

### c. 旋塞阀

旋塞阀和球阀的使用范围一样(参看第 3.2a 节),而且使用温度限制也相似。具有旋转操作的旋塞阀有润滑和非润滑两种设计。润滑型的旋塞阀必须定期进行加油润滑,使其密封性好,而且易于操作,加油的次数决定于使用条件。其润滑功能对于防止阀门卡阻是一种解决办法。在非润滑设计中,它的密封是用特氟隆、尼龙和其它软材料完成的。它们不需要经常的润滑和维修,但是当阀在长时间设置在一个位置以后,旋转很难再自由转动。基于这些特点,阀门的选择要根据具体的使用环境(条件)。

### d. 蝶阀

用蝶阀来达到严格的密封是很困难的。在需要严格密封的地方,这些阀门仅限于低压、低温 1400 kpag, 66°C (200psig, 150°F) 水的输送。蝶阀在输送水时可以作节流用,而且还可应用于关闭时泄漏要求不太严格的地方。因为只需低力矩就能使蝶阀阀门振动开启,所以要求手柄应配备锁定装置。

### e. 截止阀

当需要好的节流控制(如控制阀的旁通管路)时,截止阀是最合适的。

### f. 隔膜阀(片形)

在这种阀的设计中用合成橡胶制成的隔膜与阀杆连接,闭合是由将隔膜压在金属凸台上(它是阀体的一部分)来实现的。隔膜阀主要用在低压水  $\leq 1400$  kpag (200 psig 或更小) 的输送,它们尤其适合含有砂子和其它固体颗粒的系统中。

### g. 针阀

针阀基本上是小型的截止阀。它们常常用在仪表和压力表部件上,用于仪表空气、天然气和液压流体的小流量节流,还用于减小仪表管道中的压力波动。针阀的通道很小,很容易堵塞,在使用时要考虑这一点。

### h. 止回阀

止回阀有各种形式:包括旋启式、升降式、球式、活塞式和分离圆盘旋启式止回阀。其中,全开式旋启止回阀适应于大多数非波动情况。旋启式止回阀也应用在垂直管道上(流动方向向上)。而这时阀内有一个停止块来防止阀瓣超过上死点而打开。若用于低波动、低流速的地方,旋启式止回阀将发生振动而且最终将损害其密封表面。为了延长使用寿命,阀瓣可以涂上一层钨铬钴合金。为了减小阀座的泄漏,应使用弹簧密封。可拆卸的阀座应优先选用,因为它们容易维修,而且便于更换阀中的密封件。旋启式止回阀应该选用一种螺丝或者螺栓连接的阀帽,以便检查和修理阀瓣和阀座。在许多情况下,在管道上可修理的高压旋启式止回阀,其最小的尺寸可以是  $2\frac{1}{2}$  in 或 3 in。

(1) 旋启式止回阀(节省空间),适应于安装在两个法兰之间。这种类型的止回阀正常时不全开,并且修理时需要从管道上拆卸下来。

(2) 升降式止回阀只应用于小口径。高压管道上处理清洁的流体中。升降式止回阀能够设计成适应于水平管道或竖直的管道上,但二者不能互换。因为升降式止回阀通常靠重力来操作,它们可能受到由于石蜡或者碎片影响而产生堵塞。

(3) 球形止回阀与升降式止回阀非常类似。由于球是由液体压力举升,所以这种类型的止回阀并没有旋启式止回阀那种受拍击的倾向。因此,在不大于 2 in 的管道中,对于频繁地改变流向的清洁的流体输送是比较好的。

(4) 活塞式止回阀,推荐用在波动的流动管道中,如往复式的压缩机和泵的出口管道。它们不适合用在含砂以及杂质的流体中。活塞式止回阀装配有一块孔板来控制活塞的活动。用于液体的孔板要比用于气体的孔板要大。为气体设计的活塞式止回阀,不能用于液体作业,除非更换活塞中的孔板。

(5) 分离圆盘式止回阀是旋启式止回阀的一种变化形式,执行关闭的弹簧可能由于冲蚀或腐蚀而很快被破坏。

## 3.3 阀的尺寸规格

通常阀门的规格要与安装此阀的管道的尺寸相符合。除非特殊考虑一个全开的阀门(用于发射球或接收球、要求最小压力降、检测仪表、泵吸入口等处),否则,就得使用常规的通孔阀门。

a. 液体通过一个阀时的压力降可由下列公式计算(流体控制学会)

$$\Delta P = S_1 \left( \frac{\text{GPM}}{C_v} \right)^2 \quad (3.1)$$

式中:  $\Delta P$  —— 压力降, psi

GPM —— 流体流量, 加仑/分钟

$C_v$  —— 阀门系数(水流在温度为 15.6 °C (60 °F) 和 1 psi 的压力降下通过此阀门的流量, 单位是加仑/分钟)

$S_1$  —— 液体的相对密度, (水=1)

b. 对于气体通过阀门时, 其压力降可以由下列公式计算(流体控制学会):

$$\Delta P = 941 \left( \frac{Q_g}{C_v} \right)^2 \frac{S_g \cdot T}{P} \quad (3.2)$$

式中:  $\Delta P$  —— 压力降, lb/in<sup>2</sup> (psi)

$S_g$  —— 气体的相对密度, (空气=1)

T —— 流动温度, °R

P —— 流动压力, lb/in<sup>2</sup> (绝压)

$Q_g$  —— 气体流量, 10<sup>6</sup> ft<sup>3</sup>/d [在 14.7 lb/in<sup>2</sup> (绝压) 和 60 °F 下]

$C_v$  —— 阀门系数, (水流在温度为 15.6 °C (60 °F) 和 7 kpa (1 psi) 的压力降下通过此阀门的流量, 单位是加仑/分钟)

c.  $C_v$  的数值, 通常在阀的样本中给出。在管道系统中要计算总的压力降时, 通常作法是阀的当量长度加上直管的长度。阀的制造厂商常常将这些数据给出。或者直接地根据当量长度用英尺给出相当于直管的长度, 有时也用长径比给出。如果对于一个特定的阀门没有这些数据, 可以从表 2.2 中查出近似值。截止阀和旁通阀与控制阀共同使用时, 其规格选择应按照 API RP 550。

### 3.4 阀门的压力和温度等级

钢阀门的制造是根据 API Std 600, API Std 602, API Spec 6A, API Spec 6D, 或者 ANSI B16.5—1981 进行。API 规范中包括完成制造的详细说明, 而 ANSI B16.5—1981 包括压力和温度等级以及尺寸的详细情况。

a. 平台上使用的大部分钢阀都标有“ANSI”记号, 而且按照 ANSI B16.5 给出的钢制法兰及法兰配件的压力和温度等级进行设计。钢阀的面距和端距尺寸在 ANSI B16.10 中给出。对 ANSI B16.5—1981, API Std 600, API Std 602 或者 API 6D 中的阀门, 它的允许的工作压力是操作温度的函数。

b. 按照 API Spec 6A 制造的钢阀种类有 API 2000, 3000, 5000, 10000, 15000 和 20000。API 6A 设计中的数字标号是温度在 -29 °C ~ 121 °C (-20 °F ~ 250 °F) 之间的允许工作压力值。尽管 API 6A 和 ANSI B16.5 法兰的尺寸很相似, 但是, 我们应当注意, 它是由不同的材料制造的, 从而有不同的压力等级、抗蚀能力和可焊性。

c. 铸铁阀门是根据 ANSI B16.1 而设计的, 其规格从 2 in ~ 12 in。适应于 875 kpa (125 lb/in<sup>2</sup>) 的饱和蒸汽或者 1400 kpa (200 lb/in<sup>2</sup>) 的冷水 (没有冲击)。推荐钢阀用于烃类输送中。

d. 以上所述许用工作压力和温度仅考虑了阀门的金属部件。对于弹性密封的阀, 其最大允许的工作压力通常是受弹性材料的限制。阀门的最大允许温度在阀门样本中给出, 并且包括在附录 C 的《管道、阀门及管件表》中。

### 3.5 阀门材料

a. 无腐蚀性作业

(1) 对于无腐蚀性的作业, 符合 API 600、API 6A、API 6D 或者 ANSI B16.5—1981 要求的碳钢, 其强度、韧性和耐火性作为阀体是令人满意的。

(2) 铸铁和可锻铸铁阀体, 因为它们抗冲击性能低, 不能用于烃和乙二醇的输送。非铁阀门不适合用于处理烃作业, 因为, 一旦有火很易破坏。它们适应于仪表或控制系统。铸铁、可锻铸铁和青铜阀体可用来

输送水。

(3) 用来输送烃类的 1/2 in 或更小的针形阀应该用奥氏体不锈钢,如 AISI 316 或 AISI 316L。因为它们抗腐蚀而且易于操作。

(4) 在阀门中使用的弹性密封材料包括丁腈橡胶、氯丁橡胶、涤纶、氟化橡胶、特氟隆、尼龙和四氟乙烯(TFE)。弹性密封材料应该仔细选择,以适应于处理流体和温度。

#### b. 腐蚀性作业

(1) 对于腐蚀性作业来讲,一般使用经过抗腐蚀性内部处理的碳钢阀体。对于 AISI 410 型的不锈钢通常用作内部衬里,奥氏体不锈钢如 AISI 316 或更高的合金也可作内部衬里。

(2) 对于低压 $\leq 1400$  kpa (200 psig 或更低)盐水作业,蝶阀用可锻铸铁作阀体,用铜铝合金作阀板,用 AISI 316 不锈钢作阀杆和用丁腈橡胶密封是令人满意的。在这样的作业中使用的闸阀,其阀体应是铁,而阀内部为青铜(IBM)。对于高压 $> 1400$  kpa (200 psig 以上)盐水作业中,使用带铜铝合金内件的钢闸阀比较好。

c. 氯化物的应力破坏作业,当选择阀内件材料的时候,应该考虑到氯化物应力的破坏,参看第 1.7 节。

d. 硫化物的应力破坏作业,阀体和阀内件应依据 NACE MR—01—75。

### 3.6 参考资料

- a. Cameron Hydraulic Data Handbook, Ingersoll—Rand Company.
- b. Chemical Engineering—Deskbook Issue, “Valves”, October 11, 1971.
- c. Evans, Frank L, “Special Report on Valves”, Hydrocarbon Processing, Vol. 40, No. 7 (July 1961).
- d. Fluid Controls Institute, Bulletin FCI 62—1.

## 第4章 管件和法兰

### 4.1 概述

对于在平台上使用的管道,在下面章节讨论的使用范围之内,使用焊接、螺纹和法兰连接都是允许的。因为碳钢适应于平台管道系统的绝大部分,所以只讨论碳钢。操作人员可根据工程情况的需要,选择其他材料(参看第 1.1 节)。

a. 本章所述的管件和法兰大部分是用符合 ASTM A105 的材料制造的。对于公称管径不大于 4 in 的管道组件(如法兰、管件或相似部件),通常 ASTM A105 并不要求进行热处理(正火)。除非工作压力等级超过 300 lb 级的 ANSI 法兰。

b. 根据 ASTM A105 中给定的尺寸和压力级别不要求正火的管件和法兰,当工作温度低于 30 F 时,就需要进行正火。这类的管件和法兰应该标有 HT、N 或者 \* 标记,或者其它合适的记号,表明要正火。

### 4.2 焊接管件

对焊焊接的管件材料应是无缝的 ASTM A234 WPB 级。这些管件是由碳钢制造的,并且指定用于 B 级管道中。除非购买者清楚地规定管件必须是无缝的,否则制造商可任意选择,提供带焊缝的管件。

a. 对于对焊焊接管件的尺寸和公差,长半径的弯头和三通包括在 ANSI B16.9 中,而短半径的弯头包括在 ANSI B16.28 中。如果空间允许,平台上的管道系统应该使用长半径的弯头,短半径的弯头在突然弯曲的截面上容易产生比较高的应力集中,并且如果在有波动或者振动的情况下,其额定值仅为计算的允许工作压力的 80%。

b. ANSI B16.9 中要求对焊焊接管件压力级别与相同壁厚的无缝钢管的压力等级一样。因此,在购买对焊管件时,其壁厚应该与它连接的管道相匹配。但上述因小弯曲半径降低了允许工作压力的弯头,要求壁厚较厚时的情况除外。否则系统的压力级别将受到管件较小壁厚的限制,如果需要焊接不同壁厚的管件或管子,应该按照附录 B 中推荐的程序来设计焊接点。

c. 制造承插焊接弯头和三通可依照 ANSI B16.11。通常使用 ASTM A105 的锻钢,棒材要满足 ANSI

B16.11 的要求。它要求管件进行机械加工,而棒材可能没有平行于管件轴线的锻造纹理线,承插焊接件提供的压力级别为 3000 lb、6000 lb 和 9000 lb,而且无油、气、水的冲击。

d. 由于焊接件引起的压力损失,可以通过将它们当量长度包括在总长度之中来计算。焊接弯头及三通的当量长度列在表 2.2 中。

#### 4.3 螺纹管件

当按照 2.7 节的许可使用螺纹管件的时候,对于烃类和公用系统作业应该使用锻钢螺纹管件,以减少偶然误用的可能性。锻钢螺纹管件的制造通常是按照 ANSI B16.11 使用 ASTM A105 号钢,其压力等级为 2000 lb、3000 lb 和 6000 lb。

