

科技项目过程中的风险因素及预控制策略

张 欣

中国电子科技集团公司第三十八研究所 安徽 合肥 230088

摘 要：电子工程类科技项目（如嵌入式系统开发、智能硬件集成）具备高创新性、强不确定性与高风险性，全过程风险管控是保障项目落地的关键。本文以全周期风险管理、风险前置管控理论为支撑，从立项、研发、中期验收、结题转化四大阶段，系统识别核心风险因素，剖析成因与危害。结合电子工程项目实际，提出各阶段预控制策略，构建全流程闭环风险防控体系，为电子工程领域科技项目高效推进、规避风险提供参考。

关键词：电子工程科技项目；过程管理；风险因素；预控制策略

引言：科技创新是产业升级的核心驱动力，电子工程类科技项目（如嵌入式平台开发、智能硬件集成）已成为技术攻关的重要载体。该类项目周期长、投入高、不确定性强，易出现硬件调试失败、系统性能不达标等风险，造成进度滞后与资源浪费。当前风险管控存在滞后性、碎片化问题，重事后补救、轻事前预防。为此，本文系统性梳理电子工程类项目全流程风险因素，探究科学可行的预控制策略，助力提升项目管理质量与成效。

1 相关概念与理论基础

1.1 电子工程科技项目过程管理核心内涵

（1）电子工程科技项目定义与特征。电子工程科技项目是依托电子科学与技术、信息与通信工程等学科，开展电路设计、信号处理、嵌入式系统、微波技术等方向的研发与转化工作，核心目标聚焦系统集成、板级开发、算法硬件化等技术创新及产业化应用。其具备鲜明特征：一是创新性，需突破现有电路架构、通信协议或处理算法；二是不确定性，如新型架构首次流片成功率低、高频信号完整性难以预判；三是高投入、长周期，一套复杂电子系统研发周期可达 1~2 年，开发费用高昂；四是高风险性，技术迭代快、供应链波动大，易导致项目延期或失败。（2）科技项目全过程管理阶段划分。结合电子工程类项目运行规律，划分为四大阶段：立项筹备阶段，重点进行可行性论证、方案设计与资源统筹，如确定系统架构、核心器件选型；研发实施阶段，聚焦原理图设计、PCBLayout、固件开发、系统仿真验证等核心工作；中期验收阶段，开展阶段性成果核验（如功能样机测试、环境适应性验证），修正设计偏差；成果结题与转化阶段，完成小批量试产、系统集成

与市场推广，实现技术价值落地^[1]。

1.2 项目风险管理相关理论

（1）全周期风险管理理论。该理论将风险管理贯穿项目全生命周期，覆盖风险识别、评估、预警、防控、复盘的全链条。对电子工程项目而言，需从立项时的器件选型风险，到研发时的电磁兼容风险，再到结题时的量产良率风险进行动态追踪，避免管理盲区。（2）风险前置管控理论。秉持预防为主原则，通过前期全面预判风险（如信号完整性仿真、热仿真）、规范标准化作业流程（如设计规则检查 DRC）、搭建完善管控机制，从源头规避或弱化风险，降低后期纠错成本。

1.3 科技项目风险分类与管控原则

（1）科技项目风险核心分类：划分为技术风险（如逻辑错误、EMC 超标）、管理风险（进度失控、需求变更）、资源风险（开发工具授权过期、核心工程师离职）、外部环境风险（元器件供应波动、进口器件禁运）。（2）风险预控制基本原则：遵循预防性（前置仿真验证）、系统性（覆盖硬件、软件、测试全流程）、针对性（如针对高速信号串扰单独制定策略）、动态性（随设计迭代更新风险清单）四大原则。

2 电子工程科技项目过程管理核心风险因素识别与分析

2.1 项目立项阶段风险因素

（1）立项调研风险。部分电子工程项目前期市场调研不充分，未准确评估目标系统或设备的现有竞品性能、客户真实需求，技术可行性论证流于表面（如低估了低功耗设计的复杂度）。导致研发方向与市场需求脱节，项目整体价值大打折扣。（2）方案规划风险。项

目方案编制中,常见问题包括:性能指标设定模糊(如“功耗尽量低”无量化)、开发进度节点不合理(未预留打样或测试周期)、经费预算粗放(忽略开发工具授权费、开模费)。这些漏洞为后续实施埋下隐患。(3)评审决策风险。立项评审团队若缺乏射频、数字、模拟等细分领域专家,评审标准不统一,易出现误判:可能让技术可行性不足的项目上马(如采用未经验证的新型架构方案),也可能否决真正有潜力的创新方案,浪费科研资源。

