

# 海河流域“16·7”大暴雨洪水成因初步分析

魏琳<sup>1</sup>, 李静<sup>2</sup>, 王颖<sup>3</sup>

(1.海河水利委员会水文局,天津 300170;2.水利部水文局,北京 100053;3.天津市气象台,天津 300074)

**摘要:**采用气象资料对海河流域2016年7月18~20日大暴雨进行成因分析,并与历史上“63.8”及“96.8”两次大暴雨对比分析,结果表明:西南涡东移北上,与中纬度高空槽结合并加深,低空急流带来源源不断的水汽,加之地形的有利条件,造成了此次大暴雨。从历史上海河流域大暴雨成因看,主要是由西南涡东移北上及台风北上倒槽系统影响,且移动路径均沿太行山呈西南-东北走向,本次暴雨依然遵循这一规律,整体移动路径介于“63.8”与“96.8”之间。

**关键词:**西南涡;低空急流;海河流域;历史洪水;移动路径

中图分类号:P338

文献标识码:A

文章编号:1000-0852(2017)04-0091-06

近年来,随着气候变化的影响,全球极端天气多发频发,海河流域洪涝灾害事件亦呈现偏多趋势,强降水过程对流域内经济发展和人民生命财产安全造成不同程度的影响和损失。同时海河流域属扇形水系,北、西、南三面高,山区和平原几乎直接相连,特殊的地形造就了海河流域河道源短流急,洪水突发性强,预见期短,因此,流域洪水预报难、调度难。为进一步认识海河流域暴雨形成机理,防御强降雨及洪水,本文采用卫星云图及气象资料对2016年暴雨成因进行初步分析,对洪水过程予以总结,同时与历史上流域大暴雨洪水进行对比分析,寻求有指示意义的因子量场。

## 1 雨水情概况

2016年海河流域降水量总体偏多,发生了自1996年以来降水过程最强、洪水量级最大、覆盖范围最广的流域性大洪水。

7月18~20日海河流域自西南向东北出现了一次强降水过程,19日0时~20日2时,26h降水一直维持在流域西南部太行山山前地区,20日3时,整个雨区开始向东北方向移动,至21日3时,整个过程基本移出海河流域。雨区主要集中在燕山太行山山前、环渤海及冀东沿海地区。流域3d降水总量达到 $387 \times 10^8 \text{m}^3$ ,超过“63.8”最大3d降水总量( $318 \times 10^8 \text{m}^3$ )。本次降水大于100mm的笼罩面积约占流域总面积的一半以上,

100mm以上及300mm以上笼罩面积均超过“12.7”暴雨和“96.8”暴雨。单站累计最大点雨量为738mm,全流域共128个站降雨量达到300mm以上。详见图1。

受强降水影响,漳卫河系、子牙河系发生“96.8”

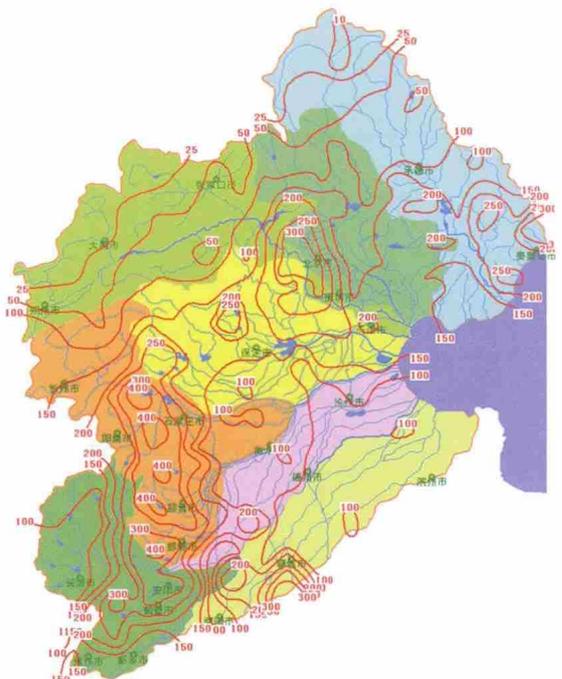


图1 7月18~20日海河流域降雨量等值线图

Fig.1 The contour of the rainfall in the Haihe River basin during 18-20 July, 2016

