



国防科技著作精品译丛



Springer

Combat Modeling

战斗建模

【美】Alan Washburn, Moshe Kress 著

郭齐胜 曹晓东 王文悦 等译



国防工业出版社

National Defense Industry Press

本书由总装备部装备科技译著出版基金资助出版

战斗建模

Combat Modeling

[美] Alan Washburn Moshe Kress 著

郭齐胜 曹晓东 王文悦
潘高田 黄一斌 李雄 译



国防工业出版社

National Defense Industry Press

著作权合同登记 图字: 军 -2010 -111 号

图书在版编目 (CIP) 数据

战斗建模/ (美) 沃什伯恩 (Washburn, A.), (美) 克雷思 (Kress, M.) 著; 郭齐胜等译. — 北京: 国防工业出版社, 2012.3

书名原文: Combat Modeling

ISBN 978-7-118-07719-3

I. ①战… II. ①沃… ②克… ③郭… III. ①作战模拟 IV. ①E83

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第249678号

Translation from the English language edition:

Combat Modeling by Alan Washburn and Moshe Kress © Springer Science+Business Media, LLC 2009

All Rights Reserved

版权所有, 侵权必究。

战斗建模

[美] Alan Washburn Moshe Kress

郭齐胜 曹晓东 王文悦 潘高田 黄一斌 李 雄 著

出版发行 国防工业出版社

地址邮编 北京市海淀区紫竹院南路 23 号 100048

经 售 新华书店

印 刷 北京奥鑫印刷厂

开 本 700 × 1000 1/16

印 张 17 1/4

字 数 272千字

版 印 次 2012 年 3 月第 1 版第 1 次印刷

印 数 1—4000 册

定 价 78.00 元

(本书如有印装错误, 我社负责调换)

国防书店: (010) 88540777 发行邮购: (010) 88540776

发行传真: (010) 88540755 发行业务: (010) 88540717

译者序

本书是 Springer 出版社出版的国际运筹学和管理科学丛书中“Combat Modeling”一书的译本。

本书分为十章和三个附录。十章内容分别是概论与术语、标定射击、修正射击、目标防御、损耗模型、对策论和对抗模拟、搜索、雷战、无人机、恐怖和叛乱,三个附录分别是概率论、优化和蒙特卡洛模拟。

本书可作为高等院校运筹学及相关专业本科生和研究生的教材或教学参考书,也可供有关工程技术人员参考。

本书的翻译工作分为三个阶段。第一阶段为形成译文初稿,分工如下:郭齐胜负责前言、第 1 章、第 8 章、第 9 章,王文悦负责第 5 章~第 7 章,潘高田负责第 10 章和附录、黄一斌负责第 2 章和第 3 章,李雄负责第 4 章。第二阶段为精细审核,由曹晓东历时近半年,对全部译文初稿逐字逐句进行了认真推敲和考证,对漏译、误译的内容进行了补充和更正翻译,并进行了严谨细致的文章校对和润色。第三阶段为统稿,本着严谨性、规范性和专业化的要求,由郭齐胜将原文所涉及的缩略语、专业术语、人名和组织机构名称统一了译法,对个别不太符合汉语表达习惯的语句进行了重新编排,对某些易引起误解或费解的内容进行了注释,力争在保持原作风貌的同时,使译文更为符合我国读者的认知习惯。

本书翻译过程中得到了工程兵某研究所赵宏宇工程师,装甲兵工程学院蒋晓瑜教授、肖美玲副教授、纪兵讲师的大力帮助,在此一并表示感谢。

因水平所限,不妥之处在所难免,敬请广大读者批评指正。

郭齐胜

2011 年 11 月

前言

本书内容主要围绕现代战斗模型所涉及的过程、方法和概念,所面向的读者一般应至少具备理工科学士学位以及基本概率理论的相关背景。书后附有三个附录,用来强调那些贯穿全书的基本定量方法。附录 A 回顾了几乎每一章都有所涉及的概率理论。如果读者此前从未学过概率论,最好先读一下附录 A,起码在研修本书之前读一下。附录 B 和附录 C 简要介绍了优化和蒙特卡洛模拟。

