

微型机结构计算机软件系统

之十六

管道应力计算

北京科技协作中心

计算机软件部

一九九二年五月

目 录

- 一、程序编制说明
- 二、程序的使范围
- 三、原始数据填写方法
- 四、计算结果及输出内容、格式
- 五、例 题

一、程序编制说明

本计算程序是根据“管道应力计算技术规定”，参考《等值刚度法》、

《组合单元法》管道静力计算编制。计算内容与计算原则如下：

1. 管道在工作状态下，由内压和持续外载作用的一次应力验算，并给出工作状态下各支吊点的荷重。
2. 管道由热胀、冷缩和其它位移受约束而产生的二次应力计算，按计算管道沿坐标轴的全补偿值和钢材在 20°C 时的弹性模数计算，并考虑弹簧附加力的影响。
3. 管道在工作状态下对设备（或端点）的推力和力矩计算。考虑热胀、端点附加位移、有效冷紧和白重，按钢材在计算温度下的弹性模数计算。
4. 管道在冷状态下对设备（或端点）的推力和力矩计算。考虑冷紧、白重和弹簧附加力，按钢材在 20°C 时的弹性模数计算。并须比较运行初期冷状态下的力和力矩同应变自均衡后的自拉力和力矩，按绝对值取其大者作为管道在冷状态下对设备（或端点）的推力和力矩值。
5. 管道由冷状态到工作状态的热位移的计算。按计算管道沿坐标轴的全补偿值和钢材在 20°C 的弹性模数计算，并考虑弹簧附加力的影响。根据各支吊点的热位移和工作荷重，选择弹簧并给出弹簧予压缩值。
6. 管道由冷紧和弹簧附加力作用的位移值计算，以作为管道支吊架设计和安装调整的一个依据。按冷紧值、白重和钢材在 20°C 的弹性模数计算，并考虑冷紧口位置和弹簧附加力的影响。

根据计算内容和特点，程序分四个工况：

- 工况 1，简称“自重”工况。进行自重分配，计算弹簧支吊架的工作荷重，同时算出管道分支的力，以作为一次应力验算的依据。
- 工况 2，简称“初热”工况。计算管道运行初期在工作状态下对设备（或端点）的推力，同时算出刚性支吊架的荷重。
- 工况 3，简称“由热至冷”工况。进行热胀冷缩二次应力验算，并根据工况 1 算出的自重作用力和力矩，进行一次应力验算及一次加二次应力验算；还计算出弹簧支吊架的安装荷重；根据应变自均衡的情况，求出应变自均衡后冷状态管道对设备（或端点）的推力和力矩，以及这个状态下刚性支吊架的荷重；还给出各支吊点的热位移并选择支吊架弹簧。
- 工况 4，简称“初冷”工况。计算管道安装状态下对设备（或端点）的推力和力矩以及刚性支吊架的安装荷重，同时给出弹簧支吊架的冷紧位移值。

二、程序适用范围

根据目前管道设计的实际情况，程序暂作如下限制：

- 1、数据数 - $SJS \leq 1500$
- 2、分支数 - $FZS \leq 95$
- 3、管子总数 - $GZS \leq 30$
- 4、需校验管端坐标的管端数 - $GDS \leq 20$
- 5、有附加位移的管端数 - $GDWYS \leq 20$
- 6、元件数 - $YJS \leq 300$
- 7、约束分支数 - $YSS \leq 80$

8、冷紧口数 - $L L S \leq 20$

9、元件改变走向系数 - $B a \leq 50$

10、环内分支数 - $D F Z S \leq 20$ (第二版)

11、环节点数 - $J D S \leq 10$ (第二版)

三、原始数据填写方法

(一) 原始数据填写前的准备工作:

1、绘制计算管道的单线立体图

2、选取基准坐标系(右手直角坐标系 $OXYZ$)，规定 Y 轴正方向垂直向上，一般取 X 轴为主厂房纵向的水平轴， Z 轴为主厂房横向的水平轴。

3、划分管道分支，管道分支一般以分支节点来划分，分支节点可以是管道分叉点、支吊点、冷紧口、端点。不同管材管子的连接点或者管道上指定的任意验算点。节点与节点之间称为一个分支，对环形管道必须从环形分支开始。

分支划分以后，对分支节点编号，节点号可取0至999中的任一正整数，但不应重号。

每一个分支，不能以弧元件开始或结束；两个弧元件不能相连；三通件不能直接与刚性件连用；末梢分支的元件不能全部是刚性元件；不能布置四通点(支吊架不能布置在三通点)。如遇以上情况，可通过加一微小元件的办法避开。实践证明不影响计算结果的正确性。