#### 4.4 支管道连接

a. 当支管道的公称管径不小于 2 in,并且等于或者大于主流动管道公称尺寸一半时,焊接支管管路中的支管道接头应该是对焊等径三通或异径三通。如果支管的尺寸为 2 in 或更大,但小于主流动管道公称尺寸的一半时,可以使用焊接短节(参看 ASME 第 Div I 部分第 UW 部分)。对于 1½ in 或更小尺寸的支管连接到 1½ in 或更小尺寸的主管道上时,使用插焊三通。对于 2 in 或更大的主管道,使用套焊管座或者同样的其它东西,表 4.1 表明了本节的规定。

b. 通常不采用短管连接(见第 4.9 节,参考附录 C),没有加强的短节连接的缺点是很多的。在连接处截面和方向的明显变化引起严重的应力集中,使用衬套和管座加强可以有些改善。但是,焊接完以后,对焊接质量和其它缺陷的检查是很困难的。由于应力集中造成的缺陷漏检的可能性,对于临界作业或循环作业条件和加载很少选用短管连接。如果必须用短管连接,推荐采用全封闭的管座。

c. 在螺纹管道系统中的支管连接应该使用等径三通、锻造异径大小头或异径出口三通。所有螺纹管道系统与焊接管道系统应该用截断阀隔离开。

表 4.1 焊接管线的支管连接表

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
支管道 公称尺寸 (in)	主 管 公 称 尺 寸 (in)														
	½	¾	1	1½	2	2½	3	4	6	8	10	12	14	16	18
½	SWT	SWT	SWT	SWT	6SC	6SC	6SC	6SC	6SC	6SC	6SC	6SC	6SC	6SC	6SC
¾		SWT	SWT	SWT	SOL	6SC	6SC	6SC	6SC	6SC	6SC	6SC	6SC	6SC	6SC
1			SWT	SWT	SOL	SOL	SOL	6SC	6SC	6SC	6SC	6SC	6SC	6SC	6SC
1½				SWT	TR	SOL	SOL	SOL	6SC	6SC	6SC	6SC	6SC	6SC	6SC
2					T	RT	RT	RT	WOL	WOL	WOL	WOL	WOL	WOL	WOL
2½						T	RT	RT	WOL	WOL	WOL	WOL	WOL	WOL	WOL
3							T	RT	RT	WOL	WOL	WOL	WOL	WOL	WOL
4								T	RT	RT	WOL	WOL	WOL	WOL	WOL
6									T	RT	RT	RT	WOL	WOL	WOL
8										T	RT	RT	RT	RT	WOL
10											T	RT	RT	RT	RT
12												T	RT	RT	RT
14													T	RT	RT
16														T	RT
18															T

代号: T —— 等径三通(对焊)

RT —— 异径三通(对焊)

TR —— 等径三通或异径三通

WOL —— 对焊管座或短管(支管规格)

SOL —— 套焊管座 —— 6000 # 锻钢

SWT —— 套焊三通

6SC —— 6000 # 锻钢套焊管箍。

(¾ in 或小于 ¾ in 的螺纹管口或螺纹管箍,可用于取样、装仪表、测试接头和仪表安装。)

#### 4.5 法兰

a. 概述 焊接凸颈法兰应使用于 2 in 或 2 in 以上管道。平法兰一般不推荐使用。按照 ANSI B16.5 制造的 ANSI 型法兰用于大部分场合,按照 API Spec 6A 制造的 API 型法兰主要用于井口附近。

(1) ANSI 法兰常用(RF)和(RTJ)型,RTJ 法兰适用于 600 或更高的级别中。当使用环形接口法兰时管道的排列应专门设计以允许拆卸构件,因为要拆卸环形法兰垫片需要额外的挠性。ANSI 法兰的制造材料一般是 ASTM A105。

(2) API 和 ANSI RTJ 型接口需要环形垫圈,对于 API 法兰用材料,在 API Spec 6A 中有规定。某些 API 材料要求专门的焊接程序。API 法兰压力级别为 2000、3000、5000、10000、15000 和 20000 lb/in<sup>2</sup>。温度在 -29℃~121℃(-20°F~250°F)之间允许使用最大工作压力等级。对于 API 型法兰,压力级别为 2000、3000、5000 lb/in<sup>2</sup> 的定为 API 6B 型且要求 R 型或者 RX 型垫圈;压力级别为 10000、15000、20000 lb/in<sup>2</sup> 的 API 法兰指定为 API 6BX 型,要求 BX 环形垫圈,API 6B 型应该有一个全平面的外形,API 6BX 型法兰应该有一个凸面的外形。

##### b. 垫圈

(1) 对于 ANSI 凸面法兰,可使用带有 AISI 304 不锈钢缠绕式石棉垫圈。因为它们的强度和密封性好,对于水中作业的平坦表面的可锻或铸铁阀,可用全表面压缩石棉垫圈。若使用比全表面小的垫圈,法兰可能在紧固法兰螺栓时会裂碎。

(2) API 和 ANSI RTJ 型环形法兰垫圈的制造应根据 API Spec 6A。API 环形垫圈的材料是由软铁、低碳钢、AISI 304 不锈钢或 AISI 316 组成的。除非购买者具体有规定,否则环形连接的垫圈一般是由镀镉的软铁或者低碳钢制造。对于 ANSI 和 API 6B 型 RTJ 型的法兰,要求用 API R 型或 RX 型垫圈。R 型环形接口垫圈制成八角形截面或者椭圆形截面。RX 型环形接口垫圈是压力自封式的且有一个改进的八角型截面。R 型与 RX 型垫圈可以互换。但是 RX 型垫圈的厚度较大,连接时,两个法兰之间的距离大,需要更长的法兰螺栓。

(3) 用软铁制成的 R 型环形接口垫圈,应该使用在 ANSI 600 lb 和 900 lb 压力等级中。对于用低碳钢制造的 X 型环形接口垫圈在高压时密封性好,它适用于 ANSI 1500 lb 或更高以及 API 2000、3000、5000 lb 的作业中。

(4) API 6BX 型的法兰需要 API BX 型的压力自封式垫圈,这些垫圈都是用低碳钢制造的,应该用于压力等级为 API 10000、15000、20000 lb 的法兰。

##### c. 法兰保护装置

已经采用不同的方法(如涂漆,用带子包缠等),试图防止垫圈、螺栓和法兰的表面腐蚀,但都不能令人满意。可能的解决方法有:

(1) 当安装法兰时,使用软橡胶法兰保护装置[在 149℃(300°F)以下]。

(2) 用一种带润滑配件的不锈钢带或聚合物带。对于含 H<sub>2</sub>S 的作业中,螺栓应该暴露在外,让风将任何渗出的液体吹掉。

##### d. 螺栓和螺母

对法兰连接的管道系统,全螺纹双头螺栓要符合 ASTM A193 BTM 级,或者 ASTM A354 BC 级要求。螺母应该是重形六角形半精加工的,并符合 ASTM A194 2H 级要求。螺栓和螺母应该为防腐蚀的,目前使用的主要方法有:镀镉、热浸镀锌和树脂涂层。

#### 4.6 专用连接器

有几种专用连接器可用于代替法兰这类连接器。密封性、强度、抗火性与法兰比较,都是令人满意的。在阀门和管件上需要专门加工管突口和垫圈,以便与连接器连接,调整对准很重要。

#### 4.7 对于有硫化物应力破坏作业中的特殊要求

用通常制造管件和法兰的材料,再加上按 NACE MR-01-75 要求修正的增补条件,一般是可以得到满意的使用结果的。同样符合 ASTM A194 2M 级的螺母和 ASTM A193 B7M 级的螺栓对管道中的法兰一般是令人满意的。对于安装时力矩的要求也应给予考虑。R 型和 RX 型环形垫圈应该由退火的 AISI

316 型不锈钢制造。

#### 4.8 冲蚀防护

在预测有砂出现的生产中,为减少砂的冲蚀,不宜采用短半径的弯头。所有出油管道的拐弯处应该用三通和管帽(或盲板法兰)、带盖三通或流动三通,或者长半径弯头(最小的弯曲半径应依据 ANSI B31.3 制成)。为了减小冲蚀,所讨论的最大流速值,参看第 2.5a 节。

#### 4.9 参考资料

- a. Assini, John, "Welded Fittings and Flanges", Southern Engineering (October 1969).
- b. Canham, W. G., and Hagerman, J. R., "Reduce Piping Connection Costs", Hydrocarbon Processing (May 1970).
- c. Tube Turns Division of Chemetron Corporation, Piping Engineering Handbook (October 1969).

### 第 5 章 特殊管道系统的设计考虑

#### 5.1 概述

本章提出了对于特殊管道系统的流程图、管道布置以及具体设计要求的考虑。

#### 5.2 井口附件

##### a. 取样与注入管道接头

对于取样管和化学药剂注入管,其接头可以要求接在井口附近(见图 5.1A 和 5.1B)。接头的最小公称尺寸应为 1/2 in,并包括一个紧密连接的截断阀。连接的管子宜为不锈钢管或厚壁管,且应很好地保护以防止可能的损坏。在紧接注入管道的截断阀处应连接一个弹簧止回阀。

##### b. 油嘴

通常情况下,安装油嘴是为了控制油井和气井的流体。油嘴的类型包括可调式、固定式和组合式。油嘴的数量和位置取决于所要得到的压降值、产液量、流量以及井流中的固体。如果只用一个油嘴,它通常应设在井口附近。附加的油嘴可以位于低温分离装置的进口以及与管道加热器连结的管汇附近。无论油嘴的数量与位置如何,都应该考虑以下的总原则:

- (1) 油嘴的安装应以拆卸容易、更换方便为原则。
- (2) 油嘴下游出油管道在 10 倍于公称直径的长度范围内,液流方向不宜有突然的变化,以减小由于高速流动造成的冲击。
- (3) 应检查测定油嘴的出口连接。为改善其流动特性,油嘴出口接头内径宜为锥形。
- (4) 在更换油嘴芯子、清除废渣时,应采取适当的措施将油嘴阀体泄压和隔离。

#### 5.3 出油管道及附件

在设计出油管道时,应考虑到管道的压力、温度、流速、冲蚀和腐蚀作用等(详见第 2、3 和 4 章)。在必要的时候,可以使用下面所讨论的附件。

##### a. 出油管压力传感器

宜按照 API RP 14C 规定安装出油管压力传感器。并且接头的最小公称尺寸宜为 1/2 in,位于不易堵塞和冻结的地方。在管道的底部或转弯处应避免安装接头。传感器的安装配有外部试验接口和截断阀。传感管道应为不锈钢管道,并加以固定,预防传感管道在关断时发生突然颤动。

##### b. 出油管孔板装置

出油管孔板装置如图 5.1A 和 5.1B 所示。在气井作业时,作为一口井的监控辅助装置或一种产量分配方法,孔板装置都可满足要求。

##### c. 出油管换热器

如果使用出油管换热器(见图 5.1A 和 5.1B),应考虑遵循下列的规定:

- (1) 换热器的接口布置,应使得不需切割或焊接进口或出口管道就可以进行换热器抽芯作业。
- (2) 在换热器壳体上的法兰端,如果使用 U 形弯管,它应该暴露在外面或容易到达的地方,以便进行

3. 安全阀出口接适当的排出系统(见 5.8 节).



