

民用

航空气象服务

技术交流论文集

MINYONG HANGKONG QIXIANG FUWU YU JISHU JIAOLIU LUNWENJI

中国民航总局空管局气象处



气象出版社

民用航空气象服务与 技术交流论文集

中国民航总局空管局气象处

气象出版社

图书在版编目(CIP)数据

民用航空气象服务与技术交流论文集/中国民航总局空管局气象处编.
—北京:气象出版社,2004.12

ISBN 7-5029-3896-6

I. 民... II. 中... III. 自动化技术-应用-民用航空-气象服务-文集
IV. V321.2-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 133098 号

气象出版社出版

(北京海淀区中关村南大街 46 号 邮编:100081)

总编室:010-68407112 发行部:010-62175925

网址:<http://cmp.cma.gov.cn> E-mail:qxcbs@263.net

责任编辑:季云昌 成秀虎 终审:章澄昌

封面设计:阳光图文工作室 版式设计:陈红 责任校对:何燕华

*

北京市燕南印刷厂印刷

气象出版社发行

*

开本:787×1092 1/16 印张:27.25 字数:694.4 千字

2004 年 12 月第一版 2004 年 12 月第一次印刷

印数:1—1100 定价:70.00 元

序

航空气象是气象业务的重要组成部分。多年以来,气象业务的先进应用技术首先在航空气象业务中得到应用,航空气象率先将先进的气象应用技术转化为生产率,为确保航空飞行安全、提高航空气象服务质量做出了应有的贡献。

近年来,我国民航气象部门陆续配备了机场气象自动观测系统、多普勒天气雷达和数字化天气雷达、世界区域预报接收系统以及航空气象服务综合系统,数值天气预报模式的诊断分析产品和预报产品也逐渐应用到日常的业务运行中去。民航气象工作者在运用这些新设备、新技术、新产品的过程中,结合实际工作情况,不断总结、不断提高,利用生产业务的间隙时间,完成了许多质量较高的技术论文,在行业内相互交流、相互学习。

这些论文将先进的气象应用技术较好地运用到实际工作中去,解决了航空气象服务中的一些问题,提高了生产效率,并对新技术的应用提出了独到的见解。

闻悉这些论文都是航空气象工作者利用业余时间整理、撰写完成的,我对他们的敬业精神深表敬意,同时也感谢他们为我国航空气象事业的发展所做的奉献。

我衷心希望这本论文集的出版能够进一步推动我国航空气象业务的发展,进一步推动先进的气象应用技术在航空气象服务中的应用,促进我国航空气象服务技术的发展。

(许健民)

2004年10月22日

目 录

一、重要天气分析和预报

一次辐射大雾演变期间各要素的分析.....	刘贵萍(1)
成都双流机场多雷暴天气分析.....	沈宏彬(7)
哈尔滨机场冬雾消散预报	刘昌泽 黄红兵 孙喜辉(18)
西安地区强对流风暴的综合诊断分析	崔竹茜 张莉 周鹰(25)
乌鲁木齐国际机场 2001 年 5 月 11 日强沙暴天气分析	张利平 王春红 胡建军(31)
2001 年 5 月 17 日上海中度降水的中尺度分析	王锋云 唐民(40)
严重影响福州长乐机场台风的预报	翁汉槐 沈文永 张勇(45)
利用民航数值预报产品分析烟台机场阵雪	马淑鸿(50)
西安咸阳国际机场辐射大雾形成气象因子的相关分析	公平宽(54)
台风飚线的强对流天气分析	区志中 黄奕铭(57)
桃仙机场初雷天气分析	郭毅 赵麦(64)
成都双流机场长时间维持低能见度的分析	周继业 黄平 林海(69)
2003 年乌鲁木齐国际机场雷暴天气分析	张利平 王春红(73)
梅雨锋上的 MCS 个例与对流层上层水汽风分析	贺新强(81)
天津机场地区冻雨天气分析	吕胜辉 王积国 邱菊(95)
昆明机场上空飞机颠簸分析及相关统计预报.....	资文正 章云 李黎 杨庆涛(102)
暖区强雷暴和非强雷暴对比分析.....	孙进勇 宋金花(106)
南京机场低能见度的时间序列分析.....	聂颖(113)
银川河东机场低空风切变的成因初步分析.....	彭维耿 张仕林 罗兴刚 郭先杰(120)
718 强飚雷暴天气分析	罗玖友 穆瑗(129)
中川机场 35 年风沙天气的气候特征及低能见度的分析预报	孙伟中(136)
首都机场雷暴客观分析与概率预报系统.....	黄继雄 邵 洁 张洪泰(145)

二、数值模拟分析、数值天气预报模式诊断分析产品和预报产品

基于 Internet 上的数值预报产品释用显示系统介绍	石步鸿 林兵(154)
沈阳桃仙机场一次初雷降雹过程的数值模拟分析.....	刘 伟(160)
数值天气预报新技术及应用.....	张中锋(168)
气旋爆发性发展中平流层空气干侵入现象分析.....	张伟(178)
登陆台风中的中尺度对流系统的数值研究.....	刘 伟(188)
WAFS 产品的诊断分析和应用	李秀连 梁爱民 冯向阳 张 伟 黄 浩(195)

三、天气雷达、卫星探测和分析

强对流天气的多普勒雷达回波分析.....	黄继雄 申红喜(202)
卫星云图 TBB 资料和客观分析资料揭示的 2000 年海口美兰机场初雷的成因	王锡东(208)

首都机场雷暴发展阶段的多普勒雷达回波特征分析·····	申红喜 黄继雄 李秀连(219)
一次强雷暴天气的多普勒雷达回波特征分析·····	罗忠红 江航东(226)
天气雷达回波特征·····	杨炯(231)
反演卫星资料在航空气象保障中的应用·····	高中书 孙晓冬 钱革(235)
多普勒激光雷达在香港国际机场的应用·····	李淑明 陈柏纬(240)
用多谱阈值法进行 GMS-5 卫星云图云型分类的研究 ·····	杨 澄(248)