4、元件划分。计算管道中的元件，按其性质、形状和管子规格来划

分。直管、弯管、热挤压三通，各类焊制三通作为弹性元件；阀门、对焊阀兰、铸钢三通、铸钢弯头等刚度大的元件作为刚性元件（铸钢弯头用两个相交的刚性直元件代替）。元件划分之后，标出各元件在各坐标轴上的投影长度（或角度）。对于大小头，一般可按大头管子计算。

(二) 原始数据填写格式

原始数据分四个数据段，顺序按下列四张表格式填写：

1、第一数据段：

表 1 - 1

名 称	符 号	单 位	备 注
设 备 号	L P		逻辑设备
计 算 年 份	Y Y		四位整型数
计 算 月 日	M D		月占两位整数，日占两位整数

2、第二数据段：—控制信息

表 1-2

名 称	备 注
K Z (1)	填 1 表示取消冷紧
K Z (2)	填 1 表示输出 GXB, 每个分支始、末端力及末端位移
K Z (3)	填 1 印 F i E K i E M D i D i D W i D T i
K Z (4)	填 1 印 Y J B L J B
K Z (5)	填 1 印 Y Z B Z Z B M Z B B α F W J F J P W J
K Z (6)	填 1 不选弹簧
K Z (7)	填 1 打印选弹簧过程
K Z (8)	填 1 打印中间点力和应力
K Z (9)	任意填写, 暂空
K Z (10)	填 1 表示弹簧规格选用第一版本 填 2 表示弹簧规格选用第二版本 填 3 表示弹簧规格选用第三版本

3、第三数据段：

表 1-3

名 称	符 号	备 注
数 据 数	S J S	表 4 数据总个数

4. 第四数据段:

说明: 由于程序中所附弹簧表是公制单位, 所以原始数据仍按公制单位填写, 输出结果可以按法定单位输出。

表 1-4

名 称	符 号	单 位	备 注
计算安装温度	T a Z	°C	
最大允许弹簧串联数	MaxCLS		见表 1-4 说明 ①
荷重变化系数			
管件标记	G J		见表 1-4 说明 ②
计算压力	P J S	Kg cm ²	凡 G J = 0 的管种 均应填满该 13 个 参数, 管种号 (G H) 取其自然 顺序号。
计算温度	T J S	°C	
计算温度下线胀系数	αt	$10^{-4} \text{ cm/cm}^{\circ}\text{C}$	
钢材在 20°C 时的弹模	E 20	10^6 Kg cm^2	
钢材在计算温度下的 弹 性 模 量	E t	10^6 Kg cm^2	
管子外径	D w	mm	
管子壁厚	S	mm	
弯管弯曲半径	R	mm	
管道单位重量	WG	Kg m	
钢材在计算温度下的 基 本 许 应 力	$[\sigma]^t$	Kg mm ²	
钢材在 20°C 时的 基 本 许 应 力	$[\sigma]^{20}$	Kg mm ²	
环向焊缝系数	ϕ		

表 1 - 4 续

名 称	符 号	单 位	备 注
管件标记	G J		凡 G J = 1 的管种应填满该 6 个参数, 没有则不填。
主管所属管种号	G H 1		
管子外径	D W	m m	
管子壁厚	S	m m	
弯管弯曲半径	R	m	
管道单位重量	W G	Kg m	
管件标记	G J		凡 G J = 2 的管种应填满该 3 个参数, 没有则不填。
主管所属管种号	G H 1		
弯管弯曲半径	R	m	
管件标记	G J		凡 $2 < G J < 9$ 的管种均应填满该 6 个参数, 没有则不填。
主管所属管种号	G H 1		
支管所属管种号	G H 2		
壁厚	S i	m m	
主管所属管种号	G H 1		
热挤压三通过度区 平均半径	r 1	m	
管道单位重量	W G	Kg m	
管件标记	G J		凡 G J = 9 的管种均应填满该 3 个参数, 没有则不填。
主管所属管种号	G H 1		
管道单位重量	W G	Kg m	

表 1-4 续

名 称	符 号	单 位	备 注
管端坐标标题	6 6 6		管道计算起始端（称树根）在基准坐标系的坐标值，起始点在原点则 4 个参数可不填
管端 X 向坐标值	X	m	
管端 Y 向坐标值	Y	m	
管端 Z 向坐标值	Z	m	
管端附加位移标题	7 7 7		符号说明见 1-4 说明③ 当管道计算起始端无附加位移时，则此 7 个参数不填；如有则必须填满 7 个参数
管端 X 向附加线位移值	δX	cm	
管端 Y 向附加线位移值	δY	cm	
管端 Z 向附加线位移值	δZ	cm	
管端绕 X 轴附加角位移值	θX	度	
管端绕 Y 轴附加角位移值	θY	度	
管端绕 Z 轴附加角位移值	θZ	度	
分支标题	F Z B T		数码说明见表 1-4 说明④
冷紧标志	4 4 4		本分支内有冷紧时，应填满此 4 个数，没有则不填。符号决定见表 1-4 说明⑥
X 向冷紧值	$\delta X P$	cm	
Y 向冷紧值	$\delta Y P$	cm	
Z 向冷紧值	$\delta Z P$	cm	

