

# 扎龙湿地周边地区近 50 年干湿特征分析

张苗苗, 牛忠清, 郑凯 (黑龙江省人工影响天气办公室, 黑龙江哈尔滨 150030)

**摘要** 应用扎龙湿地周边 5 个测站 1961~2010 年逐日气温、降水资料, 分析了扎龙湿地的干湿变化特征。结果表明, 扎龙湿地年平均气温为 3.9℃, 平均气温突变年份为 1986 年, 20 世纪 80 年代以后气温显著升高, 近 50 年升温速率 0.42℃/10a, 年平均气温存在 2~8、10~30 年的周期变化; 扎龙湿地年平均降水量为 412.3 mm, 富裕站的降水存在减少趋势, 其他 4 站的降水有增加趋势, 年降水量变化存在 3 个转折点, 分别位于 1966、1982 和 1998 年, 扎龙湿地周边地区降水量存在 2~8、10 和 20~30 年的周期变化; 干燥指数存在增大(变干)趋势, 其中林甸站干湿变化最为平稳, 泰来站干湿变化最为剧烈。

**关键词** 扎龙湿地; 干湿特征; 周期特征

中图分类号 S161 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2015)03-261-06

## Analysis of Arid and Humid Characteristic in Zhalong Wetland in Recent 50 Years

ZHANG Miao-miao, NIU Zhong-qing, ZHENG Kai (Heilongjiang Weather Modification Office, Harbin, Heilongjiang 150030)

**Abstract** Based on daily temperature and precipitation data of meteorological observation station surround Zhalong wetland, the characteristic of arid and humid conditions was analyzed. The annual mean temperature surround Zhalong wetland is 3.9℃. The abrupt change of mean temperature occurred in 1986. After the 80s temperature rises more significantly. The temperature increased 0.42℃ every 10 years in recent 50 years. There were annual mean temperature period of 2-8 years and 10-30 years in the area. The annual mean precipitation was 412.3 mm in Zhalong wetland. The precipitation was decreasing in Fuyu station and that in other four stations were ascending. Annual precipitation had three sudden changes, respectively in 1966, 1982 and 1998. There were precipitation period of 2-8 years, 10 years and 20-30 years surround Zhalong wetland. The aridity index shows an ascendant trend. The arid and humid change is the most stable in Lindian, and the most severe in Tailai.

**Key words** Zhalong wetland; Arid and humid conditions; Periodic characteristic

扎龙自然保护区位于黑龙江省齐齐哈尔市东南, 总面积近 2 100 km<sup>2</sup>, 是我国最大的以鹤类等大型水禽为主体的珍稀鸟类和湿地生态类型的国家级自然保护区, 1992 年被列入国际重要湿地名录。扎龙湿地的存在对于齐齐哈尔地区以及整个黑龙江省西部的气候、生态环境起着重要的调节作用, 因此具有十分重要的生态、环境和经济价值。近 50 多年来, 在人类活动和区域气候的共同作用下, 扎龙湿地生态特征严重退化, 近年来, 由于连年干旱, 水资源匮乏加剧, 扎龙湿地面积萎缩, 甚至面临消亡的威胁, 湿地生态系统亟待拯救, 湿地生态环境用水问题成为人们关注的焦点。近年来, 国内部分学者对扎龙湿地的气候变化特征进行了大量研究<sup>[1-4]</sup>, 主要集中在气候变暖背景下温度、降水量等的时间变化特征, 而干旱是多种气象因子共同作用的结果, 因此笔者在温度、降水变化趋势和周期性特征研究的基础上, 引入干燥指数, 综合考虑以上 2 种因素, 进一步认识扎龙湿地周边地区的干湿变化特征。

## 1 资料与方法

选用扎龙湿地周边齐齐哈尔、富裕、林甸、泰来、杜蒙 5 个气象观测站 1961~2010 年逐日平均气温和降水资料进行了相关的统计, 应用趋势系数<sup>[5]</sup>、累积距平、Mann-Kendall 趋势分析<sup>[6-7]</sup>、小波分析<sup>[8-9]</sup>等方法, 分析了扎龙湿地气温、降水和干燥指数的变化趋势、突变情况和周期性特征。干燥指数(K)表征气候的干湿变化特征, 计算公式为<sup>[10]</sup>:  $K = \frac{0.16 \sum t}{r}$ , 式中,  $\sum t$  表示日平均气温  $\geq 10$ ℃ 期间的积温,  $r$  为

气温  $\geq 10$ ℃ 同期降水量, 0.16 为常数。K 值越大, 表示越干旱。

## 2 扎龙湿地年平均气温的变化特征

**2.1 年平均气温的时间分布特征** 应用扎龙湿地周边 5 个气象观测站气象要素的平均值分析扎龙湿地气候变化情况, 由图 1 可见, 扎龙湿地周边地区年平均气温存在明显的年际变化; 近 50 年年平均气温为 3.9℃, 其中 2007 年的年平均气温最高, 为 5.9℃, 最小值出现在 1969 年, 为 1.5℃。从长期趋势(表 1)上看, 近 50 年扎龙湿地平均气温显著升高, 速率为 0.42℃/10a; 5 个站点的年平均温度随纬度升高而降低, 其中以泰来最高, 历年平均气温 4.9℃, 富裕的温度最低, 为 2.8℃, 受“热岛效应”影响, 齐齐哈尔站的温度高于近乎同纬度的林甸站; 50 年间, 5 个测站的年平均气温均呈显著升高趋势, 且均通过显著性水平为 0.001 的  $t$  检验, 速率为 0.37~0.51℃/10a, 林甸站的年平均气温增速最大, 为 0.51℃/10a。

