

DOI :10.3969/j.issn.1004-6933.2011.04.011

沧州南部地区 1970 年以来气候变化特征分析

张志悦¹,陈皓锐²,熊孟琴¹

(1.河北省沧州水文水资源勘测局,河北 沧州 061000;2.武汉大学水资源与水电工程科学国家重点实验室,湖北 武汉 430072)

摘要 利用 Mann-Kendall 法、R/S 法、小波分析等统计方法分析沧州南部降雨、蒸发和气温 3 个主要气候因子 1970 年以来趋势性、持续性、突变性、周期性等的演变规律。结果表明 降雨年际变化剧烈,蒸发和气温年际变化相对较小。降雨和蒸发存在微弱下降趋势,而气温存在显著升高趋势;3 个气象要素都表现出持续性特征,且气温持续性最强,Hurst 指数达 0.91,降雨持续性最弱,平均 Hurst 指数仅为 0.59。降雨在 20 世纪 70 年代中后期至 80 年代初、80 年代末至 90 年代初及 90 年代中后期发生了 3 次突变,气温在 1985 年、1989 年和 1997 年发生 3 次突变,蒸发序列突变位于 1983—1985 年以及 1989—1990 年 2 个时期;降雨以 16 a 周期分量最为强烈,同时还存在 6—8 a 和 2—4 a 周期分量,气温以趋势性变化为主,周期分量很微弱。蒸发存在 15 a、10 a 和 6 a 周期分量,且三者震荡强度接近。

关键词 沧州南部;气候变化;统计分析;趋势性;持续性;突变点;周期性

中图分类号 P42 **文献标识码** A **文章编号** 1004-6933(2011)04-0042-06

Analysis on characteristics of climate change in southern district of Cangzhou since 1970s

ZHANG Zhi-yue¹, CHEN Hao-rui², XIONG Meng-qin¹

(1. Cangzhou Branch of Hebei Provincial Bureau of Hydrology and Water Resources Survey, Cangzhou 061000, China; 2. State Key Laboratory of Water Resources and Hydropower Engineering Science, Wuhan University, Wuhan 430072, China)

Abstract: The Mann-Kendall, R/S, and wavelet analysis methods were used to analyze statistical characteristics, including tendency, durative, mutation, periodicity of three main climatic factors, precipitation, evaporation and temperature in the southern district of Cangzhou City since the 1970s. The results show that precipitation varies sharply from year to year, while evaporation and temperature change little. Precipitation and evaporation tend to decline slightly, but temperature increases significantly. In addition, all of the three main climatic factors are characterized by durative, of which temperature is the most intensive, with its Hurst index of 0.91, but precipitation is the least, with its Hurst index of only 0.59. The mutations of precipitation occurred from the middle and late 1970s to early 1980s, from the late 1980s to early 1990s and in the middle-1990s. Temperature had three change points in 1985, 1989 and 1997, and the mutations of evaporation occurred from 1983 to 1985 and from 1989 to 1990. The periods of precipitation are 16 years, 6-8 years and 2-4 years, of which the 16-year period is the most intensive. evaporation has three periodic components, namely 15 years, 10 years and 6 years, respectively. There is no distinct period for temperature. The oscillation intensities of precipitation, evaporation, and temperature were approximately the same.

Key words: southern district of Cangzhou City; climate change; statistical analysis; tendency; durative; mutation; periodicity

气候条件在水资源形成、演化的过程中起着极 其关键的作用,气候变化会直接导致水资源开发利

用、管理等人类活动的改变进而作用于社会、经济和环境等各个方面,因此,正确评估气候变化及其带来的影响从而合理制定应对气候变化的措施是关系到人类可持续发展的重大科学问题,而准确认识历史气候和水资源要素变化的事实并把握其演变规律则是这一问题的重要研究基础。基于此,诸多的学者开展了不同地区水文气象要素的历史变化规律研究,如张利平^[1]采用多种统计方法分析了整个华北地区陆气水循环的时空演变规律,刘昌明等^[2]利用 Mann-Kendall 法(MK 法)对黄河流域 7 个主要水循环要素的变化趋势进行了分析,徐利岗等^[3]依据我国北方荒漠区 35 个站点 1951—2005 年月降水资料及 NCEP、NCAR 再分析资料分析了北方荒漠地区降水在年内、年际和年代际几种时间尺度的变异规律及其变化趋势。此外,黄勇等^[4]、顾世祥等^[5]、赵晶等^[6]、王希娟等^[7]、付丛生等^[8]、董前进等^[9]也分别对不同研究区的地下水位、灌溉需水量、气温、水汽压、相对湿度、日照百分率、降水、潮汐、径流等水文气象要素的历史变化规律进行了分析。这些研究涉及的统计规律主要包括周期性、互相关性、趋势性、突变点、持续性等,时间尺度主要包括日、月、年、年代以及多年尺度。

