

超声波测定盐湖卤水的密度

王庆忠, 祁永唐, 李青凤

(中国科学院青海盐湖研究所, 青海 西宁 810008)

摘要: 叙述了超声波在与盐湖卤水组成相关的 MgCl_2 溶液、 NaCl 溶液、 MgCl_2 和 NaCl 的混合溶液中的声时与溶液浓度、溶液温度等之间的关系, 测定了察尔汗不同蒸发阶段的盐湖卤水密度、声时和温度值, 并针对察尔汗盐湖卤水组成, 将获得的实验值采用拟合及插值的方法编制成计算机程序储存在单片机中, 从而实现了察尔汗盐湖卤水蒸发过程中密度的自动监测。

关键词: 卤水; 超声波; 监测; 密度

中图分类号: O657.5

文献标识码: A

文章编号: 1008-858X(2001) 03-0027-05

0 前言

超声是频率在 20kHz 以上人耳感觉不到的高频声音。强超声振动对物质的状态、化学反应和物理化学过程的进程将产生特殊的影响, 因此, 超声可用于加速氧化过程, 脱气作用, 聚合作用, 解聚作用, 对多相扩散过程等化学工业中^[1,2]。超声振动的传播速度随着介质的不同而不同, 影响其传播速度的因素有温度、压力、介质密度等。19 世纪 40 年代以来, 由于声速法进行成分分析有测量精度高, 响应速度快, 能实现连续自动测定, 不需取样, 对人体及媒介均无损害等优点, 人们逐步采用声速法进行液体的成分分析。目前, 同济大学研制的 ND-3 型超声波浓度计可用于测定双氧水、氨水、酒精和硝酸等溶液浓度等^[3,4]。本文将 ND-3 型超声波浓度计应用于察尔汗盐湖卤水蒸发过程中的密度监测, 结果令人满意。

1 实验方法

1.1 试剂和仪器

NaCl , $\text{MgCl}_2 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, KCl 等均为分析纯试剂, MgCl_2 的浓度采用 EDTA 滴定分析测定。采用密度

瓶法测定卤水的密度, ND-3 型超声波密度计用于测定声时等参数, 其温度灵敏度和精度为 0.1°C , 声时测量灵敏度为 0.1nS 。

1.2 卤水样品的采集

采集察尔汗盐湖大盐田中蒸发过程中不同阶段的盐湖卤水后, 静置一天, 滤去其中的固体杂质。

1.3 声时与浓度、温度的测定

用 ND-3 型超声波密度计测定了 NaCl 和 MgCl_2 纯盐溶液不同浓度时, 声时与温度和浓度间的对应关系, MgCl_2 和 NaCl 的混合溶液以及卤水的声时与温度和浓度间的对应关系。被测溶液放置在一个自制的可升降温的保温水浴装置中, 其中的温度和声时由微机自动记录 and 保存。

2 结果与讨论

2.1 纯盐溶液中声时、浓度和温度

首先, 针对察尔汗盐湖卤水的化学组成, 测定了 MgCl_2 分别为 3.23mol/L , 1.61mol/L , 0.40mol/L 和 0.20mol/L 时, NaCl 分别为 4.8mol/L , 2.4mol/L

