

章节 10.4

管道的膨胀和支撑

管道的膨胀和支撑

膨胀余量

所有的管道都是在环境温度下安装。但是当用来输送热的流体，例如热水或者蒸汽时，管道运行在高温状态。

从环境温度升至工作温度时管道会膨胀，特别是在长度方向管道的膨胀情况更加严重。这将在输送系统的某些区域内产生应力作用，例如管道连接处，极端情况下还将导致破裂。膨胀的长度可以用公式10.4.1计算所得或者查图10.4.1所得。

$$\text{膨胀 (mm)} = L\Delta T\alpha$$

公式10.4.1

式中:

L = 支撑点之间的距离 (m);

ΔT = 环境温度与工作温度之间的温差(°C);

α = 膨胀系数 (mm/m °C) $\times 10^{-3}$ 。

表10.4.1 膨胀系数 (a)

(mm/m °C $\times 10^{-3}$)

材质	温度范围 (°C)							
	< 0	0~100	0~200	0~300	0~400	0~500	0~600	0~700
碳钢 0.1% - 0.2% C	12.8	13.9	14.9	15.8	16.6	17.3	17.9	—
合金钢 1% Cr 0.5% Mo	13.7	14.5	15.2	15.8	16.4	17.0	17.6	—
不锈钢 18% Cr 8% Ni	9.4	20.0	20.9	21.2	21.8	22.3	22.7	23.0

例10.4.1

长30m的碳钢管道用来输送4 bar g (152°C) 的蒸汽。如果管道安装时温度为10°C，用公式10.4.1来确定管道的膨胀长度。

$$\begin{aligned}
 \text{膨胀 (mm)} &= L\Delta T\alpha \\
 \text{此处:} \quad L &= 30\text{m} \\
 \Delta T &= 152^\circ\text{C} - 10^\circ\text{C} \\
 \Delta T &= 142^\circ\text{C} \\
 \text{在范围0-200内 } \alpha &= 14.9 \times 10^{-3} \text{ mm/m}^\circ\text{C (碳钢管道)} \\
 \text{膨胀} &= 30\text{m} \times 142^\circ\text{C} \times 14.9 \times 10^{-3} \text{ mm/m}^\circ\text{C} \\
 \text{膨胀} &= 63.5\text{mm}
 \end{aligned}$$

