

# 基于历史数据的河流冰情预报分析

王芳

昌吉水文勘测中心

DOI:10.12238/hwr.v8i11.5824

**[摘要]** 本文旨在探讨基于历史数据的河流冰情预报方法优化,并以开垦河流域为研究对象。通过对历史冰情数据的挖掘和分析,结合现代统计和机器学习技术,本文提出了一套优化的冰情预报方法。该方法在提高预报准确性的同时,也为开垦河流域的水资源管理、防灾减灾等提供了科学依据。

**[关键词]** 历史数据; 河流冰情预报; 方法优化

中图分类号: S969.32+5 文献标识码: A

## River Ice Condition Forecasting Analysis Based on Historical Data

Fang Wang

Changji Hydrological Survey Center

**[Abstract]** This paper aims to explore the optimization of river ice condition forecasting methods based on historical data, with the Kaiken River basin as the research object. Through mining and analyzing historical ice condition data, combined with modern statistical and machine learning techniques, this paper proposes an optimized ice condition forecasting method. This method not only improves the accuracy of forecasting but also provides a scientific basis for water resources management, disaster prevention and mitigation in the Kaiken River basin.

**[Key words]** historical data; river ice condition forecasting; method optimization

### 引言

河流冰情预报对于保障水上交通安全、发电、防洪以及国防建设等都具有重要意义。开垦河流域作为天山北坡重要的水系之一,其冰情变化对周边地区的影响尤为显著。然而,传统的冰情预报方法往往存在精度不足、时效性差等问题。因此,本文尝试基于历史数据对河流冰情预报方法进行优化,以期提高预报的准确性和可靠性。

### 1 开垦河流域概况

开垦河流域位于新疆天山北麓奇台县境内,准噶尔盆地南缘,发源于博格达高峰,由缠头湾子沟、小南沟、大南沟、奇台河等支流组成,流向是自南向北流,测验断面以上流域集水面积371km<sup>2</sup>。流域内地形地貌复杂多样,由于受地质构造影响,总地势南高北低,流域内最高点海拔3964m,最低处海拔为1494m。径流的主要补给源为大气降水、中低山带的季节性积雪融水、地下水以及高山冰川融水。流域属于中温带大陆性半荒漠干旱性气候,山地特殊地貌造成流域内海拔3500m以上中、高山地常年积雪,区域内有6条现代冰川,降水量年内分布极不均匀,主要集中在春季和夏季,春季汛期较长,夏季汛期较短。

### 2 流域冰情资料

本分析以开垦河流域某水文站冰情资料为基础。该水文站

为国家基本水文站点,资料收集、整编和刊印严格按国家行业规范要求执行,资料质量可靠,完全能够满足水文分析计算精度要求。该水文自断面设立后发生三次迁移,且布设在河流的上游,断面上游既无大规模区间引水、分水,人类活动影响也相对较小,因此我们认为开垦河2006—2022年17年冰情系列一致性相对较好。其中冰情资料包括冰情结冰日期、封冻日期、解冻日期、终冰日期、最大冰厚、特征日期对应气温、开河期最大流量、冰厚系列资料。预报过程中以2006—2020年建模期,2021年各项数据作为预留资料进行模型检验;以2006—2021年建模期,2022年各项数据作为预留资料进行选定的2种模型进行检验。

### 3 基于历史数据的流域冰情分析

开垦河凌汛期基本在每年11月河道开始出现初冰之日起至翌年4月初河道主流全部开通之日止。根据历年实测资料分年段统计的流凌、封河、开河日期。根据统计,该河2011—2015年特征日期与2006—2010年段相比,封冻日期推后11天,解冻日期推后5天,其余特征日期变化不大;2016—2022年特征日期与2011—2015年段相比,解冻日期推后7天,终冰日期提前7天,其余特征日期变化不大。结冰、封冻、解冻、终冰的日期分别大致在11月15日、12月17日、3月2日、4月3日前后。

#### 3.1 流域结冰与封河天数变化

据资料统计,该河平均结冰天数64天,最长结冰天数2015年120天,2011-2015年平均结冰天数较2006-2010年缩短了10天。平均封冻天数64天,最长封冻天数为2006年103天,2016年未封冻,2016-2022年平均封冻天数较2006-2010年缩短了5天。

3.2不同长度最大冰厚系列统计参数误差分析

依据该河2006-2022年17年实测最大冰厚资料,自2022年逆时序向前推,根据矩法计算的不同系列长度统计参数对比,见表1。随着系列长度的增加,统计参数变动幅度逐渐减小,系列统计参数基本趋于稳定。

表1 开垦河最大冰厚长短系列统计参数及相对误差表

单位: m

起迄年份	年数	最大冰厚	$(H_{max} - H_{ic}) / H_{ic} (\%)$	$C_v$	$(C_{v_{max}} - C_{v_{ic}}) / C_{v_{ic}} (\%)$
2021~2022	2	0.53	0.04	0.01	-1
2019~2022	4	0.54	0.07	0.1	-0.7
2017~2022	6	0.59	0.18	0.19	-0.4
2015~2022	8	0.49	-0.02	0.45	0.3
2013~2022	10	0.47	-0.06	0.43	0.2
2011~2022	12	0.47	-0.06	0.4	0.2
2009~2022	14	0.48	-0.04	0.37	0.1
2006~2022	17	0.5	-	0.35	-

