

航天器 AIT 项目风险量化管理研究

马 强, 边玉川

(北京卫星环境工程研究所, 北京 100094)

摘要: 文章介绍了风险及风险管理概念, 针对航天器总装实施特点, 建立了航天器型号 AIT 研制项目风险结构模型, 应用科学的评估方法, 达到风险量化管理的目的。

关键词: 航天器 AIT; 风险管理; 量化管理

中图分类号: C931.2

文献标识码: C

文章编号: 1673-1379(2010)05-0659-05

DOI: 10.3969/j.issn.1673-1379.2010.05.025

0 引言

航天器型号项目研制具有高技术含量、高质量要求和高风险的特点, 能否保证航天器的顺利研制、发射和在轨稳定运行, 降低航天器各阶段的质量安全发生概率, 增强质量安全问题预警能力, 提高风险管理水平是摆在各国航天器研制部门面前的一项重要任务。国外一些先进的宇航公司已经将风险管理作为项目管理的一部分, 纳入航天器研制工作中, 形成了一套比较系统的标准和方法。美国航宇局(NASA)在1998年4月发布的《计划和项目管理过程和要求》中指出, 计划项目的主管人员应将风险管理作为决策工具来保证项目在计划和技术上的成功。NASA又在2002年4月颁布了《风险管理规程和指南》文件, 更详细地阐明了风险管理的基本过程以及风险管理计划制定和实施的基本要求。欧洲空间标准化组织(ECSS)也制定了风险管理标准ECSS-M-00-03A。在我国航天器型号研制中, 风险管理也越来越受到重视, 在载人航天、通信卫星等型号研制过程中, 均制定了风险管理计划^[1]。航天器型号 AIT 项目作为航天器研制的最后一环, 引入科学的风险管理具有特别重要的意义。

1 风险及风险管理

风险就是活动或事件消极的、人们不希望的后果发生的潜在可能性。风险一旦发生, 它的影响是多方面的, 如导致项目产品的功能无法满足客户的需要、项目费用超出预算、项目计划拖延

或被迫取消、项目客户不满等。所谓风险管理, 是指对风险进行识别、评估、分析, 并在此基础上有效地应对风险, 以最低成本实现最大安全保障的科学管理方法。

1.1 项目中的风险管理

项目是为完成某一独特的产品或服务所做的一次性努力。由于项目的一次性特征使其不确定性要比其他一些经济活动大许多, 因而项目风险的可预测性也就差得多。风险管理对于航天器研制项目具有重要意义。

1.2 项目风险的分类

为了深入地认识项目风险, 有针对性地对风险进行管理, 有必要将风险分类。分类可以从不同角度根据不同的标准进行。通常可根据风险来源、风险后果、风险是否可管理、风险影响范围等划分。

为了便于对项目风险进行量化管理, 将项目风险按照来源进行分类, 如表1所示:

表 1 项目风险分类表

Table 1 Risk classification for projects

风险类别	来 源
技术、性能、质量风险	项目采用的技术与工具不当; 采用的新技术或技术创新; 客户对产品性能、质量的不切实际的要求。
项目管理风险	计划的时间不足; 资源分配不妥; 质量管理不善等。
项目组织风险	项目范围、时间与费用的不合理匹配; 人力资源、设备资源不足或冲突; 团队合作不够和人员激励不当等。
项目外部风险	项目的政治、经济、社会环境的变化。

收稿日期: 2010-05-14; 修回日期: 2010-09-29

基金项目: 航天科技基金资助项目

作者简介: 马 强 (1973—), 男, 高级工程师, 主要从事航天器 AIT 研制管理工作。联系电话: (010) 68746580。

1.3 风险管理的过程

风险管理的过程如图1所示。

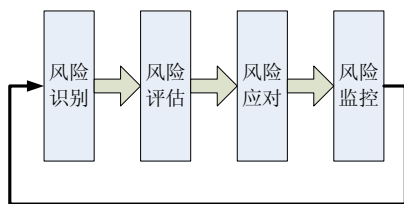


图1 风险管理过程图

Fig. 1 Process of risk management

1) 风险识别：是风险管理的第一步，即对项目进行识别，梳理出整个项目过程中可能存在的风险事件（环节）。

2) 风险评估：识别出项目的风险事件和风险环节之后，需要对其进行风险分析评价，得出风险等级。

3) 风险应对：根据风险等级和项目对风险的承受能力制定相应的防范计划，即风险应对。

4) 风险监控：在项目执行过程中，需要不断监控风险的发展与变化情况，对风险进行动态管理，并关注随着某些风险的消失而带来的新的风险，将新的风险滚入下一轮的风险管理过程中。

