

云南地理环境研究

第 23 卷 增刊 2011 年 5 月

目 次

红河中下游流域气候变化特征分析	李华伟, 王建华, 黄建云 (1)
青藏高原地区臭氧总量与温度场关系初探	张自旭, 周文剑, 田野, 等 (8)
文山州百年大旱气候特征分析	王 邴, 龙春华, 郑 芬 (14)
2010 年文山久旱背景下一次全州性降雨天气过程诊断分析	严直慧, 王 邴, 余峙丹 (19)
一次中气旋强对流天气过程的分析	薛 斌, 杨庆元, 王继红, 等 (23)
2010 年 6 月 20 日桂北区域性暴雨天气成因分析	唐毓勇, 黄淑娟, 班荣贵 (27)
台风“灿都”影响下的桂西暴雨成因分析	黄开刚, 黄 飞, 杨恩施, 等 (30)
2010 年 6 月 25 日曲靖强对流天气过程	白 波, 张精华, 郭菊馨 (35)
2008 年秋季桂西北两次强降雨过程对比分析	党国花, 陆广驰, 黎 云 (39)
红水河流域 2009 年后汛期 8~10 月降水偏少环流特征分析	廖彩荣, 黄力坚, 韦 健 (43)
2009 年河池市持续晴热少雨天气特征分析	党国花, 陆广驰, 张玉录 (46)
水稻老龄秧移栽的早穗现象及气候分析	浦吉存, 方黎明 (49)
干旱对 2010 年夏收作物的影响探讨	黄桂东, 陈朝龙, 石昌军, 等 (53)
贵州省黔南地区气候资源及其开发利用	莫华勇 (60)
沾益气温和降水的多尺度演变特征	尤 临, 梁红丽 (62)
望谟县频发暴雨洪涝灾害成因分析	韦仕丽, 张强宜 (70)
文山州降雨与蓄水关系分析	谢晓生, 张 文 (72)
黔南山洪灾害天气监测预警工作之思考	韦昭义, 唐红忠 (75)
文山州天气气候特点及灾害性天气预报着眼点	张 文, 汪 德, 杨松福, 等 (77)
近 7 年蒙自自动站与人工站气温差异对比分析	郑 皎, 王继红 (82)
百色气象站自动观测与人工观测数据的对比分析	黄淑娟, 唐毓勇 (88)
贵州省黔西南州 4.12 人工增雨防雹作业分析	付 琼, 何依遥, 蒋若敏, 等 (90)
701 和 L 波段雷达测风探测资料的对比统计分析	李 刚, 黄 萍, 江 云, 等 (96)
新一代天气雷达 (CINRAD/CD) 探测环境保护计算方法	赵 建, 张沪生, 赵玉金, 等 (100)
B/S 模式下的气象电子档案馆构建	杨 军, 杨 帆, 宋启堃 (104)
农村综合信息系统设计与开发	保小林, 陈 坚, 柳 汨 (108)
用 VB6.0 编程实现网络故障监控	韦 健, 梁继晗 (113)
浅谈计算机雷害及防护	李 俊, 何汝凡 (115)
照片: 小七孔古桥	徐 旌 (封面)
照片: 绿宝石荔波	徐 旌 (封底)
照片: 交流会合影	(封三)

红河中下游流域气候变化特征分析

李华伟¹, 王建华², 黄建云¹

(1. 红河州气象局, 云南 蒙自 661100; 2. 石屏县气象局, 云南 石屏 662200)

摘要: 随着全球气候变暖, 大气环流异常调整和人类活动的消极因素影响, 江、河流域的气候正不断发生变化。选取红河中下游的元江、元阳、河口作为代表站, 利用近 40 年的观测资料进行线性趋势及异常值分析, 旨在找出近年来红河流域的气候变化特征。结果表明红河流域近 40 年来, 年降雨量呈增加趋势, 气温呈现明显上升趋势。红河流域春季有暖干向冷湿过渡的趋势, 夏季有冷干向暖湿过渡的趋势, 秋季和冬季均有冷湿向暖干过渡的趋势。从异常情况来看, 降雨平均每 6~7 年就会出现异常偏多或偏少年份, 气温从 20 世纪 80 年代起, 平均每 4 年左右时间就会出现异常现象。

关键词: 红河流域; 气候; 异常; 特征分析

中图分类号: P467

文献标识码: A

文章编号: 1001-7852 (2011) S0-0001-07

0 引言

气候及其变化越来越受到广泛关注, 全球气候变暖对环境、水资源、生态和经济等各方面的影响已成为世界科学界的重要研究课题。云南处在低纬高原, 气候类型十分复杂, 在全球变暖的大背景下, 云南的江、河流域气候也在发生着不断的变化。赵尔旭等^[1]利用金沙江流域中的永善气象站近 46 年的资料进行线性趋势和异常值特征分析, 张腾飞等^[2]通过对金沙江的气候特点和环流形势分析, 得出了有关金沙江流域气候变化特征。红河是一条跨国河流, 发源于中国云南省大理州巍山县, 流经云南境内的 4 个地州, 从国家级口岸河口流出境外越南, 年平均流量居云南第三位。本文所研究的红河中下游区域是指从云南省玉溪的元江一带途经元阳等地到河口的流域, 约占红河流域总面积的 20%, 年平均流量 298 m³/s。红河流域雨量充沛, 水资源丰富, 对红河两岸工农业的发展起着重要作用。因此, 研究红河流域气候特征, 必将为当地政府科学开发资源、合理投资建设项目有着极其重要

的意义。

1 代表站点及其资料选取

1.1 代表站的选择

分别选取研究区域内上游元江、中游元阳、下游河口 (本文通用红河上游、红河中游、红河下游) 作为代表站, 进行分析。所选代表站的站址离红河的直线距离均在 3 km 范围内, 具有很好的代表性, 且同是低纬、低海拔, 地理地势相似, 具有很好的比较性。其中, 元江站位于研究区域上游, 海拔高度 397.6 m, 101° 59' E, 23° 26' N; 元阳站位于研究区域中游, 海拔高度 232 m, 102° 50' E, 23° 14' N; 河口站位于研究区域的下游, 海拔高度 136.7 m, 103° 57' E, 22° 30' N。

1.2 资料的选择

元江站和河口站分别选取 1966~2005 年共 40 年的有关气象要素资料, 由于元阳站于 20 世纪 90 年代才迁入红河流域境内, 故只选取 1993~2005 年共 13 年的有关气象要素资料。

收稿日期: 2010-10-21.

作者简介: 李华伟 (1981-), 男, 云南省红河州屏边县人, 工程师, 主要从事气象科技服务研究。

2 红河流域中下游年降雨量及年平均气温特征

2.1 年降雨量变化趋势

为了分析红河流域年降雨量气候变化, 分别对中下游区域 3 站的历年各月降雨量累加求和, 得到

一个年降雨量系列, 图 1 是年降水量 1966~2005 年 (元阳站为 1993~2005 年, 下同) 的线性变化曲线。从图 1 很直观的看出, 除了上游代表站元江降雨量是趋于稳定外, 下游河口和中游元阳的降雨量总体是趋于增加的, 尤其近几年表现更为突出。

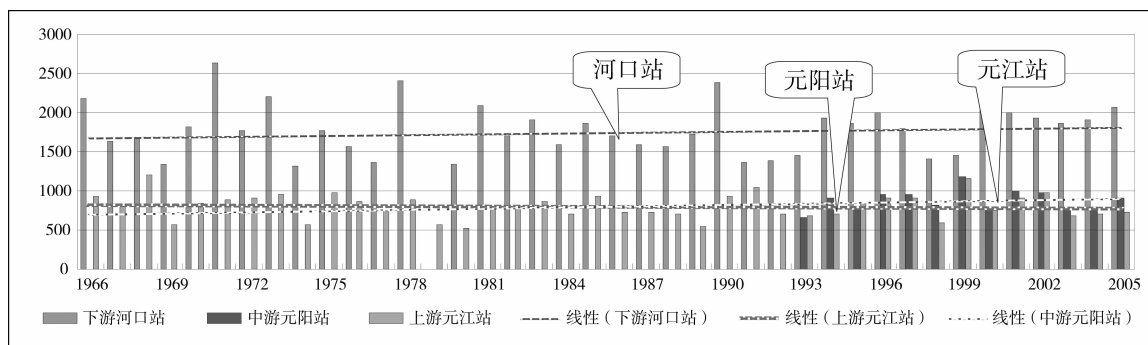


图 1 1966~2005 年 (元阳站为 1993~2005 年, 下同) 3 站年降雨量 (单位: mm)

Fig.1 1966~2005 year (the Yuanyang station is 1993~2005 year, similarly hereinafter) 3 station annual rainfall (unit: mm)

2.2 年平均气温变化趋势

为了分析红河流域中下游年均气温变化趋势, 将 3 个代表站 1966~2005 年的年平均气温制成如图 2 的线性变化趋势图。从图 2 可看出, 20 世纪 60 年代末起, 到 20 世纪初, 气温呈现明显上升趋势。特别是从 20 世纪的 90 年代起变暖速度加快。近 10 年, 平均每年增温 0.1°C 至 0.4°C , 增温速度最快是下游区域。近 40 年来, 年均气温从 80 年代开始出现了几次突变, 分别是 1980 年 (河口

23.1°C , 元江 24.6°C); 1987 年 (河口 23.8°C , 元江 24.3°C), 1994 年 (河口 23.5°C , 元阳 24.5°C , 元江 24.2°C), 1998 年 (河口 24.1°C , 元阳 25.1°C , 元江 24.4°C), 2003 年 (河口 23.9°C , 元阳 24.7°C , 元江 24.3°C)。平均每 6~7 年就会出现一次突峰值, 90 年代后, 每 5 年左右时间就将出现一次, 与全球气候变暖的大环流背景有关。从云南省现有观测资料分析来看, 红河流域区域气温为云南省所有江河流域之首, 是明显的热带气候。

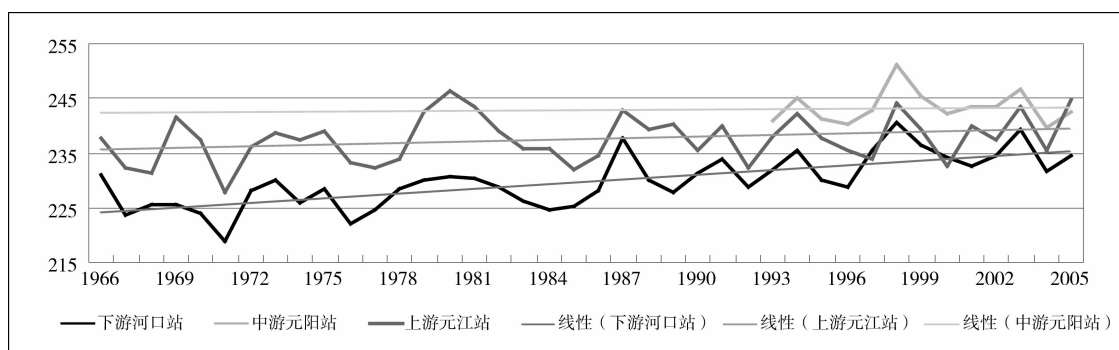


图 2 1966~2005 年 3 站年均气温 (单位: 0.1°C)

Fig.2 1966~2005 year 3 station yearly average temperature (unit: 0.1°C)

3 红河中下游区域季节变化特征分析

季节气候变化和年际变化对工农业生产、气候资源开发利用、水资源调度和分配等都会产生一定的影响^[3]。因此, 本文分别讨论逐月及四季的气温和降雨变化趋势情况。在这里对季节的划分按气

象应用上通常的划分方法, 即 3~5 月为春季, 6~8 月为夏季, 9~11 月为秋季, 12 月~次年 2 月为冬季。

3.1 逐月多年平均降雨量和气温分布

为了分析全年气温和降雨变化情况, 将多年各月气温和降雨量求均值进行讨论分析, 并绘成图 3 和图 4 的直方图和曲线图。

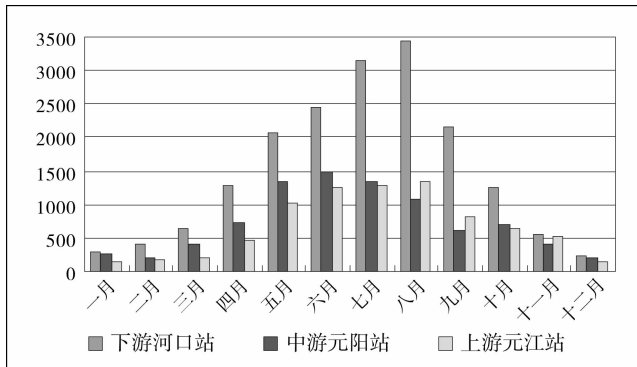


图3 3站各月降雨量多年均值分布图 (单位: mm)

Fig.3 3 stands each month of rainfall amount many year average value distribution map (the unit: mm)

从图3可以看出,红河流域降雨量主要集中在5~9月,其总雨量占全年降雨量的70%~85%,降雨最多月为6~8月,约占全年总雨量的20%左右,也正是红河流域的主汛期。这3个月成为了全年的主要降雨月。从图4的气温变化曲线图来看,红河流域3个代表站气温分布呈中间高两头低的形式,月平均气温高值主要集中在6~7月,越远离6月或7月沿两端气温越低,但均在16℃以上,按照

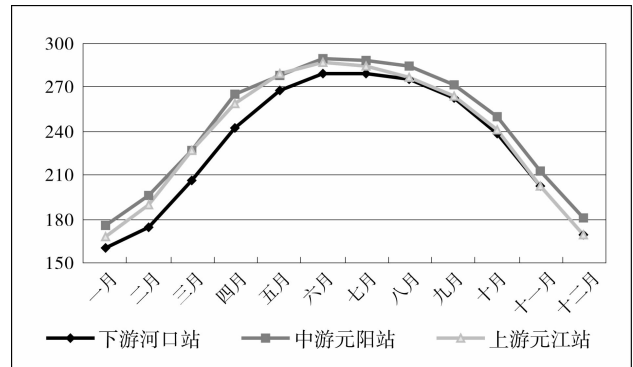


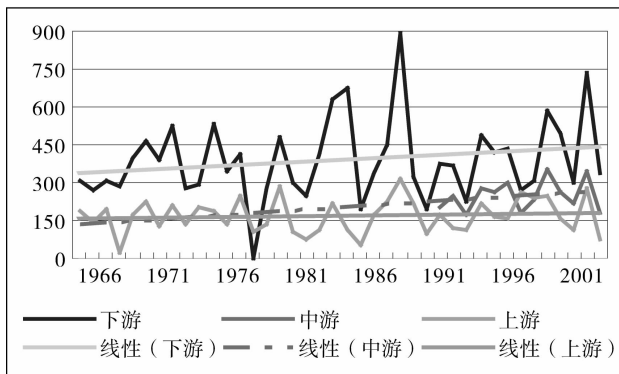
图4 3站各月气温多年均值分布图 (单位: 0.1℃)

Fig.4 3 stands each month of temperature many year average value distribution map (the unit: 0.1℃)

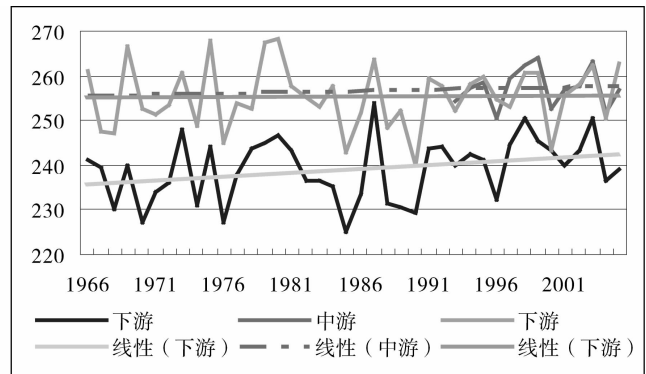
气候学上对季节的划分,红河流域属于长夏无冬,春、秋短暂。

3.2 逐季多年平均降雨量及气温分布

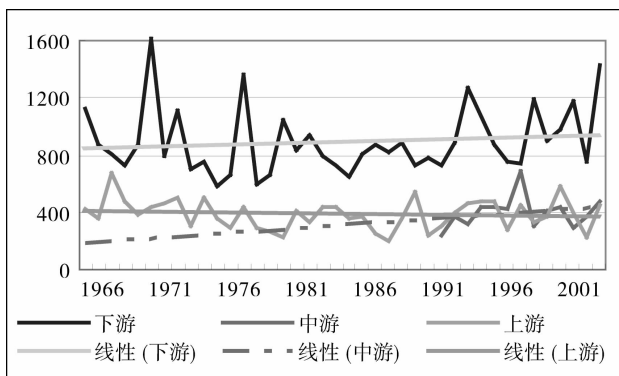
红河流域其特殊的气候类型与周边自然环境以及地质地貌有着直接的关联性,特别是近年来由于温室气体大量排放,全球大部分地区气温处于变暖趋势中,红河流域气候背景也因此发生了变化。



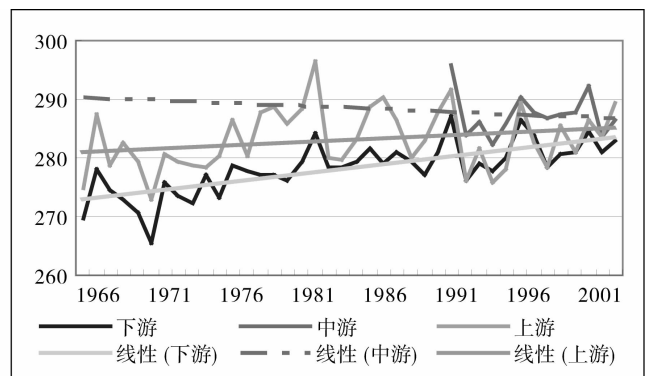
a 降水



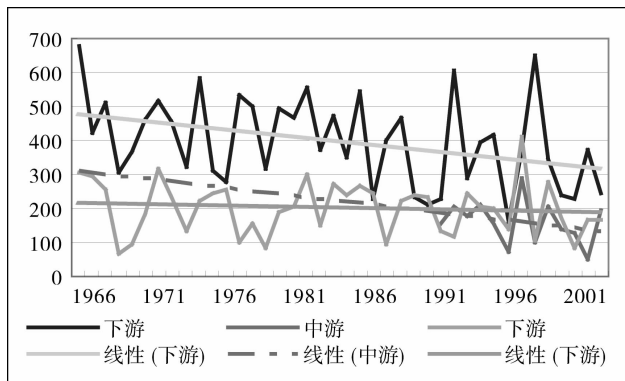
b 气温



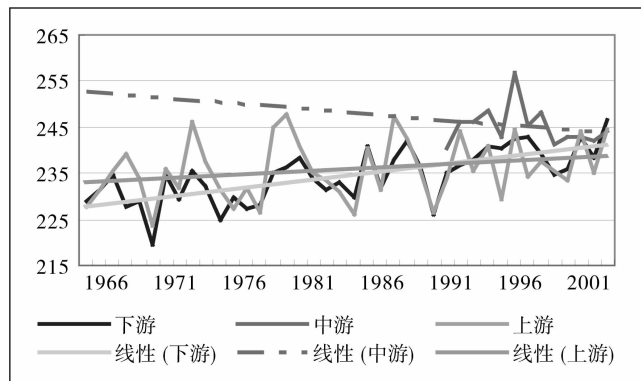
c 降水



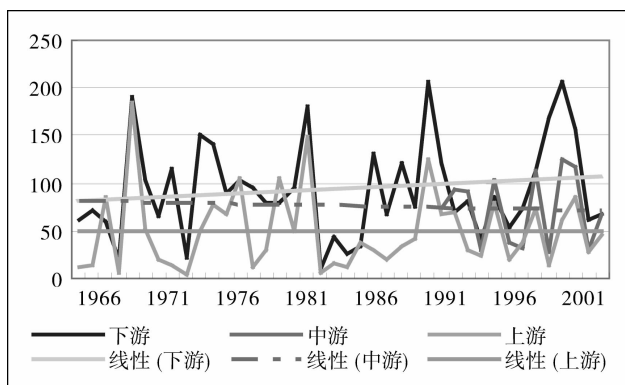
d 气温



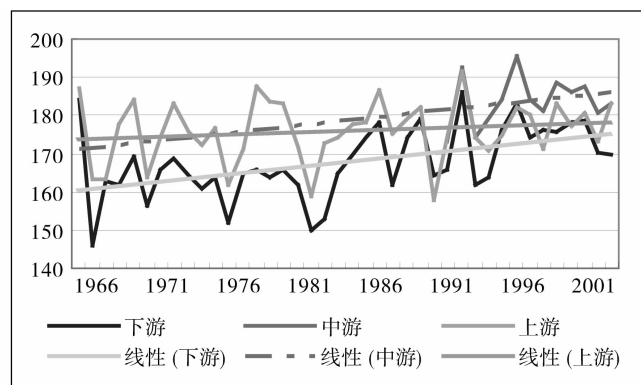
e 降水



f 气温



g 降水



h 气温

图 5 1966 ~ 2005 年红河流域季节降雨量及气温变化趋势图 (a-b: 春季, c-d: 夏季, e-f: 秋季, g-h: 冬季)

Fig.5 1966 ~ 2005 year Red River basin season rainfall amount and temperature change tendency chart

(a-b: Spring, c-d: Summer, e-f: Autumn, g-h: Winter)

从降雨量季节分布趋势曲线图来看, 春季, 降雨量具有增加的趋势, 近几年来雨量增加趋势更为明显, 下游区域降雨量多于中上游区域。夏季, 降雨量也是趋于增加的, 20 世纪 80、90 年代雨量增加变幅相对稳定, 但是近几年来变化明显。进入 20 世纪来, 除了中游区域有减少的趋势外, 上游和下游区域都是不同程度的增加, 下游的河口年均夏季增加量近达 170.0 mm。秋季, 整个红河流域降雨趋于减少的, 而且减少速率有增快的趋势, 特别从 20 世纪 90 年代起, 红河流域降雨总体减少, 但是异常偏多年份突出, 下游的河口站 1994 年、2000 年, 中上游的元阳、元江 1999 年秋季降雨异常偏多, 说明在秋季降雨总体减少的趋势下, 降雨增多的异常现象仍然频出。冬季, 降雨量总体是趋于减少的, 但是异常偏多年份频出, 平均每 10 年左右时间出现一个峰值, 进入 21 世纪来, 偏多与偏少交叉出现更为突出。

从气温季节分布趋势曲线图来看, 多年春季气温变化走势略有减温, 变化速度慢, 幅度不大, 相

对稳定, 但异常偏低的年份明显, 呈现增快趋势。夏、秋、冬 3 个季节呈现明显的增温趋势, 气温异常偏高的频次增多, 每 4 年左右就出现一个峰值。从 20 世纪 90 年代起, 除红河中游站没有明显的增暖外, 上游和下游区域距平平均值在 0.2℃ ~ 0.6℃ (距平图略)。

3.3 红河流域季节变化总趋势

综合红河流域季节降水 and 气温来看, 红河流域属于典型的热带季风气候, 干湿季节分明, 雨季开始期在 5 月上旬至中旬, 结束期在 10 月上旬至中旬。就季节气候变化趋势而言, 红河流域春季有暖干向冷湿过渡的趋势, 夏季有冷干向暖湿过渡的趋势, 秋季和冬季均有冷湿向暖干过渡的趋势。

4 红河流域中下游区域强降雨特征分析

在所研究的红河流域内, 选择 3 站近 40 年 (元阳站近 13 年) 的日降水资料, 具体统计为每日 20 时至次日 20 日的日降雨量, 针对红河流域强降

雨进行研究。由于红河流域一旦出现日降雨量 ≥ 25.0 mm 的强降雨过程,就容易诱发该流域的洪水、滑坡和泥石流等地质灾害,同时,根据有关业务规定日降雨量 ≥ 25.0 mm 为大雨以上天气。由此,本

文将强降雨划分为 3 个级别,依次是 ≥ 25.0 mm 的大雨、 ≥ 50.0 mm 的暴雨和 ≥ 100.0 mm 的大暴雨。对近 40 年(元阳近 13 年)各级别强降雨次数和概率统计如表 1 和表 2。

表 1 各级别强降雨总次数(年均次数)
Tab.1 Various ranks strong rainfall total degree
(yearly average number of times) 次

站名	≥ 25.0 mm	≥ 50.0 mm	≥ 100.0 mm
下游河口	535 (13.7)	129 (3.3)	49 (1.3)
中游元阳	82 (6.3)	14 (1.1)	0 (0)
上游元江	230 (5.8)	57 (1.5)	4 (0.1)

由表 1 和表 2 可以看出,近 40 年来,红河上游日雨量 ≥ 25 mm 的出现 291 次,平均每年出现 7.3 次,降水概率为 2%;日雨量 ≥ 50 mm 的出现 61 次,平均每年出现 1.5 次,降水概率为 0.4%;日雨量 ≥ 100 mm 的大暴雨大致每 10 年就会出现一次,20 世纪末期,出现大暴雨的时间间隔还显著缩短,近 40 年来,出现大暴雨的时间分别是 1972 年、1981 年、1991 年和 1996 年。中游区域在有观测资料的近 10 多年中,共出现 ≥ 25 mm 的有 96 次,平均每年出现 7.4 次,降水概率为 2%;日雨量 ≥ 50 mm 的出现 14 次,平均每年出现 1.1 次,降水概率为 0.3%,但未出现过日雨量 ≥ 100 mm 的大暴雨过程。下游区域近 40 年来,日雨量 ≥ 25 mm 的出现 713 次,平均每年出现 18.3 次,降水概率为 5%;日雨量 ≥ 50 mm 的出现 178 次,平均每年出现 4.6 次,降水概率为 1.3%,最多年份可达 30 次;日雨量 ≥ 100 mm 的出现 49 次,平均每年出现 1.3 次,降水概率为 0.3%,近几年来,出现 ≥ 100 mm 的频次有增长趋势。

另外,红河流域强降雨过程主要出现在 5~9 月,特别是 6、7、8 月 3 个月出现强降雨的概率较

表 2 各级别强降雨概率
Tab.2 Various ranks strong rainfall
probability %

站名	≥ 25.0 mm	≥ 50.0 mm	≥ 100.0 mm
下游河口	3.8	0.9	0.3
中游元阳	1.7	0.3	0
上游元江	1.6	0.4	0.03

高,占全年强降雨全部的 50%~60%,成为红河流域的主汛期,8 月出现强降雨过程次数最高,成为该流域强降雨过程出现的主要月份。

5 红河流域气候异常现象

相对天气而言,气候是较为稳定的,但也是变动的。其变动主要表现在气候要素围绕多年平均值作振动。当振动偏离平均值不大时,称为气候正常,当振动偏离平均显著时,称为气候异常。在各种气候异常中,气温和降水的异常与经济建设和农业生产关系最为密切,特别是降水异常对经济社会、人类活动以及人民生命和财产安全有着重要的影响^[4]。本文着重讨论降水和气温异常情况。

5.1 降水异常分析

将某一时段降雨量划分为 5 个等级,依次为多雨(1 级)、偏多(2 级)、正常(3 级)、偏少(4 级)、少雨(5 级)。根据有关业务规定,当某一时段降雨量为多雨(1 级)和少雨(5 级)就认为是降雨异常现象,降雨量级别一般按照表 3 所列的标准划分^[4]。

表 3 降水量级划分表
Tab.3 The precipitation magnitude delimits the chronometer

级别	1 级	2 级	3 级	4 级	5 级
标准	$R > R_0 + 1.17 \sigma$	$R_0 + 0.33 \sigma < R < R_0 + 1.17 \sigma$	$R_0 - 0.33 \sigma < R < R_0 + 0.33 \sigma$	$R_0 - 1.77 \sigma < R < R_0 - 0.33 \sigma$	$R < R_0 - 1.77 \sigma$

表中 σ ($\sigma = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (X_t - \bar{X})^2}$) 代表降水分布的

均方差, R 代表某年某一时段降雨量, R_0 代表某一时段多年平均雨量。根据上述划分法,对红河流域各个季节异常(少雨年和多雨年)进行统计,见表

4 和表 5。

通过统计分析历史年和季节降水,不难看出,年降雨量平均每 6~7 年就会出现异常偏多或偏少年份,夏季平均每 10 年左右时间就会逢洪涝或干旱,秋季每 7~8 年就会遇异常现象,春季和冬季

表 4 红河流域各季异常少雨年次
Tab.4 Basin of Honghe various seasons
exceptionally few rain year time

区域	春季	夏季	秋季	冬季	年度
下游区域 (河口)	4	1	7	4	7
中游区域 (元阳)	2	1	0	0	1
上游区域 (元江)	4	5	7	0	6

由于往年平均雨水很少, 没有出现明显的异常现象。异常现象在近 10 年多来表现突出, 频率加快。另外异常现象还表现为旱涝年相连、连旱、连涝几种形式, 比如, 上游区域 1968 年、1969 年涝旱相连, 2004 年、2005 年涝旱相连, 下游区域 1990 年、1991 年涝旱相连, 春季 1985 年、1986 连涝等等。因此, 降雨异常现象表现形式多样、频率加快

表 6 红河流域气温异常变冷年数
Tab.6 Basin of Honghe the temperature
exceptionally changes Leng Nianshu

区域	春季	夏季	秋季	冬季	年度
下游区域 (河口)	1	1	1	2	1
中游区域 (元阳)	0	0	0	0	0
上游区域 (元江)	1	1	0	2	1

常, ΔT 为正值时为变暖异常^[4]。

从表 6 和表 7 可以看出, 红河流域年平均气温和四季气温均出现过异常现象, 异常变冷和变暖次数均衡。年平均气温异常年份: 下游河口出现在 1971 年 (变冷)、1998 (变暖); 中游元阳出现在 1998 年 (变暖); 上游元江出现在 1971 年 (变冷)、1980 年 (变暖)。春季异常年份是: 下游河口出现在 1985 年 (变冷)、1987 (变暖); 中游元阳未出现异常; 上游元江出现在 1990 年 (变冷)。夏季异常年份是: 下游河口出现在 1971 年 (变冷); 中游元阳出现在 1993 年 (变暖); 上游元江出现在 1971 年 (变冷)、1983 年 (变暖)。秋季异常年份是: 下游河口出现在 1971 年 (变冷)、2005 年 (变暖); 中游元阳出现在 1998 年 (变暖); 上游元江未出现异常。冬季下游河口出现在 1967 年 (变冷)、1983 (变冷)、1994 (变暖); 中游元阳未出现异常; 上游元江出现在 1983 年 (变冷)、1992 年 (变冷)。总体来看, 异常年、季气温主要是从 20 世 70 年代才开始, 其中 70 年代主要出现在 1971 年, 80 年代主要出现在 1983 年, 90 年代主要出现在 1998 年, 大约每隔 12~15 年就出现一次明显的异常现

表 5 红河流域各季异常多雨年次
Tab.5 Basin of Honghe various seasons
exceptionally many rain year time

区域	春季	夏季	秋季	冬季	年度
下游区域 (河口)	5	6	5	5	6
中游区域 (元阳)	2	1	0	1	1
上游区域 (元江)	5	3	5	4	3

是该流域异常的重要特征。

5.2 气温异常分析

气温异常是指某一时段气温严重偏离平均状态。通常采用气温距平绝对值大于或等于两倍标准差为达到异常的标准 ($|\Delta T| \geq 2\sigma$), 当 $1.5\sigma \leq |\Delta T| < 2\sigma$ 为接近异常年。式中: ΔT 为温度距平值; σ 为温度的标准差。若 ΔT 为负值就为变冷异

表 7 红河流域气温异常变暖年数
Tab.7 Basin of Honghe the temperature
exceptionally changes the warm year number

区域	春季	夏季	秋季	冬季	年度
下游区域 (河口)	1	0	1	1	1
中游区域 (元阳)	0	1	1	0	1
上游区域 (元江)	0	1	0	0	1

象。异常现象出现最频繁的是从 1980~1998 年, 平均 4 年左右时间就会出现一次异常现象, 特别是进入 90 年代, 连续 4 年夏季或春季出现异常现象。

6 结语

通过对红河中下游流域 3 个代表站近 40 年历史资料统计分析, 得出一些红河流域中下游区域的气候特征:

除了上游代表站元江降雨量是趋于稳定外, 下游河口和中游元阳的降雨量总体是趋于增加的, 尤其近几年表现更为突出。从 20 世纪 60 年代末起, 到 20 世纪初, 气温呈现明显上升趋势。特别是从 20 世纪的 90 年代起变暖速度加快。近 10 年, 平均每年增温 $0.1^{\circ}\text{C} \sim 0.4^{\circ}\text{C}$ 。说明红河流域气候有变湿变暖的趋势。

季节气候变化情况, 红河流域春季有暖干向冷湿过渡的趋势, 夏季有冷干向暖湿过渡的趋势, 秋季和冬季均有冷湿向暖干过渡的趋势。

红河流域每年出现强降雨的概率较大, 而且近几年呈明显上升趋势。强降雨主要出现在 6~8 月

3 个月，占全年强降雨总数的 50%~60%。

降雨异常现象表现形式多样、频率加快，平均每 6~7 年就会出现异常偏多或偏少现象；气温异常主要始于 20 世纪 70 年代，大约每隔 12~15 年就出现一次明显的异常现象，从 1980~1998 年，

平均 4 年左右时间就会出现一次异常现象，特别是进入 90 年代，连续 4 年夏季或春季出现异常现象。

红河流域属于热带季风气候，流域雨量充沛，水资源丰富，其地域气候分布特征表现在：中上游干热，下游湿热，雨水主要分布在下游区域。

参考文献：

- [1] 赵尔旭, 万云霞. 近 46 年溪洛渡电站气候变化特征 [C] // 云南省气象局. 2007 年度溪洛渡水电站建设气象服务经验交流会文集. 昆明, 2008: 1-4.
- [2] 张腾飞, 鲁亚斌. 金沙江下游天气气候特征及强降水成因分析 [C] // 云南省气象局. 2007 年度溪洛渡水电站建设气象服务经验交流会文集. 昆明, 2008: 6-8.
- [3] 谭克光, 钱建伟. 应用气象概论讲议. 南昌, 1992: 65-74.
- [4] 罗汉民, 阎秉耀, 吴诗敦. 气候学 [M]. 北京: 气象出版社, 1991: 72-79.

THE MIDDIE AND LOWER REACHES BASIN OF HONGHE CLIMATIC CHANGE CHARACTERISTIC ANALYSIS

LI Hua-wei¹, WANG Jian-hua², HUANG Jian-yun¹

(1. Honghe Meteorological Office, Mengzi 661100, Yunnan, China;

2. Shiping County Meteorological Bureau, Shiping 662200, Yunnan, China)

Abstract: Along with the global warming, the atmospheric circulation exceptionally adjusts the negative factor influence which and the humanity moves, the river, the river basin climate is changing unceasingly. Selects middle and lower reaches Red River's Yuanjiang, Yuanyang and Hekou achievement represents the station, uses the near 40 year observed data to carry on the linear tendency and the unusual value analysis, was for the purpose of discovering the recent years Red River basin the climatic change characteristic. The result indicated Red River basin in the recent 40 years, the annual rainfall assumes the increase tendency, the temperature presents the obvious trend of escalation. The Red River basin spring has does warmly to the cold wet transition tendency, summer has Leng Gan to the warm wet transition tendency, the autumn and the winter has Leng Shi to do the transition warmly the tendency. Looked from the unusual situation that, the rainfall average every 6-7 year can appear are exceptionally many or the few years, the temperature from the 80's, every four years about the time can appear the abnormal phenomenon equally.

Key words: Basin of Honghe; climate; exceptionally; characteristic analysis

青藏高原地区臭氧总量与温度场关系初探

张自旭¹, 周文剑¹, 田野¹, 晋方鹏²

(1. 富宁县气象局, 云南 富宁 663400; 2. 文山州气象局, 云南 文山 663000)

摘要: 分析 NCEP-NCAR 逐月再分析温度场资料和 ECMWF 逐月再分析臭氧浓度混合比资料, 得出了青藏高原不同层次上的臭氧总量与温度变化关系。研究结果显示: (1) 青藏高原地区 200 hPa 臭氧总量春季最大, 秋季最小, 比北半球臭氧总量变化趋势提前一个月。(2) 青藏高原地区 200 hPa 臭氧总量变化与 500 hPa 温度变化规律恰好相反, 呈现了明显的反相关。(3) 5~8 月, 这一反相关更为明显。具体为 5~7 月高原西部相关系数高于其他区域, 6~8 月高原东部相关系数高于其他区域。(4) 300 hPa 处, AO 与 BMI 小波变换谱能量大致成正相关分布, 只有在高频部分略表现为反相关。(5) 在对应的 13~15 年周期频段有一区域通过了 0.05 显著性检验, 年代际变化较为明显。这一特征大约从 1982~1994 年维持了 10 多年之久。

关键词: 臭氧总量; 青藏高原; 相关系数; 小波分析

中图分类号: P467

文献标识码: A

文章编号: 1001-7852 (2011) S0-0008-06

0 引言

大气臭氧是一种微量气体, 它对地球的气候、环境和生物圈有着相当重要的作用, 与地球大气的变化和地球生命的发展是紧密联系的^[1]。臭氧在全球气候和环境中的作用主要表现在以下 3 个方面^[2]: (1) 平流层大气臭氧阻挡到达地球的太阳辐射, 降低地球表面的温度, 对流层臭氧吸收太阳紫外辐射, 升高地球表面温度; (2) 臭氧对太阳紫外辐射的吸收是平流层的主要热源, 平流层臭氧浓度及其随高度的分布直接控制平流层的温度结构, 从而对大气环流和地球气候的形成起着重要作用; (3) 大气臭氧吸收太阳紫外辐射, 降低到达地面的波长小于 300 nm 的太阳紫外辐射, 从而保护地球的生态系统。

20 世纪 80 年代, 人们从对观测资料的分析中发现在全世界范围内大气中的臭氧在变薄^[3]。1985 年, Farman 等人发现了南极臭氧洞^[4]以后, Bojkov, R D Stolarski, R S 和 Reinsel, G C 等又对南极臭氧

洞及周边区域臭氧的下降趋势、分布和变化规律等问题进行了大量的研究^[5-8]。1997 年, 邹捍等人^[9]分析研究了大尺度山地(青藏高原、落基山脉和安第斯山脉)上空臭氧总量的分布和季节变化规律, 指出了大尺度山地对大气臭氧的减少作用。

早在 20 世纪 60 年代, 以叶笃正院士为代表的中国气象科学家开始对“世界屋脊”青藏高原进行系统化研究, 指出青藏高原对于大气来说是一个热源, 它的热力和动力作用严重影响着东亚乃至全球的大气环流。

进一步的研究表明, 全球范围内许多类似的高原、山地, 如落基山脉、安第斯山脉等也会对大气环流产生巨大热力和动力影响, 导致这些“大尺度地形”上空普遍存在不同程度的臭氧亏损, 其中, 青藏高原是最典型的例子。

青藏高原是全球最大、最高的高原, 平均海拔在 4 000 m 以上, 约达对流层高度的 1/3, 在中国境内面积达 200 km × 104 km。青藏高原又是中国太阳总辐射值最大的区域, 高原的热效应使青藏高原温度较两侧同高度自由大气温度高出 4~6 °C 以至

收稿日期: 2010-10-21.

作者简介: 张自旭 (1986-), 男, 云南省文山州富宁县人, 助理工程师, 主要研究方向为臭氧变化与大气环流的关系。

10℃, 成为明显的高温区, 高温中心在高原西部^[10]。青藏高原对大气环流和气候, 特别是东亚地区的天气和气候系统有很重要的动力和热力作用^[11]。因此, 研究青藏高原对天气及气候变化的预测是极其重要的。

众多研究表明, 在中高纬度臭氧减少与温度、位势高度、波通量及大气环流有很好的相关性^[11,12]。本文研究内容主要致力于青藏高原地区臭氧与温度的相互关系, 通过研究使人们更加清楚地认识该地区臭氧与温度的变化趋势, 运用较新的资料对前人的研究成果讨论和验证。

1 资料及方法简介

1.1 资料介绍

本文使用的资料有: NCEP-NCAR (National Centers for Environmental Prediction-National Center for Atmospheric Research) 温度场逐月再分析资料。垂直方向有 17 层, 水平分辨率为 $2.5^\circ \times 2.5^\circ$ 。本文所取资料年限是 1958~2001 年。

ECMWF (European Center for Medium-Range Weather Forecasts) 臭氧浓度混合比逐月再分析资料。垂直方向有 23 层, 水平分辨率为 $2.5^\circ \times 2.5^\circ$ 。资料年限同样取为 1958~2001 年。

两种资料上选取的层次同为 500 hPa、300 hPa、200 hPa 上 ($27^\circ \sim 37^\circ \text{N}$, $75^\circ \sim 105^\circ \text{E}$) 的值。

1.2 方法介绍

1.2.1 均值

均值是描述某一气候变量样本平均水平的量, 它是代表样本取值中心趋势的统计量。均值计算简便, 且由中心极限定理可以证明, 即使在原始数据不属于正态分布时, 均值总是趋于正态分布的。因此, 它是气候统计中最常用的一个基本概念。均值亦可以作为变量总体数学期望 μ 的一个估计。如果变量遵从正态分布, 其均值则是协的最好估计值。

1.2.2 相关系数

相关系数是描述两个随机变量线性相关的统计量, 一般简称为相关系数或点相关系数, 用 r 来表示。它也作为两个总体的相关系数 ρ 的估计。

设有两个变量

$$x_1, x_2, \dots, x_n$$

$$y_1, y_2, \dots, y_n$$

相关系数计算公式为:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}} \quad (1)$$

1.2.3 t 检验

t 检验是一种对气候突变的检测, 是考察两组样本平均值的差异是否显著来检验突变。其基本思想是把一气候序列中两段子序列均值有无显著差异看为来自两个总体均值有无显著差异的问题来检验。如果两段子序列的均值差异超过了一定的显著性水平, 可以认为均值发生了质变, 有突变发生。

对于具有 n 个样本量的时间序列 x , 人为设置 (序列中变化剧烈的点) 某一时刻为基准点, 基准点前后两段子序列 x_1 和 x_2 的样本分别为 n_1 和 n_2 , 两段子序列平均值为 $\bar{x}_1$ 和 $\bar{x}_2$, 方差为 s_1^2 和 s_2^2 。定义统计量:

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{s \cdot \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}} \quad (2)$$

其中

$$s = \sqrt{\frac{n_1 s_1^2 + n_2 s_2^2}{n_1 + n_2 - 2}} \quad (3)$$

变量 t 遵从自由度 $v = n_1 + n_2 - 2$ 的 t 分布。

1.2.4 交叉小波分析

小波变换的基本思想是用一簇函数去表示或逼近一个信号或函数, 它通过一个基本小波函数的平移和伸缩得到^[13]; 其优点在于不仅可以看到信号的主要振荡周期, 而且可以比较清楚地看到不同时间尺度的振荡周期随时间的演变^[14]。对任意函数或者信号 $f(t)$, 其连续小波变换可表示为^[15]:

$$W(s, \tau) = \int_{-\infty}^{\infty} f(t) \psi(s, t - \tau) dt \quad (4)$$

其中: 函数 $\psi(s, t) = |s|^{-\frac{1}{2}} \phi(t)$ 由母小波 $\phi(t)$ 定义。

小波功率谱定义为:

$$P_f(s) = \int_{-\infty}^{\infty} |W_f(s, \tau)|^2 d\tau \quad (5)$$

将功率谱假设检验方法应用于小波功率谱^[16], 可检验给定信度条件下小波功率谱的显著性水平。

类似于连续小波变换, 交叉小波谱定义为^[17]

$$C_{fg}(s) = \int_{-\infty}^{\infty} f(s, \tau) W_g(s, \tau) d\tau \quad (6)$$

实际上, 交叉小波变换 $W_f(s, \tau) W_g(s, \tau)$ 就是信号 $f(t)$ 、 $g(t)$ 协方差的时间尺度分解,

它在时间轴上的积分即定义为交叉小波谱。根据交叉谱的概念， $C_{f,g}$ 的实部称为交叉小波协谱，虚部称为交叉小波正交谱，其绝对值为交叉小波振幅谱。类似于凝聚谱表达式，交叉小波凝聚谱可用标准化交叉小波振幅谱的平方值来表示：

$$r_{fg}^2 = \frac{|<s^{-1}C_{fg}>|^2}{<s^{-1}p_f> <s^{-1}p_g>} \tag{7}$$

交叉小波凝聚谱是从时频域上表征两个时间序列相关性的指标，其显著性检验可采用假设某一频率上 W_f 和 W_g 凝聚为零的 F 分布检验方法。本文按下式直接估计给定显著性水平 α 条件下交叉小波凝聚谱的临界值^[8]：

$$r_c^2 = 1 - \frac{1}{\alpha^{v-1}} \tag{8}$$

式中： v 为自由度。同样，交叉小波位相谱可表示为：

$$\theta_{fg} = \text{tg}^{-1} \left[\frac{\text{im ag } (s^{-1}C_{fg})}{\text{real } (<s^{-1}C_{fg}>)} \right] \tag{9}$$

3 青藏高原上不同层次臭氧与温度场对应关系

本文计算的 1958 年 1 月~2001 年 12 月青藏高原地区对流层各层间的臭氧混合比的相关系数，(如表 1)。

表 1 各层次均通过了置信度为 95% 的相关系数显著性检验。由上表可看出，150hPa、200hPa、250hPa 因其相关系数均在 0.92 以上，所以将其视

表 1 青藏高原地区对流层各层间的臭氧混合比的相关系数

层次 (hPa)	相关系数	层次 (hPa)	相关系数
150 与 200	0.96	200 与 250	0.92
150 与 250	0.80	250 与 300	0.88
200 与 300	0.67	300 与 400	0.73
400 与 500	0.87	300 与 500	0.40

为一层，并用 200hPa 代表，300hPa 看作一个层次，400hPa、500hPa 相关系数为 0.8727，将其视为一层，用 500hPa 代表。

并且用 500hPa 代表对流层中低层，(离地高度约 1100 m)，300hPa 代表对流层中高层 (离地高度约 5 000 m)，200hPa 代表对流层顶，(离地高度约 8 000 m)

(1) 曲线显示，青藏高原地区 200hPa 臭氧总量春季最大 (2 月，3 月)，4 月开始下降，到秋季 (9 月) 达最小值，10 月开始回升。这一变化趋势与北半球多年臭氧变化曲线^[9]变化趋势基本符合且要提前一个月。

(2) 容易看出，青藏高原地区 200hPa 臭氧变化曲线与其 500hPa 温度变化曲线变化规律恰好相反，呈现了明显的反相关。这一关系也从图 1 中得到了较好的验证。许多研究^[20]表明，青藏高原是北半球一个强大的热源。高原大地形热力作用显著，使得上升运动加强，低层空气辐合形成低压环流。上升运动将低空臭氧含量少的空气向上输送，使得高层臭氧含量降低。从图 1 容易看到，青藏高原地区 200hPa 臭氧浓度混合比与 500hPa 温度场从 1 月到 12 月出现了大面积的负相关。

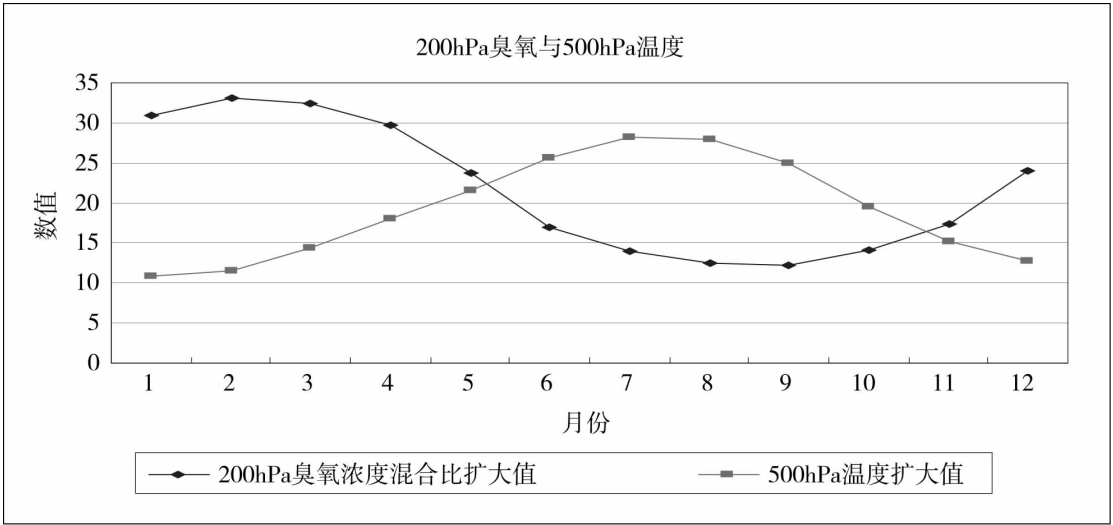


图 1 青藏高原地区 (27° ~ 37° N, 75° ~ 105° E) 200hPa 臭氧浓度混合比的年变化与其 500hPa 温度场年变化曲线 (图中的扩大值表示由于臭氧混合比和温度比较小，都扩大相应的倍数)

(3) 从5月到8月, 相关系数较其他月份有所增大, 而且相关系数增大区域呈规律分布, 5月到7月高原西部相关系数高于其他区域, 6月到8月高原东部相关系数高于其他区域。经研究, 这一事实与高原热量输送有关。叶笃正等根据长时间地面观测资料计算了青藏高原的热量输送^[21], 其计算结

果表明了5到7月高原西部存在一个很大的感热输送通量, 而6到8月在高原东部存在一个很大的潜热输送。Ashe 也利用气候资料计算了北半球夏季行星尺度的热源分布^[22], 计算结果表明夏季最大热源位于青藏高原东南部。这一分布形式在图中也得以体现。

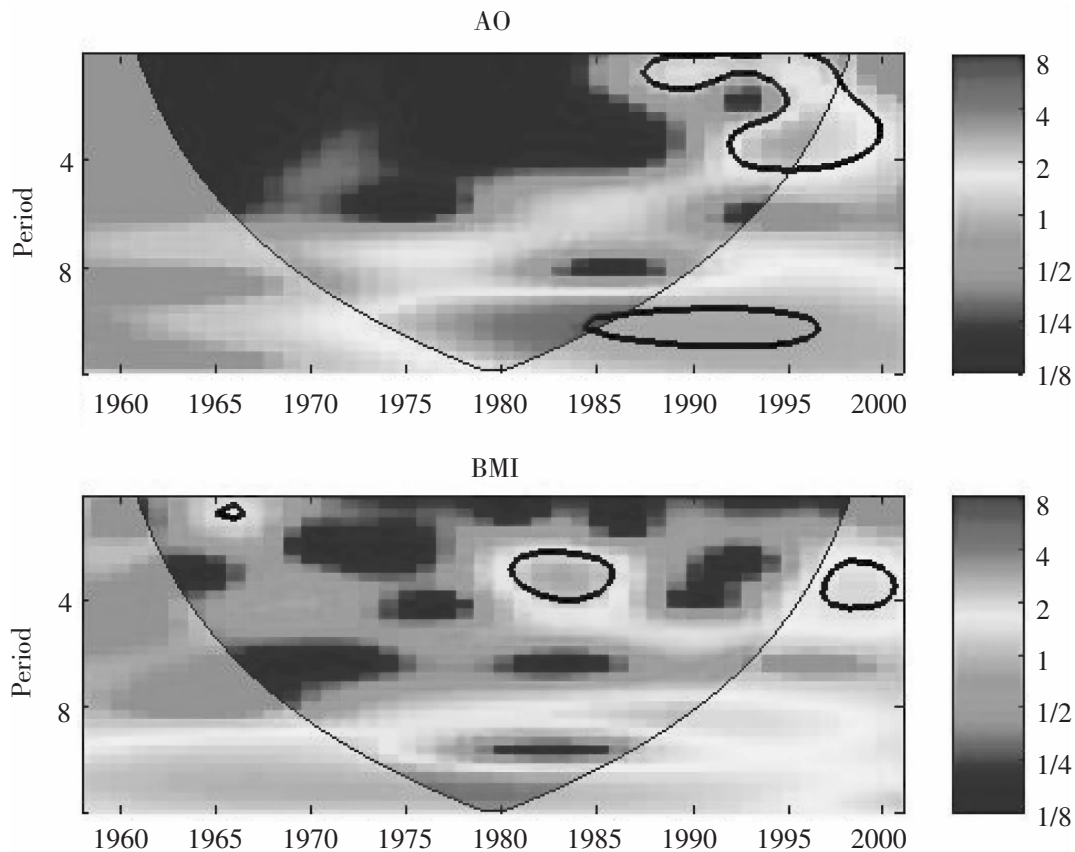


图2 300hPa 臭氧浓度混合比 (AO) (上) 与 300hPa 温度 (BMI) 连续小波变换 (下)

注: 粗实线表示通过 0.05 显著性检验的临界值, 细实线表示连续小波变换的数据边缘效应影响较大的区域。

4 小波分析

取青藏高原地区 300hPa 臭氧浓度混合比 (AO), 与其 300hPa 温度场 (BMI) 来考察臭氧与温度的相关性, 以候为单位来表示 AO 与 BMI。时间取用本文所采用的 1958~2001 年这一时段。将 AO 与 BMI 进行比较分析, 通过小波变换与交叉小波的程序我们可以得到各自小波变换与任意两时间序列的交叉小波图, 进而对不同时间序列的不同时段进行分析, 最终得到相互影响的关系。

4.1 AO 与 BMI 连续小波变换分析

图 2 分别为青藏高原地区 300hPa 臭氧浓度混合比连续小波变换 (AO) 与其 300hPa 温度场连续

小波变换 (BMI), 越往上对应周期越小, 频率越高。从图中可以看出 300hPa 臭氧浓度混合比连续小波变换在低频部分谱能量较高, 而且在低频对应周期 11~14 年和高频对应周期 1~4 年周期频段的谱能量值较大, 并通过 0.05 显著性检验, 另外在中间区域部分 6~8 年也有谱能量值稍高区域, 但未能通过显著性检验, 其它区域谱能量值较小; 300hPa 温度场连续小波变换在高频与低频部分谱能量值较大, 而且在高频的 1 年和 2~4 年周期频段谱能量值较大, 并且通过了 0.05 显著性检验, 而在中间区域能量较小, 其次在对应 13~16 年频段也有谱能量较高区域, 但未通过检验。总体来看, AO 与 BMI 小波变换谱能量在各个区域大致成正相关分布, 只有在高频部分略表现为反相关。这说明在

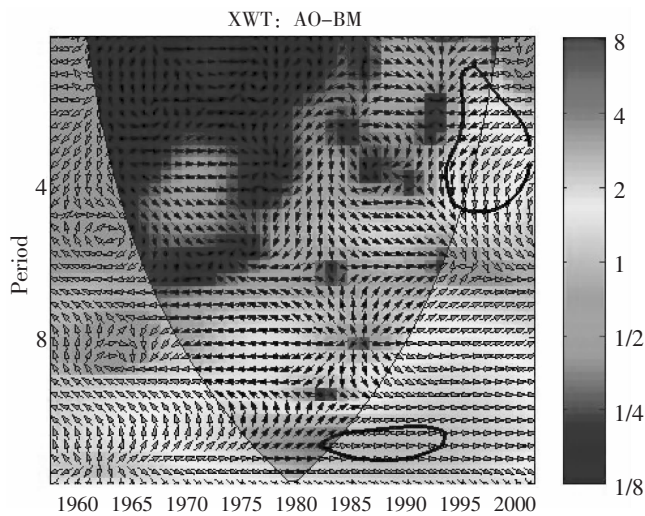


图3 AO与BMI小波交叉谱

注：粗实线表示通过0.05显著性检验的临界值，细实线表示连续小波变换的数据边缘效应影响较大的区域；箭头由右指向左表示AO与BMI反位相，箭头竖直指向下表示AO变化落后于BMI 90° 。

300hPa上臭氧总量增加的同时温度也是升高的。

4.2 AO与BMI交叉小波分析

AO与BMI建立日期小波交叉谱如图3，从中可以看出2~5年和13~15年周期频段谱能量较高，并通过显著性检验，其次在7~12年区域也对应谱能量较高区域，但未通过显著性检验。在2~5年频段上箭头向左偏下，表示两时间序列负位相并且BMI超前变化，AO落后于BMI约 45° ，AO与BMI成反相关变化；在对应13~15年有一明显区域也通过了0.05显著性检验，年代际变化较为明显。该区域箭头指向正右方向，两时间序列有明显的正位相震动趋势，在此频段内，AO达到最大值时BMI可能会达到最大值，即若300hPa处臭氧增加时，其温度也伴随升高。这一特征大约从1982~1994年维持了10多年之久。在其它频段上两时间序列小波交叉谱中共振能量较弱，没能通过显著性检验。

5 结论

本文通过对NCEP-NCAR逐月再分析温度场资

料和ECMWF逐月再分析臭氧浓度混合比资料进行分层交叉分析，研究了青藏高原地区200hPa臭氧浓度与500hPa温度的季节变化和相关性，并通过小波变换与交叉小波的过程对青藏高原300hPa臭氧浓度和温度进行了对比分析，最终讨论其相互影响关系。结果如下：

(1) 通过较长时间(1958~2001)臭氧资料的分析，青藏高原地区200hPa臭氧总量春季最大(2月，3月)，4月开始下降，到秋季(9月)达最小值，10月开始回升。比北半球臭氧总量变化趋势提前一个月。

(2) 青藏高原地区200hPa臭氧变化与500hPa温度变化规律恰好相反，呈现了明显的反相关。

(3) 5月到8月，这一反相关更为明显。具体为5月到7月高原西部相关系数高于其他区域，6月到8月高原东部相关系数高于其他区域。这一分布形式与叶笃正等计算的青藏高原热量输送结论吻合。

(4) 300hPa臭氧浓度混合比连续小波变换在低频部分谱能量较高，而且在低频对应周期11~14年和高频对应周期1~4年频段的谱能量值较大，并通过0.05显著性检验。300hPa温度场连续小波变换在高频与低频部分谱能量值较大，而且在高频的1年和2~4年周期频段谱能量值较大，并通过了0.05显著性检验。总体来看，AO与BMI小波变换谱能量大致成正相关分布，只有在高频部分略表现为反相关。说明在300hPa上臭氧总量增加的同时温度也是升高的。

(5) 2~5年和13~15年周期频段谱能量较高，并通过显著性检验，在2~5年频段两时间序列反位相并且BMI超前变化，AO落后于BMI约 45° ，AO与BMI成反相关变化；在对应13~15年有一明显区域通过了0.05显著性检验，年代际变化较为明显。该区域两时间序列有明显的正位相震动趋势，在此频段内，AO达到最大值时BMI可能会达到最大值，即若300hPa处臭氧增加时，其温度也伴随升高。这一特征大约从1982年到1994年维持了10多年之久。

参考文献：

- [1] SALBY M I, Fundamentals of Atmospheric Physics [M]. Academic Press, 1996: 667.
- [2] 盛斐轩, 毛节泰, 李建国, 等. 大气物理学 [M]. 北京: 北京大学出版社, 2003: 11-16
- [3] 王庚辰. 大气臭氧和臭氧空洞 [M]. 北京: 气象出版社, 2003: 91.

- [4] FARMAN J G, SHAKLIN L A, J D. Losses of Total Ozone in Antarctic Reveal Seasonal ClO_x / NO_x interaction [J]. Nature, 1985, 315: 207–210.
- [5] BOJKOV R D, BISHOP L, HILL W J, et al. A Statistical Trend analysis of Revised Dobson ozone over the North Hemisphere [J]. J Geophys Res, 1990, 95: 9785–9807.
- [6] STOLARSKI R S, RUMEN Bojkov, LANE Bishop, et al. Measured Trends in Stratospheric ozone [J]. Science, 1992, 256: 342–349.
- [7] REINSEL G C, TIAO G C, WUEBBLES D J, et al., Seasonal Trend Analysis of Published Ground-based and TOMS Total Ozone data through 1991 [J]. J Geophys Res, 1994, 99 (D3): 5449–5464.
- [8] ZOU Han, GAO Yong-qi. Long-term Variation in TOMS Ozone over 60–70° S [J]. Geophys Res Lett, 1997, 24: 2295–2298.
- [9] 邹捍, 邵永祺, 周立波. 大尺度山地上空的臭氧低值及地面加热 [J]. 气候与环境研究, 1998, 3: 209–217.
- [10] 徐祥德, 陈联寿. 青藏高原大气科学试验研究进展 [J]. 应用气象学报, 2006, 17 (6): 756–772.
- [11] ANGELL J K. The Close Relation between Antarctic Total Ozone depletion of the Antarctic Low Stratosphere [J]. Geophys. Res. Lett, 1986, 13: 1240–1243.
- [12] Shunwu ZHOU, Renhe ZHANG. Decadal Variations of Temperature and Geopotential Height over the Tibetan Plateau and their Relation with Tibet ozone Depletion [J]. Geophys. Res. Lett, 2005, 32: L18705.
- [13] TORRENCE G, COMPO G P. A practical Guide to Wavelet Analysis [J]. Bull Amer Meteor Soc, 1998, 79 (1): 61–78.
- [14] 陈涛, 孙卫国, 程炳岩. 交叉小波变换在河南降水时频分析中的应用 [J]. 南京气象学院学报, 2002, 25 (5): 685–692.
- [15] 林振山, 邓自旺. 子波气候诊断技术的研究 [M]. 北京: 气象出版社, 1999: 9–37.
- [16] SUN Weiguo, CHENG Bingyan, HUANG Hairan. The Frequency characteristics of Warm and Cold episodes in the Niño Regions [J]. Journal of Tropical Meteorology, 2005, 11 (2): 200–205.
- [17] LONNIE Hudgins, HUANG Jiang ping. Bivariate Wavelet Analysis of Asia Monsoon and ENSO [J]. Adv Atmos Sci, 1996, 13 (3): 299–312.
- [18] 丁裕国, 江志红. 气象数据时间序列信号处理 [M]. 北京: 气象出版社, 1998: 278–283.
- [19] 郑光, 吴统文, 贺慧霞, 等. 北半球臭氧总量与平流层环流关系的分析 [J]. 高原气象, 1991 (3).
- [20] 朱乾根, 林锦瑞, 寿绍文, 等. 天气学原理和方法 [M]. 北京: 气象出版社, 2000.
- [21] 叶笃正, 高由禧. 青藏高原气象学 [M]. 北京: 科学出版社, 1979: 62–73.
- [22] ASHE, S. A Nonlinear Model of the Time Average Axially Asymmetric Flow Induced by Topography and Ding [J]. Atmos. Sci, 38: 1979, 109–126.

THE RESEARCH OF RELATIONSHIP BETWEEN THE TOTAL OZONE AND THE TEMPERATURE IN THE TIBETAN PLATEAU

ZHANG Zi-xu¹, ZHOU Wen-jian¹, TIAN Ye¹, JIN Fang-peng²

(1. Funing Meteorological Bureau, Funing 663400, Yunnan, China;

2. Wenshan Meteorological Bureau, Wenshan 663000, Yunnan, China)

Abstract: The relationship between the total ozone and the temperature at different height in the Tibetan Plateau has been studied using NCEP–NCAR and ECMWF data. The result shows that: the total ozone above the Tibetan Plateau is maximum in spring and minimum in fall, which is one month earlier than the trends of total ozone above Northern Hemisphere. The total ozone variations at 200 hPa and the temperature variations at 500 hPa are contrary. The negative correlation is obvious. During May and August, the correlation is enforced. The correlation coefficient on the west of the plateau is higher than other area during May and July, and the correlation coefficient on the east of the plateau is higher than other area during June and August. Generally, the energy of wavelet transform in AO and BMI is direct correlation except in the area of high-frequency. Some area gets though significance text at the band of 13–15 year. This character lasts about 10 years from 1982–1994.

