

# 华北地台石炭二叠系煤成气赋存 地质条件及其勘探前景

蔡乾忠

(地质矿产部第二石油普查勘探指挥部)

华北地台西起贺兰山、六盘山,北界阴山,南界秦岭、大别山,东至郯庐断裂,总面积约80万平方公里。从中奥陶世海侵结束之后,加里东运动使地台整体抬升,缺失上奥陶<sup>1)</sup>一下石炭统沉积。中晚石炭世出现间断海侵,沉积了海陆交互相含煤建造,继又沉积了二叠系陆相碎屑岩含煤建造,从而形成了多层系的大型聚煤盆地,有利于寻找煤成气。

## 一、沉积环境与物质基础

**中晚石炭世** 华北地台发育有台缘型和台内型两类不同沉积。

从地台西缘至东经107°即吴旗古陆以西地区,接受蒙古海和祁连海两支海水入侵,形成了两个沉积中心,属台缘型沉积。

**北部为乌达凹陷** 中石炭统本溪组(羊虎沟组)厚1056米,其中海相黑色泥岩厚422米,陆相泥岩含炭质较高并夹煤线,地层中还夹有数层生物碎屑灰岩、泥灰岩等;上石炭统太原组厚517米,桌子山、贺兰山地区为一套海陆交互相含煤建造,但以陆相为主,是本区主要含煤层。

**南部为韦州凹陷** 在中宁地区本溪组厚527米,其中黑色泥岩厚378米;太原组厚533米,其中黑色泥岩厚191米,并夹数层生物灰岩、泥灰岩,富含孔虫化石,部分泥岩炭化较高,属泥沼相<sup>2)</sup>。

上述这套沉积处于地台与地槽过渡地带,呈南北向展布,为台缘型含煤建造。

从吴旗古陆至郯庐断裂可分为三个沉积区:西部鄂尔多斯沉积区、中部山西沉积区和东部华北沉积区。从陆表海发展为内陆盆地,构成了东西向展布的台内型含煤建造。

**鄂尔多斯沉积区(东经107—111°)** 本溪组以碎屑岩夹1—2层灰岩和煤线组成,厚15—58米;太原组在北部乌兰格尔地区发育有纯陆相含煤和铝土岩,中部厚达103—177米,浅海相灰岩较发育,向南部变薄,仅20米左右。

**山西沉积区** 本溪组最厚仅70米,部分地区未见沉积;太原组厚120米左右,由灰色、黑色砂质泥岩、灰白色砂岩夹数层灰岩、泥灰岩及煤层组成。以阳泉地区为例,太原组煤层总厚达23.5米,属中硫中灰分无烟煤。而靠近吕梁古陆稳定地块一带则以

1) 近年,在鄂尔多斯盆地西南缘发现上奥陶统沉积。

2) 甘肃省石油地质研究所古生界油源专题组,1978,陕甘宁盆地古生界油源专题报告。

气肥煤、焦煤为主。在它的东南侧克城、南里湾一带,太原组的煤层相变成油页岩,含油率达8—24%,表明有过藻类和低等生物繁殖以及腐泥化作用。阳泉的太原组12号煤层以下有一层厚约5米含海百合茎灰岩,推测当时古气候温热潮湿,有利于浅海陆棚碳酸盐岩沉淀和海百合的发育。

**华北沉积区(东经114°至郑庐断裂)** 该区北部,中晚石炭世沉积广泛而稳定。本溪组底部主要为G层铝土、山西式残留铁矿,其上以紫色杂色泥岩为主,夹灰岩、砂岩;厚30—90米,一般为45米,由西向东略有加厚,假整合于中奥陶统之上。太原组仍为海陆交互相沉积,主要由砂泥岩、灰岩夹煤层组成,厚约170米,以气肥煤为主。

该区南部,本溪组仅分布于平顶山至淮南一线以北地区,厚度薄,不含煤;而整个华北也只有在北纬39°以北才见可采煤层,如本溪煤田。太原组在郑州至鹤壁一带厚约155米,平顶山至永城一带厚80—120米;而太康隆起沉积较薄,据太参2井揭露厚仅87米,一般不到40米,这有可能与受东秦岭北支纬向带古隆起控制有关。

