

电视无线模块（Wi-Fi蓝牙）辐射发射测试

孙阳

南京熊猫电子股份有限公司，江苏南京

摘要：随着智能电视和智能家居的普及，电视无线模块（包括Wi-Fi和蓝牙）的使用越来越广泛。然而，无线模块的辐射发射问题也日益受到关注。本文旨在探讨电视无线模块的辐射发射测试，以确保其符合国家相关标准和规定，从而保障消费者的健康和安​​全。通过对Wi-Fi和蓝牙技术的简介，以及电视无线模块的硬件结构和功能分析，我们深入了解了无线信号的发射与传播机制。在此基础上，本文详细阐述了辐射发射测试的流程、技术要求以及评估标准。同时，本文还探讨了常见辐射问题的解决方案。

关键词：电视无线模块；Wi-Fi；蓝牙；辐射发射；测试流程

Radiation Emission Testing of Television Wireless Modules (Wi-Fi/Bluetooth)

Yang Sun

Nanjing Panda Electronics Co., Ltd., Nanjing, Jiangsu

Abstract: With the widespread adoption of smart TVs and smart home devices, the use of television wireless modules (including Wi-Fi and Bluetooth) has become increasingly prevalent. However, concerns regarding the radiation emissions from these wireless modules have also grown. This paper aims to explore radiation emission testing for television wireless modules to ensure compliance with national standards and regulations, thereby safeguarding consumer health and safety. Through an introduction to Wi-Fi and Bluetooth technologies, as well as an analysis of the hardware architecture and functionality of television wireless modules, we gain an in-depth understanding of the mechanisms of wireless signal transmission and propagation. Building on this foundation, the paper elaborates on the testing procedures, technical requirements, and evaluation criteria for radiation emission testing. Additionally, solutions to common radiation-related issues are discussed.

Keywords: Television wireless module; Wi-Fi; Bluetooth; Radiation emission; Testing procedure

1 引言

随着科技的飞速发展，智能电视和智能家居已经成为现代家庭生活中不可或缺的一部分。电视无线模块作为连接电视与外部设备的关键组件，其性能和安全性显得尤为重要。本文将从电视无线模块的工作原理出发，深入探讨辐射发射测试的重要性及其具体实施方法。在智能电视日益智能化的背景下，无线模块不仅要满足高速、稳定的数据传输需求，还必须严格控制辐射发射，以避免对周围环境和人体健康造成潜在威胁。

2 电视无线模块的工作原理

2.1 Wi-Fi与蓝牙技术简介

Wi-Fi技术是一种基于IEEE 802.11标准的无线局域网技术，它允许电子设备连接到互联网，无需物理网线连接。Wi-Fi技术具有高速度、广覆盖和灵活性的特点，广泛应用于家庭、办公室、公共场所等多种场景。

蓝牙技术则是一种短距离无线通信技术，旨在替代有线连接，实现设备间的数据传输和语音通信。蓝牙技术具有低功耗、低成本和易于集成的优点，广泛应用于智能手机、耳机、音箱、汽车等设备中，为用户提供便捷的无线连接体验[1]。

2.2 模块的硬件结构与功能

电视无线模块是现代智能电视与外部设备通信的关键组件，通常集成了Wi-Fi和蓝牙技术。Wi-Fi允许电视接入无线网络，实现流媒体服务和互联网浏览；而蓝牙功能则支持蓝牙设备如耳机、扬声器或游戏控制器的配对与连接。在硬件结构上，这些模块包括射频天线、功率放大器、调制解调器以及电源管理单元。功率放大器负责增强信号以确保远距离的稳定连接，而调制解调器则处理信号的编码和解码，确保数据的正确传输。模块的设计需要考虑天线布局和屏蔽技术，以降低潜在的辐射干扰并提高能效比，如苹果公司的产品设计就经常被提及为辐射控制的典范。

无线信号的发射与传播过程中，模块的硬件配置至关重要。天线的设计直接影响到信号的覆盖范

围和方向性。例如，采用多天线设计可以增强信号的强度和稳定性，同时减少信号泄漏，降低不必要的辐射。此外，模块内部通常包含滤波器，以减少不同频率间的交叉干扰，确保无线通信的纯净度。

