

基于ANSYS的柜内机出风面板装配卡扣结构强度分析及研究

熊协梅

(珠海格力电器股份有限公司 广东珠海 519070)

摘要: 本文通过利用ANSYS分析软件对现有空调柜内机出风面板常见的四种卡扣结构方式进行整体静力学与动力学分析,对四种典型卡扣结构进行垂直力载荷分析、侧向力载荷分析、卡扣根部结构方案分析等,归纳总结出影响卡扣结构的重要因素,并为后续空调柜内机出风面板卡扣结构设计提供重要依据及方向。

关键词: 出风面板; 卡扣; 强度

Strength analysis and research of air outlet panel assembly buckle structure based on ANSYS

Xiong xiemei

(Zhuhai GREE electric Limited by Share Ltd. Zhuhai 519070)

Abstract: In this paper, by using ANSYS analysis software to the existing air outlet panel in the air conditioning cabinet common four buckling structure of the overall static and dynamic analysis, the four typical buckling structure of vertical force load analysis, lateral force load analysis, buckling root structure scheme analysis, summed up the important factors affecting the buckling structure, and for the subsequent air outlet panel in the air conditioning cabinet buckle structure.

Keywords: Air outlet panel; Buckle; Intensity

一、 引言

柜内机等空调产品在进行包装跌落过程中,尤其是顶部的前棱跌落和跳跃踩踏时,出风面板装配卡扣经常出现断裂(见图1);并且出风面板的卡扣是产品关键性结构,卡扣的断裂不仅影响产品装配外观,还影响产品结构强度甚至产品性能。

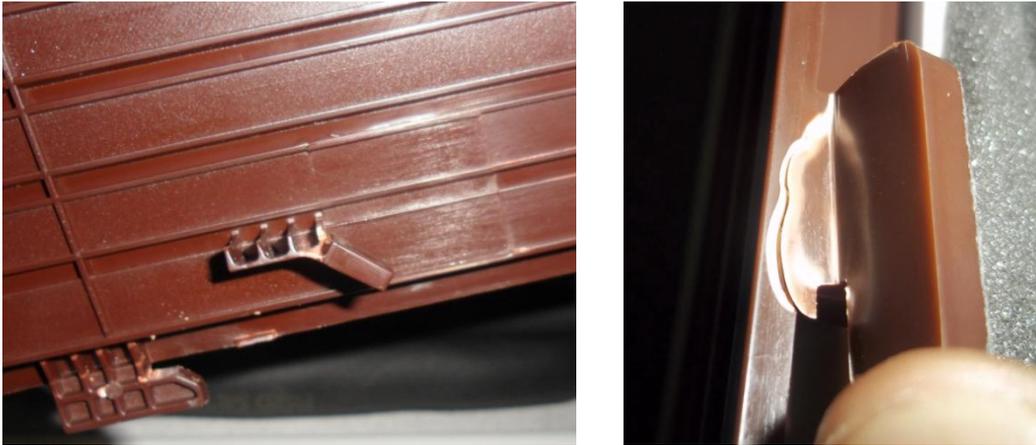


图 1：出风面板卡扣断裂示意图

二、 原因分析

总结以往的包装试验对出风面板卡扣结构的影响发现：在顶部超高跌落和正面跳跃踩踏时容易出现出风面板装配卡扣断裂或者白痕问题。针对以上情况分别进行受力分析：

当柜内机产品进行顶部超高跌落时，在跌前棱时，出风面板受冲击向下进行滑移运动，而侧板、后板、蒸发器等组件因为重力的惯性将向上进行滑移，在这种相对滑移的过程中，侧板的卡扣将对卡扣结构产生冲击作用力，最终造成卡扣受力断裂。在出风面板卡扣断裂情况中，主要是由此类跌落问题造成，此次也将以此类受力结果作为主要分析依据（见图 2）；