图 5.1A 未额定井口压力的出油管道和管汇的管系及附件范例示意图

注:1. 这张图用图解说明了正文中的各点。

附件及管线布置不能解释为典型的或被推荐的。

2. 安全阀下面的隔断阀必须锁定常开。

3. 安全阀出口接适当的排出系统(见 5.8 节)。

4. 图中标明的集管上游的所有管线,

包括管汇上的隔断阀的辅助作业管线上的截止阀和必须按照井口压力进行设计。

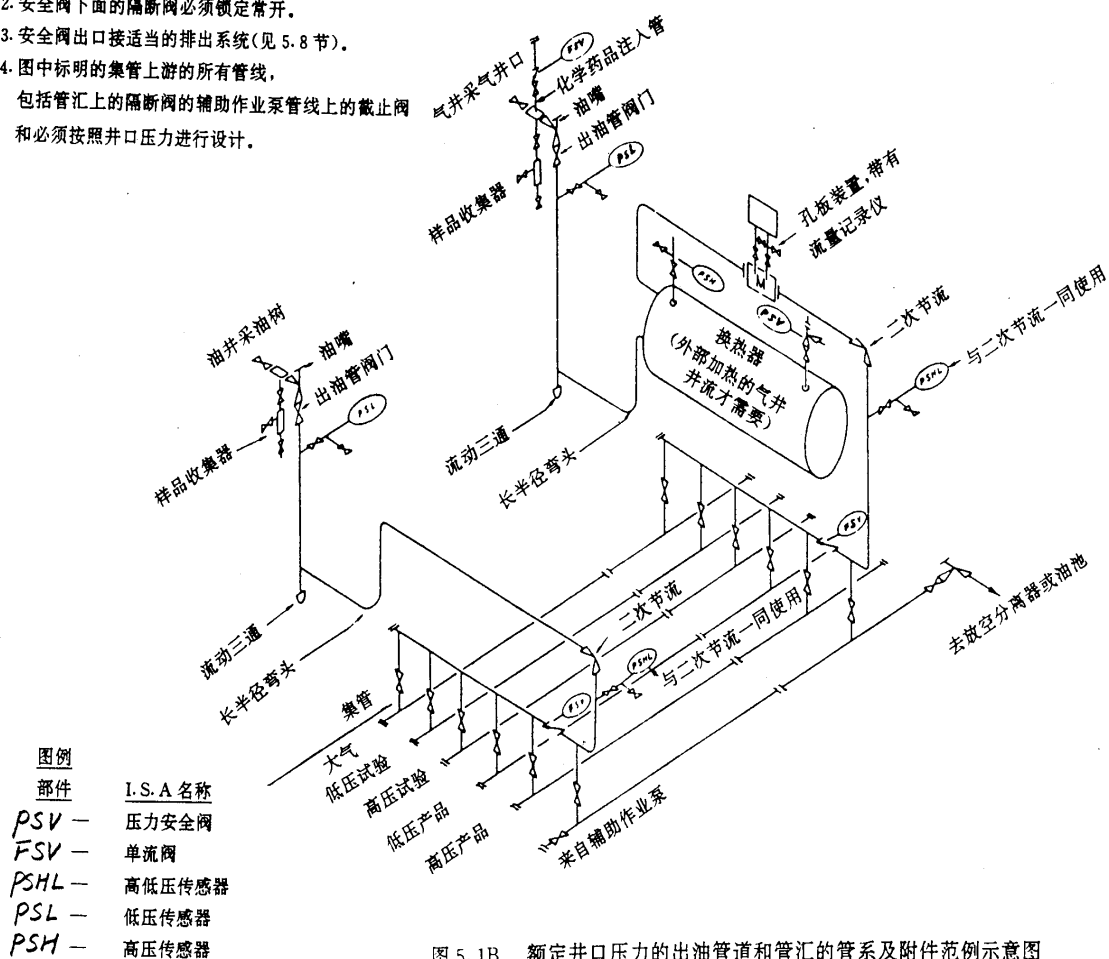


图 5.1B 额定井口压力的出油管道和管汇的管系及附件范例示意图

无损检查。

(3) 为使得管束能够便于更换、抽芯和修理,应采用标准尺寸的带法兰端的换热器外壳。

(4) 应按照 5.8 节的要求提供一个泄压系统。

#### d. 出油管止回阀

在因疏忽而使低压井转换到高压系统或管道破裂的情况下,出油管止回阀的安装可使得管道回流减到最小。为便于对止回阀进行周期性测试,在井口和止回阀之间的管段上应设泄放装置。有关止回阀的讨论请参见 3.3h 节。

#### e. 出油管支架

应对出油管进行支撑和固定,以减小振动和防止突然移动。有关管道支架的讨论请参见 6.4 节。在设计出油管支架的时候,应该认识到,尽管井口被固定在平台上,但由于海浪、风力等对隔水导管的作用,还是可能发生单独的井口移动。

### 5.4 生产管汇

#### a. 概述

图 5.1A 和图 5.1B 是一个六管管汇示意图。管汇的实际数量和作用取决于具体的应用。通向生产管汇的管子宜最短,并且弯曲最少。根据 2.5a 节的要求,管汇各部分的设计应限制其最大流速。根据 ANSI B31.3 节的要求,必要时装配部件应进行应力消除。规定要求允许对管汇进行非破坏性试验。为了便于管汇操作,最好使用直角回转阀。在 42000 kpa(6000 lb/in<sup>2</sup>)以上工作压力的情況下,通常只有闸阀是合适的。

#### b. 管汇支管的连接

管汇支管连接应按照表 4.1 进行。如果使用了专用插焊短节(Weldolets),应注意确保在焊接后的位置上入口孔是平滑的,并且没有毛刺。管汇主管端部应装设盲法兰,以提供一个流体缓冲区,且为以后扩大管汇提供方便。

#### c. 管汇阀门的安装

为了满足操作和更换阀门的方便,管汇的布置应使得每个阀门易于接近。在开始设计管汇时,希望为将来阀门执行器的安装预留位置。

### 5.5 处理容器管道

一个带有标准附件和许多可选项目的典型三相处理容器如图 5.2 所示。对于不同的处理功能,要求由不同的容器来完成,但所有进出容器的物流一般都以相似的方式来处理。在图 5.2 中所表示的所有项目不一定都需要,但提供了在需要时的推荐位置。附件的安装应使得在修理或更换时可以拆卸。安全装置的安装应使其能在安装位置进行试验。

### 5.6 公用系统

本节涉及到气动、消防水、饮用水、生活污水和其他有关系统。

#### a. 气动系统

气动系统的作用就是为气动操作的元件提供一个可靠的气源。所有公称直径不大于 3/8 in 的管子和管件都应为 AISI 316 或 316L 不锈钢,暴露在大气中的部分,其壁厚不应小于 0.035 in。在不受气候影响的地方或安全系统消防环路中(见 2.1e 节),可以使用合成管。安全系统消防环路的设计宜依照 API RP 14C。管道系统的安装在一定程度上应该尽量减少低点和液体收集器。容器的出口和管道应在系统的上部,排放设在系统的下部。在管道系统中宜包括泄放装置,以便除去冷凝液。气动系统的试验应依照 7.4. c 节进行。

##### (1) 空气系统

主要的空气管道宜使用耐腐蚀材料,例如螺纹或管箍连接的镀锌钢管。通往仪表的管道的压降要求应符合 5.6.a 节。在确定压缩机吸入管的位置时必须注意,不能让天然气或烃蒸汽进入空气系统。在空气系统的任何地方都不宜与其他管道跨接,以防空气与天然气相互混合。

注:1. 这张图用图解说明了正文中的各点。

附件及管线布置不能解释为是典型的或被推荐的。

2. 安全阀下面的隔断阀必须锁定常开。

3. 安全阀出口接适当的排出系统(见 5.8 节)。

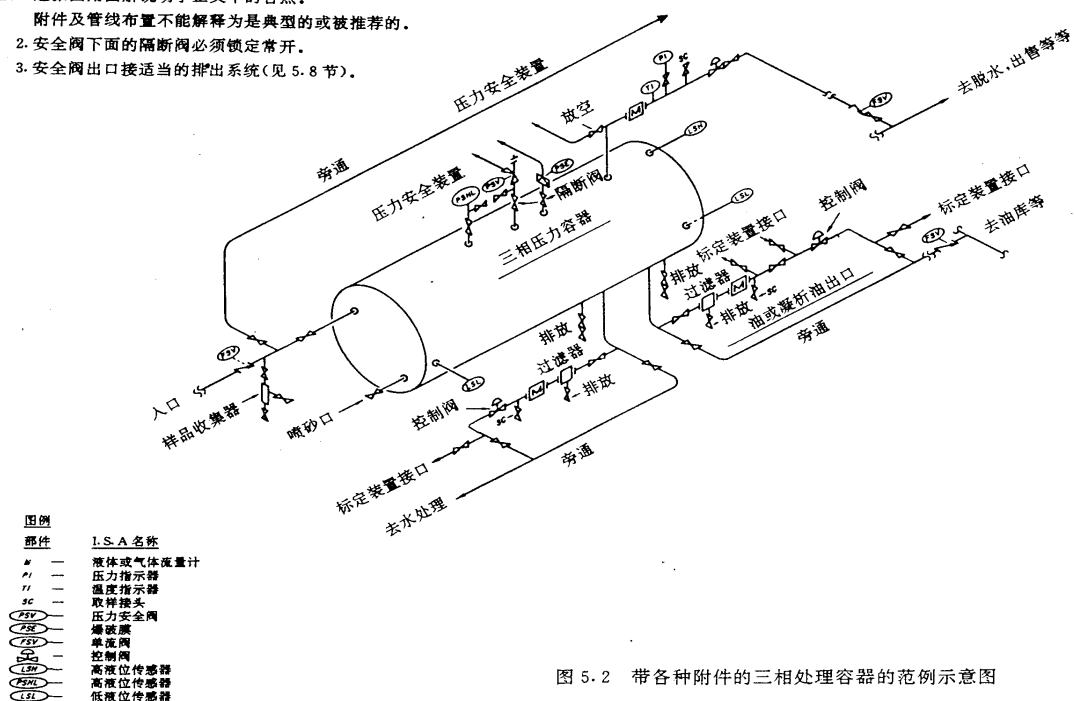


图 5.2 带各种附件的三相处理容器的范例示意图

## (2) 天然气系统

对于天然气系统,如果已确认排放量会产生某种异常情况,排放口和泄压阀应用管道引到安全的地方。所选择的天然气源宜为平台上能达到的最干燥的天然气。下面的准则可以在设计仪表天然气(或燃料天然气)系统中提供帮助:

(a) 在天然气出现显著压降之前,应考虑对天然气进行脱水处理。如果天然气没有经过脱水处理,就需要有一个外部热源来防止结冰。

(b) 进入分离器使天然气膨胀,以防止水化物及其他液体进入系统管道。

(c) 应认真斟酌减压装置进出口的压力额定值。如果出口额定压力小于入口源压力,宜在减压装置上紧接一个卸压装置。

(d) 应考虑设置并联减压装置,以便在主装置发生故障时,备用装置能维持系统操作。

## b. 消防水系统

按照第 2、3、4 章的要求,通常消防水系统使用碳钢管。特殊的抗腐蚀材料更为理想。消防水系统要求装设分环阀门,当系统中某部分不能使用时,关闭该阀门而不至于影响其它部分的工作。在选择消防水龙带箱和旋转式水枪位置时,应考虑设在发生火灾时人员能够到达的地方。在确定所需消防水的流量时,应考虑设备的位置、表面积以及能够同时使用的排出喷嘴的最大数目(参见 NFPA 美国国家防火规范第 6 卷和第 8 卷和 API RP 14G)。

## c. 饮用水系统

在饮用水系统中通常使用螺纹连接和管箍连接的镀锌钢管和青铜阀。在住房区可以使用铜管。有毒的胶接剂应避免使用。如果使用海水淡化装置,应考虑到加热源对饮用水的潜在污染。当饮用水用于另外的设备如发动机水套的补充水等时,应注意防止回流污染。

## d. 生活污水系统

生活区室内生活污水管道应采用巴氏合金或带铝封接头的碳钢管和铸铁管,或使用靠 ANSI B31.3 作适当支撑的非金属管。另外生活污水管道可以用碳钢管、铸铁管或在支撑良好并免受阳光照射时可用非金属管。所有管道都应有支撑,并且管道的斜度不小于每英尺 1/8 in。在设计污水系统时应考虑充分的冲洗手段。处理后的生活污水排放管道出口应靠近水面,并且包括一个便于操作的取样口。应注意安装排气孔的位置。

## 5.7 加热流体及乙二醇系统

为了保障人身安全和预防火灾,在加热流体系统的设计中首要的安全考虑是流体的密封状况。所有管道、阀门和管件宜按照第 2、3、4 章来选择。但对于低压蒸汽和热水系统的法兰,为使泄漏减到最小,应选用 ANSI 300 lb 的法兰。管道设计应考虑热膨胀(见 2.8 节)。隔热应依照 6.6 节进行。

a. 如果一个管壳式换热器的被加热流体端的操作压力比加热流体端的设计压力高,则加热流体端必须由一个安全释放装置来保护,安全释放装置的位置由系统设计的实际情况确定。如果可能,释放装置应设置在作为分离器的膨胀(缓冲)罐上。所有加热流体应经过膨胀(缓冲)罐,以放掉其中的气体。换热器上也应该设置一个安全释放装置。当换热器中加热流体系统的操作压力超过工艺处理系统的试验压力时,换热器中管子破损问题也应充分考虑。

b. 在确定如何处理换热器上安全释放装置的排出物时,应考虑热流体和冷流体的混合效应(见 API RP 521 第 37 节)。可能需要一个分离气体洗涤器。

c. 加热系统(热水和蒸汽除外)最好依照第 8.4.c 节进行气密试验。如果进行水压试验,则应采取措施在系统投入使用以前除去其中所有的水。另外,在启动前通过缓慢升高系统温度到 100 °C (212°F) 并排出所产生的蒸汽,以便除去系统里没有排放干净的水。在此期间应注意确保系统的每个支管都处于循环状态。

d. 由乙二醇重沸器排放出的物流中含有水蒸气和烃蒸汽。在设计重沸器的排出管道时,应注意防止回压、引燃和冷凝问题。

## 5.8 压力释放和处理系统

### a. 概述

压力释放和处理系统用于防止处理设备的超压并以一种安全的方法处理释放物。造成超压的某些原因可能是下游堵塞、上游控制阀失灵和外部火灾。

(1) 通常使用的安全释放装置是常规的弹簧释放阀、平衡波纹管弹簧释放阀、导向阀控制的释放阀、压力真空释放阀和爆破膜。安全释放阀的完整描述、操作、尺寸大小、压力设定和应用准则,参见 ASME 第Ⅷ篇、API RP 520 第 I 部分、API RP 521 和 API RP 14C。

(2) 天然气或蒸汽设备中的释放装置,通常应连接在容器的蒸汽出口管道上,其位置应在金属网捕雾器的上游。液体的释放装置应位于正常液面以下。

(3) 如果操作压力相同的容器串联操作,在该系统中设定值为最低设计压力的释放装置可以安装在第一个容器上。如果其余任何一个容器能与此容器隔断,则需要装设一个考虑火灾或热膨胀的释放装置。释放装置的位置应使得装置与所保护的系统的任何部分都不能隔断。

### b. 释放装置管道

(1) 如果使用弹簧释放阀,则可在释放阀的上游装一个全开的隔断阀或止回阀,并加一个用于测试和校正的外部测试接口,否则,在测试时将要卸掉阀门。如果使用导向阀操纵的释放阀,则在管道上游不必为测试而安装阀门。

