

## 基于 VB 的 SolidWorks 排种盘建模二次开发

顿国强,陈海涛

(东北农业大学 工程学院,黑龙江 哈尔滨 150030)

**摘要:**介绍了基于 VB 的 SolidWorks 机具零部件设计程序二次开发的基本原理和思路及零部件尺寸驱动和程序驱动 2 种参数化设计方法。以 VB 为开发工具、SolidWorks 2009 为支撑软件、Excel 2003 为后台数据库,介绍了排种盘参数化建模的设计过程并实现了排种盘的自动化生成。研究表明,该方法不仅提高了排种盘的设计效率,而且也为其其他典型机械零件参数化设计提供了参考。

**关键词:**SolidWorks;VB;二次开发;排种盘;参数化设计

**中图分类号:**S226.7<sup>+</sup>9

**文献标识码:**A

**文章编号:**1000-9841(2012)04-0630-05

## SolidWorks API Methods of Modeling for Seed Plate Based on VB

DUN Guo-qiang, CHEN Hai-tao

(Engineering College, Northeast Agricultural University, Harbin 150030, Heilongjiang, China)

**Abstract:** The basic principle and basic ideas of VB-based SolidWorks secondary development and the parametric design methods including the dimension driven method and procedural driven method were introduced. Bases on the SolidWorks 2009 as fundamental software, the Excel 2003 as background database, and the VB as development kit, the design processing of parametric modeling of seed plate was introduced and the seedplate was created automatically. The results showed that this method not only improved the design efficiency of seed plate, but also provided a reference for parametric design of other mechanical parts.

**Key words:** SolidWorks;VB;Secondary development;Seed plate;Parametric design

精量播种是现代农业生产的重要支撑技术之一。排种器是实施精量播种的核心工作部件,其性能的优劣直接影响到播种效果的好坏。近年来,国内外学者在提高农作物播种效率、降低空穴率、实现一穴一粒精量播种等方面开展了积极的探索,研究开发了一系列精量排种器,有力地促进了农作物精量播种技术的推广应用<sup>[1]</sup>。然而,采用传统的设计方法进行排种器研究开发要经过样机设计、样机试制、田间试验、改进设计、再试制、试验等多个步骤和环节。致使机具在设计和改进设计过程中,不但效率低、周期长、图形表达不直观,而且造成财力、物力的浪费。因此,通过 Visual Basic 程序代码扩充 SolidWorks 系统的功能,利用 Visual Basic 进行二次开发基于 SolidWorks 系统的应用程序,设计出方便实用的人机交互界面,实现机具零部件高效、高质的三维参数化设计具有重要意义<sup>[2]</sup>。

### 1 SolidWorks 二次开发技术

SolidWorks 是基于 Windows 平台、采用 Parasolid 图形核心的一套三维 CAD 软件,它支持参数化和

特征造型技术,能够使用户方便、快捷地创建任何复杂形状的实体,并且可以实现实体的参数化驱动。由于其界面友好、操作方便、简单易学,目前已成为微机平台上流行的三维设计软件。更为重要的是 SolidWorks 提供了大量的 API(Application Program Interface,应用程序接口)函数用于二次开发,这些 API 函数是 SolidWorks 的 OLE(Object Linking and Embedding,对象的嵌入与链接)或 COM(Component Object Model,组件对象模型)接口,使用户能够直接访问 SolidWorks,并可以使用多种高级语言,如 VB、VC 等对其进行二次开发<sup>[3]</sup>。

VB 是运行在 Windows 环境下的可视化编程语言,其具有语言规则简单、功能齐全、使用简捷等优点,已有很多科研工作者利用 VB 语言对 SolidWorks 进行了二次开发,但大多停留在开发方法的介绍上。而此方法在农业机械设计上的应用更不多见。

#### 1.1 OLE 和 COM 技术

SolidWorks 的二次开发分为两种:一种是基于 COM 的可以生成\*.dll 格式的文件,作为 SolidWorks 的插件在 SolidWorks 中被加载运用;COM 技术,即组件对象模型,定义了标准的构建组件的方

