

四川盆地下中三叠统异常水点水化学特征 及探盐找钾预测研究

林耀庭¹, 何金权²

(1. 西南石油局第二地质大队, 四川 成都 611844;

2. 西南石油局地质综合研究院流体矿产研究所, 四川 自贡 643013)

摘要: 四川盆地下中三叠统盐卤分布广泛, 是四川探盐找钾的重要时代。通过区域地质背景条件分析, 其盐类保存、水动力条件和水化学特征在不同水文地质区表现不一, 反映在储层的水型也极不一致, 按水中阴、阳离子优势组分异常水点分为 $\text{SO}_4\text{-Ca}$ 、 $\text{SO}_4\text{-Na}$ 和 Cl-Na 3 种类型。利用异常水点离子的比例系数在海水电浓缩曲线图上的落点位置, 判别水点成因类型, 从而发现盆地东北部宣汉、盆地西部平落和盆地东部万县向斜周边背斜水点具含钾溶滤水特征, 值得重视和进一步开展找钾探索。

关键词: 地质背景; 水文地质分区; 异常水点探盐找钾判别; 下中三叠统; 四川盆地

中图分类号: P641.464

文献标识码: A

文章编号: 1008-858X(2004)04-0001-08

0 引言

四川盆地下中三叠统嘉陵江组 (T_{1j}) 和中三叠统雷口坡组 (T_{2L}) 盐卤分布广泛, 是四川盆地探盐找钾的重要时代。多年来在盆地以探盐找钾为目的而开展的水文地质及水化学调查工作中, 积累了不少资料, 取得了一定成果, 实践表明异常水点运用水文地球化学方法对探盐找钾的预测及找矿工作能取得良好的效果。

盐类矿产具易溶特点, 通常皆深埋地下数百乃至数千米, 呈隐伏矿体。当地下水在运移过程中与盐类矿体接触时, 可将盐体中的某些元素转入水体, 使地下水的水化学组分发生改变, 与周围地下水相比之下存在明显的差异, 反映在水文地质和水化学特征上差异也较明显, 这为利用水化学方法探索盐类找钾可能性提供了依据。本文拟在盆地地质背景及水动力、水化学基本特征的前提下, 侧重研究阐述异常水

点水化学特征并进一步探讨其探盐找钾前景, 以推动和促进找钾工作的发展。

1 地质背景

四川盆地构造轮廓与地形一致, 为一呈北东—南西向伸展的大型盆地, 面积 $22 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。早、中三叠世时处于上扬子海域的北西隅, 为一个浅水碳酸盐—蒸发岩台地, 由于地壳振荡, 海平面时升时降, 沉积了厚逾千米的碳酸盐岩和蒸发岩交替的间互层^[1], 组成了含、隔层相间平行叠置的含水组合(硬石膏为区域良好的隔水层, 相邻的碳酸盐岩为含卤层)。至中三叠世末盆地受印支运动影响, 台地隆起为陆, 结束海相沉积历史, 并以盆地南部古隆起为中心, 下中三叠统 ($T_{1j}\text{-}T_{2L}$) 地层遭受不同程度的古剥蚀, 由中心向外呈环带状由老而新分布较新地层。此后盆地沉积了厚达 2 000 ~ 5 000 m 的上三叠统煤系及侏罗、白垩系碎屑岩为主的湖沼陆相

收稿日期: 2004-04-15

作者简介: 林耀庭(1933-), 男, 大学本科, 教授级高级工程师, 长期从事盐卤钾资源勘查、开发和科研。

(C)1994-2021 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www.cnki.net>

地层,使下中三叠统 $T_{1j}-T_{2L}$ 碳酸盐岩和蒸发岩层深埋地下,直至喜马拉雅运动,奠定了盆地构造基本轮廓。继经剥蚀, $T_{1j}-T_{2L}$ 沉积层除在盆地周边及东部地区沿紧密褶皱的高背斜长轴裸露地面作条带分布,地形上则为相对较低洼的岩溶槽谷外,其余地区仍大面积深埋地下 2 000~5 000 m 深处。

这些特定的地质条件,直接控制了盆地 $T_{1j}-T_{2L}$ 地下水的水动力及水文地球化学背景特征,使之具有极强的规律性。如在深埋的向斜地区,含、隔层彼此平行叠置,相间成层,碳酸盐岩中的各含卤层为与相邻蒸发岩关系极为

密切的沉积变质卤水所占据。地下卤水在巨厚的上覆层深埋之下,本身渗透性很差^[2],而具高压缓滞特征。各含卤层的水化学特征各具特色,从离子间的组合比例关系,可明显地将它们区别开来(图 1,图中 $r=$ 摩尔/化合价,下同)。而盆地周边和东部的各紧密褶皱背斜裸露区,构造作用强烈,岩溶十分强烈,蒸发岩层多被溶蚀破坏而角砾化,从而构成富水性不一的统一的岩溶裂隙含水岩体,使原储层中的沉积变质卤水已为渗入水置换,基本为 HCO_3-SO_4 和 SO_4-Ca 型淡水所充斥,动态变化明显。

