

DOI:10.16198/j.cnki.1009-640X.2019.03.007

王志兴,管功勋,王天祎,等. 胖头泡蓄滞洪区老龙口分洪闸泄洪能力分析[J]. 水利水运工程学报, 2019(3): 51-59.  
(WANG Zhixing, GUAN Gongxun, WANG Tianyi, et al. Analysis of flood discharging capacity of Laolongkou flood-diversion sluice at Pangtoupao flood retarding basin[J]. Hydro-Science and Engineering, 2019(3): 51-59. (in Chinese))

# 胖头泡蓄滞洪区老龙口分洪闸泄洪能力分析

王志兴,管功勋,王天祎,丁昌春

(黑龙江省水利水电勘测设计研究院,黑龙江 哈尔滨 150080)

**摘要:** 胖头泡蓄滞洪区位于哈尔滨市上游嫩江干流、松花江干流及第二松花江交汇处,可减轻三江洪水对哈尔滨市的防洪压力。采用数学模型计算和实体模型试验相结合的方法研究老龙口分洪闸的泄流能力及其影响因素,数学模型主要用于分析嫩江干流河道的冲淤演变及水位变化,同时为实体模型提供上下游边界条件;实体模型用于研究不同方案下分洪闸的过流能力。结果表明,老龙口分洪闸的泄流能力主要取决于嫩江干流水位和分洪通道的水位,而且对二者水位差的变化非常敏感。分洪闸过流能力的影响因素主要包括嫩江干流河道冲淤变化、分洪流量、洪水类型及行洪流路走向等。嫩江干流河道冲淤变化幅度很小,对干流水位基本不产生影响;分洪流量对嫩江干流水位影响比较明显,最大分洪流量时水位降幅达0.70 m。嫩江干流与第二松花江共发型洪水分洪对蓄滞洪区水位的减小幅度大于嫩江干流型洪水;蓄滞洪区内地形地貌复杂,不同分洪通道对分洪闸闸下水位影响显著,是泄洪闸过流能力的关键影响因素。因此,在蓄滞洪区内设置能快速分散蓄滞洪水的分洪通道非常必要。

**关键词:** 蓄滞洪区; 分洪闸; 泄流能力; 行洪通道

**中图分类号:** TV873      **文献标志码:** A      **文章编号:** 1009-640X(2019)03-0051-09

蓄滞洪区是在河堤之外临时贮存洪水的低洼地区及湖泊等,多数属于历史上经常被江河洪水淹没和蓄洪的场所,目前我国规划修建的国家级蓄滞洪区共有98处。1998年松花江发生特大洪水后,水利部提出在哈尔滨以上修建胖头泡和月亮泡两个蓄滞洪区,变被动防洪为主动分洪,将哈尔滨市的防洪标准由100年一遇提高到200年一遇,有效减轻松花江下游江段的防洪压力<sup>[1-5]</sup>。

胖头泡蓄滞洪区区内村镇和公司企业密集、人口众多,有丰富的耕地和油气资源。这些资源是区内居民生存和发展的基础。鉴于胖头泡蓄滞洪区的实际情况,区内居民不可能全部迁出,其经济社会发展还要依赖于蓄滞洪区内的有效资源<sup>[6-7]</sup>。胖头泡蓄滞洪区承担着松花江下游防洪安全和当地居民生产生活基地的双重任务,老龙口分洪闸是蓄滞洪区建设的关键之处。因此,开展泄洪闸分洪能力研究对确保蓄滞洪区的正常运行和哈尔滨市等重点地区的防洪安全具有非常重要的意义。

## 1 胖头泡蓄滞洪区基本情况

### 1.1 蓄滞洪区概况

胖头泡蓄滞洪区主要位于黑龙江省大庆市肇源县境内,地处嫩江末端和松花江干流左岸、嫩江与第二松花江(以下简称二松)交汇处附近,距下游哈尔滨市约200 km(图1),蓄滞洪区东以安肇新河下段右侧

收稿日期: 2017-12-19

基金项目: 国家重点研发计划专项(2018YFC0407305); 黑龙江省应用技术研究与开发计划项目(GZ16B011)

作者简介: 王志兴(1964—),男,黑龙江讷河人,教授级高级工程师,博士,主要从事水利规划、设计等方面研究。

E-mail: wzx196403@163.com

堤防及林肇公路为界,南至养身地到古恰的松花江干流左侧堤防,西以老龙口到养身地的嫩江干流左岸堤防为界,北至南引水库的北部堤坝,东西长约46 km,南北长约58 km;区内地势较为平坦,局部地段起伏较大,地面高程一般为125.00~165.00 m,总面积1 994 km<sup>2</sup>,总容积85.59亿m<sup>3</sup>,现状蓄水能力42.91亿m<sup>3</sup>。

胖头泡蓄滞洪区应急工程于2008年6月开工建设,2010年10月完成主体工程。蓄滞洪区分洪进水口设在嫩干堤防西南山岗与古城北山岗之间的老龙口,出水口布置在松干堤防姜家岗与九间房之间的老坎子。