3.3气温特点

由开垦河2006-2022年11月至翌年4月平均气温历史变化图1可见,最高气温-2.4℃是2007年,最低气温-6.3℃是2010年,多年平均气温-4.3℃,整体气温自2010年开始是逐年偏高的趋势。

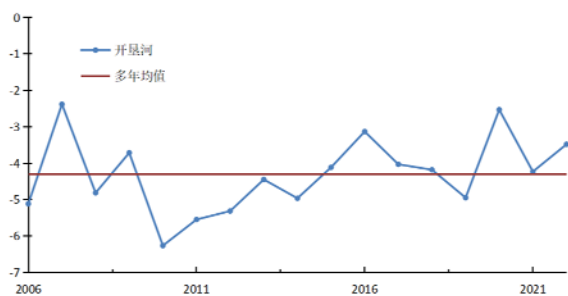


图1 冬季(11月至翌年4月)平均气温历史变化曲线

3.4流量、洪量变化分析

开垦河2006-2022年凌峰流量如图2,结果显示该河凌峰流量2011-2015年较2006-2010年明显较少。

该河开河连续最大3日洪量如图3,2006-2022年平均值为86.29万m<sup>3</sup>,最大值为2010年234.6万m<sup>3</sup>,最小值为2007年24.52万m<sup>3</sup>,连续最大3日洪量出现时间一般临近终冰期。

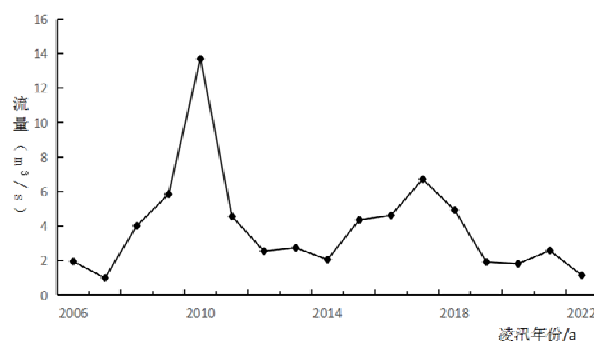


图2 2006年-2022年凌峰流量

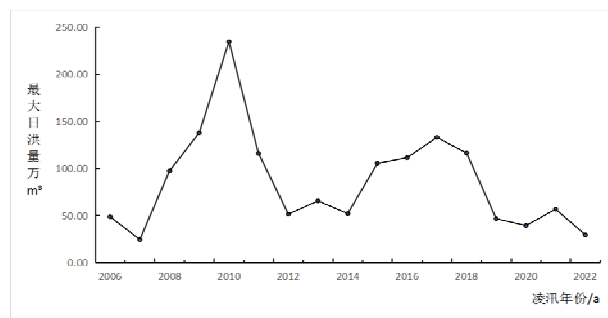


图3 开垦河历年开河最大3日洪量

3.5水位变化分析

分年度统计该河的封河期、开河期最高水位,结果显示封河期水位高于开河期水位。

2006-2010年:封河期水位1505.27m,开河期水位1505.20m。

2011-2015年:封河期水位1505.16m,开河期水位1505.13m。

2016-2022年:封河期水位1505.10m,开河期水位1505.08m。

2006-2022年:封河期水位1505.17m,开河期水位1505.13m。

4 冰情预报方案

本预报方案包含的预报对象为结冰日期、封冻日期、最大冰厚、解冻日期、开河期最大流量。以自治区水文局且木仁加甫开发的中长期水文预报VB6.0系统及非平稳序列VB6.0系统应用模型为基础,采用周期均值叠加方法采用不同信度不同周期组合方式分别预报,周期数量不超过三个;非平稳时间序列VB6.0系统应用模型中耦合了多种预报方法组合,以分步预报成果相关性作为判断依据,分别组合预报方法并预报;其它方法主要分析预报对象自身系列的规律性。按照以上预报对象采用方法,对各自模型精度进行检验,以2021年和2022年各5项预报对象分别进行试报检验,试报成果见下表。其中主要列出各预报对象两年内试报值相对实况值,预报要素出现时间预见期许可误差在3天,其他预报要素偏差在25%的两种方法,个别预报对象无法达到要求的,列出偏差值最小的方法。以下列出5项预报对象初步推荐方法:

(1)周期均值叠加试报成果(第一种方法)。

结冰日期:实况值11月5日,试报值11月16日,偏差值为+11天

封冻日期:实况值1月2日,试报值12月25日,偏差值为-8天

最大冰厚：实况值0.52m(不存在周期)

解冻日期：实况值3月15日(不存在周期)

开河期最大流量：实况值2.58m<sup>3</sup>/s, 预报值4.19m<sup>3</sup>/s, 相对偏差40%

(2) 平稳时间序列分析试报成果(第二种方法)

