

# Reliability Enhancement Testing Technology and Its Application in Aviation Engineering

Yinqiao Tian

Ursa Aeronautical Technology Co., Ltd., Deyang, Sichuan, 618400, China

## Abstract

The paper mainly elaborates on the basic concepts, principles, and classifications of reliability enhancement testing technology, highlighting the importance of reliability enhancement testing technology in aviation engineering. It systematically discusses reliability enhancement testing technology and its application in aviation engineering. And a detailed discussion was conducted on common reliability enhancement testing techniques, mainly including reliability enhancement testing, life testing, and environmental adaptability testing. Further exploration has been conducted on the application of these technologies in aircraft structural component verification, system life assessment, and environmental adaptability testing. The research in this paper provides important reference and guidance for the subsequent research and application of reliability enhancement testing technology.

## Keywords

reliability enhancement test technology; aviation engineering; aircraft; life assessment; environmental adaptability test

## 可靠性强化试验技术及在航空工程中的应用

田银桥

四川省天域航通科技有限公司, 中国 · 四川 德阳 618400

## 摘 要

论文主要阐述了可靠性强化试验技术的基本概念、原理和分类, 重点突出可靠性强化试验技术在航空工程中的重要性, 系统地论述了可靠性强化试验技术及其在航空工程中的应用。并对常见的可靠性强化试验技术进行了详细的探讨, 主要有可靠性增强试验、寿命试验、环境适应性试验三个方面的内容。还对这些技术在飞行器结构部件验证、系统寿命评估以及环境适应性测试等方面的应用进行了进一步的探索。通过论文的研究, 为可靠性强化试验技术的后续研究与应用提供了重要的借鉴和指导。

## 关键词

可靠性强化试验技术; 航空工程; 飞行器; 寿命评估; 环境适应性测试

## 1 引言

飞机的安全性和可靠性需求随着航空工程领域的不断发展和技术创新而不断提高。作为质量保障的重要手段, 可靠性强化试验技术对于增强飞机装备的可靠性和安全性意义重大。论文将系统探讨可靠性强化试验技术在航空工程中的应用, 以期为航空工程领域的技术研发和实践提供指导和借鉴。

## 2 可靠性强化试验技术概述

### 2.1 可靠性强化试验技术的基本概念

可靠性强化测试技术是为了保证产品、设备或系统在实际使用中能够持续稳定地运行, 并达到预期的性能要求,

通过系统化的测试和验证手段而设计的一种技术。可靠性强化测试主要包括通过改进设计、工艺或制造过程, 识别潜在缺陷和问题, 提高产品、设备或系统的可靠性和稳定性的综合系统测试。这一测试技术的核心思想是通过模拟实际工作环境或极限条件下的测试, 在产品或系统设计、制造或使用的不同阶段对产品性能、耐久性、稳定性进行评估, 并对潜在问题进行及时发现和解决<sup>[1]</sup>。为了确保产品或系统在各种条件下能够安全可靠运行, 可靠性强化试验技术涵盖了可靠性增强试验、寿命试验、环境适应性试验等多种试验方法和手段。

### 2.2 可靠性强化试验技术的原理与分类

可靠性强化试验技术主要是基于对产品、设备或系统的性能、稳定性和可靠性进行全面评估和验证, 以确保试验对象在实际使用中能够达到设计要求并保持长期稳定运行的能力。因此, 需要对产品或系统在设计、制造、运营和维护等各个阶段进行系统化的测试和验证, 以识别潜在的缺陷

【作者简介】田银桥 (1982-), 男, 中国河北石家庄人, 本科, 工程师, 从事无人机总体设计研究。

和问题,并采取相应的措施进行改进和修正。

可靠性强化试验技术根据测试的对象、方法和目的可以分为多种分类。其中,按照测试对象的不同,可分为产品可靠性测试、设备可靠性测试和系统可靠性测试等;按照测试方法的不同,可分为可靠性增强测试、寿命试验、环境适应性测试等;按照测试目的的不同,可分为性能验证测试、耐久性测试、安全性测试等。这些分类方法相互交叉,可以根据具体的应用场景和需求选择合适的测试方法。在实际应用中,可靠性强化试验技术的分类并不是孤立的,而是相互关联、相互作用的。例如,可靠性增强测试常常结合寿命试验,既验证产品在正常使用条件下的性能,又评估产品在特殊环境或极端条件下的耐久性;而环境适应性测试则是为了验证产品在各种环境条件下的适应性和稳定性,从而进一步提高产品的可靠性和稳定性。

