

## 复杂产品系统的风险管理实现研究\*

## Implementation on Risk Management of Complex Product System

西北工业大学现代设计与集成制造技术教育部重点实验室 张立志 李原 余剑峰

**[摘要]** 提出了一套跨研制单位持续项目风险管理机制。在其风险因素识别阶段,提出了以核对表和鱼刺图为基础的基于特征-因子法的风险因素识别法;在风险量化阶段,提出了先基于模糊综合评判进行单个风险量化、后基于改进 PERT 方法进行风险整体量化的实现方法;在风险应对阶段,提出了基于人工神经网络和框架知识表示及推理相结合的风险应对方法,建立了混合型专家系统,以实现风险应对智能化。最后,以具体实例说明了该项技术的可行性。

**关键词:** 风险管理 特征-因子法 多层模糊综合评价 神经网络-专家系统

**[ABSTRACT]** A durative project risk management mechanism of inter-organizational collaboration is presented. At the period of risk factors' identification, an identification method based on characteristic-factor modeling technology, checklist and flow chart is put forward. In the period of risk quantificational management, a sort of realization method is described as following, at first, the single risk quantification can be handled by the comprehensive fuzzy evaluation method; secondly, the whole risk quantification can be handled by the improved PERT (Program Evaluation and Review Techniques) method. In the period of risk response, a response method on the basis of ANN (Artificial Neural Networks) and frame knowledge expression and reasoning is put forward, and a mixed expert system which can make the risk response intelligent is built up. Results indicate that the method of risk management is feasible.

**Keywords:** Risk management Characteristic-factor modeling technology Multiple comprehensive fuzzy evaluation Neural network-expert system

复杂产品系统 (Complex Product Systems, CoPS) 又称大型技术系统,它具有研发成本高、规模大、技术含量高(技术密集)、用户定制、单件或小批量生产、集成度高等特征<sup>[1-2]</sup>。大型电信通信系统、大型计算机、航空航天系统、智能大厦、电力网络控制系统、大型船只、半导体生产线、智能大厦等大型产品、系统或基础设施等,都属于复杂产品系统的范畴。

复杂产品系统的特征决定了它随时会受到多种因素的影响,风险无时无处不在。

所谓风险管理(Risk Management),是指企业通过对风险的识别和衡量,采用合理的经济和技术手段对风险加以处理,以最小的成本获得最大的安全保障<sup>[3]</sup>。风险管理是项目管理的一个重要组成部分,是项目管理的九大知识核心领域之一,越来越受到各国的重视。

## 1 复杂产品系统风险管理现状

由于复杂产品系统涉及多个工业领域,彼此间的联系成千上万,需要众多工作人员同时协调作业,因此发生风险的可能性很大,后果也可能很严重,所以对系统的风险管理更加重要。

而目前在国内,已提出的风险管理方法大都集中在风险投资领域,且其研究往往都只侧重于风险管理中的某一具体阶段。例如,在进行风险评估时就有方差法、 $\beta$ 系数与资本资产定价模型、A 计分法、风险价值评估模型法、综合风险指数模型评估法等。由于对复杂产品系统风险管理的重视程度不足,因而鲜有针对复杂产品系统这类跨单位研制的、整体的、系统的、大型项目的风险管理方法。在缺乏针对复杂产品系统的风险管理研究的情况下,现有风险管理的研究很难对复杂产品系统的风险管理提供有效指导<sup>[4]</sup>。

目前在复杂产品系统的风险管理上仍有许多方面有待我们去深入研究。比如,项目在立项过程中缺乏专门而系统的风险识别和评估,在研制过程中缺乏有效的项目风险管理制度,没有明确的持续性风险控制模型,尚未形成完整的风险识别、量化与应对机制,尤其是缺乏有针对性的项目风险管理意识。

