

宁夏雾日和霾日的变化趋势分析

张智,陈玉华,周红

(宁夏气象防灾减灾重点实验室,宁夏 银川 750002)

摘要:利用1961~2012年宁夏22个气象台站逐日天气现象、能见度、相对湿度资料,采用气候倾向率、趋势系数、最大熵谱分析、突变分析等方法,分析了宁夏各区域雾日数和霾日数的空间分布及变化趋势。结果表明:宁夏雾日数、霾日数均呈南北多、中间少的空间特征,但雾日数南部最多,而霾日数北部最多。近52 a来,雾日数除南部山区呈不显著的减少趋势外,其他3个区域均呈增多趋势,而霾日数各区域均呈显著的增多趋势;另外,二者均有明显的阶段性演变特征,1961~1980年为明显偏少阶段,1981~2000年为波动变化阶段,2001年以后为明显偏多阶段;雾日数具有较明显的准7.5 a、4.3 a周期振荡,霾日数具有较明显的准4.6 a、3.0 a周期振荡;各区域雾日数与霾日数均未发生突变现象。

关键词:宁夏;雾日和霾日;趋势分析

文章编号:1006-7639(2013)-04-0714-06 doi:10.11755/j.issn.1006-7639(2013)-04-0714

中图分类号:P426.4

文献标识码:A

引言

按照气象观测规范的定义,雾(包括轻雾)和霾均是水平能见度 <10 km,对视程造成障碍的天气现象。然而,雾(轻雾)主要是由微小水滴组成,而霾主要由尘粒组成,空气湿度大有利于生成雾,空气湿度小有利于生成霾。雾(轻雾)和霾天气不仅影响交通运输,而且造成空气质量下降,危害人体健康。伴随着工业化和城镇化的快速发展,雾(轻雾)和霾天气逐渐成为当今城市最频发的灾害性天气现象,已引起了众多学者的极大关注。21世纪以来,我国对于大雾和霾天气的研究逐渐增多。王丽萍^[1]、刘小宁^[2]等分析了中国大雾的时空分布,分析指出我国多数地区大雾呈减少的趋势;陈瑞敏^[3]、侯瑞钦^[4]、崔庭^[5]等对典型大雾天气的环流形势、物理量场进行了分析;刘汉卫等^[6]采用中尺度模式WRF4.2对典型大雾天气过程进行了数值模拟分析;汪学军^[7]研究了山区大雾的形成机理;高歌^[8]、胡亚旦^[9]、吴兑^[10]等分析了中国霾天气的时空分布,指出中国霾天气在东部大部分地区呈增加趋势、西部和东北大部地区则以减少趋势为主;王业

宏^[11]、廖国莲^[12]、郑庆峰^[13]等分析了山东、广西、上海等地的霾天气分布特征,得出各地霾日均有增多的趋势。

近年来,伴随着宁夏工业化和城镇化的快速发展,人类活动排放出过多的污染物致使部分市县雾(轻雾)和霾天气现象逐渐增多。纳丽等^[14]研究表明宁夏大雾存在着明显的地域性差异;周翠芳等^[15]研究表明宁夏雾的发生频数呈逐渐增多趋势;杨宝玲等^[16]对宁夏一次典型大雾天气的环流特征进行了分析。但这些研究均未涉及到轻雾和霾天气。因此,本文开展宁夏雾(轻雾)、霾的变化趋势研究,旨在摸清宁夏雾(轻雾)日和霾日的变化规律,为当地交通运输、城市空气质量预测提供一定的科学参考。

1 资料与方法

选取宁夏22个气象台站1961~2012年逐日天气现象、能见度、相对湿度资料,采用气候倾向率、气候趋势系数、最大熵谱、Mann-Kendall分析等方法研究分析雾日和霾日的时空分布、气候趋势、周期和气候突变等特征。