### 2.3 可靠性强化试验技术在航空工程中的应用重要性

航空工程涉及直接关系到乘客和飞机安全的复杂设备的设计和制造,如飞机、发动机、航空电子设备等。在此背景下,航空工程中必不可少的就是可靠性强化试验技术。通过对航空器及其相关部件进行可靠性强化试验,确保航空器在飞行过程中安全可靠,并采取相应措施加以改进和修正,从而全面评估航空器在各种环境条件下的性能和稳定性,发现潜在的故障和问题。航空工程对飞行器和航空装备的适应能力要求很高,环境复杂多变。可靠性强化试验技术能够测试不同气候、温度、压力等条件下航空器的适应性,验证航空器在各种极端环境下的稳定性和可靠性,为实际飞行中的应用提供可靠的保障,在各种极端环境下,都可以进行可靠性强化试验。航空工程造价高、周期长,要求减少后期修复成本和延误,尽可能发现和解决设计制造阶段的潜在问题。可靠性强化测试技术可以帮助发现可能导致故障的因素,并提前预防和解决,减少航空工程的风险和成本,从而发现产品或系统的设计和制造缺陷。

## 3 常见的可靠性强化试验技术

### 3.1 可靠性增强测试

可靠性增强测试是通过模拟各种极端条件和不同环境下的工作负载,全面测试和验证产品或系统的稳定性和可靠性的一种常用的可靠性强化测试技术。主要包括确定测试的工作负载类型、测试条件、测试持续时间等,在进行可靠性增强测试前,需要充分设计测试环境。根据产品或系统的实际应用环境和预期使用环境,设计相应的测试环境,确保测试能够覆盖各种可能发生的情况,并根据实际应用场景和预期的使用环境设计相应的测试环境。测试环境设计好后,需要明确测试目的、测试指标,还要对测试过程中的参数进行记录和监控。可靠性增强测试是根据确定的试验方案和试验环境而实施的,主要涉及对产品或系统在不同温度、湿度、振动、电压等条件下的连续工作或负荷试验,模拟实际使用过

程中可能遇到的各种情况和环境。产品或系统的性能和稳定性是根据测试过程中记录的数据和信息进行综合评价和分析的。根据试验结果发现潜在的问题和缺陷,采取相应的措施加以改进和优化,以提高产品或系统的可靠性和稳定性<sup>[2]</sup>。

### 3.2 寿命试验

寿命试验是一种常用的可靠性强化试验技术,旨在对特定使用条件下的产品或系统的寿命和耐久性进行评估。寿命试验过程主要包括设计试验计划,设定试验条件,进行试验,收集资料,分析资料等步骤。在进行寿命试验前,需要确定试验目的和试验指标,确定试验涉及的产品或系统的种类、规格和使用环境,以及试验持续时间等参数,在进行寿命试验前,还需要对产品或系统进行设计相应的试验方案,包括试验的工作负荷、试验条件、试验持续时间等,根据产品或系统的特点和期望的使用场景设计。根据设计好的试验方案,确定试验所需的各种条件,包括温度、湿度、压力、振动等环境条件,以及工作负载类型和强度等,并根据试验方案的不同,对试验所需的各种条件确保试验条件能对产品或系统在实际使用中可能遇到的各种情况和环境进行充分模拟,从而对产品的寿命、耐久性等进行准确的评估。根据设定的试验条件,实施寿命试验,主要涉及模拟实际使用过程中可能遇到的各种情况和使用场景,对产品或系统在不同环境条件下进行长时间的连续工作或负荷试验。在试验过程中,试验样品的工作状态、性能参数、寿命信息等都需要不断监测和记录。通过对试验样品的工作状态、性能指标、寿命等进行综合分析和评价,收集试验过程中记录的数据和信息。根据数据分析结果,对产品或系统的寿命、耐久性能等方面进行评估,发现可能存在的问题和不足,并采取相应的措施加以改进和优化,从而提升产品或系统的寿命。

### 3.3 环境适应性测试

环境适应性测试是一种常见的可靠性强化测试技术,通常涉及模拟产品或系统可能遇到的各种环境条件,包括温度、湿度、压力、振动、腐蚀、辐射等,并在这些条件下通过实验验证在进行环境适应性测试之前,需要明确测试的目的,即对不同环境条件下产品或系统的适应性和稳定性进行评估,确定包括测试环境条件、测试持续时间、测试参数和指标等在内的测试范围和测试内容,包括确定测试所涉及的环境条件,制定测试的工作负荷和测试方法,确定测试持续时间等,根据确定的测试目的和范围设计相应的测试方案。考虑到产品或系统的特性和预期使用场景,以及可能遇到的各种极端或变化的环境条件,设计合理的测试方案是确保测试结果准确可靠的关键。根据设计好的测试方案,设置包括温度、湿度、压力、振动、腐蚀、辐射等测试所需的各种环境条件,确保测试条件能对实际使用场景中可能遇到的各种环境条件进行充分模拟,并根据产品或系统的特点与要求进行合理的调整与设定。环境适应性测试是根据设置好的测试条件来进行的,主要模拟了实际使用过程中可能遇到的各种

