

华北地区热带气旋降水量的气候诊断

余锦华^{1,2}, 荣艳淑³, 曹丽青³

(1. 南京大学大气科学系中尺度灾害性天气教育部重点实验室, 江苏 南京 210093;

2. 南京信息工程大学气象灾害和环境变化重点开放实验室, 江苏 南京 210044;

3. 河海大学水资源环境学院, 江苏 南京 210098)

摘要 利用 1950~2002 年热带气旋降水量资料, 对华北地区由热带气旋引起的降水进行了分析. 结果表明, 华北地区热带气旋降水量的空间分布很不均匀, 平均山东半岛东部最大, 向西具有减少的趋势, 这种趋势与热带气旋降水频数相一致, 地形的影响使降水量的空间分布复杂化. 对于热带气旋过程降水量的大小, 地形的影响更为重要, 从河北东部经西部到河南南部沿着燕山南麓和太行山东麓分布着大的过程降水中心, 此外, 受热带气旋影响的最西站点随年代向东偏移. 热带气旋降水量季节变化表现为 8 月最大, 10 月最小. 年际变化明显, 具有显著的 2~3 年振荡周期. 年代际变化表现为 20 世纪 50, 60 和 70 年代相差很小, 80 年代后具有明显减少的趋势. 各区域热带气旋降水量的年际和年代际变化显示, 华北西部的山西和北部的内蒙减少的趋势最强.

关键词 热带气旋降水 华北地区 空间分布 时间变化

中图分类号: P466

文献标识码: A

文章编号: 1000-1980(2005)05-0513-05

热带气旋(TC)常常以一种灾害性天气系统出现, 但在一定的地区和时期, 热带气旋降水量能够缓解旱情. 对于华北地区, 虽然热带气旋的影响总体来说远小于我国华东和华南地区, 但有时其短期影响远远超过沿海地区. 如 1975 年 3 号台风在福建登陆后, 在移到河南驻马店地区时带给舞阳 724mm 的台风过程降水, 打破了历史记录, 造成十分严重的灾害, 迄今为止热带气旋过程降水仍未超过这一记录. 因此, 华北地区热带气旋的暴雨研究一直受到重视. 姚秀萍等^[1]将非地转湿 Q 矢量应用于华北地区特大台风暴雨的研究. 张善君等^[2]研究了登陆北上的热带气旋造成华北地区暴雨增幅的天气气候规律, 提出确定暴雨增幅的标准. 朱官忠等^[3]探讨了登陆北上热带气旋的特大暴雨落区. 曹钢锋等^[4]将影响我国北方的台风路径分为 8 类, 统计分析了各类台风的最大降水量级、暴雨中心位置、平均路径及降水分布. 任福民^[5]对中国热带气旋降水的气候特征进行了分析. 这些研究多偏重于某些个例的天气学、动力学以及台风路径本身等, 对引起华北地区台风降水分布差异的气候分析较少. 热带气旋降水的区域性特征明显, 本文利用 1950~2002 年的热带气旋降水量资料, 对华北地区热带气旋降水频数、降水量和过程降水量等时空演变特征进行分析.

1 概 述

热带气旋降水值(量)指由热带气旋系统本身及其与中纬度系统相互作用引起的降水量. 本文所用热带气旋降水量资料 1950~1988 年来自中央气象台出版的《台风年鉴》, 1989~2002 年来自中央气象台出版的《热带气旋年鉴》. 本文所指的华北地区, 包括内蒙古自治区、河北省、河南省、北京市、天津市、山西省和山东省. 研究热带气旋降水的站点主要选用国家气象局布置的一些基准站、基本站和一般站, 这些站点在 1950~2002 年间至少有一次热带气旋过程降水量不小于 10 mm, 山东省共有 85 个, 最多, 山西省 54 个, 河南省 58 个, 河北省 57 个, 北京市 6 个, 天津市 3 个, 内蒙古自治区 41 个. 热带气旋降水频数(若不说明, 指过程降水量不小于 10 mm)的统计根据是《台风年鉴》及《热带气旋年鉴》, 热带气旋过程降水量大于等于 10 mm 或 100 mm 等计为一次. 区域平均过程降水量是指对某次(或多次)热带气旋过程降水量大于 10 mm 以上站点的

平均 站点的平均过程降水量是指某一段时期,该站点所有热带气旋过程降水量的平均.

