

文章编号:1004-1478(2011)01-0111-05

# 基于 Pro/E MECHANICA Structure 的 塑料产品力学设计

董海东<sup>1</sup>, 葛正浩<sup>2</sup>, 董青青<sup>3</sup>

- (1. 陕西工业职业技术学院 材料工程学院, 陕西 咸阳 712000;
2. 陕西科技大学 机电工程学院, 陕西 西安 710021;
3. 陕西能源职业技术学院 机电工程系, 陕西 咸阳 712000)

**摘要:**在分析影响塑料结构件强度的因素及机理的基础上,运用 Pro/E MECHANICA Structure 模拟真实的受力环境,依据受力情况改进塑料产品的结构.以直板手机为例,给出了其主要零部件的结构特点及装配连接关系.借助 Pro/E MECHANICA Structure 模块,分析在直板手机装配中,前盖、后盖等塑料零件受静载荷作用下可能出现的变形,通过在相应部位增加圆弧过渡或设置角撑改进并优化了其结构,避免了应力集中,满足了力学性能要求.

**关键词:**力学性能;结构设计;Pro/E MECHANICA Structure

中图分类号:TP391.9

文献标志码:A

## Design of plastic products' mechanical properties based on Pro/E MECHANICA Structure

DONG Hai-dong<sup>1</sup>, GE Zheng-hao<sup>2</sup>, DONG Qing-qing<sup>3</sup>

- (1. College of Materials Eng., Shaanxi Poly. Inst., Xi'an 712000, China;
2. College of Electr. Eng., Shaanxi Univ. of Sci. & Tech., Xi'an 710021, China;
3. Dept. of Electr. Eng., Shaanxi Energy Inst., Xi'an 712000, China)

**Abstract:** The factors and mechanism that affect the strength of plastic components were analyzed, then Pro/E MECHANICA Structure is used to simulate the actual stress environment so as to make an improvement to the structure of plastic products. With the methods above mentioned, the straight mobile phone as an example was taken. Firstly, the structural features and the assembly relations of the main components have been analyzed; next the possible deformation of the front cover and back cover of the mobile phone under static load during the process of assembly has been analyzed with Pro/E MECHANICA Structure model; then by adding are transition or corner brace an improvement and optimization have been made and the strength concentration of the structure is avoided. It was proved that the mechanical properties are up to standards.

**Key words:** mechanical property; structural design; Pro/E MECHANICA Structure

收稿日期:2010-05-05

作者简介:董海东(1979—),男,陕西省乾县人,陕西工业职业技术学院讲师,硕士,主要研究方向为模具设计与制造。

# 0 引言

回顾塑件设计的各类研究,塑件设计者对成型过程的模拟分析考虑较多.文献[1]应用 Moldflow/MPI 分析软件进行注塑过程模拟分析(CAE),包括填充、保压、翘曲等各个阶段,根据分析结果改进产品设计,预测并改善注塑缺陷.然而,若塑件结构、装配方法不合理,塑料产品中或多或少地存在着残余内应力,会使塑料产品在装配、使用过程中产生收缩、变形、翘曲或裂纹,严重影响注塑制品的寿命<sup>[2]</sup>.本文拟通过 Pro/E MECHANICA Structure 模块进行塑件受静载荷作用的力学分析<sup>[3]</sup>,确定最优化的塑料产品结构,并应用 Pro/E MECHANICA Structure 模块进行手机前后盖塑料产品的力学设计,以缩短设计周期,降低生产成本,适应激烈的市场竞争.

## 1 直板手机主要零件结构及装配关系

### 1.1 主要零件结构分析

1)手机前盖.图1所示的手机前盖基本壁厚为1.2 mm,侧壁1.9 mm. a处为4个伸出式卡扣;b处为4个定位锁紧螺钉柱孔;c处为喇叭密封圈凹槽,喇叭密封圈用点胶或热熔的方式固定在前盖上;d处为镜片 LENS 凹槽,与壳体的连接方式为点胶或热熔.

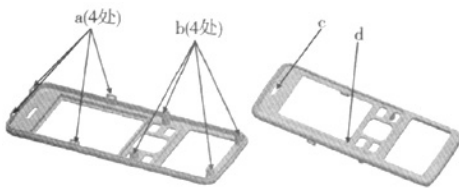


图1 直板手机前盖结构

2)手机后盖.图2所示的手机后盖基本壁厚为1.2 mm, a处为2个固定前后盖及 PCB 板的螺钉孔;b处为固定前后盖及 PCB 板的螺钉柱, a, b处与前盖结构图中螺钉柱相配合;c处为4个卡扣槽,用于与后盖固定;d处为摄像头密封件安装位置,此处壁厚0.65 mm;e处为6个电池后盖卡扣槽;f处为侧键安装位置.

