

基于有限元分析的某型弹药包装箱结构优化设计

赵子东¹, 张建礼², 刘兴民¹, 米波¹, 赵岩¹

(1. 秦皇岛天秦装备制造有限公司, 秦皇岛 066000; 2. 北京军区驻秦皇岛地区军代室, 秦皇岛 066000)

摘要: 采用 COSMOS/W 对某型弹药包装箱箱体静载及跌落进行了有限元分析, 并用 Moldflow 软件对包装箱注塑成型过程进行了模拟。根据分析、模拟结果对产品结构进行了优化, 使产品满足静载及跌落要求, 提高了产品设计的可靠性。

关键词: 有限元; 包装箱; 优化设计

中图分类号: TB482.2; TB487 文献标识码: A 文章编号: 1001-3563(2013)11-0059-04

Optimum Design of Certain Ammunition Packaging Box Structure Based on Finite Element Analysis

ZHAO Zi-dong¹, ZHANG Jian-li², LIU Xing-min¹, MI Bo¹, ZHAO Yan¹

(1. Qinhuangdao Tianqin Equipment Manufacturing Co., Ltd., Qinhuangdao 066000, China; 2. Qinhuangdao Military Representative Office of Beijing Military Representative Bureau, Qinhuangdao 066000, China)

Abstract: Finite element analysis was carried out on static load and natural drop of certain ammunition packaging box using COSMOS/W, and the injection molding process of the packaging box is simulated with Moldflow software. According to analysis and simulation, the structure of the product was optimized. The optimized product satisfies the specification of static load and natural drop, and the reliability of product was improved.

Key words: finite element; packaging box; optimum design

某型弹药包装箱采用侧开卧式密封包装结构, 由箱体、箱盖、锁扣、提手等四部分组成。设计要求该包装在仓储及勤务处理过程中经过堆码及 1.5 m 跌落试验后仍能保持密封。此包装系统中结构最为复杂、最为重要的受力防护部位为箱体口部, 该部位在堆码及跌落过程中变形情况是整个包装成败的关键。为避免因设计缺陷而造成的整体产品功能性缺陷和失效, 我们在设计阶段采用有限元分析手段, 对该弹药包装箱箱体进行强度分析, 改进箱体结构并对箱体注塑过程进行模拟分析, 以提高产品设计的可靠性。

1 包装箱强度分析与改进

COSMOS/W 是大型三维制图软件 Solidworks 中一个简单实用的有限元分析模块, 通过 COSMOS/W 对箱体强度进行预测分析, 可以模拟包装箱箱体在静载及 1.5 m 跌落过程中箱体口部的变形情况。

1.1 有限元模型建立

通过 Solidworks 软件对箱体进行三维几何造型, 在几何造型过程中, 对模型进行简化, 去除边角过渡圆弧及非受力面的圆孔, 简化后造型可直接引用到 COSMOS/W 中进行网格划分, 形成有限元分析用模型, 见图 1。

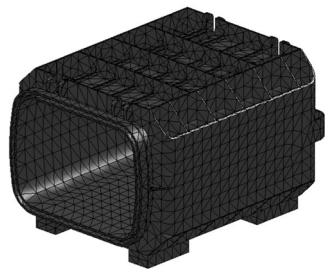


图 1 包装箱有限元模型

Fig. 1 Finite element model of the packaging box

1.2 材料选择

材料选用秦皇岛天秦装备制造有限公司专用工

收稿日期: 2011-11-23

作者简介: 赵子东(1971-), 男, 唐山人, 中级工程师, 生产副总经理, 主要从事弹药包装设计工作。

程塑料, 23 ℃ 下其主要性能指标如下: 弹性模量为 2.397 MPa, 泊松比为 0.4, 屈服强度为 58.68 MPa, 最大许用应力为 117.41 MPa, 断裂伸长率为 59.03%。

