

Calculation of the Collapse Strength of Air Conditioner Controller PCB and Structural Optimization

Qinbo Zhang, Bing Hua

Jiangsu Rothwell Electric Co., Ltd., Yangzhou Jiangsu
Email: 1007298240@qq.com

Received: Jan. 29th, 2019; accepted: Feb. 14th, 2019; published: Feb. 21st, 2019

Abstract

PCB board is an important structural part of air conditioning controller, and to optimize the PCB structure, to satisfy the collapse force, it has to do a strong calculation on PCB plates. In consideration of its structure, support conditions, factors such as static strength and stiffness, stress and critical yield limit of PCB as constraint condition, carry on the optimization design. In this way, PCB plate can be collapse under the specified load, and the optimization method is to provide reference for the structure design of PCB plate.

Keywords

PCB Board, Stress, Collapse, Structural Design

空调控制器PCB板溃缩强度计算与结构优化

张钦搏, 华 兵

江苏罗思韦尔电气有限公司, 江苏 扬州
Email: 1007298240@qq.com

收稿日期: 2019年1月29日; 录用日期: 2019年2月14日; 发布日期: 2019年2月21日

摘 要

空调控制器PCB板是空调控制器的重要结构件, 为了优化PCB板结构, 使其满足溃缩力要求, 对PCB板进行了强度计算。在综合考虑其结构、支撑条件、静力强度和刚度等因素下, 以PCB板的应力及临界屈服极限作为约束条件, 对其进行优化设计。优化后, PCB板在指定载荷下发生溃缩, 优化方法为PCB板的结构设计提供了参考。

关键词

PCB板, 应力, 溃缩, 结构设计

Copyright © 2019 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



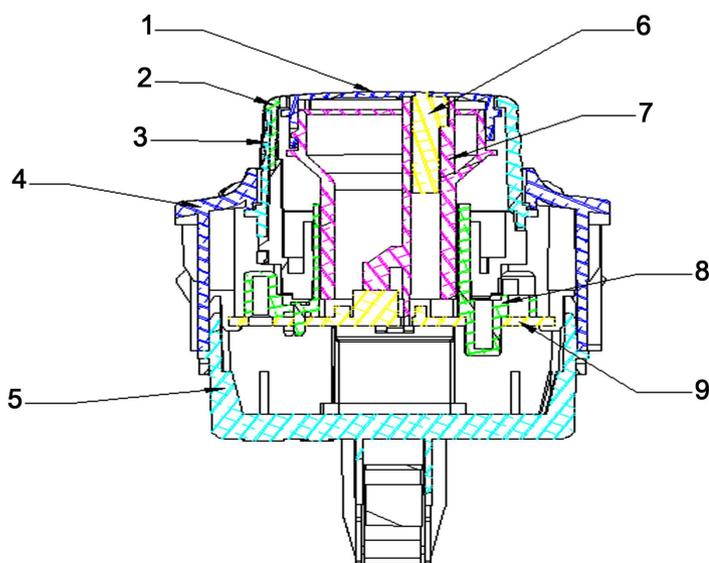
Open Access

1. 引言

随着微电子技术的高速发展,由芯片构成的数字电子系统朝着规模大、体积小、速度快的方向发展,而且发展的速度越来越快[1]。人们对于其重要结构件 PCB 板提出了更为严格的功能要求(PCB 板是电子产品中电路元件和器件的支撑件,它提供电路元件和器件之间的电气连接): PCB 板在 250 N 的压力载荷下不发生溃缩,在 378 N 的压力载荷下发生溃缩,PCB 板的结构设计对其产品的功能影响很大。因此在进行 PCB 板设计时,不能遵循 PCB 板设计的一般原则,要使得能够满足溃缩性能的要求,PCB 板的结构设计很重要[2][3]。

1.1. PCB 板有限元模型建立

空调控制器整体结构(如图 1 所示): PCB 板组件 9 支撑于下壳体 5 上,旋钮底座通过螺钉锁在 PCB 板 9 上,旋钮支架 7 通过扣位固定于旋钮底座 8 上,旋钮 3 通过扣位固定于旋钮支架 7 上,导光体 2 通过扣位固定于旋钮 3 上,导光体 6 固定于旋钮支架 7 上,按键帽 1 通过扣位固定于旋钮支架 7 上,最后上壳体 4 通过扣位与下壳体 5 进行扣合。空调控制器进行溃缩实验时,其力的传递形式为:载荷通过按键帽 1 传递给旋钮支架 7,然后传递给旋钮底座 8,最后由 PCB 板组件 9 来承受载荷并达到溃缩力的要求。



