

Э. К. 拉尔曼 著

火炮设计与制造

第一册



国防工业出版社

Э. К. 拉尔曼 著

火炮设计与制造

第一册

炮身与炮门设计

李杏乡译 沈正功校



国防工业出版社

內容介紹

本冊講述炮身和炮門的設計。

書中對材料力學的必要知識作了扼要的介紹，對緊固炮身和非緊固炮身，以及炮尾和炮門的設計及構造諸問題進行了研究。

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。

Э. К. Ларман
ПРОЕКТИРОВАНИЕ
И ПРОИЗВОДСТВО
Артиллерийских
СИСТЕМ

Часть 1

Проектирование
орудийных стволов и затворов
ВОЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
МИНИСТЕРСТВА ВООРУЖЕННЫХ СИЛ СОЮЗА ССР
Москва—1949

本書系根據蘇聯軍事出版社
一九四九年俄文版譯出

火炮設計與製造

[蘇] Э. К. 拉爾曼著

李杏鄉譯

沈正功校

國防工業出版社

北京市書刊出版業營業許可証出字第 074 号
機械工業出版社印刷廠印刷 新華書店發行

*

850×1168 耗 1/32 · 10¹⁰/16 印張 · 260 千字
一九五八年十二月第一版

一九五八年十二月北京第一次印刷

印數：0,001—1,600 冊 定價：(10)2.00 元
NO. 1970

目 录

第一册的序	7
緒論	11
基本符号一覽表	19

第一章 材料力学中的一些必要知識

§1 圓管壁內的应力	21
§2 管壁內的相对变形	25
§3 把应力和变形表示为外力和管的尺寸的函数	27
§4 徑向应力与切向应力間及相应之变形間的关系	31
§5 管壁中之应力和变形的圖解法	32
§6 圓管壁內应力和变形的公式之研究	35
§7 各种强度理論与安全系数	39

第二章 炮身的一般构造与非坚固炮身的强度

§8 炮身的一般构造	46
§9 以最大变形理論为根据的非坚固炮身的彈性强度極限	51
§10 炮身外徑的增大对于炮身彈性强度極限的提高	53
§11 以滑道理論和变形能理論为根据的彈性强度極限	55
§12 不考虑軸向应力下比較上述三种强度理論的彈性强度極限	57
§13 軸向应力对非坚固炮身彈性强度極限的影响	62
§14 非坚固炮身的圖解計算	64
§15 非坚固炮身的設計	67

第三章 筒紧炮身(層成炮身)

§16 炮身紧固的必要性	75
§17 坚固炮身壁內的力、应力与变形	76
§18 附加压力的确定与紧密貼合的条件	77
§19 以最大变形理論为根据, 并随各層金屬彈性極限与半徑的变化	

而變化之筒緊炮身的彈性強度極限	79
§20 設計筒緊炮身時各層半徑尺寸的選定	83
§21 以最大變形理論為根據之內管的可能強度極限	85
§22 筒緊炮身壁內應力的綫圖	90
§23 各層間所需之緊縮量	92
§24 以各層間之緊縮量與半徑尺寸為函數的筒緊炮身內表面上的壓縮 應力	96
§25 筒緊炮身的實際彈性強度	99
§26 以滑動理論為根據的筒緊炮身之計算	105
§27 以變形能理論為根據的筒緊炮身之計算	108
§28 筒緊炮身的圖解計算	117
§29 設計筒緊炮身時之工作程序	125

第四章 絲緊炮身

§30 絲緊炮身的一般構造	134
§31 當各層金屬的彈性係數不同時，三層炮身壁內之附加壓力的公式	136
§32 在緊固內管和緊固外層之金屬的彈性係數不同的情況下，內管之 可能強度極限	138
§33 絲緊炮身的彈性強度極限與各層間之實際壓力的確定	139
§34 纏鋼絲於內管所必需的拉力的決定	142
§35 鋼絲厚度的確定	145

第五章 活動襯管和活動身管炮身

§36 活動襯管炮身和活動身管炮身的構造	146
§37 根據最大變形理論的活動身管與活動襯管之可能強度極限	158
§38 影響活動襯管或活動身管的可能強度極限之因素	161
§39 活動襯管或活動身管炮身壁內之應力圖	166
§40 根據滑動理論及變形能理論之活動襯管的可能強度極限	168
§41 以最大變形理論為根據的活動襯管炮身的圖解計算	171
§42 在設計活動襯管炮身或活動身管炮身時，上述關係式之應用	174
§43 發射時襯管的拉伸與扭轉	178

