

21
CENTURY



全国10所高等院校、中科院和6大行业项目型代表企业 联合推出

21世纪高等院校项目管理工程硕士系列规划教材

总主编 王长峰

MODERN PROJECT RISK MANAGEMENT

现代项目 风险管理

○ 王长峰 编著



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

21 世纪高等院校项目管理工程硕士系列规划教材

现代项目风险管理

王长峰 编 著



机械工业出版社

本书共分为五篇 11 章：第一篇为项目系统风险管理基础，主要介绍项目过程风险管理的基本知识和综合集成管理的模式；第二篇为项目系统风险识别与分析评价，主要介绍项目系统过程风险识别方法、定性分析方法、定量分析方法；第三篇为项目系统风险计划与监控，主要介绍项目系统过程风险计划管理、监控管理和风险应对计划；第四篇为项目系统过程风险安全评价与重大事故应急救援，主要介绍项目系统风险评价的方法和重大事故应急救援体系的组成；第五篇为项目系统风险案例分析，主要介绍项目系统过程风险管理的 4 个案例和安全事故的案例分析。

本书以理论为主，同时还列举了大量的实例，具有理论与实务相结合的特点，便于读者对理论的理解。本书主要针对高等院校项目管理工程硕士进行编写，针对工程硕士的论文选题，讲解国内外研究现状和发展趋势，比较适合项目管理工程硕士的教学。本书还可作为项目管理专业的培训教材，也可作为项目管理学学士、博士的教材、参考书。

图书在版编目 (CIP) 数据

现代项目风险管理/王长峰编著. —北京：机械工业出版社，2008. 1

(21 世纪高等院校项目管理工程硕士系列规划教材)

ISBN 978-7-111-22677-2

I. 现… II. 王… III. 项目管理：风险管理－研究生－教材
IV. F224.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 168067 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑：汤攀 责任校对：李秋荣

封面设计：张静 责任印制：杨曦

北京机工印刷厂印刷 (北京双新装订有限公司装订)

2008 年 1 月第 1 版第 1 次印刷

184mm × 260mm · 18.25 印张 · 449 千字

标准书号：ISBN 978-7-111-22677-2

定价：38.00 元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

销售服务热线电话：(010) 68326294

购书热线电话：(010) 88379639 88379641 88379643

编辑热线电话：(010) 68327259

封面无防伪标均为盗版

21 世纪高等院校项目管理工程硕士系列规划教材

教材学术委员会

主任：计雷

副主任：蔡晨 王长峰

委员：陈德泉 徐伟宣 席相霖 吴之明

舒华英 周长安 杨爱华

教材指导委员会

主任：王守清

委员：魏法杰 张连营 黄钧 王爱虎

忻展红 戚安邦

教材编写委员会

主任：王长峰

委员：(按姓氏笔画排序)

刘林 纪建悦 何亚伯 吴贤国

李英辉 李建平 林则夫 周垂日

赖一飞 魏方

全国高等学校工程管理专业学位研究生教育指导委员会

中国项目管理协会

中国项目管理协会项目管理工程硕士教育委员会

编委会

2007年8月

总 序

在 20 多位长期从事项目管理工程硕士教学和项目管理研究的高校教师、40 多位长期在建筑、IT、交通、航空航天、石油石化、制造等企业工作的项目管理专家以及机械工业出版社的共同努力下,“21 世纪高等院校项目管理工程硕士系列规划教材”面世了。这套教材的出版,将为丰富我国项目管理工程硕士教育资源,提高项目管理工程硕士教育质量起到积极的推动作用。

自从 20 世纪 60 年代初期著名数学家华罗庚教授在全国推广“优选法”和“统筹法”以来,特别是近几年,我国项目管理的普及和应用日新月异,给项目管理学科的发展和建设带来了千载难逢的机遇和挑战。项目管理工程硕士教育发展非常迅速,目前全国具有项目管理工程硕士学位授予权的高等院校已有 102 所,招生人数居工程硕士 40 个领域之首;但适用于项目管理工程硕士培养的教材比较缺乏,“21 世纪高等院校项目管理工程硕士系列规划教材”就是在这样的背景之下,由教研、企业和出版社联合规划推出的,很有必要。

