**变速器的快速开发平台研究**

慈龙涛

**摘要**：本文基于Visual Basic，对SolidWorks进行二次开发，研究设计的一款能够对某手动变速器进行快速开发的软件平台。通过改对软件系统的设计和程序设计，实现了快速开发平台中的查询模块、参数化设计模块、CAE分析模块以及强度校核模块的功能。该快速开发平台在变速器的设计、装配、校核以及优化整个产品生命周期过程中都起到了重要作用，有效地提高了变速器产品设计及系列化的效率。

**关键词**：变速器；参数化设计；强度校核；SolidWorks

**Research on Rapid Development Platform of Transmission**

**Abstract**: In this paper, based on Visual Basic, the secondary development of SolidWorks, research and design of a manual transmission can be rapid development of the software platform. Through the design and program design of the software system, the functions of *query module*, *parametric design module*, *CAE analysis module* and *strength checking module* in the rapid development platform are realized. The rapid development platform plays an important role in the whole product life cycle of transmission design, assembly, check and optimization, which effectively improves the efficiency of transmission product design and serialization.

**Keywords**: transmission; parametric design; strength check; SolidWorks

# 绪论

变速器快速开发平台能够加快变速器开发进程，提高变速器开发效率，能够促进科研成果的开发和转化、实现智能劳动自动化、加快国民经济发展，提高产品设计质量、缩短开发周期、大幅度提高劳动生产率。该平台能有效缩小我们在变速器方面与欧美的差距，是增强市场竞争力和参与国际竞争的必要条件[[[1]](#endnote-2)]。

目前国内众多科研院所都应用有限元分析方法对变速器设计进行研究，且随着计算机软硬件水平的提高，变速器零部件有限元分析向着更加精确细致的方向发展。沈阳建筑大学的韩泽光教授介绍了对Solid Works二次开发的核心技术与开发方法[[[2]](#endnote-3)]。湖南大学的刘子建教授等人以参数化模型驱动及设计数据模型规划方法构建了产品快速设计平台软件架构，最后运用该方法构建了塔式起重机快速优化设计平台[[[3]](#endnote-4)]。贵州大学的可帅对三维画图软件进行二次开发,实现锁止离合器关键零部件的参数化设计和参数化装配,提高了设计效率[[[4]](#endnote-5)]。但我国的快速设计技术研究与国外对比，国内的对于快速设计技术的应用尚浅。本研究旨在对变速器的基本参数进行选择确定，对变速器中的关键零件进行设计计算，运用快速设计理论、计算机设计语言等技术研发一套变速器的参数化设计系统和装配系统，并通过CAE分析和强度校核公式语言对设计完成的零部件进行快速并准确的性能分析与校核。

汽车产业是国民经济的支柱产业，它的发展对经济和社会发展影响重大，近年来也受到了国家多项政策的鼓励和支持。相关国家产业政策的支持为行业发展带来了巨大的发展空间，我国乘用车变速器企业将获得更多的发展机会，所以变速器快速开发平台未来会有较好的发展趋势。

# 变速器快速开发平台的总体架构

开始

参数化设计模块

查询模块

参数化装配模块

结构强度校核模块

CAE分析模块

|  |
| --- |
|  |

本文以变速器齿轮为研究对象，对变速器产品快速开发平台进行功能模块划分，搭建了该平台的总体结构框架。并综合运用模块化、参数化等先进技术，开发了变速器快速开发系统平台。主要研究内容如下：

（1）基于 Visual Basic 对 SolidWorks 的二次开发技术进行建模，完成变速器齿轮的基础模型建模，以实现变速器齿轮的重要尺寸由相应参数驱动。

（2）建立减速器常用零件及标准零件的数据库，实现在查询模块中进行相关零件的调用的功能。

（3）设计VB与SolidWorks、Ansys等软件的接口程序以及变速器齿轮的参数化程序，通过参数化设计的界面输入相关参数，实现打开SolidWorks软件并进行零件的建模，通过CAE分析模块，打开Ansys、Adams分析软件进行零件的有限元分析。

（4）在Visual Basic编写校核程序并与强度校核公式相结合，设计可视化操作界面，实现强度模块的功能。

## 2.1 查询模块的设计

查询模块是变速器快速开发平台的重要模块，通过信息化查询界面可对现有齿轮的编号、齿数、模数、压力角等基本信息进行查询。设计查询模块首先需要建立一个数据库，本文采用Access构建斜齿轮数据库，设计的表如图 3.1所示，字段名称的定义方便对所需齿轮参数进行检索，系统管理人员具有对数据库中零部件相关信息的操作权限，包含齿轮相关数据信息的输入增加、也可根据齿轮编号修改或删除数据库中的齿轮信息权限[[[5]](#endnote-6)]。

