

前 言

本标准是等效采用 ISO 11223-1:1995《石油和液体石油产品—直接静态测量—立式储罐内油量—第 1 部分：测量罐内静压式的质量测量法》制定的。

本标准与 ISO 11223-1:1995 的主要差异是：

1. 删去引用标准 ISO 7078,同时增加“附录 C HTG 参照点到油罐标定基准点的高度测量”,代替所删去引用标准的相关内容;
2. 在 A3 中增加关于浮顶受罐壁不均匀摩擦影响的“注 7:”;
3. 附录 C 变成附录 D,附录 D 变成附录 E;

本标准的附录 A、附录 B 是标准的附录。

本标准的附录 C、附录 D 和附录 E 是提示的附录。

本标准由国家石油和化学工业局提出。

本标准由中国石油化工集团公司石油化工科学研究院归口。

本标准起草单位：中国石油化工集团公司石油化工科学研究院和中国航空工业第一集团公司第六三四研究所。

本标准主要起草人：魏进祥、金德玺、董海风、王北安。

ISO 前言

ISO(国际标准化组织)是由各国标准化团体(ISO 成员)组成的世界性联合会。国际标准的编制工作通常由 ISO 技术委员会承担。对于技术委员会已确定的课题,每个感兴趣的成员都有在该委员会表达意见的权利。与 ISO 保持联系的各国际组织,政府机关和非政府机关也可以参加委员会的有关工作。在电工技术标准化工作的所有方面,ISO 和国际电工委员会(IEC)保持着密切的合作关系。

技术委员会采纳的国际标准化草案提交各成员国投票表决。在至少取得 75%参加表决的成员同意后,才能作为国际标准发布。

国际标准 ISO 11223-1 由 ISO/TC 28 石油产品和润滑剂技术委员会的 SC3 石油静态计量分委员会编制。

ISO 11223 在《石油和液体石油产品—直接静态测量—立式储罐内油量》的总题目下,由如下两部分组成:

- 第 1 部分:HTG 质量测量法;
- 第 2 部分:HTG 体积测量法。

附录 A 和附录 B 构成 ISO 11223-1 的一部分。附录 C 和附录 D 仅作为提示性信息。

ISO 引言

静压式油罐测量(HTG)是确定立式圆筒形储罐内液体石油和石油产品总静态质量的方法。

HTG 使用安装于罐壳规定位置,高精度且稳定性好的压力传感器。

总静态质量由测出的压力和油罐容积表导出。其他变量,例如液位、观察体积和标准体积以及观察密度和标准密度,可以使用已制定的库存计算工业标准,由产品类型和温度来计算。

在 ISO 11223 的本部分中,用术语“质量(mass)”表示真空中的质量(真实质量)。在石油工业中,通常将表观质量(在空气中)用于贸易交接。

中华人民共和国国家标准

石油和液体石油产品
立式罐内油量的直接静态测量法
(HTG 质量测量法)GB/T 18273—2000
eqv ISO 11223-1:1995

Petroleum and liquid petroleum products—
Direct static measurements—
Contents of vertical storage tanks—
Mass measurement by hydrostatic tank gauging

1 范围

本标准给出了直接测量立式圆筒形罐内静态油品质量的静压式油罐测量(HTG)系统的安装、调试、维护、确认和校准指南。

本标准适用于压力传感器一端通向大气的静压式油罐测量系统。

本标准适用于在常压立式圆筒形固定顶或浮顶罐上使用的静压式油罐测量系统。

本标准不适用于在加压罐上使用的静压式油罐测量系统。

注 1: 本标准中的传感器在输出信号为标准信号时,也称压力变送器。

2 引用标准

下列标准包括的条文,通过引用而构成为本标准的一部分。除非在标准中另有明确规定,下述引用标准都应是现行有效标准。

GB/T 1884 原油和液体石油产品密度实验室测定法(密度计法)

GB/T 1885 石油计量表

GB 3836.1 爆炸性环境用防爆电气设备 通用要求

GB/T 8927 石油和液体石油产品温度测量法

GB/T 9109.5 原油动态计量 油量计算

GB/T 13235.1 石油和液体石油产品 立式圆筒形金属油罐容积标定法(围尺法)

GB/T 13235.2 石油和液体石油产品 立式圆筒形金属油罐容积标定法(光学参比线法)

GB 13236 石油用量油尺和钢围尺的技术条件

GB/T 13377 原油和液体或固体石油产品密度或相对密度测定法(毛细管塞比重瓶和带刻度双毛细管比重瓶法)

GB/T 13894 石油和液体石油产品液位测量法(手工法)

SH/T 0221 液化石油气密度或相对密度测定法(压力密度计法)

3 定义

本标准采用下列定义。

- 3.1 环境空气密度 ambient air density**
压力传感器安装处罐壁周围的空气密度。
- 3.2 环境空气温度 ambient air temperature**
压力传感器安装处罐壁周围的具有代表性的空气温度。
- 3.3 临界区上限 critical zone height**
浮顶或浮盘由一个或多个支柱开始支撑到时的液位。
- 3.4 临界区下限 pin height**
浮顶或浮盖完全由其支柱支撑时的最高液位。
- 3.5 临界区 critical zone**
浮顶或浮盖靠其部分支柱支撑时的液位区间(即临界区上下限之差)。
- 3.6 装液体积 dipped volume**
由装液高度和油罐容积表计算出的产品、沉淀物 and 水的观察体积。
- 3.7 浮顶质量 floating-roof mass**
手工输入到数据处理器的浮顶质量值,其中包括浮顶承载的所有部件质量。
- 3.8 游离水液位 free water level**
与产品分层,且位于产品下面的水和沉淀物的高度。
- 3.9 表压传感器 gauge pressure sensor**
以环境空气压力作压力参照点的传感器。
- 3.10 压头质量 head mass**
在 HTG 的底部压力传感器与油罐顶部之间的总测量质量。
- 3.11 压头空间 head space**
在 HTG 的底部压力传感器上面,有产品和蒸汽存在的罐内空间。
- 3.12 根部空间 heel space**
在 HTG 的底部压力传感器下面的罐内空间。
- 3.13 HTG 参照点 HTG reference point**
用于测量 HTG 压力传感器位置的稳定参照点。
- 3.14 静压式油罐测量 hydrostatic tank gauging (HTG)**
以测量压力传感器上液体静压为基础的测量罐内液体质量的方法。
- 3.15 罐内蒸汽密度 in-tank vapour density**
液面以上空间的气体或蒸汽(混合物)在观测条件(产品温度和压力)下的密度。
- 3.16 压力传感器有效中心 pressure sensor effective centre**
传感器上测量液体静压力的点。
- 3.17 产品根部质量 product heel mass**
底部 HTG 压力传感器以下的产品质量。
- 3.18 产品根部体积 product heel volume**
底部 HTG 压力传感器以下产品的观察体积,由总根部体积减去水体积计算得到。
- 3.19 产品质量 product mass**
压头质量减去浮顶质量(如果有浮顶存在)和蒸汽质量后与产品根部质量的总和。
- 3.20 产品温度 product temperature**
在 HTG 测量区域内的油罐液体温度。
- 3.21 标准密度 reference density**
标准温度下的密度。
- 3.22 标准温度 reference temperature**