本书通篇使用了作者制作的 Microsoft Excel 工作簿,其中一些工作簿包含有 VBA (Visual Basic for Applications) 代码,对应着特定的函数或命令。建议读者通过 URL <http://faculty.nps.edu/awashburn/> 上的 downloads 链接,获取压缩文件 CombatModeling1.zip。获取这个文件之后,解压缩,阅读文件 Readme.txt 和 Errata1.txt。只要获得相应的著作者身份信用,便可以免费散发这些工作簿。在这个 URL 上,还可以发现指向作者沃什布恩的 email 链接,或者用 mkress 替换 awashburn 访问作者科瑞斯。

如蒙反馈,我们将不胜感激。如发现错讹之处,敬请您指出,以便我们将其加进勘误表。如果本书有后续版本,您对本书结构与内容上的真知灼见将令我们受益匪浅。

但愿这本书能对您有所帮助。

阿兰·沃什布恩 海军研究生院军事运筹系
莫什·科瑞斯 海军研究生院军事运筹系

目录

第 1 章 概论与术语	1
1.1 引言	1
1.2 战斗模型分类	2
1.3 建模的捷径	4
1.3.1 期望值分析	4
1.3.2 普遍独立	6
1.3.3 参数调谐	7
1.3.4 鸵鸟效应	7
1.3.5 顺手的分布	9
1.4 符号和约定	9
1.5 本书结构	10
第 2 章 标定射击	13
2.1 引言	13
2.2 单发毁伤概率	14
2.2.1 毁伤函数与毁伤面积	14
2.2.2 曲奇饼成形机毁伤函数	16
2.2.3 扩散高斯 (DG) 毁伤函数	18
2.2.4 其他毁伤函数	19

2.3 多发毁伤概率	20
2.3.1 同时独立射击	20
2.3.2 相关射弹齐射	22
2.3.3 扩散高斯特例	28
2.3.4 面目标与多误差源	30
2.4 多发, 多目标, 一次齐射	31
2.4.1 相同射弹, 相同目标, 最佳射击	32
2.4.2 相同射弹, 不同目标, 最佳射击	32
2.4.3 不同射弹, 不同目标, 最佳射击	33
2.4.4 相同射弹, 相同目标, 随机射击	34
2.5 扩展阅读	36
习题	38
第 3 章 修正射击	42
3.1 引言	42
3.2 单目标状态的反馈	43
3.3 距离误差的反馈	45
3.4 对多目标射击 — 观察 — 射击	47
3.4.1 时间约束下的相同射弹和相同目标	47
3.4.2 多种射弹和目标, 无时间限制	50
3.4.3 多种射弹和目标, 不可靠反馈	51
3.5 扩展阅读	54
习题	56
第 4 章 目标防御	59
4.1 引言	59
4.2 针对多个同一类型攻击武器的单一目标防御	60
4.2.1 已知攻击规模	60
4.2.2 贝叶斯防御	63
4.2.3 针对射击 — 观察 — 射击攻击的最高成本防御	64
4.2.4 普瑞姆 — 瑞德防御	66
4.3 针对 ICBM 攻击的多目标防御	67
习题	71

第 5 章 损耗模型	73
5.1 引言	73
5.2 确定型兰彻斯特模型	74
5.3 随机型兰彻斯特模型	80
5.4 兰彻斯特模型的数据	86
5.4.1 工程方法	86
5.4.2 统计方法	87
5.5 聚合与赋值	92
5.6 快速战区模型 (FATHM)	94
5.6.1 FATHM 的地面模型	95
5.6.2 FATHM 的空战模型	97
5.6.3 实现和使用	98
习题	100
第 6 章 对策论和对抗模拟	103
6.1 引言	103
6.2 对策论	104
6.2.1 矩阵对策和决策论	105
6.2.2 树形对策和鞍点	110
6.2.3 可解对策	113
6.2.4 情报及其对战斗的作用	118
6.3 对抗模拟	122
习题	125
第 7 章 搜索论	127
7.1 引言	127
7.2 搜扫宽度	129
7.3 发现概率的三个“定律”	131
7.3.1 穷尽搜索	132
7.3.2 随机搜索	133
7.3.3 倒立方律	135