收稿日期:2016-12-07

作者简介:魏琳(1983-),女,山东冠县人,硕士,主要从事水文气象情报预报工作。E-mail: linweihu@qq.com

以来最大洪水,大清河系及北三河系发生较大洪水,多条河流发生超历史或超保证洪水,部分闸坝出现较大泄流。其中子牙河系沙河朱庄水库出现百年一遇特大洪水(流量过程见图2),洛河临洛关站、冶河微水站及平山站、泚河临城水库出现50年一遇特大洪水,滹沱河黄壁庄水库出现20年一遇大洪水;大清河系沙河王林口站、阜平站出现百年一遇特大洪水,其中王林口站发生超历史记录洪水(流量过程见图3)。漳卫河系安阳河安阳站、子牙河系滹沱河支流松溪河泉口、北三河系北运河支流凉水河张家湾均发生超保证水位洪水。永定河系、北三河系部分闸坝出现较大泄流。

## 2 主要影响系统与形势发展变化

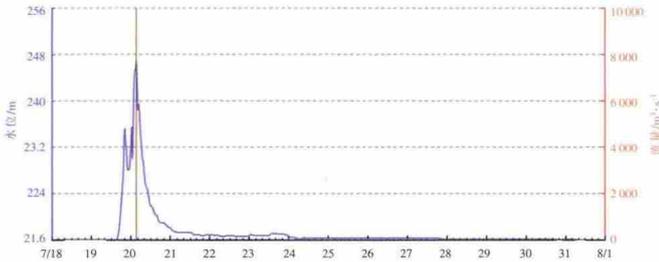


图2 朱庄水库流量过程线  
Fig.2 The flow process of the Zhuzhuang reservoir

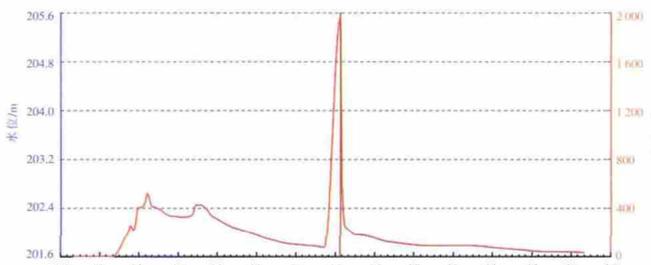


图3 王林口流量过程线  
Fig.3 The flow process of the Wanglinkou station

### 2.1 前期天气形势

暴雨发生前,7月18日8时,副高主体位于西北太平洋上,588线西脊位于东经120°附近的台湾半岛,过程前期高空一直处于副高的西北侧。欧亚大陆上空,贝加尔湖和巴尔喀什湖地区分别有低压系统,对应在中高纬,80E以东地区形成两脊一槽的经向型环流形式,海河流域处于脊后槽前。7月19日2时,河套地区高空槽东移加深,开始影响海河流域西南部地区。7月18日8时及19日2时500hpa高空形势场详见图4及图5。

### 2.2 主要影响系统及演变

由2016年7月18~20日位势高度场分析可知,这次天气过程主要受高空槽、切变线、西南涡、低空急流、地面气旋等多个天气系统影响。7月18日20时,从500hpa高空形势场来看,584线已经压到流域南部

