

文章编号: 1000-2022(2003) 02-0228-08

近 40 a 来青海湖地区的气候变化分析

王艳姣¹, 周晓兰², 倪绍祥³, 屠其璞¹, 邓自旺¹

(1. 南京气象学院 资源环境与城乡规划系, 江苏 南京 210044; 2. 南京气象学院 气象台, 江苏 南京 210044;

3. 南京师范大学 地理科学学院, 江苏 南京 210093)

摘 要: 选用青海湖流域天峻、刚察、共和、茶卡 4 站 41 a(1958—1998 年)的气象资料, 运用主成分分析、趋势分析和相关分析对各气象要素的年、季平均值序列进行了分析。结果表明: 青海湖地区降水和日照时数的年际变化较大, 但无明显的长期趋势; 该地区的平均气温、平均最高、平均最低气温都明显升高, 其中以平均最低气温上升最为明显; 风速呈明显的下降趋势, 20 世纪 70 年代最大, 80 年代最小, 90 年代又略有增加; 该区 80 年代相对湿度较大, 而 90 年代向暖干发展。

关键词: 青海湖; 气温; 降水; 日照; 风速; 干燥指数; 相对湿度

中图分类号: P461 **文献标识码:** A

青海湖是我国最大的内陆微咸水湖, 海拔高度在 3 200 m。近几十年来, 青海湖水位正不断下降, 处于明显的萎缩状态。这一变化已带来一系列生态环境问题, 引起人们的广泛关注。青海湖位于青藏高原, 受人为因素干扰少, 施雅风^[1]认为这种内陆湖泊是气候变化的敏感指示器, 这是由于湖泊的扩张与收缩反映了水热平衡变化。范建华等^[2-3]的研究也表明, 青海湖水位下降主要是由气候变化造成的。10 多年过去了, 青海湖水位仍在继续下降。随着西部大开发工作的开展, 西部环境问题已成为我国环境研究的热点, 其中气候变化首当其冲。

1 资料与研究方法

选用青海湖流域的天峻、刚察、共和、茶卡 4 个测站的资料。它们分布在湖区四周, 离青海湖较近, 且有较长的观察资料, 因而具有一定的代表性。所用资料序列时段为 1958—1998 年的气温、降水、平均最高、最低气温、日照、相对湿度和平均风速等 41 a 的逐月气象资料序列。

由于青海湖地势西北高, 东南低, 为一封闭盆地, 加之湖区内地貌类型复杂多样, 因而造成了湖区四周的气候差异。通过对这 4 个测站各气象要素间的相关性进行分析, 结果表明: 除气温相关性较好外(0.9 以上), 其他各气象要素的相关性差异较大。为了获得青海湖地区气候变化的总体趋势, 对这 4 个测站各气象要素(温度除外)的年、季平均值序列做了主成分分析, 通过对各气象要素的第一主成分进行分析, 来获得青海湖地区气候变化概况。由于这 4 个测站的气

收稿日期: 2002-06-18; 改回日期: 2002-12-10

基金项目: 国家自然科学基金项目(49971056)

作者简介: 王艳姣(1976-), 女, 湖北仙桃人, 硕士生。

温相关性较好(0.9 以上), 且刚察站的平均最高、最低气温与 4 站平均最高、最低气温第一主成分的相关系数较大(0.98、0.94), 因而通过直接计算 4 站的平均温度和利用刚察站的平均最高、最低温度来说明湖区四周的气温变化情况。此外, 还对这 4 个测站各气象要素的年、季平均值进行阶段性对比分析, 从而进一步了解湖区四周的气候年代际变化。同时, 还计算了 4 站的干燥指数和相对湿度, 通过分析 4 站平均干燥指数和相对湿度的逐年变化情况, 来获得湖区四周的干湿状况。季节时段划分为春季(3—5 月), 夏季(6—8 月), 秋季(9—11 月), 冬季(12 月—次年 2 月)。阶段划分为: 第 1 阶段 1958—1969 年(12 a), 第 2 阶段 1970—1979 年(10 a), 第 3 阶段 1980—1989 年(10 a), 第 4 阶段 1990—1998 年(9 a)。由于所取的冬季时段为 12 月至次年的 2 月, 而所用资料序列只到 1998 年, 因而各要素的冬季序列时段为 1958—1997 年(40 a), 且第 4 阶段各要素冬季为 1990—1997 年(8 a)。

