

浅谈海上采油平台工艺管路设计的常见问题

施美蓉

天津博迈科海洋工程有限公司 中国 天津 300452

【摘要】：海上采油平台的工艺管路设计重在细节，因为目前世界通行的是美国指定的标准，但是国内产品的工艺和规格标准等等都是按照中国国家标准来设计和执行的。这就会给采油平台工艺管路设计带来很多问题。在管路设计的过程中要把握要点注意避免常见的问题。

【关键词】：海上采油平台；管路设计

1 管道材料（材质）

油气混合物中的水、盐水、二氧化碳、硫化氢、氧等可能对系统中使用的金属产生腐蚀，腐蚀的方式有：金属均匀的损失、起麻点、腐蚀、锈蚀等。减轻腐蚀的措施有：

化学处理（添加防腐蚀剂）；

采用抗腐蚀合金材料；

内保护涂层；

根据海上作业经验，管路选材的常用指南。

1.1 油气管路

无腐蚀性烃类作业。常温或高温下，两种最常用的钢材型号是 ASTM A106 B 级（低、中碳钢，相当于国内材料 20 #GB8163）和 API 5L B 级（高强度合金钢）无缝管。如果作业温度低于-29℃，可选用低碳钢 ASTM A333 6 级。

腐蚀性烃类作业。使用耐腐蚀材料如不锈钢，常使用 A316、A312(铬镍钼不锈钢)或使用内壁涂有防腐层的碳钢管。

1.2 生产水管

ASTM A106 B 级无缝管通常用作生产水管线，如果介质具有严重的腐蚀性，可采用镍铬高合金材料。

1.3 海水管路

输送海水作业可采用铜镍合金、非金属材料或内表面保护涂层的碳钢材料。

1.4 公用系统管路

热介质和柴油可使用同无腐蚀性烃类作业所用的材料。

空气和饮用水可采用 ASMT A53 镀锌管材（相当于 DIN1629M St45）。

化学注入剂一般具有腐蚀性能，常用 ASMT A312 TP316

镍铬合金管（相当于国内 GB2270 0Cr18Ni12）。

2 设计温度和设计压力的选择

关于国际通用标准 ANSI B31.1 石油炼厂配管中，阀门-法兰压力、温度等级有 150, 300, 400, 600, 900, 1500, 2500lb 六级。选用阀门、法兰时，除了注意使用压力外，还要注意使用温度，如相同压力等级的法兰，提高其使用温度会降低使用压力，即平时我们说的升温降压使用。

碳钢材料的阀门、法兰各压力温度级别的最大允许操作压力值见表 1：

表 1

温度		最大允许工作压力 105Pa					
°F	°C	150lb	300lb	600lb	900lb	1500lb	2500lb
-20~100	-29~3.78	19.0	49.6	99.3	148.9	248.2	413.7
150	65.6	17.5	49.0	97.9	146.8	244.8	407.8
200	93.3	16.6	48.3	96.0	144.8	241.3	402.0
250	121.1	15.5	47.6	95.2	142.7	237.9	396.5
300	148.9	14.5	47.0	94.1	141.3	235.5	392.3
350	176.7	13.4	46.6	93.1	139.6	232.7	388.5
400	204.4	12.4	45.9	91.7	137.9	229.6	382.7
450	232.2	11.4	44.8	90.0	134.8	224.4	374.4
500	260.0	10.3	43.1	86.2	129.3	215.5	359.2
550	287.8	9.7	40.7	81.4	122.4	203.7	339.6
600	315.6	9.0	38.3	76.5	114.5	191.0	318.5
650	343.3	8.3	35.6	71.0	106.9	177.9	296.5

700	371.1	7.6	32.4	64.8	91.2	162.0	270.3
750	398.9	6.9	29.3	58.6	81.9	146.5	244.8
800	426.7	6.3	25.8	50.3	75.8	126.2	210.3
850	454.4	5.6	20.7	41.4	62.0	103.4	172.4

平台管路的设计压力通常按下述原则考虑:

设计压力为操作压力的 1.1 倍或操作压力加上 350kPa, 取其中较大者。但最高设计压力不能大于可能出现的最高操作压力以上 700kPa。

连接常压设计设备的管道最低设计压力不能低于 150lb 的压力-温度级别。

井口出油管线和管汇的设计压力应等于或大于油气井的关井压力, 如果低于油气井的关井压力, 应有紧急切断和流体源切断, 并装有压力安全阀加以保护。

平台工艺管路可按系统设计压力分段确定其压力温度级别, 每段系统压力 (包括容器、阀门、法兰、管子或附件) 都应该有相应的超压切断原料源和压力安全释放措施加以保护。

平台的设计温度通常按下述原则考虑:

当输送介质温度高于环境温度时, 最高设计温度至少要高于可能出现的最高设计温度以上 30℃。

当输送介质温度低于环境温度时, 最低设计温度至少要低于可能出现的最低设计温度 7℃。

3 管道壁厚

某一特定的管壁厚基本上是内部操作压力和温度的函数, 制造 ASTM A106 和 API 5L 无缝管所遵照的标准, 允许壁厚有低于标称壁厚 12.5% 的变化。对于碳素钢管, 要求腐蚀/机械强度余量最小是 0.05in (0.127mm), 如果能够预测腐蚀速率, 应该使用一个计算的腐蚀余量, 例如在东方气田的管道壁厚的计算中, 管道腐蚀余量取了 4.5mm, 管子使用寿命 30 年。

