

保温板防冰害技术^①

金乃翠¹ 曲祥民¹ 张元友² 林 英²

(¹黑龙江省水利科学研究所; ²黑河市水利局)

提 要 本文通过3年对电站取水塔防治冰害的试验研究,采用聚苯乙烯泡沫板(称保温板)做水面保温,经过实际工程试验观测得到冻融过程的热效应值。证明保温板能减小冰盖的厚度。在冰盖构成∩型冰槽的保护下消除了建筑物的冰害,保证取水塔的正常运转。

关键词 聚苯乙烯泡沫板 寒冷地区 防冰害

在寒冷地区水工建筑物被破坏的主要因素之一是冰压力危害。冬季水冻结成冰形成了光滑的冰表面。选用导热系数小的材料来隔断热幅射减少冰盖厚度,从而能克服冰压力对水工建筑物的危害。在所有保温材料中聚苯乙烯泡沫板其绝热和力学性能良好,可改变水中的局部温度场,达到防治冰压力破坏的目的。

1 自然地理条件和试验方法

试验在卧牛河水库进行。该水库是以灌溉、养鱼、发电等多种经营的山区水库。其地理位置在50°18'16"N, 127°30'0"E。该地区由于冬季长、气温低、温度变幅大,属寒温带大陆性气候。历史最低气温达-42℃,封冻期最长由10月20日起冻结,至翌年5月1日解冻,年平均气温-1—2℃,最大冰厚为1.48m左右。

聚苯乙烯泡沫板是一种高效能绝热材料。它是闭孔结构,密度小。有些国家曾将该材料用于道路、房建工程上。因其比重轻,具有足够的力学强度和抗化学、抗冰冻性能,可作为当今水工建筑物防治冰害的首选材料。其物理指标见表1。试验水库内电站

表1 聚苯乙烯泡沫板的物理特性

Table 1 Physical indexes of polystyrene foam plate

项 目	物 理 指 标
抗压强度 (kPa)	100—130
耐热温度 (°C)	80.0
线性系数 ($\times 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$)	5.0—7.0
吸水率 (g/100 cm ²)	0.15—0.20
密度 (kg/m ³)	20—40
导热系数 (W/m·K)	0.044 W/m·K

^① 本文为第六届国际冻土会议入选论文。

取水塔面积为 $8.0 \times 8.0 \text{ m}^2$ 。每年冬季当水库内冰厚 20 cm(以冰厚可载人为度)左右时, 将已备好的厚 15 cm、宽 300 cm 的保温板用模板框固定在取水塔外墙周围的冰盖上(图 1)。图 2 示保温板下温度计布置沿着板宽的方向设置五组(I, II, III, IV, V)等距热敏电阻

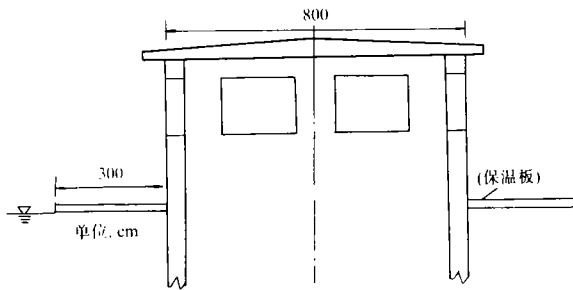


图 1 取水塔周围保温板布置剖面图

Fig. 1 The insulation plates around the water tower

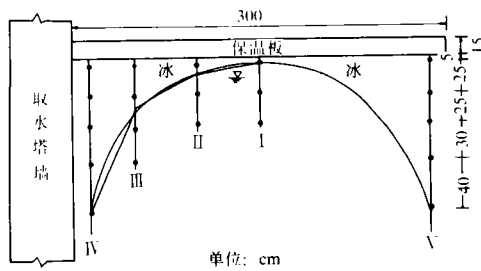


图 2 测温元件布置图

Fig. 2 Distribution of thermistors

测温元件于冰水中, 以观测温度变化情况。

2 试验结果分析

经 1988—1991 年冬季试验观测, 取得了冰层中温度场及冰层发育变化的数据。

2.1 试验观测结果

冰层温度的观测: 表 2 是每组温度计不同深度的温度值, 看出位于保温板边缘外的 IV 和 V 组冰层温度最低, 而位于保温板中心部位处的 I 和 II 组的冰层温度最高。在板下各组相同深度处的温度值不同, 说明保温板的绝热作用对冰层温度的影响明显。

冰层厚度的观测: 3 年的观测资料列于表 3。可以看出, 保温板边缘外历年的冰层厚度与冰冻期的最大自然冰层接近, 而位于保温板中部的冰层最薄。历年二分之一保温板下冰厚冻结曲线见图 3。

表 2 保温板下冰层中的温度值(°C)

Table 2 Ice temperatures under the insulation plate

测 点	1	2	3	4	5
IV	-2.17	-1.30	-0.87	-0.43	0
III	-2.17	-1.30	-0.87	0	
II	-0.43	-0.43	0		
I	-0.43	-0.43	0		

