

贵州雨淞积冰过程的云层特征及环流背景¹⁾

赵 彩

(贵州省气象科学研究所, 贵阳 550002)

提 要

雨淞形成的基本条件是地面温度在 0℃ 以下并有过冷雨滴降至地面, 严重雨淞过程的特点即是上述条件维持时间长而且有过大的过冷雨滴降水。作者使用贵阳 56 次探空和高空风资料, 着重分析了贵州中部严重积冰过程的云内宏观热力、动力特征, 发现云层厚度、云上部 0℃ 以上暖层的存在以及云层中上部湍流强度等因子对过冷雨滴降水量有重大影响。同时, 还分析了形成这种云层宏观特征的天气系统及大尺度环流背景。

关键词: 雨淞 云层宏观特征 动力不稳定性 环流背景

前 言

贵州是我国严重雨淞地区, 每年都发生雨淞积冰危害, 造成电力、农业、交通、通讯等国民经济部门的损失。造成雨淞的直接气象因子是地面低温和过冷雨滴降水, 其中地面低温这一因子较为简单并易于分析预报, 而过冷雨滴的降水量则是受诸多条件影响的一个复杂因子。首先, 它取决于云内水汽量及其凝结过程, 更重要的还在于云内云滴增长的过程。云滴增长的途径主要是冰晶效应和云滴碰并, 在我们过去的研究中已发现贵州冬季层状云中冰晶浓度极小^[1], 因此, 云内是否存在有利于云滴碰并增长的条件就成为雨淞研究中一个重要的问题。迄今为止, 贵州省的雨淞研究工作大都集中在地面降温过程的天气学分析和云雾微物理特征分析方面, 对雨淞云层的宏观特征尤其是与垂直风切变有关的云内动力学特征研究不多。本文使用 1983 年 12 月 21 日至 1984 年 2 月 14 日共 56 次贵阳地区探空和高空风资料(08 时)分析了

包括严重雨淞积冰过程在内的云层宏观特征, 主要包括云层厚度、云内的温度层结以及云层内的动力不稳定性。并论述了形成这些云层宏观热力、动力特征的天气学条件和大尺度环流背景。研究表明, 过冷云层上部暖层的存在, 云层中上部理查逊数(Ri)小于 1 以及这种云层长时间的维持是造成严重雨淞积冰过程的主要云层宏观因子, 而这些因子产生的大尺度天气学条件是稳定的乌拉尔阻塞高压和中印半岛上空较强的副热带高压存在。

1 雨淞云层的一般热力特征

贵州雨淞降水几乎都发生在静止锋区的稳定层状云内, 其厚度为 1500—5000m, 主要集中在 2000—4000m 范围。云内有逆温层, 而且常常不止一层, 其中主要是锋面逆温。雨淞层状云和一般层状云热力结构的显著差别是一般层状云的最低温度出现在云层上部而雨淞云层的最低温度出现在云层下部, 云层上部一般都处在锋面逆温层内, 见表 1。

1) 贵州省科委年度计划资助项目。参加本项工作的还有罗宁、文继芬、唐磊、黄万岗。

表1 层云云内温度分布特征对比

	雨淞云层	一般层状云
云底温度/℃	-4.8	0.5
云顶温度/℃	-2.1	-4.0
平均云厚/m	2243	2153
云底高度/m	425	536
次数	116	920

注:1962-1982年,共21年

表1说明雨淞云层厚度与一般层状云并没有很大差异,两者主要区别在云内温度的垂直分布上。

2 严重雨淞云层的热力特征

严重雨淞云层降水量较多,造成地面物体积冰负载很大,这种云层的主要热力特征是云层上部有0℃以上的暖层,见表2。表中“混合云”指有暖层的层状云,“冷云”指无暖层的层状云。

表2是56天的云层统计(其中有15天无降水)。其中包括1984年1月18日至2月14日贵州中部一次延续29天的严重雨淞结冰过程。从表2可以清楚地看出,严重雨淞的降水绝大部分(87.4%)来自云上部有暖层的混合云,这种云层的平均日降水量是冷云的8倍多。可见云上部的暖层对过冷雨滴降水量有重要的意义。

表2 混合云与冷云降水的比较

	混合云		冷云	
出现日数/天	20		25	
降水日数/天	19		22	
降水概率/%	95.0		88.0	
总降水量/mm	20.1		2.9	
日降水量分布	日数	比例/%	日数	比例/%
<0.1mm	4	21.1	10	45.5
0.1—0.3mm	5	26.3	9	40.9
0.4—1.0mm	5	26.3	3	13.6
>1.0mm	5	26.3	0	0
平均/mm	1.05		0.13	

3 云层厚度与降水量的关系

层状云的降水量与云层厚度有关,56次资料相关统计结果表明,厚度小于2050m的

云层降水概率极小,云厚在此粗略的临界值以上时,降水量与云厚有较好的线性正相关,相关系数0.782($\alpha < 0.01$)。当然这种统计学上的关系在很大程度上受云内热力动力因子的制约。

