

## 探讨空调产品卡扣结构强度优化分析

### Discussing the optimization analysis of the strength of the product buckle structure

汤志平

Tang Zhiping

(珠海格力电器股份有限公司 广东珠海 519070)

Gree Electric Appliances Inc.of Zhuhai 519070

#### 摘要:

本文通过以某款挂壁式空调产品开发过程为例,重点阐述了如何在开发过程中对卡扣强度进行优化设计。

本文例举的D款挂壁式空调产品,其外观风格与市场其它产品不同,要求产品两端的端盖结构具备可拆卸、更换性,以达到最大通用化的目的。为实现这一目标,我们通过卡扣的形式将端盖与面板体相互连接,但是零部件采用卡扣连接后的抗冲击强度不及一体化成型方式,在实际产品跌落测试中出现了卡扣破损的问题。

本次我们主要从常用的QCC理论方法及CAE仿真工具等手段进行原因分析和结构优化,并最终将问题得以解决,为后续类似结构设计提供一些工程指导。

**关键字:** 端盖; 卡扣; 强度; 跌落

#### Abstract

This article takes an example of a product development process as an example to focus on how to optimize the design strength of the buckle during the development process.

The appearance and structure of the D section of this article differs from the previous series. The design requires attention to the removal and replacement of both end caps of the panel body to achieve maximum generalization. Therefore, the end cap is connected to the panel body through the buckle, resulting in The impact strength of the product was relatively weak. The drop test was unqualified. This time we mainly analyzed the QCC theoretical direction and CAE simulation tools and other methods, and finally solved the problem.

## Keywords

End cap; Buckle; Strength; Drop

### 1 引言：

目前，市场上分体挂壁机空调产品的外观造型越来越新颖、漂亮，极大丰富了市场，这也给消费者带来了越来越多的选择，但是，在产品外观造型丰富多彩的同时，也给结构设计人员带来一些需要考虑的问题，比如零件数量的增加、零件与零件之间的联接、零件的通用性与可拆卸性、零件的售后安装与清洗方便性等等。其中，零件与零件卡扣连接处，卡扣结构强度设计是尤其需要关注的问题之一。

本次，我们以某D款分体挂壁内机空调为例，探讨在产品开发过程中如何对卡扣进行优化设计。该D款产品外观结构与其它系列产品不同，要求产品两端的端盖结构具备可拆卸、更换性，以达到最大通用化的目的。为实现这一目标，我们通过卡扣的形式将端盖与面板体相互连接，但是零部件采用卡扣连接的抗冲击强度不及一体化成型方式，在实际产品跌落测试中出现了卡扣破损的问题，试验后的具体破损情况如下图1所示。



图1 卡扣断裂

针对试验后出现的卡扣破损问题，我们基于QCC的理论及方法，对此先进行了详细的原因分析。

首先，我们从产品包装形式上进行分析。因该产品需实现装柜量高的目的，设计方案书要求对包装尺寸进行严格控制，因此外包装形式必须采用通侧箱形式。通侧箱两端面为空，产品两侧的包装泡沫端面直接裸露在外，这种形式的包装虽然缩小了包装尺寸提高了装柜量，但存在如下缺陷：跌落试验时包装材料破损无法继续承受二次冲击，特别是当泡沫破裂发生位移时产品可能直接在二次跌

落过程中受到冲击，通侧箱包装效果图如下所示。



图2 通侧型包装效果图

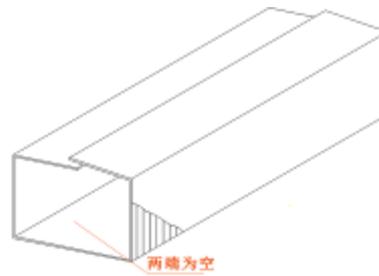


图3 通侧型包装箱立体图

由于包装箱型式不可改变，因此我们需要重点从人、法、环、料等四大方面进行分析。

- 1)：人员方面：实验员因操作习惯不同，可能造成跌落方式存在一定的差异性；
- 2)：环境方面：环境的温度或者湿度的变化可能会影响材料的性能，从而导致跌落时卡扣断裂；
- 3)：材料方面：包装泡沫密度不够，无法很好得保护产品，或者端盖卡扣本身注塑存在缺陷导致跌落时破裂；
- 4)：设计方面：端盖卡扣强度设计存在不足。由于该系列均采用面板体、端盖分离的形式，理论上分析其整体结构强度要低于一体化的面板体，而跌落试验需要选取产品最重部位即电器盒侧，先进行一角、三棱，再进行六个面，总共10次，高度均为1.2米的跌落测试。实际在发生角跌落、棱跌落时面板体、端盖卡扣连接处发生一定剪切力作用。

