



国防大学学科系列教材

军事运筹学基本理论教程

JUNSHI YUNCHOUXUE JIBEN LILUN JIAOCHENG

李乃奎 崔同生 主编

国防大学出版社

军事运筹学基本理论教程

李乃奎 崔同生 编著

国防大学出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

军事运筹学基本理论教程/李乃奎主编.——北京:国防大学出版社,2005.5

ISBN 7—5626—1437—7

I. 军… II. 李… III. 军事运筹学—教材 IV. E0—05

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 054620 号

军事运筹学基本理论教程

李乃奎 崔同生 主编

出版发行 国防大学出版社

电话: 0201-769088/89 (军线)

010-66769088/89 (地方线)

印 刷 北京瑞哲印刷厂

开 本 大 32 开 · 10.75 印张 · 257 千字

印 数 1000 册

ISBN 7—5626—1437—7

编号: GFDX · XKJC - 05003

工本费: 25.00 元

序 言

为了加强学科建设，提高人才培养质量，学校决定在2001—2005年的“十五”期间，重点抓好学科教材的编写、出版工作，形成较为完善的学科教材体系。这在我校学科建设和教学工作中具有重要意义。

教材建设是学科建设的一项基础性工程，教材水平和完善程度，是学科建设水平高低和完善程度的重要标志。纵观中外院校，凡是知名学科，都有与其地位相称的权威学科教材作支撑。教材是教学的关键，教材建设是学校的“重工业”，教材质量直接制约教学质量和人才培养质量。

我校着眼于军队建设和自身发展的需要，提出了建设具有我军特色的一流名牌大学的奋斗目标。要实现这一目标，一个重要方面就是必须大力加强学科建设，特别是要形成高水平的学科教材体系。《国防大学“十五”期间学科建设发展规划》明确提出，要按照“重视基础理论研究，突出应用理论研究，完善学科史研究”的思路，

加强学科理论研究和教材建设。因此，在新的形势下，加强学科教材建设，显得更加重要，更加迫切。编写、出版学科教材，就是落实校“十五”规划、创建一流名牌的重要举措。

根据“出精品”的要求，学科教材的编写、出版，注重贯彻落实江主席“三个代表”重要思想，适应新时期军队建设和军事斗争准备的需要，着眼于改善学员的知识结构，提高学员的理论素养，为培养“打得赢”、“不变质”的高素质新型军事人才奠定基础。本套教材涉及军事思想、军事历史、军事战略学、战争动员学、国际战略学、联合战役学、军种战役学、作战指挥学、军事运筹学、军事教育训练学、军队管理学、军队政治工作学、军事后勤学、军事装备学、军队建设学、马克思主义哲学、国防经济、军事法学、科学社会主义与共产主义运动、中共党史、马克思主义理论教育、国际军事等 22 个学科，力争系统配套，结构合理，既有基础理论教材，也有应用理论教材，还有学科史教材，以形成较为完善的学科教材体系。教材内容力求紧贴实际，瞄准学科发展前沿，充分吸纳最新学术成果，保持理论上的先进性。

学科教材的编写和出版，涉及面广，持续时

间长，是一项宏大而艰巨的工程，全校教研人员和各级领导付出了辛勤劳动。希望大家在使用这套教材的过程中，进一步提出修改意见和建议，以便在再版时，臻于完善。

国防大学教材编审委员会

二〇〇二年七月

目 录

第一章 预备知识	1
第一节 引言	1
第二节 概率与数理统计的基本概念	1
第三节 概率的基本运算	5
第四节 随机变量与分布函数	13
4.1 随机变量及其概率分布函数	13
4.2 分布的数字特征与特征函数	17
第五节 常用随机分布	20
5.1 泊松分布 (Poisson)	20
5.2 正态分布	21
5.3 指数分布	22
思考与练习	24
第二章 武器射击理论	25
第一节 引言	25
第二节 圆形概率分布密度函数、圆形覆盖函数和 圆概率误差	27
2.1 圆形概率分布密度函数	27
2.2 圆形覆盖函数	28
2.3 圆概率误差 CEP	30
第三节 面目标情形	32