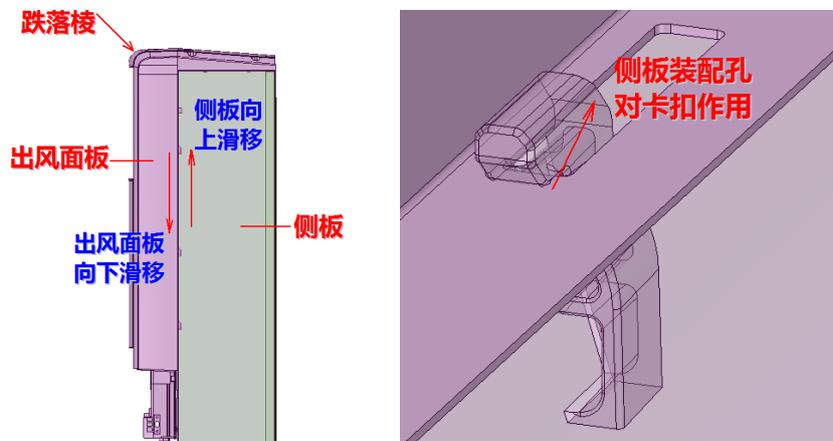


图 2：顶部超高跌落时出风面板卡扣受力示意图

在跳跃踩踏试验中，当踩踏力传递到出风面板上时，出风面板在受到踩踏力的作用是，出风面板将向两侧扩张变形，最终卡扣将受到侧板装配孔侧向的侧向限制而产生接触力，最终造成卡扣断裂（见图 3）；

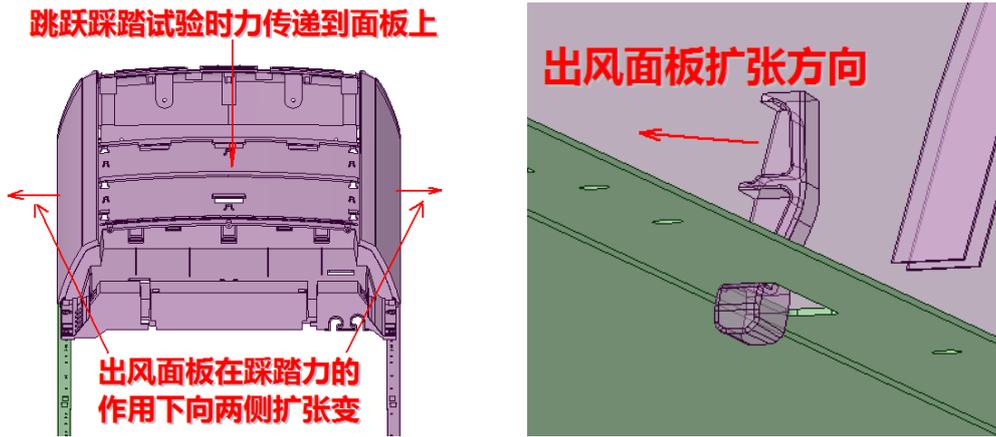


图 3：跳跃踩踏时出风面板卡扣受力示意图

故在评估出风面板装配卡扣结构强度时，可以从以上两个受力状态进行分析：

三、结构方案

对比现有出风面板卡扣结构发现：卡扣结构除了在尺寸上各有所区别之外，卡扣开口模具滑块的出模方向也有所不同分别是前端出模、内侧出模和后侧出模（见图 4）：

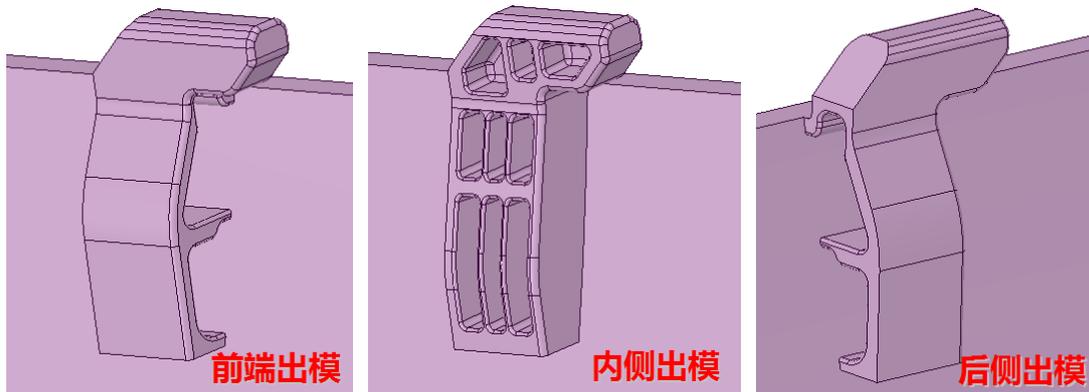


图 4：三种不同出模方向的卡扣示意图

滑块出模方向不同，卡扣的结构强度在理论上会有所区别，现采用 ANSYS 软件对三种不同出模方向装配卡扣结构强度进行对比分析，同时参考多条加强筋结构的设计要求，我们对滑块内侧出模卡扣的加强筋结构设计了两个方案（见图 5）：

