

冀中拗陷东北部石炭系—二叠系 煤成气保存条件评价

赵威^{1,2,3}, 丁文龙^{1,2,3}, 钱铮⁴, 蓝宝锋⁴, 赵金利⁵,
刘建军⁴, 姚佳利^{1,2,3}, 李瑞娜^{1,2,3}

(1 中国地质大学能源学院; 2 海相储层演化与油气富集机理教育部重点实验室)

(3 中国地质大学页岩气资源战略评价国土资源部重点实验室)

(4 中国石油华北油田分公司勘探开发研究院; 5 中国石油山西煤层气勘探开发分公司)

摘要 从盖层质量、地层水条件、异常地层压力和构造作用等四个方面,对冀中拗陷东北部石炭系—二叠系煤系地层分别进行了煤成气保存条件的单因素成图评价分析。综合各项指标,建立了煤成气保存条件综合评价体系,划分出“好”、“较好”和“较差”三个评价等级。认为研究区保存条件好的区域主要有武清凹陷中南部、里坦凹陷西南部、文安斜坡北部的信安地区和西部的苏桥以南地区,较好的区域主要有饶阳凹陷北部和里坦凹陷的大部分地区。

关键词 冀中拗陷; 石炭系; 二叠系; 煤成气; 保存条件

中图分类号: TE122.3⁺1; TE132.2

文献标识码: A

1 引言

在过去十几年间,多位学者开展了一系列与冀中拗陷石炭系—二叠系煤岩相关的研究课题,对其构造演化、油气富集规律、勘探潜力以及勘探目标优选等进行了大量的研究工作,取得了许多成果^[1-5]。根据研究区的钻井资料显示,同一地区内的不同钻井,产气情况差异较大,比如,苏20井(钻井位置见图1)获得工业油气流,而苏23、苏29井却只获低产油气流,苏22井甚至没有油气流,这4口井的生储盖组合条件几乎相同,但在盖层质量和地层压力等方面却差异明显,因此,这四口井产气情况的不同可能是由于保存条件的差异造成的。由于煤成气的聚集具有明显的时间性和有效性,它聚集以后会随着时间的慢慢散失,所以,要研究该地区的煤成气勘探前景,就要求对盖层的封闭能力和油气的保存条件进行系统的研究,以确定现今油气的丰度和工业价值。

前人对煤成气保存条件的控制因素进行过研

究^[6-14],提出了影响煤成气保存条件的因素包括盖层的封闭能力、构造抬升的剥蚀强度、断裂的发育程度、地层水条件以及地层压力的大小,但并没有对这些单一因素进行综合分析和系统评价。本文依据钻井、测井、地震和分析测试等资料,首先从盖层质量、地层水条件、异常地层压力、构造作用等四个方面,逐一进行单因素的分析评价,在此基础上,再采用多因素叠合分析方法,系统地煤成气的保存条件进行综合研究,旨在建立煤成气保存条件综合评价参数体系,以期为冀中拗陷东北部石炭系—二叠系煤成气勘探提供一定的理论指导。

2 区域地质概况

冀中拗陷位于渤海湾盆地西北部,北为燕山褶皱带,南为邢衡隆起,西邻太行山隆起,东到沧县隆起,面积约为31 700 km²,它是发育在华北地台上的一个中生代断陷盆地^[15](图1)。冀中拗陷石炭系—二叠系煤系地层的分布具有残留盆地性质^[16],地层

收稿日期: 2014-04-22; 改回日期: 2014-07-27

本文受国家自然科学基金项目“渤海湾盆地济阳拗陷古近系陆相富有机质页岩裂缝研究”(编号:41372139)、“中国南方下古生界海相富有机质页岩裂缝发育程度与主控因素定量关系研究”(编号:41072098)和国家科技重大专项专题“渤海湾盆地页岩气资源评价”(编号:2011ZX05018-001-002)、“沾化凹陷—罗家地区沙三下亚段泥页岩储层裂缝形成与分布预测”(编号:2011ZX05009-002-205)资助
赵威: 1990年生,在读硕士研究生。主要研究方向为石油构造分析。通讯地址: 100083 北京市海淀区学院路29号中国地质大学(北京); Email: zhaowei092118@163.com

