

# 青海省沙尘暴天气气候特征及成因分析

李锡福

(青海省气象局, 西宁 810001)

**摘 要** 本文对 1961~1999 年青海省沙尘暴的空间、时间分布及 20 世纪 90 年代以来影响青海省的两次大范围沙尘暴天气的天气形势背景进行了分析,在此基础上就沙尘暴天气的成因做了分析。

**关键词** 沙尘暴 特征 成因

## 引 言

沙尘暴天气是一种常见的灾害性天气现象,青海省是多发区之一,每年都有沙尘暴天气出现,只是强度、范围有差异。青海省的沙尘暴天气研究是从 20 世纪 80 年代初开始的<sup>[1,2]</sup>,梁风荣的研究发现<sup>[3]</sup>:青藏高原有四个沙尘暴的高发区,其中青海省的贵南、格尔木是两大高发区;柴达木盆地的沙尘暴主要出现在春、夏季,其他地区出现在冬、春季;高原北部 80 年代沙尘暴趋于减少。2000 年春季我国北方发生了大范围、大强度的沙尘暴天气,大风夹带着沙尘从西向东掠过,让华北、西北甚至华中地区的人们领略到了风沙带来的危害。2000 年 3 月下旬至 4 月,大风、扬沙和沙尘暴天气也频繁光顾青海高原,3 月 22~23 日,4 月 12~13 日、18~19 日、22~23 日先后共出现 4 次。其中 4 月 12~13 日的扬沙、沙尘暴天气范围广,影响最为严重,并造成了较大损失。2000 年春季出现的波及将近 1/3 国土面积的沙尘暴天气一时引起了新闻媒体和国人的普遍关注。本文用 1961~1999 年的资料就青海省的沙尘暴分布、发生的天气形势背景及成因进行分析。

## 1 青海省沙尘暴的时空分布特征

### 1.1 沙尘暴日数的空间分布特征

青海省沙尘暴日数的空间分布是西多东少,有三个相对大值区,见图 1。一个大值中心在柴达木盆地西部、小唐古拉山一带,格尔木、伍道梁、沱沱河年平均日数在 13d 左右;其次是青海湖北部的刚察,年平均日数为 14.3d;另外一个在海南的贵南,年平均日数为 9.8d,这与文献<sup>[3]</sup>的分析结果基本一致,只是年平均日数均有所下降。从不同时间段的资料看,茫崖都是沙尘暴日数的高值区,年平均日数在 10d 左右,由于迁站次数较多,资料不连续,故图中未列数据,因而从图 1 中无法看出这一特征。年平均沙尘暴日数分布的形势与青海省的海拔高度西高东低的特征基本吻合。

沙尘暴的多少与平均风速大小、地形地貌和下垫面状况关系密切。如沱沱河,海拔高,年平均风速大,大风日数多,因而沙尘暴也多;格尔木、贵南除与风速有关外,主要与周围下垫面植被稀少、荒漠化严重有关。