\* 国家 863 计划/CIMS 主题基金项目(2002AA413710)、航空预研项目(418010701-01)。

## 2 风险管理的具体研究方法

通常风险管理的基本程序分为4个步骤:风险规划、风险评估、风险处理和风险监控<sup>[5]</sup>。也可以将其归纳为3个较大的步骤,即风险识别、风险量化和风险应对。

本课题针对当前没有明确的持续性风险控制模型,尚未形成完整的风险识别、量化与应对机制等问题进行研究,结合典型应用单位的组织管理形式,在这3方面进行了研究,形成了一套切实可行的复杂产品研制项目风险管理机制。

### 2.1 基于特征-因子法的项目风险因素识别

复杂产品系统研制计划等的制定、优化和变更,进度控制、资源管理等都复杂且繁琐,是风险的主要来源。因此风险识别过程应直接从项目本身的进度、资源状况出发,采用集成化风险过滤、排序和管理框架进行项目风险管理,此种方式即为特征-因子识别方式。该方法首先识别项目中包含的各种形式的风险状态及风险特征,然后根据风险特征识别出各风险因子,最后形成的风险管理规划就可以用来开展风险管理。

目前常用的风险识别方法主要有常识经验法、头脑风暴法、核对应表法、鱼刺图法、工作结构分解、特征-因子建模技术等多种风险辨识方法等<sup>[6]</sup>。但对复杂产品研制项目而言,核对应表无法识别项目风险的具体产生原因;鱼刺图进行风险识别的工作量大、结构复杂、识别的效率低、可操作性不高;而其他方法也难以实现高效、准确的风险识别。因此,本文提出了将风险识别过程分为2步走的设想:首先,应用核对应表方法对潜在的风险进行分类识别,确定大的范围,这个识别层次称之为风险特征识别层,这样可以节省风险识别的时间,提高识别效率;然后应用鱼刺图法依据特征

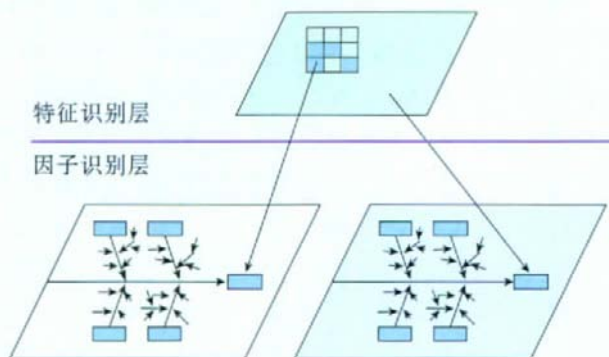


图1 风险识别特征-因子模型

Fig.1 Characteristic-factor model of risk identification

识别层所判断的风险进行进一步具体事件的识别,确定风险因素,这个识别层次称为风险因子识别层。该方法可由图1的模型表示,称为风险识别特征-因子模型。

### 2.2 基于多层模糊综合评价方法的项目风险量化

模糊综合评判法是解决多因素、多准则且处理信息具有模糊性问题的有力工具。将模糊综合评价法应用于复杂产品研制项目风险后果评估,既综合考察了所有影响风险后果的因素,同时又通过权重把各因素的重要程度区分开,较好地解决了复杂产品研制项目风险后果评估的多因素综合考察和评价信息具有的模糊性问题。另外,考虑到各风险的共同作用对项目的综合影响,必须要对项目风险进行综合评价,以确定项目的整体风险水平。鉴于此,本文提出了先基于模糊综合评判进行单个风险量化、后基于改进PERT方法进行风险整体量化的两步设想。

运用多层模糊综合评判法进行复杂产品研制项目风险后果评估的过程可大体划分为如下几个主要步骤:构造评判因素层次结构;建立评语集和分配评价因素权重;模糊综合评判;确定风险后果影响程度。

基于改进PERT的复杂产品研制项目风险综合评价方法就是结合莫尔法、当量概率法和PERT法对复杂产品研制项目进行风险综合评价。这种方法通过莫尔法来估计项目主要活动的概率分布及其参数,用当量概率法对项目工期进行修正,运用PERT法计算得到项目整体风险水平,通过与评价标准比较得出项目的风险是否在可接受的范围内。