2 气候变化

2.1 降水

从图 1 可以看出: 年降水量的年际变化较大, 但其长期趋势不明显, 主要表现在: 50 年代

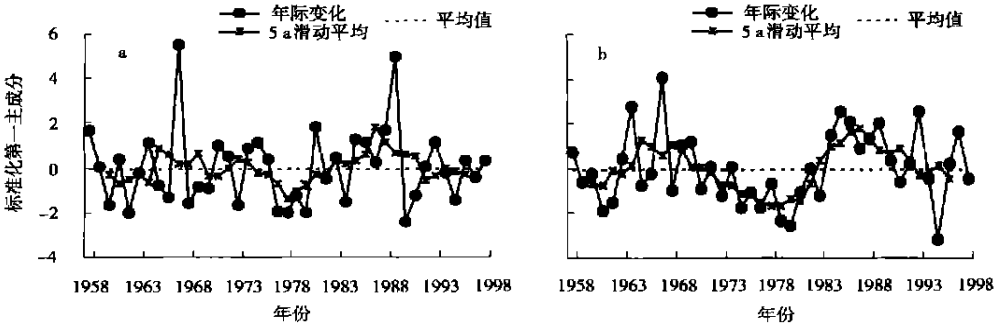


图 1 全年(a)和春季(b) 标准化降雨量的第一主成分的年际变化曲线, 5 a 滑动平均曲线, 平均值线
Fig. 1 Year(a) and spring(b) interannual curves of the first principal component of normalized rainfall, 5-year running mean curve and mean line

末至 60 中期, 降水逐渐增多, 60 年代末至 70 年代末减少, 70 年代末至 80 年代末逐渐增多, 之后降水又减少。其中降水最多的年份为 1967 和 1989 年, 4 站的平均降水量分别为 489.2 mm 和 472.4 mm, 最少的年份出现在 1990 年降水量为 230.1 mm。各季降水变化较不一致。从 5 a 滑动平均曲线可以看出, 春季降水有明显的年代际变化。夏季降水曲线与全年降水曲线变化趋势较为一致(图略), 其相关系数达 0.87, 显然这是由于该区降水主要集中在这—时段间, 但从长期趋势来看, 夏季降水略有增加。秋季降水在不断减少, 但降幅不大(图略)。冬季降水无明显的趋势变化, 量也很小(图略)。由此可以看出, 青海湖周边地区降水主要集中在夏季。

从表 1 中 4 站降水量的分段对比分析可看出: 80 年代降水量最多, 与 41 a 平均相比偏多了 24.3 mm。90 年代降水最少, 较 41 a 平均降水量偏少了 13.1 mm。对于各季降水, 春季和夏季降水与全年变化较为一致, 而秋、冬两季降水与全年变化差异较大。其中, 春季和夏季在 80 年代降水都有所增加, 夏季增幅最大, 较 70 年代增加了 21.2 mm。进入 90 年代以后, 春、夏、秋 3 季降水都略有减少, 其中减幅最大的是秋季, 较 80 年代减少了约 26.9 %。冬季降水量很少, 也无明显变化。由此可见, 对于青海湖地区 80 年代降水量的增多, 春季和夏季贡献最大, 而对于 90 年代降水量的减少, 主要是由于夏、秋两季降水减少造成的。

表 1 青海湖地区 1958—1998 年 4 站各阶段平均降水量和平均气温

Table 1 Mean precipitation and temperature of four stations
in various periods around Qinghai lake in 1958—1998