(2) 如果需要拆除释放装置,则必须关闭连接着共同释放管汇的工艺处理系统。也就是说,如果释放装置连接一个公共释放管汇,那么,全开的隔断阀或止回阀可以安装在释放装置的下游。安装在释放装置的上游或下游的所有隔断阀应配有锁定装置,并且按照 ASME 第Ⅷ篇附录操作。

(3) 在释放装置排空一侧的管道设计,应使得此装置上的应力减到最小。管道设计还应考虑承受可能遇到的最大回压。释放装置允许的工作压力的确定,见 API Spec 526。

### c. 释放(处理)系统管道

释放系统管道的设计应考虑采取用一种安全可靠的方式对释放物进行处理。系统管道的设计应防止由于系统中任何一点所出现的回压,而降低压力释放装置所要求的释放能力。应确定每个释放点的最大可能回压。这在两个或更多的释放装置同时释放进入同一个处理系统时显得特别重要。材料、管件、焊接和其他设计标准宜符合此推荐作法的各相应部分和 API RP 520 第 II 部分。

(1) 放空管道或火炬结构的设计应考虑能够防止由于风而引起的变形。考虑到直升机和船舶停靠等,它们最好安装在下风向一侧。在确定他们距平台的高度和距离时,应考虑到由闪电造成的偶然点火,掉下燃烧的流体以及热辐射。

(2) 当烃蒸汽通过放空管道排放到大气中的时候,在出口下游的可燃区内将产生混合物。在确定这种可燃混合物的位置和混合物的点火热强度时,请参照 API RP 521 和 API 公报 43 卷(Ⅱ)(1963)418~433 页。当有毒蒸汽排放到大气中时,系统的设计应遵照 EPA AP—26《大气扩散估算手册》进行。

(3) 如果可能,所有释放系统的设计应按最低压力 350 kpag (50 psig)来考虑以消除回火。在大多数情况下,常压设备的放空管道应装设阻火器以防止回火。阻火器易受冰的堵塞,因此在寒冷地区不宜使用。应定期检查阻火器上的结蜡情况。

## 5.9 排放系统

排放系统主要用于收集和处理各排放源排出的污染物。一个好的排放系统可以防止污染物排到海中;防止可燃性液体在甲板或低凹处聚集;并保持良好的内务卫生。

### a. 压力排放

当压力容器进行压力(闭式)排放时,应通过管道直接排放到处理设备,并与重力排放管道无关,以防止采用重力排放管道进行压力排放。每个处理设备之间的连接管道和排放阀门的设计压力应与系统中工艺组件的最高工作压力相一致。管道设计应依照第 2、3 和 4 章进行。对于处理硫化氢的辅助设备应设一个单独的闭式排放系统,以便安全地处理。

### b. 重力排放

平台甲板和撬装底座的排出物通常是靠重力排放到处理设备。有很多种材料能够满足该辅助管道的要求。如果钢管不能够满足油气管道的要求,那么它应按照 2.1.d 节作标记。应考虑减少系统中的弯头和流动限制。管道的安装坡度应为每英尺 1/8 in。在某种情况下,有可能必须将主管道安装在一个水平面上,但无论如何也不允许向上倾斜。应对重力排放管道提供清洗接头。

#### 5.10 平台之间的栈桥管道

除必须考虑平台的移动之外,栈桥管道的设计与其他管道的设计是类似的。一旦确定了平台的最大移动,就可依照 2.8 节的要求进行设计。

#### 5.11 立管

立管的设计应考虑满足最大波浪荷载、管内压力、海上交通和其他环境条件。如果预测海底有冲刷作用,在可行的情况下,立管的末端应设在泥面以下,以避免过度的应力。导管架平常靠船一侧的外部立管应用缓冲器来保护。对海水飞溅区的防腐要求见 7.5.a(3)节。

#### 5.12 取样阀

处理物流的取样阀应安装在适当的位置,以获得有代表性的样品。取样阀可以与取样器或延伸到管子中心的取样管一起使用。应考虑每个位置流体的质量和状态,阀门和管道的设计应考虑在阀门出现堵塞时能进行清洗或疏通作业。在阀门出现较大压降条件下可以迅速被切断。双阀门和适当的取样步骤,能减少出现这样的问题。取样阀门通常使用 1/2 in 奥氏体不锈钢阀门(见 3.5a 节)。

#### 5.13 参考资料

Loudon, D. E., "Requirements for Safe Discharge of Hydrocarbons to Atmosphere", API Proceedings, Vol. 43 (III)(1963), Pages 418—433.

\* 本节适用于 ASME 第Ⅷ篇第 1 部分所涉及的系数。参见《ASME 锅炉和压力容器法规》第Ⅳ篇关于加热锅炉部分。

## 第 6 章 相关事项的考虑

### 6.1 概述

本章包含了与管道系统有关的各种事项。

### 6.2 布置

设计生产平台管道布置的时候应该考虑如下各项:

- a. 人员安全;
- b. 与容器、设备和撬块布置的一致性(见 API RP 2G);
- c. 易于接近设备;
- d. 利用原来的支架;
- e. 必须考虑适当的通道。

### 6.3 标高

平台上的管道标高由处理的流体、温度、用途和人员可接近性等因素决定。管道不宜安装在格栅或地板上,它应该有足够的维修操作空间。架空管道的布置要考虑在人员的头顶之上留有足够的空间。

### 6.4 管支架

平台上的管道应支撑在支架、支柱或专用的支座上。支架的设计和位置取决于管道的路线、介质、重量、直径、冲击载荷和振动等因素。还应该考虑:采用密封焊缝以减小腐蚀;为涂油漆提供足够的空间;在支架和管托下加金属补强板(另外的金属板)。阀门的支架不应妨碍阀门的维修或更换时拆装阀门。关于管子挠性和支架要求的论述,详见本推荐作法 2.8 和 5.3.e 节及 ANSI B31.3。

### 6.5 其它的腐蚀考虑

- a. 外表面保护层

管道系统外表面保护层的设计、选择和检验应以美国防腐学会(NACE)标准 RP—01—76,第 10、12、13 和 14 章为根据。此外,管道外表面涂层还应考虑以下各点:

### (1) 平台管道涂层系统的种类

所有钢管道应该用一种涂层(油漆)系统保护,这种系统已通过以前的应用和适当的试验,证明是适合于海上环境的。

### (2) 平台管道涂层系统的选择

选择管道涂层系统时,应考虑以下各点:

- (a) 表面处理;
- (b) 预计的温度范围(最高—最低);
- (c) 干燥和(或)潮湿的表面;
- (d) 可能的化学污染;
- (e) 所考虑设备的位置(飞溅区之上的高度、最大波高等);
- (f) 可能的海蚀;
- (g) 涂层系统的操作;
- (h) 维修保养。

确定了上述各项要求后,把管道的涂料系统的设计提交给作业的防腐工程师、有声望的油漆制造商的代表或咨询公司,以获得专门的建议、详细规格和检验服务。

平台管道上一般不使用缠带和喷射涂料。经验已证明,在这些保护层下的金属会出现严重的腐蚀,而看不到任何的痕迹。因为在平台上喷砂除锈困难,所以最好在陆地上对管子和附件进行喷砂清理、涂底漆和涂表层漆。

### (3) 立管

在海水飞溅区的立管应该加以保护。

#### b. 内表面防腐

减轻管道内表面金属损失的最好方法取决于腐蚀的种类和严重性。应该分别地考虑每种情况。NACE 标准 RP—01—76 提供了探测和控制管道内表面腐蚀的指南。

#### (1) 处理管道

处理管道内表面一般不推荐使用防腐涂料。可能的解决办法包括:

- (a) 处理流体脱水;
- (b) 使用防腐剂;
- (c) 选择最佳的管子规格,以获得最佳流速;
- (d) 使用抗腐蚀的金属。

#### (2) 水管道

把水管道内部腐蚀减至最小的可能方法包括:

- (a) 脱氧和(或)与氧隔绝;
- (b) 化学处理(防腐剂、杀菌剂、防垢剂和控制 pH 值);
- (c) 防腐涂层和衬里(塑料或水泥);
- (d) 非金属管材;
- (e) 控制水中固体杂质(砂、泥浆和沉积物)。

#### (3) 防腐涂层

如果管道内表面使用了涂层,管道应设计成便于制造又没有损伤内涂层的危险。

#### c. 材料的相容性

当不同金属在电解液中一起出现的时候,将产生电解作用。金属的电动势差值越大,腐蚀就越严重。当选择管子、阀门、管件材料构成时,应该考虑到电流腐蚀的可能性。一般的准则如下:

(1) 无论何时,只要可能,就要整条管道全部使用相同的金属或者电流级数接近的金属。在第 2、3 和第 4 章中推荐的碳钢材料是相容的。

表 6.1 典型的隔热层厚度(in)(热管)

1	2	3	4	5	6	7	8	9
最高温度 (F)	公 称 管 径 (in)							
	$\leq 1\frac{1}{2}$ naller	2	3	4	6	8	10	$\geq 12$
250	1	1	1	1 $\frac{1}{2}$	1 $\frac{1}{2}$	1 $\frac{1}{2}$	1 $\frac{1}{2}$	1 $\frac{1}{2}$
500	1	1 $\frac{1}{2}$	1 $\frac{1}{2}$	1 $\frac{1}{2}$	2	2	2	2
600	1 $\frac{1}{2}$	1 $\frac{1}{2}$	2	2	2	2 $\frac{1}{2}$	2 $\frac{1}{2}$	2 $\frac{1}{2}$
750	2	2	2	2	2 $\frac{1}{2}$	3	3	3

表 6.2 典型的隔热层厚度(in)(冷管)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
最低温度 (F)	公 称 管 径 (in)																		
	$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{4}$	1	1 $\frac{1}{2}$	2	2 $\frac{1}{2}$	3	4	6	8	10	12	14	16	18	20	24	30	平表面
40	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1 $\frac{1}{2}$	1 $\frac{1}{2}$	1 $\frac{1}{2}$	1 $\frac{1}{2}$	1 $\frac{1}{2}$	1 $\frac{1}{2}$	1 $\frac{1}{2}$	1 $\frac{1}{2}$	1 $\frac{1}{2}$	1 $\frac{1}{2}$
30	1	1	1	1 $\frac{1}{2}$	1 $\frac{1}{2}$	1 $\frac{1}{2}$	1 $\frac{1}{2}$	1 $\frac{1}{2}$	1 $\frac{1}{2}$	1 $\frac{1}{2}$	1 $\frac{1}{2}$	1 $\frac{1}{2}$	1 $\frac{1}{2}$	1 $\frac{1}{2}$	1 $\frac{1}{2}$	1 $\frac{1}{2}$	1 $\frac{1}{2}$	1 $\frac{1}{2}$	1 $\frac{1}{2}$
20	1 $\frac{1}{2}$	1 $\frac{1}{2}$	1 $\frac{1}{2}$	1 $\frac{1}{2}$	1 $\frac{1}{2}$	1 $\frac{1}{2}$	1 $\frac{1}{2}$	1 $\frac{1}{2}$	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
10	1 $\frac{1}{2}$	1 $\frac{1}{2}$	1 $\frac{1}{2}$	1 $\frac{1}{2}$	2	2	2	2	2	2	2 $\frac{1}{2}$	2 $\frac{1}{2}$	2 $\frac{1}{2}$	2 $\frac{1}{2}$	2 $\frac{1}{2}$	2 $\frac{1}{2}$	2 $\frac{1}{2}$	2 $\frac{1}{2}$	2 $\frac{1}{2}$
0	1 $\frac{1}{2}$	2	2	2	2	2	2	2 $\frac{1}{2}$	2 $\frac{1}{2}$	2 $\frac{1}{2}$	2 $\frac{1}{2}$	2 $\frac{1}{2}$	2 $\frac{1}{2}$	2 $\frac{1}{2}$	2 $\frac{1}{2}$	2 $\frac{1}{2}$	3	3	3
-10	2	2	2	2	2	2 $\frac{1}{2}$	2 $\frac{1}{2}$	2 $\frac{1}{2}$	2 $\frac{1}{2}$	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3 $\frac{1}{2}$
-20	2	2	2	2 $\frac{1}{2}$	2 $\frac{1}{2}$	2 $\frac{1}{2}$	2 $\frac{1}{2}$	2 $\frac{1}{2}$	3	3	3	3	3	3 $\frac{1}{2}$	3 $\frac{1}{2}$	3 $\frac{1}{2}$	3 $\frac{1}{2}$	3 $\frac{1}{2}$	4

表 6.3 用于人员保护的典型的隔热层厚度(适用于热表面的温度范围 F)

1	2	3	4	5	6	7	8
公称管径 (in)	公 称 隔 热 层 厚 度 (in)						
	1	1 $\frac{1}{2}$	2	2 $\frac{1}{2}$	3	3 $\frac{1}{2}$	4
$\frac{1}{2}$	160-730	731-1040	1041-1200	----	----	----	----
$\frac{3}{4}$	160-640	641-940	941-1200	----	----	----	----
1	160-710	711-960	961-1200	----	----	----	----
1 $\frac{1}{2}$	160-660	661-880	881-1200	----	----	----	----
2	160-640	641-870	871-1090	1091-1200	----	----	----
2 $\frac{1}{2}$	160-620	621-960	961-1160	1161-1200	----	----	----
3	160-600	601-810	811-1000	1001-1200	----	----	----
4	160-600	601-790	791-970	971-1125	1126-1200	----	----
6	160-550	551-740	741-930	931-1090	1091-1200	----	----
8	----	160-740	741-900	901-1090	1091-1200	----	----
10	----	160-750	751-900	901-1060	1061-1200	----	----
12	----	160-740	741-900	901-1030	1031-1170	1171-1200	----
14	----	160-700	701-850	851-1000	1001-1130	1131-1200	----
16	----	160-690	691-840	841-980	981-1120	1121-1200	----
18	----	160-690	691-830	831-970	971-1100	1101-1200	----
20	----	160-690	691-830	831-970	971-1100	1101-1200	----
24	----	160-680	681-820	821-960	961-1090	1091-1200	----
30	----	160-680	681-810	811-950	951-1080	1081-1200	----
平表面*	160-520	521-660	661-790	791-900	901-1010	1011-1120	1121-1200