由于地面气象记录月报表中记录的天气现象存

收稿日期:2013-03-06;改回日期:2013-08-22

基金项目:科技部公益性行业(气象)科研专项(GYHY201306027)资助

作者简介:张智(1967-),男,高级工程师,主要从事气候分析工作. E-mail:zz_tt@126.com

在无法真实反映雾、轻雾、霾天气的状况,因此本文将雾、轻雾合并统计简称雾,参考文献^[10-12]的方法,在排除降水、沙尘暴、扬沙、浮尘、烟幕、吹雪、雪暴等天气造成的视程障碍情况下,定义能见度 < 10 km,相对湿度 $< 90\%$ 的天气判定为一个霾日,而相对湿度 $\geq 90\%$ 的天气判定为一个雾日。另外,按地域特征将宁夏划分为全区、北部灌区、中部旱区、南部山区^[17]开展研究。

2 空间分布特征

从图 1a 宁夏 1961 ~ 2012 年平均雾日数分布图可见,宁夏年均雾日数的空间结构呈“偏鞍型”,表现为南北高、中间低的分布特征。其中,南部山区各地年均雾日数多在 10.0 d 以上,泾源最多,达 39.3 d;北部灌区各地雾日数多在 5.0 d 以上,银川最多,为 19.9 d;而中部旱区各地均不足 5.0 d。南部山区

地处宁夏六盘山区,又是暖湿空气进入宁夏的主要通道,水汽充足,南端的泾源又位于六盘山东南麓迎风坡,故南部山区年均雾日数明显比北部灌区和中部旱区的多;而北部灌区位于宁夏黄河灌区,水汽较充足,其中银川是宁夏最大的城市,故北部灌区雾日数比中部旱区多;中部旱区,由于降水少、蒸发大,水汽不足,很少出现雾天气。

图 1b 为 1961 ~ 2012 年宁夏年平均霾日数分布图。可以看出,宁夏年均霾日数的空间分布与雾日数的不同,呈北部多、南部次之,中部少的地理分布。北部灌区沿贺兰山一带年均霾日数多在 6.0 d 以上,其中银川最多为 19.2 d;中部旱区各地均不足 4.0 d;南部山区除固原为 7.1 d 外,其他各地均在 2.0 d 以下。这是因为北部灌区不仅是宁夏主要的人口聚集区,且沿贺兰山一线又是主要的工业和商业区,故北部灌区霾日数明显比中部旱区和南部山区多。

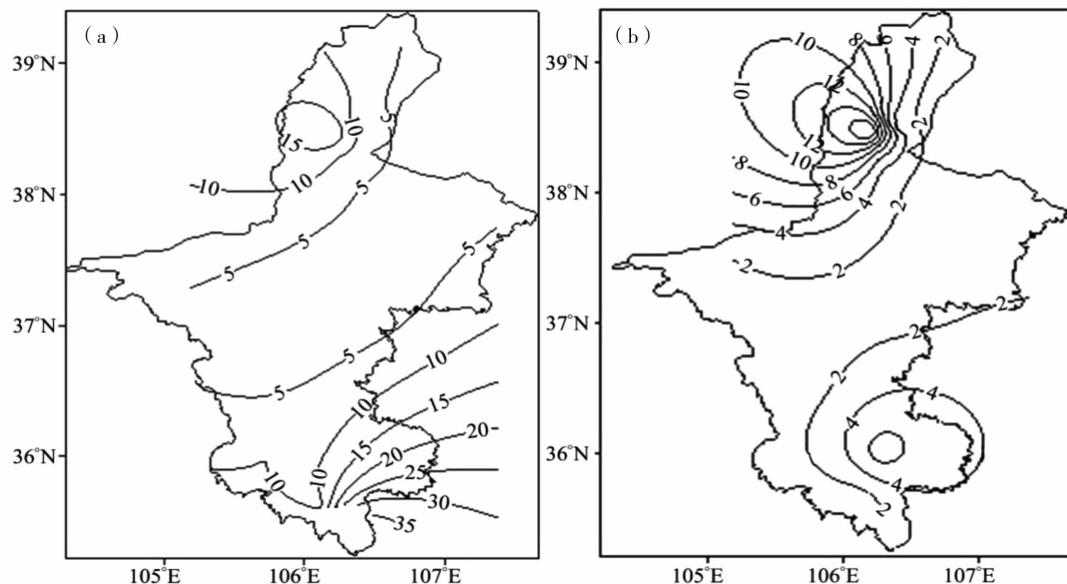


图 1 1961 ~ 2012 年宁夏年平均雾日数(a)和平均霾日数(b)分布图

Fig. 1 The spatial distribution of the annual mean fog days and haze days during 1961 - 2012 in Ningxia