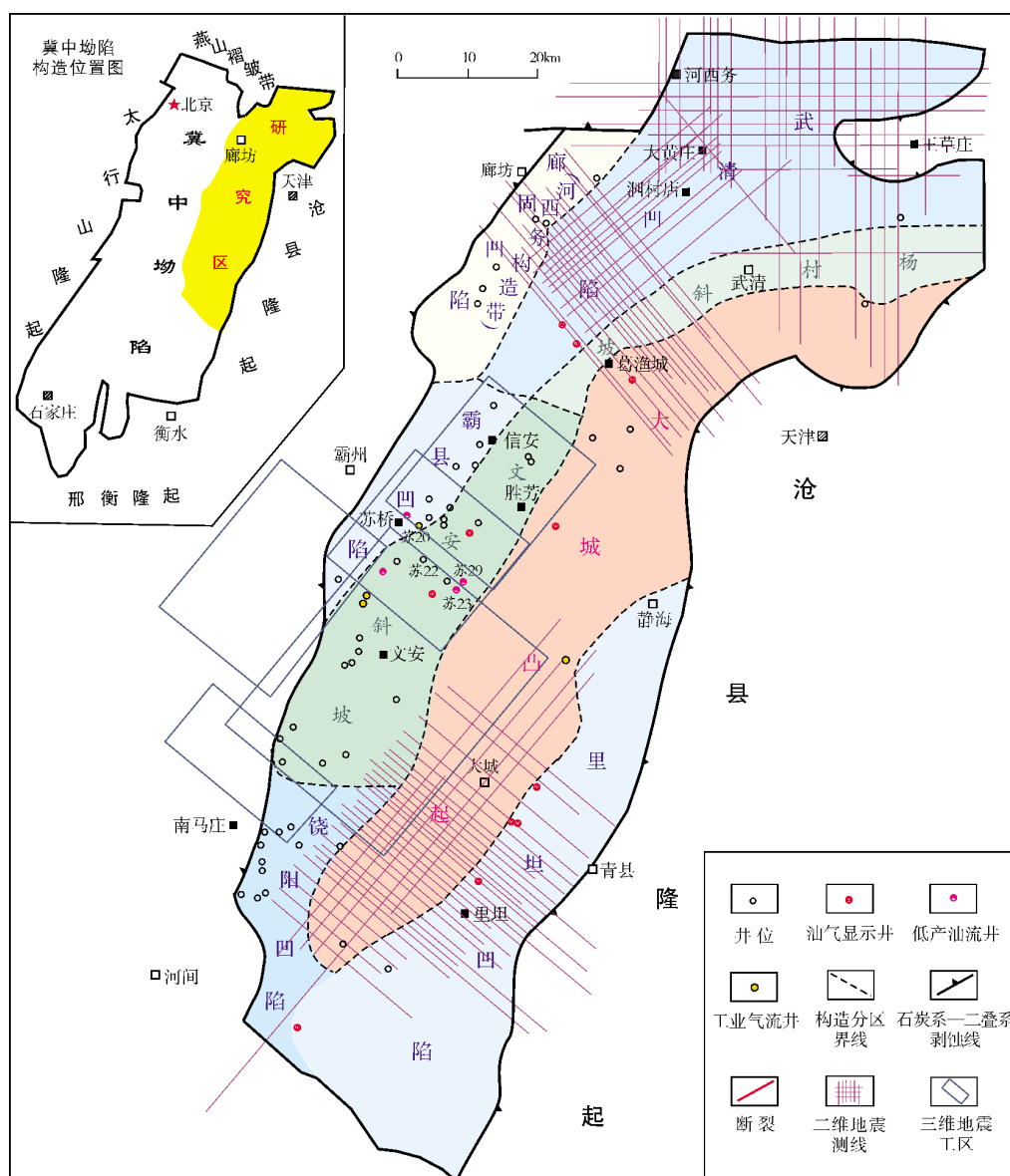


图1 冀中拗陷东北部石炭系—二叠系实际资料图

残余厚度约为0~1 300 m。由于印支期、燕山期和喜马拉雅期多次构造运动的改造,现今的石炭系—二叠系残留地层主要分布在冀中拗陷东北部地区,包括霸县凹陷的文安斜坡、廊固凹陷的河西务构造带、武清凹陷的全部、里坦凹陷和大城凸起(图1),总面积约为5 000 km²。

研究区石炭系—二叠系煤系地层主要包括山西组和太原组(图2),平面分布表现为西厚东薄的特征,岩性主要为煤岩、碳质泥岩、暗色泥岩和海相石灰岩等,煤层厚度约为0~63 m,具备良好的生烃能

力,是本区的主力烃源岩。覆盖于煤系地层之上的下石盒子组和上石盒子组下部地层发育河流—三角洲相砂体,是储层发育的有利层段。上石盒子组上部 and 石千峰组大套泥岩是主要的区域封盖层。这些地层在纵向上形成了良好的煤成气生储盖组合,成藏条件良好。

3 煤成气保存条件单因素评价

影响到研究区煤成气保存条件的,有四个主要因素:盖层质量、地层水条件、异常地层压力和构造

地 层				岩性剖面	标志层	岩 性 描 述	生储盖组合
界	系	统	组				
古 生 界	二 叠 系	上 统	石千峰组		杂色砂岩	紫红色泥岩, 粉砂岩, 泥质粉砂岩	有利盖层
			上石盒子组			灰白色、灰黄色中粗砂岩及紫红色中粗砂岩。砂岩含砾, 底面冲刷	重点储层
		下 统	下石盒子组		桃花泥岩 骆驼脖子砂岩	黄绿色、灰白色中细砂岩。底面冲刷	重点储层
			山西组		2#煤 北盆沟砂岩	浅灰色粉砂岩, 细砂岩。含煤层(2~8层)	生油层
	石 炭 系	上 统	太原组		6#煤 野青灰岩 伏青灰岩 晋祠砂岩	深灰色粉砂岩, 粉砂质泥岩, 泥岩。夹石灰岩(2~6层), 含煤层(5~11层)	生油层
		中 统	本溪组		铝土岩	页岩, 砂岩, 夹石灰岩。煤层不发育	
	奥陶系						

图2 冀中拗陷石炭系—二叠系地层综合柱状图

作用,四个主要因素之间既有独立性又相互关联。四个主要因素可以从盖层厚度、砂体含量、地层水类型、地层水矿化度、地层压力系数、抬升剥蚀程度、断穿盖层的断裂数量等7个参数来分析评价。本文首先对研究区煤成气保存条件进行单因素成图评价。

3.1 盖层质量

盖层对盆地或拗陷中的煤成气聚集和保存具有重要作用。盖层的岩性、厚度、破坏程度等地质要素都是保存条件评价的重点。研究区的上石盒子组顶部和石千峰组,地层中的泥岩较发育,形成了区域性盖层。但是由于部分地区的二叠系顶部剥蚀严重,使得古近系沙河街组四段直接覆盖在石盒子组地层之上,从而形成了直接盖层。所以本文进行的盖层评价指的是对石盒子组的上覆盖层,即石千峰组和部分

沙河街组四段的综合评价分析。

石盒子组上覆盖层的泥岩厚度约为100~200 m,单层厚度约为15~20 m,最大可达30 m,这不仅可以大大降低气藏中气体的扩散速度,而且还可以阻挡水和烃类的排出。但本区盖层中含有砂层,砂地比约为0.2~0.6。宏观上,当砂层及其他岩性夹层含量大于地层厚度的25%时,泥岩盖层的封盖性能就变差^[10,17],从而会影响煤成气的保存。因此,评价盖层的保存条件需要考虑盖层厚度和砂地比等因素,盖层厚度越大,砂地比越小,盖层的质量就越高。

通过对前人资料的整理分析^[3,5,14],结合本区盖层的厚度分布特征(图3a),以及盖层的砂地比平面分布特征(图3b),利用平面叠合分析的方法,绘制出研究区盖层质量综合评价图(图4)。在评价时认为:盖层厚度大于160 m、砂地比小于0.3的,为好盖层;

