

学 术 著 作 丛 书

*Theory and Application of
Project Risk Analysis*

项目风险分析理论方法及应用

徐培德 祝江汉 等编著

国防科技大学出版社

国防科技大学学术
专著出版基金资助

项目风险分析理论方法及应用

徐培德 祝江汉
李志猛 董献洲 凌云翔 编著

国防科技大学出版社
湖南·长沙

图书在版编目 (CIP) 数据

项目风险分析理论方法及应用/徐培德等编著. —长沙: 国防科技大学出版社, 2007.01

ISBN 7 - 81099 - 381 - X

I. 项… II. 徐… III. 基本建设项目 - 风险分析 IV. F282

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 116352 号

国防科技大学出版社出版发行

电话: (0731) 4572640 邮政编码: 410073

<http://www.gfkdcbs.com>

责任编辑: 耿 筠 责任校对: 徐 飞

新华书店总店北京发行所经销

国防科技大学印刷厂印装

*

开本: 850 × 1168 1/32 印张: 10.25 字数: 276 千

2007 年 1 月第 1 版第 1 次印刷 印数: 1 - 1000 册

*

ISBN 7 - 81099 - 381 - X/F·44

定价: 28.00 元

前 言

现代高技术武器的研制是一项非常复杂的系统工程，研制工作具有很强的探索性和综合性，往往需要采用新的、复杂的技术，投入巨额的资金，组织庞大的研制队伍，持续较长的研制周期。国内外大量事例都表明，在高技术武器和其他武器系统的研制中会遇到各种风险，威胁研制计划的实现。

提高研制的科学性、避免或降低研制中的风险，以保证项目的顺利实施，是武器研制项目的核心工作。风险分析是武器论证和项目风险管理的重要工作，是对项目的风险进行定量分析和决策的基础。

风险分析的理论方法是随着系统工程科学的发展而逐步形成的，到目前为止国内还很少有关于项目风险分析的专著问世。国外对风险分析理论方法的研究是从 20 世纪 70 年代末开始的，研究领域开始主要是关于大型核工厂运行或航天部门某一特定发射任务的风险。美国在武器装备研制和采购中应用风险分析方法已有很多年的历史，对大型项目的风险管理非常重视，已普遍采用风险分析方法，并有了比较完整的管理规定，发展了较丰富的理论和方法。在实践中也应用了各种辅助工程项目和武器装备风险分析和管理的计算机系统，提高了风险分析及管理的水平和效率。

本书主要针对我国装备研制和发展的需要和具体特点，全面介绍了项目风险分析的理论和方法，重点介绍了各种分析的定量方法，并给出了应用例子，反映了国内外在这一领域的最新进展，希望能够对我国武器装备的发展，特别是对研制项目的风险管理工作有所帮助。

本书的很多内容主要是作者在该领域工作的总结，反映了作者对项目风险分析方法的研究与认识。同时，全书在成稿过程中，作者也参阅吸收了很多文献的成果，在此表示感谢。

限于编著人员水平，本书错误和不妥之处在所难免，希望读者批评指正。

作 者

2006 年 10 月

目 录

第一章 绪 论

1.1 项目概念	(1)
1.1.1 项目的含义与特点	(1)
1.1.2 项目的分类	(4)
1.1.3 项目的管理	(4)
1.1.4 项目评估的概念	(6)
1.2 项目风险	(7)
1.2.1 风险的概念	(7)
1.2.2 项目的风险	(9)
1.2.3 风险的特点	(10)
1.2.4 风险、危险与不确定性之间的关系	(11)
1.3 风险分析方法概述	(14)
1.3.1 风险分析发展概况	(14)
1.3.2 风险定性分析方法	(17)
1.3.3 风险定量分析方法	(18)
1.4 项目风险因素分析	(23)
1.4.1 风险的来源	(23)
1.4.2 风险的利益相关主体	(24)
1.4.3 风险对项目目标的影响	(25)
1.4.4 工程项目管理的过程	(26)

1.5 风险分类	(26)
1.5.1 风险分类方法	(26)
1.5.2 工程项目风险种类	(28)
1.5.3 技术风险	(28)
1.5.4 计划风险	(29)
1.5.5 保障性风险	(31)
1.5.6 费用和进度风险	(32)
1.5.7 各类风险的相互关系	(33)