情况和环境,对产品或系统在不同环境条件下进行长时间的持续工作或负载测试。产品或系统的工作状态、性能指标、适应性等,都需要在测试过程中进行持续的监测和记录。收集测试过程中记录的数据和信息,综合分析和评估不同环境条件下产品或系统的应变能力和稳定性。根据测试结果,对产品或系统进行适应性和稳定性性能评估,发现可能存在的问题和不足,为进一步优化产品或系统的性能和可靠性,提出相应的建议和改进措施。

## 4 可靠性强化试验技术在航空工程中的应用

### 4.1 飞行器结构件可靠性验证

在航空工程中,结构件的可靠性验证需要首先进行结构件的设计和制造,结构设计和工艺规划需要采用 CAD/CAM 技术,并采用先进的材料进行制造,以保证满足设计要求的结构件的强度、刚度和耐久性。制造完成后,为了评估结构件的机械性能和耐久性,验证其设计制造是否符合要求,发现可能存在的缺陷和问题,进行结构件的静态和动态试验,包括拉伸试验、弯曲试验、扭转试验、疲劳试验等。然后对结构件进行环境适应性测试,模拟飞行器可能遇到的各种环境条件,包括高温、低温、高湿、低湿、气压、振动、冲击等,以评估结构件在不同环境下的适应性和稳定性,验证结构件在各种极端或变化的环境条件下的性能表现,为飞行器的安全飞行提供可靠的保障,在各种极端或变化的环境条件下,最后,对飞机进行包括地面静力测试、地面震动测试、地面滑行测试、空中飞行测试等在内的总体结构验证认证,确保飞机总体结构安全可靠。

### 4.2 飞行器系统寿命评估

飞行器系统寿命评估需要首先对系统进行功能分析和结构分析,了解系统各部件及工作原理,确定系统各关键部件及功能模块,这就是飞行器系统寿命评估的主要目的。并对系统进行包括静态测试、动态测试、环境测试等在内的性能测试和可靠性测试,对系统的工作性能和可靠性水平进行评估。建立分析系统故障模式和失效机制、预测系统寿命分布和故障率曲线的系统数学模型和可靠性模型。确定系统的寿命和可靠性水平,为系统的设计和改进提供参考依据,通过对系统进行可靠性分析和寿命预测。同时,对系统在实际

工作环境中的工作过程和工作情况进行模拟和仿真测试,对系统寿命和可靠性在不同情况下的表现进行评估<sup>[1]</sup>。最后,对系统实际运行情况和监控情况,对系统运行情况和实际工作中的工作状态进行监控,及时发现系统故障和问题,并采取措加以修复完善,确保系统运行长期稳定。

### 4.3 飞行器环境适应性测试

飞行器环境适应性测试需要对飞行器可能面临的包括气候、温度、湿度、压力、风力等在内的各种环境条件进行调查和分析,以确定测试的环境参数和范围。选择合适的试验场地和设备后,再进行环境适应性试验,包括低温试验、高温试验、高湿试验、低压试验、高压试验、振动试验、冲击试验等,模拟飞行器在各种极端环境下的工作条件和工作状态,对飞行器在不同环境条件下的适应性和稳定性进行评估,在不同的环境条件下,对飞行器同时,针对不同环境条件下飞行器的工作性能、可靠性水平等进行功能性测试和性能测试,发现问题隐患。对试验数据进行统计和分析,评估飞机在不同环境条件下的适应性和稳定性表现,确定飞机的适应性等级和改进计划。

## 5 结语

在航空工程领域,可靠性强化试验技术的应用具有重要意义。通过对飞行器结构件进行可靠性验证,评估飞行器系统寿命,测试飞行器环境适应性,确保飞行器在各种极端环境下稳定运行,从而全面提升飞行器的可靠性和安全性。这些测试技术不仅可以帮助工程师发现和解决潜在问题,还可以对飞行器的设计和制造进行指导,使整个航空系统的性能水平得到提升。可靠性强化试验技术也将随着航空工程的不断发展和飞行器技术的不断更新而不断改进和创新,以坚实的技术支撑和保障航空工程的发展。

### 参考文献

- [1] 刘晓旭.机载电子设备高加速可靠性试验技术研究[J].环境技术,2023,41(1):58-62.
- [2] 安浩俊,王健,许冬冬,等.航空轴承可靠性试验样本数及试验时间设计[J].轴承,2022(8):38-41.
- [3] 刘宇彬.环境与可靠性一体化试验技术研究[J].环境技术,2022,40(2):51-54+59.