

川东石炭系气水理化性质与天然气富集关系

黄建章 陈心胜 周国源 陶泽兴

(四川石油管理局川东钻探公司 重庆 630021)

通过对川东地区石炭系气、水资料的收集整理,表明天然气组份中的 H_2S 含量、干燥系数、地层水矿化度和水层压力,都与天然气的富集规律有踪可寻,能够为预测川东石炭系有利勘探地区提供依据。

关键词 川东 石炭系 天然气 气水性质 分布规律

第一作者简介 黄建章 男 31岁 工程师 石油与天然气地质

川东石炭系为泻湖和海湾条件下的碳酸盐岩沉积。在南起重庆至涪陵一线,北到大巴山前缘的广大地区均有其踪迹,残留厚度一般10—80m。气藏储集岩以藻砂屑白云岩及角砾白云岩为主,平均有效厚度17m,平均孔隙度5.6%,平均含气饱和度80%。截止1992年底,工区内已发现15个气田,17个含气构造。

钻探资料表明,川东石炭系为边水气藏,地层水以 $CaCl_2$ 为主,天然气中 CH_4 含量一般93%—98%,平均96.6%,属典型的气田气。

一、天然气性质

(一) 理化性质

(1) CH_4 含量高,平均96.6%, C_2^+ 含量低,平均为0.48%,干燥系数平均200,属典型的气田气。

(2) 酸性气体含量低, H_2S 平均为0.1%, CO_2 平均为1.29%。

(3) 稀有气体含量低,He、Ar、 H_2 总计不超过1%,其中He不超过0.2%,不具工业价值。

(二) 干燥系数分布特征

天然气干燥系数是 C_1/C_2^+ 的比值。系数值愈大,表明组分越轻,重烃含量越少。石炭系

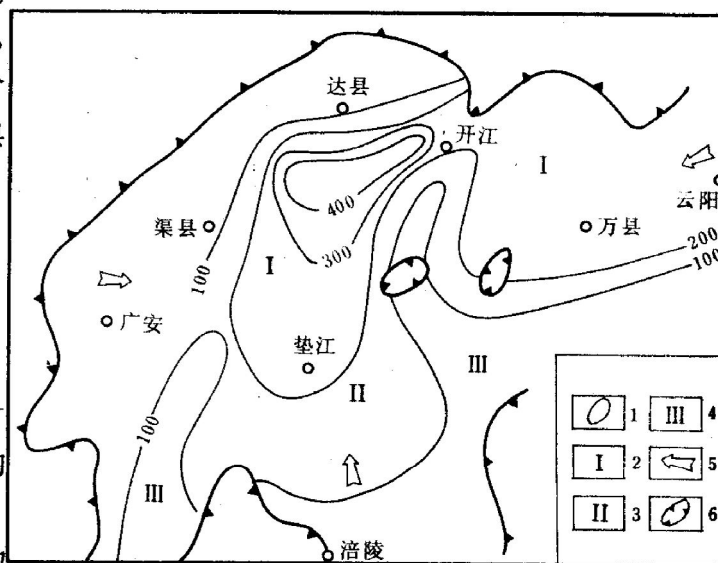


图1 天然气干燥系数与油气富集关系图

1—干燥系数等值线, 2—干燥系数 ≥ 200 , 3—干燥系数100—200, 4—干燥系数 < 100 , 5—烃类早期二次运移方向, 6—石炭系缺失区

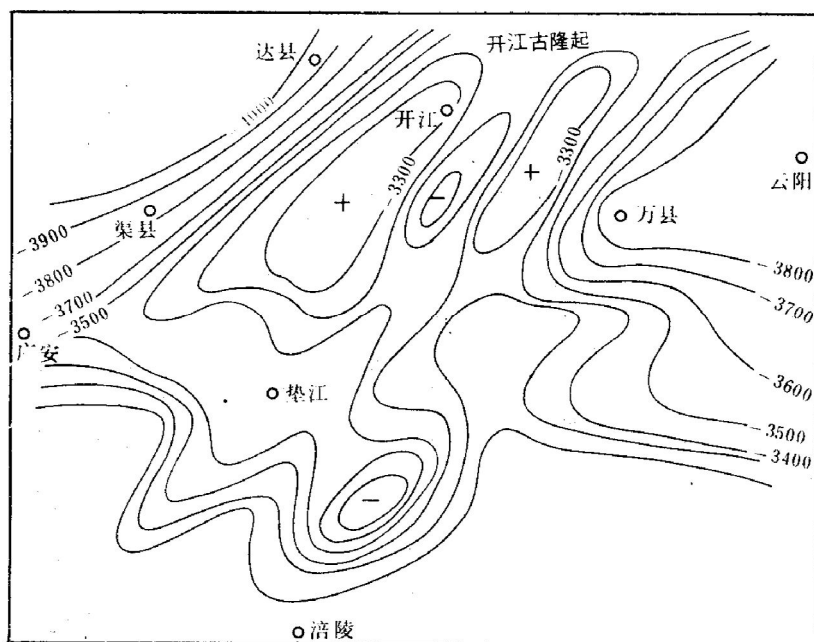


图2 侏罗系沙溪庙组沉积前石炭系顶面古构造图

天然气原始母质相同,因而,干燥系数越大,在一定程度上反映油气运移的路程就越长。石炭系气藏干燥系数分布特征(图1)与侏罗纪沙溪庙期以前石炭系古构造(图2)大体一致,离开江古隆起近的气藏,干燥系数大,反之则干燥系数低。这表明,干燥系数增大的方向与石炭系油气早期运移的方向一致(表1)。