在借鉴已有研究成果的基础上,利用河北省沧州市南部东光和吴桥两个县的降水、蒸发和气温序列资料,分析了该区域 3 个主要气候因子近三四十来的变化规律,这对于正确把握其气候变化特点,进而分析气候变化对人类活动和水循环过程的影响有参考价值。

1 材料和方法

资料来源于河北省沧州市南部的东光和吴桥县及其周边地区(图 1),该区位于河北省运东平原区南部,属暖温带大陆性季风气候,年均气温 13.1℃,多年平均降水量 496.3 mm,6—8 月降水量占年降水总量的 71%,降水量年际变化大,最大年份 1 020 mm,最小年份 240 mm。

选择降雨量、蒸发、气温 3 个主要气候因子进行分析。其中降雨量主要有 8 个站点序列,序列长度为 1970—2008 年;气温序列 2 个,序列长度为 1979—2008 年;蒸发序列 1 个,序列长度为 1980—2008 年。通过与研究区附近有 54 年资料系列的沧州站资料系列特征比较,发现具有较好的一致性。分析内容主要包括基本统计特征、趋势性和年代变化、持续性和突变性、周期性 4 个方面。其中基本统计特征主要包括均值($\bar{X}$)、标准差(S)、变差系数(C_v)和偏态系数(C_s);趋势性和年代变化主要采用 Mann-Kendall 法、线性倾向估计法和距平分析法^[10-11];

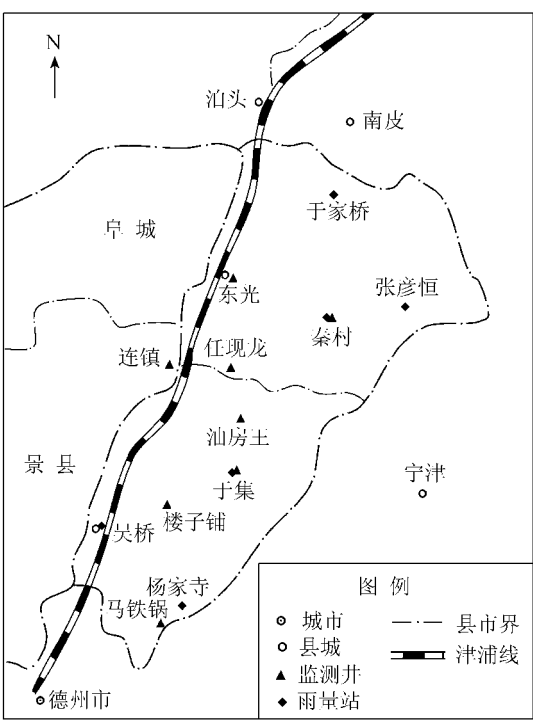


图 1 研究区示意图

持续性和突变性采用 R/S 法^[12-13];周期性采用小波分析法^[14],基小波为 Morlet 小波。

2 降雨变化特征

2.1 基本统计特征

对 8 个站点长系列降雨资料的基本统计特征进行分析,结果见表 1。

表 1 降雨序列 1970—2008 年基本统计特征

站名	$\bar{X}/\text{mm}$	S/mm	C_v	C_s	C_s/C_v
东 光	518.9	148.2	0.29	0.49	1.69
楼子铺	504.3	133.9	0.27	0.82	3.04
于 集	517.2	143.8	0.28	0.42	1.50
吴 桥	524.4	139.5	0.27	0.48	1.78
连 镇	473.2	150.2	0.32	0.67	2.09
秦 村	470.9	151.6	0.32	0.84	2.63
于家桥	488.0	153.4	0.31	0.65	2.10
张彦恒	473.6	151.0	0.32	0.47	1.47

