

# 火炮膛綫制造

A. C. 塔普敦 著



国防工業出版社

PDC

# 火炮膛綫制造

A. C. 塔普敦 著  
刘國祥 译  
王克冲 校



國防工業出版社



# 目 录

## I. 炮膛的构造

§ 1. 药室的构造 .....	5
§ 2. 炮身膛綫部的构造 .....	10
§ 3. 俄国的第一批綫膛炮 .....	25
§ 4. 复习題 .....	29

## II. 拉綫机床

§ 1. 床身 .....	31
§ 2. 安装和固定炮身的机构 .....	33
§ 3. 机床刀架和刀杆 .....	36
§ 4. 靠模的构造 .....	38
§ 5. 傳动装置、变速箱及絲杠 .....	43
§ 6. 操縱机构 .....	45
§ 7. 拉綫机床的傳动系統 .....	45
§ 8. 机床各机构計算 .....	49
§ 9. 勃尤塔斯特拉綫机床 .....	53
§ 10. 格林沃特—貝德里拉綫机床 .....	57
§ 11. 納尹里斯拉綫机床 .....	62
§ 12. 复习題 .....	72

## III. 拉制膛綫用的刀具

§ 1. 双刀拉綫刀头 .....	75
§ 2. 四刀拉綫刀头 .....	78
§ 3. 帶起落刀座的四刀拉綫刀头 .....	83
§ 4. 八刀拉綫刀头 .....	89
§ 5. 瓦茵特式拉綫刀头 .....	92
§ 6. 諾金格姆工厂的双刀拉綫刀头 .....	96
§ 7. 关于拉綫刀头的一般結論 .....	97
§ 8. 刀具几何形状的选择 .....	98
§ 9. 刀具的結構 .....	105
§ 10. 复习題 .....	110

#### IV. 机床和拉线刀头的调整

§ 1. 机床各机构的调整 and 检查	111
§ 2. 靠模装定位置的检查	113
§ 3. 炮身和拉线刀头装定位置的检查	119
§ 4. 复习题	121

#### V. 切制膛线的工艺过程

§ 1. 按拉削法切制膛线	122
§ 2. 冷却液的选择	127
§ 3. 切削用量的选择	129
§ 4. 机动时间和单件时间的确定	131
§ 5. 膛线的抛光与搪磨	134
§ 6. 膛线检验	138
§ 7. 用推切法切制膛线	145
§ 8. 膛线拉削	146
§ 9. 几种制造膛线的方法	147
铣削膛线	147
切制圆锥炮膛的膛线	148
切制变宽度膛线	149
用刀具单面配置的刀头切制膛线	150
§ 10. 膛线的手工加工	151
§ 11. 复习题	151

#### VI. 膛线的疵病

§ 1. 冶金性质的疵病	152
§ 2. 在机械车削中产生的疵病	152
§ 3. 炮身射击试验时产生的疵病	166
§ 4. 复习题	169
参考文献	170

## I. 炮膛的构造

炮膛有以下諸基本部分：藥室、膛綫部和門室。在对炮身使用及加工和檢驗方法的技术要求方面，藥室和炮身膛綫部的加工过程有許多相同之处。膛綫的質量决定于制膛綫前的准备加工，亦即决定于藥室和炮膛光滑圓筒部最后加工的好坏。因此，設計藥室和膛綫部机械加工規程的工藝師必須熟悉炮膛的构造：

### §1. 藥室的构造

藥室的构造随裝填方法的不同而異：有定裝式的藥室，藥筒分裝式藥室和藥包裝填式藥室。藥室的名义尺寸，决定于在所取裝填密度下的容积，和适于該口徑的藥筒尺寸。

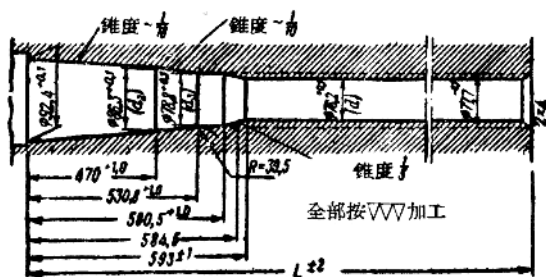


图 1 定裝式藥室的构造

图 1 ~ 4 及图 57 所示为現今所装备之火炮藥室的构造，其中并注明了藥室的主要尺寸和制造公差。

定裝式的藥室按形状(輪廓)分有以下数段：1) 基本段——紧塞圓錐段，2) 过渡圓錐段，它位于基本段与容納藥筒口的圓筒段之間，3) 膛綫始端的坡膛(錐段)。藥筒分裝式藥室(如图 3 所示)沒有过渡圓錐段。

