



中华人民共和国国家标准

GB/T 17283—2014
代替 GB/T 17283—1998

天然气水露点的测定 冷却镜面凝析湿度计法

Determination of the water dew point of natural gas—
Cooled surface condensation hygrometers

(ISO 6327:1981, Gas analysis—Determination of the water dew
point of natural gas—
Cooled surface condensation hygrometers, MOD)

2014-12-05 发布

2015-05-01 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局 发布
中国国家标准化管理委员会



目 次

前言	Ⅲ
1 范围	1
2 原理	1
3 仪器性能	1
4 误差来源——操作时的一般注意事项	3
5 烃凝析物的消除	4
6 准确度	5
附录 A (资料性附录) 本标准与 ISO 6327:1981 相比的结构变化情况	7
附录 B (资料性附录) 水露点的修正	8
参考文献	9

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准代替 GB/T 17283—1998《天然气水露点的测定 冷却镜面凝析湿度计法》，与 GB/T 17283—1998 相比，主要技术内容相同。

本标准使用重新起草法修改采用 ISO 6327:1981《天然气水露点的测定 冷却镜面凝析湿度计法》，ISO 6327 于 2011 年进行了确认。

本标准与 ISO 6327:1981 相比在结构上有较多调整，附录 A 中列出了本标准与 ISO 6327:1981 的章条编号对照一览表。

本标准与 ISO 6327:1981 的主要技术差异和原因：

——修改了标准的适用范围，在 ISO 6327:1981 适用范围“水露点范围一般为 $-25\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ”的基础上增加了“在特殊环境下，水露点范围也可能更宽”，因为为了适应我国天然气生产的实际情况，扩大了本标准的使用范围。

本标准由中国石油天然气集团公司提出。

本标准由全国天然气标准化技术委员会(SAC/TC 244)归口。

本标准主要起草单位：中国石油西南油气田分公司天然气研究院、成都天科石油天然气工程有限公司。

本标准主要起草人：曾文平、何斌、高晓根。

本标准所代替标准的历次版本发布情况为：

——GB/T 17283—1998。

天然气水露点的测定

冷却镜面凝析湿度计法

1 范围

本标准规定用冷却镜面凝析湿度计测定天然气水露点的方法。

本标准适用于天然气及类似气体的水露点测定。经处理的管输天然气的水露点范围一般为 $-25\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，在相应的气体压力下，水含量范围(体积分数)为 $50\times 10^{-6}\sim 200\times 10^{-6}$ 。在特殊环境下，水露点范围也可能更宽。

2 原理

2.1 仪器原理

使用这种类型的仪器，是通过测定气体相对应的水露点来计算气体中的水含量。用于水露点测定的湿度计通常带有一个镜面(一般为金属镜面)，当样品气流经该镜面时，其温度可以人为降低并且可准确测量。镜面温度被冷却至有凝析物产生时，可观察到镜面上开始结露。

当低于此温度时，凝析物会随时间延长逐渐增加；高于此温度时，凝析物则减少直至消失，此时的镜面温度即为通过仪器的被测气体的露点。

2.2 水蒸气压的测定

在样品气取样压力与通过湿度计的气体压力一致的情况下，测得的露点所对应的饱和水蒸气压值，即为样品气的水蒸气分压。

查阅有关手册，可得到饱和水蒸气压与温度之间的关系。

应注意：如果被测样品气中含有甲醇，则用此方法测定的是甲醇和水的混合物的露点。当然，如果已知甲醇含量，作为资料，附录 B 中给出了计算实际水露点所需的校正因子。

在系统操作中，如果样品测试总压大于或等于大气压，本标准所述的湿度计不需校正也可用于测定水的蒸气压，水蒸气分压与所测露点之间的关系取决于所用方法和测量的水平。

如果测试环境中含有气体的凝析温度在水露点附近区域或高于水露点，则很难测出水蒸气的凝析。

2.3 注意事项

在水露点测定时的一个基本点就是取样管线应尽可能短，其尺寸应在测定过程中产生的压降可忽略；除镜面外，仪器其余部分和取样管线的温度应高于水露点。取样时，具体注意事项参照 GB/T 13609 的规定。

3 仪器性能

3.1 概述

仪器可以按不同的方式设计，主要的区别在于凝析镜面的特性，冷却镜面和控制镜面温度的方法，测定镜面温度和检测凝析物的方法。镜子及相应部件通常在一个样品气通过的小测定室内，在高压下，