第二章 风险管理与风险分析

2.1 风险管理概述	(35)
2.1.1 风险管理的构成要素	(35)
2.1.2 风险管理结构	(36)
2.2 风险辨识	(37)
2.2.1 途径	(38)
2.2.2 基线风险	(39)
2.2.3 项目检查清单	(40)
2.2.4 规定工程项目目标与策略	(41)
2.2.5 风险程度判定与分类	(41)
2.3 风险分析	(42)
2.3.1 定义和说明	(42)
2.3.2 风险分析的产品	(44)
2.4 风险处理	(46)
2.4.1 风险避免	(46)
2.4.2 风险控制	(46)
2.4.3 风险承担	(47)

2.4.4 风险转移	(47)
2.4.5 调查和研究	(47)

第三章 风险分析方法

3.1 工程分析方法	(48)
3.2 等风险轮廓线法	(52)
3.3 风险参数法(Risk Parameter Method, RFM)	(54)
3.4 概率事件分析法(Probability Event Analysis, PEA)	(57)
3.5 决策分析方法	(59)
3.5.1 概述	(59)
3.5.2 技术的说明	(60)
3.5.3 应用本技术的主要步骤	(61)
3.5.4 结果的使用	(63)
3.5.5 决策分析方法的特点	(63)
3.6 寿命周期费用分析	(63)
3.6.1 概述	(63)
3.6.2 技术说明	(64)
3.6.3 输入和输出	(64)
3.6.4 应用本技术的主要步骤	(65)
3.6.5 分析结果的使用	(66)
3.7 Bayes 风险决策	(67)
3.7.1 离散随机变量的 Bayes 理论	(67)
3.7.2 连续随机变量的 Bayes 理论	(69)
3.7.3 Bayes 风险与 Bayes 决策	(70)
3.7.4 两种损失函数的 Bayes 风险决策	(73)

3.7.5	元部件和系统可靠性的 Bayes 估计	(75)
3.8	风险矩阵法	(78)
3.8.1	风险矩阵	(78)
3.8.2	风险矩阵法的过程	(80)
3.9	风险层次分析方法	(87)
3.9.1	层次分析法	(87)
3.9.2	应用例子	(92)
3.10	模糊风险综合评价	(96)
3.10.1	模糊与项目风险评价	(96)
3.10.2	模糊综合评价	(96)
3.10.3	应用例子	(97)

第四章 风险评审技术(VERT)

4.1	概述	(102)
4.1.1	VERT 的发展过程	(102)
4.1.2	VERT 的特点	(104)
4.2	风险评审技术方法构模要素和逻辑功能	(106)
4.2.1	VERT 网络构模要素	(106)
4.2.2	VERT 中弧(活动)的类别	(107)
4.2.3	VERT 中节点的类别	(108)
4.3	风险评审技术的建模方法	(115)
4.3.1	VERT 模型概念	(115)
4.3.2	网络结构的扩充	(116)
4.3.3	VERT 系统中活动参数确定	(117)
4.3.4	VERT 网络结构的优化	(118)
4.4	VERT 仿真的输入与输出参数	(120)

4.4.1	输入参数	(120)
4.4.2	输出参数	(121)
4.5	应用示例	(122)
4.5.1	更换汽车轮胎问题	(122)
4.5.2	研制新型汽车问题	(123)
4.5.3	能源利用方案模型	(128)

第五章 概率风险评估(PRA)方法

5.1	PRA 的基本概念	(132)
5.1.1	初始事件	(133)
5.1.2	主逻辑图(MLD)	(134)
5.1.3	功能事件顺序图(FESD)	(134)
5.1.4	事件树分析(ETA)	(135)
5.1.5	故障树分析(FTA)	(136)
5.1.6	事故序列组(事件序列组 Scenario)	(137)
5.2	故障树分析	(137)
5.2.1	故障树结构	(138)
5.2.2	故障树定性评估	(140)
5.2.3	故障树定量计算	(143)
5.3	PRA 分析方法	(146)
5.3.1	初始事件与风险剖面	(146)
5.3.2	三个级别的 PRA	(149)
5.3.3	PRA 的主要任务	(152)
5.3.4	风险计算	(154)
5.4	PRA 的研究发展	(157)