1.3 条件设定

1) 静载抗压能力分析条件设定。包装箱在 23 ℃ 条件下, 上端面均匀负载 3700 N (相当于堆垛 4 m 高, 最底部包装箱的负载)。

2) 跌落抗冲击分析条件设定。在室温 23 ℃ 的自然条件下, 包装箱装载 25 kg 的配重从 1.5 m 高处自由落体, 共进行 3 种姿态的跌落: 面跌落、棱跌落、角跌落。

1.4 计算结果

箱体在没有箱盖及锁扣的支撑下, 承受码垛过程中的 3700 N 均匀载荷, 经有限元分析可知其产生最大应力 (Von Mises) 63.9 MPa, 最大位移 8.85 mm。最大应力值已超过该材料的屈服强度, 将会产生永久性变形, 而其最大位移点恰恰在箱体密封关键部位的口部, 见图 2。

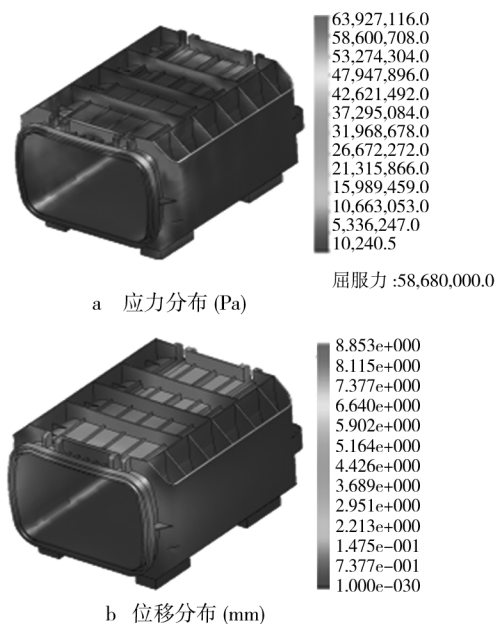


图 2 静载应力、位移分布云图

Fig. 2 Nephograms of static load stress and displacement distribution

依据图 3 所示箱体不同跌落姿态进行跌落分析, 跌落结果为: 面跌落最大应力为 71.45 MPa, 应变为 34.29%; 棱跌落时, 最大应力为 76.73 MPa, 应变为 42.95%; 角跌落时, 最大应力为 84.33 MPa, 应变为 45.23%。