3 时间变化特征

3.1 年际变化

3.1.1 雾日数变化

从宁夏雾日数逐年距平变化图 2a 中可以看到,近 52 a 来宁夏全区雾日数整体呈波动增多的趋势,气候倾向率为 0.9 d/10 a,气候趋势系数为 0.4489 ,通过 0.001 信度检验,增多趋势十分显著。从曲线变化上看,1961 ~ 1981 年为明显偏少阶段,此期间年平均雾日数为 7.1 d,偏少 1.5 d;1982 ~ 2000 年

为波动变化阶段,年均雾日数为 8.8 d,偏多 0.2 d;2001 年以后为明显偏多阶段,年均雾日数为 11.0 d,偏多 2.4 d。

北部灌区雾日数呈波动增多的趋势(图 2b),气候倾向率为 1.5 d/10 a,气候趋势系数为 0.5637 ,通过 0.001 信度检验,增多趋势十分显著。1961 ~ 1981 年为明显偏少阶段,年均雾日数为 5.4 d,偏少 2.5 d;1982 ~ 1999 年为波动变化阶段,年均雾日数为 8.5 d,偏多 0.6 d;2000 年以后为明显偏多阶段,年均雾日数为 11.2 d,偏多 3.3 d。

中部旱区雾日数呈波动缓慢增多的趋势(图 2c),气候倾向率为 $0.3 \text{ d}/10 \text{ a}$,气候趋势系数为 0.2467 ,未通过 0.05 信度检验,增多趋势不明显。1961~1979 年为波动变化阶段,年均雾日数为 3.3 d ,偏多 0.1 d ;1980~2000 年为偏少阶段,年平均雾日数为 2.2 d ,偏少 1.1 d ;2001 年以后为明显偏多阶段,年平均雾日数为 4.7 d ,偏多 1.5 d 。

南部山区雾日数呈波动缓慢减少的趋势(图 2d),气候倾向率为 $-0.1 \text{ d}/10 \text{ a}$,气候趋势系数为 -0.0199 ,未通过 0.10 信度检验,减少趋势不明显。1961~1965、1980~1994、2006~2012 年为偏多阶段,年均雾日数分别偏多 3.3 d 、 2.1 d 、 1.0 d ;1966~1979、1995~2005 年为偏少阶段,年均雾日数分别偏少 1.8 d 、 2.8 d 。

