

四川盆地地下卤水资源优势及综合开发前景

林耀庭

(西南石油局第二地质大队, 四川 成都 611844)

摘要: 四川盆地地下卤水自震旦系至白垩系各层系皆有分布。卤水具有分布广泛、资源丰富、品质优异、高承压及气卤同产等优势特点, 是四川得天独厚的液态矿产资源。卤水中含有 K^+ 、 Br^- 、 I^- 、 B^{3+} 、 Li^+ 、 Sr^{2+} 、 Rb^+ 等多种有用组分, 皆为国家紧缺和紧俏物质, 其含量多数可达工业开采品位, 为优质化工原料水, 经济价值极高, 综合开发利用前景广阔。

关键词: 卤水资源; 优势矿产; 开发前景; 四川盆地

中图分类号: P641.464

文献标识码: A

文章编号: 1008-858X(2006)04-0001-08

1 四川盆地地下卤水资源

四川盆地地下卤水分布点多面广, 资源丰富。卤水中除含 $NaCl$ 外, 普遍不同程度的富含 K^+ 、 Br^- 、 I^- 、 B^{3+} 、 Li^+ 、 Br^{2+} 、 Rb^+ 等多种有用组分, 其含量均超过工业开采利用品位, 构成四川具优势的液态矿产资源。它是发展轻工、化工、军工、核工及宇航等工业的重要原料, 有较高的综合开发利用价值。随着现代科技水平的提高, 卤水普查勘探规模不断扩大, 综合利用水平不断提高, 经济价值也不断增大。自60年代以来, 日本、美国、以色列、约旦和前苏联等国家对卤水的勘探和综合利用较为突出。例如, 碘素最初是利用海藻提取的, 智利硝石也是碘的重要矿源, 但随着卤水碘的开发利用, 海藻碘产量逐年下降, 仅占碘总产量的0.4%, 硝石碘也没有明显增长, 而卤水碘则迅猛增长至总产量的77%以上。日本运用气田卤水产碘, 仅30年左右时间, 碘产量即跃居世界首位。日、美从卤水中提取碘、溴元素, 仅据1975年统计资料, 其产

量比1960年翻了5~6倍, 分别达6500 t/a和189000 t/a。原苏联60%~70%的溴素也是从地下卤水中提取。卤水也是硼的主要矿源, 意大利即利用地下卤水提取大量硼酸和硼砂。另据有关资料测算, 世界锂资源总量约 3000×10^4 t, 而卤水锂占63.3%, 1953~1958年平均生产氧化锂3800 t, 卤水锂仅占万分之五, 而至1977年氧化锂产量达15000 t, 而卤水锂产量已占总产量的24%, 可见卤水锂发展极为迅猛。钾盐的主要矿源是固体钾矿, 但卤水钾也是重要矿源。如美国固体钾矿资源丰富, 但仍有13%的钾盐产自卤水(据1970年)。由上可见卤水资源在国外已受到普遍重视, 为广为开发利用的矿产资源, 并取得显著的经济效益和社会效益。

四川盆地地下卤水具有分布广、品质优、资源丰富、高承压利于开发等优势, 实为四川优势矿产资源。大力勘查四川盆地地下卤水, 努力提高卤水综合利用水平, 不仅符合当前可持续发展的需要, 而且必将取得明显的经济效益和社会效益。

收稿日期: 2006-04-16

作者简介: 林耀庭(1933-), 男, 教授级高级工程师, 享受国务院特殊津贴, 长期从事盐卤钾资源勘查开发和科研, 现退休。

2 四川盆地卤水资源优势

四川盆地地下卤水资源,在我国各大沉积盆地中具有得天独厚的优势,研究程度相对较高,与国内外已知卤水资源比较,具有以下优势。

2.1 盆地卤水资源分布广、层位多

四川盆地是一个大型叠层式自流盆地,分布面积超过 $20 \times 10^4 \text{ km}^2$,自震旦纪以来盆地总体下沉,沉积层发育齐全,总厚达 $5\,000 \sim 12\,000 \text{ m}$ 。沉积层可划分两大储卤类型:其中中三叠世前是以海相碳酸盐岩为主的储卤类型,厚 $4\,000 \sim 7\,000 \text{ m}$;中三叠世以后则为滨海—河湖相碎屑岩为主的储卤类型,厚 $2\,000 \sim 5\,000 \text{ m}$ 。盆地含卤层系自震旦系至白垩系均