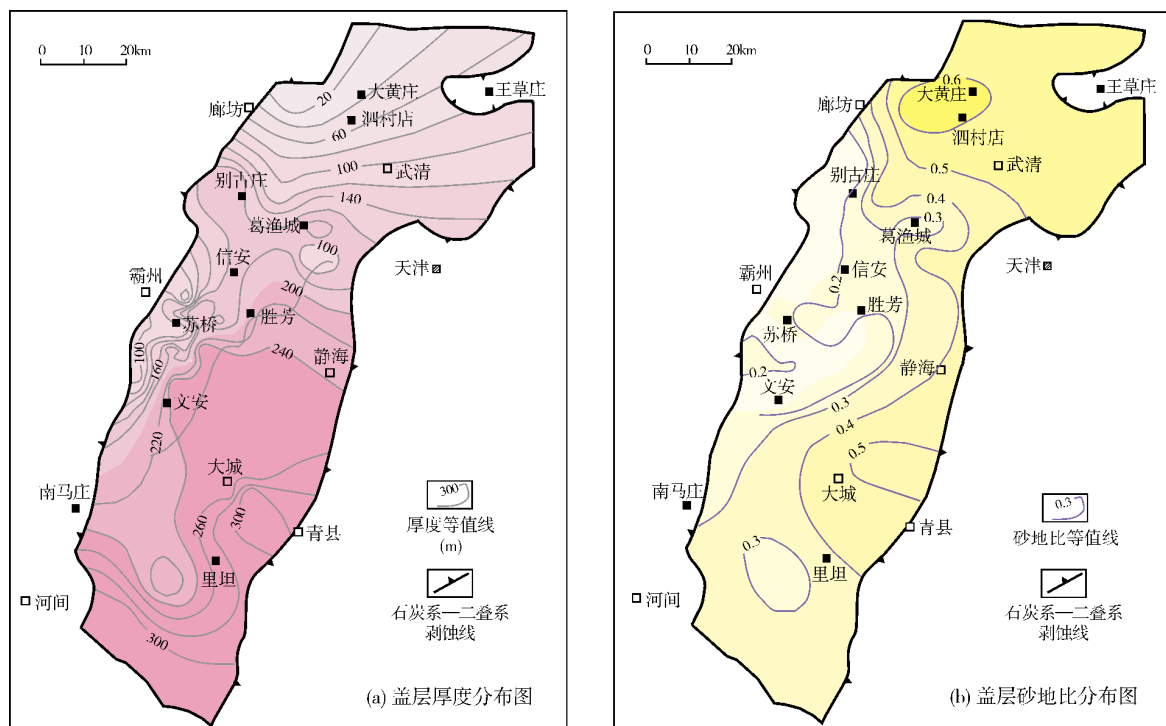


图 3 冀中坳陷东北部石炭系—二叠系石盒子组储层的盖层质量单因素图

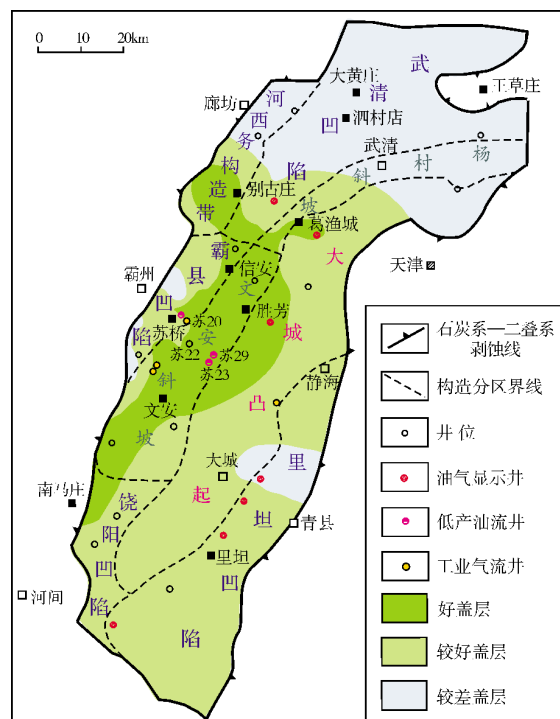


图 4 冀中坳陷东北部石炭系—二叠系石盒子组储层的盖层质量综合评价图

盖层厚度在 100~160 m、砂地比在 0.3~0.5 的,为较好盖层;盖层厚度小于 100 m、砂地比大于 0.5 的,为较差盖层。从图 3、图 4 中可以看出,武清凹陷西南部、文安斜坡、大城凸起西部等地区的砂地比为 0.2~0.3,且盖层厚度为 160~260 m,符合盖层质量好的评价标准,是煤成气保存条件较好的区域。

3.2 地层水条件

地层水作为煤成气盆地中流体的一个主要组成部分,它的活动和性质直接或间接地影响着盆地流体系统的开放性和封闭性,这与煤成气的保存条件有着十分密切的关系^[18-21]。地层水的水型和矿化度可以反映出煤成气富集和保存的复杂的物理化学过程,因此可以用这些特征来反映地层水所处的环境,进而来评价煤成气的保存条件。现据文献^[21]及前人研究成果^①编制了表 1,从表 1 可以看出,地层水矿化度越高,且水型为 CaCl_2 型的,地层水对煤成气保存有利,该类水型一般位于地质结构稳定的煤成气藏中,气藏顶层的封闭性、隔层的分隔性均较好,属于水文地质停滞带,有利于煤成气的保存,因此,

① 唐书恒,黄文辉,丁文龙,等. 冀中坳陷东北部石炭—二叠系煤成气成藏条件与勘探方向研究[R]. 中国地质大学(北京),2013.

