

$$B_1 = -\cos(\theta_B + 90^\circ)$$

$$B_2 = -\sin(\theta_B + 90^\circ)$$

$$C_1 = -[(v_C^2/M)\cos\theta_C - (\omega^2 R)\cos\theta_A - (v_{CB}^2/P)\cos\theta_B]$$

$$C_2 = -[(v_C^2/M)\sin\theta_C - (\omega^2 R)\sin\theta_A - (v_{CB}^2/P)\sin\theta_B]$$

代入上式并整理,则有

$$A_1 a_C^T + B_1 a_{CB}^T = C_1$$

$$A_2 a_C^T + B_2 a_{CB}^T = C_2$$

联立求解得

$$a_C^T = (B_2 C_1 - B_1 C_2)/(A_1 B_2 - A_2 B_1) \quad (9)$$

$$a_{CB}^T = (A_1 C_2 - A_2 C_1)/(A_1 B_2 - A_2 B_1) \quad (10)$$

悬点加速度

$$a_{悬}^T = [(L+M)/M] a_C^T$$

$$a_{悬}^N = [(L+M)/M] a_C^N$$

$$\vec{a}_{悬} = [(L+M)/M] \vec{a}_C$$

$$= [(L+M)/M] \{ (\omega^2 R^2/M) [\sin(\theta_A - \theta_B) \div \sin(\theta_B - \theta_C)]^2 e^{\theta_C} + a_C^T e^{i(\theta_C + 90^\circ)} \} \quad (11)$$

显然,上述 11 个公式都是简单的初等数学公式,利用这些公式确定悬点加速度方法简便,可大大减少计算的工作量。

## 应用举例

某厂生产的 CYJQ8—3—37(H)Q 前置式气动平衡抽油机,其曲柄半径  $R = 570\text{mm}$ ,连杆长度  $P = 4200\text{mm}$ , $\varphi = 157.06^\circ$ ,游梁后臂长度  $M = 1780\text{mm}$ ,游梁前臂长度  $L = 2895\text{mm}$ ,支架长度  $K = 4561.6\text{mm}$ ,曲柄旋转角速度  $\omega = 12\text{r/min}$ ,逆时针旋转,求  $\theta = 210^\circ$  时悬点加速度  $a_{悬}^T$ 。

1. 求  $\theta_A$

$$\theta_A = \theta - \varphi = 210^\circ - 17.06^\circ = 52.94^\circ$$

2. 求  $\theta_B$

$$\theta_B = \gamma_B - \varphi_D$$

$$J = (R^2 + K^2 - 2RK\cos\theta_A)^{1/2}$$

$$= (570^2 + 4561.6^2 - 2 \times 570 \times 4561.6 \cos 52.94^\circ)^{1/2} = 4242.54 \text{ (mm)}$$

$$\varphi_D = \sin^{-1}(R\sin\theta_A/J) = \sin^{-1}(570\sin$$

$$52.94^\circ/4242.54) = 6.154^\circ$$

$$\gamma_B = \cos^{-1}[(P^2 + J^2 - M^2)/(2PJ)]$$

$$= \cos^{-1}[(4200^2 - 0^2 + 4242.54^2 - 1780^2)/(2 \times 4200 \times 4242.54)] = 24.337^\circ$$