收稿日期:2012-04-13

基金项目:现代农业产业技术体系建设专项资金(GARS-04)。

第一作者简介:顿国强(1986-),男,在读硕士,研究方向为设施农业机械装备研究。E-mail:dunguoqiang110@126.com。

通讯作者:陈海涛(1962-),男,教授,博士生导师,从事农业机械装备及生物质材料技术研究。E-mail:htchen@neau.edu.cn。

法,是软件组件互相通讯的一种方式。它是一种二进制的网络标准,允许任意两个组件互相通讯。另一种是基于 OLE 技术的可以开发 .exe 形式的程序。OLE 技术,即对象的嵌入与链接技术,使应用程序间能够通过数据嵌入或链接的方式来共享数据。通过 OLE 技术,许多面向对象的应用程序可以与 SolidWorks 通讯,从而直接操纵 SolidWorks,编制用户化程序满足设计需要<sup>[4-5]</sup>。

### 1.2 SolidWorks API 函数

SolidWorks API 是 SolidWorks 的 OLE 应用程序开发接口,为用户提供了完全面向对象的类体系。它包括对象的类型、对象的属性及对象的方法 3 个方面。开发者通过操纵对象的属性和调用对象的方法建立自己的应用程序,开发者可以在通用的 VB、VC 等开发平台上开发使用这些程序,从而访问 SolidWorks 的数据库、图形系统和系统界面。便可以在自己开发的应用程序中实现诸如构造实体、零件装配等几乎所有的 SolidWorks 软件的功能,实现软件的客户化<sup>[6]</sup>。

### 1.3 VB 程序与 SolidWorks 接口的实现

VB 程序与 SolidWorks 接口的实现是零件参数化建模的关键。将零件建模过程录制成的宏文件复制到 VB 中,在 VB 环境中对宏文件进行修改编辑,否则,会带来调试失败,不可运行。利用 VB 对 SolidWorks 进行二次开发时,首先要建立 VB 与 SolidWorks 的连接,创建一个 SolidWorks 的应用对象,格式如下:

```
Dim swApp As Object
```

```
Set swApp = CreateObject(SldWorks.Application)
```

通过这个函数,就可以打开 SolidWorks 接口,调用它的 API 函数。

创立新的零件图,格式如下:

```
Dim Part As object
```

```
Set Part = swApp.newPart
```

```
Set Part = swApp.ActiveDoc
```

打开现有的零件图,格式如下:

```
Set Part = swApp.opendoc(App.Path & "\零件名称.sldprt", 1)
```

```
Set Part = swApp.Activatedoc("零件名称")
```

这 2 个函数创建了一个新的工作区,使我们能够进行建模和对现有模型进行编辑<sup>[5]</sup>。

### 1.4 基于 VB 的 SolidWorks 零件参数化建模方法

在 SolidWorks 中参数化建模可以通过 2 种方法实现:一种方法是用户根据需要直接用程序生成需要的模型,称为完全程序化参数建模;另一种方法是利用已有的模型,通过修改模型参数的方法得到

需要的模型,称为参数修改法建模。

**1.4.1 完全程序化参数建模** 采用程序方法进行建模的过程完全由程序进行控制,相当于由计算机连续完成手动分步建模的过程,理论上讲,用这种方法可以生成手工建模能够完成的复杂模型。通常情况下,此方法的程序设计工作量较大,对程序员具有关于 SolidWorks API 函数的理解和运用能力要求较高,适合于模型比较简单、参数变量多的情况。由于 SolidWorks API 的函数较多,全部熟悉比较困难,一个简单的了解函数应用的办法是通过 SolidWorks 中的宏来记录用户在造型过程中的操作,所有的操作会以 VBscript 的形式保存下来,而几乎所有的 VB 函数名与 VBscript 的函数名相同或类似,然后通过帮助得到相应函数的用法。具体的实现方法参见文献[3]。

