

DOI: 10.16198/j.cnki.1009-640X.2015.02.003

关铁生, 姚惠明, 许钦, 等. 辽河区极端暴雨特性及其天气成因分析[J]. 水利水运工程学报, 2015(2): 18-25. (GUAN Tie-sheng, YAO Hui-ming, XU Qin, et al. Characteristics and weather causes of extreme rainstorms in Liaohe River region[J]. Hydro-Science and Engineering, 2015(2): 18-25.)

辽河区极端暴雨特性及其天气成因分析

关铁生^{1,2}, 姚惠明^{1,2}, 许 钦^{1,2}, 姚望瀛³

(1. 南京水利科学研究院 水文水资源与水利工程科学国家重点实验室, 江苏 南京 210029; 2. 水利部应对气候变化研究中心, 江苏 南京 210029; 3. 江苏南水科技有限公司, 江苏 南京 210012)

摘要: 根据辽河区实测和调查年最大点暴雨资料与气象资料, 分析了极端暴雨的区域特征以及形成极端暴雨的天气成因, 揭示了极端暴雨的基本规律。研究表明, 辽河区大部分地区年最大 24 h 暴雨占 3 d 暴雨的 70% 以上; 暴雨 92.1% 集中在 7—8 月, 极端暴雨 68.1% 高度集中在 7 月下旬至 8 月上旬; 极端暴雨集中分布在黑山山脉、千山山脉迎风山区、鸭绿江山山地丘陵区、辽浑太地区; 极端暴雨的年际变率大; 极端暴雨以中高纬度“东高西低”、“两高一低”、“波状流”、“经向高压坝”, 中低纬度副热带高压稳定至最高纬度为高空环流形势背景, 暴雨天气系统主要有北方气旋、高空槽、单一冷锋、切变线、锢囚锋、高空低涡、东北冷涡、半热带温带气旋等, 通过中纬度西风槽东移、副热带高压北上、低纬度热带气旋北进等天气系统以及山丘区的地形抬升作用共同造成。

关 键 词: 极端暴雨; 天气成因; 辽河区

中图分类号: TV12

文献标志码: A

文章编号: 1009-640X(2015)02-0018-08

辽河区地处我国中纬度的南半部, 欧亚大陆东岸, 受辽东半岛、山东半岛及东部山地的影响, 气候属温带大陆季风区, 具有中纬度西风带的气候特征, 四季分明、雨热同季, 除辽西山地和西北风沙区为半干旱气候区外, 其他地区均为湿润和半湿润气候区, 水文气象条件基本一致。

受地形、海陆和季风气候条件的影响^[1-5], 辽河区(包括松花江区)成为极锋区及其雨带在我国大陆季节性北进的第 3 次停滞地带, 极端暴雨频繁发生。2005 年 8 月 12—14 日, 受高压切变线和副热带高压的共同影响, 浑河流域夏家站最大 2 d 降水 274 mm, 超 500 年一遇, 北口前最大 3 h 降水 105 mm, 最大 1 h 降水 100 mm, 均超千年一遇; 太子河流域东沟水库最大 2 d 降水 334 mm, 为历史罕见, 清河城最大 3 h 降水 129 mm, 最大 1 h 降水 60 mm, 均超 500 年一遇^[6-7]。2010 年 8 月 19—22 日, 受副热带高压、高空槽、东北冷涡和暖湿气流的共同影响, 鸭绿江流域砬子沟站降雨过程点雨量最高达 683 mm, 历史罕见; 砬子沟站最大 24 h 降水 627 mm, 为辽宁省有实测资料记载以来最大^[8-9]。2012 年 8 月 3—4 日, 受 1949 年以来登陆长江以北最强台风“达维”的影响, 岫岩县李家堡子站 41 h 降水 511 mm, 日降水 405 mm, 最大 6 h 降水 228 mm, 均超本地区历史记录^[10]。2013 年 8 月 16—17 日, 受南下冷空气与副高外围水汽交汇影响, 浑河红透山站最大 24 h 点雨量 443 mm, 浑河大伙房水库入库洪峰流量 8 440 m³/s, 超 50 年一遇^[11]。