中晚石炭世,虽然沉积速度慢(速率仅0.0042毫米/年),但它处于广海、浅海、滨海相与泥炭沼泽相频繁交替的环境,有利于成煤。

在阴山古陆以南形成了两条富煤带:一条从辽西、承德、冀东、北京、大同、宁武、内蒙准格尔旗到桌子山一带;另一条从山东、冀中南、晋中南至渭北一带,均呈东西向展布<sup>[1]</sup>。再往南由于远离古陆,物源供应不足,水体变深,成煤条件变差,说明海水是由东南方向侵入的。而富煤带的形成是在晚石炭世中期最大海侵期以前,由于海侵,造成非常广泛的高等植物林被毁坏和淹埋,并在缺氧条件下导致有机质的富集、储存和演化成煤。这就构成了有利于煤成气及其它烃类生成的第一套物质基础。

**二叠纪** 进入二叠纪,地台四周继续上升,使地台内部与外界海域基本上处在隔离状态,除鄂尔多斯南部铜川—岐山周公庙一带和华北南部仍有海水侵漫外,整个地台已转入陆相沉积,由湖相、河流相或湖相三角洲取代了海陆交互相。

**蒙古地槽** 早二叠世末全面褶皱,海水退出并有花岗岩侵入,随后形成了巨厚的陆相碎屑火山磨拉石建造。北山(位于锡林浩特和东乌珠穆沁旗之间)地区上二叠统为陆相中基性火山碎屑岩,以区域不整合覆盖在二叠系地槽型硅质火山岩层之上,显示着华北陆地与北方地槽褶皱带已直接接触,大陆边缘活动性开始加强(陈炳蔚,1978)。由于温暖潮湿的古气候和高降水量带逐渐往南方转移,使地台南缘古陆上植物繁茂,为后期形成石盒子组富煤带创造了有利条件(图1)。

**地台西缘** 早二叠世早期沉积了山西组,为一套泥沼相含煤地层,厚约100米,表明古气候潮湿;泥岩中含菱铁矿及植物化石,碳化程度较高,菱铁矿的出现标志着沉积环境以泻湖和湖泊相为主,具有较好的湖盆封闭条件。

**阴山古陆以南** 古陆南缘,在太原组富煤带分布区,发育有东西向展布的山西组富煤带,且基本上叠加在一起;该带往南,从山东、冀中、豫北、太行山东麓、晋中南至渭北,也有一条富煤带分布;再往南,由于陆地逐渐扩大,秦岭大别古陆北缘形成山前冲积平原和泥炭沼泽,因而在豫西一带分布有近东西向的富煤带。煤层自北而南递次减薄,沉积速率为0.0062毫米/年。

早二叠世晚期,地台上湖盆进一步扩大,淹没了一些长期隆起的剥蚀区,并开始大面

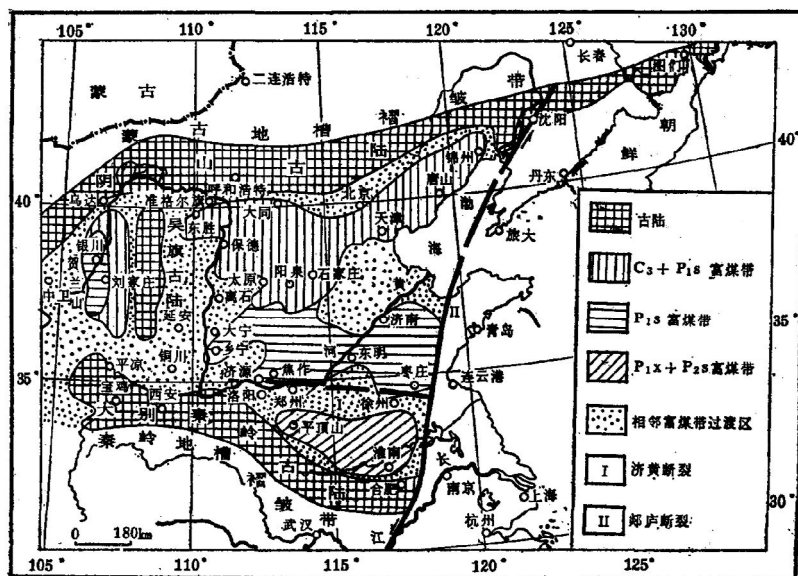


图1 华北地台古构造与石炭二叠系富煤带分布示意图

积下沉,出现了河流相、湖泊相或沼泽相为主的下石盒子组沉积。这个时期地台北部的古气候已由潮湿开始逐步转向炎热干燥,出现紫红色岩层;地台南部煤层发育,以淮南煤田最集中,淮北—宿县—涡阳一带以南形成了具多层可采煤的下石盒子组富煤带。