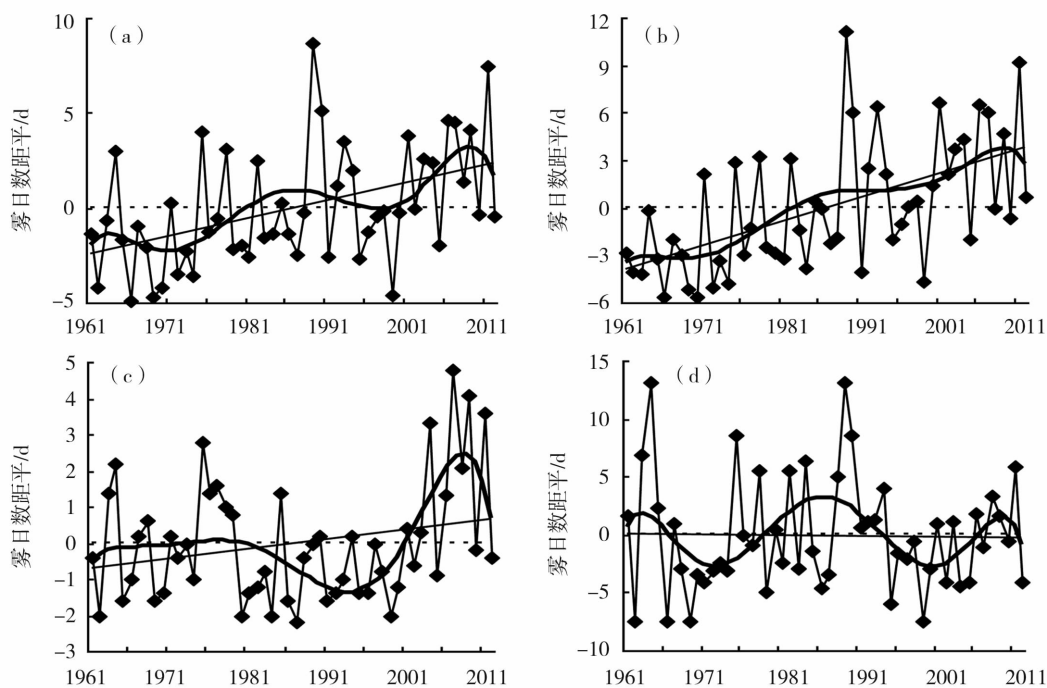


图2 宁夏雾日数逐年距平变化
(a)全区;(b)北部;(c)中部;(d)南部

Fig.2 The annual changes of fog days anomaly in different region of Ningxia
(a) all regions, (b) northern regions, (c) middle regions, (d) southern regions

3.1.2 霾日数变化

从宁夏霾日数逐年距平变化图 3a 中可以看到,宁夏全区霾日数呈波动增多趋势,气候倾向率为 $1.3 \text{ d}/10 \text{ a}$,气候趋势系数为 0.8429 ,通过 0.001 信度检验,增多趋势十分显著。1961~1980 年为偏少阶段,年均霾日数为 1.7 d ,偏少 1.9 d ;1981~1999 年为波动变化阶段,年均霾日数为 3.6 d ,与多年均值相同;2000 年以后为明显偏多阶段,年均霾日数为 6.5 d ,偏多 2.9 d 。

图 3b 中北部灌区霾日数的变化趋势与全区的相近,气候倾向率为 $1.8 \text{ d}/10 \text{ a}$,气候趋势系数为 0.8430 ,通过 0.001 信度检验,增多趋势十分显著。1961~1980 年为明显偏少阶段,年均霾日数为 2.1 d ,偏少 2.9 d ;1981~1999 年为波动变化阶段,年均霾日数为 5.4 d ,偏多 0.4 d ;2000 年以后为明显偏

多阶段,年均霾日数为 8.9 d ,偏多 3.9 d 。

中部旱区霾日数也呈波动增多的趋势(图 3c),但较北部灌区霾日数变化幅度小,气候倾向率为 $0.4 \text{ d}/10 \text{ a}$,气候趋势系数为 0.5998 ,通过 0.001 信度检验,增多趋势十分显著。1961~2002 年为明显偏少阶段,年均霾日数为 0.6 d ,偏少 0.5 d ;2003 年以后为明显偏多阶段,年均霾日数为 2.9 d ,偏多 1.9 d 。

南部山区霾日数(图 3d)与中部旱区的变化趋势相近,气候倾向率为 $0.9 \text{ d}/10 \text{ a}$,气候趋势系数为 0.6561 ,通过 0.001 信度检验,增多趋势十分显著。1961~1980 年为明显偏少阶段,年均霾日数为 2.1 d ,偏少 2.9 d ;1981~1999 年为波动变化阶段,年均霾日数为 5.4 d ,偏多 0.4 d ;2000 年以后为明显偏多阶段,年均霾日数为 8.9 d ,偏多 3.9 d 。

