

JOSEPH NEEDHAM  
SCIENCE AND CIVILISATION IN CHINA

李约瑟

# 中国科学技术史

第五卷 化学及相关技术

第六分册 军事技术：抛射武器和攻守城技术

科学出版社  
上海古籍出版社

国家自然科学基金资助项目

李 约 瑟

# 中国科学技术史

第五卷 化学及相关技术

第六分册 军事技术：抛射武器和攻守城技术

李约瑟 叶 山 著

石施道 (高利考夫斯基)

麦克尤恩 协助

王 铃

科 学 出 版 社  
上 海 古 籍 出 版 社

2002

## 内 容 简 介

著名英籍科学史家李约瑟花费近 50 年心血撰著的多卷本《中国科学技术史》，通过丰富的史料、深入的分析 and 大量的东西方比较研究，全面、系统地论述了中国古代科学技术的辉煌成就及其对世界文明的伟大贡献，内容涉及哲学、历史、科学思想、数、理、化、天、地、生、农、医及工程技术等诸多领域。本书是这部巨著的第五卷第六分册，主要论述中国古代军事技术中的兵器、攻防技术、军事思想等方面的成就。

### 图书在版编目(CIP)数据

李约瑟中国科学技术史. 第五卷 化学及相关技术. 第六分册 军事技术: 抛射武器和攻守城技术/ (英) 李约瑟, (加拿大) 叶山著; 钟少异等译. —北京: 科学出版社, 2002

ISBN 7-03-009546-4

I. 李… II. ①李… ②叶… ③钟… III. ①自然科学史—中国②武器—军事技术—中国—古代 IV. N092

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2001) 第 039773 号

科 学 出 版 社 出 版  
上 海 古 籍 出 版 社

北京东黄城根北街16号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

中国科学院印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

\*

2002 年 5 月第 一 版 开本: 787×1092 1/16

2002 年 5 月第 一 次印刷 印张: 34

印数: 1—1 100 字数: 855 000

定价: 98.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换〈科印〉)

李約瑟著

中國科學技術史

莫朝鼎



## 李约瑟《中国科学技术史》翻译出版委员会

主任委员 卢嘉锡

副主任委员 路甬祥 张存浩 汝 信 席泽宗

委 员 (以姓氏汉语拼音为序, 有\*号者为常务委员)

杜石然	傅世垣	何绍庚	侯建勤*	胡道静
胡维佳	胡祥璧	华觉明*	李国章*	李经纬
李廷杰*	刘 钝*	刘更另	刘祖慰*	柳椿生
卢嘉锡*	路甬祥*	罗 琳	马堪温*	潘吉星
钱伯城*	汝 信*	苏世生*	谈德颜*	汪继祥*
吴伯泽*	吴瑰琦*	吴明瑜	席泽宗*	谢淑莲*
许 平*	杨德晔	姚平录	叶笃正	余志华
袁运开	张存浩*	张青莲	张晓敏	周光召

已故委员

曹天钦	袁翰青	张书生	林志群	薄树人
孙增蕃	郭永芳	钱临照		

## 第五卷 化学及相关技术

### 第六分册 军事技术：抛射武器和攻守城技术

翻 译 钟少异 程健民 高 道

校 订 程健民 钟少异

校订助理 姚立澄

审 定 杨 泓 王兆春

志 谢 沈文魁 钟锡华 荣新江 刘浦江 姚崇新  
王焕生 李天生

谨以本书奉献给已故的

周恩来

(1898—1976)

南昌起义的领导者 (1927)

中华人民共和国总理 (1949—1976)

本计划的坚定支持者

兵器是不吉利的器械，而非高尚者的用具。贤明的统治者，只在不得已时才使用它，因为他将和平置于一切之上。纵然他能够获胜，他也不会感到高兴，因为那样做等于是以杀人为乐。以杀人为乐者，将永远不能在天下实现其意愿。

诚然，武器是不祥之物。所有的生命永远憎恶它。因此，有道者不与之发生关系。

在庙堂之上，君王将左方尊视为光荣的吉祥之地，右侧则是与灾难和战争有关的活动场所。上将军居右，偏将军居左——他们的位置安排系按照哀丧之礼。杀戮众多，理当悲伤和哭泣。因此，甚至以丧礼来迎接得胜的将军。