时段/年	降水量/mm					平均气温/				
	年	春	夏	秋	冬	年	春	夏	秋	冬
1958—1969	311.3	57.7	193.6	55.8	3.0	0.63	1.86	11.80	0.81	-12.01
1970—1979	298.3	44.8	192.7	56.8	4.3	0.89	1.90	12.03	1.02	-11.30
1980—1989	334.7	60.9	213.9	56.6	2.8	1.01	1.59	11.85	1.38	-10.67
1990—1998	297.3	55.0	197.2	41.4	3.9	1.46	2.23	12.43	1.75	-10.75
1958—1998	310.4	54.6	199.1	53.1	3.5	1.00	1.90	12.03	1.24	-11.25

2.2 气温

由图 2 可看出:近 40 a 气温呈明显的上升趋势,其主要表现在:60 年代初至 70 年代末,气温逐渐上升,70 年代中期至 80 年代初,气温变幅较大且波动周期变长,但在这段时间内气温没有明显的上升趋势。进入 80 年代中期,温度上升较快。90 年代后,温度变幅减小,增温趋势也不很明显,只是在 1998 年突变到温度的最高值,其线性拟合增长率为 $0.253\text{ }^{\circ}\text{C}/(10\text{ a})$ 。各

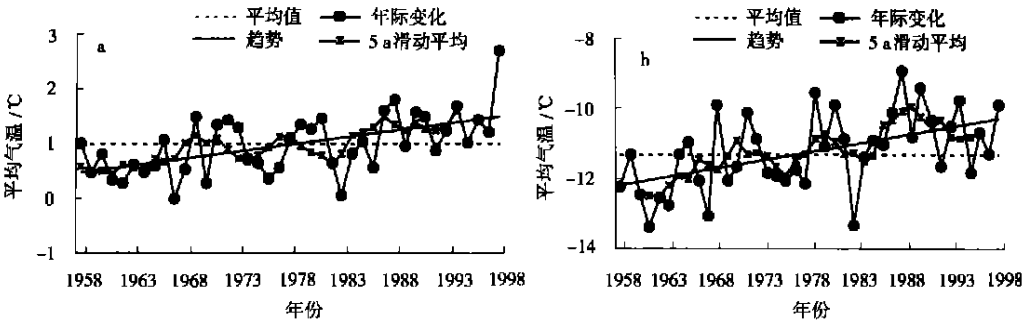


图 2 全年(a)和秋季(b)平均气温年际变化曲线

Fig. 2 Year(a) and winter(b), the interannual variation of mean air temperature

季温度变化情况和全年较为相似,只是春季和夏季变化趋势比全年小,其线性拟合增长率分别为 $0.09\text{ }^{\circ}\text{C}/(10\text{ a})$ 和 $0.14\text{ }^{\circ}\text{C}/(10\text{ a})$,而秋、冬两季的增温趋势较为明显,其线性拟合增长率分别为 $0.297\text{ }^{\circ}\text{C}/(10\text{ a})$ 和 $0.492\text{ }^{\circ}\text{C}/(10\text{ a})$ 。可见,对于青海湖地区气温的持续上升,贡献最大的是秋、冬两季。

从表 1 中 4 站平均气温的分段对比分析可看出:60 年代气温最低,70 年代和 80 年代持续增暖,90 年代温度最高,其前 9 a 平均气温较 60 年代(包括 50 年代的后 2 a)上升了约 $0.83\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。对于各季而言,变幅最大的是冬季,其次是秋季。冬季 90 年代前 8 a 平均气温较 60 年代上升了约 $1.26\text{ }^{\circ}\text{C}$,秋季上升了 $0.94\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。同时,还可看出,80 年代春、夏两季气温较 70 年代分别下降了 $0.31\text{ }^{\circ}\text{C}$ 和 $0.18\text{ }^{\circ}\text{C}$,而秋、冬两季温度却仍在上升,较 70 年代分别上升了 $0.36\text{ }^{\circ}\text{C}$ 和 $0.63\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。可见,秋、冬两季对 80 年代的增暖起主要作用。这与上面曲线所描述的情况一致。

2.3 平均最高气温和平均最低气温

由于刚察站的平均最高和最低气温与 4 站平均最高、最低气温的第一主成分相关性较好 ($0.98, 0.94$),因而选取刚察站为代表站,来描述湖区四周极温的变化情况。由图 3 可见,平均

