察尔汗盐湖盐田生产现状及改进措施

王石军

(青海盐湖集团钾肥项目管理处,青海 格尔木 816000)

摘要: 从盐田蒸发结晶机理出发,分析了盐田生产的影响因素,概述了察尔汗盐湖盐田系统生产现状及工艺技术、管理中存在的问题,提出了改善盐田生产系统的措施和优化方法,并与国外同类型卤水盐田滩晒指标进行了对比。结论认为,通过转变观念,提高科学管理水平,及时对各方面进行"调整",应用系统论,保证钠盐池与光卤石池物料平衡、面积比例最优,并使调节池富有弹性,是察尔汗盐湖所有钾肥企业实现盐田系统乃至钾肥生产系统优质、稳产、高产的一项长期的战略方针。

关键词: 察尔汗盐湖;盐田;生产;管理;措施

中图分类号: TS396.4; TS38 文献标识码: A 文章编号: 1008-858X(2001)02-0042-06

察尔汗盐湖是我国最大的钾资源地区和钾肥生产基地。钾资源主要赋存在晶间卤水中。将开采出的卤水输送到盐田,利用当地得天独厚的气候资源,使卤水蒸发结晶析出光卤石,再将光卤石采收加工成钾肥,是一条最经济的钾肥生产途径。但随着生产规模的不断扩大,盐田系统的生产、管理严重滞后于加工厂需求,据不完全统计,由于盐田生产能力的不足,1999年察尔汗盐湖地区许多钾肥生产装置被迫早早停产,白白损失生产能力约 30%,严重影响企业的经济效益。因此如何利用好现有盐田系统,使其最大限度地生产出优质光卤石,缓解供求矛盾,将是察尔汗盐湖钾肥生产企业扩能挖潜、降低成本、提高效益的重要途径和战略方针。

1 盐田卤水蒸发、结晶机理分析

盐田卤水蒸发,其实质就是一个相变过程。从气液平衡角度出发,维持蒸发进行的基本条件有两个:第一是不断供给水体能量,使卤水升温,提高卤水的饱和水汽压;第二是不断排除水面上方的水汽,降低空气中的水汽分压。这两个条件都是靠自然来实现的。能量的主要来源是吸收太阳辐射能,水汽的排除依靠风力和扩散作用,卤水吸收太阳辐射能以后,一方面温度升高,使一部分水分子具有较大动能,逸出水面变成水蒸汽,由液相变为气相,水分子从液相逸出至气相所需的能量正是蒸发潜热,其能量主要由太阳辐射能供给;另一方面是卤水水体与环境温度的平衡,由蒸发与吸潮来维持动态平衡。

按照道尔顿理论[1],蒸发速度与紧贴液面的空气层的蒸汽压差成正比,与大气中蒸汽分压成反比。

蒸发速率可表示为: $u = k(p_t - e)/p_0 \times f(u)$ …… (1)

其中: u—— 蒸发速率; k—— 与卤水组成相关系数; p_t—— t 卤温下的卤水蒸汽压; e—— 空气湿度; p_0—— 大气压; f(u)—— 与风相关系数。

水的蒸发潜热(J/g)与温度关系式:

$L = (2497.8 - 2.38t)$ …… (2)

卤水蒸发量可表示为:

$E_{卤} = E_{淡} \times f_1 \times f_2 \times f_3$ …… (3)

其中: $E_{淡}$—— 盐田场地气象站皿淡水蒸发量; f_1—— 大面积蒸发系数; f_2—— 卤水比蒸发系数; f_3—— 卤水深度蒸发系数。

收稿日期: 2000-09-12; 修订日期: 2000-10-23

作者简介: 王石军(1968-),男,工程师。现从事青海盐湖集团钾肥项目盐田工程建设管理工作。

(C)1994-2020 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

1.1　卤水蒸发结晶影响因素

表 1　15℃不同浓度下饱和卤水的蒸汽压、粘度[2]

Table 1　Evaporation pressure and viscosity of saturated brine with different concentration at 15℃

