

论四川盆地三叠系盐类 热融水溶变质对找钾方向的控制

林耀庭¹, 郑茂全²

(1. 西南石油局第二地质大队, 四川 自贡 643013; 2. 四川盐业地质钻井大队, 四川 自贡 643000)

摘要: 四川盆地蕴藏丰富的盐卤资源。从盆地海相三叠系盐类大量的热融、水溶变质资料, 阐述了它对盆地三叠系找钾方向的控制, 提出开辟富钾卤水——液态钾矿的找钾工作, 是四川盆地至为重要的找钾新方向。
关键词: 盐类物质; 地热变质; 热融水溶; 钾矿溶滤; 富钾卤水; 找钾方向
中图分类号: P578. 32 **文献标识码:** A **文章编号:** 1008—858X(2002)01—0008—10

0 引言

四川盆地海相三叠系盐卤资源极其丰富, 是我国重要的成盐找钾地区之一。从多年四川找钾实践资料表明, 盆地三叠系盐类沉积在其特定的地史经历中长期埋藏, 受地热能的影响, 随地热温度的增高, 发生融熔的地热变质作用和受水溶滤产生的水溶变质作用及叠加影响, 已使原始盐类沉积面貌发生深刻的变化, 现盐系剖面上所见硬石膏、杂卤石、硫镁矾、无水钾镁矾、多钙钾石膏等钾镁盐矿物多系盐类埋藏条件下的热融变质和水溶变质作用先后叠加影响形成的产物。并由此导致固态可溶性钾矿的溶滤破坏, 钾组分转入液相, 改变了原始沉积卤水面貌, 形成富钾卤水——液态钾矿, 从而控制了盆地三叠系的找钾方向。本文通过四川盆地海相三叠系盐类形成演化的地质背景条件, 从盐类地热作用的大量热融、水溶变质资料分析, 理顺和拓宽四川盆地找钾思路, 提出勘查开发液态钾矿——富钾卤水的找钾工作, 是实现四川盆地找钾工作突破的重要方向。

1 盐类形成演化的地质背景

四川盆地早、中三叠世, 在上扬子台地海水旋进旋退及总的浅水海退背景下, 形成大面积的潮上蒸发岩与碳酸盐岩的频繁交互沉积(当海平面上升时, 沉积碳酸盐岩; 海平面下降时, 则形成蒸发岩), 沉积物总厚 800 ~ 1300m^[1], 于嘉陵江组(T_{1j})和雷口坡组(T_{2l})沉积期发育 6 个成盐期 17 个聚盐期(图 1), 形成 20 个大小不等的盐盆(体)(图 2)^[2], 膏盐层厚达 500 ~ 1700m, 其中石盐层 10 ~ 200 余 m。于南充、宣达、成都、垫江、万县、自贡等盐盆(体)中尚有杂卤石分布, 有的还见有硫镁矾、无水钾镁矾、多钙钾石膏、硫锶钾石等钾镁盐矿物。此外宣达、成都、南充、自贡等盐盆(体)还多处发现有富钾、高钾卤水分布^[3]。

至中三叠世末, 盆地受印支运动抬升影响, 海水全部退却, 结束海相沉积历史, 并以盆地南部的泸州为中心, 经历印支期不同程度的古剥蚀。晚三叠世及中生代时, 燕山运动使盆地再次沉降, 广泛接受了 5000 ~ 7000m 内陆河湖相

收稿日期: 2001—10—19

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。

砂泥岩沉积, 使早、中三叠世盐类沉积深埋地腹, 经历一个地温缓慢增加, 地静压力逐渐增大过程, 在地热能的作用下, 盐卤沉积由此受到影响, 发生变质。喜马拉雅运动使盆地强烈褶皱, 于盆地东部形成一系列隔档式褶皱, 在褶皱强

烈的高背斜, 盐类裸露, 遭受淋滤剥蚀, 而向斜及盆地西部广大地区, 盐类仍深埋地腹。四川盆地三叠系盐类即在上述地史发展经历的背景条件下演化形成现今的面貌, 从而控制了四川找钾方向。

