



黄河凌汛成因分析及 预测研究

彭梅香 王春青 温丽叶 薛玉杰 编著

气象出版社

黄河凌汛成因分析及预测研究

彭梅香 王春青 温丽叶 薛玉杰 编著

气象出版社

内 容 简 介

本书以研究防凌减灾为主题,简述了黄河凌汛的基本特征;探讨了热力、动力、水库及河相等因素对凌情的影响;分析了冰期大气环流特征和黄河流域的寒潮天气,揭示了影响冬季气温及冰情的一些基本物理因素;总结了近年来中、短期气温预报方法和流域长、中、短期气温预报系统。

— 本书可供从事水文、气象、气候、环境等专业的科技人员和相关专业的大中专院校师生参阅。

图书在版编目(CIP)数据

黄河凌汛成因分析及预测研究/彭梅香等编著. —北京:气象出版社,2007.11

ISBN 978-7-5029-4397-4

I. 黄… II. 彭… III. 黄河-防凌-研究 IV. TV875

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 164376 号

黄河凌汛成因分析及预测研究

Huanghe Lingxun Chengyin Fenxi ji Yuce Yanjiu

出版发行:气象出版社

地 址:北京市海淀区中关村南大街 46 号

邮 编:100081

网 址:<http://cmp.cma.gov.cn>

E-mail: qxcbs@263.net

电 话:总编室 010-68407112,发行部 010-68409198

责任编辑:王桂梅 黄丽荣

终 审:纪乃晋

封面设计:张建勇

责任技编:刘祥玉

责任校对:牛 雷

印 刷 者:北京中新伟业印刷有限公司

开 本:787 mm×1 092 mm 1/16

印 张:18

字 数:457 千字

版 次:2007 年 12 月第 1 版

印 次:2007 年 12 月第 1 次印刷

印 数:1~1000 册

定 价:50.00 元

本书如存在文字不清、漏印以及缺页、倒页、脱页等,请与本社发行部联系调换

序

黄河素有“伏汛好抢,凌汛难防”之说,实践亦表明,凌汛灾害是黄河特有的最难防守的灾害之一。人民治黄以来,黄河下游取得了60年伏秋大汛岁岁安澜的辉煌业绩,但1951和1955年的凌汛期,因为冰情严重和堤防薄弱等原因,黄河下游曾出现两次大堤决口。因此,黄河冰凌研究及防凌减灾仍是黄河治理中的重大问题之一。

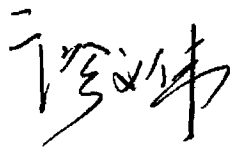
随着社会的进步和科技水平的提高,防灾减灾的工程和非工程措施的增强,现在已经具有了一定的减轻凌汛灾害的能力。如通过水库调度以增加或减少河道中的流量和水量,从而减缓封河或减少流凌量、削弱水势达到防凌减灾的目的。但这些措施的实施,要求对冰情预报有更长的预见期和较好的准确度,对预报水平提出了更高的要求。

为解决凌汛成因和冰情预报问题,黄河水文、气象工作者经过多年的艰苦探索,预报期明显增长,准确度不断提高,为黄河防凌减灾发挥了积极作用。

为了集成多年来黄河水文、气象工作者的经验和对冰情研究的成果,并有益于在今后的冰情预报中得到应用并开展进一步的研究,作者撰写了《黄河凌汛成因分析及预测研究》。该书作为一部以研究防凌减灾为主题的著作,在全面系统地收集、整理和归纳了黄河流域的历史冰情、气象资料的基础上,开展了一些探索性的创新研究,取得很好的成果。如对黄河冰情的影响因素提出了一些新的思路和客观评估方法;紧密结合治黄实践,采用冰情与天气气候特征相结合、水文与气象相结合、定性与定量相结合的方法,系统地阐明了影响黄河流域凌汛的主要物理因素、天气气候背景、环流特征等;揭示了形成严重冰情的主要天气气候原因,总结了寒潮天气与冰情的关系及寒潮预报方法等。同时,还系统地整理归纳了近年来凌汛气温预报方法,建立了流域气温预报系统。所有这些研究成果,为黄河冰情预测、水资源调度及防凌减灾提供了科学依据。本书是作者在多年实践的基础上潜心研究的成果,是一部具有相当参考价值的好书。

相信这部著作的问世,将对黄河气象及黄河凌汛的深入研究,对冰情预报水平的提高具有实际的指导意义。黄河冰凌研究十分复杂,尤其是取得好的成果十分不易,这部著作的问世在黄河冰凌研究领域无疑是一件可喜可贺之事,必将在黄河防凌减灾工作中发挥重要作用。

然而,治理黄河任重道远。在黄河的冰凌研究和预报领域里,还有很多未被我们认识的问题,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。愿更多的有识之士研究黄河冰凌、关心黄河凌汛,进一步认识和掌握黄河冰情的规律,为实现黄河的长治久安服务。



2007年7月11日

前 言

研究和探索黄河冰情的特性及成因,提升冰情预报水平,是认识黄河河情的一个重要方面,也是黄河防凌减灾首先需要开展的基础工作。本书系统地论述了黄河冰情特性,以冰情成因为主要线索,以业务预报为重点,总结了多年来的专业工作经验,并结合原有的部分预报成果和业务系统工具,整理提炼,并编著成书。为黄河冰情研究和业务预报提供了大量有应用价值的成果和丰富的资料及图表,提出了不少具有实用价值的规律性总结和论点。如:

(1)对近 50 年来黄河凌汛期的天气气候特点、河道冰情基本特征及冰期流量变化多样性的揭示。

(2)对凌汛成因进行了探讨性的分析研究,如流量、河相和水库运行等对封冻形成、水温、水位流量及凌情的影响。建立了影响冰情的综合指标,开创性地提出了各种影响量对凌情的影响评价方程,定量评估了各种影响因子对冰情的影响。

(3)对冰情形成的热力因素进行了深入分析。在对冰期气温变化的阶段性、突发性等基本特征和气温的年代际、年际及季节内变化,以及空间分布规律进行系统分析的基础上,探讨了气温地域差异对凌汛形成和凌情变化的影响、气温年代际变化对凌情的影响和不同类型气温过程对凌情的影响等。

(4)分析了冰期大气环流的基本特征及环流异常对凌情的影响。在确立冰期异常和严寒冷、暖冬年的同时,对其相应时期内环流特征及成因作了深入的分析与研究。

(5)揭示了影响冬季气温及冰情的一些基本物理因素,如季风、海温、高原高压、副热带高压、极涡和中纬度环流等。重点研究了各种物理因子相互作用及对冰情和气候异常的综合影响,形成了具有较好物理基础的冰期和封(开)河期气温概念预报模型。

(6)针对黄河流域寒潮天气过程的气候特征及其与冰情的关系开展了工作,首次提出影响黄河流域寒潮天气过程的基本类型,并剖析了各类天气系统在寒潮中的作用,总结了寒潮的天气学预报方法。

(7)在汇集近年来研究开发的中、短期气温预报方法和流域长、中、短期气温预报系统的基础上,建立了一个内容比较齐全的历史和实时数据库、综合气候资料库。这些系统已经在黄河凌汛业务和研究工作中发挥了重要作用。

感谢黄河水利委员会副主任廖义伟教授为本书作序。

黄河冰情的成因复杂,预报影响因素甚多,许多问题尚待进一步深入研究,加之作者水平有限,书中难免有不妥之处,恳请读者批评指正。

目 录

序

前言

1 凌汛基本特征分析	(1)
1.1 流域及凌汛概况	(1)
1.1.1 流域自然概况	(1)
1.1.2 凌汛概况	(2)
1.2 冬季天气气候特点	(3)
1.2.1 冬季的划分	(3)
1.2.2 冬季天气气候特点	(4)
1.3 凌情基本特征	(7)
1.3.1 河道冰凌及其形成过程	(7)
1.3.2 流凌时间	(8)
1.3.3 封、开河形势与时间	(10)
1.3.4 封河天数	(13)
1.3.5 封河长度	(14)
1.3.6 冰厚与冰塞	(15)
1.3.7 封河期温度特征	(17)
1.4 冰期流量变化特征	(18)
1.4.1 平均流量的变化	(18)
1.4.2 水量的年代变化	(20)
1.4.3 封、开河期径流量变化特征	(21)
1.4.4 槽蓄水增量的变化	(24)
2 凌汛的成因分析	(27)
2.1 河势因素	(27)
2.1.1 上游河道条件	(27)
2.1.2 黄河下游河道条件	(28)
2.2 流量变化对凌情的影响	(30)
2.2.1 流量大小对河流封冻影响的宏观分析	(30)
2.2.2 流量变化对封河形成的影响	(31)
2.2.3 流量变化对封河凌汛的影响	(31)
2.2.4 开河期流量变化对凌情的影响	(32)
2.3 水库运用对凌情的影响	(33)

2.3.1	综述	(33)
2.3.2	水库运用对其下游河段水温的影响	(33)
2.3.3	水库运用对封、开河日期及凌情的影响	(37)
2.3.4	水库建成和运用前、后水量和流量的变化	(37)
2.3.5	水库运用对凌汛期水位流量关系的影响	(43)
2.3.6	水库运用前、后凌情的变化	(45)
2.3.7	龙、刘两水库运用对黄河下游凌汛的影响	(45)
2.3.8	水库运用对凌情影响综合分析	(47)
2.4	河相变化对凌情的影响	(48)
2.4.1	凌情划分及其表征指标	(48)
2.4.2	凌汛期凌情及相关因素变化特点	(49)
2.4.3	影响凌情的热力、水力条件分析	(50)
2.4.4	影响凌情的综合指标及凌情评价方程	(55)
2.4.5	河相变化对凌汛期水位的影响	(57)
2.5	诸因素变化对凌情影响及发展趋势综合分析	(62)
2.5.1	影响量计算的基本思路	(62)
2.5.2	宁夏—内蒙古河段凌情影响量的计算分析	(62)
2.5.3	黄河下游凌情影响量的计算分析	(63)
3	凌汛期气温变化及其对凌情的影响	(65)
3.1	气温的基本特征	(65)
3.1.1	资料与统计年限	(65)
3.1.2	月、季气温的基本特征	(65)
3.1.3	日平均气温特征	(69)
3.2	气温的地域差异及其对凌情的影响	(70)
3.2.1	气温的地域差异是形成凌汛的重要条件	(70)
3.2.2	气温与凌情关系分析	(73)
3.3	气温的时空变化规律	(77)
3.3.1	气温的年代际变化	(77)
3.3.2	气温的阶段性和不连续性分析	(78)
3.3.3	气温的持续性和周期性分析	(83)
3.4	气温的年代变化对凌情的影响	(88)
3.4.1	宁夏—内蒙古河段气温年代变化引起的同期凌情响应	(88)
3.4.2	黄河下游气温年代变化引起的同期凌情响应	(90)
3.5	不同类型气温过程对凌情的影响	(91)
3.5.1	气温过程的分类	(91)
3.5.2	各类气温过程的主要特点	(91)
3.5.3	不同气温类型对凌情的影响	(93)
3.5.4	气温过程的年代变化特征与凌情的响应	(94)
3.5.5	气温变化过程对凌情影响的实例分析	(96)

