

研
究
开
发

动车组动力转向架驱动齿轮参数化设计

伍琼仙^{1,2}, 丁国富¹, 阎开印¹(1.西南交通大学 机械工程学院, 四川 成都 610031;
2. 成都电子机械高等专科学校 机械工程系, 四川 成都 610031)

作者简介: 伍琼仙 (1982-), 女, 硕士研究生, 现从事虚拟样机 / 虚拟制造 / 虚拟现实研究。

摘 要: 运用VisualBasic对SolidWorks软件进行二次开发, 研究动车组动力转向架驱动齿轮的参数化设计方法, 并编译成SolidWorks的插件系统, 实现设计流程自动化、建模参数化和二维工程图自动更新, 提高设计与分析速度, 缩短设计周期。该方法可供其他结构相同、尺寸不同的典型零件参数化设计参考。

关键词: 驱动齿轮; 转向架; 二次开发; 参数化设计; 动车组

中图分类号: TH122; U266.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-128X(2011)04-0023-04

Parametric Design for Driving Gear of EMUs Motor Bogie

WU Qiong-xian^{1,2}, DING Guo-fu¹, YAN Kai-yin¹

(1. School of Mechanical Engineering, Southwest Jiaotong University, Chengdu, Sichuan 610031, China;

2. Department of Mechanical Engineering, Chengdu Electromechanical College, Chengdu, Sichuan 610031, China)

Abstract: With the secondary development to SolidWorks by VisualBasic, parametric design method for driving gear of EMUs motor bogie was researched, and plug-in unit system of SolidWorks was compiled, which realized automated design, parameterized modeling, and automated 2D engineering drawings renewal. Design and analysis speed was enhanced, and product-developing cycle was shortened. This method makes remarkable senses on parametric design of other typical parts which have the same structures and different size.

Key words: driving gear; bogie; secondary development; parametrical design; EMUs

0 引言

参数化设计是提高机械产品设计效率的有效途径之一。随着计算机技术的发展, 参数化设计技术被广泛应用于机车车辆承载结构设计中。近年来, 动车组CRC CW-400拖车转向架车轮、新型高速列车流线化头型和动车组转向架构架、车轴均采用了参数化设计方法^[1-3]。

根据传统方法进行齿轮设计时, 一般先从设计手册中查询设计参数、经设计人员计算和校核合格, 绘制二维工程图纸后, 建立三维模型, 为后续的虚拟装配做好准备。这种设计方式通常需要反复查询设计手册和不断修改设计计算, 导致设计周期长, 设计效率低。随着CAD技术和各种二次开发语言的快速发展, 齿轮设计不断向设计过程自动化方向发展。但大多数

齿轮设计程序均偏重于通用性, 专业性相对较弱。现有的设计系统一般根据额定功率 P 、小齿轮转速 n_1 和名义传动比 i , 按齿面接触强度的计算公式确定中心距 a 或小齿轮的直径 d_1 , 或根据弯曲强度计算确定模数之后, 确定主要尺寸, 并校核齿轮接触强度和弯曲强度。受机车车辆限界的限制, 动车组转向架驱动齿轮安装空间小, 设计时除了需要满足传动要求外, 还需要校核传动系统是否满足空间位置要求。

针对以上一些问题, 应用VisualBasic编程语言对SolidWorks三维建模软件进行二次开发, 建立一个汇集设计计算及强度校核、齿轮参数化建模、二维工程图更新于一体的转向架驱动齿轮参数化设计系统, 能够提高设计效率, 缩短齿轮设计时间, 并且具有较强的工程实用价值。