有分布,具有多产层的优势特点。

据资料记载四川盆地地下卤水有 4 种成因类型(即大气降水渗入淋滤型、海源沉积型、海源沉积—大气降水叠加型和海源沉积—岩浆水叠加型)^[1],9 大含卤岩系,21 个区域含卤层(表 1)。储卤层与隔水层平行叠置,相间成层。储卤层厚度占沉积层总厚一半左右。卤水则以孔隙赋存和裂隙富集的控矿机制,导致含卤构造应力相对集中地带,即有利于形成富集的卤水资源地^[2]。含卤构造在盆地内至盆地边缘山地星罗棋布,从川东—川中—川西—川东北—川西北—川西南均有分布。据资料,全盆地已有 270 个构造(或地区)均有卤水显示,其中富卤构造和地区已有 180 余个。随着卤水资源勘查工作的不断深入,必将有更多的富卤构造和地区被发现,勘查开发前景良好。

表 1 四川盆地卤水纵向分布示意表

Table 1 Schematic vertical distribution of brines in Sichuan Basin

含卤层系	含卤层段	编号	沉积环境及其岩类	储卤类型
白垩系	K	21	陆相碎屑岩—蒸发岩	碎屑岩储集类型
侏罗系	J_2s-J_2x	20	河湖相碎屑岩	
	J_{1-z}	19		
上三叠系	T_3x^6	18	滨海—河湖相碎屑岩	
	T_3x^4	17		
	T_3x^2	16		
中、下三叠系	T_2L^4	15	海相碳酸盐岩—蒸发岩	碳酸盐岩储集类型
	T_2L^3	14		
	T_2L^1	13		
	T_1J^5	12		
	T_1J^3	11		
	T_1J^2	10		
	T_1J^1	9		
	T_1f	8		
二叠系	P_2C	7	海相碳酸盐岩	
	P_1m	6		
石炭系	C_2h	5	海相碳酸盐岩	
奥陶系	O	4	浅海碳酸盐岩	
寒武系	E_{2+3}	3	海相碳酸盐岩—蒸发岩	
	E_1	2		
震旦系	Z_1d	1	海相碳酸盐岩—蒸发岩	

2.2 盆地卤水资源量丰富

深层地下卤水资源量计算,是一项尚待继续深入研究的课题。“七五”期间我队和中国地质大学(北京)共同合作研究的成果表明,盆地含卤层系众多,卤水资源量丰富。卤水资源量大体可分为区域资源量(即区域地质储量)、潜在资源量(即储卤构造圈闭范围内的卤水储量)和可采资源量(即储卤构造隔水边界所圈范围内可采出的储量)3个类型。从盆地卤水勘查开发状况,实际计算需要及可能,我们曾探索多种方法进行了资源量计算,结果表明盆地卤水资源量极为丰富:

(1) 四川盆地含卤岩系众多,仅以二叠系、三叠系含卤岩系初步计算,区域卤水资源总量达 $23\ 115.03 \times 10^8 \text{ m}^3$ (但该资源量计算层段仅及盆地含卤层段总数的 $1/3$ 弱),为全国之冠。其中三叠系为 $19\ 589.73 \times 10^8 \text{ m}^3$,是湖北江汉盆地卤水资源总量的144倍^[3]。自贡地区卤水开发逾千年历史,但仅产出了 $1.95 \times 10^8 \text{ m}^3$,足见四川盆地卤水资源优势极其明显;

(2) 据盆地已开发及近期可供勘探开发的12个重点储卤构造的部分含卤层段,可采资源量为 $9.83 \times 10^8 \text{ m}^3$,其中包括采卤历史悠久,驰名中外的自流井构造,卤水开采几近疏干,但已采资源量 $1.95 \times 10^8 \text{ m}^3$,仅为可采资源量的19.8%。由此足见四川盆地地下卤水资源量极为丰富,具有巨大的数量优势;

(3) 再从盆地三叠系5个含卤层段主要富卤构造的资源量计算,其潜在资源量达 $2\ 413 \times 10^8 \text{ m}^3$,可采资源量为 $131.69 \times 10^8 \text{ m}^3$,其资源量之巨大,却仍仅占有利构造富卤层段的一小部分。

