

大柴旦湖滨日晒盐田的建造

高世扬 柳大纲等

(中国科学院青海盐湖研究所 西宁 810008)

王肇伦等

(中国盐业公司科学研究所)

摘要 在对大柴旦湖区水文地质条件进行分析基础上认为,湖表卤水东北部的湖滨地带,地表具有1.5—2.0米厚的沙质粘土层,适用建造土质日晒盐田。在对土壤粒度分析基础上,提出进行盐田建设中防止卤水渗漏的几种措施。

关键词 大柴旦 盐田 建造

大柴旦盐湖位于青藏高原柴达木盆地北部大柴旦山间小湖盆内,海拔3100米,在湖区和湖底沉积着大量食盐(NaCl)、芒硝($\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$)和各种天然硼酸盐,湖水是含硼海水型盐卤,这里气压低,夏季炎热,冬季寒冷,年蒸发量达2000mm,年降水量仅数十毫米,湖水在日晒浓缩过程中可顺次析出:

NaCl

$\text{NaCl} + \text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$

$\text{NaCl} + \text{MgSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$

$\text{NaCl} + \text{MgSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O} + \text{MgCl}_2 \cdot \text{KCl} \cdot 6\text{H}_2\text{O}$

$\text{NaCl} + \text{MgSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O} + \text{MgCl}_2 \cdot \text{KCl} \cdot 6\text{H}_2\text{O} + \text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$

最后可以获得富含硼和锂的饱和氯化镁卤水,为了最大限度地利用自然能进行湖水的综合处理,我们在该湖滨进行了土质日晒盐田建造的试验。

一 湖区水文地质条件

大柴旦湖位于大柴旦山间湖盆内,北背达肯大阪山,南依绿梁山,西靠大鱼山与鱼卡相邻,东面隔一砂梁脊与小柴旦湖相望,整个湖盆呈西北—东南走向,面积约1000平方公里,盆地中大部分为洪积物,也有湖相沉积物和化学沉积物。

本区地形可以划分为:

高山区:位于盆地北缘,海拔在5000米以上,相对高差在一千至二千米,山上终年积雪不化,山坡陡峻,切割较深。

中高山区:与高山区一样属达肯大阪山系,海拔在3500—4500米之间,相对高差为500—800米,山坡较陡,山顶比较圆滑。

中低山区:分布于达肯大阪山的南沿和盆地西南部绿梁山一带,海拔在3100—3500米之间,相对高差为300—500米,坡度平缓,山顶圆滑。

堆积地形:分布在达肯大阪山与绿梁山之间构成山间盆地,主要由冲击、洪积物、湖积物和

风积物所组成。

冲积洪积地形分布在山前地带,构成大片洪积扇,地形平坦,微向南倾斜,坡度约为 3 度,越近山麓坡度越大,向南呈一片戈壁。

风蚀地形分布在湖的南部及东南部,主要由风成砂及砂质土组成,地形平坦,其上分布着零星起伏的灌木沙滩和丛草沙滩。

湖积地形分布在山前洪积扇前缘以内,地形更为平坦,物质成份以灰色粘土、砂、石膏和盐渍土为主,其上发育着由于蒸发形成的硬盐壳和局部盐滩,草原和零星的沙丘,在地貌形态上有明显的分带性:

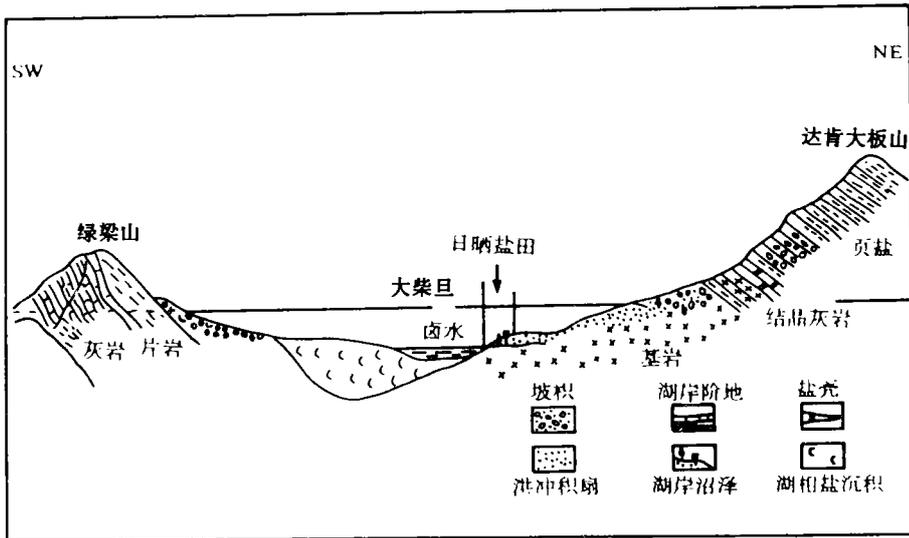
湖岸阶地或湖岸斜坡地带,分布在西部及西北部与沼泽接触处,一般成 15 度斜坡,其上生长着灌木草丛,由于风成砂的堆积构成灌木砂堆带。这一地带较为平缓,与洪积扇的界线分明,在洪积扇与沼泽带之间形成一明显的阶地地段。

