

深盆地

深盆地基本概念与特征

许化政¹,高莉²,王传刚¹,李松¹,尹伟¹,刘春燕¹

(1. 中国石化石油勘探开发研究院,北京 100083;2. 中国石化集团华北石油局,河南 郑州 712000)

摘要:深盆气的最本质特征是盆地中心饱含气。凡煤系发育、构造稳定、埋藏适中、经历过高地温演化阶段的盆地都能形成深盆地。深盆地气上倾方向多因致密岩石含水而封闭,孔隙性地层的水封只是个例,它因深盆地中仍不断大量供气而存在。深盆地气形成于高温高压的环境中,早期地层水因汽化而与甲烷气混溶,一部分随岩性变致密加厚水膜而成为束缚水,导致深盆地气盆地内无水层。但在深盆地气萎缩阶段,降温降压过程可使蒸汽水“冷凝”形成深盆地气中的“酸点”。“酸点”水规模小呈散点状分布,矿化度低于正常地层水矿化度。深盆地气因所处演化阶段不同而具有不同的压力特征,既可以是低压的,也可以是高压的。松辽盆地、沁水盆地和西北侏罗系含煤盆地都具有深盆地气形成的条件。

关键词:深盆地气;致密砂岩;岩性圈闭;水封圈闭;高压异常;低压异常

中图分类号:TE122

文献标识码:A

文章编号:1672-1926(2009)05-0781-09

目前,我国深盆地气成藏理论分析和勘探应用研究尚处于起步阶段,在深盆地气成藏标准、分布预测、勘探评价系统等方面有诸多问题有待进一步探讨。本文从深盆地气基本概念的解析出发,通过对深盆地气形成的机理、圈闭条件、演化过程与含水性、压力特征等方面分析研究,阐明了深盆地气的本质内涵和特征,并在有限资料范围内指出了我国深盆地气勘探的4个有利方向。

1 深盆地气基本概念

最先提出“深盆地气藏(Deep Basin Gas Trap 或 Deep Basin Gas Accumulation)”这一术语的是 J A Masters^[1],由于这一术语形象地表达了这类气藏的宏观展布特征,因而被后来的大多数学者所沿用。

除了“深盆地气藏”这种叫法外,还有人提出用“盆地中心气藏”,即 Basin Centered Gas Accumulation^[2]或 Basin-Center Gas Accumulation^[3]。20 世纪 90 年代以后,世界上在致密储层内发现了一大批气田,有些学者又将“致密气藏”(Tight Sands Gas)纳入深盆地气范畴^[4]。深盆地气或盆地中心气理论认识的积极意义在于,过去传统上认为不可能形成气藏

的盆地或坳陷中的低凹部位可以找到成因机理完全不同的气藏,这类气藏储量巨大,具有现实的和潜在的经济价值,因而已经成为当今世界最热点的勘探领域之一。

深盆地气或盆地中心气的本质意义在于它形象地概述了盆地内地层流体的分布模式:①天然气被圈闭在地层下倾方向或盆地中心区域^[5-6];②含气区域内的各类地质体空隙均含气而少含水。上述 2 条是深盆地气的精髓,由此衍生出来的“气水倒置”、“负压异常”、“只含气而不含水”等仅是深盆地气的某种表现形式。深盆地气的形成条件主要有 3 条:①自始至终稳定发育的坳陷式构造背景;②地质剖面中具有煤、高碳泥岩的富集层段;③有机质富集层段具有很高的演化程度。高演化程度既保证了孔隙性沉积体(砂岩等)的区域性致密化,又是天然气大量形成的必要条件^[7]。

深盆地气的赋存方式主要有 4 种:①赋存于孔隙性砂体中,这是深盆地气具有工业经济意义的关键;②赋存于致密砂体中,致密砂体或与孔隙性砂体邻接,或单独存在,虽含气但量少,不能工业生产但在深盆地气流体压力被打乱时能向孔隙性砂体中“泵”气;③

页岩裂隙或层间隙,气测录井总是在 2 种岩性的接触面上有高的气显示,岩心在 2 种岩性的接触面上有泥浆侵染,可见页岩裂隙或层间隙是深盆地重要的储集空间和运移通道;④煤层气,煤层因具有很高的孔隙比表面积而具有高的含气性,甲烷或以自由态赋存在煤层的大孔隙和裂隙中,或以物理方式(甲烷分子)被吸附在煤颗粒的表面上。据测定,鄂尔多斯盆地每吨煤含气量可达 20~35 m³①,阿尔伯达盆地艾尔姆华士深盆地气区 15-16-68-13W6 井第四煤层高压取心的每吨净煤甲烷含量在 14.15 m³ 以上,见表 1、图 1^[8]。

表 1 艾尔姆华士 15-16-68-13W6 井煤层含气量^[6]

岩心深度(m)	2 608.7	2 608.9	2 609.4
R _O	1.63	1.65	1.43
灰分(%)	3.7	4.2	17.4
含气量(m ³ /t)	14.54	15.65	9.82

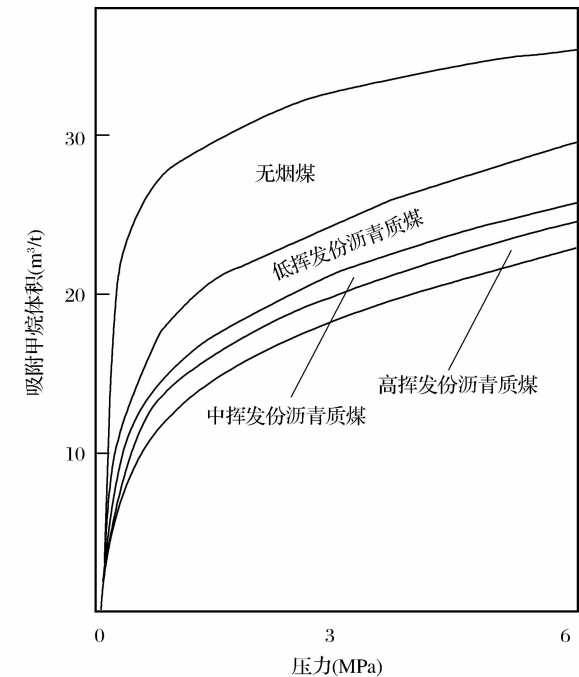


图 1 艾尔姆华士地区不同类型煤的吸附作用与压力的关系^[6]

