮就取得了很大的进展。战后，美、英、法、瑞士等国分别获得了

表1-2 第二次世界大战中各国装备的航空自动武器性能表

型 别	口径 mm	初速 m/s	射速 发/min	质量 kg	国家
B-20	20	780	800	25	苏联
HC-23	23	690	530	36.6	
M-4	37	610	130	115	美国
可尔特-勃朗宁	12.7	800	800	29	德国
伊斯班诺	20	860	650	49.4	
维克斯	40			145	
MG-151	20	780	700	42	德国
MG-81	7.92	785	1000	10	
MG-131	13	700	800	17	
MK-108	30	500	600	63	
MK-101	30	760	200	147	
MK-103	30	800	425	145	
法拉克	37	1170	70	473	
BK-50	50	500	40	592	

MG-213 型航炮的技术资料。在此基础上,这些国家于 50 年代初期相继研制成功类似的转膛炮,其中较为突出的是美国的 M39 型(口径 20mm)、英国的“阿顿”型和法国的“德发”型(口径皆为 30mm)单管转膛炮。法国的“德发”型航炮经过不断改进,发展了多种型号,至今仍装备于各式飞机上被广泛地应用着。美国从 1946 年开始,致力于多管旋转式航炮的研究工作,它利用早期“格林”式步兵机枪旋转射击的原理,使航炮的射速成数倍地提高,航炮的威力显著增加。经过 10 年的研制,口径 20mm 的 M61 型六管旋转式航炮于 1956 年问世。此后,美国以它为制式航炮,普遍装备于各种飞机上。美国并在此基础上,发展了多管旋转式武器的系列产品,除用作各种口径的航空自动武器外,还广泛地用于陆军和海军的各种武器装备中。

在为提高航空自动武器的射速而不断探讨各种新的原理的同时,苏联则致力于从旧式原理航炮中挖掘提高射速的潜力,并收到了较好的效果。40 年代末期,苏联研制出 HP-23 航炮,其射速相当于口径 23mm 的 HC-23 航炮的一倍半。50 年代,苏联又先后研制成两种新航炮,一种是口径 23mm 的 AM-23 型航炮,一种是口径 30mm 的 HP-30 型航炮。AM-23 型航炮把口径 23mm 武器的射速从 HP-23 型航炮的水平上又提高了一半,达到 1200 发/min 以上;HP-30 型航炮则把口径 30mm 武器的射速提高到了口径 23mm (HP-23) 航炮的水平,即 850 发/min 以上。

### 三、20 世纪 60 年代至 80 年代初期

50 年代末,随着导弹技术的发展和运用,西方国家过高地估计了导弹的作用,一度曾出现“空中格斗过时”论、“航空自动武器已无用”的论点。航空自动武器曾面临被淘汰的危险,因此,航空自动武器的研制也一度停止,装备在一些战斗机上的航炮被取消。

60 年代几次局部战争的经验证明:空空导弹固然是一种先进武器,但它远不是尽善尽美的,其成功率还很低。近距格斗仍不可避免,而航空自动武器则是有效的近战武器。许多战例说明,装备航炮的飞机与带导弹的敌机进行格斗,双方都曾取得胜利。这样,空

战中格斗的战术又受到了重视，航空自动武器和近距离格斗导弹都得到了发展。美国在原来没有航炮的 F-4E 和 F-111 A 等新式战斗机上又重新加装了航炮，新型航空自动武器的研制也再度加强了。航空自动武器这一发展过程中的变化，从飞机装备航空自动武器的情况可以得到反映。图 1-2 所示是历年交付的歼击机中装备航空自动武器的飞机所占百分比的曲线。