2 华北地区热带气旋降水量的空间分布

2.1 热带气旋降水频数的分布

1950~2002 年间,华北地区热带气旋累积降水频数的空间分布极不均匀(见图 1(a)),山东半岛东部最多,达 50 多次,山西省和内蒙古境内的部分站点只有 1 次,具有从山东半岛向西及西北方向明显减少的趋势.等值线大致呈东北西南或南北走向,在山东半岛以西的山东丘陵最为密集,山东半岛内和太行山以西、燕山以北等都较稀疏.

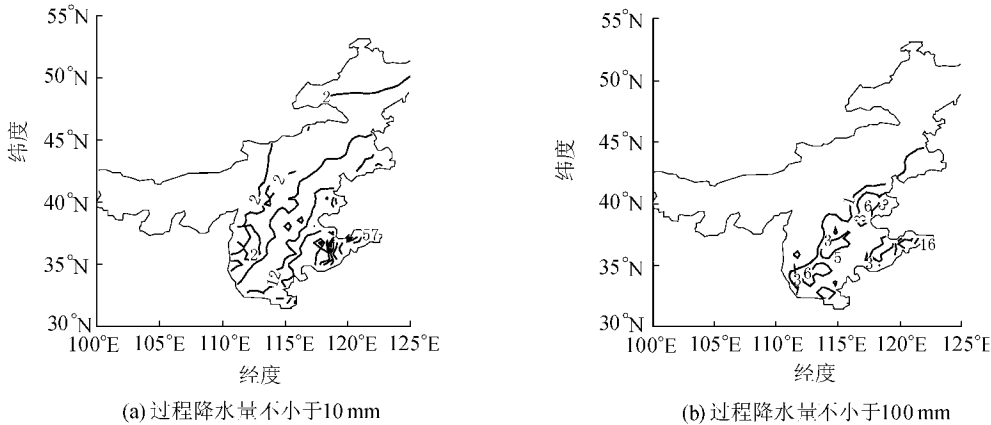


图 1 华北地区 1950~2002 年热带气旋降水频数的空间分布(单位:次)

Fig.1 Spatial distribution of precipitation frequency during 1950—2002 over North China(unit: number)

表 1 为从山东半岛的荣成向西直到山西沁源的热带气旋累积降水频数,共选用 11 个站点,其纬度均在 37°N 左右.可见,热带气旋降水频数从东向西减少的趋势很强,速度较快,从 51 次减到 1 次,平均经度每向西 1 度,减少 5 次.

热带气旋降水频数随纬度的变化也有一定的规律,总的来说,纬度高,热带气旋降水频数少,纬度低,热带气旋降水频数相对较多,但在局部地区,如图 1(a)中有些地区等值线近似南北走向,就不符合这一规律.在 116°E 附近,从锡林浩特向南到山东的单县,选取 10 个站点,见表 2.由表 2 可见,从河北省的涿洲到赤城,从山东省的聊城到武城,热带气旋降水频数显著减少;从河北省安新到涿洲,从内蒙古正蓝旗到锡林浩特,随着纬度增加,降水频数反而增加,特别是从河北省安新到涿洲,平均 1 个纬度增加 7 次左右.

表 1 华北地区 1950~2002 年热带气旋降水特征与经度的关系

Table 1 Relationship between TC precipitation features and longitude during 1950—2002 for North China				
站点	经度	降水 频数/次	平均过程降水量/ (mm·次 ⁻¹)	降水量/ (mm·a ⁻¹)
荣成	122.38°E	51	76.67	73.36
文登	122.03°E	50	75.98	68.77
莱阳	120.73°E	46	53.91	46.28
平度	119.93°E	48	51.65	46.26
潍坊	119.18°E	42	41.45	32.85
淄博	118.00°E	30	39.77	21.92
济南	116.98°E	21	50.10	19.85
聊城	115.95°E	17	57.35	18.40
邯郸	114.50°E	11	92.91	19.28
黎城	113.38°E	3	32.33	1.83
沁源	112.35°E	1	27.00	0.51