四、机场气象观测和航空天气观测报告

天津机场常见危险天气的观测·····	傅爱勇 程广来(256)
新白云机场双跑道运行及自动观测系统下观测工作的探讨·····	谢朴 邓明光(261)
本场明语电报 SPECIAL 培训与实施初探 ·····	田永飞(266)
电子表格在气象观测总簿中的应用·····	韩金涛(270)

五、气象探测设备及其检修、维护、开发应用

713 气象雷达距离扫描及发射机故障检修二例 ·····	姜领军(276)
综合遥测气象 II 型终端扩充及实现技术·····	唐建中(281)
WRDPS 天气雷达数据处理系统的原理及典型维护 ·····	米永胜(287)
AWOS 数据接收处理系统的研制及应用 ·····	黄红兵 刘均力 卢玉宝 曹志刚(293)
714C 天气雷达伺服系统典型故障分析及解决方法 ·····	董彦达 庞双双(299)
714C 气象雷达维修手册 ·····	王伟平 段追驰(304)
乌鲁木齐机场气象自动观测系统终端全面改造·····	贾军(325)
芬兰 AWOS 传感器检查和校准方法 ·····	李加宁(332)
大气透射仪误差浅析·····	尤 海 崔 屹(345)
关于德国 SKOPOGRAPH II Flamingo RVR 大气透射仪几个技术问题的探讨 及故障分析 ·····	许卓毅 任庆辉(349)

六、民航气象信息服务系统

用 PHP 实现气象网页的发布 ·····	欧壮杰 区志中(358)
民航气象数据库 GRIB 解码资料的检验及应用·····	刘旭光(363)
GRIB 资料的解码及在 MICAPS 系统上的图形显示 ·····	李力 李毅 江岩(369)
Web 技术在气象信息服务系统中的应用 ·····	陶建国 陈育兵 刘均力(375)
气象 SYBASE 数据库的应用与维护 ·····	李占睿(380)
航空气象预报业务管理系统的开发和应用·····	王新平 邢谦 张轶乔(386)
基于通信 DDN 网络的气象信息服务 ·····	夏楠(391)
论航空气象服务系统的应用模式·····	吴志强 郑颖聪(397)
关于支线机场航空气象服务模式的探讨·····	郭骏(403)
一种简便的人机交互式客观分析方法·····	杜永聚 戴念军 陈卫丽(407)
基于空间数据模型与可视化分析模式构建民航气象服务平台 ·····	
·····	何 勇 李跃春 沈宏彬(413)
航空气象服务工作探讨·····	陈穗军 谢朴 邓明光 肖海平(423)

一、重要天气分析和预报

一次辐射大雾演变期间各要素的分析

刘贵萍

(贵阳空管中心气象台, 贵阳 550012)

摘 要:通过对 2000 年 12 月 22 日、23 日龙洞堡机场出现的辐射大雾天气过程作分析,发现其在演变过程中温、压、湿、风等条件吻合较好。

关键词:辐射大雾 跑道视程 大尺度分析 中尺度分析

1 引言

2000 年 12 月 22 日、23 日贵阳龙洞堡机场出现了辐射大雾天气过程,此次大雾对航班影响较大。根据飞行计划,航班较为集中的两个高峰区 07 时~09 时,以及 10 时~11 时机场气象条件均低于起飞、降落标准,造成 22 日上午一个航班返航,另一个备降成都,其他进出港航班均延误。23 日部分航班延误,对保障航班正常率造成负面影响。

现根据天气图表、观测记录、以及 AWOS 自动观测系统每分钟观测记录的数据,对这一次大雾过程形成及演变期间各天气要素的机制作一详细分析。

2000 年 12 月 22 日 05 时~11 时,机场有很浓的辐射雾。按 Lala 等(1982)规定的辐射雾的三个特定阶段(日落;调节;浓雾),对温度、湿度和风的演变进行分析。当跑道视程(RVR)值低于 2km 时,对跑道南、北端的跑道 RVR 值、修正海压、温度、相对湿度、风速作“放大”分析,寻找一种对预报雾消散有用的因素。

2 天气形势

2000 年 12 月 19 日 08 时,500hPa 贵州省处于槽前西南气流控制下,20 日 08 时 500hPa 气流趋于平直,2000 年 12 月 21 日 08 时开始,500hPa 上贵州处于高压脊前西北气流控制下,这种形势一直维持到 23 日上午 08 时,24 日 08 时气流又趋于平直。同时,在地面上 18 日地面冷锋过贵阳站,19 日 08 时在贵州省中部形成静止锋,导致贵州全省大面积降水。20

日 08 时静止锋移至昆明附近,冷高压逐渐南压,21 日 08 时在陕西形成高压中心,脊伸至四川、贵州,此形势持续至 23 日 08 时。此期间 700hPa、850hPa 为偏北气流影响。高压脊一直持续到 2000 年 12 月 23 日 20 时。该高压脊导致了通常与辐射雾有关的碧空和微风天气。

3 浓雾期间的观测

图 1 是龙洞堡机场 2000 年 12 月 21 日 08 时~2000 年 12 月 23 日 15 时的能见度随时间的变化曲线,该曲线出现四种截然不同的形式。从 21 日 18 时至 20 时,霾首先发展。能见度急剧下降,从 25km 降至大约 10km。能见度的急剧下降是日落阶段的特征。从 21 时~22 日凌晨 03 时,能见度大约在 2~13km 之间波动。这些能见度的波动为调节时期所共有。从 22 日凌晨 04 时~上午 11 时为浓雾时期。12 时~14 时之间能见度迅速增大,表现为曲线的上升,与雾消散有关。