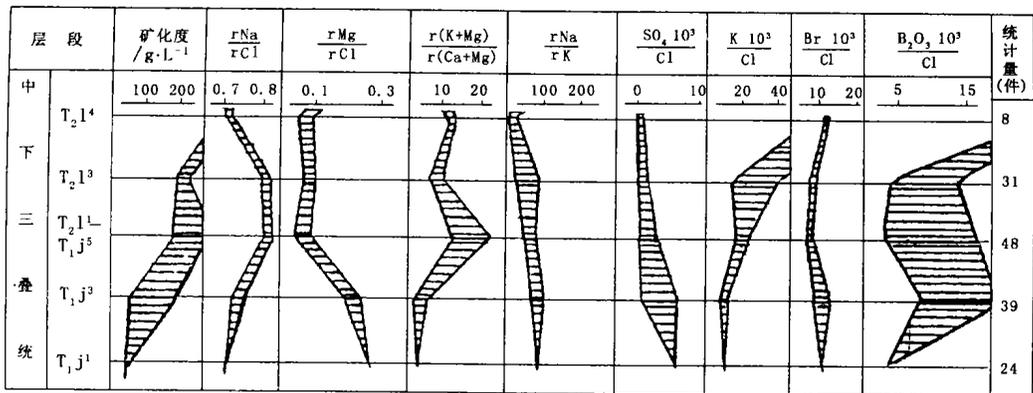


图 1 四川盆地地下中三叠统各储层卤水水化学特征系数图

Fig 1 Hydrochemical characteristics coefficients diagram of various brine storage layers in the lower-middle Trias series of Sichnan Basin

2 水文地质分区及盐类保存条件

2.1 水文地质分区

盆地 $T_{1j}-T_{2L}$ 含卤岩组从总体而言, T_{1j}^1 、 T_{1j}^3 、 $T_{1j}^{5-1}-T_{2L}^{1-2}$ 、 T_2^{3-1} 、 T_2^{3-3} 、 T_{2L}^{4-1} 等碳酸盐岩层一般均为具区域联系的卤层,卤层间多为硬石膏或泥岩组成的隔层。除背斜裸露区隔层遭破坏外,含卤层基本上是相互隔绝,平等叠置。各卤层水化学特征有明显差异。根据盆地地下中三叠统地下水的水型、水动力条件及所处地质构造的不同,可将盆地三叠纪划分 4 个水文地质分区(图 2)。

(1) 盆地西部。该区 $T_{1j}-T_{2L}$ 储卤层,长期处于深埋封闭条件,水交替缓滞,蒸发岩层发

育,仅威远构造局部裸露地面,龙泉山、自流井、邓井关等背斜因构造作用,成为局部排泄区。该区高矿化 $Cl-Na$ 、 $Cl-Na-Ca$ 型水广泛分布;

(2) 盆地东部。该区因构造作用组成隔档式褶皱,由多个背斜、向斜组成,水交替强度也极不一致。背斜分布区 $T_{1j}-T_{2L}$ 储卤层多遭冲刷淋滤, HCO_3-SO_4 型水广泛分布,河流切割的低点常可见深层 $Cl-Na$ 型温热水泄出。向斜分布区 $T_{1j}-T_{2L}$ 储层卤水深埋地下,水交替缓滞,广泛分布高矿化度 $Cl-Na$ 型或 $Cl-Na-Ca$ 型水。

(3) 华蓥山褶皱带。该区各背斜三叠纪地层裸露,因淋蚀破坏,已构成统一含水体。鉴于地下构造复杂,各含水层也不同程度贯通,水交替强烈,地表广泛分布 HCO_3-SO_4 型水,河流