结冰日期：实况值11月5日, 试报值11月14日偏差值+9天

封冻日期：实况值1月2日, 试报值12月26日偏差值为-7天

最大冰厚：实况值0.52m, 试报值0.50m, 相对偏差-4%

解冻日期：实况值3月15日, 试报值4月12日, 偏差值+29天

开河期最大流量：实况值2.58m<sup>3</sup>/s, 预报值3.6m<sup>3</sup>/s, 相对偏差40%

(3) 非平稳序列逐步回归趋势分析试报成果(第三种方法)

结冰日期：实况值11月5日, 无法引进因子

封冻日期：实况值1月2日, 无法引进因子

最大冰厚：实况值0.52m, 无法引进因子

解冻日期：实况值3月15日, 无法引进因子

开河期最大流量：实况值2.58(m<sup>3</sup>/s) 无法引进因子

(4) 非平稳序列逐步回归周期分析试报(第四种方法)

结冰日期：实况值11月5日, 置信度0.001, 试报值11月17日, 偏差值+12天

封冻日期：实况值1月2日, 置信度0.001试报值, 1月4日, 偏差值+2天

最大冰厚：实况值0.52m, 置信度0.01, 试报值0.42, 相对偏差-19%

解冻日期：实况值3月15日, 置信度0.01, 试报值6月19日, 偏差值+96天

开河期最大流量：实况值2.58m<sup>3</sup>/s, 置信度0.001, 试报值1.538m<sup>3</sup>/s, 相对偏差-41%

(5) 非平稳时间序列VB6.0系统应用模型试报(第五种方法)

结冰日期(预周期均值叠加)：实况值11月5日, 试报值11月22日, 偏差差+17天

解冻日期(逐步回归周期分析)：实况值11月5日, 试报值11月19日, 偏差差+14天

封冻日期(周期均值叠加)：实况值1月2日, 试报值1月5日偏差值为+3天

封冻日期(逐步回归周期分析)：实况值1月2日, 试报值1月4日 偏差值为+2天

最大冰厚：实况值0.52m(不存在周期)

解冻日期：实况值3月15日(不存在周期)

开河期最大流量(周期均值叠加置信度0.001)：实况值2.58m<sup>3</sup>/s, 预报值1.41m<sup>3</sup>/s, 相对偏差-45%

开河期最大流量(逐步回归周期分析置信度0.01)：实况值

2.58m<sup>3</sup>/s, 预报值1.41m<sup>3</sup>/s, 相对偏差-45%

开河期最大流量(谐波分析信度0.05)：实况值2.58m<sup>3</sup>/s, 预报值2.17m<sup>3</sup>/s, 相对偏差-16%

通过以上数据对比, 得出以下结论: 结冰日期预报参考方法为平稳时间序列分析, 非平稳序列逐步回归周期分析; 封冻日期预报参考方法为周期均值叠加分析; 适合最大冰厚预报方法为平稳时间序列分析, 非平稳序列逐步回归周期分析可作参考; 解冻日期预报参考方法为平稳时间序列分析; 开河期最大流量预报参考方法为非平稳时间序列VB6.0系统应用模型。运用以上方法, 对开垦河流域2022年冰情试预报, 成果如下:

表2 开垦河2022年各要素试报成果表

预测对象	采用预报方法	信度	实况值	试报值	相对偏差	预报与实况差值
结冰日期	第一种 平稳时间序列分析	0.1	11月11日	11月15日		+4天
	第二种 非平稳序列逐步回归周期分析	0.001	11月11日	11月15日		+4天
封冻日期	第一种 周期均值叠加	0.1	12月16日	12月25日		+9天
最大冰厚(m)	第一种 平稳时间序列分析		0.53	0.49	-8%	
	第二种 非平稳序列逐步回归周期分析	0.01	0.53	0.39	-26%	
解冻日期	第一种 平稳时间序列分析		3月5日	2月11日		+22天
开河期最大流量(m <sup>3</sup> /s)	第一种 非平稳时间序列VB6.0系统应用模型	0.05	1.15	2.31	101%	

### 5 结束语

在深入分析基于历史数据的河流冰情预报方法, 并以开垦河为具体研究对象后, 我们不难发现, 通过对历史冰情数据的精心挖掘与科学建模, 能够显著提升对河流未来冰情变化的预测精度。开垦河作为案例, 其独特的地理、气候特征为冰情预报带来了特定的挑战, 但同时也为我们提供了宝贵的实践土壤, 验证了融合多源数据、采用先进算法以及持续优化预报模型的重要性。

### 【参考文献】

[1]郭新蕾,王涛,付辉,等.河渠冰水力学研究进展和趋势[J].力学学报,2021,53(3):655-671.  
 [2]段文刚,黄国兵,杨金波.长距离调水明渠冬季输水冰情分析与安全调度[J].南水北调与水利科技,2016,14(6):96-104.  
 [3]胡俊德,胡源源.呼图壁河石门水文站流速仪比测分析方法[J].中国西部科技,2010,9(4):40-41.

### 作者简介:

王芳(1974--),女,汉族,山西文水县人,大学本科,工程师,研究方向:水文情报预报。