

氯化物型和硫酸盐型卤水物性 参数变化规律研究

张世春, 崔香梅

(青海大学化工学院, 青海 西宁 810016)

摘要:在野外自然条件下光照和温度对盐湖卤水的物性参数有很大影响,在实验室条件下模拟一里坪盐湖卤水和黑北凹地卤水,研究了温度对氯化物型和硫酸盐型卤水多元体系的 pH、黏度和密度的影响规律。结果表明,一里坪硫酸盐型和黑北凹地氯化物型卤水的 pH 和黏度随着温度升高而减小,密度随着温度升高而增大。

关键词:盐湖资源;卤水;密度;黏度;pH

中图分类号:P619.211

文献标识码:A

文章编号:1008-858X(2018)01-0048-11

我国是世界上少数几个现代盐湖发育的国家之一,盐湖主要分布在青海、新疆、西藏和内蒙古等省区,以数量多、类型全、资源丰富、富含稀有元素而著称^[1]。盐湖含有丰富的石盐、镁盐、硫酸盐、钾盐、锂盐及丰富的生物资源,是大自然留给我们的宝藏^[2],特别是青海柴达木盆地的33个盐湖中无机盐总储量达 $3.78 \times 10^{11} \text{ t}$ ^[1]。合理开发这些盐湖资源对西部地区发展和社会稳定,满足国家对锂、镁、硼、钾等的需求有着举足轻重的意义,对经济发展和国家安全同样具有重大的战略意义^[3];同时,盐湖资源需要合理开发、综合利用,注重保护资源环境及坚持可持续发展^[4-5]。

目前许多对盐湖卤水物性参数变化的研究是在等温条件下进行的^[6-10],然而在自然条件下受到日照及气候影响,盐湖卤水的温度不断变化,其对 pH、黏度及密度均有影响,因此研究盐湖卤水物性参数与温度的关系很有必要,可以为盐湖资源开发提供基础数据,具有指导作用^[11]。本文分别模拟了一里坪硫酸盐型和黑北凹地氯化物型卤水,研究了温度对其 pH、黏度及密度的影响情况,并研究了温度对氯化物型和硫酸盐型多盐混合溶液体系关键参数的影响。

1 实验材料及方法

1.1 材料与仪器

实验材料 氯化钾、六水氯化镁、氯化钠、氯化钙、硫酸钾、硫酸钠均为分析纯,烟台市双双化学有限公司;氯化锂,分析纯,天津市凯通化学试剂有限公司;七水硫酸镁,分析纯,天津市盛淼精细化工有限公司;一水硫酸锂,分析纯,天津市凯信化学工业有限公司。

实验仪器如表1。

1.2 试验方法

1) 配制一定浓度的单盐溶液,并根据一里坪和黑北凹地实际卤水中离子含量配制混合溶液和模拟卤水;为保证实验过程中研究对象始终一致,根据实验所需溶液的量一次性配制足够溶液。

2) 对配置好的溶液用恒温水浴进行加热,在20~80℃之间每隔5℃测量溶液 pH、黏度和密度;在此过程中为了避免卤水蒸发,采用表面皿覆盖烧杯口,让蒸发出来的水蒸汽在表面皿上冷却回流到溶液主体中,只在测量数据时移开表面皿。

收稿日期:2017-01-08;修回日期:2017-03-13

基金项目:中国科学院盐湖资源与化学重点实验室开放基金课题(KLSLRC-KF-13-HX-7)

作者简介:张世春(1990-),男,硕士研究生,主要研究方向为盐湖工艺。Email:qhzhangshichun@163.com。

通信作者:崔香梅(1980-),女,博士,副教授,主要从事盐湖卤水资源综合利用方面的教学、科研工作。Email:cuixiangmei1208@163.com。

表 1 实验所用仪器

Table 1 Instruments used in the experiment

仪器名称	型号	生产厂商	精 度
黏度计	DVIMLV TJ D	美国 Brookfield 公司	1%
密度计	DMA4100M	安东帕公司	0.000 05 g/cm ³
pH 计	PB-10	赛多利斯科技有限公司	±0.01
电热恒温水箱	CU600	上海一恒科学仪器有限公司	±0.01 ℃

3)对所测量的实验数据作图,根据曲线的变化分析溶液物性参数与温度的变化关系。

1.3 盐溶液及模拟卤水配置

1)单盐溶液配制

根据表 2 所示浓度,配制单盐溶液用于测量溶液物性参数与温度的变化规律。

2)混合盐溶液配制

如表 3 和表 4 所示,根据一里坪和黑北凹地实际卤水离子的组成比例,计算各盐的含量并配

制混合溶液。在配制氯化物型混合溶液时忽略盐湖卤水中 SO₄²⁻ 的含量,同样在配制硫酸盐型混合溶液时忽略盐湖卤水中 Cl⁻ 的含量。

3)模拟卤水配制

根据一里坪和黑北凹地实际卤水中各离子含量计算出卤水中各盐的含量,配制模拟卤水,表 5~表 6 所示是配制氯化物型黑北凹地和硫酸盐型一里坪模拟卤水的单盐称样量。

表 2 单盐溶液浓度

Table 2 The concentration of Chloride and Sulfate type solution mol·L⁻¹

溶液名称	KCl	LiCl	NaCl	MgCl ₂	MgSO ₄	Na ₂ SO ₄	Li ₂ SO ₄	K ₂ SO ₄
摩尔浓度	3.0	5.0	5.0	1.5	1.0	1.0	1.0	0.6

表 3 一里坪盐湖卤水各离子含量

Table 3 Ion content in the brine of Yiliping Saline Lake g·cm⁻³

离子名称	K ⁺	Li ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻
含 量	8.814	0.224	93.104	1.240	10.608	194.575	11.520

表 3、表 4 数据来源于课题组横向课题(中国地质调查局钾盐资源调查子项目:柴西地下卤水蒸发及盐类结晶规律研究)

表 4 黑北凹地盐湖卤水各离子含量

Table 4 Ion content in the brine of Heibeiaodi g·cm⁻³

离子名称	K ⁺	Li ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻
含 量	2.907	0.011 7	103.450	6.204	6.230	190.050	1.319

表 5 模拟氯化物型黑北凹地卤水各盐称样量

Table 5 The salts content in the simulated chloride type brine of Heibeiaodi g·L⁻¹

