

云南极端气候干旱的特征分析^{*}

张万诚¹, 郑建萌², 任菊章¹

(1. 云南省气象科学研究所, 云南 昆明 650034; 2. 云南省气候中心, 云南 昆明 650034)

摘要:应用云南124个站点1961–2011年的旬、日、月降水和气温资料,采用综合气象干旱指数和逐日降水分析云南1961年以来的干旱强度。以云南的干旱过程强度指数为–50、区域代表站的干旱过程强度指数为–100以上选取极端干旱较为合适,选取干旱强度最大1962/1963、1968/1969、1978/1979和2009/2010年为极端干旱年进行分析表明,在4次极端干旱过程中,强度最强的是2009/2010年出现的秋冬春初夏连旱,是有气象记录以来最强的,其造成的危害及经济损失也最大,其次是1978/1979年、1968/1969年和1962/1963年出现的冬春初夏连旱。云南干旱灾害出现频繁、持续时间长,其分布具有一致性的特点,干旱出现的时段大致在冬、春及初夏,而近年来秋季干旱呈频发之势。由于云南降水分布极不均,造成各地干旱强度指数存在差异。除滇西、滇西南局部边沿地区降水偏多,出现极端干旱相对较少外,云南大部,特别是云南中部及东部地区最易发生极端干旱。从1970年代以来,云南出现严重干旱的强度及持续时间呈加重趋势。

关键词:极端干旱;气象干旱强度;特征分析;云南

中图分类号: P426.616; X43 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000–811X(2013)01–0059–06

0 引言

极端天气气候事件是气候异常变化的一种集中表现,是指出现概率非常小的罕见强烈天气气候事件。它具有破坏性大、突发性强和难以准确预测等特点。IPCC第四次评估报告指出过去50年中,强降水、高温热浪、干旱等极端天气气候事件呈现不断增多增强的趋势,预计今后随着气温的升高,这种极端事件的出现将更加频繁^[1]。根据历年旱灾受灾面积统计,1951–2006年中国平均受灾面积(农业减产10%以上)、成灾面积(农业减产30%以上),分别为4 247.1万hm²、1 883.1万hm²,分别占自然灾害的57.0%和54.0%,与洪涝受灾面积、成灾面积所占比例24.8%和29.5%相比,远远高出洪涝对农业的危害^[2]。在全球变暖背景下,极端天气气候灾害事件的强度不断增大,百年或几十年一遇的极端干旱或异常强降水事件频繁出现,如2006年夏季,重庆和四川东部地区遭受罕见的高温热浪袭击,四川经历了1951年以来最严重的干旱,重庆则遭受了百年一遇的特大伏旱,给当地经济、社会和人民生活带了巨大影响^[3]。而2010年西南地区的云南、贵州等地出现了特大干旱,其中云南出现了冬、春季及初夏连旱,是有气象记录以来持续时间最长的特大旱灾。因此,开展区域干旱事件特征分析,

有助于提高对干旱灾害的预测和风险管理^[4–6]。

云南地处低纬高原,受季风影响,5–10月为雨季,11月至次年4月为干季,干季降水仅占全年的16%,年干旱频率达50%~60%,是西南地区干旱最严重的,也是我国干旱发生频繁的地区之一^[2,7],当地有“十年九旱”之说。对于云南旱涝的气候成因,文献[8–13]等开展了相关的分析研究,而对于历史上出现的极端干旱则很少作气象干旱强度的评估及特征分析。因此,本文主要应用综合气象干旱指数和降水量,分析1961年以来云南出现的主要极端气象干旱及其特征。

1 资料和方法

取云南124个站,1961年1月1日至2011年12月31日的旬、日、月降水和气温资料。根据国家标准中的综合气象干旱指数^[14],其计算公式为:

$$CI = aZ_{30} + bZ_{90} + cM_{30}, \quad (1)$$

$$M_{30} = \frac{P - PE}{PE}. \quad (2)$$

式中: Z_{30} 、 Z_{90} 分别为近30 d和近90 d标准化降水指数SPI值; M_{30} 为近30 d相对湿润度指数, a 、 b 、 c 分别取0.4、0.4、0.8。 P 是30 d的降水量, PE 是30 d的可能蒸散量, PE 可用FAO Penman-Monteith或Thornthwaite方法计算,由于前者需要的气象要素资料较多,大部县气象站并不开展相

