

航天产品质量管理体系构建与实施研究

张春兰

航天科工火箭技术有限公司，湖北省武汉市，430048；

摘要：本文旨在深入研究航天产品质量管理体系的构建与实施。首先阐述了航天产品的特点及其对质量管理的特殊要求，然后详细探讨了质量管理体系构建的原则、要素和流程，包括质量方针与目标的设定、组织结构与职责的明确、过程管理等方面。分析了在实施过程中面临的挑战及应对措施，如风险管理、供应商管理等。通过研究，为航天产品质量管理体系的不断完善提供理论依据和实践参考，以确保航天产品的高质量和可靠性，满足航天事业发展的需求。

关键词：航天产品；质量管理体系；构建；实施

DOI:10.69979/3041-0673.25.04.060

引言

航天事业是国家科技实力与战略安全的关键领域，火箭产品的质量直接关乎任务成败、国家安全及国际声誉。其高度复杂性、严苛可靠性要求、高昂成本与漫长研发周期带来了独特挑战。火箭系统涵盖推进、控制、结构等精密子系统，需承受极端发射环境，任何细微缺陷均可能引发不可逆的严重后果。发射失败不仅造成数亿元投入损失，还可能影响国防安全与商业合作等重大利益。因此，构建科学严谨的质量管理体系，贯穿设计、制造与测试全流程，是保障火箭可靠性的核心基础，也是推动航天事业可持续发展的关键路径。该体系需融合先进管理理念与技术手段，确保各环节全程可追溯、可验证，从而有效降低风险，实现质量与效率的协同提升。

1 航天产品质量管理体系构建的原则

1.1 以顾客为关注焦点

航天产品的顾客涵盖政府部门、科研机构及商业用户等。质量管理的核心在于满足顾客需求，需在火箭研制各阶段深入分析顾客对功能、性能、可靠性与安全性等方面的要求，并将其转化为明确的质量目标与技术指标。例如，在火箭设计中，应依据用户对载荷能力、轨道精度及环境适应性的需求，制定具体方案并指导制造过程。

1.2 领导作用

航天企业的领导者需确立统一的质量方针与目标，明确质量优先的战略定位，营造全员关注质量的文化氛围。这不仅需要制定清晰的政策指引，还要确保人力、物力和财力资源的合理分配，为质量管理体系的建设和运行提供坚实保障。例如，通过决策投入大量资金更新质量检测设备，引入先进技术和工具提升检测精度；同

时加大质量管理人员的专业培训力度，定期组织技能提升课程与经验交流活动，强化团队专业能力。此外，领导者应以身作则，将质量意识融入日常管理决策，推动形成从高层到基层的责任共担机制，确保质量管理理念深入人心并有效落地。

1.3 全员参与

航天产品的研制需跨部门协作，从设计师、工程师到生产工人、测试人员等，全员皆对产品质量负有不可推卸的责任。应构建系统化的激励机制，如开展形式多样的质量知识竞赛、设立专项质量奖励基金、表彰质量管理先进个人与团队等，全方位提高员工的质量意识。通过定期培训和经验分享，增强员工责任感与专业能力，鼓励其主动参与质量改进活动，形成人人重视质量、追求卓越的良好氛围，从而确保航天产品全生命周期的质量可控与可靠。

1.4 过程方法

将航天产品的研制视为一系列相互关联的过程，包括但不限于设计、制造、测试与验证等。需对每个过程进行全面识别、精准定义、严格控制及持续改进，确保最终输出完全满足预定要求。在设计阶段，除采用先进软件与创新方法外，还需融入系统工程理念，开展多轮次设计评审与风险评估，结合仿真分析和专家论证，从而全方位保障设计的科学性、合理性和可靠性，为后续环节奠定坚实基础。

1.5 持续改进

航天技术不断发展，用户需求日益多样化。质量管理体系应强化持续改进能力，运用大数据与智能化手段，全面收集并深入分析火箭质量数据，精准识别问题根源，快速实施优化措施。基于飞行试验数据，动态完善火箭

