

08

第二辑

数学科学文化理念传播丛书

丛书主编 丁石孙



数学与军事

MATHEMATICS AND MILITARY

著 汪 浩



大连理工大学出版社
DALIAN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY PRESS



01-0/48
:2(8)
2008

数学科学文化理念传播丛书

丛书主编 丁石孙

08
第二辑

数学与军事

MATHEMATICS AND MILITARY

著 汪 浩



大连理工大学出版社
DALIAN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY PRESS

图书在版编目(CIP)数据

数学与军事/汪浩著. —大连:大连理工大学出版社,
2008.7

(数学科学文化理念传播丛书)

ISBN 978-7-5611-4306-3

I. 数… II. 汪… III. 军事数学—研究 IV. E911

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 104358 号

大连理工大学出版社出版

地址:大连市软件园路 80 号 邮政编码:116023

发行:0411-84708842 邮购:0411-84703636 传真:0411-84701466

E-mail: dulp@ dulp. cn URL: <http://www. dulp. cn>

大连图腾彩色印刷有限公司印刷 大连理工大学出版社发行

幅面尺寸:147mm×210mm 印张:7.25 字数:142 千字
2008 年 7 月第 1 版 2008 年 7 月第 1 次印刷

责任编辑:刘新彦 梁 锋 责任校对:知 轩
封面设计:宋 蕾

ISBN 978-7-5611-4306-3

定价:24.00 元



写在前面*

—

20 世纪 80 年代钱学森同志曾在一封信中提出了一个观点,他认为数学应该与自然科学和社会科学并列,他建议称之为数学科学。当然,这里问题并不在于是用“数学”还是用“数学科学”,他认为在人类整个知识系统中,数学不应该被看成是自然科学的一个分支,而应提高到与自然科学和社会科学同等重要的地位。

我基本上同意钱学森同志的这个意见。数学不仅在自然科学的各个分支中 useful,同时在社会科学的很多分支中也有用。随着科学的飞速发展,不仅数学的应用范围日益广泛,同时数学在有些学科中的作用也愈来愈深刻。事实上,数学的重要性不只在于它与科学的各个分支有着广泛而密切的联系,而且数学自身的发展水平也在影响着人们

* “一”为丁石孙先生于 1989 年 4 月为《数学·我们·数学》丛书出版所写,此处略有改动;“二”为丁先生为本丛书此次出版而写。



的思维方式,影响着人文科学的进步。总之,数学作为一门科学有其特殊的重要性。为了使更多人能认识到这一点,我们决定编辑出版《数学·我们·数学》这套小丛书。与数学有联系的学科非常多,有些是传统的,即那些长期以来被人们公认与数学分不开的学科,如力学、物理学以及天文学等。化学虽然在历史上用数学不多,不过它离不开数学是大家都看到的。对这些学科,我们的丛书不打算多讲,我们选择的题目较多的是那些与数学的关系虽然密切,但又不大被大家注意的学科,或者是那些直到近些年才与数学发生较为密切关系的学科。我们这套丛书并不想写成学术性的专著,而是力图让更大范围的读者能够读懂,并且能够从中得到新的启发。换句话说,我们希望每本书的论述是通俗的,但思想又是深刻的。这是我们的目的。

我们清楚地知道,我们追求的目标不容易达到。应该承认,我们很难做到每一本书都写得很好,更难保证书中的每个论点都是正确的。不过,我们在努力。我们恳切希望广大读者在读过我们的书后能给我们提出批评意见,甚至就某些问题展开辩论。我们相信,通过讨论与辩论,问题会变得愈来愈清楚,认识也会愈来愈明确。

二

大连理工大学出版社的同志看了《数学·我们·数学》这套丛书,认为本套丛书的立意与该社目前正在策划的《数



学科学文化理念传播丛书》的主旨非常吻合,因此出版社在征得每位作者的同意之后,表示打算重新出版这套书。作者经过慎重考虑,决定除去原版中个别的部分在出版前要做文字上的修饰,并对诸如文中提到的相关人物的生卒年月等信息作必要的更新之外,其他基本保持不动。

在我们正准备重新出版的时候,我们悲痛地发现我们的合作者之一史树中同志因病于上月离开了我们。为了纪念史树中同志,我们建议在丛书中仍然保留他所做的工作。

最后,请允许我代表丛书的全体作者向大连理工大学出版社表示由衷的感谢!