^{*} 收稿日期:2012–06–26 修回日期:2012–07–30

基金项目:国家自然科学基金联合重点项目“云南极端干旱气候的形成机理研究”(U1133603);国家自然科学基金项目(40965006);国家科技计划项目(2011DFG23450);云南省气象局专项“云南极端干旱事件的标准及成因研究”(QH201201)

作者简介:张万诚(1965–),男,云南通海人,教授级高工,主要从事气候预测及诊断研究. E-mail: hhzth@sina.com

关监测,本文采用 Thornthwaite^[12] 计算。根据国标的规定干旱等级,当 $CI > -0.6$ 时为无旱, $-1.2 \leq CI < -0.6$ 为轻旱, $-1.8 < CI \leq -1.2$ 为中旱, $-2.4 < CI \leq -1.8$ 为重旱, $CI \leq -2.4$ 为特旱。按(1)式计算各站每天的 CI 指数,无旱时强度为 0。干旱过程内 CI 达轻旱以上程度的所有天的 CI 之和表示干旱过程强度,干旱强度负值越大表示干旱越严重。

目前的干旱指数如国标中的综合气象干旱指数^[14]、Thornthwaite 干燥度指数、湿润度指数等针对云南干旱的监测在干旱过程发生、结束的具体日期存在差异。根据各地应用的情况,近几年国家气候中心也在不断地改进综合干旱指数计算方法,虽然这些方法对干旱过程监测的具体日期有差异,但在特大干旱的确认上基本一致^[12]。由于干旱形成的最直接原因主要是大气降水量偏少、气温偏高引起,本文用逐日降水量和综合气象干旱指数方法来确定极端气候干旱。

2 极端干旱事件的选取

图 1a 是云南逐日平均干旱强度和降水量变化,从图中可以看出云南干旱出现频繁。1980 年代之前干旱的强度较重,20 年中有 5 次干旱过程强度指数小于 -80 以下,其中 1962/1963、1968/1969、1978/1979 年干旱强度小于 -100 以下,其余 2 次的干旱过程强度在 -81 以上,分别是 1966 年 5 月为 -85.7 以及 1974 年 3 月为 -82.1 。从 1980 年以来的 31 年中有 7 次小于 -61 以下,其中 2009/2010 干旱过程强度达到 -198.3 ,有 2 次干旱过程的强度小于 -71 以下,分别是 1980 年 5 月为 -73.9 ,1984 年 4 月达 -80.4 ,其余 4 次在 $-61 \sim -67$ 间。可见,从 1961 年以来干旱过程强度指数达 $-61.5 \sim -86$ 有 8 次,强度在 -100 以上的有 1962/1963、1968/1969、1978/1979、2009/2010 年,分别为 107.9、118.6、112.6、198.3,其它干旱过程的强度都在 -50 以下。2011 年云南虽然也出现干旱,但强度指数在 -30 以下。从逐日降水变化上也可看出,干旱强度和降水呈反相变化,干旱过程强度在 -50 以上时,逐日降水不足 3 mm ,特别是干旱强度小于 -100 以下的 1962/1963、1968/1969、1978/1979、2009/2010 年,干旱时段内降水为特少。从图 1 中还可看出,从 1970 年代末期以来,中等以上强度干旱(综合指数在 -20 以上)出现的频率呈增加趋势,特别是 CI 在 -40 以上达 14 次(1980 年代以前才有 6 次),这与文献^[12]得出的 2000 年以后干旱比前 10 年重是一致的。