此外，为了应对现代智能家居环境中日益复杂的无线设备互联需求，电视无线模块还集成了智能管理功能。这些功能允许电视自动识别并连接到最优的无线网络，同时根据网络状况和设备需求动态调整连接参数，如信道选择和传输速率，以优化用户体验。电源管理单元则负责高效管理模块的能耗，延长电视的待机时间，同时确保在高性能需求下的稳定运行[2]。

2.3 无线信号的发射与传播

无线信号通常由模块内的天线产生，这些天线经过调制后，可以将数字信息转换为电磁波。这一过程涉及到复杂的信号处理技术，确保信息在转换过程中不丢失，并且能够以特定的功率水平发射出去。电磁波随后在空间中传播，直到被接收设备捕获。在传播过程中，信号可能会受到多种因素的影响，如物理障碍物的阻挡、空气的吸收以及多径效应等，这些都可能导致信号强度的衰减或信号质量的下降。为了确保信号的稳定传输，模块中的信号放大器和增益控制器起到了关键作用，它们能够补偿信号在传输过程中的损失，增强信号的接收效果。此外，先进的编码技术也被广泛应用于无线信号的发射中，通过增加数据的冗余度来提高信号的抗干扰能力，进一步确保信息的准确无误地传达。

3 测试流程与技术要求

3.1 测试环境的建立

在电视无线模块辐射发射测试中，测试环境的建立是至关重要的第一步。一个好的测试环境需要具备严格的电磁兼容性（EMC）标准，以确保测试结果的准确性和可重复性。这通常涉及到以下几个关键方面：

1. 静电防护：测试区域应配备防静电设施，如防静电工作台、防静电手环等，以防止静电对敏感电子元件造成影响。根据标准，工作区的静电防护

措施应符合行业标准。

2. 屏蔽室：测试应在具有电磁屏蔽功能的房间内进行，以确保外部电磁干扰不会对测试结果产生影响。屏蔽室通常由导电材料制成，如金属板或金属网，形成一个封闭的空间，有效地阻止电磁波的传播。此外，屏蔽室还应配备专门的接地系统，以确保所有设备都能安全、有效地接地，进一步减少电磁干扰的可能性。在屏蔽室内进行测试时，还应严格控制人员进出，以减少人为因素对测试结果的影响。

3. 温湿度控制：在测试环境中，温湿度的控制同样至关重要。为了确保测试的准确性和稳定性，测试区域的温度和湿度应保持在一定的范围内。通常，温度和湿度的控制标准应遵循相关行业标准或测试规范。

