

海河流域夏季降水贡献率时空特征及季节内变化

何丽烨^{1,2}, 郝立生^{2*}, 程善俊², 马 宁²

1. 中国气象局流域强降水重点开放实验室/暴雨监测预警湖北省重点实验室, 中国气象局武汉暴雨研究所, 武汉 430205; 2. 天津市气候中心, 天津 300074

摘 要: 海河流域夏季降水不仅具有显著的年代际和年际变化, 其空间分布也具有明显的季节内变化特征。为了反映出每年海河流域内不同区域的降水对当年全流域总降水量的贡献, 利用海河流域 148 个地面气象台站 1961–2015 年逐日降水资料, 计算了流域各台站逐年夏季 (6–8 月, 下同) 和季内各月降水量占同年海河流域总降水量的比例, 并且根据台站在流域内各河系的分布, 基于区域平均统计了流域内 9 条河系逐年夏季降水量占同年海河流域总降水量的比例, 形成了海河流域夏季降水贡献率数据集 (1961–2015)。数据集内容包括: (1) 海河流域 1961–2015 年夏季和夏季内各月各气象台站逐年降水贡献率; (2) 海河流域 1961–2015 年夏季 9 河系的降水贡献率。该数据集存储为 1 个 Excel 文件, .xlsx 格式, 数据量约 175 KB。

关键词: 海河流域; 夏季降水; 降水贡献率; 季内变化

DOI: <https://doi.org/10.3974/geodp.2024.02.05>

CSTR: <https://cstr.escience.org.cn/CSTR:20146.14.2024.02.05>

数据可用性声明:

本文关联实体数据集已在《全球变化数据仓储电子杂志 (中英文)》出版, 可获取:

<https://doi.org/10.3974/geodb.2024.06.07.V1> 或 <https://cstr.escience.org.cn/CSTR:20146.11.2024.06.07.V1>.

1 前言

海河流域地处京畿要地, 人口密集, 在中国经济社会发展中具有举足轻重的战略地位。这里的水资源相对匮乏^[1], 全年降水量高度集中于夏季, 夏季降水量的多寡及分布对该地区全年的天气气候和工农业生产都有至关重要的影响^[2]。同时海河流域也位于东亚夏季风活动的北缘, 夏季降水不仅在时间尺度上具有较大的年际和年代际变率^[3,4], 而且旱涝程度也存在显著的地域差别, 夏季流域内的降水分布极不均匀^[5,6]。

以往针对海河流域夏季降水的时空变化规律开展了广泛研究^[7–10], 但研究中大多直接使用降水量数据, 却鲜少从降水贡献率的角度进行分析。本文通过计算海河流域各台站逐

收稿日期: 2024-02-20; 修订日期: 2024-06-01; 出版日期: 2024-06-25

基金项目: 中国气象局流域强降水重点开放实验室 (2023BHR-Y05); 海河流域气象科技创新基金 (HHXM202408); 中华人民共和国科学技术部 (2018YFA0606302, GYHY201506001-1)

*通讯作者: 郝立生, 天津市气候中心, hls54515@163.com

数据引用方式: [1] 何丽烨, 郝立生, 程善俊等. 海河流域夏季降水贡献率时空特征及季节内变化[J]. 全球变化数据学报, 2024, 8(2): 155–162. <https://doi.org/10.3974/geodp.2024.02.05>.
[2] 何丽烨, 郝立生, 程善俊等. 海河流域夏季降水贡献率数据集 (1961–2015) [J/DB/OL]. 全球变化数据仓储电子杂志, 2024. <https://doi.org/10.3974/geodb.2024.06.07.V1>.
<https://cstr.escience.org.cn/CSTR:20146.11.2024.06.07.V1>.