项　目	密度 d/(g/cm³)				
	1.250	1.258	1.267	1.277	1.344
蒸汽压 p/Pa	1225.2	1031.9	919.9	906.6	486.6
粘度 Z/cp	4.8759	5.2386	5.9549	6.6707	18.5230

表 2　不同温度下密度为 1.277光卤石点卤水的饱和蒸汽压

Table 2　Saturated evaporation pressure of carnallite brine with 1.277 of concentration at different temperature

项　目	温　度　t/℃				
	12.4	18.8	25.4	40.5	60.1
蒸汽压 p/Pa	5.71	8.21	14.71	29.71	89.21

由(1)、(2)、(3)可知,由于盐田场地固定,工艺流程确定,卤水在各阶段盐田的浓度只与原卤组成相关,察尔汗盐湖的气象条件也不能改变,因此 $E_{淡}$、f_2 以及气温、空气湿度、风等因素是固定的。要充分利用现有条件来提高生产能力,就只有通过提高卤温,增大卤水饱和蒸汽压;加大盐田水深,提高风的作用系数来实现。并减少新卤与高浓度卤水的混合,减少高浓度引起的蒸发抵抗。

由表 1、表 2可知,卤水蒸汽压随浓度增高而迅速降低,随温度升高而迅速增大。因此在一定气象条件下,设法提高卤水温度和降低卤水浓度是增加蒸发量的重要措施。盐田串联走水可起降低卤水浓度效果,增加盐田水深(在盐田面积固定、水量充足的条件下)可使水体维持较长时间的较高温度。

卤水浓度:浓度高,所含盐分增多,相对含水量减少,其内聚力增强,粘度增大(内在原因在于无机盐离子增多,水分子与无机盐离子的亲合力增强),造成水分子在相变过程需更多的能量。卤水浓度增大,卤水的饱和蒸汽压降低,卤水蒸发速度减慢。

卤水深度:在一定的面积下,深度大,水体热容量大,吸收太阳能多,蒸发量大;深度大,水体产生波浪大,有效蒸发面积增大,有利于提高蒸发能力。

1.2　不同浓度卤水掺兑对生产的影响

不同浓度卤水掺兑后并没有蒸发卤水中的水份,卤水在质上没有发生根本变化(有相变产生),但卤水浓度提高后蒸汽压降低,卤水的蒸发系数减少,因此消耗同样的蒸发量和外界条件相同时,减少了蒸发水份,降低了蒸发效益。旱采盐田各池少留底水,减少掺兑有利于提高蒸发,水采盐田采用串联走水实际上也是减少低浓度卤水与高浓度卤水的掺兑。

那么不同原卤混合后,析出部分高钠卤水中的氯化钠,是否有利于生产呢?根据相图理论的直线规则和杠杆原理,两种饱和卤水(如达布逊湖水与晶间卤水)混合后的新体系位于原二体系之间,并且析出少量氯化钠,但总体系浓缩到光卤石点需蒸发的水量并没有减少,平均蒸发系数减小,蒸发效率就降低了。

同样老卤与原卤掺兑,表面上看提高了原卤浓度,但实际上损失了蒸发量。如密度为 1.22的达布逊湖水与密度为 1.32的老卤按 2∶1混合,混合后体系密度约为 1.25,在同样的气象条件下,蒸发到光卤石点(密度为 1.275),由比蒸发试验数据计算,混合后较混合前要少蒸发水份(0.3835-0.346)/0.3835×100% = 9.78%,而且有一部分老卤在盐田系统中空运转,因此笔者认为兑卤对生产无积极意义。

从以上两个过程整体的平均蒸发速率对比可知,兑卤后不利于水份蒸发,这与化工理论中"混合"意味着能量损失的概念也是相吻合的。

2　察尔汗盐湖现有盐田系统生产概况及存在问题

2.1　生产能力

2000年察尔汗盐湖全部钾肥装置生产能力已超过 100万 t,实际采卤能力可能还不足 60万 t;盐田生产能力计算为 80万 t,但在不能充分利用好气象条件、缺乏强有力的工艺控制手段时,实际能力可能仅满足 60万 t钾肥需求。以青海盐湖集团 1998年和 1999年为例,该公司 1998年生产钾肥 29.27万 t,实际利用当年盐田生产光卤石矿生产钾肥量