\* 应用范围也适用于直径超过 30 in 以上的管道和设备。

(2) 如果必须使用不同金属,应考虑下列备选方案:

- (a) 用非导电材料制成的活接头、螺纹接箍、衬套或套筒把两种不同金属的管件隔开;
- (b) 对一种或两种金属使用保护层,以隔绝电解液;
- (c) 保持较活泼的或阳性的金属多于更不活泼的金属。

d. 冲蚀和(或)腐蚀的无损检测

在管道系统上预计会发生冲蚀和(或)腐蚀的点应提供检测通道。一旦管道实际地起动运转就用 X 射线检查和超声波方法检测,对这些点的腐蚀进行测试,并作好记录以备与将来测试的数据比较,尤其重要的是井口出油管道、弯头和生产管汇。

e. 阴极保护

如果阴极保护系统是用来保护浸入水中的海管而不是保护平台,那么其立管应与平台绝缘。这可以在水面以上用一绝缘法兰和把绝缘材料插入位于绝缘法兰之下的管卡间隙内来完成。

## 6.6 隔热

平台上的管道应采用隔热,以保护人员、防止由热表面引起的燃烧、保存热量、防冻、防止管道表面潮湿或结冰。为了保护人员,操作温度在 71 °C (160 °F) 以上、人员易于接近的所有管道表面均应隔热。温度超过 204 °C (400 °F) 的管道表面应该保护,以防止液态烃溅漏出。温度超过 482 °C (900 °F) 的管道表面应保护,以防止可燃性气体泄漏。

a. 正确隔热的准则包括:

(1) 做隔热之前,管道表面应彻底地除锈并涂底漆。

(2) 根据特殊的温度条件选择隔热材料。隔热材料,如氯化镁,遇潮湿会变质或引起隔热表面腐蚀,不能使用这类隔热材料。通常应用的隔热材料是硅酸钙、矿渣棉、玻璃纤维和泡沫玻璃。

(3) 在冷管道隔热层外表面上应加防潮层。

(4) 用薄金属外套保护隔热层,使之不受风雨的侵蚀、油飞溅、机械磨损或其它损伤。如果用薄铝板保护隔热层外表不受上述危害,那么,在铝板内表面应该加防潮层。

(5) 为防止硫化氢(H<sub>2</sub>S)在螺栓周围聚集,与硫化氢接触的法兰不应隔热。

(6) 某些加热的流体与一些隔热材料不能共存,并可能发生自燃。选择隔热材料时,应该谨慎。

(7) 某些隔热材料可能是易燃的。

(8) 预制的隔热层和隔热套,能适合各种尺寸的管子和管件。

b. 表 6.1 至 6.3 给出了适合各种作业和温度条件的典型的最小隔热厚度。

## 6.7 噪音

设计平台管道系统时,应该采取措施,保护全体人员不受有害噪音的伤害。在 API 医学研究报告 EA 7301 中,就噪音问题和解决办法作了深刻的讨论。在本章中综合地讨论与管道系统有关的噪音问题。

a. 管道内的噪音是由于通过管道系统的流体的湍流而引起的。湍流产生在节流孔的下游,并随流体速度的增加而加剧。管道系统的多数噪音是由各种类型的控制阀所导致的。根据公式和各个制造商提供的数据,可计算出控制阀门的噪音声压程度(级数)。

b. 控制管道系统中噪音的基本方法就是避免或减小有害噪音的产生。避免在管道系统中产生有害噪音的有效方法包括:

(1) 减小流体流速。在第 2 章中推荐的流速产生的噪音级数是可接受的。

(2) 选择一种类型的控制阀或特殊阀芯的控制阀以减小噪音。

c. 减小管道系统中的噪音的有效方法包括:

(1) 避免突然改变流动方向。

(2) 应用文丘里(锥型的)型大小头以避免流动特性突然变化。

(3) 利用整流叶片以减小大规模的湍流。

(4) 应用外加重厚壁管子和管件以衰减声音和振动(见 API 医学研究报告 EA 7301)。

(5) 在管道和管件周围使用隔音材料和(或)防护层以吸收或者隔离声音。

(6) 对于极端情况,使用消音器。

## 6.8 管道、阀门和管件表

有关管子、阀门和管件的详细资料已清楚地表示在这些表格中。这些表格中表示的资料包括尺寸范围、一般技术要求、阀门图号、压力等级、温度界限、管道规格、材料规格、特殊注释等。这些表格一般是由作业者编制的,用作全公司的指导手册。在附录 C 中给出了管子、阀门、管件表的实例。

## 6.9 检验、维修及保养

平台管道系统投产后,检查、保养、修理和更换是要考虑的重要问题。API 510 是为压力容器而编写的,这些文件所包含的准则也适用于管道系统。

# 第 7 章 安装和质量控制

## 7.1 概述

本章包括金属和非金属平台管道系统的预制、组装、架设、检验、试压和与安装有关的操作、质量控制。预制、组装、架设、检验、试压和有关的操作都应当符合 ANSI B31.3 节的要求,本章内修改的除外。

## 7.2 合格的检验员

在工业压力管系的设计、预制或检查方面有至少 5 年工作经验的人才才有资格作为一名合格的检验员。

## 7.3 焊接

a. 安全措施 在有烃处理设备的平台上的任何地方,在气割和焊接之前及进行期间,均需经视觉和便携式可燃气体探测器彻底检查,确定那个地方没有易燃液体和可燃气体混合物。平台上的监督人员应了解所有同时进行的活动。

(1) 在开始任何气割或焊接之前应该检查以确保电焊机装配有火花消除器和承接盘;电焊电缆应绝缘良好;氧气瓶和乙炔罐非常牢固、可靠;软管不应有泄漏并配有适合的管件、仪表和调节器。

(2) 在含有烃处理设备的区域内,在进行焊接或气割过程中,必须指派一名或多名人员监视火灾。在实际焊接或气割进行中,被指派监视火灾的人,不应有其它任务。在他们监视的区域内,他们应有切实可用的消防设备并且学习过使用这些设备。在管道或容器上(除热支管外)不允许焊接或气割,直到它们被隔离或它们里面的烃被清除出去为止。

(3) 当夜间进行焊接或气割时,平台上应该提供足够的照明。

b. 焊接程序鉴定 应该进行试验来鉴定被使用的焊接程序。程序的鉴定方法和要求在 ANSI B31.3 节中给予了详细说明。

c. 焊工考核 应该对指定的工作,使用专门的已鉴定过的焊接程序对焊工进行考核。在 ANSI B31.3 中有考核焊工的详细说明,也包括对焊工有必要进行再考核的变动内容。

d. 焊接记录 焊接程序鉴定和焊工操作技术鉴定的检查记录都应按 ANSI B31.3 的要求保留下来。

e. 焊接要求 ANSI B31.3 包括了焊接要求。此外,如果由于天气条件有使焊接质量受到影响的危险,就应该停止焊接。

f. 热处理 ANSI B31.3 包括了热处理,也包括了预热和消除应力的处理。

g. 检验 外观检验、X 射线检验、超声波检验都应按 ANSI B31.3 的要求进行。下面是附加的建议:

(1) X 射线检验 对于平台上烃作业的管道,推荐按照表 7.1 的要求进行 X 射线检验,这与管内作业的温度和压力无关。

表 7.1 对碳钢材料的焊缝进行 X 射线检验的最小范围

压力等级		焊接百分率
ANSI	150 lb 级到 600 lb 级	10%
ANSI	900 lb 级到 1500 lb 级	20%
ANSI	2500 lb 级、API 5000 lb 及以上	100%

## 7.4 压力试验

在投产运转之前,管道应进行渗漏压力试验。试验准备、水压试验和气密试验按照 ANSI B31.3 进行。另外有以下修改之处:

a. 水压试验 应该用水进行水压试验,除非它对管道或操作液体可能有不利的影响。用作压力试验的任何易燃液体,它的闪点必须在  $66\text{ }^{\circ}\text{C}$  ( $150\text{ }^{\circ}\text{F}$ ) 以上。

(1) 当对一个系统进行试压时,应该与下列设备隔离:

(a) 泵、涡轮机和压缩机;

(b) 安全(隔)膜和释放阀;

(c) 旋转流量计和浮子液位计。

(2) 下列设备应该试验到设计压力,然后应隔离:

(a) 指针式压力表,当试验压力将超过压力表量程范围的时候应隔离。

(b) 外浮子式液面关闭装置和控制器,当浮子的试验压力没有规定时,浮子应试验到设计压力,然后将浮箱与系统隔离开。

(3) 试验期间,止回阀应该保持常开,关断和排放两用球阀应该打开二分之一。

b. 气密试验 当不适宜水压试验时,如对仪表空气、加热液体和制冷系统的试验,应按照 ANSI B31.3 的要求进行气密试验。由于气密试验引起了不安全因素,在试验过程中应该采取专门的预防措施,在试验过程中应该注意监视。只能应用空气或氮气(无论用或不用示踪剂)作为试验介质。每个试验系统尽可能保持短些。

(1) 试验压力为最大设计压力的 1.1 倍或  $700\text{ kPa}$  ( $100\text{ psig}$ )(表压),取两者较小值。为预防脆性破裂的危险,在试验过程中,所有构件的最小金属温度是  $15.6\text{ }^{\circ}\text{C}$  ( $60\text{ }^{\circ}\text{F}$ )。

(2) 在试验过程中,试验压力应该逐步地增加到  $1.76\text{ kg/cm}^2$  ( $25\text{ psig}$ )(表压)以内,并且保持此压力,直到用高发泡溶液对各点检查完毕。如果没发现渗漏,以大约  $1.055\text{ kg/cm}^2$  ( $15\text{ psi}$ ) 的级差增高压力,直至最终达到试验压力。然后把压力减到 90% 的试验压力,并保持一段足够长的时间,以使用高发泡溶液检查所有接头、焊缝和连接处。

## 7.5 试压记录

包括焊接程序鉴定、焊工资格鉴定和压力试验的试验报告都应该符合 ANSI B31.3 的要求。

## 附录 A 例题

## 引言

本附录用解题方法说明本推荐作法中管道设计准则的应用。

## 例题 A1 出油管设计

## A1.1 问题叙述

设计一条凝析油井出油管道。

## A1.1.1 预计该井具有下列初始特性：

- a. 关井井口压力 = 5500 lb/in<sup>2</sup>
- b. 预计的最大试验和生产流量(包括波动量):  
 $Q_g = 15 \times 10^6 \text{ ft}^3/\text{d}$   
 $[S_g = 0.65(\text{空气} = 1)]$   
 $Q_l = 50 \text{ 桶凝析油}/10^6 \text{ ft}^3/\text{d 气}$   
 $[S_l = 0.80(\text{水} = 1)]$
- c. 自喷油压 = 4500 lb/in<sup>2</sup>(表压)
- d. 流动温度 = 120 °F

## A1.1.2 预计该井在衰竭时具有下列特性：

- a. 自喷油压 = 1500 lb/in<sup>2</sup>(表压)  
 $Q_g = 10 \times 10^6 \text{ ft}^3/\text{d}$   
 $[S_g = 0.65(\text{空气} = 1)]$   
 $Q_l = 20 \text{ 桶凝析油}/10^6 \text{ ft}^3 \text{ 气}$   
 $[S_l = 0.80(\text{水} = 1)]$   
 以及 1500 桶生产水/天  $[S_l = 1.08(\text{水} = 1)]$

## A1.1.3 出油管道的当量长度 = 50 ft。

## A1.1.4 出油管道要按井口压力设计。

## A1.2 解

## A1.2.1 概述 宜考虑下列各项：

- a. 冲蚀速度；
- b. 承受压力；
- c. 噪声；
- d. 压力降。

## A1.2.2 冲蚀速度

因为井内流体连续流出且预计含有少量或不含砂子，所以，将取经验常数 100，使用公式(2.8)来计算最大容许冲蚀速度(见 2.5.a 节)。

$$V_e = \frac{c}{\sqrt{\rho_m}} \quad (2.8)$$

式中：V<sub>e</sub> —— 流体冲蚀速度，ft/s

c —— 经验常数，对于含有最少量固体的连续作业取 100

ρ<sub>m</sub> —— 在操作压力和温度下，气体/液体混合物密度，lb/ft<sup>3</sup>

A1.2.2.1 初期和终期流动状态，将用公式(2.9)计算 ρ<sub>m</sub>，以确定控制哪种状态。

$$\rho_m = \frac{12409 S_l P + 2.7 S_g P}{198.7 P + RTZ} \quad (2.9)$$

式中：P —— 操作压力，lb/in<sup>2</sup> 绝对压力

$S_l$  —— 标准状态下的液体相对密度(水=1;对于烃与水的混合物取平均相对密度)

$R$  —— 标准状态下,气体/液体比率,ft/bbl

$T$  —— 操作温度,°R

$S_g$  —— 标准状态下气体相对密度(空气=1)

