

造纸机纸幅张力控制系统的设计及实现

李明辉, 刘先保, 张洪兴

(陕西科技大学, 西安 710021)

摘要: 针对造纸机纸幅张力的控制要求, 基于西门子 PCS7 平台, 以 s7-400H PLC 为控制中心, 通过 OPC 技术, 设计了一种张力调节控制系统。该系统可以利用 EXCEL 的线性规划寻优求解功能, 对 WinCC 里的张力设定值进行实时优化调节。介绍了系统的组成及工作原理, 论述了系统各功能的硬件、软件设计, 针对系统组成方式, 给出了主要程序的控制流程。实际运行表明, 系统可进行良好的张力控制, 具有易于实现、自我调节能力强等优点, 较好地减少了纸幅断头及褶皱的发生。

关键词: PLC; 造纸机; OPC; EXCEL; 最优控制

中图分类号: TS734; TS803.6 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2013)03-0049-06

Design and Implementation of Paper Tension Control System for Paper Machine

LI Ming-hui, LIU Xian-bao, ZHANG Hong-xing

(Shaanxi University of Science and Technology, Xi'an 712000, China)

Abstract: According to paper tension control requirements of paper machine, based on the Siemens PCS7 platform, and using S7-400H PLC as the control center, a tension control system was designed through the OPC technology. The tension set value in WinCC was regulated optimatically using linear programming function of Excel. The main composition and working principle of the system was introduced. The design of system's hardware and software for each function was discussed. The control flow of main program was given for system components. The actual operation showed that the paper tension control system can realize optimal tension control; it has the advantage of easy realization and strong self-regulation ability; it obviously reduces the occurrence of paper breaks and folds.

Key words: PLC; paper machine; OPC; Excel; optimal control

造纸机抄纸过程中,生产的纸种、浆料配比关系、定量大小及车速和有关的生产工艺等,与分部间的纸幅张力有关,尤其在施胶部、压光部、卷纸部,纸页水分达到了成纸水平,能够承受的伸张力很有限,使得合理的张力控制对纸幅质量和成品率有着重要的影响。研究已经发现:造纸机各相邻分部间应有适当的速差来形成适当的纸幅张力,速度稍微变化,且又不及时调节相应分部速度来获得合适的张力值,很有可能导致纸幅拉的过松或过紧,进而纸幅打褶或断头^[1]。

SIMATIC WinCC 是一种高性能的工厂过程监视系统,可提供优化生产的标准接口,功能强大的数据

显示、分析和评估,分布当前过程状态,记录来自过程数据库的历史数据(测量值、报警、用户数据)等功能;而微软公司开发的 Microsoft Excel 则是一款使用很方便的试算表软件,可进行各种数据的处理、统计分析和辅助决策等操作,特别是其 Solver 组件的线性规划功能,可用于各种问题的优化求解。笔者基于以上 2 种软件的功能优势,通过 OPC 技术,利用 VBA 语言对 Excel 二次开发,设计出了一种张力调节控制系统。该系统可以在 EXCEL 中对 WinCC 里的张力设定值进行实时寻优,使得 WinCC 进行张力给定值设定、显示,及显示实际张力值、纸种特性、浆料配比关系、定

收稿日期: 2012-11-08

基金项目: 陕西省科技计划自然科学基金项目资助(2011JM8001);陕西科技大学科研创新团队基金项目(SKTD10-02);教育厅项目资助(12JK0517)

作者简介: 李明辉(1972-),男,河南信阳人,博士,陕西科技大学副教授,主要研究方向为智能及高级过程控制。

量情况及车速和有关的生产工艺等参数,更加具有稳定性、合理性及操作方便可靠性。系统以 s7-400H PLC 为控制中心,上位机 Wince 设定张力值,同时可以在 EXCEL 中对 Wince 张力设定值进行实时优化修正,整个系统具备自动调节能力,保证了纸幅生产线各分部间的张力协调一致。

