

# 察尔汗盐湖盐田光卤石矿 成矿机理与盐田生产实用管理模型探讨\*

王石军

(青海钾肥二期筹建处,青海格尔木,816000)

**摘要** 青海察尔汗盐湖是我国已探明储量的最大可溶性钾镁盐矿床,同时也是我国唯一的大型钾肥生产基地。本文根据多年对盐田生产定期取样分析的研究,系统探讨了大面积深水盐田的成矿机理与生产管理应用模型的建立与运行方法,对生产具有较强的指导意义。

**关键词** 察尔汗盐湖 盐田 管理模型 探讨

## 概述

盐田是以卤水为原料,进行盐类矿物生产的重要设施。青海察尔汗盐湖蕴藏着近600亿吨的盐类矿物,而且大部分赋存于晶间卤水中,因此如何以科学合理的盐田设施和盐田管理方法来有效地开发、利用资源,特别是有限的钾资源,已经成为开发察尔汗盐湖的一个重要课题。本文根据1990~1995年对青海钾肥厂10km<sup>2</sup>盐田生产系统所作的定期取样分析研究,就氯化钾所需的光卤石矿(KCl·MgCl<sub>2</sub>·H<sub>2</sub>O),在盐田中成矿机理与盐田生产卤水管理模型作系统讨论,对盐田生产具有较强的指导意义。

## 1、盐田光卤石矿成矿机理

从上<sup>[1]</sup>可知,盐田生产的管理实际上就是卤水的管理,如何有效地以最少卤水量生产出最多高质量的光卤石矿即为卤水管理的目的所在。察尔汗盐湖卤水基本属于Na<sup>+</sup>、K<sup>+</sup>、Mg<sup>2+</sup>/Cl<sup>-</sup>-H<sub>2</sub>O四元水盐体系(另含其它微量元素如Li, I, Br),卤水在盐田经滩晒蒸发,其析盐顺序是NaCl→NaCl+KCl→NaCl+KCl+KCl·MgCl<sub>2</sub>·6H<sub>2</sub>O→NaCl+KCl·MgCl<sub>2</sub>·6H<sub>2</sub>O+MgCl<sub>2</sub>·6H<sub>2</sub>O→MgCl<sub>2</sub>·6H<sub>2</sub>O即石盐—钾石盐(析出阶段长短与温度相关)——钾光卤石——光卤石——水氯镁石。卤水浓度的变化、卤水温度的变化、卤水各种组份的变化以及相关因素的变化(如风,干湿度,池中水深等的变化)都直接影响盐田光卤石矿的产量和质量(如厚度、含水量、钾钠镁各自的百分含量)。

盐田生产是卤水蒸发与结晶的结果,而卤水的蒸发与结晶不是恒定的。

### 1.1 卤水浓度对蒸发结晶的影响

假如气象条件恒定,则蒸发主要取决于卤水浓度。例如,美国大盐湖<sup>[2]</sup>,淡水蒸发量为

\* 系《察尔汗盐湖深水盐田光卤石矿物化特性总结研究报告》的姊妹篇。

1500mm/a,而淡卤水蒸发量仅为600mm/a,智利的阿塔卡玛淡水蒸发量为3780mm/a,而比重为1.226~1.260的谈卤水蒸发量仅有2280mm/a,在青海察尔汗<sup>[3]</sup>,淡水年蒸发量平均为3529毫米,淡卤水( $\rho=1.250$ )平均年蒸发量为1022mm/a,老卤水( $\rho=1.330$ )平均年蒸发量则只有505mm/a,实践证明,卤水浓度过低,要求提供更多量的卤源才能生产出预期光卤石矿,从而提高生产成本。

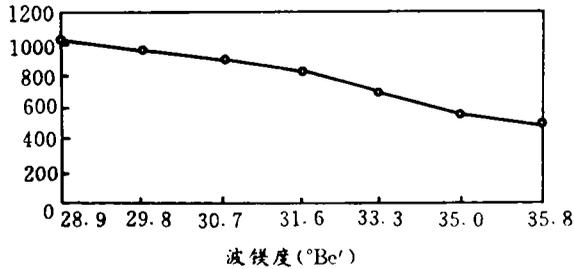


图1 卤水浓度与其蒸发量关系曲线

据美国大盐湖矿物公司对死海、阿塔卡玛、察尔汗及其它许多地区盐田进行调查研究,证实蒸发量与卤水浓度之间关系基本为一直线即  $E=ax+b$ , 其中  $E$ ——蒸发量(mm/a),  $x$ ——卤水浓度( $g/cm^3$  或 °Be')  $a$ 、 $b$  为与气候条件相关的常数,如青海钾肥二期首采区(别勒滩)不同浓度卤水与其蒸发量关系式用回归分析方法计算为:  $E=2368.029 \sim 49.389^\circ Be'$ , 曲线如下