Key words: total ozone; The Tibetan Plateau; correlation; wavelet analysis

文山州百年大旱气候特征分析

王 郦^{1,2}, 龙春华², 郑 芬²

(1. 云南大学 资源环境与地球科学学院, 云南 昆明 650091; 2. 文山州气象局, 云南 文山 663000)

摘要: 利用文山州 8 个站点 1970 年~2010 年的逐月降水、气温、日照等资料, 分析文山州旱涝的时空分布、年际变化及地理分布等特征, 再利用 $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$ 的 NCEP/NCAR 再分析资料的月、季、年平均场, 对文山州秋、冬、春连旱的大气环流异常特征进行分析, 得出: 2009 年~2010 年秋、冬、春 3 季降水特少、气温特高、日照较强, 而整个文山州又数文山县最为严重; 多雨年冷空气活动频繁, 副高较弱, 南支比较活跃, 而少雨年南下冷空气较少, 副高较强, 南支波动少。

关键词: 云南文山; 气候; 干旱

中图分类号: P468

文献标识码: A

文章编号: 1001-7852 (2011) S0-0014-05

0 引言

文山州地处低纬高原, 位于云南省东南角, 为典型的喀斯特岩溶地貌, 其中山区、半山区占 94.6%, 坝区占 5.4%, 大部分地区为亚热带气候。文山州年平均雨量为 1 005.3 ~ 1 351.1 mm (最多的是马关、最少的是文山), 单站最多年雨量 1 774.0 mm (马关 1978 年), 最少年雨量 670.9 mm (砚山 1980 年), 雨量充沛, 但分布不均, 地理分布特点是西南多、东北和中西部少, 山地多、谷地少, 夜雨多, 局地性大雨暴雨多。干湿季分明, 干季 (11 ~ 次年 4 月) 雨量占全年雨量的 18%, 常有干旱现象, 雨季 (5 ~ 10 月) 雨量站全年雨量的 82%, 易造成洪涝。年平均气温为 16.1 ~ 19.5 $^{\circ}\text{C}$, 季节变化不大^[1]。

干旱是文山州的主要气象灾害之一, 每年都有不同程度的发生。2010 年, 云南、贵州、广西、四川和重庆西南 5 省区遭遇百年不遇的特大旱灾, 文山州是云南旱灾特别严重的地区之一, 旱情从 2009 年 8 月持续到 2010 年 4 月, 持续的严重旱灾, 使河水断流、水库干枯、农田干裂、庄稼歉收、工

厂限电^[2], 全州上百万名群众和数十万头大牲畜饮水困难, 经济建设受到巨大损失。气象工作者对春季和夏季这两个季节的旱涝作了大量的研究工作, 已得到许多研究成果, 但对秋冬季节的旱涝研究却不多, 因此开展文山秋、冬、春季节旱涝变化的研究, 对提高防灾减灾能力, 促进文山经济建设有着十分重要的意义。

1 资料与分析方法

先用 1970 年 ~ 2010 年的月平均降水、气温、日照等秋、冬、春 3 季资料, 分析降水的年际变化、地理分布及干旱程度。再用多雨年 $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$ 的 NCEP/NCAR 再分析资料的秋、冬、春 3 季与少雨年进行逐月、逐季比较, 分析其气候特征有何不同之处。

2 降水的分布特征

2009 年 9 月至 2010 年 5 月, 文山州总降水量为 2 306.9 mm, 比历年少 1 942.1 mm, 偏少 46%, 除广南偏少不到 200 mm 外, 其余各县均偏少

200 mm 以上（表 1），与历年比较，距平为 -39% ~ -58% ，距平绝对值最小的是富宁，最大的是丘北，即丘北是全州最早的地方。

从 1970 年至 2010 年的秋、冬、春 3 季（前一年 9 月至次年 5 月）总降水量的年际分布（图 1）上来看（以次年年份定横坐标，如 1970 年 9 月至 1971 年 5 月定义为：1971 年份，依次类推，下同），秋、冬、春 3 季总和历年平均为 4 249.0 mm，2010 年度为 2 306.9 mm。多雨年有 1973 年、1983 年、1984 年、1986 年、1990 年，总降雨量都在 5 000 mm 以上，均比历年平均超出 1 000 mm 左右，最多的是 1973 年和 1986 年；而少雨年有 1977 年、

1980 年、1991 年、1999 年、2005 年、2006 年和 2010 年，都比历年同期少 1 000 mm 多，最少的是 2010 年，比历年同期偏少 1 942.1 mm。

就文山地区而言，在这秋、冬、春 3 季中，雨量最少的又数上年 10 月至次年 3 月，这是文山最早季节，降水较多年份都很难满足作物生长需求，而 2009 年 10 月至 2010 年 3 月，雨量更是少之又少，历年同期总降水有 1 638.5 mm，而 2009 年至 2010 年的这段期间，降水仅有 337.6 mm，比历年偏少 1 300.9 mm；这半年时间，各县降雨量为 21.6 ~ 85.0 mm，最多的是丘北，最少的是文山（图 2），文山县长达 208 天无有效降水，成为全州最早的地方。

表 1 文山州各县 2009 年 9 月 ~ 2010 年 5 月总降水量与历年同期比较

Tab.1 Compare the total precipitation from Sep 2009 to May 2010 with historical mean precipitation in same period in wenshan

项目	文山	砚山	西畴	马关	麻栗坡	丘北	广南	富宁	合计
2009 年 ~ 2010 年 /mm	277.8	260.7	303.9	333.7	266.1	235.8	294.9	330.0	2 306.9
历年同期平均 /mm	480.3	460.7	576.1	635.3	498.7	568.2	488.0	541.6	4 249.0
距平 /%	-42	-43	-47	-47	-47	-58	-40	-39	-46
与历年同期比较 /mm	-202.5	-200.0	-272.3	-297.6	-232.6	-332.4	-193.1	-211.6	-1 942.1

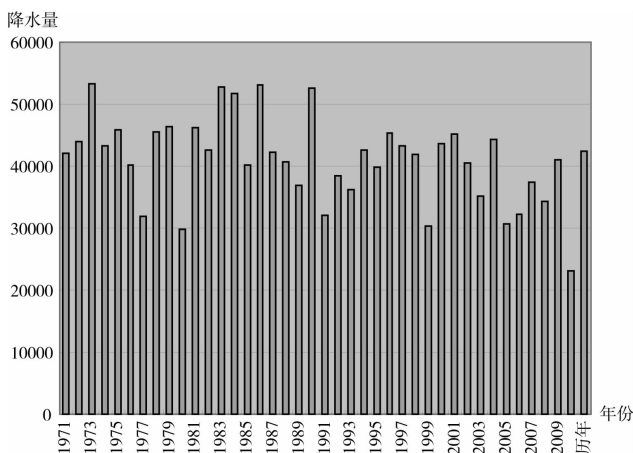


图 1 全州 8 县秋、冬、春 3 季总降水量年际分布图
(单位: 0.1mm)

Fig.1 The interannual distribution of total precipitation during autumn, winter and spring in wenshan (unit: 0.1mm)

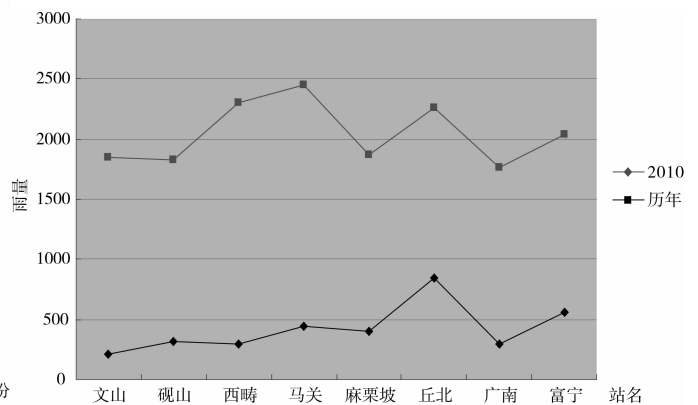


图 2 文山 8 县 2009 年 10 月 ~ 2010 年 3 月总降水量与历年平均比较 (单位: 0.1mm)

Fig.2 Compare the total precipitation from Oct 2009 to Mar 2010 with historical mean precipitation in same period in wenshan (unit: 0.1mm)

3 气温和日照

3.1 气温

2009 年 9 月 ~ 2010 年 5 月全州气温均为偏高到特高，与历年同期比较，月平均距平最高可达 $+4.8\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，为这 40 年来最高年份。2008 年 9 月 ~ 2009 年 5 月，气温已算较高的，而 2009 年 9 月 ~

2010 年 5 月大部分时段还要更高，为统计时段（1970 年 ~ 2010 年）最高年份。这次干旱，文山州是云南最早的地州之一，而文山县又是文山州最早的县城之一，与历年同期比较，距平为 $1.4\text{ }^{\circ}\text{C}$ ~ $3.8\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，偏高最多的是 1 月和 2 月，其次是 10 月和 5 月（表 2）。

与历年同期相比，秋季各县平均气温偏高 $0.6\text{ }^{\circ}\text{C}$ ~ $1.4\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，冬季偏高 $1.7\text{ }^{\circ}\text{C}$ ~ $3.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，春季偏高 $1.1\text{ }^{\circ}\text{C}$ ~

表 2 文山县 2009 年 9 月 ~ 2010 年 5 月月平均气温与历年及去年比较

Tab.2 Compare the mean temperature from Sep 2009 to May 2010 with historical mean temperature in same period

℃

	9 月	10 月	11 月	12 月	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月
2009 年 9 月 ~ 2010 年 5 月	22.6	21.1	14.8	13.3	14.4	16.7	18.8	21.6	25.0
与历年比较(距平)	1.8	2.9	0.0	1.8	3.3	3.8	2.0	1.4	2.9
与去年比较	-0.4	0.7	0.0	1.1	4.2	-1.6	0.3	1.3	2.8

2.1℃。这次秋、冬、春连旱，最早的要数冬季，冬季的 3 个月里，大部地区没出现过有效降水，而气温又特高，高温少雨，使得旱情更为严重(图 3)。

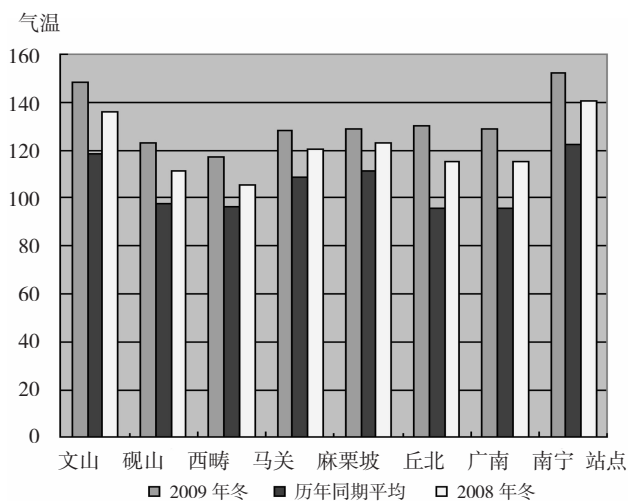


图 3 2009 年冬季各县平均气温与历年同期及去年同期比较 (单位: 0.1℃)

Fig.3 Compare the mean temperature in winter 2009 with winter historical mean temperature in wenshan

3.2 日照

2009 年 9 月 ~ 2010 年 5 月日照时数总和各县分别为 1 018.2 ~ 1 186.1 小时，最少的是广南 (1 018.2 小时)，最多的富宁 (1 186.1 小时)。与历年相比，文山、砚山、西畴、马关、麻栗坡分别比历年多 123.9 ~ 359.5 小时，偏多 10% ~ 33%，为正常稍多年型；丘北、广南、富宁分别比历年少 17.3 ~ 220.1 小时，偏少 1% ~ 18%，为略少年型，8 县平均日照时数为这 40 年来第九高年。

4 环流背景

本次干旱过程，其环流背景是用 NCEP/NCAR 再分析资料 2009 年 9 月至 2010 年 5 月与多雨年 1985 年 9 月至 1986 年 5 月月、季平均资料进行比较。由表 3 可看出，多雨年与少雨年从 12 月到次年 3 月雨量都特别少，雨量主要集中在 9、10、11 月以及次年的 4、5 月。

9 月：1985 年，中高纬上槽脊比较明显，在贝加尔湖前有明显的低槽，说明冷空气活动频繁；中低纬有明显的南支槽，副高较弱，有利于南支槽东移，冷空气和南支槽活动频繁，有利于产生降水。2009 年，高纬度上气流平直，说明极地附近无冷空气堆积，中纬度为两槽一弱脊，虽有冷空气活动，但都较弱，低纬副高位置偏北偏西，不利于水汽的输送 (图 4a、b)。

10 月：1985 年的中高纬上为两槽一脊型，有利于冷空气南下，中低纬有南支槽，副高较弱，利于南支槽东移产生降水；2009 年中高纬为两槽一脊型，有利于冷空气南下，中低纬有高原槽和南支槽，副高有所加强，有利于降水，但降水落区有所偏北。

11 月：1985 年中高纬为两槽一脊型，有利于冷空气南下，中低纬孟湾有弱的南支槽，副高较弱，有利于产生降水；而 2009 年中高纬为一槽一脊型，气流较稳定，中低纬气流平直，副高较强，不利于产生降水。

12 月：1985 年和 1909 年的环流形式相似，都为中高纬上有两槽一脊型，有利于冷空气的南下，中低纬气流较平直，气流较稳定。

表 3 多雨年 (1985 年 9 月 ~ 1986 年 5 月) 与少雨年 (2009 年 9 月 ~ 2010 年 5 月) 各月雨量

Tab.3 The monthly precipitation in rainy-year (from Sep 1985 to May 1986)

and drought-year (from Sep 2009 to May 2010)

mm

年份	9 月	10 月	11 月	12 月	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月
1985 ~ 1986 年	1 359.3	409.4	971.3	36.6	21.7	69.0	58.4	1 116.8	1 275.6
2009 ~ 2010 年	538.7	109.7	52.7	37.3	78.5	31.4	28.0	546.9	883.7

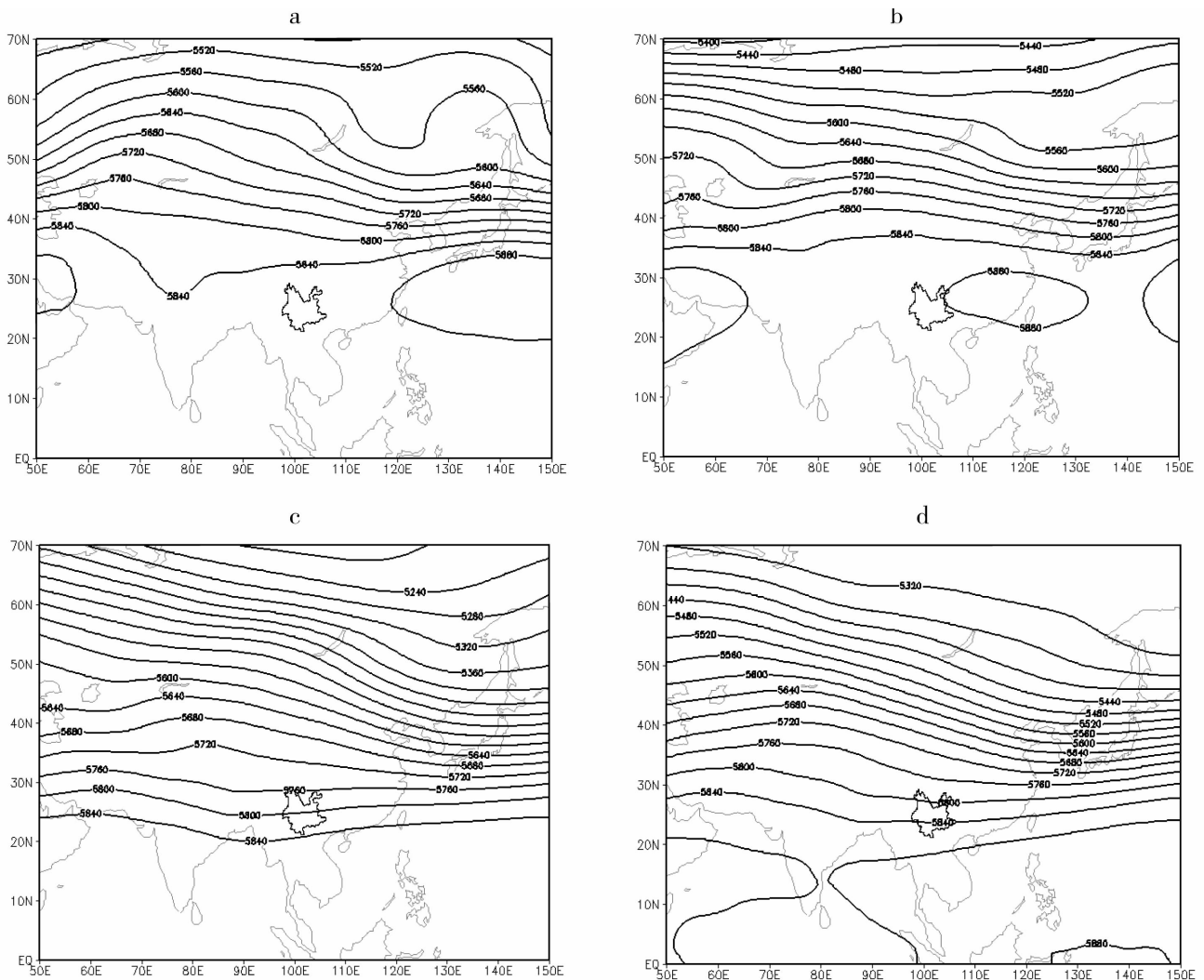


图4 1985年9月(a)和2009年9月(b)及1986年春(c)和2010年春(d)环流场比较

Fig.4 Compare the circulation fields among Sep 1985 (a), Sep 2009 (b) and spring 1986 (c), spring 2010 (d)

1月：1986年中高纬为一槽一脊型，气流较稳定，中低纬气流也比较平直，不利于降水的产生；2010年，中高纬为一槽一脊型，气流较稳定，中低纬有小波动，副高比较偏南，云南处于副高边缘地带，易发生局地对流。

2月：1986年中高纬为两槽一脊型，有利于冷空气南下，中低纬在孟湾一带有南支槽，副高很弱；2010年中高纬为一槽一脊型，气流较稳定，中低纬环流平直，副高较强，不利于产生降水。

3月：1986年中高纬为两槽一脊型，有利于冷空气南下，中低纬气流平直，副高较弱；2010年中高纬为两槽一脊型，冷空气活动频繁，中低纬气流平直，副高较强，50°E~150°E全被副高控制，既不利于水汽输送，也不利于冷空气南下。

4月：1986年中高纬为一槽一脊型，气流较稳定，中低纬不断有南支槽东移，副高位置在105°E

以东、20°N以南，对降水非常有利；2010年中高低纬都为两槽一脊型，从20°N~70°N、60°E~110°E为一宽广的脊控制，此型为晴热高温天气，孟湾南侧为高压环流，没有水汽输送，不利于降水产生。

5月：1986年中高纬为两槽一脊型，有利于冷空气南下，中低纬在孟湾一带有南支槽，副高很弱，有利于南支东移产生降水；2010年中高纬为两槽一脊型，有利于冷空气南下，中低纬在孟湾一带有南支槽，副高较强，产生的降水位置偏北。

总体来说，多雨年与少雨年秋季中高纬均为一槽一脊型，气流较稳定，中低纬在孟湾都有南支槽，多雨年槽稍深，少雨年较浅，副高都比较弱。冬季，两年的中高纬均为一槽一脊型，气流较稳定，不利于冷空气南下；多雨年的中低纬在孟湾有较弱南支槽，副高较弱，有利于南支东移，而少雨

年中低纬环流平直,副高较强,不利于产生降水。春季,多雨年高纬有槽,中纬有槽,低纬也有槽,副高较弱,即北有冷空气南下,南有水汽输送,特别有利于降水的产生;少雨年中高纬度上为弱脊控制,低纬在孟湾有弱槽,但副高较强,控制了 20°N 以南所有地区,切断整个南部的水汽输送(图 4c、d 图中小地图为云南省地图)。

5 结语

(1) 2009~2010 年的秋、冬、春 3 季为历史上最早年份,其特点是干旱时间长、面积广,最长连续无有效降水日数为 208 天(文山县),全州 8 县降水量均比历年同期偏少 1 000 mm 多。

(2) 2009~2010 年的秋、冬、春 3 季的 9 个月中,除了 11 月气温与历年同期持平外,其余 8 个

月气温均为特高年型,距平值为 $1.4\sim 3.8\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

(3) 多雨年(即以 1985~1986 年秋、冬、春为例)的气候特征是:第一,在极地有冷空气堆积;第二,中高纬大都表现为两槽一脊型,冷空气活动频繁;第三,在孟湾一带南支槽活动频繁,有利于水汽输送;第四,副高位置偏东,有利于南支槽东移和冷空气南下。

(4) 少雨年(2009~2010 年秋、冬、春)的气候特征:第一,极地气流较平直,无冷空气堆积;第二,中高纬地区形势表现为一槽一脊型,整个东亚都为一弱脊控制,气流较稳定,无明显冷空气活动,且易产生晴热高温天气;第三,在孟湾一带无明显的南支槽活动,水汽输送较差;第四,副高位置偏西偏北,不易于冷空气的南压和南支槽的东移。

参考文献:

- [1] 云南省文山州气象局. 文山壮族苗族自治州气象志 [M]. 2006: 87-100.
- [2] 文山州地方志编纂委员会办公室. 文山州自然灾害实录. 2010: 1.
- [3] 中国气象局国家气象中心. 气象, 2010, 36 (5): 91.

ANALYSIS ON CLIMATIC CHARACTERISTIC OF SEVERE DROUGHT IN WENSHAN PREFECTURE

WANG Li^{1,2}, LONG Chun-hua², ZHENG Fen²

(1. School of Resource Environment and Earth Science, Yunnan University, Kunming 650091, Yunnan, China;
2. Wenshan Meteorological Observatory, Wenshan 663000, Yunnan, China)

Abstract: By using data of the monthly precipitation, temperature and sunlight of 8 stations observational data in Wenshan prefecture during 1970~2010, temporal and spatial distribution, inter-annual variation and geographical distribution of drought and flood have been analyzed. Also based on monthly, seasonal and annual mean data of NCEP-NCAR, the anomalous atmospheric circulation characteristics during autumn, winter and spring in Wenshan prefecture have been analyzed. The result indicated that the precipitation is extreme rare, the temperature is extreme high, sunlight is stronger, wenshan country is most severe district. The cold air processes are frequently, the subtropical high is stronger, the southern branch trough is active in rainy-year, but in drought-year, the cold air processes is rare, the subtropical high is weaker, the southern branch trough is inactive.

Key words: Yunnan Wenshan; prefecture climate; drought

2010年文山久旱背景下一次全州性降雨 天气过程诊断分析

严直慧^{1,2}, 王 邴^{1,2}, 余峙丹^{1,3}

(1. 云南大学 资源环境与地球科学学院, 云南 昆明 650091; 2. 文山州气象局, 云南 文山 663000;

3. 楚雄州气象局, 云南 楚雄 675000)

摘要: 对2010年4月21~23日文山州久旱转大雨过程的环流演变及各种物理量场特征进行诊断分析, 结果表明: 干旱期文山长期维持“西高东低”环流型, 环流形势的调整, 尤其是中纬度环流形势向“东高西低”转变, 是久旱转雨的必要条件。这次过程也与高空冷槽、低涡切变和不稳定层结(能量)的发展等有关。久旱转雨时, 各物理量场的分布与该区域降水相关性很好, 具有很明显的指示意义。

关键词: 久旱转大雨; 全州性降雨; 环流演变特征; 物理量场

中图分类号: P458

文献标识码: A

文章编号: 1001-7852 (2011) S0-0019-04

0 引言

2009年7月以来, 文山州各地降雨量持续偏少, 加之气温偏高、蒸发量偏大, 使得全州大部地区自2009年秋季开始出现干旱, 随着地表水分大量蒸发, 而又无降雨补充。自2009年10月至2010年3月, 文山大范围未出现10 mm以上全区性透雨过程, 累积雨量为历史最少, 旱情发展到最鼎盛阶段, 根据云南省气象局3月16日对干旱重现期分析的结果, 综合评定文山州目前的干旱为: 秋、冬、春连旱综合气象干旱重现期除富宁外的大部分地区为100年以上一遇, 富宁为80年以上一遇。自3月下旬末以来, 文山州一直多小阵雨天气, 但整体雨量不足, 并未对长期持续的旱情起到实质性的缓解作用, 4月14日以后, 受南支槽波动影响, 文山州不断出现阵雨天气, 对各地旱情发展起到不同程度的抑制作用, 21日晚到23日凌晨, 全州性降小到中雨、局部大到暴雨, 有效缓解了旱情, 局部地区旱情得到暂时解除。持续的干旱造成夏粮减

产、牧草枯死、人畜饮水困难, 严重影响了文山工农业生产和经济发展。因此, 进行系统分析研究, 总结其发生、发展特征, 为久旱转雨的实时预报业务提供参考依据, 进一步提高重大灾害性天气的预报预测能力。

1 资料

本文主要利用常规气象观测资料, Micaps平台提供的常规资料, 通过天气学、动力诊断等分析方法, 对这次久旱转雨的环流演变及物理量场变化特征进行诊断分析。

2 降雨量场的空间和时间分布

2009年10~12月, 全州雨量除丘北稍偏少外, 其他地区明显偏少, 与历年同期平均相比, 偏少35%; 2010年1~3月的降水分布呈现雨量少、雨日也少的特点; 2010年4月15日开始, 全州普降小雨, 但降雨点分布不均, 持续到21日白天, 均未

收稿日期: 2010-10-21.

作者简介: 严直慧 (1982-), 女, 云南省文山市广南县人, 助理工程师, 从事天气预报业务工作.

有有效降水。21 日 20 至 22 时广南测站降 29.3 mm, 22 时至 23 时, 富宁县始普降中雨; 22 日 14 至 15 时, 文山县开始普降小到中雨; 17 时麻栗坡地区开始普降中雨; 此次降雨过程全州 88 站中出现暴雨 7 站、大雨 20 站、中雨 12 站、小雨 44 站, 有 7 站无降水, 总体降水分布不均。4 月份降水分布相对有一个集中期, 出现在 22~23 日, 雨量相对比较大, 在一定时段内对前期严重的旱情也有了一些缓和; 从 1~4 月降雨的地域分布可以看到, 东部雨量明显多于西部, 降水在空间上的分布不均, 导致了干旱程度的不同和旱情的差异。

3 久旱天气的环流特征

黄永清等^[1]、赵世发等^[2]通过对历史资料分析发现: 不同的稳定大气环流形势对应着不同的异常天气过程。陈豫英^[3]等提出干旱的大气环流形势就是相对稳定、长期少变的异常天气环流形势, 这种稳定的环流形势一旦崩溃或进行调整就是一次久旱转雨的天气过程。由图 1 可知: 自 2009 年 7 月以来, 副

热带高压偏强、位置偏西, 呈东西向带状走势, 阻挡了水汽由南向北输送的路径, 使得西南区域上空水汽条件弱, 不利于降水的云雨形成, 加之南支槽强度偏弱, 使得西南气流的输送能力差, 不能与南下的冷空气形成有利的交汇; 中低纬度西风带环流较为平直, 纬向环流偏强, 多以小波动的形式东移, 中低层不能形成持久的切变, 不利于产生强的降水。

4 主要影响系统分析

4.1 500 hPa 环流场特征分析

降水之前, 副热带高压控制孟湾一带, 阻断水汽由南向北输送, 18 日开始, 副高中断, 并迅速东撤南退。4 月 20 日 08 时, 中高纬度为两槽一脊形势, 贝加尔湖一带为高压脊区, 低压槽区分别位于里海到黑海和四川到云南东部, 21 日, 低纬在河南南部至贵州、文山、版纳有一低槽, 副高主体位于 140° E 以东的洋面上。20 时, 文山州开始下雨。

4.2 700 hPa 环流场特征分析

4 月 20 日 700 hPa 高度 (图略) 上, 中高纬度

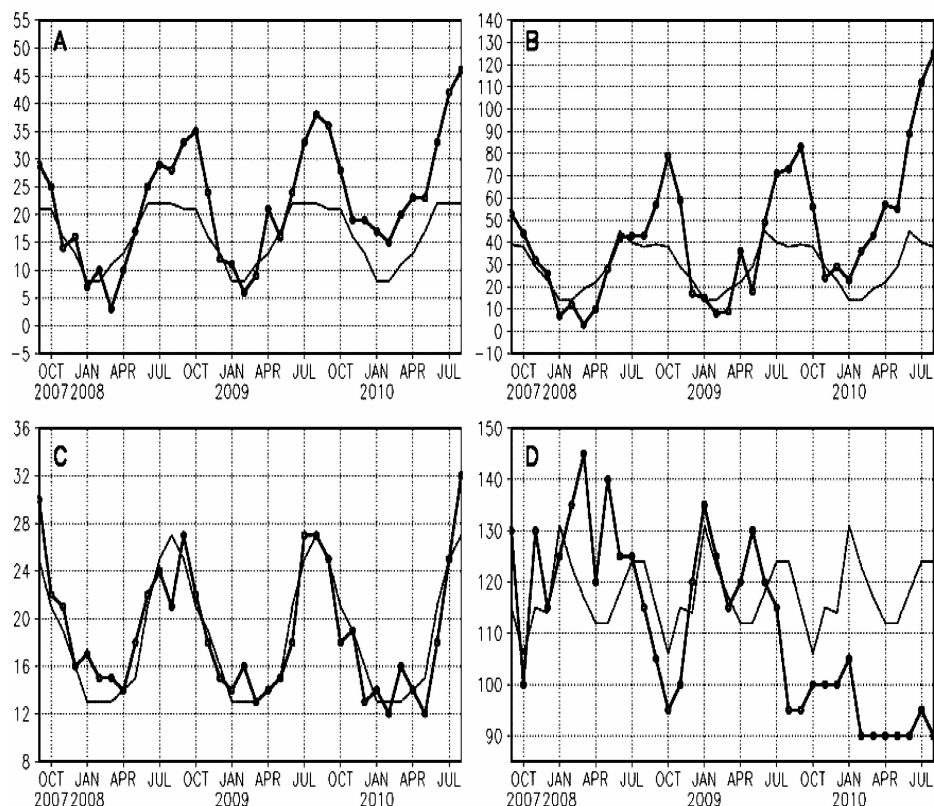


图 1 西北太平洋副热带高压面积指数 (A)、强度指数 (B)、脊线位置 (C) 和西伸脊点 (D) (细线为平均值 粗线为实值)

Fig.1 Subtropical high index (A) intensity index (b) location of ridge axis (C) ridge point of the western (D) thick line for the average value and thin line for the real value)

为两槽一脊形势，滇北的昭通、丽江一带受低涡环流的控制，同时在安徽南部—南昌—贵州—兴仁—四川南部一线有一切变辐合区，21 日文山州受低槽控制，辐合加强南压。低槽东移过程中源源不断的冷空气补充南下，是造成这次降水的主要原因。21 日，在山东东南部—湖南—贵州—滇东—四川有切变形成，切变线前后有风速辐合；21 日 20 时，切变线南压至安徽南部—南昌—贵州—兴仁—曲靖—四川南部，在切变南压的同时文山州开始出现降水。22 日，切变线南压至广西北部—兴义—寻甸，22 日 20 时切变减弱，降水随之减少。

5 物理量场分析

5.1 动力条件

垂直速度造成的水汽、热量、动量、涡度等物理量场的垂直输送，对天气系统的发展有很大影响。我们沿 24°E 作经向垂直速度剖面（图 2），图 2

中可看出，21 日 08 时， $100^{\circ} \sim 106^{\circ}\text{E}$ 为上升区， 100°E 以西为一强下沉区，其中心值为 $60 \times 10^{-3} \text{ hPa} \cdot \text{s}^{-1}$ ； 106°E 以东为一下沉区，其中心值为 $20 \times 10^{-3} \text{ hPa} \cdot \text{s}^{-1}$ ，文山州上空处于上升区，两边的下沉区，使得文山州上空的对流云得以维持，为降水提供了动力条件。22 日，文山州上空垂直上升运动有所减弱并开始东移， $100 \sim 800 \text{ hPa}$ 中心值为 $-10 \times 10^{-3} \text{ hPa} \cdot \text{s}^{-1}$ ，降水强度也开始有所减弱。

5.2 散度场特征

沿 24°N 作散度场（图 3），分析散度场分布发现，22 日 08 时 400 hPa 以上为气流辐散， $850 \sim 550 \text{ hPa}$ 附近，中心强度为 $-20 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ ， $500 \sim 100 \text{ hPa}$ 为气流辐散区；22 日 20 时， $850 \sim 750 \text{ hPa}$ 为气流辐合区，中心强度为 $-20 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ ， $500 \sim 700 \text{ hPa}$ 为气流辐散区，低层辐合，高层辐散，有利于上升运动的发展。

5.3 比湿场特征

比湿能直接反映空气的水汽含量。比湿越大，

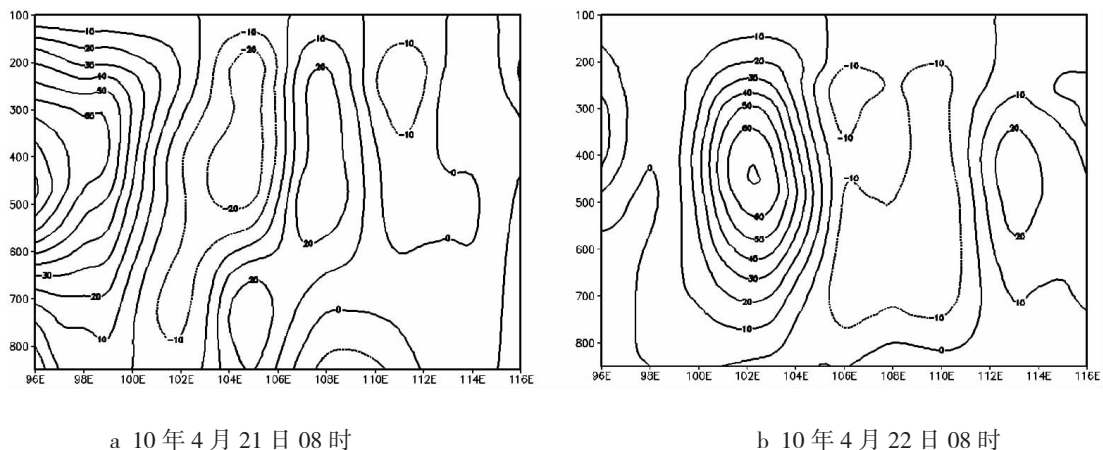


图 2 沿 24°E 垂直速度垂直剖面图（单位 $10^{-3} \text{ hPa} \cdot \text{s}^{-1}$ ）

Fig.2 Gross section diagram of the vertical velocity field along 24°E , at 08:00, 21~22, April 2010

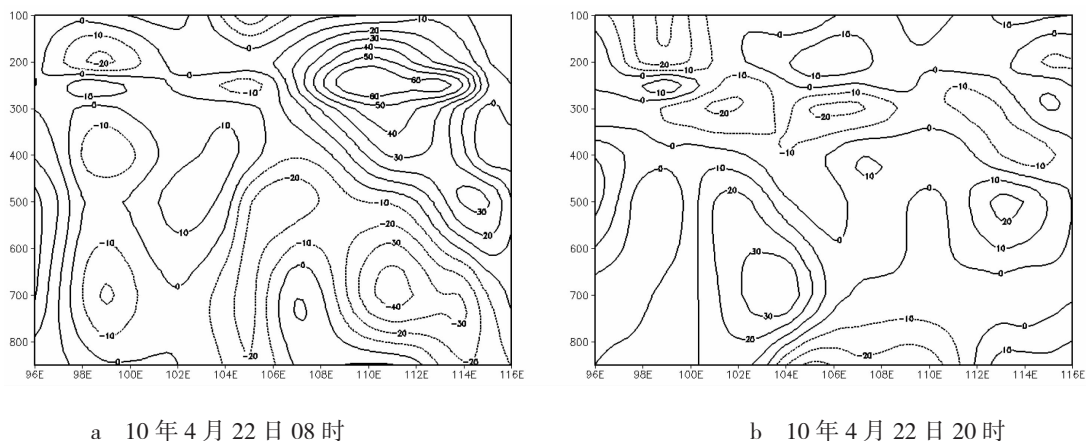


图 3 沿 24°N 散度场垂直剖面图（单位 10^{-5} s^{-1} ）

Fig. 3 Gross section diagram of divergence along 24°N at 08:00(a) and 20:00(b) on 22 April, 2010

说明大气中水汽含量越多,空气越潮湿。在绝大多数情况下出现暴雨的日子,700 hPa 的比湿 $q \geq 8 \text{ g/kg}$ ^[4],也就相当于 850 hPa 的比湿 $q \geq 14 \text{ g/kg}$ 。分析图 4: 21 至 22 日,文山州 700 hPa 的比湿值 $\geq 8 \text{ g/kg}$, 850 hPa 的比湿值为 15 ~ 16 g/kg,从比湿场来看,强降雨发生前,中高层空气干燥,但低层已聚集大量水汽,这为暴雨天气发生提供了丰富的水汽含量。

6 结语

(1) 中高纬度环流形势由“西高东低”向“东高西低”转变过程中,副高西伸北抬为这次降水过程的发生提供了充足的水汽及热力条件。

(2) 500 hPa 高空槽、高原低涡、700 hPa 低涡

切变是这次降水的主要影响系统。

(3) 低层辐散,高层辐合,垂直上升运动强烈,为降雨天气提供了有利的动力机制,释放了不稳定能量。

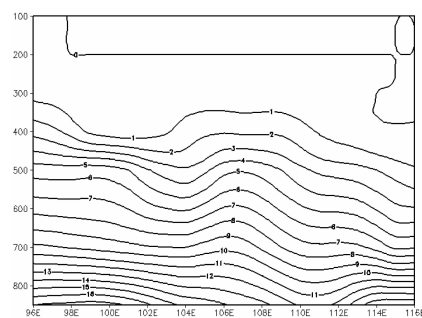


图 4 4 月 21 日 20 时比湿场 (单位 g/kg)

Fig.4 The specific humidity filed at 20:00 on 21 April 2010 (Unit g/kg)

参考文献:

- [1] 黄永清, 张百萍, 李丽, 等. 兴安盟夏季久旱转雨天气过程的初步分析 [J]. 内蒙古气象, 2005 (2): 20-21.
- [2] 赵世发, 王景红, 姚永胜, 等. 第一次久旱转暴雨天气过程诊断分析 [J]. 高原气象, 2005, 24 (2): 255-260.
- [3] 陈豫英, 王秀文, 陈楠, 等. 2008 年宁夏久旱转雨天气过程诊断分析 [J]. 高原气象, 2010, 29 (3): 737-743.
- [4] 朱乾根. 天气学原理和方法, 620-638.
- [5] 杨建梅, 董钢. 2007 年 5 月普洱市首场透雨成因分析 [C] // 2007 年云南省重大灾害性天气气候技术总结文集: 65-70.
- [6] 陈红玉, 高月忠, 黄惠君, 等. 2007 年夏季大理州久旱转大雨天气过程分析 [C] // 2007 年云南省重大灾害性天气气候技术总结文集: 85-89.
- [7] 李秀. 玉溪市干旱的特征及其成因分析 [C] // 2009 年云南省重大灾害性天气气候技术总结文集: 39-44.

DIAGNOSTIC ANALYSIS OF THE PROCESS OF THE RAINFALL UNDER THE DROUGHT BACKGROUND IN THE WHOLE PREFECTURE OF WENSHAN IN 2010

YAN Zhi-hui^{1,2}, WANG Li^{1,2}, YU Zhi-dan^{1,3}

(1. Department of Earth Science, Yunnan University, Kunming 650011, Yunnan, China;

2. Wenshan Meteorological Bureau, Wenshan 663000, Yunnan, China;

3. Chuxiong Meteorological Bureau, Chuxiong 675000, Yunnan, China)

Abstract: Characteristics of the circulation evolution and the physical quantity field of the process from drought to rain in Wenshan during the period of the time from the 21st to the 23rd April 2010. The result show that there is circulation pattern of “high in the west and low in the east” over Wenshan for a long time during the drought period; the adjustment on large-scale circulation, especially the changing of mid-latitude circulation into the pattern of “high in the east and low in the west”, is a necessary condition of the turning from drought to rain. Meanwhile the development of upper cold trough, lower vortex shear and instability stratification (energy) are also important. the relativity between the distribution of the physical quantity field and the precipitation in the areas is very good when there was a rainfall when the weather change, which is a obviously referential significance.

Key words: from drought to rain; rainfall in the whole prefecture; criculation evolution characters; physical quantity field

一次中气旋强对流天气过程的分析

薛 斌, 杨庆元, 王继红, 江 云

(红河州气象局, 云南 蒙自 661100)

摘要: 利用大气探测资料对 2010 年 5 月 1 日红河州蒙自出现的一次中气旋强对流天气过程进行分析, 揭示中气旋强对流天气的结构特征及其引发的气象灾害。分析结果表明: 处于高空槽后的西南高原地区在高空西北急流的控制条件下, 有偏南暖湿气流的配合持续输送, 其低层切变线是形成强对流天气的重要条件, 从天气系统和雷达资料分析表明, 中高层冷平流的入侵触发了低层强位势不稳定层结的抬升, 使得局部对流加强、发展, 并演变为超级单体和中气旋的形成, 造成强风、冰雹和短时强降水, 导致气象灾害的发生。

关键词: 中气旋; 超级单体; 强对流天气; 气象灾害

中图分类号: P429

文献标识码: A

文章编号: 1001-7852 (2011) S0-0023-04

0 引言

中尺度气旋是强烈旋转上升的气流运动, 常出现在超级单体风暴中, 这种气旋性旋转运动的速度切变强度、维持时间和伸展厚度等方面都比一般对流风暴有明显的差别; 它旋转速度大, 速度方位切变强, 造成局地雷雨大风、短时强降水, 形成气象灾害。中气旋的识别主要依靠多普勒天气雷达的观测资料, 从基本速度图像上分析回波径向速度的正负速度中心组成的对称小尺度涡旋和零速度线, 国内有不少研究者对此类天气进行了分析研究^[1-3], 西南高原地区对此类天气研究相对较少, 滇桂黔气象协作区郑芬等^[4]利用文山天气雷达资料分析飚线天气过程中出现的中气旋特征。红河州在调用文山多普勒雷达资料识别中气旋天气有一定的滞后性, 受高原地形影响速度图上还存在模糊现象。本文利用文山多普勒天气雷达资料与当地 X 波段雷达资料和地面观测资料分析 2010 年 5 月 1 日红河州蒙自县出现的一次中气旋引发的强对流天气及其造成的严重气象灾害, 探讨中气旋强对流云的回波特征与气

象灾害发生的对应关系, 以期增加对中气旋强对流天气的认识, 以提高短时临近预报的准确率。

1 天气形势及过程分析

1.1 天气形势分析

2010 年 5 月 1 日 08 时 500 hPa 高空图上, 东亚大槽位于中国东、南部地区, 20 时槽南压东移, 槽线经过江西与湖南、广东与广西的交界地区, 槽底加深至广西北海和广东湛江一线。云、贵、川 3 省处于槽后, 由一西北气流控制, 强盛的高空急流中心处于 200 hPa 上下层附近, 从滇中、滇东南地区上空经过, 500 hPa 上存在冷平流, 引导弱冷空气影响云贵高原。西太平洋副热带高压 588 线位于中南半岛中部及 17° N 南中国海一线, 处于加强西伸向北扩状态, 滇中、滇东南地区近地层均为偏南暖湿气流控制, 在 850 hPa 图上普洱、蒙自、百色一线为东南风控制, 风速 3 ~ 7 m/s, 切变线维持在四川南部、滇中、滇东南一线, 贴近近地层, 高度较低, 切变控制区风向、风速的辐合, 使其大气垂直结构利于对流天气的发生形成降水。

收稿日期: 2010-10-21.

作者简介: 薛斌 (1962-), 男, 云南省红河州蒙自市人, 高级工程师, 主要从事人工影响天气管理与指挥作业。

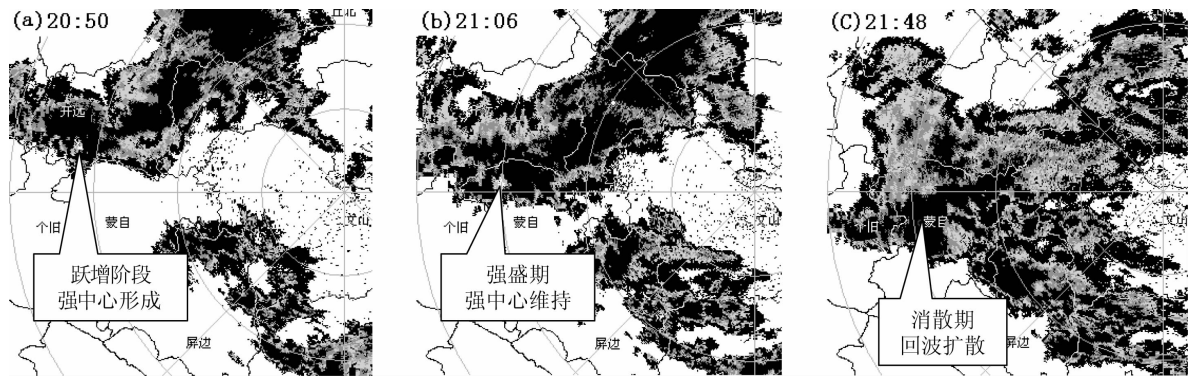


图3 2010年5月1日文山天气雷达观测强对流天气在跃增、成熟和消散过程的回波演变图

凸现出来。图4(a)、(b)、(c)和(d)、(e)、(f)分别为强对流云PPI和RHI回波在发展、成熟、消散阶段的演变实况，与图3对比对流云强中心结构清晰，层次分明。雷达RHI图上出现超级单体悬垂回波、回波穹隆，X波段雷达特有的“V”型缺口，PPI图上呈现出明显的气旋性弯曲，有界弱回波区和钩状回波，对应当地出现雷雨大风、短时强降水，形成气象灾害。超级单体强势特征持续至21:23，随后低层强中心迅速减弱，45 dBz以上的强回波范围明显缩小，回波顶高从9 km降低到3.8 km，对流云进入消散阶段。从PPI及RHI回波图上分析得出，对流单体内部对流剧烈，回波出现在一个狭窄空间上，说明切变影响形成的强对流天气是剧烈上升的气旋运动，其旋转速度大，方位切变强。

3.3 多普勒基本速度

强烈旋转上升的气流运动，超级单体风暴的出现，这种气旋性旋转运动的强对流单体，反映出中尺度气旋的存在，它具有组合蓝金（Rankine）特征^[5]，在多普勒径向速度图上表现为一对最大正负速度中心组成的小尺度涡旋，由切变尺度（由旋转速度估算）、伸展厚度和维持时间3个参数衡量中气旋的强弱。对流云跃增出现强中心后，对应雷达速度图上有风速逆向区存在，面积比强回波中心面积稍小。21:06雷达基本速度图上出现一对不规则的正负速度中心组成的小尺度涡旋，方位对称，正负速度中心相距约7 km，距离文山雷达站93.5 km，方位272°左右区域，与图4e中的超级单体形成基本同步。雷达与气旋方向的左侧速度中心最大值为-23 m/s，右侧速度中心最大值17 m/s，回波强中心

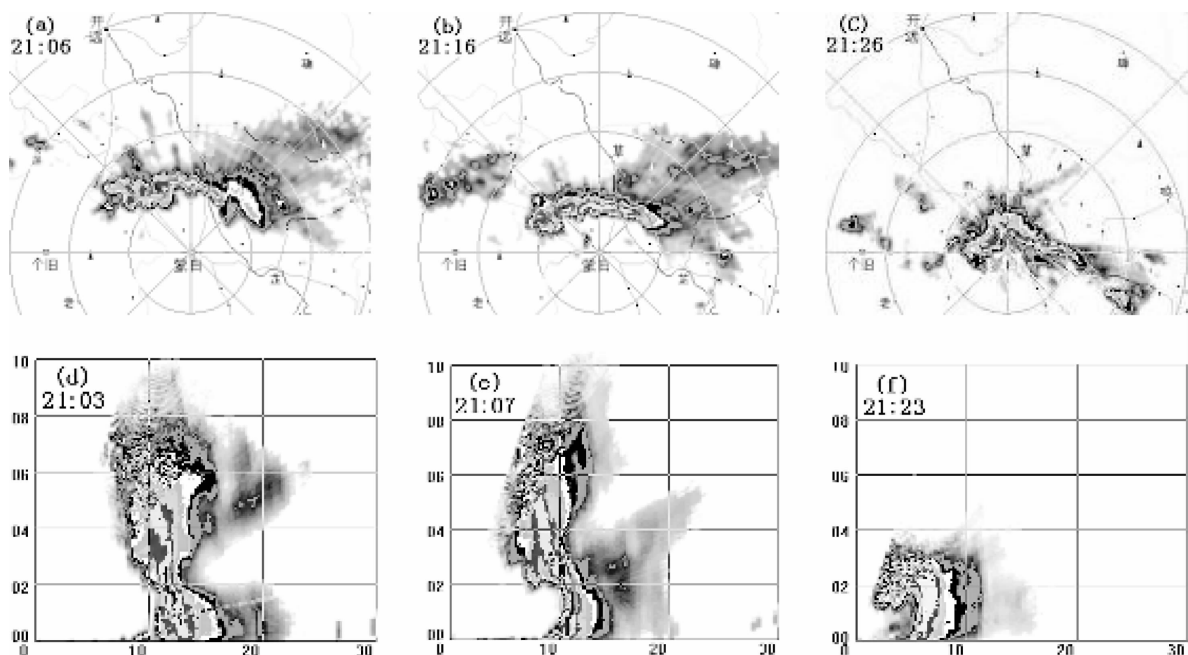


图4 2010年5月1日蒙自X波段雷达观测强对流云的PPI、RHI回波结构演变图

位于正负速度之间,中气旋特征明显(图略)。速度图上,由于文山雷达探测西面红河州东部地区,受高山阻拦影响,在中气旋维持期间,正负速度区内均有速度模糊现象,同时,由于中气旋中层区域受环境风西北气流影响,速度图上负速度区面积和强度明显大于正速度区,负速度加强,正速度减弱,且无明显对称的零速度线。21:23 中气旋正负速度区面积扩大,原有的气旋式旋转分布规律被打破,随着下沉气流或强降雨的持续,中气旋减弱趋于消散。

3.4 中气旋天气实况分析

中气旋强对流天气在蒙自境内经历了发展强盛和消散期,先后途经蒙自草坝镇、雨过铺镇和蒙自城区,红河机场气象观测站记录了整个中气旋天气过程,观测站位于蒙自北面 335° 、距离 11.6 km,为机场前期建设所需设置。20:50 及以前机场测站监测瞬时风向为东南风控制,瞬时风速 $8.1 \sim 10.2 \text{ m/s}$,近地层暖湿气流输送。21:00 风向突变 180° ,转为 339° ,风速 7.7 m/s ,表明测站北面风暴底层出流气流与东南暖湿气流形成明显的辐合线过境,对

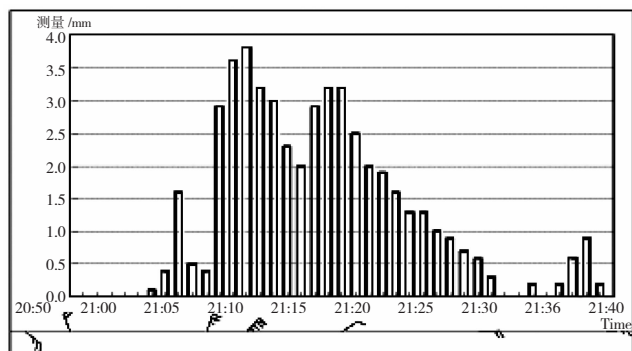


图 5 5 月 1 日蒙自红河机场气象观测站风向、风速和逐分钟雨量实况

流云跃增。21:06 开始降水(含固态),21:10 风速迅速增大 (25.5 m/s),观测站屋顶被大风掀起,气象灾害形成,21:13 风速达到最大 30.0 m/s ,一分钟降水达到了 3.8 mm ,强降雨发生,降雨持续 33 min ,雨量达到 49.3 mm (如图 5)。这次中气旋强对流天气引发大风、短时强降雨灾害,造成草坝镇 2.52 万人受灾,经济损失 464.65 万元,县城和乡镇部分地区积水被淹。

4 结论与讨论

(1) 中气旋常伴随在超级单体风暴中,在 X 波段天气雷达回波图上较容易分析出超级单体的钩状回波、悬垂回波、回波穹隆和 V 型缺口特征,多普勒天气雷达速度图上有正负速度对称中心的涡旋出现,超级单体或中气旋的出现意味着强对流灾害天气的发生,其造成的强风、降雹和短时强降雨与中气旋回波特征和超级单体回波有较好的对应关系。

(2) 制作临近天气预报和发布灾害性天气警报的主要依据是天气雷达观测资料。红河州各县市局每隔 6 分钟左右可接收一次多普勒天气雷达回波资料,部分地区存在盲区,受高山遮挡影响,雷达回波存在一些失真,有条件的县市局可利用 X 波段雷达作补充加密观测,为预警预报中小尺度强对流天气提供分析依据,提高预报准确率。

(3) 对流天气发生在特定的大气环境条件下,天气形势和能量指标只能分析出对流天气可能发生的趋势,未能定时定量预报出对流性灾害天气特征,利用卫星云图、全省新一代天气雷达拼图资料可提前预测对流天气发生的基本情况。

参考文献:

- [1] 李文娟,郑国光,朱君鉴,等.一次中气旋冰雹天气过程的诊断分析[J].气象科技,2006,34(3):294.
- [2] 冯晋勤,童以长,罗小金.一次中 β 尺度局地大暴雨对流系统的雷达回波特征[J].气象,2008,34(10):50-54.
- [3] 张沛源,杨洪平,胡绍萍.新一代天气雷达在临近预报和灾害性天气警报中的应用[J].气象,2008,34(1):3-11.
- [4] 郑芬,黄海波,王郦.一次飑线过程的雷达产品特征分析[J].云南地理环境研究,2008,20(增刊):133-135.
- [5] 中国气象局培训中心.多普勒天气雷达资料分析与应用[G].