表 2 华北地区 1950~2002 年平均热带气旋降水特征与纬度的关系

Table 2 Relationship between TC precipitation features and latitude during 1950—2002 for North China				
站点	纬度	降水 频数/次	平均过程降水量/ (mm·次 ⁻¹)	降水量/ (mm·a ⁻¹)
锡林浩特	43.95°N	5	19.40	1.83
正蓝旗	42.18°N	2	33.00	1.25
赤城	40.90°N	5	32.60	3.38
涿洲	39.48°N	11	64.55	12.32
安新	38.92°N	7	46.86	6.19
饶阳	38.23°N	12	45.58	10.91
武城	37.22°N	9	39.89	6.77
聊城	36.42°N	17	57.35	18.40
巨野	35.42°N	18	48.28	16.40
单县	34.80°N	19	38.26	12.04

热带气旋降水频数随经度和纬度的变化趋势反映了热带气旋大多以自南向北和自东向西路径影响我国的结果,而与变化趋势不一致的情况可能与地形和热带气旋以其他路径影响华北地区降水有关.

图 1(b)给出了降水量大于 100 mm 热带气旋降水频数的空间分布.比较图 1(a),(b),两者随经度及纬度变化的总体趋势一致,山东半岛为一高值区域.但与图 1(a)明显不同的是,图 1(b)有 3 个明显的闭合高值区域,中心分别在河北省的兴隆、邯郸和河南省的郑州,华北平原地区为一相对低值区域.

降水量大于 100 mm 与大于 10 mm 的热带气旋降水频数的比值(图 2)表现出的一个主要特征是,从北京密云地区经河北西南部伸向河南南部的闭合高值区域向西北快速减小,向东南减小较慢.另外,位于山西省的蒲县有一最大值 100%,这是因为蒲县 1950~2002 年间只发生了一次热带气旋降水(1958 年 7 月),过程降水量为 103 mm.山东半岛除莱州为 55.56% 外,大多为 20%~30%,山东其他地区为 5%~15%.可见,华北地区在燕山以南和太行山以东山麓由于地形的抬升作用,强热带气旋降水发生的概率大大提高.

2.2 平均热带气旋过程降水量的分布

图 3 为 1950~2002 年平均热带气旋过程降水量的空间分布,其等值线的分布形态与图 2 很相似.高值区域从河北东部向西南延伸,直到河南南部.山东半岛平均热带气旋过程降水量大于 50 mm,无一超过 90 mm,山东其他地区为一相对低值区域,为 30~50 mm.可见,地形在平均过程降水量中起着重要的作用.

2.3 平均热带气旋降水量的分布

华北地区 1950~2002 年平均热带气旋降水量的空间分布(图 4)与热带气旋降水频数的空间分布(图 1(a))比较相似.向西减少较快的有两个区域:(a)从河北省进入山西省境内,这是由热带气旋降水频数和平均过程降水量同时快速减少引起的.(b)山东半岛的西部丘陵.由于热带气旋降水频数和过程降水量出现相反的变化(表 1),山东半岛内和华北平原地区热带气旋降水量变化较慢,其与纬度的总体关系与热带气旋频数相似.

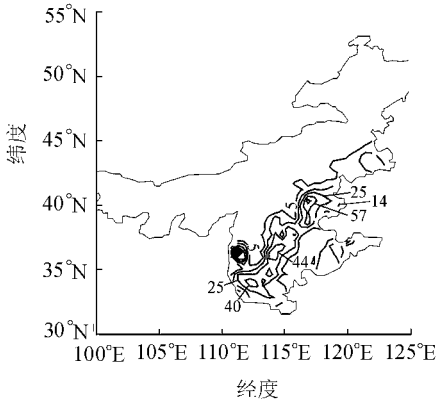


图 2 华北地区降水量大于 100 mm 与大于 10 mm 的热带气旋降水频数比值的空间分布(单位:%)
Fig.2 Spatial distribution of ratio of frequencies of TC precipitation greater than 100 mm to TC precipitation greater than 10 mm over North China(unit:%)