选取易发生干旱的滇中昆明、滇东曲靖、滇

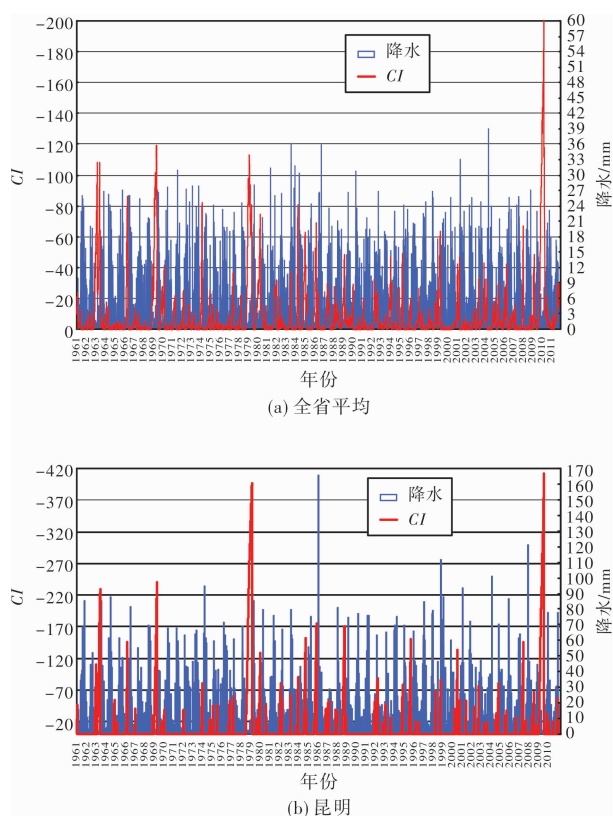


图 1 1961 年 1 月 1 日 - 2011 年 12 月 31 日云南干旱强度变化

西大理、滇东南文山作干旱强度评估。从图 1b 可以看出昆明干旱出现频繁,并且干旱强度重,从 1961 年以来有 12 次干旱过程强度指数在 -100 以上,其中 1962/1963、1968/1969、1978/1979 年、2009/2010 年干旱过程强度指数为 -220 以上,2009/2010 年的干旱强度指数最强达 -411.6 ,其余的 8 次干旱过程强度在 $-110 \sim -176$;另外,强度指数在 $-50 \sim -100$ 间的中等干旱过程出现的频率也高;从昆明逐日降水变化上可看出,干旱强度越强,降水越少,在干旱过程强度达 -70 以上时段,降水距百分率均为特少。从 1970 年代末期以来,综合指数在 -70 以上的中等以上干旱出现的频率呈增加趋势。

在曲靖干旱强度和降水逐日变化上可以看出(图略),1961 年以来曲靖有 8 次干旱过程强度指数达 -100 以上,其中 1962/1963、1978/1979 年、1992 年 10 月、2009/2010 年干旱过程强度指数为 -210 以上,1962/1963、1978/1979 年、1992 年 10 月干旱过程强度指数分别为 -237.7 、 -226.7 、 213.4 ,2009/2010 年的干旱过程最强达 -388.6 ,其余的 4 次干旱过程强度大于 -140 以上。而大理从 1961 年以来有 10 次干旱过程强度指数在 -100 以上(图略),小于 -200 以下的只有 1968/1969 和 1981/1982 年,其余的 8 次(包括 1962/1963、1978/1979 年、2009/2010 年)干旱过程强度在 $-110 \sim -145$;另外,强度指数在 $-50 \sim -100$ 的

中等干旱过程出现的频率非常高。1961 年以来, 滇东南文山有 10 次干旱过程强度指数达 -118 以上(图略), 其中 1962/1963、2009/2010 年干旱过程强度指数分别为 -226.8、-407.4, 其余的 8 次(包括 1968/1969、1979/1980 年)干旱过程强度在 -118.1 ~ -174 间。造成滇中昆明、滇东曲靖、滇西大理、滇东南文山干旱强度指数大小差异的主要原因主要是由于云南地处低纬高原地区, 受季风影响, 雨季平均降水占全年的 84%^[7], 但降水分布极不均匀, 造成了干旱强度分布的不一致。

综上所述, 用全省平均与用区域站选取的严重干旱时段基本一致, 并且特大干旱出现的时段与降水特少对应非常一致。总体来讲, 干旱强度最强主要集中在 1962/1963、1968/1969、1978/1979 和 2009/2010 年, 其降水均是云南历史上最少的。另外, 从 1970 年代末期以来中等强度以上干旱呈增加趋势。

3 极端干旱年的气候特征

选取干旱过程强度最强的 1962/1963、1968/1969、1978/1979 和 2009/2010 年, 分析其干旱年的气候概况。

3.1 1962/1963 的冬春初夏连旱

从图 2a 可看出, 1962 年 9 月至 1963 年 5 月云南降水持续偏少, 除 10 月和 3 月偏少 1% 和 10% 以外, 其它 7 个月偏少 40% 以上, 其中有 5 个月偏少 60% 以上。1962 年 9 月上旬至 1963 年 5 月下旬, 全省有 101 个县市偏少 20% 以上, 其中滇中、滇东南、滇东北大部等地有 58 个县市偏少了 50% ~ 80% (图 2b)。全省平均降水 276.4 mm (1.012 mm/站天), 较常年同期偏少 45.1%, 为 1961 年来历史同期最少值。大春栽插时期的 5 月除滇西南、滇西北北部和滇东南边缘偏少 2 ~ 6 成外, 其余地区偏少 7 成至 1 倍, 有 51 个县市偏少 8 成以上。全省平均 5 月降水只有 38.9 mm, 偏少 62.6%, 为 1961 年来云南 5 月降水的最少值。