第六章 炮身的自緊法

§44 自緊法的實質	181
------------------	-----

§45 不考虑强化影响的自紧压力的求法	183
§46 自紧的形成	189

第七章 炮膛的构造

§47 彈丸在炮膛內導轉方法的發展	195
§48 膛綫的纏度	204
§49 膛綫導轉側上的垂直压力及其与膛綫曲綫的关系	208
§50 膛綫的輪廓与膛綫数	217
§51 彈丸的彈帶和炮膛阳綫强度的校核	224
§52 帶突起的彈丸在炮膛內之導轉	230
§53 次口徑彈丸在圓筒形及变横断面炮膛內的導轉	233
§54 药室的构造与装填方法	244

第八章 炮門的构造基础

§55 对炮門的一般要求	248
§56 楔門体和楔門室的尺寸	253
§57 螺門体及螺門室的构造	256
§58 炮門各裝置的計算	262
§59 巴日式塑性緊塞具的构造	270

第九章 炮尾的一般构造及其計算

§60 炮尾的一般构造	282
§61 加道林对炮尾部破裂强度問題的研究	283
§62 螺紋外装式炮尾之破裂强度的近似計算法	287
§63 在厚壁环內表面的两个弧上分布着压力时其壁中的应力之求法	290
§64 外中心的压縮和拉伸	294
§65 螺門炮尾之横断面和鉛直縱断面上的应力之求法	296
§66 炮尾水平断面上的应力之求法	306
§67 炮尾各点上的强度計算及有关求这些点上的应力之补充指示	308
§68 螺紋外装式楔門炮尾之計算	312
§69 安全系数的必要大小与炮尾各結構尺寸的选定	313

第十章 关于炮身构造与炮身设计的个别问题

§70 炮身寿命	315
§71 炮身重量与炮身重心的求法	328
§72 关于炮身壁结构的选择	331

附 录

1. 取决于 $\frac{r_{i+1}}{r_i}$ 的 $y_i = \frac{3r_{i+1}^2}{2r_{i+1}^2 + r_i^2}$ 的值	335
2. 取决于 $\frac{r_{i+1}}{r_i}$ 的 $\frac{3}{2} \frac{r_{i+1}^2 - r_i^2}{2r_{i+1}^2 + r_i^2}$ 的值	336
3. 取决于 $\frac{r_{i+1}}{r_i}$ 的 $\psi_i = \frac{r_{i+1}^2 - r_i^2}{\sqrt{3r_{i+1}^2 + r_i^2}}$ 的值	337

(根据变形能理论, 不考虑轴向应力的情况)

4. 取决于 $\frac{r_{i+1}}{r_i}$ 的 $\psi_i = \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot \frac{r_{i+1}^2 - r_i^2}{r_{i+1}^2}$ 的值	338
---	-----

(根据变形能理论, 轴向应力考虑在内的情况)

参考文献	339
------------	-----

第一冊的序

在上一世紀的六十年代，我們俄羅斯的炮兵專家、米哈伊洛夫斯基炮兵學院的功勛教授、科學院的兼任院士、炮兵將軍 A. B. 加道林，業已首先注意到了以彈性理論的基礎去指導炮身設計的重要性。

加道林在他所著的「發射時炮身壁對於火藥氣體壓力的抵抗」及「箍緊炮身理論」二書中，對於僚美公式和其它更準確的公式作出了非常扼要的結論。他首先建立了緊固炮身的計算理論。這些闡明緊固意義的著作，提供了製造具有高度彈性強度的炮身的可能性，為進一步提高火炮威力與射程開拓了道路。

A. B. 加道林還首先研究了炮尾的應力狀態，並制定了它們的計算方法。

加道林的著作在國外曾被廣泛地應用。1863年在法國軍事工藝評論(第八卷)上曾登載他的論文。加道林的著述曾經是國外寫作炮身設計教科書的基礎。加道林所提出的強度極限的推導方法，後來曾被克林布司(Клебш)用來在其「剛體彈性理論」一書中，推導剛體平衡的一般方程。

