

DOI: 10.13476/j.cnki.nsbdtqk.2014.02.001

# 1961年—2010年黄淮海地区热带气旋暴雨特征研究

赵静<sup>1,2</sup>, 严登华<sup>2</sup>, 鲁帆<sup>2</sup>, 胡勇<sup>1,2</sup>

(1. 东华大学 环境科学与工程学院, 上海 201620;  
2. 中国水利水电科学研究院 水资源研究所, 北京 100038)

**摘要:** 利用黄淮海地区61个气象站点逐日降水数据及《热带气旋年鉴》等资料, 采用回归分析和 Arcgis 空间分析方法分析研究区域热带气旋及热带气旋暴雨的频次和强度等特征。结果表明: 黄淮海地区热带气旋多于8月登陆于浙闽沿海, 登陆强度大, 以北上类路径类型为主; 总体来说, 黄淮海地区热带气旋暴雨发生频率小, 以非热带气旋暴雨为主, 但热带气旋暴雨强度大, 平均暴雨量为93.2 mm, 接近大暴雨级别; 黄淮海地区热带气旋暴雨频次及雨量时空分布不均衡。黄淮海地区热带气旋暴雨频次和暴雨量均有增加趋势, 东部沿海及中西部地区受热带气旋影响明显, 发生热带气旋暴雨频次高, 平均暴雨量较大。此外, 热带气旋暴雨频次分布具有自东向西带状递减趋势, 而雨量分布的带状特征不明显。

**关键词:** 黄淮海地区; 热带气旋; 暴雨; 统计分析; 频次特征; 强度特征; 变化趋势

**中图分类号:** P429   **文献标识码:** A   **文章编号:** 1672-1683(2014)02-0001-05

## Analysis on Characteristics of Tropical Cyclone Rainstorms in Huang Huai Hai Area from 1961 to 2010

ZHAO Jing<sup>1,2</sup>, YAN Deng hua<sup>2</sup>, LU Fan<sup>2</sup>, HU Yong<sup>1,2</sup>

(1. School of Environmental Science and Engineering, Donghua University, Shanghai 201620, China;

2. China Institute of Water Resources and Hydropower Research, Beijing 100038, China)

**Abstract:** Based on the daily rainfall data at 61 stations in the Huang Huai Hai area from 1961 to 2010 and the data of 《Tropical Cyclone Yearbook》, the frequency and intensity of tropical cyclone and tropical cyclone rainstorm were analyzed using the methods of regression analysis and ArcGIS spatial analysis. The results showed that the tropical cyclone in the Huang Huai Hai region usually lands intensely in the coastal place of Zhejiang and Fujian in August with the type of northward class path. Overall, the tropical cyclone rainstorm of the Huang Huai Hai area accounts for a small proportion of the total storm, but it has high intensity and the average amount of tropical cyclone rainstorm reaches 93.2 mm, which is similar to the heavy rainstorm. The temporal and spatial distribution of the frequency and amount of tropical cyclone rainstorm are both unbalanced. The frequency and intensity of tropical cyclone rainstorm in the Huang Huai Hai region increases in recent years, and the east coast and central and western regions are most likely influenced by tropical cyclone with high frequency and heavy rainstorm. In addition, the frequency of tropical cyclone rainstorm shows a decreasing trend from east to west on the whole, but the distribution of rainstorm quantity is not apparent.

**Key words:** Huang Huai Hai region; tropical cyclone; rainstorm; statistical analysis; frequency characteristics; intensity characteristics; variation trend

热带气旋是高影响天气系统之一<sup>[1]</sup>。每年, 在我国登陆的热带气旋不仅直接影响东南沿海地区降水的强度及分布, 还可能直接或间接造成我国北方地区的极端暴雨天气。热带气旋暴雨区大体可分两个区域, 即热带气旋环流本身的暴

雨区(包括其眼壁暴雨、内外螺旋雨带降水、台风倒槽内的暴雨、台风内切变暴雨及台前飚线雨)和遥远降雨区即热带气旋远距离暴雨区<sup>[2]</sup>。远距离热带气旋暴雨大多是中纬度冷槽遇北上台风携带的暖湿空气, 使不稳定度增大, 对流增强

收稿日期: 2013-09-23   修回日期: 2014-01-10   网络出版时间: 2014-03-10

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/doi/10.13476/j.cnki.nsbdtqk.2014.02.001.html>

基金项目: 国家自然科学基金项目(51109224); 国家重点基础研究发展计划课题(2010CB951102); “十二五”国家科技支撑计划课题(2012BAC19B03)