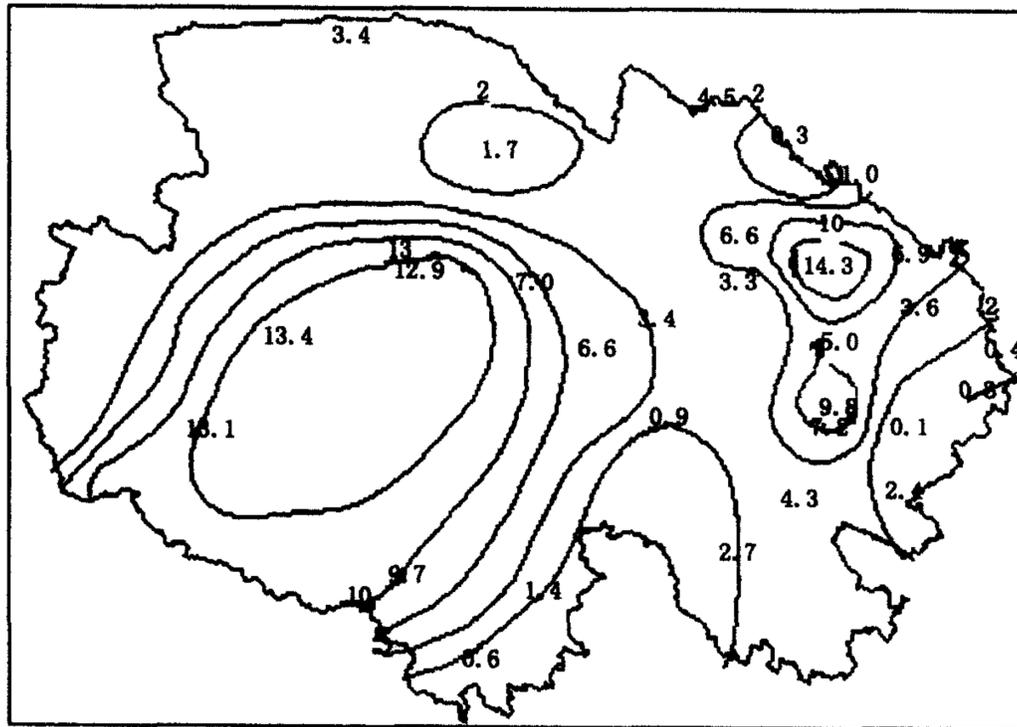


图1 1961~1999年青海省年沙尘暴日数的空间分布

## 1.2 沙尘暴日数的时间分布特征

### 1.2.1 沙尘暴日数的年变化

分析发现青海省柴达木盆地的沙尘暴主要出现在春、夏季,其他地区都出现在冬、春季,也就是说春季是沙尘暴天气的频发期。即年变化主要为春多夏少型(如贵南、门源等地)和春多秋少型(柴达木盆地等),这是因为春季正值季节转换期,冷暖空气交换频繁,大风日数多,土壤解冻后,表土层疏松,容易发生沙尘暴天气。沙尘暴天气的年变化曲线如图2。从图中可以看出地

