

水泵涡壳强度校核程序设计^{*}

蒋小平 施卫东 王 准 郎 涛

【摘要】 水泵关键零件的强度计算与校核直接关系到整机的性能、使用寿命及可靠性,传统的水泵零件强度校核方法在精度、效率等方面已远远满足不了生产要求。在探讨涡壳强度校核理论的基础上,建立了涡壳强度校核应用程序的校核模型,并对该应用程序的开发平台、开发工具、关键技术以及具体实现方式进行了阐述和分析。实例验证的结果表明效果良好,具有较好的推广应用前景。

关键词: 水泵 涡壳 强度校核 ObjectARX Visual C++

中图分类号: TH311 **文献标识码:** A

Program for Strength Checking of Pump Volute Case

Jiang Xiaoping Shi Weidong Wang Zhun Lang Tao
(Jiangsu University)

Abstract

Strength calculation and checking of key pumps parts have great effects on performance and lifespan of complete machines, conventional methods of strength checking could hardly meet the demands in design precision and efficiency. During the past years, researchers of Jiangsu University have been studying on it and developed a suit of software that was utility to solve this problem. Models of program for strength calculation of volute case over the corresponding theory have been established. The development platform, tools and several key technologies were described and analyzed in detail. The running results of the program are accurate and the program has great prospects in application.

Key words Pump, Volute case, Strength checking, ObjectARX, Visual C++

引言

随着 CAD 技术在泵行业的广泛应用,传统的零件强度校核方法在精度、效率等方面已远远满足不了生产的要求,有必要开发一套功能先进、性能可靠、使用方便的泵零件强度校核软件。江苏大学经过几年的努力,利用先进的模块技术,在功能强大的 VC++ 6.0 开发平台上,开发成功了一套实用的、包含多个模块的水泵零件强度校核软件。

本文主要介绍该软件中涡壳强度校核应用程序的开发,即首先在建立涡壳校核模型的基础上,利用 VC++ 6.0 和 ObjectARX3.0 开发工具,通过智能

读取 CAD 图形数据、ADO 数据库接口等关键技术,开发出一个能运行在 AutoCAD 2000、2002 等平台上的水泵涡壳强度校核应用程序,实例验证表明计算精度高、校核结果准确,具有良好的推广应用价值^[1]。

1 校核模型

薄壳理论可以正确地定性和定量两个方面确定涡壳的应力状态,在涡壳强度校核上得到了广泛应用。简化后的典型涡壳轴截面如图 1 所示,它可看成由形状简单的圆柱形、锥形和环形的旋转壳体构成^[2]。旋转壳在内压力作用下产生薄膜应力,由

收稿日期: 2006-10-20

^{*} 江苏省“333 工程”资助项目(项目编号:BG2004040)和江苏省“六大人才高峰”项目(项目编号:06-D-020)

蒋小平 江苏大学流体机械工程技术研究中心 博士生,212013 镇江市

施卫东 江苏大学流体机械工程技术研究中心 研究员 博士生导师

王 准 江苏大学流体机械工程技术研究中心 博士生

郎 涛 江苏大学流体机械工程技术研究中心 助理研究员

于各旋转壳之间的连接处曲率半径不连续,在这些连接处将产生局部的弯曲应力。利用旋转壳的有矩理论可以求得涡壳最大应力的值和位置^[3]。大量的试验研究和计算结果表明,涡壳几何尺寸最大的轴截面上受力最大,故校核涡壳强度时,一般只需研究涡壳的最大断面就可满足要求。而且,由几个形状不同的部分所构成的复杂的组合断面涡壳的研究表明,它的环形区应力最大,相应的角度 θ_{\max} 计算为

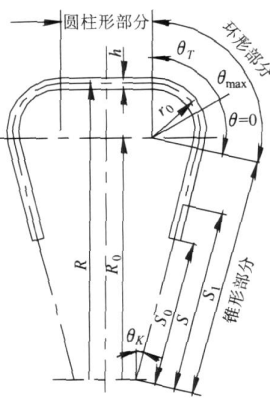


图1 典型涡壳轴截面图

Fig. 1 Cross-section figure of typical case

$$\theta_{\max} = \frac{1.225}{(2k^2)^{1/3}} \quad (1)$$

其中 $k = \frac{\sqrt{12(1-\mu^2)}}{\sqrt{2}} \frac{r_0}{R_0} = \frac{r_0}{h}$

以 σ_1 、 σ_2 、 σ_3 分别表示该最大断面上所受到的轴向应力、圆周应力及径向应力。

轴向应力计算公式为

$$\sigma_1 = \sigma_{1\mu} + \sigma_{1p} + \sigma_{1t} \quad (2)$$

其中 $\sigma_{1\mu} = \pm 1.52 p \frac{3}{2} \sqrt{\frac{2}{3}}$ (3)