4 云层中、上部最小 Ri 数与云层厚度和降水量的关系

降水粒子的碰并增长是影响降水量的主要云物理过程,降水粒子碰并的路程长短在很大程度上受云内湍流强度的影响,而在逆温明显的静力层结稳定的层状云中,云内的湍流又主要是由于风的垂直切变造成的。当风的垂直切变能量足够大时,就可在静力稳定的湍流状态的云层内造成尺度大小不等的一系列垂直涡旋运动,通常用 Ri 来作这一类湍流过程强弱的判据:

$$Ri = \frac{g}{\bar{\theta}} \frac{\Delta \bar{\theta}}{\Delta H} / \left(\frac{\Delta V}{\Delta H} \right)^2$$

$\bar{\theta}$ 表示气层平均位温, Δ 表示代表上下两层气层之差, H 表示高度, V 表示风矢量, g 表示重力加速度。

$Ri > 1$ 表明风切变能量小于静力稳定能量,无湍流发展,可视为动力稳定状态;

$Ri = 1$ 表明二者相等,可视为动力中性状态;

$Ri < 1$ 表明风切变能量大于静力稳定能量,有湍流发展。

56次探空和高空风资料计算结果表明,云层中上部只要存在 $Ri < 1$ 的气层,其云层厚度、降水概率和降水量都明显的大于云内各层 Ri 都大于1的云层,见表3。从表3可以清楚地看出:在同样是逆温的静力稳定状态云层中,足够大的风垂直切变可以造成云和降水的极大差异;在云层上部最小的 Ri 数小于1时,其云层厚度比动力稳定的云层多一

倍,日平均降水量多8倍,日降水在0.1mm以上的降水概率多14倍,降水总量多44倍。在1月17日至2月14日共29天的持续严重的雨淞积冰过程中,有24天是这种动力不稳定云层的降水,其中积冰最严重的1月18日至2月3日,则全部都是这类云层,其云层下部都是北—东北风,而云层上部都是西南风,西南风速最大为 $36\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$,平均为 $21.3\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 。

表3 云层中上部最小Ri数与云层厚度及降水的关系

	$Ri < 1$	$Ri \geq 1$
出现次数	35	20
降水次数	33	7
降水概率/%	100	35
降水总量/mm	22.5	0.5
降水量日平均/mm	0.64	0.07
日降水量 $\geq 0.1\text{mm}$ 天数	26	1
概率/%	74.3	5.0
平均云厚/m	2580	1318

5 严重雨淞天气系统和大尺度环流背景

5.1 天气形势

由于严重的覆冰灾害大都是经过许多天的积冰累积而出现的,所以造成严重雨淞积冰的另一个重要条件是过冷雨滴降水云层和地面 0°C 以下低温的长期维持,这是一个天气学的问题,也就是静止锋一切变线系统上持续不断的北方强冷空气从低层补充和高层西南暖湿气流盛行的问题。这种高低层温度场和风场的适当配置实际上也是本文前面所讨论的雨淞降水云层的几个重要宏观热力动力因子所赖以形成的天气学条件。

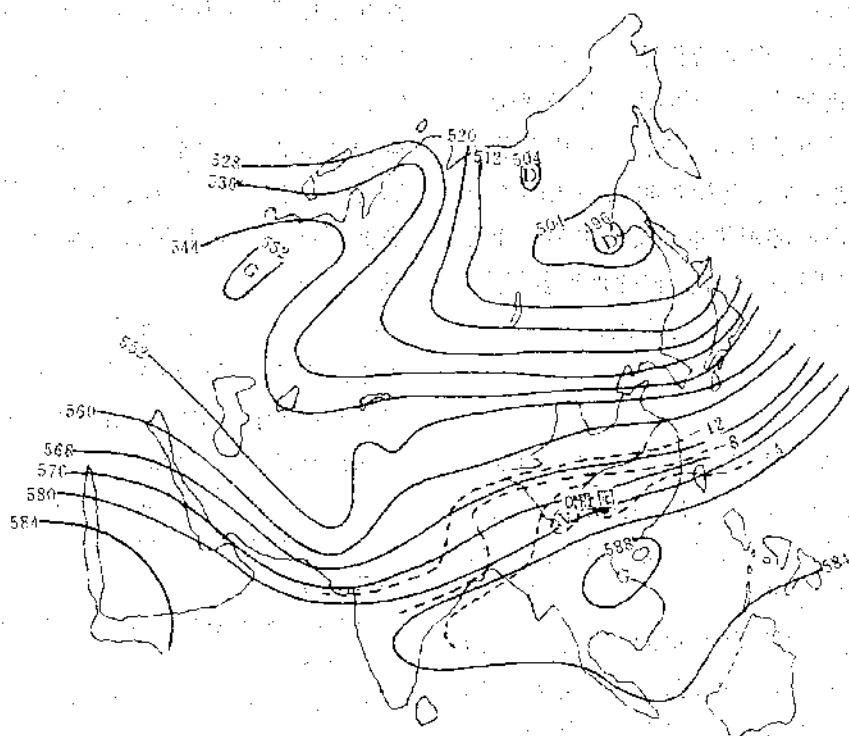
强冷空气不断从偏东路径南下补充,对于保证地面低温和云层下部深厚的过冷层以及云下部东北风都是必不可少的条件。许多研究结果都指出乌拉尔阻塞高压和鄂霍茨克海切断低压的稳定维持最有利于极地强冷空