## 1.2 老龙口分洪口概况

老龙口分洪口由简易裹头和分洪闸两部分组成,全长1 205 m<sup>[8]</sup>。简易裹头长175 m,由进口导流堤、重力式浆砌石挡土墙及出口导流堤组成。进口导流堤长20 m,重力式挡土墙长42 m,出口导流堤长30 m,顺水流方向长92 m。进口导流堤顶高程134.25 m,底高程128.70 m,堤顶宽4.0 m;重力式挡土墙高7 m,堤顶高程135.00 m;出口段导流堤顶高程134.25 m,堤顶宽4.0 m。在蓄滞洪区未启用时,口门用黏土堤拦挡嫩江洪水;启用时利用炸药将口门内黏土堤炸开分洪。

老龙口分洪闸底板高程129.00 m,堤顶高程135.75 m,由进口铺盖、闸室、消力池及海漫组成,其中进口铺盖长20 m,为钢筋混凝土结构;闸室采用弧形闸门,净宽204 m,单孔净宽12 m,闸墩厚3.0 m,共17孔;消力池采用分离式结构,长30 m,池深1.8 m;海漫采用钢筋石笼结构,长60 m;海漫末端设抛石结构防冲槽,深2.0 m。

根据流域防洪规划<sup>[9]</sup>,哈尔滨市的防洪标准为200年一遇,当预报哈尔滨水文站洪峰流量达到堤防设计流量17 900 m<sup>3</sup>/s,而且水位还将继续上涨时,开始启用月亮泡、胖头泡蓄滞洪区分洪,将哈尔滨市的防洪能力从100年一遇提高到200年一遇。蓄滞洪区启动时机的预报站为嫩江江桥站和二松丰满站,当月亮泡蓄滞洪区库容不能满足哈尔滨防洪要求时,启用胖头泡蓄滞洪区,按设计要求的流量进行分洪,当分洪流量逐渐减少时应及时关闸和封堵。

## 2 嫩江干流老龙口河段的河道特性

老龙口河段上游距江桥水文站125 km,下游距大赉水文站25 km。通过统计1960—2010年的水文泥沙资料,可得江桥站的多年平均流量为615 m<sup>3</sup>/s,最大年均流量1 771 m<sup>3</sup>/s出现在1998年,最小年均流量183 m<sup>3</sup>/s出现在1979年;多年平均含沙量为0.104 kg/m<sup>3</sup>,最大年均含沙量0.276 kg/m<sup>3</sup>出现在2005年,最小年均含沙量0.048 kg/m<sup>3</sup>出现在1960年。从图2的年均水沙统计结果可以看出,江桥水文站的年均流量与年均含沙量呈反比关系,年均流量越大,则年均含沙量越小,但与此对应的年均流量与年输沙量呈正比关系,多年年均输沙量为202万t,年最大输沙量1 243万t出现在1998年,1979年的输沙量最小,为27万t。与此对应,大赉站的流量变化过程与江桥站基本一致,且来水量也基本接近,但两站的含沙量变化趋势相反,大赉站含沙量与流量成正比关系,而且大赉站含沙量和输沙量都小于江桥站。



图1 胖头泡蓄滞洪区位置

Fig. 1 Location of Pangtoupao flood storage area

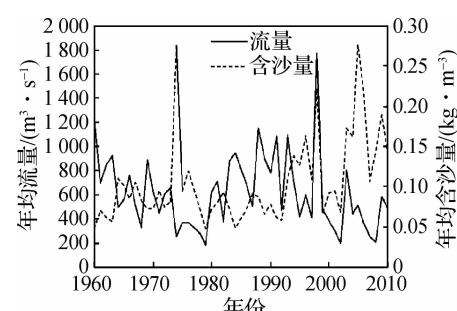


图2 嫩江江桥站年均水沙过程

Fig. 2 Annual average water and sediment process at Jiangqiao hydrologic station

根据1960—2010年的水沙资料统计,江桥站的输沙量明显大于大赉站(除个别年份外),说明江桥至大赉河段长期处于淤积状态,两站之间的年均输沙量相差约56万t,如果考虑河段的年均区间来沙34万t,则河段的年均淤积量约为90万t。由于该河段的河道宽度基本在10km左右,就平均情况而言,该河段年均淤积厚度很小,属于缓慢淤积抬升状态。从单一河道断面来看,江桥站水文大断面形态调整较为剧烈,而大赉站水文大断面的形态调整相对较为平缓(见表1)。从不同的统计时段来看,不同河段有冲有淤,深泓点最大变化能达6m。

表1 典型水文站水沙量与淤积量的关系

Tab. 1 Relationships between water sediment and silt amount of typical hydrological stations

年份	水文站	年均流量/ ( $m^3 \cdot s^{-1}$ )	年均输沙量/ 万t	年均含沙量/ ( $kg \cdot m^{-3}$ )	主槽过水 面积变化/ $m^2$	深泓点高程 变化/m
1970—1974	江桥	515.8	161.84	0.120	-1 235	5.2
	大赉	515.8	161.84	0.120	227	-1.2
1975—1979	江桥	299.0	84.17	0.083	317	-0.1
	大赉	299.0	84.17	0.083	-268	0.2
1980—1984	江桥	707.4	155.66	0.073	343	-3.6
	大赉	707.4	155.66	0.073	72	-0.7
1985—1989	江桥	810.8	202.15	0.079	113	0.2
	大赉	810.8	202.15	0.079	281	-2.9
1990—2000	江桥	745.2	295.28	0.081	1 294	1.4
	大赉	777.6	212.86	0.044	234	0.5
2001—2009	江桥	407.6	224.44	0.073	-1 014	6.0
	大赉	342.3	111.01	0.041	-186	1.6

