

航天发动机安装质量管理

李 阳

首都航天机械有限公司 北京 100076

摘 要：航天发动机安装质量管理是确保飞行器动力核心性能与安全的关键环节。本文系统性探讨了航天发动机安装质量管理的全过程，涵盖从安装前的准备与预防控制，到安装过程中的监督与关键点控制，再到安装后的检验与测试。针对技术状态复杂、人为操作失误及供应链管理中的质量问题等挑战，提出了加强技术管控、提升人员素质、完善供应链管理等应对策略，旨在全面优化航天发动机安装质量，保障飞行器的卓越性能与安全性。

关键词：航天发动机；安装质量管理；应对策略

引言：航天发动机作为推动飞行器遨游太空的强大心脏，其安装质量直接关乎飞行任务的成败与安全。随着航天技术的飞速发展，对航天发动机的安装精度与可靠性要求日益提升。本文旨在深入探讨航天发动机安装质量管理的理念、方法与实践，旨在构建一套科学、高效的质量管理体系。通过系统分析安装过程中的关键因素与挑战，提出针对性的管理策略，以确保航天发动机的安装质量满足严苛的飞行要求，为航天事业的持续进步提供坚实保障。

1 航天发动机安装质量管理概述

1.1 航天发动机的基本结构与功能

航天发动机作为飞行器的动力核心，其结构复杂且功能关键。主要组成部分包括压气机、燃烧室、涡轮和喷管等。压气机负责吸入并压缩空气，为燃烧提供足够的氧气；燃烧室内，燃料与高压空气混合后剧烈燃烧，释放巨大能量；涡轮则利用燃烧产生的高温高压气体驱动，为压气机提供动力；最终，高温高压气体通过喷管加速排出，产生推力，推动飞行器升空。这一系列过程紧密相连，任何一环的失误都可能导致发动机性能下降甚至失效。

1.2 安装质量管理的定义与重要性

航天发动机安装质量管理，是指对航天发动机在安装过程中的质量控制、监督与管理的总称。它涵盖从安装前的准备、安装过程的实施到安装后的验收与调试等各个环节。安装质量管理的核心在于确保发动机与飞行器其他部件的精确匹配与高效协同，从而保障飞行器的整体性能与安全。高质量的安装不仅可以提升发动机的工作效率，延长使用寿命，还能有效避免飞行过程中可能因安装不当导致的安全隐患。

1.3 安装质量管理的发展历程与现状

航天发动机安装质量管理的发展历程与航天科技的

进步紧密相连。从早期的简单手工安装与检验，到如今高度自动化、智能化的安装流程与质量控制系统，经历了长足的进步。然而，随着航天技术的不断发展，安装质量管理的难度也在不断提升。当前，虽然大多数航天项目都建立了相对完善的安装质量管理体系，但在实际操作中仍面临诸多挑战，如高精度装配要求、复杂环境下的质量控制、以及供应链管理等。这些问题都需要航天工作者不断探索与创新，以进一步提升安装质量管理的水平，确保飞行器的性能与安全。

2 航天发动机安装过程中的质量管理方法

2.1 安装前的准备与预防控制

在安装航天发动机这一复杂且高精度的工程中，前期的准备与预防控制工作是至关重要的。（1）设计评审与验证：这一步骤的核心在于确保设计文件的准确无误。通过组织跨领域的专家团队，从结构、热工、流体等多维度进行深入审查，能够全面评估设计的可行性。同时，利用仿真模拟和计算流体动力学（CFD）技术，对设计进行详尽的验证，以保证发动机在实际应用中能满足各项性能要求。这一阶段的严谨工作，为后续安装奠定了坚实的基础。（2）技术人员培训：安装人员的专业技能是安装质量的直接保障。因此，在安装前，必须对技术人员进行全面、系统的培训。培训内容不仅包括发动机的基本结构、工作原理、安装步骤等专业知识，还应涵盖质量管理的基本概念、操作规范以及常见问题处理方法。此外，针对发动机质检中预防多余物这一关键环节，培训应特别强调清洁度控制、异物检测及防范措施，确保安装过程中无多余物残留，以保障发动机的性能和安全^[1]。（3）模拟装配：通过模拟装配，技术人员可以在虚拟或物理环境中预演安装过程，熟悉安装流程，优化装配顺序，发现并解决潜在的装配问题。这一步骤不仅有助于减少实际安装过程中的冲突和错误，还