1 系统结构及工作原理

系统主要由操作员站、自动化站 AS s7-400H、Y 连接器、传感器、变频器、电机等组成,见图 1。

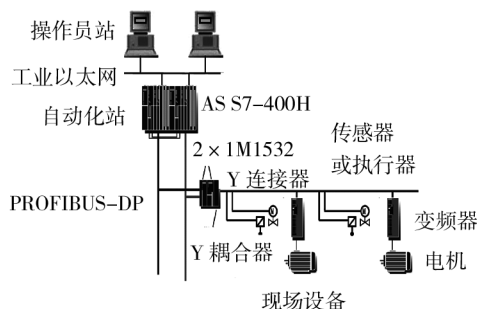


图 1 控制系统硬件设计

Fig. 1 Control system hardware design

当系统通电运行后,操作员不仅可以在上位机 Wince 中设定张力给定值,同时还可以在 EXCEL 中对 Wince 张力设定值进行实时优化修正,随后通过工业以太网把该值在自动化站(AS s7-400H)中与张力传感器送来的实际张力值进行对比,并进行 PID 计算,根据得到的结果再通过 PROFIBUS-DP 协议调节变频器的输出频率,进而可以实现电机调速和纸幅张力控制。操作员站是装有 Wince 监控软件的上位机,可同时显示设定的张力值和反馈的张力值;同时操作员站装有 Excel 软件,在该软件进行二次开发后,用于对 Wince 张力设定值进行实时优化修正,将大大提高整个纸幅张力控制系统的精度和可操作性。

2 系统硬件设计

系统硬件设计包括操作员站、自动化站、通讯网络、电机驱动、检测装置设计等 5 部分。

2.1 操作员站

为了保证操作员站的可靠性及可操作性,操作员站是由 2 个上位机组成,上位机采用了 Wince 监控软件和 Excel 软件。Wince 用于实现可视化操作,并提

供优化生产的标准接口,以及功能强大的数据显示、分析和评估,分布当前过程状态,并记录来自过程数据库的历史数据(测量值、报警、用户数据)。通过 OPC 技术,可利用 VBA 语言对 Excel 二次开发,从而在 EXCEL 中对 WinCC 里的张力设定值进行实时寻优。于是本系统通过互相监视的冗余上位机,可进行张力给定值设定、显示,同时显示实际张力值、纸种特性、浆料配比关系、定量情况及车速和有关的生产工艺等参数,并利用 OPC 技术,通过 OPC DA 接口与 EXCEL 进行实时数据优化和交换。确保了系统的可靠性和可操作性,允许了无缝地采集生产线纸幅的张力和影响张力设定值的变量的实时数据。

2.2 自动化站

自动化站采用高可靠性的 S7-400H 控制器构建而成,控制器发生故障、系统在线改造及在线系统维护时,系统具备很好的容错功能和高可靠性,而不至于停机,避免了费用昂贵的启动和可能造成重大经济损失的停机,减少了系统维护的成本。

2.3 通讯网络

通讯利用冗余技术,建立了冗余 PROFIBUS-DP 通讯方案,使系统具备了容错通讯性能,当 PROFIBUS-DP 总线连接器接触处被氧化时,避免了通讯接触不良,保证了通讯顺利继续进行,不会造成停机。

2.4 电机驱动

电机驱动采用西门子 6SE70 系列矢量变频器,该变频器是个全数字式的交直交电压源型变频器。变频系统采用的是矢量控制技术,整流器使用了晶闸管,逆变器的主开关器件为 IGBT,具有电动机参数自动辨识、调节器参数自动寻优、故障自诊断等功能;特别是其多种自由功能的功能模块及 BICO 技术,可灵活地满足系统各种控制功能^[2]。变频器的速度给定包括 3 部分:一是来自速度链的主速度给定;二是速度反馈信号;三是来自于张力调节器的张力附加给定,见图 2。图 2 中张力调节器由 CFC 程序实现,张

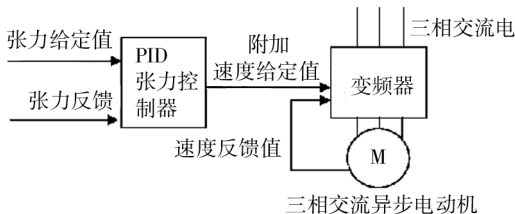


图 2 变频器张力控制原理

Fig. 2 Inverter tension control principle

力给定来自于操作站,张力反馈来自于张力传感器,3个给定共同调节变频器的频率输出,实现了电机的速度调节,完成了张力控制。

2.5 检测装置

采用直接张力控制方案,在纸幅导纸辊两端各安放一个张力传感器,并根据张力传感器计算出纸幅张力值,从而可以获得精确的纸幅实时张力^[1],其原理见图3。

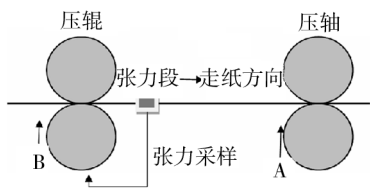


图3 张力采样原理

Fig.3 Tension sampling principle

图3中辊A为主动牵引辊,其速度大小决定该段工作的线速度,辊B采用速度同步+PID张力微调方式控制。当一定张力的纸幅通过导纸辊时,纸幅的张力 F 分成两部分(水平分量 F_H 和垂直分量 F_V),见图4。

