

海冰淡化方法研究:浸泡离心脱盐法*

徐学仁 陈伟斌 刘现明 付云娜 孙育红
林忠胜 关道明

(国家海洋环境监测中心 大连 116023)

提要 在长兴岛海域采集了两种冰,灰白冰 I 号和灰白冰 II 号,盐度分别为 2.64 和 5.58,经过破碎过 0.6 cm 网筛,筛下冰块作为淡化用冰。实验冰温 -3 ~ -2.5 °C,离心速度 2 000 r/min,离心时间 2 min,浸泡法最高脱盐率 66%,只能作为盐碱地灌溉用水。浸泡液的加入比例对脱盐效果有影响,冰水比例为 1:3 或 1:4 比较合适。浸泡离心法最高脱盐率 91%,该水质符合生活饮用水标准、地面水环境质量标准、农田灌溉水质标准。浸泡液的加入比例和浸泡液的盐度都影响浸泡离心的脱盐效果。浸泡液的加入比例越大,盐度越低脱盐率越高。灰白冰 I 号原始盐度低于灰白冰 II 号,经过淡化后仍然未改变。

关键词 海冰淡化,脱盐,浸泡,离心**中图分类号** P734.2 **文献标识码** A **文章编号** 1000-3096(2003)10-0050-04

根据盐胞理论海冰中的盐分是海冰形成过程中包裹的海水^[1,2,3],随着冰温的逐渐降低被包裹的海水中水分子继续结冰,盐分被浓缩形成了所谓的盐胞。盐胞中的盐度与冰温有关,Schwertfeger 给出了盐胞中卤水浓度与温度的关系公式^[4]。两者的关系基本上是线性的,即温度越低浓度越高。海冰的盐分主要是来自于盐胞。如果把海冰击碎盐胞也随之破碎盐水就会流出,但是由于冰温较低盐胞中卤水粘度较大,盐胞破碎后卤水都粘附在冰表面,如果能给以外力(离心力、重力、挤压、冲洗等)或降低粘度,使盐水从冰表面脱掉,即可达到脱盐的目的。浸泡离心脱盐基于该原理设计,固态冰在液态水中浸泡时能使冰温升高,卤水的粘度变小,容易从冰表面流掉。浸泡液的盐度远远低于卤水的盐度,根据平衡原理卤水中的盐分将向浸泡液中转移。这些都有利于盐分从冰表面脱掉。然后用高速离心的方法使固体与液体分离,达到脱盐的目的。

1 材料和方法

1.1 材料

破碎机、离心机、网筛、冰柜、塑料盒、YSI 556 型多参数水质测试仪(美国生产)。

1.2 海冰采集和制备

2002 年 1 月 23 日在长兴岛附近离岸 500 m 采集

灰白冰 I 号,2002 年 1 月 28 日在长兴岛附近离岸 1 000 m 采集灰白冰 II 号。现场确认冰形后,用电动连锯切割(15 cm×15 cm×海冰厚度)的海冰若干,用塑料袋包好装入冰柜运回实验室。为了使研究数据准确可靠,并具有可比性,实验冰样的粒径必须相同,将灰白冰 I 和 II 号破碎后的冰块过 0.6 cm 网筛。筛下冰块装入塑料盒内,储存在冰柜内备用(海冰盐度分别为 2.64 和 5.58)。

1.3 浸泡液的制备

用海水和灰白冰 I 号融化水配制,海水的盐度为 33.0。灰白冰 I 号盐度为 1.94。以不同比例混合得到不同盐度。

1.4 实验方法

将实验冰样从冰柜取出,置于低温间内待冰温达到 -3 ~ -2.5 °C 时,恒温后取适量倒入备好的浸泡液内(根据实验方案确定浸泡体积),浸泡 2 min

* 国家高技术研究发展计划“渤海海冰作为淡水资源的可行性研究”;国家自然科学基金项目 40246027 号。

第一作者:徐学仁,出生于 1954 年,副研究员,研究方向:海洋资源科学和海洋环境科学。电话:0411-4782822, E-mail:

xrxu@nme.mc.gov.cn

收稿日期:2003-03-31;修回日期:2003-06-26

后将冰捞出,称取一定量的实验冰样,放入特制的离心盒内以 2 000 r/ min 的速度离心 2 min,将一次称量离心后的冰样,倒入溶冰盒内,待冰融化后测定盐度、全盐量、硫酸盐的含量,本文只讨论盐度。

