

头屯河水库防冰冻技术示范应用研究

曹建

自治区头屯河流域水利管理中心

DOI:10.12238/hwr.v9i2.6074

[摘要] 本文针对头屯河水库冬季严重的冰冻危害问题,研发了一套防冰冻技术,并在实际工程中进行示范应用。通过气液两相流理论,创新性地设计了水下防冰工作装置,有效消除了水库进水塔、交通桥桥墩等区域的冰荷载,保障了水库在寒冷复杂条件下的安全运行。本文详细介绍了项目背景、技术路线、主要性能参数与相关指标、与目前类似平行技术比较、运用成果的优越性、可操作性、可靠性、可复制性在实践中的作用及实际运用中的推广前景。

[关键词] 头屯河水库; 防冰冻技术; 气液两相流; 冰荷载; 安全运行

中图分类号: P343.3 **文献标识码:** A

Research on Demonstration Application of Anti-icing Technology for Toutunhe Reservoir

Jian Cao

Water Conservancy Management Center of Toutunhe River Basin, Autonomous Region

[Abstract] This paper addresses the severe icing hazard during winter at Toutunhe Reservoir and presents the development and demonstration application of a set of anti-icing technology in practical engineering. Based on the gas-liquid two-phase flow theory, an innovative underwater anti-icing device is designed, effectively eliminating ice loads in areas such as the reservoir's intake tower and traffic bridge piers, thus ensuring the safe operation of the reservoir under cold and complex conditions. This paper provides detailed introductions to the project background, technical route, main performance parameters and related indicators, comparison with current similar parallel technologies, the superiority, operability, reliability, and reproducibility of the applied results in practice, as well as their role and promotion prospects in actual applications.

[Key words] Toutunhe Reservoir; anti-icing technology; gas-liquid two-phase flow; ice load; safe operation

引言

头屯河水库冬季冰冻问题严重,对水工建筑物造成不同程度的损坏。为解决这一问题,本文提出了头屯河水库防冰冻技术示范应用项目,旨在通过技术创新,确保水库在冬季的安全运行。

1 项目背景与技术原理

1.1 项目背景

头屯河水库地处高寒地区,面对冬季冰冻危害,以往头屯河水库冬季冰期运行过程中,通过人工破冰、电发热灯珠照射等方法消除冰荷载对水工建筑物的破坏,但破冰效果不理想。每年耗费大量的人力和物力,且劳动强度大,作业环境恶劣,效率不高,冰上作业存在安全作业隐患。针对这一现状,结合头屯河水库工程现场工况及防冰需求,确保工程能在冬季的安全运行,研发出一套先进、可靠、有效的防冰新技术、新方法,该技术方法于2017年被《水利先进实用技术重点推广指导目录》所收录。

1.2 应用领域及技术原理

应用领域: 水工建筑物、闸门、交通桥梁、景观工程、港口码头。

技术原理: 该技术是创造性地采用气液两相流理论研发的防冰(消除冰荷载)新技术。该技术是在气泡理论研究的基础上,通过气源系统提供气源,向供气管路系统输送气源,利用升降机构将水下防冰工作装置布置在水库进水塔、交通桥桥墩、闸门井有效防冰区域内水下特定深度,在该区域内的水下生成符合形成流场要求的连续、充足的气泡群,使得作业区域内流动的水不易生成结晶核(冰核)或破坏掉已生成的结晶核(冰核),同时利用气泡和水密度不同,受到浮力上浮,出水后爆破的物理特性,将水下的热量带至表面,使该工作区域的水在过冷状态下也不会结冰。该措施保证工作区域内库面水始终处于液态,解决了寒冷地区建筑物受冰拔和冰推严重安全隐患问题。设备布置实景图见图2-1、2-2、2-3)

1.3 性能指标



图2-1设备布置实景图



图2-2设备布置实景图



图2-3设备布置实景图

实际达到的性能指标如下: 气泡防冰技术彻底消除水库进水塔四周冰荷载; 气泡防冰技术彻底消除交通桥桥墩四周冰荷载; 气泡防冰技术成功解决进水塔闸门井冻融问题; 气泡防冰技术有效保障水库在寒冷复杂条件下最基本的使用任务。