从干旱强度指数变化的情况看(图 3), 1962 年 11 月中旬开始出现旱情, 干旱一直持续到 1963 年 6 月上旬, 5 月 26 日重、特旱站数分别达 21 站和 54 站, 中旱程度以上的站数达到 98 站。全省大部雨季在 6 月上旬末后才开始, 而昆明雨季在 6 月 12 日开始, 各地进入雨季干旱才得以逐步缓解。昆明的最大干旱强度是 1963 年 6 月 24 日为 -229.1, 持续天数最长达 120 d; 滇东曲靖是 1963 年 6 月 17 日强度最大为 -237.7, 持续 112 d; 滇东南文山干旱最大强度是 1963 年 3 月 6 日为 -226.8, 持续 119 d; 滇西大理是 1963 年 3 月 11 日强度最大为 -116.5, 持续 58 d; 而全省平均干旱

强度在 1963 年 6 月 7 日达到最重为 -107.9。可见, 1962/1963 年的冬春初夏连旱是由于 1962 年的秋季、冬季及 1963 年的春、初夏降水特少造成的。

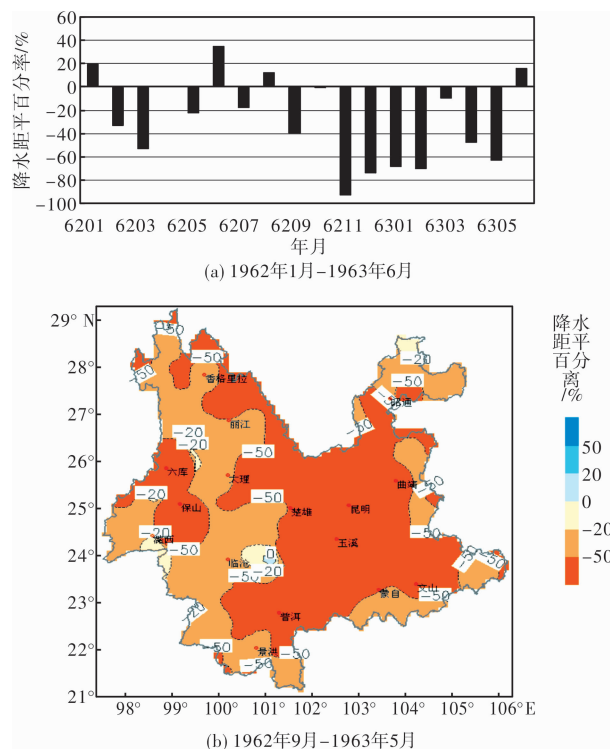


图2 云南平均降水距平百分率

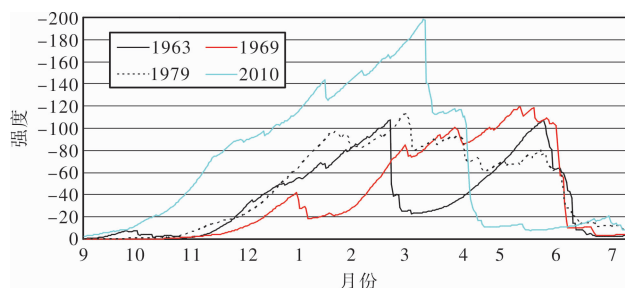


图3 4次极端干旱过程头年9月至当年7月的强度演变

3.2 1968/1969 的冬春初夏连旱

从图 4a 可看出, 云南 1968 年 11 月至 1969 年 5 月各月降水除 1 月偏少 20%, 其余 6 个月偏少 40% 以上, 有 4 个月偏少 65% ~ 92%。1968 年 11 月上旬至 1969 年 6 月上旬丽江、宾川、南涧等 14 个县(市)降水在 40 mm 以下, 与常年同期相比全省有 108 个县市偏少 20% 以上, 其中滇中、滇西北、滇西南大部 and 滇东南部分地区有 71 个县市偏少了 50% ~ 90% (图 4b), 1968 年 11 月上旬至 1969 年 6 月上旬, 全省平均降水 170.1 mm (0.80 mm/站天), 较常年同期偏少 50.9%, 为 1961 年来历史同期最少值。从图 3 还可看出, 1968 年 12 月中旬开始出现旱情, 干旱一直持续到 1969 年 6 月中旬, 5 月 21 日重、特旱站数分别达 17 站和 57 站, 达到中旱程度以上的站数为 95 站。当全省大部地

