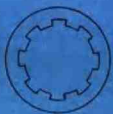


火炮自动机设计



HUO PAO ZI DONG JI SHE JI

国防工业出版社



火炮自动机设计

华 蓉 伊 玲 益 编

国防工业出版社



A 111111

内 容 简 介

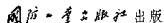
本书是在教材的基础上,经过实践并结合当前生产和科研情况改编而成。

书中主要介绍火炮自动机设计和计算的基本理论与方法,并结合具体火炮实例介绍这些理论和方法的应用。

本书适合于从事火炮研制的工人,技术人员阅读,并可供有关院校的工农兵学员参考。

火 炮 自 动 机 设 计

华 苏 伊 玲 益 编

 出版

北京市 137 号 国防工业出版社 新华书店 074 号

国防工业出版社印刷厂 印装 内部发行

787×1092 1/16 印张 18 1/4 433 千字

1976 年 9 月第一版 1976 年 8 月第一次印刷 印数: 0,001—3,000 册

统一书号: N 15034·1541 定价: 1.95 元

前 言

遵照伟大领袖毛主席“提高警惕,保卫祖国”、“备战、备荒、为人民”的指示,为适应我国国防科学技术发展的需要,我们在教材的基础上,结合当前生产和科研情况,编写了《火炮自动机设计》一书,供读者参考。

本书共分十三章。第一章概述火炮自动机的总体设计,使读者能对火炮自动机设计的总要求和全过程有一大致的了解。在二至四章中介绍了自动机运动分析的基本原理和方法,这是自动机各机构设计和计算的基础知识。第五章以制式高射炮自动机为典型,提供了建立自动机运动微分方程的实例。第六章介绍了与自动机设计有关的自动炮药筒的一些问题。在七至九章中,论述了炮闩机构、开闩机构、供弹和输弹机构等自动机各主要机构的设计计算。第十章介绍了自动炮反后座装置计算的特点和自动机运动微分方程的数值解法。第十一章扼要介绍了导气式自动机的两种近似算法和导气装置结构参数设计。第十二章对正在发展的前冲式自动炮原理及设计特点作了一般性分析。第十三章给出了炮身后座式自动机设计计算的典型示例,综合应用了火炮设计的有关理论和计算。

本书可供从事火炮设计、研究和生产人员阅读,并可作为工科大学有关专业学员的主要参考书。

由于我们水平所限,难免有错误和不妥之处,殷切希望读者批评指正。

编 者

目 录

第一章 火炮自动机总体设计概述	7
第一节 自动炮的战术技术要求	7
一、战斗要求	7
二、使用要求	12
三、经济要求	12
第二节 自动炮设计的一般程序	13
一、方案设计	13
二、技术设计	15
三、产品图设计	16
四、样品试制及试验	16
第三节 自动机类型的选择	16
一、火炮自动机的分类	16
二、火炮自动机的循环图	21
三、炮身短后座式自动机循环图的分析	23
第四节 动力相似法及其在火炮设计中的应用	28
一、动力相似法的基本原理	28
二、动力相似法的应用	29
第二章 构件在弹簧作用下的运动	33
第一节 弹簧的相当质量	33
第二节 弹簧作用下构件的运动微分方程及其解	34
第三节 构件在几根弹簧作用下的运动	41
第三章 自动机运动分析	43
第一节 自动机各机构运动的简化	43
第二节 自动机运动微分方程	44
一、概述	44
二、建立自动机运动微分方程	45
三、自动机运动微分方程的讨论	50
第三节 自动机常用凸轮机构的传速比	52
一、概述	52
二、求机构传速比的解析式	53
三、传速比的选择	59
第四节 自动机常用凸轮机构的效率	61
一、简单凸轮机构的效率	62
二、纵动式旋转闭锁式炮门的效率	66
三、横动式楔式炮门的效率	73
四、凸轮式开门机构的效率	75
第五节 建立运动微分方程的示例	77
第四章 自动机构件间的撞击和作用力	79
第一节 自动机构件间的撞击	79
一、概述	79