### 1.2 装配关系分析

手机前盖与后盖由上部2个、中部2个共4个卡扣连接,再加上4组中空的螺钉柱中穿螺钉连接

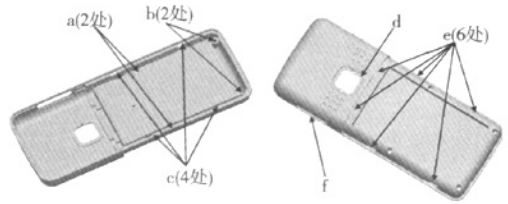


图2 直板手机后盖结构

在一起.在组装过程中,螺钉柱主要起支撑作用,而卡扣、卡扣槽等部分呈悬臂状态,在组装连接时容易损坏.故笔者着重分析卡扣、卡扣槽组装时静态载荷的受力情况,借助 Pro/E MECHANICA Structure 进行手机前后盖组装的力学设计.

## 2 基于 Pro/E MECHANICA Structure 的直板手机力学设计

### 2.1 创建直板手机的模型

创建直板式手机的模型,其主要结构功能模块包括外壳组件、电路板、显示屏、键盘等.

### 2.2 模型分析

2.2.1 手机前盖的结构分析 对手机前盖零件进行受力分析,该模型添加材料为 ABS/PC,其性能参数如下:密度为 1.05 g/cm<sup>3</sup>,弹性模量为 2 100 MPa,泊松比为 0.3,屈服应力为 44 MPa,拉伸强度为 35~44 MPa,弯曲强度为 52~81 MPa,压缩强度为 49~64 MPa,切线模量为 210.

设置相关参数后,添加新位移约束,选择4个柱体的内表面,6个自由度被固定.约束设置好后,在上部和中部的卡扣槽外侧设置压力载荷,计算公式为<sup>[4]</sup>

$$P_q = bt^2 E \epsilon / (6LQ)$$

式中,  $P_q$  为装配中前盖所受的弯曲应力;  $b$  为梁的宽度,  $b = 2.8 \text{ mm}$ ;  $E$  为塑料的正割模量,前盖所用塑料 ABS/PC 的正割模量为 29.33 MPa;  $t$  为梁的厚度,前盖的厚度为 0.6 mm;  $L$  为梁的长度,其值为 0.5 mm;  $Q$  为修正系数,其值为 2.12<sup>[4]</sup>;  $\epsilon$  为塑料短期允许应变量,其值为 2.5<sup>[4]</sup>.

计算得出

$$P_q = bt^2 E \epsilon / (6LQ) = 2.8 \times 0.6^2 \times 29.33 \times 2.5 / (6 \times 0.5 \times 2.12) = 11.6 \text{ N}$$

对前盖进行静力学分析,定义应力和位移,分析结果如图3所示,前盖安装显示屏的拐角处所受应力如图4所示.

