

航天复合材料产品研发项目计划管理的难点及对策探究

李啸 马玉洋 张莹 王超 高彦博
北京空间机电研究所

DOI: 10.32629/jpm.v7i9.9037

[摘要] 航天复合材料是我国各类航天装备实现结构轻量化、运行高精度化、服役高可靠性的核心基础材料，该类材料的研发制备工作具备技术迭代快、工艺流程繁琐、多学科技术交叉融合、质量验收标准严苛等典型行业特征。在航天复合材料产品全流程研制工作中，项目计划管理是把控项目进度、压缩研制成本、保障产品质量的关键管控手段，直接影响航天型号装备的研制效率与实际服役性能。目前，国内航天制造企业在复合材料项目落地推进过程中，普遍存在进度动态管控滞后、内外跨部门协作效率低、风险预判与应急防控能力薄弱等现实管理问题，这些管理短板严重制约了国内航天复合材料产业的提质升级与高质量发展。本文系统梳理项目计划管理落地过程中的各类现实难题，引入风险矩阵、MES 生产执行系统等专业管理工具，总结形成一套针对性强、落地性高、可复用推广的优化改进方案，希望为航天复合材料研制项目的科学化管理提供切实的参考。

[关键词] 航天复合材料；产品研发；项目计划管理；管理难点；优化路径

An Exploration of Challenges and Countermeasures in Project Management for the Development of Aerospace Composite Materials Products

Li Xiao Ma Yuyang Zhang Ying Wang Chao Gao Yanbo
Beijing Institute of Space Mechanical and Electrical Engineering

[Abstract] Aerospace composite materials serve as the core foundational materials for achieving structural lightweighting, operational high precision, and high service reliability across various types of aerospace equipment in China. The research, development, and fabrication of such materials are characterized by typical industry features, including rapid technological iteration, complex manufacturing processes, interdisciplinary integration of technologies, and stringent quality acceptance standards. In the end-to-end development of aerospace composite material products, project schedule management constitutes a critical control mechanism for managing project progress, reducing development costs, and ensuring product quality; it directly influences the development efficiency and actual service performance of aerospace hardware systems. Currently, domestic aerospace manufacturing enterprises commonly encounter practical management challenges during the implementation of composite material projects, such as delayed dynamic progress control, low efficiency in intra-and inter-departmental collaboration, and inadequate capabilities for risk anticipation and emergency response. These management shortcomings significantly hinder the quality enhancement, industrial upgrading, and high-quality development of China's aerospace composite materials sector. This paper systematically examines the various practical challenges encountered in the implementation of project schedule management, introduces specialized management tools—including risk matrices and MES (Manufacturing Execution System)—and synthesizes a set of targeted, highly implementable, and reusable optimization and improvement strategies. The aim is to provide practical references for the scientific management of aerospace composite material development projects.

[Key words] aerospace composite materials; product development; project schedule management; management challenges; optimization pathways

1 引言

在航空航天产业快速发展的当下，各类航天装备更新迭代

速度不断加快，行业技术标准与工程应用要求持续升级，市场
工况与极端服役环境对复合材料的综合性能提出了更为严苛

的要求。航天复合材料凭借强度高、自重轻、耐高低温、抗腐蚀等优良物理化学特性，现已广泛应用于运载火箭、在轨卫星、航天飞行器等核心航天装备的关键结构件制造环节。项目计划管理工作能够对复合材料研制全过程的人力、物资、资金、技术等各类核心资源进行统筹调配，对各工序施工进度、产品成型质量、整体研制成本开展全过程监督管控，是保障航天型号项目按期交付、质量达标的基础性核心工作。在项目实际推进过程中，经常出现计划随意调整、工序衔接断层、资源分配失衡、风险问题处置不及时等各类问题，不仅会拉长产品研制周期、增加研发生产成本，还容易引发产品质量隐患，对整体航天型号装备的研制进度与应用可靠性造成负面影响。基于这一行业现状，深入剖析航天复合材料研制项目计划管理的现存短板，结合数字化管控工具、量化风险评估方法、新型生产调度模式探索契合行业发展规律的优化管理方法，对提升航天型号项目整体管理水平具备极高的工程应用价值与现实意义。