表 1 天然气藏地层水保存环境类型的划分及其水化学指标(据文献[21]和①编制)

地层水保存环境类型	未破坏型	微弱破坏型	不均一破坏型	构造破坏型
地层水水型	CaCl ₂ 型	NaHCO ₃ 型	NaHCO ₃ 型	多为 Na ₂ SO ₄ 型 也有 NaHCO ₃ 型和 MgCl ₂ 型
地层水矿化度 (mg/L)	高 >12000	较高 4500~12000	较低 2000~7000	变化范围大 5000~55000
水文地质环境	交替停滞带	交替阻滞带	交替阻滞带	自由交替带
天然气保存条件	有利	较有利	较差	较差

CaCl₂ 型的地层水是含煤成气的直接标志。相反,矿化度低、NaHCO₃型的地层水对煤成气保存不利。

根据表1中的参数,结合实际资料以及研究区内近20口井的地层水测试分析数据,对研究区石炭系—二叠系地层水化学性质所反映的保存条件进行了评价:地层水型为CaCl₂型、地层水矿化度大于10 000 mg/L的地区为煤成气保存有利区;地层水型为Na₂SO₄+NaHCO₃型、地层水矿化度5 000~10 000 mg/L

的地区为煤成气保存条件较有利地区;地层水型为Na₂SO₄+NaHCO₃型、地层水矿化度小于5 000 mg/L的地区为煤成气保存条件较差地区。如图5所示,武清凹陷、杨村斜坡以及里坦凹陷等区的地层水型为CaCl₂型,地层水矿化度约为10 000~30 000 mg/L,为地层水条件好的区域,反映出这些区域煤成气藏的地质结构稳定,顶层的封闭好,隔层的分隔也好,有利于煤成气的保存。

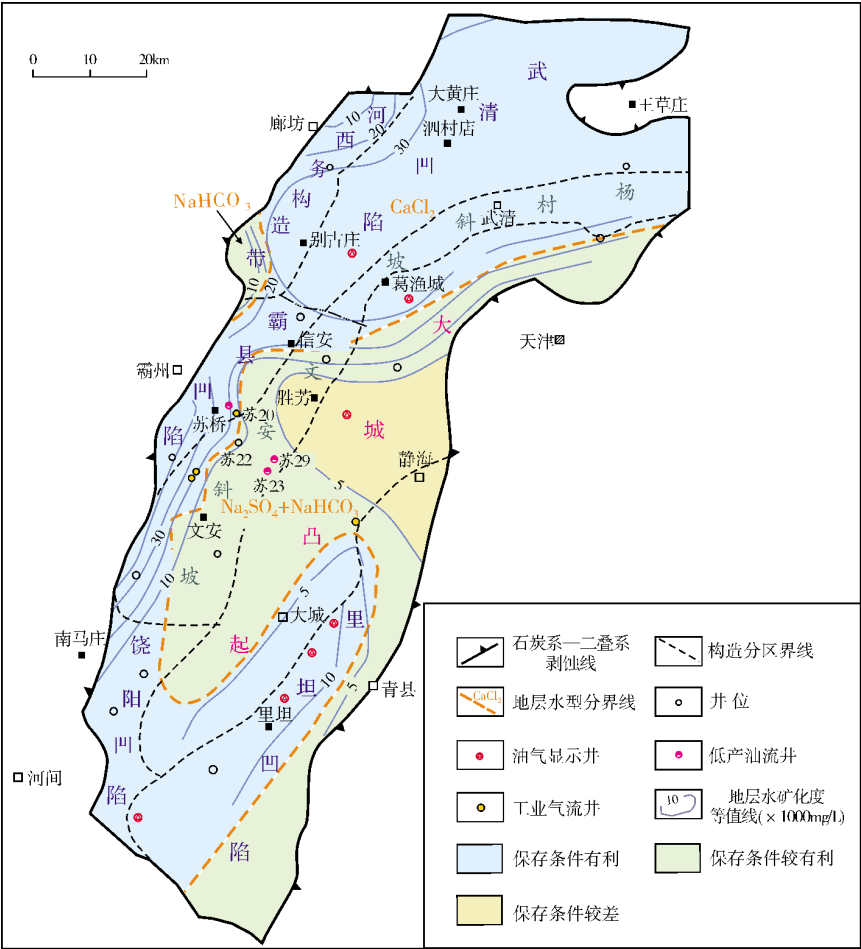


图5 冀中坳陷东北部石炭系—二叠系地层水化学性质与保存条件评价图

3.3 异常地层压力

异常地层压力是驱动煤成气运移、制约煤成气藏形成与分布、影响煤成气勘探成效的一个重要因素,它对煤成气的保存条件起着关键性作用。本文将利用钻井声波时差测井资料,建立 $\ln(\Delta t)$ — H 正常趋势线,采用等效深度法,来计算地层孔隙流体压力。

等效深度法是国内外油田定量分析地层压力最常用的方法,其理论依据是:在地下不同深度、具有相同声波时差的地层,所受的骨架应力理论上是相等的,即在不考虑温度等其他因素影响的情况下,如果地层中正常层段A点与异常层段B点的声波时差值相等,那么这两点地层所具有的骨架应力应该相等, H_A 即可视为 H_B 的等效深度^[22](图6)。B点的地层压力则可以用公式(1)表示:

$$P_B = G_N \cdot H_A + (H_B - H_A) G_O \quad (1)$$

式中: P_B ——B点的地层压力,MPa;

G_N ——静水柱压力梯度,MPa/m;

G_O ——上覆岩层压力梯度,MPa/m;

H_A ——等效深度,m;

H_B ——超压地层深度,m。

由于实际中的 H_A 一般较难确定,所以需引入正常压实趋势线,并假定其按指数规律变化,此时,由正常情况下的泥岩声波时差和埋深关系可得公式(2):

$$H_A = \frac{1}{c} \ln(\Delta t / \Delta t_0) \quad (2)$$

式中: c ——地层压缩因子,数值上等于正常压实趋势线的斜率;

Δt ——泥岩埋深为 H_A 时的声波时差值, $\mu s/m$;

Δt_0 ——泥岩埋深 $H=0$ 时的声波时差值, $\mu s/m$ 。

将公式(2)代入公式(1),可得公式(3):

$$P_B = G_O \cdot H_B + (G_O - G_N) \frac{1}{c} \ln(\Delta t / \Delta t_0) \quad (3)$$