盐种类	KCl	LiCl	NaCl	CaCl ₂	Na ₂ SO ₄	MgCl ₂ ·6H ₂ O
含 量	5.55	0.07	255.04	17.21	3.90	52.78

表 6 模拟硫酸盐型一里坪卤水各盐称样量

Table 6 The salts content in the simulated sulfate type brine of Yiliping g · L⁻¹						
盐种类	KCl	LiCl	NaCl	CaCl ₂	MgCl ₂ · 6H ₂ O	Na ₂ SO ₄
含 量	16.84	1.44	263.81	3.44	89.86	17.04

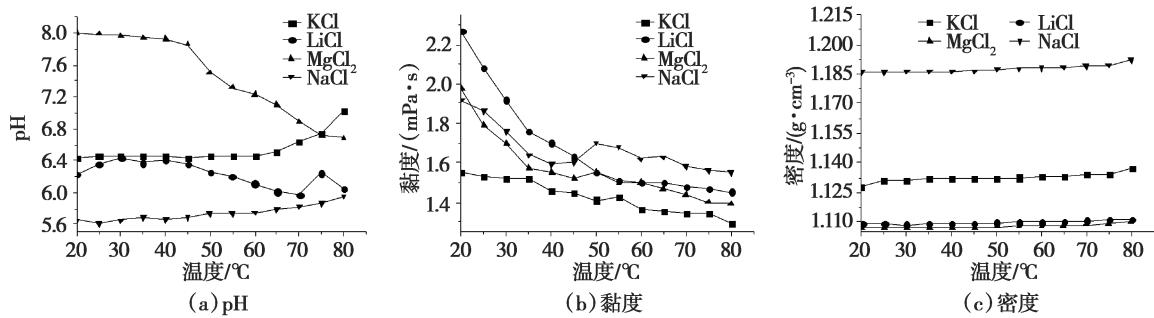


图 1 氯化物型单盐溶液物性参数变化规律
Fig. 1 The change rules of physical parameters in chloride type solution

2 实验结果

2.1 氯化物型多盐混合溶液物性参数变化规律

1) 单盐溶液物性参数变化

按表 2 所示溶液浓度配制单盐溶液,研究物性参数随温度的变化规律,结果如图 1 所示。

图 1(a) 显示了单盐溶液 pH 随温度的变化规律,其中 KCl 和 NaCl 溶液的 pH 随着温度升高而增大;MgCl₂ 溶液的 pH 随温度升高而减小,45 ~ 80 °C 之间 pH 减小更快;LiCl 溶液的 pH 随温度升高先增大然后再缓慢减小。从图 1(b) 可以看出单盐溶液的黏度随着温度升高而减小,LiCl 溶液的黏度随温度升高减小的更快。图 1(c) 中,在 20 ~ 65 °C 之间单盐溶液的密度随温度升高基本不变,在 65 ~ 80 °C 之间密度呈增大的趋势。

2) 两盐混合溶液物性参数变化

根据表 3 及表 4 所示数据配制氯化物型两盐混合溶液,在不同温度下测量溶液物性参数变化,结果如图 2 ~ 图 4 所示。

由图 2(a)(b) 可以看出,NaCl + LiCl 及 NaCl + KCl 两盐混合溶液的 pH 随温度的升高而增大,特别是在 60 ~ 80 °C 之间增大更明显;而 MgCl₂ + LiCl 及 NaCl + MgCl₂ 两盐混合溶液的 pH 随温度升高而减小,其中 MgCl₂ + LiCl 混合溶液的 pH 在 75 ~ 80 °C 之间呈上升趋势;KCl + LiCl 两盐混合

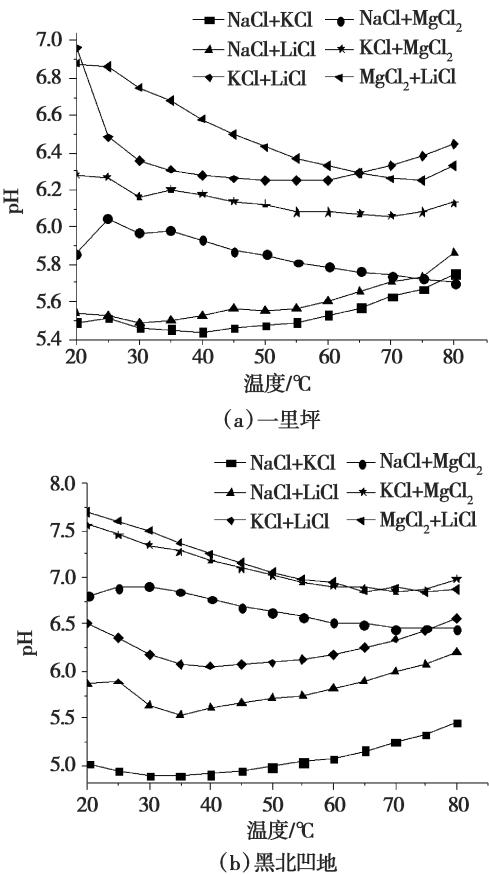


图 2 氯化物型两盐混合溶液 pH 变化规律
Fig. 2 The change rules of pH in chloride type binary solution

溶液的 pH 在 20 ~ 45 °C 之间减小,45 °C 后随着温度升高缓慢增大。

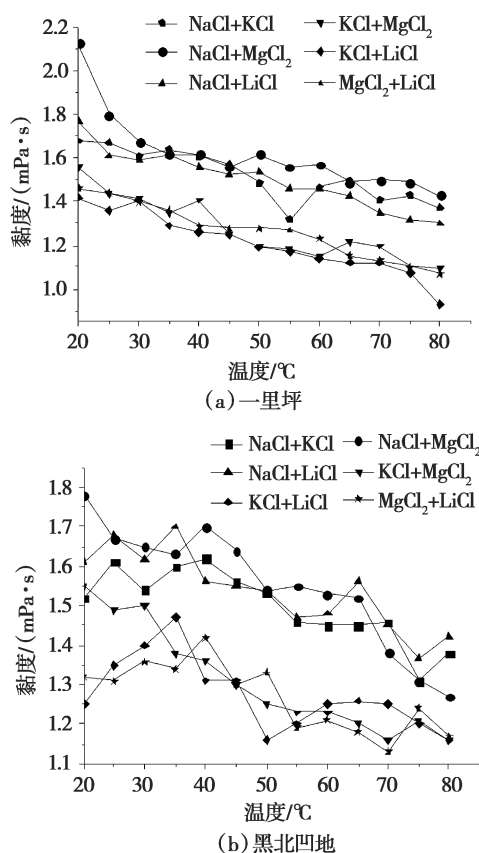


图3 氯化物型两盐混合溶液黏度变化规律

Fig. 3 The change rules of viscosity in chloride type binary solution

从图3(a)(b)可以看出,氯化物型两盐混合溶液的黏度随温度的升高而减小,图3(a)中NaCl + MgCl₂混合溶液的黏度在20 ~ 45 °C之间迅速减小,在45 ~ 80 °C之间黏度缓慢减小。

