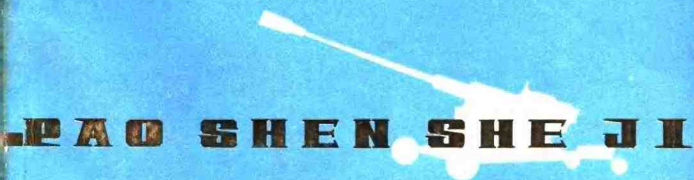
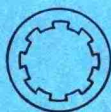


炮身设计



国防工业出版社

炮 身 设 计

伊 玲 益 编

国防工业出版社

A515713



内 容 简 介

本书较全面地叙述了炮身设计的理论和方法。全书共分八章。第一章介绍炮身设计的基本理论,包括膛内压力规律和厚壁圆筒理论;第二章至第五章重点介绍单筒炮身的设计理论和设计方法;第六章至第八章介绍其它类型炮身,包括筒架炮身、活动衬管和活动身管炮身及自紧炮身的工作原理和设计特点。

本书可供从事火炮研制和维修工作人员参考,也可作为大专院校有关专业的教学参考书。

炮 身 设 计

伊 琦 拉 编

*

国防工业出版社 出版

北京市书刊出版业营业所(京)出字第074号

国防工业出版社印刷厂印装 内部发行

*

787×1092¹/₁₆ 印张11¹/₄ 258千字

1977年10月第一版 1977年10月第一次印刷 印数: 0,001--3,000册

统一书号: N15034·1571 定价: 1.25元

前 言

敬爱的周总理遵照伟大领袖和导师毛主席的指示，在四届人大的政府工作报告中，提出了我国国民经济发展的任务。第一步，在一九八〇年以前，建成一个独立的比较完整的工业体系和国民经济体系；第二步，在本世纪内，全面实现农业、工业、国防和科学技术的现代化，使我国国民经济走在世界的前列。这一宏伟的前景极大地鼓舞了全国人民。为了适应国防工业发展的需要，在祖国大地到处莺歌燕舞的大好形势下，我们结合生产、科研和教学中的一些经验，并参考了国外有关资料，编写了《炮身设计》这本书。全书共分八章。第一章介绍炮身设计的基本理论，包括膛内压力规律和厚壁圆筒理论；第二章介绍药室及膛线的设计与计算；第三章和第五章结合实例介绍了单筒炮身和炮尾设计计算的一般程序；第四章对炮身寿命问题作了专门论述。其余各章分别介绍了筒紧炮身、自紧炮身和活动衬管(身管)炮身的工作原理和设计特点。

本书可供从事火炮研制和维修的工人、技术人员和管理干部参考，也可作为大专院校火炮专业师生的教学参考书。

由于我们政治思想水平不高，业务能力有限，书中不可避免地会存在一些缺点和错误，诚恳地希望同志们批评指正。

编 者

目 录

第一章 炮身设计基本知识	7
第一节 炮身的组成和分类	7
第二节 发射时炮身的受力分析	11
第三节 身管设计采用的内压规律	16
第四节 对高低温压力曲线的讨论	21
第五节 高低温压力曲线的计算	24
第六节 高低温压力曲线计算举例	28
第七节 身管应力应变分析——厚壁圆筒理论	31
第二章 炮膛的结构和设计	40
第一节 药室的结构	40
第二节 确定药室结构时应注意的问题	46
第三节 膛线的分类和结构	48
第四节 发射时膛线的受力	50
第五节 炮口缠度和膛线曲线的确定	53
第六节 膛线参数的确定及其强度验算	56
第七节 膛线导转弹丸存在的问题	60
第三章 单筒身管设计	62
第一节 单筒身管弹性强度极限	62
第二节 单筒身管弹性强度极限与壁厚关系	69
第三节 安全系数	71
第四节 身管材料和理论强度曲线	74
第五节 身管外形的设计	77
第六节 单筒身管设计的一般程序	81
第七节 单筒身管设计举例	83
第四章 身管寿命问题	89
第一节 身管内膛破坏特点和身管寿命标准	89
第二节 炮膛烧蚀磨损现象分析	97
第三节 影响炮膛烧蚀磨损的因素	100
第四节 提高身管寿命的措施	107
第五章 炮尾的强度计算	115
第一节 概述	115
第二节 发射时作用在炮尾上的力	117
第三节 炮尾前室的强度计算	119
第四节 楔式炮尾闭室部的强度计算	123
第六章 筒紧炮身设计	133
第一节 概述	133