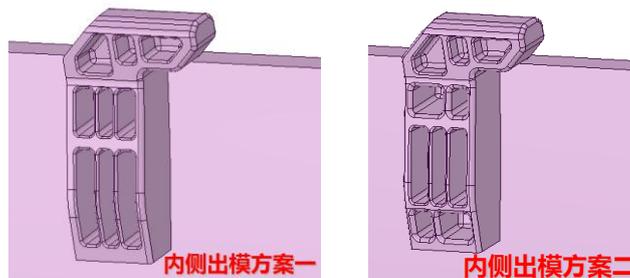


图 5：两种不同内侧出模方式的卡扣示意图

同时，卡扣滑块内侧方向出模时，为尽量避免卡扣结构在注塑过程中出现缩水问题，在加强筋结构设计时，出模料孔的深度与卡扣侧向高度相同，确保卡扣外壁厚度相同，从而在注塑过程中避免严重缩水的情况出现（见图 6）：

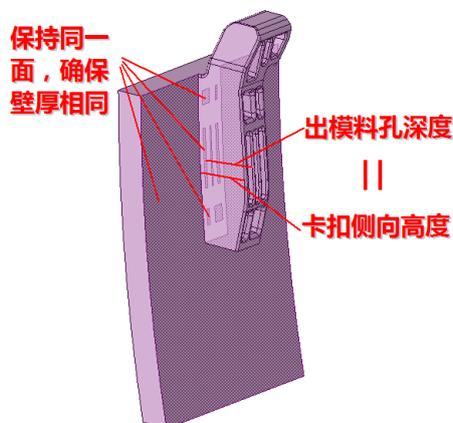


图 6：卡扣滑块内侧方向出模时料厚设计要求

总结以上结构方案，对相同外形尺寸的出风面板装配卡扣进行了四个方案对比，并进行 ANSYS 软件对比分析（见图 7）：

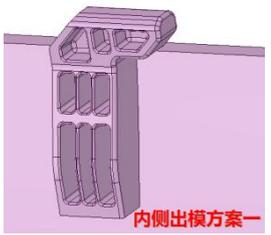
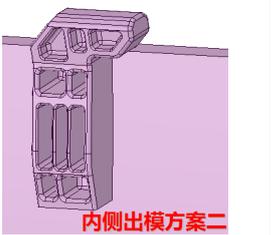
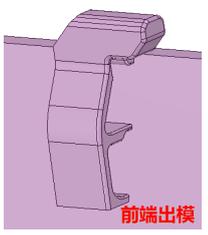
方案	方案一	方案二	方案三	方案四
结构图片				

图 7：四种卡扣结构示意图

四、分析过程

根据出风面板卡扣在实际装配过程中受力断裂的分析结果，分别对卡扣结构按照分析的两种受力状态进行对比分析，并且为了保证分析的对比性，在分析过程中对模型的网格划分、约束与载荷条件设置都相同，然后对比四种方案的响应应力分布。

1、垂直力载荷分析：

为模拟柜内机产品在顶部超高前棱跌落中侧板与出风面板卡扣的受力状态，提取卡扣结构进行对比分析：通过约束卡扣结构的边界位移，设定相同的载荷大小和方向。确定载荷与约束条件后，采用 ANSYS 软件对四种卡扣方案进行对比分析，通过分析得出以下分析结果（见图 8）：

方案	方案一	方案二	方案三	方案四
----	-----	-----	-----	-----

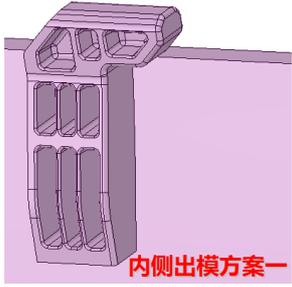
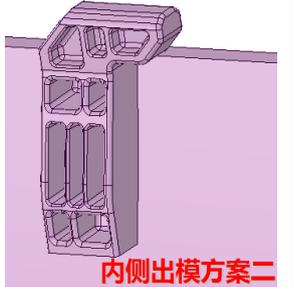
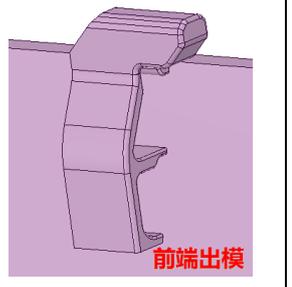
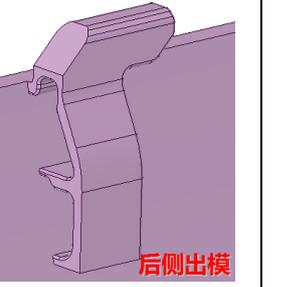
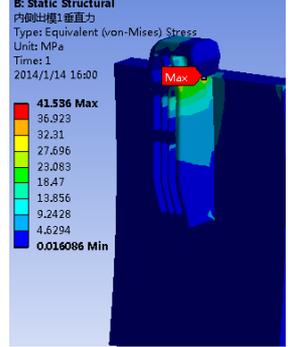
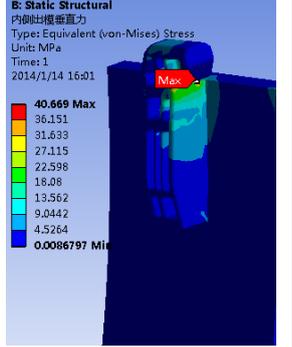
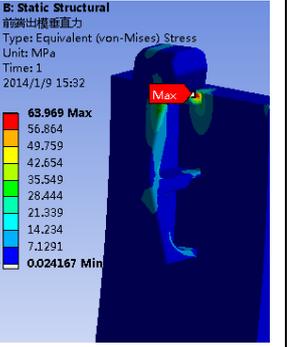
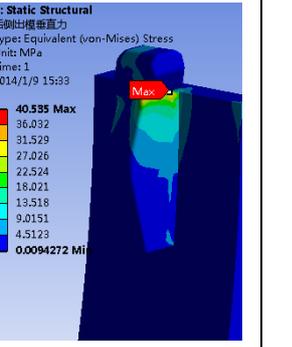
<p>结构 图片</p>	 <p>内侧出模方案一</p>	 <p>内侧出模方案二</p>	 <p>前端出模</p>	 <p>后侧出模</p>
<p>最大 应力 分布</p>	 <p>41.536MPa</p>	 <p>40.669MPa</p>	 <p>63.969MPa</p>	 <p>40.535MPa</p>