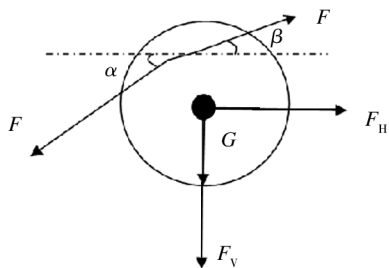


图4 张力测量原理

Fig.4 Schematic of tension measurement

设 F 表示张力, G 表示导纸辊和轴承的重力, α, β 表示纸幅夹角,根据静力平衡方程可得:

$$F_H = F(\cos \beta - \cos \alpha)$$

$$F_V = F(\sin \alpha - \sin \beta) + G$$

α, β 可实时测得,根据张力传感器的值 F_H ,就可以通过计算得到纸幅的实时张力值 F 。

3 系统软件设计

系统采用CFC(连续功能图)设计程序,先设计出张力控制的CFC子程序并进行调试,然后进行CFC程序块之间互连,形成主程序。软件设计主要包括主

程序、功能子程序和EXCEL实时访问Wincc数据以及优化设置Wincc数据等。

3.1 主程序

主程序主要完成上位机Wincc张力给定值设定、显示,同时显示实际张力值、纸种特性、浆料配比关系、定量情况及车速和有关的生产工艺等参数。系统进入主程序后,先进行相关参数和显示的初始化,然后循环调用功能程序,见图5。

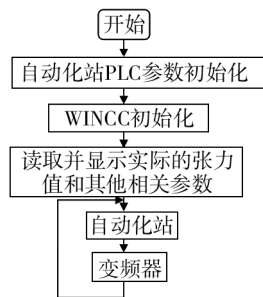


图5 主程序流程

Fig.5 The main program flow chart

3.2 功能子程序

该子程序CFC主要完成系统工况变化时,即纸种特性、浆料配比关系、定量情况及车速和有关的生产工艺等参数改变时,对纸幅张力进行优化调节,完成此功能的程序设计见图6。

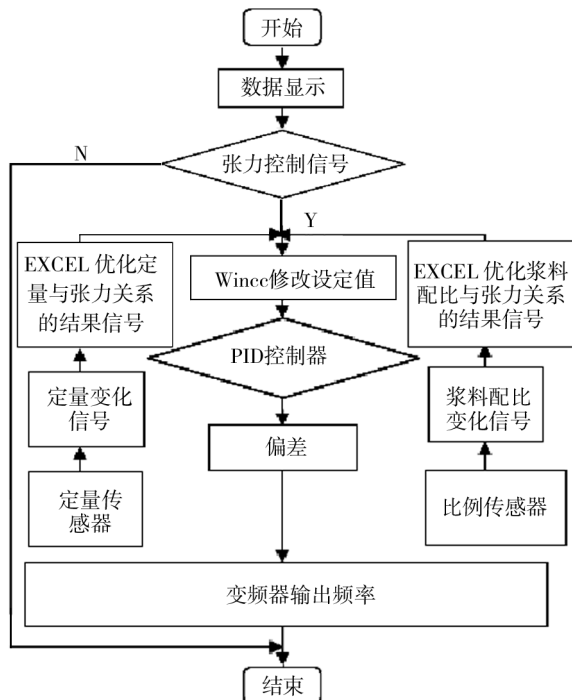


图6 张力控制子程序流程

Fig.6 Tension control subroutine flowchart

3.3 EXCEL 实时访问和优化设置 Wincc 张力设定值

在 Microsoft Excel 中用 VBA 脚本语言建立 OPC 客户端^[3],并通过 OPC 接口读取 WinCC 中的数据,再将修改的数据写入 WinCC。这里 WinCC 既用作 OPC 服务器提供数据和执行这些读/写数据,又作为 OPC 客户机来访问其他 OPC 服务器中的数据。WinCC 集成的 OPC 服务器还使得过程数据可由其他应用程序 (OPC 客户机)访问。其 WinCC OPC DA 服务器为其他应用程序提供 WinCC 项目的实时数据功能,并将 WinCC 变量的实时数据提供给 Microsoft Excel。