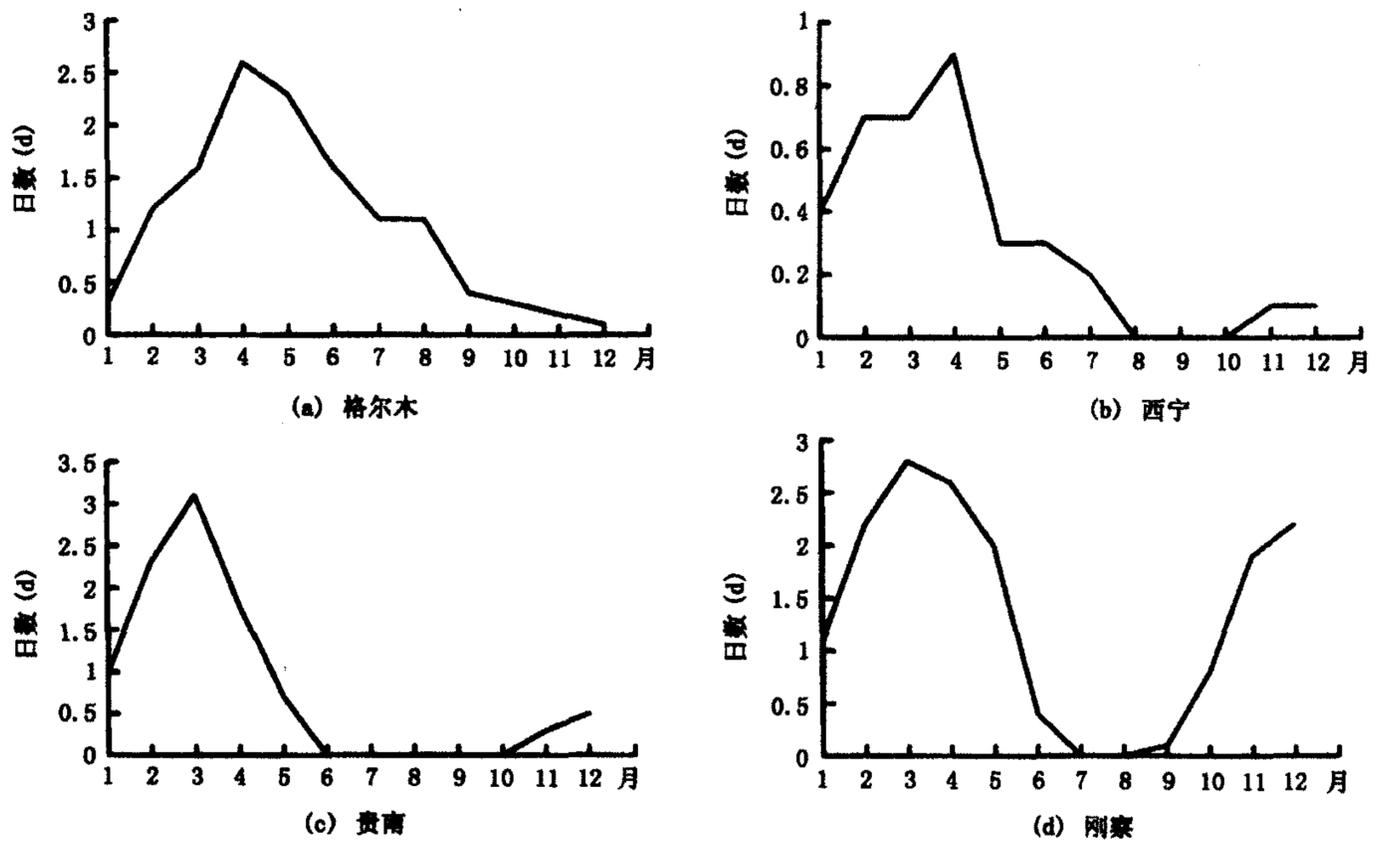


图2 沙尘暴日数年变化图

理地貌、降水多寡对沙尘暴日数的年变化也至关重要。如柴达木盆地及小唐古拉山为荒漠或戈壁滩,不论是年降水量还是春季降水量都是全省最少的地区,因此沙尘暴全年都出现,尤其是春、夏最多,如格尔木的年变化曲线所示。其余地区沙尘暴多出现在冬、春季,这是与这些地区冬、春季风速大,而夏季降水相对较多,植被相对较好有关。但是在海北的刚察和海南的贵南又出现两个沙尘暴年变化的相对大值中心,主要有两方面的原因,一是这两个地区海拔相对较高,均在 3200m 以上,二是该地区有丰富的沙源,刚察地处青海湖北岸,周围有大片的农场,土地沙化十分严重,而贵南县西北至东北方圆 20~30km 为固定和半固定沙丘,30~90km 的区域是塔拉滩(台阶地)和贵南牧场,塔拉滩原是优良牧场,现沙化严重;贵南牧场是青海的油料生产基地,秋收翻茬后,表土疏散,这种情况对沙尘暴天气的发生提供了有利的条件。

### 1.2.2 沙尘暴日数的年际变化

分析全省 26 个气象台站 1961~1999 年沙尘暴发生站次的演变情况,结果表明:60、70、80 和 90 年代的平均站次分别为 138、170、156 和 113 站次,可见自 70 年代以来青海省沙尘暴呈现减少的趋势<sup>[4]</sup>。通过对青海省 37 个气象站 49 年的资料分析发现,近 20 年来除了个别站沙尘暴天气的年际变化呈上升趋势外,大部分地区呈下降趋势。呈上升趋势的有冷湖、托勒、河南、茶卡、刚察,代表站是刚察,如图 3(a),呈下降趋势的代表站是贵南、西宁等。