以鄂尔多斯盆地上古生界本溪组一盒八段为例,钻井在数百米的井段中只见气而不见水,且具有储层致密、构造简单、分布广泛、储量巨大等非常规气藏特征,应该属深盆地^[9]。在这个深盆地地质体(或气舱、封存箱)内,各类储集体相互贯通,或呈高压异常,或呈负压异常,始终保持着区域性流体压力的稳定性和一致性,从而组成一个硕大无比的天然气储集体,因而也可以称为深盆地气藏。在这个储集

体中,储集能力最高的岩性当属煤层而不是孔隙性砂岩,处于近似地质环境(埋深相同)的煤层含气量是孔隙性砂岩含气量的 5~10 倍或更高。煤层通过围岩降压解析吸附气,从而成为盆地演化过程中永恒的气源,不管是在煤层因埋深加大地温升高的生气过程中,还是在抬升剥蚀、地温降低、生气终止、压力释放的过程中,都是如此。

2 深盆地气藏的圈闭条件

深盆地气的圈闭类型主要有水封圈闭和岩性圈闭 2 种。

2.1 水封圈闭

能说明深盆地气水封圈闭的最好例证是阿尔伯达盆地艾尔姆华士下白垩统 Cadomin 组^[10]。早白垩世早期,一只巨大的山系已在不列颠哥伦比亚形成,并造成阿尔伯达区南西高、北东低的区域古地形。当时降雨量充沛,气候湿润,河流从西南面向北东面山前带的许多山口汇入东北部平原,在近山带形成巨大的冲积扇,并在以后的构造运动中拗陷成为盆地中心区,即现在的深盆地发育区。冲积扇相的砂砾岩分选差,以中砾为主,含少量巨砾(粒径 75 mm),平均渗透率仅为 0.5×10⁻³ μm²,为现今深盆气的储层;水流越过冲积扇,在北东方向地势低洼处重新分配一部分沉积物,形成辽阔的、辫状河发育的三角洲平原(图 2)。在以后的构造运动中,辫状河发育的三角洲平原区成为前陆盆地的东北斜坡构造带,主要为水所饱和,另外有一些构造控制的油气藏。辫状河沉积的砂岩或砂质砾岩,颗粒粗且分选好,主要为燧石,石英增至 20%,吼道孔径大、粘土含量低,渗透率达 n×10⁻¹ μm²。一方面因下倾方向致密砂岩含低压气体,水在其中的相对渗透率等于零,可动水相的连续性被破坏,周边常规储层中的孔隙水压系统无法与深盆地气藏底部的孔隙水压系统沟通,从而阻止了上倾方向的水向下流动并驱替天然气,深盆地气得以保存;另一方面由于含气致密储层孔喉窄小,毛细管阻力大,地层平缓,连续气柱压力小,气藏顶部产生的毛管排驱压力通常不高,天然气缺乏浮力,对上倾方向饱含水的孔隙性岩石的封堵性要求不严格导致气的散失速度极其缓慢,从而使其下倾方向的深盆地气得以保存。更重要的是,阿尔伯达深盆地中仍不断有新的天然气生成,并向气藏中充注流体和压力,使气水界面能长期保持流体压

① 赵庆波. 私人通信. 1996.

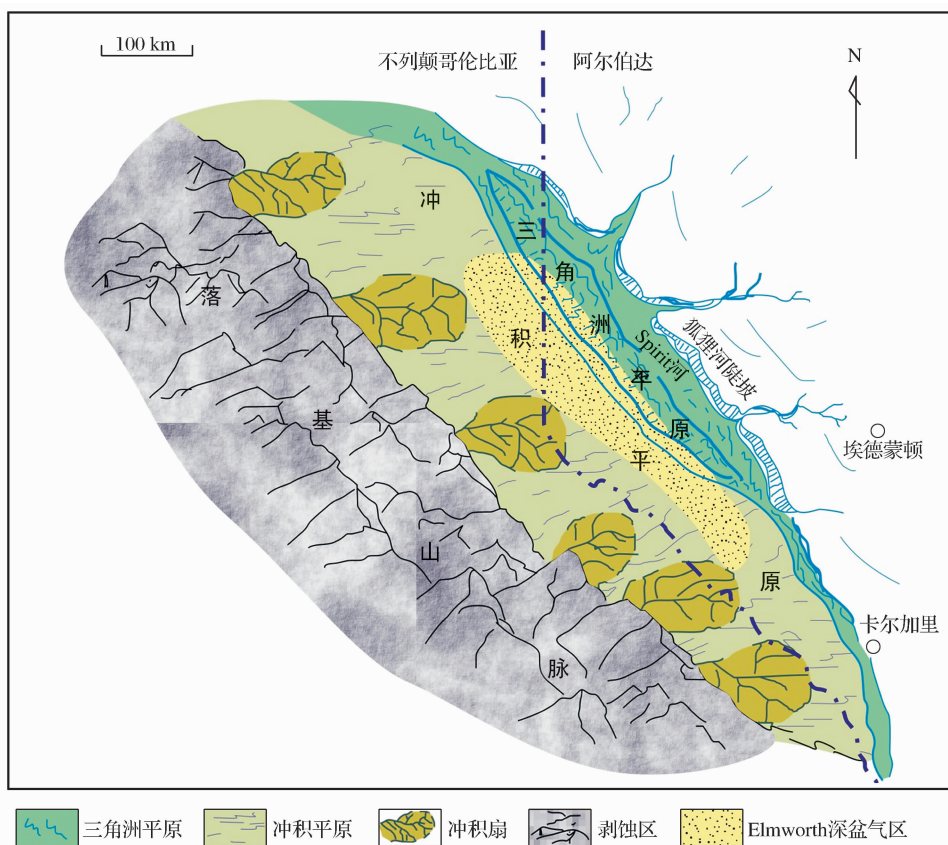


图2 阿尔伯达盆地地下白垩统 Cadomin 层沉积相分布示意^[7]