系统通过单元格中输入运行 WinCC 的计算机名称和输入 WinCC 中变量的名称。点击按钮"启动 WinCC OPC",对应 WinCC 变量的当前值即可读入到 Excel 单元格中。直接在单元格中修改数值,对应 WinCC 中的变量值也会随之修改。点击按钮"停止 WinCC OPC",停止 Excel 与 WinCC 的 OPC 数据访问,见图 7-9。

ComputerName OPCServer.WinCC

变量名	value	quality code	update time
NewTag	35	C0	2010/11/19 1:15:10
NewTag_1	34	C0	2010/11/19 1:15:24

说明: 单元格A1为运行WinCC的计算机名称。A3/A4是WinCC中变量的名称。



图 7 EXCEL 中控制界面
Fig. 7 Control screen in Excel

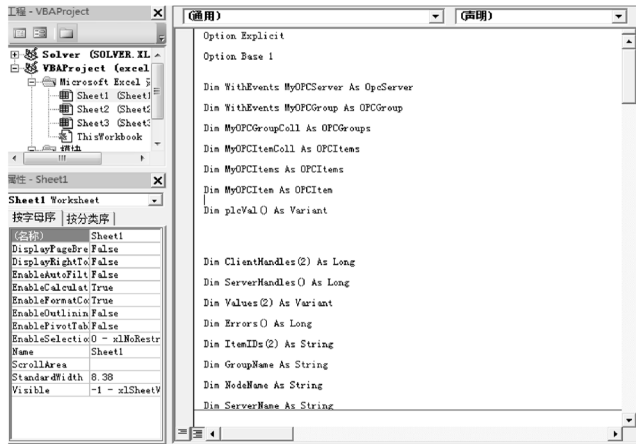


图 8 VBA 语言二次开发 EXCEL 界面
Fig. 8 VBA language secondary development Excel screen

然后,创建所需的所有对象,如:"MyOPCGroup"对象。

Dim: 创建一个变量
WithEvents: 这个对象可以提供事件(如 DataChange)
MyOPCGroup: 对象名
As OPCGroup: 变量类型
Sub StartClient() `Microsoft Excel 建立与 OPC 服务器的连接;
Set MyOPCServer = New OpcServer `为" MyOPC-Server"对象分配内存;
MyOPCServer. Connect ServerName, NodeName
ServerName :WinCC OPC DA 服务器的名称为 "OPCServer. WinCC"

NodeName:激活 WinCC 运行系统的计算机名称
Set MyOPCGroupColl = MyOPCServer. OPCGroups
Microsoft Excel 与 OPC 服务器的连接一旦建立, OPC 组即被创建。这个通过集合对象来实现;

Set MyOPCGroup = MyOPCGroupColl. Add (GroupName)

创建的组通过" MyOPCGroup"变量来寻址。设置 MyOPCGroup. IsSubscribed = True,以便 OPC 组能够提供 DataChange 等事件。

Set MyOPCItemColl = MyOPCGroup. OPCItems 创建 OPC 项

MyOPCItemColl. AddItems 2, ItemIDs, ClientHandles, ServerHandles, Errors

ItemIDs 存储在单元格中,把指定的 ItemIDs 传送给集合对象

" MyOPCItemColl. AddItems"
Private Sub MyOPCGroup_DataChange()

在 Microsoft Excel 中,调用如下用于 OPC 组事件处理的程序,它是 OPC 服务器的 DataChange 事件, DataChange()这个事件处理程序提供了许多参数,如 ItemValue(OPC 项的值)、客户端句柄等。通过 DataChange 事件,当 OPC 项的值变化时,数据会自动发送。OPC 项的当前值显示在单元格中。读出值的质量代码和时间戳显示在列单元格中。

Private Sub worksheet_change()

如果在 Microsoft Excel 的单元格中输入一个值,通过函数 MyOPCGroup. SyncWrite 将 OPC 项写入到 WinCC,写入值和服务器句柄以参数形式传递给此函数。

Sub StopClient()

最后,断开与 OPC 服务器的连接。

系统 EXCEL 实时访问和优化设置 Wincc 张力设定值的流程,见图 9。

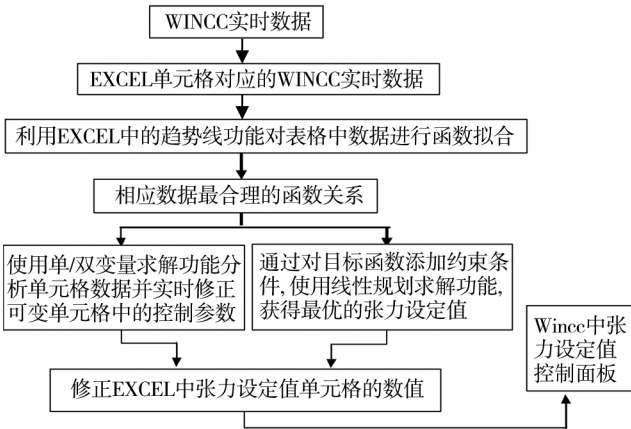


图 9 EXCEL 实时访问和优化设置 Wincc 张力设定值的流程
Fig. 9 Flowchart of Excel real-time access and optimized set of WinCC tension setting

