



在零下的温度时相对湿度的确定

Bob Hardy (作者), RH Systems (公司名), Albuquerque (城市名), New Mexico (州名), U. S. A
摘要

在任何给定温度时气体的相对湿度定义为存在于气体中的水汽量对在那相同温度时最大可能水汽量的百分比。在高于冰点的温度时,水只能以两种热力稳定状态之一。它能以气体形势,称为水汽,存在,或者它能凝结成液体,往往成为露。又在零下的温度时,可以预期水或以气体,依然称为水汽,存在,或它能凝结成固体的形成,往往称为霜或冰。但与直观相反,在零下温度时的水也能以第三种热力状态——液体存在。这零下的液体状态是可达亚稳定状态,它具有的能量水平在气体及固体的能量水平之间。在此亚稳定状态的零下水被说成是过冷的。常常把它称为过冷水、过冷露或过冷液体,它们全指同一东西,过冷状态的水是一液体,但是在零下的(冰点以下)温度。在 0 到 40° C 的温度范围内,过冷现象是十分普遍的。在这些零下的温度时,都存在过冷的可能,可按称为标准及世界气象组织(WMO)两种有差别的方法之一来计算相对湿度(RH)

标准 RH: 数学上可把计算相对湿度的公式表示成

$$\%RH=e/es*100$$

(1)

式中 e 是气体的水汽含量(水汽压力)

es 是在那相同温度时气体的最大可能水汽含量(饱和汽压力)

如上面公式所表示,为了确定 RH 仅需知道两件事(即 e 及 es)

饱和汽压力 es 是在气体的温度时最大可能水汽含量的表示,是一熟知的量。通过测量气体的温度,然后用规定的饱和汽压力公式计算相应的饱和气压,这样来确定饱和汽压(力)这些公式把汽压表示成温度的函数。注意:有一公式供计算冰点以上温度时水范围饱和汽压用;另有一公式则供零下温度时计算冰范围饱和汽压用。

实际的水汽含量(或水汽压力)往往通过测量来确定。一种通用的测量方法是激冷镜面测湿法。通过由镜面测湿法测量的霜点或露点用如上相同的饱和和汽压公式求出实际的汽压。当如此进行时,对各露点的温度使用水范围饱和汽压计算用的公式,而对各霜点温度则需用

地址: 江苏省常州市武青北路 6 号 听松大厦 308 室 邮编: 213000

电话: 0519-8012229 8015931 8015932 传真: 0519-8015930

EMAIL: CZUTA@163.COM 网址: http://www.czuta.cn http://www.czuta.com



常州优达电子科技有限公司

冰范围饱和汽压计算用的公式。注意：不管从激冷镜面（露点或霜点）得到哪一测量，相应的汽压将是相同的。

现在对于标准的 RH，在高于冰点温度时在水范围内计算公式（1）的分母（最大可能水汽含量）而在所有低于冰点的温度时则在冰范围内。在双一温度发生器里，在那里饱和器正在凝结/升华 向/从冰，这是最大可能水气含量的恰当表示。

同样当镜面测量露点时在水范围内计算分子（实际水汽含量）而对所有霜点测量则在冰范围内。这样标准 RH 的值在较暖的及零下的温度都可达到 100%。标准 RH 假设在零下的温度时最大可能水汽含量是由于在冰范围的饱和。

WMO RH: WMO RH 的各项计算及下面的讨论仅应用于低于冰点的温度。在大气中，由于所谓过冷现象在低于冰点温度时把水汽冷凝成液体（而不是冰）事实上，大多数激冷镜面在 0 到 20° C 间的温度显示此过冷状态。测量是不是表示过冷与饱和或另外把水汽加到气体内所用的任何方式或把水汽从气体除去的任何方法都完全无关。在镜面上过冷的凝结（露点测量）是完全允许的亚稳定状态，正如在镜面上凝结成冰（霜点测量）理应是完全允许的稳定状态。不过，过冷的露将在低于冰的温度的温度发生，并导致相同的水汽含量的测量。

因为过冷现象的确在云及上层大气中发生，约在半个世纪前便由世界气象组织（WMO）决定用在水范围内而不是冰计算分母（或最大可能水汽含量）来计算 RH 而与温度无关。这导致在任何给定温度时的最大可能水汽含量的值高于在相同温度时在冰范围内进行相应的计算。在此决定背后的基础似乎是要避免在大气处于过冷状态时 RH 的值偶尔可能超过 100%。在此状态，把对过冷的水饱和的大气认为对冰过冷饱和的。用 WMO 法计算的 100% RH 实际将大于 100%，如果按标准 RH 计算的话。同样重要的是要注意，用此两种方法计算的实际水汽含量是等同的。只有最大可能水汽含量不同，它视大气是不是在过冷的亚稳定状态而定。