〈兵者不祥之器，非君子之器，不得已而用之，恬淡为上，故不美，若美之，是乐煞人。夫乐煞者，不可得意于天下。

夫佳兵者，不祥之器，物或恶之，故有道不处。

故吉事尚左，凶事尚右，是以偏将军居左，上将军居右。煞人众多，以悲哀泣之。战胜以哀礼处之。〉

《道德经》第三十一章  
(据高亨的解释)

## 凡 例

1. 本书悉按原著逐译，一般不加译注。第一卷卷首有本书翻译出版委员会主任卢嘉锡博士所作中译本序言、李约瑟博士为新中译本所作序言和鲁桂珍博士的一篇短文。

2. 本书各页边白处的数字系原著页码，页码以下为该页译文。正文中在援引（或参见）本书其他地方的内容时，使用的都是原著页码。由于中文版的篇幅与原文不一致，中文版中图表的安排不可能与原书一一对应，因此，在少数地方出现图表的边码与正文的边码颠倒的现象，请读者查阅时注意。

3. 为准确反映作者本意，原著中的中国古籍引文，除简短词语外，一律按作者引用原貌译成语体文，另附古籍原文，以备参阅。所附古籍原文，一般选自通行本，如中华书局出版的校点本《二十四史》、影印本《十三经注疏》等。原著标明的古籍卷次与通行本不同之处，如出于算法不同，本书一般不加改动；如系论误，则直接予以更正。作者所使用的中文古籍版本情况，依原著附于本书第四卷第三分册。

4. 外国人名，一般依原著取舍按通行译法译出，并在第一次出现时括注原文或拉丁字母对音。日本、朝鲜和越南等国人名，复原为汉字原文；个别取译音者，则在文中注明。有汉名的西方人，一般取其汉名。

5. 外国的地名、民族名称、机构名称，外文书刊名称，名词术语等专名，一般按标准译法或通行译法译出，必要时括注原文。根据内容或行文需要，有些专名采用惯称和音译两种译法，如“Tokharestan”译作“吐火罗”或“托克哈里斯坦”，“Bactria”译作“大夏”或“巴克特里亚”。

6. 原著各卷册所附参考文献分 A（一般为公元 1800 年以前的中文书籍），B（一般为公元 1800 年以后的中文和日文书籍和论文），C（西文书籍和论文）三部分。对于参考文献 A 和 B，本书分别按书名和作者姓名的汉语拼音字母顺序重排，其中收录的文献均附有原著列出的英文译名，以供参考。参考文献 C 则按原著排印。文献作者姓名后面圆括号内的数字，是该作者论著的序号，在参考文献 B 中为斜体阿拉伯数码，在参考文献 C 中为正体阿拉伯数码。

7. 本书索引系据原著索引译出，按汉语拼音字母顺序重排。条目所列数字为原著页码。如该条目见于脚注，则以页码加 \* 号表示。

8. 在本书个别部分中（如某些中国人姓名、中文文献的英文译名和缩略语表等），有些汉字的拉丁拼音，属于原著采用的汉语拼音系统。关于其具体拼写方法，请参阅本书第一卷第二章和附于第五卷第一分册的拉丁拼音对照表。

9. p. 或 pp. 之后的数字，表示原著或外文文献页码；如再加有 ff.，则表示所指原著或外文文献中可供参考部分的起始页码。



## 缩略语表

以下为正文中使用的缩略语。杂志和类似出版物的缩略语收于参考文献部分。

B Bretschneider, E. (1), *Botanicon Sinicum* (successive volumes indicated as B I, B II, B III).

CKCTCCS 《中国近代战争史》。

CKT 著者不详,《战国策》。

CLCI 孙诒让,《周礼正义》,1899年。

CSHK 严可均辑,《全上古三代秦汉三国六朝文》,1836年。

HCC 许洞,《虎铃经》,宋,962年始撰,1004年完成。

HHS 范曄、司马彪,《后汉书》,450年。

HNT 刘安等,《淮南子》,前120年。

HSPC 王先谦,《汉书补注》,1900年。

K Karlgren, B. (1), *Grammata Serica* (dictionary giving the ancient forms and phonetic values of Chinese characters).

