

基于 VB 和 SolidWorks 的螺旋管道 参数化设计与流阻特性分析

徐洪涛, 王庆明*

(华东理工大学 机械与动力工程学院, 上海 200237)

摘要: 为了实现螺旋管道设计变量与编程语言相结合的参数化设计, 利用 Visual Basic 6.0 编程对 SolidWorks 2007 软件进行了二次开发。结合实例阐述了螺旋管参数化设计的思想、技术要点和流程。开展了不同结构螺旋管道的分析与设计, 运用 SolidWorks 2007 中的流体插件 CosMOSFloWorks 对螺旋管流阻特性进行了有限元分析。研究表明, 螺旋管道摩擦损失系数随曲率半径的增大而减小, 随螺距、入口处流体速度、圈数的增大而减小, 随曲率半径与管径(比值一定)同时增大而减小。VB 与 SolidWorks 相结合的参数化设计能够简化设计过程, 提高工作效率, 对螺旋管及其它类型零部件的设计与生产具有重要意义。

关键词: Visual Basic 6.0; 螺旋管; 参数化设计; 有限元分析

中图分类号: TH12; TB126

文献标识码: A

文章编号: 1001-4551(2010)11-0005-04

Parametric design and analysis's flow friction property of helical pipe based on VB and SolidWorks

XV Hong-tao, WANG Qing-ming

(Institute of Mechanical and Power Engineering, East China University
of Science and Technology, Shanghai 200237, China)

Abstract: In order to realize the parametric design of helical pipe which consist of programming language and design variable parameters, secondary development of SolidWorks 2007 was investigated by Visual Basic 6.0 programming software. Design ideas, technical points and processes of helical pipe parametric design were described by a practical example. The helical pipes with different structure were established by the parametric design. Then the fluid finite element analysis of helical pipe was carried out by plug-in of SolidWorks2007 (CosMOS-FloWorks). The experimental results show that the friction loss coefficient is decreased with the increase of curvature diameter, the pitch, inlet velocity, the number of turns and it decreases with the increase of curvature radius and diameter simultaneity (constant ratio). The design process of helical pipe can be simplified and the efficiency can be improved by the parametric design of VB and SolidWorks. Also it has great significance for the design and manufacture of other type components.

Key words: Visual Basic 6.0; helical pipe; parametric design; finite element analysis

0 引 言

所谓参数化设计就是将模型中的参数约束信息化、变量化,使之成为可以调整的参数变量,给参数变量赋予不同数值,就可以得到大小和形状不同的零件

模型。这种设计方法效率高、实现简单、程序量小、可移植性强,对形状或功能相似的产品设计具有重要意义^[1]。利用 Visual Basic (VB) 对 SolidWorks 进行二次开发便是实现三维参数化设计常用的手段之一^[2-3]。

随着 SRAC 公司对 CosMOSWorks, CosMOSMotion 和 CosMOSFloWorks 的无缝嵌入, SolidWorks 能够直接

进行有限元运动、动力学仿真以及流体动力学和热传导分析^[4]。本研究通过 SolidWorks 和 VB 进行参数化建模,结合 SolidWorks 流体插件 CosMOSFloWorks 进行有限元分析,得出螺旋管曲率、螺距、入口速度、圈数、管径对摩擦损失系数的影响^[5]。对于缩短零件研发周期,提高设计效率和质量,以及研究管道能量损失的优化与设计具有重要意义。

1 螺旋管参数化设计流程

本研究采用尺寸驱动法编程,即给每个设计变量赋以相应的名称,通过 VBA 窗口修改这些变量的值,就可以得到所需的三维模型,这种算法的流程图如图 1 所示。这种方法常用来处理形状结构相似但尺寸不同的零件,其运行速度快、效率高,但对编程有严格的要求,必须生成与零件实际参数相应的设计变量。

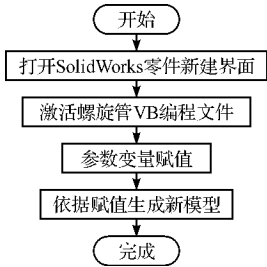


图 1 螺旋管型参数化设计流程图

2 螺旋管参数化建模

在 SolidWorks 下对螺旋管进行参数化建模,可以通过 SolidWorks 的“宏”(VBA)功能结合 VB 6.0 的基本控件编程来实现。在利用 VB 进行 SolidWorks 参数化设计^[6]的过程中,关键是参数的定义、参数的取值、实体的生成与编辑。由于基于尺寸驱动的参数化图形设计,一般是外形轮廓相对固定而只在尺寸上有数值差异的系列图形,所以对 these 零部件图形处理只是定义各外形轮廓尺寸变量参数。本研究在定义过程中,对参数化的命名本着简化、形象、完整的基本原则,当然也没有多余的尺寸构成过约束,没有遗漏的尺寸构成欠约束,因为过约束和欠约束的情况均不能实现图形的参数化设计^[7-8]。

