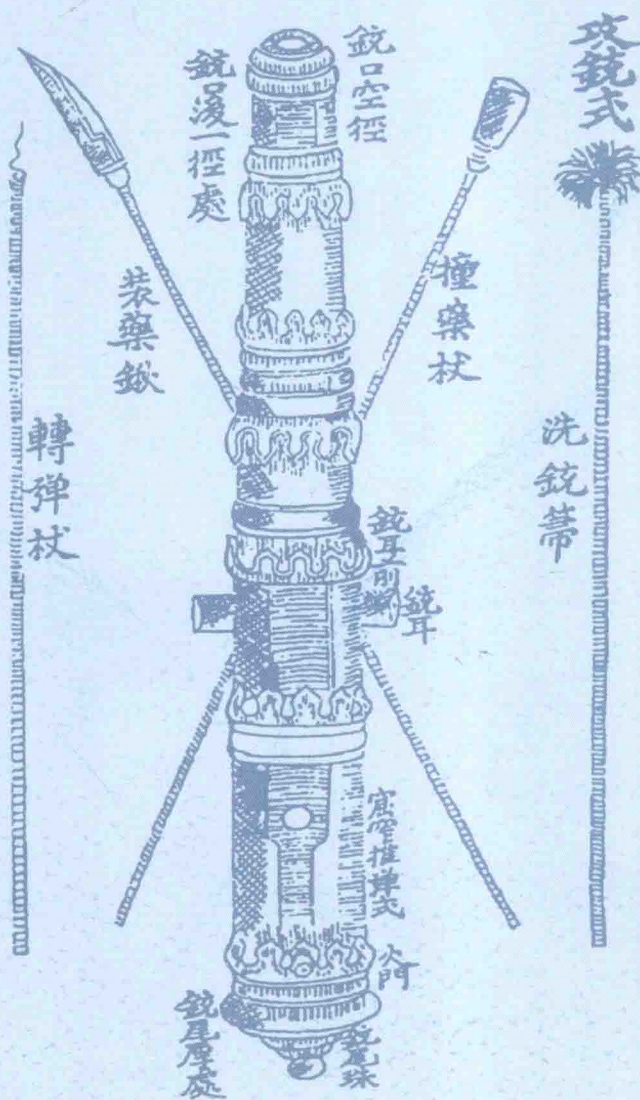


16—17世纪 西方火器技术 向中国的转移

尹晓冬 著



技术转移与技术创新历史丛书 ● 张柏春 主编

16—17世纪 西方火器技术 向中国的转移

Transmission to China of Western
Technology of Firearm in 16th -17th Century

尹晓冬 著

山东教育出版社

图书在版编目(CIP)数据

16—17 世纪西方火器技术向中国的转移/尹晓冬著.
—济南:山东教育出版社,2012
(技术转移与技术创新历史丛书/张柏春主编)
ISBN 978-7-5328-7702-7

I. ①1… II. ①尹… III. ①火器—技术引进—技术史—中国—16 世纪—17 世纪 IV. ①K875.8-092

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 001435 号



技术转移与技术创新历史丛书

16—17 世纪西方火器技术向中国的转移

尹晓冬 著

主 管: 山东出版传媒股份有限公司
出 版 者: 山东教育出版社
(济南市纬一路 321 号 邮编:250001)
电 话: (0531)82092664 传真: (0531)82092625
网 址: <http://www.sjs.com.cn>
发 行 者: 山东教育出版社
印 刷: 山东新华印务有限责任公司
版 次: 2014 年 1 月第 1 版第 1 次印刷
规 格: 787mm×1092mm 16 开本
印 张: 16.75 印张
字 数: 270 千字
书 号: ISBN 978-7-5328-7702-7
定 价: 48.00 元

(如印装质量有问题,请与印刷厂联系调换)
印厂电话:0531-82079112

编 委 会

主 编：张柏春

编 委：（按姓氏笔画排序）

王 斌 方一兵 尹晓冬 田 森

孙 烈 李成智 李 雪 邹大海

张柏春 韩晋芳

总 序

近现代技术发端于西方,并向世界各地转移。接受西方技术的国家或地区逐步消化吸收外来的技术,并使之本土化,实现技术自立,进而可能形成自己的技术创新能力。技术转移与技术创新已成为决定综合国力的一个重要因素,对社会变革和文化转型也产生了巨大影响。