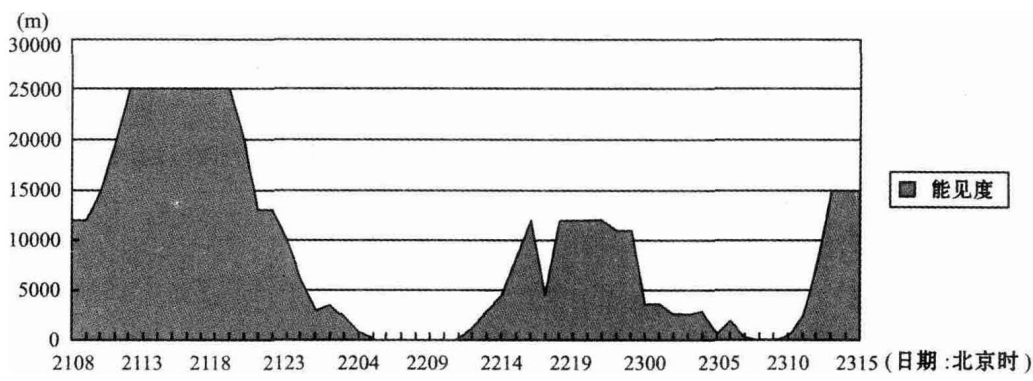


图 1 龙洞堡机场 2000 年 12 月 21 日 08 时至 2000 年 12 月 23 日 15 时能见度随时间变化曲线图

22 日同样 14 时~20 时为日落阶段,20 时~23 日 04 时为调节阶段。05 时~23 日 10 时为浓雾阶段,11 时~12 时为消散期,至 23 日 15 时,能见度上升到 15km,至此,这一次辐射大雾过程结束。

日落阶段是刚好日落时至日落后约二小时近地面空气的最大辐射冷却时期。在此期间,近地面的垂直温度结构由日落前的直减状态变成日落后近地面的强逆温,且地面气温呈近 1℃/小时的急剧递减;相对湿度呈明显上升趋势,由 18 时的 46%至 20 时的 70%;在此期间,风向不变,风速近于 0。

在调节期间,在大约 24 时在机场开始出现轻雾,温度继续下降,但速度比日落阶段慢。从 01 时至 03 时,相对湿度都高,变化范围从 93%至 97%。风仍然小而风向不定,因为风向风速仪的记录起动值约为 0.5m/s,所以“实际”风速比记录的风速稍大些。到 04 时,机场能见度开始小于 1km。

在浓雾开始后,机场温度从最小值 0.5℃升到 0.6℃,这是因为雾变得不透光,厚度足以限制地面的辐射冷却时,从下面的地面和上面的空气中传来的热量,使近地面的温度上升。

12 时太阳升起,气温急剧上升,大雾趋于消散。

4 南北两端 RVR 值的对比

RVR 是跑道视程的缩写,是通过安装在跑道两端、距离为 2.8km 的大气透射仪测定的。当 RVR 值高于 2km 时,记录为 2km;当 RVR 值低于 2km 时,南北端 RVR 值在大雾开始前、开始时、消散时出现一些变化。

表 1 2000 年 12 月 22 日大雾期间南端、北端 RVR 的变化时间对比

	开始低于 2km 的时刻	开始低于 1km 的时刻	开始低于 0.5km 的时刻	开始高于 0.5km 的时刻	开始高于 1km 的时刻	开始高于 2km 的时刻
南端	02 时 40 分	02 时 56 分	03 时 54 分	10 时 47 分	11 时 18 分	11 时 27 分
北端	03 时 13 分	04 时 11 分	04 时 14 分	11 时 15 分	11 时 18 分	12 时 13 分

从表 1 的对比可以看出,跑道南北端大雾开始及消散的时间并不一致,从 02 时 40 分~12 时 30 分取南北两端的每 10 分钟一次的 RVR 值、修正海压、温度、相对湿度、风速值,作时间变化图,可以把此次大雾过程各要素的变化情况“放大”来作一分析。

从图 2(RVR 值随时间的变化)可以看出,02 时 40 分南端开始出现低于 2km 的 RVR 值,约 20 分钟后,北端才开始出现低于 2km 的值,RVR 值忽上忽下,在 2.0~0.5km 之间变动,这过程一直维持到 03 时 54 分。此过程是一个调节混合的过程。随后 RVR 值一直为 25~50m 之间波动。10 时 47 分南端先出现高于 0.5km 的值,北端约 20 分钟后也出现,然后又是一个扰动混合,最后南、北两端 12 时 13 分后均高于 2km,大雾趋于消散。

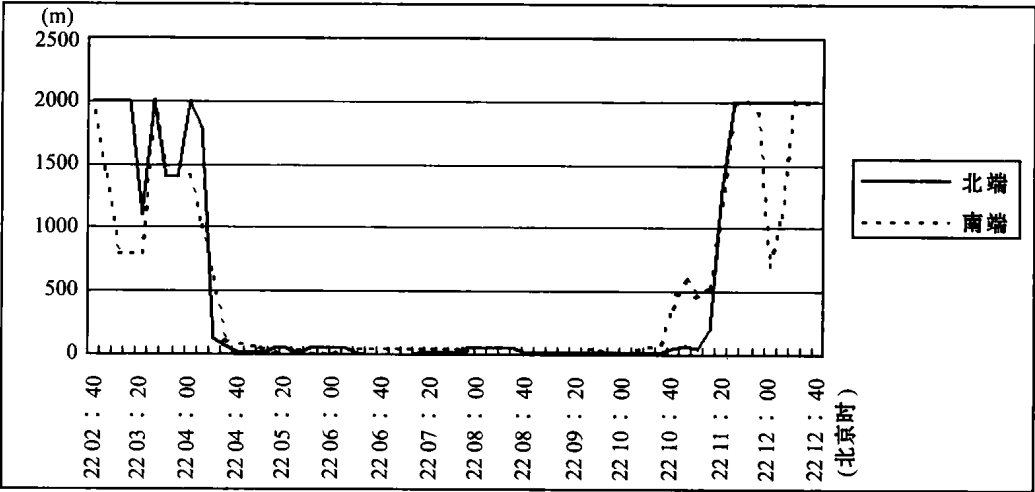


图 2 RVR 值随时间的变化

从图 3(修正海平面气压随时间变化图)可以看出,在整个过程中,南端、北端的修正海平面气压曲线同相,但出现两个拐点,一个出现在 05 时附近,为最低值,一个在 10 时 30 分附近出现最高值。其中,05 时大雾形成,10 时 30 分大雾趋于消散。