这套教材分为项目管理的基础教材、专业教材、案例教材和前沿教材四个层次,致力于全面覆盖项目管理工程硕士培养体系的知识范畴,全面满足学生学习和教师教学的多方面需求。

教材在规划和编写过程中,始终强调项目管理的系统性、集成性、过程性、动态性、信息性、多目标性和博弈性等理念,并注重理论与实际相结合,强调培养学生的实际操作能力,解决项目管理实际问题。这也是本套教材的特色。

这套教材除了适用于高等院校项目管理工程硕士,也可供管理类和技术类相关专业的工程硕士、硕士、博士和工程管理专业本科生使用,还可作为高等院校教师和各行业相关专业人员的参考资料。

我衷心祝贺这套教材的出版,希望全国能有更多出色的项目管理教材奉献给广大的读者。

全国工程硕士专业学位教育指导委员会
项目管理领域教育协作组组长
清华大学国际工程项目管理研究院副院长
王守清
2007 年 8 月

序

目前,我国项目管理工程硕士教育发展异常迅速,全国具有项目管理工程硕士学位授予权的高等院校总计102所,但是,专门针对项目管理工程硕士培养的系列教材十分缺乏。鉴此,我们在总结多年项目管理教学经验和科学研究的基础上,组织了20多位北京邮电大学、中国海洋大学、中央财经大学、中国石油大学、武汉大学、华中科技大学、中国科学技术大学等高等院校和中国科学院长期从事项目管理工程硕士教学和科学研究的专家教授,40多位长期在建筑、IT、交通、航空航天、石油石化、制造等企业工作的项目管理专家,联合规划和编写了“21世纪高等院校项目管理工程硕士系列规划教材”。

我们聘请了著名数学家华罗庚的弟子、全国项目管理学术权威、著名项目管理专家计雷、陈德泉、徐伟宣、蔡晨等研究员,全国著名项目管理专家席相霖、吴之明、周长安、杨爱华等专家教授组成教材学术委员会;聘请了全国工程硕士专业学位教育指导委员会项目管理领域教育协作组负责人王守清教授,副组长单位的魏法杰、张连营等教授组成教材指导委员会;聘请了全国著名高等院校长期从事项目管理教学和科研,高层次、高水平的专家教授以及长期在六大行业企业从事项目管理的专家组成了教材编写委员会。

根据全国工程硕士专业学位教育指导委员会项目管理工程硕士课程培养体系的要求、课程培养规律和学科知识层次,本系列规划教材分为项目管理基础教材、项目管理专业教材、项目管理案例教材、项目管理前沿教材等四个层次,全面覆盖了项目管理工程硕士培养体系的范畴,满足了学生学习和教师教学的需求。

项目管理基础教材注重项目管理应该做什么,强调搭建项目管理知识体系;项目管理专业教材注重如何做项目,强调解决项目管理问题的实际动手能力;项目管理案例教材结合行业背景、技术背景和项目实际案例,强调理论与实际相结合,注重项目的分析、运作过程和应用,解决企业现场的实际问题;项目管理前沿教材强调在项目管理领域的科学研究,注重跟踪学科研究领域的发展前沿,针对项目管理工程硕士学位论文选题,阐述国内外研究现状、前沿理论、技术与方法和未来发展趋势。

本系列规划教材基于项目管理为一个复杂的巨大系统工程,注重强调创新的理念——系统性、集成性、过程性、信息性、多目标决策性和博弈性,始终贯穿项目的过程管理和动态控制思想。本系列教材具有如下特色:

1. 基于项目管理工程,强调系统性、集成性、过程性、信息性、多目标决策性和博弈性创新理念贯穿项目的过程管理和动态控制思想。
2. 突出项目管理理论,注重理论与实际案例相结合,强调解决企业项目管理的实际问题,努力培养学生的实际动手能力,弥补现有项目管理书籍唯注重项目管理理论的缺陷。
3. 本系列规划教材书目参考了全国高等院校课程体系,同时,还根据项目管理学科特点和工程硕士培养需要,增设了《工程项目设计过程与管理》、《项目管理案例与分析》、《项目管理前沿》等教材。
4. 本系列规划教材内容精练、设计合理,可供高等院校项目管理工程(普通)硕士、