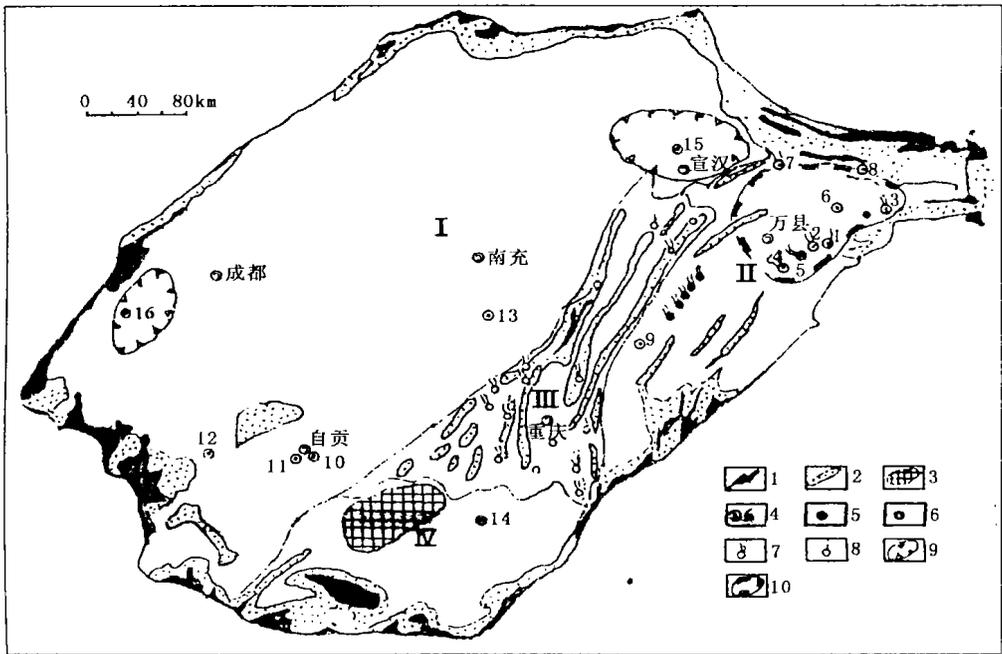


图 2 四川盆地 T_{1j} - T_{2L} 异常水点位置分布及其找钾预测略图

I. 高矿化 $Cl-Na$ 、 $Cl-Na-K$ 型水分布区; II. $Cl-Na$ 及 SO_4 型水分布区;

III. SO_4-Ca 型温热水分布区; IV. 低矿化 $Cl-Na$ 及 $Cl-Na-Ca$ 型水分布区。

1. T_{1j} - T_{2L} 地层现代剥蚀区; 2. 露头区; 3. 印支期古剥蚀区; 4. $Cl-Na$ 型水点及编号(与表 3 对应);

5. SO_4-Na 型水点; 6. SO_4-Ca 型水点; 7. 上升泉群; 8. 上升泉; 9. 固态找钾有利区; 10. 探盐找钾有利区

Fig 2 Schematic diagram of the location and potassium estimation of the T_{1j} - T_{2L} exceptional water sites in Sichuan Basin

切割低点, 循环较深的 SO_4-Ca 型温泉出露较多。

(4) 盆地南部。该区由于印支期泸州古隆起的影响, 下中三叠统地层剥蚀严重, 就古水文地质条件分析, 应为补给区, 地下水遭淡化明显, 并由下而上卤层水矿化度依次下降, 其矿化度为远较盆地东、西部低的 $Cl-Na$ 、 $Cl-Na-Ca$ 型水。

2.2 盐类保存条件

上述水文地质分区在一定程度上反映了盆地 T_{1j} - T_{2L} 盐类的保存条件。如华蓥山地区, 地表大量淡水分布, SO_4-Ca 型温泉广泛出露, 表明水交替强烈, 已达 SO_4 盐类类的溶滤阶段, 甚至在 2 000m 以下的蒸发岩多的角砾岩化。总的来说, 对盐类保存条件是不利的。

盆地南部, 印支期泸州古隆起 T_{1j} - T_{2L} 地

层严重剥蚀, 古隆起中心已剥蚀至 T_{1j}^3 段³, 从而破坏了含、隔卤层的连续性, 提供了地下水运动的通道, 有利于渗入水的渗入, 促进了卤层间的联系, 也促进加强了侵蚀面附近水交替作用, 导致地下水相对淡化, 矿化度一般低于 $100g/L$ 。可见该区 T_{1j} - T_{2L} 蒸发岩大部分已遭剥蚀, 不复存在, 盐类保存条件显然较差。

盆地西部及东部, 则具有较好的保存条件。两地区 T_{1j} - T_{2L} 除局部构造裸露外, 大面积深埋地下, 地下水运动缓滞, 矿化度可高达 $300g/L$ 以上。总之, 据水文地质条件分析, 从保存条件而言, 盆地西部及东部是盐类保存条件有利地区。

3 异常水点基本类型

从探盐找钾的目的出发, 凡与该区地下水

水动力及水化学背景特征迥然不同,而对探盐找钾有一定指示意义的水点称异常水点。按水中阴、阳离子的优势组分,可分三种类型。

(1) $\text{SO}_4\text{—Ca}$ 型。华蓥山帚状褶皱带的诸背斜构造广泛分布的温、热泉水及钻孔水都属于此类型。矿化度一般仅 $1\sim 3\text{g/L}$, 微含 H_2S , 水量大, 动态可变化, 但基本稳定, 水温在 $20\sim 47\text{ }^\circ\text{C}$ 间。该类地下水交替强烈, 纵深循环淋滤很深, 甚至褶皱带的向斜深部也被渗入淋滤水置换。该水型的 $\text{SO}_4\text{—Ca}$ 成分主要为淋滤膏盐层的反映, 显然这对氯化物盐的保存极为不利。