研究区各站年降雨总量的标准差和变差系数都较大,说明降雨量年际变化剧烈。从各站偏态系数计算结果看出年降雨量为正偏序列。在近 40 a 中有 6 站年降雨最大值发生在 1977 年,其他 2 站年降雨最大值发生在 1990 年和 1994 年,降雨最小值年份主要集中在 1972、1989、1997、1999 和 2002 年。近 40 a 来 8 站年降雨量最大值平均为 984.4 mm,最小值平均仅 264.6 mm,各站最大值与最小值相差倍数集中在 3.0~4.5 之间,平均相差约为 3.7 倍,可见降雨量年际变异强烈。

2.2 趋势性和年代变化特征

对各降雨序列进行线性倾向估计和 MK 统计量

的计算,结果表明该区域降雨量 1970 年以来总体上呈现减少趋势,平均递减速率约 1.77 mm/a,平均 MK 统计量为 -0.67,检验表明,变化不显著。距平分析发现近 40 a 降雨序列呈现明显的丰枯交替现象。图 2 是东光和楼子铺两站降雨量距平线,其他站点与此类似。

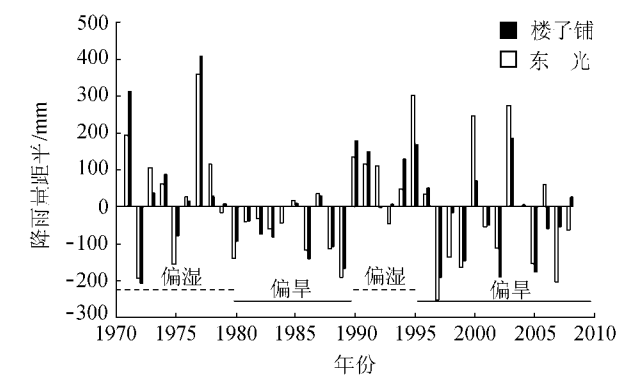


图 2 东光和楼子铺降雨量距平线

20 世纪 70 年代属于丰水期,年均降雨量为 555.5 mm,比整个系列多年平均值多 59.2 mm。根据各站 5 a 滑动平均分析(图 3)可知 70 年代降雨呈现逐年下降趋势,线性倾向估计该时段年降雨量变率为 -5.67 mm/a,整个 70 年代降雨量最大值发生在 1977 年,降雨量为 970.8 mm,该年也为近 40 a 降雨量最大值年份,最小值发生在 1972 年,降雨量为 286.3 mm。

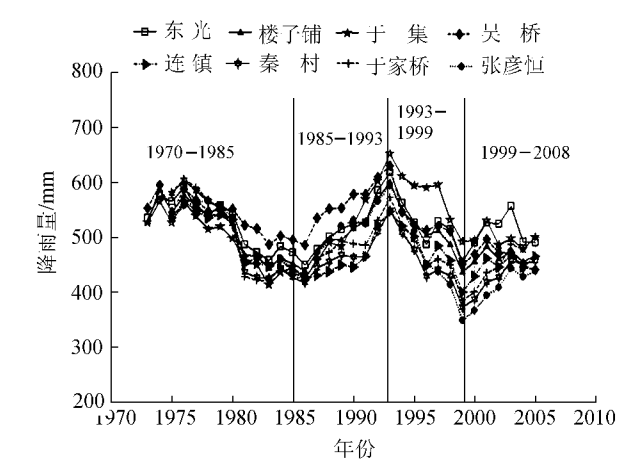


图 3 1970—2008 年降雨量 5 a 滑动平均曲线

20 世纪 80 年代属于干旱期,时段年均降雨量为 435.9 mm,比多年系列平均值少 60.4 mm,5 a 滑动平均线显示 80 年代前期延续了 70 年代降雨量逐年减少的趋势,80 年代中期降雨量基本保持稳定,80 年代后期降雨开始逐年增加。整个 80 年代降雨量最大值发生在 1987 年,也有部分站点发生在 1985 年,最大值平均为 556.7 mm,最小值主要发生在 1989 年,部分站点发生在 1986 年和 1988 年,最小值平均为 313.6 mm。