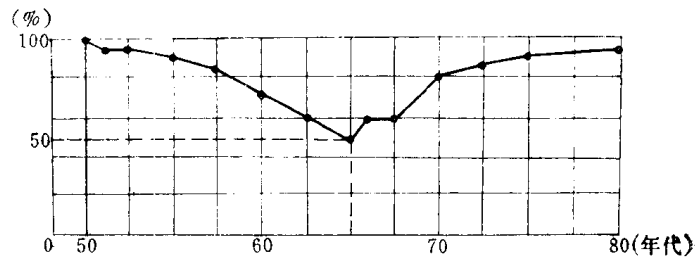


图1-2 历年装备航空自动武器的歼击机所占比率

从曲线中可以看出，60年代曲线下降，正是“航炮过时”论的反映。

70年代中，西方国家航空自动武器主要仍以发展单管转膛和多管旋转原理为主。根据现代战争所提出的加强空中对地面直接支援的战术，把打击敌方坦克也列为战斗机的一项重要任务。中东战争证明口径 30mm 的航炮是最主要的反坦克武器之一。因此，70年代以来发展的新航炮，基于反坦克的要求都注意适当地选择口径和提高初速的指标。同时，致力于研究新弹种以加强反坦克的效果。典型的代表是美国为 A-10 攻击机研制的一种新型口径 30mm 的 GAU-8/A 型七管旋转式航炮，射速可达 2100~4200 发/min，初速 1021 m/s，有效射程 1220 m，配有硬合金穿甲弹和贫铀弹丸，从而提高了穿甲能力，能有效地摧毁坦克。该炮已于 1977 年装备部队。与此同时，瑞士也研制了口径 30mm 的 KCA 型单管转膛航炮，其特点除射速保持较高 (1350 发/min) 以外，初速比已有的单管转膛航炮也提高较多 (1030 m/s)，加上弹丸质量大，对装甲目标的破坏力较强。西德于 80 年代初也开始装备一种口径 27mm 的毛瑟型单管转膛炮，它与 KCA 型航炮具有类似的特点。

苏联于 60 年代末研制出了一种新型航炮即口径 23mm 的双管 ГЛЛ-23 型。它所采用的新原理创造了提高武器射速的另一途径。该炮在苏联的新式飞机上得到了广泛的应用。值得提出的是，在多管旋转式航炮问世约 20 年后，苏联也于 70 年代中期研制了多管旋转式武器——口径 23mm 和 30mm 的多管旋转式航炮，装备了各种新式战斗机。多管旋转式航炮除初速指标较低外，其他指标与美国同类产品相当，上述事实说明外能源驱动的多管旋转式航空自动武器基于它独特的优点，具有强大的生命力。

我国的航空工业是由仿制开始的，从 50 年代末期已逐步向自行设计过渡，现在已能研制各种具有先进性能的战斗机。与此相适应，我国的航空自动武器工业也已从仿制阶段过渡到自行设计阶段，它随着兵器工业的发展水平逐步提高。60 年代以来，我国从改进仿制产品、测绘研制国外引进的武器，至自行研制符合我国装备需要的各种航空自动武器开展了很多工作，已先后改进了 30-1 型航炮，研制出口径 30mm 单管转膛炮、23mm 六管炮并测绘研制了双管炮等，它们的性能都比较先进，有些已配置在我国自行设计的战斗机上，装备了部队。

#### 四、航空自动武器近期的发展及其在现代战争中的地位

近代的各次局部战争说明，武装直升机已成为现代战争中不可缺少的武器装备，特别是由于它在反坦克作战方面的显著效果，受到世界许多国家的重视并得以迅速发展。

武装直升机由于作战任务的复杂性，要携带多种类型的武器，航空自动武器无论是对于战场近空中支援或反坦克作战乃至反直升机作战任务都是不可缺少的。而且根据不同的攻击对象从航空机枪到口径 30mm 的航炮都有可能被选用。但武装直升机用的航空自动武器由于载机和作战对象的特点需要具备一些新的性能，如武器的后坐力应很小，大口径的航炮也不能超过 10kN；射速不要过高，最好分高、低两档可调，以便根据目标而选择不同射速。随着武装直升机的发展，出现了专门为武装直升机研制的航空自动武器，如美国的多管旋转式航空机枪以及口径 20mm 三管 M197 型航炮；特别是 70 年代初期，美国休斯公司为其 AH-64 式武装直升机专门研制的口径 30mm 的 XM-230 型链式炮，创造了一种新的自动工作原理，为外能源式武器开辟了一个新的途径。苏联在武装直升机用航空自动武器方面也有一些新的发展，如研制出了口径 12.7mm 的自身能源式四管机枪，装备于米-24 式武装直升机上。

现代战争的复杂性要求军用飞机向多用途的方向发展，因此，飞机应具有多种武器的配备方案以满足不同作战任务的要求。近年来航空自动武器在飞机上的安装普遍采用吊舱方式，吊舱内装有包含弹药、供排弹装置及操纵装置等完整的武器射击系统，可外挂于飞机的挂架上，它不但节省了飞机的内部空间，便于使用维护且便于武器的更换，满足飞机多用途的作战要求。典型的航空自动武器吊舱有：美国的 SUU11B/A 机枪吊舱，装有 M134 型口径 7.62mm 六管旋转机枪一挺；GPU-5/A 口径 20mm 轻型航炮吊舱，装有 M197 型口径 20mm 三管旋转式航炮一门（见图 1-3）；SUU-16/A 及 SUU-23/A 航炮吊舱，各装有 M61A1 型六管旋转式航炮一门；GEPOD30 型航炮吊舱，装有 GE430 型口径 30mm 四管旋转式航炮一门，法国的 CC420 型航炮吊舱，装有“德发”型口径 30mm 单管转膛航炮一门。苏联的 УПК-23-250 型航炮吊舱，装有 ГПП-23П 型双管航炮一门。