从数据分析结果看,断面冲淤变化与断面造床流量关系较为密切,当造床流量大于平滩流量时,过水断面逐渐扩大,造床流量与平滩流量相差越大,断面调整幅度越大。通过马卡维也夫法<sup>[10]</sup>计算得到的江桥至大赉河段的造床流量约为1 700  $m^3/s$ ,而根据曼宁公式推算得到的江桥水文断面平滩流量基本为1 500~2 900  $m^3/s$ ,大赉水文断面平滩流量约为1 750  $m^3/s$ ,相对比较稳定。由此可见,江桥站造床流量与平滩流量相差较大,而且多数时候造床流量小于平滩流量,因此该断面所在河段会有较为明显的冲淤变化,而大赉站附近河段的冲淤变化幅度不大。

### 3 老龙口分洪闸泄洪能力分析

采用数学模型和物理模型试验相结合的方法来研究老龙口分洪闸的泄流能力,物理模型用于分洪闸不同工况下泄流曲线的分析,数学模型则主要为物理模型提供上下游边界条件。

嫩江干流老龙口河段的模拟长度约为35km,出口位于老龙口下游约10km,进口位于老龙口上游25km。

水流运动方程采用笛卡尔坐标系下平面二维浅水方程,采用正交曲线网格对计算区域内的不规则河道边界进行网格划分;泥沙运动方程包括泥沙连续性方程、悬移质河床变形方程、推移质河床变形方程以及床沙组成方程等。方程组的数值离散采用有限体积法,该方法能很好保证水流模型中水量和动量守恒;方程离散采用了自动迎风格式,离散方程的求解采用SIMPLEC算法,为避免水位锯齿波,采用了交错网格技术,模型的具体方程和离散方法参见相关文献<sup>[11-12]</sup>。

模型采用的是贴体四边形正交网格,平均网格尺寸为沿水流方向90m,垂直于水流方向50m,在分洪口门处进行了局部加密,共划分网格80 000个,计算网格见图3(a)。

老龙口分洪闸物理模型试验范围为顺水流方向3 km, 垂直水流方向1 km。物理模型采用比尺为60的正态模型, 为砖混结构, 模型布置见图3(b)。由于物理模型模拟区域多为开边界, 试验时采用多水泵组合、分区集成的方法控制分洪闸上下游水位。物理模型试验所需的上下游控制水位由平面二维数学模型提供, 上游边界条件由嫩江干流二维水流泥沙数学模型提供, 考虑河道冲淤变化的影响; 下游边界条件由二维水动力学模型提供, 考虑了胖头泡蓄滞洪区蓄水过程的影响, 但不考虑泥沙冲淤的影响。