(C)1994-2020 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

约 24万 t; 1999年生产钾肥 40.36万 t,实际利用当年盐田系统生产的光卤石矿生产钾肥约 26万 t,故总体上说,盐田系统生产能力尚不能满足加工厂生产需求。

2.2 盐田实际生产情况

据调查,盐田利用率与蒸发量利用率较低。1999年底察尔汗盐湖共有盐田面积约 60km^2,因钠盐池、预晒池结晶厚度大,设备老化、能力不足,采卤供应不足等多种原因,当年实际利用面积不足 40km^2,利用率为 66%。卤水蒸发量利用率更低,据测算尚不到 50%。

2.3 生产技术和管理落后

目前察尔汗盐湖盐田系统尚没有一套完整的工艺指标控制体系,缺乏工艺检测设施、计量设施,盐田生产计划、统计工作严重滞后,工艺控制点多年来基本上是凭经验操作,凭主观判断。

2.4 投入少,观念滞后

因各钾肥生产企业长期的"重选轻采",对盐田系统长期轻视,没有采取有效的管理措施和合理的投入。

2.5 管理分散,缺乏有效的统一调度

目前察尔汗盐湖钾肥生产企业达 30多家,仅有几家企业建立了自己的盐田系统,而且各自独立管理,对各阶段卤水的供需平衡不清楚、工艺控制不清楚,导致卤水利用率低。

2.6 技术人员缺乏,管理水平较低

察尔汗盐湖所有盐田系统各泵站运转几乎由清一色的民工承担,大部分文化素质较低,工艺技术管理无从谈起。

3 盐田生产管理

盐田生产系统管理的最终目标,应该是充分利用好气象资源,严格工艺控制规程,优化盐田系统,保证设备的满负荷连续运转,实现生产能力和光卤石矿质量的提高,建立连续稳定的生产管理体系。

3.1 摸索、制定工艺控制点

目前青藏铁路以西盐湖集团达布逊湖水与晶间卤水混采,铁路以东钾肥企业全部开采晶间卤水,晶间卤水本身存在水平分异与垂直分异,卤水组成不同、卤温不同,光卤石点一般很难掌握。因此需要根据实际情况将物理测量与化学分析密切结合起来,并通过实测数据采用数理统计确定工艺控制模型[3,4]。

3.2 加强工艺技术管理

一是以盐田工艺、设备管理为中心,制定、完善盐田生产工艺操作标准与工作质量标准,使生产管理有章可循;二是建立和制定相应的制度与措施,以保证各标准的实现,具体讲就是将各标准内容融合到各自的岗位责任制中;三是正确运用各种图表来辅助我们的工艺控制。生产过程中工艺员应结合各种统计、检测、分析数据,及时制作各种管理控制图,并认真做好 PDCA循环。

集中管理,统一调度,制定有效的统计报表和工艺控制表,提高卤水利用率和生产计划性。

察尔汗盐湖所有盐田系统应从采卤、导卤、排卤至光卤石矿的采收,从卤水数量、组成变化到各工艺控制点,要讲系统性、力求进出物料平衡、确保前后比例优化,要统一调度,合理分配,逐步实现盐田生产的计划性、预测性。

3.3 提高人员素质

加强培训,调整盐田人员结构,提高盐田管理人员的工作能力和责任性。第一是对现各导卤泵站从事工艺控制的民工进行全面清理,便于基础资料的准确收集;第二是要求盐田管理人员特别是工艺控制员要熟悉整个盐田系统,包括盐田面积、分布、卤水组成及控制、卤水变化趋势及采取措施、盐田气象条件等等;第三是盐田管理人员应熟悉水盐体系相图,并能进行各种工艺计算和具体分析;第四为推进盐田工艺技术的进步,盐田管理人员必须有高度的工作责任感和团结协作精神,及时相互交流总结。