3.1 椭圆形、圆形目标命中概率	33
3.2 矩形、正方形目标命中概率	34
3.3 非圆形分布	36
第四节 有系统误差情况下的命中概率	37
第五节 毁伤半径和多发弹	39
5.1 毁伤半径与 CEP	39
5.2 多发弹命中概率	40
第六节 常规导弹对坚固点和小幅员目标的毁伤分析	41
6.1 对点目标的毁伤计算	41
6.2 对小幅员目标的毁伤计算	43
思考与练习	45
杰蒙德覆盖函数表	47
第三章 随机格斗理论	48
第一节 引言	48
第二节 1:1 格斗的基本概率公式	49
第三节 离散情形基本型格斗	51
第四节 连续情形基本型格斗	55
4.1 概率分析方法	55
4.2 马尔科夫链方法	57
4.3 特征函数方法	59
4.4 获胜概率的计算	60
第五节 混合情形基本型格斗	63
第六节 格斗开始条件的影响	64
6.1 离散格斗的开始条件	64
6.2 连续格斗的开始条件	68
第七节 同时齐射的 2:1 格斗	70
第八节 轮番齐射的 $M:N$ 格斗	72

思考与练习	76
第四章 战斗损耗计算理论	78
第一节 引言	78
第二节 兰彻斯特第一线性律	80
第三节 兰彻斯特第二线性律	81
第四节 兰彻斯特平方律	82
第五节 多兵种交战的兰彻斯特方程	85
第六节 损耗系数计算公式	86
6.1 损耗系数基本计算公式	86
6.2 邦德损耗系数计算公式	87
第七节 考虑地形通视条件的损耗系数	89
7.1 地形通视性的描述	89
7.2 并行捕捉时的损耗系数	91
7.3 顺次捕捉时的损耗系数	93
第八节 武器—目标分配问题	94
第九节 考虑非战斗减员和兵力增援的兰彻斯特方程	96
9.1 非战斗减员的情形	96
9.2 非战斗减员与兵力增援的情形	98
9.3 广义兰彻斯特方程简介	100
第十节 应用兰彻斯特方程分析历史战例	101
思考与练习	104
第五章 搜索论	106
第一节 引言	106
第二节 静止搜索	108
2.1 离散探测	108
2.2 连续探测	110

第三节 运动搜索	113
3.1 探测器能力的度量	113
3.2 搜索策略的效能评估	118
第四节 对运动目标的搜索	123
4.1 对运动目标的地域搜索	123
4.2 对运动目标的螺旋搜索	125
第五节 对真假混杂目标搜索的半马尔可夫模型	128
5.1 三状态半马尔可夫近似模型	129
5.2 模型求解的结果	131
第六节 目标分布问题	134
思考与练习	137
 第六章 作战模拟模型理论	139
第一节 引言	139
第二节 作战模拟模型构造的原则	140
第三节 作战模拟模型的一般构造程序	142
第四节 作战模拟模型的检验	144
4.1 作战模拟模型检验的一般讨论	144
4.2 作战模拟模型的校核、验证和确认(VV&A)	147
第五节 作战模拟模型的分类	148
第六节 作战模拟模型的量化	150
6.1 作战效能度量	151
6.2 战场环境的量化	152
6.3 建立作战模拟模型的数据准备	153
第七节 作战模拟模型的软件开发	154
第八节 现代作战模拟的技术框架	157
8.1 分布交互式作战模拟	157
8.2 高层模拟体系结构(HLA)	158

8.3 对象模型模板 (OMT)	159
思考与练习	160
第七章 规划论	162
第一节 引言	162
第二节 线性规划	163
2.1 线性规划问题的特征	163
2.2 线性规划的数学模型	165
2.3 线性规划问题的标准型	166
2.4 线性规划的图解法	168
2.5 单纯形法	171
第三节 非线性规划	174
3.1 非线性规划的一般问题	174
3.2 单变量最优化求解方法	175
3.3 多变量最优化求解的直接方法	177
3.4 多变量最优化求解的解析方法	178
第四节 非线性规划举例——最优火力分配模型	180
4.1 模型的假设与符号	180
4.2 不同类型舰舰导弹的最优火力分配模型	181
4.3 同类型导弹最优火力分配模型	182
第五节 动态规划	183
5.1 最优化原理	183
5.2 动态规划问题举例	188
第六节 多目标规划	191
6.1 多目标规划问题举例	192
6.2 多目标规划问题求解方法	193
思考与练习	196

