

# 国产首架大型客机研制项目的风险管理研究

邱菀华

(北京航空航天大学经济管理学院,北京 100191)

**[摘要]** 解决国产首架大型客机研制工程项目风险管理诸多国际性难题,提出三维风险管理、熵风险评价原理和方法,攻克大型客机研制项目组织、进度五个领域全寿命期风险管理的系列关键问题,创建了与全球配置接轨的、大型工程跨国研制的风险管理模式,以及群集成管理全量表操作实施体系(英 APM-BOK V4.0),建立一体化信息风险管理平台以实现全寿命期风险管理协同效应优化,确保低风险、优质高效地实现建设目标。

**[关键词]** 大型工程项目管理;风险管理;熵-优化;项目群管理

**[中图分类号]** U21 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1009-1742(2014)10-0031-08

## 1 国产首架大型客机研制项目背景

为贯彻落实中央和温家宝总理的关于大型客机研制工作的指示,经国务院批准,我国首架国产自主知识产权的大型客机的研制于2006年2月公布为国家重大专项。为了实现这个国家的意志和目标,中国商用飞机有限责任公司(简称中国商飞)于2008年5月在上海正式成立并揭牌。

新中国成立60多年来,我们依靠自己的力量研制了支线飞机。现在要自主研发几经波折的大型客机,无论是硬件、软件和人才同世界先进水平相比都有很大的差距。相比之下,民用飞机项目管理理论与实践经验更为不足。现在要从事大型客机项目风险管理的研究,将出现诸多的世界性难题是不言而喻的。

2009年,中国商飞领导未雨绸缪,要求全方位地在全寿命期内加强大型客机项目风险管理工作。经过充分筛选,决定利用北京航空航天大学(北

航)的优势,组织精兵强将,开展大型客机项目风险管理研究,建立项目风险管理理论、方法和实施体系。在中国商飞上层的直接领导下,随即成立了北航DRP(决策、风险、项目/价值管理)中心与中国商飞主管领导挂帅、项目管理部牵头,相关部门、下属单位参加的联合课题组——大型客机项目风险管理体系建设课题组。

## 2 中国商飞和大型客机系统

### 2.1 中国商飞

结合中国航空工业半个多世纪的发展经验,借鉴国际航空工业的管理运行体制和商用飞机的发展模式,按照中国特色与国际惯例相结合、产品研发与产业化相结合的原则,大型客机研制决定采用主制造商-供应商模式。中国商飞是研制主体,也是统筹干线飞机和支线飞机发展、实现我国民用飞机产业化的主要载体,主要从事民用飞机及相关产品的科研、生产、试验试飞,从事民用飞机销售及服

**[收稿日期]** 2014-08-13

**[作者简介]** 邱菀华,1946年出生,女,江西临川县人,教授,博士生导师,长期从事工程管理、项目管理、决策与风险分析和价值工程的教学、科研与实践工作;E-mail:01661@buaa.edu.cn

务、租赁和运营等相关业务的总体协调机构。其组织主体系统示意图如图1所示。

“主制造商-供应商”是现有民用航空产业在当前管理水平和技术条件下的最优管理模式。在这一模式下,主制造商除了要集中资源完成分属自身的工作分工,还要集中力量从项目的顶层管理角度出发,按照项目的时间节点、任务节点,组织、协调和管理所有供应商按照项目总体目标和阶段性节

点目标,完成各自产品的设计定型、试验验证、生产交付和客户服务工作,并配合主制造商和其他与其有工作接口的供应商完成产品的综合试验验证、技术集成和成本控制等工作。总体上讲,主制造商-供应商管理模式是将主制造商和众多供应商的资源统筹起来,从项目的顶层目标出发,以全局掌控者的姿态,按照不同的工作要求、技术特点对资源进行统一配置,实行产品全生命周期管理。