管理类和技术类工程（普通）硕士、博士和教师以及工程管理本科教学参考使用。

本系列规划教材由中国科学技术大学和中国科学院项目管理博士、中国优选法统筹法与经济数学研究会理事、国际项目管理协会（IPMA）B级导师、北京邮电大学经济管理学院王长峰教授担任总主编，负责教材的总体规划、统筹协调和部分教材的编写工作。

在本系列规划教材编写过程中，得到了高等院校、科研院所、企业单位领导的大力支持与帮助，在此表示最诚挚的谢意！

本系列规划教材编写过程中，得到了高等院校、科研院所、企业单位领导的大力支持与帮助，在此表示最诚挚的谢意！

本系列规划教材编写过程中，得到了高等院校、科研院所、企业单位领导的大力支持与帮助，在此表示最诚挚的谢意！

本系列规划教材编写过程中，得到了高等院校、科研院所、企业单位领导的大力支持与帮助，在此表示最诚挚的谢意！

本系列规划教材编写过程中，得到了高等院校、科研院所、企业单位领导的大力支持与帮助，在此表示最诚挚的谢意！

本系列规划教材编写过程中，得到了高等院校、科研院所、企业单位领导的大力支持与帮助，在此表示最诚挚的谢意！

本系列规划教材编写过程中，得到了高等院校、科研院所、企业单位领导的大力支持与帮助，在此表示最诚挚的谢意！

本系列规划教材编写过程中，得到了高等院校、科研院所、企业单位领导的大力支持与帮助，在此表示最诚挚的谢意！

本系列规划教材编写过程中，得到了高等院校、科研院所、企业单位领导的大力支持与帮助，在此表示最诚挚的谢意！

本系列规划教材编写过程中，得到了高等院校、科研院所、企业单位领导的大力支持与帮助，在此表示最诚挚的谢意！

本系列规划教材编写过程中，得到了高等院校、科研院所、企业单位领导的大力支持与帮助，在此表示最诚挚的谢意！

前 言

项目风险管理是重大工程和研发 (R&D) 项目管理的一个重要内容,也是重大工程和研发 (R&D) 项目管理中一个非常棘手的关键问题,目前国内项目风险管理研究处于起步阶段。

如何对重大工程和研发 (R&D) 项目进行项目风险管理,消除项目安全隐患,制订项目风险应急计划,取得预期目标和综合效益,达到项目整体优化,这已经越来越引起了项目高层领导、项目投资者或者业主、项目管理者 and 研究专家的高度重视。

作者在我国著名项目管理专家、中国科学院研究员蔡晨的指导下,以项目过程风险为研究对象,以项目过程管理综合集成为理念,以现代项目管理理论、系统工程理论、概率论、数理统计论、模糊数学、现代控制理论和组织行为理论为指导,基于强调创新的思想——系统性、集成性、过程性、动态性、信息性、多目标决策性和博弈性,重点研究和分析了过程风险管理的特征、内容、方法和管理模式,提出了基于过程的过程风险管理逻辑结构的设计思想,建立了基于过程的过程风险管理逻辑结构;同时,还根据现代组织理论、人类习惯域理论和过程的动态性,提出了过程风险有机组织具有习惯域的具体表现,建立了过程风险组织行为动态管理模式。研究结果具有直观性、简单性、程序性、可靠性和科学性,对于管理和控制重大工程和研发 (R&D) 项目过程风险具有较好的指导作用。

作者在项目风险研究领域还针对重大工程和研发 (R&D) 项目过程风险的特征,重点研究了研发项目风险的管理方法,提出了“模糊—事件树—故障树”集成的方法,并初步解决了我国舰船建造过程风险管理与控制的实际问题,其研究水平处于国内先进水平;同时,作者还着重研究、分析和提出了识别和分析过程风险的新的定性技术与方法,制订了一套完整性和系统性较强的识别和分析过程风险的技术参考模板,改善了原来从不同侧面识别和分析过程风险不足的地方,完善和发展了识别和分析过程风险的技术与方法,初步解决了多年来我国舰船建造过程风险识别和分析尚未解决的问题,其结果具有可靠性、科学性和可信性,并具有较大的社会效益、经济效益和广泛的应用前景,为进一步分析和评估过程风险提供了坚实的基础。

