

含锂盐湖卤水体系相关关系的研究*

李 冰 孙 柏 房春晖 杜宪惠 宋彭生

(中国科学院青海盐湖研究所, 西宁 810008)

摘 要 用等温溶解平衡法研究了盐湖卤水体系 $\text{Li}^+, \text{Na}^+, \text{K}^+, \text{Mg}^{2+}/\text{SO}_4^{2-}-\text{H}_2\text{O}$ 25℃溶解度, 获得了该五元体系 25℃溶解度相图的十个无变量点和十个结晶区。十个结晶区分别对应于原始组份 $\text{K}_2\text{SO}_4 \cdot \text{Li}_2\text{SO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ 、复盐 $3\text{K}_2\text{SO}_4 \cdot \text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot \text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot \text{MgSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{Li}_2\text{SO}_4 \cdot 3\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ 、 $2\text{Li}_2\text{SO}_4 \cdot \text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot \text{K}_2\text{SO}_4 \cdot \text{Li}_2\text{SO}_4 \cdot \text{K}_2\text{SO}_4$ 和 $\text{K}_2\text{SO}_4 \cdot \text{MgSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, 此外没有产生新的复盐或固溶体。用现代电解质溶液理论—Pitzer模型校验该体系的溶解度测定值, 结果令人满意。

关键词 水盐体系 溶解度 相平衡 Pitzer 模型

我国青藏高原拥有极为丰富的盐湖资源, 特别是盐湖卤水中以硼、锂浓度高而闻名于世^[1,2]。这些盐湖卤水大多属于 $\text{Li}^+, \text{Na}^+, \text{K}^+, \text{Mg}^{2+}/\text{Cl}^-, \text{SO}_4^{2-}$, borate— H_2O 体系。这种复杂水盐体系相关关系的研究对于制定从天然卤水中提取锂盐的工艺过程, 阐明含锂盐湖的形成和演化规律都有重要意义, 是必不可少的基础研究工作。

本文报道了五元体系 $\text{Li}^+, \text{Na}^+, \text{K}^+, \text{Mg}^{2+}/\text{SO}_4^{2-}-\text{H}_2\text{O}$ 25℃相关关系的研究结果。该五元体系是上述复杂盐湖卤水体系的一个次级体系。富含锂的盐湖卤水, 在蒸发结晶过程中会析出多种含锂复盐, 如复盐 $\text{Li}_2\text{SO}_4 \cdot \text{K}_2\text{SO}_4$ 、 $2\text{Li}_2\text{SO}_4 \cdot \text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot \text{K}_2\text{SO}_4$ 和 $\text{Li}_2\text{SO}_4 \cdot 3\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ 等。南美智利的阿塔卡玛盐湖卤水生产 Li_2CO_3 的工艺过程, 就是首先获得复盐 $\text{Li}_2\text{SO}_4 \cdot \text{K}_2\text{SO}_4$, 再进一步加工成锂盐产品^[3]。这种中间产物锂精矿的主要成份就是复盐 $\text{Li}_2\text{SO}_4 \cdot \text{K}_2\text{SO}_4$, 此外还含有软钾镁矾($\text{K}_2\text{SO}_4 \cdot \text{MgSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$)及钾盐镁矾($\text{KCl} \cdot \text{MgSO}_4 \cdot 2.75\text{H}_2\text{O}$)等。因此我们研究了五元体系 $\text{Li}^+, \text{Na}^+, \text{K}^+, \text{Mg}^{2+}/\text{SO}_4^{2-}-\text{H}_2\text{O}$ 25℃的相关关系, 以便对从天然卤水资源中分离提取硫酸锂的工艺过程提供具有指导意义的基础数据。