7.4	故障性巡逻	136
7.5	对固定目标的最优搜索力分配	138
7.5.1	离散搜索	139
7.5.2	连续搜索	142
7.5.3	二维正态先验搜索	143
7.6	运动目标	144
7.6.1	动态放大	144
7.6.2	马尔可夫运动	146
7.6.3	规避目标	148
7.7	扩展阅读	150
	习题	152
第 8 章	雷战	154
8.1	引言	154
8.2	简单的雷场模型	155
8.3	非对抗雷场规划模型 (UMPM)	157
8.4	排雷	161
8.4.1	排雷兵力是否易损?	163
8.4.2	只输出扫清水平够吗?	164
8.4.3	扫雷是顺序过程吗?	164
8.4.4	有多种地雷型号吗?	164
8.4.5	有多种扫雷方式吗?	165
8.4.6	更多问题	165
8.4.7	一个原型扫雷优化模型: OptSweep	165
8.5	地雷对策	167
8.5.1	对抗性雷场规划分析模型 (ACMPM)	167
8.5.2	三角形扫雷	169
8.5.3	简易爆炸装置 (IED) 战	171
	习题	174
第 9 章	无人机	176
9.1	引言	176

9.2 UAV 航迹规划	177
9.2.1 情报 — 探查目标	178
9.2.2 侦察 — 探测运动目标	183
9.3 无人战斗机	188
9.3.1 一次性使用型 UCAV	189
9.3.2 可回收型多武器 UCAV	193
9.4 小结、扩展和深入阅读	197
9.4.1 优化 UAV 运用	197
9.4.2 无人战斗机	198
习题	199

第 10 章 恐怖和叛乱 200

10.1 引言	200
10.2 自杀式炸弹的效果	201
10.2.1 碎片扩散	202
10.2.2 现场建模	204
10.2.3 人群阻挡的效果	206
10.2.4 分析	207
10.3 生化恐怖应对策略 —— 天花案例	209
10.3.1 流行病与可能的干预措施	210
10.3.2 一个大面积预防接种模型	211
10.3.3 数值例子	213
10.4 平叛	216
10.4.1 模型	217
10.4.2 数值例子	218
习题	222

附录 A 概率 —— 不确定性数学 223

A.1 预备知识	223
A.2 概率计算	225
A.3 条件概率与独立性	226
A.4 贝叶斯法则	227
A.5 随机变量	228

A.6	随机变量的均值与方差	229
A.7	离散型概率分布	232
A.8	连续型概率分布	234
A.9	随机过程	236
A.10	泊松过程	237
A.11	离散时间马尔可夫链	238
A.12	连续时间马尔可夫链	240
附录 B	优化	242
B.1	引言	242
B.2	线性规划	244
B.3	整数约束	245
B.4	非线性规划	246
B.5	动态规划	247
附录 C	蒙特卡洛模拟	248
C.1	基本思想	248
C.2	随机数产生	249
C.3	统计问题和 Simsheet.xls	250
C.4	例子和习题	251
C.5	扩展阅读	251
	名词术语 (英中对照)	252
	参考文献	257

第 1 章

概论与术语

我压根儿不只是漂亮的模型，因为模型只是对现实事物的简单模仿。

梅埃·韦斯特

1.1 引言

模型是对现实事物的抽象，而抽象可以呈现为多种形式：一个建筑师可能制作一个他所设计建筑的物理缩微模型；一家公司的 CEO 可能运用图表去表达某种新的运营理念，而物理学家则可能会用一组微分方程去表达某一物理现象。我们需要模型，是基于这个事实：真实世界过于复杂，使我们难以推理，而且，其中包含许多并非必然相关的细节。鉴于人类才智有限，只能抛开分心劳神的细枝末节，去考察那些含有事物本质的抽象。建筑缩微模型、图表、微分方程组，都是这些抽象的表现形式，下文简单地称为模型。模型有物理模型、概念模型和数学模型等不同类型，它们都只表达了某个真实对象或情形的抽象。模型的作用在于推理、洞察、规划和预测，它应该提取出对象或情形的关键因素，并忠实地加以表达，这样模型才能有效发挥应有的作用。

本书围绕着模型而展开，关注那些描述或表达武器系统和战斗态势的模型。如上所述，模型分为几类。为了组织对事物的思考，有必要介绍若干术语，据之以区分不同类型的模型，以及如何构造、使用和测试模型。本章

的目标之一是编制一个专业词汇集 (1.2 节), 目标之二是讨论某些建模假设 (1.3 节), 这些假设将被频繁使用, 明确指出来实属必要。作者正是持这一观点: 这些“捷径”假设既是有用的、有力的, 也是危险的, 因而在这样一本书中应该开宗明义地加以讨论。1.4 节总结了书中所用符号的有关约定, 1.5 节则是对后续各章的概要介绍。

