DOI:10.16198/j.cnki.1009-640X.2018.02.008
常俊德, 张滨, 孙瑶, 等. 弯道丁坝防冰结构布置形式试验研究[J]. 水利水运工程学报, 2018(2): 61-66. (CHANG Junde, ZHANG Bin, SUN Yao, et al. Experimental study of layout of spur dike as ice-proof structure in curved channel[J]. Hydro-Science and Engineering, 2018(2): 61-66. (in Chinese))

弯道丁坝防冰结构布置形式试验研究

常俊德[1,2], 张 滨[1,2], 孙 瑶[3], 张守杰[1,2]

(1. 黑龙江省水利科学研究院, 黑龙江 哈尔滨 150080; 2. 黑龙江省季节冻土区工程冻土重点实验室, 黑龙江 哈尔滨 150078; 3. 哈尔滨工程大学, 黑龙江 哈尔滨 150001)

摘要: 弯曲河流的凹岸易受到冰排的撞击而发生磨蚀、崩岸,该处的护岸工程也会在冰排撞击作用下发生破坏,丧失防护功能。研究冰排的运动规律,进而保护河岸意义重大。丁坝作为治河建筑物会明显改变水流条件,而冰排随水流而动,丁坝的存在必然会对冰排的运动产生影响。通过室内试验的方法研究了在河流凹岸布置丁坝后冰排的运动特性,比较了5种不同丁坝布置形式对冰排运动的影响。试验研究表明:从防冰效果看,双丁坝的布置方案要优于单丁坝布置方案;单丁坝布置方案中,弯道60°布置位置最佳;弯道首、尾部的双丁坝布置形式中,长丁坝的布置形式较短丁坝布置形式效果更好;在弯道后加置1~2个短丁坝可以使双丁坝布置形式的防护效果达到最佳。

关 键 词: 丁坝; 冰排; 防冰结构; 护岸

中图分类号: TV875 **文献标志码:** A **文章编号:** 1009-640X(2018)02-0061-06

相关资料显示,黑龙江平均最大冰厚可达0.92 m,实测最大冰厚达到3.05 m,冰层坚固,加之黑龙江沿岸很多地段河床松散,抗冲能力差,每次开江冰排的撞击和磨蚀对江岸和护岸结构都会造成不同程度的破坏,直接导致河岸坍塌或江岸稳定性的削弱,黑龙江作为中俄界河,其河岸退岸就意味着国土损失。据调查,792 km的黑龙江干流大兴安岭段,有24处长达36 km的江岸,由于多年冰凌冲撞,坍塌严重,据实测资料估算,每年大兴安岭段因为冰凌撞击而造成的国土流失达90多万m^3,损失面积达10.8万m^2,看似微不足道,但日积月累,积微成著,所造成的损失就不可忽视了。

黑河市、呼玛县、塔河县、漠河县等黑龙江上游县市的现场调研表明,这些地区的护岸工程饱受冰排破坏之苦,为了抵御冰排破坏,保护护岸工程,当地水务部门采取了多种措施,其中之一就是在易受冰排撞击的弯道处修建丁坝,改善局部水流条件的同时引导冰排撞向丁坝,进而保护弯道中的护岸,防护效果很好,但丁坝尺寸和布置方式缺乏科学的设计依据。调研相关资料发现关于应用丁坝保护弯道护岸工程以及丁坝条件下冰凌流动特性的研究未见报道。文献[2]中介绍了挪威北部赫斯特佛斯水电站和曼尼托巴水电公司在丘吉尔河调水工程中应用丁坝防冰害的案例,案例中丁坝的防冰原理是壅高上游水位,降低上游水流流速从而加速冰盖的形成,拦截絮状冰,消除絮状冰对水电站进水口堵塞的威胁,与本文的应用目的不同;张可[3]通过水槽试验,结合理论分析,研究了不同来流条件和不同结构形式丁坝附近水流水面线、流速、断面比能和紊动特性,详细分析了不同坝体结构型式其周围紊动能和紊动强度分布的规律;徐晓东[4]得到Fr,B/b和B/h变化时的非淹没正交双体丁坝布置间距阈值的变化规律;Kuhnle等[5]也试验研究丁坝挑角对局部冲刷规律的影响;Mashedi等[6]开展了180°弯道上设置T型丁坝后水流的冲刷堆积特性,Sharma等[7]针对弯曲河道丁坝