1990—1996 年降雨较为丰沛,属于丰水期。该

时段平均降雨量达 595.0 mm,比多年平均值大 98.7 mm,是近 40 a 来降水最为丰沛的阶段。降雨量 5 a 滑动平均线显示该时段延续了 80 年代后期降雨量逐年增加的趋势,年增长幅度达 13.71 mm/a。该时段最大值发生的年份以 1995 年居多,另外部分站点 1990 年和 1994 年也属于该时段最大值,最大值平均达 756.6 mm。最小值主要发生在 1993 年,时段最小值平均为 436.5 mm。该时段不管是最大值、最小值还是平均值,皆显示属近 40 a 降水最为丰沛的阶段。1996 年以后降雨量距平值大部分为负数,表示该时段降水偏少,平均值为 445.5 mm,比 80 年代略为丰沛。虽然处于枯水期,但是 2000 年和 2003 年降雨量较大,年降雨量分别达到 565.7 mm 和 687.4 mm,较多年平均值分别大 69.4 mm 和 191.1 mm。结合降雨 5 a 滑动平均曲线,可以把 1996 年以后时段分为 2 个阶段:①1997—2002 年的降雨逐年减少阶段,该时段处于特枯期,平均降雨量只有 394.7 mm,比多年平均值少 101.6 mm,是近 40 a 来最枯时段,该时段逐年降雨量剧减,变率为 -41.43 mm/a,最枯年份为 1997 年,均值只有 288.1 mm,比多年平均值少 208.2 mm;②2003—2008 年,降雨量呈现逐年增加趋势,变率为 4.81 mm/a,该时段降雨量年均值为 496.2 mm,与多年均值基本持平。

2.3 持续性和突变性

8 个降雨站点的 Hurst 指数计算结果表明除连镇站外,其他各站的 Hurst 指数 $H > 0.5$,这意味着该地区降雨具有持续性或长程相关性,过去的减少趋势意味着将来仍然会持续这种减少趋势。从分析结果还可以看出该地区平均降雨的分维数在 1.3 ~ 1.6 之间, H 在 0.5 ~ 0.7 之间,平均为 0.59。

利用 R/S 法对各站点降雨量突变性进行检测发现,该区域年降雨量在 70 年代中后期至 80 年代初、80 年代末至 90 年代初以及 90 年代中后期发生了 3 次突变。其中 70 年代中后期的突变使得降雨量由丰转枯,80 年代末至 90 年代初的突变使降雨量由枯转丰,90 年代中后期的突变使得降雨由丰转枯。1993 年突变点和 1997 年突变点还对应着降雨变化曲线斜率改变期,即由降雨量增加变为降雨量减少。

2.4 周期性

用 Morlet 小波分析得到该区域降雨主要为 16 a、6 ~ 8 a 和 2 ~ 4 a 3 个周期分量。各周期分量的 8 站平均小波方差贡献率分别为 14.48%、9.47% 和 8.14%,说明降雨以 16 a 周期变化最显著,其次是 6 ~ 8 a 的周期段和 2 ~ 4 a 周期段。图 2 的降雨量距平曲线中也可以基本反映出年降雨量 16 a 左右的丰枯交替现象。其他两个分量由于周期较短,加之强度较弱,从距平曲线中尚无法直观显示。

3 气温变化特征

3.1 基本统计特征

表 2 是东光和吴桥两个气温站点的基本统计特征分析结果。

表 2 东光和吴桥 1979—2008 年气温基本统计特征

站名	$\bar{t}/^{\circ}\text{C}$	S	C_v	C_s
东光	12.99	0.60	0.05	-0.170
吴桥	13.13	0.51	0.04	-0.220
平均	13.06	0.56	0.045	-0.195

从计算结果可以看出,该区域多年平均气温为 13.06℃。年均气温的标准差和变差系数都较小,说明年均气温年际变化平缓。从各站偏态系数计算结果看出年均气温为负偏序列。1979 年以来,年均气温最高年份为 1998 年,两站平均为 13.95℃,比多年平均高 0.89℃,年均气温最低年份为 1985 年,两站平均气温为 11.93℃,比多年平均低 1.13℃。