本书是作者近几年来在项目风险管理领域的重要科技成果总结,其研究水平已经达到国内先进水平。全书共分项目系统风险管理基础、项目系统风险识

别与分析评价、项目系统风险计划与控制、项目系统过程风险安全评价与重大事故应急救援、项目系统风险案例分析等五篇。

本书为项目管理专业教材，主要针对目前高等院校项目管理工程硕士的项目风险管理课程和学位论文选题编写而成。教材内容自始至终注重结合行业背景、技术背景和项目实际案例，强调理论与实际相结合，注重项目的分析、运作过程和应用，贯穿如何做好项目风险管理，强调提高解决项目风险管理问题的实际动手能力，解决企业现场的实际问题。本书始终以国防科工委“十五”重大应用研究课题——舰船建造过程风险识别与方法研究以及作者指导的项目管理工程硕士论文——中国通信工程企业实施国际工程项目的风险管理与研究（赵楠）、航丰园科技大厦施工项目风险管理（焦红涛）、国际工程总承包项目风险的管理与应对（刘月）为实际案例，讲述了项目风险管理的整个过程。因此，本书是目前高等院校项目管理工程硕士项目风险管理课程和学位论文的重要参考书。

在教材编写过程中，陈娜、陈景婷研究生，陈莹、秦静、李舒、倪丽娜等同学编辑和校核了教材的部分内容，王堃同学绘制了部分插图和表格，谨向他（她）们表示最衷心的感谢！

由于编者水平有限，书中错误之处在所难免，恳请广大读者批评指正。

编者

2007年8月于北京

目 录

总序
序
前言

第一篇 项目系统风险管理基础

第1章 项目过程风险管理概述	1
1.1 项目风险系统工程的基本概念	1
1.1.1 系统的概念	1
1.1.2 系统工程的概念	2
1.1.3 风险安全系统工程的概念	2
1.2 项目过程管理和项目过程风险管理	7
1.2.1 项目过程管理	7
1.2.2 项目过程风险管理	10
1.2.3 项目过程风险数学模型描述	14
第2章 项目过程风险综合集成管理	16
2.1 项目综合集成管理	16

2.1.1 集成概念	16
2.1.2 项目管理集成的概念和特征	16
2.2 项目过程风险综合集成管理	18
2.2.1 项目过程风险管理综合集成模式	18
2.2.2 项目过程风险管理逻辑结构	18
2.3 项目过程风险的组织行为动态和团队管理模式	23
2.3.1 项目过程风险组织的主要特征	23
2.3.2 项目过程风险的组织习惯域理论	23
2.3.3 动态管理模式与运作机制	24

第二篇 项目系统风险识别与分析评价

第3章 项目系统过程风险识别	28
3.1 概述	28
3.2 项目过程风险因素识别技术与方法	29
3.2.1 项目过程风险识别概述	29
3.2.2 项目过程风险识别依据	30
3.2.3 项目过程风险识别步骤与流程	30
3.2.4 项目过程风险识别技术与方法	31
3.3 项目过程风险因素识别案例	32
3.3.1 通信施工项目风险潜在因素识别案例	32
3.3.2 航丰园科技大厦工程项目风险潜在因素识别	34

3.3.3 国际工程对外总承包模式下工程项目风险因素的预测	36
3.3.4 船舶建造项目风险潜在因素识别案例	40
第4章 项目系统过程风险定性分析	45
4.1 项目系统过程风险定性分析概述	45
4.2 项目系统过程风险定性分析技术和方法	46
4.2.1 安全检查表法	46
4.2.2 危险性预先分析	50
4.2.3 故障模式影响和危害性分析	54
4.2.4 原因—结果分析	59

