

黄河流域暴雨洪水 与环境变化影响研究

高治定 李文家 李海荣等 编著

黄河水利出版社

黄河流域暴雨洪水与 环境变化影响研究

高治定 李文家 李海荣等 编著

黄河水利出版社

内 容 提 要

本书系统地阐述了黄河流域各分区产流与汇流特性、暴雨和洪水特性、洪水的泥沙特性、历史暴雨和场次暴雨与洪水特性,并简要地介绍了黄河中上游暴雨洪水分期、古洪水及环境变化对暴雨洪水影响等专题研究成果。

可供治黄科技人员、水文、气象、气候、环境等教学、生产部门的有关人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

黄河流域暴雨洪水与环境变化影响研究/高治定,李文家,李海荣编著. —郑州:黄河水利出版社,2002.12

ISBN 7-80621-609-X

I. 黄… II. ①高…②李…③李… III. ①黄河流域-暴雨洪水-研究②环境影响-暴雨洪水-研究-黄河流域 IV. P333.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 074351 号

出 版 社:黄河水利出版社

地址:河南省郑州市金水路 11 号 邮政编码:450003

发行单位:黄河水利出版社

发行部电话及传真:0371-6022620

E-mail:yrp@public2.zz.ha.cn

承印单位:黄委会设计院印刷厂

开本:787 毫米×1 092 毫米 1/16

印张:18.75

字数:433 千字

版次:2002 年 12 月第 1 版

印数:1—1 000

印次:2002 年 12 月第 1 次印刷

书号:ISBN7-80621-609-X/P·25

定价:56.00 元

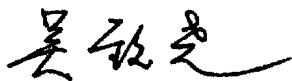
序

研究和探索黄河的暴雨洪水特性,是认识黄河河情的一个重要方面,也是防治洪水灾害首先需要开展的基础工作。近 50 年来,黄河水利委员会以及有关勘测规划设计研究单位为此做了大量的科学考察和分析研究工作,逐步深化了对黄河暴雨洪水问题的认识。

本书比较全面地归纳和提炼了黄河水利委员会勘测规划设计研究院关于黄河暴雨洪水问题的分析研究成果,将暴雨特性与洪水特性分析相结合、水文与气象相结合、定性与定量相结合,系统地阐明了黄河流域及各分区的暴雨洪水特性,并紧密结合治黄实践,对黄河暴雨洪水问题的研究提出了一些新的思路和方法,开展了一些探索性的创新研究,例如关于黄河古洪水的综合考察和环境变化对暴雨洪水影响分析等。所有这些研究成果,已经为黄河开发和管理提供了科学依据。

治理黄河,任重道远。关于黄河的暴雨洪水问题,还有很多未被我们认识的领域,需要继续探索、研究,特别要推动和开展多部门、多学科的综合研究,进一步认识和掌握黄河暴雨洪水的规律,为实现黄河的长治久安服务。

本书的编写和出版,将有助于我们进一步认识黄河的河情,并将吸引更多的人来共同探讨黄河暴雨洪水的规律,从而推动黄河问题研究的深化,对进一步搞好黄河的治理、开发和管理是有益的。



2001 年 12 月

前 言

黄河的洪水灾害举世闻名。在新中国成立以前的数千年里,我国人民在与黄河洪水作斗争的过程中,对黄河洪水的变化规律,已有一定的认识。如早在汉代以前,人们就根据黄河洪水的发生季节和各季节洪水的大小,把黄河的防汛分为伏汛、秋汛、凌汛和桃汛4个汛期。在清康熙四十八年(1709年)陆续在黄河干流的青铜峡和万锦滩、支流伊洛河的巩县(今巩义市)、沁河的木栾店等地设立报汛水尺,观读涨水尺寸,为下游防汛提供情报。自1919年开始,在陕县等地正式设立水文站,进行科学的水文观测之后,虽然人们对黄河洪水的认识逐渐加深,但直到新中国成立以后,才真正开始对黄河洪水规律进行比较深入系统地研究。

近50多年来,黄河水利委员会勘测规划设计研究院的水文工作者,紧密结合黄河防洪、流域规划、大型水利水电工程设计与调度等治黄建设的需要,锲而不舍,不间断地对黄河流域暴雨洪水特性进行了系统研究。

本书是作者与多位同事合作撰写(各章撰写者见书后附表)而成的,最后由高治定、李文家、李海荣审核、定稿。该书集中反映了黄河水利委员会勘测规划设计研究院数十年来在黄河暴雨洪水方面的经验与成果。从黄河上、中、下游系统地论述了黄河流域各分区的暴雨、洪水特性,初步系统地概括了黄河流域不同地区暴雨洪水形成的气象成因条件、地形地貌条件及产汇流特性。较系统地研究了场次暴雨洪水特性,明清以来黄河流域历史暴雨特性,黄河中游暴雨、洪水的分期特性,还汇集了小浪底古洪水研究及环境变化对暴雨、洪水的影响等最新研究成果。提出了不少具有重要实用价值的规律性总结。例如:

(1)对三门峡1843年洪水、三花间1761年等特大暴雨洪水定性、定量特性的揭示。

(2)黄河洪水主要由大面积日暴雨和大面积强连阴雨两类不同的降水过程形成。就这两类过程雨强、降雨量级、落区规律,以及由此形成的黄河上游洪水及中游三大洪水来源区的洪水特性、洪水地区组成、洪水遭遇规律进行了总结。

(3)对各分区产汇流条件与洪水时空分布特性进行系统归纳。对龙潼河段、洛龙黑区间滞洪削峰作用进行深入研究,提出了一些重要的结论。研究归纳了黄河下游河道冲淤特性,洪水演进规律及两者的关系,并简要分析了近年来它们的新特点和变化趋势。

(4)总结了黄河流域暴雨季节变化及其成因分析认识,较系统地归纳了黄河中游主要干流控制站洪水峰、量组成关系的差别与洪水分期点的选择。

(5)对自明清数百年来黄河流域暴雨洪水的季节变化规律与现今基本一致,但异常暴雨洪水的发生时间比实测系列的发生时间在起、迄期间内要更长些的认识。

(6)揭示了黄河洪水过程中,泥沙比洪水更为集中的特点,以及洪水过程中输沙过程特点,揭示了中游干流河道洪水期“揭河底”等黄河特有的现象。

(7)针对人类活动对洪水影响的敏感问题开展了工作,重点解剖了龙羊峡、刘家峡、陆浑和故县水库对其下游控制站实测与设计洪水影响,以及小花间现今大中小型水库及水

保工程等人类活动对洪水的影响。研究成果表明,黄河流域的大型防洪水库对黄河洪水起到了较好的控制作用,中小型水库及水土保持工程对中常洪水有一定影响,但对大洪水影响不大。

相信本书的出版,将为正确认识黄河的暴雨洪水规律提供宝贵的资料,为黄河流域规划、工程设计及有关研究提供科学依据。另外,由于资料条件和作者水平所限,还有许多规律尚未发现或研究得不够成熟,仍需我们继续努力,文中措辞的不当之处,恳请广大读者批评指正。

本书的完成,凝聚了黄委会广大水文工作者的心血和汗水,得到了黄委会吴致尧,黄委会设计院史辅成、王国安等老专家的指导和帮助,还包含有韩曼华、陈炳荣、易维中、郑秀雅、陈俊彬、张德馨、王瑞仙、王玉珍、董宗媛、雍治国、刘敬群、保蕴琴、王兴、陈英男等一大批老水文工作者的经验与成果,在此深表谢意。

作者

2001 年 11 月

目 录

序

吴致尧

前言

第一章 自然地理及暴雨洪水特性概述	(1)
第一节 地形地貌及气候特征	(1)
第二节 暴雨特性	(4)
第三节 洪水特性	(5)
第二章 黄河流域暴雨气候特征	(8)
第一节 黄河流域暴雨概念	(8)
第二节 大雨、暴雨的空间分布	(8)
第三节 大雨、暴雨的时间分布	(10)
第四节 暴雨的强度	(15)
第五节 下垫面条件对暴雨时、空分布的影响	(15)
第六节 黄河流域暴雨分区	(18)
第三章 黄河流域大面积暴雨	(22)
第一节 研究暴雨分类的思路与方法	(22)
第二节 黄河上、中游大面积日暴雨分类与特征	(23)
第三节 大面积日暴雨的气象成因	(28)
第四节 黄河下游大面积日暴雨	(37)
第四章 黄河上、中游强连阴雨过程	(41)
第一节 兰州以上强连阴雨过程标准与分类	(41)
第二节 黄河中游强连阴雨过程标准与分类	(43)
第三节 黄河上、中游强连阴雨过程的气象成因	(46)
第五章 黄河上游洪水特性	(50)
第一节 水系特征	(50)
第二节 各河段产汇流特征	(52)
第三节 洪水特性	(54)
第六章 黄河中游河口镇至三门峡区间洪水特性	(64)
第一节 产流汇流特性	(64)
第二节 洪水特性	(69)
第七章 黄河中游三门峡至花园口区间洪水特性	(96)
第一节 地形地貌	(96)
第二节 河流水系及产汇流条件	(97)
第三节 洪水特性	(99)