3.2 趋势性和年代变化特征

对两气温资料序列进行线性倾向估计,东光和吴桥气温呈现逐年上升趋势,年均增温分别为 0.53℃和 0.36℃,平均增温 0.45℃,略高于华北地区平均增温幅度^[1]。平均 MK 统计量为 4.105,通过 0.01 信度水平,说明近 30 a 升温趋势显著。

通过对年均气温系列进行 5 a 等权滑动平均分析可以发现,该区域 1979 年以来的年均气温整体上 80 年代年均气温呈先降后升特征,年均气温为 12.66℃,比 30 a 平均气温低 0.4℃。该时段最低气温为 1985 年的 11.93℃,最高气温为 1989 年的 13.28℃。1979—1985 年年均气温降低幅度为 0.067℃/a;1985—1990 年年均增温幅度为 0.102℃/a(图 4)。

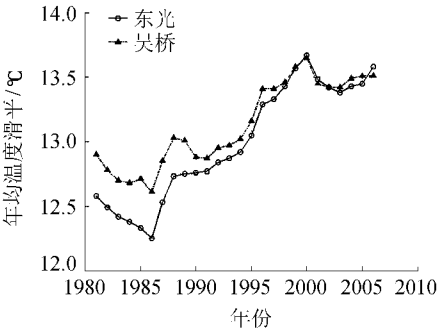


图 4 东光和吴桥 1979—2008 年气温 5 a 滑动平均曲线

20 世纪整个 90 年代年均气温呈逐年上升趋势,该时段平均气温为 13.13℃,比 30 a 平均气温高 0.07℃。该时段年均气温增幅为 0.126℃/a。

2000 年后气温呈现先降后升特征,平均气温为 13.48℃,比平均气温高 0.42℃,该时段最低气温发生在 2003 年,2000—2003 年逐年降温 0.068℃/a,2003—2008 年逐年升温 0.097℃/a。

按照降雨和灌溉等农作生产活动特征,将全年分为 1—2 月、3—5 月、6—9 月和 10—12 月 4 个时段分别分析气温的季节变化,发现气温在 3—5 月份升温最为显著,趋势系数达 0.618,其次是 1—2 月和 10—12 月,趋势系数分别为 0.526 和 0.471,皆超过了 0.01 信度水平,6—9 月升温趋势不显著,趋势系数只有 0.317,未超过 0.05 信度水平,因此年均气温的显著升高趋势是由春、秋、冬显著升温所致。

3.3 持续性和突变性

表 3 是两个气温站点的 Hurst 指数和突变年份分析结果。两站 $H > 0.5$,意味着该地区气温具有持续性或长程相关性,过去的增加趋势意味着将来仍然会持续这种增加趋势。从分析结果还可以看出该地区年均气温的分维数在 1.0—1.2 之间, H 在 0.85—0.95 之间,平均为 0.91。

表 3 东光和吴桥气温站点 Hurst 指数和突变年份

站名	Hurst 指数	突变年份
东光	0.94	1985、1989、1997
吴桥	0.87	1985、1989、1997
综合	0.91	1985、1989、1997

两站气温突变年份检测结果相同:该区域近 30 a 年均气温存在 1985、1989 和 1997 年 3 个突变点。其中 1989 年的突变使气温序列由 80 年代螺旋变化变为随后 10 a 左右气温的急剧升高期,1997 年左右的突变对应着气温由上升趋势变为近年来的螺旋期。1985 年突变是 80 年代气温先减后增的分界点。

3.4 周期性

小波分析结果显示该区域气温以趋势性变化为主,同时存在 4—6 a 微弱年际周期分量。用 10 a 以下各个时间尺度的小波方差累加值除以所有时间尺度的小波方差总和,得到 10 a 以下尺度的小波方差贡献率仅为 9.62%,说明该区域气温主要以年代际变化为主。代表趋势性的 30 a 周期分量小波方差贡献率高达 20.49%,说明该区域气温变化以趋势性为主,这与前面趋势性分析中趋势变化显著的结论是一致的。

