

⑬

29-32

# 检测储油罐泄漏用的 液压油罐测量系统(HTG) TE972

P. Del Vecchio, Jr 等 vecc, PD 何瑜

近几年对石油储罐泄漏探测和防泄漏的需求增加。对环境保护的关心加上日益严格的立法和规章推动了石油工业采用更好的泄漏探测和防泄漏的方法。

Mobil 公司采用二步法来探测泄漏。首先一个油罐测量系统提供准确和必需的储油量信息并作为在线泄漏探测早期警报装置。第二步用精确的泄漏探测系统对估计存在的泄漏作进一步验证。

这两种方法都很复杂。现场用的油罐测量系统靠定期监测静态油罐泄漏,当指示出可能存在泄漏之后,可挂上一个精确的泄漏探测器作进一步精确测量。这里讨论的液压油罐测量(HTG)是一种做初步泄漏探测的方法。

## 1. HTG的应用

HTG是一个带微处理机的系统。通过测量液压和油罐内油的温度系统可精确地得到储油量信息。系统计算油的质量、体积、液位并将这些信息传至远处用于储油量管理。HTG作为一种在线测量系统已很成熟,有高的准确度和可靠性,也不需在油罐中移动的元件。水底传感、密度测量及液位报警使其更优,而且安装方便、成本低。由于系统的灵敏度,它也可提供有利于地下水保护的泄漏探测。

Mobil 公司的轻油市场中转油库以及润滑油的混合、封装场都用 HTG 作储油量管理。HTG首先是一种精确的质量测量系统,我们认为它也可作泄漏探测。

为了将HTG系统用作泄漏探测两步法的第一步,系统必须有足够精度以使可在相对短的

时间对理想的静态油罐(没有油的输入和输出)作定期泄漏检查。最合适的时间是在晚上,此时对油罐的工作最少。

据认为若采用经特殊选择的传感器、绝热使动态温度效应减至最小可以使精度比发表的标准HTG系统精度更好一些。在 Mobil 公司,HTG系统作为在线泄漏探测装置的耐久性通过一系列实验来验证。

## 2. HTG技术

HTG用准确压力传感器来测量油罐最多三个点的压力。对大多数石油储罐,通过一个气孔或使用一个浮顶来保持与环境压力相等,使用P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub>两个传感器(图1略)。

省略常数及为简化消去二级修正因子后,得基本计算式。

$$\text{质量} = P_1 \cdot A, \quad A (\text{容器内油的面积}) = \frac{\text{体积}}{\text{液高}}$$

$$\text{密度} = \frac{P_1 - P_2}{H}, \quad H \text{ 为 } P_1 \text{ 和 } P_2 \text{ 间距离}$$

参考密度 = 标准条件下的密度,用温度(T)和API进行了修正

$$\text{标准体积} = \frac{\text{质量}}{\text{参考密度}}$$

$$\text{液高} = \frac{P_1}{\text{密度}} + Z, \quad Z \text{ 为 } P_1 \text{ 到油罐基准面距}$$

离

对密封油罐,还使用安装在油罐顶上的第三个传感器P<sub>3</sub>,在质量和液高方程中用P<sub>1</sub>-P<sub>3</sub>代替P<sub>1</sub>。

由于HTG系统所作的最直接和准确的测量

计算量是质量，它是HTG用于泄漏探测的基础。与基于液高和体积的油罐测量系统不同，HTG在计算质量时不使用温度。因而用P1压力和面积就可很准确地确定质量。

由于在泄漏探测试验中，液位变化很小时面积基本保持不变，因而泄漏探测的精度主要与P1压力传感器精度有关。

本测定中使用的HTG传感器是温度补偿共振线圈压力传感器。传感器有两个输出信号——与被测压力有关的频率输出信号和指示传感器温度（而不是油罐内油体）的温度输出。由于制造公差，每一传感器都有一个频率对压力的单一特性曲线，它由工厂对不同温度点测试后给出。传感器的这一特性或讲“指纹”使HTG微处理机通过传感器送入的频率和温度信号即可准确确定被测压力而不考虑环境温度的改变。对从-40到+180°F全程温度范围内环境温度变化进行了补偿的标准HTG传感器精度水平一般在URV（上限值）的±0.03%以内，URV为30psi。

这一0.03%的残留不确定度主要是残余环境温度效应。在物质传递过程中包括泄漏探测试验时，环境温度都不会从-40变到+180°F。因而传递精度更好，一般可提高2倍。对安装于40英尺高、45英尺直径、装12,000桶油的油罐的HTG系统预计探测短期物质传递不确定度约为±900lbs。

不确定度等级表明这种油罐8小时内18gph的泄漏可以可靠地探测到。我们想探测更小速度的泄漏，本程序的结果也表明HTG系统的探测能力可比该值提高很多，对同样大小的油罐可探测8小时内6gph的模拟泄漏。这是通过使用特殊选择并且绝热的传感器加之这里描述的数据分析技术来实现的。