2 风险量化方法

对风险的管理分为定性和量化管理，其中风

险的量化管理主要是指在风险评价中引入量化指标，进行风险的量化评估，根据量化值得出风险的等级。通常，风险值一般用风险的发生度、风险的难检度和风险的严酷度来描述。在FMEA中，风险优先数法（risk priority number）将风险值定义为

$$S = S_f \times S_d \times S_y,$$

其中： S 为风险值； S_f 为风险发生度，即风险发生可能性的大小； S_d 为风险难检度，即风险不被顾客觉察出来的机会或检测的难易程度； S_y 为风险的严酷度，即一旦风险发生可能对项目造成影响的严重性。

应用上述公式，通过确定3个影响因素值后得出风险量化值。

3 航天器型号AIT项目风险量化管理

3.1 风险模型的建立

能否建立准确的风险评估模型是进行风险量化管理的关键。系统模型的种类非常多，常用的模型有系统结构模型、仿真模型、因子分析法、主成分分析法等^[2]，根据航天器型号AIT项目的特点，采用结构模型化技术建立系统结构模型，如图2所示。

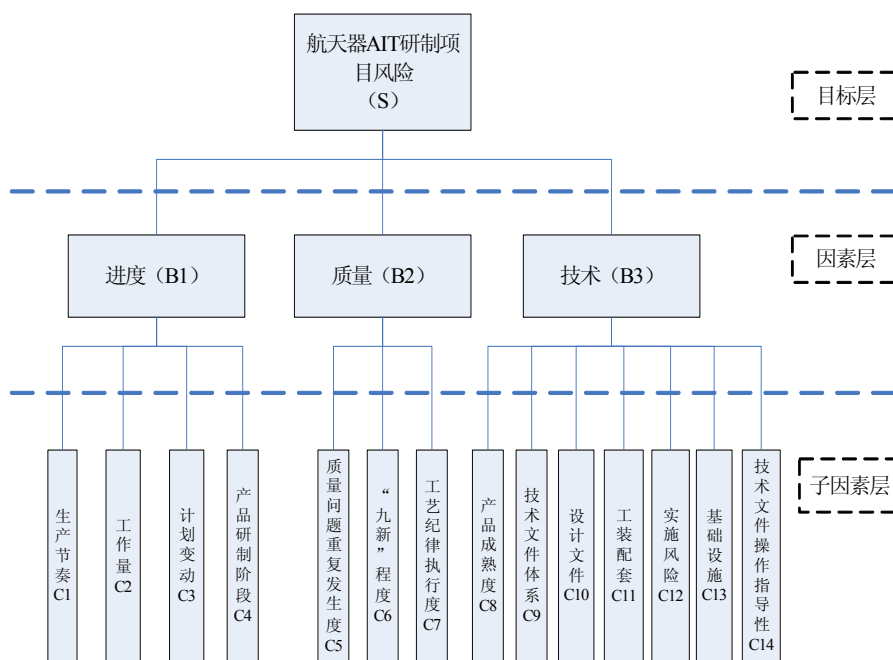


图2 航天器AIT项目风险结构模型

Fig. 2 The structural model of spacecraft AIT project

从图 2 中可以看出, 结构模型分为目标层、因素层和子因素层 3 层。其中目标层是结构模型研究的最终指向; 因素层是决定目标层的关键因素; 子因素层是影响每个因素的因子, 也是整个结构模型的基础因子。

3.2 风险量化管理程序

航天器 AIT 风险管理程序如图 3 所示。

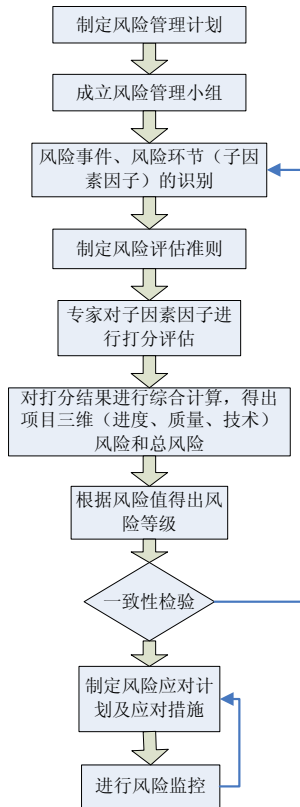


图 3 航天器 AIT 项目风险量化管理流程图
Fig. 3 Process of quantitative risk management in spacecraft AIT

从图中可以看出, 航天器 AIT 项目风险量化管理过程涵盖了风险管理的 4 个过程, 并且对评估结果提交风险管理小组, 经过专家讨论, 形成一致性意见, 做一致性检验, 力求尽量提高评估结果的准确性。