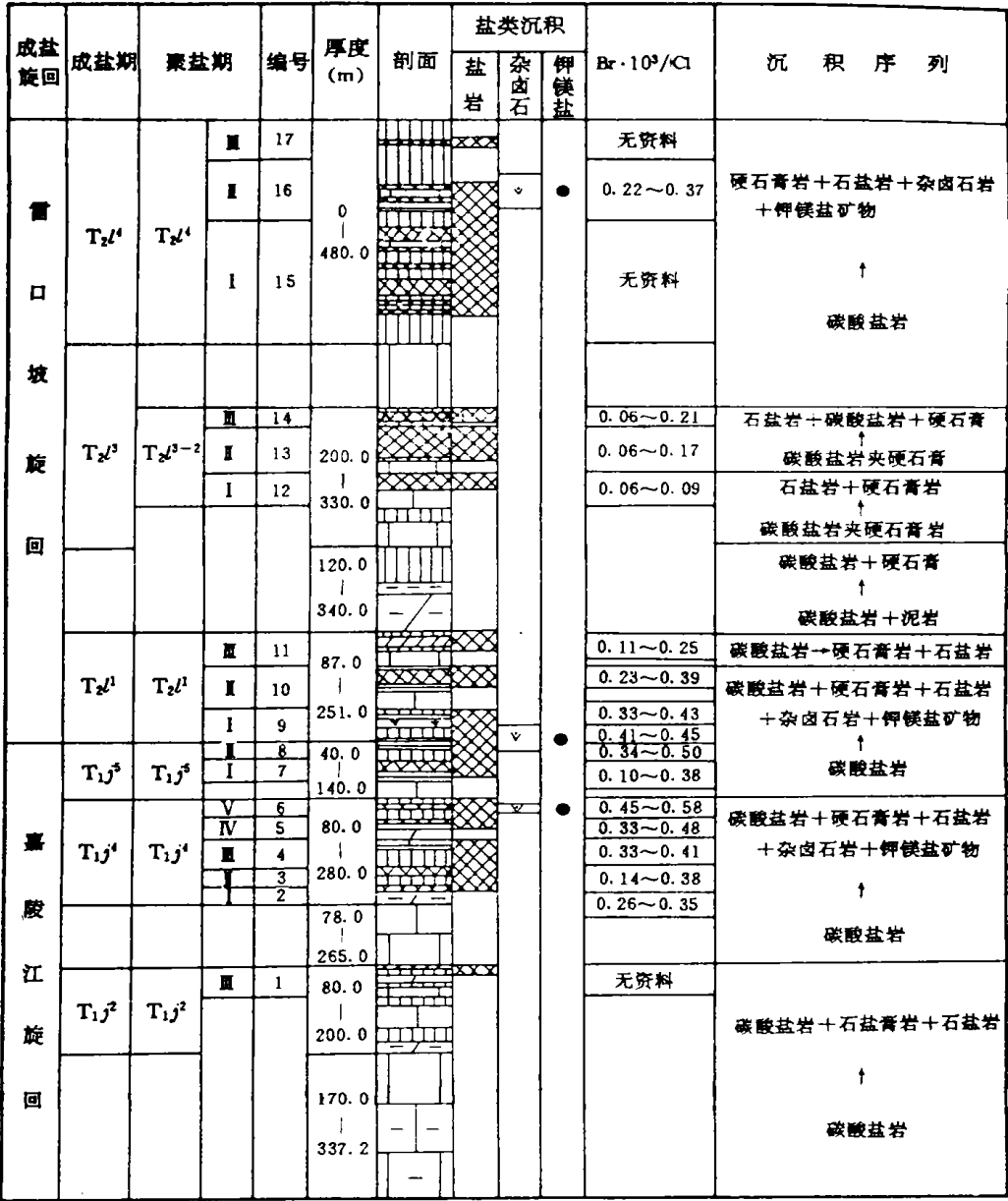


图 1 四川盆地早、中三叠世嘉陵江组——雷口坡组沉积期成盐旋回划分示意图
Fig. 1 Demarcation diagram of salt forming cycle of triassic JialingJiang group—Leikoupo group

2 盐类变质资料

盆地三叠系盐类是经历了上述沉积成岩、剥蚀淋滤、深埋及局部暴露, 再次剥蚀淋滤等地质、水文地质发展演化形成的最终产物。而埋藏条件下的地热能是盐类热融、水溶变质的一个重要演化因素, 它使盐类原始沉积面貌发生

复杂深刻的变化,形成新的矿物相。

盐类物质具易溶、熔融和易变特征。盆地三叠系盐类沉积,随着上覆层厚度的增加,地温和地压的递增,将发生脱水熔融—热融变质(据资料,盆地地温梯度为 $2.3^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ ^①,三叠系盐类在埋藏条件下,地温将至少达到 $80\sim 170^{\circ}\text{C}$,地层压力则达 $45\sim 120\text{MPa}$)。通常而言,盐类脱水熔融时,由常温相矿物向高温相矿物转变,富含结晶水的矿物向含结晶水少的或不含结晶水的矿物转变。而盐类脱水熔融产生的自身变质液体(脱出的结晶水),在并无外来水参与的情况下,又可使易溶盐类发生水溶变质,同时可使原始沉积卤水成分发生改变,与固相盐类重建新的平衡。可见在埋藏条件下,随着地温、地压的增加,盐类的热融、水溶变质实际上是综合叠加的,是一个多温的、动态的变化过程。