1 SolidWorks 二次开发的原理

SolidWorks三维建模软件提供了一套完整的二次开发接口——API(application program interface)和大

收稿日期: 2011-01-26; 收修改稿日期: 2011-03-09

量的OLE(Object Linking And Embedding)对象,以及这些对象所拥有的方法和属性。常用的主要OLE对象有SolidWorks、ModelDoc、PartDoc、AssemblyDoc、DrawingDoc、Sketch、Dimension等。其中SolidWorks对象可实现创建、打开、关闭和退出文档,设置当前的活动文档等应用程序最基本的操作;ModelDoc对象可实现轮廓线修改、参数控制、创建编辑特征参量等与实体模型相关的各类操作;PartDoc对象是构建新零件的主要应用对象,允许创建实体和特征等;AssemblyDoc对象用于完成装配功能;DrawingDoc对象用于创建、排列和访问视图,创建标注、说明、明细表等制图操作;Sketch对象用于获取关于轮廓线的基本信息;Dimension对象用于设置尺寸标注和公差标注等内容。这些OLE对象涵盖了全部的SolidWorks数据模型,可以应用Visual Basic、Visual C++或其他支持OLE的编程语言来对OLE对象属性进行设置,对其方法和属性进行调用,建立具有SolidWorks功能的应用系统。

SolidWorks二次开发的形式可以是宏、可执行的EXE文件、作为插件的DLL(动态链接库)文件。进行宏模式的二次开发快捷且简单,但不足之处是缺乏灵活性,它相当于预定义的一系列操作,不能在执行宏的过程中进行交互操作。EXE可以在Windows程序下独立运行,属于进程外组件程序,它和SolidWorks分别拥有自己的内存地址空间和系统资源。这样即使进程外组件程序出现问题,也不影响客户程序的运行。但是应用时需要在用户的应用程序和SolidWorks之间进行前后台切换,效率较低。DLL文件属于进程内组件程序,它以动态链接库形式内嵌到客户程序中,与客户程序拥有共同的内存地址和共同的系统资源,加载成功后应用程序菜单直接出现在SolidWorks主菜单上,同SolidWorks自带的功能一样进行工作,能极大地提高设计效率^[4]。

2 总体设计

动车组动力转向架驱动齿轮参数化设计系统由设计计算及强度校核、齿轮参数化建模和二维工程图3个模块组成,各模块相互之间可以应用系统数据库进行通信和数据的传递,其结构组成如图1所示。设计计算及强度校核模块采用Visual Basic语言实现齿轮设计流程自动化,为齿轮参数化建模模块提供模数、齿数、分度圆直径、齿宽、变位系数、螺旋角等初始参数。齿轮参数化建模模块利用导入的设计参数,计算齿轮齿顶圆直径、齿根圆直径、基圆直径、螺距等主要参数,应用Visual Basic调用SolidWorks API函数生成的尺寸驱动程序构建齿轮模型。二维工程图模块应用SolidWorks的二维工程图参数化驱动技术实现自动更新二维工程图功能。

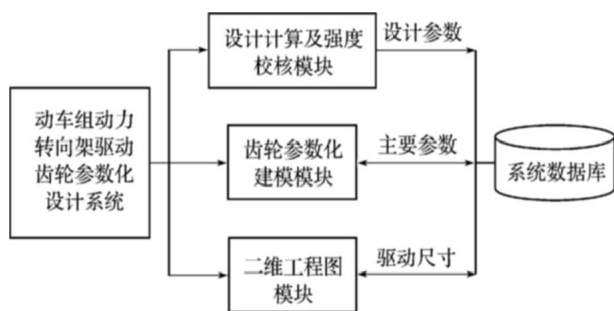


图1 转向架驱动齿轮参数化设计系统结构组成框图

3 关键技术

3.1 动车组动力转向架驱动齿轮设计计算及强度校核

受初始条件的限制,动车组转向架驱动齿轮的设计计算和通用的齿轮设计有所不同。进行设计时,首先由传动中心距 a 估算出法向模数 m_n ,由输入转速 n_1 、车轮磨损后半径 R 、最大运行速度 $v_{\max}$ 计算出满足条件 $\frac{n_1}{i} \cdot 2\pi \cdot R \geq v_{\max}$ 的最大传动比后,依次计算齿数、螺旋角、分度圆直径、齿宽、变位系数等参数,并验算安装后的大齿轮是否超过机车车辆下部限界。如果满足安装条件则根据输入的功率 P 和设计的基本参数校核齿轮接触强度和弯曲疲劳强度,否则返回设计计算部分,调整参数。通过强度校核后导出设计结果,其设计流程如图2所示。

