

温湿度计应用

了解干球温度、湿球温度、相对湿度和露点温度之间的相互关系，对于空气调节装置的各个方面都至关重要。这些湿度问题在建筑物和材料完整性、住户健康和舒适、总体室内空气质量方面都扮演着特别重要的角色。

很奇怪的是不合适的湿度和温度很可能会引起住户感觉不舒服。住户的抱怨就为HVAC承包人提供了提前发现影响材料完整性和室内空气质量的有关不利因素的机会，包括微生物的滋生。

在评估相对湿度、湿球温度和露点时，HVAC技师传统上都使用悬摇式湿度计和温湿图。现在他们则都使用更加准确、更加方便的“湿度”仪，即使在不能使用悬摇式湿度计的狭窄场所也能够进行测量。

采用的标准

许多人都认为其建筑规范中采用了ANSI/ASHRAE标准 55-2004（湿度标准 55-2004 和 IAQ标准 62-2004）。由于这两个标准最近都经过修改，因此以下的描述可能会有助于监测人和承包人改正工作方法，以满足新的要求。

比较舒适

ANSI/ASHRAE标准 55-2004 “Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy”（人类居住的热环境条件）设置了绝对湿度上限（湿度比为 0.012 或 $0.012 \times 7000 = 84$ 含水量/磅干燥空气，也等于 62°F 的露点（DP）），超过该上限时，大多数住户就会感觉到不舒服。

由于并不是所有的住户都会对相同的热状态感到满意，尤其是在同一时间，因此标准就试图基于 80% 满意度的 PMV（Predictive Mean Vote—预测平均票数）确定一个规范。从此可计算得到一个 10% PPD（Predicted Percentage Dissatisfied—预测不满意百分比）的一般热舒适不满意度，以及 10% PPD 的局部（“我的膝盖很凉”）舒适不满意度。

标准列出了影响热舒适度的 6 个主要因素：代谢率、服装隔热、空气温度、辐射温度、空气流速、湿度。

了解这些因素的综合影响有助于工程师恰当地配置建筑系统。

湿度

ANSI/ASHRAE标准 62-2001 “[Ven](#)tilation for Acceptable Indoor Air Quality”（可接受的室内空气质量的通风）规定“人类居住环境的相对湿度应该维持在 30%到 60%之间，使过敏性或致病性生物的滋生达到最小。”

修订的ANSI/ASHRAE标准 62.1-2004 “[Ven](#)tilation for [Acce](#)ptable Indoor Air Quality”（可接受的室内空气质量的通风）规定得[更](#)加详细。现在，相对湿度的上限是基于峰值的。“在以下两种计算参数下，居住空间的相对湿度应该被限值到最大 65%或更低：

- 1.峰值室外露点计算参数和峰值室内潜热载荷
- 2.预期发生的最小空[间显](#)热比以及此时的室外参数。

良好的 HVAC 设备选择实践通常建议：

- 冬季参数为 68 ° F至 70 ° F和 30%[RH](#)（相对湿度）

以及

- 夏季参数为 74 ° F至 76 ° F和 50 %[至](#)60 % [RH](#)（相对湿度）

条件为

- 室外参数冬季为 97.5 %、夏季为 2.5 %干球温度（DB）

这意味着平均起来 2.5%的极温将超过设备的容量。在这些时间内，设备的容量是不够的。

由于舒适制冷设备的工作时间中[仅](#)仅有 30%发生在 5%的室外参数干球温度下，因此这在挑选设备时是非常重要的。尽管大多数商业设备是分级的或具有一定[形](#)式的容量控制，但夏季潜热负载控制在部分负载[条](#)件下仍然是非常困难。

如果舒适制冷设备容量很大，就会出现与潮湿相关的抱怨，问[题](#)会增多。应该按照制冷需要而不是加热需要来选择住宅的热力泵，尤其是在[在](#)“臭袜综合症”比较普遍和空气调节设备位于矮设备层的地区。

霉菌

如果具备了足够的知识并进行了足够[的](#)测量，就可以将HVAC系统设定在合适的夏季和冬季湿空气状态，防止霉菌滋生。霉菌滋生的条件包括表面上沉积的孢子、具有足够氧气的

微环境、适宜的温度、营养和水分。这些条件中，有 4 项几乎¹是每种环境下都具备的。最可控的变量就是水分。

高于 60% 的相对湿度可以支持吸湿性（吸附剂）表面霉菌的滋生，80% 相对湿度下的吸湿性表面则会促进霉菌的滋生。几乎所有的表面是或会成为²吸附剂，包括涂漆面、石膏灰泥墙、地毯、墙面覆盖物和砖石砌墙。

类似于砖块、煤渣块和混凝土这样的砖石砌墙是³极好的吸附剂，能够吸附大量的水分，成为霉菌繁殖⁴的好场所。结构孔隙中的水汽压会小于周围环境中的水汽压，从而会将水分扩散至砌石孔隙。当孔隙变得潮湿时，就会发生毛细管⁵效应并填充孔隙，从而为真菌繁殖提供了理想的滋生环境。⁶这就解释了为什么露点之上的一些表面也会变得非常潮湿。

凝结

能够在表面发生凝结的条件是非常明显的，因此可以⁷立即采取措施。当一个表面的温度处于或低于露点温度时，就会⁸形成凝结。可能会发生凝结的表面有地下室表面、矮设备层表面、冷水管、空气调节设备和管道支架，以及看不到的裙墙内部。