上述研究成果多为单场次暴雨分析, 缺乏对极端暴雨及其天气成因的全面系统分析。本文将 2013 年以前历年实测和调查最大 24 h 点暴雨超过 250 mm 的特大暴雨(气象标准)定义为极端暴雨, 利用暴雨极值研究的分析方法, 研究辽河区极端暴雨特性及其天气成因, 为辽河区的工程规划与设计、区域防洪减灾提供客

收稿日期: 2014-05-21

基金项目: 全球变化研究国家重大科学研究计划资助项目“气候变化对黄淮海地区水循环的影响机理和水资源安全评估”(2010CB951103); 国家自然科学基金青年基金资助项目(51109137, 51209071)

作者简介: 关铁生(1974-), 男, 内蒙古包头人, 高级工程师, 主要从事工程水文分析与计算。E-mail: tsguan@nhri.cn

通信作者: 姚惠明(E-mail: hmyao@nhri.cn)

素影响,辽河区极端暴雨的季节分布极不均匀。2013年前1097个站点历年实测和调查最大24h(日)点暴雨资料统计(图3)表明,辽河区暴雨最早发生在3月上旬(1969年3月2日英城子站169.4mm),最晚在9月(1960年9月13日白云胡硕站128.5mm),集中发生在夏季(暴雨站点数占96.2%),尤其7—8月(暴雨站点数占92.1%),且以7月下旬(暴雨站点数占24.5%)至8月上旬(暴雨站点数占31.3%)为最多,超过250mm的229个极端暴雨站点中,有68.1%发生在7月下旬到8月上旬。可见辽河区暴雨高度集中在7—8月,极端暴雨则高度集中在7月下旬到8月上旬;冬季无暴雨,春季偶有暴雨,秋季也时有暴雨发生,尤其是9月上旬。

2.3 极端暴雨年代际(年际)变化

辽河区不同年代250mm以上的极端暴雨分布见图4。由图4可知,20世纪50年代及以前极端暴雨主要分布在辽西西南、大凌河和辽河下游地区、鸭绿江下游,如“30.8”,“53.8”,“58.8”暴雨;60年代主要分布在辽西西南、太子河上游和鸭绿江下游,如“62.7”,“63.8”暴雨;70年代主要分布在辽西西南、老哈河上游、辽河口附近、黄海沿岸大洋河和鸭绿江中游,如“71.9”,“75.7”,“77.7”暴雨;80年代主要分布在辽河口附近、辽东半岛和鸭绿江下游,如“81.7”,“85.8”暴雨;90年代主要分布在辽浑太地区、辽东半岛和鸭绿江下游地区,如“94.8”,“95.7”暴雨;21世纪初叶主要分布在辽西沿海中部、浑太地区中部,如“00.8”,“05.8”暴雨;近4年则主要分布在辽东千山山脉西部、浑河中上游和鸭绿江下游地区,如“10.8”,“12.8”,“13.8”暴雨。

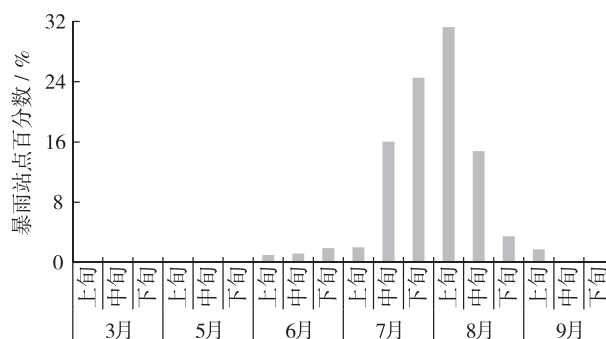


图3 辽河区2013年前极端暴雨年内分布

Fig. 3 Seasonal distribution of extreme rainstorms in Liaoh River region before 2013