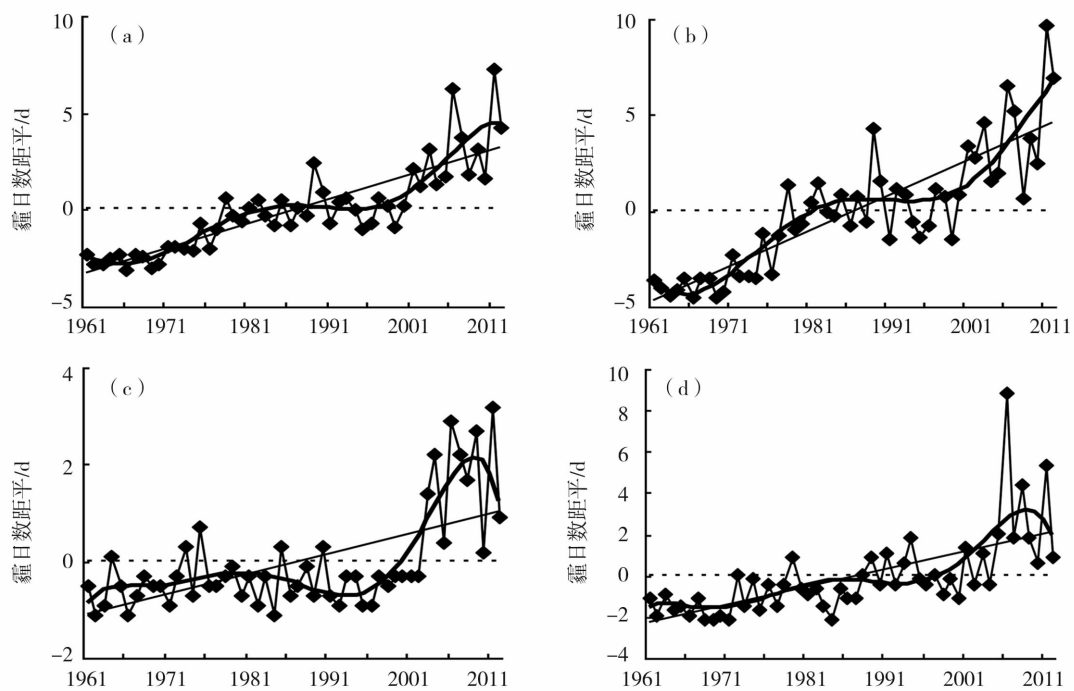


图3 宁夏霾日数逐年距平变化

(a)全区;(b)北部;(c)中部;(d)南部

Fig. 3 The annual changes of haze days anomaly in different regions of Ningxia

(a) all regions, (b) northern regions, (c) middle regions, (d) southern regions

总体来看,宁夏全区雾日数呈现显著的增多趋势,但不同区域雾日数变化趋势不同。北部灌区雾日数增多趋势十分显著;中部旱区呈缓慢增多趋势,而南部山区则呈缓慢减少的趋势,但增多、减少趋势不明显。全区及各区域霾日数增多趋势十分显著,其中北部灌区增加幅度最大,南部山区次之,中部旱区最小。

3.2 年代际变化

宁夏各区域雾日数与霾日数各年代的距平值(表1)显示,1960年代各区域雾日数与霾日数均为负距平,其中雾日数偏少0.4~3.6 d、霾日数偏少0.6~4.0 d,均是各年代最少的;1970年代雾日数除

中部旱区偏多0.4 d外,其他3区偏少0.4~1.4 d,而霾日数均为负距平,偏少0.3~1.8 d;1980年代雾日数与1970年代相反,除中部旱区偏少0.8 d外,其他3区域偏多0.7~2.4 d,而霾日数全区、北部灌区分别偏多0.2 d、0.8 d,中部旱区、南部山区分别偏少0.4 d、0.7 d;1990年代雾日数与1970年代变化相同,除中部旱区偏多0.1 d外,其他3区域偏少0.5~1.3 d,而霾日数南部山区偏多0.1 d,全区、中部旱区分别偏少0.1 d、0.5 d;2001年以后雾日数除南部山区偏少0.3 d外,其他3区域偏多1.5~3.4 d,而霾日数各区域均为正距平,偏多1.5~4.2 d,是各年代最多的。