晚二叠世早期,在下石盒子组基础上连续沉积了上石盒子组,最厚可达700米左右,沉积速率为0.0466毫米/年,速率曲线图(图2)显示地台下沉显著加速,故有大量陆源碎屑向盆内充填。山东淄博、河北磁县以北,已出现紫色砂岩、砂质泥岩氧化相;兖州、焦作一带主要为杂色泥岩、灰绿色砂岩过渡相;向南平顶山至淮北一带转为弱还原相,以灰绿色砂岩、深灰色泥岩为主,夹多层煤层。

鄂尔多斯沉积区均有石盒子组分布,总的趋势是往北、往西南变薄。在临县、离石、中阳和乡宁一带,厚度超过400米。

上下石盒子组之间常夹一层A层铝土,层位较稳定,在山东各煤田均有发育,为区域地层对比的重要标志。它反映了当时古气候曾保持一段温暖潮湿期,促使大量植物被分解,由腐殖酸造成的中等酸度水溶液进入湖盆内部,而后接受来自碳酸盐岩富含钙质水流注入,使湖盆水质酸度不断被中和、降低。从而在适当的介质条件下,氧化铝开始沉淀形成了铝土层<sup>1)</sup>。这种铝土层也可作为封闭盖层,对气藏的聚集起到保护作用。如唐山岳55井下石盒子组所含煤成气,其盖层就是厚仅1米的A层铝土。

1) 山东省煤田地质勘探公司, 1974, 山东省煤田地质图说明书。

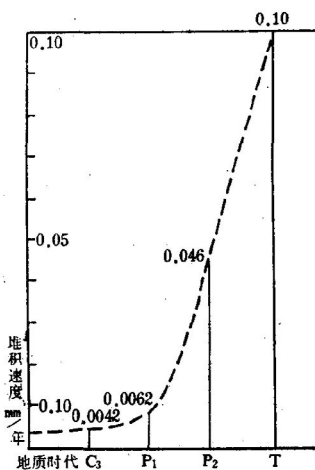


图2 华北地台上石炭统至三叠系堆积速度示意图

地台内，二叠纪晚期沉积速率已大大加快，相当于中晚石炭世沉积速率的10倍。除煤系地层提供生气条件外，还有石盒子组砂岩层提供储集条件，这就形成了给煤成气生、储、盖相配套的第二套物质基础。

煤是最具气候意义的沉积物之一。区域性煤系地层发育差异，正是反映了华北地台晚古生代沉积变迁和地球化学相的更替。总的趋势是中晚石炭世热带、亚热带潮湿气候首先出现于北部，有利于北部高等植物林生长。当古陆前缘出现沉降与堆积补偿均衡时，便形成了富煤带。二叠纪早期潮湿气候带南迁，在南部也具备了成煤条件。二叠纪晚期整个华北地台出现强氧化相环境，广泛发育石千峰组红色岩系，地台大陆发生区域性干旱化，结束了石炭二叠纪聚煤盆地的地质历史（图3）。综上所述，归纳石炭二叠系主要沉积特征如下：

1. 煤系地层在台内呈纬向带分布，旋回连续，沉积稳定，为形成煤成气提供了雄厚的物质基础。

| 地 层         | 厚度(m) | 岩 性     | 沉 积 环 境        | 地球化学相         |
|-------------|-------|---------|----------------|---------------|
| 二<br>叠<br>系 | 石千峰组  | 120-200 | 河 流 相          | 氧 化 相         |
|             | 上石盒子组 | 300-700 | 河流湖泊相<br>滨海沼泽相 | 弱 氧 化<br>弱还原相 |
|             | 下石盒子组 | 60-130  |                |               |
|             | 山西组   | 50-120  | 海陆交互相          | 还 原 相         |
| 石<br>炭<br>系 | 太原组   | 30-190  |                |               |
|             | 本溪组   | 5-180   |                |               |

砂页岩 砂砾岩 砂岩 砂质泥岩 泥岩 石灰岩 铝土岩 煤层 油页岩

图3 华北地台石炭二叠系沉积环境与地球化学相

2. 富煤带自北而南其时代层位由老变新，它与古陆的出现与存在有密切关系。

3. 沉积环境变迁：自老而新由海陆交互相转向陆相。地球化学相由还原相转向强氧化相。

4. 古气候变迁：从早二叠世晚期开始，潮湿气候带南移，导致北部出现干旱最后遍及全区。

5. 古地貌变迁：北高南低，由北往南海域逐渐缩小，陆地逐渐扩大，海水由东南方向退出。

## 二、成气地质条件与煤成气组分特征

华北地台目前发现的煤成气包括伴随的少量原油，主要产于太原组、山西组和石盒子组三个层位。

石炭二叠纪煤系地层中分散的和集中的有机质,绝大部分属腐殖型干酪根,是以高等植物的木质素和纤维素为其母源。在适当的温度和压力条件下,经过煤化作用释放出烃类(包括少量原油和重烃气),其中煤成气占优势。