目前,在达县—云阳的高值区(I区,干燥系数大于200),储量发现值占整个石炭系的70%,并在I区西部发现了五百梯、沙罐坪、双家坝、福成寨等气田,而东部地区由于勘探程度低,仅获巫山坝、冯家湾、高峰场等三个

气田。下步应在I区东部的南门场、云安厂构造,以及云阳县及其以东地区寻找石炭系气藏,华莹山以西的广安、渠县等地获气希望不大。

表1 石炭系气藏天然气干燥系数一览表

构造	观音铺	亭子铺	铁山南	云和寨	福成寨	邻北	板西
干燥系数	127	249	432	241	223	83	72
构造	板东	座洞崖	相国寺	相东	檀木场	双家坝	高桥
干燥系数	151	56	105	74	450	308	343
构造	胡家坝	新民	张家场	卧龙河	双龙	新市	沙罐坪
干燥系数	215	299	228	186	161	97	277
构造	任市	龙门	义和场	五百梯	巫山坎	安仁	高峰场
干燥系数	55	60	216	203	246	195	240
构造	万顺场	龙一吊	三岔坪	五灵山	铜锣峡	门3井	建南
干燥系数	67	107	226	157	78	68	63

(三) H_2S 分布规律

从总体上讲,石炭系气藏 H_2S 的含量很低,一般为0.1%,但不同气藏含量的差异却很明显(图3,表2)。可分为三个区:I区 H_2S 大于0.1%,但均在1%以下,以五百梯、张家场、福成寨为代表;II区在0.001%—0.1%之间,以高峰场、龙门为代表;III区普遍在0.001%左右,代表气藏为相国寺、双龙、大池干井。

从图3看出, H_2S 含量高的 I 区与石膏分布区吻合, 而含量在 0.001% 及以下的 III 区则未钻遇石膏。统计资料表明, 石炭系气藏 H_2S 的高低主要受石膏层控制 (表 3)。

石膏沉积反映了微地貌特征^[1], 分布于咸化泻湖中。在天然气成藏过程中, 部分石膏与烃类作用而形成 H_2S^* 。

H_2S 含量高的气藏主要位于凹陷区, 它的储集层一般比远离凹陷区和 H_2S 含量低的气藏好。这是因为凹陷超盐度的卤水在析出石膏之后, 水体中 Mg^{2+} 相对富集, 导致交代白云岩的形成, 成为石炭系气藏的储集体。

