

文章编号:1006-7639(2005)-02-0019-05

青海省春季沙尘暴特征及其异常气候背景分析

刘青春¹,秦宁生¹,张吉农¹,赵永业¹,马小萍²

(1. 青海省气象局,青海 西宁 810001; 2. 西宁市气象局,青海 西宁 810001)

摘 要:主要分析了青海春季沙尘暴空间、时间演变特征及异常大气环流、海温对沙尘暴天气的影响。结果表明,青海沙尘暴高发区位于柴达木盆地、青海湖西北部、海南南部 3 地; 20 世纪 60 年代至本世纪初青海沙尘暴天气总体上是减少的。过程次数 20 世纪 60 年代青海北部较多、南部较少,70 年代北部开始减少、南部回增,80 年代开始整体减少,进入 90 年代后呈波动式减少趋势,且在 80 年代初大部分地区发生了一次由高向低的显著波动;青海沙尘暴天气与前期 12~2 月、同期 3~5 月 500 hPa 高度场相关密切,尤其是同期 3~5 月,当乌拉尔山高压脊加强(减弱),蒙古低槽加深(减弱),冷空气活动频繁(减少),青海春季沙尘暴天气偏多(少),这种沙尘暴的时间变化趋势和异常天气形势与我国北方一致。青海春季沙尘暴与前期印度洋海温关系密切,当前期 3~5 月、6~8 月印度洋中北部海温持续偏高(低),青海春季沙尘暴偏少(多)。

关键词:青海沙尘暴;年代际变化;气候背景

中图分类号:P425.5

文献标识码:A

前 言

沙尘暴天气是一种给人民的生命财产带来极大损失的灾害性天气。近年来,气象工作者对北方地区沙尘暴的研究越来越得到重视,周自江等^[1]、俞亚勋等^[2]、刘景涛等^[3]分别研究了整个中国、西北地区、华北地区沙尘暴天气时空分布特征、大气环流形势以及海温的作用等,为北方沙尘暴的预测提供了理论依据。青海位于我国西北地区,地处青藏高原,其沙尘暴天气特征与我国北方地区有相同之处,但又有高原的独特性。本文利用气候诊断方法对青海沙尘暴天气的时空分布特征进行了深入分析。

1 资料及主要方法

利用青海地区 41 个气象台站 1961~2003 年的沙尘暴资料,1961~2001 年近 40 a 的逐月印度洋海温距平场资料及 1961~2002 年 NCEP 500 hPa 北半球高度资料。用合成分析、九点二项式平滑滤波、累计

距平、Cramer 方法、谱分析等方法分析了沙尘暴的时空演变特征,进而分析了沙尘暴天气与前期及同期 500 hPa 北半球高度场、印度洋海温场的关系。

2 沙尘暴空间分布特征

从整个西北地区沙尘暴天气的空间分布看,新疆塔里木盆地、甘肃民勤和宁夏盐池是北方沙尘暴天气的高发区,而青海是相对低发区^[4]。这可能是由于青海处于高海拔地区,冷空气不易侵袭的缘故。从 1961~2003 年间,青海春季沙尘暴平均分布特征(图 1)看:有 3 个明显的高发区,分别位于青海湖西北部,中心在刚察,年平均数达 14 次以上,春季平均达 7 次以上;海西西部,范围包括柴达木盆地南缘及唐古拉山一带,中心在茫崖;青海湖南部,中心在贵南;西宁是青海东部地区相对高值区。这种分布特征与文献[5]分析的结果基本一致。春季沙尘暴高发区基本对应变率极值区,在冷空气活动异常年份,由于高发区地处冷空气活动路径之中或局地海拔较高,对沙尘暴异常的天气形势反映敏感。另外,高发区有明

收稿日期:2005-01-04;改回日期:2005-06-08

基金项目:国家自然科学基金项目(40465002)资助

作者简介:刘青春(1971-),女,青海大通人,工程师,主要从事气候变化及青藏高原天气气候研究工作.E-mail:liuqingchunlqc@126.com.