作者简介: 赵静(1988), 女, 安徽阜阳人, 硕士研究生, 主要从事水资源与水环境方面研究。E-mail: dlhuzhaojing@126.com

通讯作者: 严登华(1976), 男, 安徽太湖人, 教授级高级工程师, 主要从事气候变化与水资源方面研究。E-mail: yandh@iwhr.com

所致<sup>[3]</sup>。黄淮海地区热带气旋暴雨多为远距离暴雨,但其暴雨灾害不亚于环流本身暴雨灾害,比如 1801 年、1939 年以及近代“75·8”、“96·8”等特大暴雨灾害都在黄淮海地区造成了重大人员及经济损失。不同地区台风影响机制与程度不同,热带气旋暴雨频次、强度和范围具有差异性。目前,有关黄淮海地区热带气旋暴雨研究不多,多为北方地区或者单个城市热带气旋暴雨灾害研究。如孙建华等<sup>[4]</sup>指出,台风与西风槽远距离相互作用是华北大暴雨的主要形式之一。丁德平在北京地区的台风降水特征研究<sup>[5]</sup>中指出影响北京的台风的活动范围大致为(20°-50°N, 109°-128°E),路径主要包括西北行和转向东北行两类,并以前者居多。北京发生暴雨时,台风中心主要出现在江西-安徽一带、黄海或北京附近。本文根据历史热带气旋及降水资料统计分析黄淮海地区热带气旋暴雨时空分布特征及变化趋势。重点分析易引发该地区暴雨灾害的热带气旋特点,同时确定热带气旋暴雨多发区,为黄淮海地区做好热带气旋暴雨灾害预防预报工作提供研究支撑。

## 1 研究区概况

黄淮海地区位于华北、华东和华中结合部,其主体为黄河、淮河、海河冲积而成的黄淮海平原以及鲁中南丘陵及山东半岛。行政区域上包括山东省全部,北京市、天津市、河北省和河南省的大部,安徽与江苏二省的淮北地区<sup>[6]</sup>。该区域东临西太平洋,为我国三级阶梯地形中的一级阶梯,地势低平。此外,我国又是典型的季风国家,每年生成的热带气旋中,半数以上(56%)能北上到达中纬度地区,成为中国北方如河北、山东、辽宁等地的主要造雨系统<sup>[7]</sup>。据统计,1961 年-2010 年 50 年里影响黄淮海地区暴雨发生的台风共出现 53 次,平均每年 1 次,但年际分布不均匀,部分年份无台风出现,部分年份甚至出现 4 次。连续降雨日数最长为 3 d。

## 2 资料与方法

### 2.1 资料来源

为方便研究,须明确每个相关台风具体信息并获取研究时段内完整降水资料。本文主要采用中国气象局上海台风研究所编制的《热带气旋年鉴》(《台风年鉴》)资料和中国气象科学数据共享服务网提供的《热带气旋灾害》资料,其中,1961 年-1988 年主要参考《台风年鉴》,之后《台风年鉴》改名为《热带气旋年鉴》。1988 年-2010 年主要参考《热带气旋年鉴》;另外,台风路径信息来自中国台风网、深圳气象局等相关台风网站。黄淮海地区 1961 年-2010 年逐日降水资料则主要来源于中国气象科学数据共享服务网。图 1 为研究区内的气象站点分布情况。

### 2.2 研究方法

首先,通过对比分析《热带气旋年鉴》及《热带气旋灾害》,找出可能影响黄淮海地区 7 省市发生暴雨灾害的热带气旋,称之为黄淮海地区热带气旋。

其次,利用 Matlab 编程处理气象站点逐日降水数据,筛选黄淮海地区 61 个气象站点 1961 年-2010 年暴雨数据,确定暴雨事件,并与黄淮海地区台风发生时间作对比,筛选出

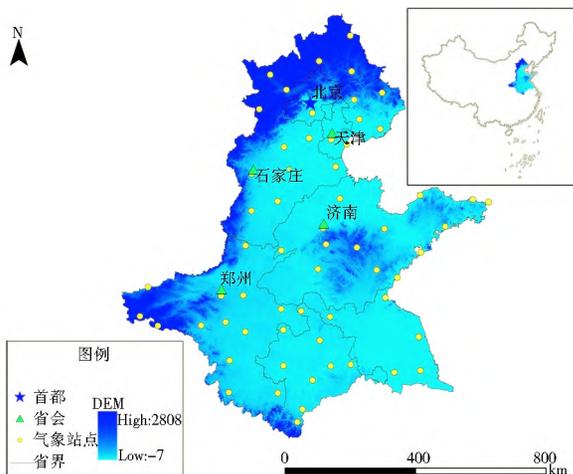


图 1 黄淮海地区气象站点分布

Fig. 1 Distribution of meteorological stations in the Huang-Huai-Hai area

黄淮海地区热带气旋暴雨事件。根据崔方<sup>[8]</sup>等在近 50 年中国极端降水事件的观测研究中定义的强降水指数与强降水比率,本文定义了热带气旋暴雨指数及热带气旋暴雨比率来分析黄淮海地区热带气旋暴雨特点。具体如下:热带气旋暴雨指数是指 1961 年-2010 年某站点受热带气旋的影响,引发的暴雨频次与该站点总的暴雨频次的比值;热带气旋暴雨比率是指 1961 年-2010 年某站点受热带气旋影响,引发的暴雨量与该站点总的暴雨量的比值。