4 凌汛期环流特征	(98)
4.1 环流入冬	(98)
4.1.1 副热带西风急流迅速加强南移	(98)
4.1.2 500 hPa 平均图上入冬时期的槽脊分布	(101)
4.1.3 波谱分析结果	(102)
4.1.4 小结	(102)
4.2 冬季基本环流特征	(103)
4.2.1 100 hPa 环流特征	(103)
4.2.2 500 hPa 环流特征	(105)
4.2.3 海平面环流特征	(107)
4.2.4 小结	(108)
4.3 环流异常对凌情的影响	(108)
4.3.1 对流凌日期的影响	(109)
4.3.2 对封、开河时间的影响	(111)
4.3.3 稳定封河期的环流特点	(113)
4.4 异常和严重冷、暖冬环流特征及成因分析	(115)
4.4.1 异常和严重冷、暖冬事件的划分	(115)
4.4.2 异常和严重冷、暖冬事件与封、开河的关系	(117)
4.4.3 冷、暖冬年环流及海洋基本特征	(118)
4.4.4 冷、暖冬成因分析	(123)
5 影响凌汛期气温与冰情的物理因素分析	(131)
5.1 极涡与气温的关系	(131)
5.1.1 极涡指数的定义和计算	(131)
5.1.2 极涡与冬季气温的关系	(132)
5.2 中纬度环流对气温的影响	(137)
5.2.1 环流指数的定义及与气温的关系	(137)
5.2.2 东亚大槽的位置和强、弱对气温及冷空气的影响	(140)
5.3 副热带高压与温度之间的联系	(141)
5.3.1 副热带高压指数的选取	(141)
5.3.2 副热带高压强、弱与气温的关系	(142)
5.3.3 副热带高压东西振荡对气温的影响	(143)
5.4 季风强、弱对温度的影响分析	(144)
5.4.1 东亚季风指数的定义	(144)
5.4.2 季风强、弱与气温的关系	(145)
5.4.3 季风与封、开河之间的关系	(146)
5.5 海洋热状况与气温之间的联系	(147)
5.5.1 厄尔尼诺和拉尼娜事件的划分	(147)
5.5.2 厄尔尼诺和拉尼娜事件与气温的关系	(148)
5.5.3 海温场突变对气温的影响	(150)

5.5.4	海洋热状况对封、开河的影响	(151)
5.6	青藏高原高度场和印缅槽的气候振荡对温度的影响	(151)
5.6.1	青藏高原位势高度场和印缅槽的确定	(151)
5.6.2	青藏高原位势高度场的年代际振荡及年际变化	(151)
5.6.3	青藏高原高度场的长期变化对冬季气温的影响	(152)
5.7	冬季冷、暖趋势预报概念模型	(153)
5.7.1	模型的基本思路	(153)
5.7.2	影响因素间的相互联系	(153)
5.7.3	模型的预报判据	(155)
6	寒潮	(159)
6.1	寒潮的气候特征及与凌情的关系	(159)
6.1.1	寒潮的划分标准	(159)
6.1.2	寒潮的时空分布	(159)
6.1.3	寒潮与凌情	(164)
6.2	寒潮冷高压及寒潮冷锋的统计特征	(167)
6.2.1	寒潮冷空气源地及影响路径	(167)
6.2.2	寒潮冷高压特征	(168)
6.2.3	寒潮冷锋的分类及其移动	(171)
6.3	寒潮天气过程分类	(172)
6.3.1	纬向转经向类	(172)
6.3.2	经向转纬向类	(178)
6.3.3	长波槽、脊稳定型	(181)
6.3.4	各种环流型与寒潮的关系	(184)
6.4	各类天气系统在寒潮中的作用	(184)
6.4.1	极涡	(184)
6.4.2	极地高压	(187)
6.4.3	极地系统与中、高纬度超长波的关系	(188)
6.4.4	两大洋脊在寒潮天气过程中的作用	(189)
6.5	寒潮的预报	(191)
6.5.1	寒潮的形势预报	(192)
6.5.2	寒潮的路径预报	(193)
6.5.3	西风指数特征	(193)
6.5.4	长波槽、脊间的相互关系	(193)
6.5.5	阻塞形势	(194)
7	凌汛期气温预报方法研究	(196)
7.1	黄河下游近百年来气温变化分析及预测研究	(196)
7.1.1	资料的选取及处理	(197)
7.1.2	冬季气温与全国(全球)气温之间的关系	(197)
7.1.3	气温的长期变化趋势	(198)

