

河北省一次暴雨天气过程分析

刘志天

哈尔滨师范大学地理科学学院, 黑龙江 哈尔滨

收稿日期: 2023年11月14日; 录用日期: 2023年12月15日; 发布日期: 2023年12月28日

摘要

在气候变暖背景下, 分析极端天气过程对预防自然灾害有很大的指示意义。本文采用NCEP/NCAR全球再分析资料, 利用水汽通量场方法, 对河北省2023年7月29日~8月2日的暴雨天气过程进行分析, 研究发现此次暴雨有降水量大、持续时间长及影响范围广的特点, 是在“杜苏芮”和“卡努”双台风的背景下形成的, 其降水过程的主要水汽来源于黄海、渤海、东海及太平洋地区。

关键词

暴雨, 河北省, 天气过程

An Analysis of a Rainstorm Weather Process in Hebei Province

Zhitian Liu

School of Geoscience, Harbin Normal University, Harbin Heilongjiang

Received: Nov. 14th, 2023; accepted: Dec. 15th, 2023; published: Dec. 28th, 2023

Abstract

Under the background of climate warming, analyzing extreme weather processes is of great indicative significance for the prevention of natural disasters. In this paper, we use NCEP/NCAR global reanalysis data and the water vapor flux field method to analyze the heavy rainfall weather process in Hebei Province from July 29 to August 2, 2023, and find that this heavy rainfall is characterized by large precipitation amount, long duration and wide range of impacts. It was formed against the backdrop of the twin typhoons Dusuari and Kanu. And the main source of water vapor for the precipitation process is from the Yellow Sea, the Bohai Sea, the East China Sea and the Pacific Ocean.

Keywords

Heavy Rain, Hebei Province, Weather Process

Copyright © 2023 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

20 世纪 80 年代以来, 随着全球的逐渐变暖, 大气含水量增加, 水循环加剧, 极端降水事件将愈发频繁[1], 这些暴雨天气过程对当地的气象、水文、生态环境以及社会经济等方面都有着不同程度的影响[2]。因此, 对河北省的暴雨天气过程进行分析和研究, 对于预防和应对自然灾害、保障人民生命财产安全等方面都具有重要的意义。而水汽来源作为了解区域水汽的源头, 对水汽来源的分析, 不仅可以加深我们对整个水循环的认识, 且可以有效的指导区域水资源管理和预防自然灾害等[3] [4]。本文将通过对河北省一次典型的暴雨天气过程进行深入分析, 探讨其形成机制、影响因素以及应对措施, 为相关部门的决策提供科学依据。

目前学者们对于大气降水水汽来源的研究区域广泛, 在我国干旱的西北地区、气候较湿润但水汽来源复杂多变的西南地区、东北地区、华北地区、南部季风区及东部季风区等地都有涉及, 如李佳芳等人对 1971~2010 年河西走廊中部的降水水汽分析, 发现主要来源于西风带来的水汽[5]; 温艳茹等人对重庆地区大气降水水汽来源分析, 得出夏半年降水的水汽主要来源于夏季风所携带的海洋水汽, 冬半年中, 受大陆性气团控制, 降水的水汽主要来源于西风环流及内陆水汽再蒸发[6]; 魏铁鑫等人对近 50a 东北冷涡暴雨水汽源地分布发现, 东北冷涡暴雨主要有 4 个水汽源地, 分别为: 欧亚大陆(尤其是贝加尔湖附近)、鄂霍次克海、日本海、黄渤海及西太平洋海域、孟加拉湾至中国南海海域、中国东北地区[7]; 崔晓鹏等人对“21·7”河南暴雨水汽源地追踪得出, 河南暴雨区目标气块主要来自西北太平洋和中国南海等地区, 且位于较低的大气高度上, 还有少量目标气块来自于欧亚大陆中部和日本海附近(所处大气高度较高) [8]; 柳鉴容等人对我国南部夏季季风和东部季风区降水水汽来源分析发现, 前者主要有 3 个水汽来源以及传输路径: 体现在南亚季风的西南水汽通道、体现南海季风的南海水汽通道及体现副热带季风的东南水汽通道, 后者主要有西南水汽通道、南海水汽通道、东南水汽通道以及局地再循环的水汽[9] [10]。另外, 以上这些学者们大都采用欧拉方法、拉格朗日方法和稳定同位素方法对区域水汽来源进行分析研究, 其研究成果和基础数据为研究区域水循环特征提供了一定科学依据。然而, 现有研究对于北方地区的降水的水汽来源研究还是较少, 尤其是极端降水的水汽来源分析, 而暴雨作为北方常见的极端降水事件之一。因此, 本文将对河北省的一次暴雨水汽来源进行分析, 以期提高北方对此类极端天气事件的预报和预警能力, 尽可能从源头制止极端天气带来的危害, 减少人们在危害面前遭遇的各种损失。

