

无人机项目供应链中断风险应对策略研究

张欣欣

中电科特种飞机系统工程有限公司 四川 成都 610000

摘 要：本文聚焦无人机项目供应链中断风险应对策略。先概述无人机项目供应链结构、特点及中断类型与影响，接着阐述风险识别方法、风险因素，并通过案例深入分析。随后构建风险评估指标体系、选择评估方法、构建与应用评估模型。最后提出风险规避、减轻、转移等应对策略，涵盖战略调整、多元化供应、保险外包等多种举措，为无人机项目供应链风险管理提供参考。

关键词：无人机项目；供应链中断风险；应对策略

1 无人机项目供应链概述

1.1 无人机项目供应链结构

无人机项目供应链贯穿原材料供应至产品交付全流程，多环节、多主体协同。上游聚焦核心零部件研发生产，如金属、复合材料，电机、传感器等。欣旺达、德赛电池提升电池能量密度与寿命，为无人机提供动力；高德红外、中海达在红外传感器、导航模块有技术突破，赋予无人机感知能力。中游以整机制造与系统集成为主，成飞、中航精机承担军用无人机研制，覆盖多场景；大疆创新是消费级市场龙头，占超70%全球份额；亿航智能聚焦载人无人机，推动UAM商业化。下游拓展应用场景，涵盖物流、农业、应急等领域。顺丰、京东用无人机配送，美团推出即时服务，极飞科技构建“无人化农场”生态，各环节形成研发到应用的闭环。

1.2 无人机项目供应链特点

无人机供应链有技术密集、定制化高、响应快三大特征。技术密集体现在多学科融合，氢能无人机整合多种技术，动力系统研发复杂，迭代周期6-12个月。定制化源于场景差异，物流、农业、军用无人机需求不同，要求供应链柔性生产。大疆模块化设计实现快速迭代，亿航智能“平台化+定制化”满足多场景^[1]。响应速度要求高效协同，美团在深圳建智能空投柜网络，与地面配送衔接，高峰时段快速处理订单；顺丰在偏远地区部署无人机中转站，大幅缩短配送周期。

1.3 无人机项目供应链中断的常见类型与影响

供应链中断类型多样，有自然灾害、技术故障、政策变动、市场波动等。2021年河南洪水致农业无人机零部件工厂停产，影响30%交付；2023年台风造成物流无人机运输延误。技术故障集中于核心部件，飞控系统算法缺陷、氢燃料电池膜电极问题等，带来高召回成本和停售整改。政策变动影响大，美国、欧盟相关法规增加

企业合规成本，降低航线规划效率。市场波动方面，芯片短缺使成本上升，消费级市场需求疲软致库存积压。中断影响有传导性，3DRobotics因GPS模块延迟，销量不佳、库存积压，退出硬件制造；LilyRobotics因原型机无法量产，资金链断裂破产。

2 无人机项目供应链中断风险识别

2.1 风险识别方法与工具

风险识别采用数据挖掘、专家评估、故障树分析（FTA）等方法。数据挖掘通过分析历史中断事件，识别高频风险因素，例如一企业利用SPSS模型发现，供应商交货延迟与原材料价格波动相关性达0.82，据此建立动态库存预警机制。专家评估依托行业经验，例如军用无人机领域邀请中航工业、航天科技等企业专家，对动力系统、导航模块等关键部件进行风险评分，形成优先级清单。故障树分析从顶层事件倒推原因，例如针对无人机坠机事故，构建包含“电池故障”“失控失灵”“结构损伤”等分支的树状模型，定位根本原因概率。工具方面，帆软FineBI平台整合供应链数据，通过可视化看板实时监控供应商绩效、库存周转率等指标；蒙特卡洛模拟软件可量化风险发生概率，例如预测某物流无人机航线因天气延误的概率分布，指导企业调整配送计划。

2.2 无人机项目供应链中断风险因素分析

风险因素涵盖供应商、技术、物流、市场、政策五大维度。供应商风险包括资质不足、稳定性差、竞争失序。例如，小型电机供应商因质量管控体系缺失，导致产品故障率达5%，远超行业平均1%水平；关键材料供应商因资金链断裂停产，使无人机生产线停滞2周。技术风险涉及创新滞后、泄密、兼容性问题。例如，有企业因未跟进RTK高精度导航技术，产品定位误差达2米，失去农业植保市场订单；军用无人机因数据接口不兼容，无法与指挥系统对接，交付延期3个月。物流风险包括运输

