

航天型号管理中的项目风险管理实践

蒋亦嵘

中国运载火箭技术研究院，北京，100076；

摘要：航天型号管理涉及设计、研发、试制、生产及维护的全生命周期，复杂性和高风险性显著。项目风险管理在型号研制中发挥关键作用，通过风险识别、评估、应对和动态监控，可有效降低技术、管理及外部环境风险。本文分析了技术风险、管理风险及外部风险的应对策略和动态监控方法。系统化、闭环的风险管理实践能够提升项目执行效率、保障技术可靠性并增强航天型号研制的整体成功率，为未来型号项目管理提供借鉴和优化方向。

关键词：航天型号管理；项目风险；管理实践

DOI：10.69979/3041-0673.26.05.006

引言

随着航天技术的不断发展，航天型号研制项目的规模和复杂性持续增加，同时伴随技术不确定性、长周期和高成本等多重风险。项目风险管理在型号研制中被广泛认为是保障项目成功的核心手段。通过识别潜在风险、评估影响、制定应对策略并进行动态监控，能够有效控制项目进度、成本及质量波动，提高型号管理效率。本文旨在系统分析航天型号管理中的风险类型、管理方法及实践效果，为项目管理者提供科学依据和操作指导。

1 航天型号管理概述

1.1 航天型号管理的定义与范围

航天型号管理是指在航天器及相关设备全生命周期中，对型号的设计、研发、验证、生产、交付及维护进行系统化的管理活动。目的是保证型号在技术、性能、质量和成本等方面的可控性，确保项目目标的实现。型号管理不仅涵盖具体技术参数和文档管理，还涉及版本控制、变更管理和标准化流程的执行^[1]。通过严格的型号管理，能够在复杂的航天项目中形成清晰的责任链条和信息追踪机制，提升项目的可预测性与可靠性，为风险管理和决策提供基础数据支撑。

1.2 型号研制周期与环节

航天型号研制周期通常包括立项设计、方案论证、详细设计、试制验证、批量生产及在轨应用等阶段，每个环节均有严格的技术要求和质量标准。在立项与方案阶段，需评估技术可行性、资源投入和风险点；在详细设计与试制验证阶段，重点关注系统集成、关键部件性能及可靠性试验；在生产和交付阶段，需确保批次一致性和标准化执行。

1.3 型号管理中的复杂性与挑战

航天型号管理具有高度复杂性，其主要表现为技术

复杂、周期长、跨学科协作需求高以及信息流量大。技术复杂性主要来自于先进航天技术的应用、系统集成和可靠性要求高；项目周期长导致的技术更新和资源变化增加了不确定性；跨部门协作要求各专业在设计、试验和生产过程中保持信息同步，稍有差错便可能引发重大延误。同时，型号文档、变更记录和配置管理数量庞大，对信息管理系统和流程标准化提出了高要求。

2 项目风险管理基础

2.1 项目风险识别方法

项目风险识别是风险管理的首要环节，旨在全面发现可能影响航天型号研制进度、成本和质量的潜在因素。在航天型号管理中，风险识别通常采用多种方法结合的方式^[2]。通过专家评审和头脑风暴，对技术、管理、外部环境等方面可能出现的问题进行系统梳理；利用历史数据分析，对以往型号研制中出现的故障、延误和成本超支情况进行归纳总结，从而预测新项目可能存在的风险；通过文档分析和流程审查，识别设计方案、工艺流程、供应链以及接口管理中潜在的不确定性。

2.2 风险评估与优先级确定

在完成风险识别后，风险评估是将识别出的风险按可能性和影响程度进行定量或定性分析的重要环节。定性评估常通过风险矩阵或专家打分法，将风险分为高、中、低等级，以确定处理的优先顺序；定量评估借助概率模型、故障树分析（FTA）或失效模式与影响分析（FMEA），对风险发生概率及其对项目成本、进度和技术指标的潜在影响进行量化计算。在航天型号项目中，风险优先级的确定尤为关键，因为涉及多个环节和复杂系统，资源有限，必须将重点放在高概率、高影响的关键风险上。

2.3 风险应对策略

在航天型号管理中，风险应对策略是将识别和评估

的风险转化为可执行措施的关键环节。常见策略包括风险规避、风险减轻、风险转移和风险接受。风险规避主要通过调整设计方案、优化工艺流程或改变供应链安排来消除潜在风险；风险减轻通过技术验证、冗余设计或加强质量控制来降低风险发生的可能性或影响程度；风险转移则通过外包、保险或合同约定将部分风险分担给供应商或合作单位；风险接受适用于低概率或低影响的风险，团队通过建立应急预案进行管理。

