

察尔汗盐湖 S_3 盐层晶间卤水化学 组分分异特征预测

——阶段性淡化说的应用

徐少康

(化工部化学矿产地质研究院, 河北涿州 072754)

摘要 本文据阶段性淡化说观点, 分析了晶间卤水(简称晶卤)演化过程中各类化学组分分异机制, 建立了预测方法, 进行了预测。分析了影响预测结果的主要因素, 预测结果的验证, 表明预测是成功的, 具有一定的理论和实际意义。

关键词 察尔汗盐湖 晶间卤水 化学组分 分异特征 预测

本文与文献^[1-3]中 S_3 为同一层石盐, 即青海地质一队 1965 年提出的盐系地层三分法的中部盐层。

1 预测的理论基础

为晶卤分异成因的新观点: 阶段性淡化说^[1-3]。

1.1 化学组分与晶卤浓度的关系有三种:

- ①正相关: 随着晶卤浓度增减, 组分含量相应增减, 为高溶解度组分, 如 Mg^{2+} 等;
- ②负相关: 随着晶卤浓度增减, 组分含量相应减增, 为低溶解度组分, 如 Na^+ 等;
- ③双相关: 随着晶卤浓度增加, 组分含量先增后减, 反之亦然, 为中溶解度组分, 如 K^+ 等。

1.2 晶卤演化过程

盐湖干涸后, 随着“气候先持续向干旱方向发展、保持高度干旱一定的时间, 然后, 阶段性地向相对潮湿方向演化”。晶卤先整体浓缩, 然后, 阶段性地部分淡化^[1-2]。

1.3 晶卤演化过程中化学组分含量变化的原因

①早期浓缩阶段

正相关组分, 未饱和, 随着晶卤浓度提高而富集, 含量增加;

负相关组分, 饱和, 随着晶卤浓度提高, 不断以矿物形式析出, 含量减少;

双相关组分, 随着晶卤浓度提高, 饱和前, 不断富集而含量增加; 饱和后, 不断以矿物形式析出而含量减小。

②后期淡化阶段

正相关组分, 周边低浓度水的补给有两种效应: a. 晶卤淡化及其他组分的加入使其含量有降低趋势, b. 补给水含微量组分使其含量有升高趋势。以前者为主, 所以, 综合效应使其含量降低;

负相关组分, 周边低浓度水的补给有三种效应: a. 补给水中含有该组分使其含量有升高趋势, b. 其他组分加入使其含量有降低趋势, c. 晶卤淡化引起盐层中含该组分的矿物大量溶解、使其含量有升高趋势. 以后者为主, 所以, 综合效应使其含量升高;

双相关组分, 早期, 由于盐层中含该组分矿物的大量溶解, 含量升高; 矿物溶尽后, 含量开始降低. 分别与负、正相关组分同因.

1.4 化学组分与晶卤浓度概率分布的关系

化学组分与晶卤浓度的数学关系为:

$$y_i = a_i x + b_i \quad (1)$$

其中: y_i 、 x 分别为组分含量及晶卤浓度; a_i 、 b_i 为常数; i 为组分代号, $i=1、2、3、\dots$ 时分别代表 Mg^{2+} 、 Na^+ 、 K^+ 等等. 当 i 取不同值时, a_i 及 b_i 值也不同, 对于正、负相关组分, a_i 分别大于、小于 0. 对于双相关组分, 当 $x < x_0$ 时, $a_i > 0$; 当 $x > x_0$ 时, $a_i < 0$ (x_0 为组分饱和时晶卤的浓度).

据概率论原理^[5], y_i 与 x 概率分布相同.

1.5 化学组分总体划分

由于 y_i 与 x 概率分布相同, 所以, 据组分含量概率分布特征, 全湖晶卤也可分为 8 个总体; (1) 式表明, 组分与浓度总体一一地应.

2 预测方法

组分总体的空间分布状态预测与浓度总体同.

组分立体、面状及线状分异形式预测

同一补给系统内, 组分与浓度的立体、面状分异形式同. 同一方向、同一范围, 二者线状分异形式一样.

建立组分与晶卤浓度关系的数学模型

模型 (即 (1) 式) 用最小二乘法建立, 为保证其正确性, 须用 F 检验法检验^[6].

组分总体范围及均值预测

将某一浓度总体的上、下界及均值分别代入 (1) 式 x 中, 得出的三个 y_i 值分别为相应组分总体的两个界限及均值.

组分分异特征预测

据立体、面状、线状分异形式及总体的均值可知立体、面状及线状分异特征.

