

苏北黄桥地区二氧化碳气藏的地质特征和成因讨论

程石麟

(华东石油地质局地质研究大队)

黄桥地区4口井的天然气以CO₂为主,伴有烃气和氦、氮等气体。CO₂的 $\delta^{13}\text{C}$ 值为-5.88‰至-2.874‰,甲烷的 $\delta^{13}\text{C}$ 值为-40.10‰至-37.643‰。气藏可能是多源混合气藏。

1982年以来,我局在苏北黄桥西南1700 km²范围内的第三系、三叠系、二叠系、泥盆系、志留系等层位发现了高产CO₂气藏。本文根据CO₂气藏的地质特征和气体碳同位素等资料,初步认为本区CO₂气藏属于多源混合气藏。

一、气藏的地质特征

黄桥地区CO₂气藏位于下扬子盆地镇江拗褶带内,已有4口深井钻遇气层(图1)。

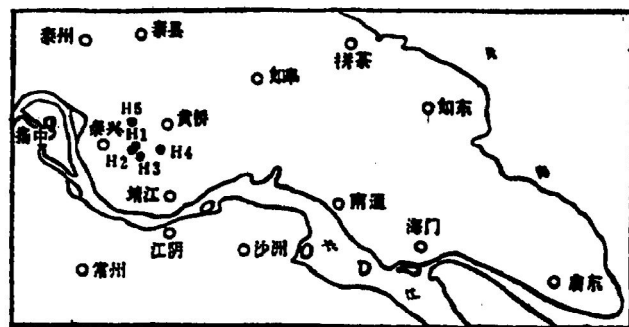


图1 黄桥地区CO₂井位图

1. 气体具分带性

除CO₂外,本区天然气还含有烃气、氮气和惰性气体等。各组分的含量,不同层系略有差异。H₁井主要产气层位为中、上志留统坟头组、茅山组 and 上泥盆统五通组,气体成分见表1,产层深度见表2,地层水特征见表3。从表1可以看出,H₁井的天然气自下而上可分为3个带(表2):Ⅰ带含甲烷和氮气较多,Ⅱ带为较纯的CO₂,Ⅲ带无烃气而有氮气¹⁾。在Ⅰ带与Ⅱ带之间,还有一层稍含CO₂而以甲烷为主的天然气(表1

本文1986年10月21日收到。

1) 下二叠统埋藏较浅,地层水矿化度较低,该层位天然气中的N₂和O₂可能来自大气。——编者

表1 H₁井天然气成分

层位	比重	体 积 百 分 含 量 (%)								
		二氧化碳	甲 烷	乙 烷	丙 烷	异丁烷	正丁烷	异戊烷	正戊烷	氮 氧
P ₁	1.510	87.02								10.67 2.09
D ₃	1.513	97.79	1.061	0.031	0.009	0.0027	0.005	0.005	0.003	2.54
S ₃	1.500	98.49	2.020	0.035	0.012	0.0031	0.005	0.002	0.003	1.46
S ₂	1.355	77.93	11.65	0.420	0.137	0.0225	0.039	0.091	0.020	9.44

表2 H₁井CO₂产层深度

层 位	产 层 深 度 (m)	样 品 数	分 带
S ₂ /n	2631.7—2640.0	34	I 带
S ₃ m	2348.5—2352.5	5	I 带
D ₃ w	2282.3—2298.3	13	
P ₁ q	1858.48—1866.43	4	II 带

表3 H₁井地层水分析成果

层 位	阴离子顺序	Cl ⁻ 含量(mg/l)	水 型	水 组(亚组)	矿 化 度
P ₁	HCO ₃ —Cl—SO ₄	62	NaHCO ₃		647 mg/l
D ₃	Cl—HCO ₃ —SO ₄	43850—53900	CaCl ₂	Cl ⁻ (Na ⁺)	85.93 g/l
S ₂	HCO ₃ —Cl—SO ₄	1450—1781	NaHCO ₃	HCO ₃ ⁻ (Na ⁺)	16.88 g/l

未列出)；Ⅰ、Ⅱ带产层地下水类型不同，这说明各气层有一定的分隔性。

其他3口井(H₂、H₃、H₄)没有钻到泥盆系。这3口井下二叠统栖霞组的天然气均基本上不含烃类，组分具有一定的相似性。

2. 有两种储层

(1) 晶洞-裂隙(缝)型 发育于海相致密灰岩中，次为云质灰岩和泥晶灰岩。本区古生界碳酸盐岩的后生作用对碳酸盐岩的储集性能有建设性的影响。构造应力形成的裂缝很发育(尤其是背斜部位)，也为CO₂的聚集创造了有利条件。

