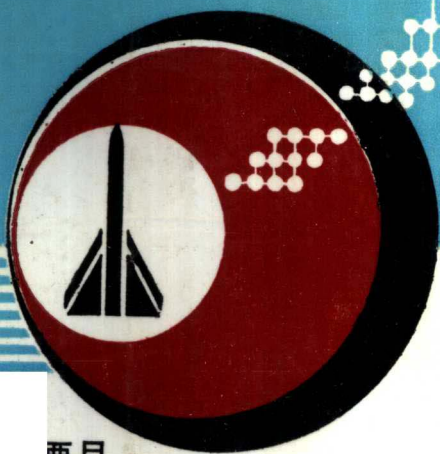


《数学·我们·数学》丛书

数学与军事

SHU XUE YU JUN SHI

汪浩 著



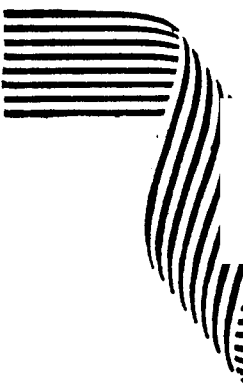
要目

- 数学在现代战争中的作用
- 战争的数学描述与模型
- 孙子兵法
- 军事运筹学
- 司令官怎样指挥和决策
- 我们热爱和平

《数学·我们·数学》丛书

数学与军事

汪 浩 著



湖/南/教 育 出 版 社

数 学 与 军 事
shu xue yu jun shi

汪 浩 著

责任编辑：孟实华

湖南教育出版社出版发行（长沙展览馆路3号）

湖南省新华书店经销 湖南省新华印刷二厂印刷

850×1168毫米 32开 印张：5.625 字数：140,000

1989年9月第1版 1989年9月第1次印刷

印数：1—1,160

ISBN 7—5355—0967—3/G·999

定 价：3.55元

我們讚賞數學

我們需要數學

一九八六年十月書祝

數學。我們。數學。

成功

陳省身



写在前面

丁石孙（北京大学）

最近钱学森同志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。近期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、物理以及天文等。化学虽然在历史上用数学不多，不过它离不开数学大家是看到的。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。

1989年4月

于北京大学

目 录

第一章 数学, 战争, 数学	1
第一节 古代战争与近代战争	1
第二节 第二次世界大战的启示	3
第三节 现代战争涉及的数学问题	5
第四节 高技术与现代武器	10
第五节 为了反对战争, 必须研究战争	15
第二章 怎样用数学方法描述战争	17
第一节 每个司令官都希望预测战争的胜负	17
第二节 兰彻斯特的战斗模型	18
第三节 战斗模型的分析	23
1. 平方律	23
2. 线性律	27
3. 抛物律	27
4. 复合的情形	30
第四节 一些战争的实例	31
1. 平型关战役	32
2. 日美间的硫磺岛战役	33
3. 越南战争	37
第五节 随机战斗模型	38
第六节 关于损耗率的研究	42
第七节 战斗力指数	51
第八节 总结	52
第三章 和武器装备有关的数学	54

第一节	武器装备的进步	54
第二节	射击效率	56
第三节	一次假想的核战争	64
第四节	与导弹有关的数学	73
第五节	星球大战	75
第六节	结论	78
第四章	军事运筹学的崛起	79
第一节	孙子兵法及其它	79
第二节	军事运筹学的兴起	81
第三节	搜索问题	83
第四节	部队的开进与军用物资的运送	94
第五节	对策论与战斗策略的制订	104
第六节	用计算机模拟军事活动	134
第七节	坚强的后勤支持	138
第五章	司令部工作与数学	140
第一节	明君贤将，所以动而胜人，成功出于众者，先知也	140
第二节	信息论以及其它有关数学问题	145
第三节	指挥需要决策	148
第四节	两军相逢勇者胜	154
第五节	军队的日常管理与指挥	157
第六章	经济和国防	162
第一节	兵者，国之大事	162
第二节	无止境的军备竞赛	166
第三节	采购计划与方式	169
第四节	国富，才能兵强	172

第一章

数学，战争，数学

第一节

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，相应地，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》，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——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，军兵种繁多，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象一个人一样。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：“知己知彼，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，一曰度，二曰量，三曰数，四曰称，五曰胜。地

生度，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！这种愿望终于在本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。

第 二 节

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·诺以曼(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。

第 三 节

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40多个春秋,然而,在这个地球上,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，五六十多年前曾在战场上驰骋的骑兵，今天已在许多国家的军队中消失了，而20多年前尚不曾有过的导弹部队，今天已成为美、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。

当一个国家在发展自己的武器时，其他国家也在发展新武器，尤其是假想敌对国家的武器发展更可能对自己国家的安全造成威胁。因此，作出武器发展前景等方面的军事预测，是十分重要的。

不单是对武器发展要作预测，政治家和军事家更关心的是国家或地区间可能发生冲突的预测。例如，60年代的古巴导弹危机、70年代的马尔维纳斯群岛的英—阿之战，或新的中东冲突，我们能否为这些政治家、军事家们分析一下冲突的可能的前景及应该采取的策略？这就会使用对策论(Game Theory)，这是一门数学，是研究带有矛盾、冲突等等因素的现象的数学理论。