第二节	筒紧身管的紧缩量	135
第三节	筒紧身管的应力、应变分析	137
第四节	筒紧身管的弧度极限	141
第五节	筒紧身管的计算方法	144
第六节	筒紧身管计算举例	148
第七章	活动衬管和活动身管炮身设计	151
第一节	概述	151
第二节	发射时活动衬管(活动身管)炮身受力分析	152
第三节	活动衬管(活动身管)炮身的强度极限	155
第四节	间隙的确定	157
第五节	举例	159
第八章	自紧炮身设计	162
第一节	概述	162
第二节	自紧身管的应力状态	162
第三节	身管自紧工艺介绍	164
第四节	自紧身管的基本计算	167
第五节	自紧身管设计中的一些问题	173
附录一	系数 α 的表	177
附录二	系数 β 的表	179

第一章 炮身设计基本知识

炮身是火炮的一个主要部件，包括身管、炮尾、炮门等零件。它的主要作用是承受火药气体压力和导引弹丸的运动。

炮身设计主要包括强度设计和结构设计。结构设计又包括膛内结构设计和外部结构设计。膛内结构设计是要保证满足内、外弹道对炮身提出的各个参量（如口径、弹丸行程、药室容积、炮口缠度等）的要求和使炮膛结构合理。外部结构设计主要应考虑炮身各个零件的连结，炮身同摇架、反后座装置的连结，以及火炮总体对炮身重量、重心的要求等等。

炮身强度是炮身设计的一项基本任务。本章除了介绍炮身组成和分类外，主要是介绍身管强度设计的基本知识，即对膛内压力分布规律以及厚壁圆筒理论进行讨论。

第一节 炮身的组成和分类

一、炮身的组成

炮身主要的组成零件是身管、炮尾和炮门，如图 1-1 所示。

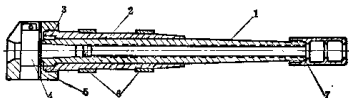


图 1-1 炮身的组成

1—身管；2—被筒；3—制转键；4—门体；5—炮尾；6—导箍；7—炮口制退器。

身管是炮身的主要零件，发射时承受高压火药气体的作用。炮门、炮尾共同承受火药气体向后的作用力并使炮身后座。它们还同药筒或塞紧装置一起，在发射时可靠地密闭火药气体，防止火药气体由后方泄漏出来。采用炮门可使炮弹能从后方装填，并在发射后由后方抽出药筒，以便进行下一次发射。炮门主要由门体、开门机构、关门机构、击发装置和抽筒装置组成。有的炮身上还带有被筒。被筒和身管有的是有过盈的套合，有的是有间隙的套合。有间隙的套合可以设计成在发射时使其间隙消失（此时被筒也承受压力的作用）；也可以设计成在发射时不使其间隙消失。被筒还起身管同炮尾的连结作用（关于被筒的作用将在炮身分类中讨论）。对单筒炮身来说，身管同炮尾可以用螺纹或断隔螺纹连接（如 55 式 37 高射炮），也可通过连接筒连接（如 56 式 85 加农炮和 59 式 100 高射炮）。发射时身管导引弹丸右旋，使身管受到一个左旋力矩的作用。为防止发射时身管相对于炮尾转动在二者之间设有一制转键。由于后座和复进的需要，炮身上需有相应的结构，如 76.2 加农炮炮身上的导箍、65 式 37 高射炮复进机的定向环，以及 56 式 85 加农炮身管上的光滑圆柱面等。