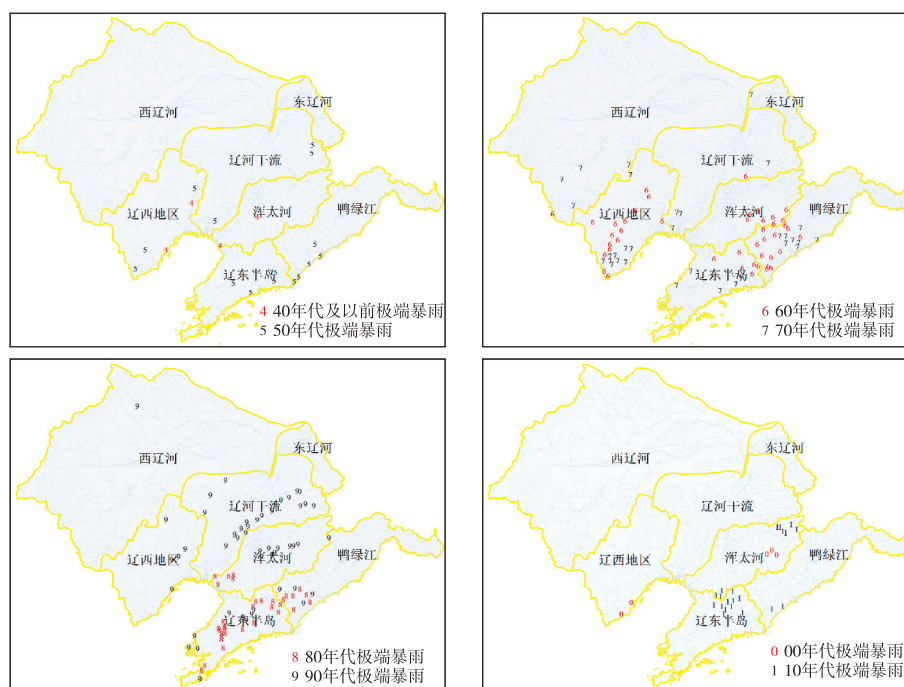


图4 辽河区极端暴雨年代际变化分布

Fig. 4 Inter-decadal change of extreme rainstorms distribution of Liaoh River region

上述暴雨所在的山脉地形及其走向对极端暴雨具有显著的增幅作用,辽河区典型极端暴雨特征见表 1,其中复兴堡特大调查暴雨为东北地区同历时有实测和调查记录以来最大,对工程规划和设计具有重要影响。西北山地及风沙区极端暴雨较少,但一旦发生量级仍很大,如二农场调查值 543 mm,福顺沟调查值 600 mm,中烧锅地调查值 535 mm^[2]。

表 1 辽河区典型 24 h 极端暴雨特征

Tab. 1 Typical extreme rainstorms in Liaohe River region for 24 h precipitation

暴雨中心	发生日期	24 h 降水量/mm	天气系统	暴雨中心	发生日期	24 h 降水量/mm	天气系统
义县—复兴堡	1930-08-03	1 000 *	台风	普兰店—唐家屯	1981-07-26	684.3 *	台风
西丰—西丰	1951-08-14	350 *	低压冷锋	海城—官草沟	1985-08-19	364.1	台风
西丰—凉水泉子	1953-08-19	283.5	蒙古气旋	赤峰—二农场	1993-08-04	543 *	
宽甸—荒沟	1958-08-04	588.1	江淮气旋	新民—老虎山	1994-08-06	342.8	
绥中—永安堡	1959-07-21	363	华北气旋	抚顺—傲牛	1995-07-29	429	西风槽
宽甸—黑沟	1962-07-26	657.9	低压冷锋	兴城—前王	2000-08-09	304.9	冷锋
朝阳—六家子	1963-07-19	526	静止锋	新宾—苇子峪	2005-08-13	407.3	切变线
庄河—永记	1971-09-03	537.1	华北气旋	宽甸—砬子沟	2010-08-20	627	西风槽
喀喇沁—福顺沟	1975-06-03	600 *	雷暴	岫岩—李家堡子	2012-08-04	405	台风
双辽—永加	1975-06-03	316 *	低涡	清原—红透山	2013-08-16	443	蒙古气旋

