

基于 AutoCAD 的航空圆锥齿轮传动 CAD 系统研究*

徐小军 潘存云 尚建忠 夏尊凤

(国防科技大学机械电子工程系 长沙 410073)

摘要 本系统为航空减速器 CAD 系统的一个子系统, 针对航空减速器中关键零件圆锥齿轮进行了研究。系统基于 AutoCAD 平台, 应用 AdsRx 及 C++ 语言编程, 实现了航空圆锥齿轮的常规设计、校核计算、优化设计和参数化绘图一体化。实践证明, 该系统常规设计正确, 优化设计结果合理, 具有很高的工程使用价值。

关键词 航空圆锥齿轮, AutoCAD, ADSRX 优化

分类号 TH132, 421, TH164

Research on Aviation Conical Gear Transmission CAD System Based on AutoCAD

Xu Xiaojun Pan Cunyun Shan Jianzhong Xia Zunfeng

(Department of Mecheronics Engineering and instrumentaion, NUDT, Changsha, 410073)

Abstract This system is a child system of aviation reducer CAD system. It reasearches on the conical gear which is the key spare part in the aviation reducerr. Based on AutoCAD desk and compiling procedure with ADSRX and C++ language, it realizes the integration of routine design, verifying caculation, optimization design and parametric drawing. Practice proves that the routine design of this system is right and result of optimization design is perfect, has high engineering applying value.

Key words Aviation conical gear, AutoCAD, ADSRX, Optimized

在航空减速器设计领域, 由于参数多而复杂, 参数的优化选择非常重要, 同时, 在设计过程中, 对机器整体性能全面考虑要求较高, 反复计算量大。采用计算机辅助设计(CAD)已成为大势所趋。目前, 国外各大航空设计公司早已采用了 CAD 技术, 国内虽然也采用了 CAD 技术, 但大多停留在对单级齿轮传动的单纯设计计算, 使单级传动与整体传动相分离, 或是仅仅使用 AutoCAD 作为绘图工具, 使设计和绘图相分离。本系统采用先进优化算法优化参数, 通过创建数据库, 使各子系统、各模块建立联系, 实现了整体统一规划和计算绘图一体化。

1 系统开发思想与方法

美国 Autodesk 公司开发的 AutoCAD 软件之所以得到广泛应用, 不仅是因为它支持的平台多, 功能强, 易学易用, 更重要的原因是它具有开放的体系结构。AutoCAD 允许用户和开发者在几乎所有方面对其进行扩充和修改, 包括嵌入 DLL(动态链接库), 外访数据库等。本系统以 AutoCAD R14 为支撑平台, 应用 AutoCAD 目前最先进的面向对象的运行时扩展系统(AutoCAD Runtime eXtension system, 简称 ARX)以及 VC++ 5.0 来开发, 将应用程序编译成 ARX 动态链接库, 在 AutoCAD 环境下加载运行, 设计计算结果以数据文件形式存储或直接存入数据库, 供整体设计模块和绘图模块调用。这样, 既利用了 AutoCAD 环境的强大功能, 又利用了 VC++ 面向对象编程运行效率高的优势^[1]。

由于整个减速器体系庞大, 各部件参数相互关联, 数据交换量大, 参数选取的线图、表格很多, 而且由于航空标准具有特殊性, 系统建立了 Oracle 数据库, 标准规范和结构参数分类入库, 各子模块最后的设计结果也分别入库供相互调用。对于所有参数选用的线图, 先用数学软件(Mathematica, matlab

* 国家部委预研项目
1999年6月11日收稿
第一作者: 徐小军, 男, 1972年生, 硕士生

等)拟合,将结果存入数据库供应用程序调用。

在界面上,系统保持与 AutoCAD 风格一致,采用全汉化界面、屏幕菜单。同时,由于采用了 ARX 技术,还使用了 MSVC 环境下的对话框和调用自制的 Windows 联机帮助。

