

水利电力部规划设计管理局

火 力 发 电 厂 汽水管道应力计算技术规定

SDGJ 6-78

(试 行)

328

水利电力出版社

内 容 提 要

本书是在《火力发电厂汽水管道应力计算导则》(修订本)机规1-64基础上修订编制的,它规定了火力发电厂汽水管道承受静力荷载的强度验算要求和方法,主要内容有管子壁厚计算,管道的应力计算,管道对设备的推力和力矩计算等。本书附录列有常用计算数据等资料和两个计算例题。

书末附有修订说明,说明对原《火力发电厂汽水管道应力计算导则》(修订本)机规1-64进行修订的原因,并对本规定中一些条文的意义作了解释。

本书可供汽水管道设计人员试用,也可供运行、施工人员和高等院校师生参考。

水利电力部规划设计管理局
火力发电厂汽水管道应力计算技术规定
SDGJ 6-78 (试行)

*

水利电力出版社出版
(北京德胜门外六铺炕)
新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售
水利电力出版社印刷厂印刷

*

787×1092毫米 32开本 7 $\frac{1}{2}$ 印张 169 千字
1979年8月第一版 1979年8月北京第一次印刷
印数 00001—15260 册 每册 0.65 元
书号 15143·3441

限 国 内 发 行

1 2 3 8 5

使用符号的单位和意义

符 号	单 位		意 义
	名 称	代 号	
P_{js}	公斤力/厘米 ²	kgf/cm^2	计算压力
t_{js}	度(摄氏)	°C	计算温度
t_{as}	度(摄氏)	°C	计算安装温度
D_w	厘米或毫米	cm或mm	管子外径
D_n	厘米或毫米	cm或mm	管子内径
d_w	厘米或毫米	cm或mm	三通支管的连接管子外径
d_n	厘米或毫米	cm或mm	三通支管的连接管子内径
S	厘米或毫米	cm或mm	管子壁厚或弯管壁厚
S_t	厘米或毫米	cm或mm	管子理论计算壁厚
S_{js}	厘米或毫米	cm或mm	管子计算壁厚
S_1	厘米或毫米	cm或mm	厚壁管加强三通壁厚或热挤
			压三通过渡区的平均壁厚
S_2	厘米或毫米	cm或mm	加强元件厚度
S_s	厘米或毫米	cm或mm	三通支管的连接管子壁厚
r_p	厘米或毫米	cm或mm	管子平均半径或弯管平均半
			径
r_1	厘米或毫米	cm或mm	热挤压三通过渡区的平均半
			径
C	厘米或毫米	cm或mm	管子壁厚附加值
A_1	—	—	管子壁厚负偏差系数
η	—	—	基本许用应力的修正系数
f	厘米 ²	cm ²	管壁断面积
W	厘米 ³	cm ³	管子断面抗弯矩
W_s	厘米 ³	cm ³	三通支管的连接管子断面抗
			弯矩
R	厘米或毫米	cm或mm	弯管弯曲半径
λ	—	—	尺寸系数
K	—	—	柔性系数
m	—	—	应力加强系数
φ	—	—	环向焊缝系数

续表

符 号	单 位		意 义
	名 称	代 号	
$\Delta X, \Delta Y, \Delta Z$	厘米	cm	计算管系(或分支)沿座标轴 X、Y、Z 的线位移全补偿值
$\Delta X^{20}, \Delta Y^{20}, \Delta Z^{20}$	厘米	cm	计算管系(或分支)沿座标轴 X、Y、Z 的线位移冷补偿值
$\Delta X^B, \Delta Y^B, \Delta Z^B$	厘米	cm	计算管系(或分支)的末端 B 沿座标轴 X、Y、Z 的附加线位移
$\Delta X^A, \Delta Y^A, \Delta Z^A$	厘米	cm	计算管系(或分支)的始端 A 沿座标轴 X、Y、Z 的附加线位移
$\Delta X_i^{AB}, \Delta Y_i^{AB}, \Delta Z_i^{AB}$	厘米	cm	计算管系(或分支) AB 沿座标轴 X、Y、Z 的热伸长值
$\Delta X_p^{AB}, \Delta Y_p^{AB}, \Delta Z_p^{AB}$	厘米	cm	计算管系(或分支) AB 沿座标轴 X、Y、Z 的冷紧值
X_B, Y_B, Z_B	米	m	计算管系(或分支)的末端 B 的座标值
X_A, Y_A, Z_A	米	m	计算管系(或分支)的始端 A 的座标值
α_t	厘米/米·°C	cm/m·°C	钢材在计算温度下的线膨胀系数
E_t	10 ⁶ 公斤力/厘米 ²	10 ⁶ kgf/cm ²	钢材在计算温度下的弹性模数
E_{20}	10 ⁶ 公斤力/厘米 ²	10 ⁶ kgf/cm ²	钢材在 20°C 时的弹性模数
γ	—	—	冷紧比
P_{zhw}	公斤力	kgf	持续外载轴向力
P_X, P_Y, P_Z	公斤力	kgf	计算管系(或分支)沿座标轴 X、Y、Z 的热胀作用力