2 结果与讨论

2.1 浸泡法脱盐效果

称取 100 g 实验冰样 6 份各加不同比例的浸泡液,浸泡液盐度 2.64,加水的体积分数分别为(冰:水) 1: 0.5, 1: 1, 1: 2, 1: 3, 1: 4, 1: 5,浸泡时间为 2 min.浸泡液温度 14.2 °C,实验冰盐度 4.28(现场测),冰温 - 3 ~ - 2.5 °C,脱盐结果见图 1。

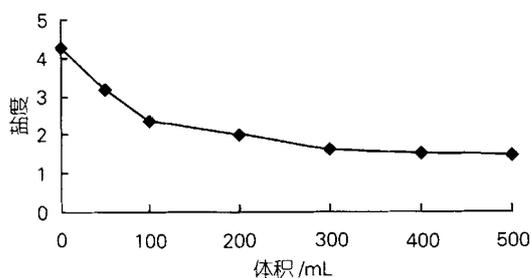


图 1 加水比例与脱盐的关系

Fig.1 The relation between the water ratio and the desalting

从图 1 可以明显看出随着浸泡液体积的增加盐度逐渐下降,浸泡液体积越大盐度越小。当浸泡液体积增加 500 mL 时,盐度从 4.28 平均降到 1.47,脱盐率达 66%。从盐度变化图形可以看出,浸泡液从 300 mL 以后盐度变化趋于平衡。浸泡液体积从 100 mL 到 500 mL 脱盐率分别为 45%、53%、62%、64%、66%。从脱盐率结果可以看出 300 mL 以后每增加 100 mL 浸泡液脱盐率只增加 2%,说明扩散速度减慢,浓度扩散基本达到平衡,因此冰水比例为 1: 3 或 1: 4 比较合适。浸泡液的盐度、温度对脱盐都有影响^[5]。

2.2 浸泡离心法的脱盐效果

2.2.1 浸泡液用量对离心脱盐效果的影响

本实验的主要目的是考察海冰加水以后能否提高脱盐率,向 - 2.5 °C 海冰中加入不同比例的海冰融化水即 5%、10%、20%、30%、40%、50%、60%、70%、80%、90%、100%,浸泡液的盐度是 5.58,全盐量是 4 980 mg/L,硫酸盐含量是 448.0 mg/L,浸泡液温度是 0 °C 左右,将不同比例的浸泡冰在离心时间 2 min,离心速度 2 000 r/ min 的条件下进行脱盐实验,实验冰是灰白冰 I 号(盐度为 2.64) 灰白冰 II 号(盐度为 5.58),实验结果见图 2。

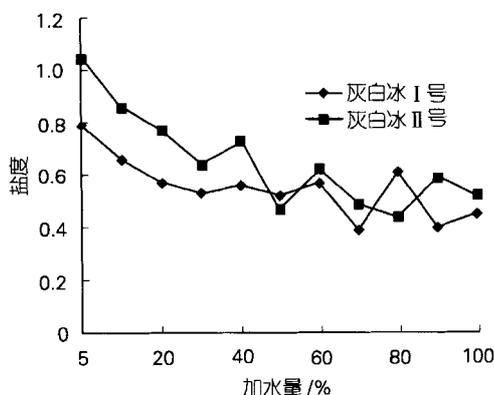


图 2 浸泡液用量对离心脱盐效果的影响

Fig.2 The relation between the dosage of steep and the desalting

从图 2 可以看出随着浸泡液加入量的增加盐度逐渐降低,灰白冰 I 号在加水量 50% 以前曲线低于灰白冰 II 号,加水量 50% 以后与灰白冰 II 号没有明显区别,灰白冰 I 号盐度从 2.64 降到 0.45,脱盐率 83%,灰白冰 II 号盐度从 5.58 降到 0.52,脱盐率 91%。该实验表明浸泡后离心比单一浸泡脱盐率高。

2.2.2 浸泡液盐度对离心脱盐效果的影响

这个实验的主要目的是考察浸泡液盐度对脱盐效果的影响,寻找最佳的盐度范围,取长兴岛冰下海水(盐度 33.0)稀释不同浓度 33、29、25、20、15、10、5、2、8 个浓度的浸泡液,浸泡液温度 0 °C 左右,冰温是 - 2.5 °C,加浸泡液比例为 20%,实验用冰是灰白冰 I 号和灰白冰 II 号,离心时间 2 min,离心速度 2 000 r/ min,脱盐结果示于图 3。

