

塔里木盆地库车坳陷 DB1 气田断裂展布规律及其对油气成藏的控制

吴超, 徐振平, 陈新卫, 张敬洲, 玛丽克, 冯磊, 叶茂林

(中国石油塔里木油田公司勘探开发研究院, 新疆 库尔勒 841000)

摘要: DB1 气田位于塔里木盆地库车坳陷克拉苏构造带西段, 天然气储量规模超过千亿立方米。该气田构造地质条件复杂, 地表为山体和砾石堆积区, 地下发育膏盐层, 盐上以断层传播褶皱为主, 盐下发育断层转折褶皱。认为 DB1 构造是由受断裂控制的复杂断块组成, 断裂既影响储层发育, 是连通烃源岩与储层的通道和油气聚集的控制因素; 又控制断块形态及油气分布, 直接决定了油气的保存与破坏。研究断裂的展布规律是明确气藏特征与规模的关键。

关键词: 库车坳陷; DB1; 断裂; 油气

中图分类号: TE121.2

文献标识码: A

文章编号: 1672-1926(2008)04-0457-05

1 构造背景

DB1 气田位于塔里木盆地库车坳陷克拉苏构造带西段。克拉苏构造带自北向南可划分为 4 排区带, 分别是: 克拉苏背斜区带、克深区带、克深南区带和拜城北区带, DB1 构造位于克深南区带西部^[1-2] (图 1), 大宛 1 气田北部。南部拜城北断裂(F_1)将其与拜城北区带隔开, 北部克深南断裂(F_4)将其与

克深区带隔开(图 1)。该区自上而下发育第四系、新近系库车组、康村组、吉迪克组、古近系苏维依组、库姆格列木群、下白垩统巴什基奇克组、巴西盖组、舒善河组、侏罗系及三叠系, 缺失上白垩统。发育三叠系和侏罗系 2 套优质煤系烃源岩, 下白垩统顶部巴什基奇克组砂岩分布稳定, 为该区有效储集层, 发育古近系库姆格列木群膏岩、盐岩和膏泥岩优质盖层, 构成了该区良好的生储盖组合。

