

彈 道 学

A. A. 塔斯金 著

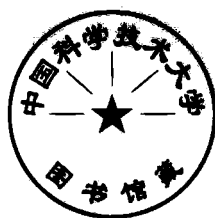


國防工業出版社

彈 道 學

А.А.塔斯金 著

夏 齊 儉 譯



國防工業出版社

本書系根据A. A. 塔斯金 (A. A. Таскин) 所著的“彈道学”譯出。原書是體內彈道学及腔外彈道学的簡明教程，供苏联高等工业学校及工农紅軍学院学生使用。

本書可作为工业学院、中等技术学校和炮兵学校教学参考書，也可供炮兵教員、国防工业工厂和研究所工程技术人员参考。

A. A. Таскин
БАЛЛИСТИКА

Государственное военное издательство
наркомата обороны Союза ССР
Москва—1940

本書系根据苏联軍事出版社
一九四〇年俄文版譯出

彈 道 学

〔苏〕塔 斯 金 著
罗 齐 儉 譯

*

国防工业出版社 出版

北京市書刊出版业营业許可証出字第074号
北京新中印刷厂印刷 新华書店发行

*

850×1168 $\frac{1}{32}$ • 11印張 • 296,000字

一九五八年六月第一版

一九五八年六月北京第一次印刷

印数：1—1,200冊 定价：(10)2.00元

著 者 的 話

本書系根据1937年在列宁格勒城出版的彈道学教程石印本經過不少的修改和补充改編的。

書中利用了本国的（其中一部分在正文中指出）和外国的現有彈道学文献。

編写本書时，著者認為必須特別注意闡明分析研究結果的物理意义，这对清楚的理解导出的关系式是极其重要的。

实验研究的結果也已列入本書。

在有些章中还介紹了所导出的关系式的实际应用，而且問題具有完全的解答并得到最后的結果。

著者請求讀者將書中所发现的缺点不吝見告，并請指出所希望的修改和补充，并預先表示謝意。

最后，著者对 Б. Н. 奥古聶夫教授給予宝贵指示表示深深的感謝。

А. Таскин

目 录

著者的話
緒言

第 一 篇

膛內彈道学

0. 膛內彈道学的定义和内容	3
1. 膛內彈道学的基础及其在炮兵科学中的作用	4
2. 火药	8
20. 火药的类型	8
21. 火药的物理化学特性	9
210. 爆炸变化气体生成物的容积。211. 爆炸变化的热量。	
212. 爆炸变化的温度。213. 爆炸变化生成物的成分。214. 含氮量。	
215. 挥发物含量。216. 火药的密度。	
22. 火药的弹道性能	11
220. 火药燃烧速度系数。221. 余容。222. 火药力。223. 装填密度。224. 药粒形状和尺寸。	
3. 火药燃烧静力学	13
30. 火药气体的压力	13
300. 火药气体的状态方程。301. 諾貝尔和爱依布尔定律。302. 諾貝尔和爱依布尔定律的分析。303. 諾貝尔和爱依布尔綜合公式。	
304. 求 $\psi=F(p)$ 的公式。305. 及306. 問題。	
31. 火药的燃燒	25
310. 火药爆炸变化过程的阶段。311. 火药着火和燃燒的速度。	
312. 火药燃燒的速度。313. 火药燃燒几何定律。314. 压力冲量。	
32. 火药气体发生定律 $\psi=F(z)$	32
320. 根据药粒体积和药粒燃燒表面表示火药气体发生定律的公式。	
321. 带状药粒。322. 管状药粒。323. 火药气体生成定律的一般形式和形状特征数。	
33. 气体生成速度的变化定律 $\frac{d\eta}{dt}$	38