用户可在如图 3.2所示的查询模块中通过输入齿轮编号等参数进行其他信息的查询，并在模块的图片窗口对所查询齿轮进行图片展示。这种通过零件的相关信息进行查询的方式简单明了，设计人员即使在不清楚零件的具体名称或型号，也可以通过零件的其他信息查询到数据库中对应的零件信息，大大减少了设计人员的时间成本。

|  |
| --- |
|  |
| **图 3.1零部件数据库** |

|  |
| --- |
| **图 3.2查询模块** |

## 2.2参数化设计模块

参数化设计模块作为变速器快速开发平台的重要功能模块，实现了变速器斜齿轮的参数化设计，有效地提高了产品的设计效率。齿轮模型的参数化设计把齿轮模型中的关键尺寸和其他尺寸关联起来，当设计人员修改齿轮模型的关键尺寸时，其关联尺寸随之做出对应的修改，实现了尺寸驱动[[[6]](#endnote-7)]。变速器齿轮的参数化编程，首先利用软件自身的宏录制功能创建实体模型并生成对应的代码，简化并完成其代码，采用变量参数替代对应的参数，利用 VB 控件实现的斜齿轮的参数化设计对话框，在此界面上可以在对话框中手动输入自设计参数进行修改模型参数值，SolidWorks 系统则可自动更新生成新的变速器齿轮三维模型[[[7]](#endnote-8)]。如图 3.3所示为利用 VB 控件实现的变速器齿轮的参数化设计对话框，在此界面上可以在对话框中手动输入自设计参数进行修改模型参数值，SolidWorks 系统则可自动更新生成新的齿轮零件三维模型,其过程如图 3.4所示。

|  |
| --- |
|  |
| **图 3.3参数化设计模块对话框** |



修改设计参数

参数化设计程序

读入设计参数

生成新的三维模型



三维模型样板



图 .4参数化设计流程图

斜齿圆柱齿轮参数化设计的一般步骤为：创建新零件→建立齿廓数学模型→绘制螺旋线→绘制齿轮胚体→扫描切除形成单个齿槽→圆周阵列齿槽形成完整的齿形→绘制中间过渡部分→绘制传动毂花键（花键胚体→花键齿廓数学模型→拉伸切除形成单个花键齿槽→圆周阵列形成完整花键）→保存，斜齿轮创建的结果如图 3.5所示。

|  |
| --- |
|  |
| **图 3.5斜齿轮的创建** |

Solidworks 不能直接绘制渐开线，需利用样条曲线拟合，样条曲线上的点越多，拟合的精度越高。若点的个数趋近于正无穷时，样条曲线即为渐开线。为了减少程序的运行时间，并尽量提高渐开线的精确性，需定义150个点。

创建渐开线的相关程序：

t0 = pi / (2 \* z) + Tan(a) - a

For i = 0 To 150

t = i \* (Sqr((ra / rb) ^ 2 - 1) + 0.005 - t1) / 150 + t1 + 0.001

x(i) = rb \* t \* Cos(t - t0) - rb \* Sin(t - t0)

y(i) = rb \* t \* Sin(t - t0) + rb \* Cos(t - t0)

Next i

swmodel.InsertCurveFileBegin

For v = 150 To 0 Step -1

swmodel.InsertCurveFilePoint x1(v), y1(v), 0.004

Next v

For j = 5 To 150

swmodel.InsertCurveFilePoint x(j), y(j), 0.004

Next j

swmodel.InsertCurveFileEnd

## 2.3 CAE分析模块

为了实现平台对结构的静动力学的仿真，在本开发平台中设置了CAE分析模块。

在CAE分析模块中，如图 3.6所示，通过VB其内部函数shell（）函数实现对Windows应用程序的调用。利用VB向打开的ANSYS程序写入APDL文件，实现对ANSYS的控制[[[8]](#endnote-9)]，如图 3.7为ANSYS软件对所设计的斜齿轮进行的有限元分析。通过采用 ShellExecute 函数直接调用ADAMS软件，在ADAMS软件中对零件进行仿真分析，图 3.8为ADAMS对齿轮啮合的仿真分析，反映出齿轮啮合的实际动态载荷情况。设计人员可以方便地从CAE模块中打开ANSYS与ADAMS软件对设计好的零件进行有限元分析，为系统平台用户对变速器结构的优化与改进提供了极大的帮助。