然后,运用线性回归法对 1961 年-2010 年黄淮海地区热带气旋频数进行趋势分析,并采用 Arcgis 空间分析方法诊断黄淮海地区热带气旋暴雨布情况。

## 3 结果与分析

### 3.1 黄淮海地区台风及热带气旋暴雨特征

#### 3.1.1 台风特征

(1) 频次特征。以 1961 年-2010 年 50 年为研究时段,对黄淮海地区热带气旋频次作了相应统计,图 2 为月尺度上的频次统计图。由图可知,7 月-9 月为黄淮海地区热带气旋多发期,尤其 8 月是热带气旋高发期。热带气旋过境常会引起暴雨发生,因此 8 月也是黄淮海地区热带气旋暴雨多发时段。

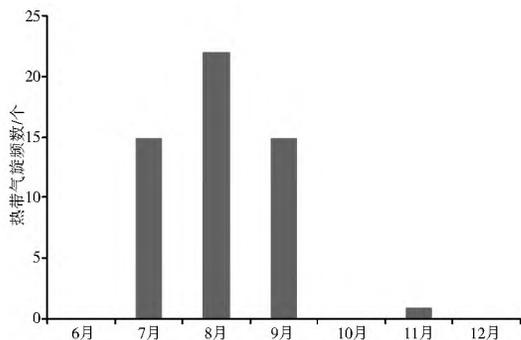


图 2 黄淮海地区热带气旋月际频次分布

Fig. 2 Monthly frequency distribution of tropical cyclone in the Huang-Huai-Hai area

(2) 强度特征。登陆强度是指热带气旋登陆时刻的中心

附近最大风速<sup>[9]</sup>。热带气旋等级<sup>[10]</sup>分类见表1,其中U代表风速。由黄淮海地区热带气旋登陆时强度统计表(表2)可见,热带气旋登陆时强度不一,强热带风暴和台风等级所占比例大,占黄淮海地区热带气旋总数的80%以上。编号7503、9608、9711等台风是造成区域严重暴雨灾害的历史典型台风,登陆强度大,均达到强热带风暴及台风级别。因此,强热带风暴及台风两类热带气旋暴雨灾害为研究区的重点防御对象。

表1 热带气旋分级

Table 1 Classification of tropical cyclone

热带气旋等级	热带低压(TD)	热带风暴(TS)	强热带风暴(STS)	台风(TY)	强台风(STY)	超强台风(Super TY)
最大风速范围 ( $m \cdot s^{-1}$ )	$10.8 \leq U < 17.2$	$17.2 \leq U < 24.5$	$24.5 \leq U < 32.7$	$32.7 \leq U < 41.5$	$41.5 \leq U < 51$	$U \geq 51$

表2 黄淮海地区台风登陆强度统计

Table 2 Statistics of typhoon strength in the Huang-Huai-Hai area

登陆强度	TD	TS	STS	TY	STY	Super TY
频次/个	3	4	23	20	3	0

(3) 路径特征。从黄淮海地区台风登陆情况(表3)可见,影响黄淮海地区的热带气旋多于浙闽沿海登陆。李江南<sup>[11]</sup>等认为浙闽登陆的热带气旋往往会给华北以至东北带来100 mm以上的特大暴雨,与表3结果相对应。除与登陆位置有关外,热带气旋的影响范围在更大程度上取决于其路径分布。曹钢锋等<sup>[12]</sup>将影响我国北方的热带气旋路径划分为登陆北上类、登陆转向类、登陆填塞类、黄海西折类、沿海北上类、沿海转向类、远海北上类及远海转向类8种类型。本文研究对象为登陆类热带气旋,在已有研究基础上,根据影响黄淮海地区热带气旋暴雨发生的特点,可以将这些热带气旋路径类型归为以下3类:①北上类:登陆后北上到达30°N以北地区的热带气旋或从山东半岛登陆北上类热带气旋;②填塞类:登陆后未到达30°N而消失于内陆地区的热带气旋;③移出类:登陆后又在苏、浙沿海移出海类热带气旋。对研究时段内台风路径类型进行分类,结果显示:北上类33个,移出类12个,填塞类8个。图3为1961年-2010年间影响黄淮海地区的热带气旋路径分布图,由图可知,北上类热带气旋引发黄淮海地区暴雨的概率相对较大。