1.按键帽, 2.导光体 1, 3.旋钮, 4.上壳体, 5.下壳体, 6.导光体 2, 7.旋钮支架, 8.旋钮底座, 9.PCB 板组件

Figure 1. Air conditioning controller structure form

图 1. 空调控制器结构形式

1.2. PCB 板溃缩实验的受力分析

选用空调控制器中的 PCB 板进行静力学结构分析, 以初步分析 PCB 板的应力分布情况。

Table 1. Main parameters of PCB board

表 1. PCB 板主要参数

	单位(Units)	数值(Test Value)
密度(Density)	g/cm ³	1.2
杨氏模量	Pa	2.4 E + 10 Pa
泊松比		0.47
屈服强度	Mpa	350
切线模量	Pa	2.3 E + 08 Pa
最大压力	N	378
最小压力	N	250
PCB 板厚	mm	1.6

根据上表 1 数据, 笔者在 CATIA 软件中建立了 PCB 板实体三维模型。根据以往的软件使用经验, 简化了一些特征使得计算分析更加简便[4]。将三维实体导入到 Mesh 中对 PCB 板进行网格划分, 共得到 13,238 个单元和 25,569 个节点。PCB 板的有限元模型如图 2 所示。

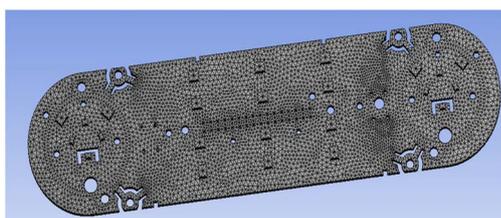


Figure 2. Finite element mesh model of PCB board

图 2. PCB 板有限元网格划分模型

在分析 PCB 板应力时, 假设 250 N 的压力通过按钮帽、旋钮支座及旋钮底座传递到 PCB 上, 此时 PCB 上的压力载荷为:

$$P = F/S \quad (1)$$

式中: P 为压力, F 为作用在按钮帽上的集中载荷, S 为旋钮底座与 PCB 板的接触面积

空调控制器在进行溃缩实验时, PCB 板是通过四个螺钉锁紧在下壳体上的, 所以在锁紧部位采用固定约束。其约束形式与载荷分布如图 3 所示:

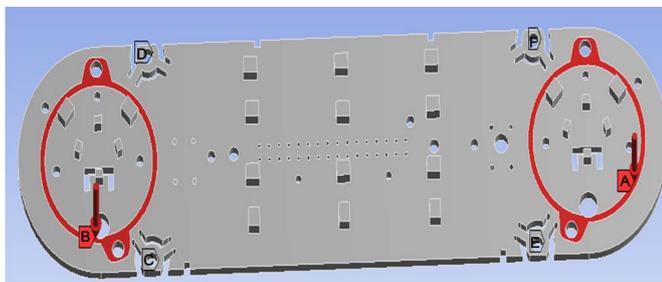


Figure 3. Load distribution and constraint form of PCB board

图 3. PCB 板载荷分布与约束形式

1.3. PCB 强度计算结果及分析

根据上述边界条件对模型进行加载, 并进行求解分析, 得到 PCB 板等效应力云图, 如图 4 所示。PCB 板在受到 0.782 Mpa 的压力时, PCB 板的四个固定区域承受了主要的载荷, 载荷由四个固定区域处向外逐渐减小。此外 PCB 板中四个近端处的支撑筋应力大于四个远端处的支撑筋应力, 最大应力发生在四个近端处的支撑筋的中间部位, 为 398.85 Mpa。设计采用玻纤布基材料, 其屈服极限 $\sigma_s \leq 350$ MPa。根据工程应用的实际经验, 此 PCB 板结构难以满足 250N 的压力时不发生溃缩的要求, 因此必须对 PCB 板进行结构的优化。

