

华北地区动力和热力蒸发量特征研究

荣艳淑^{1,2}, 余锦华³, 屠其璞³

(1. 河海大学水资源环境学院, 江苏 南京 210098; 2. 天津市气象科学研究所, 天津 300074;
3. 南京信息工程大学气象灾害和环境变化重点实验室, 江苏 南京 210044)

摘要 选用 1957~2002 年的气象观测资料, 对华北地区 5 个分区动力和热力蒸发量的季节、年际变化规律, 动力和热力蒸发量之间的差异, 动力和热力蒸发量对总蒸发量的贡献以及近 20 年全球变暖背景下华北地区动力和热力蒸发量的变化趋势进行了分析。结果表明, 华北各个区域动力和热力蒸发量的年、季变化规律有明显差异, 动力蒸发量的季节变化呈双峰特征, 而热力蒸发量则呈单峰变化, 动力蒸发量和热力蒸发量的年和季节序列线性变化趋势有明显差异, 在全球变暖的背景下, 这种差异明显变大, 年平均热力作用对总蒸发量的贡献大于动力作用, 不同季节这种规律有所不同, 温暖季节热力作用对总蒸发量贡献较大, 寒冷季节动力作用大于热力作用(华北 4 区除外)。

关键词 动力蒸发量; 热力蒸发量; 华北地区

中图分类号: X16 文献标识码: A 文章编号: 1000-1980(2006)06-0614-04

蒸发既是地-气系统热量平衡, 又是水分平衡的组成部分, 它不仅对地-气系统的热量、水分收支的状况起重要作用, 同时在很大程度上决定着天气、气候的变化, 因此蒸发问题一直是国内外气象学、水文学、生态学、植物学、土壤学、农学等学科关心的问题之一。在地-气系统的水分收支中除降水量可通过器测获得外, 蒸发量是另一个通过器测或计算可获得的物理量, 因此人们研究气候干湿、旱涝变化规律时, 除选用降水量外, 还选用了蒸发量这一因子。研究表明, 最近几十年中国西北地区和山东等地的观测蒸发量有减少趋势, 而降水量未见增多, 有变干趋势^[1-2]。中国北方许多省份(市), 如天津、安徽及黄河上游等地区有潜在蒸发量增大、降水量减少的现象, 气候有向干旱化发展的趋势^[3-5]; 另有一些地区, 如波罗的海流域降水和蒸发量都有增大的趋势^[6]; 还有一些地区在气候变暖背景下表现出蒸发量增大的特征^[7-9]。蒸发可分为热力和动力蒸发两部分^[3,10], 许多学者认为温度变化对蒸发量的影响最为显著^[11-12], 实际上这体现了蒸发量的热力部分影响, 至于动力蒸发量有怎样的年、季变化特征, 以及对总蒸发量的贡献还不得而知。本文将针对这一问题进行研究, 以期获得动力和热力蒸发量的变化规律。

1 华北气候分区及蒸发量的计算方法

本文中华北地区包括北京市、天津市、河北省、山西省、山东省、河南省和内蒙古自治区, 南北跨度 35 个纬度, 东西跨度 20 个经度, 降水差异很大, 因此本文以文献[13]的 5 个分区结果(图 1)对华北地区进行研究。选取该区域内 104 个气象站 1957~2002 年的月平均气温、月降水量、月平均风速、月平均水汽压、月日照时数作为研究资料(由中国气象局提供)。

本文中的蒸发量是最大潜在蒸发量, 由彭曼蒸发公式^[3]计算。根据文献[3], 潜在蒸发量中的热力部分表征了太阳辐射产生的热能部分, 而动力部分代表了由于空气动力扰动而产生的平流能部分, 分别以动力蒸发量、热力蒸发量与总蒸发量的比值作为动力部分和热力部分对总蒸发量的贡献。通过分析动力和热力蒸发量的变化以达到溯本求源的目的。

2 华北地区动力和热力蒸发量的季节变化特征

华北地区动力和热力蒸发量的季节变化曲线如图 2 所示。图 2 中 R-1~R-5 分别代表 5 个分区。

从图 2a)可以看出,除华北 4 区(R-4)外,动力蒸发量呈明显的双峰曲线变化特征,最大峰值出现在春末 5 月份,次峰值出现在秋季 9~10 月份;R-4 区的动力蒸发量只有一个峰值,出现在 6 月份.华北 5 个分区中,R-1 区动力蒸发量的季节变化幅度最大,冬季为 5 个分区中的最小值,而春末又是 5 个分区中的最大值;R-4 区的季节变化最小,除春季转夏季过程中动力蒸发量略有明显变化外,其他季节数值变化不明显,其冬季最小值位居 5 个分区的第 2 位,春末最大值又是 5 个分区中的最小值;R-2 区、R-3 区和 R-5 区的动力蒸发量比较接近,所以,动力蒸发量中年总量和季节变化最大的均为 R-1 区,最小的是 R-4 区,其他 3 个分区无论是年总量还是季节变化均比较接近.