注: 1989—1990 年观测值。

表 3 保温板下不同位置处的冰厚

Table 3 The maximum ice thickness under the insulation plate

板中心(0)至边缘 各点距 (cm)	0	50.0	100.0	137.5	冻结期最低气温 (°C)	冻结期最大冰厚 (cm)
1988—1989	1.3	7.5	32.5	100.0	-32.4	100.0
1989—1990	5.0	12.5	40.0	130.0	-38.9	130.0
1990—1991	0.0	5.0	25.0	89.0	-33.6	89.0

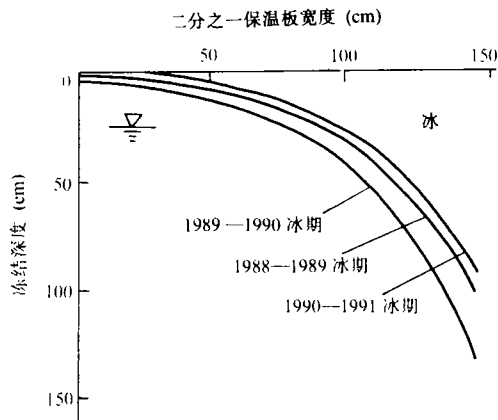


图 3 历年最大冰厚

Fig. 3 Maximum ice thicknesses for 3 years

2.2 试验结果综合分析

根据实际工程试验成果分析, 可以得出如下结论:

(1) 保温板的绝热特性可以局部改变自然冰层冻融条件。保温板下冰层的温度和冰厚的增长与自然冰盖的增长是完全不同的。由于保温板铺设于电站取水塔周围, 一侧与塔身连接, 另一侧与自然冰盖连接。所以在冰冻期保温板下两侧的冰层厚度与自然冰盖

最大厚度接近。而位于保温板中间的冰层, 因保温板绝热的作用, 冰层的厚度不仅没有增厚, 反而由铺设保温板前的冰厚 20 cm 减薄为 5—0 cm。试验表明, 当气温回升时, 天然冰盖的融化速度很慢, 而保温板下的冰层融化速度却很快。3 月最低气温为 -13.77°C , 最高气温为 11.2°C 。3 月 5 日测得距保温板边缘 100 cm 处的冰厚 12 cm。3 月 20 日回收保温板时冰厚仅有 6 cm, 3 月保温板下冰的平均融化速率是每日 0.4 cm, 月底取水塔四周已形成环形无冰区域。而保温板范围以外的自然冰盖却变化不大。因此在水面用保温法改变自然冰层冻融条件来消除冰压力的破坏是可靠的。

(2) 冬季蓄水的水工建筑物周围可先让其结冰 20 cm 厚, 然后在其上铺设保温板。保温板下最薄冰层仅有 5 cm, 位于板中部, 此处冰属于高温冰, 保温板下有三分之一米宽高温冰区域是一与自然冰盖的“隔离带”。取水塔四周保温板以外的自然冰盖, 在增长过程传来的冰压力就将冰层薄、强度低的高温冰压碎在此水域中, 将冰压力释放。因此保证了水中建筑物不被冰压力所破坏。

2.3 保温板的厚度及保温范围的设计

实验资料是采用在电站取水塔四周铺设保温板厚 15 cm、宽 300 cm 的条件下取得的。保温板的铺设厚度、宽度是能否形成板下 \cap 型高温冰或水域的关键。所以在采用此法防治水工建筑物冰害时可参考如下要求估算。1) 保温铺设范围应在要求保护的水工建筑物四周或水中一侧铺设, 其宽度应不小于最大自然冰盖厚度的 3 倍; 2) 保温板的厚度可根据有关热工计算设计, 一般情况下可取当地最大自然冰盖厚度的十分之一。

3 经济效益

电站取水塔每年破冰时间从 11 月中旬至翌年 3 月约 135 天。在未用保温板防治建筑物冰害以前, 水库管理站每天用两人破冰, 按日工资 6.50 元计算, 一个冰期为 1755 元。采用保温板防治冰害, 虽然保温材料一次性投资大, 但以其质轻、强度高、施工简便、损耗少的优点, 还可循环使用多年, 其投资仅是人工破冰法的三分之一。

综上所述, 可以得出如下结论: 1) 冰上采用保温板防冰害技术是有效的。2) 寒冷地区水工建筑工程保温法防治冰害的基本, 要求是单向冻结条件。3) 冰、水界面的进展速率与保温材料的几何尺寸相关。4) 该项防冰害技术不局限于水库工程, 对江河、湖泊的水工建筑物防治冰压力破坏均有广阔的应用前景。

Insulation Plates as a Measure Against Ice Damage

Jin Naicui and Qu Xiangming

(Heilongjiang Provincial Research Institute of Water Conservancy)

Zhang Yuanyou and Lin Ying

(Water Conservancy Bureau of Heihe City, Heilongjiang Province)

Abstract

Polystyrene foam plates were used for preventing ice damage of a water intake in a reservoir in Heilongjiang Province. Through practical freeze–melt cycle tests for three years, the thermal effect value in the freeze–melt process was obtained. It was found that the ice thickness under the polystyrene foam insulation plates was decreased and then the ice damage was relieved. The water intake is running normally. This measure of preventing ice damage is technologically simple and economically beneficial. It is a way for preventing ice damage in the northern China.

Key words: polystyrene foam plates, cold region, ice damage