下面是管道壁厚的计算公式和方法:

$$t_m = [PD \div 2(SE + PY)] + C$$

式中: t_m ——计算的理论最小壁厚, mm; D——管子外径, mm; E——纵向焊缝系数 (见 ANSI B 31.3), 用于无缝管, E=1.00; 用于电阻焊接管, E=0.85; Y——温度系数, 用于 482℃ 以下的铁基材料, Y=0.4; S——遵循 ANSI B 31.3 的

许用应力, 105Pa, (见表 2); C——腐蚀余量, mm。

表 2 用于 ASTM A106B 级无缝钢管的许用应力

金属温度℃	许用应力 S 105Pa
-29~204	1379
205~260	1303
261~315	1192
316~433	1179
注: 其他管子材料的许用应力见 ANSI B31.3	

考虑到制造公差调整厚的管子壁厚 t 为

$$t = \frac{t_m}{100\% - 12.5\%}$$

再根据 t, 查阅有关管子手册并向上圆整到规格的管子壁厚。(注: 其压力单位采用 kPa)

4 管道应力 (关于海洋平台上管道的热力管道的说明)

在海洋平台上的管道, 只有热介质管道和发电动力机的管道需要做应力分析, 其他管道的操作温度均在 100℃ 以下, 而且管路的拐弯和方向变化很多, 已经能够自然补偿。因此, 一般情况下是不考虑管子热膨胀伸长造成管路内应力超过管子强度的问题。

5 管内流速的选择及管道管径的计算

5.1 概述

管径的计算在很多资料中都有叙述, 一般过程是这样的: 首先根据工艺条件明确: 管内介质和流量, 选择合适的介质流速, 然后就可以计算管径了。管径计算公式很简单, 其核心问题是正确选择管内流速以及压降的计算, 还有管径选择的经济性分析。这里只介绍管径的计算和流速的选择, 对于管道摩阻省略。计算管径的目的是能够根据项目的不同需求选择合理的管径。

5.2 管道管径的计算

$$d = \sqrt{\frac{4Q}{\pi V}}$$

计算公式:

其中: d——管子内径, m; Q——流量, m³/s; V——流速, m/s;

根据上述公式, 只要确定其中的两个参数, 就能推导出

第三个变量。

5.3 管内流速的选择

流速的选择要考虑管材质、流体性质、系统使用寿命、使用频率。对于海洋平台上的管路流速，管子流速一般在 1~5m/s 之间，如果流速小于 1m/s，液体中的砂或其他固体可能沉积下来。若大于 5m/s，会对一些部位如控制阀、管件等产生喷射冲刷。在此流速范围内，一般摩阻很小。

下面分为液、气、油气混输三种情况介绍：

(1) 液体

①对于铜镍合金管推荐流速

≤2" 1.6m/s

4" <2.2m/s

6" <2.5m/s

≥8" <3.0m/s

②碳钢管内液体推荐流速和压降

液体	流速 m/s			压降
	<2"	3"~10"	10"~20"	
烃类（正常粘度）				105Pa/100m
泵进口（重力流）	0.45~0.76	0.6~1.2	0.9~1.8	0.07~0.2
泵出口（压力流）	1.2~2.1	1.5~3.0	2.4~4.6	0.2~0.9(max)
排放管	0.9~1.2	0.9~1.5		
水				
泵进口	0.3~0.9	0.6~1.2	0.9~1.8	
泵出口	1.2~2.7	1.5~3.6	2.4~4.2	<0.45
排放管	0.9~1.2	0.9~1.5		

(2) 气体

由于气体的摩阻较为固定，一般只与密度呈负相关，气体流速的计算较为简单。

海上平台的气体管道品种较少，此处只列出需考虑的范围：

根据气体的密度变化，当密度从 0 至 10kg/m³ 变化时，流速为 28 至 13m/s。

(3) 油气混输

油气两相流在管内的流动特点不同于单相流，其情况较为复杂。具有流体流态不稳定、流型变化多、管路中常有气液滑脱和积液现象等特点。

一般油气混输管路管内流速介于最小流速和冲蚀流速之间。

①最小流速

如果可能，气液两相流管路中的最小流速应该是大约 3m/s，这样可以减少分离设备中的段塞流，这样对于有标高变化的长管路尤其重要。

②冲蚀流速

当超过冲蚀速度时，由于流体对管壁的撞击而产生冲蚀，其结果是对弯头和三通等会造成损害。由于流体中含砂等固体，是冲蚀问题变得更加复杂。

为了减少流体的冲蚀作用，就要限定流体在管内的流速，依照 APIRP14E 标准，用下面经验公式可计算气液两相流的冲蚀流速：

$$V_c = C(\rho_m)^{-0.5}$$

其中：V_c——冲蚀流速，m/s；

C——经验常数，152（用于间断作业）；122（由于连续作业）；

ρ_m——在操作情况下气液混合物密度，kg/m³；

（注意：如果流体中有固体（砂），则流速应该相应减少。）

参考文献：

- [1] 卢敏时.海洋石油平台管道布置设计与研究[J].中国石油和化工标准与质量,2018,38(22):90-91.
- [2] 尹海波.海洋石油 944 自升式钻井平台大桩靴管路布置方案[J].中国海洋平台,2016,31(06):23-26+56.
- [3] 沈龙泽,刘衍聪,王文超,任红伟.海洋石油平台自动化管路布局优化算法设计[J].石油机械,2014,42(02):34-39.