2.1 硬石膏是石膏地热变质——脱水熔融的产物

盆地三叠系硬石膏分布极其广泛,面积超过 $20\times 10^4\text{km}^2$,累计厚度 $500\sim 700\text{m}$ 。据资料石膏($\text{CaSO}_4\cdot 2\text{H}_2\text{O}$)当埋深在 600m 左右,地温超过 42°C 时,即发生脱水熔融转化为硬石膏(CaSO_4),其脱出的结晶水体积占石膏总体积的 48.6% ^[4]。盆地早、中三叠世的古气温据成都地质矿产研究所作的碳酸盐碳氧同位素资料的测算为 $34.6\sim 36.9^{\circ}\text{C}$ ^[5],可见盆地三叠系的硬石膏绝大部分为潮上蒸发环境形成的石膏,当

其长期处于埋藏条件,在地热能的作用下,石膏脱水熔融转化成硬石膏。该转化不仅是石膏热融变质的具体表现,而且脱出的结晶水对盐类具有极强的溶解力,在深埋封闭条件下,则成为盐类水溶变质的重要水源基础。据 H·博歇特研究指出:“单位体积石膏脱出的结晶水,在 30°C 可完全溶解 0.08m^3 的石盐或 0.54m^3 的光卤石,或可把 0.81m^3 光卤石转变为钾石盐”^[6]。同时“该饱和 CaSO_4 溶液与钾石盐或光卤石反应又可形成无水钾镁矾”。可见盆地三叠系石膏的脱出水对相邻盐系的盐卤,特别是含钾盐类将产生巨大的影响,应予以充分的重视。

2.2 液态钾矿——富钾卤水可由盐类热融水溶变质作用形成

盆地富钾卤水分布点多面广,现以宣汉川 25 井富钾卤水为例,其矿化度为 352g/L , $\text{K}^{\circ}10^3/\text{Cl}$ 为 128.51 , K/Br 为 15.5 , $\text{Br}^{\circ}10^3/\text{Cl}$ 为 8.3 ,与正常海水的各浓缩阶段相比, $\text{K}^{\circ}10^3/\text{Cl}$ 和 K/Br 异常偏高,而 $\text{Br}^{\circ}10^3/\text{Cl}$ 却明显偏低(表 1),两者很不协调。需要指出的是海水蒸发浓缩析出氯化物盐类时,溴并不形成独立的矿物,而是以类像形式进入氯化物晶格。由于溴在固液相的分配系数始终小于 1 ,所以进入固相氯化物中的溴总是要比留在液相中的溴少^[7],由此可见宣汉富钾卤水 $\text{K}^{\circ}10^3/\text{Cl}$ 、 K/Br 偏高,而 $\text{Br}^{\circ}10^3/\text{Cl}$ 偏低,显然是与固相钾矿的溶滤密切相关。

盆地三叠系硬石膏时空分布甚广。在地热

表 1 川 25 井富钾卤水与正常海水不同浓缩阶段水化学系数对比表

Table 1 Comparison of aquachemical coefficients between brine and seawater at different concentration period

		$\text{Br}^{\circ}10^3/\text{Cl}$	$(n\text{Mg}/n\text{Cl})$	$(n\text{Na}/n\text{Cl})$	$\text{K}^{\circ}10^3/\text{Cl}$	K/Br
浓 缩 阶 段	正常海水	3.4	0.127	0.86	19.76	5.8
	石膏开始沉积	3.05	0.158	0.83	17.90	5.7
	石盐开始沉积	5.5	0.160	0.70	30.50	5.6
	泻利盐开始沉积	14.1	0.470	0.39	83.90	5.9
	钾石盐开始沉积	21.0	0.750	0.15	115.70	5.4
	光卤石开始沉积	17.8	0.856	0.076	86.00	4.8
	川 25 井富钾卤水	8.30	0.018	0.770	128.51	15.5

注: 1) 引自陈郁华译. 普查钾盐矿床的地球化学方法(苏). 见: 中国地质科学院情报所编译. 国外钾盐矿床普查资料(专辑). 1972.

