

50 °C KCl-RbCl/CsCl-H₂O 三元体系 等温相平衡研究

张永明^{1,2,3}, 刘成林¹, 马黎春¹, 陈丽芳^{2,3}, 陈永志¹, 徐海明¹, 赵宪福¹

(1. 中国地质科学院矿产资源研究所, 北京 100037; 2. 天津科技大学海洋科学与工程学院, 天津 300457; 3. 天津市海洋资源与化学重点实验室, 天津 300457)

摘 要: 采用等温平衡的方法测定了 KCl-RbCl-H₂O 和 KCl-CsCl-H₂O 三元体系 50 °C 的等温平衡溶解度, 绘制了这两个体系的相图。研究表明, KCl-RbCl-H₂O 为固溶体型相图, 没有共饱和点, 只有一个 (K, Rb) Cl 固相区, 饱和溶液线为一单变量曲线。平衡液相中 RbCl/KCl 与 RbCl 的百分含量呈正相关和线性关系, 而固相中 RbCl/KCl 的变化则呈非线性关系。KCl-CsCl-H₂O 体系属于简单共饱和体系, 存在一个共饱和点, 在 KCl、CsCl、H₂O 含量分别为 5.1%、64.3%、30.6% 时达到共饱和。实验对完善含铷、铯卤水体系的热力学数据和富钾卤水综合利用具有实际意义。

关键词: 水盐体系; 氯化钾; 氯化铷; 氯化铯; 固溶体; 相平衡

中图分类号: O642.4

文献标识码: A

文章编号: 1008-858X(2013)03-0056-09

前 言

我国是一个地下卤水资源丰富的国家, 在很多含油气或含盐沉积盆地中都有分布。由于地下卤水的补给具有多物源性, 在埋藏过程中又经历沉积变质作用, 其化学组分与地表盐湖及海水表现出很大的差异性, 常常伴有多种珍贵的稀散元素, 具有较高的经济价值^[1-3]。近几年来, 项目组在江陵凹陷古新统沙市组钻遇高温、高压富钾卤水, 其中铷、铯含量较高, 均达到了综合利用品位。为使该类型卤水资源得到合理开发利用^[4-5], 有必要对其水盐体系基本热力学参数及相平衡行为进行研究。水盐体系相平衡理论是探讨天然盐类沉积和转变规律的理论^[6-8], 应用相化学理论和相图数据, 可确定卤水在有关热力学过程中液相浓缩路线和析盐

规律^[9-11]。前人对 KCl-RbCl-H₂O、KCl-CsCl-H₂O 三元等温平衡体系已开展了一些研究, 如 25 °C、100 °C 条件下 KCl-RbCl-H₂O 三元体系和 25 °C 条件下 KCl-CsCl-H₂O 三元体系等温平衡研究^[12], 但目前尚未见到 50 °C 条件的研究报告。本研究在前人基础上, 开展 50 °C 条件下 KCl-RbCl-H₂O 和 KCl-CsCl-H₂O 体系等温平衡研究, 将为完善该体系热力学基础数据, 综合利用含钾、铷、铯卤水提供理论支持。

1 实验部分

1.1 实验试剂

KCl (分析纯, 国药集团化学试剂有限责任公司); RbCl (优级纯, 北京上立方联合化工技术研究院); CsCl (优级纯, 北京上立方联合化

收稿日期: 2013-02-19; 修回日期: 2013-05-03

基金项目: 江陵凹陷高温高压富钾卤水及地质综合研究(E1106); 中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金(K1102); 国家自然科学基金青年基金(41002028); 中国地质调查项目(N1303) 联合资助

作者简介: 张永明(1987-), 男, 硕士研究生, 主要研究方向为水盐体系相图。Email: ss369@126.com。

通信作者: 马黎春。Email: lichmafly@gmail.com。

工技术研究院)。

1.2 实验仪器

JULABO(优莱博)恒温振荡水浴槽(德国 JULABO 公司,控温精度 ± 0.02 °C);

电热鼓风干燥箱(GZX-9070 MBE,上海博迅实业有限责任公司医疗设备厂);

原子吸收分光光度计(WFX-130,北京瑞利分析仪器有限公司);

电子天平(METTLER TOLEDO XS105DU,梅特勒-托利多仪器(上海)有限公司);

XRD 衍射仪(D/max-rA12kw X 射线衍射仪,日本 Rigaku 公司);

扫描电镜(JEOL JSM-5610LV,日本电子)。

1.3 实验方法

基于等温溶解平衡法^[13],在硬质聚乙烯塑料瓶中,按相图理论组成人工合成系列卤水,置于恒温振荡水浴槽中 50 °C 恒温,控温精度为 ± 0.02 °C,调整振荡频率 190 r/min,进行等温溶解^[14]。定期取体系上层清液进行化学分析,以化学组成不变作为达到平衡的标志,最后确定体系平衡时间为 31 d,平衡后取液相和湿固相进行化学分析,测定液相、湿固相的化学组成。

液相取样方法 平衡瓶中的混合样品在恒温振荡一段时间后,静置 24 h。准备一次性 1 mL 注射器若干支,编号并称重,置于洁净的恒温干燥箱中,70 °C 预热备用。待取液相样品时,保持恒温水浴温度不变,迅速小心地从恒温

