

# 应用 CAD 技术开发阀门新产品

沈阳阀门研究所 阎景波 闫洪奎

**摘要:**论述了微机和工作站上计算机辅助阀门设计系统的基本功能和实现方式,包括信息输入、数据库管理、设计计算与校核、图形生成与编辑和技术文件管理等。分析了应用 CAD 技术开发阀门新产品所产生的效益。总结了在系统开发与应用过程中的经验体会。

**主题词:**阀门 CAD

## 一、概述

我厂阀门 CAD 项目是沈阳市电子振兴办推广高新技术的重点项目。从 1992 年到 1993 年 12 月,我们用了近两年的时间,先后在微机和工作站上开发了计算机辅助阀门设计系统。该系统以工程数据库为核心,把数据库管理与产品结构结合起来,并与图形系统融为一体,采用多种语言混合编程,技术上达到国内先进水平。系统采用模块化、参数化设计及开放式结构,功能齐全,标准化程度高,实用性强,具有良好的适用性,运行稳定可靠。

从 1992 年 3 月份起,边开发边应用,成功地在微机上开发出 150 磅级、300 磅级;2~12 英寸 API 楔式闸阀计 16 个规格的产品,2~8 英寸 API 截止阀计 12 个规格的产品,2~8 英寸 API 止回阀计 12 个规格的产品,共计完成 40 个规格的 API 阀门产品。另外开发出 400 磅级 16~24 英寸计 5 个规格的平板阀,PN25MPa、DN300mm 核岛电动闸阀,150 磅级 8 英寸国际投标刀型阀等共计 47 个规格阀门新产品。所开发的软件于 1993 年末通过了市级技术鉴定。许多规格的产品已投入生产。

从 1993 年 8 月到 1993 年 12 月,用了近 5 个月时间,在工作站上开发了阀门 CAD 软件,圆满地完成了我厂主导产品(1.6、2.5、4.0、6.4MPa 4 个系列,50~300mm 计 36 个规格)的设计任务。绘制 A4~A0 图纸 300 张,即将分

批投入生产。

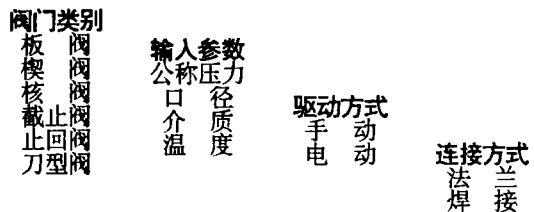
## 二、系统设计

通过有关方面的专家及开发人员共同分析,阀门产品有如下特点:①系列化,同一类阀门按公称压力分为不同系列产品,同一系列产品又分为几种结构,每一种结构基本相同;②阀门设计多属经验和相似设计,设计一种新产品要参考某一系列产品,以此为基础,进行改进;③阀门标准件和通用件较多。

基于上述特点,计算机辅助阀门设计主要针对系列化产品,采用模块化、参数化及标准化设计。根据产品设计流程(图 1),整体系统主要包括 5 个方面(图 2),由主控程序控制运行,采用下拉式汉字菜单进行选择。

### 1. 用户信息输入系统

用户输入主要是采用人机交互式的方式,以下拉式菜单的形式提供阀门设计依据的基本参数。具体参数如下:



其中阀门类别、驱动方式和连接方式采用点菜单方式,输入参数采用提示回答方式。

该系统与数据库管理系统及图形系统采用

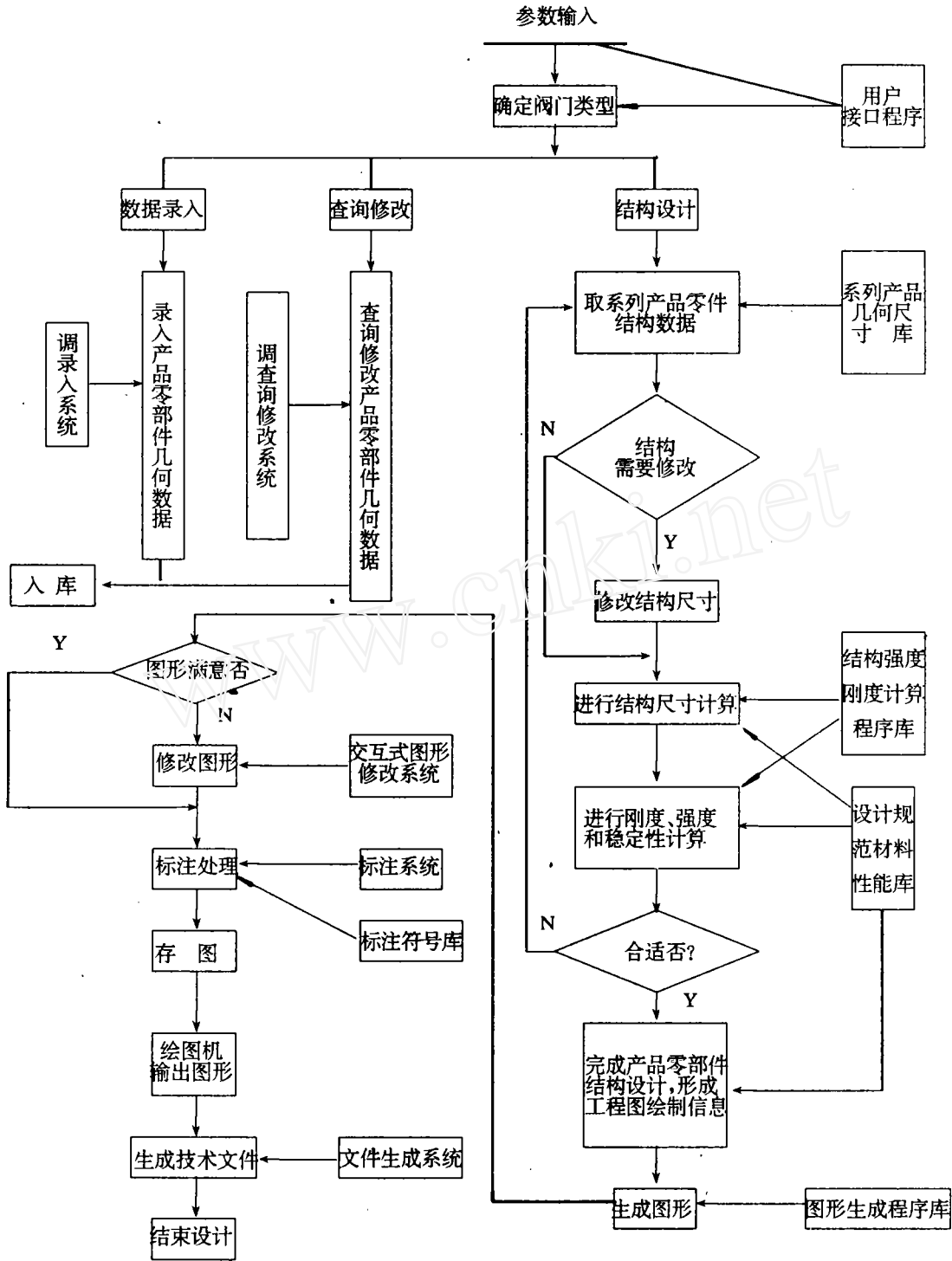


图1 阀门产品设计流程

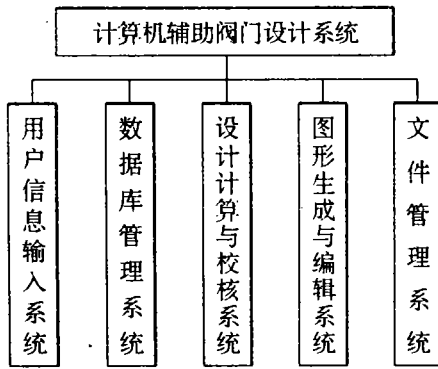


图2 整体系统

文件方式传递信息。运行后生成两个文件，一是用于记录用户名称的用户标识文件；二是阀门设计信息文件。上述选择和输入的数据文件，传递信息给数据库管理系统及图形系统。

### 2. 数据库管理系统

根据参数化设计原则建立产品零件几何尺寸标注信息库，材料性能和设计规范标准数据库。数据库管理系统主要对这些数据库进行操作，其中包括产品零件几何尺寸和标注信息等录入，对各类数据库内容查询、修改与维护。该系统是计算机辅助阀门设计的核心部分，系统采用模块化分层结构，顶层结构如图3所示，整个系统为树状结构(图4)，其深度为5层。

程序运行采用菜单(图5)方式提示，操作非常简单。每种阀门零件分标准件和非标准件。标准件管理主要包括查询各种标准件材料，特殊几何尺寸的选择，形成其基本几何尺寸数据文件，根据需要绘制零件图或装配图。非标准件管理包括基础数据录入、数据查询和修改等功能。每个零件建立一个数据库，库中内容包括所