五元体系 $\text{Li}^+, \text{Na}^+, \text{K}^+, \text{Mg}^{2+}/\text{SO}_4^{2-}-\text{H}_2\text{O}$ 由四个四元体系和六个三元体系组成, 其中有三个含锂的四元体系, 三个含锂的三元体系。前苏联学者 Лепешков И. Н. 等^[4,5,6]曾研究过体系 $\text{Li}^+, \text{Na}^+, \text{K}^+/\text{SO}_4^{2-}-\text{H}_2\text{O}$ 25、50、100、15~100℃的溶解度, 25℃时体系出现了一种新的三元复盐: $2\text{Li}_2\text{SO}_4 \cdot \text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot \text{K}_2\text{SO}_4$, 并首次测定了它的折光率。作者同时还指出了复盐 $\text{Li}_2\text{SO}_4 \cdot 3\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ 和 $3\text{K}_2\text{SO}_4 \cdot \text{Na}_2\text{SO}_4$ 的存在温度, 并首次给出了复盐 $2\text{Li}_2\text{SO}_4 \cdot \text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot \text{K}_2\text{SO}_4$ 和 $\text{Li}_2\text{SO}_4 \cdot \text{K}_2\text{SO}_4$ 的热谱图。同时, Лепешков И. Н. 等^[7,8]还研究过四元体系 $\text{Li}^+, \text{Na}^+, \text{Mg}^{2+}/\text{SO}_4^{2-}-\text{H}_2\text{O}$ 25℃和 75℃的溶解度, 25℃时体系除各三元系中的固相外没有形成新的复盐。Шевчук В. Г. 等^[9,10,11]研究过四元体系 $\text{Li}^+, \text{K}^+, \text{Mg}^{2+}/\text{SO}_4^{2-}-\text{H}_2\text{O}$ 35、50、

* 国家自然科学基金资助项目

75℃的溶解平衡,我们曾对四元体系 $\text{Li}^+, \text{K}^+, \text{Mg}^{2+}/\text{SO}_4^{2-}-\text{H}_2\text{O}$ 25℃的相关系和溶液物化性质进行过研究^[12],同时我们还详细研究过 $\text{Li}^+, \text{K}^+/\text{SO}_4^{2-}-\text{H}_2\text{O}$ 和 $\text{Li}^+, \text{Mg}^{2+}/\text{SO}_4^{2-}-\text{H}_2\text{O}$ 两个三元体系 25℃的相平衡^[13].至于三元体系 $\text{Li}^+, \text{Na}^+/\text{SO}_4^{2-}-\text{H}_2\text{O}$ 则在多个温度下被研究过^[7,14,15,16].而五元体系的研究目前尚未见文献报道.

本文对 $\text{Li}^+, \text{Na}^+, \text{K}^+, \text{Mg}^{2+}/\text{SO}_4^{2-}-\text{H}_2\text{O}$ 五元体系 25℃相关系进行了研究,绘制出该五元体系 25℃的等温溶解度干盐投影图,并用现代电解质溶液理论—Pitzer 模型校验该体系的溶解度测定结果,结果令人满意.

1 实验

1.1 实验试剂和水

将 $\text{Li}_2\text{SO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$, K_2SO_4 , Na_2SO_4 (均为 A. R 级试剂) 分别由水中重结晶一次,在 70℃左右烘干备用. $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (A. R 试剂) 重结晶后在实验室内风干.实验中所用的水均系自来水经电渗析脱盐,再经混合床离子交换树脂处理,必要时再进行重蒸馏 1~2 次.此水的电导率在 $1.2 \times 10^{-4} \text{ S/m}$ 以下.试剂重结晶和配制平衡料液均用此水.

1.2 实验装置及实验方法

体系的研究采用等温溶液平衡法.所有实验装置、操作方法及液相物化性质的测定,我们先前已有详细叙述^[12,13,17,18].恒温水浴温度波动小于 $\pm 0.03^\circ\text{C}$,以液相化学组成不变作为达到平衡的标志.平衡时间一般为 10 天左右,共饱点处为 15 天左右.固相组成由湿渣法确定,并用偏光显微镜浸油观察、X-射线衍射分析、红外吸收光谱等手段加以鉴定.

1.3 化学分析方法

实验前已摸清锂离子对其它离子测定的影响,并顺利加以解决^[19],测定的偏差均在 $\pm 0.3\%$ 以内.液、固相中 SO_4^{2-} 采用硫酸钡重量法测定(玻璃坩埚过滤,130℃恒重); K^+ 采用四苯硼钾重量法测定, Mg^{2+} 用 EDTA 络合滴定法分析,但必需采取措施消除锂的干扰^[19,20]. Li^+ 的测定采用原子吸收光谱分析, Na^+ 由差减法获得.