表1 1961~2012年宁夏各区域雾日数与霾日数年代距平(单位:d)

Tab. 1 The decadal anomaly of fog days and haze days in different regions of Ningxia during 1961–2012 (Unit:d)

天气	区域	1961~1970	1971~1980	1981~1990	1991~2000	2001~2012
雾日数	全区	-2.2	-0.8	0.7	-0.5	2.3
	北部	-3.6	-1.4	0.8	0.1	3.4
	中部	-0.4	0.4	-0.8	-1.1	1.5
	南部	-0.4	-0.4	2.4	-1.3	-0.3
霾日数	全区	-2.6	-1.2	0.2	-0.1	3.1
	北部	-4.0	-1.8	0.8	0.0	4.2
	中部	-0.6	-0.3	-0.4	-0.5	1.5
	南部	-1.6	-0.7	-0.7	0.1	2.3

4 周期分析

为搞清宁夏雾日数与霾日数的周期特征,采用了最大熵谱方法提取宁夏各区域雾日数和霾日数序列的显著性周期。从宁夏各区域雾日数最大熵谱图中可以看到(图 4a~4d),全区、北部灌区、中部旱区均有 1 个较明显的振荡周期,分别为准 4.3 a、4.3 a、3.3

a,而南部山区具有准 2.0 a、2.7 a、4.3 a、7.5 a 周期振荡,其中 7.5 a 的周期振荡最显著。从宁夏各区域霾日数最大熵谱图中可以看到(图 4e~4h),全区霾日数具有准 3.5 a 周期振荡;北部灌区具有明显的准 4.6 a 的周期振荡;中部旱区具有明显的准 2.9 a 的周期振荡;南部山区具有准 3.0 a 的周期振荡。