2 系统总体结构及功能

本系统共有五个功能模块:常规设计、校核计算、优化设计、数据查询、图形输出等。总体结构及功能如图 1 所示。各功能模块相互独立,相互联系,组成该子系统的整体。

各子系统均定义成一个类,其设计结果存入数据库供总体设计和其它子系统调用,总体设计在设计分析后,可将信息反馈给各子系统,子系统根据反馈的信息修改后将结果重存入数据库,这样反复循环,直至满足设计要求为止。图形输出模块在获取数据库中设计结果后,可调用图库中有关图形文件生成图形。这样,克服了单级传动与整体传动分离、设计计算与图形绘制分离的弊端。

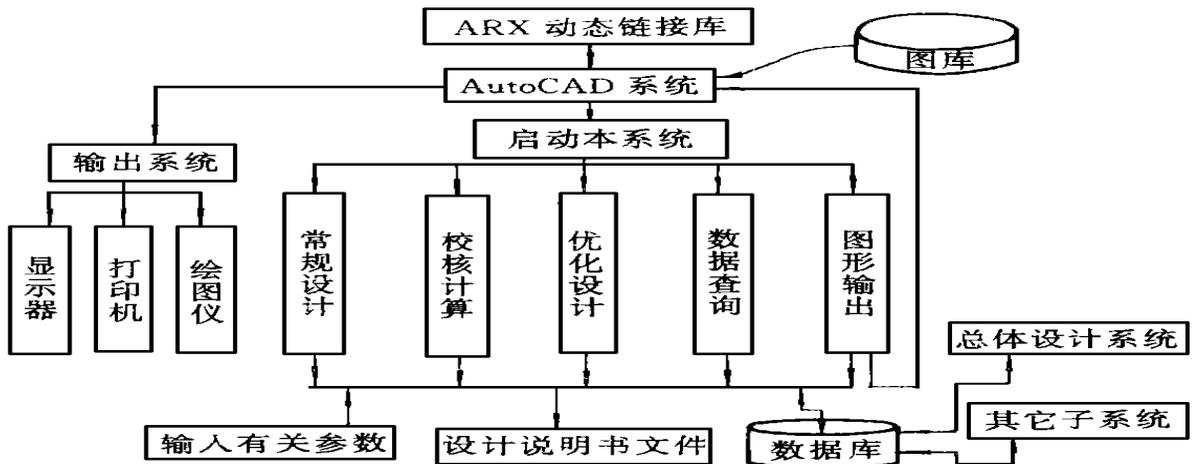


图 1 系统总体结构

Fig.1 General structure of the system

3 系统开发中的一些关键技术

3.1 用 MSVC++ 5.0 编译、链接 ADSRX 程序

AutoCAD R14 ADSRX 要求使用 MSVC++ 编译器。AutoCAD R14 的帮助文件提到, Autodesk 公司称只对 32 位的 MSVC++ 4.2b 版本作完全支持, MSVC++ 5.0 版本尚未经过测试。笔者将程序在两个版本中均编译过,发现都能通过且无任何异常。有关 ADSRX 接口程序可参考 AutoCAD R14 下的例程(../AutoCAD R14/AdsRx/Sample)。用 MSVC++ 编译、链接 ADSRX 程序主要应注意以下三点:

(1) 正确创建工程文件类型。ARX 程序是 Windows 下的动态链接库(DLL),在创建工程文件时必须选择动态链接库类型的工程文件而不是使用 MFC 类型或是 WIN32 应用程序类型。

(2) 备齐所需文件。包括所有源程序文件(*.cpp)、定义文件(.def)(其内容几乎相同,可从例程中拷贝,该文件是必不可少的),资源文件(*.rc)和库文件(*.lib)(对于 ADSRX 程序来说,至少要包括 RXAPI.LIB、ACAD.LIB 这两个库函数)。

(3) Project Setting 的设置。一般根据应用程序中涉及的具体内容进行设置,且 MSVC++ 4.2b 与 MSVC++ 5.0 有所不同,可参考 AutoCAD R14 中的帮助文件及参考文献[2]。

3.2 参数化图形设计

在 AutoCAD 环境下,建立参数化图库通常有三种方法:一是使用高级语言生成 DXF 文件,即在程序执行时输入参数,生成 DXF 文件,再进入 AutoCAD 中调用这些文件绘图;二是利用 ADS、ARX 等工具编写程序来生成图形;三是以人机对话方式将图样参数化,在对变量赋值后,图形将依据输入参数重