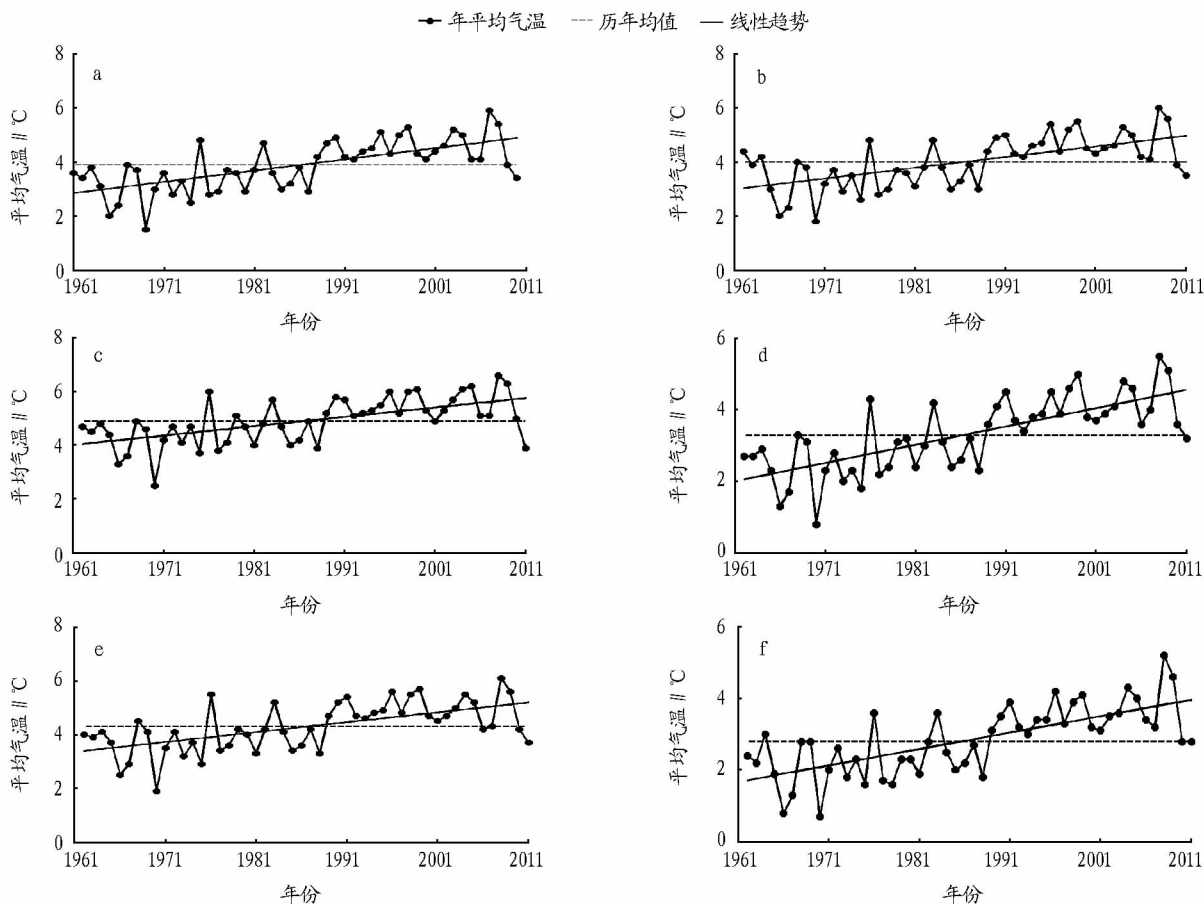
**2.2 年平均气温的 M-K 检验** 从扎龙湿地年平均气温的 Mann-Kendall 统计量曲线(图 2)可看出, 20 世纪 60~80 年代初, UF 曲线小于零, 变化较平稳; 从 80 年代开始, UF 曲线大于零, 表明年平均气温呈上升趋势, UF 曲线在 80 年代末开始超过 0.05 显著水平临界线, 表明该时段内年平均气温的增加趋势显著。UF 和 UB 曲线在 1986 年左右相交于置信区间内, 确定为扎龙湿地年平均气温变化的突变点。

**2.3 年平均气温的周期性特征** 由图 3 可见, 1961~2010 年扎龙湿地年平均气温具有不同尺度的周期变化, 且存在阶段性特征, 同时表现为多层次相互嵌套的结构。近 50 年扎龙湿地年平均气温距平存在 2~8 年年际尺度的周期变化, 在整个时域中均有体现, 1961~1980、2000~2010 年年际尺

