

苗运玲,卓世新,杨艳玲,等. 新疆哈密市近50 a 蒸发量变化特征及影响因子[J]. 干旱气象,2013,31(1):95-99. doi:10.11755/j.issn.1006-7639(2013)-01-0095

新疆哈密市近50 a 蒸发量变化特征及影响因子

苗运玲¹,卓世新²,杨艳玲¹,邢支芳¹

(1. 新疆哈密地区气象局,新疆 哈密 839000;2. 新疆哈密巴里坤县气象局,新疆 哈密 839200)

摘 要:利用1961~2010年哈密国家基准气候站20 cm口径蒸发皿和E-601B型蒸发器以及其它气象要素的观测资料,分析了哈密市蒸发量的气候变化特征,并重点探讨哈密市蒸发量与风速、气温、日照、降水量、湿度等气象要素之间的相互关系。结果表明,近50 a哈密市年、季、月蒸发量均呈明显下降趋势,1990年以前年蒸发量高于平均值,1991年开始减小到平均值以下;4季中以夏季下降最快,春季次之,冬季最小,8月降幅最大。影响蒸发量变化的因子中,平均风速与蒸发量呈显著正相关关系,是影响蒸发量变化的最直接因子,水汽压和相对湿度与蒸发量呈显著负相关关系,也是造成蒸发量减少的重要因子,日照时数与蒸发量也呈正相关,但影响程度较小,而气温对蒸发量的影响则不十分明显。

关键词:蒸发量;变化特征;影响因子

文章编号:1006-7639(2013)-01-0095-05 doi:10.11755/j.issn.1006-7639(2013)-01-0095

中图分类号:P426.2

文献标识码:A

引 言

近年来,全球性的气候变化已引起人们的普遍重视,尤其在我国的西北地区——未来气候的变化不仅直接影响该地区的人类生存和经济的可持续发展,同时影响到国家的战略规划和目标。目前,众多研究者对气候因子中温度和降水等常规参数进行了较多统计分析,试图回答该地区的气候变化规律、变化趋势和受控因素^[1-4],同时,部分研究者认识到气候变化的另一重要参数——蒸发量的变化对研究气候变化同样至关重要。因为蒸发是衡量水分收支、参与地球表面水热平衡的重要因素,也是决定小气候及区域气候的重要因子。反过来,蒸发又可以增加空气湿度,提高最低温度或降低最高温度,起到调节温度的作用。所有有关农业、林业和水资源问题的研究,都离不开陆面蒸发、水面蒸发的分析和计算,因此,进行蒸发量变化的研究,对深入研究气候时空变化规律有十分重要的意义。

在全球气候变暖的背景下,一般认为气温升高会使下垫面的水面蒸发加大,但从目前国内外对蒸发量变化的研究表明,蒸发量在近40~50 a有显著减小的趋势^[5-16]。如Peterson等^[11]研究发现美国

和前苏联大部分地区的蒸发呈明显的下降趋势,进一步研究发现这种下降趋势同气温日较差的下降趋势有很好的相关关系。在Chattopadhyay等^[12]在印度也发现了类似的蒸发皿蒸发下降的现象。任国玉等^[13]研究发现近50 a来全国平均的水面蒸发呈显著下降趋势,减少最明显的地区均发生在华北和华东,新疆次之。研究其原因发现中国东部大部分地区水面蒸发量减少可能均起源于人为排放的气溶胶影响,平均风速减弱也有利于水面蒸发量下降,而在西部地区云量和降水量的变化可能更重要。苏宏超等^[14]和刘波等^[15]也发现新疆年蒸发量的变化总体呈下降趋势。谢贤群等^[16]研究发现用公式计算的潜在蒸发和蒸发皿蒸发自20世纪50年代以来都呈波动下降趋势。关于蒸发减少的原因,不同学者的研究结果有一定差异。郭军等^[17]认为蒸发量的减少是受到平均风速和太阳辐射的变化影响。刘波等^[18]研究发现中国北方蒸发皿蒸发量变化与气温日较差和风速的关系最密切。左洪超等^[8]发现蒸发量与大气相对湿度的相关性最好。谢平^[19]、王艳君等^[20]研究都认为日照时数和风速的下降是蒸发量减少的主要原因。