图4(a)(b)显示在20 ~ 60 °C之间溶液密度基本无变化,60 ~ 80 °C之间NaCl + KCl、NaCl + MgCl₂及NaCl + LiCl两盐混合溶液的密度随温度升高有增大的趋势;而KCl + MgCl₂、KCl + LiCl及MgCl₂ + LiCl两盐混合溶液在20 ~ 80 °C之间,密度随温度升高基本无变化。

3) 三盐混合溶液物性参数变化

根据一里坪和黑北凹地卤水中离子含量配制氯化物型三盐混合溶液,在不同温度下测量溶液关键参数变化,结果如图5 ~ 图7所示。

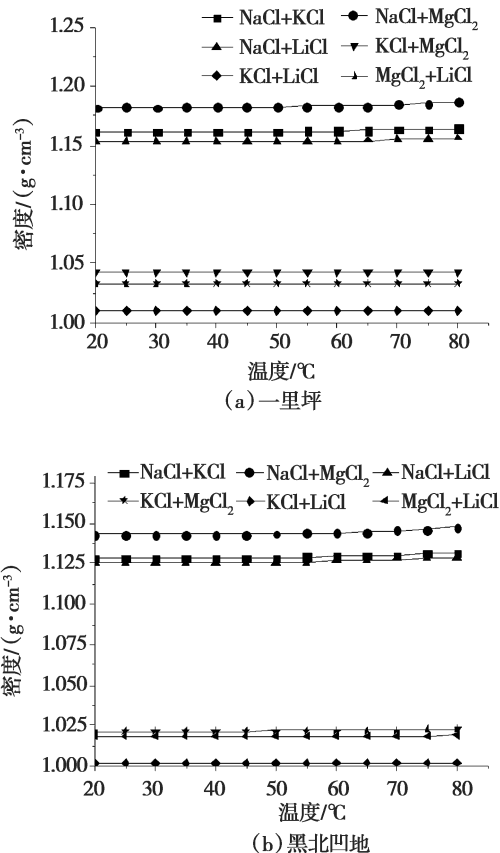


图4 氯化物型两盐混合溶液密度变化规律

Fig. 4 The change rules of density in chloride type binary solution

由图5(a)(b)可以看出,NaCl + KCl + MgCl₂和KCl + MgCl₂ + LiCl三盐混合溶液的pH随温度升高而减小,并且在20 ~ 60 °C减小较快,60 ~ 80 °C之间减小较慢;而NaCl + KCl + LiCl三盐混合溶液的pH随着温度升高先减小再增大。图5(a)中按照一里坪实际卤水配制的NaCl + MgCl₂ + LiCl三盐混合溶液的pH随温度升高呈缓慢减小趋势;而图5(b)按照黑北凹地实际卤水配制的NaCl + MgCl₂ + LiCl三盐混合溶液的pH随温度升高呈增大趋势,在60 ~ 80 °C之间pH增大较快。

图6(a)(b)显示,随着溶液温度升高,氯化物型三盐混合溶液的黏度减小,其中KCl + MgCl₂ + LiCl三盐混合溶液的黏度下降趋势较大,而其它三盐混合溶液的黏度减小趋势随温度的升高而减小。