年夏季和季内各月降水量占同年全流域总降水量的比例，同时根据台站在流域内各河系的分布，基于区域平均统计了流域内 9 条河系逐年夏季降水量占同年海河流域总降水量的比例，分析出 1961–2015 年在海河流域夏季总降水中起主要贡献的降水区域的分布特征及其季节内变化，为深入认识海河流域夏季旱涝的时空变化规律和改进夏季降水预测技术提供重要基础和气候背景参考。

2 数据集元数据简介

《海河流域夏季降水贡献率数据集（1961–2015）》^[11]的名称、作者、地理区域、数据年代、时间分辨率、空间分辨率、数据集组成、数据出版与共享服务平台、数据共享政策等信息见表 1。

表 1 《海河流域夏季降水贡献率数据集（1961–2015）》元数据简表

条 目	描 述
数据集名称	海河流域夏季降水贡献率数据集（1961–2015）
数据集短名	SummerPrecipitationContribution_Haihe_1961-2015
作者信息	何丽烨 L-4778-2016，中国气象局流域强降水重点开放实验室/暴雨监测预警湖北省重点实验室，中国气象局武汉暴雨研究所；天津市气候中心，heliyehly@163.com 郝立生，天津市气候中心，hls54515@163.com 程善俊，天津市气候中心，chengshj08@lzu.edu.cn 马宁，天津市气候中心，amsmaning@126.com
地理区域	中国海河流域
数据年代	1961–2015
时间分辨率	年
空间分辨率	站点，河系
数据格式	.xlsx
数据量	175 KB
数据集组成	(1) 海河流域 1961–2015 年夏季 148 个气象台站逐年降水贡献率 (2) 海河流域 1961–2015 年 6 月、7 月、8 月 148 个气象台站逐年降水贡献率 (3) 海河流域 1961–2015 年夏季 9 河系逐年降水贡献率
基金项目	中国气象局流域强降水重点开放实验室（2023BHR-Y05）；海河流域气象科技创新基金（HHXM202408）；中华人民共和国科学技术部（2018YFA0606302，GYHY201506001-1）
数据计算环境	NCAR Command Language (NCL)；Fortran；Microsoft Excel
出版与共享服务平台	全球变化科学研究数据出版系统 http://www.geodoi.ac.cn
地址	北京市朝阳区大屯路甲 11 号 100101，中国科学院地理科学与资源研究所
数据共享政策	(1) “数据”以最便利的方式通过互联网系统免费向全社会开放，用户免费浏览、免费下载；(2) 最终用户使用“数据”需要按照引用格式在参考文献或适当的位置标注数据来源；(3) 增值服务用户或以任何形式散发和传播（包括通过计算机服务器）“数据”的用户需要与《全球变化数据学报（中英文）》编辑部签署书面协议，获得许可；(4) 摘取“数据”中的部分记录创作新数据的作者需要遵循 10% 引用原则，即从本数据集中摘取的数据记录少于新数据集总记录量的 10%，同时需要对摘取的数据记录标注数据来源 ^[12]
数据和论文检索系统	DOI, CSTR, Crossref, DCI, CSCD, CNKI, SciEngine, WDS, GEOSS, PubScholar, CKRSC

3 数据研发方法

使用国家气象信息中心资料，选取位于海河流域的 148 个无缺测气象台站逐日降水数据（图 1），研究时段为 1961–2015 年夏季（6–8 月）。

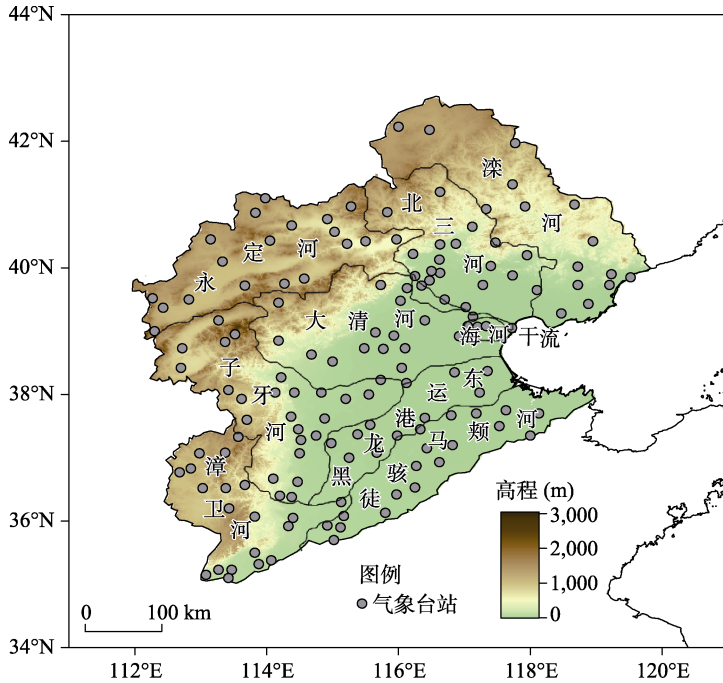


图 1 海河流域气象台站及河系分布图^[6]