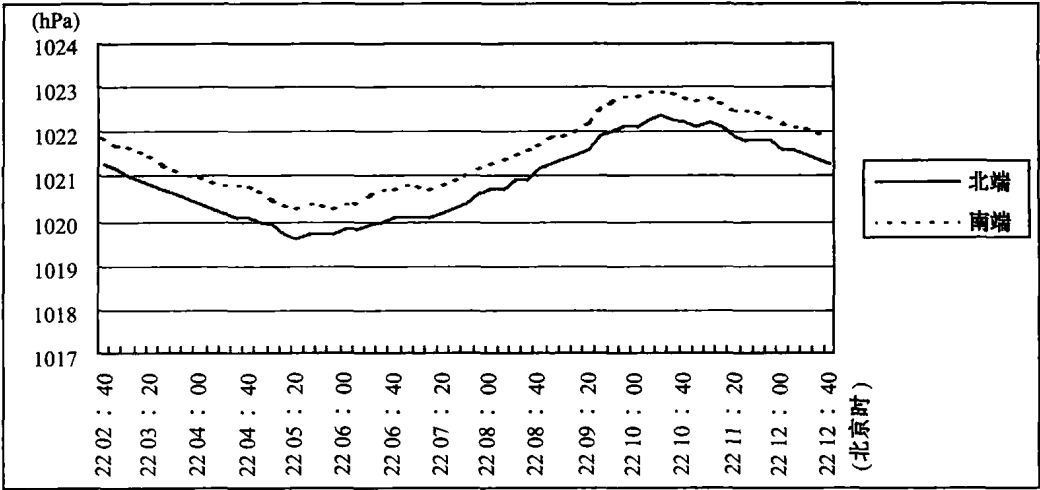


图3 修正海平面气压随时间变化图

从图4(气温随时间变化图)可以看出,南端继续急剧降温,到05时左右大雾形成时,气温有一个小幅上升过程,然后又继续下降,下降幅度减小,直到09时开始,北端气温开始升高,幅度较小,10时开始气温急剧上升,RVR值也随之升高。

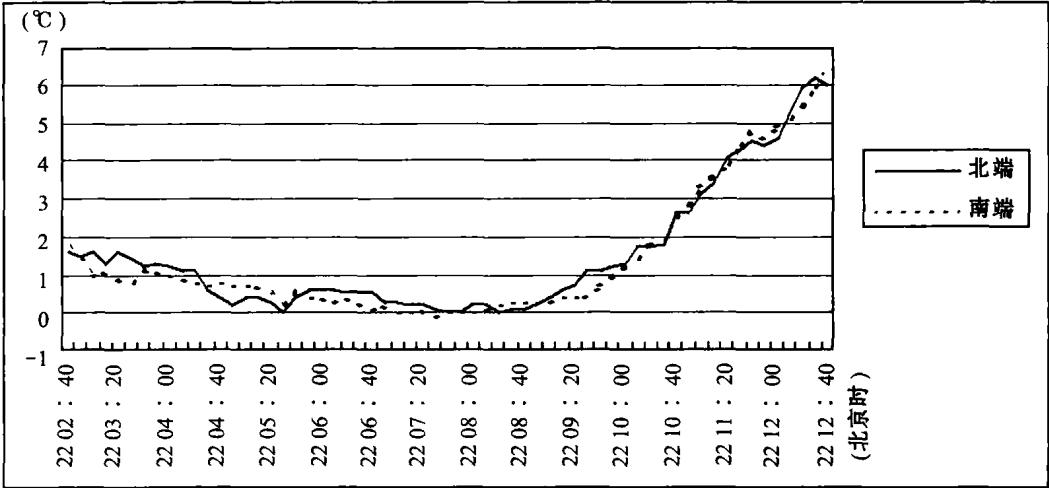


图4 气温随时间变化图

从图5(相对湿度随时间变化图)可以看出,南端水汽比北端充足,这是因为南端附近多水田的缘故,所以大雾先从南端出现,随后随风的扰动作用弥漫整个机场。

从图6(风速随时间变化图)可以看出,风速较弱,风向多指向偏北方向,机场处于贵阳城市的西南方,城市为大雾的形成提供充足的凝结核。02时40分~05时,南端基本为静风,为大雾的形成提供了充分条件。大雾形成后,南北两端均为低于1m/s的微风,有利于大雾扩散到整个机场。如果南、北两端均为静风且一直维持,辐射冷却作用只影响附近地面很薄的气层,水汽垂直输送也到不了有一定高度,形成一定厚度的大雾就不可能。

