



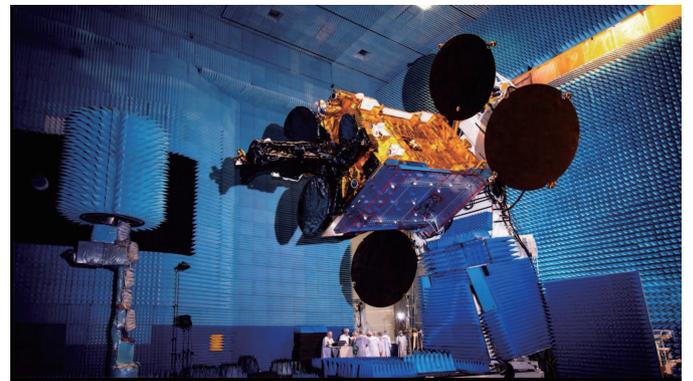
# 实现70 GHz频段的卫星EMC测试： 保障太空任务的关键技术

## 卫星EMC测试概述

电磁兼容性 (EMC) 作为一门研究电磁干扰以及抗扰度的系统科学，已成为卫星设计、制造和测试中的关键环节。对于现代卫星系统而言，电磁兼容性意味着两个核心能力：一是在复杂的电磁环境中保持正常工作而性能不降级的能力 (抗扰度)；二是不对其他电子设备产生有害电磁干扰的能力 (发射控制)。卫星EMC测试即是验证卫星系统达成这两种能力的全过程，它贯穿于卫星的整个生命周期，从元器件选择、电路板设计到系统集成和在轨运行。

电磁干扰是EMC研究的核心，对于卫星来说，绝大多数电磁干扰是由星上干扰源引起的。这些干扰通过传导耦合或辐射耦合途径在卫星系统内传播，当达到敏感设备容忍极限时，便会导致性能下降甚至功能失效。卫星EMC测试的核心挑战在于，卫星平台集中了X频段载荷天线和数传天线、Ka频段中继天线、S频段测控天线、L频段导航接收机等多种无线设备，这些设备往往同时包含高功率发射机和高灵敏度接收机，形成了极为复杂的内部电磁环境。

卫星EMC测试的特殊性还源于太空任务的不可维修性。一旦卫星进入轨道，几乎无法对硬件进行修复或更换，这要求地面测试必须尽可能全面地模拟太空环境中可能遇到的各种电磁场景。同时，卫星必须经受发射阶段极端力学环境与在轨阶段严酷空间环境 (高真空、温度交变、粒子辐射等) 的双重考验，这些环境因素会改变材料的电磁特性，进而影响系统的EMC性能。因此，卫星EMC测试往往与环境应力试验 (如振动、冲击、热真空循环) 结合进行，以验证在真实环境下的兼容性。



# 行业背景与现状

随着商业航天的迅猛发展和低轨卫星星座的大规模部署，卫星EMC测试正面临前所未有的挑战与机遇。全球太空经济预计在2040年突破1万亿美元，这一宏伟前景吸引了大量商业资本和技术力量进入航天领域，催生了以星链为代表的低轨通信卫星星座，开启了全新的卫星研发和制造模式。在这些商业星座中，卫星的制造模式从传统的定制化、高成本向标准化、低成本转变。卫星的快速迭代已成为行业的常态，商业货架器件和组件已逐步进入卫星产业链，这给电磁兼容测试带来了更多挑战，如何高效、有效的开展卫星器件和整星的EMC测试成为行业亟待解决的问题。

# 标准体系解读

卫星EMC测试遵循严格的标准体系，这些标准确保了测试结果的可比性和可靠性。目前国际上通用的两大标准体系分别是AIAA (美国航空航天局)和ECSS (欧洲空间标准化合作组织)。这两个标准虽然针对的都是空间设备，且测试要求都已MIL461G为主体，但在测试要求和性能判据上存在细微差别，反映了不同组织对空间电磁环境理解的差异。在国内，是以标准GJB151B-2013以及GJB151C-2024为主体要求。针对标准中的空间设备，开展对卫星的EMC测试，当然了，根据通讯频段和测试要求的增加，测试频率的扩展，已经逐渐成为新的测试要求。