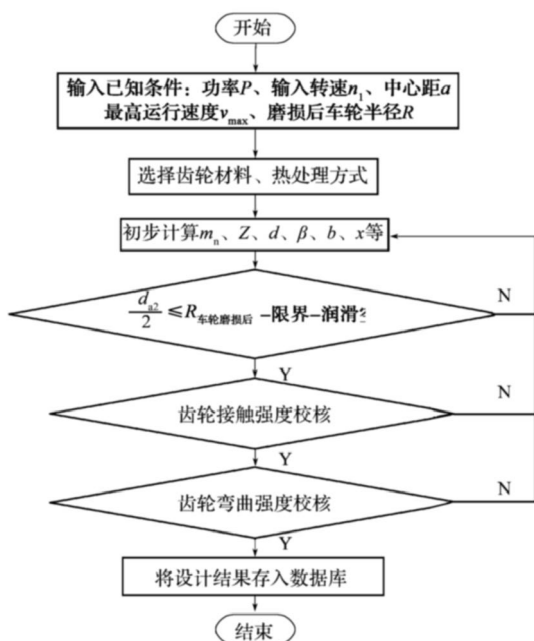


图2 动车组动力转向架驱动齿轮设计计算及强度校核流程

系统应用Visual Basic实现动车组动力转向架驱动齿轮设计计算及强度校核过程程序化。设计和校核过程中需要查询的模数系列和齿轮使用系数 K_A 等数表采用array()函数构建一维数组或二维数组,应用查表检索法查询离散节点数据,用插值法求出数组中的位于节点之间的中间值。对需要查询的表示各参数之间关系的齿轮载荷分布系数 K_β 、齿形系数 Y_F 及齿根应力集

中系数 Y_s 等线图进行数表化和公式化处理^[5], 以实现自动查表、图数转换、设计计算和强度校核自动化。

3.2 动车组动力转向架驱动齿轮的建模参数化

基于SolidWorks二次开发的建模参数化方法有2种, 一种是编程法, 一种是尺寸驱动法^[6]。编程法也就是常说的程序驱动法, 是应用预先编制好的程序和新的主要参数, 构建新模型; 尺寸驱动法是修改已有模型的主要参数, 更新尺寸后得到新的模型。

程序驱动法建模参数化时, 要详细分析零部件的功能和结构特征, 确定最简单有效的建模顺序; 采用录制宏功能将SolidWorks中创建模型的程序代码录制下来, 重新整理宏录制的代码, 去除不影响程序运行但占用内存空间影响调试的多余代码, 用SolidWorks API函数添加宏录制过程中遗漏的过程, 将程序中的有关常量换成设计变量用主要参数代替, 给程序添加交互式操作的窗口或对话框, 在VisualBasic中调试运行; 通过在交互窗口中输入新的主要参数, 运行程序即可实现建模参数化。该方法涉及的SolidWorks API函数较多, 要求设计者必须熟悉各类SolidWorks API函数的实际应用方法。

尺寸驱动法建模参数化时, 在SolidWorks中创建零部件模板并保存, 应用SolidWorks录制宏功能, 将修改零部件参数化尺寸的过程录制下来, 获取模型参数化设计变量, 给设计变量赋予新值并调用SolidWorks API函数, 应用编写的VisualBasic程序, 更新尺寸得到新的零部件模型。该方法涉及的SolidWorks API函数较少, 在建模参数化时, 并不需要重新生成模型, 只是更改原有模型的尺寸, 可以提高参数化的更新速度。

对于结构相同的动车组动力转向架驱动齿轮, 系统采用在SolidWorks中创建齿轮模板, 用尺寸驱动法进行齿轮参数化建模。建立齿轮模板时, 首先根据齿轮结构绘制草图并生成齿坯模型, 应用齿廓程序绘制精确的渐开线齿廓, 用“高度和螺距”模式绘制螺旋线, 然后用齿廓和螺旋线扫描出一颗轮齿, 用圆周阵列生成全部轮齿。对于从动轮还需要创建腹板孔特征。模型建成后, 修改尺寸变量名称, 添加相应方程式, 保存模型。