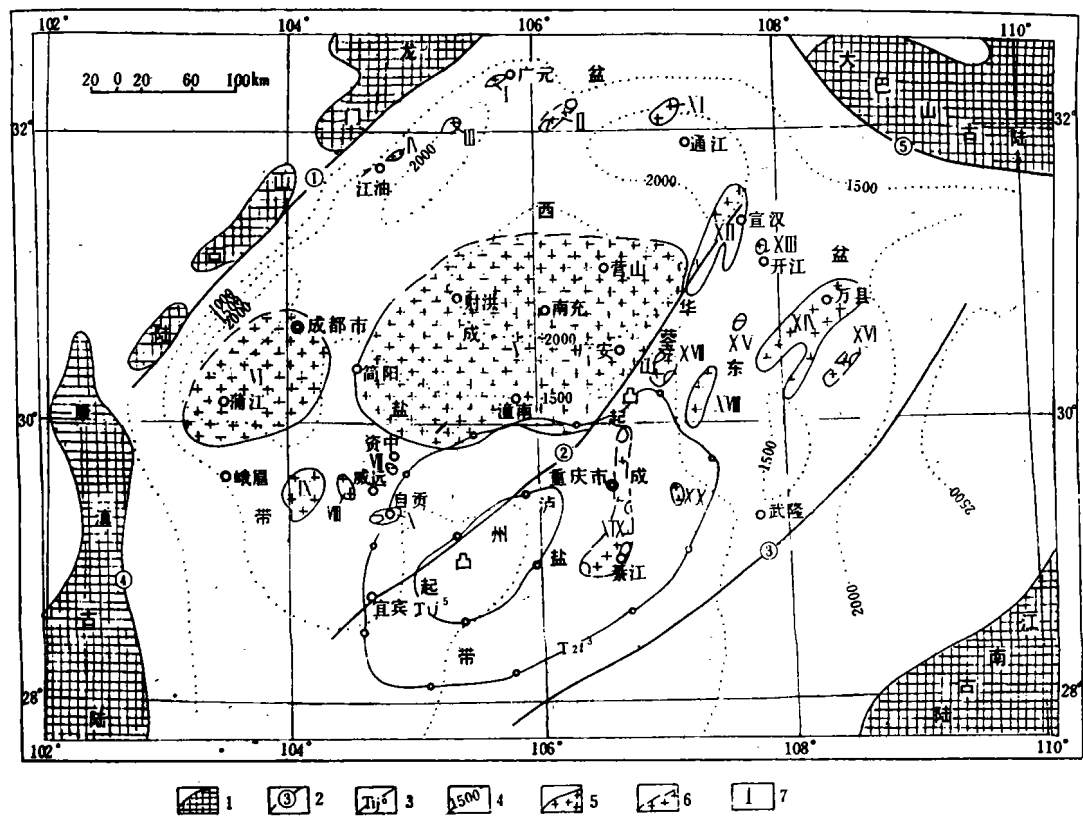


图 2 四川盆地三叠纪盐盆(体)分布图

Fig. 2 Distribution of triassic salt Basin in Sichuan Basin

1—古陆; 2—古断裂及编号; 3—古剥蚀线及层位; 4—沉积厚度等值线(m); 5—盐盆(体)边界; 6—推测盐盆(体)边界; 7—盐盆(体)编号

盆地成盐带: I—广元盐盆(体); II—旺苍盐盆(体); III—剑阁盐盆(体); IV—江油盐盆(体); V—南充盐盆(体); VI—成都盐盆(体); VII—资中盐盆(体); VIII—威远盐盆(体); IX—威西盐盆(体); X—自贡盐盆(体); XI—内江盐盆(体)

盆地成盐带: XII—宣汉—达县盐盆(体); XIII—开江盐盆(体); XIV—万县盐盆(体); XV—梁平盐盆(体); XVI—建南盐盆(体); XVII—邻水盐盆(体); XVIII—垫江盐盆(体); XIX—重庆盐盆(体); XX—涪陵盐盆(体)

变质作用下, 1m^3 体积石膏转化为石膏时, 要释放出 0.486m^3 结晶水, 仅此转化一项, 盆地众多石膏所释放的结晶水, 其水量无疑是十分庞大的, 对易溶盐类具有极强的溶解力。在埋藏的封闭条件下, 该水体不会流失, 当其向上或向下运移到相邻储层时, 与易溶盐层接触, 便将易溶钾矿组分溶滤携入储层的原始沉积卤水中, 从而改变沉积卤水原始面貌, 形成液态钾矿——富钾卤水。可见富钾卤水可以由盐类地热熔融脱水溶滤易溶含钾盐类并携入沉积变质卤水而形成。

2.3 无水钾镁矾和硫镁矾可由热融水溶变质形成

南充 T_{1j}^4 — T_{21}^1 、宣汉 T_{1j}^5 — T_{21}^1 、成都 T_{21}^4 等盐盆(体)的含杂卤石盐盐和含盐杂卤石中均发现有硫镁矾分布, 前两盐盆(体)尚有无水钾镁矾, 呈浸染或团块状分布。

无水钾镁矾和硫镁矾在自然界原始沉积中极其罕见。从已有物理化学相平衡资料表明, 无水钾镁矾属高温矿物, 其形成温度至少在 37.5°C 以上, 并随温度增高, 无水钾镁矾和硫镁矾相区大为扩大(图 3、图 4)^[8]。上述诸盐盆地盐类埋藏均在 $2500\sim 4500\text{m}$ 以下, 地温已

达 70~130℃。由此可见四川盆地已发现的无水钾镁矾和硫镁矾应是原始沉积的软钾镁矾和泻利盐在地热能作用下,经脱水熔融转化而来,并随上覆盖层和地温的增加,脱水熔融乃

分阶段进行。中国地质大学(北京)韩蔚田等人在研究软钾镁矾、泻利盐、石盐组合的热变质系列时,证实了这种热变质阶段的存在^[8],其阶段是:

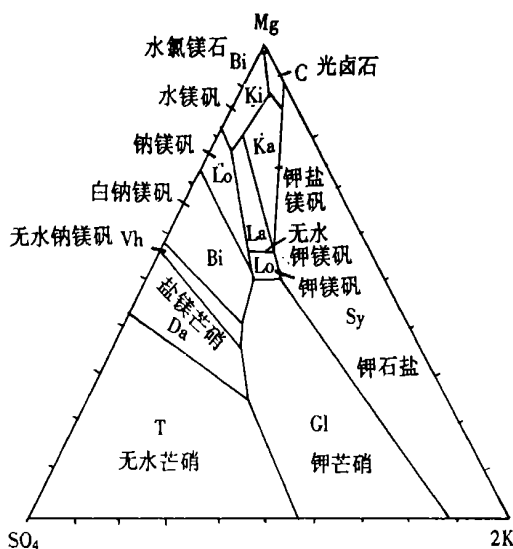


图3 55℃时 $K^+, Na^+, Mg^{2+} / Cl^-, SO_4^{2-} - H_2O$ 体系的平衡图

Fig. 3 Equilibrium of system $K^+, Na^+, Mg^{2+} / Cl^-, SO_4^{2-} - H_2O$ at $5^\circ C$

①20℃第一次脱水熔融, 软钾镁矾转变为钾镁矾:

②27.5℃第二次脱水熔融,泻利盐转变为六水泻盐;

③32℃第三次脱水熔融,六水泻盐转变为
硫镁矾:

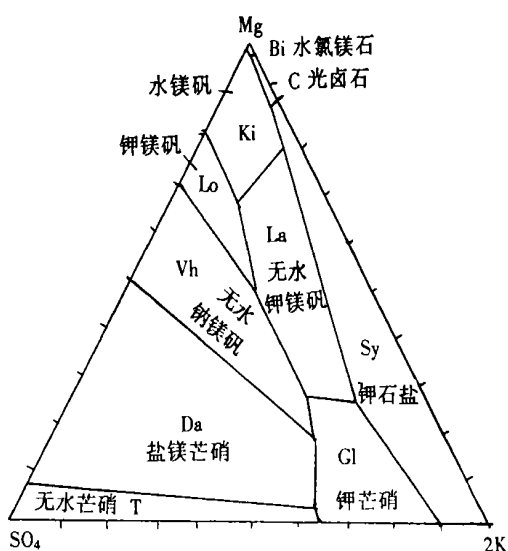
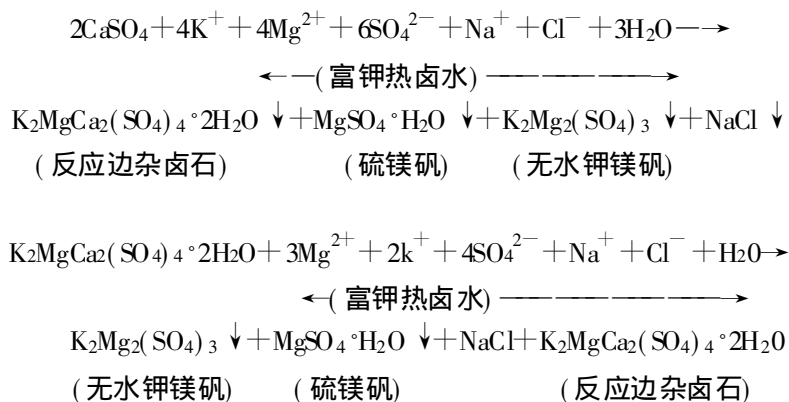


图4 90°C 时 $\text{K}^{+}, \text{Na}^{+}, \text{Mg}^{2+} / \text{Cl}^{-}, \text{SO}_4^{2-} - \text{H}_2\text{O}$ 体系的平衡图

Fig. 4 Equilibrium of system $K^+, Na^+, Mg^{2+} / Cl^-, SO_4^{2-} - H_2O$ at $90^\circ C$

④37.5℃第四次脱水熔融,钾镁矾转变为无水钾镁矾。

在深埋封闭条件下, 盐类热融水溶变质形成的富钾卤水作用于硬石膏或杂卤石时, 也可形成无水钾镁矾和硫镁矿^[9], 其反应式为:



2.4 众多的杂卤石是水溶变质形成的

盆地三叠系 T_{1j}^4 、 T_{1j}^5 、 $T_2 1^1$ 、 $T_2 1^4$ 诸盐系均见有杂卤石分布。但众多的杂卤石在盐系剖面

上并不赋存于石盐层中,而呈层状、似层状或透镜状产于硬石膏层中,两者常呈薄互层状产出。

当石膏脱水熔融转化为硬石膏时所释放出的大量结晶水,除能自身溶滤 CaSO_4 组分外,对

夹层中分布最多。硫锶钾石晶体呈自形粒状, 大小在 0.1~0.6mm。硫锶钾石交代硬石膏现象普遍, 晶体内常有较多的杂卤石、硬石膏等矿物的包裹体, 个别晶体仍保留有放射状杂卤石假像。从硫锶钾石的这些特征表明, 它不是原生沉积形成, 而是成岩后含钾盐类经受热融, 水溶复杂的变质作用形成的富钾卤水作用于杂卤石、硬石膏而形成的产物。