空间级充-EMC测试			
标准组织	AIAA	ECSS	BGJ
测试要求	MIL461G	MIL461G	GJB 151B/C

随着北斗卫星导航系统的发展，我国也制定了针对北斗终端的相关标准。GB/T 44182-2024《支持北斗的移动终端性能技术要求及测量方法 电磁兼容性能》于2024年发布，填补了支持北斗的移动终端设备的电磁兼容性能指标空白。这一标准规定了支持北斗的移动通信终端的电磁兼容性要求，包括试验条件、限值、性能判据和测量方法，适用于在固定位置使用的、便携和车载使用的支持北斗的移动终端电磁兼容检测工作。

同时，随着商业航天的高速发展，卫星运营企业也会根据实践和商业需求，修订企业自己的相关测试方法和标准。这就要求EMC测试系统提供商的专业支持和高质量测试能力。

# 测试方案

卫星EMC测试遵循分层次、全周期的验证策略，从设备级、分系统级到整星级逐级验证，确保在早期发现并解决大多数电磁兼容问题。这种金字塔式的测试架构既能有效控制研发风险，又能在系统集成前排除大部分潜在干扰，是经过数十年航天实践验证的高效方法。

## 设备级测试

设备级测试是EMC验证的基础，针对卫星上的单机设备进行。根据GJB151B-2013以及GJB151C-2024标准，设备级测试通常包括传导发射、辐射发射、传导敏感度和辐射敏感度四大类。传导发射测试测量设备通过电源线和信号线发射的噪声；辐射发射测试测量设备通过空间辐射的电磁噪声；传导敏感度测试验证设备对电源线和信号线上干扰的抵抗能力；辐射敏感度测试则验证设备对抗空间电磁干扰的能力。

## 分系统级测试

分系统级测试关注卫星内功能相关的设备组之间的兼容性，例如电源子系统、遥测跟踪与指令子系统、有效载荷子系统等。这一级别的测试通常在代表性配置下进行，使用真实的分系统电缆网络，但可能使用模拟负载代替部分设备。分系统测试的重点是验证接口兼容性，确保各设备间不会通过接口电缆产生传导干扰。

## 整星级测试

整星级EMC测试是卫星发射前的最终验证，旨在确认所有分系统集成后，卫星作为一个整体满足电磁兼容要求。整星测试包括辐射发射、辐射敏感度、静电放电和雷电间接效应等项目，具体测试项目需根据卫星任务特点和运行环境进行裁剪。

罗德与施瓦茨公司（下称R&S公司）在EMC测试领域深耕多年，在航空航天和卫星测试方面建立了非常多的EMC测试系统，大力支持了中国的航空航天和卫星业务。

## R&S公司EMC测试的系统优点：

### 主要设备由R&S制造

R&S公司在中国是唯一的系统集成商同时也是系统的核心设备制造商。R&S公司所生产的设备包括EMI测试接收机、信号发生器、开关单元、功率计、功率放大器等。以EMI接收机为例，R&S公司于1962年首次推出带有准峰值检波的接收机ESH，在至今六十多年的时间里，R&S公司不断优化产品，引领测试和标准，推动测试效率的提升和测试技术的扩展。目前，业界内的顶级接收机ESW具有最高970 MHz的FFT带宽，相较于传统的点频扫描测试，其测试效率得以极大的提升。根据测试频段的不同，测试效率有百倍，甚至千倍的提升，为很多极限条件下的测试提供了可能。