2 与国内外同类技术比较

2.1 同类技术简介

以桥墩为例, 目前, 解决冰冻问题的方法主要有以下几种:

(1) 人工除冰法: 人工破冰, 劳动强度大, 作业环境恶劣, 效率低, 冰上作业人员人身安全危险系数高, 极少采用; (2) 潜水泵除冰法: 该方法优点是结构简单, 前期投入少。但缺点也非常显著, 自动化程度低、冬季维护保养困难; 能耗过高; 在冬季水位发生变化时需随水位升降而不断做出调整, 增加现场运行工作量。(3) 电热法: 此法能耗过高, 不具有实用价值; (4) 泡沫板法: 水下施工难度大, 始终对抗浮力可靠性不高, 粘接不牢, 存在与水利建筑物脱离风险, 偶有运用。

因此本工程项目中采用一种新型的气泡防冰技术, 在特定水域内形成局部环流流场, 使流场内过冷水不能形成结晶体(冰

核), 弥补目前防冰技术手段中存在的技术缺陷, 实现冬季的防冰目的。

2.2 工程实际应用效果

根据头屯河水库进水塔、交通桥桥墩、闸门井的结构形式及所防冰范围为研究基础, 新型防冰技术于2022年冬季在新疆头屯河水库正式投运, 经过一个冰期的验证, 有效的消除了所防冰区域内水工建筑物的冰荷载, 保障了水库在寒冷复杂条件下最基本的使用任务。运行效果图见图3-1、3-2、3-3。

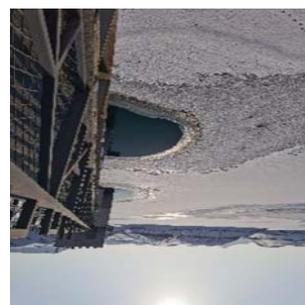


图3-1运行效果图



图3-2运行效果图



图3-3运行效果图

2.3 技术关键点与创新点

(1) 创新性的采用气液两相流理论研发出免维护水下防冰工作专利技术产品。(2) 水下汽包发生装置在冬季库水位变化时无需调整工作位置, 自动适应水位变幅工作。(3) 保证在冬季低温环境下消除库区涉水建筑物冰害问题。(4) 实时感知环境温度、系统自动分析, 自动切换工作模式。(5) 综合运行能耗低, 维护保养周期长、工作量小, 环境友好且无污染。

3 成果意义

3.1 创造性

本项目的成功实施是依托头屯河水库,采用气泡防冰新技术,在新疆地区首次实现进水塔与交通桥墩成功应用的防冰设备,彻底消除了头屯河水库进水塔、交通桥桥墩冰荷载问题,以及解决了进水塔闸门井的冻融问题,满足了水库冬季安全运行的需要,实现了先进实用水利技术成果的示范和推广,也将为其它类似工程或防冰技术研发工作提供专业性的技术支持和工程经验。

3.2 先进性

气泡防冰设备是具有知识产权的新技术、新方法,国内首创,入选了水利部《2017年度水利先进实用技术重点推广指导目录》,著名水利专家胡春宏院士对该技术在解决冰害的有效性方面给予充分肯定与高度评价。其技术特征鲜明、系统元件配置高、系统运行可靠性高、节能减排、维保简单。

3.3 经济效益和社会意义

(1)经济效益:减少冬季人工刨冰的工作量,避免人身事故发生。减少因冰害引起的防冰构筑物的结构破坏,节省修复资金。避免因修复工作对库区的蓄水影响,减少水资源的浪费,保持水环境平衡。(2)社会效益:符合水利科技发展需求,对水利水电工程冬季防冰害以及工程的安全运行提供强有力的技术支持。加强了防冰害工程技术的应用与推广,对于保障工程在冬季的安全运行有着积极的保护作用以及重大的建设意义,对推动防冰害技术领域的科技进步起到非常显著的社会效益。

