

大柴旦盐湖湖滨盐田日晒场施工建造

李 刚 高世扬

(中国科学院青海盐湖研究所, 西宁 810008)

摘 要 通过对盐湖湖区土壤调查,在对区域水文地质资料进行分析的基础上,认为在大柴旦地区建造日晒池,利用太阳能进行日晒卤水,分离一般盐类是经济可行的。制取高含硼和锂盐的氯化镁饱和卤水,供盐酸酸化分离硼酸,最后提取锂盐。

关键词 日晒池 土壤调查与分析

前 言

1957 年中国科学院盐湖科学调查队,在大柴旦盐湖发现柱硼镁石之后,通过调查研究,在地质勘探的基础上,确认大柴旦盐湖是典型的硼酸盐盐湖,除食盐和芒硝外,蕴藏大量硼、钾、锂和镁盐。1982 年青海省科委把“大柴旦盐湖湖水提取硼酸和氯化锂中间试验”列为青海“六·五”期间重大科技攻关项目,“七·五”期间列为国家重大科技项目—“青海盐湖提钾和硼、锂综合利用”中的一个子课题。该子课题包括三项中试工程(盐田日晒场,硼酸车间和氯化锂车间)建设,其中一项为湖水日晒相分离一般盐类生产含硼和锂的氯化镁饱和卤水,1983 年开始在湖表卤水区北面湖滨地带兴建土质盐田日晒场,如图 1 所示。日晒场晒水总面积为 25.32 万平方米。

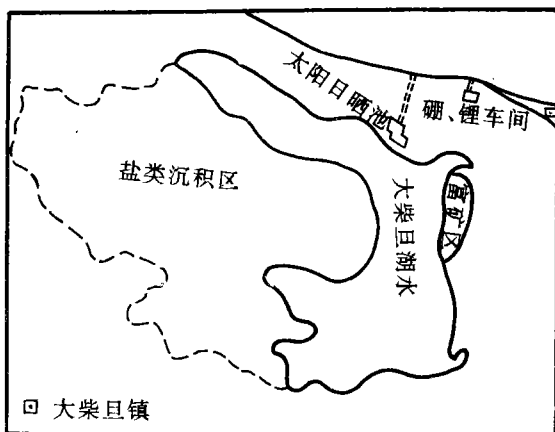


图 1 大柴旦盐湖盐田日晒场位置图

1 工艺流程、试验规模和技术指标

1.1 工艺流程

我们运用水盐溶液化学相分离技术^[1],使用盐田日晒卤水分离一般盐类,制取高含硼和锂盐的氯化镁饱和卤水。该浓缩卤水供盐酸酸化分离硼酸,最后采用 TBP—三氯化铁—煤油,从提取硼酸母液中萃取氯化锂,卤水综合利用工艺流程见图 2。

1.2 试验规模,技术指标

试验是在过去 5000 平方米日晒场日晒卤水全年性运转实验数据基础上,设计建设中试日晒场,具有每年处理 15.83 万立方米湖表卤水,按试验性增量计算为 19.78 万立方米湖表卤水(包括渗漏量),生产 7500 立方米氯化镁共饱和卤水,其组成为 2.00~2.5% B_2O_3 , 0.7~1.0% $LiCl$, 0.2~0.3% $NaCl+KCl$, 0.7~4.5% $MgSO_4$, 27~29% $MgCl_2$ 。