3.4 盐田系统的优化

通过有计划地开展盐田工艺技术攻关,为优化盐田系统提供可靠基础资料和科学依据。如卤水比蒸发验证、大面积系数校正、最佳卤水浓度、走水方式对产量、质量的影响、不同季节工艺控制点、最佳盐田管理模型等。在积累掌握了确切的气象数据、卤水数据、工艺数据和生产数据后,不断地及时对盐田各阶段面积、浓度、走水方式进行调整、优化。

(C)1994-2020 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

4 盐田系统的优化措施

为了充分挖掘现有盐田、设备的生产潜力,在生产过程中必须依据气象因素的变化,对盐田系统进行随时调整、优化,盐田系统优化包括走水方式、调节池、卤水深度、钠盐池系与光卤石池的面积配比,后者只有在原卤组成确定后根据各季节气象因素的不同来进行。

4.1 走水方式

调节池及光卤石池采用串联走水可提高产量。在一定的气象条件下,卤水的蒸发量与卤水浓度成反比。例如据别勒滩卤水比蒸发试验和察尔汗盐湖气象站 1960年~ 1994年平均气象资料计算,不同密度的卤水蒸发量见表 3(1.250点为原卤,1.275点为光卤石点卤水,1.330点为老卤排放点卤水)。

表 3 不同密度卤水蒸发量

Table 3 Evaporation of brine with concentration

项 目	密度					
	1.250	1.275	1.290	1.300	1.315	1.330
卤水蒸发量 mm/年	987.77	819.76	718.95	651.74	550.93	450.12

如果调节池内光卤石点卤水通过并联方式导入各个光卤石池,卤水在各个光卤石池内必须浓缩到密度为 1.330,而改为串联走水,卤水在某光卤石池浓缩到密度 1.300,再从堤坝闸门流入下一个光卤石池,继续浓缩到密度为 1.330,这时光卤石池系统蒸发效率将提高。死海地区 250km^{2}盐田系统最初设计也为并联走水,现全部改为了串联,很显然,并联方式走水时整个盐田系统的蒸发效率较低。

4.2 卤水深度

盐田生产主要取决于对自然条件的有效利用程度。国内外在卤水深度对蒸发的影响方面作了大量研究[5,6],见图 1,表 4 表 5 我们应借鉴他人的试验成果来指导察尔汗盐湖盐田的生产。

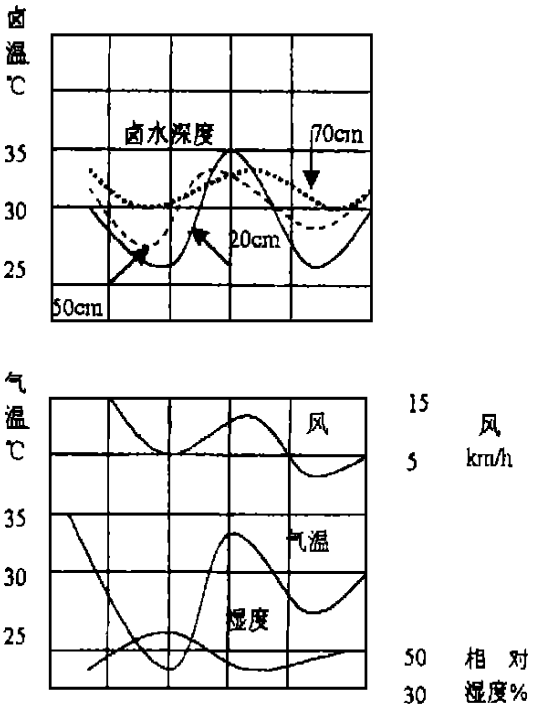

图 1 某试验典型池各种深度卤温

Fig. 1 Brine temperature of a typical experimental solar pond at different depth

表 4 某地不同尺寸盐池蒸发量 (mm/d, 1952~ 1958年实测)

