

航天产品关键零部件质量管理策略

张春兰

航天科工火箭技术有限公司 湖北 武汉 430048

摘要：在航天事业蓬勃发展的当下，航天产品的性能与可靠性关乎着国家的航天战略布局和探索进程，而其关键零部件作为核心构成，质量把控至关重要。本文聚焦航天产品关键零部件质量管理展开探讨。阐述了其质量管理的基本情况，剖析现存问题，如质量标准体系不完善、专业能力培训待提升、生产过程质量控制薄弱及人员质量意识与专业能力不足等。进而提出针对性策略，涵盖完善质量标准体系、强化供应商管理、加强生产过程质量控制、优化检验检测环节质量管理以及提高人员质量意识与专业能力等方面，旨在提升航天产品关键零部件质量管理水平。

关键词：航天产品；关键零部件；质量管理；策略

引言：航天产品关键零部件质量关乎航天任务成败与国家安全。随着航天事业快速发展，对其质量要求愈发严苛。然而，当前质量管理面临诸多挑战，质量标准滞后、生产控制薄弱、人员能力不足等问题突出。在此背景下，深入研究航天产品关键零部件质量管理策略具有重要现实意义。通过剖析现存问题，提出有效改进策略，有望提高质量管理效能，为航天事业稳健发展筑牢基础。

1 航天产品关键零部件质量管理概述

航天产品关键零部件作为航天系统的核心构成，其质量的优劣直接决定了航天任务的成败。与普通工业产品不同，航天产品需在极端复杂和恶劣的环境下运行，如高温、高压、强辐射以及高真空等，这对关键零部件的质量和可靠性提出了极高要求。一旦关键零部件出现质量问题，可能导致整个航天系统失效，造成巨大的经济损失，甚至威胁到宇航员的生命安全。航天产品关键零部件质量管理涵盖从设计研发、原材料采购、生产制造、检测检验到售后服务的全生命周期管理。在设计阶段，需充分考虑零部件的性能、可靠性、可维护性等多方面因素；原材料采购时，严格把控材料质量，确保其符合高标准；生产制造过程中，采用先进的工艺和设备，保证零部件的加工精度和质量稳定性；检测检验环节，运用高精度的检测技术和设备，对零部件进行全面、细致的检测；售后服务阶段，及时收集反馈信息，为后续改进提供依据。通过全生命周期的质量管理，保障航天产品关键零部件在整个使用寿命周期内稳定可靠地运行，为航天事业的发展提供坚实保障^[1]。

2 航天产品关键零部件质量管理的问题

2.1 质量标准体系不完善

目前，航天产品关键零部件质量标准更新滞后于技

术发展。新的材料、工艺不断涌现，但质量标准未能及时涵盖这些新元素，导致在实际生产中，对零部件质量的评判缺乏明确依据。不同部门和地区的质量标准存在差异，缺乏统一协调。这使得零部件在跨区域、跨部门生产协作时，容易出现质量要求不一致的情况，增加了质量管控难度。

2.2 专业技术和技能水平有待提升

航天产品关键零部件生产涉及众多前沿技术和复杂工艺，对人员专业能力要求极高。从专业能力来看，一些员工知识结构单一，缺乏跨学科知识，难以应对复杂多变的生产任务。缺乏对新技术、新设备的学习掌握能力，在面对生产过程中的技术难题时，无法有效解决，影响了产品质量和生产进度^[2]。另一方面，企业培训效果有待提升。很多企业不重视新技术新知识的培训，培训只是为了完成指标，培训内容陈旧，未能及时跟进行业最新技术和工艺变化，导致员工所学知识与实际工作需求脱节。同时很多单位培训方式单一，多以理论授课为主，缺乏实践操作环节，员工难以将理论知识有效应用到实际生产中。培训频率也无法满足岗位需求，员工长期处于知识技能更新缓慢的状态，难以适应快速发展的航天事业对专业能力的要求。

2.3 生产过程质量控制薄弱

在航天产品关键零部件生产过程中，质量控制环节存在漏洞。生产设备老化，精度下降，却未能及时更新维护，导致零部件加工精度难以保证。生产流程不够优化，各工序之间衔接不紧密，容易出现质量问题追溯困难的情况。质量控制点设置不合理，对一些关键工序和环节监控不足，无法及时发现和解决质量隐患。此外，生产现场管理混乱，缺乏有效的质量监督机制，员工在生产过程中随意性较大，不严格按照标准操作流程执

