

# 提高电子结构件可靠性的设计策略

齐雪静

河北远东通信系统工程有限公司 河北 石家庄 050000

**摘要:** 随着电子技术的飞速发展,电子结构件的可靠性成为保障电子设备性能与寿命的关键因素。本文旨在探讨提高电子结构件可靠性的设计策略,从材料选择、结构设计、热管理、电磁兼容性、可靠性测试与验证等多个方面进行深入分析,以为电子行业的设计工程师提供系统性、科学性的指导。

**关键词:** 电子结构件; 可靠性; 设计策略

## 引言

电子结构件作为电子设备的基础组成部分,其可靠性直接影响到整个系统的性能与稳定性。提高电子结构件的可靠性,不仅能够延长设备的使用寿命,降低维护成本,还能增强产品的市场竞争力。因此,研究电子结构件可靠性的设计策略具有重要意义。

### 1 优化材料选择

#### 1.1 热稳定性与化学稳定性

材料的选择是提高电子结构件可靠性的基石。针对热稳定性,需选用能在宽广温度范围内保持物理和化学性质稳定的材料。例如,耐高温陶瓷材料,如氧化铝、氮化硅等,它们能在高温下保持高强度和良好的绝缘性能,有效抵抗热应力导致的裂纹和变形。对于特种合金材料,如镍基、钴基合金,它们不仅耐高温,还具有好的耐腐蚀性和机械强度,适合在极端环境下使用。此外,考虑到化学稳定性,应选择对湿气、氧气、腐蚀性化学物质等具有优异抵抗能力的材料,如采用表面涂层技术,如镀金、镀银等,以增强材料的抗腐蚀能力,确保电子结构件在复杂环境中的长期稳定运行。

#### 1.2 电绝缘性能与导电性能

电子结构件在材料选择时,必须同时考虑电绝缘性能和导电性能,以确保电路的稳定运行。对于需要高绝缘强度的部分,应选用介电常数低、损耗因数小、绝缘电阻高的介电材料,如聚酰亚胺、聚四氟乙烯等,它们能有效防止电流泄漏和电击穿,保障电路的安全性。同时,对于需要导电的部分,则应选用导电性能优异的金属材料,如高纯度铜箔、银浆等,它们具有良好的导电性和热导性,能有效降低电阻和热量积聚,提高电路的效率和稳定性<sup>[1]</sup>。通过合理选择和搭配这些材料,可以确保电子结构件在不同电路环境中都能发挥出最佳的电性能和热性能,从而提升整个电子设备的可靠性和使用寿命。

#### 1.3 机械性能

在选择电子结构件的材料时,机械性能是一个至关重要的考虑因素。由于电子结构件在工作过程中可能会遭受振动、冲击以及其他形式的外力作用,因此,所选材料必须展现出卓越的机械强度,以确保其能够承受这些外部应力而不发生形变或破坏。同时,良好的韧性也是必不可少的,它能使材料在受力时发生塑性变形而不易断裂,从而增强结构件的耐用性。此外,抗疲劳性能也是一个关键因素,特别是在经历重复或周期性应力的情况下,材料应能保持其机械性能的稳定,防止因疲劳而导致结构失效。

### 2 优化结构设计

#### 2.1 尺寸与形状优化

合理的尺寸和形状设计对于提高电子结构件的可靠性具有至关重要的作用。在实际工作环境中,电子结构件会受到各种外力的作用,如压力、振动和冲击等。因此,在设计过程中,必须充分考虑这些因素,对结构件的尺寸和形状进行优化,以减少应力集中,提高其承载能力。具体来说,可以通过采用圆角、倒角等设计来减少应力集中,避免尖锐边角导致的局部应力过大。同时,还可以根据实际需求,适当增加结构件的厚度或采用加强筋等设计,以提高其整体强度和刚度。此外,在形状设计上,也可以采用流线型、弧形等设计来减少空气阻力或流体阻力,降低结构件在工作过程中的能耗和磨损。同时,还可以考虑采用模块化设计,将电子结构件分解成多个独立的模块,便于组装、维修和更换,进一步提高其可靠性和可维护性。

#### 2.2 固定与连接方式

为了确保电子结构件在工作中的稳定性和可靠性,采用适当的固定和连接方式至关重要。精密的机械连接是一种有效的方法,它能够通过精确的设计和加工,实现结构件之间的紧密配合,从而有效防止因松动或振动而导致的故障。在实际应用中,可以选择使用高精度的