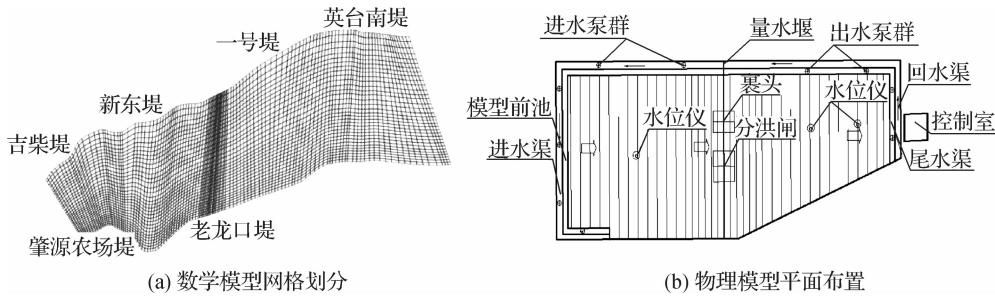


图3 数学模型网格划分及物理模型平面布置

Fig. 3 Mathematical model grid division and physical model layout

根据数学模型计算提供的边界条件, 利用老龙口物理模型对嫩江不同洪水位下分洪闸的泄流能力进行了研究, 试验结果见图4。由于嫩江干流不同典型洪峰的老龙口水位一般不会超过134.37 m, 因此泄流曲线闸上水位的变化范围为132.57~134.37 m, 以0.3 m为级差得到1组分洪闸泄流曲线。对于分洪闸同一闸前水位而言, 老龙口分洪闸泄流量随分洪闸下游水位的抬升而减小。分洪闸下游水位较低时, 分洪闸泄流量随分洪闸下游水位的增加而减小的幅度不大, 即此时下游水位变化对分洪闸泄流量影响不大; 随着下游水位的增加, 分洪闸泄流量变幅明显加大。以分洪闸闸前水位133.77 m(哈尔滨市100年一遇洪水嫩干水位, 下同)的试验结果为例, 分洪闸下游水位由131.80 m增加到132.40 m时, 相应泄流量由3 318 m<sup>3</sup>/s减小到3 239 m<sup>3</sup>/s, 仅减小了79 m<sup>3</sup>/s, 即下游水位增加了0.6 m, 而泄流量约减小了2.4%; 当分洪闸下游水位由133.62 m增加到133.75 m时, 相应泄流量由1 375 m<sup>3</sup>/s减小到570 m<sup>3</sup>/s, 减小了805 m<sup>3</sup>/s, 即下游水位增加了0.13 m, 而泄流量却减少了58.5%。这主要是因为分洪闸下游水位较低时, 水流运动处于自由出流状态, 此时下游水位对分洪闸泄流量的影响很小, 而随着下游水位的逐渐抬升, 水流运动状态也逐渐由自由出流转化为淹没出流, 此时下游水位的变化对分洪闸泄流量的影响较大。

从图4也可以看出, 老龙口泄洪闸分洪时闸上下游水头差不大, 泄流能力对下游水位的变化非常敏感, 这也就意味着在利用老龙口分洪闸进行分洪时, 分洪闸下游分洪通道内不能蓄滞过多的洪水, 应该尽可能降低闸下水位, 以保证老龙口分洪闸的泄流能力。从不同工况的组合试验结果来看, 在分洪闸保持自由出流或低淹没度出流的情况下, 老龙口泄洪闸的泄流能力可以满足设计要求。

## 4 分洪闸泄流能力的影响因素

影响老龙口分洪闸泄流能力的因素主要包括分洪闸分洪流量及嫩江干流冲淤变化对嫩江干流水位的影响、行洪流路对分洪闸闸下水位的影响以及分洪类型的影响等几个方面。

### 4.1 嫩江河道冲淤变化的影响

由嫩江干流二维水沙数学模型的计算结果可知, 在中长期(30年)水沙条件作用下, 老龙口河段以淤积

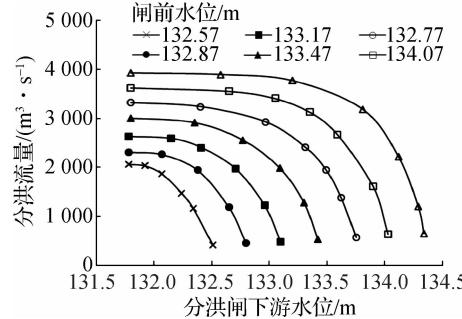


图4 老龙口分洪闸泄流曲线

Fig. 4 Flow curves of Laolongkou flood-diversion sluice

为主,且泥沙淤积主要集中在嫩江干流主槽内,滩地淤积相对较少(图5),滩地最大淤积厚度约为0.06 m,平均淤积厚度不足0.03 m,且滩地的淤积厚度与距嫩江主槽的距离成反比。老龙口分洪闸位置在远离嫩江主槽的左岸堤防上,分洪闸前滩地的泥沙淤积很少。

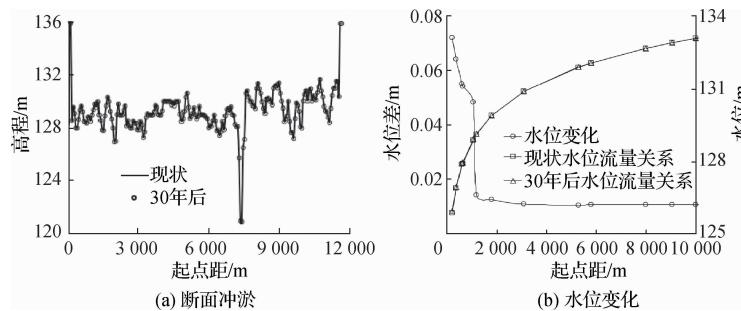


图5 老龙口断面冲淤及水位变化

Fig. 5 Changes in water level and bed elevation of Laolongkou section

从图5可见,老龙口附近横断面平均水位变化很小,当流量在 $1500 \text{ m}^3/\text{s}$ 以下时,水位变幅为0.02~0.07 m;当流量达到 $5000 \text{ m}^3/\text{s}$ 以上时,水位变幅小于0.02 m。老龙口分洪闸附近水位变化这么小的原因主要是整个嫩江河道来沙较少,大洪水条件下水流流速缓慢,既不会造成剧烈的冲刷也很难形成大量淤积,而且河道滩地宽广,两岸大堤之间距离约10 km,主槽冲淤虽然可以达到2 m左右,但是滩地淤积非常缓慢,年均淤积厚度不足1 mm。老龙口断面水位变化的拐点在漫滩流量( $Q = 1500 \text{ m}^3/\text{s}$ )附近,当流量小于漫滩流量时,随着流量增加水位变化急剧减小,在漫滩流量附近水位变化约为0.02 m,当流量继续增大时,水位基本不变。由此可见,老龙口河段中长期(30年)冲淤变化后,分洪口门前滩地为微淤状态,相应的分洪口门前洪水水位略有抬升,但分洪口门前洪水水位和分洪流量变化不明显,基本可以认为嫩江干流中长期(30年)冲淤变化对老龙口分洪口门的分洪能力影响不大。