行,进一步影响了产品质量。

2.4 人员质量意识有待提升

从事航天,质量意识永远是排在第一位的。树立全员零缺陷意识一直是航天企业质量教育的终极目标。然而,部分员工对航天产品关键零部件质量重要性认识不足,缺乏强烈的质量责任感。在生产过程中,为追求产量而忽视质量,对一些小的质量问题不以为然,埋下质量隐患。新员工入职后,缺乏系统的质量意识培训,未能深刻理解航天产品质量的特殊要求。

3 航天产品关键零部件质量管理策略

3.1 完善质量标准

3.1.1 及时更新质量标准

航天领域技术创新日新月异,质量标准必须紧跟步伐。应建立专门的质量标准跟踪小组,密切关注行业内新材料、新工艺的研发与应用动态。定期组织专家研讨会,依据最新技术成果修订质量标准。例如,当新型轻质高强度材料投入航天零部件生产时,及时更新材料性能、加工工艺及质量检测标准,确保产品质量符合最新技术要求。广泛收集一线生产反馈,将实际生产中遇到的质量问题及解决方案融入标准更新,使质量标准更具实用性和可操作性,为航天产品关键零部件质量提供精准的衡量尺度。

3.1.2 细化质量标准内容

航天产品关键零部件质量标准需高度细化、具可操作性,以严控生产各环节质量。设计阶段,明确设计准则、计算方法、可靠性指标等,规范设计图纸。如航天器结构件,规定强度、疲劳寿命、环境适应性指标等。原材料采购时,严格供应商选择、质量检测及验收流程,要求提供详细质量证明文件,关键原材料定点采购并加强监管。加工制造中,针对不同工艺,如机械加工、焊接、热处理等,制定精确工艺参数和质量控制要求。像精密机械加工明确尺寸、形状公差及表面粗糙度指标;焊接工艺规定焊接方法、材料、参数及焊缝检测标准。装配调试阶段,制定详细流程和标准,明确装配顺序、方法、间隙及调试步骤、参数与验收标准。

3.2 强化供应商管理

3.2.1 优化供应商选择评估机制

在选择供应商时,不能仅局限于价格和供货能力。应建立一套全面、科学的评估指标体系,涵盖产品质量、生产技术水平、质量管控体系、企业信誉以及社会责任等多个维度。引入大数据分析技术,收集并分析供应商过往的供货数据、产品质量反馈等信息,以客观量化的方式评估其综合实力。组织专业的评估团队,深入

供应商生产现场进行实地考察,了解其生产设备、工艺流程、人员素质等实际情况。对于初次合作的供应商,可设置小批量试生产环节,根据试生产结果进一步评估其是否具备长期合作的能力,确保筛选出优质可靠的供应商。

3.2.2 加强供应商监督与沟通

建立常态化的供应商监督机制,定期对供应商的生产过程、产品质量进行抽检。制定详细的监督计划和标准,明确抽检的频率、内容和方法。一旦发现质量问题,及时要求供应商整改,并跟进整改情况。除了监督,还应加强与供应商的沟通交流。搭建高效的沟通平台,如定期召开供应商座谈会、建立线上沟通群组等,及时传达航天产品的质量要求和技术标准变化。鼓励供应商反馈生产过程中遇到的问题和困难,共同探讨解决方案。通过良好的沟通,增进双方的信任与合作,促使供应商不断提升产品质量和服务水平。

3.3 加强生产过程质量控制

3.3.1 稳定工艺控制

稳定的工艺是保障航天产品关键零部件质量的基础。首先,要对生产工艺进行全面梳理和优化,深入分析每个生产环节的工艺参数,找出影响产品质量的关键因素。通过实验和模拟,确定最适宜的工艺参数范围,并将其固化为标准作业流程。引入先进的自动化控制系统,实时监测和调整工艺参数,减少人为因素导致的工艺波动。定期对生产设备进行维护保养和精度校准,确保设备运行稳定,为工艺稳定提供硬件支持。建立工艺变更管理机制,任何工艺变更都需经过严格的评估和审批流程,确保变更后的工艺不会对产品质量产生负面影响,从而实现生产过程的标准化、规范化,提高产品质量的稳定性。

3.3.2 优化生产环境管控

很多航天产品对生产环境要求极高,温湿度、洁净度等因素不容有失,例如复合材料发动机壳体的缠绕及固化,对环境温湿度都有严格要求,生产过程中应强化温湿度的控制。而电气装配对防静电提出了要求,尤其是航天使用了很多静电敏感器件,所以要强化生产厂房中防静电设备的安装、监测及维护。企业应认真梳理产品生产需要具备的条件,优化生产环境,确保满足产品生产要求。