由冲积扇派生的砂质砾岩在广阔的冲积平原沉积下来,是现今 Elmworth 大气田的储集层;水流前方是广阔的三角洲平原发育区,孔渗发育的辫状河砂体目前为水充满,此即气水倒置的相控制条件

力平衡,气藏不致被破坏,并局部出现气水倒置的非常规特征。

由此可见,阿尔伯达盆地艾尔姆华士下白垩统 Cadomin 层深盆气的气水倒置是特殊地质条件下形成的特殊地质现象,不是深盆气的共性特征。2 类地质体(冲积扇与辫状河)之间巨大的渗透性差异导致其间不同流体交换困难,冲积扇与辫状河三角洲之间的相过渡带成为现今的气水过渡带,含水致密砂岩形成的水锁加强了其对下倾方向气流体的阻挡作用。气水边界的平面分布形态不规则,一方面与烃源岩分布、烃源岩热演化程度(R_o)、地层倾角大小等因素有关系,更重要的是受辫状河三角洲与冲积扇相带边界控制。尽管气水边界是动态的,但天然气绝不会越过这个沉积边界在辫状河发育区形成深盆气,渗透性极好的辫状河发育区只能形成常规油气藏。

2.2 岩性圈闭

阿尔伯达西北部艾尔姆华士气田下白垩统 Falher-A 旋回可为我们提供一个深盆气岩性圈闭的实例^[11]。Falher-A 旋回总体为滨岸滩相的砾石和净砂岩沉积,自西南向东北沿构造上倾方向厚度减薄,

渗透率降低,并进而转化为海岸平原相的粉砂岩、页岩和煤层沉积。在与 Falher-A 地层走向近平行的方向上,发育一条北西西—南东东向河道沉积,河道侵蚀了 Falher-A 海退层序中顶部渗透性较好的地层,沉积了由页岩、粉砂岩和很细粒的砂岩组成的低渗透地层(图 3)。河道南侧地层下倾方向 Falher-A 滨岸滩相的砾石和净砂岩饱含天然气,河道北侧地层上倾方向则为饱含水的地层,深盆气界限被认为是受与其延伸方向相同的主、分流河道体系控制。

鄂尔多斯盆地苏里格气田盒八段可为我们提供另外一个岩性圈闭的实例。苏里格气田位于伊陕斜坡西北侧,构造显示为一宽缓的西倾单斜,坡降 $3 \sim 10 \text{ m/km}$ 。探明天然气主要分布在伊 8 井、苏 6 井、苏 26 井以南的盒八段三角洲平原分流河道体系中。砂岩储层呈近南北向展布,砂体厚 $15 \sim 48 \text{ m}$,宽 $10 \sim 20 \text{ km}$,南北延伸达 100 km 以上。有效储层孔隙度为 $10\% \sim 12\%$,渗透率为 $(0.5 \sim 9) \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$;一般砂岩孔隙度 $< 8\%$,渗透率 $< 0.3 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。伊 8 井、苏 6 井、苏 26 井一线以北地层上倾方向为冲积扇沉积,冲积平原相的砂质砾岩渗透率极低,地

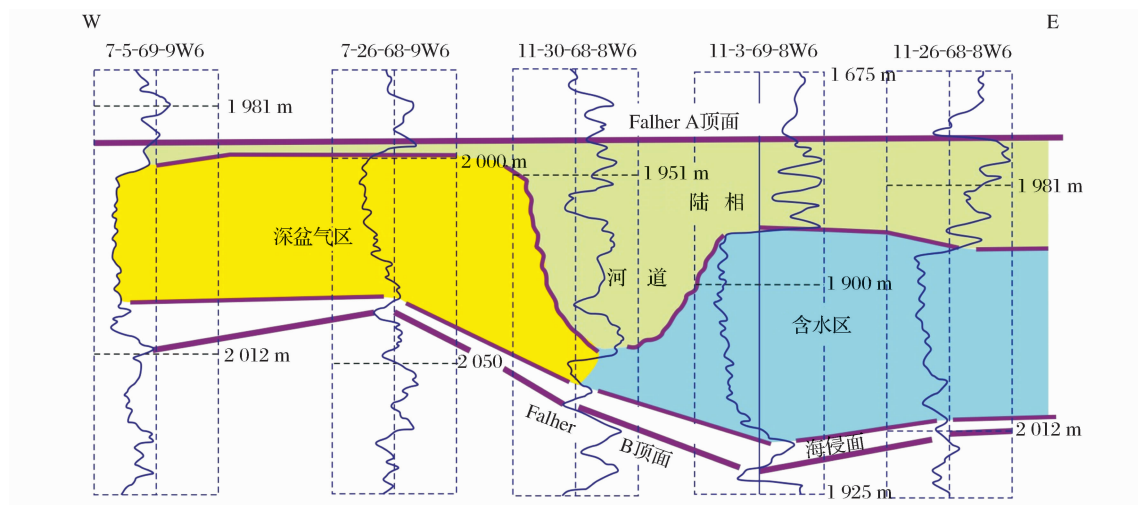


图3 Elmworth 气田 Falher 旋回相控制条件^[7]

横切 Elmworth 气田的井控制剖面,河道西侧为深盆气区,储集层为海滩相砂砾岩;河道东侧为水分布区,河道平行深盆气边界分布,是深盆气藏的上倾边界岩性封堵条件

层条件下通常小于 $0.01 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$, 由此形成对下倾方向深盆气的封堵(图4)。

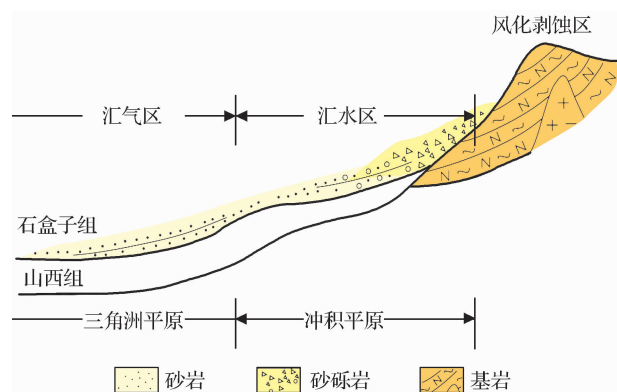


图4 苏里格气田上倾封堵的相控条件

由以上可知,水封圈闭仅是深盆气圈闭中的个例,在由盆地低部位以含气为主过渡到盆地高部位以含水为主的演变过程中,致密含水的岩石比孔隙性含水岩石的封闭性显然要好得多,这是大多数盆地深盆气得以保存的重要条件。阿尔伯达盆地艾尔蒙华士下白垩统 Cadomin 层深盆气的水封圈闭所以能长期存在,是因为深盆内至今仍有大量天然气生成和供给。