标准密度和标准体积所对应的温度。

3.23 油罐平均横截面积 tank average cross-sectional area

在底部 HTG 压力传感器所在位置和液面之间的平均横截面积。

3.24 油罐底缘 tank lip

罐壁外边的油罐底板。

3.25 总根部体积 total heel volume

在底部 HTG 传感器下面的观察体积,由底部传感器高度查油罐容积表,经观察温度修正后计算得到。

3.26 气隙压力 ullage pressure

液面之上的罐内蒸汽或蒸汽和空气混合物的绝对压力。

3.27 气隙体积 ullage volume

气隙空间的蒸汽或蒸汽和空气混合物的观察体积,由油罐总容积和装液体积之差计算得到。

3.28 蒸汽相对密度 vapour relative density

蒸汽(混合物)分子量与空气分子量的比值。

3.29 水体积 water volume

游离沉淀物和水的观察体积,由游离水高度和油罐容积表计算得到。

4 系统说明

4.1 概述

静压式油罐测量(HTG)系统是油罐存油量的静态质量测量系统。本系统使用压力和温度输入值以及油罐和储存液体的参数来计算罐内油品质量和表 1 及附录 A 中描述的其他变量,如图 1 所示。

图 1 括号中所示其他变量的确定不包括在本标准范围内。

表 1 用于 HTG 数据处理的储存参数

参数组别	参数	注释
油罐数据	罐顶类型 罐顶质量 临界区上限 临界区下限 罐壁类型 罐壁材质 油罐容积表 油罐标定温度	固定顶、外浮顶或内浮顶 仅指浮顶罐 仅指浮顶罐 仅指浮顶罐 保温或非保温 两种热膨胀系数(见 GB/T 13235.1) 指定液位的体积 油罐容积表所修正到的温度
HTG 传感器数据	传感器配置 传感器 P1 高度(H_0) 传感器 P2 高度(H) 传感器 P3 高度(H_1)	有 1,2 或 3 个传感器的油罐 到 HTG 参照点 相对于 P1 相对于 P1
液体数据	液体密度 液体膨胀系数 游离水高度(L_w)	假如无 P2 传感器 由 GB/T 1885 计算
环境数据	当地重力加速度(g) 环境温度 环境压力	由公认资料得到 可选 可选

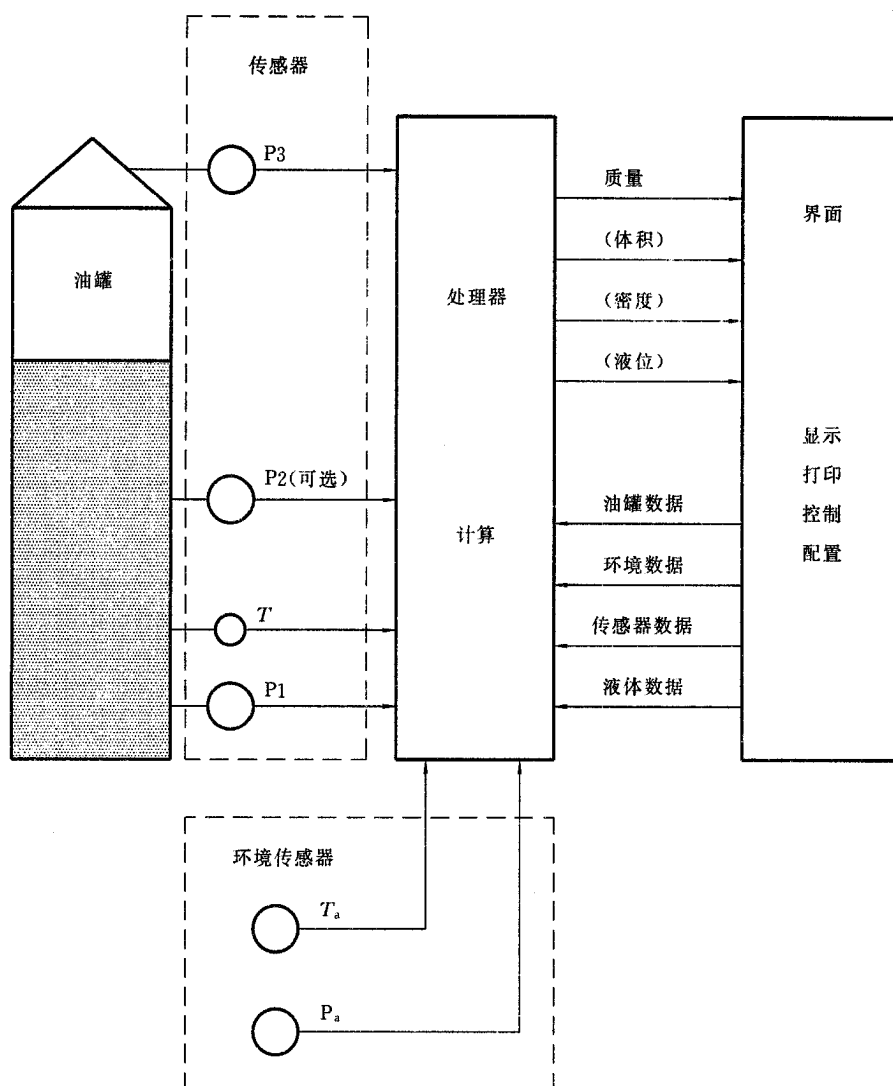


图1 HTG 系统功能图

4.2 传感器

4.2.1 压力传感器

静压式油罐测量(HTG)系统由可多达三个安装到罐壁上的压力传感器组成。此外,用于测量罐内液体温度(T)和环境空气温度(T_a)的温度传感器也可以包括在内。对于高精度测量,还可能要安装环境空气压力传感器(P_a)。

传感器 **P1** 安装在罐底附近的罐壁上。

传感器 **P2** 是中间压力传感器,用于密度和液位计算。如果产品密度已知,HTG 系统可以在没有传感器 **P2** 的情况下运行(在没有 **P2** 的情况下,密度数据应手工输入到数据处理器中)。如果安装传感器 **P2**,则应安装在传感器 **P1** 上方一固定的垂直距离位置。

传感器 **P3** 是油罐气隙空间的压力传感器,通常安装在油罐顶部。如果油罐能自由通气,那么 HTG 系统可以在无 **P3** 的情况下运行。浮顶罐上不需要 **P3**。

4.2.2 温度传感器

测量产品温度的目的:

- a) 计算罐壳体体积膨胀;
- b) 由观察密度(指观察温度下的液体密度)计算标准密度(用于 HTG 系统中液位、密度及质量的计

算)。

如果已知标准密度,则可以不用传感器 **P2**,但仍然需要温度传感器,以计算观察密度。

测量环境空气温度的目的:

- c) 计算环境空气密度;
- d) 计算罐壳体体积膨胀;
- e) 传感器 **P1** 及 **P1** 与 **P2** 连杆的热膨胀修正。

4.2.3 系统配置

传感器的配置取决于实际应用和所需数据,某些配置情况如下所述。

4.2.3.1 已知液体密度

传感器 **P2** 通常用于油罐液体密度的测量。如果已知液体平均密度,则无需配置 **P2**。

4.2.3.2 已知气隙压力

对于与大气相通的油罐(气隙表压=0),无需配置传感器 **P3**。其中包括所有浮顶罐和自由通气的或检尺口不密封的固定顶罐。

注 2: 在油罐输转期间,常压固定顶罐的气隙压力可能与大气压力稍有不同。由于在输转期间不进行库存测量,因此,该影响引起的误差不大。

如果已知气隙压力,则压力 p_3 可以作为常数输入到数据处理器中,并且在非通气罐上可以省略传感器 **P3**。

4.2.3.3 已知油罐液体温度

油罐液体和环境温度用于罐壁的热膨胀修正。如果罐内液体温度已知(GB/T 8927),对于质量测量,则不需要油罐液体温度传感器。

4.2.3.4 大气条件变化

对于高精度测量,可以使用环境温度和压力传感器消除次要误差。环境空气温度和压力的单个测量数据可以用于相同地点的所有罐。

4.3 HTG 数据处理器

处理器从传感器接收数据,并使用接收数据、油罐和液体参数计算储罐内的库存质量(见图 1)。

储存参数分为四组:油罐数据、传感器数据、液体数据和环境数据(见表 1)。表 1 中实际需要的那些参数应输入到 HTG 系统的计算程序中。

注 3: 数据处理器也能够计算液位、观察体积和标准体积以及观察密度和标准密度。然而,本标准未将这些计算包括在内。

当产品液位降至传感器 **P2** 以下时,HTG 不再能够测量液体密度。此时,可以使用产品密度的最后测量值。

数据处理器可以用于单个油罐,也可以在几个油罐之间共享。此外,它也可以对压力传感器进行线性化和/或温度补偿修正。

由数据处理器提供的所有变量都可以显示、打印或传送到其他处理器。

通常由数据处理器进行的计算在附录 A 中描述。

5 安装

5.1 压力传感器

5.1.1 油罐准备

在安装 HTG 压力传感器之前,必须进行下列工作。

5.1.1.1 传感器位置的选择

所有 HTG 压力传感器都应安装在油罐的同一侧,必要时,应加强防护,避免风吹日晒。

罐壁上的引压孔应开在产品相对静止的地方,因为由泵送或混合操作造成的产品移动可能产生附

加的静压力。

传感器 P1 是位置最低的压力传感器,到 HTG 参照点的安装高度为 H_0 。传感器 P1 应安装在油罐尽可能低的位置,但应在沉淀物和水的高度之上。

如果使用压力传感器 P2,则应将 P2 放在传感器 P1 上方垂直距离为 H 的位置。P2 到 P1 的最大垂直距离不作规定,其限制因素是当液位降至传感器 P2 以下时,不再能测量观察密度。P1 到 P2 的最小垂直距离取决于密度测量的精度要求和传感器性能。传感器 P2 通常安装在传感器 P1 上方大约 2 m 到 3 m 的位置。

压力传感器 P3 用于测量固定顶油罐的蒸汽压力。如果把它安装到罐顶上,则应配备遮光挡风棚。

5.1.1.2 引压接头

引压接头和截止阀应在油罐停用或使用规定的带油安装技术安装到油罐上。

5.1.1.3 HTG 参照点

确定每个油罐 HTG 参照点的位置。必要时,可以采用附录 C 所述的光学测量方法测出 HTG 参照点到油罐基准点的高度。

5.1.1.4 连杆

油罐充满时会发生膨胀(见 5.1.4 和附录 B),由此引起 HTG 压力传感器相对于 HTG 参照点的过位移,因此应使用连杆来防止此类现象发生。通过对油罐的直接测量或对油罐结构参数的估算可以确定对连杆的需求。必要时,应对连杆的数目和设计进行详细的技术评估。

5.1.2 压力传感器的安装

5.1.2.1 工艺连接

安装的所有压力传感器应能就地断开与油罐的连通,并能就地连接到校准或(和)检验装置。在压力传感器与油罐之间安装引压阀,关闭此阀可断开二者的连接,校准仪可连接到传感器的排气孔上。传感器的安装应使传感器膜片在运转期间始终为液体覆盖。应安装排泄阀,以便需要校准或检验系统时,能排净传感器测量室中的液体。

5.1.2.2 过压保护

在不打开排泄阀的情况下,关闭引压阀会形成一个装有液体的密闭空间,该密闭空间的膨胀或收缩可能会导致传感器过压。关闭引压阀会导致液体转移,也会引起传感器过压,这取决于截止阀的设计。

在引压阀和传感器之间可配备压力缓冲器,以避免传感器过压。另一种方法是在关闭引压阀时,打开排泄阀卸压。

5.1.3 压力传感器位置的确定

在测量传感器位置时,应测量到压力传感器的有效中心。由于传感器的膜片通常是见不到的,因此在传感器体上应提供外部参照标记及其不确定度的估计值。

要使 HTG 测量达到高精度,传感器位置和传感器之间距离的准确度是相当重要的。距离测量的准确度指标如下:

a) 传感器 P1 在 HTG 参照点上方的高度 H_0 用于计算罐底存油质量。 H_0 的测量误差不应超过 ± 1 mm。

b) P1 到 P2 的垂直高度 H 用于计算观察密度,进而用于计算根部质量。 H 的测量误差应不超过 ± 1 mm。

c) P1 到 P3 的垂直高度 H_t 用于计算蒸汽质量和环境空气的影响量。蒸汽质量和环境空气都是只能得到近似值的次要修正系数。垂直高度 H_t 的测量误差应不超过 ± 50 mm。

5.1.4 压力传感器位移的限制

在油罐输转期间,罐壁受静压变形,导致传感器位移,因此传感器 P1 在 HTG 参照点上方的高度和传感器 P2 在 P1 上方的垂直距离不可能恒定不变。

传感器 P1 的高度变化会对测量质量构成直接影响,因此应使这种变化减到最小。传感器 P1 通常

安装在油罐的较低位置,罐壁在该位置的位移较小(固定到罐壁上的油罐基准板会有类似位移)。传感器 P1 在 HTG 参照点上方的高度 H_0 应在油罐充满和放空两种情况下测量。如果该高度变化超过 1 mm,则应配置连杆,使压力传感器 P1 在 HTG 参照点上方的垂直高度 H_0 保持不变。

传感器 P1 到传感器 P2 的垂直高度 H 的变化仅影响 HTG 的密度和液位计算。在立式罐中,对测量质量的影响可以忽略不计。如果 HTG 用于计算液位、密度及质量,则在传感器 P1 和 P2 之间应考虑使用连杆,以使传感器 P1 和 P2 之间的垂直高度 H 保持不变。