区的雨季在6月中旬开始(昆明是6月20日开始)时,干旱才得以解除。昆明最大干旱强度是1969年6月20日为-240,持续天数最长达127 d;滇西大理是1969年6月10日强度最大为-205.6,持续115 d;滇东南文山干旱最大强度是1969年5月7日为-134.1,持续85 d;滇东曲靖的干旱强度相对较小,在1969年5月25日达最大为-75.9,持续41 d;而全省平均干旱强度在1969年6月1日达到最大为-118.6。可见,1968/1969年的冬春初夏连旱是由于1968年的冬季及1969年的春、初夏季降水特少造成的。

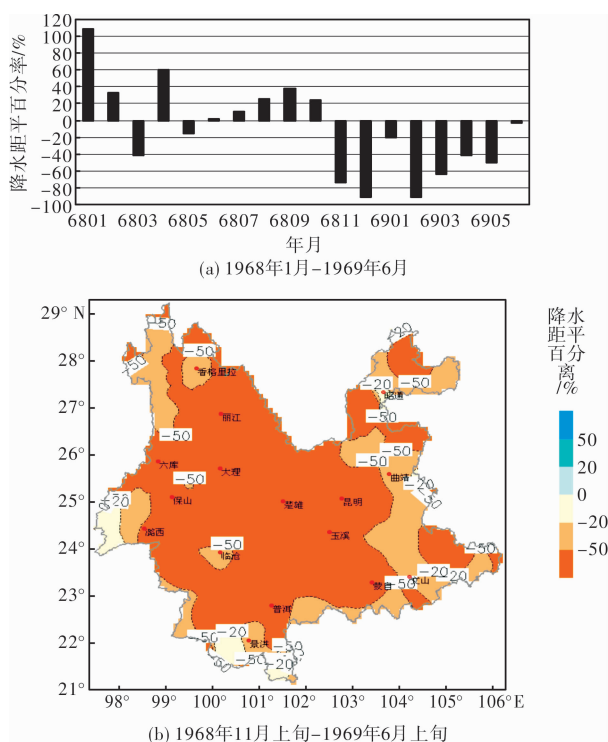


图4 云南平均降水距平百分率

4.3 1978/1979 的冬春初夏连旱

1978年10月至1979年5月云南各月降水偏少20%以上,其中有6个月偏少40%以上(图5a)。1978年10月上旬至1979年5月下旬,全省平均降水185.4 mm(0.76 mm/站天),较常年同期偏少49.5%,为1961年来历史同期最少值。华坪、昆明、东川等18个县市降水在60 mm以下,与常年同期相比,除文山州和盐津、勐腊属于正常外,全省有113个县市偏少20%以上,其中有77县市偏少了50%~90%,主要集中在滇中、滇西北东部、滇西南地区(图5b)。从1978年11月中旬开始出现旱情(图3),6月1日重、特旱站数分别达45站和35站,达到中旱程度以上的站数为91站,干旱一直持续到1979年的6月上旬雨季开始时(昆明6月19日开始)。昆明最大干旱强度是1979年6月18日为-397.3,持续天数最长达238d;曲靖是1979年4月18日干旱强度最大为-226.7,持续114 d;滇西大理干旱最大强度是1979年2月8

日为-113.1,持续50 d;滇东南文山的最大干旱强度发生在1979年的秋季;而全省平均的干旱强度在1979年3月16日达到最重为-112.6。可见,1978/1979年的冬春初夏连旱是由于1978年的秋季降水偏少、冬季降水特少,以及1979年春季、初夏季降水偏少造成的。

