

管式氟塑换热器设计参数电算 数模及FORTRAN程序探讨

庞香达 段银田 周行远

提 要

氟塑换热器中采用聚四氟乙烯为材质的换热管束,在设计中除了要进行一般管式换热器的常规计算外,还要考虑到为数众多的管子管板上的排列及F-4管板限胀施压加热焊接的工艺要求。为此设计了这一数模及计算程序,主要解决管数、换热面、管束内总流截面、F-4管板最小直径等相互关系的繁琐数据计算,最终得到所需的某一范围内的函数表,大大简化了设计工作。

我院“氟塑换热器研制”项目的研究技术成果已经鉴定通过,并建议在现有的基础上,投入批量生产,扩大制订的系列,逐步满足生产急需。^[1]为了适应这一需要,我们设计了这套数模及程序以供这类化工设备的设计工作进一步走向电算化参考。

由于氟塑换热器采用细口径的氟塑管材作为换热管束,管束中的管数甚多,在扩大原试制产品系列和按照用户的要求制造新规格的氟塑换热器时,其设计工作特别麻烦,尤其是采用聚四氟乙烯为材质时,在设计中除了要进行一般管式换热器的常规计算外还要考虑到为数众多的管子管板上的排列及F-4管板限胀施压加热焊接的工艺要求,^[2]因此在设计工作中往往又增加了许多数据处理工作,费时费工。本程序主要解决管数、换热面、管束内总流截面、F-4管板最小直径等相互关系的繁琐数据计算,最终得到你所需的某一范围内的函数表,大大简化了设计工作,节省时间,为了使程序通用化,程序中所需的原始数据,没有编入程序中,即程序中没有固定的数据表,而是在计算机运转时由电传打字机输入,因此,每次根据设计需要输入不同的原始数据时,无需变动程序,即使对FORTRAN程序语言不熟悉的同志亦可使用,同时,如果符合下列条件:(1)管子在管板上采用等边三角形密集排列。(2)管子壁厚为其外径的1/10。(3)换热面积以管子的中径计算时,除了F-4管板最小直径一项外,对于金属和其他各种非金属的管式换热器有关项目的计算亦适用。

一、数学模型

(一)在正六角形管束内的管子数—— G_L 〔根〕

$$G_L = 3(z^2 + z) + 1$$

式中：z——管子以等边三角形排列时的六角形轨道数。

(二) 正六角形管束与其外切圆之间的弓形面积内可填充的管数—— G_t 〔根〕。

$$G = 6D = 6 \sum_{c=Q}^1 y_c = 6 \{ y_Q + y_{Q-1} + y_{Q-2} + \dots + y_1 \}$$

式中：Q值由下式决定：（注：以下各式中符号 $\lceil \quad \rceil$ 表示取整，即在 $\lceil \quad \rceil$ 中式子计得值最后取整数，相当于IFIX（ ））。

(1) $A = \lceil 0.1547004z \rceil = 0$ 时 $Q = 0$

(2) $A = \lceil 0.1547004z \rceil = 1$ 时

若 $B = Z + A$ 为偶数时 $Q = A$

若 $B = Z + A$ 为奇数时

$$\text{令： } T = \frac{B \cdot \sin 60^\circ}{Z}$$

$$G = \frac{2 B \cdot \sin 60^\circ}{t \lceil \sin^{-1} T \rceil}$$

如果 $G \geq 1$ 时 $Q = A$

如果 $G < 1$ 时 $Q = A - 1$

Y_c 值由下式决定

$$F = Z + C$$

式中：C即 Y_c 的下标，其值由Q决定

当F为奇数时

$$Y_c = 2 \left\lceil \left[\frac{F \sin 60^\circ}{\text{tg} \lceil \sin^{-1} \left(\frac{F}{Z} \sin 60^\circ \right) \rceil} - 0.5 \right] + 1 \right\rceil$$

当F为偶数时

$$Y_c = 1 + \left\lceil \left[\frac{F \cdot \sin 60^\circ}{\text{tg} \lceil \sin^{-1} \left(\frac{F}{Z} \sin 60^\circ \right) \rceil} \right] \times 2 \right\rceil$$