由跌落结果及跌落应变云图可知, 各姿态跌落过程中箱体口部最大应力值均超过基体材料的屈服强度, 产生永久变形, 但未超过其断裂伸长率, 未发生断裂现象。

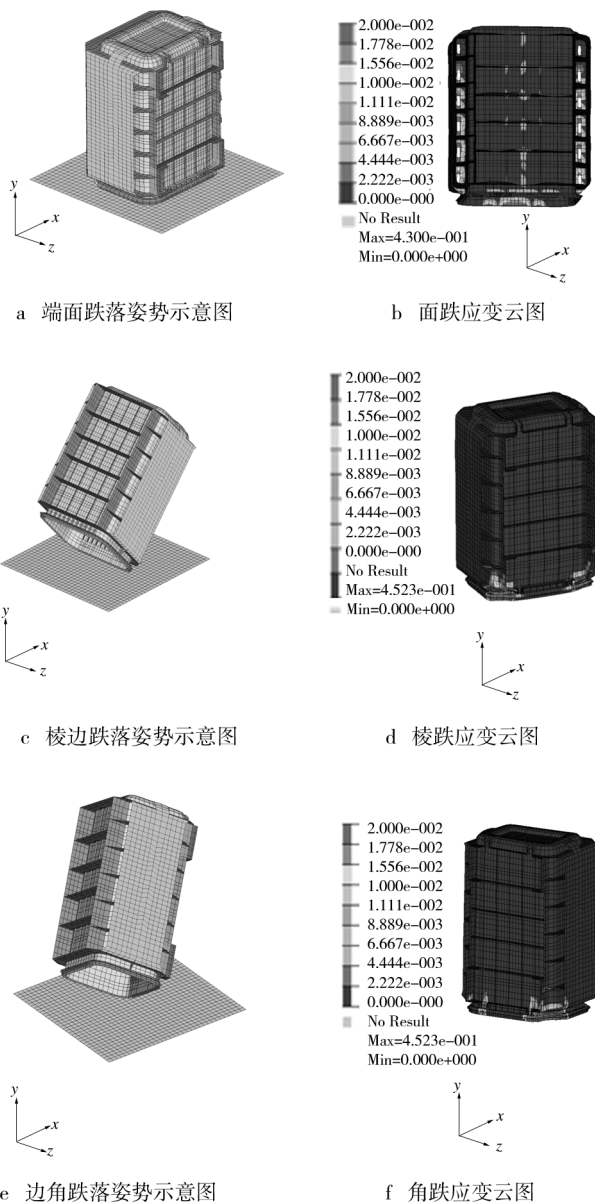


图 3 跌落姿态与应变云图

Fig. 3 Nephogram of natural drop posture and strain

1.5 针对性改进

经过对初始箱体模型静载、跌落的模拟分析, 确定初始设计存在一定设计缺陷, 箱体口部在码垛、跌落过程中发生了较大变形, 将影响包装整体的密封性能。根据模拟计算结果, 进行改进设计, 将箱体口部厚度 (如图 4 箱体蓝色区域) 由原来的 4 mm 增加到 6 mm, 同时在长边密布小增强筋以提高口部抵抗静载

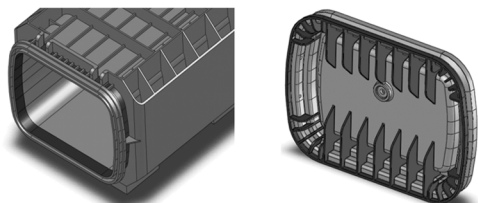


图4 改进方案一

Fig. 4 Improvement plan 1

和跌落冲击的能力。由于在实际跌落过程中包装箱盖接触地面,根据箱体跌落模拟结果,将箱盖外侧增加一圈反沿,并在反沿周边尤其转角处密布增强筋,以提高包装箱在跌落时抵抗变形的能力,减小对口部的冲击。

对改进后箱体结构方案进行静载 3700 N 有限元分析,其最大应力(Von Mises)42.4 MPa,最大位移 6.94 mm,见图5。Von Mises 值低于该材料的屈服强

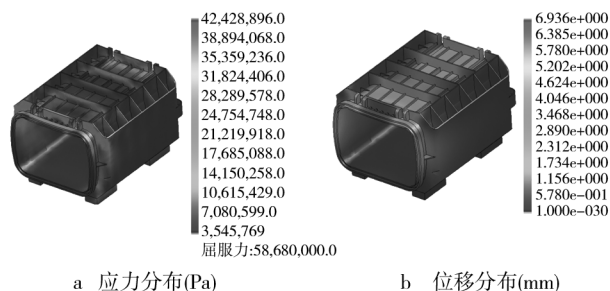


图5 改进方案一应力及位移分布云图

Fig. 5 Nephograms of stress and displacement distribution of improvement plan 1

度,未产生永久性变形,最大位移降低了 20%,但其最大位移仍发生在箱体密封关键部位的口部区域,且该变形量也将会造成包装失封。

为了进一步降低箱体口部变形,满足包装的密封要求,在上述方案的基础上进行再次改进,将靠近箱体口部的支撑立筋高度降低 1.5 mm(如图6所示蓝色区域),以使堆码产生的静载压力远离箱体口部。

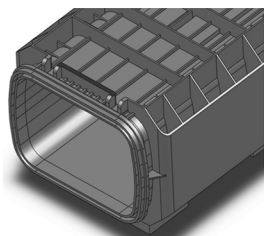
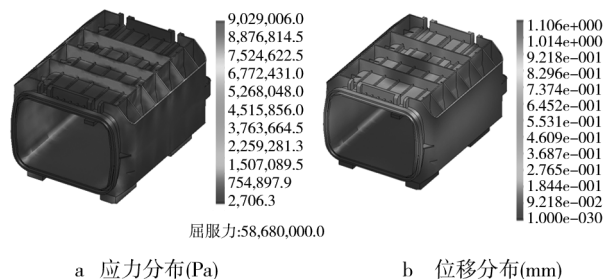