第八章 黄河花园口断面洪水特性	(112)
第一节 洪水发生时间	(112)
第二节 洪峰型式及洪水历时	(114)
第三节 洪水来源及组成	(114)
第四节 三门峡与三花间洪水遭遇	(117)
第九章 黄河下游洪水特性	(119)
第一节 黄河下游河道与洪水特性	(119)
第二节 金堤河洪水	(131)
第三节 大汶河洪水	(132)
第四节 河口段洪水特性	(134)
第十章 黄河中游洪水泥沙特性	(140)
第一节 黄河泥沙的一般特性	(140)
第二节 洪水过程中的输沙特性	(143)
第十一章 黄河流域历史暴雨研究	(150)
第一节 历史暴雨研究的内容与方法	(150)
第二节 明清时期黄河上、中游暴雨的一般规律	(151)
第三节 历史时期黄河上、中游典型大洪水雨情特征	(160)
第四节 明清以来黄河中游跨区间典型洪水过程雨情特点总述	(172)
第十二章 黄河流域典型暴雨洪水	(178)
第一节 1981 年 9 月的上游典型暴雨洪水	(178)
第二节 河口镇至三门峡区间典型暴雨洪水	(180)
第三节 三门峡至花园口区间来水为主的典型暴雨洪水	(186)
第四节 黄河下游典型暴雨洪水	(194)
第十三章 黄河中游洪水分期特性研究	(200)
第一节 研究意义与思路	(200)
第二节 黄河流域暴雨洪水季节变化的大气环流背景	(200)
第三节 黄河流域降雨的季节变化	(204)
第四节 黄河中游洪水分期特性的初步研究	(208)
第五节 伊河陆浑水库洪水分期点的研究	(210)
第十四章 黄河小浪底河段古洪水研究	(220)
第一节 古洪水研究意义与作用	(220)
第二节 古洪水研究基本原理与方法	(221)
第三节 黄河三门峡至小浪底河段古洪水沉积物研究	(226)
第四节 小浪底古洪水流量计算与频率分析	(235)
第五节 对古洪水研究方法的评述	(242)
第十五章 气候变化对黄河中游暴雨洪水的影响	(245)
第一节 近 500 年来我国气候变化	(245)
第二节 明清时期大江大河稀遇暴雨洪水与气候变化关系	(246)

第三节	河口镇至三门峡区间区域性暴雨年特征指标系列的建立	(249)
第四节	河口镇至三门峡区间区域性暴雨的长期演变规律及气候变化对其影响	(253)
第十六章	黄河中、下游环境变化对洪水的影响	(256)
第一节	研究思路与方法	(256)
第二节	黄河流域的自然环境变迁	(257)
第三节	大型水库工程对洪水的影响	(262)
第四节	中、小型水库及水土保持工程对洪水的影响	(277)
第五节	三门峡至花园口区间“58·7”与“82·8”暴雨洪水关系差异研究	(285)

第一章 自然地理及暴雨洪水特性概述

黄河流域位于中国版图的中东部,东经 $96^{\circ} \sim 119^{\circ}$,北纬 $32^{\circ} \sim 42^{\circ}$ 之间,西起青藏高原的巴颜喀拉山,东临渤海,北抵阴山,南至秦岭,流域面积 75.2 万 km^2 (包括内流区为 79.5 万 km^2)。黄河发源于青藏高原巴颜喀拉山北麓的约古宗列渠盆地,流经青海、四川、甘肃、宁夏、内蒙古、陕西、山西、河南、山东九省(区),在山东垦利县注入渤海,干流全长 $5\,464 \text{ km}$ 。自河源至内蒙古托克托县的河口镇为上游,河口镇至河南省郑州市桃花峪为中游,桃花峪至入海口为下游。

第一节 地形地貌及气候特征

一、地形地貌

中国版图的地势西高东低,大体上可以分为三级阶梯。第一阶梯为青藏高原,海拔一般在 $3\,000 \text{ m}$ 以上;第二阶梯为青藏高原以北、以东,东界大兴安岭、太行山、巫山、雪峰山及云贵高原东侧,海拔 $1\,000 \sim 2\,000 \text{ m}$;第三阶梯为大兴安岭、太行山、巫山、雪峰山及云贵高原东侧以东至滨海,高程一般在 $1\,000 \text{ m}$ 以下。

与中国大地势相一致,黄河流域的地势也是西高东低,分为三个阶梯。最高一阶梯是流域西部的青藏高原及其边缘,一般海拔 $2\,500 \sim 4\,500 \text{ m}$,有一系列的西北—东南向山脉,如北部的祁连山,南部的积石山和巴颜喀拉山,黄河迂回于山峦之间,在兰州以上呈“S”形大转弯。雄踞黄河第一大河曲的阿尼玛卿山主峰玛卿岗日海拔 $6\,282 \text{ m}$,是黄河流域的制高点,山顶终年积雪,冰峰起伏,气象万千。

第二阶梯是青藏高原以东至太行山,海拔 $1\,000 \sim 2\,000 \text{ m}$,由河套平原、鄂尔多斯高原、黄土高原和秦岭山脉、太行山山脉等组成。阶梯内白于山以北属内蒙古高原的一部分,包括黄河河套平原和鄂尔多斯高原两个自然地理区域。白于山以南为黄土高原和崤山、熊耳山、太行山等。

