

西北地区主要盆地天然气 赋存条件及远景评价

李学慧 黄福林 刘厚仁

(地质矿产部石油地质综合大队, 湖北江陵 434100)

西北地区三大板块(塔里木、准噶尔-阿尔泰、阿拉善-柴达木)的离散、敛合、碰撞控制着西北诸盆地的形成发展。原型盆地的叠加复合构成了不同类型的含气(油)盆地(塔里木)、含油(气)盆地(准噶尔、柴达木、伊宁、吐鲁番-哈密)、含油盆地(酒西、三塘湖、民和、巴丹吉林-腾格里诸盆地)。其中以塔里木盆地含气前景最大, 准噶尔、柴达木盆地次之, 伊宁、吐-哈盆地前景较小。

关键词 西北地区 盆地 天然气 含气远景评价

第一作者简介 李学慧 男 57岁 高级工程师 石油地质

西北地区泛指贺兰山、六盘山以西, 昆仑山、秦岭以北, 面积约 $200 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。主要盆地系指塔里木、准噶尔、柴达木、吐鲁番-哈密、伊宁、三塘湖、酒西、民和、巴丹吉林-腾格里地区诸盆地。

一、基本地质条件

(一) 大地构造背景

西北地区古生代由三大板块组成, 它们是塔里木板块、准噶尔-阿尔泰板块、阿拉善-柴达木板块。三大板块的离散、敛合、碰撞是西北诸原型盆地产生的原因。早古生代新疆板块(塔里木、准噶尔、伊宁三陆块分裂以前)的离散运动, 使新疆板块解体, 准噶尔部分向北漂移, 同时, 在北山、库鲁克塔格、满加尔一带发育拗拉槽盆地, 在满加尔发育了次深海-深海盆地相巨厚的烃源岩, 为塔里木形成大型含气(油)盆地奠定了基础。晚古生代早期($D-P_1$)洋板块与陆板块间的俯冲、挤压产生了伊宁-准噶尔-吐鲁番、哈密弧后盆地, 柴北缘-中吾农弧后盆地, 塔北缘-南天山被动陆缘盆地。晚古生代晚期(P_2)板块间的敛合造就了准噶尔弧后残余盆地(P_2-J), 形成了广大的深水湖盆, 为准噶尔大型含油(气)盆地奠定了基础。中、新生代西北地区在羌塘板块、印度板块的作用下, 西北地区古地块间挤压、冲断、扭动作用明显, 产生了众多的前陆、山前、山间、陆内拗陷、碰撞裂谷、走滑拉张、走滑挤压等类盆地(表1), 这些盆地也都程度不同的发育了含煤含油气岩系, 构成了西北广阔的找油气前景。

表1 西北主要含油气盆地原型盆地叠置关系表

	准噶尔	吐-哈	三塘湖	伊宁	塔里木										柴达木	民和	酒西	巴音浩特
Q					陆内坳陷盆地										走滑-挤压性盆地（扭压盆地）		远源碰撞山前盆地	远源碰撞山间盆地
N				远源碰撞山间盆地														
E				远源碰撞山间盆地														
K ₂				远源碰撞山间盆地														
K ₁																	张性断陷盆地	张性断陷盆地
J	弧后残余盆地	碰撞山间盆地	碰撞山间盆地	碰撞山间盆地	黑英山-塔拉山前陆盆地	塔中陆内坳陷盆地	塔东南走滑	拉张盆地	库孜贡苏走滑	塔西南弧后	前陆盆地	塔中-塔西南克拉通坳陷盆地	塔中-塔西南克拉通坳陷盆地	塔中-塔西南克拉通坳陷盆地	柴北缘碰撞山前盆地	碰撞山间盆地		
T					塔中-塔西南克拉通坳陷盆地													
P ₂				弧内残余盆地	塔中-塔西南克拉通坳陷盆地													
P ₁	准噶尔-吐哈弧后盆地			弧内盆地	塔中-塔西南克拉通坳陷盆地													
C					塔中-塔西南克拉通坳陷盆地													
D					塔中-塔西南克拉通坳陷盆地													
S					塔中-塔西南克拉通坳陷盆地													
O					克拉通坳陷盆地													
Z																		