3.3 动车组动力转向架驱动齿轮二维工程图自动更新

由于SolidWorks的二维工程图是按照真实模型进行投影, 不符合文献^[7]的规定, 不满足图纸中规定的齿轮简化要求, 所以需要建立齿轮工程图模板, 利用SolidWorks二维工程图的参数化驱动功能实现工程图自动更新。建立齿轮工程图模板流程包括设置零件模板、设置工程图模板和创建齿轮工程图模板等步骤。

设置零件模板时, 首先在新建的零件文件中, 选择“文件→属性”, 出现“摘要信息”对话框, 在其“配置特定”标签中添加单位名称、产品名称、图样代号、比例、材料、法向模数、齿数、螺旋角、旋向等文本类型的自定义配置, 并在其中的“数值/文字表达”栏中

输入常用的内容, 为工程图的标题栏和信息栏对应内容自动更新做准备。设置完成后以零件模板(*.prtdot)格式另存到“\SolidWorks\data\templates\用户模板”文件夹下。

在对工程图模板进行设置时, 右键单击工程文件FeatureManager设计树中的文件名称图标, 选择“文件属性”, 在弹出的文件属性对话框中, 设置符合国家标准绘图标准和绘图单位、视图符号和文字、箭头样式和大小、尺寸和公差的标注、文字注释等^[8]; 在图形区域点击右键, 选择“编辑图纸格式”, 按照文献^[9]规定的要求修改标题栏, 添加与零件模板中的添加项目相对应的自定义属性, 然后在标题栏单击对应注释位置, 在“属性”对话框中选中“链接到属性”, 在弹出的对话框中选中“图纸属性中所指定视图的模型”, 在下拉列表框中对应地自定义属性, 结果如图3(a)所示, 在图形区域点击右键, 选择“编辑图纸”, 插入从动轮工程图后标题栏自动变化如图3(b)所示; 同理可设置齿轮信息栏中的法向模数、齿数等自定义属性与零件模板中的对应自定义属性链接, 实现自动更新参数。在编辑图纸状态下, 将“其余”“技术要求”放在适当的位置; 建立用户图层, 按照标准设置各线型的样式和宽度; 设置好后以工程图模板(*.drwdot)格式另存到“\SolidWorks\data\templates\用户模板”文件夹下。

								\$PRPSHEET: {单位名称}
								\$PRPSHEET: {材料}
								\$PRPSHEET: {产品名称}
标记	处数	分区	更改文件号	签名	年月日	阶段标记	重量	比例
设计	(签名)	(年月日)	标准(签名)	(年月日)				
审核						\$PRPSHEET: {Weight}	\$PRPSHEET: {比例}	
工艺						共 张 第 张	\$PRPSHEET: {图样代号}	

(a) 标题栏

								西南交通大学
						42CrMo		从动轮
标记	处数	分区	更改文件号	签名	年月日	阶段标记	重量	比例
设计	(签名)	(年月日)	标准(签名)	(年月日)				
审核							1:1	QDCL-02
工艺						共 张 第 张		

(b) 标题栏内容的自动更新

图3 标题栏自动更新内容

创建齿轮工程图模板时, 首先将齿轮模型的扫描特征和阵列特征进行“压缩”, 只留下齿坯和其他结构, 并另存为简化齿轮模型, 以便生成符合国标规定的齿轮二维工程图。通过在模板文件中预先将齿轮的基本视图布置好, 再将与输入参数有关的各控制尺寸的变量名抽取出来, 以实际的输入参数直接驱动模板图形中的对应尺寸变量, 对于表面粗糙度以及形位公差等标注则通过动态添加, 从而最终获得如图4所示的完整的二维工程图; 用同样的方法获得主动轮、装配关系的二维工程图。最后以工程图模板(*.drwdot)格式另存到“\SolidWorks\data\templates\用户模板”文件夹下, 以供程序调用, 实现零件图的自动更新功能。