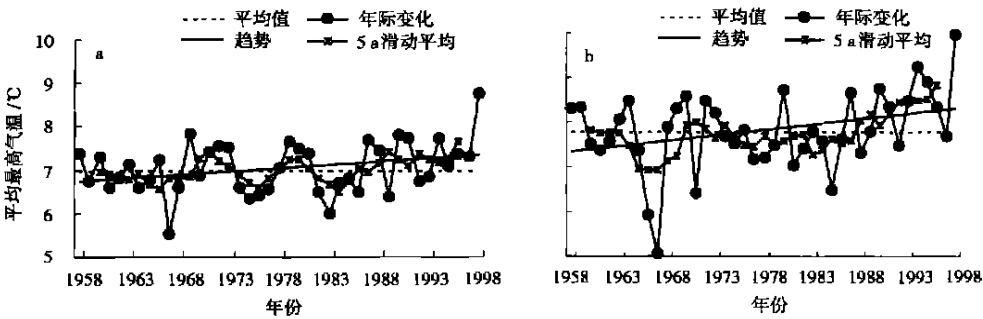


图 3 刚察站全年(a)和秋季(b)的平均最高气温年际变化曲线图

Fig. 3 Year(a) and autumn(b) interannual variation of mean maximum temperature at Gangcha station

最高气温呈明显的上升趋势, 从线性拟合来看, 其增长率为 $0.14\text{ }^{\circ}\text{C}/(10\text{ a})$ 。由图形可知, 平均最高气温的年际变化和平均气温的变化较为一致, 也是在 80 年代末增温较为明显。各季平均最高气温的变化较不一致, 春季平均最高气温是在不断下降的, 只是在 90 年代略有上升, 其线性拟合增长率为 $-0.09\text{ }^{\circ}\text{C}/(10\text{ a})$ (图略)。夏季增温趋势不明显 (图略)。秋季以 1967 年为界, 之前为负趋势, 之后为正趋势, 而冬季在 70 年代末至 80 年代初有较大的波动 (图略)。同时, 秋、冬两季增温趋势都较为明显, 其线性拟合增长率分别为 $0.24\text{ }^{\circ}\text{C}/(10\text{ a})$ 和 $0.31\text{ }^{\circ}\text{C}/(10\text{ a})$ 。因此, 对于青海湖地区平均最高气温的升高, 秋季和冬季贡献最大。

由表 2 中 4 站平均最高气温的分段对比分析可知, 60 年代和 80 年代温度较低, 而 70 年代和 90 年代温度较高, 其中 90 年代气温增幅最大, 较 80 年代上升了 $0.6\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。对于各季而言, 春季和夏季在 80 年代温度都略有下降, 但进入 90 年代, 气温又急剧上升, 其平均最高气温较 80 年代分别上升了 $0.8\text{ }^{\circ}\text{C}$ 和 $0.6\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。而秋季和冬季自 60 年代以来, 温度在不断上升, 其中秋季增温最快, 90 年代前 9 a 的平均最高温度比 60 年代上升了 $1.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。冬季在 80 年代增温最快, 较 70 年代上升了 $0.48\text{ }^{\circ}\text{C}/(10\text{ a})$ 。由此可见, 对于青海湖地区 80 年代的逐渐增暖, 冬季贡献最大, 秋季次之。而青海湖地区 90 年代的持续增温, 是四季共同作用的结果。

表 2 青海湖地区 1958—1998 年 4 站各阶段平均最高温度和平均最低温度值

Table 2 Mean maximum and minimum temperature at four stations in various periods around Qinghai lake in 1958—1998

时段/年	平均最高气温					平均最低气温				
	年	春	夏	秋	冬	年	春	夏	秋	冬
1958—1969	9.1	10.4	18.6	9.4	-2.16	-6.81	-6.15	5.01	-6.08	-23.20
1970—1979	9.3	10.2	19.0	9.4	-1.99	-6.33	-6.00	5.40	-5.70	-22.34
1980—1989	9.1	9.5	18.8	9.6	-1.51	-5.75	-5.58	5.76	-5.02	-20.74
1990—1998	9.7	10.3	19.4	10.4	-1.48	-5.48	-5.01	6.14	-4.97	-21.47
1958—1998	9.3	10.1	18.9	9.7	-1.82	-6.10	-5.68	5.58	-5.44	-18.91