螺纹连接、销钉连接等方式,这些连接方式能够提供较大的接触面积和均匀的应力分布,增强连接的稳定性和承载能力。除了机械连接,先进的焊接技术也是提高连接强度和密封性的重要手段<sup>[2]</sup>。例如,采用超声波焊接、激光焊接等先进技术,能够实现材料之间的快速、牢固连接,同时保证焊接接头的密封性能,有效防止因泄漏而导致的故障。这些焊接技术具有热影响区小、焊接速度快、接头质量高等优点,能够满足高精度、高可靠性的电子结构件连接需求。

### 2.3 可维护性设计

在电子结构件的结构设计中,充分考虑易于维修和更换元件的需求是至关重要的。为了实现这一目标,可以采用模块化设计的方法,将电子结构件分解成多个独立的、功能单一的模块。这样,在出现故障或需要升级时,只需更换或维修特定的模块,而无需对整个结构件进行拆解,从而大大简化了维修流程,提高了维修效率。同时,标准化接口的应用也是提高可维护性的关键。通过设计统一的接口标准,可以确保不同模块之间的兼容性和易替换性。当需要更换元件时,只需使用符合标准的替代元件进行替换,无需对接口进行特殊适配,进一步降低了维修成本和复杂度。

## 3 热管理优化

### 3.1 合理布局散热器

电子结构件在工作过程中,由于电流通过和电子元件的能耗,会产生大量的热量。若这些热量不能及时有效地散出,将导致结构件温度升高,进而影响其电性能和机械性能,甚至可能引发故障。因此,在设计中,合理布局散热器是至关重要的。为了实现高效的散热效果,应采用高热导材料制作散热器,如铜、铝等金属,它们具有良好的导热性能,能够有效地将热量从电子结构件中传导出去。同时,散热器的布局也需要经过精心设计,确保其能够覆盖到电子结构件的主要发热区域,并且散热路径要尽可能短,以减少热阻,提高散热效率。除了散热器的材料和布局,还可以考虑采用散热风扇、散热片等辅助散热手段,进一步增强散热效果。通过合理布局散热器,并采用有效的散热手段,可以确保电子结构件在工作过程中保持适宜的温度,从而提高其可靠性和使用寿命。

### 3.2 主动散热系统

针对高功率密度的电子结构件,由于其产生的热量较大,传统的散热方式可能无法满足散热需求。因此,可以引入主动散热系统,如风扇、液冷系统等,进一步降低器件温度,确保其能在正常的温度范围内稳定运

行。风扇是一种常见的主动散热方式,它通过产生气流,将电子结构件产生的热量带走,从而实现散热效果。在选择风扇时,需要考虑其风量、风速等参数,以确保其能够满足散热需求。除了风扇,液冷系统也是一种高效的主动散热方式。它通过将冷却液引入电子结构件中,利用液体的流动和传热性能,将热量带走并实现散热。液冷系统具有散热效果好、温度控制精确等优点,特别适用于高功率密度的电子结构件<sup>[3]</sup>。主动散热系统的引入可以进一步降低高功率密度电子结构件的温度,确保其能在正常的温度范围内稳定运行。在实际应用中,可以根据具体需求和条件选择合适的主动散热方式,并对其进行优化和设计,以提高散热效果和系统的可靠性。

## 4 优化电磁兼容性设计

### 4.1 电磁屏蔽结构

电子结构件在工作过程中,由于电流的变化和电子元件的运作,会产生电磁辐射。同时,它们也可能受到外部电磁环境的干扰,影响正常工作。因此,在设计中合理布局电磁屏蔽结构是至关重要的。电磁屏蔽结构的主要目的是抑制电子结构件产生的电磁辐射,并提高其对外界电磁干扰的抗干扰能力。为了实现这一目标,可以采用导电材料或涂覆导电层来构建屏蔽结构。导电材料如铜、铝等金属具有良好的导电性能,能够有效地吸收和反射电磁辐射,从而减少其向外传播。而涂覆导电层则可以在电子结构件的表面形成一层薄薄的导电膜,同样起到屏蔽电磁辐射的作用。在设计电磁屏蔽结构时,需要考虑屏蔽材料的选择、屏蔽层的厚度、屏蔽结构的布局等因素。屏蔽材料的选择应根据电子结构件的工作频率、电磁辐射强度等特性来确定,以确保屏蔽效果。屏蔽层的厚度则需要根据材料的导电性能和所需的屏蔽效能来计算,以达到最佳的屏蔽效果。而屏蔽结构的布局则应尽量覆盖电子结构件的主要电磁辐射区域,并确保屏蔽结构的连续性和完整性,以避免电磁泄漏。

### 4.2 抗干扰设计技术

为了确保电子结构件在复杂电磁环境下的稳定工作,进一步提高其电磁兼容性,需要采用适当的抗干扰设计技术。这些技术主要包括滤波、接地和屏蔽等措施。滤波是一种有效的抗干扰手段,它能够通过抑制不必要的电磁信号,减少电子结构件受到的干扰。在实际应用中,可以选择合适的滤波器,如低通滤波器、高通滤波器或带通滤波器等,根据具体需求进行配置,以实现特定频率范围内的电磁信号进行滤除。接地是另一种重要的抗干扰措施。通过合理的接地设计,可以将电