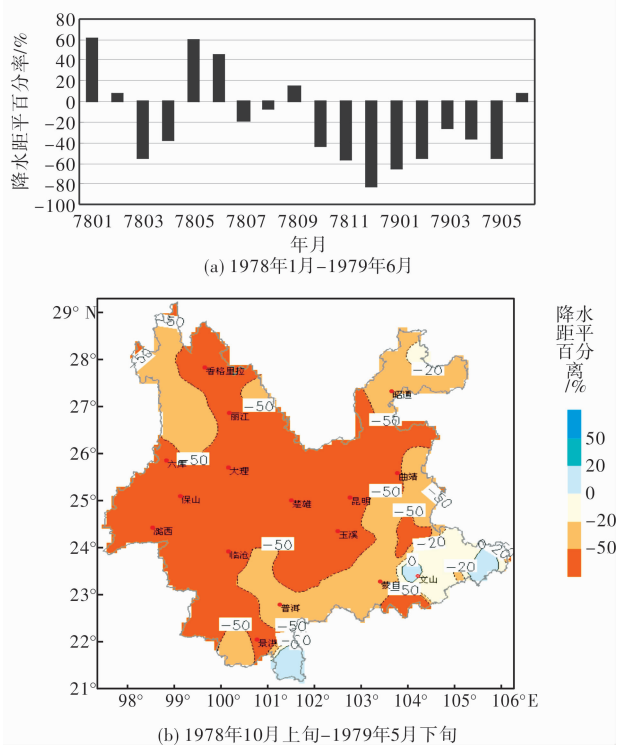


图5 云南平均降水距平百分率

4.4 2009/2010 的秋冬春初夏连旱

2009年雨季以来,云南出现持续降水偏少、气温偏高的异常气候。进入9月后,云南降水锐减,偏少幅度加大,大部地区雨季提前结束。2009年1月-2010年6月,除2009年4月和2010年4月降水偏多15.8%和46.3%外,其余各月都偏少,有12个月偏少20%以上,6个月偏少60%以上(图6a)。特别是秋、冬季的降水偏少、气温偏高突出。2009年秋季降水135.2 mm,较常年偏少135.7 mm,偏少50.1%,偏少幅度比历史上最少的1998年还大10.7%,是1961年来的最少年份;秋季气温为17.7℃,较常年偏高1.1℃,为1961年来的最高记录。2009/2010年冬季降水14.9 mm,较常年偏少34.9 mm,偏少70.0%,与大旱年1962/1963、1968/1969年的冬季降水并列1961年来的第二少;2009/2010年冬季云南气温较常年偏高1.6℃,为1961年以来最高。由于雨季提前结束,秋季降水过程偏少,大雨、暴雨分别只有124和26站次,比常年偏少131、28站次。在降水偏少最严重的9月上旬至2010年4月中旬时段内全省有63个站降水在150 mm以下,其中23个站降水在100 mm以下。与常年同期相比,除德钦

和盈江偏多 18% 和 1% 外, 其余地区都偏少。大理、保山东部、临沧东部、普洱北部及以东的地区共有 83 县市偏少 4 成以上, 其中滇中、滇东南、曲靖大部 and 大理南部有 45 县市偏少 6 成以上(图 6b)。最少的巍山、东川、开远分别为 52、56、58 mm, 较常年同期偏少 84%、79%、80%, 昆明的降水仅 88 mm, 较常年同期偏少 72%。全省平均降水 201 mm, 较常年同期偏少 46.4%, 为有气象记录以来历史同期最少值。

