

东台吉乃尔盐湖基本地质特征及 锂的分布规律研究

梁青生 韩凤清

(中国科学院青海盐湖研究所, 青海 西宁 810008)

摘 要: 东台吉乃尔盐湖位于柴达木盆地中部, 是我国众多盐湖中富含 Li 和 B 的盐湖之一。该湖与西台吉乃尔盐湖、一里坪盐湖和察尔汗盐湖别勒滩段构成了中国最大的现代盐湖锂矿床分布带。该湖地下晶间卤水分上下两层, 即 I、II 两个卤水矿层。化学组分, 阴离子以 Cl^- 为最高, 其次是 SO_4^{2-} 、 CO_3^{2-} 、 HCO_3^- ; 阳离子以 Na^+ 为最高, 依次为 Mg^{2+} 、 K^+ 、 Ca^{2+} ; 化学类型属硫酸盐型硫酸镁亚型。湖区水体主要由来自南部昆仑山脉的东台吉乃尔河补给。根据 1998 年在该盐湖的工作和前人的地质资料, 对 2000 年前东台吉乃尔盐湖的湖区地貌、卤水的化学组成、Li 的分布规律以及成盐年代进行了初步研究和探讨。

关键词: 东台吉乃尔盐湖; 盐湖卤水; Li 分布

中图分类号: P641.464

文献标识码: A

文章编号: 1008-858X(2013)03-0001-09

1 湖区概况

东台吉乃尔盐湖地处柴达木盆地中部, 介于北纬 $37^\circ 21' 54'' \sim 37^\circ 36' 05''$, 东经 $93^\circ 45' 33'' \sim 94^\circ 06' 48''$, 东距达布逊火车站约 140 km, 湖南 14 km 是青海石油局天然气总公司涩北基地, 目前 315 国道已途经东、西台盐湖和一里坪盐湖, 交通便利。该盐湖处于第三纪背斜构造拗陷带中, 海拔标高 2 661 m, 盐湖区内地形平坦, 湖盆边缘广泛沉积着上更新统湖相砂质粘土, 表层被风积砂所覆盖。湖水面积约为 200 km^2 , 东部干盐湖面积约为 50 km^2 , 总面积约为 270 km^2 。湖区水体主要由来自南部昆仑山脉的东台吉乃尔河补给(图 1)。

东台吉乃尔盐湖经青海省柴达木综合地质大队先后于 1965 年和 1989 年两次普查评价为 C + D 级, LiCl 储量 $5.53 \times 10^5 \text{ t}$, 2000 年后经详勘 LiCl 矿资源量增至 $2.86 \times 10^6 \text{ t}$, 是我国目前最具有开发价值的盐湖 Li 矿床^[1-2]。

东台吉乃尔盐湖气候干旱, 多风少雨, 昼夜

温差很大, 全年最高温度 28°C , 最低温度 -23.1°C , 夏季温暖, 冬季严寒, 年降水量仅有数十毫米, 年蒸发量则为 3 000 mm, 是降水量的 80 ~ 100 倍。风向以西风为主, 平均风速 4 ~ 5 m/s, 最大风速约 8 ~ 10 m/s 左右。