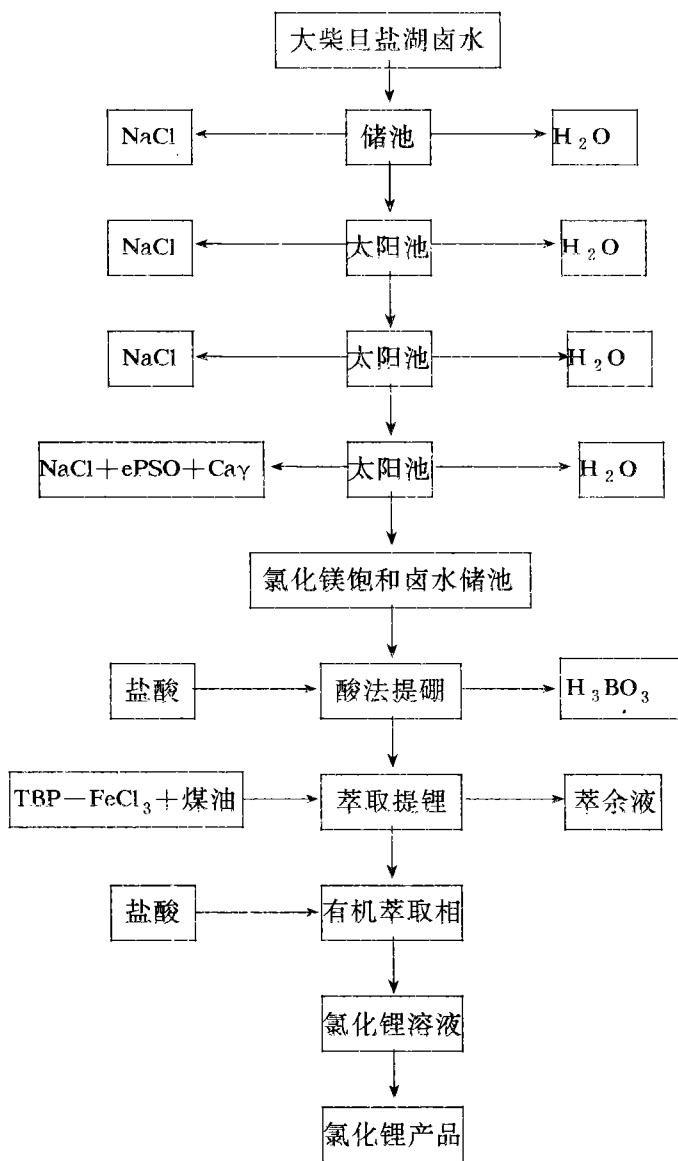


图2 大柴旦盐湖卤水硼酸和氯化锂中试工艺流程图

2 日晒场日晒池设计

首先对大柴旦湖区北岸进行土壤调查,土力学分析和测试,对结果进行研究.最后选定大柴旦盐湖湖表卤水北岸,过去湖水日晒小试验场地的北面,见图3所示.

设计方案以大柴旦湖表卤水为原料,安排三段晒水过程:氯化钠阶段、硫酸镁混盐阶段和钾镁混盐阶段.最后生产出可供年生产能力200吨硼酸和50吨氯化锂车间用浓缩氯化镁饱和卤水.全场区日晒池晒水面积为25.32万平方米,其中19.78万平方米的氯化钠晒区(第一晒区)布置在盐湖湖表水域北面阶地下面,盐碱滩地带,汽车便道以东,用内埝分隔成7个日晒池,南面距湖水1公里,氯化钠晒区北面与湖水面的高程差约5米;第二晒区(硫酸镁混盐及钾

镁混盐区)布置在汽车道以西,最南端与第一晒区最北端对应,南北长约 550 米,东西宽 150 米,面积 5.54 万平方米,东面以道路为堤埝,西面在池埝外布置有一条输卤沟通往西 8^号日晒池,在日晒场区用内埝分隔成 7 个日晒池和两个浓缩卤水储池.池与池间安设木制闸门,在使用过程中发现闸门自动跑卤,全部用粘土堵实原闸门的上水方.在该场区的北、西和南边距埝 10~15 米处布置一条围滩沟.建池中,氯化钠晒区堤埝底宽 4~7 米,顶宽 3~4 米,钾镁混盐