图6 改进方案二

Fig. 6 Improvement plan 2

对改进方案二的箱体进行静载 3700 N 的有限元分析,最大应力为(Von Mises)9 MPa,最大位移 1.16 mm(见图7);其最大应力远远小于屈服强度,而且最



a 应力分布(Pa)

b 位移分布(mm)

图7 改进方案二应力及位移分布云图

Fig. 7 Nephograms of stress and displacement distribution of improvement plan 2

大位移远离箱体口部,箱体口部最大变形不大于 0.2 mm,对包装密封无明显影响,满足设计要求。

2 注塑模拟分析

在注塑成型过程中,熔体流动性不足,塑料温度过低,模具设计不合理以及塑料制品结构设计不合理等均会产生熔接痕、气穴等缺陷,且熔接痕位置的强度远低于产品其它区域,在外应力作用下容易发生断裂,而气穴处易发生焦糊、缺料,严重影响注塑产品的强度。

该包装箱箱体采用注塑成型,由于体积大、结构复杂,为保证其口部强度,采用 Moldflow Plastic Insight 对经过强度有限元分析而优化设计的模型进行模流分析,模拟箱体的注塑过程,并通过优化设计结构,避免注塑最后充满区域产生在口部上下长边,避免箱体口部产生熔接痕、气穴等缺陷。

2.1 模型及浇口建立

用 Solidworks 绘制完成优化后的 3D 模型后,另存为 IGES 格式导入 Moldflow Plastic Insight 中,由于箱体属于薄壳结构,采用双层面网格结构,网格单元数 32 828 个,节点 16 421 个。对网格化模型进行检查修复后建立浇口系统,由于箱体结构的特殊性,在箱体底部中间位置设直浇口,始端直径 8 mm,末端直径 5 mm,长 70 mm,并网格化,见图8。

2.2 计算结果

对箱体进行充填过程分析,箱体在 4.045 s 内能

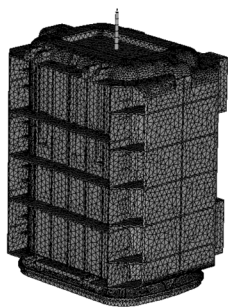


图8 模流分析模型

Fig. 8 The mold flow analysis model

够充满,熔体流动平衡,无短射和应力集中现象,其最后充满区域集中在箱体口部上沿及箱体两侧标志板末端,见图9。箱体口部有5处熔接痕及多处气穴,见图10。

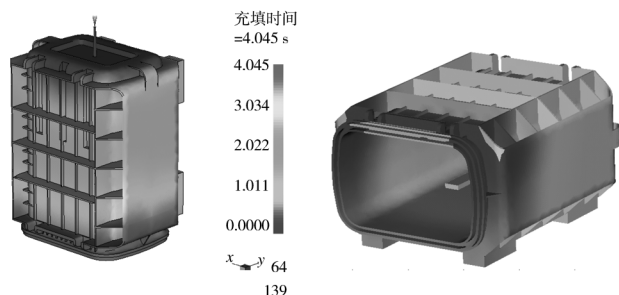


图9 充模过程

Fig. 9 The process of injection

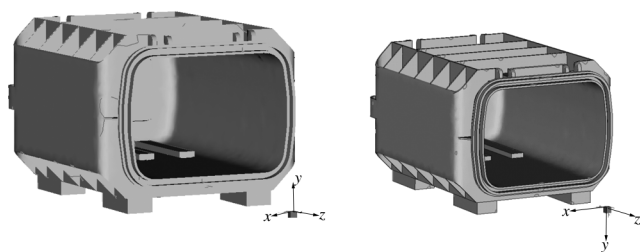


图10 熔接痕与气穴

Fig. 10 Weld lines and cavitations

为改变最后充满位置,在箱体口部上沿中心位置设置宽50 mm、高1 mm、长200 mm的增厚区。改进后重新进行模流分析,则最后充满区域转移到侧立边,见图11a,口部基本无熔接痕产生,见图11b,气穴分布比较对称,见图11c,可以在相应位置加顶出放气装置,以避免气穴造成的焦糊、缺料等缺陷。