此测定室应具有相应的机械强度和密封性。

推荐使用容易拆下的镜子,便于清洗。如测定过程中有烃露出现,则应引起足够的注意并采取相应的措施。测定过程可以人工或自动进行。

在高压下,将样品气引入测定室之前,应首先查看仪器使用说明。

3.2 自动和手动露点仪

露点测定仪要设计为既可在不同的时间分别对样品进行测定,也可进行连续测定。对于分别测定时,要求所选择的冷却镜面的方法能使操作人员对用肉眼观察到凝聚相的生成变化情况能够进行连续的观察。如果样品气中水含量很少即露点很低,单位时间内流经仪器的水蒸气则很少,以致于露的形成很慢,很难辨别其是增加还是消失。若使用一个光电管或其他任何对光敏感的部件,则很容易对露的凝聚进行观察。当保持对致冷部件的人工控制时,还需要一个简单的显示器。

在有烃类凝析存在的情况下,使用手动操作的露点仪将很难观测到水露的形成。在此情况下,可用液烃起泡器来辅助观测,然而重要的是应了解所使用起泡器的原理及使用局限性。

起泡器在一定的温度和压力下,通过起泡器的样品气与盛装在起泡器里的液态烃之间将建立平衡,其中包括如下反应:

- a) 开始通过新鲜液烃起泡器的样品气流出时会失去部分水分,直到平衡建立后,出口处样品气中的水含量才和入口处样品气中的水含量相等。因此,起泡器的温度应高于所测定样品气的水露点温度,且应通入足够的样品气以便在测定进行之前,使样品气和起泡器间达到平衡。
- b) 样品气的重烃组分由气相进入液态烃中直到建立平衡,正是这种交换减少了在气体中潜在的凝析烃的量,从而减少了凝析烃液的掩蔽效应。随着组分的连续交换,液态烃被样品气中可凝析烃所饱和,则样品气中可凝析烃的含量也相应增大。在进一步测定以前,应更换液态烃,并且使起泡器达到所要求的状态。

通过使用光电管的输出信号,可在所要求的凝析温度下稳定观测镜面上的凝析物,从而使整个装置完全自动化。为了连续读数或记录,自动操作必不可少。

3.3 镜面照射

手动装置适用于目测观察凝析物的生成,如果使用一个光电管,镜面将会被安装在测定室里的一个光源所照射。灯和光电管可用多种方式安置,镜面在光源的方向上所产生的散射可以通过抛光镜面而减少。任何情况下,使用之前镜面应是清洁的。

没有任何凝析物时,落在光电管上的散射光线必然减少。若将测定池内表面涂黑,则可降低测定室内表面光线的散射效应,也可通过安装一个光学系统作为对上述措施的进一步补充,从而使只有镜面被照射,这样光电管观察到的只是镜面的情况。

3.4 镜面致冷及其温度控制方法

3.4.1 总则

用下列方法来降低和调节镜面温度。其中,在 3.4.2 和 3.4.3 中所叙述的方法中要求操作人员进行连续的观察,而这些方法不适用于自动露点测定仪。对于自动仪,可用在 3.4.4 和 3.4.5 中所述的两种致冷方法:致冷剂间接接触致冷和热电(珀尔帖)效应致冷。无论采用哪种方法,镜面的降温速度不应超过 $1\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 。

3.4.2 溶剂蒸发法致冷

使一种挥发性液体与镜子背面接触,通入空气流使其气化而致冷。为达到这一目的,一般使用手动

鼓风机,若使用可调节气源的低压压缩空气或其他合适的带压气体气源,则效果更佳,在手动鼓风器的情况下,若使用高效的乙烯氧化物作为挥发性溶剂,则无需太大的努力便可使镜面温度下降 30°C 左右,如考虑到其毒性危害,则可选用丙酮作为溶剂,在手动鼓风器的情况下,也可使镜面温度下降 20°C 左右,如通入压缩空气或其他合适的带压气体,致冷效果会更好。

3.4.3 绝热膨胀法致冷

使一种气体通过喷嘴后流过镜子背面,由于气体膨胀而使镜面冷却,这种气体通常使用小钢瓶装的压缩二氧化碳,也可使用其他气体,如压缩空气、压缩氮气、丙烷或卤化烃等。本法至少可使镜面温度相对于所使用气体温度下降 40°C 。