3 组分分异特征预测

3.1 总体的空间分布状态

各组分总体的空间分布状态见文献^[1]图 1 (别勒滩)、文献^[4]图 1-3 (达布逊)、文献^[3]图 1-3 (察尔汗) 及文献^[2]图 1 (霍布逊).

3.2 分异形式

各组分在各补给系统内的分异形式见文献^[1-4]. 如 10 号三级补给系统内, 立体分异呈迭瓦状, 晶卤水平面、纵、横剖面上分异分别呈扇状、斜列式及向斜式等.

3.3 总体均值的变化规律

由总体 I 至 VIII, 均值变化规律, 正相关组分为由小到大、与浓度总体相同; 负相关组分为由大到小、与浓度总体相反; 双相关组分先小到大、后又变小, 分别与浓度总体相同、相

反。

3.4 分异特征

据组分总体的空间分布状态、分异形式及总体均值的变化规律可知：正、负相关组分与浓度分异特征分别相同、相反，双相关组分分异特征为正、负相关组分分异特征的有机组合。以模式1横剖面为例，各种组分均呈向斜式分异（文献^[1]图5）；自向斜核部至外围，总体均值的变化，正相关组分由小到大，负相关组分由大到小，双相关组分先由小到大、后依次减小。再如模式1的2区（文献^[1]图5、6）之垂直分异：正、负及双相关组分分别为右、左偏型及古凸型（右和左偏型的组合）。

4 影响预测结果的因素

主要有：

①固相组分含量

盐层固相化学成分具有不均一性，晶卤与盐层是平衡的水—盐体系，所以，组分分异特征受盐层固相组分含量的影响。

②补给源组分含量

各三级补给系统补给源并非纯水，所以，组分分异特征受补给源组分含量的影响。

③空间范围大小

某一空间范围内（如三级补给系统或垂直分异区），预测与实际分异特征的相差程度与空间范围大小呈负相关。

5 预测结果验证

以10号三级补给系统内晶卤KCl水平及剖面分异为例，该系统位于察尔汗二级补给系统西北部，其晶卤浓度总体的空间分布状态及分异特征见文献^[3]。KCl为双相关组分，与晶卤浓度（此处为比重）的关系为：

$$y = 29.20x - 34.84, \quad \text{当 } x < 1.251 \text{ 时,} \quad (2)$$

$$y = -34.12x + 44.64, \quad \text{当 } x > 1.251 \text{ 时,} \quad (3)$$

其中， y 为KCl含量（%）， x 为晶卤比重。

5.1 KCl分异特征预测

①浓度总体划分、空间分布状态及浓度分异特征

系统内主要为总体Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ及Ⅴ等；由Ⅱ至Ⅴ，其均值由小依次增大^[1,2]；总体界限见表1；总体空间分布状态见文献^[1,2]；总体界限见表1；总体空间分布状态见文献^[3]图1—3；立体分异呈迭瓦状，晶卤水面、纵、横剖面上分别呈扇状、斜列式及向斜式分异^[3]。

②KCl总体划分、空间分布状态及分异特征预测

据前述预测理论及方法可知：①据KCl含量概率分布特征，晶卤也可分为四个总体；②总体界限见表1；③总体空间分布状态与浓度总体同；④KCl在水平面、纵、横剖面上分别呈扇状、斜列式及向斜式分异（图1—3）。

表 1 浓度及 KCl 总体的界限

浓度总体		预测的 KCl 总体		实际的 KCl 总体	
总体代号	总体界限 (比重)	总体代号	总体界限 (KCl 含量%)	总体代号	总体界限 (KCl 含量%)
Ⅱ 与 Ⅲ	1.221	Ⅱ' KCl Ⅲ' KCl	0.81	Ⅱ KCl Ⅲ KCl	0.732
Ⅲ 与 Ⅳ	1.239	Ⅲ' KCl Ⅳ' KCl	1.34	Ⅲ KCl Ⅳ KCl	1.248
Ⅳ 与 Ⅴ	1.257	Ⅳ' KCl Ⅴ' KCl	1.75	Ⅳ KCl Ⅴ KCl	1.790

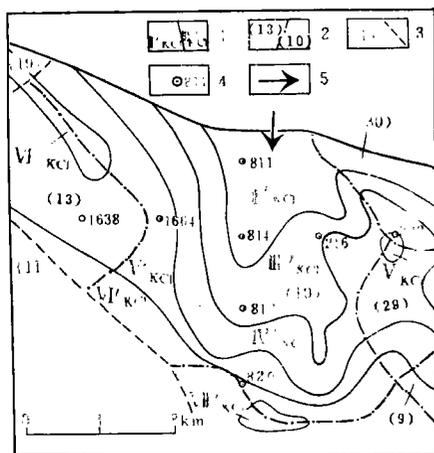


图 1 10号三级补给系统 S₃ 盐层晶间卤水 KCl 预测水平分异特征 (0.5—2.5m 深度)

