

# 压缩空气中的露点——常见问题解答



### 常见问题

1. 什么是露点？
2. “露点”和“压力露点”两者有何区别？
3. 压力对露点有何影响？
4. 为什么了解压缩空气的露点很重要？
5. 压缩空气中测得的代表性露点温度范围是多少？
6. 压缩空气的质量标准是什么？
7. 如何对压缩空气的露点进行可靠测量？
8. 发生故障的露点传感器具有哪些典型现象？
9. 应该多长时间对露点传感器进行一次检查或校准？

## 1. 什么是露点？

露点温度(简称露点)是衡量某种气体中水蒸气含量的指标之一。水具有能够在各种条件下存在于液体、固体或气体中的特性。为了解水蒸气的性质,首先要知道气体的一般性质。任何混合气体产生的总压强(俗称总压力)等于各组分气体分压强(分压力)之和,这就是道尔顿定律,用公式表示如下:

$$P_{\text{总}} = P_1 + P_2 + P_3 \dots$$

混合气体中任何组分气体的数量多少可以用压力表示。空气的主要成分有氮气,氧气和水蒸气,所以大气总压力就由这三种气体的分压所组成。氮气和氧气的浓度相对稳定,而水蒸气的浓度变化很大,必须通过测量加以确定。

最大水蒸气分压完全随温度变化而变化。例如,在20℃(68°F)时,水蒸气的最大分压为23.5毫巴。也称20℃(68°F)时的“饱和蒸气压”。在20℃(68°F)的“饱和”环境中,如果继续增加水气,便会形成液态水。利用这种凝结现象就可以测量气体中水蒸气含量。



维萨拉DRYCAP®手持式露点仪

如果使某种未知水气浓度的气体经过一个温度受控的表面，将该表面温度冷却至形成水凝结，开始出现冷凝水时的温度称为“露点温度”。由于温度和饱和蒸气压(也就是最大水气分压，注意：它完全随温度变化而变化)之间存在独特的相互关系，所以测量气体露点温度就是直接测量水蒸气分压力。知道了露点温度，便可以计算或查找出相应的饱和蒸气压。下表显示了某些温度值及相应的饱和蒸气压值：

温度 ℃(°F)	饱和蒸气压 (毫巴)
20 (68)	23.3
0 (32)	6.1
-10 (14)	2.8
-20 (-4)	1.3
-40 (-40)	0.2

## 2. “露点”和“压力露点”有何区别？

所谓“压力露点”是指在高于大气压力的环境下测量出的露点温度值，也就是气体在压力下的露点温度。这一点非常重要，因为改变气体压力会使气体的露点温度发生变化。

## 3. 压力对露点有何影响？

增加气体压力会使气体的露点温度提高。以大气压1013.3毫巴，露点温度-10℃(14°F)的空气为例。根据上表，水蒸气的分压(用“e”表示)是2.8毫巴。如果将空气压缩，总压

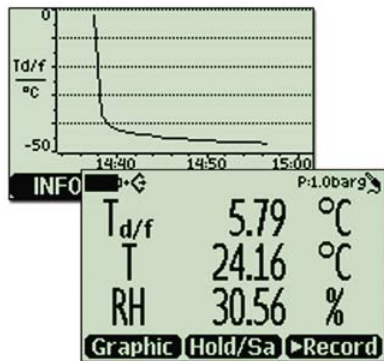
力倍增至2026.6毫巴，根据道尔顿定律，水蒸气的分压e同时倍增至5.6毫巴。相应于水蒸气的分压5.6毫巴，露点温度约为-1℃(30°F)，很明显空气压力增加的同时，空气的露点温度也随之升高。相反，将压缩气体膨胀至大气压力则会使所有组分气体(包括水蒸气)的分压下降，从而降低气体露点温度。总压力与水蒸气分压e的关系可以表示如下：

$$P_1/P_2 = e_1/e_2$$

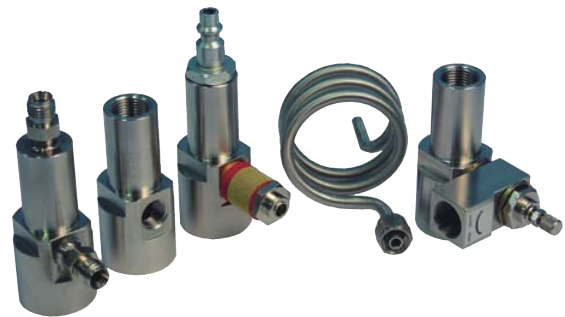
通过将露点温度转换成相应的饱和蒸气压，可以很容易计算出总压变化对饱和蒸汽压的影响。新的饱和蒸汽压也可转换为相应的露点温度。这些计算可以采用数据表格手动完成，或利用各种软件进行。

## 4. 为什么了解压缩空气的露点很重要？

露点温度对压缩空气的重要性取决于它的用途，在很多情况下露点并非决定因素，如气动工具中的手持式压缩机、加油站轮胎充气系统等等)。只有在输送空气的管道暴露在冷凝温度之下的场合，露点才变得十分重要，此时高露点可导致管道冻结和堵塞。压缩空气在许多现代化工厂中用于操作各种设备，如果内部零件上形成水蒸气凝结，则其中一些设备可能会出现故障。某些需要使用压缩空气的水敏性工艺(如喷漆)可能对干燥度有具体的规定。还有医疗和制药工艺将水蒸气和其他气体视为污染物，会对其要求非常高的纯度。



