

基于 Pro/E Mechanical Structure 的塑料产品装配结构设计

董海东 杨延波

(陕西工业职业技术学院, 咸阳 712000)

摘要 以手机的装配结构设计为例, 在分析其零部件的结构特点及卡扣连接、压力装配等装配关系后, 借助 Pro/E Mechanical Structure 模块分析手机在装配中, 手机前盖、后盖等塑料零部件在静载荷作用下可能出现的变形, 进而改进并优化结构, 并且对改进前后结构受静载荷作用的应力值进行比较, 结果满足使用的力学性能要求。因此通过基于 Pro/E Mechanical Structure 的塑料产品装配设计, 可以降低成本、加快完成塑料产品的开发。

关键词 塑料产品 结构 优化 Pro/E Mechanical Structure 力学性能

塑料产品在装配时受到载荷会产生变形, 为确保塑料产品的形状和尺寸, 应对塑料产品的力学性能进行分析、研究。笔者首先分析手机前盖等零部件的结构特征及前盖等零部件之间的卡扣连接、压力装配等装配关系, 应用公式计算手机装配中各零部件受到的应力, 然后应用 Pro/E Mechanical Structure 模块对手机前盖与后盖, 后盖与电池上盖、下盖的装配进行静载荷作用的力学分析^[1], 根据分析结果, 优化手机的装配结构, 从而大大缩短其设计周期, 降低生产成本, 以适应产品激烈的市场竞争, 应用 Pro/E Mechanical Structure 模块设计塑料产品的装配结构具有重要的现实意义。

1 手机主要零部件装配结构的分析

1.1 主要零部件结构的分析

图1为手机前盖结构示意图。手机前盖基本壁厚 0.7 mm, 侧壁厚 1.6 mm。a 处为 6 个定位锁紧螺钉柱孔; b 处为与印刷电路 (PCB) 板连接的 11 个定位销柱; c 处为 4 个伸出式卡扣; d 处为喇叭密封圈凹槽, 喇叭密封圈通过点胶或热熔的方式固定在前盖上; e 处为镜片 LENS 凹槽, 镜片 LENS 与壳体的连接方式为点胶或热熔。

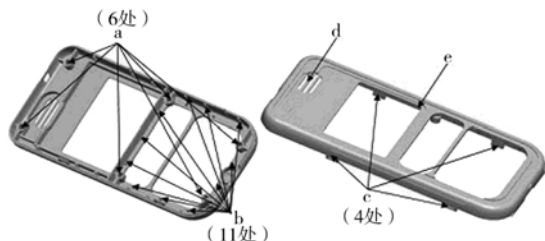


图1 手机前盖结构示意图

图2为手机后盖结构示意图。手机后盖基本壁厚 1.2 mm, a 处为 6 个固定前后盖及 PCB 板的螺钉孔; b 处为 2 个连接电池上盖的卡扣; c 处为 2 个卡扣槽, 用于与电池上部卡扣连接; d 处卡扣槽用于与

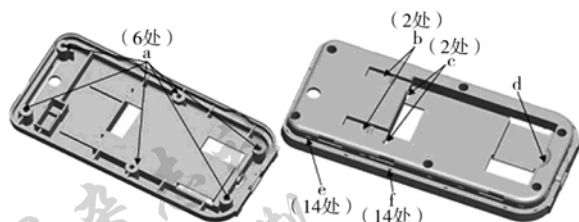
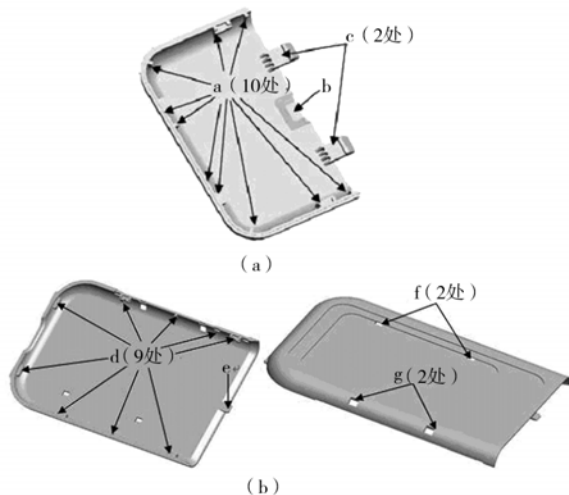