沼泽地带分布在现代湖泊的北部,东南和西北部,由不连续的几十米至数公里宽窄不一的沼泽地段构成。这里杂草丛生,地形平坦,为地下潜水的溢出带,其上发育着凹凸不平的“土包”和“泽坑”。物质成份主要为黑色粘土淤泥,土黄色砂质粘土等。这些沼泽地段的形成或者由于湖水退缩,湖底出露,地下水出溢。或者由于在地势低洼处地下水大量出露的原因。

盐壳地区分布在湖水与沼泽带之间,表面为土黄色细粒食盐和石膏,下部为钠硼解石或其他天然硼酸盐层,再下为石膏粘土层,地形上呈隆起陆地。这以东部硼矿富矿区最为典型,在西部亦有分布。

盐滩分布在湖水的南部及西南部,面积达数十平方公里,上部为石盐沉积,下部为芒硝或淤泥芒硝沉积,其中分布有硼酸盐矿物和大量晶间卤水,盐滩面积与湖水变化的关系非常密切。

湖水分布在湖盆的最低洼地带,面积 30—50 平方公里,随不同季节而有明显的变化,底部为石盐(夏季)或芒硝(冬季)或淤泥石盐。喀斯塔溶洞比较发育,活动颇有规律。



图(1) 大柴旦湖盆地地质剖面素描图

本区河流有柴旦河,发源于达肯大阪山中,为融雪水汇集而成,其流间为 245 ± 5 天,全长七公里左右,流出山口后潜入地下。流量随季节性变化,最大流量为 849 升/秒。

温泉沟位于大柴旦市 25 度方位九公里处的达肯大阪山中,全长 1.5 公里,最大流量为 13.1 升/秒,流出山口后渗入地下。

温泉西沟位于大柴旦市 35 度方位十公里处的达肯大阪山中,为融雪水裂隙水汇聚而成,全长六公里,流出山口以后逐渐潜入地下,最大流量为 4 升/秒。

综上所述,该区水文地质特点按柴达木地质队的分区为:现代河谷区,山前洪积倾斜平原区和晶间卤水区。从达肯大阪山和绿梁山脚到湖岸属山前洪积倾斜平原区,该区又可分为深成、浅成和地下水溢出三个亚区,其特点见表 1。

