水气的多面性

相对湿度、露点、混合比...

水在不同状态下有不同的名称。它也可以通过多种方式进行测量并用不同术语来描述。本应用说明解释了空气中水气的行为，并阐明了用于描述水气的术语。

人们常说，心爱的孩子有很多名字。这也适用于水（包括气态水），水是我们星球上所有生命的起源。我们大多数人都听说过相对湿度和露点温度，但还有许多其他方法可以测量水的存在。水气分压、绝对湿度、霜点、混合比、湿球温度甚至焓值都描述了气体的湿度。

当使用术语“湿度”时，我们通常指的是气体（通常是空气）中的水气。另一方面，水分用于液体和固体材料。当水气被视为杂质时，术语“水分”也适用于极其干燥的气体。

气体混合物的属性

充分了解湿度和水分的各个术语需要掌握一定的气体混合物属性基本知识。

在气体混合物（例如空气）中，气体的总压力（与大气压相同）是其气体成分的所有单独压力的总和。大气压通常为 1000 hPa 左右，是氮气（约 775 hPa）、氧气（约 205 hPa）、水气（约 10 hPa）、氩气（约 10 hPa）和二氧化碳（约 0.4 hPa）以及许多其他具有较低分压的气体的分压总和。在分子数相同时，所有气体都产生相同的压力和体积，所以分压也代表了各种气体的体积比例。在此基础上，干燥空气总体积的 21% 是氧气，通常大约 1% 是氩气。

水气压 p_w [hPa、PSI、Pa、mbar、mmHg、inHg、mmH_2O 或 inH_2O]

气温决定了空气中的最大水气分压，即饱和水气压力。水以气态形式存在的能力在很大程度上取决于其温度（参见图 1：饱和水气压力曲线）。温度越高，水气分压就越高。直接存在液态水时的水气分压等于该特定温度下的饱和压力。

在水的沸点 100 °C 时，水气压超过正常大气压。从这个角度来看，液体的沸点不仅取决于液体的物理性质，还取决于周围的大气压。如果一位登山者在珠穆朗玛峰顶给自己泡一杯茶，那味道可能会有些不尽人意。海拔高度 8800 米处的大气压只有海平面压力的三分之一左右，因此茶水的沸点会远低于 70 °C。

相对湿度 RH [%]

相对湿度是最常用的湿度单位。不过，理解其真正含义的人“相对”很少。

相对湿度中的“相对”表示的是现有水气量与该温度下实际可能达到的最大量之间的比例。换言之，以百分比表示的相对湿度是相对于饱和压力的水气分压。

$$\% RH = 100\% * (P_w / P_{ws})$$

其中：p_w = 水气分压

p_{ws} = 水气的饱和压力

如果已达到最大水气量并且更多的水被引入空气中，那么这些多余的水必然会通过冷凝作用转换回液体或固体形式。此时，空气被称为水饱和，相对湿度为 100%。在另一个极端，当空气中没有水气时，无论温度如何，相对湿度都是 0%。换言之，相对湿度始终介于 0 到 100% 之间。

如上所述，空气容纳水气的能力很大程度上取决于温度。当然，这意味着相对湿度也在很大程度上取决于温度。假设在一个清爽的冬日，室外温度为 -14 °C，相对湿度为 60%。当室外空气进入建筑物时，它会被加热到 +21 °C，但水量保持不变 — 在正常的通风系统中，没有水被移除或添加到空气中。由于这种加热，水气的饱和压力上升（即空气中的最大可能水气量），但水气的分压不变。在这种情况下，相对湿度将下降到 5%，此时通常认为空气过于干燥，会让人感到不舒适。

温度变化也解释了为什么我们有时可以在室外“看到我们的呼吸”。想想当我们在一个温度为 +7 °C、相对湿度为 80% 的凉爽春天的清晨站在室外时会发生什么。当我们呼出大约 +32 °C 和 90% RH 的空气时，它会迅速冷却，达到 +30 °C 左右时的饱和点。随着冷却的继续，多余的水气会凝结成微小水滴，这就是我们看到的蒸汽或薄雾。

露点温度 T_d [°C]