基金项目 中国气象局气候变化专项(CCSF201209)。

作者简介 张苗苗(1982-), 女, 黑龙江宾县人, 工程师, 从事人工影响天气研究。

收稿日期 2014-12-11



注:a.5 站均值;b. 齐齐哈尔;c. 泰来;d. 林甸;e. 杜蒙;f. 富裕。

图 1 1961~2010 年扎龙湿地周边测站年平均气温的时间序列曲线

表 1 1961~2010 年扎龙湿地周边测站年平均气温极值、倾向率

测站	历年均值 ℃	极大值 ℃	极小值 ℃	平均变率 %	倾向率 ℃/10a
齐齐哈尔	4.0	6.0	1.8	18.9	0.39**
泰来	4.9	6.6	2.5	13.8	0.35***
林甸	3.3	5.5	0.8	25.2	0.51***
杜蒙	4.3	6.1	1.9	16.8	0.37***
富裕	2.8	5.2	0.7	27.0	0.46***
5 站均值	3.9	5.9	1.5	19.1	0.42***

注:\*\*\*表示通过显著性水平为 0.001 的 *t* 检验。

示平均气温可能存在 10~30 年年代际尺度周期变化。

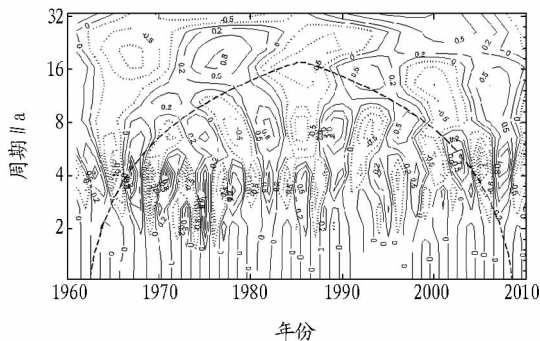


图 3 1961~2010 年扎龙湿地年平均气温距平的 Morlet 小波变换

### 3 扎龙湿地降水的变化特征

**3.1 年降水量的分布特征** 由图 4 可见,扎龙湿地年平均降水量存在明显的年际变化;近 50 年历年平均降水量为 412.3 mm,其中 1998 年受强厄尔尼诺事件影响,降水量为历年最高,达 631.2 mm,最小值出现在 1979 年,仅 269.7 mm。从长期趋势(表 2)上看,年降水量呈不显著增加趋势,倾向率为 1.81 mm/10a。区域内 5 个观测站的年平均降水量自南向北减少,其中以泰来最少,历年平均降水量 382.0 mm,富裕最高,为 436.5 mm;富裕站的降水呈弱的减少趋势,倾向率为 -1.94 mm/10a,其他 4 站的降水具有增加趋势,倾向率为 0.06~6.82 mm/10a,其中以齐齐哈尔站年降水量增幅最

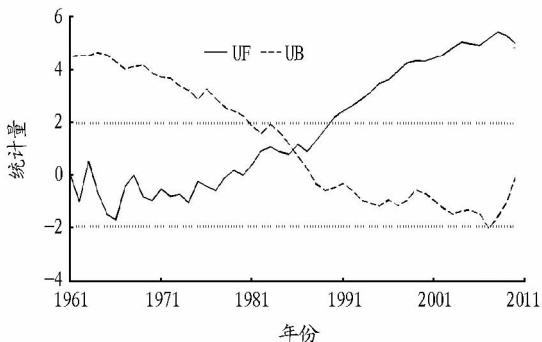
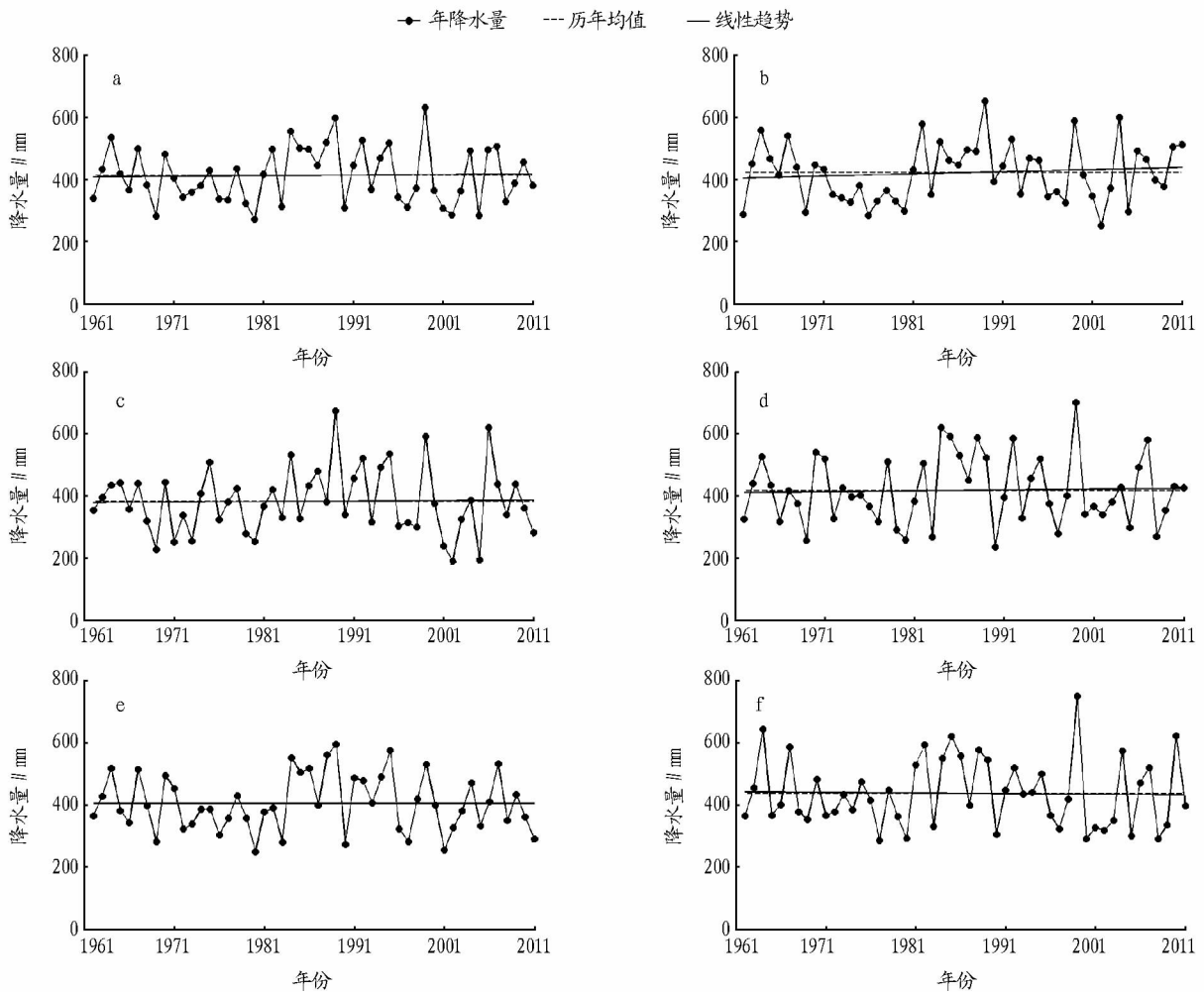