3.1 算法原理

3.1.1 台站降水贡献率

台站降水贡献率是指某个时段单一台站降水量占同时段研究区域（本文为海河流域，下同）总降水量的比例^[13]：

$$C_{si} = \frac{P_{si}}{P_w} \times 100\% \quad (i = 1, 2, 3, \dots, 148) \quad (1)$$

式中， C_{si} 表示第 i 个台站的降水贡献率， P_{si} 表示某个时段第 i 个台站的降水量， P_w 表示与 P_{si} 同时段的海河流域总降水量。

3.1.2 河系降水贡献率

河系降水贡献率是指某个时段河系平均降水量占同时段河系所在区域总降水量的比例^[14,15]：

$$C_{rj} = \frac{P_{rj}}{P_w} \times 100\% \quad (j = 1, 2, 3, \dots, 9) \quad (2)$$

$$P_{rj} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n P_{si} \quad (3)$$

式中, C_{ij} 表示第 j 条河系的降水贡献率, P_{ij} 表示某个时段第 j 条河系的平均降水量, P_w 表示与 P_{ij} 同时段的海河流域总降水量, P_{si} 表示位于第 j 条河系的第 i 个台站在某个时段的降水量, n 表示位于第 j 条河系的台站总数。

3.2 技术路线

- (1) 利用海河流域 148 个气象台站逐日降水资料, 统计出 1961–2015 年各台站逐年夏季和季内 6 月、7 月、8 月的降水量。
- (2) 按照式(1)计算出海河流域 148 个台站逐年夏季和季内各月的降水贡献率。
- (3) 根据气象台站在流域内各河系的分布情况 (图 1), 按照式(2)和(3)计算出海河流域 9 条河系逐年夏季的降水贡献率。
- (4) 整理上述计算结果, 形成海河流域夏季降水贡献率数据集 (1961–2015)。

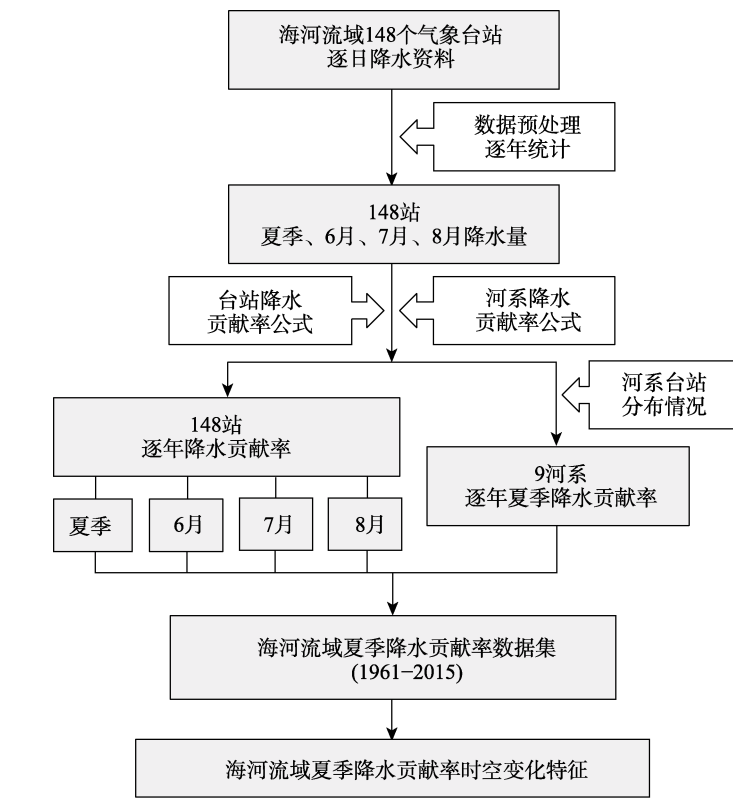


图2 海河流域夏季降水贡献率数据集研发技术路线图

4 数据结果与验证

4.1 数据集组成

《海河流域夏季降水贡献率数据集 (1961–2015)》^[11]由以下数据组成:

- (1) 海河流域 1961–2015 年夏季 148 个气象台站逐年降水贡献率数据;
- (2) 海河流域 1961–2015 年 6 月、7 月、8 月 148 个气象台站逐年降水贡献率数据;
- (3) 海河流域 1961–2015 年夏季 9 河系逐年降水贡献率数据。

数据集存储为 1 个 Excel 文件，.xlsx 格式，数据量约 175 KB。

4.2 数据结果

4.2.1 海河流域夏季降水贡献率的空间分布和季内变化

从海河流域夏季降水贡献率分布可以看到（图 3），流域内自东向西，贡献率值呈逐渐降低的分布特征。降水贡献率高值区分布于流域东部偏北，滦河和北三河下游；而低值区分布于流域西侧，主要位于永定河。

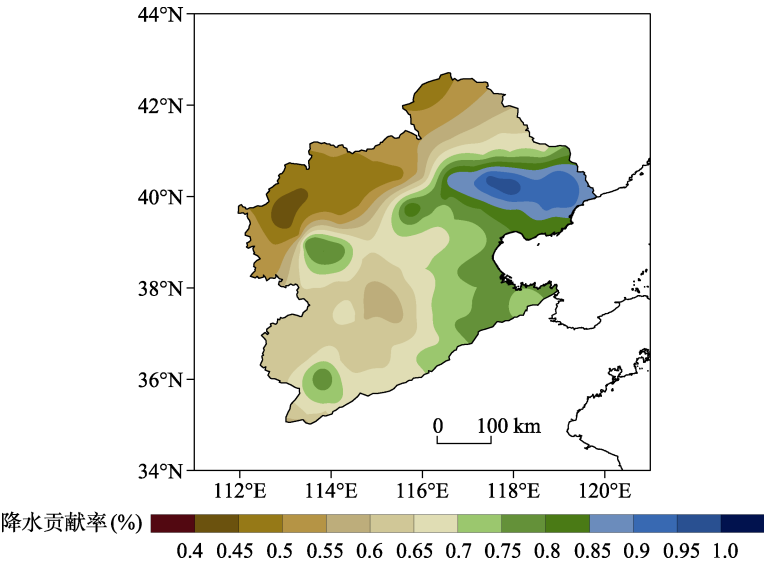


图 3 1961–2015 年夏季海河流域降水贡献率空间分布图

为进一步研究海河流域夏季降水贡献率的季节内变化特征，分析了夏季各月台站降水对流域总降水贡献率高值区^[6]的空间分布，如图 4 所示。可见，6 月海河流域降水的主要贡献区位于东北部，7 月位于流域东部和南部，而 8 月降水主要贡献区除包括流域东部以外，原 7 月位于南部的降水主要贡献区北抬至流域中部，呈现出一条东北-西南向的带状高值区。较为一致的是，夏季三个月的降水主要贡献区均包括流域东部偏北的高值中心。