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **图 3.6 CAE分析模块** | u=3542913612,1133044337&fm=26&gp=0  **图 3.7 ANASYS斜齿轮分析** | **图 3.8 ADAMS齿轮啮合仿真分析** |

VB连接ANSYS主要程序：

RetVal = Shell("D:\Software\ADAMS2016\common\mdi.bat aview ru-st i", 1)

VB连接ADAMS主要程序:

Shell("D:\Software\ansys2016\ANSYSInc\v160\ANSYS\bin\winx64\launcher160.exe")

## 2.4结构强度校核模块

汽车变速器齿轮有两种失效模式很常见：断齿和点蚀。断齿是一种疲劳失效（弯曲疲劳），其疲劳源发生在受力拉伸侧齿根。在汽车变速器中这是最常见的失效类型[[[9]](#endnote-10)]。点蚀也是一种疲劳失效（接触疲劳），发生在齿面上。如果在齿根靠近节圆的表面发现一些凹坑，可以确定是这种失效模式。故需要进行强度校核，在本开发平台中开发了齿轮的强度校核模块[[[10]](#endnote-11)]。

在接触强度校核模块通过编写程序以及相关公式，输入齿轮的齿宽、分度圆直径、载荷系数等参数可以对齿轮进行接触强度校核，接触强度校核模块如图 3.9。在弯曲强度校核模块中通过输入齿轮的法向模数、齿形系数等基本参数可以快速对斜齿进行弯曲强度校核，弯曲强度校核模块如图 3.10所示。

|  |  |
| --- | --- |
| YSX}UJBF_SL$]$W(4GUX258  **图 3.9接触强度校核模块** | 2A(DQ5@03)Q5]$59V{$9US5  **图 3.10弯曲强度校核模块** |

接触强度校核模块是以斜齿圆柱齿轮齿面接触疲劳强度校核公式为基础所得：

弯曲强度校核模块是以斜齿圆柱齿轮的齿根弯曲疲劳程度校核公式为基础所得：

在 VisualBasic 语言的基础上编制了渐开线圆柱齿轮的接触强度与弯曲强度校核计算程序，大大提高了渐开线齿轮设计的效率和计算精确性，减轻设计人员的劳动强度，在工程中具有一定的实际意义[[[11]](#endnote-12)]。

## 2.5参数化装配模块

装配体参数化模型的建立的步骤为添加一轴→安装位于一轴的齿轮→添加二轴→安装位于二轴的齿轮→添加中间轴→安装位于中间轴的齿轮→添加倒挡轴→安装倒挡齿轮→总体装配。

虚拟装配可帮助产品摆脱对于试制物理样机并装配物理样机的过度依赖，有效地提高产品装配建模的质量与速度，有助于降低产品开发成本，缩短产品开发周期。

如图 3.11所示的变速器整机参数化装配界面，速器模型进行装配时的公共参考面为箱体的前视基准面，依次插入变速器的零件，并添加合适的配合约束关系完成整机模型的装配，如图 3.12所示即为所生成的变速器装配模型。

|  |  |
| --- | --- |
| **图 3.11装配体人机交互界面** | **图 3.12所装配模型** |

装配部分程序如下：swApp.Visible (True)

Set Part = swApp.OpenDoc6(App.Path & "\ 装 配 件 \union.SLDASM", 2, 0, "",longstatus, longwarnings) ‘打开自动装配模板文件