2010年6月20日桂北区域性暴雨天气成因分析

唐毓勇, 黄淑娟, 班荣贵

(百色市气象局, 广西 百色 533000)

摘要: 利用常规气象资料、自动站资料和广西百色SB雷达资料等, 分析2010年6月20日的高空环流形势、地面气压场, 物理量场、单站降雨量随时间的演变、组合反射率等。结果表明: (1) 滇黔冷锋强迫是形成这次桂北区域性暴雨和大暴雨的主要抬升条件; (2) 暴雨前广西上空存在大量的水汽和不稳定能量累积, $Cape \geq 3000 J \cdot kg^{-1}$, $CIN \geq 200 J \cdot kg^{-1}$, $TQ \geq 5000 g \cdot m^{-2}$; (3) 桂西北暴雨和大暴雨的水汽来源于印缅槽前边界层的西南风和南海季风的边界层气旋性辐合; 桂东北暴雨和大暴雨的水汽则主要来源于南海季风的稳定输送。

关键词: 暴雨; 西南涡; 滇黔冷锋

中图分类号: P458

文献标识码: A

文章编号: 1001-7852 (2011) S0-0027-03

受500 hPa高原槽、中低层低涡切变和地面冷锋发展南移的共同影响, 2010年6月19日20时到6月20日14时, 桂北出现了区域性暴雨或大暴雨的天气, 彻底解除了当地严重的旱情。在18个小时内, 广西89个气象站中有8个站出现大暴雨, 27个站出现暴雨, 25个站出现大雨。

1 降雨特点

这次天气过程的强降水雨带主要从广西中部自北向南推进, 强降水天气在广西境内持续时间为18小时, 6小时累积雨量和雨带分布如图1所示。

20日02时的6小时雨量带位于桂北, 暴雨落区在河池境内(图1A区); 20日02~08时, 暴雨落区向南推进到图1B区; 20日08~14时, 强降水雨带继续向南推进到图1C区, 但是雨强已经明显减弱, 6小时累积雨量(R6)不到50 mm(C区: $R6 \geq 10 mm$ 的区域)。

由图1可见, 这次天气过程, 地处桂西的百色、河池等地强降水的持续时间不超过6小时, 但是降水效率特别高、雨强特别大。桂东北的雨强比

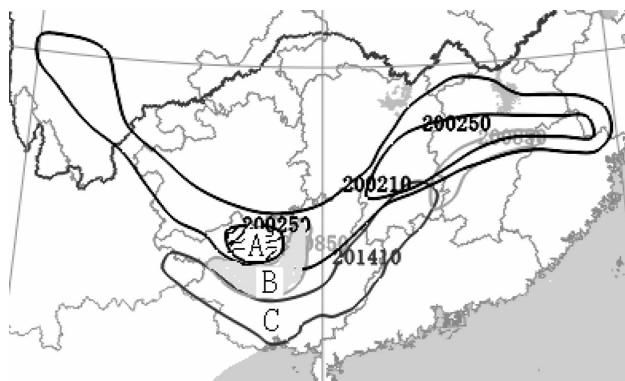


图1 2010年6月20日02~14时
6小时雨量带演变图

较小, 但是持续时间则比较长(6~12小时)。

例如凌云县的力洪、右江区的三平林场、田东县的朔良等3个雨量自动站的监测结果表明: 最大小时雨量都达到70 mm/h以上, 强降水持续时间近2小时, 最大3小时雨量高达95 mm以上。

2 强降水天气成因分析

按照“配料法”的天气分析预报思路, 暴雨以

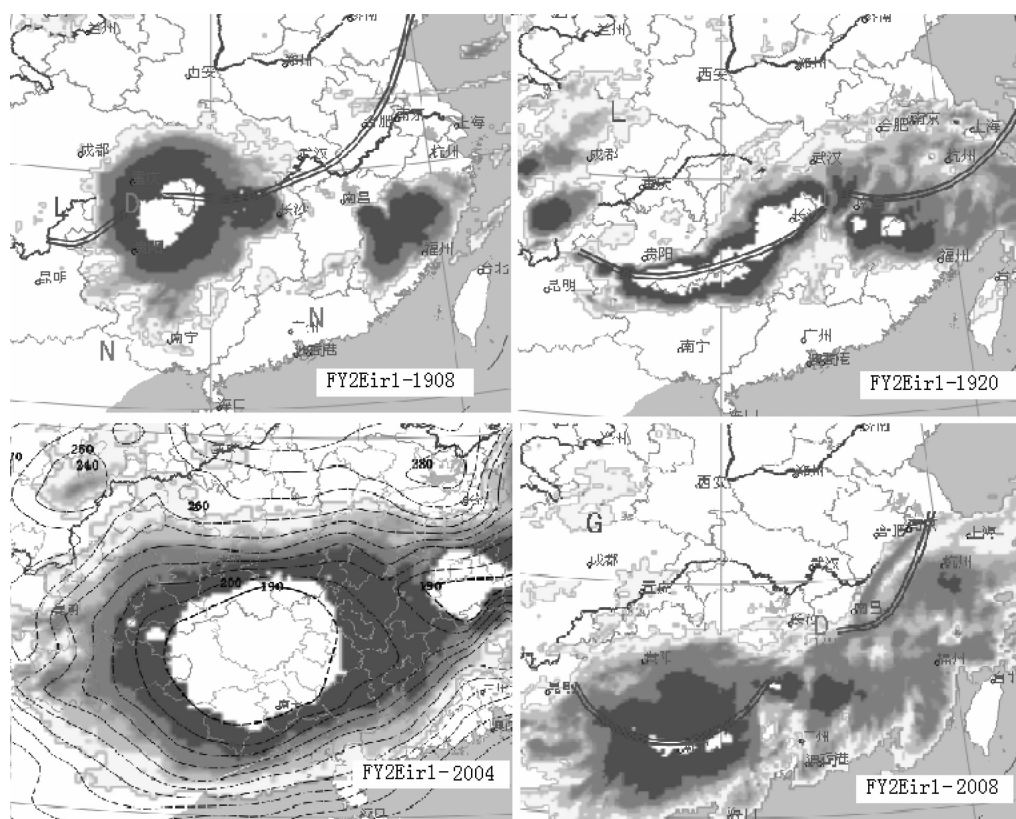


图 2 FY2Eir1 云图 (19 日 08 时、20 时和 20 日 04 时、08 时)

上强降水通常需要很高的降水率或者较长的降水持续时间,并且取决于有利的天气形势和局地大气的不稳定、充分的水汽供应和抬升(触发)机制等 3 个基本因素。

2.1 天气形势和影响系统分析

分析表明,2010 年 6 月 19 日 20 时至 20 日 14 时,广西境内出现的历时 18 小时大范围暴雨、大暴雨天气过程,是由于西南涡强烈发展东移致使滇黔冷锋锋生南移并触发广西强对流发展而形成的锋面暴雨天气过程。

6 月 18~19 日,500 hPa 西太平洋副高稳定维持,孟加拉湾低压槽发展加强,广西上空 700 hPa 以下层偏南风和水汽通量增大,同时 700 hPa 以上层广西上空受弱高压脊控制的环流形势有利于广西维持少云天气,同时有利于底层水汽和不稳定能量的累积。

6 月 19 日 08 时前后,西南涡在重庆西南侧发展成熟并诱发贵州东北部附近对流风暴群的强烈发展,在卫星云图上表现为 TBB 小于 190°K (-83°C) 的准圆形中尺度对流云团(图 2a);西南涡低压中心在 700 hPa 以下层随高度向西北方向倾斜。此后,西南涡开始沿切变线向东移动。其西侧的冷式切变也开始发展增强,滇黔冷锋锋生。

6 月 19 日 20 时,850 hPa 西南涡低压中心已到了长沙东北部,低涡中心随高度向西北方向倾斜的结构仍然维持。此时,滇黔冷锋已经南移到贵州南部边境,其北侧干冷空气的势力持续加强。贵州南部边境开始出现有组织的锋面对流云带(图 2b)。

19 日 20 时以后,滇黔冷锋向南宁方向缓慢南压。20 日 04 时,广西河池、百色南宁等地的上空受到大范围发展成熟的 $\text{TBB} \leq -190^{\circ}\text{K}$ 的强雷暴云团影响(图 2c)。20 日 08 时,桂北地区(南宁以北)的强雷暴云团顶部云砧已经基本消散(图 2d)。

百色雷达(Z9776 雷达站)的探测结果也证实了这一点。对于百色市而言,冷空气南压路径偏东,因此强对流云带的走向从东西向逐渐转为东北西南向,百色市东部的雨强和累积雨量也明显高于西部。

2.2 强对流天气条件分析

强对流天气主要发生在桂西北地区,因此下面以 59211 探空资料分析为代表。

(1) 水汽条件:从表 1 可见,暴雨天气前后百色上空的整层比湿积分(TQ)都高达 $6\,000\text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$ 以上,即水汽含量很大。暴雨开始前的 2010 年 6 月

表 1 59211 站探空资料分析

Time	TQ	Tg	Cape	K	SI	w cape	SSI
61820	6396	39.5	3859	40	-0.41	88	345
61908	6157	34.6	3122	39	-3.18	79	329
61920	6359	39.4	3469	47	-5.34	84	329
62008	6255	24.1	277	39	-0.71	24	262

18 日和 19 日的 20 时，百色上空 700 hPa 附近都存在着明显的“干暖盖”层结，有利于低层大气水汽和不稳定能量的持续累积。一旦有强烈的辐合上升运动，那么就会伴随着很大的垂直水汽通量而形成暴雨或者大暴雨。

(2) 不稳定条件：2010 年 6 月 19 日 20 时以前 24 小时内，百色上空的湿对流有效位能 (Cape) 均超过 3 000 J/kg；对流温度高达 39℃；对流抑制有效位能最大时为 337.7 J/kg；沙氏指数最低时为 -5.34℃，风暴强度指数超过了 300。从表 1 可见，暴雨前后，百色上空大气除了 TQ 值和 K 值变化不大之外，Tg、Cape、SI、CIN 和 SSI 均有显著差异。

(3) 抬升（触发）机制：分析比较 2010 年 6 月 19 日 20 时和 20 日 08 时各标准等压面上的假相当位温场和流场可以发现，在此期间，贵阳上空 850 hPa 至 500 hPa 层分别受到从东北转向西北的干冷平流影响，使滇黔冷锋得到增强并从黔桂之间的地形缺口（即广西中路）入侵广西。

在 19 日 20 时 850 hPa 风场和散度场上（图 3 上），850 hPa 低涡切变线在黔桂边界附近持续加强；副高边缘的华南低空西南风急流控制广西大部，其前沿辐合中心位于湖南和江西两省北部，桂东北的辐合比较弱；桂西北地区存在明显的印缅槽前西南风辐合区。另外，桂西南地区边界层 (925 hPa) 有东南风风速辐合。

20 日 08 时（图 3 下），850 hPa 低涡切变线已经南压到广西中部，滇东南和桂北地区盛行偏北风。850 hPa 低涡切变线在 12 小时内加强南移了 150 km，由此可见快速南移的滇黔冷锋西段对桂西北大气具有很强烈的强迫抬升作用。

3 数值预报产品的解释应用

在 2010 年 6 月 18 日 20 时 ECMWF24 小时预报图上，850 hPa 低涡西侧的冷式切变线和地面滇黔冷锋已经逼近黔桂边界；500 hPa 华北槽东移加深引导地面冷空气从东路南下，促使黄淮静止锋和

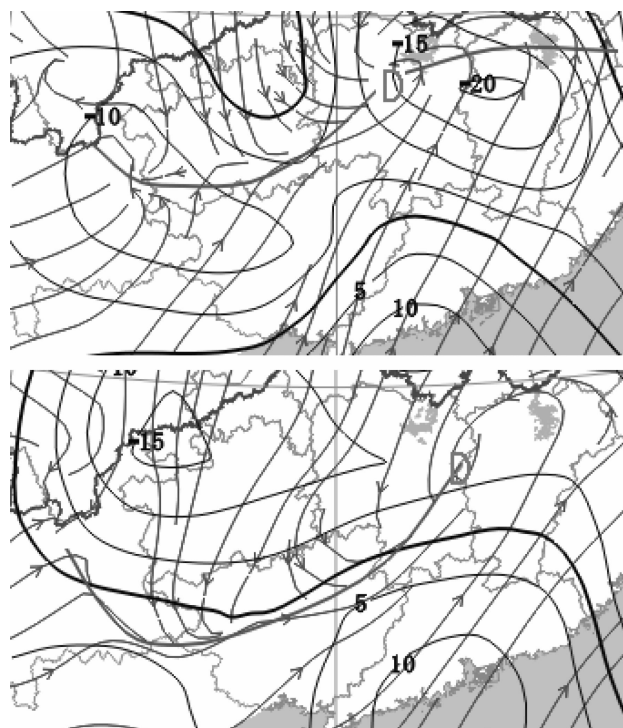


图 3 850 hPa 流场和散度场

850 hPa 切变线加强南移到江南北部；同时，川北横槽的加强南移和云贵高原上空活跃的南支西风短波槽有利于 700 hPa 和 850 hPa 低空西南涡的发展东移；随着低空西南涡的发展，700 hPa 在贵州北部形成一个横槽，850 hPa 在贵州南部出现了明显的冷式切变线，滇黔冷锋锋生；由此可见，广西即将受到从中路南下的较强冷空气影响。

在 2010 年 6 月 18 日 20 时 ECMWF48 小时预报图上，850 hPa 低涡西侧的冷式切变线和地面滇黔冷锋已经移到广西中部；500 hPa 高原槽加深东移到广西东南部，并且与 700 hPa 南移到贵州南部的横槽构成前倾槽的形势，不利于锋面对流的继续发展；与此同时，850 hPa 切变线黔桂东南地区上空的西南风也已经明显减弱，因此广西境内的锋面降水过程将趋于结束。

4 结论

(1) 广西 2010 年 6 月 20 日出现的桂北区域性暴雨和大暴雨天气过程是一次锋面过程。其中冷锋西段更类似于急行冷锋，而东段则更类似于静止锋。

(2) 桂西北暴雨和大暴雨的水汽来源于印缅槽前边界层的西南风和南海季风的边界层气旋性辐合；桂东北暴雨和大暴雨的水汽则主要来源于南海

（下转第 42 页）

台风“灿都”影响下的桂西暴雨成因分析

黄开刚, 黄 飞, 杨恩施, 刘国忠

(百色市气象局, 广西 百色 533000)

摘要: 利用常规观测数据、自动站雨量和卫星云图等资料, 运用天气学分析方法, 对 1003 号台风“灿都”影响下的桂西暴雨进行了分析。结果表明: “灿都”加强为台风以后, 华北大槽东移北收、副高脊线由东北-西南转为东-西向、东南气流加强, 有利于引导台风以偏西北路径深入广西内陆。来自孟加拉湾的西南气流和南海东南风气流在海南岛与桂东南一带加强为一支强盛的低空急流, 急流源源不断地输送水汽和不稳定能量到低压环流中, 有利于强降水的出现。暴雨落区上空在正涡度平流的作用下, 低层产生强辐合、高层产生强辐散, 从而造成了强烈的垂直上升运动。“灿都”云系的不对称性结构, 是导致暴雨主要集中在低压中心南侧的原因之一。

关键词: 台风“灿都”; 暴雨; 副高; 低空急流

中图分类号: P4583.1 *21.1

文献标识码: A

文章编号: 1001-7852 (2011) S0-0030-05

1 1003 号台风“灿都”概况

2010 年第 3 号台风“灿都”于 7 月 19 日 20 时在南海中东部生成, 21 日凌晨加强为强热带风暴, 21 日 17 时加强成为台风, 22 日 13 时 45 分在广东省吴川市一带沿海登陆, 登陆时中心附近最大风力有 12 级 (35 m/s), 最低气压为 970 百帕; 22 日 19 时 45 分“灿都”从广东廉江市进入广西博白县

境内, 进入时中心附近最大风力有 11 级 (30 m/s), 最低气压为 980 百帕, 21 时减弱为热带风暴; 23 日下午 17 时在百色市田阳县境内减弱为热带低压, 20 时停止编号 (图 1)。

“灿都”是 2010 年第一个深入广西内陆的热带气旋, 自桂东南向桂西北穿过广西境内。受其及减弱后的低压环流影响, 7 月 23 日 08 时至 25 日 08 时, 百色市 188 个自动气象站中, 过程总雨量在 100 mm 以上的有 59 站, 其中超过 200 mm 的有 2

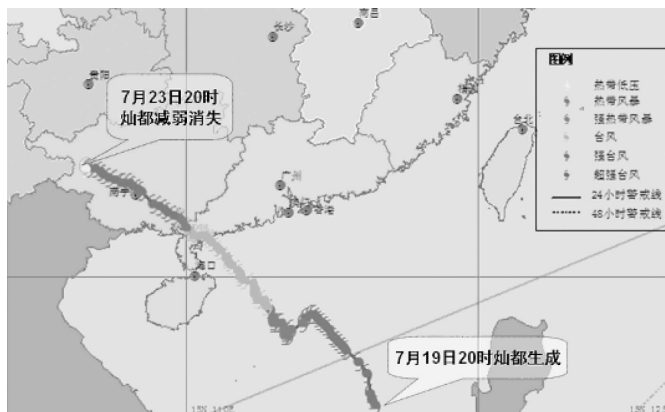


图 1 1003 号台风“灿都”移动路径

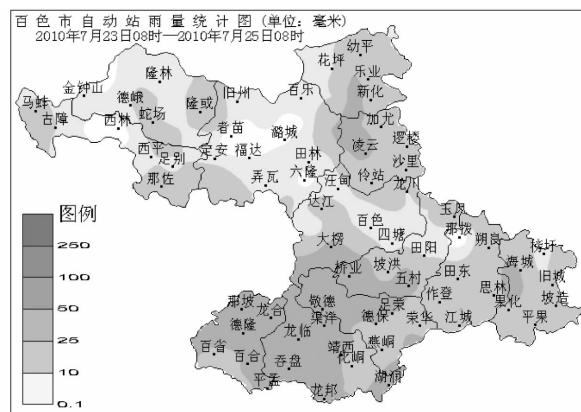


图 2 7 月 23 日 08 时至 25 日 08 时百色市雨量分布

收稿日期: 2010-10-21.

作者简介: 黄开刚 (1984-), 男 (壮族), 广西壮族自治区钦州市钦北区人, 助理工程师, 主要从事天气预报工作.

站（靖西县安宁乡 243.1 mm、新甲乡 220.9 mm）；50.0 ~ 99.9 mm 有 76 站，25.0 ~ 49.9 mm 有 44 站，强降雨中心主要位于南部山区（图 2）。据统计，全市共有德保、靖西、那坡、凌云、乐业等 5 个县出现了暴雨洪涝灾害，直接经济损失 4 261.4 万元。

2 台风移动路径特点与环流形势分析

“灿都”是典型的南海台风，登陆前具有南海台风移动路径复杂多变的特点^[1-3]，尤其是在加强为强热带风暴期间出现了短暂的南落，国内外的数值预报产品均没能预测出来。后期在“灿都”加强成台风以后，移动路径变得相对稳定。从图 1 可以看出，“灿都”的移动路径大致可分为 5 个阶段：第一阶段，从 19 日 20 时生成至 20 日 23 时稳定地朝西北方向移动；第二阶段，加强为强热带风暴期间（20 日 23 时 ~ 21 日 06 时）转向西南方向移动；第三阶段，加强为台风期间至登陆（21 日 06 时 ~ 22 日 14 时）转回西北方向移动；第四阶段，登陆后维持台风强度期间（22 日 14 时 ~ 22 日 18 时）朝偏西方向移动；第五阶段，22 日 16 时以后再次转回西北方向移动。可见，“灿都”的移动路径经历了“西北 - 南落 - 西北 - 偏西 - 西北”的曲折过程。

在影响气旋运动的诸多因子中，大尺度环境引导气流是最重要和最基本的^[4]。引导“灿都”的大尺度环境气流（即外部因子）是副热带高压，内部因子是台风自身的内力。分析 7 月 19 ~ 23 日 500 hPa 环流形势发现，“灿都”生成初期，华北大槽异常强大，在一定程度上削弱了副高对“灿都”的影响；在“灿都”加强为台风以后，华北大槽东移北收，副高脊线由东北 - 西南转为东 - 西向，且东南气流加强，有利于引导台风稳定地以偏西北路径深入广西内陆。7 月 19 日 20 时（图 3a），亚洲中高纬地区为两槽一脊形势，华北大槽比较强大，其槽底南伸到 26° N 附近。副高主体位置偏北，中心位于 35° N 附近的日本岛上，588 dagpm 线呈带状向西南方向伸至 106° E 附近，副高脊线呈东北 - 西南走向，因对“灿都”的引导作用较小。“灿都”主要依靠自身内力向西北移动。7 月 20 日，华北大槽继续加深东移，迫使副高西脊点东撤至 110° E 附近，“灿都”出现南落时正是处于副高东退过程中。7 月 22 日 08 时（图 3b），大气环流出现调整，华北大槽明显东移北收，副高脊线位于 28° ~ 30° N，近乎东 - 西向，副高南侧的东南气流逐渐加强，加大了“灿都”向北移动分量，从而有利于引导台风稳定地向偏西北方向移动。

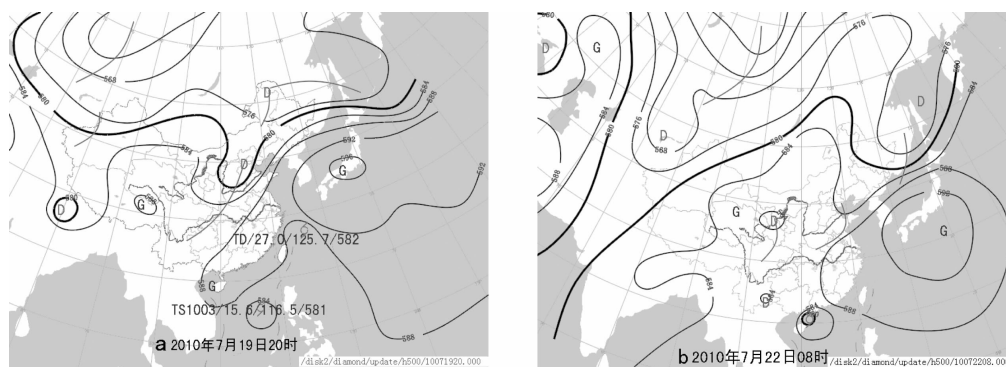


图 3 2010 年 7 月 19 日 20 时 (a) 和 22 日 08 时 (b) 500 hPa 环流形势

3 低空急流的作用与水汽条件分析

文献^[5]指出中低空西南风急流是登陆后台风获取水汽和不稳定能量的主要通道。从 23 日 08 时 850 hPa 的风场和流场（图 4a）可以看出，“灿都”进入广西内陆以后，其水汽输送通道主要有两支气流：一是从孟加拉湾经中南半岛进入南海的西南气流，二是来自副热带高压西南侧的南海东南气流。这两支气流在海南岛与桂东南一带加强为一支强盛

的低空急流，急流源源不断地将大量的水汽和不稳定能量输送到低压环流中，有利于强降水的出现。24 日 08 时（图 4b），随着低压的进一步西行，急流西移到南宁 - 河池一线，桂西正好处在急流左侧强的气旋性切变区中，极易触发不稳定能量的释放。可见，低空急流的存在是“灿都”减弱消失后桂西强降水仍维持的重要原因之一。

除了有利的环境场外，台风暴雨形成还与水汽条件有关^[6]。分析 7 月 23 日 08 时 850 hPa 水汽通量场（图 5a）发现，水汽通量中心有两个，一个位于雷

州半岛附近, 中心值为 $24 \text{ g} \cdot (\text{cm} \cdot \text{hPa} \cdot \text{s})^{-1}$; 另一个位于中南半岛西部, 中心值为 $14 \text{ g} \cdot (\text{cm} \cdot \text{hPa} \cdot \text{s})^{-1}$ 。这证明了南海和孟加拉湾是“灿都”的主要水汽源地。24 日 08 时, 水汽通量中心移到桂中, 中心值为 $20 \text{ g} \cdot (\text{cm} \cdot \text{hPa} \cdot \text{s})^{-1}$ 。从 850 hPa 水汽通量散度场 (图 5b) 上可以看出, 23 日 08 时水汽强辐合中心主要

位于“灿都”的东南部, 也就是桂东南与粤西一带, 中心达 $-32 \text{ g} \cdot (\text{hPa} \cdot \text{cm} \cdot \text{s})^{-1}$, 辐合区延伸至桂西。24 日 08 时, 强水汽辐合中心西移至桂西和云南东南部, 辐合中心为 $-20 \text{ g} \cdot (\text{hPa} \cdot \text{cm} \cdot \text{s})^{-1}$, 桂西大部的水汽通量散度在 $-10 \text{ g} \cdot (\text{hPa} \cdot \text{cm} \cdot \text{s})^{-1}$ 以下, 强降水正是发生在低空急流左侧的强水汽辐合区内。

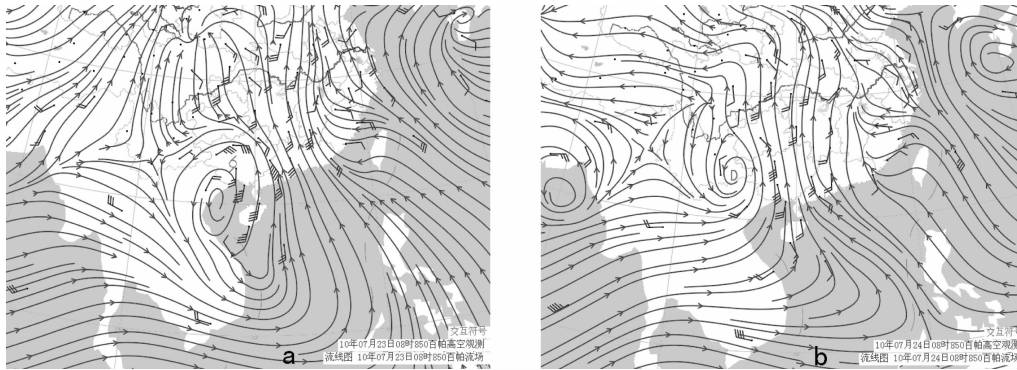


图 4 2010 年 7 月 23 日 08 时 (a) 和 24 日 08 时 (b) 85 hPa 风场和流场

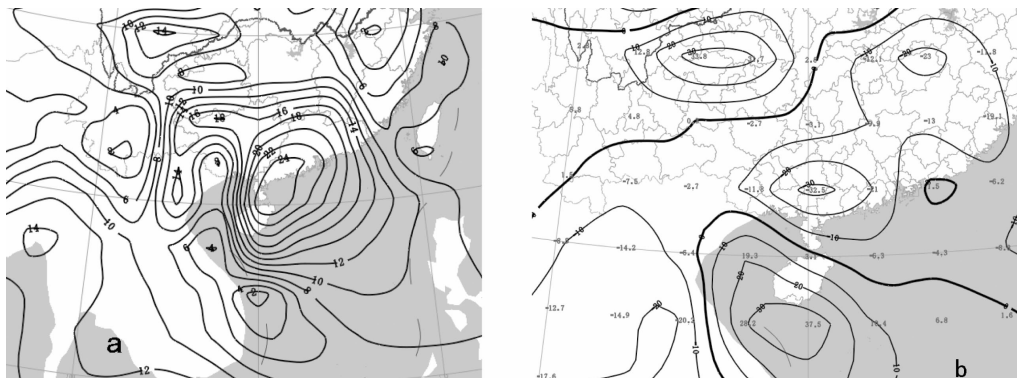


图 5 2010 年 7 月 23 日 08 时 850 hPa 水汽通量 (a) 和水汽通量散度 (b) 分布
(单位: $\text{g} \cdot (\text{cm} \cdot \text{hPa} \cdot \text{s})^{-1}$ 和 $\text{g} \cdot (\text{hPa} \cdot \text{cm}^2 \cdot \text{s})^{-1}$)

4 物理量场诊断分析

7 月 23 日 08 时, “灿都”位于南宁市武鸣县境内 (108.1° E 、 23.2° N), 风暴中心即将进入桂西。为了探明桂西暴雨落区与“灿都”进入桂西前后物理量场空间分布的关系, 分别对 23 日 08 时和 24 日 08 时的涡度、垂直速度和散度沿 23.2° N 纬向垂直剖面图进行分析。

4.1 涡度分析

台风是一个非常深厚的低压涡旋系统^[7]。从涡度沿 23.2° N 纬向垂直剖面图上看 (图 6), 23 日 08 时, “灿都”中心附近上空有气旋性涡度柱, 涡度最大中心位于 700 hPa, 涡度达 $60 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$, 次中心位于 250 hPa, 涡度为 $44 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ 为垂直的

正涡度柱上延伸至 100 hPa, 桂西处于涡度柱左侧的正涡度区内。深厚的涡度柱表明“灿都”的涡旋结构仍比较完整, 有利于其以热带风暴强度影响桂西。24 日 08 时, 随着低压中心的西移, 涡度柱移到 105° E 附近, 涡度中心位于 850 与 700 hPa 之间, 涡度达 $51 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$, 桂西南部山区的涡度均大于 $39 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$, 且正涡度向上延伸至 250 hPa, 这正好对应着桂西暴雨的主要落区。可见, 桂西在正涡度平流的作用下, 有利于低层产生辐合, 进而产生强上升运动, 最终导致暴雨的发生。

4.2 散度分析

高空强的辐散场是台风登陆后维持的重要原因之一^[5]。从垂直速度沿 23.2° N 纬向垂直剖面图上看 (图 7), 23 日 08 时, 在风暴中心东侧的 110° E 150 hPa 上空有一散度中心, 中心值为 $30 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$,

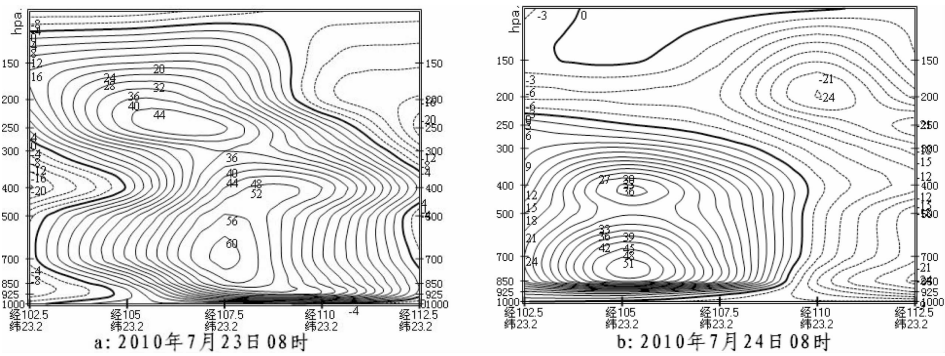


图6 7月23日08时(a)和24日08时(b) 涡度沿23.2°N纬向垂直剖面图(单位: 10^{-5} s^{-1})

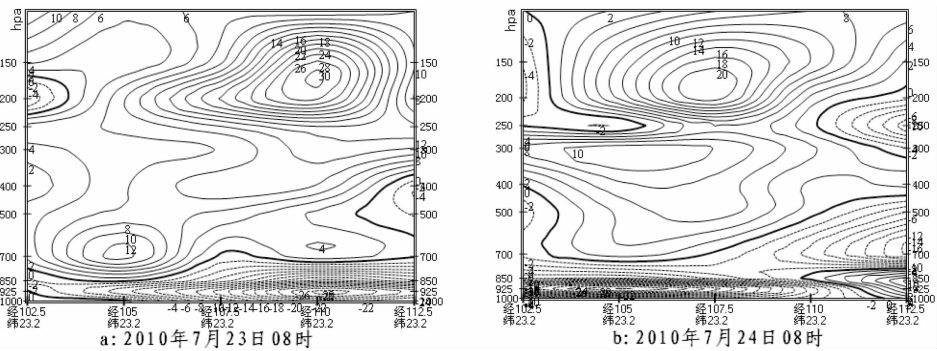


图7 7月23日08时(a)和24日08时(b) 散度沿23.2°N纬向垂直剖面图(单位: 10^{-5} s^{-1})

风暴中心附近700 hPa以上为正散度区,200 hPa散度值大于 $20 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$,正散度大值区向西延伸至 105° E ,桂西南部200 hPa上空的散度在 $10 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ 以上。此外,在 110° E 附近925 hPa还存在一个辐合中心,中心为 $-30 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$,也是向西递减。桂西南部925 hPa也出现较强辐合,散度在 $-10 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ 以下。24日08时,200 hPa辐散中心西移至 107.5° E ,最大辐散中心为 $20 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$,桂西南部上空在 $10 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ 以上;低层925 hPa辐合中心也西移至 105° E ,桂西南部处于 $-20 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ 的强辐合区。桂西南部出现明显的高层辐散、低层辐合垂直结构,十分有利于强降水的发生。

4.3 垂直速度分析

强烈的上升运动是产生暴雨的主要条件之一^[8]。从垂直速度沿23.2°N纬向垂直剖面图(图8)中可以看出,23日08时,在风暴中心东侧上空整层为上升运动区,最强上升中心位于700 hPa附近,速度为 $-36 \times 10^{-3} \text{ hPa} \cdot \text{s}^{-1}$,桂西处于弱的上升运动区,云南东部700 hPa以上的高空为下沉区。24日08时,强上升运动区西移至 107.5° E 附近,最大垂直速度为 $-28 \times 10^{-3} \text{ hPa} \cdot \text{s}^{-1}$,桂西的垂直速度明显加大,700 hPa附近的垂直速度均小于 $-20 \times 10^{-3} \text{ hPa} \cdot \text{s}^{-1}$,且整层均为上升运动区。持续而强烈的上升运动非常有利于强降水的出现。

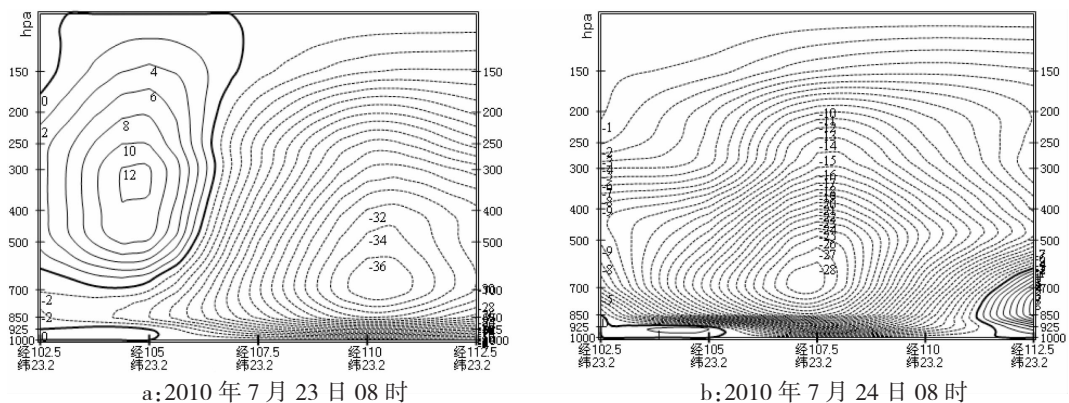
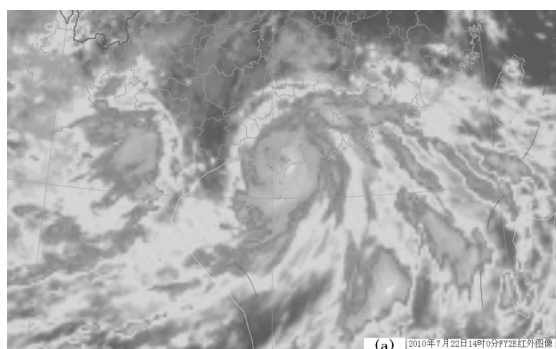


图8 7月23日08时(a)和24日08时(b) 垂直速度沿23.2°N纬向垂直剖面图(单位: $10^{-3} \text{ hPa} \cdot \text{s}^{-1}$)

5 卫星云图分析

从 FY2E 卫星红外云图上看 (图 9), 7 月 22 日 14 时, 台风“灿都”在刚登陆广东省湛江吴川沿海时, 台风云系结构密实对称, 台风眼完整清晰, 桂西受台风外围下沉气流影响, 天气晴热。23 日 08 时, 已减弱为热带风暴的“灿都”进入到南宁市境内, 但其东南侧的螺旋状云带并没有紧随之



心西移, 风暴中心西北侧的云系比较稀薄, 出现了明显的不对称结构。23 日 14 时, “灿都”进入桂西, 螺旋状云带有所西移, 桂西南部上空的对流云开始活跃, 降水逐渐增强。23 日 20 时, 螺旋状云系明显减弱, 但桂东南及沿海地区的对流云团仍比较强盛。24 日凌晨开始, 不断有新的积云对流对桂西南部上空生成发展, 直到 24 日傍晚才基本消失。“灿都”云系具有明显的不对称性结构, 使得积云对流主要出现在低压的南侧, 这是导致暴雨主



图 9 2010 年 7 月 22 日 14 时 (a) 7 月 23 日 08 时 (b) 卫星红外云图

要发生在低压中心南部的原因之一。

6 结论与讨论

(1) 台风“灿都”的移动路径经历了“西北—南落—西北—偏西—西北”的曲折过程。“灿都”生成初期, 华北大槽强大, 在一定程度上削弱了副高对“灿都”的影响; “灿都”加强为台风以后, 华北大槽东移北收, 副高脊线由东北—西南转为东—西向, 东南气流加强, 有利于引导“灿都”以偏西北路径深入广西内陆。

(2) 来自孟加拉湾的西南气流和南海东南风气流在海南岛—桂东南一带加强为一支强盛的偏南风

急流, 该急流源源不断地输送水汽和潜热到低压环流中, 有利于强降水的出现。

(3) 物理量场诊断分析表明, 暴雨落区上空在正涡度平流的作用下, 低层产生强辐合、高层产生强辐散, 从而造成了强烈的垂直上升运动。

(4) 卫星红外云图反映“灿都”云系具有明显的不对称结构, 使得积云对流主要出现在低压中心的南侧, 这是暴雨主要集中在低压中心南部的原因之一。

值得注意的是, 对于“灿都”的移动路径, 文中只粗略分析了大尺度引导气流副高这一影响因子, 其南落过程中是否受到诸如越赤道气流、热带辐合带之类的其它因子影响, 需要进一步深入研究。

参考文献:

- [1] 关芬呈, 谢清华. 南海台风的统计特征 [J]. 海洋通报, 1984 (4): 19-27.
- [2] 陈润珍. 南海热带气旋纬向分布特征 [J]. 台湾海峡, 2007, 26 (4): 465-471.
- [3] 陈见, 罗建英, 廖胜石. 台风“派比安”分析 [J]. 气象研究与应用, 2007, 28 (2): 1-6.
- [4] 周晓英, 胡学军, 胡得宝, 等. 0414 号“云娜”台风路径分析 [J]. 海洋预报, 2005, 22 (3): 25-30.
- [5] 程正泉, 陈联寿, 李英. 登陆台风降水的大尺度环流诊断分析 [J]. 气象预报, 2009, 67 (5): 840-850.
- [6] 余贞寿, 陈敏, 叶子祥, 等. 相似路径热带气旋“海棠” (0505) 和“碧利斯” (0604) 暴雨对比分析 [J]. 热带气象预报, 2009, 25 (1): 37-47.
- [7] 李生艳, 丁治英, 周能. 0307 号台风“伊布都”影响广西南部暴雨的数值模拟及诊断分析 [J]. 台湾海峡, 2007, 26 (2): 204-212.
- [8] 朱乾根, 林锦瑞, 寿绍文, 等. 天气学原理和方法 [M]. 北京: 气象出版社, 2000: 320-323.

2010年6月25日曲靖强对流天气过程

白波^{1,2}, 张精华², 郭菊馨³

(1. 云南大学 资源环境与地球科学学院, 云南 昆明 650091;
2. 曲靖市气象台, 云南 曲靖 655000; 3 富源县气象局, 云南 富源 655100)

摘要: 6月25日08时至26日08时云南曲靖马龙县出现降水量达208 mm大暴雨, 由于短时降水强度大, 引发了重大灾害。综合应用常规观测、数值预报产品、卫星、雷达等资料对这次过程进行分析总结, 结果表明大气不稳定层结, 同时有弱冷空气的扰动, 同时整层大气湿度较大, 有利于出现对流性强降水, 应提高服务的警觉性。

关键词: 强对流; CAPE; 曲靖

中图分类号: P458.1+21.1

文献标识码: A

文章编号: 1001-7852 (2011) S0-0035-04

1 天气概况及灾情

2010年6月25日午后至26日凌晨, 受中低层切变线辐合影响, 强对流云团在滇中一带形成, 并进一步发展, 在马龙、麒麟、会泽上空合并加强, 造成了暴雨或大暴雨天气。其中马龙城区降雨量达208 mm, 突破了有气象记录以来的最大值(118 mm), 此次大暴雨天气给我市部分县(区)造成了较大的经济损失。据初步统计, 目前全市共有4个县(区), 16个乡镇不同程度受灾。粮食作物受灾21333.33 hm², (32 × 10⁴ 亩), 经济作物1840 hm² (12.76 × 10⁴ 亩), 其中烤烟3260 hm² (4.89 × 10⁴ 亩); 受灾36142户、130879人, 紧急转移安置13153户、42897人, 死亡1人。死亡大牲畜7269头(只), 房屋受损8998户、22116间, 倒塌3591户、11135间, 直接经济损失65678万元。其中马龙县城城区积水平均水位达1.6 m、最高水位达2.2 m。麒麟城区街道多处受淹, 最高水位达1 m。

2 成因分析

利用常规观测、卫星、雷达、自动站等资料对这次过程的成因进行了分析。结果表明: 过程前期不稳定层结形成与能量积累, 冷空气和中低层切变线触发了这次强对流天气过程。

对流区上空不稳定能量的积累, 中低层切变线触发强对流天气, 导致马龙、曲靖地区强降水发生; 另外从孟加拉湾至曲靖有明显的水汽输送带, 同时曲靖地区处于冷暖空气的交汇处有利于对流性天气产生; 从卫星云图上看, 对流单体云团MCS的合并, 有利于促进MCC云团的发展, 同时对流云团的发展过程中位置少动是造成这次大暴雨天气的主要原因。从雷达观测表明致密、低质心高度的雷达回波产生的降水以强降水为主。

3 天气尺度系统分析

3.1 环流背景分析

6月25日08时500 hPa(图1a)云南省中部以东地区为西偏北气流控制, 滇西滇西南为偏西气流控制, 滇东地区有冷空气随西北气流向南入侵, 孟加拉湾北部有一低压, 四川中部有切变。700 hPa(图1b)从丽江-曲靖北部有一低涡切变, 受其影

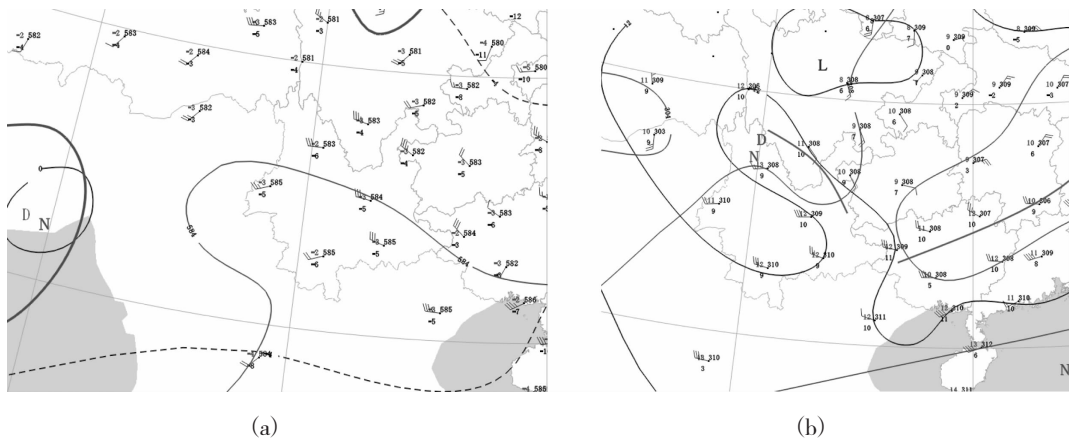


图1 2010年6月25日08时500 hPa (a) 和700 hPa (b) 环流形势

响滇中以东动力抬升条件较好, 700 hPa 的 T-Td 均在 5 度以下, 滇东北和滇中以北 T-Td 为 1 度左右, 表明中低层水汽条件较好。从 700 hPa 温度图上看, 滇东-丽江存在明显暖舌。08 时地面图上, 除滇西北、滇东南外, 全省均为湿舌区, 地面湿度较大, 丽江-昆明-会泽一线有风向切变存在。

随着不稳定能量的不断堆积, 到 17 时地面辐合线(昆明-会泽-沾益 17 时地面形成风向辐合)与中低层切变线触发了大量不稳定能量的释放, 曲靖-马龙形成最有利强对流的天气形势。随后冷暖空气不断交汇于曲靖-马龙附近, 使强对流云系不断增强, 由于强对流云系位置少动, 持续时间长, 因此马龙、曲靖引发了大暴雨天气。

因此, 过程前低层增温增湿有利于不稳定层结形成与不稳定能量积累, 高空西北气流的引导作用下, 冷空气的入侵和中低层切变线触发了这次强对流天气过程。

3.2 探空资料分析

25 日 08 时昆明站 (56778) 探高资料表明 (图 2 (a)), 云南东部 K 指数为 36~40℃、沙氏指数为 0~-2℃, 昆明站湿对流有效位能为 623.5 J/Kg, 受西风气流的影响, 昆明站以东形成了有利于产生强对流天气的条件。25 日 20 时从丽江 (56651) 和西昌 (56571) 的探空图上发现, 丽江和西昌大气由稳定层结转变为不稳定层结, 沙氏指数较小, K 指数较高, 大气层结不稳定; 对流有效位能均增强, 不稳定能量较大。同时西昌站风向随高度顺时针转动, 具有中等强度的垂直风切变; 从云图上看, 从 18 时起四川盆地南部有明显的对流云系生成, 由于中高层引导气流为西北气流, 云系不断向东南方向移动, 到 22 时与曲靖和马龙的强对流云系发成合并, 在曲靖和马龙地区从而产生由对流引发的大暴雨天气。

因此, 对流区上空湿对流有效位能的增强有利

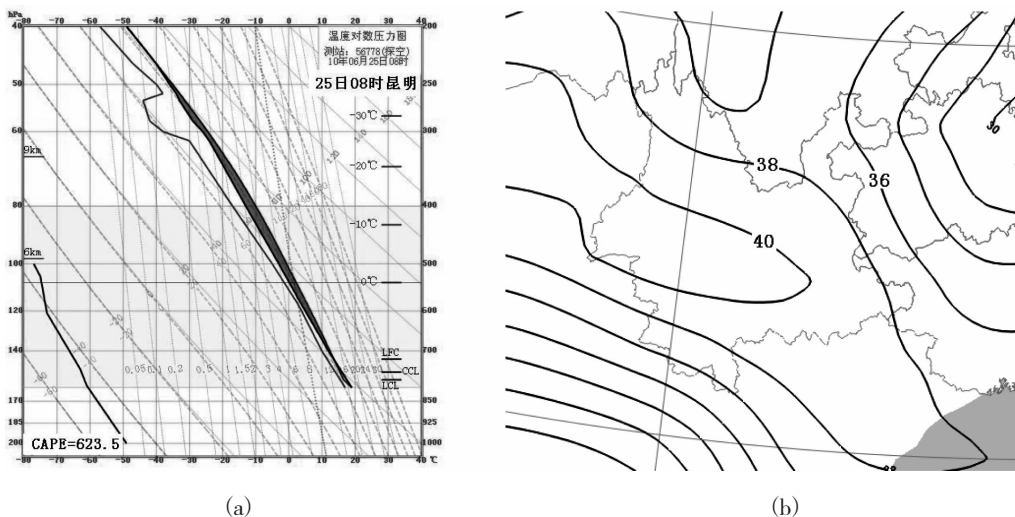


图2 25日08时昆明站探空曲线 (a) 和25日08时K指数分布图 (b)

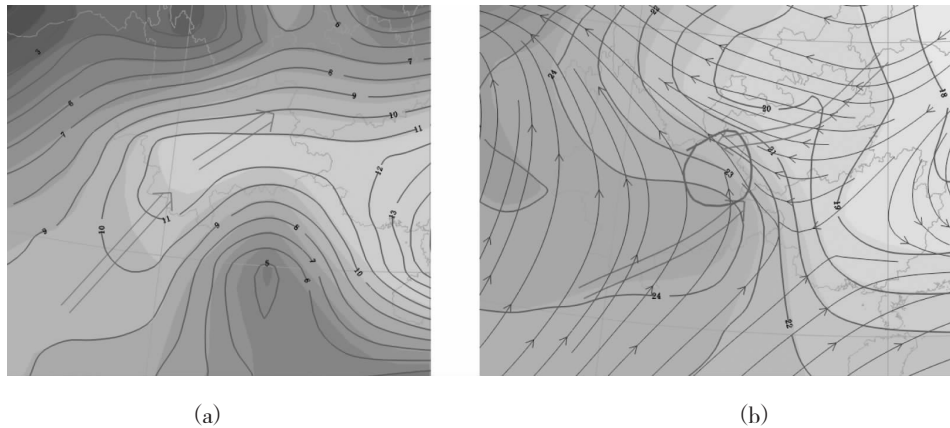


图3 25日08时700 hPa水汽通量分布 (a) (单位: $\text{g} \cdot (\text{cm} \cdot \text{hPa} \cdot \text{s})^{-1}$) 和20时850 hPa流场和温度平流 (填色) 分布

于产生强对流天气, 西北引导气流, 使北方冷的空气不断补充南下, 强对流云团发生合并, 并进一步发展, 从而形成了强降水。

3.3 物理量诊断分析

图3 (a) 给出的是这次暴雨过程的发生前的水汽通量分布。图中可见, 从孟加拉湾一直到曲靖附近有一条明显的水汽输送带, 说明从孟加拉湾向曲靖地区的水汽输送比较显著。

另一方, 通过分析低层温度平流可知 (图3 (b)), 冷、暖平流的交汇这次暴雨过程密切相关。在这场暴雨过程中, 滇中及以西为暖平流向北输送, 而滇东北为冷平流向西南输送。

4 中尺度分析

冷暖平流的交汇处大致在曲靖地区。东北冷平流与和南侧暖湿气流在曲靖-马龙交汇辐合对触发低层的不稳定能量有着重要的作用。

4.1 卫星云图分析

分析25日17时~26日2时的卫星云图发现, 造成曲靖、马龙强对流天气, 是由MCS强对流云团不断发展合并, 最终发展成为MCC, 形成的强对

流云团。

图4a中, 6月25日18时四川盆地西南部、曲靖中部有对流单体生成, 随着冷暖平流在曲靖的交汇, 6月25日21时, 四川西南部的对流云团不断合并小对流云团, 并发展成为MCS, 向东南方向移动, 同时, 在曲靖中部的对流云团与南部的对流云团合并发展成为MCS, 中心位置维持曲靖与马龙, 6月26日0时, 四川盆地南部的MCS与曲靖中部的MCS发生合并形成MCC, 强对流云团汇合, 促进强对流云团进一步发展, 造成了曲靖、马龙的大暴雨天气。对流单体的合并, 有利于促进对流云团的发展, 同时对流云团的发展过程中位置少动是造成这次大暴雨天气的主要原因。

4.2 雷达回波分析

雷达回波图上, 造成曲靖、马龙强降水主要为回波结构致密, 低质心高效率强降水带状回波, 由于回波移动缓慢, 在曲靖、马龙造成了大暴雨天气。在曲靖、马龙 0.5° 的PPI图上 (图5) 出现了大于50 dBz的强回波特征。垂直剖面图上, 中心强度达50 dBz回波在垂直剖面图上位于6 km以下, 回波总体高度为13.8 km, 由于回波质心低, 以液态降水粒子为主, 因此降水的效率很高, 马龙县城

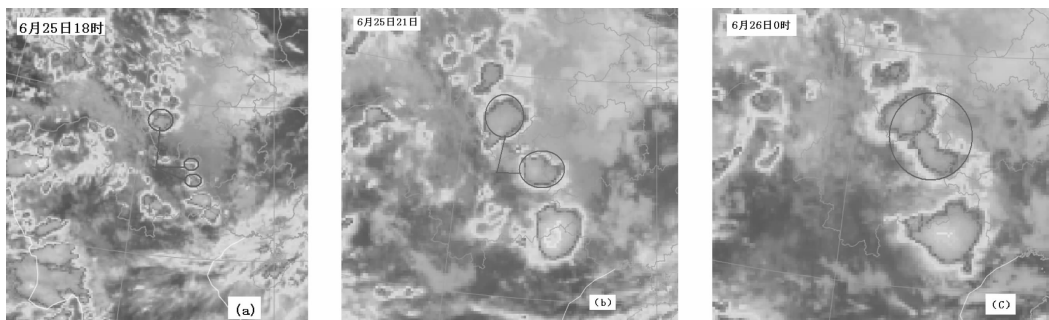


图4 红外云图6月25日18时 (a), 21时 (b), 26日0时 (c)

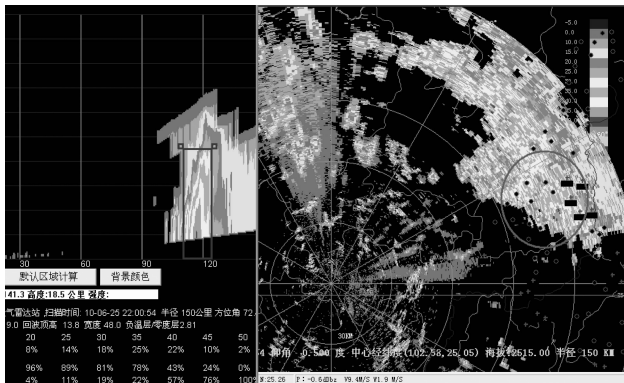


图 5 6 月 25 日 22 时雷达图

降水量为 208 mm。

从雷达资料分析可知,曲靖、马龙以致密、低质心高度的强降水回波为主。

4.3 自动气象站资料分析

分析自动气象站每小时的气温、风场等资料。曲靖、马龙主要受冷空气和西南暖湿气流共同影响,这股冷空气由昭通和贵州北部进入曲靖并向西南移动,暖湿气流从滇南、滇西南向曲靖地区输送,冷暖空气交汇处位于曲靖中部(马龙县附近),从 6 月 25 日 18 时地面自动站风场(图 6 (a))上,可以看出在曲靖中部有明显的风向辐合,地面辐合

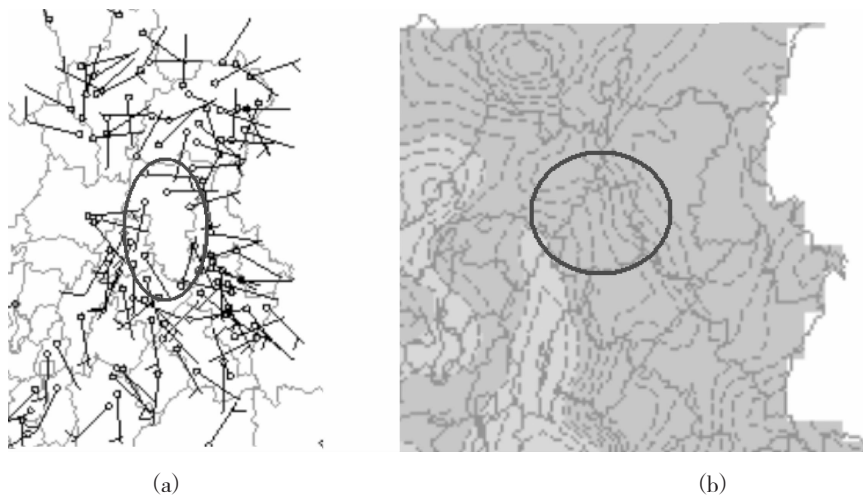


图 6 25 日 18 时地面自动站风场 (a) 和 25 日 19~20 时温度场 (b)

线与强降水有很好的对应关系,是曲靖、马龙强对流天气的主要触发因子之一,从 25 日 19~20 时的温度场(图 6 (b))上,可以看出在曲靖市麒麟区与马龙县交界附近有明显的等值线密集区,说明冷暖空气交汇于此,温度场等值线密集区与强降水有很好的对应关系。

因此,分析自动站资料,可以清楚了解冷空气入侵的路径,强度,地面辐合线的移动情况,对于短时临近预报具有很好的指导参考作用。

5 预报技术着眼点与难点

过程前地面增温增湿利于不稳定层结形成与能

量积累,冷空气触发了这次强对流天气过程。中低层切变线及地面辐合线是这次强对流天气过程的触发机制。

对流区上空湿度层结不稳定,西北引导气流,使北方冷的空气不断补充南下,强对流云团发生合并,并进一步发展,从而形成了强降水。

卫星云图上 MCS 云团的合并,有利于促进 MCC 对流云团的发展,同时对流云团的发展过程中位置少动是造成这次大暴雨天气的主要原因。另外致密、低质心的回波降水主要以强降为主。

曲靖、马龙强对流的局地性强,预报难度较大;从物理量场诊断,物理量的分布与量级上,难以直接预报降水的范围与量级。

参考文献:

- [1] 李小龙、郑新江. 2003 年淮河流域暴雨期间 OLR 与 Quick Scat 场特征分析 [J]. 气象, 2006, 32 (2): 19-22.
- [2] 伍荣生. 大气动力学 [M]. 北京: 气象出版社, 1990: 96-101.
- [3] 王小明, 谢静芳, 王侠飞. 强对流天气的分析及短时预报 [M]. 北京: 气象出版社, 1992: 28-29.
- [4] 伍志芳, 张沛源, 张春良. 714CD 多普勒雷达和 711 测雨雷达探测暴雨的对比分析 [J]. 高原气象, 2000, 19 (1): 1-8.

2008年秋季桂西北两次强降雨过程对比分析

党国花, 陆广驰, 黎 云

(河池市气象局, 广西 河池 547000)

摘要: 利用常规资料、雷达回波等资料, 用天气学原理及中尺度分析方法, 对2008年秋季发生在桂西北的两次强降雨过程的影响系统、物理量场和卫星云图特征进行对比分析, 结果表明: (1) 高空槽加深东移引导冷空气南下和西太平洋副热带高压的维持是造成这两次强降雨的主要环流背景。(2) 高空槽东移引导南下的冷空气和副热带高压是这两次强降雨的主要影响系统。(3) 中低层辐合上升运动加剧了气流的扰动, 为两次强降雨过程提供了动力条件。(4) 副热带高压西侧偏西南气流引导下的热带云团是两次过程的主要水汽来源, FY2C 相当黑体亮温的强亮温区与桂西北强降雨落区有很好的对应关系。

关键词: 强降雨; 环流背景; 中尺度系统; 物理量场

中图分类号: P458

文献标识码: A

文章编号: 1001-7852 (2011) S0-0039-04

0 引言

强降水天气是全年都可出现的天气之一, 它对国民经济建设、交通运输安全和人民生命财产的危害程度因季节、地理位置而有所差异。一直以来, 气象工作者对不同季节、不同区域强降水天气的发生、发展、维持和消亡分别从环流背景、物理量场和红外云图及新一代天气雷达回波特征等方面进行了深入的分析和研究, 揭示了强降水天气发生发展的一些特点和成因, 但是强降水的发生发展又呈现一定的突发性和局地性, 对于新老预报员来讲这仍然是一个预报难点, 本文利用常规资料、雷达回波特征等资料, 用天气学原理及中尺度分析方法, 对2008年10月份发生在桂西北的两次强降雨过程的影响系统、物理量场和卫星云图及雷达回波特征进行对比分析, 通过对比分析试图揭示引起这两次强降雨的成因及其产生的共同点, 希望对以后出现的此类强降水天气提供一定的预报参考。

1 两次过程天气概况比较

10月22~24日, 受较强冷空气和西南暖湿气流的共同影响, 桂西北出现了一次明显的降温、降雨过程。过程T平均降幅是4~5℃, 并出现了5~6 dT 平均 $\leq 22^{\circ}\text{C}$ 的寒露风天气, 过程累计雨量: 大于50 mm 以上的有81个站, 大于100 mm 的有3个站; 3小时降雨量超过50 mm 的有15个站。

10月30日~11月3日, 受副高边缘和北部湾北上云团及弱冷空气的共同影响, 桂西北出现了一次连续性的强降雨天气, 过程T平均降幅是4~5℃, 并出现了2~3 dT 平均 $\leq 22^{\circ}\text{C}$ 的天气, 过程累计雨量: 大于50 mm 的有118个站, 大于100 mm 的有76个站, 3小时降雨量超过50 mm 的有15个站。这次强降雨天气过程具有范围广、强度大、持续时间长的特点。

两次降水过程的影响系统相似, 都是暖湿气流和冷空气共同作用的结果, 但在表现形式上两次过程又存在诸多不同: 首先是T 平均 $\leq 22^{\circ}\text{C}$ 的天气维

持时间不同,前一次比后一次低温维持时间长;其次是过程降水强度和强降雨的范围不同,前一次过程降水持续时间短,较明显降水维持了 48 小时,过程雨量小,强降水呈现局地性,而后一次过程从 10 月 31 日~11 月 2 日桂西北基本维持明显的降水天气,不管是降水强度还是雨量都明显增强增大。

2 环流形势对比分析

这两次过程的环流形势都以强降水开始前 24 小时开始论述。

2.1 10 月 22 日~24 日过程的环流形势

10 月 22 日 08 时乌拉尔山和贝加尔湖地区为低槽,贝湖低槽槽底已经压到长江附近,副热带高压西脊点位于 106°E , 700 hPa 配合有槽, 850 hPa 切变线位于贵州北部。地面冷空气前锋到达四川南部, 锋后冷高压强度为 1 045 hPa; 22 日 20 时贝湖低槽东移, 副热带高压加强西伸, 贵阳和河池之间形成一条东北—西南向的暖式切变, 地面冷空气开始影响广西北部, 锋后冷高压强度有所减弱为 1 037.5 hPa。

副热带高压加强西伸, 引导北部湾暖湿水汽北上, 冷空气从西偏中路南下影响桂西北, 22 日 20 时开始冷空气与西南暖湿气流交汇并共同作用造成桂西北出现强降水。另外辐和带内地面中尺度系统的生成发展并相互作用, 致使凤山、东兰出现局地的强降水。

2.2 10 月 30 日~11 月 3 日过程的环流形势

30 日 08 时巴尔喀什湖西部有 568 低压中心, 贝加尔湖东部有一低槽, 副高脊线位于 21°N , 西脊点伸至 104°E , 中低层为偏南气流, 地面冷空气从东路不断扩散南下影响桂西北, 锋后冷高压中心强度为 1 030 hPa; 31 日 08 时, 贝湖东部低槽东移

至中国东北部, 槽底位于长江流域, 孟加拉湾有一低槽, 副高稳定维持, 中低层在贵州、湖南和广西之间有一条偏北风—南风向切变线, 地面冷空气东路影响, 锋后冷高压中心强度为 1 027.5 hPa。

副高稳定维持为此次强降水提供了源源不断的水汽, 辐合带内地面中尺度系统也起到不可忽视的作用。吴恒强曾经指出, 在东兰、巴马和凤山一带经常存在一个气旋性地形涡旋, 使这一带构成雨量分布的一个相对高值区。此外, 从地貌分析, 河池市的西北部和东北部属于山地, 海拔在 500~1 500 m; 东南部属丘陵, 海拔 200~500 m, 境内还有台地和平地, 分布在两大水系流域和丘陵谷地之间, 这样岭谷相间、山川急流交错的自然环境往往容易产生地形强迫的地形辐合, 从而形成地形性小涡旋。在这两次强降水过程中这两处地形的作用也有了明显的反应, 而且从地面流线反映来看, 在两次过程的强降水集中时段在桂西有一个辐合区, 东兰和凤山处在气旋性弯曲最大处。

2.3 两次过程的环流形势异同点

2.3.1 相同点

(1) 两次过程都是受北方冷空气与西南暖湿气流相互作用形成的。

(2) 副热带高压控制桂西北, 副高西脊点位置偏西, 在 105°E 附近。

(3) 过程中低层都有切变线配合, 而且在强降水中心处存在明显的地面扰动。

2.3.2 不同点

(1) 副热带高压与冷空气作用的时空分布不同(如图 1)。第一次过程中副高边缘的西南气流与贝湖低槽引导南下的冷空气相互配合, 为这次强降水提供了充沛的水汽条件; 而后一次过程中冷空气自始至终都是从东路渗透下来, 主要是由副热带高压边缘和北部湾北上云团, 期间副热带高压边缘西南

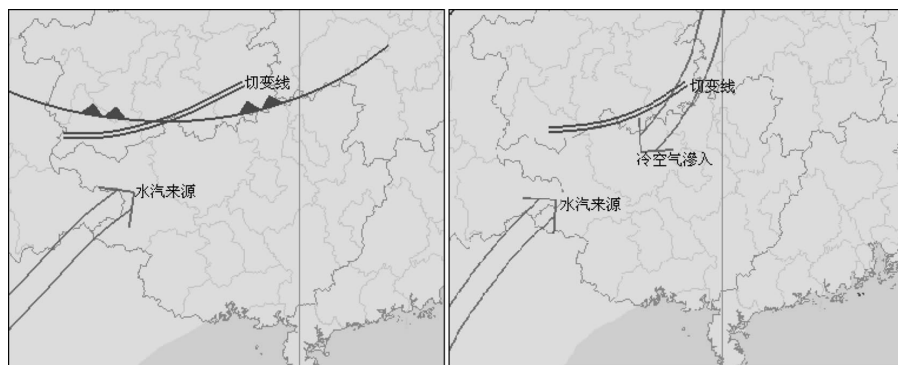


图 1 两次过程开始时系统配置 (左: 10 月 22 日 20 时; 右: 10 月 29 日 20 时)

气流起到了主导作用。

(2) 强度及路径不同。前者冷空气从西偏中路影响桂西北，通常对于影响桂西北的冷空气来讲西偏中路南下的速度相对于东路要快得多，再加上第一次过程冷空气强度明显强于第二次过程，具备两个有利南下的条件使得第一次过程的降温幅度大，较强冷空气与西南暖湿气流交汇进而出现了时间相对短的强降雨。

(3) 副高的变化不同。有研究结果显示：70%的寒露风过程的副高脊线纬度 $\leq 21^{\circ}\text{N}$ ，有92.5%的寒露风过程的副高脊线纬度 $\leq 25^{\circ}\text{N}$ ，本文中的两次过程副高脊线都在 25°N 以南，但是在这两次过程中前者副高脊线较后者偏南，而且在过程开始时副高就有减弱东撤的趋势，使得冷空气快速南下，后者脊线位置相对偏北，而且稳定维持，对冷空气起到一个削弱的作用，冷暖气流长时间在桂西北对峙造成了这次强降雨。

3 水汽输送和物理量场对比分析

利用实际观测的高空、地面资料，通过计算物理量对这两次强降雨过程做进一步对比分析。以下时间剖面图均以河池（ 108°E ， 24°N ）为基准点。

3.1 水汽输送条件分析

在这两次强降雨过程中，副热带高压边缘暖湿气流提供了很充沛的水汽，但两次过程又稍有不同，前一次强降雨过程中副热带高压脊线相对第二次过程要偏南，所以强降雨大值区位于桂西南南部，而且在这次强降雨过程中副高南压东撤的速度比较快，因此整个过程维持时间不是很长，局地降水强度大是和高低空系统的相互配合、冷暖空气交汇和地形的影响有着密切的关系；后一次过程相对

于前一次范围更广、强度更大、维持时间更长，其主要原因在于副高的稳定维持，加上冷空气不断渗透，冷暖气流长时间交汇在桂西北上空，进而造成了这次秋季里少见的强降雨过程。

3.2 动力条件分析

对两次过程中作以河池为基准点（ 108°E ， 24°N ）的垂直速度垂直剖面图（图2）发现：在整个强降雨时段从低层到150 hPa都是强上升运动，从图中可以看到，上升运动的大值区与降水强度的大值区相对应。两次过程对比来看，后一次过程上升运动明显强于前一次过程，而且维持时间也很长。

与此同时，本文还对这两次过程中的涡度场进行了对比分析（图3），两次过程的强降雨时段，桂西北上空对流层中低层为正涡度区，这也是流场扰动的中心，冷暖气流交汇，这里的气流扰动将潮湿空气卷入，在低层辐合后抬升，形成对流并释放潜热，迫使大气的温度升高，空气受热膨胀，并在高层向外流出，致使地面气压下降，从而使低层气旋性扰动加强。过程期间，对流层中低层的正涡度区与副热带高压边缘的西南气流的相对应，其结果就使潜热释放加强，对流进一步增强，最终导致强降雨的出现。

4 卫星云图特征分析

分析两次强降雨过程中卫星云图的演变情况可以发现，从22日开始南海一带热带云团非常活跃，随着副热带高压的加强西伸，其西脊点伸到 105°E 附近，相应地，热带云团活跃的区域出现在 $15^{\circ}\sim 21^{\circ}\text{N}$ ， $100^{\circ}\sim 115^{\circ}\text{E}$ 的范围内。这些热带云团在副热带高压西侧的偏西南气流的引导下不断地向西南—东北方向移动，影响桂西北。在两次过

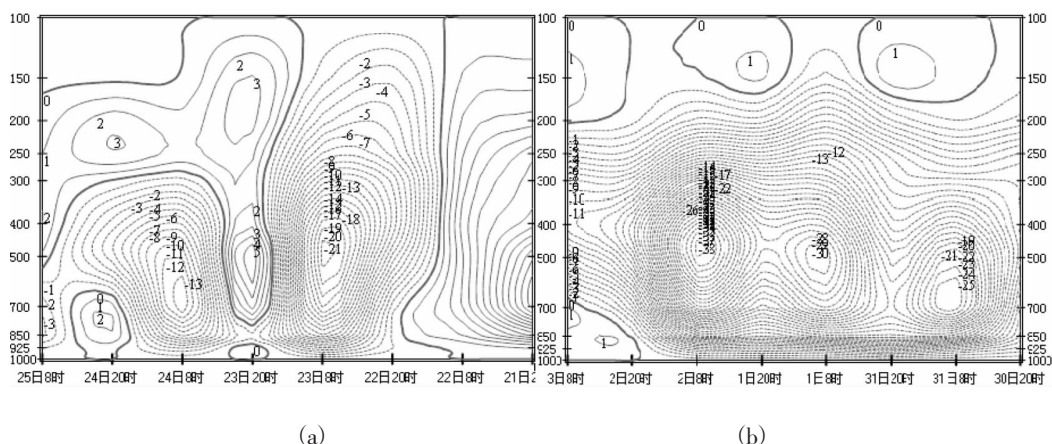


图2 10月21日~25日(a)和10月30日~11月3日(b)河池站点垂直速度剖面图

红水河流域 2009 年后汛期 8~10 月降水偏少环流特征分析

廖彩荣, 黄力坚, 韦 健

(河池市气象局 科技服务中心, 广西 河池 547000)

摘要: 选用国家气象局气候中心系统诊断预测室每月提供的 500 百帕环流指数、环流特征量资料等资料, 对 2009 年红水河流域 8~10 月份降水偏少成因的主要环流特征进行分析, 得出 2009 年 8~10 月 500 百帕亚洲地区中高纬以纬向环流为主; 极涡中心偏向东、西半球, 强度比常年偏强, 位置偏北, 不利于冷空气南下到低纬地区。南海夏季风爆发及结束时间比多年平均偏晚, 强度较常年偏弱; 副高位置偏西、偏北, 强度偏强; 热带气旋活动路径偏西、偏北。在这种大型环流形势的配置下, 使得低纬大部地区产生较大降水的条件受阻, 是造成红水河流域后汛期降水偏少的主要原因。

关键词: 后汛期降水偏少; 环流特征分析; 红水河流域

中图分类号: P458.1+21

文献标识码: A

文章编号: 1001-7852 (2011) S0-0043-03

1 流域降水概况

根据红水河流域 2009 年 8 月至 2010 年 10 月 (08~08 时) 8 个集雨区域逐日平均面雨量资料, 统计得出全流域累计平均面雨量为 106~227 mm。与常年同期相比, 大部分集雨区偏少 5 成到 8 成

(见图表 1 所示)。雨季结束比常年偏早, 创近 10 年来后汛期降水量偏少极值。从而导致了红水河流域区内的大、中、小型水电站在低水位状态下运行, 给水调发电造成严重影响。

2 主要环流特征分析

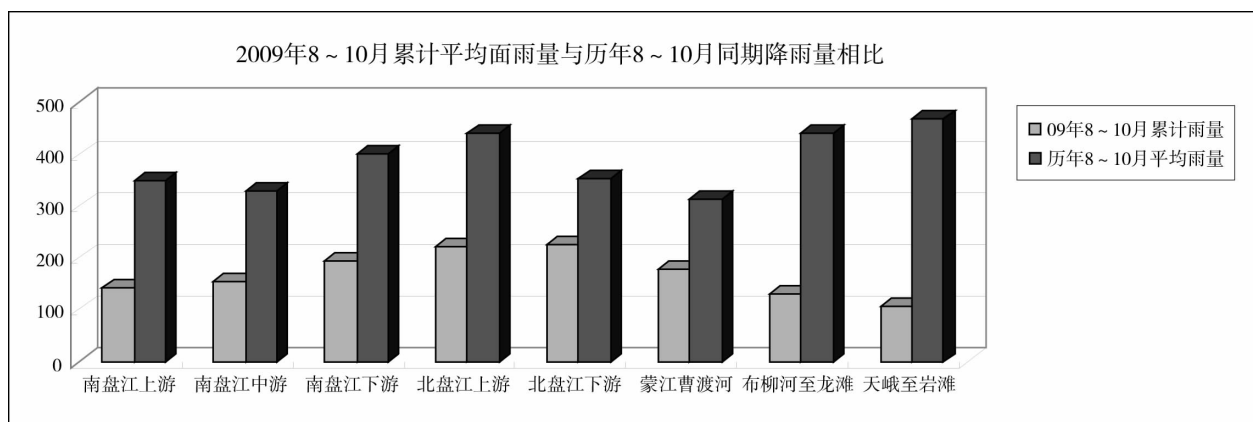


图1 红水河流域各集雨区 2009 年 8~10 月降雨量与历年 8~10 月同期雨量相比

收稿日期: 2010-10-21.

