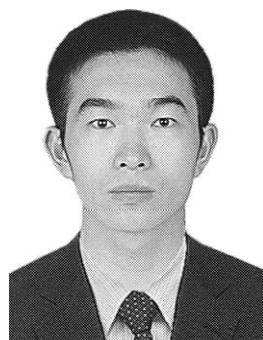


研
究
开
发铁道车辆螺旋压缩圆弹簧
的计算机辅助设计

范 俊, 米彩盈

(西南交通大学 机械工程学院, 四川 成都 610031)



作者简介: 范 俊(1985-), 男, 硕士研究生, 从事 SolidWorks 二次开发研究。

摘 要: 根据铁道车辆用螺旋压缩圆弹簧的结构特征, 在 SolidWorks 平台下, 利用 Visual C++ 语言对弹簧参数化设计进行二次开发, 完成了对现有铁道车辆用螺旋压缩圆弹簧的参数建模, 并基于现行铁道技术规范, 开发出车辆一级刚度单卷弹簧、一级刚度双卷弹簧组和两级刚度双卷弹簧组参数化模块, 缩短了铁道车辆弹簧的设计周期, 提高了设计质量和效率。

关键词: Visual C++ ; SolidWorks 二次开发 ; 铁道车辆 ; 螺旋压缩圆弹簧 ; 参数化

中图分类号: TH135⁺.1 ; U260.331⁺.4 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-128X(2011)03-0040-04

CAD of Cylindrically Helical Compression Springs for Rail Vehicle

FAN Jun, MI Cai-ying

(School of Mechanical Engineering, Southwest Jiaotong University, Chengdu, Sichuan 610031, China)

Abstract: According to the structure character of cylindrical helical compression springs used in the rail vehicle, a secondary development for the parametric design of such springs was performed under the platform of SolidWorks by Visual C++. More than this, parametric models of the spring used on the existing rail vehicle were accomplished. Based on the railway technical standard and document, parameterized modules of single spring with one-stage stiffness, double-spring group with one-stage stiffness and double-spring group with two-stage stiffness for rail vehicle have been developed, which shorten the design cycle and improve the design quality and efficiency.

Key words: Visual C++; SolidWorks secondary development; rail vehicle; cylindrical helical compression spring; parameterize

0 引言

车辆在轨道上运行时, 将伴随产生复杂的振动现象。为了减少有害的车辆冲动, 车辆必须设有缓和衰减振动的装置, 即弹簧减振装置。在铁道车辆上通常采用簧条截面为圆形的圆柱螺旋压缩弹簧, 另外, 制造时还要将簧条每端约有 3/4 圈的长度制成斜面, 使弹簧卷成后, 两端成平面, 以保证弹簧平稳站立, 并尽量减少偏载。车辆弹簧的计算往往非常繁琐, 为能在许可条件下, 尽量降低弹簧刚度, 增加弹簧静挠度, 需要经过反复修正^[1]。因此开发铁道车辆用的螺旋圆弹簧计算机辅助设计模块, 对于合理设计其结构尺寸, 选择适宜的结构参数, 提高设计效率和设计质量具有十分现实的意义。

SolidWorks 是一套基于 Windows 的 CAD/CAE/CAM/PDM 桌面集成系统。该软件可以最大限度地满足设计者的设计意图, 完成复杂的产品设计, 并且操作简单, 功能强大, 容易上手。任何支持 OLE(Object Linking and Embedding, 对象的链接与嵌入)和 COM(Component Object Model, 组件对象模型)的编程语言都可以作为 SolidWorks 的开发工具。常用的二次开发工具有: Delphi、C、C++、Visual C++ 6.0、C#、Visual Basic、VBA 以及 Visual Basic NET 等^[2]。其中 Visual C++ 6.0 是 Microsoft 推出的应用非常广泛的可视化编程语言, 提供了功能强大的集成开发环境。本文就采用 Visual C++ 6.0 作为二次开发工具, 在 SolidWorks 平台下, 基于现行铁道技术规范, 开发铁道车辆用螺旋圆弹簧的计算机辅助设计模块。

1 铁道车辆弹簧分类及其参数计算

铁道车辆为实现空、重车的不同性能需求, 常采用组合弹簧, 其组合方式有串联、并联、串并联 3 种, 基

收稿日期: 2010-06-08

基金项目: 国家“十一五”科技支撑计划项目(2009BAG12A02-05; 2009BAG12A02-06)

