

火炮反后坐装置设计

张月林等编

国防工业出版社

内 容 简 介

本书是在1978年出版的《火炮反后坐装置设计》一书的基础上重新编写的。

开始几章,对国内外现有的火炮反后坐装置做了较详细的评介。全书重点是讲解反后坐装置受力分析、运动分析、后坐和复进基本方程组的建立以及后坐、复进正反面问题的计算方法等。后面几章介绍了新理论和新方法,包括前冲机设计和膛口装置设计等内容。最后两章给出了反后坐装置系统计算例题和有关的计算机程序。除作为高等院校火炮专业的教材外,本书也是从事火炮科研、设计、生产、试验的科技人员的参考书。

火炮反后坐装置设计

张月林 等编

国防工业出版社出版

国防工业出版社印刷厂印装 内部发行

787×1092 1/16 印张247/8 590千字

1984年12月第一版 1984年12月第一次印刷 印数: 0,001—1,500册

统一书号: N15034·2831 定价: 5.00元

前 言

本书是根据火炮专业“反后坐装置设计”课程的教学大纲,考虑到在火炮设计方面可能的工作需要,在1978年出版的《火炮反后坐装置设计》一书的基础上重新组织编写的。因此,它既是有关院校火炮专业及其相近专业学生的教材,也是从事火炮科研、设计、生产、靶场等方面工作的科技人员的参考书。

全书共分十六章,其中第二章较详细地介绍了国内外现有反后坐装置的结构,并对各种不同类型的反后坐装置的工作特点进行了评价性的分析,这些是后面理论内容的基础,也是火炮总体设计时合理选择反后坐装置结构的参考。第三章至第九章以液体气压式复进机和节制杆式驻退机为典型,详细而系统地介绍了后坐及复进的基本方程组的建立,其受力和运动分析,复进机和驻退机结构尺寸的确定和参数选用的方法,以及后坐和复进正、反面问题的计算方法等等。此外,第十五章还以59-1式130加农炮的反后坐装置为对象提供了后坐及复进系统计算的实例。这些内容都是合理而正确地设计反后坐装置必不可少的知识,是学生和火炮设计工作者必须较熟练掌握的部分。

由于炮架理论及反后坐装置设计实践的不断发展和,反后坐装置及膛口装置的设计理论及方法也正在迅速地增添着新的内容。为了反映当前在这方面的一些进展并且适应今后在这方面可能预见到的发展,本书后五章中较简明地概括了一些新的理论和方法。其中第十一章介绍了液体气压式前冲机的设计,第十二章介绍了建立在可压缩一元非定常流理论基础上的后效期计算及膛口装置设计的新理论,第十三章介绍了按三个自由度和五个自由度对全炮射击进行动力学分析计算的方法,第十四章介绍了考虑液体的可压缩性以及筒壁弹性变形影响的反后坐装置设计理论和方法,最后在第十六章介绍了用于反后坐装置设计计算的几个主要计算机程序的内容、框图及其功能。这些内容一定程度反映了反后坐装置设计理论当前和今后发展的趋势,可使学生及火炮设计工作者从中得到启发,更好地完善自己在这方面所从事的设计或研究工作,或者进一步发展出反后坐装置的新结构、新原理和新的设计方法。这些内容除了部分来自国内、外所见到的文献资料外,相当多是我们自己的研究或工作的成果,其中部分内容经过的实践检验尚少,可能有不完善的地方,供读者参考。

本书第一、十、十一章由张月林执笔,第二、八、十四章由林均毅执笔,第三、四、五、六、七章由高树滋执笔,第九章由陈运生执笔,第十二章由李鸿志执笔,第十五章由郑建国执笔,第十三、十六章为共同执笔。全书由邱凤昌同志作了详细地审校,提出了许多宝贵意见。

作者借此机会向一切热情支持和帮助本书出版的同志们致以衷心的感谢,诚恳地希望一切阅读和使用过本书的同志们对它提出批评和指正。

目 录

第一章 概述	1
第二章 反后坐装置的结构分析	7
第三章 后坐时基本方程组的建立	44
第四章 后坐阻力规律的选择	58
第五章 驻退后坐运动微分方程的解	77
第六章 复进机设计	95
第七章 节制杆式驻退机设计	111
第八章 液量调节器和紧塞装置的摩擦力	148
第九章 复进	158
第十章 其它反后坐装置和液压机构的设计	187
第十一章 火炮的前冲原理和前冲机的设计	229
第十二章 火药气体作用系数和炮口装置	255
第十三章 火炮射击时的动力学分析	305
第十四章 考虑液体可压缩性和筒壁弹性变形的反后坐装置计算	344
第十五章 反后坐装置系统计算实例	352
第十六章 反后坐装置设计有关计算机程序介绍	372
附表	391
参考文献	392

