气象科技进展 Advances in Met S&T

DOI：10.3969/j.issn.2095-1973.2012.04.008

2009—2010年云南特大干旱动态风险分析

彭贵芬[1]　刘盈曦[2]

（1 云南省气象台，昆明 650034，2 厦门大学经济系，厦门 361005）

A Dynamic Risk Analysis of 2009—2010 Yunnan Extra-Severe Drought

Peng Guifen[1], Liu Yingxi[2]

(1 Meteorological Observatory of Yunnan Province, Kunming 650034
2 Economic Department of Xiamen University, Xiamen 361005)

近年来国外在完善灾害监测、构建风险评估、应对体系方面取得了一些成果[1-3]，国内也开展了干旱、洪涝、冷害等灾害的监测、风险（影响）评估方面的研究，主要包括气象灾害风险分析、风险评估、风险区划和影响评估，在干旱灾害的监测、评估指数、气候风险与影响评估方面，也有了较多成果[4-11]，对气象灾害静、动态风险管理分类等有了初步的分析和探索[12]。而基于动态风险分析的气象灾害事件的危机应对方面的分析研究还较少见。本文对云南2009—2010年特大干旱灾害事件发生前的风险分析、预估进行了剖析。

1　云南2009—2010年特大干旱事件特征

2009年9月—2010年3月下旬，云南降水量和平均最高气温分别打破了1959年以来的最少和最高纪录，造成了严重的秋、冬、春连续干旱。这次干旱灾害事件具有以下特点：1）干旱出现特早。2009年9—10月，云南降水及降雨日数特少，气温特高，雨季结束特早，导致干旱特早出现。在长达2个月的时间内全省性的有效降水过程只在9月21日出现了一次，多数地区的雨季在9月下旬初结束，有的地区甚至8月就已结束，比多年平均偏早了1个半到2个月。2）干旱强度特强、影响范围特广。2009年9月开始的干旱影响到全省除怒江北部外的几乎全部县（市），旱情最重时，重旱以上的站有118站，占全省总站数（125站）的94%，其中有111站达到特大干旱。3）持续时间特长。自2009年9月—2010年6月共10个月中，除4月降水偏多外，有9个月降水均为偏少到特少，气温均为特高，且2009年10月—2010年2月的降水偏少幅度非常大，各月降水量偏少达60%～75%。由于持续达10个月的少雨、高温、干燥天气，导致了秋、冬、春、初夏连续特大干旱。虽然2010年3月底和4月下旬出现了2次降雨过程，使干旱范围有所减小，旱情有所缓解，但重旱区旱情一直持续到6月。

收稿日期：2012年5月2日；修回日期：2012年6月26日
第一作者：彭贵芬（1955—），Email: gfpeng0725@163.com
资助信息：国家自然科学基金项目（41165004）；中国气象局兰州干旱气象研究所干旱气象科学研究基金项目（IAM200906）

2　2009—2010年云南特大干旱的动态风险分析与灾害事件的识别和静态风险评估

2.1　气象灾害静动态风险分析、评估和管理简介

静态风险管理：气象灾害静态风险管理研究的是灾害风险区划、再现期和因气候变化可能导致的灾害风险变化方面的问题，是灾害的气候概率、周期和气候变化趋势方面的课题，得到的结果或结论在一定时间内相对不变。

动态风险管理：气象灾害动态风险管理的研究对象是气象灾害事件，从时间尺度来看侧重于天气过程，结果和结论只针对灾害事件个例，风险识别、分析、评估、处置管理的全过程处于实时动态变化过程中，具有动态变化特征。

2.2　2009—2010年云南特大干旱的静态风险分析

云南具有干季（11月—次年4月）、雨季（5—10月）分明的气候特征，干季降水量仅占全年降水量的15%左右，多数地区干季（半年）的降水量在150mm左右，中北部一些地区在100mm以下，整个干季以晴天少云天气为主，出现解除干旱、增加库塘储水的有效降水过程的可能性很小。