(2) $\text{SO}_4\text{—Na}$ 型。见于盆地东部黄泥塘背

斜及云安场背斜东段的奉节朱衣。黄泥塘背斜 $\text{SO}_4\text{—Na}$ 水在三叠系溶蚀槽谷出露 8 处。朱衣水点位于云安场背斜北异近轴部。这些水点均产于 $\text{T}_{1j}^5\text{—T}_2\text{L}^1$ 地层中, 与蒸发岩关系密切。水点水质单一, SO_4^{2-} 及 Na^+ 占水中离子量的 80% 以上(表 1)。这种水点水温较低 ($15\sim 25\text{ }^\circ\text{C}$), 水量较大, 日流量近 360m^3 , 运态变化较大, 说明水交替通畅, 动移途径不长, 根据水组分及水量计算, 两地每天将携出 Na_2SO_4 分别为 47 t 和 60 t 之多。如此大量而单一 $\text{SO}_4\text{—Na}$ 组分的水点, 说明水点就近地区应有芒硝或钙芒硝矿存在。

表 1 四川盆地东部 $\text{SO}_4\text{—Na}$ 型泉水特征表

Table 1 Characteristics of the $\text{SO}_4\text{—Na}$ type fountain in the east of Sichuan Basin

| 地点 | 水点数 /个 | 水温 / $^\circ\text{C}$ | 水量 / $\text{L}\cdot\text{min}^{-1}$ | 离子量/% | | | | | | 矿化度 / $\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ |
|-------|-----------|--------------------------|--|---------------|------------------|------------------|---------------|--------------------|------------------|---------------------------------------|
| | | | | Na^+ | Ca^{2+} | Mg^{2+} | Cl^- | SO_4^{2-} | HCO_3^- | |
| 黄泥塘 | 8 | 14~ | 8578.8 | 70.80 | 8.75 | 2.40 | 0.08 | 75.5 | 2.40 | 1.95 |
| | | 24.5 | | ~88.20 | ~21.38 | ~7.82 | ~0.78 | ~98.2 | ~23.70 | ~22.04 |
| 云安场朱衣 | 1 | 21 | 5884.8 | 8838 | 8.20 | 3.42 | 3.41 | 93.47 | 3.12 | 9.09 |

(3) Cl—Na 型。广泛分布于盆地东部和西部深埋的向斜区的钻井水及盆地东部的一些背斜构造之河流切割低点位置, 主要有云阳云安场、开县温泉镇、万县盐井沟及奉节迹坝等地的盐泉(井)。这些水点矿化度不等, 在深埋拗陷区的钻井盐卤水可达 $350\sim 380\text{g/L}$, 而背斜河流切割低点的盐泉(井)仅在数十克每升之下。但该型水点的 $\text{Br}\cdot 10^3/\text{L}$ 一般均在 0.5 以下, $n_{\text{Na}}/h_{\text{Cl}}$ 近于 1 或略高, 有时 $\text{K}\cdot 10^3/\text{Cl}$ 、 K/Br 较高, 不仅反映淋滤石盐的特征, 甚至反映有钾盐的淋滤。因此该异常水型对探盐找钾工作具有更直接的指示意义。

4 异常水点探盐找钾研究

4.1 利用卤水离子比值判断成因类型

当卤水与淡水相混合时, 其离子间的比例关系不会因淡化而发生改变, 这已为国内外无数实验证明。如国外某卤水, 当被稀释 1 倍和 10 倍时, 其离子比例系数值变化不大(表 2)。

云南思茅盆地含钾卤水淡化试验, 当稀释至 1g/L 左右时, 找钾系数值仍较稳定。

据国内外大量实验表明, 海水在蒸发浓缩过程中, 各离子系数值作有规律的演化, 由于 Cl^- 在溶液中是很稳定的组分, 很少受变质作用的影响, 因此在用离子系数和 Cl^- 含量绘制的水海浓缩关系曲线图上, 视卤水点系数值在图上的落点位置, 即可评价卤水的成因类型以及进行探盐找钾可能性分析预测^[4]。

4.2 常用的 5 种离子系数

通常采用的离子系数有 $n_{\text{Na}}/h_{\text{Cl}}$ 、 $n_{\text{Mg}}/h_{\text{Cl}}$ 、 $\text{Br}\cdot 10^3/\text{Cl}$ 、 $\text{K}\cdot 10^3/\text{Cl}$ 和 K/Br 等 5 种^[5]。当海水浓缩时, 诸离子系数值的变化如图 3。由图可知, 海水中的 $n_{\text{Na}}/h_{\text{Cl}}$ 值为 0.85 左右, 当石盐沉积后, 其值急剧降低, 如果是溶滤石盐的水, 则点应落在曲线上方, 接近于 1; 当溶滤了钾石盐, 则 $n_{\text{Na}}/h_{\text{Cl}}$ 相应略有降低; Mg^{2+} 、 Br^- 在溶液中较稳定, 海水浓缩时, 离子在液相中均高于固相, 因此若为溶滤的盐卤水, 其 $n_{\text{Mg}}/h_{\text{Cl}}$ 及 $\text{Br}\cdot 10^3/\text{Cl}$ 系数值的点均应位于海水