4 蒸发变化特征

4.1 基本统计特征

通过对 1980—2008 年蒸发量统计分析,其多年均值为 991.5 mm,变差系数为 0.11,偏态系数为 1.04,蒸发量的年际变异很小,变化平缓,近 30 a 蒸发序列具有正偏特性。1980 年以来蒸发量最大为 1981 年的 1304.6 mm,最小为 1985 年的 822.0 mm。

4.2 趋势性和年代变化特征

由线性倾向估计分析可知,蒸发序列递减速率为 4.51 mm/a,MK 统计量为 -0.975,递减趋势较弱,

并不显著。图 5 是蒸发序列 5 a 滑动平均曲线。从图 5 可以看出,该区域年蒸发量分为 2 个阶段:①1985 年以前,年蒸发量呈现急剧下降趋势,递减速率为 94.04 mm/a,该时段平均年蒸发量为 1 087.0 mm,比多年平均值多 95.5 mm;②1985—2008 年,呈现缓慢的上升趋势,年增长速率为 2.14 mm,该时段平均蒸发量为 966.6 mm,比多年平均值少 24.9 mm。

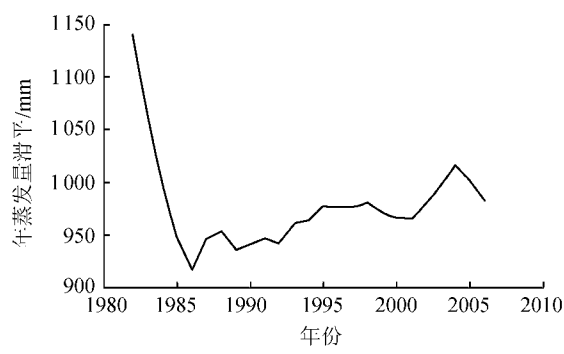


图 5 1980—2008 年蒸发序列 5 a 滑动平均曲线

4.3 持续性和突变性

利用 R/S 法计算 Hurst 指数结果见图 6。从图 6 可见, $H > 0.5$, 这意味着该地区年蒸发量具有持续性或长程相关性, 过去的增加趋势意味着将来仍然会持续这种增加趋势。蒸发序列的 Hurst 指数较降雨序列大, 比气温序列小, 说明气温变化的惰性和持续性最强, 变化最为平缓, 降雨变化随机性最强, 年际变化最为强烈。蒸发变化处于两者之间。变差系数的大小关系也能够说明这个结论。

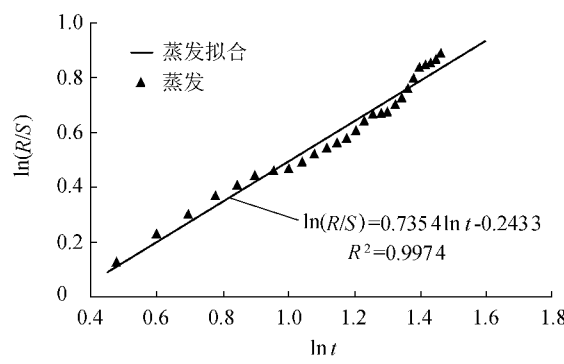


图 6 蒸发序列 Hurst 指数拟合曲线

R/S 法检测蒸发序列突变点位于 1983—1985 年以及 1989—1990 年两个时期。其中第 1 个突变点使蒸发由急剧下降阶段过渡到缓慢上升阶段, 第 2 个突变点是后续周期性分析中 3 个主周期分量小波系数叠加的相位正负变化点。

4.4 周期性

图 7 为蒸发序列的小波方差曲线图。从图 7 可以看出: 该区域蒸发序列以 15 a 周期分量最为强烈, 其次为 10 a 周期分量和 6 a 周期分量。10 a 以下所有时间尺度的累加小波方差贡献率为 27.06%, 表明蒸发以年代际变化为主。蒸发序列 3 个主周期分

量震荡强度相差不大, 其中 15 a 周期分量小波方差贡献率达 10.87%, 10 a 周期分量小波方差贡献率达 9.19%, 6 a 为中心的周期分量小波方差贡献率达 9.78%。

