



《中国工程物理研究院科技丛书》第 033 号

气体炮原理及技术

王金贵 编著

国防工业出版社

《中国工程物理研究院科技丛书》第 033 号

气体炮原理及技术

Principle and Technology of Gas Gun

王金贵 编著

国防工业出版社

·北京·

PDG

图书在版编目(CIP)数据

气体炮原理及技术/王金贵编著. —北京:国防工业出版社, 2001.3

(中国工程物理研究院科技丛书)

ISBN 7-118-02360-4

I.气... II.王... III.轻气炮 IV.JT399

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 40067 号

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号)

(邮政编码 100044)

国防工业出版社印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 850×1168 1/32 印张 7% 189 千字

2001 年 3 月第 1 版 2001 年 3 月北京第 1 次印刷

印数:1-2000 册 定价:12.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

致 读 者

本书由国防科技图书出版基金资助出版。

国防科技图书出版工作是国防科技事业的一个重要方面。优秀的国防科技图书既是国防科技成果的一部分,又是国防科技水平的重要标志。为了促进国防科技和武器装备建设事业的发展,加强社会主义物质文明和精神文明建设,培养优秀科技人才,确保国防科技优秀图书的出版,原国防科工委于1988年初决定每年拨出专款,设立国防科技图书出版基金,成立评审委员会,扶持、审定出版国防科技优秀图书。

国防科技图书出版基金资助的对象是:

1. 在国防科学技术领域中,学术水平高,内容有创见,在学科上居领先地位的基础科学理论图书;在工程技术理论方面有突破的应用科学专著。

2. 学术思想新颖,内容具体、实用,对国防科技和武器装备发展具有较大推动作用的专著;密切结合国防现代化和武器装备现代化需要的高新技术内容的专著。

3. 有重要发展前景和有重大开拓使用价值,密切结合国防现代化和武器装备现代化需要的新工艺、新材料内容的专著。

4. 填补目前我国科技领域空白并具有军事应用前景的薄弱学科和边缘学科的科技图书。

国防科技图书出版基金评审委员会在总装备部的领导下开展工作,负责掌握出版基金的使用方向,评审受理的图书选题,决定资助的图书选题和资助金额,以及决定中断或取消资助等。经评审给予资助的图书,由总装备部国防工业出版社列选出版。

国防科技事业已经取得了举世瞩目的成就。国防科技图书承

担着记载和弘扬这些成就,积累和传播科技知识的使命。在改革开放的新形势下,原国防科工委率先设立出版基金,扶持出版科技图书,这是一项具有深远意义的创举。此举势必促使国防科技图书的出版随着国防科技事业的发展更加兴旺。

设立出版基金是一件新生事物,是对出版工作的一项改革。因而,评审工作需要不断地摸索、认真地总结和及时地改进,这样,才能使有限的基金发挥出巨大的效能。评审工作更需要国防科技和武器装备建设战线广大科技工作者、专家、教授,以及社会各界朋友的热情支持。

让我们携起手来,为祖国昌盛、科技腾飞、出版繁荣而共同奋斗!

**国防科技图书出版基金
评审委员会**

国防科技图书出版基金 第三届评审委员会组成人员

名誉主任委员	怀国模			
主任委员	黄宁			
副主任委员	殷鹤龄	高景德	陈芳允	曾铎
秘书长	崔士义			
委员	于景元	王小谟	尤子平	冯允成
(以姓氏笔划为序)	刘仁	朱森元	朵英贤	宋家树
	杨星豪	吴有生	何庆芝	何国伟
	何新贵	张立同	张汝果	张均武
	张涵信	陈火旺	范学虹	柯有安
	侯正明	莫梧生	崔尔杰	

《中国工程物理研究院科技丛书》

出版说明

中国工程物理研究院建院 40 多年来,坚持理论研究、科学实验和工程设计密切结合的科研方向,完成了国家下达的各项国防科研任务。通过完成任务,在许多专业学科领域里,不论在基础理论方面,还是在实验测试技术和工程应用技术方面,都有重要发展和创新,积累了丰富的知识经验,造就了一大批优秀科技人材。