显的地理环境特点:青海西部大部分地区长期沙土裸地,植被少,青海湖西北部和西南部海拔比周边地区较高,生态脆弱,近年来植被破坏严重,特别是兴海,裸露地面不断增加。结合青海高原冷空气来源的2条主要路径:一是冷空气在南疆盆地堆积,翻越阿尔金山进入柴达木盆地影响海西、格尔木地区,容易造成茫崖、格尔木及唐古拉等地的沙尘天气;二是冷空气经河西走廊后翻越祁连山,影响青海湖周边及西宁、海东地区,容易造成刚察、贵南等地的沙尘天气。这正好突出反映了高发区满足沙尘暴形成的两大诱因:冷空气易侵袭(大风)和沙源丰富。分析中发现,全年沙尘暴空间分布与春季沙尘暴空间分布极为一致,说明青海沙尘暴天气主要集中在春季。

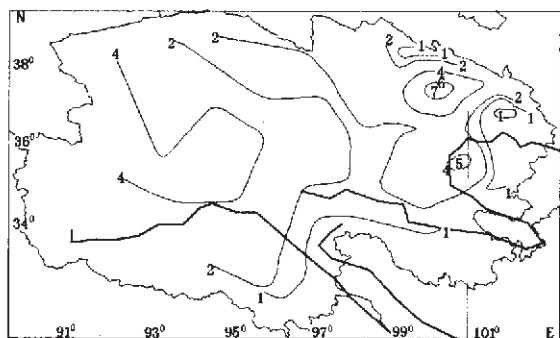


图1 青海春季沙尘暴平均分布(单位:次)

Fig.1 The average distribution of sandstorm in spring in Qinghai province

3 各年代沙尘暴空间分布对比分析

图2给出了青海春季沙尘暴各年代平均与1961~2003年平均的差值分布。由图可知,20世纪60年代,青海西部、青海湖南部春季沙尘暴平均次数较多年偏少2~3次;柴达木盆地西部、青海东北部地区沙尘暴次数偏多3~4次。20世纪70年代,除青海湖西北部、西南部的小范围地区偏少1~2次外,其余地区均偏多2~3次。20世纪80年代,除格尔木为中心的青海西部地区继续偏多外,其余地区基本偏少或正常。20世纪90年代至本世纪初,以兴海为中心的青海湖南部地区偏多2~3次外,其余地区明显偏少。另外,以西宁为中心的青海东部地区20世纪60~70年代春季沙尘暴次数偏多1~2次,80年代至本世纪初偏少或正常。由此可知,20世纪60年代到本世纪初,以柴达木盆地、青海东北部为主的北部地区沙尘暴次数呈下降趋势,特别是20世纪

90年代后下降明显,显然青海北部的沙尘暴天气与青海周边高发区甘肃民勤、新疆民丰的沙尘暴变化趋势基本一致^[4]。以唐古拉、三江源为主的青海南部地区,20世纪60年代沙尘暴次数较少,70年代增加,80年代以后逐步减少。而青海湖周边地区变化较为平稳或有上升趋势,特别是南部的兴海站从20世纪80年代开始呈上升趋势,90年代以后陡增,这种变化可能与局地海拔高、植被沙化严重等有关。