2.2 项目研发实施阶段风险因素

(1)技术研发风险。电子工程研发高度依赖设计工具与工艺水平,常见风险包括:原理图设计存在逻辑错误、数模混合电路发生串扰、原型验证不充分导致系统功能缺陷、天线设计不匹配造成驻波比超标。这些技术瓶颈极易导致研发停滞或多次改版。(2)资源配置风险。研发过程需要开发工具、高性能服务器、频谱仪、示波器等资源。可能出现:license 节点数不足导致多人排队等待;关键器件(如AD转换器、主控芯片)采购周期长、到货延迟;核心硬件工程师或射频工程师离职,造成知识断层^[2]。(3)过程管控风险。项目缺乏规范的版本管理(如原理图、PCB、固件未使用Git等工具),变更流程随意;未落实设计评审节点(如原理图评审、测试方案评审),导致错误累积到样机阶段才发现,引发大规模返工。

2.3 项目中期验收与调整阶段风险因素

(1)进度质量核查风险。中期验收时,若验收标准模糊(如仅笼统要求“功能正常”,未定义测试用例与覆盖率),核查流于形式,可能遗漏关键性能指标不达标的问题(如电源纹波超标、眼图张角不足),使风险持续累积。(2)项目调整风险。面对研发偏差(如功耗超出预算20%)或外部变化(如元器件停产),缺乏快速调整机制。调整决策迟缓,或仅做局部修补而未系统优化架构,导致问题放大。(3)资料管理风险。实验数据(如测试记录、波形截图)、设计文档、BOM表等整理不规范、归档不及时。不仅影响中期验收,也可能导致后续试产时因版本错误造成严重损失。

2.4 项目结题与成果转化阶段风险因素

(1)结题验收风险。项目收尾时,常见问题:实际性能与立项目标差距较大(如信噪比低3dB),验收材料不完整(缺少可靠性测试报告),合规性不达标(如未通过EMC认证),导致结题失败或延期。(2)成果转化风险。电子工程领域“重研发、轻转化”现象突出。

研发的样机或模块未考虑可制造性(DFM)、可测试性(DFT),缺乏配套的驱动软件、应用方案,导致成果无法量产或客户不愿采用,造成资源闲置。(3)复盘总结风险。项目结束后未系统复盘,例如未记录某一信号完整性问题的根因及解决方法,同类风险(如接插件布局不合理导致的可靠性问题)在后续项目中反复出现,无法形成组织过程资产。

3 电子工程科技项目过程管理风险预控制策略

3.1 立项阶段:源头预判,筑牢风险防控基础

(1)完善立项调研论证机制。搭建多维度调研体系:不仅调研市场需求,还要分析竞品技术指标、供应链稳定性(如关键器件的交货周期)、工艺成熟度。可引入第三方评估机构或方案提供商参与论证,验证技术路线可行性。必要时制作快速原型板(功能验证板)降低立项不确定性。此外,应建立电子工程领域专项信息数据库,持续跟踪主流技术路线的典型缺陷与成功率,为立项决策提供量化依据。(2)优化项目方案编制体系。制定电子工程项目方案标准化模板,明确量化指标(如工作频率、功耗、误码率、体积),细化WBS分解至每人周,精确编制开模费、测试费、认证费预算。加入设计检查清单(Checklist),防止遗漏电源完整性分析等关键环节。在方案中增设“风险储备”章节,按项目总预算的10%~15%预留应急资金与时间缓冲,专门应对器件停产、测试失败等电子工程特有风险。(3)规范立项评审决策流程。组建包含数字/模拟/射频设计、测试验证、供应链管理、市场人员的多元评审团队。采用加权评分表(如技术先进性40%、市场潜力30%、风险可控性30%)进行量化评估,建立评审问责制,严控立项质量。对“有条件通过”的项目,必须列出整改条件并由原评审专家复核确认后方可立项,防止项目带着重大风险启动^[3]。

3.2 研发实施阶段:动态管控,化解过程核心风险

(1)构建技术风险预判与攻坚机制。在设计启动前,输出技术风险清单(如高速信号完整性风险、功耗热分布不均)。提前制定备选方案(如预留额外的去耦电容、可编程增益放大器)。设立周技术研讨会,针对仿真或测试中出现的问题快速定位,及时调整设计参数或架构。引入故障模式与影响分析(FMEA),对关键电路模块评估潜在故障模式与发生概率,针对高风险项强制要求冗余设计或额外仿真验证。(2)建立动态资源配置保障体系。制定开发工具、测试仪器、关键器件资源日历,实时监控使用率与余量。对长周期器件提前下单或建立安全库存。建立关键岗位AB角制