(按年平均淡水蒸发量3529mm,年平均降雨量23.17mm,大面积蒸发系数0.76换算):

### 1.2 气象要素对卤水蒸发结晶的影响

气候条件是多变的。风、气温、湿度(蒸发量)都随季节的变化而变化,比如气温,它的日变对深水盐田的影响不大,但气温的季节变化对卤温及卤水都有影响,特别是11月到次年2月,日辐射强度低,气温低,蒸发速率低,有时卤温连续下降至摄氏零度以下(表1),因此冬季盐田生产冷却结晶过程与蒸发结晶过程并存。另外在低温条件下,卤水中各主要化学成分的溶解度也发生了变化,这些变化对氯化钾,氯化钠,光卤石,水氯镁石的结晶过程也产生影响,从而使各相平稳点组成和浓度发生变化(见图2,表2),其中比较突出的一点是大量钾石盐析出,光卤石析出阶段缩短,光卤石质量下降。另外风的作用一方面与浓度差综合作用使盐田内不同位置卤水相对均匀,提高蒸发量;另一方面会使盐田内结晶析盐分布产生不均衡性(如“总结研究报告”中<35目的光卤石总矿量的百分数平均在70%以上)。

表1 察尔汗盐湖平均气温与卤温统计表

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	年平均
气温(°C)	-10.4	-6.2	0.2	6.6	12.5	16.5	19.1	18.4	13.0	4.9	-4.0	-9.7	5.1
卤温(°C)	-6.6	-2.9	3.3	9.3	15.5	20.3	23.4	22.7	17.7	10.3	1.4	-3.8	9.2

说明:表中气温数据系1960~1961,1965~1984年平均统计数,卤温数据系1986~1989年实测平均统计数。

表2 不同卤温特殊相点卤水化学组成<sup>[4]</sup>

项目	NaCl析出点卤水组成(%)			NaCl+KCl析出点卤水组成(%)			NaCl+KCl+KCl·MgCl <sub>2</sub> ·6H <sub>2</sub> O析出点卤水组成(%)			MgCl <sub>2</sub> ·6H <sub>2</sub> O析出点卤水组成(%)		
	KCl	NaCl	MgCl <sub>2</sub>	KCl	NaCl	MgCl <sub>2</sub>	KCl	NaCl	MgCl <sub>2</sub>	KCl	NaCl	MgCl <sub>2</sub>
0°C	已析出NaCl+KCl			2.95	3.75	20.83	1.87	2.31	24.56	0.03	0.28	33.31
15°C	3.19	3.90	20.91	3.42	2.97	22.45	2.83	2.01	46.60	0.07	0.31	33.74
30°C	3.32	3.47	21.69	3.70	2.26	24.85	3.53	2.00	24.99	0.11	0.31	34.87

### 1.3 卤水组成对蒸发结晶的影响

卤水中各种组分的相互影响也影响各相平衡点的化学组成。在一定温度下，卤水在蒸发浓缩过程中，卤水中各种离子或盐分的数目与数量比决定着结晶出来的固相物质的性质。一般说来，盐湖卤水中由于有同名离子存在，盐类矿物的溶解度要降

低，例如纯 KCl 溶液在 20℃ 时要达到 25~26% 左右才能结晶，但在察尔汗盐湖晶间卤水由于有 NaCl, MgCl<sub>2</sub>, CaSO<sub>4</sub> 的存在，含量 2~3% 时就可以结晶析出（见表 2）。对察尔汗盐湖晶间卤水从相图（图 3）上可以看出，每种物质都有一定的析出区。在卤水蒸发初期，卤水组分点落在石盐析出区，通过进一步蒸发，矿化度升高，卤水浓度增大进而达到饱和，第一个析出矿物就是石盐，联结组分点和相图上 NaCl 顶角，即可获得卤水的结晶路线。在石盐继续析出后，卤水组分点将达到 NaCl 和 KCl 的共饱和线，同时析出石盐和钾石盐矿物，继而析出光卤石和石盐，最后卤水组分沿着光卤石与石盐的共饱和线向上渐变，直到共结点 E，又有水氯镁石析出。如卤水组分不是如上所述，则相图也要发生变化，即结晶路线或结晶物组分发生变化。察尔汗区段卤水结晶路线与别勒滩区段卤水结晶路线相同，但析出物组分有差别就是很好证明。