7.1.4	气温突变分析	(200)
7.1.5	两次增温过程分析	(201)
7.1.6	未来气温变化趋势预测	(202)
7.1.7	小结	(203)
7.2	黄河下游冷空气过程分析和预报	(204)
7.2.1	资料选取和计算方法	(204)
7.2.2	计算结果分析	(205)
7.2.3	预报试验	(207)
7.2.4	预报实践	(208)
7.2.5	小结	(209)
7.3	应用相似分析方法试作下游凌汛期 15 d 气温预报	(209)
7.3.1	方法简介	(209)
7.3.2	资料选取和预报流程	(210)
7.3.3	预报效果分析	(211)
7.3.4	预报实践	(214)
7.3.5	小结	(214)
7.4	数值预报产品在黄河下游凌汛中期气温预报中的应用	(215)
7.4.1	资料的处理和选取	(215)
7.4.2	基本思路及计算方法	(216)
7.4.3	预报制作及流程	(217)
7.4.4	试报检验	(218)
7.4.5	预报实践	(219)
7.4.6	小结	(219)
7.5	黄河下游 10 d 逐日平均气温预报方法研究	(220)
7.5.1	基本思路	(220)
7.5.2	预报方法的研究	(220)
7.5.3	试报情况	(221)
7.5.4	方法改进	(223)
7.5.5	预报实践	(225)
7.6	黄河下游大一暴雪的分析和预报	(225)
7.6.1	大一暴雪标准	(225)
7.6.2	500 hPa 环流形势特点	(226)
7.6.3	中、低层环流特点	(226)
7.6.4	物理量分析	(227)
7.6.5	大一暴雪的预报方法	(229)
7.6.6	小结	(230)
8	预报业务系统	(231)
8.1	新一代天气预报业务系统建设的意义及目标	(231)
8.1.1	新一代天气预报业务系统的提出	(231)

8.1.2	什么是现代天气预报业务系统	(231)
8.1.3	现代天气预报业务系统预期目标	(232)
8.1.4	天气预报业务现状	(232)
8.2	宁夏—内蒙古河段中、短期气温预报系统	(233)
8.2.1	概述	(233)
8.2.2	气温预报模型资料选取	(234)
8.2.3	中、短期气温预报方法研究	(235)
8.2.4	预报系统简介	(238)
8.2.5	预报制作	(247)
8.3	黄河下游凌汛中、短期气温预报业务系统	(249)
8.3.1	概述	(249)
8.3.2	预报模型资料选取	(249)
8.3.3	1~7 d 气温预报模型的建立	(250)
8.3.4	8~10 d 气温预报模型的建立	(255)
8.3.5	预报系统简介	(259)
8.4	黄河流域短期气候预测综合业务系统	(261)
8.4.1	概述	(261)
8.4.2	短期气候预测数据库系统	(264)
8.4.3	系统的总体目标及指导思想	(266)
8.4.4	系统的基本结构	(267)
8.4.5	系统主要功能	(268)
8.4.6	系统主要特点	(271)
8.4.7	系统存在的不足及需要改进之处	(272)

1 凌汛基本特征分析

1.1 流域及凌汛概况

1.1.1 流域自然概况

黄河发源于青藏高原巴颜喀拉山北麓海拔高程 4 500 m 的约古宗列盆地,流经青海、四川、甘肃、宁夏、内蒙古、山西、陕西、河南、山东九省(区),于山东省垦利县注入渤海。黄河干流河道全长 5 464 km,落差 4 480 m。黄河流域位于 $96^{\circ}\sim 119^{\circ}\text{E}$, $32^{\circ}\sim 42^{\circ}\text{N}$,东西长约 1 900 km,南北宽约 1 100 km,流域面积 79.5 万 km^2 (包括内流区 4.2 万 km^2)。黄河流域幅员辽阔,西部属青藏高原,北临沙漠戈壁,南靠长江流域,东部穿越黄淮海平原。流域地势西高东低,西部属青藏高原的一部分,海拔 2 500~4 500 m;中部主要有内蒙古高原和黄土高原,海拔 1 000~2 000 m;东部由海拔 100 m 以下的黄河下游冲积平原和海拔在 400~1 000 m 的鲁中南低山丘陵所组成。黄河的流域面积主要集中在上中游地区,占总面积的 97%;下游长达数百公里的河道高悬于地面之上,集水面积很小,只占流域面积的 3% (图 1.1)。