(2) 孔隙型 含气层位的海相地层，碳酸盐岩孔隙一般优于碎屑岩。碎屑岩孔隙度一般为1.5—2.0%，渗透率自0.5至27.24mD不等，为本区CO₂次要储集岩。碳酸盐岩孔隙度为1.46—5.67%，孔隙类型有晶间孔、生物体腔和藻架孔隙等，对CO₂的聚集有一定意义。

3. CO₂气藏中混有烃气和少量凝析油

本区下古生界天然气中烃气含量为3.5—20.0%，上古生界为0—3.0%。H₁井古生界在产CO₂的同时，还有少量凝析油产出。J. A. Momper (1978)认为：CO₂作为一种气体溶剂，可带动低密度和低粘度的油；在一定条件下，溶于油的CO₂比溶于水者至少多10—20倍，并且比其他气体都溶得多；油里的CO₂能降低油的粘度，增加油的滴

度; 高浓度的 CO_2 可使重组分沉淀^[2]。

4. CO_2 气藏的空间展布受构造条件控制

现已发现的高产 CO_2 气藏主要展布于镇江拗褶带东北部。展布区的主要构造型式是北东—南西向延伸的复式褶皱以及与之伴生的断裂构造。复背斜抬升较高, 常发育倒转背斜和逆冲断层。复向斜是中新生代的断拗地带, 也是中新生代盆地的基础。现今的构造格局, 主要形成于三叠纪末的印支运动和侏罗纪、白垩纪之间的燕山运动, 定型于喜山期。 CO_2 气藏主要展布于复背斜高部位的圈闭中, 两侧低部位钻遇中、古生界的深井目前尚未发现高产 CO_2 气层。

二、气藏成因讨论

H_1 、 H_4 井 16 个气样的碳同位素资料见表 4。

表 4 黄桥地区天然气 $\delta^{13}\text{C}$ 值

井 号	层 位	井 深 (m)	$\delta^{13}\text{C} (\text{‰})$	
			CO_2	CH_4
H_4	下三叠统	1284	-3.29	-40.10
		1284	-3.41	
		1284	-3.57	-39.71
		1284	-3.08	-39.95
H_1	下二叠统	1859.48—1866.43	-2.874	
		1859.48—1866.43	-3.717	
	下二叠统	2011.36—2849.00	-3.384	
		2011.36—2849.00	-2.976	
		2013.57—2849.72	-2.951	
		2013.57—2849.72	-3.095	
		2013.57—2849.72	-3.147	
		2013.57—2849.72	-2.884	
		2013.57—2849.72	-2.807	
	中志留统	2613.30—2643.30	-5.14	-39.48
		2613.30—2643.30	-5.88	-39.56
		2613.30—2643.30	-5.488	-37.643

Э.М.Галимов 认为, 海相灰岩的 $\delta^{13}\text{C}$ 值分布于 -9.0 至 +6.0‰ 之间 (大部分样品分布于 -2.0 至 +2.0‰ 之间), 岩浆生成的 CO_2 的 $\delta^{13}\text{C}$ 值为 -1.3 至 -12.0‰, 平均为 -7.0‰^[3]。

我们采集下二叠统栖霞组灰岩和方解石的 6 个样品在 850℃ 条件下作了人工热解实验, 所释放的 CO_2 的 $\delta^{13}\text{C}$ 值为 +1.8 至 +3.869‰, 平均为 +2.66‰ (表 5)。

对照表 4 和表 5, 可知本区 CO_2 的 $\delta^{13}\text{C}$ 值与灰岩人工热解 CO_2 相差悬殊, 但仍位于 Галимов 所指出的灰岩 $\delta^{13}\text{C}$ 值范围 (和岩浆 CO_2 $\delta^{13}\text{C}$ 值范围) 之内。

Н.И.Хитаров 认为, 在水的参与下加热碳酸盐岩, 当温度近 200℃ 时就剧烈分解, 逸出碳酸气^[3]。本区地表年平均温度约为 15℃, H_3 井 5000m 深处 (寒武—震旦系) 的地

表5 H₁井灰岩及方解石热解 CO₂ 的 $\delta^{13}\text{C}$ 值

井 深 (m)	样 品	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	分 析 单 位
1854.64—1859.35	灰 岩	+1.9	胜 利 油 田
1913.00—1914.00	灰 岩	+3.5	
1943.00—1945.00	灰 岩	+1.8	
1992.00—1997.00	灰 岩	+1.2	