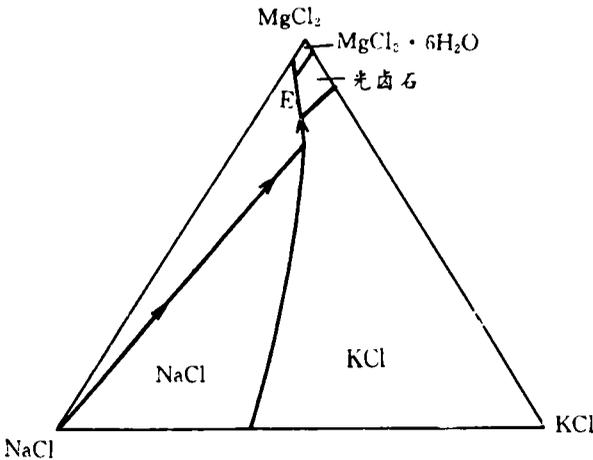


图 3 Na, K, Mg/Cl-H<sub>2</sub>O 25℃ 相图<sup>(4)</sup>

量可达 700mm。若“串联”（在池中增加一个堤坝）走水，先把比重为 1.25 浓缩到 1.27，年蒸发量可达 1200mm，再把卤水从 1.27 浓缩 1.35 蒸发量为 400mm，可以看出同样面积蒸发量可大大增加。从“总结研究报告”还可以看出，进卤口动态变化相对盐田其它地区大，结晶析出的光

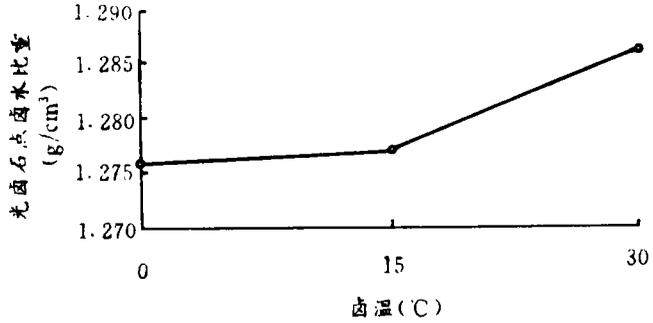


图 2 光卤石点卤水浓度与卤温关系

### 1.4 其它条件对盐田生产的影响

卤田卤水走水方式、晒卤深度、采收机作业方式等对盐田的成矿也有不同程度的影响。盐田卤水走水方式总体上说有“串联”和“并联”，由于“串联”可以增加蒸发量，进而提高盐田产量。国外普遍采用串联方式，如以色列死海公司 130km<sup>2</sup> 的盐田系统，约旦 100km<sup>2</sup> 盐田系统及美国大盐湖矿业公司盐田系统都是采取串联走水，中以合资青海钾肥二期工程 50km<sup>2</sup> 盐田系统设计也是采用串联走水方式。串联走水增加蒸发量的依据就是在气象要素相同的条件下，卤水蒸发量与其浓度呈反比（见 1.1）。如察尔汗盐湖比重为 1.25 浓缩至 1.35，年蒸发

卤石矿物化性质变化也相对大。

盐田晒卤深度大小对光卤石矿的数量与质量都有较大影响。由于大规模生产,均采用大面积深水盐田,故光卤石矿的质量、产量相对稳定。显而易见,如果晒卤深度浅,日温差的变化使卤水吸热,散热较快,浓缩结晶速度变化快,引起光卤石矿生长时间短,粒度细,产量少,特别在冬季,甚至会停止蒸发结晶,如1988年小面积浅水试验盐田样分析,光卤石矿粒度基本上 $<60$ 目,产量在 $200\text{kg}/\text{m}^2$ 。

采收机作业方式主要对光卤石矿的结晶生长时间及环境有较大影响。如原青海钾肥厂1992年~1994年,采船经常围绕码头作业,不但效率低,而且质量差。因为水采船经常在同一位置作业,卤水浓缩析出的光卤石矿没有稳定的生长环境,没有足够的生长时间。笔者注意到察尔汉某化工厂不到13万平方米旱采盐田,由于采取了晒卤深度大(近2m),一年中间除灌卤、排卤外不采收,光卤石矿有充足时间与稳定环境生长,产量高(年产光卤石 $>5$ 万吨),质量也好(平均粒度 $>35$ 目的占60%)。

