

文章编号: 0253-9985(2004)06-0625-04

柴达木盆地西部坳陷区混源气判识

马立元¹, 张晓宝¹, 胡 勇², 段 毅¹, 李秀芬¹, 宋成鹏¹

(1. 中国科学院兰州地质研究所气体地球化学国家重点实验室, 甘肃兰州 730000;

2. 中国石油天然气总公司青海油田分公司勘探开发研究院, 甘肃敦煌 736200)

摘要: 通过柴达木盆地西部坳陷区 13 个油气田的 34 个天然气样品组分和碳同位素值分析, 运用天然气的甲烷、乙烷和丙烷碳同位素组成判识, 柴达木盆地西部坳陷区天然气可划分为腐泥型原油伴生气, 混合型原油伴生气, 煤型气和混合成因气等 4 种类型混源气。西部坳陷区的大多数天然气属同源同阶的腐泥型原油伴生气、混合型原油伴生气或煤型气, 由生物气或未熟混合型原油伴生气和低熟混合型原油伴生气复合而成的混合成因气仅分布于尕斯断陷亚区尕斯库勒油田浅层(上第三系), 跃进二号西交点, 以及油砂山油田和昆北断阶带乌南油田。

关键词: 天然气; 混合气; 碳同位素; 柴达木盆地

中图分类号: TE112.1 文献标识码: A

Discrimination of mixed gases in western depression of Qaidam basin

Ma Liyuan¹, Zhang Xiaobao¹, Hu Yong², Duan Yi¹, Li Xiufen¹, Song Chengpeng¹

(1. Lanzhou Institute of Geology, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou, Gansu;

2. Research Institute of Petroleum Exploration and Development, Qinghai Petroleum Company, CNPC, Dunhuang, Gansu)

Abstract: Chemical compositions and carbon isotopes of 34 natural gas samples, collected from 13 oil and gas fields in western depression of Qaidam basin, are measured and analyzed. Based on the carbon isotopes of methane, ethane and propane in the gas samples, the natural gas in western depression of Qaidam basin can be divided into 4 different types, including sapropel-type oil-associated gas, mixed-type oil-associated gas, coal-related (humic) gas and hybrid gas. Most of the gases in western depression are cogenetic and synchronous sapropel-type oil-associated gas, mixed-type oil-associated gas and coal-related gas. Hybrid gas, consisted of biogas, immature mixed-type oil-associated gas and low-mature mixed-type oil-associated gas, distribute only in the shallow layers (Neogene) in Gas Hure oilfield in Gas faulted depression, the Yuejin No. 2 west intersection point, Youshashan oilfield and Wunan oilfield in Kunbei fault bench zone.

Key words: natural gas; mixed gas; carbon isotope; Qaidam basin

天然气中烃类组分碳同位素分馏主要受母质继承效应和成熟度效应控制, 不同母质类型在同一热演化阶段生成的天然气烃类分子碳同位素值不同; 同一母质类型在不同热演化阶段生成天然气烃类组分碳同位素也有差异, 而同一母质类型在相同演化阶段生成天然气的烃类分子碳同位素及其差值之间却存在一定的相关关系^[1~9]。因

此, 运用天然气的烃类系列同位素组成可研究天然气的多源复合问题。

1 地质背景

柴达木盆地位于青藏高原东北部, 是印支期后由于印度板块与欧亚板块碰撞, 在南北应力挤压下形成的内陆山间盆地。盆地三面环山, 北靠

祁连山脉,西邻阿尔金山脉,南接昆仑山脉。盆地基底由前中生界的变质岩、花岗片麻岩系和花岗岩组成。根据盆地基底构造、沉积地层、断裂和圈闭等发育特征,可将盆地划分为北部块断带、西部坳陷区和东部坳陷区等3个一级构造单元* (图1)。