这里,上覆地层压力梯度资料可根据密度测井资料求取,静水压力梯度可根据地层水资料确定。

依据公式(3),共选取研究区内32口井进行了盖层地层压力系数的计算,计算结果见表2,据此对石炭系—二叠系煤成气的保存条件进行了评价:地层压力系数大于1.3的地区为高异常地层压力区,对煤成气的保存有利;地层压力系数在1~1.3之间的地区为较高异常地层压力区,对煤成气的保存较为有利;地层压力系数小于1的地区为低异常地层压力区,对

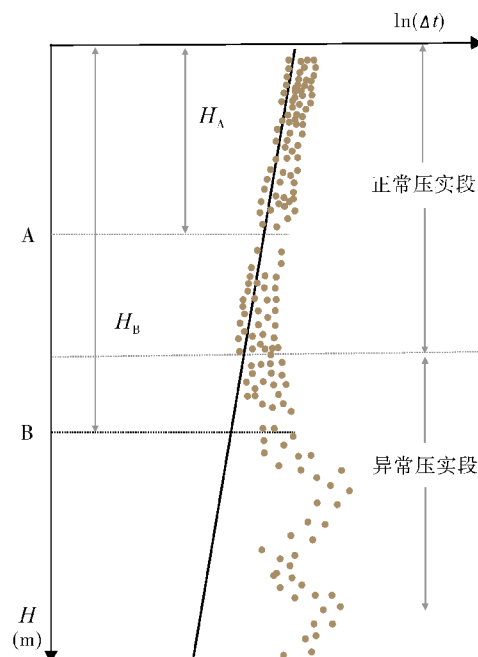


图6 等效深度法示意图(据文献[22],略改)

煤成气的保存不利。如图7所示,武清凹陷西南部等地区的地层压力系数约为1.36~1.53,是煤成气保存条件较好的区域。

3.4 构造作用

冀中拗陷东北部的石炭系—二叠系煤系地层经历了复杂的构造演化历史,现今的构造格局是不同期次、不同类型和不同方向的构造相叠合的结果。前人研究表明,印支运动、燕山运动和喜马拉雅运动造成了研究区的石炭纪—二叠纪地层先东倾、后西倾,发生了类似于“翘翘板”式的变化^[23]。在这些构造运动期间,一方面,石炭系—二叠系经历了长时间的风化淋滤,为潜山油气藏的形成创造了有利的储集条件;另一方面,多期构造运动形成了不同期次的断层组合,从而造成了研究区内的构造带被严重复杂化。本次研究的构造作用主要考虑了由于多期构造运动导致的抬升剥蚀情况以及断层的发育程度等。

3.4.1 抬升剥蚀程度

构造运动导致的地壳抬升剥蚀,既可以使含气层段之上的岩层和区域盖层减薄或剥蚀,从而导致残余盖层的孔隙度和渗透率的提高,同时也容易使盖层发生脆性破裂而导致地层垂向封闭性减弱、甚至开启,从而降低盖层的烃浓度封闭能力。地壳抬升

表2 冀中拗陷东北部32口井石炭系—二叠系煤成气盖层地层压力系数计算结果表

井 名	盖层层系	计算深度(m)	压力系数*	井 名	盖层层系	计算深度(m)	压力系数*
大8	馆陶组	983	0.59	苏13	沙河街组四段	2750	1.12
文36	石千峰组	1250	0.60	京6	沙河街组四段	2400	1.25
大参1	明化镇组下段	890	0.65	苏14	石千峰组	2577	1.25
胜1	石千峰组	1534	0.80	大9	石千峰组	1785	1.27
大2	石千峰组	1951	0.83	京7	沙河街组四段	2840	1.36
西13	沙河街组三段	1441	0.83	马7	沙河街组三段	1484	1.36
西4	馆陶组	1176	0.84	苏4	沙河街组四段	3708	1.37
文5	中生界(沙河街组三段之下)	2091	0.86	信1	沙河街组四段	4120	1.37
大4	上石盒子组	2062	0.92	葛2	石千峰组	2471	1.40
杨1	沙河街组四段	2685	0.96	务古1	沙河街组四段	4070	1.40
大参2	馆陶组	1623	0.96	苏61	沙河街组四段	3735	1.41
葛8	石千峰组	1798	0.97	苏51	石千峰组	3363	1.43
大5	石千峰组	2119	1.00	文3	沙河街组四段	2243	1.44
大7	沙河街组四段	1789	1.02	京24	沙河街组四段	4167	1.48
苏24	石千峰组	2295	1.07	苏60	中生界(沙河街组三段之下)	4190	1.49
文53	石千峰组	2665	1.12	京3	沙河街组四段	4250	1.53

