

# 资阳地区震旦系裂缝特征 及控制因素初探

包强\* 徐世琦

刘仲宣 夏绍文

(四川石油管理局地质勘探开发研究院)

(四川石油管理局川西南矿区)

**摘要** 资阳地区震旦系气藏位于四川盆地西南部,储层以白云岩为主,基岩具低孔、低渗特征,次生发育的孔洞、裂缝构成了有效储层的基础。裂缝类型有构造张性缝、早期剪切缝、晚期剪切缝、层间剪切缝、构造溶蚀缝(洞)和非构造缝等,具多种成因类型。根据裂缝中的充填物特征、充填物期次和成分的不同,可以判定裂缝具多期的特点,裂缝的走向有 NE—SW 向和 NW—SE 向,其主要的方向为 NE—SW 向。根据岩心观察和测井解释,表明裂缝在纵向上主要发育于震旦系灯二段上部和灯三段,裂缝发育的主要岩性为粒屑云岩、叠层云岩、晶粒云岩等。根据构造的数理统计分析,表明裂缝主要分布于小断层及伴生鼻状褶皱附近,受正向构造曲率值大小的控制。同时,由于资阳地区区域构造背景为单斜层,构造倾角仅  $2^{\circ}\sim 3^{\circ}$ ,因此现代区域应力场对裂缝也具有重要的控制作用。

**关键词** 资阳 震旦纪 裂缝(岩石) 特征 控制因素

资阳地区震旦系储层以一套含藻白云岩为主,基岩具低孔、低渗特征。据 629 块岩心样品分析,孔隙度最大值 7.88%,最小值 0.11%,平均值 1.30%。实际测试表明,要形成工业产能,需以次生发育的孔洞、裂缝为基础,储层类型主要为裂缝—孔洞型。因此对裂缝的评价就显得十分重要。

我国是世界产煤大国,煤层气资源量也十分丰富。煤层埋深小于 2 000 m 的煤炭资源量约  $5 \times 10^{12}t$ ,其中埋深浅于 1 500 m、有利于煤层气勘探的资源量约占 85%。据“六五”和“七五”期间的预测,我国的煤层气资源量约为  $35 \times 10^{12}m^3$ ,几乎与常规天然气资源量相当。其中 57% 分布于华北地区,33% 分布于西北地区,8% 分布于华南地区,2% 分布于东北地区。这巨大的资源潜力为煤层气勘探提供了可靠的资源保证。

从地质选区上来看,重点应放在含煤层系多、煤层厚、分布广、资源比较丰富、煤层物性较好、含气量较高、经济和交通都比较发达、天然气供需矛盾突出的华北地区,如京津唐含煤区以及山西、陕西和河南的部分含煤区等。其次华南地区也有不少有利的含煤区,如六盘水含煤区等。东北地区也具备煤层气勘探的有利条件,也可进行煤层气的勘探工作。

## 裂缝特征

### 1. 成因类型

岩心观察表明,资阳地区震旦系储层中见有立缝、高斜缝、低斜缝、平缝和网状缝,而在产状相同的裂缝中,又可根据其延伸长度的不同、缝宽的大小、

从工程技术条件来看,石油系统拥有装备配套、技术完善、经验丰富的钻井、试油和压裂等工程技术队伍,同时可加强与国外公司的合作,取长补短,摸索出一套适合我国煤层气特点的勘探系统方法。

综上所述,我国具有丰富的煤层气资源,工程施工队伍和科研力量较强,煤层气的勘探前景非常广阔,一旦取得突破,经济效益和社会效益都将非常可观。

### 参 考 文 献

- 1 杨起等.华北石炭二叠纪煤变质特征与地质因素探讨.北京:地质出版社,1988
- 2 王大曾.瓦斯地质.北京:煤炭工业出版社,1992
- 3 戴金星.天然气地质学概论.北京:石油工业出版社,1989

审稿人 高级工程师 王世谦  
收稿日期 1995—08—30 编辑 居维清

\* 包强,工程师,大专毕业,1960年生;一直从事测井地质、石油地质研究。地址:(610051)四川省成都市府青路一段3号。电话:(028)3324911 转 215680。