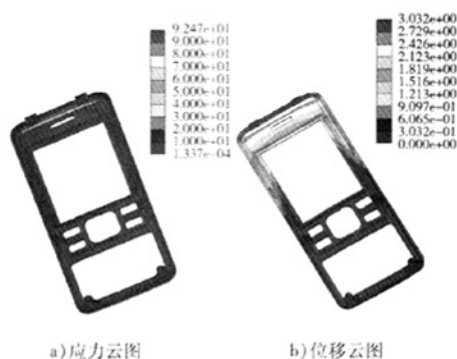


图3 前盖静力学分析图

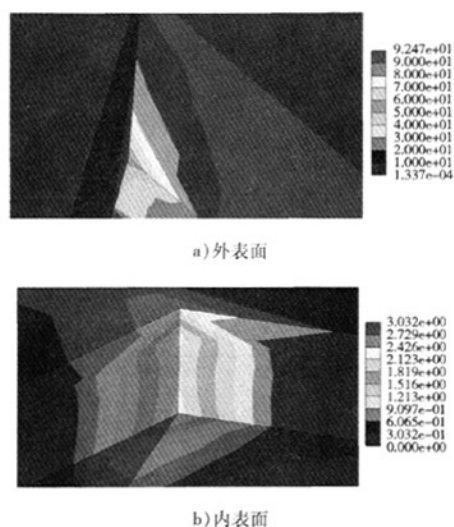


图4 前盖安装显示屏幕的拐角处所受应力

由图3a)可知,在前盖外表面安装显示屏幕的4个拐角处应力为50 MPa,如图4a)所示,前盖内表面安装显示屏幕的4个拐角处应力为70 MPa,如图4b)所示.中部的2个支柱与前盖两侧壁相接的拐角处应力为92.47 MPa,如图5所示.以上各处受力超出了ABS/PC的应力极限44 MPa,所以需对其结构进行改进,如图6和图7所示.

对前盖上部卡扣槽与前盖内表面相连接拐角处做 $r=0.85\text{ mm}$ , $r=0.15\text{ mm}$ 的圆弧过渡.前盖外表面安装显示屏幕的4个拐角处做 $r=0.5\text{ mm}$ , $r=0.8\text{ mm}$ , $r=0.85\text{ mm}$ , $r=0.15\text{ mm}$ 的圆弧过渡.在支柱两侧设置角撑,参考的经验值见文献[5],其尺寸的计算方法如下:因为 $T=0.8\text{ mm}$ ,所以 $A=0.8T=0.64\text{ mm}$ , $B=2T=1.6\text{ mm}$ , $C=0.8\text{ mm}$ , $D=2T=1.6\text{ mm}$ .

中部的2个支柱与前盖两侧壁相接的拐角处做

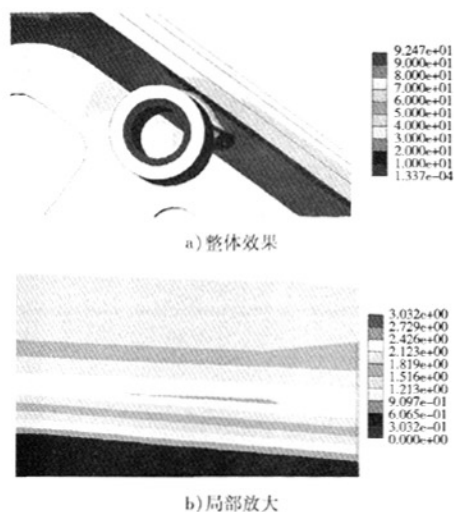


图5 中部的2个支柱与前盖两侧壁相接的拐角处所受应力

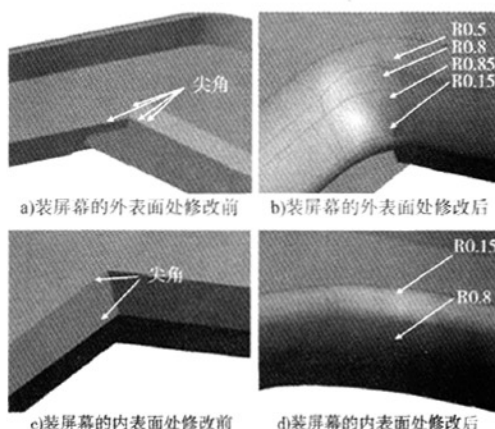


图6 前盖上安装屏幕处结构的改进

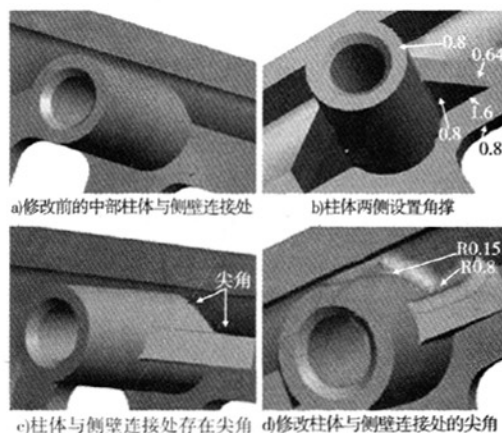


图7 前盖上柱体结构的改进

$r=0.85\text{ mm}$ ,  $r=0.15\text{ mm}$  的圆弧过渡, 避免应力集中, 降低此处所受的应力大小. 进行受力分析, 应力及位移云图如图 8 所示, 未超出受力极限, 满足受力要求<sup>[6]</sup>.