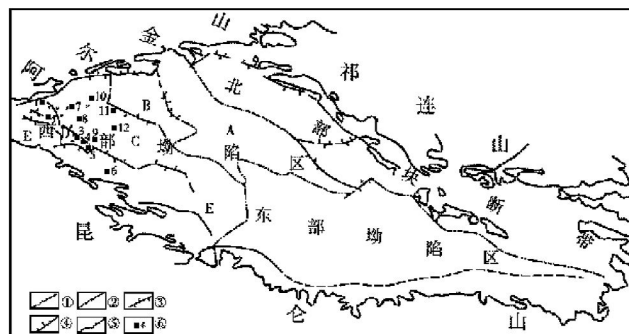


图1 柴达木盆地构造单元图**

Fig.1 Map showing structural units in Qaidam basin

- ①一级构造单元界限; ②亚一级构造单元; ③逆断层; ④正断层;
⑤老山界限; ⑥油气田; A—里坪断陷亚区; B—大风山隆起亚区;
C—茫崖断陷亚区; D—尕斯断陷亚区; E—昆北断阶带; 1—七个泉;
2—红柳泉; 3—砂西; 4—尕斯库勒; 5—跃进2号; 6—乌南;
7—花土沟; 8—狮子沟; 9—油砂山; 10—咸水泉;
11—南翼山; 12—油泉子

柴达木盆地西部坳陷区烃源岩主要分布于第三系,包括下第三系下干柴沟组、上第三系上干柴沟组、下油砂山组和上油砂山组,厚度3 000~11 800 m。区域上主要分布于昆北断阶带、茫崖坳陷亚区和尕斯断陷亚区(图1)。第三系烃源岩主要为一套含膏盐层的湖相暗色泥岩和钙质泥岩,有机碳平均含量为0.32% (1 997个样品),属较好到好的烃源岩。盆地西部南区(昆北断阶带、尕斯断陷亚区)烃源岩以混合型干酪根为主;中区(茫崖坳陷亚区南部)东部同样以混合型干酪根为主,但向西至狮子沟一带腐泥型干酪根增多;北区(茫崖坳陷亚区北部)烃源岩也主要是混合型干酪根,但腐殖型干酪根增多。

2 样品与实验

柴达木盆地西部共采集了13个油田(图1)的34个天然气样品。垂向上样品主要分布于新、老第三系。分析了天然气样品化学组成的百分含量

和甲、乙、丙、丁烷的碳同位素组成。

天然气组分用装配有火焰离子和热导检测器的气相色谱仪测定。对于大多数组分,检测限平均为 $0.1 \times 10^{-6} \sim 10 \times 10^{-6}$ 。主要组分的分析精度在 $\pm 1\%$ 以内。数据如实报道,未考虑痕量空气污染,也未进行数据的标准化。

用于碳同位素分析的甲烷、乙烷、丙烷和丁烷的 CO_2 制备在一个与氧化铜炉相联的气相色谱仪上进行。 $\delta^{13}\text{C}$ 分析在Mat-252同位素质谱仪上完成。碳同位素组成相对于PDB标准报道。估计碳同位素分析误差为 $\pm 0.02\%$ 。

3 结果讨论

一般认为,天然气甲烷碳同位素是反映成熟度的指标,而乙烷碳同位素和丙烷碳同位素则是反映母质类型的较好指标^[2~15],对于源于相同母质类型但处于不同成熟度的天然气来说,其 $\delta^{13}\text{C}_1$ 与 $\delta^{13}\text{C}_2$, $\delta^{13}\text{C}_2$ 与 $\delta^{13}\text{C}_3$ 间呈正相关关系,而混合成因气则不存在这种关系。另外,对于源于相同母质类型但处于不同成熟度的天然气,其 $\delta^{13}\text{C}_2 - \delta^{13}\text{C}_1$ 与 $\delta^{13}\text{C}_3 - \delta^{13}\text{C}_2$ 间也具备正相关关系,但混合成因气的 $\delta^{13}\text{C}_2 - \delta^{13}\text{C}_1$ 与 $\delta^{13}\text{C}_3 - \delta^{13}\text{C}_2$ 间无此规律^[15~17]。因此,本文根据天然气的 $\delta^{13}\text{C}_1$, $\delta^{13}\text{C}_2$ 和 $\delta^{13}\text{C}_3$ 分布特征和 $\Delta^{13}\text{C}_{2-1}$ 与 $\Delta^{13}\text{C}_{3-2}$ 之间的关系综合判别柴达木盆地西部坳陷区天然气的成因类型,划分出其中的混合成因天然气。

3.1 $\delta^{13}\text{C}_1$ 与 $\delta^{13}\text{C}_2$, $\delta^{13}\text{C}_2$ 与 $\delta^{13}\text{C}_3$ 关系图