2 航天复合材料研制项目计划管理的难点

2.1 研制工作不确定性强，进度动态管控难度大

航天复合材料产品研制的核心核心是技术创新与工艺突破，整个研制周期内存在大量不可提前预判的变量，大幅增加了计划动态管控的实施难度。一方面，技术攻关工作存在极强的不确定性。新型复合材料的配方调试、铺层结构设计、精密成型加工、综合性能检测等关键工序，都需要经过多轮试验、对比分析、反复验证后才能确定最终方案。部分核心关键技术的研发周期无法精准预判，一旦出现试验数据不达标、技术方案可行性不足、设计思路偏差等问题，研制团队需要重新优化设计方案、调整材料配比、重启试制试验流程，前期制定的进度计划将彻底失效。

另一方面，复合材料各类性能试验环节极易出现突发问题。高低温力学性能测试、疲劳耐久测试、极端环境适应性测试等关键试验的结果具备较强随机性，试验过程中出现的构件变形、铺层不均匀、产品性能不达标、工艺缺陷等问题，都会直接造成工序返工、任务延期。2.2 跨主体协同机制不完善，工序衔接存在断层

航天复合材料产品研制是一项多部门、多单位协同推进的系统性工程，企业内部涉及设计、工艺、生产、试验、质检、采购等多个业务部门，外部需要对接科研院所、配套供应商、专业检测机构等各类合作主体，各参与方的协同配合效率，直接决定项目计划的落地执行效果。从当前行业整体发展现状来看，多数航天研制项目的协同管理体系存在明显漏洞，各参与主体普遍存在信息不对称、工作衔接不顺畅、沟通对接效率低等问题。

企业内部各部门的工作侧重点与考核指标存在差异，设计部门重点关注技术方案的创新性、合规性与理论可行性，生产部门注重工艺方案的落地实操性，试验部门专注产品性能检测数据的准确性与可靠性，各部门未形成统一的项目管控目标，也未搭建常态化沟通对接机制。设计方案定稿后，无法及时同步至工艺部门开展工艺转化；工艺文件编制完成后，难以快速

对接生产部门启动试制工作，信息传递的滞后性直接造成工序停滞、工期浪费。在外部协作层面，核心特种材料、精密配套构件高度依赖外部供应商供货，企业与合作供应商之间缺乏实时进度联动渠道，管理人员无法动态掌握配套产品的生产状态、质量情况与交付进度，供应商延期交付、产品质量不达标等问题，会直接拖累整体项目推进节奏。

2.3 风险管理体系滞后，预判与应急处置能力不足

项目计划执行过程中出现的进度偏差、成本超支、质量缺陷等问题，大多源于各类风险事件的突发影响，科学完善的风险管理体系是保障项目计划稳定落地的重要基础。目前国内多数航天制造企业在项目计划管理工作中，普遍存在重执行落实、轻风险管控的问题，风险管理工作整体滞后、覆盖范围片面。在风险预判阶段，管理人员仅在项目启动初期笼统梳理进度、成本等宏观层面的风险问题，没有结合复合材料研制的行业特性，针对技术攻关、工艺试制、性能试验、供应链保障等关键环节开展精细化风险排查，无法提前识别潜藏的各类隐性风险。同时，多数项目尚未建立分级分类的风险预警标准，无法根据项目实时推进状态判定风险等级、预判风险影响范围，各类风险往往在发生后才被发现和处置，这种被动管控模式进一步放大了风险的负面影响。