3 盐类变质的旁证资料

3.1 沉积卤水普遍显示溶盐特征是盐类水溶变质的旁证之一

盆地地下、中三叠统卤水分布之泛, 卤层分布于 $T_{1j}-T_{21}$ 的碳酸盐岩储层中, 与相邻盐系关系密切, 组成了储隔层相间平行叠置的含水组合。显而易见盆地深层地下卤水, 埋藏于地下深处封闭环境, 不具备渗入水掺杂条件, 当属沉积卤水, 然而这些卤水的水化学特征却普遍显示某些溶滤特征。以盆地广布的 T_{1j}^{5-1} 及 T_{21}^{1-2} 卤水为例, 矿化度多在 200g/L 以上, $Br \cdot 10^3/Cl$ 值在 3~8 之间, Na/Cl (摩尔) 一般在 0.93~0.98 间, 与海水各浓缩阶段相比, $Br \cdot 10^3/Cl$ 仅相当石盐析出阶段, 而 Na/Cl (摩尔) 远高于海水各浓缩阶段(表 2), 显示了某些溶盐的特征。推测在盐类水溶变质过程中, 部分溶盐被挤出盐层, 进入相邻卤层水并与之掺合, 便形成上

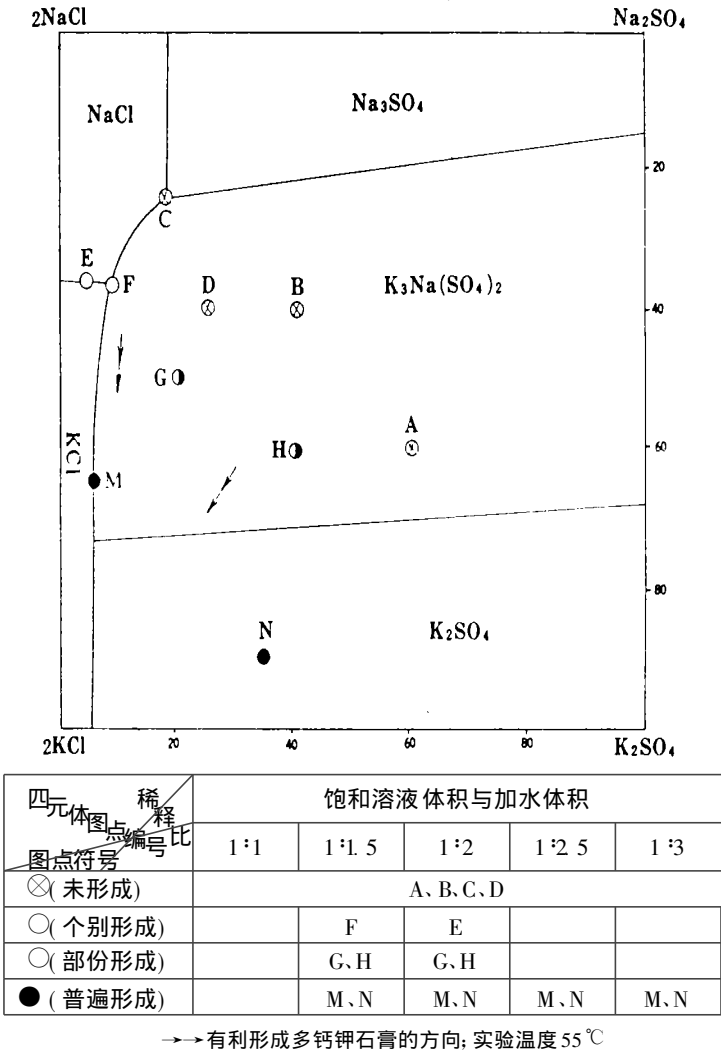


图 6 K, Na, Ca/Cl, SO₄-H₂O 体系中多钙钾石膏的形成条件

Fig. 6 Forming condition of syngenite in system K, Na, Ca/Cl, SO₄-H₂O

表 2 四川盆地 T_{1j}^{5-1} 及 T_{2l}^{1-2} 卤层水 $Br^{\circ} 10^3 / Cl$ 及 Na / Cl (摩尔) 与正常海水阶段比较

Table 2 Comparison of $Br^{\circ} Cl$ and Na / Cl (mol) between brine of sichuan Basin and normal seawater

	T_{1j}^{5-1} 及 T_{2l}^{1-2} 沉积水	正常海水浓缩阶段			
		海 水	石盐析出	泻利盐析出	钾盐析出
$Br^{\circ} 10^3 / Cl$	3~8	3.40	5.50	14.1	21.0
$n(Na) / n(Cl)$	0.93~0.98	0.86	0.70	0.39	0.15