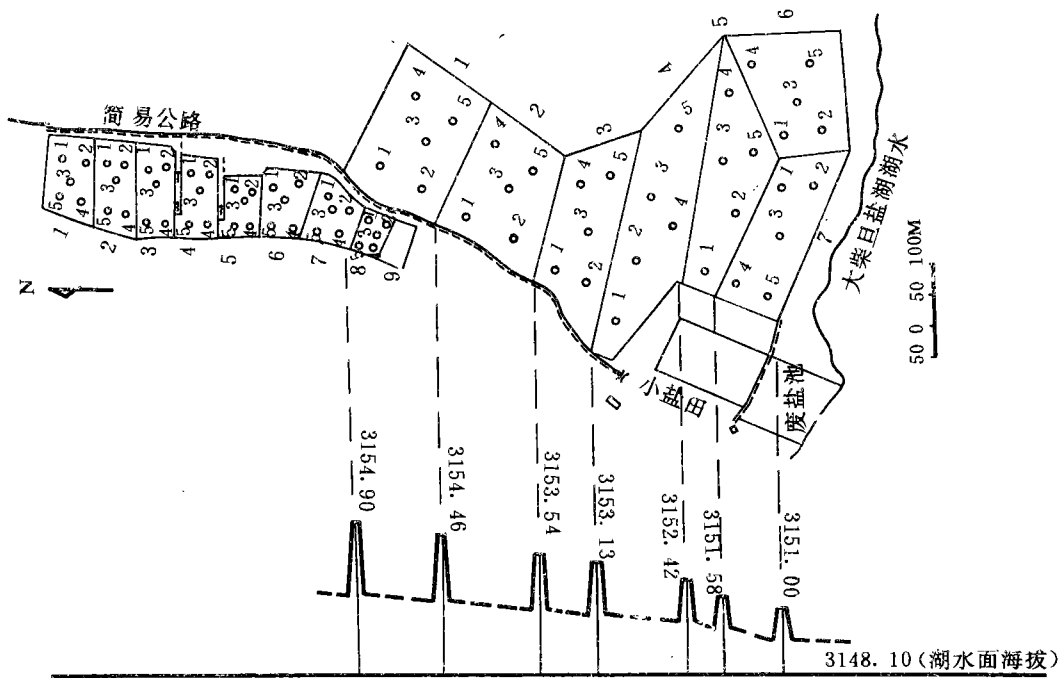


图 3 中试盐田平面布置图及氯化钠日晒池断面图

晒区堤埝底宽 3~5 米,顶宽 1.5~2.5 米,如图 3 所示.

3 日晒场区晒池的建造

在日晒场区只进行过简单的布点土壤取样,进行化学分析和土壤力学性质测定,见表 1、2.在日晒场设计的基础上,结合现场实际情况分以下三步进行工程施工.

3.1 围滩沟和围埝工程施工

1984 年 7 月到 10 月按日晒场设计,首先进行日晒场区的围滩沟挖掘工程的予施工,确定挖沟筑埝方案中机械施工的可行性.通过预施工确认,场区内除局部地段流沙比较严重,需要进行局部工程修改外,全场区可以按设计方案进行场区内土方工程的机械施工.

场区内部分地段存在草滩,通过预施工表明,只能使用重型推土机(东方红-75 型履带式推土机,青海工程机械厂生产)才能清除这里的草皮(一般厚 10~20 公分).最后确定下述机械化土方工程的施工步骤:

第一步,按设计图纸进行场区施工的定标工作,确定每一个日晒池堤埝位置和底宽,围滩沟位置和宽度,每 20~25 米竖立施工工程标桩.

第二步,用重型推土机把围埝和围滩沟定位施工区内的表层草皮彻底清除到施工场区之

外.

第三步,使用反转挖掘机(东方红—75/802 型液压挖掘机,山东广饶液压机械厂生产)开挖围滩沟,同时将挖出的土搬运到堤埝位置.随即用推土机把堤埝上的堆土进行平整,用推土机履带来回进行碾压,直到围埝堤达到设计高度为止.

表 1 整池前土壤物理性质

取 样			土 壤 分 类	物 理 性 质			
地 点	层 次	深度(cm)		湿容重 Kg/m³	干容重 Kg/m³	含水量 w %	渗透系数 mm/天
阶 地 下	1—1	0—10	中粉质壤土				
	1—2	10—30	重粉质壤土	1766.0	1312.0	34.6	0.06722
	1—3	30—50	轻壤土				
	2—1	0—10	重粉质壤土				
	2—2	10—30	粉质壤土	1788.0	1347.0	32.7	0.07693
	2—3	30—50	粉质壤土				
	2—4	50—70	粉质粘土				
阶 地 上	3—1	0—10	中粉质壤土				
	3—2	10—30	重粉质壤土	1497.0	1169.0	28.1	0.2984
	3—3	30—50	重粉质壤土				
	3—4	50—70	粉质粘土				
	4—1	0—10	粉质粘土				
	4—2	10—30	中壤土		1725.0		0.6775
	4—3	30—40	重粉质壤土				
外取土			粉质粘土		1771.0		0.1078

