

大柴旦盐湖冬季组成卤水的天然蒸发

高世扬 柳大纲

(中国科学院青海盐湖研究所, 西宁 810008)

摘要 进行天然蒸发实验用卤水是冬季气温最低的一月份取自大柴旦湖表卤水区, 化学分析结果表明硫酸根含量明显地较夏季卤水低。在天然蒸发过程中顺次结晶析出 NaCl , KCl , $\text{KCl} \cdot \text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 和 $\text{MgSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 。这显然与夏季组成卤水的蒸发结晶顺序存在明显不同。

关键词 大柴旦盐湖 冬季 蒸发

进行天然蒸发实验用卤水样系一九六一年一月份于大柴旦盐湖地表卤水积水区内的水面气象观测点附近采集^[1], 化学组成见表(1)。

由表(1)中所列结果可见: 因该卤水样是在最冷的时候采集, 其中氯化钠、氯化钾、氯化锂和三氧化二硼的含量都与夏季卤水相近, 唯氯化镁含量较夏季卤水为高, 而硫酸盐的含量却比夏季卤水低。卤水组成点在钠钾镁氯化物和硫酸盐五元体系 25℃溶解度图上的位置, 不再落入夏季卤水所在的硫酸盐区, 而是落入靠近光卤石的氯化钾相区内^[2]。

表 1 天然蒸发用冬季卤水的化学组成

卤水温度 卤水比重 化学组份	—4.5℃ 1.214/14℃ 重量百分含量	卤水温度 卤水比重 化学组份	—4.5℃ 1.214/14℃ 重量百分含量	卤水温度 卤水比重 化学组份	—4.5℃ 1.214/14℃ 重量百分含量
LiCl	0.092	KCl	1.05	MgSO ₄	0.82
NaCl	18.40	MgCl ₂	6.42	B ₂ O ₃	0.24
				总盐量	27.02

一、实验方法

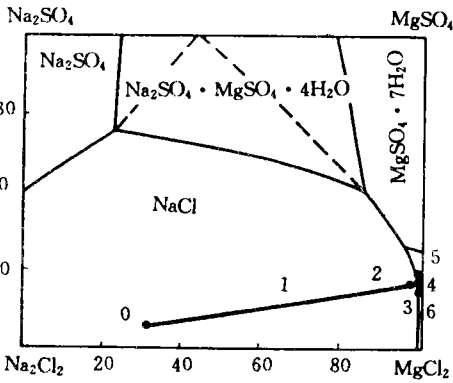
使用台称取十四公斤又四百二十克上述冬季卤水, 采用与夏季卤水天然蒸发同样操作方式进行天然蒸发(详见夏季卤水天然蒸发部分)。

二、实验结果

为了获得大柴旦盐湖地表冬季卤水在天然蒸发过程中, 析出各种盐类固相的顺序, 我们在将不同蒸发浓缩卤水化学分析所得离子重量百分含量组合为盐类化合物重量百分含量的同

时,还将其换算为可以表示在钠、镁氯化物和硫酸盐四元交互体系溶解度图和钠、钾、镁氯化物和硫酸盐五元体系溶解度图的耶涅克三角切面投影图上的相应相图指数的结果。在采用差减法计算卤水中钠的含量时,我们遇到与夏季卤水天然蒸发过程中所遇到的情况相似,也采用与之同样的办法进行处理。结果列于表(2)。

