

全国高技术重点图书·激光技术领域

核军备控制的科学技术基础

杜祥琬 编著

国防工业出版社

E928
1001

E928
1001-1

核军备控制的科学技术基础

杜祥琬　编著

南京航空航天大学
藏书
图书馆

一九九七年三月十七日
30758931

国防工业出版社
·北京·

758931

图书在版编目(CIP)数据

核军备控制的科学技术基础/杜祥琬编著. —北京:国防工业出版社,1996.6
ISBN 7-118-01565-2

Ⅰ.核… Ⅱ.杜… Ⅲ.核武器-控制,军备-军事技术
Ⅳ.E928

中国版本图书馆 CIP 数据核字(95)第 22020 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)
北京怀柔新华印刷厂印刷
新华书店经售
*
开本 850×1168 1/32 印张 12¾ 331 千字
1996 年 6 月第 1 版 1996 年 6 月北京第 1 次印刷
印数:1—1000 册 定价:18.80 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

《全国高技术重点图书》
出版指导委员会

主　任：　朱丽兰

副主任：　刘　杲　卢鸣谷

委　员：　（以姓氏笔划为序）

王大中　王为珍　王守武　牛田佳

卢鸣谷　叶培大　刘　仁　刘　杲

朱丽兰　孙宝寅　师昌绪　任新民

杨牧之　杨嘉墀　陈芳允　陈能宽

张兆祺　张钰珍　张效祥　罗见龙

周炳琨　欧阳莲　赵忠贤　顾孝诚

谈德颜　龚　刚　梁祥丰

总干事：　罗见龙　梁祥丰

《全国高技术重点图书·激光技术领域》
编审委员会

主　任：　陈能宽

委　员：　杜祥琬　余大光　于　敏　陈佳洱

刘　仁　王乃彦　史国成

深入研究与核军备控制有关
的科学技术问题，为国家安
全和世界和平服务。

祝贺《核军备控制的科学技术基础》
专著出版

李政道
一九九三年十月

序

核武器是一种具有巨大破坏力的大规模毁灭性武器。它的出现是20世纪40年代核科学发展的结果。自美国爆炸第一颗原子弹起，就开始了对核武器作用及其前途的辩论。参加制造原子弹的科学家也是这场辩论的先驱。如著名科学家尼尔斯·波尔提出了原子弹的“互补性”作用，即它既是一种威胁又是机会，并提出了防止核军备竞赛的建议。但当时美国的政治家、将军们热心于搞核垄断和核讹诈，无心考虑科学家的意见。这就导致了后来的美、苏之间激烈的核军备竞赛，使人类面临核大战的严重危险。在60年代后期，由于美、苏核力量的相对平衡，它又起到相互制约、遏制大战的作用。美、苏在军备竞赛的同时也把军控谈判作为政治斗争的工具，但其目的并不是真正限制和裁减它们的核力量。大家看到，只要核武器存在，核战争的危险也就存在，因此核裁军一直是世界人民关心的大事。

中国政府在她爆炸第一颗原子弹时就郑重声明，中国发展核武器是为了防御、为了打破核大国的核垄断和核讹诈、防止核战争及最终消灭核武器。中国最早单方面承担不首先使用核武器、不对无核国家使用核武器的义务。因此，中国一直是主张全面禁止并最终彻底销毁核武器的坚定的和平力量。

冷战结束后，核军备控制与核裁军的形势有了很大的变化。美、苏（后为独联体）拥有的庞大核武库成为沉重的包袱，它们开始进行裁减核武器。联合国有关核军控的谈判也空前活跃起来。如1994年开始的《全面禁核试条约》谈判，1995年的防止核武器扩散条约的审议会，以及目前正在日内瓦进行的禁止裂变材料生产条约谈判等。这些谈判中涉及大量科学技术问题，如条约的核

查技术就是谈判成败的重要因素。这就引起了各界人士对军控科技问题的兴趣。各国的科学家也写了大量的文章，介绍有关的科技知识，提出多种建议。可惜这些资料往往不够系统、全面，大多数又没有中文译本，使对此有兴趣的人难于找到合适的基本读物。在这种形势下，杜祥琬研究员编著的《核军备控制的科学技术基础》一书问世无疑是有现实意义的。

