

基于 AHP-FCE 模型的装备采购合同履行风险评估研究

卢苇 黄栋 王科文
海军工程大学

DOI:10.32629/pe.v3i6.17999

[摘要] 随着现代军事科技的复杂化和装备体系化的发展,装备采购合同履行过程中的不确定性显著增加。为实现对合同履行风险的科学管控,提升国防采购效益,本文重点研究并提出了将层次分析法与模糊综合评价法相结合的综合评估模型(AHP-FCE模型),该综合评估方法能将分散的专家经验凝聚成结构化的量化结论,为装备采购部门提供一种系统、科学的合同履行风险评估工具,有助于实现风险的早期预警和精准管控。

[关键词] 装备采购; 风险评估; 层次分析法; 模糊综合评价
中图分类号: F253.2 **文献标识码:** A

Risk Assessment of Equipment Procurement Contract Performance Using AHP-FCE Model

Wei Lu Dong Huang Kewen Wang
Naval University of Engineering

[Abstract] With the increasing complexity of modern military technology and the development of systematized equipment procurement, uncertainties in contract fulfillment have significantly increased. To achieve scientific risk management in contract execution and enhance the efficiency of defense procurement, this paper focuses on researching and proposing an integrated evaluation model (AHP-FCE model) that combines Analytic Hierarchy Process (AHP) with Fuzzy Comprehensive Evaluation Method. This comprehensive evaluation method can consolidate scattered expert experiences into structured quantitative conclusions, providing equipment procurement departments with a systematic and scientific tool for contract fulfillment risk assessment. It facilitates early risk warnings and precise risk control, thereby improving procurement efficiency.

[Key words] equipment procurement; risk assessment; analytic hierarchy process; fuzzy comprehensive evaluation

引言

装备采购是国防建设的重要组成部分,其核心是通过订立并履行采购合同,获取满足军队作战与训练需求的高质量武器装备。合同的顺利履行直接关系到国防战略目标的实现和军事经济效益的提升。近年来,虽然我国装备采购制度改革取得了显著成效,但在合同履行风险管理方面,仍存在“重订立、轻履行”、“重事后处置、轻事前预警”等现象。

因此,对装备采购合同履行风险进行系统识别,并构建一套科学、系统、可操作的合同履行风险评估方法,具有极强的理论必要性和现实紧迫性。本研究旨在弥补现有研究的不足,通过引入现代风险管理理论与方法,建立一个适用于我国装备采购实践的合同履行风险评估框架,为装备采购部门提供实用的风险管理工具。

1 风险评估指标体系构建

科学的风险评估始于全面准确的风险识别。风险识别是后

续量化评估的基础,其核心在于构建一个能够全面反映合同履行过程中各环节、各维度风险的指标体系。

1.1 风险维度分析

基于装备采购特点,将合同履行风险划分为四个主要维度:

①进度风险:指合同约定的里程碑节点或最终交付日期发生延误的可能性。成因包括生产计划安排不当,如任务分解不细、工期估算不准等;资源供应协调不力,关键元器件供应中断、人员、设备、场地等资源不能及时到位;对关键路径任务控制不力,军方需求变更等。

②技术风险:指在研发或生产过程中,所采用的新技术、新工艺不成熟或未能达到预期性能指标,从而导致项目失败或重大调整的可能性。这是高技术装备采购中最为突出的风险之一。主要表现为:技术路线不够成熟或存在重大缺陷;设计指标过于激进,超出当前工业基础可实现范围;研制过程中关键“卡脖子”技术未能突破;测试方法和设备不足以充分验证

技术指标,未能充分暴露设计缺陷;技术状态控制不严格,变更频繁等。

③成本风险:指项目实际成本超出合同预算或军方承受能力的可能性。如项目早期因信息不充分导致预算编制不准确,成本估算方法不科学;设计变更频繁引发材料、工艺和工时的连锁成本反应;原材料、外购件价格波动,特别是对于长周期采购的物资,市场价格上涨难以规避;因质量管理体系失效导致大量返工、返修甚至报废,推高成本等。

④管理风险:指因合同双方(特别是承制方)的组织管理、沟通协调、资源保障等方面存在缺陷而导致项目出现问题的可能性。包括项目经理能力不足、团队协作不畅、与分包商管理失控等。