4.2.5 对应子项目风险分析模型	62	5.3.1 模糊—事件树—故障树集成分	
4.2.6 项目过程风险的“严重性—可能		析方法概述	87
性”矩阵划分等级法	63	5.3.2 模糊—事件树—故障树集成定	
4.2.7 项目过程风险关键事件（顶事件）		性分析方法研究	89
调研表法	64	5.3.3 模糊—故障树集成定量分析方	
4.2.8 工作分解结构（WBS）—过程风		法	90
险分解结构（RBS）矩阵结构	64	5.3.4 模糊—事件树集成定量分析方	
4.2.9 工程周期（T）—过程风险分解		法	99
结构（RBS）矩阵结构	66	5.3.5 模糊—事件树与模糊—故障树	
4.3 项目过程风险定性分析案例	66	集成定量分析方法	100
第5章 项目系统过程风险性定量分		5.4 LEC 分析	103
析	67	5.4.1 基本原理	103
5.1 事件树分析	67	5.4.2 LEC 的取值标准	103
5.1.1 事件树分析与决策论	67	5.4.3 评价过程	105
5.1.2 事故的动态分析	67	5.4.4 方法的优缺点	105
5.1.3 特点及适用性	68	5.4.5 应用实例	106
5.1.4 应用实例	68	5.5 AHP 层次分析法	106
5.2 事故树（故障树）分析	69	5.5.1 AHP 层次分析法原理	106
5.2.1 概述	69	5.5.2 AHP 层次模型	106
5.2.2 事故树的编制方法	71	5.5.3 AHP 层次分析法步骤	106
5.2.3 事故树定性分析	73	5.6 模拟技术——蒙特卡罗法模	
5.2.4 事故树定量分析	81	拟分析	108
5.2.5 事故树（故障树）分析的局限		5.6.1 蒙特卡罗法的基本原理	109
性	82	5.6.2 蒙特卡罗法的模拟步骤	109
5.2.6 应用实例	82	5.6.3 模拟技术——蒙特卡罗法模拟	
5.3 模糊—事件树—故障树集成		分析案例	110
分析方法	87	5.7 项目过程风险定量分析案例	115

第三篇 项目系统风险计划与监控

第6章 项目系统过程风险计划管理	116	6.3.1 项目系统过程风险管理计划编制	
6.1 项目系统过程风险计划管理		模板	119
概述	116	6.3.2 项目系统过程风险管理计划案例	
6.2 项目系统过程风险管理计划		分析	120
过程管理	117	第7章 项目系统过程风险监控管理	125
6.2.1 项目过程风险计划基本原理	117	7.1 项目系统过程风险监控管理	
6.2.2 项目过程风险计划目标	117	概述	125
6.2.3 项目过程风险管理计划过程	118	7.2 项目系统过程风险监控过程	
6.2.4 项目过程风险计划变更系统	118	管理	125
6.3 项目系统过程风险管理计划		7.2.1 项目过程风险控制的基本理念	125
编制模板与案例分析	119	7.2.2 项目系统过程风险控制的基本	

原理	126	概述	130
7.2.3 项目系统过程风险控制过程	127	8.2 项目系统过程风险应对管理	130
7.2.4 项目系统过程风险控制任务	127	8.2.1 项目过程风险应对的过程	130
7.3 项目系统过程风险控制系统		8.2.2 项目过程风险应对计划的基本原理	130
与模板	127	8.2.3 项目过程风险应对的过程目标	130
7.3.1 项目系统过程风险控制系统	127	8.2.4 项目过程风险应对计划的依据	131
7.3.2 项目实施过程系统过程风险检查控制参考模板	127	8.3 项目系统过程风险应对计划模板	132
第 8 章 项目系统过程风险应对计划	130		
8.1 项目系统过程风险应对计划			

第四篇 项目系统过程风险安全评价与重大事故应急救援

第 9 章 项目系统过程风险评价（安全评价）	134	10.1 重大事故应急救援体系	147
9.1 项目系统过程风险评价（安全评价）的分类	134	10.1.1 重大事故应急救援的基本任务	147
9.1.1 安全预评价	134	10.1.2 事故应急救援的特点	147
9.1.2 安全验收评价	134	10.1.3 事故应急救援的相关法律法规要求	148
9.1.3 安全现状综合评价	135	10.1.4 重大事故的应急管理	148
9.1.4 专项安全评价	135	10.1.5 重大事故应急救援体系的构成	149
9.2 项目系统过程风险评价的内容和程序	135	10.2 重大事故应急预案的策划与编制	152
9.2.1 评价内容	135	10.2.1 编制事故应急预案的作用	152
9.2.2 评价程序	136	10.2.2 重大事故应急预案的层次	153
9.3 项目过程风险评价方法	137	10.2.3 应急预案的文件体系	153
9.3.1 按评价结果的量化程度分类法	137	10.2.4 应急预案的编制过程	154
9.3.2 其他安全评价的分类法	138	10.2.5 重大事故应急预案核心要素及编制要求	154
9.3.3 常用的安全评价方法	138	10.3 应急演练的组织与实施	159
9.4 项目过程风险评价报告	142	10.3.1 演练类型	159
9.4.1 安全预评价报告	142	10.3.2 演练的参与人员	160
9.4.2 安全验收评价报告	143	10.3.3 演练实施的基本过程	161
9.4.3 安全现状综合评价报告	145	10.3.4 演练结果评价	161
第 10 章 项目系统重大事故应急救援	147		