KHCPTS 《国学基本丛书》。

MCPT 沈括,《梦溪笔谈》,宋,1089年。

PTSC 虞世南,《北堂书钞》,唐,630年。

R Read, Bernard E. (1—7), 李时珍《本草纲目》某些章节的索引、译文及摘要。如查阅植物类,见Read(1);如查阅哺乳动物类,见Read(2);如查阅鸟类,见Read(3);如查阅爬行动物类,见Read(4或5);如查阅软体动物类,见Read(5);如查阅鱼类,见Read(6);如查阅昆虫类,见Read(7)。

SPPF 《孙臆兵法》,周(齐),约前235年。

SPPY 《四部备要》。

SPTK 《四部丛刊》。

STTH 王圻,《三才图会》,明,1609年。

TCHCC 《丛书集成》,上海商务印书馆,1935—1939年。

TCKM 朱熹等,《通鉴纲目》;《资治通鉴》的缩写,中国之通史,宋,1189年,附有较晚的续篇。

TCTC 司马光,《资治通鉴》,1084年。

TFYK 王钦若、杨亿,《册府元龟》,1013年。

TH Wieger, L. (I), *Textes Historiques*.

TKKW 宋应星,《天工开物》,明,1637年。

TPYC 李筌,《神机制敌太白阴经》;关于军事和水军的论著,唐,759年。

TPYL 李昉,《太平御览》,宋,983年。

TSCC 陈梦雷,《图书集成》,1726年。翟林奈的著作[Giles, L. (2)]中提供有索引。该书的1884年刊本以卷和页编次,1934年影印本以册和页编次。

TT Wieger, L. (6),《道藏目录》。

WCTY 曾公亮,《武经总要》,宋,1044年。

WCTY/CC 曾公亮,《武经总要》(前集),宋,1044年。

WPC 茅元仪,《武备志》,明,1628年。

## 作者的话

这是关于军事技术的三个“地”之分册的第一册<sup>①</sup>，但它并非是首先出版的一册。关于火药的史诗的第七分册，已经先于它出版。分册次序的这种错乱，应归因于合作工作的迫切需要——没有这种合作，整个宏大计划将不可能圆满完成。

紧接引言之后的两节主要是由石施道（Krzysztor Gawlikowski）起草的，他是关于《孙子兵法》这部不朽著作的主要权威，此书尽管极为古老但至今仍甚为战略家所推崇。这里所显示的最令人感兴趣的差别之一是，在古代和中世纪中国，普通民众较之有教养的士大夫更具有军事头脑。这可以从诸如《封神演义》等小说，诸如三国关羽和宋代岳飞等军事英雄人物的被神化，以及对于格斗技术（“功夫”）的极其普遍的兴趣中得到证明。另一方面，在所有时代，在控制军人方面又始终无人比士大夫更为成功，使“随时可用而不凌驾于上”（on tap but not on top）贯穿于两千多年中。据说毛泽东曾讲，“枪杆子里面出政权”，同时又没有人能比他更强调党必须指挥枪。在这点上，他（以不同的方式）继承了中国世代的传统。

至于弓、弩（可能发明于中国文化区并两度传入欧洲）以及火药之前的砲，我有幸分别得到了麦克尤恩（Edward McEwen）和王铃的合作；前者是一位完美的弓箭手和制弓者，后者志愿将其兴趣从火药史扩大到火炮问世之前代理其位置的那些机械。最后，关于古代和中世纪围攻战中的早期攻守城技术，应完全归功于麦基尔大学（McGill University）的叶山（Robin Yates），他是关于《墨子》名副其实的权威，对于整个这一册的校对，他也付出了大量辛劳。一如既往，我谨向所有合作者致以最热诚的感谢。

现在，是向所有那些为使本册完成而进行无私的行政工作的人们表示感谢的时候了。这个分册的出版经历了异乎寻常的漫长时间，而且自从最初送印以来，有许多变化。当时我们正迁入位于剑桥赫歇耳路（Herschel Road）和西尔维斯特路（Sylvester Road）街角的专门建造的新家。对于当时的东亚科学史基金会（the East Asian History of Science Trust）秘书儒格霖（Colin Ronan）<sup>②</sup> 为将我们安顿于那里所给予的一切帮助，以及他日常所担负的大量行政事务，我们甚为感激。现在出版本分册的责任已落在李约瑟研究所副所长及出版委员会主席、干练的古克礼（Christopher Cullen）身上。

因为这是新的研究所和图书馆落成后第一批问世的分册之一，所以理当在此向建筑师克里斯托夫·格里耶（Christophe Grillet），其助手兼建造者罗杰·贝利（Roger Bailey），工长彼得·阿什曼（Peter Ashman），以及所有曾为这幢美丽而优秀的建筑不遗余力地工