充填物的类型、充填物的多少而进一步分为几种,呈现多期次、多成因面貌,极其复杂。裂缝的主要成因类型如表1。

表1 资阳地区震旦系裂缝成因类型划分表

Table 1. Genetic type of Sinian fractures in Ziyang area

| 类     | 亚类       | 成因解释         | 充填物       | 评述            |
|-------|----------|--------------|-----------|---------------|
|       |          |              |           |               |
| 构造裂缝  | 构造张性缝    | 张应力作用        | 白云石、石英    | 有效性高          |
|       | 构造剪切缝    | 早期剪切应力作用     | 白云石、沥青、石英 | 有效性较高         |
|       |          | 晚期剪切应力作用     | 白云石、沥青、石英 | 有效性极高         |
|       | 层间剪切缝    | 层理间的滑动       | 白云石、沥青    | 有一定的有效性       |
|       | 构造溶蚀缝(洞) | 构造缝经溶蚀形成     | 白云石、沥青、石英 | 有效性极高         |
| 非构造裂缝 |          | 成岩、溶蚀、压裂、缝合线 | 白云石、沥青    | 绝大部分已被充填,有效性低 |

### (1) 构造裂缝

构造裂缝是资阳地区震旦系储层中的主要裂缝类型,按其力学性质又可分为如下亚类:

#### 1) 构造张性缝

是各期构造运动中岩层褶皱变形阶段的产物,但以喜山期形成的裂缝的有效性最高,产状上以立缝和高斜缝为主。

#### 2) 构造剪切缝

①早期剪切缝 即早期平面“X”共轭剪切节理,形成于各期构造运动的早期,产状上以高斜缝为主,充填物的类型、充填率的大小,及后期的溶蚀改造作用差别较大,因而其有效性也存在较大差别。

②晚期剪切缝 即晚期剖面“X”共轭剪切节理,形成于各期构造运动的褶皱变形期,产状上以低斜缝为主,岩心观察表明,资阳地区震旦系储层中这

类缝的储渗意义最大,主要表现在充填率低,而后期的溶蚀改造作用明显,使得缝宽加大、加深,甚至溶蚀成洞。此类缝既是储集空间,又是渗滤通道。

③层间剪切缝 主要指构造运动晚期褶皱变形到一定阶段引起岩层间滑动形成的剪切节理,既有充填,又有溶蚀,具备一定的储渗意义。

#### 3) 构造溶蚀缝

以上各类构造裂缝经后期溶蚀改造后形成,储渗意义很大。

### (2) 非构造裂缝

地层沉积后经溶蚀、成岩、压裂、抬升风化淋滤等原因形成的各类裂缝,绝大部分已被充填死,对目前天然气的产出无明显意义。同时,在上述各类裂缝的叠合区还可形成网状缝。

### 2. 组系方向

将资2井3 725.26~3 731.46 m定向取心段所观察到的5条裂缝走向作成一张玫瑰图,它表明资阳地区裂缝走向主要为两个方向,即NE—SW向和NW—SE向。再根据赵良孝对资2、3井微电极扫描测井(FMI)处理结果,资2井有60%以上的裂缝走向为NE—SW向,资3井有80%以上的裂缝走向为NE—SW向,其它裂缝的走向则为NW—SW向、S—N向和E—W向。这些资料表明,资阳地区震旦系裂缝发育的主要方向为NE—SW向。

### 3. 充填物特征

震旦系沉积后演化至今,经历了多期构造运动,在不同的构造运动期,随古物化环境的改变,裂缝中的充填物各异。岩心观察表明,裂缝中的充填物有一期充填(粒状白云石或沥青),二期充填(粒状白云石→沥青),三期充填(粒状白云石→沥青→叶片状白云石),四期充填(粒状白云石→沥青→叶片状白云石→石英)。另外,从电子探针对裂缝充填物、围岩、洞穴充填物分析的结果也反映出充填物是不同期次的产物(表2)。

表2 资阳地区震旦系洞穴充填物、裂缝充填物和围岩微量元素含量表(探针分析)

Table 2. Trace element contents in Sinian speleothems, fracture fillings and surrounding rock of Ziyang area (needle probe analysis)

| 样品位置  | Si    |       | Fe      |          | Mn      |        | Sr    |       | Ba        |          |
|-------|-------|-------|---------|----------|---------|--------|-------|-------|-----------|----------|
|       | 范围    | 平均    | 范围      | 平均       | 范围      | 平均     | 范围    | 平均    | 范围        | 平均       |
| 洞穴充填物 | 0~547 | 70.1  | 0~8 971 | 1 053.33 | 0~2 196 | 435.03 | 0~325 | 58.66 | 996~3 597 | 2 355.4  |
| 裂缝充填物 | 0~155 | 38.9  | 0~1 334 | 396      | 0~1 472 | 311.4  | 0~456 | 91.2  | 945~3 109 | 2 138.47 |
| 围岩    | 0~797 | 134.5 | 0~1 483 | 500.33   | 0~1 544 | 416.1  | 无     | 无     | 91~3 466  | 2 217.06 |

