

電力建設勘測設計資料

59005

发电厂管道手册

第 4 册

支 吊 架 設 計

水利电力部長春電力設計院編

水利电力出版社

电力工业部电力规划设计院

1994

发电厂管道手册

第二版

水利部电力规划设计院

（北京）

水利部电力规划设计院

T156/8.4
T66/8

內 容 提 要

本書包括管道支吊架的类型選擇、管道的熱位移計算、支吊架的彈簧選擇、支吊架的荷重計算、材料的許用應力以及支吊架的生根結構計算，并附有管道支吊架設計的有关輔助数据、公式及图表等。

本書可供从事火力发电厂管道的设计、施工及运行人员参考，也可作为各高等工业学校及中等专业学校学生的参考書。

发电厂管道手册

第 4 册

支吊架設計

水利电力部長春电力設計院編

*

2334 R 443

水利电力出版社出版 (北京西郊科舉院二里樓)

北京市书刊出版业营业許可証出字第105号

水利电力出版社印刷厂排印 新华書店发行

*

787×1092 $\frac{1}{16}$ 开本 * 6 $\frac{1}{4}$ 印張 * 145千字

1959年6月北京第1版

1959年6月北京第1次印刷 (0001— 2,720 册)

統一書号: 15143·1619 定价 (第10类) 0.91元

目 录

第一章 支吊架类型的选择	2
第一节 支吊架的分类及用途	2
第二节 固定支架的布置	2
第三节 对支吊架的要求	3
第四节 支吊架间距的确定	4
第五节 管道支吊架型式的选择示例	7
第六节 滚珠盘和滚柱盘的位移计算和吊架拉杆长度的选择	9
第二章 管道的热位移	11
第一节 直管段的位移	11
第二节 “T”型管道热位移数值的确定	11
第三节 “Z”型管道热位移数值的确定	13
第四节 “Π”型对称补偿器热位移数值的确定	14
第三章 弹簧的选择	18
第一节 弹簧的特性	15
第二节 管道向上位移时弹簧的选择	20
第三节 管道向下位移时弹簧的选择	22
第四节 各种类型管道热位移时弹簧荷重变化系数	24
第五节 弹簧的布置	25
第六节 MBH 发电厂管道的支架和吊架重量选择	25
第四章 支吊架荷重	29
第一节 管道重量在支吊架上的分配	29
第二节 水平推力的计算	32
第三节 固定支架的载荷计算	33
第四节 例题	34
第五章 材料许用应力和支吊架生根结构的计算	36
第一节 材料许用应力	36
第二节 支吊架生根结构的强度计算	44
第三节 焊接计算	47
第六章 辅助部分	50
第一节 常用公式和图表	50
第二节 其他	75

目 录

第一章 支吊架类型的选择	2
第一节 支吊架的分类及用途	2
第二节 固定支架的布置	2
第三节 对支吊架的要求	3
第四节 支吊架间距的确定	4
第五节 管道支吊架型式的选择示例	7
第六节 滚珠盘和滚柱盘的位移计算和吊架拉杆长度的选择	9
第二章 管道的热位移	11
第一节 直管段的位移	11
第二节 “T”型管道热位移数值的确定	11
第三节 “Z”型管道热位移数值的确定	13
第四节 “Π”型对称补偿器热位移数值的确定	14
第三章 弹簧的选择	18
第一节 弹簧的特性	15
第二节 管道向上位移时弹簧的选择	20
第三节 管道向下位移时弹簧的选择	22
第四节 各种类型管道热位移时弹簧荷重变化系数	24
第五节 弹簧的布置	25
第六节 MBH 发电厂管道的支架和吊架重量选择	25
第四章 支吊架荷重	29
第一节 管道重量在支吊架上的分配	29
第二节 水平推力的计算	32
第三节 固定支架的载荷计算	33
第四节 例题	34
第五章 材料许用应力和支吊架生根结构的计算	36
第一节 材料许用应力	36
第二节 支吊架生根结构的强度计算	44
第三节 焊接计算	47
第六章 辅助部分	50
第一节 常用公式和图表	50
第二节 其他	75

第一章 支吊架类型的选择

第一节 支吊架的分类及用途

支吊架的用途是向厂房结构上，或特制的基础上以及支吊架结构上传递管道荷重及位移荷重用。可以将管道看成一根形状复杂支点很多的大梁在其某一两点或更多的地方固定起来，由于管道温度的变化，在兩固定点之間有热位移产生。

按照上述情况确定支吊架的类型，支吊架的形式分为支架和吊架兩类。支架裝在管子的下面，也可以裝在管子的上面；支架多为硬性結構。吊架裝在管子的上面，其結構包括有帶活节的拉杆。管道可以不动地固定在支架上，也可以帶移动的，因此一般支架分为下列数种类型：