（二）沉积特征

古生代以海相为主，中、新生代以陆相为主。不同的原型盆地，发育有不同的沉积相和特有的沉积模式。塔里木古生代克拉通坳陷盆地，发育陆表海台地相，以碳酸盐岩沉积为主，形成台盆—台滩—潟湖—潮坪相沉积模式；塔里木库鲁克塔格-满加尔坳拉槽盆地，形成深海、次深海盆地—陆棚斜坡、台地边缘相沉积模式；准噶尔、伊宁、吐-哈、柴达木、巴丹吉林晚古生代活动大陆边缘盆地，形成火山岛弧—弧后深海、次深海盆地—浅海陆棚—滨海潟湖、潮坪相沉积模式；准噶尔晚二叠世至侏罗纪弧后残余盆地，形成牛眼式深湖—浅湖—滨湖相沉积模式；中生代板块缝合带附近的山前、前陆盆地，形成进积式扇三角洲—半深湖、深湖相沉积模式；中生代拉张断陷盆地，形成退积式的扇三角洲—半深湖、深湖相沉积模式。

（三）盆地类型

西北地区诸盆地，大都是若干地质历史发展阶段原型盆地叠加而成的复合盆地，可划分为五类：

- （1）早古生代至中、新生代多旋回多类型继承性叠加复合盆地，塔里木盆地是其唯一代表。
- （2）晚古生代至中、新生代多旋回多类型继承性叠加复合盆地，准噶尔盆地是其唯一代表。
- （3）晚古生代至中、新生代多旋回多类型部分继承叠加复合盆地，有柴达木、吐-哈、伊宁等盆地。

(4) 中、新生代多旋回多类型继承性叠加复合盆地,有酒西、巴丹吉林-腾格里地区诸盆地。

(5) 中、新生代单纯被动沉降部分断承叠加复合盆地,有民和、三塘湖盆地。

五类叠加复合盆地由于发育的历史不同,叠加的原型盆地类型不同,叠加的复合程度不同,因而各类叠加复合盆地的主要气(油)源岩的沉积环境、有机质演化程度、油气圈闭的叠加系列也各有其特点:一类复合盆地——塔里木盆地,主要发育寒武-奥陶系坳拉槽深拗陷次深海-深海盆地相源岩,有机质演化至高成熟、过成熟阶段,发育古隆起-披盖背斜圈闭系列,找气(油)领域十分广阔。二类复合盆地——准噶尔盆地,主要发育晚二叠世弧后残余盆地半深湖-深湖相源岩,有机质演化至成熟、高成熟,部分达过成熟阶段,发育古隆起、古断块-披盖背斜圈闭系列,找油(气)领域比较广阔。三类复合盆地,主要发育侏罗系山前、山间盆地的湖沼相、半深湖相源岩,有机质演化至成熟,部分至高成熟阶段。下伏的晚古生代源岩多数至高成熟阶段,发育背斜、断层、岩性圈闭系列,可以找到中型、小型油、气田。四类复合盆地,主要发育晚侏罗-早白垩世拉张断陷盆地的半深湖-深湖相源岩,有机质演化至低成熟、成熟阶段,以生油和伴生气为主,发育三层楼式(下部潜山、断块,中部同沉积期构造,上部同褶皱期构造)圈团系列,以发育小而肥的油田为主。五类复合盆地,主要发育侏罗系山间盆地湖沼相源岩,有机质处于成熟阶段,油气圈团以背斜、断层、岩性圈闭为主,可以找到小型油田。

(四) 两类天然气

西北地区主要盆地经历了早古生代、晚古生代、中新生代三大成盆期,孕育了14种原型盆地,分属张性、压性两大类。张性盆地地下陷深度大,主要发育次深海、深海盆地相或半深湖、深湖相等含油岩系。压性盆地拗陷深度较小,主要发育沼泽相含煤岩系。含油岩系干酪根类型以Ⅰ型、Ⅱ型为主,在热解阶段以生成油型气为主。含煤岩系干酪根类型以Ⅲ型为主,在热解阶段以生成煤型气为主(表2)。