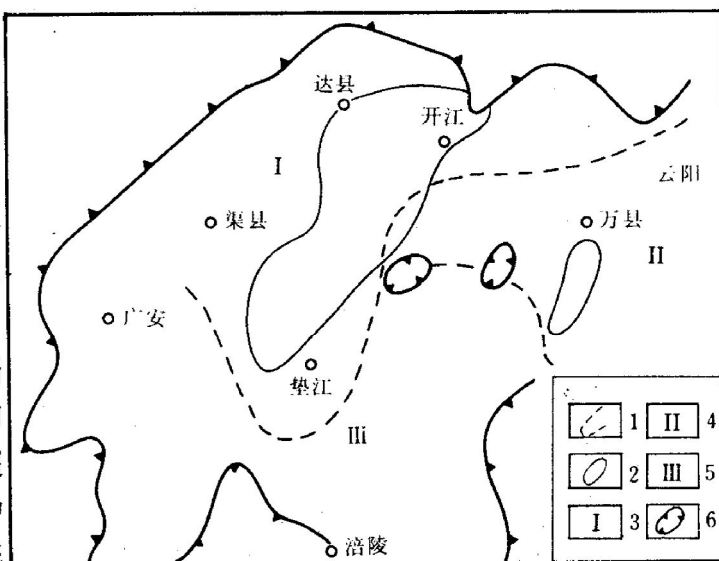


图3 气藏 H_2S 含量与石膏分布关系图

1— H_2S 分区线, 2—石膏分布区, 3— H_2S 含量 $\geq 0.1\%$, 4— H_2S 含量 0.001%—0.1%, 5— H_2S 含量 $\leq 0.001\%$, 6—石炭系缺失区

表2 部分石炭系气井 H_2S 体积百分含量

井号	铜 1	相 14	相 19	座 1	板 2	板 3	板东 6
H_2S	0.001	0.001	0.001	0.001	0	0.001	0
井号	邻北 2	新 14	卧 85	双 4	池 11	池 22	池 7
H_2S	0.003	0.001	0.001	0	0.001	0.001	0.001
井号	梁 1	峰 6	天东 9	天东 12	天东 1	天东 7	天东 11
H_2S	0.001	0.01	0.05	0.03	0.18	0.18	0.06
井号	天西 1	门西 1	罐 3	罐 8	雷 11	雷 12	七里 9
H_2S	0.15	0.282	0.36	0.27	0.34	0.16	0.25
井号	七里 14	七里 17	七里 25	七里 24	成 8	成 25	张 8
H_2S	0.08	0.24	0.26	0.07	0.18	0.39	0.17
井号	张 3	卧 65	卧 51	云安 6	云安 2	月东 1-1	铁山 4
H_2S	0.14	0.23	0.13	0.04	0.005	0.23	0.81

表3 部分石炭系 C_{2h^1} 石膏厚度表 (m)

井号	张 3	张 8	天东 4	天东 9	七里 3	罐 2	罐 3
石膏层	3	12	15.5	12	9.8	7.5	3.8
井号	罐 7	罐 8	罐 31	雷 2	雷 11	铁东 2	峰 5
石膏厚	0.8	0.3	6.5	14.5	7	1.0	4.4
井号	峰 6	七里 5	七里 8	成 23	宝 1	亭 1	天西 1
石膏厚	11	3.5	8	6	0.8	10.8	0.2

* 石毓瑾, 徐梦虹. 石油地球化学. 华东石油学院. 1980

二、地层水性质

(一) 特征

- (1) 水型以 CaCl_2 为主, 占 95% 以上, 只有极少数水样为 Na_2SO_4 、 NaHCO_3 和 MgCl_2 水型。
- (2) 总矿化度变化大, 一般值在 30—250 g/l 之间, 最大与最小值相差 10 倍。
- (3) 地层水组分以 Na^+ 、 Cl^- 为主, 其次为 K^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 SO_4^{2-} 、 HCO_3^- , 部分水样富含 I、Br、B 等微量元素。
- (4) pH 值平均 6.3, 呈弱酸性。