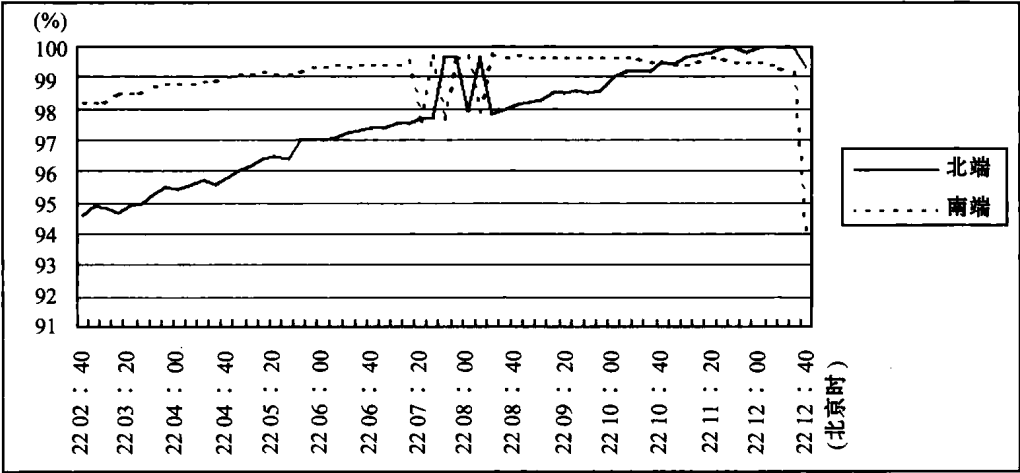


图 5 相对湿度随时间变化图

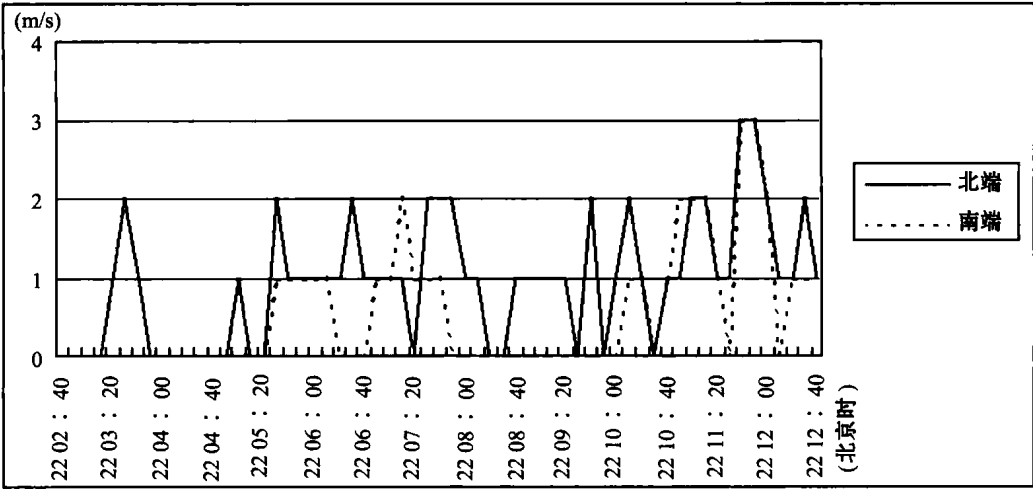


图 6 风速随时间变化图

5 结论

选取冬日早晨一个典型的辐射大雾天气过程作分析,发现:

1. 这次天气过程完全依照 Lala 所规定的辐射雾的日落、调节、浓雾三个过程演变。
2. 在演变过程中 RVR 与温、压、湿、风条件吻合较好。
3. 通过 10 分钟实时观测资料对 RVR 低于 2km 时的修正海压,温度、相对湿度、风作中尺度分析,各要素的变化与大尺度分析的规律相同。
4. 笔者曾试图寻找各种途径来预报大雾的消散时间均未成功,通过这次分析,修正海压变化曲线为短时预报大雾消散时间提供了一种思路,对机场合理安排当日飞行,提高经济效益提供了保障。

Meteorological Elements Analysis during a Radiation Fog Event

Liu Guiping

(Meteorological station, Guiyang Air Traffic Management center, Guiyang 550012)

Abstract: Analysis to the fog weather on December 22, 2000 and December 23, 2000 in Long-DongBao airport, Based on the surface data observed of LongDongBao airport. Find the feature of temperture, pressure, humidity and wind would pass muster.

Key words: fog, RVR, large scale analysis, middle scale analysis

成都双流机场多雷暴天气分析

沈宏彬

(民航西南空管局气象中心,成都 610202)

摘 要:成都双流机场在 2000 年 7~8 月有 35d 内出现 23 次雷暴,经过天气形势、卫星云图和雷达图像的综合分析,发现该次多雷暴天气中局地性热雷暴和系统性雷暴各占一半左右。两者在云图和雷达图像上表现出的外形特征、时空分布、演变过程以及生成机制都存在明显的差异。热雷暴发生在比较弱的天气形势下,在卫星云图上表现为孤立的一片云块或云粒,在雷达回波上表现为分散的、分布没有规律的数个小回波单体。系统性雷暴的发生往往与高空或地面一定的天气系统相联系,在卫星云图上表现为尺度较大的带状云系或云团,在雷达回波上表现为有系统的多个单体回波的集合。

关键词:雷暴 卫星云图 雷达回波 演变

1 引言

双流机场地处成都平原,位于成都市西南面 15km 处,海拔高度为 504.3m。地理上四面环山,其中两大山脉是西北面 50km 处的龙门山脉(见图 4),海拔高度在 2000m 以上;机场东南面约 30km 处是东北-西南走向的龙泉山脉。所以成都地区的地势是西高东低,自西北向东南倾斜。机场就处于两大平行山脉之中。此外,双流机场东面的河流织成了稠密的水利网。这些都十分有利于暖湿气流的进入和辐合抬升。夏季,该地区在副热带高压脊后偏南的温暖、潮湿气流的影响下,水汽较易积聚,具有不稳定的层结,容易产生雷暴。据机场气象台《气候志》统计,夏季(6~8 月),双流机场年平均雷暴日为 23.4d,占全年总数的 73%。国内外对强雷暴(朱乾根等,1981)的研究较多,例如文献(Ostby F P,1992;Mills G A et al,1998;Moller A R et al,1994)是国外对强对流天气分析预报很有指导意义的文章。张伟廉(1983)利用卫星云图对华东地区的一次强对流天气的活动规律进行了研究,成都市人工降雨防雹办公室(1992)总结出成都平原的冰雹云的判别,李玉林等(2000)对南昌的强雷暴的回波参数进行了总结。而对一般雷暴的研究工作还很少,但一般雷暴产生的闪电也会影响民航飞行安全,所以,研究雷暴的特征对民航飞行具有十分重要的意义。