子结构件中的电荷或电磁场引入大地，从而减少其对周围环境的干扰。同时，接地还可以提供一条低阻抗的路径，将外部干扰引入大地，保护电子结构件不受其影响。除了滤波和接地，屏蔽也是一种常用的抗干扰技术。通过在电子结构件周围设置屏蔽层，可以有效地隔离外部电磁场对电子结构件的影响，同时也可以防止电子结构件产生的电磁场对外界造成干扰。屏蔽层可以采用导电材料或磁性材料制成，具体选择需根据实际应用场景和需求进行考虑。

## 5 电子结构件可靠性测试与验证

### 5.1 测试方法与设备

为了确保电子结构件在实际工作环境中的可靠性和稳定性，必须对其进行全面的可靠性测试与验证。这一过程中，会采用多种测试方法，模拟实际工作环境中的各种应力和挑战，对电子结构件的可靠性进行全面评估和验证。高温老化试验是其中的一种重要测试方法。通过将电子结构件置于高温环境中，模拟长时间使用导致的老化效应，评估其在高温条件下的性能和寿命。这种测试方法有助于发现电子结构件在高温环境下可能出现的问题，如材料老化、电路性能下降等。振动测试也是常用的测试方法之一。电子结构件在实际使用过程中，可能会受到各种振动的影响，如设备运输、工作环境中的机械振动等。通过振动测试，可以模拟这些振动环境，评估电子结构件在振动条件下的稳定性和耐久性<sup>[4]</sup>。冲击试验则用于模拟电子结构件可能受到的冲击和碰撞。在运输、安装或使用过程中，电子结构件可能会受到意外冲击，因此需要评估其在冲击条件下的可靠性和安全性。为了确保测试结果的准确性和可靠性，必须选用适当的测试设备。这些设备应具备高精度、高稳定性和可靠性，能够准确模拟实际工作环境中的各种应力和挑战。同时，测试设备还应具备良好的数据采集和分析功能，以便对测试结果进行准确解读和评估。

### 5.2 可靠性评估与改进

在完成对电子结构件的可靠性测试后，下一步是根据测试结果对其可靠性进行全面评估。这一评估过程涉及对测试数据的深入分析，以识别任何潜在的可靠性

问题或失效机理。通过仔细研究测试数据，可以揭示电子结构件在不同应力条件下的性能表现，以及可能出现的疲劳、磨损或功能失效的迹象。在评估过程中，特别关注那些可能导致电子结构件性能下降或寿命缩短的关键因素。例如，高温环境下材料的稳定性、振动条件下的结构完整性，以及冲击试验中的抗冲击能力等。一旦潜在问题和失效机理被识别，就需要制定相应的改进措施。这可能涉及对电子结构件设计的调整，以提高其抗应力能力或增强其耐久性。例如，可以改进散热设计，以更好地管理高温环境下的热量；或者优化结构，以提高其在振动和冲击条件下的稳定性。改进措施的实施通常是一个迭代的过程。在初步改进后，需要再次进行测试，以验证改进措施的有效性。这一迭代过程可能需要进行多次，直到电子结构件的可靠性达到满意的水平。除了设计上的改进，还可以考虑采用更可靠的材料或制造工艺，以进一步提高电子结构件的可靠性。例如，选择具有更高耐热性或更好机械性能的材料，或者采用更精确的制造工艺来减少制造过程中的变异性 and 缺陷。

## 结语

提高电子结构件的可靠性是一个系统工程，需要从材料选择、结构设计、热管理、电磁兼容性以及可靠性测试与验证等多个方面入手。通过综合运用这些设计策略，可以显著提升电子结构件的可靠性水平，为电子设备的高性能、长寿命运行提供有力保障。未来，随着新材料、新技术的不断涌现和应用，电子结构件的可靠性设计策略也将不断发展和完善。

## 参考文献

- [1] 申德玮,刘涛,刘小建.电子元器件的可靠性测试与评估技术分析[J].集成电路应用,2023,40(12):383-385.
- [2] 贾兆旭,张琦.基于数据驱动的电子器件筛选可靠性与寿命评估方法[J].电子制作,2024,32(09):111-113.
- [3] 贺养芬,张艳.提高电子元器件可靠性的电子元器件检测设计[J].电子制作,2024,32(06):109-111.
- [4] 任学龙.基于区间算法的电子设备元器件可靠性参数预测方法[J].中国新技术新产品,2024,(07):72-74.