固定支架 *M. O.*

滚珠支架 *III. O.*

滑动导向支架 *C. H. O.*

滚珠导向支架 *III, H. O.*

滚柱导向支架 *P. H. O.*

普通支架 *II P. O.*

滑动支架 *C. O.*

滚柱支架 *P. O.*

托架 *II.*

根据复杂性及被輸送介質的参数支架又分一般支架及簡化支架兩种（詳見支吊架标准），对于帶有波紋补偿器的管道，采用加强固定支架，此支架能承受很大的管道轴向推力。

所有吊架都不阻碍管道在水平方向的自由移动，彈簧吊架則連管道在豎直方向的自由移动也不阻碍。因此，吊架也可分为下列兩种类型：

普通吊架

II. II.

彈簧吊架

HP. II.

管道穿过楼板、牆壁或屋頂时，导向裝置或預留孔洞的直徑最低，应大于保温层的直徑。在与管道垂直平面內有位移时，孔洞与保温层之間应当留出足够的間隙，以保証允許的位移不受到阻碍。通过屋頂的导向裝置还应具有傘罩，以防雨水滲入室內，穿楼板的孔洞和导向裝置，应具有保护緣，防止从管道与导向裝置之間の間隙处向下掉落杂物等。

支吊架分类及其用途見表 1-1。

第二节 固定支架的布置

为了保証管道的稳定和安全，在一般的管道上应适当的安裝固定支架，若固定支架布置不当时，会使管道的自然补偿惡化。为了使固定支架不承受过大的力矩，可在固定支架的附近或兩側裝設导向支架，如图 1-1。

固定支架应生根在土建結構的主要梁柱上或生根在特制的基础上，当生根在土建結構的梁柱上时，該梁柱应考虑到固定支架的載荷。

表 1-1

支吊架分类及其用途表

分 类	用 途
支 架	固定支架：用于固定装在空间任何位置的管道，不允许管道有任何方向位移，为通常采用者。
	加强固定支架：带波紋补偿器管道上的固定点采用。
	滑动支架：热膨胀时管道在支点处，只允许沿水平面发生轴向和横向位移时采用。
	滑动导向支架：热膨胀时，管道在支点处，只允许沿水平面发生轴向位移，而限制横向位移时采用。
	滚珠支架：热膨胀时，管道在支点处，只允许沿水平面发生轴向和横向位移，而要求在位移时阻力很小的情况下采用。
	滚珠导向支架：热膨胀时，管道在支点处，只允许沿水平面发生轴向位移而限制它在水平面上的横向位移，并且要求移动时阻力很小时采用。
	滚柱导向支架：热膨胀时，管道在支点处，只允许沿水平面发生轴向位移而限制它在水平面上的横向位移，并且要求移动时阻力很小时采用。
吊 架	弹性支架：热膨胀时管道在支点处，既允许沿水平面做轴向和横向位移，也允许垂直位移时采用。
	刚性吊架：热膨胀时管道的垂直位移为零或者垂直位移相当小时采用。
吊 架	弹性吊架：热膨胀时管道具有垂直位移时采用。

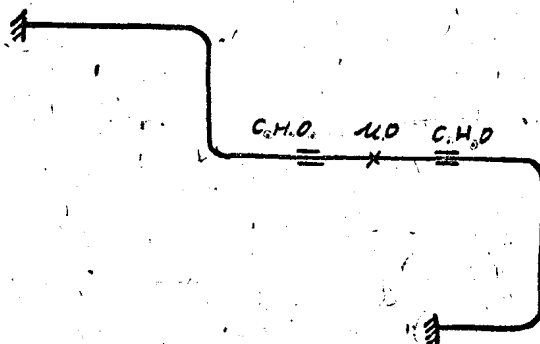


图 1-1

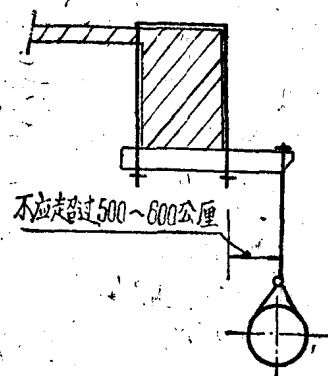


图 1-2

第三节 对支吊架的要求

1. 对支吊架结构的要求：应满足经济安全的条件，这就要求结构应当合理的选择和安排。支吊架的载荷除管道垂直荷重外，尚应考虑到管道的复原力和支架的摩擦力。支吊架的悬臂梁一般应采用槽钢，避免选用角钢，而且悬臂越短越好，这样不單节省钢材而且对土建结构受力情况也好。一般不应超过 500~600 公厘，如图 1-2。