螺旋管参数化建模的过程如下:

(1) 打开 SolidWorks 2007(PE 版),调出宏命令,点击编辑按钮。

(2) 进入到 VB 6.0 界面,进行螺旋管参数化编程,同时进入用户窗口添加各种控件(如图 2 所示),为使窗体不遮挡 SolidWorks 建模过程,将其“StartUp-

position”属性 1(窗口缺省)改为 0(这是通过手动来完成的)。

(3) 在 Private Sub UserForm_Click() 和 End Sub 之间添加主程序,并且用相应的字母来代替,例如用变量 PD 代替螺旋管曲率半径,用变量 DI 代替螺旋管管径,用变量 PH 代替螺旋管螺距,用变量 RE 代替螺旋管圈数。

(4) 运行、调整、修改程序直至达到满意为止^[9-10]。



图 2 螺旋管参数输入界面

3 用户访问界面的设计

依据实际需要和上述所定的变量参数,定义用户界面,如图 2 所示。利用 SolidWorks 和 VB 6.0 参数化设计生成螺旋管,其螺旋管的参数变量如表 1 所示,生成的相应三维模型如图 3 所示。

表 1 螺旋管主要参数变量

中径直径/mm	线性直径/mm	螺距/mm	圈数/mm
100	2	10	10
20	2	10	10
20	2	20	10
20	2	10	50

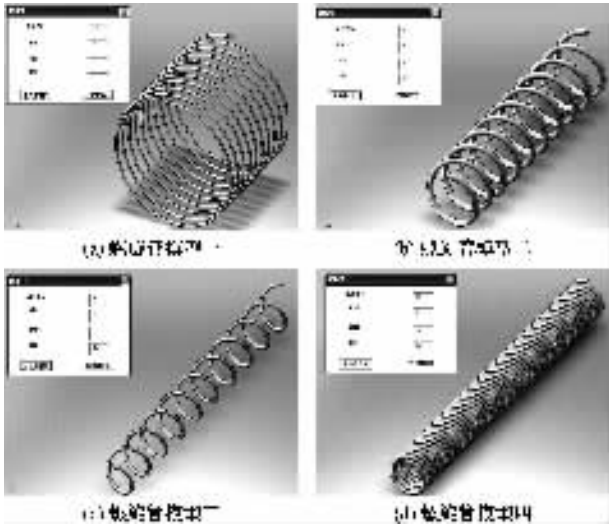


图 3 通过 VB 6.0 参数化设计生成的螺旋管模型

4 有限元分析的数值方法和螺旋管物理模型

4.1 数值方法

CosMOSFloWorks 是一个完全集成在 SolidWorks 中的流体插件,在 SolidWorks 的环境中就可以验证并优化自己的设计。CosMOSFloWorks 采用自适应直角网格,控制方程为 Navier-Stokes 方程^[11],湍流模型采用标准 k-ε 双方程模型,在近壁区采用壁面函数的半经验公式,并且可通过提高网格精度来提高计算精度。CosMOSFloWorks 采用的是快速有限元(FFE, Fast Finite Element)技术使得工程分析时间大大缩短,其图形化的操作界面可以实现网格单元的直观划分和边界载荷条件直接定义,最新的测试还表明,快速有限元法可以提升传统算法分析速度至 50 ~ 100 倍。

4.2 螺旋管物理模型

笔者研究的物理问题是螺旋管的摩擦损失系数 f 也即摩擦因子,所采用的螺旋管管径为 5 mm,螺距为 10 mm ~ 50 mm,曲率半径为 10 mm ~ 50 mm,入口处流体速度为 0.1 m/s ~ 0.5 m/s,螺旋管圈数为 10 ~ 50 圈,流体为不可压流体,密度为 999.8 kg/m³,孔道壁面为无泄漏的固壁,一共对 55 个模型进行数值仿真,经模拟后直接得到的结果为进出口压力差,摩擦损失系数的计算公式为^[12]:

$$f = \frac{\Delta p}{\left(\frac{L}{D}\right) \times \left(\frac{\rho v^2}{2}\right)}$$