第一章 概 述

火炮是人类兵器发展历史上出现最早的热兵器。在火炮技术发展的几个世纪的漫长岁月中，始终贯穿着威力与机动性矛盾的斗争和发展。反后坐装置就是为了解决火炮威力与机动性的矛盾而出现在火炮上的。火炮上有无反后坐装置是区别它是刚性炮架还是弹性炮架的主要标志。火炮技术发展过程中，由刚性炮架过渡到弹性炮架是带有划时代意义的转变。

现代的各种火炮（地面的、舰上的、坦克上的）大多都是弹性炮架的火炮，它们都有结构合理，性能良好的反后坐装置，保证了火炮总体上的优良的战术技术性能。反后坐装置在火炮上有着十分重要的作用，它的结构和工作特性的好坏，对火炮总体的结构和性能有着十分巨大的影响。每一个从事火炮研究设计的人员，都应该对反后坐装置的设计给予高度的重视，不仅要反后坐装置的内部结构上认真细致地分析计算，达到尽善尽美，还要从外部与火炮总体和其它各部件的关系上在性能指标和主要参数上求得协调一致。这就要求十分熟悉火炮反后坐装置的设计理论，对反后坐装置在火炮总体中所处的地位和作用有较深刻的理性认识。

第一节 炮架的发展及反后坐装置在火炮上的出现

早在十三世纪就有了关于火炮使用的历史记载。它在以后的各种战争中的使用和发展，经历了几百年的历史，可以说是比较古老的一种兵器。人类科学技术的发展不断革新火炮的技术，使它不断以新的面貌和新的性能在战场上发挥它的作用与优势，以致于在导弹、核武器大量装备的今天，仍为必不可少的基本装备。火炮技术长足进步和发展是在十九世纪下半叶才开始的。这一时期火炮技术发展有两个明显的分界标志：一个是火炮的发射药由无烟火药取代了有烟火药，另一个是火炮的炮架结构由弹性炮架取代了刚性炮架。

十七世纪以前，尽管各国的匠师们创造出了形形色色大大小小的火炮，有的甚至是闻名于世的，但就火炮技术的基础来说仍然是十分落后的。例如：炮管是滑膛的，由铁或青铜铸造而成，只能发射石制或铁制的球形弹丸；发射药是黑火药由炮口前装；弹丸里以黑药为炸药；火炮的炮架则主要是框架式或架座式的，只能用来支持或安装炮身。这时以前，火炮虽然已在战争中较普遍的使用，但就性能来说，射程仅数百米，弹丸杀伤威力不大，火炮射速很慢、精度不高。十八世纪以后，欧洲的资本主义开始了发展，从1768年瓦特发明蒸汽机开始，在科学技术不断发展的同时，为了极力向外扩张其势力，资本主义国家都非常重视火炮技术的发展。因此，火炮的威力开始有了较大的提高。例如：1866年前后硝化棉火药达到了实用水平，不久硝化甘油火药也研究成功，无烟火药逐渐取代了黑火药；冶金技术的发展，使火炮采用了钢质炮身，从而大大提高了初速和射程；硝化甘油最早（1863年）曾被诺贝尔用作炸药，但随后不久就有了苦味酸、胶质代拿甲、阿马图及梯恩梯等猛炸药出现，加上身管上早已出现了膛线，球形弹变成了

长形弹，弹丸的爆炸杀伤威力也得到了极大的提高；由于机械加工工业的发展，火炮的结构也日趋复杂，后装螺旋式或楔式闭锁炮门的采用，提高了火炮的发射速度；高低机、方向机的安装，扩大了火炮的射界，提高了瞄准的精度。这些都标志着火炮威力的提高。