(三) 管束换热设计有效管子总数—— G_z 〔根〕

当 $Fz = H_p + Z$ 为奇数时

$$G_z = (G_l + G_t)(1 - R)$$

当 $Fz = H_p + Z$ 为偶数时

$$G_z = (G_l + G_t)(1 - R) - V$$

$$G_{z_i} = G_z + (G_l + G_t) R$$

式中： $H_p = Q$

R——制造工艺中允许的最大堵管率。

V——在管板上预留拉杆空位数，其值可取0或3或6。

Gz1——管板上的管孔数。

(四) 管板上管束外切圆直径—— D_{bgs} [mm]

$$D_{bgs} = D_g (2Z + 1) + 2ZH$$

式中： D_g ——管子外径 [mm]。

H——焊接前管板管孔壁间的最小距离 [mm]，即当t为管间距时 $H = t - D_g$ 。

(五) 每平方米换热面（以管子的中径计算，管子壁厚为其外径的1/10）所需的有效管束长度—— F_L [cm]。

$$F_L = 10000 / 0.09\pi Gz \cdot D_g$$

(六) 管束内总流截面积—— F_n [cm²]

$$F_n = \frac{1}{4} \pi (0.08D_g)^2 \cdot Gz$$

(七) 管束内总流截面积的当量直径—— D_d [mm]

$$D_d = \sqrt{Gz (0.8D_g)^2}$$

(八) 采用F—4管板限胀施压加热焊接工艺焊接F—4管板时，F—4管板的最小直径 D_{bo}

$$D_{bo} = \sqrt{\frac{4\mu K_1 Gz1 \cdot D_g - Dx^2 \cdot Gz \cdot K_2}{K_1 - 1}}$$

式中： μ ——在焊接条件下采用的工艺焊接系数。

K_1, K_2 ——在焊接条件下的工艺限胀系数。

D_x ——导热钢芯的直径 [mm]。 $D_x = 0.8D_g$

以上八项为本程序欲计算的项目，其结果由计算机硬件以表格形式印出，以上数学模型中符号统一，其意义相同者仅解释一次。在执行程序时需输入的原始数据有：

D_g ——管子外径，其值为本次计算最小的管子外径值 [mm]。

R——焊接施工允许最高堵管率 [%]。

V——设计要求在管板上预留的拉杆空位数。

H——设计要求焊接前管板管孔壁间的最小距离 [mm]，即当设计管间距为t时

$$H = t - D_g$$

W——本次欲计算的最大管子外径值 [mm]

