

深盆气、深部气和深层气概念讨论

史斗 郑军卫

(中国科学院资源环境科学信息中心 兰州 730000)

随着浅层和常规储集类型天然气资源的大量开发利用和勘探技术的长足进步,较长时间以来,石油地质学家逐渐将目光放在地壳深层、地球深部和一些非常规储集类型的天然气资源上。天然气地质学、天然气地球化学和天然气地球物理勘探领域科学研究和开发实践的活跃,带来了此方面文献量的增加和科学名词、概念和术语,特别是带有“深”字天然气(如深盆气、深部气和深层气等)的概念增多。但是,在一些情况下,人们在这些概念的使用上虽有区域性和相对性内涵的正确表述和实践的正确把握,但在认识理论和普遍意义上缺乏严格科学标准和唯一性,不可避免地出现某种混淆和混乱。本文试图依据不同文种的表述和文献内容的比较,来讨论深盆气(含盆地中央气)、深部气和深层气等概念的一般内涵,但并过多涉足与之相关的诸多因素。

1 关于“深盆气”之概念

国内外对出现在沉积盆地构造底部位的非常规储集类型的天然气的提法有深盆气和盆地中央气两种。通过对1975年以来SCI收录的5700多种外文刊物和对1990年以来的相关中文期刊进行检索,共检出有关深盆气的文献43篇(其中中文19篇),有关盆地中央气的4篇,但尚未发现相同冠名的俄文文献。

Masters J. A.^[1]于20世纪70年代末提出了深盆气(Deep Basin Gas)概念,其后不久Rose P. R.等^[2]又提出了盆地中央气藏(Basin Centered Gas Accumulation)概念。

张金亮和张金功^[3](2001)系统总结了深盆气的特征:①位于向斜盆地轴部或构造下倾部位,分布规模巨大;②埋深变化较大,从几百米到几千米不等;③气水关系倒置;④多具异常压力;⑤储层多为致密砂岩;⑥源岩多为煤系地层。

王涛^[4](1997)在陕甘宁盆地深盆气专题研讨会上提出了判断深盆气的三个标志。其一是气水倒置,由于大面积致密砂岩造成的瓶颈效应,形成了动态的深盆气圈闭,上水下气。其二是盆地大面积含气。其三是压力异常。

金之钧等^[5](1999)认为,深盆气是发育在致密储集层中……其存在部位不以埋藏深度而定,但多发育在盆地构造的底部位或构造斜坡的下倾部位。

张启明^[6](1990)考察了北美深盆气后介绍,深盆气有两种类型,一是以加拿大阿尔伯特盆地艾尔姆沃思(Elmworth)气田为代表,其圈闭存在于盆地的最深部而不是在翼部……其原始天然气聚集压力低于正常的区域地层水压力;另一类型以美国怀俄明州绿河和红沙漠盆地的天然气为代表,其原始天然气聚集压力为异常高压,其他特点与前者相似。张启明特

别介绍了艾尔姆沃思最具代表性的下白垩统卡明组的天然气,其聚集于低渗透的致密砂质砾岩内。

袁政文^[7]在“东濮凹陷低渗致密砂岩成因与深层气勘探”一文中指出,低渗致密气藏一般分布在沉积盆地的洼陷中或洼陷向大型正构造过渡的斜坡带上,气、油、水均呈倒置关系,即气聚集在构造下倾部位的低孔隙砂岩中,上倾方向是充满水多孔储层,再向构造高部位则为油聚集区。

李振铎等^[8](1999)、闵琪等^[9](2000)比较了鄂尔多斯盆地上古生界与艾尔姆沃思深盆气的相似特征,认为鄂尔多斯盆地上古生界是一套典型的低孔隙度、低渗透率的致密砂岩,其为形成深盆地提供了储层。

2 关于盆地中央气之概念

Law B E^[10]在美国科罗拉多举行的“2000 年盆地中央气专题讨论会”上将盆地中央气藏定义为“一种在缺乏下倾水接触面的低渗储层中具异常压力的气饱和藏”。可以看出,盆地中央气藏实际上也是一种与深盆地相似的气藏。