该书在收集了大量最新研究成果的基础上，系统地阐述了有关核武器技术、军控核查技术、弹道导弹防御与空间武器的基础知识及其对国际军控斗争的影响。此外，还讨论了与核军控有关的系统分析方法。由于作者近年来积极参加了军备控制问题的研究，使该书有丰富的内容和很强的针对性，融科学性与可读性于一体，对于从事军备控制谈判与研究的人员、有关专业的教师和研究生以及广大关心国际形势的人都有重要的参考价值。可以预料，该书的出版将对我国军备控制的研究起到很好的促进作用。

宋家树

1995 年 9 月 10 日

前　言

20世纪下半叶，美国与前苏联持续进行的核军备竞赛，使人类面临着核军备控制的艰巨任务。

国际核军备控制的发展，不断提出一些需要研究解决的问题，其中有许多是科学技术方面的问题，特别是与物理学有关的问题。在这一背景下，核军备控制科技问题的研究日趋活跃。从1985年起，我国自然科学工作者开始参与军备控制研究。在朱光亚等著名科学家的倡导与支持下，若干研究组就核军备控制的科学技术问题开始了逐步深化的研究，开展了国内外学术交流，包括社会科学工作者与自然科学工作者共同参与的研究与交流。为此，北京应用物理与计算数学研究所建立了“科学与国家安全研究计划”(PSNSS)，中国工程物理研究院建立了“核查技术研究计划”(PVTS)，该院的北京研究生部于1990年首先在核物理学科开辟了“核军备控制物理学”的研究方向，招收了我国首批核军控物理学的博士和硕士研究生。

本书是在作者所开的学位课“核军备控制的科学技术问题”讲义的基础上，经修改补充写成的。进入20世纪90年代以来，核军控形势的迅速发展，使有关科学技术问题的研究显得更为重要和紧迫。怀着这样的心情，将该书献给读者，希望对这一领域的研究和教学有一定的补益。

本书旨在提供与核军控有关的科学技术基础知识，并反映核军控主要科学技术问题的研究成果。全书共分五章：在第一章概论中给出核军控发展的简史和科学技术问题的概述；第二章是关于核武器的基础知识，包括它的物理原理、爆炸效应与历史作用等；第三章的各节分述核军控的各项核查技术，是本书的一个重

查技术就是谈判成败的重要因素。这就引起了各界人士对军控科技问题的兴趣。各国的科学家也写了大量的文章，介绍有关的科技知识，提出多种建议。可惜这些资料往往不够系统、全面，大多数又没有中文译本，使对此有兴趣的人难于找到合适的基本读物。在这种形势下，杜祥琬研究员编著的《核军备控制的科学技术基础》一书问世无疑是有现实意义的。

该书在收集了大量最新研究成果的基础上，系统地阐述了有关核武器技术、军控核查技术、弹道导弹防御与空间武器的基础知识及其对国际军控斗争的影响。此外，还讨论了与核军控有关的系统分析方法。由于作者近年来积极参加了军备控制问题的研究，使该书有丰富的内容和很强的针对性，融科学性与可读性于一体，对于从事军备控制谈判与研究的人员、有关专业的教师和研究生以及广大关心国际形势的人都有重要的参考价值。可以预料，该书的出版将对我国军备控制的研究起到很好的促进作用。

宋家树

1995 年 9 月 10 日

点；第四章阐述与核军控密切相关的弹道导弹防御问题和空间武器问题，重点从技术上分析战区导弹防御对国际安全的影响；第五章给出研究核军控对策的系统分析方法，包括它的基本概念和一些实例。各章附有参考文献，书后还提供了几个资料性的附录以及有助于消化本书内容的思考题和习题。

从事军控物理学研究的我国首批博士李彬、硕士孙向丽，博士生张会撰写了本书部分章节的初稿。从参考文献可见，本书吸收了国内外学者的一些最新研究成果，包括我国学者自己提出的有关核查方法及国际关系稳定性模型等的见解。他们的工作使作者受益匪浅。