---

<sup>①</sup> 当王铃和我于1948年计划这些卷册时，我们认为七卷应足以涵盖所有科学和技术的内容。但我们没有料到每个方面所要涉及的材料丰富性。与这一计划有关的人们便将原定的七卷称为“天”之卷，而将每卷中分出的部分称为“地”之册。这证明将若干部分作为独立成形的分册推出是必要的，实际上，第五卷可能会达到13册之多。

<sup>②</sup> 他也是《中国科学技术史简编》（Shorter Science and Civilisation in China）系列各册的撰写者。

作的工人致敬。我们所有的工作人员，一起完成了从位于布鲁克兰兹大街（Brooklands Avenue）的旧家迁入新居的奇迹。然后，我必须感谢我们的秘书，细心而沉着的黛安娜·布罗迪（Diana Brodie），她曾重新打印这个分册的许多页；还要感谢研究所的现任秘书安杰拉·金（Angela King）和温内·申（Winne Chen）所作的极其宝贵的后援工作。我们也愉快地向图书馆的前任馆长梁夫人（梁钟连杼）表示感谢，她曾将许多汉字抄写到连续的草稿上，并且感谢她现在的继任者莫菲特（John Moffett），以及我的研究助手乔瓦娜·缪尔（Jovana Muir）和科琳·里舍（Corinne Richeux）。最后，我要感谢剑桥大学出版社的编辑及出版部门的负责人伊恩·怀特（Iain White）和海伦·斯皮莱特（Helen Spillett）所给予的帮助，他们在这个分册形成的初期很早就接管了它，并解决了牵涉到的所有难题。

自从这个分册最初送印以来，我们遭受了巨大的打击，即失去了鲁桂珍，我毕生的合作者及第二位妻子。在我们仅仅度过两年幸福的婚姻生活之后，她于1991年11月被夺走。她曾仔细地审阅了书写于所有卷册上的每一个单词，包括此分册，而且针对关于中国的知识的错综复杂性，给予了大量宝贵的指导。她也在主要关于医学问题的许多最初的论文中与我合作。可以毫不夸张地说，如果没有她，整个计划将根本不可能起动。

1987年，我们也曾震惊于都柏林（Dublin）的维克托·米勒（Victor Meally）的死讯，他曾以“仔细爬梳”的方式审阅了我们已出版的所有卷册，使我们知道了其中的错误和排印差错。对于他以如此热忱和奉献精神所做的工作，我们至为感激。

最后，我们必须感谢为我们解释我们所不懂的语言的学者。朝鲜文，我们仰赖莱迪亚德（Gari Ledyard）教授；日文，依靠已故的查尔斯·谢尔登（Charles Sheldon）博士及现在的牛山辉代（Ushiyama Teruyo）博士；阿拉伯文，依靠道格拉斯·邓洛普（Douglas Dunlop）博士；梵文，依靠沙克尔顿·贝利（Shackleton Bailey）教授。

还应感谢叶山的研究助手克里斯托弗·克利里（Chrislopher Cleary）博士，萨拉·伯吉斯（Sarah Burgess），布雷特·欣施（Bret Hinsch）和刘慧坚，并且感谢哈佛燕京图书馆的工作人员。

现在，让我们拉开那遮掩着过去两千年来中国的军事活动和军事科学，因而使它不能被普遍认识的帷幕吧。

# 目 录

第三十章 军事技术 .....	(1)
(a) 引言 .....	(1)
(b) 中国的兵法文献 (石施道协助) .....	(8)
(1) 军事理论家 .....	(8)
(2) 军事百科全书家 .....	(19)
(3) 中国古典战争理论的基本观念; 行动的一般原则 .....	(23)
(4) 战斗和竞争 .....	(27)
(5) 中国古典战争理论的其他组成部分 .....	(34)
(i) 地 .....	(34)
(ii) 敌方活动的征兆 .....	(35)
(iii) 将 .....	(36)
(iv) 间谍 .....	(39)
(6) 中国军事思想中的主要争论 .....	(40)
(i) 人和自然 .....	(40)
(ii) 时间 .....	(41)
(iii) 天 .....	(41)
(iv) 风和云 .....	(42)
(v) 空间的划分 .....	(42)
(vi) 战阵 .....	(43)
(vii) 道德和精神因素对天险和其他客观的物质的因素 .....	(45)
(c) 中国军事思想的特点 .....	(50)
(1) 活力持久的原因 .....	(50)
(2) 兼容的传统; 战争的非军事方式和军人的职责 .....	(53)
(3) 军事思想在民众中的大普及 .....	(60)
(i) 史诗和戏曲 .....	(60)
(ii) 《封神演义》 .....	(61)
(iii) 关羽和岳飞的神化 .....	(62)
(iv) 侠客和武艺 .....	(64)
(4) 民众生活中的军事思想 .....	(66)
(5) 军事要素 (“武”) 在中国人的世界秩序中的位置 .....	(69)