相应的，查图10.4.1也能得出不同钢管长度的近似膨胀度，参考例10.4.2。

例 10.4.2

使用图10.4.1，确定输送265°C蒸汽，长度100米的碳钢管道从15°C的膨胀长度。

温差：265-15°C=250°C

在250°C的温差斜线与100m的管道长度水平线的交点处向下画一条垂直线。本例中，膨胀长度近似为330mm。

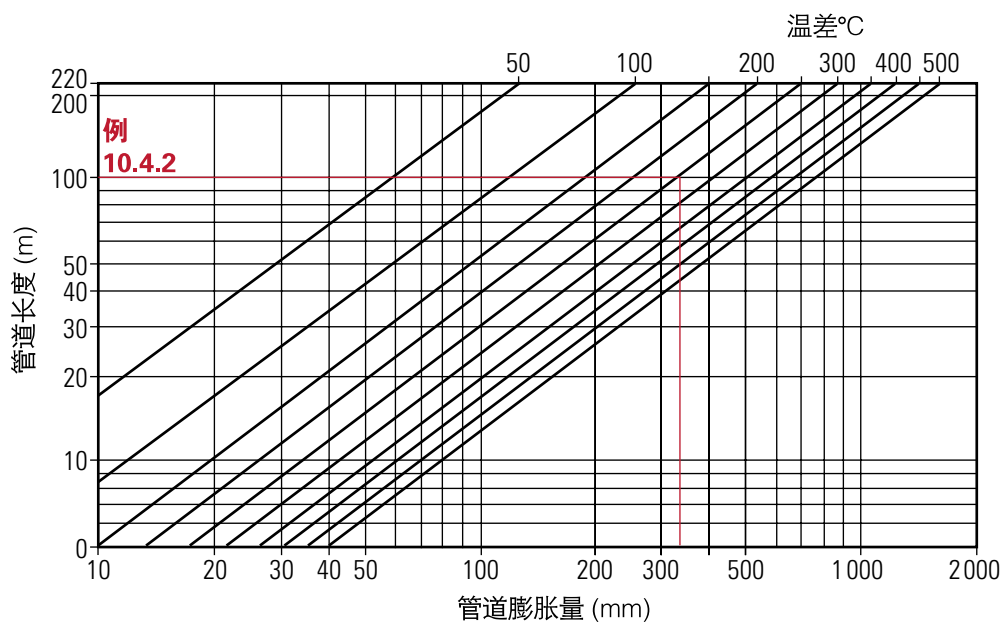


图10.4.1 不同温差、不同钢管长度下的膨胀长度图

表10.4.2 饱和蒸汽的温度

bar g	1	2	3	4	5	7.5	10	15	20	25	30
°C	120	134	144	152	159	173	184	201	215	226	236

管路系统的灵活性

管道布置必须足够灵活以吸收由于加热引起的管道移动。在很多情况下，管道布置有其自然的灵活性，例如利用管道的长度和很多的弯头，以确保没有很大的应力积聚。而在另外一些安装中则必须采取措施以达到灵活的要求。

蒸汽系统中典型的一个例子就是蒸汽主管的疏水直接进入与蒸汽主管并排安装的冷凝水回收管道内（见图10.4.2）。此时必须考虑蒸汽管道和冷凝水管道之间不同膨胀的差异。蒸汽主管的工作温度要高于冷凝水管道的温度，在系统起动阶段两个连接点将产生相对位移。

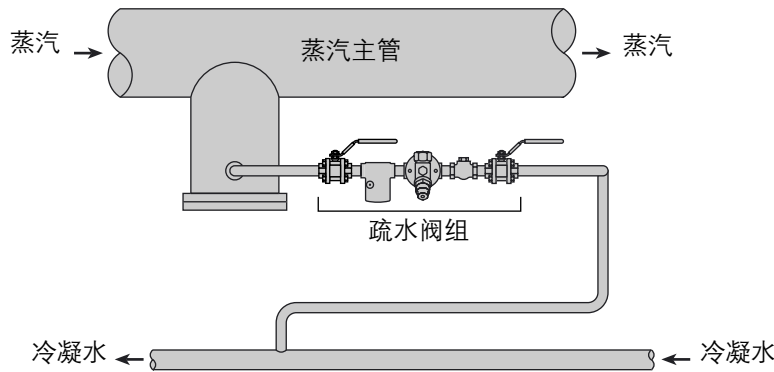


图10.4.2 冷凝水回收管道的连接灵活性

管道及其与之相连的任何设施所产生的位移量可以通过“冷态收缩”减小。首先计算每一固定支撑点之间的管道膨胀总量。管道缩短一半的膨胀总长，通过法兰连接之间的拉伸螺栓冷态伸长，这样管道在冷态下单方向受应力。当管道加热到一半温度时，管道膨胀一半，管道将不受应力。在工作温度下，管道全部膨胀，管道将在相反的方向受压。这样做的目的避免了管道从0F到+1F受压，替而代之的是管道从-F至+ F受压。

