

239777 A. H. 庫普里亞諾夫著

火炮设计与制造

第三册



5
016

国防工业出版社

A. H. 庫普里亞諾夫著

火炮設計与制造

第三冊

炮架机构設計計算原理

刘国祥譯 沈正功校



國防工业出版社

內 容 介 紹

本書講述搖架、上架、下架之設計與計算，介紹了各式瞄準機和平衡機，並對火炮行動部分及防護進行了研討。

本書供炮兵學院作教科書用，也可供其他高等學校學生及從事火炮研究的工程技術人員和設計師參考。

А. К. Курьянов
ПРОЕКТИРОВАНИЕ
И ПРОИЗВОДСТВО
АРТИЛЛЕРИЙСКИХ
СИСТЕМ

Часть 3

Основы расчета и проектирования
механизмов лафета

Москва—1948

本書系根據蘇聯一九四八年

俄文版譯出

火炮設計與製造

〔蘇〕А. Н. 庫普里亞諾夫著

劉國祥 譯

沈正功 校

*

國防工業出版社

北京市書刊出版業營業許可證出字第074號

北京五三五工廠印刷

新華書店發行

*

850×1168 $\frac{1}{32}$ 7 $\frac{10}{16}$ 印張 193 千字

1959年3月第一版

1959年3月第一版第一次印刷

印數：0,001—2,000冊 定價：(11) 1.40元

№ 2673

目 录

第三册的序	5
-------	---

第一章 火炮起落部分

§ 1. 作用于火炮后座部分的摇架反作用力	7
§ 2. 弹带反作用力对摇架反作用力影响的计算	11
§ 3. 摇架本体强度的计算	13
§ 4. 作用于火炮起落部分的反作用力	21
§ 5. 计及弹带反作用影响的耳轴所受作用力的确定	25
§ 6. 摇架本体与耳轴座箍的连接件的计算	27
§ 7. 耳轴座箍的计算	31
§ 8. 摇架前盖的计算	32
§ 9. 耳轴强度的计算	34
§ 10. 高低机齿弧与摇架的连接件的计算	37

第二章 上架

§ 1. 发射时作用于上架的反作用力	43
§ 2. 别氏弹簧的计算	56
§ 3. 上架基本零件强度的计算	58
§ 4. 作用于上架的反作用力计算举例	64
§ 5. 耳轴盖板	64

第三章 平衡机

§ 1. 概说	69
§ 2. 平衡机的分类及其构造图	71
§ 3. 圆柱螺旋弹簧平衡机	77
§ 4. 平卷弹簧平衡机	92
§ 5. 空气式平衡机	96
§ 6. 空气式平衡机主要零件的计算	100
§ 7. 火炮起落部分平衡计算举例	102

第四章 瞄准机

§ 1. 概说	113
---------	-----

§ 2. 对瞄准机的要求	114
§ 3. 螺杆方向机	123
§ 4. 惯性矩	137
§ 5. 齿弧高低机	140
§ 6. 螺杆高低机	159
§ 7. 齿弧方向机	161
§ 8. 惯性矩计算举例	176

第五章 火炮行动部分

§ 1. 火炮缓冲器	176
§ 2. 火炮制动装置	198
§ 3. 车轴	209
§ 4. 车轮	215

第六章 下 架

§ 1. 炮架的大架	217
§ 2. 下架本体	238
§ 3. 驻锄和架是板	238

第七章 防 盾

第三册的序

著本書之目的，仅在于給有关專業的學員提供一本教學參考書。
評價本書時這點是應考慮到的。

書中沒有完全包括火炮設計師們設計現代野炮炮架所必須解決的全部問題。有些問題沒有在理論上嚴格論證和解決。

對炮架原理方面之指導性資料與參考資料之需要更為迫切，因為目前炮架理論著作很缺乏，並且其中大部分已經陳舊了。

雖然這門技術知識已有新的進展，但大多屬於反後座裝置之原理與計算。至於現代炮架其它機構之原理與計算，除了几篇論述個別問題的文章之外，好几年来刊物上還未出現過什么新的創作。

有鑒于此，本書雖有缺點，作者希望它能夠對炮架理論提供適時而有益的貢獻。

著作本書時引用了許多重要文獻，其出處均注明于頁末，或直接注明于正文中。

最後，作者認為必須感謝本書的評閱者A. A. 托洛契科夫將軍，感謝他校閱了本書原稿并提供了許多寶貴的意見，這些意見作者在最後修正本文時已予採納。

副教授、技術科學碩士

庫普里亞諾夫A. H.

