

doi: 10.7690/bgzd.2014.10.008

防凌破冰方法综述

刘一川, 刘彬, 吴巍屹
(军械工程学院装备指挥与管理系, 石家庄 050003)

摘要: 凌汛作为一种重大自然灾害形式, 会对人民生命财产安全带来严重威胁和巨大损失, 防凌破冰方法一直受到学术界的高度关注。对流量控制、爆破和机械破冰这3种防凌破冰方法的优缺点进行对比分析。结果表明: 机械破冰方法具有高效率、低费用、环保、安全等优势, 具有较大应用潜力, 应加强重点研究。

关键词: 凌汛; 破冰方法; 流量控制; 爆破; 机械破冰

中图分类号: TP302 **文献标志码:** A

Overview of Ice-Flood Control and Icebreaking Method

Liu Yichuan, Liu Bin, Wu Weiyi

(Department of Equipment Command & Management, Ordnance Engineering College, Shijiazhuang 050003, China)

Abstract: Ice-flood is a kind of significant naturally calamity form, which may bring serious threat and huge loss with the people's life safety and property safety. Ice-flood control and icebreaking method always be got high solicitude by the academic circle. There are three kinds of methods: flow control method, blasting method and mechanism icebreaking method. In this paper, the good shortcomings of these methods are analyzed, and the mechanism icebreaking method is thought to be the best one, which has the following advantages: high efficiency, low cost, environmental protection, safety and so on. The method has the greater application potential, and the more research is needed to carry out in the future.

Keywords: ice-flood; icebreaking method; flow control; blasting; mechanism icebreaking

0 引言

凌汛灾害作为我国特有的重大自然灾害形式之一, 一直得不到有效遏制, 给流域人民的生命财产安全带来了严重威胁和损失。进入新的历史时期, 随着经济社会的快速发展, 财富逐年积累, 加之气候变化异常、凌汛成多发态势, 凌汛灾害损失越来越重, 政治、经济、社会影响越来越大, 防凌工作已成为我国冬春季防汛工作的头等大事。鉴于近年来我国连续发生凌灾, 严重威胁人民生命财产安全的实际, 党中央、国务院、中央军委把防灾减灾工作列入了重要议事日程。中央军委着眼履行新时期新阶段军队历史使命, 提高应对多种安全威胁、完成多样化军事任务的能力, 提出了支援地方抢险救灾作为部队担负非战争军事行动的基础任务之一。

目前所用到的防凌破冰方法可以概括为流量控制方法、爆破方法和机械破冰方法3类。笔者将在阐述这些方法的基础上, 对其进行对比分析, 从而为我国采取防凌破冰措施提供方法依据。

1 现行防凌破冰方法分析

1.1 流量控制方法

流量控制方法是指在凌汛期间控制河道流量,

使河道形成合理的冰盖高度, 以利于封冻河段的水流下泄。该方法在我国主要体现在水库防凌的运用, 其机理在于通过在封河前调节水库, 加大其下泄的流量, 尽量推迟封冻时期; 河道稳定封冻后, 控制水库的下泄流量, 逐步减退下游河槽蓄水量; 在开河前, 根据冰情和水情的预报, 提前控制水库的下泄水量, 削减河槽蓄水量与凌峰流量, 从而保证安全开河。具体包括3种调节方式:

1) 预防性调节。水库在凌汛前预蓄一定水量, 流凌结冰初期, 在下游河段不致产生漫滩、冰塞等危害的前提下, 适当加大河道的流量, 增强水流流动, 以缩短封冻期。例如, 黄河流域的刘家峡水库和三门峡水库, 在凌汛期间, 按上述原则调节下泄流量, 对其下游防凌起到了较好效果。

2) 应急性调节。在下游河道发生卡冰、冰坝等危险, 出现壅高水位, 危及到堤防安全时, 应该大幅度地减少下泄流量, 必要时可以关闸断流, 迅速制止水位上涨, 减小或避免发生灾害。如果水库有足够的调节库容, 与发电等矛盾不突出时, 可采用全凌汛期控制。如果库容不足, 则宜采取分阶段控制, 如黄河三门峡水库, 因防凌库容有限, 主要采取了分阶段控制运用方式。

3) 水温调节。水库在封冻期时的深层水温可达

收稿日期: 2014-05-30; 修回日期: 2014-06-29

基金项目: 国家“十二五”科技支撑计划课题(2011BAK09B02)

作者简介: 刘一川(1979—), 男, 河北人, 硕士, 工程师, 从事装备论证与试验、装备保障信息化研究。

2°~3°，在水库下泄过程中，其热量散发有一个持续的过程，随下泄流量、水温等水文气象因素而不同。例如，小浪底水库随着防凌库容的增大，调控能力逐渐增强，出库水温升高，使下游相应河段的封河长度减少了近 1/3，冰凌险情有所减轻。

