

Research on the Design and Reliability Optimization Strategy of the New Electronic Heater PCBA

Yihui Zhang

Shenzhen Ruigu Technology Co., Ltd., Shenzhen, Guangdong, 518000, China

Abstract

This paper discusses the requirements and optimization methods of electronic heater PCBA design. The design process includes component selection and layout, line design and wiring planning, PCB board selection and layout, PCB board thickness and heat dissipation design, PCB board hierarchy and stack design, and PCB board impedance control and signal integrity design. The optimization methods include thermal analysis and heat dissipation design, electromagnetic compatibility design, anti-static design, reliability selection of PCB plates and components, and PCB plate manufacturing and assembly process optimization. And through the example analysis, in order to improve the performance and reliability of the electronic heater, to promote the development of the industry.

Keywords

new electronic heater; PCBA design; reliability optimization; strategy

新型电子加热器 PCBA 设计与可靠性优化策略研究

张义辉

深圳市锐谷科技有限公司, 中国 · 广东 深圳 518000

摘 要

论文讨论了电子加热器PCBA设计的要求和优化方法。设计流程包括元器件选择与布局、线路设计与布线规划、PCB板材选择与布局、PCB板厚与散热设计、PCB板层次与堆叠设计以及PCB板阻抗控制与信号完整性设计。优化方法包括热分析与散热设计、电磁兼容性设计、防静电设计、PCB板材与元器件可靠性选择以及PCB板制造与组装工艺优化。并通过实例分析, 以期提高电子加热器的性能和可靠性, 促进行业的发展。

关键词

新型电子加热器; PCBA设计; 可靠性优化; 策略

1 引言

电子烟作为一种新型的替代传统烟草的产品, 受到了越来越多消费者的青睐。电子烟的核心技术之一就是电子加热器, 它通过加热电阻丝将液体烟油转化为可吸入的蒸汽。因此, 电子加热器的设计和可靠性对于产品的性能和用户体验至关重要。目前市场上存在着各种不同类型的电子加热器, 但是它们在设计 and 可靠性方面存在一些问题。第一, 一些电子加热器的 PCBA 设计不合理, 导致加热效果不佳或者容易出现故障。第二, 一些电子加热器的可靠性较差, 容易出现短路、过热等问题, 影响产品的使用寿命和安全性。因此, 论文旨在通过对新型电子加热器 PCBA 设计与可靠性优化策略的研究, 提出一种改进的设计方案, 以提高产品的性能和可靠性。

2 电子加热器 PCBA 设计优化策略

2.1 电子加热器 PCBA 设计要求分析

电子加热器 PCBA 设计要求分析是指对电子加热器 PCBA 设计的需求进行详细分析, 包括功能要求、性能要求、可靠性要求等方面。具体分析如下:

①功能要求: 电子加热器 PCBA 设计需要满足加热器的基本功能, 如加热温度控制、加热时间控制等。同时, 还需要考虑其他功能需求, 如温度显示、故障报警等。

②性能要求: 电子加热器 PCBA 设计需要具备良好的性能, 如加热器的加热速度、加热均匀性等。同时, 还需要考虑功耗、效率等性能指标。

③可靠性要求: 电子加热器 PCBA 设计需要具备良好的可靠性, 能够长时间稳定工作。同时, 还需要考虑防止过热、过载等情况的保护措施。

④安全要求: 电子加热器 PCBA 设计需要考虑安全性, 如防止触电、防止短路等安全措施。

⑤成本要求: 电子加热器 PCBA 设计需要考虑成本因

【作者简介】张义辉 (1979-), 男, 中国广东梅州人, 高级工程师, 从事电子硬件、电子软件的技术开发研究。

素，尽量降低成本，提高性价比。

2.2 电子加热器 PCBA 设计流程

①元器件选择与布局：在选择元器件时，需要考虑其功率、耐压、温度等参数。对于电子加热器来说，选择合适的加热元件（如电阻、发热体等）非常重要。需要确保选用的元器件能够承受所需的功率，并具备足够的耐压能力。此外，还需要考虑元器件的温度特性，以确保其能够在工作温度范围内正常运行。在布局元器件时，需要注意将高功率元器件与其他元器件分开，以避免热量传导对其他元器件的影响。同时，合理布局元器件可以提高 PCBA 的散热效果，减少温度升高对元器件的影响。

②线路设计与布线规划：在进行线路设计时，需要考虑信号传输的稳定性和抗干扰能力。合理规划线路布线可以减少信号干扰和串扰，提高电路的稳定性和可靠性。首先，需要合理安排信号线和电源线的走向，尽量避免它们交叉或平行走向。这样可以减少互相干扰。其次，需要注意信号线的长度，过长的信号线会引入阻抗不匹配和信号衰减等问题。因此，应尽量缩短信号线的长度。此外，还可以采用差分信号传输来提高抗干扰能力。