第一章 火炮起落部分

§1 作用于火炮后座部分的搖架反作用力

彈丸沿炮膛运动时，有以下諸力作用于后座部分[●]（圖1）：

P_{KH} ——火藥气体对膛底的压力与彈帶阻力的合力；

Q_0 ——后座部分的重量；

Φ ——駐退机力；

Π ——复进机力；

N_1 和 N_2 ——搖架前、后法向反作用力；

$T_1 = fN_1$ 和 $T_2 = fN_2$ ——搖架定向滑板上的摩擦力；

T_r 和 T_n ——駐退机及复进机紧塞裝置的摩擦力；

R_n ——彈帶对膛綫导轉側的反作用力[●]。

以上諸力中，反作用力 N_1 和 N_2 是未知量。

将后座部分的慣性力 I 視為外力，則根据达倫培尔原理，可将后座部分視作处于平衡状态中的体系，并可將一般的平衡条件应用于此体系。

在所取坐标系（圖1）中，平衡条件如下[●]：

$$\left. \begin{aligned} \sum X &= 0 \\ \sum Y &= 0 \\ \sum M &= 0 \end{aligned} \right\}, \quad (1)$$

● 正确的說法应是“后座着的部分”，但这里和以后仍沿用实际上和文献中大家慣用的术语“后座部分”。

● 为簡化論述起見，我們暫不計算此反作用力。以后計算 R_n 对搖架反作用力大小的影响时，將另辟一节加以討論。

● 設所有力都在射面內。

其中前两个方程是座标轴上力的投影和，最后一个方程是对点O——后座部分重心——的力矩和。

将力的投影值和力作用点的坐标值代入平衡条件，则得下列方程：

$$P_{\text{HH}} - \Phi - H - f(N_1 + N_2) - T_r - T_H + Q_0 \sin \varphi - I = 0;$$

$$N_2 - N_1 - Q_0 \cos \varphi = 0;$$

$$P_{\text{HH}}e + (\Phi + T_r)h_3 - (H + T_H)h_4 - N_1l_1 - N_2l_2 + fN_1h_1 + fN_2h_2 = 0,$$

其中 φ ——射角；

$$I = \frac{Q_0}{R} \cdot j_0$$

(j_0 ——后座部分的加速度)。

令

$$\left. \begin{aligned} \Phi' &= \Phi + T_r \\ H' &= H + T_H \end{aligned} \right\}, \quad (2)$$

經簡單的变换，就可将平衡方程化为：

$$P_{\text{HH}} - \Phi' - H' - f(N_1 + N_2) + Q_0 \sin \varphi - I = 0, \quad (3)$$

$$N_2 - N_1 - Q_0 \cos \varphi = 0, \quad (4)$$

$$P_{\text{HH}}e + \Phi'h_3 - H'h_4 - N_1(l_1 - fh_1) - N_2(l_2 - fh_2) = 0. \quad (5)$$

由最后两个方程可求出未知反作用力 N_1 和 N_2 。至于第一个方程，它并非别的，而正是后座部分的运动方程，用它可确定包括搖架定向滑板摩擦力变值在内的駐退机的力。

由方程 (5) 解出 N_2 ，则得：

$$N_2 = \frac{P_{\text{HH}}e + \Phi'h_3 - H'h_4 - N_1(l_1 - fh_1)}{l_2 - fh_2}.$$