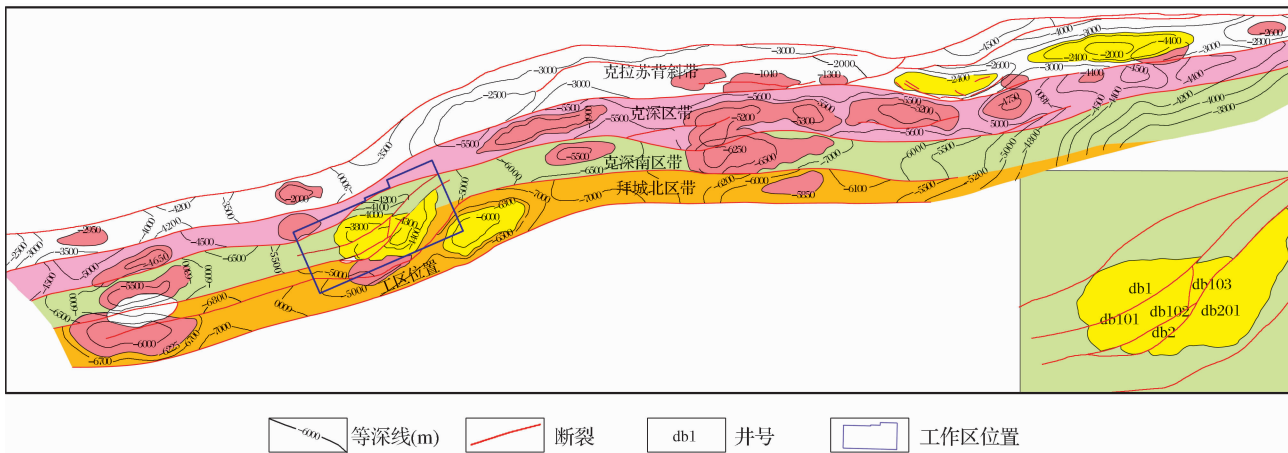


图 1 DB1 气田构造位置示意

DB1 气田天然气地质储量超过千亿立方米, 目前已有钻井 6 口(db1 井、db101 井、db102 井、db103

井、db2 井、db201 井), 均获得了工业油气流。研究表明, DB1 气田构造极为复杂, 地表为山体和砾石

堆积区,地下由盐上的断层传播褶皱和盐下的断层转折褶皱组成,逆冲断裂发育,属于典型的逆冲推覆构造体系。

2 断裂分布与形态

DB1 构造主体由 4 条大的断裂控制(图 2),形成 3 个大的断块,其中 F_2 断裂在构造中段产生分支,发育次一级小断裂 f_1 和 f_2 ,使中部断块复杂化,被肢解成 3 个次级断块。综合分析认为 DB1 构造是由 6 个规模不同的逆冲断裂控制的 5 个大小不等的断块组成,分别为 DB1 断块、DB101-102 断块、DB103 断块、DB2 断块和 DB201 断块(图 2)。

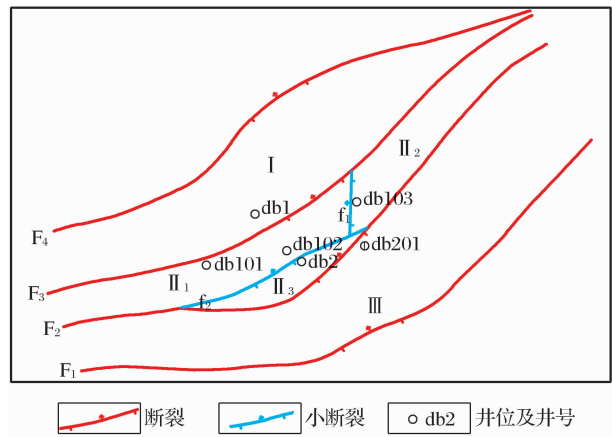


图 2 DB1 气田断裂系统

I DB1 断块 II₁ DB101-102 断块 II₂ DB103 断块
III DB2 断块 III DB201 断块

2.1 断裂平面展布特征

控制 DB1 构造 4 条断裂均为逆冲断裂,其中 F_1 和 F_4 为边界断裂,控制构造的范围, F_2 和 F_3 为规模相对较小的次级断裂,其中, F_2 和 F_3 呈 NEE-NE 向展布,与 F_1 走向一致,且 3 条断裂都表现为向 SSE 方向凸出的弧形, F_4 断裂为 NEE-NE-NEE 走向,呈“S”形展布。 F_1 是区域断裂拜城北断裂的一部分,是 DB1 构造所属的克深南区带与拜城北区带

的分界断裂, F_4 是区域断裂克深南断裂的一部分,是克深南区带与克深区带的分界断裂,这 2 条断裂规模较大,延伸长度 80~100 km,贯穿整个研究区; F_2 规模较 F_3 稍大,平面延伸贯穿整个工作区, F_3 向东断距逐渐变小,直至消失(图 2); f_2 是 F_2 的伴生断裂,为 NE 走向,两端逐渐与 F_2 合拢; f_1 断裂为 NNE 走向,延伸长度约 5 km,也是 F_2 的伴生断裂,南接 f_2 断裂,北部与 F_3 断裂斜交(图 2)。