基于改进PERT法的复杂产品项目风险综合评价方法大体可分为4个步骤:(1)估计项目活动持续时间期望值和方差;(2)计算项目计划工期期望值和方差;(3)计算项目整体风险水平;(4)比较整体风险水平与评价标准。

运用这种项目风险量化方法对复杂产品系统进行风险综合评价,既充分利用了项目进度计划信息,也考虑了专家们的经验和直觉;另外,使用该方法不需要项目管理人员有很高的分析、计算和决策能力,可完全用计算机模拟实现,操作起来简单方便。

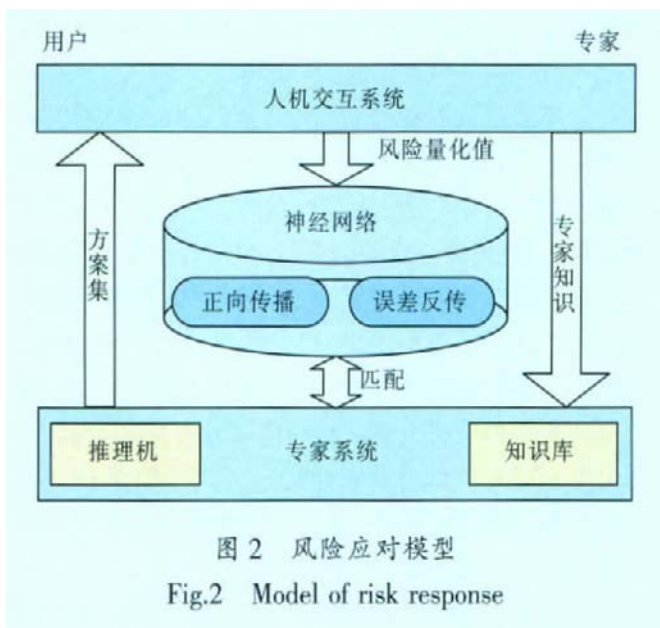
### 2.3 基于神经网络-专家系统的项目风险应对

目前应对复杂产品系统研制项目风险的最常用的专家评审法受评审个体的主观影响较大,结果不是很可靠,并可能造成信息流失。

神经网络技术以其并行处理能力强、具有自组织学习和模糊推理能力等优势可弥补专家系统的不足

足<sup>[7]</sup>;框架知识表示具有结构性好、继承性好、推理过程简单、易解释等特点,可恰如其分地表示风险应对知识。综合这几方面的因素,本文提出了一种基于人工神经网络和框架知识表示及推理相结合的风险应对方法,建立一个混合型专家系统,以实现复杂产品研制项目风险应对的智能化。

此专家系统主要由人机交互系统、神经网络和专家系统3部分构成,模型结构如图2所示。其中,人机交互系统将专家知识形成规则存储在知识库中,接收用户下达的操作任务、输出结果;神经网络通过内部自适应算法不断调整网络参数分布,把专家求解实际问题的启发式知识和经验分布到网络的互连权值上;推理机结合神经网络的输出与知识库中的知识,做出推理应对。



### 3 风险管理在复杂产品系统中的具体应用

国内一家飞机设计研究院要对某一机型的机翼结构设计项目和某新型支线飞机的研制项目进行管理,在此过程中涉及到了项目计划的制定、参与项目的人力资源与设备等硬件资源的管理与优化、运行进度监控与预测、结构设计风险管理等。由于该项目需由多家科研单位和生产厂家联合生产,企业内、外协调的任务复杂,变化因素多,需要在时间进度、技术指标、人员调度等方面进行统一协调,因而项目管理的任务相当繁重,可能存在的风险因素也很多。为了保证这一复杂产品系统如期完工,在研制过程中采用了上述风险管理技术来辅助项目管理人员进行管理工作。