二、正撞击	80
三、斜撞击	84
四、多构件的撞击	87
五、撞击力的计算	90
第二节 自动机构件间作用力的确定	100
一、自动机构件间约束反力的确定	100
二、作用在地身(后座部分)上的后座阻力	107
三、作用在摇架(炮箱或炮架)上的力	109
第五章 建立自动机运动微分方程的示例	111
第一节 建立 59 式 57 自动机的运动微分方程	111
第二节 建立 65-1 式 37 自动机的运动微分方程	118
第六章 自动炮药筒	128
第一节 对自动炮药筒的要求及药筒的分类	128
一、对自动炮药筒的要求	128
二、自动炮药筒的分类	129
第二节 自动炮药筒结构参数的选择	130
第三节 药筒的正常工作条件	132
一、发射时药筒和药室的径向压力和变形	132
二、发射时药筒的轴向变形	136
三、抽筒时药筒的强度计算	140
第四节 抽筒力的计算	142
第七章 炮门设计	145
第一节 炮门的组成及其分类	145
第二节 闭锁机构	147
一、对闭锁机构的要求	147
二、闭锁支承面的设计	148
三、旋转闭锁式炮门开闭锁曲线槽的设计	151
四、炮门强度计算特点	152
五、闭锁凸齿均匀受力的条件	154
第三节 击发机构	156
第四节 抽筒和抛筒机构	158
一、概述	158
二、撞击作用杠杆式抽筒子的计算	159
三、平稳作用(凸轮式)抽筒子的计算	161
第五节 关门机构	169
一、纵动式炮门的关门机构	169
二、横动式炮门的关门机构	171
第八章 开门机构设计	173
第一节 开门机构的分类及对它的要求	173
第二节 杠杆卡板式加速机构	175
一、概述	175
二、图解法	176
三、解析法	177
四、计算举例	181

第三节	横动式炮门开门机构	184
第四节	凸轮式加速机构设计特点	192
第九章	供弹和输弹机构的设计	194
第一节	供弹方式的选择、对供弹和输弹机构的要求及其分类	194
第二节	直接供弹机构	196
一、	单面约束的弹夹直接供弹机构	196
二、	双面约束的弹夹直接供弹机构	199
第三节	双层供弹机构	203
第四节	支弹座弹链阻力的计算	206
一、	弹链的简化原理图	206
二、	弹链的运动	207
三、	弹链阻力	211
第五节	推式供弹机构	213
第六节	输弹机构设计	214
第十章	反后座装置计算的特点	217
第一节	自动炮机退机计算的特点	217
第二节	自动机后座反面问题的解法	219
一、	弹丸膛内运动时期	219
二、	后座时期及惯性运动时期	222
三、	按动能方程解后座反面问题	225
第三节	液压缓冲器的计算	228
第十一章	导气式自动机	231
第一节	概述	231
第二节	第一种近似算法	233
第三节	第二种近似算法	242
第四节	导气装置结构参数设计	246
第十二章	前冲式自动炮设计特点	249
第一节	前冲式自动炮原理及其分类	249
第二节	前冲与后座运动的一般分析	252
第三节	前冲自动炮结构设计特点	254
第四节	前冲与后座运动诸元的计算	256
第十三章	炮身短后座式自动机计算举例	263

第一章 火炮自动机总体设计概述

根据火炮自动化的程度,可将火炮分为自动炮、半自动炮和非自动炮三类。

自动炮是指能自动完成重新装填和发射下发射弹的全部动作的火炮。这些动作一般包括:击发、收回击针、开锁、开闩、抽筒、抛筒、供弹、输弹、关闩和闭锁等。若上述动作,部分自动完成,部分人工完成,则此种火炮称为半自动炮。若全部动作均由人工完成,则称之为非自动炮。自动炮能进行连续自动发射,而半自动炮和非自动炮则只能进行单发射击。

火炮自动机(以下简称自动机)是自动炮的一个独立的组成部分,它是自动完成重新装填和发射下发射弹的全部动作,实现连发射击的各机构的组合。通常,自动机包括下述各机构(装置或构件):

炮身 它包括身管、炮尾和炮口装置;

炮闩 它包括闭锁、开闩、抽筒和击发等机构;

供弹机构和输弹机构;

反后座装置 它包括驻退机和复进机等;

发射机构和保险机构等。

自动机的这些机构,依靠炮箱(或摇架)组成一个整体,并安装在炮架上。

自动炮按其用途又可分为高射自动炮、航空自动炮和舰艇自动炮三类。虽然这三类自动炮的自动机,由于使用条件不同而有所差异,但在设计理论方面却是基本一致的。

第一节 自动炮的战术技术要求

自动炮的战术技术要求与一般火炮一样可分为三个方面,即战斗要求,使用要求和经济要求。这三方面要求是紧密联系而又互相制约的。下面,我们以高射自动炮为例来说明这些要求。

一、战斗要求

所谓战斗要求,就是由火炮在战斗中所担负的战斗任务及所处的工作条件而产生的要求。自动炮的战斗要求包括火炮的威力、机动性和可靠性三方面。

1. 威力 火炮的威力是指火炮在战斗时能迅速地、确实地歼灭和压制各种目标的能力。对高射炮来说主要是能迅速地、精确地毁伤飞机的能力。它表现在:远射性能和高射性能;火炮射击的精度和密集度;发射速度;弹丸对目标的有效威力。