用综合气象干旱指数基于模糊信息分配和超越极

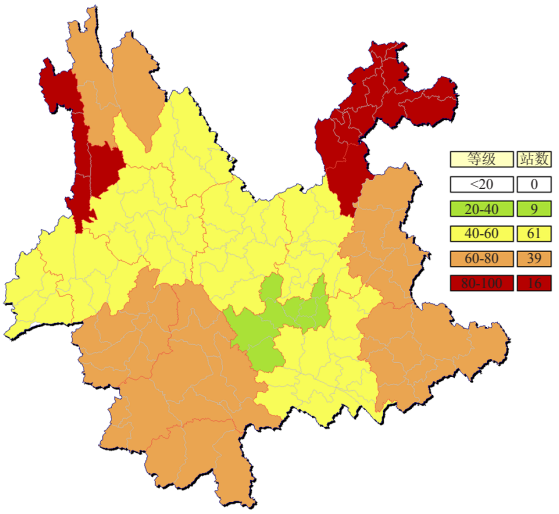

图1 云南脆弱性风险评估图

限概率法对云南致灾因子风险的评估结果表明：1—3月干旱风险很大，大部分地区出现干旱的气候概率在80%～90%，部分地区达到90%以上；11—12月风险次之，大部分地区的气候概率在40%～60%之间，少数地区达到90%；4—6月上旬是干季向雨季的转换时期，当雨季明显迟来的年份，会出现严重的初夏干旱，对云南农业生产影响很大。

由于每年的11月至次年的雨季开始前，云南出现干旱灾害的气候风险很大，而2009年秋季已出现的干旱与未来整个干季的季节性干旱叠加，出现秋、冬、春连续干旱的可能性将很大。

3 2009—2010年云南特大干旱的动态风险分析预估

3.1 承灾体的脆弱性风险预评估

采用水利统计指标——有效灌溉面积百分率作为基本资料，用“1－有效灌溉面积百分率”作为干旱灾害承灾体脆弱性指数，从脆弱性风险评估图（图1）可见，云南干旱承灾体的脆弱性风险较大，除玉溪地区有效灌溉面积达到60%以外，省内大部分地区都在40%以下，因此云南大部分地区承受干旱灾害的脆弱性风险达60%以上。

而2009年前期降水量为特少，使得大部分库塘储水严重不足，部分水库储水量不到计划量的60%（据云南省水利厅统计），这将使有效灌溉面积更小，即导致承受干旱灾害的能力更小、脆弱性风险加大。如果以1为最大风险值，则脆弱性风险（可能影响的承灾面积的百分比）为最大风险值减去无风险的部分，因此脆弱性风险为：

1－40%（有效灌溉率）×60%（当年水库储水率）=76%，

即干旱可能影响全省耕地面积的76%。

3.2 影响时段动态风险预评估

通过解除干旱所需降水量将在何时达到来预估干旱持续时段。干旱解除所需降水量（或过程）可以从以下3个方面来考虑。

（1）解除干旱所需降水量将随着干旱持续时间增长而增大的经验；

（2）水利部门以10天降水量在10mm以上算为干旱缓解的指标；

（3）云南省曾用过的雨季开始期指标：10天内降水量在10mm以上，其后10天必须有一次降水量在10mm以上的过程（降水不中断）。

从上述3个方面可见，干旱的解除在考虑降水量多少的同时，还需要考虑降水过程能否连续。我们依据这个思想自构了一个干旱解除时间降水量R'。以X_1和X_2分别代表任意两个连续10天（共20天）的累积降水量，如果X_1>10mm、X_2>10mm同时成立，则设第一个X_1达到日为t（干旱持续天数）。在常用的数学函数中，以e为底（自然对数的底）的指数函数$y=ae^{bx}$有一个性质：当a>0，且b>0时，y的值域为（0，+∞），即为非线性的单增函数，因此可以用以描述“随着干旱持续时间的加长，解除干旱的需水量将程非线性增大”的构想。指数中的两个常数a和b，可按干旱持续天数与解除干旱所需要降水量的关系数据来确定，最好是用土壤湿度指数（或湿土层的厚度）与干旱持续时间和降水量的定量关系来确定，但在2009年10月份开始预估工作时这方面的研究并没有开展，因此采用表1所列的经验数据进行粗略的拟合分析。