(二) 地层水的矿化度

石炭系为泻湖及海湾相沉积。蒸发海水与石炭系地层水氯化物-钠浓度关系图(图 4-a)表

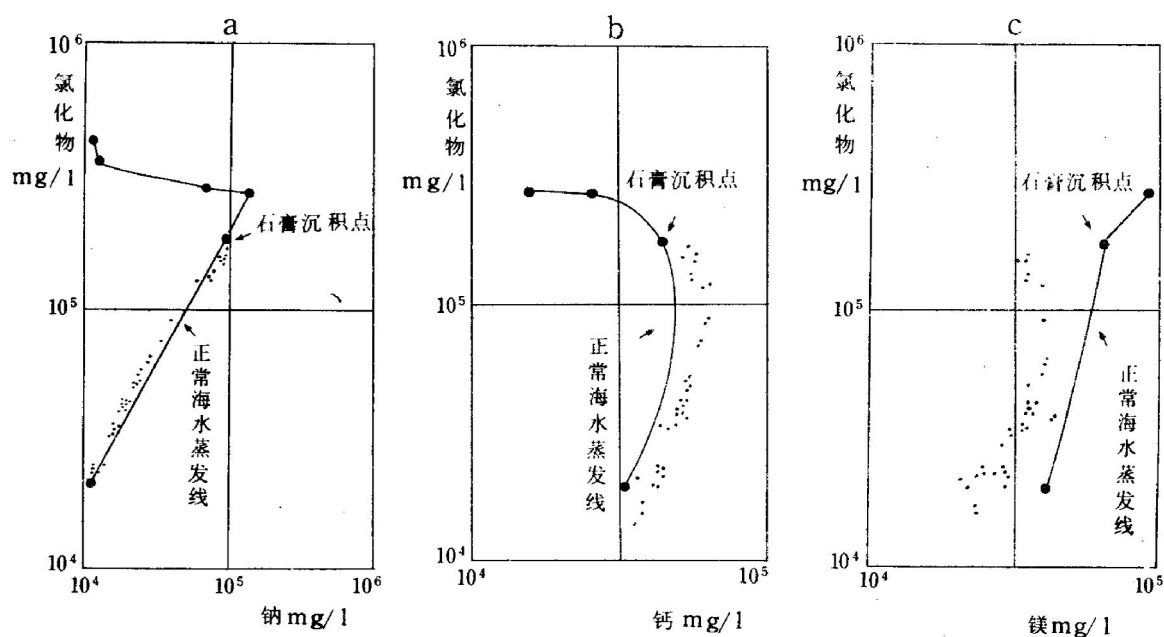


图 4 蒸发海水与石炭系地层水离子浓度关系图

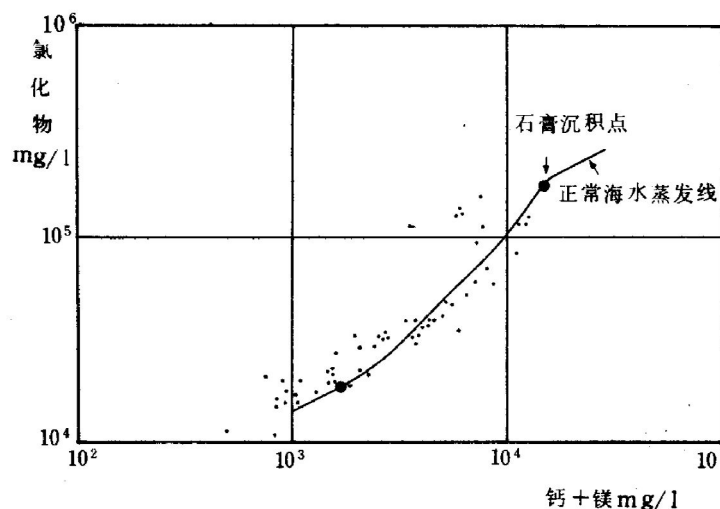


图 5 蒸发海水与石炭系地层水氯化物-钙+镁浓度关系图

明, 实际资料与海水蒸发曲线吻合, 说明石炭系地层水中 Na^+ 、 Cl^- 浓度主要是受海水蒸发所致。氯化物与钙、镁浓度关系图(图 4-b, c)表明, 地层水相对于正常蒸发的海水来说是少镁富钙, 但镁+钙值却与海水蒸发相同。这可解释为白云岩化过程中, 镁离子交代钙离子形成白云岩, 使得盐水中钙离子浓度增加, 镁浓度降低, 而钙+镁的总量不变(图 5)。

石炭系地层水在平面上存在一个高

矿化度区和一个次高矿化度区(图 6)

西部广安-开江-垫江区,总矿化度在100 g/l以上,中心地带高达258 g/l。东区的万县区总矿化度亦在100 g/l以上。其他地区矿化度较低,一般为30—50 g/l,接近现代海水含盐量(32.13 g/l)。地层水矿化度分布特征与石膏的分布基本吻合。西部的高矿化度区对应大面积的石膏保存区;东部的次高矿化度区对应小块石膏保存区。矿化度低值区则没有石膏保存。