2. 研究区概况和资料来源

河北省位于中国的华北地区, 北临燕山, 西依太行山脉, 东濒渤海, 内环京津。这里的地貌丰富多彩, 既有高原、山地、丘陵, 又有平原、湖泊和海滨。这种多样性使得河北成为研究各种自然现象的理想场所。

河北的气候属于温带大陆性季风气候, 四季分明, 雨季偏早, 降水偏多, 且极端性强。其中, 暴雨

是河北省雨季比较重大的灾害性天气，对它的研究和预报显得尤为重要。暴雨不仅会影响到当地的气象、水文、生态环境，还会对当地的社会经济产生深远影响。因此，对河北省的暴雨天气过程进行分析和研究，对于预防和应对自然灾害、保障人民生命财产安全等方面都具有重要的意义。

为了更好地理解和预测暴雨天气过程，本文将运用河北地区多地降水实况观测资料，以及水平分辨率为 $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$ 的 NCEP/NCAR 全球再分析资料。这些资料包括比湿、气压场、风场等要素，为我们提供了全面而深入的分析工具。通过这些数据和资料，我们将能够更准确地描述和解释暴雨的形成机制和影响因素，为相关部门的决策提供科学依据。

3. 河北省暴雨天气过程分析

3.1. 暴雨实况

中国气象上按降水强度大小分为三个等级，即 24 小时降水量为 50~99.9 毫米称“暴雨”、100~249.9 毫米之间为“大暴雨”、250 毫米以上称“特大暴雨”。本次河北省暴雨是从 2023 年 7 月 29 日开始，至 8 月 1 日结束。根据已有数据，此次降水过程具有以下特点：持续时间长，维持有 4 天时间；降水量大，全省平均降雨量为 137.4 mm，其中，保定市、定州市、石家庄市、雄安新区、邯郸市、廊坊市和邢台市的降雨量较大，分别为 350 mm、319.7 mm、289.2 mm、261.3 mm、218.4 mm、224.2 mm、192 mm；影响范围广，除河北地区外，北京、天津、山东及河南等地也遭受本轮暴雨过程影响。

这是河北省有暴雨天气记录以来，来势迅猛和持续时间长的暴雨天气之一。这次极端降水带来罕见的特大灾害，不仅造成山洪泥石流、通信中断、地面塌陷、铁路停运、公路交通受阻等现象，且地区的各个产业和人民群众生活也遭到了严重损害，甚至出现了人员伤亡，给人们生理和心理上都带来不可磨灭的灾害，所以灾后重建也极其重要。

3.2. 环流背景分析

根据已有研究发现，2023 年 7 月 29 日以来，稳定的“高压坝”使得“杜苏芮”台风携带残余环流移速慢，降水持续时间长；“杜苏芮”和“卡努”双台风和副高的共同影响导致水汽条件好。此外，地形作用有利于降水增强，河北地区西边太行山脉和北边燕山山脉地形的稳定存在，迫使水汽在山前聚集，最终形成极端强降水。在这些因素的共同作用下，使得此次降水过程有充足的水汽补充，进而导致河北地区出现一轮历史罕见极端暴雨。