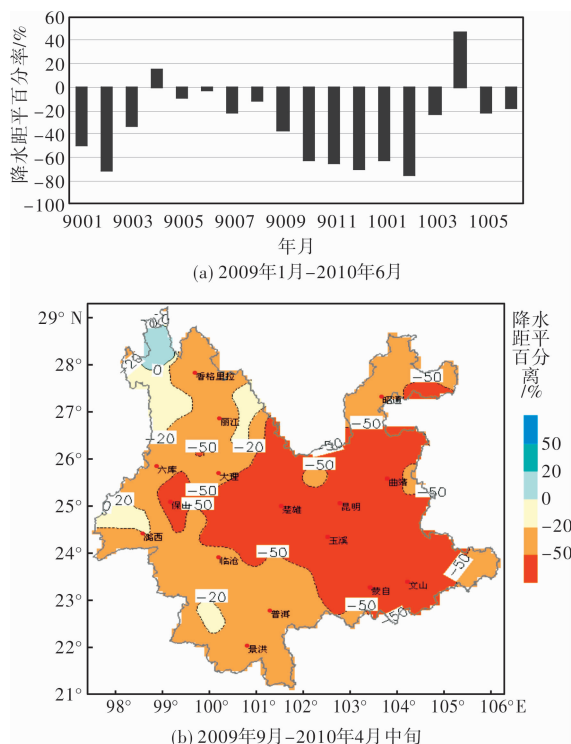


图6 云南平均降水距平百分率

从图 3 可以看出, 2009 年 9 月下旬开始出现旱情, 比前 3 次特大干旱中旱情出现较早的 1978/1979 年还早 50 d。与前 3 次极端干旱过程最严重的时段出现在 5 月底、6 月初不同, 最严重的时段出现在 2010 年 3 月下旬, 到 3 月 23 日时, 全省出现重、特旱的站数分别为 43 站、65 站, 达到中旱程度以上的站数为 116 站。2010 年云南各地雨季开始参差不齐, 大部地区偏晚, 楚雄州、大理州一带在 7 月中旬末开始, 其余地区在 5 月下旬到 6 月中旬开始, 昆明 6 月 14 日开始, 各地进入雨季后严重干旱才得以逐步缓解。昆明最大干旱强度是 2010 年 3 月 27 日为 -411.6, 持续天数最长达 199 d; 滇东曲靖是 2010 年 4 月 22 日为 -388.6, 持续 163 d; 滇东南文山是 2010 年 4 月 22 日为 -407.4, 持续 184 d; 滇西大理的干旱强度相对较小, 在 2010 年 1 月 25 日达最大为 -137.3, 持续 83 d; 而全省平均干旱强度在 2010 年 3 月 26 日最重为 -198.3。可见, 2009/2010 年的秋冬春初夏连旱是由于 2009 年的夏季降水偏少、秋季和冬季降水特少, 以及 2010 年春季、初夏降水偏少造成的。

此次干旱造成云南省 16 个州市 2497.7 万人受灾, 有 1 167.4 万人、619 万头大牲畜饮水困难; 有 564 座小型水库干涸, 1 119 眼机井出水不足; 农作物受灾面积 2 957.2 km², 绝收面积 1015.5 km²; 林地受灾面积 3847.3 km²、报废 1 078.7 km²。直接经济损失 2 732 983.6 万元, 其中农业经济损失 1 986 286.7 万元^[15]。

综上所述, 在 4 次极端干旱过程中, 强度最强的是 2009/2010 的秋冬春初夏连旱, 其造成的危害及经济损失也最大, 其次是 1978/1979 年、1968/1969 年和 1962/1963 年的冬春初夏连旱。在云南北端干旱过程的分布中, 滇西、滇西南局部边沿地区由于降水偏多、出现极端干旱相对较少, 其余地区最容易发生特大干旱, 并且干旱最容易出现在冬季、春季及初夏季, 有时会发生发生在秋季, 形成秋冬春初夏连旱连旱, 其造成的经济损失也最大。

5 结论

(1) 用综合气象干旱指数和降水选取的极端气象干旱年均均是云南历史上降水最少、干旱最严重的年份。云南的极端干旱过程以强度指数为 -50 以上进行选取, 而单站的干旱过程用强度指数为 -100 以上较为合适。

(2) 云南干旱灾害出现频繁、持续时间长, 其分布具有一致性的特点, 干旱出现的时段主要出现在冬、春及初夏季, 严重时则会出现冬春初夏连旱, 而近年来秋季干旱呈频发之势。除滇西、滇西南局部边沿地区出现极端干旱相对较少外, 云南中部及东部地区最容易发生极端干旱。

(3) 近 50 年来, 云南北端干旱的强度及持续时间呈加重趋势, 2009/2010 年出现了秋、冬、春季及初夏连旱, 其干旱过程强度是有气象记录以来最强的。其原因是从 2009 年的夏季至 2010 年初夏季出现长时间降水偏少。

(4) 云南各地干旱过程强度指数存在差异的主要原因是由于云南受季风影响, 降水分布极不均匀, 造成了干旱强度分布的不均匀。

参考文献:

- [1] IPCC. Climate change 2007: The physical science basis, summary for policymaker[R]. Geneva: IPCC, 2007
- [2] 张强, 潘学标, 马柱国. 干旱[M]. 北京: 气象出版社, 2009: 1-72.
- [3] 陈洪滨, 范学花. 2006 年极端天气和气候事件及其他相关事件的概要回顾[J]. 气候与环境研究, 2007, 12(1): 100-112.
- [4] 景毅刚, 杜继稳, 张树誉. 陕西省干旱综合评价预警研究[J]. 灾害学, 2006, 21(4): 48-51.
- [5] 杨新, 李士高. 1995 年陕西特大干旱[J]. 灾害学, 1997, 12(1): 77-79.
- [6] 王燕, 王润元, 张凯, 等. 干旱气候灾害及甘肃省干旱气候灾害研究综述[J]. 灾害学, 2009, 24(1): 119-123.