在作战过程中，交战双方采取什么策略呢？许多国家都对自己的作战方针与假想敌在交战时可能遇到的情况进行模拟，据以制订应付各种战斗的方案。在英阿之间的马岛战争中，英国能在三天之内派出由40多艘舰船组成的特混舰队，反映出英国具有很强的应变能力。这是英国能迅速取胜的原因之一。一个军队能够适时地、快捷地、果断地进行决策，原因当然很多，但能预先制订有应变的作战方案是其原因之一。而进行模拟，一般是要建立可能会出现战斗的数学模型。这会用到兰彻斯特方程的理论、各种数学规划方法以及统计学的方法，当然，还要用到计算机科学中的若干技术，如专家系统、人工智能等等。

人们常常议论核战争，但除去1945年8月美军在广岛和长崎分别投掷一枚原子弹之外，迄今为止尚没有哪个国家使用过核武器，当然也未出现在战场上的核对抗。然而，究竟会不会发生核战争？一旦发生核战争又会是什么样子？有些科学家预演核战争之后，由于大量的核烟尘悬浮在云层，遮蔽着阳光，会使地面温度急剧下降，形成所谓“核冬天”。这种情况的估计是否有些耸人听闻？这是一些科学家通过试验和用数学方法模拟而得出的结论。

尽管这是很有争论的结果，但也引起了许多科学家、政治家的重视。

一旦进行核战争，其破坏威力之大使人会谈虎色变。在美国独家垄断核弹时，美国曾到处用它作为进行讹诈和威慑的武器。在美、苏双方都拥有很多核武器、并能互相毁灭若干次之时，便有一个核目标的分配问题：到底是打击敌方什么目标才最有效？怎样把有限的核弹头分配到你需打击的若干目标上去？在保存有第二次打击力量时，又该采取什么策略？这类讨论目标的选择与分配的数学工具，往往是整数规划或其他数学规划方法。

目前，世界上的许多战争都是常规战争。这是一种耗费大量武器弹药和各种军需物资的战争。以中东战争为例，在1973年第四次中东战争中，埃及和叙利亚在和以色列作战中，几乎完全依靠苏联的支持来补充、修理武器装备及其配件。开战后两天，以色列也开始从美国空运供应品，到接近停火时（由10月6日至10月27日），苏联空运物资约15000吨，美国空运物资20000吨以上。这还不包括双方各自经由地面道路直接运送到前线的弹药及军需物资。据估计，一个摩步师进攻时，日耗弹药量将达1000吨，一个集团军达8000吨。因此，现代战争中缺少强大的后勤保障和技术保障，就将坐等挨打，束手待毙。这样一来，我们面临着对军需品生产的组织、管理、贮存、运送等问题。这里就要用到图论与网络、数学规划、库存理论等等知识。

武器弹药生产多少为好？常规弹药是部队中的大量消耗的物资，生产多少为好？生产量过多，若在平时，有些弹药可能因来不及消耗而贮存时日过久而失效，变成废品，形成浪费；但若生产量减少，却可能由于突发性的战争的爆发需要大量弹药而形成需求紧缺。因此，这是一个有折扣的有随机性需要急剧增长的贮存问题。这需要使用研究随机过程的数学工具进行讨论。

对于战略性武器，却可能由于新武器的出现而面临淘汰的危险。因而生产多少为好，也是一个值得讨论的问题。这里涉及一

个武器寿命的预测问题，武器的效能与费用的比值分析问题。

由于现代战争的复杂性，高机动性，战场情况瞬息万变，指挥员要指挥战争需要了解大量的信息。然而怎样处理这大量的情报和信息呢？美军最早在考虑防空问题时，曾提出把雷达系统、机场和指挥部联系起来的通讯、指挥系统，即 C^2 系统，发展成为 C^3I 系统，即指挥 (Command)、通讯 (Communication)、控制 (Control) 及信息 (Information) 的自动化系统。苏军称这样的系统为指挥自动化系统。这里需要信息理论、编码理论、随机网络、可靠性理论、控制论、决策理论、人工智能等等数学与计算机科学的知识。

交战双方之间的战争可能因旷日持久而感到负担过重，希望停战。但何种情况下停战为好？例如两伊战争，双方打了八年，损失都十分惨重，终于同意停战。若用数学方法来进行讨论，就是最优停止问题。我们可以采用随机过程的方法或随机对策的方法进行讨论。

现在，国际形势比较缓和，裁军谈判受到世界各国的重视。参加谈判的各国代表采取什么策略呢？这显然是一个典型的谈判对策的问题，而谈判是对策论 (Game Theory) 中的重要组成部分。

在第二次世界大战期间，德国用潜水艇与英美对抗，不断袭击英美的军舰与商船。在碧波万顷的茫茫大海之中，德国的潜水艇神出鬼没，曾经给英美以重大打击。英美海军面临着如何有效率地搜索德国潜艇。这类问题的解决引导人们建立了一个新的数学分支——搜索论 (Search Theory)。这一理论也可用于今日的恐怖活动与反恐怖活动的斗争，还可用于搜索敌方零星渗入的特种部队的斗争。

在军事活动中，如何评价一些行动的效益？由于这里充满了许多不确定因素，同时也由于对于行动的认识的差异而带来的执行中的差异，我们以为模糊数学在这里是大有可为的。