丁石山

2008年6月



数学科学文化理念传播丛书·第二辑

编写委员会

丛书主编 丁石孙

委员(按姓氏笔画排序)

王 前	史树中	刘新彦
齐民友	张祖贵	张景中
张楚廷	汪 浩	孟实华
胡作玄	徐利治	



目 录

一 数学,战争,数学	1
1.1 古代战争与近代战争	1
1.2 第二次世界大战的启示	4
1.3 现代战争涉及的数学问题	7
1.4 高技术与现代武器	13
1.5 为了反对战争,必须研究战争	19
二 怎样用数学方法描述战争	21
2.1 每个司令官都希望预测战争的胜负	21
2.2 兰彻斯特的战斗模型	23
2.3 战斗模型的分析	29
2.4 一些战争的实例	39
2.5 随机战斗模型	47
2.6 关于损耗率的研究	53
2.7 战斗力指数	64
2.8 总 结	66
三 和武器装备有关的数学	68
3.1 武器装备的进步	68
3.2 射击效率	71



3.3	一次假想的核战争	81
3.4	与导弹有关的数学	92
3.5	星球大战	94
3.6	结 论	98
四	军事运筹学的崛起	99
4.1	孙子兵法及其他	99
4.2	军事运筹学的兴起	102
4.3	搜索问题	104
4.4	部队的开进与军用物资的运送	119
4.5	对策论与战斗策略的制订	132
4.6	用计算机模拟军事活动	171
4.7	坚强的后勤支持	175
五	司令部工作与数学	178
5.1	明君贤将,所以动而胜人, 成功出于众者,先知也	178
5.2	信息论以及其他有关数学问题	184
5.3	指挥需要决策	188
5.4	两军相逢勇者胜	196
5.5	军队的日常管理与指挥	199
六	经济和国防	206
6.1	兵者,国之大事	206
6.2	无止境的军备竞赛	211
6.3	采购计划与方式	215
6.4	国富,才能兵强	219



一 数学,战争,数学



1.1 古代战争与近代战争

翻开人类的历史,里面记录了大大小小各种战争。假如如写一本从古到今的战争史,我们可以追溯到远古时代。随着人类文明的进步,武器在不断地进步和发展,相应的,战争的样式、规模、参战人数……也不断地发生了惊人的变化。

今天,我们已经不可能目睹古代战场上的厮杀场面,假如有,也只能从电影或电视画面中去了解。然而,其中有大量的情景是编剧、导演、演员们创造的,它们与战争的实际情况往往相差甚远。但有一点可以肯定,在第二次世界大战以前,绝大多数战争,不论是使用冷兵器,如刀、枪、剑、戟、弓、箭、斧、钺……还是使用火器,如火药



枪,进而来复枪、机枪、冲锋枪,乃至大炮、飞机……都是以士兵之间的直接格斗、厮杀、射击等为战斗的主要手段。我们看到的一些描述抗日战争的影片,如《狼牙山五壮士》,还有不少伏击或肉搏的镜头。虽然这时的战争已经十分复杂,使指挥员面对震撼人心的战斗常常感到困惑,然而,那时的战场主要限于地面,所遇到的情况也没有现代战争中的复杂。

第二次世界大战可以说是由近代战争向现代战争转变的重要过渡。新式武器愈来愈多,性能也越来越好,毁伤能力成倍或成几十倍地增长,……这一切都使战争的形式、面貌、涉及的战斗区域发生了巨大变化:战斗已由过去的密集队形变成疏散队形;战场也由地面发展为地面—空间、或海面—空间、或地面—海面—海面下一空间;而战斗却由士兵的射击、冲锋逐渐被大炮轰击、坦克冲锋和空中支援所代替。过去一个军长、师长所统率的部队和拥有的武器、种类都比较单一,现在所统率的部队,兵种繁多,武器装备也复杂多样。战斗开始以后,战场形势瞬息万变。如果说,过去的军官或指挥员很勇敢,不怕死,在向敌人发起冲锋时,自己身先士卒,高举着手枪,口里大喊“跟我来!”便能凭着这一队士兵的旺盛斗志和精湛的个人军事技术,在双方格斗中取得胜利,那么,在今天的现代化战争中,他们便落伍了。今天的指挥员面对的是一个巨大的复杂的系统——战场涉及地面、空中,甚至太空,种类繁多的各种武器装备:坦克、大炮、飞机、直升机,各类近程、中程、远程导弹,各类电子通



