

科技研究

航天科研生产全链条风险防控体系构建研究

陆华 王毅鹏 李骏

上海航天电子通讯设备研究所

DOI : 10.32629/jpm.v7i7.8991

[摘 要] 航天科研生产全链条风险防控是保障航天项目运行质量、降低运行风险的核心研究方向。本文梳理了该风险防控体系的核心构成，搭建了包含风险点识别、等级量化、溯源梳理的风险识别评估机制，明确了科研阶段关口前移、生产阶段全维度校验、全周期动态管控的落地路径，可为航天领域全链条风险防控工作的标准化开展提供参考框架，提升整体风险防控效能。

[关键词] 航天科研生产；全链条风险防控；风险识别评估；动态闭环管控

Research on the Construction of a Full-Chain Risk Prevention and Control System for
Aerospace Scientific Research and Production

Lu Hua Wang Yipeng Li Jun

Shanghai Institute of Aerospace Electronic Communication Equipment

[Abstract] The establishment of a full-chain risk prevention and control system for aerospace scientific research and production represents a core research direction for ensuring the operational quality of aerospace projects and reducing operational risks. This paper reviews the core components of such a risk prevention and control system, establishes a risk identification and assessment mechanism that encompasses risk point identification, hierarchical quantification, and traceability analysis, and clarifies the implementation pathways involving forward-looking approaches during the research phase, comprehensive verification during the production phase, and dynamic management throughout the entire lifecycle. This study provides a reference framework for the standardized implementation of full-chain risk prevention and control work in the aerospace sector and enhances overall risk prevention and control effectiveness.

[Key words] aerospace scientific research and production; full-chain risk prevention and control; risk identification and assessment; dynamic closed-loop management

引言：

航天科研生产属于高复杂度、高可靠性要求的特种工业领域，任意环节的风险疏漏都可能引发严重的质量损失与进度延误^[1]。当前航天领域已有的风险防控举措多聚焦单一环节的事后处置，缺乏覆盖预研到交付全业务链路的系统性防控框架，难以适当前多批次、多类型项目并行推进背景下的风险管控需求^[2]。本文构建适配航天科研生产运行特征的全链

条风险防控体系，可实现风险的前置识别与逐层拦截，从源头减少风险传导引发的连锁损失，同时也可作为航天领域风险管控的标准化建设提供可行的落地思路，支撑航天产业的高质量稳定发展。

1. 航天科研生产全链条风险防控体系的核心构成

航天科研生产涉及多个前后衔接的业务环节，对应的风险防控体系需要匹配全链路的运行特征搭建基础框架。第一，先

明确全链条的覆盖范围，包含预研、立项、研发、试制、批量生产、交付全部业务环节，范围划定完全贴合航天科研生产的实际运行路径，不会随意扩大外延，也不会遗漏任意核心业务节点^[3]。第二，防控体系搭建会匹配两类核心运行需求，一类是全流程的质量管理需求，对各环节产出的成果质量设置对应的管控标尺，另一类是各节点的项目管理需求，对各环节的进度、资源配置情况做对应的约束引导^[4]。第三，防控体系的核心建设方向分为三个维度，分别是风险前置防控、全链路可追溯、动态调整，三个方向共同构成体系的核心运行导向，为后续风险识别、防控落地提供明确的参照标准^[5]。

2. 航天科研生产全链条风险识别与评估机制构建

2.1 基于成功包络线的全流程风险点识别

风险点识别是风险防控体系落地的首要环节，可依托成熟的成功包络线分析方法开展系统性梳理。首先，工作人员会对航天科研生产各业务环节过往成功完成的项目参数进行汇总梳理，划定各环节产出成果、操作流程对应的合格参数区间，形成可参照的成功包络边界。如对于某型阀门启动压力这一关键参数，通过汇总历史成功项目数据，可划定其“成功包络线”为 $10\text{MPa} \pm 0.5\text{MPa}$ ；凡是在设计、加工或测试中导致该参数超出此区间的行为或状态，即被识别为一项具体的风险点^[6]。其次，工作人员会将划定的合格参数区间与各环节现行的操作规范、工艺要求逐一对应，梳理出操作行为或产出参数超出边界的各类可能情形，梳理过程会覆盖预研到交付的全部业务节点。最后，工作人员会结合各业务环节的运行特征，归纳不同超界情形对应的风险点具体表现，为后续的风险等级评估提供明确的识别依据。