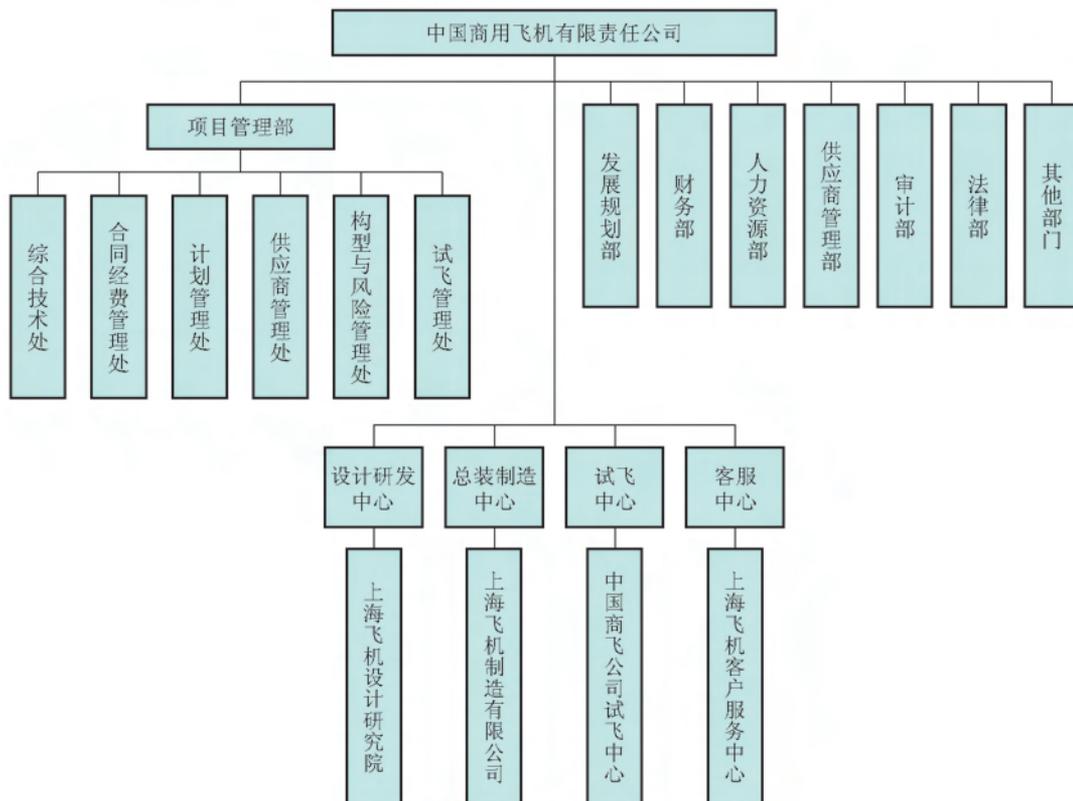


图1 大型客机项目组织主体系统示意图

Fig. 1 Diagram of project organization main system of large passenger aircraft

## 2.2 大型客机系统

中国首架国产大型客机型号预计命名C919。C是China的首字母,也是中国商飞公司英文缩写的首字母,同时还有一个寓意,就是我们立志要跻身国际大型客机市场,要与Airbus(空客)和Boeing(波音)一道在国际大型客机制造业中形成ABC并立的格局。第一个“9”的寓意是天长地久,“19”代表的是我国首型大型客机最大载客量为190座。

中国大型客机将以单通道150座级为切入点,争取用8年左右时间完成研制。大型客机研制共分为立项论证和可行性论证、预发展(总体方案定义、初步设计)、工程发展(详细设计、全面试制、试飞取

证)、批生产与产业化4个阶段。

2008年,中国商飞正式启动大型客机项目论证工作,举全国之力和智,邀请国内外47家单位468位专家组成了联合工程队,成立了由20位院士、专家组成的专家咨询组,形成了初步总体技术方案,完成了技术经济可行性研究报告。2009年全面进入预发展阶段,并于2011年完成。2011年12月,大型客机项目初步设计评审会议召开并通过初步设计评审,标志着进入详细设计阶段。在详细设计阶段,大型客机项目将开展详细设计,发放全部生产用数据,开始全面试制,争取2015年实现首飞、2017年取得适航证并交付用户。

### 3 大型客机研制面临诸多国际难题

众所周知,国际上任何一个国家的大型客机研制经验都不可能提供给我们,而我国首次研制没有国内成功经验可循,因此只有依靠我们自己的智慧和创造力去面对一切,几个主要国际性难题如下。