1.2 爆破方法

为了防治冰凌灾害的发生，对冰凌、冰坝等危害实施爆破破碎已成为一种疏通河道、预防卡冰结坝等险情发生的有效方法。主要的爆破方法包括飞机轰炸、地面炮击、人工爆破和精准爆破等方法。

1) 飞机轰炸。主要是与空军协调飞机对冰凌进行轰炸，首先顺着河流方向确定航线，然后瞄准主流中心线，从堆冰和冰坝的下游一侧开始投弹轰炸，弹着点沿主流中心线呈直线分布向堆冰或冰坝的纵深延伸。炸弹穿过冰层在水下爆炸，爆炸力强，波及面较大。炸点从下游向上游方向推进，一般炸到堆冰和冰坝顺流总长度的 1/3 至 1/2 处即可停止，剩余部分的堆冰失去前端支撑，并且经过前几轮爆炸波的冲击会陆续自溃^[1-2]。

2) 地面炮击。近年来，我国主要使用大口径火炮进行炮击，这种方法比飞机投弹的威力要小一些，但由于精度较高，通过轮番的炮击，可以较好实现冰凌的爆破。例如，2008—2009 年，内蒙古自治区就连续 2 次调请炮兵部队，通过炮击，避免了洪量集中，使蓄水量可以均匀释放^[3]。

3) 人工爆破。用炸药包炸冰有 3 种情况：① 针对有足够厚度、整体性好的未活动冰体，通过爆破人员上冰打孔装药实施爆破；② 抛射爆破，即利用专门抛射器把炸药包抛到冰上爆破^[4]；③ 利用气垫船载人直接上冰爆破。文献[3]提出了一种利用气垫船和聚能药包的水下爆破方法。首先应用气垫船

做载体，在所需位置布置聚能爆破药包，聚能药包的作用是造孔；之后气垫船再次上坝，在已经成孔的冰穴内投放炸药包，然后实施人工起爆，达到高效破冰的目的。聚能药包每个自重 2~3 kg，能够击穿厚达 1 m 的冰盖，形成冰穴，采用遥控或有线引爆，安全可靠^[3]。

4) 精准爆破方法。精确爆破方法主要是指在爆破过程中实施精准控制，限制爆破范围，防止产生次生危险。该方法主要包括两级差时破冰弹和潜水爆破带 2 种方式。两级差时破冰弹的工作原理是：设立两级弹药，第 1 级为穿孔弹，在炸开一个孔后，让第 2 级弹深入水中一定深度，并延水流方向前进一定距离后爆炸，经多次试验验证，其爆破效果良好，可用于开凿流凌通道、排除险情等情况。潜水爆破带的工作原理是：利用输水管带将爆破用乳化炸药进行封装，并通过爆破带将爆破炸药输送至预定位置，主动将可能形成凌汛危害的河段冰层进行爆破瓦解，从而消除可能的隐患。

1.3 机械破冰方法

机械破冰方法指运用机械设备来破坏冰层的方法。在美国陆军工程师团出版的《河冰管控工程设计手册》中，将机械破冰机列为破除冰坝的重要方案^[5]。例如，芬兰政府和 Mobimar 公司开发了一种型号为 ICESAW 的 168 kW、重达 8 t 的水陆两栖破冰车。20 世纪 90 年代以来，它成为芬兰主要防止凌汛的手段之一；1996 年，它在芬兰的 9 条河流中使用，完成切割长度 146 km。Tsykin 描述了用于前苏联破冰的一种冰犁，它能够在冰盖上形成三角形沟槽，且沟槽深度一般为冰层厚度的 2/3 左右，充满水的沟槽有利于热能向下传递，有利于下层冰缓慢融化^[6]。图 1 描述了 2 种机械破冰机的工作状态。



(a) 加拿大 Amphibex 挖掘机靠自身重量压碎冰盖



(b) 芬兰水王 Watermaster 挖掘机

图 1 2 种机械破冰机

冰盖破碎需要多种手段配合使用，例如破冰船、水陆两栖破冰机等方式。破冰船一般在冰盖的下游，

从冰盖下游起破冰，加速冰盖上游的破碎。施加以较大流速，如果冰块宽度小于河流宽度的 1/4，破

碎冰将会随水流一起移动。但是破碎冰移动时，破冰船仍要监测移动过程，防止碎冰靠岸出现冰塞。

河道动力破冰机也是一种机械防凌破冰装备承载平台，它具有两栖作业功能，即使在较浅或淤泥较多的河流中也能运转自如，无需其他辅助设施。河道动力破冰机的作业分为运输、下车、下河、破冰、上岸和上车 6 个阶段。破冰机在陆地上可以用平板车搬运，如果冰层厚度为 40~50 cm，河道破冰机的破冰效率为 $2\ 000\ \text{m}^2/\text{h}^{[4]}$ 。