图 2 1961~2010 年扎龙湿地年平均气温 Mann-Kendall 检验

度周期信号较强,冷暖事件交替频繁,中心位于 4 年左右;20 世纪 80~90 年代际尺度周期变化有向低频发展的趋势,但事件强度相对较弱,中心位于 8 年左右。小波系数顶部显

大,分析可能与齐齐哈尔城市化进程有关,主要受“城市雨 岛”效应影响。



注:a. 5 站均值;b. 齐齐哈尔;c. 泰来;d. 林甸;e. 杜蒙;f. 富裕。

图 4 1961~2010 年扎龙湿地周边测站年降水量的时间序列曲线

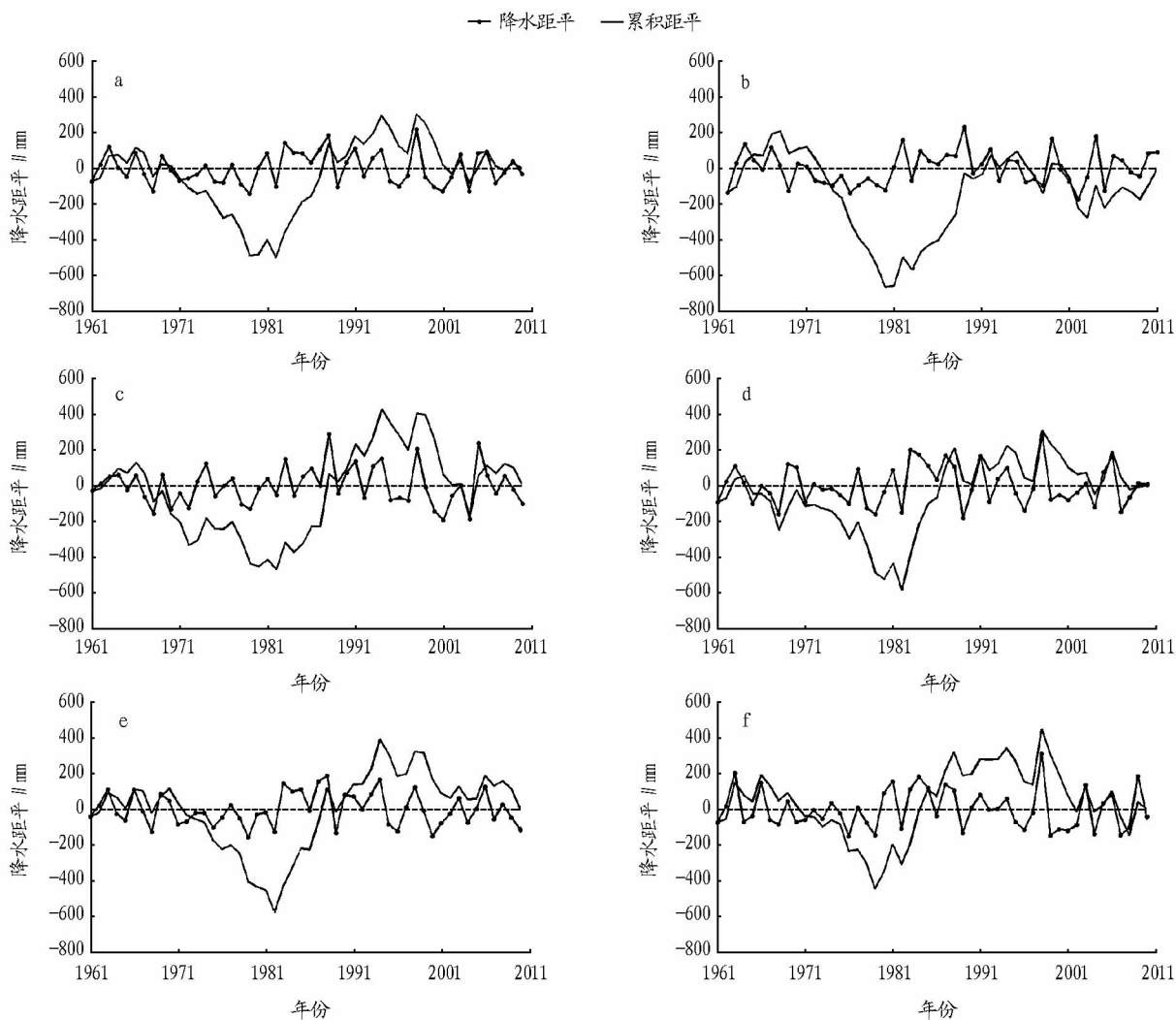
表 2 1961~2010 年扎龙湿地周边测站年降水量极值、倾向率

测站	历年均值	极大值	极小值	平均变率	倾向率
	mm	mm	mm	%	mm/10a
齐齐哈尔	421.1	651.7	250.3	18.5	6.82
泰来	382.0	672.5	189.2	21.9	1.59
林甸	417.0	699.5	235.4	21.3	2.50
杜蒙	405.1	594.5	248.5	18.5	0.06
富裕	436.5	748.1	285.0	20.9	-1.94
5 站均值	412.3	631.2	269.7	18.4	1.81

**3.2 年降水量的累积距平** 由扎龙湿地年降水量的距平和累积距平曲线(图 5a)可见,扎龙湿地降水量存在明显的年际变化,1961~2010 年间年降水量变化存在 3 个转折点,分别位于 1966、1982 和 1998 年。1961~1965 年,累积曲线呈上升趋势,同时表现出 2~3 年的年际变化;1967~1981 年,累积曲线呈下降趋势,以负距平为主,平均降水距平 -42.9 mm;1983~1997 年,区域内降水量呈增加趋势,平均降水正距平为 30.2 mm,其中,1988~1998 年降水量年际变幅较大,区域内旱涝事件发生频繁;1999~2010 年,累积曲线呈下降趋势。