1)大型客机具有超复杂(项目群)结构,投资量大、周期长、市场变化因素多,还要经历研制和产业化两个相互依存、相对独立的阶段。主制造商-供应商管理模式要在我国特定的环境下实施,而且须在我国小中型民机研制项目管理经验不足的条件下进行三级跨越式大型客机风险管理研究。我们应该树立怎样的综合科学化风险管理理念,才能安全、有效地把实施大型客机建设目标面临的风险降到最低,是本项目的首要难题<sup>[1]</sup>。

2)大型客机研制是一个超复杂系统。其风险管理属于在国际性联盟、跨行业、多项目、高工程大转包环境下,既独立又关联的综合性超复杂系统工程。如何设计统筹组织机制、怎样发挥整体和个人优势实施协同群集成应用,是当今又一管理难题<sup>[1]</sup>。

3)国外航空公司,如波音公司项目管理通俗地说是做减法,即把自己不需要做或不善长做的部分分包给外部供应商。我们的架构与国外航空公司有明显不同。中国商飞的模式类似于战略同盟:通过做加法把各单位做好的部分加在一起形成整体产品<sup>[2]</sup>。因此,在主制造商定义、分解工作、供应商选择、团队组建、销售和客户服务提取商业回报等风险分担及其管理上存在诸多复杂的国际性难题。

4)大型客机对安全及风险管理的要求特别高,高于任何航空、航天器的研制要求。这是因为,大型客机属高技术复杂产品,技术跨度大决定了大型客机项目风险源多且性质复杂的特点。大型客机有数万个元器件、零部件,几十万个结构铆接点、涉及数百种专业,众多的研制、生产单位;在研制的各环节之间、各个专业厂所及供应商之间的技术经济协作关系十分复杂;需要完成发动机、航电系统、自动驾驶系统、全球精密导航系统、电子自控系统等高科技产品的研制。由于国内民用飞机研制基础薄弱,国外对民用飞机研制技术的严密封锁等原因,大型客机研制所要解决的问题多属于国内首次。而主制造商-供应商管理模式又带来了多复杂风险源,各风险因素高度交叉、互相影响,对风险管理系统性要求高,所以安全与风险管理的难度前所

未有。

5)大客机研制各种资源有限,各国严密封锁其全寿命期财金管理和实证检验模式信息。根据其全生命周期各个阶段财金管理活动的特征,提出分阶段相应的财金风险管理策略,适于国情的合同主体、经营主体、结算主体、融资主体以及权益主体在经济与财务上的胜任能力风险评估和创新全寿命期财金风险管理模式和措施,是完成大型客机工程建设目标必须解决的重要难题。

6)大型客机的众多任务是美国指定对国防安全至关重要的、对外严密封锁的关键技术,尤以研发和设计为主的研制阶段风险和挑战最大。为突破美国在“系统仿真与建模”领域的技术封锁,必须攻克集中管理和精点目标仿真系统的关键技术难题。

7)大型客机技术要求高,设计和制造过程难度大。例如,我们须在设计、生产和制造各个环节上,分别攻克大幅拐弯角度、快速爬升高度速率等参数达标的系列难题。

### 4 大型客机研制一体化群集成风险管理系统

借鉴国际航空工业的管理运行体制和商用飞机的发展模块,按照中国特色与国际惯例相结合、产品研制与产业化相结合的原则,大型客机与新支线项目研制采用高度交叉的并行工程发展方式,中国独特的行政指挥和总设计师“两总系统”一体化、主制造商-供应商集成的项目管理模式<sup>[2]</sup>,创建了与全球配置接轨的、大型工程跨国研制的风险管理机制,以及一体化集成风险管理实施体系。主要实现了以下几个方面的创新。

1)全面考虑大型客机研制中存在比一般航空、航天器研制更为复杂的技术、环境等条件造成的风险及一切不可抗力因素,对这个复杂巨系统我们建立了统一的“源头清楚、识别准确、处置落实、动态管控、善后规章”综合性科学化风险管理理念,确立了从技术、供应商、组织管理、费用、保障和不可抗力六个方面开展风险识别、评价、应对与管理的风险管理原则、策略和工作程序,提出“六因素分析、矩阵法评价、六方面应对、挣值法监控”关键技术,设计群集成风险监管体系,实现以最少成本保证安全、可靠地实施总体五大目标。