样品数:45;单位:μg/L。

上述充填物期次、成分的不同,表明研究区震旦系裂缝的形成是多期的,这也可以从岩心观察中裂缝间的相互切割关系看出。而同一条裂缝可以经过早期破裂到充填又复活破裂再充填这一过程,岩心观察部分裂缝至少有两次活动期。

### 裂缝的控制因素

据研究,资阳地区震旦系裂缝主要受以下储集因素控制。

#### 1. 岩性及层位

岩心观察和测井解释表明,资阳地区震旦系裂缝在纵向上主要发育于震旦系灯二段上部和灯三段。这一方面是因为震旦系作为一个统一的地质体在受到外力作用时,灯二段上部和灯三段位于中性面之上,因此应以张性破裂为主。另一方面则是同本区灯二、灯三段沉积时特殊的沉积环境形成一套岩性特殊的地层有一定关系,即本区从灯二段中上部直至灯三段沉积时,一直位于能量相对较高的潮间带沉积环境,发育有各种粒屑云岩,绵层云岩、叠层云岩和晶粒云岩,它们均具有岩性纯、颗粒粗的特点,因而在同生期和表生风化岩溶期易受到溶蚀而形成溶蚀缝洞,溶蚀缝洞发育带的岩石强度比非缝洞发育带低得多,形成应力薄弱带,在受到外力作用时,易破裂形成裂缝。

#### 2. 局部构造

本区现今构造虽然在总体上属于威远北坡的一个大单斜,但在这区域构造背景上,存在着一系列从NEE至NE、NNE排列的小断层及伴生鼻状褶皱,表明仍存在着局部受力强弱之分的问题。据构造滤波分析,现今构造至少存在着NE、NEE、NNE、NW、NNW、SN等六个主要方向的构造形迹,表明本区局部构造是在上述多个方向挤压应力场先后或同时作用下形成的复合叠加构造,且以NE向和NNE向两个组系的构造叠加为主,叠加的形式有斜交、正交和叠合三种(图1)。再据构造的曲率值计算(图2),曲率值存在着大小差别。曲率正值高值区,是裂缝比较发育的部位,再配以不同方向正向构造的叠加区,则是最佳的裂缝发育部位。例如,资1井区存在两组NE向构造的叠合,曲率值高达0.12,资3井区既存在两组NW向构造的叠合,又与另一组NE向构造斜交,曲率值达0.06,因此这2口井裂缝较发育;资2井区虽然也存在正向构造的叠加,但由于其曲率值仅0.03,表明其现今构造叠加幅度小,因此其裂缝的发育程度较资1、3井区差;正钻的资4、7井区,均存在正向构造的叠加,且曲率值分别高达

0.06和0.09,因此预计其裂缝是比较发育的。通过综合分析,用具有两次以上正向构造的叠加区与曲

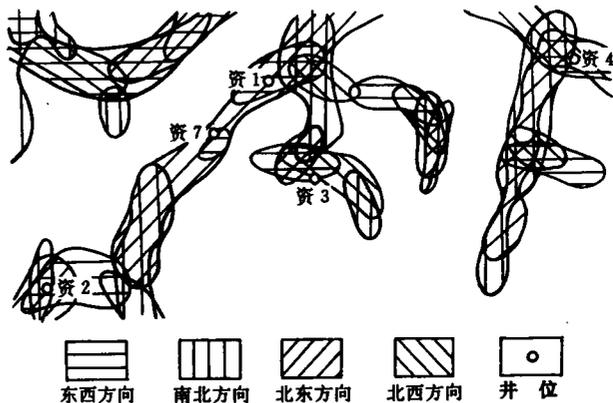


图1 资阳地区震旦系顶构造滤波分析正向构造叠加关系图

Fig.2. Forward structure stacking chart of filtering analysis of the top in Sinian structure of Ziyang area.

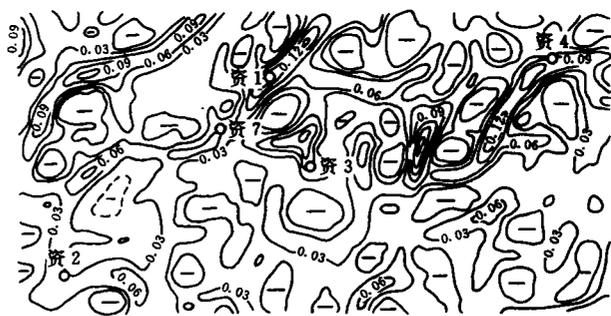


图2 资阳地区震旦系顶构造曲率图

Fig.2. Curvature of the top in Sinian structure of Ziyang area.

