

缓冲包装CAD系统

田丽, 苏祥静, 陈治勇, 王琳, 李光
(天津科技大学, 天津 300222)

摘要:目的 主要介绍缓冲包装CAD系统及其运行流程。方法 系统以Visual Basic为编程语言,实现了缓冲衬垫计算与校核、瓦楞纸箱计算与校核、数据处理、图片显示等功能。系统完善了缓冲衬垫和瓦楞纸箱数据库,以方便对规则产品的运输包装设计。结果 该系统的设计结果既满足了产品运输中对防护的要求,又避免了人为误差,减少了破坏性试验,缩短了产品研发周期。结论 系统将计算机与包装技术有效结合,在理论和实践上发展了运输包装的设计技术,使复杂的设计过程变得简单快捷。

关键词: 缓冲包装; CAD; 缓冲衬垫; 瓦楞纸箱; 数据库

中图分类号: TB485.1 文献标识码: A 文章编号: 1001-3563(2016)01-0069-05

Cushioned Packaging CAD System

TIAN Li, SU Xiang-jing, CHEN Zhi-yong, WANG Lin, LI Guang
(Tianjin University of Science and Technology, Tianjin 300222, China)

ABSTRACT: This paper introduced the cushion packaging CAD system and its operation process. This system used Visual Basic as the programming language. It could implement many functions, such as the calculation and checking of cushioning pad and corrugated box, data processing and picture displaying, etc. This system improved the database of corrugated cushioned pad and corrugated box. It was convenient for transport packaging design of regular products. The design result of the system would not only satisfy the requirements for products protection in transportation, but also avoid the human error, reduce the destructive test, and shorten the period of development. This system effectively combined computer with packaging technology, and developed design technology of transport packaging both in theory and in practice. It made the complex design process simple and quick.

KEY WORDS: cushion packaging; computer aided design; cushioning pad; corrugated box; database

缓冲包装在运输、装卸和存储过程中,保护被包装产品免受振动、冲击等外力作用的损害。缓冲包装设计是产品包装设计的重要组成部分,但是,传统的设计方法因其过程繁复,方案选择较难及灵活性、可修改性和可扩充性差,制约了缓冲包装设计的发展,因此有必要加强缓冲包装的计算机辅助设计力度,提高设计的灵活性,从而减少设计周期,降低设计成本^[1]。

目前,国内外学者在缓冲包装CAD及软件开发方面开展了大量研究工作,如江南大学^[2]、天津科技大学^[3]、陕西科技大学^[4-6]、武汉理工大学^[7-8]、西安理工

大学^[9]、上海大学^[10]、西安工业大学^[11]、湖南工业大学^[12]、广东工业大学^[13-14]、青岛科技大学^[15]等单位,在理论研究、软件开发等方面开展了许多卓有成效的研究工作,开发出了一系列实用的系统。这些研究又多局限于对缓冲包装CAD软件的方法分析;或局限于在理想条件下的纯理论或简单系统的研究,实际应用受到较大限制;或局限于软件的开发,并没有与传统的试验分析作比较,不具说服力。基于上述问题,文中在深入分析缓冲包装动力学、运输包装和包装结构等相关理论知识的基础上,开发缓冲包装CAD系统,以实现

收稿日期: 2015-04-27

作者简介: 田丽(1993—),女,新疆伊犁人,包装工程专业本科生,主要研究方向为包装机械优化设计与仿真。

通讯作者: 李光(1975—),男,山东潍坊人,博士,天津科技大学副教授,主要研究方向为包装动力学、包装机械优化设计与仿真。

缓冲衬垫设计和瓦楞纸箱设计一体化。

1 系统结构设计

1.1 系统简介

缓冲包装CAD系统是由Visual Basic语言编译,建立数据库对数据进行统计收录,进行缓冲衬垫的设计与校核和瓦楞纸箱的设计与校核,最终由代码编译显示缓冲包装效果的三维立体图、瓦楞纸箱平面展开图和瓦楞纸箱立体展示图。

缓冲包装CAD系统功能与模块见图1。系统功能包括设计计算功能、数据存储功能、方案演示功能、图形输出功能和帮助功能,系统模块主要包括缓冲衬垫的设计与校核模块、瓦楞纸箱的设计与校核模块和缓冲包装方案显示与输出模块,支持数据库包括脆值数据库、缓冲材料数据库、缓冲衬垫数据库和瓦楞纸箱数据库。人机交互界面将用户的需求传达到系统中,而系统得出的结果通过人机交互界面反馈给用户。各模块间相互独立,各自完成一定功能,形成相互联系、相互调整、总体优化的缓冲包装CAD系统。