3.3. 水汽来源分析

此外，针对水汽来源的判定。戴新刚等人认为水汽源地本身难以判定，因其存在直接和间接水汽来源的问题，因而，提出了任何向大气净输送的水汽均可认定为水汽的来源地这一观点。故此，本文在该学者判断方法的基础上，采用水汽通量的方法，对此次河北省暴雨水汽来源进行分析判断，主要步骤如下：

(1) 绘出 2023 年 7 月 27 日~8 月 2 日河北省暴雨的水汽输送的平均场和距平场；

(2) 选出影响河北境内的最近和次近的湖泊或海洋区域水汽是否有补充，若有水汽补充，则将其地区定义为此次河北暴雨形成主要水汽源地。

依据以上对水汽来源的判定方法，首先绘制出此次河北省暴雨的水汽运输平均场和距平场 (http://cmdp.ncc-cma.net/Monitoring/cn_stratosphere_interaction.php?cat=water)，如图 1 所示。从图中可以看出，在暴雨期间，河北省上空存在着明显的水汽量大值区，依据图中水汽流线方向，发现水汽输送的主要方向有自南向北的和自东向西的两股水汽，两股水汽最终聚集在河北上空。向南可以追溯至黄海、渤

海和东海, 向东可以追踪至太平洋地区。可见, 有两支不同来源的水汽流在河北地区交汇, 对该地区暴雨的发生与维持有重要影响, 即一支是源自太平洋的水气流, 向西传播至东海后再向北输送进入我国华北地区, 另一支是源自黄海、渤海和东海的水气流, 向北直接传播至我国华北地区, 这两支水汽流在我国东部沿海汇聚加强后源源不断的向北输送。

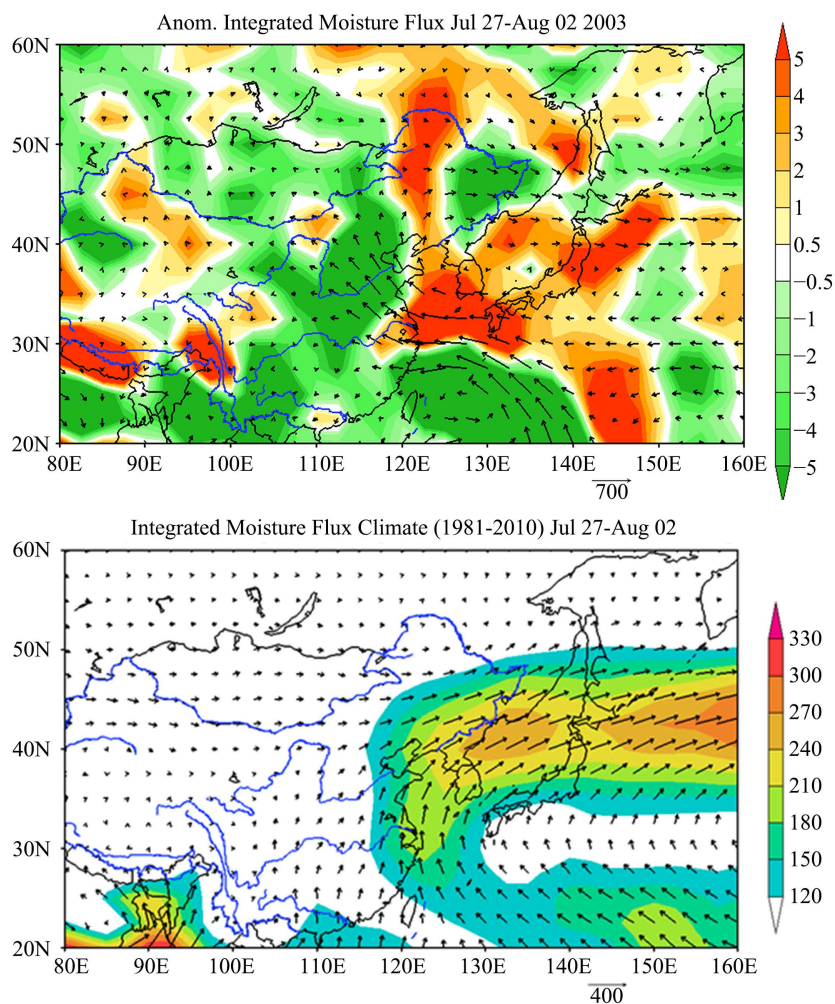


Figure 1. Average field ($\text{kg}/(\text{s}\cdot\text{m})$) and anomaly field ($10^{-5} \text{ kg}/(\text{s}\cdot\text{m}^2)$) of water vapor transport from July 27 to August 2