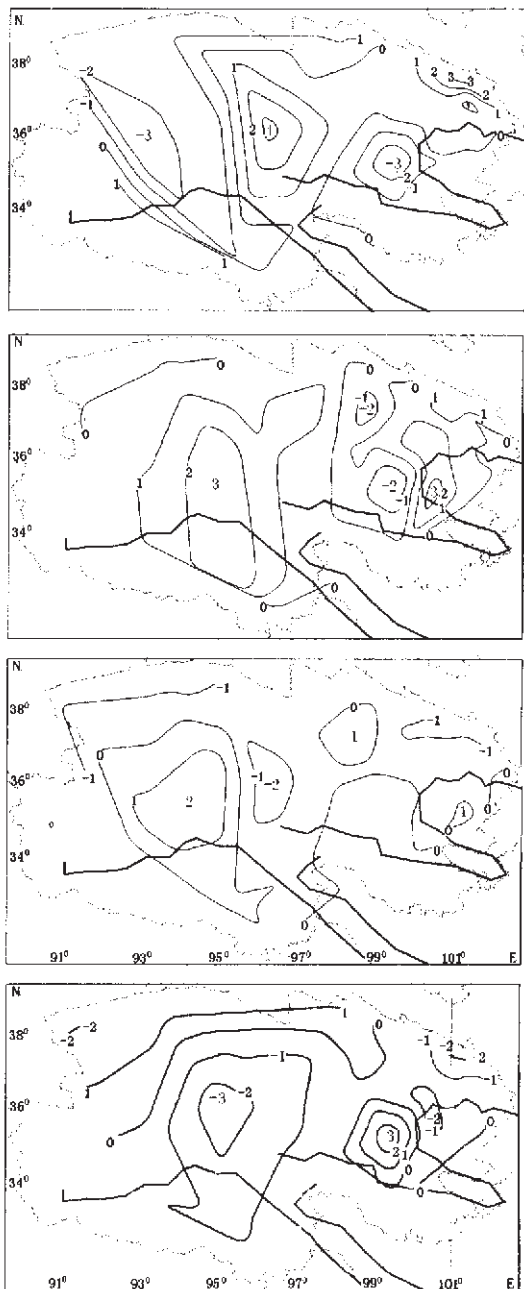


图2 青海春季沙尘暴各年代平均与1961~2003年平均的差值(单位:次)

Fig.2 The difference of mean sandstorm times between each decade and during 1961~2003 in spring
a. 1960s, b. 1970s, c. 1980s, d. 1990s to 2000s

4 沙尘暴时间演变特征

分析年沙尘暴平均、春季沙尘暴平均次数及九点二项式平滑滤波变化曲线(图 3)。可以看出年沙尘暴平均和春季沙尘暴平均非常一致,只是年沙尘暴平均 20 世纪 80 年代后下降趋势比春季明显,说明青海沙尘暴主要集中在春季,而春季沙尘暴减少比其它月份缓慢。对时间序列作九点二项式平滑,起到低通滤波器作用,以展示出变化趋势,它可以克服滑动平均削弱过多波幅的缺点。春季沙尘暴九点二项式平滑变化曲线反映出,20 世纪 70 年代偏多,80 年代开始减少,总体呈缓慢减少趋势,这与中国沙尘暴总体呈减少的趋势一致。其中 20 世纪 60 年代青海北部代表站门源和南部代表站贵南分别发生了 76、49 次;20 世纪 70 年代青海北部代表站沙尘暴天气过程减少,南部代表站增多,分别发生了 55、66 次;20 世纪 80 年代,全球气温回升,冷空气活动减少,青海大部分地区沙尘暴天气过程开始减少,门源和贵南分别发生了 18、42 次;20 世纪 90 年代及本世纪整体波动式缓慢减少,这与上述年代对比分析的结果一致。对春季沙尘暴次数进行谱分析发现,存在 3~4 a 的周期,与文献[6]得到的宁夏地区沙尘暴周期一致,3~4 a 是大气环流中经常出现的一个周期,说明青海高原个别站虽然受局地环境影响,但沙尘暴的整体周期变化不是单独或局地的,而是有大尺度的环流背景。为了检验突变的存在,对春季沙尘暴次数作 Cramer 分析,子序列长度取为 12 a,发现春季沙尘暴 1981 年发生了突变(图略),1981 年统计值 3.36 超过临界值 3.06,通过 0.01 信度检