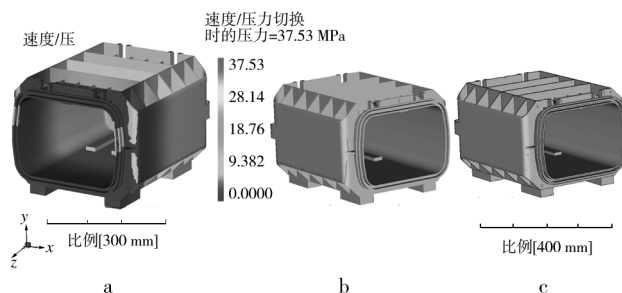


图11 改进后的包装箱结构

Fig. 11 Structure of the packaging box after improvement

3 结语

在该弹药包装设计过程中,成功引进 COSMOS/W 和 Moldflow Plastic Insight 有限元分析软件,在前期设计中对产品模型进行强度校核及模流分析,并进行针对性的改进和优化设计,最大限度消除了因产品设计不良造成的失效和浪费,降低了产品模具的投入风险,提高了产品设计的可靠度,大大缩短了产品设计周期,具有较大的军事和经济效益。该2种有限元分析软件的交叉使用,也为工程塑料包装的设计开辟了一条新路。

参考文献:

- [1] 戈登 M J. 塑料制品工业设计[M]. 北京:化学工业出版社,2005.
GORDON M J. The Industrial Design of Plastic Products [M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2005.
- [2] 江洪,陆利锋. SolidWorks 动画演示与运动分析实例解析[M]. 北京:机械工业出版社,2005.
JIANG Hong, LU Li-feng. Solidworks Animations and Instances Resolution of Movement Analysis [M]. Beijing: Mechanical Industry Press, 2005.
- [3] 刘琼. 塑料注射 Moldflow 实用教程[M]. 北京:机械工业出版社,2008.
LIU Qiong. Moldflow Practical Courses of Plastic Injection [M]. Beijing: Mechanical Industry Press, 2008.
- [4] 王刚,单岩. Moldflow 模具分析应用实例[M]. 北京:清华大学出版社,2005.
WANG Gang, SHAN Yan. Moldflow Application Examples of Mold Analysis [M]. Beijing: Qinghua University Press, 2005.

参考文献:

- [1] 刘真,张建青,王晓红. 数字印前原理与技术[M]. 北京:中国轻工业出版社,2010.
LIU Zhen, ZHANG Jian-qing, WANG Xiao-hong. Digital Prepress Principles and Technologies [M]. Beijing: China Light Industry Press, 2010.
- [2] SUZUKI S, SHINMIZU M, SEMBA S. High Accuracy Color Reproduction (Color Management Systems) [J]. FUJITSU Science Technology Journal, 1999, 35(2): 240-247.
- [3] 息丽丽,王义峰,刘瑞华,等. 基于B样条色域描述的颜色匹配[J]. 计算机工程, 2008, 33(1): 210-211.
XI Li-li, WANG Yi-feng, LIU Rui-hua, et al. Color Mapping Based on Gamut Description of B-spline Curve Fitting [J]. Computer Engineering, 2008, 33(1): 210-211.
- [4] MORONIC Jan, LUO M Ronnier. Calculating Medium and Image Gamut Boundaries for Gamut Mapping [J]. Color Research and Application, 2000, 25(6): 394-401.
- [5] 张东林. 分段最小二乘曲线拟合 [J]. 沈阳大学学报, 1994(2): 80-83.
ZHANG Dong-lin. Piecewise Fitting of a Least Square Curve