为了扩大科技交流与合作,促进我院事业的继承与发展,系统地总结我院 40 多年来在各个专业领域里集体积累起来的经验,吸收国内外最新科技成果,形成一套系列科技丛书,无疑是一件十分有意义的事情。

这套丛书将部分地反映中国工程物理研究院科技工作的成果,内容涉及本院过去开设过的 20 几个主要学科。现在和今后开设的新学科,也将编著出书,续入本丛书中。

这套丛书将在今后几年里陆续编辑出版。我院早些年零散编著出版的专业书籍,经编委会审定后,也纳入本丛书系列。

谨以这套丛书献给 40 多年来为我国国防现代化而献身的人们!

《中国工程物理研究院科技丛书》

编审委员会

1999 年 6 月 4 日修改

《中国工程物理研究院科技丛书》

第三届编审委员会

主 任 杜祥琬

副主任 彭先觉 章冠人 华欣生

委 员 (以姓氏笔划为序)

王艳秀	邓门才	水鸿寿	田常津	江金生
沈元如	李 凡	李志民	李泽仁	张方晓
张友寿	张富堂	陈银亮	杨本立	郑志坚
罗顺火	竺家亨	周德惠	俞大光	胡三国
贺云汉	黄清南	蒲仁璧		

科技丛书编辑部

负 责 人 吴衍斌

本册编辑 吴衍斌

《中国工程物理研究院科技丛书》

已 出 版 书 目

- | | | | | |
|-----|---------------|-----------|---------|-------------|
| 001 | 高能炸药及相关物性能 | 董海山 周芬芬主编 | 科学出版社 | 1989 年 11 月 |
| 002 | 光学高速摄影测试技术 | 谭显祥编著 | 科学出版社 | 1990 年 02 月 |
| 003 | 凝聚炸药起爆动力学 | 章冠人等编著 | 国防工业出版社 | 1991 年 09 月 |
| 004 | 线性代数方程组的迭代解法 | 胡家贛编著 | 科学出版社 | 1991 年 12 月 |
| 005 | 映象与混沌 | 陈式刚编著 | 国防工业出版社 | 1992 年 06 月 |
| 006 | 再入遥测技术(上册) | 谢铭勋编著 | 国防工业出版社 | 1992 年 06 月 |
| 007 | 再入遥测技术(下册) | 谢铭勋编著 | 国防工业出版社 | 1992 年 12 月 |
| 008 | 高温辐射物理与量子辐射理论 | 李世昌编著 | 国防工业出版社 | 1992 年 10 月 |
| 009 | 粘性消动法和差分格式粘性 | 郭柏灵著 | 科学出版社 | 1993 年 03 月 |
| 010 | 无损检测技术及其应用 | 张俊哲等著 | 科学出版社 | 1993 年 05 月 |
| 011 | 半导体材料辐射效应 | 曹建中著 | 科学出版社 | 1993 年 05 月 |

- 012 炸药热分析
楚士晋编著 科学出版社 1994 年 12 月
- 013 脉冲辐射场诊断技术
刘庆兆主编 科学出版社 1994 年 12 月
- 014 放射性核素活度的测量方法和技术
古当长编著 科学出版社 1994 年 12 月
- 015 二维非定常流和激波
王继海编著 科学出版社 1994 年 12 月
- 016 抛物型方程差分方法引论
李德元 陈光南著 科学出版社 1995 年 12 月
- 017 特种结构分析
刘新民 韦日演主编 国防工业出版社 1995 年 12 月
- 018 理论爆轰物理
孙锦山 朱建士著 国防工业出版社 1995 年 12 月
- 019 可靠性维修性可用性评估手册
潘吉安编著 国防工业出版社 1995 年 12 月
- 020 脉冲辐射场测量数据处理与误差分析
陈元金编著 国防工业出版社 1997 年 01 月
- 021 近代成像技术与图像处理
吴世法著 国防工业出版社 1997 年 03 月
- 022 一维流体力学差分方法
水鸿寿著 国防工业出版社 1998 年 02 月
- 023 抗辐射电子学—辐射效应及加固原理
赖祖武等著 国防工业出版社 1998 年 07 月
- 024 金属的环境氢脆及其试验技术
周德惠 谭云编著 国防工业出版社 1998 年 12 月
- 025 试验核物理测量中的粒子分辨
段绍节编著 国防工业出版社 1999 年 06 月
- 026 实验物态方程导引(第二版)
经福谦著 科学出版社 1999 年 09 月