2.4 数字化管控程度偏低，项目全过程追溯能力缺失

数字化、智能化管控是现代化项目计划管理的核心支撑，能够有效提升管理精度与工作效率。当前，仍有部分航天制造企业的复合材料研制项目，延续人工统计、纸质台账记录、线下会议汇报的传统管理模式，数字化管理工具的应用覆盖率较低。管理人员依靠人工逐一统计各工序进度、整理项目数据、汇总推进情况，不仅工作量大、效率低下，还容易出现数据统计偏差、进度更新滞后、关键信息遗漏等问题，导致管理人员无法精准掌握项目真实推进状态。此外，部分企业虽然引入了信息化管理系统，但系统功能相对单一，仅能完成基础的计划录入、进度上报等简单操作，尚未实现资源调度、风险预警、数据分析、计划动态调整等核心功能的一体化集成管控。

3 航天复合材料研制项目计划管理优化策略

3.1 建立动态管控模式，匹配航天研制工作的可变特征

航天制造企业应当形成一套贯穿项目全过程的计划更新与动态管理模式，让项目安排能够贴合现场真实的研制状态。第一，落实多层级的进度核查手段，落地“日常现场巡检、周度情况归集、月度综合复盘”管理方式。工作人员每天深入各个作业工序核对实际推进状态，一旦发现细微的进度偏移就第一时间介入修正；每一周汇总整理整个项目运行情况，把梳理当下阻碍推进的关键堵点；每个月开展整体性的项目复盘研讨，深入剖析进度出现偏移的根源、各类资源实际使用情况、技术攻坚过程中的棘手难题，以此为依据对下一阶段工作做出调整。

与此同时，企业需要梳理形成一套规范化的计划变更处理程序，界定计划修改的启动情形、各级人员审批权责、修改要求以及归档留存要求。针对技术攻关、性能测试这类变数大、

风险偏高的关键业务,需要单独制定对应的管理办法。开展技术攻关时,企业需把整体任务切分成多个阶段分步实施,每个阶段结束之后开展复盘,结合实际技术突破情况灵活调整后续研制安排;开展试验工作前,准备多套备选试验思路与工艺备选方案,尽量减少试验失败造成的工期损失,该动态管控模式落地后,有效破解了研制进度管控滞后问题,带动项目任务完成总量提升49%,大幅提升了计划管理的实效性。

3.2 完善协同运行制度,消解内外部合作存在的沟通障碍

航天制造企业需要搭建一套运转顺畅的内外部协同管理机制,让各个作业环节能够顺畅衔接。对内业务层面,可以组建跨部门的项目专项工作组,由项目主要负责人统一调度统筹,抽调设计、工艺、生产制造、试验测试、质量检验、物资采购等岗位的业务骨干参与进来,厘清各个部门承担的工作职责、业务对接流程以及协同工作层面的考核要求。

对外合作层面,针对外协单位和配套供货企业,航天单位应落实准入筛选以及持续性考核评价机制,筛选出资质完备、履约口碑好、产能供给稳定、产品质量可控的合作主体,从源头降低外部合作带来的各类隐患。同时,大力推动复材产品配套管理创新,推行“动态适配”产品配套信息管理机制,搭建专门用于对外业务对接的信息渠道,实现企业和供货厂商、科研院所、第三方检测机构之间的信息互通,管理人员可以实时掌握配套零部件的生产进度、产品质量情况以及预计交付时间,提早识别供应链方面潜在隐患。另外,对内对外统一协作要求与交付标准,明确所有合作方需要完成的时间节点、质量指标以及对接规范,依靠制度约束,减少合作衔接错位、交付延期、产品质量不达标等现象,切实提升多方联合研制的整体效率。

3.3 实施全流程风险管控,提升风险预判和应急处置水平

航天制造企业需要落实“提前识别风险、过程做好管控、事后总结复盘”的全流程风险管控思路,结合航天复合材料研制的业务特点开展精细化风险管控,并引入风险矩阵工具开展精细化、量化风险评估。从项目立项、方案编制、工艺试生产、试验验证,再到最终投产交付,在各个关键节点全面排查技术、工艺、试验、物资资源、供应链、产品质量等方面潜在隐患,整理形成项目风险台账,对每一项风险判断发生可能性、影响范围、危害程度,明确管控重点。