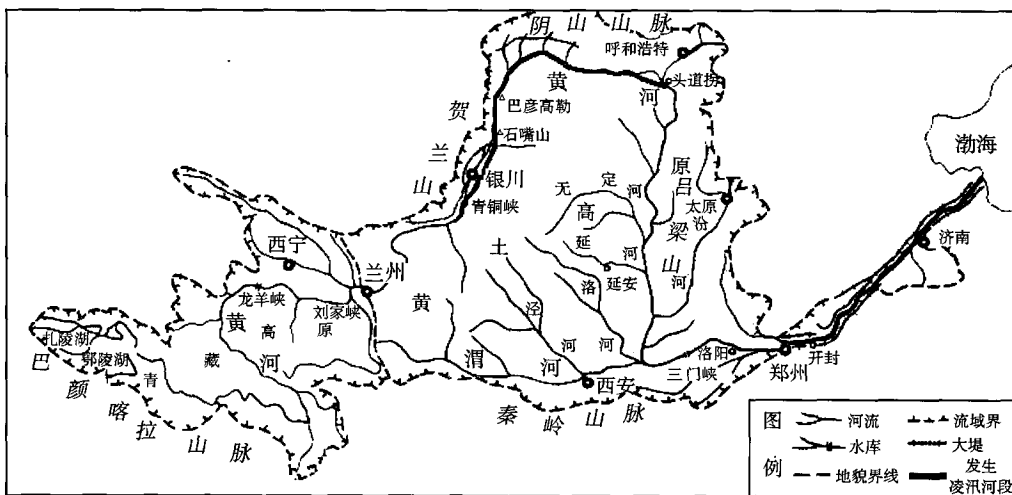


图 1.1 黄河流域图

黄河上游的宁夏河段自中卫南长滩入境,至石嘴山市头道坎全长 397 km,河道偏东转偏北流向,跨 $37^{\circ}17'\sim 39^{\circ}23'\text{N}$,纬距 2° 。内蒙古河段介于 $106^{\circ}10'\sim 112^{\circ}50'\text{E}$, $37^{\circ}35'\sim 41^{\circ}50'\text{N}$ 之间。干流从宁夏回族自治区的石嘴山市入境至巴彦淖尔盟磴口县,河道流向大致

是西南流向东北,全长 820 余 km。上游河道自宁夏中卫南长滩转向北流,进入内蒙古渡口堂后又复向东北,经伊克昭盟马栅以下和山西河曲县城出境,纬度相差 4° 多。黄河下游位于 $34^{\circ}50' \sim 38^{\circ}00'N$, $113^{\circ}30' \sim 113^{\circ}40'E$ 之间,河道自西南流向东北,纬度逐渐增高,兰考以上纬度比入海口处差 3° 以上。上述河道由于首尾纬度的差异,导致发生凌汛。纬度高的河段封冻早,解冻晚。纬度低的河段则相反,封冻晚,解冻早。因此,当气温转暖升高时,上段河道先解冻,而下段河道还处于固封状态,上段已解冻的冰水流至处于固封状态的下段,卡冰结坝,造成凌汛。

黄河发生凌汛的河段有三处:①黄河上游的宁夏—内蒙古河段(图 1.1);②黄河下游河段(图 1.1);③黄河中游的大北干流自天桥水电站至龙口,称为河曲段。对于黄河来说,宁夏—内蒙古河段和黄河下游河段是凌汛灾害发生频率高且最为严重的两段,故本书主要针对这两个河段展开分析研究。

1.1.2 凌汛概况

北方许多河流,随着冬季气温降至 $0^{\circ}C$ 以下,河道会产生淌凌现象,但不一定都会封冻。只有其中部分走向自低纬度向高纬度的河流或河段(如黄河的下游和上游宁夏—内蒙古河段及东北和西北部分河流),才存在有凌汛和防凌问题。

黄河凌汛是黄河“四汛”之一,正是由于黄河特殊的地理位置和纬度的差异,加上河道形态、河水流向、流速、气温和流量等原因,黄河每年 11 月到翌年 3 月,在黄河上游宁夏—内蒙古和黄河下游河段(图 1.1)都会出现凌汛,常因局部河段流冰受阻,形成冰塞或冰坝,抬高水位而造成灾害。威胁沿黄两岸人民生命和财产安全。

黄河宁夏—内蒙古河段,地处黄河流域最北端,高程海拔千米以上,离海洋距离远,暖湿气流难以到达,常为蒙古高压控制,大陆性气候特征显著,冬季严寒而漫长,气温在 $0^{\circ}C$ 以下的时间可持续 4~5 个月,最低气温可达 $-40^{\circ}C$,该段河流结冰期常达 4~5 个月,又分为稳定封冻河段和不稳定封冻河段。由于河道流向自南向北,其上游甘肃、宁夏段温度高,内蒙古段温度低,故河道流凌封冻常由内蒙古段溯源而上,而解冻开河则由甘肃、宁夏段逐渐向下发展,在自然情况下,宁夏—内蒙古河段封冻时间平均差 30 d 左右,而解冻开河差 20 多 d。冰期,本段河道流量一般在 $400 m^3/s$ 以上,由于河中冰凌的存在,使水流阻力加大,流速成倍地减小,通过相同流量必然要扩大过水断面,致使水位上涨,部分水量储存于河道,翌年春季河冰解冻,河槽蓄水与上游来水及消冰水向下游汇流,水量逐段增多而形成明显的洪峰,称为凌汛。因内蒙古段气温低、冰层厚,洪峰过境水鼓冰裂,造成大块流冰多,加上河势的作用,流冰密集卡冰结坝,使河道水位猛烈抬升,极易造成窄堤决口、淹没成灾。据不完全统计,在自然情况下,内蒙古段解冻开河的凌汛,年年均有程度不同的灾情发生,较大范围的淹没损失平均 2 年就有一次。1968 和 1985 年黄河上游刘家峡和龙羊峡水库投入运用后,冰期调节了河道的水量和热量,使内蒙古段的凌汛发生了明显的改变,灾情大为减轻。但是,由于凌汛的复杂性,影响的因素较多,彼此相互作用,在特殊情况下,仍可发生较大的凌汛灾害,黄河凌汛威胁并未彻底解除。