注:表中带 * 者为调查降水量值,复兴堡降水量供分析参考。

辽河区的暴雨年际变化仅次于海河区^[1,16],其年最大 24 h 点暴雨的变差系数(C_v)介于 0.4~0.7 之间,西部高值区主要分布在黑山和努鲁儿虎山脉(C_v 超过 0.7),东部高值区主要分布在浑河上游南部以及千山山脉南端(C_v 超过 0.65);偏变比 $R_{sv}(=C_s/C_v)$ 介于 3~4 之间^[16];其单站暴雨的年际变率(年最大暴雨系列的历年最大与历年最小之比)很大,以年最大 24 h 点暴雨年际变率为例,复兴堡站超过 30 倍(最大值 1 000 mm/最小值 30.9 mm),六家子站 18 倍(526/29.2),西丰站 12 倍(581.5/48.3),永记站 9.4 倍(537.1/56.9),黑沟站 12.4 倍(657.9/53.2),佟庄子站 11.2 倍(417.7/37.4)^[1-3]。

3 极端暴雨天气成因

我国大陆地区在盛夏 7—8 月期间,副热带高压(以下简称副高)加强北上,脊线稳定在 30°N 以北,西伸脊点在 120°~125°E 之间,呈东北—西南走向,中心多位于日本列岛南部洋面。辽河区(包括北方河流)处在东亚大槽槽前和副高西侧的辐合上升气流区,在水汽充沛的条件下,每次高空槽活动,形成极锋雨季和汛期,该极锋及其雨带是在大陆最后停滞和可能达到的最北限,这时由经菲律宾群岛进入我国沿海的热带气旋也是全年最多。热带气旋活动使上述副高位置稳定,一方面阻挡中纬度西风槽东移入海路径,另一方面携带大量暖湿水汽沿副高外缘气流向北输送到较高纬度,产生大暴雨过程。

辽河区(包括松花江区)在汛期发生致洪暴雨的高空环流形势有 4 种,地面系统有单一冷锋、北方气旋(蒙古气旋、河套气旋、黄河气旋、华北气旋等,其中以华北气旋影响次数最多)以及北上热带气旋,当热带气旋与北方冷空气相结合而成为热力结构不对称的半热带半温带天气系统之后,便形成极端的暴雨天气过程,如 1930 年 8 月辽西地区暴雨和 1981 年 7 月辽东半岛暴雨等。

另外,辽东千山山脉和辽西丘陵山地及其山间河谷的喇叭口地形、海陆相对配置,对暖湿气流的辐合抬升作用也是暴雨增幅极其重要的因素。

3.1 热带气旋系统

热带气旋系统在辽河区的极端暴雨中起着极其重要的作用。影响和登陆黄渤海沿岸的热带气旋主要发

生在 7 月上旬至 9 月上旬,其中 7 月下旬最多,其次为 8 月上、下旬,其源地主要在西太平洋洋面上。热带气旋进入我国海域后,影响和登陆黄渤海沿岸的主要路径有 3 条:①自华南登陆后继续北上并折向东北,经山东半岛进入渤海或河北后消失,或继续向东北行后逐渐消失;②直接登陆黄渤海沿岸后减弱消失或继续向东北行;③直接登陆朝鲜半岛北部后继续向东北行。3 条路径中,第 1 条对渤海沿岸影响较大,通常可造成较大范围和较长持时的降雨,第 2 条对黄渤海沿岸影响都较大,并可在影响和登陆区域产生暴雨或大暴雨,第 3 条对黄海沿岸影响较大,尤其是鸭绿江中下游地区。

根据中国气象局 1949—2005 年《台风年鉴》与《热带气旋年鉴》资料统计,影响黄渤海沿岸的热带气旋共有 69 个,年均 1.21 个(其中直接登陆 21 个,年均登陆 0.28 个)。在这 69 个影响热带气旋中,影响辽东的有 21 个,影响辽西的仅有 4 个,对辽宁区影响较小的有 18 个。其中 1951—1959, 1974—1984 和 1988—1993 年间连续 9, 11 和 6 年登陆数为零,而 1985 年登陆数达 3 个,1960, 1994 年登陆数均为 2 个(见图 5)。可见,虽然辽河区常常会连续多年没有热带气旋登陆,但有些年份年内登陆数会达到 2~3 个,因此,影响和登陆黄渤海沿岸的热带气旋,对辽河区的大暴雨和特大暴雨的发生具有重要作用,它是造成该地区大范围洪涝灾害的重要天气系统,是辽河区防汛抗洪不可忽视的重要因素。