#### 4.2 分洪流量对嫩江干流水位的影响

为了确保200年一遇洪水时哈尔滨市的安全,选取4种典型洪水过程进行研究,其中1998和1969年型洪水过程属于尖瘦型,主要为嫩江流域发生的洪水;1957和1960年型洪水过程属于平缓型,主要由来自嫩江流域和第二松花江流域的洪水组成。图6为二维数学模型计算得到的4种典型洪水过程在老龙口断面分洪前后嫩江干流的水位变化情况。

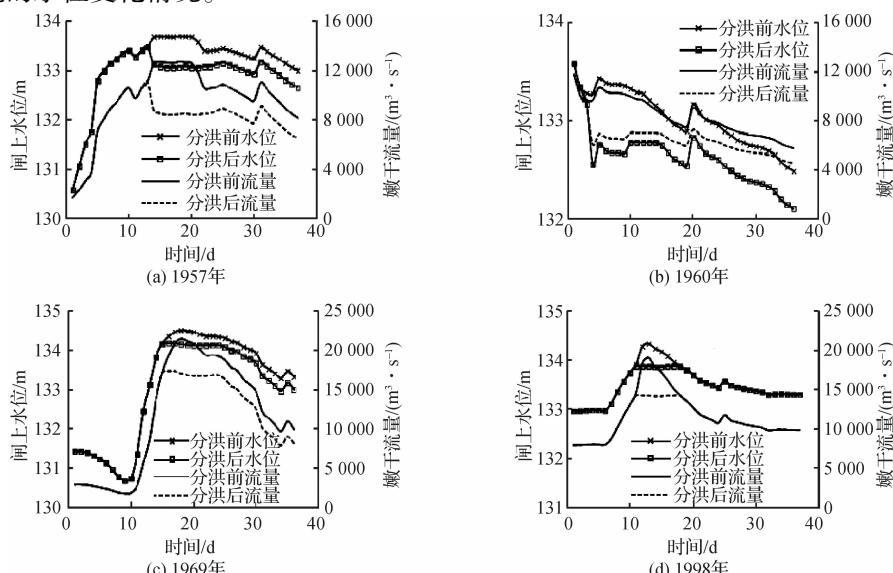


图6 典型洪水过程分洪前后嫩江干流水位变化

Fig. 6 Changes of water level in Nenjiang River before and after flood diversion under typical flood process

由图6可见,1957年型洪水分洪后嫩干水位较分洪前降低了 $0.30\sim0.63\text{ m}$ ,1960年型洪水降低了 $0.12\sim0.72\text{ m}$ ,1969年型洪水降低了 $0.17\sim0.35\text{ m}$ ,1998年降低了 $0.01\sim0.46\text{ m}$ 。综上分析,老龙口分洪对嫩江干流水位的影响比较明显,其中嫩干型洪水(1998和1969年型)的影响要略小于嫩干和二松共发型洪水(1957和1960年型)。

### 4.3 分洪流路对泄洪闸下游水位的影响

主要研究3条流路对分洪的影响,其中方案1的分洪路线为洪水通过分洪闸后向北沿现有低洼地通过南引水库7号坝和10号坝;方案2的分洪路线为洪水通过分洪闸后向东沿新开挖的350m宽的泄洪通道与低洼地鸭木蛋格泡子相连;方案3的分洪路线是在方案2的基础上往南通过200m左右的分洪通道将低洼地鸭木蛋格泡子与肇源农场相连。3条流路的走向见图7。方案1的流路属于最初规划设计的路线,该路线在7号坝和10号坝的行洪断面较窄,行洪能力较低;方案2和3的主要思路是将低洼地相连,尽快将分洪洪水分散到低洼地区。

4种典型洪水过程的分洪结果见图8。方案1由于7号坝和10号坝的壅水顶托作用,在分洪15~45h后,分洪闸泄流能力小于设计分洪流量;方案2由于设置了新的行洪通道,分洪闸泄流能够满足1969年和1998年峰型的分洪要求,但1957年和1960年峰型在分洪约25h后不能满足设计流量的要求;方案3由于增加了新的分洪通道,提高了快速分散蓄滞洪水的能力,分洪闸能够满足4个典型洪水过程的分洪要求。可见,分洪流路对分洪闸下游水位的影响比较明显,较低的闸下水位有助于提高分洪闸泄流能力。