续表

符 号	单 位		意 义
	名 称	代 号	
$M_{xu}, M_{yu},$ M_{zw}	公斤力·米	$kgf \cdot m$	计算管系(或分支)沿座标轴 X、Y、Z的持续外载力矩
M_x, M_y, M_z	公斤力·米	$kgf \cdot m$	计算管系(或分支)沿座标轴 X、Y、Z的热胀作用力矩
M_w	公斤力·米	$kgf \cdot m$	持续外载当量力矩
M	公斤力·米	$kgf \cdot m$	热胀当量力矩
N_{jt}	公斤力或 公斤力·米	kgf 或 $kgf \cdot m$	计算端点对管道的热胀作用 力(或力矩)
N'_t	公斤力或 公斤力·米	kgf 或 $kgf \cdot m$	管道运行初期在工作状态下 对设备(或端点)的推力(或力 矩)
N'_{20}	公斤力或 公斤力·米	kgf 或 $kgf \cdot m$	管道运行初期在冷状态下对 设备(或端点)的推力(或力矩)
N_{20}	公斤力或 公斤力·米	kgf 或 $kgf \cdot m$	管道应变自均衡后在冷状态下 对设备(或端点)的推力(或力 矩)
σ_{zhw}	公斤力/毫米 ²	kgf/mm^2	持续外载轴向应力
σ_{zi}	公斤力/毫米 ²	kgf/mm^2	内压折算应力
σ_w	公斤力/毫米 ²	kgf/mm^2	持续外载当量应力
σ_t	公斤力/毫米 ²	kgf/mm^2	热胀当量应力
σ_{hc}	公斤力/毫米 ²	kgf/mm^2	内压、持续外载和热胀的合 成应力
$[\sigma]_j^{20}$	公斤力/毫米 ²	kgf/mm^2	钢材在20°C时的基本许用应 力
$[\sigma]_j^t$	公斤力/毫米 ²	kgf/mm^2	钢材在计算温度下的基本许 用应力
σ_b	公斤力/毫米 ²	kgf/mm^2	钢材在20°C时抗拉强度的最 小值
σ_b^t	公斤力/毫米 ²	kgf/mm^2	钢材在计算温度下抗拉强度 的最小值

续表

符 号	单 位		意 义
	名 称	代 号	
σ_s	公斤力/毫米 ²	kgf/mm^2	钢材在20°C屈服极限的最小值
σ_s^t	公斤力/毫米 ²	kgf/mm^2	钢材在计算温度下屈服极限的最小值
$\sigma_s^t (0.2\%)$	公斤力/毫米 ²	kgf/mm^2	钢材在计算温度下条件屈服极限(残余变形为0.2%)的最小值
σ_D^t	公斤力/毫米 ²	kgf/mm^2	钢材在计算温度下10万小时持久强度的平均值

目 录

使用符号的单位和意义

第一章 总则	1
第二章 钢材的基本许用应力	1
第三章 管道的计算参数	2
第四章 管子壁厚计算	4
第五章 补偿值的计算	6
第六章 作用力和力矩计算	9
第七章 应力验算	10
第八章 管道对设备的推力和力矩计算	16
附录一 钢材性能及钢管尺寸偏差	21
(一) 常用钢材的基本许用应力表	21
(二) 常用钢材的物理特性数据表	25
(三) 钢管的尺寸偏差	32
附录二 管道的作用力和力矩计算方法	36
(一) 等值刚度法	37
(二) 有限单元法	37
(三) 应变能微分法	37
(四) 弹性中心法	91
附录三 管道应力计算常用辅助计算数据表	112
附录四 管道自重应力的近似计算方法	119
附录五 本规定用词说明	123
例题一 应变能微分法计算示例	124
例题二 弹性中心法计算示例	167