3 深盆气形成演化阶段与含水特征

以鄂尔多斯盆地为例,分析深盆气形成的阶段性及含水特征。

3.1 深盆气孕育阶段

该阶段相当于煤系有机质生烃的生化甲烷阶段 ($R_o < 0.5\%$) 和凝析油—湿气阶段 ($R_o = 0.7\% \sim$

1.25%), 即煤岩演化的长焰煤—气煤—肥煤—焦煤阶。这一阶段的初期,除生成一定量的甲烷、可溶性沥青外,地层水中的有机酸浓度达到最高值。随着地层温度的继续升高,增至 120°C 以后,伊利石—蒙皂石混层矿物的有序转化将生出大量地层水,有机质热解生成轻质油也进入高峰期,重烃气开始生成。该阶段气态烃产生数量多、速度快,残余沥青开始裂解,地层中的烃流体逐渐增多,但常伴有较高含量的 CO_2 、 H_2S 。

盆地发育的初期阶段,地层中含有大量低矿化度水,流体势场为均一的常规流体势场,压力系数等于1。随着上覆层加厚,地温升高,盆地通过压实流排出部分地层水,烃源岩(煤和页岩等)通过生烃增压排出油和气,流体不再具备统一的势场,高势岩体中的油气开始向低势圈闭(如孔隙性砂岩体)排放并驱替其中的水,形成常规油气藏。烃源岩体和局部圈闭中的压力系数可以达到 $1.2 \sim 1.4$, 岩石开始产生微裂缝,并通过微裂缝交换流体。

这一阶段因煤系生气量还不足够大,流体中仍以地层水为主。但以压实为主的成岩作用已使岩性致密化,上以石盒子组泥岩为区域性盖层、下以本溪组铝土页岩为底封层的流体封存箱已基本形成,封存箱内局部因流体高压开始发育微裂缝,为深盆气藏的形成创造了条件。中国西部侏罗系含煤盆地(准噶尔、伊犁等盆地)目前处于这一演化阶段,盆地中心有可能找到常规岩性油气藏。鄂尔多斯盆地在三叠纪—中侏罗世也处于这一阶段。虽然该阶段末期地温可达到 120°C 以上,但流体的 PVT 效应使地

层水仍以液态存在。

3.2 深盆地形成阶段

深盆地形成阶段是以甲烷为主的天然气大量形成期,水和CO₂产量减少,相当于焦煤—无烟煤阶、R_o值在1.25%~2.25%之间的演化阶段。成藏流体中以甲烷含量最高和重烃含量降低为标志,成藏温度主要在140~180℃之间,压力为异常高压。这一阶段的天然气生成与烃源岩埋深加大和古地温的高异常发育有关,同时与高温高压期产生的微裂缝有关,天然气依靠这些微裂缝运移成藏。在鄂尔多斯盆地,这一阶段的成藏信息主要来自于石英加大边和晚期微裂缝中的包裹体,其中的流体显示为气液混溶相特征,时间形成在早白垩世,古地温梯度约为4.40℃/100m^[12]。

异常高古地温一方面导致干酪根、高分子烃裂解,同时使地层水汽化。汽化后的水混溶于更高比例的甲烷气体中,无孔不入地运移到地质体的各类空隙中,至此,深盆地中只见气而不见水,深盆地气藏形成。这一阶段深盆地中的水有2种赋存方式:①以凝析气态水分子形式混溶于甲烷气体中;②在亲水岩石致密化过程中为逐渐加厚的水膜提供水源,成为束缚水。

实践证明,深盆地生产过程中总有少量凝析水产出。凝析水的特征是矿化度低,一般把矿化度<2 500 mg/L、水气比例(m³/10⁴ m³)<0.5的水看

作为凝析水,如苏里格气田苏4、苏6、苏20、桃5、陕26等井,产气过程中都有微量—少量水伴生。

3.3 深盆地萎缩阶段

深盆地的萎缩发生在盆地的整体或大部分抬升剥蚀过程中,上覆地层载荷的减少、气体的大量散失,促使深盆地密度减小、体积增大(包括因卸载产生的孔隙体积增大),遂出现深盆地的地温降低和负压异常。温度、压力的降低促使深盆地中的凝析水发生相态变化,形成液态水。在岩性致密的气藏中,这样形成的液态水难以集中,所以深盆地气藏中难见水层。但在渗透性较好的储层中,原本处于分散状态的液态水因重力分异而形成地层水,此即“酸点”。“酸点”的规模一般不大,分散于深盆地的有效储集体中。

鄂尔多斯盆地苏里格气田盒8段有8口井(桃1井、陕188井、鄂6井、苏12井、牛1井、苏7井、镇川2井、陕97井)测试产地层水,它们呈散点零星分布于很大的面积内。地层水的矿化度较复杂,井间矿化度变化大。相邻并不算远的苏7井、桃1井和陕146井矿化度分别为19 579 mg/L、12 447~16 546 mg/L和6 569 mg/L;苏14井与陕188井相距也不远,但其矿化度差别更大,前者为5 470 mg/L,后者为23 802 mg/L,相差4倍多;南部陕136井盒8段的矿化度则为10 238 mg/L。同层位、相近埋藏深度的地层水矿化度几乎无可比性,与常规油气藏中地层水的矿化度特征存在显著差异。