干燥箱中取一支注射器,并快速吸取一定量的上层清液,然后立即将含有清液的注射器称重,得出清液的质量,然后将注射器中的清液全部转移到容量瓶中待测。

$$m_{(\text{清液})} = m_{(\text{注射器}+\text{溶液})} - m_{(\text{注射器})}$$

固相样品取样方法 体系达平衡后,首先将液相样品取出,每一个体系点平行取 2 份样品,一份做备样;取完之后将剩余液相迅速倒入另一干燥洁净的平衡管中,然后将适量固相倒在干燥洁净的多层滤纸上,迅速用力挤压固相样品,使得固相上的液相尽可能快速、完全的被滤纸吸走,反复更换滤纸,直至固相上没有或残留较少的液相为止,然后将固相称重、保存备用。

1.4 分析方法

液、固相中离子的分析方法,Cl⁻采用银量法,K⁺、Rb⁺、Cs⁺采用原子吸收分光光度计法。其中银量法的分析误差为 0.2%,原子吸收分光光度法的分析误差为 5×10^{-6} 。

平衡固相鉴定方法,采用湿渣法并辅以 XRD 粉末衍射以及扫描电镜共同鉴定。

2 结果与讨论

2.1 实验结果

通过实验,测得 50 °C 时 KCl-RbCl-H₂O 三元水盐体系固液平衡数据(表 1);50 °C 时 KCl-CsCl-H₂O 三元水盐体系固液平衡数据(表 2)。

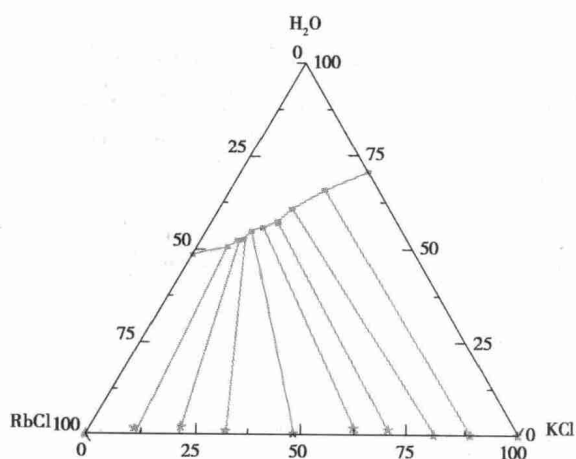
表 1 50 °C 时 KCl-RbCl-H₂O 三元水盐体系固液平衡数据

Table 1 Solid liquid equilibrium data of the ternary system KCl-RbCl-H₂O at 50 °C

编 号	平衡液相组成的质量分数/%		湿固相组成的质量分数/%		固 相
	KCl	RbCl	KCl	RbCl	
1	29.26	0	100	0	KCl
2	21.74	12.50	88.86	11.14	(K,Rb)Cl
3	16.67	22.72	80.47	19.53	(K,Rb)Cl
4	15.21	27.62	69.17	29.43	(K,Rb)Cl
5	12.63	31.64	61.02	37.21	(K,Rb)Cl
6	10.55	34.72	47.70	51.87	(K,Rb)Cl
7	9.80	37.40	31.84	67.12	(K,Rb)Cl
8	8.68	39.05	20.93	76.93	(K,Rb)Cl
9	7.06	42.34	10.61	87.79	(K,Rb)Cl
10	0	51.62	0	100	RbCl

表 2 50 °C 时 KCl-CsCl-H₂O 三元水盐体系固液平衡数据Table 2 Solid-liquid equilibrium data of the ternary system KCl-CsCl-H₂O at 50 °C

编 号	平衡液相组成的质量分数 / %		湿固相组成的质量分数 / %		固相
	KCl	CsCl	KCl	CsCl	
1	29.3	0	100	0	KCl
2	22.7	17.5	94.4	2.0	KCl
3	19.6	23.8	91.6	2.8	KCl
4	15.6	33.6	92.20	3.0	KCl
5	14.5	38.9	90.4	3.3	KCl
6	11.4	47.6	92.3	3.5	KCl
7	10.6	52.8	87.4	9.4	KCl
8	8.1	57.8	88.7	7.7	KCl
9	5.1	64.3	2.7	94.3	KCl + CsCl
10	2.6	65.5	—	—	KCl + CsCl
11	0	68.6	0	100	CsCl



■ 50 °C 时 KCl-RbCl-H₂O 体系等温平衡液相组成

★ 50 °C 时 KCl-RbCl-H₂O 体系等温平衡湿固相组成

图 1 50 °C 时 KCl-RbCl-H₂O 三元水盐体系固液平衡相图

Fig. 1 The phase diagram of the ternary system KCl-RbCl-H₂O at 50 °C

根据实验数据可以得到 50 °C 时 KCl-RbCl-H₂O 三元水盐体系等温平衡相图, 见图 1。

通过相图分析, 可以看出 50 °C 时 KCl-RbCl-H₂O 三元体系相图没有共饱和点, 饱和溶液线为一单变量曲线。相图仅存在一个 KCl 与 RbCl 固溶体的结晶区^[15-16], 饱和溶液线上部为未饱和溶液区, 饱和溶液线下部为固溶体结晶区, 固相组成由纯的 KCl 盐过渡到 (K, Rb) Cl 固溶体, 再逐渐过渡到纯的 RbCl 盐。由于元素