**1.4.2 参数修改法建模** 参数修改法又称尺寸驱动法。此方法的流程如图 1 所示。

先在 SolidWorks 中创建零部件的三维模型并进行保存,然后重新打开模型并找到模型中相关的尺寸设计变量,给设计变量赋予新值并调用 SolidWorks API,最后利用编写的 VB 程序驱动生成新的零部件模型。这种方法的程序设计工作量小,与造型过程无关,适用于模型标准化程度高的情况或造型过程复杂,可变参量少的情况<sup>[3-4]</sup>。

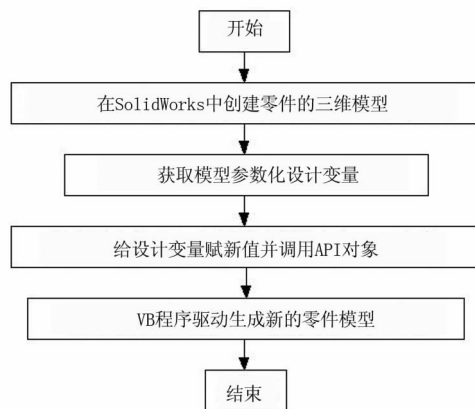


图 1 参数修改法流程图

Fig. 1 Parameter modifying method flowchart

## 2 排种盘二次开发过程

在 SolidWorks 二次开发排种盘的过程中,应用 SolidWorks 自带的宏记录功能。通过记录得到的 SolidWorks 的宏文件只要稍加编译即可变成被 VB 调用的应用程序。首先通过 SolidWorks 设计出排种盘并把排种盘建模的全过程经过宏记录转变成宏文件,把宏文件和 VB 排种盘建模程序结合,找出宏文件中与模型生成有关的关键函数。弄清楚函数

中的关键常数的变化对实体建模的影响。把关键常数用变量替换,这样就完成了排种盘参数化程序的建立<sup>[7]</sup>。

排种盘二次开发的基本思路:根据排种盘的二维图纸,在充分了解排种盘的功能和考虑设计意图的基础上,按照正确的设计关系在 SolidWorks 中建立排种盘的三维模型;找到排种盘建模过程中自动生成的设计变量,并根据农业机械设计手册以及二维图纸给定的变量参数进行修改;应用 VB 创建人机交互界面及编制应用程序;建立应用程序和 SolidWorks 的连接,进行参数化绘图,实现参数化建模。

编译排种盘建模二次开发程序时,应在充分理解零部件功能的基础上,尽量寻找简单有效的建模路径及正确的建模顺序以简化程序设计的复杂程度。在 SolidWorks 中通过宏录制命令记录 SolidWorks 用户的整个产品设计过程,录制的宏文件语法完全符合 VB 语法规则。根据宏文件中的对象和方法在编制的应用程序中合理调用,通过对变量的控制实现产品的参数化设计。这种方法编程较简单,通用性好。本文采用 SolidWorks 中的宏录制命令辅助编程<sup>[4]</sup>。

本排种盘二次开发建模程序,以 SolidWorks 2009 为支撑软件,以 Excel 2003 作为后台数据库,采用 VB6.0 为开发工具,采用完全程序化参数建模方法实现排种盘参数化建模。排种盘二次开发程序结构树如图 2 所示。

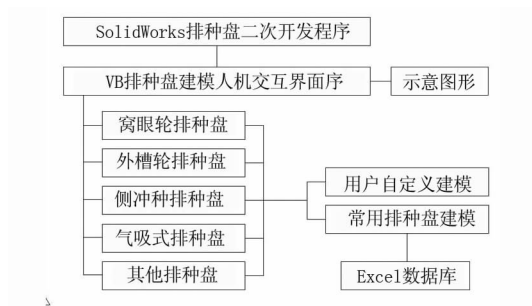


图 2 排种盘二次开发程序结构树

Fig. 2 Seed plate further development programme structure tree

此程序可对窝眼轮排种盘,外槽轮排种盘,侧冲种排种盘和气吸式排种盘等进行用户自定义建模及市场常用排种盘建模。例如在窝眼轮排种盘的用户定义建模时,可选择窝眼的类型,如锥柱形、球柱形、球形和圆锥球底等。用户可对排种盘的直径,安装孔径,键槽尺寸,孔板式和腹板式,双排型孔或单排型孔,型孔尺寸及数量等参数进行自定义设置,也可选择市场常用的排种盘类型;只需单击排种盘建模,则自动生成所需的排种盘模型。