34. 燃燒表面变化定律 $\sigma = F(z)$	40
340. 形状函数 σ 。341. 基本的火药类别。	
35. 減燃性火药的 $\sigma = F(z)$ 、 $\psi = F(z)$ 和 $\sigma = F(\psi)$ 定律的图解表示法	42
350. $\sigma = F(z)$ 的图解。351. $\psi = F(z)$ 的图解。352. $\sigma = F(\psi)$ 的 图解。353. 問題。	
36. 增燃-減燃性火药	47
360. 有孔药粒表面的变化。361. 增燃-減燃性火药的燃燒。362. 增燃- 減燃性火药形状特征数的計算。363. 增燃-減燃性火药的定律 $\psi = F$ (z) 和 $\sigma = F(z)$ 的图解表示法。3630. $\psi = F(z)$ 的图解。3631. $\sigma = F$ (z) 和 $\sigma = F(\psi)$ 的图解。364. 增燃性系数。365. 增燃性火药的用途。	
37. 混合装药	57
38. 火药燃燒的几何定律和物理定律	60
39. 火药燃燒静力学的意义	63
4. 火药燃燒动力学发射时射击武器枪炮膛内的现象	65
40. 发射和火药气体所作的功	65
41. 彈丸	68
410. 使彈丸产生前进运动所消耗的功。411. 使彈丸产生旋轉运动所 消耗的功。412. 膛綫的影响。413. 挤进作用。414. 作用于彈带凸 起表面和膛綫表面間的力。415. 求彈带反作用力和導彈面的法向反 作用力。416. 消耗于克服膛綫所发生的阻力的功。417. 不考虑的 与彈丸有关的功。	
42. 装药	78
420. 火药气体膨胀的特性。421. 消耗于燃燒生成物和装药的前进 运动的功。422. 彈后空間的现象。423. 火药气体压力在彈底和膛底 間的分佈。424. 与装药在膛内燃燒的现象有关的不加考虑的火药气 体所作的功。	
43. 身管	86
430. 彈丸的绝对运动和相对运动。431. 消耗于炮身后座 的 功。 432. 发射时槍炮身管的加热。433. 与槍炮身管有关的不加考虑的 火药气体的功。434. 炮膛磨损的概念。	
44. 要考虑的火药气体总功及虛假系数	96
440. 問題。	
5. 火药燃燒动力学的主要問題	99

50. 換算長度	99
51. 火葯燃燒動力學的基本方程	102
52. 裝葯瞬時燃燒的情況	103
53. 解決火葯燃燒動力學主要問題的方程系中的主要關係式	106
54. 火葯燃燒靜力學時期	108
55. 火葯燃燒動力學第一時期	109
56. 火葯燃燒動力學第二時期	111
57. 相對值方程系	114
58. 按彈丸行程平均的壓力和火炮效率係數	116
6. 火葯燃燒動力學主要問題的解法	118
60. 解法的一般介紹	118
61. 克朗茲教授的實驗解法及表	120
610. 問題。	
62. 炮兵科學研究院 (АНИИ) 的表	126
620. 問題。	
63. 數值積分法	132
630. 概論。631. 數值積分法數學基礎的概論。632. 按數值積分法 解火葯燃燒動力學主要問題。	
64. 曲線 p 、 v 、 t 和 w 的主要特性	164
65. 彈道相似理論	166
650. 主要的定義和關係式。651—654. 問題。655. 彈道相似理論的作用。	
66. 修正公式	172
7. 壓力測量法概念	173
8. 火葯氣體的後效期	176
附錄 1. 解膛內彈道學主要問題用的克朗茲表	
附錄 2. 一些火炮的數據	

第 二 篇

膛外彈道學

0. 膛外彈道學的定義和內容	188
1. 膛外彈道學基礎及其在炮兵科學中的作用	189
10. 地球	189

11. 火气	191
12. 體外彈道學的作用	195
2. 仅在重力作用下的彈丸質心的运动拋物綫理論	197
20. 主要的符号和定义	195
21. 彈丸質心运动微分方程及其积分	197
22. 彈道方程	199
23. 彈道方程的分析	200
24. 主要彈道諸元間的相互关系	201
240. 水平射程。241. 彈道高。242. 飞行時間。243. 彈丸运动的 速度。244. 切綫傾角。245. 彈道曲率半徑。246. 初速 v_0 相同时擲 角 θ_0 不同的彈道的特性。2460. 彈道族的包絡綫。2461. 降低定律。	
25. 拋物綫理論的主要应用	208
250. 根据拋物綫理論可以解决的射击問題。251. 速度小、彈丸重的 射击情况。252. 在空气阻力方面彈道大約处于相同的条件时的情况。 253. 从拋物綫理論的公式所求得的各种关系式。	
3. 空气阻力	213
30. 概論	213
31. 根据流体动力学定律求得的空气阻力的一般公式	213
32. 速度小时的阻力	215
320. 理想的不被压缩的流体的阻力。321. 速度小时阻力現象的实 質。322. 求速度小时空气阻力的方法。323. 减小速度小时空气阻 力的方法。	
33. 在速度大时或超声速时的阻力	219
330. 超声速时阻力現象的实質。331. 求超声速时的空气阻力法。 332. 測量速度的仪器。333. 关于伴随槍彈或炮彈在空气中飞行所发生 的現象的概念。334. 减小超声速时的空气阻力的方法。	
34. 最好的彈形的各部位	229
35. 空气阻力加速度	230
36. 彈道系数 c	232
37. 彈形系数 i	232
38. 空气阻力定律	234
39. 空气阻力的乘幕	238
4. 在两个力: 重力和空气阻力的作用下 彈丸質心的运动	239