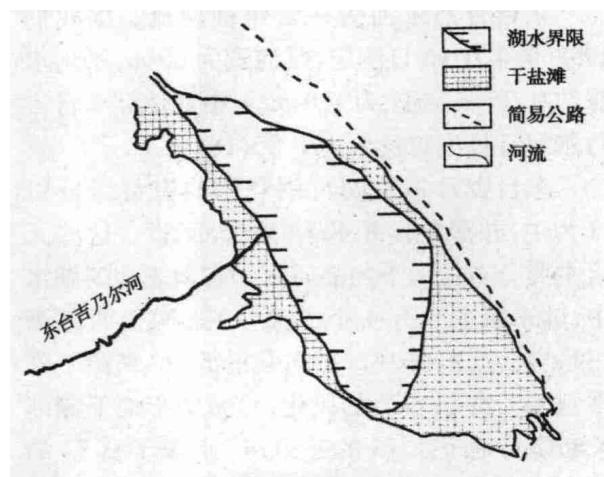


图 1 东台吉乃尔盐湖地质略图

Fig. 1 Geological map of East Taijinar salt lake

东台吉乃尔盐湖在水文资源分区中属那棱格勒乌图美仁区, 根据 1990 年 12 月的卫星遥

收稿日期: 2013-05-23

作者简介: 梁青生(1956-), 男, 研究员, 主要从事盐湖地质、矿产研究、开发工作。

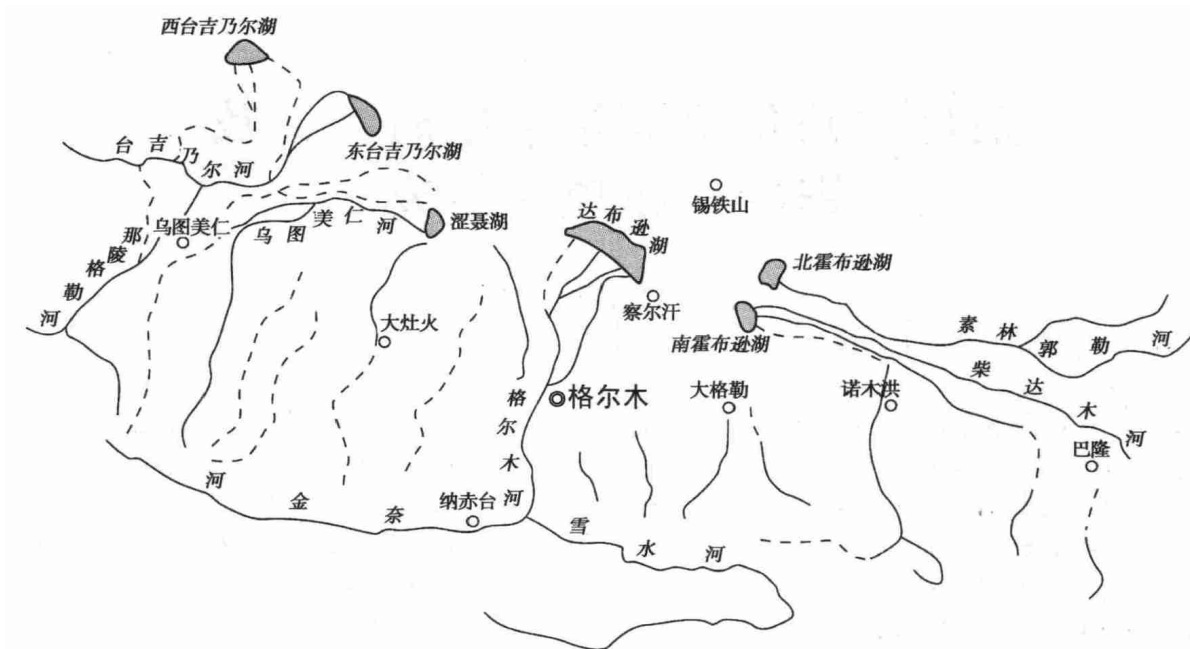


图 2 柴达木盆地水系示意图

Fig.2 Drainage system sketch map of Qaidam Basin

感资料,该地区主要有 3 条较大的河流,那棱格勒河、乌图美仁河和台吉乃尔河(图 2)。那棱格勒河主要补给台吉乃尔河,台吉乃尔河在下游分为两条河流,东台吉乃尔河和西台吉乃尔河。

东台吉乃尔河为一常年性河流。据我们 1998 年 4 月 16 日测定,其河宽为 60 m,平均水深约 0.35 m,流速为 1.0 m/s,由此估算东台吉乃尔河日径流总量约为 $1.8 \times 10^6 \text{ m}^3$ 。

东台吉乃尔盐湖可供利用的有益组分以 Li 为主,并富含 B、K 和 Mg 等元素。这些元素主要分布在地下的晶间卤水和地表盐湖湖水中,其来源主要有 4 个方面: 1) 来源于西部第三系含盐沉积物中 Li 的风化淋滤; 2) 来源于外围剥蚀区富 Li 母岩的风化; 3) 来源于地下深部大断裂带地下水 Li 的补给; 4) 来源于富 Li 的油田水的补给。这些不同来源的 Li 由外部水体带入湖中,经过强烈的蒸发作用,富集于东台吉乃尔盐湖的晶间卤水中,形成了该盐湖 Li 的卤水矿床。此外, K、Mg、B 等元素在该盐湖区卤水中也较富集^[3-7]。

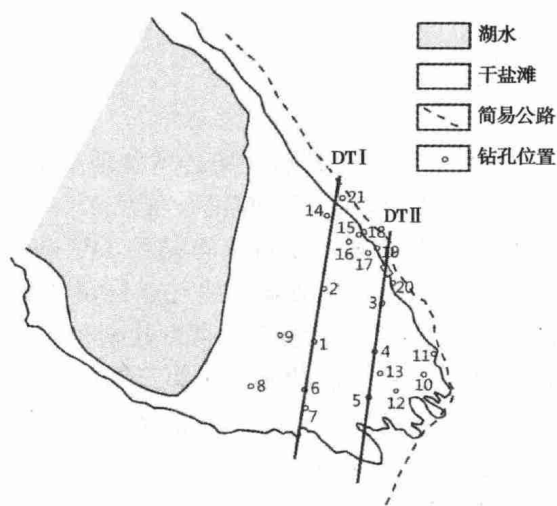


图 3 钻孔位置分布图

Fig.3 Distribution of drilling holes

2 湖区矿床地质特征

东台吉乃尔盐湖地下晶间卤水分为上下两层,即 I、II 两个卤水矿层^[3]。I 晶间卤水赋存于全新统灰白色石盐层中,分布面积约为 76 km^2 ,含水层厚度一般在 2 ~ 3 m; II 矿层晶间卤水赋存于上更新统上部含泥砂石盐层中,分布面积约为 91 km^2 ,含水层厚度为 15 ~

20 m。

1998 年我们在东台盐湖开展的调查工作主要集中于东部干盐滩面积约 40 km² 的范围之内, 在此区域和外围共钻孔 21 个, 形成 DT I 线和 DT II 线两条钻孔剖面(图 3), 钻孔最深

12 m, 最浅 4 m。剖面线上钻孔均钻透上部盐层, 揭穿的盐层厚度最大为 2 m, 最小为 1 m 左右, 平均在 1 ~ 1.5 m, 盐层下含盐粉砂粘土未揭穿, 未见下部 II 矿层, 钻孔剖面见图 4、图 5、图 6、图 7。