目前，我国在机械破冰方面也进行了相关应用，例如黄河下游就曾采用破冰船在开河前将重点冰盖破开，为顺利开河创造有利条件^[7]。破冰船破冰比人工爆破有明显优点：实施安全、节省物力、加快破冰速度。但在冰盖过厚时，破冰船由于功率限制，难以实施。1974 年以后，由于黄河下游河道水浅不能满足破冰船吃水条件，破冰船破冰未再使用^[8]。

山东东营利津黄河河务局的刘启等人研发了 HHLJ-II 型冰凌开孔器可以用于爆破前对冰凌的开孔，其具有性能稳定、易操作等优点，主要由连接轴、刃刀、螺母等器件构成^[9]。然而，这种开孔器的使用范围有限，仅可用于爆破前的辅助作业，无法大面积破冰。

采用机械破冰的另一个好处是可控性较好，即可做到需要破哪里就破哪里。例如，在桥墩附近，爆破破冰显然不可行，而机械破冰方法，可以将主溜线上的冰体清除，而保留桥墩附近的冰体，以减轻冰体撞击桥墩产生的危害作用。

2 方法对比分析

流量控制方法能够利用现有水利工程来进行防凌，但如果调度不合理则会起到一定的负面作用。因此，分清主次、合理调度水库就显得非常重要，一般在凌汛期间，灌溉用水应服从防凌的需要，在非凌汛期间，应当以灌溉用水为主。

爆破方法是目前在实际工作中使用较多的方法。飞机轰炸以弹片作为破坏工具，炸弹落点难以精确控制，飞射的弹片会影响周边环境及附近水电、交通等设施的安全，在河道狭窄、拐弯及水工建筑物、桥梁等附近冰坝极易形成之处，均很难实施准确的空中投弹作业；而局部爆炸能量的集中甚至会损坏河床，改变河道，引起岸堤滑坡。炮击破冰，普通弹药药量小，弹皮厚，能量利用率低、破冰效果有限，炮击破冰还会受到气象影响，能见度不好时，容易影响破冰的精度，也易产生附带损伤，并且重炮就位时间长，移动速度慢，易错过最佳破冰

时机。上述 2 种方法均需远距离调动部队，不仅受到复杂地形和恶劣天气的影响，而且只能在卡冰结坝后进行，不能在凌汛形成初期阶段施爆，存在一定安全隐患。同时，随着黄河沿岸公路、铁路桥梁和各种水利设施大量兴建，依赖飞机轰炸和炮击破冰实施难度越来越大。人工爆破作业因其危险性大，也很难组织实施。

相比较前 2 种方法，机械破冰方法具有高效率、低费用、安全、环保等优势，具有较大应用潜力。通过调研发现，国外已经在这方面做了较多的研究和应用，机械破冰装备具有两栖作业功能，即使在较浅或淤泥较多的河流中也能运转自如，无需其他设备辅助，在操作手的指挥下能够自由“下河、上岸”，实施快速破冰。而我国类似机械大多还处在论证、试验阶段。

3 结论

通过分析可知：机械破冰方法比起传统的破冰方法具有很多优点，建议各地方防汛指挥部门进一步投入经费，开展机械破冰装置用于防凌破冰实践的可行性研究，对机械破冰装置的适应性进行论证，包括机械破冰运输工具、下河方法、冰上水中行进、燃油可补给性、动力、冰上作业、照明器材、运输总质量、单位质量和人员分布等的论证。待条件成熟后，引进机械破冰装置并实际应用。

参考文献：

- [1] 佟铮, 马万珍, 王宁. 黄河凌汛期高能破冰弹的初步设计[J]. 爆破器材, 2004, 33(4): 34-37.
- [2] 佟铮, 马万珍, 王宁. 黄河内蒙古河段凌汛期爆炸破冰的基本方法[J]. 人民黄河, 2003, 25(12): 8-9.
- [3] 闫新光. 黄河破冰减灾应用研究[J]. 中国防汛抗旱, 2011(1): 17-20.
- [4] 丁留谦, 何秉顺, 闫新光. 破冰防凌新技术探讨[J]. 中国防汛抗旱, 2010(2): 19-24.
- [5] 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, 张滨, 等, 译. 北京: 中国水利水电出版社, 2013: 20-50.
- [6] Tsykin, E.N. Some new methods of ice destruction for the control of jams in back water areas of hydro-power stations[C]. In Proceedings, Canadian Society for Civil Engineering, May 27-28, Edmonton, Alberta, 1980: 1207-1219.
- [7] 陈云玲, 唐遵平, 郭本忠. 山东黄河凌汛成因及处理措施[J]. 科技信息, 2010(9): 365.
- [8] 蔡琳, 陈赞廷, 张锁成, 等. 中国江河冰凌[M]. 郑州: 黄河水利出版社, 2008: 1-313.
- [9] 刘启, 李荣生, 宫立新. HHLJ-II 型冰凌开孔器在黄河冰凌爆破中的首创应用[J]. 水利建设与管理, 2011(4): 26-28.