鄂尔多斯高原的西、北、东三面均为黄河所环绕,南界长城,高原面积为 13 万 km^2 ,大部分海拔为 $1\,000 \sim 1\,400 \text{ m}$,是一块近似方形的台状干燥剥蚀高原,风沙地貌发育,高原内盐碱湖泊众多,地表径流大部分汇入湖中,是黄河流域内最大的闭流区,面积达 4.22 万 km^2 。

黄土高原北起鄂尔多斯高原,南界秦岭,西抵青藏高原,东至太行山山脉,海拔 $1\,000 \sim 2\,000 \text{ m}$ 。黄土塬、梁、峁、沟是黄土高原的地貌主体。黄土高原土质疏松,垂直节理发育,植被稀疏,水土流失严重,是黄河泥沙的主要来源地区。

横亘黄河黄土高原南部的秦岭,是我国亚热带和暖温带的南北分界线和黄河与长江

的分水岭,它阻挡了部分来自西南方向的水汽,使秦岭以北的年降雨量显著减少。豫西山地由秦岭东延的崤山、熊耳山、外方山、伏牛山、嵩山组成,大部分海拔在 1 000 m 以上,这些山脉也是黄河流域同长江流域、淮河流域的分水岭。太行山耸立在黄土高原与华北平原之间,是黄河流域与海河流域的分水岭。也是华北地区一条重要的自然地理界线。

第三阶梯自太行山系以东至滨海,包括黄河下游冲积平原和鲁中南低山丘陵。黄河下游冲积平原包括豫东、豫北、鲁西、鲁北、冀南、皖北、苏北等地区,面积达 25 万 km^2 。平原地势大体以黄河大堤为分水岭,其北为黄海平原,属海河流域;其南为黄淮平原,属淮河流域。

黄河上游在玛多(黄河沿)以上称为河源区。该区河谷宽阔,湖泊沼泽众多,水源丰富,湖沼水面面积达 2 000 km^2 。其中,扎陵湖和鄂陵湖为最大,扎陵湖面积为 526 km^2 ,平均水深 9 m 左右;鄂陵湖面积 610 km^2 ,平均水深 17.6 m,最大水深 30.7 m。自玛多至玛曲,黄河顺势蜿蜒而下,流经山区和丘陵地带,河道切割渐深。玛曲以上,是黄河最大的弯曲段,区域内地势相对平坦、开阔,水草丰富且有较多的成片灌木。最大的支流白河、黑河自右岸汇入,流域蓄水能力强,调蓄作用大。由于自西南、东南气流输入的水汽,该区首当其冲,所以降水量大,是黄河上游水量的主要来源区。自玛曲以下至唐乃亥,河道穿行于崇山峻岭之中,山高谷深,坡陡流急,蕴藏着丰富的水力资源。河段区间植被一般较好,在沟谷坡地上灌木丛生,兼有小片的松柏森林。该段河网密度大,降水量也较大。唐乃亥—龙羊峡河段,河谷切割很深,植被稀疏,水量增加很少。龙羊峡—青铜峡,河道蜿蜒曲折,一束一放,川、峡相间,共有 19 个较大峡谷和 17 个较大川地,峡谷长度占河段长度的 40% 以上。该河段总落差 1 324 m,在刘家峡库区至兰州之间有大夏河、洮河、湟水、庄浪河等大支流汇入。

河出青铜峡后,流经宁夏和内蒙古两大河套平原,这两大平原是处在贺兰山、阴山与鄂尔多斯高原之间的一系列断陷湖积冲积平原。整个河段长 867 km,平均比降为 1/6 000,是宽浅的平原河道。该河段大部分属于干旱地区,降水量小,蒸发量大,加之灌溉引水量大,且无大支流汇入,所以黄河水量有较大减少。

黄河中游的河口镇至禹门口河段,河长 725 km,落差达 607 m,比降近 1‰。除河曲、保德附近几处河道较为宽阔外,大部分河宽为 200 ~ 400 m。右岸一部分支流上游为盖沙区,左岸一部分为石质山区,其余大部分属黄土丘陵及黄土丘陵沟壑区,水土流失极其严重,年输沙模数一般都在 10 000 ~ 20 000 t/km^2 之间,最高的可达 25 000 t/km^2 ,集中分布在河口镇至无定河区间各支流的中下游。其中,河口镇至吴堡区间右岸较大的支流有黄甫川、窟野河、秃尾河,左岸有浑河汇入,是形成三门峡以上洪峰的主要来源区。吴堡至龙门区间,右岸有无定河、延水、清涧河,左岸有三川河等较大支流汇入。