浓缩曲线的下方; $K \cdot 10^3 Cl$ 及 K/Br 系数值, 由于钾盐沉积时固相中 K^+ 将显著增高, 而 Br^- 增加不显著, 当为钾盐溶滤水时, 两系数

值将显著增高, 据此可进一步评价盐卤水点的含钾可能性。溶滤型含钾富钾卤水则处于两曲线的上方。

表 2 国外某卤水淡化试验的组分含量 (g/kg) 及其离子系数值

Table 2 Compositions (g/kg) and ionic ratios of the desalination experiment of a foreign brine

| 试验卤水 比例 | HCO_3^- | SO_4^{2-} | Cl^- | Br^- | Ca^{2+} | Mg^{2+} | Na^+ | K^+ | 总盐量 $/g \cdot kg^{-1}$ | $Br^- 10^3$ | | $K \cdot 10^3$ | | K/Br | |
|------------|-----------|-------------|--------|--------|-----------|-----------|--------|-------|---------------------------|-------------|------|----------------|-----|--------|------|
| | | | | | | | | | | Cl | rMg | rNa | 总盐量 | | |
| 卤水(A) | 0.58 | 0.44 | 174.4 | 3.19 | 59.1 | 4.1 | 31.54 | 11.3 | 285.2 | 18.3 | 0.67 | 0.28 | 65 | 39.7 | 3.54 |
| 淡水(B) | 0.205 | 0.058 | 0.006 | 痕量 | 0.052 | 0.019 | 0.012 | 0.002 | 0.4 | | | | | | |
| A:B 为 1:1 | 0.392 | 0.25 | 87.203 | 1.595 | 29.876 | 2.6 | 15.776 | 5.651 | 142.8 | 18.3 | 0.69 | 0.28 | 65 | 39.4 | 3.55 |
| A:B 为 1:10 | 0.234 | 0.093 | 15.89 | 0.29 | 5.48 | 0.391 | 2.875 | 1.03 | 26.48 | 18.2 | 0.67 | 0.28 | 65 | 39.6 | 3.58 |