$$\sigma_{1p} = p \left[0.61 \sqrt[3]{\frac{2}{3}} + \frac{0.41}{\sqrt[3]{\frac{2}{3}}} + 1.5 \right] \quad (4)$$

$$\sigma_{1t} = \pm \frac{E_i(t_i - t_e)}{2(1-\mu)} \left(\frac{2R_e^2}{R_e^2 - R_i^2} - \frac{1}{\ln(R_e/R_i)} \right) \quad (5)$$

式(3)和式(5)中,内壁取-号,外壁取+号。

式中 t_e 、 t_i ——涡壳外壁、内壁的温度, K

E ——弹性模量, Pa μ ——泊松比

α_i ——线膨胀系数, K^{-1}

圆周应力计算公式为

$$\sigma_2 = \sigma_{2\mu} + \sigma_{2p} + \sigma_{2t} \quad (6)$$

其中 $\sigma_{2\mu} = \mu \sigma_{1\mu} - 0.652 p \sqrt[3]{\frac{2}{3}}$

$$\sigma_{2p} = p \left[0.237 \sqrt[3]{\frac{2}{3}} - \frac{0.41}{\sqrt[3]{\frac{2}{3}}} \right]$$

$$\sigma_{2t} = \sigma_{1t}$$

径向应力计算公式为

$$\sigma_3 = \begin{cases} -p & (\text{内壁}) \\ 0 & (\text{外壁}) \end{cases}$$

式中 μ 、 p 、 t ——弯曲应力、拉应力和温度应力

对于塑性材料,按第四强度理论分别计算最大

断面的内、外壁当量应力 σ_d ,计算公式为

$$\sigma_d = \sqrt{\frac{1}{2} [(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_1 - \sigma_3)^2]} \quad (7)$$

选取内、外壁当量应力的大值进行强度校核,对于材料的屈服极限 σ_s ,安全系数应满足

$$n_1 = \sigma_s / \sigma_d \quad 1.65 \sim 1.90$$

对于脆性材料,按极限应力状态理论分别计算最大断面内、外壁当量应力 σ_d ,计算公式为

$$\sigma_d = \frac{1}{3} (\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3) \quad (8)$$

其中

$$\sigma_d = \frac{\sigma_{bp}}{bd}$$

式中 σ_{bp} ——抗拉强度极限, MPa

σ_{bd} ——抗压强度极限, MPa

选取内、外壁当量应力的大值进行强度校核,其安全系数应满足

$$n_2 = \frac{\sigma_{bp}}{\sigma_d} \geq 5$$

2 应用程序的设计

2.1 程序流程图

水泵涡壳强度校核应用程序的程序流程图,如图2所示。

2.2 关键技术

2.2.1 CAD图形数据的

读取与智能处理

AutoCAD系列软件

绘出的图形文件是以DWG为扩展名的文件,它实际上是一个包含图中所有对象和实体信息的图形数据库。在利用Object ARX、VC++、ADO等进行CAD二次开发时,经常需要从已打开的DWG图形文件中提取一些特定的图形几何信息,如尺寸值等;如何准确高效地获得

这些信息和数据,对于CAD二次开发十分重要。就水泵涡壳强度校核应用程序而言,需要从已绘制好的AutoCAD图形中读取并获得尺寸标注的具体数值、文字标注等图形几何信息。编程的第一步是利用与CAD绘图主界面进行交互的方法,即使用鼠标点击特定图元从而获得该图元实体对象(该实体对象以图元名称表示),并将它赋给已定义的结果缓冲区链表;第二步通过遍历该结果缓冲区链表,使用智能算法过滤掉用户不需要的数据,留下用户需要的