2000 年 7 月 14 日~8 月 17 日,在 35 天内,成都双流机场共出现雷暴 23 次(详见表 1),出现频率之高在历史上实属罕见。雷暴天气迫使近 200 个航班延误,严重干扰了民航运输的正常运行。这次持续 35 天的雷暴天气为研究成都地区雷暴的特征提供了大量的个例。本文利用高空、地面观测资料、每小时一次的 GMS 卫星红外云图和云顶黑体辐射温度(TBB)等值线图、成都市人工降雨防雹办公室的 3cmXDR-21 型数字化雷达所采集到的 5~10min 一次的高时间分辨率雷达回波图像资料,这三种资料相互辅证,来研究这次成都地区多雷暴天气的环境、云图特征和雷达回波特征,为做好双流机场雷暴天气提供依据。

表 1 双流机场 2000 年 7~8 月雷暴天气统计表

要素 日期 (月-日及次数)	天气现象	持续时间 (北京时间)	温度变化/℃	降雨量/mm	最大风速/风向 (风速: $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)	性质
07-14	-TSRA	19:32-19:46	-0.8	0.0	02/190	热雷暴
07-15	-TSRA	15:44-16:43	-0.6	0.0	04/150	热雷暴
07-17(1)	-TS	04:10-05:43	-0.4	—	03/290	热雷暴
07-17(2)	+TSRA	16:30-17:22	-7.2	35.0	05/050	系统性雷暴
07-17(3)	-TSRA	23:53-02:40	-3.0	10.1	05/300	系统性雷暴
07-18	TSRA	21:34-00:42	-4.7	17.4	07/070	系统性雷暴
07-20(1)	-TSRA	11:38-13:10	-7.2	19.2	06/020	系统性雷暴
07-20(2)	-TS	14:36-15:41	-2.9	—	03/150	系统性雷暴
07-21	-TSRA	19:02-20:48	-6.8	3.7	03/110	热雷暴
07-23	-TS	14:27-15:23	-3.5	—	06/050	热雷暴
07-24	-TSRA	12:29-13:44	-3.7	1.9	02/070	热雷暴
07-25(1)	-TSRA	13:04-13:45	-4.8	0.3	03/020	热雷暴
07-25(2)	-TSRA	18:45-19:45	-4.4	0.0	02/330	热雷暴
07-26	-TS	13:04-13:45	0.1	--	02/230	热雷暴
07-27(1)	-TSRA	12:38-13:43	-4.2	0.0	01/330	热雷暴
07-27(2)	+TSRA	17:55-23:45	-9.4	29.7	07/080	系统性雷暴
07-29	+TSRA	00:20-08:45	-6.7	49.7	04/070	系统性雷暴
08-7	TSRA	14:25-15:45	-0.2	27.0	04/300	系统性雷暴
08-8	-TSRA	00:17-01:08	-1.3	13.5	04/010	系统性雷暴
08-11	-TSRA	07:29-14:48	-1.0	19.8	02/330	系统性雷暴
08-14	-TSRA	17:04-18:44	-8.5	15.3	06/060	系统性雷暴
08-15	-TSRA	01:07-02:40	-2.1	0.6	01/330	热雷暴
08-17	-TSRA	01:18-12:46	-2.2	57.0	04/070	系统性雷暴

注 1:表中的气象要素及持续时间是依据机场气象台的观测记录;

注 2:日期栏中的括号值代表同一天的第几次雷暴过程;

注 3:表中天气现象代号是由国际民航组织规定的符号,TS:干雷暴(只有雷电不见降水),TSRA:雷阵雨(既有雷电又有降水),其前的“-”和“+”代表强度弱和强,没有“+-”表示强度是中等的。

2 机场天气实况

综合分析这 23 次雷暴的天气形势,并结合它们在卫星云图上和雷达回波的表现形式,我们发现这些雷暴过程基本上可以分为两类:一类是局地性的热雷暴,即由于下垫面的热力和动力强迫引起的环流所造成的雷暴;另一类是系统性雷暴,即由较大尺度环流系统诱生的雷暴。热雷暴和系统性雷暴产生的天气现象是有明显差异的。前者的强度弱,尺度小,一般在 10km^2 以内,平均持续时间约为 1.0h,它一般只产生干雷暴天气(只有雷电不见降水)和

弱雷阵雨天气。45%的热雷暴天气出现在午后。系统性雷暴强度强,回波尺度基本上是 β 中尺度和 α 中尺度,一般在 30km^2 以上,平均持续时间约为 3.9h ,基本上都带来明显的雷阵雨天气,早晚均可出现。两者在地面气象要素上的表现差异也明显,例如,图1是7月27日08时(北京时,下同)至28日07时双流机场的本站气压(p)、风速(V)、温度(T)在雷暴过境时的变化曲线。在当日12:38~13:43时出现的第一次雷暴为热雷暴过程,它持续了65min,本站气压变化不大,温度降低了 2.5°C ,风速增大了 2m/s ,弱雷阵雨降了 0.0mm 的降水;而第二次发生在17:55~23:45时的雷暴为系统性雷暴过程,持续了 $5\text{h}50\text{min}$,本站气压涌升了 4hPa ,温度骤降近 5°C ,风速猛增了 6m/s ,并伴有 29.7mm 的降水。从表1也可看出,系统性雷暴引起的地面要素变化均比热雷暴更明显。