表 1 水文地质特点

水文地质分区	山前洪积倾斜平原区		
	深层亚区 I_a	浅层亚区 I_c	地下水溢出亚区 I_b
地貌	山前倾斜平原的中下部,冲沟切割较浅,地形倾斜向湖。	山前倾斜平原下部地形微斜,地表风成地形发育。	系洪积扇前沿,洪积扇阶地陡坎以下,地形平坦,绕湖呈环带状分布的连续与不连续沼泽,沼泽与沼泽间盐坑发育。
水文	较小的间歇性地表径流。	间歇性地表径流到本区呈散流。	泉水形成的小溪发育,直接补给盐湖,垂直湖岸成汇集状分布,西北、东、东北水流较大,流量为 0.05—0.4 升/秒。
地质	第四纪上新统洪积粗粒碎屑堆积。	地表为第四纪近新统风成砂,下为第四纪上新统洪积扇。	第四纪近新统湖沼深积的富含腐植质亚砂土,在湖的西北及北部地下水溢出部分尚有盐坑。
水文地质特征	孔隙潜水,地下水埋深 10—30 米为淡水,属 $\text{HCO}_3^- - \text{Cl}^-$ 或 $\text{Cl}^- - \text{HCO}_3^-$ 型。矿化度小于 0.5g/升,钻孔涌水量大于 9.9 升/秒,主要受老山融雪水及大气降水补给。	孔隙潜水,地下水埋深 0.5—10 米,淡水属 $\text{Cl}^- - \text{HCO}_3^-$ 或 $\text{SO}_4^{2-} - \text{HCO}_3^-$ 型水,矿化度约 0.5—1.0g/升,本区前缘开始承压,水量较大,钻孔涌水量为 13.77 升/秒。	为地下水溢出带,上部为腐植质淤泥、亚砂土及亚粘土的隔水层,承压水以上升形式溢出,仅陡坎下有部分下降泉溢出,淡水矿化度为 0.3—0.9g/升,属 $\text{Cl}^- - \text{SO}_4^{2-}$ 型水为主。局部为 $\text{HCO}_3^- - \text{SO}_4^{2-}$ 及 $\text{Cl}^- - \text{HCO}_3^-$ 型水,一般涌水量为 0.05—1.0 升/秒。

由表 1 中所述结果可以看出:深成亚区和浅成亚区因地势不平,地表为粗粒碎屑堆积或风成砂,高程差较大不宜建造盐田。地下水溢出亚区地形平坦,离卤水区近,从地质剖面图 2 所示结果可见,在地表以下二十米内有三到四层总厚度近十米的砂质粘土,使得深成地下水不易上溢,考虑到浅层地下水含水量少,压头只有 1—2 米,由于地表具有厚 1.5—2.0 米的隔水性砂质粘土,潜层地下水不会严重上溢,即使在个别粘土层薄处形成上升小泉,也可以采用适当方式进行治理。因此这是盐田修建最适宜的地区。