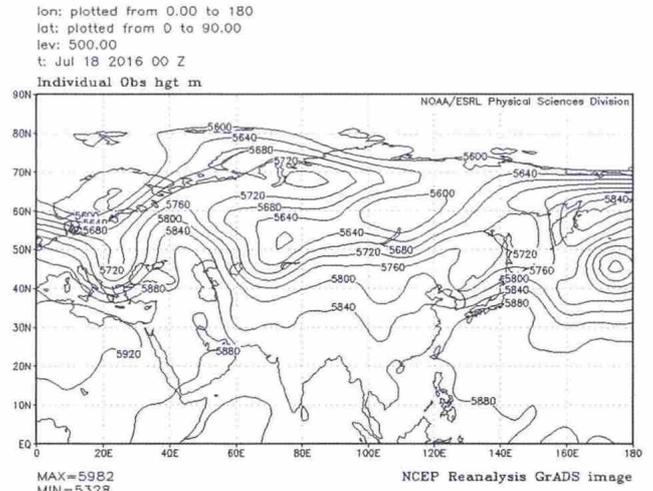


图4 图4 7月18日8时高空500hpa形势场  
Fig.4 The 500hpa height field at 8:00 on July 18, 2016

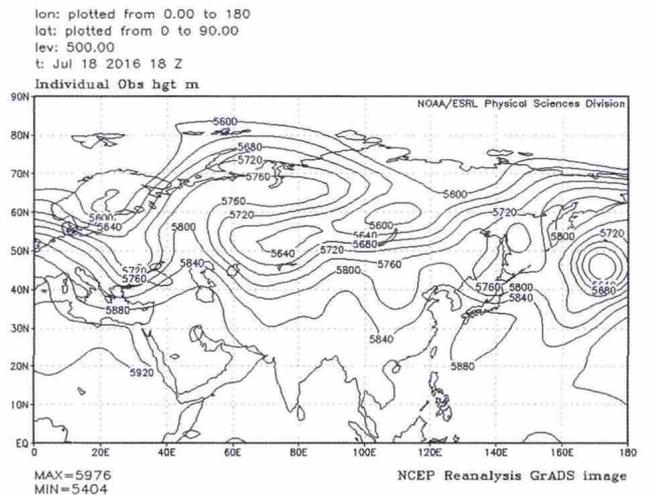


图5 7月19日2时高空500hpa形势场  
Fig.5 The 500hpa height field at 2:00 on July 19, 2016

徒骇马颊河系,河套地区及西南地区有两个明显的高空槽,700hpa上述地区及长江中下游地区有切变线存在,低空850hpa西南地区有一明显低涡,海河流域中南部水汽条件较好,位于相对湿度80%以上的高湿区,详见图6。同时,从云图(图7)可以明显看出,西南及东南水汽不断向流域聚集得到补充。受高空槽及低空切变线影响,流域西南部开始出现降雨。

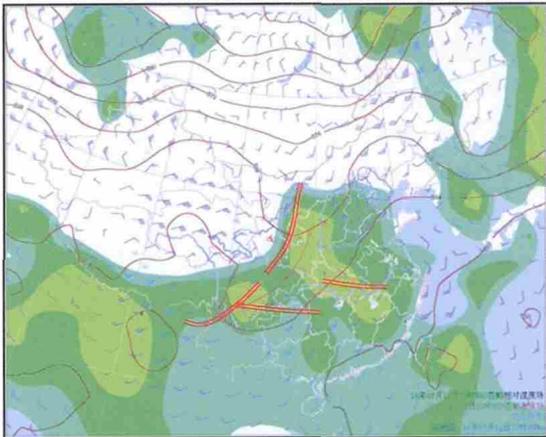


图6 500hpa 高度场+850hpa 风场+850hpa 相对湿度形势分析图  
Fig.6 The superimposed fzed of 500hpa height, 850hpa wind and 850hpa relative humidity

