

# 电子设备电磁兼容设计探讨

高亚慧

西安开容电子技术有限责任公司 陕西 西安 710000

**摘要:** 电磁兼容性在电子设备中占有重要的地位,电磁干扰及敏感直接影响到设备能否可靠的工作。本文深入探讨了电子设备电磁兼容(EMC)设计的关键要素与技术方法。首先概述了电磁兼容性的基本概念及其对电子设备性能的重要性,随后详细分析了多种电磁兼容检验技术,包括电源传导发射及抗扰度检测、静电放电抗干扰度检测、辐射干扰与抗扰度检测、电快速瞬变脉冲群抗扰度检测以及浪涌抗扰度检测等。最后,从电磁兼容性总体设计、滤波设计、接地设计、屏蔽结构设计及电缆管理等方面,提出了优化电子设备电磁兼容性的具体策略,旨在为电子设备的设计与生产提供有价值的参考。

**关键词:** 电子设备;电磁兼容;设计探讨

引言:随着电子技术的飞速发展,电子设备在日常生活和工业生产中的应用日益广泛。然而,随之而来的电磁干扰(EMI)问题也日益凸显,严重影响了电子设备的性能稳定性。因此,电磁兼容设计成为电子设备研发过程中不可或缺的一环。本文旨在通过系统梳理电磁兼容性的基本概念、检验技术及优化设计方法,为提升电子设备的电磁兼容性能提供理论支持和实践指导。

## 1 电子设备电磁兼容的基本概述

### 1.1 相关概念分析

电子设备电磁兼容作为科学不断创新的产物,也是一种电子设备在特殊环境下,如电磁环境中可有序运作的能力,使电子设备在特殊环境下避免受电磁影响。同时在特殊的时间、空间频谱作业下,许多电子设备电磁兼容互补不影响,有序运作,效果良好。根据要求电子设备的电磁兼容性主要有以下几点:(1)要求在电子设备有序运作的情况下,需对其所处环境形成的电磁干扰加以控制,不能超出干扰的临界值。(2)电子设备本身对于所处环境的一些电磁干扰有一定抗扰度,也就是对其他设备的电磁有较强的抗干扰能力

### 1.2 作用意义

部分厂家过于注重电子产品制作的精密性,反而忽视电磁兼容存在的漏洞。电磁兼容问题的存在使其他信息来源加以干扰,会侵犯他人隐私。根据实际情况,电磁兼容存在许多问题,例如收音机接收信号的干扰等。通过对电子、电气产品的电磁辐射、电磁传导对环境与电网的影响程度展开电磁兼容检测,能将电磁干扰有效排除,使通信有序运作<sup>[1]</sup>。

## 2 电子设备电磁兼容的检验技术分析

### 2.1 电源传导发射及抗扰度检测技术

电源传导发射及抗扰度检测技术在电子设备的质量评估中起着至关重要的作用。电源传导发射检测主要是测量电子设备通过电源线向外部环境发射的电磁干扰信号。通过专业的测试设备,可以准确地捕捉到不同频率范围内的发射强度,确保设备不会对其他电子设备产生不良干扰。而抗扰度检测则是检验电子设备在遭受外部电磁干扰时的稳定性和可靠性。包括对设备进行静电放电、射频电磁场辐射等多种抗扰度测试,以验证设备在复杂电磁环境下仍能正常工作。这项检测技术有助于提高电子设备的电磁兼容性,保障各类电子系统的稳定运行,减少因电磁干扰带来的故障和安全隐患。

### 2.2 静电放电抗干扰度检测技术

电子设备的放电形式主要为直接接触放电和间接接触,第一种是以空气为介质,在测试的过程中需要使用静电发生器进行静电抗扰度试验,进而分析其性能质量。此测试中,需要工作人员将静电发生器靠近检测键盘等零部件中,并启动单次放电模式检测10次及以上,每一次中间间隔为1秒。在完成检测之后会呈现三种结果:第一,干扰环境下电子产品性能出现严重下降,但是后续可以逐渐恢复,不需要人为进行调整。第二,干扰环境下性能或者功能出现明显丧失等情况,且后续需要人工调整或者更换零件才能恢复。第三,在干扰环境下出现严重破损,甚至无法完成功能通信,且损坏不可逆。针对以上情况,需要针对性地加以完善以及优化。针对重点零件进行隔离防护,并增加保护线路,进而提升电子产品的抗干扰能力