基本(紧塞)圓錐段必須滿足以下諸技术要求：



的錐度。最常見的錐度為  $\frac{1}{80}$  到  $\frac{1}{100}$ 。1910~1930年式122公厘榴彈炮上該錐度等於  $\frac{1}{150}$ 。1910年式107公厘加农炮上該錐度等於  $\frac{1}{100}$ 。

文献中提到，德国炮兵中（1914~1918年期間）有些火炮的藥室是圓筒形的。我国炮兵中，长为60倍口徑的4吋海軍炮的藥室圓錐段的斜度等於  $\frac{1}{400}$ ，即接近于圓筒形。

藥室圓錐段的坡度小，炮身外徑尺寸亦小，炮身强度及装填条件好，但不利于发射后的抽筒。

定装式藥室，其下一个圓錐段（过渡圓錐段）作得較陡，錐度為  $\frac{1}{10}$  到  $\frac{1}{20}$ 。此处的錐度是受藥筒制造工艺的制约的，这点必須經常加以考虑。

由图3所示，藥筒分装式藥室沒有过渡圓錐段。

在采用定装彈和藥筒分装彈的情形下，容纳藥筒口的藥室圓筒段的长度随彈尾部和藥筒口的长度不同为  $0.3d \sim 0.5d$ 。在決定这圓筒段的直徑时，要考虑到藥筒口的外徑、彈帶的外徑、膛綫的深度以及坡膛的錐度。

取彈帶的直徑：

$$\text{由} \quad d_n = d + 2.36t,$$

$$\text{到} \quad d_n = d + 2.5t,$$

式中  $d_n$ ——彈帶直徑的名义尺寸；

$d$ ——至阳綫的炮膛直徑名义尺寸（炮身口徑）；

$t$ ——膛綫深度。

彈帶直徑的加工公差，应按四級精度滑合座（ $C_4$ ）来規定。彈丸定心部的加工公差，对于76.2取  $76.2^{+0.10}_{-0.125}$ ，而对于152.4，則取  $152.4^{+0.15}_{-0.20}$ 。对于定装式炮彈，彈尾部的直徑应比口徑小1公厘。

图2所示为定装式及藥筒分装式藥室的坡膛。此坡膛的錐度



为  $\frac{1}{5} \sim \frac{1}{10}$ 。对于大多数火炮，都取如下的条件：膛线起端占坡膛长的三分之二，亦即如果此圆锥段长为  $l$ ，则膛线仅占  $l$  的三分之二。

坡膛的锥度，通常按现有火炮的数据来取定，因为锥度对火炮寿命有何意义这一问题，至今尚无一致的意见。一般认为，陡的坡膛能降低膛线起端阳线强度；对炮身使用情形的观察证实了这种说法。

坡膛圆锥段的全部尺寸均须适当选择，务使弹带前缘能抵于此锥段的光滑部。弹带外径应大于至阴线的炮膛直径（指新炮身而言）。

药包装填式药室的坡膛由两个圆锥形面构成：第一个面是定位坡（过渡坡）的延续部分，锥度为  $\frac{1}{10} \sim \frac{1}{15}$ ，第二个面的锥度通常为  $\frac{1}{30} \sim \frac{1}{50}$ 。

无论药室前部配合面的特点如何，在药包装填式药室中，弹带的前缘都应抵于光滑面，但无论如何都不得伸过膛线起点。

用几何方法将圆筒形面与圆锥形面连接起来，则得出一个两面角，不过是很钝的钝角。生产中此角代之以圆弧，其半径比该断面的半径大  $0.3 \sim 0.4$  公厘。显然，此半径的圆心位于角的二等分线上。

决定定装式和药筒分装式药室各尺寸公差的条件是保证在关门状态时药筒与药室表面间最小和最大间隙有正确的尺寸，并且药筒不产生残余变形。

间隙大，会引起药筒变形，甚至引起纵、横裂缝（裂口）；而间隙小，又会使关门困难。发射时药筒须紧贴药室表面，而且发射后不应有残余变形。仅仅在用有磨损（烧蚀）的炮身射击时，才允许药筒圆筒段（口部）的直径增大。在给已用过的药筒重装弹丸时，将药筒收口，即能消除这一缺陷。

