

大型原油储罐冬季温度控制常见问题分析

任树健（恒力石化（大连）炼化有限公司，辽宁 大连 116318）

摘要：原油的储存温度受环境温度影响十分明显，夏天气温高，储罐温度可以达到30-40℃，冬季气温低，储罐温度则会降到0℃以下。如果在冬季没有良好的储罐加温措施，原油温度将无法满足储存和运输的基本需求。虽然原油储罐都设有储罐加热装置和保温措施，但是在实际运行过程中还是存在温度控制不理想，能源浪费和储罐加热器易损等问题。本文就现行国内大型原油储罐冬季油品温度控制情况进行简单论述，并根据自身对大型原油储罐的建设和投产运行经验，结合生产实际对大型原油储罐冬季维温常见问题做出简单分析。

关键词：原油储罐；粘温特性；加热器

1 储存温度控制的目的

1.1 储存温度控制的必要性

北方冬季环境温度较低，普遍低于-10℃，如果原油储罐没有有效的加热和保温措施，势必会使原油温度过低，其运动粘度增大，大大降低输送效率，增加机泵密封的损耗，严重时则会在储罐和输油管线中形成凝结，直接影响到原油的储存和运输设备装置安全。但是如果原油储存温度过高，则会增加原油中轻组分的蒸发损耗，同时增加供热能源消耗。因此，原油的储存温度范围需要加以控制。而且适当的储存温度还有减少原油重组分沉积，促进原油的油水分离等益处。

1.2 油品温度与粘度的关系

在冬季提高原油储存温度的主要目的是降低其运动粘度，提高泵送效率，尤其是长输管道，基本每个泵站都会设有原油加热装置，在给管输原油加压的同时增加原油温度，以此来提高原油流动性，提高输送效率。

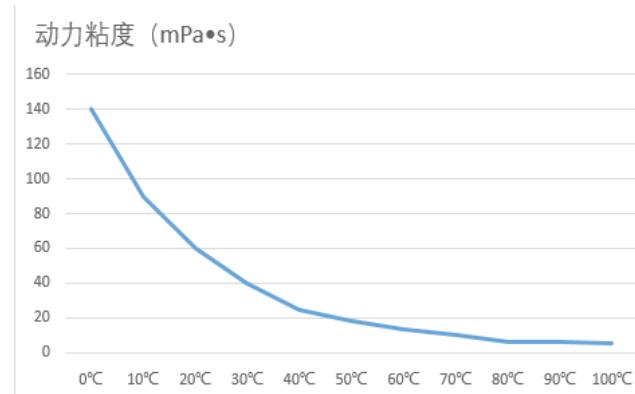


图 1 原油粘度 - 温度曲线

原油储罐向炼化装置泵送原油时，同样需要原油

的运动粘度不宜过高，否则会降低机泵的运行效率，甚至出现原油凝结无法输送的情况。以离心泵为例，随着油品粘度不断增加，离心泵的效率不断减小。当输送粘度较高的原油时，由于自身特性，离心泵已经不再适用，而是常使用螺杆泵等容积泵输送。而此时往往是通过适当提高原油温度的方式来提高离心泵的输送能力。用同一台离心泵在相同工况下（相同温度、流量、扬程和流程，对比电流），分别输送三种粘度不同的原油，记录离心泵运行情况，分别得到离心泵输送三种油品时的电流数据。数据显示，随着原油粘度提高，离心泵所需电流随之增大，即离心泵工作效率随之降低。

表 1 离心泵电流与油品粘度关系表

油品种类	20℃油品运动粘度 (mm ² /s)	离心泵电流 (A)
沙特中质原油	15.1	76.5
巴士拉轻质原油	22.1	78.3
沙特重质原油	35.4	82.8

通过公式可以实现动力粘度与运动粘度的换算：

$$\mu = v \rho$$

μ —动力粘度（单位：MPa·s）； v —运动粘度（单位：mm²/s）； ρ —密度（kg/m³）

1.3 储罐温度范围选定存在的问题及建议

虽然一座大型油库都会储存不同种类的原油，但是为了便于管理和节约能耗，往往会制定一个“统一”的温度标准，原油的储存温度没有得到细化，造成有的油品温度过低，有的油品温度过高，反而引起了储存和输送过程中的效率降低和能源浪费。

首先应根据不同种类原油的自身特性，将原油加温到不同温度，使其即满足输送要求，又能实现经济最优化。再根据现有机泵种类和数量，选择最佳的泵输方案。通过实践与计算得出，将粘度较大的原油加温到 $5\text{--}20\text{ MPa}\cdot\text{s}$ 再使用离心泵输送效果较好。换言之，原油的储存温度当以储罐内原油的粘度-温度特性来决定，即以油品的泵送粘度来决定油品的储存温度。