母质丰度的高低是判断生气性能最基本的依据。而煤系地层尤其是本溪组、太原组和山西组母质丰度普遍高,平均有机碳含量均超过1%,多数地区还达到2%以上(表1)。

确认石炭二叠系的油气和一部分第三系中所见的煤成气是来自煤系地层(母岩平均厚度在地台内为250米左右)其主要依据有:

1. 用类异戊间二烯烷烃对泥岩、煤、原油三者进行对比,结果姥鲛烷与植烷比值相近,都为姥鲛烷优势。例如乌达凹陷本溪组黑色泥岩、生物灰岩姥植比为2.00—3.40,伊深1井为2.62(油);而第三系原油姥植比是0.19<sup>1)</sup>。这充分反映了油气是来自煤系地层。因为姥鲛烷是由植烷酸脱羧基形成,在海陆交互相沉积条件下,气候潮湿,水体沉积物中有大量海生生物及陆源植物堆积,为形成大量的姥鲛烷提供了物质基础<sup>2)</sup>。
2. 用甲烷碳同位素测得的值,华北是-24.9—-25.7‰,鄂尔多斯是-28.9—-28.2‰(伊深1井),均是富集重碳同位素,属于煤化中的煤成气。
3. 太原组和山西组的煤,饱和烃在8—9%,主要为非烃和沥青质(70%),也反映了原始母质为陆源植物。

华北地台原始煤级大约定型于三叠纪末期,在三叠系沉积前成气地质条件差,主要原因是地温不够,达不到成熟度。三叠系沉积后,由于地台遭受构造运动,被抬升地区煤化作用中止,已形成的煤成气受破坏而散失。当鄂尔多斯盆地接受中生界沉积,华北盆地接受第三系沉积之后,才重新具备了形成煤成气的地质条件。其主要标志为:

1. 煤系地层在被深埋地区进入再煤化阶段。
2. 产生高地温(平均地温梯度3.5℃/100m),达到干酪根成熟转化成煤成气的温度条件。
3. 再次压实更能加速煤系地层中矿物脱水,有利煤成气运移。

再煤化作用是华北地台形成高含甲烷煤成气最关键的因素。例如东明断陷文留构造深1井4427米以下钻遇的煤系地层,通过数字测井解释有六层煤,单层最厚6.4米,属太原组和山西组(图4)。实测地温152℃。煤样经分析为焦煤,镜煤反射率为1.5%,满足了形成文留煤成气藏的地质条件。

从某种意义上说,再煤化作用实质上就是使煤中碳更加富集,氢、氧、氮不断减少的高度筛选过程。一般规律是碳随变质加深而增加,氢含量则反之,如表2。

在高变质区无烟煤挥发分一般都小于10%,由于析出大量甲烷,导致氢含量减少到

表1 华北地台石炭二叠系有机碳平均值(%)

| 地 层   | 华 北 地 区       |       |      | 鄂尔多斯地区        |      |
|-------|---------------|-------|------|---------------|------|
|       | 淮 南           | 平顶山   | 唐 山  | 西 缘           | 东 部  |
| 上石盒子组 | 2.40          | 0.59  | 0.65 | 1.09          | 1.06 |
| 下石盒子组 | 1.28          | 0.35  | 0.51 |               |      |
| 山 西 组 | 1.68          | >5.00 | 1.58 | 1.06          | 2.60 |
| 太 原 组 | 2.81<br>0.63* | >5.00 | 2.43 | 2.64<br>1.55* | 6.40 |