2.4 风险监控与复盘

风险监控是项目风险管理的持续环节，旨在实时跟踪和控制已识别风险及潜在风险。通过建立动态监控机制，包括关键指标监测、定期风险评审和变更管理，项目团队能够及时发现风险变化并调整应对措施。在型号研制过程中，任何设计变更、供应链异常或技术验证结果的偏差都可能引发新的风险，因此持续监控是确保项目顺利推进的必要手段^[3]。复盘是在项目关键阶段或完成后，对整个风险管理过程进行总结和分析，包括风险识别、应对策略效果及未预见问题的处理。通过复盘，团队可以提炼经验教训，优化管理流程和方法，为后续型号项目提供科学依据，实现风险管理的闭环和持续改进。

3 航天型号管理中的风险识别与评估

3.1 技术风险控制

在航天型号管理中，技术风险是最为关键且影响深远的风险类型，包括新技术应用、系统集成复杂性及关键部件可靠性等方面。针对技术风险，项目团队通常采取多层次控制措施。通过前期技术论证和可行性分析，评估关键技术指标及潜在难点，提前制定技术攻关方案。采用模型仿真、原型验证和试验平台进行预研，及时发现设计缺陷并优化方案。冗余设计和容错机制能够在关键部件出现异常时保证系统整体功能稳定，降低风险对项目整体进度和性能的影响。

3.2 管理风险控制

管理风险主要涉及项目计划、资源分配、跨部门协作以及信息流通等方面，对项目的整体推进影响重大。针对管理风险，项目团队需建立科学的计划控制和资源优化机制，确保关键环节按时完成。跨部门协作通过明确责任分工、建立沟通机制和定期协调会来实现，有助于减少信息滞后和误解引发的问题。同时，采用项目管理软件和信息系统进行文档和变更管理，可实时跟踪任务进展、风险事件及处理情况，提高决策的及时性和准确性^[4]。对于供应链及外部协作单位，管理风险控制还包括供应商评价、合同约定及绩效跟踪，确保外部资源

稳定可靠。

3.3 外部环境风险

航天型号管理项目不仅面临内部技术和管理风险，还需应对复杂多变的外部环境风险，包括政策法规、供应链波动、市场变化以及自然环境因素等。政策和法规的不确定性可能影响项目审批、技术出口和资金支持；供应链波动则可能导致关键部件延迟或质量不稳定，影响型号研制进度；自然灾害或环境变化也可能干扰试验和生产环节。针对外部环境风险，项目团队通常采取多元化应对措施，如建立多供应商体系、签署长期合同、制定应急预案和政策监测机制。同时，通过与政府机构、行业协会及供应商保持紧密沟通，可以提前识别潜在风险并调整项目计划，从而降低外部环境对型号研制的不良影响。

3.4 风险评估方法

有效的风险评估方法是确保风险控制科学性和可执行性的基础。航天型号项目通常采用定性定量结合的评估方式。定性方法包括风险矩阵、专家评审和德尔菲法，通过对风险发生概率和影响程度进行分级，确定优先处理的关键风险；定量方法则借助故障树分析（FTA）、失效模式与影响分析（FMEA）及蒙特卡洛模拟等工具，对风险发生概率和潜在损失进行精确计算。风险评估不仅关注技术指标，也涵盖成本、进度和资源等综合因素。通过系统化评估，项目团队可以明确重点风险、制定针对性应对策略，并在整个型号研制过程中进行动态调整，实现风险管理的闭环控制。

4 风险应对与控制实践

4.1 技术风险控制

在航天型号管理中，技术风险是项目成功的关键因素，主要包括新技术的不确定性、复杂系统集成、关键零部件可靠性及实验验证等方面。针对技术风险，项目团队通常采取多层次、多手段的控制策略。在立项和方案设计阶段，通过技术可行性分析和方案论证，识别潜在的技术难点，并制定详细的攻关计划，以降低技术不确定性。采用模型仿真、原型验证和试验平台进行阶段性验证，可以提前发现设计缺陷、验证系统可靠性，并优化设计方案。在关键系统和部件中引入冗余设计、容错机制及标准化接口，确保即使部分子系统出现异常，也不会影响整体功能的稳定性^[5]。对于高风险技术环节，还需进行专项风险预案，包括替代方案、技术攻关任务和资源保障，以便在出现技术偏差时快速响应。技术风险控制不仅确保型号研制按计划推进，也为项目整体质量、性能和可靠性提供坚实支撑。