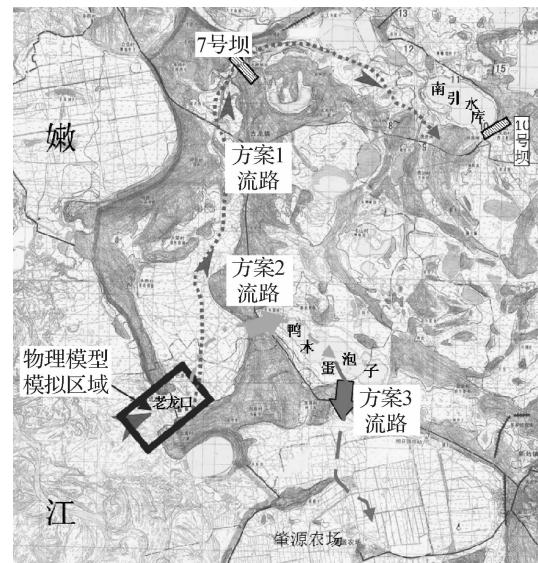


图7 物理模型模拟区域及分洪方案

Fig. 7 Simulation area of physical model and flood diversion schemes

不同分洪流路对分洪能力的影响比较明显,较低的闸下水位有助于提高分洪闸泄流能力。

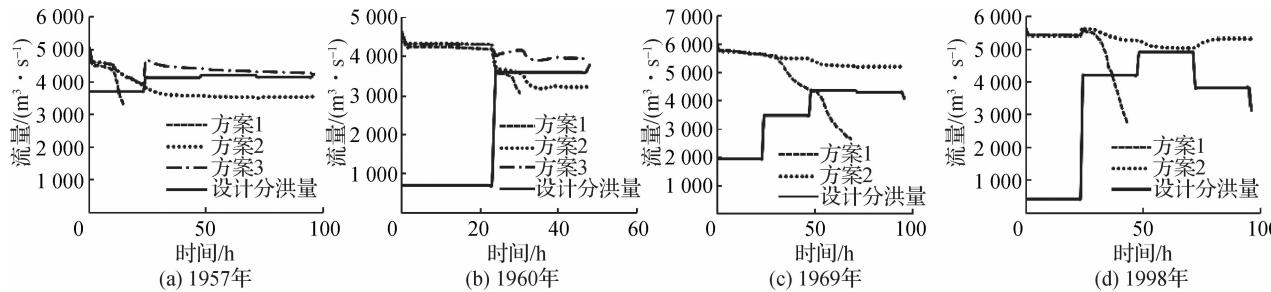


图8 不同分洪流路对分洪能力的影响

Fig. 8 Influences of different flood diversion channels on flood diversion capacity

### 4.4 泄洪闸分洪局部水位变化对断面水位的影响

从二维数学模型的计算结果来看,老龙口分洪闸开始泄洪后,嫩江干流河道将形成一个以分洪闸为中心、半径为200m的扇形水面漏斗(图9)。这主要是因为在分洪闸刚打开时,分洪闸下游处于无水状态,使得分洪闸上下游水头差较大,形成了类似溃坝的水流形态。

距泄洪闸口门600m的老龙口断面的水位只是略低于同一断面的平均水位,且二者水位差随着分洪时间的递进逐渐减小,缩小速度与洪水来流量以及初始水位有关,洪水流量越大、初始水位越高,则两者之间的差距减小得越快;初始分洪时水位相差约0.07m,分洪不到1d后水位相差不足0.02m。这是由于老龙口所在断面的河宽基本在10km以上,分洪产生的局部水位影响宽度只占整个河宽很小的一部分,因此,分洪产生的局部水位变化对整个断面的平均水位影响不大,可以用横断面平均水位作为闸上行进水头来计算