表 2 中国原油粘度分类标准

分类	分类	粘度 (MPa·s)
常规原油	低粘油	<5
	中粘油	5-20
	高粘油	20-50
稠油	普通稠油	50-10000
	特稠油	10000-50000
	超稠油	> 50000

2 储罐中原油的温度分布

2.1 储罐温度检测试验

以一座十万立方米的静止原油储罐（液位上限 20m）为实验标本，液位为 16.3m，环境温度为 -15.3°C ，储罐加热器投用状态，测量储罐内距罐底不同高度的原油温度，得到原油温度分布数据。

储罐内原油温度纵向分布图

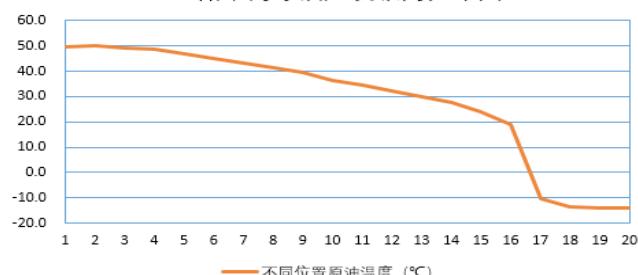


图 2 储罐内原油温度纵向分布图

数据显示，在储罐底部 0-6m，温度最高，加热效果最好，但是从 6m 开始，温度开始有明显下降，15m 之后（与液面距离 1m 左右）温度下降最为明显，也就是说，储罐加热器没有对储罐内上层原油起到理想的效果。液面以上的导向管内温度没有达到环境温度（ -15.3°C ）是因为有原油内轻组分蒸发带出的热量。通过分析测得原油储罐内纵向温度数据可以大致得出，储罐内原油温度呈不均匀分布，尤其上层原

油温度受环境温度影响最大，即罐顶浮盘散失的热量最大。

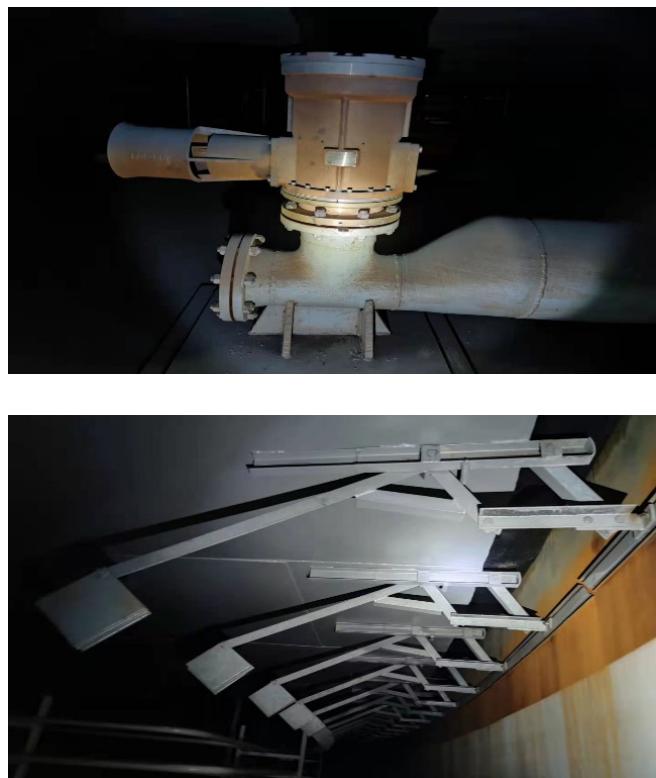


图 3 原油储罐旋喷器和刮蜡密封机构

2.2 储罐温度分布的影响及措施

首先储罐下部温度高，上部温度低，会对化验分析产生干扰。当储罐需要向外输送原油时，测得的粘度，密度，含水量等数据与实际输送情况有所偏差。会对下游装置产生不良影响及干扰。其次当浮盘随着液位下降时，由于上层油温较低，原油粘度较大，更容易附着在储罐内壁表面，会产生我们常说的“挂壁现象”。使油品暴露在大气中，将会增大原油蒸发量，污染大气，同时会造成雨水污染，增大排水系统的金属腐蚀。

针对由于储罐内部原油纵向温度分布不均的问题，结合生产实践，综合考虑，应加强罐顶浮盘的保温措施，降低储罐上层油品热量散失，以提高上层原油的温度。在储罐向外输送原油前进行储罐内部搅拌（原油储罐旋喷搅拌），使储罐内原油组分以及温度分布均匀。

