

# 航空电子设备的电磁兼容性测试与认证方法探索

胡国良

中国航空工业集团公司北京长城计量测试技术研究所 北京 100095

**摘要：**航空电子设备的电磁兼容性（EMC）是飞行安全的关键因素。随着技术的不断进步和电子设备的日益复杂化，对电磁兼容性的要求也越来越高。本文将从电磁兼容性测试的方法和认证流程两个角度出发，深入探讨航空电子设备电磁兼容性的重要性、当前面临的挑战以及相应的解决策略，以期提升航空电子设备的安全性和可靠性提供参考。

**关键词：**航空电子设备；电磁兼容性；测试方法；认证流程

## 引言

在航空领域，电子设备起着至关重要的作用，从导航、通信到飞行控制等各个方面都离不开电子设备的支持。然而，随着电子设备数量的激增和功能的不断扩展，电磁干扰问题也日益凸显。电磁干扰不仅可能影响设备的正常运行，甚至可能对飞行安全构成严重威胁。因此，开展电磁兼容性测试和认证工作对于确保航空电子设备的安全性和可靠性具有重要意义。

## 1 电磁兼容性测试方法详解

### 1.1 辐射发射测试

辐射发射测试（图1），作为电磁兼容性测试的关键环节，其核心目的在于精准地检测航空电子设备在正常工作状态下产生的电磁辐射是否严格符合国际或行业的既定标准。这一测试的重要性不言而喻，因为过量的电磁辐射不仅可能影响其他电子设备的正常运行，更可能对飞行安全构成潜在威胁。为了确保测试结果的准确性和可靠性，辐射发射测试通常在特定的电波暗室或开阔测试场地进行。电波暗室是一个特殊的屏蔽环境，能够有效隔离外界电磁干扰，从而保证测试结果的纯净性。而开阔测试场地则能提供一个更为接近实际使用环境的测试条件，有助于全面评估设备的电磁辐射特性。在测试过程中，专业的频谱分析仪和接收天线是不可或缺的测试工具。频谱分析仪能够精确地捕捉并分析设备在各个频段产生的电磁辐射强度，而接收天线则负责将这些辐射信号有效地转化为可供分析的电信号。通过这些专业工具的协同作用，测试人员能够获取到设备电磁辐射的详细数据，从而对其电磁兼容性进行准确的评估<sup>[1]</sup>。值得强调的是，测试环境的设置对于确保测试结果的准确性和可靠性至关重要。在电波暗室中，需要严格控制室内的温度、湿度等环境条件，以模拟设备在实际使用中的各种可能遇到的环境因素。同时，测试人员还需对测

试场地进行细致的电磁环境调查，确保在测试过程中不会受到外部电磁干扰的影响。

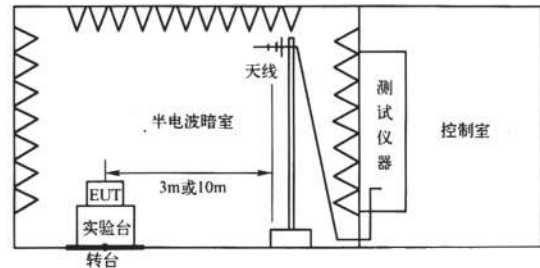


图1 辐射发射测试布置图

### 1.2 传导发射测试

传导发射测试，作为电磁兼容性测试的重要组成部分，主要关注的是航空电子设备通过电源线、信号线等传导途径可能产生的电磁干扰。这种干扰不仅可能影响设备自身的性能和稳定性，还可能对同一电网环境中的其他设备造成不良影响。因此，进行传导发射测试对于确保设备的电磁兼容性至关重要。在进行传导发射测试时，通常使用线路阻抗稳定网络（LISN）来模拟设备在实际使用中的电网环境。LISN不仅能为设备提供稳定的电源和信号线路环境，还能有效地隔离外部电网对测试结果的影响。通过将设备连接到LISN上，可以精确地测量和分析设备在传导过程中产生的电磁干扰。测试过程中，主要关注LISN上的电压或电流变化。这些变化能够直接反映设备传导发射的干扰水平。通过使用高精度的测量仪器，如示波器或频谱分析仪，可以实时监测并记录这些变化。通过对这些数据的详细分析，能够准确评估设备的传导发射性能，并找出可能存在的干扰源。在测试过程中，还应注意测试环境的设置。为了确保测试结果的准确性和可靠性，需要对测试场地进行细致的电磁环境调查，以避免外部电磁干扰对测试结果的影响。同时，我们还需要严格控制测试环境的温度、湿度