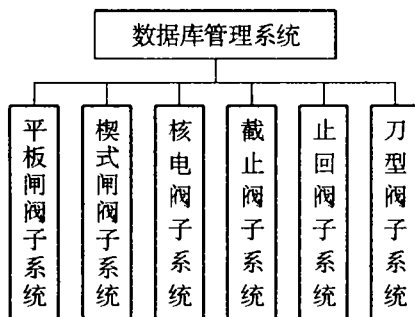


图3 数据库管理系统顶层结构

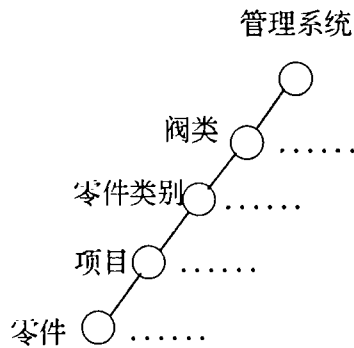


图4 系统数据结构

楔式闸阀标准件管理模块	
1. 等长双头螺栓 B 级	2. 开槽平端紧定螺钉
3. 1 型六角螺母 AB 级	4. 2 型六角螺母 AB 级
5. 填 料	6. 填料垫
7. 圆柱销	8. 普通平键
9. 螺 栓	10. 上密封座
11. 活节螺栓	12. 带孔填料垫
13. 填料压盖	14. 填料压套
15. 手 轮	16. 阀杆螺母
17. 重六角螺母	18. 全螺纹螺栓
19. 轴承压盖	20. 标 牌
21. 垫 片	22. 螺 母
23. 油 杯	

图5 楔式闸阀标准件管理模块主菜单

需的几何尺寸及标注信息。另外为满足设计计算需要，建立材料库、设计规范及其标准库。数据录入是把已有产品零件的几何信息及标注信息录入到数据库中去。查询与修改是指某种产品几何尺寸发生了变化需要修改，根据给定参数去数据库中查询，查询到以后将其数据显示在屏幕上修改，修改后送回数据库。

### 3. 设计计算与校核系统

在阀门设计中需要进行大量的设计计算与校核，因此该系统包括两部分内容，一是根据给定的设计参数确定零件的主要结构尺寸，供设计人员参考；二是根据已有的零件结构尺寸进行强度、刚度与稳定性校核，对不符合要求的零件提示修改信息，修改后重新进行校核。所有的程序均采用模块化设计，并提供了统一的输入

和输出参数及必要的文档说明。以楔式闸阀为例,用户可根据系统菜单(图6)选择计算项目,并根据屏幕的提示输入初始参数。计算机根据这些参数值进行计算,并将计算结果存入数据库,通过文件管理系统输出设计计算书。

楔式闸阀设计计算系统	
1. 阀座、比压设计计算	2. 阀杆设计计算
3. 闸板设计计算	4. 阀体设计计算
5. 阀盖设计计算	6. 支架设计计算
7. 阀杆螺母计算	8. 填料压盖计算

图6 楔式闸阀设计计算系统菜单

#### 4. 图形生成及图形编辑系统

该系统包括两部分内容(图7),阀门零件图、装配图生成和图形编辑修改。

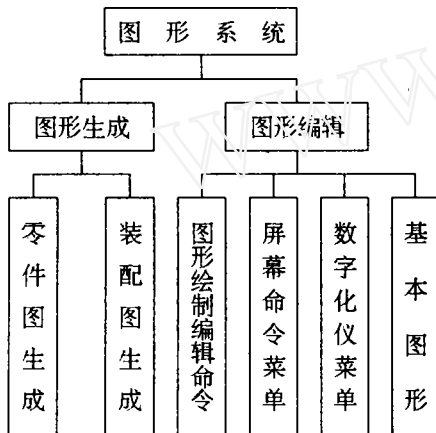


图7 图形系统结构

图形生成系统采用模块化、参数化及标准化绘图方式。所谓的模块化是将阀门零部件按其形状特征分成若干个小模块。以阀体为例,可分为端法兰、中法兰、外中腔、外底腔、内中腔、内底腔、阀座、导轨和通道等模块。每个模块都进行了标准化和系列化的特征处理。设计者将不同的模块组合到一起即形成了一个完整零件。修改其中的某一模块如端法兰,并不影响其他模块。例如:我们设计的中压楔式闸阀,其端法兰是按GB标准设计的,若要改成API阀门只需将端法兰换成API标准的,其他模块不动,重新组合即形成了新的产品。各种标准的法兰及其他模块都已存入计算机内,用户只需根据