HTG 传感器的位移在附录 B 的 B1 中描述。如果使用连杆,则压力传感器与油罐的连接应具有弹性,以充分满足机械安全性要求。连杆应装在压力传感器的引压端口附近,以避免传感器受力过大。

5.1.5 风力影响

风作用到油罐上会造成静态环境空气压力的变化。现场环境变化会造成传感器 P1、P2 和 P3 上的环境空气压力的不同。由于传感器测量的表压与大气压力有关,因此,在每个传感器上,由风引起的环境压力差别将会产生附加的测量误差。

当三个压力传感器都安装到油罐同一侧的一条垂直线上时,风的影响最小。

传感器 P1 和 P3 之间的环境压力差会对 HTG 质量测量构成直接影响。如果暴露在强风下,则传感器 P1 和 P3 的外部端口应用压力平衡管连在一起。该平衡管应基本垂直,无气密或存水弯,顶部封闭,底部开口,避免冷凝水充满管子所引起的危险。

如果不使用传感器 P3,则环境压力在 P1 的变化会对 HTG 的质量测量精度构成直接影响(常压罐不需要 P3)。如果 HTG 设备暴露给强风,则传感器 P1 的外端口应连到一根偏离油罐向下倾斜,并在风力引起环境压力变化最小的点开口的管子上。建议在地平面上,偏离油罐至少 0.5 m。

5.1.6 温度影响

高精度测量可以采用下列方法改进 HTG 性能:

- a) 消除传感器体上的温度梯度;
- b) 保持传感器恒温。

为改进传感器的性能,制造厂提出了保温要求及类型,用户应注意遵守。

5.2 温度传感器

5.2.1 概述

温度可以自动或手工输入到数据处理器中。HTG 系统一般装有油罐温度测量装置(GB/T 8927),也可包括环境空气温度测量装置。

注 4: 如果通过其他方式测定产品或空气温度,则可以将温度值手工输入到 HTG 数据处理器。

5.2.2 传感器的位置

产品温度传感器可以是安装在压力传感器 P1 和 P2 之间的单点测温元件,也可以是平均温度测量系统。

环境空气温度传感器(如果需要)应靠近油罐,安装在压力传感器的同一侧,使它们具有相同的环境条件。

5.3 HTG 参照点和液位测量参照点

HTG 参照点应位于油罐外面传感器 P1 的正下方,且最好位于油罐底缘上;如果油罐底缘无法看到,参照点可以标记在罐壁上。

HTG 参照点不同于液位测量参照点。液位测量参照点是手工检尺点或油罐检尺口上的标记,后者位于手工检尺点上方的固定距离位置。HTG 参照点和手工液位测量参照点之间的垂直距离应当用附录 C 所述方法测量。手工检尺点通常就是油罐标定基准点。

5.4 调试

5.4.1 概述

在安装完 HTG 系统之后,应执行调试程序。在硬件损坏或系统更新后,如果更换了 HTG 系统的某

些或全部部件,则可能要重复某些或全部调试程序。保存所有数据记录,以便将来维护期间使用(第6章)。

5.4.2 HTG 参数输入

确定表1中列出的所有油罐、环境、HTG 传感器及液体参数,并输入到 HTG 处理器。

注5:油罐参数通常保持不变。如果更换了 HTG 硬件中的任一部件,则 HTG 传感器的参数可能会变化。如果新储液进入油罐,则液体参数可能也会变化。

如果任何参数发生了变化,则应将它们的新值输入到 HTG 数据处理器中。

5.4.3 压力传感器零点调整

检查和调整压力传感器零点应遵循下列程序:

- a) 如果为了避免风力影响,而将传感器的外端口连在一起时,则在调整传感器零点时,应拆掉连接管;
- b) 关闭引压阀,使传感器与油罐断开;
- c) 打开排泄阀,排除从引压管到传感器的全部液体;
- d) 使到传感器的引压管通向大气;
- e) 按照制造厂的说明书调整传感器零点;
- f) 调整后,监视传感器零点读数大约 1 h,必要时可作进一步调整。

5.4.4 油罐容积表确认

高精度的质量测量以油罐容积表具有最小误差为先决条件。建议检验油罐容积表与 GB/T 13235.1 和 GB/T 13235.2 的一致性,需要时应重新标定。

油罐容积表通常由标定报告中液位区间对应的单位高度容积推算出来(油罐标定报告的编制见 GB/T 13235.1)。

容积表还受其他次要影响(见 B2 和 B3)。

HTG 数据处理器通常会储存足够的数,以复现油罐容积表。这些数据应对照油罐容积表的数据进行核实。

5.4.5 用手工测量法核实

HTG 系统的计算值应该与手工测量提供的数据比较,但只能作为临时性验收的参考数据,其结果应作如下解释。

如果 HTG 与手工质量测量值的一致性在二者的不确定度范围内,则可以认为 HTG 系统运行正常,否则,应作进一步研究。

在 HTG 和其他质量测量的对比中,必须考虑空气中质量(例如地秤测量的)和 HTG 测量的真实质量的差别。由于地秤通常指示空气中的表观质量,因此当 HTG 和地秤比较时,建议使用空气中的表观质量。

5.4.6 温度传感器核实

温度传感器(如果使用)的读数应与其他温度测量装置获得的温度读数对比。

在靠近 HTG 产品温度传感器的附近,通过随时测量产品温度来核实液体温度传感器。

在靠近 HTG 环境空气温度传感器的位置,通过测量环境温度来核实环境空气温度传感器。

如果 HTG 的测量温度和参比温度的一致性超出它们的不确定度范围,则应调整 HTG 参数或更换传感器。

6 维护

6.1 概述

本操作包括系统的确认和校准。确认不同于校准,其中不涉及 HTG 数据处理器参数的任何修正。

6.2 确认

确认的目的是证明 HTG 系统仍在所要求的准确度内运行。为了监视系统性能并确立系统的校准周期,通常应遵照国家相关规范定期进行此项工作。

确认过程不需要使用可溯源的标准,但应采用标准程序,与稳定且可重复的参照值进行比较。在确认期间,不作调整。如果确认过程显示系统性能偏移超过预定极限,则应重新校准 HTG 系统。该极限应将 HTG 系统的预期综合测量不确定度、标准设备及 HTG 系统的性能要求考虑在内。