在实际应用中，管道在冷态下配有隔离件，其长度为管道总膨胀的一半，装在两片法兰之间。当管道全部安装完毕并在两端固定后，撤离隔离件，连接被拉紧（见图10.4.3）。

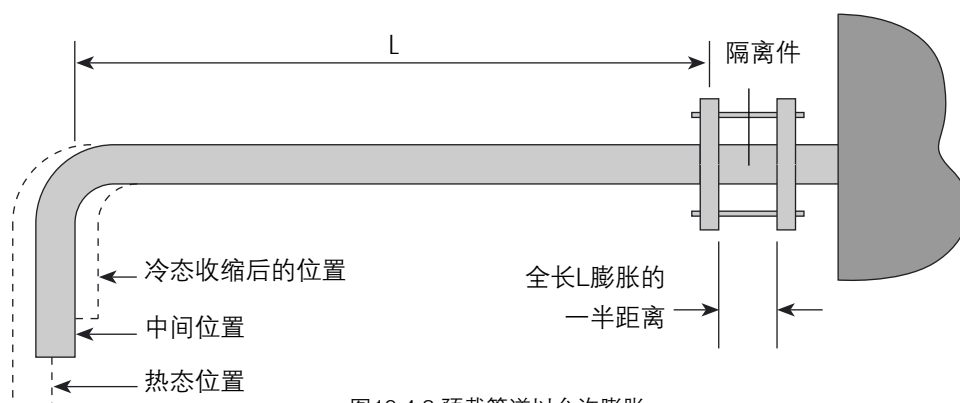


图10.4.3 预载管道以允许膨胀

如果剩余的膨胀不能被管道的自然柔性所吸收，则必须使用膨胀件。
实际应用中，管道膨胀和支撑可以分成三个部分，见图10.4.4。

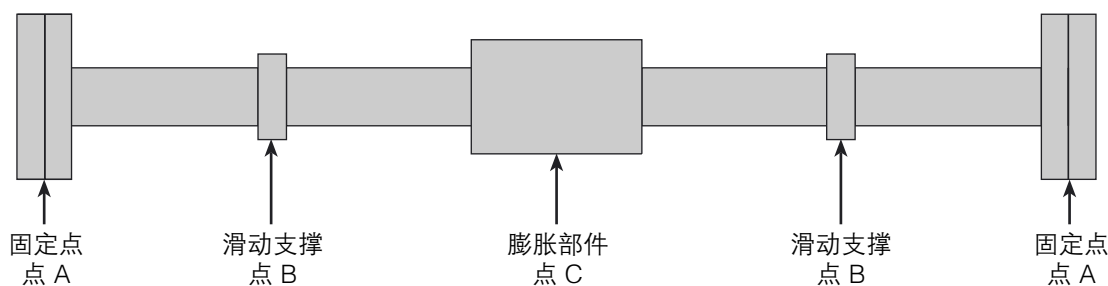


图10.4.4 带固定支撑点、滑动支撑点和膨胀安装件的管道示意图

固定支撑点“A”是膨胀开始发生的基准点。

滑动支撑点“B”可让管道由于膨胀而自由移动，使管道保持平直。

位于点“C”的膨胀设施可吸收管道的膨胀和收缩。

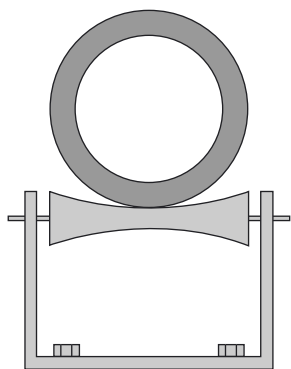


图10.4.5 底座和滑轮

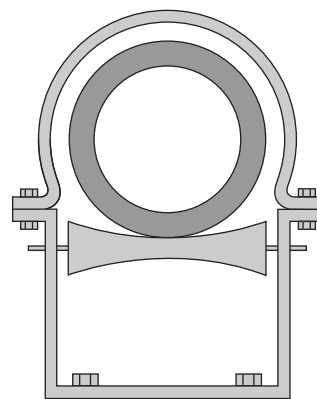


图10.4.6 底座滑轮和座架

滑轮支撑（见图10.4.5和10.4.6）是管道支撑的理想方法，同时可使管道在两个方向移动。对于钢管，滑轮应为铁制材料。而对于铜管，滑轮应为非铁制材料。滑轮支撑的管道上再固定座架是实用的方法，不超过6m的间距用螺栓把座架固定在支撑架上，这样可使管道在膨胀和收缩期间都保持平直。

在支撑上下两根管道时，使用顶部管道的管夹套固定底部管道是很不好的做法。这将对上方的管道施加额外的应力，而上方管道的壁厚仅仅是根据其工作压力来确定的。

所有的管道支撑应特别设计以适用于该管道的外径。选型过大的管道托架是不良的做法。

膨胀安装件

膨胀安装件（图10.4.4中的“C”）是吸收管道膨胀的方法之一。这些安装件固定于管道上，设计用于吸收管道的膨胀而不改变管道的总长度。这些膨胀件通常叫做膨胀波纹管，是由于膨胀套管中的波纹结构。

其它的膨胀件可由管道本身组成。这是一种价格较低的解决方法，但需要更多的安装空间以容纳管道。

全环形

这是一种简单的膨胀件，使管子弯成环形，为了避免冷凝水的积聚应水平安装，而不能垂直安装。

下游侧必须在上游侧的下方，因为冷凝水积聚在底部，这一点必须引起足够注意，否则会安装错误。如果全环形膨胀件安装在空间受限的地方，必须注意不能提供错误的装置。

全环形不像其它型式的膨胀件，会在相反方向产生膨胀力。但在环形内部有蒸汽压力，所以有一点伸直展开的趋势，会在法兰上产生附加的应力。

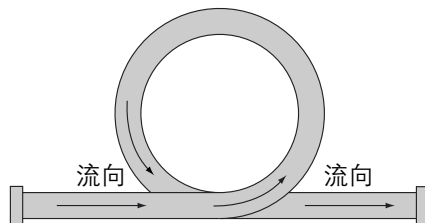


图10.4.7 全环形

由于管道本身占据的空间较大，这样的设计方式如今已经很少被采用了，越来越多地使用膨胀波纹管。但是某些大型的蒸汽用户，如热电厂或很大的室外蒸汽输送系统，仍然会采用全环形的膨胀设施，因为安装空间通常不是问题，此外价格便宜。