采用完全程序化参数建模方法实现单排球柱形窝眼轮排种盘用户自定义参数化建模的部分程序代码如下:

```

Dim swApp As Object
Dim Part As Object
Dim boolstatus As Boolean
Dim longstatus As Long, longwarnings As Long
Dim d1 As Double.....
Dim n As Double
Private Sub Command1_Click()
d1 = Val( Text1. Text)/1000.....
n = Val( Text18. Text)
'定义相关变量及变量赋值(注意 VB 系统的尺寸单位制:米)
Dim swApp As Object
Set swApp = CreateObject("SldWorks. Application")
swApp.Visible(True)
Dim Part As Object
Set Part = swApp.newpart
Set Part = swApp.ActiveDoc
'VB 连接 CAD 软件 SolidWorks 并创建新零件
boolstatus = Part.Extension.SelectByID2("右视基准面", "PLANE", 0, 0, 0, False, 0, Nothing, 0)
Part.SketchManager.InsertSketch True
Dim skSegment As Object
Set skSegment = Part.SketchManager.CreateCircle(-0#, 0#, 0#, 0, d7/2, 0#)
Set skSegment = Part.SketchManager.CreateCircle(-0#, 0#, 0#, 0, d5/2, 0#)
Dim myFeature As Object
Set myFeature = Part.FeatureManager.FeatureExtrusion2(True, False, False, 6, 0, 16, 0.01, False, False, False, False, 0.01745, 0.01745, False, False, False, False, True, True, True, 0, 0, False)
Part.SelectionManager.EnableContourSelection = False

```

在右视基准面绘制圆环草图并进行拉伸建模,其中  $d7/2$ ,  $d6/2$  为草图中 2 个圆的半径, 16 为拉伸建模的厚度。

```

boolstatus = Part.Extension.SelectByID2("前视基准面", "PLANE", 0, 0, 0, False, 0, Nothing, 0)
Part.SketchManager.InsertSketch True
Dim vSkLines As Variant
vSkLines = Part.SketchManager.CreateCornerRectangle(-12/2, d1/2, 0, 12/2, d5/2, 0)

```

```
Set myFeature = Part. FeatureManager. FeatureEx-
trusion( True, False, False, 6, 0, 0. 003, 0. 02, False,
False, False, False, 0. 01745, 0. 01745, False, False,
False, False, True, True, True)
```

```
Part. ActivateSelectedFeature
```

```
boolstatus = Part. Extension. SelectByID2 (“拉伸
7”, “BODYFEATURE”, 0, 0, 0, False, 4, Nothing, 0)
```

```
boolstatus = Part. Extension. SelectByID2
(“FACE”, 0, d7/2, 0, True, 1, Nothing, 0)
```

```
SetmyFeature = Part. FeatureManager. FeatureCir-
cularPattern2 ( 6, 1. 04719753333, False, “NULL”,
False)
```