注: 据中国地质科学院情报研究所, 1972 年编译《国内外钾盐矿床, 普查资料》第 40 页

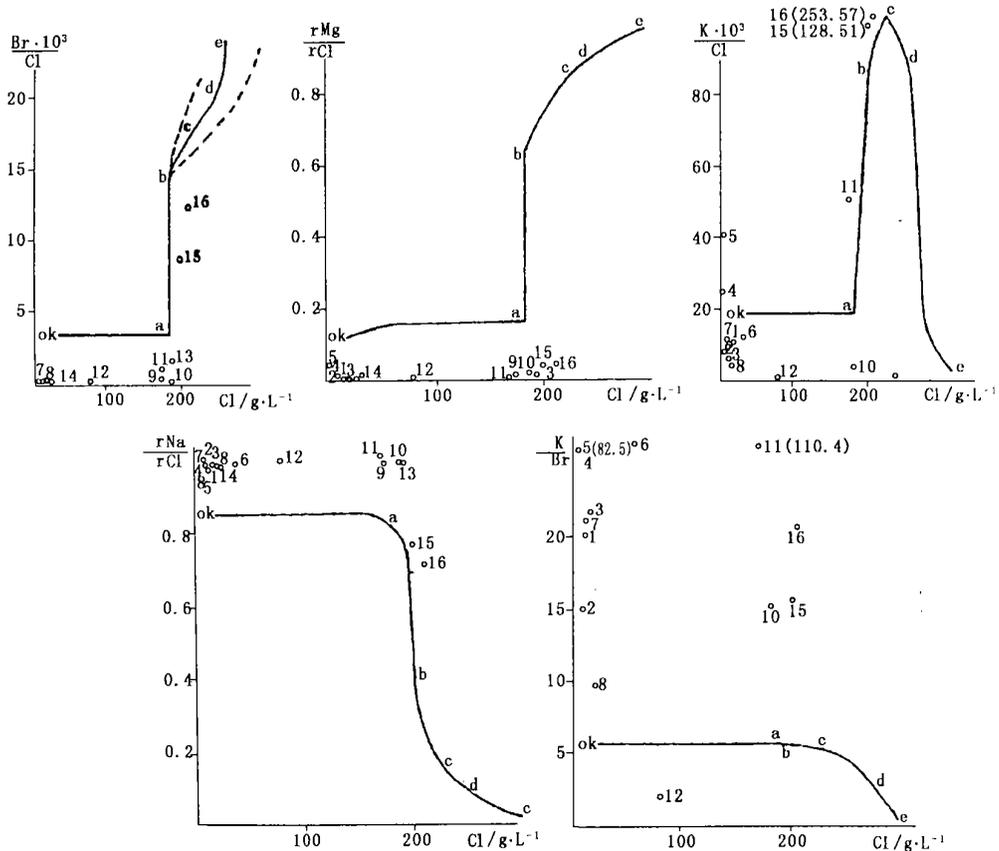


图 3 四川盆地三叠系异常水点在海盐浓缩曲线上的落点位置图

ok—a—b—c—d—e 为海水浓缩曲线(其中: ok—a 为石膏沉积; a—b 为石盐沉积; b—c 为泻利盐沉积; c—d 为钾石盐沉积; d—e 为光卤石沉积); 投影点编号同表 3(带括号的数据为超出投影范围的投影点实际数据)。

Fig 3 Locations of the exceptional water sites of the Triassic System of Sichuan Basin on the concentration curves of sea water

4.3 异常水点分布及探盐找钾研究

盆地三叠纪下中统 $T_{1j}-T_{2L}$ 普遍蕴藏高矿化的 $Cl-Na$ 或 $Cl-Na-Ca$ 型卤水。但也发现一些与区域背景不一的水点,反映了溶滤水的特征,可与国内外已知盐矿和钾盐矿床的水

化学特征对比,这些水点受埋深及水文地质条件的限制,主要分布在盆地东部,盆地西部及东北部则主要在少量钻井中发现。现将盆地 $T_{1j}-T_{2L}$ 异常水点列于表 3,并将各水点的离子系数值投入图 3。

从图 3 可见了各异常水点的 r_{Na}/hCl 系数

表 3 四川盆地 $T_{1j}-T_{2L}$ 异常水点特征系数表

Table 3 Characteristic coefficients of the $T_{1j}-T_{2L}$ exceptional water sites in Sichuan Basin

| 顺序号 | 异常水点 点位置 | 矿化度 $/g \cdot L^{-1}$ | Cl^{-} $/g \cdot L^{-1}$ | 主要离子含量/ $mg \cdot L^{-1}$ | | 水化学特征系数 | | | | |
|-----|-------------|--------------------------|-------------------------------|---------------------------|---------|----------------------------|-------------------|-------------------|---------------------------|----------------|
| | | | | Br^{-} | K^{+} | $\frac{Br \cdot 10^3}{Cl}$ | $\frac{rMg}{rCl}$ | $\frac{rNa}{rCl}$ | $\frac{K \cdot 10^3}{Cl}$ | $\frac{K}{Br}$ |
| 1 | 云阳吴家营 | 18.97 | 10.19 | 5.27 | 113.39 | 0.52 | 0.013 | 0.98 | 11.13 | 21.52 |
| 2 | 云阳东桥井 | 13.00 | 7.42 | 4.05 | 60.00 | 0.55 | 0 | 1.03 | 8.09 | 14.81 |
| 3 | 奉节迹坝 | 25.89 | 12.90 | 3.42 | 80.00 | 0.27 | 0 | 0.99 | 6.21 | 23.39 |
| 4 | 万县盐井沟 | 6.98 | 2.62 | 1.30 | 66.00 | 0.50 | 0.015 | 0.96 | 25.16 | 50.76 |
| 5 | 万县龙泉沟 | 5.05 | 1.61 | 0.80 | 66.00 | 0.50 | 0.015 | 0.95 | 40.88 | 82.50 |
| 6 | 云阳云安场 | 63.54 | 34.04 | 14.34 | 437.37 | 0.42 | 0 | 0.98 | 12.85 | 30.50 |
| 7 | 开县温泉镇 | 14.83 | 6.97 | 3.25 | 72.90 | 0.47 | 0 | 0.99 | 10.45 | 22.43 |
| 8 | 巫溪大宁厂 | 32.00 | 18.25 | 8.35 | 80.00 | 0.46 | 0.003 | 0.99 | 4.38 | 9.58 |
| 9D | 垫江卧龙河 | 290.13 | 171.79 | 2.72 | | 0.02 | 0.01 | 0.99 | | |
| 10 | 自贡大坟堡 | 308.27 | 183.15 | 50.10 | 674.60 | 0.27 | 0.002 | 0.99 | 3.68 | 15.26 |
| 11 | 自贡郭家坳 | 327.82 | 171.61 | 78.10 | 8624.60 | 0.46 | 0 | 1.03 | 50.26 | 110.43 |
| 12 | 荣县长山 | 131.09 | 75.59 | 8.59 | 18.00 | 0.11 | 0 | 1.00 | 0.24 | 2.09 |
| 13D | 武胜龙女寺 | 321.18 | 192.73 | 6.34 | | 3.29 | 0.01 | 0.99 | | |
| 14D | 江津石龙峡 | 38.18 | 19.28 | | | | 0.01 | 0.99 | | |
| 15 | 宣汉双河 | 352.69 | 201.971 | 1675.0 | 35955.0 | 8.29 | 0.018 | 0.77 | 128.51 | 15.50 |
| 16 | 川西平落坝 | 377.27 | 210.084 | 25.33 | 53267.0 | 12.06 | 0.04 | 0.71 | 253.57 | 21.03 |