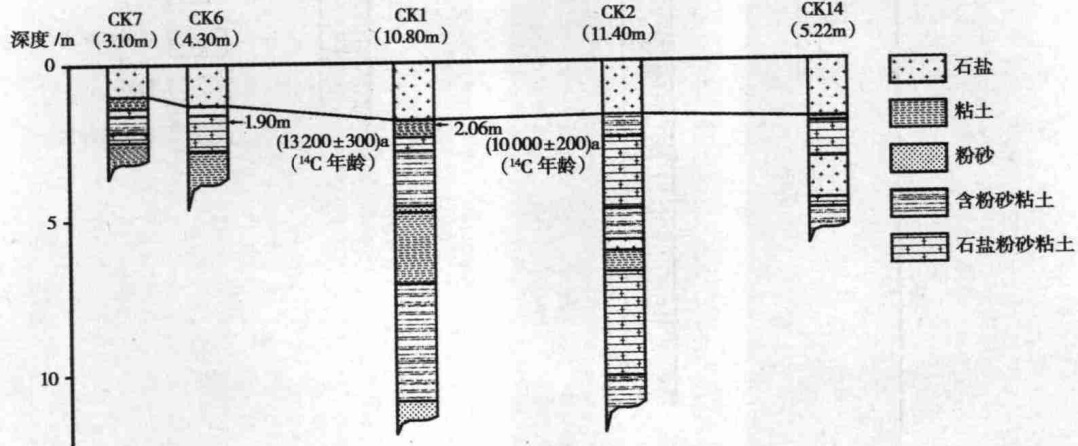


图 4 DT I 线钻孔剖面

Fig. 4 Drilling hole sections of line DT I

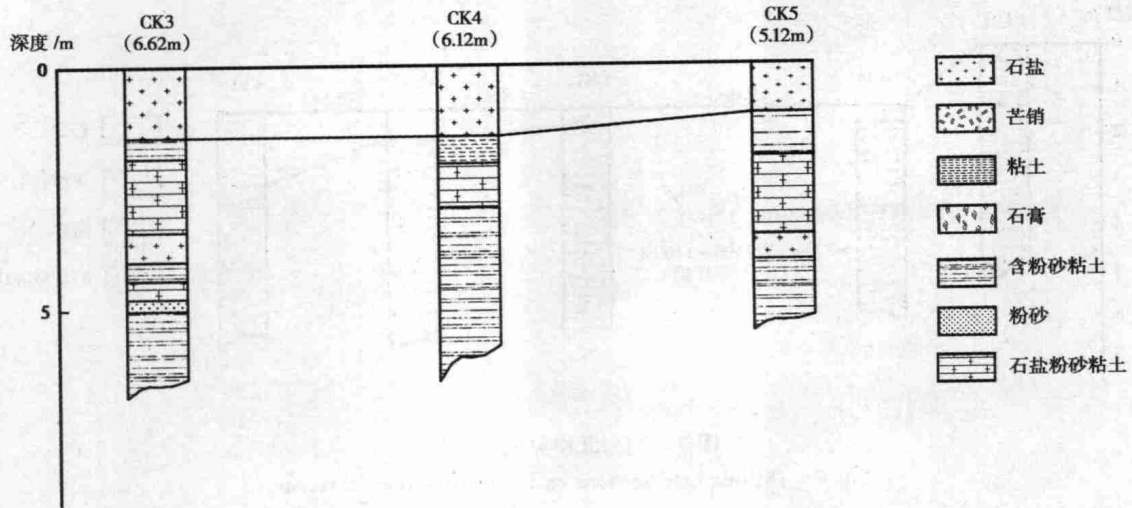


图 5 DT II 线钻孔剖面

Fig. 5 Drilling hole sections of line DT II

结合前人的地质资料和钻孔出露的剖面显示, 东台盐湖东部干盐滩地层自下而上的沉积序列如下(以 CK1 孔为例)。

灰色含粉砂的粘土, 夹数层 1 ~ 2 mm 厚的粉砂层, 厚度约为 8 ~ 9 m;

石盐粘土层, 含中粗粒石盐约 10% ~ 30%, 厚度约 1 m;

土黄色含粉砂粘土, 厚约 0.2 ~ 0.6 m;

白色石盐层, 广泛出露于东部干盐滩, 厚约 0.6 ~ 1.9 m, 其孔隙度为 25.66%。

综观整个地质剖面, 该区盐矿床有以下特点。

1) 湖区 I 矿层为蒸发岩盐层, 盐类矿物组合以石盐为主, 岩盐层顶部直接出露地表, 呈白色中粗粒松散状沉积, 盐层厚度均匀, 盐层底部常有芒硝单晶(1% ~ 3%)出现。