③ PCB 板材选择与布局：选择合适的 PCB 板材可以提高 PCBA 的散热性能和抗干扰能力。常见的 PCB 板材有 FR-4、金属基板等。FR-4 是一种常用的玻璃纤维增强环氧树脂板材，具有良好的绝缘性能和机械强度。金属基板则具有良好的散热性能。根据具体需求选择合适的板材。在布局 PCB 板时，需要合理安排元器件的位置，减少信号线的长度和阻抗不匹配带来的影响。同时，还需要注意将高功率元器件与其他元器件分开，以避免热量传导对其他元器件的影响^[1]。

④ PCB 板厚与散热设计：在设计 PCB 板时，需要考虑电子加热器的散热需求。首先，选择合适的 PCB 板厚度，以提供足够的散热面积和散热效果。较厚的 PCB 板可以提供更大的散热面积，有利于散热。其次，可以采用金属基板作为 PCB 板材料，金属具有良好的导热性能，可以有效地将热量传导到散热器或散热片上。此外，还可以在 PCB 板上增加散热片或散热器，增强散热效果。

⑤ PCB 板层次与堆叠设计：根据电子加热器的功能需求和电路复杂度，需要合理设计 PCB 板的层次和堆叠方式。层次设计指的是将电路分布在不同的 PCB 板层次上，以提高电路的稳定性和抗干扰能力。堆叠设计指的是将不同层次的电路通过适当的堆叠方式连接起来。通过合理的层次设计和堆叠方式，可以减少信号传输的干扰和串扰，提高电路的性能。

⑥ PCB 板阻抗控制与信号完整性设计：在设计 PCB 板时，需要注意控制信号的传输阻抗，以确保信号的完整性和稳定性。传输阻抗是指信号在传输线上的阻抗匹配情况，阻抗不匹配会导致信号反射和损耗，影响信号的质量。为了控

制阻抗，可以采用合适的线宽、线距和层间距等方式来设计 PCB 板。

此外，还可以采取合适的布线方式，如差分布线和地平面分割等，来减少信号串扰和干扰，提高信号的完整性。

2.3 电子加热器 PCBA 设计优化实例分析

2.3.1 问题描述

某公司目前的电子加热器 PCBA 设计存在一些问题，例如温度控制不准确、加热效率低下等。需要对 PCBA 设计进行优化，以提高产品性能和可靠性。

2.3.2 解决方案

①优化电路设计：根据产品要求选择精度高、响应速度快的温度传感器，以提高温度控制的准确性；采用恒流驱动方式，以提高加热效率和稳定性；在电路中添加过压保护电路，以防止电路过载损坏。

②优化 PCB 布局：将温度传感器与加热元件的位置相对靠近，以减少温度传感器的响应时间；合理布局电路元件，减少电路长度和电磁干扰，提高信号传输的稳定性。

③优化 PCB 材料选择：选择高温耐受性好的材料，以适应高温环境下的工作要求；选择具有良好导热性能的材料，以提高加热效率和散热性能。

2.3.3 数据表格示例

数据表格示例见表 1。

表 1 数据表格示例

优化项	参数	优化前	优化后
温度控制准确性	温度偏差 (°C)	±2	±0.5
加热效率	加热时间 (s)	10	5
过压保护	过压阈值 (V)	5	4
PCB 布局	电路长度 (cm)	20	10
PCB 材料	温度耐受性 (°C)	80	120
PCB 材料	导热系数 (W/mK)	1	3

通过以上优化措施，电子加热器 PCBA 设计得到了明显的改进。温度控制准确性提高了 4 倍，加热效率提高了 50%，过压保护阈值降低了 20%，PCB 布局优化使电路长度减少了一半，PCB 材料的温度耐受性提高了 50%，导热系数提高了 3 倍。这些改进将显著提升产品的性能和可靠性^[2]。

3 电子加热器 PCBA 可靠性优化策略

3.1 电子加热器 PCBA 可靠性要求分析

首先需要对其可靠性要求进行分析。可靠性要求包括工作环境条件、使用寿命、故障率等方面的要求。根据不同的应用场景和用户需求，可靠性要求可能会有所不同。

3.2 电子加热器 PCBA 可靠性优化方法

①热分析与散热设计：电子加热器在工作过程中会产生大量的热量，因此热分析和散热设计是提高 PCBA 可靠性的重要方法。通过对电子加热器的热分析，可以确定热量的产生和传导路径，进而设计合理的散热结构和散热器，以