2.2 断裂纵向特征

控制主体构造的断裂均为具有坡坪结构,表现为上、下缓,中部陡的特点,向下始于侏罗系煤系地层,向上消失于库姆格列木膏盐层中,为同向逆冲式断裂组合,从而形成相互叠置的断层转折褶皱。 F_1 和 F_4 断裂规模最大(图 3),滑行距离远,垂直断距 500 m 以上, F_1 断裂位于构造下倾方向,控制构造格局并作为油气运移通道,但对油气的分布控制作用不大, F_4 断裂位于构造的上倾方向,对 DB1 断块起封堵作用,决定圈闭的有效性,及油气分布范围。 F_2 和 F_3 断裂规模较小(图 3),垂直断距 200~300 m,2 条断裂将 DB1 构造分割成 3 个逆冲断块,改变并控制了 DB1 构造格局,向下断至侏罗系煤系烃源岩,成为 DB1 气田良好的油气运移通道。 f_1 和 f_2 断裂规模最小(图 3、图 4),断距大于 100 m,2 个断裂将中间断块重新分割成 3 部分(图 2),断裂下盘砂岩储层与上盘的膏盐岩盖层对接,具有良好的侧向封堵作用。由于在 5 个断块上钻探的 6 口井均获得工业油气流,说明所形成的断块类圈闭均为有效圈闭。

2.3 断裂形成与构造演化

DB1 构造开始活动于燕山运动晚期,定型于喜马拉雅运动末期,期间经历了以下几个主要活动时期(图 5):① 古近系沉积前,燕山运动晚期运动较为强烈,DB1 构造向上隆起,断裂开始发育, F_1 、 F_2 断裂及大北 1 背斜雏形形成;② 古近世以来,整个库

