

天然气高压下水含量的测定

前言

本标准修改采用 ISO 11541:1997《天然气 高压下水含量的测定》(英文版)。

为与国家现行标准参比条件一致,本标准将“体积计量状态为 288.15K, 101.325kPa”改为“体积标准参比条件为 293.15K, 101.325kPa”,计算公式也相应修改。

为便于使用,本标准还做了下列编辑性修改:

- a) “本国际标准”一词改为“本标准”;
- b) 删除国际标准的前言,增加目次;
- c) “高压室”一词改为“压力室”。

本标准由全国天然气标准化技术委员会提出并归口。

本标准起草单位:中国石油西南油气田分公司天然气研究院。

本标准主要起草人:杨芳、迟永杰、唐蒙、许文晓。

本标准为首次发布。

天然气高压下水含量的测定

1 范围

天然气中可能存在水蒸气，其原因包括气井采出流体中所固有的、天然气在地下储气库中储存或流经含水气的输配干线等等。

本标准规定了在压力高于 1MPa 时天然气水含量的测定方法，其压力上限取决于试验装置所能承受的最大压力。本标准适用于水含量不小于 $10\text{mg}/\text{m}^3$ 的无硫天然气和含有硫化氢的酸性天然气。

本标准中气体体积计量的标准参比条件为 293.15K，101.325kPa。

注：试验数据可能会受样品气中所包含的醇类、硫醇类、硫化氢和乙二醇的影响，因为这些化合物会与吸收样品气中水分的五氧化二磷 (P_2O_5) 发生反应。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件，其随后所有的修改单(不包括勘误的内容)或修订版均不适用于本标准，然而，鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本标准。

GB/T 13609 天然气取样导则

3 原理

经体积计量的天然气通过填满 P205 的吸收管，天然气中的水分被 P205 吸收形成磷酸。吸收管增加的质量即为天然气中所含水分的重量。由于以下原因，管线压力下水蒸气的吸收优于大气压力下水蒸气的吸收：

- a) 水蒸气分压高；
- b) 在较短时间内通过足量的天然气。

4 试剂及材料

4.1 颗粒状五氧化二磷

附着于有湿度指示剂的固体载体上。

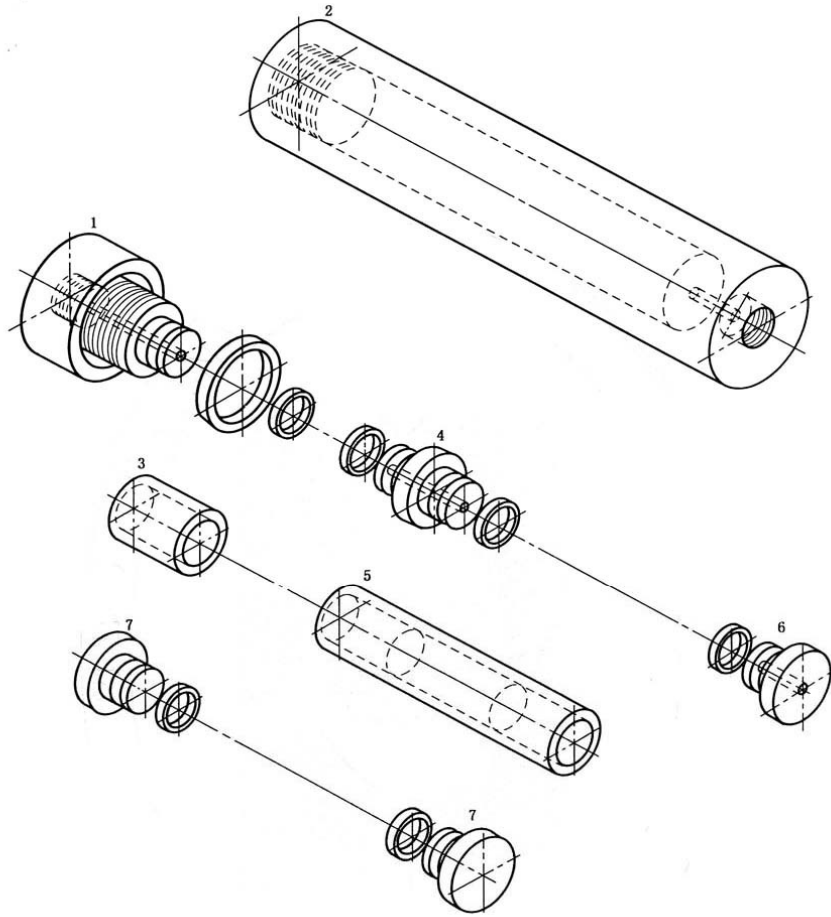
警告：遵守 P_2O_5 的所有安全预防措施，应避免皮肤或眼睛接触 P_2O_5 及吸入 P_2O_5 粉末。在应用 P_2O_5 的场合，应穿适当的防护服。