4. 本底辐射评估：在开始测试前，需要对测试环境进行本底辐射测量，确保背景辐射水平低于规定的限值。

5. 信号隔离：测试区域应远离无线信号源，如移动电话基站、无线路由器等，同时，测试过程中应关闭不必要的无线设备，防止信号交叉污染。

6. 标准化布局：根据标准，测试设备的布局 and 连接方式应遵循既定的指导原则，以确保测试的一致性。

通过以上措施的实施，可以创建一个符合国际和行业标准的测试环境，为电视无线模块的辐射发射测试提供可靠的基础，确保后续分析的准确性和问题定位的有效性[3,4]。

3.2 测试设备与工具

在电视无线模块的辐射发射测试中，关键的设备与工具包括：

1. 频谱分析仪：用于捕获和分析无线信号，评估其频率成分、功率谱密度等关键参数。

2. 天线：作为信号接收和发射的媒介，选择适当的天线类型和极化方式对于准确测试至关重要。

3. 信号发生器：用于模拟和产生测试所需的无线信号，以验证电视无线模块在不同条件下的性能。

4. 功率计：用于测量无线信号的输出功率，确

保其在规定范围内。

5. 衰减器和放大器：用于调整信号强度，以适应不同测试场景的需求。

6. 数据采集与处理软件：用于自动记录和分析测试结果，提高测试效率和准确性。

这些设备与工具的组合使用，能够全面评估电视无线模块的辐射发射性能，为后续的问题诊断和优化提供有力支持。

3.3 测试步骤与分析

在电视无线模块的辐射发射测试中，测试步骤与分析是确保产品符合安全标准的关键环节。首先，测试环境的建立至关重要，需要一个无干扰的电磁兼容（EMC）实验室，该实验室的背景辐射应低于-60dBm，以保证测试结果的准确性。此外，实验室应配备屏蔽设备，如屏蔽室，以防止外部电磁信号的侵入。接着，测试设备与工具的选择直接影响测试的精度。测试设备通常包括频谱分析仪、天线、信号源以及示波器等，这些设备需定期校准以确保测量数据的可靠性。例如，天线的选择应根据被测设备的频段和辐射特性来匹配，以确保能够准确捕获无线模块发射的信号。

在测试步骤与分析阶段，首先对模块进行预热并记录待机状态下的辐射水平，然后在不同的工作模式下测量其辐射发射。同时，采用扫频或连续波测试模式，分析模块在整个工作频谱上的辐射分布。在测试过程中，还需关注测试距离和天线极化方向对结果的影响。通常，测试距离会按照相关标准设定，以确保测试结果的一致性和可比性。天线极化方向的选择应遵循被测设备的使用场景，分别进行水平极化和垂直极化的测试，以全面评估模块的辐射特性。在记录测试数据时，不仅要记录峰值辐射值，还需记录辐射随频率变化的趋势，这有助于分析模块是否存在潜在的辐射超标问题。同时，通过对比不同工作模式下的辐射发射情况，可以进一步了解模块在不同工作条件下的辐射行为，为后续的优化提供依据。最后，对测试数据进行统计分析，结合评估标准，判断模块是否满足相关的电磁辐射安全要求。

3.4 测试结果的评估标准

测试结果的评估标准是确保电视无线模块电磁辐射安全性的关键环节。评估标准通常依据国家或国际的相关法规和标准。这些标准详细规定了无线设备在不同频段、不同工作模式下的辐射发射限值。在评估过程中，首先需确认测试数据的有效性和准确性，包括测试环境的符合性、测试设备的校准状态以及测试方法的正确性。随后，将测试数据与标准中的限值进行对比，判断模块是否超标。对于超标的情况，需进一步分析问题原因，如天线设计、电路布局或滤波措施是否得当，并提出相应的改进措施。此外，评估标准还可能涉及辐射发射的稳定性和一致性要求，以确保模块在不同工作环境和条件下的辐射行为均能满足安全要求。

4 常见辐射问题与解决方案

4.1 设计阶段的辐射控制

在电视无线模块的设计阶段，辐射控制是至关重要的，因为这直接影响到产品的合规性和用户的安全。设计团队需要遵循电磁兼容性（EMC）标准。为了有效控制辐射，设计师会采用多种策略，包括：

1. 选择低辐射组件：在元器件选型时，优先考虑具有低发射特性的Wi-Fi和蓝牙芯片，这些芯片通常具有内置的屏蔽和滤波功能，可以减少不必要的电磁辐射。

2. 结构设计优化：设计阶段应考虑模块的天线布局和屏蔽设计。例如，将天线放置在设备的非导电表面上，可以利用“天线效应”减少辐射。同时，使用金属屏蔽罩或电磁屏蔽材料来限制内部组件的辐射。

3. 信号路径分析：利用电磁仿真软件进行信号路径分析，预测不同工作模式下的辐射水平，通过调整电路布局和信号线的布设，减少不必要的辐射源。

4. 电源和地线处理：良好的电源和地线设计可以降低电路噪声，从而减少辐射。设计师会确保电源和地线的阻抗匹配，以减少电磁干扰。

5. 采用滤波和去耦技术：在关键位置添加电源和信号滤波器，以及使用去耦电容，可以抑制高频噪声，降低辐射水平。

通过上述方法，设计团队可以在设计阶段就充分考虑辐射控制，避免在后期测试和认证过程中遇到问题，从而节省成本并提高产品的市场竞争力。同时，这种对标准的严格遵守和对用户健康的关注，也是企业社会责任的重要体现[5]。