从图 2b)可以看出,热力蒸发量的季节变化曲线是单峰曲线,夏季热力蒸发量最大,冬季最小,5 个分区无一例外,年热力蒸发量相对最大的地区是 R-4 区,最小的是 R-1 区.

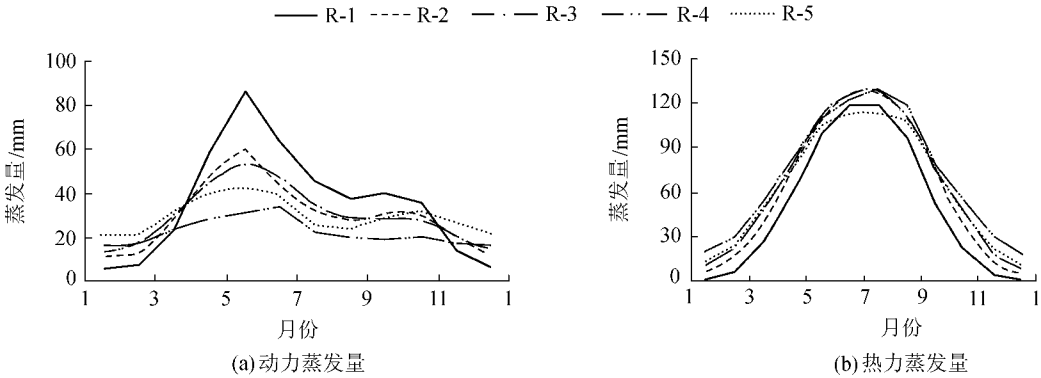


图 2 华北地区动力和热力蒸发量季节变化曲线

Fig.2 Seasonal variation of dynamic evaporation and thermal evaporation for 5 regions in North China

3 华北地区动力和热力蒸发量的年际趋势变化特征

为了比较近 50 年来和在全球变暖背景下最近 20 多年蒸发量的变化规律,分析了动力和热力蒸发量随时间的线性趋势变化.表 1 列出了近 50 年来(1957~2002 年)和最近 20 多年(1981~2002 年)华北地区动力和热力蒸发量的线性趋势变化,其中正值表示线性趋势加大,负值表示线性趋势变小.

表 1 华北地区各区域动力和热力蒸发量随时间变化趋势

Table 1 Variation trend of dynamic evaporation and thermal evaporation of 5 regions in North China

时 间	季度	动力蒸发量趋势/(mm·a ⁻¹)					热力蒸发量趋势/(mm·a ⁻¹)				
		R-1 区	R-2 区	R-3 区	R-4 区	R-5 区	R-1 区	R-2 区	R-3 区	R-4 区	R-5 区
1957~2002 年	全年	0.802	0.471	0.340	-0.302	0.731	0.411	0.100	-0.204	-1.077	-1.172
	春季	0.242	-0.063	-0.050	-0.108	-0.103	0.297	0.137	0.003	0.044	-0.109
	夏季	0.367	0.315	0.155	-0.210	0.245	0.040	-0.053	-0.227	-0.963	-0.820
	秋季	0.152	0.173	0.092	0.061	0.351	0.043	-0.030	-0.060	-0.139	-0.223
	冬季	0.043	0.010	0.150	-0.038	0.189	0.080	0.111	0.151	0.068	0.049
1981~2002 年	全年	3.356	2.534	3.143	4.930	5.060	2.297	1.044	-0.449	1.140	-2.476
	春季	0.725	0.849	0.647	1.419	1.087	0.455	0.418	-0.220	-0.029	-0.694
	夏季	1.678	1.157	0.929	1.587	1.664	1.529	0.501	-0.093	0.783	-1.237
	秋季	0.765	0.336	0.890	0.139	0.139	0.244	0.003	-0.288	0.171	-0.550
	冬季	0.192	0.167	0.799	0.651	0.812	0.252	0.395	0.477	0.591	0.323