由图 4 可看出: 平均最低气温的整体上升趋势更为明显, 其主要表现为: 50 年代末至 60 年代初温度呈下降趋势, 并于 1962 年下降到温度的最低值, 随后气温呈波动变化并逐渐上升, 其线性拟合增长率为 $0.34\text{ }^{\circ}\text{C}/(10\text{ a})$ 。对于各季而言, 各季的平均最低温度增长趋势都很明

显,由图形来看:各季的变化趋势与年际变化较为一致,而又以冬季增温最快,其线性拟合增长率为 $0.53\text{ }^{\circ}\text{C}/(10\text{ a})$,明显高于其他3季,其中,冬季90年代前8 a的平均最低温度比60年代上升了 $1.73\text{ }^{\circ}\text{C}$ (表2)。夏季的趋势变化最小(图略),其线性拟合增长率为 $0.26\text{ }^{\circ}\text{C}/(10\text{ a})$ 。由此可见,对于青海湖地区平均最低温度的升高,贡献最大的是冬季,夏季最小。

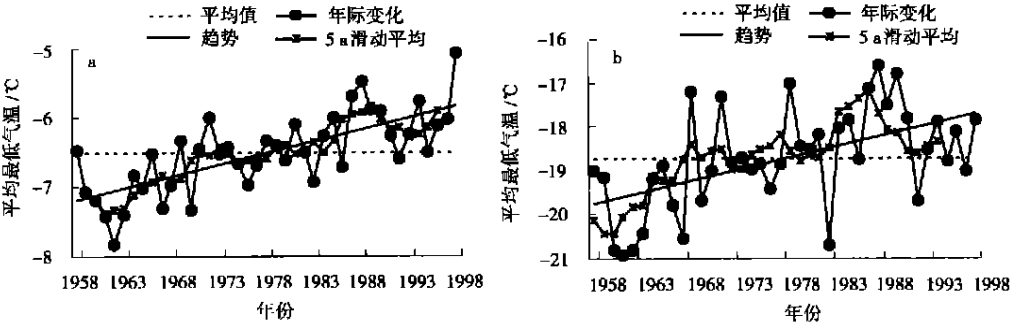


图4 刚察站全年(a)和冬季(b)平均最低温度年际变化曲线图
Fig.4 Year(a) and winter(b), the curve of interannual variation of mean minimum temperature at Gangcha station

2.4 日照

由图5可知:自50年代末起日照时数逐渐增加,在1980年达到日照时数的最高值,该年4站的平均日照时数为 $3\ 142.3\text{ h/a}$ 。进入80年代以后,日照时数突然急剧下降,并于1989年达到日照时数的最低值。90年代后,日照时数呈波动变化并逐渐增加。对于各季变化而言,春季变化趋势与全年变化较为一致,其相关系数为0.51。夏、秋和冬3季的年际变化与全年变化差异较大,其中夏季日照时数没有明显的变化趋势。冬季的日照时数呈明显的下降趋势,其趋势系数为 -0.32 。秋季以70年代为界限,70年代以前,波动振幅较大,且日照时数较小,而70年代以后,波动振幅变小,而日照时数却有所增加,其趋势系数为0.16。可见,对于青海湖地区日照时数年际变化影响较大的是春季。