在药筒口处，药室与药筒间的最小直径间隙可达  $0.20 \sim 0.25$

公厘，最大直徑間隙可達0.45~0.9公厘。在藥筒凸緣處，最小直徑間隙可為0.15~0.2公厘，最大直徑間隙可為0.6到1公厘。於是，藥室直徑尺寸的公差為0.1~0.2公厘；其中大的極限可適用於152.4公厘口徑的炮身。

長度尺寸的公差，應根據正常的送彈條件及獲得所需裝填密度的條件來取定。公差值為+0.6~1.5公厘（小的極限適用於小口徑藥室）。

在現有的工作圖上，藥室各段的錐度尚無統一的表示法。對於多數火炮，錐度用圓錐段的直徑差與其長度之比的 $\frac{D-d}{l}$ 形式來表示，亦即 $V = \frac{D-d}{l}$ 。錐頂角 $(2\alpha)$ 以度數表示，其與錐度的關係為 $2 \operatorname{tg} \alpha = \frac{D-d}{l}$ 。

某些火炮，用圓錐段半徑差與其長度之比來表示圓錐段的坡度。有時在圖上會遇到這樣的錯誤：說明中注的是錐度，可是數字卻與圓錐段的坡度相符。這在設計專用工具時能引起錯誤。

在藥包裝填式藥室（圖4）中，用巴日式緊塞具閉氣，同時，炮門應是螺式的。該緊塞具由菌狀杆、緊塞墊（石棉65~70%，工業用羊油30~25%，蜂蠟5%）和鋼質切口環構成。在火藥氣體壓力對菌狀杆頭作用時，緊塞墊被壓縮，而以徑向擴張，並與鋼環一起緊貼緊塞圓錐的表面，這樣就閉塞住了火藥氣體向炮門的噴逸。

緊塞具作用的可靠性，是由炮身緊塞圓錐段與炮門緊塞具零件的接觸面的正確加工來保證的。因為緊塞墊和鋼環必須緊貼於整個表面，故取定炮身圓錐面的加工公差時，應保證獲得較高的加工精度。

圓錐段直徑尺寸的偏差，可在緊塞時（直徑的增大）得到補償，但圓錐段加工的不精確度，在緊塞時不能補償。考慮到這一點，在圖上應註明：此圓錐的 $\frac{D-d}{l}$ 的 $\frac{D-d}{l}$ 加工公差不大於 $5'(\varphi^{+0.05})$ ，圓錐的直徑公差為0.15~0.2公厘。

在現有的炮身上，緊塞斜面的錐頂角 $\varphi$ 的命名值對於加农炮取 $15^\circ$ 到 $18^\circ 30'$ ，對於榴彈炮取 $18^\circ$ 到 $23^\circ$ 。根據向藥室自由送彈的條件決定藥室頸的直徑 $d_1$ 。為了減小火藥氣體對螺門的壓力，應採用反圓錐。藥室頸的長度不得超過 $0.5d$ 。此頸的直徑應滿足下面的關係式：

$$\frac{d_1}{d} = 1.05 \text{ 或 } d_1 = d + 5t, \quad (1)$$

式中  $d_1$ ——藥室頸的直徑；  
 $d$ ——至膛綫的炮膛直徑；  
 $t$ ——膛綫深度。

必須指出，對某些近代火炮來說，當把膛綫深度增至 $0.02d$ 時，關係式 $d_1 = d + 5t$ 比前一個公式 $d_1 = 1.05d$ 更為正確。

一般取反圓錐的長度為 $0.5d \sim 0.6d$ 。此時，其錐度應根據藥室圓筒部的直徑來決定，通常為 $\frac{1}{5} \sim \frac{1}{10}$ 。