(1) 火炮的远射性能,即火炮能毁伤远距离目标的性能,它是**以标准射击条件下,弹丸飞行的最大水平距离来表示的**。对于高射炮除远射性能外,还应具有高射性能。高射性能可以用在标准射击条件下,用最大射角射击时,弹丸飞行的最大高度来表示;也可以用在标准射击条件下,高射炮能够射击空中日标的最大斜距离来表示。这个斜距离,对于小口径高射炮是由弹丸自炸时间所决定的,对于中口径高射炮是由引信最大装定时间所决定的。这些距离越大则火炮的高射性能越好。几种高射炮的远射和高射性能列在表 1-1 中。

表 1-1 高射炮的远射及高射性能表

性 能	最大射程 (米)	最大射高 (米)	最大射角 (度)	自炸时间 (秒)	最大斜距离 (米)
65式27	8500	6700	85	13	~4000
59式57	12000	8300	87	10	~6000
59式100	21000	14400	85	28.6	~12700

为了增大高射性能,火炮应满足以下要求:

- ① 尽可能增大弹丸的炮口动能(E_0),选择合理的弹丸初速(V_0)和弹重(q)的组合;
- ② 使弹丸具有合理的外形以减少飞行阻力;
- ③ 保证弹丸的飞行稳定性;
- ④ 尽可能使最大射角接近或达到 90° 。

(2) 火炮射击的密集度,就是火炮使弹着点密集在平均弹着点(散布中心)附近的性能。

它可以用散布椭圆的面积来表示。通常用中间偏差(公算偏差)与射击斜距离之比来表示火炮射击的密集度。高射炮主要考虑立靶密集度,通常用 B_y/D 和 B_z/D 来计算;对中心口径高射炮,由于是空炸射击,还要加 B_x/D 。其中: B_y ——高低中间偏差, B_z ——方向中间偏差, B_x ——距离中间偏差, D ——射击斜距离。

为了比较立靶平面上的密集度,还可以用一定斜距离上的 $B_y \times B_z$ 来计算。这些数值越小,则高射炮的密集度越好。几种高射炮的密集度数据列在表 1-2 中。

表 1-2 高射炮立靶密集度表

炮 种	65 式 27		59 式 57		59 式 100	
	200(米)		1000(米)		1000(米)	
	B_y/D	B_z/D	B_y/D	B_z/D	B_y/D	B_z/D
密集度(密位)	0-018	0-018	0-006	0-004	0-003	0-004

火炮的射击密集度主要与火炮和炮弹的质量有关,为了提高火炮射击密集度,应该注意:

- ① 适当提高炮身和弹丸的加工精度和光洁度;
- ② 尽可能减小装填条件的变化,也就是使弹丸在药室内的位置、装填密度、装药重量、发射药成分、发射药形状和尺寸等的变化尽可能减小;
- ③ 采用合理的炮架结构和适当的刚度以及减少各部间隙等;
- ④ 联装高射炮应尽可能保证各自动机能同时发射。

(3) 射击精度,就是火炮系统能使平均弹着点接近目标的性能。由于高射炮是对快速运动的飞机射击,因此,决定目标运动诸元、计算提前量以及瞄准目标的精确度就受到许多条件的限制。射击试验表明,由于上述因素而产生的散布比火炮的弹道散布大得多。现代高射炮广泛采用自动计算命中问题的指挥仪和动力传动装置,使火炮自动瞄准来提高高射炮的射击精度,同时还与搜索和跟踪目标的炮雷达相配合,以提高测距精度和高射火炮系统的全天候作战能力。

为了提高射击精度,需要:

- ① 精确地测定目标的坐标和运动诸元;
- ② 精确地进行射击条件偏差的修正,也就是说要根据标准射击条件精确地修正气温、气压、弹道风、装药、弹重、装填条件和初速等偏差;
- ③ 精确地计算对活动目标射击的提前量;
- ④ 按单炮修正基线;
- ⑤ 精确地赋予火炮以计算所得的方位角和射角以及精确地装定引信分划;
- ⑥ 缩短弹丸飞行时间。

所以提高射击精度,需要整个高射火炮系统的各个组成部分,包括:雷达、指挥仪、测距机、动力传动装置的火炮和弹药等都努力提高精度,并且能互相很好地配合才能达到。

(4) 发射速度,就是火炮单位时间内能够发射的弹数。需要区分以下几种发射速度的概念。即理论射速、实际射速和极限发射速度。

理论射速(射击频率),是指在单独考虑自动机一个工作循环所需要的时间条件下,一门自动炮每分钟能发射的理论弹数。理论射速是描述自动机工作时间的特征数,理论射速和自动机循环时间的关系式为。

$$n = \frac{60}{T}$$

式中 n ——理论射速(发/分);

