

航天工程精细化质量管理

周超 孙羽佳 高莉
北京控制工程研究所 北京 100094

摘要: 精细化品质控制注重不断提高整体规划、全面改善、合理确定和控制技术过程及产品集中、放大和数字化管理关键环节的水平,注重企业品质体系与企业质量保证体系的有机整合与高效运作,注重实用的管理手段的研究与运用,注重工艺、技术、团队与经营成熟度的同步提高。

关键词: 航天工程;质量管理;精细化

1 航天工程精细化质量管理的概念及内涵

1.1 牢固树立零缺陷质量意识

要求企业全员建立“零缺陷”的思想,要求在所有生产任务中第一次都要完成对、全部做到,力求在产品开发、产品和售后服务等各环节的高质量,力求在地面试验和飞机测试中各项任务的完成、每一个实现。

1.2 严格落实质量责任

本着全员参与、各负其责的思想,将我国质量责任体系分解到与我国质量相关的各类组织和个人中,并通过考核奖励和国家质量责任追究,促进质量责任制落到实处。

1.3 探索航天产品高质量的本质特征和实现规律

准确认识并全面验证产品、技术、流程管理三个重要特征,加强全方位精细化品质管理。研究技术数据包的形成、充实与提高、探讨发展适合于航天产品特点的企业迅速成长的途径与办法^[1]。

1.4 顶层策划、总体优化,有效识别和控制风险

应用系统工程的思想和技术,在信息系统各环节进行全面设计,注重各流程、产品、功能与资源的交互协同与全面设计,注重对系统技术问题的合理分析与管理。

1.5 集同工作、放大细节、量化控制

项目中强调跨部门、跨专业、跨部门的共同协调与整体集成。抓住航天项目“细节决定成败”的特征,迅速关注、全面分析改变项目结果的重要环节,把项目实施的重要阶段和出现管理问题的深层因素以及薄弱环节加以放大,通过定量、细化的方法和手段加以管理与改善。

1.6 完善知识创新及其快速共享的管理体系和制度

项目中强调跨部门、跨专业、跨部门的共同协调与整体集成。抓住航天项目“细节决定成败”的特征,迅速关注、全面分析改变项目结果的重要环节,把项目实施的重要阶段和出现管理问题的深层因素以及薄弱环节加以放大,通过定量、细化的方法和手段加以管理与改善。

2 精细化质量管理的理论与方法

2.1 复杂系统综合集成方法论

复杂体系的统一集成理论是由钱学森首次提出,是处理复杂巨系统理论和实际应用问题的基本原理和手段,科技行为由技术创新向标准化方向发展;人和机器相结合,科技行为由人力操作向自动化作业过渡;风险和确定性融合,对系统风险的认识从风险向确定性的转化^[2]。

2.2 航天系统工程核心思想

航天系统工程由钱学森首先提出,是探索并解决中国航天系统发展进程中跨部门融合和跨部门合作问题的基础思想与技术方法,其核心思想可总结为以下八个方面。其中包括,“综合集成”是航天工程需求的构建方式和过程;“迭代深化”是通过信息对系统进行反复设计、分析和验证,以加速系统的改进和完善;“快速成熟”是根据航天系统工程小子样的工艺特性,通过研究制定适合于航天系统工程特点的迅速成长路线和技术措施,以帮助航天系统工程对产品进行适当的安全性改进等。

2.3 航天工程质量管理原则

ISO9000标全面质量管理基础的概念确立了全面品质管理的八大基础:即以客户为质量中心、管理方式、对全员负责、管理技术、管理的过程技术、持续改善、基于客观事实的管理技术、和供方互利合作的管理方法,这也是全面品质管理的核心。

国航天工业的质量管理在吸收美国一般质量管理原则的基础上,根据我国航天事业的特点,又加强了二个原则:即控制缺陷为主、一次保证^[4]。其中,“预防为主”就是要合理配置资源并做好事前策划和过程控制,预防问题的发生;“一次成功”是指力求再一次地将所有事情都做好,并取得了预期中的成效