图 8：垂直力载荷分析示意图

通过对四种方案的分析结果发现，其中比较突出的结构是前端出模时卡扣结构的应力最大值达到 63.969MPa，超出其余三个方案的应力值 50%以上，而其他三种方案的应力大小接近，相差值在 10%以内。

并且从四个结构方案的应力分布云图可以看出：方案三（前端出模）的应力明显集中在卡扣转角处（见图 9），而其他位置的应力分布明显要小，整体的应力分布状态存在明显差距。而其他三个方案（如方案四），其卡扣转角处的应力呈渐变减小的分布状态，整体的应力分布比较均匀（见图 10），整体结构强度要明显具有优势；

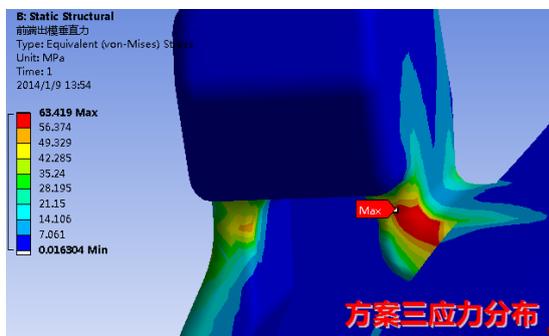


图 9：方案三的应力分布云图

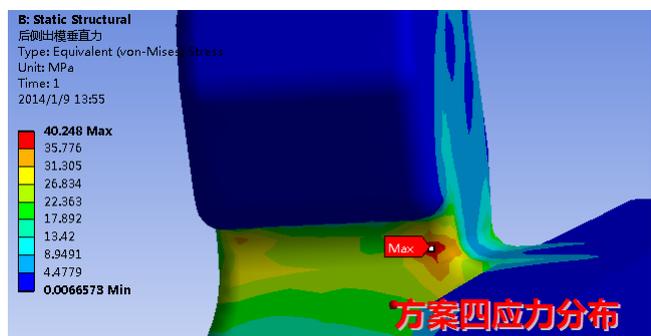


图 10：方案四的应力分布云图

通过对比四种卡扣结构方案在模拟产品顶部前棱跌落中的结构受力发现：模具滑块采用前端出模注塑的卡扣结构的强度要弱于其他方向出模的卡扣结构强度，故在设计出风面板装

配卡扣结构强度时：应避免设计成前端出模。

2、侧向力载荷分析：

柜内机出风面板常用材料为 ABS 和 HIPS 塑性材料，当跳跃踩踏的踩踏力传递到出风面板上时，出风面板受力后结构向两侧扩张，而卡扣结构由于侧板装配孔的限制，卡扣在侧板装配孔的限制作用下发生接触受力，故根据接触受力状态，对卡扣结构设置边界约束，并设置相同的载荷大小和方向。确定载荷与约束条件后，采用 ANSYS 软件对四种卡扣方案进行对比分析，通过分析得出以下分析结果（见图 11）：