分洪闸的过流能力。

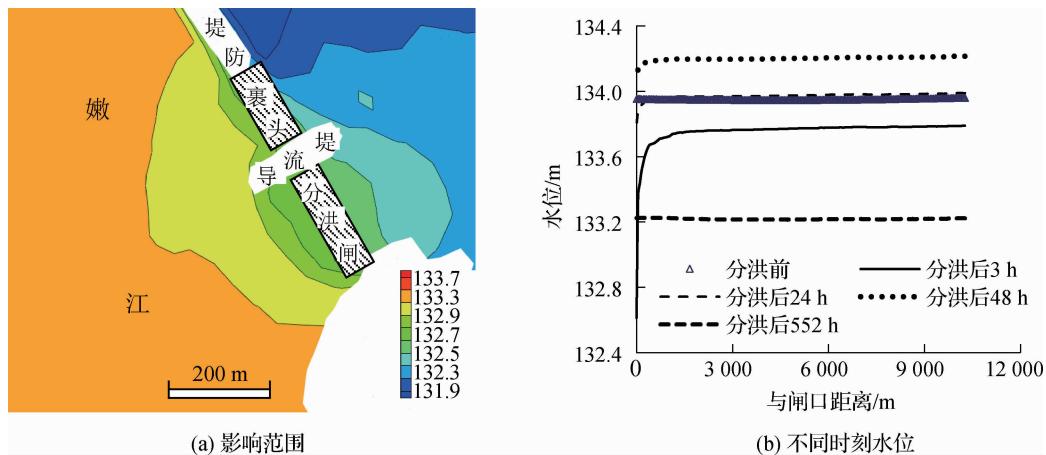


图9 分洪对老龙口断面水位影响

Fig. 9 Influences of flood diversion on water level along Laolongkou section

#### 4.5 不同洪峰类型对分洪的影响

从研究的4个典型洪水过程来看,洪峰类型主要包括嫩干型和嫩干与二松共发型两类,前者的嫩江来流量约占洪水流量的80%以上,后者的嫩江来流量仅占洪水流量的60%以下(见表2)。由表2可以看出,嫩干和二松共发型最大分洪流量基本约 $5000\text{ m}^3/\text{s}$ ,分洪导致的嫩干水位降幅达 $0.63\sim0.72\text{ m}$ ;而嫩干型最大分洪流量达 $6000\text{ m}^3/\text{s}$ 左右,但分洪导致的嫩干水位降幅仅为 $0.35\sim0.46\text{ m}$ 。产生这种差别的原因是由于老龙口分洪闸位于嫩江干流,第二松花江在嫩江干流和松花江干流的交汇处,位于嫩江干流下游,第二松花江的洪水对老龙口河段基本没有影响。因此,在老龙口实施分洪时,嫩干型洪水的分洪流量所占嫩江来流量的比例较小,对老龙口断面的水位影响相对也较小,有利于实施泄洪闸分洪;而嫩干与二松共发型洪水的分洪流量所占嫩江来流量的比例较大,对老龙口的水位影响也较大,不利于实施泄洪闸的分洪。

表2 不同洪峰类型的分流比及水位变化

Tab. 2 Changes in diversion rate and water level of different flood peaks

洪水类型	年份	嫩干洪水所占百分比/%	分洪流量/( $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ )	分洪分流比/%	水位变化/m
嫩干和二松共发型	1957	53.0~60.3	3 908~5 038	31.2~40.2	0.30~0.63
	1960	39.0~54.0	3 906~4 624	37.6~47.7	0.12~0.72
嫩干型	1969	86.9~94.0	5 183~6 011	24.3~31.0	0.17~0.35
	1998	81.5~86.4	5 034~5 668	26.3~38.2	0.01~0.46

## 5 结语

(1) 胖头泡蓄滞洪区位于嫩江干流、松花江干流及第二松花江交汇处,对减轻哈尔滨市来自三江洪水的压力非常有利。蓄滞洪区的分洪口设置在老龙口河段,该河段属于嫩江干流的宽浅少沙微淤河道,1960—2010年期间的多年平均含沙量约为 $0.01\text{ kg/m}^3$ ,河道窄槽的年均冲淤变化幅度一般在 $2\text{ m}$ 以内,宽滩年均淤积一般不足 $0.1\text{ m}$ 。

(2) 老龙口分洪设施包括分洪闸和裹头两部分,分洪闸便于控制分洪流量的大小,裹头是在分洪流量大于泄洪闸设计能力时采用爆破分洪。研究结果表明,老龙口泄洪闸的泄流能力主要取决于闸上水头大小和闸下淹没程度,在嫩江干流分洪水位确定的情况下,控制闸下淹没程度成为确保泄流能力的关键,而这与蓄滞洪区的分洪通道密切相关。

(3) 老龙口分洪闸位于嫩江干流,河道水沙对闸上水头影响较大。从中长期的模拟结果来看,老龙口断面的平均淤积厚度约 0.03 m,对断面平均水位的影响微乎其微;相对而言,分洪流量大小对断面水位的影响更为明显,最大分洪流量时的水位降幅可达 0.70 m,嫩干型洪水的降幅要小于嫩干和二松共发型洪水,但不同峰型分洪产生的局部水位落差对整个断面平均水位的影响可以忽略。

(4) 由于胖头泡蓄滞洪区地处平原,泄洪闸分洪时闸上下游水头差较小,泄流能力对上下游水位变化非常敏感,合理的分洪流路有助于提高快速分散蓄滞洪水的能力,从而提高分洪闸的泄流能力。因此,为了确保老龙口分洪闸的泄流能力,优化蓄滞洪区的分洪流路十分必要。