- 027 无穷维动力系统
郭柏灵著 国防工业出版社 2000年01月
- 028 真空吸取器设计及应用技术
单景德编著 国防工业出版社 2000年01月
- 029 再入飞行器天线
金显盛著 国防工业出版社 2000年02月
- 030 应用爆轰物理
孙承纬等著 国防工业出版社 2000年12月
- 031 混沌的控制、同步与利用
陈式刚等著 国防工业出版社 2000年12月
- 032 激光干涉测速技术
胡绍楼著 国防工业出版社 2000年12月
- 033 气体炮原理及技术
王金贵编著 国防工业出版社 2001年3月

东
莞
图
书
馆
PDG

目 录

绪言	1
第一章 火炮	3
1.1 火药燃烧的基本知识	4
1.1.1 火药在密闭爆发器内的燃烧	4
1.1.2 变容情况下火药气体状态方程	5
1.1.3 火药的气体生成速率	6
1.1.4 火药的形状函数	8
1.1.5 燃烧速度定律	10
1.1.6 火药气体的能量	11
1.2 内弹道学基本方程	15
1.2.1 膛内火药气体的压力分布	15
1.2.2 膛内火药气体压力的变化规律	20
1.3 计及挤进压力的内弹道解法	23
1.3.1 内弹道方程组	24
1.3.2 内弹道方程组的解	25
1.4 实验室火炮的设计要点	33
1.5 气体炮工作原理的讨论	35
第二章 一级气体炮	40
2.1 一级气体炮的组成和工作原理	40
2.2 一级气体炮的内弹道	41
2.3 一级气体炮的工程设计	46
2.3.1 发射管	46
2.3.2 气室和释放机构	48
2.3.3 注气系统	54
第三章 二级轻气炮	57
3.1 二级轻气炮的工作原理	57

3.2 二级轻气炮的内弹道	59
3.2.1 火炮部分的基本方程	60
3.2.2 弹丸发射部分的基本方程	61
3.3 二级轻气炮几何尺寸的初步确定	62
3.4 二级轻气炮各参量对发射性能的影响	64
3.4.1 初始注气压力 p_a	71
3.4.2 活塞速度 v_p	75
3.4.3 弹丸的释放压力 p_n	82
3.4.4 活塞质量 m_p	86
3.4.5 弹丸质量 m	90
3.4.6 推进气体的温度 T	94
3.4.7 装药	95
3.5 二级轻气炮几何尺寸对发射性能的影响	96
3.5.1 发射管口径	96
3.5.2 泵管容积	97
3.5.3 加大的气室	102
3.5.4 泵管到发射管的过渡	104
3.5.5 药室尺寸	105
3.6 若干机械问题的考虑	107
3.6.1 圆柱筒体的强度处理	107
3.6.2 炮架	110
3.6.3 弹丸和活塞	110
第四章 与气体炮相配套的外部环境和设备	115
4.1 靶室	115
4.2 炮房及相关的建筑	122
4.3 靶室的真空系统	124
4.4 电控系统	126
第五章 气体炮的调试和保养	128
5.1 调试前的检查	128
5.1.1 注气系统的检查	128
5.1.2 高压密封状况检查	129
5.1.3 保真空性能检查	130