⑤外部环境风险:来自宏观环境的不确定性风险。主要包括国防政策、环保法规、税收政策等发生变化带来新的约束;宏观经济波动,通货膨胀、信贷政策紧缩等影响项目财务状况;市场供求关系变化影响资源获取;国际合作项目受阻、关键技术进口受限等;不可抗力事件,如重大自然灾害、公共卫生事件影响项目进展等。

1.2 评估指标体系的构建

基于上述风险识别结果,构建一个层次化的装备采购合同履行风险评估指标体系,如表1所示。该体系分为目标层、准则层(一级指标)和方案层(二级指标)。

表1 装备采购合同履行风险评估指标体系

目标层	准则层 (一级指标)	方案层 (二级指标)	指标说明
装备采购合同履行风险评估 A	B ₁ 进度风险	C ₁₁ 研制周期预估过于乐观	初始计划不切实际,预留缓冲时间不足。
		C ₁₂ 关键路径上的任务延期	关键节点任务完成滞后,产生连锁反应。
		C ₁₃ 供应链延迟与中断	原材料、元器件供应不及时或中断。
		C ₁₄ 人力资源不足或流动率高	关键技术人才短缺或流失。
	B ₂ 技术风险	C ₂₁ 技术成熟度不足	所采用技术是否经过验证,是否存在难以攻克的技术瓶颈。
		C ₂₂ 技术状态变更频繁	研制过程中需求或设计方案频繁变动,导致返工和混乱。
		C ₂₃ 设计与工艺实现困难	设计方案在实际生产工艺上难以实现,良品率低。
		C ₂₄ 核心技术对外依存度高	关键部件或技术依赖进口,存在“卡脖子”风险。
	B ₃ 成本风险	C ₃₁ 市场价格波动敏感性	受市场波动影响,采购成本超出预算。
		C ₃₂ 设计变更导致成本增加	技术状态变更引发大量的设计修改和物料报废。
		C ₃₃ 成本控制有效性	管理不善、工艺落后导致生产成本增加。
		C ₃₄ 预算执行符合度	因信息不充分导致预算编制不准确,成本估算方法不科学,基础数据不准确。
	B ₄ 管理风险	C ₄₁ 承制单位项目管理能力薄弱	计划、组织、协调、控制能力不足。
		C ₄₂ 合同条款模糊,责权不清	合同对技术标准、验收方法、违约责任等约定不明确。
		C ₄₃ 质量保证体系不健全	过程质量控制不严,导致产品交付后出现重大质量问题。
		C ₄₄ 沟通协调机制不畅	采购方与承制方、承制方内部各部门之间信息沟通不畅。
	B ₅ 外部环境风险	C ₅₁ 宏观政策与法规变化	国家产业政策、环保法规、军标更新等带来的合规性挑战。
		C ₅₂ 国际市场封锁与禁运	国际关系恶化导致技术、产品禁运。
		C ₅₃ 自然灾害与不可抗力事件	地震、疫情等突发事件对生产和供应链的冲击。
		C ₅₄ 重大社会经济动荡	经济危机、通货膨胀等对项目执行的宏观环境影响。

2 风险评估模型的构建

针对装备采购合同履行风险中大量存在的模糊性、主观性信息,本文构建层次分析法(AHP)与模糊综合评价法(FCE)相结合的综合评估模型(AHP-FCE模型)。其中,层次分析法用于确定各层级指标的权重,模糊综合评价法用于对风险水平进行综合评判。

2.1 基于AHP的指标权重确定

层次分析法是一种将复杂决策问题分解为多个层次和因素,通过两两比较判断矩阵来计算各因素相对权重的多准则决策方法。具体步骤如下:

①建立层次结构模型。将风险评估问题分解为目标层、准则层和指标层。如表1所示,目标层(A)为“装备采购合同履行风险评估”,准则层(B_i)为5个一级指标,方案层(C_{ij})为20个二级指标。

②构造判断矩阵。邀请领域专家(包括军方代表、承制方管理人员、独立第三方专家等),采用1-9标度法,对同一层级下的指标进行两两重要性比较,以此构造出判断矩阵 $P=(p_{ij})_{n \times n}$ 。

③计算权重向量。求解判断矩阵的最大特征根(λ_{max})及其对应的特征向量W,对特征向量进行归一化处理,即得到各指标的权重分配。

④进行一致性检验。计算一致性比率 $CR=CI/RI$ 。其中 $CI=(\lambda_{max}-n)/(n-1)$,RI为平均随机一致性指标。当 $CR<0.1$ 时,认为判断矩阵的一致性可以接受,否则需要调整判断矩阵。