图2 手机后盖结构示意图

电池下部卡扣连接; e 处为 14 个连接电池上盖及下盖的卡扣; f 处为 14 个连接边框的矩形柱体。

图3为电池上盖与下盖结构示意图。电池上盖与下盖基本壁厚 1.4 mm, 电池上盖通过 a 处 (10 处) 卡扣固定在后盖上, b 处凹槽与电池下盖连接, c 处 (2 处) 卡扣固定在后盖上 (图 3a); 电池下盖通过 d 处 (9 处) 卡扣固定在后盖上, e 处卡扣与电池上盖连接, f 处 (2 处) 卡扣槽与防滑板连接, g 处 (2 处) 卡扣槽与合金圈连接 (图 3b)。

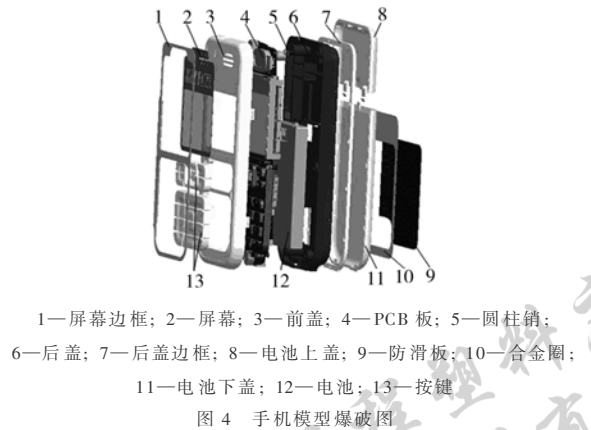


a—上盖; b—下盖

图3 电池上盖与下盖结构示意图

1.2 装配关系的分析

手机前盖与后盖由 4 个卡扣连接, 再加上 6 组中空的螺钉柱中穿销钉连接在一起, 后盖与电池上盖、电池下盖以卡扣连接, 前盖由 11 个定位销柱与 PCB 板以压力装配连接(见图 4)。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, 故着重考虑卡扣、卡扣槽组装时受静态载荷作用的受力分析, 以下借助 Pro/E Mechanica Structure 进行手机前后盖、电池上盖与下盖结构的优化。



2 基于 Pro/E Mechanica Structure 的手机装配结构设计

2.1 创建手机模型

图 4 为手机模型爆破图, 主要结构零件包括外壳组件、PCB 板、屏幕、按键等。

2.2 手机前盖的装配结构设计

手机前盖所用材料为(丙烯腈/丁二烯/苯乙烯) 共聚物(ABS) /聚碳酸酯(PC), 其性能参数见表 1。

表 1 ABS/PC 材料性能参数			
项目	数据	项目	数据
密度 /g · cm ⁻³	1.05	拉伸弹性模量 /MPa	2 100
泊松比	0.3	屈服强度 /MPa	44
拉伸强度 /MPa	35 ~44	弯曲强度 /MPa	52 ~81
压缩强度 /MPa	49 ~64	切线模量	210

设置如表 1 的参数后, 设置新位移约束, 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处设置压力载荷 P_q , 其计算公式如下^[2]:

$$P_q = bt^2 E \varepsilon /6LQ \tag{1}$$

式中: b ——梁的宽度, 2.4 mm;
 t ——梁的厚度, 0.6 mm;
 E ——塑料的正割模量, 29.33 MPa;

