

· 石油地质 ·

沁水盆地古生界天然气圈闭条件分析

陈 刚* 刘林玉

(西北大学地质学系, 西安, 710069)

摘 要 沁水盆地是一个复式向斜型残余构造盆地, 后期改造强烈, 保存条件较差。通过对盆地主要圈闭类型及其保存状况和有效性的分析, 认为盆地腹部古生界埋深大于700 m 的深拗陷区具备有利于天然气圈闭成藏的保存条件, 位居其中的向斜型水动力圈闭和低幅度背斜构造圈闭具备相对有利的勘探远景。

关键词 沁水盆地 构造特征 天然气 圈闭条件

沁水盆地位于山西地块中南部, 是一个复式型向斜构造盆地, 面积约 32 000 km²。过去以复向斜翼部背斜构造为目标的古生界天然气勘探几经失利。本文以构造与改造为主线, 综合分析复向斜盆地的构造特征及其对天然气圈闭条件的影响, 初步预测了沁水盆地古生界天然气圈闭条件。

收稿日期: 1998-09-15

第一作者简介: 陈刚, 男, 1965 年出生, 1994 年毕业于西北大学, 博士。现在西北大学地质系从事盆地油气成藏系统和油藏描述的科研与教学。

型矿床 1 处, 全区累计有 149.8 万吨矿石储量 (工业储量 45.4 万吨; 远景储量 104.4 万吨)。而调查区以外的小秦岭中, 蛭石矿产找矿的前景还很广阔, 潜力极大, 圈出的 6 片 I 类远景区经过详查工作, 有可能发展成为新的矿床或能提交一定的储量。区中蛭石矿化的类型较多, 范围分布广泛, 矿体规模较大, 矿层厚而稳定, 是有利于成矿的地区。大叶片状蛭石质量均达到国家规定的工业指标, 符合我国外贸出口的产品要求, 其膨胀系数等参数在国内外也名列前茅; 细鳞片状蛭石规模大, 选矿后其质量达到了国家规定的工业指标及外贸出口产品的要求。尤其是国际市场上汽车工业、化工、橡胶等行业需求量的剧增, 细鳞片状蛭石产品将会渐渐紧俏。只要注重于蛭石矿产的深加工和新产品的开发, 定会取得较好的经济效益。

参 考 文 献

- 1 陕西省地矿局区调队. 1: 20 万《洛南幅地质图编图说明书》, 1990
- 2 陶维屏. 中国非金属矿床概要 (上). 建材地质, 1994 (1)
- 3 孙笃奋. 蛭石的社会需求及质量要求. 陕西地质科技情报, 1982 (1)

1 盆地构造特征

沁水盆地是在燕山期剪压不断增强、隆升不断扩大的背景下形成的残余构造盆地。前燕山期，它与鄂尔多斯地区同是大华北盆地的重要组成部分，发育早古生代寒武—奥陶纪浅海台地相碳酸盐岩建造、晚古生代早期中晚石炭—早二叠世滨浅海相含煤碎屑岩建造和晚二叠世—三叠纪内陆河湖相碎屑岩建造。燕山期，华北地区剪切挤压应力作用显著增强，大华北盆地逐渐向鄂尔多斯地区退缩，至少晚侏罗—早白垩世的燕山运动中期山西地块已成为隆起区，位于其上规模最大的复式向斜型沁水盆地最终定型；而其西邻的鄂尔多斯盆地同时期则演变为残延克拉通内盆地。因此，与鄂尔多斯盆地相比，沁水盆地具有抬升早、改造强的特点。

盆地结构现今总体为一走向近 NNE 的复式向斜（图 1），已沉积的古生界和中生界以向斜盆地形态保存其中。盆缘古生界广泛出露，并呈环状单斜向盆地腹部倾伏，盆地腹部被三叠系覆盖的坳陷区，古生界最大埋深近 2 000 m。复向斜南、北两端相对稳定，古生界虽向盆内倾伏，但坡降较小；东、西两翼在霍山和太行山隆起挟持下坡降较大，奥陶系顶面标高东翼每 10 km 下降 800 余米，坡度角近 5° ，西翼每 10 km 下降 400 余米，坡度角约 3° 。复向斜东、西两翼发育走向与主向斜平行的一系列背斜构造，且具有变形较强、目的层埋深较浅的特点。盆地深坳陷区已发现为数不多的低幅度背斜构造，但受目前勘探程度所限，对其精细构造不甚落实。复向斜底部宽平，轴心位于榆社—沁县—安泽一线，尤其是盆地中部位于古县—襄垣断裂和天中山断隆之间的沁县向斜，被奥陶系顶面—800 m 高程线所圈定，面积近 2 000 km²，构造稳定，埋藏较深，保存条件较好。

