

* 挖潜改进 *

低温管道绝热结构的探讨及 工艺管路改造

沈斌

(蚌埠平板玻璃厂气保车间, 安徽省蚌埠市涂山路, 233054)

摘要 介绍了应用广泛的堆积型绝热结构低温液体管道, 它具有投资小、结构简单、绝热效果明显等特点。并详细介绍了这种绝热结构几项改进措施和理论计算过程, 以及该厂新增液氮贮槽工艺管路的改造。图2表1。

关键词: 低温输液管 多层绝热 绝热层 结构 管路系统 改造

我厂 KDN-720/38.88 型空分设备的液氮输送管绝热工程, 自 1988 年 7 月使用以来, 因其结构不尽合理而造成绝热层受潮, 大量的液氮在输送途中汽化, 影响了分馏塔内液氮的正常排放(笔者在《深冷技术》1990 年第 4 期曾作介绍)。1989 年, 因生产需要, 厂里又增设一套 10 m³ 的液氮贮槽, 使总的液氮输送管延长了近 40m。这样, 液氮管路绝热层受潮对绝热效果的影响就显得尤为突出。为此, 我们先后采用岩棉毡、玻璃纤维等材料, 对液氮管道的绝热问题进行处理, 但效果均不佳。

一、各种低温管道绝热结构的分析比较

众所周知, 由于液氮沸点低、汽化潜热小, 获得此液体的功耗大、成本高。因此, 良好的绝热技术已成为当今进行有效输送和贮存低温液体的关键技术。目前, 低温绝热结构通常有四种形式, 见下表。

从下表可以看出, 虽然高真空多层绝热比堆积绝热的有效平均导热系数大 1~2 个数量级。但是, 高真空多层绝热结构的成本高, 施工复杂, 制作周期长。笔者认为, 堆

表 绝热形式与有效平均导热系数

绝热形式	有效平均导热系数* (kJ/m·h·℃)
堆积绝热	0.147~0.0167
高真空绝热	$0.0419 \sim 2.93 \times 10^{-3}$
真空粉末绝热	$0.0167 \sim 5.44 \times 10^{-4}$
高真空多层绝热	$6.28 \times 10^{-4} \sim 6.28 \times 10^{-5}$

*指在常压下, 温度 77~330K 时的平均值。

积型绝热结构, 只要结构合理, 就能完全满足液氮输送管的绝热要求, 且造价低, 安装方便。然而, 从本人近年来所了解的情况来看, 堆积型绝热结构中, 绝热层均有不同程度的受潮和“结霜”现象。

二、传统堆积型绝热结构的两种主要形式

1. 用成形材料做绝热层, 塑料薄膜做防潮层

采用成形材料, 如聚氨基甲酸乙酯泡沫塑料、岩棉、玻璃棉的管壳, 或棉毡做隔热层, 用塑料薄膜或玻璃布做防潮层。该绝热结构的缺点是每一块保温材料的接合处空隙率过大, 在空隙中空气易产生对流, 而空气

对流时却又传递着大量的热量。

2. 用散料做绝热层,薄钢板做防潮层壳体

采用散料,如膨胀珍珠岩或碳酸镁做绝热材料,外用薄钢板做防潮层壳体。该绝热结构的缺点是膨胀珍珠岩的吸水率高,随着绝热层内部温度的下降,在其内逐步形成负压,使外界的湿空气不断地涌入防潮层内,并析出水分。而结露的水分又不断的被膨胀珍珠岩吸收,并积累起来,使其导热系数增大,绝热效果就大大恶化,最终导致绝热层失效。

即使防潮层制做得十分致密(实际上很难做到),然而随着时间的推移,防潮层内仍将产生很大的负压,以致于将防潮层壳体的薄弱环节处吸瘪或撕裂。

三、低温管道绝热工程的主要任务

1. 采用适当的材料,并以适当的构造形式而组成绝热层。以防止外界热量向管内泄漏,造成液氮汽化,从而产生汽阻,降低液氮的输送效率。

2. 为使绝热层长期保持效能,应选择导热系数较小的保温材料,以达到在绝热层法线方向上产生较大的温度梯度,降低绝热层厚度。另外,还要保证绝热层外表面的温度不低于当地条件下的最高露点温度。再用适宜于防潮的材料构成防潮层,以保证绝热的外表面不至于因结露而使其保温材料受潮。

3. 为阻止外界湿空气进入保温层内,防潮层应尽量保证致密,并在其内要有增压设施,以确保保温层内始终处于正压状况。为防不测,保温层内最好还应设有加温设施,以便保温层受潮后进行烘干处理。