表 2 整池前土壤化学分析

层 次	离 子 百 分 含 量 (w %)							
	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺ +Na ⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ⁻	离子总量
1—1	0.0060	0.0073	0.507	0.535	0.267	0.0162	/	1.3385
1—2	0.0090	0.0128	0.226	0.270	0.104	0.0162	0.0110	0.6490
1—3	0.0900	0.0055	0.169	0.0709	0.0038	0.0432	0.500	0.8826
2—1	0.0076	0.0118	0.453	0.532	0.119	0.0540	0.0110	1.1884
2—2	0.0120	0.0028	0.0945	0.106	0.0327	0.0126	0.0311	0.2917
2—3	0.0136	0.0073	0.203	0.253	0.0759	0.0144	0.0128	0.5800
2—4	0.0116	0.0041	0.0633	0.0666	0.0275	0.0054	0.0494	0.2283

3.2 日晒场区隔埝施工

场区内隔埝施工以两侧池底用推土机取表层土堆埝(粘土层允许情况下),分层平整碾压,最后达到设计高度.在有草皮的地段最后将施工前清出的草皮用作埝堤内侧护坡.

3.3 日晒场整池

第一由于日晒场区日晒池普遍存在南低北高,最大高程差达 80 公分,最小为 60 公分.浅层地下水的水位较高,不宜采用挖高填低的办法使池底达到水平.第二柴达木盆地大柴旦地区每年只有四个月的作业时间,能进行整池的时间并不充足.这就给日晒池制作池板的工作带来很大困难.为此将设计中的三遍整池^[2]改为两遍作业.

第一遍,先用农用犁耙机将池底土层进行翻耕(深 20~25 公分),耙松平整. 泵入密度为 1051.0Kg/cm³ 半咸水,将全部池底淹没浸泡. 同时取浸泡水样,进行化学分析,结果见表 3、4、5,而后放去浸泡水,晒干后依次用小礅(约 250 公斤)、中礅(约 400 公斤)压实,小礅、中礅为工厂加工制作,最后用半吨压轴机(WY-73 型压池机,山东潍坊盐业机械厂生产)压五遍.

表 3 路东各晒池第一遍浸泡用卤水化学分析结果

年月日	样品编号	密度/t℃ [*]	离子分析结果 (w%)				化合物含量 (w%)			总盐量
			Mg ²⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	B ₂ O ₃	NaCl	MgSO ₄	MgCl ₂	
87.6.27	1-1-1	1053.0/9.8	0.26	3.66	0.54	0.06	5.43	0.66	0.49	6.58
	1-1-2	1054.0/9.8	0.26	3.68	0.54	0.06	5.46	0.68	0.48	6.62
	1-1-3	1053.0/8.0	0.27	3.67	0.54	0.06	5.41	0.68	0.52	6.61
87.6.25	1-2-1	1054.0/13.0	0.28	3.92	0.52	0.05	5.75	0.65	0.58	6.98
	1-2-2	1055.0/13.0	0.28	3.88	0.52	0.05	5.68	0.65	0.58	6.91
	1-2-3	1054.0/13.0	0.28	3.85	0.53	0.05	5.65	0.66	0.58	6.88
87.6.25	1-3-1	1065.0/11.8	0.33	4.62	0.60		4.76	0.75	0.70	8.21
	1-3-2	1065.0/11.8	0.33	4.72	0.59		6.91	0.74	0.71	8.36
	1-3-3	1068.0/11.5	0.35	4.74	0.63		6.90	0.79	0.74	8.43
87.6.29	1-4-1	1059.0/10.0	0.29	4.10	0.59	0.06	6.08	0.74	0.55	7.37
	1-4-2	1058.0/11.0	0.29	4.10	0.60	0.06	6.09	0.75	0.54	7.38
	1-4-3	1058.0/11.0	0.30	4.11	0.60	0.06	6.06	0.75	0.58	7.39
87.6.25	1-5-1	1042.0/9.0	0.21	3.04	0.37	0.03	4.45	0.46	0.46	5.37
	1-5-2	1042.0/9.0	0.22	3.10	0.37	0.03	4.50	0.46	0.49	5.46
	1-5-3	1042.0/9.0	0.21	3.10	0.37	0.03	4.55	0.46	0.46	5.47
87.6.12	1-6-1	1046.0/8.2	0.25	3.37	0.44		4.89	0.55	0.54	5.98
	1-6-2	1045.0/8.2	0.25	3.37	0.44		4.89	0.55	0.54	5.98
	1-6-3	1045.0/11.0	0.25	3.37	0.44		4.89	0.55	0.54	5.98
87.6.10	1-7-1	1038.0/14.6	0.20	2.81	0.34	0.03	4.08	0.43	0.45	4.96
	1-7-2	1038.0/14.5	0.20	2.81	0.34	0.03	4.08	0.43	0.45	4.96
	1-7-3	1038.0/14.5	0.20	2.81	0.34	0.03	4.08	0.43	0.45	4.96