$$\theta_B = \gamma_B - \varphi_D = 24.337^\circ - 6.154^\circ = 18.183^\circ$$

3. 求  $\theta_C$

$$\theta_C = 180^\circ - \varphi_D - \gamma_D$$

$$\gamma_D = \sin^{-1}(P\sin\gamma_B/M)$$

$$= \sin^{-1}(4200 \sin 24.337^\circ/1780) = 76.5^\circ$$

$$\theta_C = 180^\circ - \varphi_D - \gamma_D$$

$$= 180^\circ - 6.154^\circ - 76.5^\circ = 97.344^\circ$$

4. 求速度  $v_C, v_{CB}$

$$\omega = 12 \text{ r/min} = 1.256 \text{ rad/s}$$

$$v_C = \omega R \sin(\theta_A - \theta_B) / \sin(\theta_B - \theta_C)$$

$$= 1.256 \times 0.57 \sin(52.94^\circ - 18.183^\circ) \div$$

$$\sin(18.183^\circ - 97.344^\circ) = -0.416 \text{ m/s}$$

$$v_{CB} = \omega R \sin(\theta_C - \theta_A) / \sin(\theta_B - \theta_C)$$

$$= 1.256 \times 0.57 \sin(97.344^\circ - 52.94^\circ) \div$$

$$\sin(18.183^\circ - 97.344^\circ) = -0.51 \text{ m/s}$$

5. 求 C 点加速度  $a_C^T$

$$A_1 = \cos(\theta_C + 90^\circ) = \cos(97.344^\circ + 90^\circ) = -0.9918$$

$$A_2 = \sin(\theta_C + 90^\circ) = \sin(97.344^\circ + 90^\circ) = -0.1278$$

$$B_1 = -\cos(\theta_B + 90^\circ) = -\cos(18.183^\circ + 90^\circ) = 0.312$$

$$B_2 = -\sin(\theta_B + 90^\circ) = -\sin(18.183^\circ + 90^\circ) = -0.95$$

$$C_1 = -[(v_C^2/M)\cos\theta_C - \omega^2 R \cos\theta_A - (v_{CB}^2/P)\cos\theta_B] \\ = -[(0.416^2 \div 1.78)\cos 97.344^\circ - 1.256^2 \times \\ \times 0.57 \cos 52.94^\circ - (0.51^2 \div 4.2)\cos 18.183^\circ] \\ = 0.6131 \text{ m/s}^2$$

$$C_2 = -[(v_C^2/M)\sin\theta_C - \omega^2 R \sin\theta_A - (v_{CB}^2/P)\sin\theta_B] \\ = -[(0.416^2 \div 1.78)\sin 97.344^\circ - 1.256^2 \times \\ \times 0.57 \sin 52.94^\circ - (0.51^2 \div 4.2)\sin 18.183^\circ] = 0.641 \text{ m/s}^2$$

$$a_C^T = (B_2 C_1 - B_1 C_2)/(A_1 B_2 - A_2 B_1) \\ = (-0.95 \times 0.6131 - 0.312 \times 0.641)/(0.9918 \times \\ \times 0.95 + 0.1278 \times 0.312) = -0.7966 \text{ m/s}^2$$

6. 求悬点加速度  $a_{悬}^T$

$$a_{悬}^T = [(L+M)/M] a_C^T = [(2.985 + 1.78)/1.78] \times \\ \times 0.7966 = -2.0922 \text{ m/s}^2$$

该计算结果与采用 P.И. 施依先柯解析法计算的结果一致。这种计算方法纯属初等代数的范畴,从而将前置式游梁抽油机悬点加速度的计算大为简化。

## 参考文献

- 1 刘全有译. 采油机械. (苏联) Шницко Р И. Нефтепромышленные Эксплуатационные Машины и Механизмы. 北京: 石油工业出版社, 1957: 71-77

(本文编辑 郑重)



6-9, 29

# 闸阀参数化设计方法的研究与实践<sup>\*</sup>

TE927.02

冯定<sup>\*\*</sup> 张晓东 张强<sup>✓</sup> 杨庆  
(江汉石油学院) (中原石油学校)

**摘要** 长期以来,我国大多数闸阀设计和生产单位采用半经验和半理论传统设计方法设计制造闸阀,与先进的国家相比还有一定的差距。为此,提出用计算机进行参数化设计闸阀的思路。在分析对比目前CAD软件中的各种设计方法基础上,详细分析了参数化设计的DXF文件、SCR文件、ADS和Autolisp等4种方法,综合这4种方法的优缺点提出用Autolisp为工具实现参数化设计。各零件的设计为参数驱动的概念模式,可由系列化的尺寸参数驱动产生具体模型,并以阀座为例阐述了构型设计的过程。计算实例说明,采用参数化设计方法,通过输入闸阀的公称通径和最大工作压力,就可自动完成闸阀的设计、图纸的绘制和相关的计算。