K 和 Rb 属于同一主族, 离子半径相近, 其地球化学行为也类似。KCl-RbCl-H₂O 体系平衡过程中, 元素 Rb 以类质同象方式进入 KCl 矿物晶格, 形成 (K, Rb) Cl 固溶体。随着 KCl-RbCl-H₂O 体系中 RbCl 含量的逐渐增高, 其固溶体 (K, Rb) Cl 中 Rb/K 也不断升高(图 2), 实验所测定的 10 个体系点中形成的固溶体 RbCl 和 KCl 的百分比变化见表 1。

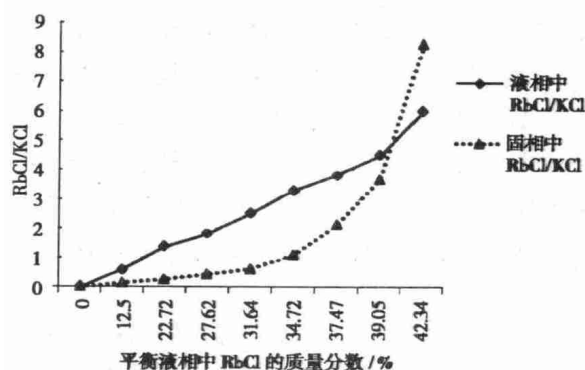


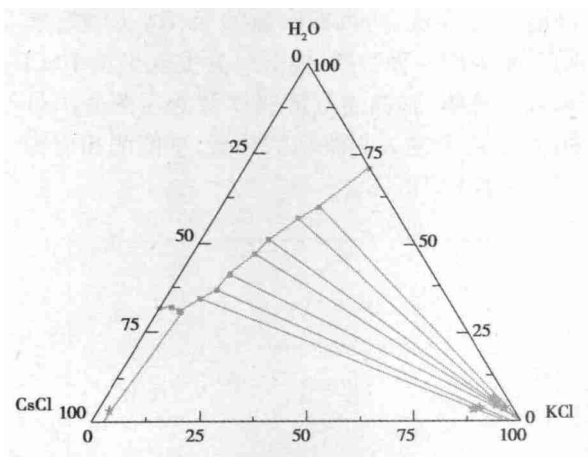
图 2 50 °C KCl-RbCl-H₂O 三元体系平衡液相和固相中 RbCl/KCl 与平衡液相中 RbCl 的质量分数的关系

Fig. 2 The relationship between the ratio of RbCl/KCl and the percentage content of RbCl in the equilibrium liquid phase

由图 2 可知, 平衡体系液相中 RbCl/KCl 与平衡液相中 RbCl 的百分含量呈正相关性, 且液相中 RbCl/KCl 变化趋势基本呈线性, 而固相中 RbCl/KCl 呈幂函数增长。在平衡液相中

RbCl 含量介于 0% ~ 31.64% 时,固相中的 RbCl/KCl 增长平缓,说明溶液中仅有少量 Rb 进入 KCl 矿物晶格;而当平衡体系 RbCl 含量大于 31.64% 时,固相中的 RbCl/KCl 开始迅速增大,指示溶液中有相当数量的 Rb 被固相带走。

因此,如果利用蒸发结晶法在 50 °C 条件下提取卤水中的 RbCl,应尽量减少类质同象现象所带来的 Rb 损失,可根据此相图对 RbCl 进行富集,使得 RbCl 的浓度始终保持在液相区,并不断分离 KCl,当 RbCl 富集到较高浓度时,再利用离子交换法或者萃取法对 RbCl 进行分离提纯。



■ 50 °C 时 KCl-CsCl-H₂O 体系等温平衡液相组成

★ 50 °C 时 KCl-CsCl-H₂O 体系等温平衡固相组成

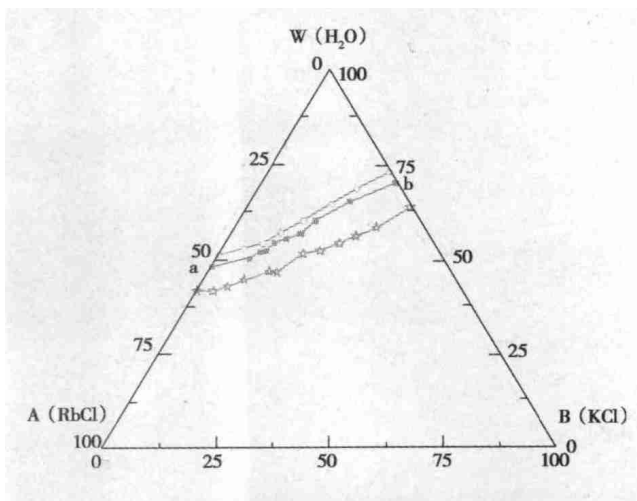
图3 50 °C 时 KCl-CsCl-H₂O 三元水盐体系固液平衡相图

Fig.3 The phase diagram of the ternary system KCl-CsCl-H₂O at 50 °C

基于实验数据,绘制 50 °C 条件下 KCl-CsCl-H₂O 三元水盐体系等温平衡相图(图3),该体系具有共饱和点,饱和溶液线为一变量曲线。相图分为不饱和液相区、KCl 结晶区、CsCl 结晶区,以及 KCl、CsCl 共同结晶区,在 KCl、CsCl、H₂O 含量分别为 5.1%、64.3%、30.6% 时,KCl、CsCl 达到共饱和,共同析出。