四、改进后的堆积型绝热结构及有关数据

通过上述分析,我们在1992年4月厂冷修期间,对液氮绝热工程进行了改造,结构如图1所示。

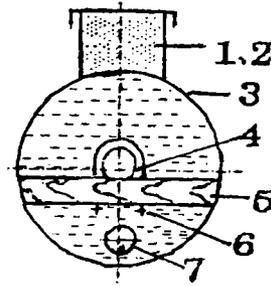


图1 改进的堆积型绝热结构

- 1. 膨胀珍珠岩
- 2. 投料口
- 3. 防潮层
- 4. 液氮管
- 5. 软木支承
- 6. 管箍
- 7. 增压管

1. 绝热层厚度 δ 及绝热层外径 d_b 计算由《制冷工程设计手册》得:

$$d_b \cdot \ln \frac{d_b}{d_w} = \frac{2\lambda}{\alpha} \cdot \frac{t_b - t_w}{t_z - t_b} \quad (1)$$

其中 λ ——绝热材料的导热系数,取

$$\lambda = 0.126 \text{ kJ/m}\cdot\text{h}\cdot\text{°C}$$

α ——空气对隔热层外表面的放热系数,取 $\alpha = 29.3 \text{ kJ/m}\cdot\text{h}\cdot\text{°C}$

t_w ——介质温度,取 $t_w = -196 \text{ °C}$ (液氮)

t_z ——周围环境温度,取 $t_z = 30 \text{ °C}$ (夏季最热月平均温度)

t_b ——绝热层外表温度,取 $t_b = 27.4 \text{ °C}$ (最高露点温度)

d_b ——绝热层外径, m

d_w ——液氮输送管直径,取 $d_w = 0.025 \text{ (m)}$

将以上数据代入(1)式,并查图表得:

$$\text{绝热层厚度 } \delta = 137 \text{ (mm)}$$

$$\text{即 } d_b = 2\delta + d_w = 299 \text{ (mm)}$$

考虑到施工中,液氮管可能在防潮层壳体的轴心线上有所偏离,故取实际绝热层外径 $d_b \geq 380 \text{ (mm)}$ 。

2. 防潮层

防潮层用大于 2 mm 的热轧板卷制后焊

接而成。为防止防潮层壳体内出现负压，在其内敷设增压管一根。

3. 增压管

增压管用 DN 20 的低压流体输送焊接管制成。该管壁上开有气孔，管内注入分馏塔内排出的干燥废氮气，确保防潮层内始终维持在微正压的状态下，以阻止外界湿空气的渗入。

4. 绝热结构中设置两只截止阀

考虑到万一绝热层受潮，倘若勉强使用，将造成常年冷损量过大。如果要更换绝热材料，势必破坏密封性要求较高的防潮层。因此，在该绝热结构中增设两只截止阀。这样，我们可以通过阀门的切换将干燥的气体加热后，再经增压管输入到防潮层内。此时，只要打开投料口的盖子，即可将受潮的绝热层烘干并重新使用。

5. 液氮管的支承

液氮管的支承采用软木制得，坚决杜绝用金属材料做支承物，以防产生“热桥”效应。

五、液氮贮槽工艺管路的改造

1989年，我厂又增设一套 10 m³ 液氮贮槽，由于其安装位置离制氢装置较近，对防火防爆要求很高，故连接管无法现场焊接，暂时用活节接一个临时管道，将两只贮槽串联起来，见图 2。

鉴于贮槽进液口无阀门控制，造成 I* 贮槽液氮已充满溢出时，II* 贮槽方才开始进液。并且贮槽内蒸发的低温氮气完全通过放空阀排至室外的地坑里，无法回收利用。这次我们顺便对液氮工艺管路系统作了相应的改动(如图 2 虚线所示)。将两只贮槽由串联改为并联，又增添两只冷直阻阀(见图 2 中阀 1、阀 2)。

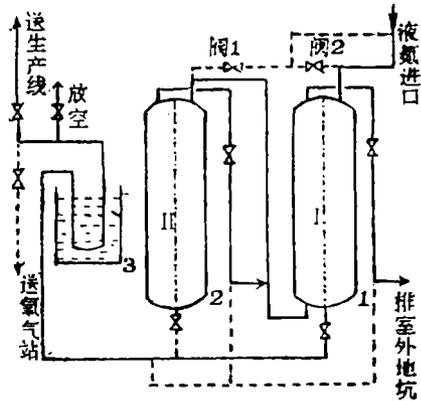


图 2 液氮工艺管路示意图

1、2. 液氮贮槽 3. 水浴式汽化器

注：图中虚线为改进后的管路

六、结论

通过改造，I*、II*液氮贮槽可以互为备用，且操作方便。同时，两只贮槽内蒸发的低温高纯氮气既可通过水浴式汽化器预热后直接送往生产线，又可输送到氧气站灌装充瓶。仅此一项，每年至少可回收高纯氮气 52560 m³，按1985年国内高纯氮气的平均售价计算，可折合人民币为：52560 × 7.15 = 375804.00(元)。

另外，液氮管绝热工程改造后，经使用，绝热效果良好，至今未发现防潮层壳体上有挂霜或“冒汗”现象。

参 考 文 献

- 1 气体分离与液化设备。机械工业出版社。1989。
- 2 制冷工程设计手册。中国建筑工业出版社。1978。

(1992年9月)

※

※

※

※

行业围绕市场转

产品跟着市场变