* 计算中c取0.0004

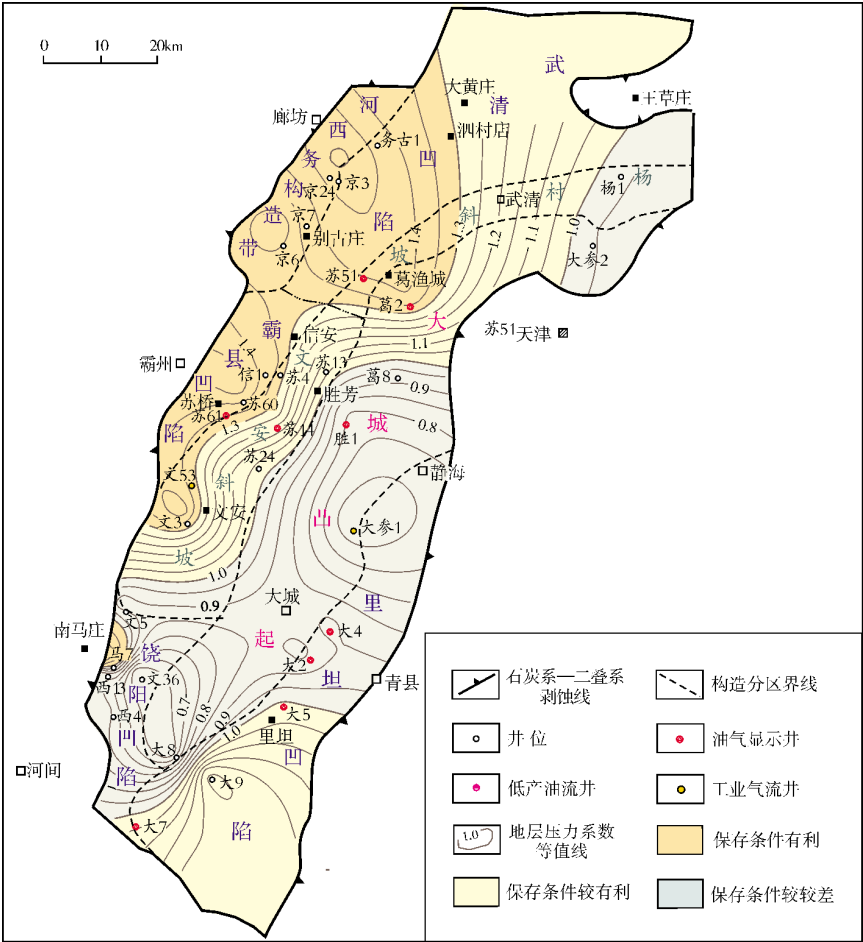


图7 冀中拗陷东北部石炭系—二叠系煤成气盖层地层压力系数分布与保存条件评价图

作用可以分为两类:整体性抬升和差异性抬升。不同类型的抬升作用,对煤成气藏产生的破坏作用也不同:整体性抬升具有抬升区域范围大、抬升幅度小和地区间的抬升差异性小等特点,比较有利于气藏的保存;而差异性抬升会导致储集岩层埋深变得很小,甚至出露地表遭受剥蚀,不利于煤成气的保存。

研究区的构造抬升运动导致了二叠系及中生界部分地层被剥蚀,根据石盒子组上覆盖层的断裂分布情况,以及通过研究区地震资料的解释所判断的构造抬升运动范围,综合分析认为:武清凹陷东部、杨村斜坡西南部、里坦凹陷以及文安斜坡等地区发生了整体性抬升(图8),因而比较有利于煤成气藏的保存;而大城凸起以及杨村斜坡东部等地区,由于石千峰组被剥蚀,故不利于煤成气藏的保存。

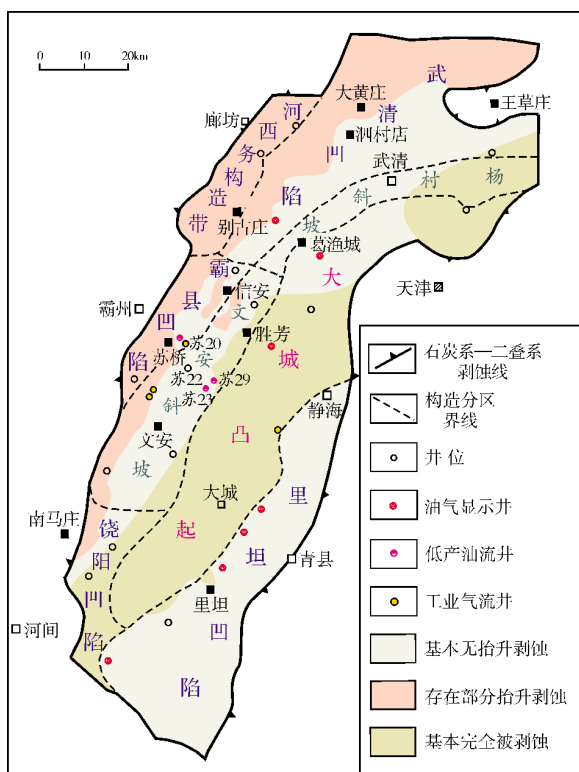


图8 冀中坳陷东北部石炭系—二叠系后期构造抬升剥蚀强度分布图

3.4.2 断裂发育程度

断裂既可能是煤成气垂向运移的有利输导体系,也可能是影响煤成气散失或封堵的主要因素^[24-26]。本文研究的断裂系统主要是指可形成局部煤成气逸散、从而导致圈闭的有效性被破坏的通天断层,以及

延伸端与地表岩溶淡水层下延部位相交的隐伏断层。若断裂发育比较密集,则不利于煤成气的保存。

本文利用研究区二维、三维地震资料,对断裂系统进行精细解释,编制了断裂发育程度评价图(图9)。根据断裂分布的密集程度,将研究区划分为断裂较少、中等、较多三个评价等级。冀中坳陷东北部处于伸展构造背景之下,规模不等的正断层十分发育,但研究区的南部地区与北部地区的断层发育特点存在着显著差异^[5]。在北部的武清凹陷和文安斜坡,断层比较发育,而靠南部的大城凸起南端以及里坦凹陷,断层则不发育,呈零星分布,是煤成气保存条件较好的地区。

具体来看,武清凹陷发育不同级次的正断层,以规模较大的边界同沉积基底断层为主,其次是在沉积盖层中与局部构造伴生发育的小断层,断层总体走向与盆地轴向一致,以北北东向为主,也有少量北东向和北西向的。在文安斜坡,断层密集分布,主要由两组断层以及因岩浆上侵而形成的一系列张性断层和大裂缝构成:一组断层的走向基本平行于文安斜坡的展布方向,即北北东—北东向,另一组断层的走向则与文安斜坡的展布方向近似垂直,两组断层相互切割而形成窗格状;而张性断层和大裂缝是由于文安斜坡东南部在45 Ma时期有岩浆活动,随着地下高温高压的岩浆有规律地沿断裂侵入,导致其两侧已形成煤成气的气源物质遭受烘烤而产生的。

4 煤成气保存条件综合评价及有利区预测

在煤成气保存条件评价过程中,应结合具体问题具体分析,不能仅以一个指标的好坏来肯定或否定一个地区或领域。因此本文结合研究区的地质情况以及与保存条件相关的资料,建立了冀中坳陷东北部地区石炭系—二叠系煤成气保存条件多因素综合评价参数体系(表3),将煤成气保存条件划分成好、较好和较差三个评价等级。