作者简介: 廖彩荣 (1956-), 女 (壮族), 广西壮族自治区河池市罗城县人, 高级工程师, 主要从事专业气象服务工作.

根据国家气象局气候中心系统诊断预测室每月提供的 500 百帕环流指数、环流特征量资料和北半球 500 百帕月平均高度场资料, 分别对 2009 年 8 月至 10 月环流特征进行分析, 得出了造成红水河流域降水偏少原因和环流演变特征。

2.1 中高纬环流特征

2.1.1 500 百帕月平均高度场特征分析

(1) 亚洲和欧亚地区环流形势特征

2009 年 8、9 月, 在 500 百帕月平均高度场上表现为: 亚洲地区中高纬以纬向环流为主。在整个欧亚大陆高压脊区不明显, 西风带平直; 同时在欧洲西部地区槽区强度较常年同期偏弱。10 月, 中高纬环流呈多波型分布, 高压脊区位置与常年同期相当。其中 5 个长波槽分别位于: 北美东海岸、欧洲西部沿海、中亚、东亚沿海和太平洋中部。常年平均在乌山地区的槽区偏弱, 中亚至东亚沿海主要为平直西风。东亚大槽位于东经 130 度附近 (常年同期位于东经 120 度附近), 比常年偏东约 10 个经距。这说明东亚大槽强度与常年同期接近或略偏强。但大槽后部为平直的纬向环流为主, 南北分量不明显, 虽然本月冷空气活动频繁, 但势力较弱, 不容易继续南下, 主要影响中国北方地区^[2]。

(2) 极涡位置和强度特征

2009 年 8 月, 极涡中心稍偏向东半球, 中心强度为 5 360 gpm, 比常年同期偏强; 9 月, 极涡中心偏向西半球, 接近常年同期, 呈绕极型分布, 其中心强度为 5 280 gpm; 东亚大槽位置、强度与常年相似。10 月, 极涡中心呈单极型, 极涡中心与 9 月大致相同, 也偏向西半球, 强度偏弱 (与常年相近)。极涡强度为 5 280 gpm 较常年同期 5 200 gpm 相比明显偏弱; 则使得本月中国冷空气强度总体偏弱^[3] (见表 1)。

表 1 2009 年 8~10 月极涡中心位置、强度特征

项目	8 月	9 月	10 月
2009 年极涡中心位置	北纬 80 度 东经 160 度	北纬 78 度 西经 65 度	北纬 78 度 西经 75 度
2009 年极涡中心强度	5 350	5 240	5 280
历年极涡中心平均强度	5 390	5 260	5 120

2.1.2 500 百帕月平均环流指数特征分析

环流指数, 是判断西风带大型环流演变的定量指标^[3], 一般用 I_z、I_m 分别表示纬向环流指数和经向环流指数。当纬向环流增强时, 为高指数, 表示西风带气流平直; 当南北气流交换时, 指数下

降。由表 2 可知, 从 2009 年 8 月到 10 月, 无论是亚洲地区或亚欧地区 I_z 指数都是逐月递增, 这表示西风带环流主要以纬向环流为主。在同一时段内, I_m 指数值比 I_z 指数小, 这表明了经向环流强度弱, 只有小股冷空气活动较多, 强冷空气活动较少。

表 2 2009 年 8~10 月 500 百帕月平均西风环流指数特征量

地区平均环流指数		8 月	9 月	10 月
亚欧地区	I _z	0.85	1.17	1.43
	I _m	0.41	0.37	0.66
亚洲地区	I _z	0.77	1.11	1.44
	I _m	0.34	0.32	0.72

2.2 低纬环流特征

2.2.1 副热带高压位置偏西、偏北, 强度偏强

2009 年 8 月, 西北太平洋副热带高压位置偏北, 强度偏强, 西脊点在东经 95 度, 脊线在北纬 27 度附近, 其面积指数为 38, 强度指数为 73; 9 月, 副热带高压位置偏西, 强度偏强, 且呈东西向带状分布, 西伸脊点在东经 100 度, 脊线在北纬 25 度; 面积指数为 36, 强度指数为 83。常年 10 月份副热带高压主体位于西北太平洋上, 脊线在北纬 20 度以南地区, 西脊点位于东经 140 度以东。而今年 10 月副高呈带状分布, 强度指数为 56, 西脊点延伸到东经 100 度附近 (见表 3 和表 4)。在这种形势影响下, 则使得位于低纬地区红水河流域不容易

表 3 副高西脊点位置和副高脊线位置
(历年平均位置和当年位置)

特征位置	8 月	9 月	10 月
历年副高西脊点平均位置	119	116	106
2009 年副高西脊点位置	95	95	100
特征位置	8 月	9 月	10 月
历年副高平均脊线位置	27	24	22
2009 年副高脊线位置	27	25	18

表 4 副高面积指数和副高强度指数
(历年平均指数和当年指数值)

指数特征	8 月	9 月	10 月
历年平均副高面积指数	22	21	21
2009 年副高面积指数	38	36	28
指数特征	8 月	9 月	10 月
历年平均副高强度指数	38	38	37
2009 年副高强度指数	73	83	56

产生有效降水，气温持续偏高，降水量、径流量逐月偏少的原因之一。

2.2.2 热带气旋活动路径特征

红水河流域后汛期 8~10 月产生较大降雨，主要水汽来源是东风热带系统——台风和热带风暴。2009 年 8 月，在西北太平洋和南海海域共有 5 个台风和热带风暴生成。生成个数较常年同期（5.6 个）偏少；其中登陆 2 个；登陆个数较常年同期（2.0 个）持平。2009 年 07 号热带风暴“天鹅”移动路径为偏西—西南方向；08 号热带风暴“莫拉”移动路径向西北—北—东北移。则流域大部区域多为辐散下沉气流影响，干热少雨。

9 月，有 2 个热带气旋登陆中国。13 号热带风暴“彩虹”在南海中部海面生成，生命期短暂、强度弱、移速变化大，移向偏西（具有局地降水强的特点：海南省出现暴雨到大暴雨）。16 号台风“巨爵”，在菲律宾北部近海生成。具有登陆强度强、发展快、靠近近海加强的特点，中心风力为 12 级（35 m/s），移动路经西偏北。受“巨爵”外围云系影响，15 日到 18 日广西的南部沿海及北部湾出现大暴雨和特大暴雨；红水河流域大部集雨区有小雨，过程累计面平均雨量 13~20 mm。因为前期降水稀少，地表发量大，产生径流量极小，对电站作用不大。

10 月，在西北太平洋上有 5 个编号为热带气旋和 1 个南海热带低压活动。但热带气旋活动路径偏南，只有 0917 号热带风暴和南海热带低压登陆中国。0917 号热带风暴和南海热带低压^[1,4]主要对海南省影响大，分别在其北部、东部、中部陆地出现了暴雨到大暴雨天气；红水河流域大部集雨区域有小雨量级的降水。

3 南海夏季风活动演变特征

有关研究指出^[3]：南海夏季风、西南季风、东亚季风对中国夏季降水异常的分布产生不同的影响。这里我们着重分析南海夏季风的演变情况对流域 8~10 月降水的影响。以北纬 10~20 度，东经 110~120 度范围内平均纬向风和假相当位温为判断指标。当平均纬向风由东风稳定转为西风时，以及假相当位温地大于 340°k 时，为南海夏季风爆发指标。则分析得出：2009 年南海夏季风于 5 月第 6 候开始爆发，比多年平均时间偏晚；于 10 月第 3 候结束，比常年偏晚；其强度较常年偏弱。南海季风演变过程表现为：7 月第 3 候到 8 月第 2 候、9 月第 2、第 3、第 6 候及 10 月第 1、第 2 候偏强；其它时间偏弱（图略）。艾婉秀等^[2]对南海夏季风的建立到结束，与中国雨带维持、减弱有很好的对应关系。7 月下旬，夏季风前沿南退，主要雨带在江淮到江南西部。8 月夏季风前沿向北推进，雨带位于华北南部和黄淮地区。9 月由于副高位置继续偏北，江南、华南为干热气流控制，高温天气持续。10 月中旬以后夏季风撤退到南海地区。

4 流域 2009 年 8~10 月主要降水过程

红水河流域 2009 年 8~10 月主要降水过程如表 5 所示。

5 结语

由上述分析得出：造成 2009 年红水河流域后
(下转第 48 页)

表 5 红水河流域 2009 年 8 月~10 月主要降水过程

起至时间	主要影响系统	降水范围	降水强度
8 月 3~6 日	850 百帕切变线、西风带小槽	南、北盘江部分区域	中到大雨局部
	7 号、8 号台风外围气流	其余大部区域	暴雨小雨
8 月 12~17 日	西风带小槽、副高边缘东南流	流域大部区域	小雨部分区域有中雨
8 月 28~30 日	副高西侧对流云系	流域大部区域	小到中雨局部大雨
9 月 13~18 日	15 号台风外围云系	流域大部区域	小雨局部中雨
9 月 20~22 日	弱冷空气、850 百帕切变线	流域大部区域	中到大雨
10 月 3~5 日	副高边缘东南流	南、北盘江部分区域	阵雨
10 月 7~13 日	副高边缘东南流	南、北盘江部分区域	阵雨
10 月 17~20 日	弱冷空气、850 百帕切变线	流域大部区域	小雨局部中雨
10 月 25~27 日	弱冷空气、850 百帕切变线	流域大部区域	小雨局部中雨

2009 年河池市持续晴热少雨天气特征分析

党国花, 陆广驰, 张玉录

(河池市气象台, 广西 河池 547000)

摘要: 2009 年 8 月至 9 月河池市出现了持续性的晴热高温天气, 高温天气与大气环流异常、副热带高压位置、强度、稳定控制等因素有关, 大气环流的异常导致高压带停滞不动是一个直接影响高温天气出现的重要因素, 因此, 副热带高压是做好高温天气预报的一个最关键的天气系统。

关键词: 环流异常; 高温; 河池市

中图分类号: P458

文献标识码: A

文章编号: 1001-7852 (2011) S0-0046-03

1 天气概况

本文高温定义为日最高气温 $\geq 35^{\circ}\text{C}$, 出现 ≥ 3 个站的日最高气温 $\geq 35^{\circ}\text{C}$ 高温天气为一个高温日。今年 8 月至 9 月上旬, 河池市持续晴热高温, 出现了两段全市性的、历史少有的日最高气温 $\geq 35^{\circ}\text{C}$ 的晴热高温天气过程: 一段出现在 8 月 19 日~29 日, 共 11 天。8 月 23 日桂西北最高气温超过 37°C 的有 3 个站点, 极端最高为 37.7°C , 出现在都安; 另一段出现在 9 月 2 日~10 日, 共 9 天, 其中 9 月 7 日有 6 个站点日最高气温超过 37°C , 极端最高出现在天峨, 为 38.2°C 。

8 月份至 9 月上旬河池市出现日最高气温 $\geq 35^{\circ}\text{C}$ 的有 27 个高温日, 其中东兰日最高气温 $\geq 35^{\circ}\text{C}$ 的总日数多达 26 天, 市区为 23 天, 尤其 9 月上旬高温天气过程持续 10 天之久, 为河池市 1961 年以来历史同期之最。另据统计 8 月至 9 月份全市降水量比常年同期偏少, 全市出现夏秋连旱, 造成全市有 5 个县出现特旱、4 个重旱、2 个中旱, 9 月 4 日发布河池市首例干旱橙色预警信号, 9 月 5 日环江、东兰、巴马和凤山也相继发布了干旱橙色预警信号。此次高温少雨天气过程范围广、持续时

间长, 给人们的日常生活带来了很大的影响, 尤其使农业旱情加剧, 给农业生产造成了极为严重的影响。

2 持续性晴热高温天气成因分析

2.1 气候背景

此次持续性晴热高温天气是全球气候变暖背景下出现的极端气候事件。在这种气候背景下, 全球各地温度、降水等气象要素易出现时间和空间上的分布不均, 形成极端气候事件。时间上表现为某个时段少雨, 而某个时段多雨; 某个时段特别炎热, 而某个时段特别寒冷。空间上表现为某地少雨, 而某地多雨; 某地特别炎热, 某地特别寒冷。2008 年来, 河池市先后出现的低温雨雪冰冻灾害, 宜州龙头洪灾、罗城卡马洪灾、夏秋连旱等极端气候事件就是在这一背景下产生的。

再者就是厄尔尼诺事件的影响。气象学家的许多研究表明; 当厄尔尼诺现象发生时, 不仅会使热带环流和天气气候发生异常, 甚至会引起全球范围内的大气环流异常, 出现较大范围的干旱、洪水、低温冷害等灾害性天气。

观测数据表明 2009 年是厄尔尼诺年, 厄尔尼

诺事件与中国大陆旱涝有直接关系，厄尔尼诺年当年或次年桂西北易出现大旱，如 1962 年是厄尔尼诺年，1963 年河池出现大旱。

2.2 大气环流异常

2.2.1 副热带高压面积指数大、强度偏强、脊点位置偏西

在对流层的中、下层，太平洋副热带高压的主体一般位于海洋上，而西端的脊伸达中国沿海，夏季可伸入大陆，天气实践指出，它直接影响中国天气的主要是伸向中国大陆的一个脊，当然有时也可以在中国沿海或陆上出现闭合的高压单体，在脊线附近，为下沉气流，多晴朗少云天气，又因气压梯度小，风力微弱，天气则更加炎热，河池市的这次高温干旱天气就是由于副热带高压脊长久地控制本地所造成的。

另一方面，西风带强度弱致使西太平洋副热带高压出现长周期变化。在这次高温干旱天气过程中，西太平洋副热带高压稳定盘踞长江中下游以南地区长达十几天，对应 500 hPa 天气图可以看到：在这段时间西风带系统强度偏弱，当西风环流较平直时，其上的小槽、小脊只能引起西太平洋高压外围等高线的变形，而副热带高压脊线位置的变动很小，导致副高变化出现长周期。

国家气候中心气候预测室提供的西太平洋副热带高压特征量资料显示：8~9 月副热带高压的面积指数偏大、强度偏强、脊点位置偏西（表 1），由此可见，副热带高压的稳定盘踞，其面积指数偏大、强度偏强、脊点位置偏西是这次高温干旱天气形成的主要因素。

表 1 西太平洋副热带高压特征量

时间	面积 指数	强度 指数	西伸 脊点	脊线 位置	北界 位置
8 月	38	73	95	27	33
历年 8 月平均值	22	38	123	38	32
9 月	36	83	95	25	31
历年 9 月平均值	21	38	116	24	29

2.2.2 暖低压发展旺盛

在这次高温干旱天气过程中 8 月中下旬至 9 月上旬是高温天气范围最广的一段时期，回顾这个过程的实时地面图资料可以发现：在云南、四川、贵州和广西交界的大部分地区长时间被暖低压控制，河池在较长的一段时期都处在暖低边缘，而且只有一根等压线，也就是说期间等压线稀疏、气压梯度

小、风力弱，致使河池市早晨 08 时的气温都在 25~29℃，加上白天碧空，使得气温步步高升。

2.2.3 热带低压系统位置偏东、偏南

2009 年西太平洋和南海共有 22 个编号热带气旋生成，比历史同期偏少 5.4 个，而有 9 个登陆中国，较历史同期偏多 2.2 个，具有登录时间集中、地段偏南等特点，其中接近半数的台风路径较为复杂，其中 9 月生成的台风个数最多，而多年平均生成台风最多的 8 月却生成台风个数偏少。2009 年 8~9 月上旬共有 6 个台风在西太平洋和南海生成，但无一例登陆广西，只有“莲花”和“彩虹”在移动过程中对广西沿海产生一些风雨影响，而河池市地处广西西北边陲、云贵高原南麓，台风的影响更是微乎其微。所以在这次高温干旱天气过程中，热带低压系统位置偏东、偏南又是一大影响因素。

3 河池市高温天气预报预测要点

副热带高压是造成高温天气的主要影响系统，因此，做好高温预报首先要做好副热带高压位置的预报预测。

(1) 利用数值预报产品对西太平洋副热带高压的变化作出趋势预报，检验发现，目前使用的 ecmwf 数值预报对未来 7 天副高的强度及移动变化的预报还是比较准确的，可将此作为高温预报出现或持续的一个依据。

(2) 根据副热带高压自身特点作出预报。多年观测事实表明，太平洋副热带高压是常年存在的，它是一个稳定少动的暖性深厚系统，其强度和范围，冬夏都有很大差别，其移动在随季节作南、北移动的同时，还有较短时期的活动，即北进中可能有短暂的南退，南退中可能出现短暂的北进，且北移常与西进结合，南退常与东缩结合，由此可以把握一个大的移动趋势。

(3) 西风环流的强弱是把握副热带高压活动周期长、短的一个重要依据。副热带高压的活动周期长的可达 10 天以上，短的只有 1~2 天，一般称 10 天以上的为长周期，10 天以下的为短周期。当西风环流较平直时，其上的小槽、小脊只能引起西太平洋高压外围等高线的变形，而副热带高压脊线位置的变动很小，此时往往造成副高出现长周期变化，但当东移的是发展强大的槽、脊时，就会造成西太平洋副热带高压的短周期变化。

(4) 台风的移动路径和西太平洋副高的变化有

相互制约的关系。太平洋上的台风,多产生于西太平洋副热带高压南缘,并沿高压的外围移动,但台风在受其外围气流“操纵”的同时会给高压以一定的影响,特别是当台风强大时,影响更为显著,这一点可根据实际情况加以判断。

4 结语

(1) 全球气候变暖和厄尔尼诺事件是河池市出

现此次持续性晴热高温天气的大气候背景。

(2) 大气环流异常致使副热带高压长时间停滞少动是导致河池市高温天气出现的一个最直接的因素。

(3) 当副热带高压脊线位置在 $23^{\circ} \sim 26^{\circ} \text{N}$, 西脊点位于 105°E , 可作为预报本地高温天气的一个依据。另外 14 时当地露点温度对空气湿润度有很大的指示作用,可用于未来 24 小时最低温度的预报。

参考文献:

- [1] 朱乾根. 天气学原理和方法 [M]. 3 版. 北京: 气象出版社.
- [2] 梁飞燕, 欧坚莲. 桂东盛夏异常高温天气特征分析 [J]. 广西气象, 2004, 25.
- [3] 黄归兰. 2005 年 7 月南宁市高温天气过程分析 [J]. 广西气象, 2006, 27.

(上接第 45 页)

汛期 8~10 月降水量偏少, 雨季结束期偏早的主要原因是: 2009 年 8~10 月 500 百帕亚洲地区中高纬以纬向环流为主, 表现为 I_z 持续高指数; 极涡呈绕极型或极涡中心偏向东、西半球分布, 强度比常年偏强, 但位置偏北, 不利于冷空气南下到低纬地区。南海夏季风夏季风爆发, 比多年平均时间偏

晚; 结束时间, 也比常年偏晚; 其强度较常年偏弱(副热带高压位置偏西、偏北, 强度偏强); 热带气旋活动路径呈偏西—西南、偏北—东北向; 流域持续处在干热的下沉气流区内。在这种环流形势下, 使得低纬地区产生较大降雨的条件受阻, 是造成红水河流域后汛期降水偏少的主要原因。

参考文献:

- [1] 王文东. “芭玛”登陆海南, 京津出现降雪 [J]. 气象, 2010, 36 (1): 119-123.
- [2] 艾婉秀. 2009 年海洋和大气环流异常及对中国气候的影响 [J]. 气象, 2009, 36 (4): 101-105.
- [3] 章基嘉, 葛玲. 中长期天气预报基础 [M]. 北京: 气象出版社, 1983.
- [4] 钟海玲, 徐良炎. 江南华南干旱发展“芭玛”登陆海南 [J]. 气象, 2010, 36 (1): 124-125.

水稻老龄秧移栽的早穗现象及气候分析

浦吉存¹, 方黎明²

(1. 曲靖市气象局, 云南 曲靖 655000; 2. 陆良县气象局, 云南 曲靖 655000)

摘要: 2009 年秋冬至 2010 年春和初夏曲靖发生的严重干旱天气, 造成曲靖全市 2010 年水稻等水移栽, 大面积水稻移栽秧龄由常年的 40~50 d 变为 60~65 d, 加之水稻生育期内特别是播种至移栽期和移栽至抽穗开始期平均气温偏高, 水稻营养生长期缩短, 出现早穗现象。
关键词: 水稻; 移栽秧龄; 早穗现象; 气候分析
中图分类号: S35; P42 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-7852 (2011) S0-0049-04

0 引言

2009 年秋冬至 2010 年春和初夏曲靖发生罕见的连续严重干旱天气, 无水移栽使曲靖市 2010 年水稻移栽节令较常年偏晚 1 个月左右, 同时水稻移栽时秧龄也由常年的 40~50 d 变为今年的 60~65 d。由此引起水稻移栽后至成熟的一系列异常生理反应现象, 经大田调查和农业气象条件分析如下。

1 2010 年水稻发生早稻现象

1.1 罗平县杂稻水稻早穗现象

据调查在罗平县种植的: (1) 云南省水稻鉴定试验, 44 个参试品种 (组合), 4 月 21 日播种, 6 月 21 日移栽, 秧龄 61 d, 其中有 24 个品种 (组合) 出现早穗, 早穗率 54.5%; (2) A、B、C3 组云南省水稻新品种区试, 4 月 16 日播种, 6 月 21 日移栽, 秧龄 66 d, 33 个参试品种有 22 个出现早穗, 早穗率 66.7%; (3) 云南省水稻新品种试种试验, 参试品种 6 个, 4 月 21 日播种, 6 月 21 日移栽, 秧龄 61 d, 其中有 3 个品种出现早穗, 早穗率 50%。

在罗平县内合计调查 83 个杂交水稻品种, 49

个品种出现早穗, 早穗率 59.0%。
1.2 陆良县水稻农业气象观测点早穗现象

2010 年陆良水稻农业气象观测点 6 月 1 日移栽, 秧龄 62 d, 品种楚梗 26 号, 7 月 12 日部分主茎开始抽穗, 8 月 16 日齐穗, 10 月 2 日成熟, 移栽至开始抽穗 41 d, 抽穗持续时间 35 d, 移栽至齐穗 76 d, 移栽至成熟 123 d, 全生育期 185 d。

2009 年同一地点同一品种的农业气象观测点 5 月 8 日移栽, 秧龄为 47 d, 7 月 24 日抽穗始期, 8 月 2 日齐穗, 9 月 14 日成熟, 移栽至开始抽穗为 77 d, 抽穗持续时间为 9 d, 移栽至齐穗为 86 d, 移栽至成熟 129 d, 全生育期 176 d。

多年平均同一地点农业气象观测点 5 月 11 日移栽, 秧龄为 51 d, 8 月 1 日抽穗始期, 8 月 10 日齐穗, 9 月 22 日成熟, 移栽至开始抽穗为 82 d, 抽穗持续时间为 9 d, 移栽至齐穗为 91 d, 移栽至成

表 1 陆良县农业气象观测点水稻发育期间间隔日数 d

项目	播种至移栽期	移栽至拔节期	拔节至抽穗始期	抽穗始期至抽穗普期	抽穗普期至抽穗乳熟期	播种至抽穗始期	移栽至抽穗始期	全生育期
2010 年	62	39	2	31	19	103	41	185
2009 年	47	61	16	6	16	124	77	176
多年平均	51	59	18	6	20	128	77	186

熟 134 d, 全生育期 185 d。陆良农业气象观测点水稻发育期间间隔日数, 如表 1 所示。

从表 1 看出, 2010 年陆良水稻生育期间间隔日数相差大的是移栽至拔节期为 39 d, 比上年提早 22 d, 比多年平均提早 20 d; 拔节至抽穗始期仅为 2 d, 比上年提早 14 d, 比多年平均提早 16 d; 抽穗始期至抽穗普期为 31 d, 比上年和多年平均延长 25 d; 播种至抽穗始期 103 d, 比上年提早 21 d, 比多年平均提早 25 d; 移栽至抽穗始期 41 d, 比上年和多年平均提早 36 d。2010 年抽穗普至乳熟期及全生育期与多年平均接近。2010 年陆良农业气象观测点水稻发生早穗现象, 由以上分析得出: 老龄秧移栽缩短了移栽至拔节期间的营养生长期; 缩短了拔节至抽穗开始期的时间, 仅为 2 d; 也缩短了移栽至抽穗开始时间; 延长了抽穗完成时间, 从开始抽穗至齐穗持续时间 35 d; 但全生育期变化不大。

1.3 陆良县水稻田间调查

2010 年 7 月 20 日抽穗始期陆良水稻田间调查: 经农气观测点、大田生育状况调查点和陆良不同地点的其它田块调查, 普遍出现同一田块多种发育期共存现象, 即同一田块有分蘖、拔节、孕穗、抽穗和开花共存现象, 提早抽穗的为主茎。在抽穗普期、乳熟期和成熟期都进行大田调查, 也有多种发育期共存现象, 而且在成熟期调查发现先抽穗的水稻已开始落粒。2010 年水稻不同发育期大田调查如图 1 所示。

2 陆良农业气象观测点水稻生理性状

2.1 陆良农气观测点水稻发育期

表 2 陆良农业气象观测点水稻发育期 月、日

项目	播种期	移栽期	分蘖期	拔节期	孕穗期	抽穗始期	抽穗普期	乳熟期	成熟期
2010 年	3.31	6.1	6.17	7.10	7.31	7.12	8.12	8.31	10.2
2009 年	3.22	5.8	5.26	7.8	7.18	7.24	7.30	8.15	9.14
多年平均	3.21	5.11	6.2	7.12	7.23	8.1	8.6	8.26	9.22

由表 2 看出: 2010 年陆良水稻播种期比上年和多年平均偏晚 10 d 左右; 移栽期比上年偏晚 24 d, 比多年平均偏晚 21 d; 抽穗始期比上年早 12 d, 比多年平均早 20 d。因此 2010 年陆良农气观测点水稻发育期移栽偏晚、秧龄偏长、抽穗开始期提早。

表 3 陆良农气观测点水稻株高、密度

		cm、1m ² 株 (茎) 数						
项	目	移栽期	返青期总株数	拔节期	抽穗期有效茎数	乳熟期	乳熟期有效茎数	
2010 年	株高	40		55		88		
	密度	2685.31	69.90	332.46	371.53	393.68	343.23	
2009 年	株高	35		64		86		
	密度	2246.25	81.37	402.36	371.20	380.47	367.01	
多年平均	株高	26		67		88		
	密度	3260.75	72.52	441.08	415.48	427.85	412.65	

2.2 陆良农业气象观测点水稻株高、密度

由图 3 看出: 2010 年陆良农气观测点水稻株高移栽期比上年偏高 5 cm, 比多年平均偏高 14 cm; 拔节期比上年偏矮 9 cm, 比多年平均偏矮 12 cm; 乳熟期相差不大。说明 2010 年水稻株高移栽期偏高, 拔节期偏矮, 乳熟期不变。

2010 年陆良农气观测点水稻密度移栽期总株数比上年多, 比多年平均少; 返青期总株数和拔节期总茎数比上年、比多年平均都偏少; 抽穗期有效茎数与上年持平, 比多年平均偏少; 乳熟期总茎数比上年偏多, 比多年平均偏少, 有效茎比上年和多年平均都偏少, 因此 2010 年水稻无效分蘖偏多。从水稻本田不同发育期密度看: 2010 年总茎数最高为乳熟期, 去年和多年平均总茎数最高都是拔节期。

2.3 陆良农业气象观测点水稻分蘖动态

2010 年水稻移栽期比上年晚 24 d, 比多年平均晚 21 d, 分蘖期比上年晚 22 d, 比多年平均晚 15 d, 分蘖高峰期比上年晚 25 d。基本苗 1.2 m 比去年少 11.47 株, 有效茎 1.2 m 比去年少 23.78 株。由图 2 看出: 2010 年水稻分蘖动态虽与上年相似, 但分蘖开始时间和结束时间都比上年推迟 20 d 左右。基本苗和有效茎都明显少于上年和多年平均。

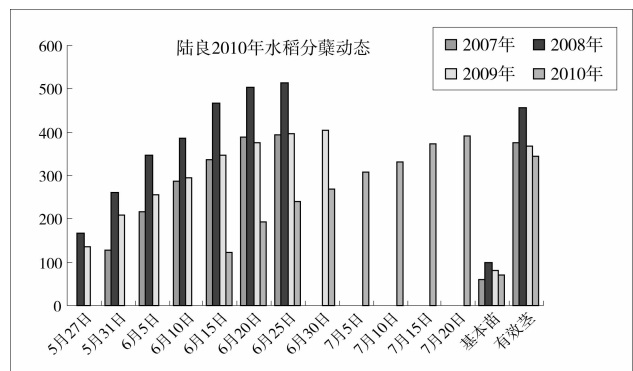


图 2 陆良农气观测点水稻分蘖动态

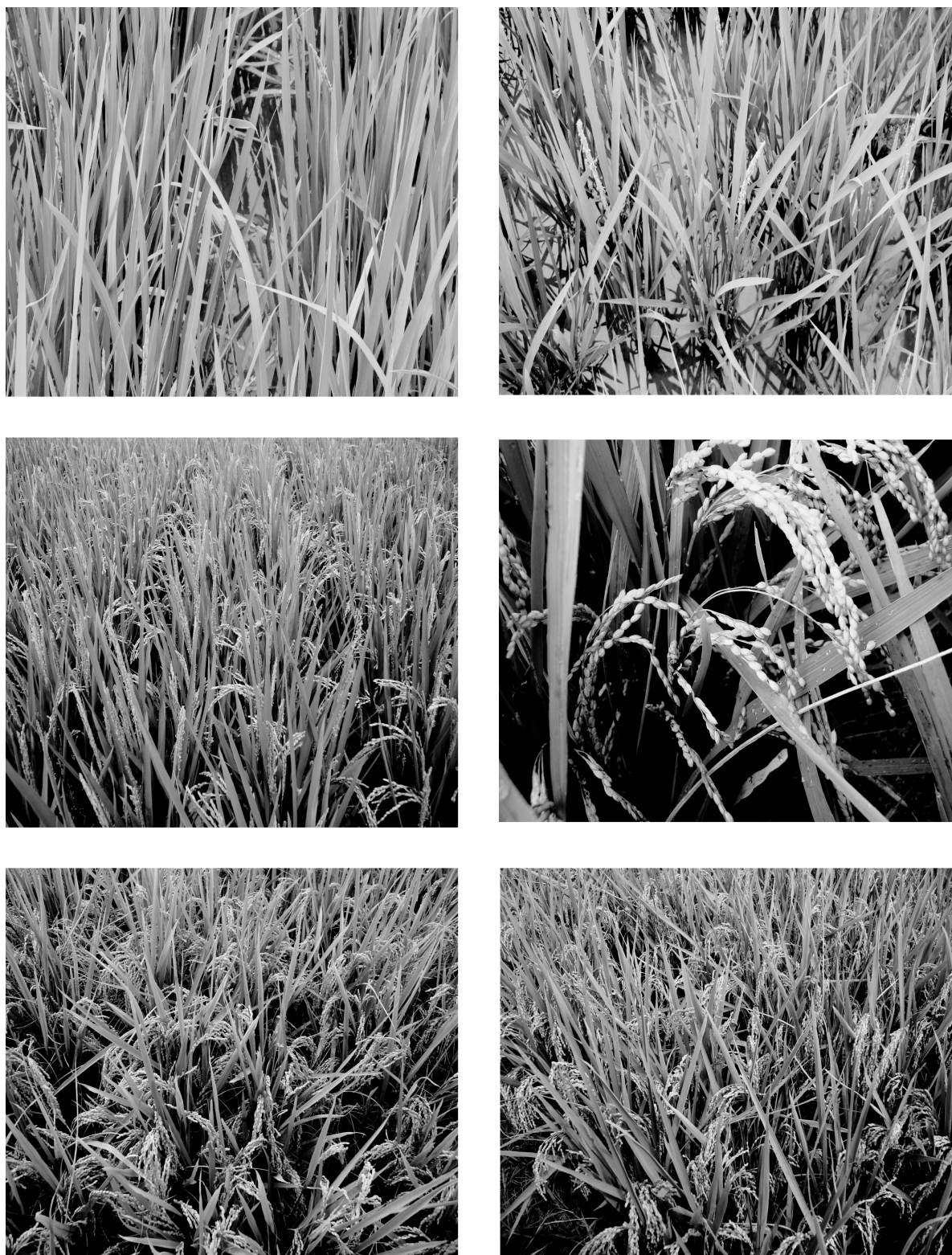


图1 陆良县水稻不同发育期早穗调查

3 陆良农业气象观测点水稻各生育期间农业气象条件

由表4看出2010年陆良农气观测点水稻以下几个特点。

3.1 全生育期

平均气温比上年平均偏高 0.7°C ，比多年平均偏高 1.1°C ； $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 活动积温比上年偏多 329.9°C ，比多年平均偏多 199.7°C ； $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 有效积温比上年偏多 219.9°C ，比多年平均偏多 189.7°C 。

表 4 陆良农业气象观测点水稻各生育期农业气象条件

项 目	2010 年			2009 年			多年平均		
	平均气温 /℃	≥10℃有效 积温 /℃	≥10℃活动 积温 /℃	平均气温 /℃	≥10℃有效 积温 /℃	≥10℃活动 积温 /℃	平均气温 /℃	≥10℃有效 积温 /℃	≥10℃活动 积温 /℃
播种至移栽期	20	623	1243	16.9	326	776	17.1	366.7	856.7
移栽至拔节期	20.7	417.8	807.8	19.8	595.5	1 205.5	20.1	596.5	1 186.5
拔节至抽穗始期	22.1	24.1	44.1	21.8	188.4	348.4	20.4	186.9	366.9
抽穗始至抽穗普期	20.6	330.1	640.1	20.4	62.1	122.1	19.6	57.6	117.6
抽穗普至乳熟期	19.9	188	378	20.5	167.4	327.4	19.7	194.2	394.2
播种至抽穗始期	20.3	1 064.9	2 094.9	18.9	1 109.9	2 329.9	19	1 150.2	2 410.2
移栽至抽穗始期	20.8	441.9	851.9	20.2	783.9	1 553.9	20.2	783.4	1 553.4
全生育期	20.1	1872	3722	19.4	1 652.1	3 392.1	19	1 682.3	3 522.3

3.2 播种至抽穗始期

平均气温比上年平均偏高 1.4℃，比多年平均偏高 1.3℃；但≥10℃活动积温比上年偏少 235.0℃，比多年平均偏少 315.3℃；≥10℃有效积温比上年偏少 45.0℃，比多年平均偏少 85.3℃。

3.3 移栽至抽穗始期

平均气温比上年和多年平均偏高 0.6℃；但≥10℃活动积温比上年偏少 702.0℃，比多年平均偏少 701.5℃；≥10℃有效积温比上年偏少 342.0℃，比多年平均偏少 341.5℃。

3.4 播种至移栽期

平均气温比上年平均偏高 3.1℃，比多年平均偏高 2.9℃；≥10℃活动积温比上年偏多 467.0℃，比多年平均偏多 386.3℃；≥10℃有效积温比上年偏多 297.0℃，比多年平均偏多 256.3℃。

3.5 移栽至拔节期

平均气温比上年平均偏高 0.9℃，比多年平均偏高 0.6℃；≥10℃活动积温比上年偏少 397.7℃，比多年平均偏少 378.7℃；≥10℃有效积温比上年偏少 177.7℃，比多年平均偏少 178.7℃。

3.6 抽穗始至抽穗普期

平均气温比上年平均偏高 0.2℃，比多年平均偏高 1.0℃；≥10℃活动积温比上年偏多 518.0℃，比多年平均偏多 522.5℃；≥10℃有效积温比上年偏多 268.0℃，比多年平均偏多 272.5℃。

3.7 抽穗普至乳熟期

平均气温比上年平均偏低 0.6℃，比多年平均偏高 0.2℃；≥10℃活动积温比上年偏多 50.6℃，比多年平均偏少 16.2℃；≥10℃有效积温比上年偏多 20.6℃，比多年平均偏少 6.2℃。

3.8 气象条件分析

2010 年陆良农气观测点水稻气候条件是全生育期平均气温偏高，尤其以播种至移栽期偏高突出；播种至抽穗始期、移栽至拔节期和移栽至抽穗始期虽然平均气温偏高，但≥10℃活动积温、≥10℃有效积温比上年和多年平均都偏少；抽穗普至乳熟期平均气温、≥10℃活动积温、≥10℃有效积温与上年和多年平均相比变化不大。因此 2010 年陆良农气观测点水稻营养生长期平均气温和积温变幅大，即营养生长期≥10℃活动积温、≥10℃有效积温变少；生殖生长期变幅小。

4 水稻早穗原因

从田间调查情况结合气象条件分析，发生早穗的主要原因有以下几点：

一是秧龄过长。一般杂交稻品种的适宜秧龄在 40 d 左右，常规稻适宜秧龄在 50 d 左右。2010 年由于干旱严重，等水栽秧，秧龄过长，特别是秧龄超过 60 d 以上，造成带蘖栽秧，秧苗在秧田期已经开始幼穗分化或拔节，移栽后不久就开始抽穗。

二是气候原因。2010 年水稻播种以来，持续高温少雨干旱，日照充足，全生育期平均气温偏高，≥10℃活动积温偏多，尤其以播种至移栽期偏高突出；导致营养生长期缩短，提前进入生殖生长阶段，从而发生早穗现象。

三是品种特性。不同的水稻品种对光、温敏感性有差异，全生育期短的品种，感温性强，易发生早穗现象。

四是秧田播种量多，秧苗期密度大。幼苗个体生长差，根系吸收能力弱，苗弱，高而不壮，移栽后施肥较少或施肥时间过迟，发生早穗。

干旱对 2010 年夏收作物的影响探讨

黄桂东¹, 陈朝龙², 石昌军¹, 唐红忠¹

(1. 黔南州气象局, 贵州 都匀 558000; 2. 惠水县气象局, 贵州 惠水 550600)

摘要: 根据 2009 年 6 月到 2010 年 3 月黔南州各站降水资料, 黔南州农业委员会秋、春农业生产进程调查资料、农业灾情调查资料, 以及贵州省山地所的土壤墒情监测资料、作物长势遥感监测资料等, 分析黔南夏秋冬春严重连续干旱的发生、发展情况, 分析在同期气候条件下, 以夏收为主的作物生长受到的影响, 结合干旱调查及历年降水情况, 对夏收粮油产量评估分析。这次连旱是黔南有记录以来 (自 1961 年以来) 最严重的一次, 自 2009 年 8 月到 2010 年 3 月全州平均降水量偏少 54.1%, 由于干旱的影响, 夏收粮油作物产量将较大幅度减产。

关键词: 连旱; 夏收作物; 降水量; 减产

中图分类号: S16; P49 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-7852 (2011) S0-0053-07

0 引言

在影响黔南州的气象灾害中, 干旱是影响最大、成灾面积最广的灾害, 对粮油作物的危害程度是最大的, 严重影响作物生长发育和产量的形成^[1]。

从 2009 年夏季 8 月开始黔南州各地雨量持续偏少, 8 月~次年 3 月降水量合计的距平百分率为 -35.8% (贵定) ~ -68.9% (平塘), 出现了有记

录以来的第一次夏秋冬春连旱。本文主要从夏收作物生产进程与干旱的发展进行探讨, 对于旱在作物的各个生长发育期的影响进行评估, 结合调查情况探讨干旱在农业生产中的影响及一些思考。

1 夏季降雨量情况

由于水库、山塘、小水窖等水利设施蓄水主要是在夏季, 特别是夏季后期的降雨对水利蓄水尤其

表 1 各地各季降水量及距平百分率 mm; %

项目	瓮安	福泉	贵定	龙里	惠水	长顺	罗甸	平塘	独山	荔波	三都	都匀
夏 实况	488.8	422.6	497.2	490.6	407.5	501.2	409.3	374.5	542.9	615.4	564.4	389.1
夏 历年	506.1	517.6	533.4	515.7	599.2	702.3	562.2	545.6	591	662.1	612.8	710.6
夏 距平百分率	-3.4	-18.4	-6.8	-4.9	-32	-28.6	-27.2	-31.4	-8.1	-7.1	-7.9	-45.2
秋 实况	133.2	113.1	164.4	143.6	108.2	99.1	110.6	65.6	142.3	148.3	102.4	184.6
秋 历年	238.2	245.6	243	239.3	245	272.9	208.6	239.9	268.6	220	257	290.3
秋 距平百分率	-44	-54	-32	-40	-56	-64	-47	-73	-47	-33	-60	-36
冬 实况	47.1	35.4	35.7	23.4	16.7	26.5	20.1	21.3	38.2	39.9	32	49.6
冬 历年	80.9	88.1	67.7	61.4	60.5	71.4	54.9	77.9	100.1	75.9	92.9	97.5
冬 距平百分率	-41.8	-59.8	-47.3	-61.9	-72.4	-62.9	-63.4	-72.7	-61.8	-47.4	-65.6	-49.1
三月 实况	19.2	29.7	39.6	12.9	9.2	4.8	0	4.1	9	1.5	7.3	32
三月 距平百分率	-59	-42	1	-66	-75	-88	-100	-91	-84	-96	-86	-38

收稿日期: 2010-10-21.
作者简介: 黄桂东 (1967-), 男, 贵州省都匀市人, 高级工程师, 从事气象预报服务工作.

重要，另外对土壤保墒也很重要，土壤墒情好坏将影响作物秋种及出苗壮苗。

6~8月雨量为374.5~615.4 mm，较常年偏少17.3~321.5 mm，偏少3.4%~45.2%（表1）。降雨集中在6、7月，8月降雨明显偏少，除长顺、瓮安偏少15%~37%外，其它各地都偏少5成以上，其中独山、都匀8月的3旬都偏少5成以上，月雨量偏少8~9成；中下旬连续偏少5成以上的还有惠水。州内大部分地区出现干旱，使一些地方的水利设施蓄水不足，在秋冬继续干旱后，出现用水困难。

2 秋季降雨情况和作物生产进程

9月进入秋季，降雨异常偏少，而温度偏高，各地干旱持续。9月上旬黔南州有7个县市基本无雨，中旬各地普遍降雨，雨量有7个县市偏多，下旬在21日出现一次降雨后又没有了降雨。而9月3旬的气温都普遍偏高2℃。根据农田表层土壤墒情指数分析，惠水出现旱情，墒情指数为-0.5，这阶段正是秋收时间，少雨天气对秋收有利。9月下旬末，少部分地区开始播种油菜。

10月上旬继续少雨，到上旬后期各地出现降

雨，从9月下旬到10月中旬各地出现10天到20天的少雨或干旱过程，中旬后半期和下甸的降雨解除或缓解了大部分地区的旱情。10月具体雨量为：26.9~61.2 mm，特别值得指出的是罗甸在10月17~19日出现20 mm降水后，到11月2日出现12 mm降雨，直到3月结束没有大于10 mm的降水。10月各地雨量偏少4~7成。

9月下旬开始油菜育苗，10月上旬各地陆续移栽，进度与上年基本相同。土壤墒情监测资料显示，中下旬的降雨过程使大部地区土壤墒情转好，对油菜移栽、小麦的播种十分有利。油菜移栽进度加快，完成了80%，从油菜育苗可栽面积和移栽面积及小麦播种面积大于上年的情况看，天气对夏收作物栽种的不利影响还不明显，农业生产进程正常（表2）。但由于雨量少，大部分地区山塘、水库蓄水不足。

11月上旬仅在1日局地有小雨外，各地均没有降雨。中旬强冷空气影响，出现了少见的阴冷天气，旬平均气温较常年偏低3~7℃，为1961年以来第二低值（1976年最低）。各地出现降水，但雨量较小，而西部直到旬末的20日才下了小雨，各地雨量仍然偏少，东部荔波、三都、都匀少1~4成，其余地区少5~7成。值得提到的是承担独山

表 2 黔南州农业局 2009 年秋种进度调查表

万亩

项目	小麦	秋洋芋	油菜育苗可栽大田面积	油菜	其中油菜移栽	杂粮
10月9日统计						
去年同期	1.00	2.30	82.6	6.85	5.01	3.72
今年	1.52	1.76	86.7	7.32	4.68	2.06
10月20日统计						
去年同期	2.61	3.11	85.77	19.61	13.33	5.07
今年	5.68	2.10	91.72	39.05	30.68	4.35
11月3日统计						
去年同期	18.62	5.06	89.17	77.16	65.23	8.94
今年	25.41	2.80	94.62	86.94	73.15	9.27
11月10日统计						
去年同期	31.72	5.81	89.17	92.77	75.66	9.72
今年	38.20	3.47	94.62	98.23	82.96	10.99
11月13日统计						
去年同期	47.52	6.68	89.17	103.12	84.02	10.72
今年	47.64	3.66	94.62	100.00	85.31	11.25
种植面积定案数（12月10日）						
去年同期	61.21			109.50	89.16	13.16
今年	60.75	24.95		107.31	90.36	14.36

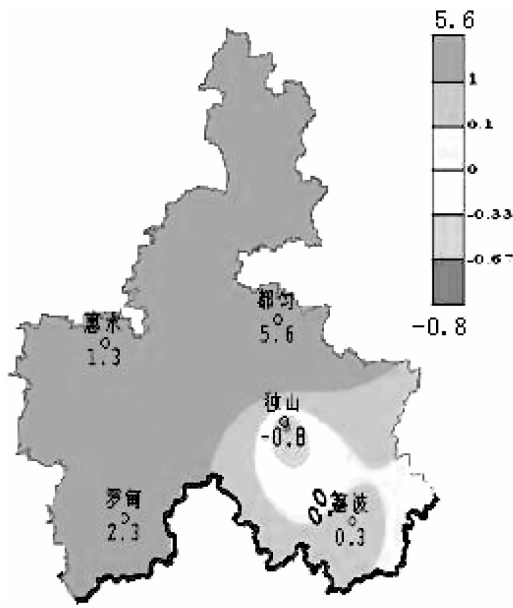


图 1 2009 年 11 月 28 日土壤墒情

县城供水重任的高岩水库和拉腊水库蓄水严重不足，出现了居民用水告急的情况，这是这次干旱最早的明显灾情表现。11 月下旬后半期又有一次降雨过程，各地雨量 1（罗甸）~16.6 mm（都匀），除都匀、长顺外各地偏少 2~9 成。

土壤墒情监测资料显示，11 月上中旬惠水、独山（常年指数偏低，与降雨和周边情况不符）指数较低，指示有旱情，其余地区墒情良好。下旬各地土壤墒情良好。根据农业局灾情统计，11 月上半月在荔波、罗甸出现缺墒旱地 1 066.7 hm^2 (1.6×10^4 亩) 和 1 666.7 hm^2 (2.5×10^4 亩)，中旬末的降雨使墒情好转（图 1），11 月下半月没有灾情统计。

农业生产方面，11 月上旬天气以晴好到多云天气为主，有利于适时完成油菜移栽任务和小麦的适时播种，移栽、播种面积多于上年同期（表 2）。中、下旬小麦处于出苗期，生育期较常年为正常。油菜大部分为大田苗期，小部分为移栽期，生育期较常年为正常。中旬出现的强降温天气过程，不利于作物生长发育，也不利于田间病虫的越冬。下旬气候对大部小麦、油菜的苗期生长较为有利，小麦播种和油菜移栽与上年基本相同，但南部地区降水持续偏少，出现旱情，部分已经移栽的油菜苗受干旱天气影响，长势不佳。部分小麦受干旱影响，生长缓慢。

2009 年秋季（9~11 月）总降水量，全州在 65.6（平塘）~184.6 mm（都匀），与历史同期相比，各地偏少 3~7 成。从雨量方面看全州各地都

出现了干旱，5 个地区为中旱，惠水、长顺、罗甸、平塘、都匀 5 地形成了夏秋连旱。干旱影响农业生产，并造成部分地区人畜饮水困难。10 月到 11 月，全州各地降水持续偏少，部分地区田土无法耕犁，影响油菜正常移栽。小麦、油菜的种植面积略少于上年，其中小麦少 306.7 hm^2 (0.46×10^4 亩)，油菜少 1 460 hm^2 (2.19×10^4 亩)（表 2）。

3 冬季干旱的发展及对作物的影响

12 月上中旬各地以阴雨天气为主，上旬大部分地区雨量偏多，但荔波少 2 成 5，罗甸无雨量（微量降雨）。中旬大部分雨量偏少，但都匀正常，瓮安偏多 3 成。下旬全州均偏少。月雨量各地为 3.6（罗甸）~28.6 mm（都匀），其中罗甸、荔波（9.1 mm）两地 < 10 mm，其余地区均 > 10 mm。

土壤墒情上旬各地基本良好，中下旬，惠水、罗甸墒情指数小于 0，有一定旱情，其余地区墒情尚好。

12 月份：小麦处于分蘖期，油菜处于大田苗期。气候条件对大部小麦、油菜的苗期生长基本是有利的。

2010 年 1 月上旬各地雨量为 1.5 mm（平塘）~11.3 mm（罗甸），与常年比较瓮安、荔波、罗甸偏多，其余地区偏少，惠水、三都、独山、平塘偏少 6~8 成。中旬各地只有零星小雨，旬雨量不到 1 mm，5 个地区雨量为 0。下旬前期和后期有雨，但旬雨量除荔波偏多 1 倍（19.2 mm）外，其余地区均偏少。从中旬开始的雨量明显偏少的情况一直持续到 3 月份，使旱情不断加重造成有记录以来的特重干旱灾害。1 月雨量合计 3.0 mm（惠水）~30.0 mm（荔波），除荔波偏多 1 成，罗甸偏少 1 成外，其余各地偏少 6~9 成。而 1 月 3 旬的气温均偏高，上旬偏高 0.1~2.2℃，中旬偏高 1.5~3.9℃，下旬偏高 2.9~4.7℃。月平均气温偏高 2.0~3.1℃。偏高的气温，使蒸发量增大，使旱情发展。

土壤墒情监测情况为：上旬西南部部分地区土壤表层墒情指数小于 0（惠水 -0.4，罗甸 -0.1），中旬惠水土壤表层墒情指数小于 0（-0.4），存在一定旱情，其余地区土壤墒情良好。下旬各地的墒情良好。

1 月上旬小麦处于分蘖期，油菜处于大田苗期。气候对小麦、油菜的苗期生长较为有利。中旬小麦，处于分蘖至拔节期，生育期惠水较常年提前

17 天。油菜，处于大田苗期。本旬气温偏高，降水偏少，大部分地区作物生长发育正常。下旬小麦处于分蘖至拔节期，油菜处于现蕾至抽苔期。本旬气温偏高，降水偏少，小麦、油菜等作物生长发育进程加快，油菜此时期植株生长旺盛，要求水分、养分较多，少雨干旱造成不利影响。

2 月上旬 1 日~7 日出现了一段阴雨天气，但雨量仍然偏少，旬雨量为 0.5（荔波）~10.1 mm（都匀），大部分地区较常年偏少 50% 以上，荔波（0.5 mm）、罗甸（0.7 mm）两地雨量不足 1 mm，不利于土壤保墒。2 月中旬受强冷空气影响，天气阴冷，但降水依然稀少，各地气温偏低 3~5℃，降水量超 1 mm 的只有独山（1.5 mm）、三都（1.4 mm），其余地区只有微量降水。2 月下旬只在福泉、贵定出现了 0.5 mm、1 mm 的降水外，其余地区无降水。而旬气温偏高了 6~9℃，干旱明显。

2 月的土壤墒情表现：上旬西部的土壤表层墒情指数小于 0，存在一定旱情。中旬西部和南部土壤表层墒情指数小于 0，其中惠水的指数为 -2，罗甸为 -0.9，旱情发展加重，范围扩大。下旬西部和南部土壤表层墒情指数仍小于 0，其中惠水的指数为 -1.6，罗甸为 -1.7，达到特重旱。

2 月小麦主要处于拔节期，是生长最旺盛时期，是需水敏感期，油菜处于抽苔至开花期。上、下旬气温偏高，日照充足，作物生长发育进程加快，而中旬气温偏低，有助于抑制作物徒长。降水大部偏少，干旱对作物生长发育不利。旱情进一步发展和蔓延，农村人畜饮水困难加剧。

冬季全州各地降水量在 16.7 mm（惠水）~49.6 mm（都匀）。与常年同期相比，各地降水量偏少 4~7 成（表 6）。全州平均降雨量为 32.0 mm，为 1960 年以来历史上的次极少值年，仅次于 1995 年（29 mm）。由于前期降水偏少，全州出现了程度不等的夏秋冬 3 季连旱。

受秋冬干旱和冬季气温偏高的影响，全州各地

作物生育期较常年提前，长势一般；部分作物干枯、绝收；特别是 2 月下旬随着气温上升，土壤失墒加快，墒情恶化。干旱造成部分乡村和城镇人畜饮水困难、山塘水库蓄水普遍不足，河流径流趋小。从农委统计的情况看，春前农业生产并没有停步，生产进程与上年相当，还略好一些（表 3）。

4 3 月干旱灾害发展持续，农作物受损严重

3 月降水持续偏少，上旬在中部北部地区有少量降水，旬雨量没有到 10 mm 的，中旬各地几乎没有雨，下旬在 23~25 日有一次降雨过程，都匀以北 5 个地区雨量在 10 mm 以上，旬雨量以贵定的 36.1 mm 为最大。整个 3 月份雨量在 10 mm 以上的也就是都匀以北的这 5 个地区，西部和南部在冬季旱情就重的地区，降雨仍然稀少，西南部的罗甸滴雨未下。由于降水的持续偏少，使得黔南地区的这次干旱成为有记录以来最严重的一次。在夏季的 8 月份大部分地区雨量就开始偏少（表 2），因此统计历年 8 月到 3 月的降水情况，全州平均降水量偏少 54.1%，为 1961 年以来偏少最多的一年。考虑夏收作物生育期，统计 9 月到次年 3 月的降水情况，全州平均降水量偏少 51.7%，也是有记录以来的极值（图 2）。分县情况为：8~3 月降水量偏少 35.8%（贵定）~68.9%（平塘），有 8 个县偏少 50% 以上。

3 月土壤墒情南部及西部地区的土壤表层墒情指数小于 0，南部及西部局部地区的旱情较重，其余地区土壤墒情良好（图 3）。从东南部向西指数递减，惠水最小并小于 -1，旱情最重，罗甸在中旬后上升为 0 或以上，而那里整个 3 月没有降雨，估计为灌溉影响。

上、中旬小麦处于拔节至抽穗期，油菜处于开花期。小麦、油菜等作物生长发育进程加快，干旱

表 3 2010 年 3 月 4 日农委生产动态 万亩

时间	项目	种马铃薯	种玉米	种蔬菜	玉米育苗可栽大田
3 月 4 日	当年实际	61.70	3.29	33.33	13.21
	上年同期	58.33	3.14	33.06	13.16
	增减数	3.37	0.15	0.27	0.05
3 月 11 日	当年实际	62.92	3.88	36.97	13.59
	上年同期	59.66	5.74	36.28	14.24
	增减数	3.26	-1.86	0.69	-0.65

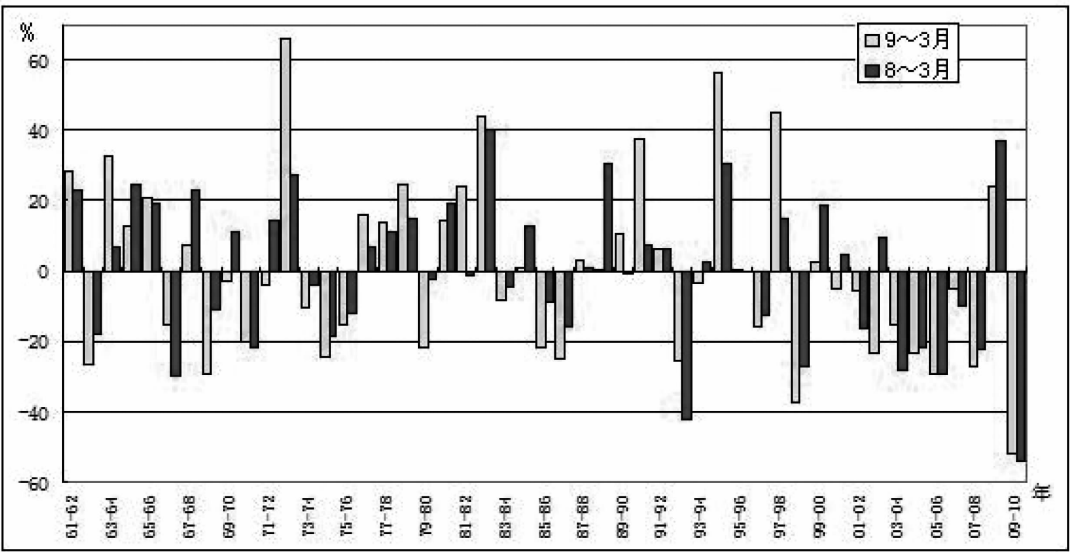


图2 历年8月、9月到3月降水量距平百分率

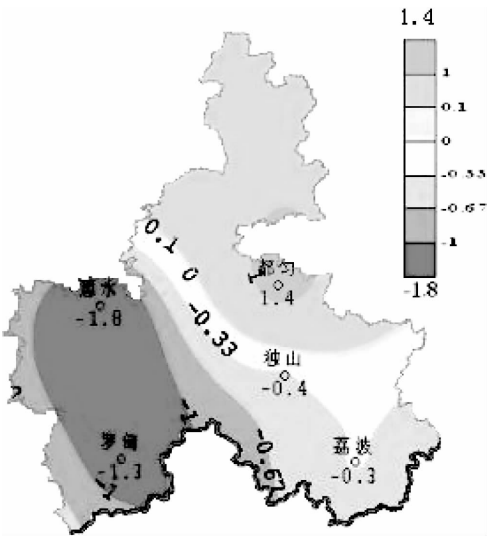


图3 2010年3月3日土壤墒情

对作物生长发育十分不利，使局地作物绝收。降水持续偏少，旱情进一步发展和蔓延，农村人畜饮水困难加剧。下旬小麦处于灌浆期，生育期较常年提前5~14天。油菜处于结荚期，生育期较常年提前10天以上。本旬都匀以北地区的降水对缓和旱情

十分有利。
3月初春，各地开始为春耕春种准备和操作。上旬，农业生产上，马铃薯的种植面积比上年同期有所增加，早玉米的种植比上年同期减少，玉米育苗少于上年（表3）。生产进程与上年相当，但有放缓趋势。
3月中、下旬随着干旱的发展加重，农业生产进程受到严重影响，中旬开始水稻育秧，进度明显慢于上年，到4月6日水稻育秧可栽大田数为4 000 hm²（6×10⁴亩），上年同期是15 333.33（23×10⁴亩）；玉米育苗可栽大田12 000 hm²（18×10⁴亩多），上年近50 000 hm²（75×10⁴亩）（表4）。农作物的生长发育受灾影响日益明显，各地为减少旱灾造成的损失，加强了农作物的改种、补种。

5 干旱调查情况

为深入了解气象干旱与作物干旱、土壤干旱的吻合情况，黔南州气象局于3月11日至14日，深入前期降水偏少程度较大的罗甸、长顺、平塘、惠

表4 农委春季农业生产动态 万亩

时间	项目	水稻育秧可栽大田	种玉米	玉米育苗可栽大田	已春播总面积
3月16日	当年实际	0.03	3.54	7.16	110.8
	上年同期	0.02	7.53	30.1	115.89
3月30日	当年实际	3.41	4.45	15.35	114.36
	上年同期	7.74	22.75	57.93	140.97
4月6日	当年实际	6.13	6.64	18.59	115.84
	上年同期	26.96	41.58	74.61	161.64

水、独山、龙里、都匀等旱区，在成片农作物、果树、蔬菜种植区及部分高塆田、土采取对耕作层（0~20 cm）深度取土样并目测土壤湿度的方法，调查土壤墒情，查看作物长势情况，并采取与当地群众交谈等形式了解旱情及其影响。

据调查大部分地区的 0~10 cm 土壤相对湿度在 30% 以下，土壤含水量在 8% 以下；10~20 cm 土壤相对湿度在 45% 以下，土壤含水量不到 12%。一些地方小河流、山塘、水窖、水渠等水利设施储水量低甚至断流、干枯，灌溉用水紧张，一些地方人畜饮水十分困难。

从调查情况看，受旱影响较大的以山地和海拔高的地区为主，这些地方秋冬作物较少，很多山地是闲荒的，这些地区的旱情体现在生活用水缺乏上。而农作物集中的平坝地区，多有水利设施或河流。目前较大河流水位较常年少得多，但没有断流的情况。加强水利设施的利用能保障农作物的生产需求。平坦、低洼、水源及水利设施条件好的地区小麦、油菜生长正常，小麦处于拔节抽穗期，油菜处于开花结荚期。坡地、地势高的地区植株长势矮小、稀疏，一些小麦前期分蘖数少；油菜前期早花现象突出长势不佳，有部分田块干枯绝收。

6 夏收作物产量评估

干旱对小麦、油菜的影响主要是从冬季开始的。首先在浓冬的 1 月份本该是作物生长缓慢的越冬期，但气温明显偏高，加快了作物生长进程，在作物需水敏感期降水不足，会影响产量的形成。

单就 9~3 月的降水量与夏收作物产量增减关系并没有显著相关性，与夏粮单产的相关系数为 0.147，与小麦单产的相关系数为 -0.048，与油菜单产的相关系数为 0.141。光温水是作物生产的基础条件，但影响作物产量的因素很多，因此单统计一种条件不易得到与实际相符的结论。如果将历史上降水量偏少较大的年份或产量减产较大的年份排出来分析，可得到一些极端条件下的结论：一方面统计降水量偏少 20% 以上的年份有 13 年，其中夏粮减产的年份是 8 年，占 62%，油菜是 7 年，占 54%；另一方面统计减产幅度最大的 10 年（夏粮减产 7% 以上，油菜减 15.4% 以上），夏粮有 6 年、油菜有 3 年降水量是偏少 20% 以上的，另外 4 年、7 年降水量偏多。不算今年降水最少的是 1999 年，偏少 37.2%，这年夏粮减产 8.8%，排在第 8 位，油

菜减了 15.2%，排在第 11 位。值得注意的是从 2003 年到 2008 年连续降水偏少（6 年有 4 年是偏少 20% 以上的）但除 2008 年外，其它年份夏粮均为增产，油菜只在 2005 年减了 2%。说明降水明显偏少或干旱严重确实会使产量较大幅度减产，但减产也会出现在不早的年份；干旱对夏粮的影响大于对油菜的影响；降水量最少的年份，并不是减产最大的年份；造成油菜减产的因素不光是降水量，还

表 5 2010 年 4 月 19 日农委调查农作物受灾面积及占播种面积比例 万亩；%

项目	总面积	小麦	油菜	马铃薯	杂粮
受灾	313.3	52.84	97.21	46.69	10.93
比例	91.0	87.0	90.6		76.1
成灾	160.7	30.33	56.23	23.22	3.96
比例	46.7	49.9	52.4		27.6
绝收	40.35	11.7	12.97	4.49	0.89
比例	11.7	19.3	12.1		6.2

有其它原因。

那么今年的干旱会对夏收作物的产量造成怎样的影响？从黔南州农委调查的情况（表 5）分析，小麦减产 28%，油菜减产 26%，杂粮减产 16%。从降水情况和土壤墒情分析，作物的生长在 2 月以前基本正常，到 2 月，特别是下旬开始，降水显著偏少，气温明显偏高，干旱迅速发展，3 月继续发展，小麦处于拔节抽穗，油菜抽穗至开花时期，正是对水肥要求严格的时期，水利灌溉不足的地区，作物受旱影响深重。由于小麦基本种植在山腰坡地，人工浇灌较少，受灾较重，油菜大部分种植在较平坦的山脚坝区，水利设施相对较好，受灾轻一些，有水灌溉的一些油菜甚至将增产。在调查中发现部分油菜由于水分不足营养无法正常输送，使结实率不高，严重的很少结实或不结实，也就是“光开花不结果”。从苗情长势分析，今年油菜小麦普遍没有上年好，随着干旱的发展，一类苗减少，三类苗增加（表 6）。到 3 月中旬油菜一、二类苗比上年减少了 24%，小麦减少 27%。

根据贵州省山地所作物长势遥感监测的分析资料，从 2 月到 4 月黔南州的小麦、油菜长势都较差，等级指数低于上年同期，其中油菜南、北差异较大，北部长势一般，南部长势较差，小麦大部分地区长势都较差。油菜长势较差的西部、南部的种植面积占全州面积的 40%，小麦长势较差的种植面积占 80%。

表 6 油菜、小麦苗情长势

时间	面积	占%	面积	占%	面积	占%	面积	占%	面积	占%	面积	占%
上年	32.62	29.90	46.31	42.50	30.12	27.60	20.42	33.40	23.71	38.70	17.09	27.90
今年	28.29	26.36	47.39	44.16	31.63	29.48	14.09	23.35	23.11	38.31	23.13	38.34
上年	33.44	33.32	48.36	48.19	18.55	18.49	26.93	38.97	30.71	44.44	11.46	16.58
今年	22.13	22.27	35.16	35.38	42.09	42.35	15.57	22.66	22.89	33.32	30.24	44.02

1962 年以来，夏粮单产减产最大的是 1975 年，较上年减产 25.7%，油菜单产减产最大的是 1977 年，减产 44.8%。1975 年降水距平百分率是 -24.5%，1977 年的是 15.8%。

3 月中旬惠水农气站对夏收作物的评估：观测地段小麦于 2009 年 10 月 23 日播种，较历年偏早 2 天，目前正在进入乳熟期，发育进程较历年偏早，积温 1 521.5℃，比历年同期偏多 217.5℃，发育期内降水量 87.3 mm，较历年偏少 6 成，地段处于涟江灌区，干旱影响略小，其他水源条件差或无灌溉区由于受秋冬连旱影响，生长较差，部分小麦出苗不齐，到目前还不能抽穗，已经绝收，部分已出苗的生长较弱，目前灌浆较慢，小麦千粒重减少。

观测地段油菜于 2009 年 10 月 7 日播种，较历年偏早 18 天，目前为绿熟期，较历年同期偏早 14 天，积温 1 791.6℃，偏多 490.3℃，发育期内降水量 87.3 mm，较历年偏少 6 成，地段处于涟江灌区，由于灌溉条件较好，受干旱影响较小；其他水源条件较差的地方，受秋冬连旱影响较大，主要表现在大部分种植的都是白菜型油菜，此类油菜长势差，开花结荚期干旱严重，结荚数和千粒重受到影响，预计此类油菜将减产 10~20 左右。甘蓝类油菜则表现出抗旱性较强，植株生长良好，此类油菜受干旱影响较小，减产幅度相对小得多。

根据以上分析，2010 年夏收作物减产幅度应该

是较大的，其中小麦减产大于油菜。

7 应对干旱的对策思考

黔南地区大部分是山地，在高山，海拔高的地区，特别是石漠化的山区干旱是比较突出的灾害，只要有几天不下雨，就会出现旱情，在调查中可以看到，在南部的很多山区由于用水得不到保障，秋冬季是不种作物的。从农业生产及生活上考虑，水利设施的建设及使用，包括蓄水调度等需更多投入和科学管理。应在保证坝区、平地的水利灌溉的同时加大高山坡地的灌溉面积，提高机电提灌能力和积极发展先进的喷灌、滴灌等技术的应用。继续在山区修建小水窖是解决易旱地区秋冬季用水的一个好办法，但在修建中应更科学，保证能有效集水，并且要加强维护，减少渗漏。

农业生产走产业化、集约化、工厂化的道路，也是应对灾害的重要策略。比如今年烤烟育苗期就在干旱影响的时期，但黔南的烤烟育苗已基本上是在育苗棚里进行集中的工厂化育苗生产，受干旱的影响较小。在一些地区干旱进一步影响春播时，出现了在水源好的地方集中水稻育苗的做法…是否像烤烟育苗一样工厂化生产作物秧苗呢？在经济条件适合的地区应该是可行的途径。

参考文献：

[1] 谷小平，吴俊铭，武文辉. 贵州省农业气象灾害风险评估初探 [M] // 李世奎. 中国农业灾害风险评价与对策. 北京：气象出版社，1999：237-242.