注: D9、13、14 号水点分析成果不全(K^{+} 未分析),其 rMg/rCl 实为 $r(Na+K)/hCl$ 。

值均落于浓缩曲线上方,在 1.0 左右; rMg/hCl 均低于海水浓缩曲线; $Br \cdot 10^3/Cl$ 低于海水浓缩曲线,体现贫 Br 特征。这与 $T_{1j}^5-T_{2L}^1$ 沉积变质卤水的 rNa/hCl 偏低, $Br \cdot 10^3/hCl$ 偏高等特点对比迥然不同,具氯化物盐的溶滤特征。而尚有部分水点 K/Br 、 $K \cdot 10^3/Cl$ 等系数值较高,而 $Br \cdot 10^3/Cl$ 相对升高,更具溶滤了钾盐的特征。

表 3 所列的异常水点中,9、10、11、12、13、14 等水点的盐溶特征,均已得到钻井见盐的证实。而云阳云安场 6 号水点离子系数显示较好,反映出为含钾溶滤水,若与 1、2、3、5、7 号等水点联系起来,它们沿背斜长轴环绕万县向斜分布(图 4),水质均普遍为含钾溶滤水特征,与云南已知钾盐矿的水化学评价指标可进行对比,甚至更优(图 5),应更有深入探索其找钾可能性的必要。

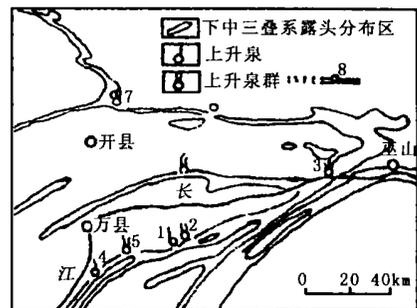


图 4 川东万县向斜周边背斜异常水点分布图

Fig 4 Distribution of synclinal and peripherally anticlinal exceptional water sites in Wan County of Eastern Sichuan

此外需特别指出的是 15 号(川东北)和 16

号(川西)两高矿化异常水点, K^+ 含量特高, 已超过了海水钾盐沉积阶段的指标含量^[6], $K \cdot 10^3 / Cl$ 及 K / Br 系数值也异常高, 各离子系数值均位于海水浓缩曲线溶滤水域的范围(图

3)。其水化学系数也可与国内外钾盐矿床溶滤水对比(表 4)。显然该两异常水点具钾盐矿床溶滤水特征, 反映出有相对较好的钾盐找矿前景(图 2), 值得重视。

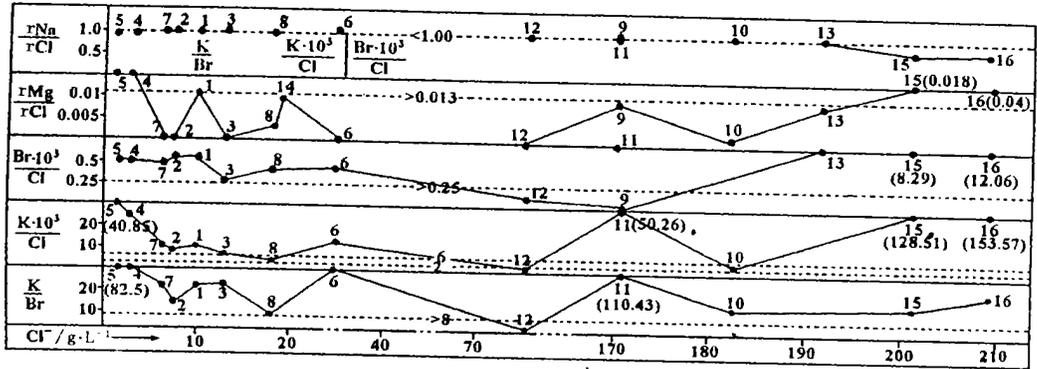


图 5 四川盆地三叠系异常水点水化学系数与云南水化学找钾评价指标对比图

注: 1. 带括号的数据为超出投影范围的投影点实际数据;

2. 各水化学系数栏内的虚线为云南钾盐矿的找钾指标。

Fig 5 Comparison of the potassium exploration indices of the exceptional water sites of the Triassic System of Sichuan Basin with those of Yunnan