**2.2.2 手机后盖的结构分析** 对手机后盖零件进行受力分析, 该模型添加材料为 ABS/PC. 设置相关

参数后, 添加新位移约束, 选择 4 个柱体的内表面, 6 个自由度被固定. 约束设置好后, 在上部和中部的卡扣斜面、后盖背面装电池盖的中部和下部的卡扣槽表面、后盖背面装电池盖的中部的卡扣槽表面等几处设置载荷<sup>[4]</sup>, 装配中后盖的受力计算如表 1 所示.

表 1 装配中后盖的受力计算

| 装配       | 所受应力               | 计算公式  | 字母含义/取值  | 应力       |
|----------|--------------------|---|--|----------|
| 前盖与后盖装配  | 上部和中部的卡扣槽外侧处设置压力载荷 | $P_h = P_q$<br>$P_q = bt^2 E \varepsilon / (6LQ)$                 | 同 $P_q$ 的计算公式  | 11.6 MPa |
|          | 上部和中部的卡扣装入时所受的推进力  | $F_{wh} = P_h \frac{(\mu + \tan\alpha)}{(1 - \mu \tan\alpha)}$    | $\mu$ 为咬合材料间的摩擦系数, 取值为 0.5;<br>$\alpha$ 为组装时的啮合角, 取值为 $45^\circ$   | 34.8 N   |
|          | 卡扣斜面的正压力           | $N = P \cdot \cos\alpha$  | $\alpha$ 为组装时的啮合角, 取值为 $45^\circ$  | 8.2 N    |
| 后盖与电池盖装配 | 上部卡扣表面设置压力载荷       | $P_q = bt^2 E \varepsilon / (6LQ)$                                | $b = 2.5\text{ mm}; t = 0.8\text{ mm}; E = 29.33\text{ MPa};$<br>$\varepsilon = 2.5; L = 1.8\text{ mm}; Q = 3.5$ | 3.1 N    |
|          | 上部卡扣装入时所受的推进力      | $F_{wh} = P_h \frac{(\mu + \tan\alpha)}{(1 - \mu \tan\alpha)}$    | $\mu$ 为咬合材料间的摩擦系数, 取值为 0.5;<br>$\alpha$ 为组装时的啮合角, 取值为 $45^\circ$   | 9.3 N    |
|          | 中部及下部卡扣表面设置压力载荷    | $P_{dq} = bt^2 E \varepsilon / (6LQ)$                             | $b = 2.5\text{ mm}; t = 1.0\text{ mm}; E = 29.33\text{ MPa};$<br>$\varepsilon = 2.5; L = 1.0\text{ mm}; Q = 8$   | 3.8 N    |
|          | 中部及下部卡扣装入时所受的推进力   | $F_{ws} = P_{dq} \frac{(\mu + \tan\alpha)}{(1 - \mu \tan\alpha)}$ | $\mu$ 为咬合材料间的摩擦系数, 取值为 0.5;<br>$\alpha$ 为组装时的啮合角, 取值为 $45^\circ$   | 11.4 N   |



图 8 结构改进后的前盖分析图

观察应力云图可知, 在后盖内表面中部的 2 个柱体上表面受应力 81.93 MPa, 如图 9a) 所示, 柱体与后盖内表面相接触处受应力最大为 819 MPa, 如图 9b) 所示, 后盖外表面的中部装卡扣的槽壁受应力为 81.93 MPa, 如图 10a) 所示, 后盖外表面中部 2 孔端面及台阶面受应力为 81.93 MPa, 如图 10b) 所示. 以上各处超出了 ABS/PC 的应力极限 44 MPa, 所以需对其结构进行改进.