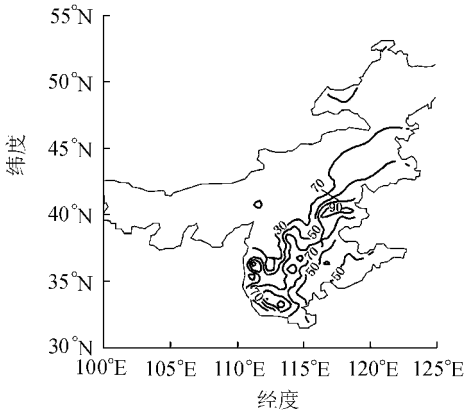


图 3 华北地区平均热带气旋过程降水量的空间分布(单位:mm/次)

Fig.3 Spatial distribution of mean TC precipitation over North China(unit:mm/number)

比较各年代热带气旋降水量的空间分布,在很多方面是相似的,如随经纬度的变化趋势,最大值都位于山东半岛东部.其差异表现为(表 3):(a)最大中心值差异较大.20 世纪 50 年代最多为 118.4 mm,之后逐渐减小,直到 80 年代的 68.8 mm,90 年代又开始增加.(b)热带气旋降水影响范围的差异.经度上,影

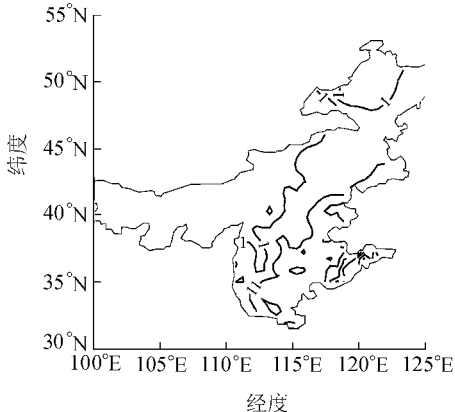


图 4 华北地区 1950~2002 年平均热带气旋降水量的空间分布(单位:mm/a)

Fig.4 Spatial distribution of mean annual TC precipitation during 1950—2002 over North China(unit:mm/a)

表 3 不同年代热带气旋降水分布的主要参数

Table 3 Some main parameters about distribution of TC precipitation for each decade

年份	最大中心 值/mm	最大 中心站点	次极值 中心站	最西站点 经度	最北站点 纬度	无降水 的站数/站
1950~1959	118.40	石岛	东光、井陘	105.75°E	49.22°N	78
1960~1969	100.00	成山头	临沂、青龙	110.68°E	49.57°N	85
1970~1979	89.80	成山头	舞阳、遵化	110.72°E	48.00°N	37
1980~1989	68.80	乳山	林县、青龙	111.03°E	49.57°N	84
1990~1999	88.20	荣成	高密、新乡	111.03°E	43.60°N	104

响的最西站点从 20 世纪 50 年的 105.75°E 向东移到八九十年代的 111.03°E 纬度上,20 世纪 80 年代以前,影响的纬度变化不大,90 年代向南移了 5 个纬度 影响的站点数方面,20 世纪 70 年代最多,八九十年代具有减少的趋势。(c)次极值中心大小及位置的差异.20 世纪 50 年代两个主要的次极值中心纬度相差不大,在 38°N 上下 90 年代与七八十年代相比,位于河南省内的次极值中心位置差异不大,但另一中心从河北省向东南移到了山东省境内的高密.

3 华北地区热带气旋降水量的时间变化

3.1 季节变化

华北地区平均热带气旋降水量的季节变化表明(表 4),各月份热带气旋降水量差异显著,1 年中有 5 个月,即 12 月至次年 4 月,整个华北地区未受到热带气旋的影响.而每年的 7~8 月是华北地区受热带气旋影响最主要的月份,8 月最大,7 月次之,再次是 9 月,10 月最小.这种季节变化特征与华北地区热带气旋降水频数相对应.1950~2002 年的 53 年中,华北地区热带气旋降水过程 8 月最多,共 53 次,7 月 25 次,5 月和 10 月只有 1 次.可见,热带气旋降水频数对热带气旋降水的季节变化起着

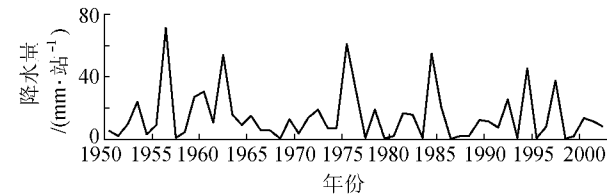


图 5 华北地区区域平均热带气旋降水量的年际变化
Fig.5 Inter-annual changes of regional mean
TC precipitation over North China

3.2 年际、年代际变化及趋势

华北地区区域平均热带气旋降水量的年际变化显著(图 5),1956 年最大,达 72.4 mm/站.无降水量的年份分别是 1968 年、1977 年、1979 年、1983 年、1993 年、1995 年和 1998 年 7 a.功率谱计算显示有显著的 3 a 左右的周期振荡(0.05 的显著性水平).