但是直到十九世纪末以前，火炮的炮架都是刚性的，图 1-1 至图 1-4 是各种刚性炮架的典型结构。



图1-1 14世纪的框形炮架

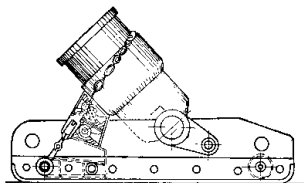


图1-2 白炮的架座式炮架

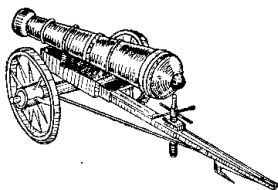


图1-3 1689年明武成永固大将军炮

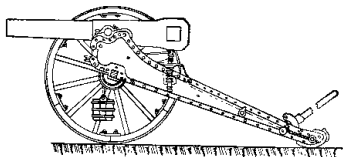


图1-4 1877年俄轮式炮架

这些炮架主要是用来在射击时支持炮身和便于野战时搬移或运动火炮。它们的共同特点是炮身直接刚性的固定在架座上或通过耳轴（以便使炮身俯仰）刚性地连接在炮架上。这种炮架在射击时将承受全部的火药气体对炮身的作用力。在这样大的力的作用下，全炮将向后移动相当的一段距离，只有借助地面的摩擦力才能使火炮停止后坐，然后由人再把火炮推回到原来的发射位置，准备下一发的发射。显然炮架的这种受力方式是很不理想的，因为炮身在轴向上受力 $P_{\text{后}}$ 的大小接近于炮膛断面积与火药气体压力的乘积。火药气体压力在射击时的变化是十分剧烈的，它的作用时间短，变化幅度大，最大值极高。在这样的受力条件下，为了保证火炮的强度，势必使炮架尺寸加大和变得十分笨重。但是火炮在战场上较广泛地使用改变了地面部队作战的方式，并要求火炮适应不同的作战需要。团和师属的炮兵要求野战火炮较轻便和机动性好，以便跟上部队的作战行动并且及时地提供强大的火力支援。这样一来，火炮的威力与机动性的矛盾开始突出了起来。

随着机械加工和热处理工艺的发展,以及水力学和水力机械的进步,人们采取了各种办法和措施来缓冲火炮在射击时的受力。在经过一定的演变以后,采用液压式驻退机和弹簧式复进机这一典型反后坐装置结构的弹性炮架火炮最终出现了。根据文献资料介绍最早出现于世界上的第一门火炮是1889年在巴黎展览会上展出的法国设计的弹性炮架火炮。据说俄国在1877年以后就已经设计和制造了这种型式的弹性炮架火炮。总之,在这以后世界各国都相继发展并且装备了这种炮身沿炮身轴线后坐的火炮。图1-6.就是当时这种弹性炮架火炮的典型结构。由于火炮采用了弹性炮架的结构,极大的减小了火炮在射击时的受力,因而在解决火炮威力与机动性矛盾上实现了一次质的飞跃。直到今天,除了某些特殊用途的火炮如迫击炮、无后坐炮和小口径航炮以外,其它所有的世界上各种口径和用途的火炮都是弹性炮架的火炮。

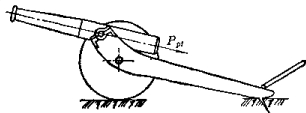


图1-5 刚性炮架火炮的受力图

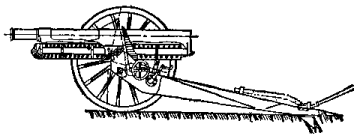


图1-6 俄1902年3英寸速射野炮

弹性炮架的出现使火炮在射击时的受力减小到原来的十几分之一至几十分之一,为火炮技术的进一步发展,火炮威力的进一步提高创造了条件。经过第一次和第二次世界大战,火炮的口径、初速、射程、弹丸威力、射速和精度都得到了大幅度的提高。现代的地面火炮、高射火炮、反坦克火炮、坦克炮、铁道炮、岸炮、舰炮都已经形成了各种类型和用途的火炮系列。图1-7, 1-8 是现代地面火炮的简图。

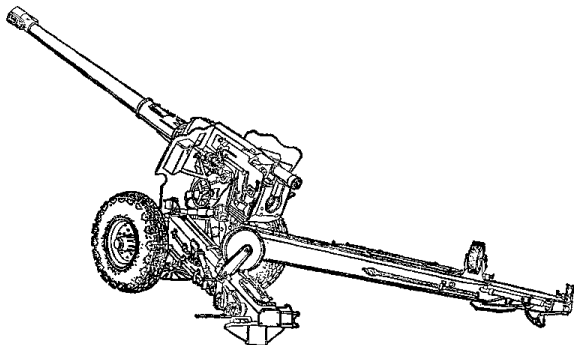


图1-7 我国60式122加农炮

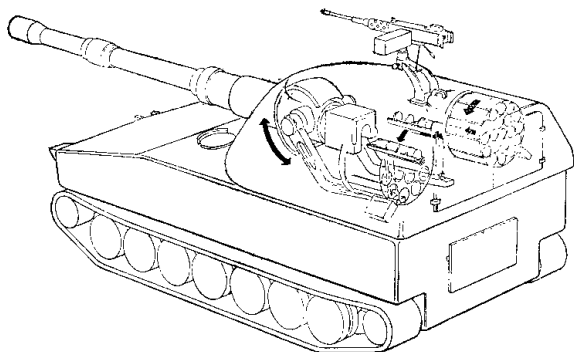


图1-8 美国155自行榴弹炮

总之，无烟火药取代有烟火药，弹性炮架取代刚性炮架，是火炮技术发展史中具有划时代意义的质的飞跃。反后坐装置是实现炮身与炮架弹性连接，保证射击时炮身沿其轴线后坐的基本部件，它是火炮基本矛盾——威力与机动性矛盾斗争的产物。现在，反后坐装置已经是各种火炮上必不可少，并且极大影响其战术技术性能的主要部件。