2.3 盆地卤水品质优异

四川盆地沉积经历了10个水文地质旋回。各含卤岩系经历了不同的水文地质发展阶段,多种自然地质因素或同期综合或叠加影响着地下卤水的形成演化,而不同含卤岩系的地质经历及形成环境有所差异,但就总体而言,除大气渗入淋滤型卤水外,均具备作为化工原料水的资源价值,其大部分可达到矿产工业品位要求。如三叠系上统卤水普遍富含溴、碘、铯、钡,中下统卤水则钾、溴、碘、锂、硼等全面富集。以盆地川西和川东北三叠系中下统卤水为例,其 K^+ 、 Br^- 、 I^- 、 B^{3+} 、 Li^+ 、 Rb^+ 等多种有用组分,其含量均为单独开采工业品位的数倍至10多倍(表2)。

表2 川西、川东北卤水有用组分的质量浓度与工业品位对比(mg/L)

Table 2 Comparison of the contents of useful components in the brines of western Sichuan and northeastern Sichuan with the industrial grades for exploitation(mg/L)

有用组分	Br^-	I^-	B^{3+}	K^+	Li^+	Sr^{2+}	Rb^+	
工业品位	综合利用(A)	150	10	150	1 300	13.1	22.1	10
	单独开采(B)	300	30	300	3 100	24.6	44.2	20
卤水	川西(C_1)	2 533	38.38	4 994	53 267	89.8	166.0	37.5
	川东北(C_2)	1 675	38.00	1 694	25 955	323.0	597.0	32.2
综合利用	C_1 :A	16.88	3.84	33.29	40.97	0.85	7.51	3.75
增高比	C_2 :A	11.17	3.80	11.29	19.97	24.66	27.01	3.22
单独开采	C_1 :B	8.44	1.28	16.65	17.18	3.65	3.76	1.88
增高比	C_2 :B	5.58	1.26	5.65	8.37	13.13	13.50	1.61

注:工业品位系根据1994年中国地质科学院矿床所宋鹤彬资料

从表2可知,川西和川东北两地卤水 K^+ 、 B^{3+} 的质量浓度出现异常高值,其中川西卤水 K^+ 、 B^{3+} 的质量浓度分别达到 53.26 g/L 和 $4\ 994 \text{ mg/L}$,不但远高于西藏札布耶盐湖卤水

(K^+ 的质量浓度为 27 g/L , B^{3+} 的质量浓度为 $2\ 724 \text{ mg/L}$),也远高于美国西尔兹盐湖卤水(K^+ 、 B^{3+} 的质量浓度分别为 23.1 g/L 和 $3\ 188 \text{ mg/L}$)^[4],成为当今世界上罕见的富钾、

富硼卤水资源 (图 1、图 2)。按我国 2000 年起草制订的《盐湖和盐类矿产地质勘查规范》，卤水 KCl 工业品位为 1%，固体钾盐的 KCl 工业品位为 6%，而川西卤水 K^+ 含量折合成 KCl 已达 8.22%，也超过此标准，实值得重视。

此外该卤水的 Br^- 、 I^- 、 Li^+ 、 Sr^{2+} 、 Rb^+ 等组分也普遍较高，其含量分别是综合开发利用工业品位 16.88 倍、3.84 倍、6.85 倍、7.51 倍和 3.75 倍。