藥室圓筒部的直徑應滿足下面的關係式：

$$d_2 = 1.15d \sim 1.23d. \quad (2)$$

坡膛前圓錐段的長度為 $0.6d$ 到 $d$ 。

膛膛藥室表面的光潔度應相當於三個三角形加工符號(VVV)。

## § 2. 炮身膛綫部的構造

在我國火炮中，採用右旋膛綫，亦即彈丸沿炮膛運動時順時針方向旋轉。

圖 5 所示為膛綫部展開的平面圖。

膛膛軸綫與膛綫方向構成的角 $\alpha$ ，是膛綫纏度的表征。直綫 BE 是等齊纏度膛綫的展開圖。

曲綫 BF 為展開的漸速纏度的膛綫；在此情形下，角 $\alpha$ 是變量。

在 1867 年式 152.4 公厘（6 吋）加农炮上，膛綫進程長為 40 倍口徑，纏角相當於 $4^\circ 30'$ 。

膛綫进程长或膛綫距，通常用火炮口径的倍数来表示，并可用下式求出：

$$S = \frac{\pi d}{\operatorname{tg} \alpha} \quad (3)$$

对于加农炮，常取膛綫綫角为  $6^\circ \sim 8^\circ$ ，  
对于榴彈炮为  $7^\circ 30' \sim 9^\circ$ 。

渐速膛綫的綫角在膛綫起端为  $3^\circ \sim 4^\circ$ 。  
有些火炮，在其  $\frac{2}{7} L_n$  的一段上（ $L_n$ ——  
炮身膛綫部长），綫角是等齐的。以下的  
膛綫即变为渐速綫度的，并达到  $9^\circ 30' \sim$   
 $10^\circ$  的最大綫度。炮身膛綫部有渐速綫度  
膛綫的那一段的长度，平均等于  $\frac{4}{7} L_n$ 。

在炮口部，长为  $\frac{1}{7} L_n$  的段上，膛綫仍为等齐的，其綫角等于渐速膛綫的最大綫角。据外国文献中的数据，渐速膛綫的最大綫角达  $12^\circ$ 。

小的膛綫綫角在  $\frac{2}{7} L_n$  长的一段上（刚好在火药气体压力最大的那一段上），可将膛綫导轉侧上的压力降低 25%，从而提高阳綫的强度。逐渐增大綫度，能弥补膛綫开始处綫度小的缺点。这是渐速綫度膛綫的优点。

确定膛綫綫角公差的根据是：拉綫机床靠模的制造误差，拉膛綫时使拉綫刀头回轉的整个傳动装置运动的准确性，用檢查拉綫机床的方法測得綫度的測量精确度，檢查膛綫綫度时測量仪器示度的精确性。

用光学星形仪測量膛綫綫度，可达到  $\pm 6'$  的精确度。拉綫机床很容易保証膛綫綫度达到  $\pm 6'$  的精确度。用这样的精确度檢查机床各机构是不会有困难的。在不同生产条件下和不同时期制成的火炮膛綫的綫角的误差均不超过  $\pm 10'$ 。因此，对于所有火炮，在炮身膛綫部全长上膛綫綫角的公差均不应超过  $\pm 10'$ 。

在个别情形下，可給予更高的精度，但炮身的使用条件无此要求。保持各段間綫度不变是很重要的，但这点在炮身图紙上和

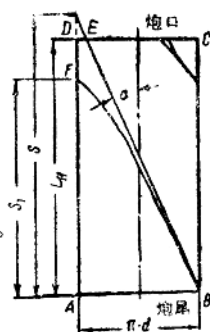


图 5 展开成平面的膛綫部

技術規程中均未作規定。

炮身的使用年限，主要決定於材料的強度和膛綫磨損的時間。在正常的炮身使用條件下，陽綫的磨損和剝落先由藥室開始，亦即由膛綫起端開始，然後逐漸向炮口斷面方向發展。起初出現一種由方向不同之細微裂縫形成的燒蝕網紋。這網紋大約在發射頭50發後即可用肉眼觀察出來。此後形成裂縫，陽綫被磨平，最後崩落。炮身使用期限接近終了時，出現明顯的燒蝕網紋，膛綫開始處的陽綫完全被磨平，崩落擴展到一倍口徑長；這種情形見圖6<sup>①</sup>。

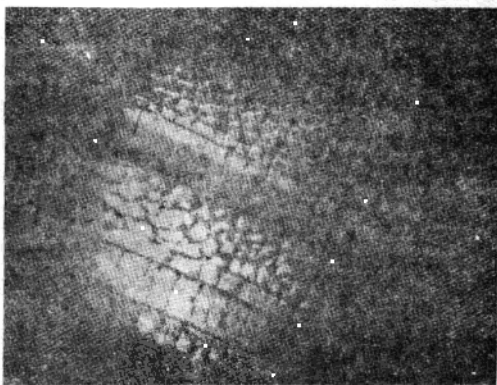


圖 6 明顯的燒蝕網紋

射擊實驗後，對已磨損炮身及陽綫已崩落炮身的研究表明，陽綫底部的裂紋確實是先從導轉側開始的。

圖 7 所示為炮口部陽綫剝落的情形。這樣的現象是罕見的，其產生原因是射擊條件不正常。圖示現象，是在冬夜射擊，又未將炮膛內的濃厚的塗油擦淨而產生的。由圖 7 可看出，陽綫

