

淡积云中夹卷混合机制的参数化及二次混合的影响

陆春松^{①②③*}, 刘延刚^③, 牛生杰^①

① 南京信息工程大学气象灾害预报预警与评估协同创新中心, 中国气象局气溶胶与云降水重点开放实验室, 气象灾害教育部重点实验室, 南京 210044;

② 中国气象科学研究院灾害天气国家重点实验室, 北京 100081;

③ Atmospheric Sciences Division, Brookhaven National Laboratory (BNL), New York, 11973, USA

* 联系人, E-mail: luchunsong110@gmail.com

国家自然科学基金(41305120, 41030962, 41375138, 41275151, 41075029, 41375137, 41305034)、江苏省自然科学基金(BK20130988, BK2012860)、教育部高等学校博士学科点专项科研基金(20133228120002)、江苏省高校自然科学基金(13KJB170014)、公益性行业(气象)科研专项(GYHY 201406007)、中国气象科学研究院灾害天气国家重点实验室开放课题(2013LASW-B06)、中国气象局气溶胶与云降水重点开放实验室开放课题(KDW1102, KDW1104, KDW1201)、气象灾害教育部重点实验室开放课题(KLME1305, KLME1205, KLME1107)、青蓝工程、江苏高校优势学科建设工程、美国能源部地球模拟研究计划(ESM)中的 FASTER 项目和大气系统研究项目(ASR)资助

夹卷混合过程影响着低云中降水的形成、气溶胶间接效应的评估、低云和气候之间的反馈以及雷达遥感云水含量的准确度. 淡积云中夹卷混合过程的参数化对改进大尺度模式中云的参数化方案是至关重要的, 但目前仍处于起步阶段. 本文利用淡积云的飞机观测结果, 对夹卷混合过程的参数化进行探索, 并利用显式混合气泡模式(EMPM)进行数值模拟研究.

2009年1月22日至6月30日, 美国大气辐射观测项目组在美国南部大平原进行了浅薄低云的光学辐射观测, 即 RACORO 项目. 利用跨学科遥控飞机研究中心(CIRPAS)的科研飞机(Twin Otter)对云、气溶胶、辐射和大

气状态参数进行了综合观测. 利用观测结果, 本文研究发现 3 个均匀混合百分比与 2 个过渡尺度数之间均为正相关关系(图 1). 均匀混合百分比表示混合过程的均匀程度; 过渡尺度数是一个无量纲数, 可以用来表征均匀混合过程发生的可能性. 它们之间的正相关关系可用于大尺度模式中积云夹卷混合过程的参数化.

但该正相关关系中的数据点存在一定的发散性, 为了研究二次混合过程对数据点发散的影响, 本文利用 EMPM 模式进行数值模拟研究. 二次混合过程指卷入淡积云的干空气块是分多次进入云的, 而非一次. RACORO 的观测结果表明, 卷入淡积云的干空

气混合比例服从对数正态分布. 假定夹卷混合过程是一个泊松过程, 那么二次混合过程之间的时间间隔服从指数分布. 把以上的干空气混合比例和时间间隔的分布函数作为 EMPM 模式的输入参数, 模拟结果表明: 与不考虑二次混合过程相比, 考虑二次混合过程后, 均匀混合百分比减小, 原因是二次混合过程中云滴尺度比绝热云小, 均匀混合百分比的减小程度与二次混合过程的次数及平均时间间隔有关. 由此可见, 二次混合过程是均匀混合百分比与过渡尺度数之间关系存在一定发散性的重要原因.

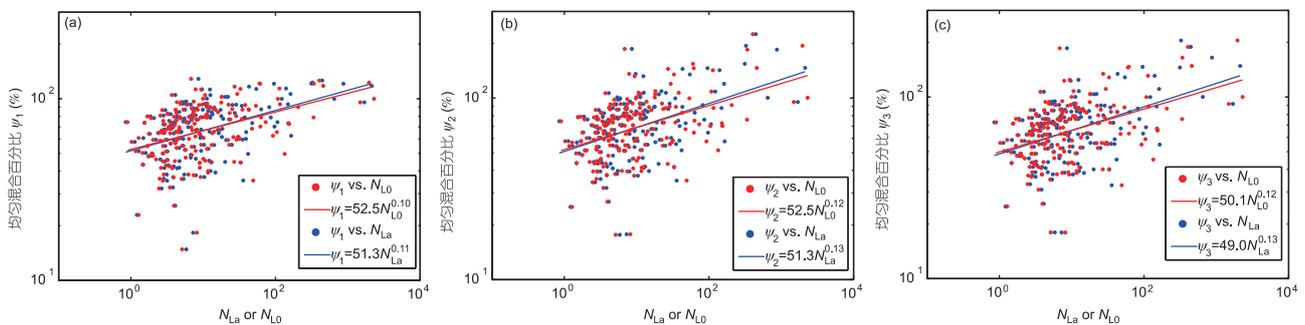


图 1 RACORO 项目观测得到的 186 个淡积云中, 3 个均匀混合百分比(ψ_1, ψ_2, ψ_3)与 2 个过渡尺度数(N_{La}, N_{L0})之间的关系

全文见: Lu C S, Liu Y G, Niu S J. Entrainment mixing parameterization in shallow cumuli and effects of secondary mixing events. Chin Sci Bull, 2014, 59: 896–903, doi: 10.1007/s11434-013-0097-1