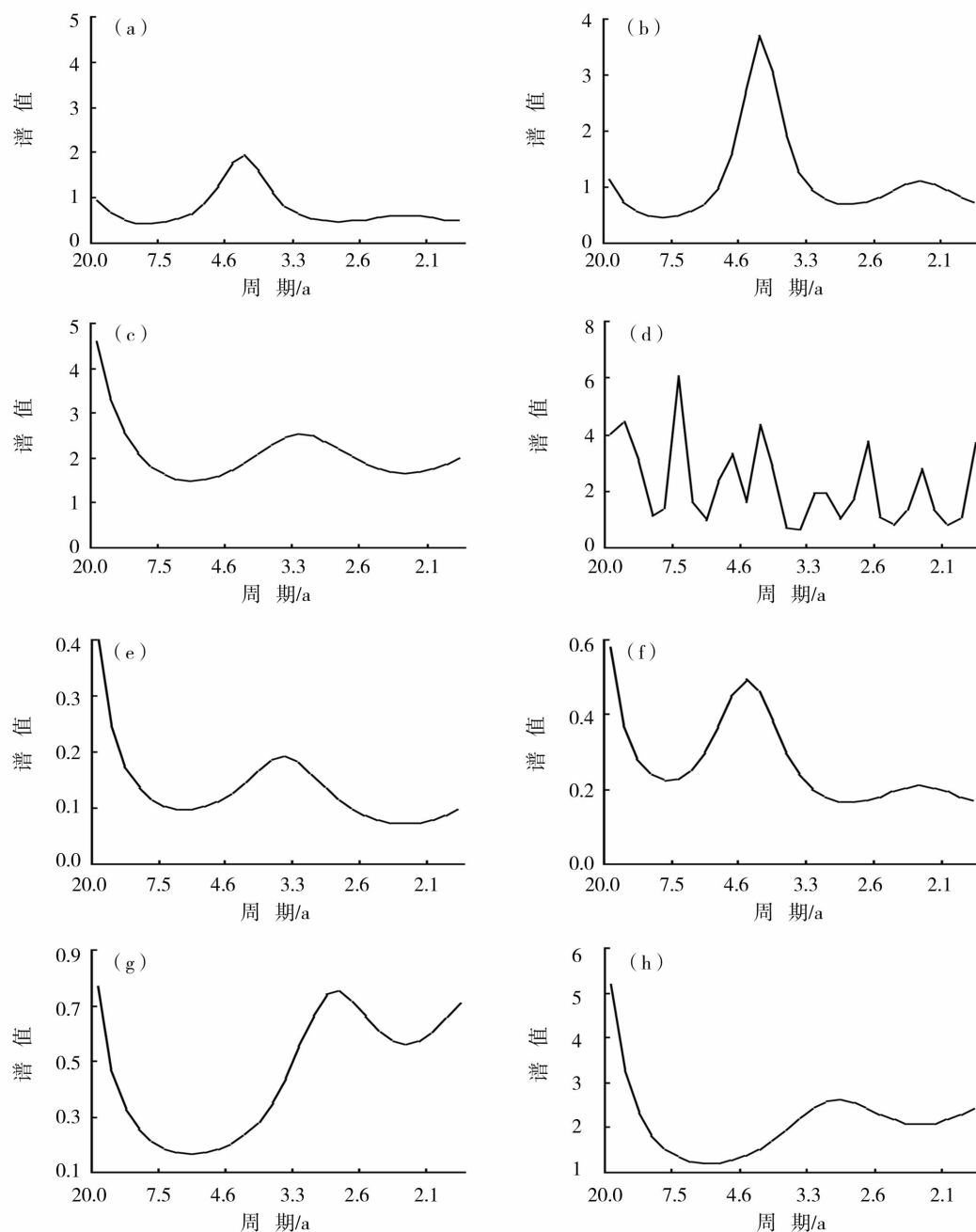


图4 宁夏各区域雾日数与霾日数最大熵谱分析

(a 全区雾日;b 北部灌区雾日;c 中部旱区雾日;d 南部山区雾日;
e 全区霾日;f 北部灌区霾日;g 中部旱区霾日;h 南部山区霾日)

Fig.4 The maximum entropy spectrum analysis of fog days and haze days in different regions of Ningxia
(a:fog days of all regions, b:fog days of northern region,c:fog days of middle region, d:fog days of southern region,
e:haze days of all regions, f:haze days of northern region, g:haze days of middle region, h:haze days of southern region)

5 突变分析

采用 Mann-Kendall 法对宁夏各区域雾日数与霾日数序列进行突变检测(图略),结果发现,各区域雾日数与霾日数均未发生突变现象。

6 结 论

(1)宁夏雾日数在空间上呈南北多、中间少的空间格局,且南部多于北部。这与宁夏大雾的区域性分布相近^[14-15]。近 52 a 来,全区和北部灌区雾日数呈现极显著的增多趋势,中部旱区呈缓慢增多、南部山区呈缓慢减少的趋势。

(2)宁夏霾日数的空间分布与雾的较相似,呈南北多、中间少的空间特征,但北部多于南部。全区及各区域霾日数总体呈显著增多趋势,其中增加幅度北部灌区最大,南部山区次之,中部旱区最小。这与文献^[10]中宁夏部分的结论基本相同。

(3)各区域雾日数 1960 年代均为负距平,1970 年代以后各区域雾日数呈波动变化;而各区域霾日数 1960、1970 年代均为负距平,1980、1990 年代呈波动变化,2001 年以后各区域均为正距平,这与文献^[9]分析结果相近。

(4)宁夏各区域雾日数自北向南具有较明显的准 4.3 a、3.3 a、7.5 a 的周期振荡,其中南部山区 7.5 a 的周期振荡最显著,而全区具有准 4.3 a 的周期振荡。各区域霾日数自北向南具有准 4.6 a、2.9 a、3.0 a 的周期振荡,其中北部灌区 4.6 a 的周期振荡最显著,而全区具有准 3.5 a 的周期振荡。

(5)宁夏各区域雾日数与霾日数均未发生突变现象。

参考文献:

- [1] 王丽萍,陈少勇,董安祥.中国雾区的分布及其季节变化[J].地理学报,2005,60(4):689-697.
- [2] 刘小宁,张洪政,李庆祥,等.我国大雾的气候特征及变化初步解释[J].应用气象学报,2005,16(2):220-230.
- [3] 陈瑞敏,吴雁,刘晓峰,等.2007 年 1 月初河北省连续大雾的成因分析[J].干旱气象,2008,26(2):63-66.
- [4] 侯瑞钦,李江波,赵玉广.河北平原一次持续大雾天气分析[J].干旱气象,2009,27(3):263-270.
- [5] 刘汉卫,潘晓滨,臧增亮,等.华东地区一次辐射雾的数值模拟分析[J].干旱气象,2011,29(2):174-181.
- [6] 崔庭,吴古会,赵玉金,等.滇黔准静止锋锋面雾的结构及成因分布[J].干旱气象,2012,30(1):114-118.
- [7] 汪学军.安徽九华山山区雾的气候特征与形成机理[J].干旱气象,2012,30(3):374-379.
- [8] 高歌.1961-2005 年中国霾日气候特征及变化分析[J].地理学报,2008,63(7):761-768.
- [9] 胡亚旦,周自江.中国霾天气的气候特征分析[J].气象,2009,35(7):73-78.
- [10] 吴兑,吴晓京,李菲,等.1951-2005 年中国大陆霾的时空变化[J].气象学报,2010,68(5):680-688.
- [11] 王业宏,盛春岩,杨晓霞,等.山东省霾日时空变化特征及其与气候要素的关系[J].气候变化研究进展,2009,5(1):24-28.
- [12] 廖国莲,曾鹏,郑凤琴,等.1960-2009 年广西霾日时空变化特征[J].应用气象学报,2011,22(6):732-739.
- [13] 郑庆锋,史军.上海霾天气发生的影响因素分析[J].干旱气象,2012,30(3):367-373.
- [14] 纳丽,冯瑞萍.宁夏大雾的气候特征及变化[J].灾害学,2008,23(1):61-64.
- [15] 周翠芳,陈楠,张广平.宁夏雾的时空分布特征及预报方法研究[J].安徽农业科学,2010(30):17074-17078.
- [16] 杨宝玲,方宁莲,郑鹏微,等.2009 年 2 月 3 日宁夏大雾天气过程分析[J].宁夏工程技术,2010,9(4):303-306.
- [17] 陈晓光,苏占胜,郑广芬,等.宁夏气候变化的事实分析[J].干旱区资源与环境,2005,19(6):43-47.

Tendency Analysis of Fog Days and Haze Days in Ningxia

ZHANG Zhi, CHENG Yuhua, ZHOU Hong

(Key Laboratory of Meteorological Disaster Preventing and Reducing in Ningxia, Yinchuan 750002, China)

Abstract: Based on the daily fog days, haze days, visibility and humidity data at 22 observational stations from 1961 to 2012 in Ningxia, the spatial distribution and variation trends of the fog days and haze days were analyzed by using the climatic inclination rate, maximum entropy spectrum technique and Mann-Kendall test. The results show that the spatial distribution of the annual mean fog days in Ningxia presented an asymmetry saddle. The fog days in the southern and northern region were more than that in the middle region. The spatial distribution of the annual mean haze days was similar to the fog days, but the haze days in the northern region were slightly more than that in the southern region. In recent 52 years, the fog days presented decline trend in the southern region and increase trend in the northern and middle region, but the haze days showed a significant increase trend in all regions. Moreover, both the fog days and the haze days existed obvious change in phase. They were significantly less from 1961 to 1980, fluctuated during 1981-2000, but became obviously more after 2001. There were obvious quasi-period oscillation for the fog days and the haze days. Among, the former were 7.5 and 4.3 years, while the latter were 4.6 and 3.0 years. Neither the fog days nor the haze days had occurred mutation.

Key words: Ningxia; fog days and haze days; tendency analysis