2)应用上述风险管理理念和原则,根据内外环境的变化理顺了中国商飞及研发中心、总装制造中心、试飞中心和客服中心四大中心风险管理组织改革程序,对各项目群组织结构做适当调整,重新整合形成了实施科学风险管理的有效机制,实施一总四中心组织机制优化和风险管理组织流程重组,以达到整体组织机制价值的提升。

我们对群组织优化的基本原则有:第一,精简高效原则,保持机构和人员精干,是提高组织效率的前提;第二,扁平化原则;组织应当清晰项目流程、减少层次结构,以提高反应速度;第三,分工与协作原则,项目群组织需要分工清楚、职责明确、协作有序;第四,稳定性原则,组织结构优化时,要兼

顾组织的稳定性,有助于工作的持续性和高效率;第五,为适应不断变化的政治、经济、行业以及资源环境,组织重组时应同时考虑适度创新性原则。

依据这些原则和国内外条件,大型客机的制造商-供应商管理模式的主要特色是:重(供应商承担工作份额比重大),多(供应商数量庞大),长(管理工作贯穿产品全寿命过程),广(航空产品涉及专业遍布各个专业领域)。为此,必须创建一个在主制造商-供应商自营组织下,跨国研制的、与全球配置接轨的、一个总部四大中心三级(阶段)二维(主因素)柔结构风险管理模式。我们进行组织流程重组和改造的框架示意图见图2。

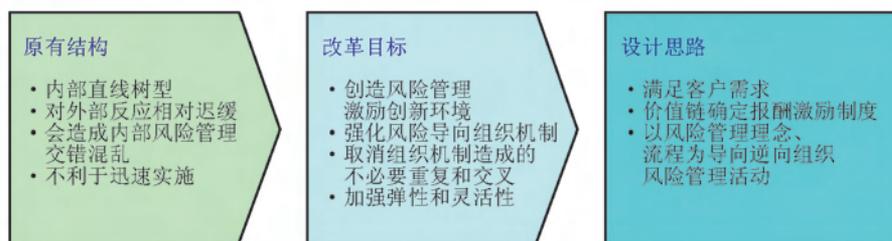


图2 风险管理组织流程重组、改造框架示意图

Fig. 2 Framework diagram of risk management organization flow reconstruction

图3和图4分别给出大型客机组织优化前后的结构框架。它们表明,风险管理组织流程再造重组后,大型客机项目的风险管理组织结构从金字塔走向大森林:扁平型或称为柔性网络结构形式,管理效率得到极大的发挥。

3)笔者设计了大型客机技术-管理风险结构框架(见图5)和风险管理体系(见图6)。据此构建风险管理流程(见图7)。这些风险管理模式、应对程序、准则和工作步骤是信息一体化群集成管理理论和平台系统创立之基础。