这引出了另一个广泛使用的湿度单位：露点温度 (°C)。露点是冷凝开始时的温度，或是空气冷却情况下相对湿度为 100% 时的温度。露点只是表示水气分压的一种更易于理解的方式，这从水气的图表中很容易看出（参见图 2：80 °C 和 42% RH 时的气体露点）。

尽管露点表示为温度，但它与空气中的水气量相关，因此与环境温度无关。露点温度始终低于或等于实际温度，正常室外空气的极端温度为 -30 °C 和 +30 °C。在工业环境中可以找到更干燥和更湿润的气体，有时会测量到 -100 °C 和 +100 °C 之间的露点。理论上，露点温度可低至 –273 °C（绝对零度），但在正常大气压下，它永远不会超过 100 °C。当露点为 100 °C 时，空气中只含有水气而不含其他气体，因此在不提高压力及水气密度的情况下无法增加水量。

不同温度下的饱和水气压力是一个已知变量，因此可以根据相对湿度和温度计算出露点。相反，如果已知露点和温度或相对湿度，则可以计算出缺少的变量。

一杯啤酒或任何冷饮提供了露点的实例。由于与空气相比，玻璃的导热性相当好，因此它会冷却到与饮料几乎相同的温度。玻璃杯周围的空气随后冷却，形成与玻璃杯几乎相同温度的一层薄薄的空气。如果饮料的温度低于周围空气的露点温度，玻璃杯周围的空气将会水饱和，多余的水会凝结在玻璃杯表面。这些小水滴称为露。

如果饮料的温度高于空气的露点温度，玻璃杯周围空气的相对湿度将高于环境湿度，但不会发生可见的冷凝。

霜点 T_f [°C]

如果露点温度低于冰点，有时会使用术语“霜点”。冰的饱和水气压力略低于水，在计算霜点时必须考虑到这一点。当物体表面上实际形成霜时，这一现象始终是在霜点而不是露点温度下发生的。

绝对湿度 a [g/m³]

绝对湿度是指一定体积的气体中水的重量。例如，在一个典型的夏日（+23°，55% RH），每立方米空气中有 11.3 克水气。空气的密度随压力而变化，因此绝对湿度在很大程度上取决于气压。在加压过程中，必须知道压力才能根据其他湿度变量计算绝对湿度。

由于绝对湿度能够提供现存水量的可靠信息，因此得到了非常广泛的使用。

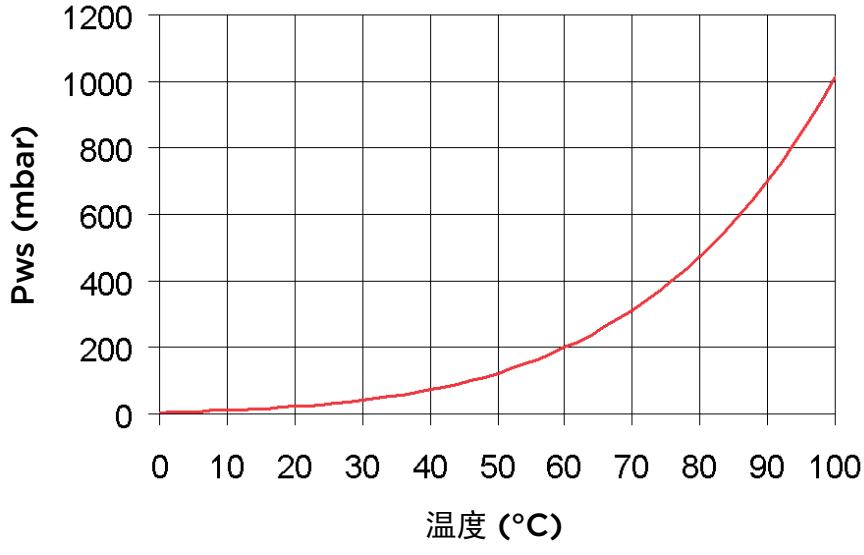

图 *1.* 饱和水气压力曲线

混合比 x [g/kg]

混合比定义了一千克干燥气体所占体积中水的重量。换言之，必须将 9.6 克水蒸发到 1 千克空气中才能获得与上一节所述相同的夏季空气。空气的密度随压力而变化，因此混合比也取决于气体的压力。在加压过程中，必须知道压力才能根据其他湿度变量计算混合比。