40. 膛外彈道学的主要問題	239
41. 彈丸質心运动的微分方程	239
42. 微分方程系	241
43. 矢端曲綫方程	242
44~45. 彈道的主要特性	243
440. 概論。441. 切綫对水平的傾角 θ 随横座标 x 的增加由 θ_0 減小到 $\theta = -\frac{\pi}{2}$。442. 速度水平投影 u 随横座标 x 的增加而減小。443. 与彈道升弧上縱座标为 y 的点 M_1 相应的角 θ_1 之絕對值要小于与彈道降弧上具有同一縱座标的点 M_2 相应的角 θ_2。444. 速度 v 大小的变化的研究。445. 速度 v 的方向变化的研究。446. 在彈道升弧上縱座标为 y 的一点 M_1 的速度 v_1 要大于彈道降弧上縱座标相同的点 M_2 的速度 v_2。447. 在彈道升弧上縱座标为 y 的一点 M_1 的速度垂直投影 w_1 的絕對值要大于彈道降弧上縱座标相同的点 M_2 的速度垂直投影 w_2。448. 彈道对彈道高是不对称的。彈道頂点靠近落点。449. 沿彈道升弧的飞行時間小于沿彈道降弧的飞行時間。450. 彈道高 Y 在同一水平射程 X 及擲角 θ_0 和 θ_c 的兩拋物綫彈道的高之間。451. 彈道有垂直漸近綫。452. 最大射程的擲角。	
46. 关于彈道方程的概念	254
5. 主要問題解法	255
50. 解法的一般說明	255
51. 欧拉解法	256
510. 問題。	
52. 西阿奇解法	265
53. 西阿奇解法对于曲射的应用	270
530. 問題。	
54. 西阿奇輔助函数	275
540. 問題。	
55. 按数值积分法解膛外彈道学主要問題	279
56. 彈道表的概念	289
6. 修正公式	289
60. 概論	289
61. 考虑实际射击条件与射表的射击条件的偏差的修正公式	290
610. 由于彈道系数变化而发生的水平射程变化。611. 由于擲角的	

变化而发生的水平射程变化。612. 由于初速的变化而发生的水平射程变化。613. 由于弹重的变化而发生的水平射程变化。614. 由于重力加速度的变化而发生的水平射程变化。615. 风的影响。	
62. 考虑到主要假设的不准确性的修正公式	296
7. 弹丸的旋转运动	297
70. 弹丸在其质心弹道上的位置	297
71. 作用于当作固体来研究的弹丸的力	298
72. 弹丸回转稳定性	301
73. 质心直线运动时, 在单一的翻转力矩的作用下, 正常飞行的弹丸的旋转运动	303
730. 弹丸质心等速运动的情况。7300. 弹丸飞行的一些个别的情况。	
731. 弹丸质心非等速运动的情况。7310. 弹丸飞行一些个别的情况。	
74. 质心在掷面内作曲线运动时, 在单一的翻转力矩的作用下, 正常飞行的弹丸的旋转运动	318
740. 动力轴。	
75. 空气阻力法线分力对正常飞行的弹丸的质心运动的作用	323
8. 航空炸弹的运动	325
80. 概论	325
81. 航空炸弹在沒有空气的空间中的运动	326
82. 航空炸弹在空气中的运动	327
83. 航空炸弹的形状和特性	329
9. 射表	331
90. 概论	331
91. 射表试射	332
92. 射表数据的计算	334

緒 言

研究炮弹运动的科学叫做弹道学。

现有火炮弹丸的速度是在由于火药爆炸变化在药室内所发生的火药气体的作用下而获得的。

除火药气体外，弹丸在膛内运动时还受到下列诸力的作用：重力 q （图1）、摩擦力 F 、炮膛壁反作用力 ϕ 、空气阻力 R 以及与弹丸回轉运动有关的诸力。

弹丸从炮膛内飞出时，以极大速度运动的火药气体追过弹丸。在弹道开始的一段，弹丸还受到火药气体的一些作用，这种作用一般在离炮口端面几公尺处才会停止。弹丸在弹道这一段上运动的时期叫做火药气体后效期。