<sup>①</sup> 德國作者師文宇克 (Шибутт) 曾武斯說，陽綫底部的裂紋是先從其非導轉側開始的。這種論斷是不對的，它已被 А. Ф. 高勞溫 (Головин) 教授的研究結果駁倒了。

剝落是先从導轉側开始的。1938年用203.2公厘榴彈炮射击時曾出現过类似的情形，有几条阳綫在約1.2公尺的长度上剝落了。阳綫剝落的起端位于炮身中部；射击后脫落了的阳綫仍留于膛內，其形状如同偶然掉下来的金屬絲的小块。

阳綫的尺寸及其强度由計算来确定。在膛內火葯气体动力作用下彈丸沿炮膛运动：

$$P_{\text{on}} = P_x \frac{\pi d^2}{4} \quad (\text{公斤}), \quad (4)$$

式中  $P_x$ ——在所研究瞬間彈丸底上的火葯气体压力  
(公斤/公分<sup>2</sup>)；

$d$ ——至阳綫的炮膛直徑(口徑)(公分)。

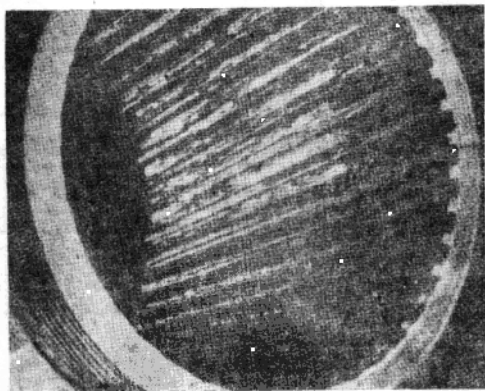


图 7 炮口部阳綫剝落的情形

若为等齐繩度膛綫，則彈帶对阳綫導轉側的压力为：

$$N = \frac{\lambda}{n} P_{\text{on}} \operatorname{tg} \alpha \quad (\text{公斤}), \quad (5)$$

式中  $n$ ——膛綫数；

$\alpha$ ——膛綫繩角(度)；

$\lambda$ ——彈形系数，平均取为0.53~0.63。

漸速纏度膛綫用拋物綫二次方程來決定：

$$y = kx^2, \quad (6)$$

式中  $k$ ——拋物綫的參數。

圖 8 所示為 45 倍口徑長的 152.4 公厘火炮膛綫部的展開圖。直綫  $OX$ ——炮膛的母綫，點  $A$ ——起自葯室坡膛的膛綫起點，初纏角  $\alpha_1 = 2^\circ 30'$ 。在膛綫部長  $AB = L = 4572$  公厘的一段上，膛綫的纏度是變量，最大纏角在點  $B$ ，等於  $\alpha_2 = 6^\circ$ 。在長 925 公厘的炮身膛綫部的一段  $BC$  上，膛綫的纏度是常量，其纏角  $\alpha_2 = 6^\circ$ 。拋物綫的頂點距離膛綫起點  $OA = x_1 = 3250$  公厘（按母綫  $OX$  計）。

如果取拋物綫的頂點  $O$  為坐標原點，取切於其頂點的母綫  $OX$  為軸  $X$ ，取垂直於  $OX$  的直綫為縱坐標軸  $OY$ ，則拋物綫（ $AB$  段上展開的膛綫）方程為：

$$y = kx^2。$$

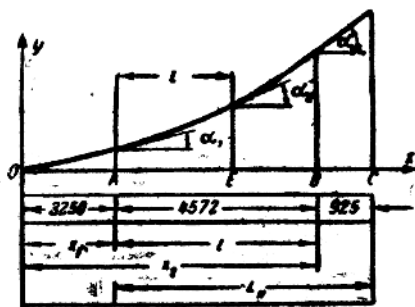


圖 8 152.4 公厘火炮膛綫部的展開圖

$y$  對  $x$  的導函數為：

$$\operatorname{tg} \alpha = 2kx。 \quad (7)$$

用此公式可容易地求出位於膛綫漸速纏度段上任意一點的曲綫的傾角。式中  $x$ ——由拋物綫坐標原點到任意取定的點  $E$  的、沿母綫的長度。

顯然，當  $x = x_1$  時

$$\operatorname{tg} \alpha_1 = 2kx_1。$$

當  $x = x_2$  時，得

$$\operatorname{tg} \alpha_2 = 2kx_2。$$

由图 8 可看出:

$$x_2 - x_1 = L_0$$

于是可写出:

$$\operatorname{tg} \alpha_2 - \operatorname{tg} \alpha_1 = 2k(x_2 - x_1) = 2kL_0$$