ε ——塑料短期允许应变变量, 由文献[2] 查得 $\varepsilon = 2.5$ 。

L ——梁的长度, 0.4 mm;
 Q ——修正系数, 由文献[2] 查得 $Q = 2.12$ 。

根据式(1) 可得 $P_q = 12.5$ N。

手机前盖内部 11 个定位销柱与 PCB 板为压力装配连接(见图 4)。由文献[2] 可得:

(1) 配合部分几何尺寸参数

根据结构条件, 现取手机前盖定位销柱安装部分直径 D_i 为 0.8 mm; 前盖定位销柱与 PCB 板上孔配合部分的外径 D_o 为 2 mm; 前盖定位销柱与 PCB 板上孔配合长度 L 为 1.7 mm。

(2) 配合材料性能参数

前盖定位销柱与 PCB 板的材料均为 ABS/PC, 由文献[3] 可知, ABS/PC 的弹性模量 E_i 为 2 100 MPa, 泊松比 V_i 为 0.3, 线胀系数 α 为 $7 \times 10^{-5} \text{ K}^{-1}$, 屈服强度 σ_i 为 44 MPa, 轴与轮毂内表面间的摩擦系数 μ 为 0.5; 安全因子为 3; 设计应力或轮毂的最大许用应力 $\sigma = \text{材料的屈服强度} / \text{安全因子} = 14.67$ MPa; 轴与轮毂界面上的接触压力 $P = 14.67$ MPa; 前盖定位销柱与 PCB 板孔配合的几何因子 G 由式(2) 得出:

$$G = \frac{1 + (D_i/D_o)^2}{1 - (D_i/D_o)^2} = 1.38 \tag{2}$$

装配前盖定位销柱时所需的压入力的大小为:

$$F_{in} = \mu PA = \frac{\mu \alpha \pi D_i L}{G} \tag{3}$$

将数据代入式(3), 可得 $F_{in} = 22.7$ N。
然后进行静力学分析, 应力云图见图 5、图 6。

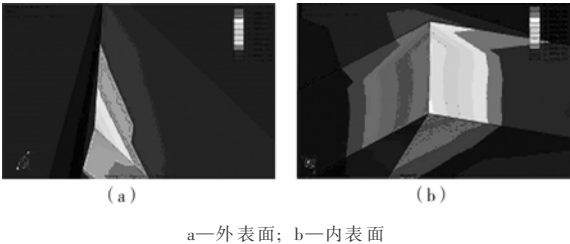


图 5 前盖安装屏幕的拐角处所受应力

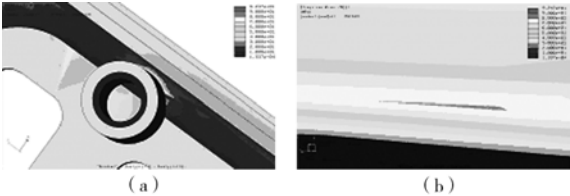
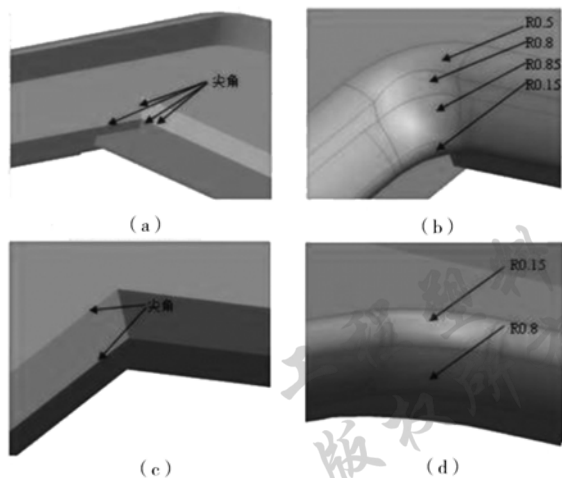