3 深盆地和盆地中央气概念讨论

上述文献大部分认为深盆地存在于盆地的最深部(向斜盆地轴部或构造下倾部位),故叫“深盆地”,文献^[10]说其存在于盆地中央,所以称“盆地中央气”。两种概念都是想说明这类气的存在部位有别于常规气藏,“深部”和“中央”是两概念要表述的主体。

先说深盆地的“深”。无论是说深盆地的“圈闭存在于盆地的最深部而不是在翼部”^[6]也好,还是说其“多发育在盆地构造的底部位或构造斜坡的下倾部位”^[3]或者“位于向斜盆地轴部或构造下倾部位”^[3]也好,“深”字并没有太深刻的实际含义,只是一个先入为主的词^[9]。气藏的绝对深度不一定够一个“深”字,也容易与其他带深字的气混淆。深盆地的深只有相对的、局部的含义,不具有绝对和普遍意义,不是所有盆地的最深部或者构造斜坡的下倾部位都有气。

再说盆地中央气藏的“中央”,Law 对深盆地的研究基本沿用 Masters 的定义,并在成因机理和解释上有发展,但无论如何称谓,有关这类气的定义都基于“位于构造下倾部位或盆地中央,而且气藏上倾部位含水”这样的内涵之上^[3]。

为什么天然气能反常规的位于构造下倾部位或盆地中央,而且气藏上倾部位含水?回答了这个问题,就可暴露深盆地和盆地中央气概念内涵的本质。

参考文献^[4]指出了深盆地存在的三个基本地质条件:合适的大地构造背景,丰富的气源,大面积的致密砂岩。我们认为其中的“大面积致密砂岩”是造就这种非常规气藏最主要的条件,是矛盾的主要方面,是最本质的特征,并由此造成气水倒置、压力异常和动态存在等表现形式。戴金星的“要在大面积致密砂岩的分布中寻找高渗透层……”的观点就是抓住了这一事物的本质。

实际上,深盆地的深度总是服从于致密砂岩的赋存深度,没有大面积致密砂岩造成的瓶颈效应就不会出现下气上水这种反常现象,压力异常和动态驻留也均与致密砂岩有直接依存关系。

深盆地提法的语言逻辑不能直截了当地表达其内涵,不像深部气、深层气、浅层气、煤层

气、水溶气、水合物气、生物—热催化过渡带气诸多概念明了而确切。深盆气,顾名思义,容易误解为深部盆地或者深埋盆地的气,只有作出解释(向斜盆地轴部或构造下倾部位)才能为人所理解。一个科学名词如此费解说明名词本身是不够科学的。改称为“盆地中央气”虽然在地质概念和语言上符合逻辑,但这只是一个区域性概念^[4],不具备广义性。如果把这类气叫盆地中央气,那么盆地两翼的气该怎么称谓呢?目前对富有资源意义气的定义有从埋藏深度出发如浅层气、生物—热催化过渡带气、深层气、深部气等,有从成因角度出发如生物气、煤层气、幔源气等,有从赋存条件出发如水溶气、水合物气等。盆地中央气的定义虽不能说不,但难免有造作之嫌。

勘探实践和模拟实验证明,深盆气理论仍存在许多不完善之处^[7],被认为是我国典型深盆气区的鄂尔多斯盆地上古生界的气与加拿大阿尔伯塔盆地深盆气和美国的一些盆地中央气在许多方面有明显的不同^[9]。故而必须从整体上认识它,用一个恰当的概念来表述它的基本内在规律。

王金琪^[11](2000)指出,向斜凹陷“深盆气”只能在致密砂岩级别中形成。Law认为致密含气砂岩是一种重要的盆地中央气储层类型,但并不是致密含砂岩气藏都是盆地中央气藏。可见致密砂岩比盆地中央更具普遍性、代表性和本质性,我们以为还是从赋存条件出发叫“致密砂岩气”为好。

4 关于“深层气”之概念

此方面的中外文献比较多,但是对于“深部气”和“深层气”概念或者说内涵的表述上却不尽相同,甚至有混乱之嫌。下面依据俄、英、中三种文字的“深部气”、“深层气”地质学术语及其内涵的对照来辨析该两名词真正的天然气地质学意义,但不过多涉及造成“深部气”和“深层气”的诸多因素。