T ——自动机循环时间(秒)。

实际射速是指把瞄准、修正瞄准和重新装填(更换弹夹,弹匣或弹链)所需的时间考虑在内时,一门自动炮每分钟能发射的弹数。经过良好训练的炮手班,在一定时间内射击时,可以在实际上达到这种射速。实际射速不仅取决于自动机,而且取决于自动炮的瞄准装置等的技术特性和使用特性。实际射速一般都小于理论射速,但是,当自动炮能连续自动瞄准和自动供弹时,实际射速可以接近或等于理论射速。几种高射炮的发射速度列在表 1-3 中。

表 1-3 高射炮发射速度表

炮 种	循 环 时 间 (秒)	理 论 射 速 (发/分)	实 际 射 速 (发·分)
65 式 37	0.175~0.333	160~180	80~100
59 式 57	0.522~0.50	105~120	50~60
59 式 100	3.60~3.74	16~17	~15

极限发射速度(发射速度规定),就是在一定时间内持续射击,在不损害火炮技术性能条件下,所允许发射的最大弹数。高射炮的极限发射速度,一般是根据持续射击时炮身温升情况确定的。通常限制炮身的最高温度,对小口径高射炮为 400~450°C, 对中小口径高射炮为 350°C, (一般测量身管口部外表面),这样可以避免身管材料的机械性能降低太多,炮膛烧蚀和磨损太决。三种高射炮的极限发射速度列在表 1-4 中。

表 1-4 极限发射速度表(一个身管的发数)

炮 种	条 件	射 击 持 续 时 间						
		10 秒	20 秒	40 秒	1 分	2 分	5 分	15 分
65 式 87	夏 季	30	45	70	90	120	200	250
	冬 季	30	45	70	90	120	200	300
59 式 57		18	30	40	50	60	75	
59 式 100	夏 季	(风速 > 5 米/秒)					7	18
	冬 季	(风速 > 5 米/秒)					8	20

为了提高发射速度,应该:

- ① 选择适当的自动机工作原理、缩短炮身和炮门后座行程、提高运动速度;
- ② 改进供弹方法,尽可能及时地连续地供给炮弹;
- ③ 采用良好的炮身冷却装置;
- ④ 采用动力传动装置使瞄准、测角引信等操作自动化;
- ⑤ 一个炮架上装几个自动机,即采用联装式高射炮。

(5) 弹丸对目标的有效威力,是指弹丸对目标的毁伤作用(穿甲、燃烧、杀伤等作用)。它的大小取决于弹丸的种类、特性和到达目标时的速度。小口径高射炮都是利用弹丸直接命中目标而起毁伤作用的。它所用的着发榴弹主要依靠炸药的爆破和燃烧作用以及弹体破片的作用毁伤目标,因而弹丸对目标的有效威力与炸药的特性和重量有很大关系。中、大口径高射炮都是利用空炸榴弹的破片毁伤目标,因而除了炸药外,还要着重考虑引信的特性和破片的数量和功能。

综合以上因素,自动炮的射击威力可以用下列数学式表示

$$M = K \cdot n \cdot p$$

式中 K ——弹丸威力示性数;

n ——发射速度;

p ——发炮弹的命中公算。

毛主席明确指出:“战争的目的不是别的,就是‘保存自己,消灭敌人’。”火炮威力的大小关系到能否有效地消灭敌人。因此,火炮威力的要求在战术技术要求中占有重要的位置。不断地提高火炮威力,是火炮研究设计人员的重要任务。

2. 机动性 火炮机动性包括以下三个方面:运动性;火力灵活性;行军战斗状态转换的迅速性。

(1) 运动性,是指火炮在不同条件下运输和运动的性能,它取决于:

- ① 火炮战斗状态和行军状态的重量和外廓尺寸;
- ② 火炮牵引方式及牵引车的特性;
- ③ 炮车和火炮设计的合理性,包括最低点离地高、转弯半径、行军稳定性等。

(2) 火力灵活性,它表现在空间和时间两个方面:在空间方面的火力灵活性是指火力能够迅速转移,能够保证不断地追随目标或由一个目标迅速转向另一目标的性能;在时间方面的火力灵活性是指能迅速开火及改变点射长的性能。自动高射炮火力种类有短点射、长点射和连射。对付各种目标应能灵活地运用不同的点射长。为了提高火力灵活性,应该:

- ① 提高方位和高低瞄准的角速度和角加速度；
- ② 扩大瞄准传动装置的调速范围，以保证在小的瞄准速度时也能良好工作。
- ③ 减少射击准备的操作，改进发射机构或射击控制机构。