将 50 °C 时 KCl-RbCl-H₂O 三元水盐体系实验所得相图与 25 °C 和在 100 °C 条件下测得的 KCl-RbCl-H₂O 三元体系相图^[12] 进行比较,比较结果见图4。

结果表明,KCl-RbCl-H₂O 三元体系在



○ 25 °C 时 KCl-RbCl-H₂O 体系等温平衡相图

■ 50 °C 时 KCl-RbCl-H₂O 体系等温平衡相图

☆ 100 °C 时 KCl-RbCl-H₂O 体系等温平衡相图

图4 25 °C、50 °C 和 100 °C 时 KCl-RbCl-H₂O 三元水盐体系等温平衡相图对比

Fig.4 The comparison of the phase diagrams that ternary system KCl-CsCl-H₂O at 25 °C, 50 °C and 100 °C

25 °C、50 °C、100 °C 条件下均表现出一致的规律性,平衡相图都没有出现共饱和点,3 个温度下都为固溶体型,相图饱和溶液线均为单变量曲线,且趋势大体一致。实验所得 50 °C 相图介于 25 °C 与 100 °C 之间。但随温度的升高,未饱和溶液区扩大,固溶体结晶区逐渐缩小。说明温度对该体系影响显著,随着温度的逐级升高,溶解度依次增大,体系能够溶解更多的 KCl 和 RbCl 盐。而当温度一旦降低,平衡组分发生变化,部分钾、铷盐会从溶液中析出。

将本研究测得的 50 °C 时 KCl-CsCl-H₂O 三元水盐体系平衡相图与 25 °C 条件下该体系平衡相图^[12] 进行比较,结果见图5。说明温度降低至 25 °C,未饱和溶液区会缩小,而固体结晶区增大。其趋势与 KCl-RbCl-H₂O 三元水盐体系所表现出的温度效应一致。

2.2 固相鉴定

1) XRD 分析 经 X 射线衍射分析,50 °C 时 KCl-RbCl-H₂O 三元水盐体系,平衡固相样品中除饱和溶液线两端分别为 KCl 和 RbCl 纯矿物外,中间各体系点所析出的固相组分均为

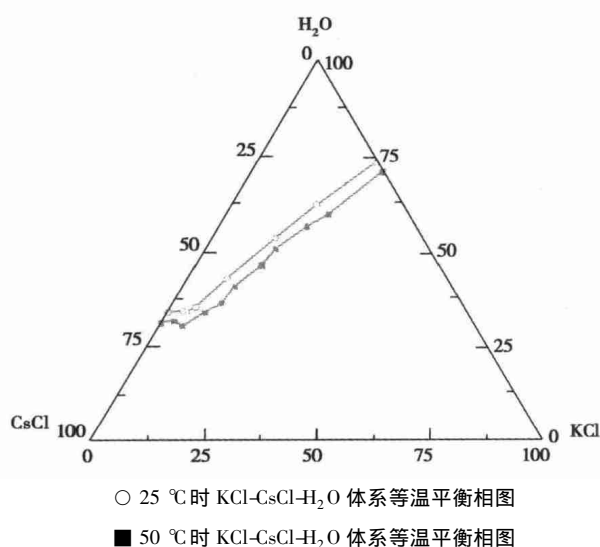


图 5 25 °C、50 °C 时 KCl-CsCl-H₂O 三元水盐体系等温平衡相图对比

Fig. 5 The comparison of the phase diagrams that ternary system KCl-CsCl-H₂O at 25 °C and 50 °C

(K,Rb)Cl 固溶体。由于 KCl、RbCl 类质同象现象的普遍存在,不同平衡体系点固相晶格中的 KCl、RbCl 所占比例不同,因而形成的平衡固相化合物没有固定的分子式,而是以 $K_xRb_{1-x}Cl$ 形式存在。图 6 是 KCl-RbCl-H₂O 三元水盐体系第 6 号样品 X 衍射分析结果,配矿分子式为 $K_{0.5}Rb_{0.5}Cl$,表明固相样品中,阳离子 K^+ 和 Rb^+ 各占一半。

2) 扫描电镜分析 应用扫描电镜对 KCl-RbCl-H₂O 三元平衡体系析出的固样进行分析,结果表明,饱和溶液线中间各体系点析出的固相为立方体,颗粒大小虽有不同,但颜色相同,能谱结果一致,均具有明显的 K、Rb、Cl 峰,表明可能为同一种物质,镜下没有发现纯的 RbCl 和 KCl 晶体,其扫描电镜照片及能谱图分析见图 7 结合上述 X 射线衍射分析,平衡固相应为 (K,Rb)Cl 固溶体。