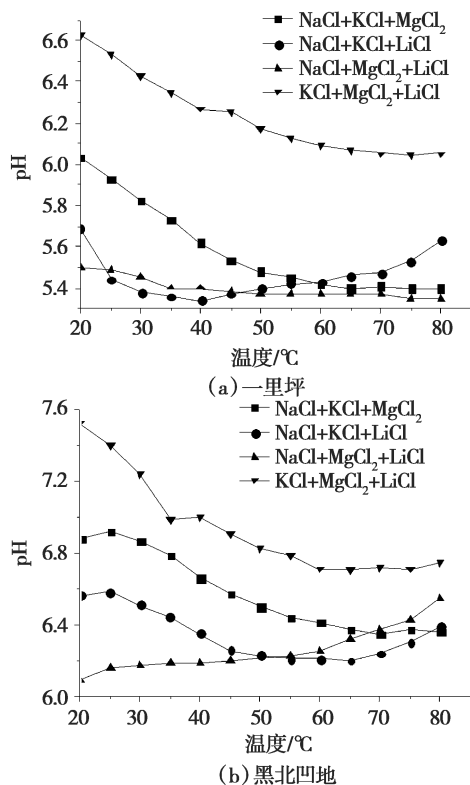


图 5 氯化物型三盐混合溶液 pH 变化规律

Fig. 5 The change rules of pH in chloride type ternary solution

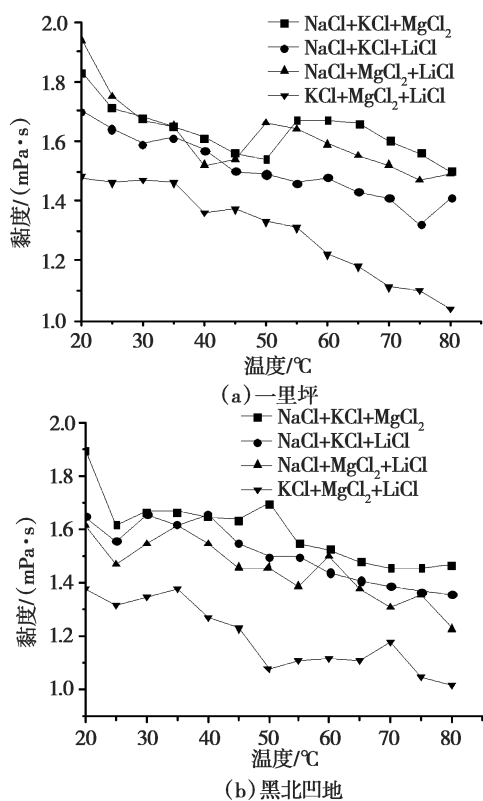


图 6 氯化物型三盐混合溶液黏度变化规律

Fig. 6 The change rules of viscosity in chloride type ternary solution

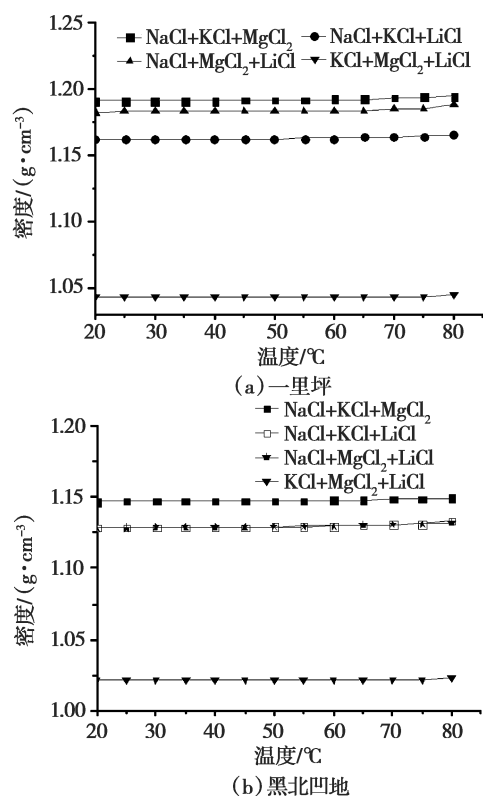


图 7 氯化物型三盐混合溶液密度变化规律

Fig. 7 The change rules of density in chloride type ternary solution

从图 7(a)(b) 可以看出, 随着温度升高氯化物型三盐混合溶液的密度基本没有变化, 图 7(a) 中 NaCl + MgCl₂ + LiCl 三盐混合溶液的密度在 70 ~ 80 °C 之间有增大的趋势, 图 7(b) 中 NaCl + KCl + LiCl 三盐混合溶液的密度在 70 ~ 80 °C 之间呈现增大趋势。

4) 四盐混合溶液物性参数变化

按照一里坪和黑北凹地实际卤水中离子含量, 忽略 Cl⁻ 外的其它阴离子含量, 配制氯化物型四盐混合溶液并研究物性参数随温度的变化规律, 结果如图 8 所示。

由图 8(a) 可以看出, 按照一里坪和黑北凹地实际卤水配制的四盐混合溶液的 pH 随着温度的升高而减小, 当温度达到 55 °C 时 pH 减小趋势有所减慢; 图 8(b) 显示随着温度升高溶液黏度减小; 图 8(c) 中随着温度升高, 溶液密度增大, 并且在 60 ~ 80 °C 之间溶液密度增大较快。

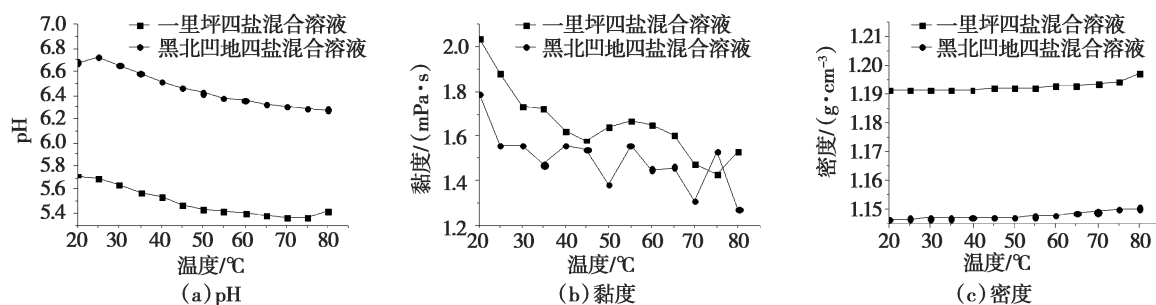


图8 氯化物型四盐混合溶液物性参数变化规律

Fig. 8 The change rules of physical parameters in chloride type quaternary solution

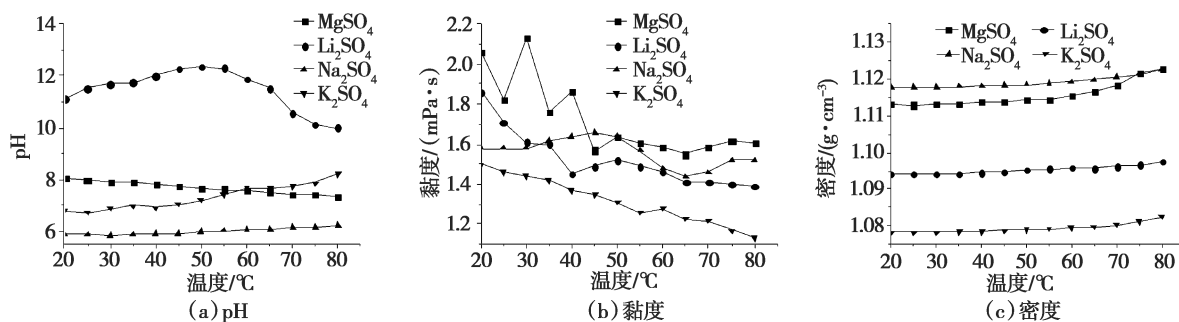


图9 硫酸盐单盐溶液物性参数变化规律

Fig. 9 The change rules of physical parameters in sulfate type solution

2.2 硫酸盐型多盐混合溶液物性参数变化规律

1) 单盐溶液物性参数变化

按照表2所示浓度配制硫酸盐单盐溶液,在不同温度下测量溶液的pH、黏度及密度变化规律,结果如图9所示。

图9(a)显示, Li_2SO_4 溶液的pH随温度升高先缓慢增大,在55~80℃之间溶液pH又快速减小; K_2SO_4 和 Na_2SO_4 溶液的pH随温度升高而增大, Na_2SO_4 溶液的pH增大更为缓慢; MgSO_4 溶液的pH随温度升高而减小。图9(b)中 MgSO_4 、 K_2SO_4 、 Li_2SO_4 溶液的黏度随着温度升高而减小, Na_2SO_4 溶液的黏度随温度升高基本保持不变。图9(c)显示随着温度升高,单盐溶液的密度都有增大的趋势,60℃后溶液密度增大趋势更为明

