

## 通过精确的湿度测量优化燃气轮机性能



确保燃气轮机以最高效率运转是操作员的首要目标。在当前的经济环境下，任何能提高生产率进而提高利润的做法显然都很受欢迎。从环境角度看，燃气轮机尽量高效运转和减少排放量也很重要。幸运的是，有几种方法可以提高燃气轮机的输出功率。其中最重要的是，控制燃烧室入口空气的湿度和温度，因为这会直接影响燃气轮机的效率、排放和运转可靠性。

### 更冷、更密实的空气可提高输出和效率

就燃气轮机效率而言，空气密度的影响是众所周知的：更密实的进气增加了质量流速，因此提高了燃气轮机的输出和效率。空气密度与温度成反比，这意味着温度升高会降低空气密度，从而降低燃气轮机的效率和功率。

进气冷却（特别是在温暖和炎热的环境中）通常用于补偿由于空气温度高而造成

的效率损失。即使空气温度有些许降低，也会引起功率输出的显著提高。空气温度每降低 1°C，输出功率可提高多达 0.5%。

有几种技术可用于冷却进气。一种常见的解决方案是喷雾器，该系统通过喷嘴将水喷到气流中，从而随着水滴的蒸发使空气冷却。

雾化的另一好处是空气湿度的增加减少了燃烧过程中产生的 NO<sub>x</sub> 排放。

除了在温暖或炎热的条件下冷却进气外，湿度也是避免寒冷气候下产生结冰现象的关键因素。如果湿空气接近结冰，则需要防冰系统保护压缩机免受快速移动的冰粒所造成的损害。

空气温度每降低 1°C，输出功率可提高多达 0.5%。

## 要实现最佳的控制，需要准确的湿度信息

鉴于进气系统内空气的高速流动，必须防止水滴和冰粒进入压缩机和涡轮机，以免造成代价高昂的损坏和腐蚀。实际上，这意味着空气湿度需要保持在饱和水平以下。换句话说，为了避免冷凝，进入系统的空气的露点温度必须低于系统中的空气和表面温度。

考虑到测量的不确定性以及所测量空气的波动和不规则特性，控制系统必须具有安全余量。但是，由于测量不确定性而需要的余量越宽，损失的效率潜能就越大。这是高水平的测量可靠性真正发挥作用的地方。准确地测量露点可以使冷却和起雾（或甚至加热）尽可能地接近系统内的冷凝或结冰极限。

## 表示湿度的不同方法

在不同的应用场合，用于表示湿度的术语也不同，包括但不限于相对湿度、露点温度和湿球温度。

**相对湿度 (RH)** 是水蒸气在特定温度下的分压与其饱和压力之比。RH 以百分比表示，通常用于描述环境空气湿度。使用 RH 的缺点是它在很大程度上取决于温度。例如，如果 RH 为 85%，温度为 20°C，则空气温度仅降低 2°C，RH 就变为 96%。

如果使用 RH 来测量涡轮机进气口中的空气湿度，则必须牢记这种相关性，因为即使没有冷却或加热，进气口系统中的空气温度也会发生变化。这主要是由于压缩机钟形口处空气的加速而引起冷却，从而导致温度下降若干摄氏度。受到这种冷却效果的影响，即使环境温度高于 0°C，仍然存在结冰的风险。

**露点温度 (Td)** 是指空气在恒定压力下冷却时，空气由于水蒸汽变得完全饱和而导致形成液态水（称为冷凝）的温度。在 RH 为 100% 时，环境温度与露点温度相同，但当露点温度低于环境温度时，空气变得更干燥，因此形成冷凝的风险较小。采用 Td 的两个主要好处是：它与温度无关，并且它直接为冷凝条件提供余量。

**湿球温度 (Tw)** 是指包裹在湿护套中的温度计指示的温度。湿球温度和环境温度可用于计算相对湿度或露点。Tw 是用于确定湿度的传统方法，但由于准确度有限且该方法需要一定的使用和维护技能，因此在很大程度上已被直接测量所取代。

以上所有湿度参数均与压力有关，但对于进气应用，典型的压降非常小，因此不会产生明显的影响。例如，在 20°C 和 1013 mbar 下，压力降低 20 mbar 导致 RH 降低 1.7% 或 Td 降低 0.3°C。

## 影响准确度的因素

影响湿度测量准确度的因素有很多，其中最明显的一个因素是基本传感技术。然而，薄膜聚合物传感器已被证明可以满足进气监测中最关键的需求：准确度、稳健性、长期稳定性和低维护要求。

由于进气口中的空气可能非常接近饱和，甚至可能形成冷凝，因此即使在这些条件下，传感器也必须保持准确度。湿度传感器在冷凝空气中的一个挑战是：如果传感器变湿，则测量将持续显示饱和状态，直到传感器变干 - 即使空气本身不再饱和也是如此。为了解决这个问题，维萨拉开发了获得专利的加热探头技术。这项技术可确保探头的温度始终高于周围空气温度，以避免传感器表面出现冷凝。

## 适用于燃烧进气监测的产品：

- 维萨拉 HUMICAP® 温湿度变送器系列 HMT330 和维萨拉压力、湿度、温度一体变送器 PTU300。这两个系列都有加热探头选件、化学物质清除功能，均采用维萨拉 HUMICAP® 薄膜聚合物技术。
- 如需现场检查功能，可选择维萨拉 HUMICAP® 手持式温湿度表 HM70。
- 要防止直接溅出的水进入湿度传感器，可选择维萨拉 HUMICAP® 涡轮机安装套件 HMT300TMK。

在发电厂和受污染的环境中，进气中可能包含污染物，这会影响传感器的长期准确度。为了应对这一挑战，可以为先进的传感器配置化学物质清除功能，该功能通过蒸发可能的污染物来自动清洁传感器元件。



可使用准确的进气湿度测量增大涡轮机输出功率。

# VAISALA

www.vaisala.com

请联系我们，网址为：  
[www.vaisala.com/contactus](http://www.vaisala.com/contactus)



扫描二维码获取更多  
信息

参考编号 B211073ZH-B ©Vaisala 2020

本资料受版权保护，所有版权为维萨拉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。