4.2 管理风险控制

管理风险主要涉及项目计划、资源调度、跨部门协作以及信息流通等方面,对航天型号项目的整体推进影响重大。针对管理风险,项目团队需建立科学、系统的管理控制机制。制定精细化的项目计划和进度控制表,明确各阶段的关键节点和里程碑,确保任务按时完成,并及时调整计划应对突发事件。通过资源优化和统筹管理,合理分配人力、设备和资金,避免资源冲突和浪费。跨部门协作是航天型号管理中最容易产生管理风险的环节,需建立明确的责任分工、定期协调会议和信息共享机制,确保设计、试验、生产和采购各环节信息同步。文档管理和变更管理同样是管理风险控制的手段,通过统一的信息系统,记录设计变更、审批流程和任务执行情况,可实现透明化管理,降低沟通误差和延误风险。对于供应链及外部协作单位,管理风险控制包括供应商评估、合同约束及绩效跟踪,确保关键材料和零部件按时、按质到位。建立风险预警机制和应急处理流程,可以在突发管理问题发生时快速响应,减少对项目整体进度和成本的影响。系统化的管理风险控制不仅提高了项目执行效率,还增强了团队对复杂型号项目的不确定性应对能力,为项目顺利完成提供了坚实保障。

4.3 外部风险应对

航天型号项目不仅面临内部技术和管理风险,还需应对复杂多变的外部环境风险,包括政策法规变动、供应链波动、市场需求变化以及自然环境因素等。政策和法规的不确定性可能影响项目审批流程、资金拨付和技术出口等方面,供应链波动可能导致关键材料和部件延迟交付或质量不稳定,而自然灾害、极端天气等不可控因素亦可能中断试验和生产进程。针对这些外部风险,项目团队通常采取多层次应对措施。通过建立多供应商体系和签订长期合作协议,以确保关键材料和零部件供应的稳定性。建立外部环境监测机制,包括政策、行业标准及供应链动态的实时跟踪,以便提前预测潜在风险。制定应急预案和快速响应机制,当供应链中断或自然环境异常发生时,可以快速调整项目计划和资源分配,降低风险对整体进度和成本的影响^[6]。与政府机构、行业协会及核心供应商保持紧密沟通,及时获取信息和政策支持,实现对外部风险的主动管理。这些外部风险应对措施能够在很大程度上增强航天型号项目的抗风险能力,确保项目顺利推进。

4.4 风险监控与动态调整

风险监控与动态调整是实现项目风险管理闭环的关键环节。在航天型号研制过程中,风险状态可能随技术进展、资源变化及外部环境波动而动态变化,因此仅依赖事前规划无法保证风险完全可控。有效的风险监控需要建立实时的监测机制,包括关键技术指标、进度执行情况、成本消耗及供应链状态的动态追踪。项目团队可利用信息管理系统和风险数据库对风险事件进行记录、分类和分析,实时更新风险等级和优先级。动态调整则是在监控基础上,对已识别风险采取针对性措施,包括技术方案优化、资源重新分配、进度调整及应急预案启动等。同时,通过定期的风险评审和阶段性复盘,总结风险应对效果和未预见问题,形成经验反馈机制,为后续项目提供参考。风险监控与动态调整不仅能及时发现潜在风险,避免风险累积造成重大损失,还能提升项目团队的决策灵活性和响应速度,保证研制过程的安全性、可靠性和高效性。

5 结论

航天型号管理中的项目风险管理实践在提升项目成功率、确保技术可靠性和控制成本方面发挥了重要作用。通过系统化的技术风险控制、管理风险优化以及外部环境风险应对,并结合实时监控和动态调整,能够有效降低型号研制的不确定性。实施闭环风险管理不仅有助于及时发现和应对潜在问题,还能积累经验优化后续项目流程,为航天型号管理的科学化、规范化提供坚实支撑。

参考文献

- [1]路通. 航天型号管理中的项目风险管理实践[J]. 工程管理与技术探讨, 2024, 6(10).
- [2]裴慧峰, 岳昊瞳, 李晓龙. 航天型号管理中的项目风险管理实践[J]. 导弹与航天运载技术, 2021(5): 166-170.
- [3]卢东宁, 杨凌霄. 航天型号管理中的项目风险管理实践[J]. 中国科技纵横, 2022(19): 125-127.
- [4]于荣刚, 陈志军, 高魁垠. 航天预研创新项目管理的实践研究[J]. 中国战略新兴产业, 2024(11): 106-108.
- [5]张志军, 李广路. 航天型号项目质量管理归零工作探索与实践[J]. 项目管理技术, 2020, 18(10): 137-141.
- [6]张劲松, 张倩, 高骥. 航天型号研制风险管理方法研究及应用[J]. 科学与信息化, 2023(5): 196-198.