表3 黄淮海地区热带气旋登陆情况

Table 3 Statistics of landing typhoon in the Huang-Huai-Hai area

登陆位置	频次/个
广东	3
福建	25
浙江	17
江苏沿海	3
山东半岛至渤海沿岸	6

### 3.1.2 热带气旋暴雨特点

通过分析热带气旋影响区域降水数据,对黄淮地区热带气旋暴雨的特点总结如下。

(1) 热带气旋暴雨比例小,以非热带气旋暴雨为主。利用热带气旋暴雨指数与热带气旋暴雨比率,对黄淮海地区热

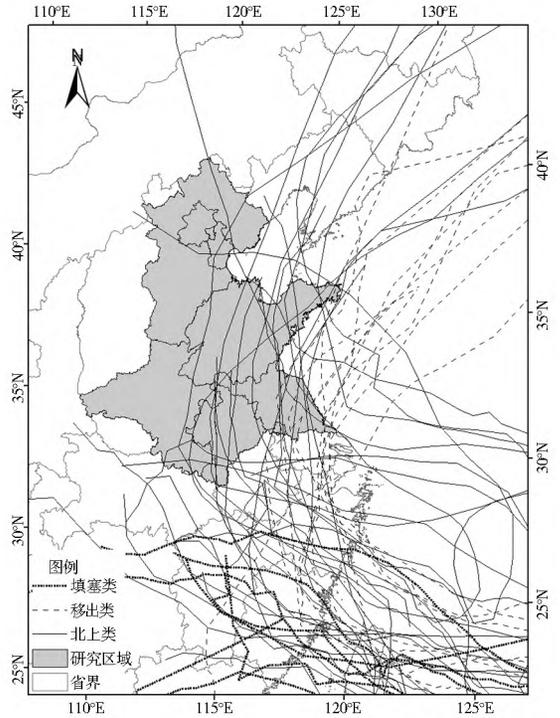


图3 1961年-2010年间影响黄淮海地区热带气旋路径分布

Fig. 3 Distribution of tropical cyclone path affecting the Huang-Huai-Hai area from 1961 to 2010

带气旋暴雨及非热带气旋暴雨进行对比分析,结果表明(表4),热带气旋暴雨指数与热带气旋暴雨比率均较小,平均不足10%,而非热带气旋暴雨指数与非热带气旋暴雨比率平均高达90%以上。因此,相对于其他天气系统而言,热带气旋暴雨发生频率小,说明台风不是研究区域暴雨产生的主要原因,冷暖气团相遇形成锋面暴雨等才是该地区暴雨发生的主体。

西太平洋副热带高压(简称副高)是影响我国东部降水的重要天气系统,它的强弱与进退几乎决定着我国东部地区主要雨带的分布以及水旱灾害的发生。7月、8月,副高北移至黄淮海地区,从海洋上来的暖湿气流随之逐渐北进,而北方来的冷空气势力逐渐减弱,冷暖空气交锋形成降雨带。由于冷暖空气势力均衡,于是便在副高北侧长时期的集中出现强降雨天气。在副高与北方冷气团的相互作用下,黄淮海地区进入汛期,降水量增大,暴雨灾害严重。短期内引发区域暴雨洪涝及内涝灾害,如海河流域“63·8”特大暴雨洪涝灾害、北京“7·21”特大暴雨内涝灾害等。

表4 热带气旋暴雨与非热带气旋暴雨指数与比率对比

Table 4 Comparison of index and ratio of tropical cyclone rainstorm and non typhoon rainstorm

特征值	热带气旋暴雨指数	热带气旋暴雨比率	非热带气旋暴雨指数	非热带气旋暴雨比率
最大值	0.302	0.354	1.000	1.000
最小值	0.000	0.000	0.700	0.646
平均值	0.072	0.084	0.928	0.916

(2) 热带气旋暴雨强度大。气象部门规定:24小时降水量达50.0~99.9 mm为暴雨,100.0~249.9 mm为大暴雨,250.0 mm及其以上为特大暴雨<sup>[14]</sup>。根据黄淮海地区气象

站点逐日降水资料,分别统计热带气旋暴雨及非热带气旋暴雨不同等级暴雨发生频次及平均雨量,结果见表 5。由表 5 可知:热带气旋暴雨大暴雨与特大暴雨频次百分比大,均高于非热带气旋暴雨及总暴雨,表明,一旦发生热带气旋暴雨,出现大暴雨与特大暴雨的概率大,而非热带气旋暴雨中出现

大暴雨与特大暴雨可能性相对较小;不同级别暴雨平均雨量也以热带气旋暴雨较高。就总体来看,热带气旋暴雨平均雨量为 93.3 mm,接近大暴雨等级,远高于非热带气旋暴雨和总暴雨平均雨量。综上,热带气旋暴雨强度大,暴雨量高,若成灾,则灾情相对严重。