在前视基准面绘制矩形草图,拉伸创建肋板并对拉伸特征圆周阵列,其中 $(-l2/2, d1/2, 0, l2/2, d5/2, 0)$ 为矩形两对角点的空间坐标,6及1.04719753333为圆周阵列的个数及空间夹角。

```
boolstatus = Part. Extension. SelectByID2 (“前视
基准面”, “PLANE”, 0, 0, 0, False, 0, Nothing, 0)
```

```
Part. SketchManager. InsertSketch True
```

```
vSkLines = Part. SketchManager. CreateCorner-
Rectangle(0, d7/2, 0, r, d6/2, 0)
```

```
Set skSegment = Part. SketchManager. CreateCir-
cle(0#, d6/2, 0#, r, d6/2, 0#)
```

```
boolstatus = Part. Extension. SelectByID2
(“Arc1”, “SKETCHSEGMENT”, -r, d6/2, 0, False,
2, Nothing, 0)
```

```
boolstatus = Part. SketchManager. SketchTrim ( 4,
0, 0, 0)
```

```
Set skSegment = Part. SketchManager. Create-
CenterLine(0#, 0. 05, 0#, 0#, 0#, 0#)
```

```
Set myFeature = Part. FeatureManager. FeatureRe-
volveCut
```

```
(6. 28318530718, False, 0, 0, 0, True, True)
```

```
Part. ActivateSelectedFeature
```

```
boolstatus = Part. Extension. SelectByID2 (“切除-
旋转 1”, “BODYFEATURE”, 0, 0, 0, False, 4, Noth-
ing, 0)
```

```
boolstatus = Part. Extension. SelectByID2
(“FACE”, -0. 00978, 7. 68382E-04, -0. 00997, True,
1, Nothing, 0)
```

```
boolstatus = Part. Extension. SelectByID2 (“切除-
旋转 2”, “BODYFEATURE”, 0, 0, 0, True, 4, Noth-
ing, 0)
```

```
SetmyFeature = Part. FeatureManager. FeatureCir-
cularPattern2 ( n, 6. 2831852/n, False, “NULL”,
```

```
False)
```

在右视基准面草图绘制矩形,圆及中心线并对其进行修剪,旋转切除创建球柱孔并对旋转切除特征圆周阵列。其中 $(0, d7/2, 0, r, d6/2, 0)$ 为矩形两对角点的空间坐标, $(0#, d6/2, 0#, r, d6/2, 0#)$ 为圆心及圆上一点的空间坐标, $(-r, d6/2, 0)$ 为被修剪草图坐标,n及 $6.2831852/n$ 为圆周阵列的个数及空间夹角。

```
Part. SetMaterialPropertyName2 “默认”, “E:/
SolidWorks/SolidWorks/lang/chinese-simplified/sld-
materials/SolidWorks materials. sldmat”, “合金钢”
```

’定义模型材料为合金钢。

```
End Sub
```

窝眼轮排种盘建模程序人机交互界面如图3所示。

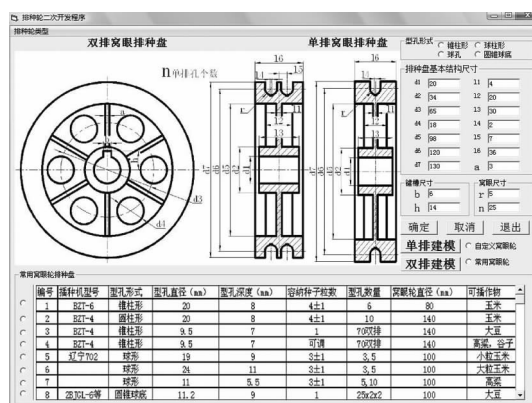


图3 窝眼轮排种盘建模程序界面

Fig.3 The interface of cell wheel seed plate modling program

实现常用外槽轮排种盘参数化建模,则需要首先采用 Excel 2003 建立常用排种盘参数尺寸数据,引用常用外槽轮排种器的槽轮参数<sup>[9]</sup>,在 Excel 中建立其数据库如图4所示。

序号	排种器型号	槽轮直径 d (mm)	槽轮厚度 h (mm)	槽轮齿数 z	槽轮齿宽 b (mm)	槽轮最大工作长度 Lmax (mm)	主要所配播种机
1	130/1303-1000小槽轮排种器	40.2	10	6.4	4.1	42	2BP-24A, 2BP-45A, 2BP-15, 16, 24等国内平槽播种少量播种机大量使用
2	16槽小槽轮排种器	40	16	2	3.5	42	2BP-24
3	原第1型	51	12	5.5	6	31	2BP-24
4	原第2型	49.5	12	5.8	5.3	33	2BP-24
5	原130/114-68槽轮排种器1型	50	12	5.5	5.25	34	C3-3.6A
6	原130/114-68槽轮排种器2型	36	12	3.8	3.55	24	
7	18槽	51	10	7	5.5	42	130公明150, 510, 620
8	2BP-24 大槽轮排种器	55.5	12	6.5	5.5	47	2BP-24Z, 2BP9000, 9000 系列
9	大平扁槽轮排种器	49	12	5.5	5.5	45	6115, 6115大平扁槽轮排种器