上述研究针对我国北方或干旱整体的研究较

收稿日期:2012-10-12;改回日期:2012-11-26

作者简介:苗运玲(1976-),女,新疆哈密人,工程师,现从事短期预报工作. E-mail:1360455877@qq.com

多,而针对新疆哈密等某一局部地区的详细研究并不多见。新疆哈密地区地处新疆东部,是粮棉和瓜果的主要产区,也是风力发电和矿业的新兴基地,工农业生产对水资源的需求越来越大。因此,有必要对哈密地区的蒸发量的变化特征及其影响因子作进一步研究。

1 资料和方法

所用的气象资料为 1961~2010 年哈密国家基准气候站蒸发量、气温、日照时数、风速、湿度、降水量等观测资料,通过计算对蒸发量的年、季、月变化趋势、年际变化特征及影响因子进行较全面分析,将气温、日照时数、风速、水汽条件、降水量等气象因子与蒸发量进行相关分析,从中找出这些因子对蒸发量的影响方式和影响程度。其中 1961~2001 年的全年、2002~2010 年的 1~3 月、10~12 月用口径为 20 cm 的小型蒸发皿测得蒸发量,2002~2010 年的 4~9 月用 E-601B 型蒸发器测得。其中 2000 年和 2001 年小型、大型蒸发器同时观测,由于哈密冬季结冰期较长,根据要求在冬季结冰期间(本年度 10~12 月和次年 1~3 月)使用小型蒸发器,停止使用 E-601B 型蒸发器,4~9 月小型和大型同时观测。根据二者 2 a 的对比观测结果得到 $K=1.57$ (小型蒸发器的蒸发量/E-601B 型蒸发器的蒸发量(保留 2 位小数)),将 2002~2010 年的 4~9 月测得的蒸发量换算成口径为 20 cm 的小型蒸发皿的蒸发量。季节划分:春季(3~5 月)、夏季(6~8 月)、秋季(9~11 月)、冬季(12 月至次年 2 月)。

通过对哈密市近 50 a 蒸发量气候倾向率的分析,找到其气候变化特征。将气象要素的变化趋势用一元线性方程表示,即:

$$Y = ax + b(x = 1, 2, \dots, n) \quad (1)$$

其中, Y 为气象要素 x 的拟合值; a 为气候倾向率,表示气象要素的变化率,对于蒸发量来说,其单位为 mm/10 a。

通过计算气温、日照时数、相对湿度、水汽压、风速等气象因子与蒸发量的相关系数,来研究这些因子对蒸发量的影响方式以及程度。通过对相关系数进行置信度检验,对其相关关系进行分析评价。

2 蒸发量的变化特征

2.1 蒸发量的年际变化

对哈密市近 50 a 的年蒸发总量值进行一元回归分析,得到了年蒸发量值随时间变化的曲线(图

1),可以看出,年际间蒸发量值的变化趋势是波动式减小的,其变化速率为 150.2 mm/10a,下降趋势比较明显。近 50 a 平均蒸发量为 2 561.6 mm,其中年蒸发量最大的年份是 1965 年,为 3 252.9 mm,约超出平均值的 27%,其次是 1962 年,为 3 210.6 mm,约超出平均值的 25%,最小年蒸发量出现在 2003 年,为 1 924.2 mm,约低于平均值的 25%;最大和最小年蒸发量差值达到 1 328.7 mm。1990 年以前年蒸发量值基本高于 50 a 平均水平,从 1990 年以后年蒸发量值均低于 50 a 平均蒸发量。从年蒸发量的 5 a 滑动曲线也反映出蒸发量呈逐渐下降的趋势。

1961~2010 年的年蒸发量值与年份序号的相关系数为 -0.83339 ,通过了置信度 $\alpha=0.01$ 的显著性检验,也说明蒸发量随时间是显著减少的。