究其原因我们从大风、降水等方面进行了分析。

从 49 年的大风日数资料分析看,刚察、贵南从 20 世纪 80 年代开始呈下降趋势,贵南的下降趋势比刚察明显,西宁从 20 世纪 60 年代末开始呈明显的下降趋势,80 年代开始大风日数明显减少。

根据周陆生等人的研究,1961~1999 年青海省 50 多个台站加权平均后的风速是减小的,四季及年平均风速均呈减小趋势,其中冬、秋两季和年平均风速随年代减小最为明显,相关系数为 -0.97、-0.437 和 -0.355,分别超过信度 0.01 和 0.05 的置信水平。风速减小也是沙尘暴日数减少的原因之一。

研究事实证明:青海省春季降水量除柴达木盆地从 90 年代处在减少趋势外,其余地区均不同程度的增长之中<sup>[5]</sup>。这与近 20 年来除了个别站沙尘暴天气的年际变化呈上升趋势外,大部分地区呈下降趋势是一致的。

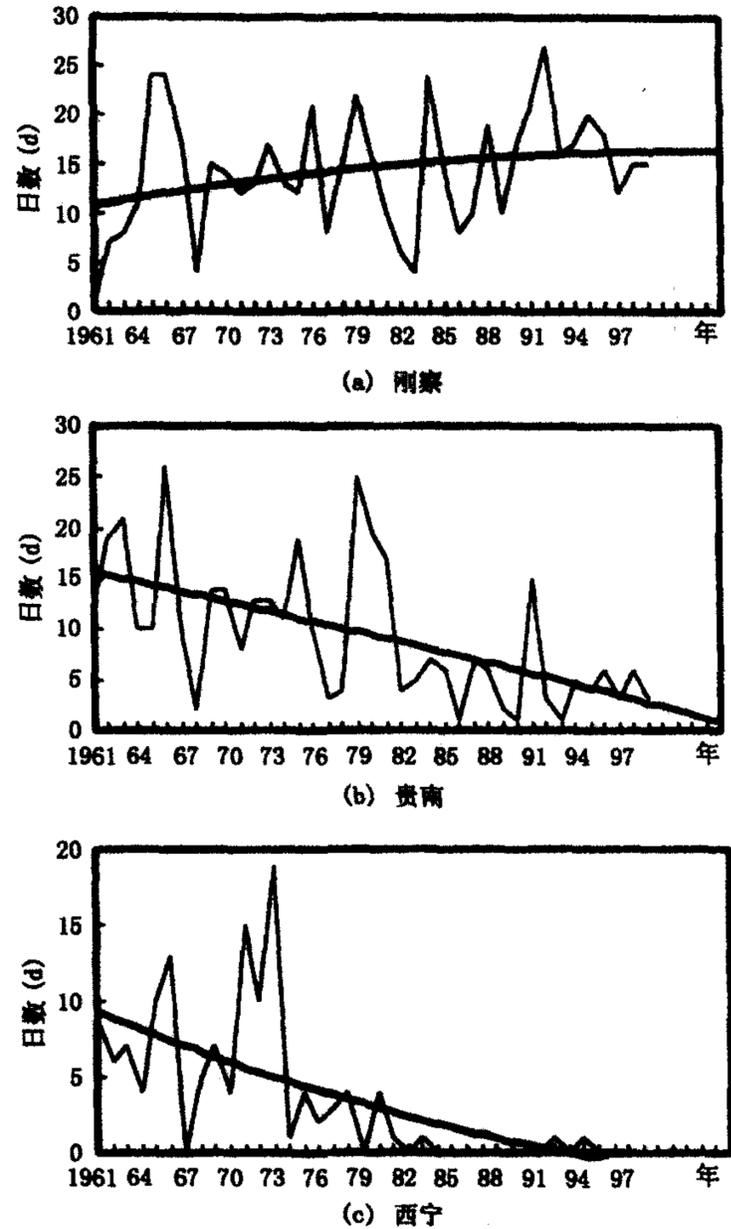


图 3 1961~1999 年沙尘暴日数年际变化曲线图  
(粗实线为二阶趋势线)