4.2 石英棉

警告：如果处理不当，石英棉会使人造成矽肺病。为安全操作，推荐使用呼吸器。

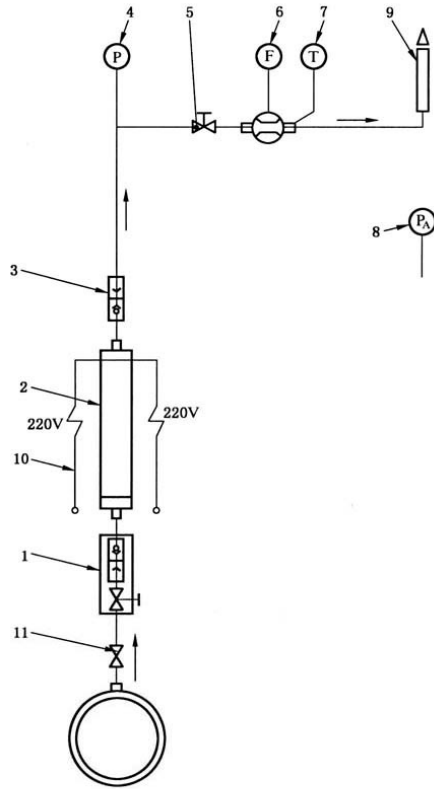
5 试验装置

5.1 试验装置由以下部分组成(见图 1、图 2 和图 3)；



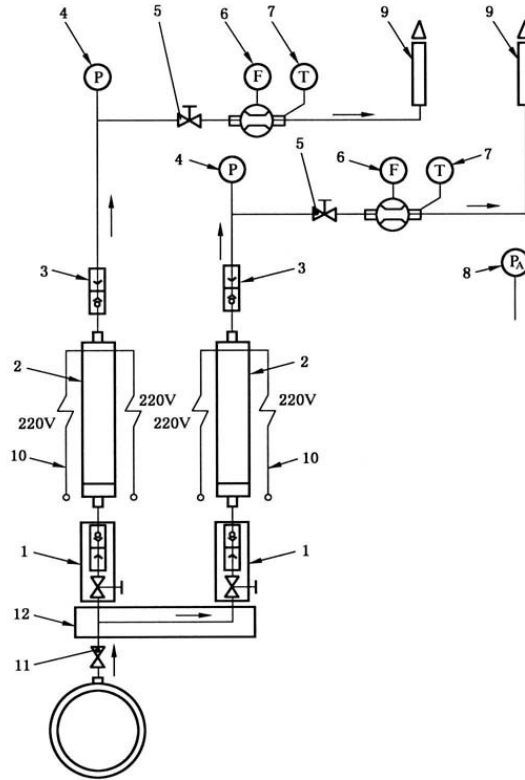
- 1——压力室端件；
- 2——压力室本体；
- 3——过滤管；
- 4——过滤管和吸收管接头。
- 5——吸收管；
- 6——吸收管尾端件；
- 7——吸收管堵头(不锈钢或丙烯酸类塑料,用于称量过程)。

图 1 带有过滤管和吸收管的压力室



- 1——入口针型阀,止回阀和接头;
- 2——容纳过滤管和吸收管的压力室;
- 3——压力室出口接头;
- 4——压力表;
- 5——出口针形阀;
- 6——气体流量计;
- 7——温度计(安装于流量计出口);
- 8——气压计;
- 9——排空管线;
- 10——加热器;
- 11——取样探头阀门。