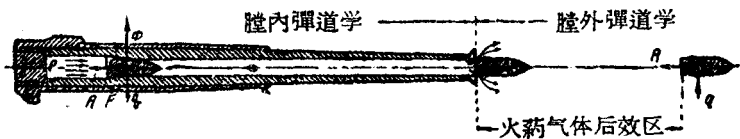


图 1

以后弹丸的运动只受到两个力的作用：重力 q 和空气阻力 R 。这样一来，根据作用于弹丸的力的特性，弹道学可分为两部分：

1. 膛内弹道学，它研究弹丸在火药气体作用下的运动以及发射时炮膛内发生的一切现象。
2. 膛外弹道学，它研究弹丸在火药气体对其作用停止后的运动。

对弹丸从炮膛飞出后在弹道开始的一段上（即火药气体后效期内）的运动的研究碰到许多大的困难，因此对于这一时期的研

究还不透彻。

火药气体后效期的概念在第八章講。

由于沒有足够的实验数据，并且在这一段上彈丸速度的变化不大，現今計算中一般將火药气体后效期略去不計。因此膛外彈道学和膛內彈道学間的分界綫是炮口端面。

彈道学是炮兵科学中的一門基本科学。它能够确定用火炮以最大射击精度射击威力最大的彈丸所需的一切条件。

第 一 篇

膛 內 彈 道 学

0. 膛內彈道学的定义和内容

研究炮弹在火药气体作用下的运动以及与火药燃烧和火药气体膨胀有关的一切现象的科学叫做膛內彈道学。

膛內彈道学是一门实验的科学，因之它的每一原理或结论应与试验结果精确一致。

膛內彈道学研究的现象极为复杂。这些现象进行的条件如下：

1. 火药气体所产生的极高压力，2000~3000大气压（在个别情况下还更高）；
2. 极高的火药气体温度，约2000~3000°；
3. 极短暂的发射时间，约0.01~0.001秒。

所有这些条件使膛內彈道学定律的实验研究非常困难。

由此看出，在目前由于缺乏可靠的试验数据，许多问题还没有解决。

彈道学所研究的现象的复杂性使热力学及物理学一般定律的利用发生困难。因此在导出膛內彈道学的关系式时，只能考虑与现象有关的主要因素，采取一系列的简化和假设。次要因素对现象的影响，一般借导入某些修正的办法来加以考虑。

根据分析现象的特点，在目前，膛內彈道学分为火药燃烧静力学和火药燃烧动力学两部分。

火药燃烧静力学研究火药在一定容积內的燃烧。因此它所给出的火药燃烧定律是随火药的物理化学性能、尺寸和形状以及装

藥与藥室容积之比而变化的，而与火藥气体的运动无关。

火藥燃燒靜力学是以測压彈試驗所获得的实验資料作根据的。

根据測压彈試驗压力为時間函数的变化定律的图解示于图0。

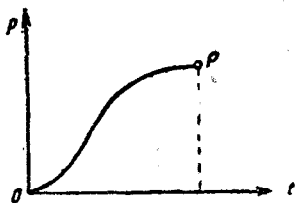


图 0

火藥燃燒动力学研究火藥在炮膛內容积变化的燃燒。燃燒現象是与彈丸的运动和膨胀时发生一定的功的火藥气体的运动联系着研究的。

发射現象和許多因素（膛綫、后座、損失等）之影响的分析使有可能得到火藥燃燒过程中的彈丸运动諸元和装藥条件間的数学关系式。

研究从分析方面所得到的关系式就能够找出解决这些方程系和实际利用这些方程系的方法。

火藥燃燒动力学主要問題的研究与研究有次要意义的許多問題的必要性紧密地联系着。

火藥燃燒动力学的研究要以靶場实际射击所获得的实验資料为依据。

1. 膛內彈道学的基础及其在炮兵

科学中的作用

膛內彈道学利用許多科学定律。

研究与火藥燃燒时所发生的大量火藥气体有关的现象时要利用热力学的原理。

大家知道，給出压力、温度和容积間的关系的特性方程用克拉伯朗公式来表示：

$$pw = RT,$$

式中： p ——气体压力；
 w ——比容；

T ——绝对温度;