* SI 制 密度 Kg · m⁻³

表 4 路东各晒池第二遍浸泡用卤水化学分析结果(1987. 8. 19)

样品编号	密度/t℃ [*]	离子分析结果 (w%)						化合物含量 (w%)						盐量
		K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	B ₂ O ₃	NaCl	KCl	CaSO ₄	MgSO ₄	MgCl ₂	MgB ₄ O ₇	
2-1-1	1223.0/13.0	0.41	0.046	1.27	14.69	2.31	0.21	20.35	0.78	0.15	2.76	2.65	0.27	26.96
2-2-1	1220.0/9.5	0.40	0.050	1.27	14.37	2.29	0.20	19.79	0.76	0.17	2.72	2.68	0.26	26.38
2-3-1	1185.0/8.0	0.34	0.032	1.08	12.12	1.91	0.17	16.65	0.65	0.11	2.30	2.29	0.22	22.22
2-4-1	1229.0/14.0	0.43	0.045	1.33	15.03	2.45	0.21	20.72	0.82	0.15	2.93	2.77	0.28	27.67
2-5-1	1231.0/12.0	0.43	0.039	1.36	15.08	2.48	0.22	20.77	0.82	0.13	2.99	2.80	0.29	27.80
2-6-1	1231.0/13.5	0.44	0.064	1.38	15.03	2.53	0.22	20.16	0.83	0.22	2.76	3.06	0.29	27.32
2-7-1	1226.0/10.0	0.41	0.034	1.30	14.94	2.36	0.22	20.74	0.78	0.12	2.86	2.67	0.27	27.46

第二遍,用氯化钠近饱和的湖表卤水浸泡日晒池 2-4 天,密度为 1221.0Kg/m³,同时取浸泡水样,进行化学分析. 而后放去浸泡咸水. 晒干后,依次使用小礅子、中礅子碾压,最后用半吨压轴机压五遍,取各日晒池土样,进行土力学性质和离子组成分析,结果见表 6、7.

表 5 路西各晒池第一遍浸泡用卤水化学分析结果

样品 编号	密度/t C°	离 子 分 析 结 果 (w%)						化 合 物 含 量 (w%)						盐量
		K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	B ₂ O ₃	NaCl	KCl	CaSO ₄	MgSO ₄	MgCl ₂	MgB ₄ O ₇	
1—1	1226.0/13.0	0.41	0.034	1.30	14.94	2.36	0.22	20.74	0.78	0.12	2.86	2.67	0.27	27.44
2—1	1230.0/11.0	0.41	0.055	1.29	15.00	2.36	0.21	20.82	0.76	0.18	2.79	2.69	0.29	27.53
3—1	1229.0/13.0	0.41	0.062	1.30	14.99	2.41	0.22	20.61	0.78	0.22	2.83	2.69	0.29	27.42
4—1	1231.0/10.0	0.42	0.053	1.34	15.21	2.47	0.23	20.49	0.80	0.18	2.94	2.76	0.30	27.47
5—1	1219.0/9.0	0.39	0.040	1.24	14.31	2.32	0.22	19.46	0.74	0.14	2.77	2.53	0.29	25.93
6—1	1228.0/17.5	0.38	0.034	1.27	14.20	2.43	0.24	19.70	0.72	0.12	2.94	2.48	0.31	26.27
7—1	1229.0/15.5	0.41	0.046	1.34	14.89	2.61	0.26	20.57	0.76	0.16	3.12	2.59	0.34	27.54