自16世纪以来,技术转移成为中国技术发展的一条主线,从模仿到技术创新的根本转变越来越成为国人的追求。16—18世纪欧洲枪炮、仪器与钟表等的制造技术就被传教士和商人转移到中国,并且在一定程度上实现了本土化。19世纪60年代以来,西方技术更大规模地向中国转移。中国人试图通过引进先进技术而实现“自强”,甚至迎头赶上西方工业化国家。20世纪后半叶,中国继续大规模引进、消化吸收国外先进技术,较快地形成自己的技术能力。近十多年来,中国更是将提升技术创新能力、建设创新型国家当做一项国策。

技术转移与技术创新因历史阶段、社会文化的地区差异而呈现出不同的路径与模式。要认知技术转移与技术创新的本质和模式,就须开展大量的历史专题研究,特别是个案研究。自2002年以来,中国科学院自然科学史研究所组织团队开展了如下的技术转移与技术创新个案研究:

16—17世纪西方火器技术向中国的转移(尹晓冬负责);

晚清德国克虏伯技术向中国的转移(孙烈负责);

近代铁路技术向中国的转移——以胶济铁路为例(王斌负责);

晚清西方电报技术向中国的转移(李雪负责);

中日近代钢铁技术史比较研究:1868—1933(方一兵负责);

中国高等技术教育的苏化：以北京地区为中心(韩晋芳负责)；

制造一台大机器——20 世纪 50—60 年代中国万吨水压机的创新之路(孙烈负责)；

中国航天科技创新(李成智负责)。

如今,该系列的个案研究告一段落,所取得的主要成果形成 8 部专著,结为《技术转移与技术创新历史丛书》。这套丛书在研究视角与方法、史料与学术观点等方面都有所突破。首先,与以往国内的技术成就史与引进史研究不同,作者们从技术转移或创新的视角,梳理基本史实,分析“进口—适应—技术自立”的“横向”跨国技术转移、“理论与教育—实用技术—产品”的“纵向”技术转移、“转移—消化吸收—创新”的转变,以发现中国技术转移与创新的模式和机制。其次,作者们发现了大量新史料或重新解读了已有史料,包括胶济铁路的德文档案、大北电报公司的档案、汉阳铁厂外籍工程师回忆录、克虏伯公司的档案、机械部关于水压机的档案、教育部关于院系调整的档案等,这为提出新的学术见解和进一步的理论研究奠定了坚实的基础。

《技术转移与技术创新历史丛书》也是国际合作研究的结果。比如,“16—17 世纪西方火器技术向中国的转移”的研究是与德国马普学会科学史研究所合作完成的;“晚清德国克虏伯技术向中国的转移”与“近代铁路技术向中国的转移”的研究得到了德国柏林工业大学的支持;“中日近代钢铁技术史比较研究:1868—1933”获益于与日本同行的交流。

《技术转移与技术创新历史丛书》主要仰赖中国科学院规划战略局与基础局“中外科技发展比较研究”项目(GZ01—07—01)的支持,也部分地得到了中国机械工程学会和北京航空航天大学人文学院的支持。作者们正在以本丛书为基础,以更开阔的视野开展中外技术发展的比较研究,审视技术在不同的文化传统中的发生、发展、转移与创新,以认知科学技术的本质,求得历史借鉴与思想启发。

中国近现代技术史研究是一项长期的学术使命。这套丛书只是从技术转移与技术创新的角度做了非常初步的尝试。因研究积累和学识所限,故本丛书中难免有疏漏与不足,敬请广大读者和学界同仁不吝赐教。

张柏春

序

三年前,我主持了尹晓冬的博士论文“十六、十七世纪传入中国的火器制造技术及弹道知识”的评审会,到会学者一致肯定这是一篇优秀论文。近日晓冬告知论文经修改后即将出版,我应约欣然提笔作序。

中国的火器技术自 808 年发明火药至 16 世纪初葡萄牙人传入佛郎机舰炮之前,都名列世界前茅。16—17 世纪,欧洲人创制了比明朝銃炮优越的火绳枪炮后,便超越中国走在世界的前列,使先前自中国西传的火器技术开始反向东传,虽有学者对此探究其缘由,但因资料稀缺而未得其果。晓冬知难而进,在前人研究的基础上继续深究。晓冬认为,文艺复兴后的欧洲,在 15 世纪进行了科学革命,自然科学理论的突破带动了矿冶和金属制造等应用技术水平的全面提升,为火器技术的不断创新和跃居世界之先创造了条件。与此相反,明廷却因 15 世纪銃炮技术的全面发展而故步不前。至明嘉靖年间,明朝东南沿海有倭寇劫掠之患,北方有后金挑战之祸,为克敌制胜之计,迫切要求得火器技术之创新。