显,其中硫酸镁溶液的密度增大最快。

2) 两盐混合溶液物性参数变化

根据一里坪和黑北凹地盐湖卤水中实际离子含量,忽略其它阴离子只考虑 SO_4^{2-} ,配制两盐混合溶液,并研究其pH、黏度及密度随温度的变化规律,结果如图10~图12所示。

图10(a)可以看出, $\text{K}_2\text{SO}_4 + \text{Na}_2\text{SO}_4$ 两盐混合溶液的pH随着温度升高而增大,而其它两盐混合溶液的pH随着温度升高而减小,其中 $\text{K}_2\text{SO}_4 + \text{Li}_2\text{SO}_4$ 和 $\text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{Li}_2\text{SO}_4$ 混合溶液的pH减小较快;图10(b) $\text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{MgSO}_4$ 和 $\text{MgSO}_4 + \text{Li}_2\text{SO}_4$ 两盐混合溶液的pH随温度升高而减小, $\text{K}_2\text{SO}_4 + \text{Li}_2\text{SO}_4$ 混合溶液的pH在20~35℃之间随温度升高而快速减小,在35~80℃之间随温度升高而缓慢增大,其它两盐混合溶液的pH均随着温度升高而增大。

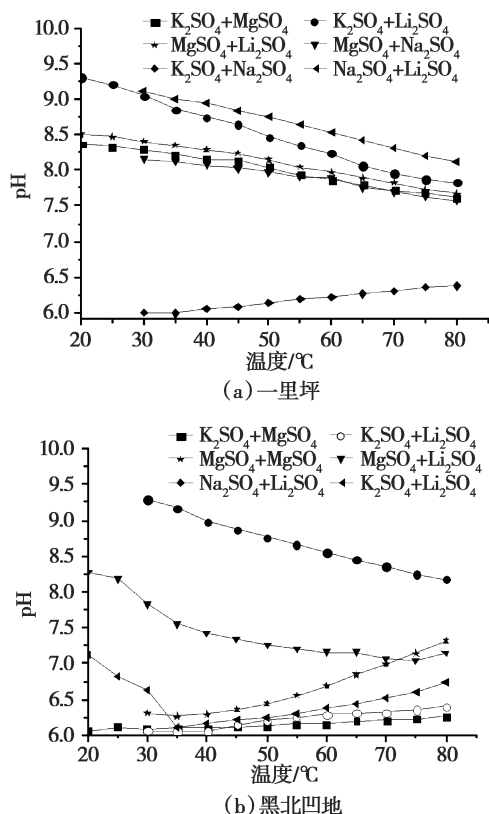


图 10 硫酸盐型两盐混合溶液 pH 变化规律

Fig. 10 The change rules of pH in sulfate type binary solution

从图 11 可以看出两盐混合溶液黏度随温度的变化规律。按照一里坪与黑北凹地实际卤水配制的两盐混合溶液的黏度均随着温度升高而减小,其中 $\text{MgSO}_4 + \text{Na}_2\text{SO}_4$ 、 $\text{K}_2\text{SO}_4 + \text{Na}_2\text{SO}_4$ 和 $\text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{Li}_2\text{SO}_4$ 两盐混合溶液的黏度随温度升高而减小更快。

图 12 给出了硫酸盐型两盐混合溶液的密度随温度的变化规律。由图 12(a)(b)可以看出,溶液密度随温度升高基本保持不变,按黑北凹地实际卤水配制的 $\text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{Li}_2\text{SO}_4$ 混合溶液的密度在 75 ~ 80 °C 之间表现出增大的趋势。

3) 三盐混合溶液物性参数变化

根据一里坪和黑北凹地盐湖卤水中实际离子含量,忽略其它阴离子,假设只存在 SO_4^{2-} ,配制三盐混合溶液并研究温度变化对 pH、黏度及密度的影响,结果如图 13 ~ 图 15 所示。

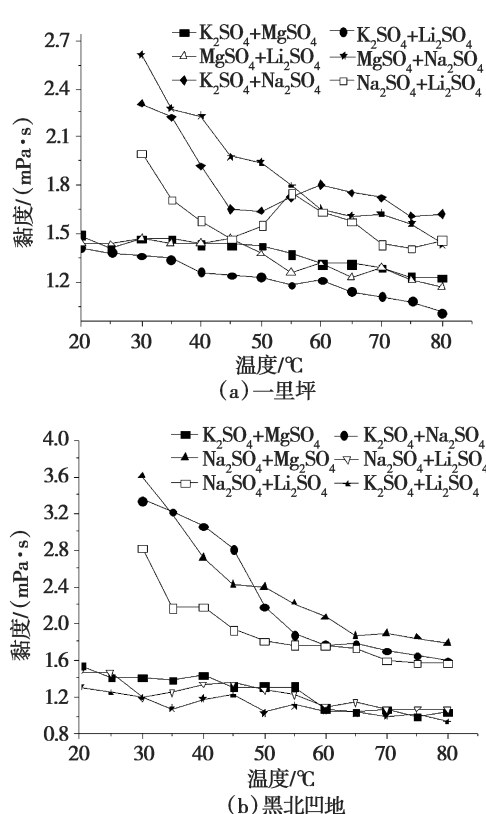
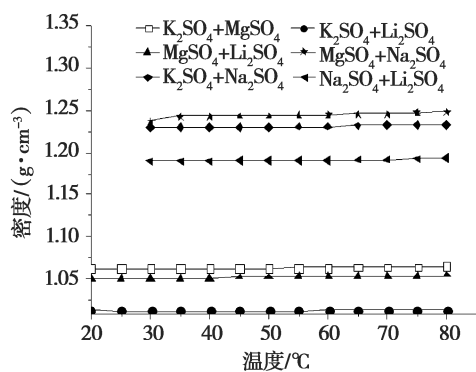