\* 灰岩,其它均为泥质岩。

1) 王少昌, 1982, 陕甘宁盆地上古生界煤成气地质条件。

2) 甘肃省石油地质研究所古生界油源专题组, 1978, 陕甘宁盆地古生界油源专题报告。

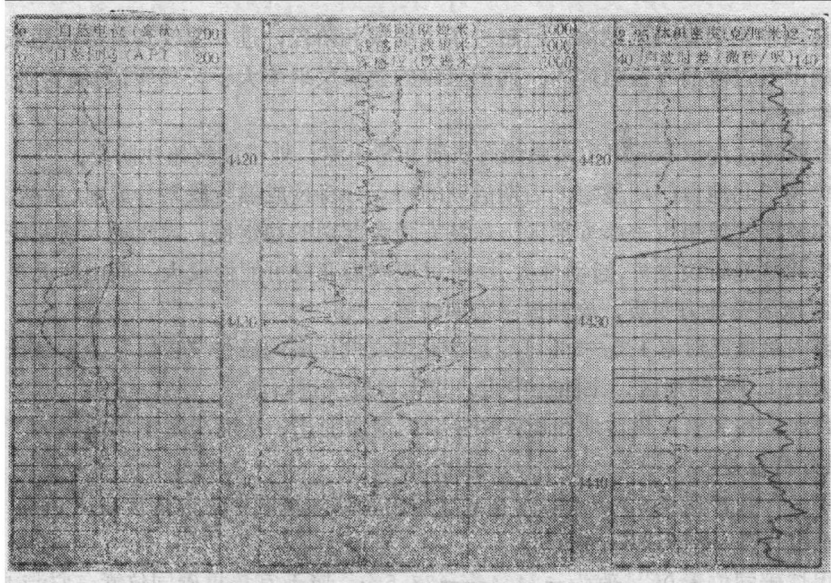


图4 濮深1井山西组煤层测井曲线图

4—1%，碳含量普遍超过90%。据澳大利亚库珀盆地勘探经验，煤的碳含量占88—89%的地区无液态烃类，华北也有类似情况。

根据鄂尔多斯北部镜煤反射率测定资料统计，平均每下降100米深度反射率升高0.0542%，说明煤成熟度的增高与埋深确有着极其密切

的关系。深成变质是煤变质最基本的因素，谓之希尔特定律。但是，华北地台的煤变质并不是完全遵循深成变质定律，因为有些地区构造动力变质起着决定性作用。例如焦作—济源地区的镜煤反射率高达5.29—6.23%，这一数据显然是超越当地煤的埋深程度，因该区处于东秦岭北支济黄纬向平移断裂强应力部位，使断裂附近的煤遭受深度变质。与此相反，在古老变质岩分布的稳定区，由于地壳刚性强度大，抗应力强，因此没有或极少受构造动力变质的影响，其煤级主要是气肥煤而不是无烟煤。如吕梁古陆隆起周围的煤变质程度就较浅。

本文根据华北地台石炭二叠系成气地质条件，结合石油普查和煤田勘探中取得的实际资料，应用镜煤反射率进行成熟度阶段划分(表3)。

鄂尔多斯北部鄂托克旗一带伊6井3077米太原组炭质页岩镜煤反射率为2.044%，伊8井为2.11%，

表2 华北地台石炭二叠系煤化程度指标表

| 煤级  | 层位       | $R_{\text{max}}\%$ | V%   | C%    | H%  | 地点    |
|-----|----------|--------------------|------|-------|-----|-------|
| 气煤  | $P_1^1$  | 0.77               | 38   | 84    | 5.9 | 江苏徐州  |
| 肥煤  | $P_1^1$  | 1.02               | 35   | 87    | 5.6 | 河南平顶山 |
| 焦煤  | $P_1^1$  | 1.27               | 24   | 89    | 5.3 | 河北峰峰  |
| 瘦煤  | $C_{3+}$ | 1.73               | 16   | 91    | 4.3 | 太原西山  |
| 无烟煤 | $P_1^1$  | 2.71               | 9.24 | 91.80 | 3.3 | 山西阳泉  |

表3 华北地台石炭二叠系成熟度阶段划分表

| 阶段                   | 未成熟阶段     | 成熟阶段    | 过成熟阶段    |       |
|----------------------|-----------|---------|----------|-------|
|                      |           |         | 前期       | 后期    |
| $R_{\text{max}}(\%)$ | <0.5      | 0.5—1.3 | 1.3—2.15 | >2.15 |
| 特征                   | 甲烷和二氧化碳兼生 | 油气兼生    | 湿气和凝析油兼生 | 只产纯干气 |

有机质达到半无烟煤—无烟煤,已超过了主要成油阶段,进入湿气及凝析油生成阶段,并逐渐向干气过渡而不含重烃<sup>[2]</sup>。而阳泉煤的镜煤反射率大于2.15%,为高变质无烟煤,只生成纯干气。

地台西缘过渡带本溪组和太原组有机质非常丰富,处于油气兼生阶段。

考虑到华北地台前期稳定、后期活动的特点,将过成熟阶段划分成前、后两个亚段。例如鄂尔多斯盆地相当一部分地区仍保持有地台前期的稳定性,因此进入前亚段的成分居多;华北盆地断裂发育,活动性大,属于过成熟后亚段可能性最大;而山西沉积区回返成构造盆地深受动力变质,故镜煤反射率特高。