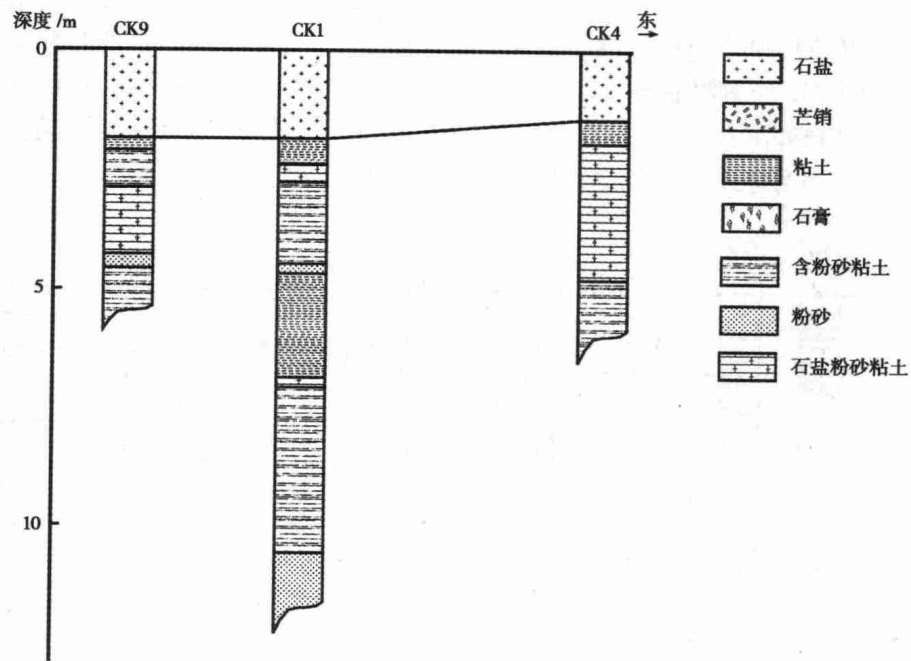


图 6 干盐滩东西向钻孔剖面

Fig. 6 Drilling hole sections from east to west in the playa

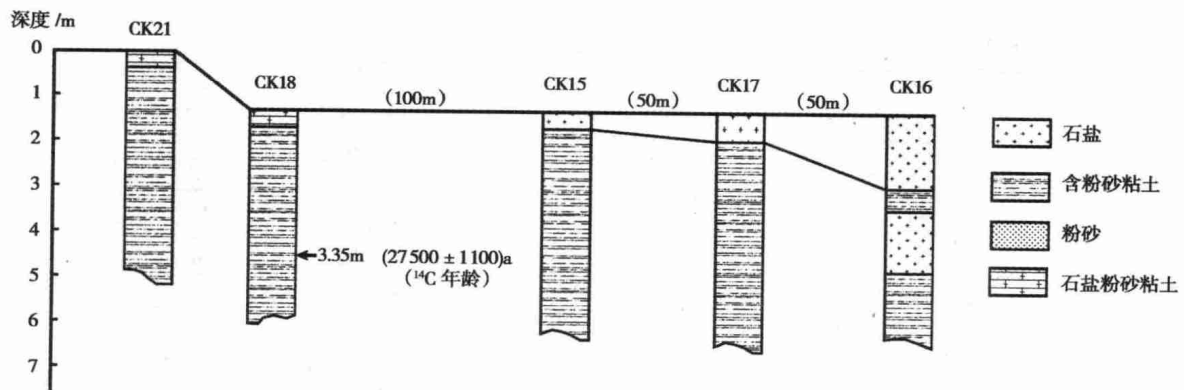


图 7 湖东北岸钻孔剖面图

Fig. 7 Drilling hole sections on the northeastern lakeshore

2) 该矿层为潜水型富 Li 晶间卤水含水层, 干盐滩 Li 含量最高可达 1.2 g/L 左右, 最低在 0.4 g/L 左右, 平均为 0.8 g/L (表 1)。化学组分, 阴离子以 Cl^- 为最高, 其次为 SO_4^{2-} 、 CO_3^{2-} 、 HCO_3^- ; 阳离子以 Na^+ 为最高, 其次为 Mg^{2+} 、 K^+ 、 Ca^{2+} (表 2)。该矿层晶间卤水只接受湖水补给, 富水性强, 动态变化大, 矿层晶间卤水厚度稳定。

3) 湖内盐矿层下的碎屑沉积层主要由土黄色含粉砂粘土、红色含石盐粘土组成, 厚度不等。上部的红色含石盐粘土层, 石盐含量变化

较大, 含盐量在 10% ~ 20%, 常夹有芒硝晶粒, 层位不稳定, 界限不分明, 各钻孔中出露的厚度不等, 一般为 40 ~ 100 cm。土黄色含粉砂粘土层约占 70% ~ 80%, 普遍夹有粉砂、石盐薄层和石膏结核, 粉砂、石盐薄层厚度一般在 5 ~ 15 cm 左右, 石膏结核含量一般在 1% ~ 2% 左右。该层在石盐层下出现的厚度只有 20 ~ 40 cm, 而较为稳定又有一定厚度 (4 m 以上) 的粘土层一般出现于地下 3 ~ 4 m 的深度。

4) 东台吉乃尔河是东台盐湖唯一的常年性地表补给河流, 它主要来源于南部昆仑山脉

的冰川融雪和大气降水。水量随季节性变化较大,在每年 4~5 月和 7~8 月的丰水季节,湖水面积扩大,加之受西风影响,湖水最大时几乎可淹没整个东部干盐滩,这个时期东部干盐滩部分地段 50 cm 以上盐层晶间卤水的化学组分有

较明显的变化。在枯水季节,特别是在冬季,湖水可退缩至 CK9 孔以西 2 km 处。根据 3 月初和 4 月中旬两次实地踏勘的结果来看,CK9 孔以西是经常受湖水影响的地段,湖水界限变化范围如图 8。

表 1 东台盐湖水样中锂的分析结果

Table 1 Lithium analysis results of East Taijinar salt lake water samples

样品 编号	取样 日期	样品 埋深/m	密度	$\rho_{\text{Li}} /$ ($\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$)	样品编号	取样日期	样 品 埋深/m	密度	$\rho_{\text{Li}} /$ ($\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$)
CK1-1	98.4.16	0.5	1.267	1.12	CK8-2	98.4.16	2	1.284	1.166
CK1-2	98.4.16	2	1.267	1.1	CK9-1	98.4.16	0.5	1.24	0.825
CK1-3	98.4.16	3	1.268	1.078	CK9-2	98.4.16	2	1.265	1.043
CK1-4	98.4.16	5	1.267	1.093	CK9-3	98.4.16	3	1.253	1.023
CK1-5	98.4.16	8	1.266	1.051	CK9-4	98.4.16	4.5	1.265	1.006
CK2-1	98.4.16	0.5	1.223	0.348	CK10-1	98.4.16	0.5	1.247	0.674
CK2-2	98.4.16	2	1.247	0.736	CK10-2	98.4.16	2	1.25	0.722
CK2-3	98.4.16	3	1.245	0.777	CK10-3	98.4.16	3	1.251	0.721
CK2-4	98.4.16	5	1.245	0.84	CK10-4	98.4.16	5	1.255	0.723
CK2-5	98.4.16	8	1.253	0.762	CK11-1	98.4.16	0.5		0.481
CK3-1	98.4.16	0.5	1.253	0.543	CK12-1	98.4.16	0.5	1.26	0.844
CK3-2	98.4.16	2	1.255	0.736	CK13-1	98.4.16	0.5	1.255	0.798
CK3-3	98.4.16	3	1.255	0.73	CK14-1	98.4.16	0.5	1.242	0.66
CK3-4	98.4.16	5	1.255	0.753	CK14-2	98.4.16	2	1.245	0.674
CK4-1	98.4.24	0.5	1.25	0.508	CK14-3	98.4.24	3	1.244	0.667
CK4-2	98.4.24	2	1.25	0.792	CK14-4	98.4.24	3.8	1.244	0.655
CK4-3	98.4.24	3	1.261	0.877	CK 地-1	98.4.24	0.5	1.255	1.073
CK4-4	98.4.24	5	1.264	0.921	CK 地-2	98.4.24	2	1.257	1.06
CK5-1	98.4.24	0.5	1.244	0.771	CK 地-3	98.4.24	3	1.257	1.08
CK5-2	98.4.24	2	1.246	0.787	CK 地-4	98.4.24	4.7	1.26	1.043
CK5-3	98.4.24	3	1.247	0.793	湖-1	98.4.10	表层	1.231	0.473
CK5-4	98.4.24	5	1.249	0.793	湖-2	98.4.30	表层		0.064
CK6-1	98.4.24	0.5	1.262	1.201	湖-3	98.4.30	表层		0.067
CK6-2	98.4.24	2	1.274	1.459	锂渠水	98.4.24	表层	1.243	0.783
CK6-3	98.4.24	3	1.274	1.496	地坑水	98.4.06	表层	1.224	0.278
CK7-1	98.4.24	0.5	1.23	0.341	乌河河水	98.4.27	表层		1.847×10^{-3}
CK7-2	98.4.24	2	1.252	1.327	东台河水	98.4.12	表层		1.271×10^{-3}
CK8-1	98.4.24	0.5	1.27	1.052	气井井水	98.4.12	表层	1.117	2.710×10^{-3}