图 6 中部的两个支柱与前盖两侧壁相接的拐角处所受应力

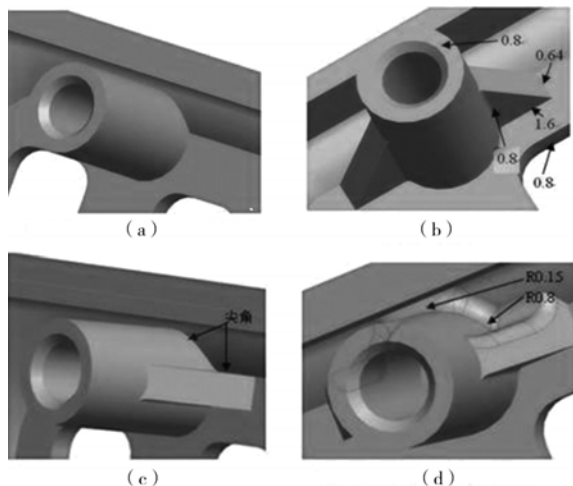
由图5、图6可知,在前盖外表面安装屏幕的4个拐角处应力为50 MPa,前盖内表面安装屏幕的4个拐角处应力为70 MPa,中部的两个支柱与前盖两侧壁相接的拐角处应力为92.47 MPa,以上各处应力超出了ABS/PC的屈服强度(44 MPa),所以需对其结构进行改进。

对前盖上部卡扣槽与前盖内表面相连接拐角处、前盖外表面安装屏幕的4个拐角处做圆弧过渡(如图7、图8),在支柱两侧设置角撑,由文献[4]得其尺寸如下:制品壁厚 $T=0.8$ mm,角撑厚度 $A=0.8T=0.64$ mm,角撑间距 $B=2T=1.6$ mm,角撑高度 $C=0.8$ mm,角撑宽度 $D=2T=1.6$ mm。



a—安装屏幕的外表面处修改前; b—安装屏幕的外表面处修改后;
c—安装屏幕的内表面处修改前; d—安装屏幕的内表面处修改后

图7 前盖上安装屏幕处结构的改进

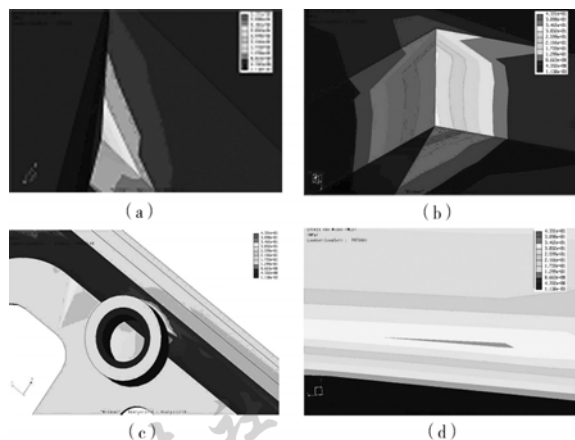


a—修改前的中部柱体与侧壁连接处; b—柱体两侧设置角撑;
c—柱体与侧壁连接处的尖角; d—修改柱体与侧壁连接处的尖角

图8 前盖上柱体结构的改进

中部的两个支柱与前盖两侧壁相接的拐角处做

$r=0.85、0.15$ mm的圆弧过渡,避免应力集中,降低此处所受的应力大小^[5],然后再进行受力分析,应力云图见图9。由图9可知,该处受力未超出材料的屈服强度,满足受力要求。



a—外表面; b—内表面; c—整体效果; d—局部放大

图9 结构改进后的前盖应力分析图

2.3 手机后盖的装配结构设计

对手机后盖材料与新位移约束的设置同前盖,在后盖中部的卡扣斜面、后盖背面装电池上盖和电池下盖的卡扣槽表面等处设置载荷,由文献[2]的经验公式可知:

$$\text{弯曲力 } P_h = P_q = 12.5 \text{ MPa}; \quad (4)$$

$$\text{推进力为 } F_w = P_h \frac{(\mu + \tan \alpha)}{(1 - \mu \tan \alpha)} \quad (5)$$