标准与 WMO 的两种计算比较：已知相同的实际水汽含量（e）及相同的温度，标准及 WMO 两种 RH 计算方法将产生不同的数值结果。下面两表说明在各种温度时的差异，首先在 100% RH WMO 时，然后在 100% RH 标准时：

地址：江苏省常州市武青北路 6 号 听松大厦 308 室 邮编：213000

电话：0519-8012229 8015931 8015932 传真：0519-8015930

EMAIL：CZUTA@163.COM 网址：http://www.czuta.cn http://www.czuta.com



t° C	RH WMO	RH 标准
0	100%	100%
-10	100%	110.3%
-20	100%	121.7%
-30	100%	134.3%
-40	100%	148.3%

t° C	RH WMO	RH 标准
0	100%	100%
-10	90.7%	100%
-20	82.2%	100%
-30	74.5%	100%
-40	67.4%	100%

又，WMO 及标准两种方法的唯一差别是对水还是对冰的计算 RH 公式的分母。在标准方法中，假设超过最大可能的水汽将以冰的形式凝结出来，而在 WMO 的方法中，假设能够把水汽对冰的饱和，而且超过对过冷的水最大可能的任何水汽将以过冷的露的形式凝结出来。

还要注意，在 100% RH WMO 的情况下，有显著的对冰过饱和量。如果冰的确在某处开始形成，其作用将使那区域发生显著的结冰数量，因为气体为图把它的实际水汽含量减至 100% RH 标准。

就取上表 -40° C，100% RH WMO 这情况。因为 RH 标准是 148%，如果结冰的确在某处开始发生，为了使实际水汽含量朝 67% RH WMO 或 100% RH 标准下降，过多的 48% 将力图凝结成外加的冰构造。

湿度的生成：当由充有冰的饱和器或凝结成冰的饱和器生成 RH 时，如果气体在离开饱和器后不再进行冷却，则在饱和温度时可得到的最大可能水汽含量是对冰的。并且，在用此法饱和到 100% RH 的气流中在任何它的温度即使稍暖于饱和温度（当把气体饱和到 100% RH 时也等于所测的霜点温度）的物体上凝结不应发生。

地址：江苏省常州市武青北路 6 号 听松大厦 308 室 邮编：213000

电话：0519-8012229 8015931 8015932 传真：0519-8015930

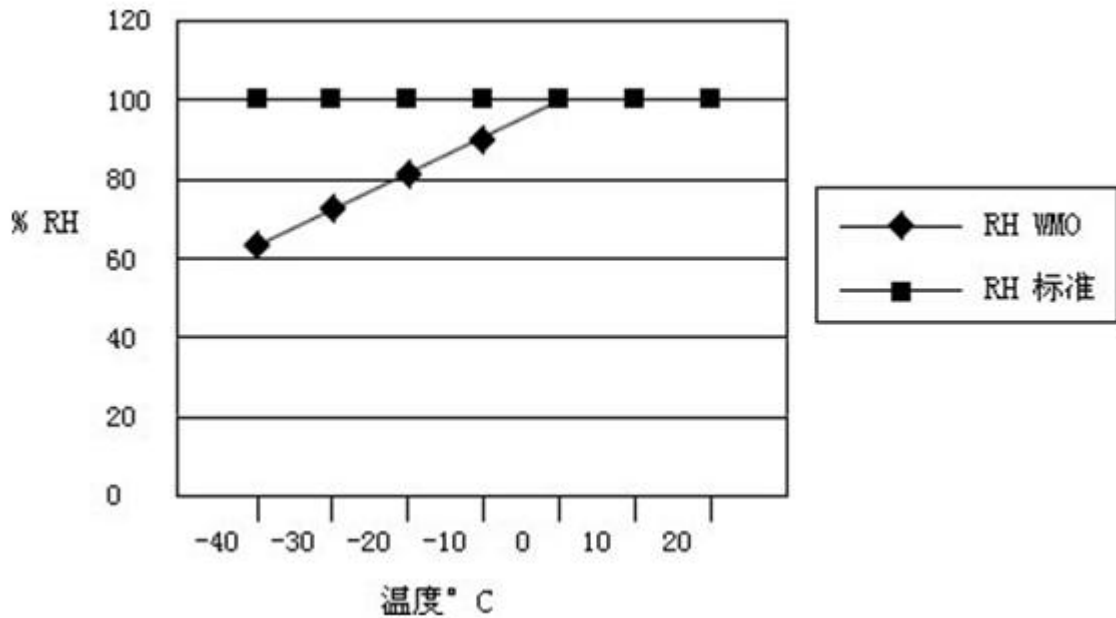
EMAIL：CZUTA@163.COM 网址：http://www.czuta.cn http://www.czuta.com