1.2 战斗模型分类

不幸的是, 战斗建模这项工作长久以来深受专业词汇的困扰, 这些专业词汇中, 那些最基本的关系和近义词解释得令人不知所以。此前, 不止一次有人尝试改变这一局面, 借助权威来发布可以明示术语应有之意的词汇表, 可惜, 无一获得成功。这或多或少有些像试图将标准强加给语言 (如法语) —— 人们照样会随心所欲地说, 尽管权威们费了九牛二虎之力。像什么“表征 (identity) 模拟”和“基于 agent 的模拟”等术语用得不亦乐乎, 根本不在乎词汇表中居然没有这些术语, 而且, 看起来还可使得内行之间的沟通更容易。尽管如此, 应该尽可能使用那些某种意义上视为标准的术语。本书当中, 我们的原则是大体上遵循美国国防部所定义的词汇表 (DoD 1998)。第一次使用的定义性术语在下文中将以斜体字形式出现。

真实的战场态势不可避免地与其模型不一致, 这很大程度上源于战斗的复杂性和不确定性。判定模型在多大程度上符合真实世界的过程称为验证 (validation), 与之相区别的是, 判定一个模型的特定实现 (如计算机程序) 是否正确 (意思是忠实于模型), 称为校核 (verification)。校核跟真实世界无关, 起码没有直接关系。

模型有可能是随机型的, 也有可能是确定型的。直观地讲, 随机型模型采用与实验或态势相关的不确定或随机输入, 对结果的预测是不确定的; 确定型模型则可以准确地说明将要发生的结果, 而有意忽视不确定性的存在。从更正式的角度讲, 随机型模型在描述过程中, 需要用到概率论的术语 (事件、随机变量和概率等, 详见附录 A), 然而确定型模型不需要这些。这一对比对研究兰彻斯特模型 (第 5 章) 非常重要, 其中相同的数据可用于这两类模型。需要强调的是, 本书关注的大多数战斗模型是随机型的。

国防部术语表指出, 术语“建模”与“模拟”经常互换使用, 尽管如此, 还是对“模拟”运行了单独定义。习惯上, 本书中“模拟” (Simulation) 这一说法专指实现随机型模型的特定方法, 随机型模型能够产生一系列抽象

试验的复现,可从中做出推论。最重要的模拟是蒙特卡洛模拟,这在附录 C 中已有所描述。如图 1-1 所示七种模型,蒙特卡洛便是其中之一。按我们的定义,其右侧的三种模型也属于模拟,原因在于它们所关注的问题都是在不确定的环境下进行足够多的复现,从而得出可靠的推论。就产生和管理复现的方式来说,模型之间是不同的,可以采用计算机来运行,也可以是人工手段。与模拟相反,分析模型不依赖于多次的复现,而是构造能描述结果的简明公式。分析模型既可能是随机的,也可能是非随机的。

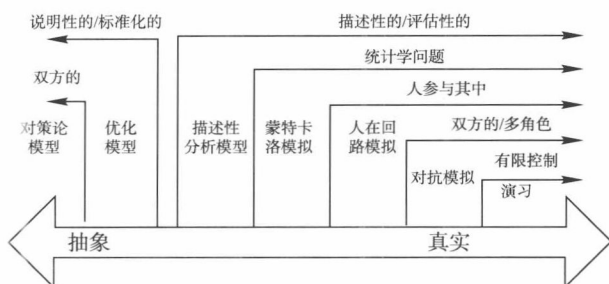


图 1-1 战斗建模谱系

图 1-1 所示“战斗建模谱系”重点在于表明抽象与真实程度之间的变换。主要分界线位于明显以找出最优决策为目的的模型(左边的说明性或标准化模型)与不以最优为目的的模型(右边的描述性或评估性模型)之间。说明性模型寻求说明复杂战场态势中最优的行动方案。我们自然会想到,说明性模型需要更大程度的抽象,以期找到一个有用并且容易操作的行动方案。描述性模型描述战斗现象和过程,但不对行动方案加以说明,因此抽象程度较低。描述性模型的目标是达成对系统主要组成部分或战场态势演变的洞察,分析其中的因果关系,以及对比备用行动方案。有时,在极其少见的情形下,不确定性很少并且其范围受到有效的限定,模型有充分的可靠数据作支持,此时描述性模型也可用来预测战斗结局。说明性模型属于有特殊目标的分析模型。优化模型只针对单一决策者寻找某种意义上最优决策这种情形(详见附录 B),而对策论模型可用来解决多决策者问题。对抗模拟也涉及多个决策者,为了获得真实感,它将人作为系统的一部分。在第 7 章中,将会介绍和比较对策论与对抗模拟。在此,只需注意这两种针对多决策者情形的方法,位于抽象度谱系相对的两端。