$Z$  —— 气体压缩系数,无量纲

对于初期状态:

$$S_l = 0.80$$

$$P = 4500 \text{ lb/in}^2(\text{表压}) + 14.7 = 4515 \text{ lb/in}^2(\text{绝对压力})$$

$$R = \frac{1 \times 10^6 \text{ ft}^3}{50 \text{ bbl}} = 20000 \text{ ft}^3/\text{bbl}$$

$$S_g = 0.65$$

$$T = 120 \text{ }^\circ\text{F} + 460 = 580^\circ\text{R};$$

$$Z = 0.91$$

代入式(2.9):

$$\begin{aligned} \rho_m &= \frac{12409 \times 0.80 \times 4515 + 2.7 \times 20000 \times 0.65 \times 4515}{198.7 \times 4515 + 20000 \times 580 \times 0.91} \\ &= 17.8 \text{ lb/ft}^3 \quad (\text{初期状态}) \end{aligned}$$

对于终期状态:

$$\begin{aligned} S_l &= \frac{10 \text{ mmcf/d} \times 20 \text{ bbl/mmcf} \times 0.80 + 1500 \text{ bbl/d} \times 1.08}{10 \text{ mmcf/d} \times 20 \text{ bbl/mmcf} + 1500 \text{ bbl/d}} \\ &= 1.04 \end{aligned}$$

$$P = 1500 \text{ lb/in}^2(\text{表压}) + 14.7$$

$$= 1515 \text{ lb/in}^2(\text{绝对压力})$$

$$\begin{aligned} R &= \frac{10 \text{ mmcf/d}}{10 \text{ mmcf} \times 20 \text{ bbl/mmcf} + 1500 \text{ bbl/d}} \\ &= 5880 \text{ ft}^3/\text{bbl} \end{aligned}$$

$$S_g = 0.65$$

$$T = 120 \text{ }^\circ\text{F} + 460 = 580^\circ\text{R}$$

$$Z = 0.81$$

代入式(2.9):

$$\begin{aligned} \rho_m &= \frac{12409 \times 1.04 \times 1515 + 2.7 \times 5880 \times 0.65 \times 1515}{198.7 \times 1515 + 5880 \times 580 \times 0.81} \\ &= 11.5 \text{ lb/ft}^3(\text{终期状态}) \end{aligned}$$

A1.2.2.2 将以上  $\rho_m$  值代入式(2.8),得:

$$V_e(\text{初期状态}) = \frac{100}{\sqrt{17.8}} = 23.7 \text{ ft/s}$$

$$V_e(\text{终期状态}) = \frac{100}{\sqrt{11.5}} = 29.5 \text{ ft/s}$$

A1.2.2.3 用公式(2.10)能确定最小的允许截面积

$$A = \frac{9.35 + \frac{RTZ}{21.25P}}{V_e} \quad (2.10)$$

式中:  $A$  —— 所需最小管子截面积,  $\text{in}^2/1000 \text{ bbl/d}$ 。

对于初始状态:

$$A = \frac{9.35 + \frac{20000 \times 580 \times 0.91}{21.25 \times 4515}}{23.7}$$

$$\begin{aligned}
 &= 5.04 \text{ in}^2/1000 \text{ bbl/d} \\
 A &= 5.04 \text{ in}^2/1000 \text{ bbl/d} \\
 &\quad \times (15 \text{ mmcf/d} \times 50 \text{ bbl/mmcf}) \\
 &= 3.78 \text{ in}^2 (\text{初始状态})
 \end{aligned}$$

对于终期状态:

$$\begin{aligned}
 A &= \frac{9.35 + \frac{5880 \times 580 \times 0.81}{21.25 \times 1515}}{29.5} \\
 &= 3.23 \text{ in}^2/1000 \text{ bbl/d} \\
 A &= 3.23 \text{ in}^2/1000 \text{ bbl/d} \times (1500 \text{ bbl/d} \\
 &\quad + 10 \text{ mmcf/d} \times 20 \text{ bbl/mmcf/d}) \\
 &= 5.49 \text{ in}^2 (\text{终期状态})
 \end{aligned}$$

A1.2.2.4 虽然终期状态其可允许的冲蚀速度较高,但是因为液体体积也较高,所以管道规格将仍然受最终状态控制。

A1.2.2.5 A按下式折合成管子内径:

$$\begin{aligned}
 A &= \frac{\pi d_i^2}{4} \\
 d_i (\text{初始}) &= \sqrt{\frac{4 \times 3.78 \text{ in}^2}{\pi}} = 2.19 \text{ in} (\text{内径}) \\
 d_i (\text{终期}) &= \sqrt{\frac{4 \times 5.49 \text{ in}^2}{\pi}} = 2.64 \text{ in} (\text{内径})
 \end{aligned}$$

A1.2.3 承受压力,现可使用表 2.5 初选管道规格,要求管道压力额定值必须高于 5500 lb/in<sup>2</sup> 表压。

A1.2.3.1 两个明显的选择方案列举如下:

管道标称规格	管壁厚度系列	内径	B 级管最高工作压力
3 in	XXS	2.30 in	6090 lb/in <sup>2</sup> 表压
4 in	XXS	3.15 in	5307 lb/in <sup>2</sup> 表压

3 in 标称管具有所要求的额定值,但对于最终状态其内径太小。4 in 标称管对于最终状态有足够大的内径,但是如果使用 B 级管其压力稍低于所要求的工作压力。

A1.2.3.2 最终的选择要作工程判断,应对下列选择方案进行评定。

a. 再检查一下关井井口压力要求的原始资料。管道设计者经常采用比实际要求稍高一点的标称值。如果实际压力低于 5307 lb/in<sup>2</sup> 表压,则标称 4inXXS 管是合适的。

b. 为了确定屈服强度,要检查可使用的标称 4 in XXS 管的工厂证明。虽然 B 级管的最小屈服强度为 35000 lb/in<sup>2</sup>,但大多数管子超过最小屈服强度 10% 左右。在这种情况下,如果实际的屈服强度为 36272 lb/in<sup>2</sup>,标称 in XXS 管是合适的选择。

$$\frac{\text{实际屈服强度}}{35000 \text{ lb/in}^2} = \frac{5500 \text{ lb/in}^2 \text{ 表压}}{5307 \text{ lb/in}^2 \text{ 表压}}$$

c. 检查能满足 5500 lb/in<sup>2</sup> 表压压力要求的标称 4 in XXS X42 级管子的可供性。

d. 考虑在标称 4 in XXS 管道上使用压力释放设备直到井口关井压力下降到 5307 lb/in<sup>2</sup> 表压为止。

e. 重新检查油井终期状态的预测值,以便确定油井流量是否会稍微低些,允许使用 XXS 标称 3 in 管道满足整个生产期的需要。应该详细审查最大流量中包含的波动量,视其是否合理。

f. 考虑起初安装一根标称 3inXXS 型管道,然后在生产后期,再换上一根较大管道(内径)。

A1.2.4 噪声 确定管子中初始状态和终期状态的速度(与噪声相关的指标),以便确定哪种控制状态。

A1.2.4.1 按下述方法确定速度

对于初始状态:

$$\begin{aligned}\text{气体的重量流量} &= \frac{15 \text{ mmcf/d} \times 0.65 \times 29 \text{ lb/lb 克分子空气}}{86400 \text{ s/d} \times 379 \text{ ft}^3/\text{lb 克分子}} \\ &= 8.64 \text{ lb/s}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{凝析油的重量流量} &= \frac{15 \text{ mmcf/d} \times 50 \text{ bbl/mmcf} \times 0.80 \times 350 \text{ lb/bbl 水}}{86400 \text{ s/d}} \\ &= 2.43 \text{ lb/s}\end{aligned}$$

井流的总重量流量(初始)=11.07 lb/s

对于终期状态:

$$\begin{aligned}\text{气体的重量流量} &= \frac{10 \text{ mmcf/d} \times 0.65 \times 29 \text{ lb/lb 克分子空气}}{86400 \text{ s/d} \times 379 \text{ ft}^3/\text{lb 克分子}} \\ &= 5.75 \text{ lb/s}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{凝析油的重量流量} &= \frac{10 \text{ mmcf/d} \times 20 \text{ lb/mmcf} \times 0.80 \times 350 \text{ lb/bbl 水}}{86400 \text{ s/d}} \\ &= 0.65 \text{ lb/s}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{水的重量流量} &= \frac{1500 \text{ bbl/d} \times 350 \text{ lb/bbl}}{86400 \text{ s/d}} \\ &= 6.08 \text{ lb/s}\end{aligned}$$

井流的总重量流量(终期)=12.48 lb/s

A1.2.4.1.1 将求出流动速度代替前述的冲蚀速度,总体积流量可能是:

$$\text{终期体积流量} = \frac{12.48 \text{ lb/s}}{11.5 \text{ lb/ft}^3} = 1.1 \text{ ft}^3/\text{s}$$

$$\text{初始体积流量} = \frac{11.07 \text{ lb/s}}{17.8 \text{ lb/ft}^3} = 0.62 \text{ ft}^3/\text{s}$$

因此终期状态控制最大速度。

A1.2.4.1.2 计算标称 3 in 和 4 in XXS 管道的流动速度。

$$\text{速度(3 in)} = \frac{1.1 \text{ ft}^3/\text{s}}{\pi/4 \times (2.3/12)^2} = 38.2 \text{ ft/s}$$

$$\text{速度(4 in)} = \frac{1.1 \text{ ft}^3/\text{s}}{\pi/4 \times (3.15/12)^2} = 20.4 \text{ ft/s}$$

A1.2.4.2 因为在两种情况下的速度都低于 60 ft/s(见 2.4 节),所以噪声不会影响管道规格选择。

A1.2.5 管道压力降可用公式(2.11)确定:

$$\Delta P = \frac{0.000336 f W^2}{d_i^5 \rho_m} \quad (2.11)$$

式中:  $\Delta P$  —— 压力降, lb/in<sup>2</sup>/100 ft

$d_i$  —— 管子内径, in

$f$  —— Moody 摩擦系数, 无量纲

$\rho_m$  —— 在流动压力和温度下的气体/液体混合物密度, lb/ft<sup>3</sup>[按公式(2.9)计算]

$W$  —— 总液体和气体流量, lb/h

A1.2.5.1 可用公式(2.12)确定  $W$ :

$$W = 3180 Q_g S_g + 14.6 Q_l S_l \quad (2.12)$$

式中:  $Q_g$  = 气体流量, mmcf/d (14.7 lb/in<sup>2</sup> 绝压和 60 °F)

$S_g$  = 气体比重, (空气=1)

$Q_l$  = 液体流量, bbl/d

$S_l$  = 液体比重, (水=1)

$$\begin{aligned}W(\text{初始}) &= 3180 \times 15 \times 0.65 + 14.6 \times 15 \text{ mmcf}^3/\text{d} \times 50 \text{ bbl/mmcf}^3 \times 0.80 \\ &= 39765 \text{ bbl/h}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}W(\text{终期}) &= 3180 \times 10 \times 0.65 + 14.6 \times (10 \text{ mmcf}^3/\text{d} \times 20 \text{ bbl/mmcf}^3 + 1500 \text{ bbl/d}) \times 1.04 \\ &= 46483 \text{ bbl/h}\end{aligned}$$

A1.2.5.2 以上数值代入式(2.11)中得:

$$\begin{aligned}\Delta P(\text{初始}, 3\text{in}) &= \frac{0.000336 \times 0.019 \times (39765)^2}{(2.3)^5 \times 17.8} \\ &= 8.9 \text{ lb/in}^2/100 \text{ ft} \\ \Delta P(\text{初始}, 4\text{in}) &= \frac{0.000336 \times 0.0196 \times (39765)^2}{(3.15)^5 \times 17.8} \\ &= 1.9 \text{ lb/in}^2/100 \text{ ft} \\ \Delta P(\text{终期}, 3\text{in}) &= \frac{0.000336 \times 0.0200 \times (46483)^2}{(2.3)^5 \times 11.5} \\ &= 19.6 \text{ lb/in}^2/100 \text{ ft} \\ \Delta P(\text{终期}, 4\text{in}) &= \frac{0.000336 \times 0.0196 \times (46483)^2}{(3.15)^5 \times 11.5} \\ &= 4.0 \text{ lb/in}^2/100 \text{ ft}\end{aligned}$$

Moody 摩擦系数(f)参见图 2.3。

A1.2.5.3 因为这条管道仅 50 ft 长,故在大多数情况下,总压力降并非影响管道规格确定的关键因素。

### 例题 A2 泵吸入管设计

A2.1 问题叙述 一台单作用往复泵,将用于从生产分离器输送原油到一个远距离的油处理设施。选择该泵吸入管道规格。泵送系统的数据列举如下:

#### A2.1.1 分离器的操作状态

- 操作压力=60 lb/in<sup>2</sup>(表压)
- 进口油量=5000 bbl/d
- 进口水量=0
- 原油比重=40°API( $S_t=0.825$ )
- 原油粘度=1.5 厘泊(在泵送温度下)
- 分离器的液位由旁通管道上泵打回流控制,使其处于恒定状态
- 容器出口管嘴=8 in ANSI 150

#### A2.1.2 泵的数据

- 泵的排量,为进口油量的 150%(确保在油量波动时能维持液位)=7500 bbl/d
- 泵的类型=三缸泵
- 泵的转数=200 转/分
- 吸入管(接头)=6in(ANSI 150)
- 排出管(接头)=3in(ANSI 600)
- 要求的净正吸入压头(NPSH)=4 lb/in<sup>2</sup> 绝压(在操作状态下)
- 排出压力=500 lb/in<sup>2</sup>(表压)
- 泵的基准面低于分离器中的液位 15 ft。