5.1.4 膜片压痕检查	131
5.2 气体炮的实弹调试	133
5.2.1 制定严密的操作程序和规章制度	133
5.2.2 循序渐进的调试原则	134
5.3 特殊弹道的调试	136
5.3.1 一级气体炮低速弹道的调试	136
5.3.2 二级轻气炮高速弹道的调试	142
5.4 发射后的保养	150
第六章 与气体炮相关的实验技术	155
6.1 弹速与时间的关系曲线	156
6.2 弹丸出口速度的测量方法	158
6.2.1 电探针方法	158
6.2.2 激光光束遮断法	160
6.2.3 磁感应方法	161
6.2.4 其它测量方法	163
6.3 弹丸动态碰撞角的实验测量方法	165
6.4 活塞速度的测量方法	171
6.5 气体炮的安全运行问题	172
6.5.1 火工品安全性	172
6.5.2 二级轻气炮运行安全性	173
6.5.3 其它安全性问题	177
第七章 组合式气体炮	179
7.1 组合式气体炮的设想方案	179
7.2 组合式气体炮的结构	180
第八章 其它高速发射技术以及更高发射速度的探索	185
8.1 爆炸气体炮	185
8.1.1 爆炸气体炮的原理和结构	186
8.1.2 爆炸气体炮模式的计算及实验结果	188
8.2 三级炮	198
8.2.1 三级炮的原理	198
8.2.2 弹丸形态	199
8.2.3 三级炮的性能特征	201
8.3 “Pillow”技术	202

8.3.1 实验技术	203
8.3.2 实验结果	206
第九章 气体炮的应用	207
9.1 气体炮应用情况简介	207
9.2 超高速碰撞实验举例	208
9.2.1 厚靶碰撞	208
9.2.2 薄靶碰撞	211
9.3 测量物态方程方法的举例	213
参考文献	219



Contents

Preface	1
Chapter 1 Powder gun	3
1.1 Basic knowledge of powder combustion	4
1.1.1 Combustion of powder in an airtight eruption container	4
1.1.2 Equation of state of powder gas on condition of changing volume	5
1.1.3 Gas production rate of powder	6
1.1.4 The shape function of powder	8
1.1.5 The law of Combustion velocity	10
1.1.6 Energy of powder gas	11
1.2 Basic equations of interior ballistics	15
1.2.1 Pressure distribution of powder gas in the chamber	15
1.2.2 The pressure - changing law of powder gas in the chamber	20
1.3 Solution of interior ballistics including extrusion pressure	23
1.3.1 Equations of interior ballistics	24
1.3.2 Solutions of interior ballistics equations	25
1.4 Design outlines of powder gun in the laboratory	33
1.5 Discussion on working principle of gas gun	35
Chapter 2 One - stage gas gun	40
2.1 Constitution and working principle of one - stage gas gun	40
2.2 Interior ballistics of one - stage gas gun	41
2.3 The engineering design of one - stage gas gun	46
2.3.1 Launch tube	46
2.3.2 Gas vessel and its release set - up	48
2.3.3 Gas injection system	54
Chapter 3 Two - stage light gas gun	57
3.1 Working principle of two - stage light gas gun	57

3.2 Interior ballistics of two - stage light gas gun	59
3.2.1 Basic equation on the part of powder gun	60
3.2.2 Basic equation on the part of projectile launch	61
3.3 Preliminary determination on the geometrical size of two - stage light gas gun	62
3.4 Influence of various parameters of two - stage light gas gun on its launch character	64
3.4.1 Initial gas injecting pressure p_{cr}	71
3.4.2 Piston velocity v_p	75
3.4.3 Releasing pressure of projectile p_s	82
3.4.4 Piston mass m_p	86
3.4.5 Projectile mass m	90
3.4.6 Temperature of driving gas T	94
3.4.7 Charge	95
3.5 Influence of two - stage light gas gun's geometrical size on its launch character	96
3.5.1 Calibre of launch tube	96
3.5.2 Volume of pump tube	97
3.5.3 Enlarged gas vessel	102
3.5.4 Transition of pump tube to launch tube	104
3.5.5 Size of powder vessel	105
3.6 The accounts for some mechanical questions	107
3.6.1 Strength disposal of cylinder	107
3.6.2 Gun frame	110
3.6.3 Projectile and piston	110
Chapter 4 Outer environments and equipments to cooperate with gas gun	115
4.1 Target chamber	115
4.2 House of gun and its correlated architecture	122
4.3 Vacuum system of target chamber	124
4.4 Electrical control system	126
Chapter 5 Debug and maintain of gas gun	128