黄河下游河段由于下段河道纬度高于上段。所以,气温的变化规律是,上端河道冷得晚、回暖早,负气温持续时间短;下段河道冷得早、回暖晚,负气温持续时间长。这样,形成了下段河道先封冻、后解冻和上段河道后封冻、先解冻的不利局面。当上段河道开河冰水齐下

时,下段河道还处于固封状态,极易产生冰凌堆积,堵塞河道,进而产生冰塞、冰坝。黄河下游河道上宽下窄,宽河道主流多变,河床冲淤变化剧烈;窄河道多弯道、排冰不畅,极易卡冰堵塞河道。由于河道逐年淤积抬高,滩槽高差减少,漫滩概率增大。河道淤积的结果使“悬河”的形势加剧,堤线的守护难度增大,防凌威胁加重,开河期上段先解冻的冰凌往往行至下段被阻塞,加之黄河下游河道上宽下窄、排洪能力上大下小和“悬河”的不利形势,堵塞后产生冰塞冰坝,高水位漫溢堤岸,给沿黄河两岸人民的生产、生活带来了严重影响。

据文献记载,自 1855 年黄河铜瓦厢改道于山东垦利入海到 1938 年的 84 年间,有 27 年凌汛决口,口门 94 处,平均三年一决口,给沿岸人民带来了深重的灾难。新中国成立以来的 1951 和 1955 年,也因凌情严重、堤防有隐患以及缺乏抢险经验等原因,分别于利津县境内的王庄和五庄造成大堤决口。其中 1955 年 1 月 29 日决口致使利津、滨县、沾化三县 360 个村庄,17.7 万人受灾,淹没耕地 5.87 万 hm^2 、房屋倒塌 5 355 间,死亡 80 人。因此,黄河下游凌汛曾以决口频繁,危害严重,难以防治而闻名于世。

鉴于上述原因,系统整理分析黄河历史上凌汛期冰情资料,进一步认识凌汛的客观规律,深入探讨影响凌汛的成因,为防凌斗争提供较为可靠的准确数据,同时也为黄河冰情预报的深入探讨和进一步提高预报水平奠定良好的基础。

1.2 冬季天气气候特点

1.2.1 冬季的划分

季节的划分大致可分为两种:①按地球绕太阳公转以及地轴和黄道面保持固定交角(66.5°)这一事实而定的,即所谓的“天文季节”。按“天文季节”划分,一年中共分四季,每季有三个月:春季(3、4 和 5 月)、夏季(6、7 和 8 月)、秋季(9、10 和 11 月)和冬季(12、1 和 2 月)。②按大气环流或大型天气过程情况而划分,特称之为“天气季节”或“自然天气季节”。在某一“天气季节”内大气环流和大型天气过程总保持一定的特点,并盛行着某种主要天气过程。一年中各“天气季节”时间长短不同,而且同一天气季节在不同年份的时间长短也不同,季节开始和结束的日期也不一样。此外,由于不同地理区域环流特征有所差异,所以它们的天气季节划分也不相同。这种情况主要由大气环流变化的复杂性所决定。

在我国东部大陆冬季最多可划分出三个自然季节:初冬(10 月中下旬开始)、隆冬(11 月末或 12 月初开始)、晚冬(3 月上旬或中旬开始)(朱乾根等 1983)。

黄河流域冬季的确立,首先在考虑大气环流的基础上结合黄河凌汛的特殊情况,以日平均气温稳定 $\leq 0^\circ\text{C}$ (或 $\geq 0^\circ\text{C}$)的时间来划分冬季的长短。经对黄河下游 1951—2004 年和黄河上游宁夏—内蒙古河段 1954—2004 年凌汛期日平均气温统计发现:

(1)宁夏—内蒙古河段的冬季较长。其中,以内蒙古河段进入冬季的时间最早,一般在 11 月 7—8 日到翌年的 3 月 13—14 日,冬季平均长 127 d(4 个多月),上段的甘肃—宁夏段从 11 月下旬到翌年 3 月上旬冬季长三个多月。

(2)黄河下游河段的冬季明显要比宁夏—内蒙古河段短。其中,济南以下的山东河段冬季从 12 月上旬到翌年 2 月中旬,冬季仅两个多月;济南以上河段冬季持续时间更短,从 12 月下旬进入冬季到翌年 1 月下旬气温就开始转正,冬季仅 1 个多月。

从以上统计事实不难看出,黄河内蒙古河段冬季的长短与我国东部冬季的“自然天气季节”基本一致:初冬即流凌期,隆冬即稳定封河期,晚冬即开河期。

1.2.2 冬季天气气候特点

若按国际惯例,选用最近的 30 年作为气候平均状况。经对 1971—2000 年宁夏—内蒙古河段和黄河下游河段冬季气象要素的气候特征分析发现,冬季气候有以下几个特点:

1.2.2.1 上游寒冷,下游多雾

表 1.1 和表 1.2 分别给出宁夏—内蒙古河段和黄河下游各月极端最低气温和各月雾日出现天数。由表 1.1 和表 1.2 看到,两河段冬季极端最低气温均在 -10.0°C 以下,最低气温的极值多数出现在 1 月份。内蒙古河段最低气温可达 -40.0°C 以下,下游山东河段最低气温也可达 -30.0°C 。12 月至翌年 2 月极端最低气温内蒙古河段平均为 $-30.0\sim-45.0^{\circ}\text{C}$,其他河段平均为 $-20.0\sim-30.0^{\circ}\text{C}$ (兰州除外),内蒙古河段最为寒冷,其中内蒙古河段低于 -20.0°C 的寒冷日数,最长可达 20 多 d,寒冷的程度仅次于东北和内蒙古中北部地区。黄河下游仅个别年份比较寒冷,如 1957 年 1 月北镇月平均气温 -7.1°C ,日平均气温低于 -10.0°C 的时间持续 8 d。但是,绝大多数年份达不到严寒标准。