第八章 决策论	197
第一节 引言	197
第二节 决策问题及其特征	198
2.1 决策问题的基本要素和决策过程	198
2.2 决策问题的分类和矩阵表示	199
第三节 不确定型决策分析方法	200
3.1 最大最小准则(小中取大准则)	200
3.2 最大最大准则(大中取大准则)	201
3.3 折中准则	202
3.4 等概率准则	203
3.5 最小遗憾准则	204
第四节 先验概率决策分析	206
4.1 风险决策问题的特征	206
4.2 先验概率决策准则	208
第五节 后验概率决策分析	212
第六节 优化后分析	215
第七节 决策树	218
7.1 序列决策及决策树表示	218
7.2 决策树决策分析举例	220
第八节 效用决策分析	222
8.1 效用的概念	222
8.2 关于效用函数的公理	223
8.3 效用曲线的确定	224
8.4 效用曲线的类型	225
第九节 多准则决策分析	228
9.1 多准则决策分析问题的特点	228
9.2 多属性效用分析(MAU)方法	231
9.3 层次分析法(AHP)简介	235

思考与练习	236
第九章 对策论	238
第一节 引言	238
第二节 矩阵对策	241
第三节 鞍点	244
第四节 混合策略	247
第五节 最优策略及其性质	250
第六节 策略的优越性	252
第七节 2×2 矩阵对策的解	256
第八节 非合作二人对策	259
第九节 合作 n 人对策	262
思考与练习	267
第十章 排队论	269
第一节 引言	269
第二节 排队过程及其特征	270
2.1 排队系统的组成	270
2.2 排队系统的分类	272
2.3 排队系统的数量指标	273
第三节 顾客到达间隔时间分布和服务时间分布	274
3.1 顾客到达间隔时间分布	274
3.2 服务时间分布	275
第四节 排队系统的 $M/M/1$ 模型	276
4.1 标准 $M/M/1$ 模型	276
4.2 容量有限的 $M/M/1/N$ 模型	278
4.3 顾客源有限的 $M/M/1/m$ 模型	278
第五节 排队系统的 $M/M/C$ 模型	279

5.1 标准 M/M/C 模型	280
5.2 系统容量有限的 M/M/C/N 模型	281
5.3 顾客源有限的 M/M/C/m 模型	283
5.4 服务时间一般分布的模型	285
第六节 排队论在防空作战中的应用	287
第七节 排队系统的最优设计	292
思考与练习	296
 第十一章 存贮论	 298
第一节 引言	298
第二节 存贮论的基本概念	299
第三节 确定性存贮模型一	302
第四节 确定性存贮模型二	309
第五节 确定性存贮模型三	313
第六节 非确定性存贮模型	317
思考与练习	321
 参考文献	 322
后 记	325

第一章 预备知识

第一节 引言

军事运筹学的基础是现代数学，离开现代数学理论，就无法研究军事运筹学的问题，也不可能军事运筹学的产生和发展。当然，现代数学理论包罗万象，系统地介绍这些理论不属于本书的内容，但是为了方便本书的学习，本章对全书中用到的主要数学理论和方法进行了归纳和整理，并将它们作为独立一章，我们将它们称为军事运筹理论的“预备知识”。这些预备知识包括：概率与数理统计的基本概念、概率的基本运算、随机变量与分布函数及特征函数等，并介绍几个常用的概率分布。

本章的内容既可以单独学习，也可以用于学习其它各章时对相关基础知识的查阅。

第二节 概率与数理统计的基本概念

随机试验 对于某些事物来说，在同一组条件实现之下就必然得到同一的试验结果。例如，水在标准大气压下加热到摄氏 100°C 以上必然化为蒸汽；将一枚钱币向上抛，它必然受地心引力的作用而下落，等等。但如果要问，经上抛又落下的钱币究竟出现正面或出现反面，回答就不可能这样肯定了。我们只能说，