由此可见,近 20 年来,大部分地区沙尘暴天气的年际变化呈下降趋势与气候的变化有密切关系,另外与环境的变化也很有关系,例如刚察,虽然大风和降水的变化都有利于沙尘暴天气的减少,但资料显示沙尘暴天气是增加的,这与青海湖环湖地区的土地沙化不无关系。

## 2 青海省两次强沙尘暴的天气形势背景分析

从文献[6]和有关资料查阅可知,青海省近 20 年来发生了两次大范围的强沙尘暴天气,分别是 1992 年 4 月 28 日和 2000 年 4 月 12~13 日。现就这两次沙尘暴的天气形势背景进行分析。

### 2.1 两次强沙尘暴的天气实况

1992 年 4 月 28 日,青海省出现了一次罕见的横跨全省的沙尘暴天气。这次沙尘暴天气过程在全省 54 个气象台站中,有 28 个站出现了沙尘暴,出现大风的有 41 个站,海西东部、海南、黄南、海东 90% 的测站出现了沙尘暴,沙尘暴出现前、后有些地方还有飑线和阵雨。

2000 年 4 月 12~13 日,青海省出现的沙尘暴天气范围广、强度大、持续时间长,造成的损失惨重,仅茫崖地区由于大风、沙尘暴造成油田停工、停电经济损失约 130 万元,据估计全省直接经济损失 450 多万元。此次沙尘暴天气过程全省 54 个台站中有 30 多个台站出现了大风,有 16 个站出现了沙尘暴,海西、格尔木、海北、海南 24 站中 67% 的台站被沙尘暴光顾,海东、西宁 10 个测站有 6 个站出现扬沙天气,3 站出现了大风。位于柴达木盆地西端、阿尔金山口附近的茫崖镇从 12 日 10 时 30 分左右开始相继出现大风和沙尘暴天气,大风持续 14h30min,沙尘暴天气从 11 时 05 分开始到 20 时 16 分结束持续了 9h11min,风速大于 30m/s 的沙尘暴持续了 4 个多小时,最大风速达 35m/s,创该站历史极值,最小能见度不到 1m。

### 2.2 两次强沙尘暴天气的形势场特征

#### 2.2.1 沙尘暴天气的高空形势场特征

1992 年 4 月 28 日沙尘暴天气的高空形势场是:4 月 25 日 08 时 500hPa 高空图上,23~28 区有一横槽,新疆至青海省上空受暖高压脊控制,26 日 08 时横槽南压到 28~29 区,新疆东部开始出现较强的负变高区,27 日 08 时,29 区的横槽转向。28 日 29~36 区的冷低压槽分裂小槽不断沿新疆脊前的西北气流下滑影响青海高原北部,28 日 20 时高原大部分地区是偏北风,新疆到青海北部都是大于 20m/s 的急流区且大部分地区  $T - T_a > 10^\circ\text{C}$ ,由此可见空气干燥。

2000 年 4 月 12~13 日的沙尘暴天气的高空形势场是:4 月 10 日 08 时 500hPa 高空图上,乌拉尔山一带有弱高压脊建立,29~36 区有冷槽发展,蒙古高原为暖高压脊,青海高原上空为弱的西风或西北风,高空温度较前日有所回升,幅度在  $2^\circ\text{C}$  左右,11 日 08 时 29~36 区的槽东移南压到蒙古高原至巴尔喀什湖一带,呈东北-西南向的横槽,乌山脊继续发展。12 日 08 时横槽迅速南压过了天山,并伴有  $-28^\circ\text{C}$  的冷中心,等高线与等温线交角很大,形成了很强的斜压性,同时,高原上空再次升温,  $\Delta T_{24}$  达  $3\sim 6^\circ\text{C}$ ,13 日 08 时,横槽已转竖移到高原北部上空,并有一  $-24^\circ\text{C}$  的冷中心配合,  $\Delta T_{24}$  达  $-4\sim -9^\circ\text{C}$ ,13 日 20 时冷槽逐渐移出青海高原,高空为暖高压脊控制,过程结束。