述特征的沉积卤水。

3.2 盐系的 $Br^{\circ} 10^3 / Cl$ 特征是盐类热融水溶的又一旁证

盆地 T_{1j}^{4+5} 盐系石盐的 $Br^{\circ} 10^3 / Cl$ 由下而上增高, 在 T_{1j}^4 、 T_{1j}^5 的中上部普遍达到 0.44 以上, 顶部可高达 0.5~0.6 (图 7), 应已进入钾盐沉积阶段^[7]。但盐系 $Br^{\circ} 10^3 / Cl$ 增高到顶部时, 其上并未见有钾矿层存在, 这应是盐类热融变质的脱出水溶滤所致, 是盐类热融, 水溶变质的

又一旁证。
3.3 各层段卤层水和硬石膏的 $\delta^{34}S$ 值对应一致乃与石膏脱水熔融密切相关

盆地 T_{1j} — T_{2l} 各层段卤层水的硫同位素 ($\delta^{34}S$) 和硬石膏的 $\delta^{34}S$ 值相互对应, 基本一致, 且分布规律一致 (表 3)^[11]。这一特征和规律, 显示了卤水与硬石膏之间的渊源关系。这对石膏脱水熔融转化成硬石膏所脱出的结晶水 (含 $CaSO_4$ 组分) 进入储层参与卤水形成的作用也是一个佐证。可见两者关联十分密切。

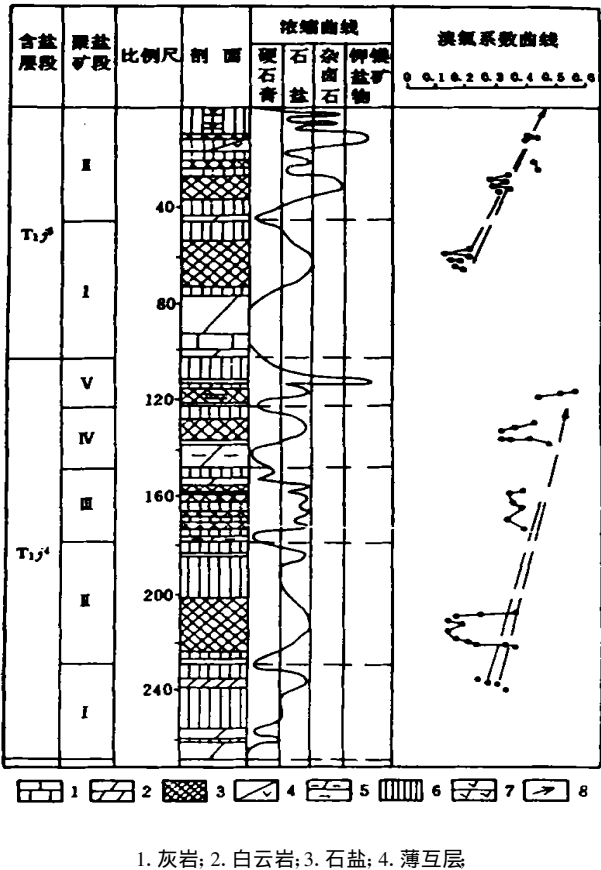


图 7 四川盆地 T_{1j}^{4+5} 盐岩 $Br^{\circ} 10^3 / Cl$ 特征图

表 3 四川盆地三叠系各层段硬石膏及卤水 $\delta^{34}\text{S}$ 值对比表

Table 3 Comparison of $\delta^{34}\text{S}$ value between anhydrite and brine at different triassic layers of sichuan Basin

层 位				$\delta^{34}\text{S}(\text{‰})$ 平均值		差值(‰)
				硬石膏	卤水	
海相三叠系	中统	雷口坡组	T_2I^4	16.9	15.6	1.3
			T_2I^3	21.9	20.0	1.9
			T_2I^1	28.3	30.9	-2.6
	下统	嘉陵江组	$\text{T}_{1\text{J}}^{4+5}$	28.3	29.2	-0.9
			$\text{T}_{1\text{J}}^3$		35.0	
			$\text{T}_{1\text{J}}^2$	34.2	35.9	-1.7
			$\text{T}_{1\text{J}}^1$		36.4	

4 找钾方向

回溯盆地海相三叠系盐类沉积及变质资料,可以认定盆地早、中三叠世具备成钾条件,已达到成钾阶段,应有钾矿沉积。但盐类在埋藏条件下,经历了强烈而复杂的热融和水溶变质作用,已使原含盐剖面的盐类物质发生深刻变化,现所见硬石膏、杂卤石、硫镁矾、无水钾镁矾、多钙钾石膏等矿物多系热融、水溶变质产物,由此导致相邻卤层水的成分和品质发生改变,有固态易溶钾组分的加入。

