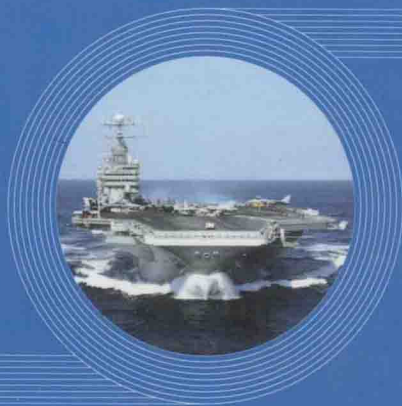


武器装备研制 的风险分析与风险管理

The Risk Analysis and Risk Management
of Weapon System Development

● 吕建伟 陈霖 郭庆华 编著



国防工业出版社
National Defense Industry Press

武器装备研制的 风险分析与风险管理

The Risk Analysis and Risk
Management of Weapon System
Development

吕建伟 陈霖 郭庆华 编著

国防工业出版社

·北京·

图书在版编目(CIP)数据

武器装备研制的风险分析与风险管理/吕建伟等编著.
北京:国防工业出版社,2005.9

ISBN 7-118-03942-X

I. 武... II. 吕... III. ①武器装备—研制—风险分析—研究②武器装备—研制—风险管理—研究
IV. E139

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 057960 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)

国防工业出版社印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 850×1168 1/32 印张 9¼ 238 千字

2005 年 9 月第 1 版 2005 年 9 月北京第 1 次印刷

印数:1—2500 册 定价:32.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)68428422

发行邮购:(010)68414474

发行传真:(010)68411535

发行业务:(010)68472764

致 读 者

本书由国防科技图书出版基金资助出版。

国防科技图书出版工作是国防科技事业的一个重要方面。优秀的国防科技图书既是国防科技成果的一部分,又是国防科技水平的重要标志。为了促进国防科技和武器装备建设事业的发展,加强社会主义物质文明和精神文明建设,培养优秀科技人才,确保国防科技优秀图书的出版,原国防科工委于1988年初决定每年拨出专款,设立国防科技图书出版基金,成立评审委员会,扶持、审定出版国防科技优秀图书。

国防科技图书出版基金资助的对象是:

1. 在国防科学技术领域中,学术水平高,内容有创见,在学科上居领先地位的基础科学理论图书;在工程技术理论方面有突破的应用科学专著。

2. 学术思想新颖,内容具体、实用,对国防科技和武器装备发展具有较大推动作用的专著;密切结合国防现代化和武器装备现代化需要的高新技术内容的专著。

3. 有重要发展前景和有重大开拓使用价值,密切结合国防现代化和武器装备现代化需要的新工艺、新材料内容的专著。

4. 填补目前我国科技领域空白并具有军事应用前景的薄弱学科和边缘学科的科技图书。

国防科技图书出版基金评审委员会在总装备部的领导下开展工作,负责掌握出版基金的使用方向,评审受理的图书选题,决定资助的图书选题和资助金额,以及决定中断或取消资助等。经评审给予资助的图书,由总装备部国防工业出版社列选出版。

国防科技事业已经取得了举世瞩目的成就。国防科技图书承担着记载和弘扬这些成就,积累和传播科技知识的使命。在改革开放的新形势下,原国防科工委率先设立出版基金,扶持出版科技图书,这是一项具有深远意义的创举。此举势必促使国防科技图书的出版随着国防科技事业的发展更加兴旺。

设立出版基金是一件新生事物,是对出版工作的一项改革。因而,评审工作需要不断地摸索、认真地总结和及时地改进,这样,才能使有限的基金发挥出巨大的效能。评审工作更需要国防科技和武器装备建设战线广大科技工作者、专家、教授,以及社会各界朋友的热情支持。

让我们携起手来,为祖国昌盛、科技腾飞、出版繁荣而共同奋斗!