### 3. 试验装置

传感器环境温度补偿是基于在-40至+180°F范围内每一传感器的特性。工厂确定的特性数据是在每一次温度稳定以后记录下的。对该泄漏探测试验，使用绝热传感器加上标准

温度补偿以使快速环境温度改变引起的动态温度效应减至最小。

Mobil公司人员建立了一种可以测量从很大的石油储罐通过探针阀和管子进入检定过的油罐组件的少量液体的装置构成的泄漏探测系统。这一装置提供了一种模拟油罐泄漏、收集和测量转移量，并在试验后将液体压回油罐的方法。试验是在约24小时的时间内实施的。HTG系统可以定期（通常每半小时至1小时）打出油罐储油量报告。然后按每天8小时取数据，一般从晚11点至早7点。

HTG系统可以准确测量模拟泄漏的能力可以通过比较HTG指示的质量减少和试验收集罐质量的增加相比较而得以验证。

除了这些试验外，还做了静态油罐试验。试验中，HTG系统设计成每半小时至一小时定期打印出储油量报告。试验模拟没有泄漏存在时的条件。稳定性程度是可以可靠探测的最小泄漏的表征。

通过分析无泄漏时静态油罐HTG质量测量的稳定性和在几个不同泄漏试验中改变模拟泄漏速率，我们可以确定在每8小时的试验时间内可以可靠测量的最小泄漏速率。

### 4. 油罐3试验结果

油罐3作为一个试验模型。它是一种相对小的锥形顶加热油罐，容量约100000加仑。最初油罐置于静态条件下，HTG系统在94小时内每小时打印出储油量报告。在这段时间内质量的稳定性见图2（略）。

确定油罐存在泄漏的步骤是将油罐在静态条件下放置8小时，每半小时作为间隔记录HTG质量读数。然后对数据进行最佳线性曲线拟合以建立8小时内质量的变化。由于油罐可能存在泄漏或其它未预料的油罐运动，质量的减少超过了预设的极限。

有一段程序是用来确定预设极限的。任何小于极限的质量减小应认为是“噪声”，因而不认为是泄漏。设置不合理的低极限会导致“绝对错误”的指示（指示出并不存在的泄

漏)。

从94小时静态试验中抽出每8小时(从晚11点至早7点)的四组数据进行线性曲线拟合,使我们能够确定由于环境影响和“噪声”引起的变化量。图3(略)为用其中一组数据作的图。这四组试验结果见表1。最坏的情况指示泄漏为2.6gph,虽然油罐是静态的。

下一步,做模拟泄漏试验以验证HTG系统

表1 HTG系统测得数据

| 日期        | 质量变化 (lbs.) | 表观泄漏速度 (gph) | 质量变化 (%URV) |
|-----------|-------------|--------------|-------------|
| 20-21 Jan | -145        | -2.6         | 0.020       |
| 21-22 Jan | +55         | +1.0         | 0.008       |
| 22-23 Jan | +115        | +2.0         | 0.016       |
| 23-24 Jan | +65         | +1.1         | 0.009       |

能否探测这些小的泄漏。第一个试验,8小时内有170lbs从油罐中转移,3gph的泄漏速率。HTG系统指示160lbs的转移,2.8gph的泄漏速率。比较表明HTG系统可以探测3gph的泄漏,仅0.02gph的误差。质量误差10lbs是URV的0.001%,在HTG短期转移准确度指标之内。试验结果见图3(略)。

第二个试验8小时内转移量24lbs,HTG系统指示的泄漏为20lbs。这等于泄漏速率仅0.4gph。表2为这两个泄漏探测试验结果。

对油罐3,在8小时的试验时间内:

(1) 如果HTG指示泄漏超过2.6gph,则没有“绝对错误”。考虑10%的安全因子,实际存在泄漏的HTG指示的最小值为3.0gph。

(2) 作了两个泄漏试验。这两个试验HTG都指示出了泄漏的存在。

(3) 当实际泄漏速率为0.4gph时,HTG指示的实际速率为0.4gph。当实际泄漏速率3.0

表2 油罐8模拟泄漏结果

| 日期     | 模拟泄漏 (lbs.) | 模拟泄漏 (gph) | HTG (lbs.) | HTG (gph) | 差值 (gph) | 与URV的质量误差 (%) |
|--------|-------------|------------|------------|-----------|----------|---------------|
| 18 Jan | -170        | -3.0       | -160       | -2.8      | 0.2      | 0.001         |
| 19 Jan | +24         | -0.4       | +20        | -0.4      | ...      | ...           |

gph, HTG指示的泄漏速率为2.8。

(4) 对油罐3,8小时内3gph的泄漏速率相当于1/16英吋的液位改变。

### 5. 油罐13试验结果

油罐13是很典型的市场中转油罐,其上有约500000加仑悬浮顶油储罐。第一轮7组24小时静态试验是在3月至4月间。取每天晚11点至早7点的数据画在质量-时间图上并直线化。打开和关闭时的质量读数从线性化曲线上读出。其中一组数据见图4(略)。7组静态试验结果见表3。HTG指示的质量变化范围从5到270lbs。这相当于8小时内0.1至5.5gph的变化。油罐13上的HTG系统不应用来确定小于5.5gph的泄潜。