A2.1.3 吸入管道长 50 英尺并包括一个三通、4 个 90°弯头、两个全开球阀和一个 8 in×6 in 的标准大小头。

#### A2.2 初选管径

从表 2.3 选择 2 英尺/秒吸入速度用以初步确定吸入管管径。从图 2.1 可看出,针对 7500 桶/天流量、6 英寸管径、Sch 40 的管道流速为 2.4 英尺/秒。因此选择 8 英寸管道(内径 7.98 in)。

#### A2.2.1 使用表 2.2 确定管道当量长度:

- |         |                |
|---------|----------------|
| 弯头当量长度  | =4×9 ft =36 ft |
| 球阀当量长度  | =2×6 ft =12 ft |
| 三通当量长度  | =1×9 ft =9 ft  |
| 大小头当量长度 | =1×2 ft =2 ft  |
| 容器出口收缩  | =1×12 ft=12 ft |

8 in 管道长 = 50 ft

当量管道长度 = 121 ft

A2.2.2 下一步用公式(2.2)计算管道摩阻损失:

$$\Delta P = \frac{0.00115 f Q_1^2 S_1}{d_i^5} \quad (2.2)$$

式中:  $\Delta P$  —— 压力降, lb/in<sup>2</sup>/100 ft

$f$  —— Moody 摩擦系数, 无量纲

$Q_1$  —— 液体流量, 桶/天

$S_1$  —— 液体相对密度(水=1)

$d_i$  —— 管子内径, 英寸

A2.2.2.1 利用雷诺数可从图 2.3 中查得摩擦系数  $f$ , 雷诺数用公式(2.3)算出:

$$R_e = \frac{\rho_l d_f V_1}{\mu_l} \quad (2.3)$$

式中:  $R_e$  —— 雷诺数, 无量纲

$\rho_l$  —— 液体密度(流动温度下), lb/ft<sup>3</sup>

$d_f$  —— 管道内径, ft

$V_1$  —— 液体流速, ft/s

$\mu_l$  —— 液体粘度, lb/ft · s

= 厘泊 ÷ 1488 或 (厘泊 × 比重) ÷ 1488

对于本例题:

$\rho_l$  —— 62.4 lb/ft<sup>3</sup> 水 × 0.825 = 51.49 lb/ft<sup>3</sup>

$d_f$  —— 7.98 in/12 = 0.665 ft

$V_1$  —— 1.4 ft/s (图 2.1)

$\mu_l$  —— 1.5 厘泊/1488 = 0.001 lb/ft · s

$R_e = \frac{51.49 \times 0.665 \times 1.4}{0.001} = 47937$

利用雷诺数和钢管曲线, 可从图 2.3 中查得摩擦系数  $f$ :

$$f = 0.023$$

A2.2.2.2 公式(2.2)中所有需要的数值现已能确定:

$$Q_1 = 7500 \text{ bbl/d}$$

$$S_1 = 0.825$$

$$d_i = 7.98 \text{ in}$$

$$\Delta P/100 \text{ ft} = \frac{0.00115 \times 0.023 \times 7500^2 \times 0.825}{(7.98)^2}$$

$$= 0.038 \text{ lb/in}^2/100 \text{ ft}$$

$$\Delta P_{\text{总}} = \frac{0.038 \times 121}{100}$$

$$= 0.046 \text{ lb/in}^2$$

A2.2.3 下一步根据公式(2.4)确定可得到的净正吸入压头。

$$NPSH_a = h_p - h_{vpa} + h_{st} - h_f - h_{vh} - h_a \quad (2.4)$$

式中:  $h_p$  —— 绝对压头, 作用在吸入管液体表面上的压力(不管是大气压力还是其他压力), 英尺液柱

$h_{vpa}$  —— 吸入温度下的液体绝对蒸汽压, 英尺液柱

$h_{st}$  —— 静压头, 正或负[因为液体水平面高于泵的基准线或者低于基准线(泵的中心线)所致], 英尺液柱

- $h_f$  ——摩擦水头或压头损失,由于在吸入管道中流动摩擦引起的,包括进口和出口处水头损失,英尺液柱
- $h_{vh}$  ——速度头 $=V_1^2/2g$ ,英尺液柱
- $h_a$  ——加速度头,英尺液柱
- $V_1$  ——管道中的液体速度,英尺/s
- $g$  ——引力常数(通常为 32.2 英尺/s<sup>2</sup>)

A2.2.3.1 因为在分离器中,油与气处于平衡状态,所以油的蒸汽压也将是 420 kpag (60 lb/in<sup>2</sup>)表压。

因此:

$$h_{vpa} = h_p = \frac{(60 + 14.7) \text{ lb/in}^2 \text{ 绝压}}{0.433 \text{ lb/in}^2/\text{ft} \times 0.825} = 209 \text{ ft}$$

$$h_{st} = 15 \text{ ft (已给定)}$$

$$h_f = \frac{0.046 \text{ lb/in}^2}{0.433 \text{ lb/in}^2/\text{ft} \times 0.825} = 0.09 \text{ ft}$$

$$h_{vh} = \frac{(1.4 \text{ ft/s})^2}{2 \times 32.2 \text{ ft/s}^2} = 0.03 \text{ ft}$$

A2.2.3.2 根据公式(2.5)可确定  $h_a$ 。

$$h_a = \frac{LV_1 R_p C}{K_g} \quad (2.5)$$

式中:  $h_a$  ——加速度水头,ft(液柱)

$L$  ——吸入管道长度,ft(不是当量长度)

$V_1$  ——吸入管道中的平均液体速度,ft/s

$R_p$  ——泵转数,转/分

$C$  ——泵的经验常数=0.066(对于三缸,单作用或者双作用泵)

$K$  ——系数,表示理论加速度水头比值的倒数,必须规定这一系数,以避免吸入管道内明显的干扰

=2.0 对于原油

$g$  ——引力常数(32.2 ft/s<sup>2</sup>)

将已知值代入式(2.5)得:

$$h_a = \frac{50 \times 1.4 \times 200 \times 0.066}{2.0 \times 32.2} = 14.4 \text{ ft}$$

A2.2.3.3 可得的净正吸入压头是:

$$NPSH_a = 209 - 209 + 15 - 0.09 - 0.03 - 14.4 = 0.48 \text{ ft}$$

$$A2.2.4 \text{ 需要的 } NPSHR = \frac{4 \text{ lb/in}^2 \text{ 绝压}}{0.433 \text{ lb/in}^2/\text{ft} \times 0.825} = 11.2 \text{ ft}$$

A2.2.5 结论 在这些条件下,泵不可能操作。

A2.3 其它选择 参考 2.3.b(5)节,可以把下列可供选择的方法看作为能增加  $NPSH_a$  的方法。

A2.3.1 缩短吸入管道,虽然稍微缩短管道长度是可能的,但是加速度水头至少需要减少:

$$\left[1 - \frac{(14.4 - 11.2 - 0.48)}{14.4}\right] 100\% = 80\%$$

因此,这种方案可能是行不通的。

A2.3.2 使用较大管径,以便降低流速。如果使用 10 in 管道代替 8 in 管道,速度从 1.4 ft/s,减低到 0.90 ft/s(图 2.1)。同样,使用 12 in 管道时,速度从 1.4 ft/s,降低到 0.62 ft/s。因为这两个管子中没有一个会降低速度 80%(也使加速度水头降低 80%),所以这一方案也是不适宜的。

A2.3.3 降低泵的转数。泵转数 200 转/分,已经很低了,因此这一选择仍然是不适合的。

A2.3.4 考虑使用一台具有更多个柱塞的泵。合理的泵选择方案是使用五个缸而不是三缸,五缸泵会降低加速度水头 40%。因为需要更大地降低加速度水头,这一选择方案仍不适宜。

**A2.3.5 使用压力缓冲器。**安装一适当的压力缓冲器可将用于公式(2.5)中的管道长度减少到 15 倍标称管径的长度或更小( $15 \times 8 \text{ in}/12 \text{ in/ft} = 10 \text{ ft}$ )。

**A2.3.5.1 重新计算加速度水头:**

$$h_a = \frac{10 \times 1.4 \times 200 \times 0.066}{2.0 \times 32.2} = 2.9 \text{ ft}$$

**A2.3.5.2 通过使用压力缓冲器,可得的 NPSHa 将是:**

$$\text{NPSH}_a = 209 - 209 + 15 - 0.09 - 0.03 - 2.9 = 11.98 \text{ ft}$$

**A2.3.5.3 为了重新计算加速度水头,在确定管道长度时使用了保守的近似计算方法。如果使用一压力缓冲器,所得的 NPSHa 将是适合的。**

**A2.3.5.4 如果要求可得的 NPSHa 较大幅度地超过设计的 NPSH,那么,在系统设计中除了使用缓冲器方法之外,还应再采用上述已讨论的选择方案中的一种方法。**

## 附录 B 适用于不同壁厚的对焊接头设计

### B1 总说明

**B1.1 图 B1.1 适用于对焊不同壁厚管端和(或)不同给定最小屈服强度的材料的预处理。**

**B1.2 所需焊接管子的壁厚超过焊接设计范围,应遵守 ANSI B31.3 的设计要求。**

**B1.3 所需焊接管子的最小屈服强度不同时,熔敷焊缝金属的机械特性至少要等于具有较高强度管子的机械特性。**

**B1.4 两种不同壁厚的端部之间的过渡段可通过图 B1.1 中所示的预制锥面(锥体)或焊接成斜面来完成。还可使用预制渐缩短节,该渐缩短节长度不能小于管径的一半。**

**B1.5 在焊接一个倾斜面的焊缝处,应避免明显的缺口或坡口。**

**B1.6 对于连接不同壁厚而最小屈服强度相等的管子,上述原则除了对锥面没有角度限制之外都适用。**

### B2 图 B1.1 说明

#### B2.1 内径不等

a. 如果所连接管端的标称壁厚变化不超过  $3/32 \text{ in}$ ,只要采用全熔透和搭接焊时就不需要专门处理[见 B1.1 图中的图(a)]。

b. 当标称壁厚偏差超过  $3/32 \text{ in}$ ,无法在管内进行焊接时,应在管壁较厚的管子端头的内侧切成锥形,预制成过渡段[见图(b)],该锥角不宜大于  $30^\circ$  或小于  $14^\circ$ 。

c. 对于应力超过指定的最小屈服强度 20% 或者更多者,当标称壁厚偏差超过  $3/32 \text{ in}$ ,但不超过薄壁管的壁厚的,而又无法在管内进行焊接的时候,可通过焊接成斜面形成过渡段[见图(c)]。厚壁管上的焊接区应等于管壁厚度差加上相毗连接管上的焊接区。

d. 当标称壁厚偏差大于薄壁管的壁厚的  $1/2$ ,而且有可能进入管子内焊接时,过渡段可以借助于在厚壁管子端头内侧切成锥形的办法预制而成[见图(d)]。或者连接一坡形焊缝到超过薄壁管壁厚的  $1/2$  处,然后,从此点焊出锥形。

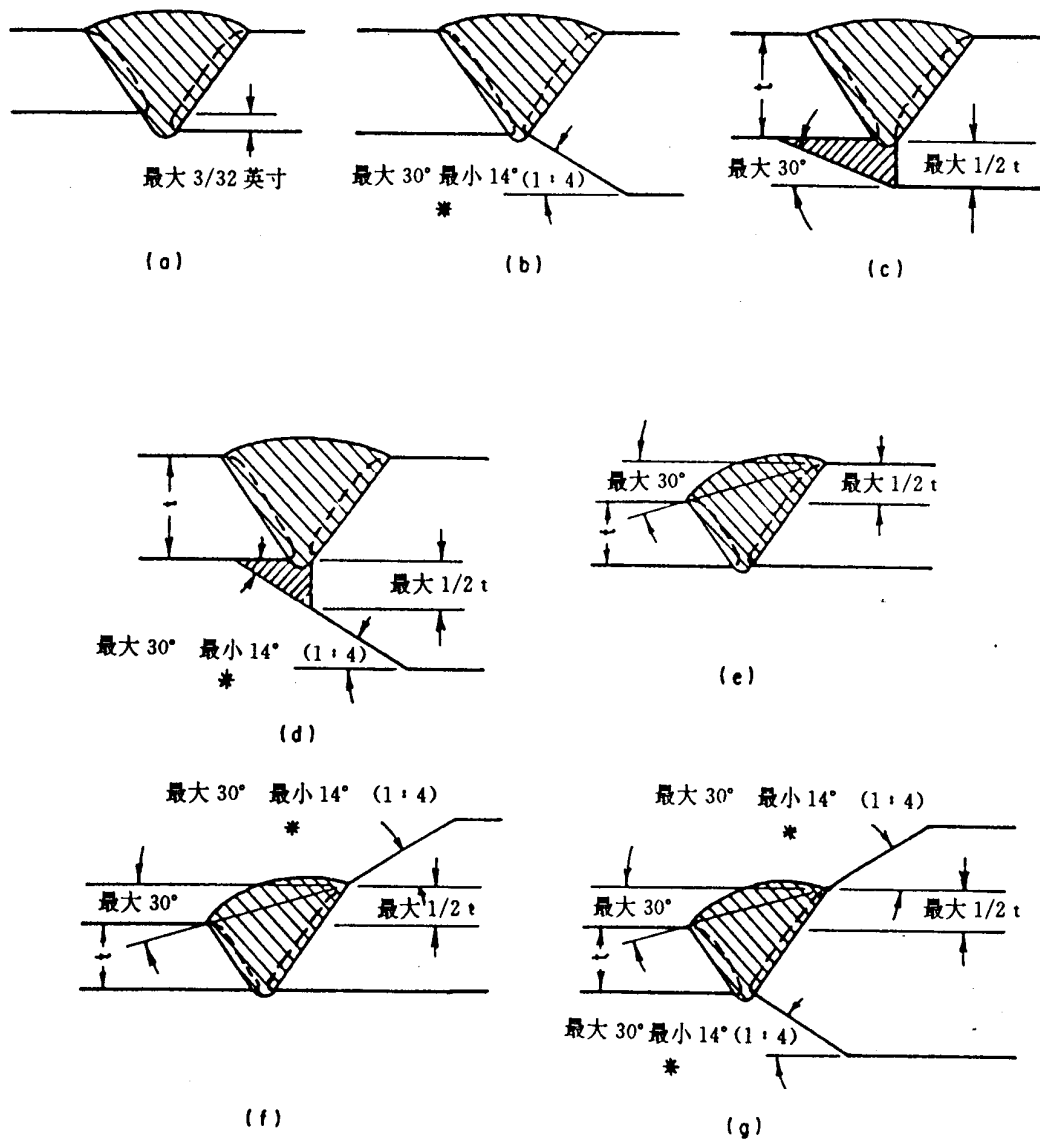
#### B2.2 外径不等

a. 管壁厚度偏差不超过薄壁管壁厚的  $1/2$  情况下,只要焊接面升角不超过  $30^\circ$ ,并且两斜边熔接适当,过渡段就能够通过焊接完成[见图(e)]。