(三)异常流体压力与储集性能的关系

对于具静水柱压力的水藏而言,流体压力直接与地层水密度(或矿化度)有关。地层水矿化度越高,密度就越大,相应的流体压力亦越高。但是,川东石炭系存在不同程度的超压,属于封闭性沉积承压水力体系,流体压力与密度已不存在上述关系。图7表明水井压力系数与地层水矿化度呈一条似双曲线关系。总的趋势是,高流体压力总是对应着低矿化度,而高矿化度却总是对应着低流体压力,刚好与静水柱相反(表4)。

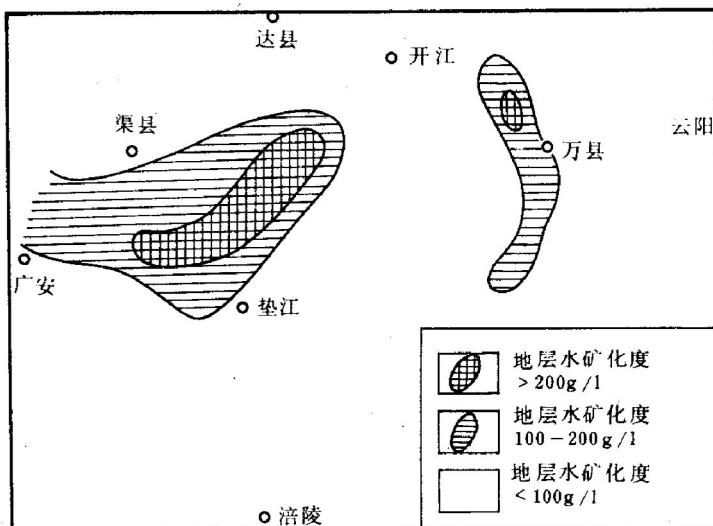


图6 石炭系地层水矿化度分布图

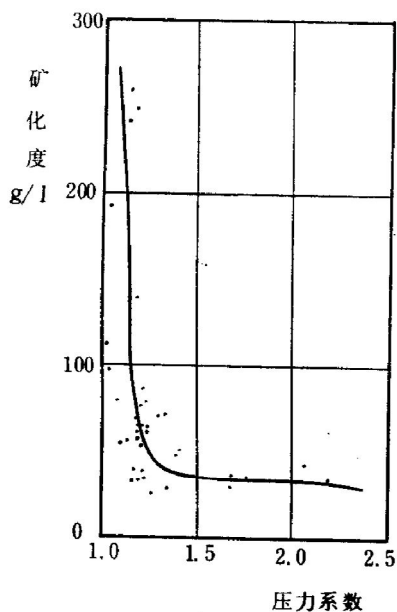


图7 石炭系地层水矿化度与压力系数关系图

Fertl^[2]及Collins^[3]曾分别对类似现象进行过阐述,解释为泥页岩的半渗透隔膜性,使得在含盐量高的方向造成静水压头,而在含盐度低的一侧形成超压;但这一机理无法解释石炭系流体压力与含盐量的关系。几乎所有的异常高压水藏,均分布在储集条件很差的部位,位于石炭系分布的边缘区,以次生灰岩相占优势;而正常流体压力则与物性好、连通性好的白云岩相区有关。考虑到高压水井矿化度与现代正常海水相近,以及在石炭系高压水层之上未发现气层这一特点,推测高压水层的封闭性有可能在二次运移,甚至初次运移之前就已形成。由于其封闭条件好,压力系数大,阻止了油气进入储层,储层中的地层水亦难与四周发生交替,使得现有地层水保持了原始的沉积水化学特征。假若孔隙水在表生期受到大气淡水稀释,其含盐量有可能降到低于正常海水,水型也会发生变化。因而,在石炭系高压水井中常出现 Na_2SO_4 、 MgCl_2 等水型。如大池干井构造池8井一带,由于云南运动,石炭系地层水遭地表水淡化,多孔白云岩去白云岩化为粗结

构的次生灰岩,由于排驱压力高,封闭性能好,使受淡化的沉积海水保持至今,水型为 Na_2SO_4 。按照传统观点, Na_2SO_4 、 MgCl_2 等水型反映保存条件差,特别是 Na_2SO_4 型水,表征与地表连通的静水压力系统。实际上,这一反常现象正好说明了异常高压水藏封闭性好,保存了表生期孔隙水特征。所以,象石炭系这种特定的沉积承压体系,其水型的含义已不能用传统观点去解释。