2 实验结果

表 1 为五元体系 $\text{Li}^+, \text{Na}^+, \text{K}^+, \text{Mg}^{2+}/\text{SO}_4^{2-}-\text{H}_2\text{O}$ 25℃溶解度和溶液密度的测定结果.图 1 为该五元体系 25℃溶解度干盐投影图(从水角投影).该体系共有 10 个五元无变量点(F_1)和十种单盐结晶区,分别对应于: $\text{Li}_2\text{SO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$, K_2SO_4 , $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$, $3\text{K}_2\text{SO}_4 \cdot \text{Na}_2\text{SO}_4$ (钾芒硝), $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot \text{MgSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ (白钠镁矾), $3\text{Li}_2\text{SO}_4 \cdot \text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ (Db1), $2\text{Li}_2\text{SO}_4 \cdot \text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot \text{K}_2\text{SO}_4$ (Db3), $\text{Li}_2\text{SO}_4 \cdot \text{K}_2\text{SO}_4$ (Db4), $\text{K}_2\text{SO}_4 \cdot \text{MgSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (软钾镁矾).此外没有新的复盐或固溶体出现.在五元体系 $\text{Li}^+, \text{Na}^+, \text{K}^+, \text{Mg}^{2+}/\text{SO}_4^{2-}-\text{H}_2\text{O}$ 25℃溶解度相图所包含的十种稳定平衡单盐中,复盐 Db4 所占空间最大,其次是硫酸钾(Ar),钾芒硝(Ap),复盐 Db1, Db3, 软钾镁矾(Pic),泻利盐(Eps),芒硝(M),一水硫酸锂(Ls)和白钠镁矾(BI).

3 讨论

为了校验体系溶解度测定的合理性,我们用电解质溶液的 Pitzer 理论,处理了 $\text{Li}^+, \text{K}^+/\text{SO}_4^{2-}-\text{H}_2\text{O}$, $\text{Li}^+, \text{Mg}^{2+}/\text{SO}_4^{2-}-\text{H}_2\text{O}$ 和 $\text{Li}^+, \text{K}^+, \text{Mg}^{2+}/\text{SO}_4^{2-}-\text{H}_2\text{O}$ 体系 25℃的溶解度^[12,13],获得了有关的 Pitzer 作用参数和复盐的标准生成自由能:

$$\theta_{\text{Li,K}} = -0.0501, \psi_{\text{Li,K,SO}_4} = -0.00783,$$

$$\theta_{\text{Li,Mg}} = 0.0339, \psi_{\text{Li,Mg,SO}_4} = -0.00599, \text{复盐 Db4 的 } \mu^0/RT = -1071.818 (\text{无量纲});$$

并由文献^[16,21,23,24]中取得:

$$\theta_{Li,Na} = 0.0029, \psi_{Li,Na,SO_4} = -0.0039,$$

$$\theta_{K,Mg} = 0.0, \psi_{K,Mg,SO_4} = -0.048 \text{ 及复盐 Pic 的 } \mu^0/RT = -1596.10;$$

$$\theta_{Na,K} = -0.012, \psi_{Na,K,SO_4} = -0.010,$$

$$\theta_{Na,Mg} = 0.07, \psi_{Na,Mg,SO_4} = -0.015 \text{ 及复盐的 } \mu^0/RT: \text{ Db1} - 3228.298;$$

$$\text{Db3} - 2124.579; \text{Bl} - 1383.60; \text{M} - 1471.15; \text{Ap} - 1057.05.$$

然后按体系自由能最小化方法,求得了五元体系 $\text{Li}^+, \text{Na}^+, \text{K}^+, \text{Mg}^{2+}/\text{SO}_4^{2-}-\text{H}_2\text{O}$ 25℃的溶解平衡,所得数据列在表 2 中. 由结果的对比可以看出,计算值与测定值吻合,结果令人满意.