第二节 反后坐装置在火炮上的地位和作用

反后坐装置在火炮上出现已有近一百年的历史，火炮技术的发展越来越证明它在火炮上的重要作用，它不仅影响火炮受力的大小和规律，还影响火炮的射速和精度。和刚性炮架相比较，弹性炮架上反后坐装置的作用概括起来主要有三个方面：1. 可以极大地减小火炮在射击时的受力；2. 把射击时全炮的后坐运动限制为炮身沿炮身轴线的后坐运动，并且在射击后自动使其恢复到射前位置；3. 把无法控制的全炮后坐变成可以控制的炮身后坐。反后坐装置的这些作用是本书阐述内容的核心，因而只能在掌握了全书的内容以后才能更深刻地理解反后坐装置的作用。现在仅对这些作用作些概要的说明：

采用了反后坐装置以后，炮身通过驻退机和复进机与炮架弹性地连接，因而允许炮身与炮架之间有相对的运动。发射时，火药气体作用于炮身的向后方向的力 P_p 使炮身产生后坐的加速度，并通过驻退机和复进机进行缓冲，把力传到炮架上。因此，弹性炮架所受的力已经不再是炮膛合力 P_p ，而只是驻退机和复进机等提供的总阻力——后坐阻力 R 。反后坐装置可以使炮架的受力减小到炮膛合力最大值 P_{pm} 的十几分之一到几十分之一，如表 1-1 所示。

反后坐装置实质上是一个缓冲装置。它把 P_p 在很短的时间内所造成的炮身后坐运动，在 P_p 的作用结束以后的较长时间内，由驻退机和复进机所提供的阻力逐渐制动下来，最终停止在一定的后坐长度上。也就是说通过反后坐装置的缓冲作用，把本来作用

表 1-1

火 炮	S (分米 ²)	$\bar{P}_{pr}$ (公斤 力/厘米 ²)	P_{ptm} (吨力)	R_{zs} (吨力)	R_m/P_{ptm}
63-37G	0.110	2800	~30.8	~2	1/15
59-57G	0.266	3100	~82.5	~5.1	1/16
56-85 J	0.582	2550	~148.5	~7.5	1/20
59-130 J	1.394	3150	~132.5	~23.0	1/19

于炮身的变化剧烈而作用时间很短的力 P_{pr} 变换成了作用时间较长, 幅度变化不大, 最大值很小的力 R 传给了炮架。只要合理地设计反后坐装置, 后坐阻力的变化规律 $R-t$, $R-x$ 以及后坐长度都是可以根据要求确定的。也就是说射击时火炮的受力和运动是可以控制的。

由于炮身在射击时只是沿摇架在其轴线方向上后坐, 而且在后坐终了时复进机又能使其迅速回复到射前位置; 又由于传给整个火炮的力不大, 在火炮配用了一定大小的驻锄条件下, 射击时火炮可以保持其静止性或最多有少许跳动。这就使得火炮的瞄准不会有较大的破坏, 从而为提高射速创造了条件。如果火炮配有一定的半自动或自动的装填机构, 射速可以达到每分钟十几发到数百发的水平。

总之, 反后坐装置给人们提供了射击时控制火炮受力的手段。这是因为弹性炮架的火炮射击时受力的大小与后坐阻力 R 相同, 而后坐阻力主要是由反后坐装置提供的。只要设计好反后坐装置, 控制了后坐阻力 R 的变化规律, 也就有效地控制了火炮的受力和运动, 并且可以满足总体设计对火炮静止性和稳定性的要求, 为提高发射速度和解决炮架的强度与刚度问题创造条件。

第三节 反后坐装置设计研究的内容和任务

反后坐装置设计的理论就是运用基础理论和实验技术对火炮发射时反后坐装置工作的全过程作定量的、规律性的分析研究, 找出它的便于应用又符合实际的设计计算方法。在内容上它包括力学分析, 结构分析和设计计算, 以及实验研究等方面。

力学分析主要是研究在各种情况下后坐和复进中全炮和后坐部分的受力规律和运动规律, 从而合理地提出对反后坐装置设计应满足的力学要求, 或者对于各种反后坐装置的具体结构, 得出准确地计算全炮和后坐部分受力和运动的方法。

对反后坐装置进行结构分析和设计计算, 主要是研究现有各种反后坐装置和炮口制退器在结构上和工作上的特点, 找出具体结构尺寸与后坐复进中受力与运动的关系, 从而合理地选择反后坐装置和炮口制退器的结构型式, 尽可能适宜地确定各部分的尺寸, 使它满足不同火炮总体设计的要求。