1. 预测的 KCl 总体代号、W 分布区及界线, 2. 地表三级补给系统代号、分布区及界线, 3. 地下三级补给系统代号分布范围, 4. 钻孔位置及代号,

注: 1. 为减轻图面负担, 未画出达布逊湖岸线

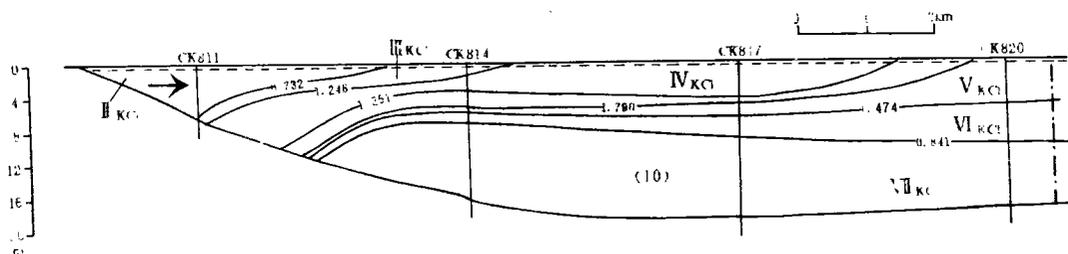


图 2 10号三级补给系统 S₃ 盐层晶间卤水 KCl 在纵剖面上预测的分异特征

1. 晶卤水位, 2. 钻孔位置.

注: 1. 钻孔上方的字符(如 CK811 等)为钻孔代号, 2. 其他图例见图 1.

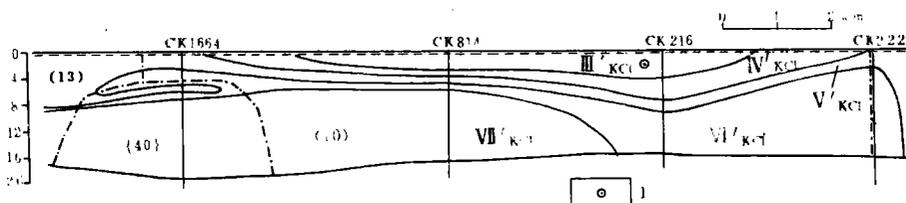


图 3 10号三级补给系统 S₃ 盐层晶间卤水 KCl 在横剖面上预测的分异特征

1. 表示补给水流向为: 垂直于剖面向外.

注: 1. 地下系统(40)边界也为点划线, 2. 其他图例、图注见图 1 及 2.

5.2 KCl 实际分异特征

据 KCl 含量实际概率分布特征,察尔汗二级补给系统 S_3 晶卤可分为 7 个总体(分别记为 I_{KCl} 、 \dots 、 VII_{KCl}),10 号三级系统内主要为 II_{KCl} 、 III_{KCl} 、 IV_{KCl} 及 V_{KCl} 4 个总体等,其界限见表 1; 总体空间分布状态见图 4-6; KCl 在水平面、纵、横剖面上分别呈扇状、斜列式及向斜式分异(图 4-6)。

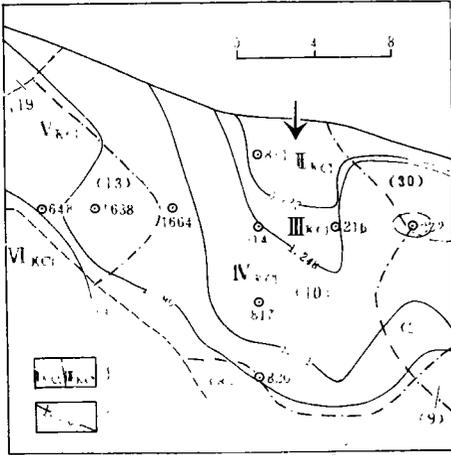


图 4 10 号三级补给系统 S_3 盐层晶间
卤水 KCl 实际水平分异特征
(0.5—2.5m 深度)

1. 实际的 KCl 总体代号、分布区、界线(图中主要总体界线上标有总体界限)及推测界线,

2. 晶卤 1.251 等比重线。

注:1. 222 号钻孔周围椭圆形线为晶卤 1.251 等比重线;2. 晶卤 1.251 等比重线 $IKCl$ 值为察尔汗二级系统的最大值:4.73%;3. 围绕 222 号钻孔,有一封闭的等 KCl (1.790) 线,图中表示不出;4. 其他图例、图注见图 1。