张力设定值与浆料配比及纸幅定量关系见图 10 和 11,优化求解过程见图 12。

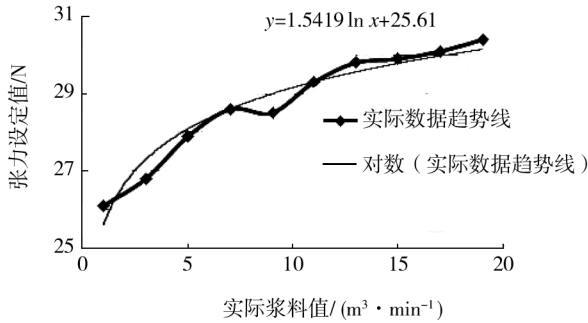


图 10 张力设定值与浆料配比的关系
Fig. 10 Relationship between tension settings and size ratio

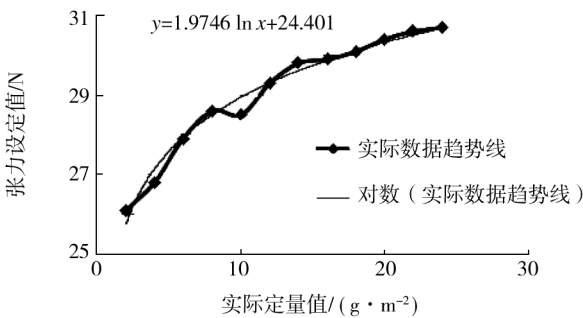


图 11 张力设定值与纸幅定量的关系
Fig. 11 Quantitative relationship between tension settings and paper web



图 12 优化求解过程
Fig. 12 The optimized solution process

4 系统运行调试

为了验证该系统的设计效果,对某纸机生产线的抄纸过程张力控制进行了实测,系统上电后,通过合理设置张力设定值,显示器同时显示设定和反馈张力实际值,5 min 后记录显示器上张力反馈值,总共设定 4 组张力,每组数据重复测量 4 次。记录数据见表 1。

表 1 张力控制实测数据

Tab. 1 Measured data of tension control

设定张 力/N	反馈值/N				平均值 /N	误差 /%
	第 1 次	第 2 次	第 3 次	第 4 次		
10	10	10	11	10	10.25	2.5
20	21	20	21	20	20.5	2.5
30	31	31	30	30	30.5	1.67
40	40	41	41	40	40.5	1.25

5 结论

通过对造纸机纸幅张力控制要求的深入分析,利用 OPC 技术对 Wincc 与 EXCEL 的功能优势进行集成,继而设计了一种张力调节控制系统。该系统能有效地对张力设定值优化处理和对系统进行参数优化设置,以及具备多方可操作控制性,在某造纸机抄纸现场调试表明,该张力控制系统运行效果良好,使用方便,易于实现,有效减少了张力设定值的误差,误差仅为 1.2%,从而大大提高了张力控制系统的控制精度和抄纸品质以及抄纸过程的连续性。

参考文献:

[1] 孟彦京. 变频传动原理与设计[M]. 西安:陕西人民出版

社,2002.

MENG Yan-jing. Variable Frequency Drive Principle and Design[M]. Xi'an: Shaanxi People's Press, 2002.

- [2] 周志文, 薛华. 变频调速器在张力控制系统中的应用[J]. 真空, 2003(1): 33-35.

ZHOU Zhi-wen, XUE Hua. VVVF Tension Control System [J]. Vacuum, 2003(1): 33-35.

- [3] 陈宝江, 李磊, 米佳, 等. 一种包装机械手充填重量的单片机检测系统[J]. 包装工程, 2007, 28(6): 7-9.

CHEN Bao-jiang, LI Lei, MI Jia, et al. A MCU Weight Measuring System for a Kind of Packaging Manipulator[J]. Packaging Engineering, 2007, 28(6): 7-9.