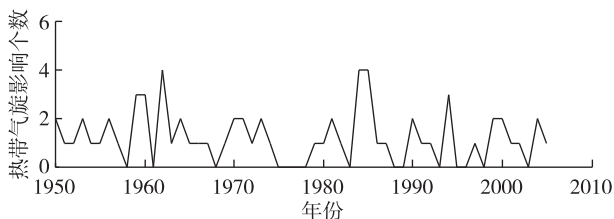


图 5 1949—2005 年辽河区影响热带气旋分布

Fig. 5 Tropical cyclone distribution of Liaoh River region from 1949 to 2005

3.2 “东高西低”环流形势

副高脊线位于 30°N 附近,呈东东北-西西南走向,西部脊向西南伸抵南亚大陆,控制着南海海域。河套以西,由孟加拉湾向北至贝加尔湖,自南而北分布由印度低压和贝加尔湖低压构成南北同相低压区,与东部副高构成亚洲大陆“东高西低”环流形势。在这种形势下,由贝加尔湖低压中不断分裂有短波低槽携冷空气东移,经河套南下。辽河区处在河套槽前、副高脊西北侧西南气流辐合上升区,出现降水过程,如“59.7”滦河、西辽河暴雨。与“东高西低”环流形势相对应的地面天气形势,由贝加尔湖低槽中分裂出的短波槽在东移过程中,诱生温带气旋,然后沿副高脊前偏南气流向东北移动,在其移动过程中,其暖锋、波顶和冷锋均可造成所经地区出现降水过程。

上述“东高西低”环流形势,当河套槽与“东高”相对配置,使得在低纬度西行的热带气旋,在绕过副高西伸脊点后,转向受槽前、脊后西南气流引导,并北上进入黄河以北地区。在这种形势持续稳定期间,形成于不同时间不同源地的热带气旋可取相似路径,重复影响同一地区。如 8506, 8508, 8509 热带气旋,虽形成源地、登陆地点不同,但所取路径均为抛物线型,3 次热带气旋均在 $120^{\circ}\sim 130^{\circ}\text{E}$, 30°N 以北转向,并向北偏东方向移动。8506 热带气旋使辽河东部地区普降大雨,8508 热带气旋主雨区仍在辽浑太地区,8509 热带气旋造成辽河中游大雨。由于大尺度环流形势不变,导致连续 3 个热带气旋在同一流域连降暴雨。

3.3 “两高一低”环流形势

欧亚大陆中高纬度“两高一低”环流形势,如“58.8”鸭绿江暴雨,西部高压脊位于欧洲大陆,东部高压脊位于雅库茨克一带,“两高”间为一深厚的贝加尔湖低槽,低槽区直伸至黄河上游。雅库茨克高压脊与中心位于日本群岛南部洋面的副高经向打通,在东亚沿岸构成稳定高压坝,导致由贝加尔湖低压中分裂东移的蒙古短波槽(槽线经华北平原、长江中游伸达西南)受阻于华北平原而减速,并与沿海高压坝形成西南气流通带,该通道带深厚且宽广,覆盖我国大陆东半部。与高空环流形势相对应的地面河套冷锋,在其东移的过程中进入华北平原,受高空槽前西南气流的影响,发展成为华北气旋,并东移经辽东半岛。辽东地区处于华北槽前、副高西北侧,持续受西南上升气流影响,千山山脉以南诸河及鸭绿江发生大暴雨过程。

当副高南伸至黄海、东海海域,分别与北上热带气旋,黄淮大陆低压构成近南北向水汽输送通道时,偏南气流卷携自南海、东海、黄海等陆缘海域上空的水汽,经华北平原源源不断进入位于气旋暖区的辽河区,便造

成持续暴雨天气,如“30.8”辽西地区特大暴雨。

3.4 “波状流”环流形势

亚洲中高纬度 $40^{\circ}\sim 50^{\circ}\text{N}$ 盛行纬向环流,其上不断有短波槽、脊频频东移,形成“波状流”环流形势,如“60.8”鸭绿江暴雨,西部乌拉尔山长波槽加深,由贝加尔湖、蒙古分裂的较强短波槽不断东移,槽后冷平流对应的河套冷高压以及位于辽东和山东半岛的副高脊间形成弧形切变线,副高脊线位于 30°N ,稳定少动,导致鸭绿江发生华北冷锋前、副高后的暖区暴雨过程。