图 11 硫酸盐型两盐混合溶液黏度变化规律

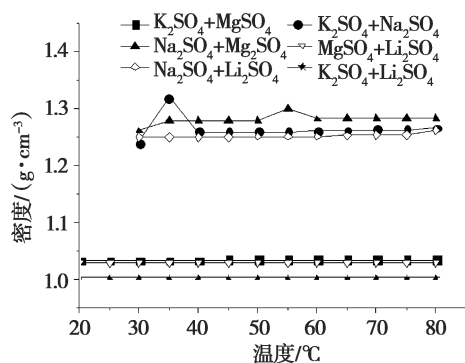
Fig. 11 The change rules of viscosity in sulfate type binary solution

图 13(a) 中,按照一里坪真实卤水配制的三盐混合溶液的 pH 随着温度升高而减小,图 13(b) 中 $\text{K}_2\text{SO}_4 + \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{Li}_2\text{SO}_4$ 和 $\text{MgSO}_4 + \text{Li}_2\text{SO}_4 + \text{Na}_2\text{SO}_4$ 三盐混合溶液的 pH 随温度升高而减小, $\text{K}_2\text{SO}_4 + \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{MgSO}_4$ 混合溶液的 pH 随着温度升高而增大, $\text{K}_2\text{SO}_4 + \text{MgSO}_4 + \text{Li}_2\text{SO}_4$ 混合溶液的 pH 在 20 ~ 40 °C 之间减小, 40 ~ 80 °C 之间基本保持不变。

由图 14(a)(b)可以看出,三盐混合溶液的黏度随温度上升而减小, $\text{K}_2\text{SO}_4 + \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{MgSO}_4$ 和 $\text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{MgSO}_4 + \text{Li}_2\text{SO}_4$ 混合溶液的黏度减小较快,按照黑北凹地配制的 $\text{K}_2\text{SO}_4 + \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{Li}_2\text{SO}_4$ 混合溶液的黏度在 30 ~ 60 °C 之间快速减小,在 60 ~ 80 °C 之间呈缓慢增大趋势,其它三盐混合溶液的黏度均随温度升高而缓慢较小。



(a) 一里坪



(b) 黑北凹地

图12 硫酸盐型两盐混合溶液密度变化规律

Fig. 12 The change rules of density in sulfate type binary solution

图15(a)(b)为三盐混合溶液密度随温度的变化规律,可以看出溶液密度随温度升高基本不变。

4) 四盐混合溶液物性参数变化

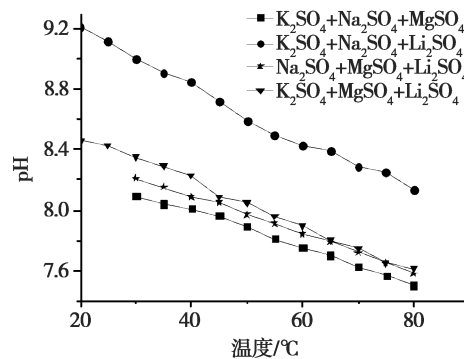
按照一里坪和黑北凹地实际卤水中离子含量,假设溶液中的阴离子只有 SO_4^{2-} ,配制硫酸盐型四盐混合溶液,并研究物性参数随温度的变化规律,结果如图16所示。

由图16(a)(b)可以看出,四盐混合溶液的pH和黏度随温度升高而减小,图16(c)中四盐混合溶液的密度随着温度升高而增大。

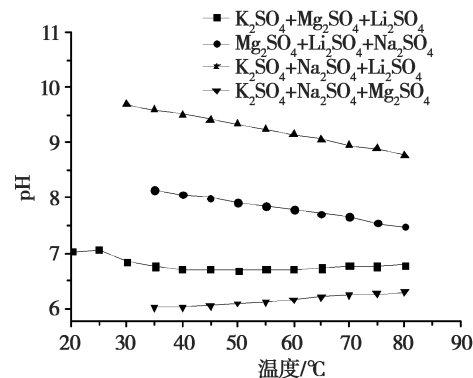
2.3 模拟卤水物性参数变化

按一里坪和黑北凹地实际卤水中离子含量配制模拟卤水,对卤水的物性参数与温度的变化关系进行研究,结果如图17。

从图17(a)可以看出,按一里坪和黑北凹地配置的模拟卤水的pH随着温度升高呈线性下降



(a) 一里坪



(b) 黑北凹地

图13 硫酸盐型三盐混合溶液pH变化规律

Fig. 13 The change rules of pH in sulfate type ternary solution

趋势。图17(b)中模拟卤水的黏度随着温度升高而减小,20~40℃之间黏度减小较快。图17(c)显示随着温度升高,模拟卤水的密度不断增大。

3 讨论

由实验结果可知,随着温度升高,一里坪硫酸盐型和黑北凹地氯化物型卤水的物性参数随温度的变化规律基本一致,pH和黏度随着温度升高而减小,密度随着温度升高而增大。这主要是因为溶液中存在水的微弱电离,水的电离过程是吸热过程,因此温度升高促进水的电离,溶液中 H^+ 含量增加,导致了盐溶液pH减小^[12]。另一方面, Mg^{2+} 的强酸盐是强酸弱碱盐,其水解显酸性^[11],温度升高会加剧水解过程,溶液pH会减小。温度对液体黏度有很大影响^[13],温度升高导致溶液中粒子的布朗运动的加剧,粒子微运动加剧减小了流体流动阻力,因此使得溶液黏度下降^[14]。随