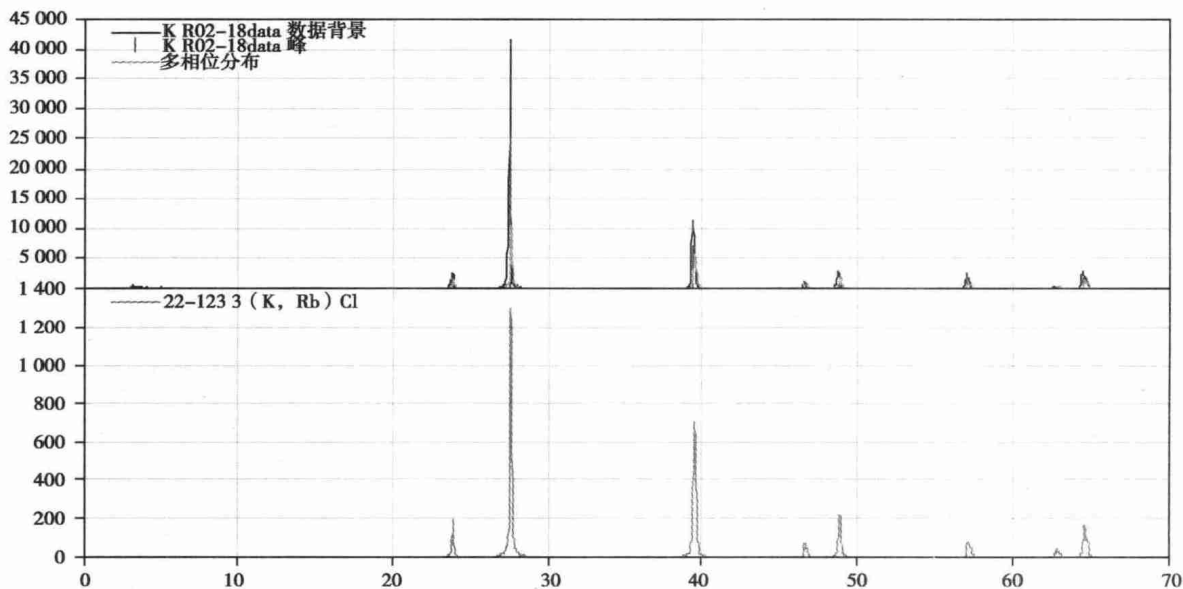


图 6 KCl-RbCl-H₂O 三元水盐体系某一平衡固相样品 XRD 衍射实验结果

Fig. 6 The XRD diffraction of the solid-phase for the ternary system KCl-RbCl-H₂O

KCl-CsCl-H₂O 三元水盐体系平衡固相扫描电镜实验结果显示,平衡固相中存在两种盐类矿物。少量白色斑状物质为 CsCl,见图 8(谱图 1),大量灰色物质为 KCl(谱图 3)。根据理论推断,在 KCl 和 CsCl 达到共饱和之前,CsCl 始终处于未饱和状态,而 KCl 处于过饱和状态,因此固相中应只有 KCl,图 8 所显示 KCl 矿物

表面附着少量斑状 CsCl,应为母液夹带的结果。

在高倍扫描电镜下可进一步观察 CsCl 晶体的形态特征。图 9(a-d) 为 CsCl 晶体不同放大倍数下的 SEM 照片,由图可知,在现有室温和湿度条件下,CsCl 没有完整的晶形,这可能是由于 CsCl 在空气中极易吸潮的缘故,使得