图 1. 7月27日~8月2日水汽输送的平均场($\text{kg}/(\text{s}\cdot\text{m})$)和距平场($10^{-5} \text{ kg}/(\text{s}\cdot\text{m}^2)$)

4. 结果

(1) 在2023年7月29日至8月2日期间, 河北省遭遇了一次罕见的大范围极端暴雨天气过程。这次降水具有降水量大、持续时间长、影响范围广等特点, 多个气象站记录的降水量甚至刷新了有气象记录以来的最高值, 无疑是一次极端降水事件。

(2) 此次降水过程的形成, 与“杜苏芮”和“卡努”双台风的活动密不可分。这两个台风分别携带了一定的冷暖水汽, 并在山前地区汇聚, 促使水汽逐渐增多, 最终对河北地区产生了显著的影响。

(3) 本次降水的形成还得到了来自黄海、渤海和东海的水汽源地输送, 更值得注意的是, 还有来自太平洋地区的源源不断的水汽输送。这种多来源的水汽输送为本次极端降水事件提供了重要的水汽条件。

综上所述,这次河北省的极端降水事件是由多种因素共同作用的结果。双台风带来的水汽条件、地形地貌的抬升作用以及大气环流背景下的能量输送等,共同导致了这次历史罕见的极端降水事件。在未来,需要进一步研究和探讨这些因素之间的相互作用和影响机制,以更好地预测和应对类似的气象灾害。

参考文献

- [1] 阙志萍, 陈云辉, 王萱. 江西一次持续性梅雨锋暴雨过程水汽特征及源地[J]. 气象与减灾研究, 2022, 45(2):105-113.
- [2] 李悦, 丁霖, 曾文全, 季雨婕. 基于 HYSPLIT 的金华梅汛期暴雨水汽路径和源地分析[J]. 农业灾害研究, 2023, 13(6): 91-93.
- [3] 卢姝, 许东蓓, 严小杰, 麦哲宁, 丁艺涵. 西北半干旱区一次盛夏暴雨水汽追踪分析[J]. 自然灾害学报, 2021, 30(5): 122-134.
- [4] 李佳芳, 石培基, 朱国锋, 等. 河西走廊中部大气降水 $\delta^{18}\text{O}$ 变化特征及水汽输送[J]. 环境科学学报, 2015, 35(4): 947-955.
- [5] 温艳茹, 王建力. 重庆地区大气场降水中氢氧同位素变化特征及与大气环流的关系[J]. 环境科学, 2016, 37(7): 2462-2469.
- [6] 魏铁鑫, 缪启龙, 段春锋, 等. 近 50a 东北冷涡暴雨水汽源地分布及其水汽贡献率分析[J]. 气象科学, 2015, 35(1): 60-65.
- [7] 崔晓鹏, 杨玉婷. “21·7”河南暴雨水汽源地追踪和定量贡献分析[J]. 大气科学, 2022, 46(6): 1543-1556.
- [8] 柳鉴容, 宋献方, 袁国富, 等. 我国南部夏季季风降水水汽来源的稳定同位素证据[J]. 自然资源学报, 2007, 22(6): 1004-1012.
- [9] 柳鉴容, 宋献方, 袁国富, 等. 中国东部季风区大气降水 $\delta^{18}\text{O}$ 的特征及水汽来源[J]. 科学通报, 2009, 54(22): 3521-3531.
- [10] 陶诗言. 中国之暴雨[M]. 北京: 科学出版社, 1980: 1-12.