

石油化工管道防冻保温设计方法

程艳林 付艳波 (洛阳瑞泽石化工程有限公司, 河南 洛阳 471000)

刘云峰 (中国汽车工业工程有限公司, 天津 300110)

摘要: 管道的防冻保温工作相对困难, 为了避免因管道防冻保温问题影响正常生产或者造成严重的管道损坏问题进而对生命财产造成影响, 重点研究了石油化工企业管道防冻保温方法。在计算管道管内容量的基础上, 分析石油化工管道保温层常规确定方法中存在的不足, 然后从管道外表面温度模拟和内部介质机理法两方面确定管道最佳保温层厚度, 实现管道防冻保温的目的。实例分析结果表明: 设计的防冻保温方法获取的导热率更高, 表明其防冻保温的效果相对更好, 具有一定的实际应用价值。

关键词: 管道防护; 保温防冻; 防冻方法设计; 保温层厚度

0 引言

石油化工管道因其危险性, 他的设计通常会受到很多因素的影响, 其中介质本身温度和环境温度都对其有重大影响。部分石油化工企业的位置较为特殊, 如西北、东北地区冬季温度十分低, 对于正常运行管道和管道盲肠区会造成恶劣影响, 影响管道运行温度或者开停工切换, 因此在管道设计中, 防冻和保温设计是必不可少的。

目前传统管道防冻保温方法相对较为单一、落后, 并且主要以物理方法为主, 保温效果十分有限^[1]。在此背景下, 需要设计一种更为灵活的防冻保温设计方法, 在保证石油化工原料稳定运输的同时, 通过科学的方式对管道实施防冻和保温设计。设计的方法不局限于物理形式, 在合理的范围之内, 也可以适当地添加化学手段来达到目的^[2]。但是需要注意的是, 由于石油化工管道具有一定的连通性, 且范围覆盖较广, 因此, 在管道防冻保温设计的过程中, 还需要考虑实施和成本的问题, 在合理的范围之内, 最大程度地实现设计。

1 管道防冻保温设计方法

1.1 管道管内容量计算

在管道防冻保温方法设计之前, 需要先依据实际的情况, 估算管道的容量。一般情况下, 管内流动与换热过程在一定程度上都受到管道内部的容量影响, 因此需要先获取管道长度、管径距离、管道实测的大小以及延伸距离等相关数据, 并以实际的双向延伸距离为基础, 估算管道实际的半径。将此估值作为管道容量固定估算的依据, 分析管内容量, 如下公式 1 所示:

$$K = \mathfrak{R} + \frac{h-1}{2} \quad (1)$$

公式 1 中: K 表示管道容量的估算, $\mathfrak{R}$ 表示选区面积, h 表示极限距离。通过以上计算, 最终可以得出管道容量的估算, 完成石油化工管道管内容量分析。

1.2 最佳保温层厚度的确定

1.2.1 石油化工管道保温层常规确定方法

在实际石油化工管道防冻保温过程中, 保温层厚度

遵循节能与减少保温建设费的原则, 通常传统用表面温度法或经济厚度法两种方法进行确定, 相关管道及设备保温层最佳厚度的确定, 可参照 GB/T4272-1992《设备及管道保温技术通则》等国家标准要求。

但是在寒冷地区, 在石油化工管道防冻保温过程中, 需要考虑外界环境, 如风力大小及方向, 温度等对管道外表面的局部换热系数、局部散热损失以及局部温度等方面的影响, 以及管道内部流体介质对局部换热系数的影响两个方面问题。因此需要在常规最佳保温层厚度确定方法基础上, 设计新的最佳保温层厚度确定方法。

1.2.2 最佳保温层厚度确定方法设计

根据上述分析内容, 从管道外表面温度模拟和内部介质机理法确定管道最佳保温层厚度。

1.2.2.1 外表面温度模拟

在外表面温度模拟过程中, 将管道划分为若干能量单元, 如设置管道外直径 400mm; 保温层厚度 100mm; 保温材料导热系数 $0.04\text{W}/(\text{m} \cdot \text{C})$; 管内流体温度 298C ; 环境大气温度 -15C 时, 对上述状况的管道外表面温度进行了模拟计算, 如公式 2 所示:

$$t = t_0 + (t_1 - t_0)^{-\alpha x} \quad (2)$$

公式 2 中: t_0 表示初始温度, t_1 表示管道外表面温度, α 表示管内流体与管道内壁之间的对流传热系数, x 表示外界环境干扰因素量化值。由公式 2 的计算结果可知, 管道的底部散热损失最大, 顶部散热损失最小。在规定的保温材料体积下, 为了减少管道内的热量损失, 应按局部散热损失的分布, 在局部散热损失大的地方, 应增加保温厚度, 在局部散热损失小的地方, 减小保温厚度。保温厚度的选择取决于保温层外表面换热系数分布。

1.2.2.2 内部介质机理法

以上述管道设置为基础, 在分析管道管内容量后, 计算管道保温层厚度。首先, 需要将管道设定为一个圆形的待处理对象, 按圆筒的计算方式获取其半径数值, 如公式 3 所示:

$$H = \gamma - 1 + 3D \quad (3)$$

公式 3 中: H 表示圆筒的计算方式获取其半径数值,

γ 表示延迟距离, D 表示恒等平衡均值。通过以上计算, 最终可以得出实际半径数值, 随后, 在此基础上, 对相应的厚度恒等标准进行设定, 如表 1 所示:

表 1 管道厚度恒等标准设定

恒等标准	侧方厚度	中直厚度
$e=25$	12.34	25.34
$e=30$	10.374	53.24
$e=35$	9.24	22.37
$e=40$	21.37	45.68
$e=50$	15.67	20.998

根据表 1 中的恒等厚度标准的设定, 获取到对应的厚度处理数据, 以此为基础, 进行管道保温层厚度的计算, 具体如公式 4 所示:

$$T = \frac{d - \omega}{3} + i \quad (4)$$

公式 4 中: T 表示管道保温层厚度, d 表示绝热层标准厚度, ω 表示中直系数, i 表示存在的误差。通过以上计算, 最终可以得出实际的管道保温层厚度, 为管道保温的设计奠定基础^[3]。

在完成管道保温层厚度计算后, 利用介质机理法确定最佳保温层厚度。介质机理主要指的是石油化工原料在管道传输流动时, 外界的环境因素或者温度因素对介质温度所造成的影响。在此过程中, 可能会产生散热损失, 这在一定程度上也增加了防冻保温设计的成本^[4]。

综合所述, 管道某处保温层外表面的温度较高, 并不能说明该处的局部散热损失就大, 这还要取决于该处的散热系数。当管道不能仅靠增加保温层厚度来保证管道内部流体不冻结或者厚度过大实际工程难以实现时, 应采取伴热保温措施。对于平时管道内部流体不流动的情况, 虽然管道所需保温层厚度很小, 但是由于其管道内部流体的不流动性, 使得管道内部流体通过保温层向环境所传递的热量不能得到补充, 因此也必须采用热量补偿的措施或者盲肠区排空管道等方法来保证管道不冻结, 以最终实现石油化工管道防冻保温设计。

2 实例分析

2.1 管道概况

本文以西北地区为例, 对设计的防冻保温设计方法进行验证。由于西北地区冬季气温普遍较低, 冬季气候寒冷, 极端最低气温在 -30°C 左右; 最低气温月平均值也在低于 -10°C 。综合上述分析, 本次以山东亚特钢铁有限公司的水管道为例进行测试。选取某 500m 管道, 确保外部的测试温度处于正常的范围之内, 并且外部因素不具备影响最终结果。介质的温度为 12.3° , 介质的密度为 45.26kg/m^3 , 冻结温度为 0° , 依据以上数值, 计算对应的管道比热容, 如公式 5 所示:

$$M = \Re + \frac{R}{7} - 1 \quad (5)$$

公式 5 中: M 表示管道比热容, $\Re$ 表示附加系数, R 表示介质的密度。通过以上计算, 最终可以得出实际的管道比热容。

2.2 结果分析

根据上述测试环境完成实例分析, 具体步骤如图 1:

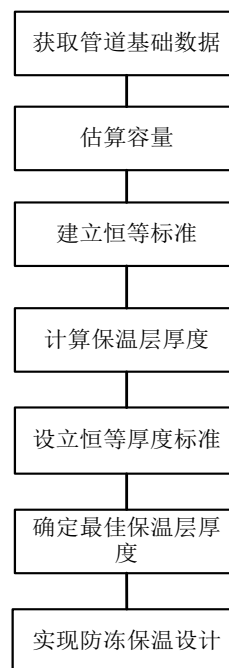


图 1 管道防冻保温设计测试步骤

根据图 1 步骤, 得出传统的蒸汽防冻保温法和本文所设计方法的分析结果, 如表 2 所示:

表 2 测试结果对比分析表

测试项目	传统的蒸汽防冻保温组	介质防冻保温组
绝热层厚度	12.38	13.67
外径	1.58	1.64
介质密度	32.22	30.19
导热率	0.092	0.068

由表 2 可知: 传统的蒸汽防冻保温法虽然在一定程度上可以保温, 但是在 $-15^{\circ} \sim 20^{\circ}$ 环境中, 本文方法对比于传统的蒸汽防冻保温法, 介质防冻保温组最终得出的导热率相对较低, 低热导性能更好, 表明其防冻保温的效果相对较好, 具有一定的实际应用价值。

3 结束语

防冻保温设计是石油化工管道运输的重要组成部分, 在高寒地区更是保障管道系统安全、实现高效传输的重要措施。本文所设计的方法对比于传统的防冻保温模式具有更强的灵活应变性, 并且方法得到了简化, 更加适合恶劣天气, 这对于我国管道的防冻保温技术也是一种进步, 同时, 也为石油化工输送工程在严寒地区的建设和生产提供强有力的后援支持。

参考文献:

- [1] 马军卫. 低温环境供水管道防冻解决方案 [J]. 设备管理与维修, 2021(05):142-144.
- [2] 李滨红, 赵天宇. 严寒地区建筑屋面排水设计及防冻研究实践 [J]. 建材与装饰, 2019(36):109-110.
- [3] 时骋, 霍磊. 寒冷地区化工项目管道防冻设计 [J]. 化工设计, 2019, 29(03):22-25+1.
- [4] 秦楠, 王玉. 工艺管道防冻及保温设计分析 [J]. 云南化工, 2019, 46(07):127-129.