收稿日期: 2000-11-03

作者简介: 王庆忠 (1965-) 在职博士生, 从事过计算机在化学中的应用, 目前从事 B、Li、Cl 和 Br 等同位素化学研究。

L, 1.2mol/L 和 0.6mol/L 时, 两组不同浓度系列溶液中, 声时与温度的对应关系。见图 1 和图 2。

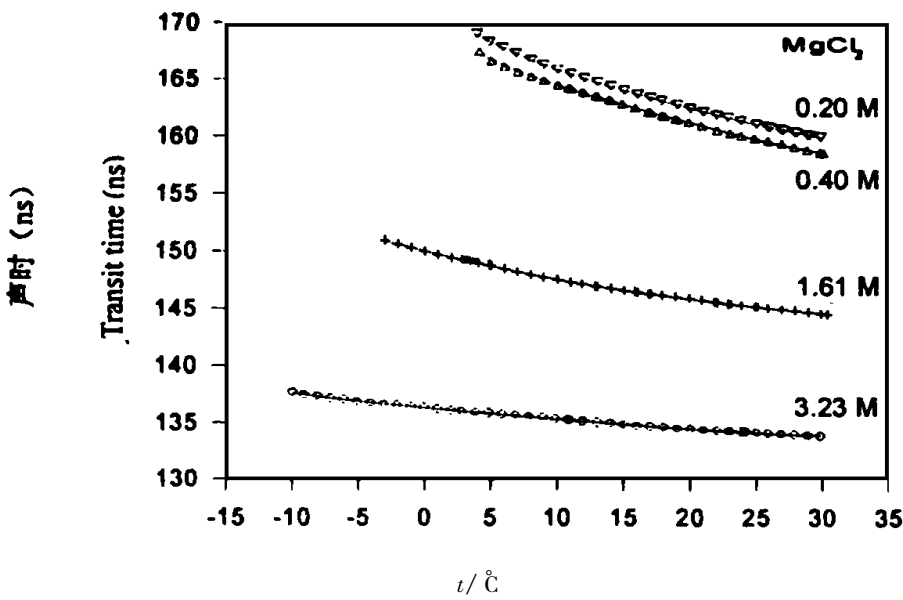


图 1 MgCl₂ 溶液的声时与温度关系图

Fig. 1 The change of tranait time in MgCl₂ solution versus temperature

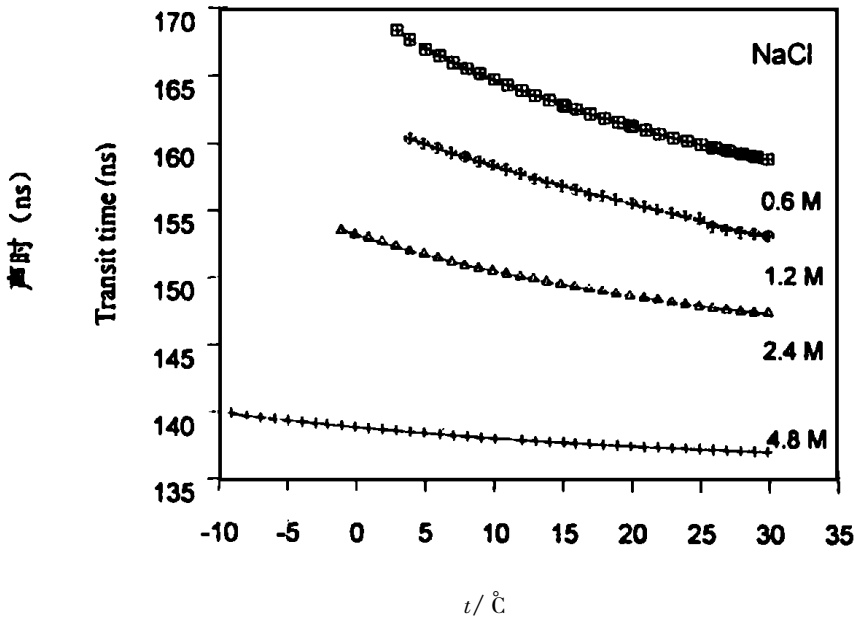


图 2 NaCl 溶液的声时与温度关系图

Fig. 2 The change of tranait time in NaCl solution versus temperature

很显然, MgCl₂ 和 NaCl 溶液都随着溶液浓度的增加, 声时逐渐降低; MgCl₂ 和 NaCl 溶液浓度越高, 温度变化对声时变化的影响越小; 而溶液物质浓度较低时, 温度的变化对声时的影响较大; MgCl₂ 和 NaCl 的每一种浓度的溶液都可以分别用一个二元一次关系式定量地描述温度与声时的对应关系。表 1 列出 MgCl₂ 和 NaCl 溶液在不同浓度时二元一次