地台内镜煤反射率1.5—5%可能是华北煤成气生成的最佳“窗口”。据统计,镜煤反射率大于1.3%的地区,生油已中止,也未曾发现过石油。

地台演化控制着聚煤盆地经历各种复杂的地质变迁,从而决定了华北煤成气的性质,其组分特征是:

1. 甲烷含量普遍在90%左右,在高变质的无烟煤地区甲烷含量常高达95%以上。
2. 重烃含量一般为2—7%。
3. 甲烷碳同位素 $\delta C^{13}$ 值为-24.4—-28.5‰,属于富集重碳同位素,它与中新生代的气有明显的差别。
4. 二氧化碳含量一般不超过1%,但为气体成分中所常见。
5. 硫化氢含量极微,这是腐殖型有机质含蛋白质少的缘故,更加显示出煤成气的特殊组分。
6. 氮含量一般为0.5—10%。但是个别地区出现高氮含量。例如唐山岳56井含氮16.51%,岳55井含氮17.43%。这可能是由于氮比甲烷运移快,易于向盆地边缘高部位集中之故。

必须指出,在同一个地台上,由于沉积环境和构造变动不均衡,出现了鄂尔多斯、山西和华北三大地区煤成气组分特征有明显的差异。

### 三、储集、封盖与保存条件

华北石炭二叠系储、盖组合总的结构是:灰岩储集层以太原组为主;砂岩储集层以石盒子组为主,山西组为辅。盖层为本系统泥质岩、铝土岩及上覆地层包括第三系盐层。

#### 1. 储层物性

(1) 砂岩 一般孔渗条件较差,但石盒子组砂岩发育,常出现有良好的物性和有利相带(表4)。例如鄂尔多斯西部石盒子组的砂岩物性就有局部高渗透的。据刘庆1井统计,渗透率为100毫达西者占储集层总数2/5。即使是物性条件差的,仍具有一定的储气能力,如任4井渗透率为10毫达西,经压裂后也能获得日产数万立方米煤成气。

(2) 灰岩 生物灰岩原生或次生孔隙都具有较好的孔渗条件。例如阳泉地区太原组夹的含海百合茎灰岩为该區主要储气层之一。阳泉一矿三下山钻孔中太原组灰岩日产气8.55万立方米,这类情况在煤田勘探中常常可遇。

表4 华北地台(部分地区)石炭二叠系砂岩物性表

| 孔 隙 度<br>(%)<br>渗透率<br>(md) |         | 地 区                 | 鄂 尔 多 斯                   |                         |                           | 华 北                      |                        | 山            | 皖 |
|-----------------------------|---------|---------------------|---------------------------|-------------------------|---------------------------|--------------------------|------------------------|--------------|---|
|                             |         |                     | 西 缘                       | 西 部                     | 东 部                       | 济 源                      | 淄 博                    | 西            | 北 |
| 二 叠 系                       | 上 石 盒子组 | 15.79<br>43.49      | 10—20<br>1—30             |                         | 5.95—14.98<br>0.93—195.61 | 2.39—13.27<br>0.1—217.54 | 8.62<br>0.58           | 3.42<br>0.94 |   |
|                             | 下 石 盒子组 | 12.21<br>7.99       | 10—20<br>1—30<br>(局部达511) |                         | 7.81—8.25<br>3.45—21.72   | 4.49—6.03<br>0.10—8.04   | 4.5—6.92<br>0.10—5.58  | 4.76<br>4.75 |   |
| 山 西 组                       |         | 12—21<br>1.66—22.02 | 1.55—1.85<br>0.05—375     | 11—12.5<br>0.81—1       | 5.84—9.38<br>0.1—2.88     | 2.10—7.07<br><0.10       | 2.89—8.59<br><0.10     | 3.11<br>6.04 |   |
|                             | 太 原 组   | 14.20<br>1.60       | 0.26<br>>1                | 6.7—22.05<br>0.05—14.30 |                           |                          | 1.63—4.24<br>0.10—8.67 | 4.45<br>2.65 |   |
| 本 溪 组                       |         |                     | 4—8<br>0.45               | 4.8—18<br>0.05—1.0      |                           |                          |                        |              |   |

注: 栏内数字, 上方为孔隙度, 下方为渗透率; 单项数字为平均值。

## 2. 封盖类型

目前已发现的气藏, 有三种主要封盖类型。

### (1) 水封型——后生气藏

该类型以山西阳泉所见较为典型。太原组含海百合茎灰岩之下有煤层作为生气层, 之上有一层不厚的粘土质岩作为辅助盖层。形成气藏的构造背景是大背斜内局部的小向斜部位, 气藏依靠地下水层的严密封盖, 而气层位于地下水位线以下, 气支撑着上盖的水层, 使两者处于平衡状态, 一旦水层被揭穿, 就出现气喷。例如阳泉桃河以南西副立井(图5)。