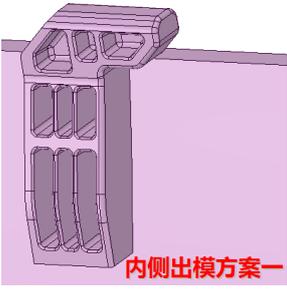
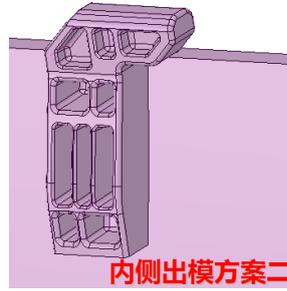
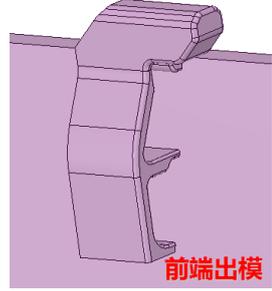
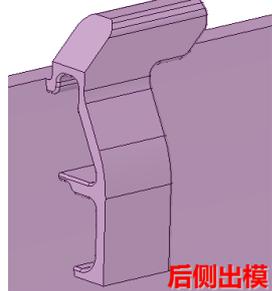
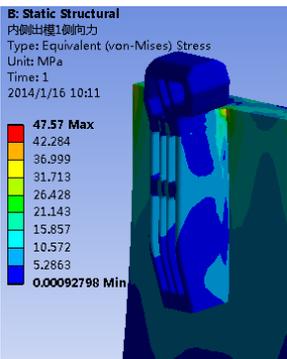
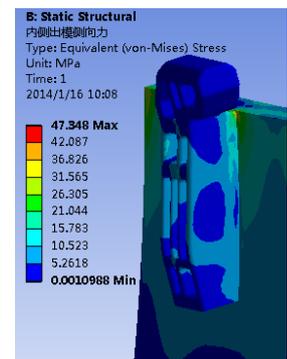
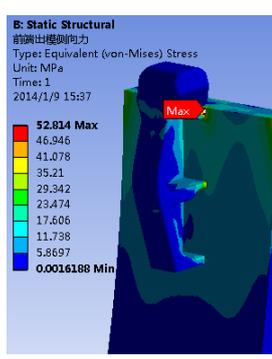
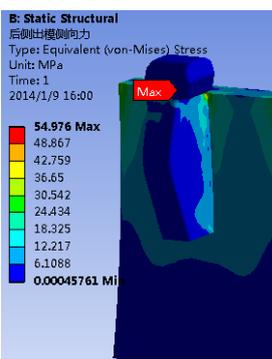
方案	方案一	方案二	方案三	方案四
结构图片				
最大应力分布	 <p>47.57 MPa</p>	 <p>47.348 MPa</p>	 <p>52.814 MPa</p>	 <p>54.976 MPa</p>

图 11：侧向力载荷分析示意图

对比分析侧向载荷作用下四种方案的分析结果发现：内侧出模的卡扣结构的最大应力值明显要比前端和后侧出模卡扣结构的最大应力值要小，即内侧出模时卡扣结构强度要比前端以及后侧出模的卡扣结构强度要强；故通过评估卡扣侧向受力响应应力结果是：尽量避免设计为前端出模和后侧出模；

总结两种受力过程结果，综合评估发现：出风面板卡扣模具滑块采用内侧出模时的整体结构强度要明显优于其他方向出模的结构强度；

3、内侧出模卡扣强度对比：

在本次对比分析中，卡扣结构出模加强筋结构采用了两种设计方案，通过两种载荷状态

结构力学分析，汇总结果如下（见图 12）：

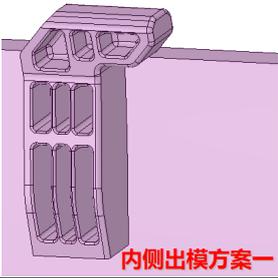
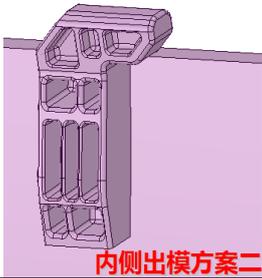
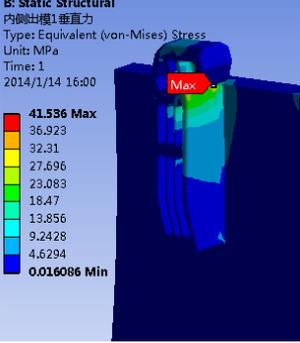
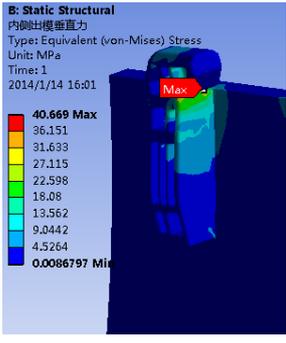
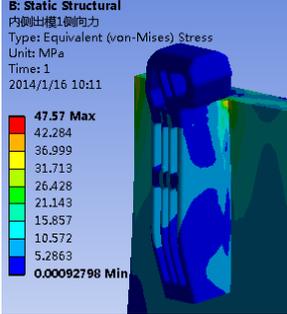
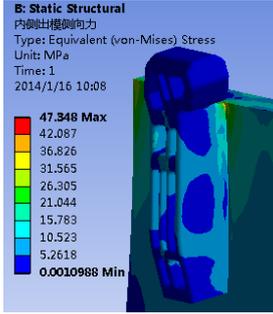
载荷状态	方案	方案一（排列多筋分布）	方案二（交错多筋分布）	方案二/方案一
结构图片				/
垂直力载荷分析	最大应力分布	 <p>41.536MPa</p>	 <p>40.669MPa</p>	97.913%
侧向力载荷分析	最大应力分布	 <p>47.57MPa</p>	 <p>47.348MPa</p>	99.533%