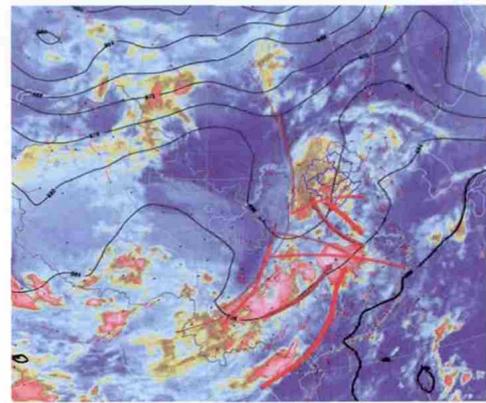


图8 7月19日8时叠加卫星云图的天气形势分析图  
Fig.8 The climate situation from the superimposed satellite cloud images at 8:00 on July 19, 2016

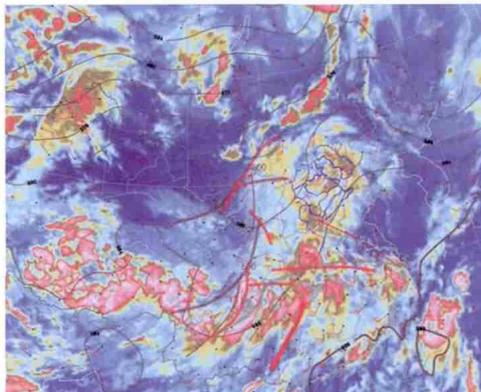


图7 7月18日20时叠加卫星云图的天气形势分析图  
Fig.7 The climate situation from the superimposed satellite cloud images at 20:00 on July 18, 2016

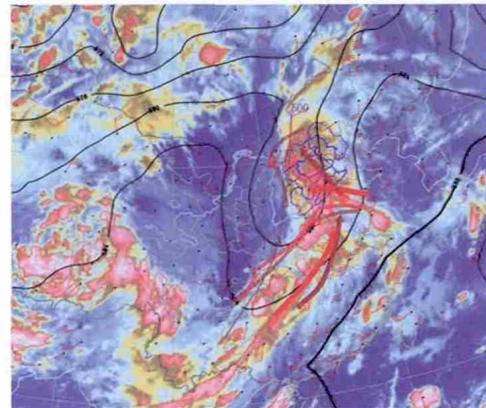


图9 7月19日20时叠加卫星云图的天气形势分析图  
Fig.9 The climate situation from the superimposed satellite cloud images at 20:00 on July 19, 2016

19日8时,由于副高的阻挡,整个高空槽东移缓慢,经向加深发展,南部的低涡也同向发展,海河流域处于高空槽前,低层切变线压到流域南部,副高边缘低空急流加强,源源不断的水汽自南海及东海向流域西南部输送。受流域西部太行山地形影响,气流被迫爬升抬高,更促进了暴雨的形成。19日20时,副高维持稳定少动,中高纬环流经向度继续加大,水汽输送依旧强盛,流域中南部降水持续。具体形势场见图8-9。

20日8时,流域南部气旋已经形成,在气旋系统的东南和东北象限,上升运动显著。从卫星云图和形势场可以看出,西南水汽输送依旧持续不断,系统沿着副高西侧向偏北方向移动,降水也随之北移,20日20时,流域降水主要位于流域中北部,以稳定性降水为主,雨强较大。21日8时,流域降水移至北部地区,过程基本结束。具体形势场见图10~11。

总之,大气环流形势稳定,有利的流场稳定维持,水汽输送充沛,西南涡自身系统深厚,高空槽与西南涡的迭加,加上地形的影响,各项因素的组合,导致“16.7”海河流域特大暴雨洪水。

### 3 条件因素分析

#### 3.1 水汽条件

水汽条件是影响强降水的关键因素。从7月20日20时低层850hpa的相对湿度场(见图12)可以看出,海河流域处于80%的高湿区内,特别是中南部相对湿度在90%以上。从水汽输送来看,本次强降水包含两个水汽通道(见图13),一个是西南急流达到18m/s,带来孟加拉湾的暖湿气流,另外一个为南风急流达到12m/s,带来南海的水汽。两个水汽通道输送的水汽在北纬30°附近聚积,强盛的西南急流及东南急