## 2 失效分析及验证

### 1)：人员方面

部分实验人员因操作习惯不一样，在跌落过程中可能存在未按照统一的实验标准进行测试，导致产品在跌落过程中发生破损，影响了试验的一致性。于是，我们再提供全新的机子，并委托另外的实验员进行实验，拆包发现，卡扣仍然存在破裂现象，这说明卡扣开裂与试验人员无关。

### 2)：环境方面

环境存在温湿度变化会在一定程度上影响材料的性能，使材料的整体强度降低，导致跌落测试过程卡扣断裂。同时考虑到产品会销往世界各地，比如包括亚热带气候的其他地区，因此环境是一个需要考虑的因素，于是我们模拟高、低温冲击进行试验后再进行跌落测试，我们用做完高、低温冲击试验的样机进行跌落

测试发现端盖卡扣依然破损，这说明环境温湿度变化不是导致端盖卡扣破裂的主要原因。

### 3)：材料方面

#### A. 包装材料方面

在跌落过程中实际起主要缓冲吸能作用的是包装泡沫，如果包装泡沫密度不符合设计要求则会降低其缓冲性能。针对泡沫密度问题，经查图纸，D款包装泡沫设计图纸上要求左、右泡沫密度需达到20kg/m<sup>3</sup>，底壳泡沫密度需达到40kg/m<sup>3</sup>，我们一般检验泡沫的方式为称重方式，而包装泡沫重量可以通过三维软件计算得出，计算得出的重量如下表所示：

表1

机型	包装泡沫(左)重量	包装泡沫(右)重量	包装泡沫(底壳)重量
D款	128 (+13/-9.8)	130 (+13/-4.6)	18.4 (+2/-1.4)

对进行试验的泡沫进行称重，结果显示，泡沫重量均在规定范围之内，故包装泡沫密度不够不是导致卡扣断裂的主要原因。

#### B. 端盖卡扣材料方面

若零件在注塑过程中存在缺陷，存在材料密度不均匀、回料等问题，导致其强度不足跌落时破裂。于是我们重新提供合格的端盖样件，复测跌落实验，在复调整机跌落之前，对端盖进行红外光谱对比测试：测试后材料主要特征峰一致，特征峰峰值波数无明显变化，特征峰峰形和相对强度不变，说明端盖来料无异常。卡扣材料性能要求如下表2所示。

表2

检验项目	技术要求
拉伸强度	≥30 MPa
断裂伸长率	≥1 %
小样条弯曲强度	≥60MPa
悬臂梁缺口冲击强度	≥10 KJ/M <sup>2</sup>

而跌落复测结果显示，端盖卡扣依然破裂，因此，我们判定端盖卡扣材料并不是导致跌落测试破裂的主要原因。

### 4)：设计方面

#### A. 结构设计方面

由于类似E款产品在1.2米高度跌落时端盖卡扣未出现断裂破损，且E款产品重量要比D款产品要大，同等跌落高度条件下重量越重的产品承受的冲击载荷力

会更大，因此有必要先对该两种结构进行对标分析。考虑到跌落过程中实际发生断裂的部分基本集中在卡扣A处，因此，我们以A处卡扣重点进行有效对比，并同步对两者卡扣进行特征分析。