将表(2)中所列各组成点分别绘入钠、镁氯化物和硫酸盐四元交互体系溶解度的 25℃等温相图⁽⁴⁾中,结果如图(1)所示。



图(1) 卤水析出 NaCl 结晶路线

氯化物和硫酸盐五元体系 25℃耶涅克三角形等温溶解度图⁽⁵⁾(2)上的起始位置所预期的结果。

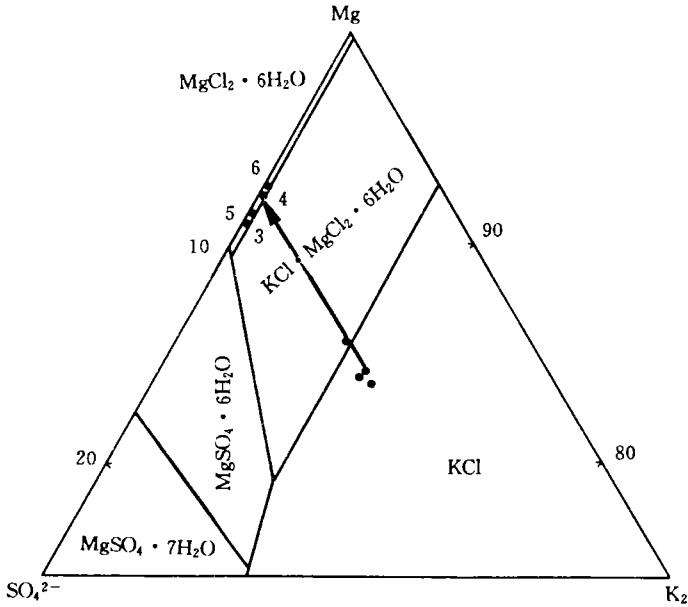
从表(3)所列冬季卤水在天然蒸发各浓缩阶段析出固相的组成表明:在氯化钠结晶析出后,接着是以光卤石形式的钾盐析出,然后才是泻利盐和水氯镁石。这一过程与阿·拉·尼可拉耶夫(А·В·Николаев)关于含硼英迭尔盐卤在进行蒸发过程中所确定的结晶路线相似⁽³⁾。

为确定上述天然蒸发过程中开始析出各种盐类固相的临界组成。我们将卤水在不同浓缩阶段各种盐类的含量对此时相应的卤水比重绘制成图(3)。由图(3)中所绘出的各种盐类含量曲线求得:开始析出钾盐的卤水比重为 1.294/24℃,卤水中氯化钾的重量百分含量为 4.4%。开始析出硫酸镁盐的卤水比重为 1.345/24℃,卤水中硫酸镁的重量百分含量为 3.86%。开始析出水氯镁石的卤水比重为 1.388/21℃,此时氯化镁的重量百分含量为 33.6%。

在上述蒸发过程中,我们将各结晶区间所析出的固体盐类在进行分离后,取样分析。并将

由图(1)中所示结果可见:卤水从组成点 0 到组成点 2 这一蒸发期间,只有氯化钠结晶析出,组成点沿着氯化钠的蒸发结晶线移动。当卤水由点 2 继续蒸发至点 3 时,有大量光卤石钾盐结晶析出,此时卤水的组成点仍沿氯化钠的蒸发结晶线朝向远离氯化钠组成点方向移动。从点 4 至点 6 开始见到泻利盐和水氯镁石先后结晶析出,由于这一期间卤水迅速地被浓缩到氯化镁的共饱和组成,在图(1)上的位置已看不出有显著的移动。