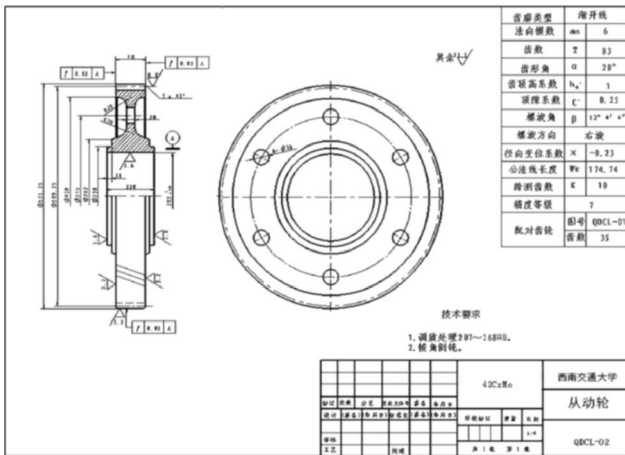


图4 输出的驱动齿轮从动轮工程图

3.4 系统插件生成

采用在VisualBasic6.0中编制作为插件的DLL(动态链接库)文件的方法来对SolidWorks进行二次开发。首先在VisualBasic6.0中导入SolidWorks 2006 Type Library, SolidWorks 2006 Constant type library, SolidWorks 2006 exposed type libraries for add-in use类型库,然后调用SolidWorks的对象、方法和属性编制应用程序,并将应用程序用“文件(F)→生成*.dll(K)”的方法编译成DLL插件文件^[10]。在SolidWorks软件环境中,依次点击“文件(F)→打开(O)”,选择“Add-Ins(*.DLL)”文件类型,双击编译的DLL文件名,实现将动车组动力转向架驱动齿轮参数化设计系统载入到SolidWorks环境中。系统生成的插件菜单如图5所示,主要程序代码如下:

Implements SWPublished.SwAddin '指定需要包含的接口

Dim iSldWorks As SldWorks.SldWorks '定义SolidWorksAPI对象

Dim iCookie As Long '定义SolidWorks应用程序标识

Dim ii As Long

Private Function SwAddin_ConnectToSW(ByVal ThisSW As Object, ByVal Cookie As Long) As Boolean
Set iSldWorks = ThisSW '与SolidWorks建立连接
iCookie = Cookie '从SolidWorks得到cookie
iSldWorks.SetAddinCallbackInfo App.hInstance, Me, iCookie

' 零件文档模式下的VB二次开发菜单

ii=iSldWorks.AddMenu (swDocPART, "动车组动力转向架驱动齿轮参数化设计", 5)

ii=iSldWorks.AddMenuItem2 (swDocPART, iCookie, "设计计算及强度校核(&N) @ 动车组动力转向架驱动齿轮参数化设计", -1, " OnDesignAndCheck ", "", "设计计算及强度校核")

.....

SwAddin_ConnectToSW = True '设置连接标识

End Function
Public Sub OnDesignAndCheck () '齿轮设计计算及校核窗体的显示
齿轮设计计算及强度校核.Show
End Sub

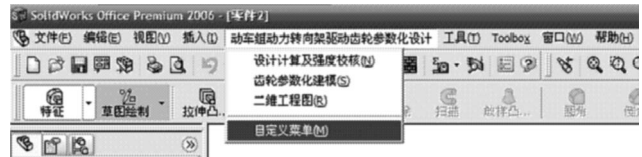


图5 应用程序菜单

4 应用实例

以CRH2型动车组动力转向架驱动齿轮设计为例,已知:名义功率 $P=365\text{ kW}$,输入转速 $n_1=6120\text{ r/min}$,传动中心距 $a=362\text{ mm}$,车轮磨损后半径 $R=395\text{ mm}$,最大运行速度 $v_{\max}=380\text{ km/h}$ 。程序化设计总体界面如图6所示。根据提示依次输入参数、选择参数,完成主要参数的设计计算及强度校核,并将结果输出存入到数据库中供后续模块调用。进行参数化建模时,启动窗口如图7所示,从数据库导入设计参数并计算建模