菜单提示给出关键参数即可调出所需要的模块。所谓参数化,是将产品进行分类和归纳,不同类别采用不同的数据结构。对图纸按国家标准进行重新处理,并将图表中每个几何尺寸都定义一个变量,同一类产品的相同零件都用相同变量表示该数据,并以一种尺寸形式表示出来。参数值存入数据库,如果新设计的阀门与已有的产品结构相似,则只修改某些参数(如阀杆长度、阀体中腔高度与中法兰尺寸等),然后存入数据库,图形生成就依据这些参数值。图形自动生成后可以利用图形编辑系统在屏幕上对图形进行交互式修改,然后由绘图仪输出图形(图8)。

该系统在线型、尺寸标注、形位公差、粗糙度、图框、标题栏、技术要求及汉字等方面,全部执行国家标准。绘图菜单采用数字化仪菜单及适合设计人员的图形屏幕菜单与下拉式菜单等形式。一般设计人员只需进行简单的培训就可使用,非常方便。

工作站CAD系统是从实体建模开始,根据设计者的意图,建立三维实体模型(图9),并可自动计算零件的重量、质心和惯性矩等几何特征。设计者若对结果不满意,可随时修改图形上的尺寸。计算机自动按修改后的尺寸生成新的图形,并可根据需要对不同部位进行剖切。实体设计完成后,可自动生成二维工程设计图纸。设计者可对其做进一步的标注与修改。所有零部件设计完毕后,应用系统装配软件,可将各个零部件组装成完整的产品(图10)。另外还可以模拟闸板运动及作干涉检查。发现问题及时修改尺寸,保证了设计质量。

#### 5. 技术文件管理系统

本系统用来管理产品装配件的所有相关文件,包括图形文件和非图形文件。它提供零件、部件和特定文件的查询、删除等功能。系统与计算机排版系统相连接,按标准格式排版、查询和打印各种零件的设计计算书。每种零件的设计计算书的格式都已用程序设计好,设计人员进行设计计算与校核系统后,所生成的数据通过数据库传入本系统。系统还包括产品使用说明