表 5 热带气旋暴雨、非热带气旋暴雨及总暴雨频次和强度比较

Table 5 Comparison of the frequency and intensity of tropical cyclone rainstorm, non typhoon rainstorm, and total rainstorm

暴雨等级	热带气旋暴雨 频次百分比(%)	非热带气旋暴雨 频次百分比(%)	总暴雨频次 百分比(%)	热带气旋暴雨 平均雨量/mm	非热带气旋暴雨 平均雨量/mm	总暴雨平均 雨量/mm
暴雨	69.1	84.8	83.8	69.9	66.6	66.8
大暴雨	28.9	15.0	15.9	132.7	130.1	130.4
特大暴雨	2.0	0.2	0.3	324.4	298.7	309.9
总体	100	100	100	93.2	76.5	77.7

### 3.2 黄淮海地区热带气旋暴雨的变化趋势

#### 3.2.1 时间变化趋势

由图 4 可知,黄淮海地区热带气旋暴雨发生频次显著上升趋势。21 世纪初的 10 年,热带气旋暴雨发生频次最多,20 世纪 80 年代次之,其他年代则变化不大。就不同暴雨级别来看(图 5),大暴雨及特大暴雨发生频次相对比例小,上升趋势不明显,但暴雨级别频次变化显著,上升趋势明显。说明,热带气旋暴雨近年有加强趋势,尤其近 10 年,热带气旋暴雨及台风大暴雨的频次均达到最大值。

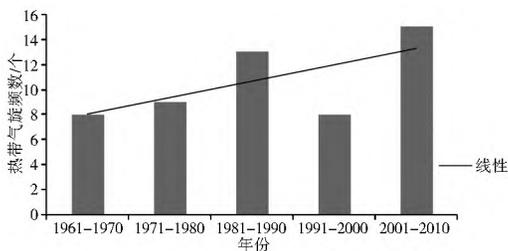


图 4 10 年际黄淮海地区热带气旋暴雨频次变化

Fig. 4 Variation of frequency of 10 year tropical cyclone rainstorm in the Huang-Huai-Hai area

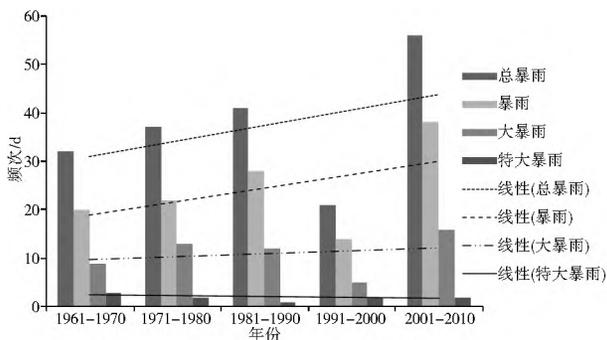


图 5 10 年际黄淮海地区不同等级热带气旋暴雨频次变化

Fig. 5 Variation of frequency of 10 year tropical cyclone rainstorm for different grades in the Huang-Huai-Hai area

#### 3.2.2 空间变化趋势

(1) 热带气旋暴雨频次空间分布不均衡。图 6 为黄淮海地区热带气旋暴雨频次空间分布图。总体来看,黄淮海地区热带气旋暴雨发生频次自东向西呈减少趋势。结果表明热带气旋暴雨、大暴雨均有自东向西逐渐减少趋势。其中,淮河流域中东部及海河流域东部地区,尤其是山东半岛东南沿

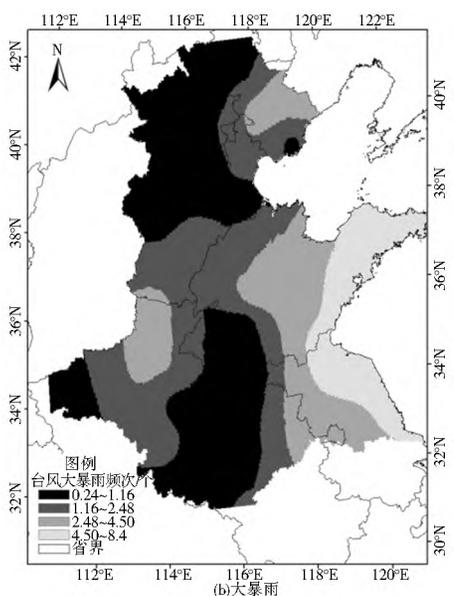
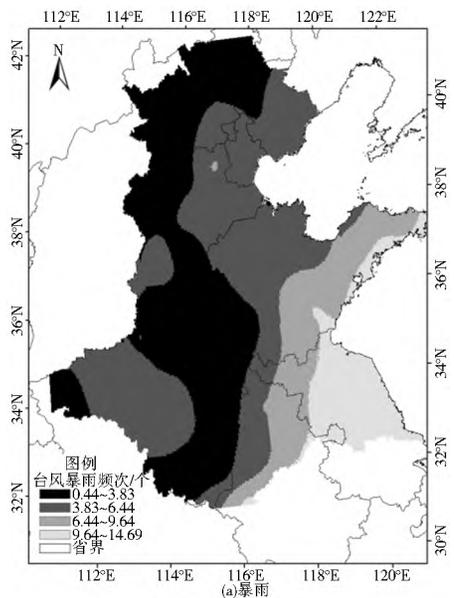