扎龙湿地周边 5 个气象台站的降水量累积曲线的变

化(图 5b~f)与 5 站均值基本一致,细节上存在差异。20 世纪 60 年代中期以前,5 站降水量累积曲线均存在增加趋势;之后至 1980 年左右年降水量呈减少趋势,林甸、杜蒙站降水量的变化相对滞后;80 年代以后各站累积曲线变化趋势差异较大,80 年代~90 年代初、中期,齐齐哈尔、泰来和杜蒙累积曲线呈上升趋势,年降水量增加;林甸和富裕站降水量增加的开始年份位于 1982(1979)~1988 年;1989~2010 年林甸站降水量累积曲线变化平稳,以年际变化为主,其他 4 站累积曲线表现为由平稳过渡到缓慢下降的变化趋势,同时年际变化显著。

**3.3 年降水量的周期性特征** 从图 6 可以清楚地看出扎龙湿地年降水量距平的年际及年代际尺度周期变化和长时间尺度结构;顶部的小波系数分布表明,扎龙湿地降水量可能存在 20~30 年的周期变化,在整个时域中均有体现,存在 2 个多雨期和 2 个少雨期,即 20 世纪 60 年代~70 年代初的多雨期、70 年代初~80 年代初的少雨期、80 年代初~90 年代末的多雨期和 90 年代末~2007 年左右的少雨期,旱涝交替的突变点分别位于 1973、1983 和 1999 年。10 年左右的周期



注:a.5 站均值;b. 齐齐哈尔;c. 泰来;d. 林甸;e. 杜蒙;f. 富裕。

图5 1961~2010年扎龙湿地周边测站年降水量距平和累积距平曲线

信号在所讨论的时域中也有体现,但等值线较稀疏,信号较弱;2~8年际尺度的周期变化在整个时域中均有体现,70年代中期以来,等值线密集,年际尺度周期信号较强,旱涝事件交替频繁,中心位于3年左右,20世纪90年代年际尺度周期变化有向低频发展的趋势,中心位于7年左右。