贵州省黔南地区气候资源及其开发利用

莫华勇

(黔南州气象局, 贵州 都匀 558000)

摘要:通过对黔南州气候资源的基本特点和优势进行分析,结果表明:黔南属于亚热带季风湿润气候,有冬无严寒,夏无酷暑,四季分明;雨量充足,光、热、水同步;气候的地域性和垂直性差异显著的特点。提出发展特色农业、做大做强旅游产业、加强人工影响天气工作、开发风能太阳能,增加能源多样性,实现气候资源优势向经济优势转变。

关键词:气候资源;开发利用;黔南地区

中图分类号: P468.1

文献标识码: A

文章编号: 1001-7852 (2011) S0-0060-02

气候资源是地球上重要的自然资源之一,是人类赖以生存和发展的基本条件。气候资源具有强烈的周期性,它年复一年、周而复始,可为人类永续利用,这是气候资源有别于其它自然资源而具有的特性。作为一种可利用的再生资源,得不到合理的开发利用,造成浪费,有些违反气候规律的生产行为,得不偿失,还造成了对生态环境污染破坏,加剧了一些地区气象灾害频繁发生,如水土流失、洪涝、泥石流等给人民的生命财产带来灾难。充分认识气候资源,加强合理开发利用,实现气候资源优势向经济优势转变具有十分重要的意义。

1 黔南州气候资源的基本特点和优势

黔南州地处云贵高原东南边缘的斜坡地带,特殊的地形地势形成独具特色的气候类型。从大气候背景上看,黔南属于亚热带季风湿润气候,在同一气候区域下,由于海拔高度和地形不同,又形成各种不同小区域气候类型,故黔南气候有着独特的特点。

冬无严寒,夏无酷暑,四季分明。冬季最冷月 1 月平均气温在 $3 \sim 10^{\circ}\text{C}$,最冷候(5 天)平均温度均在 -5°C 以上,比同纬度的湘赣两省偏高。夏季最热月 7 月的平均气温州内各地在 $23 \sim 27^{\circ}\text{C}$,除

南部的罗甸、三都、荔波 3 县低洼河谷外,州内大部分地区很少出现连续 3 天最高温度大于 35°C 的酷热天气。州内各地全年大于 10°C 积温在 $4\,046 \sim 6\,476^{\circ}\text{C}$,无霜期在 262 ~ 341 天,州内各地热量条件可以满足农作物一年两熟,南部海拔 500 m 以下的河谷地区一年三熟。

雨量充足,光、热、水同步。州内各地年平均降雨量在 1 100 ~ 1 400 mm,每年 4 月初至 10 月上旬为雨季,其间降水量为 850 ~ 1100 mm,5 ~ 7 月为全年降水量雨季集中期,此时正值全年温度高、光照多时期,这种光、热、水的同步增长,对喜温作物及果树生长发育很有利,这种季风气候被誉为丰产型气候。

气候的地域性和垂直性差异显著。黔南州地形地貌奇特多类,海拔高差大,使气候的地域性和垂直性差异显著。南部的罗甸和北部的瓮安两地直线距离不过 180 km。海拔高差 650 m,年平均气温相差 6°C 。同纬度的平塘与独山两县直线距离仅 20 km,年平均温差 2°C ,农事节令相差 6 ~ 9 天。州内象此类由于地势地貌和海拔高度不同而形成的气候差异比比皆是,有“一山有四季,十里不同天”之说。

2 黔南州气候资源开发利用的效果

因地制宜，大力发展冬季农业。20 世纪 70 年代以前，黔南州大部分地区冬季农田基本空闲，其主要原因是农民怕种植小季作物影响到大季作物的播、插期，随着农业技术的发展和气候资源的认识，采用温室育秧后移栽和地膜栽培手段，既解决了大小季作物换茬的矛盾，又充分利用了气候资源，实现了两熟粮油作物产量的稳定增长。

利用低热河谷天然温室气候优势发展早熟蔬菜。黔南州南部罗甸、平塘等县，冬季温度温暖，过去种小麦、油菜时，年前就拨节抽苔，开春后温度回升迅猛，造成小麦油菜高温逼熟，20 世纪 80 年代后，当地政府根据本地冬季气候资源，指导农民种植早熟蔬菜获得了成功，取得了显著的社会和经济效益。

利用山区气候优势，大力发展水果、药材及经济林木。根据黔南州气候特点以及各种水果对气象条件的要求，20 世纪 80 年代初开始，州各地先后从四川、浙江、福建等省引进各类果树栽培，引种的品种不仅高产，而且还基本保持其原产地的优势品质。与此同时，各地还根据当地气候大力发展本地传统名优水果、药材等。多种经营大大地增加了农民的经济收入。

3 合理开发利用，实现气候资源优势向经济优势转变

遵循气候变化规律，发展黔南州特色农业。黔南州曾出现过一些违反事物客观要求的作法。如指导农业生产搞一刀切，强求在热量条件不够的地方种双季稻，结果早稻产量很低，晚稻几乎无收。无论是种植业还是养殖业，其生长发育、产量高低、品质优劣都受气候条件的影响。因此，农业开发的效益，与环境气候条件密切相关。独特的小气候环境下孕育了生物的多样性，黔南州拥有多种中药材品种，州内农产品的持鲜期久、上市期长，这为进一步发展反季节蔬菜、经济林果、烤烟等特色农业提供了广阔空间。只有遵循气候变化规律，合理开发利用气候资源，才能发展我州特色农业。

做大做强旅游产业。气候资源是旅游资源的重要组成部分，是旅游舒适度的决定性因素之一，特别是在全球气候变暖的今天，避暑型舒适型气候资

源更成为旅游资源中的稀缺性资源。黔南州最佳旅游期在 7~8 个月以上。冬无严寒，夏无酷暑的气候和原生态的少数民族风情较少受到现代工业化的影响，喀斯特景观类型多样，山、水、林齐全，四季皆适合户外旅游活动。

加强人工影响天气工作，是充分保护和利用气候资源的重要环节。黔南州年降水量平均在 1 200 mm 左右，仅从降水的总量上看并不缺水。但是由于降水的时空分布不均匀，每年都有不同程度的春旱、夏旱发生，而且独特的喀斯特地貌、地表土层薄、降水的径流量大、蓄水能力差等原因，造成不仅存在工程性缺水，也存在季节性和阶段性缺水。黔南州处于西南水汽输送通道上，空中云水资源非常丰富。按国际通行的可增加降水 15% 计算，黔南州空中云水资源的开发潜力十分巨大。冰雹是黔南州大部分地区春到初夏期间常发生的灾害天气，对小麦、油菜、烤烟危害极大。过去重雹灾年份造成农作物经济损失达数千万元。黔南州人工防雹规模已发展到 12 县（市）46 门高炮，社会效益和经济效益十分显著，其投入效益比为 1:25，受到各级政府和人民群众的欢迎。

合理开发太阳能、风能等清洁能源。太阳能、风能是取之不尽、用之不竭的清洁能源，太阳能、风能的开发对环境保护起到了不可忽视的积极作用。黔南州大部分地区平均日照时数在 1 100~1 300 h，年太阳总辐射在 334~376 J/cm² 以上。目前中国的光热转换效率平均为 86%，技术非常成熟，合理开发太阳能，增加能源的多样性，改善能源结构，为节能降耗减排做贡献。

4 深化细化农业气候区划，为开发利用气候资源提供科学依据

提高对气候资源合理开发利用能力，挖掘气候资源的潜在优势，推进气候资源开发的产业化进程，需要精细化的气候区划技术。因此，充分利用地理综合信息系统、卫星遥感等先进技术，建立细网格综合信息数据库，农业气候资源及区划信息系统，为农业产业化结构调整和气候资源综合开发利用，以及防灾减灾提供科学依据尤为迫切。

5 结语

黔南州内气候各异，必须因地制宜，合理开发

（下转第 69 页）

沾益气温和降水的多尺度演变特征

尤 临, 梁红丽

(1. 曲靖市气象台, 云南 曲靖 655000; 2. 云南省气象台, 云南 昆明 650031)

摘要: 利用 1951~2005 年沾益气温和降水观测资料, 采用 DB16 正交小波分析了年平均气温和冬春季气温、年平均降水量和雨季、旱季降水量的多时间尺度演变特征。结果表明: 年平均气温和冬季气温均具有年际和年代际变化特征, 春季气温的年际变化是最显著的, 年平均气温的年代际变化、气候基本态的变化相对较强。在气候基本态的变化尺度上, 年平均气温和冬季气温都在 20 世纪 70 年代发生了变异, 春季气温则是在 20 世纪 90 年代才发生了变异; 在年代际变化尺度上, 年平均气温变率相对较弱, 冬春季气温变率相对较强。年平均降水量、雨季和旱季降水量都具有年际和年代际变化特征, 其中 7 年以下的年际变化最为显著, 其中年平均降水量年际变化、旱季降水量年代际变化以及雨季降水量气候基本态的变化相对较强。年平均降水量和雨季降水量在 20 世纪 80 年代以前是相对多雨时段, 以后是相对少雨时段。此外, 20 世纪 60 年代中期以前年平均降水量和雨季降水量均是逐渐增加的, 而 20 世纪 60 年代中期以后则在减少。旱季降水量则明显不同, 20 世纪 70 年代以前是相对少雨时段, 以后是相对多雨时段, 近 55 年来旱季降水量是逐渐增加的。

关键词: 沾益; 气温和降水; DB16 正交小波; 多时间尺度演变特征

中图分类号: P468

文献标识码: A

文章编号: 1001-7852 (2011) S0-0062-08

0 引言

气候变化与人类的生活和社会经济发展有着密切的联系。近年来, 世界范围内的气候异常给许多国家的粮食生产、水资源和能源带来了严重的影响。其中旱涝灾害是对世界各国社会、经济影响最大的自然灾害, 越来越受到世界各国的重视。旱涝灾害对曲靖的影响也是巨大的, 如 1996~2005 年。平均而言, 每年约 333 333 hm² (500 多万亩) 的耕地遭受旱涝灾害, 这项损失占到自然灾害的 54%。因此, 研究旱涝变化内在规律, 对于避免和减轻干旱和洪涝灾害造成的损失以及防灾减灾有着重大的意义。

气候变化包含多种时间尺度。当前在气候变化方面主要研究的是月、季尺度、年际尺度和几十年尺度的长期变化, 而这些不同尺度的变化是混杂在

一起的, 时而以这种周期变化, 时而又以另一周期变化, 并且同一时段中又包含各种时间尺度的周期变化, 即气候变化在时域中存在多层次时间尺度结构和局部化特征。另外, 任一气候系统都有一个慢变的气候平均值, WANG XL 等^[1]将时间尺度大于 30 年的变化称为“气候基本态”, 年际和年代际变化都是在此背景下的快变过程。因此, 研究它们在不同时间尺度 (周期) 下的变化特征, 也就是分析它们的快变和慢变过程, 有助于更好的了解气候变化的特征。

小波分析是近年来发展起来的应用数学技术。由于小波分析具有比其它一些分析方法更多的优点, 诸如局部化、多层次、多分辨等。许多气象工作者已把它引入了大气科学的研究中^[2-5], 尤其是在多尺度气候诊断中的应用, 已取得了一些很好的成果。小波分析原理已有很多介绍^[6-8], 在此不作赘述。小波分析中, 有许多不同的小波基函数可供选

择, 不同的小波分析出来的结果是有所不同的。由于 DB16 小波是正交的, 提取出各层的高频、低频小波变换系数是相互独立的, 利用这些系数能够对各层次或各时间尺度的信号进行独立的、清晰的分析和重构。在本文的研究中, 运用 DB16 正交小波对近 55 年来沾益的气温和降水资料进行分析, 揭示沾益气温和降水的多时间尺度演变特征。

1 资料和方法

选用沾益 1951 ~ 2005 年历年逐月气温与降水资料, 主要分析春季 (3 ~ 5 月)、冬季 (12 ~ 次年 2 月) 和年平均气温; 旱季 (11 月 ~ 次年 4 月)、雨季 (5 ~ 10 月) 和年平均雨量, 气候平均值取 1971 ~ 2000 年。

小波基函数可以分成两大类, 一类为正交小波基函数, 另一类为非正交小波基函数。DB16 小波是世界著名的小波分析学者 Ingrid Daubechies (Daubechies, 1992) 所构造的紧支正交二进小波族中由 32 个系数标定的, 其小波及其尺度函数如图 1, 其主要性质见表 1。由图 1 和表 1 可以知道, 它是一个近似对称小波函数 $\psi(x)$, 它没有明确的表达式, 其对应的尺度函数 $\phi(x)$ 存在且也是紧支正交的, 这使得它们可以作为多分辨分析的基函数具有很好的局部化特征。

对于 DB16 小波, 其尺度函数是一个高效的低通滤波器, 而小波函数则是一个高效的带通滤波器。由多分辨分析理论知, 可将函数 $f(x)$ 正交投影到尺度函数族 $\psi_m, n(x)$ 和小波函数族 $\psi_m, n(x)$ 所张成的子空间 V_m 和 W_m 上。其中:

$$\phi_{m,n}(x) = 2^{-\frac{m}{2}} \phi(x - 2^{-m}n), \psi_{m,n}(x) = 2^{-\frac{m}{2}} \psi(x - 2^{-m}n)$$

m, n 均为整数。

因此函数 $f(x)$ 在分辨尺度 2^m 下的近似的小波表示为 $f(x)$ 在子空间 V_m 上的投影, 记为 $Af(m, n)$, 在分辨尺度 2^m 下的细节为 $f(x)$ 在 W_m 上的投影, 记为 $Df(m, n)$, 则有:

$$Af(m, n) = 2^{-\frac{m}{2}} \int_{-\infty}^{\infty} f(x) \phi_{m,n}(x) dx$$

$$Df(m, n) = 2^{-\frac{m}{2}} \int_{-\infty}^{\infty} f(x) \psi_{m,n}(x) dx$$

利用多尺度分析方法, 用正交小波变换可以对一个信号进行多次分解和重建, 不同尺度的成分是

由不同数目的小波系数表示的。离散小波可看作一个滤波器, 它将信号分解成“近似”和“细节”两部分, 由它们可以精确地重构原信号, 即原始信号 = “近似” (A) + “细节” (D), 如图 2 所示。利用重构公式就可以重构出不同尺度的信号:

$$f_m^A(x) = 2^{\frac{m}{2}} \sum_{-\infty}^{\infty} Af(m, n) \phi_{m,n}(x)$$

$$f_m^D(x) = 2^{\frac{m}{2}} \sum_{-\infty}^{\infty} Df(m, n) \psi_{m,n}(x)$$

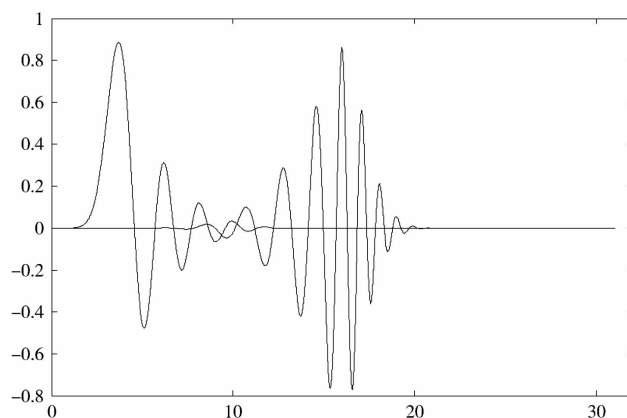


图 1 DB16 正交小波及其尺度函数
(虚线为正交小波函数, 点线为尺度函数)

表 1 DB16 小波的主要性质

小波函数	正交性	双正交性	紧支撑性	连续小波变换	离散小波变换	支撑长度	滤波器长度	对称性
DB16 正交小波	有	有	有	可以	可以	31	32	近似对称

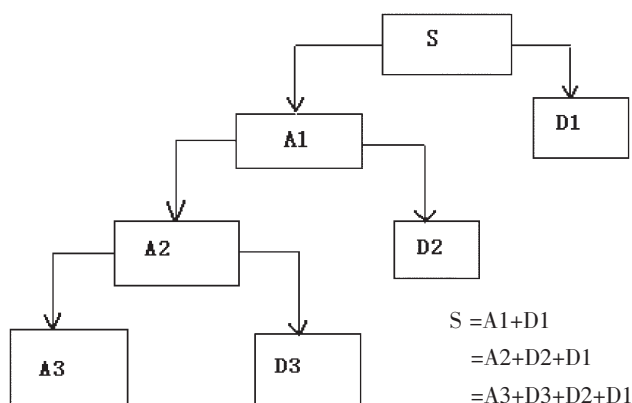


图 2 3 层小波分解示意图

由于 DB16 小波分析出的各层小波系数没有线性相关关系, 是正交的, 提取出各层的高频、低频

小波变换系数是相互独立的,利用这些系数能够对各层次或各时间尺度的信号进行独立的、清晰的分析 and 重构,也可对这些小波变换系数序列做进一步的分析。因此,在本文的研究中,采用 DB16 正交小波分析沾益气温和降水的多时间尺度演变特征。

2 沾益气温的多尺度变化特征

2.1 年平均气温

对图 3 中所示的沾益年平均气温序列进行 DB16 正交小波分析,55 年的资料分解为 6 个频带,包括 5 个高频成分和一个平滑信息。可以看到,就年平均气温的变化而言,方差贡献率的变化基本上是随时间尺度的增长而趋于减小的。方差贡献率最大的是周期为 3.5 年以下的成分,方差贡献为 53.36%。其次是 3.5~7 年周期成分,分别解释了 21.76% 的方差。这两个频带组成了年平均气温的年际变化,共可说明 75.12% 的方差。年代际变化包含周期为 7~28 年的两个频带,可解释 17.32% 的方差,其中主要为 7~14 年的变化,方差贡献为 9.98%。气候基本态变化包含周期大于 28 年的两个成分,方差解释为 7.56%。以上分析说明,近百年中,年平均气温的年际变化是最显著的,周期变化主要集中在 3.5 年以下的高频振荡时域内。其次,年平均的年代际变化也是相对明显的,气候态的变化没有年际变化和年代际变化明

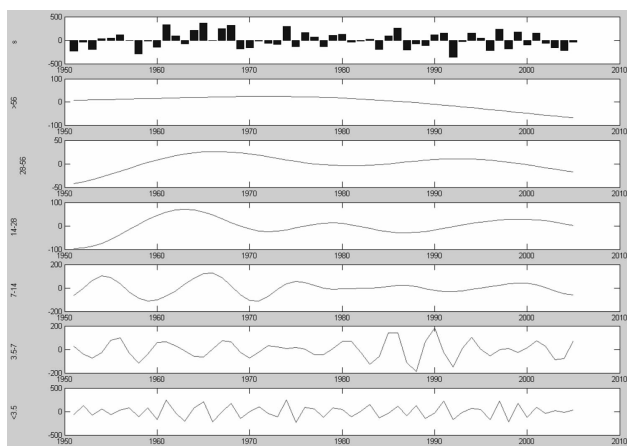


图 3 年平均气温序列及其 6 个频带

表 2 年平均气温序列的正交小波分析结果

分辨尺度	2 ⁰	2 ¹	2 ²	2 ³	2 ⁴	2 ⁵
层次	d1	d2	d3	d4	d5	a5
周期/年	<3.5	3.5~7	7~14	14~28	28~56	>56
方差/%	53.36	21.76	9.98	7.34	3.77	3.79

显,这可能与资料的长度有关。但是,气候态的变化特征有助于我们了解气温的长期变化情况。

运用正交小波的重构公式,可在原函数空间建立起相互正交的各尺度成份,对这些成份进行线性组合可得到气候基本态 (a5+d5)、年代际变化 (d4+d3) 和年际变化 (d2+d1),对他们进行分析可得到不同尺度下年降水量的变化情况。如图 4a、b、c 所示,年际变化中,标准化值大于 0.5 的峰值年份与气温偏高年对应,标准化值小于 0.5 的谷值年份与气温偏低年对应。50 年中期以前年代际变率较大,其余时段年代际变率相对较弱。年平均气温基本态的变化幅度在 20 世纪 70 年代之前相对较大,20 世纪 70 年代之后相对较小。还可看出 20 世纪 60~90 年代是气温相对偏低期、20 世纪 60 年代以前、20 世纪 90 年代以后是气温相对偏高期。

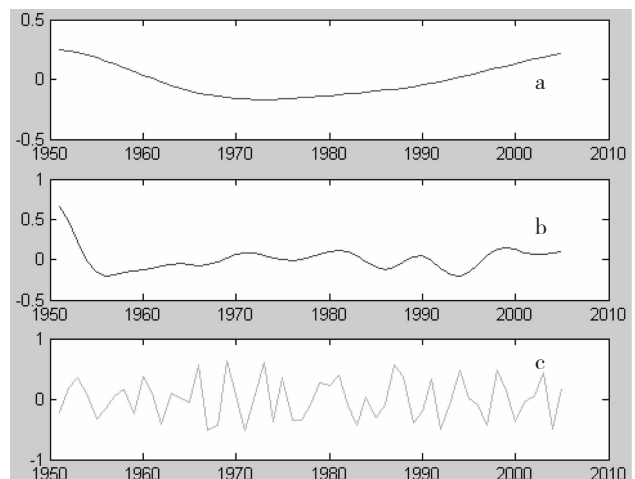


图 4 年平均气温气候基本态
(a) 年代际、(b) 年际、(c) 变化成分

2.2 冬季气温

冬季气温的 DB16 正交小波分析结果如图 5 和表 3 所示。可以看出,对沾益冬季气温的变化来说,方差贡献率的变化也是随时间尺度的增长而趋于减小的。方差贡献率最大仍是年际变化,共解释 79.2% 的方差,其中以 <3.5 年的变化为主,方差贡献为 47.8%。年代际变化的方差贡献率为 15.18%,其中以 7~14 年的变化为主,方差贡献为 8.53%。气候态变化的方差解释率仅为 5.62%。总体来说,冬季气温的年际变化是最显著的,且主要集中在 3.5 年以下的高频振荡时域内。另外,冬季气温也有年代际变化,而气候基本态的变化相对年际和年代际变化来说不显著。

同样对冬季气温的气候基本态、年代际变化和

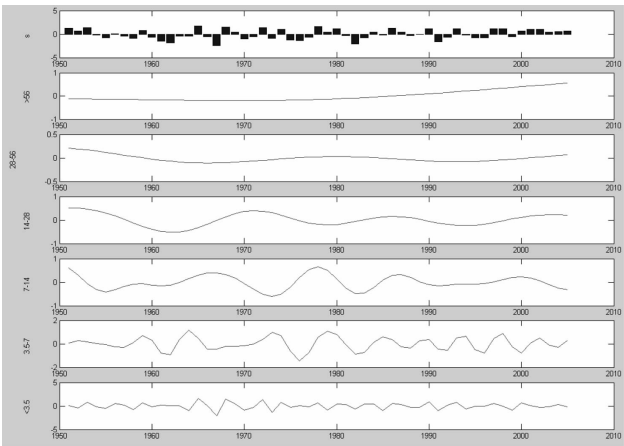


图 5 冬季气温序列及其 6 个频带

表 3 冬季气温序列的正交小波分析结果

分辨尺度	2^0	2^1	2^2	2^3	2^4	2^4
层次	d1	d2	d3	d4	d5	a5
周期 / 年	<3.5	3.5 ~ 7	7 ~ 14	14 ~ 28	28 ~ 56	>56
方差	47.8%	31.40%	8.53%	6.65%	0.54%	5.08%

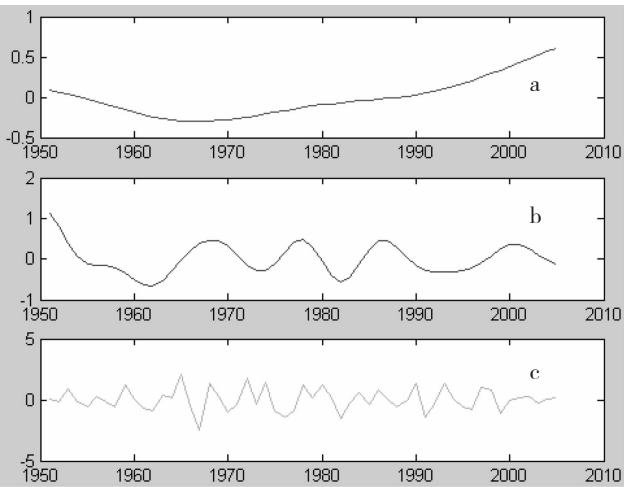


图 6 冬季气温气候基本态
(a) 年代际、(b) 年际、(c) 变化成分

年际变化进行组合 (图 6)。可以看到, 年代际变率较大的时期分别为 50 年代、60 年代~90 年代, 其余时段相对较弱。冬季气温基本态的变化幅度在 70 年代之前相对较小, 70 年代之后相对较大。其中, 80 年代以前冬季气温相对偏低期、80 年代以后冬季气温是相对偏高期。

2.3 春季气温

春季气温的 DB16 正交小波分析结果如图 7 和表 4 所示。可以看出, 对沾益春季气温的变化来说, 方差贡献率的变化也是随时间尺度的增长而趋于减小的。方差贡献率最大仍是年际变化, 共解释

91.45% 的方差, 其中以 <3.5 年的变化为主, 方差贡献为 67.04%。年代际变化的方差贡献率为 4.89%, 其中以 7~14 年的变化为主, 方差贡献为 2.53%。气候态变化的方差解释率仅为 3.65%。总体来说, 春季气温的年际变化是最显著的, 且主要集中在 3.5 年以下的高频振荡时域内, 年代际和气候基本态的变化相对年际变化来说不显著。

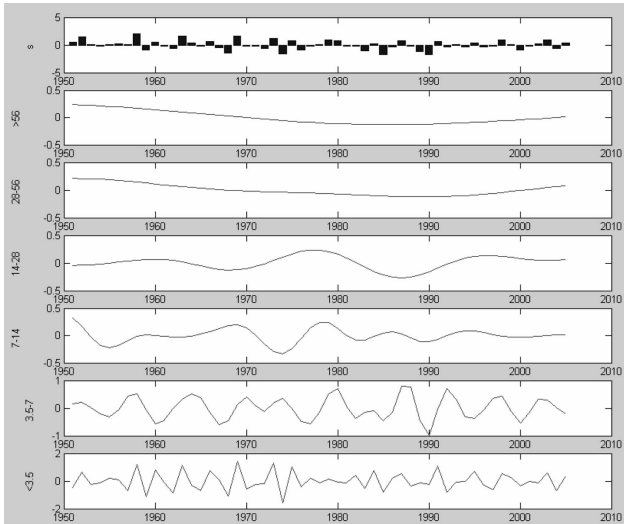


图 7 春季气温序列及其 6 个频带

表 4 春季气温序列的正交小波分析结果

分辨尺度	2^0	2^1	2^2	2^3	2^4	2^4
层次	d1	d2	d3	d4	d5	a5
周期 / 年	<3.5	3.5 ~ 7	7 ~ 14	14 ~ 28	28 ~ 56	>56
方差 / %	67.04	24.41	2.53	2.36	1.56	2.09

同样对春季气温的气候基本态、年代际变化和年际变化进行组合 (图 8)。可以看到, 年代际变

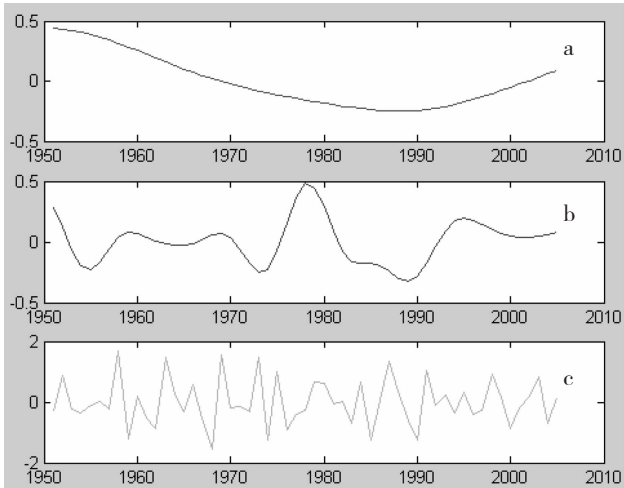


图 8 春季气温气候基本态
(a) 年代际、(b) 年际、(c) 变化成分

率最大的时期为 20 世纪 70 年代中期~20 世纪 80 年代中期,其次为 20 世纪 50 年代初期、20 世纪 90 年代初期至中期,其余时段相对较弱。春季气温基本态的变化幅度在 20 世纪 70 年代之前相对较大,20 世纪 70 年代之后相对较小。其中,20 世纪 70 年代~20 世纪 90 年代末期春季气温处于相对偏低期、20 世纪 70 年代以前、20 世纪 90 年代末期以后春季气温是相对偏高期。

对比年平均气温和冬春季气温的时间演变特征可以看到,年平均气温和冬季气温均具有年际和年代际变化特征,而春季气温的年际变化是最显著的。春季气温年际变化的方差解释率高于冬季气温的方差解释率,冬季气温年际变化的方差解释率高于年平均气温的方差解释率,年平均气温年际变化、气候基本态的方差解释率高于冬季气温的方差解释率,冬季气温年际变化、气候基本态的方差解释率高于春季气温的方差解释率,说明春季气温年际变化相对强于冬季气温和年平均气温的年际变化,而年平均气温的年代际变化、气候基本态的变化相对较强。另外,不同时间尺度上,年平均气温、冬春气温的变化趋势也不一致。在气候基本态的变化尺度上,年平均气温和冬季气温都在 20 世纪 70 年代发生了变异,20 世纪 70 年代前气温处于下降期,20 世纪 70 年代之后处于上升期,而春季气温则是在 20 世纪 90 年代才发生了变异;在年代际变化尺度上,年平均气温变率相对较弱,冬春季气温变率相对较强;在年际变化尺度上,三者的变化趋势也不太一致。

3 沾益降水的多尺度变化特征

以上分析表明,沾益年平均气温和冬春季气温均具有明显的多尺度变化特征,那么,近 55 年来降水的时间演变特征是怎样的?与气温的演变特征有什么差异?下面进行讨论。

3.1 年平均降水

年平均降水量的 DB16 正交小波分析结果如图 9 和表 5 所示。可以看出,对沾益年平均降水的变化来说,方差贡献率的变化也是随时间尺度的增长而趋于减小的。方差贡献率最大是年际变化,共解释 80.19% 的方差,其中以 <3.5 年的变化为主,方差贡献为 60.29%。年代际变化的方差贡献率为 16.25%,其中以 7~14 年的变化为主,方差贡献为 11.21%。气候态变化的方差解释率仅为 3.51%。以

上分析说明,近 55 年来,年平均降水量的年际变化是最显著的,周期变化主要集中在 3.5 年以下的高频振荡时域内。其次,年平均降水量的年代际变化也是相对明显的,气候态的变化没有年际变化和年代际变化明显,这可能与资料的长度有关。但是,气候态的变化特征有助于我们了解降水的长期变化情况。

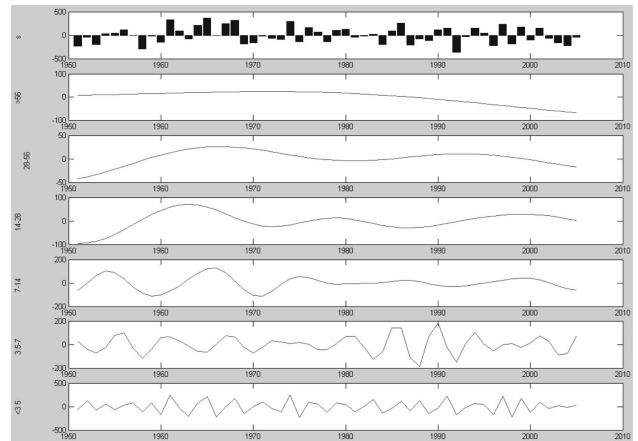


图 9 年平均降水序列及其 6 个频带

表 5 年平均降水序列的正交小波分析结果

分辨尺度	2 ⁰	2 ¹	2 ²	2 ³	2 ⁴	2 ⁵
层次	d1	d2	d3	d4	d5	a5
周期/年	<3.5	3.5~7	7~14	14~28	28~56	>56
方差/%	60.29	19.90	11.21	5.04	0.89	2.68

对年平均降水量的气候基本态、年代际变化和年际变化进行组合(图 10)。可以看到,年际变化中,标准化值大于 0.5 的峰值年份与多雨年对应,标准化值小于 0.5 的谷值年份与少雨年对应。年代

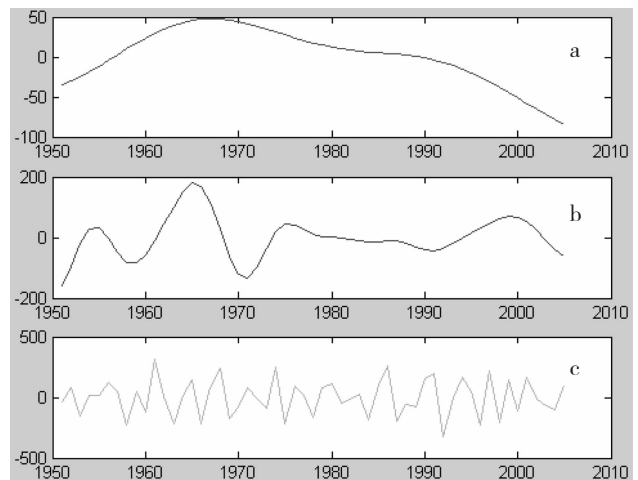


图 10 年平均降雨量气候基本态
(a) 年代际、(b) 年际、(c) 变化成分

际变率最大的是 20 世纪 60 年代, 其次为 20 世纪 50 年代, 20 世纪 70 年代初期至中期、2000 年前后, 20 世纪 70 年代中期 ~ 20 世纪 90 年代相对较弱。年平均降水量基本态的变化幅度较大, 20 世纪 50 年代中期 ~ 20 世纪 70 年代末期为一个相对湿润期, 20 世纪 50 年代初期、20 世纪 80 年代以后则为相对干旱期。此外, 20 世纪 60 年代中期以前年平均降水量是逐渐增加的, 而 20 世纪 60 年代中期以后年平均降水量则是在逐渐减少。

3.2 雨季降水量

受季风影响, 沾益降水量主要集中在雨季, 那么近 55 年来雨季降水的时间演变特征是怎样的? 和年平均降水量的演变特征有什么差异? 以下将对此进行讨论。

雨季降水量的 DB16 正交小波分析结果如图 11 和表 6 所示。可以看出, 对沾益雨季降水量的变化来说, 方差贡献率的变化也是随时间尺度的增长而趋于减小的。方差贡献率最大仍是年际变化, 共解释 76.2% 的方差, 其中以 <3.5 年的变化为主, 方差贡献为 56.97%。年代际变化的方差贡献率为 19.44%, 其中以 7 ~ 14 年的变化为主, 方差贡献为 14.28%。气候态变化的方差解释率仅为 4.37%。以上分析说明, 近 55 年来, 雨季降水量的年际变化是最显著的, 周期变化主要集中在 3.5 年以下的高频振荡时域内。其次, 雨季降水量的年代际变化也是相对明显的, 气候态的变化没有年际变化和年代际变化明显。

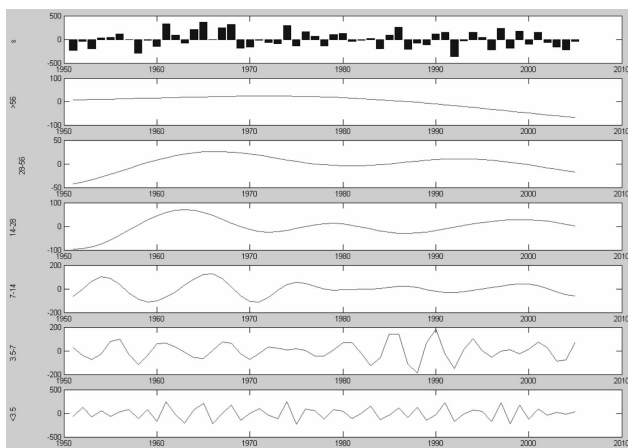


图 11 雨季降水序列及其 6 个频带

表 6 雨季降水序列的正交小波分析结果

分辨尺度	2^0	2^1	2^2	2^3	2^4	2^5
层次	d1	d2	d3	d4	d5	a5
周期/年	<3.5	3.5 ~ 7	7 ~ 14	14 ~ 28	28 ~ 56	>56
方差 / %	56.97	19.23	14.28	5.16	0.48	3.89

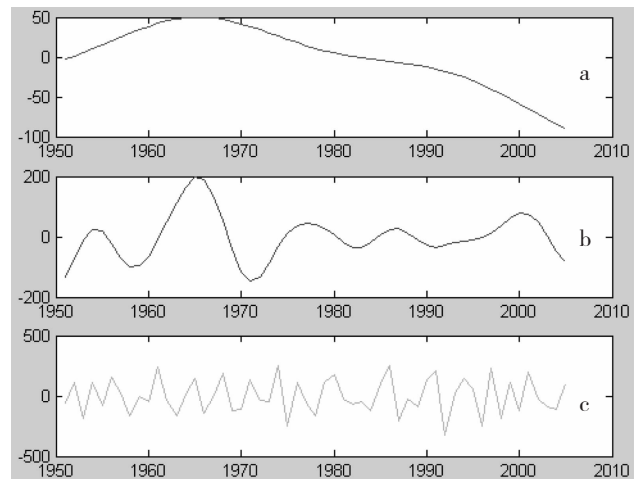


图 12 雨季降雨量气候基本态

(a) 年代际、(b) 年际、(c) 变化成分

对雨季降水量的气候基本态、年代际变化和年际变化进行组合 (图 12)。可以看到, 年代际变率最大的是 20 世纪 60 年代, 其次为 20 世纪 50 年代, 20 世纪 70 年代初期至中期、2000 年前后, 20 世纪 70 年代中期 ~ 20 世纪 90 年代相对较弱, 与年平均降水量的变化一致。雨季降水量基本态的变化幅度在 20 世纪 60 年代中期之前相对较小, 20 世纪 60 年代中期之后相对较大, 即 20 世纪 60 年代中期之前为一个相对湿润期, 20 世纪 60 年代后为相对干旱期。其中, 20 世纪 80 年代以前是相对多雨时段, 以后是相对少雨时段。此外, 20 世纪 60 年代中期以前雨季降水量是逐渐增加的, 而 20 世纪 60 年代中期以后雨季降水量则在减少。

3.3 旱季降水量

旱季降水量的 DB16 正交小波分析结果如图 13 和表 7 所示。可以看出, 对沾益旱季降水的变化来说, 方差贡献率的变化也是随时间尺度的增长而趋

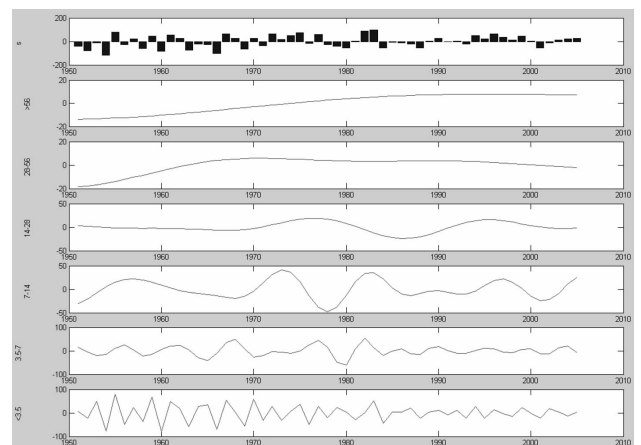


图 13 旱季降水序列及其 6 个频带

表 7 旱季降水序列的正交小波分析结果

分辨尺度	2 ⁰	2 ¹	2 ²	2 ³	2 ⁴	2 ⁴
层次	d1	d2	d3	d4	d5	a5
周期 / 年	<3.5	3.5 ~ 7	7 ~ 14	14 ~ 28	28 ~ 56	>56
方差 / %	54.68	19.79	16.51	4.73	1.78	2.51

于减小的。方差贡献率最大仍是年际变化，共解释 74.47% 的方差，其中以 <3.5 年的变化为主，方差贡献为 54.68%。年代际变化的方差贡献率为 21.24%，其中以 7 ~ 14 年的变化为主，方差贡献为 16.51%。气候态变化的方差解释率仅为 4.29%。以上分析说明，近 55 年来，旱季降水量的年际变化是最显著的，周期变化主要集中在 3.5 年以下的高频振荡时域内。其次，旱季降水量的年代际变化也是相对明显的，气候态的变化没有年际变化和年代际变化明显。

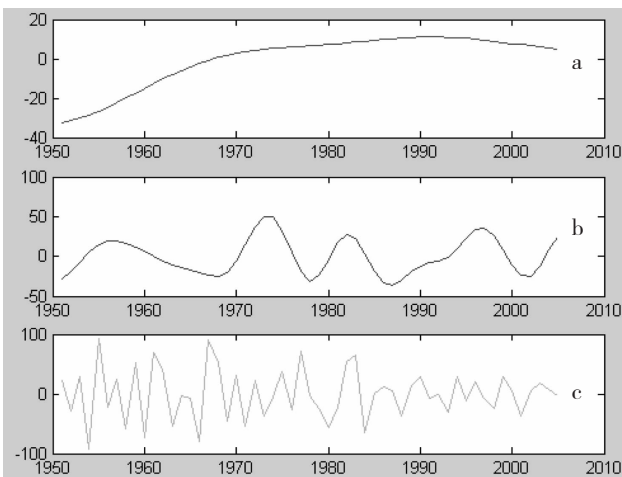


图 14 旱季降雨量气候基本态
(a) 年代际、(b) 年际、(c) 变化成分

对旱季降水量的气候基本态、年代际变化和年际变化进行组合 (图 14)。可以看到，年代际变率最大的是 20 世纪 70 年代，其次为 20 世纪 90 年代中期至今，20 世纪 70 年代末期 ~ 20 世纪 80 年代中期，20 世纪 50 年代 ~ 20 世纪 60 年代相对较弱。旱季降水量基本态的变化幅度在 20 世纪 70 年代之后相对较小，20 世纪 70 年代之前相对较大，即 20 世纪 70 年代之后为一个相对湿润期，20 世纪 70 年代以前为相对干旱期。其中，20 世纪 70 年代以前是相对少雨时段，以后是相对多雨时段。此外，近 55 年来旱季降水量是在逐渐增加的。

对比年平均降水量、雨季和旱季降水量的时间演变特征可以看到，三者都具有年际和年代际变化特征，这是一致的地方。但也有不同的地方，年平

均降水量年际变化的方差解释率高于雨季降水量的方差解释率，雨季降水量年际变化的方差解释率高于旱季降水量的方差解释率；旱季降水量年代际变化的方差解释率高于雨季降水量的方差解释率，雨季降水量年代际变化的方差解释率高于年平均降水量的方差解释率；雨季降水量气候基本态的方差解释率高于旱季降水量的方差解释率，旱季降水量气候基本态的方差解释率高于年平均降水量的方差解释率。说明年平均降水量年际变化相对强于雨季和旱季降水量的年际变化，旱季降水量年代际变化相对强于雨季和年平均降水量的年代际变化，而雨季降水量气候基本态的变化相对较强。另外，不同时间尺度上，年平均降水量、雨季降水量的变化趋势基本一致。20 世纪 80 年代以前是相对多雨时段，以后是相对少雨时段。此外，20 世纪 60 年代中期以前年平均降水量和雨季降水量均在逐渐增加的，而 20 世纪 60 年代中期以后降水量则在减少。旱季降水量在不同尺度上的变化趋势与年平均降水量和雨季降水量明显不同，20 世纪 70 年代以前是相对少雨时段，以后是相对多雨时段，近 55 年来旱季降水量是在逐渐增加的。

4 结论与讨论

用 DB16 正交小波分析 1951 ~ 2005 年沾益气温和降水序列，得到如下初步结论：

(1) 年平均气温和冬季气温均具有年际和年代际变化特征，而春季气温的年际变化是最显著的，方差贡献率为 91.45%。三者的变化特征均随时间尺度的不同而不同，其中 7 年以下的年际变化最为显著。年平均气温 20 世纪 60 ~ 90 年代是气温相对偏低期，20 世纪 60 年代以前、20 世纪 90 年代以后是气温相对偏高期；冬季气温 20 世纪 80 年代以前相对偏低、20 世纪 80 年代以后相对偏高；春季气温 20 世纪 70 年代 ~ 20 世纪 90 年代末期处于相对偏低期，70 年代以前、90 年代末期以后是相对偏高期。

(2) 春季气温年际变化相对强于冬季气温和年平均气温的年际变化，而年平均气温的年代际变化、气候基本态的变化相对较强。

(3) 不同时间尺度上，年平均气温、冬春气温的变化趋势不一致。在气候基本态的变化尺度上，年平均气温和冬季气温都在 70 年代发生了变异，70 年代前气温处于下降期，20 世纪 70 年代之后处

于上升期,而春季气温则是在 20 世纪 90 年代才发生了变异;在年代际变化尺度上,年平均气温变率相对较弱,冬春季气温变率相对较强。

(4) 年平均降水量、雨季和旱季降水量都具有年际和年代际变化特征,三者的变化特征均随时间尺度的不同而不同,其中 7 年以下的年际变化最为显著。

(5) 年平均降水量年际变化相对强于雨季和旱季降水量的年际变化,旱季降水量年代际变化相对强于雨季和年平均降水量的年代际变化,而雨季降

水量气候基本态的变化相对较强。

(6) 不同时间尺度上,年平均降水量、雨季降水量的变化趋势基本一致。20 世纪 80 年代以前是相对多雨时段,以后是相对少雨时段。此外,20 世纪 60 年代中期以前年平均降水量和雨季降水量均在逐渐增加的,而 20 世纪 60 年代中期以后降水量则在减少。旱季降水量在不同尺度上的变化趋势与年平均降水量和雨季降水量明显不同,20 世纪 70 年代以前是相对少雨时段,以后是相对多雨时段,近 55 年来旱季降水量是在逐渐增加的。

参考文献:

- [1] WANG X L, ROPELEWSKI C F. An assessment of ENSO-Scale Secular Variability [J]. J Climate, 1995, 8: 1584-1599.
- [2] 林振山, 邓自旺. 气候子波诊断技术的研究 [M]. 北京: 气象出版社, 1999.
- [3] 邓自旺, 林振山, 尤卫红. 子波分析及其在大气科学中的应用方法 [J]. 南京大学学报, 1996, 32: 47-51.
- [4] GAO, W, BLI. Wavelet analysis of coherent structures at the atmosphere-forest interface. [J]. Applied Meteor., 1993, 32, 1717-1725.
- [5] KUMAR, P, AND E FOUFOULA-GEORGIOU. A New Look at Rainfall Fluctuations and Scaling Properties of Spatial Rainfall Using Orthogonal Wavelets [J]. Journal of Applied Meteorology, 1993, 32 (2): 209-222.
- [6] 赵松年, 熊小芸. 小波变换与子波分析 [M]. 北京: 电子工业出版社, 1997.
- [7] 胡昌华, 张军波, 夏军, 等. 基于 MATLAB 的系统分析与设计—小波分析 [M]. 成都: 电子科技大学出版社, 2000.
- [8] 程正兴. 小波分析算法与应用 [M]. 西安: 西安交通大学出版社, 1997.

(上接第 61 页)

利用气候资源;充分利用“一山有四季,十里不同天”的气候资源,发展特色农业,做大做强旅游产业;积极开展人工影响天气,可减少不利气候对黔

南州各行业的影响;积极挖掘黔南州的风能、太阳能资源,可为节能降耗减排做贡献。

参考文献:

- [1] 刘哲, 孙宏宇. 气候资源的开发利用与生态平衡的关系 [J]. 赤峰学院学报: 自然科学版, 2009 (8).
- [2] 徐淑华, 张丽娟. 浅析五大连池市农业气候资源开发利用现状与对策 [J]. 黑龙江气象, 2009 (3).
- [3] 秦大河. 气候资源的开发、利用和保护 [J]. 求是, 2005 (3).

望谟县频发暴雨洪涝灾害成因分析

韦仕丽, 张强宜

(黔西南州气象局, 贵州 兴义 562400)

摘要: 位于苗岭南部, 地处云贵高原向广西丘陵盆地过渡带的望谟县频繁暴雨洪涝灾害。从地理因素, 季节性的降水特点以及经济的相对落后, 灾害预警信息的覆盖面不够广泛等因素, 分析了望谟县频发暴雨洪涝灾害成因, 并探讨如何更好地做好气象服务工作, 降低灾情造成的损失。

关键词: 暴雨; 致灾; 预警信息

中图分类号: P426.616

文献标识码: A

文章编号: 1001-7852 (2011) S0-0070-02

0 引言

望谟县近年频繁暴雨洪涝灾害。2006 年 6 月 12 日, 望谟县因特大暴雨引发山洪, 造成 30 人死亡, 20 人失踪, 165 260 人受灾, 直接经济损失 11.2 亿元。2008 年 5 月 26 日, 望谟县北部出现特大暴雨引发山洪, 造成 14 人死亡, 6 人失踪, 直接经济损失 8 亿元以上。2009 年 6 月 8 日夜间, 贵州黔西南州望谟县普降暴雨, 7 个乡镇出现暴雨、2 个乡镇出现大暴雨、1 个乡镇出现特大暴雨。受灾人口 7 824 人, 直接经济损失 419.7 万元, 其中农业经济损失 407.10 万元, 但无一人伤亡。相隔不到两年的时间, 在同一个地方就出现两次特大暴雨引发山洪造成重大人员伤亡和财产损失, 位于偏远山区的望谟县引起了人们的关注。是什么原因造成了如此凶猛的洪水, 缘何会有如此大的损失呢? 2009 年 6 月 8 日晚上, 望谟县再次出现暴雨, 最大降雨量与前两次造成重大灾害的过程相差无几, 但为何又出现了零伤亡的状况呢?

1 暴雨洪涝灾害成因

1.1 地理因素, 以及季节性的降水条件

望谟位于苗岭南部, 地处云贵高原向广西丘陵盆地的过渡带, 山地占全县土地面积的 76.76%。境内山高谷深, 沟渠纵横, 县城沿河两岸是大小不等的坝地, 而东西部为较典型的岩溶地貌。地势北高南低, 平均海拔 868 m, 但山地之间的落差高度超过了 1 400 m。县政府所在地复兴镇海拔 560 m, 而距县城仅 23 km 的打易镇最高点达到 1 718 m, 高差达 1 160 m。流淌在这高低两点之间的望谟河, 以及分布在山间的众多河流。一旦出现特大暴雨, 如此悬殊的地势高差和极短的距离, 使降水在极短的时间内汇集于这些河沟内, 导致这些小溪瞬间变成咆哮汹涌的大河, 裹挟着泥沙, 卷着巨石轰然而下, 造成洪涝灾害。

此外, 这里的山地还有一个突出的特点, 那就是喀斯特地形, 虽然这种岩溶地貌作为一种旅游资源非常具有价值, 但在“炮制”灾害方面无疑起着推波助澜的作用。这里的地表岩性多页岩及泥质岩, 风化严重, 这种地表性质及落差决定泥石流发生的必然性和可能性。

除了难以规避的地理因素, 季节性的降水条件也是造成灾害的一个因素。望谟属于亚热带季风湿润气候, 年平均气温 19℃, 年均降水量 1 222 mm。春夏之际, 水汽充沛, 对流旺盛, 常有暴雨和特大暴雨发生。夏季降雨更为集中。季节性的强降水也

使原本温顺的山涧溪流变成了洪水猛兽。望谟境内的河流多发源于北部山区，向四周呈放射状分布。平日里，流经县城的望谟河水流平缓，清澈见底，河水滑过鹅卵石的声音晶莹剔透。但是到了夏季，遇到强降雨，河水便暴涨起来，奔腾而来，势不可挡。那原本不具备河流应有特征的溪流，瞬间就成了一条条专门为暴雨、为上游的强降水准备的泄洪道。

1.2 经济的相对落后，以及灾害防御力量的薄弱

除了那些可预测以及不可预测的自然因素，造成灾害的人为因素也不可以忽视。望谟县是一个以农业为主、经济社会发展相对落后的地区。由于经济的制约，即使发现了隐患也会因为资金缺乏而导致安全措施跟不上。同时，由于人们防灾减灾等科普知识的缺乏以及当地土地资源的缺乏，人们错误地选择了一些看似保险的河滩地上建造房屋，或在山沟中平坦的地方，或任意在山坡边上切割平整出一块土地盖上房子，而这些都无一例外地成为了洪水和泥石流等灾害袭击的对象。加之人口增加，土地过度开垦等也使当地森林植被锐减，土壤蓄水保水能力减弱。遇到强降雨，雨水得以迅速集结，毫无缓冲而致灾。

1.3 灾害预警信息的覆盖面不够广泛也是人员与财产伤亡严重的一个原因

2008年5月26日望谟特大暴雨，气象部门也曾提前作出了准确预报，当天有关部门也都通过多种渠道发布了预报信息，但灾难还是发生了。主要原因就是预报产品没有及时传到偏远的山村，没有传达到每一个村民手中。村寨分散，山高谷深，交通不便，通信落后，重大天气预报没能及时传到发生灾害的大山深处。同时，一部分群众对天气预报准确性表示怀疑，心存侥幸而设防和躲避，最后只能眼看着特大暴雨引发的山洪洗劫自己的家园。

2 加强山地灾害研究，以及科学应对与防范

据了解，作为中国地表类型的山地具有“水

塔”和碳蓄积的功能，在应对气候变化和水资源短缺方面发挥着重要作用。但是目前，由于自然和人为的原因，许多山地生态遭到破坏，山地功能出现退化，削弱了其抵御与减轻低地洪涝灾害的能力。因此，加强山地灾害研究十分重要。

气象部门也积极探索其成因，总结其发生的规律，采取多种措施进行应对与防范。望谟县所属的黔西南州气象局首先加强了气象灾害区域联防，他们与位于其上下游、山水相连的安顺地区气象局和黔南州气象局签署跨区域天气联防框架协议，建立跨区域天气监测预警预报系统，共同编制跨区域小流域天气联防网络，提高对灾害性天气的监测、预警预报和服务的能力及水平。其次是扩大预报发送渠道，增加预警信息覆盖面。将预警信息的覆盖面扩大到全州各乡村学校校长、村长等人员那里，当出现重大天气时迅速通过短信发送平台发送到他们手中。为了将信息迅速传送到每一个山寨，气象部门还建立了农村气象信息员队伍，解决预警信息发送的“最后一公里”问题。

2009年6月8日，望谟县再次出现暴雨天气过程，县气象局发布了红色暴雨预警信号，黔西南州各级党委、政府高度重视，防汛部门将预警信息及时传到各乡镇和县防汛成员单位，群众被迅速疏散转移，对出现地质隐患的地方加强巡查，对水库水位加强监测。虽然此次最大降雨量与前两次造成重大灾害的过程相差无几，但却没有人员伤亡，只是出现了农田被淹，房屋倒塌，通信损坏等灾情。

3 结语

(1) 望谟境内山高谷深，沟渠纵横，山地之间的落差大，加上季节性的强降水因素以及经济的相对落后，灾害防御力量的薄弱是造成望谟频发暴雨洪涝灾的主要原因。

(2) 提高对灾害性天气的监测、预警预报和服务的能力及水平。

(3) 防患于未然的措施已经显现成效。

参考文献：

- [1] 《贵州省短期天气预报指导手册》编委会. 贵州省短期天气预报指导手册 [M]. 贵州：贵州省气象局，1987.
- [2] 陶诗言. 中国之暴雨 [M]. 北京：科学出版社，1980.