当副高西部偏南气流引导已移至我国近海的热带气旋,取北上路径直抵北方大陆后,因热带气旋位于西风槽前,槽后冷空气从热带气旋西侧侵入,热带气旋环流加强,中心气压下降,变性为半温带半热带系统,并沿槽前西南气流改向东北方向移动,深入东北较高纬度,造成大暴雨,如6007热带气旋形成的鸭绿江暴雨。

3.5 “经向高压坝”环流形势

亚洲大陆东海岸“经向高压坝”环流形势是我国北方大陆发生致洪暴雨的一种较持久、最常见的环流形势。副高脊线位于 35°N 以北,日本海有一分裂中心。由于南部太平洋上热带气旋北上,而使副高西伸单体与高纬度雅库茨克大陆高压(或鄂霍茨克海高压)经向打通,在亚洲大陆东岸构成稳定的“经向高压坝”环流形势,东海岸南自台湾岛北至东北地区均处于偏南气流和西南暖湿气流控制区,水汽条件充沛,当有西风槽经过时,导致受其影响地区产生降水过程,如“62.7”西辽河、滦河暴雨。与此形势对应的地面系统除冷锋外,高空槽还诱生地面温带气旋,如东北气旋、蒙古气旋、河套气旋和黄河气旋等。

当“经向高压坝”环流形势形成后,已移至日本列岛南部洋面、东海水域、甚至南海的北上热带气旋,沿着“高压坝”西侧偏南,取北上路径直达松辽平原造成暴雨,如6205热带气旋通过其右前方与副高西侧的东南风低空急流,向北方源源不断地输送水汽和能量,并与东移的蒙古低槽结合,在地形抬升的共同作用下,造成冀北、辽西和西辽河历史上罕见的大暴雨过程。

3.6 水汽来源

辽河区(包括松花江区)的水汽来源主要有两个方面:热带气旋型大暴雨的水汽,主要来源于西太平洋,其次是东海,如“30.8”,“63.8”,“81.7”,“85.8”暴雨等;锋面、切变型大暴雨的水汽,主要来源于孟加拉湾和南海,如“71.9”,“10.8”暴雨等。

4 结 语

(1)辽东千山山脉和辽西丘陵山地及其山间河谷的喇叭口地形是暖湿水汽高度集聚区和极端暴雨多发区,常造成历时长、量级大、范围广、灾害损失极其严重的洪涝灾害,研究极端暴雨可为工程规划与设计、防灾减灾提供科学依据,提高应对极端天气情况下暴雨洪水的决策支持能力。

(2)辽河区暴雨高度集中在7—8月(暴雨站点数占92.1%),尤其是7月下旬至8月上旬(暴雨站点数占55.8%),250 mm以上的极端暴雨有68.1%发生在7月下旬至8月上旬,集中分布在辽西山丘、千山山脉迎风山区、鸭绿江山地区、辽浑太地区。辽西沿海极端暴雨区既可在山前单独产生,也可与海滦河暴雨相连;辽浑太地区极端暴雨常受热带气旋的影响,雨区时与鸭绿江暴雨连片;千山山脉迎风坡极端暴雨主要受气旋或热带气旋与北方冷空气的共同影响,雨区常波及辽河东部和第二松花江上游,其中鸭绿江下游最频繁且最强烈;西辽河极端暴雨多为雷暴,老哈河大暴雨常与滦河同时发生;已有的资料尚未出现西辽河与辽河中下游同时发生大暴雨的情况,应引起防汛部门的高度重视。

(3)辽河区盛夏季节多为平直西风环流,多短波系统活动,并与副高系统形成对峙,在冷暖空气交汇处往往产生大暴雨。在每次特大暴雨过程中,西风槽后冷空气的东移南下作为触发降水机制,而北上的暖湿空气则与降雨强度密切相关,成为特大降雨不可缺少的必要条件。在这种特定环流形势背景下,产生暴雨的天气系统也极其复杂,一般为北上热带气旋,较强的西风槽,以及与其对应的地面冷锋、华北气旋、江淮气旋、冷涡、切变线等天气系统。