表2 两类盆地两类岩系

张性盆地	含油岩系	压性盆地	含煤岩系
东塔里木(C—O)坳拉槽深拗陷盆地	坳拉槽海盆相系	塔里木(C—P ₁)克拉通拗陷盆地	陆表海台地相系
准噶尔-吐哈(C—P ₁)弧后盆地	活动大陆边缘相系	塔里木(P ₂ —T)陆内拗陷盆地	陆内开阔河湖相系
柴达木、伊宁(C—P ₁)弧内盆地	活动大陆边缘相系	塔里木北缘(P ₂ —J)周缘前陆盆地	山前河湖相系
准噶尔(P ₂)弧后残余盆地	弧后残余湖盆相系	塔里木南缘(J)弧后前陆盆地	山前河湖相系
酒西、巴-腾(J ₂ —K ₁)张性断陷盆地	陆内断陷河湖相系	柴北缘(J)山前盆地	山前河湖相系
柴西缘(J)走滑拉张盆地	陆内断陷河湖相系	吐哈、三塘湖、伊宁、民和(T—J)山间盆地	山间河湖相系
塔西北(C)被动大陆边缘盆地	被动大陆边缘相系	柴达木三湖地区(Q)走滑挤压盆地	山间河湖相系

(五) 两种地温场

根据对各主要盆地地质历史阶段原型盆地类型的分析,可以划分出四种张-压盆地叠加系

列:(1)拗拉槽深拗陷盆地—克拉通拗陷盆地—陆内拗陷盆地系列;(2)活动大陆边缘(弧内、弧后)盆地—弧内、弧后残余盆地—山间盆地系列;(3)弧后盆地—山前盆地系列;(4)张性断陷盆地—山间盆地系列。上述张、压叠加的盆地系列必然反映到地温场的纵向变化。西北地区诸盆地地温场除在古岛弧活动带上的柴达木盆地与吐-哈盆地较高外(3.6—3.4℃/100m),其它盆地都属低地温场,地温梯度多在2℃/100m左右。但根据镜煤反射率的测定,在张性盆地发育期较高,如塔里木盆地库南1井寒武-奥陶系泥灰岩 R_r 达2%,70件样品平均最高裂解峰温为580℃,氢、碳原子比小于0.5,已达过成熟阶段。但若按现在的地温梯度(2.0℃/100m)和现在的埋藏深度(4091m)计算,地温在92℃,与有机质反映的最高古地温相差甚远。经计算塔东地区寒武-奥陶纪时的古地温梯度为5.5℃/100m。又如准噶尔盆地石炭-二叠纪时的古地温梯度为4—5℃/100m,而现在盆地的地温梯度在2—2.8℃/100m。上述事实说明张性盆地发育期地温场属高温场,压性盆地发育期为低温场,西北地区主要盆地的这种原型盆地张、压叠置,高温、低温场的变化,有利于油气的早期生成、运移、聚集和后期保存,即烃源岩在高温场情况下,埋深不大,油气即可生成,并开始早期的运移、聚集。后期叠加的低地温场压性盆地,虽然埋深在加大,油、气比在变化,但未能使油气变质或消失。塔北、塔中所以能发现寒武-奥陶系所生成的大量凝析油和氣,与后期低地温场的条件有密切关系。

(六) 成藏系列

1. 古生新储成藏系列

在古生代,中、新生代复合的盆地中,以古生界为气源层,以中、新生界为储、盖层,或以中生界为气源层,以新生界为储、盖层而形成的气藏属此系列。前者如塔北雅克拉气藏,后者如柴达木马海气藏。雅克拉气藏以寒武-奥陶系盆地相沉积为气源层,以中、古生代间的古侵蚀风化溶蚀段及三叠、侏罗、白垩系砂岩为储层的古隆起、古潜山、不整合、背斜等圈闭气藏。马海气藏是以侏罗系为气源层,以第三系砂岩为储层的背斜圈闭气藏。此类成藏系列是西北含气(油)盆地的主要成藏系列。

2. 自生自储成藏系列

此系列生、储关系主要为生、储互层,或在一个层系内下生上储。此类成藏系列如柴达木盆地的涩北气田。气源层为湖沼相的泥页岩、碳质页岩;储层为滨湖相粉、细砂岩;盖层为上部的含盐泥岩。此类成藏系列在塔里木盆地的石炭系、下二叠统、三叠系、侏罗系,在准噶尔盆地的石炭、二叠、三叠、侏罗系,在吐鲁番-哈密盆地的二叠、三叠、侏罗系中都可能形成。