其中 $\mu=0.5$, $\alpha=45^\circ$, 计算得 $F_w = 37.5$ N。

在装配时,弯曲力容易使卡扣变形,弯曲力在垂直于斜面的分量即卡扣斜面的正压力对其影响较大,其大小为^[6]: $N = P_h \cos \alpha = 12.5 \cdot \cos 45^\circ = 8.8$ N。

另外,后盖背面与电池上盖及下盖共有16处卡扣连接。

将电池上盖卡扣的相关参数 $b_1 = 2.5$ mm, $t_1 = 0.8$ mm, $E_1 = 29.33$ MPa, $\varepsilon_1 = 2.5$, $L_1 = 1.8$ mm, $Q_1 = 3.5$,代入式(1)可得上盖卡扣的压力载荷 $P_q = 3.1$ N,推进力 $F_w = 9.3$ N。

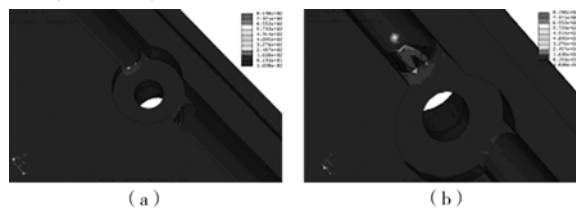
所以,后盖与电池上盖卡扣连接面处所受的弯曲力 $P_h = P_q = 3.1$ N。

将电池下盖卡扣的相关参数 $b_2 = 2.5$ mm, $t_2 = 1.0$ mm, $E_2 = 29.33$ MPa, $\varepsilon_2 = 2.5$, $L_2 = 1.0$ mm, $Q_2 = 8$,代入式(1)可得下盖卡扣的压力载荷 $P_q = 3.8$ N,推进力 $F_w = 11.4$ N。

所以,后盖与电池下盖卡扣连接面处所受的弯

曲力 $P_b = P_q = 3.8 \text{ N}$ 。

然后进行静力学分析,定义应力的分析结果如图10、图11所示。由图10、图11可知,后盖内表面的中部两个柱体上表面所受应力 81.93 MPa ,柱体与后盖内表面相接触处所受应力最大为 819 MPa ,后盖外表面的中部装卡扣的槽壁所受应力为 81.93 MPa ,后盖外表面中部两孔端面及台阶面所受应力为 81.93 MPa ,以上各处均超出了ABS/PC的屈服强度(44 MPa),所以需对其结构进行改进。



a—柱体上表面; b—柱体与内表面相接触处

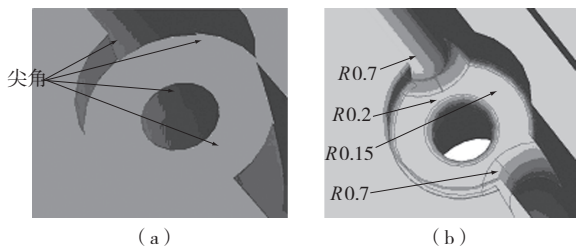
图10 后盖内表面中部两柱体所受应力



a—中部装卡扣的槽壁; b—中部两孔端面

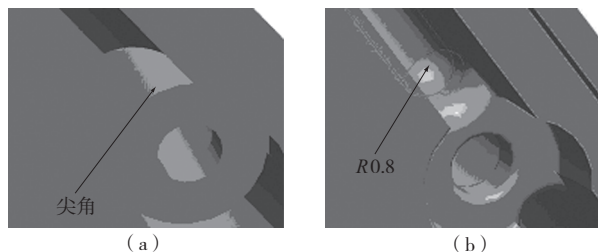
图11 后盖外表面所受应力

在后盖内表面的中部两个柱体上表面相接的拐角处、柱体与后盖内表面相接触处、后盖外表面的中部装卡扣的槽壁、后盖外表面中部两孔端面及台阶面设置圆弧过渡,见图12~图15。