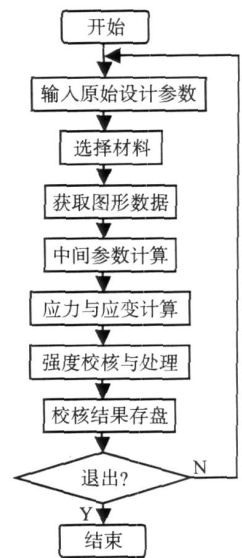


图2 程序流程图

Fig. 2 Flow process chart of the program

特定数据。该技术的核心代码如下：

```
BeginEditorCommand();
ads_point pt1;
ads_name ent1;
struct resbuf *rb1 = NULL, *rb2 = NULL;
char string1[50];
if(acedEntSel( \ n 请用鼠标点取对象: ,ent1 ,
pt1) == RTNORM)
{
    rb1 = acdbEntGet(ent1);
    for(rb2 = rb1;rb2 != NULL;rb2 = rb2
rbnext)
    {
        if(rb2 restype == 1)
            strcpy(string1,rb2 resval.rstring);
    }
    acutRelRb(rb1);
    acutRelRb(rb2);
    ... 数据处理
    CompleteEditorCommand();
}
else{ CancelEditorCommand();}
```

2.2.2 数据库接口选择及实现

Visual C++ 提供了多种访问外部数据库的接口,主要有 ODBC、DAO、ADO 等,前两个接口分别具有一些难以克服的局限性,而 ADO (activeX data object)即 ActiveX 数据对象是基于 OLE DB 之上的应用层编程接口,该接口通过 OLE DB 提供的 COM 接口访问数据,并在对 OLE DB 接口进行封装的基础上定义了具有强大功能的 ADO 对象,通过它连接的数据可以实现动态加载和动态释放,故 ADO 不但继承了 OLE DB 技术的优点,而且可以使应用程序开发的过程更加简化、方便,访问数据的效率更高,占用的硬件资源却更小。

针对水泵涡壳强度校核应用程序模块,不但需要访问工程材料性能参数(包含金相图形数据)、设计计算公式参数等 Access 数据库表,还需要对校核计算结果能以文档和图形方式进行存取,且必须方便系统的扩充、升级以及与网络、服务器等进行数据交换。基于以上需要,本应用程序采用了 ADO 作为该 ARX 应用程序与各类数据的接口。该模块中 ADO 接口实现的具体步骤如下：

- (1) 建立数据源。本文以单机版为例进行说明,工程材料数据库利用 Access2000 建立,数据库名称是 gccl.dmb,表单名是 gccl8。
- (2) 在 DllMain() 函数中添加 COM 库初始化代

码：

```
extern "C" BOOL WINAPI
DllMain(HINSTANCE hInstance, DWORD dwReason,)
{
    AfxOleInit(); 初始化 COM 库
    ... 其他代码
}
```

(3) 引入 ADO 类型库,主要工作是在 Stdafx.h 文件文件末尾添加下列语句：

```
#include <comdef.h>
#import "C:\\ Program Files\\ Common Files\\ System\\ ADO\\ msado15.dll" no_namespace
rename(" EOF ", "adoEOF") rename(" EOS ", "adoEOS")
```

(4) 用 Connection 对象连接数据库。先在 CAcUiDialog.h 头文件中定义 3 个智能指针实例：m_pConn、m_pCmd、m_pRcdset,然后用 m_pConn 指针建立数据库连接。

- (5) 利用建立好的连接,取得结果记录集。
- (6) 利用 Recordset 对象的成员函数对取得的记录集进行查询、添加、修改、删除等各项操作,或通过遍历、更新等方法从记录集中取得所需的特定的数据。
- (7) 关闭记录集与连接。

2.3 应用程序的实现

2.3.1 界面框图及主界面

开发的水泵涡壳强度校核应用程序的界面框图,如图 3 所示。图中只列出了与该流程必不可少的几个界面,实际上在其中多个界面的操作中,都存在下一级界面的操作。

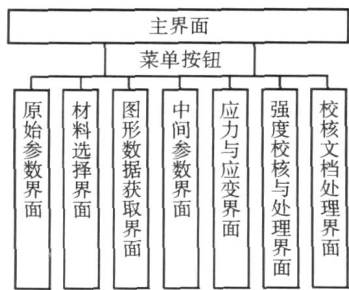


图 3 界面框图

Fig. 3 Block graphs of the interface

当应用程序以 ARX 命令注册并加载运行后,即在 AutoCAD 主界面上弹出涡壳强度校核模块的主界面,该界面如图 4 所示。在该主界面中,最上面是标题栏,标题栏下面是菜单;主界面的左边是 6 个用来做强度校核计算的按钮,右边是 1 个用来显示校核文档的编辑框。主界面有如下主要特点： 界