炮口制退器通常用螺纹固定于身管口部，它的作用是在弹丸飞出炮口后，使一部分火药气体通过炮口制退器侧孔喷出，产生与后座相反的作用力，从而减小发射对炮架的作用力。

二、炮身的分类

在设计上通常采用下述两种分类法。一种是按炮膛的结构来分，另一种是按身管结构来分。按前一种方法，炮身可以分为线膛炮身（图 1-1）和滑膛炮身（图 1-2）。

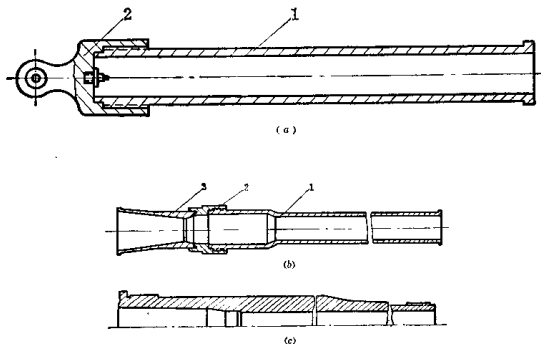


图1-2 滑膛炮身

(a) 迫击炮炮身；(b) 无后座炮炮身；(c) 反坦克滑膛炮身管。

1—身管；2—炮尾；3—喷管。

线膛炮炮身使弹丸产生高速旋转运动，以保证弹丸的飞行稳定性。它的炮膛一般由药室、坡膛和线膛三个部分组成。坡膛是弹丸导转部（弹带）开始切入膛线的部位。通常将药室和坡膛统称为药室部，所以线膛炮身的内膛一般是分为线膛部和药室部两部分。滑膛炮身的炮膛由光滑的圆柱面和圆锥面组成。滑膛炮身目前主要用于迫击炮、无后座炮和滑膛反坦克炮。无后座炮药室有扩大部，而且药室后面有喷管，发射时一部分火药气体经喷管向后喷出，达到动量平衡，使炮身不产生后座。滑膛反坦克炮的内弹道参量和炮膛结构基本上和一般线膛炮一样，只是没有膛线，弹丸依靠尾翼稳定，在发射口径筒形穿甲弹时，初速可以达到 1500 米/秒左右。

炮身按照身管的结构分，有单筒炮身、紧固炮身和衬管炮身三类。

1. 单筒炮身 这类炮身的身管由一个毛坯制成，它结构简单，加工方便，因而得到了广泛的应用。目前制式火炮中大部分炮身都是单筒炮身，如 85 加农炮，37、57、100 高射炮以及各种迫击炮和无后座炮等等。单筒炮身发射时，内层产生的应力很大，而外层的应力很小。也就是说，外层材料没有得到充分利用。对高压大威力火炮来说，采用单筒

炮身，必须增加壁厚和采用高强度炮钢，对火炮的使用和生产都是不利的。

2. 紧固炮身 采取工艺措施使身管内层产生与其工作时方向相反的应力（预应力），外层产生与工作时方向相同的应力。发射时，由于预应力的存在，身管内层的最大应力降低，外层的应力则提高，整个身管应力的分布趋于均匀一致，因而可以在同样壁厚、同样材料的条件下，使身管能承受更大的内压。我们把这种炮身称为紧固炮身。由于产生预应力的方法不同，紧固炮身又可以分为以下三类：

(1) 筒紧炮身 身管由两层或多层同心圆筒过盈地套合在一起，这样，内筒存在与发射时方向相反的应力，外筒存在与发射时方向相同的应力，从而提高了身管的强度。两层筒紧身管的结构见图 1-1。内、外筒多用外筒加热或内筒冷却的方法套合在一起。这种炮身的层数越多，其径向应力分布越均匀，因而强度提高亦越多，但工艺上也越困难。过去由于炮钢强度较低，这种身管曾得到过较多的采用。现在为了减轻某些大威力火炮身管的重量以及一些特殊需要，这种身管又开始得到采用。