马蹄形

如果空间允许则可以使用这种形式的膨胀件。最好也要水平安装使环形和主管在同一个平面上。压力并不会使环的端部远离，但确有一点点向外变直的效果。这是由于设计的原因但不会使法兰不对中。

如果这种膨胀件垂直安装在管道上，则在上游侧必须安装疏水点，如图10.4.8所示。该膨胀件可以使用弯头和直管道制造。

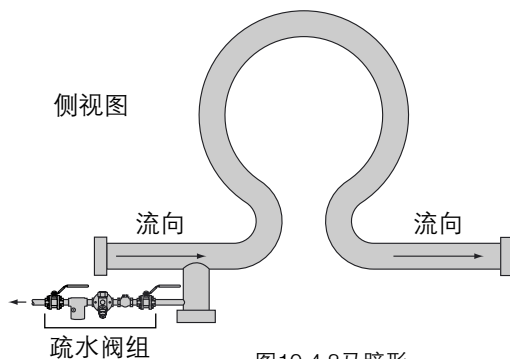


图10.4.8 马蹄形

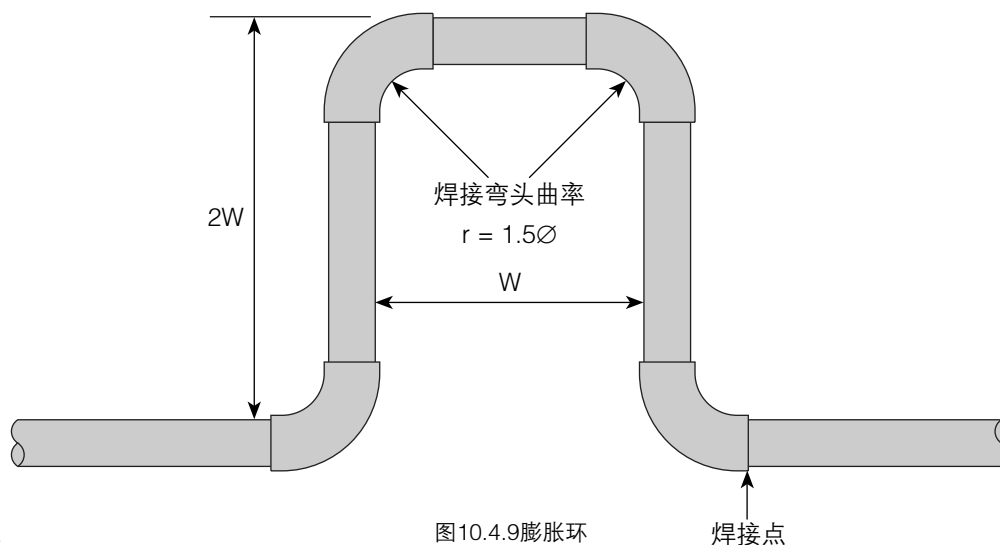


图10.4.9 膨胀环

膨胀环