### 优良的测试仪器

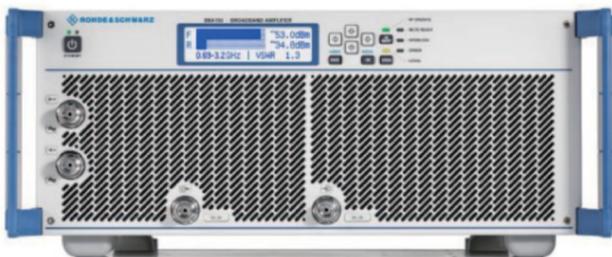
EMI测试系统的核心设备是EMI测试接收机。R&S的R&S®ESW系列EMI测试接收机正是处于业界领先地位。其超低测量不确定性和领先业界的扫描点数，使得R&S的EMI测试接收机能够提供无与伦比的测试精确性。同时，我们的测试接收机还具有快速傅立叶变换(FFT)功能，允许快速测量，从而节约时间，极为高效地完成测试。

EMS测试系统的核心设备是功率放大器。R&S的R&S®BBA和R&S®BBL系列功率放大器在EMS测试，覆盖4 kHz 到6 GHz频段，处于固态放大器的业界领先地位。R&S®BBA与R&S®BBL运用模块化设计理念。当任何模块发生故障时，可现场更换。模块化理念同时也使得升级频率或功率提升变得简单易行。

R&S的测试设备大多采用模块化的设计理念，这就意味着这些设备是可升级的。尤其是放大器等设备，在相关的频率范围，可便捷地完成输出功率的升级，以达到更高级别的测试要求。



R&S®ESW测量接收机



R&S®BBA功率放大器

### 与第三方厂商之间的合作伙伴关系

对于我们不生产制造的仪器和附件，R&S已与多家EMC测试设备领先制造商形成战略合作伙伴关系。以便提供给我们的客户一个完整的EMC系统以及交钥匙的系统工程。

### EMC项目经验

R&S中国已经向各界提供EMC系统长达近30年之久。我们的许多工程师已加入公司多年，伴随公司成长，在EMC系统方面的项目经验极为丰富。

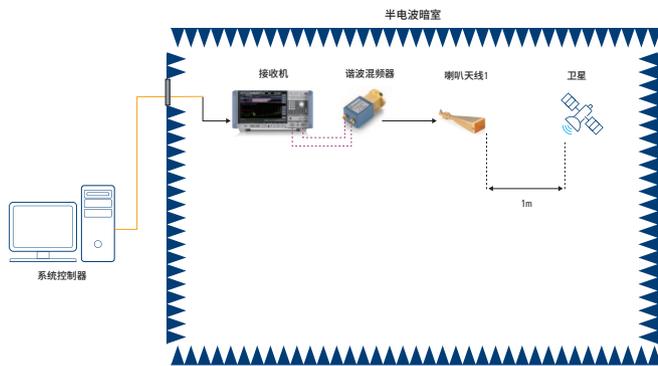
我们不仅仅是只关心为客户提供一个测试系统，而是更关注系统的品质，稳定性和可重复性，基于我们在EMC系统的知识和经验，确保了我们的客户能够提供最佳的系统配置。实现我们所承诺的数据与结果。

# 创新测试技术与优势

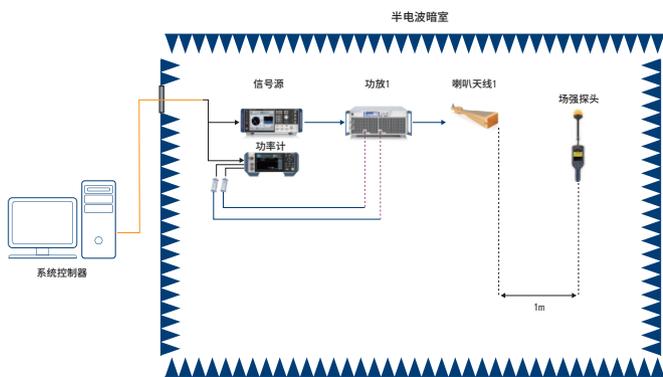
随着卫星技术的不断发展，EMC测试技术也需要持续创新。以卫星间高速中继的核心频段为例，其工作频率在60 GHz附近，以支撑全球高效、低延时通行的要求；另外，60 GHz器件工艺为未来更高频率的卫星通信奠定技术基础，未来的工作频段可能会扩频至100GHz；且射电天文保护频段 (59.3 GHz-60 GHz) 与气象卫星的工作频段存在共存问题，基于上述的要求和存在的问题，推进卫星高频的EMC测试，包括测试频率的扩展以及测试场强的提升。目前，R&S为中国的