卤水纯度对卤水的蒸发结晶也有一定影响。如果不同浓度卤水混合在一起,就会改变卤水中各种离子的数目与数量比,改变析出物的性质,同时减少蒸发量,降低盐田生产效率。如1993~1995年,青海钾肥厂每年灌溉原卤数千万方(设计为1552万方),形成的光卤石矿却满足不了生产需求。经分析除卤水浓度淡化外还与随意导卤有关,把前池卤水在没有达到后池要求浓度时就导入了后池,因此对于未达到光卤石点卤水,最好不要提前导入光卤石池。

## 2. 盐田管理模型探讨

综上所述,盐田光卤石矿的形成以及数量是原卤自身因素和气候条件综合作用的结果,为更好地满足现盐湖集团生产需求、适应青海钾肥二期工程与盐湖资源大规模的开发,笔者认为主要从以下三方面做好盐田卤水管理模型的研究与建立。

### 2.1 与科研机构相结合尽快开发出微机网络察尔汗盐田自动化管理系统

#### 2.1.1 系统组成与分析

整个系统包括三个部分:①盐田微机网络自动检测系统:采集盐田卤水(如水位、浓度、卤温)、气象(蒸发量、降雨量、温度、湿度等)数据。前面已说到,盐田管理实质上是盐田卤水控制,盐田卤水控制又主要是各相平衡点各种参数的确定。观测、取样、分析大量气象参数和卤水、结晶物参数(卤温、卤水深度、浓度,组分,等)以及预测盐田系统的生产,都靠人工来完成是不现实的、不可能的。第一是人工测量的精度低,需要的周期长:如1991年~1995年为青海钾肥二期盐田工程提供设计依据,由笔者组织进行的定期取样,每次45个光卤石矿样一般需5个人两天才能完成;第二是不能进行多观测点,多参数同步测量和一年四季连续测量。②盐田微机网络自动分析管理系统\*:分析、处理所有盐田系统卤水样与结晶盐样化学组成,同时对光卤石矿样进行干基处理以满足加工厂工艺计算;③盐田微机网络生产决策系统:分析当前卤水状况与气象条件,随时建立和调整各种管理控制模型有系数,模拟盐田生产,计算每天的物料平衡,预测盐田系统下阶段生产。

#### 2.1.2 生产决策系统功能分析

一般盐田工艺计算都是以平均值与实验室试验值为基础的。而事实上,盐田工艺设计中蒸发量与根据实际盐田面积与当时蒸发率返算出的蒸发量是不等的,如果进出卤水量、浓度都给

\* 本系统已由王键、王石军于1997年用C语言设计成功,试运行半年来,效果良好。

定,计算中就意味着全年盐田的蒸发是以同一蒸发率和卤水组分进行的,而事实上卤水的化学组分及蒸发率全年是在不断变化的,为更好地模拟盐田卤水性质、气象条件来分析、指导、预测盐田系统的生产,就必须进行每天的物料平衡计算,这是一个系统工程,要靠微机系统来完成。

察尔汗盐湖盐田系统的操作过程为:使调节池中卤水保持在光卤石点(与温度相关),然后从调节池把卤水泵入光卤石池,原卤按量泵入钠盐池,以保持调节池所需卤水浓度与卤水数量,从光卤石池排出的老卤量与其浓度根据调节池排入的卤水量而定。盐田系统灌入的原卤和钠盐池的卤水浓度根据流入调节池的卤水量确定。其计算机基本程序为:首先计算出调节池单位时间卤水流量,以保持卤水在控制点,再计算出钠盐池单位时间进卤量、浓度及在调节池析盐量,最后根据光卤石池采收参数计算出光卤石池卤水浓度、排卤率、析出光卤石矿率。通过计算,一是可以验证蒸发量、渗漏量、吸附母液及采收情况。二是可以随时根据气象要素的变化,卤水自身的变化来调整光卤石点。