3 加热器产生水击现象

3.1 加热器使用寿命过低问题

大型原油储罐至少要投用 5 年以上才会清罐检修一次，储罐内的加热器的使用寿命理论值也达到 15 年。但是在实际生产运行过程中，还没有达到 5 年，储罐

加热器管路就开始出现了泄露现象，致使加热器无法使用。

3.2 水击现象带来的危害

目前大型原油储罐多采用的是“无水击型节能加热器”。加热器以蒸汽为热源，以盘管形式分布在储罐底部，不影响其他储罐附件以及浮盘升降。无水击型加热器上层盘管走蒸汽，下层盘管走凝结水，在上层盘管与下层盘管的连接处设有气液分离板，在下层盘管设有扩容器，促进蒸汽和凝结水的分离，盘管表面有旋翼翅片以提高散热能力。由于加热器盘管与油品直接接触，一旦盘管损坏泄露，则加热器将无法使用，而加热器盘管损坏泄露的原因有金属腐蚀和机械损坏等。其中水击现象而引发的机械损坏是致使加热器泄露的罪魁祸首。

3.3 产生水击现象的原因分析

发生水击现象的根本原因就是蒸汽和凝结水的分离不彻底。而造成蒸汽和凝结水无法彻底分离的原因可以简单分为如下几条：

①无水击型加热器是以0.8MPa饱和蒸汽（饱和温度为170℃）为热源介质，当使用过程中蒸汽没有达到相应的压力和温度时，蒸汽会快速转换为凝结水，使凝结水在加热盘管入口管段大量聚集，又因压力不足造成冷凝水无法迅速排出，因此产生水击现象；

②凝结水回收所需压力过大会使加热盘管内的凝结水无法迅速排出，造成凝结水在盘管内大量聚集，增大了蒸汽和凝结水相遇的可能性，从而引发水击发生；

③在盘管安装过程中，没能按照设计要求进行水平安装或者有坡度安装，造成凝结水在加热器下层盘管内部分管段聚集无法迅速排出；

④储罐运行过程中储罐底板有不规则沉降或者变形，从而造成加热盘管的水平或坡度失效，造成凝结水在下层盘管内部分管段聚集无法迅速排出。

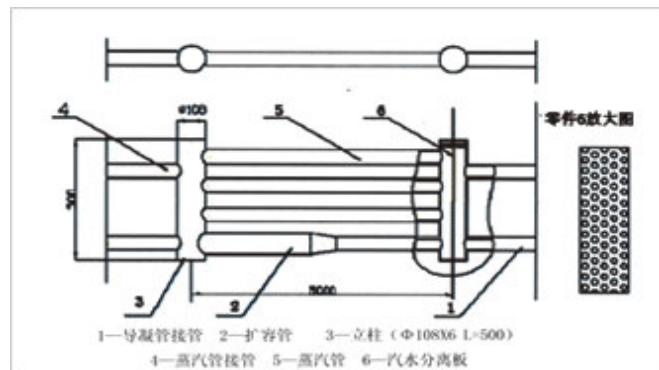


图4 “无水击型节能加热器”现场图与单组结构示意图

3.3 加热器安装和使用过程中的建议

①安装时，加热器盘管应采取有坡度安装，增加盘管内凝结水的外排能力；

②增加“π型”补偿器，减少温度变化引起的应力破坏，以及水击现象造成的机械损坏；

③提高蒸汽质量，以满足加热器使用的最低标准；

④在使用过程中，将油品加热到指定温度后，应停止使用，不要以降低蒸汽用量来维持储罐温度，防止凝结水在加热盘管入口管段大量聚集。

4 结语

通过以上分析可知，原油储存温度控制是一个复杂过程，从最基础的储罐加热器，到最终原油被输送离开储罐进入下游装置，原油温度随时都在影响着整个储存运输过程中的每一段管线和设备。首先原油储存温度的合理有效控制可以减少因温度分布不均引起的含水量，密度，组分等指标的波动，以及对下游装置的不良影响。其次在满足工艺要求的同时，原油的储存温度控制细化程度，和节能降耗方面还大有潜力发掘。

参考文献：

- [1] 郭光臣, 等. 油库设计与管理 [M]. 石油大学出版社, 1991.
- [2] GB50341-2014. 立式圆筒形钢制焊接油罐设计规范 [S]. 北京: 中国住房和城市建设部, 2014.
- [3] GB50128-2014. 立式圆筒形钢制焊接储罐施工规范 [S]. 北京: 中国住房和城市建设部, 2014.
- [4] 王明吉, 等. 原油储罐纵向温度分布规律 [J]. 大庆石油学院学报, 2004, 28(5): 74-75.
- [5] 郭普忱, 等. 储罐无“水击”节能加热器的研制、开发与应用 [J]. 石油化工设备技术, 2016, 37(3): 26-33.