黄河出晋陕峡谷后,河道豁然开阔,龙门至潼关间河长 128 km,两岸为黄土台地,河宽达 3 ~ 15 km,平均宽约 8.5 km,对龙门以上的陡峻洪峰有较大的滞洪削峰作用。河段内有渭河、北洛河、汾河等较大支流汇入,这些支流的流域内除一部分为石质山区及林区间外,大部分为黄土丘陵及黄土塬区,水土流失也比较严重。泾河、北洛河上游年输沙模数可达 15 000 t/km^2 以上,是黄河洪水泥沙的又一主要来源区。

黄河三门峡至花园口区间,有伊洛河、沁河等大支流汇入。支流的上游为石质山区,

植被较好;中下游为黄土丘陵区及冲积平原区。干流三门峡至小浪底区间,两岸支沟众多,源短坡陡,是三花间洪峰的主要来源区之一。小浪底至花园口区间河道展宽达 5 000~9 000 m,有一定的滞洪削峰作用。伊洛河下游龙门镇、白马寺至黑石关之间为河谷盆地,面积 200 多 km^2 ,河道两岸有堤防,遇较大洪水均决口漫溢,滞洪削峰作用也较为显著。沁河五龙口以下,流经冲积平原,两岸有堤,遇较大洪水时,沁阳以上北岸部分堤段即自然漫溢或在沁阳以下右岸堤段有计划分洪,使入黄洪峰流量有一定限制。

干流桃花峪以下为“地上河”,全靠堤防束水。上段河南省境内,河道宽阔,堤距一般达 10 km 左右。下段流经山东省境内,河道变窄,堤距一般 1~3 km。黄河下游的较大支流有两条,即左岸的金堤河和右岸的大汶河。

二、气候特征

黄河流域位于我国北中部,属大陆性季风气候。冬半年,受极地大陆冷气团(以蒙古高压为主)控制,多西北风,气候寒冷干燥,雨雪稀少。夏半年,蒙古高压逐渐北移,流域大部分受印度低压、南亚高压、西太平洋副热带高压的影响,自印度洋和南海北部湾带来大量水汽,雨水增多。由于地域广阔,距海洋远近不同及地形影响,因此黄河流域的降水量不仅季节分配不均,年际变化较大,而且地区分布也极不平衡。

黄河流域多年平均降水量为 466 mm,年平均降水量约 3 510 亿 m^3 。降水的地区分布是自东南向西北递减。年降水量 400 mm 等值线的走向,自内蒙古的托克托,经榆林、靖边、环县、定西、兰州绕祁连山过循化、贵南、同德至玛多。该线以南,年平均降水量向东南递增;秦岭北坡,年平均降水量高达 800~900 mm。此线以北,除祁连山局部地区受地形影响年平均降水量约 600 mm 外,其他地区降水量向西北部递减,到内蒙古后套一带,年平均降水量约 150 mm。

受季风气候和地形的影响,年降水量在时间分配上变化很大,连续最大 4 个月降水量大部分地区出现在 6~9 月份。4 个月降水量占年降水量的百分率,随着降水量的减少而增大,由南部的 60% 逐渐向北增加到 80% 以上。7、8 两月是黄河流域降水量最集中的月份。

黄河流域降水的另一个特点是年际变化大,而且降水愈少的地区,其降水量年际之间的变化越大。从最大、最小年降水量的对比看,流域内丰水年的降水量一般为枯水年降水量的 3~4 倍。流域北部少雨地区,丰水年的降水量达枯水年降水量的 7~10 倍。如宁夏的石嘴山站 1947 年降水量为 358 mm,1965 年降水量仅有 48 mm,1947 年降水量是 1965 年的 7.5 倍。

流域内的气温,西部低于东部,北部低于南部,高山低于平原。年平均气温为 10°C 的等温线,从陕西省的潼关沿秦岭北麓到宝鸡市折向东北,经陇县、彬县、黄龙、佳县,过黄河进入山西省的柳林、蒲县、平遥、晋城至陵川出流域。此线南侧和西北侧均低于 10°C 。

流域内气温年较差大,大部分地区的年较差在 $25\sim 30^{\circ}\text{C}$,山西省的太原至宁夏的中宁一线以北,年较差最大,为 $30\sim 36^{\circ}\text{C}$ 。一年内 7 月份平均气温最高,大部分地区均为 $20\sim 29^{\circ}\text{C}$,洛阳市的极端最高气温达 44.2°C 。1 月平均气温最低,大部分地区均在 0°C 以下。

第二节 暴雨特性

黄河流域属大陆性季风气候,冬季受蒙古高压控制,气候干燥严寒,雨雪稀少。夏季南亚高压和印度低压建立,以及西太平洋高压增强,西进北上,西南、东南气流将大量海洋暖湿空气向北输送,与北方南下的干冷空气不断交绥,形成了不同的降雨天气过程。

黄河流域暴雨的基本特点是强度大、历时短,暴雨集中盛夏,出现频数不高,年际变化大。就形成区域性较大洪水的强降雨过程而言,主要分为两类:一类是区域性强连阴雨;另一类是大面积暴雨。