#### 3.1 风险识别过程

第一步:将项目运行现状与风险核对表进行对照、分析,判断项目特征层的风险表现,列出风险表现的识别结果表;

第二步:应用特定的映射方法,将上一步识别出的特征层风险表现映射到风险因子层;

第三步:利用鱼刺图分析导致风险表现的原因,得到因子层的风险因子。

此时,通过应用特征-因子模型,识别出了项目存在的风险表现及其风险因子,从而形成了风险的层次结构模型。

#### 3.2 风险量化过程

识别出项目研制过程中所面临的风险以后,必须对这些风险发生的可能性及其可能对项目带来的损失进行分析。

第一步:先应用多层模糊综合评判法进行单个风险的量化,构造评判因素层次结构,建立评语集和分配评价因素权重,然后进行模糊综合评判,最终确定风险后果影响程度;

第二步:通过莫尔法估计项目主要活动的概率分布及其参数,并用当量概率法对项目工期进行修正;

第三步:使用PERT法进行计算以得到项目的整体风险水平,通过与评价标准比较得出项目的风险是否在可接受的范围内。

#### 3.3 风险应对过程

对风险因素进行量化后,就可针对量化的结果选择并实施相应的对策,但航空项目的风险因素很多,不可能对每一个风险因素都进行选择并实施应对措施。实际情况中只对那些风险等级高、发生概率大或后果严重的风险因素实施风险应对,其他的可忽略。

第一步:通过知识获取机将采用框架表示法表示的专家知识形成规则存储在知识库中;

第二步:从问题事例中选取“发生概率”和“不利后果”两属性,检索数据库中与问题事例的这2项属性相同的所有事例,将问题事例与满足条件的事例进行事例匹配计算,选取其中相似度最大的事例,并将计算过程中的初始数据、求解状态、中间结果等存入数据库中;

第三步:如果对事例的解决方案不满意,则运用规则推理,以问题事例的属性作为规则推理的输入,采用混合推理在知识本体库中搜索有用知识并计算可信度,将搜索得到的知识加以整理得到问题事例的风险应对方案,并把问题事例属性和规则推理所得的应对方案组织为一个新事例,存入数据库中;

第四步:将问题最终所得的解,即针对风险因子所需采取的应对措施,输出给用户,完成应对措施的选择。

大量的测试和应用表明,系统有效解决了项目运行过程的动态监控与跟踪,提高了项目计划和项目运行的效率,减少了项目运行过程中可能发生的资源协调冲突,对项目执行过程中可能出现的风险进行了有效的预测与应对,提高了设计效率、有效地减少了设计返工,在该项目管理中取得了良好的应用效果。