由方程 (4)

$$N_2 = N_1 + Q_0 \cos \varphi, \quad (6)$$

使这两式的右边相等，即得：

$$N_1 + Q_0 \cos \varphi = \frac{P_{KH} \varepsilon + \Phi' h_3 - \Pi' h_4 - N_1 (l_1 - f h_1)}{l_2 - f h_2}。$$

由此，完成全部变换后，最終得：

$$N_1 = \frac{P_{KH} \varepsilon + \Phi' h_3 - \Pi' h_4 - Q_0 \cos \varphi (l_2 - f h_2)}{l - f (h_1 + h_2)}， \quad (7)$$

其中 $l = l_1 + l_2$ —— 二誘導輪中點間的距離。

有了 N_1 值，就可用 (6) 式求出反作用力 N_2 值：

$$N_2 = \frac{P_{KH} \varepsilon + \Phi' h_3 - \Pi' h_4 + Q_0 \cos \varphi (l_1 - f h_1)}{l - f (h_1 + h_2)}。 \quad (8)$$

計算炮身誘導輪、定向滑板和搖架本體的強度時，可使用公式 (6) 和 (7)。

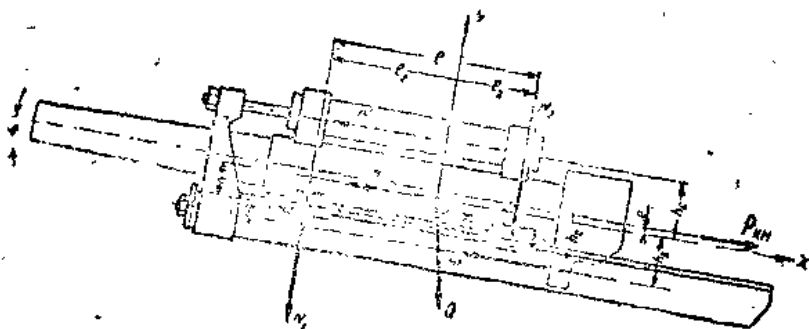


圖 1

定向滑板的總摩擦力為：

$$F = f(N_1 + N_2)，$$

或將 N_1 和 N_2 值代入後，則得：

$$P = f \frac{2(P_{KH} \varepsilon + \Phi' h_3 - \Pi' h_4) + Q_0 \cos \varphi [l_1 - l_2 + f(h_3 - h_1)]}{l - f(h_1 + h_2)}。 \quad (9)$$

此式可用來確定包括搖架定向滑板變摩擦力在內的駐退機的力 Φ 。

以上推出的諸式表明，搖架反作用力 N_1 和 N_2 及摩擦力 F 是射角 φ 的函數，此外，這三種力還與所研究後座瞬間的 P_{KH} 、 Φ' 和 Π' 諸力的大小有關係，就是說它們也是後座長度 x 的函數。

只有完全了解后座时搖架負荷問題后，才能进行搖架强度的計算 (§3)，所以在实际計算时，必須对于射角 φ 和后座長度 X 的一系列的值来确定反作用力 N_1 和 N_2 的大小。

为了計算系統化及醒目起見，最好將計算所得的結果列入如下形式的表格內。

$\varphi = \varphi_{\min}$			$\varphi = \varphi_{\text{np}}$			$\varphi = \varphi_{\max}$		
X	N_1	N_2	X	N_1	N_2	X	N_1	N_2

由公式 (7)、(8) 和 (9) 可看出，为了减小反作用力 N_1 、 N_2 和摩擦力 F ，最好

a) 增長誘导簾之間的距离 l ；

б) 对炮身对称地安置反后座裝置，亦即将駐退机和复进机分別裝在炮身的上、下方，在鉛直面內●。

我們知道，計算搖架反作用力的公式是根据圖 1 推导出来的。此圖表示，炮身位于槽形断面搖架內并以两个誘导簾与搖架联結时，諸力于某一后座瞬間对后座部分作用的情形。所取搖架反作用力 N_1 和 N_2 的方向是这样的：二反作用力对后座部分重心(点 O)的力矩的符号相同(反作用力 N_1 向下， N_2 向上)。