(d) 抛射武器：I. 弓弩（麦克尤恩协助）	(76)
(1) 弓	(76)
(2) 弩	(91)
(i) 弩机	(97)
(ii) 弩的起源和发展	(104)
(iii) 张弦、瞄准和检验	(113)
(iv) 火力的增强；多矢弩和弹仓弩	(120)
(v) 弩在东方和西方	(131)
(3) 弓和弩的社会作用	(139)
抛射武器：II. 弹道机械（王铃协助）	(142)
(4) 弩弓、筋束、飞石索和桔槔；定义和分类	(142)
(5) 弩砲的型式	(146)
旋转投石器	(155)
(6) 杠杆抛石机，搜索式和配重式	(158)
(7) 分布和传播	(181)
(e) 早期攻守城技术：从墨家到宋（叶山著）	(189)
(1) 早期的城	(189)
(i) 防御的一般教诲	(201)
(ii) 防御的初始准备	(205)
(iii) 武器和其他装备	(217)
(iv) 城墙、道路和护城河	(229)
(v) 城门	(273)
(a) 吊门（“悬门”）	(278)
(b) 城门的形状	(279)
(vi) 桥梁和突门	(295)
(vii) 城楼	(298)
(viii) 城墙上的器械	(319)
(2) 十二种攻城方式	(331)
(i) 钩	(332)
(ii) 空洞	(335)
(iii) 轩车	(336)
(iv) 辘轳	(339)
(v) 冲（攻城槌）	(343)
(vi) 临车	(348)
(vii) 堙（土坡）	(350)
(viii) 梯	(354)
(ix) 水	(359)
(x) 突	(364)
(xi) 穴	(365)
(xii) 蚁附（傅）	(377)
参考文献	(381)
缩略语表	(382)

A. 1800 年以前的中文和日文书籍 .....	(388)
B. 1800 年以后的中文和日文书籍与论文 .....	(405)
C. 西文书籍和论文 .....	(434)
索引 .....	(461)
译后记 .....	(511)

## 插图目录

- 图 1 汉代画像石所描绘的骑射之士, 采自 Chavannes (11) ..... (6)
- 图 2 《虎铃经》中的一个“分野”例子 ..... (44)
- 图 3—6 莫斯科列宁图书馆藏手绘图册《藤牌阵图》中描绘的清朝战阵 ..... (46)
- 图 7—8 太平军采用的战阵 ..... (47)
- 图 9—11 俄罗斯外交官普佳塔描绘的清朝战阵 ..... (48)
- 图 12 关羽, 战争与和平之神; 20 世纪初收集的一幅年画 ..... (62)
- 图 13 表现著名的诸葛亮“空城计”的年画 ..... (63)
- 图 14 中国弓 ..... (78)
- 图 15 中国弓的结构剖面图 ..... (79)
- 图 16 东汉时期 (2 世纪) 的弓、箭和箭筒, 1959 年出土于新疆民丰县尼雅 ..... (80)
- 图 17 一幅绢画的局部, 图中明世宗 (1522—1566 年) 佩带之弓体现了改进的特征 ..... (81)
- 图 18 小梢弓或短耳之短弓, 采自获生徂徕:《射书类聚国字解》卷二, 第三十五页 ..... (82)
- 图 19 大梢弓或长耳之长弓, 采自获生徂徕:《射书类聚国字解》卷二, 第三十五页 ..... (82)
- 图 20 合成弓的结构 ..... (83)
- 图 21 典型弓的“拉力”曲线图, 采自 Klopsteg (1) ..... (87)
- 图 22 用杆秤检测弓的拉力。采自宋应星《天工开物·佳兵第十五》(1637 年), 第九页 ..... (88)
- 图 23 弓箭手的拇指环, 玉质, 出土于东周墓, 采自 Anon. (20) ..... (90)
- 图 24 弓箭手的拇指环, 骨质, 出土于东周墓, 采自 Anon. (20) ..... (90)
- 图 25 “蒙古射法”示意图, 采自 E. S. Morse (1) ..... (90)
- 图 26 朝鲜乐浪王光墓出土弩臂 ..... (97)
- 图 27 上弩弦图, 采自《图书集成·戎政典》卷二八四, 第十一页 ..... (98)
- 图 28 战车架弩方式推测复原 ..... (98)
- 图 29 弩机 (装配好的整体), 采自《武备志》 ..... (99)
- 图 30 弩机 (分散的各部件), 采自《武备志》 ..... (100)
- 图 31 李约瑟博士所藏 1 世纪青铜弩机的四个视图 (a—d) ..... (101)
- 图 32 汉式弩机工程图, 采自 Horwitz (13) ..... (102)
- 图 33 茅元仪《武备志》图示的弩机 ..... (103)
- 图 34 表演“三脚架”式弩的傀儡武士, 采自 Rock (1) ..... (105)
- 图 35 画像石上的弩手, 山东沂南北寨村出土, 东汉时期 (1—2 世纪) ..... (110)
- 图 36 欧洲无镫弩的张弦, 采自 Payne-Gallwey (1), Fig. 24 ..... (114)
- 图 37 欧洲有镫弩的张弦, 采自 Payne-Gallwey (1), Fig. 25 ..... (114)