图 6 热带气旋暴雨(a)和热带气旋大暴雨(b)频次空间分布

Fig. 6 Spatial distribution of the frequency of tropical cyclone rainstorm (a) and tropical cyclone heavy rainstorm (b) 黄淮海及江苏北部,易发生热带气旋暴雨灾害。东部沿海地区,中部地区如河南大部、河北南部则为热带气旋大暴雨多发区

发区。综上,淮河流域中东部及海河流域东部地区易遭受热带气旋暴雨灾害,山东半岛东南沿海及江苏北部为热带气旋暴雨多发区,河南、河北部分地区也易遭受热带气旋暴雨灾害,有关部门应予以重视。

(2)热带气旋暴雨量空间分布不均衡。由黄淮海地区热带气旋暴雨量空间分布图(图7)不难看出,黄淮海地区热带气旋暴雨量分布不均衡,北部沿海地区及淮河流域中西部地区暴雨量较大,这些地区遭受热带气旋暴雨灾害风险相应较高。历史上“75·8”特大暴雨灾害就发生在这些地区,致使淮河流域洪汝河、沙颍河水系发生特大洪涝灾害,造成河南省人员伤亡及经济损失惨重<sup>[15]</sup>。对比图6、图7发现,热带气旋暴雨频次与暴雨量空间分布并不一致,热带气旋暴雨频次分布具有自东向西带状递减趋势,而热带气旋暴雨量空间分布的带状特征不明显。因此,黄淮海地区热带气旋致雨机理复杂,暴雨量分布范围并不一定与暴雨发生频次完全一致。

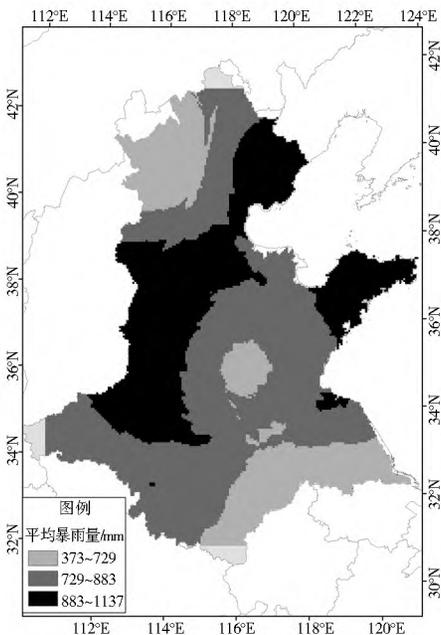


图7 黄淮海地区平均热带气旋暴雨量空间分布

Fig. 7 Spatial distribution of average amount of tropical cyclone rainstorm in the Huang-Huai-Hai area

## 4 结论与讨论

(1)黄淮海地区热带气旋暴雨频次和暴雨量近年均有增加趋势。1961年-2010年间共有53个热带气旋影响到黄淮地区热带气旋暴雨发生,以10年为时间尺度进行统计分析,结果表明这些热带气旋多具有以下特征:多在7月-9月登陆于浙闽沿海地区;登陆强度大,以台风和强热带风暴居多,二者占总的影响台风个数近4/5;登陆路径类型复杂多样,以北上路径类型为主。此外,影响黄淮海地区热带气旋暴雨发生频次及暴雨量均呈增多趋势,表明黄淮海地区受台风影响越来越显著。

(2)黄淮海地区热带气旋暴雨频率小,但强度大。热带气旋暴雨指数与热带气旋暴雨比率均较小远远低于非热带气旋暴雨指数和非热带气旋暴雨比率。虽然,黄淮海地区发生热带气旋暴雨的比例不高,但是热带气旋暴雨强度大,暴

雨量大,热带气旋暴雨发生时,出现大暴雨与特大暴雨比例较非热带气旋暴雨高。因此,黄淮海地区一旦遭受热带气旋暴雨侵袭成灾,其灾情可能比非热带气旋暴雨灾害严重,更应引起有关部门的注意。