显然，只有火炮起落部分的构造确如圖 1 所示，并且在所研究后座瞬間搖架反作用力的方向确与圖 1 所示相同时，才能直接使用导出的公式 (7) 和 (8) 計算搖架的反作用力。

在实际計算中，用公式 (7) 算出的所研究后座瞬間的反作用力 N_1 可能是負的。这就是說，反作用力 N_1 的实际方向与圖 1 所

● 为了减小敌人火力破坏反后座裝置的可能性，应将駐退机和复进机都裝在炮身下面。

示的相反，亦即它在所研究后座瞬間不是向下，而是向上。

在此情況下，便須按照反作用力在所研究后座瞬間应有的方向來改造反作用力的計算公式。

改造后的公式，以及火炮起落部分不同于圖1時計算搖架反作用力的公式的推导，不在這里討論，因為讀者根據已闡明的方法可獨立推得這些公式。

最后應指出，若炮身有三個支點（三個誘導箍，炮尾和兩個誘導箍），則計算時在后支點脫離搖架前不考慮中間支點。

§2 彈帶反作用力對搖架反作用力影響的計算

眾所周知，彈丸沿火炮綫膛運動時，在彈帶反作用力作用下，產生使炮身沿反彈丸轉動的方向旋轉的力矩 M_{kp} 。

力矩 M_{kp} 經過炮身支點傳到搖架上，繼而經過耳軸由炮架承受。當炮身支持在槽形断面搖架上，并用誘導箍與搖架連接時，由于力矩 M_{kp} 的作用，在搖架定向滑板上產生附加反作用 N'_1 和 N'_2 （圖2）。

有兩個誘導箍時，此反作用力之大小為：

$$N'_1 = N'_2 = \frac{M_{kp}}{2l}, \quad (10)$$

其中 l ——二誘導箍工作面上重心間的距離。

由下面的見解出發，可更精確地計算附加反作用力。

將炮身看作不動地固定于二支座上的一根軸（圖3），

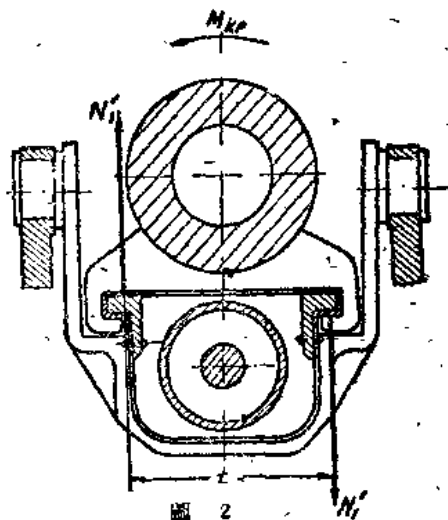


圖 2

● 炮身強度教程中有計算此力矩的公式。

在断面 mn 上荷有力矩 $M_{\text{кпс}}$



圖 3

根据平衡条件可写出:

$$M_1 + M_2 = M_{\text{кпс}}, \quad (11)$$

其中 M_1 和 M_2 ——二支点上的 (二炮身誘导箍上的) 反作用力矩

因为从断面 mn 向右和向左扭轉的角必相等, 所以我們得到关联力矩 M_1 和 M_2 的方程:

$$\frac{M_1 a}{GI_p} = \frac{M_2 b}{GI_p},$$

其中 GI_p ——炮身的扭轉剛度; G ——剪切系数;

I_p ——軸 (炮身) 断面的極慣性矩。

約去 GI_p , 使得两力矩的关系式:

$$\frac{M_1}{M_2} = \frac{b}{a}. \quad (12)$$

將 (12) 式中的 M_2 值代入 (11) 式, 即得:

$$M_1 + M_1 \frac{a}{b} = M_{\text{кпс}}$$

由此求得力矩 M_1 的大小:

$$M_1 = M_{\text{кпс}} \frac{b}{a+b}, \quad (13)$$

再由方程 (11) 求得力矩 M_2 的值:

$$M_2 = M_{\text{кпс}} \frac{a}{a+b}. \quad (14)$$

在所研究的問題中, 断面 mn 为所討論發射瞬間彈帶所在的炮身断面; M_1 和 M_2 为由誘导箍所承受并由搖架附加反作用 N'_1 、 N'_2 之力矩所平衡的力矩, a 和 b 分别为由断面 mn 到炮身第一、第二誘