2. 管道热位移对支吊架的要求：当管道产生垂直热位移时，支吊架一般应选用弹簧支吊架，以保证管道在冷状态和热状态时的荷重的变化不致过大。在垂直位移量等于零或者垂直位移量很小，而且不装设弹簧对荷重影响不大时，均应采用硬性支吊架。

若管道支吊架生根在具有振动的基础上时，应酌情选用弹簧支吊架或硬性支吊架。

彈簧吊架尽可能放在位移量較小的地方，如垂直放置的“Π”型补偿器的彈簧吊架应当放在其兩豎直管段上，如图 1-3。

Π 型补偿器兩側的导向支架盡量与补偿器保持 6~7 公尺的距离，以保証补偿能力的充分发挥；在必要的情况下，可以在“Π”型补偿器的附近裝彈簧支吊架，如图 1-4 所示。



图 1-3

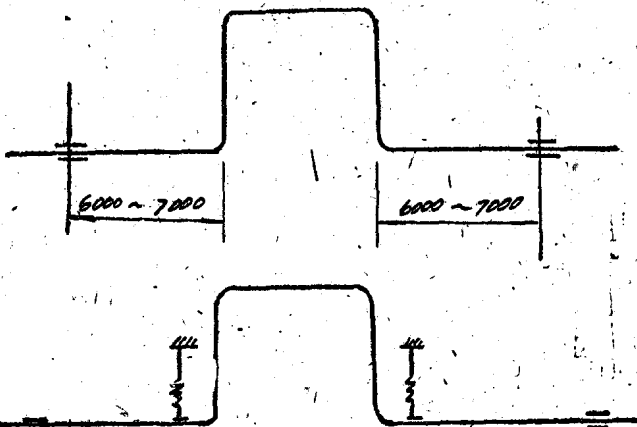


图 1-4

为了保証位移时不受較大的阻力，支架应采用滚珠或滚柱支架。

第四节 支吊架間距的确定

支吊架的間距决定于管道的挠度和由管道自重(水管道包括水重量，蒸汽管道包括水重量)而产生的应力两个因素。限制挠度不超过一定的数值可以保証管道内不会有积水现象。很多書籍内提到挠度不超过 3 公厘，这样就保証了跨距为 7 公尺时，傾斜度在很小的数值时管道内不会积水，單从这方面来看，即应力允許的条件下，若傾斜度加大时，支吊架的間距是可以加大的。另外，在厂房内的水管道因挠度不大，在水平管段上由挠度而产生的积水现象不严重，并且对运行检修影响不大时，可以不考虑挠度問題，即只要綜合应力不超过管道材料的許用应力即可。在設計中支吊架的間距一般选用厂房建筑的柱子間距。水平管道的傾斜度建議采用下列数值：

蒸汽管道傾斜度采用 0.001~0.004；

水管道傾斜度采用 0.001~0.002；

在設計时，根据管段长度和管道热位移的情况选定；若有一直管段很长，为了防止兩端标高相差过大，则应当选用較小的傾斜度。另外，为了保証暖管或停机时管道疏水，所以在确定管道傾斜度时，必須考虑到由热位移对管道傾斜度的影响。

管道由自重产生的弧垂
$$f = \frac{q \cdot l^4}{384 \cdot EJ}$$

式中 q 是管子重和保温重，而不考虑水重，因为水管也是考虑把水放出时的情况。

由管道自重所产生的应力不应超过某一定的数值，即不使管道由于支吊架的間距过大而影响管道的綜合应力超过管道材料需用应力为原则。根据苏联米列金專家建議，較小管徑可采用 250 公斤/公分²。

管道自重产生的最大应力

$$\sigma = \frac{M}{W} = \frac{P \cdot l}{8W} = \frac{q \cdot l^2}{8W}$$

式中 P ——兩支吊架間管道的重量，公斤；

l ——兩支吊架間管道的長度，公分；

q ——管道單位長度的重量，公斤/公分；對於水管 q 包括管子重量、水重量和保溫重量；對於汽管 q 包括管子重量和保溫重量；

W ——管道的斷面系數，立方公分。

支吊架的間距數據見表 1-2 所列。

表 1-2

支吊架間距表 (MBH 029-57)