表1 干旱持续天数与解除干旱所需要降水量对应表

干旱持续天数（d）	60	90	120	150	180
干旱解除时间降水量（mm）	30	40	50	65	80

由此两列数据求出a=18.024，b=0.0082，得到两个连续10天的累积降水量R'与干旱持续时间（t）的经验指数关系式为：

$$R' = 18.024e^{0.0082t} \quad (1)$$

其函数关系见图2。用式（1）初步预估2009/2010

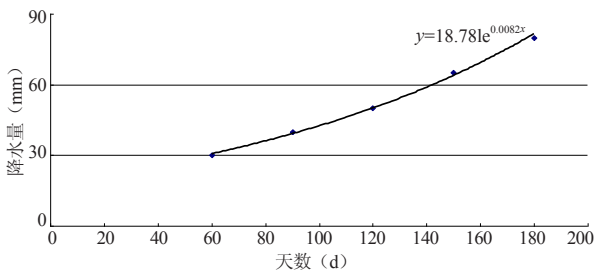

图2 累积降水量R'与干旱持续时间（t）的经验指数关系

年干旱可能影响的时段：2009年9月21日云南大部分地区雨季已结束，雨季结束后外推10天可算为干旱开始，如果干旱持续到5月上旬，则干旱将持续约200天，据式（1）可算出R'=92mm，即连续两个10天内的累积降水量需在92mm左右才能解除干旱，而云南5月上、中两旬的降水量达到这个值的年份不到20%；如果干旱持续到5月下旬（云南大部分地区的雨季平均开始旬），干旱将持续约232天，由式（1）可得解除干旱所需要的降水量R'=121mm，而5月下旬、6月上旬两旬的降水量达到这个值的年份不到一半。据此预估干旱将持续到5月下旬的风险很大。

3.3 干旱灾害动态风险综合预评估

综合实时旱情监测、气候特征分析、干旱静态气候风险分析、承灾体的脆弱性和影响时段的动态风险预评估，得出云南将有76%的区域受干旱影响，干旱的影响将持续到大部分地区雨季开始（次年5月下旬）的综合预估结论，即云南将面临着一次影响范围很大和秋、冬、春连续的巨大干旱风险。

参考文献

[1] Peterson M. The Limits of Catastrophe Aversion. Risk Analysis. 2002, 22(3): 527-538.
[2] Weitzman M L. On modelling and interpreting the economics of catastrophic climate change. Review of Economics and Statistics. 2009, 91 (1): 1-19.
[3] Kellenberg D K, Mobarak A M. Does rising income increase or decrease damage risk from natural disasters? Journal of Urban Economics, 2008, 63(3):788-802.
[4] 张继权, 李宁. 主要气象灾害风险评价与管理的数量化方法及其应用. 北京: 北京师范大学出版社, 2007.
[5] 彭贵芬, 张一平, 赵宁坤. 基于信息分配理论的云南干旱风险评估. 气象, 2009, 35(7): 79-86.
[6] 郭虎, 熊亚军, 扈海波. 北京市奥运期间气象灾害风险承受与控制能力分析. 气象, 2008, 34(2): 77-82.
[7] 郑传新, 米浦强, 陈剑兵, 等. 柳州市积涝过程模拟及灾害风险评估. 气象, 2007, 33(11): 72-75.
[8] Tatano Hiorokazu. Major characteristics risk and its management strategies. Paper Collection of Social Technology Research, 2003(1):141-148 .
[9] 彭贵芬, 赵尔旭, 周国莲. 云南春夏连旱气候变化趋势及致灾成因分析. 云南大学学报(自然科学版). 2010, 32(4): 443-448.
[10] Wilhite D A, Knutson M J, Cody L, et al. Planning for drought: Moving from crisis to risk management. Journal of the American Water Resources Association, 2000, 36(4): 697-710.
[11] 邓国,陈怀亮,周玉淑. 集合预报技术在暴雨灾害风险分析中的应用. 自然灾害学报, 2006, 15(1): 115-122.
[12] 彭贵芬.气象灾害静、动态风险管理析探. 灾害学，2010，25(2)：134-139.