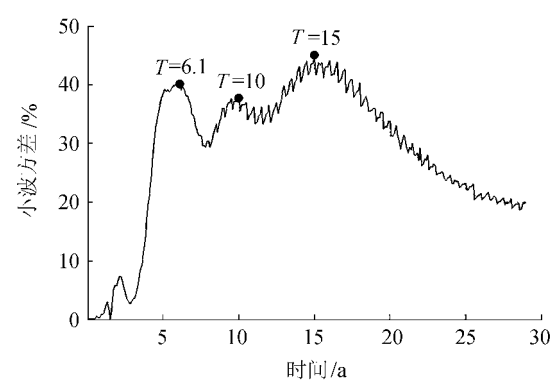


图 7 蒸发序列小波方差曲线

5 结 论

利用多种统计方法对沧州南部地区降雨、蒸发和气温 3 个主要气候因子近三四十年的演变规律进行了分析, 结果表明该地区降雨总量的标准差和变差系数都较大, 降雨量年际变化剧烈, 年降雨量为正偏序列。该区域降雨量总体呈现微弱减少趋势, 平均递减速率约 1.77 mm/a。近 40 a 降雨序列呈现明显的丰枯交替周期, 20 世纪 70 年代和 90 年代中前期属于丰水期, 80 年代和 1997 年后属于枯水期。各降雨序列的 Hurst 指数 $H > 0.5$, 意味着该地区降雨具有持续性或长程相关性。年降水量在 70 年代中后期至 80 年代初、80 年代末至 90 年代初以及 90 年代中后期发生了 3 次突变, 每一次突变对应着丰枯交替点或者斜率改变点。年降雨量主要为 2—4 a、6—8 a 和 16 a 3 个周期分量, 且以 16 a 周期分量最为强烈。

该区域多年平均气温为 13.06℃, 年均气温的标准差和变差系数都较小, 年均气温年际变化平缓。年均气温为负偏序列, 每年平均增温 0.45℃, 升温趋势显著, 且略高于华北地区平均增温幅度。春、秋、冬三季升温显著, 夏季均温变化不明显。年均气温序列的 Hurst 指数为 0.91, 意味着该地区气温具有持续性。气温序列有 1985、1989 和 1997 年 3 个突变期。周期性方面以趋势性变化为主, 同时存在 4—6 a 微弱周期分量。

多年年蒸发量均值为 991.5 mm, 变差系数为 0.11, 偏态系数为 1.04, 蒸发量的年际变异很小, 且近 30 a 蒸发序列具有正偏特性, Hurst 指数为 0.74, 意味着该地区年蒸发量具有持续性。R/S 法检测蒸发序列突变点位于 1983—1985 以及 1989—1990 年 2 个时期。小波分析表明该区域蒸发序列以 15 a 周期

分量最为强烈,其次为 10 a 周期分量和 5—6 a 周期分量。3 个周期分量震荡强度相差不大。

参考文献：

[1] 张利平. 华北地区陆气水循环时空演变规律研究[D]. 武汉 武汉大学,2005.

[2] 刘昌明,郑红星. 黄河流域水循环要素变化趋势分析[J]. 自然资源学报,2003,18(2) :129-135.

[3] 徐利岗,周宏飞,梁川,等. 中国北方荒漠区降水多时间尺度变异性研究[J]. 水利学报,2009,40(8) :1002-1011.

[4] 黄勇,周志芳,王锦国,等. R/S 分析法在地下水动态分析中的应用[J]. 河海大学学报 :自然科学版,2002,30(1) :83-87.

[5] 顾世祥,李远华,何大明,等. 近 45 年元江干热河谷灌溉需水的变化趋势分析[J]. 水利学报,2007,38(12) :1512-1518.

[6] 赵晶,王乃昂. 近 50 年来兰州城市气候变化的 R/S 分析[J]. 干旱区地理,2002,25(1) :90-95.

[7] 王希娟,唐红玉,张景华. 近 40 年青海东部春季降水变化特征及小波分析[J]. 干旱地区农业研究,2006,24(3) :21-25.

[8] 付丛生,陈建耀,曾青松,等. 滨海地区潮汐对地下水位

变化的统计学分析[J]. 水利学报,2008,39(12) :1365-1376.