b. 管壁厚度偏差超过薄壁管的壁厚  $1/2$  时,超出薄壁管壁厚度以上的偏差部分应预制成锥形[见图(f)]。

#### B2.3 内径和外径均不相等

当上述两种工况壁厚偏差同时存在时,接头设计应结合图(a)到图(f)[见图(g)],在这些条件下,要特别注意被焊管子的真正对直。



\* 当所连接的材料具有相同屈服强度时没有最小值。

t=壁厚

图 B1.1 适用于不同壁厚的对焊接头设计

## 附录 C 管道、阀门和管件表

C.1.1 引言 本附录通过两个实例来说明管道、阀门和管件表。

C.1.2 例 C.1 是管道、阀门和管件表的索引。

C.1.3 例 C.2 是 ANSI 150 lb 管道、阀门和管件表。

C.2.1 在例 C.2 中没有表示出阀门制造厂商和图纸代号,在此表中应包括一个或几个阀门制造厂商及图纸代号。

C.2.2 等效阀门表 可以从制造厂商获取通用阀门表格。利用这些表格,用一个制造厂商的图纸代号作为基础就可以确定出不同阀门制造厂商的图纸代号。由于有一个通用图纸代号,就可以很快地从制造厂商的产品样本中找到一种阀门。这种作法可以使作业者去比较代用阀门的详细制造资料和制造材料。

例 C.1 管道、阀门和管件表实例索引

表	适 用 介 质	额 定 压 力 等 级
A	非腐蚀性烃和乙二醇	ANSI 150 lb
B	非腐蚀性烃和乙二醇	ANSI 300 lb
C	非腐蚀性烃和乙二醇	ANSI 400 lb
D	非腐蚀性烃和乙二醇	ANSI 600 lb
E	非腐蚀性烃和乙二醇	ANSI 900 lb
F	非腐蚀性烃和乙二醇	ANSI 1500 lb
G	非腐蚀性烃和乙二醇	ANSI 2500 lb
H	非腐蚀性烃	API 2000 lb/in <sup>2</sup>
I	非腐蚀性烃	API 3000 lb/in <sup>2</sup>
J	非腐蚀性烃	API 5000 lb/in <sup>2</sup>
K	非腐蚀性烃	API 10000 lb/in <sup>2</sup>
L	空气	ANSI 150 lb 和 300 lb
M	水	125 lb(铸铁)
N	蒸汽和蒸汽冷凝水	ANSI 150 lb, 300 lb, 400 lb 和 600 lb
O	排水和排污	常压
P(备用)		
Q(备用)		
R(备用)		
SV	腐蚀作业用阀门	普通
AA	腐蚀性烃	ANSI 150 lb
BB	腐蚀性烃	ANSI 300 lb
CC(不常用)	腐蚀性烃	ANSI 400 lb
DD	腐蚀性烃	ANSI 600 lb
EE	腐蚀性烃	ANSI 900 lb
FF	腐蚀性烃	ANSI 1500 lb
GG	腐蚀性烃	ANSI 2500 lb

## 例 C.2 管道、阀门和管件表

表 A ANSI 150 lb 非腐蚀性作业<sup>(1)</sup>

温度范围……………—28.9~343℃(—20~650°F)

最高压力……………取决于作业温度时的法兰等级<sup>(2)</sup>

规格范围	一般规范	平台作业
管道	级别取决于作业	ASTM A106 B 级无缝 <sup>(3)</sup>
≤3/4 in 的短节	螺纹连接和接箍连接	Sch 160 或 XXS
≤1½ in 的管子	螺纹连接和接箍连接	Sch 80 最小
2~3 in 管子	坡口端	Sch 80 最小
≥4 in 管子	坡口端	见表 2.4
阀门(不能用于指定的最高温度以上的温度)		
球阀		
≤1/2 in	1500 lbCWP AISI316 不锈钢螺纹连接,常规 阀孔,把手操作,特氟隆阀座	制造厂商图纸 No. —— (300°F)
3/4 in~1½ in	1500 lbCWP 铸钢,螺纹连接,常规阀孔,把 手操作,特氟隆阀座	制造厂商图纸 No. —— 或图纸
2~8 in	ANSI150 lb 铸钢凸面法兰连接,常规阀孔,手 柄或手轮操作,耳轴安装	No. —— (450°F) 等
≥10 in	ANSI150 lb 铸钢凸面法兰连接,常规阀孔,齿 轮操作,耳轴安装	等
闸阀		
≤1/2 in	2000 lbCWP 螺纹连接、螺栓固定阀帽、AISI 316 不锈钢	等
3/4 in~1½ in	2000 lbCWP 螺纹连接,螺栓固定阀帽、锻钢	等
2~12 in	ANSI 150 lb 铸钢凸面法兰连接,标准阀芯,手 轮或杆操纵	等
截止阀		
≤1½ in(烃)	2000 lbCWP,铸钢,螺纹连接	等
≤1½ in(乙二醇)	2000 lbCWP,铸钢,插焊	等
≥2 in	ANSI 150 lb 铸钢凸面法兰连接,手轮操作	等
止回阀		
≤1½ in	ANSI 600 lb 铸钢,螺纹连接,螺栓固定阀帽 <sup>(4)</sup> 标准阀芯	等
≥2 in	ANSI 150 lb 铸钢凸面法兰连接,螺栓固定阀 帽 <sup>(4)</sup> ,回转止回阀,标准阀芯	等
往复式压缩机排放	ANSI 300 lb 铸钢凸面法兰连接,活塞止回阀 螺栓固定阀帽 <sup>(4)</sup>	等

表 A(续)

规格范围	一般规范	平台作业
润滑型旋塞阀 1½~6 in	ANSI 150 lb 铸钢,凸面法兰连接,螺栓固定 阀帽(见 3.2.c 节)	等
非润滑型旋塞阀 1½~6 in	ANSI 150 lb 铸钢,凸面法兰连接,螺栓固定 阀帽(见 3.2.c 节)	等
压缩机支管 针形阀 1/4 in~1/2 in	使用球阀 6000 lbCWP,异型棒材、螺纹连接 AISI 316 不锈钢	等
管件 <sup>(5)</sup> 弯头和三通 ≤3/4 in 1~1½ in ≥2 in	6000 lb,锻钢,螺纹连接 3000 lb,锻钢,螺纹连接 对焊,无缝,壁厚与管壁一致	ASTM A105 ASTM A105 ASTM A234 WPB 级
活接头 ≤3/4 in 1~1½ in ≥2 in	6000 lb,锻钢,螺纹连接,磨合面连接 钢对钢密封 3000 lb 锻钢,螺纹连接,磨合面连接 钢对钢密封 使用法兰	ASTM A105 ASTM A105 ASTM A105
管箍 ≤1 in 1½ in	6000 lb 锻钢,螺纹连接 3000 lb 锻钢,螺纹连接	ASTM A105 ASTM A105
塞管 ≤1½ in ≥2	硬质异型棒材,锻钢 X—高强度无缝钢,焊接管帽	ASTM A105 ASTM A234 WPB 级
螺纹大小头 ≤3/4 in 1~1½ in	Sch 160 无缝管 sch 80 无缝管	ASTM A105 ASTM A105
法兰 <sup>(5)</sup> ≤1½ in ≥2 in	ANSI150 lb 锻钢凸面螺纹连接 ANSI150 lb 锻钢凸面长颈,孔径与管径一致	ASTM A105 ASTM A105
螺栓 双头螺栓 螺母 垫片	2 级配合,全螺纹 2 级配合,重型,六角,半精加工 绕线石棉	ASTM A193 B7 级 ASTM A194 ZH 级 绕线制造厂图纸 类型 或图纸号 No. W/AISI 04 不锈 钢绕线 制造厂图纸号
螺纹润滑油	符合 API 5A2 公报	

注(1) 对乙二醇作业,所有阀门和管件须法兰连接或插焊。

(2) 如果无法提供 ASTM A106B 级无缝管,API 5L B 级无缝管可以代替。

(3) 双头螺栓和螺母应按 ASTM A153 热浸镀锌。

(4) 由于规格或额定压力值的缘故,当适用于-28.9~15.6℃(-20 F~60 F)作业温度时,管件和法兰不需正火。  
为标明正火,管件和法兰口应标出 HT,N,\* 或其它的标识。

(5) 原文缺内容(译者注)。

## 附录 D 公式索引

公式	描述	页次
2.1	液体管道中流速	(10)
2.2	液体管道中压降	(10)
2.3	雷诺数	(15)
2.4	有效静正吸入压头(NPSH <sub>a</sub> )	(15)
2.5	加速度头	(15)
2.6	管道中气体流速	(17)
2.7	低压管道中压降(Spitzglass 方程)	(17)
2.8	冲蚀速度	(18)
2.9	气液混合物密度	(20)
2.10	抑制流体冲蚀所需的最小管道横截面积	(20)
2.11	两相流管道中压降	(20)
2.12	两相流管道中气液比(重量流率)	(20)
2.13	最小管道壁厚	(22)
2.14	两个固定点系统应力分析准则	(25)
2.15	管道的热膨胀	(25)
3.1	液体作业中通过一个阀的压降	(28)
3.2	气体作业中通过一个阀的压降	(28)

## 附录 E 插图索引

图号	标题	页次
1.1	标明法兰和阀门压力等级变化的工艺系统	(7)
2.1	液体管道中的流速	(12)
2.2	液体管道中的压降	(13)
2.3	摩擦系数图表(改进的 Moody 图)	(14)
2.4	单相气流管道中的压降	(19)
2.5	冲蚀速率图	(21)
5.1A	未额定井口压力的出油管道及管汇的管子及附件示意图	(33)
5.1B	额定井口压力的出油管道及管汇的管子及附件示意图	(34)
5.2	三相处理设备及其附件示意图	(36)
B1.1	不同壁厚对焊焊接设计	(53)

## 附录 F 表格索引

表号	标题和(或)描述	页次
1.1	钢失重腐蚀的定性准则	(8)
2.1	典型冲击系数	(10)
2.2	阀门和管件全开时的当量长度(英尺)	(11)
2.3	典型流动速率(适用于往复泵及真空泵管道)	(17)
2.4	单相气体处理管道的压降	(17)

2.5 最大许用工作压力——平台管道.....	(23)
(不同规格及壁厚的 ASTM A106 B 级无缝管)	
4.1 支管连接规格——焊接管道.....	(30)
6.1 隔热层厚度(热).....	(41)
6.2 隔热层厚度(冷).....	(41)
6.3 人身保护隔热(适用的热表面温度范围).....	(41)
7.1 X 射线检验的最低限度(碳钢材料).....	(43)

---

**附加说明:**

本标准由中国海洋石油总公司海洋石油工程专业标准化技术委员会提出。

本标准由海洋石油工程专业标准化技术委员会秘书处负责组织编译。

本标准由海洋石油工程专业标准化技术委员会负责解释。



RECOMMENDED PRACTICE FOR  
DESIGN AND INSTALLATION OF  
OFFSHORE PRODUCTION PLATFORM  
PIPING SYSTEMS

API RP 14E

Fourth Edition April 15, 1984

American Petroleum Institute

1220 L Street, Northwest

Washington, DC 20005

海上生产平台管道系统的  
设计和安装的推荐作法

SY/T 4809-92

\*

中国石油工业标准化技术委员会  
海洋石油工程专业标准化技术委员会出版  
(天津塘沽五三六信箱, 邮编 300452)  
渤海石油新闻中心印刷厂排版印刷

\*

880mm×1230mm 16 开本(210mm×297mm)

4 印张 127 千字 印数 1—1500 册

1992 年 10 月天津第 1 版 1992 年 10 月天津第 1 次印刷

书号: JX92TG00270 定价: 15 元

版权专有 不得翻印