例如我们对各池的进出卤水数量、浓度进行调整或控制,首先以一日内气象相同的条件下,蒸发、结晶两部分供需平衡为依据,按光卤石池的需卤量(光卤石点卤水)逐步向前推算出调节池、钠盐池的卤水量与浓度。光卤石池卤水量根据光卤石池面积与蒸发量推出。调节池,钠盐池卤水量与浓度根据光卤石池卤水情况,蒸发量降水量,本身渗漏量,单位面积成卤率、析盐率(结晶系数)推出。然后以上述数据为依据,根据气象要素的变化即对各池进出卤水的数量,质量进行调整控制。因此建立一套微机网络盐田自动化管理系统,不仅能大大提高工作效率,缩短工作周期,减少劳动强度,而且可以减小卤水控制点的难度。

### 2.1.3 盐田气象站的建立

当卤水充足时,盐田生产是以卤水蒸发为基础的。蒸发量多,结晶析出的光卤石矿也多,而蒸发与气象要素是等同的。因此没有一个可靠的盐田气象站,要准确分析预测出盐田系统的生产是不现实的。通过气象要素的观测与卤水样品的化学分析,可以推算出蒸发量与卤水比重、卤水温度、化学组成以及蒸发量的相互关系,对盐田生产效率、盐田系统的优化分析具有重要的指导作用。

## 2.2 在盐田生产过程中,逐步建立一套卤水控制点数据管理模型

### 2.2.1 钾石盐点卤水管理模型的建立

根据表2,在卤温低于15℃时,察尔汗盐湖卤水在蒸发结晶过程中会析出大量钾石盐(NaCl+KCl),钾石盐的析出既浪费了资源又降低了后阶段光卤石的析出质量,这时一般采取加入适量老卤进行调节,抑制钾石盐析出,改善光卤石池光卤石矿析出质量,这时的盐田控制就需要处理更多的数据。但在某一温度下,加入多大比例老卤为宜,没有定量公式是不行的。加少了,起不到预期效果;加多了,反而会析出更多的有用组份光卤石。因此需首先建立起钾石盐析出点卤水管理模型: $\rho_0 = s_0 + r_0 T$ ,  $m_0 = p_0 + q_0 T$ ;  $\rho_0$ ——钾石盐析出点卤水比重;  $m_0$ ——卤水中各组分(包括NaCl, KCl,  $MgCl_2$ , 以KCl为主)百分含量,  $s_0, p_0, r_0, q_0$ ——常量(与卤水中各种级分的数量与数目比有关),需先根据几组实际分析数据用回归分析方法<sup>[5]</sup>推出。如以表2数据为依据计算出的管理模型为  $\rho = 1.250 + 1.2 \times 10^{-3} T$ ,  $KCl(\%) = 3.14 + 0.0187 T$  ( $\gamma \approx 1$ ,  $s \approx 0.14$ ),  $\gamma$ ——相关系数;  $s$ ——标准差;  $T$ ——卤水温度。上述常量与系数求出后(综合气象,卤水组成,钠盐池析盐固相组成等因素或根据实验室等温蒸发试验数据推导),就可算出某个季节向某个池子加入多大比例老卤,提高卤水中Mg/K比值,实际上就是改变卤水中各离子组成,引起管理模型中的系数发生变化,从而抑制钾石盐析出。

### 2.3.2 光卤石点卤水管理模型的建立

在整个盐田系统中,各池中的卤水的管理都是以光卤石池为中心加以控制的,控制要点是光卤点,察尔汗盐湖卤水浓缩至光卤石点时,卤水中 KCl 含量最高,KCl/NaCl 比值最大,因此重点建立起光卤石点卤水模型, $\rho_1 = s_1 + r_1 T$ , $m_1 = p_1 + q_1 T$ ,各参数与符号意义同 2.2.1,模型的先期建立根据相图,理论参数求出后,再联系外部气象因素的变化与卤水自身的变化进行调整,进而主动指导日常生产管理并不断得到完善,如以表 2 数据(0℃除外)求出的别勒滩卤水光卤石点管理模型为: $\rho = 1.2680 + 6 \times 10^{-4} T (\gamma \approx 1)$ , $KCl(\%) = 2.13 + 0.0467 T (\gamma \approx 1)$ 。而察尔汗区段卤水一组试验数据<sup>[6]</sup>用回归分析方法推导出的管理模型为: $\rho = 1.2663 + 6 \times 10^{-4} T (\gamma \approx 0.996)$ ; $s = 1.225 \times 10^{-3}$ ; $KCl(\%) = 1.953 + 0.007 T (\gamma \approx 0.98; s = 0.03)$ 。 $\gamma$ ——相关系数; $s$ ——标准差。因此,不同组成的卤水其管理模型是不同的。试验数据见表 3