从组成点 2 到组成点 3 这一蒸发过程,由卤水中钾盐的含量变化和析出盐类固相的组成表明,此时有大量钾盐呈光卤石形式析出。这符合卤水组成点在钠、钾、镁



图(2) 卤水日晒蒸发过程在 Na⁺、K⁺、Mg²⁺//Cl⁻、SO₄²⁻-H₂O 体系相图上的结晶路线

表 2 大柴旦盐湖冬季卤水的天然蒸发液相化学组成

编 号	温 度	比重/℃	离子重量百分含量							化合物重量百分含量					M%					固 相	
			Li ⁺	Na ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	B ₂ O ₃	总盐量	MgSO ₄	MgCl ₂	NaCl	KCl	MgSO ₄	MgCl ₂	Na ₂ SO ₄	Na ₂ Cl ₂	K ₂ ⁺		
0	14	1.214/14	0.015	7.22	0.55	1.80	16.40	0.55	0.24	0.82	6.4	18.4	1.05	2.8	28.3		68.9	8.1	84.3	7.6	NaCl
1	16	1.246/16	~	3.14	1.23	4.06	17.2	1.37	~	1.73	14.5	8.58	2.35	5.9	61.0		33.1	8.1	84.6	7.3	NaCl
2	24	1.298/24	0.053	0.51	1.66	6.42	19.6	2.14	1.09	2.70	23.1	1.29	3.17	7.5	81.3		11.2	6.9	85.9	7.2	NaCl + KCl + KCl · MgCl ₂ · 6H ₂ O
3	24	1.345/24	0.088	0.12	0.20	8.33	21.1	3.06	1.51	3.86	29.6	0.30	0.38	9.2	89.4		1.4	0.07	91.5	8.4	NaCl + KCl · MgCl ₂ · 6H ₂ O
4	21	1.388/21	1.106	0.04	0.06	9.39	24.2	3.05	1.72	3.85	33.6	0.09	0.11	8.2	91.8		0.04	0.02	92.4	7.6	NaCl + KCl · MgCl ₂ · 6H ₂ O + MgSO ₄ · 6H ₂ O
5	28	1.393/28	~	0.04	0.06	9.49	24.2	3.61	2.17	4.56	33.5	0.09	0.11	9.6	90.36		0.04	0.02	91.2	8.8	NaCl + KCl · MgCl ₂ · 6H ₂ O + MgSO ₄ · 6H ₂ O + MgCl ₂ · 6H ₂ O
6	~	~	0.167	0.04	0.06	9.34	23.9	2.81	2.70	3.55	33.7	0.09	0.11	7.6	92.36		0.04	0.002	92.9	7.1	NaCl + KCl · MgCl ₂ · 6H ₂ O + MgSO ₄ · 6H ₂ O + MgCl ₂ · 6H ₂ O

表 3 大柴旦盐湖卤水在天然蒸发各浓缩阶段内析出盐类固相的组成

编号	结晶区间	离子 重 量 百 分 含 量						盐 类 化 合 物 重 量 百 分 含 量					纯 固 相 盐 类 矿 物 重 量 百 分 含 量					备 注	
		Li ⁺	Na ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	B ₂ O ₃	总盐量	NaCl	KCl	MgCl ₂	MgSO ₄	带失母液	NaCl	KCl	KCl·MgCl ₂ ·6H ₂ O	MgCl ₂ ·6H ₂ O	MgSO ₄ ·6H ₂ O
S-1	1-0→1-1	0.003	37.0	0.23	0.70	58.7	0.84	0.09		94.1	0.43	1.8	1.1	14	≤100	~	~	~	~
S-2	1-1→1-2	0.008	31.8	1.58	1.21	53.3	1.08	0.13		81.1	3.01	3.7	1.4	12	92	2	4	~	~
S-3	1-2→1-3	0.009	4.5	9.93	7.45	37.1	0.70	0.23		11.5	18.8	28.5	0.9		13	~	82	~	~
S-4	1-3→1-4		4.4	6.22	8.55	27.6	14.0	0.26		11.2	12.2	20.0	17.1	15	13	~	51	~	37
S-5	1-4→1-5	0.024	0.1	0.1	11.8	32.6	0.95	0.39		0.2	0.2	45.3	1.2	18	0.2	~	0.3	99	1
S-6	1-5→1-6	0.019	0.1	0.1	11.6	30.3	4.58	0.48		0.2	0.2	40.8	5.8	18	0.2	~	0.5	89	12

分析结果组合为各种盐类化合物以及各种盐类矿物的重量百分含量。结果列于表(3)。

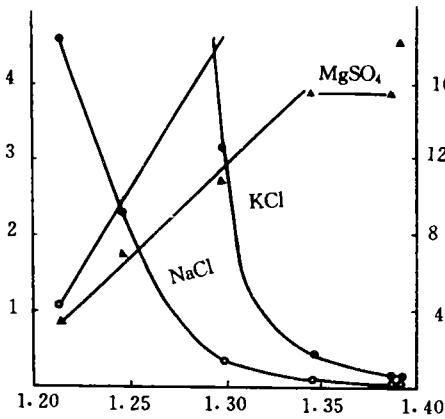
由表(3)中所列结果可见,由卤水组成点 1—2 至点 1—3 之间的光卤石结晶阶段析出盐类固相中光卤石的含量达百分八十左右。