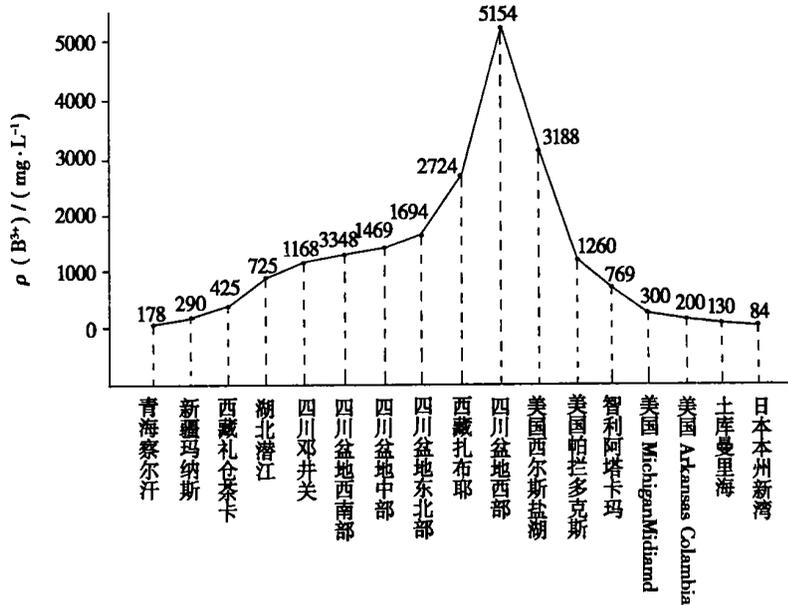


图 1 四川盆地西部某井富钾、富硼气田卤水与国内外卤水含硼量对比

Fig. 1 Comparison of boron contents in the potassium-and-boron-rich gas field brines of a reserve of western Sichuan Basin with those of other reserves

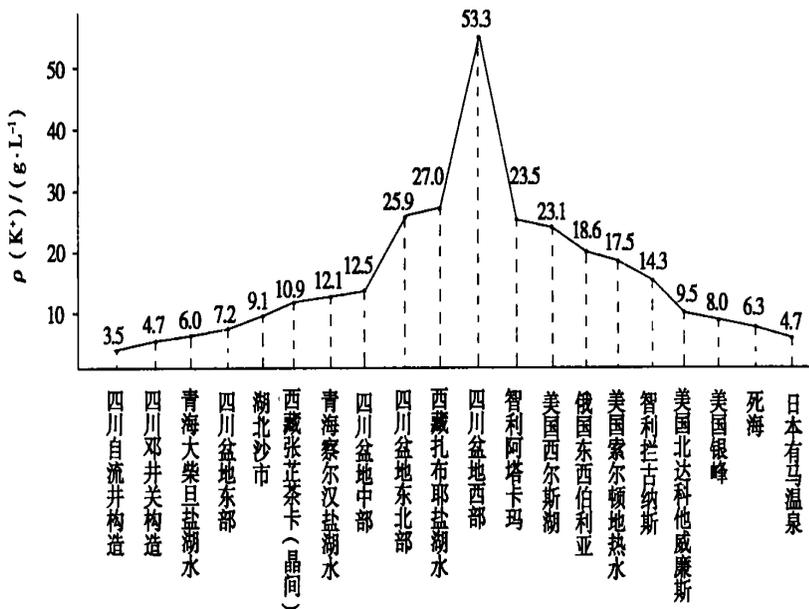


图 2 盆地西部某井富钾、富硼气田卤水与国内外含钾卤水含钾量对比

Fig. 2 Comparison of potassium contents in the potassium-and-boron-rich gas field brines of a reserve of western Sichuan Basin with those of other reserves

另值得提及的是川东奥陶系、石炭系、二叠系产出有高碘卤水,碘的质量浓度为 $50 \sim 100 \text{ mg/L}$,高者可达 $235 \sim 290 \text{ mg/L}$,为单独开采品位的9.6倍,综合利用工业品位的29倍。卤水溴含量也高,质量浓度一般在 $1\,500 \sim 2\,000 \text{ mg/L}$,最高达 $3\,470 \text{ mg/L}$,为单独开采品位的11.5倍之多。川东寒武系卤水 K^+ 、 Br^- 含量也很高,质量浓度分别为 4.76 g/L 和 680 mg/L 。威远构造的震旦系卤水虽浓度偏低,矿化度仅为 80 g/L ,但 K^+ 、 Br^- 、 B^{3+} 、 Li^+ 等组分相对富集,达到工业品位指标。可见四川盆地卤水品质优异,是一种优质的化工原料水,有极大的综合开发利用价值。

2.4 盆地卤水具高承压特点对开采极为有利

盆地卤水多深埋地下 $1\,000 \sim 5\,000 \text{ m}$ 深处,具有较高的承压特点,井口压力通常可达 10 MPa 以上,而卤层压力可达数十 MPa 。卤水在受地静压力的驱使下^[5],测压水头较高,弹性储量极大,卤水可自流溢出井口,流量可达数百乃至数千 m^3/d ,可直接开发利用。后期则可在井口浅处引流抽汲利用,这对卤水开采利用极为有利方便。从四川盆地卤水开采实践表明,自喷采卤井往往可自喷多年不衰,单口卤水井累积产卤量至少可达数百万 m^3 。如川中蓬莱镇构造的蓬基井,自1959年11月自喷以来,至今已40余年,累计采卤量已达 $4 \times 10^6 \text{ m}^3$ 以上。高压自喷卤水井开采完全不受产层及深度的限制,其采卤深度在相当长的时间内远远小于固态矿井巷的深度,而且到后期尚可使用潜卤泵抽汲开采。卤水开采与固态矿开采相比,具有工艺较为简单、建设周期较短、项目投资少和经济效益高等特点。而对在四川盆地地下卤水分布点多面广的条件下,则更有利于择优及有针对性的进行开发利用。