第五篇 项目系统风险案例分析

第 11 章 项目系统过程风险管理与安全事故案例分析	163	11.1 项目过程风险管理案例分析	163
		11.1.1 中国通信工程企业实施国际	

11.2	工程项目安全事故案例分 析	262
11.2.1	事故调查原则、程序与组织	262
11.2.2	事故调查取证及原因分析	263
11.2.3	事故的处理与整改措施	266
11.2.4	典型案例剖析	269
参考文献		277

第一篇 项目系统风险管理基础

第 1 章

项目过程风险管理概述

1.1 项目风险系统工程的基本概念

系统科学的产生与应用，促使人们用一个全新的观念来解决项目中的风险问题，即从系统的概念出发，用系统的思想方法来考察和解决项目中的风险问题，因此，在讨论项目风险系统工程之前，必须先了解系统和系统工程的概念。

1.1.1 系统的概念

系统的概念，来源于古代人类社会的实践经验，并在长期的社会实践过程中不断地发展并逐渐形成。对于这一概念有多种理解，但其基本含义大致相同。即系统是由相互作用、相互依赖的若干组成部分结合而成的具有特殊功能的有机整体。

系统用数学表达为：

$$S \subset V_1 \times V_2 \times \cdots \times V_i$$

式中 S ——系统， $V_1, V_2, \dots$ ；

V_i ——元素， $i \geq 2$ 。

描绘一个系统应包括以下四部分内容：系统元素，元素间的关系，边界条件，输入及输出的能量、物料、信息等。

系统无处不在，如一块手表、一辆自行车、一架飞机、一艘宇宙飞船等都是一个系统。一个工段、车间、工厂，一家联合企业，航空工业，农业，甚至整个国民经济，整个世界，整个宇宙都可以看作是一个系统。例如，对项目系统来讲，系统是由项目团队、材料、半成品、设备、项目任务指标和信息等按任务水平组成的整体。其功能是在既定的操作或后勤支援的条件下，协同完成预定的项目目标，生产出符合标准的项目产品。

系统按形式可划分为自然系统、人工系统和复合系统。按结构复杂程度可划分为简单系统、复杂系统。

系统具有以下几个特点：

1. 目的性

任何系统必须具有明确的功能以达到一定的目的，没有目的就不能成为系统。

2. 整体性

系统至少是由两个或两个以上可以相互区别的元素（单元）按一定方式有机地组合起

来,完成一定功能的综合体。系统整体功能不是个别元素功能的简单叠加,而是通过不同功能、不同性能元素的有机联系、互相制约,即使在某些元素功能并不完善的情况下,经过组合,也能统一成为具有良好功能的系统。反之,即使每个元素都是良好的,但如果只是简单叠加,而未经过良好组合,则构成整体后并不一定具备某种良好的功能。

3. 分解性

系统由元素组成,具有可分解性。可以认为系统是由较小的分系统有机组合而成,而分系统又是由更小的子系统组成,依次类推,直到组成系统的最小单元为止。

4. 相关性

系统内部各元素之间相互有机联系、相互作用、相互依赖的特定关系决定系统的特性。系统本身不是孤立的,与周围边界条件有密切关系,也就是说,系统必须适应外部环境条件的变化。分析问题时,必须考虑环境对系统的作用。

1.1.2 系统工程的概念

系统工程是系统思想在工程上的实践。系统工程就是从系统的认识出发,设计和实施一个整体,以求达到所希望得到的效果。所谓工程,就是要强调达到效果,要有具体可行的措施,也就是要改造客观世界。