信侦察、传感、干扰设备,甚至于化学武器、生物武器、核武器……的系统,指挥员不但要注视战斗的前沿,而且还要注视着区域辽阔的纵深,乃至战斗的后方。指挥员手下有各种不同的技术兵种,在战斗中他们应该在指挥员的指挥下协同作战,彼此之间的战斗行动要协调得像一个人一样。所有这些,必须依靠科学的方法才有可能办到,而数学方法和电子计算机等科学工具自然是不可少的。

讲到数学在军事尤其是战争中的作用,古代的军事家便早有认识。他们很提倡用数量来描述和分析战争。我国古代春秋末期的伟大军事家孙武在他所著的世界上最早的军事著作之一的《孙子兵法》中说过:“知彼知己,百战不殆”。怎样做到这一点呢?当然是要分析敌我双方形势,作出计划、策略。所以他又说“夫未战而庙算胜者,得算多也;未战而庙算不胜者,得算少也。多算胜,少算不胜,而况于无算乎?”怎样分析形势,特别是战场的形势呢?他又说:“兵法,一日度,二日量,三日数,四日称,五日胜。地生并,度生量,量生数,数生称,称生胜。”他这段话的意思是:指挥官应该了解敌我双方进行交战时的战场所占的地域(空间),度就是计算双方所占据的战场区域的(面积)大小。再根据所占地区的大小,估量它能容纳多少部队,进一步还可以估计它能提供多少人力、物力。“数”就是计算双方部队的人员、武器,以及能动员的人力、物力的数量。“称”就是根据上面所得来比较双方力量的优劣。通过这种力量的分析对比,便可判断哪一方有获胜的可能。在这本经典著作



中,孙子还总结了历史上许多战例,得出了欲取胜的兵力的比例,他说:“用兵之法,十则围之,五则攻之,倍则分之,敌则能战之,少则能逃之,不若则能避之。”这些都是十分宝贵的经验。但这些经验都是通过流血的战争才总结出来的。

人们多么渴望能尽量少流血而获得战争规律的认识啊!这种愿望终于在 20 世纪初出现了比较大的突破。1914 年,英国的工程师兰彻斯特(F. W. Lanchester)发表了关于战术范围内战斗的数学模型的论文,第一次采用微分方程的工具分析了数量优势与胜负的关系,定量地论证了《孙子兵法》中提出的集中使用兵力的正确性,并预见了战斗中可能出现的问题。他建立的兵员耗损的方程,被称为兰彻斯特方程,一直得到人们的重视和研究。人们曾经研究过数百个历史上的战例,都说明了兰彻斯特方程的科学性。

1.2 第二次世界大战的启示

第二次世界大战是人类历史上迄今为止规模最大的一次战争,其交战国之多,战场地域之广阔,战斗时间之长,死伤的人数之多,人类财富损失之严重,都是无与伦比的。虽然大战已经结束 40 多年了,许多人谈起它来仍然心有余悸。

面对这样一场规模庞大、异常复杂的战争,不但指挥员要绞尽脑汁,还动员了众多的科学家来帮忙。科学家们研



制了许多新式武器,如雷达、火箭、飞弹(后来发展成各种类型的导弹)、原子弹……。但同时也带来一个问题:如何操纵或使用这些武器和装备,才能最好地发挥它们的战斗效益?

一个最为典型的例子,就是为了有效地发挥雷达系统的功能而建立的作战研究小组——一个被称为勃拉凯特杂技团的小组。原来,在第二次世界大战前夕,英国面临着如何抵御德国飞机轰炸的问题。当时德国拥有一支强大的空军,英国是岛国,国内任何一地离海岸线都不超过一百公里,而这段距离,德国飞机只需飞行 17 分钟。假如英国空军在德机飞临英国的海岸线上空时才发出警报、并派出飞机起飞、爬高,再进行拦截,这些动作必须要在 17 分钟之内完成。这在当时的技术条件下是很困难的。能不能更早地发现敌机呢? 1935 年英国组成了防空委员会,并由沃森-瓦特(R. Watson-Watt)领导在 1935 年于英国东海岸建立起世界上第一个试验性雷达系统。然而,为了拦截敌机,仅有雷达系统是不够的,还必须研究和制造一套信息传递、信息处理与显示设备。只有这些设备配套成龙才能发挥武器系统的功能。这就促使英国雷达研究单位建立了世界上第一个有组织的、自觉地把各类专家组合在一起的跨学科小组。1940 年 8 月,由物理学家勃拉凯特(P. M. S. Blackett)为首组成了一个 12 人的小组,目的是帮助防空部队研究高炮阵地的瞄准雷达,如何最好地使用雷达设备。这个小组叫做作战研究(Operational Research)小组,我们把它译作