表 4 15 和 16 号异常水点与国内外已知钾盐矿床溶滤水化学系数对比

Table 4 Comparisons of the hydrochemical coefficients of the 15 #, 16 # exceptional water sites with those of the lixiviation brine of some proved domestic and foreign potassium salt beds

| 水点 | $K^+ / g \cdot L^{-1}$ | $Br^- / mg \cdot L^{-1}$ | $Br \cdot 10^3 / Cl$ | rMg / rCl | rNa / rCl | $K \cdot 10^3 / Cl$ | K / Br |
|--------|------------------------|--------------------------|----------------------|-------------|-------------|---------------------|----------|
| 15 号 | 25.95 | 1675 | 8.29 | 0.018 | 0.77 | 128.51 | 15.50 |
| 16 号 | 53.27 | 2533 | 12.06 | 0.040 | 0.71 | 253.57 | 21.03 |
| 德国南哈茨 | 3.87 | 6.3 | 0.40 | 0.006 | 0.97 | 24.38 | 61.42 |
| 前苏联英迭尔 | 1.60 | 50 | 0.50 | 0.004 | 1.05 | 16.20 | 32.40 |
| 云南勐野井 | 0.045~4.60 | 0.79~79.5 | 0.2~0.4 | 0.001~0.02 | 0.95~1.08 | 11.3~3.03 | 41~57 |

5 结 语

(1) 水文地球化学方法是探盐找钾的一个重要手段和方法, 它可从盐类的保存条件和水化学异常显示两个方面对探盐找钾前景作出预测。但此项工作必须联系地质、水文地质及水文地球化学的背景条件为前提进行, 才能获得较好的效果。

(2) 四川盆地三叠系 $T_{1j} - T_{2L}$ 岩盐分布广泛, 资源丰富。而盆地东北部宣汉、西部平落和东部万县向斜周边构造水点含钾溶滤显示较

好的找钾前景, 值得重视。然而在具体探索中, 应把固、液态找钾工作结合起来, 将更有利于获得找钾工作的实际效果。

(3) 钾盐是我国急缺矿产, 尽快找到钾盐矿床是摆在我们地质工作者面前的一项迫切任务。油气勘查中兼找钾盐是加速我国找钾工作的重要途径。理论和实践表明, 油气与钾盐密切共存^[7], 世界上大型钾盐矿床多在油气勘查中发现, 四川许多岩盐矿床、含钾盐类、富钾含钾卤水也多在油气勘查中发现。随着我国油气勘查工作的发展, 重视加强“油钾兼探”, 必将推动和促进我国找钾工作的发展。

参考文献:

- [1] 林耀庭,等.四川盆地早中三叠世蒸发岩生成模式和成盐机理[M].北京:石油工业出版社,1985.10-13.
- [2] 熊淑君,林耀庭.论四川盆地卤水分布及地质特点[J].中国井矿盐,1996(2):7.
- [3] 林耀庭,等.论四川盆地海相三叠系气田地层水水动力驱动条件及对水资源分布的控制[J].盐湖研究,2002.10(3):6-7.
- [4] 石油化学工业部化学矿山局.石油勘探中找钾盐矿的方法[M].北京:石油化学工业出版社,1977.145-151.
- [5] 袁见齐.钾肥与钾盐矿床[M].北京:燃料化学工业出版社,1975.100-101.
- [6] 林耀庭,等.四川盆地西部富钾富矿卤水的发现及其地球化学特征和意义[J].地质地球化学,1997(3):32-33.
- [7] 林耀庭,等.论盐钾与油气的关系[J].化工矿产地质,2000,22(2):70-73.

Study on the Hydrochemical Characteristics of Exceptional Water Sites and Estimation of Potassium Salts in the Lower-Middle Trias Series of Sichuan Basin

LIN Yao-ting¹, HE Jin-quan²

(1. *The second geological group of Southwest Bureau of Petroleum, Zigong 611844, China;*

2. *Fluid and Mineral Institute of Southwest Bureau of Petroleum, Zigong 643013, China)*

Abstract: In the lower-middle Trias series of Sichuan Basin, salt biterms are widely distributed, rendering the series to be a significant age for the exploring of potassium salts. According to the analyses of background circumstances of the areal geology, the salt storages, hydrodynamics and hydrochemical characteristics are different in different hydrogeological areas, resulting in varioustypes of water storages. In terms of the dominant components of anionic and cationic ions, the exceptional waters can be classified as SO_4-Ca , SO_4-Na and $Cl-Na$ types. By locating the ionic ratios of the exceptional water sites on the concentration curves of sea water, and distinguishing of the formation mechanisms, it has been found out that the waters of the northeast Xnanhan, west Pingluo and the synclinal and peripherally anticlinal water sites of east Wan County bear the characteristics of potassium lixiviation brine, where more focuses should be placed for the further exploration of potassium.

Key words: Geological background; Hydrogeological subarea; Potassium exploration distinguish; Lower-middle Trias series; Sichuan Basin