率值大于0.06区进行叠加,可作为现阶段本区震旦系裂缝发育带预测的依据(图3)。从图3看出,本区现今构造裂缝的发育程度北区大于南区,尤其是资1、3、4井区裂缝比较发育,是布井应该优先考虑的地区。

#### 3. 现代区域应力场

对资阳地区震旦系来说,由于其区域构造背景为单斜层,构造倾角仅2~3°,因此现代区域应力场对裂缝具重要的控制作用。它有两方面的意义,一是对原有裂缝的改造,即对古构造裂缝的改造,当其最小水平主应力方向与原有裂缝走向的夹角大于45°时,对裂缝有使其张开的改造作用,反之则对裂缝有使其闭合的改造作用;二是产生新的构造裂缝,其张性缝和共轭剪切缝锐夹角平分线平行于最大水平主应力方向。

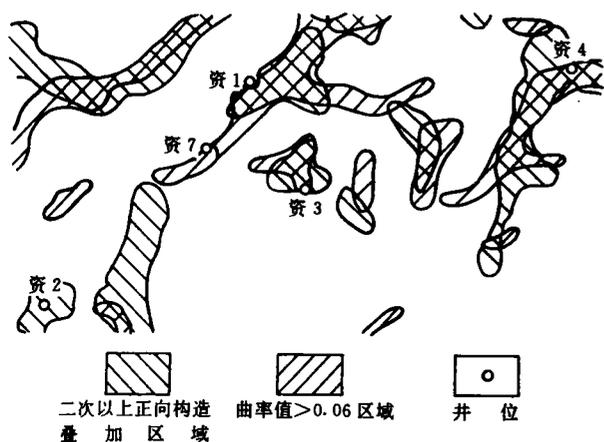


图3 资阳地区震旦系裂缝带信息预测图

Fig.3. Information prediction of fracture belt in Sinian of Ziyang area.

据赵良孝对资1、2、3、4井等4口井的井眼应力崩落方向的计算,它们分别为335°、330°、300°、330°,可以得出资阳地区区域最小水平主应力方向为NW—SE向,故最大水平主应力方向为NE—SW向,该方向与本区震旦系裂缝发育的主方向一致(图4),表明资阳地区现代区域应力场既对原有裂缝有使其张开的建设性作用,又可望产生沿NE—SW向新的裂缝。



图4 资阳地区现代构造应力与裂缝走向关系图

(据赵良孝,1995)

Fig.4. Relation between modern tectonic stress and fracture strike in Ziyang area.

### 参 考 文 献

- 1 王允城等.裂缝性致密油气储集层.地质出版社,1992年

审稿人 教授 肖慈珣

(收稿日期 1996—04—08 编辑 韩晓渝)

## 英科一井 $\varnothing 127.0$ mm 尾管固井成功

英科一井是中国石油天然气总公司、中国石油天然气总公司勘探开发科学研究院重点科学探索井。它位于塔里木盆地西南坳陷英吉沙背斜T8号构造顶部。其钻探主要目的是重点了解英吉沙背斜及下第三系、上第三系中新统含油气情况;为塔里木盆地西南坳陷的综合评价提供依据;并为塔西南的油气开发建立新的领域。

该井井深6406 m,泥浆密度 $2.35 \text{ g/cm}^3$ 、粘度130~140 s,  $\varnothing 127.0$  mm尾管下深640~5850.94 m,实际注水泥26t,平均密度 $2.30 \text{ g/cm}^3$ ,最高密度 $2.39 \text{ g/cm}^3$ 、最低 $2.06 \text{ g/cm}^3$ ,平均替泥浆排量 $8.5 \text{ L/s}$ 。由四川固井公司承担的固井作业,施工参数全部达到了设计要求,取得了圆满成功。

固井的主要难点在于:①井眼扩径,掉块及阻卡严重,下套管困难;②井内泥浆密度、粘度高,大肚子井段多、顶替效率差;③由于有高压气层且井有漏失现象,因此施工中可能出现井漏和气窜;④高密度水泥浆配制困难。采取的主要工艺技术措施有:①采用原钻具通井,适当排量洗井,保证井眼畅通;②采用高抗挤套管、防止挤扁,采用直接式气灰分离器配制高密度水泥浆;③关井憋压候凝。

该井的固井成功,标志着我国的钻井固井技术上上了一个新台阶。

(柳世杰)