附录六 火力发电厂汽水管应力计算技术规定

SDGJ6-78 (试行) 修订说明	181
第一章 总则	183
第二章 钢材的基本许用应力	185
第三章 管道的计算参数	189
第四章 管子壁厚计算	192
第五章 补偿值的计算	197
第六章 作用力和力矩计算	207
第七章 应力验算	212
第八章 管道对设备的推力和力矩计算	226
附录 常用钢材的基本许用应力表	233

第一章 总 则

第 1 条 管道应力计算的任务是：验算管道在内压、持续外载作用下的一次应力和由于热胀、冷缩及其它位移受约束产生的热胀二次应力，以判明所计算的管道是否安全、经济、合理；计算管道由于热胀、冷缩及其它位移受约束和持续外载作用产生的对设备的推力和力矩，以判明是否在设备所能安全承受的范围内。

第 2 条 本规定适用于以低碳钢、低合金钢和高铬钢（不包括奥氏体钢）为管材的火力发电厂汽、水管道承受静力荷载的强度计算。

第 3 条 使用本规定进行计算时，应遵守《火力发电厂汽水管道设计技术规定》。管道零件和部件的结构、尺寸、加工等，应符合《汽水管道零件及部件典型设计》的要求。

第二章 钢材的基本许用应力

第 4 条 钢材的基本许用应力，应根据钢材有关强度特性，取下列四项中的最小值：

$$\frac{\sigma_b}{3}, \frac{\sigma_b^t}{3}, \frac{\sigma_s^t}{1.5} \text{ 或 } \frac{\sigma_{s(0.2\%)}}{1.5}, \frac{\sigma_D^t}{1.5}$$

式中 σ_b ——钢材在 20℃ 时抗拉强度的最小值，公斤力/毫米²；

σ_b^t ——钢材在计算温度下抗拉强度的最小值，公斤力/毫米²；

σ_s^t ——钢材在计算温度下屈服极限的最小值，公斤力/毫米²；

$\sigma_{s(0.2\%)}^t$ ——钢材在计算温度下条件屈服极限（残余变形0.2%）的最小值，公斤力/毫米²；

σ_D^t ——钢材在计算温度下10万小时持久强度的平均值，公斤力/毫米²；若用10万小时持久强度的最小值，则安全系数取1.2。

常用钢材的基本许用应力数据，列于附录一。

对于未列入附录一的钢材，如符合有关技术条件可作为汽、水管道管材时，它的基本许用应力仍按本条规定计算。计算时， σ_b 、 σ_b^t 、 σ_s^t 、 $\sigma_{s(0.2\%)}^t$ 、 σ_D^t 应取相应钢号的保证值；当缺乏保证值时，可按有关标准进行钢材的抽样试验，取抽样试验得到的强度特性值乘以0.9作为计算取用值。

第三章 管道的计算参数

第 5 条 管道的计算压力，应按下列规定取用：

一、主蒸汽管道，取用锅炉额定蒸发量时过热器出口的额定工作压力。

二、高温和低温再热蒸汽管道，均取用汽轮机额定功率时高压缸排汽压力的1.15倍。

三、汽轮机抽汽或背压式汽轮机排汽管道，取用汽轮机制造厂提供的最大工作压力。

四、减压装置后的蒸汽管道，取用减压装置出口的最大

工作压力。

五、与直流锅炉启动分离器连接的蒸汽、水管道，取用各种运行工况中可能出现的最大工作压力。

六、主给水管道：

1. 对于不可调速给水泵（包括前置泵）出口的管道，取用泵的特性曲线最高点的压力与进水侧压力之和。在计算压力时，应考虑水温对吸入侧压头和出口扬程的修正。

2. 对于可调速给水泵出口的管道，当给水主管上不装设调节阀时，取用在额定转速时额定流量下泵的出口压力的1.1倍与进水侧压力之和。在计算压力时，应考虑水温对吸入侧压头和出口扬程的修正。