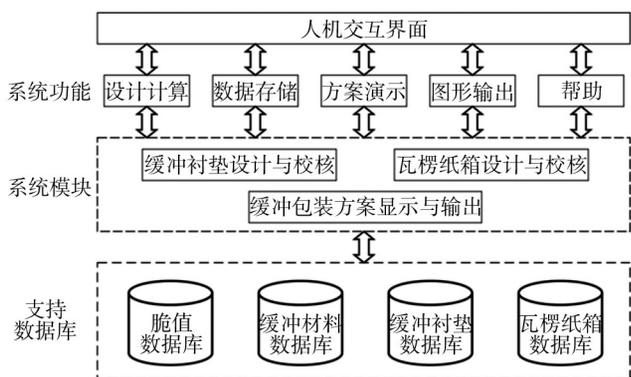


图1 系统的功能与模块

Fig.1 Functions and modules of the system

1.2 运行原理

已知被包装产品的基本参数,设计者通过选取不同的缓冲效果进行缓冲衬垫计算,不同的缓冲效果对应不同的计算过程,再由图形输出模块输出三维图形。瓦楞纸箱的尺寸设计是根据被包装产品及缓冲衬垫的最大外尺寸,通过计算得到的,进而输出三维或二维图形。

1.2.1 产品的基本参数

产品的基本参数包括:产品重量、结构形状和尺寸;代表流通环境条件的等效跌落高度,采用标准

量值法,由GB 4857.18—92查表得到;代表产品特性的脆值参数,采用标准量值法,根据产品属性、价值大小、重要程度,综合各国标准确定一个合理的许用脆值。

1.2.2 相关数据计算

缓冲衬垫的计算包括:选取特性曲线缓冲系数-最大应力曲线,包括全面缓冲包装和局部缓冲包装;计算缓冲衬垫承载面积和厚度;缓冲衬垫的校核,即蠕变量校核,参照公式 $t_c = t \times (1 + C_r)$ 进行,其中 t_c 为修改后的厚度(cm), C_r 为蠕变系数(%), t 为原设计厚度(cm)。

瓦楞纸箱的计算包括:内尺寸,根据被包产品及缓冲衬垫的最大外尺寸确定;制造尺寸,参照尺寸之间的关系式 $X = X_i + k$ (k 为内尺寸的修正系数)计算得到;外尺寸参照尺寸之间关系式 $X_o = X + K$ (K 为外尺寸的修正系数)计算得到。

1.2.3 数据库

数据库作为数据的仓库,是整个软件运行的基础。数据库中收录了各类产品的脆值、不同缓冲材料的缓冲系数、缓冲衬垫结构和瓦楞纸箱结构等,无论是缓冲衬垫的计算,还是瓦楞纸箱的计算,都是以数据库中的数据作为计算基础的。在计算缓冲衬垫和瓦楞纸箱尺寸时,程序利用代码将这些数据直接调出取用。设计者也可以人工通过数据库中的数据来确定产品脆值或选取缓冲材料,且可随时添加新的数据到各数据库中。