3 精细化质量管理体系

精细化品质管理系统由机构层级的品质管理系统与项目层级的产品质量保证体系所组成。品质管理与生产

保证体系的有机整合与高效运作是航天工程"一次成功"的关键保障。

产品质量保证体系,是指面向生产项目及其产品而建立的以保障型号为任务研制产品质量的工作系统,通过生产保证管理,产品质量保障,可靠性与安全保障,EEE元器件保障,机器零件、材料和工艺技术保障,软件产品保护管理等有关活动,确保所研发的产品质量按标准、规范进行符合规定的工作项目,以确保产品安全、实用和可靠。产品保证体系构建的核心内容是做好顶层设计、总体优化,并合理确定产品和控制的技术风险。产品质量保证体系建设注重全面系统进行产品质量保障规划,通过编制产品质量保障大纲和工作规划,以落实产品质量保障工作目标和资源;跨学科、不同层次各类人才的深度集和岗位能力的提高,以实现总体优势、吃透工作细节;有效确定了产品设计、工艺技术、生产流程管理的三个重要特征,有效确定了技术状态与建筑基线,严格技术状态管控;有效开展可靠性设计与认证工作,实现了重要特征统计量的确定、裕度设计与认证的充分性;合理确定和控制产品设计与制造流程中的问题与风险,严格流程管理,保证设计的风险控制^[5]。

质量管理制度是面向组织而建设的,是国家对部门及本单位质量管理工作的最基本、一般的规定。国家质量体系,建设的最主要目的就是为航天工程。主要任务是:完善组织机制,明晰组织职能,完善资源配置,进行质量管理评价,建立和执行一个全面、完备操作性较强的产品质量管理体系文件。而整个产品质量管理体系建立的重点,则在于保障体系运行的高质量、生产成熟度的快速提升,和与建立的高任务、高密度生产与发射活动的大规模相适应的质量管理体系和机制。而产品质量管理体系建立则强调单机的生产定型要求,通过标准化生产型谱,实行小批量生产,研究不同类型生产成熟度迅速提高的路径和方式,逐步构建生产基本定型技术与管理制度,以达到同小子样研制情况下质量与安全性的迅速提升,提高生产成熟度;通过总结经验,推动最佳实施,逐步发现生产薄弱环节,持续完善品质管理系统,提升质量管理体系成熟度;健全产品质量和服务可靠性信息与管理网络平台,强化信息技术的交流和传播,建立企业质量问题归零和举一反三的快速反应制度,实现企业科技信息与质量管理体系知识的快速创新、整合和资源共享;进一步健全产品质量监督管理方式、工具和技术手段,进一步强化产品质量管理体系科学技术研发与运用,不断创新管理机制内涵和手段完善企业协同工作与快速成长模式,提高防范问题、发现问题、解决与持续

改进的意识,提高研发组织成熟度^[1]。

4 航天工程精细化质量管理的主要做法

4.1 设计与验证

重点进行抗力学与环境工程设计、热设计、电气相容性工程设计、静电驱动保护工程设计、耐辐射工程设计、热裕度工程设计等。在产品的设计过程中,应用集同的工作模型,对这三类重要特征充分确定,并在此基础上搞好对重要特征的裕度设计。

设计的项目要确定试验的充分性,对无法在现场开展测试验证的项目进行最坏状态研究和模拟研究,进行单点故障模式识别和管理。对关键的裕量要求进行检验,验证的标准要在实际的任务情况剖面,不能的环境因素要做出结果分析,给出分析方案。对重要的强制试验点的设计条件和资料的真实性加以证明。

4.2 技术状态控制

4.2.1 明确技术状态基线

航天技术的发展是按步骤展开的,各个步骤的出发点都被某个节点确立下来,并形成了一条受控的基线,表明需求与技术已被认可,并成为进一步发展的起点,明确技术状况基线成为进行技术状况控制的依据。产品性能基线的设定以产品三类重要功能为主线,同时配合开发阶段需求的深入细化。

4.2.2 严格实施技术状态更改的控制

对技术状态变更实行了分阶段、分级的分类管理,并根据"论证充分、各方认可、试验验证、审批完备、落实到位"的五条原则,严格进行了技术状态变更管理^[2]。对提交的修改意见,应当全面证明修改的正确性,取得真实依据,将同意的修改落实在文件和材料上,做到文文一致,文实相符。

4.3 数据包管理

通过总体规划、系统分析、制定表单、建立数据库、审核测试、持续完善等步骤,可以形成产品数据包,而通过建立和完善产品数据包管理体系,才能达到产品数据管理的系统化、完整性、正确性、关键性、可追溯性、可对比性

关键特性数据是中国航天产品数据包的重要基础,是由设计、工艺技术、产品实现阶段和过程质量管理体系等领域的专家集同研究共同确认,并由设计产品阶段关键特性表、生产工艺技术阶段关键特性表、制造过程质量管理体系阶段关键特性表等资料进行统一表达,并在整个生产研发流程中进行管理和应用,从而提高了产品保证体系和售后服务系统的不断完善。