现依据评价体系,采用多因素叠合法,将图4、图5、图7、图8、图9等五张单因素评价图进行叠合,编制出了冀中坳陷东北部石炭系—二叠系煤成气保存条件综合评价图(图10)。综合评价认为,保存条件好的区域主要包括武清凹陷中南部、里坦凹陷西南部、文安斜坡北部的信安地区和西部的苏桥以南地区;保存条件相对较好的区域主要包括饶阳

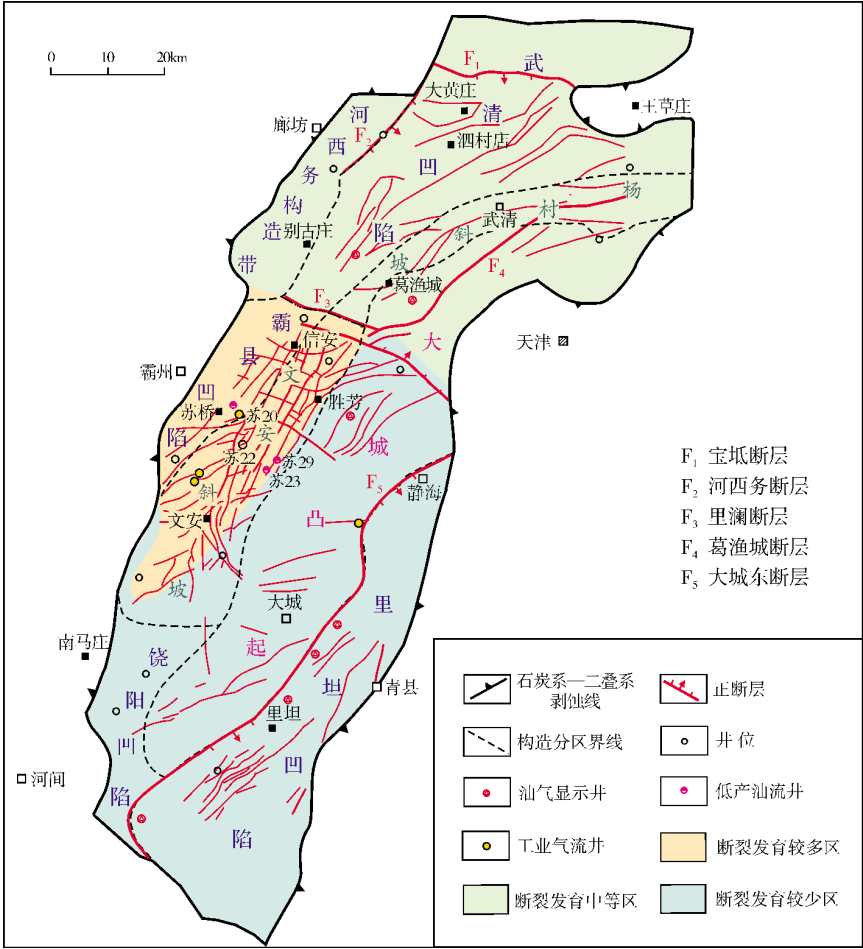


图9 冀中坳陷东北部石炭系—二叠系断穿盖层的断裂发育程度评价图

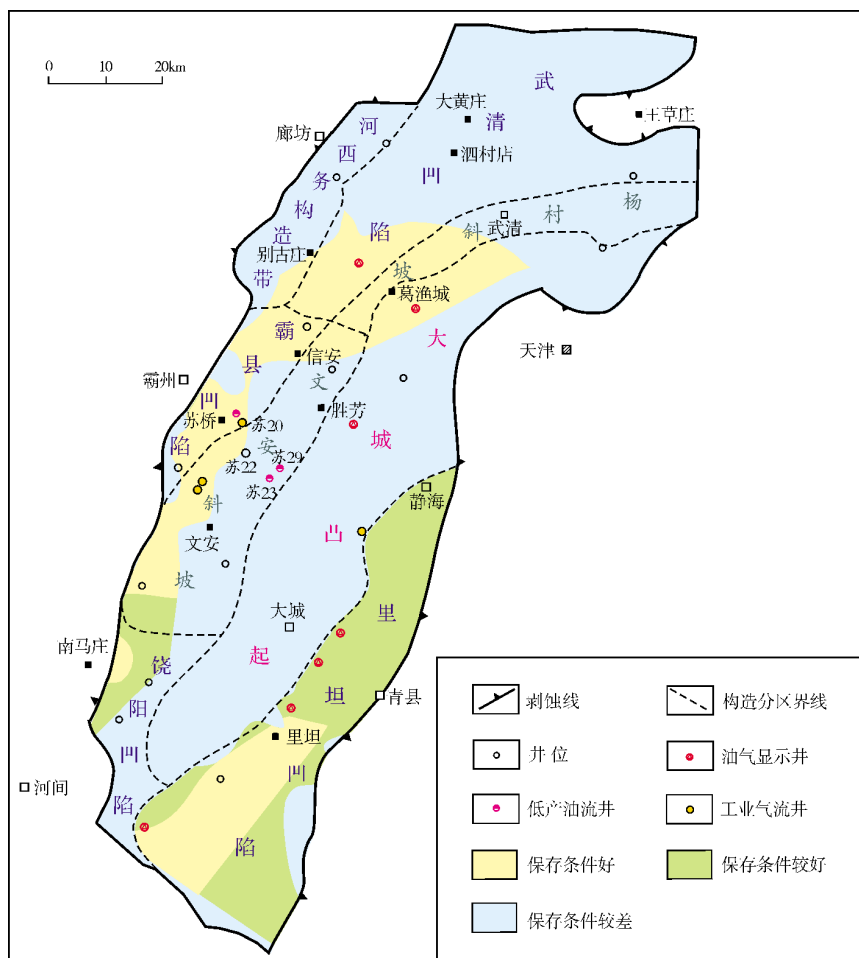
表3 冀中坳陷东北部地区石炭系—二叠系煤成气保存条件多因素综合评价参数体系

评价等级	盖层质量		地层水条件		异常地层压力	构造作用	
	厚度(m)	砂地比	地层水型	矿化度(mg/L)	地层压力系数	抬升剥蚀程度	断穿盖层的断层数量
好	>160	<0.3	CaCl ₂ 型	>10000	>1.3	基本无或部分抬升剥蚀	中等
较好	100~160	0.3~0.5	NaHCO ₃ 和 Na ₂ SO ₄ 型	5000~10000	1~1.3	基本无或部分抬升剥蚀	中等
较差	<100	>0.5	NaHCO ₃ 和 Na ₂ SO ₄ 型	<5000	<1	基本或完全被剥蚀	中等或较少