书和产品零件明细表等技术文件的生成与管理。设计人员可对其进行查询和打印。

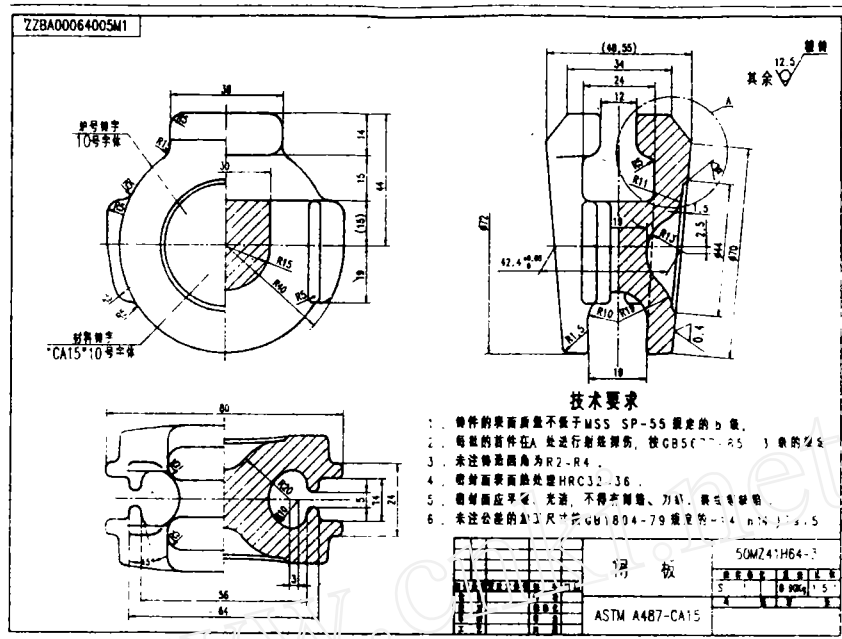


图8 闸板设计图纸

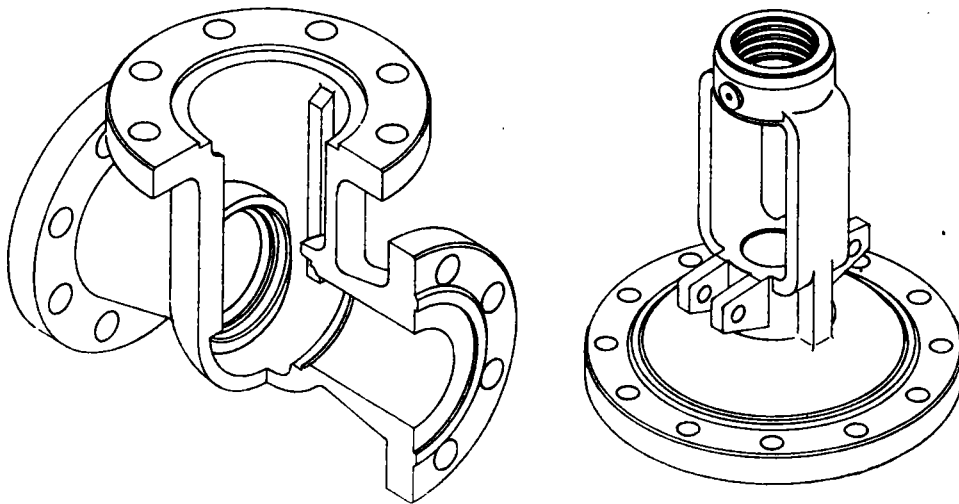


图9 阀体与阀盖三维实体造型图

### 三、效益分析

应用CAD技术进行阀门设计,使阀门设计领域发生了根本变革,推动了阀门设计方法及

设计技术的进步。开发出的阀门产品会带来可观的经济效益。以中压楔式闸阀为例,应用CAD技术开发出来的新产品重量比老产品减轻了20%。按1993年的订货量计算,仅产品原

材料消耗一项,全部投产后,每年可节约184.6万元。除此之外,还能捡回因用户急需,技术难度大丢掉的每年大约几百万元的特殊订货。应用该软件可缩短设计周期60%~80%,在设计

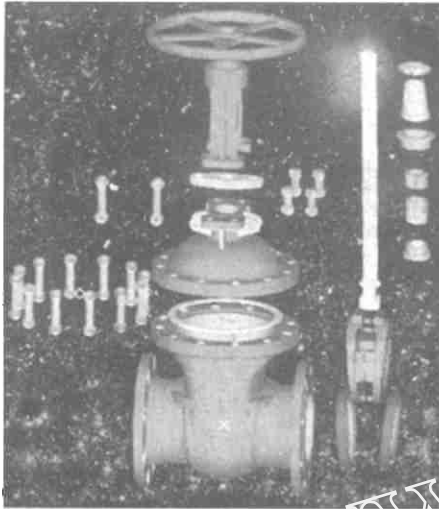


图10 中压蝶阀实体装配图

计算与强度校核方面可提高工效50倍,在绘图方面可提高工效10倍。并省去了描图工作,使图纸出错率降低95%以上,产品生产准备费用降低40%,质量事故费用降低50%。使我厂在产品品种、产品质量和供货周期等诸多方面,基本满足国家重大成套技术装备对这类阀门的需求,并可出口创汇,其综合经济效益相当可观。

我厂属多品种、小批量离散型生产企业,具有很大的通用性。因此开发成果可向全国阀门行业推广。通过软件二次开发实践,培养出一支高水平的CAD技术应用队伍,具有示范和带动作用,社会效益显著。

## 四、经验体会

### 1. 领导的重视与支持

开发计算机辅助阀门设计这样一项涉及面广、工程量大的系统工程,必须要有厂级领导的参与,各方面给予支持。我厂阀门CAD项目受到上级领导的高度重视,1993年沈阳市已报国务院立项,市电子振兴办和市机械局领导亲临

我厂并作重要指示。厂内组成了以总工程师挂帅、由计算中心及设计处人员参加的CAD攻关组。

### 2. 选好产品目标,突出经济效益

每个企业都有多种产品,其主导产品和新产品一般来讲效益是最好的,领导也重视。CAD技术首先就应该应用在这方面。风险总会有的,但是CAD是一种成熟的技术,完全可以把风险化为动力,事在人为。目前各企业都很困难,能够拿出些资金投在CAD上很不容易,在短期内企业见不到效益,就不好交待。因此选择产品目标时,一定要突出经济效益。为使开发工作搞的稳妥,就要结合产品搞好系统分析工作。要求设计者提供产品结构及其尺寸数据表,零件材料。大量的计算与绘图工作,全由计算机来作。专家系统智能化高,可基本实现设计自动化。