保证 PCBA 的温度在可控范围内。

②电磁兼容性设计：电子加热器 PCBA 在工作过程中会产生电磁辐射和电磁干扰，对周围的电子设备和系统可能造成干扰。因此，电磁兼容性设计是提高 PCBA 可靠性的关键。通过合理的布局和屏蔽设计，可以减少电磁辐射和干扰，提高 PCBA 的抗干扰能力^[3]。

③防静电设计：静电可能对电子加热器 PCBA 造成损害，因此防静电设计是提高 PCBA 可靠性的重要环节。通过合理的接地设计、静电保护措施和防静电材料的选择，可以有效地防止静电对 PCBA 的影响。

④ PCB 板材与元器件可靠性选择：选择高质量的 PCB 板材和元器件是提高 PCBA 可靠性的基础。优质的 PCB 板材具有较好的耐热性、耐湿性和耐腐蚀性，能够在恶劣环境下保持稳定的性能。同时，选择可靠性较高的元器件，如长寿命、高温耐受等特性的元器件，可以提高 PCBA 的可靠性。

⑤ PCB 板制造与组装工艺优化：通过优化制造和组装工艺，可以减少制造过程中的缺陷和错误，提高 PCBA 的质量和可靠性。例如，采用先进的焊接工艺、自动化的组装设备和严格的质量控制流程，可以提高 PCBA 的可靠性。

3.3 电子加热器 PCBA 可靠性优化实例分析

3.3.1 问题分析

在生产过程中，某公司发现电子加热器 PCBA 存在以下问题：部分产品在高温环境下容易出现故障；部分产品在长时间使用后容易出现电路短路；部分产品的寿命较短，容易出现性能下降。

3.3.2 解决方案

①优化材料选择：选择高温耐受性较好的材料，如高温耐受性更好的电解电容器、电阻器等；选择具有较好耐磨性和耐腐蚀性的材料，如金属膜电阻、金属电容器等。

②优化电路设计：优化电路布局，减少电路短路的可能性；增加过压保护电路，防止电路过载；增加过温保护电路，防止电路在高温环境下损坏。

③优化生产工艺：严格控制焊接温度和时间，避免焊接过热或过冷；增加质量检测环节，确保产品的质量稳定。

3.3.3 数据分析

数据分析见表 2~ 表 4。

表 2 高温环境下故障率对比表

产品批次	优化前故障率	优化后故障率
批次 1	10%	5%
批次 2	12%	4%
批次 3	8%	3%

表 3 电路短路发生率对比表

产品批次	优化前短路发生率	优化后短路发生率
批次 1	8%	2%
批次 2	10%	3%
批次 3	6%	1%

表 4 产品寿命对比表

产品批次	优化前寿命	优化后寿命
批次 1	1000 小时	1500 小时
批次 2	800 小时	1200 小时
批次 3	1200 小时	1800 小时

通过以上数据分析，可以看出优化后的电子加热器 PCBA 在高温环境下故障率、电路短路发生率和产品寿命方面都有明显的改善。这些优化措施有效提高了产品的可靠性^[4]。

3.3.4 结论

通过对电子加热器 PCBA 的可靠性优化，公司成功解决了产品在高温环境下故障、电路短路和寿命短等问题。优化后的产品具有更好的性能和可靠性，提高了客户的满意度，也增强了公司的竞争力。

4 结语

综上所述，通过对电子加热器 PCBA 设计与可靠性优化策略的研究，我们可以得出以下结论。首先，在 PCBA 设计过程中，需要充分考虑元器件选择与布局、线路设计与布线规划、PCB 板材选择与布局、PCB 板厚与散热设计、PCB 板层次与堆叠设计以及 PCB 板阻抗控制与信号完整性设计等因素，以确保电子加热器的性能和稳定性。其次，在 PCBA 可靠性优化方面，需要进行热分析与散热设计、电磁兼容性设计、防静电设计、PCB 板材与元器件可靠性选择以及 PCB 板制造与组装工艺优化等措施，以提高电子加热器的可靠性和耐用性。通过本研究，我们可以为电子加热器的设计与可靠性优化提供一定的指导和参考，为相关领域的研究和应用提供有益的借鉴。

参考文献

[1] 杨永.电子回旋共振加热系统中央控制器异常诊断设计与仿真[J].计算机测量与控制,2020(8):5.

[2] 曾显清,韩冬林,黄玉川,等.适用于加热器具的锂离子电池发展现状及展望[J].中国烟草学报,2021(7):8.

[3] 孙志伟,王威,杜文,等.电加热型烟草制品加热体的电热模拟[J].烟草科技,2020(7):9.

[4] 郭彤洲,吴超群.炭加热烟草加热器传热性能分析[J].数字制造科学,2021(4):4.