## 参 考 文 献:

- [1] 宋豫秦, 张晓蕾. 中国蓄滞洪区洪水管理与可持续发展途径[J]. 水科学进展, 2014, 25(6): 888-896. (SONG Yuqin, ZHANG Xiaolei. Optimal approaches of integrated flood management and sustainable development in China's flood retention areas [J]. Advances in Water Science, 2014, 25(6): 888-896. (in Chinese))
- [2] 王艳艳, 向立云. 全国蓄滞洪区建设与管理规划解读[J]. 水利规划与设计, 2013(6): 6-8, 38. (WANG Yanyan, XIANG Liyun. Analysis of the constructions and planning of flood retention areas in China [J]. Water Resources Planning and Design, 2013(6): 6-8, 38. (in Chinese))
- [3] 王翔, 罗小青. 蓄滞洪区建设思路与对策探讨[J]. 防汛与抗旱, 2008(1): 54-56. (WANG Xiang, LUO Xiaoqing. Considerations on construction of flood retention areas [J]. China Water Resources, 2008(1): 54-56. (in Chinese))
- [4] 徐国新, 余启辉. 长江流域蓄滞洪区建设与管理规划初步研究[J]. 人民长江, 2006, 37(9): 24-26. (XU Guoxin, YU Qihui. Preliminary study on construction and management planning of flood storage and detention areas in Yangtze River basin [J]. Yangtze River, 2006, 37(9): 24-26. (in Chinese))
- [5] 徐军, 李庆安. 黄河东平湖蓄滞洪区近期治理方案研究[J]. 黄河水利职业技术学院学报, 2016, 28(4): 24-25, 43. (XU Jun, LI Qing'an. Research on recent treatment solutions of Dongping Lake store floodwater area of Yellow River [J]. Journal of Yellow River Conservancy Technical Institute, 2016, 28(4): 24-25, 43. (in Chinese))
- [6] 高宇, 戴长雷, 王远明, 等. 胖头泡蓄滞洪区洪水风险控管分析[J]. 黑龙江水利, 2016, 2(8): 36-40. (GAO Yu, DAI Changlei, WANG Yuanming, et al. Flood risk management analysis of Pangtouao flood storage area [J]. Heilongjiang Water Resources, 2016, 2(8): 36-40. (in Chinese))
- [7] 于景弘. 胖头泡蓄滞洪区启用时不安全人口安置方案剖析[J]. 黑龙江水利科技, 2016, 44(4): 74-77. (YU Jinghong. Analysis of unsafe population resettlement scheme when Pangtouao flood storage area starts using [J]. Heilongjiang Hydraulic Science and Technology, 2016, 44(4): 74-77. (in Chinese))
- [8] 王甜, 王冰. 胖头泡蓄滞洪区分洪口门方案比选[J]. 黑龙江水利科技, 2015, 43(8): 88-90. (WANG Ting, WANG Bin. Scheme comparison of the Pangtouao flood-storage floodgate [J]. Heilongjiang Science and Technology of Water Conservancy, 2015, 43(8): 88-90. (in Chinese))
- [9] 黑龙江省水利水电勘测设计研究院. 胖头泡蓄滞洪区防洪工程与安全建设项目可行性研究报告[R]. 哈尔滨: 黑龙江省水利水电勘测设计研究院, 2014. (Heilongjiang Province Water Conservancy and Hydropower Investigation, Design and Research Institute. A feasibility study report on flood control and safety construction projects in the flood retention areas of Pangtouao [R]. Harbin: Heilongjiang Province Water Conservancy and Hydropower Investigation, Design and Research Institute, 2014. (in Chinese))
- [10] 谢鉴衡. 河床演变及整治[M]. 2 版. 北京: 中国水利水电出版社, 2002. (XIE Jianhen. Riverbed evolution and renovation [M]. 2nd ed. Beijing: China Water and Power Press, 2002. (in Chinese))
- [11] 王党伟, 余明辉, 刘晓芳, 等. 间断洪水波高精度数值模拟与应用[J]. 武汉大学学报(工学版), 2010, 43(6): 698-702. (WANG Dangwei, YU Minghui, LIU Xiaofang, et al. Numerical simulation with high precision for flood shock wave [J]. Engineering Journal of Wuhan University, 2010, 43(6): 698-702. (in Chinese))
- [12] WANG D W, LIU X F, CHEN J G, et al. The slop flux method for numerical balance in using Roe's approximate Riemann solver [J]. Journal of Hydrodynamics, 2012, 24(1): 58-64.

## Analysis of flood discharging capacity of Laolongkou flood-diversion sluice at Pangtoupao flood retarding basin

WANG Zhixing, GUAN Gongxun, WANG Tianyi, DING Changchun

(Heilongjiang Province Water Conservancy and Hydropower Investigation, Design and Research Institute, Harbin 150080, China)

**Abstract:** Lying at the junction of the Nenjiang River, the Songhua River and the second Songhua River, situated at the upstream of Harbin city, the Pangtoupao flood retarding basin plays a key role in alleviating the Harbin city flood pressure. The flood discharging capacity and its influencing factors of the Laolongkou flood diversion sluice are studied by the mathematical model calculation and physical model tests in this research. The mathematical model is applied to analyzing the evolution of the channel erosion or deposition and the variations in the water level of the Nenjiang River, and giving the import and export boundary conditions for the physical model. And the physical model is applied to studying the discharging capacity of the flood-diversion sluice under different given schemes. The analysis results show that the discharging capacity of the Laolongkou flood diversion sluice mainly depends on the water levels of both the Nenjiang River and the diversion channel, and is very sensitive to their changes. The influencing factors of the flood discharging capacity of the sluice mainly include the changes of erosion or deposition of the Nenjiang main stream, the flood diversion discharge, the flood type, and the direction of the diversion channel, etc. Specifically, as for as the Nenjiang water level concerned, the variation of scouring and silting in the main stream of the Nenjiang is very small, and has little effect on the water level of the main stream. The influences of the flood diversion discharge on the water level of the main stream of the Nenjiang River are more obvious, and the water level drops to 0.70 m during the maximum flood diversion discharge. As for as the Pangtoupao basin water level, the influence from the type of the simultaneous flood originates from the Nenjiang River, and the second Songhua River is greater than the flood singly originating from the Nenjiang River. Owing to the complex topography in the flood retarding basin, the different flood diversion channels have significant and different impacts on the water level of the flood diversion sluice, which is the key factor affecting the flood discharging capacity of the sluice. Therefore, it is very necessary to set up flood diversion channels in the flood retarding basin for rapid dispersion of flood.

**Key words:** flood retarding basin; flood-diversion sluice; flood discharging capacity; flood diversion channel