**主题词** 闸阀 计算机辅助设计 参数化法

CAD 石油钻井设备

闸阀是石油工业生产、开发过程中不可缺少的重要设备。闸阀已由最初的单一结构型式发展成为现在的螺纹式、法兰式和卡箍式闸阀,密封形式为平行式和斜楔式,压力等级分别为14, 21, 35, 70, 105, 140, 210, 400MPa。在闸阀的发展中,美国一直占领先的优势。在60年代,美国就开始研究105MPa的高压闸阀,随着压力的增高,闸阀的结构也发生了巨大变化,由明杆变为暗杆、由楔形密封变为平行密封,还出现了R型钢圈的连接形式;70年代,闸阀的研究侧重于材料和工艺方面,现在已形成了闸阀零件的系列材料和工艺形式。80年代,闸阀向着压力更高和结构更合理的方向发展;90年代,闸阀的研究朝着自动化设计、结构紧凑、体积小、驱动扭矩小、密封可靠、开关位置明显和压力等级更高的方向发展。我国从70年代开始自行研制闸阀,由于材料、工艺和设计水平的限制,闸阀的设计和 production 水平与国外还有一定差距,长期以来大多数单位都采用半经验、半理论的传统设计方法,不能满足用户对产品性能和交货

期的要求,影响了产品的市场竞争能力。

## 闸阀设计方法分析与比较

用于计算机辅助设计的主要有交互式设计和参数化设计两种方法。

### 1. 交互式设计

交互式设计是指用户根据CAD系统提供的各种绘图命令在键盘上输入命令(Line、Circle……),并按提示信息输入必要的设计参数,在屏幕上显示所绘的图(如直线、圆……)。实用中可以利用交互式设计的“块”与“属性”的功能,将常用的基本图素、图形专用符号等建立成各种类型的块(BLOCK),然后利用块插入命令(INSERT)将各图块交互插入指定位置。在进行闸阀设计时,用此方法可以实现对自动生成的图的编辑修改,标注一些专用符号。实现人机交互主要由如下两种方式:

(1) 命令行输入 命令行输入方式就是将绘图过程使用的子程序编制成键盘命令,通过输入命令

\* 本课题属湖北省教委科研计划项目(97C051)。

\*\* 冯定,副教授,生于1963年,1984年毕业于江汉石油学院,1996年于武汉工业大学获硕士学位,现从事机械工程、CAD和人工智能的科研与教学工作。地址:(434102)湖北省荆州市。电话:(0716)8430671。

(收稿日期:1997-12-18;修改稿收到日期:1998-03-06)

名来完成该命令。命令行输入方式的编程与操作比较容易,但是用户必须记繁多的命令格式,有许多不便。

(2) 菜单点选 菜单点选技术是事先把所有的子程序编制成菜单。当用户进行图形设计时,在显示屏上显示出来,便于使用者调用。其编程技术较复杂,但选择范围方便灵活,故较多地被人们,特别是初学者所使用。

由于使用菜单点选技术方便灵活,它越来越受到软件开发人员的喜爱,菜单的形式也越来越多,如在 Auto CAD 中就有按钮菜单(BUTTONS)、辅助菜单(AUX)、光标菜单(POPO)、下拉菜单(POPIN)、图标菜单(ICON)、屏幕菜单(SCREEN)和图形输入板数字化仪菜单(TABLE)等多种形式的菜单,极大地方便了用户。

## 2. 参数化设计

参数化设计(Parametric Design)亦称量化设计(Variation Design),是美国麻省理工学院 Gossard 教授提出的,是 CAD 领域里的一大研究热点<sup>[1]</sup>。参数化设计通常是指软件设计者为设计、绘图及修改图形提供一个软件环境,工程人员利用这个环境构造参数化模型,修改模型中的任一尺寸,均可引起形状、大小或位置的变化,实现尺寸驱动<sup>[2]</sup>。在具体实施时,用户将图形的尺寸与一定的设计条件(或约束条件)相关联,编制软件。即将图形的尺寸看作是设计条件的函数,当设计条件变化时,图形尺寸便会得到相应的更新。运行该软件时输入少量主要参数(指决定图形的特征参数,图中其它尺寸关系由此参数指出),由计算机自动计算图形之间的尺寸关系的数据,而自动绘出图形。进行参数化设计主要有以下 4 种方法:

(1) 用 DXF 文件为接口实现参数化设计 DXF (Drawing Exchange File)文件是标准图形交换文件,是国际上目前比较通用的双向转换接口之一,用于 AutoCAD 和其它应用程序进行图形数据交换。DXF 是一种 ASCII 码文件,主要由以下 5 个段顺序组成:

①标题段(HEADER)——此段包含与图形有关的标题变量设置,这些变量设置记录了系统当前工作环境。

②表段(TABLES)——此段包括线型表、层表、字体表、视图表等几个子表。

③块段(BLOCK)——此段包含所有块的定义。

④实体段(ENTITIES)——记录了除块段出现的实体以外的所有绘图实体内容。

⑤文件尾(EXF)——表示文件结束。

DXF 文件实质上是由一系列的组组成,一个组占两行,第一行为组码,第二行为组值。组码用 0—99 及 999 的数组成。不同的数表示不同的数据类型,在不同的段中代表不同的含义,具有严格的定义。用 DXF 文件实现参数化绘图,主要是用顺序建立数据文件的方法自动生成 DXF 文件。首先编制基本图素的子程序,然后调用各子程序,拼装成绘制所需要图形的程序,生成图形。

(2) 用 SCR 文件为接口实现参数化设计 SCR 文件,即命令组文件,也是一种 ASCII 码文件,它是将绘图过程中所需要的各种命令依次写入后缀名为(.SCR)的文件中。在 CAD 系统中运行此文件,即可顺序执行其中的命令,生成图形。这类似于 DOS 操作系统中的批处理命令。在 SCR 文件中,其格式是有严格要求的,其中任何一个空格,相当一个回车操作,表示各个命令或数据之间的间隔。

(3) 用 ADS 为接口实现参数化设计 ADS,即 AutoCAD Development System,是一种开发 AutoCAD 应用程序的 C 语言程序设计环境。ADS 除可以使用普通 C 语言的函数外,又附加了一组专门用于对 AutoCAD 进行操作的函数。ADS 是在普通 C 语言编辑器的基础上扩充的 C 语言编程环境,它主要有以下两部分组成:

①普通 C 语言编辑器。

②ADS 函数库及相应的头文件。这些随 AutoCAD 一起发行,主要定义了 AutoCAD 图形数据操作的函数。

与普通 C 程序相比 ADS 程序主要有两个特点:一是在程序内部多了一些与 AutoCAD 接口以及对其操作的语言;二是在程序编译连接之后,生成的可执行文件只能在 AutoCAD 内部才能运行。

(4) 用 Autolisp 语言为接口实现参数化设计 Autolisp 是 AutoCAD 中内嵌的一种 Lisp 语言,它是在 Common Lisp 的一个子集的基础上添加了用于 AutoCAD 图形数据操作的函数。Autolisp 是一种表处理语言,它是将程序建立在一个由函数、字符串、整数和实数组成的表的基础上,如图 1 所示。

以上 4 种方法进行参数化设计的特点如表 1 所示。通过这些方法的比较可以看出, Autolisp 是一

种编程及调试方便, 功能较强, 综合性能最好的 CAD 开发语言。故在闸阀参数化设计系统中以 Autolisp 为接口语言进行设计。

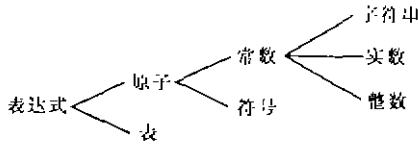


图 1 Autolisp 语言的构成形式

表 1 4 种参数化设计的特点

项目	DXF	SCR	ADS	Autolisp
运行速度	较快	慢	快	较快
编程难易	难	易	难	较易
应用范围	不能标注、填充	不能填充	可运用所有的命令, 还能设置系统变量	
计算能力	强	强	强	差
程序可读性	差	好	较好	较好
与 AutoCAD 交互能力	通过 DXFIN 和 DXFOUT 命令	只能通过 Script 命令	能在 Command 状态下直接进行交互	
处理图形数据库	可读取有关数据	只能通过属性读取	直接读取和改写图形数据库	
调试过程	跟借助的高级语言有关		来回切换系统	直接在内部调试

## 构 型 设 计

构型设计主要决定物体的视图表现形式并找出各部分的参数化关系。下面以闸阀为例介绍零件的构型设计方法。闸阀通过螺纹, 被上紧工具拧紧在阀体上; 一端顶在阀体进行密封, 另一端和闸板相配合形成金属接触面硬密封。