系统工程就是从系统的观点出发,跨学科地考虑问题,运用工程的方法去研究和解决各种系统问题。具体地说,就是运用系统分析理论,对系统的规划、研究、设计、制造、试验和使用等各个阶段进行有效的组织管理。它科学地规划和组织人力、物力、财力,通过最佳方案的选择,使系统在各种约束条件下,达到最合理、最经济、最有效的预期目标,它着眼于整体的状态和过程,而不拘泥于局部的、个别的部分。因为系统工程采用了新的方法论,这种方法论的基础就是系统分析的观点,即一种“由上而下”、“由总而细”的方法。它不着眼于个别单元的性能是否优良,而是要求巧妙地利用单元之间或子系统之间的相互配合与联系,来优化整个系统的性能,以求得整体的最佳方案。

1.1.3 风险安全系统工程的概念

风险安全系统工程就是应用系统工程的原理与方法,识别、分析、评价、排除和控制系统中的各种危险,对工程项目或者项目的工艺过程、设备、项目周期和资金等因素进行分析评价和综合处理,使系统可能发生的事故得到控制,并使系统安全性达到最佳状态。由于风险安全系统工程是从根本上和整体上来考虑项目的安全问题,因而它是解决项目安全问题的具有战略性的措施。为项目风险安全工作者提供了一个既能对系统发生事故的可能性进行预测,又可对项目系统安全性进行定性、定量评价的方法,从而为有关决策人员提供决策依据,并据此采取相应安全措施。

风险安全系统工程的基础除了有系统论、控制论、信息论、运筹学、优化理论等外,还有其特有的学科基础,如预测技术、可靠性工程、人机工程、行为科学、工程心理学、职业卫生学、劳动保护法规、法律以及相关的各工程学等多门学科和技术。

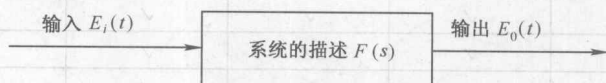
1. 风险安全系统工程的目标、研究对象和内容

系统思想引入到项目风险安全科学技术方面来,形成了系统风险安全的概念。作为一种概念,一种思想方法,是要指导实践,改造客观世界的。按照系统安全思想方法指导项目的系统,是风险安全系统工程的任务。

组合(1) 系统风险安全与系统安全目标 系统风险安全是系统和风险安全这两个概念的综

合。系统的概念, 前已叙述。风险安全的概念, 可以认为是免除潜在风险因素造成人员伤害和设备损坏的意外事件的条件。

讨论一个约定的系统, 研究其安全性时, 必须考虑系统的输入、输出和系统模型的描述三者之间的关系, 如图 1-1 所示。



以神州 7 号为例, 将飞船和航天员看作一个系统。系统的功能是避免风险, 安全地运载宇航员到达目的地。

系统的输入 $E_i(t)$: 在众多的因素中, 主要包括气象条件, 飞船维修、检修情况, 航天员的素质和训练情况。

系统模型的描述 $F(s)$: 受飞行高度和速度影响的燃料耗用情况, 受空中气流影响的飞行偏航、俯仰、摇摆等特性, 受着陆速度和跑道条件影响的轮胎以及制动机构的反应特性。

系统的输出 $E_o(t)$: 指当可能造成系统发生危险的各种因素输入系统后, 系统对其反应的综合结果。有三种可能性: 一是无危险发生, 安全到达目的地; 二是有危险发生, 但得到控制和排除, 化险为夷; 三是有一个或几个危险发生, 至少有一个危险未被控制, 导致系统处于不安全状态, 发生事故。

一般而言, 系统的安全与操作程序、设备的完好状况, 以及航天员的素质和训练有关, 也与环境因素和操作条件有关, 而这些条件是系统在执行任务中必然会产生。

这样, 系统安全可定义为: 在保证系统的功能、最短时间、最低经济成本以及其他条件限制下, 在系统寿命周期的各个阶段均可达到的最佳安全程度。

风险安全系统工程, 是系统安全思想在项目安全实施科学技术中的实践。因此, 系统安全所达到的目标, 就是安全系统工程的目标。对于一个给定的系统, 系统安全所达到的项目安全目标是要建立这样一种状态: 使系统中的每个人都在系统的危险性均已被识别、并被控制在一个可以接受的潜在的伤害水平的环境中生活和工作。1974 年美国原子能委员会发表的《美国商用核电站风险评价报告书》, 就是应用安全系统工程中系统安全分析的方法, 定量地对核电站可能带来的风险进行分析, 令人信服地得出了核电站是安全的结论。