收稿日期: 2017-05-16
基金项目: 黑龙江省重大科技招标项目(GA14A501)
作者简介: 常俊德(1982—), 男, 吉林梅河口人, 高级工程师, 硕士, 主要从事工程冻土及抗冻技术研究。
E-mail: junde1903@126.com

后的水流绕流特性进行了专门研究。以上文献研究了顺直和弯曲河道上丁坝不同结构对流场、流速、坝后绕流、泥沙冲淤等的影响规律,未涉及到水体表面有浮冰或其他漂浮物时的运动规律;王军[8]介绍了一种利用180°水槽开展冰塞堆积特性的试验研究方法,模型冰由石蜡制作,形状为圆形;以此 180°水槽为研究平台,对多种弯道段的冰塞堆积现象以及临界弗汝德数的确定做了研究,并提出了实验室条件下的弯槽段冰塞体形成与否的临界 *Fr* 数[9];汪涛等[10]对比研究 *S* 型弯槽和直槽冰塞形成条件,提出弯槽段冰塞形成的临界 *Fr* 值大于直槽临界 *Fr* 值,弯槽段能形成冰塞的 *Fr* 值范围大于直槽。以上研究,涉及了直河道、180°弯道和 S 型连续河道冰塞现象的试验研究,重点关注的是颗粒冰在冰盖形成前后的堆积过程;王军等[11]对桥墩影响下的冰塞水位变化进行了试验,得到桥墩墩径对断面堵塞和水位变化的影响关系;刘涛[12]借助水槽试验,研究了桥墩对冰颗粒堆积演变过程。桥墩对冰颗粒堆积的影响与丁坝对块冰堆积的影响过程不同,前者是非连续性影响,后者则相反。刘炳慧等[13]开展了松花江上丁坝、潜坝、顺坝等整治建筑物受冰害破坏机理的研究,提出了适合松花江不同类型整治建筑物采用不同材料、结构和布置形式的防冰措施,并提出了改进方法,该研究重点是如何保护丁坝在冰排撞击下不被破坏,与本文通过丁坝保护河岸的研究目的不同。以上研究工作多集中在丁坝和丁坝群作为治河建筑物的水流特性以及如何提高丁坝自身防冰性能上,本文则将弯道、丁坝、块状冰排等要素综合考虑,针对河道中 90°弯道水流条件,开展了丁坝的布置形式对于冰排演进影响的试验研究,相关成果可为工程设计提供参考。

1 试验描述

1.1 模型制作

本试验在黑龙江省水利科学研究院水工试验大厅进行。利用某水库溢洪道水工模型的供水系统、量水系统、库区空间、泄水和回水系统进行试验。试验的主体结构为一个 90°弯道水槽,断面为矩形,水槽宽 110 cm,高 30 cm,弯道外弧半径 *R* 为 160 cm,两侧与底面均由砖砌筑,水泥砂浆抹面,表面平整,丁坝采用不透水的复合木板,在砌筑弯道水槽两侧时,预先在砖墙内埋置木方,以便丁坝在不同位置处能够安置。丁坝采用金属直角连接件和螺丝固定于弯道水槽两侧的木方上,丁坝木板与侧墙和底板之间用橡皮泥填缝,保证接触边界不透水,试验中为了使水流条件更稳定,在入口处放置稳水栅,试验模型全貌如图 1 所示。

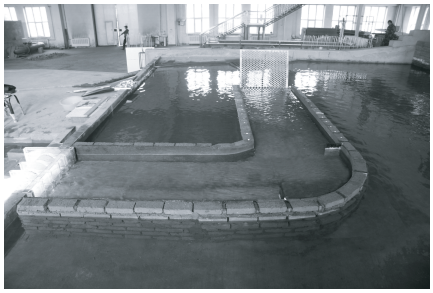

图 1 试验模型平面

Fig. 1 Plan of test model

根据模型相似理论要保证模型冰与原状冰运动相似需满足模型冰的密度与真冰密度相同的条件,天然河冰的密度通常为 $\rho=0.917\ \mathrm{g/cm^3}$,本次采用密度为 $0.90\ \mathrm{g/cm^3}$,厚度为 1 cm 的密度板模拟模型冰,将密度板切割为形状不一的块体,边长为 4~8 cm 不等,表面用自喷漆染成白色,为防止密度板吸水膨胀,在密度板的切口涂薄层玻璃胶作防水处理,为保证模型冰密度相似,各工况结束后称量模型冰的质量,当模型冰密度超过 $0.95\ \mathrm{g/cm^3}$时,重新制作新批次的模型冰,试验中共更换使用了 3 批次模型冰。