表 2 东台盐湖晶间卤水、湖水、河水的化学组成

Table 2 Chemical composition of intercrystalline brine lake water and river water in East Taijinar salt lake area

样品 编号	深度 /m	密度	pH	矿化度/ (g · L ⁻¹)	离子的质量浓度/(mg · L ⁻¹)									
					Li ⁺	B ³⁺	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ⁻
CK1-1	0.5	1.267	6.8	381.72	1 120	1 271	19 565	57 865	802.8	39 238	185 948	70 932	未检出	4 977
CK1-2	2	1.267	6.9	382.76	1 100	1 263	19 238	59 924	802.8	38 265	184 133	72 716	-	4 908
CK1-3	3	1.268	7	387.22	1 078	1 231	19 093	62 507	802.8	37 973	187 033	72 716	-	4 839
CK1-4	5	1.267	7	384.84	1 093	1 261	19 311	59 880	802.8	38 752	184 859	73 951	-	4 934
CK1-5	8	1.266	7	382.92	1 051	1 222	18 874	61 502	1 606	37 388	187 764	68 600	-	4 908
CK2-1	0.5	1.223	7.5	345.99	348.05	430.95	9 928	102 984	802.8	12 658	194 302	23 050	-	1 486
CK2-2	2	1.247	7.3	363.93	736.05	890.23	16 510	79 240	802.8	25 899	191 396	45 139	-	3 318
CK2-3	3	1.245	7.3	366.68	776.9	908.8	17 020	77 158	802.8	26 873	191 396	48 294	-	3 456
CK2-4	5	1.245	7.2	372.19	840.05	997.72	18 365	72 824	802.8	29 794	191 396	53 371	-	3 802
CK2-5	8	1.253	7.3	369.05	762.65	913.68	17 165	78 422	1 006	26 484	191 396	48 843	-	3 456
CK3-1	0.5	1.253	7.2	357.12	543.75	665.47	12 837	91 583	802.8	19 437	191 396	37 318	-	2 506
CK3-2	2	1.255	7.2	360.28	736.35	859.95	16 110	77 224	802.8	26 484	188 491	46 374	-	3 197
CK3-3	3	1.255	7.1	362.53	729.75	842.35	16 110	79 145	481.68	26 094	189 580	46 374	-	3 180
CK3-4	5	1.255	7.1	366.17	753.4	865.8	16 547	77 489	1 606	26 873	190 670	48 157	-	3 214
CK4-1	0.5	1.35	7.3	349.27	508.8	645.93	11 456	92 747	1 248	17 428	189 580	33 202	-	2 419
CK4-2	2	1.25	7.1	360.3	792.2	949.84	15 565	76 016	802.8	27 068	187 764	47 746	-	3 620
CK4-3	3	1.261	7	371.83	876.95	1 046	16 438	73 779	481.68	30 183	187 764	57 350	-	3 914
CK4-4	5	1.264	7	373.1	921.1	1 114	17 056	69 456	481.68	32 325	184 133	63 386	-	4 225
CK5-1	0.5	1.244	7.1	365.56	771.7	991.86	16 256	76 549	802.8	27 652	191 396	47 734	-	3 810
CK5-2	2	1.246	7.1	364.64	787.25	967.43	16 401	73 464	802.8	29 210	189 217	50 078	-	3 715
CK5-3	3	1.247	7.1	367.25	793.05	952.77	16 147	75 973	802.8	28 431	190 670	49 804	-	3 681
CK5-4	5	1.249	7	364.1	793.5	962.54	16 329	73 064	802.8	29 307	188 128	51 038	-	3 672
CK6-1	0.5	1.262	6.9	371.16	1 201.6	1 516	17 747	55 452	802.8	38 946	191 033	58 584	-	5 884
CK6-2	2	1.274	6.7	386.04	1 459	1 866	21 056	40 102	802.8	48 683	192 849	71 893	-	7 327
CK6-3	3	1.274	6.7	399.8	1 496	1 910	21 347	44 545	481.68	49 072	199 749	73 676	-	7 526
CK7-1	0.5	1.23	7.5	346.89	340.85	459.28	6 764	107 387	802.8	11 489	195 028	22 921	-	1 711
CK7-2	2	1.252	6.9	373.52	1 327	1 585	19 202	53 344	321.12	40 796	202 292	48 157	-	6 498
CK8-1	0.5	1.27	6.9	387.47	1 052	1 378	16 329	64 727	802.8	37 194	183 043	77 930	-	5 011
CK8-2	2	1.284	6.8	397.74	1 166	1 476	17 820	58 858	481.68	41 238	173 237	97 961	未检出	5 461
CK9-1	0.5	1.24	7	371.62	824.55	1 055	16 838	71 585	481.68	31 644	191 396	53 645	-	4 156
CK9-2	2	1.265	6.8	379.26	1 043	1 356	20 438	55 153	321.12	40 504	183 769	73 402	-	5 271
CK9-3	3	1.253	6.8	392.5	1 023	1 275	19 820	58 794	321.12	41 088	184 133	80 948	-	5 098
CK9-4	4.5	1.265	6.8	389.89	1 006	1 319	19 493	57 952	321.12	40 894	180 501	83 418	-	5 089
CK10-1	0.5	1.247	7.1	366.61	674.25	723.13	16 874	82 568	802.8	24 731	190 307	47 334	-	2 592
CK10-2	2	1.25	7	372.6	722.3	734.85	17 274	82 559	321.12	25 802	187 764	54 743	-	2 679
CK10-3	3	1.251	7	373.26	721.25	762.22	17 420	82 257	321.12	25 899	186 675	56 526	-	2 679
CK10-4	5	1.255	7	373.06	723.35	732.9	17 492	82 452	802.8	25 510	187 401	55 292	-	2 653
CK11-1	0.5		7.4	362.09	480.85	533.55	15 238	98 084	802.8	15 579	187 764	41 709	-	1 901
CK12-1	0.5	1.26	7.1	376.24	843.85	1 024	17 565	73 997	481.68	30 573	188 128	59 682	-	3 949
CK13-1	0.5	1.255	7.1	359.33	798.25	1 134	16 474	72 049	481.68	28 626	188 128	47 746	-	3 897
CK14-1	0.5	1.242	7	356.63	659.65	919.55	15 238	81 633	802.8	23 563	191 396	39 651	-	2 765
CK14-2	2	1.245	7.1	358.08	673.55	850.16	15 747	81 237	802.8	24 049	191 396	40 474	-	2 851
CK14-3	3	1.244	7.1	361.65	667.15	930.29	15 710	82 753	481.68	24 049	194 302	39 925	-	2 834
CK14-4	3.8	1.244	6.9	351.19	655.2	918.57	15 529	79 561	802.8	23 368	187 764	39 788	-	2 800