所有這些都說明了，加道林不僅是近代炮身強度理論的奠基人，並且他還以自己的著作促進了彈性理論中一系列問題的解決。

1901年出版的米哈伊洛夫斯基炮兵學院的教授 A. 布林克的著作，是繼加道林之後的關於設計方面的另一部重要的著作。

在關於炮身、炮門設計方面的近代文獻中，無論是國內的或國外的，最重要的著作乃是俄羅斯社會主義聯邦共和國的科学与技术功勛活動家、炮兵科學院院士、技術科學博士、炮兵上將 H. Ф. 德洛日道夫教授所著的「火炮強度及其構造」一書；本書分三冊，近年來曾再版兩次。在這部書中，對於炮身壁的各种不同的構造方法，

提出了詳盡的以最大變形理論與滑動理論為根據的炮身計算的理論基礎。特別應該指出，H. Ф. 德日洛道夫在其關於炮身自緊的著作里，首先在我國炮兵以及普通技術的文獻中，研究了當應力超過彈性強度極限時，在身管壁中所產生的現象。

炮兵上將德日洛道夫以自己在設計方面與內彈道學方面的著作，並在他的直接指導下，培養出來了大批的蘇聯炮兵工程師；他們對我國炮兵科學和火炮設計思想都起着主導作用，他們為蘇聯軍隊創造出了頭等的火炮。德洛日道夫的這些著作在今後很長的時期仍將是每個炮兵工程師必讀的書。

俄羅斯學者和技术革新者在現代科學的創立中關於製造炮身所必需的特种鋼的貢獻，是特別偉大的。早在十五世紀時，俄羅斯的「火戰能手」，亦即炮匠，就已解決了西歐技術人員後來很晚才能解決的問題。一直到現在還保存着一門1485年「重炮隊」的巨匠雅科夫所鑄造的火繩炮和另外一門有署名的火繩炮，根據署名證明，這門炮是「雅科夫的學生瓦夏和瓦修科」二人造的。出色的鑄造巨匠安德列·齊霍夫也是出身於炮匠的家庭，他在1585年鑄造成一門尺寸空前、重2400普特的大炮——「沙皇大炮」。這說明了當時俄羅斯鑄造巨匠已有很高的藝術。

十八世紀在北明翰、格拉斯哥、曼徹斯特、倫敦，人們很熟悉烏拉爾鐵上的烙印「老鷹」；俄羅斯當時是世界市場上最重要的金屬供給者。

茲拉陶斯特地方的優質鋼的首創者П. П. 阿諾索夫超過了世界各國的學者，第一個把顯微鏡用於金屬的研究。他是金相學的首創人之一。茲拉陶斯特還出現了一位П. М. 奧布霍夫，他的鋼享有世界聲望。1860年米哈伊洛夫斯基公爵的工廠採用奧布霍夫鋼鑄成的加農炮的炮身，經受了四千發以上的射彈。此炮於1862年在倫敦召開的國際展覽會上，獲得了最高獎。

奧布霍夫曾創建了奧布霍夫鋼炮工廠，並在1866年把米哈伊洛夫斯基炮兵學院的教授П. К. 切爾諾夫請去參加工作。1868年切爾

諾夫在世界冶金科学技术界掀起了革命的新思想。切尔諾夫教授發現了鋼在加热时不是不变的：在一定溫度下鋼發生特殊的變化，而改变其結構与机械性質。这个临界溫度，現在已被命名为「切尔諾夫点」。切尔諾夫把鋼的生产从艺术变成了科学，并为金屬的热处理奠定了科学基础。

这位偉大的俄罗斯冶金專家的貢獻，在他活着的时候，就获得了广泛的承認。1900年在巴黎举办的世界展覽会上，冶金工厂协会的董事尚莫·莫哥理非对冶金專家們的演說中，曾不得不承認切尔諾夫教授的优先地位，他說：「我認为自己有責任向在座的大师和專家們公开声明，我們的工厂和整个鑄鋼事业現在所获得的發展和成就，在很大程度上应归功于俄罗斯技术專家切尔諾夫先生的研究和工作的；我請求你們代表整个鑄鋼工业界向他表示我們的衷心的感激和謝意。」

随着火炮威力的增大，产生了炮身寿命的問題。在研究磨損与燒蝕現象中，俄罗斯炮兵科学也居首位之一。米哈伊諾夫斯基炮兵学院的教授Д. К. 切尔諾夫于1912年完成的关于鋼質火炮炮膛燒蝕的獨創的理論，在世界炮兵界中享有最广泛的声望；其基本原理和結論，一直到現在还保持着一定程度的意义。