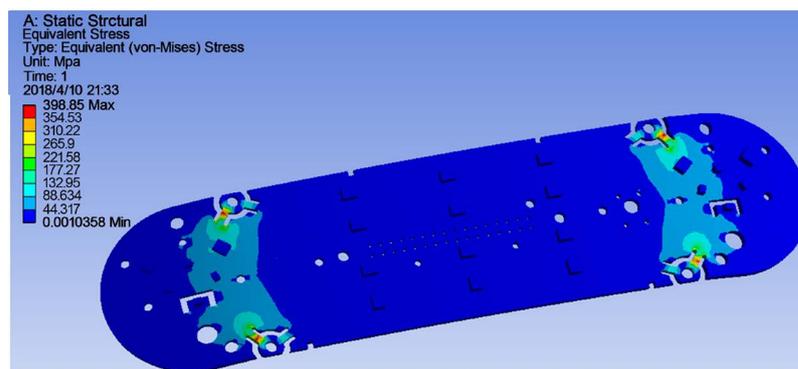


Figure 4. Equivalent stress contours of PCB plate
图 4. PCB 板等效应力云图

2. PCB 板的结构优化设计

在保证 PCB 板厚度不变的情况下, 使其能够满足溃缩力的要求。PCB 板的溃缩力大小主要取决于支撑筋的厚度与宽度, 因为其厚度不能发生变化, 故选定 PCB 板的宽度作为优化设计变量, PCB 板的应力以及临界屈服极限作为边界条件。PCB 板更改后的结构(如图 5 所示), 分别加宽了八个支撑筋, 使其支撑筋成为扇形结构形式。

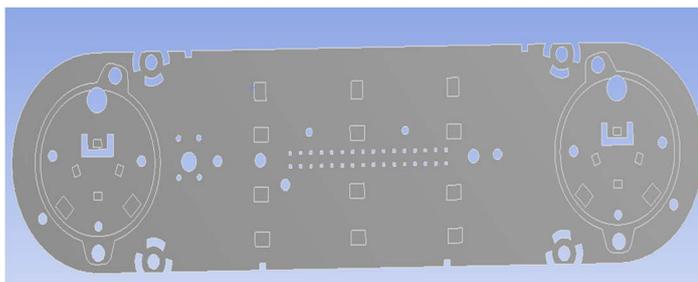


Figure 5. PCB changed structure form
图 5. PCB 更改后的结构形式

PCB 板结构优化后有限元计算及分析

在 PCB 板改进后, 其约束条件及载荷大小均匀改变。首先将 PCB 板进行 250 N 的压力下, 经过计算得到其 PCB 等效应力云图, 如图 6 所示。可见其最大应力为 292.21 MPa。因其屈服极限 $\sigma_s \leq 350$ MPa。根据工程应用的实际经验, 取安全系数 $n = 1.5$, 材料的许用应力 $[\sigma] = \sigma_s / 1.5 = 233.33$ MPa, 小于材料的屈服极限, 因此不会发生溃缩现象, 满足实验要求。

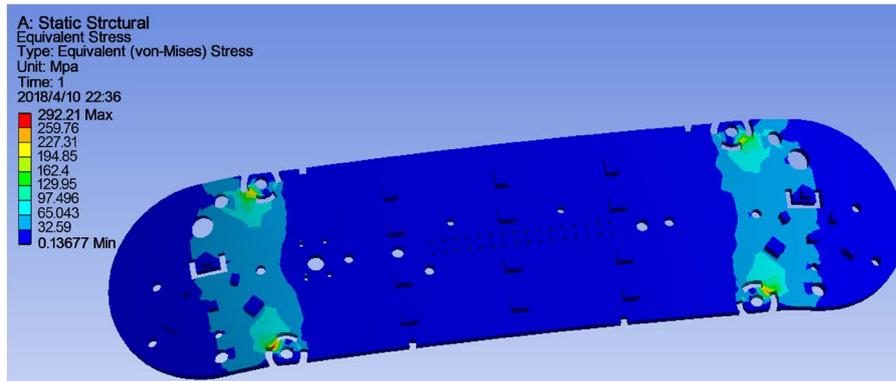


Figure 6. Equivalent stress contours of PCB plate
图 6. PCB 板等效应力云图

其次, 在满足上述溃缩力要求的前提下, PCB 板进行 378 N 压力载荷下发生溃缩的实验, 经过计算得到其 PCB 等效应力云图, 如图 7 所示。可见其最大应力为 442.06 MPa。因其屈服极限 $\sigma_s \leq 350$ MPa, 远大于材料的屈服极限, 因此会发生溃缩现象, 故而满足实验要求。