第六章 项目风险辅助分析系统

6.1 简介	(159)
6.1.1 风险评估子系统	(159)
6.1.2 快速风险分析子系统	(160)
6.1.3 风险信息管理系统	(161)
6.2 风险评审技术(VERT)子系统	(161)
6.2.1 可视化模型编辑器	(162)
6.2.2 模型联编	(168)
6.2.3 仿真运行环境	(170)
6.2.4 VERT 建模仿真环境的数据管理	(183)
6.3 概率风险评估(PRA)子系统	(191)
6.3.1 可视化模型编辑器	(191)
6.3.2 MLD、FT 解释机制	(197)
6.3.3 ET 推理机制	(198)
6.3.4 定性评估模块	(199)
6.3.5 定量计算模块	(200)
6.3.6 图元节点逻辑知识及数据	(201)
6.3.7 PRA 示例分析	(201)
6.4 快速风险分析子系统	(206)
6.4.1 工程分析方法	(206)
6.4.2 等风险轮廓线方法	(212)
6.4.3 风险参数方法	(217)
6.4.4 概率事件分析方法	(222)
6.5 风险信息管理系统	(226)

第七章 项目风险分析方法的应用

7.1 战略导弹的研制风险分析	(227)
7.1.1 战略导弹研制与项目管理	(227)
7.1.2 战略导弹研制风险分析的知识框架	(230)
7.1.3 项目研制风险源识别	(232)
7.2 战略导弹研制的 VERT 分析	(234)
7.2.1 各阶段主要工作分析	(234)
7.2.2 VERT 仿真模型	(235)
7.2.3 仿真参数设计	(240)
7.2.4 VERT 模型的各工序(弧)的功能	(243)
7.2.5 模型仿真结果	(249)
7.3 战略导弹研制的 PRA 分析	(252)
7.3.1 战略导弹系统组成及功能	(252)
7.3.2 PRA 在导弹研制过程中的应用	(256)
7.4 航天飞机的 PRA 评估	(266)
7.4.1 航天飞机的 PRA 分析模型	(267)
7.4.2 航天飞机的 PRA 分析结果	(271)
7.5 C ⁴ ISR 系统风险综合分析方法	(277)
7.5.1 C ⁴ ISR 系统的风险概念	(277)
7.5.2 C ⁴ ISR 系统建设的风险因子计算	(278)
7.5.3 风险等级测定和风险排序	(283)
7.5.4 结果分析	(287)
7.6 航空新产品开发的风险管理	(288)
7.6.1 风险规划	(288)
7.6.2 风险识别	(289)

7.6.3	风险估计	(291)
7.6.4	风险评价	(292)
7.6.5	风险应对	(294)
7.6.6	风险监控	(296)
7.7	工程项目风险源分析	(297)
7.7.1	技术风险源	(297)
7.7.2	计划风险源	(299)
7.7.3	保障性风险源	(305)
参考文献		(311)

第 1 章 绪 论

社会和经济的发展离不开项目,自人类开始有组织的活动,就一直进行着各种类型的“项目”,项目构成了各行各业发展的基础。国内外的大量事例表明,项目的实施过程中,存在着大量的不确定性,影响了项目的成功。掌握项目中风险的规律,是提高项目管理水平的关键。本章将介绍项目的概念,项目管理与评估的任务与原则,项目风险的概念与类型。

1.1 项目概念

1.1.1 项目的含义与特点

项目的历史已经非常久远,埃及的金字塔、中国的古长城等已被人们普遍誉为早期成功项目的范例。随着社会的发展,人类的有组织活动逐步分化为两种类型:一类是连续不断、周而复始的活动,人们称之为“动作”(Operations);另一类是临时性、一次性的活动,人们称之为“项目”(Projects),如企业的技术改造活动、一项环保工程的实施等。

项目是一个特殊的将被完成的有限任务,它是在一定时间内,满足一系列特定目标的多项相关工作的总称。广义地讲,项目泛指在一定的约束条件(如资源、技术、资金、时间、空间、政策、法规等)下,投资主体为获得未来预期目标,将货币资本或实物资本投入到盈利性或非盈利性的事业中。项目的定义包含了三层含义:

- ①项目是一项有待完成的任务,且有特定的环境及要求;

②在一定的组织机构内,利用有限资源(人力、物力、财力等)在规定的时间内完成任务;

③任务要满足一定性能、质量、数量、技术指标等要求。

在社会经济活动中的不同场合,项目有不同的含义。如在生产经营领域,有企业经营战略规划项目、新产品开发项目、技术引进项目、设备更新项目等;在流通领域,有以物资流通为内容的销售网络项目;在建设领域,有以投资建设活动为内容的工程建设项目;在科研领域,有以研究开发为内容的新技术、高技术研究开发项目、中试项目;在军事领域,有各种训练、作战、装备研制、物资保障等军事项目。项目通常既包括上述有形的项目,也包括无形的项目,如社会制度的改进、政策的调整和管理人员培训等。