膨胀环可由一段长度的直管道和焊接弯管制成（见图10.4.9）。图10.4.10显示这样装置可吸收的管道膨胀长度。

由图10.4.9可以看出，膨胀环的深度是宽度的两倍，而宽度在已知膨胀环任一侧的膨胀长度时可由图10.4.10确定。

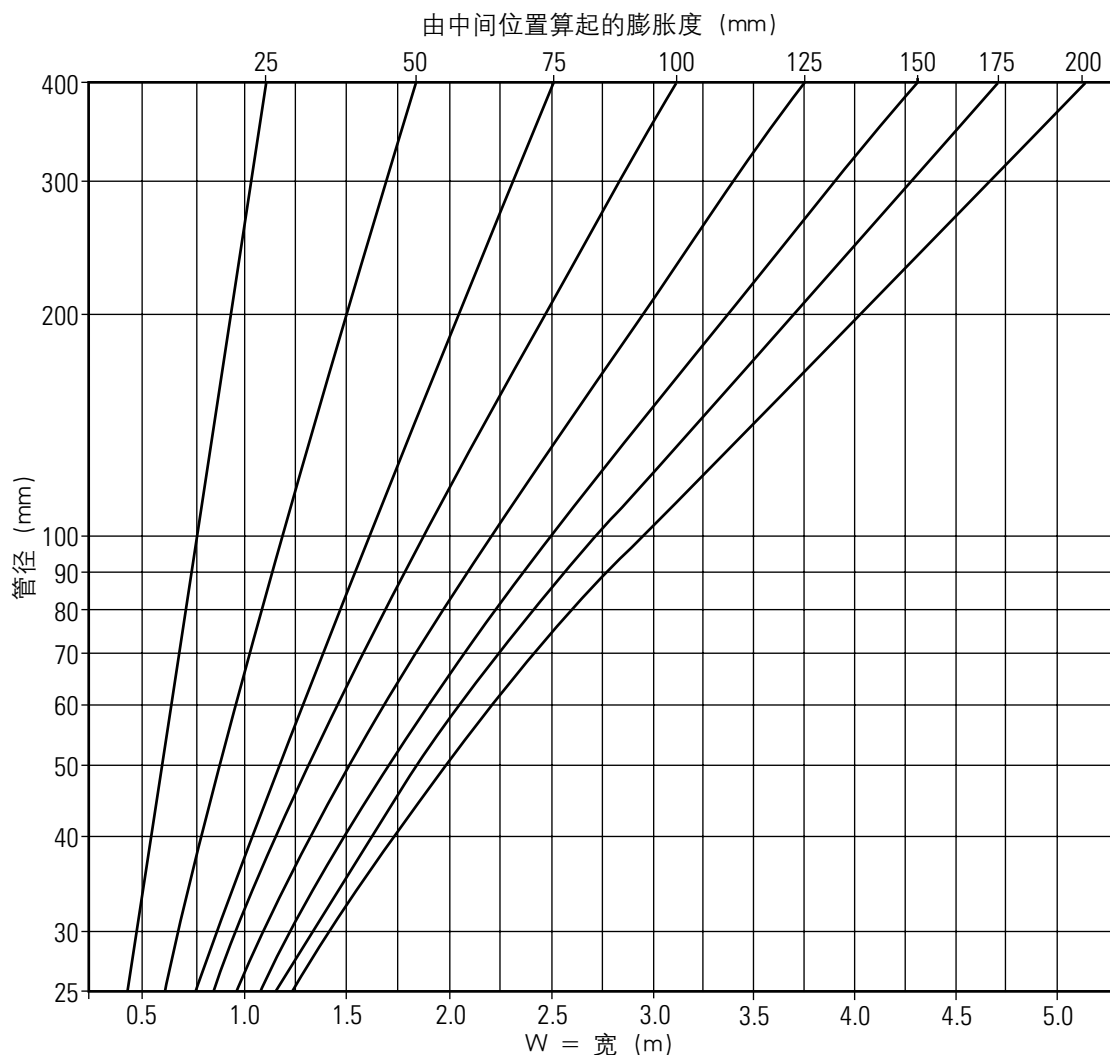


图10.4.10 碳钢管道膨胀环的容量

滑动接头

由于占据空间小，这种方法也广泛使用，但是必须确保在符合制造商指南的条件下管道刚性固定并具有导承，否则作用在接头横截面上的蒸汽压力产生吹开接头的力，与管道膨胀产生的力作用在相反的方向（见图10.4.11）。管道的偏向会引起滑动槽的弯曲，因此需要对密封填料进行日常的维护。