朱光亚院士在百忙中为本书题词。宋家树院士为本书作序。毛剑琴教授给予许多支持和帮助。邹云华同志为本书提供了有关的军备控制条约的中译文本，在此一并表示感谢。

核军备控制涉及到的科学技术领域相当广泛，由于作者水平有限，时间仓促，错误和不妥之处在所难免，诚恳欢迎读者和同行专家们批评指正。

作　者

1995 年 8 月于北京

目　录

第一章　绪论 …… 1
第一节　兵器发展简史 …… 1
第二节　军备控制发展简史 …… 15
第三节　核军备控制的目标和途径 …… 28
第四节　核军备控制的科学技术问题概述 …… 30
参考文献 …… 34
第二章　核武器 …… 35
第一节　核裂变与核聚变 …… 36
第二节　原子弹 …… 41
第三节　聚变增强的原子弹 …… 49
第四节　氢弹 …… 51
第五节　中子弹 …… 56
第六节　第三代核武器 …… 59
第七节　核试验 …… 62
第八节　低威力核试验的作用 …… 67
第九节　核爆炸效应 …… 72
第十节　核战争效应 …… 80
第十一节　核武器的实验室研究 …… 90
第十二节　核武器的作用与未来 …… 93
参考文献 …… 100
第三章　核军备控制的核查技术 …… 102
第一节　核军备控制核查的基本概念 …… 102
第二节　核武器裁减的核查 …… 114
第三节　核弹头的处理方法 …… 145
第四节　对禁止核试验的核查 …… 158
第五节　核不扩散的核查Ⅰ——对浓缩铀的控制 …… 177
第六节　核不扩散的核查Ⅱ——对钚的控制 …… 193

参考文献 …… 216
第四章 弹道导弹防御与空间武器问题 …… 218
第一节 弹道导弹 …… 218
第二节 弹道导弹防御的变迁 …… 226
第三节 反导防御武器的类型 …… 238
第四节 战区导弹防御系统的战略防御能力 …… 255
第五节 战区导弹防御对国际安全的影响 …… 264
第六节 反导系统对少核国家核力量有效性的影响 …… 268
第七节 空间武器的概念 …… 272
第八节 反卫星武器 …… 276
第九节 对付空间武器的反措施 …… 283
第十节 空间军备控制问题 …… 285
参考文献 …… 293
第五章 核军备控制的系统分析方法 …… 295
第一节 两种稳定性的概念与模型 …… 295
第二节 模型研究举例
——战略导弹防御对军备竞赛的影响 …… 299
第三节 不对称核国家之间的危机稳定性 …… 310
第四节 军备控制的决策分析 …… 320
参考文献 …… 328
思考题与习题 …… 328
附 录 …… 334
附录 A START-Ⅱ之后国外战略核武器状况 …… 334
附录 B 铀浓缩技术的基本原理 …… 354
附录 C 军用钚生产简介 …… 363
附录 D 禁止在大气层、外层空间和水下进行核武器试验条约 … 368
附录 E 不扩散核武器条约 …… 370
附录 F 美苏关于限制反弹道导弹系统条约 …… 375
附录 G 俄罗斯联邦和美利坚合众国关于进一步削减和限制
进攻性战略武器条约 …… 380
附录 H 关于各国探测及使用外层空间包括月球与其他天体
活动所应遵守原则的条约 …… 388

第一章 绪 论

第一节 兵器发展简史

军备(arms)一词包含着兵器和部队两层意思，即武器的种类、数量与性能，以及武装部队的兵种、人数与装备。二者密切相关，共同构成军事实力的主要部分。

兵器也称武器，是用于杀伤敌人的器械和工具。兵器的发展和革命，影响着武装部队的变革。军备发展的历史基本上是一部兵器发展史。为了研究军备的发展与控制，首先回顾一下兵器发展简史是有益的。

从社会发展的历史来看，兵器是随着工具的制造和科学技术的进步而逐渐发展的。兵器的发展主要经历了冷兵器、热兵器、核武器和其他高新技术武器等阶段。

一、冷兵器

所谓冷兵器，是木头、石块、青铜器、钢铁和弓箭等不使用火药的武器的统称。

在史前阶段，人们在暴力冲突中，最早将带有锋刃的生产工具用于人类的相互残杀，这种杀人工具与生产工具不分的状况，在史前阶段曾经历了一个很长时期。随着生产与战争的发展，生产工具与作战兵器逐渐分化，于是出现了专用于作战的兵器。冷兵器的发展大体经历了石兵器、青铜兵器和铁兵器等阶段。