火炮反后坐装置的实验研究, 主要是利用各种测试手段, 直接对反后坐装置各部件在工作时的各种动态参量进行测定, 揭示实际的各物理量的变化规律, 用于检验反后坐装置设计理论的正确性, 找出不足, 推进设计理论的发展, 也可以用于检验设计出的反后坐装置工作性能的好坏, 便于完善和修改设计。

在一门新火炮的设计过程中, 反后坐装置的设计通常是在外弹道、内弹道和炮身设计完成以后进行的, 它应完成的任务是:

1) 正确处理火炮总体上威力与机动性的矛盾, 在火炮总体设计中, 合理地选择反后坐装置和炮口装置的类型和结构, 确定主要外形尺寸和基本技术参数;

2) 根据所确定的反后坐装置和炮口装置的主要技术参数, 制定合理的后坐与复进的受力和运动规律, 在此基础上详细地设计驻退机、复进机和炮口制退器, 完成产品图纸和其它技术文件;

3) 为全炮的动力学分析, 为炮架各零、部件的受力分析及其强度、刚度的计算提供数据。

从事火炮研究与设计的工作者不应停留在原有理论与实践的水平上。由于历史的原因, 原有的反后坐装置设计的理论是比较陈旧的, 试验的水平也不高。在测试技术迅速发展和电子计算机普及应用的今天, 进一步探求反后坐装置和炮口装置工作的内在规律, 应用数学和力学的基本理论, 进一步从本质上阐明这些规律并且在此基础上发展和完善反后坐装置的设计理论, 找到更好的反后坐装置设计方法, 已是当今迫切需要解决的任务。本书在内容上略有更新只是朝这一方向迈出的第一步。

此外, 进行反后坐装置新原理、新结构、新元件的研究, 探求更好地解决火炮威力与机动性矛盾的办法, 也是火炮技术工作者的一个长期的任务。本书对这些内容也作了一些介绍。

第二章 反后坐装置的结构分析

第一节 概 述

反后坐装置是为解决火炮的威力与机动性矛盾而专门设置的一个重要部件。它与摇架结合构成了起落部分的基体,因此它的结构,不仅直接影响炮架的受力,而且直接影响火炮总体布置和摇架的结构。如何根据火炮总体及战术技术要求,合理地选择反后坐装置结构是设计者首先面临的问题。为此,不仅要熟悉各种类型反后坐装置的结构,而且要熟悉它们在总体上,受力上,工作上和计算上的特点。这就要对现有反后坐装置的结构进行深入地分析研究,以求掌握反后坐装置结构设计的普遍规律。本章将对已有的一些典型的反后坐装置的结构作简要的介绍,供设计反后坐装置时参考。

反后坐装置要完成三项任务,这些任务通常是由反后坐装置相应的三个部分结构来完成的。

1. 控制火炮后坐部分按预定的受力规律和运动规律后坐,保证射击时火炮的稳定性和静止性。并且在后坐运动中不可逆地将后坐能量的大部分消耗掉,把后坐限制在规定的长度上。这项任务通常是由驻退机来完成的。液压式驻退机以液体为介质,后坐时靠活塞挤压工作腔内的液体使其流过小孔来提供后坐阻力并将后坐部分的后坐动能转化为液体高速流动的动能,最后以热的形式散失掉。

2. 在后坐过程中贮存一部分后坐能量,以备后坐终了后将后坐部分推回到发射前的位置。这个任务是由复进机完成的。复进机利用弹簧或气体来贮存能量。

3. 控制火炮的后坐部分按预定的受力规律和运动规律复进。这个任务主要是由复进缓冲器或复进节制器来完成的。大多数情况下驻退机也参与复进的节制作用。

图 2-1 所示为在理想的后坐和复进状态下,反后坐装置各部分力的变化规律和后坐部分运动的规律。后坐阻力与路程关系曲线下面的面积等于后坐时炮膛合力对后坐部分所做的功(它近似等于自由后坐所获得的最大动能)。在后坐时只有复进机力 P 曲线相对应的那一部分能量被储存起来,其余能量绝大部分被驻退机液压阻力 ϕ 的功所消耗,还有一部分被摩擦力的功所消耗。在复进时,复进机储存的能量一部分用于克服后坐部分重量分量 $Q_0 \sin \varphi$ 和摩擦力 $F + T$ 的功,而复进剩余能量,则在整个复进过程中被驻退机和复进节制器液压阻力 $\phi_f = \phi_{0f} + \phi_{1f}$ 的功所消耗掉。综观后坐和复进的全过程,可见火炮发射时的全部后坐能量最终全部被反后坐装置液压阻力及摩擦力的功所消耗掉。其中大部分变成热,从而使反后坐装置的液体和其他各部分的温度升高,最后散失在大气中。