图4 Excel 常用外槽轮排种器槽轮参数表

Fig.4 Excel common outer groove-wheel seeder geneva parameter table

利用 VB 读写 Excel 表中的数据,其方法首先在 VB 工程中引用 Microsoft Excel 类型库:从“工程”菜单中选择“引用”栏;选择 Microsoft Excel 11.0 Object Library (Excel2003),然后选择“确定”。表示在

工程中要引用 Excel 类型库<sup>[10]</sup>。其次在通用对象的声明过程中定义 Excel 对象,将 Excel 中的尺寸数据值赋给 VB 程序中的变量,常用外槽轮排种盘中 JB/T9783-1999 小槽轮排种器参数化建模调用数据库数据的部分程序代码如下:

```
Dim swApp As Object
Dim Part As Object
Dim boolstatus As Boolean
Dim longstatus As Long, longwarnings As Long
Dim xlApp As Excel. Application
Dim xlBook As Excel. WorkBook
Dim xlSheet As Excel. Worksheet
Dim d As Double.....
Dim Lmax As Double
'定义相关变量
Private Sub Command1_Click()
Set xlBook = xlApp. Workbooks. Open("排种盘建模数据")
xlApp. Visible = True
'设置 EXCEL 对象可见。
Set xlSheet = xlBook. Worksheets("外槽轮排种盘")
d = Val(xlApp. Cells(C,3)/1000).....
Lmax = Val(xlApp. Cells(G,3)/1000)
'打开已经存在的 Excel 工件簿文件,设置活动工作表,将单元格值赋给变量。
.....程序与窝眼轮排种盘建模程序类似。
End Sub
```

外槽轮排种盘建模程序人机交互界面如图 5 所示。

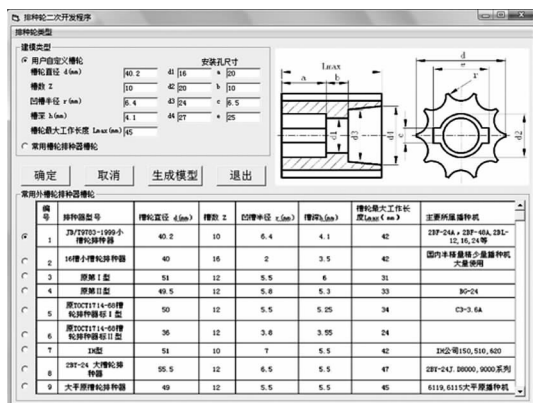


图 5 外槽轮排种盘建模程序界面

Fig. 5 The interface of outer groove-wheel seed plate modling program

根据用户自定义的参数进行设置,单机生成模型按钮,则生成用户所需的参数化模型,图 6 为程

序运行后生成的双排窝眼轮排种盘三维模型及外槽轮排种盘三维模型。

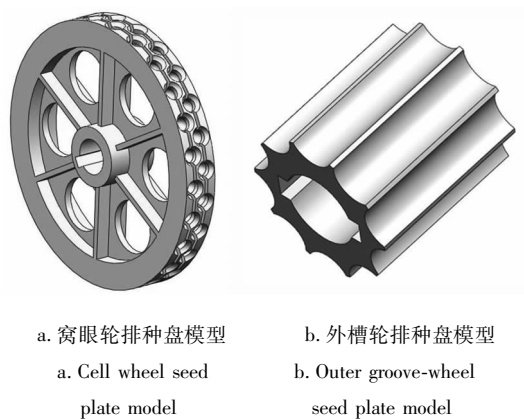


图 6 实例建模效果图

Fig. 6 The effect drawing of examples' model

### 3 结 论

排种盘三维实体的成功建立表明用 VB 对 SolidWorks 的二次开发在盘类零件参数化设计的应用是行之有效的。开发了基于我国国家标准的排种盘三维图库,可根据用户的尺寸需求,快速实现各类排种盘的参数化设计。