带有图形显示的仪表适用于较长时段的露点监测。



多种采样单元硬件，包括快速接头，冷却盘管和连接件，使得在任何工艺过程中安装露点传感器变得容易。

## 5. 压缩空气中测得的代表性露点温度范围是多少？

压缩空气的露点温度范围是从环境温度至 $-80^{\circ}\text{C}$  ( $-112^{\circ}\text{F}$ )，在某些特殊情况下会更低。不具备干燥功能的压缩机系统产生的压缩空气往往是环境温度下的饱和压缩空气。压缩空气通过冷冻式干燥机的热交换器，使气流中水气冷凝析出。这种系统产生的空气露点通常不低于 $5^{\circ}\text{C}$  ( $23^{\circ}\text{F}$ )。吸附式干燥系统从气流中吸除水蒸气，并能根据需要产生露点为 $-40^{\circ}\text{C}$  ( $-40^{\circ}\text{F}$ )或更干的空气。

## 6. 压缩空气的质量标准是什么？

ISO8573.1是规定压缩空气质量的一项国家标准。该标准定义了三类空气质量的范围：

- 任何剩余颗粒的最大粒径
- 最大允许露点温度
- 最大剩余油含量

按照下表所示的参考值，每个类别都有一个介于1和6之间的质量等级编号。例如，一个符合ISO8573.1，等级为1.1.1的系统将提供露点不高于 $-70^{\circ}\text{C}$  ( $-94^{\circ}\text{F}$ )的空气。空气中所有剩余颗粒的直径为0.1微米或更小，最大含油量为 $0.01\text{mg}/\text{m}^3$ 。压缩空气质量还有其他标准，如测量仪表用的气体质量标准ANSI/ISA-7.0.01-1996。

仪表用气的质量标准ANSI/ISA-7.0.01-1996

质量等级	粒径 ( $\mu\text{m}$ )	露点 $^{\circ}\text{C}$	露点 $^{\circ}\text{F}$	含油量 ( $\text{mg}/\text{m}^3$ )
1	0.1	-70	-94	0.01
2	1	-40	-40	0.1
3	5	-20	-4	1
4	15	3	37	5
5	40	7	45	25
6	-	10	50	-

## 7. 如何对压缩空气露点进行可靠测量？

无论选择哪家制造商，露点测量中的一些原则适用于所有露点仪表：

- 选择的仪表要有合适的测量范围：有些仪表适合测量高露点，但不适合测量低露点。同样，有些仪表适合测量很低的露点，但暴露于高露点时会受损。
- 了解露点仪的压力特性：某些仪表不适合在带压过程中使用。它们必须安装于压缩空气膨胀减压至大气压后的位置测量。但如果需要用压力露点做测量参数，测得的常压露点须加以修正。
- 正确安装传感器：按照制造商提供的说明书进行安装。不要将露点传感器安装在气流通过的管道末端或“死区”。

维萨拉生产的露点系列仪表是测量压缩空气露点温度的理想选择。DRYCAP®传感器技术提供了从环境温度到 $-60^{\circ}\text{C}$  ( $-76^{\circ}\text{F}$ )的快速露点测量手段，在此测量范围内误差在 $\pm 2^{\circ}\text{C}$  ( $\pm 3.6^{\circ}\text{F}$ )之间。除了上述一般原则，选择和安装Vaisala露点仪时还需考虑以下事项：

- A. 对于露点仪表，最佳的安装方法是将传感器与压缩空气主管道隔离。就是将传感器安装在“采样室”中，采样部分与压缩空气主管道之间采用“T”型方式连接，这样会有少量压缩经传感器。采样室应是不锈钢制成，并用导管 ( $1/4$ ”或6mm)与“T”型部位相连。在采样室与压缩空气主管道之间安装一个实用的隔离阀，这使得传感器得安装和拆卸变得更加方便。
- B. 有必要采用流量调节装置控制流经传感器的气流量，一般所需流量仅为1升/分钟(2scfh)。该调节装置可以是带泄漏孔的螺栓，也可以是一个阀门。为了测量露点压力，调节装置安装在传感器的下游位置，以便隔离阀打开时，传感器处于同一压力过程中。为了测量大气压力下的露点，调节装置应安装在露点传感器的上游位置。
- C. 气体流速不得超过厂家建议的数值。测量压力露点时，流速过大会使传感器局部压力下降。由于露点温度对压力很敏感，会使测量结果产生误差。

- D. 最佳气流导管材质为不锈钢(SS)。非金属管可以吸收和释放水蒸气,造成测量反应滞后。如果没有不锈钢管,可以考虑使用聚四氟乙烯管(PTFE)或其他不吸水材料。避免使用透明塑料管或黄色橡胶管。
- E. 可以通过将传感器直接安装在压缩空气管道内,减少长期性使用露点仪的安装费用。在这种情况下安装位置非常重要,要选择流经传感器气流充足,且压缩空气温度达到或接近环境温度的位置。

### 8. 发生故障的露点传感器具有哪些典型现象?

- 仪表始终显示一个数值,好像输出或显示已被定。
- 仪表“指示最低点”,且读数始终为最低可能值。
- 仪表读数不稳定,在很大的数值范围内发生快速或随机变化。
- 仪表显示的露点值过低或过高。



DSS70A集成式采样系统扩展了露点传感器的功能,实现了带压生产过程中的露点测量。

### 9. 应该多久对露点传感器进行一次检查或校准?

最好按照制造商的建议进行检查或校准。维萨拉公司建议每一至两年对仪表进行一次校准,视仪表具体型号而定。有时用校准后的手持表就可以进行简单的现场检查,即验证其他现场仪表的工作是否正确。维萨拉公司用户指南提供了每种仪表的详细校准信息。如果您对现场露点仪的性能有任何疑问,欢迎随时对其进行检查校准。