6.2.1 HTG 传感器高度

HTG 传感器高度应与第 5.4.2 条中得到的值比较,并记录偏差。

6.2.2 压力传感器零点

压力传感器零点应该用第 5.4.3 条给出的方法核实,但不作任何调整。

6.2.3 在罐测量

如果与手工法比较,则应按照第 5.4.5 条规定的程序进行。

如果其他方法在该罐上可以替代手工法,则该方法得到的测量数据也可用于比较。

6.2.4 离罐测量

下列设施可用于测量质量对比。

- a) 带有在线密度计的容积式流量计;
- b) 带有采集管线密度的容积式流量计;
- c) 质量流量计;
- d) 地秤。

6.2.5 温度传感器

温度传感器应该用第 5.4.6 条给出的方法核实,但不作任何调整。

6.3 校准

6.3.1 概述

校准 HTG 系统的目的是检验系统性能是否达到规定的准确度,并进行合理修正。HTG 系统应该在确认其性能降低的情况下校准,或定期校准。

HTG 系统应使用可溯源标准和已批准的现行测量方法进行校准。

压力传感器除零点外,通常不能再作调整。如果发现压力传感器超过规定指标,则应进行更换。

6.3.2 HTG 系统参数

调试时确定的系统参数应由专业技术人员重新审查。必要时,应将改变的参数输入到 HTG 数据处理器中。

6.3.3 压力传感器零点调整

检查确认记录,如果发现压力传感器零点偏离到制造厂的指标之外,则应更换压力传感器。

如果传感器零点在制造厂给出的指标内,则应通过确认记录确定压力传感器零点的最佳调整量。零点调整应按第 5.4.3 条进行。

6.3.4 温度传感器校准

检查确认记录,如果需要,应按第 5.4.6 条进一步核实。如果发现温度传感器在调试时确定的极限外运行,则应调整或更换温度传感器(见 5.4.6)。

6.3.5 压力传感器校准

6.3.5.1 概述

校准 HTG 质量测量系统的最好方法是直接校准压力传感器,但校准压力传感器的设备的准确度应优于 HTG 系统本身。如果不能得到这种设备,则可以用第 6.3.6 条所述方法校准 HTG 系统,但准确度略低。

如果压力传感器的位置已知、稳定,且计算中采用正确的参数(见 6.3.2),则由 HTG 得到的质量测量准确度取决于压力传感器的准确度。

根据现有校准设备,选用下述两种方法之一。

6.3.5.2 标准压力源法

校准用的标准装置是一个可溯源的静负载试验器,精确到 **25 Pa**,适宜现场使用。

压力传感器在安装位置保持不动,通过关闭引压阀与油罐隔开,依次清洗并连接到静负载试验器上。静负载试验器用于产生油罐在所有液位上的压力,以确保检验到压力传感器通常所承受的全部静压力,即:覆盖质量范围。

将 **HTG** 系统的压力测量值与静负载试验器的压力值对比。如果二者在综合测量不确定度的范围内,则由 **HTG** 传感器引起的质量误差将在设备的规格范围内。比较时,应考虑静负载试验器和压力传感器之间连接管内的附加静压力。

6.3.5.3 标准压力传感器法

校准用的标准装置是一个可溯源的压力传感器,精确到 $\pm 25 \text{ Pa}$,适宜现场使用。

压力传感器在安装位置保持不动,通过关闭引压阀与油罐断开,依次连接到标准压力传感器上。通过改变罐内液位或使用外部压力源产生对应油罐各液位的压力。

将 **HTG** 系统的压力测量值与标准压力传感器的压力值对比。如果二者在综合测量的不确定度内,则 **HTG** 传感器对质量误差的影响将在设备的规格范围内。当进行比较时,应考虑标准压力传感器和被校准压力传感器之间连接管内的附加静压力。

6.3.6 在罐上用手工测量校准

该校准方法将 **HTG** 测量的质量与由手工测量的液位、密度和温度间接计算的质量对比。由于手工密度测量有较高的不确定度,因此,本方法只有在由于缺乏合适设备,不能直接校准压力传感器时才使用。

用标准方法测量液位(GB/T 13894)、温度(GB/T 8927)和密度(GB/T 1884),计算标准体积(GB/T 9109.5)和标准密度(GB/T 1885)。由产品的标准体积和标准密度计算质量。

由于手工测量和 **HTG** 测量使用不同的参照点,因此应在取得的两个质量读数中去除此项偏差影响。校准最好用相同液体,在间隔大约 **4 m** 的液位上进行。

如果由 **HTG** 系统测量的输转质量和手工测量的输转质量之差小于 **0.2%**(用手工测量值计算的输转质量的百分数表示),则应认为 **HTG** 系统运行正常。

注 **6.0.2%**的极限以下列不确定度为基础:

液位(前尺和后尺)误差	$\pm 3 \text{ mm}$
温度误差	$\pm 1^\circ\text{C}$
油罐容积表误差	$\pm 0.1\%$
其他误差	$\pm 0.05\%$

油罐隆起使液位测量参照点偏移,由此引起的液位测量误差将加到手工测量不确定度内。

7 安全

7.1 机械安全

HTG 传感器及其引压管构成油罐表面的一部分。他们不仅应能承受住与油罐表面相同的机械应力或变形,而且也应经受住产品的腐蚀或浸蚀等影响。

7.2 电气安全

所有电气系统都应符合安全规定。此外,也应考虑 **GB 3836.1** 的要求。

附 录 A
(标准的附录)
计 算 概 述

A1 概述

本附录描述了用 HTG 数据处理器计算油罐内油品质量和其他变量的方法,但不包括 HTG 系统某一制造者设计的特殊计算及功能(例如压力传感器的线性化公式)。

本附录中使用的符号列于 A2,并在图 A1 和图 A2 中说明。在本附录公式中代入的所有值都应是国际单位制(SI)单位。如果得到的值是其他单位,则应转换为下列国际单位制的值:

参 数	单 位
压力	Pa
液位	m
面积	m ²
体积	m ³
质量	kg
密度	kg/m ³
重力加速度	m/s ²

固定顶或浮顶罐的计算步骤是相同的。

罐内蒸汽密度和环境空气密度仅对计算变量有次要影响,可以把他们看做常数,也可以为满足高精度要求而进行计算。

环境空气密度可由绝对环境压力和绝对环境温度,用气体状态方程计算。环境空气密度的变化仅对观察密度构成次要影响。

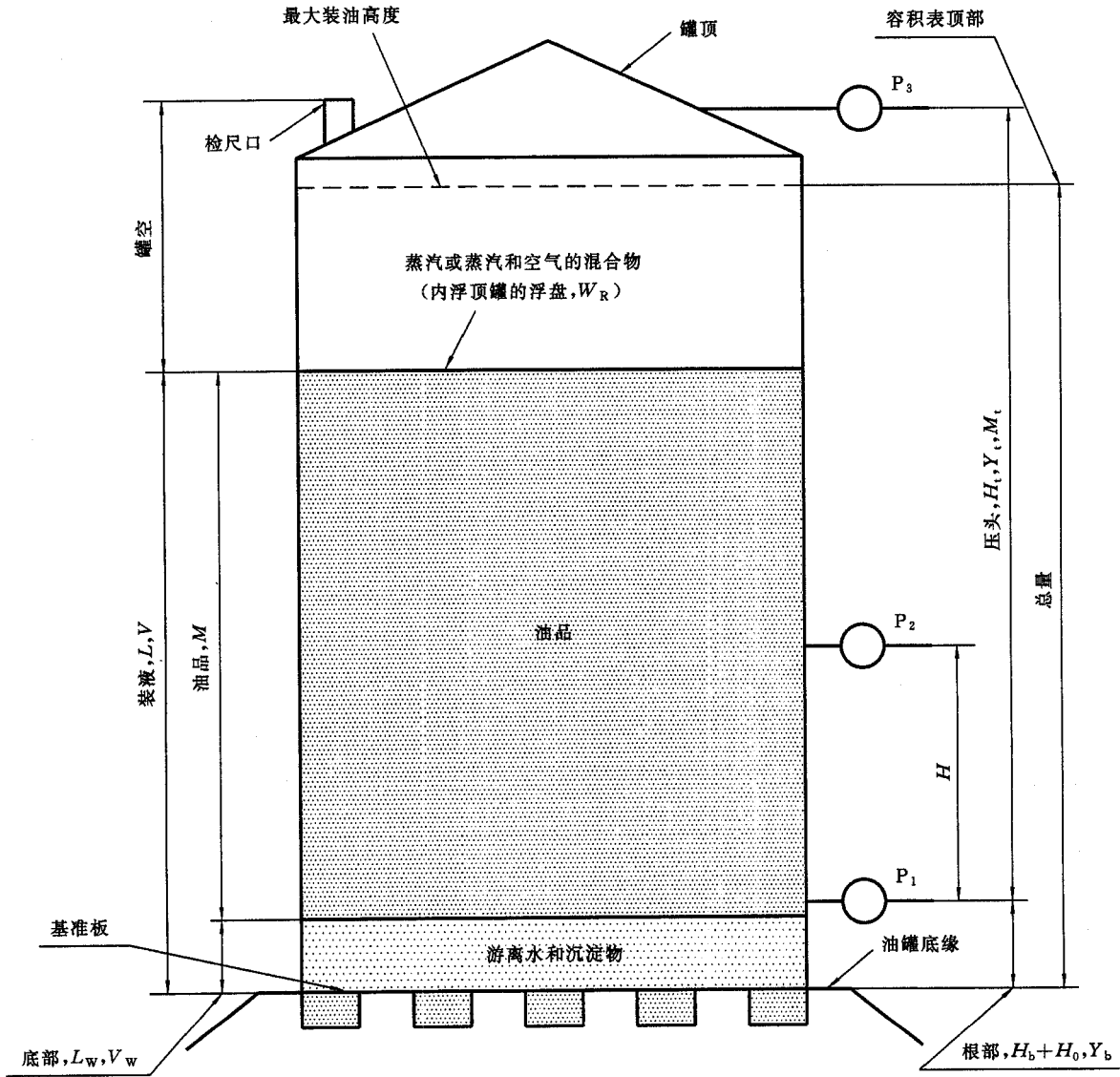
罐内蒸汽密度可由绝对蒸汽压力、绝对蒸汽温度和蒸汽相对密度,用气体状态方程式计算。

提供给 HTG 处理器的所有传感器输入数据应是同一时间采集的。

A2 符号说明

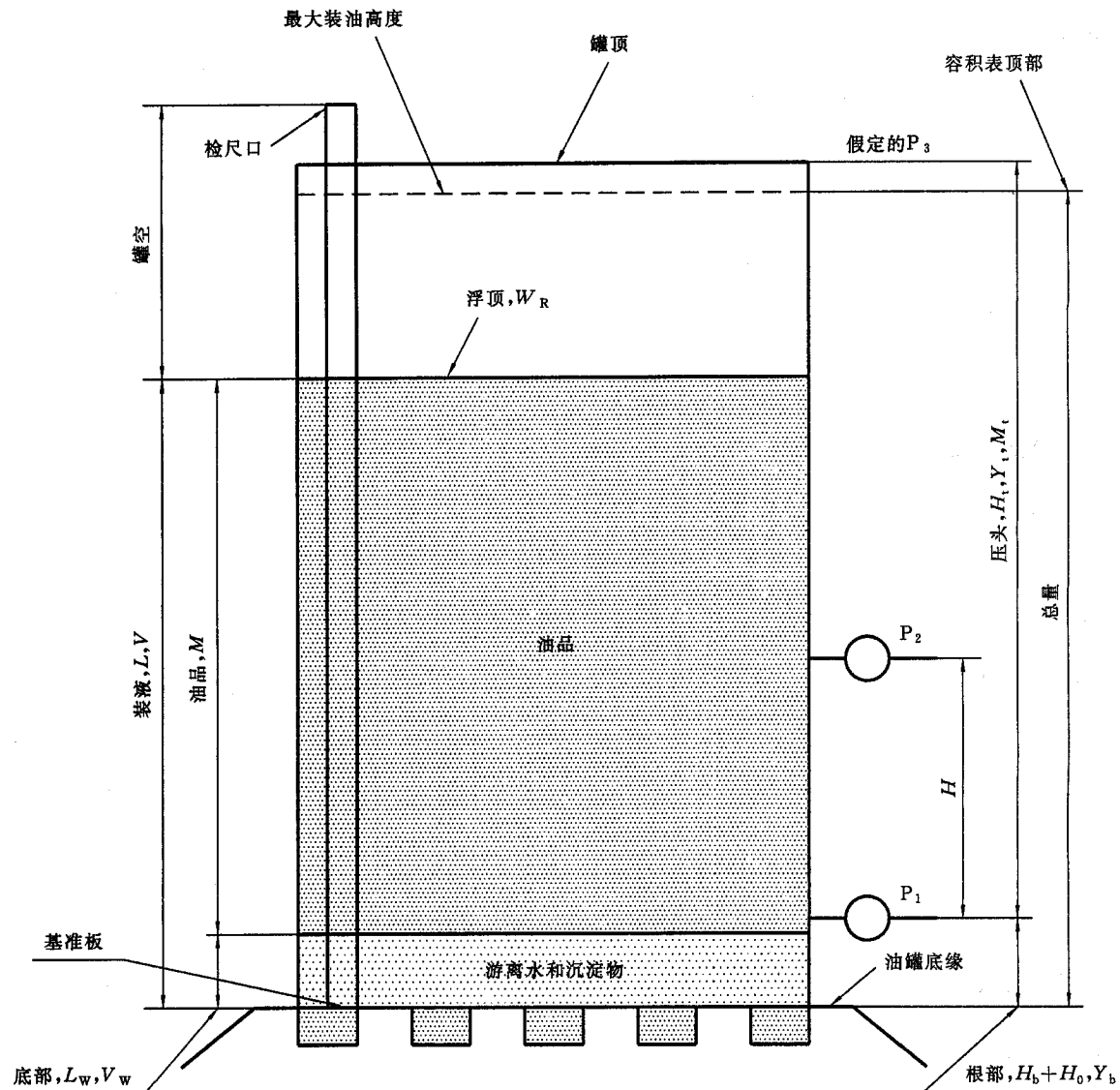
符号	意义
A_E	油罐平均横截面积
ρ	产品观察密度
ρ_a	环境空气密度
ρ_v	罐内蒸汽密度
H	传感器 P1 和 P2 之间的垂直距离
H_0	油罐标定基准点(基准板)和 HTG 参照点之间的垂直距离
H_b	HTG 参照点和传感器 P1 之间的垂直距离
H_t	传感器 P3 和 P1 之间的垂直距离
L	装液高度
L_w	游离水液位
M	产品质量
M_a	产品在空气中的表观质量
M_b	产品根部质量
M_t	产品压头质量