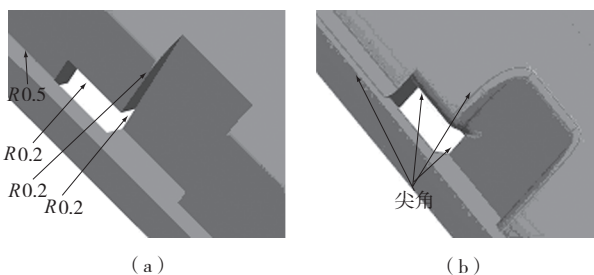
a—修改前; b—修改后

图12 中部柱体上表面结构的改进



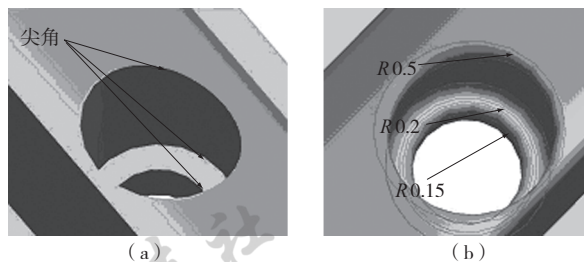
a—修改前; b—修改后

图13 中部柱体与后盖相接处结构的改进



a—修改前; b—修改后

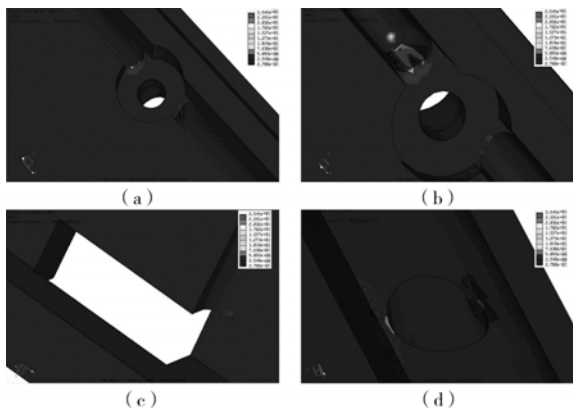
图14 后盖外卡扣槽壁结构的改进



a—修改前; b—修改后

图15 中部两孔端面及台阶面结构的改进

由图12~图15可知,圆弧过渡避免了应力集中,降低了这几处所受的应力大小。对改进后的结构进行受力分析,应力云图见图16。由图16可知,改进结构未超出材料的屈服强度,满足受力要求。



a—柱体上表面; b—柱体与内表面相接触处;

c—中部装卡扣的槽壁; d—中部两孔端面

图16 结构改进后的后盖应力分析图

3 结语

(1) 在塑料产品装配设计中,分析并计算各零部件装配中所受应力大小,再借助Pro/E Mechanical Structure模块进行塑料产品的优化设计,可以降低成本、加快完成塑料产品的开发。

(2) 以直板手机的装配设计为例,其前盖与后盖,后盖与电池上盖、电池下盖的卡扣连接以及前盖与PCB板的压力装配受力看似很小,但结构设计不当,依然会造成手机在组装时零件的损坏。

(3) 分析手机零部件的装配连接关系后,利用公式计算零部件装配中所受的应力大小,应用 Pro/E Mechanical Structure 模块,对手机前盖和后盖,前盖和 PCB 板,后盖与电池上盖、下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] 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,2007:11.

- [2] 徐佩弦. 塑料制品设计指南[M]. 化学工业出版社,2006:12.
- [3] Tres P A. 塑料零件装配设计(Designing Plastic Parts for Assembly)[M]. 任冬云,陈源平,何建中,等译. 北京:化学工业出版社,2002:48-222.
- [4] 郁文娟,顾燕. 塑料产品工业设计基础[M]. 北京:化学工业出版社,2006:9.
- [5] 揣成智. 塑料制品设计[M]. 化学工业出版社,2008:3.
- [6] 申开智. 塑料制品设计方法及应用实例[M]. 国防工业出版社,2007:1.