本结构可分为一级刚度单卷弹簧、一级刚度双卷弹簧组和不等高两级刚度弹簧组3类^[1]。一级刚度单卷弹簧是最简单的形式, 设计较为简单。单卷弹簧计算的主要公式^[1]有:

$$d = \sqrt{\frac{8P_{\max}mK}{\pi[\tau]}} \quad (1)$$

$$n = \frac{Gd}{8K_v C^3} \quad (2)$$

$$H_0 = nt + d \quad (3)$$

$$K = \frac{4C-1}{4C-4} + \frac{0.615}{C} \quad (4)$$

式中: $P_{\max}$ ——作用在弹簧上的最大垂向载荷; C ——弹簧指数, 铁道车辆弹簧取值一般为4~7; K ——应力修正系数; $[\tau]$ ——许用应力; G ——剪切弹性模数; K_v ——弹簧刚度; t ——弹簧节距。

由于铁道车辆结构空间限制, 单纯采用一级刚度单卷弹簧难以布置, 为使结构紧凑, 减少弹簧占用的空间位置, 常采用作用相同的一级刚度双卷弹簧组代替。为不改变原弹簧的弹性特性, 必须满足以下条件: 双卷弹簧的外卷和内卷的弹簧指数 C_1 和 C_2 、应力 τ_1 和 τ_2 、挠度 f_1 和 f_2 要分别等于单卷弹簧的 C 、 τ 和 f , 即:

$$C_1 = C_2 = C \quad (5)$$

$$f_1 = f_2 = f \quad (6)$$

$$\tau_1 = \tau_2 = \tau \quad (7)$$

随着货车载重量的增加, 空、重车簧上质量的差异日趋悬殊。若仍采用一级刚度的螺旋弹簧组, 有可能使空车的弹簧静挠度过小, 自振频率过高, 整车垂向振动性能不良。采用不等高两级刚度弹簧组, 利用内、外卷弹簧的自由高度差, 可使车辆在空车时选用刚度较小的一级刚度, 重车时选用刚度较大的第二级刚度, 从而兼顾了空、重车对弹簧刚度的不同要求, 大大改善车辆的运行品质。设计不等高两级刚度弹簧组的主要公式^[1]有:

$$e = \frac{P_k}{P_{zh}} < 1 \quad (8)$$

$$a = \frac{e \times f_d}{f_k - e \times f_d} \quad (9)$$

$$d_2 = \sqrt{\frac{8 \times (1-e) \times (1+K_{vd}) \times P_{zh} \times C_2 \times K_2}{\pi \times (1+a) \times [\tau]}} \quad (10)$$

$$d_1 = d_2 \sqrt{\frac{(a+e) \times C_1 \times K_1}{(1-e) \times C_2 \times K_2}} \quad (11)$$

式中: e ——空、重车载荷比; a ——外簧与内簧的刚度比; P_k ——空车载荷; P_{zh} ——重车载荷; f_d ——重车当量静挠度; f_k ——空车挠度; K_{vd} ——弹簧挠度裕量系数。

2 基于Visual C++的SolidWorks二次开发基本原理

2.1 SolidWorks 二次开发基础

COM技术是由Microsoft提出的组件标准, 不仅定义了组件程序之间进行交互的标准, 而且提供了组件程序运行所需的环境。OLE (对象链接嵌入) 技术是COM的一个应用。利用OLE技术, 用户可以通过使用来自2个或者多个Windows应用程序的资源来解决复杂的应用课题。OLE提供了方便的技术, 用来将文档和来自不同程序的各种类型的数据结合起来。SolidWorks支持COM技术标准, 同时也支持OLE标准, 并且已完全实现了OLE自动化。

SolidWorks API接口采用面向对象的方法, 所有的函数都是有关对象的方法或属性。其中SolidWorks对象是SolidWorks API中的最高层对象, 利用它可以实现应用程序的基本操作, 如生成、打开、关闭、结束文件、重排图标和窗口、设置当前的激活文件、生成属性定义, 也可以对SolidWorks的系统环境进行设置。通过对这些对象属性的设置和方法的调用, 用户就可以在自己开发的DLL中实现与SolidWorks相同的功能^[3]。

2.2 对话框和常用控件

MFC (Microsoft Foundation Classes) 库是Microsoft为利用VC++开发Windows应用程序而提供的应用程序框架。使用MFC有以下优点: 用类编程, 将代码和数据封装在类中, 可以大大减少编程的复杂性, 并通过继承实现代码重用。MFC对话框程序, 是一种以MFC为框架的Windows窗体程序, 是Windows应用程序中最重要的用户界面元素之一, 是与用户交互的重要手段。在程序运行过程中, 对话框可用于捕捉用户的输入信息或数据。一般来说, 在对话框中通过各种控件 (如按钮、编辑框、列表框、组合框等) 来和用户进行交互, 控件是在系统内部定义的用于和用户交互的基本单元^[4]。