2 系统主要功能模块

2.1 缓冲衬垫的设计与校核

缓冲衬垫的设计与校核模块是该系统的重要模块,实现缓冲衬垫的设计、尺寸计算与校核,以及三维图形显示和输出等,见图2。

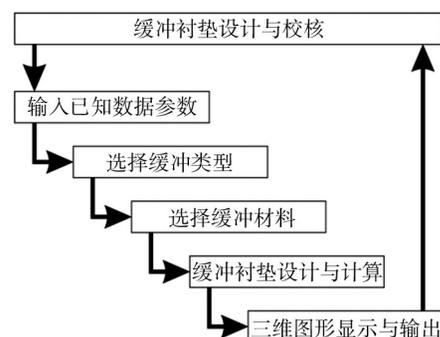


图2 缓冲衬垫设计与校核模块的构成

Fig.2 Composition of cushion design and check module

2.2 瓦楞纸箱的设计与校核模块

瓦楞纸箱的设计与校核模块实现瓦楞纸箱层数和楞型选择、瓦楞纸箱的尺寸计算和校核,以及平面展开图、三维立体图显示与输出等,见图3。

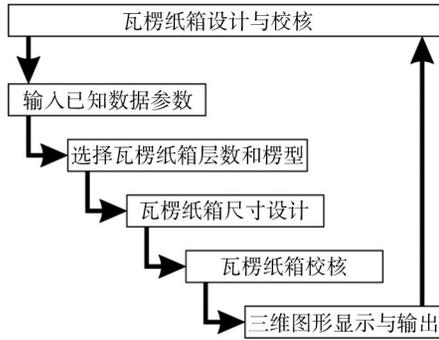


图3 瓦楞纸箱设计与校核模块的构成

Fig.3 Composition of design and check module for corrugated boxes

2.3 缓冲包装方案显示与输出

该模块是结果输出的核心部分。它将计算模块得出的数据以图形的形式表现出来,让使用者可以直观地看到产品的最终形态,有利于对所设计的衬垫和纸箱改进,以便设计出最合适的方案。

图形输出模块包括:包装件与对应的缓冲衬垫的立体效果图输出,便于设计者确定所选缓冲衬垫类型是否合适,所选材料是否恰当,及时更换调试;瓦楞纸箱的平面展开图形输出和三维立体图形输出,方便设计者对产品的整体包装件的大小、形状有个总体概念,有利于设计者根据产品运输和贮存的环境及时作出调整,使产品的整体包装更有利于运输销售等环节的运行,起到所需的保护功能和美化外观功能。

3 系统运行实例

运行流程以音箱为实验对象进行演示。进入《缓冲包装CAD系统》的首页,见图4,界面清晰地展示出程序主要流程,点击可进入相应界面,也可直接点击“开始”运行程序。进入图5所示的【基本数据录入】界面,输入音箱的名称、外形尺寸、重量和等效跌落高度。

点击“下一步”,进入【参数·衬垫选择】,在该界面分别点击相关参数,界面显示脆值、缓冲系数和包装材料的相关数据,根据数据,确定所需缓冲类型。点击“缓冲类型选择”,出现4种缓冲效果类型图供选择



图4 系统主界面

Fig.4 The main interface of system



图5 基本数据录入界面

Fig.5 Entry interface of basic data

(见图6)。根据音箱性质,选择侧面缓冲类型。

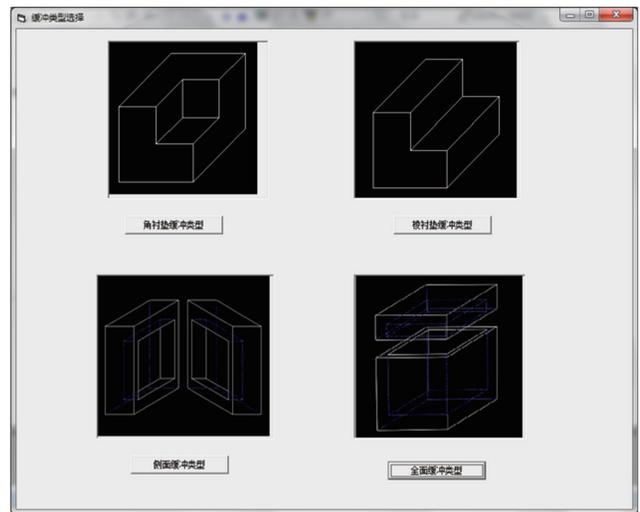


图6 缓冲类型选择界面

Fig.6 Selection interface of cushion type

点击“侧面缓冲类型”,进入【侧面缓冲数据计算】界面,见图7。界面为保证直接性、简洁性,计算结果以表格形式输出,表格下方为衬垫校核结果,数据合格可行,进行下一步。

【侧面图形输出界面】点击“输出图形”显示衬垫三维效果图,见图8。三维效果图直接显示了音箱侧

面缓冲效果,用户可根据效果图观察,通过界面按钮进行调整。



图7 侧面缓冲计算界面

Fig.7 Calculation interface of side pad

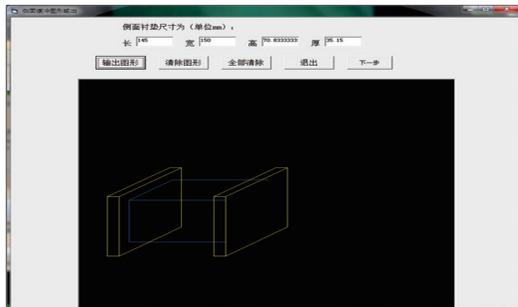


图8 侧面缓冲图形输出界面

Fig.8 Output interface of side pad image

点击下一步,进入【瓦楞纸箱内装物尺寸界面】,见图9。该尺寸是音箱(产品及衬垫)的最大尺寸,由计算器内部运行计算直接显示输出。点击选择瓦楞纸箱“五层”,进入计算结果输出界面。