表3 油罐13静态试验结果

| 日期     | 质量变化 (lbs.) | 表观泄漏速度 (gph) | 质量变化 (%URV) |
|--------|-------------|--------------|-------------|
| 29 Mar | +185        | +3.8         | 0.006       |
| 30 Mar | +100        | +2.0         | 0.003       |
| 31 Mar | +260        | +5.3         | 0.009       |
| 1 Apr  | +5          | +0.1         | ...         |
| 2 Apr  | -70         | -1.4         | 0.002       |
| 3 Apr  | +270        | +5.5         | 0.009       |
| 4 Apr  | -70         | -1.4         | 0.002       |

对油罐13也做了与油罐3同样试验以确定HTG能够探测的模拟泄漏的程度。第一个泄漏试验是在3月23日至28日间做的,泄漏很小,范围仅从1.5至2.3gph。泄漏速率太小,HTG很难进行可靠的探测。第二组试验泄漏速率较

大, 从5.3至21.1gph, 是6月12日至7月28日之间做的。应用标准的美国石油研究院 (API)

的方法, 六至七月间的试验每天还附加10加仑的挥发损失。模拟试验之一见图5 (略),

表4 油罐13模拟泄漏结果

| 日期   | 模拟泄漏<br>(lbs.) (gph) | HTG<br>(lbs.) (gph) | 差值<br>(gph) | 与URV的<br>质量误差(%) |
|------|----------------------|---------------------|-------------|------------------|
| 6/12 | -337 -6.9            | -410 -8.4           | 1.5         | 0.002            |
| 6/13 | -633 -13.0           | -610 -12.5          | 0.5         | 0.001            |
| 6/14 | -260 -5.3            | -350 -7.2           | 1.9         | 0.003            |
| 6/15 | -266 -5.4            | -300 -6.1           | 0.5         | 0.001            |
| 6/22 | -287 -5.8            | -270 -5.5           | 0.3         | 0.001            |
| 6/26 | -338 -6.9            | -500 -10.2          | 3.3         | 0.005            |
| 6/27 | -350 -7.1            | -470 -9.6           | 2.5         | 0.004            |
| 7/3  | -367 -7.5            | -430 -8.8           | 1.3         | 0.002            |
| 7/4  | -358 -7.3            | -220 -4.5           | 2.8         | 0.005            |
| 7/5  | -756 -15.5           | -915 -18.7          | 3.2         | 0.005            |
| 7/6  | -634 -13.0           | -810 -16.6          | 3.6         | 0.006            |
| 7/12 | -1058 -21.1          | -865 -17.7          | 3.4         | 0.006            |
| 7/24 | -389 -8.0            | -520 -10.7          | 2.7         | 0.004            |
| 7/25 | -450 -9.3            | -550 -11.3          | 2.0         | 0.003            |
| 7/26 | -472 -9.8            | -545 -11.2          | 1.4         | 0.002            |
| 7/27 | -484 -10.0           | -520 -10.7          | 0.7         | 0.001            |

所有16个试验全部数据见表4。

对油罐13, 以8小时为试验时间可以得出

(1) 如果HTG指示的泄漏超过5.5gph, 则没有“绝对错误”。考虑约10%的安全因子, 可以认为实际存在泄漏的HTG指示最小泄漏速率为6.0gph。

(2) 十六个泄漏试验的最小模拟泄漏速率至少为5gph。对所有16个试验, HTG都指示出了泄漏的存在。

(3) 同时对所有16个试验, 当HTG指示泄漏速率超过6gph时, 实际泄漏速率至少为5.3gph。

(4) 对油罐13, 8小时内6gph的泄漏速率相当于小于1/16英吋的液位改变。

## 6. 泄漏探测原则

预测HTG对有同样高度和产品的大直径油

罐泄漏探测能力有两条原则。第一对油罐8和13试验用的HTG系统应能探测8小时内相当于1/16英吋液位变化的泄漏。这一值与油罐直径无关。第二条原则是对大直径油罐, 最小可探测泄漏速率(gph)以油罐直径平方的比率增加。

泄漏探测计算程序表明试验HTG系统用所描述的安装和数据分析方法, 可以探测8小时内3至6gph的模拟泄漏, 与油罐直径有关。

从对油罐8和13所作的静态和动态试验, 可以认为HTG能够可靠探测8小时内石油储罐约1/16英吋液位改变的泄漏引起的质量变化。

何 瑜译自“INTECH”, 1991, 38,

No.9, 24~29