图2和图3分别为柴达木盆地西部坳陷区天然气 $\delta^{13}\text{C}_1$ 与 $\delta^{13}\text{C}_2$, $\delta^{13}\text{C}_2$ 与 $\delta^{13}\text{C}_3$ 关系图。由图2和图3可知,柴达木盆地西部坳陷区天然气可划分为A、B、C和D等4组。

A组天然气与原油相伴生,烃类气体碳同位素较轻, $\delta^{13}\text{C}_1$ 值为 $-4.26\% \sim -3.95\%$, $\delta^{13}\text{C}_2$ 值为 $-3.76\% \sim -2.86\%$, $\delta^{13}\text{C}_3$ 值介于 $-2.74\% \sim -2.35\%$;与B、C组天然气相比较,该组天然气组分明显偏湿, C_{2+} 分布于 $34.56\% \sim 50.10\%$,显示了腐泥型原油伴生气的特征。B组天然气烃类气体 $\delta^{13}\text{C}_1$ 介于 $-4.05\% \sim -3.56\%$, $\delta^{13}\text{C}_2$ 分布于 $-2.86\% \sim -2.48\%$, $\delta^{13}\text{C}_3$ 位于 $-2.59\% \sim -2.09\%$;

* 青海石油管理局,石油大学.柴达木盆地天然气资源评价与有利勘探选区.1999.24~30

黄第藩,李晋超,周翥虹,等.柴达木盆地西部第三系油源岩的地球化学和生油评价.1987.1~187

青海石油管理局勘探开发研究院,北京石油勘探开发研究院.柴达木盆地第三系未熟-低熟石油地球化学特征、形成环境和成藏条件研究.1998.1~108

** 青海油田分公司勘探开发研究院.青海省柴达木盆地尕斯断陷第三系勘探目标选择及油气综合评价.2000.5~14

3.2 $\Delta^{13}\text{C}_{2-1}$ 与 $\Delta^{13}\text{C}_{3-2}$ 关系图

图 4 是 $\Delta^{13}\text{C}_{2-1}$ 与 $\Delta^{13}\text{C}_{3-2}$ 关系图, 图中两条线之间的范围是同源天然气分布区间, $\Delta^{13}\text{C}_{2-1}$ 和 $\Delta^{13}\text{C}_{3-2}$ 值降低的方向则是同源天然气演化程度增高的方向, 即成熟度增大的方向。图 2 中的 D 组天然气在 $\Delta^{13}\text{C}_{2-1}$ 和 $\Delta^{13}\text{C}_{3-2}$ 关系图(图 4) 上, 大多数落在两条趋势线以外的分布区, 按照 Jenden^[15] 的理论推断他们应属混合气(包括尕斯 380 井, 尕斯 493 井, 尕斯 662 井, 油砂山 237 井, 乌南 4-6 井, 跃西 5 井天然气)。区域上, 这些混合气主要分布于尕斯断陷亚区尕斯库勒油田浅层(上第三系)和跃进二号西交点, 零星分布于油砂山油田和昆北断阶带的乌南油田。而 D 组中的咸水泉深 2 井和咸水泉中 13 井在图 4 中落在未熟区, 属未成熟的混合型母质形成的天然气。

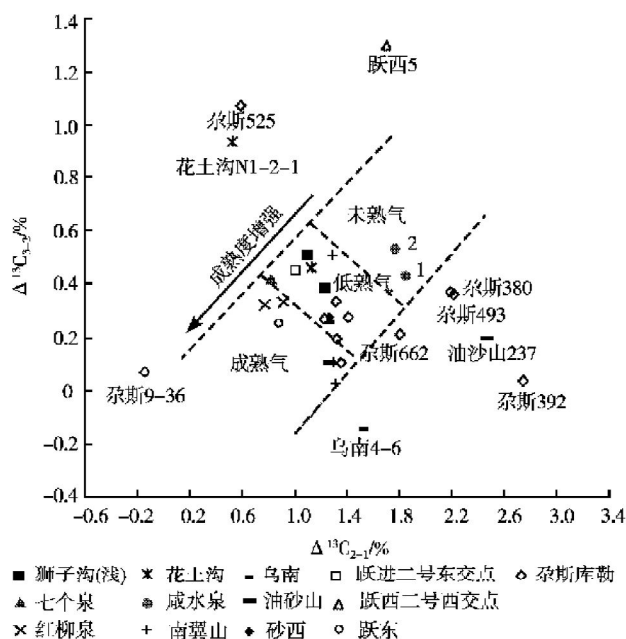


图 4 柴达木盆地西部坳陷区天然气 $\Delta^{13}\text{C}_{2-1}$ 与 $\Delta^{13}\text{C}_{3-2}$ 关系图

Fig. 4 Relation between $\Delta^{13}\text{C}_{2-1}$ and $\Delta^{13}\text{C}_{3-2}$ of gas in the western depression of Qaidam basin