安全、时效性、环境适应性。例如,批次物流无人机在暴雨中运输时进水损坏,损失率达10%;偏远地区航线因缺乏备用起降点,延误率超40%。市场风险源于需求波动与竞争压力。例如,消费级无人机市场因产品同质化严重,价格战导致行业平均利润率从2018年的25%降至2024年的8%。政策风险包括空域管制、数据安全、贸易壁垒^[2]。例如,美国FAA要求无人机操作员持证上岗,增加企业培训成本;欧盟对无人机数据存储地限制,迫使企业重建云服务器架构。

2.3 风险识别案例分析

案例1: 3DRobotics供应链失控; 2015年, 3DRobotics推出Solo无人机时, 因GPS模块供应商未能按时交付, 导致首批产品缺失定位功能, 市场信心受挫。进一步分析发现, 其风险根源在于: 战略误判, 过度依赖软件优势而忽视硬件制造复杂性; 供应链管理失控, 未建立备用供应商机制; 市场预测失误, 以零售商库存数据替代实际需求, 导致生产计划偏离市场真实容量。最终, 公司库存积压超6万架, 资金链断裂, 被迫退出硬件市场。

案例2: GoPro Karma电池缺陷召回; 2016年, GoPro Karma无人机因电池门锁设计缺陷, 上市两周内发生2500台坠机事故, 被迫全面召回。风险识别显示, 其问题在于: 技术积累不足, 作为运动相机企业跨界进入无人机领域, 缺乏动力系统、飞控等核心技术; 品牌延伸局限性, 消费者对其无人机技术可信度存疑; 测试流程缺陷, 未在极端环境下模拟电池固定效果。此次事件导致公司损失1.1亿美元, 最终退出无人机市场。

案例3: 零度智控Dobby市场定位失败; 2016年, 零度智控推出Dobby口袋无人机, 主打“自拍”场景, 但因飞行稳定性差、续航短(5分钟)等问题, 销量惨淡。风险识别表明, 其失败原因包括: 伪需求定位, 普通用户倾向手机自拍, 专业用户需高性能设备, 导致市场真空; 技术妥协, 为追求小型化采用玩具级电机, 牺牲动力与抗风能力; 合作策略失误, 依赖腾讯流量但未建立自有销售渠道, 市场推广乏力。最终, 公司裁员50%, 退出消费级市场。

3 无人机项目供应链中断风险评估

3.1 风险评估指标体系构建

指标体系包含概率、影响、持续时间、应对成本四个维度。概率指标包括供应商中断频率(如顺丰科技近3年供应商延迟交货次数/总订单数)、技术故障率(如大疆创新某型号无人机年故障台数/总销量); 影响指标涵盖生产成本增加率(如极飞科技因原材料涨价导致单台成本上升金额/原成本)、市场份额损失率(如亿航智

能中断事件后销量下滑幅度/原销量); 持续时间指标涉及中断天数(如美团无人机业务从事件发生到恢复的天数)、恢复时间(如京东物流从启动应急预案到正常生产的小时数); 应对成本指标包括应急采购成本(如科力远紧急采购替代零部件的额外支出)、库存成本(如航天彩虹为应对中断增加的安全库存占用资金)。例如, 顺丰科技评估某物流无人机航线风险时, 设定供应商中断概率为0.2/年, 影响程度为单日损失订单量1000单, 持续时间为3天, 应对成本为50万元, 据此计算风险值 $= 0.2 \times 1000 \times 3 + 50 = 650$, 作为决策依据。

3.2 风险评估方法选择

常用方法包括风险矩阵、模糊综合评价、贝叶斯网络。风险矩阵将概率与影响分为高、中、低三级, 形成9宫格评估表, 例如大疆创新将供应商中断概率“高”(> 0.3)与影响“高”(> 500万元损失)的组合定位为红色风险, 需立即采取规避措施。模糊综合评价通过隶属函数处理不确定性, 例如评估极飞科技某技术风险时, 邀请专家对“技术成熟度”“兼容性”等指标打分, 利用模糊运算得出综合评分, 如亿航智能某氢能无人机技术风险评分为0.65(满分1), 属于中等风险。贝叶斯网络通过条件概率量化风险关联, 例如分析美团物流无人机配送延误时, 构建包含“天气”“交通”“设备故障”等节点的网络, 计算在暴雨天气下延误概率从0.1提升至0.35, 指导企业调整配送策略^[3]。

3.3 风险评估模型构建与应用

以顺丰科技构建的供应链中断风险评估模型为例, 其步骤如下: (1) 数据采集, 整合ERP系统中的供应商交货记录、CRM系统中的客户投诉数据、设备运维日志等, 形成包含10万条记录的数据集。(2) 特征工程, 提取关键特征, 如供应商历史延迟率、产品故障类型分布、中断事件季节性规律等。(3) 模型训练, 采用随机森林算法, 以80%数据训练模型, 20%数据验证, 准确率达92%。(4) 应用场景, 在生产计划环节, 模型预测某关键零部件供应商下月延迟概率为0.4, 触发预警机制, 顺丰科技启动备用供应商; 在物流配送环节, 模型预测某航线因天气延误概率为0.6, 自动调整配送顺序, 优先保障高价值订单。(5) 动态优化, 每月根据新数据更新模型参数, 例如2024年Q2纳入政策变动因子后, 模型对贸易壁垒风险的预测准确率提升15%。