3.4.4 致冷剂间接致冷

通过热电阻将镜子与致冷器相连。通常将一插入致冷器中的铜棒和一小片绝热材料所构成的热电阻与镜子相连,镜子通过电子元件而被加热,其电流强度应可以控制以便使镜面温度可以容易且准确地调节。如用液氮作致冷剂,可使镜面温度下降至 $-70^{\circ}\text{C}\sim-80^{\circ}\text{C}$;用干冰和丙酮的混合液作为致冷剂,可使镜面温度下降至 -50°C (取决于仪器的设计);用液化丙烷,可使镜面温度下降至 -30°C 左右。

3.4.5 热电(珀尔帖)效应致冷

单级珀尔帖效应元件通常所能达到的最大致冷温降为 50°C 左右。用两级时,可获得 70°C 左右的致冷温降。通过改变珀尔帖效应元件中的电流,可以调节镜面温度,但此法热惯性较大;通过保持一个恒定的致冷电流,同时将镜面与一个热电阻连接,用一个可调节的电热装置来加热镜面,则可快速调节镜面温度。

3.5 温度测量

当镜面上有露形成时,应当尽可能准确地测量结露时的温度,为了避免镜面上的温度差异,最好选用高导热性材料制作的镜子。在进行镜面温度测量时,手动测定仪一般采用精密水银温度计,自动测定仪则采用电热探头(如电阻温度计、热敏电阻或热电偶)。

4 误差来源——操作时的一般注意事项

4.1 干扰物质

4.1.1 概述

除气体或水蒸气外,一些其他物质,如固体颗粒,灰尘等也可进入仪器,并能在镜面上沉积,影响仪器的操作性能。除水蒸气外的其他蒸气也可能在镜表面上冷凝。在测定露点时,自然或偶然带进样品测定室的可溶于水的气体,都会使所观察到的露点与实际水蒸气含量相对应的露点有所差异。

4.1.2 固体杂质

如果固体杂质绝对不溶于水,它们将不影响所观察到的露点温度,但会妨碍结露的观察。在自动装置中,对固体杂质如果没有采用补偿装置,而且出露量较低时,这些杂质将会妨碍仪器操作。若镜面上固体杂质过多,一般将导致镜面温度会在几分钟内出人意料地突然增加,这时就要求拆卸装置,并清洗镜面。拆卸清洗装置时,由于测定室具有吸湿性,拆装应快速进行,为了避免这个困难,最好使用一个不吸湿的过滤器以除去固体杂质。

如果使用了过滤器,即便是不吸湿过滤器。它也应与被测气中的水蒸气建立平衡。可通过在测定

前让待测气流以比测定时大一些的流量通过过滤器,并流过一段时间的方式来达到这种平衡。

为了防止灰尘颗粒的影响,在一些自动装置上安装了“校正”程序。“校正”程序由一个可选择的镜面过热器组成,以便除去镜面上所有的凝析物、水和烃类物质,然后使测量桥重新达到平衡。

4.1.3 蒸气状态的杂质

烃类能够在镜面上产生凝析。从原理上讲,由于烃的表面张力与水的表面张力非常不同,因此,其不会干扰正常测量。烃可在镜面上扩展,并形成一不散射光线的连续层。然而,手动检测结露也是相当不容易的,因为尽管水露点比烃类的凝析温度低得多,但在大量的烃液滴中仅有极少数的水滴能被检测到(见第5章)。

由于水和烃的凝析物是不溶混的,所以烃凝析物的存在不会改变水露点。

如果气体中含有甲醇,它将与水一起凝析,这样得到的将是水和甲醇的混合物的露点。如果气体中同时含有甲醇和烃,将形成水状和油状的两种凝析物,在这种情况下,水状凝析物的凝析温度将不完全取决于水含量。

4.2 冷壁误差

除镜面外,管道和装置的其他部分的温度应高于凝析温度,否则水蒸气将会在最冷点发生凝析,从而使样品气中水含量发生改变。

4.3 平衡温度的控制

如果单位时间内镜面上凝析的水量很小,那么镜面应尽可能缓慢地冷却,因为,如果冷却过快,会导致在还没有观察到初露时,就已超过了实际的凝析温度,从而产生误差。

能用肉眼正常观察到的结露量大约为 10^{-5} g/cm²。如果自动装置灵敏度高的话,则能够检测到更低的结露量。

如果有必要使用手动装置,特别是所测露点相对较低时,应采取下列措施:

- a) 在凝析温度范围内,镜面的冷却速度应尽可能小(在进行准确测量以前,可先进行一次快速测定以便测得大致的凝析温度,这是一种很好的实用技巧)。
- b) 在镜面温度缓慢降低的过程中,记录最初结露的温度;在镜面温度缓慢升高的过程中,记录露滴完全消失的温度。结露温度和消露温度的平均值便认为是被测气体的露点。

在用自动仪器进行测量时,初露和消露两者之间温差不应大于 2 °C;而在手动装置情况下,两者之间的温差则不应大于 4 °C。

5 烃凝析物的消除

5.1 一般要求

如果烃的露点低于水蒸气的露点,则不会有特别的问题。反之,在测量进行之前,应尽可能捕集并除去烃凝析物,然后假定所有的烃类已凝析并从镜面和测定室中除去。

5.2 在镜面之上的凝析

通过在镜面之上设置一个由制造商所指定的具有合适形状的装置(或“盖子”),从而引导气体在镜面之上通过一个有小孔的管子进入测定室,从而达到在镜面之上使烃类凝析的目的。

由于直接和镜面相连,盖子上的温度和镜面温度接近,但经进入测定室的测试气体加热后,其温度略高于镜面温度。

5.3 从镜面上除去凝析物

从镜面上除去烃类凝析物是非常重要的。若镜面之上安装了盖子后,烃类凝析物的清除则变得更加重要。

通过垂直放置镜面,或至少给它一个明显的倾斜,以及在镜面的较低点设计安装一个部件等都可达到除去镜面上凝析物的目的。这个设计的部件也可以就是盖子本身。

烃类凝析物持续地流过镜面,并在所设计的部件上形成液滴,从而有助于液滴的清除。这些液滴随着时间不断地落下并流入测定室的底部。在某种情况下,例如在校正时,如果有必要,它也可被重新气化。

5.4 从测定室中除去凝析物

从镜面上流入到测定室中的凝析物应当被除去。这可通过将测定室的出口设置在它的最低点来实现,然后将凝析物蒸发到排出管线。

6 准确度

在 $-25\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的测量范围,当使用自动测定仪时,水露点测量的准确度一般为 $\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。使用手动露点仪时,测量的准确度则取决于烃的含量,在多数情况下,可以获得 $\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的准确度。

附录 A

(资料性附录)

本标准与 ISO 6327:1981 相比的结构变化情况

本标准与 ISO 6327:1981 相比在结构上有较多调整,具体章条编号对照情况见表 A.1。

表 A.1 本标准与 ISO 6327:1981 的章条编号对照情况

本标准章条编号	对应的国际标准章条编号
1	1
1	2
2	3
2.1	3.1
2.2	3.2
2.2	2
2.3	3.3
3	4
3.1	4.1
3.2	4.2
3.3	4.3
3.4	4.4
3.4.1	—
3.4.2	4.4.1
3.4.3	4.4.2
3.4.4	4.4.3
3.4.5	4.4.4
3.5	4.5
4	5
4.1	5.1
4.1.1	5.1.1
4.1.2	5.1.2
4.1.3	5.1.3
4.2	5.2
4.3	5.3
5	6
5.1	6.1
5.2	6.2
5.3	6.3

表 A.1 (续)

本标准章条编号	对应的国际标准章条编号
5.4	6.4
6	7
附录 A	—
附录 B	附录 A

附 录 B
(资料性附录)
水露点的修正

如果气体中含有甲醇,它将和水一起发生凝析,所得到的则是水和甲醇混合物的露点。表 B.1 给出了从实际测量露点中减去甲醇部分的修正值,从而获得真实的水露点。

表 B.1 甲醇存在下水露点的修正值

甲醇含量 mg/m ³	压力 MPa	实际测定露点所对应的修正值 ℃			
		-10 ℃	-5 ℃	0 ℃	5 ℃
250	1.5	1	1	0.5	0.5
250	3.0	2	1.5	1	0.5
250	4.0	3	2	1.5	1
250	5.5	4	3	2	1.5
250	7.0	4.5	3.5	3	2
400	1.5	1.5	1	1	0.5
400	3.0	3.5	3	1.5	1
400	4.0	5.0	4	2	1.5
400	5.5	6.5	4.5	3.5	2
400	7.0	8.0	5.5	4	3

参 考 文 献

- [1] GB/T 13609 天然气取样导则
-