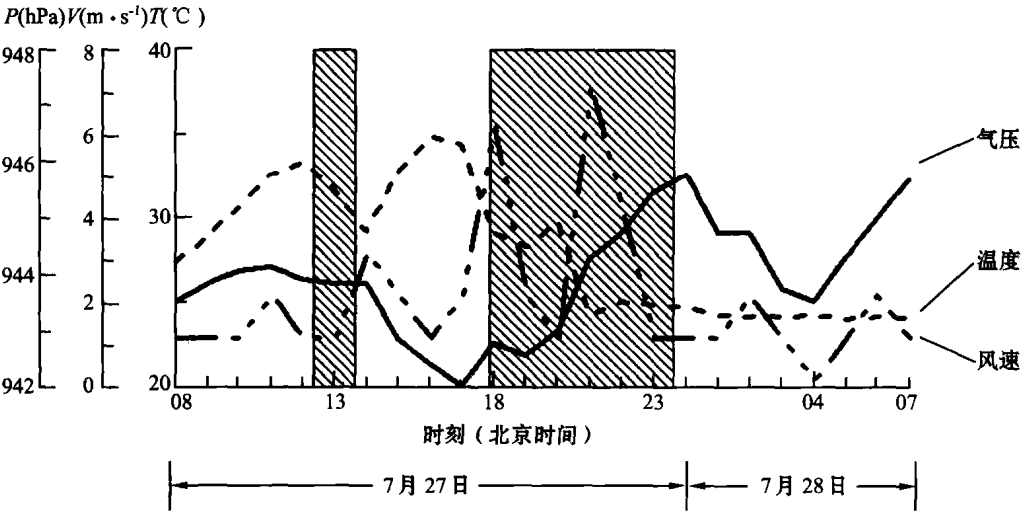


图1 双流机场7月27日本站气压(p)、风速(V)、温度(T)在雷暴过境时的变化曲线
阴影区为雷暴发生时段

3 天气背景

3.1 稳定度

气团指标 K 和沙氏指数 SI , 它们都反映出空气层结的稳定性, K 值越大, SI 值越小, 大气层结越不稳定(陆汉城, 2000)。统计表明, 23 次雷暴前气层的平均 K 值为 40.2, 平均 SI 值为 -3.0 。热雷暴前气层的平均 K 值为 40.4, 平均 SI 值为 -3.1 ; 系统性雷暴前气层的平均 K 值为 39.9, 平均 SI 值为 -2.9 。这说明, 热雷暴比系统性的层结空气下, 对流才容易发生。这与 George(1960)所做的 K 指数在雷暴前反映试验有所不同, 他认为系统性雷暴比热雷暴的 K 指数大。

3.2 高空环流

在热雷暴产生前的高空天气图上, 没有发现明显的天气尺度影响系统, 但其中不少个例的高空处于 500hPa 上副热带高压的影响下, 等压线都比较稀疏, 强度弱。低层的空气温暖

又潮湿,具有不稳定的层结,在热力作用或地形抬升作用下产生热雷暴。

分析系统性雷暴发生前的高空天气图发现,系统性雷暴的发生与以下四种天气系统有关:

(1)200hPa 的热带东风急流。系统性雷暴发生在对流层顶附近的热带东风急流的下方,热带东风急流中的辐散场使雷暴能持续的发展,达到 β 中尺度或 α 中尺度的大小。

(2)副热带高压。当副热带高压西伸时,机场处于副高西侧的西南暖湿气流控制下,水汽逐渐增多,往往容易产生雷暴,例如 7 月 27 日的强雷阵雨天气。另一种情况是机场上空的副热带高压东退时,其西边常常有低槽生成。此槽影响到机场地区时,雷暴也因此发展起来,如 8 月 7 日~8 月 8 日的雷阵雨天气。

(3)高空槽或切变线。高空槽和来自于西北方向的弱冷空气有关,切变线则形成于两个高压间。高空槽和切变线为雷暴的发展提供了触发机制(垂直运动)和水汽输送。当稳定度条件适宜时,槽越深,气流的辐合越强,相应的上升运动亦强,因而越有利于雷暴的产生。如 7 月 29 日强雷阵雨天气就是 500hPa 的高空槽引发产生的,7 月 18 日的夜雷雨是由切变线造成的。

(4)台风倒槽。台风本身具有高温高湿的特点,当台风中心在华南地区南部时,其东部的偏南气流将暖湿气流向四川盆地输送。机场处于其槽北端辐合气流控制下的地区,由于辐合抬升的作用,便可产生雷暴,如 7 月 20 日的雷暴。

4 卫星云图分析

通过对这次多雷暴天气的卫星云图的红外云图分析发现,热雷暴和系统性雷暴在云图上的特征表现非常明显,这些特征有助于我们对雷暴性质的判别。

4.1 热雷暴的雷暴云团的主要特征

(1)热雷暴云团的色调白亮,表现为小块状或米粒状,尺度较小,较易识别。尺度以 γ 中尺度和 β 中尺度为主。

(2)初生的雷暴云尺度小,呈颗粒状,边界光滑,如图 2(a)中的 A;成熟的雷暴云云顶光滑,边界清晰,如图 2(b)中的 B;消亡的雷暴云云顶松散,边界模糊,如图 2(c)中 C 为减弱的雷暴云,其边界发毛,模糊不清。

(3)热雷暴的冷云盖的最低 TBB 平均值为 -43.38°C ,说明其上升运动不是很强,多为干雷暴天气。即使有降水,每次过程的降水量也很少,11 次热雷暴的平均降水量仅为 0.6mm。