(3)黄淮海地区热带气旋暴雨时空分布不均衡。时间上,黄淮海地区热带气旋暴雨频次及暴雨量在研究时段内呈显著上升趋势。空间上,黄淮海地区热带气旋暴雨频次及暴雨量空间分布不均衡。整体来看,东部沿海及中西部地区受热带气旋影响较大,发生热带气旋暴雨频次高,暴雨量大。热带气旋暴雨频次与暴雨量空间分布并不一致,前者具有自东向西明显的带状递减趋势,而后者该带状特征不明显。

黄淮海地区部分地区未出现过热带气旋暴雨,如河北怀来站、蔚县站以及山东兖州站,海拔依次为536.8 m、909.5 m、51.6 m。其中,研究时段内兖州站甚至未有暴雨以上雨量记录。这3个站点,海拔最高为909.5 m,在研究区内并不算最高,热带气旋难以企及并对其降水量产生较大影响还需要结合实际情况深入探究。此外,本文对热带气旋特点研究不够深入,还停留在统计分析阶段,缺乏机理探究过程,如针对热带气旋路径最大暴雨影响范围缺乏定量研究。因此,黄淮海地区有关热带气旋暴雨灾害研究尚待深入。

## 参考文献(References):

- [1] 张庆红,韦青,陈联寿.登陆中国大陆台风影响力研究[J].中国科学,2010,40(7):941-946.(Impact of Land Falling Tropical Cyclones in Mainland China. Sci China Earth Sci, 2010, 40(7): 941-946. (in Chinese))
- [2] 陈联寿.热带气旋研究和业务预报技术的发展[J].应用气象学报,2006,17(6):673-681.(CHEN Lian-shou. The Evolution on Research and Operational Forecasting Techniques of Tropical Cyclones [J]. Journal of Applied Meteorological Science, 2006, 17(6): 673-681. (in Chinese))
- [3] 李江南,龚志鹏,王安宇,等.近十年来热带气旋暴雨研究的若干进展与讨论[J].热带地理,2004,24(2):113-117.(LI Jiangnan, GONG Zhi-peng, WANG An-yu, et al. Progress in the Study of Typhoon Rainstorm in Recent Ten Years [J]. Tropical Geography, 2004, 24(2): 113-117. (in Chinese))
- [4] 孙建华,张小玲,卫捷,等.20世纪90年代华北大暴雨过程特征的分析研究[J].气候与环境研究,2005,10(3):492-506.(SUN Jian-hua, ZHANG Xiao-ling, WEI Jie, et al. A Study on Sever Heavy Rainfall in North China During 1990s [J]. Climatic Environmental Research, 2005, 10(3): 492-506. (in Chinese))
- [5] 丁德平,李英.北京地区的台风降水特征研究[J].气象学报,2009,67(5):864-874.(DING De-ping, LI Ying. A Study on Rainfall Features of Beijing Associated with Typhoons. Acta Meteor Sinica, 2009, 67(5): 864-874. (in Chinese))
- [6] 李裕瑞,刘彦随,龙花楼.黄淮海地区乡村发展格局与类型[J].地理研究,2011,30(9):1637-1647.(LI Yu-rui, LIU Yan-sui, LONG Hua-lou. Study on the Pattern and Types of Rural Development in the Huang-Huai-Hai Region [J]. Geographical Research, 2011, 30(9): 1637-1647. (in Chinese))

(下转第10页)