等条件,以模拟设备在实际使用中的各种可能遇到的环境因素。

### 1.3 辐射抗扰度测试

辐射抗扰度测试,是电磁兼容性测试中不可或缺的一部分,其主要目的是验证航空电子设备在面临外界电磁干扰时的稳定性和抗干扰能力。在现代飞行环境中,电磁干扰源无处不在,从无线通信、雷达系统到其他飞行器的电磁辐射,都可能对航空电子设备产生干扰。因此,进行辐射抗扰度测试显得尤为重要。在辐射抗扰度测试中,设备会被放置在一个特定强度和频率的电磁场中。这个电磁场会模拟实际飞行中可能遇到的各种电磁干扰情况。测试时,需要使用专业的电磁场发生器来产生所需的电磁场,并通过精确的测量仪器来控制 and 监测场的强度和频率。设备在电磁场中的工作状态和性能指标需要重点关注。要实时监测设备的工作状态,如是否出现误操作、停机或其他异常情况。同时,还要记录并分析设备在干扰下的性能指标变化,如信号处理速度、数据传输准确率等。值得注意的是,为了确保测试的准确性和有效性,需要严格控制测试环境。测试场地应远离其他可能产生电磁干扰的设备或系统,以确保测试结果的纯净性。此外,还要对测试设备进行预处理,如预热、校准等,以确保其在测试过程中处于最佳工作状态<sup>[2]</sup>。辐射抗扰度测试的结果将为设备的电磁兼容性评估提供重要依据。如果设备在测试中表现出良好的抗干扰能力,那么在实际使用中,它也将更有可能在复杂的电磁环境中稳定运行。反之,如果设备在测试中出现问题,那么我们就需要针对这些问题进行改进和优化。

### 1.4 传导抗扰度测试

传导抗扰度测试是电磁兼容性测试中的一项重要内容,其主要目的是通过在电源线或信号线上注入特定的干扰信号,来模拟设备在实际使用过程中可能遭遇到的传导干扰。通过这种测试方法,我们可以深入了解和评估设备在面对这些干扰时的性能和稳定性,从而确保其在实际应用中的可靠性。在进行传导抗扰度测试时,测试人员需要使用专门的信号发生器,在电源线或信号线上注入具有不同频率和幅度的干扰信号。这些信号旨在模拟设备在真实工作环境中可能遇到的电源噪声、开关瞬态等干扰情况。通过精确控制干扰信号参数,能够更全面地了解设备对于不同类型传导干扰的响应。测试过程中,应密切关注设备的工作状态和性能变化。这包括监测设备的运行状态、数据处理速度、通信质量等多个方面。例如,在测试中,如果设备出现重启、停机、数据传输错误等问题,就说明其对传导干扰的抵抗能力

有待提高。同时,要记录并分析设备在干扰下的性能指标,以便更准确地评估其传导抗扰度。除了监测设备的工作状态和性能变化,还要结合测试结果,为设备制造商提供改进建议。例如,针对设备在特定频率干扰下出现的性能下降问题,建议制造商优化电路设计、增强滤波措施等,以提高设备的抗干扰能力。通过传导抗扰度测试,可以及时发现并解决潜在的问题,从而提升设备在实际使用中的稳定性和可靠性。这种测试不仅有助于保障航空电子设备在复杂电磁环境中的安全运行,还能为设备的优化设计和改进提供有力的技术支持。

## 2 电磁兼容性认证流程

### 2.1 文件审核与评估

电磁兼容性认证的第一步就是文件审核与评估,这是一个至关重要的环节。申请者需要向认证机构提交一系列详尽的技术文件和资料,这些资料包括但不限于设备的技术规格说明、电路设计图纸、详尽的使用说明书以及设备预期的电磁兼容性性能指标等。认证机构的专业团队会对这些文件进行细致入微的审核,主要核实文件的完整性、准确性和符合性。这一过程不仅确保申请者提供了所有必要的信息,而且还为后续的实地测试和最终认证打下了坚实的基础。通过这一步骤,认证机构能够初步了解设备的电磁兼容性设计,从而为后续的测试和认证流程提供指导。这种严谨的文件审核制度是确保电磁兼容性认证准确性和可靠性的关键所在。

### 2.2 样品测试与结果评估

在电磁兼容性认证的第二个重要环节,申请者必须提交其设备样品至认证机构,以进行全方位的电磁兼容性测试。这一测试过程十分严格,包括辐射发射、传导发射、辐射抗扰度和传导抗扰度等多个关键指标的检测。在专业的测试环境中,认证机构的技术人员会运用先进的测试设备和方法,确保测试结果的准确性和可靠性。测试完成后,认证机构将对所得数据进行深入分析和全面评估,比对国际或行业的电磁兼容性标准,以此判断设备是否达标。这一环节对于确保设备在实际使用中的电磁兼容性至关重要,也是保障用户权益和市场公平竞争的关键步骤<sup>[3]</sup>。只有通过这一系列严格的测试和评估,设备才能获得电磁兼容性认证,从而在市场中获得更广泛的接受和认可。