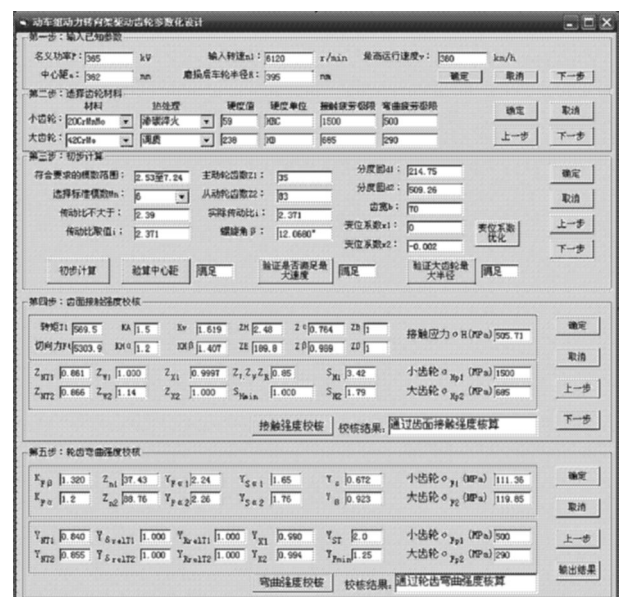


图6 参数化设计界面

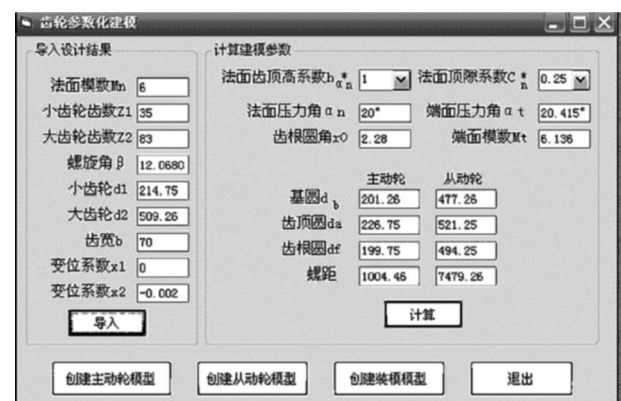


图7 齿轮参数化建模窗口 (下转第34页)

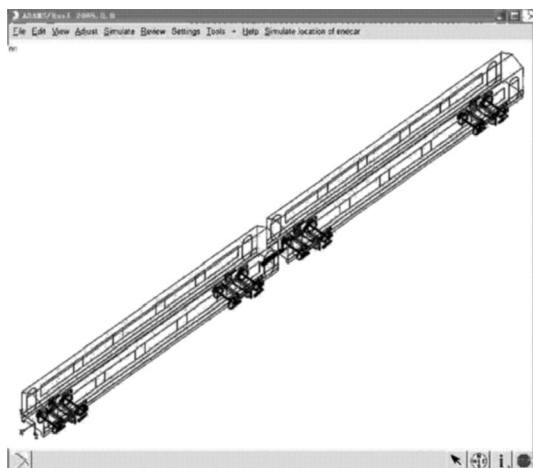


图6 两车系统装配图

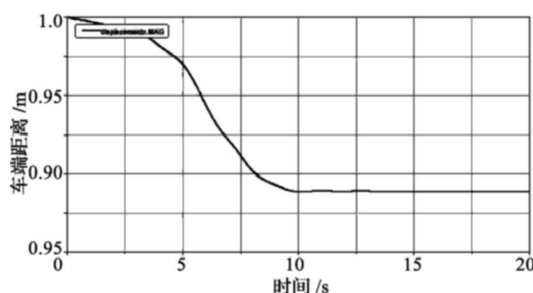


图7 低速时前后两车端顶点相对位移

从图中可以看出,在车辆运行到圆曲线时,两车车端最短距离为0.88 m。

3 结论

本文基于ADAMS/rail开发了车端相对位置模拟的

软件平台,建立了多种现行车体与转向架,车端连接装置(车钩)模板,运用定制的特定对话框进行多车建模,通过建立特定的request,仿真出列车端墙两临近点的相对位移。该平台优点:

①该平台可以实现用户选择任意车辆进行装配,建模过程简单,用户操作方便。

②用户可以修改所有车辆的一系悬挂、二系悬挂、车辆间连接装置的刚度等一系列对列车运行性能有显著影响的因素,以及可方便地修改列车的结构参数,从而快速对列车整体参数进行优化设计。

③对于新造车,用户可以通过修改已有模板参数和属性文件,也可以自己在专家模式下建立并存储在二次开发模板数据库中,然后对其仿真。

参考文献:

- [1] 薛运峰,石明全. 基于ADAMS的列车系统参数化建模的二次开发研究[J]. 铁道机车车辆, 2006, 26(3): 30-33.
- [2] 王成国, MSC. ADAMS/Rail基础教程[M]. 北京: 科学出版社, 2005.
- [3] 严隽髦, 傅茂海. 车辆工程[M]. 北京: 中国铁道出版社, 2008.
- [4] 邢俊文, 陶永忠, MSC. ADAMS/View高级培训教程[M]. 北京: 清华大学出版社, 2004.
- [5] 洪清泉, 程颖. 基于ADAMS的渐开线直齿圆柱齿轮实体模型二次开发[J]. CAD/CAM与制造业信息化, 2003(1): 40-41.
- [6] 郑凯, 胡仁喜, 陈鹿民. ADAMS 2005机械设计高级应用实例[M]. 北京: 机械工业出版社, 2006.

(上接第26页) 参数, 点击对应创建模型按钮即可快速生产所需模型, 生成的齿轮装配模型如图8所示。需要生成二维工程图时, 选择对应命令, 输入参数修改对应模板中的尺寸变量, 获得工程图如图4所示。

5 结语

本文提出将产品设计计算及强度校核、建模参数化、二维工程图自动更新编译成系统, 并用Visual Basic对SolidWorks进行二次开发, 将该系统做成与SolidWorks集成的插件形式, 可大大提高产品的设计效率。该方法对其他结构相同、尺寸不同的典型零件参数化设计具有参考意义, 可为企业赢得市场竞争的宝贵时间。

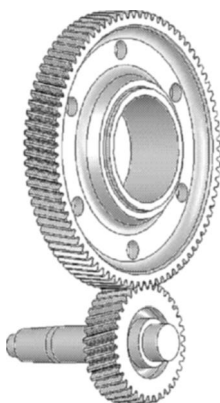


图8 参数化模型

参考文献:

- [1] 米彩盈, 胡乙钦. 基于力法的动车转向架构架参数化设计[J]. 交通运输工程学报, 2010, 10(2): 54-58.
- [2] 王文涛. 高速列车头部外形参数化CAD系统研究[D]. 成都: 西南交通大学, 2008.
- [3] 徐传来. 车轮参数化形状优化与疲劳强度研究[D]. 成都: 西南交通大学, 2009.
- [4] 王宗彦, 吴淑芳, 秦慧斌, 连清旺, 张亚明. Solidworks机械产品高级开发技术[M]. 北京: 北京理工大学出版社, 2005.
- [5] GB/T 4459.2—2003, 机械制图 齿轮表示法[S]. 2003.
- [6] 王晓丽, 季忠. Solidworks的二次开发方法比较[J]. 现代制造技术与装备, 2006(2): 50-52.
- [7] 叶伟威, 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.
- [8] 刘莹. 定制符合国家标准SolidWorks工程图模板[J]. CAD/CAM与制造信息化, 2008(12): 63-64.
- [9] 吉林大学, 等. GB/T 10609.1—2008, 技术制图 标题栏[S]. 2008.
- [10] 王妹歆, 陈国平. 齿轮传动计算机辅助设计中图表资料的处理[J]. 机械设计与制造, 2000(3): 14-15.