新生成。本系统采用第二种方法,当需要输出图形时,应用程序在读取计算设计结果数据文件,或者是数据库中存储的设计结果参数后,调用图库中有关图形文件绘出工程图。该方法可减少图形的存储空间,操作方便,且执行速度较快,避免了采用 DXF 文件格式实现参数化绘图编程特别复杂的弊端^[1]。

3.3 拉格朗日乘子法优化设计的建模

拉格朗日乘子法是一种将约束优化问题转化为无约束优化问题的间接优化算法。它通过引入一些称为乘子的待定系数,把给定的约束条件与待定的乘子相结合,添加到原有的目标函数中去,构成一个无约束优化问题的新目标函数(拉格朗日函数),再采用无约束优化算法(如单纯形法)进行寻优,新目标函数的无约束最优解就是原优化问题的最优解。拉格朗日乘子法既可以求解含等式约束条件的优化问题,也可以求解含不等式约束条件的优化问题,它在求解具有非连续变量的优化设计模型中特别有意义。航空圆锥齿轮的模数虽然可以在一定的范围内连续变化,但是齿数是非连续变化的。罚函数法在大多数情况下也能实现寻优,但使用该方法时,当罚因子不断减小(增大),惩罚函数靠近约束边界处的变化愈来愈剧烈,函数的病态程度增加,使得求无约束问题的解变得很困难。通过比较,笔者认为采用拉格朗日乘子法是一种可靠而有效的方法。

当以航空圆锥齿轮传动体积最小为目标时,设计变量为主动齿轮齿数 z_1 , 齿宽中点螺旋角 β_m , 齿宽 B , 大端端面模数 m ; 目标函数为:

$$\min F(X) = 0.78539 \left(\frac{R_m}{R_e} \right)^2 (d_{a1}^2 + d_{a2}^2) B / \cos(0.5\beta_m)$$

式中: R_m, R_e ——圆锥齿轮平均锥距和外锥距(mm); d_{a1}, d_{a2} ——主、从动齿轮大端齿顶圆直径(mm); B ——锥齿轮的齿宽(mm); β_m ——锥齿轮齿宽中点螺旋角(rad);

当锥距一定,在保证大、小齿轮接触和弯曲强度的条件下,以锥齿轮传递的功率最大为目标时,设计变量为主动齿轮齿数 z_1 , 齿宽中点螺旋角 β_m , 齿宽 B ; 目标函数为:

$$\min F(X) = - \min(P_1, P_2, P_3)$$

其中, P_1 为保证齿面接触强度的条件下,锥齿轮能传递的最大功率, P_2, P_3 为保证轮齿弯曲强度的条件下,主、从动锥齿轮能传递的最大功率^[3]。

约束函数一般由强度约束(接触强度,弯曲强度,胶合强度)、传动比约束、几何约束、纵向重合度约束和选择变位系数约束等组成。程序的实现中,拉格朗日乘子法做成动态链接库,设计变量定义成数组 $x[n]$, n 为设计变量个数,约束函数定义成 `double RestrictFuncName (double * x, int n)`, 这样,无论设计变量、约束函数的个数多少,均可采用同一算法,具有较大的通用性和灵活性。

3.4 AutoCAD 环境下以 ODBC 为接口程序访问数据库

AutoCAD 本身提供了与外部数据库连接的工具 ASE/ASI。ASE/ASI 是 AutoCAD 内含的数据访问接口,可提取 dBASE、INFORMIX、ORACLE 和 PARADOX 中的数据库,其中 ASE 是数据库访问的命令接口,ASI 是数据库访问的应用程序接口,用户可借助于 ASE 来建立与外部数据的直接联系。ASE 在读取不同的数据库时,使用的是同一组命令,只是内部使用的驱动程序不同,ASE 的现行版本虽已提供了一些驱动程序,但还不全,目前只支持 dBASE、dBASE、PARADOX3.5 等,且 ASE 访问的效率