表 1-4 续

名 称	符 号	单 位	备 注
支吊架荷重给定标题	5 5 5		分支末节点为弹簧支吊架 荷重由计算者给定, 一定 为负值。没有则不填
给定荷重值	P c y	K g	
管端坐标标题	6 6 6		本分支为树梢分支且需 校验管端坐标时则填满 此 4 个数, 否则不填
管端 X 向坐标值	X	m	
管端 Y 向坐标值	Y	m	
管端 Z 向坐标值	Z	m	
管端附加位移标题	7 7 7		本分支为树梢分支且有 端点附加位移时则填满 此七个数, 否则不填
管端 X 向附加 线位移值	δX	c m	
管端 Y 向附加 线位移值	δX	c m	
管端 Z 向附加 线位移值	δZ	c m	
管端绕 X 轴附 加角位移值	θX	度	
管端绕 Y 轴附 加角位移值	θY	度	
管端绕 Z 轴附 加角位移值	θZ	度	
元件标题	G H F		直元件照此填写, 元件 走向与坐标轴正向一致 取正, 反之取负。
直元件长度	$\pm L S$	m	
元件标题	G H F		弧元件照此填写 园心角全是正值
弧元件园心角	θ	度	

表 1 - 4 续

名 称	符 号	单 位	备 注
元件标题	G H F		斜元件照此填写
斜元件 X 轴投影长度	$\pm L X$	m	斜元件投影走向
斜元件 Y 轴投影长度	$\pm L Y$	m	与坐标轴正向一
斜元件 Z 轴投影长度	$\pm L Z$	m	致取正, 反之取负
:	G H F		本分支所有元件,
:			按照上述格式填完。
:	F Z B T		计算管道内所有分支
:			(共 F Z S 组)
:			按照上述格式填写完

表 1 - 4 说明:

① 最大允许弹簧串联数 - MAXCLX

本程序有自动选择弹簧的功能, 此数作为选择弹簧过程中用普通弹簧支吊架或恒力弹簧支吊架的界限。数值由计算者根据工程实际情况给定。当机器所选弹簧串联数大于给定的最大允许弹簧串联数时, 则弹簧号取 99, 表示采用恒力支吊架, 恒力的含义是冷状态与工作状态荷重相同。

② 管件标记 (G J)

管件标记是区别管子品种和各类管件的标记, 按下列方法编号:

G J - 0 表示管道中的主管或支管。凡是计算参数和管材均相同的管道, 作为一种 G J = 0 的管种; 当有计算参数和管材不相同的管道时, 则作为另一种 G J = 0 的管种。每一种 G J = 0 的管种均应填满表 1 - 4 中所列的 13 个参数。

G J = 1 表示在某一 G J = 0 的管种中仅有 D^W、S、R、WG 中任几个参数不同的管子，它亦属主管或称支管；

G J = 2 表示焊接弯管；

G J = 3 表示未加强焊制三通（包括等径和异径，以下同）；

G J = 4 表示单筋或螺式加强焊制三通；

G J = 5 表示厚壁管加强焊制三通；

G J = 6 表示坡肩加强焊制三通；

G J = 7 表示热挤压三通；

G J = 8 表示厚壁管加单筋或加螺式加强焊制三通；

G J = 9 表示刚性件；

G J = 0 的管种参数应优先填写，其它依次。即先把 G J = 0 的所有管种填满，再填所有 G J = 1 的管种，最后填其它管件标记的管种。当填好 G J 号后，必须随之填满该管种所对应的参数。

管端附加位移符号的确定：

由安装状态到工作状态的线位移与坐标轴方向一致的取正号，反之取负号。

角位移按右旋定则确定其正负号。

分支标题（F Z B T）：

F Z B T 信息由 10 位数码表示，自左至右排列顺序如下：

— — — — —	— — — — —	— — — — —
S H	M H	M H X X

S H — 分支始节点号，占 3 位；

M H — 分支末节点号，占 3 位；

MHXX—分支末节点信息，占4位。

分支始节点号和末节点号用单线立体图上的节点编号。如果分支末节点是支吊点时，则分支末节点信息按支吊架信息(YCTH)填写，数码见本说明⑤，否则分支末节点信息应填0000(包括端点)。如果是环分支(环上的三通)，则填8000。

第一个分支标题(FZBT)的始节点号(SH)必须选在计算管道的某一端点，称为计算起始端，又称“树根”。其它FZBT中的SH必须是在前面的FZBT中作为MH出现过，否则程序无法判别管道是怎样连接的。