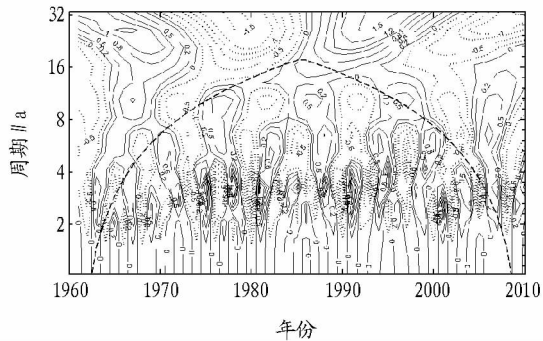


图6 1961~2010年扎龙湿地年降水量距平的 Morlet 小波变换

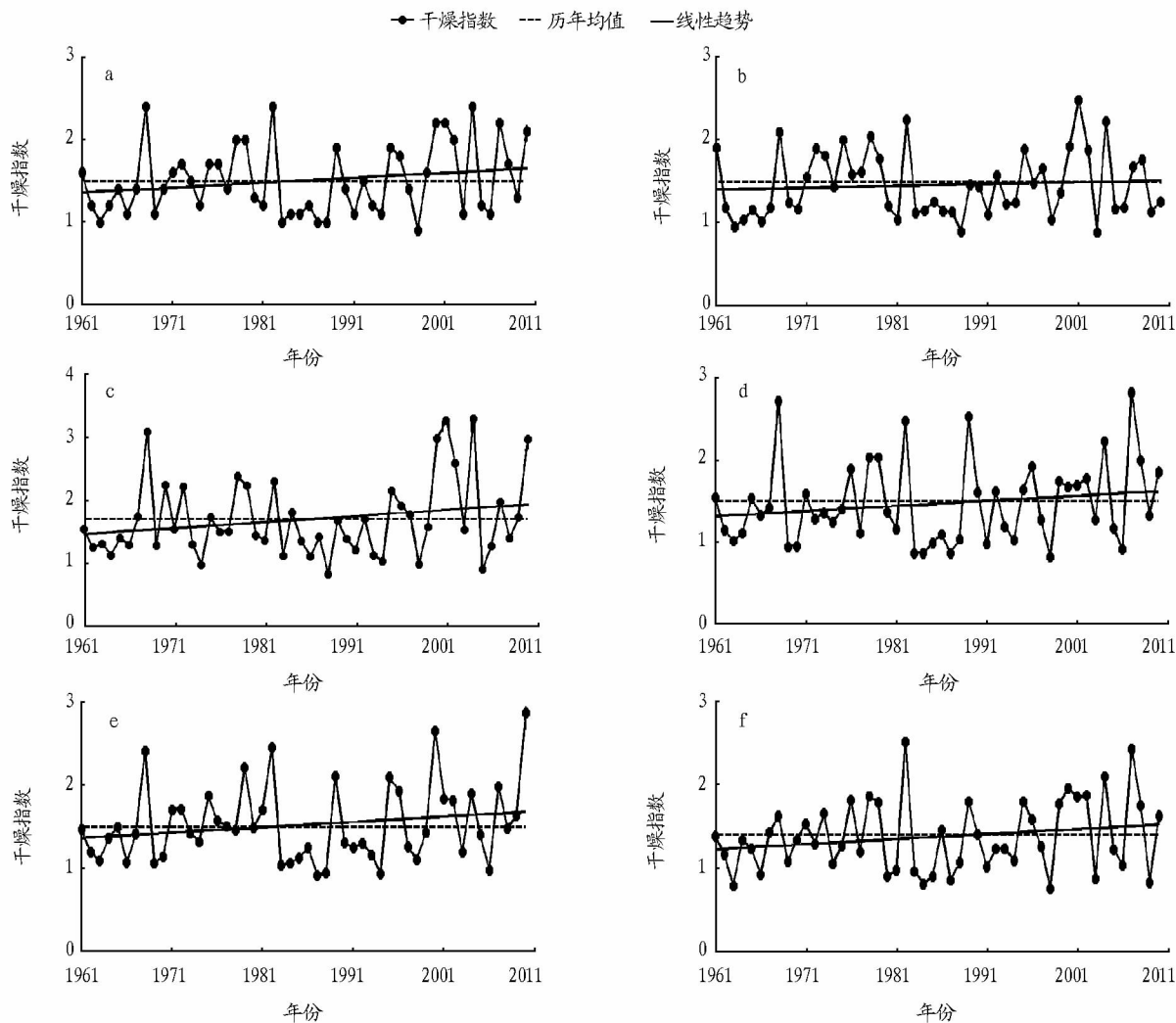
#### 4 扎龙湿地干燥指数的变化特征

##### 4.1 干燥指数的分布特征 由干燥指数的时间序列曲线

(图7)可见,扎龙湿地干燥指数多年均值为1.5,1968、1982和2004年的干燥指数为历年最高(2.4),表明这些年份最干燥;1998年在近50年中最为湿润,干燥指数最低,为0.9。从长期趋势(表3)上看,扎龙湿地干燥指数呈增大(变干)趋势,增大趋势不显著。扎龙湿地周边5个测站50年平均干燥指数1.4~1.7,富裕最小,历年均值为1.4,表明该站相对较湿润;泰来站最大,为1.7,表明该站最为干燥,同时,泰来站在2004年干燥指数最大,达3.3,为近50年内最干燥年份。5站干燥指数均呈增大(变干)趋势,其中泰来站变干趋势最快,为0.10/10a,齐齐哈尔最慢,为0.02/10a,5站变干趋势不显著。