4 无人机项目供应链中断风险应对策略

4.1 风险规避策略

通过战略调整规避高风险领域, 例如极飞科技因预测到消费级无人机市场饱和, 于2023年退出该领域, 转

而聚焦工业级市场，避免价格战风险；亿航智能因美国FAA政策收紧，暂停北美市场扩张，转向东南亚、非洲等政策宽松地区，降低合规成本。技术路径选择方面，科力远放弃氢燃料电池技术，因膜电极材料国产化率不足30%，转而研发锂硫电池，降低供应链依赖；纵横股份（假设为一家军用无人机企业）因北斗导航系统在海外覆盖不足，采用GPS+北斗双模定位，规避单一系统风险。市场定位调整方面，大疆农业针对农业市场开发耐腐蚀、防尘无人机，适应农田恶劣环境，减少设备故障率；迅蚁网络（假设为一家物流企业）针对山区地形设计垂直起降无人机，避免传统固定翼无人机对跑道依赖，扩大应用范围。

4.2 风险减轻策略

通过多元化供应、技术冗余、流程优化降低风险影响。多元化供应方面，大疆创新对电机、电池等核心部件采用“一主两备”供应商策略，主供应商占比60%，备用供应商各占20%，2024年某主供应商因火灾停产时，备用供应商72小时内完成产能切换，保障交付；国鸿氢能（假设企业）与5家氢气供应商签订长期协议，分散地域风险，2025年一地区氢气涨价30%时，其他供应商供应量增加40%，平抑成本波动。技术冗余方面，顺丰旗下物流无人机配备双飞控系统，主系统故障时自动切换至备用系统，故障率从0.5%降至0.1%；航天彩虹（假设为一家军用无人机企业）采用三模定位（GPS+北斗+GLONASS），单一系统失效时仍能保持米级定位精度。流程优化方面，美团建立“中心仓-社区站点-无人机”三级配送网络，当某站点无人机故障时，系统自动将订单分配至邻近站点，配送时效波动从 ± 15 分钟降至 ± 5 分钟；顺丰引入AI调度系统，根据天气、交通、设备状态动态调整配送路线，2024年Q2延误率同比下降22%。

4.3 风险转移策略

通过保险、外包、合作分担风险。保险方面，迅蚁

网络为物流无人机投保第三方责任险，单架年保费5000元，覆盖坠机导致的财产损失与人员伤亡，2024年某次事故获赔200万元，减轻企业负担；科力远为氢能无人机投保产品责任险，覆盖电池爆炸等风险，保费占销售额0.8%，转移潜在赔偿压力^[4]。外包方面，大疆创新将非核心的无人机外壳生产外包给专业厂商，利用其规模化生产降低成本20%，同时转移设备故障、工艺缺陷等风险；美团将物流无人机航线规划外包给科技公司，利用其大数据分析能力优化路径，配送效率提升18%，自身专注核心的飞行控制技术研发。合作方面，极飞科技与高校共建联合实验室，共享研发设备与人才，2024年共同开发出新型轻量化材料，降低机身重量15%，研发成本分摊30%；亿航智能与竞争对手成立产业联盟，统一氢燃料电池接口标准，避免兼容性问题导致的市场分割，2025年联盟企业市场份额提升12%。

结束语

无人机项目供应链中断风险复杂多样，对行业发展影响重大。通过全面深入的研究，明确了风险识别、评估与应对的方法策略。未来，无人机企业应持续完善风险管理体系，结合自身实际灵活运用各类策略，提升供应链的韧性与抗风险能力。同时，行业各方需加强合作，共同应对挑战，推动无人机产业健康、稳定、可持续发展，创造更大价值。

参考文献

- [1]张素侠,刘习军.以系留无人机项目为依托的新工科项目式教学探讨[J].教育教学论坛,2023(12):22-25.
- [2]宋志洋.市场化运营无人机项目及企业量化管理体系建设[J].电脑采购,2022(51):41-43.
- [3]马亭,任大鹏,吴佳青,等.无人机的供应链和研发管理策略研究[J].智能物联技术,2023,55(6):53-57.
- [4]杨岭.我国民用无人机产业发展现状及未来趋势展望[J].中国安防,2022(12):14-18.