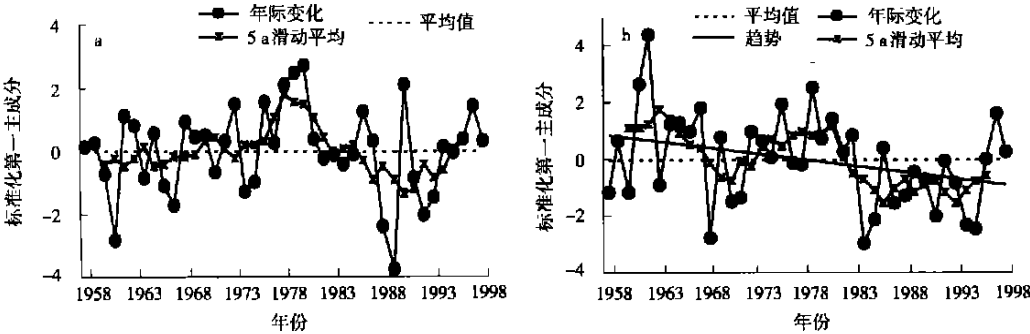


图5 全年(a)和冬季(b)标准化日照时数的第一主成分年际变化曲线
Fig.5 Year(a) and winter(b), interannual curves of the first principal component of normalized sunshine duration

从表3中4站平均日照时数的分段对比分析可看出:青海湖地区在70年代日照时数最多,80年代较少,90年代前9年平均日照时数较80年代上升了 28.7 h 。对于4季而言,春季和秋季变化与全年变化较为一致,这两季在80年代日照时数都明显减少,不同的是春季在进入

90 年代后日照时数略有下降, 而秋季却明显上升。夏季日照时数变化不大, 只是在 90 年代增加较为明显。冬季日照时数呈明显下降趋势, 其中 80 年代降幅最大, 较 70 年代平均下降了 15.7 h。可见, 对于青海湖地区 90 年代日照时数的增加, 夏季和秋季影响较大。而对于该地区 80 年代日照时数的下降, 则是春、秋和冬 3 季共同作用的结果。

表 3 青海湖地区 1958—1998 年 4 站各阶段平均日照时数值和风速

Table 3 Mean sunshine duration and wind speed of four observational stations in various periods around Qinghai lake in 1958—1998

时段/年	日照时数/h					风速/(m/s)				
	年	春	夏	秋	冬	年	春	夏	秋	冬
1958—1969	3 003.5	785.3	763.8	727.7	724.1	3.08	3.58	2.81	2.76	3.09
1970—1979	3 041.1	810.3	762.6	746.5	719.6	3.38	4.07	3.27	3.05	3.09
1980—1989	2 991.5	794.7	763.3	731.3	703.9	2.86	3.45	2.70	2.54	2.74
1990—1998	3 020.2	791.1	796.0	755.9	703.3	2.94	3.47	2.90	2.70	2.70
1958—1998	3 013.4	795.0	764.5	739.4	713.8	3.07	3.64	2.90	2.77	2.92

2.5 风 速

由图 6 可知: 风速的年际变化较大且呈明显的下降趋势, 其趋势系数为- 0.298。由图形来看, 50 年代末至 60 年代中期, 风速变化趋势不明显, 在 60 年代末, 风速由 1967 年的较低值急剧上升到 1969 年风速的最高值, 该年 4 站的平均风速为 3.9 m/s, 随后风速经过二次大的波动又迅速减小, 并于 1989 年达到自 1958 年以来风速的最低值, 该年 4 站的平均风速为 2.5 m/s, 较 1969 年减少了 1.4 m/s。90 年代以后, 风速又略有回升, 但平均风速仍很小。春、夏、秋 3 季风速的变化与全年变化基本一致, 其相关系数分别为 0.87、0.88、0.85, 3 季中以夏季趋势最小。冬季风速的年际波动较大, 趋势变化也最为明显, 其趋势系数为- 0.464。由此可以看出, 对于青海湖地区风速的下降, 贡献最大的是冬季。