1.2 数据采集系统

本试验对各种工况进行流场的测定与不同时刻下冰块运动的监测,采用黑龙江省水利科学研究院开发的《冰排流场测量与分析系统》。冰排流场测量与分析系统是基于粒子图像测速技术(PIV)中的粒子跟踪测速技术(PTV)研制开发的大范围同步测速系统,是专门为冰运动学发展研究开发的适用性良好的系统,它可以分辨冰块的几何形状,连续采集和记录冰块在水体中的运动状态,用于水工、河工模型冰排流场的测量与分析,包括流速、几何参数、运动轨迹和破碎跟踪等参数的自动量测。

1.3 试验过程

试验步骤如下:①打开供水阀门,调整供水流量,控制试验区内的水位为 0.18 m,水流速度为 0.2 m/s;

②将模型冰均匀地排布在横跨水槽的木板上，排布区域用 105 cm×60 cm（长×宽）的木质框架围挡，排好后去掉围挡；③待水流稳定后，开启采集系统，然后用推板匀速推动排布在木板上的模型冰块入水，保证每次推完模型冰的用时为 5 s；④待全部模型冰流出试验区或采集时间达到 150 s，停止采集，保存数据；⑤回收模型冰，重复步骤②~④，每种工况试验次数为 10 次。

1.4　试验工况

本次共设计了 6 种试验工况，各工况的试验特征见表 1。

表 1　试验工况

Tab. 1　Test conditions

工况	丁坝数量/个	丁坝尺寸/cm	布置位置	工况	丁坝数量/个	丁坝尺寸/cm	布置位置
1	0	0	无	4	1	40	弯道 60°
2	1	40	弯道首部	5	2	40	弯道首部和尾部
3	1	40	弯道 30°	6	2	20	弯道首部和尾部

2　试验结果与分析

2.1　工况 1 结果分析

工况 1 下，弯道流线与弯道几何形状一致，如果不考虑风等因素影响，在进入弯道前冰块运动轨迹与流线一致，图 2（a）所示水流中线靠近凸岸流速要比凹岸侧快，导致该位置冰块运动较快，进入弯道后该侧冰块由于惯性作用，冰块运动轨迹脱离流线与下游直线段发生碰撞而后贴着河岸向下游运动；而水槽中线靠近凹岸一侧的冰块则会与凹岸一侧的弯道发生碰撞并沿凹岸边界随水流运动对凹岸造成磨蚀，在没有丁坝存在的情况下，弯道凹岸从弯道起始位置开始一直到弯道结束进入直线段后约 1.5R 范围内都会受到冰排的撞击和较强烈的磨蚀作用。

(a) 5 s时冰排运动　(b) 15 s时冰排运动　(c) 20 s时冰排运动

图 2　工况 1 冰排分时运动状态

Fig. 2　Time-sharing motion state chart of ice floes under working condition 1

2.2　工况 2 结果分析

工况 2 丁坝布置的目的是减弱上游冰排对凹岸弯道的碰撞破坏。由图 3 可以看出，在弯道首部布置单一丁坝，可以有效防止丁坝后弯道受到上游冰排的直接破坏，其中 90% 的冰排都会与保护区外的下游直道发生碰撞，撞击位置较为集中，且碰撞连续，大概率撞击位置为弯道末端后 0.2R。这是因为水槽中布置丁坝束窄了水流，使得丁坝断面流速加大，冰排的动能增大同时冰排运动的方向也趋向一致，导致冰排对下游护岸碰撞点较为集中。此工况下，弯道护岸得到保护，但由于断面束窄后冰排动能增大，集中撞击的位置承受了更大的撞击力，加重了该处的撞击破坏程度。试验中发现，有极少（约 1%~2%）的冰排会进入丁坝后侧的回流区内，沿凹岸弯道向上游运动，这部分冰排对沿岸造成轻微的磨损。

(a) 15 s时冰排运动　(b) 25 s时冰排运动　(c) 45 s时冰排运动

图 3　工况 2 冰排分时运动状态

Fig. 3　Time-sharing motion state chart of ice floes under working condition 2

2.3　工况 3 结果分析

工况 3 丁坝布置形式是基于对工况 2 冰排与护岸碰撞位置较为集中现象的优化考虑，冰排分时运动状态如图 4 所示。试验中观察到：此工况下丁坝上游的回水区较工况 2 增加了 1 倍以上，冰排在靠近丁坝时速度明显变小，只是在后续冰排的推动下慢慢堆积在丁坝前，此工况下丁坝前堆积的冰排是工况 2 的 3 倍以