在后盖内表面中部的 2 个柱体上表面相接的拐

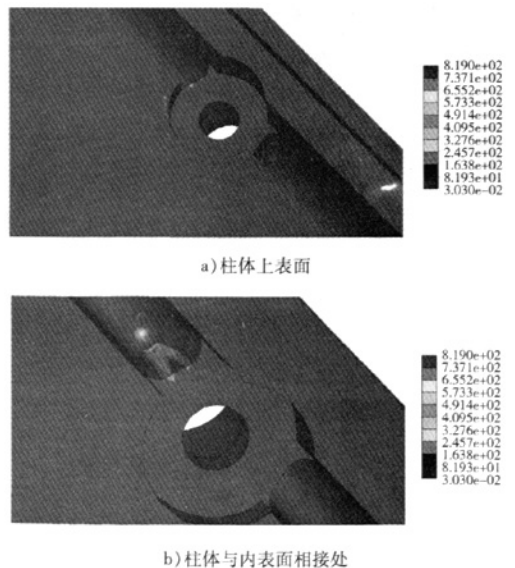


图 9 后盖内表面中部两柱体所受应力

角处做  $r = 0.7\text{ mm}$ ,  $r = 0.2\text{ mm}$ ,  $r = 0.15\text{ mm}$  的圆弧过渡. 在柱体与后盖内表面相接触处做  $r = 0.8\text{ mm}$  的圆弧过渡. 在后盖外表面的中部装卡扣的槽壁做  $r = 0.5\text{ mm}$ ,  $r = 0.2\text{ mm}$  的圆弧过渡. 在后盖外表面

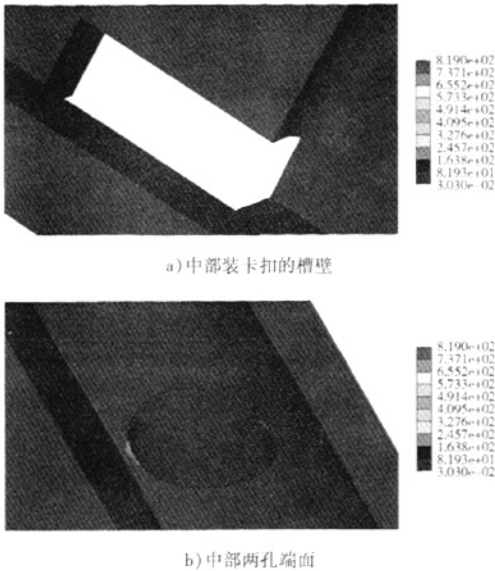


图 10 后盖外表面所受应力

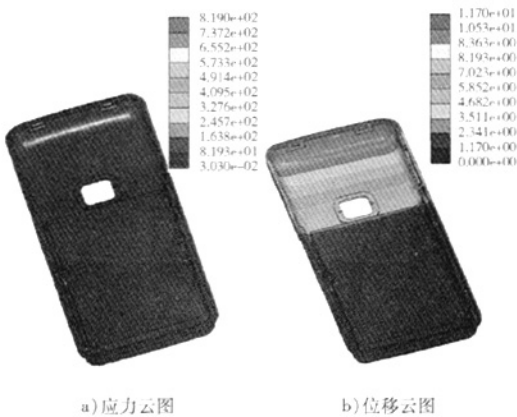


图 11 结构改进后的后盖分析图

中部两孔端面及台阶面做  $r=0.5\text{ mm}$ ,  $r=0.2\text{ mm}$ ,  $r=0.15\text{ mm}$  的圆弧过渡. 这样就避免了应力集中, 降低了这几处所受的应力大小<sup>[7]</sup>. 进行受力分析, 应力及位移云图如图 11 所示, 图中显示未超出受力极限, 满足受力要求.

### 3 结论

1) 直板手机前盖与后盖的卡扣连接受力看似很小, 但若结构设计不当, 依然会造成手机组装时的零件损坏. 2) 应用 Pro/MECHANICA Structure 模块, 对手机前盖和后盖在组装过程中受静载荷作用进行力学分析, 预先发现易损坏的结构并及时进行改进, 优化了手机前后盖的结构, 使得手机前后盖能顺利组装而不会损坏.

### 参考文献:

- [1] 郭志英, 苏传友, 廖志飞. 基于 CAE 的塑料注塑制品强度设计[J]. 中国塑料, 2005(1):8.
- [2] 张伟国, 郇洪源, 李世国. 注塑件缺陷分析及结构设计解决方案[J]. 工程塑料应用, 2007, 35(1):64.
- [3] 葛正浩, 杨芙莲. Pro/ENGINEER Wildfire 3.0 机械结构有限元分析[M]. 北京: 化学工业出版社, 2007.
- [4] 徐佩弦. 塑料制品设计指南[M]. 北京: 化学工业出版社, 2006.
- [5] 孙邦江, 戈振扬. 基于 Pro/E 的塑料制品快速开发[J]. 塑料工业, 2006(5):10.
- [6] 马家禄. 塑料制品设计与工艺要求[J]. 模具工业, 1991(2):15.
- [7] 申开智. 塑料制品设计方法及应用实例[M]. 北京: 国防工业出版社, 2007.