项目的内容和形式虽然有多种多样,但对于一般项目来说,具有如下的主要特征:

(1)项目实施的一次性

项目有投入也有产出,然而不是周而复始的,更不是无终了的,而是一次性的。例如,建设一座火电厂可以当做一个大项目,但建成投产以后的日常生产过程则不能当做项目。又如即使采用型号相同的标准图纸,建造两个生活住宅区,但由于建设时间、地点、周围环境等条件不可能完全相同,因此,它们属于两个不同的项目。

(2)项目都具有详细而明确的目标

项目的目标包括了成果性目标和约束性目标。成果性目标是指项目的功能要求,即设计规定的生产产品的规格、品种、生产能力目标;约束性目标是指限制条件,如工程质量标准、竣工验收投产使用工期、投资目标、效益指标等。项目的目标不是一成不变的,可能在实现目标的过程中发生变化,可能因为用户提出了改变目标的要求,也可能是由于活动本身产生的新信息表明原来的目标不完全恰当,需要调整项目及其目标。

(3)项目作为管理对象的整体性

这一特点表示,一个项目的工作性质和工作量是相对固定的,它把项目和一个部门其他业务明确地区分开来。一个项目是一个整体,在按其需要配置生产要素时,要做到数量、质量、费用、结构的总体优化。

(4)项目有具体的时间计划和有限寿命

项目任务的一次性决定了项目有一个确定的起始、实施和终结过程,造就构成了项目的有限寿命。对于一般项目来说,项目的寿命可分为三个阶段:第一阶段是项目前期阶段,一般包括项目规划、部署,即要明确项目的任务、基本要求、所需投入要素、目标及成本效益分析论证。第二阶段是项目的实施阶段,即具体组织项目的实施以实现项目的目标。第三阶段是项目终结阶段,包括项目的总结、清理等。

(5)项目具有一定的不确定性和风险

这一特点表明,项目的建设不是一帆风顺的。管理项目会遇到很大的挑战,有很多因素会使项目达不到预期目标。从一定意义上来说,项目管理就是管理风险。

(6)绝大多数项目是一个开放系统

项目的完成要涉及若干的部门与组织,这要求项目管理人员为了保证项目完成既要协调好项目团队和组织内部各职能部门之间的关系,又要协调好项目团队与组织外部相关部门的关系,以便最大限度地取得他们的支持和协作。管理项目经常需要与一些陌生人打交道,这些人包括组织职能部门的领导、政府、官员、银行家、工程承包者、供应单位的负责人等。他们对项目的成败至关重要但都不受项目管理组织的管辖。如何让这些人员支持项目工作,是项目管理者及其所领导的项目团队的重要任务。

1.1.2 项目的分类

项目的种类很多,为了管理与分析的需要,可以从不同角度对项目进行分类。

①从建设规模划分,可分为:大型项目、中型项目、小型项目。

②按相对条件划分,可分为:新建项目、扩建项目、改建项目、迁建项目、恢复项目。

③从行业上划分,可分为:建筑项目、制造项目、农业项目、医疗项目、金融项目、电子项目、纺织项目、交通项目等。

④按投资使用方向和投资主体的活动范围划分,可分为:竞争性项目、基础性项目、公益性项目等。

⑤从性质上划分,可分为:研制项目、技改项目、引进项目、风险投资项目、产品开发项目、组织活动项目等。

⑥按投资建设的用途划分,可分为:生产性建设项目、非生产性建设项目。

⑦按资金来源划分,可分为:国家预算拨款项目、国家拨改贷项目、银行贷款项目、企业联合投资项目、企业自筹项目、利用外资项目和外资项目等。

1.1.3 项目的管理

随着技术水平、资金实力以及需求的增加,项目的规模、投资额、涉及的专业数量越来越大,项目的内部关系更加复杂,投资者对项目在质量、工期、投资效益等方面的要求也越来越高。一般的管理模式已经不能满足一个项目运作的需要,由此产生了“如何更科学、合理地管理项目”的研究,开始提出了一些有效的管理理念和模式,逐渐产生了项目管理科学的概念。

从 20 世纪 70 年代开始,项目管理作为管理的重要分支,对项目的实施提供了一种有力的组织形式,改善了对各种人力和资源利用