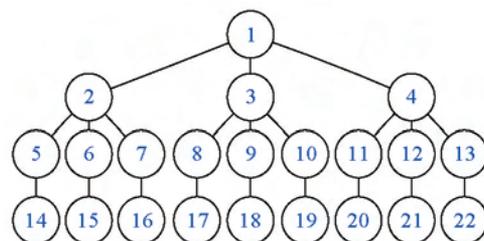


图3 原有的金字塔(树)型组织结构示意图

Fig. 3 Diagram of original pyramid organization structure

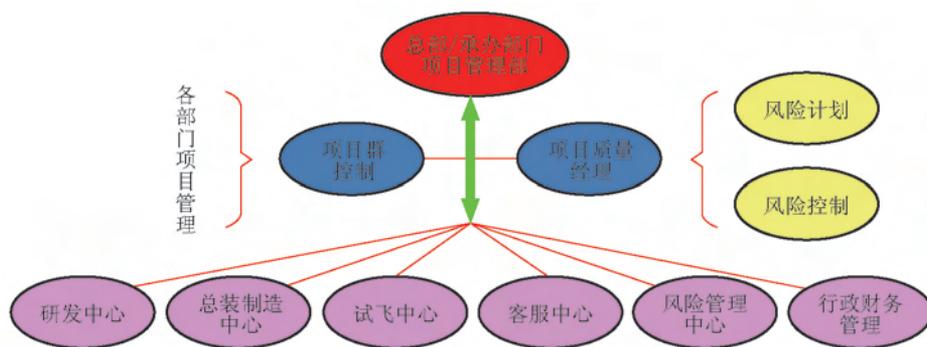


图4 优化后的扁平型或称为柔性网络型组织结构示意图

Fig. 4 Diagram of the optimized flat or flexible network organization structure

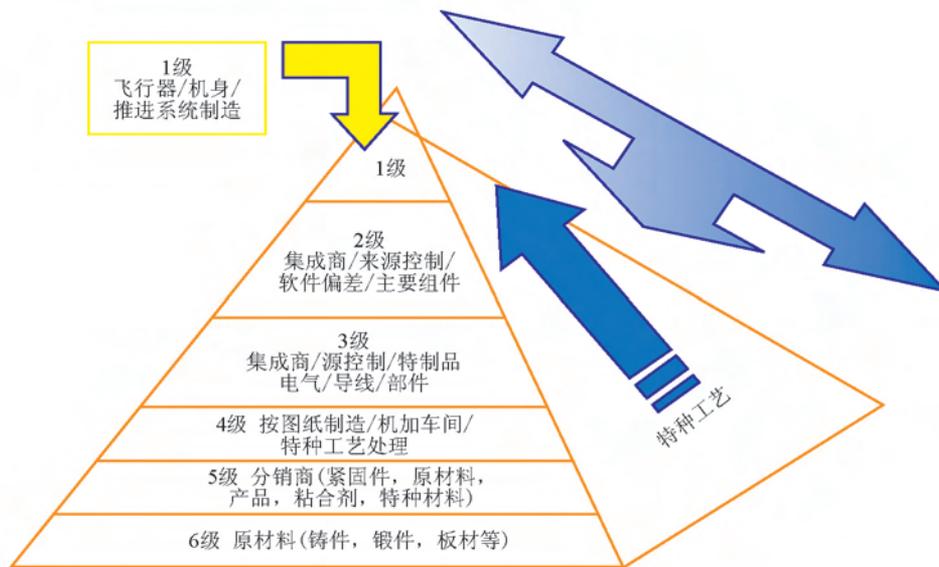


图5 大型客机技术-管理风险结构框架示意图

Fig. 5 Diagram of technological risk structure of large passenger aircraft

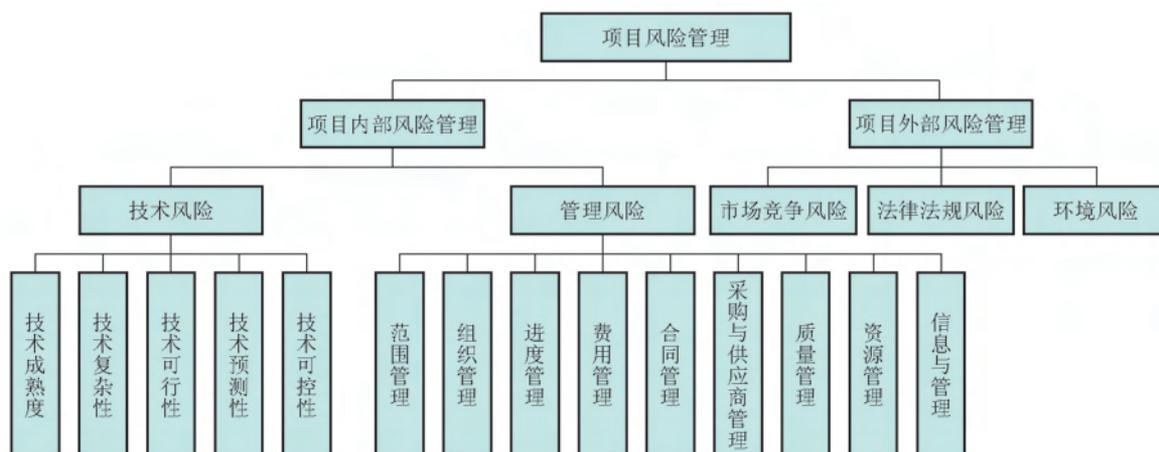


图6 大型客机风险管理体系示意图

Fig. 6 Diagram of risk management system of large passenger aircraft

本技术-管理风险结构框架、体系和流程, 实施于中国商飞主制造商-供应商模式下的各总、子体设计、研制, 系统集成、试验试飞, 既建立了完善的设计保证体系, 保证型号符合市场和适航要求, 组织完成符合性验证试验并提供适航取证(TC)符合性文件和证据, 又构建了一个与全球配置接轨的、大型工程跨国研制的风险管理新操作平台框架。

4) 常规的、传统的管理, 无法照搬来解决大型客机在主制造商-供应商模式下一个总部、四大中

心跨国组织风险管理机制及其绩效评价原则与实施步骤等问题。必须首先开发各子项目风险RBS及其流程<sup>[3]</sup>和识别、评估技术, 提出组织、进度五领域各目标全寿命期风险管理的系列关键问题, 研究风险管理的多种适宜方案, 建立其风险管理组织模式、管理方法、工作步骤、程序, 具体到管理文件、手册, 及其评价和应对与管理风险之激励、奖励政策、文件等。笔者等研制提出风险管理的RBS之示意框架见图8。