- [7] 郑建萌, 朱红梅, 任菊章, 等. 云南纵向岭谷区北部“春汛”的气候特征及成因[J]. 资源科学, 2010, 32(8): 1478-1485.
- [8] 张万诚, 万云霞, 任菊章, 等. 水汽输送异常对 2009 年秋、冬季云南降水的影响研究[J]. 高原气象, 2011, 30(6): 1534-1542.
- [9] 郑建萌, 张万诚, 兰兰. 大气环流对 2003 年云南 7 月高温天气的影响及预测[J]. 气象, 2005, 31(S0): 109-112.
- [10] 陶云, 郑建萌, 黄玮, 等. 云南春末夏初干旱的气候特征[J]. 自然灾害学报, 2009, 18(1): 124-132.
- [11] 郑建萌, 段旭. 云南春季强低温的诊断分析[J]. 气象, 2001, 27(5): 35-37.
- [12] 彭贵芬, 刘瑜, 张一平. 云南干旱的气候特征及变化趋势研究[J]. 灾害学, 2009, 24(4): 40-44.
- [13] 张万诚, 汤阳, 郑建萌, 等. 夏季风水汽输送对云南夏季旱涝的影响[J]. 自然资源学报, 2012, 27(2): 293-301.
- [14] 中华人民共和国国家标准. GB/T20481-2006 气象干旱等级[S]. 北京: 中国标准出版社, 2006: 1-16.
- [15] 云南省气象局. 云南 2010 年气候公报[R]. 昆明: 云南省气象局. 2010.

Climate Characteristics of Extreme Drought Events in Yunnan

Zhang Wancheng¹, Zheng Jianmeng² and Ren Juzhang¹

(1. Yunnan Research Institute of Meteorology, Kunming 650034, China; 2. Yunnan Climate Centre, Kunming 650034, China)

Abstract: By using precipitation and temperature data of 124 stations in Yunnan during 1961-2011, drought strength in Yunnan since 1961 are analyzed based on integrated meteorological drought index and daily precipitation. Extreme droughts could be appropriately chosen with drought process intensity index -50 in Yunnan and above -100 of regional representative stations. Four extreme drought events in Yunnan, respectively in 1962-1963, 1968-1969, 1978-1979 and 2009-2010, are chosen as extreme drought year, and analysis on which indicate that the drought from autumn 2009 to early summer 2010 is the most serious one in the historical meteorological recording, and those in 1978-1979, 1968-1969 and 1962-1963 follow. High frequency, long duration and consistent distribution are main characteristics of droughts in Yunnan. Droughts appear in winter, spring and early summer most but autumn droughts happen most in recent years. Due to uneven distribution of precipitation, drought strength different places in Yunnan are different, extreme droughts are less in some areas in the west and southwest for more rainfalls, extreme droughts happen mostly in most places especially in the middle and east of Yunnan. Since 1970, intension and duration of extreme drought aggravated consistently.

Key words: extreme drought; meteorological drought grade; characteristic analysis; Yunnan

(上接第 40 页)

Effects of Climate Changes on Forest Disasters and the Preventive Measures

Wei Shujing¹, Sun Long¹, Wei Shuwei² and Hu Haiqing¹

(1. College of Forestry, Northeast Forestry University, Harbin 150040, China; 2. Xi'an University of Architecture and Technology, Xi'an 710055, China)

Abstract: Effects of climate changes on forest disasters are described systematically. It is discussed that the climate change at present, mainly featured as climate warming, influences occurrences of forest disasters and their regularity, frequency, period, intensity, species, regional distribution etc. greatly. Characteristics, development trend and related research progress of forest disasters in condition of climate changes are discussed. Effects of climate changes on disease and insect and mice pest and forest fire are analyzed. Management strategies and measures for forest disasters in consideration of climate changes are proposed to predict possible impact from climate change, to response to climate change positively and actively and to minimize the disaster damages. Key research areas and development direction need to be strengthened in the future are suggested.

Key words: climate change; forest disaster; disease and insect and mice pest; forest fire; preventive measures

(上接第 44 页)

Study on Influence Factors of Grain Output Change in China Based on State Space Model

Zhang Mingru and Yin Shanfu

(School of Economics, Yangtze University, Jingzhou 434025, China)

Abstract: Harvest or poor of grain output influences the life quality of consumers directly. There are some influence factors of the grain output, such as the grain sown areas, chemical fertilizers, natural disasters, etc. By using stepwise regression method, among the 10 influence factors of grain output studied, sown areas, chemical fertilizers, and the grain sown areas affected by natural disasters are shown to be the first 3 influence factors. Long-term and short-term relationships between the grain output and the 3 factors are displayed by co-integration test and error correction model. It is shown by the state space model that different impacts of the three factors on grain production in different periods are existed.

Key words: stepwise regression method; state space model; natural disaster; grain