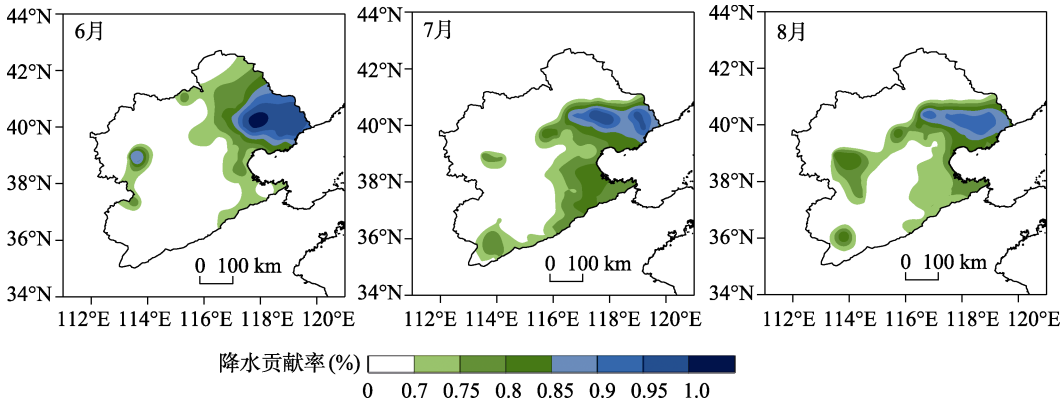
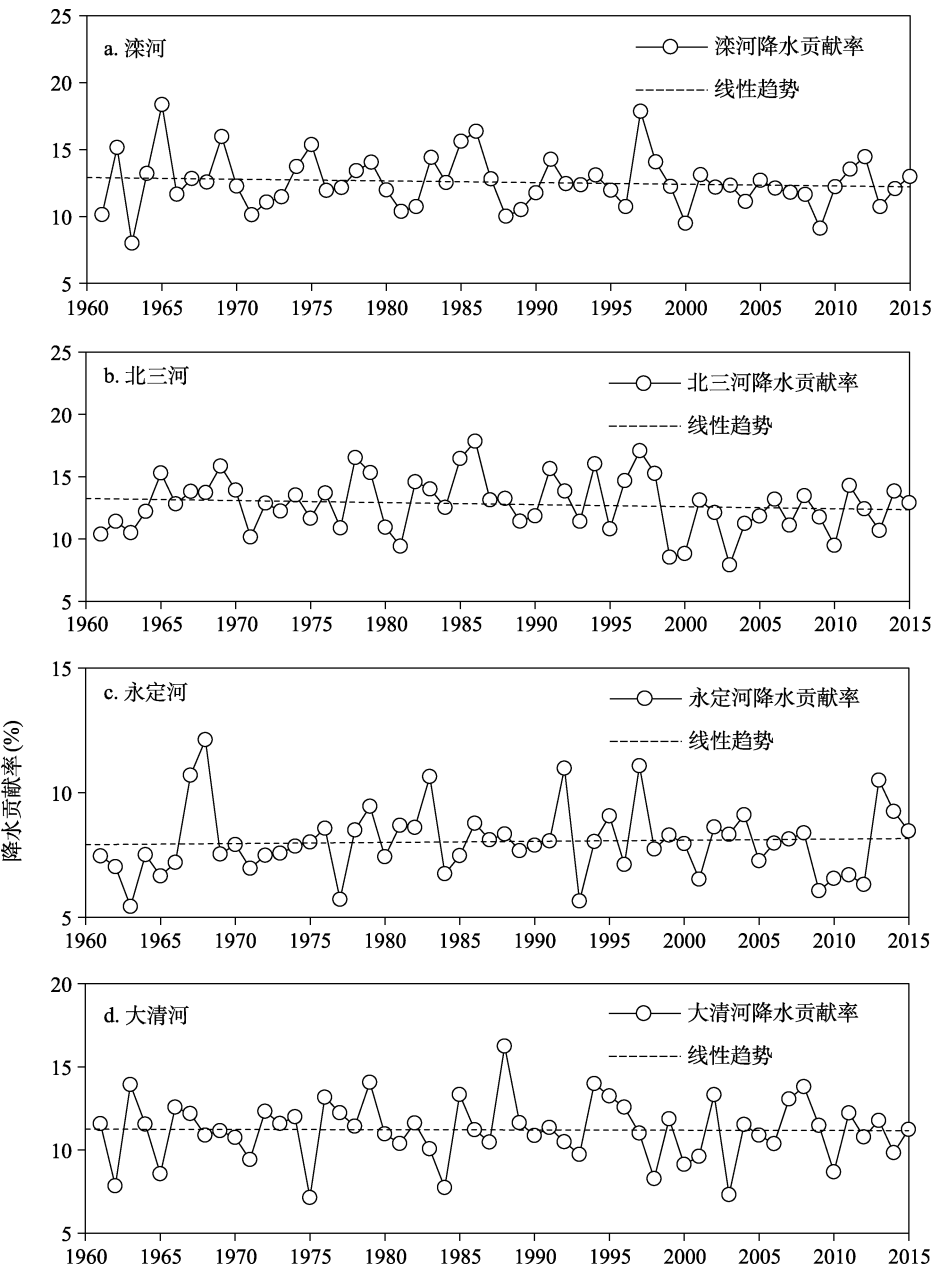


图 4 1961–2015 年海河流域夏季各月降水贡献率高值区分布图

4.2.2 海河流域夏季降水贡献率的时间变化

在统计海河流域 9 条河系夏季降水贡献率的基础上, 给出各河系 1961–2015 年的时间序列, 如图 5 所示。可见, 各河系夏季降水贡献率都具有较大的年际变率。从年际平均的结果来看, 滦河和北三河平均降水贡献率最大, 均超过 12.5%; 其次为徒骇马颊河和海河干流, 这 2 条河系的平均降水贡献率均在 11.5% 以上; 而永定河的平均降水贡献率最小, 仅为 8.0%, 也是 9 条河系中唯一平均降水贡献率低于 10% 的河系。