3. 生、储同层成藏系列

西北诸盆地煤系发育,它既是气源层,同时也是很好的储层,此类气藏在国内外已有大量发现,我国西北主要含煤盆地中应当也会发现。

以油母页岩、泥晶灰岩为气源层,在气源层受挤压破碎的情况下可造成生、储同层的气藏,在塔里木盆地古生代陆表海台地相发育区的断裂裂隙发育部位,在准噶尔盆地石炭系灰岩、上二叠统油母页岩发育的断裂裂隙发育的部位都有希望发现此类气藏。

(七) 含煤含油气盆地向含气(油)盆地演化的因素

以古生界为主要气源岩的盆地,含气性主要决定于中、新生界的发育程度与沉积厚度,虽然早期张性盆地发育期地温梯度较高,但也多限于早期生油,大量的生气阶段仍处于古生代

晚期与中、新生代时期。要达到生气高峰 ($130-170^{\circ}\text{C}$), 在高原温梯度区 (柴达木、吐-哈盆地), 地温梯度为 $3-3.4^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$, 中、新生代地层厚度要在 $3500-4000\text{ m}$ 。在低地温梯度区 (塔里木、准噶尔、伊宁、三塘湖盆地), 地温梯度为 $2-2.6^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$, 中、新生代地层厚度要在 $5000-8000\text{ m}$ 。按此条件对照西北古生界为主要气源岩的盆地, 只有塔里木、准噶尔、柴达木、吐-哈等盆地, 才达到上述条件。

以中生界为主要气源岩的盆地, 含气性决定于新生界的发育程度与沉积厚度。由于地温梯度一般在 $2-2.6^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ 之间, 故新生界的厚度需要 $5000-8000\text{ m}$ 才能使中生界气源岩达到生气高峰 ($130-170^{\circ}\text{C}$)。按此条件对照上述盆地, 基本都不具备, 从目前所测得的 R° 值, 一般都在 $0.5\%-1\%$ 之间, 有机质演化属成熟-低成熟阶段, 故这类盆地以找油为主。

二、含气远景评价 (图 1)

(一) 塔里木盆地

它是西北地区面积最大 ($56\times 10^4\text{ km}^2$) 发育时间最长 (震旦纪至第四纪), 保存最完整的沉积盆地。盆地内有三套生气岩系: 即寒武-奥陶系、石炭系-下二叠统、三叠-侏罗系。气源岩总厚 $1500-5000\text{ m}$, 储集层主要有寒武-奥陶系礁、滩相灰岩, 溶蚀孔洞灰岩; 志留系、泥盆系、石炭系滨海滩坝相砂岩、三角洲前缘相砂岩; 二叠系河道相砂岩; 三叠、侏罗系三角洲前缘相、扇三角洲相、河道相砂岩; 白垩系河道相砂岩等。盆地内的盖层条件十分优越, 有 $4000-10000\text{ m}$ 的中、新生代砂泥岩, 为古生界天然气形成区域性的盖层。下寒武统的泥页岩、