#### 2.2.2 沙尘暴天气的地面形势场特征

1992 年 4 月 28 日的沙尘暴天气地面形势场演变主要是冷空气进入北疆后堆积,东段的冷空气翻越天山到达阿尔金山和祁连山一带,西段的冷空气经帕米尔高原灌入南疆盆地并加强,28 日冷空气从阿尔金山口进入柴达木盆地并迅速东移影响青海的海北、海南、海东等地,造成大范围的沙尘暴天气。

2000年4月10日08时地面天气图上,在28~35区有冷高压发展,11日08时,冷高压加强并东移南压,锋面到达蒙古高原及天山西段,11日20时继续东移南压到达天山,12日08时冷空气主力仍在天山一带堆积加强,14时冷空气迅速灌入南疆至祁连山一带,海西西部的冷湖、小灶火、沱沱河、五道梁等地出现了大风、沙尘暴,从11时05分开始,茫崖已是飞沙漫天,出现了沙尘暴天气现象,17时冷空气继续在河西至南疆盆地堆积加强, $\Delta P_3$ 达6.3hPa,20时冷空气突破阿尔金山口到达柴达木盆地,盆地内9个站中8个站大风、沙尘暴肆虐。冷空气快速东移,于当晚至次日凌晨袭击了海北、海南,并造成海东地区大面积扬沙、浮尘天气,13日08时,柴达木盆地的冷空气和河西走廊的冷空气逐渐合并,20时缓慢移出青海省。

### 2.2.3 沙尘暴天气的形势场背景特征

两次沙尘暴天气的形势场有如下特征:

高空形势场特征是沙尘暴天气发生前29~36区有横槽发展,高原上空有升温现象且湿度比较小。

地面形势场特征是前期有很强的冷空气在天山及南疆一带堆积并加强,冷空气从阿尔金山口到达柴达木盆地, $\Delta P_3$ 中心达4.0hPa以上,地面有明显的升温,14时 $\Delta T_{24}$ 达4~6℃以上或连续2~3d升温。

## 3 沙尘暴天气的成因分析

强风、沙源及热力不稳定是沙尘暴天气发生的三大要素。

青海省地处高原,海拔高,春季正值季节转换之时,冷暖空气频繁交汇,加上盆地、河谷及高海拔的特殊地形,大风频繁是春季的重要气候特点,强风这一要素是容易满足的。

沙尘源条件在青海省来说也是满足的。因为沙漠化土地占青海省国土面积的1/3,格尔木地区及柴达木盆地边缘有大片的固定和半固定沙丘或戈壁滩,东部农业区秋收后翻茬,土壤变得疏散,为来年春季解冻后沙尘暴天气的发生提供了条件。

只满足上述两个条件还不行,热力不稳定也至关重要。根据对两次强沙尘暴天气地面和高空的要素分析,沙尘暴发生前存在气层不稳定(见表1~3)。从地面来看,在沙尘暴到来之前,即冷锋过境前气温或地温迅速升高,气压下降,如1992年4月28日西宁气温12~15时上升6.3℃,又如2000年4月12日西宁14时气温从10日14时上升了9℃,地温上升17.9℃,气压下降了9.1hPa,冷锋过境后气温连续下降,气压上升,风速猛增,沙尘暴出现。从高空看,在沙尘暴出现前一天08时200hPa层有降温,其余各层次温度特别是700~500hPa上有明显的升高,达3~6℃,沙尘暴出现当天08时,高空有明显的降温,可见从地面到高空气层存在着明显的不稳定性。