文山州降雨与蓄水关系分析

谢晓生, 张 文

(文山州气象局, 云南 文山 663000)

摘要: 分析了文山州各县年末蓄水量与当年降雨情况的相关关系, 结果表明, 砚山县的年末蓄水量与当年主汛期 6~8 月的雨量存在最明显的正相关关系, 相关系数达 0.524, 远超 0.01 信度的相关临界值。造成这种高相关关系的主要因素是地理条件, 由于地形相对较高, 使区域内的水源基本上都来自降雨。蓄水与降雨的高相关性造成的影响就是人为对蓄水的控制能力低下, 要改变此种状况可采取的措施包括: 一是兴建水利设施, 从硬件上提高人为控制能力; 二是植树造林, 改善植被状况, 把荒坡都建成“森林水库”。

关键词: 蓄水, 降雨, 相关, 措施

中图分类号: P426. 613

文献标识码: A

文章编号: 1001-7852 (2011) S0-0072-03

1 文山州气候与水系分布概况

文山州地处云贵高原东南部, 属平原向高原的阶梯过度地带, 海拔高低悬殊。六诏山脉纵横全州, 北回归线横贯全州。这一自然地理环境位置决定了文山州总的气候特点是: 雨量充沛, 但分布不均匀, 具体分布是西南多, 东北和中西部少, 山地多, 谷地少, 夜雨多, 局部性大雨暴雨多。干湿季节分明, 干季 (11 月~4 月) 受较强的西北大陆干冷气团影响, 造成全州天气干冷少雨, 气温偏低, 春温高于秋温, 气温日较差大, 大陆性气候较为突出, 雨量占全年雨量的 18%, 常年因雨水不足而造成干旱; 雨季 (5 月~10 月) 由于东南季风和西南季风把海洋上空的水气输送到文山州上空, 使得全州湿大多雨, 气温年际变化和日变化较小, 湿度大, 海洋性气候比较明显, 雨量占全年雨量的 82%, 易造成洪涝。气候温暖湿润, 冬无严寒, 夏无酷暑, 大部分地区四季之分不明显, 干凉同季, 雨热同季, 气温的年差较小, 日较差大, 海洋性气候比较明显, 春温高于秋温, 无霜期长, 霜雪少, 全年多为偏东南风, 低海拔炎热, 高海拔较凉爽,

立体气候和小气候较为明显, 低纬高原气候突出。

全州河流分属珠江、红河两大流域。境内珠江流域面积 17 069 km², 占全州总面积的 54.3%; 红河流域面积 14 387 km², 占全州总面积的 45.7%。属珠江流域的主要干流有: 南盘江、清水江、驮娘江、西洋江、那马河、普厅河; 属红河流域的主要干流有: 盘龙河、八布河、南利河、迷福河、那么果河等。此外还有 200 多条纵横交错的溪流和季节性河流以及老乌海、差黑海和海子边落水洞等湖泊。两江水系分水岭西起砚山与丘北交界、东至富宁与广西那坡县边境, 分水岭横贯全州。州内所有河流都发源于本州内, 无外部河流流经本州。

2 文山州降雨分布与变化情况

文山州各县年平均雨量从高到低大致分 4 个层次, 马关、西畴最多, 丘北、富宁较多, 麻栗坡、广南较少, 砚山、文山最少 (见图 1)。最大差距达 345.8 mm。

从全州年雨量 (8 县平均) 多年变化情况来看, 1967 年以前属少雨期, 1968~1975 年属多雨期, 1976 年以后又转为少雨期, 整体呈减少趋势, 2009

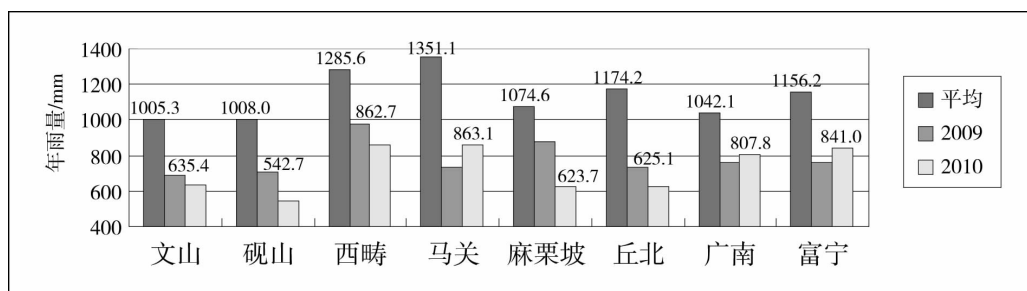


图1 文山州 2009 年、2010 年及平均年雨量分布直方图

年全州平均年雨量创了有气象记录以来的历史最低值（图略）。其中砚山、麻栗坡为历史次低值，其他各县均为历史最低值。2010 年截止 9 月 15 日，仍有文山、砚山、西畴、麻栗坡、丘北等 5 县累积雨量少于 2009 年的年雨量（见图 1）。其中麻栗坡、砚山较 2009 年偏少超过 150 mm，后期雨量按正常年景计算，麻栗坡、砚山的 2010 年的年雨量

已很难达到 2009 年的水平。

3 文山州蓄水分布与变化情况

图 2 是文山州各县近 4 年的年末蓄水分布情况（2010 年数据截止 9 月 25 日），图 2 中可看出，砚山、文山、丘北、富宁是全州主要蓄水区域，其

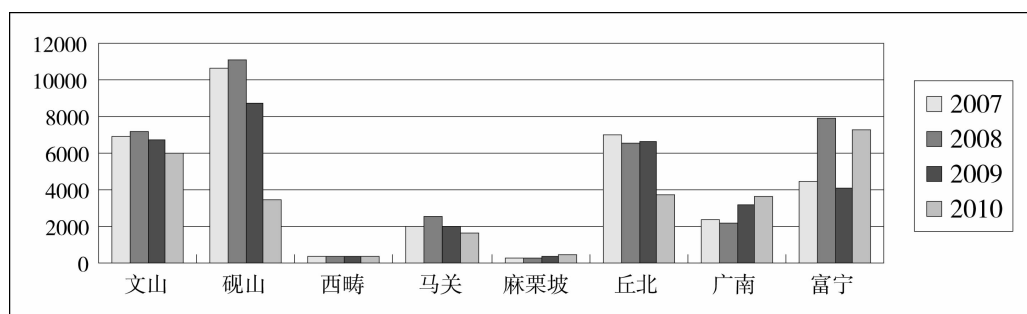


图2 近 4 年来全州各县年蓄水状况

中砚山蓄水量全州第一，即使在年雨量最少的 2009 年也为全州最多，而在 2010 年，砚山的蓄水量均少于其他 3 个主要蓄水县。砚山 2010 年的蓄水量仍还不到 2008 年的三分之一，不到 2009 年的一半。

4 降雨与蓄水计算关系的讨论

对整个地球而言，地表（包括陆面与水面）也空中水的循环是通过降雨（Precipitation）与蒸发（Evaporation）两种方式来保持平衡的，即：

$$\int_S P_{\text{总}} dS = \int_S E_{\text{总}} dS \quad (1)$$

式中：S 表示地球表面积。

对陆地上的某一区域 s 而言，水的循环还需加入径流（Runoff）项才能保持平衡。径流又包括流入和流出两项，分别用 R_{in} 和 R_{out} 表示，即：

$$\int_S P_{\text{ds}} + R_{\text{in}} = \int_S E_{\text{ds}} + R_{\text{out}} \quad (2)$$

当式（2）的平衡被打破时，就产生了蓄水量

的增减。水库在某时期内的增蓄量：

$$\begin{aligned} W &= \left(\int_S P_{\text{ds}} + R_{\text{in}} \right) - \left(\int_S E_{\text{ds}} + R_{\text{out}} \right) \\ &= \left(\int_S P_{\text{ds}} - \int_S E_{\text{ds}} \right) + (R_{\text{in}} - R_{\text{out}}) \end{aligned} \quad (3)$$

由于观测资料的限制，我们不可能准确知道区域范围内每一平方或者更小区域内的降雨量，只能期望在一定范围内降雨有一定的均匀性，这样就可以用有限的观测站点资料来代表一定区域范围，简化计算公式以达到可计算的目的。式（3）中，假设区域 s 可被分为有限的 n 个小区域（ $s_1, s_2, \dots, s_n$ ），而且每个小区域内的降雨都是均匀的，我们有了每个小区域的代表观测降雨 P_i （ $i=1, 2, \dots, n$ ），式（3）就可以简化为：

$$W_i = \left(\sum_{i=1}^n P_i \cdot s_i - \sum_{i=1}^n E_i \cdot s_i \right) + \left(\sum_{i=1}^n R_{\text{in}, i} - \sum_{i=1}^n R_{\text{out}, i} \right) \quad (4)$$

对第 i 个小区域而言，

$$W_i = P_i \cdot s_i - E_i \cdot s_i + (R_{\text{in}, i} - R_{\text{out}, i}) \quad (5)$$

式（5）可看出，某小区域在一定时期内的蓄

水增量，与区域范围内的降雨是存在线性关系的，但此相关关系还受着其他几项的制约。下面分别进行讨论。

若 $R_{in,i} > W_i$ ，而 $R_{out,i}$ 为部分人为控制项，就可以通过控制使蓄水增量 W_i 达到计划指标，从而与降雨量 $P_i \cdot s_i$ 无关；若 $R_{in,i} < W_i$ ，则人为不能完全控制， W_i 必然与降雨量相关；对于无外来水源的地区， $R_{in,i} = 0$ ，人为控制作用为最小， W_i 与降雨的相关性也趋于最大。

降雨是间歇性的现象，而蒸发是持续性的现象。水体表面的蒸发通常变化幅度较小，可视为一准定常值；但陆面上的蒸发量却与土壤含水率有关，单位面积上的蒸发量可能超过水体表面（由于热传导性较差，日照条件下升温较快），也可能为趋近于零。在降雨总量相同的情况下，如果降雨强度小，降雨时间较长，则地表维持高含水率的时间也较长，总的蒸发量就较大；反之，若降雨强度大，则地表维持高含水率的时间也较短，总的蒸发量就较小，由于降雨产生的地表径流就较多，蓄水增量也就可以较多。不过其变化范围是有限的，对于无外部径流注入的区域来说， R_{in} 为零，蒸发的总水量也就不可能大于降雨产生的总水量。

5 文山州降雨与蓄水相关关系

文山州有 8 个较长年限气象观测站，通过计算相应年份降雨量与蓄水量的相关关系，就可以检验出全州范围内将雨与蓄水是否存在显著相关。计算 1974 年至 2010 年各县年雨量与年末蓄水量的相关系数（表 1）。

表 1 中可看出，砚山县的年降雨量与年末蓄水量的相关系数达到了 0.05 信度的相关性检验标准 (0.349) 外，其他各县均与此显著性标准有较大差距。

再计算砚山县年末蓄水量与汛期各时段雨量的相关系数（表 2）。

表 2 中可看出，砚山主汛期（6~8 月）的累积雨量与该年年末蓄水量存在最大的相关关系。

砚山是文山州平均海拔最高的县，同时也是州内森林覆盖率最低的县，县境内无很高的山，地势相对平缓，无大的常年性河流。由于地势较高，使得外来水源基本为零，进而导致蓄水人为控制能力差，形成“靠天蓄水”的局面。而森林覆盖率使得地表水土保持能力差，强降雨来时就形成短时的地表洪水，强降雨过后则地表径流很快枯绝，无常年河的流经也使人为控制蓄水能力减弱。

6 小结

文山州内拥有最大蓄水库容的砚山县的年末蓄水量与其主汛期 6~8 月雨量存在明显的正相关关系。

蓄水量与降雨量明显相关是人为控制蓄水能力较弱的表现形式。

自然地理条件是造成砚山县人为控制蓄水能力较弱的根本原因。

7 提高应对干旱能力的建议

2010 年文山州出现了百年一遇的干旱，造成了巨大的经济损失，从当前的降雨情况来看，2011 年文山州所面临的干旱问题并不亚于 2010 年。再者，由于干湿季分明的季风气候特点，干旱仍将是文山州须要长期面对的气象灾害。为此，特提出如下建议：

近期：快速发展家庭小水窖，将有限的水资源尽量纳入人为控制范围；

中期：大力建设水利工程，从整体上提高水资源控制调节能力；

远期：发展林业，提高地表水土保持能力，从根本上改善自然环境，建成水资源调节能力最强的“森林水库”。

表 1 文山州年末蓄水量与年雨量的相关系数表

项目	文山	砚山	西畴	马关	麻栗坡	丘北	广南	富宁	全州
相关系数	0.022	0.414	0.281	-0.138	0.114	0.007	0.137	0.057	0.112
显著性	否	是	否	否	否	否	否	否	否

表 2 砚山县年末蓄水量与汛期各时段雨量的相关系数表

项目	雨量时段									
	5~10月	6~10月	7~10月	8~10月	5~9月	6~9月	7~9月	6~8月	6~7月	7~8月
相关系数	0.453	0.464	0.375	0.231	0.481	0.493	0.412	0.524	0.431	0.438
显著信度	0.01	0.01	0.05	不显著	0.01	0.01	0.05	0.01	0.05	0.05

黔南山洪灾害天气监测预警工作之思考

韦昭义, 唐红忠

(黔南州气象局, 贵州 都匀 558000)

摘要: 黔南州地处云贵高原东南部向广西丘陵过渡的斜坡地带, 地势以山地为主, 山脉、山谷、河流纵横交错, 复杂的地形地貌形成了多变的气候, 山洪、冰雹、干旱、低温等灾害性天气频繁发生, 特别是山洪灾害来势迅猛, 常使人们防不胜防, 造成了极其严重的灾害。作为将预测预报视为“生命线”的气象部门, 如何搞好山洪预测, 如何在山洪灾害来临前及时将预警信息告知领导和群众, 使其采取有效防范措施, 以减少灾害造成的损失, 这是气象服务工作的重点和认真思考之问题。

关键词: 山洪; 监测; 预警

中图分类号: P411

文献标识码: A

文章编号: 1001-7852 (2011) S0-0075-02

1 黔南山洪灾害概况及其特点

根据黔南州气象资料统计, 1986年~2010年的26年间, 黔南州共发生山洪灾害384次, 每县平均发生32次, 最少的为惠水县19次, 最多的为罗甸县40次。山洪共造成人员死亡228人, 其中罗甸县就死亡48人。全州因山洪灾害直接经济损失达40多亿元。较严重的山洪事件主要有2000年6月8日的都匀市特大洪涝灾害(24小时降水量310.0 mm)、罗甸2006年6月12日大洪灾(24小时降水量208.6 mm)、三都2006年6月25日大洪灾(24小时降水量228.0 mm)、平塘2007年7月26日水淹县城洪灾(县城降水137.0 mm, 上游地区普降大暴雨)。黔南州的山洪灾害主要有以下特点。

1.1 突发性强

强降水集中在某一短时间内, 雨强大, 往往12小时内降水就达100 mm以上, 山洪来得快, 消得也快, 破坏力极大。

1.2 山洪灾害多发生于夜间

由于受山地气候影响, 黔南州春夏季的强降水

常在夜间发生, 上述山洪灾害中的三分之二均发生于夜间。夜间的山洪灾害常使人们疏于防范和不便防范, 极具破坏力。

1.3 南部县山洪灾害重于北部县份

从对山洪灾害资料统计分析来看, 黔南州中部以南县份的山洪灾害重于北部县份, 以都匀、平塘、罗甸、三都4县为重, 近10年来我州的特大山洪灾害均出现在上述4县。

1.4 特殊地带发生频率高

山洪灾害往往经常出现在某些特殊地形地带。这些特殊地带主要为: 多条河流汇集区、喇叭口地形区等。如都匀市的山洪灾害主要出现在小围寨镇、凯口镇, 平塘县主要出现平湖镇至谷硐乡、者密乡一带, 三都县主要出现在合江镇、大河镇、城关镇一线, 罗甸县主要出现在西南部的罗悃、逢亭、罗暮乡一线。

2 当前黔南州山洪监测预警工作情况

2.1 山洪监测情况

一是采用都匀多普勒雷达进行短时临近监测, 当发现降水回波较强且在某地维持一定时间时, 及

时电话通知县局了解乡镇降水情况；二是利用 12 个县自动气象站和 223 个乡镇“两要素”区域自动站实时资料监测，当监测降水达到大雨以上量级时电话通知乡镇和气象信息员进行核实并做好预防准备工作。

2.2 山洪预警工作情况

2.2.1 建立了预警业务流程

州级天气预报业务平台建立了灾害性天气预报业务流程。当预报有暴雨等灾害性天气时，通过流程制作预警专题预报及预警短信开展服务。

2.2.2 建立了预警信息发布系统

州、县两级气象台站都建立了突发气象灾害预警气象手机短信发布平台，向地方党政领导和相关部门负责人及相关人员发布气象预警信息。此外，预警信息还通过电视插播、电子显示屏、网络等向公众服务。

2.2.3 灾害性天气预警业务科研情况

研制了“地质灾害预警”系统并投入业务应用，当测站降水达到相应级别时将自动生成地质灾害预警区域图开展服务。开发了“冰雹定点临近监测预警系统”，该系统利用雷达资料开展了定点降雹概率预报，并实现了分区域的自动短信预警。

2.2.4 预警应急管理

制定了《黔南州气象灾害应急预案》、《黔南州突发公共事件应急气象保障业务服务规定》以及包括山洪灾害在内的应急服务流程，明确了各应急响应成员单位的工作职责和应急处置工作程序等。在遇到山洪等气象灾害时，及时启动应急响应，启动全州性或部分区域的天气加密观测等，全力做好气象灾害应急服务工作。

3 存在的问题及下一步工作思路

3.1 存在问题

3.1.1 专业预报人员紧缺，暴雨预报准确率低

目前黔南州预报岗位人员共 6 人，但仅 2 人为气象专业本科生。因知识、能力有限，多数预报员仅能应付日常值班工作，对重大天气预报主要靠上级指导产品，无本地化订正预报能力，故局地性暴雨预报准确率较低。

3.1.2 提前预警时效性差

因预报准确率不高，目前发布的预警多以天气实况即将达到或已经达到预警级别时才发布，当服务对象收到预警信息时灾害可能已经发生而来不及

采取防范措施，因此，切实提高预报准确率是重中之重。

3.1.3 气象预警信息的覆盖面和使用效率还较低

目前黔南州预警信息的服务对象主要是乡镇级以上领导干部、村干部。向普通群众的服务尚未全面打开。

3.1.4 部门横向信息沟通不够

黔南州虽建立了部门间的气象灾害信息联系制度，但平时沟通和交流不够，加上部门工作性质的差异性，遇重大灾害性天气时往往是气象部门主动将气象信息传输给其它部门，而对方获知气象灾害信息后不主动告知气象部门，就会造成应急气象服务的滞后性。

3.2 下一步工作思路

3.2.1 切实提高预报人员业务素质和知识水平

加强对预报业务人员管理和培训工作，制定有效激励机制鼓励预报人员钻研业务和开展业务强化培训及考核，切实提高预报人员业务技能。

3.2.2 建立黔南山洪灾害数据库，开展山洪灾害个例分析

建立山洪灾害全例数据库。对有气象记录以来的每次暴雨山洪灾害的天气形势、本地气象要素反应情况，发生地点的地形地貌情况进行入库。开展个例分析，总结山洪灾害预报方法。

3.2.3 加强科研合作

加强与水利、国土、水文部门科研合作，实行进行资料共享，共同开展山洪灾害成因及防御研究。

3.2.4 增加山洪灾害监测站点

目前黔南州 223 个乡镇区域自动站主要设立在乡镇附近，而设置在山洪灾害易发区的站点较少。通过普查后，应在每个山洪灾害易发区设立至少 1 个以上自动气象站点，以便开展山洪灾害区降水监测。

3.2.5 建立有效的部门联防机制、扩大气象预警服务面

加强与相关部门的合作和交流，建立有联动机制，及时获知气象灾害信息，高效开展气象预警及应急服务。

气象预警服务是政府防灾减灾工作的重要组成部门，应由公共财政支撑。由政府加大相关经费投入，将突发气象灾害手机短息发送至广大群众、干部手中，进一步提高气象灾害预警信息的覆盖面和使用效率。

文山州天气气候特点及灾害性天气预报着眼点

张 文, 汪 德, 杨松福, 龙春华, 王 郅, 朱 伟, 蒋盛闻, 严直慧

(文山州气象局, 云南 文山 663000)

摘要: 简述文山州的天气气候特点, 对文山州的主要影响系统下的天气特点进行说明, 文山州的主要影响系统包括: 昆明准静止锋、切变线 (两高间辐合)、南支槽、西南涡、西行台风、孟加拉湾风暴。对文山州的主要灾害性天气的预报着眼点进行了分类分析, 包括对强降雨、强对流、强冷空气、气象地质灾害的预报, 并给出相应预报指标。

关键词: 天气气候; 灾害性天气; 预报

中图分类号: P457

文献标识码: A

文章编号: 1001-7852 (2011) S0-0077-05

1 天气气候特征

文山州地处低纬高原, 位于云南省东南角, 为典型的喀斯特岩溶地貌, 其中山区、半山区占 94.6%, 坝区站 5.4%, 文山州大部分地区为亚热带气候。

文山州年平均雨量为 1 005.3 ~ 1 351.1 mm (最多马关、最少文山), 单站最多年雨量 1 774.0 mm (马关 1978 年), 最少年雨量 670.9 mm (砚山 1980 年), 雨量充沛, 但不均匀, 地理分布特点是西南多、东北和中西部少, 山地多、谷地少, 夜雨多, 局地性大雨暴雨多。干湿季分明, 干季 (11 ~ 4 月) 雨量站全年雨量的 18%, 常年有干旱现象, 雨季 (5 ~ 11 月) 雨量站全年雨量的 82%, 易造成洪涝。年平均雨量最多为 7 月, 最少为 12 月。

文山州年平均气温为 16.1 ~ 19.5℃ (最低砚山、西畴, 最高富宁), 气温高低分布大致平行于海拔高度线。单站极端最低气温 -7.8℃ (砚山 1968 年 2 月 4 日), 极端最高气温 39.5℃ (富宁 1988 年 5 月 21 日)。低温月是 1 月 (8.9 ~ 11.4℃), 高温月是 7 月 (20.9 ~ 25.4℃)。相较于平原地区, 文山州的气温季节变化较小, 但在短时期内变化的幅度较

大, 冬天会有温暖的时刻, 夏天也会有凉爽的天气, 有四季无寒暑、下雨便成冬的特点。

文山州年平均日照时数为 1 418.9 ~ 1 993.1 小时 (最少西畴, 最多丘北)。单站最多年日照 2 357.8 小时 (文山 1965 年), 最少年日照 910.2 小时 (西畴 1985 年)。地域分布上, 丘北、文山、砚山日照较多, 西畴、广南、麻栗坡较少。季节分布上, 春季日照较多, 夏、秋季较少。

文山州年平均雷暴日数为 62.8 ~ 76.4 天 (最少麻栗坡, 最多丘北)。单站最多年雷暴日数 105 天 (马关 1975 年), 最少年雷暴日数 36 天 (麻栗 1996 年)。季节分布上, 夏季雷暴最多 (平均 36.7 天), 春季次之 (平均 21.0 天), 秋季再次 (平均 9.4 天), 冬季最少 (平均 1.8 天)。

文山州平均霜期为 12 ~ 91 天 (最少麻栗坡, 最多丘北), 霜期最长的丘北初霜最早出现在 10 月 16 日, 平均为 11 月 23 日, 终霜最晚 4 月 14 日, 平均为 2 月 21 日。

2 影响文山州的主要天气系统

2.1 昆明准静止锋

昆明准静止锋全年均会影响文山州, 主要影响

时段是晚秋至次年初春,其出现的频率大致与冷空气南下的频率相当,少数移速特快冷空气也可能不形成静止锋。静止锋影响期间,文山的天气特点一般为:夜间阴冷有小雨,上午 9~11 时逐渐转晴,傍晚又逐渐转阴,循环往复直至静止锋减弱消失。当有南支暖湿气流与之配合时也可能造成文山州强降水。

2.2 切变线

为滇—黔—湘—线准东西向的中低层风向突变区域,高度场上不一定有明显表现,形成于冷空气南下时,冷高压与副热带高压之间的交界带,当切变线压在文山州境内时常造成本地强降雨,是文山全州性强降雨过程的主要影响系统。统计时段内 185 次全州性强降雨过程有 136 次与之相关,占总次数的 73.5%。其造成全州性强降雨的频率约为 4.85 次/年。

2.3 两高辐合

与切变线同。

2.4 南支槽

从高原南侧—印度、孟加拉湾一带东移来的低槽系统,单一系统影响时在文山州形成的降雨一般弱于滇南和滇西南,但若恰与冷空气在本地相遇,将会形成强烈降雨。

2.5 西南涡

不直接影响文山州本地,但是其分裂并入切变线东移过程中会对切变线产生加强,并且间接影响文山州。

2.6 西行台风及热带低压

西行台风及热带低压对文山州影响的天气特点是:连续降雨,雨势均匀,风力不大(有时为静风),但由于降雨时间长,很可能形成较大范围的洪涝灾害,并由此引发滑坡、泥石流等地质灾害。在统计时段内,西行台风及热带低压造成 30 次全州性强降雨过程,占 16.2%,其影响频率为 0.93 次/年。

2.7 孟加拉湾风暴

孟加拉湾风暴不直接影响文山州,通常其登陆后并入南支槽,并对南支槽形成加强,间接影响文山州。

3 文山州主要灾害性天气以及预报着眼点

3.1 强降雨

文山州统计时段内共出现暴雨以上天气 477 站

次,年均 16.45 站次;出现大雨以上天气 2 585 站次,年均 89.13 站次;出现全州性强降雨过程(5 站以上大雨)185 次,年均 6.38 站次。暴雨、大雨以及全州性大雨过程主要均出现在 6~8 月,冬季也会出现但很少。由于单点性、区域性强降雨的影响系统特征繁杂或不明显,难以定性和分类,故仅对全州性强降雨过程的影响系统进行统计分型,其系统特征总结如下。

3.1.1 冷锋(静止锋)切变型

天气发生前 24~48 小时系统特征:以地面冷锋加强了昆明准静止锋与川滇切变线所形成的切变冷锋为主要系统特征。地面图上有冷锋加强东南移过 30°N(有时云贵之间有静止锋),700 hPa 在川滇之间有切变线,500 hPa 青藏高原东部有东北—西南向槽,槽附近存在持续的西南水汽输送,槽线北侧弱的冷平流也在频繁活动。沿切变冷静锋一线,对流活跃。此型一年四季均可能出现。

3.1.2 切变辐合型

前 24~48 小时系统特征:500 hPa 上青藏高原东南侧在昌都附近有独立的闭合高压或青藏高压分裂南下之滇缅高压,平均环流强度可达 588 hPa,中心最强时可达 596 hPa。副热带高压主体较强控制着整个 30°N 以南、105°E 以东地区,文山州位于副热带压西侧较强的偏南暖湿气流内,云南大部为较强的西南气流控制。700 hPa 切变线位于重庆—西昌—丽江一带,切变线在向东南移的过程中有时会产生小低压伴随同行。地面图上有冷锋配合进入川滇之间(有时无冷锋,但雨势不如冷锋的强)。此类型一般出现在 6~7 月份。还有一种情况是滇黔辐合区,它存在于夏季的云南、贵州之间,是由于高原地形作用所造成的副热带高压的断裂带。在 500 hPa 高空图上,经常可以看到这条准南北向的辐合区,它的出现常给我州带来较强降水天气。

3.1.3 低涡(闭合)切变型

前 24~48 小时系统特征:500 hPa 青藏高原东南侧北支低槽其后有较强的冷平流,700 hPa 青藏高原东南侧有闭合的 304 dagpm(或是 308 dagpm)的小低压,其附近有东北—西南向的切变,云南大部为较强的西南暖湿气流控制。由于较强的西南暖湿气流与南下的冷平流不断向切变附近输送,促使切变加强发展,低涡沿切变线移动发展。由于低涡切变的发展又会在切变线附近激发中小尺度天气系统发生发展,受不同天气系统的各物理场的相互

叠加的作用，促使低涡切变东南移，影响文山地区。此类型6月、7月较为明显。

3.1.4 西风槽（南支）切变型

前24~48小时系统特征：500 hPa当孟加拉湾低压从南向北加强发展，使其前部向东北方伸入云南，形成一个低槽（南支槽），槽底有一支强劲的西南气流，一般都有湿舌相伴，带有非常多的水汽，极易成云致雨。当南支槽在东移的过程中受高原地形的动力作用或被南下进入云南的冷空气的激发，产生位势不稳定层结，就会出现强烈的降水天气。而且还能将强降水区外围的水汽迅速向强降雨区集中，保证持续降雨所必须的源源不断的充足水汽供应和重建位势不稳定层结，从而再度引发强降水天气，使强降水时间延长。此类型春秋季节较为明显。

3.1.5 台风（热带低压）型

前24~48小时系统特征为：副热带高压北抬西伸，588线西伸至105°E附近，脊线稳定于30°N附近。文山州位于副热带高压南侧偏东气流或副热带高压西侧偏南气流内。当台风移经北部湾，西行并在越南海防以北登陆，就可能沿红河河谷流域西偏北向移动，24~48小时内影响文山州。影响文山州的台风的登陆点北限是广西防城港市，在广西防城港市以西登陆则可能影响文山州，在以东登陆则不影响。此类型盛夏到初秋较为明显。

3.1.6 赤道辐合带（中南半岛低压）型

前24~48小时系统特征为：500 hPa赤道辐合带（中南半岛低压）移过20°N以北，副热带压中心位置偏北在35°N以北，孟加拉湾印度半岛一带为一低压系统。700 hPa在滇中以北有低涡或是切变，或是地面有冷锋，或是500 hPa有南支槽东移。此类型盛夏季节较为明显。

3.2 强对流天气（大风、冰雹、雷电）

3.2.1 大风

统计时段内共出现大风天气920站次，出现最多是砚山，平均每年有12.29次大风天气，其次是广南和丘北，最少是西畴，年均0.54次。其中文山站1997年以来仅有2次大风记录，仅为年均0.17次。文山州大风多出现在春季，但春季的大风并不一定是对流天气产生的，很可能是在晴天状况下产生的。对流性天气下的大风，通常伴随雷暴、冰雹一起出现。

3.2.2 冰雹

统计时段内共出现冰雹天气269站次，对于测

站观测资料而言，冰雹完全属小概率事件，发生率最高的西畴站年均也仅1.72次，而测站以外发生的冰雹，由于无确切统计资料，暂无法进行细致研究。“雹走老路”的农谚，在文山州有一定的参考价值。文山州冰雹全年各时段均可能发生，主要多发生于春季，春季冰雹占全年总数的72%。夏、秋季仅占全年15%，但由于种植结构的特点，夏、秋季冰雹造成的损失，基本接近于春季。

3.2.3 雷暴

统计时段内共出现雷暴天气12280站次，发生率最高是广南，最低麻栗坡。雷暴的发生率为36.07~68.00次/年，大致为6~10天一次。相较于大风和冰雹，雷暴属高发生率事件，但绝大多数雷暴现象都属于空—空放电，并不造成灾害，造成灾害的空—地放电也属于小概率事件。历史观测资料无法对空—空放电和空—地放电进行区分，也是对雷电灾害进行预报研究的一个障碍。

上述3种对流性天气是相互联系的，是对流强度不同的反映形式。目前本地尚无针对对流性天气明确的定量预报指标，从天气预警方面而言，当雷达回波强度到40 dBz时就是冰雹的起报线，达50 dBz就基本可以确定下冰雹。

3.3 强冷空气（寒潮）

寒潮统计标准按《云南省天气预报技术手册》统一标准。

从1980~2008年这29年中，文山州共出现寒潮天气505天次，影响范围包括1892站次。剔除一次过程延续几天的重复统计，出现寒潮天气283次。其中，全州性（影响范围在5站及以上）寒潮天气过程62次，影响范围达367站次；区域性寒潮共有221次，影响范围504站次。区域性寒潮过程中：4县达到寒潮标准的有46次、影响186站次，3县的有41次、影响126站次，2县的有60次120站次，1县的有74次74站次。通过统计，发现近年来由于全球气温逐年上升，出现全州性寒潮的时间相对缩短，冬半年（11月~次年4月）文山州境内出现全州性寒潮天气最早的日期是12月11日（1997年），最晚日期是3月1日（1986年）；区域性寒潮天气出现最早的日期是11月9日（1981年，发生于文山、砚山、西畴、马关），最晚日期是4月1日（1991年，发生在砚山）。

由于寒潮天气过程持续的时间有长有短，影响的范围有大有小，用寒潮出现次数并不能表征其影响的强弱，笔者采用比较累积影响站次的方法来进

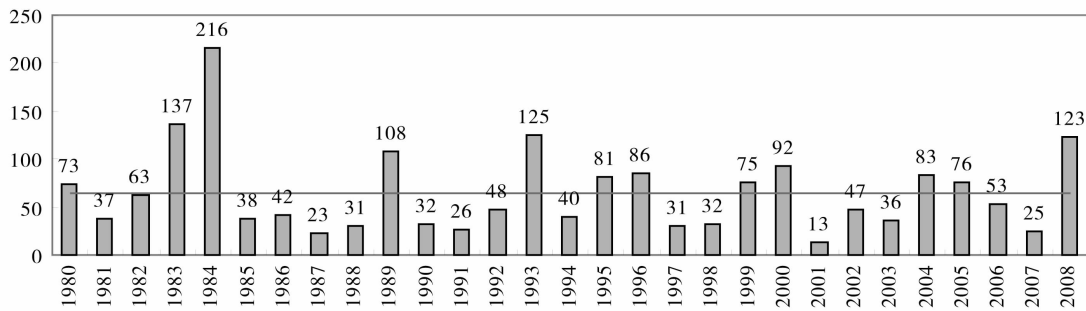


图 1 文山州逐年受寒潮影响站次

行分析。

3.3.1 文山州寒潮的年际分布

图 1 是文山州 1980~2008 年逐年寒潮影响站次直方图, 图中可看出, 1984 年是受寒潮影响最严重年, 影响达 216 站次, 其次为 1983 年, 影响

137 站次; 影响最轻是 2001 年, 仅为 13 站次; 年均影响为 65.17 站次。从年代纪的变化特征来看, 20 世纪 80 年代 (1980~1989 年) 文山州共受寒潮影响 768 站次, 明显高于另两个年代; 90 年代 (1980~1989) 574 站次, 2000~2008 年 548 站次,

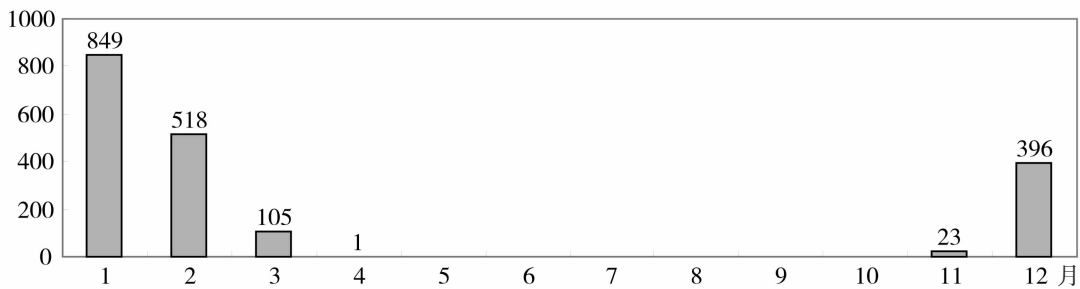


图 2 文山州各月受寒潮影响站次

两者相当。

3.3.2 文山州寒潮的月际变化

图 2 中可看出, 文山州寒潮主要发生在冬季 (12 月~次年 2 月), 其所占比例为 93.2%, 春季占 5.6%, 秋季占 1.2%, 5~10 月无寒潮天气。

3.3.3 文山州寒潮的地域分布

从文山州各地出现寒潮天气频次分布来看, 各站年均出现寒潮天气 3.6~13.4 天, 最高是砚山, 最低是富宁。同时发现寒潮频率并不完全与等高线或纬度线平行, 最显著表现是丘北较西畴偏北, 海拔也较西畴高, 但寒潮影响天数却较西畴少, 这是由于低温天气延续时间长短不同造成的, 通常丘北在强冷空气过后转晴较快, 而西畴则由于阴云笼罩, 气温上升缓慢。

3.3.4 文山州寒潮预报着眼点

为突出大范围影响的寒潮天气特点, 以下仅对全州性 (影响范围在 5 站及以上) 寒潮天气过程进行讨论。在 62 次全州性寒潮天气过程 (以下简称

过程) 中, 以西畴出现的最多, 出现 62 次, 占 100%, 其次是砚山和西畴, 出现 60 次, 占 96.4%, 富宁和麻栗坡出现得最少, 分别出现 32 次和 39 次, 分别占 61.8% 和 56.4%, 统计中发现, 寒潮出现的概率与站点的海拔高度有一定的关系, 海拔高的站出现寒潮的概率相对要比海拔低的出现的概率要大; 另外, 在 62 次过程中, 8 个站全都达到寒潮标准的有 22 次, 7 站达标 15 次, 6 站达标 10 次, 5 站达标 15 次。

汪德^[1]等定义过文山州出现寒潮前 1~2 天的几个层次影响关键区及预报指标, 分别叙述如下:

(1) 500 hPa 关键区 (35°~45° N, 95°~105° E)

指标: 关键区内有北风分量,

最大风速 ≥ 16 m/s,

最低气温 $\leq -32^\circ\text{C}$,

平均气温 $\leq -28^\circ\text{C}$,

甘肃、成都、西昌、威宁等 4 站中 24 小时变温至少有两项 $\leq 0^\circ\text{C}$ 。

在 62 次过程中, 关键区内北风分量不是很明显, 最大风速 80% 达 18 m/s, 最低气温 80% 达 -32°C , 其中 8 站一起达到寒潮标准的其关键区内的最低气温达 -36°C 以上, 强度稍强; 区域内平均气温 70% 都小于 -28°C ; 甘肃、成都、西昌、威宁等四站中 24 小时变温至少有两项 $\leq 0^{\circ}\text{C}$ 的占 70% 以上, 其中 8 站一起达到寒潮标准的天气过程中, 有 80% 的这 4 项全 $\leq 0^{\circ}\text{C}$ 。

(2) 700 hPa 关键区($30^{\circ} \sim 40^{\circ}\text{N}$ 、 $100^{\circ} \sim 110^{\circ}\text{E}$)

指标: 关键区内有北风分量,

最大风速 $\geq 12\text{ m/s}$,

最低气温 $\leq -16^{\circ}\text{C}$,

平均气温 $\leq -12^{\circ}\text{C}$ 。

在 62 次过程中, 关键区内北风分量比较明显, 76% 的最大风速 $\geq 12\text{ m/s}$, 95% 的最低气温 $\leq -16^{\circ}\text{C}$, 86% 的区域内各站平均气温 $\leq -12^{\circ}\text{C}$ 。

(3) 850 hPa 关键区($22^{\circ} \sim 27^{\circ}\text{N}$ 、 $100^{\circ} \sim 110^{\circ}\text{E}$)

指标: 有切变,

$T_{\text{蒙自}} - T_{\text{贵阳}} \geq 8^{\circ}\text{C}$,

$H_{\text{蒙自}} - H_{\text{贵阳}} \leq -2\text{ dagpm}$,

$H_{\text{蒙自}} - H_{\text{成都}} \leq -4\text{ dagpm}$,

冷高压中心高度值 $H \geq 156\text{ dagpm}$,

中心附近最低气温 $\leq -16^{\circ}\text{C}$ 。

在 62 次过程中, 满足 $T_{\text{蒙自}} - T_{\text{贵阳}} \geq 8^{\circ}\text{C}$ 的占 96%, 满足 $H_{\text{蒙自}} - H_{\text{贵阳}} \leq -2\text{ dagpm}$ 的有 85%, 满足 $H_{\text{蒙自}} - H_{\text{成都}} \leq -4\text{ dagpm}$ 的有 70%, 满足冷高压中心高度值 $\geq 156\text{ dagpm}$ 的有 91%, 中心附近最低气温 $\leq 16^{\circ}\text{C}$ 有 80%; 90% 以上都有切变。

(4) 地面关键区($25^{\circ} \sim 30^{\circ}\text{N}$ 、 $105^{\circ} \sim 110^{\circ}\text{E}$ 和 $25^{\circ} \sim 35^{\circ}\text{N}$ 、 $105^{\circ} \sim 115^{\circ}\text{E}$)

指标: 关键区内有冷锋或静止锋, 锋后冷高压中心 $H_{\text{中}} \geq 1045\text{ dagpm}$,

$T_{\text{贵阳}} \leq 5^{\circ}\text{C}$,

$25^{\circ} \sim 30^{\circ}\text{N}$ 、 $105^{\circ} \sim 110^{\circ}\text{E}$ 区域内最大高度 $H_{\text{MAX-1}} \geq 1027.5\text{ dagpm}$,

$25^{\circ} \sim 35^{\circ}\text{N}$ 、 $105^{\circ} \sim 115^{\circ}\text{E}$ 区域内最大高度 $H_{\text{MAX-2}} \geq 1032.5\text{ dagpm}$ 。

在 62 次过程中, 全部过程均有冷锋或静止锋, 84% 的冷高压 $\geq 1045\text{ dagpm}$, 在 $25^{\circ} \sim 30^{\circ}\text{N}$ 、 $105^{\circ} \sim 110^{\circ}\text{E}$ 内的最大气压有 89% 的 $H_{\text{MAX-1}} \geq 1027.5\text{ hPa}$; 在 $25^{\circ} \sim 35^{\circ}\text{N}$ 、 $105^{\circ} \sim 115^{\circ}\text{E}$ 内, 最大气压有 93% 的 $H_{\text{MAX-2}} \geq 1032.5\text{ hPa}$ 。

3.3.5 路径特征

影响文山州的寒潮过程一般有两个路径, 即偏

北路径和偏东路径, 偏北路径就是指切变位于四川东南部 - 滇东北等地, 或切变位于湖南 - 贵州一线, 或切变位于湖南 - 广西北部, 以及切变位于广东北部 - 广西北部等这几种类型; 而偏东路径则是指切变位于广东中部和广西中部以南而产生的回流。影响文山州最多的寒潮过程是偏北路径, 在这 29 年的 55 次过程中, 有 43 次是偏北路径, 占 78.2%。偏东路径的冷空气要稍微弱一些, 偏北路径的较强。

3.4 低温冷害 (冰冻、霜冻)

冰冻、霜冻是寒潮天气的后续现象, 冰冻的预报着眼点在于对寒潮强弱及来临时间的把握; 霜冻的着眼点在于对冷空气过境后转晴时间的把握, 同时要参考本地空气湿度的高低, 高则雾、低则霜。

3.5 大雾

文山州的雾多为辐射雾, 通常出现在晴天的凌晨到上午, 预报着眼点是看夜间是否有云和湿度是否较高。目前尚无定量预报指标。

3.6 主要次生灾害 (滑坡泥石流、森林火险)

3.6.1 滑坡泥石流

由于气象部门本身没有滑坡泥石流的资料, 只能从国土部门获取, 故资料的规范性不很严格。

3.6.1.1 文山州地质灾害的分布特点

分析文山州国土资源局提供的各县地质灾害 (以下简称 MGD) 隐患点统计表, 近年来文山州共出现各类 MGD 共 443 次, 其中按规模统计: 大型灾 21 次, 中型灾 135 次, 小型灾 269 次。中小型灾害占发灾次数的 95% 以上^[2]。

按乡镇统计: 发灾最多是麻栗坡麻栗镇 (27 次), 富宁里达 (24 次) 次之, 再次为马关的中东部乡镇。根据以上数据将各乡镇的发灾频度分为: 多发、一般、少发等 3 级, 分级指标为: 0 ~ 5 次为少发、6 ~ 10 次为一般、11 次及以上为多发。

3.6.1.2 MGD 预报指标的确定

从 2001 ~ 2005 年各县统计的有详细日期的 82 点次 MGD 与前期雨量对比分析来看, 文山州 MGD 主要发生在 6 ~ 8 月, 尤其 7 月最突出。MGD 的发生不仅与发灾当日的雨量有关, 而且和前期降雨的多少有关, 若仅用当日雨量作预报因子, 则漏报 MGD 的几率就很大, 显然不能满足 MGD 的预报业务要求。研究发现, 当日及前 4 天 (共 5 天) 的累积雨量 ΣR_5 就与 MGD 相关性较好, 以 ΣR_5 作为

近 7 年蒙自自动站与人工站气温差异对比分析

郑 皎, 王继红

(红河州气象局, 云南 蒙自 661100)

摘要: 利用蒙自站 2003~2009 年自动站与人工站的逐时气温平行观测资料, 对两种仪器的观测值进行了对比差值及其均方根、标准差及不确定度、粗差率、一致率等方面的对比分析, 并对自动站观测气温序列进行了显著性检验。结果表明: 由于两种仪器气温的感应元件、测温原理和观测方式不同, 造成两种观测数据存在差异, 人工观测值普遍小于自动观测值。偏差存在明显的日变化, 白天大于夜间, 夏季的偏差明显高于其他季节, 超出了 $\pm 0.2^{\circ}\text{C}$ 的正常范围。自动站观测的气温值与历史序列中的气温值无显著性差异。由于两者在部分时次或月份还存在较大偏差, 在业务应用时还需时行较长时间的平行观测, 并对其进行均一性分析和客观订正。

关键词: 自动站; 人工站; 气温; 差异对比

中图分类号: P45

文献标识码: A

文章编号: 1001-7852 (2011) S0-0082-06

气象观测是气象工作的基础, 地面气象观测是气象观测的重要组成部分。自动观测气象站具有受人为干扰因素少, 时间分辨率高等特点, 成为中国地面气象观测的发展主流。但由于自动观测主要是以电子传感器和电子线路为主, 它与以物理特性为基础的人工观测原理完全不同, 观测及采样时间存在差异, 气候资料的连续性受到影响, 然而这些地面自动气象探测设备能否有效地投入运用以及探测数据是否准确可靠, 是提高对灾害性天气的监测及预报服务的前提。研究表明^[1], 在许多导致气候资料序列非均一的原因中, 仪器变化是重要因素, 所以有关气象观测规范要求: 自动观测和人工观测要经过 2 年并轨平行观测, 对观测资料进行质量评估, 以确保历史资料的均一性^[2]。多位气象工作者对自动站与人工站数据差异进行了分析和研究^[3,4], 有的专门针对气温^[1,5,6]、气压^[7]、降水量^[8]、风速^[9]等单要素的差异进行了深入分析和评估。

蒙自基准气候站 (简称蒙自站) 于 2003 年 1 月 1 日安装了天津气象仪器厂生产的 CAWS600 系列自动气象站, 并进行了 2 年的平行观测, 于 2005 年

正式运行, 但关于该站自动与人工观测资料的对比分析, 尤其是两者均一性方面还未开展相关的研究, 本文试图利用本站两种观测资料开展这方面的分析评估, 以确保资料的完整性、正确性、连续性, 为仪器换型后新仪器采集的数据连续性提供科学依据。

1 资料及方法

1.1 资料来源

选取 2003~2009 年蒙自自动站与人工站平行气温观测资料, 包括逐时、日最高、日最低、日平均气温。自动站观测数据为各时正点自动采集值, 人工观测数据取自正点前 15 分内的某个固定时刻。资料来源于蒙自站的存档资料, 可确保数据的准确性。

1.2 资料处理

根据气象资料对比观测期间监测资料评估技术方法及评估原则, 统计分析自动站与人工站气温序列的对比差值、对比差值的均方根、标准差及不确

定度、粗差率和一致率，并对自动站观测气温序列进行显著性检验。

1.2.1 对比差值及其均方根

对比差值为自动站观测值与人工站观测值之间的差值 ($A_i - U_i$)。它直接反映了自动站和人工站之间的相对偏差。对比差值平均值为：

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n (A_i - U_i)}{n} \quad (1)$$

式中： A_i 为第 i 次自动站观测值， U_i 为第 i 次人工观测值， n 为观测次数。对比差值的均方根为：

$$y = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (A_i - U_i)^2}{n}} \quad (2)$$

对比差值直接反映了自动站与人工站之间的相对偏差，而对比差值的均方根则反映两者间的平均偏差情况。对比差值应保持在 $\pm 0.2^\circ\text{C}$ ，否则视为偏差超出正常范围。

1.2.2 标准差和不确定度

对比差值的标准差和不确定度反映了两数据序列的离散程度，标准差表示为：

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2} \quad (3)$$

式中： σ 为标准差， X_i 为第 i 次对比差值， $\bar{X}$ 为对比差值平均值， n 为观测次数。在常规仪器符合使用要求的情况下，气温的观测误差标准差值取值为 0.2°C 。

不确定度即为期望一个量的真值，按规定的概率（取 95%）落入的区间，即表示测量真值所在量值范围，用标准差的 2 倍表示。不确定度应在 $\pm 0.4^\circ\text{C}$ ，否则视为偏差超出正常范围。

$$\text{不确定度} = 2 \times \sigma \quad (4)$$

1.2.3 粗差率

各要素的粗差率按如下公式计算：

$$\text{粗差率} = \frac{\text{粗差次数}}{\text{观测次数}} \times 100\% \quad (5)$$

逐个检查对比差值，设第 i 次观测值的对比差值为 X_i ，对比差值月平均值为 $\bar{X}$ ，对比差值的月标准差为 σ ，当 $|X_i - \bar{X}| > 3\sigma$ 时，视为粗差。计算粗差次数方法：首先根据全部数据计算 σ ，逐个检查对比差值，若有 $|X_i - \bar{X}| > 3\sigma$ 时，剔除其中一个最大者，再按计算标准差的公式计算新的 σ ，若还有差值 $|X_i - \bar{X}| > 3\sigma$ 者，再剔除其中的一个最大者，又计算新的 σ ，……，一直到没有数据需要剔除

为止。

1.2.4 一致率

一致率反映了自动观测与人工观测相一致的程度。对比差值小于其平均值标准差 2 倍的次数与有效总次数的比值称为一致率，一致率大于 80% 为正常范围。

1.2.5 显著性检验

显著性检验反映了自动站观测资料与历史资料的差异。取各相关气象要素气候累年值，并假定它们能反映该站气候特征，其平均值、标准差、极端值能代表观测序列总体。以其为标准，对该数据序列进行统计检验，看与历史序列有无显著性差异。设 $\bar{x}$ 为历史平均值， σ 为平均值标准差，若该要素月平均值大于 $\bar{x} + 2\sigma$ ，或小于 $\bar{x} - 2\sigma$ ，而人工观测值未达到此标准，则该要素有 95% 可能是与历史序列有显著性差异。

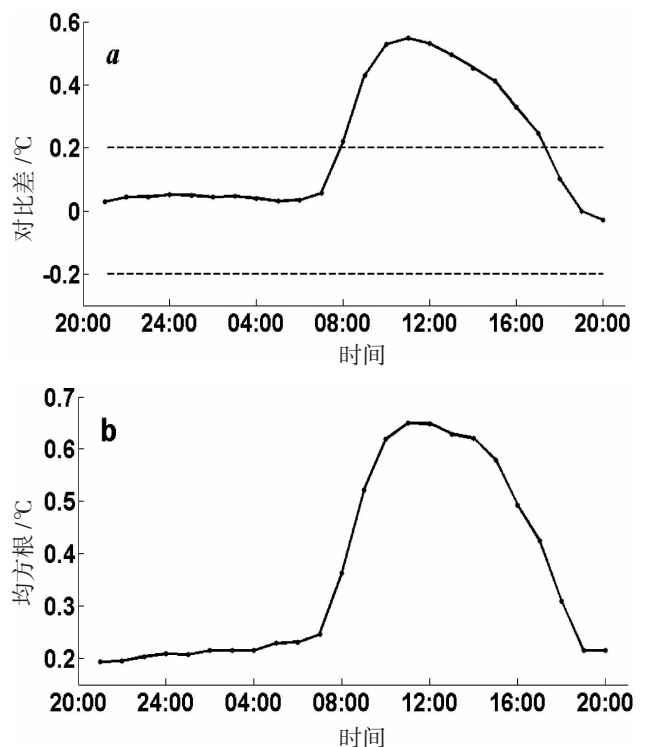


图 1 自动站与人工站逐时气温对比差值及其均方根的日变化 (a: 对比差值; b: 对比差值的均方根)

2 结果分析

2.1 对比差值及其均方根

2.1.1 日变化

图 1 给出了蒙自站 2003 ~ 2009 年平均逐时自动站与人工站气温对比差值及其均方根的日变化。

从图中可看出：对比差值在夜间变化不大，基本在 0℃ 附近摆动，19、20 时为负值，而白天的变化幅度远远大于夜间，自 7 时起（日出开始），对比差值开始增大，11 时达到最大，为 0.55℃，傍晚前后温度逐渐降低，自动站的气温开始小于人工观测气温。对比差值的均方根有相似的变化，白天的偏差值远大于夜间，11 时最大达 0.65℃。可以认为，由

于铂电阻对气温的灵敏度高于水银和酒精，当温度升高时，自动站的气温感应器先反映出来，而水银温度表还有一定的滞后性，所以对比差值为正值，温度降低时，也是自动站的气温感应器先反映出来，故对比差值为负。对比差值在白天（8 时至 17 时）都超出了 $\pm 0.2^\circ\text{C}$ ，其他时次在正常范围之内，说明自动站在白天升温阶段比人工站更灵敏。

表 1 自动站与人工站观测气温对比差值及其均方根的月年变化

℃

项目	7 年		2003 年		2004 年		2005 年		2006 年		2007 年		2008 年		2009 年	
	<i>x</i>	<i>y</i>	<i>x</i>	<i>y</i>	<i>x</i>	<i>y</i>	<i>x</i>	<i>y</i>	<i>x</i>	<i>y</i>	<i>x</i>	<i>y</i>	<i>x</i>	<i>y</i>	<i>x</i>	<i>y</i>
逐时	0.20	0.41	0.16	0.41	0.17	0.41	0.16	0.39	0.16	0.39	0.13	0.38	0.31	0.42	0.29	0.42
日最高	0.29	0.42	0.31	0.43	0.42	0.53	0.37	0.47	0.29	0.44	0.22	0.40	0.22	0.30	0.22	0.28
日最低	0.26	0.39	0.04	0.25	0.14	0.23	0.16	0.36	0.10	0.21	0.15	0.23	0.54	0.58	0.57	0.64
1 月	0.12	0.36	0.03	0.34	0.06	0.35	0.09	0.39	0.09	0.39	0.08	0.26	0.20	0.43	0.26	0.37
2 月	0.15	0.38	0.06	0.40	0.07	0.33	0.12	0.39	0.15	0.32	0.05	0.39	0.24	0.36	0.32	0.43
3 月	0.16	0.39	0.07	0.35	0.15	0.40	0.14	0.37	0.14	0.38	0.09	0.39	0.23	0.38	0.32	0.45
4 月	0.20	0.43	0.19	0.44	0.17	0.42	0.19	0.43	0.20	0.42	0.12	0.43	0.27	0.43	0.34	0.45
5 月	0.18	0.42	0.22	0.46	0.15	0.42	0.16	0.42	0.21	0.41	0.23	0.43	0.25	0.37	0.25	0.42
6 月	0.25	0.41	0.23	0.42	0.22	0.41	0.21	0.40	0.18	0.38	0.17	0.37	0.35	0.43	0.36	0.47
7 月	0.26	0.43	0.23	0.41	0.22	0.48	0.22	0.40	0.24	0.48	0.19	0.36	0.35	0.43	0.37	0.44
8 月	0.26	0.45	0.27	0.51	0.24	0.46	0.21	0.40	0.21	0.45	0.18	0.42	0.36	0.45	0.36	0.47
9 月	0.23	0.43	0.21	0.45	0.20	0.41	0.19	0.43	0.20	0.42	0.14	0.38	0.39	0.50	0.28	0.41
10 月	0.20	0.36	0.16	0.34	0.16	0.37	0.17	0.34	0.16	0.33	0.13	0.33	0.37	0.44	0.25	0.37
11 月	0.16	0.38	0.09	0.38	0.17	0.38	0.11	0.35	0.12	0.39	0.12	0.36	0.34	0.45	0.18	0.34
12 月	0.14	0.36	0.06	0.32	0.13	0.42	0.11	0.32	0.10	0.33	0.14	0.34	0.29	0.40	0.15	0.36

注：*x* 为对比差值，*y* 为对比差值的均方根。

2.1.2 年月变化

分析 2003 ~ 2009 年逐时及日最高、日最低气温总体及各年月对比差值及其均方根，结果见表 1。从表中可看出：自动站与人工站的逐时对比差值及其均方根分别为 0.20℃ 和 0.41℃，在正常范围之内，而日最高和最低气温的对比差值超出了 $\pm 0.2^\circ\text{C}$ ，分别达到 0.29℃ 和 0.26℃，说明自动站对气温升降的灵敏度明显比人工站强。从年变化来看，逐时及日最低气温的对比差值 2003 ~ 2007 年均 $< 0.2^\circ\text{C}$ ，在正常范围之内，而 2008、2009 两年均超出正常范围，日最高的对比差值 7 年均超出正常范围，特别是 2008、2009 两年的最低气温对比差值分别达到 0.54℃ 和 0.57℃，其均方根也分别达到 0.58℃ 和 0.64℃，表明近两年自动站对低温的灵敏度远强于人工站。从月变化来看，7 年来，夏季（6、7、8 月）的对比差值均超出了 $\pm 0.2^\circ\text{C}$ ，其他月份均在正常范围之内，再次表明自动站对高温的

灵敏度明显强于人工站。值得注意的是，近两年除 2008 年 1 月、2009 年 11、12 月外，其他各月的对比差值均远超出正常范围，均方根最大的达到了 0.50℃，估计为仪器差异所致。经查蒙自站分别于 2007 年 12 月 12 日和 2009 年 10 月 28 日对自动站部分仪器（包括气温）进行过更换，经过分析对比，可认为更换仪器是近两年气温对比差值偏大的主要原因。

2.2 标准差和不确定度

从图 2a 可看出，对比差值的标准差在 14:00 出现一个峰值为 0.43℃，这正是气温达到一天的最高值，由于两种仪器对气温变化特别是气温升高的反映灵敏度不同，造成两种仪器之间出现较大偏差，同时还发现，标准差值白天远大于夜间，极差达到 0.23℃，也说明两种仪器对气温的观测差异较为明显，自动站对高温的灵敏度远高于人工站。从月变化来看（图 2b），日平均气温对比差值标准差各月

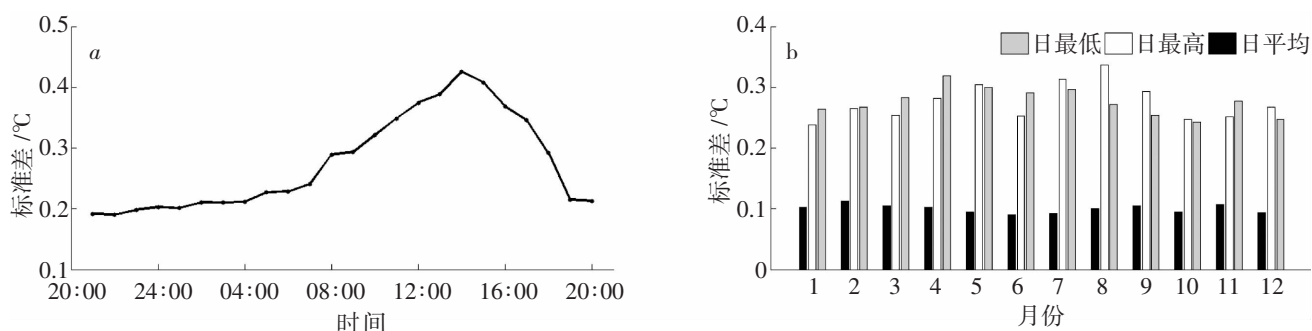


图 2 2003~2009 年气温对比差值标准差的日变化 (a) 与月变化 (b)

均小于 0.2°C ，在正常范围内，而日最高、最低气温的对比差值标准差均大于 0.2°C ，超出正常范围，反映出自动站对高、低温的灵敏度远高于人工站。

不确定度的日月变化也表现出与标准差相同的情况。日变化同样在 14:00 时出现一个峰值，达 0.86°C ，大部分时次均超过 0.4°C ，且白天大于夜间。月变化日平均气温的不确定度均小于 0.4°C ，而日最高、日最低均超出正常范围。

2.3 粗差率

从图 3a 可看出，逐时气温粗差率的日变化不

明显，白天比夜间稍大，说明夜间两种仪器观测数据出现异常的可能性稍大，大部分时次的粗差率均小于 2%，在正常范围内，最大出现在 5:00 为 2.3%，最小为 10:00 的 0.4%。图 3b 给出了逐时、日最高、日最低气温的月变化情况，逐时气温粗差率除 10 月为 2.5%，超出正常范围外，其余各月均在正常范围之内，日最高气温 2、4 月分别为 3.0%、2.4%，超出正常范围，其余各月也均在正常范围内，日最低气温均在正常范围内，除 1、4 月外，粗差率均为 0%。

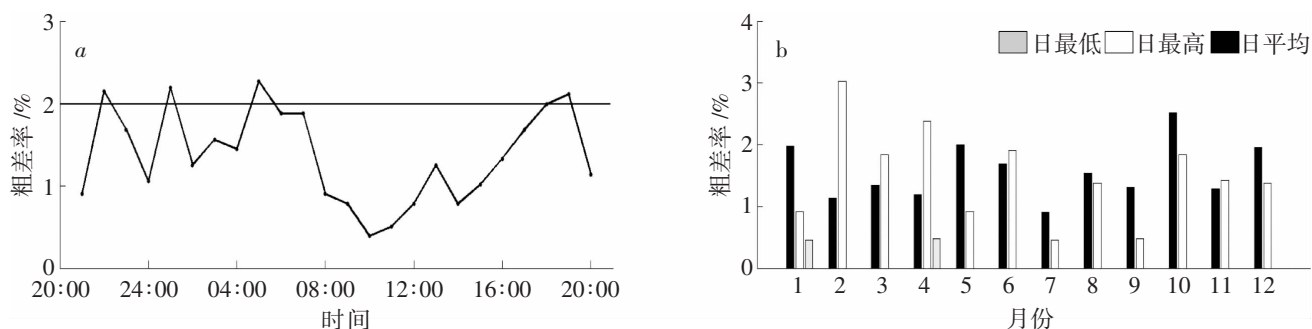


图 3 2003~2009 年气温粗差率的日变化 (a) 与月变化 (b)

2.4 一致率

从图 4a 可看出：一致率日变化明显，白天明显低于夜间，说明白天两种仪器观测的值出现偏差的概率较大，特别是日出到正午，气温处于上升期，自动站与人工站观测值的一致较差，最低

11:00 只达 63.5%，夜间的一致率均大于 90%，在正常范围内，说明两种仪器对增温的灵敏度有较大差异。从月变化来看（图 4b），逐时气温的一致率均大于 80%，属正常范围，日最高气温的一致率夏季（6~9 月）小于 80%，其他月份在正常范围内，

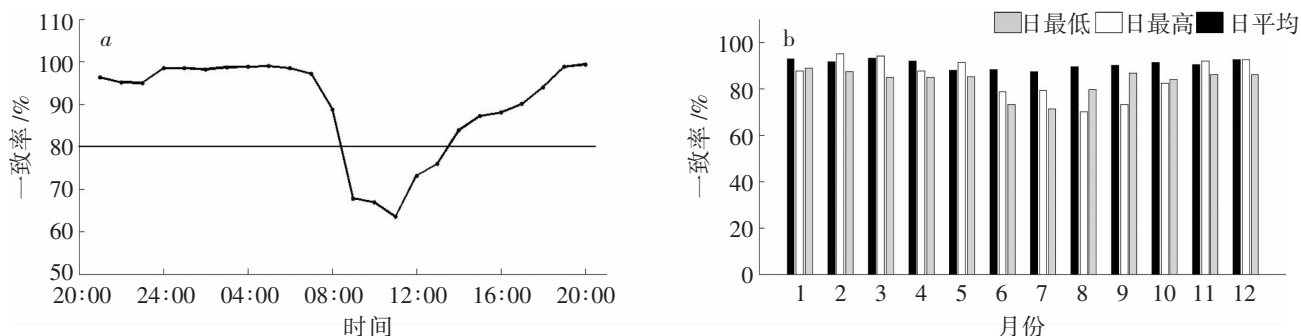


图 4 2003~2009 年气温一致率的日变化 (a) 与月变化 (b)

日最低气温的一致率也是在夏季（6~8月）小于80%，其余月份在正常范围内。

2.5 显著性检验

选取 1971~2000 年的月平均气温作为气候累年值，并假定其能代表观测序列总体，并计算出各月显著性检验的范围值（表 2）。

对 2003~2009 年 7 年各月及每年各月的平均气温进行显著性检验，结果见表 3。从表中可看出：7 年各月自动站气温平均值与历史资料之间均

没有显著性差异。每年大部分月份也均与历史资料无显著性差异，84 个月份当中有 16 个月的自动站气温平均值与历史资料之间有显著性差异，但人工站资料与历史资料之间也出现显著性差异，这说明自动站出现显著性差异不是仪器问题，而是该月气温的确发生了显著性变化。通过 7 年来的并行观测资料分析，可认为，自动站观测气温与历史资料未出现显著性差异。

表 2 各月显著性检验标准范围

月份	范围	月份	范围	月份	范围
1	9.7~15.7	2	11.2~17.4	3	15.1~20.9
4	18.8~23.2	5	20.5~24.5	6	21.9~24.4
7	21.6~23.9	8	21.1~23.4	9	19.8~22.3
10	15.7~21.5	11	13.2~17.4	12	9.5~15.1

表 3 2003~2009 年日平均气温显著性检验

月份	7 年		2003 年		2004 年		2005 年		2006 年		2007 年		2008 年		2009 年	
	<i>x</i>	<i>y</i>	<i>x</i>	<i>y</i>	<i>x</i>	<i>y</i>	<i>x</i>	<i>y</i>	<i>x</i>	<i>y</i>	<i>x</i>	<i>y</i>	<i>x</i>	<i>y</i>	<i>x</i>	<i>y</i>
1	12.9	12.8	12.6	12.6	13.4	13.4	13.0	12.9	14.1	14.0	11.7	11.6	13.9	13.7	11.8	11.5
2	15.8	15.7	16.7	16.6	14.4	14.3	18.1	18.0	16.6	16.5	16.0	15.9	9.8	9.5	19.3	19.0
3	18.9	18.7	18.0	17.9	19.1	18.9	17.1	17.0	19.6	19.5	20.2	20.1	17.9	17.7	20.5	20.2
4	21.4	21.3	23.0	23.0	20.7	20.5	21.6	21.4	22.1	22.0	19.7	19.6	22.3	22.1	21.1	20.7
5	22.9	22.7	23.9	23.6	22.2	21.9	25.1	25.0	22.1	21.9	21.8	21.6	22.5	22.2	22.6	22.3
6	24.0	23.7	23.4	23.2	23.1	22.9	24.4	24.3	24.7	24.5	24.7	24.5	23.2	22.9	24.2	23.8
7	23.8	23.5	24.2	24.0	23.3	23.1	23.9	23.7	24.2	24.0	23.4	23.2	23.2	23.0	24.3	24.0
8	23.4	23.2	24.1	24.0	23.7	23.5	23.2	23.0	22.8	22.6	23.2	23.0	23.4	23.1	23.9	23.5
9	22.3	22.1	21.9	21.7	22.1	21.9	22.6	22.4	21.8	21.6	21.4	21.3	23.0	22.7	23.2	23.0
10	20.3	20.1	20.0	19.8	18.7	18.5	20.1	19.9	20.6	20.5	19.8	19.6	21.0	20.6	21.8	21.6
11	16.8	16.6	17.1	17.1	16.9	16.8	17.0	16.9	18.3	18.2	15.6	15.5	16.1	15.8	16.2	16.0
12	13.8	13.6	13.5	13.5	13.2	13.1	12.6	12.5	13.5	13.4	15.4	15.3	13.5	13.2	14.6	14.4

注：*x*、*y* 分别为自动站、人工站月平均气温，带下划线的数据表示与历史资料有显著性差异。

3 差异原因分析

3.1 仪器及其安装差异

自动站与人工站观测气温的感应元件和测温原理不同，两者在仪器方面存在系统性偏差。自动站是利用铂电阻随温度变化而变化的原理测温，人工站是利用水银随气温变化而热胀冷缩的原理测温。

从仪器的安装来说，虽然观测规范要求自动站与人工站基本一致，但安装地点与位置还是略有差

异，这对于气温这种与安装位置密切相关的要素来说，地点的差别也会造成测量值的差异。

3.2 观测方式差异

人工站一般是在距正点大约 15 分钟内进行观测，而自动站则是在正点进行观测，两种观测体制在观测时间上不同步，因气温有明显日变化，在这一时间差内，气温的连续变化易造成观测数据的不一致，观测结果必然会出现差异。

人工站观测经常要打开百叶箱，产生空气对流，而自动站一般不打开百叶箱，因此人工观测的气温普遍低于自动站。

4 结论与讨论

自动站与人工站两种仪器气温的感应元件、测温原理和观测方式不同,造成两种观测数据存在差异,人工观测值普遍小于自动观测值。偏差存在明显的日变化,白天大于夜间。从月变化来,看两种仪器夏季的偏差明显高于其他季节,且超出正常偏差范围,说明自动站对高温特别是增温的灵敏度明

显高于人工站。

自动站观测的气温值与历史序列中的气温值无显著性差异。

本次分析虽采用了蒙自站 7 年的人工站与自动站平行观测资料,但自动站资料长度还是有限,而蒙自地处低纬高原,气温变化剧烈,为保证自动站资料加入资料序列后序列的均一性和连续使用,还需再积累更长时间平行观测数据后再进行深入分析。

参考文献:

- [1] 王颖,刘小宁.自动站与人工观测气温的对比分析[J].应用气象学报,2002,13(6):741-748.
- [2] 中国气象局.地面气象观测规范[M].北京:气象出版社,2001:1-4.
- [3] 宋军,高磊,王秀萍,等.大连自动站与人工观测数据的差异对比分析[J].气象与环境学报,2009,25(1):58-61.
- [4] 王宝鉴,陈旭,陶健红,等.兰州 CAWS600-R 自动站与人工观测资料对比分析[J].气象科技,2004,32(4):281-285;290.
- [5] 陈豫英,陈晓光,张智,等.宁夏自动站与人工观测气温的差异对比分析[J].应用气象学报,2006,17(增刊):118-123.
- [6] 石登科,崔学祯.甘肃临夏人工与自动气象站气温观测差异对比及均一性研究[J].干旱气象,2008,26(4):71-74.
- [7] 游泳,苑跃,余海蓉,等.四川省自动与人工气压观测值差异对比[J].气象科技,2010,38(2):235-238.
- [8] 陆霞,殷明洁.自动站与人工观测降水量差值的成因分析[J].气象研究与应用,2007,28(3):83-84.
- [9] 尹宪志,郭爱民,卢会云.CAWS 型自动站与人工观测风速记录的对比分析[J].干旱气象,2006,24(1):57-59.