**国防科技图书出版基金
评审委员会**

国防科技图书出版基金 第五届评审委员会组成人员

主任委员	刘成海			
副主任委员	王峰	张涵信	张又栋	
秘书长	张又栋			
副秘书长	彭华良	蔡镭		
委员	于景元	王小谟	甘茂治	刘世参
(按姓名笔画排序)	杨星豪	李德毅	吴有生	何新贵
	佟玉民	宋家树	张立同	张鸿元
	陈冀胜	周一宇	赵凤起	侯正明
	常显奇	崔尔杰	韩祖南	傅惠民
	舒长胜			

前 言

武器装备研制的风险分析和 Risk Management 的概念是美军在 20 世纪 70 年代末提出的。自那以来,项目风险分析和管理的理论和方法在国外的发展和应用已经历了探索、初创、完整理论的形成、成熟并投入使用这几个阶段,并大大促进了装备的发展。有评论说,美军现役装备多数都是成熟技术和新研制产品、技术先进性和技术继承性之间的完美组合。当然,盲目追求高指标从而带来大量投资的浪费,在国内外军队装备建设领域中,都有着有目共睹的例子。

近年来,上述理论和方法也已通过各种渠道传入国内,并投入实际应用。但是,在我军装备建设领域,有关系统的探讨过程还只是刚刚开始,对装备研制的风险规划、辨识、分析、管理等还基本上停留在概念探索和经验分析的基础上,尚未见将装备研制管理人员、技术人员的经验和该领域的理论结合起来的专著。有鉴于此,我们编著了这本书。

十几年来,作者对该领域进行了持续的跟踪、积累和研究。本书以国内外技术资料为基础,融入了作者最新的研究成果,全面论述了武器装备研制风险分析、风险评估和风险管理领域的有关问题。

在风险及相关概念方面,给出了风险的通用定义,探讨了装备研制领域的风险相关概念,对研制项目的技术风险、费用风险和进度风险进行了定义,初步探讨了各风险成分之间的相互关系,对项目风险管理过程和思路进行了介绍和分析。

在项目风险分析方法方面,提出了进行研制项目风险分析的目的和用途;给出了计算技术风险、费用风险和进度风险的常用方法,对费用风险幅度和技术风险的含义等进行了深层次探讨,给出

了具有实用价值的研究成果；对基于项目研制网络图的 VERT (风险评审技术)，以所编制的软件为基础进行了详细的剖析，解决了项目研制中常用的 Beta 分布的近似计算问题，对其他分布形式的使用也给出了详细的分析结论，为项目风险管理打下了基础。

在项目研制风险管理方面，结合所收集的资料和科研实践介绍了项目研制中的决策判据和典型风险源。较为全面地给出了以风险分析为基础的风险处理的思路，探讨了风险避免、风险控制、风险承担、风险转移的具体方法，对国外常用的项目风险管理手段，如技术性能跟踪、预规划产品改进、费用与进度控制、独立估算与评估进行了全面的综合分析；对项目风险管理领域具有特色、相对独立的部分，如研制风险区块管理和研制合同管理也进行了全面的介绍。

作为风险管理的实例，本书对国外部分舰船的研制管理进行了全面的评述，给出了美国海军的 4 种型号舰船的研制背景与有关情况、主尺度与主要总体性能、主要舰载系统及研制情况和研制管理模式，并对其进行了分析和评价。

为反映近年来装备研制风险管理领域的最新进展，本书对其中具有较强针对性且较为成熟的部分，如基于仿真的采办(SBA)、费用作为独立变量(CAIV)和渐进式采办(EA)进行了介绍和综合分析。