(1) 对于深层气“深”的表达和一般内涵,俄文文献的例子有:

——Большие глубины(大深度,深部);

——Сверхглубокая(超深的);

——Глубинные горизонты(深成层,深层);

——Глубокозалегающие горизонты(深埋层,深层);

——Глубокопогруженные горизонты(深沉降层,深埋层,深倾伏层,深层)。

М. И. 罗德任夫斯卡娅^[12](1990)“深埋层的含油气性”一文中的“深埋层”指“含油气盆地4 000 m以下深度”及有机质演化的临界、超临界深度,并认为“在预测苏联境内油气资源量时,不只计算到7 000 m深度,应把整个沉积盖层视为含油气区和含油气远景区”。

М. С. 佐恩^[13](1994)指出的“深部”为大于4 500 m的深度。

Р. Г. 萨姆维洛夫^[14](1995)“深部油气藏形成特点与分布”一文中指出:“在大于4 000~5 000 m的地方原则上可以发现工业烃藏,从第三纪至古生代的沉积中,无论是陆源沉积还是碳酸岩层,在深部都有工业性油气”。

В. N. 麦列涅夫斯基^[15](1997)“论油气形成的深部分带性”一文中的“深部”是指“大于5 000 m的深度”,并认为“随着深度的增加,生油主带变为凝析气带,再往下则成为干气带”。

П. Г. 哈蒂耶夫^[16](1991)“深埋层的地温前提条件”一文中“深埋层”是指“5 500~6 500 m深度”。

T. B. 别洛科尼^[17](1999)“深部异常高层压发育特性”一文中的“深部”指的是“提马诺—伯朝拉盆地示范井”、“科耳瓦盆地深参数井”和“秋明超深井”的 6 904、7 057、7 057 m 深度。

A. H. 德米特里耶夫斯基^[18](1994)在“深部含油气性理论和预测的系统方法”一文中指出,“系统的主要特征是沉积生成中构成的沉积体”,“在整个成岩演化期的沉积岩成岩各阶段中沉积岩对油气发育的意义”。

(2) 对于深部气和深层气“深”的表述和一般内涵,英文文献的例子有:

通过对 1975 年以来 SCI 收录刊物进行检索,检索到冠有深字样的文献 349 篇,其中明确冠名深部气(deep gas)的文献 58 篇,冠名深层气(deep-seated gas)的文献 2 篇。

美国地质调查局^[19](1995)对其本土的深部沉积盆地(deep sedimentary basin,深度大于 4 572 m)中的未发现天然气资源进行评价,指出其资源量约为 $3.23 \times 10^{12} \text{ m}^3$ 。

Carcione^[21]等(2000):“在不可预测的超压带钻探深部气资源(deep gas resources)存在很大的风险性……”。

Barker 等^[22](1992)对超深部(ultradeep)砂岩储层中的天然气进行了研究。指出:“随砂岩矿物杂质的不同,天然气可存在的最大深度为 3048~12192 m”。

Burruss^[23](1993)地壳深部(deep crust)的甲烷气体稳定性做了研究。

R. Sugisaki^[24](1981)提出了深层气(deep-seated gas)一词。

(3) 对于深层气“深”的表述和一般内涵,中文文献的例子有:

王群等^[25](1994):“大庆外围发现一些深层气(埋深 2 800 m 以上)”;

李小地^[26](1994):“深部油气藏是指油气层埋深大于 4 000 m 的油气藏”;

李琳等^[27](1998):辽河盆地“深层烃源岩指埋深大于 3 500 m 的烃源岩”;

妥进才等^[28](1999):“渤海湾盆地深层主要指 3 500 m 以下范围”;

周世新等^[29](1999):深层油气在“我国则主要指现今主要勘探层位以下的油气资源,深度上主要指埋深 5 000 m 以下,这还应该包括目前埋深虽然不大,但热演化程度却比较高的古生代海相碳酸盐岩烃源岩所生成的油气资源”;

李景坤等^[30](1999):“松辽盆地北部深层指泉二段以下地层”;