(4)辽河区极端暴雨天气环流系统以中纬度西风槽东移、副高偏北活动以及北上热带气旋的影响和登

陆三者互相配合作用所造成的暴雨次数最多。西风槽的东移触发作用和副高的偏北活动,常常导致其引导气流有利于低纬的热带气旋和低涡等天气系统的北上,促使来自海上的大量暖湿空气源源不断地向北方输送,为暴雨的产生提供充沛水汽和能量条件,在此类暴雨的产生过程中,不可或缺的携带大量暖湿水汽的热带气旋会加大暴雨的量级,如“30.8”复兴堡暴雨、“81.7”唐家屯暴雨等,密切关注7月上旬至9月上旬西太平洋洋面的热带气旋活动,是辽河区防汛抗洪的关键之一。

参 考 文 献:

- [1] 水利部水文局,南京水利科学研究院.中国暴雨统计参数图集[M].北京:中国水利水电出版社,2006:20,28,98-110. (Bureau of Hydrology of MWR, Nanjing Hydraulic Research Institute. Atlas of statistical parameters of rainstorms in China[M]. Beijing: China WaterPower Press, 2006: 20, 28, 98-110. (in Chinese))
- [2] 王家祁.中国暴雨[M].北京:中国水利水电出版社,2002:89-91,91-94. (WANG Jia-qi. Rainstorms in China[M]. Beijing: China WaterPower Press, 2002: 89-91,91-94. (in Chinese))
- [3] 水利部水文局.水情年报(2001-2010)[M].北京:中国水利水电出版社. (Bureau of Hydrology of MWR. Hydrological information annual report (2001-2010)[M]. Beijing: China WaterPower Press. (in Chinese))
- [4] 闵岫,钱永甫.中国极端降水事件的区域性和持续性研究[J].水科学进展,2008,19(6):763-771. (MIN Shen, QIAN Yong-fu. Regionality and persistence of extreme precipitation events in China[J]. Advances in Water Science, 2008, 19(6): 763-771. (in Chinese))
- [5] 王志福,钱永甫.中国极端降水事件的频数和强度特征[J].水科学进展,2009,20(1):1-9. (WANG Zhi-fu, QIAN Yong-fu. Frequency and intensity of extreme precipitation events in China[J]. Advances in Water Science, 2009, 20(1): 1-9. (in Chinese))
- [6] 王长海.辽河流域“05.8”暴雨洪水分析[J].水利规划与设计,2006(6):22-26. (WANG Chang-hai. Analysis of storm flood in Liaohe River basin at 2005.8[J]. Water Resources Planning and Design, 2006(6): 22-26. (in Chinese))
- [7] 尤晓敏.2005年松辽流域汛期降雨的分析和预报[J].东北水利水电,2005(12):32-33,71. (YOU Xiao-min. Analysis and forecast of rainfall of flood period in Songliao rivers basin at 2005[J]. Water Resources & Hydropower of Northeast, 2005(12): 32-33, 71. (in Chinese))
- [8] 孙澎,赵锡钢,王才.20100819鸭绿江流域暴雨洪水分析[J].水土保持应用技术,2011(2):41-42. (SUN Peng, ZHAO Xi-gang, WANG Cai. Analysis of No. 20100819 storm flood in Yalujiang River basin [J]. Technology of Soil and Water Conservation, 2011(2): 41-42. (in Chinese))
- [9] 孙宝杰,赵凤伟.2010年辽宁省汛期暴雨洪水特征分析[J].东北水利水电,2011(4):48-49. (SUN Bao-jie, ZHAO Feng-wei. Characteristic of storm flood of flood period in Liaonin Province at 2010[J]. Water Resources & Hydropower of Northeast, 2011(4): 48-49. (in Chinese))
- [10] 冯琳,梁凤国,王保泽.辽宁“2012.8.4”暴雨洪水特征分析[J].中国防汛抗旱,2012,22(6):23-25. (FENG Lin, LIANG Feng-guo, WANG Bao-ze. Characteristic of No. 20120804 storm flood in Liaonin Province [J]. China Flood & Drought Management, 2012, 22(6): 23-25. (in Chinese))
- [11] 张福然.“8.16”浑河大伙房水库以上暴雨洪水分析[J].东北水利水电,2014(5):45-46,48. (ZHANG Fu-ran. Analysis of No. 20130816 storm flood in Hunhe River basin [J]. Water Resources & Hydropower of Northeast, 2014(5): 45-46, 48. (in Chinese))
- [12] 中国水利规划设计总院.全国水资源综合规划水资源调查评价[R].北京:中国水利规划设计总院,2004:230. (Institute of China Water Resources Planning. Investigation and evaluation of water resources in China water resource integrated planning[R]. Beijing: Institute of China Water Resources Planning, 2004: 230. (in Chinese))
- [13] 中国气象科学数据共享服务网.中国地面气候资料月值数据集[EB/OL].(2011-10-08) http://cdc.cma.gov.cn/shuju/index3.jsp?tpcat=SURF&dsid=SURF_CLI_CHN_MUL_MON. (China Meteorological Data Sharing Service System. China surface monthly climatological data[EB/OL]. (2011-10-08) http://cdc.cma.gov.cn/shuju/index3.jsp?tpcat=SURF&dsid=SURF_CLI_CHN_MUL_MON. (in Chinese))
- [14] 中国气象局.中国历史天气图(1949-2010)[M].北京:气象出版社. (China Meteorological Administration. Chinese historical weather maps (1949-2010)[M]. Beijing: Meteorological Press. (in Chinese))