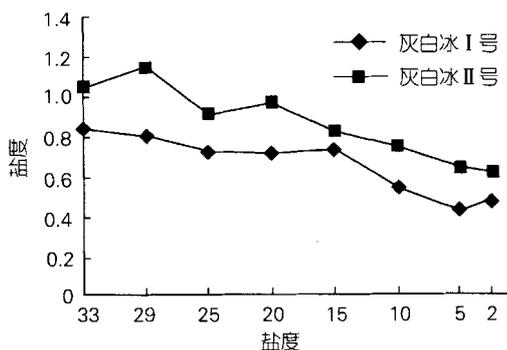


图 3 浸泡液盐度对离心脱盐效果的影响

Fig.3 The relation between the salinity of steep and the desalting

从图 3 可以看出浸泡液盐度对脱盐有一定影响,

灰白冰 I 号和灰白冰 II 号都随着浸泡液盐度的降低盐度下降, 浸泡液盐度越低脱盐效果越好, 这符合浓度扩散机理。灰白冰 I 号和灰白冰 II 号的盐度分别为 2.64 和 5.58, 经浸泡离心脱盐后灰白冰 I 号最低降到 0.48, 脱盐率 82%, 灰白冰 II 最低降到 0.62, 脱盐率 89%, 这两条曲线始终没有相交, 说明在相同脱盐条件下脱盐率基本相同,

2.3 淡化冰融化水水质状况

从应用的角度出发, 本文采用 3 种标准评价海冰融化水水质, 即生活饮用水标准、地面水环境质量标准、农田灌溉水质标准, 并采用实测自来水盐度作为参照标准。采集了全国部分城市的自来水测定盐度标准, 见表 1。

长兴岛海冰融化水水质调查结果表明^[6], 海冰融

表 1 全国部分城市自来水盐度检测结果

Tab.1 The salinity of tap water in som cities

项目	大连	北京	营口	天津	沈阳	杭州	西安	石岛
盐度	0.16	0.46	0.18	0.26	0.22	0.21	0.12	0.62
pH	7.35	8.19	9.51	8.01	7.64	8.25	7.72	7.68

化水的毒理指标基本都符合标准, 只有感官性状和一般化学指标中的盐度、全盐量、硫酸盐和氯化物不合格。如果这几项指标能降下来, 海冰融化水就能应用农业灌溉和生活饮用。

2.3.1 浸泡法脱盐淡化冰融化水水质状况 不同体积浸泡液的淡化结果见表 2。

表 2 可以看出盐度结果从 3.18 到 1.47 都高于所列的所有城市的自来水。全盐量是农业灌溉用水适用

表 2 浸泡法脱盐淡化结果

Tab.2 The desalting result of soaking and centrifuging

浸泡液(mL)	50	100	200	300	400	500
盐度	3.18	2.35	2.00	1.60	1.52	1.47
全盐量(mg/L)	2 733	2 018	1 716	1 371	1 302	1 259
硫酸盐(mg/L)	255	188	160	127	121	117

性评价的主要指标, 农田灌溉水质标准为非盐碱地区 1 000 mg/L, 盐碱地区 2 000 mg/L (有条件的地区可以适当放宽), 由于浸泡液 50 mL 和 100 mL 的全盐量超标不能作为农田灌溉用水, 有条件的地区可以考虑, 其他可作为盐碱地区农田灌溉用水。硫酸盐是地表水环境质量标准和生活饮用水标准严格规定项目, 其标准都是 250 mg/L 以下, 从表 2 可以看出浸泡液 50 mL

的淡化结果超出标准, 而其他都符合地表水环境质量标准和生活饮用水标准。

2.3.2 浸泡离心脱盐淡化冰融化水水质状况 本项研究做了两个冰型两个条件实验。由于两个条件实验脱盐结果基本相同, 本文只讨论浸泡液用量实验的淡化状况, 淡化结果见表 3, 4。

由表 3 可以看出灰白冰 I 号盐度变化范围

表 3 灰白冰 I 号淡化结果

Tab.3 The desalting result of gray ice I

浸泡液(%)	5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
盐度	0.79	0.66	0.57	0.53	0.56	0.52	0.57	0.39	0.61	0.40	0.45
全盐量(mg/L)	1 070	810	740	710	490	650	630	440	690	690	510
硫酸盐(mg/L)	61.9	51.4	44.1	41.0	43.4	40.1	44.1	26.6	47.3	30.4	34.4