(2) 丝紧炮身 以一定的拉力将钢丝（带）缠绕在钢制的衬管上，使衬管（内管）产生预应力，以此来提高身管的强度，这种炮身叫做丝紧炮身。因为钢丝拉力较易控制，这样就可使整个身管的应力分布均匀合理。一般多用矩形断面钢丝或特殊断面的钢带绕制。绕制原理如图 1-3 所示，其中重锤用以产生所要求的钢丝拉力。因为丝紧身管的纵向刚度较差，所以通常在身管外面再加上一个被筒以提高刚度，如图 1-4 所示。这种炮身使用较少，但为了减轻迫击炮和无后座炮身管的重量，国外有在薄壁内管上用钢丝缠绕、外层用玻璃钢或其他材料增强的试验性身管。

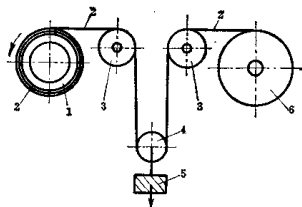


图 1-3 丝紧身管缠绕钢丝原理图

1—身管；2—钢丝；3—定滑轮；4—动滑轮；5—重锤；6—钢丝卷筒。

我国一些石油化工厂和化肥厂所用的高压容器，比较广泛地采用了丝紧结构，有绕带式高压容器和扁平钢带式高压容器等。为了提高容器的纵向刚度和强度，通常采用倾角为 $26^{\circ} \sim 31^{\circ}$ 的斜绕法，这种方法可供设计丝紧炮身时参考。

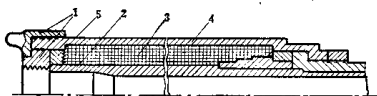


图 1-4 丝紧炮身

1—炮尾；2—身管；3—钢丝；4—被筒；5—钢丝头固定环。

(3) 自紧炮身（自增强炮身）这种身管结构同单筒身管完全一样，但在制造时对其膛内施以高压，使身管由内到外局部或全部产生塑性变形。在高压去掉以后，由于各层塑性变形不同，造成外层对相邻内层产生压应力，即内层受压、外层受拉，就象多层筒紧身管一样，因而可以使身管强度提高。对内壁施加高压的方法一般有液压法、冲头挤压法和

爆炸法等。由于此种身管结构简单,加之自紧工艺不断改进,在国外一些新设计的火炮中得到了较广泛的应用。

3. 活动衬管(活动身管)炮身 随着火炮初速、膛压、射速的提高,炮膛的烧蚀、磨损问题变得日益严重。烧蚀、磨损造成火炮膛压、初速和射击密集度的下降,最终使火炮寿命终止。这个问题在大口径、高初速的加农炮和小口径自动炮中表现得非常突出。解决这个问题一个方法是,把身管做成内、外两层,在内层寿命结束后,可换上一个新的内管使火炮恢复原有的战斗性能。

为了保证内管更换方便,在内、外管之间留有一定的间隙。在发射时由于内管膨胀,间隙消失,因而外筒也承受内压的作用。此种炮身又可以分为活动衬管炮身(被筒全长覆盖)和活动身管炮身(被筒在身管尾部一定长度上覆盖),这两种炮身分别如图 1-5 和图 1-6 所示。

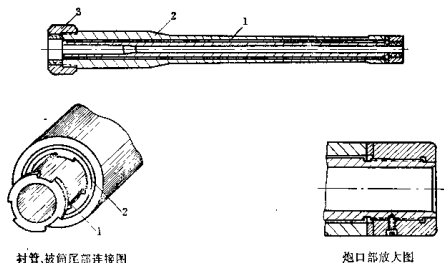


图1-5 活动衬管炮身

1—活动衬管; 2—被筒; 3—炮尾。



图1-6 活动身管炮身

1—活动身管; 2—被筒; 3—炮尾。

另外有一种活动身管炮身,其被筒和身管之间留有较大的间隙,发射时被筒并不承受内压的作用。采用被筒的目的是为了增加火炮后座部分的重量。由反后座装置原理可以知道,后座部分重量的增加将使发射对火炮的作用力减小,因而可以减轻炮架重量。我们把这种炮身叫做带被筒的单筒炮身,例如 54 式 122 榴弹炮就采用这种炮身,其结构如图 1-7 所示。