二 湖区土壤条件

根据上述水文地质条件我们在湖北岸近湖水处进行盐田建造试验,先在湖滨试验场(见图3)区内选择探坑点 A(见图 4)进行挖土并观测记录坑内土壤情况,结果见图 5。

同时在探坑 A 处取土样进行干、湿容重、难溶盐、中溶盐、可溶盐以及烧失量的测定,同时还相应地进行了分层原状土样渗透系数的测定,结果列于表 2 和表 3。

此外我们在探坑 A 处还采集个别土样进行粒度分析,结果见表 4。

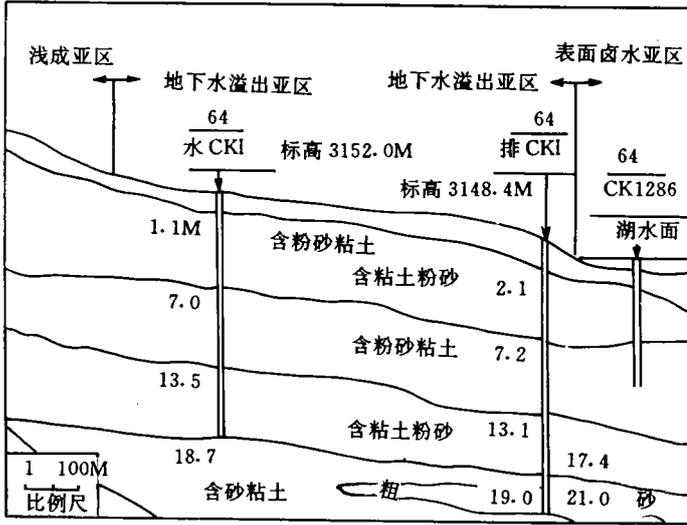


图2 大柴旦湖沉积剖面图

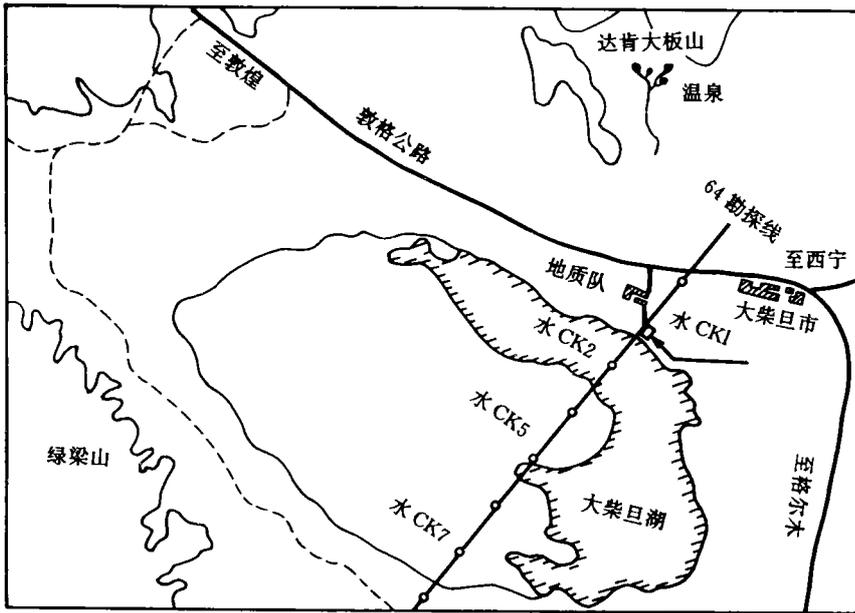


图3 大柴旦湖滨日晒试验场位置图

表2 土壤物理性质

取 样 层 次	深度 (厘米)	土壤情况描述	物 理 性 质			透 透 系 数 ** (厘米/秒)	备 注
			容 重		含 水 量 %		
			湿 容 重 (克/立方厘米)	干 容 重 (克/立方厘米)			
					灼 烧 失 重 %		
1	0—8	蜂窝状白色盐盖,其中有硬颗粒,并夹有部分黄土			15.4	13.64	
2	8—15	松散状黄土,夹有草根	1.454	1.161	24.83	4.96	
3	15—20	稍带绿色的粘土层,部分夹杂黄土	1.540	1.230	25.12	6.10	
4	20—35	淡灰色的粘土层,夹有草根,根大者5mm	1.671	1.390	29.66	4.42	3.11×10^{-6}
5	35—60	白灰色的粘土层,夹有白色的砂粒,粒径大者2mm,并夹有毛状的草根	1.768	1.330	23.82	3.26	5.60×10^{-6}
6	60—85	青粒土层,夹有细小的砂粒,在85厘米以下为硬土层	1.950	1.585	23.00	3.67	1.41×10^{-7}

* 本表所列数据系吴锡海同志所测定。

** 渗透系数系薛方山同志所测定。

表3 土壤含盐量及其化学分析*

取 样 层 次	深度 (厘米)	易 溶 盐										中 溶 盐		难 溶 盐		备 注
		(重 量 百 分 含 量)										(以CaSO ₄ ·2H ₂ O计)		(以CaCO ₃ 计)		
		Mg ²⁺	Ca ²⁺	Na ⁺	K ⁺	SO ₄ ²⁻	CO ₃ ²⁻	Cl ⁻	OH ⁻	总盐量	%	%				
1	0—8	0.250	0.110	8.79	0.143	2.20	0.007	12.10	0.206	23.81	18.50	19.83				
2	8—15	0.031	0.007	0.97	0.041	0.81	0.066	0.82	0.022	2.77	0.28	28.70				
3	15—20	0.006	0.002	0.33	0.014	0.17	0.036	0.30	0.005	0.86	0.38	42.70				
4	20—35	0.001	0.002	0.13	0.008	0.04	0.064	0.073	0.003	0.32	0.51	45.27				
5	35—60	0.013	0.013	0.14	0.012	0.22	0.014	0.07	0.066	0.55	0.07	45.12				
6	60—85	0.009	0.011	0.08	0.010	0.17	0.053	0.02	0.044	0.36	0.03	33.69				

从表 2、3 中所列结果可见,地表到近一米处土壤中的水分含量在 15—30% 之间,容重测定结果随深度而增加,除地表十厘米内石膏含量特别高外,其他各层中的石膏含量都很少,在二十厘米以下可溶盐的总量小于 1%,平均渗透系数为 6.29×10^{-6} 厘米/秒。

综合表 4 中所列土壤粒度分析结果可以认为这里的土壤属于碳酸盐型砂质粘土。

三 日晒盐田的建造

综上水文地质条件和土壤条件表明,有可能利用这里的地形和土壤兴建日晒盐田。考虑到盐田建造中的主要问题在于如何防止或减少在晒水过程中土质盐田的渗漏,为此我们在湖滨日晒试验场内进行了下述六种防渗试验:

1. 原状土结合压实.
2. 原状土加细砾石结合压实.
3. 原状土加粗砂结合压实.
4. 铺层土结合压实.
5. 粘土灌浆结合压实.
6. 破坏土壤结构,翻耕,引卤水泡滩,用脚踏软泥三遍,拉平结合压实.