COMPARATIVE ANALYSIS OF AUTOMATIC AND MANUAL ATMOSPHERIC TEMPERATURE IN MENG ZI FOR THE PAST 7 YEARS

ZHENG Jiao, WANG Ji-hong

(Honghe Meteorological Office, Mengzi 661100, Yunnan, China)

Abstract: Based on the automatic and manual hourly temperatures parallel observation data of mengzi from 2003 to 2009, the deviation and their RMS, standard deviation and indeterminacy, gross errors, consistency between the two sorts of data are analyzed, and the significant testing for the automatic data are done. The results show that because of the differences of the temperature sensing elements, temperature measuring principle and observation, the two kinds of observation data in different ways, the manual data is smaller than the automatic data. There are obvious diurnal changes about deviation, and the deviation in the summers are higher than others, beyond the normal range of $\pm 0.2^{\circ}\text{C}$. The automatic data isn't significant differences with the sequence of historical value. Because of the part of the times or months in large deviation, it is necessary to analysis the uniformity and objective correct of the automatic data in business applications, and work out longer parallel observation.

Key words: automatic station; manual station; atmospheric temperature; comparison

百色气象站自动观测与人工观测数据的对比分析

黄淑娟, 唐毓勇

(百色市气象局, 广西 百色 533000)

摘要: 基于 2007 年 1 月至 2008 年 12 月百色自动气象站观测资料和人工 24 次观测资料, 采用数理统计方法对气压、气温、相对湿度数据进行对比, 并分析两者差异形成的原因。结果表明: 两种观测方式所获取的数据有一定的差异, 但在相关观测规范所允许的范围内。除仪器的性能和工作原理造成的差异外, 观测环境的变化、人为操作和特殊的天气现象也是造成差异的重要原因。

关键词: 自动观测; 人工观测; 百色

中图分类号: P41

文献标识码: A

文章编号: 1001-7852 (2011) S0-0088-02

0 引言

百色自动气象站于 2003 年 10 月建成并于 2004 年 1 月投入业务观测运行, 2004 年 1 月至 2005 年 12 月进行了气压、气温、湿度、风向、风速、地温、降水的平行观测。2006 年自动气象站进入单轨运行。2007 年 1 月调整为国家气候观象台, 并进行人工 24 次定时观测至 2008 年 12 月。

用自动观测方式取代多年的人工观测方式, 不仅仅是观测仪器的变化, 还包含观测方式、观测环境、观测时间等方面的变化, 由此而引起的自动与人工观测之间的差异是不可避免的。在以往的数据差异分析中^[1], 大多是利用 4 次定时观测的资料进行分析, 所用的资料样本有限^[2], 本文则利用 24 次定时观测的资料, 对 2007 年 1 月至 2008 年 12 月的气压、气温、相对湿度数据进行分析, 也许更能反映两种观测方式的观测数据的差异状况。对数据是否影响气候资料序列的均一性作出更加精细准确的分析和判断, 为分析、检验、订正气候资料序列提供建议和依据。

1 数据来源及比较方法

人工站观测资料为地面观测规范规定的观测时间内读取的数据, 即每小时在正点前的 46 分至正点之间按顺序观测地温、气温、湿度、降水、风向、风速和气压, 自动气象站观测资料为正点时刻的观测值, 所用的资料为 2007 年 1 月至 2008 年 12 月百色自动气象站与人工站并行观察期间的气压、气温、相对湿度观测资料。

同时刻各要素的对比差值 = 自动观测值 - 人工观测值

(1)

某个数据的对比差值与月平均差值的绝对值相比大于 3 倍标准差, 认为该差值是粗差。月粗差率按如下公式计算:

月粗差率 (%) = 每月粗差次数 / 每月应观测次数 × 100%

(2)

2 要素差值分析

2.1 气压

计算结果表明: 按月平均的自动观测与人工观

测气压差值的大小在 $-0.09 \sim 0.28$ hPa。总体平均差值为 0.1 hPa。

与气压本身具有明显的日变化和季节变化类似，自动观测与人工观测的气压差值同样存在明显的日变化和季节变化。

一日中，气压差值有两个高峰和两个低谷，气压差值最高峰出现在 8 时前后，最大差值达 0.17 hPa，次高峰在 22 时前后，最大差值达 0.12 hPa，两个低谷分别出现在 13 时和 18 时前后，最小差值为 0.0 hPa 和 -0.1 hPa。

一年中，4~10 月份的月平均气压差值较小，11~3 月的月平均气压差值较大。其中以 1 月份的月平均气压差值最大，平均差值为 0.28 hPa；亦就是，在气温较高的夏半年气压差值较小，而在气温较低的冬半年气压差值较大，其中，日最高气压的差值最大，2 月份的日最高气压的差值达 0.45 hPa，最高气压的差值多数是自动站数据比人工站数据偏高，而最低气压的差值多数是自动站数据比人工站数据偏低。年粗差率为 3%，各月的粗差率在 0~12%，月粗差率大于 2% 的有 1、2、5、6、7 月份，其中 6、7 月份的粗差率最大，为 12%。出现差值及粗差率较大的原因主要有：（1）人工站观测用的气压表安装的拔海高度与自动站气压传感器的拔海高度存在一定的差异。百色人工站气压表高度比自动站的气压传感器高度高 1.5 m，因高度的不同造成的气压差约为 0.2 hPa，订正到人工站观测的气压值上，平均差值变为 -0.1 hPa，这说明自动站的气压值总体上比人工站的气压值稍偏低；（2）数据采集的方法不同，会引起差异。人工站观测用水银气压表，水银气压表的读数要经过订正后应用计算公式才得出的本站气压，人工读数时，容易产生误差而造成人工站数据偏差，而自动气象站的气压传感器直接测出本站气压。（3）仪器工作的环境不同，人工站气压表一般安装在气压室内，温度少变，既通风又无太大的空气流动，而自动站气压传感器安装在室外观测场，极易受到室外高温或低温的影响。

2.2 气温

自动站与人工站的月平均气温差值的绝对值基本保持在 0.2°C 以内，平均差值 -0.02°C ，最高气温差值为 $-0.2 \sim 0.1^\circ\text{C}$ ，平均差值 0.05°C ，其中 5、12 月份的差值最大为 -0.2°C ；最低气温差值为 $-0.3 \sim 0.5^\circ\text{C}$ ，平均差值 0.17°C ，以 7~9 月份的差值最大，

达 0.5°C 。同样，自动站与人工站的气温差值也存在明显的日变化。即一日中气温差值有两个高峰和两个低谷，气温差值最高峰出现在 14 时前后，差值达 0.16°C ，次高峰在 03 时前后，差值达 0.05°C ，两个低谷分别出现在 06 时和 20 时前后，差值分别为 -0.17°C 和 -0.20°C 。气温的年粗差率为 5%，3、4、5、10 月份的粗差率在 2% 以内，粗差率最大的是 1 月份，为 11%。造成气温差值的原因主要有：（1）人工站的观测时间为正点前 45 min 至正点，而自动站在正点采集数据，两者观测时间存在 1~15 min 的偏差，在这段时间内，天气变化将使气温数据发生很大波动；（2）午后，对流加强，天空变化大，气温波动较大，温度表感应有一定的滞后性，而自动站温度传感的灵敏度高，优于温度表，因此，自动站的数据更为接近真实值，这也解释了一日中气温差值最高峰出现在 14 时前后得原因；（3）自动站温度传感器和人工站的温度表安装在不同的百叶箱内，且有一定的距离，也会对自动站和人工站的数据造成一定的影响；（4）人工观测百叶箱温度时开门的瞬间都会引起温度的变化，而自动站则在一个相对稳定的环境中，无开、关门的影响。

2.3 相对湿度

自动站与人工站的月平均相对湿度差值为 $-3.8\% \sim 1.1\%$ ，平均差值 -1.7% ，春季及初夏的差值最大，2、9 月份的差值最小，分别为 -0.5% 和 -0.7% 。同样，自动站与人工站的相对湿度差值也存在明显的日变化，即一日中差值最高值出现在 15 时前后，差值达 -3.5% ，差值最低值出现在 05 时前后，差值为 -0.1% 。相对湿度的年粗差率为 3%，4~9 月份的粗差率均超过 2%，亦即冬半年的粗差率在 2% 以内，粗差率最大的是 6、8 月份，为 7%。造成相对湿度差值的原因主要有：（1）两者观测时间不同，人工站的观测时间为 46 min 至正点，而自动站在正点采集数据；（2）测湿仪器不同，自动站湿敏电容测湿的测量原理与人工站观测干湿球温度表的测量原理差别很大，在低温、低湿下，湿敏电容的性能优于干湿球温度表，但在高温、高湿下，湿敏电容的性能明显降低，在接近 100% 时会出现数据失真的现象；（3）人工站的干湿球温度表查算的相对湿度误差较大，特别是在湿度变化剧烈时，具有明显的滞后性；（4）湿球纱布

（下转第 95 页）

贵州省黔西南州 4.12 人工增雨防雹作业分析

付 琼, 何依遥, 蒋若敏, 凌 明, 韦 银

(黔西南州气象局, 贵州 兴义 562400)

摘要: 4 月 12 日夜间至 13 日凌晨, 利用卫星云图、雷达监视天气变化趋势, 抓住有利天气过程, 开展人工影响天气, 此次人工增雨防雹作业效果十分明显, 对久旱的黔西南州有一定的缓和作用, 取得了较好的经济、社会效益。本文对此次人工影响天气过程进行较为详细的统计分析, 为以后的人工增雨工作提供参考。

关键词: 卫星云图; 雷达回波; 增雨防雹; 黔西南州

中图分类号: P48

文献标识码: A

文章编号: 1001-7852 (2011) S0-0090-06

0 引言

黔西南州位于贵州省西南部, 东西长 210 km, 南北宽 177 km, 属珠江水系南北盘江流域, 地处黔、滇、桂三省区结合部。州境内地势西高东低, 北高南低, 最低海拔 275 m, 最高海拔 2 207.2 m, 国土面积 16 804 km², 石漠化面积 20.29 × 10⁴ hm², 占国土面积的 29.9%, 潜在石漠化面积 21.14 × 10⁴ hm², 占国土面积的 12.6%, 是贵州省石漠化最为集中连片的地区之一, 是典型的喀斯特山区。

2009 年 9 月以来, 黔西南州遭受百年一遇特重干旱, 经济损失惨重。截至 3 月 31 日, 已造成 250 万人受灾, 近 200 万人饮水困难, 直接经济损失 24 亿元以上。全州农作物受灾面积 17.43 × 10⁴ hm², 预计旱灾造成农作物直接经济损失 6.85 亿元, 畜牧养殖业损失达 1.01 亿元, 生态建设项目受灾 21.85 × 10⁴ hm², 成灾 10.38 × 10⁴ hm², 经济损失 7.07 亿元, 苗木损失 1.96 亿株, 经济损失 6.52 亿元。为了抗旱, 黔西南州气象局一直寻找增雨作业时机, 自 2 月以来, 黔西南州共有 8 次降温降雨天气过程, 其中有 5 次出现了降雨, 但具备增雨作业条件的仅有 3 次。因为人工增雨必须在有利于降水

的天气形势下进行, 通过卫星云图、多普勒雷达的探测, 寻找有利于人工增雨的云系, 连续观测雷达降水回波特征的演变, 来指导人工增雨防雹作业。本文利用卫星云图、雷达监视天气系统变化来指挥人工增雨作业, 对此次增雨过程进行统计分析, 为以后的人工增雨工作提供参考。

1 旱情及人工影响天气实况

2009 年 9 月至 2010 年 4 月上旬黔西南州各地无有效降水, 降雨量持续偏少, 气温持续偏高, 旱情发展到特重旱, 全州出现了前所未有的特大干旱。黔西南州自 2009 年 9 月到 2010 年 3 月降雨总量仅有 115.6 mm, 比历史同期最低值 258.8 mm (1969 年 9 月 ~ 1970 年 3 月) 偏少 143.2 mm。

根据 2010 年 4 月 14 日 08 时贵州省综合气象干旱指数监测: 黔西南州特重旱 14 个县、重旱 13 个县(见图 1)。

自 2 月以来, 黔西南州共有 8 次降温降雨天气过程, 其中有 5 次出现了降雨, 但具备增雨作业条件的仅有 3 次。截止 4 月 14 日, 全州共作业 249 次, 发射人雨弹 3 249 发, 火箭弹 74 枚。在贵州省气象局的支持下, 多次出动飞机, 飞临黔西南州上

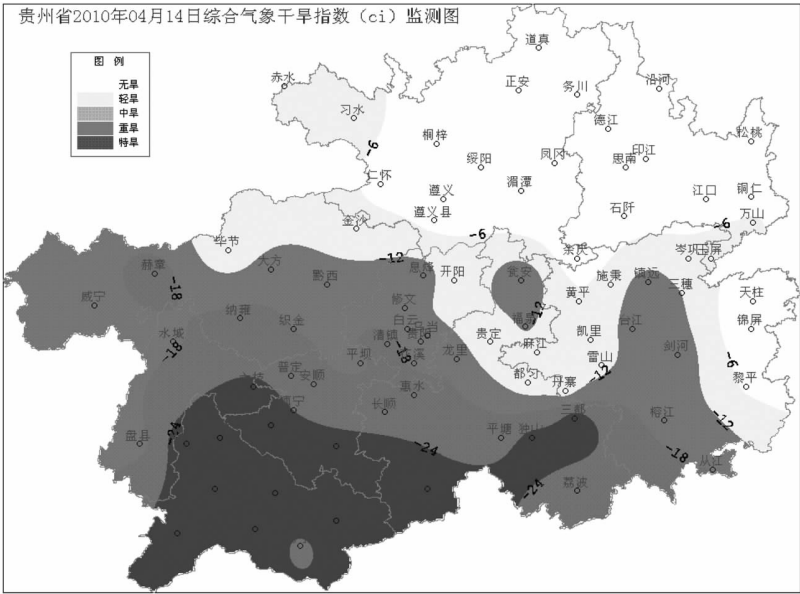


图 1 贵州省 4 月 14 日综合气象干旱指数监测

空开展飞机增雨作业。

2 天气形势分析

12 日 20 : 00 时, 500 hPa 图上 (图略), 贵州为 W 偏 S 气流, 川东北有浅槽未来南下影响贵州; 700 hPa 图上 (图略), 12 日 08 : 00 时, 六盘水市有弱切变存在, 到 20 : 00 时, 该切变加强南下影响黔西南州, 同时川东南有切变未来南下补充影响; 12 日 20 : 00 时, 850 hPa 图上 (图略), 贵州为偏东气流影响, 未来维持, 同时显示贵州西南部及西部边缘湿度增加明显; 12 日 08 : 00 时, 地面图上 (图略), 静止锋位于威宁—六盘水一线, 而位于河套南侧—川北的冷锋未来快速南下影响贵州, 促使静止锋西进增强。

通过上面的分析, 得出黔西南州 12 日夜间到

13 日夜间, 阴天有阵雨或雷雨, 部分乡镇有小到中雨, 雷雨中将伴随有冰雹大风等强对流天气。

3 卫星云图特征

此次天气过程, 在 FY2E-01 卫星云图上表现为典型的中尺度对流复合体 (MCC)。12 日 22 : 00 时, 黔西南上空有层状云发展, 且川北的冷锋快速南下影响黔西南州, 静止锋西进增强 (见图 2); 从 13 日 00 : 00 云图上看, 贵州境内上空有 3 个中尺度对流复合体, 位于西部的中尺度对流复合体呈南北带状 (长约 400 km, 宽约 100 km), 云顶亮温中心位于云带南端, 发展成熟, 云团边缘光滑, 南端南压入侵黔西南 (见图 3)。13 日 03 : 00 时西部的中尺度对流复合体与位于中部的对流复合体合并, 未来东移 (图略)。

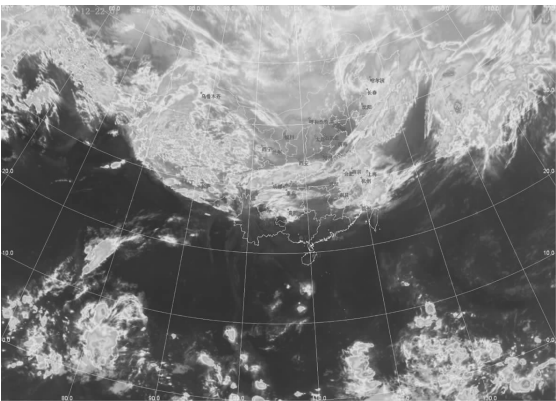


图 2 4 月 12 日 22 : 00 时 FY2E 云图

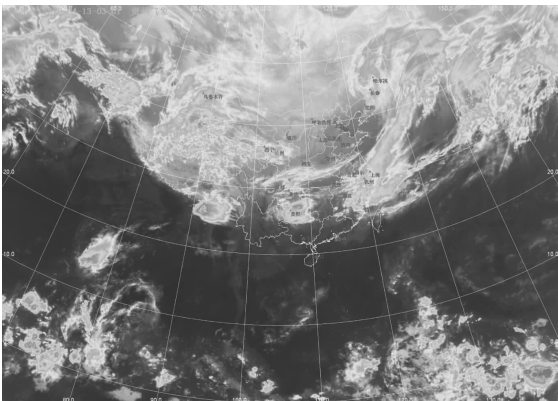


图 3 4 月 13 日 00 : 00 时 FY2E 云图

4 雷达回波特征

图 4a 看出, 有一个回波单体在紫云及望漠交

界处生成, 其初始强度达到了 35 dBZ, 而另一单体在普安生成, 对流风暴不断加强; 23:26 分图 5 在普安生成的单体移至晴隆, 回波单体强度增强, 中心强度达到了 54 dBZ, 同时, 处于望漠北部的回

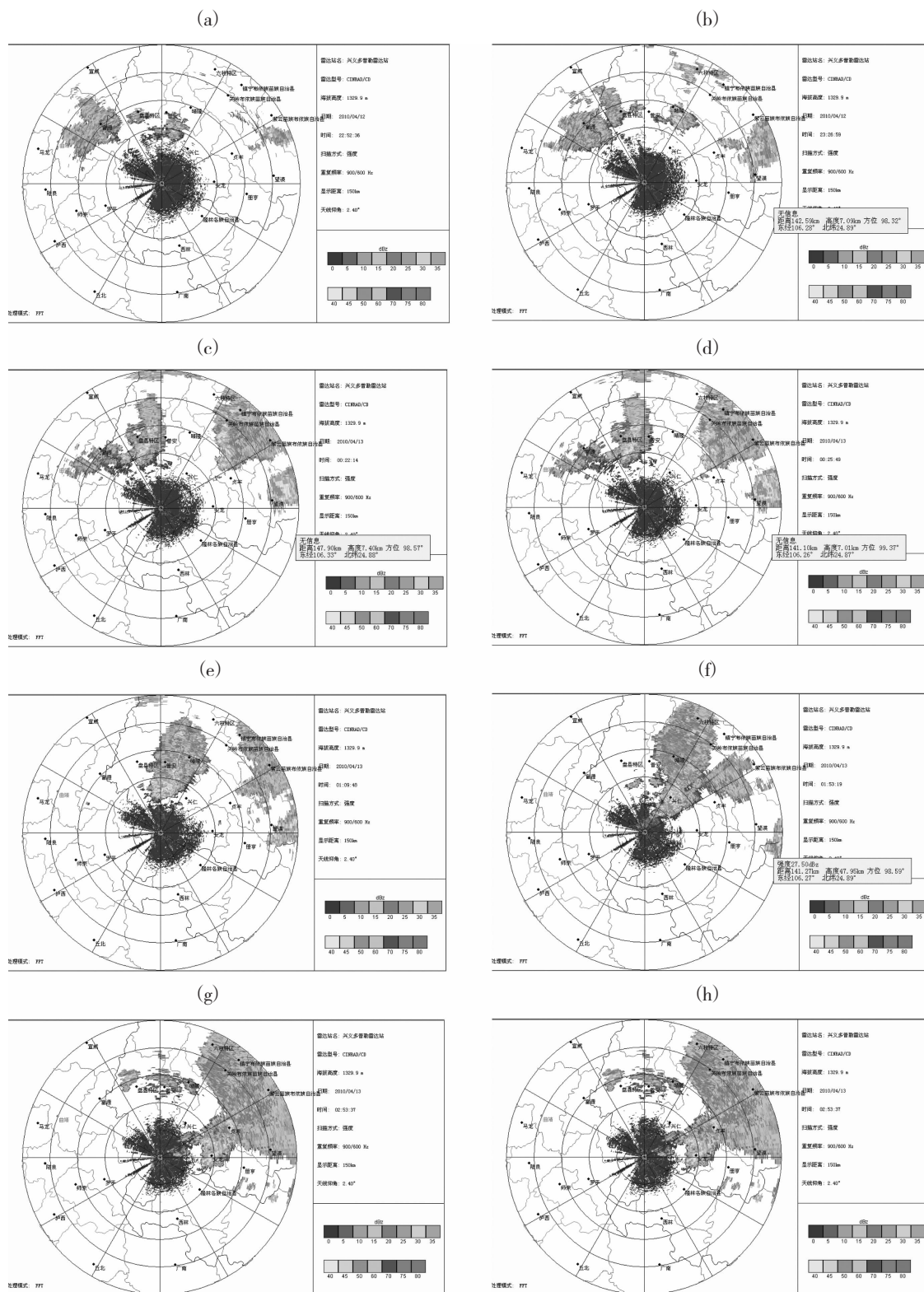


图 4 雷达回波变化趋势

(a: 12 日 22:52, b: 12 日 23:26, c: 13 日 00:22, d: 13 日 00:25, e: 13 日 01:09, f: 13 日 01:53, g: 13 日 02:53, h: 13 日 06:20)

波单体范围加大，加波结构更紧密（图 4b）；而处于盘县的回波东移至黔西南州普安县（图 4c）；处于望谟北部的单体移至东面，强度达到极大值，即 61 dBZ，强中心范围具有增大趋势，对流发展旺盛（图 4d）；从盘县东移到普安—晴隆的对流风暴结构更加紧密，出现了二个强中心，中心强度最大值均达 56 dBZ（图 4e）；该回波东南移至兴仁，

且二个强中心合为一体，最大值达 61 dBZ，中心位于兴仁县南部，为长条状（图 4f）；02：53 分图 10 该对流风暴继续往东南移，移到安龙—贞丰一带，强中心仍维持 61 dBZ，但结构有所松散（图 4g）；随后该对流风暴处于消亡状态，转为较弱的层状云降水（图 4h）。整个对流风暴形成到消亡历经 7 个多小时。

表 1 4 月 12~13 日火箭、高炮作业情况

站点名称	GPS 经度	GPS 纬度	作业工具	作业时间	用弹 / 发	方向	作业仰角 / 度	降雨量 /mm
者相	105.38	25.3	G- 高炮	00：50 ~ 00：52	20	西北	50	5.0
者楼	105.49	24.59	G- 高炮	03：45 ~ 03：46	19	西南	45	14.1
丫他	105.39	24.56	G- 高炮	03：35 ~ 03：37	15	正西	50	5.3
雪浦	104.59	25.31	G- 高炮	23：01 ~ 23：03	5	正北	50	17.0
新店	105.00	25.35	G- 高炮	23：01 ~ 23：05	30	东北	55	18.0
小屯	105.33	25.3	R- 火箭	02：45 ~ 02：48	2	西北	50	11.0
小屯	105.33	25.3	G- 高炮	02：44 ~ 02：49	19	东南	50	
小屯	105.33	25.3	G- 高炮	00：33 ~ 00：35	37	西北	50	
万屯	105.4	25.13	G- 高炮	02：15 ~ 02：18	15	西北	55	5.2
十字	105.14	25.49	G- 高炮	23：51 ~ 23：53	18	东南	50	8.0
桑郎	106.26	25.12	G- 高炮	01：27 ~ 01：29	29	南北	45	28.0
桑郎	106.26	25.12	G- 高炮	00：55 ~ 00：57	8	正南	50	
青山	105.00	25.29	G- 高炮	23：01 ~ 23：05	6	东北	55	28.7
旗洋	105.38	25.24	R- 火箭	01：02 ~ 01：04	2	东北	55	11.4
坡妹	105.4	25.15	G- 高炮	02：57 ~ 03：00	30	正西	50	8.0
盘水	104.57	25.47	R- 火箭	00：37 ~ 00：38	2	西北	45	15.7
鲁础营	105.3	25.21	G- 高炮	05：09 ~ 05：11	10	东北	45	8.5
龙场	105.29	25.28	G- 高炮	02：30 ~ 02：33	20	西北	50	13.0
科花	105.17	25.14	G- 高炮	02：41 ~ 02：45	33	西北	45	32.8
科花	105.17	25.14	G- 高炮	02：13 ~ 02：17	28	西北	45	
回龙	105.29	25.33	G- 高炮	02：53 ~ 02：55	24	南北	50	22.0
灌子窑	104.58	25.55	G- 高炮	00：46 ~ 00：47	5	西北	50	25.0
高棉	105.5	25.51	G- 高炮	01：10 ~ 01：11	8	东南	55	24.0
复兴	106.5	25.1	G- 高炮	01：08 ~ 01：09	28	西北	50	11.2
大山	105.23	25.35	G- 高炮	00：05 ~ 00：07	14	正西	48	21.0
大碑	105.37	25.27	G- 高炮	02：41 ~ 02：43	38	西北	50	16.0
大碑	105.37	25.27	G- 高炮	00：54 ~ 00：57	39	西北	50	
打尖	105.58	25.25	G- 高炮	00：03 ~ 00：04	39	西北	45	11.0
达秧	105.57	24.58	G- 高炮	04：30 ~ 04：34	19	西北	45	2.0
城关	105.11	25.26	G- 高炮	01：43 ~ 01：48	30	西北	45	31.8
长田	105.34	25.35	R- 火箭	02：17 ~ 02：20	2	正北	50	33.0
博上	104.56	25.32	G- 高炮	23：01 ~ 23：03	5	东南北	50	38.0
百德	105.24	25.43	G- 高炮	23：56 ~ 23：57	20	西北	45	18.6
合计	/	/	/	/	619	/	/	483.3

5 作业情况及降水分布

从卫星云图上看到, 12 日 22 : 00 时黔西南上空开始有层状云生成, 人工影响天气办公室立即指挥全州各炮点准备作业, 同时向空域申请作业时间, 22 : 52 时雷达观测到一个回波单体在紫云及望谟交界处生成, 人工影响天气办公室立即传达作业时间, 并指导各雹点以增雨为主, 火箭弹和高炮用弹都不能过多, 具体作业情况见表 1。

由表 1 可见, 作业时间从 12 日的 23 : 01 ~ 13

日凌晨 05 : 11 时, 历时近 6 个多小时, 共作业 33 站次, 用 WR-98 火箭弹 8 枚, 三七高炮弹 619 发, 往东北方向发射的站点较多, 火箭高度角为 50 ~ 55 度, 高炮为 45 ~ 55 度, 射击部位为有向强对流回波转化发展趋势的初始阵雨云回波处, 作业方式采取扇面点射, 力争爆炸后催化剂影响面积最大。火箭弹道呈弧线带状, 播撒线路更长, 催化影响面积更大。

由表 2 看出, 兴义市的炮点只有北面的 1 个点作业, 从卫星云图和雷达回中能看到省的南部作业条件不够, 所以兴义市南面的雹点未开展作业。

表 2 4 月 12 ~ 13 日未作业区的降雨量

站点名称	降雨量 /mm	站点名称	降雨量 /mm	站点名称	降雨量 /mm	站点名称	降雨量 /mm	站点名称	降雨量 /mm	站点名称	降雨量 /mm
兴义市		兴仁县		大厂	6.0	坝赖	1.0	罗汉	21.0		
黄草坝	1.5	泥凼	0.0	下山	31.2	中营	18.0	八渡	1.8	望谟县	
清水河	6.9	仓更	3.6	巴铃	17.9	鸡场	33.7	丫他	5.3	石屯	27.8
白碗窑	2.9	沧江	0.0	雨樟	19.3	碧痕	5.9	冗渡	8.4	乐旺	21.6
顶效	2.0	洛万	0.6	马场	27.5	紫马	13.2	安龙县		新屯	71.0
威舍	4.5	雄武	3.0	潘家庄	38.0	光照	22.5	新安	5.0	大观	24.4
马岭	5.0	七舍	1.8	新龙场	39.0	沙子	11	钱相	5.8	打易	78.2
鲁屯	0.0	猪场坪	6.0	屯脚	8.0	册亨县		海子	18.0	蔗香	1.1
郑屯	0.1	捧乍	4.5	晴隆县		者楼	14.1	龙广	0.1		
乌沙	2.0	鲁布革	0.5	花贡	11.6	巧马	3.0	木咱	1.5		
则戎	0.0	三江口	4.5	马场	7.5	坡妹	8.0	普安县			
敬南	1.5	枫塘	1.7	莲城	8.1	达秧	2.0	白沙	11.3		

表 3 是此次过程中各乡镇降雹情况, 经了解在防区内冰雹很小无灾, 其中鲁础营降雹是在防区外, 科花第一次作业时未降雹, 作业后 10 分钟开始降雹, 当时只是为了增雨, 当冰雹继续下时开展了第二次作业, 科花乡降雨中夹降了冰雹 (见图 5)。另外新马场和新龙场没有设立雹点, 经分析降雹时间与雷达回波 (图 4f) 一致。

表 3 各乡镇 4 月 12 ~ 13 日降雹情况

乡镇	直径 /mm	密度 / 粒 · m ⁻²	降雹时间
雨樟	5 ~ 10	100	1:30-01:40
鲁础营	3 ~ 7	50	01:30-01:35
百德	3 ~ 7	50	01:30-01:35
新马场	3 ~ 7	50	01:30-01:35
新龙场	5 ~ 30	300 ~ 400	01:30-02:00
科花	11 ~ 12	1 500 ~ 2 000	02:30-02:42
桑郎	5	6 ~ 7	00:55-00:57



图 5 科花乡 2010 年 4 月 13 日 02 : 30 ~ 02 : 42 时降雹情况

总之, 此次人工影响天气过程, 全州有 45 个乡镇降小雨 (0.1 ~ 9.9 mm), 27 个乡镇降中雨 (10 ~ 24.9 mm), 14 个乡镇降大雨 (25 ~ 49.9mm), 2 个乡镇 (望谟新屯 71.4 mm、打易 78.2 mm) 降暴雨, 降雨主要分布在晴隆、兴仁、贞丰、安龙、望谟。由此可见, 利用卫星云图和雷达回波, 可以为人工增雨防雹作业选择较好的作业时机, 从而达到

更好的增雨防雹效果。

6 结语

(1) 4 月 12 日夜间至 13 日凌晨是充分利用冷锋南下, 促使位于省西部的静止锋西进增强天气过程开展人工增雨作业。从天气形势来看, 黔西南州上空层结不稳定, 且能量高, 西南气流增强带来了较为充足的水汽, 十分有利于对流云发展; 在播撒

人工晶核后, 更有利于积云性层状云的发展, 扩大了降雨面, 形成了对流云与层状云的混合型云系, 最后演变为稳定性的层状云, 有利于持续降水。

(2) 卫星云图在作业指挥中具有长效性, 使指挥人员早发现早准备。雷达回波的观测是确保开展人工增雨防雹作业取得显著效果的有效手段, 同时也为防雹指挥和炮点作业提供可靠的判断依据。

(3) 此次人工增雨防雹作业效果十分明显, 取得了较好的经济、社会效益。

参考文献:

- [1] 洪延超, 周菲菲. 层状云系人工增雨潜力研究.
- [2] 蒋斌, 孙旭东, 付琼. 贵州省兴义市 5·12 人工增雨试验效果评估 [J]. 贵州气象, 2010 (1) .

(上接第 89 页)

的湿润状况、清洁程度均会影响到人工观测数据的正确性。

2.4 风速

自动站与人工站的月平均风速差值为 0.4~0.5 m/s, 平均差值 0.5 m/s。其差值主要是由于自动站风塔和人工站风塔安装的位置不同造成。两分钟风观测时间的不同也会引起风速很大的不同; 另外自动站的风传感器具有惯性小、启动快、反应灵敏的特点, 启动风速仅为 0.3 m/s, 相对的, 十分钟风的月平均风速差值要小得多, 平均差值为 0.5 m/s。从某种程度来说, 人工站与自动站的两分钟风根本无法进行对比。

参考文献:

- [1] 陆小玉. 广西自动气象站平行观测资料质量评估 [J]. 气象研究与应用, 2007, 28 (4): 69-72.
- [2] 田小芳. 地面人工观测与自动观测数据对比情况分析 [J]. 气象研究与应用, 2007, 28 (增刊Ⅲ): 11-12.

3 结论

(1) 气压的自动站数据与人工站数据差值较小, 说明水银柱测出来的大气压强与自动站硅电容压力传感器测出来的大气压强数值非常接近^[2]。日最高气压的差值最大, 可达 0.45 hPa。气压差值有明显的日变化和季节变化。

(2) 气温的自动站与人工站的数据差值较小, 同样也存在明显的日变化。

(3) 相对湿度的自动站数据总体上比人工站数据偏低。两种观测方法所得的观测数据存在一定的差异, 但在允许的精度范围内。

701 和 L 波段雷达测风探测资料的对比统计分析

李 刚^{1,2}, 黄 萍², 江 云²

(1. 云南大学 资源环境与地球科学学院, 云南 昆明 650091; 2. 红河州蒙自市气象局, 云南 蒙自 661100)

摘要: 利用蒙自探空站高空探测系统换型的对比观测资料, 通过质量控制, 对 701 雷达和 L 波段雷达探测数据进行筛选, 按时间序列分别对雷达探测 3 个要素进行图形比较分析, 同时应用统计学方法, 对规定等压面上的风向、风速进行统计分析, 根据统计结果, 判定 L 波段探测资料离散度较小, 更为准确、可靠。
关键词: 701; L 波段雷达; 对比观测; 统计分析
中图分类号: P425 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-7852 (2011) S0-0096-04

0 引言

701 雷达探空系统是新中国自主研发、设计、生产的气象探测系统, 自 20 世纪 60 年代在全国设站以来, 为中国的天气预报、气候研究以及导弹、卫星的成功发射做出了贡献。但是, 伴随着电子技术的飞速发展, 该系统自 20 世纪 80 年代末期已经落伍, 无法满足新技术条件下新技术标准的要求。进入 21 世纪, L 波段雷达探测系统正式成为中国重点投资建设的新一代高空探测系统的重要组

成部分, 它具有采用速率快、探测精度高、自动化程度高等优点, 实现了高空气象探测仪器的数字化和自动化。L 波段高空气象探测系统投入使用后, 其高空探测的数据将更为快速和精确, 可及时为气象预报、防灾减灾、特别是重大灾害性天气提供全面、准确的高空气象基本要素资料^[1]。

1 701 雷达和 L 波段雷达概述

701 雷达经过多年使用, 零部件过时、设备陈旧老化, 技术落后、功耗大。L 波段雷达采用大规

表 1 701 雷达和 L 波段雷达性能参数表
Tab.1 701 and L-band ladar performance parameters

项目	701 雷达系统	L 波段雷达系统
工作频率	400 ± 3 MHz	1675 ± 6 MHz
探空信号测风信号	莫尔斯电码 (可人工识别)	数字信号 (不可识别) 凹口
探空仪	回波 GZZ2-7 型 (59 型)	GTS1 型
脉冲重复频率	1 500 Hz	600 Hz
波瓣宽度脉冲宽度	< 10° 1 ± 0.2 μs	< 6° 0.8 ± 0.2 μs
频率带宽	+ 6 MHz	+ 7.5 MHz
测距精度	80 m	20 m
测角精度	0.15°	0.08°
脉冲峰值功率	≥ 20 kW	≥ 15 kW
工作条件	连续工作时间 6 小时, 八级风	连续工作时间 8 小时, 八级风

收稿日期: 2010-10-21.
作者简介: 李刚 (1982-), 男, 云南省蒙自市人, 工程师, 主要从事高空气象探测工作.

模集成电路,使整机体积小、重量轻、耗电少,跟踪精度高。应用微电脑及数字处理技术,实现了角度跟踪、距离跟踪、雷达控制、遥控检测以及数据接收处理全自动。

2 对比观测实施和数据采样处理

2.1 对比观测实施的具体方法和要求

根据中国气象局的有关规定,对比观测时同时施放两个气球,分别悬挂 GZZ2-7 型和 GTS1 型探空仪,701 雷达系统和 L 波段雷达系统分别跟踪各自气球上的探空仪,进行相对独立的资料采集。具体实施办法为:

- (1) 701 雷达系统对应探空气球绳长为 12 m, L 波段雷达为 30 m。
- (2) 要求尽可能使两个气球升速一致。
- (3) 为避免两个气球上升过程中互绞, L 波段气球推迟 10~15 秒施放。

- (4) 对比观测时间原则上为一个月,至少收集 60 份有效对比记录。

2.2 对比观测记录的采样原则

为保证记录的代表性和比较性,模拟近似天气条件下的数据采样分析,本文从 60 份对比观测记录中筛选出满足条件的记录来进行对比分析,选择条件为:

- (1) 同一时次两份对比资料的测风记录均大于 60 分钟以上。
- (2) 在 60 分钟以前,测风数据无缺测情况。
- (3) 测风终止高度达到 25 000 m 以上。
- (4) 两份对比记录均达到 30 hPa 规定等压面高度。

2.3 特殊对比数据的标准化处理方法

当 701 系统和 L 波段系统同一时刻计算出来的风向值在 360° 两侧时,两者的误差计算不能简单的进行数值比较,如 359° 和 1° 的差值不是 358° ,而是 2° ,本文采取一个简单的对比资料同化处理,将风向 α 看做一个周期为 T 的周期函数,即 $\alpha + T = \alpha$,两个系统同一时刻的风向 α_1 和 α_2 之间误差为 Δ ,令 $\alpha_1 < 180^\circ < \alpha_2$ 有:

$$\Delta = \alpha_1 - \alpha_2 = (\alpha_1 + T) - \alpha_2 = (\alpha_1 + T/2) - (\alpha_2 - T/2),$$

显然 $T=360^\circ$, 即 $\Delta = (\alpha_1 + 180) - (\alpha_2 - 180)$

由此,将求 1° 和 359° 的差值同化为求 181° 和 179° 的差值。当两个系统同一时刻的风向在 360° 两侧时,采取如上数据同化处理来进行误差

分析。

3 测风对比观测资料的对比统计分析

3.1 原始探测资料分析

用多个时次的雷达原始测风要素仰角、方位角和斜距进行 60 分钟算术平均,做出 L 波段雷达和 701 雷达的分钟要素对比曲线图。

从仰角对比曲线上分析,5 分钟以前,701 雷

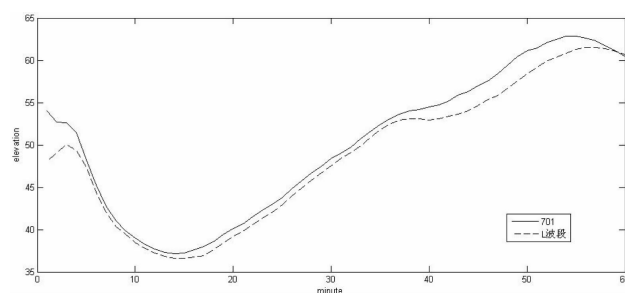


图 1 分钟仰角对比曲线图

Fig1. Minutely elevation contrastive graph

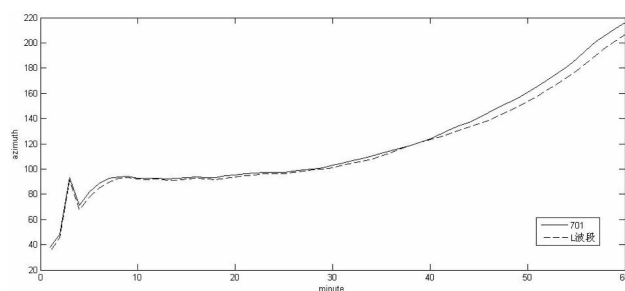


图 2 分钟方位角对比曲线图

Fig2. Minutely azimuth contrastive graph

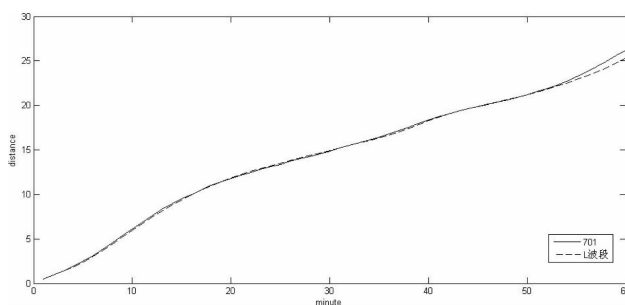


图 3 分钟斜距对比曲线图

Fig3. Minutely distance contrastive graph

达和 L 波段雷达仰角差值较大,主要是因为两个雷达的安装高度相差较大,且气球先后施放,在近地面时空差异影响较大,属系统误差。5~35 分钟,两条曲线近似于平行,只是由于两个气球的升速不同,具有相对固定的时间滞后。35 分钟以后,701

表 2 L 波段和 701 雷达的分钟探测要素相关系数 (r)
Tab.2 Coefficient of correlation of 701 and L-band
ladar minutely detecting data

项目	仰角	方位角	斜距
相关系数	0.994	0.999	0.999

雷达的仰角振幅明显大于 L 波段雷达, 701 雷达仰角的极差 (即最大值与最小值的差) 较大, 具有较大的离散度。同样, 在方位角对比曲线上, 40 分钟后出现类似情况。而斜距曲线则在 55 分钟后才出现较小分叉现象, 说明两者的测距精度较为接近, 具有较好的拟合性。

相关系数 r 反映两个随机变量的关联程度, 当 $r>0.8$ 时, 表示两个变量有很强的线性相关性, 从表 2 可以看出, L 波段和 701 雷达 3 个探测要素 r 均大于 0.99, 表明两者具有很好的可比性, 在 L 波

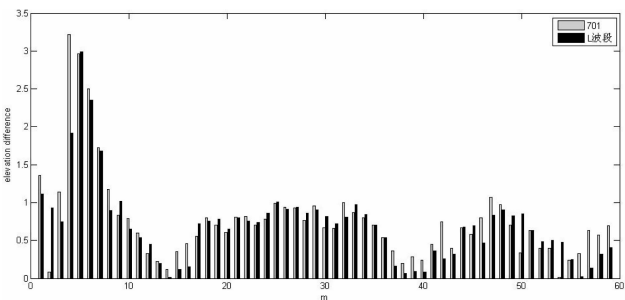


图 4 分钟仰角变化率对比图
Fig.4 Minutely elevation variable rate contrastive graph

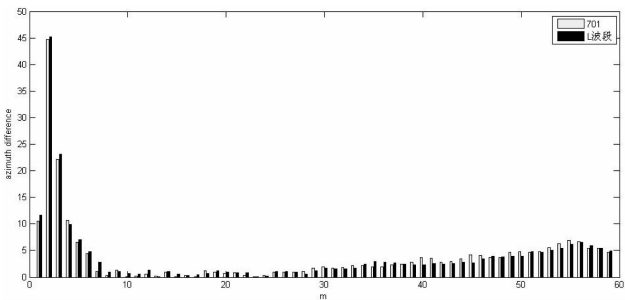


图 5 分钟方位角变化率对比图
Fig.5 Minutely azimuth variable rate contrastive graph

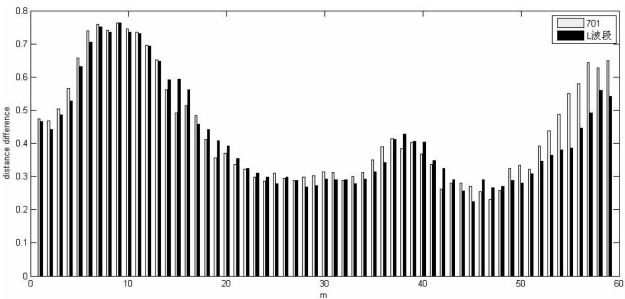


图 6 分钟斜距变化率对比图
Fig.6 Minutely distance variable rate contrastive graph

段雷达探测资料真实可靠的假设前提下, 可证明自 1967 年开始已使用 40 多年的 701 雷达数据仍然十分可信。

3.2 分钟数据变化率对比

为对原始数据的分钟变化率进行对比, 将 60 个分钟数据进行差分计算, 即后一分钟数据减少前一分钟数据, 并取绝对值:

$$\text{Diff}(m)=|F(n+1)-F(n)|, m=(1:59) \quad n=(1:60)$$

对两套系统分别得出 59 个差分值 (即变化率) 进行一系列比较分析。

对得出的 3 组对比数据进行加总, 以及大值统计, 即分别统计 59 组对比数据中两套系统分钟变化率大的个数各占多少, 并进行方差计算。

59 组数值进行加总后可看到, 3 项雷达参数的

表 3 分钟变化率的数学统计表
Tab.3 Minutely variable rate math statistical table

项目	701 仰角	L 波段 仰角	701 方位角	L 波段 方位	701 斜距	L 波段 斜距
59 组值 合计	45.15	41.618	226.96	226.37	25.784	24.8553
变化率 大个数	34	25	30	29	37	22
变化率 方差	0.352	0.277	42.596	41.634	0.026	0.024

表 4 各个规定等压面风向标准差
Tab.4 Wind direction standard deviation of all
regulating isobaric surfaces

规定等 压面	L 波段雷达 风向标准差	701 雷达 风向标准差	L 波段雷达 风速标准差	701 雷达 风速标准差
850 hPa	32.67	39.48	1.75	1.85
700 hPa	45.58	45.56	2.69	2.62
600 hPa	6.27	6.44	2.74	3.36
500 hPa	21.53	22.91	2.44	3.04
400 hPa	33.38	36.94	2.12	2.05
300 hPa	91.63	83.33	1.93	1.98
250 hPa	96.20	97.78	2.86	2.67
200 hPa	129.31	132.84	2.59	2.44
150 hPa	104.81	104.59	3.58	3.43
100 hPa	107.83	104.47	2.05	1.90
70 hPa	6.40	9.56	2.37	3.53
50 hPa	5.19	6.74	2.37	1.93
40 hPa	7.43	5.93	1.93	1.58
30 hPa	5.14	5.48	1.48	1.53
合计	693.36	702.05	32.91	33.90

60 分钟变化率和均为 701 雷达大于 L 波段雷达, 进一步对 59 组数据进行大小比较, 发现 701 雷达分钟变化率大的个数均多于 L 波段雷达, 再对变化率进行方差统计, 差分值方差仅有方位角一项 L 波段雷达略大于 701 雷达数据。由此可见, L 波段雷达探测数据的变化率要明显小于 701 雷达, 具有更好的稳定性。

3.3 规定等压面测风产品分析

高空风向、风速是根据雷达探测的气球仰角、方位和距离, 通过投影计算得出产品, 本文采用 850 hPa 到 30 hPa 规定等压面风向、风速数据, 用标准差来进行对比统计分析。标准差是各数据偏离平均数的距离的平均数, 反映一个数据集的离散程度。

将各个规定等压面风向标准差的数值进行比较, 可发现在绝大多数等压面, L 波段雷达的风向标准差都小于 701 雷达的风向标准差, 合计差值也较大。说明 L 波段雷达风向离散度较小, 数值较稳定。又因高空风向的计算主要与仰角和方位角相

关, 可反演得出 701 雷达的仰角、方位角离散度较大, 角度容易发生突跳现象, 与通过仰角、方位角对比曲线图得出的结论相吻合。

从各个规定等压面风速的标准差比较来看, 两个系统较为接近, 总体上 L 波段雷达标准差数值较小。同样, 高空风速计算的主要影响因素是斜距, 从分钟斜距对比曲线图得知, 两者具有较好的拟合性, 反映在计算出来的风速上, 两者得出的风速十分接近。

4 结论

本文采用探空对比观测资料, 对 701 雷达和 L 波段雷达的测风数据进行对比分析, 利用统计学指标参数, 从雷达原始探测数据和规定等压面的测风产品两个方面进行验证, 得出一致结论。结果表明: 和 701 雷达系统相比, L 波段雷达探测系统测风探测资料离散性小, 数据连续性好, 具有较小的误差和较稳定的性能, 探测精度更高。

参考文献:

- [1] 中国气象局. 常规高空气象观测业务规范 [M]. 北京: 气象出版社, 2010.
- [2] 中国气象局. L 波段高空气象探测系统业务操作手册 [M]. 北京: 气象出版社, 2005.
- [3] 黄嘉佑. 气象统计分析与预报方法 [M]. 北京: 气象出版社, 2000.
- [4] 王锐昆. 云南省 GFE (L) 1 二次测风雷达的技术特点 [M]. 云南省气象监测与信息网络技术总结文集. 2009.
- [5] 陈芳, 马英芳, 刘秀兰, 等. 高空气象探测系统换型记录对比分析 [J]. 青海气象, 2006.
- [6] 伊里哈木, 王秋香, 贺晓东. L 波段与 59-701 系统高空对比观测资料特征分析 [J]. 沙漠与绿洲气象, 2009.

CONTRASTIVE STATISTIC ANALYSIS OF WIND-MEASURING DATA DETECTED BY 701 AND L-BAND LADAR

LI Gang^{1,2}, HUANG Ping², JIANG Yun²

(1. School of Resource Environment and Earth Science, Yunnan University, Kunming 650091, Yunnan, China;
2. Mengzi Honghe Bureau of Meteorology, Mengzi 661100, Yunnan, China)

Abstract: By means of Mengzi air sounding station contrastive observational data, using data quality control, the article take samples from 701 and L-band ladar wind detecting data and doing contrastive analysis. Using statistics methods to do research on wind direction and speed in regulating isobaric surface, The result reveals that the detecting data of L-band ladar has less dispersion, that is more accurate and reliable.