### 2.2.3 水氯镁石(老卤排放点)卤水管理模型的建立

在盐田生产过程中,由于各因素的变化,预浓缩池系面积与光卤石池系面积会存在动态的不平衡,如果固定光卤石池系老卤排放点,就会存在光卤石点卤水过多或不足两种矛盾,从而引起钾资源损失或光卤石质量下降,直接降低企业的经济效益。因此水氯镁点卤水模型也要建立,水氯镁点卤水受原卤组分的影响很小,因而较易建立, $\rho_2 = s_2 + r_2 T$ ; $K_2 = p_2 + q_2 T$ 。如表 2 数据建立的水氯镁石点模型为: $\rho = 1.3390 + 3.3 \times 10^{-4} T (\gamma \approx 1)$ ; $KCl(\%) = 0.03 + 0.0027 T (\gamma \approx 1)$ 。而察尔汗区段卤水水氯镁石点模型  $\rho = 1.327 + 4 \times 10^{-4} T$ ; $KCl(\%) = 0.06 + 0.002 T$ (各符号意义同前)。这样在水氯镁石点附近稍提前或滞后排放老卤,即可解决上述矛盾,从而减小老卤排放的盲目性与盐田失控的可能性,使光卤石池最大限度达到平衡。

表 3 察尔汗区段晶间卤水管理模型试验数据

温度 (℃)	光卤石卤水组成(%)与比重						水氯镁石点卤水组成(%)与比重					
	比重	KCl	NaCl	MgCl <sub>2</sub>	CaCl <sub>2</sub>	CaSO <sub>4</sub>	比重	KCl	NaCl	MgCl <sub>2</sub>	CaCl <sub>2</sub>	CaSO <sub>4</sub>
5	1.270	2.00	1.87	24.70	0.66	0.20	1.329	0.07	0.30	32.64	0.88	0.08
20	1.278	2.07	1.67	26.10	0.75	0.21	1.344	0.10	0.28	33.92	0.89	0.04
30	1.289	2.21	1.46	27.17	0.77	0.17	1.340	0.13	0.31	34.90	0.89	0.03

### 2.2.4 各种卤水管理模型与其它条件的关系

要比较精确的建立起各种模型,应该是先建立微机网络盐田自动检测系统和盐田微机网络分析管理系统(控制中心)。那么在还未建立起上述设施时,所有数据都只有靠人工来完成。因此盐田职工就必须有高度的责任感,丰富的知识面,扎根盐湖与艰苦奋斗的创业精神,配备各种取样工具、分析测试工具等。察尔汗盐湖目前以开发钾资源为主,而钾资源开发又主要是生产钾肥,钾肥的生产实质上是盐田光卤石的生产,盐田生产停止,钾肥生产也就成了无米之炊。原青钾一期工程设计年产 KCl20 万吨,钠盐池年析盐厚度 17 厘米,光卤石池年产光卤石 150 万吨干基,实际从 89—96 年总计<sup>[7]</sup>生产 KCl76 万吨,盐田生产(指 3km<sup>2</sup> 西光卤石池)光卤石矿 650 万吨,盐田设施现已不能满足正常生产。特别是钠盐池已基本已结晶满,厚度可能大于 2 米。这与盐田失控有很大关系(据 1995 年 11 月笔者组织配合死海公司专家组完成的青海钾肥厂盐田系统取样分析,钠盐池内有大量钾石盐、光卤石矿析出)。

## 2.2.5 各种卤水管理模型运作

上述各种卤水管理模型的相关系数都是由卤水离子的数目比决定的。卤水发生变化,模型应相应改变。就是根据实际生产数据建立起来的管理模型也不一定与实际完全吻合。所有的回归关系式中,卤水浓度、组份与温度并不存在确定的函数关系。对于某一给定温度  $T_0$ ,对应的某相平衡点卤水比重  $\rho_0$ 、任意组份  $m_0$  是随机变量。但是假定它们的分布服从正态分布,随机变量  $\rho_0$ 、 $m_0$  落入标准偏差  $s$  范围的概率是 68.3%,  $2s$  范围内概率是 95.5%,  $3s$  范围内的概率是 99.7%。由此我们可以建立其控制管理模型:对于某温度  $T = T_0$ ,我们有 95% 以上把握预测其相应的  $\rho_0$ 、 $m_0$  落在区间  $(\rho_0 \pm 2s$  和  $m_0 \pm 2s$  内)。如察尔汉盐湖盐田 6 月份平均卤温  $20^\circ\text{C}$ ,根据上述模型分析,光卤石点卤水比重  $\rho$  区间为  $\{(1.2663 + 6 \times 10^{-4} \times 20) - 2 \times 1.225 \times$