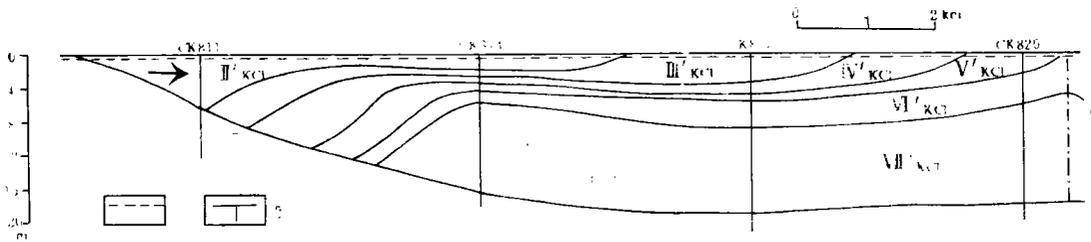


图 5 10 号三级补给系统 S_3 盐层晶间卤水 KCl 在纵剖面上的实际分异特征
图例图注见图 4 及 2。

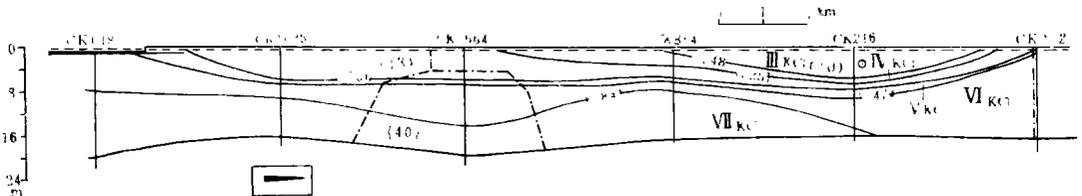


图 6 10 号三级补给系统 S_3 盐层晶间卤水 KCl 在横剖面上的实际分异特征
1. 隔水层。其他图例图注见图 4、2 及 3。

5.3 KCl 预测与实际分异特征对比

预测与实际的总体数相同(均为 4 个)、总体界限极其接近(见表 1)、水平面、纵、横剖面上分别均呈扇状(图 1 及 4)、斜列式(图 2 及 5)及向斜式(图 3 及 6)分异;主要差别为:在 CK1638 钻孔周围地区, V_{KCl} 与 V_{KCl} 的界线向西“移动”至(13)号系统内,主要为该区盐层中含较多光卤石所致(图 4、5)。

对比结果表明,预测是成功的。

6 结论

1. 本文根据阶段性淡化说的观点,分析了晶卤淡化过程中其各类化学组分的分异机制,阐明了预测的理论依据,建立了预测方法;

2. 对各类化学组分分异特征进行了预测,分析了影响预测结果的主要因素;

3. 验证结果表明,预测是成功的;

4. 预测的成功有力地证明,预测理论是正确的;这为阶段性淡化说再次提供了佐证;

5. 预测方法为研究晶间卤水各化学组分的分异特征提供了可靠的工具,对研究晶间卤水的演化、钾盐矿床的形成与变化、盐湖资源开发及综合利用等有重要意义。

致谢:宣之强高级工程师给予大力支持。

参 考 文 献

- [1]徐少康. 盐湖研究. 1993,(4):9—20
- [2]徐少康. 盐湖研究. 1994,(1):1—5
- [3]徐少康. 盐湖研究. 1994,(4):1—8
- [4]徐少康. 盐湖研究. 1995,(4):1—8
- [5]中山大学数学力学系《概率论及数理统计》编写小组. 概率论及数理统计(上册),北京:人民教育出版社,1980,148
- [6]赵鹏大,胡旺亮,李紫金. 矿床统计预测. 北京:地质出版社,1983,112

**Forecast of Differentiation Characteristics
of Chemical Compositions of Intercrystalline Brine
in Salt Group S₃ of Qarhan Salt Lake**
—— **A Applying of the Desalination by Stage Theory**

Xu Shaokang

*(Geological Institute for Chemical Mineral
Resources under Ministry of Chemical Industry,
Zhuozhou, Hebei 072754)*

ABSTRACT

This paper analyses differentiation mechanism of all types of the chemical compositions in evolving process of the intercrystalline brine according to the desalination by stage theory, establishes forecast method, does forecast, and analyses main factors affecting forecast effect. Inspection of forecast effect proves that the forecast is successful. It has certain theoretical and practical significance.

Keywords Qarhan Salt Lake, Intercrystalline brine, Chemical compositions, Differentiation characteristics, Forecast.