2.2 可靠性数据包支撑的风险等级量化

风险等级量化是风险评估环节的核心支撑，能够为后续防控策略的制定提供清晰的参照依据。首先，工作人员会依托航天产品全生命周期积累的可靠性数据包，系统梳理过往留存的历史故障、性能偏差、工艺缺陷等相关记录，提取能够反映风险属性的共性特征，搭建起风险等级量化的基础维度框架。其次，风险等级划分以风险发生概率、影响后果为两个核心维度，不同维度对应不同的判定标尺，发生概率维度主要参考同类风险在过往项目中的出现频次划定对应区间，影响后果维度主要围绕质量损失、进度延误、资源消耗三类常见影响划定对应区间^[7]。最后，工作人员会结合两个维度的区间划分结果，明确不同等级风险的判定标准，低、中、高各等级的判定边界清晰对应两个维度的组合情形，为后续风险防控资源的合理分配提供直观参考。

2.3 全节点过程检查的风险溯源与知识提炼

风险溯源旨在将个案问题升维为共性风险特征，为防控策略提供指向性依据。依托全链条各检查节点校验内容的对应关系，可建立标准化倒查路径（见图1），明确从交付异常逆向

追溯至预研需求、设计指标及工艺参数的逻辑链条与数据调取规范，为一线溯源工作提供操作参照。

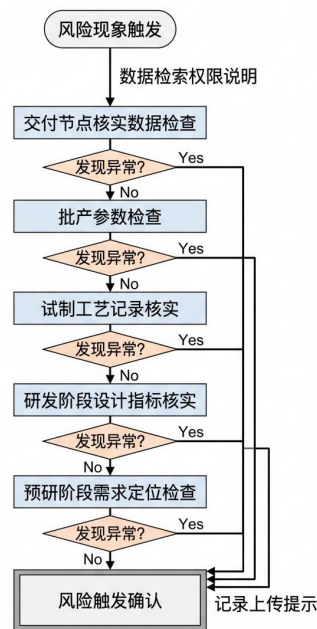


图1 航天科研生产全链条风险溯源流程图

该溯源流程的系统执行，其关键产出在于归纳出诱发风险的三大共性根源：设计阶段的参数临界偏移（余量不足）、生产阶段的工艺失稳边界（稳健性欠缺），以及供应链环节的隐性差异（批次间一致性波动）。

上述共性根源的提炼，使风险评估环节真正超越了事后归因的局限，其结论可直接转化为第三章所述科研阶段关口前移的“核查要点”与生产阶段全维度校验的“重点监控工序”，由此建立从认知风险到干预风险的刚性连接，使风险评估机制成为整个防控体系有效运转的中枢。

3. 航天科研生产全链条风险防控落地实施路径

3.1 科研阶段质量关口前移管控

科研阶段是产品质量特性的设计生成期，防控核心在于预防，通过前置质量管控从源头消减后续风险。首先，明确三个前置介入节点：方案设计初稿完成后即启动风险校验；样机试制在核心部件投产前设置管控关口；性能测试在首轮测试前完成校验准备。其次，各节点校验内容各有侧重：方案设计重点核查设计参数是否落入成功包络线的理想中心区间，并评估极端工况下技术路线的可行性；样机试制验证工艺与设计的适配性及核心部件在极限条件下的参数冗余度；性能测试核查全场景模拟下的性能稳定性与预设指标完成度。各节点校验标尺严格对标基于可靠性数据包提炼的风险特征阈值，突出对设计余量与方案稳健性的评估，确保产品源头具备高可靠性基因。最后，明确设计主管、工艺岗、测试岗等各岗位对应的管控责任，形成权责清晰的管控链条（见表1），实现关口前移的制度化落地。

表 1 航天科研阶段风险防控责任清单

管控环节	责任岗位	核心管控内容
方案设计环节	设计主管、需求对接岗	核查设计参数与合格理想中心区间匹配度、技术路线落地可行性及极限工况冗余度
样机试制环节	工艺岗、试制主管	核查加工工艺与设计要求适配性、核心部件参数达标情况及工艺稳健性
性能测试环节	测试岗、质量岗	核查全场景下性能稳定性、预设指标完成情况