表 4 灰白冰 II 号淡化结果

Tab.4 The desalting result of gray ice II

浸泡液(%)	5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
盐度	1.04	0.86	0.77	0.64	0.73	0.47	0.62	0.49	0.44	0.59	0.52
全盐量(mg/L)	900	840	670	650	690	530	630	550	500	670	580
硫酸盐(mg/L)	82.0	67.5	60.3	49.8	57.1	36.1	48.2	37.7	33.6	45.7	40.1

0.79 ~ 0.36, 平均值 0.55, 平均值低于石岛自来水, 接近于北京自来水, 从浸泡液用量 20% 以后盐度都在 0.61 以下, 说明都可以作为生活饮用水。全盐量的变化范围 1 070 ~ 440 mg/L, 按农田灌溉水质标准评价, 全部符合盐碱地区农田灌溉用水。除浸泡液用量 5% 的淡化结果外, 其余都符合非碱地区农田灌溉用水。

硫酸盐变化范围 61.9 ~ 26.6 mg/L, 全部符合地表水环境质量和生活饮用水标准。表 4 是灰白冰 II 号的淡化结果, 盐度变化范围 1.04 ~ 0.44, 平均值 0.66, 其结果稍差于灰白冰 I 号, 从浸泡液用量 50% 以后盐度都在 0.62 以下, 说明都可以作为生活饮用水。全盐量的变化范围 900 ~ 500 mg/L, 按农田灌溉水质标准评价, 全部符合盐碱地区农田灌溉用水和非碱地区农田灌溉用水。硫酸盐变化范围 61.9 ~ 26.6 mg/L。

3 结论

海冰是一个有潜在开发的淡水资源, 通过简单的脱盐处理可达到应用标准。浸泡脱盐法最高脱盐率 66%, 只能作为盐碱地灌溉用水。浸泡离心法最高脱盐率 91%, 该水质符合生活饮用水标准、地面水环境

质量标准、农田灌溉水质标准。浸泡液的加入比例和浸泡液的盐度都影响浸泡离心的脱盐效果。浸泡液的加入比例越大, 盐度越低脱盐率越高。海冰原始盐度越低脱盐后盐度也低。离心脱盐法是一个非常有前途的海冰淡化方法, 如果能更深入地探索脱盐条件, 降低成本, 使其能够大规模工业化生产。北方沿海城市缺水问题将看到新的希望。

参考文献

- 1 Jefferies M O, Weeks W F, Shaw R, et al. Structural characteristics of congelation and plate ice and their role in the development of Antarctic landfast sea ice. *J Glaciol*, 1993, 39(132): 223-238
- 2 Weeks W F, Ackley S F. The growth, structure, and properties of sea ice. *GRREL Monograph*, 1982, 81-100
- 3 丁德文. 工程海冰学概论. 北京: 海洋出版社, 1999. 25-51
- 4 Schwertfeger P. The thermal properties of sea ice. *Journal of Glaciology*. 1963, 4(36): 789-807
- 5 徐学仁, 陈伟斌, 刘现明, 等. 海冰淡化方法研究: 浸泡脱盐法. *资源科学*, 2003, 25(3): 33-36
- 6 徐学仁, 陈伟斌, 刘现明, 等. 长兴岛沿岸海域海冰融化水水质状况. *海洋环境科学*, 2003, 22(2): 33-36

STUDY ON THE METHOD OF DESALTING SEA ICE : SOAKING AND CENTRIFUGING TO DESALT SEA ICE

XU Xue-Re CHEN Wei-Bin LIU Xian-Ming FU Yun-Na SUN Yu-Hong
LIN Zhong-Sheng GUAN Dao-Ming
(National Marine Environmental Monitoring Center, Dalian, 116023)

Received: Mar., 31, 2003

Key Words: Sea ice, Desalt, Soak, Centrifuge

Abstract

Gray ice I and gray ice II were collected from Changxing island. The average salinity of gray ice I is 2.64, the other is 5.58. In the experiment, the temperature of the ice is $-3 \sim -2.5$ °C, the centrifugal speed is 2 000 r/min, the centrifugal time is 2 min, and the highest desalting proportion is about 66%. This water can only be used to irrigate the land encrusted by salt. The highest desalting efficiency of this method is 91%. The ice/water ratio can influence the desalting effort. After desalting, the water quality can reach the standard of drinking water, groundwater and irrigating water. Both the ratio and the salinity of steep can influence the desalting effort. The higher adding ratio and lower salinity of the steep lead to the higher desalting efficiency. The original salinity of gray ice I is lower than that of gray ice II. There is no change after desalting. So we can conclude that this method is desalting by ratio.

(本文编辑:张培新)