能为团队提供不同装配方案的可行性评估,确保安装过程的顺利进行。

2.2 安装过程中的监督与关键点控制

(1) 工艺控制。在安装航天发动机的过程中,严格遵守安装工艺和程序是确保安装质量的关键。每个安装步骤都应按照预定的工艺要求进行,确保每个环节的精度和装配要求得到满足。为此,需要建立严格的工艺监督机制,对安装过程进行实时监控。通过设立关键控制点,对关键工序和关键零部件进行重点检查,确保安装过程的合规性和一致性。(2) 数据记录与分析。实时记录安装过程中的数据是质量管理的重要环节。这些数据包括零部件的尺寸、装配间隙、扭矩值等关键参数。通过对这些数据的定期分析和总结,可以及时发现安装过程中的偏差和问题,为后续的调整和优化提供依据。同时,数据记录还有助于建立质量追溯体系,确保在出现问题时能够迅速定位原因并采取有效措施。(3) 质量控制工具应用。在航天发动机安装过程中,合理利用质量管理工具如统计过程控制(SPC)、失效模式与影响分析(FMEA)等,可以显著提高过程控制和缺陷预防的能力。SPC用于监测安装过程中的关键参数,及时发现异常波动并采取纠正措施;FMEA则用于预先识别潜在的失效模式,评估其对发动机性能和安全的影响,并制定预防措施。这些工具的应用有助于实现安装过程的精细化管理,提高安装质量。

2.3 安装后的检验与测试

(1) 性能测试。安装完成后,对航天发动机进行全面的性能测试是确保其符合设计要求的關鍵步骤。性能测试包括推力测试、燃油效率测试、稳定性测试等多个方面。通过模拟真实工作环境,对发动机进行全方位的测试,以验证其性能是否满足设计要求。测试结果将为后续的质量评审和改进提供依据。(2) 质量评审。质量评审是对发动机安装质量的全面评估。通过审查安装记录、性能测试结果及相关文档,对安装过程中可能出现的问题进行全面排查。质量评审不仅关注发动机本身的性能表现,还关注安装过程的合规性和质量控制情况。通过质量评审,可以及时发现并解决潜在问题,确保发动机的安装质量满足飞行器的整体要求^[2]。(3) 持续改进。基于测试结果和反馈,进行持续改进和优化是提高航天发动机安装质量的重要途径。通过分析性能测试数据和质量评审结果,识别安装过程中的不足和问题根源。针对这些问题,制定针对性的改进措施,并纳入后续的安装流程和质量管理体系中。同时,建立持续改进机制,鼓励团队成员积极参与质量管理活动,不断提升

安装质量和效率。

3 航天发动机安装质量管理的难点与挑战

3.1 技术状态复杂与不易控制

航天发动机内部结构极其复杂,零部件众多且相互关联,使得装配过程中的技术状态难以全面掌控。每一个零部件的精度、材料性能以及相互之间的配合关系,都对发动机的整体性能产生深远影响。一旦某个环节出现偏差,就可能引发连锁反应,导致整个安装质量的下降。此外,随着技术的不断进步,航天发动机的设计也越来越复杂,这对安装过程中的技术状态管理提出了更高的要求。如何在复杂的技术状态下确保安装质量,成为了一个亟待解决的问题。

3.2 人为因素与操作失误

在航天发动机的安装过程中,人为因素对质量的影响不容忽视。安装人员的专业技能、质量意识以及操作习惯,都可能对安装质量产生直接影响。操作失误、疏忽大意等人为因素,往往是导致安装质量问题的主要原因之一。特别是在高精度、高要求的装配过程中,任何微小的失误都可能带来严重的后果。因此,如何有效管理人为因素,减少操作失误,是航天发动机安装质量管理中的一个重要挑战。

3.3 供应链管理中的质量问题

供应链管理在航天发动机安装质量管理中同样占据着举足轻重的地位。零部件和材料的质量直接决定了航天发动机的安装质量。一旦供应链管理中出现质量问题,如原材料缺陷、零部件加工精度不足等,都将对安装质量产生严重影响。此外,供应链管理还涉及到零部件的采购、运输、存储等多个环节,任何一个环节的疏漏都可能导致质量问题的发生。因此,如何加强供应链管理,确保零部件和材料的质量,是航天发动机安装质量管理中的一个重要课题。

4 航天发动机安装质量管理的应对策略

4.1 加强技术状态管理与过程控制

(1) 利用先进技术手段提高技术状态管理的准确性和效率。在航天发动机的安装过程中,技术状态的复杂性给质量管理带来了巨大挑战。为了应对这一挑战,可以利用数字化、智能化等先进技术手段来提高技术状态管理的准确性和效率。例如,通过建立三维数字模型,对发动机的内部结构和零部件进行全面、细致的分析和模拟,以确保每个零部件的精度和配合关系满足设计要求。同时,利用智能化监测设备对安装过程进行实时监控,及时发现并纠正偏差,确保安装质量。此外,还可以借助大数据和人工智能等技术手段,对安装过程中的