实践表明,炮膛烧蚀比较严重的部位,仅在由膛线起始部向炮口方向大约 10 倍口径的长度上,为此而更换整个内管是不合算的,于是出现了短衬管炮身,例如 69 式双管 30 海军炮就采用了短衬管炮身。图 1-8 就是这种炮身的一种方案。衬管的材料可以采用高

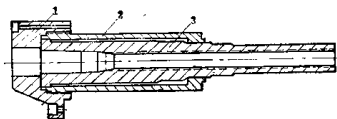


图1-7 带被筒的单筒炮身

1—炮尾；2—被筒；3—身管。

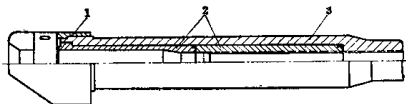


图1-8 短衬管炮身

1—炮尾；2—组合衬管；3—身管。

强度炮钢或是特殊的耐热合金。在设计这种衬管时，要考虑更换方便和膛线准确对正的问题。有的筒紧炮身也采用耐热合金的短衬管，但衬管同身管是过盈配合在一起，衬管不能更换。

炮身按结构的分类及其特点可以综合如下表：

炮身	单筒炮身	——身管由一个毛坯制成，工艺简单。
		筒紧炮身：内外筒过盈套合。
		丝紧炮身：钢丝(带)紧绕在内管上。
	活动衬管(身管)炮身	自紧炮身：用壁内产生塑性变形方法造成预应力。
		活动身管炮身：被筒局部覆盖。
	活动衬管(身管)炮身	活动衬管炮身：被筒全长覆盖。
		短衬管炮身：在膛线起始部向前一段长度上有衬管。
	带被筒的单筒炮身	短衬管炮身：在膛线起始部向前一段长度上有衬管。
		带被筒的单筒炮身：发射时被筒与内管的间隙不消失。

第二节 发射时炮身的受力分析

火炮发射时，高压火药气体推动弹丸向前运动，同时使炮身后座。炮身在发射时承受径向、轴向和切向三个方面的力和力矩。径向作用力主要由身管本身承受，而轴向合力(炮膛合力)和扭矩则通过反后座装置、摇架等传递到炮架上去。分析炮身受力目的在于解决全炮受力和强度设计等问题。下面以炮身为示力对象，就这三个方面的作用力进行分析。

一、径向作用力

此力主要由两个部分组成，即火药气体对身管壁的压力和弹丸的径向作用力。火药气体的径向压力为身管强度设计的主要依据，它的规律在下一节中将要进行研究。弹丸对身

管的径向作用力主要是指弹带（弹丸导转部）对身管的径向作用力 F_r 及弹丸定心部对膛壁的作用力。

弹带在开始切入膛线时，弹带对膛壁产生很大的径向作用力，随着弹带的挤进，此径向作用力迅速减小。弹丸在膛内加速运动时，由于弹丸旋转及质量分布不均匀，会使弹带对膛壁的作用力加大（在炮口附近有较大的数值）。弹带对膛壁径向作用力的规律如图1-9所示。由图中可以看出，弹带挤入膛线时的径向作用力有可能超过膛内最大压力；穿甲弹

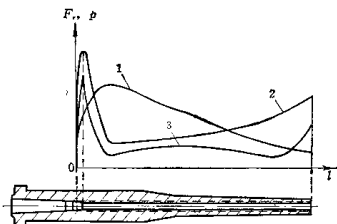


图1-9 弹带对膛壁的作用力

1—膛压曲线；2—穿甲弹；3—杀伤爆破弹。

的弹体壁较厚，对身管的径向作用力比弹体壁较薄的杀伤爆破榴弹大一些。弹带对膛壁的径向作用力对身管强度有一定的影响，但它的作用是局部的，而且还没有适当的工程计算方法求出其数值，因而它对身管强度影响只在安全系数选择上予以考虑。由于弹丸与炮膛之间的不同心和间隙的存在，火药气体对弹丸作用的合力不通过弹丸质心，因而会引起定心部对膛壁的作用。此外，长身管的加农炮因有身管静力弯曲，弹丸在膛内实际上作曲线