上,该工况下堆积在丁坝前的冰排起到了保护凹岸弯道的作用同时对丁坝的撞击破坏程度更小;由于弯道处的水槽有效断面宽度相较于直道段有效断面宽度更大,丁坝束窄水流的作用会减弱工况 2,上游冰排对下游凹岸直道的碰撞区域较工况 2 要更加分散,大概率撞击区域为弯道末端后 0.8R~1.5R;丁坝位置向下游的移动缩小了丁坝后回流区的范围,随即减小了回流区范围内冰排对凹岸弯道的冲刷磨损。因此,该丁坝布置形式可以起到保护凹岸弯道受到直接碰撞、减弱其受到的冲刷磨损以及减轻下游凹岸直道段集中破坏的作用。

2.4 工况 4 结果分析

工况 4 将单一丁坝布置在弯道 60°的位置,继续观察冰排运动现象,试验现象如图 5 所示。试验中发现:由于丁坝的布置向下游移动,丁坝前回水的范围小于工况 3 的情况,水槽中线靠近凹岸一侧冰排大部分会撞击丁坝,然后随坝头水流向下游运动,极少部分冰排与凹岸下游直线段发生碰撞,撞击位置与工况 3 基本相同,小部分冰排被滞留在丁坝前,弯道首部起至 0.3R 范围内的弯道受到了冰排的直接撞击,但撞击力度较轻;水槽中线靠近凸岸一侧的冰排则直接向下游运动,且运动轨迹位于水槽中线附近,没有与护岸发生碰撞;该布置形式将直接碰撞下游护岸的冰排数量减少了 90%左右。

2.5 工况 5 结果分析

工况 5 采用在弯道首部、尾部各布置 1 个正挑丁坝的双丁坝布置形式,冰排分时运动如图 6 所示。试验中观察到:弯道首部的丁坝可以有效阻挡上游冰排对凹岸弯道的直接碰撞,现象与工况 2 相近,而弯道尾部处的丁坝十分明显地改变了工况 2 冰排集中碰撞弯道下游直道的现象,使得冰排的运动角度更趋于与水槽方向平行,极少部分冰排与下游直道区发生了接触,但是撞击程度明显减轻;两丁坝之间会形成一个较大的逆时针回流区,水槽中线靠近凹岸一侧的冰排(总冰量的 50%左右)都会与弯道尾部处的丁坝发生碰撞并进入回流区,20%左右的冰排在回流区滞留一段时间后会流出回流区;但由于丁坝长度较大,丁坝处的过水断面约减小至之前的 60%,大范围的束窄断面,如遇到河道深度较浅或特殊地形时,易造成过水断面不足,增大了发生冰塞的风险。

2.6 工况 6 结果分析

工况 6 为双丁坝布置,将原来 40 cm 的丁坝长度减小至 20 cm,冰排分时运动状态如图 7 所示。试验中观察到:冰排整体的运动现象与工况 5 相似;靠近凹岸一

(a) 15 s时冰排运动 (b) 25 s时冰排运动 (c) 30 s时冰排运动

图 4 工况 3 冰排分时运动状态

Fig. 4 Time-sharing motion state chart of ice floes under working condition 3

(a) 25 s时冰排运动 (b) 35 s时冰排运动

图 5 工况 4 冰排分时运动状态

Fig. 5 Time-sharing motion state chart of ice floes under working condition 4

(a) 20 s时冰排运动 (b) 25 s时冰排运动 (c) 40 s时冰排运动

图 6 工况 5 冰排分时运动状态

Fig. 6 Time-sharing motion state chart of ice floes under working condition 5

(a) 20 s时冰排运动 (b) 30 s时冰排运动 (c) 55 s时冰排运动

图 7 工况 6 冰排分时运动状态

Fig. 7 Time-sharing motion state chart of ice floes under working condition 6

侧约占水槽宽度 1/5 范围内的冰排会被弯道首部的丁坝阻挡，向下游运动时会进入两丁坝之间的回流区内，相比较工况 5 的情况，会有更多的冰排运动至下游；运动至下游的冰排大部分会与凹岸下游直道发生碰撞，碰撞强度明显大于工况 5，可见，丁坝长度的缩短，降低了双丁坝布置形式防止冰排撞击凹岸下游直道段的能力，但由于丁坝长度减小，对水流的束窄作用明显减轻，冰塞的风险大大降低。