通过将对话框与类关联, 用户可以在相关对话框上实现弹簧选型、材料选择、约束条件的输入等等操作。通过将用户输入的参数存储于设定的变量中, 在相关控件上添加消息响应函数, 将函数设定为螺旋圆弹簧的计算公式, 即可得到用户需要的弹簧参数^[5]。最后通过获得SolidWorks的软件接口, 运用SolidWorks API, 用户就可以在SolidWorks全面自动实现铁道车辆的参数化建模。

2.3 编译、链接与加载

在Visual C++中编译和链接时, 不同操作系统采用不同的设置: 比较早的Windows95/98应采用MBCS设置, WindowsNT/2000/XP应采用Unicode设置。单步调试应采用PseudoDebug设置。在生成需要的*.dll文件后, 就可以使用SolidWorks的【文件】|【打开】命令, 在

过滤器中选择Add-Ins(*.dll),加载自己的DLL。若该DLL在注册表中注册成功,还可以使用【工具】|【模块】菜单命令进行一次性加载,以后启动SolidWorks就可以自动加载该DLL,无需再进行加载操作,十分方便。

3 弹簧三维参数化设计方法

我国主型货车转向架比较早的有转8A、转8AG,后来陆续开发了转K系列货车转向架,这些转向架上的弹簧几何参数是一定的。建立一个模型库,用户只需要通过点击相应的菜单选项,就能得到想要的弹簧模型,十分简单便捷。圆柱形螺旋压缩圆弹簧的主要几何参数有簧丝直径 d ,弹簧中径 D ,有效圈数 n ,总圈数 N ,自由高度 H_0 ,节距 t 和螺旋升角 γ 。对于铁道车辆用螺旋压缩圆弹簧而言,只需要知道 D 、 d 、 N 和 H_0 这4个参数,即可确定一个弹簧。通过SolidWorks的方程式驱动功能建立尺寸间的方程式约束关系,利用添加的方程式约束关系来实现某些参数的自动生成,这样就提高了设计的智能性,通过这4个参数及其方程式驱动的其他参数,就可以得到铁道用螺旋压缩圆弹簧的三维模型。就弹簧本身而言,其基本结构分为一级刚度单卷弹簧、一级刚度双卷弹簧组和不等高两级刚度双卷弹簧组3类,用户根据自己需要选择弹簧组合类型及材料,输入相关的安装尺寸约束,生成满足生产需要的弹簧。以不等高两级刚度双卷弹簧组的设计为例,用户通过友好的对话框界面选择弹簧材料,输入空车和重车时的载荷、当量静挠度以及安装空间,点击控件后,程序会自动利用不等高两级刚度弹簧组的相关公式,进入Visual C++中的条件判断及语句循环实现,直到得到满足条件的参数并输出。程序的主要流程如图1所示。

图1 设计流程

实体模型。在整个设计过程中,首先按照用户要求对相应的模块进行选择,然后按照用户的要求直接或者通过计算得到弹簧的相关信息,取得弹簧尺寸参考数据,同时将弹簧的详细参数返回给用户作为参考。其中双卷不等高两级刚度弹簧的运行界面如图2所示。最终生成的弹簧模型如图3所示。选出弹簧模板文件,通过驱动程序以及驱动方程式按取得的文件进行驱动,得到所需的弹簧模型。其基本工作流程为:用户选择设计模块并获得新弹簧参数;与SolidWorks建立连接;打开弹簧模型并激活;修改变量尺寸,驱动尺寸重建模型。

图2 两级刚度双卷弹簧程序设计界面

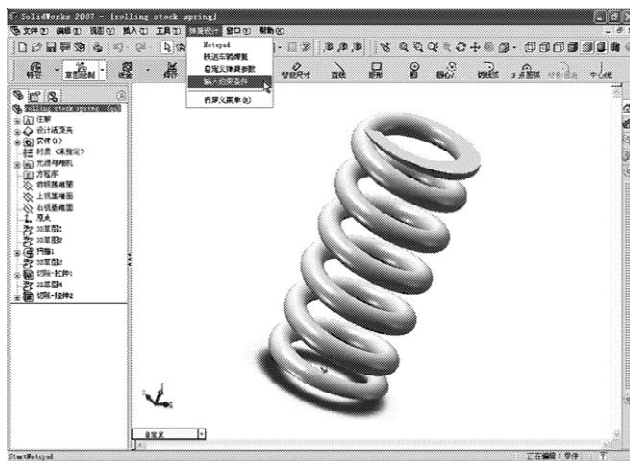


图3 生成的弹簧模型

用户通过与相应对话框的交互操作,本文以转向架双卷弹簧的外圆弹簧为例,直接得到现有转向架上悬挂标准弹簧模型的主要代码为:

```

CComPtr<ISldWorks> m_iSldWorks_dlg;
//定义SldWorks成员对象
this->m_iSldWorks_dlg=Sw;
//连接对话框与成员对象
CComBSTR fileName(_T("E:\\铁道车辆弹簧模型\\