3.3 风险的量化评估方法

3.3.1 子因素层量化方法

由于子因素层是风险结构模型中的基础因子, 因此, 能否准确地确定出该层各因子的风险值是风险评估结果准确与否的关键。采用风险优先数法对风险量化评估的方法, 公式为

$$C_x = C_{xf} \times C_{xd} \times C_{xy},$$

其中 C_x 、 C_{xf} 、 C_{xd} 、 C_{xy} 分别为子因素层中因子的风险值、风险发生度、风险难检度和风险严酷度。

3.3.2 子因素层评估方法

这里采用德尔菲方法 (Delphi method) 对各个子因素进行量化评价。德尔菲方法又称专家调查法, 它起源于本世纪 40 年代末期, 最初由美国兰德公司 (Rand Corporation) 首先使用。用德尔菲方法进行项目风险评估过程是由项目风险小组选定与该项目相关领域的专家, 制定子因素层各因子评价准则后, 专家依据评价准则对因子进行打分, 然后将打分结果进行综合整理后反馈给各位专家再次征询意见。这样反复经过四至五轮, 逐步使专家的意见趋向一致, 作为最后预测和识别的根据。

专家在进行打分时, 为了简化起见, 主要对 C_{xf} 值进行量化分析, 认为 $C_x = C_{xf}$, 而 C_{xd} 、 C_{xy} 则进行定性分析, 对最终 C_x 值作出修正。

根据航天器 AIT 项目的具体情况, 制定因子的评价准则如表 2~表 4 所示。

表 2 进度风险评估表
Table 2 Progress risk evaluation

评价指标	评价准则	分值
生产节奏 (C1)	生产节奏极不稳定, 对进度产生重大影响	4
	生产节奏不够稳定, 对进度有一定影响	2
	生产节奏十分稳定, 对进度无影响	1
工作量 (C2)	工作量极大, 进度无法保证	4
	工作量较大, 需要加班及增加人员保证进度要求	3
	工作量较大, 需要加班保证进度要求	2
	工作量适当, 能够满足进度要求	1
计划变动 (C3)	计划变动频繁, 进度无法保证	4
	计划变动一般, 需加班保证进度	2
	计划无变动	1
产品研制阶段 (C4)	正样阶段	2
	初样阶段	1

表 3 质量风险评估表

Table 3 Quality risk evaluation

评价指标	评价准则	分值
质量问题 重复发生度 (C5)	本型号或其他型号多次发生过严重质量问题, 并且院级以上归零	4
	本型号或其他型号发生过质量问题, 并且部级归零	3
	本型号或其他型号发生过质量问题, 并且室级归零	2
	本型号或其他型号从未发生过质量问题	1
“九新”程度 (C6)	“九新”中有 6 项以上状态为“有”, 关注度最高	4
	“九新”中有 4 项以上状态为“有”, 关注度较高	3
	“九新”中有 2 项以上状态为“有”, 关注度高	2
	无“九新”情况	1
工艺纪律 执行度 (C7)	经常违反工艺纪律现象	8
	有时违反工艺纪律现象	6
	偶尔违反工艺纪律现象	4
	没有违反工艺纪律现象	1

注: “九新”是指: 新技术、新材料、新工艺、新状态、新环境、新单位、新岗位、新人员、新设备。

表 4 技术风险评估表

Table 4 Technology evaluation

评价指标	评价准则	分值
产品成熟度 (C8)	新平台, 没有成功发射经验	2
	已有平台, 有 1~2 个型号的成功发射经验	1.8
	已有平台, 有 3 个以上型号的成功发射经验	1.5
	平台非常成熟, 有 5 个型号以上的成功发射经验	1
技术文件 体系 (C9)	需重新建立符合要求的技术文件体系	2
	沿用以前的技术文件体系, 改动较大	1.8
	沿用以前的技术文件体系, 改动较小	1.5
	技术文件体系基本定型	1
设计文件 (C10)	全新的设计文件, 有技术继承性或预研基础	2
	设计文件大部分继承, 改动较大	1.8
	设计文件大部分继承, 改动较小	1.5
	设计文件完全继承, 无更改	1
工装配套 (C11)	所有工装均需重新设计	2
	大部分工装可沿用其他型号, 大部分需重新设计	1.8
	大部分工装可沿用其他型号, 小部分需重新设计	1.5
	工装可全部沿用其他型号	1