3.3.3 强化工艺纪律检查

企业应加强生产现场工艺纪律检查,制定工艺纪律检查规章制度,多部门联合定期开展生产现场检查工

是注重关键过程、特殊过程的执行情况。同时还应强化容易忽略的环节的检查,如工装的管理。工装有问题,往往不易发现,应重点关注。

3.4 检验检测环节质量管理

3.4.1 检测技术与设备

航天产品关键零部件对检测精度和可靠性要求极高,因此必须持续更新检测技术与设备。在技术层面,积极引入前沿的检测技术,如基于人工智能的图像识别检测技术,能快速识别零部件表面的细微裂纹、瑕疵等缺陷,相比传统人工检测,大大提高了检测效率和准确性;运用超声波相控阵检测技术,可对复杂结构零部件进行全方位检测,精准定位内部缺陷位置与大小。在设备方面,购置先进的高精度检测设备,如高分辨率电子显微镜,用于观察零部件微观组织结构,检测材料内部的微观缺陷;配备高精度三坐标测量仪,对零部件的尺寸精度进行精确测量,确保其符合设计要求。定期对检测设备进行维护、校准和升级,保证设备始终处于最佳运行状态,为高质量的检测工作提供坚实的硬件支撑。

3.4.2 检测标准与规范

完善且严格的检测标准与规范是确保检测结果准确可靠的关键。结合航天产品的特殊性能需求和国际先进水平,制定详细、全面的检测标准。明确不同类型零部件的检测项目,例如针对金属零部件,涵盖化学成分分析、力学性能测试、金相组织检测等;对于复合材料零部件,包含纤维含量测定、树脂固化度检测等。规范检测方法,详细说明每种检测项目的操作流程、仪器参数设置等,如在进行拉伸试验时,规定拉伸速度、加载方式等具体参数。制定严格的合格判定标准,对每个检测项目的检测结果设定明确的合格范围,避免因标准模糊导致检测结果判定的主观性。此外,随着技术发展和产品更新,及时对检测标准与规范进行修订和完善,确保其始终符合航天产品关键零部件质量管理的实际需求。

3.5 提高人员质量意识与专业能力

3.5.1 加强质量意识教育

质量意识是保障航天产品关键零部件质量的思想根基,加强质量意识教育刻不容缓。企业应定期组织全体员工参与质量意识培训讲座,邀请行业专家、资深质量管理人员分享航天产品质量事故案例,剖析因质量问题

导致的严重后果,以真实且震撼的事件,让员工深刻认识到质量的重要性。在企业内部营造浓厚的质量文化氛围,通过张贴质量标语、设立质量文化宣传栏、开展质量月活动等方式,使质量第一的理念深入人心。并将质量意识纳入员工绩效考核体系,对质量表现优秀的员工给予表彰和奖励,对忽视质量的行为进行严肃批评和处罚,形成有效的激励与约束机制,促使员工从思想上重视质量,在日常工作中自觉践行高质量标准。

3.5.2 提升专业能力培训

航天产品关键零部件生产涉及众多高精尖技术,持续提升员工专业能力是确保产品质量的关键。根据员工岗位需求和技能短板,制定个性化的培训计划。针对生产一线员工,重点开展操作技能培训,如先进加工设备的操作方法、精密装配工艺等,通过现场实操演练、师傅带徒弟等方式,快速提升其实际操作水平。对于技术研发人员,提供前沿技术培训课程,鼓励其参加行业研讨会、学术交流等活动,拓宽技术视野,掌握最新的材料科学、制造工艺等知识。定期组织内部技术交流分享会,让员工相互学习、共同进步。此外,建立培训效果评估机制,通过考核、实际操作检验等方式,评估培训效果,及时调整培训内容和方式,确保员工专业能力不断提升,以适应航天产品高质量发展的需求^[3]。

结束语

航天产品关键零部件质量管理,是保障航天任务顺利执行的关键。完善标准、强化供应商管理、严控生产流程、优化检测环节以及提升人员素质,这些策略相互关联、相辅相成。只有全方位落实,才能构建起稳固的质量防线。在未来,航天事业不断发展,更需持续优化质量管理策略,积极引入新技术、新理念,不断提升关键零部件质量,为航天探索的每一次成功,奠定坚实基础,助力我国航天事业迈向更高峰。

参考文献

- [1]范艳清,许京京.航天产品关键特性识别方法研究[J].质量与可靠性,2021,(06):121-127.
- [2]陈海波,李国春,余仿春,等.航天型号单机产品关键要素控制方法[J].导弹与航天运载技术,2022,(03):154-157.
- [3]刘志,顾靖,邵济明,等.航天产品关键特性识别及其应用[J].上海航天,2022,31(S1):195-199.