由表1可见,近50年来R-1、R-2、R-3、R-5区年动力蒸发量以缓慢上升的趋势发展,只有R-4区以下降趋势发展。但是在最近20多年全球变暖背景下,动力蒸发量的变化趋势发生了明显变化,主要表现在趋势变化比过去增加了近1个数量级,而且5个分区无一例外,都呈加大趋势发展。就季节的变化趋势而言,近50年来,夏季和冬季动力蒸发量年际变化与年序列相近,R-1、R-2、R-3、R-5区为上升趋势发展,R-4区为下降趋势变化。春季序列中,除R-1区为上升趋势发展,其他4个区均为下降趋势变化。秋季序列全部表现为增加趋势变化。这种状况在最近20年中也发生了变化,春夏秋冬4个季节均表现为蒸发量增加的趋势,而且增加的速度明显变大,有的地区增加了几倍,有的地区增加了十几倍。

从年热力蒸发量来看,各个区域差别明显。近50年来,R-1、R-2区以缓慢上升的趋势发展,R-3、R-4、R-5区热力蒸发量以下降趋势发展。最近20多年这种变化趋势比过去加强了许多,R-1和R-2区的上升速度分别比原来加大了5倍和10倍,R-3、R-5区的下降速度分别比过去加大了2倍,R-4区由下降趋势变为上升趋势。

从季节热力蒸发量来看,在近50年来,只有冬季5个分区均为上升趋势变化,其他季节各区变化趋势不同。最近20多年,这种特征也发生了变化,冬季5个分区上升速度明显加大,夏、秋季中R-2、R-4区由下降趋势转变为上升趋势,R-3、R-5区下降趋势和R-1区的上升趋势均比过去有所加强。

4 华北地区动力和热力蒸发量的比较

从图2可以看出,动力和热力蒸发量的大小有明显差距,平均年动力蒸发量为350 mm,而平均年热力蒸发量为745 mm,二者相差近1倍。表2给出了华北5个区域动力和热力蒸发量对总蒸发量的贡献。由表2可知,从区域平均来讲,2~10月份热力蒸发量对总蒸发量的贡献均大于动力蒸发量,平均相差1倍,在总蒸发量中占67.6%。夏季热力蒸发量的贡献更大,7~8月份其贡献高达80%,是动力蒸发量的4倍,表明在温暖季节由于太阳辐射产生的热量在蒸发过程中起重要作用。但是从11月份开始到次年1月份动力蒸发量的贡献开始大于热力蒸发量的贡献,其贡献为56.9%;12月份动力蒸发量贡献达67.0%,是热力蒸发量的1倍,表明在寒冷季节空气动力扰动对蒸发过程的作用大于热力作用。只有华北4区各月热力蒸发量均大于动力蒸发量,夏季二者差异最大,热力蒸发量几乎是动力蒸发量的6倍,冬季热力蒸发量略大于动力蒸发量。这种现象表明在35°N以南地区,热量资源比较丰富,热力是导致蒸发量产生的主要原因;在35°N以北的北方地区,冬季蒸发量的产生多是由于空气动力扰动产生。

表2 动力和热力蒸发量对总蒸发量的贡献

Table 2 Contributions of dynamic evaporation and thermal evaporation to the total amount of evaporation

时间	热力蒸发量贡献/%						动力蒸发量贡献/%					
	R-1区	R-2区	R-3区	R-4区	R-5区	平均	R-1区	R-2区	R-3区	R-4区	R-5区	平均
1月	21.86	35.97	44.07	56.08	40.07	44.25	78.33	64.03	55.90	43.88	59.98	55.75
2月	49.89	53.63	56.29	63.98	53.11	56.61	50.08	46.38	43.69	35.97	46.91	43.38
3月	53.50	60.08	61.75	69.50	60.61	61.75	46.51	39.92	38.24	30.50	39.40	38.25
4月	50.24	59.84	63.15	74.35	65.03	62.33	49.76	40.16	36.87	25.67	34.96	37.67
5月	53.47	64.86	67.67	77.77	70.94	66.20	46.53	35.14	32.33	22.22	29.05	33.80
6月	65.07	74.46	72.82	78.00	74.62	72.76	34.94	25.55	27.18	22.00	25.38	27.24
7月	72.32	80.47	79.20	85.08	81.85	79.63	27.69	19.52	20.80	14.92	18.15	20.37
8月	71.89	80.47	79.94	85.77	82.18	80.08	28.11	19.52	20.06	14.23	17.82	19.92
9月	57.00	69.95	72.50	80.43	72.02	70.55	43.00	30.04	27.51	19.58	27.97	29.45
10月	37.96	54.21	62.12	73.68	59.65	58.52	62.03	45.79	37.87	26.32	40.36	41.48
11月	22.80	37.54	47.79	62.89	44.03	46.49	77.15	62.46	52.21	37.14	55.95	53.51
12月	9.47	26.10	36.80	53.79	32.36	37.54	90.53	73.87	63.21	46.20	67.65	62.46
全年	58.91	67.58	68.62	76.14	68.09	68.01	41.09	32.42	31.38	23.86	31.91	31.99