介 質 規 范	管 道 規 范 (外徑×厚度)	兩支吊架間 最大間距	每一段管段 (兩支點間) 的計算重量 (公斤)	備 註
	公 厘			
蒸汽管道 工作壓力=100 公斤/公分 ² 溫 度=510°C	76×4.5	2000	80	
	108×6	2500	180	
	133×7.5	3100	280	
	168×9	3600	450	
	194×11	3900	670	
	219×12	4300	850	
	245×13	4700	1060	
	273×15	5200	1380	
	325×18	5900	2040	
給水管道 工作壓力=185 公斤/公分 ² 溫 度=230°C	76×6	3300	90	
	108×9	4400	210	
	133×10	4900	330	
	168×13	5000	550	
	194×15	6300	800	
	219×16	6800	1030	
	245×18	7300	1330	
	273×20	7800	1700	
	325×24	8800	2610	
蒸汽管道 工作壓力=39 公斤/公分 ² 溫 度=450°C	57×3	1500	40	
	76×3.5	1900	70	
	89×4.5	2300	100	
	108×4.5	2500	140	
	133×6	3000	230	
	159×7	3500	330	
	219×9	4400	640	
	273×11	5300	1050	
	325×13	5900	1550	
給水管道 工作壓力=76 公斤/公分 ² 溫 度=150°C	57×3	2600	40	
	76×3.5	3100	60	
	89×4.5	3700	100	
	108×4.5	4000	130	
	133×6	4600	230	
	159×7	5200	330	
	219×9	6200	690	
	273×11	7200	1140	
	325×13	8000	1710	

續表

介 質 規 范	管 道 規 范 (外徑×厚度)	兩 支 吊 架 間 最 大 間 距	每 一 段 管 段 (兩 支 吊 架 間) 的 計 算 重 量 (公 斤)	備 註
	公 厘			
蒸汽管道 工作压力=31.5公斤/公分 ² 溫 度=420°C 或 工作压力=39 公斤/公分 ² 溫 度=360°C	57×3	1600	40	
	76×3.5	2000	60	
	89×4.5	2400	100	
	108×4.5	2600	140	
	133×4	2700	180	
	159×4.5	3100	260	
	219×6	3900	500	
	273×7	4600	790	
	325×8	5100	1150	
	377×10	5700	1720	
給水管道 工作压力=48 公斤/公分 ² 溫 度=150°C	426×11	6200	2750	
	133×4	4100	180	
	159×4.5	4600	260	
	219×6	5500	540	
	273×7	6300	860	
	325×8	7000	1270	
	377×10	7900	1900	
公称压力 $P_g=16$ 的各种管道 工作压力=13 公斤/公分 ² 溫 度=300°C	426×11	8400	2480	
	57×2	1900	40	
	76×2	2000	60	
	89×2	2300	70	
	108×3	2900	120	
	133×4	3600	190	
	159×4.5	4000	300	
	219×6	5200	570	
	273×7	6100	910	
	325×8	6600	1360	
	377×5	5600	1320	
	426×6	6400	1790	
	426×7	6900	1990	
	428×6	6700	2220	
	478×7	7100	2420	
	529×7	7200	2940	
	529×9	7900	3400	
公称压力 $P_g<10$ 的各种管道 工作压力=8 公斤/公分 ² 溫 度=175°C	630×9	8000	4790	
	720×9	8200	5090	
	57×2	2300	30	
	76×2	2600	50	
	89×2	2800	60	
	108×3	3500	100	
	133×4	4100	180	
	159×4.5	4600	260	
	219×6	5500	540	
	273×7	6300	860	