(4)这些热雷暴天气中,有 8 次雷暴属于热力抬升造成。夏季午后由于日射引起的边界层非均匀加热,常常在近地层形成绝对不稳定的层结,使对流容易发展。这种热力抬升作用的强弱取决于局地加热的程度。图 2(d)是这 8 次雷暴的卫星云图的合成平均图叠加云团的 TBB 等值线(小于 -15°C ,间隔为 5°C),箭头所指的位置是双流机场。从图中可看出:四川盆地天空晴朗,盆地西部低层有少量的层云;雷暴云呈小块状,大小约有 $60\text{km}\times 40\text{km}$,尺度为 β 中尺度;最低亮温仅为 -20°C ,说明上升运动较弱;雷暴出现的时间集中在 12~17 时,这正是太阳照射最强的时段。

(5)11 次热雷暴天气中,还有 3 次属于外围对流系统的密度流造成的热雷暴。云图上,在其距离 1~3 经纬度范围内必有一明显的 α 中尺度对流系统 $M_{\alpha}\text{CS}$ 。如图 2(c)中,7 月 14

日傍晚出现的雷暴云 C 就是由西南侧的 M_c CS(图中的 D)的外流(图中的 E)触发形成的。

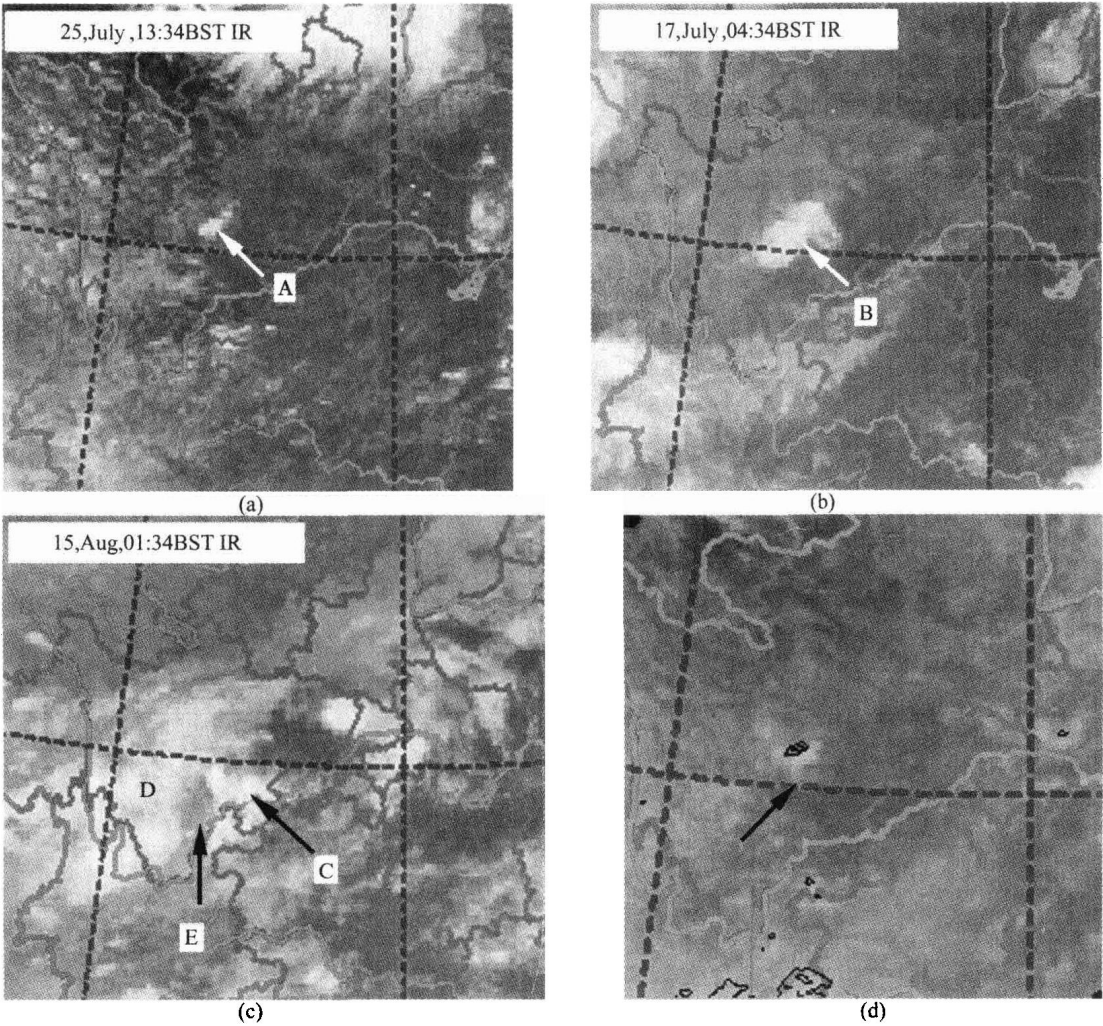


图 2 热雷暴的雷暴云团特征

4.2 系统性雷暴的云图特征

产生系统性雷暴天气必然由中尺度对流系统(MCS)引起,我们对引起这 12 次系统性雷暴的 MCS 进行分析,总结出下面的特征。

(1)MCS 的尺度较大,约 57% 为 α 中尺度。MCS 较多形成于午夜至凌晨,并且这次 MCS 的生命史也较长,一般在 4h 以上,最长的有 26h。按照 Maddox(1980)的定义,这 12 次 MCS 中 8 月 8 日和 17 日的 M_c CS 属于中尺度对流复合体(MCC)。

(2)双流机场出现雷暴的时间均出现在 MCS 开始形成到冷云区($TBB \leq -32^{\circ}\text{C}$)面积最大时的时段,即 MCS 在发展至成熟、维持阶段最容易产生雷暴。并且雷阵雨天气大部分出现在 MCS 的 TBB 等值线的密集区,当 TBB 等值线变得稀疏时,雷暴便减弱或消散。

(3)云顶的最低亮温均在 -52°C 以下,说明系统性雷暴对流强盛,都会产生降水。这 12 次系统性雷暴天气过程共产生 293.7mm 的降水,平均每次有 24.5mm 的降水量。