### 2.3 辐射骚扰检测技术

辐射骚扰检测针对的是电子设备的运行性能,其主要目的在于观察并分析电子设备在使用的过程中的对外辐射

的量值,且此种电磁辐射会对人体健康情况以及周围电磁环境产生不利影响。此种检测技术最为重要,且需要选择一种可行性较高,安全性能强的形式加以分析,目前最为高效的一种便是电波暗室法来测量产品的辐射骚扰是否满足要求,是指一种运用在模拟开阔场的一种形式。此种方式运用时的电波暗室尺寸以及射频吸波材料的尺寸需要根据设备大小以及测试需要而选择,其种类包括1m法、3m法和10m法等几种不同大小的暗室<sup>[2]</sup>。

#### 2.4 辐射抗扰检测技术

此种检测技术的运用目的主要在于分析电子设备的抗干扰性能是否满足实际需要,能否在特殊的电磁环境中正常运行。在具体工作中,技术人员会使用射频电磁场干扰的形式进行测试。第一,使电子设备处于电波暗室中并将其运行,之后提供不同类型的干扰因素并持续一段时间,检查并分析其处于干扰环境下的运行状况,若是存在问题则需要第一时间隔离重要元件,进而增强抗干扰能力。

#### 2.5 电快速瞬变脉冲群抗扰度检测技术

此技术的运用主要针对在电磁感应负载断开的情况下,是否会出现瞬间电脉冲群时电子产品下是否会出现性能下降等情况。虽然在过去的研究中,技术人员发现此情况下出现的瞬间电脉冲较为微弱,不会对设备性能产生严重的影响,但是还是要加大对此方面的关注,并运用此技术加以检测,否则便会影响电子产品的运行质量以及状态。此种情况的解决方式主要是电路的优化与完善。在电子产品电路规划的过程中需要尽可能确保线路的通顺,不会出现交叉以及反复重叠等情况。此外,要分隔电磁干扰线路以及其他敏感线路,并运用电磁吸收器件,确保线路不会互相干扰并产生影响。

#### 2.6 浪涌抗扰度检测技术

在此项检测工作开展之前,技术人员应检查相关设备以及耦合网络的运行情况,并在确认无误的同时规划检测次数以及等级。在测试的过程中,电源区域的输入电压主要为波形电压,且幅值为1kV。若是在检测过程中并没有其他方面的规定高一级要求,则正极性与负极性的监测次数均为5次左右。在具体工作中,技术人员需要在交流电源的0°、90°、180°以及270°等不同的位置输入浪涌信号,而每一次信号的间隔则在1分钟以内。通常情况下,此种检测技术的检测结果与前一种相同,主要为三种情况,且主要优化形式为电路设计的完善,应选择与设备相符合的压敏电阻,进而增强浪涌信号的抗干扰能力。与此同时,在电路设计的过程中应该将工作电压的1.3倍数作为标称电压值,并利用峰值的计算分析电

子设备的电磁兼容能力。在此基础上,技术人员需要科学分析检测结果,并运用多次检测分析其精准度,进而为后续产品开发与设计提供借鉴和帮助。

### 3 电子设备结构中电磁兼容的优化设计

#### 3.1 电磁兼容性设计

电磁兼容性的设计是对设备的电磁兼容三要素进行分析,建立电磁兼容矩阵,结合设备特性进行总体布局,减少源端的干扰、切断传播路径,同时提高敏感单元的抗干扰能力等,提高设备的电磁兼容性。具体包含以下几个方面:1.器件的选型,2.电路的设计即功率电路和控制电路的隔离、数字信号和模拟信号的隔离等、3.整体的布局包括:设备输入输出接插件的布局,电路板的布置,各器件的布置,以便满足所要求的性能的基础上,应尽量地减小辐射源的回路的面积及高速信号线的尺寸。4.频率分配,系统频率分配要恰当,尽量使各信号频率避开,同时避开使用环境中的谐振频率。

#### 3.2 滤波设计

滤波作为电磁兼容设计中的关键环节,其核心在于通过精心设计的滤波电路,有效减小信号回路中的非期望频率成分,从而实现对电磁干扰(EMI)的精准控制。这一过程不仅能够有效屏蔽外界环境中的电磁噪声,防止其侵入电子设备内部,造成数据错误或设备故障,还能显著抑制设备内部产生的干扰源谱分量,防止其通过辐射或传导方式影响其他设备或系统。电磁滤波之所以能有效减轻电磁干扰,关键在于其能够针对特定频段内的干扰信号进行选择性的衰减或阻止,允许有用信号顺利通过,同时滤除那些可能对电路造成不利影响的杂散频率。这种频率选择性的实现,依赖于滤波器的设计参数,如截止频率、通带带宽、插入损耗等,这些参数需根据具体应用场景和电磁兼容要求进行精确计算和调试。在电子设备设计中,合理布局和选用电磁滤波器至关重要。设计师需充分考虑滤波器的安装位置、连接方式以及与其他电路元件的相互作用,确保滤波器能够充分发挥其滤波效能。同时,还需注意滤波器的接地处理,良好的接地能够进一步提高滤波效果,优化电磁兼容性能。