第 6 条 管道的计算温度，应按下列规定取用：

一、主蒸汽、高温再热蒸汽管道，分别取用锅炉额定蒸发量时过热器、再热器出口的额定工作温度。

二、低温再热蒸汽管道，取用汽轮机最大功率时高压缸的排汽温度。

三、汽轮机抽汽或背压式汽轮机排汽管道，取用汽轮机制造厂提供的最高工作温度。

四、减温装置后的蒸汽管道，取用减温装置出口的最高工作温度。

五、与直流锅炉启动分离器连接的蒸汽、水管道，取用各种运行工况中可能出现的最高工作温度。

六、经加热器加热后的水管道，取用被加热水的最高温度。

第 7 条 管道的计算安装温度，一般取用 20°C 。

第四章 管子壁厚计算

第 8 条 对于 $\frac{D_w}{D_n} \leq 1.7$ 承受内压力的汽、水管道，管子理论计算壁厚应按下列规定计算：

一、按管子外径确定时：

$$S_1 = \frac{P_{js} D_w}{200[\sigma]_t \eta + P_{js}} \quad (1)$$

二、按管子内径确定时：

$$S_1 = \frac{P_{js} D_n}{200[\sigma]_t \eta - P_{js}} \quad (2)$$

式中 S_1 ——管子理论计算壁厚，毫米；

P_{js} ——计算压力，公斤力/厘米²；

D_w ——管子外径，毫米；

D_n ——管子内径，毫米；

$[\sigma]_t$ ——钢材在计算温度下的基本许用应力，公斤力

表 1 纵缝焊接钢管基本许用应力的修正系数表

焊接方法	焊 缝 型 式	η
手工电焊或 气 焊	双面焊接有坡口对接焊缝	1.00
	有氩弧焊打底的单面焊接有坡口对接焊缝	0.90
	无氩弧焊打底的单面焊接有坡口对接焊缝	0.75
熔剂层下的 自 动 焊	双面焊接对接焊缝	1.00
	单面焊接有坡口对接焊缝	0.85
	单面焊接无坡口对接焊缝	0.80

/毫米²;

η ——基本许用应力的修正系数。

对于无缝钢管, $\eta = 1.0$;

对于纵缝焊接钢管, 按有关制造技术条件检验合格者,
 η 值按表 1 取用;

对于单面焊接的螺旋缝焊接钢管, 按有关制造技术条件
检验合格者, $\eta = 0.6$ 。

第 9 条 管子计算壁厚和取用壁厚, 应按下列方法确定:

一、管子计算壁厚按下式计算:

$$S_{js} = S_1 + C \quad (3)$$

式中 S_{js} ——管子计算壁厚, 毫米;

C ——管子壁厚附加值, 毫米。

二、管子的取用壁厚, 应不小于管子计算壁厚。

第 10 条 管子壁厚附加值, 应按下列方法确定:

一、对于无缝钢管:

$$C = A_1 S_1 \quad (4)$$

式中 A_1 ——管子壁厚负偏差系数, 根据管子产品技术条件
中规定的壁厚允许负偏差百分数值, 按表 2 取
用。

表 2 中的 A_1 值, 已考虑将管子理论计算壁厚增加 5% 的
裕度。

表 2 管子壁厚负偏差系数表

管子壁厚允许偏差 (%)	0	-5	-8	-9	-10	-11	-12.5	-15
A_1	0.050	0.105	0.141	0.154	0.167	0.180	0.200	0.235

二、对于纵缝、螺旋缝焊接钢管：

1. 当焊接钢管产品技术条件中已提供壁厚允许负偏差百分数值时，则按计算无缝钢管壁厚附加值的方法确定。

2. 当焊接钢管产品技术条件中未提供壁厚允许负偏差百分数值时，壁厚附加值一般按下列数据取用：

壁厚为5.5毫米及以下时：C=0.5毫米；

壁厚为6~7毫米时：C=0.6毫米；

壁厚为8~25毫米时：C=0.8毫米。

三、在任何情况下，计算采用的管子壁厚附加值不得小于0.5毫米。

第五章 补偿值的计算

第 11 条 计算管系的划分。管道一般以设备连接点或固定点分为若干管段，设备连接点或固定点之间互相连接各管段，构成一个独立的计算管系，统一进行柔性分析和计算。

第 12 条 在进行作用力和力矩计算时，应采用右旋直角坐标系作为基本坐标系。基本坐标系的原点可以任意选择，坐标轴以Y为向上的垂直轴，X轴为沿主厂房纵向的水平轴，Z轴为沿主厂房横向的水平轴。

第 13 条 当端点无附加角位移时，计算管系（或分支）的线位移全补偿值，按下列公式计算：

$$\left. \begin{aligned} \Delta X &= \Delta X^B - \Delta X^A - \Delta X_t^{AB} \\ \Delta Y &= \Delta Y^B - \Delta Y^A - \Delta Y_t^{AB} \\ \Delta Z &= \Delta Z^B - \Delta Z^A - \Delta Z_t^{AB} \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