方程($y = a_0 + a_1x + a_2x^2$) 的方程系数和相关系数。图 3 为温度在 20 °C 时, MgCl₂ 和 NaCl 溶液的声时与浓度对应关系图。由图 3 可以看出, MgCl₂ 和 NaCl 溶液两种不同物质在同一浓度时, 他们应对的声时响应值不同, MgCl₂ 溶液浓度的变化对其声时响应的贡献大于 NaCl 溶液浓度变化对其声时响应的贡献。MgCl₂ 纯溶液的声时和浓度间的关系可表述为

$y = 166.0 - 14.90x + 1.584x^2$, NaCl 纯溶液的声时和浓度间的关系可表述为 $y = 166.2 - 9.124x + 0.7005x^2$ 。

表 1 MgCl₂ 和 NaCl 溶液声时(y) 与温度(x) 方程的方程系数及相关系数

Table 1 Fitted equation coefficients of transit time(y) and temperature(x) in MgCl₂ and NaCl solution

化合物	浓度 <i>c</i> /mol/L	<i>a</i> ⁰	<i>a</i> ¹	<i>a</i> ²	R
MgCl ₂	3.23	163.3	-0.1132	0.001012	0.9988
MgCl ₂	1.61	145.0	-0.2736	0.003143	0.9994
MgCl ₂	0.40	168.9	-0.4870	0.004742	0.9985
MgCl ₂	0.20	170.8	-0.5428	0.006070	0.9992
NaCl	4.80	138.9	-0.9232	0.001178	0.9994
NaCl	2.40	153.2	-0.2975	0.003614	0.9994
NaCl	1.20	161.7	-0.3503	0.002220	0.9985
NaCl	0.60	169.6	-0.5409	0.006279	0.9992

2.2 混合组分溶液中声时、浓度和温度

MgCl₂ 和 NaCl 混合溶液的声时应在其相应温度压力下纯盐 MgCl₂ 和纯盐 NaCl 的声时之间。例如,图 3 为 20 ℃ 时 MgCl₂ 和 NaCl 纯盐溶液声时与溶液浓度间的关系图,因此,在 20 ℃ 时 MgCl₂ 和 NaCl 混合溶液的声时应 在 MgCl₂ 和 NaCl 纯盐溶液声时与溶液浓度曲线之间的区域部分。图 4 是 MgCl₂ 和 NaCl 混合溶液声时与温度间的关系图。

2.3 察尔汗盐湖不同密度卤水的声时、浓度和温度

利用 ND-3 型超声波浓度计测定了所采集的察尔汗盐湖中不同蒸发阶段的卤水声时与温度间的关系,结果见图 5。由图 5 可以看出,随着察尔汗盐湖卤水蒸发密度的增大,声时也随着逐渐降低,同时可以得出卤水的密度值越大,温度对声时的影响越小的结论。将实验所得到的这些数据采用拟合及插值的方法编制成计算机程序储存在单片机中,从而实现了察尔汗盐湖卤水蒸发过程中密度的自动监测,结果令人满意。