图 38	两件带镫的中国弩, 采自《武备志》	(114)
图 39	镫上弦的中国弩, 采自《图书集成·戎政典》卷二八四, 第十五页	(115)
图 40	膝上弦的中国弩, 采自《图书集成·戎政典》卷二八四, 第十六页	(115)
图 41	腰带钩上弦的中国弩, 采自《图书集成·戎政典》卷二八四, 第二十七页	(115)
图 42	在《图书集成》的这幅弩手射击图上, 能够清楚看见腰带钩	(115)
图 43	弩机弦枕凸耳背部的刻度瞄准标尺, 采自端方(1)	(117)
图 44	多矢弩, 采自《武备志》卷一〇三, 第十三页	(122)
图 45	多矢弩, 采自《图书集成·戎政典》卷二八三, 第十三页	(122)
图 46	伏弩, 采自《武备志》卷九十四, 第二十六页	(123)
图 47	足踏张弦的多矢弩, 采自《武备志》卷一〇三, 第十八页	(124)
图 48	伏弩, 采自《蹶张心法》	(125)
图 49	小型中国连发弩, 张弦状态(剑桥大学考古学和人类学博物馆藏)	(125)
图 50	小型中国连发弩, 射击之后的状态	(126)
图 51	《武备志》(卷一〇三, 第十二页)描绘的连发弩	(126)
图 52	连发弩的各组成部分, 采自《武备志》卷一〇三, 第十二页	(126)
图 53	《天工开物》描绘的弹仓弩	(127)
图 54	猎禽者使用弹仓弩, 采自《天工开物·佳兵第十五》(清刊本) 第十页	(127)
图 55	朝鲜弩, 采自 Boots (1), plate 7, 以沉重和射程远而著称	(128)
图 56	E. 麦克尤恩复原的筒箭、朝鲜片箭	(130)
图 57	导引短箭的半竹筒复原	(130)
图 58	15 世纪欧洲弩机的滚转弦枕, 采自 Payne-Gallwey (1)	(138)
图 59	中世纪晚期欧洲弩机侧面图, 采自 Payne-Gallwey (1)	(138)
图 60	16 世纪大型体育用弩的锁机, 体现了提高安全性的改进, 采自 Payne-Gallwey (1)	(139)
图 61	砲的早期型式复原	(144)
图 62	多矢弩砲, 采自《武备志》卷一〇三, 第十四页	(147)
图 63	三弓弩砲, 采自《武经总要》卷十三, 第六页, 也见于《武备志》 卷一〇三, 第九页	(152)
图 64	多重弹力装置系弦方式复原	(152)
图 65	多重弹力装置的象载弩砲浮雕, 大吴哥, 采自 Carpeaux (1)	(153)
图 66a	多重弹力装置的轮式弩砲浮雕, 大吴哥, 采自 Carpeaux (1)	(153)
图 66b	大吴哥轮式弩砲安装复原, 采自 Groslier (1)	(153)
图 67	绞车操纵的象载弩砲, 采自 Carpeaux (1)	(154)
图 68	手操纵的双弓弩砲(“手射弩”), 采自《武经总要》卷十三, 第十一页	(155)
图 69	马钧的“离心飞轮式投石器”复原	(156)
图 70	“风车式抛火机”, 见于沃尔特·德米莱米特的手稿《论名望》,	