

## 水的潜热：凝结，大气运动和冰啤酒

(中国科学院上海应用物理研究所 陈济舫 编译自 Dale R.Durran, Dargan M.W.Frierson. *Physics Today*, 2013, (4): 74)

炎热的夏天，冰啤酒的易拉罐外壳会凝结一层水，啤酒也随之温度升高。这种空气中水分凝结释放热量的现象，叫做水的潜热释放。

地球气候的变化源于区域温度的差异，使得热量从吸收阳光多的地方向吸收阳光少的地方运输。在热量运输过程中，大气中水分的潜热释放扮演了重要的角色。所谓潜热，是指水在相变过程中所吸收和释放的热量：

(1)潜热吸收是指水蒸发成为水蒸汽时吸收热量。在夏天，动物排汗就是利用这种现象来降低体温；

(2)潜热释放是指水蒸汽凝结为水滴时放出热量。在炎热的夏天，从冰箱里面拿出冰啤酒，它的易拉罐外壳会凝结一层水滴。在凝结的过程中，冰冻啤酒会被水蒸汽凝结为水滴时所释放的热量加热，因而口感更适宜。

2013年4月出版的 *Physics Today* 期刊上刊登了美国华盛顿大学的科研小组关于潜热释放的研究工作。他们详细研究了一听355ml装的冰啤酒，在不同温度和湿度下由水的潜热释放所造成的温度变化(见图1)。

我们可以用一个简单的理论模型来估算潜热释放对冰啤酒产生的温度影响。假设将0°C下355ml冰啤酒装在一个外表面光滑的铝制易拉罐里。这个易拉罐的外表面面积约是290cm<sup>2</sup>，同时在外表面凝结的液滴厚度约0.1mm，总共能够凝结的液滴质量上限是2.9g左右。在0°C下，水凝结的潜热约600cal/g。由此估算，凝结的液滴所释放的热量能够将整个冰啤酒加热至4.9°C。

这个简单的理论模型估算了潜热

对冰啤酒的升温效应，但是不能回答以下两个问题：(1)在不同的温度和湿度下，潜热所造成的影响有什么样的变化？(2)与外界直接热传导对冰啤酒的加热效应相比较，潜热造成的影响有多大？

华盛顿大学的 Durran 和 Frierson 教授的实验很好地回答了上面两个问题。图1展示了在25°C和35°C下，355ml的冰啤酒在不同湿度下温度升高的情况。在这里他们首先引入一个合理的假设，即由外界环境直接热传导导致冰啤酒的温度升高(即由不含水分的干空气导致的温度升高)不受湿度的变化影响，其为一个定值。因此，可以通过总体温度升高减去干空气导致的温度升高来得到潜热释放导致的温度升高。

由图1可见，随着湿度的增加，潜热释放所造成的影响也就越大；在35°C下，比起25°C，潜热释放的影响也越大。在温度为35°C时(类似于夏季炎热的温度)，一旦湿度高于60%，潜热释放所造成的温度升高就超过了由其他因素导致的温度升高。

当然，易拉罐表面温度越高，潜热释放的影响就越小。一旦易拉罐外面的温度高于露点温度(空气中的水分可以在表面凝结的最高温度)，潜热释放的影响就不存在了。因为在这

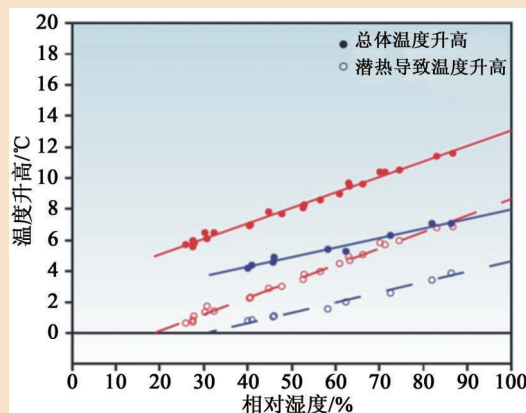


图1 在不同湿度和温度下，冰啤酒总体温度升高和潜热导致的温度升高曲线图，其中红色和蓝色圆点分别是35°C和25°C下的实验数据

种情况下，空气中的水分根本无法在易拉罐表面凝结成为水滴。

在极端情况下，我们可怜的冰啤酒会被这种效应加热多少呢？夏季的波斯湾—红海附近，炎热和潮湿天气非常常见。史上有记载的最热、最潮湿的天气发生在2003年7月的沙特阿拉伯，当时的露点温度是35°C，空气温度是43°C。按照这个实验数据估算，空气中水分的潜热释放足以把一个0°C的冰啤酒加热到9°C。

潜热释放对地球气候具有重要影响<sup>1)</sup>。在赤道向两极的热量运输中，50%的热量交换源于赤道和极地间的水分的潜热效应。在地表和高空的热量运输中，上升气流因为水气凝结的热量而能够保持比周围环境高的温度，从而在高空形成大体积的雷云。因此，研究空气中水分的潜热释放具有重要意义。

1) 在工业应用上，考虑潜热释放的影响也很重要。比如医学样本(血液等)，因含有的水分在冷冻过程中的潜热释放，很难实现快速冷却。如何降低潜热影响，实现快速冷冻，对保持样本活性非常重要。在建筑上，可以利用潜热吸收和释放的平台效应，搭建出节能舒适的保温屋。——译者注