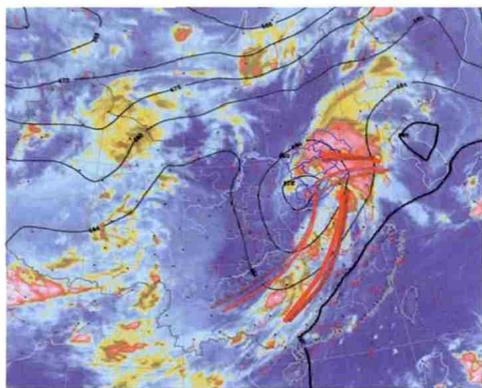


图 10 7月20日8时叠加卫星云图的天气形势分析图

Fig.10 The climate situation from the superimposed satellite cloud images at 8:00 on July 19, 2016

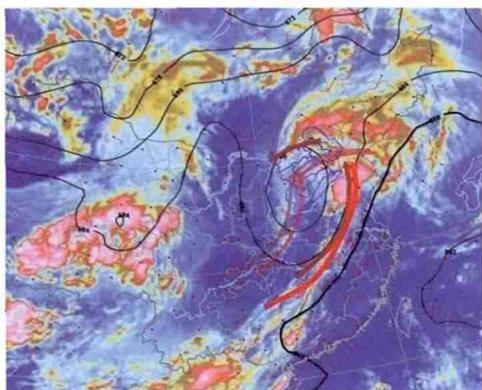


图 11 7月20日20时叠加卫星云图的天气形势分析图

Fig.11 The climate situation from the superimposed satellite cloud images at 20:00 on July 19, 2016

流的辐合,为海河流域暴雨带来源源不断的水汽补充。

### 3.2 动力条件

副高异常北抬,阻挡作用明显。从7月18~21日500hpa位势高度场及距平场(图14)可以看出此次大暴雨发生期间,副热带高压异常偏北(图中红线为气候平均的588线),整个副高北抬至海河流域以东,形成高压坝的阻挡,使得西来槽东移缓慢,并经向加深发展,同时切变线附近的底层辐合、高层辐散,有利于上升运动的发展;从7月20日500hpa高度场及低层形势场分析(图15)可以看出,槽与低涡结合,形势稳定少动。西南涡不断东移北上至海河流域,并与河套附近东移的高空槽在流域上空结合,形成黄淮气旋,气旋系统前强烈的辐合上升运动,构成海河流域暴雨洪水的有利天气背景。