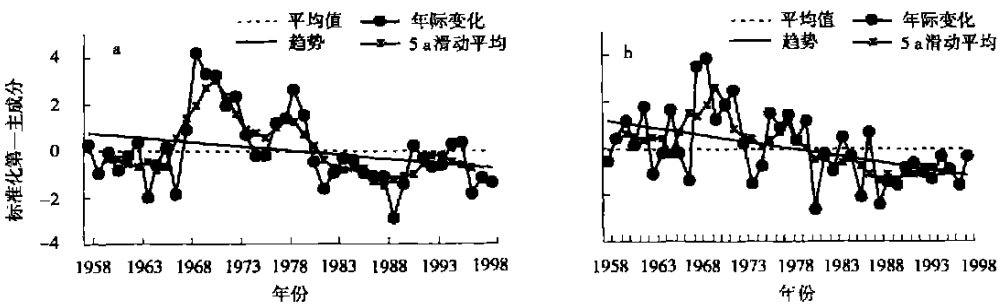


图 6 全年(a)和冬季(b)标准化风速的第一主成分年际变化曲线

Fig. 6 Year(a) and winter(b), interannual curves of the first component of normalized wind speed

从表 3 中 4 站平均风速的分段对比分析可看出: 70 年代风速最大, 80 年代最小, 90 年代较 80 年代风速又略有增加。对于 4 季变化而言, 春季平均风速最大, 夏季和冬季次之, 秋季最小, 其中, 春季和夏季在 70 年代的平均风速增幅较大, 较 60 年代平均每 10 a 分别上升了 0.49 m/s 和 0.46 m/s。而进入 80 年代, 各季平均风速都在减小, 减幅最大的是春季, 夏季和秋季次之, 冬季最小。90 年代后, 除冬季风速仍在减小外, 其余 3 季的平均风速都略有增加。由此可

见, 青海湖地区, 春季风速较大, 且春季风速的变化对年际变化影响较大。

2.6 干燥指数和相对湿度

气候特征的另一个重要方面是干与湿, 因而为了进一步了解青海湖周边地区的干湿状况, 引入了干燥指数和相对湿度来表征气候的干湿程度。计算所采用的公式为德马顿的干燥指数^[4]公式

$$I = \frac{R}{t + 10^{\circ}}$$

式中 R 为年降水量(mm), t 为年平均气温()。运用该公式分别计算了 4 站的干燥指数。由图 7 可看出: 50 年代末至 60 年代中期, 环湖地区的干燥指数相对较大, 且相对湿度也是逐年增加的, 特别是在 1967 年, 该年 4 站降水量达到 41 a 来的最高值, 而温度却最低, 为一极湿年。60 年代末至 70 年代末, 该区干燥指数相对较低, 且相对湿度也是不断减少的, 为一相对的干期。进入 80 年代以后, 该区干燥指数急剧增加, 相对湿度也不断增加, 由于该时段内温度也迅速升高, 因而为一相对暖湿期, 特别是在 1989 年, 该年降水量达到 41 a 来的次高值, 温度也相对较高, 为一极暖湿年。90 年代以后, 由于该区温度仍在不断升高, 而降水却迅速减少, 因而干燥指数迅速减少, 同时相对湿度也迅速减少, 为一相对暖干期。由此可见, 青海湖地区 80 年代趋于暖湿, 而 90 年代向暖干发展。

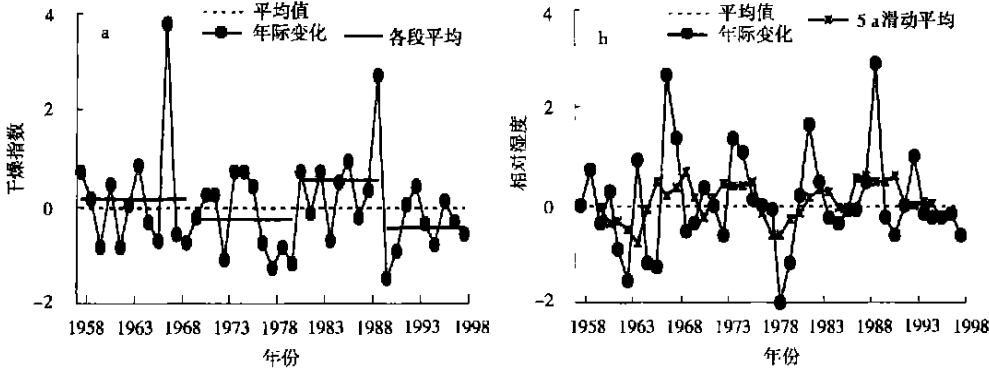


图 7 4 站标准化平均干燥指数和相对湿度的变化曲线, 5 a 滑动平均曲线

Fig.7 The interannual curve of normalized mean aridity index and relative humidity of four stations, 5-year running mean curve, every period mean, mean line