较低,难以用程序来提高效率。AutoCAD R14 版本提供了在 MSVC++ 环境下编程的 ARX 接口,本系统在设计访问数据库时采用开放数据库系统互连(Open DataBase Connectivity, 简称 ODBC)接口^[4]。

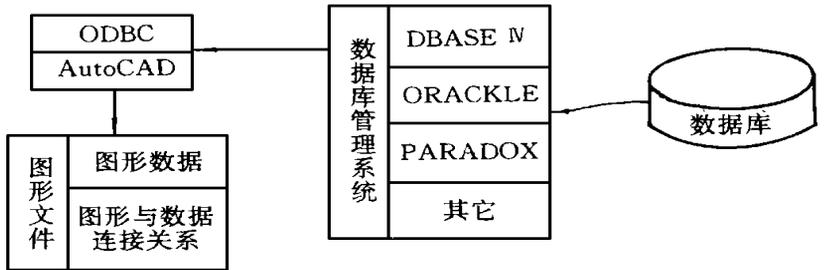


图 2 ODBC 与数据库及 AutoCAD 的关系

Fig. 2 The relation of ODBC, DB and AutoCAD

ODBC 是 Microsoft 公司开发的一套开放数据库系统应用程序接口规范, ODBC 规范为应用程序提供了一套高层调用接口规范和基于动态链接库的运行支持环境。本系统中应用程序调用的是标准的 ODBC 函数和 SQL 语句, 数据库的底层操作由各个数据库的驱动程序完成, 这样使得应用程序具有很好的适应性和可移植性, 并且具备同时访问多种数据库系统的能力。系统中 ODBC 与数据库及 AutoCAD 的关系如图 2 所示。

4 应用举例

下面举一航空减速器中第一级换向减速传动中的一对螺旋锥齿轮设计为例。传动简图见图 3。主动锥齿轮通过花键与轴连接, 用两个滚子轴承与一向心推力球轴承简支, 从动锥齿轮为螺旋双齿轮, 由两个滚子轴承支承, 内孔装有一双半外圈的向心推力球轴承, 承担轴向力。减速器原动机为图 2 涡轮轴发动机。发动机体内减速器的输出轴通过滚珠式单向离合器与主动锥齿轮啮合, 并通过螺旋双齿轮输出。设计技术要求及计算结果如下:

设计技术要求:	设计计算结果:
输入转速: 6000r/min	主动轮齿数: 27
减速比: 1.296	从动轮齿数: 35
最大功率: 650kW	大端端面模数: 5.27mm
总寿命: 9000h	齿轮宽度: 36.5mm

5 结束语

AutoCAD ADSRX 语言开发系统具有许多先进特性和前所未有的强大功能, 诸如 C++ 方法与 AutoCAD 的完美结合, 实时可扩展性, 重入机制, 事件驱动, 跨 OS 的可移植性等。但它同时也对程序开发人员提出了更高的要求, 开发者不仅要求具备机械专业知识, 还要求熟悉 AutoCAD 系统和 VC++ 编程。本系统界面友好, 并预留接口, 便于进一步开发和完善。通过使用证明, 软件的构成科学, 程序常规设计正确, 优化设计结果合理。

参考文献

- 1 苏鸿根等. 怎样使用和开发 AutoCAD R13. 北京: 清华大学出版社, 1997
- 2 The ADSRX R14 Programmer's Guide, Autodesk, inc
- 3 朱燕生主编. 常用机械零部件及机构优化设计程序库—原理与使用说明, 北京: 机械工业出版社 1987
- 4 俞玉森主编. 数学规划的原理和方法. 武汉: 华中理工大学出版社, 1993
- 5 袁鹏飞. SQL Server 数据库应用开发技术. 北京: 人民邮电出版社, 1998

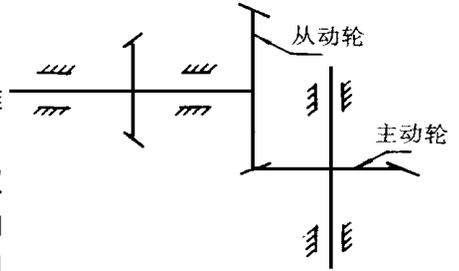


图 3 传动简图

Fig. 3 Simple figure of transmission