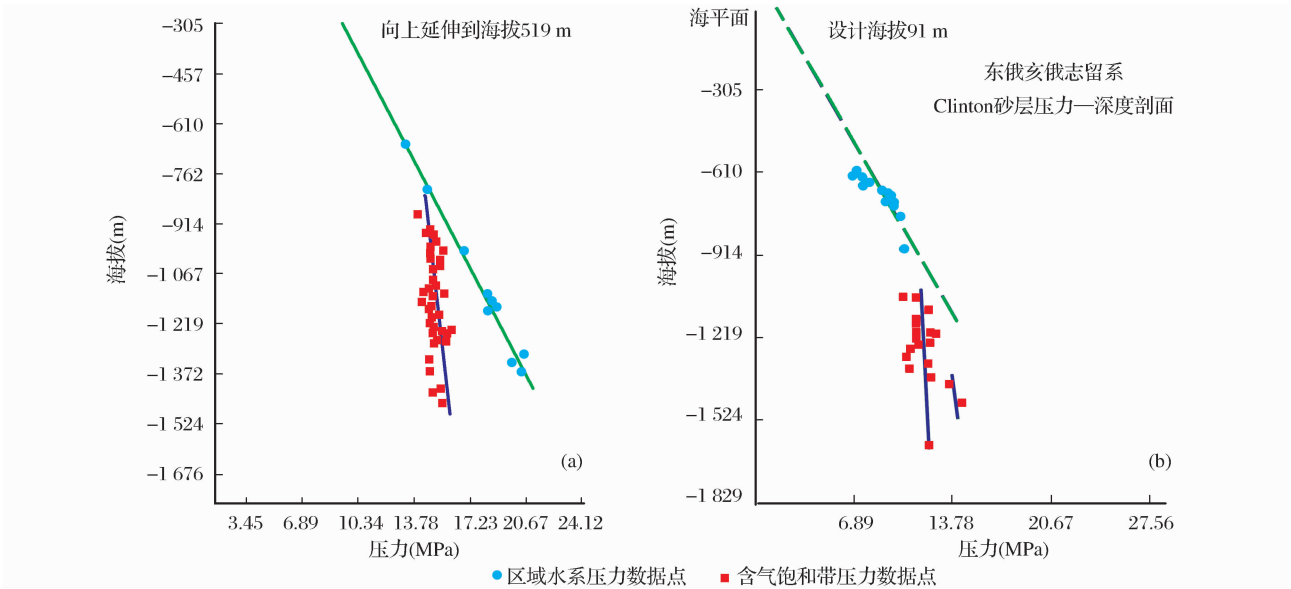


图5 低异常压力深盆地压力—深度曲线^[13]
(a) 艾玛华士地区 Falher A 段压力—深度曲线;(b) 东俄亥俄州志留系 Clinton 砂段的压力—深度曲线

鄂尔多斯盆地盒8段深盆地气藏外的常规地层水矿化度一般在50 000 mg/L以上,高者达100 000 mg/L

以上。如镇川2井在2 105~2 109 m(盒8段)井段含气水层地层水矿化度为113 283 mg/L,牛1井

2 589.8~2 592.6 m(盒 8 段)井段气水同层地层水矿化度为 135 000 mg/L,远比在深盆气藏内“酸点”区地层水矿化度高。深盆气藏内“酸点”区地层水矿化度一般低于 30 000 mg/L,且各“酸点”的地层水矿化度相差很大,如前述的苏 14 井与陕 188 井相差 4 倍多,原因在于各“酸点”的地层水曾经历过的“汽化”。早期(深盆气孕育阶段)高矿化度的地层水在深盆气形成阶段因“汽化”而析出盐离子,“汽化”后

的水分子在深盆气萎缩阶段“冷凝”形成矿化度很低的凝析水珠。水珠在重力作用下重新汇集形成气藏的底水,并在汇集过程中再次溶解地层中的盐类提高了其自身的矿化度。或因凝析时间不等,或因运移距离不同,各“酸点”的地层水矿化度相差很大,但均远低于原生地层水的矿化度。“酸点”地层水一般与深盆气的“甜点”共生,即它仅存在于物性较好、产能较高的气藏内。

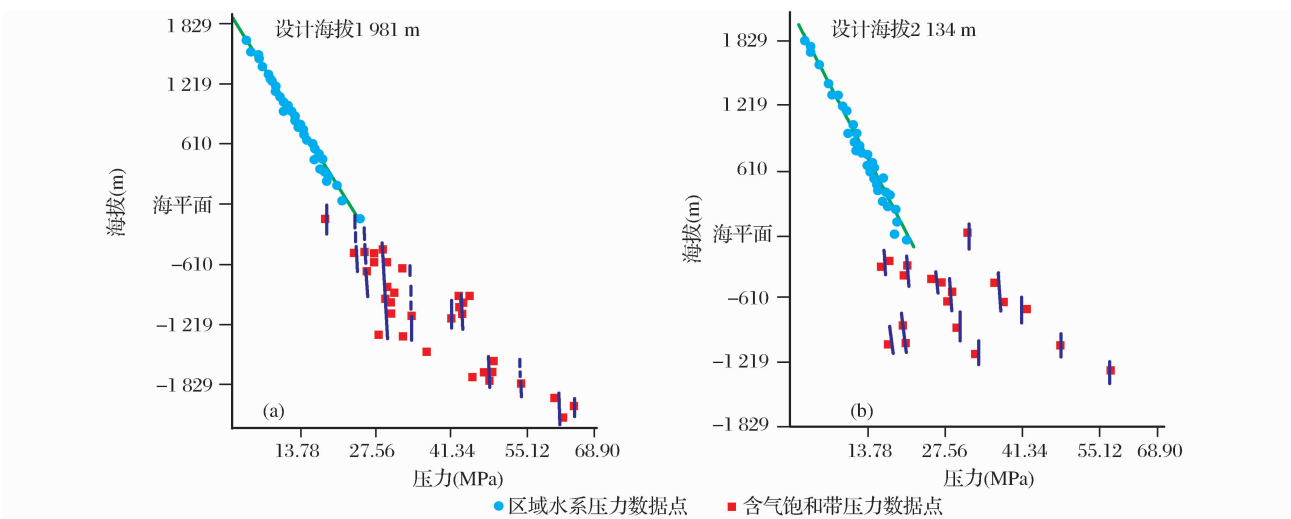


图 6 高异常压力深盆气压力—深度曲线
(a) 红漠盆地白垩系砂岩压力—深度曲线^[15]; (b) 绿河盆地第三系和上白垩统砂岩压力—深度曲线^[16]