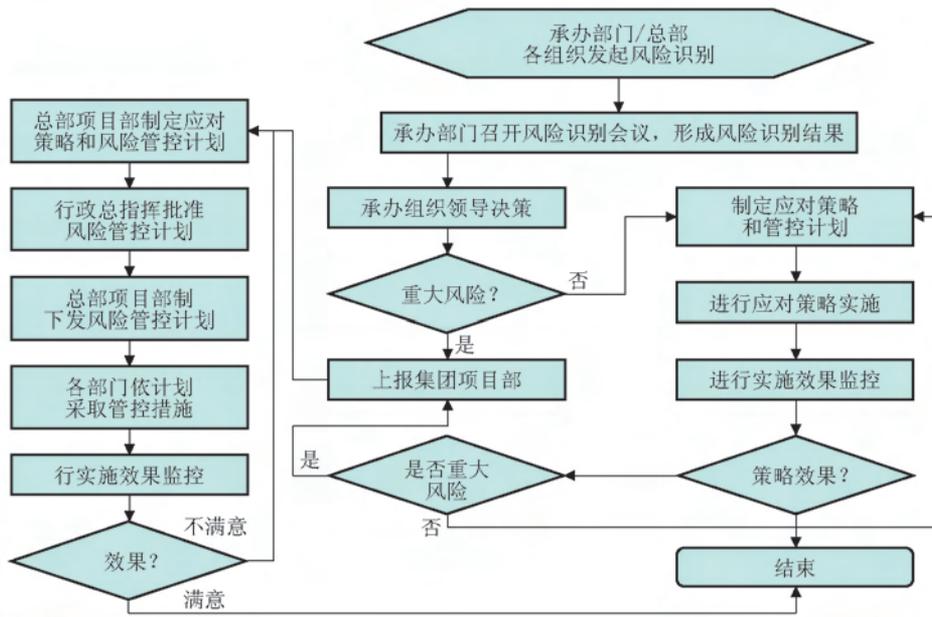


图7 大型客机风险管理流程框架示意图

Fig. 7 Diagram of risk management process of large passenger aircraft

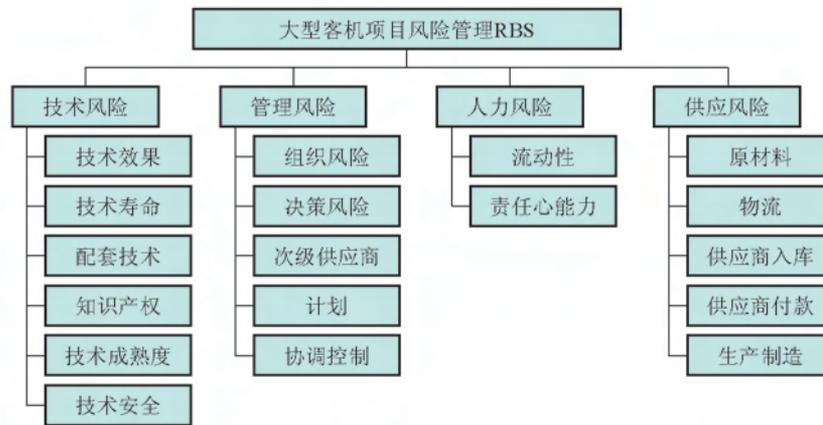


图8 大型客机研制风险管理RBS之示意框架图

Fig. 8 Diagram of risk management RBS development of large passenger aircraft

5) 群集成管理实施体系及其一体化信息集成风险管理平台, 是充分发挥项目全寿命期风险管理协同效应优化实施的关键。笔者等提出了基于挣值法风险监控原则揭示风险管理的部门特征, 使用五种风险评估技术挖掘我国风险管理深层次规律, 创建了与英 APM-BOK V4.0 兼容的全量表格操作的风险管控体系。它具备通用的企业特色风险管理模式, 又兼容风险管理信息及市场库、事件库及链的网络管理系统, 使项目风险管理科学化、数字化得以实现。大型客机研制一体化群集成风险管理系统主结构框架如图9所示。

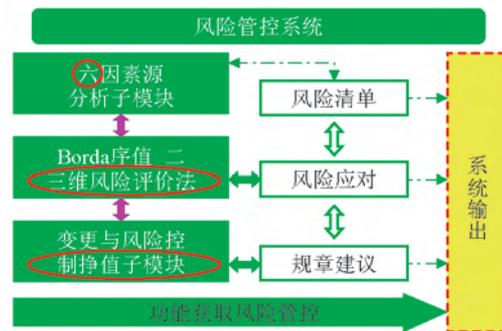


图9 大型客机研制一体化群集成风险管理系统主结构框架示意图

Fig. 9 Diagram of main structure of integrated risk management system of large passenger aircraft