2.5 盆地卤水具气卤同产特点卤水开发可促进天然气开发

四川盆地卤水与天然气储集条件类似,往往共存于同一地质体系中^[6]。据资料,世界上187个大油田和76个大气田中,油气层与含盐含钾蒸发岩系紧密共生的大气田36个,大油田

99个,占一半左右,其控制了已探明石油储量的89%和天然气储量的80%^[7]。四川盆地卤水多以气藏的边水或底水形式存在,常随天然气的采出而采出,具气卤同产特点。据资料,四川盆地85%的已知气田具有封闭型边、底水的卤水^[8],有水气藏的地质储量占总探明地质储量的76.4%^[9]。在天然气的开发中,特别是到开发的中后期,卤水的干扰是不可避免的,卤水水体沿缝隙、断裂高渗透侵入气藏,当其“窜”入井底后,使气藏能量损失增大,井口压力降低,带水能力变差,造成气井减产,乃至水淹停产,这就成为天然气开采中的突出矛盾,因而必需及时进行排卤采气,才能维持天然气生产。此时如对卤水进行同时开采利用,这不仅可促进天然气的开发,同时可防止卤水排放时对环境的污染和对农作物的损害,这样一举数得,大大有利于生态环境的保护及卤水资源优势的发挥。

3 四川盆地卤水勘查开发前景

四川地下卤水开发历史悠久,凿井汲卤制盐历史已有2 250余年(始于公元前250年战国后期),世界上第一口超 $1\,000 \text{ m}$ 盐卤深井即位于四川自流井构造,现今的自贡市大安区,于1833年开凿的燊海井,深达 $1\,001.42 \text{ m}$ ^①。卤水生产不仅在国计民生中发挥了重要作用,而且在我国钻采科技史上谱写了领先于世界的光辉篇章。但由于历史及当时科技水平的限制,在漫长的卤水开发历史中,绝大部分时间仅作为制作食盐的原料,直到1938年才开始了卤水的综合开发利用,也只有少量化工产品问世。新中国建立后,卤化工业得到了初步发展,虽然在观念及技术上仍以制盐为主,但自贡曾已生产过氯化钾、硼酸、硼砂、溴素、碘素、氯化钡、碳酸锂、碳酸锶等十几种化工产品,成为我国重要和有一定规模的卤化工基地。其产品氯化钡畅销世界30多个国家和地区,碳酸锂和碳酸锶主要出口到日本。碘素、溴素、硼酸为国家短缺产品。从盆地卤水中提碘成本之低,则在国际市场上大有竞争力。钾盐在我国产需矛盾突出,

① 地质矿产部第二地质大队,四川省盐矿资源及开发对策研究,1992。

缺口很大。总之卤水的综合开发利用已经成为国民经济发展中不可缺少的重要组成部分。

3.1 卤化工产品适销对路综合开发前景广阔

四川盆地卤水是一个巨大的液态矿产资源宝库,加以综合开发,不仅为国民经济发展所急需,且可产生明显的经济效益和社会效益。其开发的溴素、碘素、氯化钾、硼酸、氯化钡、碳酸锶、碳酸锂以及氯化铷、氯化铯等是化工、军工、核工、宇航、电子等高科技领域工业原料,为国家紧缺紧俏物质,产品适销对路,有广阔的市场和市场竞争能力,经济价值极高。如川中磨溪构造卤水,据测算制盐所获产值仅占总产值的 4.2%,而综合开发的氯化钾、溴素、碘素、碳酸锂、硼砂、氯化钡等产品,其产值分别占 8.4%、25.4%、9.19%、11.5%、21.9%和 19.5%,合计为 95.8%^[3],为制盐产值的 23 倍,表明卤水综合开发前景广阔。总之溴素、碘素、氯化钾是国内稀缺的化工原料,综合开发利用,可为国家节省大量外汇;硼酸、碳酸锶、碳酸锂是国内短线,外贸紧俏物资,有出口创汇能力;氯化钡虽市场容量有限,但从四川卤水生产氯化钡,其成本比固体钡大大降低,而且其产品在国内国外享有声誉,其品牌在市场上具有竞争力。