(3) 母管上有连接支管，且母管上产生挠度的情况，见图 1-7。

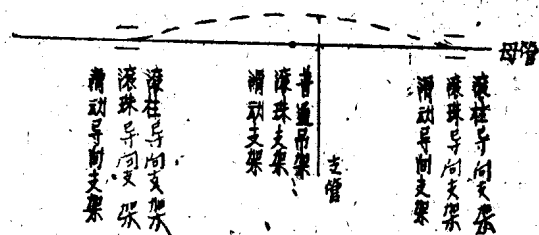


图 1-7

例：如图 1-8 所示的母管，其上支吊架型式如图所示。

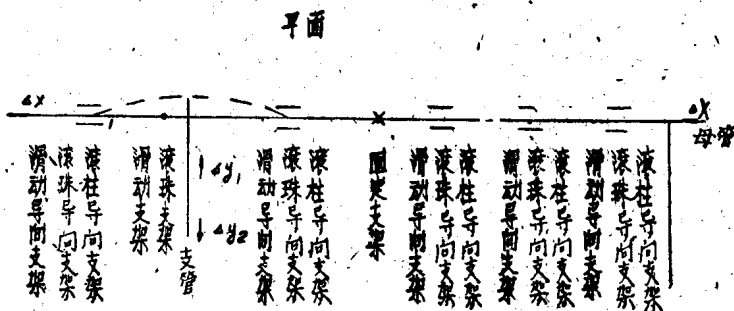


图 1-8

2. 管道接到补偿器的情况：

一端是固定支架，另一端是导向支架，如图 1-9 所示。

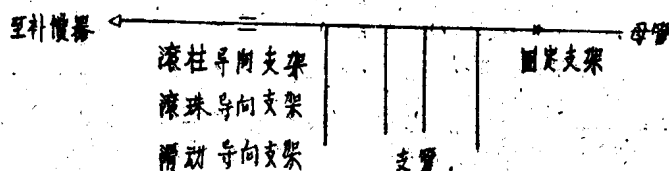


图 1-9

3. 管道标高有少许变更的情况(图 1-10 是垂直投影面)。

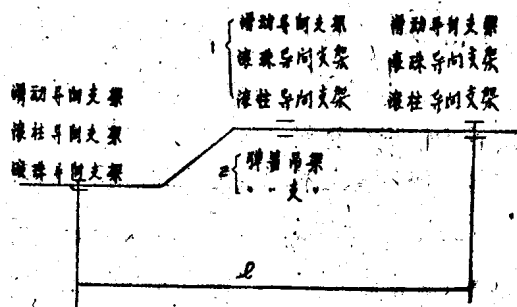


图 1-10

位置在中间的支架可以有二个方案：

(1) 当管道受热时，长度 l 管段的挠度足够使管子停留在中间支架上时，则应选择滑动导向支架，滚珠导向支架或滚柱导向支架。

(2) 当管道受热时, 管道移动离开中间支架, 并且因某种原因此支架荷重不能传至两边的支架上时, 则应采用弹簧吊架或弹簧支架。

4. 空间补偿器(见图 1-11)。

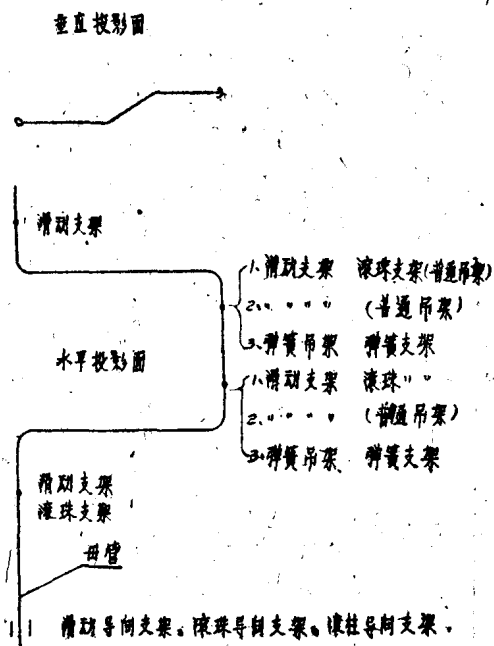


图 1-11

补偿器顶端管段的支架有二个方案。

(1) 当补偿器由于本身的重量而产生的顶端管段的挠度大于管道垂直方向的热膨胀量时, 管子就停留在支架上, 这时应采用滑动支架或滚动支架。

(2) 当管道受热时, 顶端管段脱离支架, 而且因某种原因不能将该荷重传至其他支架上时, 应采用弹簧吊架或弹簧支架。

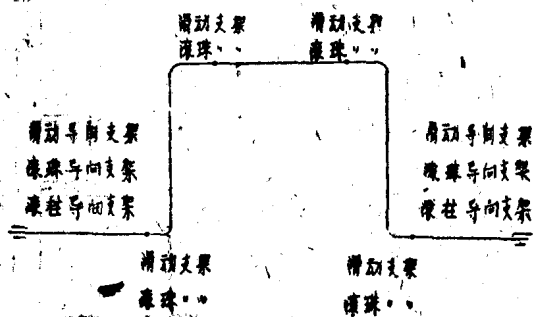


图 1-12

5. 平面补偿器:

(1) 水平补偿器, 见图 1-12。

(2) 垂直补偿器, 见图 1-13。

6. 水平弯管的圆弧段也可以放吊架(见图 1-14)。

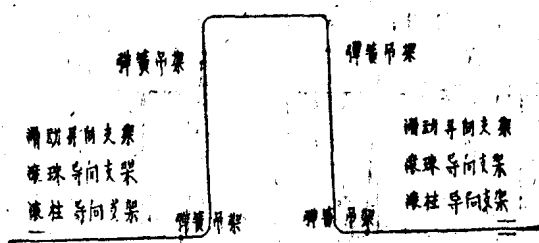


图 1-13

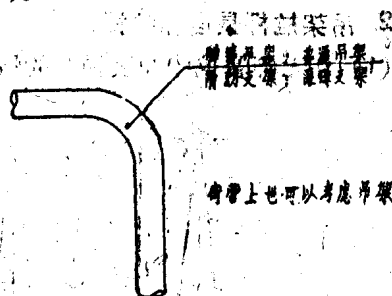


图 1-14

例: 给水泵侧管道上之支吊架型式, 如图 1-15 所示。

第六节 滚珠盘和滚柱盘的位移计算和吊架拉杆长度的选择

1. 滚珠盘和滚柱盘的位移计算: 支架的滚珠盘和滚柱盘的位移量是管道在该点位移量的二分之一。安装时滚珠盘和滚柱盘放在管道位移相反方向, 其中心线和支墩中心线的距离等于该点管道热位移量的四分之一, 如图 1-16 所示。