盐类热融、水溶变质作用,对盆地三叠系固态钾矿的赋存和保存产生巨大影响,它具有破坏和重建的双重作用及意义。特别是在深埋藏的条件下,盐类受地热能的影响所释放大量的结晶水及岩层中的压密水,这两部分水均具极强的溶解力,一方面可导致固态可溶性钾矿的溶滤破坏,另一方面这部分水在溶盐运移中又有利于将溶滤的固态钾组分向相邻储卤层液相转入,形成富钾卤水——液态钾矿,从而控制了四川盆地三叠系的找钾方向。

由此可见盆地三叠系盐类热融、水溶变质作用,导致固态钾矿的溶滤破坏,难以保存。即使有少量残留保存,从盆地的实际情况,其埋藏深度已远远超出固态钾矿开采深度,无法开采利用。目前世界上固态钾矿开采深度不超过1200m,而该深度对四川盆地三叠系固态钾矿来说,实际上已不具备找钾及开采条件。而浅部钾矿又因褶皱紧密,构造复杂,地下水交替强烈,经历现代剥蚀淋滤,保存条件更差。这就

表明了盆地三叠系固态钾矿的找矿难度,实际上已缺乏寻找固态钾矿的现实意义。

鉴于盐类热融、水溶变质作用,使固态钾组分转入液相,形成液态钾矿。而盆地三叠系液态钾矿有着丰富的资源条件,据中国地质大学(北京)对盆地三叠系地下卤水资源评价研究资料,仅三叠系中、下统储卤层系卤水总资源量即为 $2200\times 10^8\text{m}^3$ ^[12]。且液态钾矿有较好的开发条件,它不受开采深度限制,卤水在深处因受封闭停滞,在上覆层的负荷影响下,具有承压特点,初期多可在井口自流生产,中后期则可引流抽汲提取。与固态钾矿开采相比,工艺简单,建设周期短,投资省,效益高。液态钾矿尚普遍富含溴、碘、硼、锂、铷等多种有用组分,多为国家短缺矿产,可综合回收利用,经济价值极高,可见液态钾矿开发利用前景广阔。因此从现实出发,有必要理顺和拓宽四川盆地找钾思路,转变观念,扩大找钾领域,开辟和加强液态钾矿的勘查开发,并进一步贯彻综合找矿方针,开展与油气勘查工作的结合,实施“油气盐卤钾”的兼探工作,有效推动液态钾的找矿工作,这无疑四川盆地三叠系找钾工作至为重要的新方向。可以预见,盆地三叠系液态钾矿只要投入一定的工作,必将取得突破性的找钾进展,能获得有效的社会效益。

参考文献:

[1] 林耀庭,等.四川盆地海相三叠系液态钾盐——富钾卤水及其类型和意义[J].盐湖研究,1998,6(2-3):27.
[2] 林耀庭.论四川盆地海相三叠系含钾性及找钾方向[J].四川地质学报,1994,14(2):111-113.

[3] 林耀庭. 四川盆地液态钾矿资源及其开发有关问题探讨 [J]. 化工地质, 1994, 16(3): 99-100.

[4] 林耀庭. 四川盆地三叠系液态钾矿成因问题研究[J]. 化工地质, 1994, 16(1): 10-21.

[5] 吴应林, 等. 中国南方三叠纪岩相古地理与成矿作用 [M]. 北京: 地质出版社, 1994.

[6] H·博歇特, R·O·缪尔. 盐类矿床——蒸发岩的成因、变质和变形[M]. 北京: 地质出版社, 1976.

[7] 林耀庭. 溴的地球化学特征及其在四川找钾工作中的应用[J]. 化工矿产地质, 1995, 17(3): 175-176.

[8] 韩蔚田, 等. 盐类沉积地热变质作用的物理化学分析[J]. 地质科学, 1981, 16(3): 223-226.

[9] 陈继洲. 试论四川盆地中、中三叠统钾盐矿物的形成[J]. 化工地质, 1990, 12(2): 15-17.

[10] 李亚文, 等. 四川盆地三叠系杂卤石形成条件的实验研究[J]. 现代地质, 1987, 1(3-4): 419-420.

[11] 林耀庭, 等. 四川盆地海相三叠系硫同位素组成及其地质意义[J]. 地质地球化学, 1998, 26(4): 44-46.

[12] 杨立中. 论四川盆地地下卤水资源开发利用现状及对策[J]. 四川地质学报, 1992, 12(3): 227.

Theory on Guidance of Heat-melted Salt of Triassic
Period in Search of Potash in Sichuan Basin

LIN Yao—ting, ZHEN Mao—quan

(1. *The second geological group of southwest Bureau of petroleum, Zigong Sichuan 643000, China;*
2. *Geological drilling group of Sichuan Salt Industry, Zigong Sichuang 643000, China*)

Abstracts: The Sichuan Basin is rich with salt and brine resources. This paper discusses the triassic marine salt and its derivatives after heat-melting and water soluting. points out its application in search of potash which gave a new way for searching potash in Sichuan Basin.

Key words: Salt materials; Potash-rich brine; Leaching of potash mine; Heat-melt and soluting