### 3.3 地形条件

陡峻地形影响,气流抬升阻挡。受海河流域特殊的

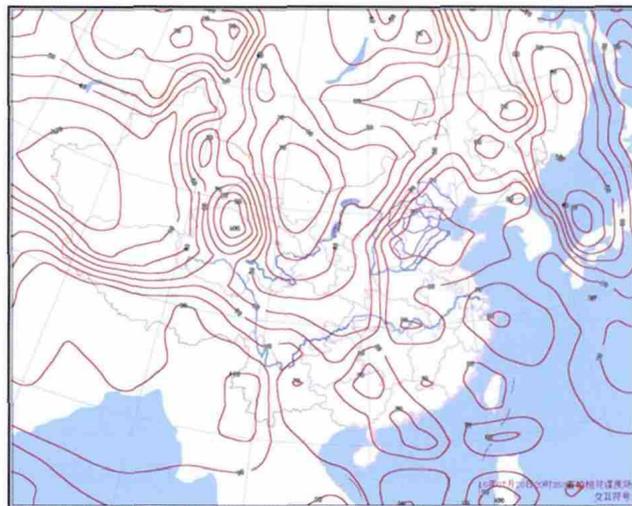


图 12 7月20日20时850hpa相对湿度场

Fig.12 The 850hpa relative humidity field at 20:00 on July 20,2016

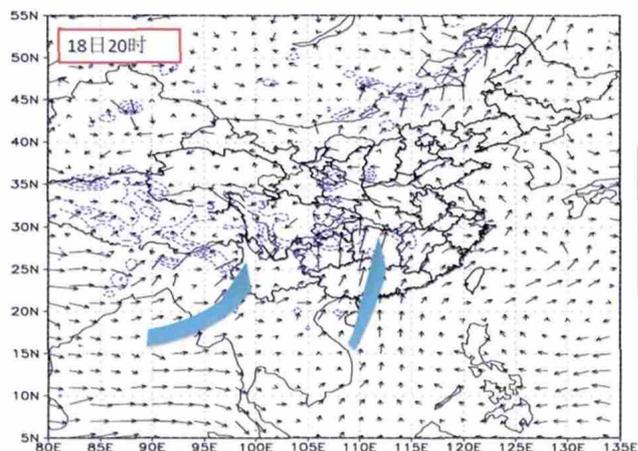


图 13 7月18日20时风场图

Fig.13 The wind field at 20:00 on July, 2016

地形条件影响,西南涡沿着太行山燕山呈西南-东北方向移动,受山脉的阻挡作用,山前气流被迫抬升,有利于暴雨的加强,见图16~17。

## 4 与历史暴雨洪水对比分析

### 4.1 影响系统

本次暴雨影响系统与“63.8”暴雨类似,都是由西南涡东移北上,与其它系统叠加所引起。因此,有西南涡东移北上,对流域的大暴雨有一定指示意义,要时刻警惕和关注。“63.8”暴雨持续达7d之久,前期2~6日是西南涡东移北上,并与高空槽合并加强,引起漳么附近特大暴雨洪水;7日高空槽东移并与切变线合并加强,产生新的低涡,引起7日司仓附近的暴雨;同

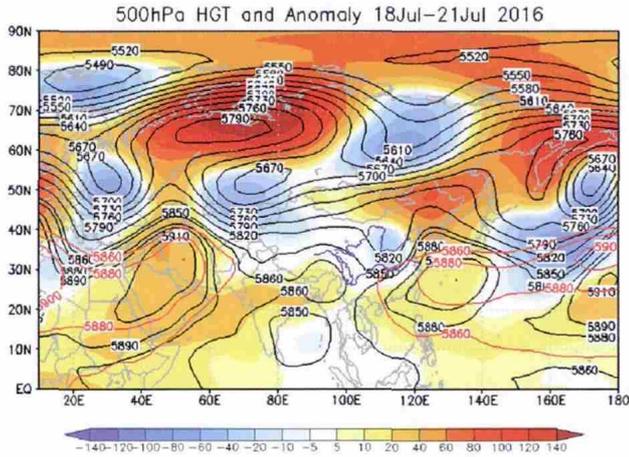


图 14 7月18~21日500hpa位势高度场及距平场

Fig.14 The 500hpa altitude field and anomaly field during 18-21 July, 2016

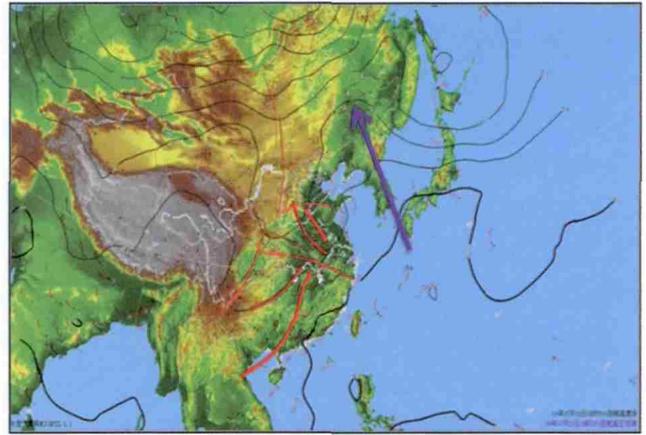


图 16 海河流域地形图叠加形势场分析图

Fig.16 The superimposed field of weather map analysis and geography of the Haihe River basin