从年代际尺度来看, 流域内滦河、北三河、大清河、黑龙港运东和海河干流的夏季降



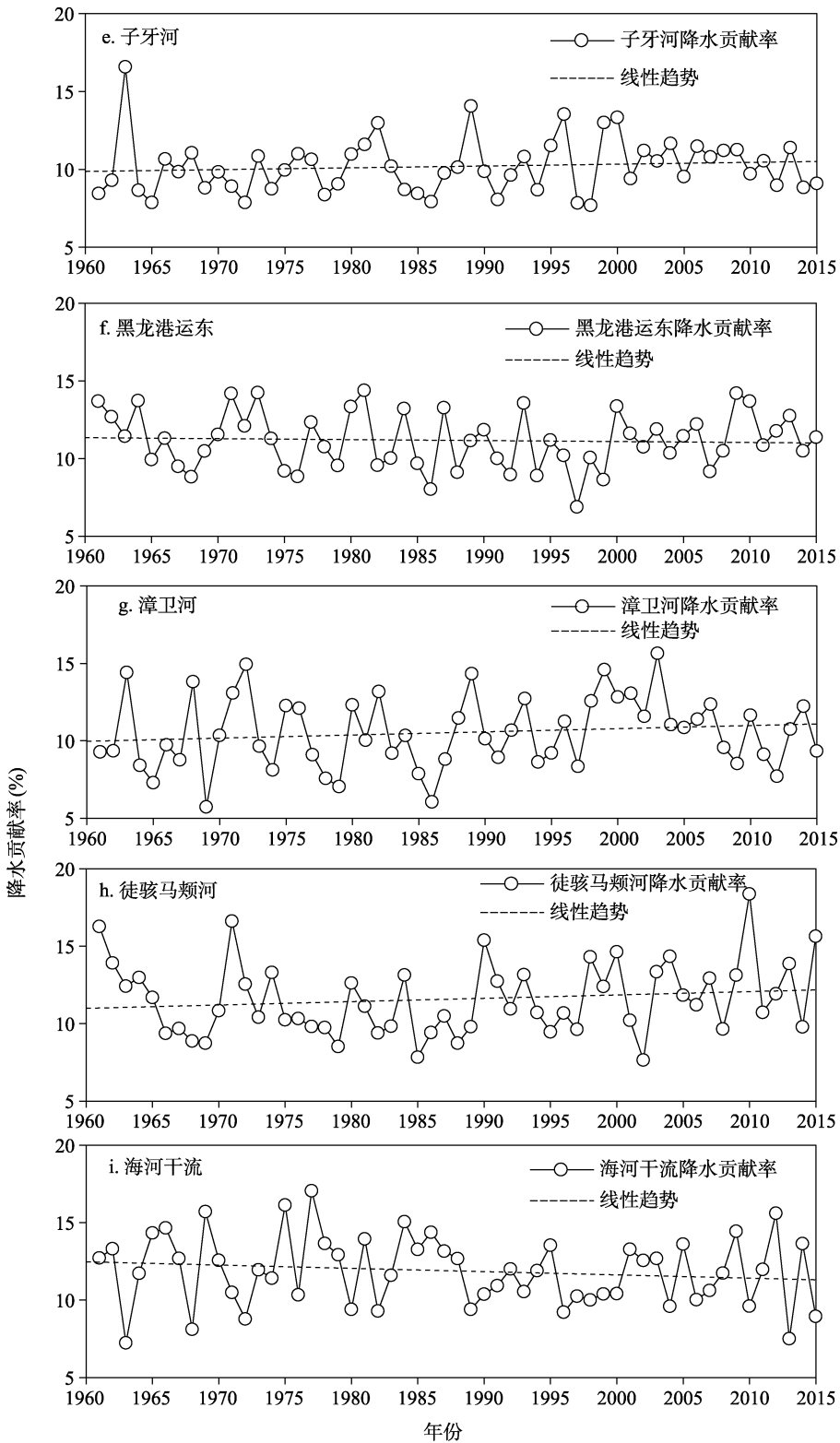


图 5 1961–2015 年夏季海河流域 9 河系降水贡献率时间序列图

水贡献率呈现下降趋势,其中海河干流的下降趋势较为明显;而永定河、子牙河、漳卫河和徒骇马颊河的夏季降水贡献率则呈现上升趋势,尤其是位于流域南部的漳卫河和徒骇马颊河上升趋势更加明显。