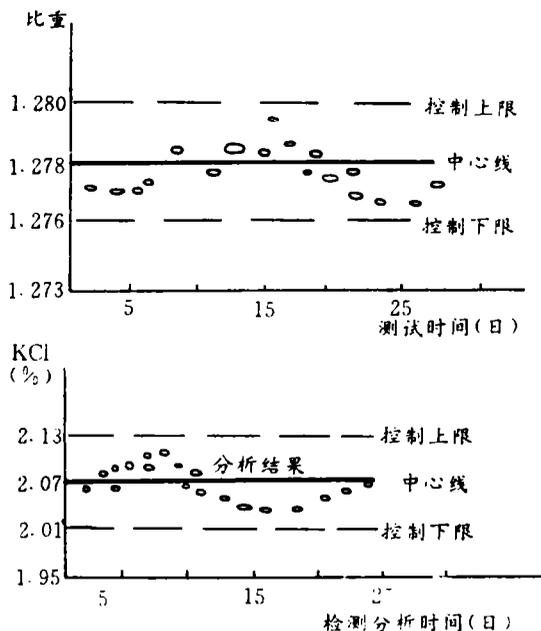


图4 察尔汉区段光卤石点卤水6月份控制图  
(平均卤温  $20^\circ\text{C}$ )

$10^{-3} \sim (1.2663 + 6 \times 10^{-4} \times 20) + 2 \times 1.225 \times 10^{-3}$ },因此可绘出其管理控制图(限于篇幅略),盐田操作者利用控制图可直观地进行盐田卤水现状分析并预测其发展方向。如果盐田操作人员在第一光卤石池(或调节池导卤泵站口)进卤口取得卤水样,测试其比重在控制图的中心线上,说明浓度已高,应加快向光卤石池导卤;如测试结果在中心线之下,说明浓度尚未达到光卤石点,应减慢或停止导卤;如测试结果超过控制上限或下限,说明已管理失误,据此还可预测不同位置卤水的发展方向,及时调整各池的进出卤水量,这样可指导、预测盐田生产,提高产量与质量。另外还可随时根据固相组成与卤水组成作出不同温度的相图。(试验情况如图4所示)。

## 2.3 其它相关因素的有效管理

### 2.3.1 采收机采取最佳作业方式,提供良好的成矿环境

所谓采收机最佳作业就是采收机严格按航道与光卤石矿的成矿机理作业,可能条件下采取若干光卤石池串联采收方式。一方面是使盐田系统不同部位的光卤石矿有相等的生长时间,较稳定的成矿环境,使光卤石矿得到充分成长,结构不致疏松,吸附母液少,质量稳定;另一方面是卤水周转次数少,生产效率高,减少成本。原青海钾肥厂由于多年来以码头为中心来回作业,94、95年采收效率很低,一度是“供矿危急”,严重制约着加工厂的生产。而1995~1996年西光卤石池疏干后旱采仅一部分周边光卤石矿就达100多万吨,而且粒度粗,质量好,KCl含量高。因此,盐田管理是一个技术性很强的现场工作,一定要提高操作人员的思想素质和文化水平,以水采船导航系统为依据,以盐田成矿机理为基础,以水采船能够高效优质生产为目标来制定规范航线。

### 2.3.2 适当加深晒卤深度,提高盐田生产

察尔汗盐湖晶间卤水为饱和卤水。盐田生产主要是获取中间析出阶段光卤石矿。光卤石矿的形成,一是晶体的产生,一是晶体的成长。光卤石点卤水的过饱和度是光卤石产生与成长的推动力。过饱和度的大小,对晶体的产生与成长作用并不相同。过饱和度低时,晶体成长占一定优势;而过饱和度较高时,晶体产生占优势形成的光卤石矿粒就小,结构疏松,吸附母液就多。