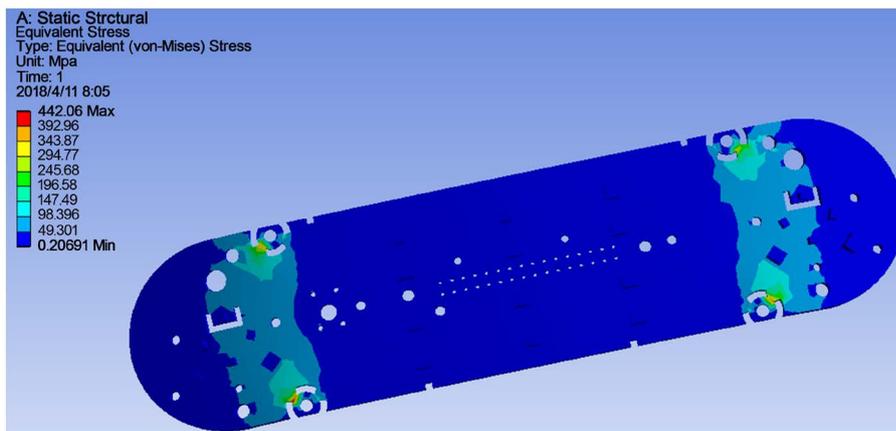


Figure 7. Equivalent stress contours of PCB plate
图 7. PCB 板等效应力云图

3. PCB 板结构优化前后的数据分析

将同为 250 N 压力载荷下的溃缩实验, 分别取更改前后 PCB 板支撑筋处的 10 个节点, 并将其等效应力列在表 2、表 3 上, 并生成对比图(如图 8)。

Table 2. Equivalent stress of 10 nodes in the original support tendons
表 2. 原支撑筋处 10 节点等效应力

节点号	1	2	3	4	5
等效应力/Mpa	258.19	329.72	170.65	174.2	391.09
节点号	6	7	8	9	10
等效应力/Mpa	303.58	179.69	219.39	367.79	245.27

Table 3. Equivalent stress of 10 nodes in the present support tendons
表 3. 现支撑筋处 10 节点等效应力

节点号	1	2	3	4	5
等效应力/Mpa	10.581	10.503	14.118	7.713	41.304
节点号	6	7	8	9	10
等效应力/Mpa	55.526	148.15	292.21	23.923	14.148

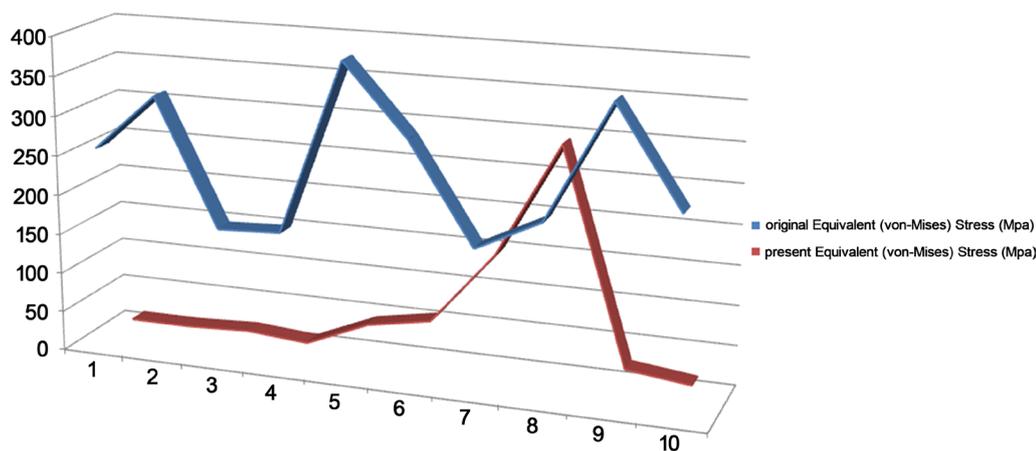


Figure 8. Comparison of stress before and after changes of PCB board
图 8. PCB 板更改前后应力比较

通过表 2、表 3 和图 8 可以明显的看出, 同等约束、载荷作用下, PCB 板更改前比更改后在等效应力数值上要大的多, 且在最大值处超出了材料的屈服强度 350 Mpa。可见更改后的 PCB 板结构, 其支撑筋起到了很好的加强作用。