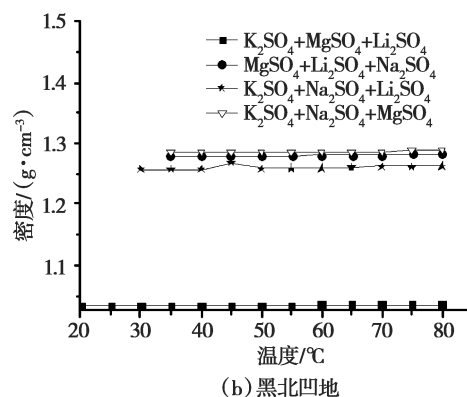
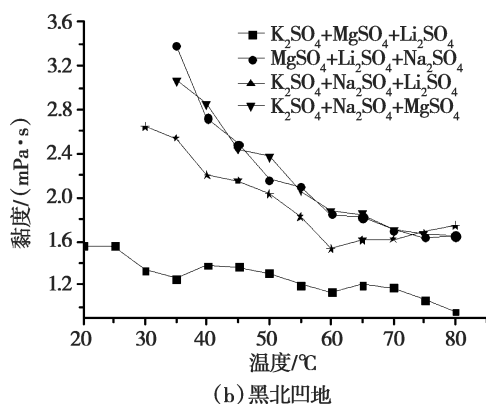
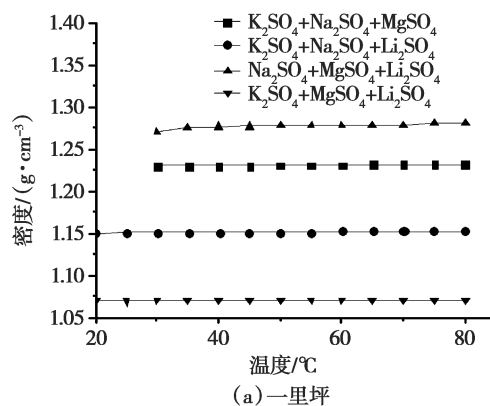
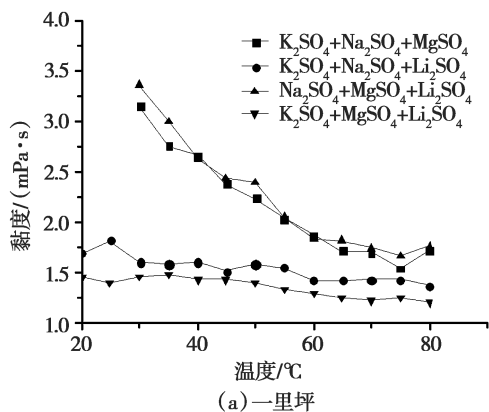


图 14 硫酸盐型三盐混合溶液黏度变化规律

Fig. 14 The change rules of viscosity in sulfate type ternary solution

图 15 硫酸盐型三盐混合溶液密度变化规律

Fig. 15 The change rules of density in sulfate type ternary solution

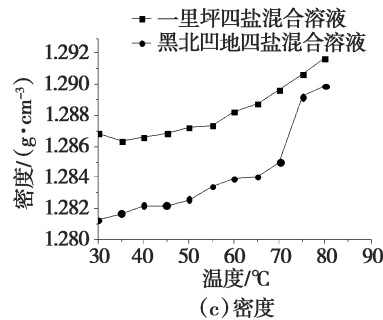
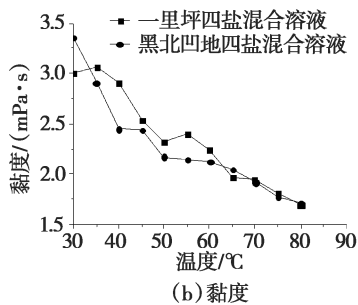
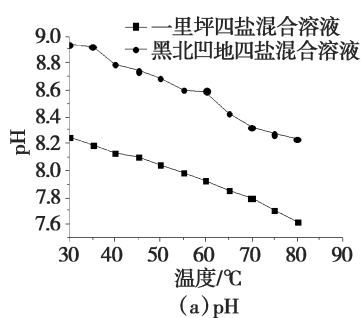


图 16 硫酸盐型四盐混合溶液物性参数变化规律

Fig. 16 The change rules of physical parameters in sulfate type quaternary solution

随着温度升高,一里坪硫酸盐型和黑北凹地氯化物型卤水的密度增大趋势不是特别明显,这主要是因为温度对液体体积变化影响不大,因此在溶液浓度一定的前提下,随着温度升高,溶液密度基本

无变化。另一方面,氢键对水溶液的密度有很大影响^[15],随着温度升高氢键被破坏,布朗运动加剧而缔合作用被减弱,导致溶液密度有所增大。

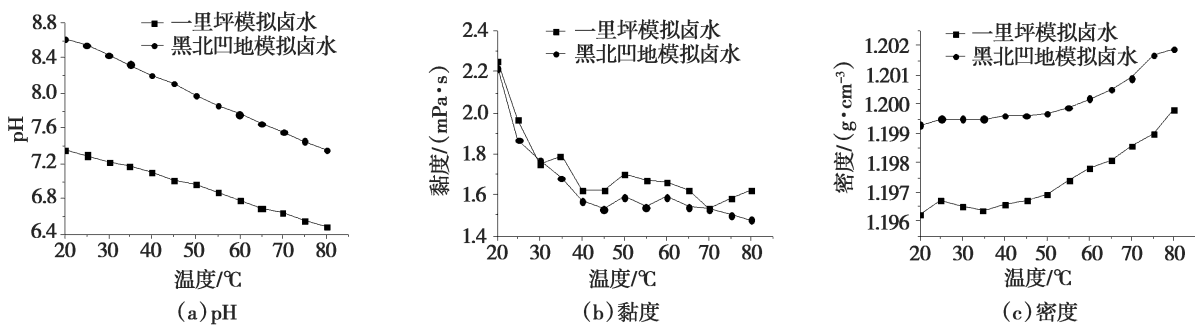


图 17 模拟卤水物性参数变化规律

Fig. 17 The change rules of physical parameters in simulated brine

表 7 两盐混合溶液物性参数随温度升高的变化规律

Table 7 The change of physical parameters of binary solution with temperature increased

	氯化物型混合溶液						硫酸盐型混合溶液					
	A			B			A			B		
	pH	黏度	密度	pH	黏度	密度	pH	黏度	密度	pH	黏度	密度
Na + K	↑	↓	—	↑	↓	↑	↑	↓	—	↑	↓	↑
Na + Mg	↓	↓	↑	↓	↓	↑	↓	↓	↑	↓	↓	↑
Na + Li	↓ ↑	↓	↑	↓	↓	↑	↓	↓	—	↑	↓	↑
K + Mg	↓ ↑	↓	—	↓ ↑	↓	—	↓	↓	—	↑	↓	—
K + Li	↓ ↑	↓	—	↓ ↑	↓	—	↓	↓	—	↓ ↑	↓	—
Mg + Li	↑	↓	—	↓	↓	—	↓	↓	↑	↓	↓	—

1) ↓表示减小, ↑表示增大, ↓ ↑表示先减小后增大,—表示无变化; 2) A 表示溶液中阳离子含量按照一里坪实际卤水阳离子含量配制; 3) B 表示溶液中阳离子含量按照黑北凹地实际卤水阳离子含量配制

表 8 三盐混合溶液物性参数随温度升高的变化规律

Table 8 The change of physical parameters of ternary solution with temperature increased