Key words: 701; L-band ladar; contrastive observation; statistic analysis

新一代天气雷达 (CINRAD/CD) 探测环境保护计算方法

赵建¹, 张沪生¹, 赵玉金², 张强宜², 黄琰², 韦银²

(1. 贵州省气象局, 贵州 贵阳 550000; 2. 黔西南州气象局, 贵州 兴义 562400)

摘要:近年来,随着经济社会发展,城市高层建筑不断呈现,其建设高度已经涉及到位处高处位置的天气雷达站气象探测环境保护问题。为了精确测算天气雷达探测环境保护指标,使城市发展与气象探测环境保护不产生冲突,有效保护雷达站探测环境不遭受破坏,根据《气象探测环境保护和设施保护办法》第十一条和《贵州省气象条例》第九条对天气雷达站探测环境保护的相关技术规定,结合新一代天气雷达(CINRAD/CD)的电磁工作原理与探测特性指标,拟出新一代天气雷达(CINRAD/CD)探测环境保护计算方法,对目前开展气象审查城市建设项目是否对雷达站探测环境构成影响提供了算法技术蓝本。本算法已通过中国气象局和贵州省气象局业务主管部门的审核认可。

关键词:新一代天气雷达; CINRAD/CD 型; 探测环境; 保护; 计算方法

中图分类号: TN959.4 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-7852 (2011) S0-0100-04

1 算法规定

《气象探测环境保护和设施保护办法》第十一条和《贵州省气象条例》第九条对天气雷达站气象探测环境保护规定:天气雷达站主要探测方向的遮挡仰角不得大于 0.5° , 孤立遮挡方位角不得大于 0.5° ; 其他方向的遮挡仰角不得大于 1° , 孤立遮挡方位角不得大于 1° , 且总的遮挡方位角不得大于 5° 。天气雷达站四周不得有对雷达接收产生干扰的干扰源。

根据以上法律法规对雷达站探测环境保护的技术规定,由于新一代天气雷达(CINRAD/CD)电磁波束具有波束宽度,天线附近周围电磁波束形成复杂。因此,在审核周围障碍物是否对雷达站探测环境构成影响时,不能简单只看障碍物遮挡仰角不得大于 0.5° 或 1° 的技术条件,还必须考虑雷达周

围障碍物对电磁辐射形成过程是否产生遮挡影响。即考虑障碍物高度与距离对雷达天线辐射场内是否构成遮挡影响。

2 雷达天线辐射电磁波场区分

根据电磁辐射原理,将雷达天线周围的电磁场区划分为辐射近场区和辐射远场区。如图 1 所示:辐射近场区的外边就是辐射远场区。远场区的起始边界规定为 $R = (2D^2/\lambda)$ 。 R 是观察点到天线的距离, D 是雷达天线直径, λ 是雷达波长。在近场区的 $0 \sim (D^2/2\lambda)$ 起始部分为波束平行区,认为电磁辐射大体上是平行的;在 $R \geq (D^2/2\lambda)$ 的过渡区域内,场以半角为 λ/D 弧度的锥形向外发散, $R = (D^2/2\lambda)$ 处的天线孔径中心与边缘行程差为 $\lambda/4$;在 $R \geq (2D^2/\lambda)$ 处则是天线的辐射远场区。

由于电磁场在近场区域内变化情况复杂,在电

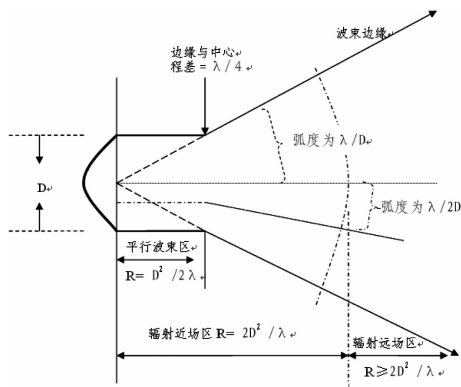


图1 雷达天线辐射特性示意图

磁波形成区域内（近场区内）的障碍物对电磁波束的形成会产生影响，因此障碍物高度不能高于近场区内，具体算法如下。

(1) 在图1中 $0 \sim R = (D^2 / 2\lambda)$ 的平行波束区距离范围内，以雷达天线口下沿平行线为气象探测环境保护基准线。障碍物允许高度计算方法如下：

如图2，“O”点为雷达天线中心点，A为雷达天线在 0.5° 仰角（ $\angle ACB = 0.5^\circ$ ）扫描时平行波束区内障碍物最高点的限制海拔高度。C为雷达天线口下沿点海拔高度，B与C处于同一水平面。“L”为障碍物到雷达天线的最近水平距离。障碍物最高点A的限制海拔高度计算公式如下：

$$A \leq C + L \times \tan(\angle ACB), \angle ACB = 0.5^\circ, \quad (1)$$

$$L \leq (D^2 / 2\lambda);$$

(2) 在非平行波束区的近场区内（图1中 D^2

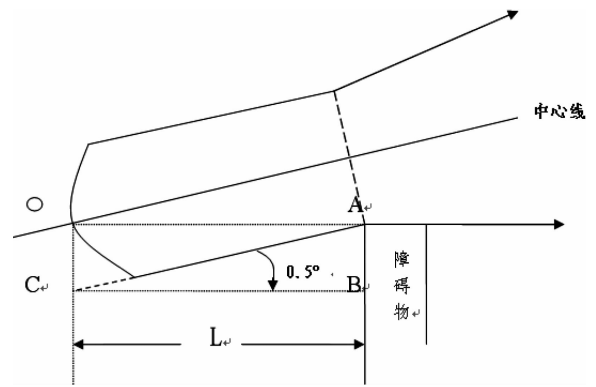


图2 平行波束区内障碍物海拔限高示意图

$$A \leq |O|, \text{ 且 } (D^2 / 2\lambda) \leq L \leq (2D^2 / \lambda) \quad (2)$$

此时雷达天线在 0.5° 仰角扫描时，中心线以下 λ/D 弧度边线（图3中波束边缘1）与天线中心水平线应处于同一高度。

在 $R \geq (2D^2 / \lambda)$ 的远场区外，以天线中心线为气象探测环境保护基准线。此时可以允许障碍物对雷达波束构成 0.5° （主要探测方向）或 1° 。

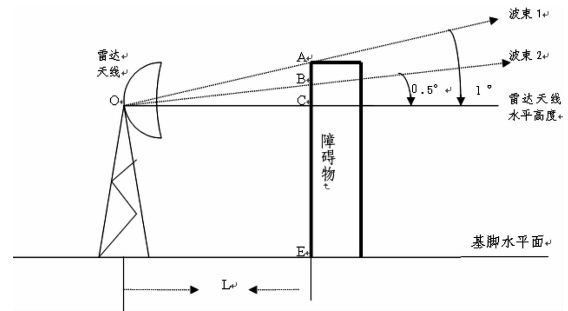


图4 雷达电磁波束中心线与障碍物垂直高度遮挡仰角示意图

（非主要探测方向）仰角的遮挡，但障碍物的遮挡条件必须受到限制，其高度与横向宽度计算方法如下。

如图4所示，图中“O”点为雷达天线中心点；“L”为孤立障碍物与雷达天线中心点的最近水平距离；“A”为雷达天线在 1° 仰角扫描时雷达波束受障碍物遮挡的最高点海拔高度；“B”为雷达天线在 0.5° 仰角扫描时雷达波束受障碍物遮挡的最高点海拔高度；“O”为雷达天线中心点海拔高度，与“C”点处于同一水平面；“E”为雷达站站址海拔高度。“波束1”与“波束2”分别表示雷达天线在 1° 和 0.5° 仰角扫描时雷达波束的中心线。

(1) 当雷达波束受孤立障碍物遮挡时，障碍物最高点的限制海拔高度计算如下：

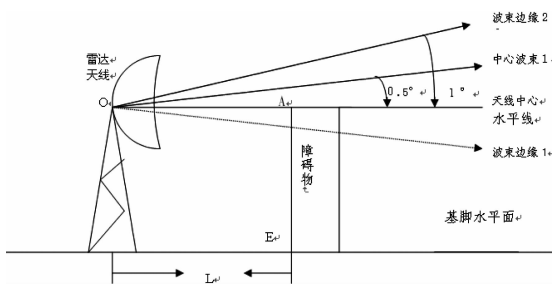


图3 近场区内（非平行波束区）障碍物限高示意图

$/2\lambda$ 到 $2D^2/\lambda$ 之间的距离），以天线中心线以下 λ/D 弧度边线为气象探测环境保护基准线。障碍物允许高度计算方法如下。

如图3，“O”点为雷达天线中心点， $|O|$ 为O点海拔高度，A为雷达天线在 0.5° 仰角扫描时障碍物最高限制点的海拔。A与“O”处于同一水平面，海拔高度等同。E为雷达站站址海拔。障碍物最高点A的限制海拔高度计算如下：

“雷达站主要探测方向的遮挡仰角不得大于 0.5° ”条件下,孤立障碍物遮挡雷达波束在垂直方向上最高点“B”的限制海拔高度计算如下:

$$B \leq C + [\operatorname{tg}(\angle \text{BoC})] \times L, \angle \text{BoC} = 0.5^\circ, \\ L \geq 2D^2/\lambda \quad (3)$$

“雷达站其它方向(非主要探测方向)的遮挡仰角不得大于 1° ”条件下,孤立障碍物遮挡雷达波束在垂直方向上最高点“A”的限制海拔高度

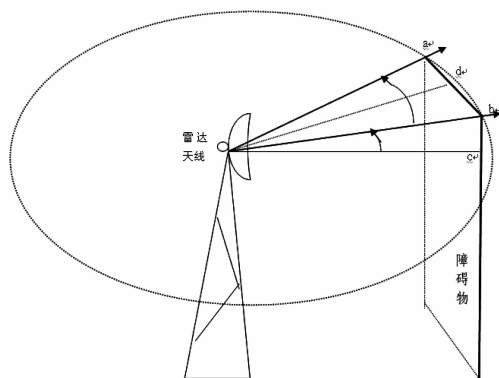


图 5 雷达电磁波束中心线与孤立障碍物方位遮挡示意图

计算如下:

$$A \leq C + [\operatorname{tg}(\angle \text{AoC})] \times L, \angle \text{AoC} = 1^\circ, \\ L \geq (2D^2/\lambda) \quad (4)$$

(2) 当雷达波束受孤立障碍物遮挡时,障碍物遮挡方位横向距离计算方法。

如图 5 所示:图中“o”为雷达天线中心点,“a”和“b”分别表示雷达波束在某一仰角环扫方位上受孤立障碍物遮挡后的水平横向距离限制点。图中 ab 之间的距离表示为圆周上的弦长。 $|ab|$ 为孤立障碍物的水平横向限制距离,即雷达天线在某一仰角向四周扫描时,从雷达天线中心处向障碍物扫描方向看去的水平横向距离。“c”为雷达天线在 0° 仰角扫描时中心波束线与孤立障碍物的切点,与“o”点处于同一海拔高度。“d”为雷达天线中心点到弦长 ab 的垂直距离交点。 $\angle aob$ 为雷达天线扫描方位角, $\angle boc$ 为雷达天线扫描仰角。 $|od|$ 为雷达天线中心到弦长 $|ab|$ 的垂直距离。

当“天气雷达站主要探测方向的遮挡仰角不得大于 0.5° ,孤立遮挡方位角不得大于 0.5° ”条件下,雷达波束受孤立障碍物遮挡的方位横向距离计算公式如下:

$$|ab| \leq 2 \times |od| \times [\operatorname{tg}(\angle aob/2)], \angle aob = 0.5^\circ \quad (5) \\ \text{此时 } \angle boc = 0.5^\circ;$$

“天气雷达站其他方向(非主要探测方向)的遮挡仰角不得大于 1° ,孤立遮挡方位角不得大于 1° ”条件下,雷达波束受孤立障碍物遮挡的方位横向距离计算公式如下:

$$|ab| \leq 2 \times |od| \times [\operatorname{tg}(\angle aob/2)], \angle aob = 1^\circ \quad (6) \\ \text{此时 } \angle boc = 1^\circ。$$

(3) “总的遮挡方位角不得大于 5° ”条件下,雷达波束在所有方位允许受孤立障碍物遮挡的横向距离总和计算公式如下:

$$\Sigma |ab| \leq 2 \times |od| \times [\operatorname{tg}(\angle aob/2)], \angle aob = 5^\circ \quad (7)$$

$\Sigma |ab|$ 表示雷达波束在主要探测方向上和非主要探测方向上允许受孤立障碍物方位遮挡横向距离的总和。

3 雷达站主要探测方向认定

由于天气雷达气象探测环境保护计算方法是建立在雷达站主要探测方向与非主要探测方向已经确定的基础之上。因此,在使用雷达各项探测环境保护算法技术指标前,应根据多年历史气象资料进行统计分析,先划分好雷达站周围主要探测方向(主要降水天气来向)与非主要探测方向的方位范围,确定环境保护指标。

4 结论

(1) 当障碍物位于雷达电磁辐射近场区内时,障碍物对雷达波束不能构成遮挡(以免破坏电磁波形成)。障碍物在 $0 \sim (D^2/2\lambda)$ 距离范围内,其最高点限制海拔高度用公式(1)计算;障碍物在 $(D^2/2\lambda) \sim (2D^2/\lambda)$ 距离范围内(非平行波束区),其最高点限制海拔高度用公式(2)进行计算。

(2) 当障碍物位于雷达电磁辐射远场区时($\geq 2D^2/\lambda$),障碍物的高度与宽度限制条件分以下两种情况:

A. 当障碍物处于雷达主要探测方向,并对雷达波束构成遮挡时,障碍物的高度与宽度受以下 4 个条件限制:

- 障碍物必须为孤立障碍物;
- 障碍物遮挡雷达波束的仰角必须 $\leq 0.5^\circ$,即满足公式(3)的条件;
- 障碍物遮挡雷达波束的方位角要 $\leq 0.5^\circ$,即满足公式(5)的条件;

d. 障碍物横向遮挡距离的总和与非主要探测方向障碍物遮挡横向距离的总和要满足公式（7）的条件。

B. 当障碍物处于雷达非主要探测方向，并对雷达波束构成遮挡时，障碍物的高度与宽度受以下 4 个条件限制：

a. 障碍物必须为孤立障碍物；

b. 障碍物遮挡雷达波束的仰角必须 $\leq 1^\circ$ ，即满足公式（4）的条件；

c. 障碍物遮挡雷达波束的方位角要 $\leq 1^\circ$ ，即满足公式（6）的条件；

d. 障碍物横向遮挡距离的总和与主要探测方向障碍物横向遮挡距离的总和要满足公式（7）的条件。

5 计算用语与符号说明

雷达波束：是指雷达天线发射的电磁波束，具有一定的波束宽度。

障碍物：是指建筑、作物、树木等对雷达探测方向（雷达电磁波发射途径区域）有遮挡的物体。

孤立障碍物：是指从雷达天线中心处，向障碍物方向看去，该障碍物与邻近障碍物的横向间距大于 2 个雷达波束宽度的障碍物。即两障碍物的横向距离 $\geq 2 * \text{tg}$ （雷达波束宽度）* 障碍物最近点与雷达天线的水平距离。

计算公式(1)、(3)、(4)、(5)、(6)、(7)、中的“tg”为正切函数符号；“°”为度符号；“*”为乘法符号；“D”为雷达天线直径；“λ”为雷达波长；“≤”为小于等于符号。

参考文献：

- [1] 中华人民共和国气象法 [S] .
- [2] 气象探测环境保护和设施保护办法 [S] .
- [3] 贵州省气象条例 [S] .
- [4] 张培根, 杜秉玉. 雷达气象学 [M] . 北京: 气象出版社, 2001.

B/S 模式下的气象电子档案馆构建

杨 军, 杨 帆, 宋启堃

(黔南州气象局, 贵州 都匀 558000)

摘要: 随着无纸化办公工作的不断推进, 各单位和部门每年各类电子文档多的高达几万份、甚至几十万份, 少则上千份。为实现电子文档的快速检索与共享, 结合实际工作的需要, 开发了基于 Browse/Server 模式的黔南州气象局电子档案馆系统。该系统界面友好, 操作简单, 提供对各类电子文档的快速检索、共享管理等。

关键词: Browse/Server; 电子档案馆; 系统; 构建

中图分类号: P409 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-7852 (2011) S0-0104-04

0 引言

随着电脑的普及, 无纸化办公已成为现实, 每年收到和发出的各类电子文档高达几万份, 建立多媒体电子文档快速检索与共享系统刻不容缓。近年来, 各类电子文档管理软件层出不穷, 可分为 Client/Server、Browse/Server 和单机 3 种模式。

(1) Client/Server (即客户机/服务器模式) 的优点能充分发挥客户端 PC 的处理能力, 很多工作可以在客户端处理后再提交给服务器。缺点主要有: ① 只适用于局域网, 而随着互联网的飞速发展, 移动办公和分布式办公越来越普及, 这需要我们的系统具有扩展性, 这种方式远程访问需要专门的技术, 同时要对系统进行专门的设计来处理分布式的数据。② 客户端需要安装专用的客户端软件。首先涉及到安装的工作量, 其次任何一台电脑出问题, 如病毒、硬件损坏, 都需要进行安装或维护。特别是有很多分部或专卖店的情况, 不是工作量的问题, 而是路程的问题。还有, 系统软件升级时, 每一台客户机需要重新安装, 其维护和升级成本非常高。③ 对客户端的操作系统一般也会有限制, 不同的操作系统需要不同的安装版本。

(2) Browse/Server (即浏览器/服务器模式) 是随着 Internet 技术的兴起, 对 (Client/Server) 模式

结构的一种改进。在这种结构下, 软件应用的业务逻辑完全在应用服务器端实现, 用户表现完全在 Web 服务器实现, 客户端只需要浏览器即可进行业务处理, 是一种全新的软件系统构造技术。这种结构更成为当今应用软件的首选体系结构。

(3) 单机模式, 仅能应用在单机上, 无法共享, 由于局限于本地使用, 基本被淘汰。

如何在 Internet 上建立基于 Browse/Server 模式的安全、高效、稳定, 且成本低的多媒体电子文档快速检索与共享系统呢? 本文经多方面的比较, 结合气象部门办公和使用特点, 利用 Microsoft VS2008 ASP.net3.5 为开发工具, 建立了本系统使用的多媒体电子文档快速检索与共享系统, 可供各部门建立多媒体电子文档快速检索与共享系统时参考。

1 数据库的选择与建立

数据库根据本部门的实际可选择 Microsoft SQL Server、MYSQL、Oracle、IBM DB2、Sybase、Informix 等数据库系统, 本系统采用较为流行的 Microsoft SQL Server2005 数据库。

打开 Microsoft SQL Server2005 并建立名称为“DAGL.MDF”数据库, 分别添加“USERS”、“FILETABLE”、“FJFILE”3 个表, 其中“USERS”

包括:“ID”(自动编号,INT型)、“USERNAME”(用户名,NVARCHAR型)、“PASSWORD”(密码,NVARCHAR型)字段(字段长度可根据用户名和密码位数设定)用于保存用户信息;“FILETABLE”包括:“ID”(自动编号,INT型)、“TITLE”(文件标题,NVARCHAR)、“NRC”(文件内容,NVARCHAR型)、“NRB”(文件内容,二进制型)、“FILEKEY”(文件索引关键词,NVARCHAR型)、“TYPE”(文件类型,NVARCHAR型)、“FILENAME”(文件名,NVARCHAR型)、“USERNAME”(用户名,NVARCHAR型)、“OWNER”(所属部门,NVARCHAR型)、“UPDT”(文件上传日期,DATETIME型)、“SHARE”(是否共享,布尔型)、“KEYFJ”(附件标识,NVARCHAR型)字段,用于保存文件和文件信息;“FJFILE”包括:“ID”(自动编号,INT型)、“FJFILENAME”(附件文件名,NVARCHAR型)、“FJ”(附件文件内容,二进制型)、“USERNAME”(用户名,NVARCHAR型,与表“USERS”、“FILETABLE”中相对应)、“KEYFJ”(附件标识,NVARCHAR型,与“FILETABLE”表的“KEYFJ”相关联)用于保存文件附件。

2 程序设计

2.1 程序的基本功能

用户身份认证:本系统用户,登陆时加验证码,以防程序自动登录,加重服务器负担,若登陆后长时间没有使用,需重新登陆;非本系统用户禁止登陆。

权限控制:不同的用户登录后,除共享文件和本用户上传的文件外,不能查阅和删除操作。

文件检索:提供对文件标题、文件内容、文件索引词、文件类型、所属部门、上传日期等复合条件检索。

文件上传与下载查阅:除了可执行文件(EXE和BAT)以外的任何文件均可上传和下载查阅,上传的附件可以是多个。

2.2 程序设计步骤

(1) 启动 VS2008 新建一个网站为“DMT-FILE”。添加新项 WEB 窗体“yzcode.aspx”,在 Page_Load 事件中输入验证生成代码,使用“Session”对象保存验证码,以便登陆验证(代码略)。

(2) 添加“index.aspx”登陆页面,可用

Frontpage、Dreamweaver 等网页编辑软件进行编辑,加入一表单 FORM1,设置 action="Usercheck.aspx" method="post",在表单 FORM1 中将,添加用户名输入框“username”,类型为“text”;密码输入框“password”,类型为“password”;验证码输入框“checkCode”,类型为“text”;图像显示框“image1”,类型为“image”,设置 src="yzcode.aspx";最后添加一个登陆按钮。

(3) 添加 "Usercheck.aspx" WEB 页面,在 Page_Load 事件中输入如下代码:

```
If Session("CheckCode") = Request("CheckCode")
Then' 判定验证码是否正确
' 连接数据库验证用户名和密码
Dim sqlconn, SQLstr, SQLstr1, usID, username As
String
sqlconn = "Data Source=.SQLEXPRESS;At-
tachDbFilename="" & Server.MapPath ("App_Da-
ta\dagl.mdf") & """;Integrated Security=True;User In-
stance=True"
SQLstr = "select * from users where username=' "
& Request("loginname") & "' and password=' " &
Request("passWord") & "' "
Dim myConnection As New SqlConnection(sqlconn)
myConnection.Open()' 打开数据库
Dim myCommand As SqlDataAdapter
myCommand = New SqlDataAdapter(SQLstr, my-
Connection)
Dim ds As New DataSet
myCommand.Fill(ds, "users")' 填充 ds
myConnection.Close()' 关闭数据库
If ds.Tables("users").Rows.Count > 0 Then
usID = ds.Tables("users").Rows(0)(1).ToString()
username = ds.Tables("users").Rows(0)(3).ToString()
Session("usID1") = usID
Session("usname1") = username
Response.Redirect("Default.aspx")' 用户名和密
码验证正确,则进入主面。
Else
Response.Write("<script type=""text/javascript"">
window.confirm("" 用户名或密码错误! ""); location.
href=""index.aspx""; </script>")
End If
Else
Response.Write("<script type=""text/javascript"">
window.confirm("" 输入验证码错误! 请重新输入.
"""); location.href=""index.aspx""; </script>")
```


End If

(4) 添加“Default.aspx”页面,添加服务控件 Treeview1 和 Gridview1, Treeview1 用于显示电子文件的所属部门, Gridview1 用于显示当前用户共享和上传的文件信息。将部门信息保存在 BM.XML 文件档中,将 Treeview1 的 DataSource 属性设为 BM.XML 文件,设置 Gridview1 的属性,使之自动分,添加“ID”、“文件标题”、“上传者”、“上传日期”、“选择”5 个 TemplateField 类型列,并将前 4 个字段与“DAGL.MDF”数据库中的“Filetable”表中的相应字段绑定,其中“ID”列设为不可见;在 Gridview1 控件上,点击鼠标右键,进入编辑模板,在“选择”列添加 Checked 控件后结束模板编辑,添加“全选”、“删除”、“检索”、“上传文件”、“用户管理”5 个服务器按钮控件;检索页面是采用层控制方式,点击“检索”按钮则文件检索条件输入框显示,检索完毕自动隐藏,网页布局参照图 1。

(5) 程序编码(程序代码较多,仅作参考)。

① 编写数据库查询与 Gridview1 控件绑定函数和删除记录函数:

查询数据集与 Gridview1 控件绑定函数;

页面加载检查用户是否成功登陆。

② 采用同样的方法添加上传文件页面“upfile.aspx”和文件显示页面“showfile.aspx”,布局可参照图 2、图 3。

(6) 添加用户管理页面“UsersGL.aspx”,页面布局和代码略。

3 编译生成网站

(1) 修改 web.config,在“<system.web>”节点中添加:

```
<httpRuntime maxRequestLength="100000" executionTimeout="3600" />
```

<!-- 限制上传附件大小为 100 M,超时时间设为 1 小时。-->

(2) 将编译后的网站发布在 IIS 上,设置好网站 IP (如: http://172.24.84.158.) 和目录权限。

4 客户端访问

用户仅需在 IE 浏览器中输入 IP 地址进入登陆页面,输入用户名和密码登陆后,上传或查阅服务器上的所有共享多媒体文件。

5 结语

(1) 本系统基本能满足各类电子文档的共享需要,其数据库的“Filetable”表字段描述了电子文档的绝大多数属性,供系统升级或扩展;上传文件直接存入数据库,在查阅时临时生成文件,供阅读和下载,保证了电子文档数据库的完整性。

(2) 由于上传文件直接存入数据库,需要占用较大的数据库服务器存储空间。



图 1



图 2

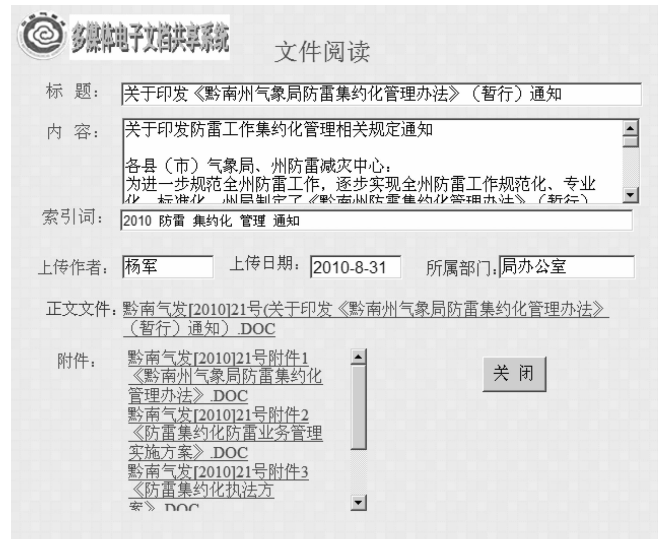


图 3

参考文献：

- [1] 李善茂, 杜大鹏, 刘国宏. Visual Basic 6.0 高级编程技巧 [M]. 北京: 电子工业出版社, 1999.
- [2] 刘韬, 骆娟, 何旭洪. Visual basic 6.0 数据库开发实例导航 [M]. 北京: 人民邮电出版社, 2002.
- [3] 王改性, 魏长宝, 郭斌, 等. ASP.NET3.5 动态网站开发案例指导 [M]. 北京: 电子工业出版社, 2009.

(上接第 81 页)

预报因子, 其各个水平对文山州 82 次 MGD 的预报拟合效果如下:

$\Sigma R5$	报对	漏报	空报率	
>20	76	6	46.2%	
>25	74	8	43.6%	*
>40	70	12	34.0%	*
>50	58	24	18.3%	
>60	54	28	15.0%	*
>75	48	34	9.5%	
>100	40	42	1.1%	*

鉴于目前条件的限制, 虽然存在很大缺陷, 但还只能用有限的 8 个县气象站雨量监测数据作为预报 MGD 的主要依据。预报指标的确定不仅要考虑到对各次 MGD 的包含性, 尽可能减少漏报, 同时还应考虑到指标排外性, 即要有比较低的空报率。

根据前述的分析数据, 将测站 5 日累积雨量 $\Sigma R5$ 作为 MGD 的预报因子, 确定:

当 $\Sigma R5 < 25$ 时, MGD=1 级;
 当 $25 \leq \Sigma R5 < 40$ 时, MGD=2 级;
 当 $40 \leq \Sigma R5 < 60$ 时, MGD=3 级;
 当 $60 \leq \Sigma R5 < 100$ 时, MGD=4 级;
 当 $\Sigma R5 \geq 100$ 时, MGD=5 级。

由于文山州地形多变, 各地地质条件不尽相同, 有些地区降雨不很多就可能引发 MGD, 另外一些地区则可能降雨较多也不发生 MGD, MGD 多出现在老地方或其附近, 这些都是由各地地质条件决定的。按前述 MGD 发灾频度分级, 将多发地区的 MGD 预报等级作升一级修定, 少发地区的 MGD 预报等级作降一级修定。

3.6.2 森林火险

根据云南省气象台早年印发的《森林防火指标查算表》进行预报, 主要预报依据是参照前一天最高温度及最低露点温度进行查算, 再根据次日天气预报进行订正。

参考文献：

- [1] 汪德, 杨松福. 文山州寒潮天气分析与预报 [J]. 云南气象, 2002 (增刊): 9-14.
- [2] 张文, 朱纬. 文山州气象地质灾害与预报方法 [J]. 贵州气象, 2006, 1: 46-47.

农村综合信息系统设计与开发

保小林¹, 陈 坚¹, 柳 汨²

(1. 曲靖市气象局, 云南 曲靖 655000; 2. 云南能源职业技术学院, 云南 曲靖 655000)

摘要: 为了实现气象的多种信息及政府部门、多行业单位的综合信息发布, 由曲靖市气象局设计方案, 通过多个服务器的集群应用方式, 实现了多部门、多行业及其内部上下级单位的综合应用信息发布, 系统中涉及 SQL 数据库应用、WEB 应用端开发、服务器端发布控制中心开发、手机短信息告知等。

关键词: 农村; 综合信息

中图分类号: P411

文献标识码: A

文章编号: 1001-7852 (2011) S0-0108-05

1 系统方案概论

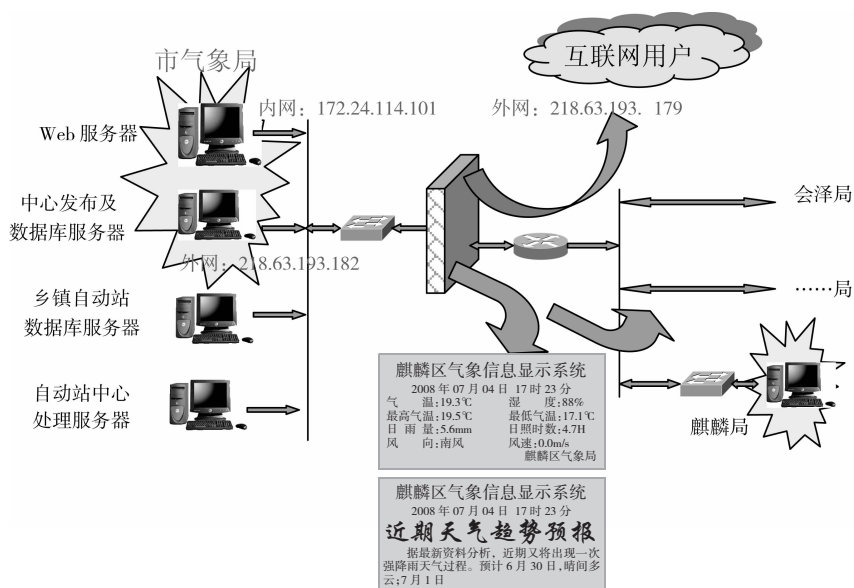
为了广泛地发布气象监测、预报、预警、灾害应对措施等综合信息, 以及各级党委、政府、有关部门需要告知社会、群众的其他信息, 真正体现“政府主导、部门参与、气象主办、共同推进”这一原则, 曲靖市气象局设计了《农村综合信息发布系统方案》并进行了开发实践。

系统软件中主要包括: 系统数据库设计、自动气象站数据信息处理、WEB 应用端系统、服务器控制中心端、手机短信息通知中心; 系统数据库、手机短信息通知中心及 WEB 服务应用系统安装在市局信息中心。为提高系统的性能及控制容量, 服务器控制中心端、自动气象站数据信息处理采用分布方式安装在市局信息中心及各县局, 使用服务器群的方式实现数据的前期处理, 发布信息分别从各个物理特性的服务器中通过 GPRS 方式进行通信传输。

系统数据库的维护及数据库基础信息(系统设置)由超级管理员及管理员按市级或所在县级级别进行维护(删除过期信息记录), 实现方式体现在 WEB 服务应用系统中。

操作员提交信息后, 系统将自动识别并通过短信息平台自动发送一条消息到所属管理员的手机上, 管理员审核信息通过后即可发布到屏幕终端上。

2 系统示意图



收稿日期: 2010-10-21.

作者简介: 保小林 (1973-), 男, 云南省曲靖市人, 高级工程师, 主要从事计算机网络管理、软件开发等工作。

3 系统组成

3.1 农村综合信息授权发布端

授权信息发布端即市县气象局、市（县\乡\村）人民政府、其它相关部门等。授权单位只要有一台计算机，能够上互联网，即可登陆气象局发布中心主站，获得信息发布平台网页，输入需要发布的信息，选择发布的对象，即可发送。

3.2 农村综合信息发布中心

建在市局及个别县气象局，负责定时天气预报、突发性气象灾害预警信息并提供应对措施；对各级部门发布的信息进行审核，以避免错误、非法、错别字、不良信息的发布。

3.3 农村综合信息显示屏

安装地址主要为：（1）各乡镇、街道办事处。（2）村委会、自然村。（3）其它行业部门。

4 信息中心处理部份

4.1 系统数据库

计采用 SQL 2005 应用，安装于市局服务器，服务器提供端口访问权限。

4.2 服务器控制中心软件

负责发布系统与屏之间通信；监视屏运行状态；记录 GPRS 通信流量等，是整套系统通信的核心组成部分。系统通信采用 TCP/IP 通信方式，中心软件要求，软件安装于具有静态公网 IP 地址的市局及县局。

4.3 自动气象站数据信息处理软件

通过访问乡镇自动气象站数据库，并按不同大小规格屏幕尺寸进行数据打包处理，显示气象数据包括：舜时值（气温、风向、风速）、统计值（雨量、日照、最高气温、最低气温、最大风速），统计取值开始时间为头天 20 点（取数据时从 21 点的数值开始统计）。此软件随同服务器控制中心软件安装。

4.4 手机短信息通知中心

操作员提交信息后，系统将自动通过短信息平台发送一条消息到所属管理员的手机上，短信内容为“[XX 管理员]: XX 单位的 XX 同志提交了 XX 信息，请您尽快审核并发布”，管理员审核信息通

过后即可发布到屏幕终端上。

5 WEB 应用端

WEB 应用端是管理员及各级各类操作员使用的平台，包括：系统管理、设备数据采集、信息编辑、信息审核、查询报表、设备状态、气象信息、工作动态、帮助说明。

5.1 系统管理

主要设置中心系统的数据库基础数据，所有功能仅限超级管理员及管理员操作。

5.1.1 行政级别设置

主要包括省、市、县、乡（镇）、村委会、自然村多个数据表。其中省表中省份数据直接设置为全国省份，市表中预置云南省下包含曲靖市；县表的设置由超级管理员录入；其余表内容由管理员录入。

5.1.2 行业类别

对屏幕设备的归属权进行分类，单独设为一个表，关键字段为一个，即行业类别；预置内容为：政府部门、林业部门、烟草部门等等，只允许超级管理员进行增加、修改、删除的操作。

5.1.3 系统用户

分 3 级权限的用户，对各用户进行增加、修改、删除的操作。

5.1.3.1 超级管理员

权限级别最高，为市级管理员，负责管理员用户的设置及市级（市级行业类）操作员用户设置。能编辑信息，审核市级操作员编发的信息，编辑各县域预报及预警信息、上传工作动态文件。能对自己分配信箱段，并命名信箱名。

5.1.3.2 管理员

为县级管理员，负责设置县级、乡镇级、村级、各行业类操作员，能编辑信息，并制作乡镇级短期天气预报及预警信息、上传工作动态文件，为自己及下辖操作员分配信箱段，审核下辖各级操作员编发的信息，查询本级（本县）所有信息，采集所辖范围内的屏幕设备基础数据。

5.1.3.3 操作员

编辑信息，选择发布的信箱，并在所操作范围内的屏幕设备列表中指定发布目的，能按各种条件查询自己权限内各种发布信息、气象信息；查看、

下载工作动态文件。按行政级别分为市级、县级、乡镇级、村级 4 级,按行业类型分为多种行业类操作员。

5.1.3.4 系统用户基本信息

用户名、性别、民族、工作单位、联系电话、职务、省、市、县、乡镇、村;登录用户名,用户口令;权限(超级管理员、管理员、操作员);操作级别(管理级、市级、县级、乡镇级、村级);行业类别(可挑选);使用信箱段(开始号码、结束号码)。除县、乡镇、村可允许为空外,其它均需填写。

操作级别中的管理级特指超级管理员及管理员。行业类别中的政府部门指各级政府及气象部门。

5.1.3.5 设置界面

当以超级管理员身份登入系统时,自动列出所有超级管理员、管理员于表格中,表格信息为简表(权限、姓名、行业类别、工作单位、联系电话),默认选择为表格中的第一行,当选中其中一行时,表格下方显示出此用户的所有信息。有增加、修改、删除 3 种功能。删除时自动移到下一行并更新显示;点击增加时变为保存按钮,点击保存时变为增加按钮。点击修改时变为保存按钮,点击保存时变为修改按钮。在保存或删除时有提示对话框以确定或取消。

当以管理员身份登入系统时,自动列出所辖范围内的操作员于表格中,简表为操作级别、姓名、行业类别、工作单位、联系电话,其它同超级管理员,简表提供打印功能(能自动分页),表格名为××县农村综合信息操作员名单。

在使用信箱段下,按权限及操作级别列表出所有信箱号及信箱名以供选择参考。

5.1.4 信息类型及服务器设置

对编辑发布的信息进行分类命名,预置有:天气实况、短期预报、气象预警、商品信息、政务信息。

信箱设置:由超级管理员对 0~50 个信箱进行命名,默认名为信箱 1、信箱 2……。对各信箱进行级别分段设置(超级管理员、市级管理员、县级、乡镇级、村级),例如:默认超级管理员为 0~10 号信箱,市级为 11~15 号信箱,管理员为 16~25 号信箱,县级为 26~30 号信箱,乡镇为 31~35 号信箱,村为 36~40 号信箱。

服务器设置:设置市局及各县局的服务器 IP 地址,指定各服务器是否打包自动气象站数据。

屏幕规格:定义不同规格屏幕的尺寸、颜色,允许增加、删除、修改。

5.1.5 历史数据删除

删除指定时间前的历史数据。管理员仅能删除所属县级的历史数据。

5.2 设备数据采集

5.2.1 屏幕设备

录入屏幕设备及安装地点基础信息。

设备基本信息有:ID 编号、屏幕规格(尺寸)、相关控制信息(定时开关机、亮度等),所属服务器编号(A、B、C、D、E……)

安装地点信息:安装地名、省、市、县、乡镇、村、自然村、海拔高度、经度、纬度、安装图片。

归属类型:行业类别(可挑选)、气象站号、气象站名。

联系人员:联系人、性别、民族、工作单位、职务、联系电话。

当地农业信息:主产农作物 1、销售地 1;主产农作物 2、销售地 2;主产农作物 3、销售地 3;主产农作物 4、销售地 4;主产农作物 5、销售地 5;其它备注。

界面分为简表列表表格区及详细信息区两个部分。简表列表中字段为:ID 编号、所属服务器编号、安装地名、联系人、联系电话。

简表中按管理员所属县进行列表,详细信息区对应于简表中某一行或新增行。操作提供增加、修改、删除功能,操作方式同前,各管理员只能操作所属范围内的信息。

5.2.2 自动气象站

自动气象站的相关信息由各县管理员录入。信息内容包括气象站号、气象站名、海拔高度、经度、纬度、安装位置(地面或屋顶)、省、市、县、乡(镇)、安装图片。

各县管理员只能录入本县的自动站信息。

界面分为简表列表表格区及详细信息区两个部分。简表列表中字段为:站号、站名、海拔高度、经度、纬度、安装位置(地面或屋顶)。

简表中按管理员所属县进行列表,详细信息区对应于简表中某一行或新增行。提供增加、修改、

删除功能，操作方式同前，各管理员只能操作所属范围内的信息。

5.3 信息编辑

分为短期预报、预警预报、商品信息、政务信息、其它信息。

5.3.1 短期预报

仅供超级管理员及管理员操作，超级管理员仅录入各县域点预报，管理员仅录入自己所在县的下辖各乡镇预报，预报分为两个时次（即早间气象 8~12 时编发、晚间气象 12~18 时编发）。早间气象显示时效为当天即刻起至当天 20 时（预报用语：今天白天）；晚间气象显示时效为当天即刻起至明天 08 时（预报用语：今天晚上到明天白天）。超级管理员所录数据不发往屏幕。

采用表格方式进行预报录入，按所辖下一级行政级别进行预报。

表格中显示的字段为：预报点、天空、降水、最低气温、最高气温、风向、风速。其中的天空状态、降水、风向、风速均按气象术语提供选择性输入。

管理员录入的数据为各乡镇点预报，在发往各屏幕前要对最高气温及最低气温进行订正（海拔每升高（降低）100 m，温度降低（升高）0.6℃，即所属自动站的海拔高度减去安装屏幕地点的海拔高度后乘于 0.006 后取整，再加入到各温度值上后变成新的温度值。

信息的类型为短期预报，发往信箱为短期预报信箱。

内容举例为：[短期预报] 今天晚上到明天白天，阴有小雨，10~19℃，西南风 2 级。

提供保存、审核并发布按钮。保存后才能发布，由系统自动按数据库信息发布到相应屏幕。

5.3.2 气象预警

由超级管理员及管理员操作，提供编辑预览，实现所见即所得（例似于 Word 风格），信息的类型为气象预警，发往信箱为气象预警信箱。

编辑界面分为：编辑区、时效区（默认起始时间为即刻，终于第二天此时，但允许用户修改年月日时分秒），屏幕列表区（按行政区划列表，仅列表该用户操作范围内所属屏点，字段为市、县、乡镇、村、行业类型，安装点名、ID 号、状态），按钮提供信息保存及审核并发布按钮。

5.3.3 商品信息

由操作员使用。信息类型为商品信息，同前气象预警。

5.3.4 政务信息

由操作员使用，信息类型为政务信息，同前气象预警。

5.3.5 其它信息

3 级用户都可使用，增加信息类型的选择，其它同前气象预警。

5.4 信息审核

此功能限由超级管理员及管理员使用。

用户在登录后，当有待审核信息时（每 2 分钟检查一次），有声音提示，弹出确认对话框，自动转入此界面。超级管理员审核市级操作员信息，管理员审核所属县及县以下操作员的信息。

界面分为简表列表表格区及内容审核编辑区两个部分。简表列表中字段为：编辑时间、操作员姓名、单位、内容，并统计共有几条待审核信息。

审核员选中某条记录时，在列表下方的内容审核编辑区中出现此信息的内容及所有相关信息，允许审核员修改其中的内容，提供审核并发布和拒绝执行两个按钮。

5.5 查询报表

对信息进行统计查询。提供用户登录日志、已发布信息记录、未通过信息记录、设备在线情况记录、设备通信流量记录。

5.6 设备状态

界面中提供统计信息，对超级管理员及市级操作用户为：全市在线 / 全市总数、县 1 在线 / 县 1 总数、县 2 在线 / 县 2 总数、……县 n 在线 / 县 n 总数。对管理员及其它操作员则为：全市在线 / 全市总数、本县在线 / 本县总数。

提供两种界面方式：地图模式、表格模式。

对超级管理员及市级操作用户，显示的内容为全市信息；对管理员及其它操作员，显示的为其所属县级的信息，行业类型为非政府部门时则只显示所属行业类型的屏点信息。

表格模式的显示方式按行政区划进行列表，列表中字段为：行政区域（县、乡镇、村、自然村）、ID 编号、安装地名、联系人、联系电话，状态。

地图模式中：包括省、市、县、乡镇分界线；省、市、县、乡镇、村、自然村地名；湖泊、河

道、公路、铁路；安装地点状态（在线为绿色、不在线为红色）。提供放大、缩小功能，分界线、地名、湖泊道路、安装地名 4 个层次的显示（隐藏）功能。

在表格模式中右击其中的一条记录（或在地图模式右击其中的一个地点状态），弹出菜单提供设备信息、控制命令、已发布信息记录、未通过信息记录、设备在线情况记录、设备通信流量记录操作。

(1) 设备信息显示此屏幕设备的所有信息及最近一次上线时间（或下线时间）。

(2) 控制命令在线时仅对超级管理员、所属管理员、所属操作员提供对此屏幕的控制命令操作。

(3) 已发布信息记录提供表格方式显示，由用户选择时间段（开始时间、结束时间，包含年月日时）进行查询，表格中提供字段为：编辑时间、操作员姓名、审核并发布时间、管理员姓名、信息内容。

(4) 未通过信息记录提供表格方式显示，由用户选择时间段（开始时间、结束时间，包含年月日时）进行查询，表格中提供字段为：编辑时间、操作员姓名、拒绝时间、管理员姓名、信息内容。

(5) 设备在线情况记录提供表格方式显示，由用户选择时间段（开始时间、结束时间，包含年月日时）进行查询，表格中提供字段为：上线时间、下线时间。

(6) 设备通信流量记录提供表格方式显示，由用户选择时间段（开始时间、结束时间，包含年月日时）进行查询，表格中提供字段为：日期时间、上下行、流量。

5.7 查询报表

对信息进行统计查询。提供用户登录日志、已发布信息记录、未通过信息记录、设备在线情况记录、设备通信流量记录。

对超级管理员及市级操作用户，显示的内容为全市信息；对管理员及其它操作员，显示的为其所

属县级的信息，行业类型为非政府部门时则只显示所属行业类型的屏点信息。

5.8 工作动态

提供 Word 文档、Excel 文档、文本、图片、及其它文件的上传、下载、删除、显示功能。

用户登录后，默认进行此栏目，栏目按分页列表，显示字段为序号、标题、日期时间、管理员（用户名），选中某一行时弹出菜单为下载或显示，双击为显示。超级管理员及管理员可上传、删除自己的文件，下级用户只可下载或显示所属上级用户上传的文件。

5.9 气象信息

显示超级管理员或管理员编发的最近时次的短期天气预报或预警气象信息。

以超级管理员、市级操作员身份登录时，只显示市级的短期天气预报或预警气象信息；以管理员、县级操作员身份登录时，显示市级的短期天气预报或预警气象信息、本县的短期天气预报或预警气象信息；以县级操作员身份登录时，只显示本县级的短期天气预报或预警气象信息；以乡镇及以下级别操作员身份登录时，只显示本乡镇级的短期天气预报或预警气象信息。

5.10 帮助说明

WEB 服务应用系统的操作使用说明。

6 结语

系统目前已投入使用，系统中操作员所在行政区范围分为市、县、乡、村，政府级别的操作员具有对所辖范围内的所有屏幕提交信息，行业类别的操作员只对本行业所辖范围内的所有屏幕提交信息，如：市烟草公司发布的信息能显示到全市各烟草部门的屏幕上，富源县公司发布的信息只能显示到富源县各烟草部门的屏幕上，陆良县政府发布的信息显示到本县所有的屏幕上，真正体现“政府主导、部门参与、气象主办、共同推进”这一原则。

用 VB6.0 编程实现网络故障监控

韦 健, 梁继晗

(河池市气象局, 广西 河池 547000)

摘要: 用 VB6.0 调用 AIP 函数编程, 实现网络监控、故障报警功能, 作为网络故障判断的工具, 给网络管理人员处理网络故障提供帮助, 具有一定的指导意义。根据此方法, 制作河池市气象宽带网络监控程序, 用于监控地市级网络到省级、各县级的网络线路、网络设备的运行情况。

关键词: 网络; 状态; 监控

中图分类号: TP393

文献标识码: A

文章编号: 1001-7852 (2011) S0-0113-02

0 引言

在各企业、事业、机关、学校等单位中, 计算机网络都得到广泛的应用, 网络的重要性愈加突出, 对网络运行保障的反应速度和保障能力要求越来越高。如何实现对网络线路、设备运行情况进行实时监控显得十分重要。用 VB6.0 编程, 可以实现对网络的实时监控。

1 基本原理

计算机网络的故障主要有: 通信线路故障、网络设备故障等。一般测试网络是否正常, 通常用 Ping 命令测试。Ping 命令是常用的网络测试命令, 用于确定本地计算机与另一台计算机或网络设备是否成功交换数据包, 根据返回的信息, 判断网络设备和网络线路是否正常。利用这个原理, 用 VB6.0 编程, 调用 Ping 命令, 对计算机网络进行定时扫描, 实现网络实时监控、故障报警 (声音报警和电话报警), 为网络管理员迅速排除网络故障提供帮助。VB6.0 是 Microsoft 公司推出的基于 Windows 环境的计算机程序设计语言, 它采用面向对象与事件驱动的程序设计思想, 使编程变得更加方便、快捷。

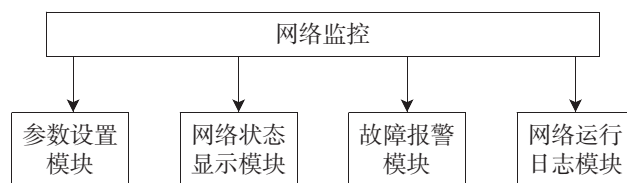


图 1 程序模块

2 系统的实现

网络监控系统由 4 个功能模块组成: 参数设置模块、网络状态显示模块、故障报警模块、网络运行日志模块 (见图 1)。

参数设置模块: 主要完成各网络设备连接接口 IP 地址的设置、网络定时扫描间隔时间的设置、故障报警电话号码设置等。

网络状态显示模块: 通过 Windows 介面显示网络的运行状态。

故障报警模块: 故障报警模块包括声音报警和电话报警, 声音报警是当网络出现故障时发出声音报警; 电话报警是当网络出现故障时, 通过 Modem (调制解调器) 拨号, 拨打预先设定的报警电话号码, 实现故障报警。

网络运行日志模块: 记录网络故障的开始时间、故障线路 (或故障 IP) 和网络恢复正常的

时间。

用 VB6.0 编程进行 ping 操作是通过 API 函数调用 ICMP.DLL 来实现的。

程序中用到 ICMP.DLL 中的 3 个函数。

IcmpCreateFile 函数：用于打开一个句柄，通过该句柄可以发送 ICMP 的请求回送报文；

IcmpCloseHandle 函数：用来关闭打开的句柄；

IcmpSendEcho 函数：通过打开的句柄发送 ICMP 请求，在超时或应答报文接收后返回。

下面是程序的主要代码：

2.1 用 Ping 命令扫描网络代码

```
Private Function Ping (szAddress As String, Echo As ICMP_ECHO_REPLY) As Long
```

```
Dim hPort As Long
```

```
Dim dwAddress As Long
```

```
Dim sDataToSend As String
```

```
Dim iOpt As Long
```

```
sDataToSend = "Echo This"
```

```
dwAddress = AddressStringToLong (szAddress)
```

```
hPort = IcmpCreateFile ()
```

```
If IcmpSendEcho (hPort, dwAddress, sDataToSend, Len (sDataToSend), 0, ECHO, Len (ECHO), PING_TIMEOUT) Then
```

```
    Ping = ECHO.RoundTripTime
```

```
Else
```

```
    Ping = ECHO.status * -1
```

```
End If
```

```
    Call IcmpCloseHandle (hPort)
```

```
End Function
```

2.2 故障报警（电话报警）代码

函数声明

```
Public Declare Function tapiRequestMakeCall& Lib "TAPI32.DLL" (ByVal DestAddress$, ByVal AppName$, ByVal CalledParty$, ByVal Comment$)
```

```
Dim dialError As String
```

```
Dim nResult As Long
```

```
nResult = tapiRequestMakeCall& (Trim$ (bdte-lhms), CStr (Caption), "Test Dial", "")
```

```
If nResult <> 0 Then
```

```
    dialError = "拨号错误："
```

```
    Select Case nResult
```

```
        Case TAPIERR_NOREQUESTRECIPIENT
```

```
        ...
```

```
        ...
```

```
End Select
```

```
MsgBox dialError
```

```
End If
```

2.3 写故障日志代码

```
Dim wfile As FileSystemObject
```

```
Dim wlrz As TextStream
```

```
On Err GoTo errHandle
```

```
Set wfile = CreateObject ("Scripting.FileSystemObject")
```

```
Set wlrz = wfile.OpenTextFile (App.Path & "\日志.log", ForAppending, TristateFalse)
```

```
...
```

```
wlrz.WriteLine Now & " " & (故障线路) & "故障"
```

```
End If
```

```
If gzbd (zcxxh) = False Then
```

```
wlrz.WriteLine Now & " " & (故障线路) & "恢复"
```

```
End If
```

```
...
```

3 实际应用

根据上述方法，制作河池市气象宽带网络监控程序，用于监控地市级网络到省级、各县级的网络线路、网络设备的运行情况。省—市—县气象宽带网络的拓扑结构比较简单，网络设备主要有交换机、路由器。只要 Ping 各路由网关 IP，就可以监控地市级路由器到省级、各县级的路由器之间设备和线路（程序运行介面见图 2）。程序运行后，按

（下转第 118 页）

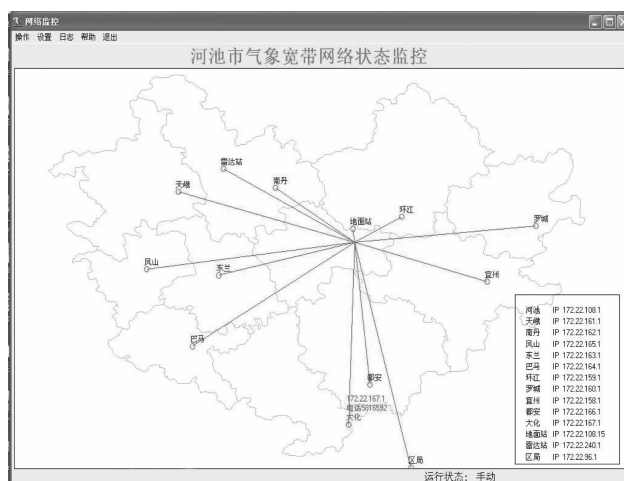


图 2 程序运行介面

浅谈计算机雷害及防护

李 俊, 何汝凡

(安龙县气象局, 贵州 安龙 552400)

摘要: 中国近年来是雷害事故频繁、剧增, 因雷害, 电子设备的直接损失约占雷电灾害损失的 80%。特别是抗雷电能力十分脆弱的通讯电信、计算机等现代化设备越来越普及, 更加剧了雷电灾害造成的损失。如果在计算机网络和通讯系统建立以前, 没有采取有效的防雷措施和正确的防雷方法, 电网电压稍有波动以及雷电流的产生对弱电设备就会造成很大的威胁, 甚至危及人身安全。为此, 应努力做好防雷工作, 以确保网络、通讯等设备安全。

关键词: 雷电的形成; 破坏方式; 入侵途径; 雷电防护

中图分类号: P427.3; TP309.1

文献标识码: A

文章编号: 1001-7852 (2011) S0-0115-04

0 引言

雷电是一种常见的大气放电现象。夏季地面热空气携带大量的水汽不断上升, 形成大范围的积雨云, 在积雨云的不同部位聚集着大量的正电荷或负电荷, 形成雷雨云, 当地面因受到近地面雷雨云的电荷感应, 也会带上与云底相反符号的电荷。云层里的电荷越积越多, 达到一定强度时, 就会把空气击穿, 打开一条狭窄的通道强行放电。当云层放电时, 由于云中的电流很强, 通道上的空气瞬间被烧得灼热, 温度高达 $6\,000 \sim 20\,000^{\circ}\text{C}$, 所以发出耀眼的强光, 这就是闪电, 而闪道上的高温会使空气急剧膨胀, 同时也会使水滴汽化膨胀, 从而产生冲击波, 这种强烈的冲击波活动形成了雷声。雷击是指一部分带电的云层与另一部分带异种电荷的云层, 或者是带电的云层对大地之间迅猛的放电。这种迅猛的放电过程产生强烈的闪电并伴随巨大的声音。

1 雷电的形成

1.1 通常雷击两种主要形式

1.1.1 直击雷

直击雷是指雷云对大地某点发生的强烈放电。它可以直接击中设备, 雷电击中架空线, 如电力线, 电话线等。雷电流便沿着导线进入设备, 从而造成损坏。

1.1.2 感应雷

感应雷是当直击雷发生后, 带电云层迅速消失, 而地面上某些范围因散流电阻大而出现的局部高电压, 或因直击雷放电过程中, 强大的脉冲电流对周围的导线或金属物因电磁感应而产生的高压以致发生内击的现象。感应雷形成感应雷电压的概率很高, 对建筑物内的低压电子设备造成较大的威胁, 计算机网络系统的防雷工作重点是防止感应雷的入侵。

2 雷电的破坏形式

2.1 直击雷破坏

当雷电直接击在建筑物上, 强大的雷电流使建(构)筑物水份受热汽化膨胀, 从而产生很大的机械力, 导致建筑物燃烧或爆炸。另外, 当雷电击中

接闪器, 电流沿引下线向大地泻放时, 这时对地电位升高, 有可能向临近的物体跳击, 称为雷电“反击”, 从而造成火灾或人身伤亡。

2.2 感应雷破坏

感应雷破坏也称为二次破坏。它分为静电感应雷和电磁感应雷两种。由于雷电流变化梯度很大, 会产生强大的交变磁场, 使得周围的金属构件产生感应电流, 这种电流可能向周围物体放电, 如附近有可燃物就会引发火灾和爆炸, 而感应到正在联机的导线上就会对设备产生强烈的破坏性。

2.2.1 静电感应雷

带有大量负电荷的雷云所产生的电场将会在金属导线上感应出被电场束缚的正电荷。当雷云对地放电或云间放电时, 云层中的负电荷在一瞬间消失了(严格说是大大减弱), 那么在线路上感应出的这些被束缚的正电荷也就在一瞬间推动失去了束缚, 在电势能的作用下, 这些正电荷将沿着线路产生大电流冲击。

2.2.2 电磁感应雷

雷击发生在供电线路附近, 或击在避雷针上会产生强大的交变电磁场, 此交变电磁场的能量将感应于线路并最终作用到设备上。由于避雷针(带)的存在, 建筑物上落雷机会反倒增加, 内部设备遭感应雷危害的机会和程度一般来说是增加了, 对用电设备造成极大危害。

3 雷电入侵计算机系统的途径

3.1 电源入侵

目前我们使用的电力线输电方式是由发电厂通过升压变压器进行升压后输电至低压变压器, 经过低压变压器再次变压后输入给用户, 如果遇到雷击灾害时, 在雷电未击穿大气时, 将会呈现高压电场形式, 雷电击在电力线上并从电力线的负载保护地向大地释放, 使设备被击穿, 电器遭到损坏。如果雷电击在用电器所在的建筑物的避雷设施上, 从而会引起雷电的电磁脉冲, 这时候一部分雷电流通过引下线向大地泄放, 余下雷电流中的一部分电流通过电力线屏蔽槽、金属管道等与地面有连接金属物联合引雷; 而另一部分则在建筑物侵入 UPS 输入输出负载的电源线、局域网线等击穿设备局域网线端; 由逻辑地向大地泄放, 对设备而言, 部分雷电流将通过 UPS 输入电源线对交流线进行泄放, 局域网线通过逻辑地向大地泄放, 计算机系统的

电源由电力线输入室内, 电力线路可能遭到直击雷和感应雷, 直击雷击中高压电力线线路, 经过变压器耦合到 220V 低压入侵计算机, 另外低压线路也可能被直击雷击中或感应雷过电压, 在 220V 线路上的雷电过电压对计算机系统可造成毁灭性的打击。

3.2 通信线路入侵

当地面突出物遭直击雷打击时, 强雷电压将邻近土壤击穿, 雷电流直接入侵到电缆外皮, 进而击穿外皮, 使高压入侵线路。

当雷电接近架空通信线时, 高压冲击波会沿架空管线侵入室内, 造成高电流引入。

雷云对地面放电时, 在线路上感应出上千伏的过电压, 击坏与线路相连的电器设备, 通过设备连线侵入通信线路。这种入侵沿通信线路传播, 涉及面广, 危害范围大。

若通过一条多芯电缆连接不同来源的导线或者多条电缆平行铺设时, 当某一导线被雷电击中时, 会在相邻的导线感应出过电压, 击坏低压电子设备。

地电位反击电压通过接地体入侵, 雷击时强大的雷电流经过引下线和接地体泄入大地, 在接地体附近放射型的电位分布, 若有连接电子设备的其他接地体靠近时, 即产生高压地电位反击, 入侵电压可高达数万伏。建筑物防直击雷的避雷引入了强大的雷电流通过引下线入地, 在附近空间产生强大的电磁场变化, 会在相邻的导线(包括电源线和信号线)上感应出雷电过电压, 因此建筑物避雷系统不但不能保护计算机, 反而可能引入了雷电。

4 雷电防护措施

由于雷击发生的时间和地点及雷击强度的随机性, 而直击雷和感应雷是雷电入侵计算机系统的主要形式, 同时又有从电源线路、信号线路等入侵的电磁脉冲、建筑物附近落雷形成的电磁感应, 因此, 在对计算机系统进行雷电防护的同时, 对计算机信息系统所在的建筑物也要进行必要的防雷措施。

根据国家标准《建筑物防雷设计规范》GB 50057-94 (2004 版) 的要求, 建筑物感应雷的保护区域为 LPZOB, LPZ1, LPZn+1 区, 即不可能直接遭受雷击区域; 由于感应雷是由遭受雷击电磁脉冲感应或静电感应而产生的, 形成感应雷电压的机率很高, 对建筑物内的电气设备, 尤其低压电子设

备威胁巨大,所以说对建筑物内部设备的防雷保护的重点是防止感应雷入侵。

4.1 计算机设备的雷电防护系统由两部分组成

4.1.1 外部防护:由接闪器、引下线和接地体3部分组成

弱电设备的外部防护首先是将建筑物的避雷针(带、网)通过全部基础立柱的钢筋焊接作为接地体,将强大的雷电流引入大地;其次是在将雷电流引入大地的时候尽量将雷电流分流,避免造成过电压危害设备;第三是利用建筑物立柱的钢筋与钢屋架、屋面板钢筋等焊接构成一个整体;第四是建筑物各点的电位均衡,避免由于电位差危害设备;第五是保障建筑物有良好的接地,降低雷击建筑物时接点电位损坏设备;第五对于没有安装或防雷设施不完善的建筑屋要进行安装和完善。

4.1.2 内部保护

电源系统的防护。计算机信息系统的电源雷电侵害主要是通过线路侵入的,电源系统的防护是计算机信息系统防护的关键所在,它不仅仅是保护设备的安全,更重要的是它涉及到人员的安全。

计算机信息系统的电源系统应该设计为独立的供电系统(即与照明系统和取暖系统分开),并根据信息系统规模和等级,相应的做好供电系统的三级保护。其目的是防止直接雷击、感应雷击、高电位反击及开关过电压(过电流)引起的供电线路上的暂态浪涌,把暂态浪涌嵌位在后续设备可承受的范围内,以免使后续设备及人员遭受强电袭击。

工作接地和保护接地交流工作接地。工作接地是系统电源某一点的接地,工作地的主要作用是使供电系统正常运行,工作接地目的是为了降低触电电压;迅速切断故障设备;降低电气设备对地的绝缘水平,接地电阻 $\leq 4\ \Omega$ 。

保护接地就是将设备正常运行时不带电的金属外壳(或构架)和接地装置之间作良好的电气连接。如果不作保护接地,当电气设备其中一相的绝缘破损,产生漏电而使金属外壳带上相电压时,人一接触就会发生触电事故。实行保护接地后,设备的金属外壳和大地已有良好的连接。如果发生漏电,只要接地电阻符合规定的要求,接地就能成为保障人身安全、防止电事故发生的有效措施。此外,保护接地还可以防止静电的积聚,接地电阻 $\leq 4\ \Omega$ 。

4.1.3 信号系统部分保护

信号系统的防护主要是保护设备的核心部件。在信号系统的输入端加装信号防雷器(信号SPD)。

目前大部分采用光纤接入,并不需要专门的保护设施,只要把光纤的外表皮接地即可;采用光缆或其他线缆输入,必须加装SPD。如果机房的中心服务器需要向不同楼房输送信号,则需要在服务器输出端根据接口形式及数量加装防雷插排。信号防护的目的和电源防护的目的基本相同,只是它所保护的對象仅指对设备的保护。对于重要信息点或计算机房内的网线,还需安装接口适合的信号防雷器。

4.1.4 逻辑接地

将电子设备的金属板作为逻辑信号的参考点而进行的接地,称为逻辑接地。它的作用是保证电路有一个统一的基准电位,为使设备或布线达到电磁适应性要求而采取的屏蔽措施的接地称为屏蔽接地。对于弱电设备电磁兼容设计是非常重要的,为了避免所用设备的机能障碍,避免会出现的设备损坏,构成布线系统的设备应当能够防止内部自身传导和外来干扰。因此对这些设备及其布线必须采取保护屏蔽措施,免受来自各种方面的干扰。

4.1.5 静电防护

静电防护是人们对计算机信息系统建设的最初认识。对于现代电子设备,其耐受电压冲击的能力越来越低,由于人身产生的静电,在与计算机发生放电后,也会使计算机假死(例如死机)。

大部分建设机房时,一般采用防静电地板,所有防静电措施,都必须要有良好的接地系统。

防静电接地,将带静电物体或有可能产生静电的物体(非绝缘体),通过导静电体与大地构成电气回路的接地叫防静电接地。在机房中由于人体运动和与计算机磨擦会产生大量静电。如果没有良好的接地,不仅仅会产生对电子设备的干扰,甚至会将设备芯片击坏。

4.1.6 屏蔽、接地及等电位连接

屏蔽主要是指计算机房的电磁屏蔽和线缆的屏蔽,接地是指所有设施及设备必须建立良好的接地系统。

计算机机房的所有进线必须采用穿金属管埋地敷设,金属管两端必须接地。这样做的目的除了防止电磁场的干扰外,主要是防止直接雷击、感应雷击沿线缆侵入;在机房内部的线缆也应用金属线槽敷设,以防止相互的干扰。在机房窗户外加装金属护栏,但应注意的是,加装的金属护栏也必须有良好的接地。

机房进线所穿设的金属管、电源SPD、信号SPD、防静电设施、金属线槽、计算机、服务器、

交换机等设备,包括和机房相连接的大的金属物,都必须建立良好的接地或电器连接。设备接地是设备本身的要求,设施及设备之间的电器连接,目的是为了以防高电位反击。

5 综合布线

在雷击放电时,建筑物内部产生较大的瞬变空间电磁场,由于计算机多采用总线制同轴网络,网络各工作站与服务器分置在不同楼层,多数单位的网络干线往往通过紧靠外墙立柱旁的电缆槽垂直布线,网络干线终结器直接与地网连接,而电源线和设备保护地线通过建筑物另一侧电缆槽垂直布线,因而在通信电缆屏蔽层、网络干线终结器接地线、网络适配卡与网络终端设备地线回路及连接到总汇流排和地网的设备保护地线之间形成一个大的闭合环路,造成计算机网络受感应雷击损坏。因此,合理的综合布线是非常必要的。

综合布线是要信息系统的建设符合当前和长远

的信息传输要求,把信号系统和电源系统分开布设,即线路的安全,也要考虑电源系统对信号的干扰。综合布线需要考虑的问题是:使用方式,包括所有应用的混合数据流流量大小和峰值负载持续时间;用户的数量和可能的增长速度;用户的位置及他们之间的最长距离;用户位置发生变化的可能的概率;与当前和今后计算机及软件的连接;电缆布线的可用空间等。

6 结语

计算机网络系统对雷电过压的防护要求比较高,而且计算机网络系统的防雷及过电压保护是一种系统工程,必须贯彻整体防护思想,强调全方位防护、综合治理、综合应用各种防护技术,构成一个完整的防护体系,针对雷害入侵机房设备的主要来源,在雷电可能侵入的各个关口加以防护,保障计算机网络系统设备的安全稳定运行。

参考文献:

- [1] GB/T19271.1-2003/IEC61312-1:1995,雷电电磁脉冲防护 [S].
- [2] GB50057-94 (2000 年版),建筑物防雷设计规范 [S].
- [3] GB50174-93,电子计算机机房设计规范 [S].
- [4] GB50343-2004,建筑物电子信息系统防雷技术规范 [S].

(上接第 114 页)

设定的时间间隔自动扫描网络运行状态(也可以手动运行),给每个目标 IP 地址发送数据包,当收不到某个 IP 返回的信息时,则判断这个设备或线路出现故障,显示本站与该点的连线由绿色变为红色,显示该点路由器的 IP 地址和联系电话号码,并发出报警声,同时拨打维护人员电话,把故障出现的时间、故障线路写入日志。当故障排除、网络恢复正常时,将恢复正常的时间、线路写入日志。

4 结语

用 VB6.0 编程,实现网络状态的实时监控,通

过程序图形介面,直观地显示网络的运行状态,有故障提示和报警功能,在一定程度上减轻的网络维护人员的工作量,提高工作效率,保障网络的正常运行。不用复杂的设备,只要在局域网内的任一台计算安装该程序,并装有 Modem(调制解调器),就可以实现网络的监控。

该系统在电话报警方面还有待改进。电话报警时接到电话的一方,通过来电显示功能,查看是否是监控计算机 Modem(调制解调器)拨出的电话号码,判断是否是网络故障的电话报警,如果能改进以短信或语音的方式报警就比较直观和方便。