续表 4

评价指标	评价准则	分值
实施风险 (C12)	实施过程风险较大, 无法有效解决, 需进行技术攻关	2
	实施过程风险可预见, 已进行技术攻关, 但仍需完善	1.8
	实施过程风险均可预见, 无较大技术风险, 无需技术攻关	1.5
	实施过程无明显技术风险	1
基础设施 (C13)	有新的基础设施配套要求, 新研制基础设施具有技术继承性或预研基础	2
	基础设施部分配套齐全, 进行部分改动, 可满足功能要求	1.8
	基础设施基本配套齐全, 进行较小的改动, 即可满足功能要求	1.5
	基础设施配套齐全, 无需进行改动	1
技术文件的 操作指导性 (C14)	指导性差, 操作实现过程完全依赖操作者的经验和技能水平, 技术状态的描述不清, 需要技术人员全程现场配合	2
	指导性一般, 对操作者技能水要求较高, 对技术状态描述清楚, 对操作过程描述不清楚, 所规定的操作方法不是最佳方法, 需要技术人员全程现场配合、解释	1.8
	指导性较好, 对操作者技能水平有一定的要求, 对操作过程描述可能存在歧异, 需要技术人员现场指导、配合、解释	1.5
	指导性好, 对操作个体的能力要求不高, 对操作过程的描述规范无歧异, 现场不需要技术人员指导配合	1

3.3.3 因素层、目标层量化评估方法

根据航天器型号 AIT 项目风险结构模型, 采用项目风险评点法^[3]进行风险评估计算。项目风险评点法是参考工业 FMEA 的失效评点法和致命度评点法形成的一种风险计算方法, 根据项目风险管理的特点, 将原评点要素修正为项目风险评点要素, 对项目风险所造成的影响或危害进行综合的判断与分级, 从而得出风险值。因此可以得出如下公式:

$$B_1 = C_1 \times C_2 \times C_3 \times C_4,$$

$$B_2 = C_5 \times C_6 \times C_7,$$

$$B_3 = C_8 \times C_9 \times C_{10} \times C_{11} \times C_{12} \times C_{13} \times C_{14}。$$

根据此种计算方法,在表 2~表 4 中对子因素层中因子分值设置时,考虑到数值的可视性,将进度风险值、质量风险值和技术风险值均设置为 [1,128]。而将风险值 S 进行简单处理后,数值也在 [1,128] 范围内。即

$$S = \sqrt{B_1 \times B_2 \times B_3}。$$

3.3.4 风险等级的确定

根据风险应对的实际情况,制定三级风险等级,分别为部(厂)级、项目组级和室级,其中部(厂)级关注(100,128],项目组级关注(60,100],室级关注(1,60]。

3.3.5 案例: 型号卫星风险量化评估

成立了风险评估组,对部分在研型号卫星制定了不同时间区间的风险管理计划,其中风险量化评估结果如表 5 所示。

表 5 部分型号卫星风险评估表
Table 5 Satellite risk level evaluation

型号名称	主要阶段	风险等级
A 型号	三舱分解	项目组级
	推进系统总装	项目组级
	推进系统检漏	室级
	舱段总装	部厂级
	仪器精测	室级
B 型号	推进系统管焊前总装	室级
	推进系统总装	室级
	推进系统热控实施	室级
C 型号	推进系统总装	项目组级
D 型号	三舱分解	室级
	舱体运输	室级
	舱段总装	项目组级
E 型号	通信舱封存前总装	室级
	平台封存前总装、电测配合	室级
F 型号	平台总装、电测配合	室级

3.4 风险应对

以表格化的形式进行风险的应对控制,制定风险应对表(表 6),对风险事件或风险环节进行分级、分类应对。

表 6 风险应对表
Table 6 Risk treatment

表格编码		第 页 共 页			
产品名称		产品 代号			
风险事件 描述					
风险事件 类型	☐ 进度 ☐ 质量 ☐ 技术	风险 等级			
填表人		单位		填表日期	年 月
风险应对 措施	人				
	机				
	料				
	法				
	环				
	其他				

对于部(厂)级风险事件,专家组对风险事件进行分析,从进度、质量、技术等要素入手,分析导致风险发生度高的原因,在人、机、料、法、环等环节制定风险应对措施,填写表 6;对于项目组级风险事件,相关项目组内应进行专项分析,从进度、质量、技术等要素入手,在具体项目实施过程中采取相应风险应对措施,并填写表 6;对于室级风险事件,相关研究室应进行认真梳理分析,找出风险发生的潜在隐患,采取相应措施。

3.5 风险监控

对风险应对计划进行定期监控,根据风险的变化情况及时调整计划,对已发生的风险及其产生的遗留风险和新增风险及时识别、分析,并采取适当的应对措施,对于已发生过和已解决的风险及时从风险监控表中剔除。

4 结束语

结合航天器型号 AIT 项目实际,利用现有的风险评估理论,初步建立了风险量化评估管理的模式。随着研究的不断深入,将进一步完善评估准则、改进应对措施,提高航天器型号 AIT 项目风险管理的能力。

参考文献 (References)

- [1] 王卫东, 杨维垣, 李宇峰. 航天器研制项目风险管理[J]. 项目管理技术, 2007(2)
- [2] 白思俊. 系统工程[M]. 北京: 电子工业出版社, 2006
- [3] 刘江南. 项目风险管理中失效模式与影响分析[M]. 天津大学出版社, 2002