在描述性模型中,分析模型,甚至在随机情形下,本身具有可校核性,原因在于各独立执行应当产生相同的结果。如果有两种执行结果不同,则至少说明其中一个错了。由于分析模型难以利用和操作,通常要设计模拟

(图 1-1 右侧四类)。如果随机型模型使用了随机数发生器, 那么这个模型至少属于蒙特卡洛模拟或其右侧的某一类。由于复现是随机产生的, 两个正确的蒙特卡洛执行程序可能产生不同结果, 相对于分析模型 (包含统计学问题, 如图 1-1 箭头上方所示), 校核是一个更难的课题。如果模型哪怕只涉及鲜活的人所做出的一项决策, 则这个执行过程属于人在回路模拟或其右侧的某一类。如果多人怀有不同的决策目的, 则这个执行过程属于对抗模拟 或其右侧的一类。最后, 如果真实世界直接影响执行过程中的任何一个环节, 那么这个执行过程就叫做演习。因为演习已经涉及真实世界的一部分, 有些方面无法控制, 至于演习结束时会发生哪些情况, 依然存在难以解答的问题。在图 1-1 中, 越往右, 模型校核的难度越大。关于演习, 本书将不加以讨论, 而关于人在回路模拟的内容也很少。

给定抽象度, 有时特定的真实世界情形可用多种方式加以实现。考察以下真实世界问题, 将一枚干净的硬币掷三次, 注意事件“两次或以上为正面朝上”是否发生。分析模型会用概率论 (例如二项分布, 见附录 A) 去推断出这个事件的发生概率为 0.5; 这种情形也可采用蒙特卡洛模拟, 用随机数模拟三次掷硬币, 记录下所有复现中发生该事件的那部分。分析模型无疑是解决这种小问题的最好方式, 道理在于只需少许努力便可以透明的方式推导出精确答案。遇到更复杂的情形, 无论就效率还是透明度, 蒙特卡洛模拟可能更为优越。是采用分析模型还是蒙特卡洛实现, 这是个重要的问题, 在研究随机战斗模型过程中会经常遇到。下文我们也会频频碰到这个问题。这两种方法并不冲突, 较为有效的校核策略是用这两种方法分别实现并进行对比。

1.3 建模的捷径

如上所述, 本书中大部分战斗模型是随机型的, 这是由战斗固有的不确定性所决定的。这些模型可能极其复杂, 因此, 为了能够实现这些模型, 有时需要加上假设作为简化“捷径”。虽然这些假设很有用, 且有助于提高实现模型的效率, 但是, 如果不加以严格控制和正确解释, 也是不可靠的。在本节中, 我们将讨论一些普遍应用的捷径。

1.3.1 期望值分析

很多战斗模型是多阶段的, 可以这样理解: 阶段 1 决定向阶段 2 的一

些重要输入 (如随机变量 X)。 X 可以是克服最初防御后幸存的攻击者数量, 或者第一阶段沙暴后幸存可用于执行第二阶段任务的直升机数量。令 $Y = f(X)$ 为两个阶段总体成功程度的某种量化量度, 假设 X 是随机的。既然 X 是随机的, Y 也如此。我们想知道两阶段作战行动的期望成功度或 $E(Y)$ (期望值算子 $E(\cdot)$ 详见附录 A)。问题是要求得 $E(Y)$, 需要对 X 的所有可能值求 $f(X)$ 值。如果求函数 $f(X)$ 的值难度很大或代价过高, 诱人的办法是只求 $f(E(X))$ 的值, 即给定第一阶段平均输出条件下的第二阶段总体成功度, 而不用去求更复杂的 $E(f(X))$, 即两阶段作战行动的平均成功度。这种利用期望值对随机变量进行系统化置换的过程, 称为期望值分析 (EVA)。