黄河上游地处我国青藏高原的东部,夏季在 $33^{\circ}\text{N} \sim 34^{\circ}\text{N}$ 存在一条东西向的横切线,它的形成和维持,是与新疆北部东移的较强冷空气和青藏高原东侧强盛的西南气流北上在高原东部相遇而致,形成了上游地区持续时间长的强连阴雨天气。

黄河中游大面积暴雨,与西太平洋副热带系统的进退和强度变化最为密切,直接影响暴雨带的走向、位置、范围和强度。黄河中游大暴雨的成因,从环流形势来说分为经向类和纬向类。在经向环流形势下,西太平洋副热带高压中心位于日本海,青藏高压也较强,二者之间是一南北向低槽区,这是形成三门峡到花园口区间大暴雨的环流形势。当西太平洋副热带高压呈东西向带状分布时,其脊线在 $25^{\circ}\text{N} \sim 30^{\circ}\text{N}$ 或更北,西伸脊点在 $105^{\circ}\text{E} \sim 115^{\circ}\text{E}$ 时,对形成中游的东西向与西南东北向大面积暴雨是有利的。

当黄河中游发生较强的大面积暴雨时,在天气图上可以看到一支西南东北向的强风急流区,经云贵高原东侧,再北上到黄河中游地区。这是主要的水汽输送通道,将南海和孟加拉湾的暖湿空气输向本地区。在经向类暴雨时,有一支东南风急流,此时东海一带水汽对黄河中游暴雨有重要贡献。

黄河上游汛期降雨,主要集中于7月和8月下旬至9月上旬这两个时段,其中8月下旬至9月上旬的长历时降雨量较大。贵德以上汛期降雨的特点是面积广、历时长,但雨强不大。1981年汛期强连阴雨具有一定的代表性,8月中旬至9月上旬连续降雨约1个月,150 mm 雨区范围为11.6万 km^2 ,雨区中心久治站1个月共降雨300 mm,其中仅有1天降雨量为43.2 mm,其余各天日雨量均小于25 mm。1967年8月下旬至9月上旬和1964年7月中下旬等出现的几次较大洪水,其降雨历时断断续续都在15天以上,雨区笼罩兰州以上大部分地区。

中游河口镇至龙门河段,经常在7月中旬至8月中旬,发生区域性暴雨,其特点可概括为暴雨强度大、历时短,暴雨区面积在4万 km^2 以下。如1971年7月25日,窟野河上的杨家坪站,实测12小时雨量达408.7 mm,雨区面积为17 000 km^2 。最突出的记录是1977年8月1日,在陕西、内蒙古交界的乌审旗发生的特大暴雨,暴雨中心木多才当9小时降雨量达1 400 mm(调查值),50 mm 雨区的范围为24 650 km^2 。

龙门至三门峡区间,泾河上中游的暴雨特点与河龙间相近。渭河及北洛河暴雨强度略小,历时2~3天,在其中下游,也经常出现一些连阴雨天气。降水持续时间一般可以维

持 5~10 天或更长一些时间,但日降雨强度较小,这种连阴雨天气发生在夏初时,往往是江淮连阴雨的一部分。秋季连阴雨,则是我国华西秋雨区的边缘。如 1981 年 9 月上中旬,渭河、北洛河普遍降雨,总历时在半个月以上,其中强降水历时在 5 天左右,大于 50 mm 雨区的范围为 70 000 km²,这场降水形成渭河华县洪峰流量 5 360 m³/s。

在出现有利的天气条件时,河龙间与泾洛渭河中上游两地区,可同时产生大面积暴雨。如 1933 年 8 月上旬的大暴雨,雨带呈西南东北向,雨区面积可达 10 万 km² 以上,这是形成三门峡大洪水和特大洪水的典型雨型。

三门峡至花园口区间(简称三花间,下同)暴雨强度也较大,历时一般为 1~2 天,暴雨区面积一般可达 2 万~3 万 km²。1982 年 7 月底 8 月初的三花间持续 5 天的大暴雨,最大暴雨中心在河南省宜阳县的石碛镇,最大 24 小时降雨量为 734.3 mm,5 日降雨量 200 mm 等雨量线的笼罩面积超过 44 000 km²。据历史文献记载,1761 年(清乾隆二十六年)暴雨几乎遍及整个三花间,有关县志描述该场暴雨为“七月十五日至十九日暴雨五昼夜不止”,“暴雨滂沱者数日”,这是形成花园口大洪水和特大洪水的典型雨型。

黄河下游暴雨强度也较大,历时多为 1~2 天,最大日暴雨中心雨量在 200 mm 上下。7 月份出现区域性暴雨的几率最大,月内出现区域性暴雨的次数占夏季 6~9 月总次数的 60% 以上。