图12：内侧出模卡扣强度对比分析示意图

从两种载荷状态分析结果中发现：采用交错分布多筋设计的卡扣强度与排列分布多筋设计的卡扣强度差不多，故在设计过程中可根据实际情况考虑，选择最适合的方案；

4、卡扣根部结构方案分析：

在卡扣结构设计中，转角过渡处的结构设计也对卡扣强度有显著影响，卡扣设计中，常采用拐角面过渡（见图 13）以及凹孔加筋过渡（见图 14）：

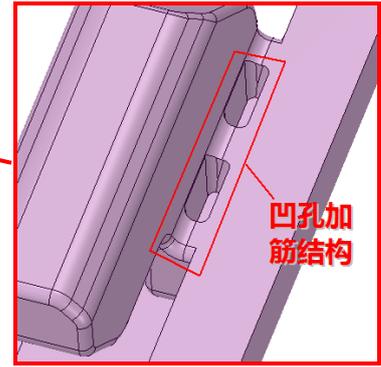
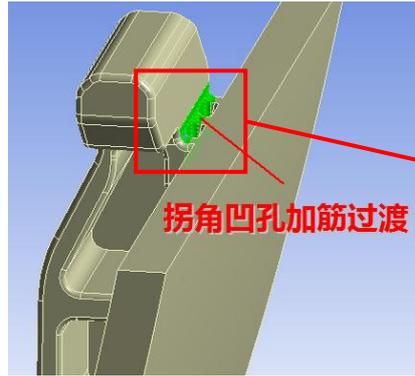
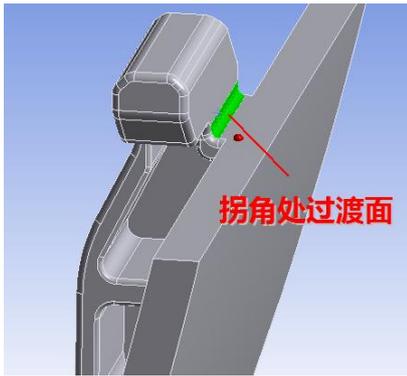


图13: 卡扣根部拐角面过渡示意图

图14: 卡扣根部凹孔加筋过渡示意图

在注塑结构件设计中，拐角处是应力集中重点区域，拐角处的过渡设计对避免和产生应力集中会有比较大的影响；在出风面板装配卡扣设计中，现对常见的两种拐角过渡结构进行对比分析，并且针对卡扣前端出模和后侧出模两种（见图 15）：

结构方案	卡扣滑块前端出模		卡扣滑块后侧出模	
	拐角面过渡	拐角凹孔多筋过渡	拐角面过渡	拐角凹孔多筋过渡
结构图片				
垂直力载荷应力云图				
最大应力值	94.131MPa	57.486MPa	51.845MPa	49.967MPa

侧向力载荷应力云图 最大应力值				
	75.849MPa	66.893MPa	66.962MPa	64.021MPa

图15：卡扣前端出模和后侧出模方式应力对比分析示意图

从以上分析结果进行对比发现：当卡扣滑块采用前端出模时，卡扣根部拐角处采用面过渡时的强度要比采用凹孔加筋结构要明显薄弱，且对比之下，采用后侧出模的卡扣最大应力相比前端出模都要小。对比后侧出模的两种拐角过渡结构，二者的应力分布状态相同，最大应力值也相差不大，即采用后侧出模时的整体结构强度较为稳定，但是从以上对比分析结果来看，采用凹孔加筋结构可以有效改善卡扣整体结构强度；