- V 装液体积(对应装液高度)
- V_b 产品根部体积
- V_w 游离水体积
- W_R 浮顶(或浮盘)质量
- Y_b 总根部体积
- Y_t 产品压头体积



L = 可变液位 H = 固定高度 V = 可变体积
 Y = 固定体积 M = 可变质量 W = 固定质量

图 A1 固定顶罐的测量参数及变量



L = 可变液位 H = 固定高度 V = 可变体积

Y = 固定体积 M = 可变质量 W = 固定质量

图 A2 浮顶罐的测量参数及变量

A3 压力平衡

HTG 的计算原理是两点间的压力增量和与增加的路径无关,因此:

$p_1 - p_3$ = 液体产品总压头 + 罐内蒸汽压头 - 传感器 P1 和 P3 之间的环境空气压头。

$p_1 - p_2$ = 传感器 P1 和 P2 之间的液体产品压头 - 传感器 P1 和 P2 之间的环境空气压头。

在固定顶油罐中,罐内蒸汽是产品蒸汽和空气的混合物。蒸汽和(或)空气混合浓度随蒸汽的温度和压力而变化。在浮顶罐中,罐内蒸汽是可能被产品蒸汽污染了的环境空气。

浮顶负载包括固定(浮顶质量)和可变(浮顶载荷质量)两部分。在本标准中,这两部分都是由使用者输入的常数。它也适于固定顶罐中使用的浮盘。

注 7: 计量油品时,将浮顶按自由浮体处理,直接扣除浮顶重量。但油品输转时,浮顶受到罐壁的不均匀摩擦(有时甚至卡住),浸液深度发生变化,直接扣除浮顶重量可能会带来油品计量的误差。对于高精度计量,建议采取措施,尽可能消除此项影响。

A4 密度计算

观察密度 ρ (由压力计算):

$$\rho = [(p_1 - p_2)/(gH)] + \rho_a$$

式中: $(p_1 - p_2)$ ——压力传感器 **P1** 和 **P2** 的读数差;

g ——当地的重力加速度;

H ——传感器 **P1** 和 **P2** 膜片受力中心之间的垂直距离(见图 A1 或图 A2);

ρ_a ——环境空气密度。

注 8: 观察密度可以按照 GB/T 1885, 由手工输入的标准密度来计算。

观察密度也可以手工输入到数据处理器中。

A5 装液高度计算

装液高度 L :

$$L = H_0 + H_b + \{[(p_1 - p_3)/g] - [H_t(\rho_v - \rho_a)]\} / (\rho - \rho_v)$$

式中: H_0 ——油罐标定基准点到 HTG 参照点的垂直距离;

H_b ——传感器 **P1** 的受力中心到 HTG 参照点的垂直距离(见图 A1 或图 A2);

$(p_1 - p_3)$ ——压力传感器 **P1** 和 **P3** 读数差;

g ——当地的重力加速度;

H_t ——传感器 **P1** 和 **P3** 膜片受力中心的垂直距离(见图 A1 或图 A2);

ρ_v ——罐内蒸汽密度;

ρ_a ——环境空气密度;

ρ ——按 A4 计算的产品观察密度。

注 9: 如果得不到 ρ_v , 则可以假设 $\rho_v = \rho_a$ 。

A6 油罐平均横截面积的计算

油罐平均横截面积:

$$A_E = (V - Y_b) / (L - H_b - H_0)$$

式中: V ——装液体积(在装液高度);

Y_b ——总根部体积;

L ——按 A5 计算的装液高度;

H_b ——传感器 **P1** 的受力中心到 HTG 参照点的垂直距离(见图 A1 或图 A2);

H_0 ——油罐标定基准点(基准板)到 HTG 参照点的垂直距离。

装液体积和总根部体积应由装液高度和传感器 **P1** 的高度($H_b + H_0$)按 GB/T 13235.1 计算。

A7 压头质量计算

产品压头质量:

$$M_t = A_E \{ [(p_1 - p_3)/g] - [\rho_v(H_t + H_b + H_0 - L)] + [\rho_a H_t] \}$$

式中: A_E ——按 A6 计算的油罐平均横截面积;

g ——当地的重力加速度;

ρ_v ——罐内蒸汽密度;

H_b ——传感器 **P1** 的受力中心到 HTG 参照点的垂直距离(见图 A1 或图 A2);

H_t ——传感器 **P1** 和 **P3** 膜片受力中心的垂直距离(见图 A1 或图 A2);

L ——按 A5 计算的装液高度;

ρ_a ——环境空气密度。

注 9: 如果得不到 ρ_a , 则可以假设 $\rho_a = \rho_a$ 。

A8 根部质量计算

产品根部体积:

$$V_b = Y_b - V_w$$

式中: Y_b ——由传感器 P1 的高度($H_b + H_0$)查油罐容积表计算的总根部体积;

V_w ——由游离水高度 L_w 查油罐容积表得到游离水体积。

产品根部质量:

$$M_b = V_b \rho$$

式中: V_b ——上面计算的产品根部体积;

ρ ——按 A4 计算的产品观察密度。

根部产品观察密度的精度会受液体分层的影响(见 B4)。

A9 产品质量计算

产品质量:

$$M = M_t + M_b - W_R$$

式中: M_t ——按 A7 计算的产品压头质量;

M_b ——按 A8 计算的产品根部质量;

W_R ——浮顶(或浮盘)质量。

对于无浮盘的固定顶罐, 计算产品质量的方法与浮顶罐相同, 但浮顶质量应为零。

当浮顶进入临界区时, 浮顶及其负载质量逐渐由浮顶支柱承受。临界区内和临界区下的计算方法见 GB/T 13235.1。

A10 空气中产品表观质量计算

空气中产品表观质量:

$$M_a = M[1 - (\rho_a/\rho)]$$

式中: M ——按 A9 计算的产品质量;

ρ_a ——环境空气密度;

ρ ——按 A4 计算的产品观察密度。

A11 库存准确度

假定压力传感器的安装参数正确, 则计算质量的准确度仅取决于压力传感器、油罐容积表和当地重力加速度的准确度。对于 HTG 系统, 准确度的典型计算如下:

忽略 P3 并认为:

$$M_t = p_1 \times A_E/g$$

假定所有误差在统计学上是独立的, 则:

$$E_{M_t}^2 = E_{P1}^2 + E_g^2 + E_{AE}^2$$

式中: E_{M_t} ——产品压头质量的读数误差(绝对质量误差/绝对质量);

E_{P1} ——传感器 P1 的读数误差;

E_g ——当地重力加速度的读数误差;

