

云团形成的流体动力学

(北京大学 朱星 编译自 Rachel Berkowitz. *Physics*, May 17, 2022)

研究人员讨论采用新方法降低气象模型中云团形成与转移的不确定性。

为了预言天气和气候模式，气象学家们采用大规模计算的一般环流模型(general circulation models, GCMs)。这些模型采用解方程的方法来描述地球的大气圈如何演变，但它们很难描述一个关键的大气圈特征：云团。

在美国物理学会第73届年会的流体力学分会中，云团物理小型研讨会邀请了一系列报告，之后2022年5月在 *Physical Review Fluid* 发表了系列论文，讨论了用于云团如何生长及与周围环境相互作用的模型，以及如何降低使用这些模型的不确定度。

有关云团的关注之一是积云形成时与周围的空气、水分的混合或夹带的速率。航空测量的结果表明，描述这一过程最佳的方式是用随时间形成的一系列空气柱模型。每个空气柱，或者热流柱升入更高的大气圈时，会含有更多的水分。然而，模拟环境条件如何影响这些

云中的水分吸收，从而影响云的气候效应，已经被证明是非常困难的。瑞典的北欧理论物理研究所的 Ravichandran 和印度高等科学研究中心的 G. R. Vybhav 展示了生长成积云的干燥和湿热气流的夹带率有何不同。

为了梳理出所携带水量的控制因素，Ravichandran 和 Vybhav 采用数值分析方法，模拟在大气圈中不同温度和密度分布条件下的热流积累。他们采用层流和湍流模型，模拟了干燥和潮湿热流。结果表明，对于密度小而向上漂浮的热流，其携带率更高。这种漂浮的改变可能是因为附近大气圈的水汽凝结，或者不稳定的分层。在潮湿的热流中，这种增强的漂浮导致湍流强度增加。研究人员表明，当初期的干燥热流变为湿热时，湍流对于水的携带更为重要。与前人的研究不同，他们的结论是，湿热流较干燥热流更易导致大型积云的形成。

Ravichandran 和 Rama Govindarajan 的另一项研究解释了国际气象组织于2017年确定的一种独特的云类型。糙面云(asperitas)是一种波纹状结构(如同从海水下面看海平面)，起源于层状云团经受不同的切变。两人提出不同看法：这种云层的形成是来自于水滴的介入和蒸发而导致的云层失稳。他们的模型表明，在特定水滴大小和大气圈中液态含水量条件下，会形成高密度的空气层从而导致失稳。由小尺度液滴的蒸发驱动的湍流一般情况可以驱散这种云层，然而，当湍流被背景切变所抑制时，由于高密度层在低密度层之上持续存在，当高密度层下降通过下面低密度层时，会产生独特的凹凸结构，从而生成 asperitas 云层。

在另外一篇论文中，威斯康星大学麦迪逊分校的 Tianhong Huang 和他的同事描述了一种模拟框架，可以用于解释更大空间范围的云团类型分布。然而，将此缩小到气候模型是困难的，会增加这个模型预测的不确定性。研究人员开发了基于云团的模型，云团的大小和形状是可以随机确定的。结果表明，云团会自动演变以适应模拟的网格尺寸，由此可以更容易适应不同的一般模型。这些为针对气候变化模拟中预测云团如何影响气候提供了一种新的可能性。