- ming. Analysis of Yuqiao Reservoir Rainfall Runoff Correction Graph Forecast Program Revision[J]. Haihe Water Resources, 2005, (5): 50-51. (in Chinese)
- [8] XIONG Lihua, GUO Shenglian. Trend Test and Change Point Detection for the Annual Discharge Series of the Yangtze River at the Yichang Hydrological Station[J]. Hydrological Sciences, 2004, 49(1): 99-112.
- [9] 王恩荣, 耿鸿江. 黑龙江省主要江河水文要素的周期分析[J]. 水文, 1995, (1): 42-47, 53. (WANG Rong-en, GENG Hongjiang. The Main Elements of the Heilongjiang River Hydrological Cycle Analysis[J]. Journal of China Hydrology, 1995, (1): 42-47, 53. (in Chinese))
- [10] 张爱静. 东北地区流域径流对气候变化与人类活动的响应特征研究[D]. 大连: 大连理工大学, 2013: 33-45. (ZHANG Aijing. Research on the Streamflow Responses to Climate Variability and Human Activities in Northeast China[D]. Dalian: Dalian University of Technology, 2013: 33-45. (in Chinese))
- [11] 谢平, 陈广才, 夏军. 变化环境下非一致性年径流序列的水文频率计算原理[J]. 武汉大学学报(工学版), 2005, 38(6): 6-9, 15. (XIE Ping, CHENG Guangcai, XIA Jun. Hydrological Frequency Calculation Principle of Inconsistent Annual Runoff Series under Changing Environments [J]. Engineering Journal of Wuhan University, 2005, 38(6): 6-9, 15. (in Chinese))
- [12] 许全喜, 石国钰, 陈泽方. 长江上游近期水沙变化特点及其趋势分析[J]. 水科学进展, 2004, (4): 420-426. (XU Quanxi, SHI Guoyu, CHEN Zefang. Analysis of Recent Changing Characteristics and Tendency Runoff and Sediment Transport in the Upper Reach of Yangtze River[J]. Advances in Water Science, 2004, (4): 420-426. (in Chinese))
- [13] 刘叶玲, 翟晓丽, 郑爱勤. 关中盆地降水量变化趋势的 Mann-Kendall 分析[J]. 人民黄河, 2012, 34(2): 28-30, 33. (LIU Yeling, ZHAI Xiaoli, ZHANG Aiqin. Analysis of Precipitation Trend in the Guanzhong Basin Based on the Mann-Kendall Method[J]. Yellow River, 2012, 34(2): 28-30, 33. (in Chinese))
- [14] 郭鹏, 陈晓玲, 刘影. 鄱阳湖湖口、外洲、梅港三站水沙变化及趋势分析(1955-2001年)[J]. 湖泊科学, 2006, 18(5): 458-463. (GUO Peng, CHEN Xiaoling, LIU Ying. Analysis on the Runoff and Sediment Transportation in the Houkou, Waizhou and Meigang Stations of Lake Poyang during 1955-2001[J]. Journal of Lake Sciences, 2006, 18(5): 458-463. (in Chinese))
- [15] 陈广才, 谢平. 水文变异的滑动 F 识别与检验方法[J]. 水文, 2006, 26(2): 57-60. (CEN Guangcai, XIE Ping. Slide F test of Change Point Analysis[J]. Journal of China Hydrology, 2006, 26(2): 57-60. (in Chinese))
- [16] 穆兴民, 张秀勤, 高鹏, 王飞. 双累积曲线方法理论及在水文气象领域应用中应注意的问题[J]. 水文, 2010, 30(4): 47-51. (MU Xingmin, ZHANG Xiubin, GAO Peng, WANG Fei. Theory of Double Mass Curves and Its Applications in Hydrology and Meteorology [J]. Journal of China Hydrology, 2010, 30(4): 47-51. (in Chinese))

(上接第5页)

- [7] 雷小途, 陈联寿. 西北太平洋热带气旋活动的纬度分布特征[J]. 应用气象学报, 2002, 13(2): 218-227. (LEI Xiaotu, CHEN Lianshou. The Latitudinal Distribution of Climatic Characteristics on Tropical Cyclone Activities in the WNP[J]. Journal of Applied Meteorological Science, 13(2): 218-227. (in Chinese))
- [8] 崔方, 郭品文, 吴建秋. 近 50 年中国极端降水事件的观测研究[J]. 安徽农业科学, 2009, 37(27): 13170-13172. (CUI Fang, GUO Pinwen, WU Jianqiu. Observation Study on the Extreme Precipitation Events in China during Recent 50 Years [J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2009, 37(27): 13170-13172. (in Chinese))
- [9] 王小玲, 任福民. 1951-2004 年登陆我国热带气旋频数和强度的变化[J]. 海洋预报, 2008, 25(1): 65-73. (WANG Xiaoling, REN Furmin. Variations in Frequency and Intensity of Landfall Tropical Cyclones Over China During 1951-2004 [J]. Marine Forecasts, 2008, 25(1): 65-73. (in Chinese))
- [10] GB/T 19201-2006, 热带气旋等级[S]. (GB/T 19201-2006, Grade of Tropical Cyclones[S]. (in Chinese))
- [11] 李江南, 王安宇, 杨兆礼, 等. 热带气旋暴雨研究的进展[J]. 热带气象学报, 2003, (19): 152-159. (LI Jiangnan, WANG Anyu, YANG Zhaoli, et al. Advancement in the Study of Typhoon Rainstorm[J]. Journal of Tropical Meteorology, 2003, (19): 152-159. (in Chinese))
- [12] 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. (CAO Gangfeng, ZHU Guanzhong, ZHU Junjian. The Classification of the Typhoon Path and Precipitation Characteristics Affecting Northern China[J]. Meteorological Monthly, 1992, 18(7): 12-16. (in Chinese))
- [13] GB/T 28592-2012, 降水量等级[S]. (GB/T 28592-2012, Grade of Precipitation [S]. (in Chinese))
- [14] 谭燕, 陈德辉. 河南“75·8”大暴雨的中尺度集合预报试验[J]. 气象, 2008, 34(9): 10-21. (TAN Yan, CHEN Dehui. Mesoscale Ensemble Forecasts on “75·8” Heavy Rain in Henan[J]. Meteorological Monthly, 2008, 34(9): 10-21. (in Chinese))