控制算法,提升飞行精度与可靠性,确保性能始终保持领先水平。

2 航天产品质量管理体系构建的要素

2.1 质量方针与目标

质量方针作为航天企业对质量的整体承诺与发展方向,需充分体现企业的核心价值观及战略目标。质量目标则是具体且可量化的指标,例如火箭的可靠性指标(如发射成功率应达到特定标准)以及安全性指标(如载人航天任务中的风险控制水平)。这些目标必须与质量方针保持一致,并逐级分解至各部门和项目团队,确保从顶层规划到执行层面的全面贯彻与落实。通过明确的目标体系,推动 rocket 研制全过程的质量管控,为任务成功提供坚实保障。

2.2 组织结构与职责

建立合理的组织结构,明确各部门质量管理职责至关重要。质量部门负责体系策划、监督审核,确保流程规范;设计部门承担产品设计质量,从源头把控标准;生产部门专注制造过程的质量控制,保障工艺执行精准。同时,采购部门需严控物料品质,测试部门负责性能验证。各环节相辅相成,需构建高效沟通协调机制,通过定期会议与信息共享,及时解决跨部门问题,确保质量管理无缝衔接,全面提升产品可靠性。

2.3 人力资源管理

航天产品的质量管理依赖于高素质的人才队伍,企业需制定详尽的人力资源规划,精准招聘和选拔具备相关专业知识与技能的人员。通过系统化的员工培训及职业发展规划,持续提升员工质量意识与业务能力。针对新入职员工,开展全面的质量管理体系培训,确保其快速融入规范流程;而对于有经验的员工,则提供深度质量改进方法、前沿技术和管理工具的培训,激发创新潜能,强化团队整体素质,为产品质量提供坚实的人才保障。同建立激励机制,鼓励员工参与质量改进项目,营造全员重视质量的企业文化氛围。

2.4 基础设施与工作环境

航天产品的研制依赖于先进的基础设施与严格的工作环境控制,例如高精度制造设备、尖端测试仪器以及高标准的生产厂房。洁净度、温湿度、振动水平等环境因素对产品质量至关重要。在芯片制造车间,必须通过空气净化系统将尘埃颗粒数量控制在纳米级范围内,并保持温湿度的精确稳定,以防止微小偏差影响芯片性能和可靠性,从而确保最终产品满足严苛的航天任务需求。

2.5 产品实现过程

2.5.1 设计开发

设计是航天产品质量的源头。在设计阶段,要进行充分的需求分析、可行性研究和方案论证。采用可靠性设计、安全性设计等方法,如冗余设计(在关键系统中设置备份部件),以提高产品的可靠性。要进行严格的设计评审,确保设计满足质量要求。

2.5.2 采购

航天产品的零部件和原材料采购至关重要。要建立合格供应商名录,对供应商进行严格的评估和审核,包括供应商的质量体系、生产能力、技术水平等。在采购过程中,要签订详细的质量协议,确保采购产品的质量。

2.5.3 生产制造

生产制造过程要严格按照设计要求和工艺规范进行。建立生产过程的质量控制点,对关键工序进行重点监控。采用先进的生产工艺和制造技术,如精密加工、特种焊接等,以保证产品的制造质量。

2.5.4 测试与检验

航天产品要经过严格的测试与检验。包括组件测试、系统测试、环境模拟测试(如真空、高低温测试)等。测试过程要采用科学的测试方法和先进的测试设备,确保产品的性能和质量符合要求。

3 航天产品质量管理体系的实施

3.1 质量管理体系文件的编制与实施

编制质量管理体系文件,包括质量手册、程序文件、作业指导书等。质量手册是质量管理体系的纲领性文件,规定了质量管理体系的范围、方针、目标等;程序文件规定了各项质量管理活动的流程;作业指导书则是具体操作的规范。在实施过程中,要确保全体员工熟悉并遵守质量管理体系文件的要求。

3.2 内部审核与管理评审

3.2.1 内部审核

定期开展内部审核,检查质量管理体系的运行情况。内部审核由经过培训的内部审核员进行,按照预定的审核计划,对各部门和项目进行审核。审核内容包括质量体系文件的执行情况、过程的控制情况等。发现问题及时提出整改措施。

3.2.2 管理评审

由企业的最高管理者主持管理评审。管理评审是对质量管理体系的适宜性、充分性和有效性进行评价。根据内部审核结果、顾客反馈、质量目标的完成情况等,对质量管理体系进行调整和改进。