续表 2

样品 编号	深度 /m	密度	pH	矿化度/ (g·L ⁻¹)	离子的质量浓度/(mg·L ⁻¹)									
					Li ⁺	B ³⁺	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ⁻
CK 地-1	0.5	1.255	6.9	371.38	1 073	1 309	19 493	59 480	481.68	36 804	191 396	56 664	-	4 683
CK 地-2	2	1.257	6.9	365.23	1 060	1 312	19 493	57 545	481.68	36 512	187 764	56 389	-	4 674
CK 地-3	3	1.257	6.9	369.14	1 080	1 339	19 674	58 239	481.68	36 804	189 680	57 212	-	4 735
CK 地-4	4.7	1.26	6.9	367.01	1 043	1 261	18 474	58 886	481.68	36 415	184 133	61 740	-	4 579
湖-1	表层	1.231	7.2	350.85	473.05	679.15	11 637	95 184	802.8	16 844	195 028	28 126	-	2 074
湖-2	表层		7.4	309.89	64.45	190.55	2 364	111 591	802.8	3 603	180 501	10 427	-	345.62
湖-3	表层		7.4	304.93	67.25	224.76	2 291	110 587	802.8	3 116	179 774	7 683	-	388.82
锂渠水	表层	1.243	7.1	354.95	782.55	1 011	15 529	75 010	802.8	26 484	188 128	43 492	-	3 715
地坑水	表层	1.224	7.3	351.15	278.2	342.02	7 964	107 834	802.8	18 418	195 391	19 345	-	777.64
乌河河水	河水		8.3	2.92	1.85	6.02	50.62	751.77	91.52	88.02	1 188	414.89	16.99	307.6
东台河水	河水		8.3	2.76	1.27	5.86	36.22	771.77	67.76	68.35	1 180	293.06	16.99	326.61
气井井水	表层	1.117	6.9	197.19	2.71	68.4	661.87	67 595	4 014	3 116	121 665		未检出	70.85
东台河口	河水		8.6	8.35	4.55	14.66	121.54	2 544	125.24	198.04	4 039	1 017	67.98	224.65
南晶间水	表层		7.1	351.62	278.3	254.07	14 838	105 115	1 927	9 737	188 491	30 458	未检出	518.43

取样日期: 1998.04.16-1998.04.24

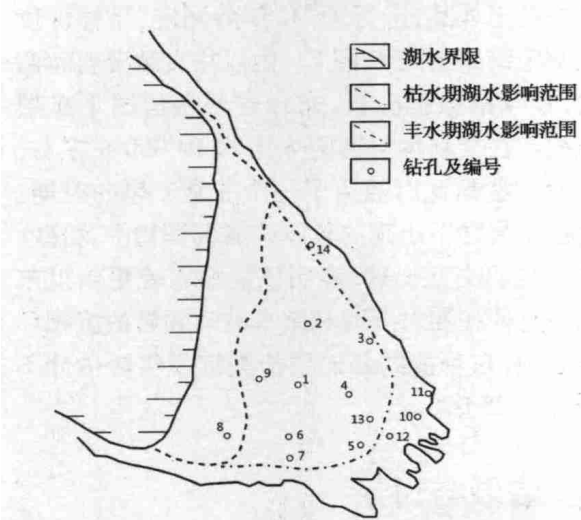


图 8 湖水界线变化图
Fig.8 Fluctuation of boundary line of the lake water

5) 东台吉乃尔盐湖 Li 主要富存于 I、II 两个矿层的晶间卤水中。我们 1998 年的调查工作主要集中在东台吉乃尔盐湖东部干盐滩 I 矿层,在该盐滩不同地段和钻孔不同深度上分别采集卤水样品,共进行 700 多次的化学分析。根据水样分析结果, Li 的静态水平分布情况是①干盐滩南部晶间卤水 Li 含量高于北部,CK1 孔附近约 1 km 范围内 Li 含量最高(1.10~1.20 g/L),CK1 孔往北 Li 含量逐渐降低,CK1 孔以南 Li 的平均含量约为 0.9 g/L 左右,CK1