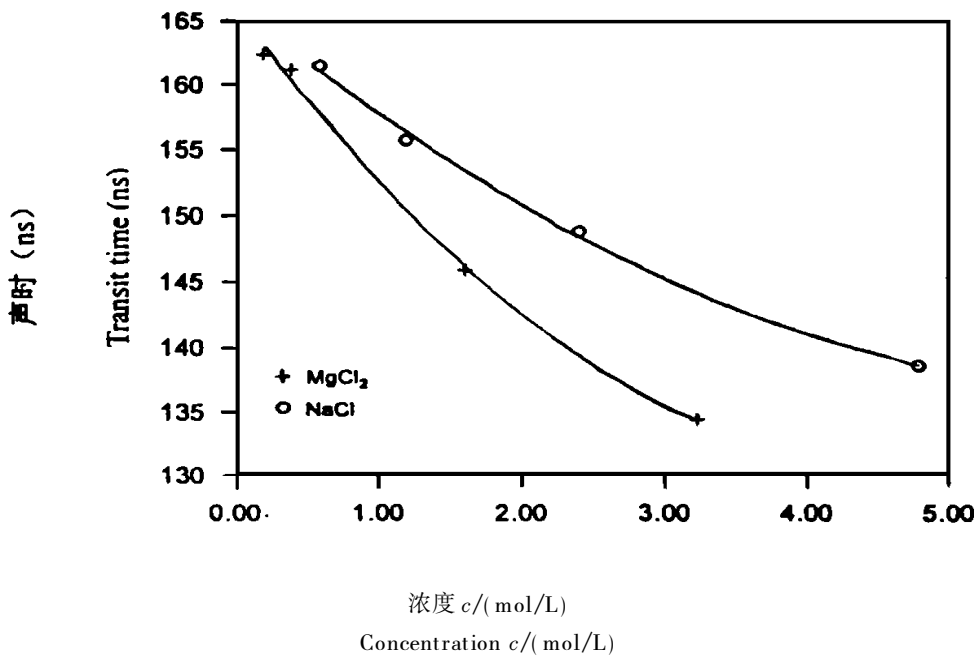


图 3 MgCl₂ 和 NaCl 溶液中的声时与溶液浓度关系图

Fig. 3 The change of transit time in MgCl₂, and NaCl solution versus concentration