通过此方法,可以得到一级指标权重集 $A=(a_1, a_2, a_3, a_4, a_5)$ 以及各二级指标C_{ij}相对于对应一级目标的权重集A_i。

2.2 基于模糊综合评价的风险评判

模糊综合评价法利用模糊数学的隶属度理论,将边界不清、不易定量的因素进行量化处理,从多个因素对被评价事物隶属等级状况进行综合性评价。

应用步骤如下:

2.2.1 确定评价因素集和评语集

因素集U即我们构建的指标体系, $U=\{B_1, B_2, B_3, B_4, B_5\}$ 。评语集V为设定风险等级的评判标准,如 $V=\{V_1(\text{低风险}), V_2(\text{较低风险}), V_3(\text{中等风险}), V_4(\text{较高风险}), V_5(\text{高风险})\}$ 。可根据实际情况划分5级或7级,并为各等级赋值。

2.2.2 建立模糊关系矩阵

组织专家对每个二级指标C_{ij}进行评价。例如,就“C₂₁技术成熟度不足”这一指标,假设有30%的专家认为“高风险”,50%认为“较高风险”,20%认为“中等风险”,0%认为“较低风险”和“低风险”,则对该指标的评价向量为(0, 0, 0.2, 0.5, 0.3)。对所有二级指标进行评价,可得到每个一级指标下的模糊关系矩阵R_i。

2.2.3 多级模糊综合评判

由于指标体系分两层,则需进行二级模糊综合评判。

(1)一级模糊综合评判。即对每个一级指标B_i进行综合评价。其评判结果为: $B_i=A_i \circ R_i=(b_{i1}, b_{i2}, b_{i3}, b_{i4}, b_{i5})$ 。其中“ \circ ”为

模糊合成算子, 本文采用加权平均算子。

(2) 二级模糊综合评判: 将每个 B_i 看作目标层A的单因素评价向量, 构成目标层A的模糊评价矩阵:

$$R=[B_1, B_2, B_3, B_4, B_5]^T$$

然后对目标层A进行综合评价: $B=A \circ R=(b_1, b_2, b_3, b_4, b_5)$ 。向量B即为该装备合同履行风险相对于五个评价等级的隶属度。

2.2.4 计算综合评价值并确定风险等级

为得到最终风险等级, 可采用加权平均法, 即为每个等级 V_j 赋予一个分值 F_j (如低风险=1, 较低风险=2, ..., 高风险=5), 计算综合评分值:

$$F=\frac{\sum_{j=1}^5 b_j \cdot F_j}{\sum_{j=1}^5 b_j}$$

根据F值所处的区间, 可以判定最终的风险等级: $1.0 \leq F \leq 1.5$ 为低风险; $1.5 < F \leq 2.5$ 为较低风险; $2.5 < F \leq 3.5$ 为中等风险; $3.5 < F \leq 4.5$ 为较高风险; $4.5 < F \leq 5.0$ 为高风险。

3 实例应用分析

为验证模型的有效性, 现以某型“高性能计算服务器集群”装备采购合同为例, 进行履行中期风险评估。

3.1 背景介绍

该项目合同金额大, 技术指标要求高, 部分核心处理器芯片存在进口依赖。项目已进入集成测试阶段。

3.2 模型应用过程

3.2.1 确定权重

经AHP计算与一致性检验, 得到权重集如下:

一级指标权重: $A=(0.20, 0.30, 0.15, 0.15, 0.20)$, 即技术风险权重最高, 进度与外部风险权重显著。

二级指标权重如: $A_2=(0.30, 0.28, 0.25, 0.17)$, 即技术风险中技术成熟度指标最为重要。 $A_5=(0.30, 0.35, 0.20, 0.15)$ 则在外部环境风险中, 国际市场封锁与禁运权重最高。

3.2.2 模糊评价与综合评判

邀请10位专家进行评价。以外部环境风险(B_5)为例, 其下属二级指标评价统计与一级模糊综合评判结果如下:

$C_{51}:(0, 1, 4, 3, 2)$, 则 $R_{51}=(0, 0.1, 0.4, 0.3, 0.2)$

$C_{52}:(0, 0, 3, 4, 3)$, 则 $R_{52}=(0, 0, 0.3, 0.4, 0.3)$

$C_{53}:(0, 1, 5, 3, 1)$, 则 $R_{53}=(0, 0.1, 0.5, 0.3, 0.1)$

$C_{54}:(1, 2, 5, 2, 0)$, 则 $R_{54}=(0.1, 0.2, 0.5, 0.2, 0)$

$B_5=A_5 \circ R_5 \approx (0.020, 0.085, 0.415, 0.325, 0.155)$

同理, 获得其他一级指标评判结果:

$B_1 \approx (0.050, 0.150, 0.450, 0.250, 0.100)$

$B_2 \approx (0.040, 0.120, 0.400, 0.320, 0.120)$

$B_3 \approx (0.080, 0.200, 0.450, 0.200, 0.070)$

$B_4 \approx (0.060, 0.180, 0.480, 0.220, 0.060)$

进行二级模糊综合评判:

$B=A \circ R \approx (0.049, 0.142, 0.436, 0.274, 0.099)$

3.2.3 基于加权平均法的结果计算与分析

计算综合风险分值F:

$$F=\frac{\sum_{j=1}^5 b_j \cdot F_j}{\sum_{j=1}^5 b_j}=3.137$$

结果判定: 综合风险分值 $F=3.137$, 属于“中等风险”, 但已经非常接近中等风险的上限(3.5), 风险水平偏高, 需高度警惕。

进一步计算各一级指标的风险分值, 进行风险溯源, 可得: F_1 (进度) 为3.200; F_2 (技术) 为3.360; F_3 (成本) 为2.980; F_4 (管理) 为3.040; F_5 (外部环境) 为3.510。可以看出, F_5 已进入“较高风险”区。

3.3 管理启示与决策建议

①红色警报: 外部环境风险。外部环境风险($F=3.51$)是项目的首要威胁。必须立即启动应急预案, 积极寻找别国的替代供应商、与现有供应商签订长期保障协议、提请国家部委通过外交渠道进行协调等, 多措并举。

②技术攻坚: 技术成熟度问题。技术风险($F=3.36$)是第二大风险源。应成立联合攻关小组, 集中力量解决技术成熟度及“卡脖子”问题, 增加测试轮次, 确保性能达标。

③进度管控: 防范连锁反应。进度风险($F=3.20$)受外部和技术风险直接驱动。项目计划需保持动态弹性, 对关键路径上的进口部件到货、集成测试等节点设置缓冲期, 并制定详细的赶工方案。

④量化监控: 跟踪预警。将综合风险分值F纳入项目周报, 设定阈值 (如 $F>3.4$ 时向高层报警), 实现风险的量化跟踪与预警。

4 结论与展望

本文围绕装备采购合同履行风险评估这一现实需求, 系统构建了一个二维二十项风险评估指标体系, 将层次分析法(AHP)与模糊综合评价法(FCE)相结合, 建立了综合评估模型。本方法的优势在于能将分散的专家经验凝聚成结构化的量化结论, 不仅能回答“风险有多大”的问题, 更能精准回答“风险来自何处”以及“哪些风险最关键”, 从而为管理者采取差异化、精准化的风险应对策略提供清晰的行动指南。

本研究主要为静态评估, 后续可探索基于该评估结果的动态资源调配优化模型, 实现风险评估与风险应对的闭环管理。

[基金项目]

海军工程大学自主立项科研项目, 装备采购合同履行风险预测与评估方法研究(202350A030)。

[参考文献]

- [1]李德翔, 刘鑫. 基于组合赋权的装备采购风险模糊综合评价[J]. 系统工程与电子技术, 2022, 44(5): 1563-1570.
- [2]张红星. 武器装备采购风险管理数字化转型研究[J]. 国防科技, 2023, 44(1): 124-130.
- [3]陈晓峰, 王敏. 装备采购多维风险评估指标体系构建研究[J]. 军事运筹与系统工程, 2022, 36(2): 45-51.

[4]刘志强.智能算法在装备采购风险评估中的应用研究[J].指挥与控制学报,2023,9(1):78-85.

[5]王志勇,李娜.基于改进模糊综合评价的装备采购风险预警[J].系统仿真学报,2022,34(4):887-895.

作者简介:

卢苇(1991--),女,汉族,湖北黄冈人,武汉理工大学,金融,硕

士研究生,海军工程大学,讲师,装备采购管理。

黄栋(1977--),男,汉族,湖北武汉人,武汉大学,管理,博士研究生,海军工程大学,副教授,装备合同管理。

王科文(1988--),女,汉族,湖北武汉人,华中科技大学,金融,硕士研究生,海军工程大学,讲师,装备采购管理。