从上述设计过程可以看出,参数化设计最大的特点是实现了整个设计过程的自动化,这对提高排种盘设计和绘图效率、缩短排种盘开发周期、提高工作效率等都有重要的意义。同时为 SolidWorks 平台上其他机械零件的参数化设计提供了参考。

### 参考文献

- [1] 崔清亮,秦刚,王明富. 几种典型精密排种器的对比[J]. 山西农业大学学报,2003,23(1):69-71 (Cui Q L, Qin G, Wang M F. The analysis and comparison on several kinds of precision feed mechanism[J]. Journal of Shanxi Agricultural University, 2003, 23(1):69-71.)
- [2] 杨宇,李成华. 铲式玉米精密播种机三维参数化设计[J]. 农机化研究,2009,31(5):103-105,110. (Yang Y, Li C H. 3D parametric design of precision spade punch planter of maize[J]. Journal of Agricultural Mechanization Research, 2009, 31(5):103-105,110.)
- [3] 张华,陈定方,杨艳芳. Visual Basic 为基础的 SolidWorks 二次开发与应用[J]. 湖北工业大学报,2010,25(4):36-38. (Zhang H, Chen D F, Yang Y F. The secondary development and application of SolidWorks based on VB[J]. Journal of Hubei University of Technology, 2010, 25(4):36-38.)
- [4] 崔虹燕,陈洁婧,顾芸. 基于 VB 的 SolidWorks 二次开发与应用[J]. 精密制造与自动化,2006(4):48-50. (Cui H Y, Chen J Q, Gu Y. The secondary development and application of SolidWorks based on VB[J]. Precision Manufacturing and Automation, 2006(4):48-50.)

(下转第 639 页)

### 3 结 论

与碱润胀预处理相比,微波强化碱润胀预处理对豆渣膳食纤维的活化效果更好,二者没有改变豆渣纤维素的化学组分,但纤维素表面和内部受到一定的损伤,变得疏松多孔,保水值增大,反应可及度增大,豆渣纤维素酯的取代度增加,酯化效率提高,达到了理论取代值的 88.10%。

豆渣纤维素经过酯化改性制备的辛烯基琥珀酸豆渣纤维素酯具有较强的去污力,可以将其作为主要的活性物质和填充物质应用在洗涤用品中。该产品由于原料豆渣成本低廉,对人体和环境都较为友好,不仅提高了豆渣的附加利用值,同时解决了豆渣废弃物造成的资源浪费和环境污染,具有深远的社会价值和广阔的市场前景。