(一) 石兵器

新石器时代晚期，人们已经熟练地掌握了磨制石器的技能，能制成较锋利的石质工具，同时也提高了用石质工具加工木器、骨

器的技术，为制造兵器准备了工艺方面的条件。当时由生产工具转化为兵器的主要有：用于远射的木质或竹制的单体弓和装有石质或骨、角、蚌质箭镞的箭；用于扎刺的石矛或骨矛；用于劈砍的石斧、石钺；用于砸击的大木棒和石锤；用于勾砍的石戈；以及石质或骨质、角质的匕首，等等。与此同时，为抗御敌方进攻性兵器的杀伤，人们使用了原始的防护装具，主要有竹、木和皮革制造的盾，以及用藤或皮革制造的原始甲胄。

（二）铜兵器

大约在夏朝，中国进入青铜时代。商代有了专门炼铜的坩埚，能较大量生产铜兵器，开始了以金属兵器为主的时代。商周时期，青铜冶铸业的不断发展为青铜兵器的发展奠定了基础。这时用青铜打造了各种兵器，如青铜进攻性兵器：包括远射、格斗和卫体三类。远射兵器主要是弓箭，箭上装青铜镞；格斗兵器主要是青铜戈、矛和戟，也有用于劈砍的钺和大刀；卫体兵器主要是青铜的短刀，以及短剑等。同时防护装具主要是青铜胄，皮甲和盾。

（三）铁兵器

约在东周晚期，中国进入铁器时代。由此出现了钢铁兵器。早在商朝，人们就利用天然陨铁制作兵器的刃部。春秋时期，出现了钢铁制造的兵器。由于钢铁兵器远比青铜兵器锋利且有良好的韧性，加之骑兵和步兵新的战术需要，使兵器类型有了新的变化。在进攻性兵器中，主要格斗兵器戈、戟均由钢铁制造的所取代，出现了钢铁剑，并使用了环首的长铁刀。在防护装具方面，使用了铁甲片编缀成的铠甲和兜鍪，以及铁盾。

由于钢铁兵器既坚硬又锋利，极大地提高了战斗力，是兵器史上一次重大变革，它给古代的兵器和战争带来了巨大影响。

总之，直到公元10世纪，尽管兵器的种类、形制和材料等方面有过多次变化和改进，但一直没有取得根本性的突破，冷兵器一直是这个漫长时期的主要作战工具。随着中国火药的发明，促使了兵器由冷兵器向热兵器的发展。

二、热兵器

所谓热兵器，是使用火药爆炸性武器的统称。

（一）早期发展

火药的发明，并将其应用于战争，是兵器发展史上一次重大革命。我国是世界上发明火药最早的国家，也是在军事上使用火器最早的国家。北宋时期，利用火药创制的火毬、火箭等燃烧性火器用于战争，开始了战争史上火器与冷兵器并用的时期。南宋初，出现了世界上最早的管形火器——长竹杆火枪。之后，人们又制成了能发射子窠的突火枪，它以巨竹为枪筒，内安子窠（弹丸），用火药发射，在发射原理上是欧洲近代枪炮的先导。元朝又进一步把竹火枪改进为金属火铳，这是金属管形射击火器的第一代，已成为用火药发射石弹、或铅弹、铁弹在较远距离杀伤敌人的武器。火铳的发明为近代枪炮的诞生奠定了基础。

13 世纪末，火药与火器的制造技术，经由阿拉伯西传至欧洲。从 15 世纪末叶开始，欧洲的火器制造技术逐渐走在前面。之后，随着科学技术的发展和战争的需要，逐渐发展成近代乃至现代的枪械、火炮等热兵器。

（二）各种常规兵器的发展

1. 枪械

早期的火枪命中率低、射程短、射速慢而且笨重。自 14 世纪以后，各国对枪作了多次改进，火枪由火门枪经火绳枪到燧石枪，在结构和性能上均有进步。19 世纪初进一步发明了击发枪。19 世纪 30～40 年代，德国研制成功了德莱赛步枪，并装备了军队，这是最早的机柄式步枪。19 世纪 70 年代，德国装备了毛瑟步枪，这是首先成功地采用金属弹壳枪弹的机柄式步枪。与此同时，手枪到 19 世纪也取得了重大发展。19 世纪初出现了击发手枪，之后发明了转轮手枪并进一步改进。到 19 世纪末，自动手枪问世。此后，自动手枪发展迅速。