面直观,每一步操作后,校核结果即在右边编辑框内显示。操作方便,既可用按钮完成校核操作,也可用菜单完成。能防止误操作,主要是利用按钮与菜单子项的亮显功能,将当前尚未用到的按钮与菜单子项灰掉,使之不能接受用户的点击,从而达到防止误操作的目的。

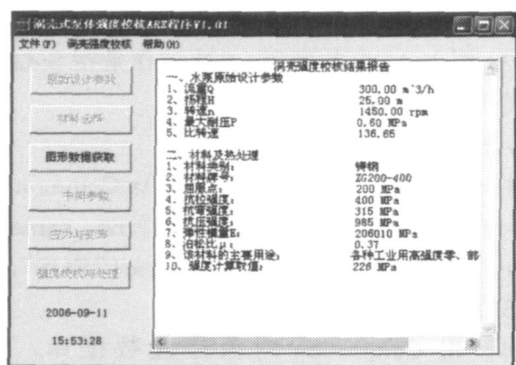


图4 程序运行主界面

Fig. 4 Main interface of the program

2.3.2 校核计算文档及处理

当用户通过反复计算最终确定校核工作完成后,或者在校核工作没有完成但中途需要停顿时,这时往往要对当前的校核文档或结果进行存盘操作。为了满足这种需求,涡壳强度校核应用程序通过编程实现了校核文档或结果的存盘操作,存档文件形式既可以是通用的文本文件,又可以是目前广泛使用的 WORD 文档(后台调用 Office 2000),还可以是作者自定义的文件形式。

具体的操作过程:点取主界面上的“文件”菜单

中的“保存”菜单子项,在弹出的文件保存对话框中先选择文件类型,然后在文件名编辑框中输入合适的文件名即可。

对于没有完成的校核文档,如果用户需要进行,只要点取程序主界面上的“文件”菜单中的“打开”菜单子项,相应的校核文档将会显示到主界面右边的编辑框内。值得一提的是,对于这种情况,程序能自动识别原来的校核工作的进度,将已完成的按钮控件自动灰掉,并亮显下一步即将被操作的按钮控件。

2.3.3 涡壳强度校核应用程序的自动安装处理

程序编译完成后,一般需要进行安装处理。对于 ObjectARX 应用程序,由于它本质上只是一个 DLL 程序,属于动态加载和卸载性质,只能被 AutoCAD 主进程来调用,故对它进行安装处理的方式与一般的应用软件不同。就该涡壳模块来说,作者已经将它放到水泵零件强度校核软件中统一打包,从而使它具有自动安装的功能。

3 实例验证与结论

为了验证水泵涡壳强度校核应用程序的正确性,选择了3台利用优秀水力模型设计的水泵及其涡壳来进行验证,它们的耐压分别代表高、中、低三种情况,对于每一种情况都严格按照应用程序提供的步骤逐一完成。校核结果表明,3台水泵泵体的选材合理,壁厚取值合适,证明原设计是合理、可行的。

参考文献

- 1 蒋小平. 涡壳式泵体强度计算应用程序开发与应用[D]. 镇江:江苏大学,2006.
- 2 关醒凡,姚兆生. 泵零件强度计算[M]. 北京:机械工业出版社,1981.
- 3 关醒凡. 现代泵技术手册[M]. 北京:宇航出版社,1995.
- 4 徐纪方,王曾璇,齐学义. 水力机械强度计算[M]. 北京:机械工业出版社,1990.
- 5 严敬,杨小林. 国外水泵研究现状概述[J]. 排灌机械,2003,21(5):1~3.
- 6 李强,贾云霞. Visual C++项目开发实践[M]. 北京:中国铁道出版社,2003.
- 7 王福军,张志民,张师伟,等. AutoCAD 2000 环境下 C/Visual C++应用程序开发教程[M]. 北京:希望电子出版社,2000.
- 8 Dale Rogerson. COM 技术内幕-微软组件对象模型[M]. 杨秀章,译. 北京:清华大学出版社,2000.
- 9 王德权,肖正扬,陶学恒,等. ADO 在 ObjectARX 开发环境中的应用[J]. 组合机床与自动化加工技术,2001,2(3):33~35.