DESIGN PLASTIC PART'S ASSEMBLY STRUCTURE BASED ON Pro/E MECHANICA STRUCTURE

Dong Haidong, Yang Yanbo

(Shaanxi Polytechnic Institute, Xianyang 712000, China)

ABSTRACT After the analysis of the structure features of the mobile phone and their assembly connections, based on Pro/E Mechanical Structure model, the possible deformation of the front, back and battery cover of the bar phone under static load were studied, aiming to improve and optimize the structure. Meanwhile a comparison of the stress under static load before and after the improvement was made, the result could meet the requirement of mechanical properties. Therefore, it was proved that the plastic products designed based on Pro/E Mechanical Structure model could reduce costs and speed up the development of plastic products.

KEYWORDS plastic part, structural, optimization, Pro/E Mechanical Structure, mechanical properties

优惠销售 2000 ~2010 年中国工程塑料加工应用技术研讨会《论文集》及论文集光盘

中国工程塑料工业协会加工应用专委会为了配合 2000 ~2010 年先后召开的中国工程塑料加工应用技术研讨会共编辑、出版了 11 本《论文集》。其内容涉及工程塑料及通用塑料的合成与改性、加工、应用、测试、模具、设备新技术,以及文献综述、评论等,尤其突出了我国工程塑料行业发展规划、热点分析,应对 REACH、RoHS 的对策等行业规则、政策。现尚有部分《论文集》,以及应广大读者要求加工制作的论文集光盘,以优惠价格(含邮费)销售,欢迎订阅。

1. 《论文集》, 优惠价为 280 元/套, 单册价格如下:

《2010 年中国工程塑料复合材料技术研讨会论文集》, 论文 100 篇, 正文 371 页, 50 元/册;

《2009 年中国工程塑料复合材料技术研讨会论文集》, 论文 100 篇, 正文 351 页, 45 元/册;

《2008 年中国工程塑料复合材料技术研讨会论文集》, 论文 100 篇, 正文 351 页, 40 元/册;

《2007 年中国工程塑料复合材料技术研讨会论文集》, 论文 100 篇, 正文 343 页, 35 元/册;

《2006 年中国工程塑料加工应用技术研讨会论文集》, 论文 100 篇, 正文 346 页, 含中国工程塑料工业“十一五”发展规划, 30 元/册;

《2005 年中国工程塑料复合材料技术研讨会论文集》, 论文 100 篇, 正文 338 页, 25 元/册;

《2004 年中国工程塑料加工应用技术研讨会论文集》,

论文 100 篇, 正文 337 页, 20 元/册;

《2003 年塑料助剂和塑料加工应用技术研讨会论文集》, 论文 105 篇, 正文 373 页, 20 元/册;

《2002 年中国工程塑料加工应用技术研讨会论文集》, 论文 100 篇, 正文 351 页, 20 元/册;

《2001 年中国工程塑料加工及模具技术研讨会论文集》, 论文 80 篇, 正文 270 页, 20 元/册;

《2000 年中国工程塑料加工应用技术研讨会论文集》, 论文 100 篇, 正文 339 页, 20 元/册。

2. 论文集光盘, 优惠价为 190 元/盘。

本光盘除收录上述 11 本《论文集》的全部内容外, 还包括约 2200 人次的会议代表通讯录。

凡需购买《论文集》或论文集光盘的读者, 请尽快办理邮购手续。汇款时请注明“论文集”或“论文集光盘”。

邮局汇款

收款单位: 山东济南市 108 信箱杂志社 邮编: 250031

电话: (0531) 85878057 85878223 85878278

传真: (0531) 85947355 85878057

银行汇款

户 名: 中国兵器工业集团第五三研究所

开户银行: 济南市工商银行经十一路支行

帐 号: 1602001229014425546

网上订购 <http://www.epa1973.com>