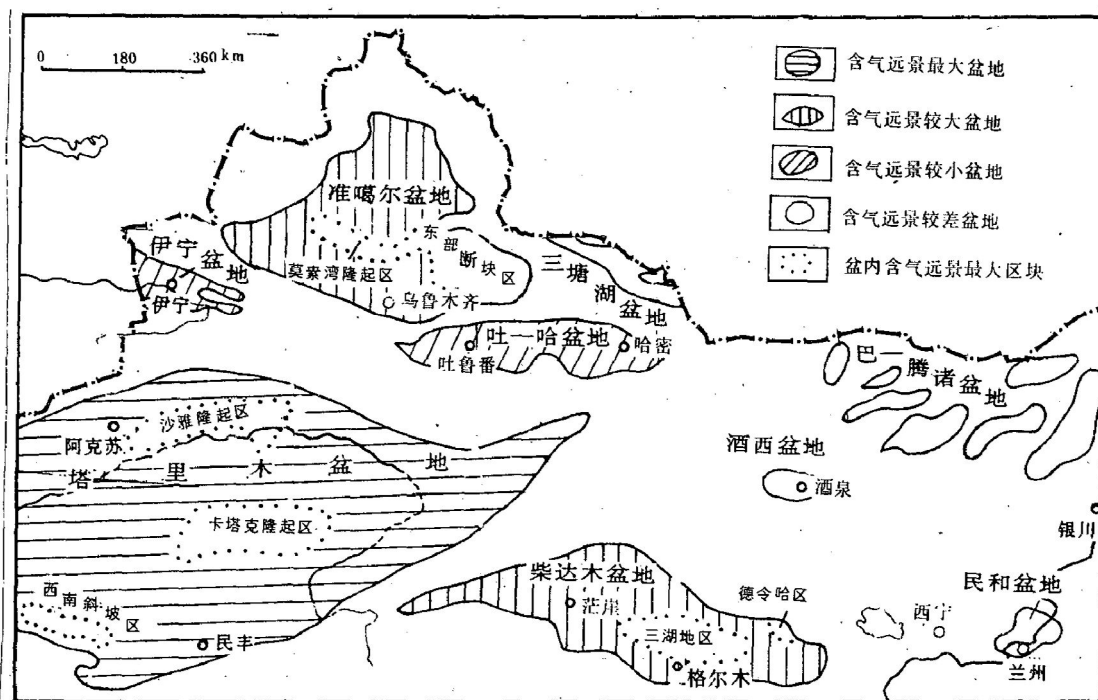


图 1 含气远景评价图

中上奥陶统的泥页岩、志留系页岩、下石炭统膏泥岩、白垩-老第三系膏泥岩、新第三系泥岩在一定范围都可形成盖层。盆地内计有10个含气储、盖组合(上震旦-下寒武统组合、上寒武-中奥陶统组合、奥陶-志留系组合、石炭-二叠系组合,古生界与中生界不整合组合、三叠系内部组合、侏罗系内部组合、白垩系内部组合、中生界与新生界不整合组合、中新统内部组合),主要烃源岩寒武-奥陶系,石炭系-下二叠统成熟度大都已达高成熟至过成熟阶段,处于生气高峰期。三叠-侏罗系在坳陷中心部分也可达高成熟阶段,同时三叠-侏罗系为煤系,其Ⅲ型腐殖型有机质在成熟阶段也可生较多的气,因此也是一重要气源。盆地内油气圈闭比较发育,古隆起有沙雅隆起、巴楚隆起、卡塔克隆起等。古断裂有沙井子断裂、阿恰-吐木休克断裂、轮台断裂、铁克里克北缘断裂等。中、新生代形成的局部构造在盆地周缘山前带与古隆起、古断裂带上更是成排成群发育。另外可形成岩性圈闭的条件如古生代台、盆过渡带、上古生代与中生代的三角洲前缘带,在盆地北部、西南部、东部也很发育。上述古隆起、古断裂、岩相变化带、局部构造、成岩作用形成的次生孔隙带,构造作用形成的裂隙带的相互结合,为天然气聚集形成多类型圈闭创造了条件。上述优良的天然气赋存的地质条件,说明塔里木盆地具备了形成大气田的条件,必将成为西北乃至我国陆上含气远景最大的含气盆地。其中沙雅隆起区、卡塔克隆起区、西南坳陷的西南斜坡区是含气远景最大的区块。

(二) 准噶尔盆地

它是西北地区发育时间较长(石炭纪至第四纪),面积次大($13 \times 10^4 \text{ km}^2$),保存完整的沉积盆地。盆地内主要有三套生气岩系:即石炭系-下二叠统、上二叠统、三叠-侏罗系。气源岩总厚1000—4000 m。储集层主要有石炭系火山岩、火山碎屑岩;二叠、三叠、侏罗系扇三角洲相砂砾岩和滨浅湖相砂岩等。盖层条件较好,有4000—5000 m的白垩-第三系作为区域盖层,有物理性能良好的上三叠统暗色泥岩和白垩系泥岩作为临界盖层,对白垩系以下的天然气可起到有效的遮挡作用。盆地内计有5个含气储盖组合(石炭-二叠系组合、下二叠统组合、上二叠统组合、三叠系组合、侏罗系组合)。石炭系源岩多数已处于高成熟至过成熟阶段,部分已有浅变质现象;下二叠统源岩处于成熟至高成熟阶段,上二叠统源岩多数处于成熟阶段,据TTI计算坳陷中心已进入高成熟至过成熟阶段;三叠-侏罗系多数处于低成熟阶段,仅南部坳陷中心为高成熟-过成熟阶段。上述情况表明在盆地的坳陷深部将有大量天然气形成。盆地内天然气圈闭比较发育,处于坳陷中、坳陷间的晚古生代隆起有莫索湾隆起、达巴松凸起,处于南部坳陷北部北缘的有松南隆起。中、新生代发育的二级构造有克拉玛依断阶带、东部断块区及与盆地边缘平行的背斜带,与隆起复合的披盖背斜都是有利的构造圈闭。另外在坳陷、隆起的过渡带三角洲、扇三角洲发育的部位还有大量的岩性圈闭,在盆地的深部有成岩圈闭分布。上述基本地质条件说明准噶尔盆地为含气远景较大的盆地。具有寻找中型气田的条件。其中莫索湾隆起区、东部断块区含气前景最好。