由于黄河流域面积广阔,以及暴雨天气条件的不同,上、中、下游的大暴雨与特大暴雨多不同时发生,同属黄河中游的河口镇—三门峡区间(简称河三间,下同)与三花间的大暴雨也不同时发生。这是由于当河三间产生大面积暴雨时,三花间受太平洋副热带高压(以下简称副高)控制而无雨或处于雨区边缘。当三花间降大面积暴雨时,青藏高压一般较强,三门峡以上受其控制无雨或雨量不大。有时东西向雨带可贯通渭河、北洛河中下游和三花间,直至大汶河流域,但多属一般暴雨。在少数情况下,也可形成较大暴雨,如 1957 年 7 月的暴雨。

第三节 洪水特性

黄河流域的暴雨洪水发生在 6~10 月份,各地区的较大洪水多发生在 7~9 月份。上游地区以 7 月和 9 月居多,中游地区则主要集中在 7、8 两月。下游洪水也多发生在 7、8 两月,但加入洪水量较小。

花园口以上的大洪水和特大洪水主要来自黄河中游,可分为 3 个来源区,即河口镇—龙门区间(简称河龙间,下同)、龙门—三门峡区间(简称龙三间,下同)和三花间。兰州以上来水仅组成花园口大洪水和特大洪水的基流;花园口的中小洪水有时可以由兰州以上来水为主组成。

黄河上游地区,由于降雨历时长、面积大、雨强小,加之流域的调蓄作用,因此形成涨落平缓、历时长、矮而胖的洪水过程。兰州站一次洪水平均历时一般为 30~40 天。自 1934 年兰州设站至今,最大洪峰流量为 1981 年 9 月 15 日的 7 090 m³/s(考虑刘家峡水库

及龙羊峡围堰还原后数据)。兰州至河口镇区间系干旱半干旱地区,加入水量很少,河道流经宁夏、内蒙古灌区,灌溉耗水与水量损失大,加之河道宽阔,洪水过程到达河口镇后更趋低平。据实测资料统计,兰州至河口镇区间可使洪峰流量平均削减 28%,15 天水量可减少 15%~20%。

黄河上游大洪水主要来自贵德以上,其次是贵德至上涂区间。贵德以上又以吉迈至唐乃亥区间为主要产洪地区,吉迈以上所占比重一般不大。

黄河上游汛期洪水,主要由降雨产生。玛曲至唐乃亥区间的阿尼玛卿山,常年积雪,汛期有时有一部分融雪水汇入,一般占唐乃亥站一次洪水总量的 10% 以下,最大者可占 17%。

河口镇至龙门区间,由于暴雨强度大、历时短,黄土丘陵区土壤侵蚀严重,因此常形成涨落迅猛,峰高量小的高含沙洪水过程。一次洪水历时一般为 1 天,连续洪水历时可达 3~5 天。龙门站历史调查最大洪峰流量为清道光年间的 $31\,000\text{ m}^3/\text{s}$,实测最大洪峰流量为 $21\,000\text{ m}^3/\text{s}$ (1967 年 8 月 11 日),相应 1 天洪量为 11.6 亿 m^3 。

龙门至潼关河段,由于河道宽阔,对龙门以上发生的高瘦洪水过程,有较大的调蓄作用,一般可削减洪峰 20%~30%。

在潼关附近有渭河、北洛河等较大支流加入。渭河南岸为秦岭,植被较好,由于这一地区暴雨强度较小,历时较长,洪水过程较黄河干流矮而胖,华县一次洪水平均历时为 3~4 天。新中国成立后。华县实测最大洪峰流量为 $7\,660\text{ m}^3/\text{s}$ (1954 年 8 月 19 日)。

当黄河中游地区发生西南—东北向大面积暴雨时,干流龙门以上洪水可与渭河、北洛河洪水相遭遇,形成三门峡峰高量大的洪水过程。如 1933 年洪水,为 1919 年陕县有实测资料以来的最大洪水,洪峰流量为 $22\,000\text{ m}^3/\text{s}$,12 天洪量达 91.8 亿 m^3 ,即属上述典型的峰高量大的洪水。1843 年(清道光二十三年)的洪水,在三门峡河段,根据调查水位推算,洪峰流量为 $36\,000\text{ m}^3/\text{s}$,亦属以上二地区洪水遭遇的典型。

三门峡至花园口区间,虽然流域面积仅为 $41\,615\text{ km}^2$,但由于暴雨强度大,汇流条件好,当伊洛河、沁河及干流区间洪水遭遇时,常可形成花园口的大洪水或较大洪水。新中国成立后,花园口站发生的 3 次大于 $15\,000\text{ m}^3/\text{s}$ 以上的洪峰流量,都是以三花间来水为主,其中 1958 年洪峰流量达 $22\,300\text{ m}^3/\text{s}$ 。1761 年(清乾隆二十六年)的洪水,也是三花间干、支流洪水遭遇后形成的,据推算,花园口洪峰流量为 $32\,000\text{ m}^3/\text{s}$ 。另外,三花间涨水,干、支流主要控制站至花园口断面的洪水传播时间仅有 12~14 小时,预见期短。所以,该地区发生大洪水,对黄河下游防洪安全威胁最大。