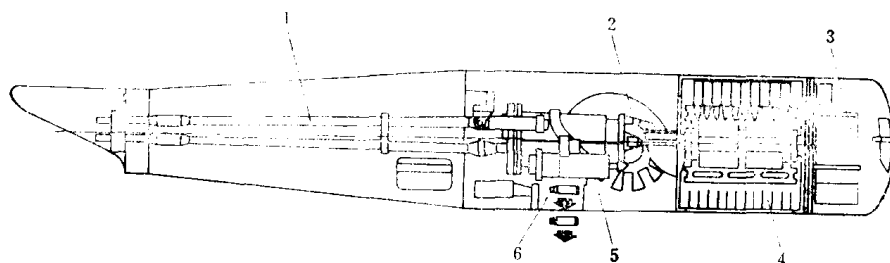


图1-3 航炮吊舱

- 1—M197型20mm航炮；2—输弹导；3—电池组；  
4—无链自动供弹系统；5—马达；6—抛壳口。

航空自动武器的发展，特别是高射速的多管旋转式航空自动武器的出现，要求供排弹系统可靠地进行高速进弹及排壳，这导致长期以来一直使用的弹链供弹方式的更新。无链供弹系统研制出来后逐渐得到广泛的应用，且多配在各种外能源式的航空自动武器上。这种供弹方式对于航空自动武器的吊舱也是比较适用的。

航空自动武器具有很多其它武器所无法替代的优点。如近距离命中目标的准确性高、工作可靠、不受外界干扰；造价便宜且可多次使用；既可对空也可对地射击，使用灵活；对其他设备的依赖性小等。在目前，航空自动武器仍然是空战中主要的格斗武器。同时，在对坦克作战中也已成为不可缺少的手段。预见未来，航空自动武器不可能被其他武器

(包括正在积极发展中的格斗导弹和反坦克导弹)所取代,这是由于导弹造价昂贵、易受干扰,不能多次使用和不具备多用途等缺点。但是导弹射程远、威力大、可自动跟踪目标及后坐力小等优点,却可弥补航空自动武器的不足。因此两者只能混合装备,互相取长补短以适应不同作战对象和战术的要求。

航空自动武器的发展方向除在已有原理的基础上继续挖掘潜力和努力改善各项性能外,还要不断创造新的工作原理,以便大幅度提高其战术技术指标,如射速、初速、后坐力及工作可靠性等。与此同时,不断研制新的弹药不但可以提高单项威力指标,也有助于改善整个武器系统的某些性能,如减轻质量、提高寿命等。

国内、外现装备的航空自动武器及其性能详见附录 B。

## 第二节 航空自动武器的分类

航空自动武器是在地面自动武器的基础上发展起来的。半个多世纪以来,世界上出现了 150 多种型号的航空自动武器。很多新的自动工作原理都首先出现在航空自动武器上,有些后来则以其特有的优点和先进的性能逐步推广到其他自动武器上。航空自动武器的发展丰富了自动武器的品种和类别;某些地面自动武器的原理(如枪机后坐式)因不适应航空自动武器的性能要求,则从未(或极少)用在航空自动武器上。所以,航空自动武器的分类有别于整个自动武器的分类。

对航空自动武器进行分类的目的是为了科学地分析和综合地研究武器自动机构的特点,比较其优劣,以便于设计选型。从发展航空自动武器的设计理论和方法出发,对它们进行科学地分类也便于开展航空自动武器的计算机辅助设计。航空自动武器目前存在着多种自动工作原理和多种结构形式的互相结合。用一种分类方法已很难把每种航空自动武器的特征明确地表示出来,所以应分别着眼于其原理和结构上的特点,提出多种分类方法。