(三) 柴达木盆地

它是西北第三大盆地,面积 $12 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。属晚古生代与中、新生代复合盆地(石炭纪—第四纪);其中缺失二叠、三叠系。盆地主要生气岩系有石炭系、侏罗系、第三系、第四系。储集层主要为石炭系顶部溶蚀孔洞灰岩,侏罗系河道相砂岩,第三、第四系滨、浅湖相砂岩。盖层主要有侏罗系,第三系滨、浅湖相砂质泥岩,第四系含盐泥岩。盆地内主要有四大储、盖组合:石炭系与中、新生界不整合组合,侏罗系储、盖组合,老第三系上部-新第三系储、盖组合,第四系储、盖组合。盆地烃源岩演化程度:石炭系属成熟至过成熟阶段,侏罗系属成

熟阶段,第三系属低成熟阶段,第四系属未成熟阶段。裂解气主要来自石炭系。生物气主要来自第四系,伴生气来自侏罗系、第三系。盆地内气藏圈闭类型主要有背斜构造圈闭与岩性圈闭,已发现有马海气藏和涩北气藏,具较好含气前景,为含气远景较大的盆地,有希望找到中型气田。其中三湖地区(生物气)、德令哈地区(裂解气)含气远景较大。

(四) 吐鲁番-哈密盆地

面积 $4.8 \times 10^4 \text{ km}^2$, 为晚古生代与中、新生代复合盆地。主要气源层为上二叠统,三叠系,中、下侏罗统,烃源岩总厚约 1200 m。烃源岩演化程度:上二叠统处于成熟至高成熟阶段,三叠-侏罗系处于未成熟-成熟阶段,盆地以生油为主,生气为辅。属含气远景较小的盆地。

(五) 伊宁盆地

面积 $1.7 \times 10^4 \text{ km}^2$, 为晚古生代与中、新生代复合盆地。气源层有下石炭统、上二叠统、中上三叠统、侏罗系。主要气源层为上二叠统。烃源岩演化程度:石炭、二叠系为成熟-高成熟阶段,三叠、侏罗系为低成熟-成熟阶段。这表明石炭、二叠系可以生油、生气,三叠、侏罗系仅能生油与伴生气,属含气远景较小的盆地。

(六) 酒西、三塘湖、民和、巴丹吉林-腾格里诸盆地

由于烃源岩演化程度较低,主要以含油为主,为含气远景较差的盆地,故不一一评述。

OCCURRENCE CONDITION AND POTENTIAL ESTIMATION OF GAS IN MAJOR BASINS, NORTHWEST CHINA

Li Xuehui Huang Fuling Liu Houren

(Comprehensive Research Institute of Petroleum Geology, MGMR, Jiangling, Hubei)

Abstract

The divergence, convergence and collision of the three main plates (Tarim, Junggar-Altun and Alxa-Qaidam) controlled the formation and development of the basins in Northwest China. The superimposed-composite prototype basins constituted different types of gas(oil)-bearing (Tarim), oil(gas)-bearing (Junggar, Qaidam, Yining, Turpan-Harmi) and oil-bearing (west Jiuquan, Santanghu, Minhe and Badain Jaran-Tengri) basins. Among these basins, the most potential gas-bearing basin is the Tarim, then the Junggar and the Qaidam Basins, the Yining and the Turpan-Hami Basins less favourable.