反后坐装置三方面的作用是有机的联系在一起的,缺一不可。它的相应的三部分结构(驻退机、复进机、复进节制器)也构成了火炮反后坐装置部件的整体。但是它们可以用不同的方式组合起来。一种常见的方式是驻退机和复进节制器构成一个部件,而复进机成为单独的一个部件。另一种方式是驻退机和复进机联合为一体构成一个部件(通

常称为有机联合式反后坐装置), 另外再设复进制动器以便在复进末期缓冲后坐部分对摇架的冲击。设计中具体采用哪种方式需根据总体布置的要求来决定。

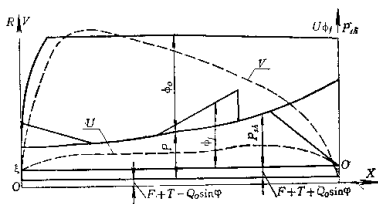


图2-1 后坐与复进中力及运动的规律

从火炮的工作特点及反后坐装置要完成的任务来看, 反后坐装置的工作条件是十分恶劣的。首先, 每一射击循环工作时间十分短暂, 后坐运动时间约为 $0.1 \sim 0.3$ 秒, 复进运动时间约为 $1 \sim 3$ 秒, 作用力和气体、液体压力变化剧烈; 在后坐复进中要吸收大量的热, 使反后坐装置的温度不断升高。它必须能适应各种作战环境保证可靠稳定的工作。它必须在空气湿度大于 60% 的环境里能长期保管和随时可供使用。综上所述它必须满足以下三个基本要求:

1. 作用确实可靠和稳定。
2. 具有身好的适应性。
3. 能长期保管, 并且便于使用、生产和维修。

要完成上述各项任务, 满足基本要求, 反后坐装置还必须有以下辅助装置: 塞塞具、液量调节器、液量气压检查和补充装置以及后坐长度变换器等。下一节将开始具体介绍各种反后坐装置的结构。

第二节 复进机的类型和结构

按储存能量的方式的不同, 常见的复进机有弹簧式和液体气压式两种类型 (有的航空炮采用火药气体复进机, 有的舰炮采用气压式复进机)。

一、弹簧式复进机

小口径自动武器及小口径高炮多采用弹簧式复进机, 如 $65-37G$ 和 $59-57G$ 。图 2-2 就是 $59-57G$ 的复进机解剖图。复进簧套在身管的外面, 其前端项在与身管连接的螺环上, 后端项在摇架的环形肩部上。螺环外面镶有铜套, 可在摇架颈筒内滑动。

弹簧式复进机还可以与同心式反后坐装置配合使用, 它的驻退机和复进机全部套在身管外部。其结构见图 2-3。

复进簧多为矩形断面的圆柱螺旋弹簧, 这是为了在有限的外廓尺寸范围内能提供较大的抗力。通常矩形断面的边长比 $\frac{a}{b}$ 在 $1 \sim 2$ 之间 (a 指垂直于弹簧轴线的边)。

65-37G 复进簧的 $\frac{a}{b} = 1.45$, 59-57G 复进簧的 $\frac{a}{b} = 1.042$ 。复进簧的材料一般选用 60Si2A, 70Si2A 或 65Si2WA 等, 其许用应力 $[\tau] = 100$ 公斤力/厘米² 左右。

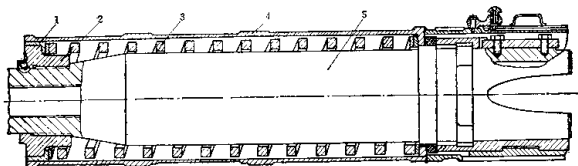


图2-2 59-57G 的弹簧式复进机

1—钢套; 2—螺环; 3—复进簧; 4—握架; 5—身管。

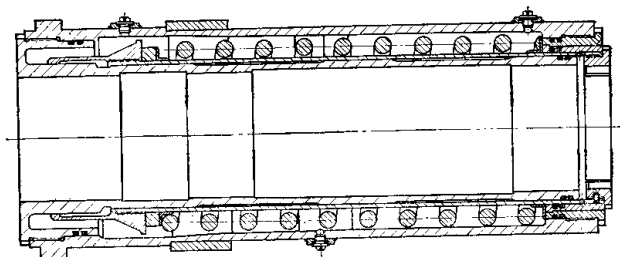


图2-3 带弹簧式复进机的同心式反后坐装置

弹簧式复进机的主要优点是结构简单, 工作可靠, 性能不受温度的影响, 受轻微的损伤后仍可暂时使用, 维修简单; 缺点是重量大, 不便于调整复进速度, 长期使用易疲劳。