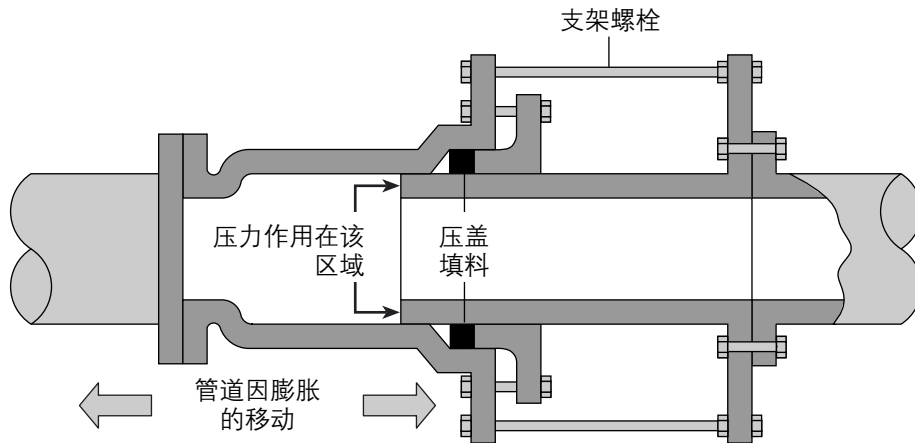


图10.4.11 滑动接头

膨胀波纹管

膨胀波纹管，如图10.4.12所示，具有在线安装的优点，无需填料（与滑动接头一样）。但是和滑动接头一样的缺点是内部压力要拉伸安装件，因此必须确保固定点和导承能承受这个力。

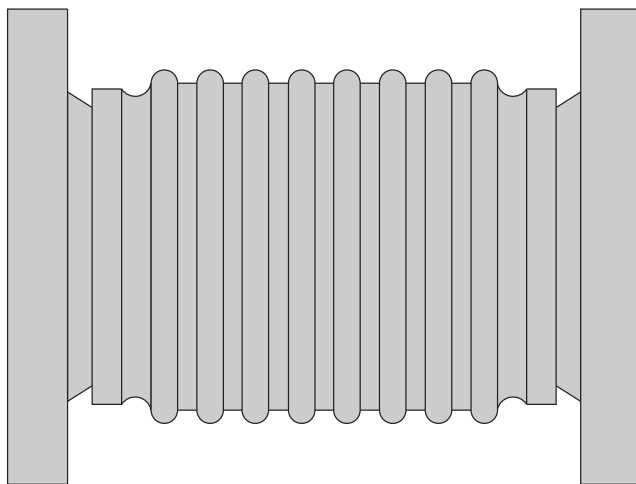


图10.4.12 简单的膨胀波纹管

波纹管装有限制杆，用于限制内部件压缩过度以及伸张过度。在正常工作期间，它们的作用很小，因为最简单的波纹管组件也能承受较小的横向移动和角度的偏移。但如果固定件发生故障，它们将作为固定支柱的作用，承受压力产生的冲力，防止对波纹管造成损坏，同时降低进一步对管道、设备和人员的破坏（见图10.4.13(b)）。

如果能产生较大的冲力，设施内会加入一些附加的强化机构，例如铰链支撑杆（见图10.4.13(c)）。

根据波纹管固定件和导向的相对位置，在两个横向布置的管道之间有不只一种能吸收相对位移的方式。从优劣角度来讲，轴向位移要好于角度偏移，其次要好于侧向移动。尽可能的避免角度偏移和侧向移动。