5 结 语

a. 华北地区各个区域动力蒸发量和热力蒸发量有明显差异,动力蒸发量的季节变化为双峰曲线,而热力蒸发量则为单峰曲线,只有华北4区例外,华北4区动力和热力蒸发量均为单峰曲线。

b. 华北地区动力蒸发量和热力蒸发量的线性变化趋势有较大差异,这种差异存在于不同序列(包括年

或季节)和不同区域.最近20多年在全球变暖的背景下,动力蒸发量和热力蒸发量的线性变化趋势发生了一些变化,且差异有增大现象.

c. 就对总蒸发量的贡献而言,平均热力蒸发量是动力蒸发量的1倍;在盛夏(7~8月份)蒸发量由热力部分提供,在冬季,尤其是12月份以动力蒸发量的贡献为主,华北4区是唯一一个全年各月热力蒸发量均大于动力蒸发量的地区.

参考文献:

- [1] 靳立亚,李静,王新,等.近50年来中国西北地区干湿状况时空分布[J].地理学报,2004,59(6):847-854.
- [2] 洪嘉琰,傅国斌,郭早男.山东南四湖水面蒸发实验研究[J].地理研究,1996,15(3):42-49.
- [3] 荣艳淑,屠其璞.天津地区蒸发演变及对本地气候干旱化影响的研究[J].气候与环境研究,2004,9(4):575-583.
- [4] 王效瑞,张诗玉,田红.蒸发力的统计估算模式及其在旱涝诊断中的应用[J].大气科学研究与应用,1998(5):91-96.
- [5] 李林,张国胜,汪青春.黄河上游流域蒸散量及其影响因子研究[J].气象,2000,26(12):6-10.
- [6] OMSTEDT A, MEULLER L, NYBERG L. Interannual, seasonal and regional variations of precipitation and evaporation over the Baltic Sea[J]. Marine Meteorology, 1997, 28(8):484-492.
- [7] BULTOT F, GELLEN D, SPREAFICO M, et al. Repercussions of a CO₂ doubling on the water balance-a case study in Switzerland[J]. Journal of Hydrology, 1992, 137:199-208.
- [8] STAMM J F, GETTELMAN A. Simulation of the effect of double atmospheric CO₂ on the climate of Northern and Central California[J]. Climate Change, 1995, 30:295-325.
- [9] 刘春蓁.气候变化对我国水文水资源的可能影响[J].水科学进展,1997,8(3):220-225.
- [10] RONG Yan-shu, TU Qi-pu. The characteristics of evolution of potential evaporation in tianjin region of China[J]. J of Hydrodynamics, 2004, 16(3):290-294.
- [11] 黄贤庆,刘新仁.大尺度蒸发模型研究[J].河海大学学报:自然科学版,2000,26(4):13-18.
- [12] 李爱德,王耀林,赵明.民勤地区沙面蒸发及影响因素的初步研究[J].干旱区研究,1996,13(9):54-59.
- [13] 荣艳淑.气候变暖对华北干旱影响的研究[C]//2004年中国气象学会年会编委会.推进气象科技创新加快气象事业发展(上).北京:气象出版社,2004:329-335.

Characteristics of dynamic evaporation and thermal evaporation in North China

RONG Yan-shu^{1,2}, YU Jin-hua³, TU Qi-pu³

(1. College of Water Resources and Environment, Hohai University, Nanjing 210098, China;

2. Tianjin Institute of Meteorological Science, Tianjin 300074, China;

3. Key Laboratory of Meteorological Disaster and Environment Variation, Nanjing University of Information Science and Technology, Nanjing 210044, China)

Abstract Based on the observed meteorological data from 1957 to 2002, an analysis was made of seasonal and annual variations of dynamic evaporation and thermal evaporation, their differences, and their contributions to the total amount of evaporation of 5 regions in North China, as well as the trend of their variations for recent 20 years under the condition of global warming. The results show that there are obvious differences between seasonal variations of dynamic evaporation and thermal evaporation in different regions, the former being double-peak distributed, while the latter being single-peak distributed, and that obvious differences also exist between annual variations of dynamic evaporation and thermal evaporation, and the differences become more evident under the condition of global warming. It is also demonstrated that the contribution of average annual thermal evaporation to the total amount of evaporation is greater than that of average annual dynamic evaporation, while the situation is quite different in different seasons: in warm season, thermal evaporation is of greater contribution to the total amount of evaporation of these regions, however, apart from the fourth region, the dynamic evaporation is of greater contribution to the total amount of evaporation in cold season.

Key words dynamic evaporation, thermal evaporation; North China