### 2.3 认证决定与证书颁发

在电磁兼容性认证的最终阶段,认证机构会根据之前对设备样品的严格测试结果进行全面的评估。这一评估过程中,认证机构会细致地比对和分析测试数据,确保设备的电磁兼容性表现符合或超过国际或行业的既定

标准。基于这些综合考量,认证机构将慎重地做出是否授予电磁兼容性认证的决定。只有当设备在辐射发射、传导发射、辐射抗扰度和传导抗扰度等各项关键指标上均表现出色,且无明显的电磁干扰问题时,才会获得认证机构的认可。一旦设备通过了这一系列的严格评估,认证机构将正式颁发电磁兼容性认证证书。这份证书不仅是对设备性能的有力证明,更是设备制造商技术与品质实力的象征,无疑将大大提升设备在市场上的竞争力和用户的信任度。

### 3 面临的挑战与解决方案探讨

#### 3.1 技术更新与标准变化

随着航空电子技术的日新月异,电磁兼容性领域面临着前所未有的技术挑战。新的航空电子设备不断涌现,其工作频率、功率和复杂性都在持续增加,这无疑加大了电磁兼容性问题的复杂性。与此同时,国际和行业对电磁兼容性的要求也在逐步提高,相关的标准和规范不断更新和完善,以适应新技术的发展。为了应对这些挑战,认证机构和测试实验室必须保持高度的警觉和前瞻性。他们需要密切关注航空电子技术的最新发展,深入理解新技术可能带来的电磁兼容性问题,并预测未来可能的标准变化<sup>[4]</sup>。同时,这些机构还需要及时投入资金,更新和升级测试设备,以确保其测试能力始终与技术发展保持同步。除了硬件设备的更新,认证机构和测试实验室还需要加强技术人员的培训,提高他们的专业素养和技术能力。只有这样,才能确保在面对新技术和新标准时,能够迅速、准确地完成电磁兼容性测试,为航空电子设备的安全和可靠性提供有力保障。

#### 3.2 国际化与标准化推进

在全球化的大背景下,航空电子设备的电磁兼容性认证面临着国际化的挑战。由于不同国家和地区可能存在差异化的电磁兼容性标准和认证要求,这给航空电子设备的国际贸易和合作带来了不小的障碍。为了打破这些壁垒,推动电磁兼容性标准的国际化和统一化显得尤为重要。国际化和标准化的推进不仅有助于降低贸易壁

垒,还能提升航空电子设备的全球竞争力。通过加强国际合作与交流,各国可以共同制定和完善国际通用的电磁兼容性标准。这一过程中,需要充分考虑不同国家和地区的实际情况和需求,确保标准的科学性和实用性。同时,国际化与标准化的推进还能促进技术创新和产业升级。统一的电磁兼容性标准将激励企业投入更多资源进行技术研发,以符合更高的电磁兼容性要求。这将有助于提升整个航空电子设备行业的技术水平和产品质量。为了实现这一目标,需要政府、行业协会、企业和研究机构等多方共同努力。政府应积极推动国际合作,为标准化工作提供政策支持和资源保障;行业协会应发挥桥梁和纽带作用,促进企业间的交流与合作;企业应积极参与国际标准的制定和实施,提升自身产品的电磁兼容性水平;研究机构则应加强电磁兼容性技术的研发和创新,为标准的制定提供科学依据。

#### 结语

航空电子设备的电磁兼容性测试和认证是确保飞行安全的关键环节。通过深入研究和不断完善测试方法、更新认证流程,并加强国际合作与交流,我们可以有效提升航空电子设备的电磁兼容性水平。展望未来,随着技术的不断进步和标准的持续完善,航空电子设备的电磁兼容性将更加得到重视和保障,为航空事业的安全与发展提供有力支撑。

#### 参考文献

- [1]丁一夫,国晨,张悦,等.汽车与航空电子设备电磁兼容性测试项目对比分析[J].中国汽车,2019,(12):50-56.
- [2]陈都,何浩,王璟玢,等.航空电子设备可靠性预计误差剖析[C]//中国航空学会.第六届中国航空科学技术大会论文集.中国航空无线电电子研究所航空电子系统部,2023:5.
- [3]王灿.航空电子设备故障诊断技术研究[J].电子元件与信息技术,2021,5(12):24-25.
- [4]李夏,梁争争.面向航空电子设备的元器件应用验证探索[J].电脑编程技巧与维护,2023,(05):11-13+32.