对明廷来说,葡萄牙人的先进火绳枪炮的传来,正恰逢其时。在广东宦官将 1522 年 8 月缴获的佛郎机进呈御览时,明嘉靖皇帝即下旨命南京操江衙门将葡式舰炮一并仿造。1524 年 4 月,龙江造船厂所造装载佛郎机舰炮的蜈蚣船即扬帆南京江面。接着,明朝军工部门便以葡式舰炮为样品,掀起中国第一次仿造西方火器的高潮,中国火器技术也因此上升了一个台阶,并进入中国传统火器同西方火绳枪炮融合发展的阶段。由此,明军装备的火器得到了全面的改善,其中尤以戚家军的改善为最:无论是明嘉靖年间在抗倭作战中创编的水兵营,还是在明隆庆至万历前期于蓟镇练兵守边时创编

的合成军(由车、步、骑、辎重 4 个营种组成),以及守备自山海关至京西的东段长城沿线空心敌台的部队,他们装备的火绳枪炮已占官兵编制总数的一半。

晓冬将自佛郎机的传入至西洋火炮传入之前的 1620 年,作为西方火器传入的第一个阶段,并以《纪效新书》、《筹海图编》、《练兵实纪杂集》等明人 6 种有关火绳枪炮的著作为依据,以近现代学者的研究成果作参考,以考古实物为佐证,论证了在西方火器技术传入中国的第一阶段中,明朝火器技术所取得的主要进步:首先,在其论著中详细梳理并列明,明朝军工部门制造佛郎机和鸟铳的制作流程,使读者对明朝火器制造技术的进步之处一目了然。其次,在其论著中表明,明朝军工部门缺乏科学理论指导,对火绳枪炮还只能进行依样画葫芦仿制,并从征引的文献资料中,理出明朝在火器使用技术上的多种进步。诸如,官兵在使用火绳枪炮时要检验其完好度,检查枪炮弹直径与膛管内径的切合程度,校正射击姿势,以及按照三点一线的射击术进行射击等,反映了明朝火器研制者已经对弹道知识有了尚处于混沌、笼统、朴素和经验性的认识。

1616 年,后金首领努尔哈赤起兵攻明。明廷以徐光启等士大夫和一部分官员的捐助为主要资金,先后向澳门葡萄牙当局购买了 30 门西洋火炮(明朝称红夷炮)。1626 年 3 月,明宁前兵备道袁崇焕用 11 门西洋火炮坚守宁远,反击攻城的后金军,取得了“宁远大捷”,明朝举国欢庆,明天启皇帝下旨大量购买并命徐光启主持仿造红夷炮,以为抗击后金军进攻之用。后金首领皇太极也因宁远之败而于 1631 年下令仿制西洋火炮(后金称红衣炮),以为攻明之用。清廷入主中原后,又在对外反侵略、对内反分裂的战争中广泛使用红衣炮。于是,又掀起明末(1621—1644 年)至清康熙三十年(1690 年)制造与使用西洋火炮的第二次高潮,即晓冬所说的西方火器传入中国的第二个阶段。在这个阶段中,一方面是由明廷向澳门葡萄牙当局购买和制造红夷炮,以及清廷聘请传教士南怀仁制造红衣炮;另一方面则是意、葡、德、比等国的传教士,如利玛窦、汤若望、南怀仁,以及一些科技和炮术人员等纷纷来华,他们或被明清朝廷聘为主持和帮助造炮之人,或是传授西洋枪炮知识之人,或是将大批西方科技和炮术书籍带到中国之人,或是翻译、编辑和著述炮术书籍之人。他们对直接或间接把西方火器及其相关技术传入中国做出了重要贡献。

