科学通报 2012 年 第 57 卷 第 32 期：3118
简 报 www.scichina.com csb.scichina.com
《中国科学》杂志社 SCIENCE CHINA PRESS

一个区分和联系层积云中夹卷混合过程与碰并过程的方法

陆春松[①②]，刘延刚[②]，牛生杰[①]

① 南京信息工程大学中国气象局大气物理与大气环境重点开放实验室，气象灾害省部共建教育部重点实验室，南京 210044；
② Atmospheric Sciences Division, Brookhaven National Laboratory (BNL), New York, 11973, USA
E-mail: luchunsong110@gmail.com

美国能源部地球模拟研究计划(ESM)中的 FASTER 项目、大气系统研究项目(ASR)、江苏省青蓝工程云雾降水与气溶胶研究创新团队基金和江苏高校优势学科建设工程资助

暖云中的夹卷混合过程及碰并过程紧密相关，因为非均匀夹卷混合并随后抬升过程中产生的大滴能启动碰并机制．区分这两个过程并寻找它们之间的联系对于理解暖云中的“降水之谜”至关重要．本文提出了一个区分这两个过程，并建立两者之间联系的方法．所用资料来自 2000 年 3 月在美国南部大平原观测站(36.6°N, 97.5°W, 海拔 320 m)进行的层积云飞机观测．北达科他州大学的科研飞机(Citation)承担了云的空中观测，利用前向散射滴谱仪(FSSP-100)和光振探测器(1D-C)分别测量云滴谱和毛毛雨滴谱．

(1) 区分的方法． 在非均匀夹卷混合并随后抬升过程及碰并过程中，云滴体积平均半径(r_v)和数浓度(N)之间的关系均为负相关，所以需要其他的标准来区分它们．识别碰并过程的一个标准是降水的出现，因为暖云降水是碰并过程的结果；另一个标准是 r_v 和含水量(LWC)之间的正相关关系，因为当 LWC 大时，碰并过程强度大，由此产生的 r_v 就大．而在非均匀夹卷混合并随后抬升过程中，这两个物理量是负相关的．利用以上两个标准即可区分非均匀夹卷混合并随后抬升过程和碰并过程．

重度毛毛雨化的穿云过程中，r_v-N 和 r_v-LWC 之间关系的斜率比轻度毛毛雨化的穿云过程小，因为碰并过程促使液水含量从云水(云滴半径小于 25 μm)转变成毛毛雨(云滴半径大于 25 μm)，在计算 r_v, N 和 LWC 时这些液水不考虑在内．但是，这种转变并没有影响这两个相关关系的正负性，原因可能是这种转变强度不大，或者是在碰并发生的同时，凝结过程也在发生，补充了碰并过程引起的云水损失．

(2) 联系的方法． 云雨自动转化阈值函数(T)可以用来建立非均匀夹卷混合并随后抬升过程及碰并过程之间的联系；T 表示碰并过程发生的强度．在不同的 T 范围($0 \leqslant T \leqslant 0.2$, $0.2 < T < 0.6$, $0.6 \leqslant T \leqslant 1$)内，受碰并影响的穿云过程中，$r_v$-LWC 之间关系的斜率始终为正．而受非均匀夹卷混合并随后抬升过程影响的穿云过程($T < 0.6$)中，当 $0 \leqslant T \leqslant 0.2$ 时，r_v-LWC 为负相关，当 $0.2 < T < 0.6$ 时，r_v-LWC 为正相关．这是由于当 $0.2 < T < 0.6$ 时，在非均匀夹卷并随后抬升过程中产生的大滴会启动碰并机制，导致 r_v-LWC 正相关．

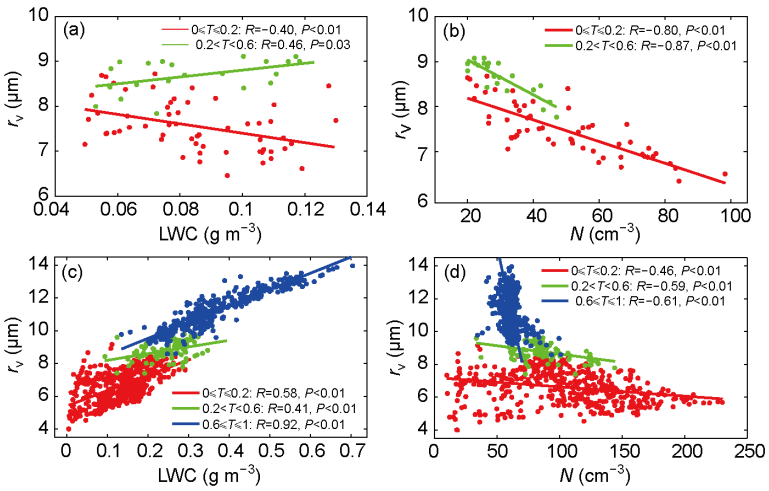


图 1 美国南部大平原 2000 年 3 月 18 日层积云中，受非均匀夹卷混合并随后抬升过程影响的一次穿云过程中不同云雨自动转化阈值函数(T)范围内(a)体积平均半径(r_v)和含水量(LWC)及(b)r_v 和数浓度(N)之间的关系

(c)和(d)分别与(a)和(b)相同，但为 2000 年 3 月 17 日受碰并影响的一次穿云过程

全文见: Lu C S, Liu Y G, Niu S J. A method for distinguishing and linking turbulent entrainment mixing and collision-coalescence in stratocumulus clouds. Chin Sci Bull, 2012, 57, doi: 10.1007/s11434-012-5556-6