表 1 $\text{Li}^+, \text{Na}^+, \text{K}^+, \text{Mg}^{2+}/\text{SO}_4^{2-}-\text{H}_2\text{O}$ 体系 25℃溶解度

No.	Comp. of Solution(wt%)				Li ₂ SO ₄ +Na ₂ SO ₄ +K ₂ SO ₄ +MgSO ₄ =100				Solid Phases	
	Li ₂ SO ₄	Na ₂ SO ₄	K ₂ SO ₄	MgSO ₄	Li ₂ SO ₄	Na ₂ SO ₄	K ₂ SO ₄	MgSO ₄		
F ₁	1	1.66	21.43	4.37	11.12	4.31	55.54	11.32	28.83	Ap+Bl+Db1+M
F ₂	2	3.18	16.48	4.88	14.48	8.14	42.24	12.50	37.12	Ap+Bl+Db1+Db3
F ₃	3	10.66	5.02	1.95	18.46	29.53	13.92	5.41	51.14	Db3+Db4+Eps+Ls
F ₄	4	6.76	3.64	10.33	9.25	22.56	12.14	34.45	30.85	Ap+Ar+Db4+Pic
F ₅	5	3.98	10.27	3.65	19.99	10.51	27.11	9.64	52.74	Bl+Db3+Eps+Pic
F ₆	6	3.82	14.36	4.58	14.94	10.15	38.09	12.15	39.61	Ap+Bl+Db3+Pic
F ₇	7	6.97	4.37	3.96	20.48	19.48	12.21	11.07	57.24	Db3+Db4+Eps+Pic
F ₈	8	6.57	8.74	6.63	12.68	18.97	25.25	19.17	36.61	Ap+Db3+Db4+Pic
F ₉	9	11.48	9.40	0.35	16.94	30.09	24.63	0.91	44.37	Db1+Db3+Eps+Ls
F ₁₀	10	6.09	9.67	1.60	19.18	16.67	26.48	4.38	52.47	Bl+Db1+Db3+Eps
Q ₁		8.01	—	4.09	21.57	23.79	—	12.15	64.06	Db4+Eps+Pic ^[12]
Q ₂		7.77	—	10.49	9.74	27.60	—	37.54	34.86	Ar+Db4+Pic ^[12]
Q ₃		14.49	—	1.99	19.03	40.81	—	5.60	53.59	Db4+Eps+Lis ^[12]
Q ₄		2.40	20.14	—	12.83	6.79	56.94	—	36.27	Bl+Db1+M ^[7]
Q ₅		6.47	10.39	—	18.77	18.16	29.16	—	52.68	Bl+Db1+Eps ^[7]
Q ₆		12.27	8.13	—	17.00	32.81	21.74	—	45.45	Db1+Eps+Ls ^[7]
Q ₇		5.78	22.54	4.88	—	17.41	67.89	14.70	—	Ap+Db1+M ^[4]
Q ₈		8.48	20.32	5.12	—	25.00	59.91	15.09	—	Ap+Db1+Db3 ^[4]
Q ₉		9.19	4.73	10.29	—	37.96	19.54	42.50	—	Ap+Ar+Db4 ^[4]
Q ₁₀		10.85	12.87	6.46	—	35.95	42.64	21.41	—	Ap+Db3+Db4 ^[4]
Q ₁₁		24.00	3.68	1.98	—	80.92	12.41	6.67	—	Db3+Db4+Ls ^[4]
Q ₁₂		21.55	10.96	0.45	—	65.38	33.25	1.37	—	Db1+Db3+Ls ^[4]
Q ₁₃		—	19.50	4.47	13.31	—	52.30	11.99	35.72	Ap+Bl+M ^[22]
Q ₁₄		—	12.97	5.28	16.33	—	37.51	15.27	47.22	Ap+Bl+Pic ^[22]
Q ₁₅		—	4.38	9.53	11.83	—	17.02	37.02	45.96	Ap+Ar+Pic ^[22]
Q ₁₆		—	11.21	4.23	21.23	—	30.57	11.54	57.89	Bl+Eps+Pic ^[22]

*. Ap— $3\text{K}_2\text{SO}_4 \cdot \text{Na}_2\text{SO}_4$, Ar— K_2SO_4 , Bl— $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot \text{MgSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, Db1— $3\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot \text{Li}_2\text{SO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$,
 Db3— $2\text{Li}_2\text{SO}_4 \cdot \text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot \text{K}_2\text{SO}_4$, Db4— $\text{Li}_2\text{SO}_4 \cdot \text{K}_2\text{SO}_4$, Eps— $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, Lis— $\text{Li}_2\text{SO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$,
 M— $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$, Pic— $\text{K}_2\text{SO}_4 \cdot \text{MgSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$.