运动，因而弹丸产生离心力，作用于身管弯曲的半径方向，将引起身管的横向振动，对射击精度、密集度有一定影响。

二、轴向作用力

发射时，炮身承受的轴向作用力包括膛合力 P_{ps} 、惯性力 J 、驻退机和复进机的作用力 R_{st} 和 R_{ij} ，以及炮身同摇架间的摩擦力 R_f 等，如图1-10所示。弹丸膛内运动时期，膛合力 P_{ps} 由以下各力合成：弹带对膛壁作用力的轴向分力 F_x 、火药气体对药室底部作用力 P_c 、火药气体对药室锥面作用力的轴向分力 P_k 。在弹丸出炮口后的一段时间内有炮口制退器产生的拉力 R_T 。在研究这些作用力时必须注意作用部位、时间和方向。下面对上述各作用力分别进行讨论。

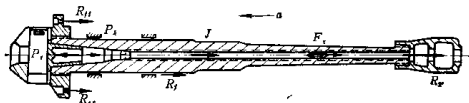


图1-10 炮身轴向作用力

1. 膛合力 P_{ps}

(1) 弹带对膛壁的轴向作用力 F_x 。现以弹丸为示力对象（参看图2-18），则各条膛线和弹带的相互作用力为导转侧压力 N 和沿膛线的摩擦力 fN 。 N 、 fN 在膛膛轴线方向

的投影之和即为弹带对炮膛的轴向作用力 F_x 。若以炮身为示力对象时, 则 F_x 的方向指向炮口, 其计算式为

$$F_x = nN(\sin \alpha + f \cos \alpha) \quad (1-1)$$

式中 N ——每条膛线导转侧正压力;

n ——膛线数目;

α ——膛线缠角;

f ——弹带同膛线之间的摩擦系数, 它随着弹丸速度的增高而减小, 一般取 $f = 0.1$ 。

通常 $F_x \leq 0.02 p_{tm} \cdot S$, 其中 p_{tm} 为药室底部的火药气体最大压力 (膛底最大压力); S 为膛断面积, 可用下面近似公式计算

$$S = \frac{\pi}{4} \frac{ad^2 + bd_1^2}{a + b},$$

式中 d ——身管阳线直径, 即口径;

d_1 ——身管阴线直径, 若令 t 为膛线深度, 则 $d_1 = d + 2t$;

a ——阳线宽度;

b ——阴线宽度。

弹带轴向作用力 F_x 作用在药室底到弹丸膛内位置之间的一段身管上。

(2) 药室锥面产生的轴向力 P_x 药室部有锥度, 火药气体垂直于锥面的作用力有一个沿身管轴向的分力。图 1-11 为药室锥面轴向力的示意图。设膛底部的相当直径为 d , 其截面积为 S 。在药室上任取一垂直截面 $A-A$, 由此截面向炮口方向的圆锥段长为 x , 截面的内直径为 d_x , 其相应面积为 S_x 。在此圆锥段药室壁上作用着垂直于表面的内压 p_t (即认为是膛底压力)。此截锥体的回转表面积为 $\frac{\pi}{2} (d_x + d) \times \frac{x}{\cos \alpha}$, 其中 α 为药室锥面倾角。此面积上作用力的轴向分力为 P_{tx} 可表示为

$$\begin{aligned} P_{tx} &= \frac{\pi}{2} (d_x + d) \frac{x}{\cos \alpha} \sin \alpha \cdot p_t \\ &= \frac{\pi}{2} (d_x + d) x \operatorname{tg} \alpha \cdot p_t \end{aligned}$$

因为 $x \operatorname{tg} \alpha = \frac{1}{2} (d_x - d)$,

所以 $P_{tx} = p_t \frac{\pi (d_x^2 - d^2)}{4}$,

即 $P_{tx} = p_t (S_x - S)$ 。 (1-2)