由表 5 中所列试验结果可见在采用各种防渗措施前后的渗漏量相差甚为悬殊,为说明防渗措施的重要意义,我们把各种防漏措施在采用前后每年渗漏的损失作一比较,结果列于表 6.

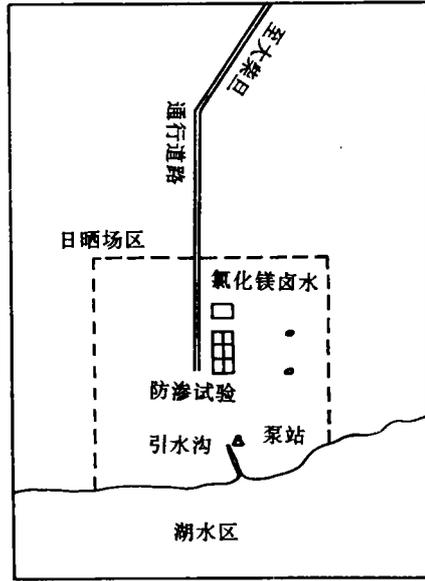


图 4 土壤探坑位置图

表 4 土壤粒度分析结果*

粒径(毫米)	百分含量(%)	粒径(毫米)	百分含量(%)	粒径(毫米)	百分含量(%)
大于 0.25	2.58	0.042—0.028	3.04	0.0055—0.0034	6.08
0.25—0.10	24.12	0.028—0.016	3.64	0.0034—0.0017	10.33
0.10—0.074	11.04	0.016—0.012	9.12	小于 0.0017	13.98
0.074—0.054	1.21	0.012—0.0082	6.69		
0.054—0.042	1.22	0.0082—0.0055	6.68		

表 5 防渗试验结果

防 渗 措 施	测 定 项 目		甲次未压实	乙次压实	丙次压实	丁次压实	戊次压实
			(原状土或加工土)	(小 轴 四 遍)	(小 轴 六 遍)	(小 轴 十二遍)	(小轴四遍 中轴四遍)
原状土	渗 漏 量	毫米/日	5.01	2.34	0.71	0.67	0.66
结合压实	比甲次压实减少渗漏量	%		53.3	85.9	86.7	86.8
原状土	渗 漏 量	毫米/日	2.61	2.17	0.87	0.84	0.53
加细砾石结合压实	比原状土未压实减少渗漏量	%	47.9	56.6	82.6	83.2	89.5
原状土	渗 漏 量	毫米/日	2.49	2.01	1.09	0.83	0.57
加粗砂结合压实	比原状土未压实减少渗漏量	%	59.3	59.0	78.1	83.4	88.6
铺层土	渗 漏 量	毫米/日	2.32	1.01	0.72	0.54	0.19
结合压实	比原状土水压实减少渗漏量	%	53.7	79.9	85.7	89.3	96.3
粘土灌浆	渗 漏 量	毫米/日	1.28	1.07	0.87	0.56	0.32
结合压实	比原状土未压实减少渗漏量	%	74.5	78.7	82.9	88.5	93.6
破坏土壤结构	渗 漏 量	毫米/日		1.03	0.81	0.59	0.37
结合压实	比原状土未压实减少渗漏量	%		79.5	83.9	88.2	92.5

表 6 采用防渗措施前后渗漏损失对比

实 验 结 果	单 位	原状土	原状土	原状土	铺层土	粘土灌浆	翻合土
			加砾石	加粗砂			
未压实(甲次)	cm/年	180.2	94.0	89.7	83.4	46.9	
压实(戊次)	cm/年	23.9	19.0	20.5	6.7	11.5	13.5
压实后减少渗漏量	cm/年	156.3	75.0	69.2	76.7	35.4	
	%	86.8	79.9	77.3	92.2	75.3	
比原状土减少渗漏量	cm/年	156.3	161.2	159.7	173.5	168.7	166.7
	%	86.3	89.3	88.8	96.2	93.8	92.7