(2) 风险安全系统工程目标的实现 应用系统安全思想方法指导项目的安全实施, 是从全局的观点和事物内部相互联系的观点来开展项目安全活动的。为了达到项目系统安全目标, 一系列安全活动是贯穿在从系统形成的初期阶段到系统投入使用后的各个阶段之中。一个被开发的新系统, 一般包括制订方案、设计、研制、生产、使用维修等五个阶段。针对每个阶段开展相应的主要安全活动有: 拟定项目安全方案, 参与项目故障分析和风险分析, 鉴定安全设备, 拟定安全试验计划及试验, 安全教育与培训和事故调查等。各项安全活动安排在相应阶段, 见表 1-1。

制订方案阶段, 是开发系统的初始阶段, 调查系统在安全方面的历史数据资料和未来技术的安全状况, 是开发系统的基础。本阶段应当辨认系统中的主要危险源, 分析发生危险的原因和对系统的影响程度, 判断危险的类型, 以便提出措施, 在设计和使用阶段加以控制。本阶段还要提出安全设计标准与要求, 进行设计安全审查, 并就初步设计的安全性做出结论。

表 1-1 安全活动安排

安 全 活 动	制订方案	技术设计	研 制	生 产	使用维修
制订项目安全方案	✓				
提出安全设计标准要求	✓	✓	✓		
进行危险性分析	✓	✓	✓	✓	
安全设计方案审查	✓	✓	✓	✓	
参与故障分析和风险分析		✓	✓		
鉴定安全设备	✓	✓	✓		
拟定安全试验方案及试验	✓	✓	✓	✓	✓
安全培训			✓	✓	✓
事故调查		✓	✓	✓	✓

技术设计阶段是方案化的阶段。在此阶段要广泛地研究系统的适用性和验证初步设计，对技术风险、成本、人机工程、操作与维修的合理性以及安全状况进行全面详细地分析，提出报告，以供审查设计之用。通过技术设计，可以得到一个在安全方面可接受的合适的总体，以便在下一阶段进一步完善。

研制阶段是技术设计的进一步深化与完善。本阶段要完善安全设计标准，为控制系统的危险性提出完善措施，进行更完善的试验以验证设计的可靠性和可行性，对全部故障均要进行研究并分析对系统安全的影响。通过修改设计、改进工艺、安全培训等措施，完善系统，坚持安全设计标准，审查设计的安全性，并得出结论。

生产阶段是监督制造厂有关安全试验的结论，与质量部门配合控制质量，同时对操作者进行安全培训，对危险性进行分析并对控制措施进行客观地审查，以便做出可行性结论。

使用维修阶段主要工作是在系统运行以后，进行安全教育培训，并对使用维修中发生的事故进行调查分析，以便采取新的措施。

综上所述，安全活动在系统的初期阶段就开始，贯穿在系统形成的各个阶段的全过程之中，体现了系统思想的整体观点和全局观点。系统形成初期所认识的危险，可通过修改设计、改进工艺等措施得到消除和控制，是一种预测预防的工作，从而保证项目系统在运行时达到最佳安全状态，做到防患于未然。由此可见，风险安全系统工程与过去以经验为主的安全管理有着质的区别。

(3) 风险安全系统工程的研究对象 风险安全系统工程作为一门科学技术，有它本身的研究对象。在任何一种人类的生产活动中，始终存在着安全与危险这一对矛盾，风险安全系统工程的基本任务就是要解决这一对矛盾，促使矛盾向安全方面转化。一般说来，任何项目实施系统都包括三部分，即从事项目实施活动的操作人员和管理人员，项目实施必须具备的机器装备、场地等各种物质条件，以及项目实施活动所处的环境。这三个部分构成了一个“人一机一环境”系统，每一部分是其中的一个子系统，称之为人子系统、机器子系统和环境子系统。

人子系统涉及到人的生理因素和心理因素，以及规章制度、规程等如何适合人的特性、易于为人们所接受的问题。不仅把人看作是“生物人”、“经济人”，而且也是“社会人”，必须从安全心理学、行为科学等方面科学地解决这些问题，以充分发挥人的主观能动性。

机器子系统不仅要从工件的形状、大小、材料、强度、工艺、设备的可靠性等各方面考