数据进行深度挖掘和分析,以发现潜在的质量问题和改进点。这些先进技术手段的应用,将极大地提高技术状态管理的水平和效率,为航天发动机的安装质量提供有力保障^[3]。(2)加强过程控制,确保每个环节都符合质量要求。过程控制是确保航天发动机安装质量的关键。在安装过程中,需要对每个环节进行严格把控,确保每个环节都符合质量要求。为此,可以制定详细的安装流程和工艺规范,明确每个步骤的操作要求和质量标准。同时,设立关键控制点,对关键工序和关键零部件进行重点检查,以确保安装过程的合规性和一致性。此外,还可以利用统计过程控制(SPC)等质量管理工具对安装过程进行监测和分析,及时发现异常波动并采取纠正措施。通过加强过程控制,可以有效地减少安装过程中的质量波动和缺陷,提高安装质量的稳定性和可靠性。

4.2 提高人员素质和操作技能

(1)加强安装人员的培训和教育,提高其专业素质和操作技能。安装人员的专业素质和操作技能对航天发动机的安装质量具有直接影响。因此,需要加强安装人员的培训和教育,提高其专业素质和操作技能。培训内容应包括航天发动机的基本结构、工作原理、安装步骤以及质量管理的基本理念等方面。通过培训和教育,使安装人员具备扎实的专业知识和熟练的操作技能,能够准确地理解和执行安装要求,确保安装质量。同时,还可以组织定期的技能考核和比赛活动,以检验安装人员的技能水平和操作能力。通过考核和比赛,可以激发安装人员的学习热情和积极性,促进技能水平的提升和经验的积累。(2)落实奖惩制度,激励员工积极参与质量管理活动。为了激发安装人员参与质量管理的积极性和主动性,需要落实奖惩制度。对于在工作中表现突出、质量意识强、操作技能精湛的安装人员,应给予适当的奖励和表彰;对于工作懈怠、质量意识淡薄、操作失误频繁的人员,则应采取相应的惩罚措施。通过奖惩制度的落实,可以形成正向激励和约束机制,促进安装人员积极参与质量管理活动,共同提高航天发动机的安装质量。

4.3 强化供应链管理与质量控制

(1)建立严格的供应商选择和评估体系。供应链管

理是航天发动机安装质量管理中的重要环节。为了确保零部件和材料的质量符合要求,需要建立严格的供应商选择和评估体系。在选择供应商时,应综合考虑其生产能力、质量管理体系、历史业绩等因素,选择具备优质生产能力和良好信誉的供应商。同时,定期对供应商进行评估和审核,确保其持续满足质量要求。(2)加强供应链中的质量控制和监督。在供应链中,零部件和材料的质量稳定性是确保航天发动机安装质量的关键。因此,需要加强供应链中的质量控制和监督。一方面,与供应商建立紧密的合作关系,共同制定质量标准和检验规范;另一方面,对零部件和材料在运输和存储过程中的质量进行定期检查和监测,确保其质量稳定且符合设计要求^[4]。此外,还可以利用先进的检测技术和手段对零部件和材料进行全面检测和分析,以发现潜在的质量问题和缺陷。通过加强供应链中的质量控制和监督,可以有效地防止质量问题在供应链中的传播和扩散,确保航天发动机的安装质量得到全面保障。

结束语

综上所述,航天发动机安装质量管理是一个复杂而关键的系统工程,它要求我们在技术、人员和供应链等多个层面进行全面优化与管控。通过加强技术状态管理、提升人员技能、完善供应链质量控制,我们能够有效应对安装过程中的各种挑战,确保航天发动机的安装质量。未来,随着航天技术的不断革新与发展,我们应持续探索更加高效、智能的质量管理方法,为航天发动机的卓越性能与安全飞行提供坚不可摧的保障,推动航天事业迈向更加辉煌的明天。

参考文献

- [1]张伟,李强,王刚.航天发动机装配过程质量控制方法研究[J].机械制造与自动化,2021,(13):112-113.
- [2]刘志强,陈宇航.基于数字孪生的航空发动机装配质量管理研究[J].航空制造技术,2020,(04):39-40.
- [3]郑伟,马岩.航天产品装配过程质量智能管控技术研究[J].质量与可靠性,2021,(03):31-32.
- [4]吴志强,张明远.航空发动机装配质量预测与控制方法[J].计算机集成制造系统,2022,(10):118-119.