孔以北 Li 的平均含量约 0.5 g/L(图 9,表 1 和表 3)。②东台盐湖东岸湖水的 Li 含量在 0.3~0.4 g/L,受东台河水水量变化的影响, Li 含量也随之发生季节性的变化。③根据 CK1~CK3 孔的化学分析数据来看, Li 含量在垂直方向上的变化不明显。

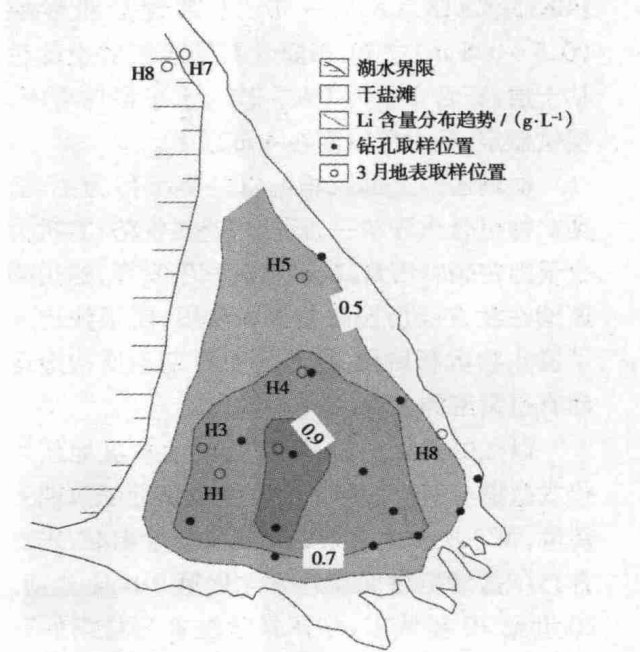


图 9 Li 含量分布图
Fig.9 Lithium content distribution of the intercrystal-line brine

表 3 东台盐湖表层晶间卤水及河水的化学组成

Table 3 Chemical composition of surface intercrystalline brine and river water in East Taijinar salt lake area

样品编号	矿化度/ (g·L ⁻¹)	离子的质量浓度/(g·L ⁻¹)									
		Li ⁺	B ⁺	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ⁻
锂渠水	363.84	1 208.5	1 573	18 911	44 108	481.68	43 912	188 854	58 996	未检出	5 798
湖-1	352.91	1 161.8	1 433	19 965	43 731	481.68	42 452	195 754	42 258	-	5 677
湖-3	332.4	795.35	986.97	14 401	68 430	481.68	27 165	192 849	23 736	-	3 551
湖-4	335.72	713.85	877.53	14 219	73 579	481.68	25 315	195 028	22 226	-	3 283
湖-5	333.16	459.05	577.53	9 855	91 693	802.8	16 747	195 028	16 085	-	1 918
湖-6	329.3	90.75	119.22	1 328	119 442	802.8	4 089	192 486	10 372	-	518.43
湖-7	328.67	101.35	136.81	1 564	118 999	802.8	40 892	192 486	9 977	-	518.43
湖-8	340.32	628	713.36	135 058	80 523	802.8	22 589	191 759	26 762	-	3 499
乌河河水	6.5	1.604	2.74	51.06	2 048	142.9	117.23	3 385	492.27	-	209.11

取样日期: 1998.03.06

3 东台吉乃尔盐湖成盐期

东台吉乃尔盐湖干盐滩东部边缘及外围广泛分布着上更新统湖相沉积的粉砂质粘土,表层被 0.4~1.0 m 的含盐风积砂所覆盖。砂质粘土层位稳定,厚度大,通常厚度在 4 m 以上(未见底),粉砂质粘土中夹粉砂薄层,粉砂质粘土单层厚约 5~10 cm,粉砂薄层厚度小于 1 mm,水平层理发育。干盐滩东部边缘(CK15、CK18、CK17 一带)上部含盐粉砂层(0.5~0.8 m)之下,出露含石膏结核的土黄色粘土层,石膏含量为 1%~2%,水平层理清晰,层位稳定,粘土层厚度在 4 m 以上。

盐湖区上部沉积物以盐类沉积为主,盐类矿物组合比较单一,石盐占绝对优势;其次为少量的芒硝和石膏,硫酸盐沉积不发育,这说明该湖在没有经历硫酸盐沉积阶段,便很快进入了氯化物沉积阶段,这与历史时期地质构造运动有很紧密的关系。

以往的文献资料显示^[3],柴达木盆地新生代成盐期有两次。第 1 次发生在新近纪末期上新世,第 2 次发生在第四纪晚更新世末期,东台吉乃尔盐湖应隶属柴达木盆地第 2 次成盐期。20 世纪 70 年代末,中国科学院青海盐湖研究所¹⁴C 年代课题组对东台吉乃尔盐湖东岸的钻孔剖面 3 个不同深度的样品进行了¹⁴C 年龄分析测定,测定结果如下^[8]。