孟自芳、刘文汇等^[31](2000)的“中国西北深层气研究”知识创新项目“重点研究塔里木盆地塔中和塔北地区深层气成因”。

从上述文献可以清楚地看出,不论是冠以“深层”也不论是冠以“深部”,从绝对深度和时代上都指的是沉积层,所谓“深部”无疑是沉积层深部。“深”的含义在这里只有相对大的深度意义。正如麦列涅夫斯基所说,“对不同盆地来说,生油主带(生油窗)及其下部的凝析气带和干气带的深度范围是有很大变化的”。故宜将生油窗作为深层的界限,其下到底层深度范围内的天然气统统称为“深层气”。

5 关于“深部气”之概念

K. E. 维谢鲍夫^[32](1995)“结晶基岩深部的含油气性”一文指出:“结晶基底及基底深处的坚固的原生非孔渗岩石中存在有大型油气藏”,“在深部的片麻岩、花岗岩和其他类似的地层中可以发现大型的油气藏”。

O. A. 什尼普^[33](1996)“含油气区内基岩储层的形成”一文指出:“在基岩内发现一系列

大型油气聚集与沉积岩内已开采的老油田日趋衰竭有关”。

B. C. 沃里沃夫斯基^[34](1995)“陆壳烃类非生物成因的新论点”一文指出:“在结晶基底深变质岩体中及其深部……发现了固态、液态和气态烃”。

Gold 等^[20](1980)在《Science American》杂志上发文提出了地球深部气体(deep-earth-gas)假说。Gold (1988)认为“在地球深部存在大量的原始甲烷”,“地下深部的碳是通过地球的脱气作用提供的”^[35]。

不论上述文献持何种成因观点,也不论文献对所指深度称“深部”也好,“深层”也好,其所指的天然气已超出了沉积岩层的范围。我们以为,将沉积盆地基底(或者结晶基底或者基岩)以下深度的天然气统称为“深部气”比较适宜,因为①深度指向明确(以基底为界),便于区别于上述“深层气”;②那里的天然气有可能来自地球更深部。

主要参考文献

- 1 Masters J A. Deep basin gas trap, western Canada. AAPG Bulletin, 1979, 63(2): 152~181.
- 2 Rose P R, Evertt J R, Merin I S. Possible basin centered gas accumulation Raton Basin, Colorado. AAPG Bulletin, 1984, 68(4): 523.
- 3 张金亮, 张金功. 深盆气藏的主要特征及形成机制. 西安石油学院学报(自然科学版), 2001, 16(1): 1~22.
- 4 王涛. 加强深盆气的研究和勘探. 天然气工业, 1997, 17(4): 1~4.
- 5 金之均, 张金川. 深盆气藏及其勘探对策. 石油勘探与开发, 1999, 26(1): 4~5.
- 6 张启明. 考察北美地压气和深盆气的报告. 中国海上油气, 1990, 4(2): 60~66.
- 7 袁正文. 东濮凹陷低渗透致密砂岩成因与深层气勘探. 石油与天然气地质, 1993, 14(1).
- 8 李振铎. 鄂尔多斯盆地上古生界深盆气勘探研究新进展. 天然气工业, 1999, 19(3).
- 9 闵琪. 鄂尔多斯盆地的深盆气. 天然气工业, 2000, 20(6): 11~15.
- 10 Law B E. What is a basin centered gas sistem? In: 2000 Basin Centered Gas Symtemposinum. 2000-10-6, Denver, Colorado.
- 11 王金琪. 中国大型致密砂岩含气区展望. 天然气工业, 2000, 20(1): 10~16.
- 12 M. H. 罗德任美斯卡娅, 史斗译. 深埋层的含油气性. 天然气地球科学, 2001, 12(4-5): 49~51.
- 13 M. C. 佐恩, 关福喜译. 预测深部储集层类型. 石油地质信息, 1995, 16(2): 39~42.
- 14 P. F. 萨姆维洛夫, 关福喜译. 深部油气藏的形成特点与分布. 西北油气勘探, 1997, 9(1): 52~57.
- 15 B. N. 麦列涅夫斯基, 史斗译. 论油气形成的深部分带性. 天然气地球科学, 2001, 12(4-5): 52~55.
- 16 П. Г. 迈哈蒂耶夫, 史斗译. 深埋层含油气性的地温前提条件. 天然气地球科学, 2001, 12(4-5): 67~60.
- 17 T. B. 别洛科尼, 史斗译. 深部异常高压发育特性. 天然气地球科学, 2001, 12(4-5): 61~64.
- 18 A. H. 德米特里耶夫斯基, 深部含油气性理论和预测的系统方法. 石油地质信息, 1995, 16(3-4): 27~29.
- 19 Dyman T, Schmoker J, Root D. 郑军卫译. 深部未发现天然气资源——美国地质调查局对本土的评价. 天然气地球科学, 2001, 12(4-5): 40~47.
- 20 Gold T, Soter S. The deep-earth-gas hypothesis. Scientific American, 1980, 242 (6): 154.
- 21 Carcione J M, Gangi A F. Gas generation and overpressure: Effects on seismic attributes. GEOPHYSICS, 2000, 65 (6): 1769~1779.
- 22 Barker C, Takach N E. Prediction of natural-gas composition in ultradeep sandstone reservoirs. AAPG Bulletin, 1992, 76 (12): 1859~1873.
- 23 Burruss R C. Stability and flux of methane in the deep crust a review. In: The Future of Energy Gases. U. S. Geological Survey Professional Paper 1570, 1993, 21~29.
- 24 Sugisaki R. Deep-seated gas emission induced by the earth tide-A basic observation for geochemical earthquake prediction. Science, 1981, 212(4500): 1264~1266.
- 25 王群等. 大庆地区深部致密砂岩气层识别方法. 大庆石油学院学报, 1994, 18(2): 22~26. (下转第 49 页)