CsCl 立方体晶型的边棱被溶解,变得圆滑。在 CsCl 近似立方体的边界(图 9a)。
扫描电镜放大2 000 倍的条件下大概能看到

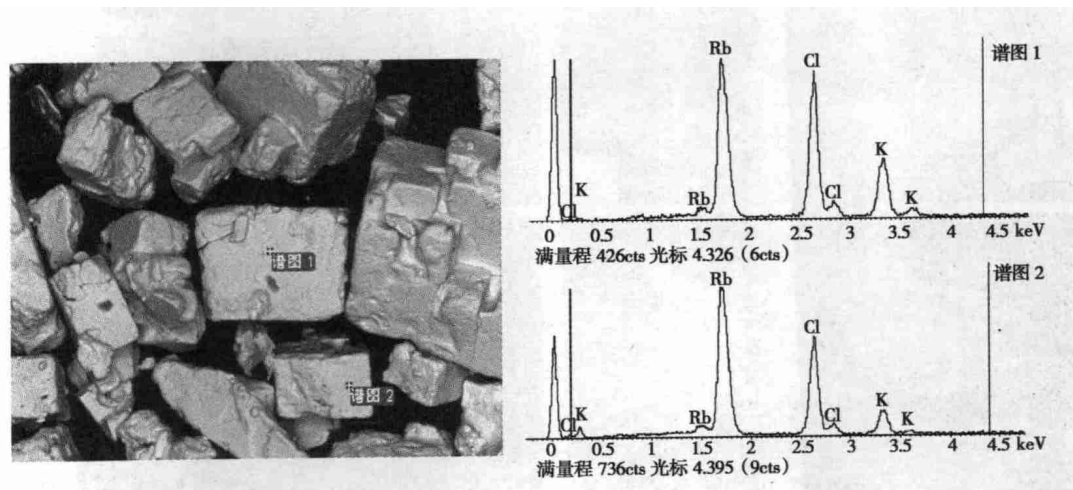
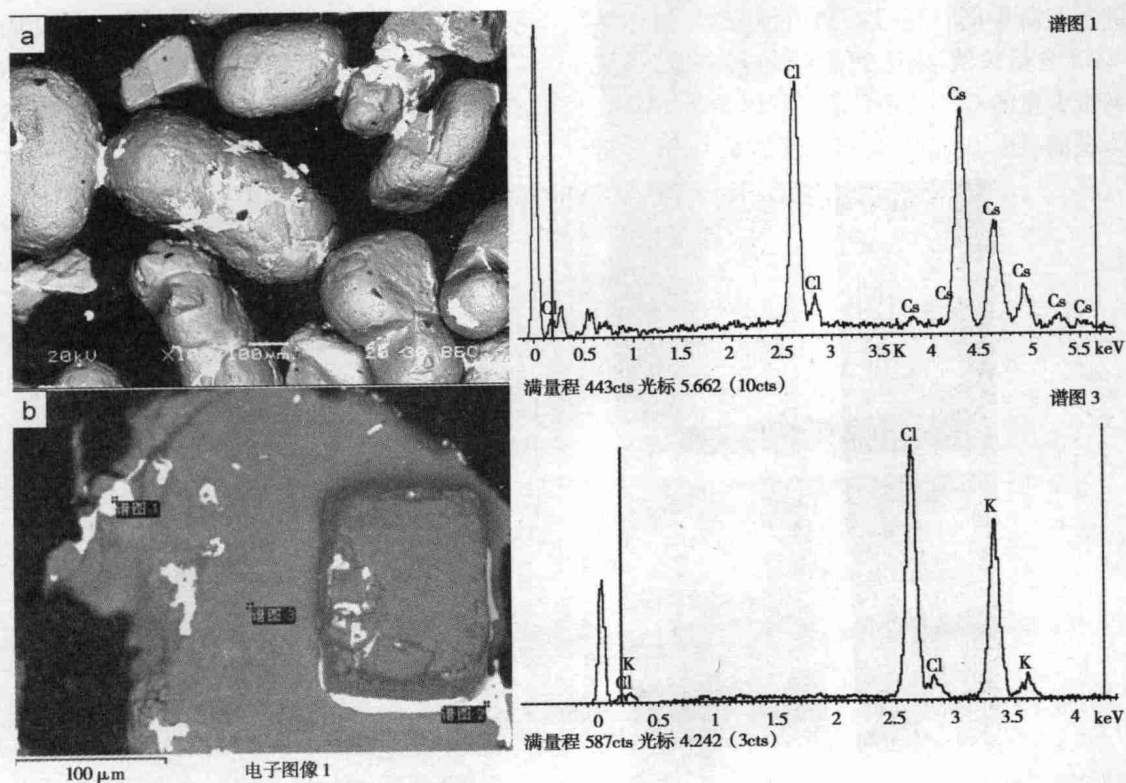


图7 KCl-RbCl-H₂O 三元水盐体系平衡固相扫描电镜图片

Fig. 7 The SEM image of the solid-phase for the ternary system KCl-RbCl-H₂O



注:谱图 1 和谱图 3 能谱测定点位置见图 8b

图8 KCl-CsCl-H₂O 三元水盐体系平衡固相扫描电镜图片

Fig. 8 The SEM image of the solid-phase for the ternary system KCl-CsCl-H₂O

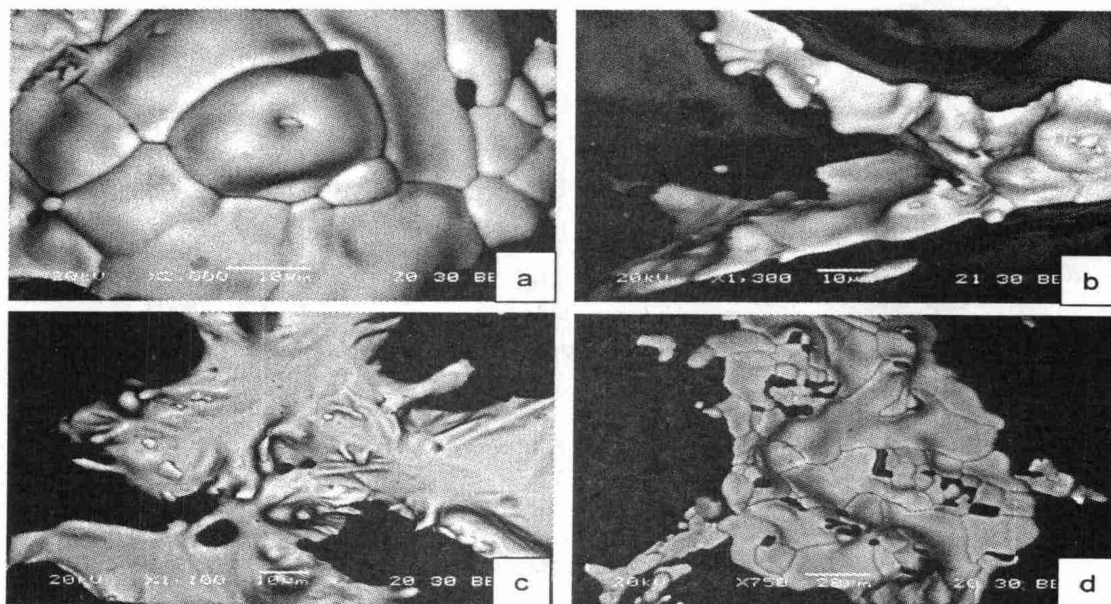


图 9 扫描电镜下 CsCl 形貌特征

Fig. 9 The Micromorphology features of CsCl crystal by SEM

KCl-CsCl-H₂O 三元水盐体系随着 CsCl 含量的增加,各体系点析出固相 KCl 和 CsCl 所占比例也有所不同。通过扫描电镜分析,当体系中 CsCl 含量较低,未达到 CsCl 饱和点时,母液仅夹带少量的 CsCl 晶体,呈点状附着于 KCl 立方体表面(图 10a, 10b);而随着体系 CsCl 含量