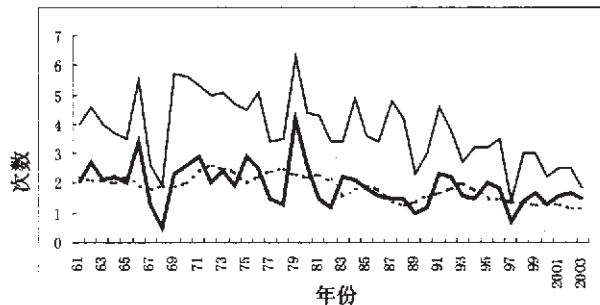


图 3 青海春季沙尘暴平均(粗实线)、全年沙尘暴平均(细实线)及春季沙尘暴平均的九点二项式平滑滤波(虚线)变化曲线

Fig.3 The average of sandstorm in spring (thick solid line), in a year(thin solid line) and the variation of moving average of sandstorm in spring(dashed line)

验。基本接近文献[6]中分析的宁夏春季沙尘暴的突变(1984)年。突变原因可能与 20 世纪 80 年代全球气温回升有关,分析代表站门源、刚察、贵南的累计距平变化(图略),曲线变化的形态直观、清晰地展示出各代表站在 20 世纪 80 年代初经历了一次显著的波动。

5 沙尘暴与前期、同期 500 hPa 高度场的相关分析

为了进一步了解沙尘暴天气的成因,我们对青海春季沙尘暴与前期 12~2 月及同期 3~5 月北半球 500 hPa 高度场作了相关分析。

通过分析发现,前期 12 月 500 hPa 高度场西伯利亚地区为负相关控制,此负相关区在 1 月份加强,2 月份负相关区显著(相关系数临界值为 0.3,通过 0.05 信度检验)并扩大、南压。乌拉尔山一带和北美地区 1 月份出现正相关显著区,2 月份继续加强。在 3~5 月 500 hPa 高度场相关图(图 4a)上,负相关

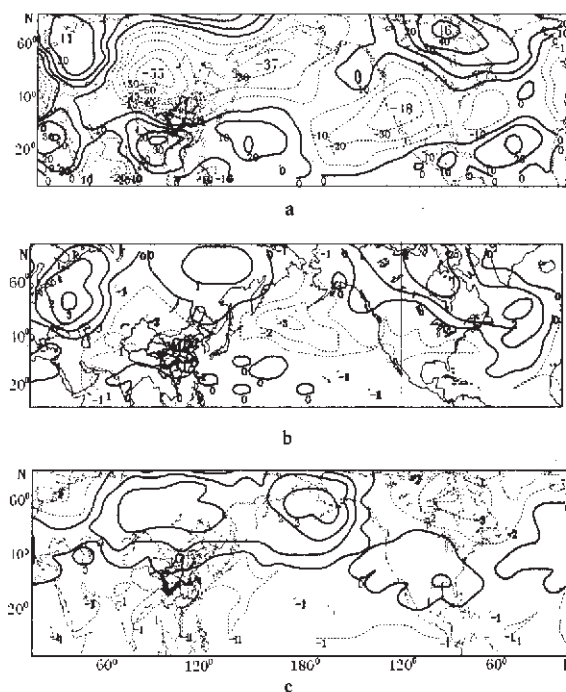


图 4 青海春季沙尘暴与 3~5 月 500 hPa 高度场相关图(相关系数扩大 100 倍)(a)、春季沙尘暴偏多年(b)及偏少年 3~5 月 500 hPa 高度场合成图(c)

Fig.4 The correlation of 500 hPa height field in the months of 3~5 and sandstorm in spring(a), Note: the correlation coefficient enlarged 100 times; the composite graph of 500 hPa height field in the months of 3~5 of the abundant(b)/rare(c) year of sandstorm in spring.