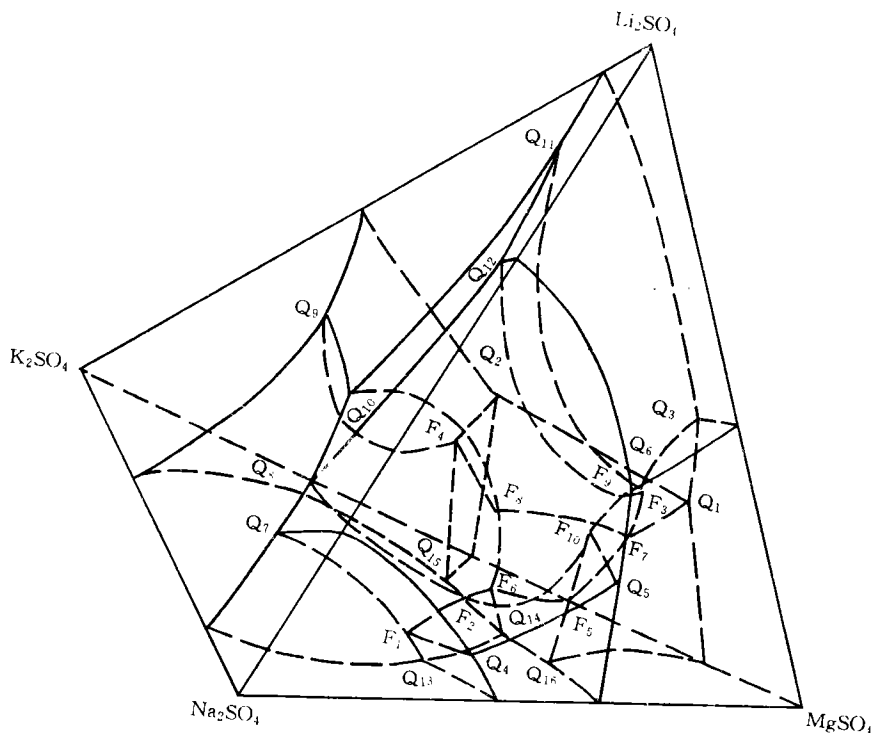


图 1 五元体系 $\text{Li}^+, \text{Na}^+, \text{K}^+, \text{Mg}^{2+}/\text{SO}_4^{2-} - \text{H}_2\text{O}$ 25℃ 溶解度干盐投影图

* F_i : 五元体系无变量点, Q_i : 四元体系无变量点

表 2 计算的五元体系 $\text{Li}^+, \text{Na}^+, \text{K}^+, \text{Mg}^{2+}/\text{SO}_4^{2-} - \text{H}_2\text{O}$ 25℃ 溶解度