可以看出, 药室锥面的轴向作用力 P_x 存在于身管药室部的各个断面上, 方向指向炮口, 而且它随着 x 的增大而增加, 即愈靠近尾部其数值愈大, 在尾端面处有最大值

$$P_x = p_t (S_t - S), \quad (1-3)$$

式中 p_t ——药室底部的火药气体压力 (膛底压力);

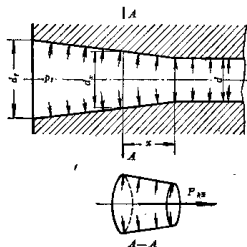


图1-11 药室锥面轴向力

S_t ——药室底面积, 如用 d_t 表示药室底的直径, 则

$$S_t = \frac{\pi}{4} d_t^2.$$

(3) 炮口制退器对身管产生的拉力 R_T 对于具有炮口制退器的炮身, 在弹丸飞出炮口以后, 火药气体通过炮口制退器对身管产生向前的拉力 R_T , 阻止炮身的后座。此力作用于全身管上, 其大小可以由下式求出

$$R_T = (1 - \chi) p_g \cdot S_o. \quad (1-4)$$

式中 χ ——炮口制退器的冲量特征量,

$$1 \geq \chi > -1;$$

p_g ——炮口压力。

在炮口制退器拉力 R_T 作用时, 弹丸已脱离炮膛。在身管设计中 R_T 用以校核炮口联结螺纹的强度。

下面我们讨论一下炮膛合力 P_{pt} 。

弹丸膛内运动时期

$$P_{pt} = P_t - P_k - F_z,$$

式中 $P_t = p_t \cdot S_o$ 。

由式 (1-3)

$$P_k = p_t (S_t - S_o),$$

所以

$$P_{pt} = p_t \cdot S - F_z. \quad (1-5)$$

因为

$$F_z < 0.02 p_{tm} \cdot S,$$

所以炮膛合力最大值

$$P_{ptm} \approx 0.98 p_{tm} \cdot S. \quad (1-6)$$

在弹丸飞出炮口后的一段极短时间内 (后效期)

$$P_{pt} = P_t - P_k - R_T. \quad (1-7)$$

由根据内弹道计算结果和式 (1-5)、(1-7) 可以求得发射时炮膛合力的变化曲线。

2. 炮身后座时产生的惯性力 J

击发后, 在炮膛合力作用下炮身加速后座。此时, 炮身各个横断面都承受着与后座方向相反的惯性力的作用。为了计算惯性力, 必须首先求出后座加速度 a 。炮身后座的运动方程为

$$\frac{Q_0}{g} \frac{d^2 x}{dt^2} = P_{pt} - R.$$

其中 Q_0 为后座部分重量, 包括炮身以及参加后座的各部分的重量, $d^2 x / dt^2$ 即后座加速度 a ; R 为阻止炮身后座的总阻力, 称为后座阻力, 一般

$$R = P_f + \phi_0 + R_f - Q_0 \sin \varphi.$$

式中 P_f ——复进机力;

ϕ_0 ——驻退机的液压阻力;

R_f ——摩擦力;

φ ——射角。

通常 $R = \left(\frac{1}{20} \sim \frac{1}{40} \right) P_{ptm}$, 所以在计算惯性力 J 的最大值时, 可以略去 R 。此时,

炮身最大后座加速度为:

$$a_m = \frac{P_{tm}}{Q_0} \cdot g. \quad (1-8)$$

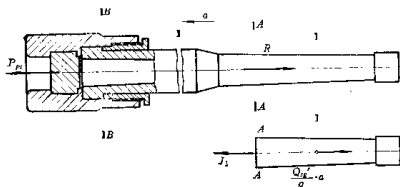


图1-12 炮身惯性力

如图 1-12 所示, 第 I 部分身管的惯性力 J_1 , 作用于第 II 部分身管的 A-A 断面上。为求出惯性力 J_1 , 我们取 I 段身管为自由 (隔离) 体。由于作用力和反作用力的大小相等, 方向相反, 在 I 段 A-A 断面上的作用力也为 J_1 , 即 I 段在 J_1 的作用下以加速度 a 后座。如 I 段的重量为 Q'_{zg} , 由运动第二定律可知

$$J_1 = \frac{Q'_{zg}}{g} \cdot a.$$

根据式 (1-6)、(1-8) 得出身管某断面 A-A 上承受的最大惯性力的近似式为

$$J_{1m} = 0.98 \frac{Q'_{zg}}{Q_0} \cdot p_{tm} \cdot S \approx \frac{Q'_{zg}}{Q_0} p_{tm} \cdot S. \quad (1-9)$$