如果适当加大晒卤深度,有利于提高盐田产量与质量。如察尔汗盐湖主要蒸发季节在4—10月份,白天温度过高(有时高于30℃)蒸发力强,盐田深卤卤温比浅卤低,过饱和度小,结晶慢,会减少晶体的过快成长。而在冬季以及夜间,气温急骤下降(有时达-20℃以下),蒸发力较弱甚至停止,盐田深卤吸收并储存的热量多,卤温仍能维持蒸发,使光卤石矿晶体缓慢成长。因此在条件允许时特别是冬季,适当加深晒卤深度,提高盐田生产。

### 2.3.3 明确盐田系统有关系数,简化物料平衡计算

盐田卤水在蒸发过程中,卤水、结晶析盐的变化是相关的,如能利用它们之间的相关系数来进行物料平衡计算,可大大简化计算机管理程序,便于非专业人员掌握理解。察尔汗盐田系统常用的相关系数有浓缩率、吸附水率、结晶系数。

浓缩率指卤水从初始浓度( $\rho_0$ )浓缩至终止浓度( $\rho_1$ )时剩余体积与浓缩前初始体积之比( $c = v/v_0$ )。

吸附水率指卤水浓缩过程中结晶析盐晶体孔隙中充填的母液占总析盐量的重量百分比( $p = s_{\text{母液}}/s$ ),如察尔汗盐湖盐田钠池析出氯化钠一般吸附水率为35%左右;光卤石池析出光卤石矿吸附水率为50%;而老卤浓缩析出的水氯镁石吸附水率达65%。

结晶系数指卤水浓缩过程中蒸发水量与析盐量之比( $n = w_{\text{蒸发}}/s_{\text{析盐}}$ )。

对于一定的气象条件、固定组成的卤水,上述系数基本为常数,可以用一个量去计算出另一个量,避免了许多重复工作,简化了计算机模型。

### 2.3.4 规范卤水合理流向是提高卤水蒸发量的重要措施

实践证明,不同浓度卤水掺兑到一起,不但会减少蒸发量,而且会改变析出物的性质。如连云港化工矿山设计院发明的专利“4号工艺”生产KCl,就是用两种不同浓度卤水混合进行KCl生产。灌卤量多,不一定生产的光卤石矿就多,关键在于综合管理。笔者建议一定要按照盐田系统各池卤水流动一条龙,不到规定浓度,不要随便提前进入下一步池子的规律。

## 3. 结论

国外大量盐田系统已实现自动化管理。笔者认为,在信息高速发展的今天,要大规模有效地开发利用察尔汗盐湖晶间卤水中丰富的钾资源,按照盐田成矿机理,开发建立一套与察尔汗盐湖相适应的微机管理系统是必然方向。实现盐田管理自动化,根据盐田生产取样分析数据资料,完善各种卤水管理模型。提高企业的经济效益。

## 4. 致谢

为更好地切合生产实际,本文在成稿过程中,得到了青海盐湖集团王恒栋副董事长(兼青钾二期筹建处副主任,曾主管青海钾肥厂生产多年)的热忱指导与修改完善,另外1991~1995年的二期定期取样分析专题项目的完成得到了原青海钾肥厂工程处、二选厂、科研所许多领导与同志的大力支持,在此一并致以衷心的感谢。

## 参 考 文 献

- [1]王石军,察尔汉盐湖深水盐田光卤石矿物化特性总结研究报告,盐湖研究,1997,(1):7—20.
- [2]Optimization of solar evaporation systems PHOSPHRUS & POTASSIUM,1992,179,17~25.
- [3]化工部连云港设计研究院编,中以合资青海钾肥二期可行性研究报告(盐田及老卤排放),1996,7.
- [4]上海化工研究院,别勒滩卤水等温蒸发试验报告,1988.
- [5]费荣昌,费定晖,工程数学概率统计,山东科学技术出版社,1985.
- [6]王振强,青海察尔汉盐田卤水管理问题探讨,化工矿山技术,1990,19(5):7~9.
- [7]青海盐湖集团盐湖报社编,盐湖报,第2集~第8集.

# Discussion of Salina Carnallite Formation and the Establishing of Practical Salina Production Management Models in Chaerhan Salt Lake

Wang Shijun

(Preparation Office of Qinghai Potash Fertilizer  
Second Phase Project, Geermu city, Qinghai, 816000)

## Abstract

Chaerhan Salt Lake is the biggest soluble potassium and magnesium mine in our country. It is also the unique large scale potassium fertilizer production base. According to the study of Salina sampling and analyzing for several years, The Salina production theory and its management models for big—area deep—water salina are discussed systemically.

**Keywords:** Chaerhan Salt Lake, Salina, Management Model, Discussion.