No.	盐的摩尔浓度				Janecke 指数				平衡固相
	Li_2SO_4	Na_2SO_4	K_2SO_4	MgSO_4	Li2	K2	Mg	Na2	
42	0.81206	2.64433	0.54926	—	59.652	40.348	—	194.248	Ap+Db1+M
49	0.38499	2.10796	—	1.69760	18.486	—	81.541	101.218	Ap+Db1+M
58	0.00000	2.30817	0.49599	1.83266	—	21.300	78.700	99.120	Ap+Bl+M
144	0.34297	2.50563	0.50702	1.51042	14.530	21.480	63.990	106.152	Ap+Bl+Db1+M
41	0.97758	2.44586	0.56190	—	63.501	36.499	—	158.876	Ap+Db1+Db3
145	0.57940	1.87678	0.53515	1.91970	19.095	17.637	63.268	61.853	Ap+Bl+Db1+Db3
43	3.02518	1.11830	0.04168	—	98.641	1.359	—	36.464	Db1+Db3+Ls
47	1.87315	0.86714	—	2.22148	45.747	—	54.253	21.177	Db1+Eps+Ls
146	1.87323	0.87273	0.03167	2.22980	45.305	0.766	53.929	21.107	Db1+Db3+Eps+Ls
44	3.19489	0.19978	0.18187	—	94.614	5.386	—	5.916	Db3+Db4+Ls
54	2.02763	—	0.16917	2.30007	45.090	3.762	51.148	—	Db4+Eps+Ls
147	1.99746	0.14661	0.17289	2.30262	44.656	3.865	51.479	3.278	Db3+Db4+Eps+Ls
39	1.16955	0.33528	0.82735	—	58.568	41.432	—	16.790	Ap+Ar+Db4
55	0.98079	—	0.83076	1.05717	34.189	28.959	36.852	—	Ar+Db4+Pic
61	0.00000	0.37256	0.83542	1.31043	—	38.932	61.068	17.362	Ap+Ar+Pic
148	0.93172	0.30904	0.86568	1.06641	32.534	30.228	37.238	10.791	Ap+Ar+Db4+Pic

60	0.00000	1.29915	0.40264	2.85144	—	12.373	87.627	39.924	Bl+Eps+Pic
149	0.61439	1.14274	0.41334	2.67740	16.582	11.156	72.262	30.842	Bl+Db3+Eps+Pic
59	0.00000	1.83034	0.51163	2.27620	—	18.352	81.648	65.655	Ap+Bl+Pic
150	0.57330	1.69686	0.54095	2.09615	17.857	16.850	65.293	52.855	Ap+Bl+Db3+Pic
53	1.11266	—	0.37197	2.65926	26.851	8.976	64.173	—	Db4+Eps+Pic
151	1.05395	0.38869	0.38950	2.64189	25.816	9.532	64.652	9.512	Db3+Db4+Eps+Pic
40	1.40054	1.10125	0.63707	—	68.734	31.266	—	54.046	Ap+Db3+Db4
152	0.96271	0.86578	0.64656	1.63252	29.697	19.945	50.359	26.707	Ap+Db3+Db4+Pic
48	1.53090	0.94874	—	2.30302	39.930	—	60.070	24.746	Bl+Db1+Eps
153	1.65011	0.92484	0.04270	2.28594	41.473	1.073	57.454	23.244	Bl+Db1+Db3+Eps

* 点 144~153 是五元体系 25℃无变量点,39~44 是四元体系 $\text{Li}^+, \text{Na}^+, \text{K}^+/\text{SO}_4^{2-}-\text{H}_2\text{O}$ 25℃无变量点,47~49 是四元体系 $\text{Li}^+, \text{Na}^+, \text{Mg}^{2+}/\text{SO}_4^{2-}-\text{H}_2\text{O}$ 25℃无变量点,53~55 是四元体系 $\text{Li}^+, \text{K}^+, \text{Mg}^{2+}/\text{SO}_4^{2-}-\text{H}_2\text{O}$ 25℃无变量点,58~61 是四元体系 $\text{Na}^+, \text{K}^+, \text{Mg}^{2+}/\text{SO}_4^{2-}-\text{H}_2\text{O}$ 25℃无变量点。