由上式可知, 身管尾端支撑面 B-B 上承受的惯性力为最大。在校核身管 (尤其活动衬管) 的某些横断面及身管凸肩的强度时, 要考虑惯性力的影响。

3. 反后座装置的作用力

驻退机和复进机通过杆或筒与炮身联结。在后座时, 驻退机对炮身的作用力为

$$R_{zs} = \phi_0 + \frac{Q_{zs}}{g} \cdot a, \quad (1-10)$$

复进机对炮身的作用力为

$$R_{fj} = P_f + \frac{Q_{fj}}{g} \cdot a, \quad (1-11)$$

式中 Q_{zs} ——驻退机后座部分的重量;

Q_{fj} ——复进机后座部分的重量。

R_{zs} 、 R_{fj} 的最大值可用来校核炮身与驻退机和复进机联结零件的强度。

三、扭矩 (回转力矩)

弹带通过膛线部时, 导转侧作用的切向分力产生回转力矩, 用 $M_{\Delta\Delta}$ 表示。每根膛线导转侧上作用的切向分力为 F_t , 由图 2-18 可知:

$$F_t = N (\cos \alpha - f \sin \alpha). \quad (1-12)$$

F_t 作用于导转侧的中点, 即 F_t 对炮膛轴线的力臂为 $-\frac{1}{2}(d+t)$, 其中 t 为膛线深度。

若用 n 表示膛线数目, 则弹带对炮膛产生的回转力矩 (图 1-13):

$$M_{Az} = nN(\cos \alpha - f \sin \alpha) \frac{d+t}{2}. \quad (1-13)$$

因为膛线一般均为右旋, 故回转力矩 M_{Az} 的作用是促使身管向左回转。求出 M_{Az} 以后, 就可以用来校核身管同炮尾联结键的强度、炮身后座导向部的强度、衬管剪切强度等等。

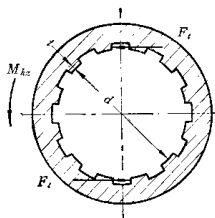


图1-13 炮膛切向作用力

第三节 身管设计采用的内压规律

膛内火药气体的压力是身管承受的主要作用力, 是决定身管材料和壁厚的基本依据。要解决身管强度设计问题, 首先应作出身管所承受的最大压力曲线, 即设计压力曲线。

由内弹道学可知, 弹丸在膛内运动时, 膛内的压力分布规律为弹底压力低而膛底压力高, 其间任一截面的压力 p_x 同弹底压力 p_e 的关系为 (图 1-14):

$$p_x = p_e \left[1 + \frac{\omega}{2\varphi_1 q} \left(1 - \frac{x^2}{L^2} \right) \right]. \quad (1-14)$$

式中 L ——药室底至弹底的距离;

x ——截面至药室底的距离;

φ_1 ——考虑弹丸旋转和摩擦的次要功计算系数。

当 $x = 0$, 即在膛底位置, 可得膛底压力 p_t 与弹底压力 p_e 的关系式:

$$p_t = p_e \left[1 + \frac{\omega}{2\varphi_1 q} \right].$$

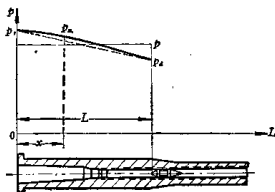


图1-14 弹丸后部空间的压力曲线

为了研究方便, 可以认为弹后空间各截面压力为一常量, 此常量为上述压力分布曲线的积分平均值, 称为内弹道平均压力, 用 p 来表示。即