

海底管线的分段设计法

邵怀海, 刘锦昆, 郭海涛

(胜利油田设计咨询有限责任公司, 东营 257026)

摘要 提出了一个适用长距离海底管线设计的方法——分段设计法, 并通过实例做了对比分析。

关键词 海底管线; 优化设计; 分段设计法

中图分类号: P756

文献标识码: B

1 背景及问题提出

在海洋石油工业中单向输送管线是很常见的, 例如卫星平台向中心平台输送原油的海底管线、中心平台向陆地终端输油的海底管线等。类似的单向海底输油管线在设计中往往使用简化方法来进行设计, 这种设计方法是假定海底管线在整个长度范围内的各项环境参数是恒定不变的, 从而使设计变得简单。该设计方法在管线较短的工程中有显而易见的优点: 设计周期短(一般不超过一个月)、耗费工时少。然而, 随着油田外部市场的不断开拓, 将会有越来越多的长距离输油、输气管线需要设计。为此, 在短距离管线设计中所采用的简化设计方法已不能满足实际工程设计的需要。在这种情况下, 本文提出一种分段设计方法。

2 分段设计法原理

众所周知, 任何密闭管路内流体的流动都会有压力损失, 距离越远压力损失越大。管线全长范围内的压力分布总是入口压力最高、出口压力最低。简化设计方法是在设计过程中仅采用了入口压力, 并默认为全管段设计压力均相同。而分段设计法就是将管线分成若干段来设计, 每段的设计压力均取该段的入口压力。

3 两种设计方法的对比

项目基本资料(不计土壤、水深、波浪、海流等不可控自然因素)如下:

管径 762mm	钢管材质: API 5L X56 级无缝钢管	
入口压力 6.25 MPa	出口压力 1.25 MPa	设计温度 40℃
管线总长 35km	腐蚀余量 3mm	制造误差: $\pm 10\%$

3.1 简化设计方法估算材料用量

X56 级无缝钢管屈服强度 386MPa, 根据下式估算初选钢管壁厚。

$$t_{\min} = \frac{P \times D}{0.5 \times 2 \times \sigma_s} + t_c + t_r = \frac{6.25 \times 762}{0.5 \times 2 \times 386} + 3 + 0.1 \times t_{\min} \Rightarrow t_{\min} = 17.04 \text{mm}$$

式中: t_{\min} 为钢管估算壁厚(mm); P 为设计压力(MPa); D 为钢管外径(mm); σ_s 为钢管屈服强度; t_c 为腐蚀余量(mm); t_r 为钢管制造误差(mm), $t_r = 10\% \times t_{\min}$ 。

钢管壁厚初选为 $t = 17.5 \text{mm} \geq t_{\min} = 17.04 \text{mm}$

钢材总用量 = $\pi \times (0.762 - 0.0175) \times 0.0175 \times 35000 \times 7.85 = 11245.80 \text{t}$ 。

3.2 分段设计法估算材料用量

收稿日期 2006-08-15

作者简介 邵怀海(1975-)男, 主要从事海底管线及海洋平台设计工作。

考虑管线均分为两段 ,则各段的入口压力为 : $P_1 = 6.25\text{MPa}$ $P_2 = \frac{6.25 - 1.25}{2} + 1.25 = 3.75\text{MPa}$ 。

根据壁厚估算式得第二段的最小壁厚 $t_{\min} = 11.56\text{mm}$,取初选壁厚为 $t = 11.9\text{mm} \geq t_{\min} = 11.56\text{mm}$ 。那末 ,第一段管线钢材用量 $= 11245.80/2 = 5622.90\text{t}$,第二段管线钢材用量 $= \pi \times (0.762 - 0.0119) \times 0.0119 \times 17500 \times 7.85 = 3852.33\text{t}$ 。 合计总用量 9475.23t 。

如果考虑管线均分为三段时 ,可得出各段的入口压力、初选壁厚、钢材用量见表。

表 管线均分为三段的计算结果汇总表

	第一段	第二段	第三段	合计用钢量
入口压力(MPa)	6.25	4.58	2.91	
初选壁厚(mm)	17.5	15.9	10.3	
钢材用量(t)	3748.60	3413.19	2227.66	9389.45

3.3 结果分析

从上例计算结果可知 ,分段设计法能节省钢材的用量 ,且分段越多 ,越能节省钢材 ,以本文实例来看 ,分段设计法至少比简化设计法节省钢管用量 1770t ,直接提高了工程项目的经济性。

4 讨论

虽然分段设计法能够降低钢材用量、提高工程经济性 ,但在施工中增加了一些难度。(1)在用铺管船施工过程中 ,海底管线位于铺管船和海床之间这一段如果正好是变壁厚段 ,则管线易发生局部屈曲 ,应视情况决定是否采取绑扎浮筒等辅助措施。(2)海底管线试压的问题。试压时由于管内液体不流动 ,所以整根管线的内部压力均相等。采用了分段设计 ,各管段耐压等级不同 ,这就决定了施工时应先施工厚壁管段 ,施工完成一段 ,即对该管段进行一次整体试压。通过以上分析可知 ,分段设计法能够大量节省管线钢材用量 ,虽然在一定程度上增加了施工的难度 ,但可采用相应的施工工艺予以解决。具体工程中 ,设计人员应作详细的比较 ,以决定分成几段来设计才能使工程设计达到最优。以往的简化设计法在长距离输送管线设计中是不可取的。

参考文献

[1] 中国船级社. 海底管道系统规范 [S]. 北京 :人民交通出版社 ,1992.
[2] 马良. 海底油气管道工程 [M]. 海洋出版社 ,1987 年.
[3] 孙训方 ,方孝淑 ,关孝泰等. 材料力学(上册) [M]. 高等教育出版社. 1994.

INTRODUCTION OF SUBSECTION DESIGN METHOD OF THE
SUBMARINE PIPELINE

SHAO Huaihai ,LIU Jinkun ,GUO Haitao
(Shengli oil Field Limited Compang Dongying 257026 China)

Abstract : During the design of the submarine pipeline , many engineers take advantage of a simple design method. The author finds that there is another method called " subsection design method" , with this method the cost of the projects can be reduced evidently.

Key words : Submarine pipeline , Subsection design method