在分支标题(FZBT)十位数码中，在其有效数前的“0”也可省略不填。

⑤ 支吊架信息(YCTH)：

各种支吊架信息填法见表2-1，2。支吊架信息由四位数码组成，分一般支吊架信息和限位支吊架信息：

(a) 一般支吊架信息：

四位数码自左至右排列如下：



图中：

YSLX—约束类型，占一位，各类型支吊架取值如下：

YSLX=1 单向约束支吊架(包括刚性吊架和滑动支架)；

- Y S L X = 2 单向导向支架；
 Y S L X = 3 中间固定支架；
 Y S L X = 5 弹簧支吊架，并联数为 2；
 Y S L X = 6 弹簧支吊架，并联数为 4；
 Y S L X = 7 弹簧支吊架，并联数为 8；

弹簧并联数无特殊要求时，填写 Y S L X = 1，在计算中当荷重超过最大号弹簧允许荷重时，所选择弹簧数会自动增加。

C L S - 串联数，占一位。填法参照表 2 - 1。

T H - 弹簧号，占二位。

(b) 限位移支架信息：

限位支架的约束信息填法见表 2 - 2。四位数码自左至右排列如下：

X	X	X	X
-----	-----	-----	-----
Y S L X	δ X	θ X (θ Z)	δ Z

Y S L X = 4 表示限位支架，占一位；

δ X = 1 (或 0) 表示在 X 向限制线位移 (或不限)，占一位；

δ Z = 1 (或 0) 表示在 Z 向限制线位移 (或不限)，占一位；

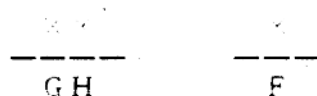
θ X (或 θ Z) = 1 (或 0) 表示限制绕 X (或 Z) 轴的角位移 (或不限) 占一位。

⑥ 冷紧值正负号的确定：

假定管道分支末端固定，冷紧使前分支末端沿坐标轴正向移动取正号，反之取负号。

⑦ 元件标题 (GHF) :

GHF 用 3 位数码表示, 前两位表示管种号 (GH), 末位数表示元件走向。



GH—表示管种号, 即原始数据表中出现的各类 $GJ=0 \sim GJ=9$ 的管种自然顺序号。在填写原始数据表时, 每出现一个管种, 即在“备注”栏中按自然顺序编上管种号 ($GH=1, 2, \dots$), 以便填写后面元件时能方便地找到它所属的管种号。GH 占两位数, $GH \leq 30$ 。

F—表示元件走向, 占一位。

$F=0$ 表示斜元件,

$F=1$ 表示平行 X 轴的直元件;

$F=2$ 表示平行 Y 轴的直元件;

$F=3$ 表示平行 Z 轴的直元件;

$F=4$ 表示弧元件。

⑧ 分支标题的冷紧、荷重赋值、管端坐标校验, 管端附加位移和各性质元件填写时, 先后顺序没有要求, 但各组参数不仅填满且必须相连。

(三) 附表:

1、各种支吊架的约束信息举例

2、三个版本弹簧规格表

① 第一版 弹簧规格表 (第 II 类, $\lambda_{\max} = 70 \text{ mm}$)

表 2-3

N	P _{max} (公斤)	自由高度 H _a (cm)	柔 度 FT ₂	N	P _{max} (公斤)	自由高度 H _a (cm)	柔 度 FT ₂
11	97	12.6	0.0722	18	2050	22.5	0.00342
12	197	15.8	0.0355	19	2420	26.8	0.00289
13	292	16.8	0.0240	20	3360	27.6	0.00208
14	514	20.6	0.0136	21	4350	28.1	0.00161
15	815	18.4	0.00859	22	5600	29.0	0.00125
16	1155	21.6	0.00606	23	6490	27.2	0.00108
17	1562	20.3	0.00448	24	7175	29.3	0.00098

注:《技术规定》一九七八年

② 第二版 弹簧规格表 (第 I 类, $\lambda_{\max} = 70 \text{ mm}$)

表 2-4

N	P _{max} (公斤)	自由高度 H _a (cm)	柔 度 FT ₂	N	P _{max} (公斤)	自由高度 H _a (cm)	柔 度 FT ₂
101	143	137	0.4895	109	2202	238	0.0318
102	252	148	0.2278	110	2834	256	0.0247
103	398	166	0.1759	111	3360	283	0.0208
104	566	175	0.1237	112	3923	280	0.0178
105	766	184	0.0914	113	4752	296	0.0147
106	997	191	0.0702	114	5562	316	0.0126
107	1296	218	0.0540	115	6469	338	0.0108
108	1637	220	0.0428	116	7973	358	0.0088

注:《技术规定》一九八一年