可能出现正面，也可能出现反面。又如问：作战中发射一发炮弹是否会命中目标？对这个问题的回答也只能是：可能命中，也可能不命中。象这类例子，还可以举出许多。归纳起来可以用随机试验描述如下：如果在同一组条件（包括操作程序）的实现下，不一定得到同一的试验结果，然而每一个可能的试验结果都有一定的出现机会，或者说有一定的可能程度，则称这个试验是一个随机试验。

事件 随机试验的结果称为事件。事件可以是数量性质的，即试验结果可直接由测量或计数而得的，例如炮弹命中目标的发数；也可以是属性性质的，例如天气的风雨阴晴。事件可以是单一性质的，例如婴儿出生时只考虑性别为男性或女性；也可以是多重性质的，例如婴儿出生时同时考虑出生婴儿的性别和体重，等等。

事件可以是简单的，也可以是复合的。前者指不能再行分拆的事件，后者则指由简单事件复合而成的事件。例如当我们考虑一批圆柱体的半径时，“某件圆柱体的半径是 2 厘米”为一简单事件，而“某件圆柱体的半径在 2 到 2.1 厘米之间”则为一复合事件，因后者由圆柱体半径为 2 厘米，2.01 厘米，2.02 厘米，……，等一系列事件复合而成。又例如当我们观察某飞机场在排队的飞机数量时，“有 4 架飞机在排队”为一简单事件，而“有不多于 4 架飞机在排队”则为一复合事件。这个事件是 0，1，2，3 或 4 架飞机在排队等 5 个可能结果的集合。这里每一个可能结果相当于一个简单事件。注意，只要集合中的任意一个结果出现，代表此集合的复合事件即发生。

随机变量 表示随机试验的结果的一个数量叫做随机变量。随机变量取什么值是不能在试验前得知的，它决定于试验的结果（故事实上是试验结果的函数）。例如，在某一小时内，电话总机所接到的电话呼唤次数是一个随机变量；某火炮在某一段

时间内发射的炮弹命中目标的发数是一个随机变量，等等。每次试验事实上就是对随机变量的一次观测。

统计总体与随机样本 在统计学中，我们把准备加以观测的一个满足指定条件的元素或个体的集合叫做统计总体。例如在稳定的生产条件下生产出来的产品，在正常情况下发射的炮弹，都是统计总体的例子。然而，我们感兴趣的并不是这些元素的本身，而是这些元素的某种性质。因此，统计总体又可理解为表征这些元素的某种性质（例如产品的某个尺寸，炮弹的射程）的数值的一个集合。统计总体（以下或简称总体）的内容究竟是什么，不但要看所指的条件是什么，而且要看所考虑是这些元素的什么性质。例如，我们既可以观测某军工厂所生产的一批圆柱体的半径的尺寸大小，也可以观测这些半径是否落在某个尺寸范围以内。此外，我们既可以观测元素（或个体）的一种性质，例如 18 — 22 岁的军校学员的身高，也可以同时观测多种性质，例如身高与体重。

若总体中的元素有限，则称总体是有限的。例如，某地区在最近过去十年内的每年夏季最高温度构成一有限总体。若总体中的元素是无穷的，则称总体是无穷的。例如某河流在将来无限多年份里的年平均流量构成一无穷总体。统计总体形形色色，不一而足。

现在我们从一个总体中抽取一些元素，作为代表这个总体的样本。如果我们抽取元素的方法是使总体中每一元素都有同等的机会被抽取，且每次抽取时总体中的元素成分不改变，那么我们所得到的样本是一个简单随机样本。取得简单随机样本的过程或手续叫做简单随机抽样。显然，简单随机抽样就是重复地进行同一随机试验。因此，当我们从一个总体中抽取一个随机样本时，我们是在重复观测同一个随机变量。随机变量的具体意义就是一个统计总体。数理统计的中心问题就是如何根据样本探求有关总