(3) 行军战斗状态互相转换的迅速性，是用行军战斗状态转换时间来表示的。它取决于火炮的重量、炮架设计的合理性(特别是炮车行军战斗转换装置的合理性)以及与牵引车连接的方法等。从实战需要来看既要求火炮增大威力，又要求提高机动性。但是，增大威力和提高机动性是互相矛盾的。例如，高射炮要增大威力就要增大初速，提高发射速度和采用动力传动装置等；与此同时，发射时炮架受力要增大，各种装置增多，火炮重量就随之增大，机动性变差。因此拟定战术技术指标时必须慎重考虑这两方面的要求，根据新火炮的主要战斗任务，确定那一方面是主要的，从而保证主要性能，合理地处理好相对次要的性能。

要处理好威力和机动性的矛盾，在技术上应该注意：

- ① 尽可能减小发射时炮架的受力，例如，自动机和摇架间采用缓冲器连接，采用炮口制退器，采用前冲原理等；
- ② 改善炮架的受力状态，例如，降低火线高，合理地确定炮架结构及尺寸等；
- ③ 采用新材料新工艺，例如，铝合金、镁合金、塑料等；
- ④ 采用车、炮两位一体的或车、炮、仪器三位一体的自行高射炮。

3. 可靠性 自动高射炮动作可靠性包括以下几个方面：射击时动作可靠，故障少；各种恶劣条件下射击的可能性；操作安全；战斗中不易受损伤；寿命长。

(1) 对高射自动炮通常要求故障率不超过射击发数的0.5%。要求在各种恶劣条件下——温度变化在 $-40\sim+50^{\circ}\text{C}$ 范围内，火炮行军后不除尘以及淋雨等，都要能安全可靠地工作。为了减小故障率和提高动作可靠性，应该注意：

- ① 尽可能使自动机各机构强制地、平稳地运动；
- ② 尽可能少利用炮弹的惯性运动；
- ③ 使各机构的运动能量比较富裕；
- ④ 尽可能使机构简化、紧凑，各构件外形尽量简单。

(2) 提高高射炮的寿命，就是使高射炮能较长期地保持战斗性能。提高寿命的重点应该是提高身管寿命和自动机主要构件的寿命。

身管的寿命，通常用丧失原有弹道性能以前发射炮弹的总数来表示。例如：65式37高射炮身管寿命约8000~10000发；59式57高射炮身管寿命约1200~2000发；59式100高射炮身管寿命约1000~1100发。射击条件不同身管寿命就不同。为了提高炮身寿命，应该考虑：

- ① 采用低燃温发射药；
- ② 采用护膛剂；
- ③ 选择合理的炮身结构及冷却方式；
- ④ 身管内壁镀铬。

自动机各构件多在剧烈撞击条件下工作，因此提高主要构件的疲劳强度很重要，设计时应尽量减少撞击使各机构平稳地工作，对于撞击构件则应注意采用合理的结构、材料、热处理等。某些易损坏零件应有备件。

炮架的寿命比身管和自动机主要构件的寿命长得多。因此，应该考虑便于在连队更换

身管和自动机。这样可使火炮迅速更生。其它部件,如瞄准具、动力传动装置各部件等也应考虑这一点。

为了提高火炮的寿命,应该注意:

- ① 选择合适的结构及适当的材料,保证有足够的强度和刚度;
- ② 考虑防护枪弹、弹片及钢珠弹等的破坏;
- ③ 考虑火炮便于维护保养;
- ④ 考虑火炮便于伪装;
- ⑤ 考虑炮手的互换性及减员后实施射击的可能性。

增大威力和提高可靠性之间也存在矛盾。例如:为了增大威力需要提高初速和缩短自动机循环时间。这样,最大膛压就要升高、自动机受力增大、抽筒条件变差,这些因素都影响自动机工作的可靠性。另一方面增大初速又使身管烧蚀与磨损加快,寿命急剧降低。所以在拟定新火炮战斗要求的各项战术技术指标时,必须综合考虑威力、机动性和可靠性三个方面的内在联系和互相制约的情况。由于技术是不断发展的,人们的认识也是不断发展的,所以火炮的威力、机动性和可靠性也是不断提高的。我们不应超过客观条件去追求过高的指标,但是,可以而且必须在一定技术水平的基础上,充分发挥主观能动性,正确处理这些矛盾,设计和制造出威力更大,机动性更好,可靠性更好的火炮。

二、使用要求

所谓使用要求,就是为了保证火炮便于战斗使用、维护保养而提出来的要求。一般包括以下几个方面:火炮使用简便,炮手不易疲劳;火炮检查和维护保养方便;排除故障方便。

现代高射自动炮广泛采用动力随动装置,这可使火炮操作简便,减轻炮手体力消耗。要尽量改善各炮手在战斗时的工作条件,操作各机构的力不应过大。运送和装填炮弹是很繁重的工作,应尽量减轻其劳动强度,并努力实现机械化和自动化。