二、液体气压式复进机

液体气压式复进机是目前各种火炮普遍采用的一种类型, 它以气体作为储存能量的介质, 而以液体作为传递力和密封气体的介质。由于在各种火炮上工作条件的差异, 液体气压式复进机的结构也各不相同。

1. 杆后坐复进机

图2-4(I)是60-122L的复进机结构图, 因为它是杆后坐的, 所以只用了两个筒。为减少密封液体的用量和外廓尺寸, 将内外筒偏心配置, 并把内外筒的流液通孔开于内筒后端的下方或侧方。为便于更换活塞头上易磨损的紧塞元件, 内筒可以从复进机上分解下来。因此内筒以螺纹拧在前盖上, 而内筒后端以动配合套在后盖的凸缘部上。前后盖

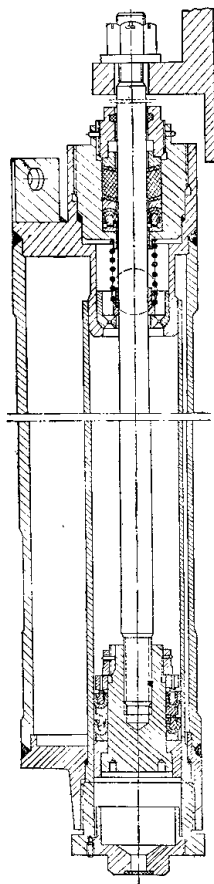


图2-4(I) 杆后坐复进机

压缩空气 活塞杆密封油 活塞杆密封油

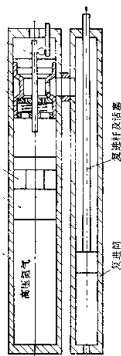
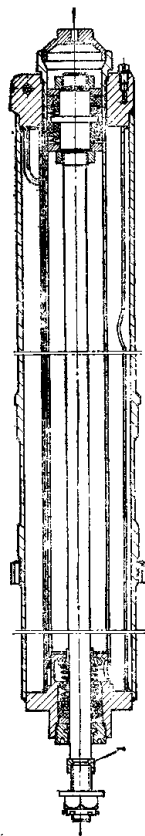


图2-4(I) GC-45 的杆后坐复进机

图2-5 56-85 J 复进机结构图
1—保险螺帽。

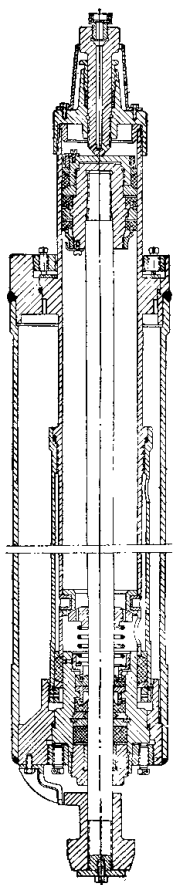


图2-6 59-130 J 复进机结构图

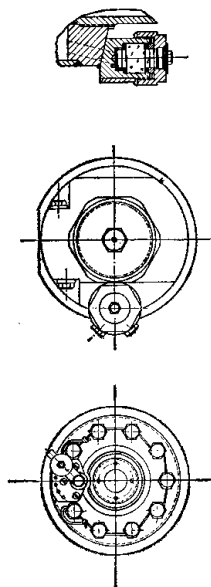
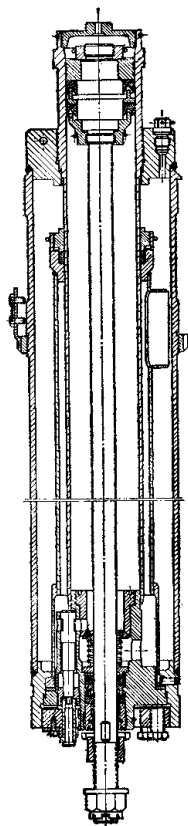


图2-7 60-122 J 复进机结构图

焊于外筒上。平时复进机中的气体储于外筒的上方,为了不使气体进入内筒而从紧塞具处逸出,在 0° 射角时外筒液面应略高于内筒外径的上缘。

为保证液体气压式复进机的正常工作,必须使气体的初体积及初压保持在一定的范围内,为此,在复进机后盖上设有检查和调整液量、气压的通道——开闭器。

在有的火炮上(如GC-15)还有把贮气筒与复进筒分开配置的,如图2-4(I)所示,它用游动活塞将液体和气体隔开,这样的布置可使结构更紧凑,更好地利用起落部分的空间。