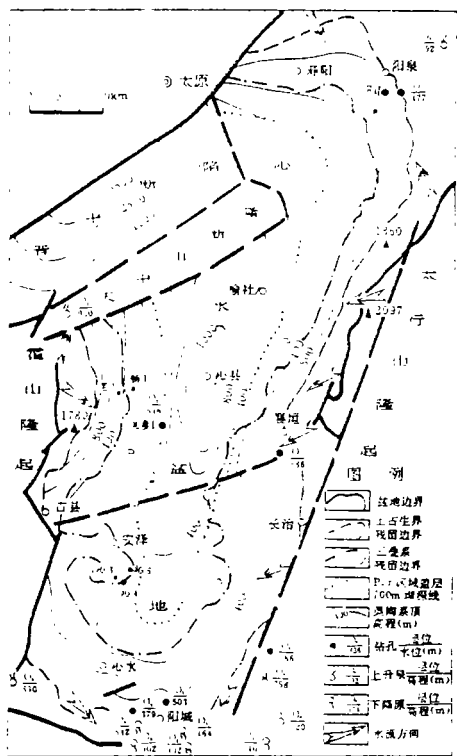


图 1 盆地结构与古生界水动力条件

2 背斜构造圈闭条件

沁水盆地已发现圈闭面积大于 1 km² 的背斜构造有 247 个。统计分析结果表明（图 2），闭合度大于 100 m、圈闭面积大于 10 km²，或闭合度为 50~100 m、圈闭面积大于 20 km² 的大中型背斜构造有 14 个；其中闭合度大于 100 m 且圈闭面积大于 20 km² 的大型背斜构造仅有 7 个。迄今为止，盆地不同构造部位已有 10 余个背斜构造被钻探证实不具有工业气流，其中大部分位于盆地边缘古生界出露或埋深小于 700 m 的地区，如大型的畅家沟背斜（畅 1 井）和

道场背斜(沁3井),以及中小型的冀氏背斜(沁4井)、胡家沟背斜(胡1井)、老君头背斜(老1井)和红崖头背斜(沁1井)等;另一部分是位于复向斜两翼目的层埋深700~1 000 m的大中型背斜构造,如北斗沟大型背斜(沁参1井)和仁里中型背斜(沁2井)。上述钻井中有上二叠统泥岩盖层物性测试数据者为数不多,统计分析结果表明(表1):①泥岩盖层埋深小于400 m者,如老君头小型背斜和杨家沟、道场大型背斜,泥岩孔渗数据较大,且多因裂缝破碎而无法测试其突破压力,显然已失去作为有效盖层的条件。②泥岩盖层埋深在400~700 m区间者,如位于冀氏背斜及其东邻向斜之上的沁4、5井,泥岩孔渗数据降低,突破压力增大。说明随埋深增加和变形减弱,盖层封盖性能相对变好。这两口井钻探失利的原因可能是多方面的,诸如远离古生界生气强度中心,尤其是区域盖层埋深虽接近但仍小于700 m天然气散失线等。此外,对于较深埋藏区的背斜构造,本文选择北斗沟和南马会两个大型背斜,对其顶部不同岩性层的应变曲率进行了计算。结果表明,背斜顶部上二叠统泥岩盖层的应变曲率在 $1.434\times 10^{-4}\sim 2.67\times 10^{-4}$ 范围,远大于泥岩曲率临界值($1.176\times 10^{-4}\sim 1.56\times 10^{-4}$),说明背斜的变形强度已在很大程度上造成顶部泥岩盖层的拱张破裂,这可能是北斗沟背斜沁参1井钻探失利的重要原因之一。