1. 咸水泉深 2 井; 2. 咸水泉中 13 井

另外, 从图 4 还可看出, 尕斯 525 井、花土沟 N1-2-1 井、尕斯 9-36 井天然气也落在两条成熟度趋势线之外。与前述图 2、3 中分析相同, 应属不同类型天然气复合而成的混合气。

4 结语

柴达木盆地西部坳陷区的大多数天然气属同源同阶的腐泥型原油伴生气、混合型原油伴生气或煤型气, 而分布于尕斯断陷亚区尕斯库勒油田

浅层(上第三系), 跃进二号西交点, 以及零星分布于油砂山油田和昆北断阶带乌南油田的天然气则是由生物气或未熟混合型原油伴生气和低熟混合型原油伴生气复合而成的混合气。从母质类型看, 大多数混合气可以归入腐泥型原油伴生气、混合型原油伴生气和煤型气范畴。

致谢 在野外工作和样品采集期间得到了中国石油天然气总公司青海油田分公司勘探开发研究院的大力支持与帮助, 样品测试在气体地球化学国家重点实验室进行, 在此深表谢意。

参 考 文 献

- 徐永昌. 天然气成因理论及其应用[M]. 北京: 科学出版社, 1994. 98~ 99
- 戴金星, 裴锡古, 戚厚发. 中国天然气地质学(卷一)[M]. 北京: 石油工业出版社, 1995. 35~ 87
- 戴金星, 裴锡古, 戚厚发. 中国天然气地质学(卷二)[M]. 北京: 石油工业出版社, 1996. 82~ 205
- 黄杏珍, 邵宏舜, 顾树松. 柴达木盆地的油气形成与寻找油气田方向[M]. 兰州: 甘肃科技出版社, 1993. 212~ 341
- Stahl W J, Jr Carey B D. Source rock identification by isotope analyses of natural gases from fields in the Val Verde and Delaware basins, West Texas[J]. Chemical Geology, 1975, 16(4): 257~ 267
- Fuex A N. The use of stable carbon isotopes in hydrocarbon exploration[J]. Journal of Geochemical Exploration, 1977, 7: 155~ 188
- Schoell M. Multiple origins of methane in the earth[J]. Chemical Geology, 1988, 71(1/3): 1~ 10
- Schoell M. Genetic characterization of natural gases[J]. AAPG Bull, 1983, 67(12): 2 225~ 2 238
- 王屿涛. 准噶尔盆地西北缘天然气成因类型及分布规律[J]. 石油与天然气地质, 1994, 15(2): 133~ 140
- James A T. Correlation of natural gas by use of carbon isotopic distribution between hydrocarbon components[J]. AAPG Bull, 1983, 67: 1 176~ 1 191
- Chung H M, Gornly J R, Squires R M. Origin of gaseous hydrocarbons in subsurface environment: theoretical considerations of carbon isotope distribution[J]. Chemical Geology, 1988, 71: 97~ 104
- Whiticar M. A geochemical perspective of natural gas and atmospheric methane[J]. Organic Geochemistry, 1990, 16(1~ 3): 531~ 547
- 张晓宝, 胡勇, 马立元, 等. 柴达木盆地第三系盐湖相天然气碳同位素特征、成因与分布[J]. 中国科学(D 辑), 2002, 32(7): 598~ 608
- Faber E. Zur isotoengeochemie gas formiger Kohlenwasserstoffe[J]. Erdol Erdgas Kohle, 1987, 103: 210~ 218
- Jenden P D, Drazan D J, Kaplan I R. Mixing of thermogenic natural gases in northern Appalachian basin[J]. AAPG Bull, 1993, 77: 980~ 998
- 曾凡刚, 吴朝东, 苏传国. 吐-哈盆地天然气成因类型探讨[J]. 石油与天然气地质, 1998, 19(2): 162~ 164
- 钱凯, 王明明, 魏伟. 中国陆相天然气成因类型及富集规律[J]. 石油与天然气地质, 1996, 17(3): 171~ 176