4 深盆气的压力特征

深盆气无一例外地经历过高温高压的演化阶段。深盆气形成后,不同盆地或因演化历史不同,同一盆地或因构造部位不同,从而表现出不同的流体压力特征,也就不难理解了。

在北美被证实为异常低压深盆气藏的盆地有 4 个。一个是阿尔伯达盆地艾尔姆华士地区上白垩统的 Cadotte 组和 Milk River 组,压力—深度曲线显示地表—海平面以下 914 m 为正常压力水系统,海平面以下 914~1 280 m 为异常低压含气系统,形成一个高达 366 m 的气柱(图 5a);另一个是俄亥俄州东部下志留统 Clinton 组砂岩,压力—深度曲线显示地表—海平面以下 975 m 为正常压力水系统,海平面以下 975~1 585 m 为异常低压含气系统,存在一个高度大约为 610 m 的没有底水的天然气柱(图 5b)^[13];阿科马盆地 Basal Atoka 砂岩和圣胡安盆地布兰克气田是另外 2 个具有异常低压含气系统的深盆气盆地^[14]。按照深盆气形成的阶段划分,这些盆地处于深盆气的萎缩阶段。

怀俄明州的绿河盆地和红漠盆地则是 2 个具有

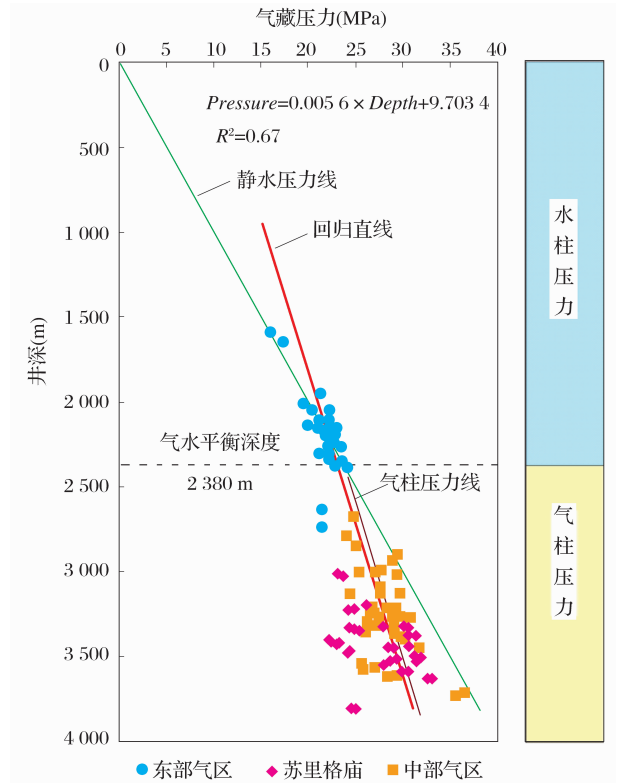


图 7 鄂尔多斯盆地地层压力—深度关系
(马新华,内部成果,2008)

异常高压深盆气的实例^[15-16]。图 6a 是红漠盆地地上白垩统和第三系压力—深度曲线图,大约以海平面为界,海平面以上第三系为区域水系的正常压力剖面,海平面以下白垩系则为饱含气的异常高压剖面,异常高压力的区域范围内只见气而不见水,气柱高近 2 000 m。图 6b 是绿河盆地压力—深度曲线,地表—海平面以下 152.4 m 为正常压力水系统,该深度领域内发育源于白垩系的常规油气田;海平面以下 152.4~1 280 m 则为异常高压力的含气剖面,气柱高达 1 128 m,最高压力系数达 2.19,地温达 170℃,目前尚未检测到地层水。按深盆地形成的阶段划分,这些盆地尚处于深盆地形成的高温高压阶段。

与国外的深盆地相比,鄂尔多斯盆地上古生界的深盆地气层系(以山 2 段—盒 8 段为主)的压力系统略微复杂一些,如榆林—米脂东区为正常压力系数区,米脂以东的榆 8 井区还存在高于正常压力的异常压力区,压力系数为 1.05~1.12。但在深盆地主要分布区,即主力气藏分布区,如苏里格庙区、乌审旗区—榆林区—靖边区,均为异常低压区,压力系数平均在 0.85~0.90 范围内^①。图 7 为鄂尔多斯盆地上古生界压力系数—深度图,可以看出,在 2 380 m 以浅的埋深范围内,上古生界各组段以含水的正常压力为主,即使在常规油气藏内也不例外;在 2 380 m 以深则以低异常压力为主,异常低压的区域范围内以含气为主,低压程度随含气量的增加而加强,且随深度增加气层越来越偏离静水压力线。

由深盆地形成阶段的异常高温高压过渡到深盆地萎缩阶段的异常低温低压,其间出现各种过渡性压力现象,是深盆地发育过程中的自然现象,特别是在以陆相沉积为主的盆地中。异常高温高压发育在深盆地形成的高级阶段,异常低温低压发育在深盆地形成的萎缩阶段,常温常压的情况不多见,仅见于鄂尔多斯盆地榆林—米脂含气区东部。

5 大中型气田勘探方向

毫无疑问,深盆地仍然是大中型气田的主要勘探方向。就北美深盆地而言,加拿大阿尔伯达盆地具有经济价值的气田面积占 13 986 km²,可采储量为 1.27×10^{12} m³;美国第一(世界第二)大气田潘汉德—胡果顿气田面积为 20 720 km²,储量为 2.27×10^{12} m³;美国第二大气田分布在圣胡安盆地,气田面积为 9 325 km²,储量为 0.91×10^{12} m³。另外还

有大绿河、红漠、阿科马等盆地的深盆地气田都有非常可观的地质储量。

从 20 世纪 80 年代初在盆地边缘寻找常规油气田,到今天鄂尔多斯盆地的满盆油和满盆地气,历经 30 年的长庆人表现出的大智大勇令人敬佩。早在乌审旗—榆林—靖边气田发现之前,曾有百余口井钻穿过现在的含气井段,都因气层产能低而被废弃了。正是随着深盆地理论的引进和开发技术的进步,这些被废弃的气层有了商业产能^[17],并形成硕大的气藏(田)。不要指责这些气藏(田)单井产能低,也不要埋怨这些气藏(田)的边界难以确定,井井见气层的高勘探成功率已经为我们创造了效益,源(煤层等)储(砂砾岩)共存、互为补充的含气共同体将为我们提供一个取之不尽、用之不竭的巨大“气库”。