图 2 试验装置示意图



- 1——入口针型阀、止回阀和接头；
- 2——容纳过滤管和吸收管的压力室；
- 3——压力室出口接头；
- 4——压力表；
- 5——出口针型阀；
- 6——气体流量计；
- 7——温度计(安装于流量计出口)；
- 8——气压计；
- 9——排空管线；
- 10——加热器；
- 11——取样探头阀门；
- 12——三通(不对称流路)。

图3 平行取样试验装置示意图

5.1.1 压力室端件。

5.1.2 压力室本体。

5.1.3 过滤管，玻璃材质，外径 20mm，长 32mm，填充石英棉。

5.1.4 过滤管和吸收管之间接头，不锈钢材质。

5.1.5 吸收管，玻璃材质，外径 20mm，长 140mm。

5.1.6 吸收管末端部件，不锈钢材质。

5.1.7 吸收管堵头，不锈钢或丙烯酸类塑料材质。

5.1.8 针形阀，具备截止功能，可使吸收管内的压力缓慢增长，一端通过传输管线与取样探头相连，另一端通过连接到压力室入口。

5.1.9 压力室，能够容纳过滤管和吸收管。

警告：应按所使用的压力来设计压力室并对其进行检验。应遵守压力容器和其他设备相应的国家安全规程。

5.1.10 接头，用于压力室出口。

5.1.11 压力表，具有适当的压力范围。

5.1.12 出口针形阀，用于排放气体，材质不锈钢。

- 5.1.13 气体流量计，最大流量 $10\text{m}^3/\text{h}$ 。
- 5.1.14 温度计，安装在流量计出口。
- 5.1.15 气压计。
- 5.1.16 排空管线。
- 5.1.17 加热器。
- 5.1.18 取样探头阀门。
- 5.1.19 三通。

5.2 按最大工作压力设计和选用压力室、针形阀、压力表和所有管线及接头。如果测定含硫天然气，所用材料应适合于含硫天然气。压力室的内部长度应该保证过滤管、吸收管及其之间的连接部分不会因压力突然增大而分离。

5.3 压力室出入口处的接头应易于安装和拆卸。

6 分析步骤

6.1 吸收管的准备

用颗粒状 P_2O_5 (4.1)填充吸收管(5.1.5)，吸收管两端用石英棉(4.2，约2cm)充填，使其不留空隙。用已编号的堵头(5.1.7)封闭吸收管。

6.2 过滤管的准备

用石英棉(4.2)填充过滤管(5.1.3)。

6.3 试验装置的准备

6.3.1 管件的首次称量

装配之前立即称量吸收管(5.1.5)及已编号堵头(5.1.7)的质量(m_i)，以及过滤管(5.1.3)和接头(5.1.4)的质量。

6.3.2 压力室的装配

拆下吸收管(5.1.5)上已编号的堵头(5.1.7)，放在一边。将末端部件(5.1.6)安装在吸收管(5.1.5)的一端，吸收管(5.1.5)的另一端通过接头(5.1.4)与过滤管(5.1.3)相连。

将装配好的管件插入压力室本体(5.1.2)，过滤管的开口端在压力室的入口一侧，封闭压力室。堵头(5.1.7)不用时，置于干燥器中干燥。

6.3.3 取样探头的准备

取样探头应清洁和干燥。取样探头上应安装针形阀和用于连接压力室入口的接头。

6.3.4 气体流量计的安装

用高压管线连接压力室出口接头(5.1.10)、压力表(5.1.11)和出口针形阀(5.1.12)。将流量计(5.1.13)和温度计(5.1.14)连接到出口针形阀(5.1.12)和排空管线(5.1.16)。