表4 部分石炭系水井矿化度与压力数据

井 号	深 度 (m)	压 力 (MPa)	压力系数	矿化度 (g/l)	Na+K (g/l)	Cl (g/l)
七里6-1	4023	70.516	1.787	35.67	13.27	21.14
21	3705	66.452	1.829	37.17	13.37	22.29
铁山6	4066	70.151	1.759	30.02	10.28	16.05
7	4692	77.057	1.675	37.09	11.77	21.58
邓1	4652	64.102	1.405	49.59	16.34	29.84
硐西3	4600	79.621	1.765	36.74	12.65	22.01
池32	3857	82.729	2.187	35.66	13.09	21.07
8	4066	82.414	2.067	43.71	15.06	23.18
宝1	4630	56.926	1.254	113.93	35.43	69.87
池9	3462	40.705	1.199	59.89	19.64	40.46
27	5008	58.267	1.186	138.44	41.77	85.30
天西2	4844	54.026	1.137	258.11	92.89	156.80
张20	4992	55.867	1.141	241.13	87.00	146.31
云安1	3002	35.814	1.217	207.95	67.03	127.70
邻北3	3745	43.247	1.178	249.40	92.97	150.83
七里14	4586	49.65	1.104	220.06	79.48	133.53
26	5017	54.634	1.110	215.49	77.62	130.57

三、气水分布及预测的产气构造*

综上所述,石炭系天然气干燥系数的高低,反映了油气早期二次运移的方向。天然气中 H_2S 含量及地层水矿化度高低反映了沉积环境与沉积相。地层水水型及压力系数反映了储层发育好坏及圈闭的封闭性能。根据上述特征,归纳出川东石炭系气水分布及预测图(图8)。含气区是指目前已获得的石炭系气藏,如张家场、五百梯等,或指极有可能含气的构造,如南门场西翼的五里灯和大天池西翼的大树坝等。它们处于干燥系数高值区和有利的沉积相带,地层水压力系数一般1—1.2左右,无异常高压水层存在,储层连通性好,有利于油气运移,是油气聚集的最佳场所。可能含气区是指处于比较有利的油气聚集带,但储集条件稍差,流体超压程度有所增高,压力系数一般1.3左右,或者圈闭埋藏深度太大,如洋渡溪、苟家场及云安厂断层下盘。可能含水区是指从区域上看可能位于较有利的油气聚集带,但目前还尚未见有明显的圈闭,比如东北部的云阳及其以东地区。如果进一步开展地震勘探工作及前期地质论证,有可能上升为可能含气区,甚至含气区。含水区是指已证实的水层或油气聚集的不利区,比如达县及其以北的广大地区。此区水层压力系数高,地层水矿化度低大都处于灰岩相区,油气聚集条件差,目前已钻14口探井无一获气。今后应加强对南门场构造带(主要为门西高带)、云安厂构造带以及云阳及其以东地区的勘探工作。