混合比主要用于在知道空气的质量流量时（例如在通风系统中）计算水含量。

湿球温度 T_w [°C]

当水蒸发时，它会消耗热量。这种冷却效果取决于环境温度以及环境空气的水气压力与该温度下的饱和压力之间的差值。因此，可以通过测量冷却效果来确定环境相对湿度。冷却效果用干湿计测量，该仪器带有两个温度计，其中一个用湿布覆盖。此温度计的读数称为湿球温度。还可以根据温度、压力和相对湿度计算湿球温度。

焓值 h [kJ/kg]

焓值是表示气体能量含量的单位。严格来说，不应该将其包括在这篇有关湿度单位的文章中。但由于水气具有非常高的比热容，并且能以各种不同的浓度存在于空气中，因此它对焓值有非常大的影响。

焓值表示使 0 °C 温度的干燥气体产生流动所需的能量。蒸发水和提高湿气温度的过程会消耗能量。焓值最常用于在空调和其他系统中比较气体的热含量。

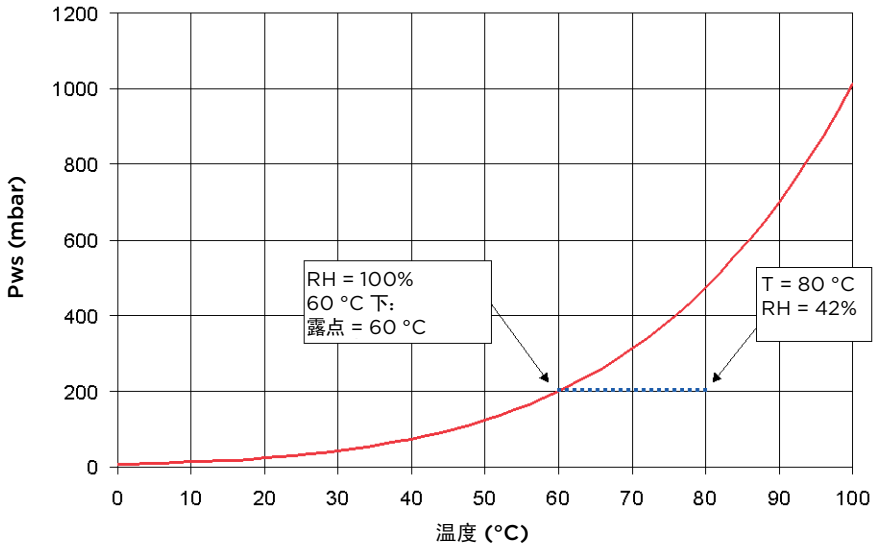

图 *2. 80 °C* 和 *42% RH* 下的气体露点。

水活度 a_w

水活度可定义为材料中的可用游离水分，而不是化学结合的水分。简单来说，水活度是材料样本在密封空气空间中产生的平衡相对湿度。

水活度用于油中含水率测量。它可直接指示是否有形成游离水的风险。相对标度从 0（无水）到 1（油中水饱和），此测量可以可靠地指示油与饱和点的接近程度。aw 的优点是测量不受油类型、使用年限和温度的影响。

可用作计算变量

维萨拉有多种测量相对湿度、温度和露点的产品可供选择。某些产品还具有内置计算选件，可输出本文中提到的其他湿度变量。例如，维萨拉 HUMICAP® 温湿度变送器系列 HMT330 提供最灵活的湿度测量。除了标准的相对湿度和温度外，HMT330 还可以输出露点温度、混合比、绝对湿度、湿球温度、焓值和水气压，具体取决于型号。

VAISALA

请联系我们，网址为：
www.vaisala.com/contactus

www.vaisala.com

扫描代码获取更多信息

Ref. B211564ZH-B ©Vaisala 2021

本资料受到版权保护，所有版权为 Vaisala 及其各个合作伙伴所有。保留所有权利。所有徽标和/或产品名称均为维萨拉或其单独合作伙伴的商标。未经维萨拉事先书面同意，严禁以任何形式复制、转让、分发或存储本手册中的信息。所有规格（包括技术规格）如有变更，恕不另行通知。