$R = \frac{p_1 w_1}{273}$ ——气体常数; p_1 和 w_1 ——标准物理条件下的压力和比容。

这个方程只能应用于理想气体, 这种理想气体中没有相互作用的分子力, 而且它的分子没有体积。

当 $T = \text{常数}$ 时, 则得:

$$pw = \text{常数}$$

即波义耳—马里奥特定律。

当 $p = \text{常数}$, 即 $p = p_1$ 时, 则得:

$$w = \frac{R}{p} T = \frac{p_1 w_1}{p_1} \frac{T}{273} = w_1 \frac{T}{273}$$

即盖·吕萨克定律。

但是, 实际气体不完全受这些公式的支配, 在实验物理学中, 对实际气体给出许多其他气体状态方程。

通常利用范得瓦尔斯公式:

$$p = \frac{RT}{w - \alpha} - \frac{b}{w^2},$$

式中: w ——气体比容;

b ——与气体分子内聚力有关的某种常数数值;

α ——余容, 即与分子本身体积成比例的容积, 或当压力无限大时比容所接近的界限。

但是, 当 $w < 2\alpha$ 时, 范得瓦尔斯公式就不能应用。在这种情况下余容 α 应减少。根据实验的数据 b 值不是常数, 是随温度而变化的。

除范得瓦尔斯公式外, 还有一系列的气体状态方程, 这些公式具有同样的特性, 而且可以写作下面的一般形式:

$$p = \frac{RT}{w - \alpha} - F(T, w),$$

式中: $F(T, w)$ 为随 T 和 w 的增加而迅速减少的某种函数。

如果 $w < 2\alpha$, 所有这些公式对于小的比容也不能应用。

对于容积小的情况，則另有用复杂公式表示的关系式，例如，沃里亚公式、布里茲緬公式。

关于将所有这些公式应用于膛內彈道学的问题将在§30来研究。

当把火药气体膨胀过程看作絕热过程进行研究时，也要应用热力学的基本关系式。

对于理想气体在絕热过程下則有如下关系式：

$$pdw = -EC_wdT,$$

式中： C_w ——定容比热；

$E = 427 \text{ 公斤} \cdot \text{公尺} / \text{卡}$ ——热机械当量。

現在提一下定压比热 C_p 和定容比热 C_w 的比

$$\frac{C_p}{C_w} = k$$

是任何絕热过程的特性值，并且叫做絕热指数。此时 C_p 始終大于 C_w 。

对于实际气体必須考虑到余容，于是上述的关系式将成这样的形式：

$$pd(w - \alpha) = -EC_wdT.$$

此外，对于絕热过程的情况利用柏桑公式，这个公式給出压力、温度和容积之間的关系。

$$Tw^{k-1} = \text{常数},$$

$$pw^k = \text{常数},$$

$$p^{k-1}T^{-k} = \text{常数}.$$

最后，在决定火药气体所作的功时，要应用热力学第一定律，根据这个定律，火药燃燒时析出的热等于气体內能的变化 $E(U_2 - U_1)$ 和状态变化时所发生的外功 Φ 的和：

$$E_1Q = E_1(U_2 - U_1) + \Phi,$$

式中： Q ——总热量；

U_1 ——过程开始前气体的內能，以热单位計；

U ，——过程終結时气体的內能，以热单位計。

炸藥的理論是在热化学定律的基础上来研究火藥燃燒过程并規定燃燒的定律的。此外，根据炸藥的理論，能够决定从物理化学方面表示火藥特性的数值和所有研究膛內彈道学所必須的原始数据。

化学，尤其是胶体化学是研究火藥性能的基础科学。

上述各种学科以及理論力学的定律能够导出膛內彈道学的定律。

設計火炮时要

利用：炮膛內压力为彈丸行程函数 $p = F(l)$ (图10) 的变化定律，以及决定炮身长度、藥室容积、炮膛构造、炮身紧固等的一系列关系式。

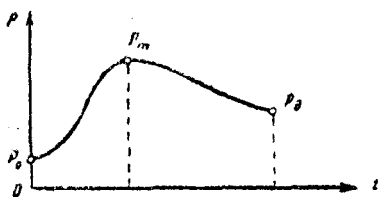


图 11

許多膛內彈道学的关系式。

选择火藥的品类和形状、彈丸重量，以及装填条件也要根据膛內彈道学的定律。

解决与火炮制造工艺过程有关的許多問題时，要遵循膛內彈道学提出的要求。

这些要求在火藥制造方面具有特別重要的意义。

因此，在大多数炮兵科目中都要用到膛內彈道学的定律。

图 10

設計炮架时要利用：炮膛內压力为時間函数 (图11) 的变化定律，以及求藥室底上压力 p_{na} 的关系式。

設計彈藥 (彈丸、点火信管、起爆信管等) 时需要知道