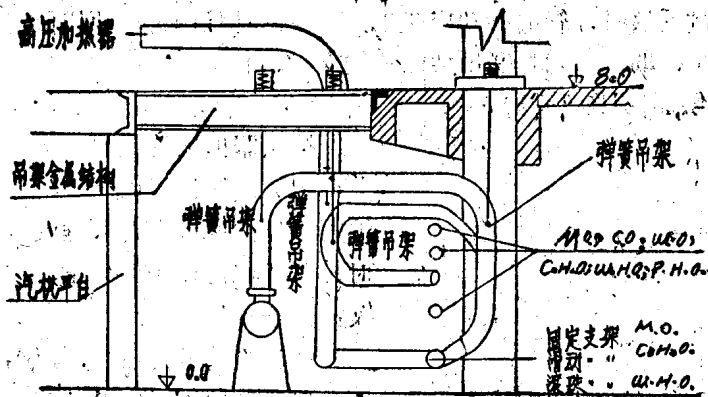


图 1-15

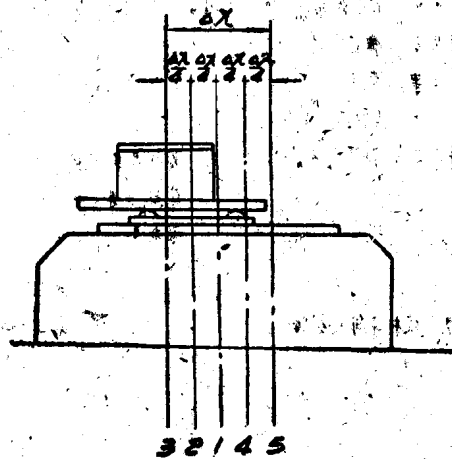


图 1-16

Δx 为支持点管道位移量 1—支墩中心线；2—安装时滚珠盘或滚柱盘中心线；3—安装时管托中心线；4—工作时滚珠盘或滚柱盘中心线；5—工作时管托中心线。

2. 吊架拉杆长度的选择:

(1) 在无弹簧或中间装弹簧的情况，见图 1-17。

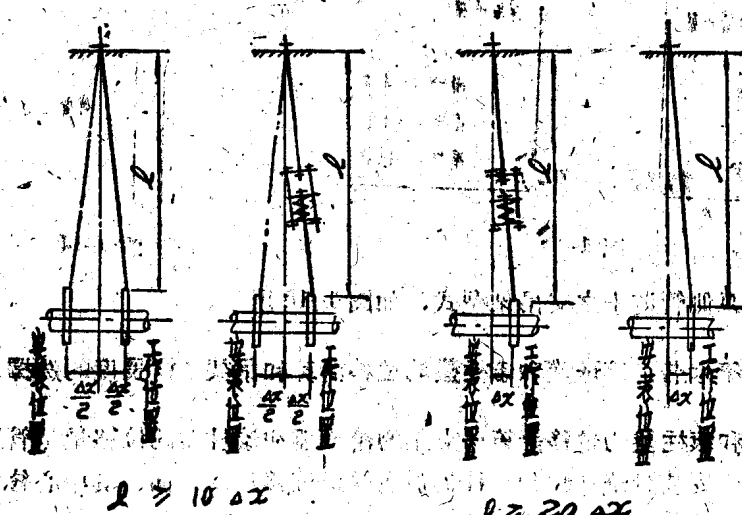
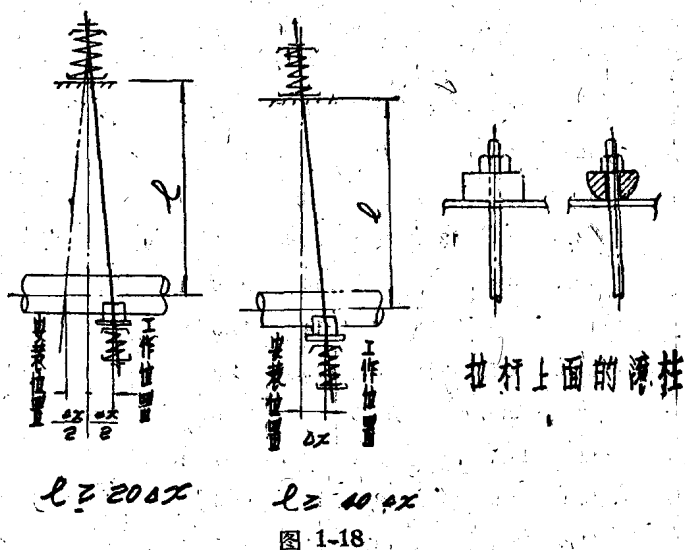