### 一、按口径分类

随着航空自动武器的发展,口径从小到大,出现过从 7.62mm 至 57mm 之间的多种口径,同陆用自动武器所用的口径很多都相同。陆用自动武器按口径的大小划分为枪和炮,航空自动武器沿袭这种分类方法,也按口径的大小分为航空机枪和航空机炮(简称航炮),而且同样以 20mm 为界。口径小于 20mm 的航空自动武器称为航空机枪;口径等于和大于 20mm 的航空自动武器称为航炮。航空自动武器的发展初期,装备航空机枪的较多,随着飞机性能的提高,为改善武器的杀伤效率,飞机逐渐只装备口径适中的航炮了。目前除武装直升机还装备一些航空机枪外,其他都装航炮。尚存的航空机枪也多为大口径(通常为 12.7mm)的。

### 二、按自动工作利用能量的方式分类

自动武器的自动工作都是利用某种能量驱动自动机构来完成的,航空自动武器也不例外。根据自动工作能量来源及能量的利用方式对自动武器进行分类是传统的、基本的方法。现对尚在使用的航空自动武器按上述方法进行以下的分类:



### (一) 管退式航空自动武器

这种武器的自动工作原理是：武器在射击后，身管及其相连接的闭锁本体零件（航炮称为炮管匣）等，在开锁以前，利用膛内火药气体压力作用在弹壳底部的冲量后坐。同时，靠制退复进机构缓冲；后坐一定行程后，又靠制退复进机构在身管后坐过程中储存的能量驱动它复进。就在身管部件后坐及复进运动中，带动其他机构完成一系列自动工作。

按照自动武器的传统分类法，还根据身管行程相对纵向运动的闭锁机（机心组）行程的大小，再分为身管长后坐（行程）式武器与身管短后坐（行程）式武器。前者指身管行程与闭锁机行程相等，且在身管复进时开锁的武器。这类武器的射速受其原理的限制（身管行程长，自动工作循环时间长）不能提高，满足不了现代空战的要求，故目前的航空自动武器已很少采用这种形式。但因它的构造比较简单，后坐力小，对于射速要求不高而后坐力要求很小的武器，例如武装直升机用的航炮还是可以利用的。身管长后坐式的武器结构原理见图 1-4。

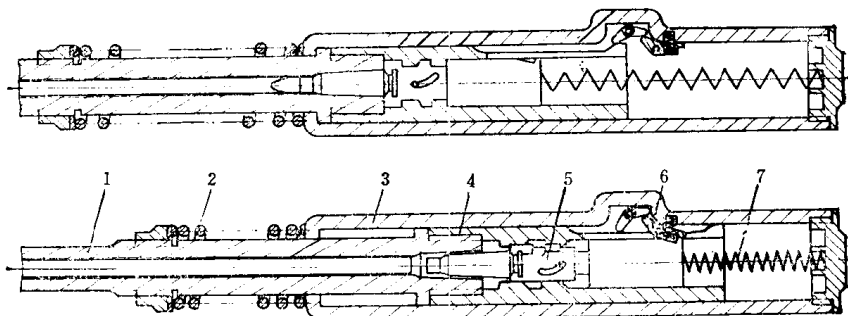


图 1-4 身管长后坐式武器(航炮)原理图

1—身管(炮管)；2—炮管簧；3—炮箱；4—炮管匣；  
5—机心组；6—自动扣机；7—机心复进簧。

身管短后坐的原理对于闭锁机纵向运动的武器，身管的行程就比闭锁机的行程小，一般靠后退加速机构使闭锁机加速后退完成开锁、抽壳工作（图 1-5）。

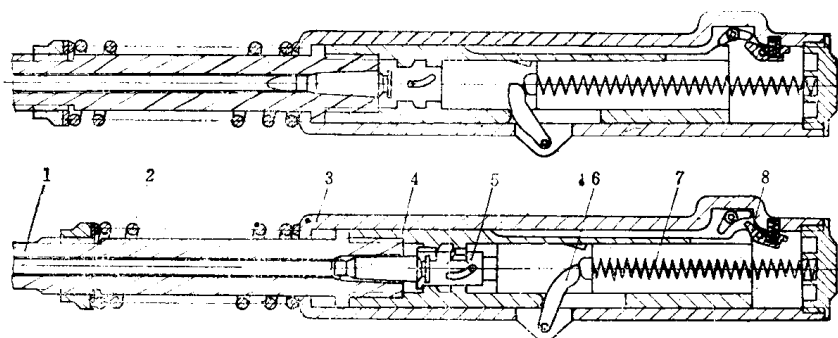


图 1-5 身管短后坐式武器(航炮)原理图

1—身管(炮管)；2—炮管簧；3—炮箱；4—炮管匣；  
5—机心组；6—加速臂；7—复进簧；8—自动扣机。

身管短后坐式武器的射速虽比身管长后坐式武器容易得到提高，但是由于基本运动