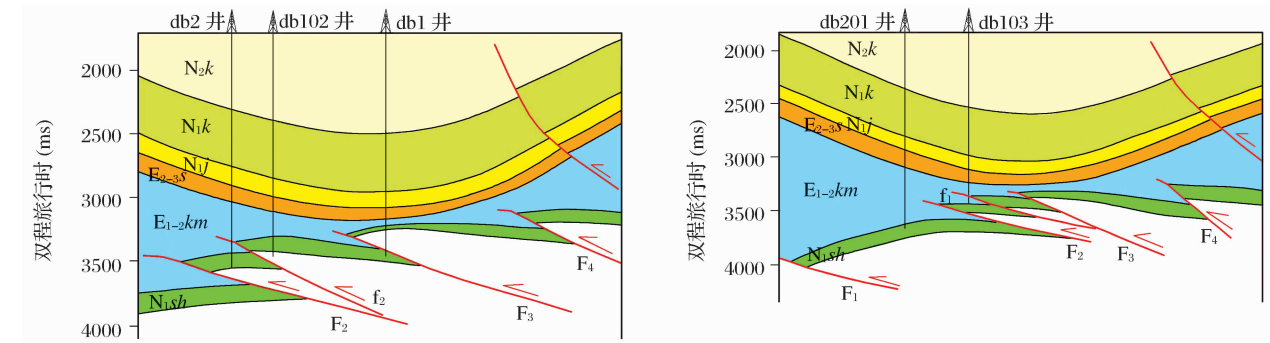


图 3 DB1 气田南北向过井结构剖面

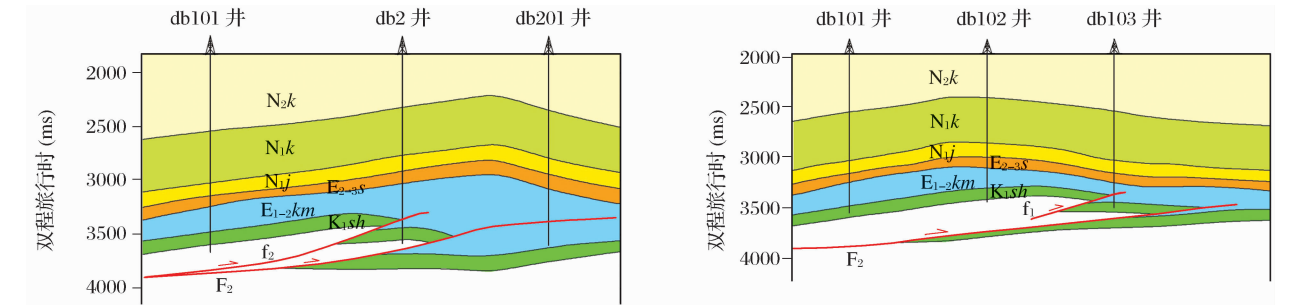


图 4 DB1 气田东西向过井结构剖面

车前陆坳陷进入相对稳定期,基本没有发生较大规模的构造运动,DB1 构造沉积了一套巨厚的库姆格列木群、苏维依组、吉迪克组地层;③ 至康村组沉积前(喜马拉雅运动中晚期),南天山造山运动进一步加剧,由于库姆格列木群沉积了一套巨厚的以膏盐岩为主的塑性地层,在本区围绕该套膏盐层发生了大规模构造运动,以膏盐层为界,分为上、下 2 个构造层(图 5),上构造层以发育断层传播褶皱为主,下构造层 DB1 构造燕山末期开始发育,喜马拉雅运动中期在由北向南水平挤压力的作用下, F_1 和 F_2 断裂重新开始活动, F_2 断裂伴生的小断裂 f_1 和 f_2 以及 F_3 、 F_4 断裂在该时期形成,DB1 构造持续向上抬升,形成相互叠置的断层转折褶皱,构造运动一直持续到第四纪早期(图 5)。因此,控制 DB1 构造主体的断裂主要分 2 期活动,燕山运动晚期的构造活动

对该区影响不大,喜马拉雅运动中期的剧烈活动一直持续到喜马拉雅运动晚期,控制了 DB1 构造现今的格局。

3 断裂对油气成藏的控制

3.1 断裂与储层

断裂改善了白垩系巴什基奇克组储层的储集性能,尤其是晚期构造运动及断裂活动形成的大量裂缝基本未充填,从而改善了储层的物性,形成了良好的裂缝性储层。裂缝沟通孔隙形成了有效的油气运移通道,是 DB1 气田特低孔特低渗储层获得高产的主要因素。沉积相控制了储层的分布,造成孔隙变小的最重要原因是压实和挤压作用,而断裂是改善储集性能的最主要因素。

DB1 气田白垩系巴什基奇克组储层岩性均为细砂岩、含砾细砂岩,各岩性段沉积相带分布稳定,物性中等偏差、物性相近。储层储集空间主要为原生粒间孔、粒间溶孔、少量长石、岩屑粒内溶孔、溶蚀缝、构造缝和微孔隙。储集空间类型为裂缝—孔隙型、孔隙型,其中裂缝—孔隙型储集空间类型占 70.0%~90.0%。构造运动产生的裂缝一方面改善了储层物性,另一方面贯通了粒间孔、粒间溶孔、粒内溶孔、溶蚀缝、构造缝和微孔隙,形成富集高产的裂缝—孔隙型储集类型,为 DB1 气田获得高产气流创造了条件。裂缝受断层展布规律控制,构成油气运移的重要通道和主要的储集空间,对油气聚集起重要的控制作用。

3.2 断裂与油气运聚

目前库车坳陷克拉苏构造带发现的油气田(藏),绝大部分来自于白垩系巴什基奇克组储层,少部分来自于上部新近系储层,DB1 气田的天然气也来自白垩系巴什基奇克组储层之中,而三叠系、侏罗系烃源岩生排出的油气要进入白垩系及以上储层,