3.2 在一定程度上可缓解我国钾盐资源的短缺

我国固态可溶性钾盐资源短缺,钾肥产需矛盾极其突出^[9]。随着现代农业的发展,钾肥需求量与日俱增,缺口更大。而四川盆地卤水普遍含钾,通常钾的质量浓度为 2~6 g/L,平均为 18.86 g/L,最高可达 25~53 g/L,构成优质的液态钾盐资源^[11],其 K^+ 含量远高于海水最高浓缩阶段的 K^+ 含量(表 3),也远高于国内外 K^+ 含量最高的卤水(青海察尔汗盐湖 K^+ 的质量浓度为 12.1 g/L,西藏札布耶盐湖为 27.0 g/L,智利阿塔卡玛为 23.6 g/L,美国西尔兹盐湖为 23.1 g/L),实为罕见的液态钾盐,极具开发利用价值。综合开发利用,在一定程度上有利于缓解我国钾盐资源短缺的现状,为农业提供优质钾肥,并一定程度上,可提高农业可持续发展的

保证程度。

4 尾 语

(1) 四川盆地地下卤水资源丰富,乃是四川得天独厚的优势矿产资源,综合开发利用前景广阔。充分发挥和利用四川卤水资源优势,必将促进四川卤化工业发展。所开发的化工产品皆为国内外市场上适销对路,持续需求的稀缺物资,有极大的开发潜力和市场竞争能力,可获得显著的经济效益;

(2) 四川盆地卤水品质优异,富含多种有益组分,其含量通常均可达到开采利用品位,是一种综合性的液矿资源。综合开发利用,现有回收工艺流程完全可实现闭合,无废渣、废荒之害,因此综合开发前景广阔。大力加强四川盆地卤水综合开发力度,既可促进四川无机化工的发展,为国家提供多种紧缺紧俏物资,又可一定程度弥补我国钾盐资源的短缺,还可促进四川天然气工业的发展,取得明显的社会效益。

参考文献:

- [1] 林耀庭,等. 四川盆地气田水浓度分类及成因分类研究[J]. 盐湖研究, 2001, 9(3): 155-156.
- [2] 林耀庭,等. 四川盆地三叠系地下卤水储层特征及其富集的控制作用[J]. 盐湖研究, 1999, 7(3): 4-5.
- [3] 杨立中. 论四川盆地地下卤水资源开发利用的现状[J]. 四川地质学报, 1992, 12(3): 227-229.
- [4] 林耀庭,等. 提高四川钾、硼、碘、溴液矿资源利用水平,实现可持续发展[J]. 成都理工学院学报, 2000, 27(增刊): 46-47.
- [5] 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): 7-9.
- [6] 林耀庭,等. 论盐钾与油气的关系[J]. 化工矿产地质, 2001, 22(2): 72-73.
- [7] 李仲模. 油盐兼探是找钾工作的上策[J]. 化工矿业通讯, 1995, (5).
- [8] 冉隆辉,等. 四川盆地的气田开发[J]. 天然气工业, 1995, (增刊): 9.
- [9] 许可方. 四川气田排水采气工艺技术[J]. 天然气工业, 1995, (增刊): 24.
- [10] 林耀庭. 四川盆地卤水钾硼碘溴资源开发利用可持续发展的对策思考[J]. 盐湖研究, 2001, 9(2): 56-57.
- [11] 林耀庭,等. 四川盆地卤水钾资源分布类型及其品质的研究[J]. 化工矿产地质, 2002, 24(4): 216-217.

表 3 四川盆地西部富钾卤水与黄海水各沉积阶段水化学组成对比表
 Table 3 Comparison of the hydrochemical compositions of the potassium-rich brine of western Sichuan Basin with the seawater of Yellow Sea in its different precipitation stages.