还不能不指出我們偉大的炮兵学者H. B. 卡拉庫茲基。在他的著作中，「鋼和鐵的內应力之研究」一書(1887年)曾获得特别的声望和重視。卡拉庫茲基的功勋在于他首先引导炮兵技术界去注意热处理之后殘留在制品中的內应力对炮身和彈丸的强度的影响問題。H. B. 卡拉庫茲基在提出确定这些內应力的实验方法之原理方面，为自己树立了世界威望。

我們認为必須指出炮身設計方面最重要的著作，其目的在于引导青年炮兵專家們去注意研究这些著作；因为在这些著作中，青年炮兵專家們能够找到他們在實踐中可能遇到的一系列的問題的解答。知道这些著作，能够使青年炮兵工程師們避免在外国炮兵文献中去寻找自己的解答，而浪費过多的時間和精力。

本書中闡述了炮身、炮門、炮尾的設計問題。作者在編著此書時曾應用了上述著作中豐富的資料，以及外國炮兵文獻中可收集得到的資料。在本書中還反映了從偉大的衛國戰爭時期火炮勤務和設計方面的經驗中得出的許多問題。

本書的內容共分四部分。

第一部分研究有關剛體的三向應力狀態的問題。其中應力與變形的各個關係式都是根據材料力學中的方法導出的。此外也引用了各種強度理論的基本關係式。

這一部分的目的是在於把應力與變形的一般公式導成便於在論述不同結構的炮身的強度問題時能進一步應用的形式。

第二部分研究非緊固炮身、筒緊炮身、絲緊炮身、自緊炮身、活動身管炮身和活動襯管炮身的強度。這裡採用最大變形理論作為推導計算公式時之基本強度理論。對於非緊固炮身、筒緊炮身及活動襯管炮身，計算公式的導出也曾以滑動理論和變形能理論作為基礎。

在推導炮身彈性極限公式時採用了金屬的彈性極限作為決定容許應力的大小的標準。若進一步從屈伏極限出發來決定時，就不需要改變計算公式，而僅改變安全係數就可以了。有關自緊炮身之計算問題的研究，在本書中極為簡略，其研究目的僅在於使讀者對於此種提高炮身強度的方法有一般的了解。

第三部分研究炮膛的構造和彈丸沿炮膛導轉的各種方法。

第四部分研究有關炮尾和炮門計算的問題。

附錄中附有幾個表，用它們進行炮身設計的計算，較為簡易。

炮兵勤務少將 拉爾曼Э. К.

緒 論

自歐洲出現了用火藥射击的火炮迄今已有五百多年。最初的火炮的構造很簡單，不過，由於它們進行射击時發出轟轟的巨響，而對士兵起很大的精神作用。在十六世紀過渡到製造鑄鐵或青銅炮身，火炮具有了一直被保持到上一世紀中葉的那種樣式。假若說後來它們曾有所改變，那也只不過是在尺寸上和製造的精確度上而已。炮兵的火炮主要是由炮身、帶行動體的木質炮架和構造最簡單的高低機組成。炮彈是生鐵、石頭或鉛制成的實心圓球或內裝火藥的圓球。後來才開始採用了榴霰彈。點火具的構造也相當簡單，用燈蕊來點燃發射藥，用裝有火藥的木質或金屬小管來點燃圓球內的爆炸藥。瞄準裝置以及擊發機構根本就沒有。它們一直到十八世紀末葉才開始出現。

十九世紀中葉以前，火炮都從炮口裝填。在英國，重型海防炮的炮口裝填，一直保持到1880年。火炮的炮膛是相當光滑的。這種滑膛炮身的火炮，由於彈道性能不良，不能給予所要求的射程和射击精度；這就是過渡到綫膛炮身的原因。

十九世界下半期，綫膛火炮才在裝備上出現。十九世紀50年代和60年代，幾乎每一個國家都有自己的獨特的綫膛火炮。後來到了80年代，火炮才得到統一，過渡到小膛綫火炮和用銅彈帶的彈丸。沿炮膛導轉彈丸的這一種火炮，一直被保存到現在。