（上接49页）

2011年1月昭通市各站平均气温与MJO指数的高相关区有两个，一个位于热带中东印度洋到南海（呈负相关），一个位于热带中东太平洋（呈正相关），相关系数大多达到0.5～0.8, 2011年1月的强MJO事件有26天，MJO活动在6，7，8位相，过程临近结束时为1位相，表明对流起源于南海附近，在西太平洋加强后向东传播。因此，2011年1月滇东北的持续低温雨雪冰冻天气的季节内振荡信号可能来自热带地区。

（2）2011年1月，当MJO活动以南海地区和西太平洋对流加强并向东传播为特征时，对应低频环流特征为：

① 500hPa极涡面积指数接近常年略偏大，西风带大型环流以经向为主，气流南北交换较强，西西伯利亚高压脊强度明显偏强，并与北美西海岸的正距平连通，从而有利于极区冷空气向南移动，亚洲至北太平洋锋区明显南压。

② 南支槽位于90°E附近，强度与常年相当。

③ 月平均海平面气压场上西伯利亚冷高压强度比多年1月均值明显偏强，欧亚大陆与我国大部地区为正距平，由于冷高压持续偏强，冷空气频繁南侵，滇东北处于此冷高压脊1024hPa控制范围以内。

④ 700hPa流场可以看出由高原大陆南部南支槽前的西南气流向滇东北输送水汽和暖湿气流，与南下冷空气结合，是造成包括滇东北在内的中国南方大范围低温冰冻雨雪天气的直接原因。

⑤ 与低层系统相配，我国中纬度大陆东部到云贵高原及南海地区高层（200hPa）为南风距平，而对应低层为北风距平。赤道中西太平洋有全球最强的低层辐合高层辐散中心，高层（200hPa）从这个地区气流向南北流出，在云贵高原到长江中下游地区下沉，迫使这些地区的地面空气强迫抬升，造成锋区加强和明显的低温雨雪天气。说明了MJO可能是造成2011年初包括滇东北地区在内的我国南方持续性低温雨雪冰冻的重要因素之一。

参考文献

[1] Madden R A, Julian P R. Observations of the 40-50-day tropical oscillation-A review. Mon Wea Rev, 1994, 122(5): 814-837.
[2] 梁巧倩, 蔡洁云, 纪忠萍, 等. 2006年广东汛期大气环流场的低频特征. 热带气象学报, 2001, 27(2): 219-229.
[3] 章丽娜, 林鹏飞, 熊喆, 等. 热带大气季节内振荡对华南前汛期降水的影响. 大气科学, 2001, 35(3): 560-570.
[4] 李崇银, 龙振夏. 热带大气季节内振荡的异常与1997年El Nino事件的发生. 大气科学, 2001, 25(5):589-595.
[5] Chen T C, Murakami M. The 30-50-day variation of convective activity over the western Pacific Ocean with an emphasis on the northwestern region. Mon Wea Rev, 1988, 116(4): 892-906.
[6] Wheeler M C, Hendon H H. An all-season real-time multivariate MJO index: Development of an index for monitoring and prediction. Monthly Weather Review, 2004, 132(8):1917-1932.
[7] 李小泉,刘宗秀. 北半球及分区的500hPa极涡面积指数.气象, 1986, 12 (增刊): 69-83.
[8] 蒋兴文, 李跃清. 西南地区冬季气候异常的时空变化特征及其影响因子. 地理学报, 2010, 65(11): 1325-1335.