在此基础上,建立分级风险提醒机制,结合项目研制的客观规律设置不同等级的风险触发条件,利用项目运行当中产生的各类业务数据,做到风险早识别、早预警。针对台账当中罗列的各类风险,编制具备实操性的应急处置方案,写明风险处理步骤、对应负责岗位、整改举措以及完成时限,一旦风险事件发生,能够快速响应处置,尽可能削弱风险对项目工期、产品质量、项目成本带来的负面影响。项目全部工作结束之后,组织专门的风险复盘研讨,深挖风险产生的内在诱因,查找风险处置环节暴露出的短板以及管理漏洞,持续充实风险案例库、修订应急处置方案,在实践当中不断优化风险管理能力,为后续同类型项目管理积累可借鉴的实践经验。同时依托全流

程数据统筹管控,聚焦成本风险管控,通过项目整体统筹、批量组批投产、引入供应商竞争机制等方式,实现通用产品外协成本降低12%,有效实现了风险防控与成本管控双向提质增效。

3.4 深化数字化管控建设,提升计划管理精细化水平

企业需依托数字化、智能化技术,全面升级传统项目计划管理模式,深度落地MES生产执行系统搭建一体化数字化项目管理平台,实现复合材料研制全流程可视化、精准化、可追溯管控。整合计划编制、进度监控、资源调度、风险预警、数据统计、协同对接、台账管理等多项核心功能,实现项目全要素、全流程线上一体化管控。管理人员可通过平台实时查看各工序施工进度、资源使用状态、质量检测数据,系统可自动比对计划进度与实际进度的偏差,智能识别潜在风险并触发预警,大幅提升管理效率与管控精度。

同时,数字化平台可自动留存项目研制全过程的工作记录、计划变更记录、问题处置记录、数据台账等核心资料,实现项目全流程可查询、可追溯,为项目复盘、经验总结、责任界定、体系优化提供完善的数据基础。通过数字化转型彻底摒弃传统人工管控的各类弊端,全面提升航天复合材料研制项目计划管理的规范化、精细化、智能化水平。

4 结语

综上所述,航天复合材料产品研制项目计划管理是一项系统性、复杂性兼具的长期性工作,其管理成效直接决定航天装备的研制质量、交付周期与生产成本,是航天型号项目的核心组成部分。航天制造企业必须立足复合材料研制的技术规律与行业特性,依托MES系统、风险矩阵等专业工具,采取多项举措全方位破解项目计划管理痛点与难点。随着航天技术的持续迭代升级,航天复合材料的研制难度、技术复杂度将持续提升,行业企业需持续迭代优化项目计划管理体系,结合新技术、新场景、新需求创新管理模式,持续强化项目管控能力,为我国航天复合材料产业及航天事业的高质量发展提供坚实的管理保障与技术支撑。

[参考文献]

- [1]高光军,薛培婧,闫振欣,等.航天民品制造企业以项目为中心的矩阵式管理体系的构建与实施研究[J].航天工业管理,2025(6):82-86.
- [2]张玥,刘铮,南娟利,等.航天系统制造企业课题项目外协管理实践[J].航天工业管理,2023(4):79-81.
- [3]谭业强,郝亚楠.无机非金属材料学科重点项目资助成果与改革举措[J].硅酸盐学报,2026,54(2):351-352.
- [4]徐星洁.国家航空航天与国防认证计划材料测试实验室认证工作关键点[J].实验室检测,2025,3(17):13-15.
- [5]杨雪娇,王晋力,任斌,等.数字技术赋能报价项目管理的研究与实践[J].航天工业管理,2024(9):84-86.
- [6]李婷,严科飞,王淑芬,等.碳基复合材料的自主研发与创新管理实践[J].航天工业管理,2022(8):3-6.
- [7]司群英,任京涛,张鹭,等.关于新一代运载火箭成本管理的探索[J].导弹与航天运载技术,2022(2):144-147.