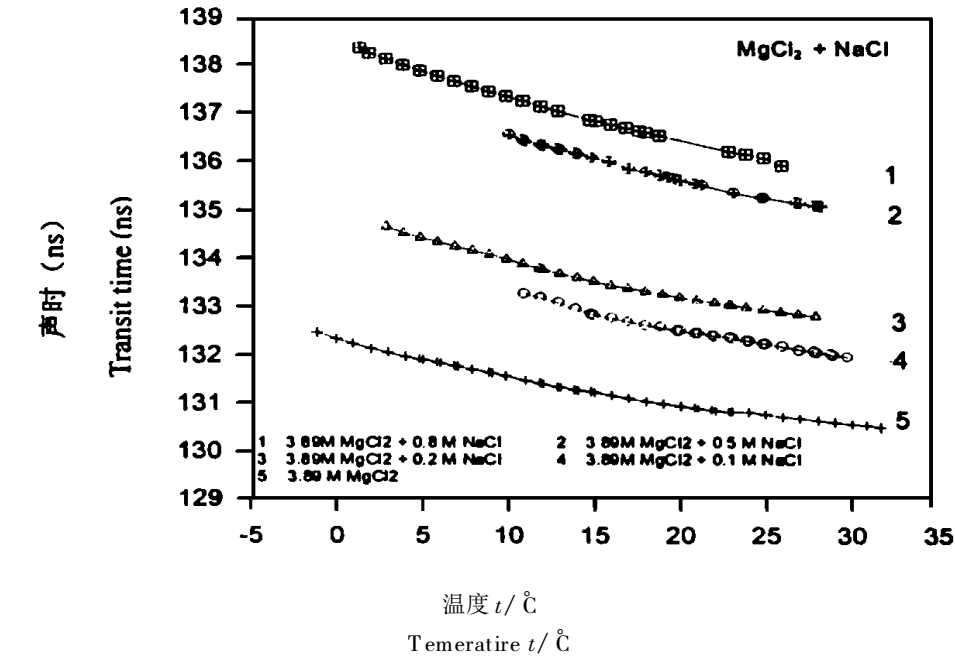


图 4 MgCl₂ 和 NaCl 混合溶液的声时与温度关系图

Fig 4 The change of transit time in mixed solution versus temperature

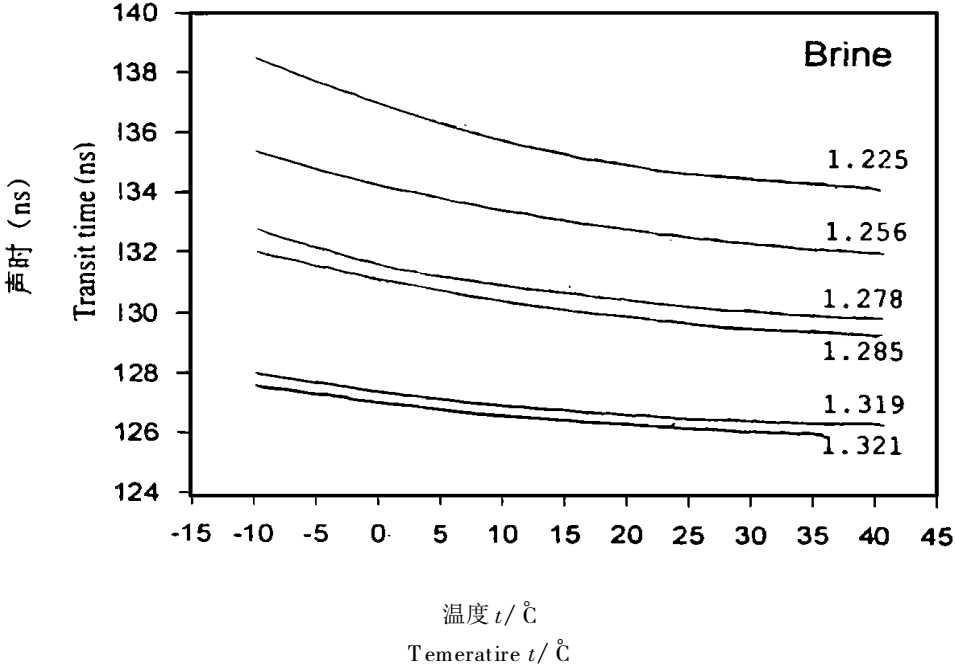


图 5 不同蒸发阶段盐湖卤水的声时与温度关系图

Fig. 5 The change of transit time in evaporating brine versus temperature

参考文献:

[1] 波波夫(В. Ф. ПОПОВ). 超声及其在化学工业中的应用[M]. 北京:化学工业出版社, 1960.

[2] N·Prasad, O·Prakash, S·Singh and Prakash· [J]· Ultrason-ics, 1978, 16(2) :77-80.

[3] 朱士明, 魏墨庵, 刘镇清, 卢杰. 智能化双氧水浓度计的研制[J]. 声学技术, 1991, 10(1) :45-47.

[4] 朱士明, 魏墨庵, 刘镇清, 卢杰. 在线声速测量中阵发性气泡影响的消除[J]. 声学技术, 1992, 11(2) :60 -63.

[5] 王庆忠, 李青凤, 王相明, 等. 盐田卤水自动监测系统软件的开发[J]. 盐湖研究, 1999, 7(1) :29-34.

Density Monitoring of Brine of Qarhan Salt Lake
by Ultrasonic Technique

WANG Qing-zhong, QI Yong-tang, LI Qing-feng

(Qinghai Institute of Salt Lakes, Chinese Academy Science, Xining 810008, China)

Abstract: The variations of ultrasonic transit time in a series of MgCl₂ solution and a series of NaCl solution were measured from $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ to $35\text{ }^{\circ}\text{C}$. The relations between concentration, temperature and tran-sit time were discussed. Values of density, temperature, and ultrasonic transit time, based on the compo-sition of brine of Qarhan Salt Lake, were also determined during evaporating of brine at Qarhan Salt Lake. Finally fitting and interpolating of a polynomial with the measured values were used to design the program as a part of automatic monitoring system for Qarhan Salt Lake.

Key words: Brine; Monitoring; Ultrasonic; Density