6.3.5 试验装置的安装

用接头(5.1.10)将压力室(5.1.10)连接到取样探头阀门(5.1.18)和流量计(5.1.13)之间。用样品气体吹扫压力室上游的取样探头。

6.4 取样

取样的一般准则见 GB/T 13609。

关闭入口针形阀(5.1.8)和出口针形阀(5.1.12)，打开取样探头阀门(5.1.18)。

小心开启入口针形阀(5.1.8)，使试验装置增压，并对试验装置进行试漏。

小心开启出口针形阀(5.1.10)，调节流量为 $2\text{m}^3/\text{h}\sim 3\text{m}^3/\text{h}$ 。取样过程中，记录大气压及气体温度，并监测气体流量。当装置中通过 $1.5\text{m}^3\sim 3\text{m}^3$ 的样品气体后，关闭入口针形阀，使试验装置减压。记录流量计所测量的通过仪器的气体体积(V_0)。不要超过吸收剂容量的一半，否则试验可能无效。

当在潮湿的环境取样时，应特别注意避免在管子上凝露。

最大水分浓度取决于气体的实际压力和温度。取样设备和试验装置的温度需高于取样压力下的水露点。如果发生凝析，则试验数据无效，再次测量之前应加热试验装置，使其温度高于露点。

6.5 第二次称量

从试验装置拆下压力室，并拆开。拆开后立即用已称量并已编号的两个堵头密封吸收管，再一次称量吸收管(m_2)，并称量过滤管和接头。

如果过滤管的质量增加超过 $5\text{mg}/\text{m}^3$ ，用肉眼或通过化学分析确定是否有杂质穿透进入吸收管。如果有穿透，则测量无效。

确认吸收管内 P_2O_5 是否仍充满，以及 P_2O_5 湿度指示剂是否显示水分只进入吸收管的前半部分。

6.6 平行取样

推荐使用同时平行取样，特别是当杂质存在时。平行取样时，在取样探头上安装一个三通，形成非对称流路，并连接两套试验装置，见图 3。因为凝析和其他杂质不会等地分配在两套试验装置中，所以两个试验结果的一致性将会验证试验的准确性。如果由两套装置计算所得的水分含量之差大于测量不确定度(测量值的 $\pm 5\%$)的两倍，则有必要重新试验。

7 结果表述

7.1 计算方法

用式(1)计算气体中的水含量

$$\rho(\text{H}_2\text{O}) = \frac{m_2 - m_1}{V_1} \times 10^3 \quad \dots\dots\dots(1)$$

式中：

$\rho(\text{H}_2\text{O})$ ——水含量，单位为毫克每立方米(mg/m^3)；

m_2 ——取样后吸收管的质量，单位为克(g)；

m_1 ——取样前吸收管的质量，单位为克(g)；

V_1 ——气体样品在标准参比条件(293.15K, 101.325kPa)下的体积，单位为立方米(m^3)。

用式(2)将样品气体积换算到标准参比条件下：

$$V_1 = V_0 \frac{293.15 p_{\text{atm}}}{101.325 T} \quad \dots\dots\dots(2)$$

式中：

V_0 ——流量计所示的气体样品体积，单位为立方米(m^3)；

p_{atm} ——取样过程中的大气压，单位为千帕(kPa)；

T ——流量计出口平均气体温度，单位为开(K)。

7.2 不确定度和检测限

在流量为 $2\text{m}^3/\text{h} \sim 3\text{m}^3/\text{h}$ ，通过的气体总体积为 $1.5\text{m}^3 \sim 3.0\text{m}^3$ 的条件下，不确定度估计为测量值的 $\pm 5\%$ (但不优于 $5\text{mg}/\text{m}^3$)，检测限为 $10\text{mg}/\text{m}^3$ 。

不提高流量，只增加通入气体的体积，可以改善不确定度和检测限。

如果降低流量，本方法也适用于压力低于 1MPa 下天然气水含量的测定。

8 测试报告

测试报告应包括以下内容：

- a) 方法依据的标准，即本国家标准；
- b) 管线系统中的取样位置；
- c) 使用的取样方法；
- d) 在标准参比条件下样品的水含量，报告值以 $1\text{mg}/\text{m}^3$ 计，保留到整数；
- e) 用于计算实际水露点的取样探头处的实际气体压力和温度；
- f) 任何与规定的分析步骤偏离的情况。