图10.4.13(a)、(b)和(c)大体上给出了这些位移带来的影响。但不管如何，关于膨胀波纹管的安装，总是根据波纹管制造商的专家建议。

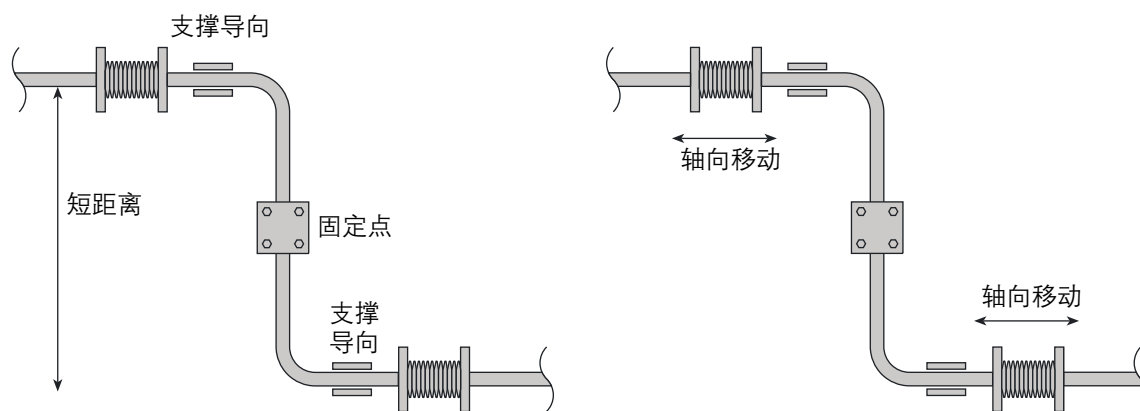


图10.4.13 (a) 波纹管的轴向移动

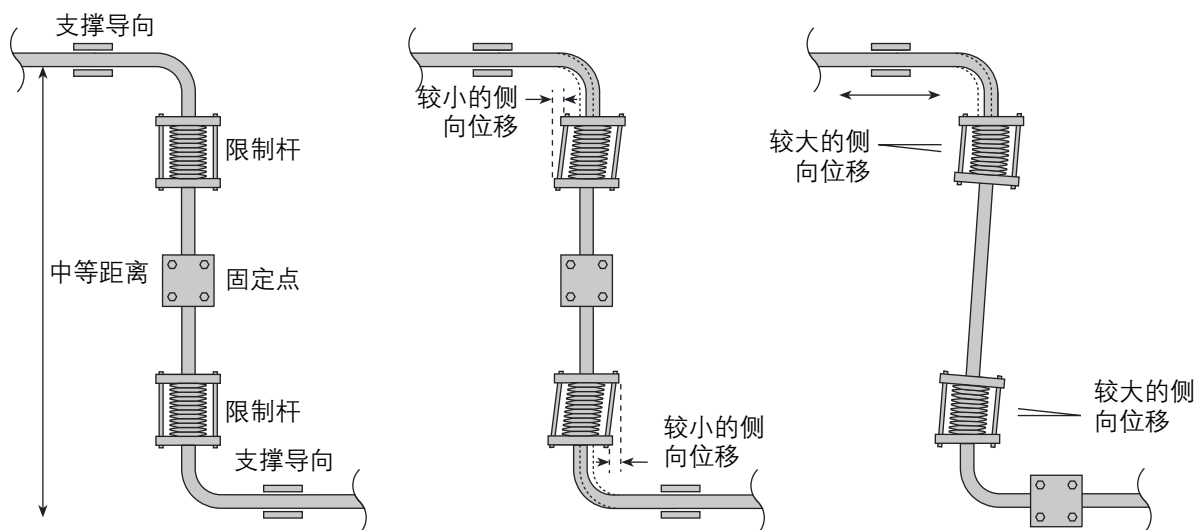


图10.4.13 (b) 波纹管的侧向和角度偏移

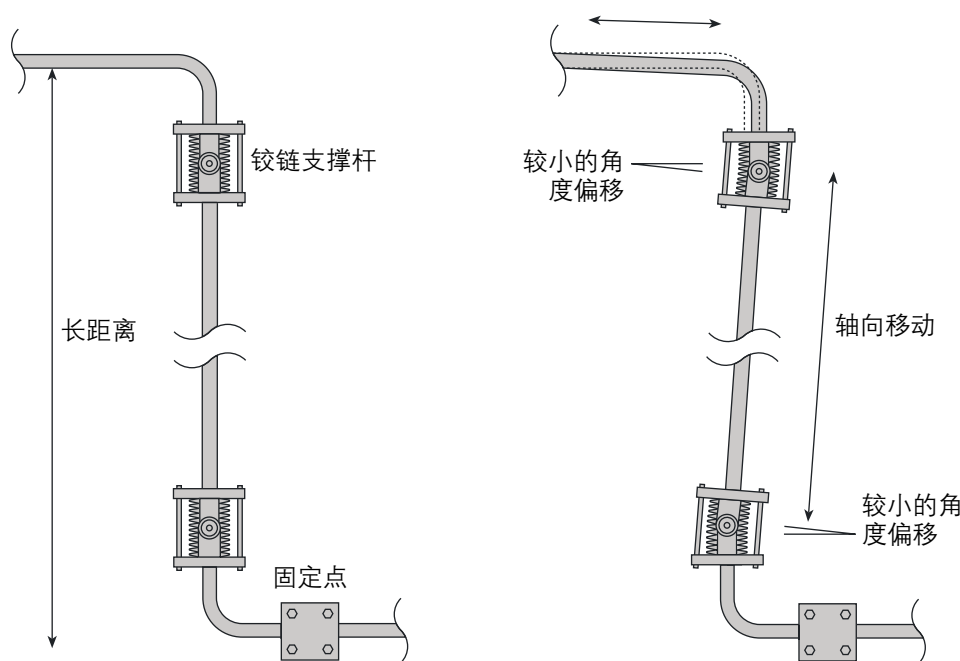


图10.4.13 (c) 波纹管的角度和轴向移动

管道支撑距离

很显然无论是蒸汽管道还是冷凝水管道都必须具有足够的支撑。支撑距离根据管道的口径、实际的管道材质（即钢或铜）以及是水平安装还是垂直安装的不同而变化。

一些考虑要点如下：

- 管道支撑间距不应大于表10.4.3中的数值，并布置在建筑物和结构具有支撑的地方。
- 当两根或多根管道在同一个托架上支撑时，支撑距离应根据最小口径管道确定。
- 当出现明显的移动时，如管道超过15 m长时，应使用如前所述的滑轮式支撑。
- 在上升管道的底部应充分支撑，以承受所有垂直管道以及内部流体的重量。垂直管道的分支管道不能作为管道的支撑，因为这样会在接头处施加过大的应力。
- 所有的管道支撑应特别设计以适用于该管道的外径。选型过大的管道托架是不良的做法。表10.4.3可用来计算钢管和铜管支撑间的距离。

表10.4.3 推荐的管道支撑间距

管径 (mm)		水平管道支撑间距 (m)		垂直管道支撑间距 (m)	
钢管 管径	钢管 外径	低碳钢	铜	低碳钢	铜
	15		1.2	2.4	1.8
15		1.8		3.0	
20	22	2.4	1.2	3.0	1.8
25	28	2.4	0.5	3.0	2.4
32	35	2.4	1.8	3.7	3.0
40	42	2.4	1.8	3.7	3.0
50	54	2.4	1.8	4.6	3.0
65	67	3.0	2.4	4.6	3.7
80	76	3.0	2.4	4.6	3.7
100	108	3.0	2.4	5.5	3.7
125	133	3.7	3.0	5.5	3.7
150	159	4.5	3.7	5.5	
200		6.0		8.5	
250		6.5		9.0	
300		7.0		10.0	

管道支撑的详尽内容包含在欧洲标准EN 13480的第3部分。

Questions

1. A DN100 Schedule 40 pipe carries steam at 10 bar g over a length of 80 m. If the pipe is installed at 10°C, using Equation 10.4.1 and Table 10.4.1, by how much will it expand?
 - a| 291 mm ☐
 - b| 196 mm ☐
 - c| 352 mm ☐
 - d| 207 mm ☐
2. If the expansion of a pipe from installation to working temperature was 352 mm, what length of spacer would be used in 'cold drawing' the pipe being installed?