在上述蒸发实验的不同浓缩阶段中,我们进行了蒸失水量、析出盐量和浓缩卤水量的测定,结果列于表(4)。

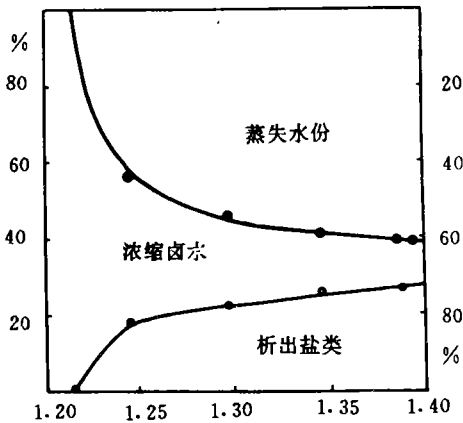
我们将表(4)中所列结果绘制成图(4)。由图(4)可见,大柴旦盐湖地表冬季卤水,在天然蒸发过程中,蒸发到钾盐开始析出时,需要蒸失近 55%水份,此时析出的固体盐量近 22%,浓缩卤水量已不及开始蒸发用卤水量的 1/4。待卤水蒸发至绝大部分钾盐析出时,需要蒸失 60%水份,此时浓缩卤水量仅 15%。蒸发至本实验结束时共蒸失水近 62.5%,最后的浓缩卤水量尚不及原始用量的 1/10。

表 4 冬季卤水天然蒸发各阶段蒸发分离系数

编 号	蒸发阶段(起止) 卤水编号	浓缩卤水 比重/℃	蒸失水分 %	析出盐量 %	浓缩卤水 %	备 注
0	1—0	1.214/14				
1	1—0→1—1	1.246/16	43.8	18.1	38.1	
2	1—1→1—2	1.298/24	54.8	21.8	23.4	
3	1—2→1—3	1.345/24	59.9	25.5	14.6	
4	1—3→1—4	1.388/21	61.2	26.3	12.5	
5	1—4→1—5	1.393/28	62.0	27.8	10.2	
6	1—5→1—6		62.4	29.8	7.8	



图(3) 蒸发过程中卤水密度与组成关系



图(4) 蒸失水量、析出盐量与浓缩卤水量关系

值得指出的是,大柴旦盐湖地表冬季卤水天然蒸发最后得到的氯化镁共饱和卤水的组成,与夏季卤水天然蒸发得到的氯化镁共饱和卤水的组成基本上相近。

三、结束语

以上实验结果说明:

(1)大柴旦盐湖地表冬季卤水,在天然蒸发过程中,各种盐类的结晶路线基本上与尼可拉耶夫关于英迭尔盐湖含硼卤水在进行蒸发实验时所确定的路线相近。

(2)从大柴旦盐湖地表冬季卤水的起始组成蒸发到氯化镁共饱和卤水,需要蒸失近 60%水份,此时析出各种盐量近 28%,被浓缩的卤水量仅 10%。此时原始卤水中的硼和锂基本上被富积在最后的浓缩卤水中。

(3)大柴旦盐湖地表冬季卤水天然蒸发最后所得氯化镁共饱和卤水的组成,与夏季卤水天然蒸发所得氯化镁共饱和卤水的组成相近。

参 考 文 献

- [1] 高世扬等,大柴旦盐湖的特征。
- [2] 高世扬等,大柴旦湖区的物理化学条件。
- [3] А. В. Николаев; Физико—Химическое изучение природных Водоемов(1947)
- [4] А. В. Вергмап, и П. П. Лужная; Физико—Химические основы изучения и использования соляных месторождений хлоридсульфатного типа(1951)
- [5] П. С. Курнаков, и В. И. Николаев; АП СССР, известия сектора Физико—Химического Анализа, 333—336(1938)

Solar Evaporation of Surface Brine (in Winter) of Da Chaidam Salt Lake

Gao Shiyang Lui Dagang

(Qinghai Institute of Salt Lake, Academia Sinia, Xining 810008)

Abstract

The Surface brine taken from Da Chaidam salt lake is evaporated by solar in field. Its crystallization sequences in NaCl , KCl , $\text{KCl} \cdot \text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ and $\text{MgSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ which is much different from that of the Summer brine.