S——本次欲计算的管子外径递增步长。

μ ——F—4管板焊接所采用的焊接系数。

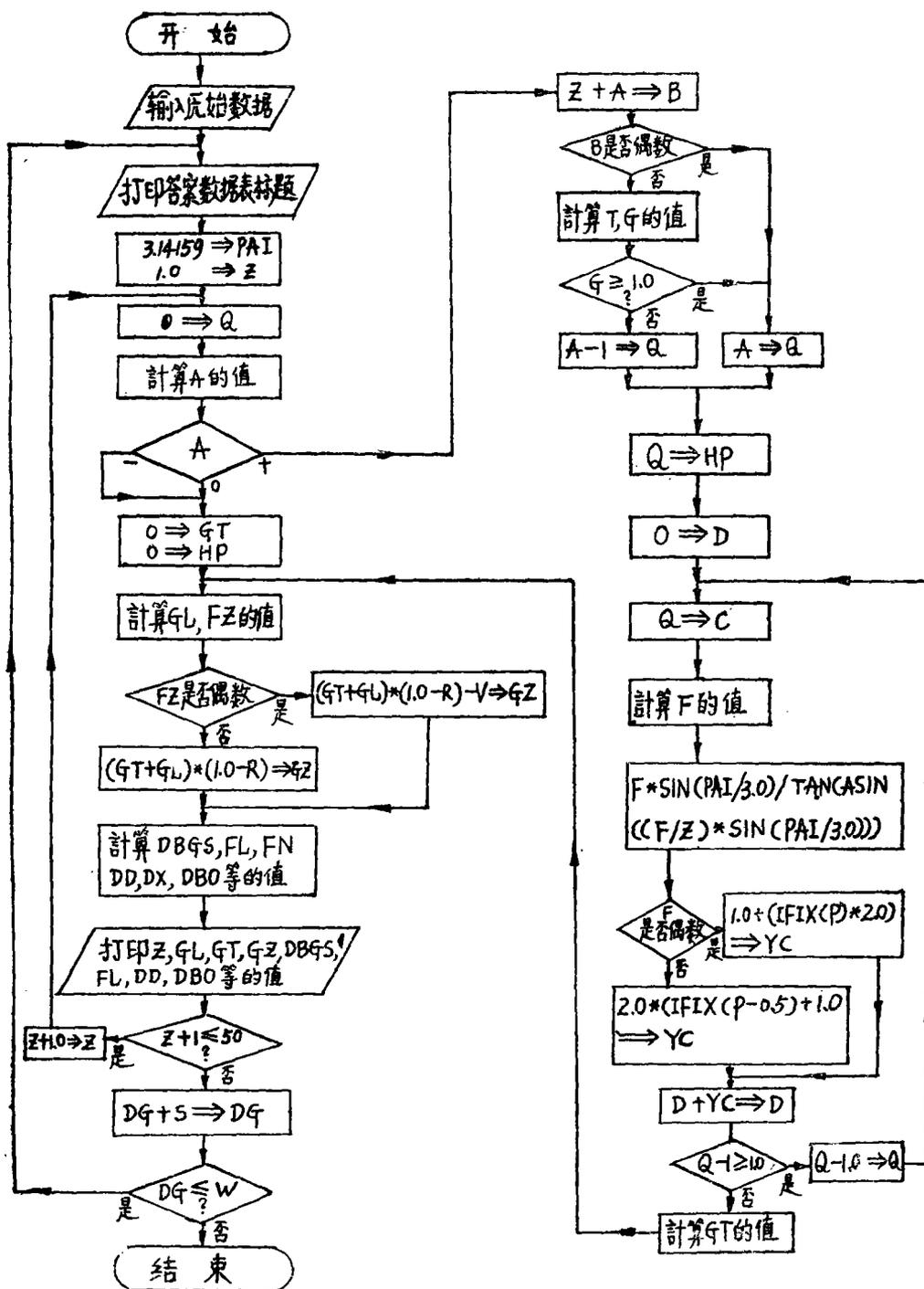
K_1 ——F—4管板焊接所采用的工艺限胀系数。

K_2 ——F—4管板焊接所采用的工艺限胀系数。

以上各项原始数据由使用本程序者确定，在计算机执行程序时以实型数的形式由电传打字机输入。下面列出以上各符号与本FORTRAN程序中相应的符号名对照表：

符 号	在FORTRAN程序中相应的符号名	符号	在FORTRAN程序中相应的符号名
G _L	GL	μ	RMU
G _t	GT	π	PAI
G _z	GZ	K ₁	RK1
G _{z1}	GZ1	K ₂	RK2
Dbgs	DBGS	Z	Z
F _L	FL	D	D
F _n	FN	Y _c	YC
D _d	DD	Q	Q
D _{bo}	DBO	A	A
D _g	DG	B	B
R	R	G	G
V	V	H _p	HP
H	H	D _x	DX
W	W	[]	IFIX ()
S	S		

二、主程序框



三、程 序^③

```
C          GSFH      SD812
C          DESIGN DATA OF TEFLION (F4)      TUBE      HEAT      EXCHANGER
C          OUTPUT VARIABLES:
C          Z (TUBE ORBIT NUMBER)
C          GL (TUBE NUMBER)
C          GT (TUBE NUMBER)
C          GZ (TUBE NUMBER)
C          DBGS (MM)
C          FL (CM)
C          FN (SQ·CM)
C          DD (MM)
C          DG (MM)
C          DBO (MM)
C          INPUT VARIABLES:
C          R (PER CENT)
C          V (POLE NUMBER)
C          H (MM)
C          W (MM)
C          S (MM)
C          RMU (COEFFICIENT)
C          RK1 (COEFFICIENT)
C          RK2 (COEFFICIENT)
C          THE MAIN PROGRAM
ACCEPT "DG=" , DG, "R=" , R, "V=" , V, "H=" , H, "W=" , W, "S=" , S
```

```

1 "S=", S, "RMU=", RMU, "RK1=", RK1, "RK2=", RK2
15 WRITE (12, 20) DG, R, V, H, W, S, RMU, RK1, RK2
20 FORMAT (//////////2X, 21HDATA OF GSFH SD812
1 //9X, 3HDG=, F4.1, 2X, 2HR=, F6.4, 2X, 2HV=, F3.1,
2 2X, 2HH=, F4.2, 2X, 2HW=, F4.1, 2X, 2HS=, F3.1
3 //9X, 4HRMU=, F4.2, 6X, 4HRK1=, F10.7, 6X, 4HRK2,
4 F10.7
5 //4X, 1HZ, 5X, 2HGL, 5X, 2HGT, 5X, 2HGZ, 3X,
6 4HDBGS, 8X, 2HFL, 14X, 2HFN, 5X, 2HDD, 5X, 3HDBO)
PAI=3.14159
Z=1.0
Q=0.0
A=IFIX (.1547004*Z)
IF (A) 60, 60, 30
B=Z+A
IF (B*EQ*IFIX (B/2.0) * 2.0) GO TO 35
T= (B/Z) * SIN (PAI/3.0)
G= 2.0 * B * SIN (PAI/3.0) / TAN (ASIN (T) )
IF (G*GE.1.0) GO TO 35
Q=A-1.0
GO TO 40
Q=A
HP=Q
D=0.06