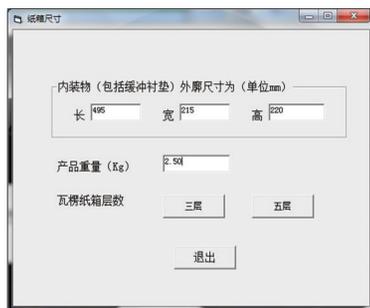


图9 内装物尺寸界面

Fig.9 Dimensions interface of contents

点击按钮“输出平面图”,输出如图10所示的【瓦楞纸箱平面展开图】。点击界面“退出”,关闭当前所在界面,返回瓦楞纸箱计算数据输出界面,点击界面按钮“输出立体图”,计算机自动跳转瓦楞纸箱三维立体图输出界面,图片框内显示了设计尺寸的瓦楞纸箱

三维立体效果图。

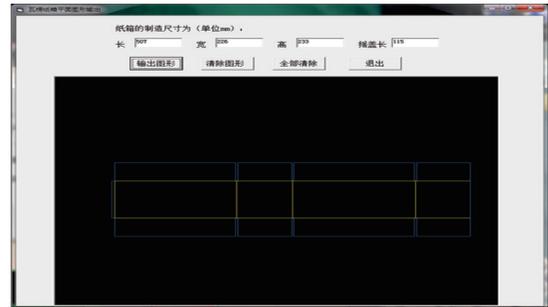


图10 瓦楞纸箱平面展开

Fig.10 Blank of corrugated box

4 瓦楞纸箱强度校核

瓦楞纸箱采用WK-320·SCP-160·WK-320AF纸板,纸板环压强度计算公式如下:

$$P_x = \sum R_n + \sum C_n R_m = R_1 + R_2 + C_n R_m \quad (1)$$

式中: R_1, R_2 为纸箱面纸的环压强度; R_m 为瓦楞纸芯的环压强度; C_n 为瓦楞收缩率。

由环压指数 $r = \frac{R}{G}$ 得:

$$R = rG \quad (2)$$

由GB/T 13024—2003查得面纸和芯纸对应的环压指数分别为10.5和9,由式(1)和式(2)可计算得到 $P_x=8914.56 \text{ N/m}$ 。

凯里卡特公式:

$$P_c = \frac{P_x}{100} \left(\frac{4aX_z}{Z} \right)^{2/3} ZJ \quad (3)$$

式中: P_c 为瓦楞纸箱抗压强度; aX_z 为瓦楞常数; Z 为瓦楞纸箱周长; J 为纸箱常数。

计算得纸箱周长为: $Z=2 \times (L+B)=1446 \text{ mm}$ 。查表知A楞单瓦楞纸箱凯里卡特常数为 $aX_z=8.36$, $J=1.10$ 。则由式(3)得到瓦楞纸箱抗压强度为 $P_c=11\ 562.40 \text{ N}$ 。

包装件重量为内装物和纸箱重量之和,即 $W=33.8 \text{ N}$,堆码高度取450 cm,安全系数取2,则纸箱堆码载荷为:

$$P = 2W \left(\frac{4500}{h} - 1 \right) \quad (4)$$

式中: W 为内装物和纸箱重量之和; h 为纸箱的外尺寸高度。

则 $P=1238.44 \text{ N}$,由于 $P < P_c$,所以纸箱抗压强度满足堆码要求。

5 结语

以 Visual Basic 为编程语言,开发了缓冲包装 CAD 系统,实现了产品运输包装设计,主要包括缓冲衬垫设计与校核、瓦楞纸箱结构设计及校核和缓冲包装方案模拟显示与输出等功能模块。系统在优先考虑对产品的保护性能的前提下,简化设计过程、优化方案选择、降低设计费用,从而降低了设计者劳动量,减少了设计方面人为误差,缩短了产品的研发周期。系统不仅能够保证设计产品的质量,大大加速产品开发过程,而且减少了后期实验费用。

参考文献:

- [1] 刘乘,卢杰.缓冲包装智能CAD系统的设计与研发[J].包装工程,2004,25(5):191—193.
LIU Cheng, LU Jie. Design and Development of Intelligent CAD System for Cushioned Package[J]. Packaging Engineering, 2004, 25(5): 191—193.
- [2] 卢立新,蔡莹.基于图形库与数据库的缓冲包装CAD系统[J].包装工程,2002,23(5):147—149.
LU Li-xin, CAI Ying. A CAD System of Cushioned Packaging Based on the Graphic and Database[J]. Packaging Engineering, 2002, 23(5): 147—149.
- [3] 王丰军.瓦楞纸箱结构CAD系统的研制与开发[D].天津:天津科技大学,2002.
WANG Feng-jun. Research & Development of Structural CAD System for Corrugated Boxes[D]. Tianjin: Tianjin University of Science and Technology, 2002.
- [4] 陈满儒,王海峰,张文明.缓冲包装设计系统的研究[J].广西轻工业,2009(2):74—75.
CHEN Man-ru, WANG Hai-feng, ZHANG Wen-ming. Research of Cushioned Packaging Design System[J]. Guangxi Journal of Light Industry, 2009(2): 74—75.
- [5] 彭国勋.瓦楞纸箱与缓冲包装优化设计软件的开发[N].中国包装报,2010-08-13(003).
PENG Guo-xun. Design of Corrugated Boxes and Packaging Optimization Software[N]. China Packaging News, 2010-08-13(003).
- [6] 刘乘,张丽娜,沈训乐.发泡缓冲材料本构模型的CAD应用[J].包装工程,2012,33(13):63—65.
LIU Cheng, ZHANG Li-na, SHEN Xun-le. CAD Application of Constitutive Model of Foamed Cushioning Materials[J]. Packaging Engineering, 2012, 33(13): 63—65.
- [7] 卢杰,黄丰云,薛进.基于知识库的智能缓冲包装CAD系统[J].武汉理工大学学报·信息与管理工程版,2006,28(8):30—33.
LU Jie, HUANG Feng-yun, XUE Jin. Intelligent CAD System for Cushioned Packages Based on Knowledge Base[J]. Journal of WUT (Information & Management Engineering), 2006, 28(8): 30—33.
- [8] 卢杰,薛进.基于数据库与模型库的智能缓冲包装CAD系统[J].包装与食品机械,2006,24(1):26—28.
LU Jie, XUE Jin. Intelligent CAD System of Cushioned Package Based on the Database and Model[J]. Packaging and Food Machinery, 2006, 24(1): 26—28.
- [9] 曹乐.缓冲包装CAD软件的研究与开发[D].西安:西安理工大学,2007.
CAO Le. Research and Development of the Cushioning Packaging CAD Software[D]. Xi'an: Xi'an University of Technology, 2007.
- [10] 张华良,吴晔斐,王雷,等.现代物流运输包装CAD[J].包装工程,2006,27(4):106—108.
ZHANG Hua-liang, WU Ye-fei, WANG Lei, et al. Transport Packaging CAD in Modern Logistics[J]. Packaging Engineering, 2006, 27(4): 106—108.
- [11] 袁艳,赵美宁.异形产品缓冲包装CAD系统的研究与开发[J].包装工程,2009,30(3):58—60.
YUAN Yan, ZHAO Mei-ning. Research and Development of Cushioned Packaging CAD System for Special-shaped Product [J]. Packaging Engineering, 2009, 30(3): 58—60.
- [12] 刘奇龙,肖颖喆,魏专,等.可自行扩充图形库纸包装CAD软件的设计与实现[J].包装学报,2013,5(2):30—34.
LIU Qi-long, XIAO Ying-zhe, WEI Zhuan, et al. Design and Implementation of Self-Expanding Graphic Library's Paper-Packaging CAD Software[J]. Packaging Journal, 2013, 5(2): 30—34.
- [13] 王梅.包装托盘结构设计软件的开发[J].包装工程,2013,34(1):56—59.
WANG Mei. Development of Structural Design Software of Packaging Pallet[J]. Packaging Engineering, 2013, 34(1): 56—59.
- [14] 王梅,郑雪琪.纸质托盘结构设计软件的开发[J].包装工程,2014,35(1):81—85.
WANG Mei, ZHENG Xue-qi. Software Development of Structural Design for Paper Pallets[J]. Packaging Engineering, 2014, 35(1): 81—85.
- [15] 马振国.瓦楞纸箱结构设计CAD开发研究[J].包装工程,2005,26(4):86—88.
MA Zhen-guo. The CAD Development of Structural Design for Corrugated Box[J]. Packaging Engineering, 2005, 26(4): 86—88.