### 1. 控制尺寸的计算

闸阀的结构如图 2 所示, 其主要尺寸有  $d_0$ ,  $d_1$ ,  $d_2$ ,  $d_3$  及  $r_0$ ,  $h_1$ ,  $r_2$ ,  $h_3$ , 其中  $d_0$  为公称直径是设计者输入参数;  $r_0$  是根据阀体设计时传输过来的参数, 是已知变量。为保持上紧工具的通用性, 对照已有的设计将上紧槽结构尺寸保持不变, 即槽深为 2.5mm, 槽宽为 5mm。而  $d_3$  为加工槽时所留的退刀槽, 对此进行相似设计, 加 1mm 的退刀槽, 可得

$$d_3 = d_0 + 2 \times 2.5 + 2 \times 1 = d_0 + 7 \text{ mm} \quad (1)$$

对闸阀尺寸的计算比较复杂, 它要通过保证闸阀内应力满足强度要求来设计  $d_2$  并圆整, 再取小径大于  $d_2$  的最小标准螺纹型号的公称直径为  $d_1$ 。

笔者采用康托洛维奇变分法<sup>[3]</sup>对闸座进行了应力分析与计算,  $d_2$  的尺寸可归结为最大工作压力  $p_0$  (MPa) 和公称通径  $d_0$  的函数, 为

$$d_2 = \sqrt{d_0 + \frac{p_0 d_0}{898.873} + 2016.2} \quad (2)$$

将  $d_2$  圆整, 并选择小径大于它的最小螺纹型号的公称直径为  $d_1$ 。

$r_2$  为螺纹长度, 由经验公式<sup>[4]</sup>得

$$r_2 = 7P \text{ mm} \quad (3)$$

其中  $P$  为螺距。参照已有的设计, 取  $h_1$  和  $h_3$  分别为

$$h_1 = \frac{2}{7}(r_0 - r_2) \text{ mm} \quad (4)$$

$$h_3 = \frac{5}{7}(r_0 - r_2) \text{ mm} \quad (5)$$

利用公式(1)~(5)及设计者提供的最大工作压力、公称通径以及上紧闸座所需的螺距, 就可以设计出如图 2 所示的闸座基本结构。

### 2. 绘图

闸座比较简单, 用一个半剖视图及一个局部视图即可表达。在视图中选择一个基点, 将其它各点的坐标转化成基点的函数, 这样便于对图形的位置进行调整。按一定规律标注控制节点, 使前后相邻两点的距离可便于计算, 为其参数化绘图作准备。根据闸座的特点, 其基点及控制节点的选择如图 3 所示。其中 0 点是基点, 其它为控制节点。

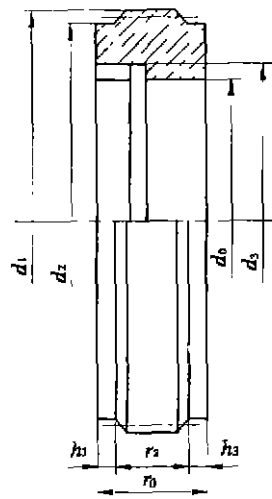


图 2 闸座结构示意图

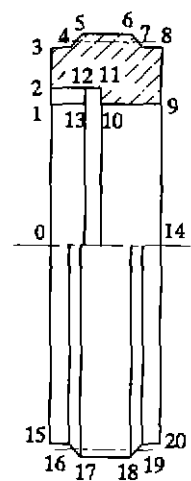


图 3 闸座基点及控制节点

(下转第 29 页)

现评定危险构件受腐蚀 50 年时的模糊可靠度。式 (5) 中的  $r_1$  应取当时实际测试的抗力均值, 这里无法通过测试得到, 它应比文献 [7] 给出的抗力均值 398.82MPa 要小。现根据类比法估算  $r_1 = 370\text{MPa}$ , 取增扩系数  $\beta = 1.15$ ,  $r_2 = \beta r_1 = 426\text{MPa}$ , 代入式 (5) 进行模糊可靠度计算。此时抗力论域  $V$  上的模糊子集  $\gamma$  的隶属函数为

$$\mu_{\gamma}(x) = \begin{cases} 1 & x \leq 370 \\ \frac{426-x}{426-370} & 370 < x \leq 426 \\ 0 & x > 426 \end{cases}$$