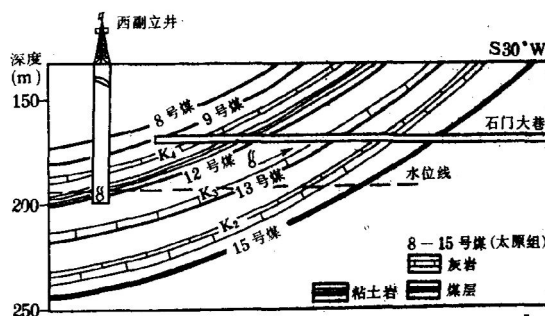


图5 阳泉西副立井水封型气藏  
(据阳泉二矿李俊峰, 1981)

气水关系颠倒造成水包气的现象, 是水封型后生气藏的主要特征。值得注意的是, 这类气藏埋藏不深, 地下水位浅, 气体仅在煤层附近形成层间富集, 其成分主要是煤层瓦斯气。成因可能是盆地回返以后, 温度降低, 煤层的吸附能力增强, 大部分天然气被煤层所吸附而导致甲烷富集<sup>1)</sup>。

### (2) 盐封型——次生气藏

以东明断陷文留构造沙河街组四段盐下气层为典型。该构造居于中央隆起带上, 基

1) 杨登维, 1980, 含煤地层中天然气的生成和聚集。

底为石炭二叠系煤系地层。沙河街组及其以下孔店组直接超覆不整合于煤系地层之上，在沙四段上部发育有厚达几百米盐盖层，使文留构造形成了具有工业价值的盐下煤成气藏。

对气藏形成机理的一般认识是：生气层是石炭二叠系含煤地层，储集层是沙四段砂岩，盖层是盐层。从成煤到下第三系沉积，间断时期长达一亿八千万年，原生的煤成气由于上覆地层受剥蚀早已逸散。直到喜山运动早期发生断陷，接受下第三系沉积后，才开始具备盖层和储集条件。随着文留构造的形成，晚期生成的煤成气沿着断裂往上向构造运移并富集于盐盖层之下，说明该气藏是二次生气形成的，属于次生煤成气藏（图6）。

### （3）泥质岩封盖型——原生气藏

这类气藏的特点是：组成气藏的地层剖面是连续的，生、储、盖组合按正向旋回排列。一般规律是生气层是太原组、山西组，储集层是石盒子组砂岩，盖层是组间不渗透泥岩层。圈闭条件为背斜或逆牵引背斜。例如鄂尔多斯西部刘家庄构造，已发现具有工业价值气藏。这类气藏可能在华北地台分布最广，如果在有利相带发现有圈闭构造，就有可能发现它（图7）。

## 3. 有利保存的构造单元

### （1）地台西缘过渡带 地层最

厚，沉积环境最好，具有油气兼生的有利条件。因受由西向东掩冲的断层挤压，易形成褶皱和断层遮挡圈闭，有利于油气的富集和保存，可望能找到工业性油气藏。

（2）深拗陷 主要指鄂尔多斯盆地西部长期沉降的地区，在煤系地层之上有很厚的中生界盖层，具有良好的保存条件，可形成工业性气藏。该区除寻找构造圈闭类型之外，要特别注意发现岩性圈闭。

（3）深地堑 主要指华北盆地，在断块发育区寻找长期下陷的深地堑，它能使煤系地层得以深埋并由巨厚的中新界覆盖，处于“盆中之盆”的有利部位，它具有煤化强、地温高和保存好等各种成气条件。尤其是深地堑中央隆起带和地堑两侧断阶带，更易形成富集高产工业性气藏，是华北寻找煤成气最有希望的构造单元之一。