(1)

式中 f —摩擦损失系数; ΔP —进出口压力损失,单位为 Pa; L —螺旋管中心线长度,单位为 mm; D —管径,单位为 mm; ρ —流体的密度,单位 kg/m³; v —入口处流体速度,单位 m/s。

5 仿真及结果分析

5.1 曲率、螺距对摩擦损失系数的影响

通过 SolidWorks 的流体插件 CosMOSFloWorks 对螺旋管进行有限元分析,目的是为了研究螺旋管曲率、螺距与摩擦损失系数之间的关系,其初始条件如下:入口处流体速度为 0.2 m/s,管径为 5 mm,圈数为 20 圈,曲率半径分别为 10 mm,20 mm,30 mm,40 mm,50 mm,螺距分别为 10 mm,20 mm,30 mm,40 mm,50 mm。最后直接得到的结果为总压力损失,然后利用式(1)进行换算,其结果如表 2 所示。曲率、螺距与摩擦损失系数之间的关系如图 4 所示,根据图 4 可得到如下结论:在

管径、入口处流体速度、圈数、曲率半径一定的情况下,摩擦损失系数随螺旋管螺距的增大而减小;在管径、入口处流体速度、圈数、螺距一定的情况下,摩擦损失系数随曲率半径的增大而减小。本研究摩擦损失系数与参数间不是比例关系。

表 2 不同条件下摩擦损失系数的计算结果

曲率半径 /mm	螺旋管螺距/mm				
	10	20	30	40	50
10	0.196	0.186	0.172	0.166	0.161
20	0.175	0.170	0.150	0.148	0.130
30	0.160	0.150	0.142	0.131	0.126
40	0.147	0.128	0.133	0.122	0.119
50	0.139	0.126	0.123	0.122	0.116

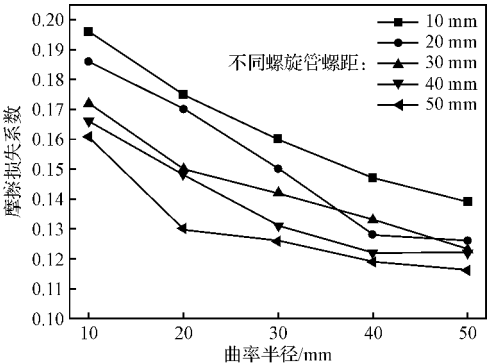


图 4 曲率、螺距与摩擦损失系数之间的关系

5.2 入口处流体速度、螺旋管圈数对摩擦损失系数的影响

本次分析依然是通过 SolidWorks 的流体插件 CosMOSFloWorks 来完成,目的是为了研究入口处流体速度、螺旋管圈数与摩擦损失系数之间的关系。其初始条件如下:管径为 5 mm,曲率半径为 20 mm,螺距为 20 mm,入口处流体速度分别为 0.1 mm,0.2 mm,0.3 mm,0.4 mm,0.5 mm,螺旋管圈数分别为 10 圈,2 圈,30 圈,40 圈,50 圈。根据仿真的总压力损失与式(1)进行换算的结果如表 3 所示。如图 5 所示,根据图 5 可以得到如下结论:在管径、曲率半径、螺距、入口处流体速度一定的情况下,摩擦损失系数随螺旋管圈数的增大而减小;在管径、曲率半径、螺距、螺旋管圈数一定的情况下,摩擦损失系数随入口处流体速度的增大而减小。

表 3 不同条件下摩擦损失系数的计算结果

入口处流体 速度/(m/s)	螺旋管圈数				
	10	20	30	40	50
0.1	0.308	0.289	0.281	0.276	0.252
0.2	0.173	0.162	0.158	0.155	0.143
0.3	0.112	0.113	0.111	0.109	0.102
0.4	0.096	0.088	0.087	0.085	0.082
0.5	0.081	0.074	0.073	0.073	0.070