3.2 生产阶段全维度过程校验

生产阶段是航天产品实物质量的最终形成期，此阶段风险防控核心在于拦截。全维度过程校验通过对来料、工艺执行与成品出厂三个关键节点的逐层把关，有效遏制风险向下游扩散。首先，在来料环节实施常态化校验，其核心目标是依据固化后的绝对合格阈值对来料质量进行硬性判定。对照成功包络线划定的原材料、元器件合格参数范围，明确每批次抽检比例、检测项及判定标尺——标尺依据可靠性数据包中过往同类元器件失效统计规律设定，确保拦截标准客观有据；抽检比例结合元器件关键等级动态调整，关键核心元器件全检全覆盖，采用仪器检测与资料核查相结合的方式，不符合参数要求者直接退回，杜绝流入后续加工环节。

其次，在工艺执行环节落实动态校验，侧重监控操作参数是否漂移出控制界限。对照成功包络线的操作规范区间，明确各工序校验频次与核查要点，频次依工序风险等级差异化设定，高风险工序校验频次高于普通工序；采用跟班巡查加关键节点旁站方式，发现操作偏离立即叫停调整，阻断工艺偏差向成品属性传导。最后，在成品出厂前开展全项校验，对最终实物与设计指标、成功包络线参数范围逐项严格核对。明确全项检测指标与校验流程，逐台进行性能测试与外观核查，结果统一留档以支撑后续追溯，不符合参数要求的成品直接进入返修或报废流程，不予交付。三层校验逐级拦截，形成生产阶段闭环防控屏障。

3.3 项目全周期动态闭环管控

项目全周期的动态调整是风险防控适配航天科研生产变动特征的核心环节，能够让防控举措随项目推进不断适配实际需求。首先，工作人员会结合前期完成的风险识别和等级评估结果，对不同类别的风险逐一制定对应的管控举措，明确每项举措的落地节点和核验标准。上述举措的有效性，需通过上文科研与生产阶段校验输出的实时数据进行持续验证。校验数据不应仅被视为一次性的合格判定结论，更应作为反馈信号，动态反映既定防控举措的实际拦截效果。

接下来，工作人员会在项目推进过程中跟进各项管控举措的落地情况，对照各节点的核验标准核查风险化解的实际效果，一旦校验数据出现统计学意义上的偏移，或触发新的异常模式，即表明原有风险等级判定或管控规则需做针对性调整，对未能达到预期效果的管控举措及时调整优化，不会僵化执行原定方案。最后，工作人员会在项目各节点完成后梳理汇总当

期的风险防控运行情况，更新风险识别清单和对应防控要求，将调整后的规则同步告知全链条各业务环节的相关人员，由此形成“过程校验、数据反馈、规则调整、再校验”的滚动优化闭环，为后续同类项目的风险防控工作提供可参照的优化依据。所有的调整动作都贴合航天科研生产的业务推进节奏，能够让风险防控体系始终适配不同阶段的项目运行特征，持续发挥风险拦截和引导作用。

结语：

航天科研生产全链条风险防控是一项贯穿项目全生命周期的系统性工作，防控体系的搭建需完全贴合航天科研生产的业务运行逻辑，覆盖全部核心业务节点，匹配不同环节的运行特征设置差异化防控规则。后续开展风险防控工作的过程中，可依托标准化的风险识别、评估与溯源机制，精准定位不同环节的风险点，适配不同等级风险的管控需求。同时要建立动态更新的闭环管控机制，根据项目运行的实际情况调整防控举措，持续优化风险防控体系的适配性，为航天科研生产的质量与进度保障提供长效支撑。

[参考文献]

[1]徐阳,张永,李海亮.航天液体动力产品工艺薄弱环节治理体系构建与实践[J].航天工业管理,2024,(12):56-60.

[2]张勤勤.科研事业单位内部控制体系的建构与风险防控——评化学工业出版社《科研事业单位内部控制体系建设研究与实务》[J].价格理论与实践,2023,(08):216.

[3]周萌.以管理提升为导向的交通科技企业风险管控体系建设探索[J].交通财会,2025,(07):69-73.

[4]苏明月,王瑞剑.有效风险防控视野下的科技期刊管理与科研失信规制[J].编辑学报,2025,37(01):17-22.

[5]刘娟,陶震宇.航天科研院所以市场化用工改革激发人才活力的实践研究[J].航天工业管理,2026(4):25-28.

[6]林深,戴戡昕,户鲲,等.航天装备批生产项目经费管理能力提升研究[J].航天工业管理,2024(6):14-16.

[7]杨阳.传统航天企业发展商业航天的规章制度体系建设与实践研究[J].航天工业管理,2026(5):48-50.

作者简介：陆华（1979.1-），男，汉族，籍贯：上海宝山，学历：本科，职称：中级工程师，研究方向：质量管理。