最后，在附录部分介绍了美军型号产品研制过程中的设计评审过程和美国海军舰艇论证与设计程序等。

华中科技大学资深教授、博士生导师蔡希贤同志和中国人民解放军 92537 部队包慎良高工审阅了全部书稿并提出了宝贵意见。在此致以深切的谢意。

由于武器装备研制的风险分析和风险管理属于新兴的研究领域，不少问题还有待进一步发展和完善，加之作者水平有限，缺点和疏漏在所难免，诚望批评指正。

作者

目 录

第 1 章 风险与风险管理	1
1.1 风险的定义	1
1.2 装备研制中的风险问题	6
1.3 工程项目的风险种类.....	12
1.4 项目风险管理过程和思路.....	17
第 2 章 常用的风险分析方法	28
2.1 有关的准备工作.....	29
2.2 费用风险和进度风险的量化分析方法.....	30
2.3 技术风险的量化分析方法.....	41
2.4 技术风险相关分析.....	47
第 3 章 风险评审技术(VERT)	59
3.1 VERT 原理	59
3.2 VERT 网络图示例	65
3.3 VERT 的计算机实现	67
3.4 对 Beta 分布的进一步分析和处理	72
3.5 其他常用的分布形式及选择准则.....	78
3.6 软件运行及结果分析.....	88
第 4 章 费用风险幅度的估算	93
4.1 费用风险估算关系.....	93
4.2 费用风险因子.....	97
第 5 章 风险决策判据与典型风险源	100
5.1 风险决策判据	100
5.2 典型风险源	106

第 6 章 风险处理的途径与手段	112
6.1 风险处理方式	112
6.2 技术性能跟踪	116
6.3 预规划产品改进	121
6.4 费用与进度控制	128
6.5 独立估算与评估	137
6.6 研制风险区块管理	140
第 7 章 研制合同与风险管理	149
7.1 基本合同类别	149
7.2 合同的实现方式	152
7.3 关于合同类型选择的分析	156
第 8 章 国外部分舰船研制管理述评	160
8.1 美国海军舰船采办模式的沿革	160
8.2 “斯普鲁恩斯”级舰与“一揽子采购”模式	161
8.3 “佩里”级舰与按费用设计	167
8.4 “提康德罗加”级舰与“设计预算法”	180
8.5 “阿里·伯克”级舰与“费用限额法”	186
8.6 分析与结论	198
第 9 章 项目风险管理进展	208
9.1 基于仿真的采办(SBA)及其应用分析	208
9.2 费用作为独立变量(CAIV)及其应用分析	219
9.3 渐进式采办(EA)及其应用分析	227
附录 A 美国型号产品研制过程中的设计评审	235
附录 B 美国海军舰艇论证与设计程序	250
参考文献	274

CONTENTS

Chapter 1 Risk and risk management	1
1.1 The definition of the risk	1
1.2 The risk in weapon system's development	6
1.3 The risk types in a project of weapon system	12
1.4 The risk management process and methodology	17
Chapter 2 The common method of the risk analysis	28
2.1 The preparation for the analysis	29
2.2 The quantitative analysis of cost and schedule risk	30
2.3 The quantitative analysis of performance risk	41
2.4 The further analysis about the performance risk	47
Chapter 3 Venture evaluation and review technique	59
3.1 The principle of VERT	59
3.2 Some examples of VERT network	65
3.3 The program of VERT	67
3.4 The further analysis to Beta distribution	72
3.5 The selection criterion of other distribution	78
3.6 The output result analysis of VERT program	88
Chapter 4 The range estimate of cost risk	93
4.1 The relationship of cost risk	93

4.2	The factor of cost risk	97
Chapter 5	The judgment measure and typical resources of the risk	100
5.1	The judgment measure of the risk	100
5.2	The typical resources of the risk	106
Chapter 6	The approach and manner of the risk handling	112
6.1	The manner of risk handling	112
6.2	Technical performance measure	116
6.3	Pre-plan product improvement	121
6.4	The manner of project 's cost and schedule control	128
6.5	The independent estimate and evaluation	137
6.6	The risk template and its application	140
Chapter 7	The contract and risk management	149
7.1	The basic contract types	149
7.2	The risk management in the contract	152
7.3	The analysis about the contract selection	156
Chapter 8	The management review of the specific surface vessels development	160
8.1	The history of US navy warship acquisition	160
8.2	The Total Package of Spruance Class Destroyer	161
8.3	The Design-to-cost of Perry Class Frigate	167
8.4	The Design Budget of Ticonderoga Class cruiser	180
8.5	The cost constrain of Arleigh Burke Class Destroyer	186
8.6	The analysis result	198
Chapter 9	The progress in project risk management	208