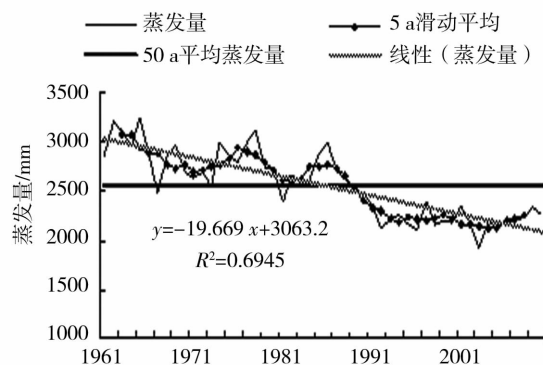


图 1 哈密市 1961~2010 年小型蒸发皿年蒸发量变化曲线

Fig. 1 The annual change of small pan evaporation in Hami from 1961 to 2010

2.2 蒸发量的季节变化

哈密市 1961~2010 年近 50 a 的季节变化特征为:冬季平均蒸发量为 107.2 mm,约占全年的 4.2%;春季平均为 846.1 mm,约占全年的 33.0%;夏季平均为 1 148.5 mm,约占 44.8%;秋季平均为 461.6 mm,约占全年的 18.0%。可以看出哈密市蒸发量存在着十分明显的季节变化,以夏季最大,春季次之,冬季最小。从各季蒸发量的变化曲线也可以看出(图略),夏季和春季的蒸发量从 20 世纪 90 年代开始呈现明显的下降趋势,夏季平均每年减少 2.6 mm,春季减少 1.6 mm,秋季略减少,冬季变化的趋势比较平缓,没有太大的起伏。由此可见,年蒸发量的减少主要是由夏季和春季蒸发量的减少造成的。

蒸发量的统计结果(表 1)表明 1961~2010 年

的50 a中,哈密市各季蒸发量都有不同程度的减少。夏季减少的幅度最大,蒸发量从1960年代的1342.2 mm减少到1990年代的953.8 mm,减少了388.4 mm,其下降率为7.8 mm/10a,占减少总量的51%;春季次之,下降率为4.8 mm/10a,占减少总量的31%;秋、冬季分别占减少量总量的20%和2%。

表1 哈密市各季节蒸发量(单位:mm)

年代	春季	夏季	秋季	冬季	年合计
1961~1970	948.8	1342.2	544.5	117.1	2952.6
1971~1980	926.9	1269.8	516.3	98.5	2811.5
1981~1990	881.7	1186.6	465.9	110.7	2644.9
1991~2000	767.6	953.8	387.5	111.6	2220.5
2001~2010	531.5	671.7	324.6	97.9	1625.7
倾向率	8.3	13.4	4.4	0.4	

根据哈密市近50 a不同季节蒸发量变化曲线(图略)可以发现春、夏和秋季蒸发量变化趋势线的相关系数通过了置信度 $\alpha=0.01$ 的显著检验,说明这3个季节蒸发量的变化是显著的;冬季蒸发量趋势拟合不通过信度检验,即蒸发量无

显著变化。

哈密市蒸发量不论是年还是4季变化趋势基本相同,从20世纪60年代至80年代为相对偏多期,从90年代以后为相对偏少期;春、夏和秋季变化趋势亦相同,近50 a一直处于减少趋势,其中从1990年代以后减少趋势明显。

2.3 蒸发量的月变化

哈密市1961~2010年近50 a月平均蒸发量为213.9 mm,从哈密市各年代月平均蒸发量变化曲线(图略)可以看出从4月到9月各月平均蒸发量都较大,最大值出现在7月,为397.5 mm(50 a平均)。1960~1980年代各月平均蒸发量均高于50 a月平均蒸发量,从1990年代以后,各月平均蒸发量均少于50 a月平均蒸发量。从每年蒸发量变化可以看出,从1月到7月蒸发量逐渐是增多的,从8月到12月是逐渐减少的。

统计结果表明(表2),近50 a各月平均蒸发量都有不同程度的减少,其中8月减少的幅度最大,从1960年代的433 mm减少到1990年代的283.7 mm,减少了149.3 mm,平均每年减少了约3.0 mm;5月、7月次之,减少了近127 mm,平均每年减少了约2.5 mm;1月减少量最小为5.6 mm。

表2 哈密市各月蒸发器蒸发量的多年平均与年蒸发量平均值(单位:mm)

Tab.2 The annual mean of monthly evaporation and average annual evaporation in Hami(Unit:mm)

	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	年
1961~1970	27	62.6	180	328.2	440.6	453.5	455.7	433	300.5	176.3	67.7	28.5	2953.6
1971~1980	21.9	51.1	177.4	328.3	421.2	413	444.8	412	276	172	68.3	25.5	2811.5
1981~1990	29.1	55.7	171.5	309.1	401.1	409.3	414.1	363.2	253.6	152.6	59.7	25.9	2644.9
1991~2000	26.5	59.9	151.1	281.3	335.2	337.5	332.6	283.7	212.1	122.1	53.3	25.1	2220.4
2001~2010	24.4	50.6	156.8	239.5	314.2	346.5	340.1	308.7	224.7	122.2	51.8	22.9	2202.4