```

```
rolling stock spring.SLDPRT"));
//定义文件名, 括号中为文件路径
CComPtr<IModelDoc2>m_iModelDoc;
//定义ModelDoc对象
m_iSldWorks_dlg->OpenDoc6(fileName,swDocPART,
Options,NULL,&Errors,&Warnings, &m_iModelDoc);
//打开文件
```

用户根据生产需要进行弹簧的选型设计, 基于 Visual C++ 中的条件判断及语句循环实现。优化得到弹簧参数后的操作与由用户直接输入弹簧参数生成模型大致相同, 其主要代码为:

```
CComPtr<IConfigurationManager>
pConfigurationManager;
//定义配置管理器对象
m_iModelDoc->get_ConfigurationManager
(&pConfigurationManager);
//获得当前文件的配置管理器
CStringa0="D1@circle";
//定义参数名
.....
paramNames[0]=a0.AllocSysString();
//将参数名CString类型变量转变为BSTR类型
.....
CStringb0=m_middia.GetBuffer(0);
//获得用户输入的参数值
.....
paramValues[0]=b0.AllocSysString();
//将参数名CString类型变量转变为BSTR类型
.....
pConfigurationManager->ISetConfigurationParams
(Name, paramCount, paramNames, paramValues, &retval);
//设置配置中的各参数值
```

```
m_iModelDoc->ViewZoomtofit();
//调整视图为全屏显示
pConfigurationManager.Release();
//释放配置管理器
m_iModelDoc=NULL;
//释放ModelDoc对象
```

利用本文方法生成的弹簧三维模型如图3所示, 利用 SolidWorks 平台在其三维软件中可进一步生成弹簧的二维 AutoCAD 图纸, 便于施工生产。

5 结语

本文介绍了 SolidWorks 的二次开发工具 API 函数的构成与使用方法, 并通过面向对象的开发工具 Visual C++, 在 SolidWorks 平台下开发出了适用于铁道车辆悬挂系统的圆柱形螺旋压缩圆弹簧结构优化和特性参数分析模块, 实现了螺旋压缩圆弹簧的参数化设计。用户只需输入弹簧三维设计的初始边界条件、工作载荷、安装空间、高度变化范围即可自动完成弹簧设计, 其对提高机车车辆悬挂系统的设计效率和质量具有较大的工程意义。

参考文献:

- [1] 严隽豪, 傅茂海. 车辆工程 [M]. 北京: 中国铁道出版社, 2007: 58-71.
- [2] 叶炜威, 余才佳. SolidWorks 2006 实体建模与二次开发教程 [M]. 北京: 国防工业出版社, 2006.
- [3] 王文波, 涂海宁, 熊君星. SolidWorks 2008 二次开发基础与实例 [M]. 北京: 清华大学出版社, 2009.
- [4] 侯俊杰. 深入浅出 MFC [M]. 武汉: 华中科技大学出版社, 2001.
- [5] 曾宪茹, 肖世德. 铁道车辆专用螺旋压缩圆弹簧的计算机辅助设计 [J]. 机械, 2004, 31(S1): 98-100.

(上接第39页)

- Simulation of Power Electronic Circuits [J]. IEEE TRANSACTIONS ON POWER ELECTRONICS, 1997, 12(3): 443-452.
- [2] 王挺泽. 1 000 V 交直交地面试验系统四象限变流器的主电路及控制电路 [J]. 机车电传动, 1993(6): 22-26.
 - [3] 刘子建, 桂武鸣. 电压型四象限变流器的计算机仿真 [J]. 电力机车与城轨车辆, 2003, 26(1): 11-13.
 - [4] 宋文胜, 刘志敏, 冯晓云. 四象限变流器控制策略研究与仿真 [J]. 电力机车与城轨车辆, 2007, 30(2): 34-37.

- [5] 邹仁. 四象限变流器瞬态电流控制的仿真研究 [J]. 机车电传动, 2003(6): 17-20.
- [6] 刁利军, 梅樱, 孙大南, 刘志刚. 基于简化开关函数的交-直-交变换器建模仿真 [J]. 电气应用, 2010(12): 32-35.
- [7] 康英. 单相两电平 PWM 整流器控制策略研究与仿真 [J]. 科技创新导报, 2010(26): 59-60.
- [8] 黄济荣. 电力牵引交流传动与控制 [M]. 北京: 机械工业出版社, 1998.