與改善炮膛的構造之同時，在科學和技術發展的基礎上火炮也日趨完善。開始用鋼來製造炮身，改善了火藥的性質，與此同時火炮的彈道性能被提高了。在十九世紀的八十年代，採用定裝式炮彈，因而提高了發射速度。為了減小發射對炮架的作用力和保證發射時火炮的穩定性，採用了反後座裝置。火炮的瞄準裝置也複雜了。在十九世紀末，出現了威力強大的爆炸藥，代替了彈丸內裝的火藥；

这特别加强了炮弹的摧毁能力。

所有这些改善的结果，使火炮变成了一个复杂的、有强大威力的作战机械。

表1所载是师炮发展的数据，由此●可清楚地看出火炮战斗性能的逐渐演进的过程。

在炮兵发展的初期，战斗的进行方式是原始的，因而炮兵的任务也就很单纯，所以就不需要将火炮按其在战斗中所需解决的任务和用途分类。炮兵技术的逐渐发展，其中也包括步兵火器的开展，引起了部队战术的变化：密集横列队形被纵深配备的队形代替了。战斗部署的变化怎样厉害，仅从下面的情况也就可看出来。1812年的卫国战争时期，在波罗丁战场上，为了防御就部署了库图佐夫元帅统率的所有军队，然而在伟大的卫国战争时期，同样为了防御，根据条令的要求，在这里未必可能部署一个步兵师。

纵深战斗部署的演进，首先引起了增大火炮射程等的必要性。在新的、已起了变化的战斗条件下，仅有某一种类型的火炮已不能对付，需要创造新形式的火炮。炮兵逐渐开始按火炮的用途、类型、式样而分类了。确定火炮分为下列的类型：加农炮，榴弹炮，臼炮。炮兵的分类也出现了。彼得一世曾把俄罗斯炮兵分为：团炮兵、野战炮兵、要塞炮兵（警备炮兵）和攻城炮兵（突破炮兵）；他还建立了骑炮兵。

在二十世纪的前25年中，出现了坦克和空军，同时野战筑城工事也加强了。所有这些就给炮兵提出了一些新的任务，这些任务是当时所有类型的火炮都不能解决的。因此必须创造与坦克飞机作战和武装飞机的新型火炮。为了摧毁坚强的野战筑城工事，创造了适合野战条件下行动的口径达到800公厘的重型火炮。假若认为20公厘为现代火炮的最小口径，而800公厘为最大口径，那么每一近代军队的炮兵都有16~20种口径和30~35种类型的不同用途和不同结

● 表1转载自炮兵少将图日洛夫斯基Д. Е. 所编之“Артиллерия”（炮兵）一书。

火炮战术与技术性能的演进(数值曾进位过)

表 1

火炮名称	口径 (公厘)	炮身长 (口径倍 数)	弹丸重 (公斤)	最大膛压 公斤/ 公分 ²	初速 公尺/秒	最大射程 公尺	最大高低 射角 (度)	最大方向 射角 (度)	发射速度 (每分钟)	战斗状态 全重 (公斤)	运行速度 公里/ 小时	机构 数目
1758年 $\frac{1}{2}$ 普特单角 炮①	152	9	8.2	800	400	1500	10	0	1	1180	至12②	1
1838年6磅加农炮	96	16	2.9	1000	450	2000	12	0	1	667	至12	1
1867年4磅加农炮	87	19	5.7	1000	305	3400	17	0	1	800	至12	2
1877年轻型野战炮	87	24	6.7	1500	445	6400	18	0	2	1000	至12	3
1895年轻型野战炮	87	24	6.7	1500	445	6400	18	±2.5	4	1100	至12	5
1902年76.2公厘速 射加农炮	76.2	30	6.5	2200	588	6800	17	±2.7	10	1230	至12	9
1912年75公厘师炮 ③	75	30	6.5	2200	510	8600	70	±2.7	10	1300	至12	14
75~76.2公厘近代 轻型野战炮	75~76.2	45~60	6.5	2500	660~800	15000	45	±30	20	1600~ 2000	至60④	17

● 在滑膛炮时期,火炮的名称是用弹丸重量来表示的;

② 驛馬挽曳;

③ 意大利炮;