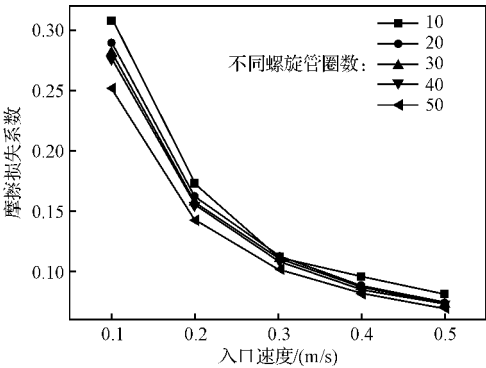


图 5 入口处流体速度、圈数与摩擦损失系数之间的关系

5.3 曲率半径、螺旋管管径对摩擦损失系数的影响

下面分析在曲率半径与螺旋管管径的比值一定的情况下,曲率半径、螺旋管管径与摩擦损失系数之间的关系。其初始条件如下:入口处流体速度分别为 0.2 mm,螺距为 30 mm,圈数为 10 圈,曲率半径与管径的比值为 2,曲率半径分别为 10 mm,20 mm,30 mm,40 mm,50 mm,管径分别为 5 mm,10 mm,15 mm,20 mm,25 mm^[13-14]。

根据仿真的总压力损失与式(1)进行换算可得到各损失系数之间的关系如表 4 所示。根据表 4 可以得到如下结论:在入口处流体速度、螺距、圈数、曲率半径与管径的比值为 2 的情况下,摩擦损失系数随曲率半径与管径同时增大而减小。

表 4 曲率半径、管径与摩擦损失系数之间的关系

$D = 10$	$D = 20$	$D = 30$	$D = 40$	$D = 50$
$d = 5$	$d = 10$	$d = 15$	$d = 20$	$d = 25$
0.171	0.055	0.033	0.025	0.019

6 结束语

(1) 本研究利用 VB 6.0 对 SolidWorks 2007 进行了二次开发,实现了设计变量与编程语言相结合的螺旋管参数化设计,其自动化程度更高,能够更加方便快捷地设计出一系列结构相似的零件参数化模型,简化了螺旋管设计过程,加速仿真分析的前处理进程,提高了设计与仿真分析的效率。

(2) 根据仿真结果可知,螺旋管器件的摩擦损失系数随曲率半径的增大而减小,随螺距、入口处流体速度、圈数的增大而减小。在曲率半径与管径比值一定

的情况下,摩擦损失系数随曲率半径与管径同时增大而减小。

(3) 本研究采用的 VB 与 SolidWorks 相结合的参数化设计流程及具体操作方法能够简化设计过程,提高工作效率,对形状或功能相似的零部件的设计具有一定的参考价值。

参考文献 (References) :

[1] 徐国权,黄志超. 基于 SolidWorks 的参数化设计二次开发研究[J]. 机械设计与研究,2007,27(1):68-70,87.

[2] 江 洪,李仲兴,邢启思. SolidWorks 2003 二次开发基础与实例教程[M]. 1 版. 北京:电子工业出版社,2003.

[3] 徐宏海,华利敏,詹 宁. 基于 VB 和 SolidWorks 的调苇阀参数化设计[J]. 机电工程技术,2009,38(4):30-32.

[4] 杨 敏. 基于 SolidWorks 的管内水流摩擦力的优化分析[J]. 机床与液压,2008,36(11):167-168,171.

[5] 许 立,杨笑瑾,施志辉. 螺旋管局部损失的数值模拟[J]. 机床与液压,2009,37(10):114-116.

[6] MYUNG S, HAN S. Knowledge-based parametric design of mechanical products based on configuration design method[J]. Expert Systems with Application,2001,21(2):99-107.

[7] 刘志海,鲁 青,李桂丽,等. VB6.0 开发 SolidWorks 实现机械产品参数化设计[J]. 煤矿机械,2008,29(7):180-183.

[8] 董星涛,洪亮亮,周子裕,等. 基于 SolidWorks 平台的轴类件三维造型工具的开发[J]. 机电工程,2010,27(4):28-30.

[9] SolidWorks Corporation. SolidWorks 2003 User Guide[M]. SolidWorks Corporation,2002.

[10] SolidWorks Corporation. SolidWorks 2003 API Help[M]. SolidWorks Corporation,2002.

[11] 应隆安,陈传淼. 有限元理论与方法[M]. 2 版. 北京:科学出版社,2009:1-300.

[12] Smith Eiamsa-ard, Pongjet Promvonge. Enhancement of heat transfer in a tube with regularly-spaced helical tape swirl generators[J]. Solar Energy,2005,78(4):483-494.

[13] 陶 蕾,贺小华,管凌峰. SolidWorks 软件的薄膜蒸发器虚拟装配[J]. 轻工机械,2008(1):31-33.

[14] 李艳莉,张海燕,李茂斌. 基于 Matlab 和 SolidWorks 软件的共轭凸轮设计及运动仿真[J]. 轻工机械,2008(1):52-54.

[编辑:张 翔]