2.7　结合多工况的综合分析

（1）丁坝数量的影响。从冰排的运动形态来看，双丁坝的防护效果要优于单丁坝，即丁坝数量越多，防冰效果越好，这是因为：双丁坝可以看成是两个单丁坝的叠加，防冰排效果要大于单丁坝的效果，以此类推每增加 1 个丁坝都会加大效果。就双丁坝而言，首、尾端布置方式只是一种选择，并不一定为最佳，河道的弯曲程度、丁坝数量、首丁坝的布置位置和丁坝的间距以及丁坝长度等是影响双丁坝甚至丁坝群防冰效果的主要影响指标，选用怎样的双丁坝布置形式需要针对不同的实际工程开展更细致的试验研究。

（2）丁坝位置的影响。对于单丁坝布置形式，弯道 60°位置上布置正挑丁坝，既减弱了上游冰排对凹岸弯道的直接撞击，又几乎阻碍了全部向下游运动的冰排对直道的碰撞，该布置方式更加合理。可以推测，弯道 60°一定不是唯一最优的，因为只要存在丁坝，就一定会产生影响，这就产生了一个最小值，在河道曲率的影响下，丁坝影响区形态、范围会发生变化，但其最大影响范围不会超出直道时的影响区域，这就产生了一个最大值，最小值和最大值决定了丁坝最优布置位置应该会存在一个区间，弯道 60° 只是区间中一个较佳的位置，如果不具备大量试验的条件，可以选择弯道 60°位置布置丁坝。

（3）丁坝长度的影响。丁坝长度的影响是显而易见的，丁坝越长，坝前、后的影响区就越长，保护前、后岸坡的功能就越强，但丁坝越长束窄河道的程度越高，发生冰塞的概率越高，冰塞和冰排撞岸是河道冰害的不同类型，相比之下冰塞一旦发生破坏力惊人，因此丁坝长度的确定要综合考虑冰塞的影响，冰排形态、断面形态和水文条件等都是影响冰塞的因素，本次试验采用平河底、高水位、小冰块，同时河道束窄系数较小，没有观测到冰塞现象，丁坝长度对冰塞的影响规律需要开展更多针对性的试验。

3　结　语

在弯道凹岸布置冰坝可以起到削弱冰排撞击河岸的效果，特别是弯曲河道段，在流冰密度相同的情况下，丁坝数量、布置位置、丁坝长度是影响丁坝防冰排撞击效果的主要因素，一般规律是长丁坝要优于短丁坝，双丁坝优于单丁坝，而布置位置应存在一个最优的区间。

就试验中采用的单丁坝布置形式来说，长丁坝要优于短丁坝，弯道 60°处的布置位置要好于弯道 30°和弯道首部，弯道 60°处的布置位置是最优布置区间的一种较优方案。对于弯道首部、尾部各布置一个正挑丁坝的双丁坝布置形式，丁坝长度占水槽宽度的 1/3 左右时效果更好，如果在下游直道段加设 1~2 个丁坝，可以巩固和强化防护效果。丁坝越长束窄河道的程度越高，形成冰塞的风险越高，工程应用时，应开展针对实际工程的模型试验研究，在确定的河道条件、水文条件、冰情条件下，优化丁坝数量、布置位置和丁坝长度，以达到冰塞风险和防冰效果的平衡。

参　考　文　献：

[1] 沈洪道. 河冰研究[M]. 霍世青，李世明，饶素秋，等译. 郑州：黄河水利出版社，2010.（SHEN Hungtao. Research on river ice[M]. Translated by HUO Shiqing, LI Shiming, RAO Suqing, et al. Zhengzhou: Yellow River Water Resources Press, 2010.（in Chinese））

[2] 美国陆军工程兵团. 河冰管控工程设计手册[M]. 汪易森，杨开林，张涣，等译. 北京：中国水利水电出版社，2013.（US Army Corps of Engineers. Engineering and design-ice engineering [M]. Translated by WANG Yisen, YANG Kailin, ZHANG Bin, et al. Beijing: China Water and Power Press, 2013.（in Chinese））

[3] 张可. 不同结构型式丁坝水流特性研究[D]. 重庆：重庆交通大学，2012.（ZHANG Ke. The study on the flow characteristics around spur dikes of different structures[D]. Chongqing: Chongqing Jiaotong University, 2012.（in Chinese））

[4] 徐晓东. 非淹没正交双体丁坝的水流特性及作用尺度研究[D]. 杭州：浙江大学，2013.（XU Xiaodong. Study on flow characteristics and impact scale of non-submerged[D]. Hangzhou：Zhejiang University，2013.（in Chinese））

[5] KUHNLE R A，ALONSE C V，SHIELDS F D J. Local scour associated with angled spur dikes[J]. Journal of Hydraulic Engineering，2002，128(12)：1087-1093.