* 彭大筠,刘云鹤等. 川东地区原始地层压力分布与天然气富集关系研究, 1992

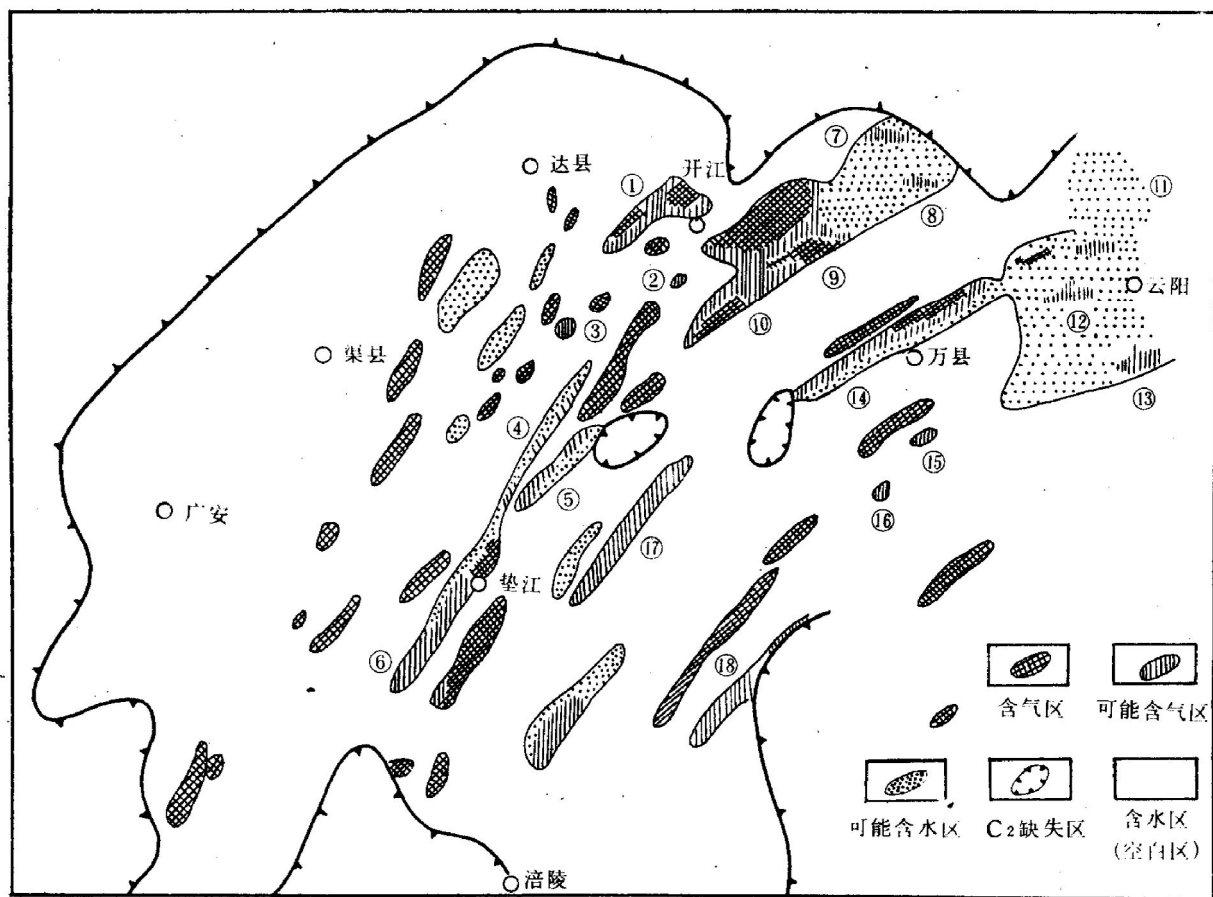


图8 四川盆地东部石炭系气水分布及预测的产气构造

①—沙罐坪外围, ②—白岩山, ③—大树坝, ④—肖家沟-唐家槽, ⑤—沙坪场-屏锦铺, ⑥—澄溪, ⑦—武圣宫, ⑧—镇安厂, ⑨—五里灯, ⑩—门西-五百梯外围, ⑪—云安厂东, ⑫—轿顶山, ⑬—天鹅池, ⑭—大猫坪-沙塘, ⑮—大埡崖, ⑯—周家岭, ⑰—金鸡场, ⑱—洋渡溪, ⑲—苟家场

本文成稿过程中得到了孔金祥、贺自爱等专家的指导, 贺自爱教授级高工对稿件进行了仔细推敲和修改, 徐春春、沈平、费怀义亦提出了宝贵意见, 图件由张开华、张自容等同志清绘, 在此一并表示谢意。

参 考 文 献

- 1 费怀义. 川东石炭系微地貌特征与油气藏分布规律探讨. 海相沉积区油气地质, 1989, 3 (1): 85—92
- 2 费特尔 W. 异常地层压力. 宋秀珍译. 北京: 石油工业出版社, 1982. 20—21
- 3 柯林斯 A G. 油田水地球化学. 林文庄等译. 北京: 石油工业出版社, 1984. 150—165

PHYSICOCHEMICAL PROPERTIES OF CARBONIFEROUS GAS AND WATER IN EAST SICHUAN AND ITS RELATION TO NATURAL GAS ENRICHMENT

Huang Jianzhang Chen Xinsheng

Zhou Guoyuan Tao Zexing

(East Sichuan Drilling CO., Sichuan Petroleum Administration, Chongqing)

Abstract

The data of Carboniferous gas and water collected from East Sichuan show that the content of H_2S , the dry coefficient in natural gas, the formation water mineralization and aqueous layer pressure are all related to gas enrichment. This may be the evidence in predicting favourable exploration areas of Carboniferous natural gas in East Sichuan.