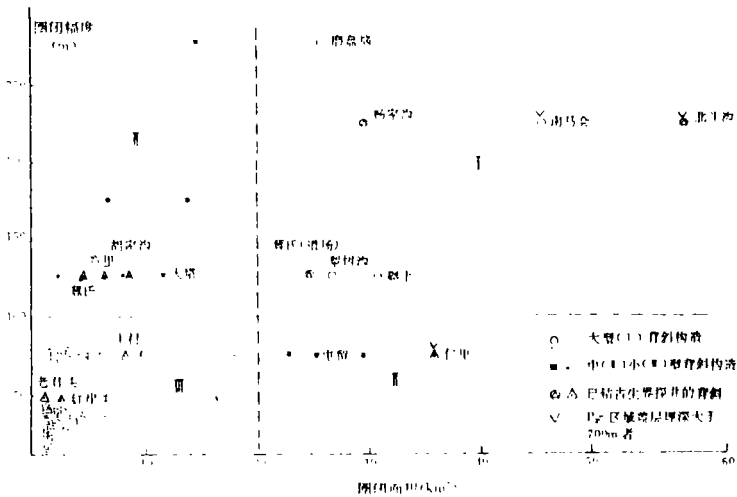


图2 沁水盆地背斜构造统计分类图

表1 盆地上古生界浅埋藏区泥岩盖层物性条件

井 号	埋 深	孔 隙 度	渗 透 率	实 破 压 力	构 造 位 置
老 1	158 m	2.6%	$0.7\times 10^{-3}\mu\text{m}^2$	裂碎	老君头背斜
畅 1	307 m	3.7%	$0.4\times 10^{-3}\mu\text{m}^2$	无测试	杨家沟背斜
沁 3	140 m	2.9%	$0.2\times 10^{-3}\mu\text{m}^2$	2.0 MPa	道场高背斜
沁 4	644 m	0.4%	$<0.01\times 10^{-3}\mu\text{m}^2$	7.4 MPa	冀氏背斜
沁 5	696 m	3.8%	$<0.01\times 10^{-3}\mu\text{m}^2$	8.5 MPa	冀氏东向斜

显然,上述背斜古生界钻探失利的根本原因在于沁水盆地后期改造强烈、构造裂缝发育、目的层埋深较浅、保存条件和盖层有效封盖性较差。结合国内外天然气勘探的实践分析,后

期改造强烈的构造盆地中,有效背斜构造圈闭主要是那些变形适中且位于区域盖层埋深大于700 m的背斜。以下两种状况下的背斜构造则往往不具备有效圈闭条件:①区域盖层埋深小于700 m者,盖层的微渗漏和天然气散失率显著增强,加之抬升变形过程地层压力减小、背斜顶部拱张破裂,因而不具备形成工业气藏的有效圈闭条件;②变形强烈的背斜构造,如果其顶部岩层应变曲率大于盖层破裂的曲率临界值,这些背斜构造则往往因其顶部盖层的拱张破裂而失去有效圈闭条件。由此认为:①沁水复向斜翼部上二叠统(P_2s)泥岩盖层埋深小于700 m的地区,不同规模的背斜构造,或因顶部盖层埋深小于天然气散失线,或因拱顶张裂,均不具备有效圈闭条件;②区域盖层埋深大于700 m的盆地腹部,已探明的大中型背斜构造褶曲变形较强,顶部泥岩盖层因应变曲率大于临界值而发生破裂,有效封盖条件较差;③向斜核部深埋藏区可能存在的低幅度背斜构造,褶曲变形适中,保存条件较好,有可能构成相对有利的背斜构造圈闭。

3 向斜型水动力圈闭条件

沁水复向斜盆地四周被古生界隆起所围限(图1),海拔标高普遍大于1 000 m的西缘霍山和东缘太行山为主要供水区;盆地东南缘古生界露头区多有泉水涌出,最低泉口高程不低于300~600 m,为主要泄水区;由此估算向斜核部古生界地层水已落入承压区。据部分钻井资料分析,复向斜翼部浅埋藏区奥陶系水位在东翼襄垣地区为686 m,北端阳泉地区为477 m,南端阳城地区为379~503 m。尤其是复向斜西翼邻近轴部较深埋藏区最新完钻的沁参1井,据其下二叠统砂岩地层压力(5.6 MPa)和中奥陶统裂缝灰岩地层压力(7.14 MPa)折算,上古生界承压水位在600 m左右,下古生界承压水位不低于636 m,进一步证实沁县向斜所在的盆地中部坳陷区古生界地层水处于承压状态,且承压水位标高不低于600 m。