swApp.ActivateDoc2 "union.SLDASM", False, longstatus ‘激活当前部件

Set Part = swApp.ActiveDoc

Set Part = swApp.ActiveDoc

Dim myModelView As Object

Set myModelView = Part.ActiveView‘设置窗体

myModelView.FrameLeft = 0

myModelView.FrameTop = 0

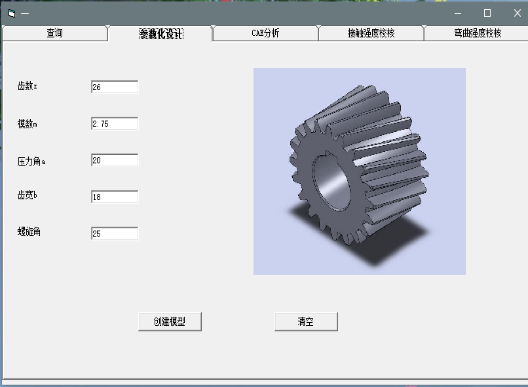
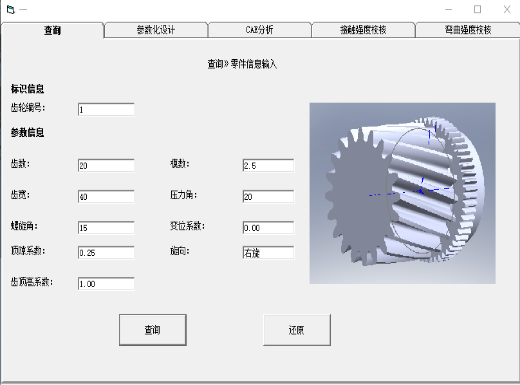
Set myModelView = Part.ActiveVie

ModelView.FrameState = swWindowState\_e.swWindowMaximized

Set myModelView = Part.ActiveView

myModelView.FrameState = swWindowState\_e.swWindowMaximized ‘更新模型，实现自动装配

## 2.6 变速器快速开发平台完整界面



|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  |  |
|  | | |

# 总结

本文建立了以变速器为对象的快速开发平台，该平台综合运用了数据库管理、参数化建模、CAE分析等技术，设计了查询、参数化、CAE分析等应用模块，对提高产品的设计效率、缩短产品的生产周期有很大的实用价值，同时提供了可行的方法和技术路线给其他的智能化设计开发。现研究开发工作总结如下：

⑴实现了CAE分析软件与接触、强度校核一体化，使零件的分析与校核更加方便、快捷，极大提高，产品设计、生产周期。

⑵对系列化变速器产品，提出了一种结合模块化和参数化设计技术的快速设计方法，利用模块划分的方法和原则，对变速器进行了模块划分。将需要修改的模块里的零部件在软件SolidWorks 中利用二次开发工具实现参数化变型设计。

⑶成功开发了变速器快速开发平台。分别对查询模块、参数化设计、CAE分析、强度校核等主要功能进行介绍描述了该快速开发平台的实现过程。开发了智能友好的用户界面，实现了变速器零件的快速智能化设计，为设计变速器其他零件提供了有效的模板。

**[参考文献]：**

1. []朱丹凤.关于机械产品快速设计的若干分析[J].科技与企业,2016(10):186. [↑](#endnote-ref-2)
2. []韩泽光,孙君祥,郝瑞琴.基于VB对SolidWorks参数化设计的二次开发[J].机电产品开发与创新,2017,30(05):79-81. [↑](#endnote-ref-3)
3. []刘子建,徐晓亮,艾彦迪,张坤鹏.多平台产品快速设计方法及应用技术研究[J].湖南大学学报(自然科学版),2016,43(02):48-55. [↑](#endnote-ref-4)
4. []可帅. 某型号自动变速器离合器参数化设计与分析[D].贵州大学,2017. [↑](#endnote-ref-5)
5. []赵锦芝,沈凤梅.齿轮加工工艺数据库管理系统设计[J].中原工学院学报2012,23(01):13-16 [↑](#endnote-ref-6)
6. []程杰,夏链,韩江.基于UG/Open的斜齿轮数据库的设计[J].组合机床与自动化加工技术,2013(02):1-3. [↑](#endnote-ref-7)
7. [] 龚杰.基于CATIA和ADAMS的汽车变速器参数化设计及仿真[D].武汉：武汉理工大学，2012. [↑](#endnote-ref-8)
8. [] 刘成. 拖拉机差速器的有限元分析与优化设计[D].南京：南京农业大学，2013 [↑](#endnote-ref-9)
9. [] 张强.基于Pro\_E的圆柱齿轮减速器参数化CAD系统的研究与开发[D].西安：西安电子科技大学. 2009，1 [↑](#endnote-ref-10)
10. []魏延刚,张敏.齿轮接触强度的研究及基于Visual Basic语言的程序设计[J].机械设计与制造,2011(05):28-30. [↑](#endnote-ref-11)
11. [] 李海鹏.某变速器齿轮的动态特性分析及疲劳寿命研究[D].南京：南京理工大学，2016，12. [↑](#endnote-ref-12)