- [J]. Journal of Shenyang University, 1994(2): 80-83.
- [6] 颜宁生. 带插值条件的最小二乘法 [J]. 北京服装学院学报, 2007, 27(2): 42-48.
YAN Ning-sheng. Least Squares with Interpolation Condition [J]. Journal of Beijing Institute of Clothing Technology, 2007, 27(2): 42-48.
- [7] 于惠,刘真. 基于LSM分段拟合技术的喷墨输出反馈控制研究 [J]. 包装工程, 2011, 32(17): 98-101.
YU Hui, LIU Zhen. Study of the Inkjet Output's Feedback Control Based on the LSM Piece Wise Curve-fitting Technology [J]. Packaging Engineering, 2011, 32(17): 98-101.
- [8] 刘晓莉,张春梅. 基于最小二乘原理的分段曲线拟合法 [J]. 伊犁教育学院学报, 2004, 17(3): 132-134.
LIU Xiao-li, ZHANG Chun-mei. The Piecewise Curve-fitting Method Based on Least-square Principle [J]. Journal of YILI Education College, 2004, 17(3): 132-134.
- [9] 梁静,邓晶绿,彭彦平,等. 彩色复制中色域映射方法的研究 [J]. 包装工程, 2008, 29(9): 65-67.
LIANG Jing, DENG Jing-lyu, PENG Yan-ping, et al. Research of Color Gamut Mapping in Color Reproduction [J]. Packaging Engineering, 2008, 29(9): 65-67.

(上接第58页)

- ZHOU Li-li, SHEN Juan, CAO Guo. Pilot Study on the Different Pitch Arrangement of Bolt Connection and the Bearing Capacity [J]. Steel Construction, 2007, 22(6): 48-50.
- [6] ASTM D4761-05, Standard Test Methods for Mechanical Properties of Lumber and Wood-Base Structural Material [S].
- [7] 丁毅,刘雯. 基于ANSYS对木质托盘整体结构的静力分析 [J]. 包装与食品机械, 2009, 27(6): 12-13.
DING Yi, LIU Wen. ANSYS of Static Analysis for Wooden

Pallet Based on the Structure [J]. Packaging and Food Machinery, 2009, 27(6): 12-13.

- [8] 王艳菊,陆佳平. 基于ANSYS的托盘弯曲承载特性分析及试验验证 [J]. 包装工程, 2012, 33(17): 23-26.
WANG Yan-ju, LU Jia-ping. ANSYS-Based Analysis of Pallet Bending Performance and Its Experimental Verification [J]. Packaging Engineering, 2012, 33(17): 23-26.

(上接第62页)

- [5] 李扬,李光. 基于SolidWorks的托盘结构有限元分析及优化设计 [J]. 包装工程, 2011, 32(19): 1-4.
LI Yang, LI Guang. Finite Element Analysis and Optimal Design of Structure of the Tray Based on SolidWorks [J]. Packaging Engineering, 2011, 32(19): 1-4.
- [6] 艾泽明. 弹药塑料包装筒密封结构设计 [J]. 包装工程, 1989, 10(4): 21-25.
AI Ze-ming. Seal Structure Design of Ammunition Packaging Tubes [J]. Packaging Engineering, 1989, 10(4): 21-25.
- [7] 何自芬,张印辉. 基于有限元法的包装箱抗压性能研究 [J]. 包装工程, 2009, 30(3): 39-41.
HE Zi-fen, ZHANG Yin-hui. Compression Performance Investigation Based on Finite Element Analysis [J]. Packaging

Engineering, 2009, 30(3): 39-41.

- [8] 钟毓宁,龙盛蓉,张业鹏. 基于有限元的缓冲包装结构参数对缓冲性能影响的仿真研究 [J]. 包装工程, 2004, 25(4): 149-150.
ZHONG Yu-ning, LONG Sheng-rong, ZHANG Ye-peng. Simulation Investigation of the Influence of Buffer Performance from Buffer Package Structure Parameter Based on Finite Element [J]. Packaging Engineering, 2004, 25(4): 149-150.
- [9] 孙明亮,雷坤. 炮弹塑料包装应用探讨 [J]. 包装工程, 2003, 24(6): 107-109.
SUN Ming-liang, LEI Kun. Application of the Bullet Plastic Package [J]. Packaging Engineering, 2003, 24(6): 107-109.