9.1	Simulation-Based Acquisition and its application	208
9.2	Cost As Independent Variable and its application	219
9.3	Evolutionary Acquisition and its application	227
Appendix A	The review in development of US weapon system project	235
Appendix B	The demonstration and design procedure of US navy vessel	250
References		274

第 1 章 风险与风险管理

装备研制的风险分析和风险管理是装备研制管理的一个重要组成部分。本章从风险的基本概念入手,在系统地阐述项目风险性质、装备研制中的风险问题、项目的风险种类等问题的基础上,对项目风险分析和风险管理的基本过程、基本内容进行了综合分析 with 探讨。

1.1 风险的定义

1. 风险存在的普遍性

在我们的日常生活和工作中,风险是普遍存在的,大多数决策,包括最简单的,都含有风险。例如,在一次公务旅行中作出是乘车还是乘飞机的决策,其费用和时间的差别是显而易见的。但是,其中的安全因素和按时到达的可能性则使对该问题的风险决策变得较为复杂。

这个例子说明我们在工作中必须尽早确定“成功准则”,以便确定评估风险的基本要素,如果只有费用一项是成功准则,那么确定风险就简单了,只需确定乘飞机的费用并将之与乘车的费用相比较即可。下一项成功准则可能是安全因素,一种运输方式会比另一种安全,用单位里程的事故统计数据可以评价这一准则。如果又增加了第 3 项准则,例如准时到达,那么运输方式的可信度就必须加入计算,应评价航线的准时性统计数据与汽车状况的可信度。

随着成功准则的扩充,在作出决策前的风险分析也变得更为

复杂,从该例中可以明显看出,有一些风险(假设增加费用)是可以接受的,而不能及时到达可能会是许多任务要求所不能接受的。当然,如果不能安全地到达,则是完全不可以接受的。

为了更进一步说明风险的普遍性,让我们来看一看一个英国化工厂工人在一天 24h 中经历的死亡事故的风险分布情况,如图 1-1 所示。

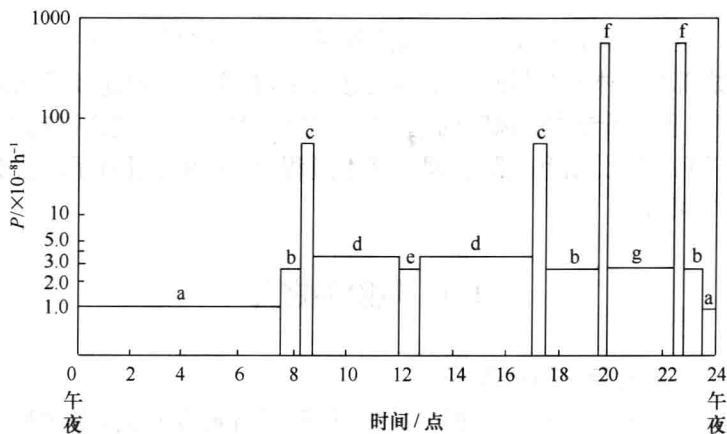


图 1-1 英国化工厂工人一天中死亡风险分布情况

a—睡眠时间;b—在家中吃、洗、穿衣等;c—驾车上下班;d—在化工厂工作;
e—中午吃饭休息;f—骑摩托车兜风;g—晚间娱乐。

图 1-1 中,纵轴表示从大量统计数据中得来的每小时死亡事故的概率,单位是 $10^{-8}/h$ 。

从统计结果看,驾车上下班和开摩托车兜风的死亡风险最大,工作时的死亡风险只是中等水平,即使是在家中睡觉,也有死亡的可能性,此时死亡的风险源为:地震、房屋倒塌……。只不过这种概率甚小,一般人都不考虑罢了。