图 1-17

$l \geq 10 \Delta x$ $l \geq 20 \Delta x$

当拉杆长度不能满足图内的要求时，应当在拉杆的上面装设滚柱。

(2) 弹簧同时装在拉杆两端或只装在拉杆一端的情况，见图1-18。



第二章 管道的热位移

第一节 直管段的位移

直管段热位移值的确定：

$$\Delta l = l \cdot \alpha \cdot \Delta t$$

式中 Δl ——管道热伸长值，公厘；

l ——管道长度，公厘；

α ——管道平均线膨胀系数（见表 2-1）；

Δt ——管道温度差， $^{\circ}\text{C}$ 。

例：钢 20 管道长 1 公尺，由 0°C 升温到 100°C ，其热伸长量为： $\alpha = 12 \times 10^{-6}$ 。

$$\Delta l = 1000 \times 12 \times 10^{-6} \times 100 = 1.2 \text{ 公厘。}$$

第二节 “Γ”型管道热位移数值的确定

1. “Γ”型等边管道（见图 2-1）。

解：

$$\Delta x = L_x \alpha \Delta t,$$

$$\Delta y = L_y \alpha \Delta t,$$

作

$$BC = K_1 L_x,$$

$$AB = K_1 L_y,$$

$$BE = B'D = K_2 \Delta x, \quad BD = BE = K_2 \Delta y.$$

（其中 K_1 、 K_2 为作图时采用的比例）。

得 B' 点（实际 B 点热状态位置不是在 B' 点）。

因 B 角仍需保持 90° ，故管系 ABC 热膨胀后变形为曲线 $AB'C$ ，其曲线 AB' 及 $B'C$ 之中点与直线 AB 及 $B'C$ 之中点相重合。

表 2-1

线膨胀系数 $\alpha \times 10^6$

钢 号	温 度 °C												
	50	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200
15M		12.0	12.6	13.2	13.7	14.2	14.7						
20M		12.0	12.6	13.2	13.7	14.2	14.7						
12MX		11.5	12.1	12.9	13.6	14.0	14.5	14.8					
12MX		13.0	13.5	13.8	14.2	14.5	14.7	14.9					
12MX		12.7	13.2	13.6	14.2	14.5	14.9	15.1					
15XM		11.9	12.6	13.2	13.7	14.0	14.3						
20XM		11.8	12.5	13.0	13.6	14.0	14.3						
80XMA		12.3	12.5		14.5		14.6						
12XMΦ		13.6	13.7	14.0	14.2	14.5	14.7	14.8					
15XΦ		12.9	12.9	13.2	13.6	14.1	14.5	14.8					
25XΦ		11.9	12.4	13.1	13.7	14.2	14.5	14.9					
30X	11.8	12.2	12.8	13.3	13.7	14.1	14.5	14.8	12.1	12.6	13.7	14.4	15.1
30X	12.4	12.7	13.1	13.5	13.8	14.2	14.6	14.8	11.9	13.0	13.9	14.5	15.0
10X2Φ		12.2	12.7	13.0	13.5	13.8	14.2	14.5					
10X2ΦT		12.1	12.8	13.8	13.6	13.7	14.1	14.3					
10X2ΦM		13.6	13.7	14.0	14.2	14.5	14.7	14.8					
10X2ΦB		10.5	11.3	12.6	12.9	13.4	13.6	13.8					
10X2MΦ(ЭИ531)		13.6	13.7	14.0	14.2	14.5	14.7	14.8					
10X2M(ЭИ454)		13.6	13.7	14.0	14.2	14.5	14.7	14.8					
25X2MΦ(ЭИ10)		11.3	11.7		13.9		14.4						
30H3	10.9	11.2	11.8	12.4	12.9	13.5	13.9	13.1	11.1	12.4	13.3	14.1	14.7
30XH3	10.9	11.4	12.3	12.8	13.2	13.4	13.7	13.7	10.7	12.0	13.1	14.0	14.7
30XH3	11.1	11.5	12.2	12.7	13.2	13.6	13.9	13.7	10.9	12.2	13.2	14.0	14.7
30XH3	11.4	11.6	12.1	12.6	13.1	13.5	13.8	13.5	10.7	12.0	13.0	13.6	14.2
12X5CMA		11.0				12.0	12.2	12.4					
X6M	11.9	12.6	13.2	13.7	14.0	14.3							
30T2	11.5	11.9	12.7	13.4	13.9	14.3	14.7	15.1	12.1	12.5	13.7	14.7	15.5
50C2Г	10.6	11.2	12.2	12.9	13.4	13.7	14.1	14.4	13.6	13.7	14.5	15.3	15.9
*15		11.9	12.5	13.0	13.6	14.2	14.4						
*20		11.1	12.1		13.4		14.4						
*30		11.09	11.89	12.72	13.42	14.02	14.43	14.76					