花园口以下,河道宽阔,比降平缓,有较大的滞洪削峰作用。根据花园口站几次大于 $10\,000\text{ m}^3/\text{s}$ 的洪水统计,花园口至利津全下游的削峰率可达 30%~60%(包括东平湖分洪)。花园口出现大洪水时,同期下游区间加入洪水量很小。

由于黄河流域内一次暴雨区域有限,各地区暴雨成因及发生时间不同,因此上、中游的大洪水和特大洪水都不同时遭遇,中游的河三间与三花间两个地区的大洪水也不相遭遇。例如,近几百年来,上游地区的大洪水年份有 1850 年、1904 年、1911 年、1946 年、1981

年等;河三间的大洪水年份有 1632 年、1662 年、1841 年、1843 年、1933 年、1942 年等;三花间的大洪水年份有 1553 年、1761 年、1954 年、1958 年、1982 年等。根据新中国建立后的实测资料统计,花园口以上的大洪水与下游金堤河、大汶河的大洪水也不相遭遇。

根据实测资料分析,当花园口发生大洪水时,上游河口镇的相应来水一般为 $1\,000 \sim 2\,000\text{ m}^3/\text{s}$,仅占花园口洪峰流量的 $5\% \sim 10\%$,其余绝大部分系来自河口镇至花园口的中游地区。花园口大洪水的组成,又可分为以三门峡以上来水为主的 1933 年型洪水和以三花间来水为主的 1958 年型洪水两种情况。前者峰、量都可占花园口峰量的 90% 以上;后者洪峰占花园口站的 70% 以上,洪量可占到花园口站的 50% 左右。

参考文献

- 1 张正明,李鸿杰. 黄河流域地图集. 北京:中国地图出版社,1989

第二章 黄河流域暴雨气候特征

第一节 黄河流域暴雨概念

暴雨是一种特定的降水现象,泛指降水强度很大的雨。按国家气象局对降水量等级的划分标准衡量,单站日降水量达到 50.0 mm 以上的降雨,即称为暴雨,见表 2-1。

表 2-1

降水量的等级

mm

24 小时降雨量	0.1	0.1 ~ 9.9	10 ~ 24.9	25 ~ 49.9	50 ~ 99.9	100 ~ 199.9	≥ 200
等级	微量	小雨	中雨	大雨	暴雨	大暴雨	特大暴雨

就黄河流域而言,日降雨量达 50.0 mm 以上的机会不多,特别是位于青藏高原的黄河上游区,按此定义的暴雨出现次数极少。但是,从形成黄河洪水的降雨规律来看,黄河上游的洪水,主要由大范围日雨量达中雨 - 大雨程度的持续降雨形成,而黄河中、下游洪水则多由大面积暴雨、大暴雨和特大暴雨所形成。因此,我们在研究黄河流域暴雨规律时仍沿用了国家气象局规定的暴雨标准(≥ 50 mm/d),并将日雨量 ≥ 25 mm 的大雨列入研究内容。鉴于水文工作者往往将形成较大洪水的日雨量达 25 mm 以上的区域性各级降雨,统称为暴雨的习惯,我们将区域性持续日降雨强度不足 50 mm 的降雨过程,定义为强连阴雨,以示同暴雨的区别,但为综合叙述方便,又将大雨以上的几级降雨统称为强降水。

第二节 大雨、暴雨的空间分布

一、年平均大雨日数的空间分布

黄河流域年平均大雨以上的降水日数,与年平均降水日数(≥ 0.1 mm 日数)有较大的差异。年平均降水日数在全流域最多的是循化以上的青藏高原区,多达 100 ~ 160 天,黄河中下游只有 80 ~ 120 天。而全河年平均大雨以上的降水日数比年平均降水日数少得多,其分布呈现为东南部多,向西、北递减的规律。渭河宝鸡以下的南岸支流、三花间伊洛沁河中下游和黄河下游,各站年平均大雨日数多达 6 ~ 8 天,最多年份可出现 10 ~ 15 天。黄河中游其他区域各站年平均大雨日数为 3 ~ 4 天,最多年份可达 6 ~ 10 天。黄河上游除内蒙古大黑河、甘肃洮河、大夏河和玛曲一带平均达 2 ~ 3 天,最多年份可达 5 ~ 7 天外,其余地方,则不足 2 天,最多年份也只有 3 ~ 4 天。其中,达日至黄河沿、外斯至循化区间,则是全流域大雨日数最少的地区,平均不足 0.5 天,最多年份也只有 2 天。黄河流域年平均