从表 1.2 看到,黄河下游段冬季(11 月至翌年 2 月)是一年中雾日出现最多的时期,月平均 2~4 d。黄河宁夏—内蒙古河段雾日出现天数全年基本一致,都不到 1 d,这与两河段所处的地理环境有一定关系。雾的形成主要因为空气相对湿度达到 100%,冷暖空气之间水汽温差达到一定数值,就会形成雾(张家诚等 1985)。宁夏—内蒙古河段大部地区处于黄土高原,距海洋较远,气候干燥,空气的相对湿度小,故雾日也少。

表 1.1 黄河上、下游河段各月极端最低气温

单位: $^{\circ}\text{C}$

站名	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
兰州	-17.1	-17.6	-11.6	-5.7	-0.1	5.7	9.8	8.6	1.6	-7.1	-12.3	-19.7
银川	-27.7	-25.4	-17.4	-7.5	-3.0	4.9	11.1	9.3	-1.0	-9	-15.3	-24.5
鄂托克旗	-36.2	-31.7	-25.7	-17.5	-11.7	-2.0	4.6	1.8	-7.7	-14.5	-28.5	-32.6
呼和浩特	-42.2	-38.5	-25.8	-18.1	-8.1	-4.8	5.2	3.2	-6.5	-18.7	-27.4	-36.9
郑州	-23.0	-23.5	-11.6	-4.6	2.5	8.3	14.8	12.6	3.3	-3.1	-20.7	-17.7
济南	-23.1	-17.3	-13.0	-5.5	1.9	10.2	13.0	11.9	2.5	-3.9	-22.8	-21.6
北镇	-30.0	-26.0	-20.8	-9.1	1.0	9.0	12.5	10.1	2.1	-7.5	-22.7	-24.2

表 1.2 黄河上、下游河段各月雾日出现天数

单位: d

站名	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
兰州	0	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0.2	0.1	0
银川	1.7	0.6	0.6	0.2	0.2	0.2	0.4	0.5	0.8	0.8	1.7	1.8
鄂托克旗	0.9	0.8	0.9	0.4	0.2	0.2	0.5	0.9	0.7	0.8	0.8	0.6
呼和浩特	0.1	0.1	0.2	0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.3	0.2	0.1
郑州	3.7	2.0	1.9	1.1	0.9	0.5	1.8	2.6	1.9	1.7	2.8	3.7
济南	2.6	1.6	0.4	0.4	0.4	0.4	1.5	2.5	1.0	1.6	2.9	3.5
北镇	3.0	2.5	0.6	0.4	0.7	0.3	2.0	3.4	2.0	2.3	3.7	3.8

1.2.2.2 上游积雪日数多,下游积雪深度深

从两河段冬季降雪日数、积雪日数和最大雪深在各月出现的天数(表 1.3 至表 1.5)看到:①宁夏—内蒙古河段冬季降雪日数平均 2~5 d,2 月最多;积雪日数平均 1~10 d,上段和下段相差较大,以呼和浩特积雪日数最多,呼和浩特 1 月平均积雪日数高达 9.8 d。该河段积雪日数 1 月偏多最显著。②黄河下游 1 月是降雪和积雪日数出现最多的月份,冬季(12 月至翌年 2 月)降雪日和积雪日数(除呼和浩特外)与宁夏—内蒙古河段大体相当。③最大雪深宁夏—内蒙古河段明显小于黄河下游,黄河下游最大雪深较宁夏—内蒙古河段平均深 10~20 cm,其中北镇 2 月最大雪深高达 90 cm(1972 年 2 月 14 日),属流域之最。这进一步证明了宁夏—内蒙古河段气候干燥,空气湿度小,所以最大雪深也明显偏小。

表 1.3 黄河上、下游河段各月降雪日数

单位:d

站名	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月
兰州	1.2	2.7	2.9	4.6	5.4	4.8	1.4	0.2
银川	0.5	1.4	1.9	2.6	2.9	2.4	0.2	0
鄂托克旗	1.1	2.6	3.3	3.3	4.9	4.5	1.5	0.2
呼和浩特	1.2	4.0	4.4	4.5	5.4	4.9	1.5	0.5
郑州	0.1	0.9	3.7	4.7	4.2	2.4	0.2	0
济南	0	0.8	3.1	3.9	3.3	1.6	0.3	0
北镇	0	1.0	3.0	4.1	3.5	1.6	0.2	0

表 1.4 黄河上、下游河段各月积雪日数

单位:d

站名	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月
兰州	0.1	0.9	2.7	4.6	3.3	2.2	0.3	0.1
银川	0.1	0.8	3.1	3.4	2.3	0.9	0.1	0
鄂托克旗	0.6	1.7	4.8	6.5	5.2	2.4	0.4	0.1
呼和浩特	0.2	2.5	7.2	9.8	7.1	3.2	0.2	0
郑州	0	0.5	2.8	5.3	3.5	1.3	0.1	0
济南	0	0.7	2.6	3.3	2.5	0.6	0.2	0
北镇	0	0.7	3.5	6.5	3.9	1.0	0.1	0