#### 3.3 接地设计

接地技术作为电子设备结构设计中的基石,其重要性不言而喻。它不仅关乎设备的电气安全,更是实现高效电磁兼容性的关键手段。通过巧妙地将信号源与电源回路与大地相连接,接地技术构建了一个稳定的电位基准,有效减轻了电磁干扰对设备内部电路的影响。在实施接地设计时,需严格遵循相关标准和规范,确保接

地方式合理、接地点选择恰当。不同的接地方式，如单点接地、多点接地或混合接地，各有其适用场景和优缺点，需根据电子设备的具体特性、工作环境及电磁兼容性要求进行综合考量。将电子设备的金属外壳通过优质导体与大地可靠连接，不仅能为设备提供安全保障，防止因电压过高导致的漏电风险，还能有效阻隔外界电磁场对设备内部的侵扰。这种接地方式使得设备外壳成为了一个电磁屏蔽层，将不必要的电磁能量引导至大地，从而提升了设备的电磁兼容性能，保护了内部电路和元器件免受损害。

### 3.4 屏蔽结构设计

电磁屏蔽结构设计是确保电子设备间电磁兼容性的重要环节，它通过巧妙地利用金属导体作为屏障，有效地控制电磁场和电磁波的扩散，为各个电子设备营造一个相对独立的电磁环境。在结构设计过程中，材料的选择至关重要，导电性能优越的金属材料如铝合金、铜、钢等，因其高导电率能有效反射和吸收电磁波，成为首选。此外，创新材料如碳纤维复合材料中嵌入铜网，也展现出良好的电磁屏蔽潜力，为轻量化设计提供了新的可能。值得注意的是，屏蔽效果并非单纯由材料决定，还受到材料厚度、搭接方式及接地方法的深刻影响。因此，在机箱、机柜等大型结构产品的设计中，需特别关注接缝处理，通过优化结构设计、提高加工精度，力求减少缝隙，以增强整体屏蔽效能。对于难以避免的缝隙，可采用导电橡胶条、导电衬垫等辅助材料进行密封，进一步阻断电磁波的泄漏路径。在模块、组件级产品的屏蔽设计中，则更加注重细节处理。激光封焊技术以其高精度、高可靠性，成为实现微小缝隙屏蔽的理想选择。同时，导电胶的应用也为填充不规则缝隙、提高屏蔽完整性提供了便捷途径<sup>[4]</sup>。

### 3.5 电缆管理

电缆管理在电子设备结构的电磁兼容优化设计中起着至关重要的作用。第一，电缆选择是关键的一步。应

选择具有良好屏蔽性能的电缆，如屏蔽双绞线可有效减少电磁干扰对信号传输的影响。对于高频信号传输，低损耗电缆能保证信号质量的同时降低干扰。同轴电缆则在特定应用场景中表现出色，对特定频率范围的信号提供良好的传输和屏蔽效果。第二，合理的电缆布线能极大地降低干扰。采用电缆槽、电缆桥架等方式对电缆进行整理和固定，避免电缆随意摆放而造成相互干扰。将不同类型的电缆分开布置，如电源线与信号线保持一定距离，防止电源线的电磁干扰耦合到信号线上。要注意电缆的走向应尽量简洁，避免形成不必要的环路。第三，确保电缆屏蔽接地正确尤为重要。屏蔽层应在两端接地，这样可以为电磁干扰提供一条低阻抗的泄放路径。在某些特殊情况下，也可根据具体情况采用单端接地，但需谨慎考虑其适用性。对于多芯电缆，每根芯线的屏蔽层也应妥善处理，以提高整体的屏蔽效果。

### 结束语

在电子设备设计领域，电磁兼容性的优化不仅关乎设备的稳定运行与性能提升，更是保障电磁环境和谐共存的重要基石。随着技术的不断进步，电磁兼容设计面临着更多挑战与机遇。未来，我们需持续关注电磁兼容领域的新技术、新标准，不断创新设计理念与方法，以更科学、更高效的手段提升电子设备的电磁兼容性能。通过共同努力，我们有信心推动电子设备电磁兼容设计迈向更高水平，为科技进步和社会发展贡献力量。

### 参考文献

- [1]钟华或.船载电子设备电磁兼容检测技术分析[J].电子制作,2020(24):28-30
- [2]刘淑霞.电子产品电磁兼容的重要性与检测技术要点探讨[J].造纸装备及材料,2021,50(11):93-95
- [3]陈磊.军用电子设备电磁兼容性设计与试验研究[J].通信电源技术,2020,37(4):23-25
- [4]陈炳榛.电子设备结构设计中的电磁兼容设计方法研究[J].电子测试,2021(19):116-118