- [4] 欧长劲, 吴海列, 卢康. 模糊神经网络张力控制系统[J]. 轻工机械, 2006, 24(4): 102-105.

OU Chang-jin, WU Hai-lie, LU Kang. Fuzzy Neural Network Tension Control System [J]. Light Industry Machinery,

2006, 24(4): 102-105.

- [5] 李辉, 郝艳芬. Excel 2003 VBA 办公应用[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2006.

LI Hui, HAO Yan-fen. Excel 2003 VBA Office Applications [M]. Beijing: People's Posts and Telecommunications Press, 2006.

- [6] 王磊, 冯茜, 王占林. 电线加塑过程中恒张力控制的新系统[J]. 轻工机械, 2008, 26(3): 64-66.

WANG Lei, FENG Qian, WANG Zhan-lin. Wire and Plastic Process with Constant Tension Control of the New System [J]. Light Industry Machinery, 2008, 26(3): 64-66.

- [7] 罗刚君. EXCEL VBA 程序开发自学宝典[M]. 北京: 电子工业出版社, 2009.

LUO Gang-jun. EXCEL VBA Program Development Self-study Bible[M]. Beijing: Electronics Industry Press, 2009.

(上接第4页)

HONG Xiang, LU Li-xin. Nonlinear Dynamic Characteristics Research of Hyperbolic Tangent Packaging System under the Action of Final Peak Saw Tooth Shock Pulse[J]. Packaging Engineering, 2012, 33(11): 60-62.

- [7] 洪翔, 卢立新, 王军. 矩形脉冲激励下双曲正切包装系统非线性动力学特性研究[J]. 包装工程, 2011, 32(17): 1-3.

HONG Xiang, LU Li-xin, WANG Jun. Nonlinear Dynamic Characteristics Research of Hyperbolic Tangent Packaging System under the Action of Rectangular Acceleration Pulse [J]. Packaging Engineering, 2011, 32(17): 1-3.

- [8] 王军, 卢立新, 王志伟. 三次非线性多层堆码包装系统关键部件三维组合冲击谱研究[J]. 振动与冲击, 2011, 30(1): 188-190.

WANG Jun, LU Li-xin, WANG Zhi-wei. 3-D Combined Shock Response Spectrum of a Cubic Nonlinear Stacked Packaging System with Critical Components[J]. Journal of Vibration and Shock, 2011, 30(1): 188-190.

- [9] 王军, 卢立新, 王志伟. 双曲正切包装系统关键部件三维冲击谱研究[J]. 振动与冲击, 2010, 29(10): 99-101.

WANG Jun, LU Li-xin, WANG Zhi-wei. Three-dimensional Shock Spectrum of a Hyperbolic Tangent Nonlinear Packaging System with Critical Component[J]. Journal of Vibration and Shock, 2010, 29(10): 99-101.

- [10] 王军, 王志伟. 半正弦脉冲激励下考虑易损件的正切型包装系统冲击特性研究[J]. 振动与冲击, 2008, 27(1): 167-168.

WANG Jun, WANG Zhi-wei. 3-Dimensional Shock Response Spectra Characterizing Shock Response of A Tangent Packaging System with Critical Components[J]. Journal of Vibration and Shock, 2008, 27(1): 167-168.

- [11] ZHEN J, LIM T C, LU G. Determination of System Vibratory Response Characteristics Applying a Spectral-based Inverse Sub-structuring Approach. Part I: Analytical Formulation [J]. International journal of Vehicle Noise and Vibration, 2004, 1(1): 1-30.

- [12] ZHEN J, LIM T C, LU G. Determination of System Vibratory Response Characteristics Applying a Spectral-based Inverse Sub-structuring Approach. Part II: Motor Vehicle Structures[J]. International Journal of Vehicle Noise and Vibration, 2004, 1(1): 31-67.

- [13] WANG Zhi-wei, WANG Jun. Inverse Substructure Method of Three-substructures Coupled System and Its Application in Product-transport-system[J]. Journal of Vibration and Control, 2011, 17(6): 943-951.

- [14] WANG Zhi-wei, WANG Jun, ZHANG Y B, et al. Application of the Inverse Substructure Method in the Investigation of Dynamic Characteristics of Product Transport System[J]. Packaging Technology and Science, 2012. (In Press)

- [15] 王军. 产品破损评价及其防护包装动力学理论研究[D]. 无锡: 江南大学, 2009.

WANG Jun. Theoretical Study on Product Damage Evaluation and Protective Packaging Dynamics[D]. Wuxi: Jiangnan University, 2009.