表 1.5 黄河上、下游河段各月最大雪深

单位:cm

站名	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	出现时间 (年-月-日)
兰州	0	4	9	5	7	7	7	3	1975-12-07
银川	0	4	6	9	8	8	2		1989-01-02
鄂托克旗	3	4	7	7	6	9	3	0	1986-03-17
呼和浩特	6	13	6	11	15	30	3		1991-03-27
郑州		16	23	20	18	14	4		1974-12-31
济南		22	13	12	12	15	3		1993-11-20
北镇		8	10	18	90	6	3		1972-02-14

1.2.2.3 冷空气活跃

冷空气划分标准如下:

(1)弱冷空气:24 h 降温 $\geq 2^{\circ}\text{C}$,48 h 降温 $\geq 3^{\circ}\text{C}$;过程降温 4~7.9 $^{\circ}\text{C}$ 。

(2)中等强度冷空气:24 h 降温 $\geq 4\sim 5.9\text{ }^{\circ}\text{C}$,48 h 降温 $\geq 6\sim 7.9\text{ }^{\circ}\text{C}$,过程降温 $8\sim 9.9\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

(3)强冷空气:24 h 降温 $\geq 6\sim 7.9\text{ }^{\circ}\text{C}$,48 h 降温 $\geq 8\sim 9.9\text{ }^{\circ}\text{C}$,过程降温 $10\sim 11.9\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

寒潮天气过程将在第6章进行详细分析。按照上述标准对1951(或1954年)—2005年宁夏—内蒙古河段选取磴口、包头、托县,黄河下游选取郑州、济南、北镇的冬季日平均气温进行统计,结果见表1.6、图1.2和图1.3。

表 1.6 黄河上、下游河段冬季冷空气过程统计

单位:次

站名	11月			12月			1月			2月			3月		
	弱	中	强	弱	中	强	弱	中	强	弱	中	强	弱	中	强
磴口	2.6	1.4	1.2	2.6	1.4	1.2	2.5	1.6	1.2	2.6	1.2	1.3	2.8	1.2	1.4
包头	2.3	1.4	1.4	2.2	1.5	1.3	2.6	1.6	1.1	2.1	1.2	1.1	2.3	1.6	1.8
托县	2.3	1.7	1.1	2.3	1.5	1.3	2.4	1.3	1.3	2.4	1.5	1.2	2.3	1.4	1.6
郑州				3.1	1.4	0.3	3.3	1.0	0.3	2.7	0.8	0.2			
济南				2.3	1.4	0.6	2.2	1.5	0.5	1.9	1.1	0.6			
北镇				2.4	1.1	0.4	2.9	1.0	0.4	2.5	0.9	0.3			

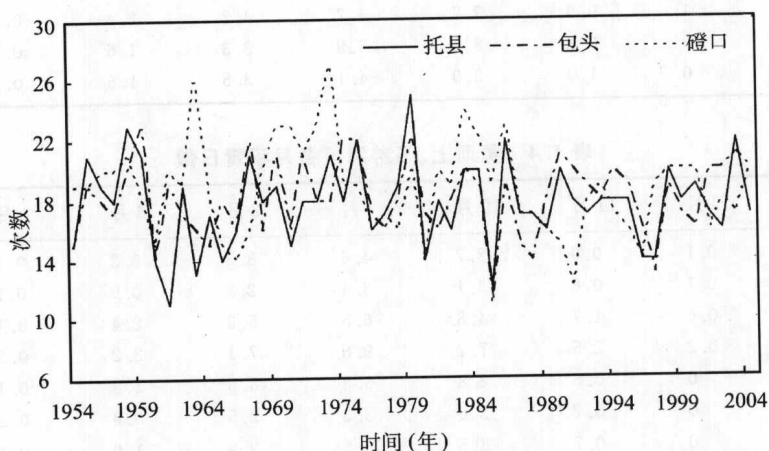


图 1.2 宁夏—内蒙古河段冬季冷空气活动次数年际变化曲线

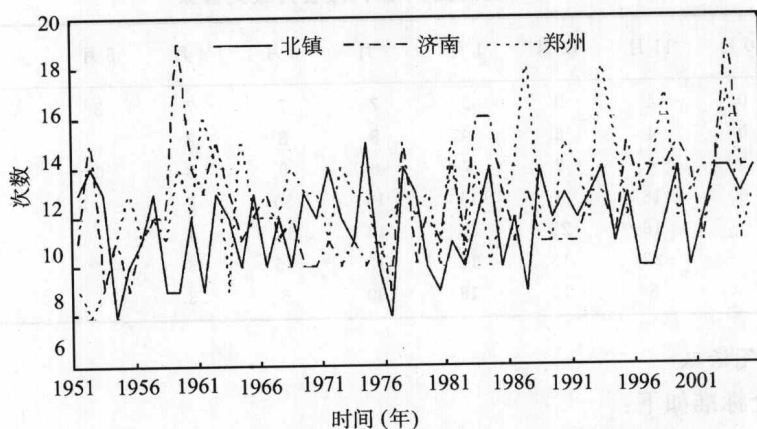


图 1.3 黄河下游冬季冷空气活动次数年际变化曲线