2. 筒后坐复进机

筒后坐复进机,可以增加后坐部分重量。但为保证液体在高低射界内都能密封高压的气体,只采用两个筒就不行了,必须采用三个筒,即在内外筒中间再加一个后方开有通孔的中筒。56-85 J、60-122 J、59-130 J等炮的复进机都采用了三筒结构。

图2-5是56-85 J的复进机,它的特点是内外筒同心而中筒偏心配置。中筒,前盖,后盖及外筒焊接成一体,内筒拧在后盖上可以分解。由于中筒焊接在前后盖上,外筒的液面可以降低到靠近中筒中心线附近,只要中筒上的通孔在大射角及负射角时都在液面之下即可。

在复进杆前端附有保险螺帽,它的作用是当复进机仍有气压,而要从摇架上分解下来时限制活塞杆的移动,防止它向后弹出而造成事故。此外,在前紧塞具处设有复进节制活瓣,用来在复进时提供附加的阻力,减小复进剩余力。

图2-6所示为59-130 J的复进机。为了减轻重量把中筒做得比内筒和外筒略短些。中筒前端套在紧塞具本体上,后端拧在内筒上。前后设置紧塞装置和紫铜紧塞环密闭液体。中筒和内筒与外筒偏心配置,以降低外筒中液面,减少复进机的体积和重量。内筒前方也设有复进节制活瓣。复进机后盖上有可利用液压进行人工后坐的注液器。

图2-7所示是60-122 J的复进机。它的三个筒是同心配置的。为了防止气体进入中筒和内筒,在中筒的流液孔上焊了一段导管。同样为了减轻重量也把中筒做得比内、外筒短,配置方法类似59-130 J复进机。它除了设置了复进节制活瓣外,还有可调节的复进流液通道,用转把进行调整(由右至左转动转把时流液孔由大到小)。该炮以坐盘着地射击时,转把放在最右边的第一个孔上,此时,复进速度最高;以车轮着地射击时,转把放在最左边的第六个孔上,此时,复进速度最低。射击时视复进的情况还可以适当调整转把的位置来获得最适宜的复进速度。

液体气压式复进机的优点是在中、大口径火炮上比弹簧式复进机的重量轻,易于控制流液通道调节复进速度;它的缺点是气体的工作性质随温度等条件变化较大,必须经常检查液量和气压,需配备专门的检查、注气和注液的工具。

三、气压式复进机

在口径较大的火炮上,为了不使复进机的尺寸和重量过大,有时采用气压式复进机。如能解决气体密封问题就可以取消或大大减少液体,从而大大减小复进机的结构尺寸和重量。一般是采用液体增压器来密封气体的,它可以使紧塞元件处的压力始终大于气体压力。

图2-8所示是海-130的复进机。这种复进机只有一个外筒。为增加贮气的空间,减

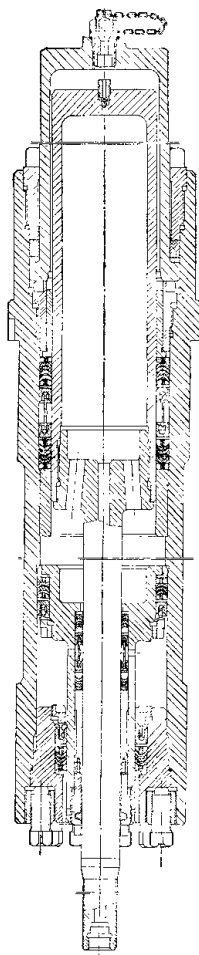


图2-8 气压式复进机

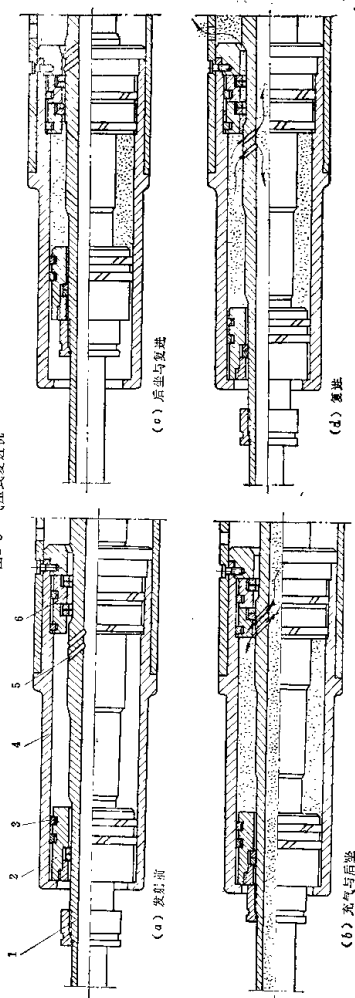


图2-9 火药气体复进机及其动作原理

1—身筒；2—游动活塞；3—球阀；4—复进机构；5—导气孔；6—排气槽。