常州优达电子科技有限公司

下面的图说明最大可得到的 RH ，假设用冰饱和器应用双一温度技术生成湿度，并不再冷却气体。

用冰饱和器可达到的最大 RH



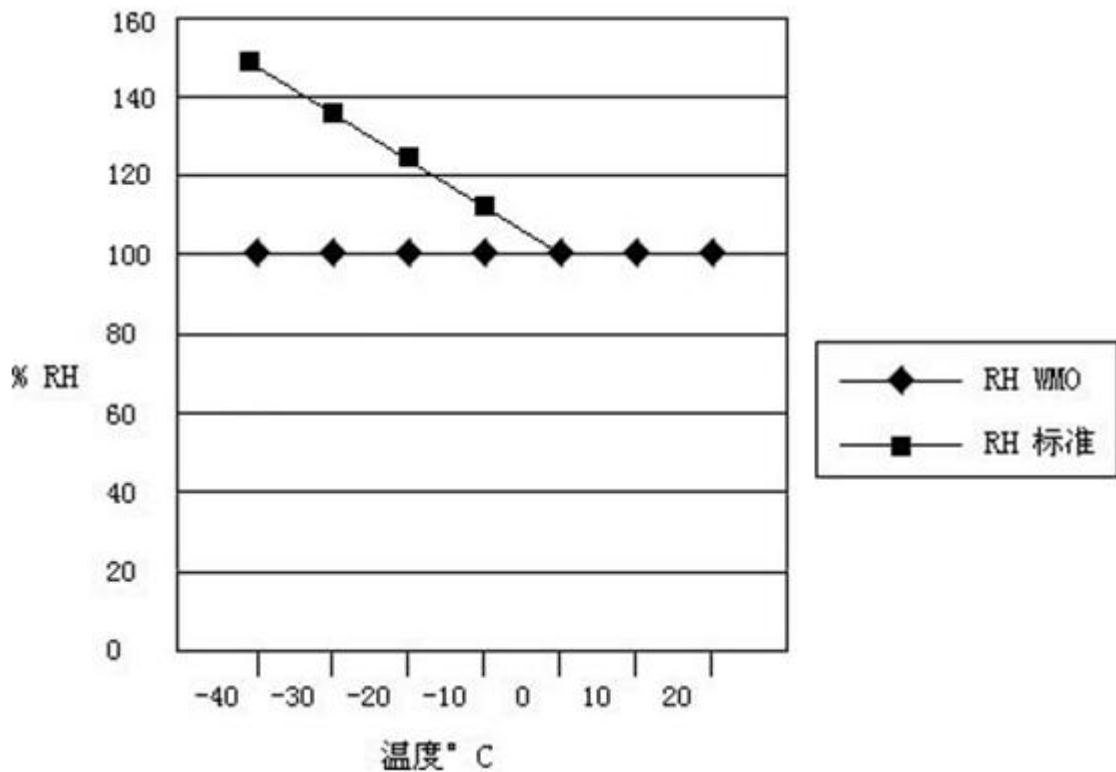
如果能以这样的方式，即可对过冷的水（对冰过饱和）提供完全的饱和，不使冰或霜形成，生成湿度，于是下图说明可达到的最大 RH。注意：任何冰的形成将力图把最大限制到 100% RH 标准的等值。

在过冷的情况下可达到的最大 RH

地址：江苏省常州市武青北路 6 号 听松大厦 308 室 邮编：213000

电话：0519-8012229 8015931 8015932 传真：0519-8015930

EMAIL: CZUTA@163.COM 网址: <http://www.czuta.cn> <http://www.czuta.com>



注意：在上面各个图中 RH 标准及 RH WMO 都表示在给定温度时气体中的精确相同水汽含量。两个 RH 值彼此不同值的唯一原因是方程的分母（最大可能水汽含量）不同。

参考文献：

(1) Hardy, Bob, ITS-90 列出汽压、霜点温度、露点温度及-100 到+100° C 范围增强因数的公式，第三届国际湿度及水分讨论会论文及摘要，伦敦、美国，1998 年 4 月，第一卷，第 214-222 页。

地址：江苏省常州市武青北路 6 号 听松大厦 308 室 邮编：213000

电话：0519-8012229 8015931 8015932 传真：0519-8015930

EMAIL：CZUTA@163.COM 网址：http://www.czuta.cn http://www.czuta.com