华北地区热带气旋降水量年代际变化表现(图 6(a))为,20 世纪 50、60 和 70 年代的值接近,80 年代以后具有明显减小的趋势,与热带气旋降水频数的年代际变化(图 6(b))不完全一致.后者 20 世纪 50 年代和 60 年代较多,但 70 年代较少,80 年代高于 70 年代.这是由于 20 世纪 70 年代热带气旋降水频数虽少,但热带气旋降水站数以及过程降水量平均均较大,因此热带气旋降水量反而较其他年代多.最大年平均降水量有逐年减小的趋势(图 5),从 20 世纪 50 年代的 72.4 mm/站逐渐减小到 90 年代的 46.89 mm/站.无降水年数有逐年增加的趋势,从 20 世纪 50 年代的零到 90 年代的 3 年;站点平均最大过程降水量在 50 mm/站以上的年数在 20 世纪 50 年代最多,为 5 年,80 年代最少,为 3 年,60、70 和 90 年代都为 4 年.可见,20 世纪 50 年代和 60 年代是华北地区受热带气旋影响最大的时段.到 20 世纪 90 年代,一方面无热带气旋降水出现的概率高,区域平均降水量较小;另一方面出现强降水过程的概率也较高.

表 4 华北地区 1950~2002 年平均热带
气旋降水量的季节变化

Table 4 Inter-monthly changes of mean
TC precipitation during 1950—2002 over North China

月份	降水量/ (mm·a ⁻¹ · 站 ⁻¹)	降水 频数/ 次	平均过程 降水量/ (mm·次 ⁻¹ · 站 ⁻¹)	平均影响 站点数/ (站·次 ⁻¹)	最大过程 降水量/ (mm·站 ⁻¹)
1	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0
5	0.11	1	47.08	36.00	47.08
6	0.14	2	24.57	46.00	27.14
7	4.76	25	52.80	56.68	121.14
8	8.05	53	65.50	40.81	95.13
9	1.44	14	54.28	21.14	95.74
10	0.01	1	14.17	6.00	14.17
11	0.04	2	22.10	15.00	26.47
12	0	0	0	0	0

支配作用.平均过程降水影响站数 7 月最多,6 月次之,再次为 8 月.与热带气旋降水频数和平均过程降水的季节变化特征不同,最大过程降水量 7 月最大,达 121.21 mm,表明 1 次降水过程使受影响站点的降水量大多达到了暴雨或大暴雨以上.9 月虽然降水频数远少于 8 月,但个别过程降水强度丝毫不弱于 8 月.

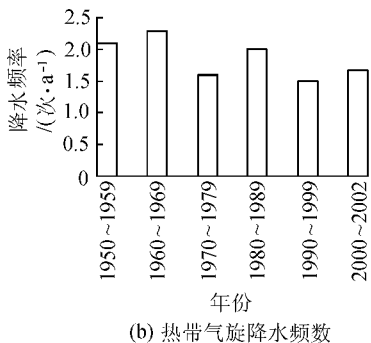
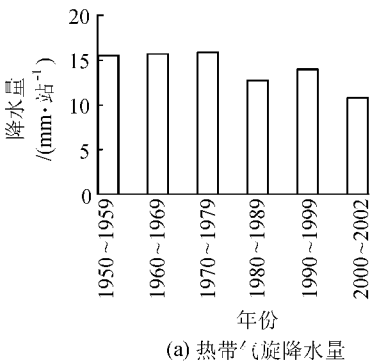


图 6 华北地区区域平均热带
气旋降水年代际变化

Fig.6 Inter-decade changes of regional
mean TC precipitation over North China

华北地区不同区域热带气旋降水量的年代际变化表明,绝大部分地区 20 世纪 80 年代以来平均热带气旋降水量都有明显减少的趋势,这与热带气旋降水频数从 70 年代开始显著减少有关,特别是山西、内蒙、河北等地.