将同为更改后的 PCB 板进行溃缩实验, 分别取 250 N 压力及 378 N 压力下, PCB 板支撑筋处的 10 个节点, 并将其等效应力列在表 4、表 5 上, 并生成对比图(如图 9) [5]。

Table 4. Equivalent stress for 10 nodes at 250 N
表 4. 250 N 压力下 10 节点等效应力

节点号	1	2	3	4	5
等效应力/Mpa	10.581	10.503	14.118	7.713	41.304
节点号	6	7	8	9	10
等效应力/Mpa	55.526	148.15	292.21	23.923	14.148

Table 5. Equivalent stress for 10 nodes at 378 N
表 5. 378 N 压力下 10 节点等效应力

节点号	1	2	3	4	5
等效应力/Mpa	316.68	324.99	326.03	342.86	348.28
节点号	6	7	8	9	10
等效应力/Mpa	352.43	395.48	442.06	365.72	390.62

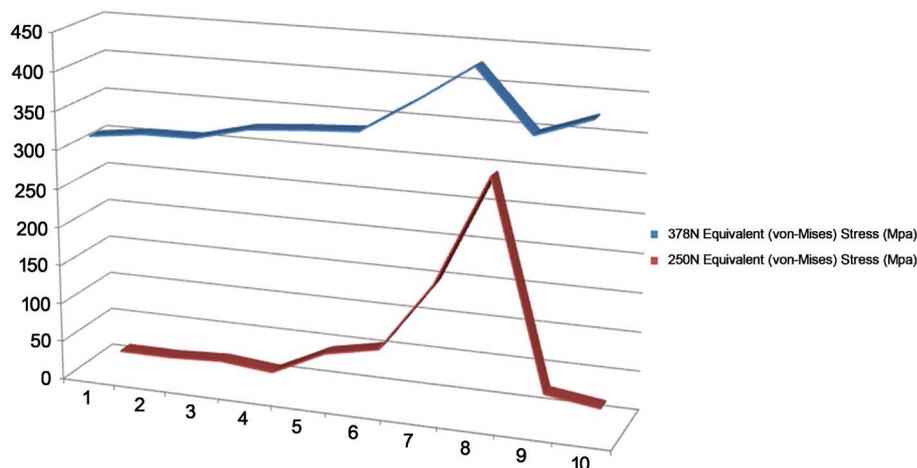


Figure 9. Comparison of stress under different pressure of PCB board
图 9. PCB 板不同压力下应力比较

通过表 4、表 5 和图 9 可以明显的看出, 同等约束、载荷作用下, PCB 板在 378 N 压力下要比 250 N 压下在等效应力数值上要大的多, 且在最大值处超出了材料的屈服强度 350 Mpa。可见 378 N 的压力下, PCB 会发生破坏, 因此能够满足溃缩力的要求, 更改后的结构有效。

4. 结论

由以上的分析可知: 在同为 250 N 的压力下, 更改后的 PCB 板在支撑筋处的等效应力值要小于材料的屈服强度极限, 且小于更改前的数值, 使得 PCB 板能够满足不发生溃缩的要求。在同为更改后的结构情况, 在 378 N 的压力下, 更改后的 PCB 板在支撑筋处的最大等效应力值 $442.06 \text{ MPa} > 350 \text{ MPa}$, 同样可以满足溃缩力的实验要求。基于以上结论, 更改后的 PCB 板结构符合了设计的要求, 且能够满足一定压力条件下发生溃缩的功能, 其为设计提供了指导方向。

参考文献

- [1] 郝丽阳. WK-55 型挖掘机提升卷筒强度计算与结构参数优化[J]. 矿山机械, 2018, 46(1): 16-19.
- [2] 王勇. 板筋结构强度计算及最优化设计[J]. 电力科技与环保, 2010, 26(5): 43-44.
- [3] 夏继梅. 一种板钣金结构强度计算和优化[J]. 数字化设计, 出版年份, 卷(期): 50-52.
- [4] 姜建东. 转向架摇枕强度的计算及结构优化[J]. 机车车辆工艺, 2006(3): 4-6.
- [5] 张钦搏. 直齿圆锥齿轮与弧齿圆锥齿轮轮齿应力比较[J]. 仪器与设备, 2016(2): 6-7.

知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2167-6631, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: met@hanspub.org