4 推广应用

4.1 推广应用范围

气泡防冰技术在本头屯河水库的成功应用,是以消除水中进水塔(闸)、交通廊桥桥墩的冰荷载以及解决进水塔(闸)闸门井内冻融问题,保障闸门正常运行。此工程为典型工程案例。该防冰设备充分展现出其新技术、新产品、新材料和新工艺的先进性、可靠性、实用性和适用性,突出应用效果,有针对性地对水利科技成果开展技术示范、技术应用,集成配套,切实解决寒区水利工程运行问题,积极推动该技术成果在开发、转化和推广中的示范作用,推动全区水资源的高效利用,加快水利项目防冰工程的数字化、智能化建设,支撑当地经济社会的可持续发展,起到示范辐射与引领带动作用。

该技术还因其自身结构的灵活性、多变性等特点,在不同领域的防冰工程中都发挥着积极效应。以下将简单介绍其新型防冰技术在不同的防冰工程项目中应用情况:

①陕西榆林《王圪堵水库固定码头防冰系统工程》中气泡防冰技术成功应用;②新疆《萨尔托海水利枢纽重力坝防冰系统工程》中气泡防冰技术成功应用;③呼和浩特《大黑河杀虎口大桥至蒙牛大桥段景观工程防冰工程》中气泡防冰技术成功应用;④吉林《国网新源白山电厂红石站溢洪道弧门防冰工程》

中气泡防冰技术成功应用。

头屯河水库气泡防冰技术成功应用的工程案例只是防冰工程中较典型的工程案例,由于工程案例较多,在此不过多一一介绍说明。

4.2 应用前景

本工程核心专利技术通过水利部科技推广中心组织的《水工建筑物、露项闸门防冰技术》技术评价,得到胡春宏院士及与会专家的认可,认为:该技术与设备整体达到了国内领先水平,能够有效消除水利水电工程冰害对构筑物的破坏,在水利水电、水运交通等领域具有较为广阔的应用前景”。被评定为“水利先进实用技术”,并颁发推广证书,列入《2017年度水利先进实用技术重点推广指导目录》。

采用防冰专利技术转化研发的气泡防冰技术设备适用于多种水利水电工程建筑物,已经成功解决了混凝土坝(双曲拱坝、重力坝、面板坝)、水闸、交通桥梁、船闸、船坞门等不同领域的防冰构筑物,试验工程最低环境温度可达 -40°C 以下,经过多项的工程试验验证显示,该技术设备运行稳定可靠,能耗低,环保无污染,防冰效果显著,能够从根本条件上阻止冰的形成,保障水工建筑物在冬季的安全运行,具有多项气泡防冰技术设备成功应用的工程运、维经验,应用及推广前景无限。

4.3 在的问题与改进意见

本工程项目已完成全部安装及调试工作,经过2022年一个冰期的实际工程检验,目前尚未发现气泡防冰设备存在的技术问题,但在后续的工程运行中,我们将继续进行气泡防冰设备的技术创新与突破,做好技术推广与示范工作,促进先进实用技术成果转化成为生产力。

5 结束语

本文通过对头屯河水库防冰冻技术示范应用的研究,验证了该技术在解决冰冻危害方面的有效性、先进性和创新性。项目成果为我国水利水电工程冬季安全运行提供了有力保障,具有广泛的应用前景。

[参考文献]

- [1]王学斌.冻土地区骨干渠道衬砌防冻胀技术研究[J].水利技术监督,2023,(3):019.
- [2]甄玉龙.西北寒旱区渠道新型防冻防渗结构研究[J].水利技术监督,2021,(9):039.
- [3]夏治涛.寒区梯形灌溉渠道聚苯板保温与防冻胀效果研究[J].水利技术监督,2020,(3):072.

作者简介:

曹建(1987—),男,汉族,江苏徐州人,本科,工程师,研究方向为水利水电工程运行与管理。