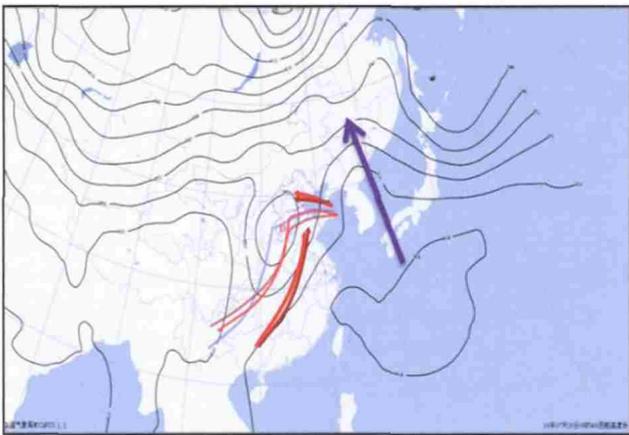


图 15 7月20日500hpa高度场及低层形势场

Fig.15 The 500hpa altitude field and low layer field on 20 July, 2016



图 17 7月18~21日西南涡北上移动路径

Fig.17 The southwest vortex north-move path during 18-21 July, 2016

时6日在流域西南部形成一新的低涡系统北上,8、9日先后在小南海、静海一带形成暴雨。

本次暴雨系统与“96.8”暴雨影响系统不同,“96.8”是由台风北上形成的台风倒槽引起。由于海河流域所处纬度较高,直接受热带风暴影响的次数较少,一旦北上,系统就比较深厚强劲。“96.8”暴雨即是由当年第8号台风北上,造成海河流域8月3~5日的特大暴雨洪水。8月1日,暴雨前期,流域西部河套地区有一明显的高空槽,整个副热带高压相对偏北、偏西,500hPa高空588线北抬,压到海河流域上空,台风在福建福清登陆后,受地面摩擦影响迅速减弱为低压,并沿着副高西侧的引导气流穿越江西、湖南、湖北到达海河流域。台风低压系统与西风带结合,台风倒槽与南下冷空气遭

遇,造成海河流域特大暴雨洪水。

总的看,以上三次海河流域特大暴雨洪水,都是多个天气系统的连续迭加造成的,路径均沿太行山山前自西南向东北移动。

#### 4.2 水汽条件

本次暴雨主要由西南急流及偏南急流将孟加拉湾和南海的暖湿气流汇集到流域上空。“63.8”暴雨环流形势稳定,有利的辐合流场配置,为暖湿气流的输送提供了条件。前期水汽主要是西南急流将南海的暖湿气流输入海河流域,后期有东南急流的水汽输送,而后期出现的8号台风,也对此次水汽输送有重要贡献。

“96.8”暴雨,副高外围的偏南风急流,把大量的暖湿空气向北输送,同时有冷空气从东北扩散南下,冷空气交汇使之产生较强降水。

三次大暴雨受低空急流影响,均有良好的水汽输送条件,从而促成了流域大暴雨。

#### 4.3 移动路径

太行山山前地区迎风坡是流域暴雨的多发地区。与“96.8”及“63.8”暴雨移动路径相比,三次路径基本类似,均沿太行山山前自西南向东北移动,“16.7”暴雨路径处于“96.8”及“63.8”之间。本次暴雨中心由西南部进入海河流域,经安阳、邯郸、邢台、石家庄、保定、北京,而后移出海河流域。“63.8”暴雨移动路径较为偏东,移动速度较慢。具体又分两条路径,8月2~8日,由河北邯郸沿太行山由西南到东北,第一条经漳么、黄头坪、正定、司仓、北京、承德,最后移出海河流域,第二条路径是从小南海、静海一带形成,并向东北行移出流域。“96.8”暴雨较本次暴雨位置偏西,由河南弓上水库沿太行山自南向北,经邢台野沟门水库至石家庄平山穿保定、北京转入燕山山脉,而后移出海河流域。