3 影响蒸发量变化的气象因子

试验证明,蒸发速率决定于蒸发面的性质、大小,蒸发面上空气的温度、相对湿度、风速、气压,蒸发体的温度以及所含杂质的多少等。因此要测定自然条件下的蒸发是十分复杂而困难的^[21]。这样可以得出影响蒸发量的变化既有气象要素也有非气象要素。在气象要素中主要包括热力因子、湿度因子、

动力因子等。本文选择了气温、日照时数、相对湿度、水汽压、风速和降水量等6个气象因子来分析其对蒸发量的影响。

3.1 热力因子的影响

计算表明,哈密市近50 a年平均气温存在明显的上升趋势(图略),增温率为0.16 °C/10a。从季节来看,4季的气温均呈上升趋势,春、夏、秋3季的增温率为0.15 °C/10a,冬季为0.18 °C/10a,春、夏、

秋季的增温率与年平均气温的增温率比较接近。一般来说,气温越高,蒸发量应该越大,而哈密市的蒸发量却呈明显的下降趋势,说明气温不是影响蒸发量减小的主要因子。

日照对蒸发量的影响,首先是通过影响太阳辐射的大小,进而作用于蒸散过程的能量供给条件,最终对蒸发量产生影响。一般来说,日照时数越多,太阳的净辐射越大,蒸散过程的能量供给就越充分,蒸发量也就越大。分析哈密市 1961~2010 年近 50 a 年平均日照时数变化趋势,发现前 40 a 整体呈下降趋势,与蒸发量的变化趋势一致,平均每年减少 5.8 h,日照与蒸发量呈正相关,其中从 1980 年代至 1990 年代下降趋势明显,到 1998 年达到最低值。而近 10 a (2001~2010 年)日照时数呈上升趋势,平均每年增加 21.2 h,蒸发量却呈下降趋势,在下面风速对蒸发量的影响分析中,近 10 a 风速和蒸发量也存在一定程度的不一致,这是一种事实。通过分析和查阅一些相关资料,目前找不到合理的解释,有待进一步探讨。

3.2 动力因子的影响

风速是由于大气运动而产生的,风速的大小变化影响大气的流动,从而影响蒸发。在气温和湿度等环境条件不变的情况下,风速越大,单位时间内从水面进入空气的水分子越多,蒸发量就越大,反之,蒸发量就越小。

通过对 1961~2010 年近 50 a 平均风速分析,得到风随时间变化的统计方程: $y = -0.3944x + 2.9161$,风速是随年际变化波动式递减的,其中 y 为年平均风速, x 是时间序数, $x = 0, 1, \dots, 50$ 。从图 2 中可以看出哈密市 1961~2010 年年

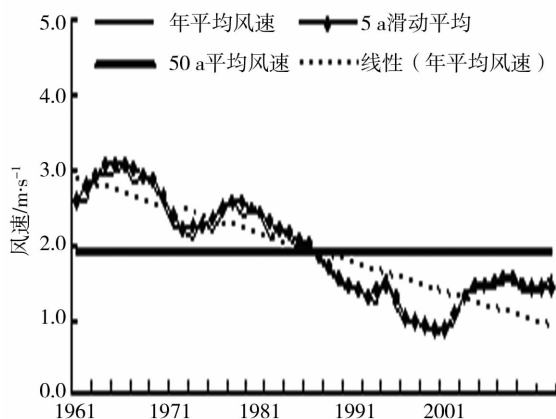


图 2 哈密市 1961~2010 年风速变化

Fig. 2 Wind velocity change in Hami from 1961 to 2010

平均风速在 1986 年以后下降明显,以 $0.34 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}/10 \text{ a}$ 的速率减少,最大值出现在 1966 年为 $3.09 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$,比平均值 ($1.91 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$) 偏高近 $1.2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$;最小值 $0.84 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$,出现在 1998 年,比平均值偏低近 $1.1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$,风速年最大值是最小值的 3.7 倍。对比分析每 10 a 的平均风速 2.8、2.3、1.8、1.1、1.5 $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ 和蒸发量 2 953.6、2 811.5、2 644.9、2 220.4、2 202.4 mm,结果表明它们的变化均呈递减趋势,其相关系数为 0.85,说明蒸发量与平均风速成正相关,也就是说,随着年际的变化整体呈递减趋势,进一步说明风速减小是造成蒸发量减小的重要因子。