④ 机械牵引。

构形状的火炮，并且这里边还不包括海軍炮和海防炮。

每一門現代火炮的創造都是為了解決一定的任務，並且為了在一定的條件下行動。這就決定了火炮的戰術與技術特性，以及結構形狀。下面我們用一些例子來說明這種情況。還是在1914~1918年的第一次世界大戰過程中，就提出了步兵需要在組織上隸屬於步兵分隊的自己的炮兵的問題。此種炮兵的火炮應具有足夠的威力和曲射的彈道，以消滅炮火準備後仍殘存的火力點及隱蔽在戰壕和洼地內的敵人的有生力量。既然這種火炮應該活動在步兵火力的範圍內，那麼就很明顯，它必須靈活、能很好的適應地形，並且它的操作應簡單和方便。為了殺傷有生目標和摧毀火力點，火炮應具有盡量大的口徑；而因為它是近戰火炮，故它的彈丸不必具有大的初速。靈活性和機動性是要由重量小來保證；誠如經驗表明，最好能保證在敵人火力下轉移陣地時，依靠炮手的力量就能很快地將火炮轉移。但是3~4個炮手一起來搬運火炮，對於敵人是一個很明顯的目標。因此，如能把火炮很快的分解為數部，分別單人搬運，並能同樣快地作好戰鬥準備，則較為適宜。

若認為在不長的距離內一個人能夠搬運的那一部分火炮的重量為35公斤，炮手為三人或四人，則可作出結論，此種火炮的重量應為100~140公斤。所有上述要求，在一定類型的火炮上——營迫擊炮上是能夠實現的。

圖1所示為戰鬥狀態大的82公厘營迫擊炮。迫擊炮在其發展的最初時期，僅執行比較狹隘的戰鬥任務——伴隨炮和近距離的防禦炮。然而，在其某些部分獲得了技術上的改進後，已可能擴大它的戰鬥使用範圍；因此在所有現代軍隊里，迫擊炮裝備的比重已大大地增加了。在現代的步兵師里，迫擊炮的數量約為其它類型火炮的一倍半到兩倍。

儘管近代迫擊炮具有結構簡單、發射速度大、炮彈威力大、製造簡單，以及一系列的其他優越的戰鬥性能，但它仍然不能摒除普通火炮的存在的必要性。例如，輕型防坦克炮（圖2）也是步兵炮，