2. 风险定义

以上我们一不再加说明地引用风险的概念,在一般人的头脑中,“风险”一词也似乎易于理解。事实上,一个人都明白的东西,要给它下一个精确的定义却非易事。

严格说来,风险包括两个方面:不希望事件发生的概率和发生后果的严重性。从这个意义上讲,风险是一个只在未来意义上存在的字眼,没有“过去的风险”,只有实际发生的事件。风险分析和风险管理即包括发生的可能性和它所产生的后果大小这两个方面。

从以上定义可以看出,风险和危险是不同的。危险只意味着一种坏兆头的存在,而风险不仅意味着这种坏兆头的存在,而且还意味着发生这个坏兆头的渠道和可能性。因此,有时虽然有危险存在,但不一定要冒此风险。例如某人是一位公职人员,惯于按部就班地工作,每天都兢兢业业地完成领导交代的各项工作。如果他要去做经商,就有很大的赔本的可能。如果他不自量力,真的去做经商,就要冒赔本的风险;但如果他有自知之明,不去经商,虽然有赔本的危险,但由于没有发生的渠道,所以便没有赔本的风险。

再如新型武器装备的研制如果一拖再拖,迟迟不能交付部队使用,或主要战术技术指标达不到实战的要求,如果处于平时时期,没有战争可打,则虽有危险却没有风险;但如果仗打起来,就要冒失败的风险。

根据以上的定义和讨论,风险可以表示为事件发生的概率及其后果的函数,即

$$R=f(P,C)$$

式中 R ——风险;
 P ——概率;
 C ——后果。

3. 风险度

在许多场合,例如研究工程项目的费用和某些技术指标时,人们往往使用平均值作为某项指标的估计值,此时风险度定义为变量的标准差与平均值之比,该比值有时也称为变异系数(coefficient of variation),即

$$FD = \sigma / \mu$$

式中 σ ——随机变量的标准差；

μ ——变量的平均值。

有时,由于某种原因,人们并不采用平均值作为该变量的估计值,设估计值为 x_0 ,则风险度的定义为

$$FD = \frac{\sigma - (\mu - x_0)}{\mu}$$

风险度反映了随机变量的标准差相对于期望值的离散程度。风险度越大,表示对将来可能发生的事越没有把握,在某种意义上讲风险也就越大。

4. 风险与不确定性

由以上讨论可知,风险是由不确定性产生的,而且这两个概念有时也经常互换使用,但它们又是有区别的,不确定性仅仅考虑事件发生的肯定程度,而风险则还要考虑事件发生后后果的严重程度,图 1-2 说明了这一点。

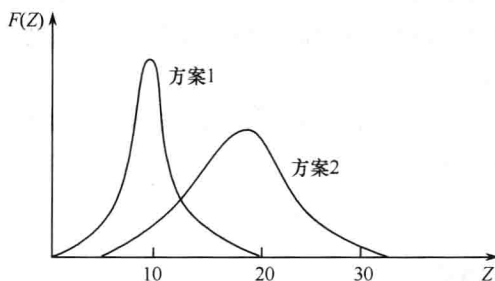


图 1-2 某项指标的概率密度

图 1-2 中的两条曲线分别代表某项待研制产品的某项指标的概率密度,从曲线形状看,方案 2 的指标的离散程度(即不确定性)要更大一些,但若以指标 $Z \geq Z_0$ (例如 $Z_0 = 10$)作为研制成功的判断准则的话,则方案 2 的性能风险要比方案 1 小得多。

这个例子告诉我们,有时不确定性并不完全是坏事,关键要看不确定性是在向着希望的方向发展,或是相反。这就从另一个角