EVA 通常无妨。有人说“美国的高速公路上每 13 min 就会死一个人”, 这个说法是不正确的, 要使高速公路死亡个案恰好每 13 min 接连发生, 那需要精妙却毫无意义的协调使之成为现实; 正确的说法是“美国高速公路死亡个案的平均间隔是 13 min”。前一个说法只是忽略了“平均”这个词, 仅就用于估计长时段内高速公路死亡个案数来说, 也无碍大体。然而, EVA 也不总正确。假设设计一个有 n 个冗余控制器的系统, 来确保核攻击不会意外启动。每个控制器独立工作, 正常工作概率是 0.9。只要至少一个控制器工作, 系统就正常运行。利用 EVA, 我们能证明只需两台控制器就足够了。若 X 为可用控制器的数量, 则 $E(X) = 2(0.9) = 1.8$, 既然 $1.8 > 1.0$, 系统是安全的。然而, 在这个 EVA 过程中共出现了两个错误, 一个是表面的, 一个是根本性的。表面的问题在于可用控制器的数量永远是整数, 不能是 1.8; 根本性问题在于单凭期望值分析结果, 不足以得出意外核攻击的概率, 在只采用两个控制器的情况下, 这个概率其实很大 (准确说是 0.01)。另一个例子是坦克在夜间通过地雷场, 地雷场中有一条无障碍的通路, 但由于分不清方向, 坦克驾驶员的行驶路线相对无障碍通路可能偏左或偏右 10 m, 两边概率都是 0.5。采用 EVA, 可以推断出坦克总是精确地沿通路行驶, 理由是平均偏移量是 0, 由此看来坦克是安全的, 可是实际上, 它从未沿无障碍通路行驶, 甚至极有可能触雷爆炸。除了像在第一个例子当中漏掉了可变性的整个轨迹之外, 如第二个例子所示, 通过 EVA 得出的确定型“等效”模型即便按平均数计算也可能是错的。

既然 EVA 是个坏主意, 那为什么人们还要利用它呢? 首要的答案是期望值分析可以引向确定型模型, 而无论是从概念角度还是计算角度, 确定型模型都比随机型模型简单。有时, 人们会产生这样的观点: 战斗模型只能差强人意地接近现实, 这在所难免。既然如此, 用平均值近似表示某

些随机变量,就用不着有所顾虑。这个观点不可谓不好,但是有力的反论据决不在少数(卢卡斯,2000)。EVA 的引入,可能把近似但有用的模型变成一个实际上起误导作用的模型。

我们的观点并不是自始至终弃用 EVA,而是提醒分析者警惕这些危险。在构建随机型模型时,是否采用 EVA,是分析者必须做出的重大决定之一,所以至少有必要给它起个名字。这个主题在第 5 章会再次讨论,并对随机型和确定型兰彻斯特方程进行比较。

1.3.2 普遍独立

随机型模型通常需要处理多种不同现象的相互影响,它们之间的统计关系,对于模型的真实性和易处理性十分重要。这几乎永远是一条真理:最具易处理性的假设是所有现象都彼此独立,既然如此,做出这一假设的习惯配得上“普遍独立”(UI)这个名称,而普遍独立之所以普遍,在于两个基本原因:

(1) 这通常不是对真实世界的离谱假设。在任何实践意义上,很多现象的确彼此互不相干,尽管有一场战斗的结局取决于千万里之遥的蝴蝶飞舞这一煞有介事的说法。

(2) 处理独立事件和随机变量时,概率论通常是最简单的。例如,随机变量和的方差,当随机变量独立时,等于个体方差的和,但不独立时则不相等。

虽然第一个说法成立,在有些情形下,关于独立的假设其负面影响是很危险的。例如,令 E 和 F 分别为坦克 1 和坦克 2 通过地雷场后依然幸存的两个事件, E 和 F 是否独立呢? 如果坦克独立行进,它们可能是独立的,然而如果坦克 2 始终紧跟坦克 1 的行进路线,它们必然是不独立的。如果坦克 1 幸存,则其路线就是安全的,循着同样路线,坦克 2 也可以幸存。从而独立假设的有效性取决于坦克如何通过地雷场。既然克服地雷场的主要措施之一是让所有不得不如此的坦克循着同一条路线,因此从地雷场规划者的角度出发,就其效果而言,基于 UI 假设的模型似乎是极其乐观的,认识到这一点已经给地雷场规划软件造成了相当的困惑(详见第 8 章)。不恰当应用 UI 的另一个例子是,某件武器的几次射击,都存在武器火控系统有偏差的问题,导致共同的瞄准误差(详见第 2 章)。

本书中,我们认为关于独立的假设并不是一个坏主意,相反,在建模中多次用到了关于独立的假设。倒是那些随意的独立假设,就像这些假设某