4.65~5.50 m 灰绿色粘土层 (20 500±780) a

9.75~10.15 m 黑色淤泥层 (26 800±140) a

11.34~11.54 m 浅褐色粘土层 (27 900±740) a

1998 年我们在考察区域范围内的 3 个钻孔剖面(CK1、CK6、CK18)中采集了 3 个不同深度的粘土样品,进行了¹⁴C 年龄测定,采样深度及测定结果见图 4、图 7。由以往文献资料和两次¹⁴C 年龄数据分析,东台吉乃尔盐湖 I 矿层成盐期在全新世初期距今大约 10 000 a 左右,柴达木盆地此时经历了一个非常干旱的时期。而在矿层之下出现的较厚碎屑沉积物中,粉砂、粘土夹层交互出现,表明该盐湖在晚更新世末期一直处在相对湿润和湖水波动频繁的沉积环境之中,东台盐湖 II 矿层盐类沉积年龄估计不会老于 25 000 a^[9]。

4 结果与讨论

1) 台吉乃尔地区盐湖的形成与青藏高原的隆起、柴达木盆地强烈的构造运动有着直接的关系,西部古近系和新近系成盐的残余卤水向中东部迁移也是造成东台吉乃尔盐湖大量的以氯化物为主要盐类沉积的原因^[3,10]。

2) 东台吉乃尔盐湖东部干盐滩在 12 m 深度的范围内,没有单独的碳酸盐盐层和硫酸盐盐层出现,碳酸盐只是混入细碎屑和粘土沉积中,形成广泛分布的碳酸盐粉砂和粘土,而成层的大量盐类沉积主要是以氯化物沉积为主。

3) 湖内 I 矿层为潜水型富锂晶间卤水含水层,该矿层盐层厚度均匀稳定,富水性强,动态变化大,是东台盐湖锂的主要富集区。

4) 东台吉乃尔河是东台盐湖唯一的常年性地表补给河流, 它主要来源于南部昆仑山脉的冰川融雪和大气降水, 其水量随季节性变化较大, 直接影响到东台盐湖潜层卤水的化学组分的变化。2000 年前, 在夏天丰水季节, 湖水对 0.5 m 以上的地表晶间卤水影响较大, 特别是在 CK1 和 CK2 孔以西的表层晶间卤水水质会发生较为明显的变化。秋冬季湖水退缩, 卤水浓缩, 锂相对富集稳定。

5) 在采卤过程中静态 Li 的分布会受到很大影响, 水质会发生相应的变化, 特别是在进行规模开采过程中, 水量的大小直接影响到产量和效益, 因此建议深入开展东台盐湖动态和水化学变化规律研究, 为东台吉乃尔盐湖资源的持续综合利用提供依据。

致谢: 参加野外工作的有山发寿、高章洪、张明刚、徐黎明、杨波、宋太宁、盛传利、石刚、李金元、李永华; 化学分析由林乐枝、王萍、张宝全、李永华、冉广芬完成; 图件清绘高东林; 特此感谢以上同事对完成本工作的贡献。

参考文献:

[1] 青海省地质矿产厅地质资源管理处. 察尔汗盐湖、东台

吉乃尔盐湖、马海湖及柴达木盆地周边地区部分矿产资源概况[R]. 西宁: 青海省地质矿产厅: 1997.

- [2] 赵孝坤. 东台吉乃尔一里沟间普查报告[R]. 格尔木: 柴达木地质队: 1961.
- [3] 张彭熹, 等. 柴达木盆地盐湖[M]. 北京: 科学出版社, 1987.
- [4] 刘喜方, 郑绵平, 齐文. 西藏扎布耶盐湖超大型 B、Li 矿床成矿物质来源研究[J]. 地质学报, 2007, 81(12): 1709 - 1715.
- [5] 张西营, 马海州, 高东林, 等. 采卤初期西台吉乃尔盐湖矿区卤水中钾、锂、硼水化学动态变化[J]. 湖泊科学, 2007, 19(6): 727 - 734.
- [6] 韩凤清. 青藏高原盐湖 Li 地球化学[J]. 盐湖研究, 2001, 9(1): 55 - 61.
- [7] 马东旭, 马海州, 高东林, 等. 西台吉乃尔盐湖矿区地下卤水钾、镁、锂、硼的时空变化特征[J]. 盐湖研究, 2009, 17(3): 17 - 22.
- [8] 黄麒, 蔡碧琴, 余俊清. 盐湖年龄的测定—青藏高原几个盐湖的 C^{14} 年龄及其沉积旋迴[J]. 科学通报, 1980(21): 990 - 994.
- [9] 张辉, 韩凤清, 梁青生. 柴达木盆地东台吉乃尔盐湖盐类沉积特征及成盐年代的初步研究[J]. 化工矿产地质, 2001, 23(2): 83 - 85.
- [10] 朱允铸, 李文生, 吴必豪, 等. 青海省柴达木盆地一里坪和东、西台吉乃尔湖地质新认识[J]. 地质论评, 1989, 35(6): 558 - 565.

Geological Characteristics and Lithium Distribution of East Taijinar Salt Lake in Qaidam Basin

LIANG Qing-sheng, HAN Feng-qing

(Qinghai Institute of Salt Lake, Chinese Academy of Sciences, Xining, 810008, China)

Abstract: Located in the central area of Qaidam Basin, East Taijinar salt lake is rich in Lithium and Boron resources. East Taijinar salt lake, West Taijinar salt lake and Yiliping salt lake constitutes belong to China's largest modern lithium-rich brine deposits. The intercrystalline underground brine in East Taijinar salt lake area was divided into I ore beds and II brine ore bed. Among the chemical compositions, Cl^- is the highest anion, followed by SO_4^{2-} , CO_3^{2-} and HCO_3^- , while Na^+ is the highest cation, followed by Mg^{2+} , K^+ and Ca^{2+} . The hydrochemical type belonging to the magnesium sulfate subtype, East Taijinar salt lake is mainly supplied by East Taijinar river having the source in Kunlun mountains. Based on the field investigation in 1998 and previous geological data, the authors have preliminarily researched and discussed the landscape, brine chemical compositions, Lithium distribution before 2000, along with salt ore forming age in East Taijinar salt lake area.

Key words: East Taijinar salt lake; Salt lake brine; Distribution of Lithium