晓冬在叙述西方火器技术传入中国的第二个阶段的内容时,也以《兵

录》、《西法神机》、《火攻挈要》、《穷理学》、《实用炮学手册》，以及当时中外科学家和炮术家的10多种著作作为依据，以近现代中外学者的研究成果作参考，以考古实物作佐证，论述了在第二个阶段中明清火器技术的进步。首先是列出明末清初制造西洋火炮的工艺流程，使读者对当时火炮制造的进步之处一目了然。其次是详细论述了明末清初的火器制造者对西方弹道知识的学习、理解和著书传播，并且由此得出了独到的见解：在这个阶段中，中国的火器研制者与统兵将领对西方火器技术所附带的弹道知识的认知与掌握，除对定量数据的原文照录外，还以中国古代知识中的概念为基础，吸收外来的新鲜知识，使之成为华人易懂的学理。与此同时，他们还把过去建立在经验描绘基础上的弹道知识，通过艰苦地学习和揣摩后，开始转化为从科学实验中得出的弹道知识，这是中国古代火器技术向建立在科学基础上的火器技术的过渡，这无疑是一种历史性的进步。

该论著的另一个重要学术成果，是理清了西方弹道知识同中国古代弹道知识之间的源流关系。晓冬在前人已获成果的基础上，再入史海钩沉、登书山寻觅，终于发现西班牙工程师柯拉多所著《实用炮学手册》中的炮图与弹道数据，同中国明末统兵将领何汝宾所辑《兵录·西洋火攻图说》相对照，有下列五点可证明它们之间存在着源流关系：其一是，两书中的炮图和弹道数据完全相同，迄今未见西方其他书籍有类似内容；其二是，《兵录》卷十三中还有多处有关西方的火器知识也辑自该书；其三是，两书阐述的重点都不在于弹道知识而在于弹道知识的应用；其四是，将两书中各自列出的战銃、攻銃、守銃等共6张炮图，做两两对应的比照，结果完全相同；其五是，最后推断《实用炮学手册》被译成中文本（可能是《西洋火攻图说》）后，又分别被辑录于《兵录·西洋火攻图说》和《西法神机》中。以上论据在证明两书之间的源流关系上具有唯一性。

晓冬的钩沉与寻觅终于获得成功。我祝贺年轻学者所取得的成就。

王兆春

2010年国庆于北京寓所

目 录

引 言 / 1

第一章 中国与西方火器技术发展回顾 / 15

第一节 16 世纪以前的中国火器技术 / 15

第二节 16 世纪以前的欧洲火器技术 / 23

第二章 16—17 世纪西方火器技术的传入 / 34

第一节 从采用到仿制(一):佛郎机(1506—1620) / 35

第二节 从采用到仿制(二):鸟铳(1506—1620) / 55

第三节 购买、仿制与编译火器论著:西洋火炮(1620—1690) / 66

第三章 佛郎机与鸟铳的制造技术(1506—1620) / 100

第一节 熟铁冶炼技术 / 101

第二节 铳管的制作 / 104

第三节 钻膛与修整 / 112

第四节 部件的装配 / 117

第四章 西洋火炮的制造技术(1620—1690) / 121

第一节 西洋火炮的制造工艺 / 121

第二节 火药及炮弹的制造工艺 / 158

第三节 火炮使用技术 / 169

第五章 传华火器技术的弹道知识 / 181

第一节 弹道知识 / 181

第二节	1560—1690 年中文著作对弹道知识的描述	/ 201
第六章	火器技术的西方知识来源——以《兵录》卷十三为例	/ 213
第一节	中国兵书中的西方知识来源	/ 213
第二节	《兵录》与《实用炮学手册》的比较——炮图	/ 215
第三节	《兵录》与《实用炮学手册》的比较——铳规及射程	/ 224
结 语		/ 228
参考文献		/ 238
后 记		/ 247
图目录		/ 250
表目录		/ 257

Contents

Forword / 1

Chapter 1 Review for the development of Chinese and western firearms / 15

- 1 Chinese firearms before the 16th century / 15
- 2 European firearms before the 16th century / 23

Chapter 2 Introduction of western technology of firearms in 16—17 century / 34

- 1 From adoption to copy:Breech-loading cannon
(1506—1620) / 35
- 2 From adoption to copy:Musket(1506—1620) / 55
- 3 Purchase, copy and translate and edit works:western cannons
(1620—1690) / 66

Chapter 3 Manufacturing technology of breech-loading cannon and musket(1506—1620) / 100

- 1 Smelting technology of wrought iron / 101
- 2 Make the barrel / 104
- 3 Drill the barrel and reconditioning / 112
- 4 Installation of components / 117