度,防止核心工程师流失。同时与至少两家元器件供应商或外协厂建立备选合作关系,当主供方出现供应紧张时可快速切换,降低供应链中断风险^[4]。(3)健全全过程精细化管控机制。推行基于Git的版本管理与持续集成(CI)流程,要求每次代码或图纸提交自动运行回归测试。设立专职质量保证(QA)工程师,每周对照甘特图检查进度,对变更申请必须经过变更控制委员会(CCB)审批,并更新风险登记册。实施“设计-仿真-测试”闭环追溯制度,每个硬件模块的设计输出必须有对应的仿真用例与测试用例,每日生成质量看板,实现异常即时发现与闭环处理。

3.3 中期验收阶段:及时纠偏,阻断风险扩散蔓延

(1)制定标准化中期验收体系。制定电子工程专项验收标准,包括:功能测试覆盖率 $\geq 95\%$,所有关键波形记录存档,功耗测试与仿真对比误差 $\leq 10\%$ 。采用量化打分表逐项核查,出具详细验收报告,明确不合格项及整改期限。对于系统级项目,中期验收还应包括压力测试与容限测试(如电压 $\pm 10\%$ 、温度 $-40^{\circ}\text{C}\sim 85^{\circ}\text{C}$),发现潜在稳定性问题。(2)搭建项目动态调整机制。根据中期验收发现的问题,48小时内组织技术攻关会议,输出设计变更通知单(ECN),同步更新BOM、PCBLayout和测试计划。必要时启动备用技术方案。建立分级响应制度:低风险问题授权项目组自行调整;中高风险问题(如功耗超标15%以上)必须上报技术委员会,72小时内给出决策方案,避免延误最佳纠正窗口。(3)规范项目资料全过程管理。采用电子化文档管理系统,强制要求每日上传仿真脚本、测试原始数据、会议纪要。定期抽查资料完整性,确保试产前所有设计文件版本锁定并备份。增加“设计基线”管理,在每个关键里程碑冻结设计文件版本并打标签,任何后续修改必须通过变更申请并保留旧版本,为风险排查提供完整证据链^[5]。

3.4 结题转化阶段:闭环管控,实现风险长效防控

(1)完善结题验收预审核机制。在正式验收前4周启动预审核:组织内部专家组对照设计输入要求、行业标准逐项实测样机或模块指标。提前撰写验收报告草稿,补齐可靠性测试、文档完整性等材料,提前整改偏差

项。预审核中发现的关键不合格项应纳入“结题风险消项表”,逐条明确整改措施与责任人,只有全部关闭后方可申请正式验收。(2)搭建成果转化落地保障体系。从设计阶段引入可制造性设计(DFM)规则,与生产协作方协同优化装配工艺、测试方案。建立产学研用对接平台,邀请潜在客户参与应用方案开发,加速产品导入市场。建立成果转化成熟度分级模型(1~5级),从“实验室样机”到“规模化应用”逐级设定转化条件与资源包,每级开展风险再评估,防止转化过程中断。(3)建立项目风险复盘长效机制。项目结束后召开复盘会议,从各环节识别风险根因。输出“风险案例库”及“最佳实践手册”,将更新后的设计检查清单与流程规范纳入组织级过程资产。复盘报告应包含量化数据(各阶段实际耗时与计划对比)、根因鱼骨图及三条以上可落地的改进建议,由质量管理部门跟踪闭环情况,确保组织级防控能力持续提升。

结束语

电子工程类科技项目的风险贯穿全周期,从方案选型到系统集成再到量产导入。实施前置化、动态化、闭环化的风险预控制,是提升管理成效的核心举措。本文系统梳理了项目四大阶段的技术、管理、资源、外部风险,并提出针对性预控策略。通过搭建全流程风险防控体系,可有效降低硬件调试失败、进度延误、成果闲置等风险,减少资源损耗,助力科技成果高效转化,为电子工程类项目规范化管理提供支撑。

参考文献

- [1] 郭睿,毛冠军,张琪.基于风险防控的科研项目全生命周期管理体系构建[J].项目管理技术,2025,23(5):45-50.
- [2] 李娟.科技项目过程管理中的风险识别与预控策略研究[J].科技管理研究,2024,44(12):201-206.
- [3] 王浩,陈曦.数字化背景下科研项目动态风险管理优化研究[J].科学技术与管理,2024,29(3):78-83.
- [4] 张梦琪.中小型科技项目实施过程风险成因及防控对策[J].科技创新与应用,2023,13(28):165-168.
- [5] 刘敏,周凯.基于全过程视角的科技项目风险管控机制构建[J].科技通报,2023,39(7):190-194.