 - a| 352 mm ☐
 - b| 704 mm ☐
 - c| 176 mm ☐
 - d| 88 mm ☐
3. A 100 m run of 80 mm pipe at 15 bar g is supported at its ends and three intermediate points. It is trapped at intervals of 40 m. Noise and vibration often occurs at start-up. What do you think is required to put things right?
 - a| Fit more supports at 3 m intervals ☐
 - b| Check that the steam traps are removing condensate properly ☐
 - c| Check that the steam main isolating valve is opened slowly ☐
 - d| All of the above ☐
4. A 150 mm steam pipe is to incorporate a fabricated expansion loop to take up 125 mm of expansion. Using Figures 10.4.9 and 10.4.10, what should be the width and length of the loop?
 - a| Width : 2.6 m; Depth : 5.2 m ☐
 - b| Width : 5.2 m; Depth : 2.6 m ☐
 - c| Width : 5.2 m; Depth : 10.4 m ☐
 - d| Width : 1.3 m; Depth : 2.6 m ☐
5. What is one advantage of a bellows expansion fitting over a horseshoe loop?
 - a| It is less expensive ☐
 - b| Its operating movement can be observed ☐
 - c| Fewer pipe supports are required ☐
 - d| It takes up less space ☐
6. Condensate from a heater battery operating at 3.8 bar g returns to a vented pump set from where it is pumped through a carbon steel pipe to an atmospheric boiler feedtank which is 85 m away. Using the chart in Figure 10.4.1, what will be the approximate pipe expansion from an ambient temperature of 0°C?
 - a| 130 mm ☐
 - b| 200 mm ☐
 - c| 160 mm ☐
 - d| 100 mm ☐

Answers

1: d, 2: c, 3: d, 4: a, 5: d, 6: d