所以抛物线的参数为:

$$k = \frac{\operatorname{tg} \alpha_2 - \operatorname{tg} \alpha_1}{2L_0} \quad (8)$$

当  $\operatorname{tg} \alpha_2 = 0.105$ ,  $\operatorname{tg} \alpha_1 = 0.044$ ,  $L_0 = 4572$  公厘时, 抛物线的参数为:

$$k = 0.000006718_0$$

知道了抛物线的参数, 则不难决定坐标原点  $O_1$ , 求出  $x_1$  的值:

$$x_1 = \frac{\operatorname{tg} \alpha_1}{2k} = \frac{L \operatorname{tg} \alpha_1}{\operatorname{tg} \alpha_2 - \operatorname{tg} \alpha_1}$$

知道了抛物线的参数  $k$  及渐速缠度膛线的初缠角  $\alpha_1$ , 并给定任意点  $E$ , 设其对膛线起点的距离为  $l$ , 则不难求出  $\operatorname{tg} \alpha_E$ :

$$\operatorname{tg} \alpha_E = 2kl + \operatorname{tg} \alpha_1 \quad (9)$$

知道了纵坐标  $y$ 、抛物线的参数  $k$  及位于  $l$  段曲线上任意一点的渐速缠度的倾角  $\alpha_E$ , 即可获得所有制造靠模所需的和检查制造渐速缠度膛线的机床所需的计算数据。

渐速缠度膛线导转侧上的压力

$$N_1 = \frac{\lambda}{n} (P_{\text{on}} \operatorname{tg} \alpha_E + kmv^2) \quad (10)$$

式中  $m$ ——弹丸的质量;

$v$ ——弹丸在膛内所研究断面上运动的速度。

弹丸沿膛线运动时的阻力

$$F = Nf, \quad (11)$$

式中  $f$ ——铜弹带对膛线的摩擦系数, 等于 0.15。



阳綫的抗剪强度可用下面的关系式来计算:

$$\sigma_{sp} = \frac{N}{h \cdot c}, \quad (12)$$

式中  $\sigma_{sp}$ ——剪切应力 (公斤/公分<sup>2</sup>);

$h$ ——沿彈丸軸向的彈帶寬; 对于122公厘榴彈炮的彈丸,

$h = 1.905$ 公分;

$c$ ——阳綫寬 (公分)。

阳綫的抗弯强度可用下面的公式来计算:

$$\sigma_{nrc} = \frac{M_{nrc}}{W}, \quad (13)$$

式中  $\sigma_{nrc}$ ——弯曲应力 (公斤/公分<sup>2</sup>);

$M_{nrc} = Nt$ ——弯曲力矩, 等于膛綫深度 (公分) 与导轉側上压力的乘积;

$W = \frac{h \cdot c^2}{6}$ ——断面系数 (公分<sup>3</sup>); 对于122公厘榴彈炮,

$W = 2.48$ 公分<sup>3</sup>。

阳綫的挤压强度最好也加以檢查。

阳綫的寬度应滿足下面的关系:

$$3c > b > 2c, \quad (14)$$

式中  $b$ ——阴綫寬 (公厘);

$c$ ——阳綫寬 (公厘)。

近来, 对于許多新火炮來說, 此关系已不实用了, 而可将其改为:

$$2.5c > b > 1.5c. \quad (14a)$$

在此情况下, 为了保持阳綫的强度有增大阴綫深度的傾向, 这就会使阳綫寬度增大。

英国94公厘高射炮之阴綫寬  $b = 6.026$ 公厘, 阳綫寬  $c = 3.52$ 公厘, 阴綫深  $t = 1.02$ 公厘, 膛綫数  $n = 28$ 。表1中的数据証明, 有些新火炮的阳綫寬度显著增大了。