由表 6 所列结果可见:原状土不加措施,若灌湖水于 1 米深池内,经过半年后将会全被漏掉,采用简单的压实措施,渗漏水可由 180.2cm/年降低到 23.9cm/年,减少 87% 的渗漏损失。若采用粘土灌浆措施,渗漏水可降低到 11.5cm/年,减少渗漏损失近 93%。要是采用铺层土的方式效果还会更好,渗漏水可降低到 6.7cm/年,也就是说可以减少渗漏损失达 96% 以上。

根据上述防渗漏实验结果,结合大柴旦盐湖卤水综合处理过程中日晒工艺流程的特点,原湖水在盐田中经天然蒸发浓缩十倍以上,要求最后获得饱和氯化镁卤水。为此关于盐田修建的方式我们考虑,在氯化钠蒸发结晶阶段可以采用一层粘土灌浆结合压实的措施。在硫酸镁、钾盐蒸发结晶阶段以及饱和氯化镁卤水的储存阶段显然需要采用多层粘土灌浆结合压实的方式,方可最大限度地减少漏失。

结 束 语

根据大柴旦湖区的水文地质条件,在湖滨地下水溢出区的地表 20cm 以下具有隔水性砂质粘土,含盐量(水溶盐部分)在 0.5% 以下,可以在这里修建土质日晒盐田。为防止日晒过程中卤水的漏失,在修建盐田时可采用粘土灌浆结合压实的防渗措施。

结合大柴旦盐湖卤水综合处理过程中日晒工艺流程的特点,在氯化钠蒸发结晶阶段可以采用一层粘土灌浆的措施。在硫酸镁、钾盐以及饱和氯化镁卤水的储存阶段需要采用多层粘土灌浆结合压实的防渗措施,进行日晒盐田的池底修建。

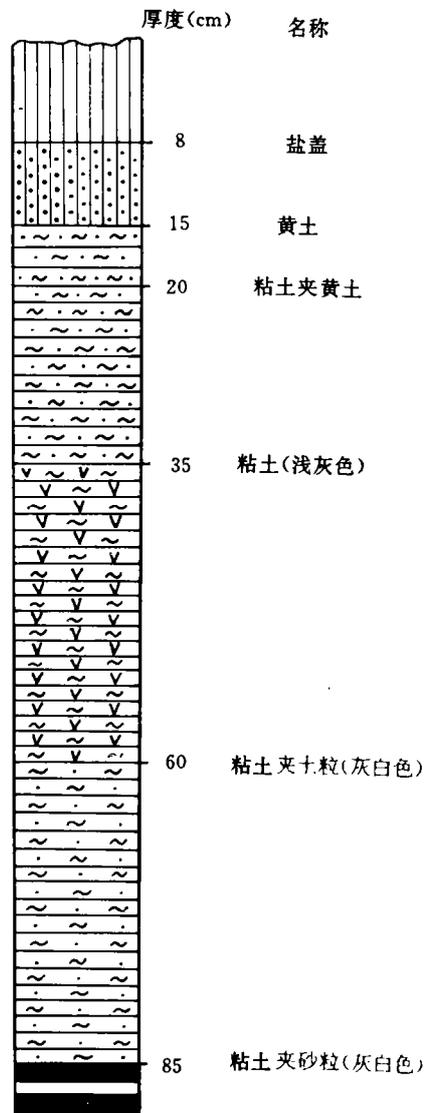


图 5 土壤探坑(A 点)柱状图

Construction of Solar Pond in the Region of Da Chaidam Salt Lake

Gao Shiyang Liu Dagang

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

Wang Souleng

(Institute of Salt Industry Tianying)

Abstract

On the basis of investigation of hydrological and geological conditions in the region of Da Chaidam salt lake, this report thinks that district near northeastern brine lake, where 1.5—2.0 metre sandy clay exists, is suitable to construct soil solar evaporation salt field. Through soil particle analysis some measures to prevent salt field establishment from brine leak is put forward.

Keywords Da Chaidam, Solar pond, Construct