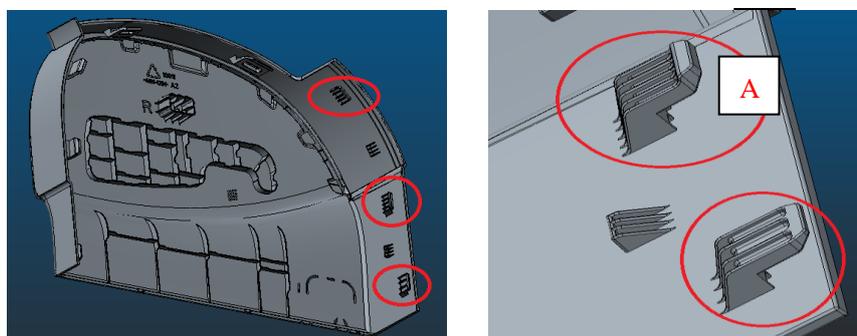


图4 E款端盖卡扣特征

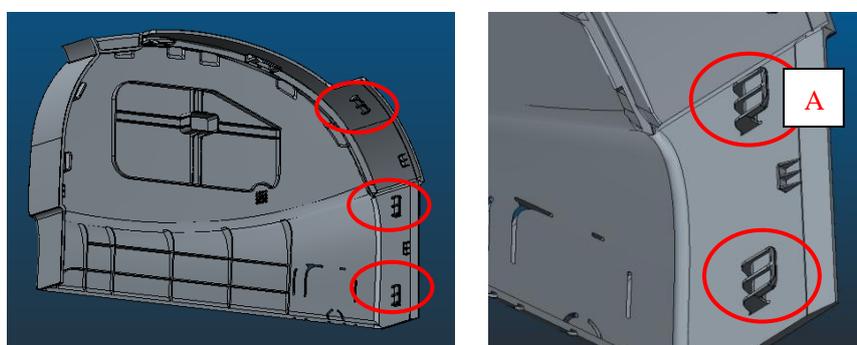


图5 D款端盖卡扣特征

为了更好的说明两款产品卡扣的特征，对此我们主要从卡扣的筋条数量、筋条高度、沉台等等方面进行了对比、分析，具体如下。

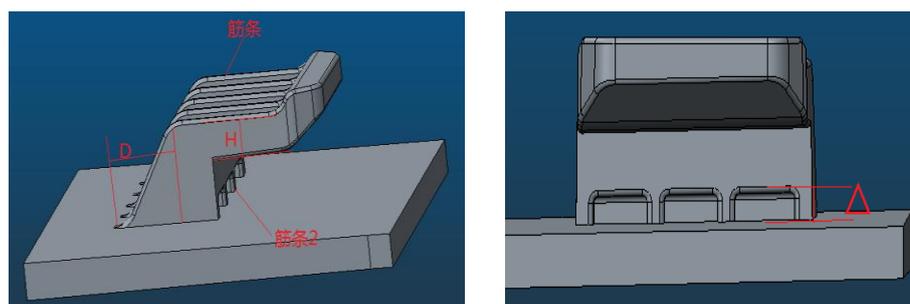


图6

表3

壳体	D=MM	H=MM	△=MM	筋条数量	筋条 2 数量
D 款	6	3	2.27	3	3
E 款	6.77	3.2	1.31	5	4

从上述卡扣特征对比我们可以看出，E款产品的整体卡扣强度要优于D款产品。但为了更好的从理论上进行对比分析并找出方案优劣性，我们利用ANSYS有

限元技术进行数值模拟分析。

## 2.1 D款卡扣强度仿真分析:

对跌落过程进行受力分析,我们发现该卡扣断裂主要是因为卡扣受到两方向的载荷冲击,其中第一冲击力来源于面板体的拉力作用,此状态下卡扣相当于为悬臂梁结构,如图7、图8箭头所示方向,故对卡扣根部的伤害最大。

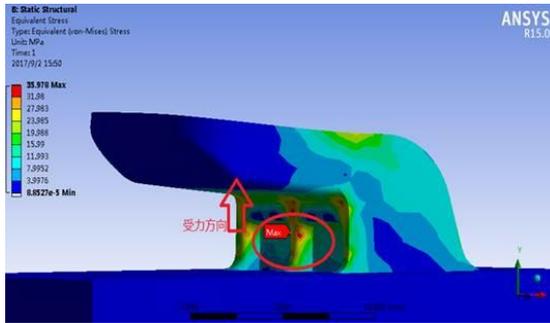


图7 卡扣受拉力作用



图8 卡扣根部正面受力

## 2.2 E款卡扣强度仿真分析:

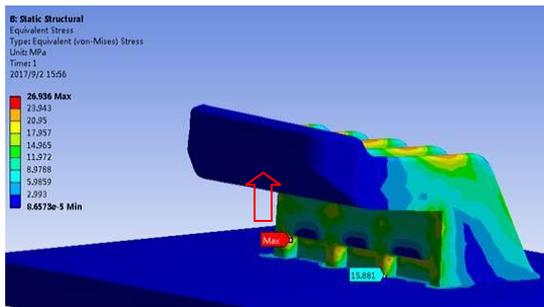


图9 卡扣受拉力作用

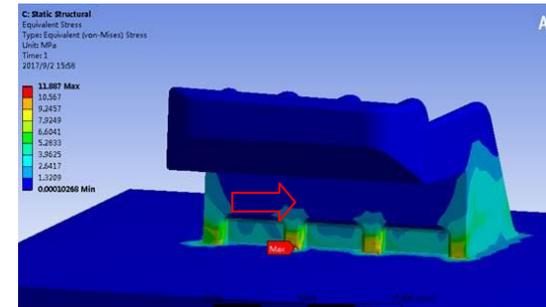


图10 卡扣根部正面受力

从两个方向受力分析模拟来看,D款卡扣内侧根部最大等效应力值(35.9MPa、21.15MPa)均比E款要大(26.9MPa、11.89MPa)。

综上,通过层层分析,我们判定端盖卡扣强度设计不足是导致跌落过程卡扣破裂的主要原因,因此,我们需要从卡扣结构优化的角度出发将该问题解决。

## 2.2 D款卡扣结构优化设计:

我们对比E款产品结构特征,首先将卡扣背部筋条数量由3条改为5条,再将D款卡扣内侧沉台数量由2个改3个,并缩小沉台高度尺寸H值由2.27mm改为1.30mm,以此加大卡扣与面板体连接受力接触面,减少冲击载荷,同时对沉台顶部内侧进行R0.5圆角处理,以便尽量减少应力集中。