表3 1961~2010年扎龙湿地周边测站干燥指数极值、倾向率

测站	历年均值	极大值	极小值	平均变率 %	倾向率 /10a
齐齐哈尔	1.5	2.5	0.9	23.3	0.02
泰来	1.7	3.3	0.8	28.7	0.10
林甸	1.5	2.8	0.8	27.6	0.06
杜蒙	1.5	2.9	0.9	23.9	0.06
富裕	1.4	2.5	0.8	25.6	0.06
5站均值	1.5	2.4	0.9	23.4	0.06



注:a.5 站均值;b.齐齐哈尔;c.泰来;d.林甸;e.杜蒙;f.富裕。

图 7 1961~2010 年扎龙湿地周边测站干燥指数的时间变化曲线

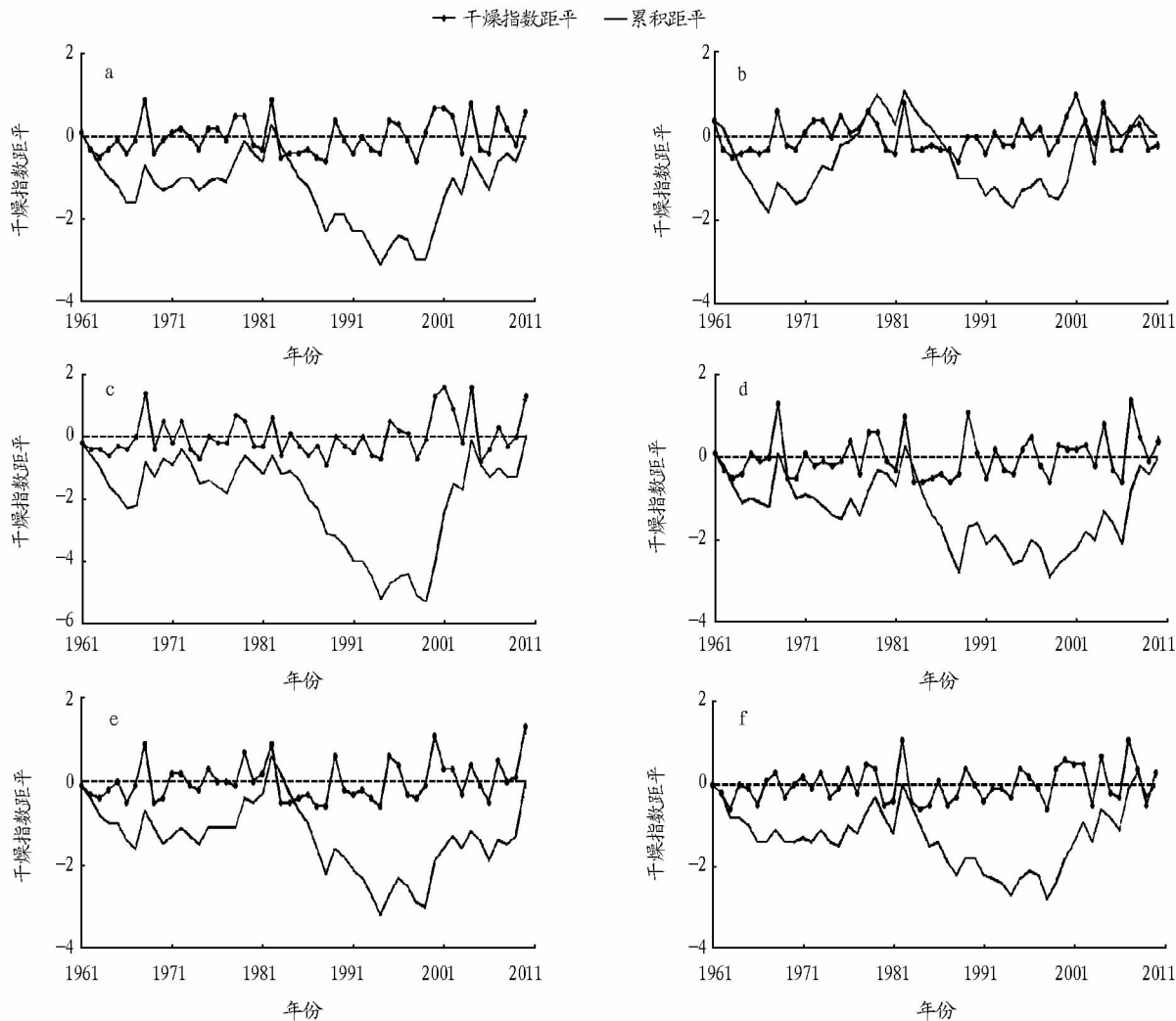
**4.2 干燥指数的累积距平** 由图 8 可见,扎龙湿地干燥指数累积曲线在 20 世纪 60 年代中期以前表现为下降趋势,之后至 70 年代末变化相对平稳,呈现弱的上升(变干)趋势,以年际尺度变化为主,1982 年可以确定为累积曲线变化的一个转折点,1983~1994 年干燥指数累积曲线下降,呈现变湿趋势,1995~2010 年累积曲线上升,呈现变干趋势;20 世纪 60~70 年代,扎龙湿地周边测站干燥指数的变化基本一致,80 年代开始累积曲线的变化存在细微差异。5 个测站干燥指数的累积曲线在 20 世纪 60 年代中期以前均有下降的趋势,之后至 70 年代末以年际变化为主,变化相对平稳,仅在 70 年代后期存在上升趋势,转折点均位于 1982 年;1983~1994 年,齐齐哈尔、泰来、杜蒙和富裕站干燥指数累积曲线呈下降(变湿)趋势,1995~2010 年累积曲线上升,呈现变干趋势,其中以泰来站的累积曲线的变化最为剧烈;1983~1987 年林甸站干燥指数呈下降(变湿)趋势,1988~2010 年累积曲线变化平稳,以年际尺度变化为主。试分析以上现象产生的原因,80 年代开始,扎龙湿地平均气温显著升高,降水增多;80 年代~90 年代初,降水变化起主导作用,故干燥指数减小;90 年代