式中 ΔX 、 ΔY 、 ΔZ ——计算管系（或分支）沿坐标轴 X、Y、Z 的线位移全补偿值，厘米；

ΔX^B 、 ΔY^B 、 ΔZ^B ——计算管系（或分支）的末端 B 沿坐标轴 X、Y、Z 的附加线位移，厘米；

ΔX^A 、 ΔY^A 、 ΔZ^A ——计算管系（或分支）的始端 A 沿坐标轴 X、Y、Z 的附加线位移，厘米；

ΔX_t^{AB} 、 ΔY_t^{AB} 、 ΔZ_t^{AB} ——计算管系（或分支）AB 沿坐标轴 X、Y、Z 的热伸长值，厘米；

$$\left. \begin{aligned} \Delta X_t^{AB} &= \alpha_t (X_B - X_A) (t_{js} - t_{az}) \\ \Delta Y_t^{AB} &= \alpha_t (Y_B - Y_A) (t_{js} - t_{az}) \\ \Delta Z_t^{AB} &= \alpha_t (Z_B - Z_A) (t_{js} - t_{az}) \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

其中 α_t ——钢材在计算温度下的线膨胀系数，厘米/米·℃，常用钢材在计算温度下的线膨胀系数列于附录一；

X_B 、 Y_B 、 Z_B ——计算管系（或分支）的末端 B 的坐标值，米；

X_A 、 Y_A 、 Z_A ——计算管系（或分支）的始端 A 的坐标值，米；

t_{js} ——计算温度，℃；

t_{az} ——计算安装温度，℃。

第 14 条 冷紧是减少管道运行初期在工作状态下的应力和管道对设备推力和力矩的措施。对于蠕变条件下（碳钢 380℃ 及以上，低合金钢和高铬钢 420℃ 及以上）工作的管

道，应进行冷紧，冷紧比（即冷紧值与全补偿值之比）不小于0.7；其它管道的冷紧比，一般采用0.5。冷紧有效系数，对工作状态取2/3，对冷状态取1。

第 15 条 当管道各方向（沿坐标轴X、Y、Z）采用不同冷紧比时，为计算管道对设备的推力和力矩，须计算管道在冷状态下的冷补偿值。它的数值等于该方向的冷紧值，即：

$$\left. \begin{aligned} \Delta X^{20} &= \Delta X_P^{AB} \\ \Delta Y^{20} &= \Delta Y_P^{AB} \\ \Delta Z^{20} &= \Delta Z_P^{AB} \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

式中 ΔX^{20} 、 ΔY^{20} 、 ΔZ^{20} ——计算管系（或分支）沿坐标轴X、Y、Z的线位移冷补偿值，厘米；

ΔX_P^{AB} 、 ΔY_P^{AB} 、 ΔZ_P^{AB} ——计算管系（或分支）AB沿坐标轴X、Y、Z的冷紧值，厘米。如果在管系AB上有几个冷紧口时，沿坐标轴X、Y、Z的冷紧值，分别为各冷紧口在相应坐标轴方向冷紧值的代数和。

第 16 条 补偿值的正负号，应根据采用的作用力和力矩计算方法的规则确定。对于应变能微分法和弹性中心法，其补偿值的正负号，按下列原则确定：

一、热伸长值：假定计算管系（或分支）的始端固定，若末端热伸长方向与坐标轴方向相同，则热伸长值取正号；若与坐标轴方向相反，则取负号。

二、端点附加位移值：若端点附加位移的方向与坐标轴

方向相同，取正号；若与坐标轴方向相反，则取负号。

三、冷紧值：假定冷紧口靠始端侧向末端侧靠拢的方向与坐标轴方向相同，冷紧值取正号；若与坐标轴方向相反，则取负号。

第六章 作用力和力矩计算

第 17 条 管道由热胀、冷缩和其它位移受约束以及持续外载（管道自重和支吊架反力）产生的作用力和力矩，应按超静定结构的静力法计算。常用计算方法——等值刚度法、有限单元法、应变能微分法和弹性中心法，列于附录二。

第 18 条 为验算管道热胀二次应力而计算作用力和力矩时，不论管道是否冷紧，均应按计算管系的全补偿值和钢材在20℃时的弹性模数进行计算。

第 19 条 在计算作用力和力矩时，应考虑弯管、热挤压三通和焊制三通等管件的柔性的影响。柔性系数应按下列方法确定：

一、弯制弯管或热压弯管：

$$K = \frac{1.65}{\lambda} \quad (8)$$

二、焊制弯管：

$$K = \frac{1.52}{\lambda^{\frac{5}{6}}} \quad (9)$$

式中 K —— 柔性系数；

λ —— 尺寸系数。