最终,我们确定D款产品端盖卡扣改进后的方案如下图11所示。

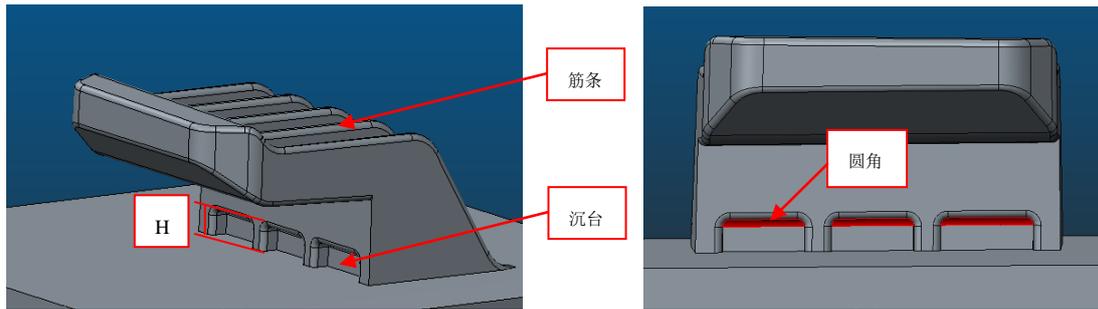


图11 卡扣更改后的特征

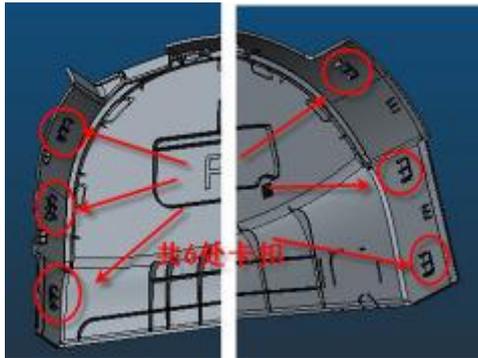


图12 卡扣更改前的筋条

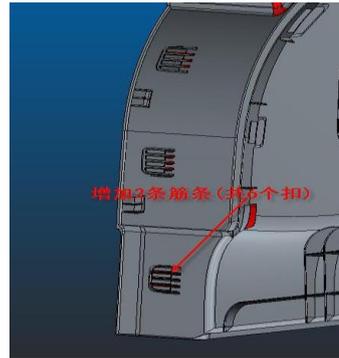


图13 卡扣更改后的筋条

### 3 优化后验证

我们通过使用更改后的端盖卡扣进行反复跌落实验，实物验证后的结果均显示：端盖卡扣完好，测试合格。

为提高整体产品的抗跌落冲击能力，我们提出了上述卡扣结构改进的优化方向：即通过改模优化端盖卡扣结构特征加强其本身结构强度，以此来提高了端盖卡扣的抗冲击能力。这说明优化后的卡扣结构设计强度是满足实际需求的，该优化方式可以指导类似产品的结构设计。



图14 优化后的测试效果

## 4 结论

从上述分析可知，我们得到了D款产品端盖卡扣最优的结构强度设计方案，并形成了标准化、规范化，为后续类似产品的再设计开发提供了指引和借鉴之处。当然，如何做好产品开发过程中卡扣结构强度的优化分析是一个关键所在，因为其直接关系到产品的开发进度和质量问题，个人认为应该注意以下几点入手：

1)、目前，产品结构强度的检验主要还是通过运输试验比如跌落测试，由于跌落测试存在一定的偶然性和随机性，因此，需要我们在产品开发过程中适当增加测试数量以便检验其跌落测试一致性，避免在产品开发完成后仍出现测试不合格问题，这将会直接影响产品的开发进度和产品质量可靠性。

2)、在产品结构设计开发中，对于一些重点区域的结构特征需要重点加强，比如涉及受力的卡扣等，特别是产品结构强度相对薄弱的区域更不能忽视（跌落试验时一般选取质量最重的部位）。

3)、在项目开发过程中，各个壳体之间可以通过相互借鉴、相互对标，发现自我结构设计的一些不足之处时应加以加强，取长补短，这样也可避免少走弯路，节省开发时间。

4)、从上述分析可知，仿真技术作为一项工具，是可以指导我们进行一些定性的分析，也能够比较快速的告知设计人员对比方案的优劣性，这样会给我们的工作带来一些方便，比如有助于我们如何选择设计方案、改进方案提供有力指导，但关键在于我们如何学好、用好这门辅助工具。