Chapter 4 Manufacturing technology of muzzle-loading cannons (1620—1690) / 121

- 1 Manufacture process of muzzle-loading cannons / 121
- 2 Manufacture process of gunpowder and cannonball / 158
- 3 Use technology of muzzle-loading cannons / 169

Chapter 5 Ballistic knowledge of introduced firearms / 181

- 1 Ballistic knowledge / 181
- 2 Description for ballistic knowledge in Chinese Military books from 1560 to 1690 / 201

Chapter 6 Western sources of firearm technology—As an example of the 13th volume of Bing Lu / 213

- 1 Western source of firearm technology in Chinese Military books / 213
- 2 Comparison between Bing Lu and *Practica manuale dell'arteglieria*—Illustration of cannons / 215
- 3 Comparison between Bing Lu and *Practica manuale dell'arteglieria*—Gunner's quadrant and range / 224

Conclusions / 228

References / 238

Postscript / 247

List of illustrations / 250

List of tables / 257

引言

一、问题的提出

明清时期，利玛窦（Matteo Ricci，1552—1610）等西方传教士（图 0-1）陆续来华，他们采取了适应中国社会的传教政策，在学习汉语、了解中国社会和习俗的同时，通过介绍西方科学技术知识从而达到传教的目的，客观上促进了中国与西方间的文化交流，使西方的天文学、数学、地理学、物理学等科学知识传入中国；由于战争的需要，西方火器成为最早受到明廷重视的外国技术之一。西方火器的应用及制造技术的传入，提升了中国火器的技术水平和战术水平，提高了明清两朝军队的战斗力，甚至对王朝的更替产生了直接的影响。

明朝晚期，徐光启（1562—1633）（图 0-2）派孙元化（1581—1632）（图 0-3）等人到澳门购炮，积极引进西洋火炮并训练炮兵。1636 年，明朝设立铸炮厂，由传教士汤若望（Johann Adam Schall von Bell，1591—1666）、罗雅谷（Giacomo Rho，1593—1638）监造。清朝统治者对造炮也十分重视，任用传教士南怀仁（Ferdinand Verbiest，1623—1688）制造新炮。清康熙年间，由南怀仁指导制造的火炮多达上百门。同时，传教士也撰写图书介绍火炮技术、火药成分、炮台建筑等知识。那么，西方传进的火器技术有哪些？火器技术是如何转移的？其西方源流来自哪里？有怎样的工艺和学理？西方火器技术与中国传统火器技术是如何互动与会通的？^[1]从技术史的角度，梳理史料并回答这些问题，有助于勾画中西知识和技术传播的图景，对加深 16—17 世纪中国科学技术演进及其与西方科学

技术知识互动的认识可以起到窥一斑见全豹的作用。

另外，火器技术包含了理论与实践两个方面。明清时期的弹道知识是随着火炮技术的发展而逐渐发展起来的，研究明清时期的弹道知识，必然要了解当时火炮的结构与使用等。正是明朝中期开始的仿制西方火器的活动，才促进了中国火器制造技术和弹道知识的发展，到明朝晚期和清朝初期出现了一些关于火炮使用及弹道知识的著作。除此之外，17 世纪传入的数学知识多与火炮制造和历法修订有关。可以说，16—17 世纪是中国火器技术和弹道知识发展的重要时期。而同时代的西方，弹道学在伽利略（Galileo Galilei, 1564—1642）等人的推动下，正向着理论化方向快速发展。中西方弹道学的发展反映出西方科学技术知识与中国传统知识的差异，这对理解科学技术知识传播和转变的内在逻辑，亦具有重要意义。



图 0-1 传教士画像（从左到右为利玛窦、汤若望、南怀仁）



图 0-2 徐光启画像



图 0-3 孙元化画像

二、文献概况

在西方火器技术传入与转移的过程中，利玛窦、汤若望和南怀仁等外来火器专家与中国火器研制者、统兵将领是明清时期西方火器技术传华的主角。他们在这一时期所撰写的论著成为研究明末清初西方火器技术东渐的第一手资料，其中包括《利玛窦中国札记》、《徐光启集》、《西法神机》、《火攻挈要》、《兵录》、《穷理学》等。