Table 4 Evaporation of solar ponds with different size in certain area(mm/d)

池子水深 h/m	池子面积 S/m^2			
	3.0	1.0	0.3	0.1
0.25	1.97	1.98	2.12	2.33
0.50	1.98	2.10	2.20	2.40
1.00	2.10	2.17	2.33	2.53
2.00	2.13	2.23	2.42	2.70

表 5 新疆盐湖地区不同深度卤水对太阳幅射能的吸收率(%,1991年实测)

Table 5 Absorption rate of brine with different depth on solar energy in salt lakes of xinjang

项 目	盐池深度 h/cm				
月份	10	20	50	100	150
6	49.46	62.22	66.96	72.93	75.54
7	49.46	62.22	67.99	72.93	75.54
8	49.46	62.23	68.18	72.93	75.54
平均	49.46	62.23	67.71	72.93	75.54

(C)1994-2020 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

很显然,卤水蒸发量是卤水浓度、浓度与各种气象因子(气温、湿度、风)综合作用的结果。卤水温度的高低决定卤水蒸发量的大小,而卤水温度又取决于气温高低、风的大小和卤水浓度。对于低浓度卤水(原卤),卤水本身蒸汽压较高,比热大,尽可能采用较大深度,有利于吸收较多太阳辐射能和维持稳定、均衡的卤温,得到较大蒸发量;而对于高浓度卤水,卤水自身蒸汽压低(参见表 1),比热小,故采用适当较浅深度,有利于吸收较多的太阳能,使卤温迅速提高,得到较高蒸汽压,增加蒸发速度。有关试验还表明,水体的最佳深度与气温的变化相关,另外在相同的气象条件与相同卤水深度下,高浓度卤水卤温高,低浓度卤水卤温低,说明高浓度卤水比热小,对太阳辐射能的吸收快。其蒸发量往往高于按比蒸发试验折算的蒸发量数值。因此无论从理论上、还是实际生产上,确定各浓缩阶段盐田不同季节最佳卤水浓度,对提高盐田系统产量将有着深远的意义。

例如:死海地区钠盐池卤水深度为 2~4m,光卤石池卤水深度为 0.8~1m。依据国内外相关试验资料分析,卤水深度 1m左右时,对太阳辐射能的吸收率为 73%,而且随着深度的继续增大,卤水对太阳辐射能的吸收率增加幅度逐步降低,因此光卤石池维持 1m左右深度不仅满足了采收的要求,而且也能获得理想的卤水蒸发量。对于钠盐池系统,在原卤供应充足的情况下,采用 2m左右深度应该是最佳的,一是可以吸收更多的太阳能,维持长期稳定的较高温度使卤水蒸发;二是 KCl的溶解度随温度的升高、降低而急聚增大、减小,察尔汗盐湖昼夜温差极大,钠盐池较大的卤水深度将有效地消除昼夜温差引起的 KCl损失,从而提高光卤石池卤水质量和钾资源的利用率;三是较大的深度有利于风产生较大波浪,增加蒸发面积,并消除不同深度的浓度梯度。

4.3 调节池

调节池在盐田系统中作为卤水浓缩到光卤石的过渡性池子,其作用重大,一方面可稳定卤水质量,另一方面为光卤石池系贮备、添加卤水实现其调节作用。调节池设置合理后,不但能提高盐田系统产量,还能提高光卤石质量。调节池深度应该尽可能大一些,一是可持续较长时间,有利于卤水均衡、稳定地接近光卤石点,二是可容纳较多卤水,有效调节钠盐池与光卤石池之间的供需平衡,三是使其真正具备调节功能,当采输卤系统卤水供应充足、而钠盐池面积不足、光卤石池卤水暂时又不需补充时,调节池起储存卤水、调节卤水质量作用;当光卤石池成矿卤水短缺时,调节池采取薄晒,起钠盐池作用。因此调节池应富有弹性。