运筹小组。小组的成员包括数学家、物理学家、测量专家、生理学家和军官。由于是跨学科的，所以有人戏称它为勃拉凯特杂技团。有了这个小组的努力工作，英国的防空预警雷达系统才充分地发挥出它的功能。

勃拉凯特小组给人们以启发，许多国家的军队都纷纷组成各类跨学科的小组，研究各种军事活动中的问题。于是一门新的数学分支就这样在第二次世界大战中诞生、发展了。这就是运筹学(Operation Research)。

第二次世界大战中另一个巨大的特点是需要有强大的后勤系统的支持，大量的武器装备、各种弹药、各类军需物资的生产、管理、维修、分配、运输、贮存……也需要大量的数学家和统计学家。

大家都知道，在第二次世界大战后期美国成功地制造了原子弹。研究制造原子弹，固然离不开物理学家，当时有费米(Fermi)、奥本海默(Oppenheimer)等著名的物理学家，然而，在研制过程中，需要进行大量的数据处理与计算。那时只有手摇或电动(仍然是机械的)的计算器，大量的计算人员夜以继日地工作。能不能研制出更先进的计算工具呢？数学家冯·诺伊曼(John von Neumann)受命领导了这项工作，于1946年研制出世界上第一台电子计算机——ENIAC，它每秒钟能进行5000次运算。虽然从现代的眼光看，这是一台体积庞大、效率很低的机器，但它的出现却给科学和技术带来了巨大的冲击和革命。今天，电子计算机使用之广，已经使我们的生活发生了变化，同时也使武器



装备系统产生了巨大变化。“智能型”的武器的问世,对人类来讲,已经不再是幻想了。

第二次世界大战中发生的这些事告诉我们,数学已经深深地渗透到军事活动的各个环节,许多数学家为赢得那次战争做出了重大贡献。至于到了今天,各国军队拥有更为先进的武器的情况下,数学和数学家的作用更是不容忽视。

1.3 现代战争涉及的数学问题

自从第二次世界大战结束到现在,已经度过了几十个春秋,然而,在这个星球上,战火仍然接连不断,著名的如中国人民的解放战争、朝鲜战争、越南战争、中东战争、两伊战争等等。由于科学技术的迅速发展,大量的新式武器不断地出现在战场上。而每一种重要的新式武器的出现,几乎立即是强制性地引起作战方式的改变。一些兵种缩小甚至于消失了,另外一些新的兵种正在崛起。例如,曾在战场上驰骋的骑兵,已在许多国家的军队中消失了,而以前尚不曾有过的导弹部队,现在已成为美、苏等军事强国的一支重要军事力量。这些变化就使得现代战争具备了许多与过去的战争不相同的特点。此外,一场战争,即使是较小的局部战争,也往往会给一个国家或地区带来历史性的变化。这就不仅是军事家的事,往往更为政治家以及广大人民所关注,同时,这里面蕴藏着大量的数学问题。



我们无法列出现代战争的所有特点,但在此可列举一些能引起数学家关心的一些特点和问题。

新式武器的频繁出现,引起了一场军备竞争。我们能否从数学的角度分析这类军备竞争的规律?确实,有人从控制论的角度,采用微分方程或微分对策的方法来探讨这类问题。

由于新式武器的出现,常常使一些刚刚研制成功或刚装备部队的一些武器装备变成“过时”的东西,比如,第二次世界大战后,美国生产的重型轰炸机 B-29 已达上千架,但由于苏联的导弹技术的突破,使得 B-29 黯然失色,结果这些飞机只好退役报废。所以,为了取得军事优势,一旦武器“过时”,就应研究制造新的武器来取代它,然而这已经产生了不可避免的人力、物力、财力的浪费。为了避免浪费,就应在研制之先对研制何种武器进行论证。这涉及武器的性能指标、技术的可行性、使用效率、武器的寿命周期、费用分析等等。因此,这里不但有军事家的工作,也需要采用大量的数学方法、尤其是运筹学的方法进行论证。

有一些武器研制出来之后需要进行试验。然而,许多试验是很昂贵的。例如洲际导弹的试验就是如此。能否尽可能减少试验的次数,但却能获得必要的技术性能指标的数据?有两种方法。其一,是从数学上研究如何分析“小子样”的试验的理论;其二,是利用电子计算机这个工具,建立关于武器性能的数学模型,在计算机上进行模拟;当然,这里要运用数学中的统计学的知识。