### 参考文献

- [1] Tharanathan R N, Mahadevamma S. Grain legumes-a boon to human nutrition[J]. Trends in Food and Science Technology, 2003, 14(2):507-518.
- [2] 张春红,陈秋玲,孙可伟. 微波强化碱预处理对二次纤维结构及其氰乙基化反应的影响[J]. 林产化学与工业, 2010, 30(1):97-102. (Zhang C H, Chen Q L, Sun K W. Influence of microwave-assisted alkali pretreatment on structure and cyanoethylation performance of secondary fiber[J]. Chemistry and Industry of Forest Products, 2010, 30(1):97-102.)
- [3] 唐爱民,梁文芷. 超声波预处理对速生材木浆纤维结构的影响[J]. 声学技术, 2000, 19(2):78-82, 85. (Tang A M, Liang W Z. Studies on the structure changes of fast-growing wood fiber treated by ultrasonic wave[J]. Technical Acoustics, 2000, 19(2):78-82, 85.)
- [4] 宋晓燕. 早籼米辛烯基琥珀酸淀粉酯的制备及其理化性质的研究[D]. 杭州:浙江大学, 2007. (Song X Y. Preparation and physicochemical properties of octenyl succinic anhydride modified early indica rice starches [D]. Hangzhou: Zhejiang University, 2007.)
- [5] 周小娟,郑为完,杨静,等. 辛烯基琥珀酸蔗糖酯的制备、鉴定及其在微胶囊中的应用[J]. 食品科学, 2009, 30(16):146-148. (Zhou X J, Zheng W W, Yang J, et al. Preparation, characterization and its application in micro-capsules of octenyl succinic acid sucrose esters[J]. Food Science, 2009, 30(16):146-148.)
- [6] Warwicker J O, Wricht A C. Fuction of sheets of cellulose chains in swelling reactions on cellulose[J]. Journal of Applied Polymer Science, 1967(11):659-671.
- [7] 王喜明,薛振华,石丽慧,等. 微波改性木材的初步研究[J]. 木材工业, 2002, 16(6):16-19. (Wang X M, Xue Z H, Shi L H, et al. Preliminary study on microwave modified wood [J]. China Wood Industry, 2002, 16(6):16-19.)
- [8] 江涛,周志芳,王清文. 高强度微波辐射对落叶松木材渗透性的影响[J]. 林业科学, 2006, 42(11):87-92. (Jiang T, Zhou Z F, Wang Q W. Effects of intensive microwave irradiation on the permeability of larch wood [J]. Scientia Silvae Sinicae, 2006, 42(11):87-92.)
- [9] 于世林,李寅蔚. 波谱分析法[M]. 重庆:重庆大学出版社, 1994:44-50. (Yu S L, Li Y W. Spectrum analysis [M]. Chongqing:Chongqing University Press, 1994:44-50.)
- [10] 刘贵生,张志明,钱学仁,等. 纤维素与碱作用动力学研究[J]. 东北林业大学学报, 1997, 4(2):13-18. (Liu G S, Zhang Z M, Qian X R, et al. Study on kinetics of cellulose and alkali[J]. Journal of Northeast Forestry University, 1997, 4(2):13-18.)
- [11] Fang J M, Fowler P, Assayers C, et al. The chemical modification of a range of starches under aqueous reaction conditions[J]. Carbohydrate Polymers, 2004, 55(3):283-289.
- [12] 王红亮,冯光柱,李和平,等. 长链脂肪酸淀粉酯合成及应用研究进展[J]. 化学进展, 2005, 25(7):760-761. (Wang H L, Feng G Z, Li H P, et al. Research progress of synthesis technology and application of long-chain fatty acid esters of starch[J]. Progress in Chemistry, 2005, 25(7):760-761.)

(上接第 634 页)

- [5] 江洪,魏峥,王涛威. SolidWorks 二次开发实例解析[M]. 北京:机械工业出版社, 2004. (Jiang H, Wei Z, Wang T W. Examples analysis of secondary development of SolidWorks [M]. Beijing: China Machine Press, 2004.)
- [6] 王卫荣,齐芬. SolidWorks 的二次开发在箱体类零件中的应用[J]. 机械工程与自动化, 2007(2):33-35. (Wang W R, Qi F. Application of further development of SolidWorks with VB in design of box-type component[J]. Mechanical Engineering & Automation, 2007(2):33-35.)
- [7] 林元华,丁武学. 基于 SolidWorks 的同步带轮的二次开发[J]. 起重运输机械, 2011(8):41-44. (Lin Y H, Ding W X. Further development of synchronous pulley based on SolidWorks [J]. Hoisting and Conveying Machinery, 2011(8):41-44.)
- [8] 田文涛,贺小华. 基于 VB 技术的 SolidWorks 二次开发与应用[J]. 计算机工程与科学, 2009, 31(7):65-67, 76. (Tian W T, He X H. The secondary development and application of SolidWorks based on the VB technology [J]. Computer Engineering & Science, 2009, 31(7):65-67, 76.)
- [9] 中国农业机械化科学研究院. 农业机械设计手册(上册)[M]. 北京:机械工业出版社, 2007:329, 352. (China Agricultural Mechanization Science Research Institute. Agricultural machinery design manual [M]. Beijing: Mechanical Industry Press, 2007:329, 352)
- [10] 赵勇宏. 如何实现 VB 与 Excel 的无缝连接[J]. 科技情报开发与经济, 2005, 15(7):257-258. (Zhao Y H. How to realize the linkage of VB and Excel [J]. Sci-Tech Information Development & Economy, 2005, 15(7):257-258.)