作者访问加拿大期间曾与艾尔姆华士气田发现者、深盆地理论创始人 Masters 先生座谈,他认为:如果一个向斜盆地煤系发育,构造简单,埋深适中,那么,这个盆地内寻找深盆地的成功率应该是 100%^②。作者认为以下地区或盆地具有形成大中型气田条件。

5.1 鄂尔多斯盆地中南部

深盆地主要是近源供给,即在本溪组铝土页岩、上石盒子组泥岩之间的流体封存箱内的互相补充。一般是煤层、炭质泥岩、高碳泥页岩因生烃增压,形成与围岩中孔隙性岩石之间的流体势,从而发生气的运移和扩散,直到封存箱内的势平衡。一方面因封存箱内烃源岩到处存在,另一方面因构造平缓、岩性致密,区域上的流体势则不显著,因此天然气不会发生长距离运移。即是说,盆地北部已探明的天然气都是自生自储的,盆地中南部同样地质条件下形成的深盆地气有待勘探。

晚石炭世本溪期至早二叠世太原期,鄂尔多斯盆地古地形南高北低、西高东低,物源主要来自南部,由河流形成的扇三角洲、海浪改造三角洲形成的岸滩、障壁等在盆地南部较为发育,因此预测盆地中南部本溪—太原组可能是深盆地的主要目的层。

山西组—盒 8 段,古地形南低北高,南部发育固原—环县、耀县—铜川—黄陵大型三角洲,同样可为深盆地提供有效储集层。

5.2 松辽盆地

松辽盆地具有断陷层(J₃—K₁)和坳陷层(K₂—

① 马新华. 内部成果. 2008.

② 《石油实验地质》,1980,增刊.

R)双层地质结构,上构造层厚在 2 000~3 000 m 之间,下构造层厚在 3 000~5 000 m 之间,有希望形成深盆气的地质层系为下构造层。下构造层中的上侏罗统为陆相含煤碎屑岩建造,岩性为砾、砂、泥岩、煤和炭质页岩;下白垩统沙河子组以富含有机质的灰黑色、深灰色泥岩为主,平均有机碳含量达 2.25%,目前已达高一过成熟阶段($R_o = 1.31\% \sim 3.02\%$);区域性盖层为登娄库组厚层泥岩。晚白垩世—新生代拗陷层发育期构造稳定,是下构造层烃源岩主要生烃阶段,油气在登娄库组厚层泥岩的区域盖层之下大量保存,形成深盆地。

目前在下构造层中已获得大量天然气,如徐家围子、松南等气田,其工业储集层为火成岩孔隙、裂缝、空洞形成的复合体,钻遇的砂砾岩也有气显示,但达不到经济气流标准。如腰深 2 井在 3 736~4 007 m 井段营城组电测解释气层 176m/6 层;腰深 1 井在 3 544.4~3 750 m 井段营城组电测解释气层 1 77.2 m/7 层;腰深 101 井在 3 615~3 850 m 井段营城组电测解释气层 157.2 m/6 层;这些井均钻遇 200 余米含气井段,含气井段中只见气而不见水,具有深盆地特性。

与其他深盆地不同的是:松南等气田的含气层位(营城组)属断陷盆地性质,含气目标为火成岩喷发形成的丘状体,与已知深盆地的大型拗陷和岩性圈闭有一定区别,是否为深盆地,尚须更多资料证实。

5.3 西北地区侏罗系盆地

中国西北侏罗系是国内最大的含煤盆地,如准噶尔、伊犁、哈密、柴达木等盆地,煤层累计厚度达 167.5 m。虽然大多数地区尚处于深盆地演化的孕育阶段($R_o < 1.25\%$),但仍有局部地区煤系已达高一过成熟阶段,如吐哈盆地台北拗陷中心地区、准噶尔盆地南缘山前拗陷带。在煤系已达高一过成熟阶段的地区,可以勘探深盆地;在煤系处于成熟阶段的地区(气煤—贫煤),可以勘探常规岩性气藏。

5.4 沁水盆地

沁水盆地与鄂尔多斯盆地在晚古生代—三叠纪同属华北大型拗陷盆地,上古生界—三叠系具有统一的地质层位和岩性组合。从盆地周边晋城、长治、阳泉、霍城等的煤质看,已区域性进入焦煤—无烟煤演化阶段,即是说,该盆地曾经历过高温高压的深盆地形成阶段。只是晚白垩世以后沁水盆地抬升剥蚀严重,三叠系仅在盆地中心残存,但盆地的拗陷性质

并未改变,盆地内断层、构造稀少,深盆地是否保存,在何处保存,值得研究。

目前,沁水盆地周边正如火如荼地开发煤层气。参考圣胡安盆地开发煤层气、深盆地经验(通过开发深盆地降压,煤层气解析成游离气),到盆地中心深部开发煤层气,若获成功,该盆地近 $3 \times 10^4 \text{ km}^2$ 面积内将是一个巨大的“气库”。

参考文献:

- [1] Masters J A. Deep basin gas trap, West Canada[J]. AAPG Bulletin, 1979, 63(2): 152-181.
- [2] Rose P R, Everett J R, Merin I S. Possible basin centered gas accumulation, Roton basin, Southern Colorado[J]. Oil & Gas Journal, 1984, 82(10): 190-197.
- [3] Law B E. Basin-centered gas systems[J]. AAPG Bulletin, 2002, 86(11): 1891-1919.
- [4] Kuuskraa V A. Tight sands gas as U. S. gas source[J]. Oil & Gas Journal, 1996, 94(12): 102-107.
- [5] 庞雄奇, 金之钧, 姜振学, 等. 深盆地成藏门限及其物理模拟试验[J]. 天然气地球科学, 2003, 14(3): 207-214.
- [6] 张金亮, 张金功, 洪峰, 等. 鄂尔多斯盆地地下二叠统深盆地藏形成的地质条件[J]. 天然气地球科学, 2005, 16(4): 526-534.
- [7] 袁政文, 许化政, 王伯顺, 等. 阿尔伯达深盆地研究[M]. 北京: 石油工业出版社, 1996.
- [8] Wyman R E. Gas resource in Elsworth coal seams[C]//Masters J A. Elsworth: Case Study of a Deep Basin Gas Field. AAPG Memoir 38, 1984.
- [9] 傅诚德, 胡文瑞, 李文阳, 等. 鄂尔多斯深盆地研究[M]. 北京: 石油工业出版社, 2001.
- [10] Gies R M. Case history for a major Alberta deep basin gas trap: the Cadomin formation[C]//Masters J A. Elsworth: Case Study of a Deep Basin Gas Field. AAPG Memoir 38, 1984.
- [11] Cant D A. Spirit River formation: a stratigraphic-gas trap in the deep Basin of Alberta[J]. AAPG Bulletin, 1983, 67: 577-587.
- [12] 任战利. 鄂尔多斯盆地热演化史与油气关系的研究[J]. 石油学报, 1996, 17(1): 17-24.
- [13] Spencer C W. Review of characteristics of low-permeability gas reservoirs in Western United States[J]. AAPG Bulletin, 1989, 73(5): 613-629.
- [14] Rice D D, Clayton J L, Pawlewicz M J. Nonassociated gas potential of San Juan Basin considerable[J]. Oil & Gas Journal, 1990, 88: 60-61.
- [15] 张金川, 金之钧. 美国落基山地区深盆地及其基本特征[J]. 国外油气勘探, 2000, 12(6): 651-658.
- [16] 张金川, 王志欣. 深盆地异常地层压力产生机制[J]. 石油勘探与开发, 2003, 30(1): 28-31.
- [17] 王红岩, 张建博, 陈猛晋, 等. 鄂尔多斯盆地煤层气与深盆气的关系[J]. 天然气地球科学, 2003, 14(6): 453-455.

Key Concept and Characteristics of Deep Basin Gas Accumulation

XU Hua-zheng¹, GAO Li², WANG Chuan-gang¹, LI Song¹, YIN Wei¹, LIU Chun-yan¹

(1. *Exploration and Production Research Institute, SINOPEC, Beijing 100083, China;*

2. *SINOPEC Huabei Oilfield Company, Zhengzhou 712000, China)*

Abstract: The essence of deep basin gas accumulation is gas saturated feature in the basin center, which may present several hundred meters of gas in a well bore without water, and generally include coal bed absorbed gas, shale fracture gas, and sandstone void gas. Basin centered gas accumulation could easily happen in a basin with plenty of coal formation, moderate burial depth, tectonic constancy, and a mega temperature evolution history. Most of deep basin gas accumulations are sealed by tight reservoir water in updip direction and involve everlasting gas supply, but this is only one of deep basin gas styles. Mutual dissolution of water vapor and methane in the ancient HTHP situation and the formation of bound water in reservoir bed compaction lithogenesis led to the absence of water layers in deep basin gas accumulation. “Acid dew” which has lower salinity than formation water will present along with mutual dissolution vapor condensation during the cooling and shrinking stage of deep basin gas accumulation. Deep basin gas accumulation may have the subpressure or surpressure characteristics in different evolutionary phases. Deep basin gas accumulations are available in Songliao basin, Qinshui basin and other coal basins in Northwest China.

Key words: Deep basin gas; Tight sandstone; Lithologic trap; Hydroseal trap; Surpressure; Subpressure.

会议消息

中国地质学会 2009 年学术年会将在北京举行

为全面学习实践科学发展观,贯彻落实国务院《关于加强地质工作的决定》,促进地质科技创新,推动地质学科的发展,中国地质学会决定 2009 年 10 月 22—25 日在北京九华山庄召开 2009 年学术年会。本届年会将围绕“地质为经济社会发展服务”的主题,交流近年来地质科研、生产领域的科技新成果,探讨如何增强地质勘查的资源保障能力和服务功能,更好地满足我国经济社会的可持续发展,为保持经济平稳快速发展服务。此次会议将设立 19 个分会场,分会场主题和承办单位分别为:①水文地质理论与方法(中国地质学会水文地质专业委员会);②油气勘探开发理论与技术进展(中国地质学会石油地质专业委员会);③中国大陆及海域岩石圈三维结构与资源环境效应(中国地质学会区域地质及成矿专业委员会);④地学信息与新理论、新技术和新方法(中国地质学会数学地质地学信息专业委员会);⑤海洋地质、矿产资源与环境研究(中国地质学会海洋地质专业委员会、中国地质大学海洋学院);⑥地质环境与地质灾害调查研究(中国地质学会环境地质专业委员会、地质灾害研究分会);⑦资源环境勘查评价化探理论与方法技术(中国地质学会勘查地球化学专业委员会);⑧地质图件的编制与 GIS 技术(中国地质学会地质制图专业委员会);⑨矿物学(中国地质学会矿物学专业委员会);⑩地质科技期刊办刊经验交流会暨地质科技期刊专业委员会换届会议(中国地质学会地质科技期刊专业委员会);⑪北京大学百年校庆地质科技工作者座谈会(北京大学地球与空间科学学院);⑫固体矿产勘查规范研讨会(中国地质学会矿产勘查专业委员会);⑬中国第二届铂业高层论坛(中国地质学会矿山地质专业委员会等 14 个单位);⑭固体矿产勘查与技术研讨(中国冶金地质总局);⑮资源环境勘查评价物探理论与方法技术(中国地质学会勘探地球物理专业委员会);⑯城市地质调查研究与监测(中国地质学会城市地质专业委员会);⑰煤炭与煤层气地质理论及精细勘探技术进展(中国地质学会煤田地质专业委员会);⑱变质作用和岩浆作用与大陆动力学关系(中国地质学会岩石专业委员会);⑲前寒武纪地质演化及早期地壳生长(中国地质学会前寒武地质专业委员会)。此外,大会还安排了一系列卫星会议。有关会议的详细情况请咨询年会秘书处(电话:010-68999023;E-mail: gsc2009meeting@126. com)

(据会议二号通知)