表 6 整池后路东日晒池土样物理性质和化学分析

编号	密度/t C°	含水量 (w%)	湿容重 (g/cm ³)	干容重 (g/cm ³)	离 子 分 析 结 果 (w%)					
					K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	B ₂ O ₃
E—1 表	2313.0/18.5	30.94	1.875	1.433	0.13	0.39	0.38	5.38	1.71	0.20
E—1 下	2396.0/18.5	36.62	1.768	1.306		0.05	0.06	1.46	0.18	0.08
E—2 表	2860.0/10.0	29.78	1.861	1.435	0.13	0.41	0.28	4.38	1.96	0.104
E—2 下	3085.0/10.0	33.24	1.988	1.492	0.01	0.18	0.021	0.489	0.03	0.03
E—3 表	2512.0/10.0	26.09	1.900	1.515	0.11	0.09	0.344	3.97	0.90	0.10
E—3 下	2521.0/10.0	30.51	1.842	1.412	0.04	0.03	0.08	1.56	0.14	0.03
E—4 表	2578.0/10.5	23.11	1.991	1.618	0.10	0.52	0.18	4.95	1.54	0.10
E—4 下	2592.0/10.5	24.76	1.905	1.530	0.03	0.08	0.08	1.63	0.29	0.03
E—5 表	2442.0/12.0	25.25	1.932	1.545	0.14	0.47	0.26	7.88	1.39	0.09
E—5 下	2589.0/12.0	23.09	1.969	1.600	0.03	0.08	0.06	1.73	0.23	0.02
E—6 表	2741.0/12.0	22.97	1.989	1.618	0.08	0.55	0.18	10.13	1.33	0.05
E—6 下	2970.0/12.0	27.06	1.910	1.506	0.04	0.20	0.04	1.48	0.44	0.02
F—7 表	2787.0/12.0	21.30	1.968	1.622	0.10	0.41	0.22	5.30	1.03	0.06
F—7 下	2908.0/12.0	23.78	1.986	1.607	0.03	0.06	0.04	1.62	0.12	0.02

整池过程中发现路东 5^号日晒池南池埵中部,距池埵 15~20 米处,存在面积约数十平方米严重暄软的橡皮地带,原来是一个大的上升泉坑,在施工中采用挖掘机先将泉坑中烂泥挖出后,再用麻袋装土垫入上升泉坑内.其它日晒池也发现有橡皮池底现象,是因为地下水位较高的缘故,均采取类似的方法治理.

钾混盐和成品池整池方法与氯化钠日晒池大致相同,不同的是,氯化钠晒池第二遍浸泡咸水直接泵到钾混盐池和成品池进行浸泡,8 月下旬,大柴旦地区的气温开始转冷,钾混盐池和成品池的池板无法制作,使用近饱和卤水浸泡一个冬天到第二年 4 月下旬开始放去浸泡水,凉干整池.

4 实验部分

4.1 日晒池取土样

在第二遍整池中使用半吨压轴机碾压五遍后,未灌入饱和氯化钠卤水之前,进行各池底土质池板取样,取样布置点见图 3.在池底表面使用标准环刀取一个土样,在原位 10 公分深的位置再取一个土样,而后把所取土样同环刀一起放入土样盒里,用医用胶布封口,进行编号,在实验室里进行土力学性质和组份测定.环刀规格:一种是直径等于 6 公分;另一种是直径为 4 公

分,其高度都为 2 公分,使用标准卡尺(1/50mm)进行校准后使用.

4.2 土样的处理

取回来的土样,按编号把环刀取出来,称取土样和盒的重量(使用最大称量 200 克的台称).把土样与盒一起放在烘箱里,温度控制在 105~110℃,进行恒重(需要 8 小时恒重).土样恒重后进行研细备有,称取一定量土样,转移到 250 毫升容量瓶中,稀释至刻度待分析.

4.3 土样的力学性质测定

恒重后的土样计算水份含量,利用环刀容积计算湿容重,干容重.使用 100 毫升密度瓶,以柴油为溶剂,测定土样的密度.