4.4 技术审查和重大技术的独立鉴定技术审查是产

品质量把关的主要方式。航天的技术审查分为研制审核、转研制段审核、出厂审查和专项审核。对评审项目实行统一规划,列入发展规划;健全分级把关制度,明确责任,发挥行业专家的服务把关功能;对专家学者的建议、意见等进行全面追踪,闭环管理,形成了评价数据库和专家库,并根据研制程序,适时进行了相关评估,为企业投资决策提供了重要依据。

对重要科学技术进行的评价,是对重要科技问题可行性很强的独立把关手段。评审工作注重机构独立性和专业开展度^[3]。评估人员需要独立的型号团队,评审组专家的学科领域要包括了重大风险研究领域所涵盖的全部科技领域,并进行了座谈交流、实地研究、统计分析、专题研讨和复核复算的技术集和操作,对重点科技关键的处理情况以及重大残余风险问题进行了严格把关。

4.5 基础性产品保证

生产保障计划,包括生产保障大纲、生产保障方案、各承包商生产保障条件的确定;重要管理,包括重要事项的确定、控制措施的建立以及管理成果的确定;关键和强制检测站的建立和管理;产品保证专业组织建立,如产品研发部门、专业检验部门等;对元器件企业进行了"五统一"质量控制,实行统一选型、统一购买、统一监制检验、统一检测与复验、统一故障管理,对元器件企业全面实施了质量认证,进而实现了对元器件的选型、购买、贮存和应用等全方位管理。另外,强调软件化设计,将软件产品纳入型号的配套计划,研发阶段按照技术规范,进行顶层设计管理,并充分考虑了应用软件的最坏开发条件,同时按照软件开发流程和完善程度设置了应用软件的项目库、受控库和产品库,采用了独特的第三方应用软件评测,以努力提高应用的覆盖性。

4.6 产品操作、检验流程的品质管理和数据的控制

对操作类的技术文件进行图表化,以达到操作清晰、信息和数据完整、可追溯性高。对测试数据进行统计分析,对异常与临界数据进行分类和处理,以消除质量管理问题。对产品测试成果进行历史数据比对,同时进行发展趋势和产品性能的大数据分析,以便于合理规避问题。同时对产品历史数据的记录、统计分析、以及比对结果进行

数据包管理,为产品成熟度的提高奠定基础。

进行成功数据包络分析,在多次飞行测试的各数据符合技术条件的情况下,确定飞行测试的所有数据是否在产品数据的数据包络线之内,并对超过数据包络线的数据作出了技术问题分析,以此确定了产品参加此次成功飞行测试的可行性^[4]。成功数据包络分析,主要是对航天产品数据包管理结果的综合利用,对于进一步丰富和优化产品关键特性数据管理、提升产品数据包管理工作的细致程度、分析产品中各指标的离散程度、提高产品过程中的一致性与管理水平,都具有意义。

4.7 产品定型管理

飞行产品定型是指在企业进行全面研发生产的基础上,完成生产关键工序,以稳定产品工艺条件,并保障企业未来机型使用和再制造的行为产品定型工作,是企业逐步步入货架市场阶段和提高产品成熟度的关键步骤。产品设计定型的关键是:制定产品模型图,按照市场成熟度理论模型进行判断与试验;提升货架商品的成熟度。商品成熟度模式与定型控制程序等将配合相关项目的完成。

结语

航天工程精细化质量管理体系强调技术、产品、技术组织水平与经营成熟度的共同提高,既突破了顶层设计、综合优化、全面辨识产品质量与控制问题以及放大细节、量化控制的二个重点,又注重实现产品质量控制和型号质量保证二个整体目标,既强调控制要求的全面性,又强调实用技术的研发和应用。

参考文献

- [1]袁家军.航天产品成熟度研究[J].航天器工程, 2011, 20(1): 1-7.
- [2]ECSS-Q-ST-20C.QualiTySSuranCE[S], 2018.
- [3]袁家军.实施精细化质量管理加速实现航天质量管理能力的新跨越[J].质量与可靠性, 2019(1): 1-4.
- [4]袁家军.航天产品质量与可靠性数据包及其应用[J].中国质量, 2019(4): 8-10.
- [5]袁家军.神舟飞船系统工程管理[M].北京:机械工业出版社, 2015.