机枪的发明显示了枪械自动化的发展。早在 1862 年，美国人 R. 加特林发明了手摇式机枪，这种枪曾在美国内战中起到了很大

作用。机枪发展史上常把英籍美国人 H. 马克沁发明的机枪，作为第一种成功地以火药燃气为能源的自动武器。这种枪采用的枪管短后坐自动原理，于 1883 年试验成功，1884 年应用这种原理的机枪取得专利。之后，人们进一步发展和改进了重机枪和轻机枪，并在第一次世界大战（一战）中得到应用。第二次世界大战（二战）前后，又陆续出现了各种冲锋枪。一战中，由于军用飞机、坦克的出现，接着就出现了航空机枪和坦克机枪等。

随着科学技术的发展，许多国家都在寻求研制新型枪械的途径，主要是探索新的工作原理和新型结构的枪弹，并力图应用轻金属材料和非金属材料，减少弹枪系统的尺寸和重量，提高火力密度、增强杀伤威力等。

同时，其他步兵武器在两次大战前后也陆续出现。一战中，广泛使用了手榴弹；二战中出现了反坦克火箭筒；两次大战中使用了各种喷火器；等等。

2. 火炮

中国的火药和火器西传以后，火炮在欧洲开始发展。到 17 世纪末，欧洲大多数国家使用了榴弹炮。19 世纪初欧洲许多国家发展了线膛炮，19 世纪末期出现了反后坐装置，使火炮结构趋于完善。到一战期间，各种专用火炮开始应用，如平射炮、高射炮、机关炮、坦克炮等。之后火炮性能进一步改善。二战中，由于飞机提高了飞行高度，便出现了大口径高射炮及火控系统。由于坦克和其他装甲目标构成了军队主要威胁，就出现了无后坐炮和威力更大的反坦克炮。自 20 世纪 60 年代末以来，由于科技的发展和生产工艺的改进，火炮在射程、射速、威力和机动性各方面都有明显提高，并且发展的种类较多，如加农炮、榴弹炮、加农榴弹炮和迫击炮这些地面压制火炮，以及高射炮、反坦克火炮、坦克炮、航空机关炮、舰炮和海岸炮等。为了提高炮兵火力的适应性，火炮除了配有普通榴弹、破甲弹、照明弹和烟幕弹外，还配有各种远程榴弹、反坦克布雷弹、反坦克子母弹、末段制导炮弹以及化学炮弹、核弹等。

3. 坦克

坦克的诞生是近代战争的要求和技术发展的结果。一战期间，交战双方为突破防御阵地，打破阵地战的僵局，迫切需要研制一种使火力、机动、防护三者有机结合的新式武器。1916年，英国率先生产出Ⅰ型坦克。1916年9月15日，32辆Ⅰ型坦克首次参加了索姆河会战。坦克的问世，开始了陆军机械化时期，对军队作战行动产生了深远影响。二战期间，大量坦克参与了战斗。战后至50年代，苏、美、英、法等国又进一步研制了新一代坦克，为了提高战斗技术性能，有的坦克开始采用火炮双向稳定器、红外夜视仪、三防装置和潜度设备。60年代，中型坦克的火力和装甲防护已达到或超过以往重型坦克的水平，同时克服了重型坦克机动性差的弱点，从而形成了一种具有现代特征的单一战斗坦克，即主战坦克，主要有M60A1、苏T-62等。70年代以来，随着现代科学技术的发展，使坦克的总体性能不断提高，更加适应现代战争的要求。

4. 军用飞机、舰艇

1903年，美国莱特兄弟首次驾驶自己设计、制造的动力飞机飞行成功。1909年，美国陆军装备了第一架军用飞机。20年代，军用飞机迅速得到发展。一战期间，出现了专门为执行某种任务而研制的军用飞机，例如主要用于空战的歼击机、专门用于突击地面目标的轰炸机等。30年代后期，具有实用价值的直升机问世，二战中，俯冲轰炸机和鱼雷轰炸机等得到广泛使用，还出现了可长时间在高空飞行的远程轰炸机，如美国B-29轰炸机，执行电子侦察或电子干扰任务的电子对抗飞机和装有预警雷达的预警机也开始使用。二战后期，喷气式飞机得到迅速发展。70年代以来，直接用于作战的飞机大多向多用途方向发展。目前，飞机的快速反应、远程机动和猛烈突击能力的特点更加突出，飞机载弹量和轰炸破坏力也数倍增长，并且具备了电子对抗、空中预警、精确突击，以及对大规模空中作战实施临空指挥控制等多种新的能力，各种隐形飞机也得到迅速发展。如在海湾战争中，多国部队在空袭