- [15] 中国气象局. 台风年鉴(热带气旋年鉴)(1949-2010)[M]. 北京:气象出版社. (China Meteorological Administration. Yearbook of typhoon (tropical cyclone) (1949-2010)[M]. Beijing: Meteorological Press. (in Chinese))
- [16] 王家祁,姚惠明,关铁生. 暴雨和洪水偏态频率分布特性分析[J]. 水科学进展, 2006, 17(3): 365-369.(WANG Jia-qi, YAO Hui-ming, GUAN Tie-sheng. Analysis of skewness coefficient of rainstorm and precipitation[J]. Advances in Water Science, 2006, 17(3): 365-369. (in Chinese))

Characteristics and weather causes of extreme rainstorms in Liaohe River region

GUAN Tie-sheng^{1,2}, YAO Hui-ming^{1,2}, XU Qin^{1,2}, YAO Wang-ying³

(1. State Key Laboratory of Hydrology-Water Resources and Hydraulic Engineering Science, Nanjing Hydraulic Research Institute, Nanjing 210029, China; 2. Research Center for Climate Change of Ministry of Water Resources, Nanjing 210029, China; 3. Jiangsu Naiwch Corporation, Nanjing 210012, China)

Abstract: Based on the observed and investigated annual maximum point rainstorms data and meteorological data in the Liaohe River region, the regional characteristics and weather causes of annual extreme point rainstorms are analyzed, and the fundamental rules of the extreme rainstorms occurrence are revealed. The analysis results show that the amount of the annual maximum 24 h point rainstorms accounts for more than 70% of 3 d point rainstorm quantity in most areas of the Liaohe River region. Furthermore, 92.1% of the rainstorms occurs in July and Autumn, and 68.1% of the extreme rainstorms appears between late July and early Autumn. The spatial distribution of the extreme rainstorms is concentrated on the windward slope of Qianshan and Heishan Mountains and the hilly area of the Yalujiang River basin, as well as the Liao-Hun-Tai River region. The interannual variations of the extreme rainstorms are evident. The extreme rainstorms in the middle and high latitude of East Asia are characterized by “East high, West low”, “two high one low”, “wavy airflow”, and “warp direction high dam”, and in the middle and low latitude of East Asia by subtropical anticyclone stability, and in the highest latitude by upper air circulation situation as the background. The main rainstorm weather system has cyclones from the north, upper trough, single cold front, shear line, occluded front, upper vortex, cold vortex from northeast, semi tropical and semi temperate cyclone. The rainstorms usually happen under the combined action of the weather systems, such as middle-latitude westerly trough, subtropical high and tropical cyclones, and topographical uplift of the windward mountain.

Key words: extreme rainstorms; weather cause; Liaohe River region