由此认为,沁水盆地在复式向斜结构控制下,盆地中部(至少沁县向斜)古生界深埋藏区具有形成向斜型水动力圈闭的条件:①复向斜核部挤压应力作用和相对较深的埋藏条件,使得位于其中的古生界盖层岩系的完整性和有效封盖性趋于增强;②包括沁县向斜在内的盆地腹部位于复向斜构造中段的束状紧缩带,东、西分别被高差大、地表水和裂隙潜水供给充分的太行山和霍山两大隆起所挟持,边侧水动力封堵条件好;③盆缘供水区地表潜水沿环状单斜带向下倾方向流动过程中,处于承压状态的古生界地层水则由盆地腹部向上倾方向渗流,二者在折算地层水位近乎相等的地下分水线处相遇,以此为界地层水和地表潜水将分别沿着各自水位较低处流向泄水区。显然,盆缘地表水和裂隙潜水在势能作用下虽向盆内汇聚,但却难以渗入到地下分水线以下的盆地腹部。因此,复向斜核部的沁县向斜当构成由顶板区域盖层与边侧水压势头联合封存条件下的水动力圈闭系统。

4 圈闭与气源的配置关系

盆地热演化史研究结果表明,古生界气源岩的主要生气阶段发生在晚侏罗一早白垩世燕山运动中期异常地温梯度($6.1^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$)背景下的构造热变质作用时期,气源岩普遍达到过成熟($R_o \geq 2.0 \sim 2.5\%$)。显然,古生界气源岩的主生气期与向斜型盆地结构及次级背斜构造

圈闭的形成近乎同步,具有良好的时间配置关系。晚白垩世以来,区域抬升剥失,生气作用减弱,盆地进入保存与改造阶段。如果扣除主生气期过后至今近 1 亿年时间可能造成的天然气散失量,初步计算目前沁水盆地古生界残余资源量仍可达 $3458.65 \times 10^8 \text{ m}^3$,尤其是包括沁县向斜在内的盆地中北部深拗陷区占有盆地总资源量的一半以上,该区充足的古生界气源条件与沁县向斜型水动力圈闭及位于其中的低幅度背斜构造圈闭具有良好的空间配置关系,为古生界天然气成藏提供了充足的气源。

由以上可以得出如下结论:① 沁水盆地是燕山运动中期形成的复式向斜型残余构造盆地,具有后期改造强烈、保存条件较差的特点。通过对该盆地古生界钻探失利原因分析认为,位居盆地腹部古生界埋深大于 700 m 深拗陷区的圈闭,具备有利于天然气成藏的保存条件。② 沁水盆地复向斜构造控制下的圈闭类型主要包括背斜构造圈闭和向斜型水动力圈闭。通过以构造和改造为主线的圈闭条件分析,结合圈闭与气源条件的配置关系,认为盆地腹部深拗陷区保存条件较好的沁县向斜型水动力圈闭及位于其中的低幅度背斜构造圈闭具有相对有利的勘探远景。

参 考 文 献

- 1 赵重远,刘池阳.华北克拉通沉积盆地形成与演化及其油气赋存.西安:西北大学出版社,1990,1~10
- 2 《煤成气地质研究》编委会主编.煤成气地质研究.北京:石油工业出版社,1987,1~10
- 3 刘方槐,颜婉荪编著.油气田水文地质学原理.北京:石油工业出版社,1991,117~120
- 4 陈 刚.沁水盆地燕山期构造热事件及其油气地质意义.西北地质科学,1997,18(2):63~67

陕西乾陵旱塬打出了优质地下水

陕西乾县自古以来就干旱缺水,素有“干县”之称。供水严重不足,长期制约着当地的经济的发展,也给城市居民的生活带来极大的影响。

陕西省地勘局第一水文队近期在乾县南塬打出了优质、量大的地下水,水温 22°C ,涌水量 $5000 \text{ m}^3/\text{d}$,矿化度低,口感甘甜,井深 800 m,是迄今渭北旱塬首次打成的地下水勘探井,它不仅可改善乾陵旅游区的观光环境,满足当地居民的生活用水需要,而且为进一步开发利用该区的地下水资源总结出了一套新的方法和新的理论。

(西安地质矿产研究所杨宗镜 摘编)