导箍中点的距离。

因此，根据关系式 (13) 和 (14) 得：

$$\left. \begin{aligned} N'_1 &= \frac{M_1}{l} = \frac{M_{kp}b}{li} \\ N'_2 &= \frac{M_2}{l} = \frac{M_{kp}a}{li} \end{aligned} \right\} \quad (15)$$

其中 $l = a + b$ —— 两诱导箍中点间的距离。

所得公式表明，力矩 M_{kp} 在二诱导箍上分配不均匀。

有了基本的和附加的摇架反作用力，便不难根据力的合成原理求出合成反作用力了。

炮身诱导箍、定向滑板和摇架本体的强度根据最大的合成反作用力计算。

§3 摇架本体强度的计算

我们以槽形断面摇架为例，并假定在它的上面固定有 (图 4)：前上方有固定复进杆用的支座；中部有带高低机齿弧的耳轴座箍；

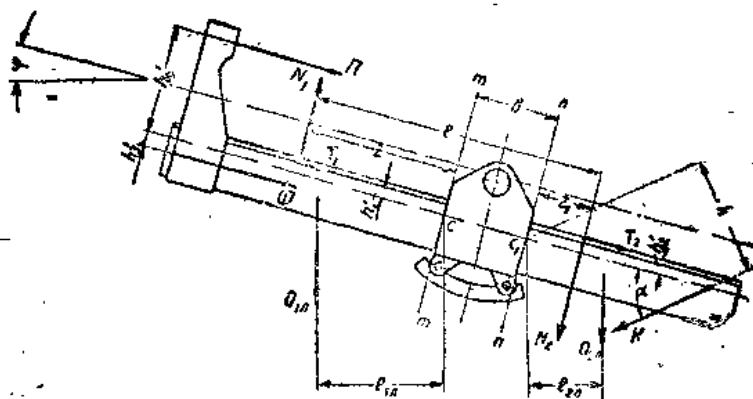


图 4

内面有连接炮身诱导箍用的定向滑板和若干增强摇架本体刚度用的横连接板。

设驻退杆固定于摇架前盖上。

后座时可將搖架看作由耳軸底箍挾于 b 段上的梁，它受着下列負荷的作用：

Φ ——駐退機力●；

Π ——復進機力；

K ——平衡機力；

N_1 和 N_2 ——炮身誘導箍的反作用力；

T_1 和 T_2 ——搖架定向滑板上的摩擦力；

Q_{1a} 和 Q_{2a} ——搖架本体前、后部的重量。

除上述負荷外，在炮彈沿炮膛運動時，作用于搖架的还有扭轉力矩 $M_{\text{кп}}$ 。

搖架本体強度的計算，就在于確定本体懸出段各斷面上的應力，此應力是由上述負荷引起之彎曲力矩和扭轉力矩及軸向力的作用造成的。

通常對於三個射角值，例如對於 φ_{min} 、 φ_{np} 和 φ_{max} ，及以下瞬間的炮身后座位置進行計算：

a) 火藥氣體壓力最大瞬間；

б) 氣體后效終了瞬間；

в) 后座終了瞬間。

我們指出，預先計算時，通常只計算耳軸座箍前后切面處搖架斷面（圖 4 上的 mm 和 nn 斷面）上的應力。

因為搖架本体斷面的保證強度的尺寸很難直接求出來，亦即很難直接按已知作用力和所取的許用應力值計算出來，所以須用一系列的接近計算按相反的次序來解決此問題，例如根據結構理由先給定搖架斷面的輪廓，然後確定相應的最大應力，再改變斷面的尺寸，直到獲得所要求的應力值為止。