3 结 论

(1) 青海湖地区降水年际变化较大, 但其长期趋势基本保持不变。对于该地区 80 年代降水量的增多, 主要是由春季和夏季降水增多引起的, 而 90 年代降水量的减少, 则是由夏、秋两季降水量减少造成的。

(2) 青海湖地区近 40 a 来的气温呈明显的上升趋势, 特别是 80 年代, 气温急剧上升, 其线性拟合增长率为 $0.253\text{ }^{\circ}\text{C}/(10\text{ a})$ 。各季的变化情况和全年的情况十分相似, 其中秋季和冬季增温趋势最为明显, 同时, 这两季对于青海湖地区 80 年代的增暖也起主要作用。

(3) 青海湖地区平均最高、平均最低温度的增温趋势都很明显, 其线性拟合增长率分别为 $0.14\text{ }^{\circ}\text{C}/(10\text{ a})$ 和 $0.34\text{ }^{\circ}\text{C}/(10\text{ a})$ 。平均最高温度除在春季下降外, 在秋、冬两季上升很明显。平均最低温度在各季都明显升高, 而又以冬季增温最快。

- (4) 青海湖地区日照时数年际变化较大,但其长期趋势基本保持不变。日照时数在 70 年代较多,80 年代最少,90 年代较 80 年代又略有增加。
- (5) 青海湖地区风速的年际变化较大,从总体来看呈明显的下降趋势。其中 70 年代风速最大,80 年代最小。该地区春季风速较大,且春季风速的变化对年际变化影响较大。
- (6) 青海湖地区 80 年代为暖湿期,而 90 年代向暖干发展。

参考文献:

[1] 施雅风. 山地冰川与湖泊萎缩所指示的亚洲中部气候干暖化趋势与未来展望[J]. 地理学报, 1990, 45(1): 1-13.

[2] 范建华, 施雅风. 气候变化对青海湖水情的影响: 近 30 年时期的分析[J]. 中国科学(B), 1992, 21(5): 537-542.

[3] 丁永建, 刘风景. 近 30 年来青海湖流域气候变化对水量平衡的影响及其趋势预测[J]. 地理科学, 1995, 15(2): 128-135.

[4] 王延禄. 我国建立、引用和验证气象干旱指标综述[J]. 干旱区地理, 1990, 13(3): 80-86.

[5] 彭 敏, 陈桂琛, 周立华. 青海湖水位下降与湖区人为耗水关系的研究[J]. 地理科学, 1994, 14(2): 127-135.

[6] 黄露菁, 郑德娟. 一种干湿气候指数的计算方法[J]. 气象, 1997, 23(3): 15-19.

Analysis on Climate Change in the Region of
Qinghai Lake in the Last 40 Years

WANG Yan-jiao¹, ZHOU Xiao-lan², NI Shao-xiang³,
TU Qi-pu¹, DENG Zi-wang¹

(1. Department of Geography, NIM, Nanjing 210044, China;

2. Meteorological Labortory, NIM, Nanjing 210044, China;

3. Geographical Scientific Institute, Nanjing Normal University, Nanjing 210093, China)

Abstract: The meteorological data from four representative stations around the Qinghai lake in 1958—1998(41 years) are analyzed by means of the analysis of principal component, trend and correlation. The results show: the interannual variation of precipitation and sunshine duration are significant, but there is no obvious trend of long-term change. The mean temperature, mean maximum and minimum temperature in the region are increasing remarkably, especially the mean minimum temperature. The trend of wind speed change is descent with the maximum in 1970s and minimum in the 1980s, but increased a little bit again in 1990s. The relative humidity is high in 1980s and low in 1990s.

Key words: Qinghai lake; temperature; precipitation; sunshine duration; wind speed; aridity index; relative humidity