3.3 风险管理

航天产品面临技术、进度、成本等多重风险。建立完善的风险管理机制至关重要,需系统地对风险进行识别、量化评估与有效应对。针对新技术应用,除常规评估外,应深入分析其成熟度与潜在隐患,制定详尽的风险应对计划,如开展多轮技术验证试验、模拟极端工况测试及备份方案设计,确保风险可控,保障产品质量与任务成功。强化跨部门协作,提升风险预警与处置能力。

3.4 供应商管理

航天产品供应链复杂且涉及众多供应商,为确保产品质量与稳定性,必须对供应商进行系统化、精细化管理。需构建科学的供应商绩效评估体系,从产品质量、交货期准确性、服务水平、成本控制及技术创新能力等多个维度进行全面评价。根据评估结果实施分级管理,对表现优异的供应商给予订单倾斜、长期合作机会或经济奖励,以激励其持续优化;对绩效不佳的供应商,则通过制定整改计划、提供技术支持等方式帮助其提升能力,若仍无法达标则坚决淘汰。应加强与核心供应商的战略合作,共同参与研发过程,形成互利共赢的伙伴关系,从而保障供应链的整体质量和效率。

4 航天产品质量管理体系实施中的挑战与应对措施

4.1 面临的挑战

4.1.1 技术复杂性

航天技术不断发展,新产品、新技术不断涌现,如深空探测技术、高超声速飞行器技术等。这些新技术的应用增加了质量管理的难度,对质量管理人员的技术水平提出了更高的要求。

4.1.2 成本压力

航天项目成本高昂,资源投入巨大,因此在确保质量的前提下,必须注重成本控制。质量管理应科学规划,通过优化流程、采用先进技术和精细化管理,寻找质量与成本的平衡点,避免因过度追求质量 perfection 而导致成本失控,实现经济效益与任务成功的双重保障。

4.1.3 进度要求

火箭发射任务通常面临严格的进度约束,例如发射窗口的限定。在确保产品质量的前提下满足进度需求,需科学规划质量管理活动的时序,优化资源配置,预防质量问题引发的进度延误,从而保障任务按计划高效执行。

4.2 应对措施

4.2.1 加强人员培训

针对技术复杂性,应强化质量管理人员的专业技术培训,不仅使其掌握航天技术发展趋势与新产品的特性,还应鼓励其深度参与技术研发和评审过程,通过实践提升技术水平,确保质量管理与技术创新同步推进。

4.2.2 成本 - 质量 - 进度平衡

建立成本-质量-进度的综合管理模型,运用大数据分析仿真技术,量化评估三者关联影响,动态寻优平衡点。在项目策划初期,深入分析质量标准对资源投入和时间安排的潜在作用,统筹制定科学可行的计划方案,确保任务目标高效达成。

4.3 并行工程的应用

采用并行工程方法,将质量管理活动与产品研制的其他活动并行开展。例如,在设计阶段就考虑制造和测试的要求,提前发现和解决可能出现的质量问题,从而提高效率,满足进度要求。

5 结论

航天产品质量管理体系的构建与实施涉及多学科、多领域的深度协作,是确保航天任务成功的关键环节。遵循科学的构建原则,明确体系要素,从设计源头到生产制造、试验验证全过程严格把控,可有效提升产品可靠性和质量稳定性。积极引入数字化、智能化技术手段,优化质量管理流程,增强问题预见与解决能力。随着航天技术的持续进步和任务复杂性的增加,体系需不断融合先进管理理念,强化适应性与创新性,为航天事业发展提供坚实支撑,助力实现更高水平的探索目标。

参考文献

- [1] 陈玉涛. 航天企业质量管理体系构建及实施研究[D]. 天津: 天津大学, 2008.
- [2] 冯焕公. 基于 ISO3834 标准的济南二机床焊接质量管理体系构建及实施研究[D]. 山东: 山东大学, 2016.
- [3] 季烱, 黄海金, 邱凯, 等. 以动态监控为导向的质量管理体系健康度评价模式的构建与实施[J]. 上海质量, 2023(4): 40-44.
- [4] 史兆华, 刘亚欣, 张而弛, 等. 伺服精益产品质量保证体系构建与实施[J]. 航天工业管理, 2023(10): 20-24.
- [5] 夏晓春, 李元, 李璐. 新时代装备建设质量管理体系构建中质量要素融合方法研究[J]. 质量与可靠性, 2023(5): 41-45.