参 考 文 献

- [1] 张彭喜等. 柴达木盆地盐湖. 北京: 科学出版社, 1987, 235
- [2] 郑喜玉等. 西藏盐湖. 北京: 科学出版社, 1988, 190
- [3] Luis Vergara Edwards et al. in "Lithium, Current applications in science, medicine, and technology", Ed. by Bach R. O., Wiley, New York, 1985, p. 47.
- [4] Лепешков И. Н., Бодалева Н. В., и. т. д., Ж. Неорг. Хим., 1958, 3(12):2781
- [5] Лепешков И. Н., Бодалева Н. В., и. т. д., Ж. Неорг. Хим., 1961, 6(7):1693
- [6] Лепешков И. Н., Бодалева Н. В., и. т. д., Ж. Неорг. Хим., 1962, 7(7):1699
- [7] Лепешков И. Н., Романова Н. Н., Ж. Неорг. Хим., 1959, 4(12):2812
- [8] Лепешков И. Н., Романова Н. Н., Ж. Неорг. Хим., 1960, 5(11):2512
- [9] Шевчук В. Г., Кость Л. Л., Ж. Неорг. Хим., 1964, 9(5):1242
- [10] Кость Л. Л., Шевчук В. Г., Ж. Неорг. Хим. 1968, 13(1):271
- [11] Кость Л. Л., Шевчук В. Г., Ж. Неорг. Хим. 1969, 14(2):574
- [12] 房春晖, 李冰, 李军, 王庆忠, 宋彭生. 化学学报. 1994, 52(10)
- [13] 李冰, 王庆忠, 李军, 房春晖, 宋彭生, 物理化学学报, 1994, 10(6)
- [14] Campbell A. N., Kartzmark E. M., Can. J. Chem., 1958, 36(1):171
- [15] Skarulis J. A., Horan H. A., J. A. C. S., 1955, 77(13):3489
- [16] Филиппов В. К., Калпиникин Л. М., Ж. Неорг. Хим., 1987, 32(1):215
- [17] 宋彭生, 杜宪惠, 许恒存. 科学通报. 1983, (2):106
- [18] 宋彭生, 杜宪惠, 孙 柏. 科学通报. 1987, (19):1492
- [19] 李冰, 宋彭生. 盐湖研究. 1994, 3(1):73
- [20] 翟宗玺等. 盐湖科技资料. 1977, 第 1~2 辑, p13
- [21] Harvie C. E. et al. Geochim. et Cosmochim. Acta, 1984, 48, 723
- [22] Yanateva O. K., Izv. Sektora Fiz. — Khim. Anal., Nauk SSSR, 1949, 17:373
- [23] 宋彭生, 罗志农. 化学通报. 1983, (2):13
- [24] 杨家振, 宋彭生. 盐湖研究. 1993, 1(1):72

Studies on the Phase Diagram for the Quinary System

$\text{Li}^+, \text{Na}^+, \text{K}^+, \text{Mg}^{2+}/\text{SO}_4^{2-}-\text{H}_2\text{O}$ at 25 °C

Li Bing Song Pengsheng Fang Chunhui Sun Bai Du Xianhui

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

ABSTRACT

Solubilities of the quinary system $\text{Li}^+, \text{Na}^+, \text{K}^+, \text{Mg}^{2+}/\text{SO}_4^{2-}-\text{H}_2\text{O}$ were investigated by isothermal method at 25 °C. Phase diagram of the quinary system consists of 10 invariant points and 10 crystallization fields. 10 crystallization fields correspond to arcanite, lithium sulphate monohydrate, epsomite, mirabilite, apthitalite, bloedite, Db1 ($3\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot \text{Li}_2\text{SO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$), Db3 ($2\text{Li}_2\text{SO}_4 \cdot \text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot \text{K}_2\text{SO}_4$), Db4 ($\text{Li}_2\text{SO}_4 \cdot \text{K}_2\text{SO}_4$), and picromerite. Pitzer model of electrolyte solution was used to check the obtained solubilities, and comparison was in good agreement.

Keywords Quinary system, Solubilities, Phase equilibrium, Pitzer model

书 讯

《新疆盐湖》于 8 月份出版

ISBN7-03-004680-3/ • 832

本书全面系统地论述了我国最大的干旱—半干旱成盐区—新疆盐湖区的自然地理环境、地质构造条件、盐湖分布、物质成分、水化学类型、沉积特征、形成时代、成盐元素地球化学、盐湖形成演化成盐规律和盐湖自然资源开发利用前景, 探讨盐湖晚更新世—全新世时期成盐环境、古气候变化及其对盐湖形成演化、成盐作用的影响。

本书为中国科学院盐湖研究所编著, 国家基金委资助, 科学出版社出版, 新华书店发行, 定价: 30.00 元。

全书 7 章 23 节, 350 千字, 资料丰富, 内容详实, 并有附图和照片。

读者对象: 地球科学、资源环境和盐湖化工等领域的科技、生产和教学人员。