浓缩阶段	密度	矿化度 /g·L ⁻¹	常量组分质量浓度/g·L ⁻¹											稀有组分质量浓度/mg·L ⁻¹					B ₂ O ₃ /g·L ⁻¹
			K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	Br ⁻	I ⁻	Li ⁺	Rb ⁺	Sr ⁺	B ³⁺				
原始海水	1.0224	32.00	0.34	9.89	0.38	1.19	0.13	2.42	17.53	61.00	<0.01	0.17	0.11	17.80	4.30	0.014			
文石沉积	1.0687	103.10	1.10	32.19	1.13	3.82	0.14	7.96	56.53	200.16	<0.01	0.55	0.38	22.55	17.08	0.055			
石膏开始	1.1000	148.40	1.40	45.70	1.50	5.62	0.20	11.55	82.05	281.79	<0.01	0.97	0.50	32.89	17.08	0.055			
石膏沉积	1.1620	237.80	2.60	69.97	0.77	9.36	0.15	15.23	137.53	480.81	0.02	1.38	0.83	47.92	45.62	0.147			
石开始	1.2124	348.90	3.00	111.20	0.49	12.39	0.07	37.09	183.59	651.80	0.029	1.63	1.18	55.00	46.87	0.151			
食盐沉积	1.2186	332.85	9.00	99.58	0.47	13.84	0.13	20.25	187.89	749.00	0.071	1.85	1.35	59.85	51.25	0.165			
泻利	1.2297	340.95	14.50	82.82	0.29	22.66	0.07	32.35	183.59	1178.00		3.00	2.70	56.33	107.50	0.346			
盐沉积	1.2894	396.75	16.20	42.21	0.25	59.08	/	84.50	189.03	2958.75	0.280	8.13	5.88	26.25	203.13	0.654			
钾盐沉积	1.3376	459.20	25.00	11.95	0.20	90.40	/	74.00	248.05	5691.00	0.370	16.25	7.00	未见	431.25	1.389			
光卤石沉积	1.3962	532.34	1.14	1.77	0.10	129.02	/	43.10	339.18	10504.70	0.400	35.71	未见	未见	809.50	2.606			
水氯镁石沉积	1.4057	539.16	0.73	1.77	/	130.15	/	500.40	334.91	11614.20		45.24	未见	未见	1077.83	3.470			
四川盆地西部富钾卤水	1.2380	377.27	53.27	96.79	3.63	3.17	1.13	1.39	210.08	2533.00	38.38	89.80	37.50	166.00	4994.36	16.079			
富钾卤水																			
比值	0.960	0.951	3.288	2.293	14.520	0.054	16.143	0.016	1.111	0.856	137.071	11.045	6.378	6.324	24.586	24.586			
泻利盐沉积																			

注: 据陈郁华 1983 年黄海水蒸发实验资料; 其中 I⁻ 组分含量系根据李亚文, 韩蔚田南海蒸发资料。

Resource Advantages of the Underground Brines of Sichuan Basin and the Outlook of Their Comprehensive Exploitation

LIN Yao-ting

(The second geological group of Southwest Bureau of Petroleum, Chengdu 611844, Sichuan, China)

Abstract: Underground brines in Sichuan Basin are found in each stratum from Sinian to Cretaceous. The brines feature the characteristics of broad distribution, resource abundance, high quality, high pressure, and coexistence with gases, which make them as wonderful natural liquid mineral reserves for exploitation. The brines contain many useful components such as potassium, bromine, iodine, boron, lithium, strontium, and rubidium, which are very needy in the domestic market. Their contents generally meet the grades for mining. Therefore, the comprehensive utilization of the brine resources is of great economic significance. It is believed that the outlook for their exploitation is very promising.

Key words: Brine resources; Advantageous mineral; Outlook of exploitation; Sichuan Basin

全国唯一的研究盐湖科学和技术的专业性学术期刊 欢迎订阅《盐湖研究》

《盐湖研究》是国家科委批准的学术类自然科学期刊,由中国科学院青海盐湖研究所主办,科学出版社出版,1993年创刊并在国内外公开发刊。

《盐湖研究》是国内唯一的研究盐湖科学和技术的专业性期刊。面向国内外报导交流盐湖、地下卤水、油田水、海水等基础、应用、开发和技术及管理的研究报告、论文和成果,探讨其资源的分离提取技术与综合利用途径。

《盐湖研究》为季刊, A4 开本, 72 页, 每季末月 5 日出版发行。单价: 8.00 元/本, 全年 32.00 元。刊号: ISSN1008-858X; CN 63-1026/P。邮发代号: 56-20。全国各地邮局均可订阅。联系电话: 0971-6301683。