它也活动在迫击炮活动的战斗条件下，但它是用来解决完全另外的、近代轻型迫击炮无力解决的任务的。

比较一下在口径和弹道特性上有时十分相似的轻型野战炮和高射炮，就可十分清楚地看出，火炮所执行的任务的性质在其结构上被有力地反映了出来。

轻型野炮和高射炮间的这个结构上的差别，从图3和4可十分清楚地看出来。

提醒一下下面的事实是合时宜的：在本世纪的20年代，当空军刚刚开始形成一个独立的军种时，几乎世界各国都为了创造万能师炮

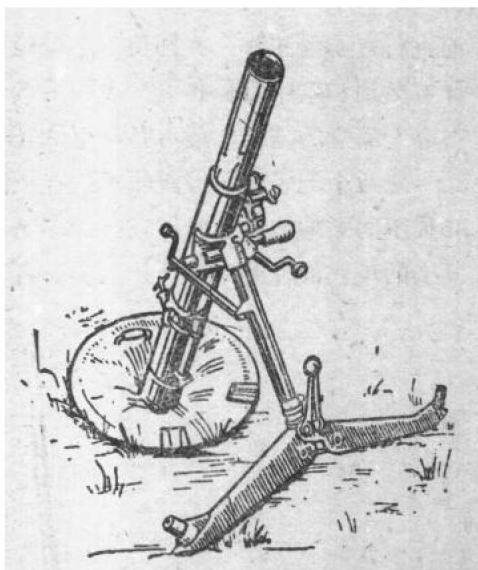


图1 营迫击炮

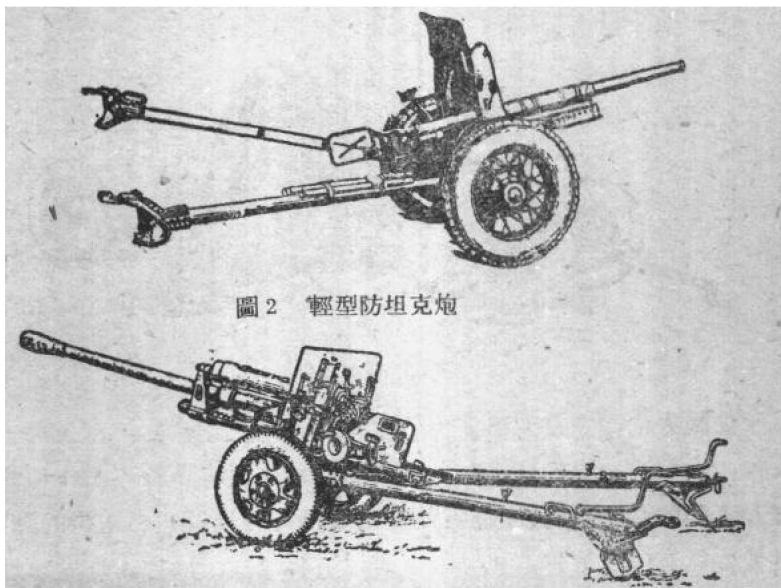


图2 轻型防坦克炮

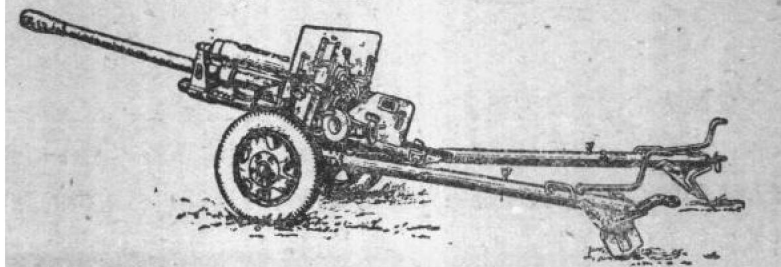


图3 轻型野战加农炮

而进行过实验工作，亦即使它不但能解决师炮的任务，同时还能同样有效地和空中目标作战。曾經浪费了很多精力和财力，却没有获得令人满意的结果；最后各国军队还是装备了专门的高射炮。

这两个例子已足够说明了，在任何一国的军队的装备上，30~35种不同类型的火炮的存在，决不是某些设计者们的愿望，而是在复杂的现代战斗的条件下炮兵担负各种不同任务的反映。

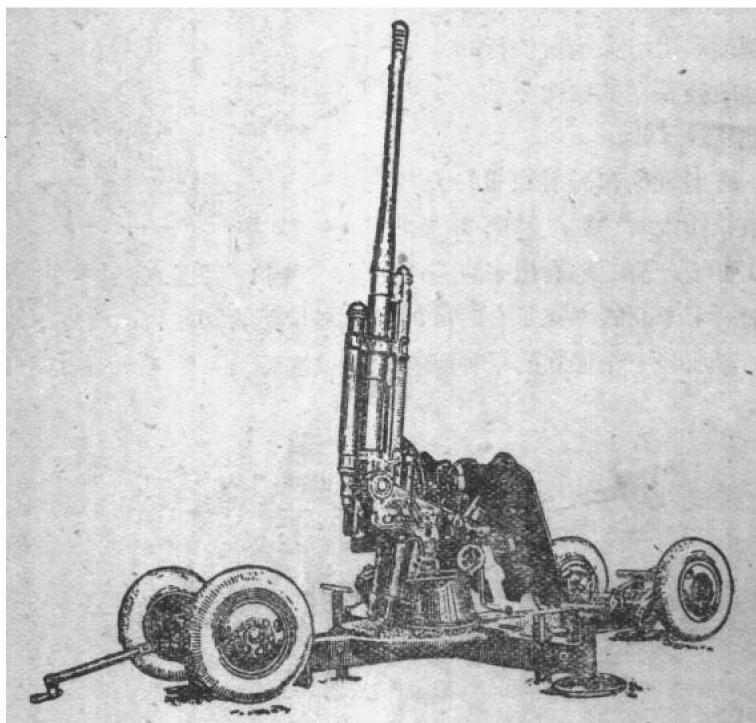


圖 4 高射炮

仅谈火炮，完全忽略了弹药基数问题是不正确的。对于每一门火炮，在解决一定的任务时，其弹药基数中要有各种不同作用的弹丸和不同的装药，使炮手经常能够按照目标的性质选择适当的弹药，并使他能有一定的弹道机动性。若没有经过适当而周密地考虑过的弹药基数，即令火炮设计得再优越，它仍然没有完整的价值。