6)大型客机项目组织架构、模式类似于战略同盟,为了解决在风险分担及其管理上存在的国际性难题,笔者等建立了三维风险评价模型在多个部门里做组织设计等特色性深化研究。例如,对于四种二级风险因素采用德尔菲法进行风险识别,规定了大型客机项目组织风险的概率等级、影响等级和风险的检测性的判断标准,选用三维风险评价法确定风险等级。根据评价结果制定相应的应对方案和监控措施,最终形成基于识别、评价、应对、监控四个方面的一套大型客机项目组织及其风险管理标准和体系。

7)在立项、起草、评审、签订、履行和备案六个阶段,因素识别、风险评估、应对和监控四个风险管理环节中,为了解决支撑项目总、子系统设计、研制过程中复杂的内外部环境协同技术的风险管理难题,笔者等提出信息熵综合评价法。它是基于相对熵集结模型的主观赋权法,用熵进行可靠性分析,将统一的专家主观定性判断转化为定量数据进行风险测算。这一关键技术的突破,使定性、定量相结合的科学定量分析模型得以全面实现。

8)专家及其群组的决策水平是项目成败的关键因素,项目的高复杂性对专家的知识水平、领域面和综合素质提出了更高的要求。为进一步保证和便于检测大型客机决策的有效性,项目组借用信息论中的相对熵概念给出了一种新模糊排序方法。它用信息距离取代实际距离解决了TOPSIS法排序难题,不仅有效避免了传统TOPSIS法增加方案造成的反转题,还可优化决策群组 and 专家个体提供信息的可靠性,而且,扩展的模糊决策形式更符合人们的思维习惯。构建了基于风险矩阵的风险评价方法,解决了大型客机项目在全球范围内各国供应商风险指标及其权重的优选难题。这又是一项对风险评估结果可信度尤为重要的关键技术。基于组合赋权法确定的权重同时考虑了主观和客观方面的信息,因此与传统赋权方法相比该法更为合理。它的创新性思路还在于:首先过滤风险再对其进行评估和分级,从而提高了决策的效率和有效性。