3.3 湿度因子的影响

饱和水汽压是气温的函数,气温升高饱和水汽压将增大,不利于水汽的转移,蒸发量也会相应地减少^[22]。哈密市 1961~2010 年平均相对湿度的变化速率为 $2.8\%/10 \text{ a}$,平均水汽压的变化速率为 $0.3 \text{ hPa}/10 \text{ a}$,相对湿度和水汽压呈上升趋势而蒸发量呈递减趋势,呈负相关,说明湿度因子是导致蒸发量减少的主要因素。

通过查阅相关资料表明降水与蒸发量不成相关关系,但是降水量的多少也会影响蒸发量的大小,降水量越大蒸发量越小,反之越大。经统计,哈密市 1961~2010 年近 50 a 的年降水量呈上升趋势,增长速率是 $0.38 \text{ mm}/10 \text{ a}$;并且发现从 1990 年代末到本世纪初 10 a 降水量是明显增多的,近 10 a 的平均降水是 51.0 mm,明显高于 50 a 平均降水量 39.1 mm,降水量的增多将使蒸发量减小,表明降水量也是造成蒸发量减小的气象因子之一。

3.4 蒸发量的影响因子及其相关系数

通过计算哈密市月、年平均蒸发量与各气象因子的相关系数发现(表 3),蒸发量与平均气温没有较好的相关性;年平均蒸发量与平均风速的相关性最好,相关系数最大,为 0.85,通过置信度 $\alpha = 0.01$ 的显著检验,且每月都呈正相关,说明风速是造成蒸发量减小的主要因子;其次是水汽压和相对湿度,年平均蒸发量与水汽压、相对湿度的相关系数分别为 -0.78 、 -0.67 ,通过置信度 $\alpha = 0.01$ 的显著检验,每月基本呈负相关,说明水汽压、相对湿度也是造成蒸发量减小的因素之一;最后是年日照时数,尽管相关系数只有 0.29,也通过置信度 $\alpha = 0.05$ 的显著检验,呈正相关,说明它们二者的变化趋势是一致的,是影响蒸发量的又一个因子。

表3 哈密市蒸发量与各气象要素的相关系数

Tab. 3 The correlation coefficients between evaporation and influencing factors

	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	年
气温	0.87 [▲]	0.66 [▲]	0.48 [▲]	0.05	0.25 [☆]	0	0.33 [☆]	0.6 [▲]	0.39 [☆]	0.44 [▲]	0.45 [▲]	0.63 [▲]	-0.25 [☆]
日照时数	0.17	0.32 [☆]	0.04	0.1	0.08	0.16	0.5 [▲]	0.5 [▲]	0.4 [▲]	0.58 [▲]	0.25 [☆]	0.22 [☆]	0.29 [☆]
相对湿度	-0.72 [▲]	-0.68 [▲]	-0.35 [☆]	-0.47 [▲]	-0.63 [▲]	-0.53 [▲]	-0.82 [▲]	-0.89 [▲]	-0.87 [▲]	-0.75 [▲]	-0.4 [▲]	-0.5 [▲]	-0.67 [▲]
水汽压	0.25 [☆]	-0.16	-0.08	-0.35 [☆]	-0.38 [☆]	-0.58 [▲]	-0.77 [▲]	0.78 [▲]	-0.68 [▲]	-0.43 [▲]	0.06	0.18	-0.78 [▲]
风速	0.06	0.16	0.57 [▲]	0.62 [▲]	0.72 [▲]	0.85 [▲]	0.78 [▲]	0.87 [▲]	0.83 [▲]	0.79 [▲]	0.46 [▲]	0.3 [☆]	0.85 [▲]

注:▲表示置信度通过 $\alpha=0.01$ 的显著检验,☆表示置信度通过 $\alpha=0.05$ 的显著检验

4 结 论

(1)哈密市近50 a 平均蒸发量呈显著下降趋势,年、季、月蒸发量的变化特征基本一致。夏季蒸发量减少最为明显,春季次之,冬季最小,年蒸发量的变化主要是由夏季、春季蒸发量的变化引起的,因此,春、夏季蒸发量的逐年减少在年蒸发量逐年下降趋势中占据主导地位。