H₁井上二叠统五通组天然气中氦的含量已达工业品位。这些氦气也可能来自地幔或岩浆。

表6 H₁井五通组两个气样的组分*

组 分	mg/标m ³	组 分	含 量(%)	组 分	含 量(%)
H ₂ S	0.80—0.87	甲 烷	0.46—0.48	正 戊 烷	0.002—0.003
硫氧化物	0.25—0.35	乙 烷	0.030—0.032	氦 + 氧	0.057—2.27
甲 硫 醇	检 出	丙 烷	0.02	氮	4.66—9.05
		异 丁 烷	0.007—0.008	氢	0.014—0.021
		正 丁 烷	0.007—0.014	氮	0.005—0.007
		异 戊 烷	0.003		

* 由四川石油管理局天然气研究所分析, mg/标m³表示1个标准大气压下1m³气体所含的mg数。

在冶金工业部航测大队(1984)所编的扬州—南通地区 ΔT 、 Δg 等值线图上,西部和东部都存在磁异常区,磁性体埋深一般约1000m,部分超过2000m。经钻探验证,主要为中酸性及基性喷发岩。从数字地震构造图上还见到,CO₂气藏展布范围有北东东、北西几组断裂。因此,本区CO₂气藏可能的确与岩浆活动有关,而断裂为内生CO₂提供了通道。

本区古生界碳酸盐生油岩有机碳的 $\delta^{13}\text{C}$ 值为-23.79至-24.39‰。这些生油岩生成的甲烷,其 $\delta^{13}\text{C}$ 值理该较小。本区中志留统坟头组天然气,CH₄含量较高,CO₂的 $\delta^{13}\text{C}$ 值较小,而下二叠统栖霞组天然气,CH₄含量较低,CO₂的 $\delta^{13}\text{C}$ 值较大(表1,4)。这是否

1) 华东石油地质,1984,第2卷,第3期。

说明 CO_2 的 δ^{13} 值同 CO_2 与 CH_4 的碳同位素交换作用有关, 也值得注意。

综上所述, 可见黄桥地区 CO_2 的成因, 目前还难下结论。作者猜想本区天然气是多源混合气藏, CO_2 主要来自地幔和岩浆。

参 考 文 献

- [1] 熊寿生等, 1984, 石油实验地质, 第6卷, 第3期。
- [2] Kvenvolden, K.A. et al., 1980, AAPG Bull., Vol. 64, No. 7.
- [3] Максимов, С.П. и т.д., 1980, Геология, No. 7.

GEOLOGICAL FEATURES OF CO_2 POOL IN HUANGQIAO REGION, NORTH JIANGSU, AND ITS GENESIS

Cheng Shilin

(Geological Research Brigade, Huadong Bureau of Petroleum Geology)

Abstract

Natural gas is discovered in 4 wells in Huangqiao region, north Jiangsu. The gas is composed mainly of CO_2 with small amount of hydrocarbon, helium and argon. The $\delta^{13}\text{C}$ -values of CO_2 range from -5.88 to -2.874% , and that of methane ranges from -40.10 to -37.643% . The pool may probably be mixed one of multisource.

《中国中生代陆相沉积盆地与油气》报告评审 学术讨论会在江陵召开

地质矿产部石油地质海洋地质局和科学技术司主持召开的地质矿产部重点科研项目《中国中生代陆相沉积盆地与油气》报告评审学术讨论会于1987年2月9日至13日在湖北江陵召开。有55名代表出席。评审委员会由中国科学院学部委员刘光鼎、岳希新等14人组成。

此项研究报告的作者中国科学院学部委员关士聪教授以及袁捷、陈晓东工程师分别就各部分研究成果向大会作了详细介绍。

评审委员会认为, 该项成果以基础资料丰富、研究面广、论述比较全面为特色, 它反映了地矿部系统三十多年来石油普查勘探工作的丰硕成果。它以发展我国陆相石油地质理论, 指导找油找气为目的, 以石油普查勘探的丰富资料为基础, 全面、系统地分析了中国陆相盆地的地层、构造和含油气性特征, 并进一步探讨了它们的形成机理、发展规律、类型划分及油气远景。这一成果达到了预期的目标, 反映了近年来在含油气盆地研究工作中取得的新进展, 并有所创新, 具有很高的学术水平。同时, 评审委员会还就报告存在的问题提出了具体意见。

(吴尊喜)