来源: Теплофизические свойства веществ справочник (物质的热性能), Н. Б. Варгафтик, 1956 г.

* 钢号的线膨胀系数摘自“热机设备安装手册”, 苏联 Т. Е. 赫里郭里也夫 В. А. 托依告里著。

但由于 Δx 、 Δy 与 L_x 、 L_y 相比其值极小，因此作图时，必须采取不同比例 K_1 及 K_2 ，以免热位移值无法画出，现可把 $B'D$ 及 $B'E$ 段忽略，作曲线 DC 及 EA ，其中点各与直线 DG 与 EA 之中点相重合。

在管 ABC 上任意点 1 或 2 之热位移值即为长度 $11'$ 及 $22'$ 并各乘上 $1/K_2$ 即为所求之值。

2. “T”型不等边管道(见图 2-2)。

$$\text{解: } \Delta x = L_x \alpha \Delta t \quad \Delta y = L_y \alpha \Delta t$$

$$\text{作 } BC = K_1 L_x \quad AB = K_1 L_y$$

$$BE = B'D = K_2 \Delta x$$

$$BD = BE = K_2 \Delta y$$

(其中 K_1 、 K_2 为作图时的比例)。

得 B' 点

作直线 t_1 垂直于直线 AB' ，直线 t_2 平分直线 t_1 与直线 $B'D$ 之夹角，即 $\angle \alpha = \angle \beta$ ，直线 t_4 垂直于直线 t_2 。

曲线 $B'C$ 及 $B'A$ 各与直线 t_4 、 t_2 相切，并使 $\angle B'$ 保持 90° 。直线 $t_3 \parallel t_2$ ，直线 $t_5 \parallel t_4$ 。

曲线 DC 与 t_3 相切，曲线 EA 与 t_5 相切。

管系 ABC 上任意点 1 及 2 之热位移值为 $11'$ 及 $22'$ ，再乘上系数 $1/K_2$ 即为所求之值。

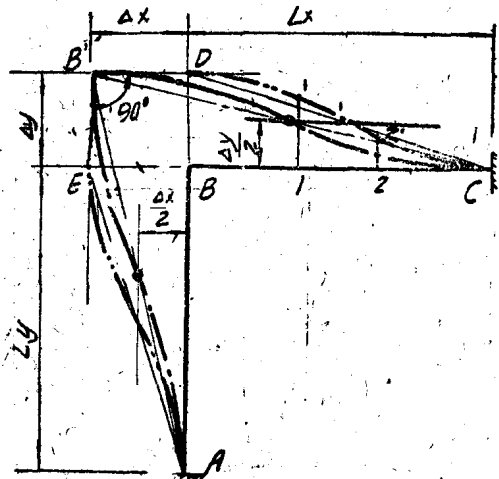


图 2-1

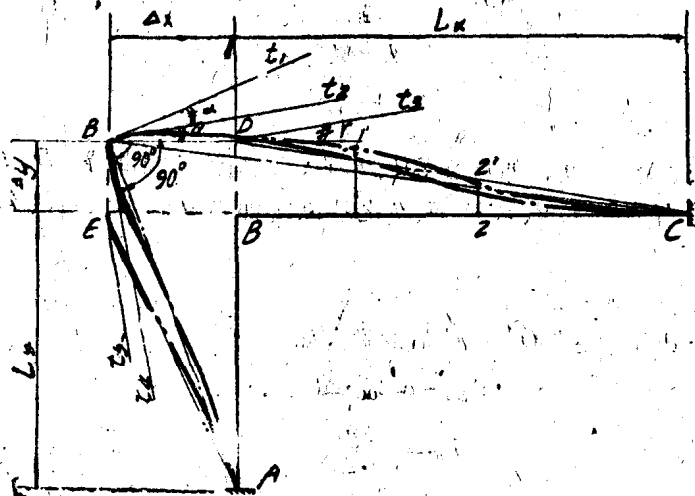


图 2-2

第三节 “Z”型管道热位移数值的确定

“Z”型管道热位移数值的确定如图 2-3 所示。