[6] MASJEDI A，DEHKORDI V，ALINEJADI M，et al. Experimental study on scour depth in around a T-shape spur dike in a 180 degree bend[J]. Journal of American Science，2010，6(10)：1146-1152.

[7] SHARMA K，MOHAPATRA P K. Separation zone in flow past a spur dyke on rigid bed meandering channel[J]. Journal of Hydraulic Engineering，2013，138(10)：897-901.

[8] 王军. 初始冰塞厚度与水流条件及冰流量关系的试验研究[J]. 水利水运科学研究，1999(4)：385-389.（WANG Jun. A study on the relationship about initial ice jam thickness with its stream conditions and ice discharge[J]. Journal of Nanjing Hydraulic Research Institute，1999(4)：385-389.（in Chinese））

[9] 王军，高月霞，尹运基，等. 弯槽段冰塞形成及其厚度分布的试验研究[J]. 冰川冻土，2007，29(5)：764-769.（WANG JUN，GAO Yuexia，YIN Yunji，et al. An experimental study of ice jam formation and its thickness distribution in a curved channel[J]. Journal of Glaciology and Geocryology，2007，29(5)：764-769.（in Chinese））

[10] 汪涛，陈胖胖，李淑祎，等. 弯槽段冰塞形成临界条件的试验研究[J]. 南水北调与水利科技，2016，14(6)：87-90.（WANG Tao，CHEN Pangpang，LI Shuyi，et al. Experimental study of critical condition of ice jam formation in a curved channel[J]. South-to-North Water Transfers and Water Science and Technology，2016，14(6)：87-90.（in Chinese））

[11] 王军，陈胖胖，杨青辉，等. 桥墩影响下冰塞水位变化规律的试验[J]. 水科学进展，2015，26(6)：867-873.（WANG Jun，CHEN Pangpang，YANG Qinghui，et al. Impact of bridge piers on ice jam stage variation：an experimental study[J]. Advances in Water Science，2015，26(6)：867-873.（in Chinese））

[12] 刘涛. 桥墩对水内冰冰塞演变过程影响的试验研究[D]. 合肥：合肥工业大学，2014.（LIU Tao. Experimental study on the influence of bridge-piers on frazil ice jam evolution process[D]. Hefei：Hefei University of Technology，2014.（in Chinese））

[13] 刘炳慧，管效仲，鞠文昌. 松花江航道整治建筑物防冻防冰措施研究[J]. 水道港口，2009，30(3)：187-190.（LIU Binghui，GUAN Xiaozhong，JU Wenchang. Anti-icing method of regulating structures in Songhua River[J]. Journal of Waterway and Harbor，2009，30(3)：187-190.（in Chinese））

Experimental study of layout of spur dike as ice-proof structure in curved channel

CHANG Junde[1,2]，ZHANG Bin[1,2]，SUN Yao[3]，ZHANG Shoujie[1,2]

（1. *Heilongjiang Provincial Hydraulic Research Institute*，*Harbin* 150080，*China*；2. *Heilongjiang Seasonal Frozen Soil Region Engineering Frozen Soil Key Laboratory*，*Harbin* 150078，*China*；3. *Harbin Engineering University*，*Harbin* 150001，*China*）

Abstract：The concave bank of curved channel is easily eroded or collapsed under the impact of ice floes，and its bank revetment will also be damaged and lose its function of protection under the impact of ice floes. If it happens to a boundary river，the riverbank retreat caused by impact of ice floes means the loss of national territory. So the study of the pattern of ice floes movements has essential meaning in the protection of river banks. The spur dikes as river control constructions can significantly change flow conditions. As ice floes move with water flows，the existence of spur dikes will inevitably influence the movements of ice floes. The characteristics of ice floes movements after layout spur dikes at the concave bank of curved channel are studied through laboratory experiments. The influences of ice floes movements of five different layout types of spur dikes are compared. The research results show that，the double spur dike layout is superior to the single spur dike layout in ice defense effect；in the single spur dike layout the best layout position is 60 degree of the curved channel；the long spur dike is superior to the short spur dike in double spur layout of the head and rear of the curved channel；the add of 1 ~ 2 short spur dikes at the back of the curved channel will optimize the protection effect of the double spur dike layout.

Key words：spur dike；ice floes；ice-proof structure；revetment