因此，計算搖架本体上述斷面上的強度時，應計算：

● 緊塞裝置中的摩擦力亦包括于力 Φ 和力 Π 內。

a) 断面面积 F 、断面中性轴位置、断面惯性矩 $I^{\bullet}$ 以及断面的边缘纤维（上、下纤维）的断面系数 $W_{\text{上}}$ 和 $W_{\text{下}}$ ；

б) 弯曲力矩 M_b 和轴向力 S ；

в) 最大应力（法向、切向和相当应力）。

割断力造成的剪切应力无足轻重，故可省略。

弯曲力矩 M_b 和轴向力 S 按下列次序求出。

取断面 mm （圖 4）为例。

設点 c —— 断面中性层之迹。

假定由于前面的計算，已知所討論后座瞬間的对应于射角 φ 的力 Φ 、 H 、 N_1 、 N_2 、 T_1 、 T_2 和力矩 $M_{\text{кп}}$ 。

由圖 1 可知，断面 mm 發生弯曲、压缩和扭轉所构成的复杂变形。

茲設弯曲力矩使搖架的上纖維拉伸时为正，反之，使上纖維压缩时为負。此时，搖架本体該断面上的全部法向应力的表达式为：

$$\left. \begin{aligned} \sigma_{\text{в}} &= \pm \frac{M_b}{W_{\text{в}}} - \frac{S}{F} \\ \sigma_{\text{н}} &= \mp \frac{M_b}{W_{\text{н}}} - \frac{S}{F} \end{aligned} \right\} \quad (16)$$

計算弯曲力矩 M_b 和轴向力 S 的公式如下：

$$M_b = \Phi h'_3 - H h'_4 - T_1 h'_1 - N_1 z + Q_{1\text{н}} l_{1\text{н}},$$

$$S = \Phi + H + T_1 + Q_{1\text{н}} \sin \varphi,$$

其中 h'_3 、 h'_4 、 h'_1 、 z 和 $l_{1\text{н}}$ —— 諸力对断面 mm 中性层（点 c ）的作用臂。

可用同样的方法列出在搖架任何断面上作用的 M_b 和 S 的公式。

例如，于断面 nn 内作用的 M_b 和 S 的公式为：

$$M_b = N_2 z_1 + T_2 h'_2 + Q_{2\text{н}} l_{2\text{н}} + K h,$$

$$S = -T_2 + K \cos \alpha - Q_{2\text{н}} \sin \varphi,$$

其中 z_1 、 h'_2 、 $l_{2\text{н}}$ 和 h —— 諸力对于断面 nn 中性层（点 c_1 ）的作

● 計算扭轉力矩 $M_{\text{кп}}$ 的作用时还必须求出 $l_{\text{к}}$ 的值。

用臂；

α ——射角为 φ 时中性层与平衡机力 K 作用方向的夹角。

为了使计算结果系统化和醒目起见，最好按下表所示方式进行应力计算。

断面号数	F	I	W_B	W_H	断面号数	$q' = \dots\dots$					
						M_B	S	$X = \sqrt{M}$		$X = \sqrt{H}$	
								σ_B	σ_H	σ_B	σ_H

最后我们指出，计算 F 、 I 、 W_B 和 W_H 的值时，必须把断面上所有的孔考虑进去。

较严格地计算摇架本体强度时，应把扭转力矩 M_{np} 的影响考虑进去。

在这种情况下，求由扭转力矩 M_{np} 引起的最大切应力的方法是：将摇架截面（图5）分成许多如图6所示的矩形，再求出对应于惯性矩 I_x 的整个断面的 I_x 的值，取：

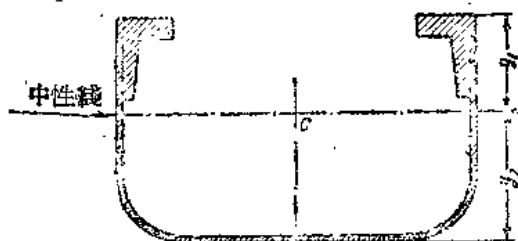


图 5