火炮自动机要经常进行检查、擦洗和分解结合,因此要考虑分解结合应简单迅速,尽量少用专用工具。

炮架各机构、瞄准具和动力传动装置要便于检查、调整和保养。要便于更换备件。需要特别涂油或注油的地方应考虑相应的装置并涂特殊颜色。电力设备应有良好的绝缘。

三、经济要求

制造火炮比较昂贵,产量又很大,因此要求火炮在满足战斗要求和使用的同时还要尽量满足经济要求。

设计的火炮应采用我国能大量供应的材料和元件,工艺性好,便于用一般设备制造,并应努力简化后勤供应,特别是弹药供应,其主要措施是:

- ① 尽可能采用已有弹药或已有部件中的某些成果;
- ② 合理地选择各零件的材料并尽量减少品种;
- ③ 尽量采用标准件、通用件,零部件应能满足互换性要求;
- ④ 简化结构,采用新工艺;
- ⑤ 使一种自动机配上不同的炮架可组成不同用途的火炮。

第二节 自动炮设计的一般程序

毛主席指出：“人们要想得到工作的胜利，即得到预想的结果，一定要使自己的思想合于客观外界的规律性。”设计自动炮也是这样，要想设计成功，就要掌握设计自动炮的规律。下面介绍自动炮设计的一般程序。

自动炮虽然类型很多，但其设计的一般程序大致相同。我们仍以高射自动炮为典型来说明这些程序。

高射自动炮设计可分为设计和试制二大过程。

设计过程的最终任务是提供生产所需的技术资料，包括产品图纸、设计计算书、技术条件等。设计过程又可分为方案设计、技术设计和产品图设计三个阶段。

试制过程的主要任务是通过试制和试验，鉴定火炮各方面的技术性能、发现设计中的问题。试制过程又可分为样品试制和工厂试验、小批试制、靶场试验、部队试验及国家定型等阶段。

设计和试制的各阶段是互交叉进行的。设计的新火炮，要通过样品试制和试验的实践来检验，发现问题后要修改设计，然后再试制，再试验……经过多次反复才能使新火炮达到战术技术要求、达到设计基本定型。然后要进行小批生产，提交靶场试验和部队试验，全面广泛地考验火炮各项战术技术性能，发现问题，再改进设计，并进行一些补充试验。最后，由国家定型委员会对新火炮各项性能及工厂大批生产各项准备工作进行严格的检查，认为合格后正式批准新火炮国家定型。这样新火炮就可大批生产装备部队，下面仅介绍几个主要阶段。

一、方案设计

方案设计，又称草图设计，是设计过程的第一阶段。方案设计阶段的出发点，是已经批准的战术技术要求及现有高射炮设计和生产的各种统计资料。它的任务是在给定的高射炮火控系统类型的条件下，寻求一个最合理的高射炮总体方案。

这一阶段的工作主要是处理各项有关自动炮全局性的问题。因此，对于整个设计质量有着决定性的意义，必须予以足够的重视，必须善于照顾全局，注意于那些有关全局的重要关节。

方案设计阶段的工作程序大致如下：

1. 研究与分析设计任务 首先，要认真学习马克思主义、列宁主义、毛泽东思想，正确领会上级机关和首长对设计任务的指示。要仔细分析新火炮的各项战术技术指标，进行必要的调查研究，了解可能采用的新技术、新结构、新材料、新工艺情况。对新火炮设计中的主要技术关键问题要进行必要的专题研究，以确定实现各项主要战术技术指标的技术措施。

2. 弹道设计 包括外弹道设计和内弹道设计。外弹道设计的主要任务，是根据给定的火炮战斗状态全重，确定合理的炮口动能，并在给定的最大斜距远处，根据弹丸飞行时间最短的原则，确定弹丸的重量和初速。通常这个任务在拟定战术技术要求时就完成了。内弹道设计的任务是根据给定的口径、弹重和初速寻求最有利的装填条件和炮膛结构诸元，包括：火药特性、药形、装药量、装填密度、药室容积、测压铜柱最大压力及弹丸膛内行程长等。并作出 $p-l$ 、 $v-l$ 、 $p-t$ 、 $v-t$ 的关系表及曲线图。

3. 炮弹设计 根据弹道设计的结果就可确定炮弹(包括弹丸装药、药筒等)的重量及外形尺寸,以作为设计炮弹各组成部分的依据。确定炮弹的重量和外形尺寸,即火炮自动机设计有密切关系,它影响自动机的发射速度和基本尺寸,影响炮闩和供弹机构的型式和基本尺寸,所以必须全面考虑、统筹安排。有了弹道设计和炮弹设计的初步方案以后,必须用实验的方法来检验设计的正确性。这就要制造专门的弹道炮,进行膛压和初速的测定。在试验中通过选择火药牌号,调整装药量等,把弹道方案确定下来。