凹陷北部和里坦凹陷的大部分地区；保存条件差的区域主要包括河西务构造带、武清凹陷北部、杨村斜坡北部、文安斜坡东部以及大城凸起的大部分地区。

前人研究表明^[3-4,16,23],冀中坳陷东北部文安、信安、葛渔城等地区为煤系游离气勘探的有利区域,已发现的煤成气藏主要分布在杨村斜坡南部—信安东

部—苏桥、文安东部等地,这与本文的评价结果相吻合,同时这也可以解释本文开头提到的4口钻井产气有差异的问题。根据本次预测,冀中坳陷东北部武清凹陷中部地区、里坦凹陷西南部地区有一定的煤成气勘探潜力,饶阳凹陷北部地区和里坦凹陷的大部分地区勘探潜力较好,但有一定的勘探风险。



- [D]. 大庆:大庆石油学院, 2002.
- [9] 聂海宽, 包书景, 高波, 等. 四川盆地及其周缘下古生界页岩气保存条件研究[J]. 地学前缘, 2012, 19(3): 280-294.
- [10] 李明诚, 李伟, 蔡峰, 等. 油气成藏保存条件的综合研究[J]. 石油学报, 1997, 18(2): 41-48.
- [11] 王伟锋, 陆诗阔, 谢向阳, 等. 断陷盆地油气藏保存条件综合评价[J]. 石油大学学报:自然科学版, 1999, 23(1): 9-12, 16.
- [12] 周建林. 济阳拗陷上古生界煤成气成藏规律认识[J]. 地球科学与环境学报, 2004, 26(2): 47-50.
- [13] 周广胜, 齐梅, 张秀丽. 克拉通盆地高效大中型气田形成的天然气保存条件[J]. 大庆石油学院学报, 2007, 31(3): 128-131.
- [14] 方杰. 天然气藏的封存条件研究——以冀中拗陷北部地区为例[J]. 天然气地球科学, 2004, 15(6): 572-579.
- [15] 张林炎, 范昆, 黄臣军, 等. 冀中拗陷深层油气成藏潜力与勘探方向[J]. 地质力学学报, 2011, 17(2): 144-157.
- [16] 梁宏斌, 崔周旗, 张舒亭, 等. 冀中拗陷东北部石炭—二叠系储层特征及勘探方向[J]. 中国石油勘探, 2006, 11(2): 8-14, 29.
- [17] Li Mingcheng. A new method for quantitative simulating hydrocarbon expulsion and its application[J]. China Oil & Gas, 1994, 1(4): 28-31.
- [18] 王祥, 韩剑发, 于红枫, 等. 塔中北斜坡奥陶系鹰山组地层水特征与油气保存条件[J]. 石油天然气学报, 2012, 34(5): 25-29.
- [19] 渠永宏, 孙镇城, 冯晓杰, 等. 冀中拗陷北部潜山地层水文地质特征及对油气勘探的意义[J]. 大庆石油学院学报, 1999, 23(3): 8-11.
- [20] 薛禹群, 吴吉春. 地下水动力学[M]. 3版. 北京:地质出版社, 2010.
- [21] 刘方槐, 颜婉荪. 油气田水文地质学原理[M]. 北京:石油工业出版社, 1991.
- [22] 谭必生, 陈科贵, 周勇, 等. 利用测井资料评价地层压力方法研究[J]. 内蒙古石油化工, 2007, 33(12): 89-90.
- [23] 张亮. 冀中拗陷北部石炭—二叠系煤成油气成藏作用与主控因素分析[D]. 东营: 中国石油大学(华东), 2009.
- [24] 李贤庆, 胡国艺, 张爱云, 等. 鄂尔多斯中部气田下古生界天然气的气源研究[J]. 现代地质, 2002, 16(2): 191-198.
- [25] 丁文龙, 金文正, 刘维军. 多信息断层封闭性综合评价系统研究及应用[M]. 北京:地质出版社, 2012.
- [26] 姚雪根. 四川盆地天然气藏的破坏与保存条件剖析[J]. 海相油气地质, 2007, 12(4): 21-36.

编辑:黄革萍

Evaluation of Preservation Conditions of Carboniferous-Permian Coal-related Gas in Northeastern Jizhong Depression

Zhao Wei, Ding Wenlong, Qian Zheng, Lan Baofeng,
Zhao Jinli, Liu Jianjun, Yao Jiali, Li Ruina

Abstract: Preservation of coal-related gas depends on the factors that include cap-rock quality, formation water condition, abnormal formation pressure and tectonism. The preservation conditions of the coal-related gas are evaluated by diagramming these single-factors and a comprehensive evaluation system of preservation conditions is set up to the coal-related gas in Carboniferous-Permian coal measure strata in the northeastern part of Jizhong Depression. Three grades of preservation conditions, the good, the fair and the poor, are classified in the evaluation system. According to the evaluation grades, the potential areas belonging to the "good" preservation condition are the central to southern part of Wuqing Sag, the southwestern part of Litan Sag, and the northern part (Xin'an) and the western part (Suqiao) of Wen'an Slope, and the areas belonging to the "fair" are the northern part of Raoyang Sag and the most part of Litan Sag.

Key words: Jizhong Depression; Carboniferous; Permian; Coal-related gas; Preservation condition

Zhao Wei: Master degree in progress in China University of Geosciences (Beijing). Add: China University of Geosciences, 29 Xueyuan Rd., Beijing, 100083, China