（4）古隆起斜坡带 主要指吴旗古陆东斜坡、乌兰格南斜坡和吕梁古陆西斜坡（即鄂尔多斯盆地东部）等所形成的岩性尖灭带或挠曲褶皱。要特别注意从深凹向斜坡

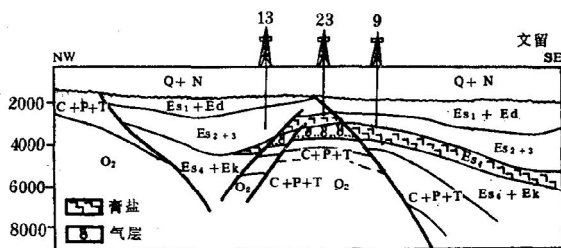


图6 文留构造剖面图

Ed—东营组 Es—沙河街组 Ek—孔店组

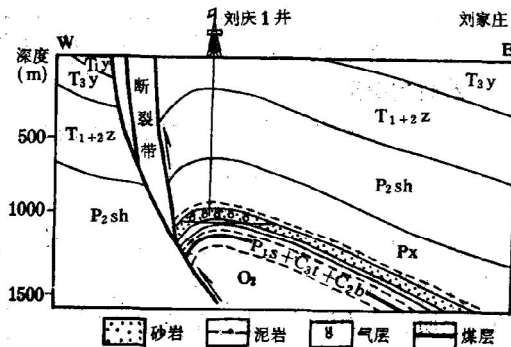


图7 刘家庄构造横剖面图

J1y—延安统 T3y—延长统 T1+2z—纸坊统  
P2sh—石千峰组 Px—石盒子组 P1s—山西组  
C3t—太原组 C2b—本溪组 O2—中奥陶统

过渡的枢纽带或不整合面。

(5) 掩冲断层带 主要指地台南北两侧向地台内掩冲的断层带。例如大别山前缘出现的向北掩冲的大断层, 遮挡了下盘石炭二叠系, 有利于形成煤成气藏。

#### 四、储量预测与勘探前景

华北地台石炭二叠系可供煤成气普查勘探的有效面积, 约有 38 万平方公里。由于地台受后期构造运动影响, 出现了不稳定因素, 故在计算煤成气资源量时, 将聚集系数限制在最低范围之内, 按不同的地质条件划分为三个等级:

一级区 系长期沉降区, 从石炭二叠系至侏罗系连续沉积, 保存完整, 局部构造和有利相带发育, 有良好的封盖条件, 煤系埋深 2000—4000 米, 聚集系数值取 1%。例如鄂尔多斯盆地西部, 乌兰格尔南斜坡, 华北盆地某些深地堑等。对地台西缘评价较高, 聚集系数值可以大于 1%。

二级区 隆起幅度不大, 或属于后期抬升的斜坡带, 保存较完整, 上覆盖层较厚, 埋深大于 1000 米, 聚集系数值取 0.5%。

三级区 因后期构造运动影响而隆起上升, 煤系地层埋藏较浅 (小于 1000 米), 聚集系数值取 0.2%。例如山西隆起区。

华北地台煤层包括埋深超过 4000 米的全部煤储量的总生气量为 106 万亿立方米, 按上述三级聚集系数值分区计算, 预测煤成气资源量为 64000 亿立方米 (不包括分散有机质生气量)。据此可以认为, 华北地台蕴存有相当可观的煤成气资源, 具有良好的勘探前景。

本文在编写过程中承蒙谢征康、王笑连、杨复兴、王晓非同志提供资料, 致以感谢。

(收稿日期 1982年5月10日)

#### 参 考 文 献

- [1] 杨 超等, 1978, 中国煤田地质学, 煤炭工业出版社。
- [2] 祝总祺等, 1981, 从镜煤反射率看鄂尔多斯盆地北部石炭系太原组有机质的成熟度和含油气远景, 石油与天然气地质, 第 3 期。

## GEOLOGICAL CONDITIONS OF PERMO-CARBONIFEROUS COAL-FORMED GAS IN NORTH-CHINA PLATFORM AND ITS PROSPECTS

Cai Qianzhong

*(The 2nd Headquarters of Petroleum Prospecting and Exploration,  
Ministry of Geology and Mineral Resources)*

### Abstract

Permo-Carboniferous system in North-China platform is rich in coal, and has formed three enriched zones, the ages of which are getting younger from north to south (fig.1).

After Permian, the platform was activated and dismembered. The west part (Ordos) was depressed, the middle part (Shanxi plateau) uplifted and the east (the North-China plain) block-faulted. The coal beds underwent recoalification and formed a large amount of coal-formed gas as were deeply buried by Meso-Cenozoic sediments.

It is observed that the coals in this platform are mainly coking coal and anthracites, the major component of the gas is methane. Its potential reserve is up to  $6 \times 10^{12}$  cu. m. with Ordos and the North-China plain to be the most favourable regions for gas prospecting.

Three types of gas pools discovered are also discussed in this paper, the water-sealed hystrogenitic gas pool (Yangquan Coalfield), the salt-sealed secondary gas pool (Wenliu Gasfield) and the argillaceous rock-sealed primary gas pool (Liujiashuang Gasfield).