4. 自动机方案设计 主要内容是选择自动机工作原理和各机构的相互作用方案,确定主要机构的型式,确定炮身后座长度和主要机构的工作行程和基本尺寸,并进行自动机各机构的总布置、绘制自动机总布置草图。大致可按以下程序进行:

① 研究设计任务,选择自动机的工作原理和各机构的相互作用方案,并概略地确定各机构的动作循环图和各机构工作时间的概略值。循环图的循环时间 T 应满足战术技术指标中关于理论射速的要求,各机构的工作时间可以参考已有自动机的情况和准备采取的技术措施概略确定。

② 根据内弹道设计计算结果和炮弹尺寸,设计身管的最小外形尺寸和膛腔尺寸,身管的实际外形尺寸可暂不确定,因为它取决于自动炮的总体布置和总体结构方案。

③ 确定炮闩的型式和基本尺寸,并概略计算炮闩的各组成部分,其中包括:闭锁机构、关门(炮闩复进)机构、开门机构、抽筒机构和击发机构。对这些机构进行必要的分析与计算后,便可选择炮尾的结构,并确定其与身管的联接方式,以及炮身后座时的导向方法。

④ 确定反后座装置的型式和结构方案,其中包括:驻退机、复进节制器、复进机、复进缓冲器的型式和结构及其基本尺寸;确定反后座装置的安装位置及其后座部分与炮身联接的方法。确定是否采用炮口装置。

⑤ 确定供弹机构的型式和结构方案及其基本尺寸,其中包括:供弹方式(弹夹供弹、弹鼓供弹、弹链供弹);一个弹夹(弹鼓或弹链)所装的炮弹数;供弹方向(垂直供弹或沿着水平的或倾斜的供弹台侧向供弹);供弹时炮弹运动的特点(直接供弹、阶层供弹);供弹机构工作的能源(炮身或炮闩在后座复进时的机械作用,压缩弹簧或气体所储备的能量);受供弹机构作用而移动的炮弹数;炮弹向进弹口运动时的导向方法;炮弹节距、拨弹节距或压弹节距的大小和拨弹板或压弹板行程的大小;炮弹在进弹口和输弹出发位置的定位方法以及对后续炮弹的阻载装置;供弹机构和输弹机构的相互作用和联系;第一次装填时供弹机构的工作方法;供弹机构的基本尺寸等。

⑥ 确定输弹机构的型式和结构方案及其基本尺寸,其中包括:输弹的性质(强制输弹或惯性输弹);输弹的能源(被压缩的弹簧或气体,运动的炮身或炮闩的机械作用等);输弹行程和输弹构件的行程;输弹时炮弹的导向(直的或倾斜的导引);炮弹与输弹构件联接的性质(单面约束或双面约束);第一次装填时输弹机构的工作方法;输弹机构的基本尺寸等。

⑦ 确定发射机构的工作原理,首先要确定发射机构应控制那个机构(击发机构、输弹机构或炮闩)即确定松开发射机构、停止射击时,各机构将处于什么位置。(停止射击时,当前的一发炮弹可以位于输弹机构内,也可以令其位于被炮闩闭锁的膛腔药室内,在后一种情况下,不利于炮身的冷却,且炮弹长时间接触高温的身管壁有可能发生自燃)。

关于保险机构、辅助机构及其与炮架的联接问题,可以留待以后解决。

⑧ 进行简要的运动诸元估算并求出射击频率。

⑨ 绘制自动机总体布置草图。

5. 自动炮方案设计 包括选择和确定炮架各机构、瞄准具和动力随动装置等的方案,进行全炮的总体布置。此时应着重考虑在战斗条件下,各炮手的工作状态及全炮各机构的动作情况,发现问题及时修改自动机及其它部件的初步方案,以便取得合理的全炮方案。

方案设计初步完成后,通常需要广泛征求有关部门和使用部队指战员的意见,发动群众审查和修改方案,一般情况下还要经过主管领导机关的同意或批准。

二、技术设计

总体方案批准后,就可以此为基础并考虑各方面对方案的意见进行技术设计。在这一阶段应该进一步调整火炮的各项战术技术性能,检验所有主要参数及基本尺寸,改进各部件的结构,进行详细的强度和刚度的计算,以及必要的试验工作,把各部件的性能和主要参数肯定下来,并进一步调整总体布置。通常还要制造具有真实尺寸的铁木模型,以便详细检查各部件的协调情况、炮手操作及维护保养的方便性等。在这一阶段还应充分注意材料选择和制造方面的问题,以便使新火炮满足经济方面的要求。

下面对自动机技术设计阶段的工作作一介绍:

1. 自动机各机构(部件)的设计 在设计的过程中,必须保证得到预计的后座部分重量 Q_0 值。因此,参与后座的主要构件应先行计算,即先行确定身管的外形,计算门体和炮尾的强度,设计关门机构、开锁、闭锁机构及抽筒机构等,以便根据炮身、炮门等重量确定后座部分重量 Q_0 值。

其次,应设计由后座部分带动的各机构,包括开闭机构,供弹机构和输弹机构。此时须确定其传速比、效率、相当质量和相当力的数值及其变化规律,以备以后自动机运动诸元计算时应用。

各机构的设计计算中,其运动时间应保证得到循环图上预定的概略值,以保证得到预定的理论射速。

2. 自动机运动诸元的计算 自动机准确的循环图确定后,应根据循环图划分运动特征段,并以后座部分为基础构件计算相当质量和相当力,把这些数据按循环图上的特征段作成曲线或列表。首先,根据后座稳定条件求出或给定后座阻力 R 及其变化规律,并解后座运动的正面问题。其次,考虑到自动机各机构参加工作对后座运动的影响求出驻退机调整零件(例如节制杆)的外形轮廓尺寸,并对这些尺寸进行工艺上的调整。第三,考虑到自动机各机构工作的影响,解后座的反面问题,由此求出自动机基础构件的位移随时间变化的关系及后座速度、后座阻力随时间及位移变化的关系。第四,根据复进稳定性求出复进合力 r ,并解复进运动的正面问题。第五,考虑到自动机各机构参加工作对复进运动的影响,求出复进节制器调整零件的外形轮廓尺寸,并对其进行调整。第六,考虑到自动机各机构工作的影响解复进的反面问题,并求出自动机基础构件的位移随时间变化的关系及复进速度、复进合力随时间及位移变化的关系。

最后,计算出自动机循环时间和理论射速,并绘出准确的自动机位移、时间循环图。此外,还应作出后座速度、后座力、复进速度、复进合力随时间及随位移的变化曲线。

为了研究自动机工作的可靠性,有时,还要取下列极限情况进行分析计算:

① 最大射角,强装药及驻退液发热到极限温度(一般取 100°C)的情况(夏季紧张射击

情况)：

② 最小射角， -40°C 低气温的情况(冬季首发射击情况)；

③ 最小射角， -40°C 低气温及弹丸初速降低 $6\sim 10\%$ 的情况(炮身寿命接近终了时，火炮在冬季首发射击的情况)。

对于每一种情况，都应计算理论射速，并作出后座速度和后座力随时间和随位移的变化曲线，以便确定理论射速的变化范围及自动机工作的可靠性，并作为炮架动力设计的原始资料。

自动机的运动计算到此告一段落。计算完毕后，可能出现理论射速没有达到预定指标，或后座阻力 R 和复进合力 r 超过了稳定极限值，这时，就必须适当改变自动机的循环图，或者在可能条件下适当改变自动机各机构的相互作用方案。这种改变必然会引起自动机总体结构图和循环图的局部改变。在改变时，必须进行必要的运动分析，以防改变循环图后影响自动机某些机构的正常工作。

自动机运动计算是很复杂、繁琐的工作，在实际设计中，根据具体情况应当简化，或者，在可能条件下，利用数值或模拟计算机进行此项工作。

三、产品图设计

主要是绘制完整的产品图，包括：零件图、组合件装配图、部件装配图、总装配图以及编写各种技术文件等。在绘制过程中应进一步考虑工艺性，并可对局部结构和参数进行合理的调整。

四、样品试制及试验

样品试制出来以后，应该在工厂和工厂的靶场进行试验，以便发现问题及时改进。试验通常包括射击试验、牵引试验和寿命试验等。毛主席说：“一个正确的认识，往往需要经过由物质到精神，由精神到物质，即实践到认识，由认识到实践这样多次的反复，才能够完成。”一门新火炮的设计也是这样需要多次反复才能完成。

第三节 自动机类型的选择

在进行自动机方案设计时，首先遇到的问题，是如何选择和确定自动机的工作原理和各机构的相互作用方案，也就是如何选择和确定新自动机的类型。为了解决好这个问题，应该根据新火炮的战术技术要求，进行认真的调查研究，详细地占有国内外有关自动机的各种资料，从分析和研究这些实际情况中引出规律，作为设计新自动机的向导。下面，我们就来研究各类自动机的特点及其结构。

一、火炮自动机的分类

随着科学技术和战术的不断发展，为了适应不同条件下作战的需要，产生了各种型式的气动自动机。为了科学地分析和综合地研究各种自动机，需要根据其特点进行分类。我们根据自动机利用能量的不同和结构的特点，把火炮自动机分成以下几类：

第一类 后座式自动机——利用后座能量的自动机；

第二类 导气式自动机——利用从炮膛中导出火药气体能量的自动机；