## 5 结论

通过对“16.7”暴雨洪水天气过程的总结,并与海河流域历史暴雨洪水影响天气对比分析,可以得到如下结论:

(1)本次海河流域的大暴雨过程,是在欧亚中高纬度两脊一槽的环流背景下产生,低涡、高空槽、切变线是天气尺度的主要影响系统,低空急流带来大量的暖湿气流,不同天气系统的叠加及特殊的地形,共同作用导致了暴雨的产生。与“63.8”暴雨影响天气系统

较为相似,均是由于西南涡的东移北上造成,与“96.8”暴雨影响天气系统不同,“96.8”是由台风北上的台风倒槽带来大量的降水。对于防汛工作来说,台风北上易引起人们提高警惕,而西南涡的东移北上易被忽视,从本次历史大洪水的天气分析来看,西南涡东移北上也易引起海河流域的暴雨洪水,应引起高度重视。

(2)三次大暴雨的移动路径均沿太行山呈西南-东北走向。但是本次暴雨移动路径较“63.8”偏西,较“96.8”偏东,整个暴雨持续不到3d时间(7月18日开始,至20日结束);较“63.8”暴雨持续时间短(“63.8”暴雨从8月1日开始,10日雨止,主要集中在2~8日7d之内);与“96.8”持续时间接近(“96.8”暴雨为3~5日)。

(3)大暴雨产生均有很好的水汽通道,低空急流将流域外部的的水汽源源不断地输入到流域内,海河流域大暴雨的产生与南海及东海的水汽输送有密切联系。

参考文献:

- [1] 王建生. 海河流域63.8暴雨简介[J]. 水文, 1981,(1):44-49. (WANG Jiansheng. Introduction to “63.8” rainstorm in Haihe basin [J]. Hydrology, 1981,(1):44-49. (in Chinese))
- [2] 水利部海河水利委员会. 海河流域水旱灾害[M]. 天津: 天津科学技术出版社, 2009:103-107. (Haihe Water Conservancy Commission, MWR. Flood and Drought Disasters in Haihe Basin [M]. Tianjin: Tianjin Science and Technology Press, 2009:103-107. (in Chinese))
- [3] 刘惠霞. 河北省中南部“96.8”暴雨洪水特性分析[J]. 河北水利水电技术, 2000,20 (5):62-65. (LIU Huixia. Analysis of “96.8” storm flood in the middle south of Hebei province [J]. Hebei Water Conservancy and Hydropower Technology, 2000,20 (5):62-65. (in Chinese))

## Analysis of “2016·7” Storm Flood in Haihe River Basin

WEI Lin<sup>1</sup>, LI Jing<sup>2</sup>, WANG Ying<sup>3</sup>

(1. Bureau of Hydrology, Haihe Water Conservancy Commission, Tianjin 300170, China;

2. Bureau of Hydrology, MWR, Beijing 100053, China; 3. Tianjin Meteorological Observatory, Tianjin 300074, China)

**Abstract:** This paper studied the cause of rainstorm occurred in the Haihe River Basin during 18-20 July, 2016 based on the meteorological data, and made comparison between the “1963.8” and “1996.8” storms. The results show that the rainstorm was caused by superimposing of different weather systems and special terrain. It is closely related to water vapor transmission from the South China Sea and East China. The moving path of the rainstorm was from southwest to northeast along the Taihang Mountains. The main influence weather system was similar to the “1963.8” storm, but different from the “96.8” storm. The moving path was between the “1963.8” and “1996.8” storms.

**Key words:** southwest vortex; low-level Jet; Haihe River Basin; historical flood; moving path