(2)蒸发量与平均风速的相关性最好,月、年都呈显著正相关关系,说明风速是影响蒸发量减少的重要因子。

(3)蒸发量与水汽压、相对湿度呈显著负相关关系,说明水汽压和相对湿度也是造成哈密蒸发量减少的重要因素。

(4)蒸发量与平均日照时数相关性虽然只有0.29,但从月、年来说是呈正相关的,说明日照时数也是影响蒸发量的一个因子,但是影响程度要比风速、水汽压和相对湿度要小很多。

(5)蒸发量与降水量不成正比关系,但是它的大小也会影响蒸发量的变化。

本文仅对哈密市蒸发量的变化特征和影响因子进行了初步的分析,影响因子只对气象因子进行了较简单的相关分析,存在一定的局限性,同时蒸发器测得的蒸发量并不能完全代表地表和水面蒸发的实际情况,这种分析只是一种理想化和简化的研究,有待于在以后的工作中进行更深入的研究。

参考文献:

- [1] 于淑秋,林学椿,徐祥德. 中国西北地区气候变化特征[A]. 新世纪气象科技创新与大气科学发展—中国气象学会2003年年会“气候系统与气候变化”分会论文集[C]. 2003年.
- [2] 刘德祥,董安祥,陆登荣. 中国西北地区近43年气候变化及其对农业生产的影响[J]. 干旱地区农业研究,2005,23(2):195-201.
- [3] 左敏,陈洪武,江远安,等. 新疆近50年气温变化趋势和演变特征[J]. 干旱气象,2010,28(2):160-166.

- [4] 张家宝,史玉光. 新疆气候变化及短期气候预测研究[M]. 北京:气象出版社,2002.
- [5] 何炎红,田有亮,郭连生. 乌兰布和沙漠可能蒸散的研究[J]. 干旱气象,2007,25(2):61-66.
- [6] 王佩,邱国玉,尹倩,等. 泾河流域温度与器皿蒸发量时空特征及变化趋势[J]. 干旱气象,2008,26(1):17-22.
- [7] 安月改,李元华. 河北省近50年蒸发量气候变化特征[J]. 干旱区资源与环境,2005,19(4):159-162.
- [8] 左洪超,李栋梁,胡隐樵,等. 近40a中国气候变化趋势及其同蒸发皿观测的蒸发量变化的观测[J]. 科学通报,2005,50(11):42-46.
- [9] 程海涛,慕彩芸. 东疆地区蒸发量变化趋势及气象影响因子研究[J]. 气象,2009,35(7):68-72.
- [10] 王佩,邱国玉,尹倩,等. 泾河流域温度与器皿蒸发量时空特征及变化趋势[J]. 干旱气象,2008,26(1):17-22.
- [11] Peterson T C, Golubev V S, Groisman P Y. Evaporation losing its strength[J]. Nature, 1995,377:687-688.
- [12] Chattopadhyay N, Hulme M. Evaporation and potential evapotranspiration in India under conditions of recent and future climate change[J]. Agric For Meteorol, 1997,87:55-73.
- [13] 任国玉,郭军,徐铭志,等. 近50年中国地面气候变化基本特征[J]. 气象学报,2005,63(6):942-956.
- [14] 苏宏超,魏文寿,韩萍. 新疆近50a来的气温和蒸发变化[J]. 冰川冻土,2003,25(2):174-178.
- [15] 刘波,冯锦明,马柱国,等. 1960~2005年新疆气候变化的基本特征[J]. 气候与环境研究,14(4):414-426.
- [16] 谢贤群,王菱. 中国北方近50年潜在蒸发的变化[J]. 自然资源学报,2007,22(5):683-691.
- [17] 郭军,任国玉. 黄淮海流域蒸发量的变化及其原因分析[J]. 水科学进展,2005,16(5):666-672.
- [18] 刘波,马柱国,丁裕国. 中国北方近45年蒸发变化的特征及与环境的关系[J]. 高原气象,2006,25(5):840-848.
- [19] 谢平,陈晓宏,王兆礼,等. 东江流域蒸发皿蒸发量及其影响因子的变化特征分析[J]. 热带地理,2008,28(4):306-310.
- [20] 王艳君,姜彤,许崇育,等. 长江流域1961—2000年蒸发量变化趋势研究[J]. 气候变化研究进展,2005,1(3):99-104.
- [21] 谭海涛,王贞龄,余品伦,等. 地面气象观测[M]. 北京:气象出版社,1986.
- [22] 徐仁. 水面蒸发与气候因素关系的通径分析[J]. 地下水,2010,32(4):133-134.

(下转第106页)