E_{AE} ——油罐平均横截面积的读数误差。

油罐平均横截面积的读数误差与油罐容积表相同, 通常在 $\pm 0.05\% \sim \pm 0.1\%$ 的范围内。

表 A1 表明平均横截面积的误差(取决于油罐容积表)对库存准确度有显著影响。

表 A1 库存准确度的例子

误差项目	准确度(±%读数)			
	0.01	0.02	0.05	0.1
传感器 P1	0.01	0.02	0.05	0.1
当地重力加速度 g	0	0	0	0
平均油罐面积 A_B	0.1	0.1	0.1	0.1
库存质量	0.10	0.10	0.11	0.14

附录 B

(标准的附录)

次要影响

下列现象对 HTG 测量有次要影响,但无法标定。对于高精度测量,应采取措施减小这些影响。

B1 HTG 传感器的位移

构成现代油罐的钢板中允许有较高应力和更大的弹性变形,它取决于油罐的高度和直径。这种应力和变形将导致:

- a) 罐壁的水平位移;
- b) (部分)罐壁的扭转;
- c) 油罐固定顶的垂直位移。

移动大小取决于油罐结构、罐内产品密度和液位。传感器 P1 和 P2 的水平位移对 HTG 测量没有影响。在固定传感器 P1 和 P2 的位置上,罐壁扭转将导致 HTG 测量误差。为减小此项误差,应使用连杆(见 5.1.1.4)。

固定式罐顶的移动对 HTG 测量的影响较小,可不予考虑。

B2 静压膨胀

液体静压变化应修正油罐容积表。按照 GB/T 13235.1,本修正假设罐内液体具有典型密度。如果储存液体的密度与油罐标定使用的典型密度显著不同,则应修正油罐容积表,并应当用新参数修改 HTG 数据处理器。在多数情况下,液体密度的较小变化对 HTG 测量无太大影响,HTG 系统不必由于产品密度变化而对油罐容积表进行自动补偿。

B3 温度膨胀

油罐体积随罐壁温度的变化而膨胀或收缩,造成油罐容积表体积示值与实际体积的不同。对此,应由 HTG 数据处理器按照 GB/T 13235.1 进行修正。

B4 液体分层

产品根部质量由其体积和密度计算。实际计算时,假定根部密度与传感器 P1 上面测量的观察密度相同,但产品分层会造成二者的实际不同,由此影响产品质量。

由液体分层引起的误差大小取决于压头质量和根部质量的比例以及产品分层的程度,该影响通常很小。

附录 C

(提示的附录)

HTG 参照点到油罐标定基准点的高度测量

C1 概述

本附录给出了 HTG 参照点和油罐标定基准点的水平标高的测量方法,由水平标高可计算出 HTG 参照点到油罐标定基准点的高度。

C2 仪器

C2.1 光学水准仪:精度不低于 S3 级。

C2.2 水准标尺:最小分度为 1 mm,带水准泡。

C2.3 量油尺:符合 GB 13236 的要求。

C2.4 辅助装置:量油尺固定架和磁性表座。

C3 测量

C3.1 第一种情况:在油罐带液的情况下,将光学水准仪连同三脚架用磁性表座固定在罐顶或与罐顶等高的其他制高点的一合适位置,调平水准仪。由量油尺固定架将量油尺下放,待尺铈触到油罐标定基准点时固定量油尺,用水准仪读出量油尺的读数,即测得油罐标定基准点的水平标高。同样在 HTG 参照点正上方,由量油尺固定架将量油尺沿罐壁外侧下放至 HTG 参照点,用水准仪读出量油尺的读数,即测得 HTG 参照点的水平标高。在 HTG 参照点无法直接测到时,可用同样方法测出接近 HTG 参照点的某一点(中介点)的水平标高,再将水准仪移至地面上,测出中介点和 HTG 参照点的水平标高,通过中介点可换算出 HTG 参照点和油罐标定基准点相对同一水平面的水平标高。测量期间应尽量避免罐体震动和风力影响。水平标高读准到 1 mm。

C3.2 第二种情况:在空罐情况下,可透过打开的人孔,按上述方法,用尽量少的水平测站数直接或间接测出 HTG 参照点和油罐标定基准点的水平标高。此时最好用水准标尺代替量油尺。

C4 结果计算

HTG 参照点到油罐标定基准点的高度 H_0 按下式计算:

$$H_0 = H_d - H_r$$

式中: H_d ——油罐标定基准点的水平标高;

H_r ——HTG 参照点的水平标高。

附录 D

(提示的附录)

术 语

本附录提供下列术语,供使用本标准时参考。

D1 空气中的表观质量 **apparent mass in air**

空气中的表观质量不同于未进行空气浮力影响修正的标准质量或被称物体,它是在空气中称重所获得的值。[GB/T 13377]

D2 容积表 **capacity table**

给出自稳定参照点测量的各液位对应罐内容积的表,常称为罐表或油罐标定表[ISO 7507-1]

D3 密度 density

物质质量除以其体积的所得结果。[GB/T 13377]

当报告密度时,应明确注明密度单位及其温度。对于国际贸易,石油及其产品的标准温度为 15℃ (ISO 5024)。对于法制计量或其他特殊用途,可以使用其他标准温度。[ISO 3993]

D4 油高 dip, innage

油罐内液体的深度。[ISO 7507-1]

D5 固定顶油罐 fixed-roof tank

具有锥形或拱形顶的立式圆筒形储油容器,可以是不加压或自由通气式的,也可以是低压式的。[ISO 4266]

D6 浮盘 floating blanket (cover) (screen)

浮在固定顶油罐内液体表面上,能阻滞罐内挥发性产品蒸发的金属或塑料轻质盖。[GB/T 13235.1]

D7 浮顶罐 floating-roof tank

顶部随液体表面自由漂浮的油罐。在液面降至某低液位以下时,浮顶重量通过支柱支撑于罐底。[GB/T 13235.1]

D8 测量参照点 gauge reference point

测量液体深度的起始点。[ISO 8311]

D9 净标准体积 net standard volume

从总标准体积中减去水和沉淀物之后的体积。

注 9: 对于纯净的精制产品,总标准体积通常等于净标准体积。[ISO 4267-2]

D10 观察密度 observed density

在与仪器标定温度不同的试验温度下所获得的值。[ISO 3838]

D11 罐壳 tank shell

固定到地面上的储罐外壳,固定顶罐还应包括罐顶。[ISO 7507-1]

D12 总标准体积 total standard volume

在标准条件下,修正到标准压力的总体积。[ISO 4267-2]

D13 总体积 total volume

未作压力和温度修正的体积。其中包括所有水和沉淀物。[ISO 4267-2]

D14 罐空 ullage, outage

未被液体占据的油罐容积。[ISO 7507-1]

附 录 E

(提示的附录)

参 考 文 献

[1] ISO 5024:1976 石油液体和气体—计量—标准参比条件

[2] ISO 8311:1989 冷冻轻烃液体—船上隔板罐和独立柱型罐的标定—几何测量法

[3] VIM, 国际计量学基础及通用术语词典, 第二版, 1993 国际标准化组织, 日内瓦