在  $t = 50$  年时, 按式 (5) 求得井架危险构件 325 号杆和 329 号杆的模糊可靠度为

$$\begin{aligned} R(50) &= \frac{1}{426-370} \{ (426-212.65)\Phi \times \\ &\quad \times \left( \frac{426-212.65}{42.74} \right) - (370-212.65)\Phi \times \\ &\quad \times \left( \frac{370-212.65}{42.74} \right) - \frac{42.74}{\sqrt{2\pi}} \left[ e^{-\frac{(370-212.65)^2}{2 \times 42.74^2}} - \right. \\ &\quad \left. - e^{-\frac{(426-212.65)^2}{2 \times 42.74^2}} \right] \} \\ &= 0.99998 \end{aligned}$$

从以上计算可见, 模糊可靠度比文献 [7] 求

得的普通可靠度 0.999076 稍高。

本实例没有考虑井架构件实际中存在的初始缺陷和使用缺陷, 关于构件缺陷对可靠度的影响, 尚需作进一步探讨。

### 参 考 文 献

- 1 刘扬松, 李文方, 胡传孝. 机械系统的模糊可靠性. 石油机械, 1998, 26 (3): 10~13, 17
- 2 朱炜. 井架可靠度计算. 石油机械, 1992, 20 (12): 18~24
- 3 中国石油学会质量可靠性专业委员会. 石油工程质量可靠性研究与应用. 北京: 石油工业出版社, 1996: 182~186
- 4 裴峻峰, 陈荣振, 张博文等. 井架可靠性设计中抗力的确定. 石油机械, 1995, 23 (12): 4~7
- 5 张爱林. 现役塔型井架结构的模糊动态可靠度评定. 石油工业技术监督, 1997, 13 (6): 1~5
- 6 胡传孝, 刘扬松. 机械零件的模糊可靠性. 石油机械, 1997, 25 (9): 31~35
- 7 裴峻峰, 杨其俊. 评估石油井架工作寿命及可靠性的新方法. 石油机械, 1997, 25 (5): 17~18, 44

(本文编辑 王志权)

(上接第 9 页)

## 结 论

综上所述, 可得出如下结论:

闸阀参数化设计的研究不仅可以提高设计能力和设计水平, 加快生产图纸的绘制, 结果精确可靠, 效率高, 而且可以提高计算机在石油机械中的应用水平, 打破传统的闸阀手工设计方法, 促进闸阀朝着设计自动化、结构紧凑、体积小、驱动扭矩小、密封可靠、开关位置明显和压力等级更高的方向发展。同时, 闸阀参数化绘图的研究还可为其它类型的阀门提供自动化设计方法。

### 参 考 文 献

- 1 冯 定, 杨 雄. Bezier 曲面快速拟合及其光顺性证明. 小型微型计算机系统, 1996, 17 (3): 37~41
- 2 Feng Ding, Chen Zuobing. Study of object-oriented intelligent CAD of tread pattern. The 4th International Conference on CAD/CG, Wuhan China, Oct. 23~25, 1995: 814~818

- 3 林小松. 有限长厚壁圆筒空间轴对称应力分析的康托洛维奇变分法. 工程力学, 1997, 14 (3): 70~77
- 4 成大先, 王德夫, 姜 勇等. 机械设计手册 (第二版). 北京: 化学工业出版社, 1993: 5~11

(本文编辑 郑 重)

## YFL-1 型油水预分离水力旋流器

### 适用范围

主要用于油井产出液的油-水预处理, 也可用于环保等其它有一定密度差的两相不互溶液体介质的分离。

### 技术指标

- ▲ 混台液含水体积浓度: 85~90%
- ▲ 工作压力: 0.6MPa 以上
- ▲ 出油口压力损失: 0.5MPa
- ▲ 出水口压力损失: 0.3MPa
- ▲ 原油含水: <30%
- ▲ 污水含油: <2000mg/L

### 特 点

设备体积小、重量轻、无需反冲洗, 可采用容器式结构, 以满足实际应用中不同处理量的要求, 操作方便, 安全可靠。

地址: 黑龙江省安达市大庆石油学院机械系  
邮编: 151400 电话: 0459-4654307  
传真: 0459-4653347 联系人: 蒋明虎