五、验证分析

在现有柜内机产品中，选择一款出风面板装饰条的装配卡扣，为了对比验证三个方向出模，分别将同一装配位置卡扣方式更改为三种不同出模方式进行对比分析（见图 16）：

产品机型	卡扣结构 1	卡扣结构 2	卡扣结构 3
图片			

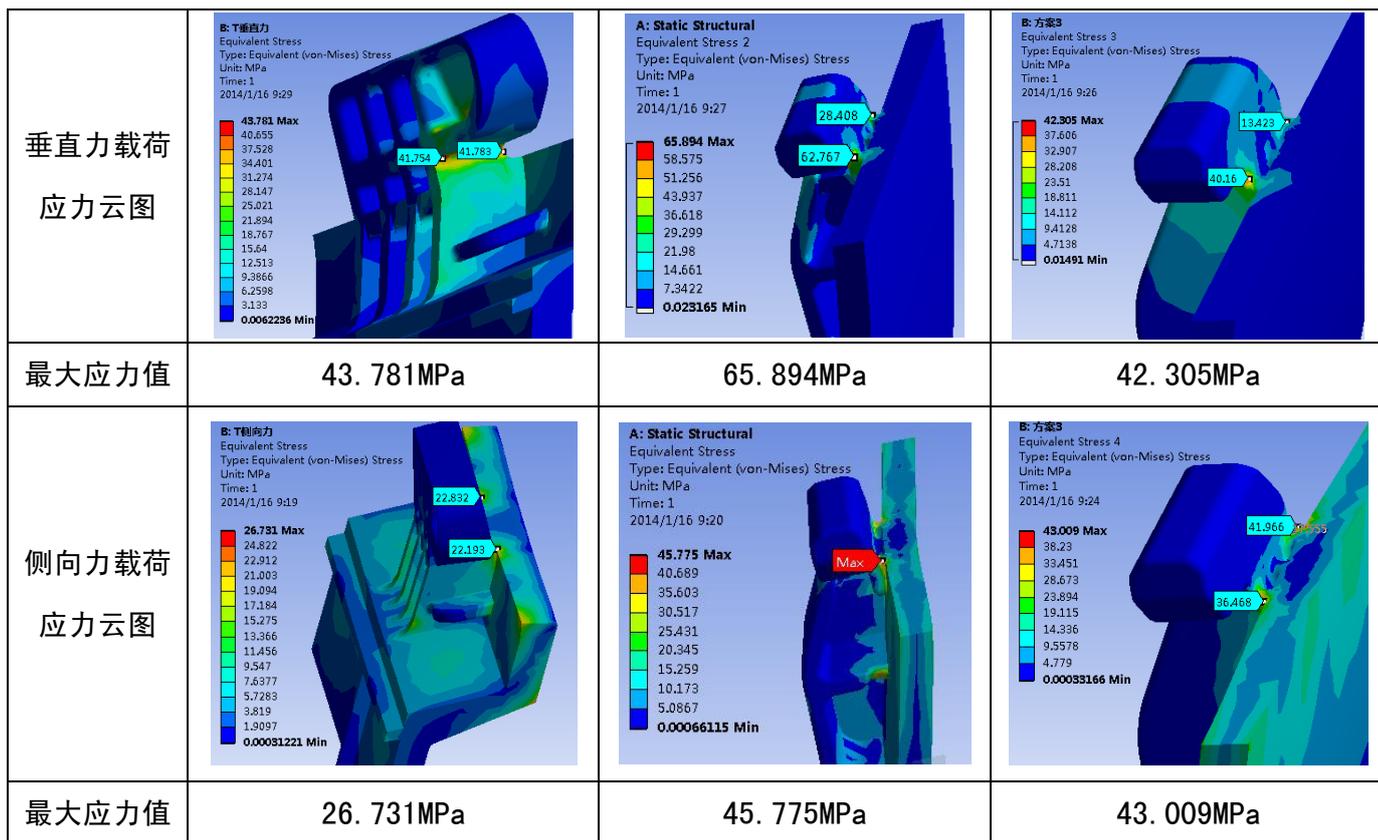


图16: 卡扣三种出模方式应力对比分析示意图

从以上对比结果也可以发现：从前端方向出模的卡扣结构强度整体上要明显比其他方向出模结构要弱，从中也能验证卡扣结构滑块出模方向应该避免从卡扣装配侧出模；

六、总结

通过采用 ANSYS 软件对比分析出风面板装配卡扣四种方案，从以上分析结果得出以下四个结论供后续设计参考：

1、装配卡扣模具滑块采用前端出模时的卡扣结构强度明显比其他方向出模时的卡扣结构强度要弱，即在卡扣结构设计中应避免前端出模；

2、卡扣拐角过渡设计时，应该采用内凹加筋结构设计，增强根部的整体强度，从而改善卡扣整体结构强度；

3、卡扣根部拐角处采用凹孔加筋结构要比面过渡的结构更加稳定，在设计时应优先设计为凹孔多筋结构；

4、综合四种装配卡扣结构在两种载荷条件的响应应力分析，设计装配卡扣时应避免采用前端出模（见图 17），优先选用内侧出模（见图 18），当内侧方向无法出模时可采用后侧出模（见图 19）；