物和常规油气的储层中。从水合物稳定带底部的常规油气储层中进行水合物的生产具有很大的潜力,而且伴随常规气体生产,储层压力降低,气水合物会更不稳定。这一过程反过来可使常规油气储层从水合物的分解中得到补充。气水合物上覆于甚至圈闭于常规气田之上的现象极为常见,马更些三角洲—博富特的多个地方具有类似的情况。该区和北极许多岛屿出现气水合物与常规油气共生的现象。然而大多数常规油气的赋存深度要大于气水合物的深度,未来常规油气的开发可能会影响到其上水合物的稳定性。在这样的地区需要对二者之间关系进行详细研究。

9 结 论

在未采用单一和相似方法得出单一数据的情况下给出的水合物及甲烷的储量只能是一个大概的范围。对考虑到的所有加拿大周边地区气水合物总储量和气体潜力来说,评估方法是可比评估。对水合物和水合物气资源量的最保守的估计是其比加拿大本土总的常规油气资源的储量还要大。

吴保祥 据 AAPG Bulletin, 2001, 85: 1211~1230 编译, 雷怀彦 校。

(上接第 31 页)

- 26 李小地. 中国深部油气藏的形成与分布初探. 石油勘探与开发, 1994, 21(1): 34~39.
- 27 李琳等. 辽河盆地西部凹陷深层石油地质综合评价. 石油学报, 1999, 20(5): 10~15.
- 28 妥进才等. 渤海湾盆地深层油气资源前景分析. 天然气地球科学, 1999, 10(6): 28~31.
- 29 周世新等. 深层油气地球化学研究新进展. 天然气地球科学, 1999, 10(6): 10~15.
- 30 李景坤等. 松辽盆地北部深层气源对比. 大庆石油地质与开发, 1999, 18(1): 5~7.
- 31 孟自芳、刘文汇等. 中国西北深层气研究. 2000, 内部资料.
- 32 K. E. 维谢鲍夫, 马爱山译. 结晶基岩深部的含油气性. 石油地质信息, 1995, 16(1): 5~13.
- 33 O. A. 什尼普, 任俞译. 含油气区内基岩储层的形成. 石油地质信息, 1996, 17(3): 144~145.
- 34 B. C. 沃里沃夫斯基, 任俞译. 陆壳烃类非生物成因的新论点. 1995, 16(1): 10~13.
- 35 吉江照一, 陈春译. 地球深层天然气. 天然气地球科学, 2001, 12(4-5): 76~81.