表1 1992年4月28日西宁、刚察地面要素变化表

时间 1992年4月	西宁		刚察		
	气温(℃)	1h 变压(hPa)	气温(℃)	1h 变压(hPa)	风速(m/s)
28日12时	15.2	-0.3	9.4	-0.1	6.7
28日13时	17.4	-1.6	6.8	1.2	17.0
28日14时	20.2	-1.0	6.6	0.1	9.7
28日15时	21.5	0.9	7.8	0.3	16.0
28日16时	18.9	-0.1	8.4	-1.3	10.7
28日17时	19.6	1.0	11.2	-0.1	16.0
28日18时	18.2	0.0	10.4	0.5	16.0
28日19时	16.2	1.1	9.1	-0.4	10.7

表2 2000年4月10~13日14时西宁、刚察地面要素变化表

时间 2000年4月	西宁			刚察		
	气温(°C)	地面温度(°C)	气压(hPa)	气温(°C)	地面温度(°C)	气压(hPa)
10日14时	9.4	29.8	771.6	3.0	25.2	681.1
11日14时	14.9	43.4	758.8	7.0	40.1	679.5
12日14时	18.4	47.7	762.5	9.3	38.1	675.4
13日14时	7.2	27.3	770.0	-3.5	8.7	679.5

表3 2000年4月11~14日08时西宁、格尔木高空要素变化表

站名	时间	$\Delta T_{24}$					
		700hPa	600hPa	500hPa	400hPa	300hPa	200hPa
西宁	2000年4月						
	11日08时	5.0	-0.8	3.5	-4.6	-5.1	8.8
	12日08时	2.7	6.0	6.2	2.9	0.9	-5.1
	13日08时	-2.3	-6.3	-7.8	-1.8	-0.9	6.0
	14日08时	-7.5	-2.9	-0.8	-6.2	-1.3	2.4
格尔木	11日08时	3.3	1.2	-0.5	-1.7	-2.1	1.2
	12日08时	3.3	5.6	3.1	2.1	0.8	-1.2
	13日08时	-11.9	-11.7	-7.9	-4.6	-1.9	7.2
	14日08时	3.4	5.8	4.3	0.9	2.0	-

#### 4 小结

(1) 青海省沙尘暴日数的空间分布是西多东少,一个大值中心分布在柴达木盆地西部、小唐古拉山一带;其次是青海湖北部的刚察和海南的贵南有零星的相对大值区。

(2) 青海省春季是沙尘暴的频发期,年变化主要为春多夏少型和春多秋少型。

(3) 近20年来除了个别站沙尘暴天气的年际变化呈上升趋势外,大部分地区呈下降趋势。

(4) 沙尘暴日数的年际变化与气候的变化有密切关系,另外与环境的变化也很有关系。

(5) 沙尘暴天气的形势场有如下特征:沙尘暴天气发生前2~3d从高空到地面有冷槽和很强的冷空气在上游配合并发展,高原上空有连续升温现象且湿度比较小。冷空气以南疆到柴达木盆地的西路路径为主。

(6) 沙尘暴出现当天,从地面到高空气层存在明显的不稳定性。

#### 参 考 文 献

- [1] 上官鸿模,1983年4月青海省风灾分析和预报,青海气象,1984,(1):28~32
- [2] 党积明、王国桢,柴达木盆地的风沙及其防治初探,青海气象,1986,(4):34~36
- [3] 梁风荣,青藏高原沙尘暴天气的气候分析,中国沙尘暴研究,气象出版社,1997
- [4] 周陆生,气候变化及发展趋势(待发表)
- [5] 李锡福、唐红玉,青海省春季降水变化特征研究,青海气象,2000,(4):10~14
- [6] 钱正安、贺慧霞等,我国西北地区沙尘暴的分级标准和个例谱及其统计特征,中国沙尘暴研究,气象出版社,1997