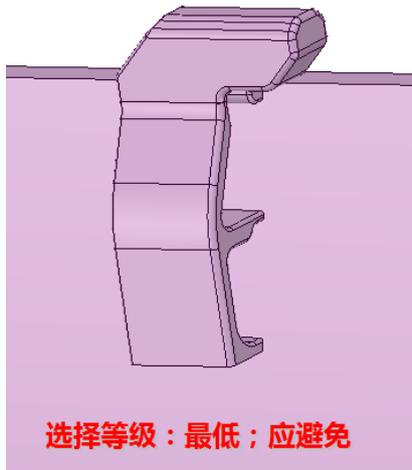


图 17：前端出模示意图

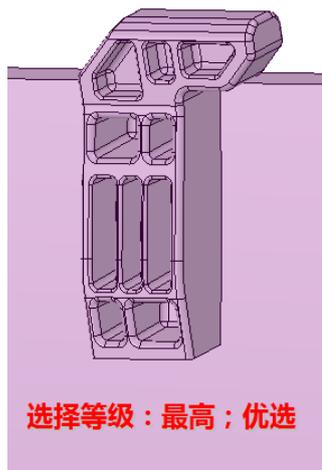


图 18：内侧出模示意图

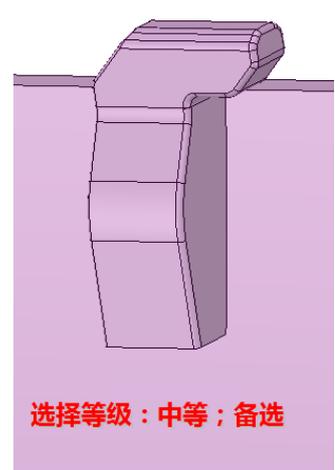


图 19：后侧出模示意图

但是，在实际卡扣结构设计中，为了最大程度的改善卡扣结构强度，可以在现有方案的基础上通过增加额外加强筋或者装配受力面等措施方案，如在后侧出模时，在卡扣内侧增加横向筋（见图 20），内侧出模时在两边增加加强筋等（见图 21）：

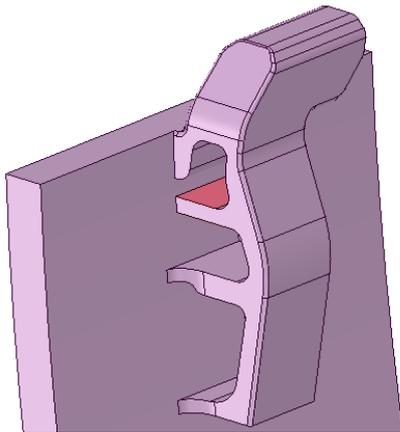


图 20：内侧增加横向筋示意图

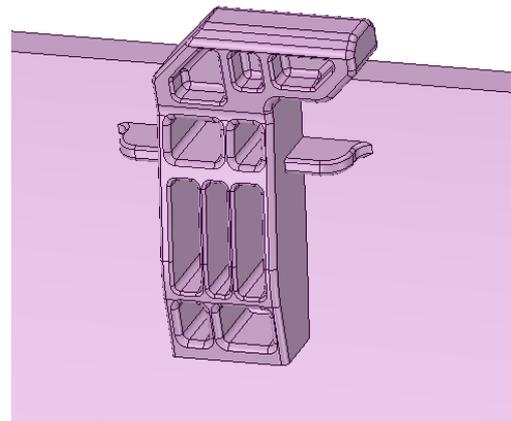


图 21：两边增加加强筋示意图

综上所述：设计空调柜内机产品出风面板装配卡扣结构时，应该避免卡扣滑块采用前端装配侧出模设计方案，且卡扣根部过渡结构应优先选择凹孔多筋结构设计。

参考文献

- [1] 王洪. 加强筋对注塑件质量和力学性能的影响. 机电工程,1998.
- [2] 陶孙华. 浅析家电用塑胶件中卡扣的重要性. 企业技术开发,2012.
- [3] 赵继元. 塑料卡扣的特点及在汽车上的应用. 科技创新导报,2011.
- [4] 王德玲. ANSYS 在结构动力学和工程抗震教学中的应用. 水利与建筑工程学报,2010.

[5] 焦洪宇. Pro/E 模型导入 ANSYS 问题的研究. 辽宁工学院学报,2004.