气南下并沿偏东路径(经由湘鄂一带)进入贵州^[2]。1984年1—2月贵州的严重雨淞积冰天气就与乌拉尔高压稳定维持一个月之久(1.17—2.18)有密切关系。

高空西南暖湿气流盛行,则提供了降水云层所需的水汽及云上部暖层结构,高空 $20\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 以上的西南风与低层东北风的强烈垂直切变还提供了云层中上部足够的涡动湍流能量,有利于云中大滴的碰并增长从而增加过冷雨滴的降水量。在贵州,高空西南风及其暖平流盛行,则主要依赖印度—孟加拉湾上空的低槽和中印半岛—南海西部上空的副热带高压的增强和维持。

图1—3是雨淞积冰最严重的1984年2月3日08时的天气和环流形势。图1表明有利于冷空气不断从低层南下的乌拉尔高压、鄂霍茨克海低压以及有利于高空西南暖湿气流北上的南支槽和较强的副热带高压(中心在5880gpm以上)都同时存在,高空暖平流形成的温度脊伸到川、滇、黔地区,在贵州还有一个明显的 0°C 以上的暖中心。图2和图3表明低层冷高压中心在山东半岛,静止锋和切变线都在贵州以南的滇、桂、粤、闽一带,贵州处在冷区并维持低层的东北风。图2还表明,贵州是处于从湘鄂一带向西南楔进的低层温度槽内,相当于云层下部高度的850hPa层上温度都在 -4°C — -8°C ,这是很有利于暖性雨滴变为过冷雨滴的温度条件。

上述高低层温度场和风场的配置正是典型的严重积冰天气特征,在这种环流背景下贵州曾多次出现严重雨淞天气。例如1964年2月2日至26日一次连续25天的大范围严重雨淞过程,其500hPa环流形势和低层天气系统和图1至图3的情况几乎完全相同。



5.2 预报思路

综上所述,严重雨淞积冰灾害天气的预报必须抓住极地冷空气不断南下和副热带西南暖湿气流持续北上两个方面。从中期预报角度考虑,则主要是乌拉尔阻塞高压的维持和印度—南海西部副热带系统的加强。简言之,贵州省严重雨淞积冰过程的预报着眼点,是冷暖气流的适当配置及长期维持。

6 结 论

6.1 雨淞的形成条件有二,其一是地面物体温度在 0°C 以下,其二是过冷雨滴降水。而雨淞积冰的严重程度在很大程度上取决于这两个条件的维持时间。

6.2 影响过冷雨滴降水量的云层宏观热力动力因子主要有云层厚度、云内的逆温结构和云层中上部的动力不稳定性。其中,云层上

部存在暖区和云层中上部 $R_i < 1$ 对降水量的增加有重要意义。

6.3 云层的宏观特征既影响着云层降水的微物理过程,它们本身又受到天气学条件的制约,有利于雨淞降水云层生成的天气特点是低层冷区和东北风以及高层暖区和西南风。

6.4 雨淞天气长时间维持并造成严重覆冰灾害的主要大尺度环流条件是上游阻塞高压稳定存在和南方副热带系统(印缅低槽和南海西部高压)加强维持。

本文写作过程中得到贵州省环境保护科研所副研究员李启泰同志的指导,特此致谢!

参考文献

- 1 李启泰、卢成孝、赵彩. 贵州冬季层状云的观测研究, 气象, 1988, 14(5): 9-14.
- 2 杨伯齐、黄继用、汤锁坤. 贵州雨淞天气的初步分析, 贵州气象, 1976 年增刊.

An Analysis on the Cloud Macro Characteristics and Circulation Background of the Severe Glaze Icing in Guizhou

Zhao Cai

(Meteorological Science Institute of Guizhou, Guiyang 550002)

Abstract

The characteristics of a severe weather of glaze icing are of the long maintenance of time and of the supercooling rainfall. By using 56 sounding and upper-wind data, the macro thermal and dynamical characteristics of cloud layer over the central part of Guizhou plateau were analysed. It was found that the cloud depth, the existence of warm ($T > 0^{\circ}\text{C}$) layer and the turbulence intensity in mid-upper cloud layer have great influence on supercooling rainfall. The synoptic system and the large scale circulation conditions for long maintenance were also discussed.

Key Words: glaze icing macro characteristic of cloud dynamic instability circulation background