中期,年平均气温的升高与降水所产生的作用相当,干燥指数变化平稳;90 年代末开始,降水减少,年平均气温仍持续升高,干燥指数减小,扎龙湿地呈现变干趋势。5 站中以林甸站距离扎龙湿地最近,受湿地影响最大,干湿变化最为平稳;泰来站距离湿地中心最远,湿地调节作用不明显,同时受地理位置等影响,干湿变化最为剧烈。

## 5 小结

(1) 1961~2010 年扎龙湿地周边地区年平均气温为 3.9℃,从长期趋势上看,以 0.42℃/10a 的速度显著升高;5 站的年平均气温变化相对一致,1986 年为扎龙湿地年平均气温突变点,20 世纪 80 年代末至 2010 年年平均气温的增加趋势显著;年平均气温距平存在 2~8、10~30 年的周期变化。

(2) 扎龙湿地年平均降水量为 412.3 mm,从长期趋势上看,齐齐哈尔、泰来、林甸、杜蒙 4 站的降水表现为不显著增加趋势,富裕站的降水存在减少趋势;扎龙湿地年降水量累积距平曲线存在 3 个转折点,分别位于 1966、1982 和 1998 年。小波分析表明,扎龙湿地降水量存在 2~8 年、准 10 年和 20~30 年的周期变化。



注:a.5 站均值;b. 齐齐哈尔;c. 泰来;d. 林甸;e. 杜蒙;f. 富裕。

图 8 1961 ~ 2010 年扎龙湿地周边测站干燥指数的距平和累积距平曲线

(3) 扎龙湿地及周边 5 站干燥指数呈不显著增大(变干)趋势。5 站中以林甸站距离扎龙湿地最近,受湿地影响最大,干湿变化最为平稳;泰来站干湿变化最为剧烈。

参考文献

[1] 沃晓棠,黄智超,孙彦坤. 扎龙湿地近 50 年温度和降水年际变化分析[J]. 东北农业大学学报,2010,41(5):61-65.

[2] 柏林,吴月祥,王永杰. 扎龙湿地近 58 年气温、降水变化特征研究[J]. 干旱区资源与环境,2011,41(11):86-92.

[3] 王昊,许士国,孙石. 40a 气候变化对扎龙湿地蒸散影响分析[J]. 大连理工大学学报,2007,47(1):119-124.

[4] 沃晓棠,孙彦坤,玄明君,等. 气候变暖背景下扎龙湿地气候变化特征

[J]. 气象科技,2011,39(1):38-43.

[5] 施能. 气象统计预报[M]. 北京:气象出版社,2009:32-34.

[6] 符淙斌,王强. 气候突变的定义和检测方法[J]. 大气科学,1992,16(4):482-493.

[7] 马柱国,符淙斌. 1951~2004 年中国北方干旱化的基本事实[J]. 科学通报,2006,51(20):2429-2439.

[8] 黄海仁,孙卫国,程炳岩. Nino 海区 SSTA 的时频结构特征[J]. 气象科技,2005,33(3):218-226.

[9] 姜德君,孙卫国,李志民. 齐齐哈尔市气温变化的小波分析[J]. 气象科技,2004,32(6):475-478.

[10] 杨维西,郑翥江,陆均天. 近 50 年来中国荒漠化地区气候变化[M]. 北京:海洋出版社,2012:6.

(上接第 260 页)

为 1.5 °C,说明预测模型效果较好,具有一定的应用价值,为满足农业生产实践的需要提供一种工具。

3 结论

文登市有 4/5 的时间日平均地温一般高于气温;1981 ~ 2010 年年平均地气温差为 2.1 °C,农作物生长季(3 ~ 11 月)平均温差为 2.8 °C;地气温差以 6 月上中旬最大,12 月中下

旬最小;气温与地面温度有较好的相关性,地温实测值与预测值之间的误差较小。一般情况下,可以满足农业生产和试验研究的需要。

参考文献

[1] 中国气象局. 地面气象观测规范[M]. 北京:气象出版社,2003:35-41.

[2] 姜会飞,廖树华,叶尔克江,等. 地面温度与气温关系的统计分析[J]. 中国农业气象,2004,25(3):1-4.

[3] 刘贤赵,张安定,李嘉竹. 地理学数学方法[M]. 北京:科学出版社,2008:43-44.