4.2 生产过程中的质量控制

在电视无线模块的生产过程中，质量控制是确保辐射发射符合安全标准的关键环节。这涉及到对生产流程的严格监控，包括元器件的选择、组装工艺的优化以及生产环境的管理。例如，选用低辐射元器件可以显著降低模块的整体辐射水平，根据标准要求，元器件的辐射发射需控制在特定限值内。此外，生产过程中可能引入的缺陷，如焊接不良导致的信号泄漏，需要通过质量检验及时发现并修正。

在组装阶段，采用屏蔽技术和电磁兼容设计可以有效控制无线信号的无序辐射。比如，模块的外壳可以使用电磁屏蔽材料，以减少内部信号对外部环境的影响。同时，应用仿真软件进行设计验证，可以预测并减少潜在的辐射热点。在实际操作中，可能需要进行多次迭代优化，以确保设计符合标准要求。

生产环境的电磁洁净度也对质量控制至关重要。生产区域应控制电磁干扰，避免外部信号影响模块的性能。此外，定期的设备校准和维护，如测试设备的校零和老化测试，可以确保测试结果的准确性和一致性，从而及时发现并解决可能的辐射问题。

4.3 问题诊断与优化策略

在问题诊断阶段，采用先进的测试设备和方法，可以快速定位辐射问题的源头。例如，使用频谱分析仪和近场探头，可以精确测量模块周围的电磁场分布，从而确定辐射泄漏的具体位置。此外，结合模块化测试策略，可以逐一排查各个组件的辐射情况，有效缩小问题范围。

在优化策略方面，除了上述提到的屏蔽技术和仿真软件应用外，还可以考虑采用更先进的滤波技术和信号处理技术，以进一步降低模块的辐射水

平。同时, 建立严格的质量管理体系, 包括生产流程控制、质量检测和持续改进机制, 可以确保模块在整个生命周期内都保持稳定的低辐射性能。

4.4 辐射抑制技术介绍

辐射抑制技术是降低电视无线模块辐射水平的关键手段。其中, 一种常见的方法是采用吸收材料。这些材料能够吸收并消散电磁波, 从而减少辐射泄漏。例如, 在模块的外壳内部或周围添加吸波材料层, 可以有效降低对外界的辐射干扰。此外, 优化模块内部的电路布局和走线也是抑制辐射的有效策略。通过合理设计电路结构, 减少不必要的电磁辐射源, 以及采用低辐射元件, 可以进一步降低模块的辐射水平。同时, 对模块进行良好的接地处理, 确保电磁场的有效引导, 也是抑制辐射的重要手段之一。

5 结语

随着科技的不断发展, 电视无线模块在智能家居、物联网等领域的应用越来越广泛。然而, 其辐射问题也不容忽视。本文详细介绍了电视无线模块

的工作原理、测试流程与技术要求, 并针对常见的辐射问题提出了相应的解决方案。其中, 辐射抑制技术的介绍为我们提供了一种有效的手段来降低模块的辐射水平。通过严格的质量管理体系和先进的辐射抑制技术, 我们可以确保电视无线模块在满足性能需求的同时, 也符合环保和健康标准。未来, 随着技术的不断进步和创新, 我们相信电视无线模块的辐射问题将会得到更好的解决, 为人们的生活带来更多便利和舒适。

参考文献

- [1] 吴天琪. 无线通信模块辐射发射测试技术研究[J]. 电子技术应用, 2020, 46(5).
- [2] 郭鑫涛. 智能家居中的无线通信技术[J]. 物联网技术, 2021, 11(2).
- [3] 杨帆. 电磁辐射抑制技术在通信设备中的应用[J]. 通信技术, 2022, 55(2).
- [4] 郑顾莹. 无线通信模块设计与测试[J]. 电子技术, 2022, 46(3).
- [5] 王智翔. 无线通信技术发展趋势与挑战[J]. 通信技术与发展, 2023, 27(4).