```

```

4 5      C=Q
        F=Z+C
        P=F*SIN (PAI/3.0) /TAN (ASIN ( (F/Z) *SIN (PAI/3.0) ) )
        IF (F*EQ*IFIX (F/2.0) *2.0)GO TO 5 0
        YC=2.0*(IFIX (P*.5) +1.0
        GO TO 5 5
5 0      YC=1.0+(IFIX (P) *2.0)
5 5      D=YC
        IF (Q-1.0*GE*1.0) GO TO 5 7
        GT=6.0*D
        GO TO 6 5
5 7      Q=Q-1.0
        GO TO 4 5
6 0      GT=0.0
        HP=0.0
        GL=3.0*(Z*Z+Z) +1.0
        FZ=HP+Z
        IF (FZ*EQ*IFIX (FZ/2.0) *2.0) GO TO 6 6
        GZ=(GT+GL) * (1.0-R)
        GO TO 6 7
6 6      GZ=(GT+GL) * (1.0-R) -V
6 7      DBGS=DG*(2.0*Z+1.0) +2.0*Z*H
        FL=1 0 0 0.0 / (.0 9*PAI*GZ*DG)
        FN=PAI*(.0 8*DG) **.2*GZ/4.0

```

```

DD = SQR T (GZ * (.8 * DG) ** 2)
DX = 0.8 * DG
GZ 1 = GZ + (GL + GT) * R
DBO = SORT ( (4.0 * RMU * RK 1 * GZ 1 * DG - DX * DX * GZ 1 * RK 2) / (RK 1 - 1.0) )
WRITE (12, 70) Z, GL, GT, GZ 1, DBGS, FL, FN, DD, DBO
70  FORMAT (3X, F8.0, 2X, 4 (F5.0, 2X), E14.6, 3X, F7.2,
12X, F6.2, 2X, F8.3)
IF (Z + 1.0 * LE * 50.0) GO TO 75
DG = DG + S
IF (DG * LE * W) GO TO 15
STOP
75  Z = Z + 1.0
GO TO 25
END
C      THE FUNCTION SUBPROGRAM
FUNCTION ASIN (T)
ASIN = ATAN (T / SQR T (ABS (1 - T * T) )
RETURN
END

```

四、应用 例

欲设计以 $\Phi 4 \times 0.4$, $\Phi 5 \times 0.5$, $\Phi 6 \times 0.6$ F-4 管材为换热管束的聚四氟乙烯管壳式换热器系列产品, 管板连结采用“F-4 管板限胀施压加热焊接”工艺焊接, 管子在管板上采用等边三角形排列, 焊前管孔孔壁间距为 2 mm (即其管间距 t 分别为 6、7、8 mm) 承制厂采用 F-4 管板焊接工艺系数 $\mu = 0.49$, 工艺限胀系数 $K_1 = 1.1204476$, $K_2 = -0.1204417$, 并规定产品允许最高堵管率为 5%, 系列产品均采用六根拉杆, 挡板固定管束式, 在管板上须预留拉杆空位数为 6, 计算出设计急需的 Z、Gt、Dbgs、FL、Fn、Dd、Dbo 数据表。

据要求, 由本程序电算时输入原始数据为:

```
DG = 4.0
R = 0.05
V = 6.0
H = 2.0
W = 6.0
S = 1.0
RMU = 0.49
RK1 = 1.1204476
RK2 = -0.1204417
```

采用本院 DJS-130 机由宽行打字机印出, 其结果如下: (本题耗用 3 分钟, 因篇幅所限, 仅列出 DG = 4 时的部分计算结果)

DATA OF GSFH SD812

```
DG = 4.0 R = 0.0500 V = 6.0 H = 2.00 W = 6.0 S = 1.0 RMU = 0.49
RK1 = 1.1204480 RK2 = -0.1204417
```

Z	GL	GT	GZ1	DBGS	FL	FN	DD	DBO
1	7.	0.	7.	16.	0.132962E	4	0.53	24.129
2	19.	0.	13.	28.	0.733772E	3	0.97	32.882
3	37.	0.	37.	40.	0.251549E	3	2.83	55.473
4	61.	0.	55.	52.	0.170201E	3	4.18	67.634
5	91.	0.	91.	64.	0.102278E	3	6.95	86.997
6	127.	0.	121.	76.	0.771213E	2	9.22	100.317
7	169.	18.	181.	88.	0.515115E	2	13.80	122.694
.....								
49	7351.	1368.	8713.	592.	0.106825E	1	665.68	291.13 851.268
50	7651.	1410.	9061.	604	0.102718E	1	692.29	296.89 868.102

参 考 文 献

- (1) 技术鉴定证书 编号 (80) 高教科成字 6 号。
- (2) 《化工防腐蚀》化工部化工防腐技术情报中心站 1980 年第二期 P13
- (3) 附注: 郑州工学院科研所电算站备有本程序穿孔纸带, 如有必要可联系索取。