《西法神机》是一部介绍西方 16 世纪有关火炮制造和使用方法的重要专著^[2]，全书大约 2 万余字，分上、下 2 卷。上卷共有 7 节，下卷有 6 节。根据黄一农考证，《西法神机》成书于明天启二年（1622 年）六月至天启三年（1623 年）十二月间^[3]。目前所见到的较为完整的传世版本有清光绪二十八年（1902 年）刻本（图 0-4），现藏于北京中国科学院自然科学史研究所图书馆^①。《西法神机》的作者孙元化，字初阳，号火东，嘉定（今上海）人，因其恩师徐光启皈依西教、接受西学，遂入教取名为依纳爵。清归莊所辑《江东志》中称他“少异敏而好深沉之思，上海徐文定公善西学，公师事之，尽得其术，而制兵器尤精”^[4]。明天启二年九月，孙元化以兵部司务身份，在山海关协助辽东经略孙承宗修筑城防。明天启三年，他随宁前兵备道袁崇焕（1584—1630）镇守宁远，后返京。至明崇祯初年（1628 年）起，任兵部员外郎，不久迁郎中。明崇祯三年（1630 年）经徐光启荐举，调任登莱巡抚。明崇祯五年（1632 年），其部将孔有德、耿仲明叛明降清，攻陷登莱。明崇祯五年七月，孙元化被明廷处死^[5]。可惜这位明朝第一支炮兵部队的创建者、执行徐光启军事思想的重要实践者、兵学才子如此冤死，年仅 51 岁。孙元化著有《经武全编》、《西法神机》等兵书，而且精通数学，曾协助徐光启编写《勾股义》，他本人也有数学著作《几何体论》、《几何用法》、《泰西算要》等^[6]。吴桥兵变之后，孙元化的后人因痛其遭遇，将其有关军事著作全都焚弃，幸亏孙元化的中表王式九保存有《西法神机》一副本。清光绪时此副本辗转递传到葛味荃手中，他才将这一抄本付梓，即直至清光绪二十八年此书才以副本刊印出来，故其

^① 本书中使用的《西法神机》是清光绪二十八年刻本。

对后世的影响远不及晚其 20 年刻印的《火攻挈要》。

《火攻挈要》是明朝末期耶稣会传教士汤若望授、焦勛述的一部重要的火器著作。此书论述了战、攻、守各铕的制造和尺寸比例，铕台、铕车及炮弹、火药的制造等，是明朝末期西方火器知识传入的重要著作之一，价值与《西法神机》相当，两书堪称姊妹篇。此书 1643 年成书，4 万余字，分上、下 2 卷，另附“火攻秘要”1 卷。清道光年间（1821—1850），军事技术家潘仕成在编辑《海山仙馆丛书》时，将两书合一出版，称《火攻挈要》（图 0-5），又题为《则克录》，分上、中、下 3 卷，附图 40 幅。王云五编纂《丛书集成》时，把此书收入，于 1936 年由上海商务印书馆出版^①。

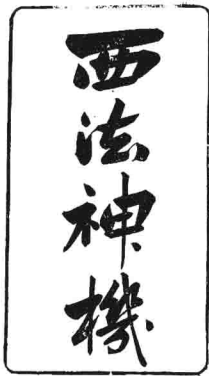


图 0-4 《西法神机》书影

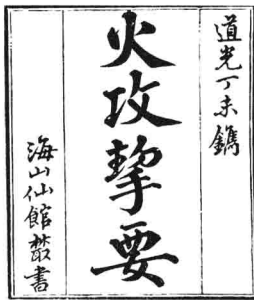


图 0-5 《火攻挈要》书影

《兵录》是一部辑录体综合性兵书，共 14 卷，约 25 万字，附图 484 幅。其资料来源，一半辑自《武经总要》，一半采自明朝新材料。全书辑录的资料比较丰富，尤其是明朝以来西方传入的火器资料，有一定参考价值^{[7]370}。作者何汝宾，字寅之，一作仲升，吴郡（今苏州）人，出身将门，受家庭影响，少年习武，于兵书无所不窥，积累了较丰富的军事资料。何汝宾在自序中道，“家居无聊，批阅古今兵法，意简练揣摩”，“总括群书，钩其玄要，而间附以己意，采辑成秩，题曰：《兵录》”^{[8]序}。《兵录》最早成书于明万历年间（1573—1619），有明万历丙午（1606）刊本，明崇祯年间（1628—1644）刻本等。传世者多抄本^[9]，现在所能见到的较早刊本是明崇祯年间的两种刻本，一本有刘凤、魏浣初、俞琬纶、陈子壮、陈元

^① 本书所使用的《火攻挈要》是清道光《海山仙馆丛书》本。