由于舒适制冷设备不能在最小吸热条件下控制地下室的⁹湿度，因此地下室一般需要附加除湿设备。处理矮设备层是¹⁰尤其困难且非常昂贵的。但是如果没有出现积水或地面过于潮湿（这就是假设对于燃烧矿物燃料的设备来说不需要矮设备层的流通空气），通过利用直到外部地面的防潮层进行处理以及隔热，并将其整体合并到受控区域，同时¹¹增加其它除湿方法，即可控制许多矮设¹²备层的潮湿问题。可以对水管进行隔热。空气调节设备和管道系统必须密封不透气且隔热，在防潮层没有断裂，尤其是受控环境之外。所有¹³墙体内部的管道系统必须密封，降低由于气压差而引起看不到的湿气流动。

在制冷系统中，新风管中的相对湿度¹⁴可高达 95% 或更高，蒸发器和冷凝盛水盘将会是湿的。由于水分控制并不可行，因此利用良好的、非常合适的过滤系统控制空气中的孢子和食物（粉尘和悬浮粒子）对控制霉菌的¹⁵滋生就非常关键。如果蒸发器是抗紫外（UV）辐射的，则能够照射到整个蒸发器表面的UVC“杀菌”灯就能¹⁶杀死霉菌和微生物。所选择的UVC灯应该不会辐射臭氧，臭氧属于一种刺激剂。特大型的设备会缩短工作时间，产生的冷凝物较少，而冷¹⁷凝物实际上会促使微生物在冷凝器片上的滋生。

温湿度仪

象Fluke 971 这样的温湿度仪可以完成从干球温度到相¹⁸对湿度的测量，可以计算湿球温

度和露点温度，湿空气动力学指出，这[对于](#)HVAC的评估和诊断是非常关键的。

- 湿球温度非常接近于热函，或者空气中的总热（干球和湿球温度）。在温湿图中，湿球温度线接近平行于热函刻度值。对于[采用](#)固定式限流阀测量装置的制冷系统，为了精确进气，回风湿球温度线是强制性的。

- 蒸发器两侧的新风和回风湿球温度可用于[温湿](#)图或热函表来计算总制冷容量、显热和潜热容量，以及S/T比。

- 利用“CFM×4.5×[蒸](#)发器两侧热函差”即可求得总热（ $Q_t = \text{cfm} \times 4.5 \times \Delta h$ ）。

- 通过在温湿图上绘制各种状态或从温湿图计算可得到显热致冷和潜热致冷，以及 S/T 比。

- 露点对于夏季和冬季的评估都非常关键。管道表面温度[必须](#)保持在露点之上，防止在受控区域内外形成凝结。

- 冬季的室内相对湿度必须保持足够低，确保内[墙](#)和窗户表面温度不会接近露点。如果在窗户或墙表面发生凝结，则很可能在裙墙内也发生了凝结。

解决与舒适度相关的问题

如果设备没有足够的容量或者是分级的，[当](#)基于自动调节装置的干球温度运行时，在部分负载条件下，运行时间会较短，即会发生与湿度相关的抱怨。工作时间越短意味着除去的水分更少。特大型的设备也仅会加剧这种情况，增大不利状态发生[的](#)机会。将固定式限流装置改为热膨胀阀将[保](#)证在部分负载条件下的最大蒸发容量，并可用更大的盘管表面来除去水分。

大多数致冷设备能够承受 20% 的空气量减少。如果蒸发器空气[容](#)积从 400 cfm/吨降低为 325 cfm/吨蒸发器的温度将会远远[低](#)于露点，并从空气中除去更多的水分。这种改动也会朝露点温度降低管道表面温度和通分调节器的温度，影响所占[空](#)间的气流模式。

除湿装置可在增大[湿](#)度的情况下降低空气量。另一种可选的方法是利用定时打开装置，在开始致冷的前 5-10 分钟内，降低cfm值，然后再切换至计算的[的](#)cfm值，直到致冷周期结束。可以将便携式除湿器放[置](#)在高湿度的区域（例如地下室）来降低湿度、提高吸热，并强制致冷周期更长。请确保间歇性高吸湿性区域（例如浴室、厨房、洗衣服的地方）与室外（不是阁楼或矮设[备](#)层）的通风。

解决与露点和/或霉菌相关的问题

在非受控区域承载潮湿冷空气的管道必须利用NFPA认证的管道胶粘剂进行密封。管道的任何漏泄都会导致该点的隔热无效，并且很可能会发生凝结。管道包裹物的隔热层不能被托架压扁。托架必须放置在管道包裹层的下方。管道包裹隔热层必须没有断裂，并且在接缝处要密封。

在不受控的阁楼，阁楼温度的升高可能会增大下边天花板的吸热，但是会降低管道发生凝结的机会。在采用较新建筑技术的住宅中，阁楼的温度可能会较低，但是这样会增加管道或空气调节装置表面上发生凝结的机会。密封阁楼的通风孔并添加恒湿器控制的投光灯来提高阁楼的温度，对此有一定的补偿作用。

矮设备层具有独特性。一般的矮设备层通风孔的大小不合适，不利于通过通风控制湿度。100%地面覆盖的隔热层沿内墙直到外部地面、密封通风孔、隔热周围的墙壁，并将其做为受控区域一样对待，是控制湿度的最好方法，往往会需要额外的补充除湿设备。矮设备层的空气调节装置必须具有非常好的粒子过滤器，不会发生回风漏泄，减少蒸发器和新风管中微生物及其食物来源。地下室的湿度必须被控制在低于 60%RH，以防止微生物滋生。对吸湿性砌墙（煤渣块、砖块、砂浆）刷漆会降低保水性，抑制微生物。