表 7 整池后路西日晒池土样物理性质和化学分析

编号	密度/t℃	含水量 (w %)	湿容重 (g/cm ³)	干容重 (g/cm ³)	离子分析结果 (w %)					
					K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	B ₂ O ₃
W-1 表	2465.0/16.5	25.06	2.034	1.627	0.10	0.48	0.33	4.50	1.15	0.05
W-1 下	2550.0/16.5	26.08	2.008	1.595	0.02	0.07	0.04	1.05	0.14	0.02
W-2 表	2550.0/16.5	22.91	2.086	1.698	0.10	0.40	0.22	4.00	0.95	0.06
W-2 下	2602.0/16.5	24.72	1.990	1.598	0.02	0.09	0.06	0.89	0.23	0.03
W-3 表	2547.0/16.0	23.61	2.029	1.641	0.10	0.36	0.29	3.81	1.06	0.11
W-3 下	2650.0/16.0	24.98	2.027	1.623	0.02	0.10	0.05	1.01	0.30	0.05
W-4 表	2556.0/16.5	21.93	1.871	1.550	0.07	0.36	0.29	3.83	1.10	0.13
W-4 下	2543.0/16.5	24.14	1.860	1.501	0.02	0.05	0.05	1.12	0.16	0.05
W-5 表	2464.0/15.5	23.39	1.993	1.603	0.10	0.38	0.33	4.22	1.35	0.18
W-5 下	2536.0/15.5	25.87	1.936	1.544	0.01	0.03	0.03	0.66	0.09	0.03
W-6 表	2546.0/13.0	23.50	1.975	1.602	0.11	0.31	0.34	5.10	1.43	0.33
W-6 下	2628.0/13.0	21.09	2.000	1.659	0.02	0.06	0.11	1.38	0.26	0.14
W-7 表	2471.0/17.0	26.41	1.872	1.486	0.06	0.32	0.38	4.98	1.22	0.25
W-7 下	2511.0/17.0	26.41	1.895	1.502	0.03	0.10	0.09	2.21	0.37	0.15
W-8 表	2414.0/11.5	21.32	1.728	1.424	0.07	0.52	0.51	8.43	1.34	0.13
W-8 下	2516.0/11.5	25.78	1.922	1.528	0.01	0.23	0.10	1.80	0.58	0.04

4.4 土样分析

土样分析:采用四苯硼化钾重量法测定钾;氨羧络合滴定镁和钙;硝酸汞络合滴定氯;硫酸钡重量法测定硫酸根;硼采用甘露醇法,用已知滴定度(T = B₂O₃g/NaOHml)的碱液滴定;钠的含量用差减法进行计算.

5 结果讨论

氯化钠日晒池整池完工后,随即泵入湖表卤水,使池内卤水平均深度为 80 公分,进行储卤越冬观测考察^[3].结果表明土质日晒池在冬季渗透系数平均为每天 0.4~0.6mm,夏季为 0.5~0.7mm.同时发现夏季湖表卤水在储卤越冬过程中析出大量芒硝.但是,到翌年 4~6 月所有冬季析出的芒硝都能回溶到卤水中.既不影响池埕、池底,也不影响日晒池走水制卤工艺的安排.

日晒池渗透系数大小与日晒池池板制作的好坏有关系,同样与日晒池周围的围滩沟的深浅有关.从 1989 年 11 月开始到 1990 年 10 月底,进行湖水日晒全年性实验运转情况分析,处理湖水 19.98 万立方米,已生产出符合提取硼和锂要求的合格浓缩卤水 7089 立方米,平均含

2. 27%B₂O₃, 0. 72%LiCl.

结 论

1 针对青藏高原富含硼和锂盐的复杂卤水资源综合利用,已找到一条运用日晒池相分离技术进行盐卤自然处理的经济可行的途径.

2 在高原盐湖湖滨永冻土地地区建造土质日晒池设计和施工方面已取得大量的经验,并已建成具有一定规模的土质日晒池,用于大柴旦盐湖卤水提取硼酸和氯化锂中试,取得良好效果.

参 考 文 献

- 1 梁保民,《水盐体系相图原理及运用》,北京:轻工业出版社出版,1986 年.
- 2 河北塘沽盐业专科学校,《海盐生产工艺学》,北京:轻工业出版社,1960 年.
- 3 李刚、高世扬,《海湖盐与化工》,1993 年,1:1—6.

Constrution of Solar Ponds in Da Chai Dan Salt Lake Region

Li Gang and Gao Shiyang

(*Qinghai Institute of Salt Lakes, Academia Sinica, Xining 810008*)

ABSTRACT

It is reasonable to build solar pond in Da Chai Dan salt lake region for evaporation of brine by solar energy and separation of common salts. Base on the experimental results of phase chemistry of salt lake brine, it is passible to prepare concentrated MgCl₂—eutectic brine containing height borate and lithium salt by solar evaporation and the concentrated brine as a raw material for producing H₃BO₃ and separating LiCl.

Keywords Solar ponds. Research and analyse of soils