	氯化物型混合溶液						硫酸盐型混合溶液					
	A			B			A			B		
	pH	黏度	密度	pH	黏度	密度	pH	黏度	密度	pH	黏度	密度
Na + K + Mg	↓	↓	—	↓	↓	—	↓	↓	—	↑	↓	—
Na + K + Li	↓ ↑	↓	↑	↓ ↑	↓	↑	↓	↓	—	↓	↓	—
Na + Mg + Li	↓	↓	↑		↓	↑	↓	↓	↑	↓	↓	—
K + Mg + Li	↓	↓	—	↓	↓	—	↓	↓	—	↓	↓	—

1) ↓表示减小, ↑表示增大, ↓ ↑表示先减小后增大,—表示无变化; 2) A 表示溶液中阳离子含量按照一里坪实际卤水阳离子含量配制; 3) B 表示溶液中阳离子含量按照黑北凹地实际卤水阳离子含量配制

表 9 四盐混合溶液物性参数随温度升高的变化规律

Table 9 The change of physical parameters of quaternary solution with temperature increased

	氯化物型混合溶液						硫酸盐型混合溶液					
	A			B			A			B		
	pH	黏度	密度	pH	黏度	密度	pH	黏度	密度	pH	黏度	密度
Na + K + Mg + Li	↓	↓	↑	↓	↓	↑	↓	↓	↑	↓	↓	↑

1) ↓表示减小, ↑表示增大, ↓ ↑表示先减小后增大,—表示无变化; 2) A 表示溶液中阳离子含量按照一里坪实际卤水阳离子含量配制; 3) B 表示溶液中阳离子含量按照黑北凹地实际卤水阳离子含量配制

氯化物型和硫酸盐型的两盐及三盐混合溶液的物性变化如表 7 ~ 表 8 所示,黏度随温度升高而减小,密度随温度升高基本无变化,在 60 ~ 80 °C 之间呈增大趋势,混合溶液 pH 的变化规律随混合溶液组成不同而不同。四盐混合溶液物性参数的变化规律与一里坪和黑北凹地卤水的变化规律基本一致,如表 9 所示。

4 结 论

1) 由实验结果可知,温度对一里坪卤水、黑北凹地卤水等硫酸盐型和氯化物型多盐混合体系的物性参数有重要的影响。

2) 对一里坪硫酸盐型和黑北凹地氯化物型盐湖卤水的关键参数进行测定,实验结果表明,一里坪和黑北凹地卤水的 pH 和黏度随着温度升高而减小,密度随着溶液温度升高而增大。

3) 测定了氯化物型和硫酸盐型单盐溶液及混合盐溶液的 pH、黏度及密度,结果表明两盐和三盐混合溶液的黏度随温度升高而减小,密度随温度升高基本无变化,在 60 ~ 80 °C 之间呈增大趋势,溶液的 pH 变化随着混合溶液的组成不同而呈现不同的变化规律。四盐混合溶液的 pH 和黏度随温度升高而减小,密度随温度升高而增大。

参考文献:

[1] 马培华. 科学开发我国的盐湖资源[J]. 化学进展, 2009, 11

(21): 2349 - 2357.

- [2] 张利珍, 谭秀民, 张秀峰. 我国盐湖资源开发利用的现状 & 对策分析[J]. 盐业与化工, 2012, 11(41): 7 - 11.
- [3] 李冬梅, 王建萍, 张康. 盐湖资源可持续开发利用综合评价指标体系研究[J]. 盐资源与产业, 2014, 16(5): 70 - 77.
- [4] 宋彭生. 盐湖资源的开发利用[J]. 盐湖研究, 1993, 1(3): 68 - 80.
- [5] 宋彭生, 李武, 孙柏. 盐湖资源开发利用进展[J]. 无机化学学报, 2011, 27(5): 801 - 815.
- [6] 陈敬清, 刘子琴, 房春晖. 盐湖卤水的蒸发结晶过程[J]. 盐湖研究, 1994, 2(1): 43 - 51.
- [7] 衣丽霞, 王学魁, 孙之南, 等. 扎布耶盐湖冷冻后卤水常温蒸发(20 °C)析盐规律[J]. 海盐化工, 2002, 31(4): 4 - 8.
- [8] 刘纪勇, 曾英, 李陇岗. 平落富钾地下卤水 50 °C 等温蒸发实验[J]. 盐业与工, 2012, 41(2): 37 - 41.
- [9] 夏适, 李昱昀, 汤建良, 等. 西藏捌仟措盐湖卤水等温蒸发试验研究[J]. 盐湖研究, 2013, 21(1): 28 - 31.
- [10] 伍倩, 郑绵平, 也贞. 西藏当雄错盐湖卤水冬季日晒蒸发实验研究[J]. 地质学报, 2013, 87(3): 433 - 440.
- [11] 乌志明, 崔香梅, 郑绵平. 盐湖卤水蒸发浓缩过程中 pH 值变化规律研究[J]. 无机化学学报, 2012, 28(2): 298 - 302.
- [12] 李友银, 石璞, 任腾菲. 对强碱弱酸盐溶液 pH 与温度关系的研究[J]. 化学教育, 2014, 23: 63 - 66.
- [13] 耿小丕, 杨洋. 温度对液体黏度影响的实验研究[J]. 物理实验, 2005, 25(6): 44 - 45.
- [14] 武婷婷, 骆仲决, 倪明江, 等. 纳米流体黏度影响因素的试验研究[J]. 动力工程学报, 2011, 36(6): 451 - 455.
- [15] 王孝恩. 氢键对水密度的影响[J]. 潍坊教育学院学报, 1993, (1): 65 - 68.

Study on the Change Rules of Physical Parameters of Chloride Type and Sulfate Type Brine

ZHANG Shi-chun, CUI Xiang-mei

(College of Chemical Engineering, Qinghai University, Xining, 810016, China)

Abstract: The solar radiation and temperature have the greatest influence on the physical parameters of brine under the natural conditions. In this paper, Yiliping (Sulfate type) and Heibei aodi (Chloride type) brine are simulated and the impact of temperature on the pH, viscosity and density of these brine are studied. The experiment results show that the pH and viscosity of the chloride and sulfate type brine are decreased and the density increased with the increasing of temperature.

Key words: Saline lake resources; Brine; Density; Viscosity; pH