4 小 结

- a. 华北地区热带气旋降水频数和平均热带气旋降水量的空间分布很不均匀,最大在山东半岛东侧,具有自东向西减少的趋势,在山东丘陵西部减少较快.影响到的最西和最北站点具有随时间向东和向南移动的趋势.
- b. 华北地区热带气旋平均过程(最大过程)降水量的空间分布与热带气旋降水频数和平均热带气旋降水量表现出较大的差异,其最大中心分布在河北东部经燕山以南和太行山以东的山麓到河南南部,由这一东北西南走向的高值区域向东南和西北方向减小.山东半岛为一次大中心.
- c. 华北地区热带气旋降水频数和区域平均热带气旋降水量的季节变化特征为 8 月最大,7 月次之.1 年中最早受影响的是 5 月,最迟为 11 月,但不同年代或不同区域月份会有所变化.最大过程降水量 7 月最大,9 月和 8 月接近.
- d. 华北地区区域平均热带气旋降水量的年际变化显著,具有显著的 2~3 年周期振荡.
- e. 华北地区热带气旋降水频数和区域平均热带气旋降水量的年代际变化明显,20 世纪 50 和 60 年代是华北地区热带气旋降水过程最多和热带气旋降水量最大的时段,从 70 或 80 年代开始具有明显减少的趋势,90 年代最少,其中以山西和内蒙等地最为突出.年平均最大降水量随年代逐渐减小.

参考文献:

[1] 姚秀萍,于玉斌. 非地转湿 Q 矢量及其在华北特大台风暴雨中的应用[J]. 气象学报,2000,58(4):436—446.
[2] 张善君,朱官忠. 华北地区登陆北上热带气旋的暴雨增幅研究[J]. 南京气象学院学报,1995,18(3):455—459.
[3] 朱官忠,赵从兰. 登陆北上热带气旋的特大暴雨落区探讨[J]. 气象,1998,24(1):16—21.
[4] 曹钢锋,朱官忠,朱君鉴. 影响我国北方的台风路径分类及降水特征[J]. 气象,1992,18(7):12—16.
[5] REN Fu-min. Typhoon impacts on China's precipitation during 1957—1996[J]. Advances in Atmospheric Sciences,2002, 19(5):943—952.

Climatic diagnosis of tropical cyclone precipitation over North China

YU Jin-hua^{1,2}, RONG Yan-shu³, CAO Li-qing³

- (1. Key Laboratory of Mesoscale Severe Weather, Atmospheric Department of Nanjing University, Ministry of Education, Nanjing 210093, China ;
- 2. Key Laboratory of Meteorological Disaster and Environmental Variation, NUIST, Nanjing 210044, China ;
- 3. College of Water Resources and Environment, Hohai University, Nanjing 210098, China)

Abstract :The precipitation over North China caused by tropical cyclone (TC) was analyzed with the TC precipitation data during 1950—2002. The results show that the spatial distribution of TC precipitation is severely uneven and the highest TC precipitation occurs in the east of Shandong Peninsula with a decrease trend from east to west. This trend is consistent with TC precipitation frequency. The terrain is also an influencing factor, which makes the spatial distribution of TC precipitation much complicated. For the quantity of the precipitation, the terrain is more important. Some heavy precipitation centers lie along the south foot of the Yan Mountain and the east of the Taihang Mountain from the east of Hebei Province towards its west areas and the south of Henan Province. Meanwhile, the west observation station under the impact of TC precipitation moves from west to east. The seasonal change of TC precipitation is that the maximal value occurs in August and the minimal value occurs in October ;the inter-annual change of TC precipitation is evident with an oscillation period of 2—3 years, with a little variation occurring in the 1950s, the 1960s, and the 1970s and a decrease trend obviously occurring in the 1980s. The inter-annual and inter-decade variations of TC precipitation in different regions show that the decrease trends of Shanxi Province (in the west of North China) and Neimenggu (in the north of North China) are the most notable.

Key words :TC precipitation ; North China ; spatial distribution ; temporal change