显著区南移并扩大到蒙古高原和东亚一带,中心最大值分别为-0.55、-0.37。乌拉尔山一带和北美的正相关显著区范围扩大,中心达到 0.41 和 0.46。说明蒙古高原至东亚一带低槽加深(减弱),乌拉尔山和北美高压脊加强(减弱),使中高纬度环流经向度加强(减弱),蒙古高原低槽中的冷空气容易(不易)侵袭南下,高原上冷空气活动频繁(减少),青海地区的沙尘暴天气多(少)。这种沙尘暴的天气形势与宁夏^[6]、甘肃^[2,7]沙尘暴天气形势一致。另外,选取青海春季沙尘暴平均次数较大值年份(1966、1970、1971、1973、1975、1979、1991、1995 年)和较小值年份(1961、1968、1978、1982、1989、1997、2000 年),作 500 hPa 高度距平场的合成分析图(图 4b、4c)。发现在沙尘暴平均次数较大值年份,蒙古高原至东亚有明显的负距平中心与负相关显著区相对应,乌拉尔山一带和北美有明显的正距平中心与正相关显著区相对应。这种相关的分布和极值年 500 hPa 高度距平场的合成分析图表明,同期 3~5 月乌拉尔山一带和北美高压脊加强,蒙古高原低槽加深,高原上冷空气活动频繁,青海沙尘暴天气多,反之亦然。

6 沙尘暴与印度洋海温的关系

下垫面加热场对大气系统的影响是众所周知的,加热场的异常必然导致环流系统的异常。为了探讨印度洋海温与青海沙尘暴之间的关系,选取印度洋(7.5°~42.5°S, 22.5°~117.5°E)范围内 189 个格点 1961~2002 年逐月的海温资料,对前一年 3 月至同年 3~5 月的逐月印度洋海温距平作相关普查,发现青海春季沙尘暴与前期 3~7 月印度洋海温有较好的负相关,而且从春季到夏季相关区域具有很好的持续性,相关显著区(相关系数临界值为 0.3,通过 0.05 信度检验)均在赤道印度洋附近,相关系数 5 月份达到最大,中心最大值为-0.48,位于南赤道印度洋(图 5)。对比分析春季沙尘暴较大值年份和较小值年份(年份同上)前期 3~5、6~8 月印度洋海温距平合成图(图略),发现青海春季沙尘暴多(少)年份,前期 3~5、6~8 月印度洋中北部海温基本为负(正)距平,而且距平中心与高相关中心相对应。秦宁生^[8]、俞亚勋^[9]等通过统计方法、数值实验研究了印度洋海温对西北区夏秋季、青海高原冬春季降水的影响,指出印度洋海温异常可通过季风气流的强弱影响后期大气环流,进而造成西北地区的秋冬季降水异常。5 月份南半球正值秋末冬初,大气环流季节转换明

显,此时异常的海气热容量对后期大气环流将产生深刻的影响。因此,南半球秋冬季,印度洋中北部海温长时间偏低(高),一方面造成南半球马斯克林高压减弱(加强),另一方面抑制(增强)了赤道季风槽中的对流活动,使马斯克林高压和季风槽之间形成的南北气压梯度减小(加大),南印度洋越赤道偏南气流减弱(加强),后期西风带偏南(偏北),冷空气活动频繁(减少),青海沙尘暴多(少)。

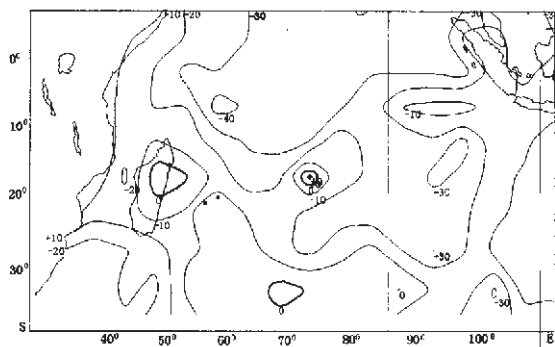


图 5 青海春季沙尘暴与前期 5 月印度洋海温相关图
(相关系数扩大 100 倍)

Fig.5 The correlation of spring sandstorm and sea temperature of India Ocean in previous period of May
(the correlation coefficient enlarged 100 times)