卫星客户提供了40 GHz-70 GHz的辐射发射测试系统，以及40 GHz-70 GHz，200 V/m的辐射抗扰度测试系统，为业内首次交付。

面对大规模低轨星带来的颠覆性产业变革，R&S公司愿与产业链的合作伙伴在低轨终端、卫星器件组件、整星等方面的EMC测试为基础，共同推动产业链高质量发展，进一步提高EMC测试的自动化水平，实现更加智能的测试愿景。



TS9975辐射发射测试系统  
按照：GJB151B/C，RS102 (40 GHz to 70 GHz)



TS9982辐射抗扰度测试系统  
按照：GJB151B/C，RS103 (40 GHz to 70 GHz，200V/m)

更多NTN技术内容与罗德与施瓦茨解决方案请关注：



NTN技术方案合集



白皮书

## 增值服务

- ▶ 遍及全球
- ▶ 立足本地个性化
- ▶ 可定制而且非常灵活
- ▶ 质量过硬
- ▶ 长期保障

## 关于罗德与施瓦茨公司

罗德与施瓦茨科技集团开发、生产和销售种类广泛的专业电子产品。公司推出丰富的产品组合，旨在缔造一个更加安全的互联世界。在测试与测量、安全通信、网络和网络安全以及广播和媒体等市场，全球客户都信赖罗德与施瓦茨及其提供的先进解决方案。在成熟的业务领域之外，罗德与施瓦茨还大力投资人工智能、工业物联网(IIoT)、6G、云解决方案和量子技术等各种未来技术。自公司创立以来的90多年，罗德与施瓦茨是众多行业客户的可靠合作伙伴。

## 罗德与施瓦茨(中国)科技有限公司

800-810-8228 400-650-5896

info.china@rohde-schwarz.com

www.rohde-schwarz.com.cn

### 官方微信



### 官方视频号



Certified Quality Management

ISO 9001

Certified Environmental Management

ISO 14001

## 可持续性的产品设计

- ▶ 环境兼容性和生态足迹
- ▶ 提高能源效率和低排放
- ▶ 长久性和优化的总体拥有成本

### 北京

北京市朝阳区紫月路18号院1号楼(朝来高科技产业园)罗德与施瓦茨办公楼 100012

电话: 010-56108074

传真: +86-10-64312828

### 上海

中国上海市浦东新区张江高科技园区盛夏路399号亚芯科技园11号楼

罗德与施瓦茨办公楼 201210

电话: 021-63750018/63750028

### 深圳

深圳市南山区高新南环路43号 威新软件科技园1号楼2楼东/南翼 518057

电话: 0755-22985864

传真: +86-755-82033070

### 成都

中国成都市高新区天府大道 天府软件园A4号楼南一层 610041

电话: 028-62677640

传真: +86-28-85194550

### 西安

西安市高新区锦业一路56号 研祥城市广场5楼502室 710065

电话: 029-83663470

传真: +86-29-87206500

### 武汉

中国湖北省武汉市武汉经济技术开发区201M地块海棠路6号

华中智谷项目二期D2办公室2层1号 430051

电话: 025-83484142

R&S®是罗德与施瓦茨公司注册商标

商品名是所有者的商标 | 中国印制

2025年12月 | 实现70 GHz频段的卫星EMC测试: 保障太空任务的关键技术

文件中没有容限值的数据没有约束力 | 随时更改