4.4 盐田面积及其比例

察尔汗盐湖现有盐田生产系统的面积及比例是采用历年平均蒸发量、降水量与平均卤水组成计算得到的。事实上各年各月气象因素在不断变化,必然会引起钠盐池与光卤石池系面积比例的变化,多年的生产实践已表明,蒸发旺季光卤石点卤水严重不足,蒸发淡季卤水迟迟达不到光卤石点。因此应根据卤水浓度、组成与气象条件的变化及时调整不同浓缩阶段的面积比例。

5 提高察尔汗盐湖盐田生产能力的若干措施

一是加大科研试验力度,盐田系统的科研要突出系统理论。其重点要着眼于对生产影响较大的关键技术方面:采卤技术与采卤效率、盐田池板渗漏测算、盐田卤水最佳深度、盐田卤水比蒸发系数、大面积蒸发系数、盐田工艺管理模型、钠盐池与光卤石池的最佳面积比;二是结合盐湖特性,不断研究和利用矿床特征,提高采出卤水质量,降低盐田系统原卤消耗,提高盐田单位面积产量;三是改造现盐田系统结构,设法加大调节池深度,优化钠盐池与光卤石池系面积比例,确定合理的走水路线,使整个盐田系统具有较强的调节能力,力求稳产增产;四是增加投入,扩大现有盐田系统面积和提高设备运行能力。五是提高员工素质,改善生产管理。通过建立、健全生产操作规程、工艺标准、强化生产指挥调度等技术和组织手段,提高生产管理水平。

6 结论与建议

(1) 由上可见,盐田生产管理可概括为“调整”二字。调整设备保持最佳运行状态;调整各池卤水到最佳深度;调整面积至最佳比例;调整排放点至最佳平衡;调整工艺保持稳定,使卤水资源与气象资源最大限度的利用。盐田管理的具体措施是浓度测量、深度测量、化学分析、工艺计算、相图分析。

(2) 当今世界,科学技术日新月异,盐田工艺控制必须建立起各种管理模型,并应用计算机分析、检

(C)1994-2020 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

测、专家判断软件管理系统,才能不断提高盐田生产的经济效益,实现盐田工艺控制水平的突破。

(3) 卤水浓度越低,价值相对较低。对于新建盐田,初期渗透较大,建议首先全部使用高钠卤水,减少高质量卤水的损失,降低后续阶段的渗漏量。

(4) 卤水浓度越低,蒸发量越高,建议不同浓度卤水尽量不要掺兑。

参考文献:

〔1〕朱耀泉.蒸发与凝结〔J〕.海盐与化工, 1981, (1): 46-50.

〔2〕上海化工研究院.青海钾肥厂二期工程别勒滩卤水等温蒸发试验〔R〕. 1988, 3.

〔3〕王石军.察尔汗盐湖盐田生产工艺控制因素浅析〔J〕.盐湖研究, 1998, 6(4): 41-48.

〔4〕王石军.再谈盐田生产的定量管理〔J〕.海湖盐与化工, 1999, (1): 1-5.

〔5〕马江生.湖盐滩晒最佳蓄卤深度的探讨〔J〕.海湖盐与化工, 1992, (1): 37-39.

〔6〕赵玉科."深储薄跑"制卤工艺的理论基础和操作方法〔J〕.海湖盐与化工, 1990, (4): 3-5.

Present Solar Pond Production and Its Improvement of Charham Salt Lake

WANG Shi-jun

(*Qinghai Salt Lake Industry Group Co. Ltd., Germu city* 8160050, *China*)

Abstract Based on the evaporation and crystallization theory, influent factors of salt fields production, present status of solar pond system production of Charham Salt Lake and problems in technology and management are analyzed. Some improvement measure and optimization methods for salt field production are put forth. Compared with similar type brine abroad, the salt field system shoud provide more Carnallite through changing idea and scientific management.

Key words Charham Salt Lake; Solar pond production; Management; Measure

(C)1994-2020 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net