### 3. 选择好开发环境

开发环境主要指计算机系统软硬件。工作站可以实现三维实体造型、系统装配、仿真与干涉检查、有限元分析和优化设计。在工作站上进行图形处理和设计计算,速度快、存贮信息量大、编程量少和易于操作,其优点显而易见。微机投资少、易于掌握,但功能相对要差一些。CAD支撑软件各有所长,不能只注意软件的先进性,软件使用是否成熟应放到第一位来考虑。硬件是驱体,软件是灵魂,轻视软件投资是错误的,这方面我们有深刻的教训。

### 4. 重视人员培训

有了好的开发环境,还要有较高水平的专业人员,方能出成果,专业人员主要靠培养。把本企业年青的设计人员抽出来,经过操作系统培训和CAD支撑软件培训,就可独立上机,按系统分析要求,进行产品设计工作。培养一个人要花费很高的代价,所以一定要注意人员的稳定性,不要轻易将培养出来的人挪做他用。这里所说的人员培训是指专门从事CAD技术应用的设计人员和计算机专业人员,不要与普及型的培训混为一谈。有些企业一提培训,就把全部工程技术人员集中起来搞,这样做劳民伤财,效果不佳。

### 5. 售后服务,技术支持不可忽略

CAD属高新技术,技术难度较大。除硬件本身外,还有系统软件、CAD支撑软件和二次开发应用软件等,缺一不可,哪部份出了毛病,都不能正常工作。企业CAD技术应用人员,一般对硬件和系统软件并不熟悉,出现故障自己

难以处理。所以在技术上必须要有依托,以便及时排除故障使开发工作进行顺利。通过大量的正反两个方面的经验教训,使我们深刻认识到,售后服务、技术支持决不是一句空话,必须选好合作伙伴。

## 蝶阀的水动力矩计算

清华大学 叶宏开 吴浴辉

**摘要** 利用理想流体的定常、无旋流动的假定,根据对误差大小影响因素的分析,在直角坐标系中求解拉普拉斯方程。求出蝶阀阀瓣上的速度分布,利用伯努利等公式计算出阀瓣上的压力和作用在其上的力矩,这种方法对于计算大开度情况下的对称和非对称蝶阀的力矩是十分有用的。

**关键词:**蝶阀 阀瓣 水动力学 计算

### 一、前言

水动力矩是蝶阀设计中的一个重要参数,尤其是在研究管路中的水锤压力时,应准确地了解阀门的开闭速度和在各种开度下作用在阀瓣上的力矩。当然,对于对称阀瓣的蝶阀,其力矩可按经验公式计算。

$$M_H = \frac{2g^2 m_0}{\xi_0 - \xi_0 + \frac{2gH}{V^2}} HD^3 \quad (1)$$

- 式中  $M_H$ ——力矩
- $m_0$ ——水动力矩系数
- $\xi_0, \xi_0$ ——阻力系数
- $H$ ——开度
- $D$ ——蝶阀通径
- $g$ ——重力加速度

式中的水动力矩系数  $m_0$  和阻力系数  $\xi_0$  等都是根据具体的阀瓣结构和阀瓣转角  $\theta$  等参数而确定的实验系数。因此,对于目前结构形式多样的偏心蝶阀,仍旧使用上述公式计算力矩,必然会带来较大的误差。

随着流体力学的发展,用数值计算的方法求取蝶阀的力矩显然是十分可取的。然而,流体在蝶阀内的流动是粘性流体的三元内流绕流问题,是一个很复杂的问题。尽管有些程序可以计算粘性流体的三元流动,如苏铭德等编著的NS-TR程序,性能优良,但用于计算本问题,尚未达到令人满意的地步。并且,其计算的时间过长。因此,本文采用理想流体无旋流动的假定,简化问题,求解拉普拉斯方程。得出速度的分布,然后再由伯努利方程求出阀瓣上的压力分布,并进而求得作用在阀瓣上的力矩。据此而编制的程序简单,计算结果与经验公式作了比较,结果是令人满意的。当然,条件是阀门的开度要比较大。如果开度小,在阀瓣的背流面会产生强烈的旋涡,这时需要采用其他的方法计算力矩。

### 二、大开度情况下的基本假定

在计算大开度情况下蝶阀的水动力矩时,作了如下三个基本假定。

1. 流体是不可压缩的理想流体。把流体看