5 讨论和总结

海河流域既是旱涝易发的气候脆弱区,也是水资源比较贫乏的地区,降水是该地区地表水资源和浅层地下水补充的重要来源之一。海河流域全年降水量的60%–70%都源自夏季降水。本文从降水贡献率的角度出发,通过计算1961–2015年夏季和季内各月海河流域内台站以及河系的逐年降水贡献,研究了海河流域夏季降水的演变规律,分析了在流域夏季降水中起主要贡献的降水区域的时空特征及其季节内变化,发现了海河流域夏季降水贡献率的高值中心主要位于流域东部偏北,滦河和北三河下游一带,且该高值中心在夏季内各月稳定存在,是夏季降水研究和防汛工作中需要重点关注的区域。本文研制的海河流域夏季降水贡献率数据是深入认识流域旱涝时空分布不均匀性的重要数据基础,数据计算方法和分析结论也为今后海河流域夏季降水的相关研究提供参考。

作者分工:何丽烨和郝立生对数据集的开发做了总体设计;程善俊采集和处理了气象台站观测数据;马宁做了数据验证;何丽烨设计了算法,并撰写了数据论文。

利益冲突声明:本研究不存在研究者以及与公开研究成果有关的利益冲突。

参考文献

- [1] 黄荣辉,徐予红,周连童.我国夏季降水的年代际变化及华北干旱化趋势[J].高原气象,1999,18(4): 465–476.
- [2] 郝立生,丁一汇.华北降水变化研究进展[J].地理科学进展,2012,31(5): 593–601.
- [3] 范可,林美静,高煜中.用年际增量方法预测华北汛期降水[J].中国科学(D 辑:地球科学),2008,38(11): 1452–1459.
- [4] 刘海文,丁一汇.华北夏季降水的年代际变化[J].应用气象学报,2011,22(2): 129–137.
- [5] 赵翠光,李泽椿.华北夏季降水异常的客观分区及时间变化特征[J].应用气象学报,2012,23(6): 641–649.
- [6] 何丽烨,程善俊,马宁等.海河流域夏季降水关键区季内演变及其环流配置的定量化分析[J].地理学报,2020,75(1): 41–52.
- [7] 陆日宇.华北夏季不同月份降水的年代际变化[J].高原气象,1999,18(4): 509–519.
- [8] 徐桂玉,杨修群,孙旭光.华北降水年代际、年际变化特征与北半球大气环流的联系[J].地球物理学报,2005,48(3): 511–518.
- [9] 陆日宇.华北汛期降水量年际变化与赤道东太平洋海温[J].科学通报,2005,50(11): 1131–1135.
- [10] 郝立生,何丽烨,马宁等.华北近60年夏季降水年际异常与大气动力、水汽条件关系的研究[J].大气科学学报,2023,46(4): 587–599.
- [11] 何丽烨,郝立生,程善俊等.海河流域夏季降水贡献率数据集(1961–2015)[J/DB/OL].全球变化数据仓储电子杂志,2024. <https://doi.org/10.3974/geodb.2024.06.07.V1>. <https://cstr.escience.org.cn/CSTR:20146.11.2024.06.07.V1>.
- [12] 全球变化科学研究数据出版系统.全球变化科学研究数据共享政策[OL]. <https://doi.org/10.3974/dp.policy.2014.05> (2017年更新).
- [13] 申茜,张世轩,赵俊虎等.近海台风对中国东部夏季降水的贡献[J].物理学报,2013,62(18): 189–201.
- [14] 孙悦,高继卿,杨晓光.西北各省季节降水变化及其贡献的差异分析[J].中国农业气象,2019,40(8): 489–501.
- [15] 姜丽霞,李芳花,王晾晾等.黑龙江省夏季异常降水特征及其对总降水的贡献研究[J].东北农业大学学报,2019,50(3): 86–96.