7 结 论

(1) 青海春季沙尘暴时空变化特征与西北地区沙尘暴时空变化有一致性,又有高原的独特性。

(2) 北半球 500 hPa 春季高度场乌拉尔山高压脊强,蒙古低槽强,冷空气活动频繁,青海春季沙尘暴天气多;乌拉尔山高压脊弱,蒙古低槽弱,冷空气活动减少,青海春季沙尘暴天气少。

(3) 前期 3~5、6~8 月中北印度洋海温偏高(低),青海春季沙尘暴天气少(多)。

参考文献:

- [1] 周自江,王锡稳,牛若芸.近 47 年中国沙尘暴和扬沙天气[A]. 沙尘暴监测预警服务研究[M]. 北京:气象出版社, 2002. 12-19.
- [2] 俞亚勋,赵建华. 甘肃省春季沙尘暴强弱年份大气研究特征对比分析[J]. 干旱气象,2003,21(3):48-57.
- [3] 刘景涛,郑明倩. 沙尘暴监测预警服务研究[M]. 北京:气象出版社,2002. 127-133.
- [4] “西北干旱地区沙尘暴预警服务系统研究”课题组.我国西北地区沙尘暴分析[A].沙尘暴监测预警服务研究[M]. 北京:气象出版社,2002. 134-151.
- [5] 李锡福. 青海省沙尘暴天气气候特征及成因分析[A]. 沙尘暴监测预警服务研究[M].北京:气象出版社,2002. 227-232.

- [6] 杨建玲,何金海,赵光平. 宁夏春季沙尘暴与北极海冰之间的遥相关关系[J]. 南京气象学报,2003,26(3):296-306.
- [7] 张存杰,汤绪,李耀辉. 河西走廊沙尘暴特征及气候成因分析[J]. 干旱气象,2003,21(4):18-22.
- [8] 秦宁生,卫捷,吴永森. 印度洋海温与西北汛期旱涝气候预测研究[A]. 中国西北干旱气候研究覆盖[M]. 北京:气象出版社,1997. 283-289.
- [9] 俞亚勋,孙国武,冯建英. 印度洋海温和北极海冰异常对中国西北地区夏季降水影响的数值实验[A]. 中国西北干旱气候研究覆盖[M].北京:气象出版社,1997. 195-201.

Analysis of Sandstorm Characteristics in Spring and Abnormal Weather Condition in Qinghai Province

LIU Qing-chun¹, QIN Ning-sheng¹, ZHANG Ji-nong¹, ZHAO Yong-ye¹, MA Xiao-ping²

(1.Qinghai Provincial Meteorological Bureau, Xining 810001, China; 2. Xining Meteorological Bureau, Xining 810001, China)

Abstract: The spatial and temporal evolution characteristics of spring sandstorm in Qinghai province and the impact of abnormal circulation and sea temperature on sandstorm weather are analyzed. The results show that high frequency occurring sandstorm is in Chaidamu basin, northwest of Qinghai Lake and south of Qinghai province. From 1960s to the beginning of this century, the sandstorm weather has been generally decreasing, in 1960s sandstorm occurring in north of Qinghai province was much more than that in south, in 1970s it began to decrease in north and increase in south, and in 1980s it began to decrease generally, after 1990s, it presented a decreasing tendency with fluctuation, moreover, at the beginning of 1980s, a significant fluctuation from high to low frequency occurred in the most part of Qinghai province. The sandstorm weather in Qinghai province has a close relationship with 500 hPa height field in March -May and in previous period of December to February, especially in March-May, as the anticyclone ridge is getting increasing/decreasing and the Mongolia low trough is getting deepening/decreasing, cold air activity is getting more/less and sandstorm weather in spring occurs more/less. And this kind of temporal changing tendency of sandstorm and abnormal weather situation are consistent with that in northern China. The sandstorm in spring in Qinghai province is closely connected with sea temperature of India Ocean, when the sea temperature in north of India Ocean has been ascending/descending in previous period of March to August, the sandstorm weather in spring is getting less/more.

Key words: sandstorm; decadal variation; weather condition