9)由于发动机、机载设备、材料和众多关键部件、技术等重大技术风险主要源自外部供应商,所以大型客机的外部风险比重和危害程度非常大。因此项目的整体风险管理创新模式,必须是与霍尼韦尔、空客和波音接轨的国际一流水准。笔者等以

上述多项创新为载体,建立了独一无二的、与英APM-BOK V4.0匹配的全量表操作一体化群集成风险管理体系、数字化系统和产业化平台。从产品定义、设计集成、研制、国内外市场化机制供应商管理、客户服务、适航取证到分担风险、提取回报的全寿命期一体化群集成风险评估系统主结构框架如图10所示。

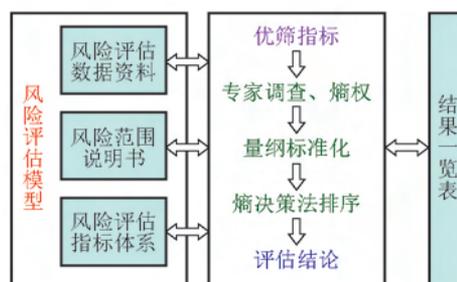


图10 风险评估系统主结构框架图

Fig. 10 Framework diagram of main structure of evaluation system

10)项目组创建一套分段匹配函数验证评估模型解决平台方位控制回路准确跟踪难题,成功实现了仿真系统的集中管理和落点目标的精度要求;在生产制造中将机身铆半机翼对接、机身机翼对接、总装配、喷漆、试飞与交付时间作为六个重要节点设计风险管控网络嵌入一体化群集成风险管理平台系统,实现工程全寿命期风险管理效应协同。

## 5 总结与展望

民用飞机风险管理基础薄弱,大型客机的研制未知领域多、探索性强、不确定性大、成功率低、外部风险比重大,且管理风险与技术风险长期并存、适航取证困难突出。这些都大大增加了大型客机项目风险管理的难度。

项目组解决诸多国际性难题提出了系统的9类17种规章、政策、手册与文件和新方法,建立了与英APM-BOK V4.0配套的一体化群集成风险管理全量表操作平台,是我国民航风险管理科学化、数字化的铺路石。它丰富了航空项目管理学科内涵,缩短了我国与国际大飞机研制风险管理的差距,提高了系统运转交接效率,部分成果达到国际领先水平。

但是,大型客机项目群管理需要面对更多、更复杂的信息对分布于不同国度和地点的合作群体

进行实时和协同控制,需要对大量变化的、不确定的信息进行即时判断做出决策,这使搭建基于信息和网络技术的项目群管理信息系统至关重要。如何从企业战略角度进行信息共享、协同和优化以提升组织的核心价值,通过设置项目群管理功能模块、项目群工作流程功能模块及信息技术支持模块,将项目群与公司战略连接起来,根据优先级和项目依赖性平衡配置各种资源、实现柔性协同管理,是需要进一步研究的新课题。

备注:为满足国家安全和保密要求,本文内容都在我国已公布的或可公开的学术性理论、方法和工具范围内。

#### 参考文献

- [1] 邱菀华. 现代项目管理学[M]. 北京:科学出版社,2013.
- [2] 大型客机项目风险管理体系建设课题组. 大型客机项目风险管理体系建设研究[R]. 上海、北京:中国商飞、北航大学DRP中心,2012.
- [3] 邱菀华. 项目风险管方法与实践[M]. 北京:科学出版社,2005.

## Risk management of the project on the first large passenger aircraft

Qiu Wanhua

(School of Economics and Management, Beihang University, Beijing 100191, China)

**[Abstract]** Three-dimensional risk management method and entropy-risk assessment are put forward, and many difficult international problems on the development project on the first large passenger plane are solved. The key problems of life-cycle risk management on organization, schedule and so on are solved. Risk management model of large-scale project on transnational development which integration into the global allocation is created, and operational system of integrated management of cluster (APM-BOK V4.0) is established. The project with low risk, high quality and efficiency is accomplished, building a management platform of information risk integration.

**[Key words]** large-scale projects management; risk management; entropy-optimization; project cluster management