此复杂产品系统的风险管理实现过程如图3所示。

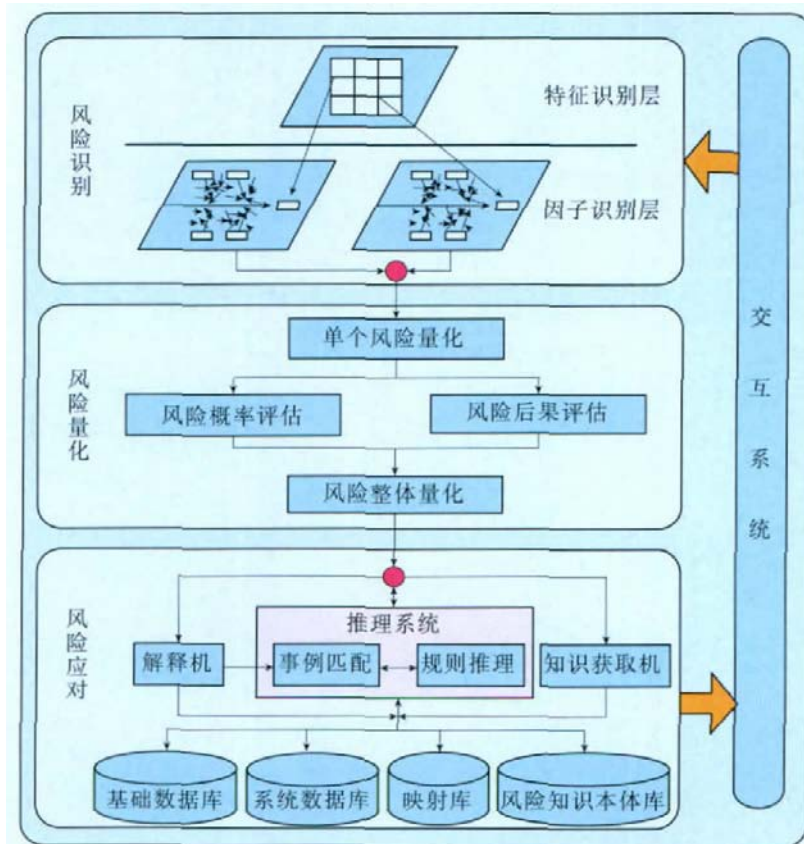


图3 风险管理实现过程

Fig.3 Realization of risk management

#### 4 结束语

本课题提出了针对复杂产品系统研制的整体风险控制机制,包括风险识别、风险量化和风险应对。在对复杂产品系统进行风险识别的基础上,对其风险数量特征进行了分析,结合复杂产品研制、跨单位合作等特性,将风险控制贯穿至整个生产过程;同时将知识管理寓于其中,使其具有一定的智能化。该种风险管理方法可推广应用于航空复杂产品研制项目的项

目管理中,不仅对其它类复杂产品系统研制具有指导意义,而且对技术创新风险管理理论研究的发展,也具有现实意义。

#### 参 考 文 献

[1] Hansen K, Rush H. Hotspots in Complex Product Systems: Emerging Issues in Innovation Management. Technovation, 1998, 18(9):555-561.

[2] Hobday M. Product complexity, innovation and industrial organization. Research policy, 1998, 26(6): 689-710.

[3] 刘学强. 现代施工企业风险管理. 合作经济与科技, 2006(10X):16-17.

[4] 景劲松. 复杂产品系统创新项目风险识别、评估、动态模拟与调控研究. 浙江:浙江大学, 2004.

[5] 沈建明. 国防高科技项目管理概论. 北京:机械工业出版社, 2004.

[6] 张进春, 吴超, 侯锦秀. 基于压力-状态-响应的项目风险辨识方法研究——以某油气长输管线建设项目风险辨识为例. 中国安全科学学报, 2006, 16(12): 40-44.

[7] 曲晓慧, 安钢. 数据融合方法综述及展望. 船舶电子工程, 2003, 2(2): 2-9.

(责编 侧卫)

(上接第91页)

#### 参 考 文 献

[1] 孙建红, 杨璐. 谐振式燃油密度传感器振动筒的设计与分析. 南京航空航天大学学报, 2008, 40(1): 60-64.

[2] Chow H C, Wang I H. High performance automatic gain control circuits using a S/H peak detector for ASK receiver. IEEE International Conference on Electronics Circuits and Systems, 2002, 9(2): 429-432.

[3] Ohlson J E. Exact dynamics of automatic gain control. IEEE Trans Communications, 1974(1): 72-75.

[4] Khoury J E. On the design of constant settling time AGC circuits. IEEE Trans Circuits and Systems- : Analog and Digital Signal Processing, 1998, 3(45): 283-294.

[5] 樊玉铭, 张莹, 李杏华, 等. 谐振筒式液体密度传感器的设计. 纳米技术与精密工程, 2007, 5(2): 134-138.

[6] Blevins R O. Formulas for Natural Frequency and Mode Shape. New York: Von Nostrand Reinhold Company, 1995.

[7] 何祚镛, 赵玉芳. 声学理论基础. 北京:国防工业出版社, 1981.

(责编 蔚蓝)