[9] 董前进,王先甲,李匡,等. 长江上游日径流变化的多时间尺度分析[J]. 武汉大学学报 :工学版,2006,39(4) :33-36.

[10] YUE S,PILON P,PHINNEY B,et al. Powerful of the Mann Kendall and Spearman's rho tests for detecting monotonic trends in hydrological series[J]. Journal of Hydrology,2002,259 :254-271.

[11] 何书元. 应用时间序列分析[M]. 北京 :北京大学出版社,2004.

[12] MANDELBROT B B,WALLIS J R. Robustness of the rescaled ranged R/S in the measurement of noncyclic long-run statistical dependence [J]. Water Resource Research,1969,5(2) :321-340.

[13] MANDELBROT B B,WALLIS J R. Robustness of the rescaled ranged R/S in the measurement of noncyclic long-run statistical dependence [J]. Water Resource Research,1969b,5(5) :967-988.

[14] 张济世,刘立昱,程中山,等. 统计水文学[M]. 郑州 :黄河水利出版社,2006 :414-469.

(收稿日期 2010-10-08 编辑 徐 娟)

(上接第 9 页)

相比较,总量上两者相差不大。对于功能区内不同河段,1 号、2 号、3 号、4 号河段的 COD 现状排放量比例约为 9:1:1:1,均匀分配法和系数分配法得到各河段对应的纳污能力比例分别为 1:1:1:1 和 1:1:1.3:1.3,可见系数分配法较均匀分配法更能符合功能区段的实际管理需求,使纳污能力在各功能区间得到最大限度的利用。

6 结 论

- a. 对于长度较短的河段,排污口中点概化与均匀概化在纳污能力计算时的差异性较小,对于长度较长的河段,排污口均匀概化较中点概化更接近实际纳污能力情况。
- b. 对于段首和段尾为相同水质目标的功能区,段首控制的纳污能力约为段尾控制纳污能力的1/2,段中控制的达标率与其对应纳污能力占段尾控制纳污能力的比例一致,如段中 60% 控制的纳污能力占段尾控制纳污能力的 60%。对于段首和段尾为不同水质目标的功能区,段首控制的纳污能力较段中控制、段尾控制有很大程度的降低。
- c. 在进行稀释容量分配时,选取了均匀分配法和系数分配法进行分配计算,系数分配法考虑了现状排污量、GDP、规划条件下上下游分配关系等因素,对稀释容量进行分配计算,通过计算,对稀释容

量进行分配后比较未分配的情况,更能充分利用河流的纳污能力,系数分配法较均匀分配法得到的稀释容量更加符合实际管理需要。

参考文献：

[1] SL348—2006 水域纳污能力计算规程[S].

[2] 李红亮,李文体. 水域纳污能力分析研究方法与应用[J]. 南水北调与水利科技,2006(4) :58-60.

[3] 劳国民. 污染源概化对一维模型纳污能力计算的影响分析[J]. 浙江水利科技,2009(5) :8-10.

[4] 王彦红. 水体纳污能力计算中各参数的分析与确定[J]. 山西水利科技,2007(2) :55-57.

[5] 张文志. 采用一维水质模型计算河流纳污能力中设计条件和参数的影响分析[J]. 人民珠江,2008(1) :19-20.

[6] 阎非,苏保林,贾海峰. 基于排污口权重的一维河流水环境容量计算[J]. 水资源保护,2006,22(2) :16-18.

[7] 周孝德,郭瑾珑,程文,等. 水环境容量计算方法研究[J]. 西安理工大学学报,1999,15(3) :1-6.

[8] 周美正. 不同流量下的皖河流域纳污能力研究[D]. 合肥 :合肥工业大学,2006.

[9] 韩龙喜,朱党生,姚琪. 宽浅型河道纳污能力计算方法[J]. 河海大学学报 :自然科学版,2001,29(4) :72-75.

[10] 中国环境规划院. 全国水环境容量核定技术指南[R]. 北京 :中国环境规划院,2003.

[11] 张先起,刘慧卿. 基于熵权的灰色关联模型在水环境质量评价中的应用[J]. 水资源研究,2006,27(3) :17-19.

(收稿日期 2010-05-12 编辑 高渭文)