的增加,母液夹带量也相应增大,导致 CsCl 常常连片覆盖在 KCl 晶体表面(图 10c);在共饱和点时,CsCl 大量析出,镜下明显观察到固相样品中大量 CsCl 晶体的存在(图 10d)。结合该体系点液相组分可知,此时溶液中 CsCl 浓度较高,达到饱和,从溶液中大量析出。

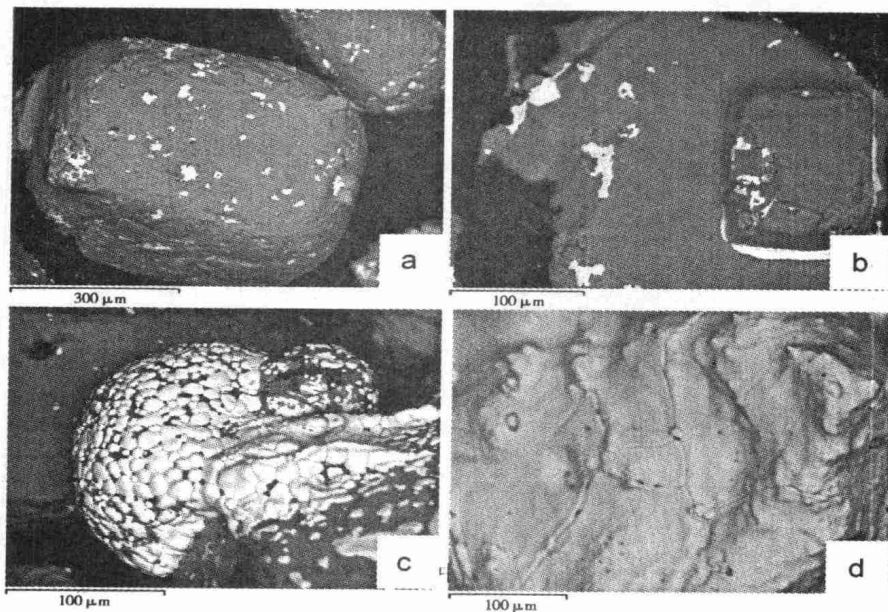
图 10 KCl-CsCl-H₂O 三元水盐体系平衡固相中铯盐在电镜下的分布特征(图中白色部分为 CsCl)

Fig. 10 The distribution feature of the solid-phase for the ternary system

KCl-CsCl-H₂O under the SEM(the part of white is CsCl)

3 结 论

1) 通过等温溶解平衡法测定了三元体系 KCl-RbCl-H₂O 和 KCl-CsCl-H₂O 在 50 °C 条件下的溶解度数据,绘制了这两个体系的平衡相图。

2) 通过实验得出 50 °C 条件下 KCl-RbCl-H₂O 稳定相图中无共饱和点,为固溶体型相图;结合 X 衍射和扫描电镜分析,发现 K、Rb 有类质同象现象发生。由于 K 和 Rb 离子半径类似,化学习性相近,在 KCl 晶出时,不断带走溶液中的 Rb 元素,形成 (K、Rb) Cl 固溶体。相图中饱和溶液线为一变量曲线,饱和溶液线上部为未饱和溶液区,饱和溶液线下部为固溶体结晶区,结晶区固相由纯的 KCl 盐过渡到 (K, Rb) Cl 固溶体,再逐渐过渡到纯的 RbCl 盐。

3) 50 °C 条件下 KCl-CsCl-H₂O 三元水盐体系等温平衡相图具有共饱和点,属于简单共饱和体系,饱和溶液线为一变量曲线。相图分为不饱和液相区、KCl 结晶区、CsCl 结晶区和 KCl、CsCl 共同结晶区,在 KCl、CsCl、H₂O 含量分别为 5.1%、64.3%、30.6% 时, KCl、CsCl 达到共饱和。

4) 将本实验测得 50 °C 条件下三元体系 KCl-RbCl-H₂O 相图与前人研究的 25 °C 及 100 °C 体系相图比较,将本实验测得的 50 °C 条件下三元水盐体系 KCl-CsCl-H₂O 与前人研究的 25 °C 体系相图比较,结果表明这两个体系受温度的影响显著,随着温度的逐级升高,溶解度依次增大,未饱和溶液区逐渐增大;同一体系不同温度饱和溶液线的变化趋势基本一致。本研究对于完善 KCl-RbCl-H₂O 和 KCl-CsCl-H₂O 三元体系相图基础数据,提取 KCl、RbCl 和 CsCl 等相关成分提供了必要数据及理论支持。

致谢: 中国地质科学院矿产资源研究所陈永志、王英素老师和中国科学院青海盐湖研究所宋彭生老师在实验过程中给予帮助和指导,陈方远

老师在扫描电镜方面进行指导,刘宝坤在 XRD 衍射实验方面给予帮助,在此一并感谢。

参考文献:

- [1] 董普,肖荣阁. 铯盐应用及铯(碱金属)矿产资源评价[J]. 中国矿业, 2005, 14(2): 30.
- [2] 王斌,吉远辉,张建平,等. 盐湖 Rb、Cs 资源提取分离的研究进展[J]. 南京工业大学学报(自然科学版), 2008, 30(5): 104-109.
- [3] 邓飞跃,尹桃秀,甘文文,等. 锂云母提锂母液中钾铷铯的综合利用[J]. 矿冶工程, 1999, 19(1): 50-52.
- [4] 闫树旺,唐明林. 卤水中铷铯的分离与提取[J]. 矿物岩石, 1993, 13(2): 113-119.
- [5] 秦玉楠. 从制盐母液中直接提取铯和铷的新方法[J]. 无机盐工业, 2002, 34(4): 34.
- [6] 王雪静,高世扬,周建国,等. 用天然斜发沸石从西藏地热水中分离提取 K⁺、Rb⁺、Cs⁺ 的研究[J]. 盐湖研究, 2002, 10(3): 31-37.
- [7] 李静萍,许世红. 长眼睛的金属—铯和铷[J]. 化学世界, 2005(2): 85.
- [8] 张惠源,王榕树,林灿生. 新型环境材料提铯离子筛的铯离子交换性能初探[J]. 环境科学学报, 2001, 21(4): 496-500.
- [9] 李武,董亚萍,宋彭生等. 盐湖卤水资源开发利用[M]. 北京: 化学工业出版社, 2012: 91-98.
- [10] 林耀庭,曹善行. 四川盆地西部富钾富硼卤水开发利用前景[J]. 矿产保护与利用, 1998, 1: 41-43.
- [11] 李明慧,郑绵平. 锂资源的分布及其开发利用[J]. 科技导报, 2003, 12: 38-41.
- [12] Пельша А. Д. СПРАВОЧНИК ПО РАСТВОРИМОСТИ ИСОЛЕВЫХ СИСТЕМ [K]. 1973: 633-635.
- [13] 张军,高世扬,夏树屏. 三元系 RbCl-C₂H₅OH-H₂O 液固相平衡及其物化性质研究[J]. 无机化学学报, 2002, 18(12): 1241-1244.
- [14] 翁延博. 五元体系 Na⁺, K⁺, Mg²⁺ // Cl⁻, Br-H₂O 313K 相平衡研究[D]. 天津: 天津大学, 2008: 23-26, 39-40.
- [15] Christov C, Petrenko S, Balarew C, et al. Thermodynamic simulation of four-component carnallite type systems [J]. Monatshefte für Chemie, 1994, 125(12): 1371-1382.
- [16] 牛自得,程芳琴,李宝存,陈侠. 水盐体系相图及其应用[M]. 天津: 天津大学出版社, 2002: 55-56.

Phase Diagram and Research for the Ternary System of KCl-RbCl/CsCl-H₂O at 50 °C

ZHANG Yong-ming^{1 2 3}, LIU Cheng-lin¹, MA Li-chun¹,
CHEN Li-fang^{2 3}, CHEN Yong-zhi¹, XU Hai-ming¹, ZHAO Xian-fu¹

(1. *Institute of Mineral Resources Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing, 100037, China;*
2. *College of Marine Science and Engineering, Tianjin University of Science & Technology, Tianjin 300457, China;* 3. *Tianjin Key Laboratory of Marine Resources and Chemistry, Tianjin 300457*)

Abstract: Phase equilibria in the ternary systems KCl-RbCl-H₂O and KCl-CsCl-H₂O at 50 °C were studied by using the isothermal method. The phase diagrams were plotted according to the experimental data. Studies have shown that the phase diagram of KCl-RbCl-H₂O is solid solution type. There's no invariant point, one crystallization field of (K, Rb)Cl and one univariant curve. Studies have also shown that the ratio of RbCl/KCl is positive correlated with the content of RbCl in the liquid phase, and there is a linear between them. But in the solid phase it's nonlinear. The system of KCl-CsCl-H₂O is simple eutectic type. There's one invariant point and the compositions of $w(\text{KCl})$, $w(\text{CsCl})$, $w(\text{H}_2\text{O})$ are 5.1%, 64.3% and 30.6%. The experimental is perfection to the brine data of thermodynamic which contains rubidium and cesium, and it has practical significance for the brine's comprehensive utilization with rich potassium.

Key words: Salt-water system; Potassium chloride; Rubidium chloride; Cesium chloride; Solid solution; Phase equilibrium

《盐湖研究》合订本征订启事

《盐湖研究》是原国家科委批准的学术类自然科学期刊,由中国科学院青海盐湖研究所主办,科学出版社出版,1993年创刊并在国内外公开发行。《盐湖研究》自公开发行以来,深受广大读者的厚爱,为了便于我刊读者和文献情报服务单位系统收藏,编辑部藏有94-95年、96-97年、98-99年、2000年、2001-2002年、2003年、2004-2005年、2006-2007年、2008-2009年合订本,每年册仅收取工本费90元。数量有限,欲购者请与《盐湖研究》编辑部联系,联系电话:0971-6301683