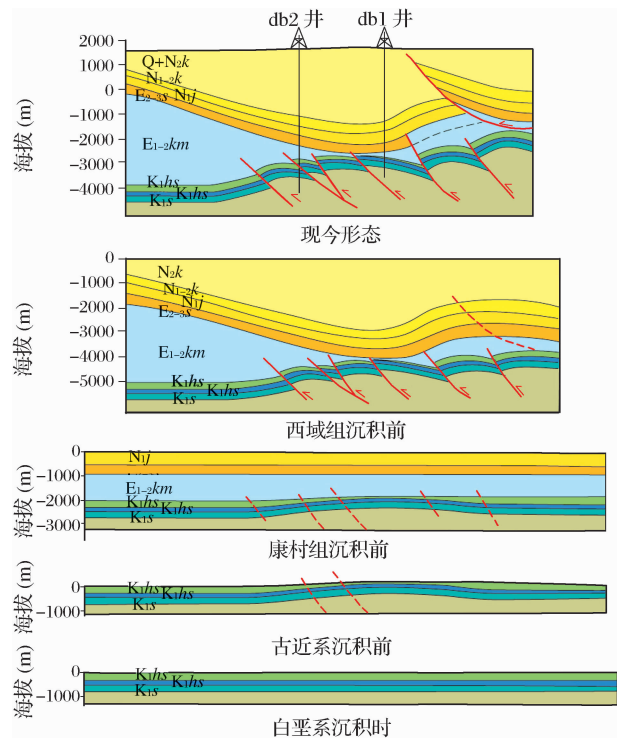


图 5 DB1 气田构造演化

断裂无疑是油气运移的最重要和最主要的通道。

DB1 构造主要受 F_1 、 F_4 2 条 NEE 向展布的北倾逆冲断层控制,它们向下断至三叠系和侏罗系烃源岩,向上在古近系库姆格列木群的膏盐岩层中消失,沟通了烃源岩和有效储集层,是有效的油源断层,沟通侏罗系烃源岩油气而成藏。控制 DB1 构造的主断裂可成为流体运移的高传导性通道,而构造中部规模相对较小的 F_2 、 F_3 断裂以及 f_1 、 f_2 断裂和褶皱所派生的裂缝系统则组成了流体运移的通道网络。

组成 DB1 构造的 5 个断块均是在断裂发育的基础上形成的断背斜、断鼻、断块,这些由断裂控制形成的构造为 DB1 气田油气成藏提供了良好的圈闭条件。

3.3 断裂与油气保存和破坏

DB1 构造的断裂活动期与油气运聚期配置关系良好,分析认为 DB1 气藏的油与气都来源于侏罗系、三叠系烃源岩,但油气在成熟度上存在显著差异,油属于正常的成熟湖相原油,而天然气则属后期的高成熟气,即油与气形成于有机质的不同演化阶段,是不同时期的产物,从而揭示出 DB1 气田存在 2 次成藏事件。第一期在喜马拉雅运动库车期之前,侏罗系、三叠系烃源岩在主生烃期 $R_0 = 0.7\% \sim 1.6\%$ 形成的油气,集聚在燕山期古隆起背景上的宽缓背斜里。第二期是库车期至第四纪早期,喜马拉雅运动晚期构造运动对该区的天然气再富集起到至关重要的作用,原先聚集在白垩系和下第三系宽缓背斜中的油气由于断裂活动发生二次运移,并聚集到现今的 DB1 气藏中,也有少量成熟度更高的天然气补充^[3-5]。在油气成藏过程中,断裂活动形成了断鼻、断背斜、断块等圈闭,由于各圈闭的砂岩储层与相邻圈闭古近系库姆格列木群膏盐岩层或下白垩统下部舒善河组巨厚泥岩通过断层对接,而这 2 套盖层具有极好的垂向和侧向封挡作用,因此 DB1 构造的 5 个断块都具有极好的封堵层,保存条件好。同时,根据研究逆冲断层在活动状态下是油气运移的垂向运移通道,在静止状态下主要起封闭作用^[1-2]。因此控制 DB1 气田的断层在油气聚集中是油气运移的通道,而在二次成藏后,断裂处于静止状态,主要起封堵作用。

从 DB1 气田的实钻结果看:钻探的 6 口井中,db101 井、db103 井与 db2 井均钻遇了气水界面,其

中 db103 井气水界面最低,db101 井次之,而位于断层下盘的 db2 井的气水界面最高,db201 井未钻遇气水界面,但其气层顶海拔比气水界面最低的 db103 井气水界面低约 100 m,从而说明 DB101-102 断块、DB103 断块、DB2 断块以及 DB201 断块分别为独立的气藏,也证实控制 DB1 构造的各条断层对油气均起到封堵作用(图 6)。

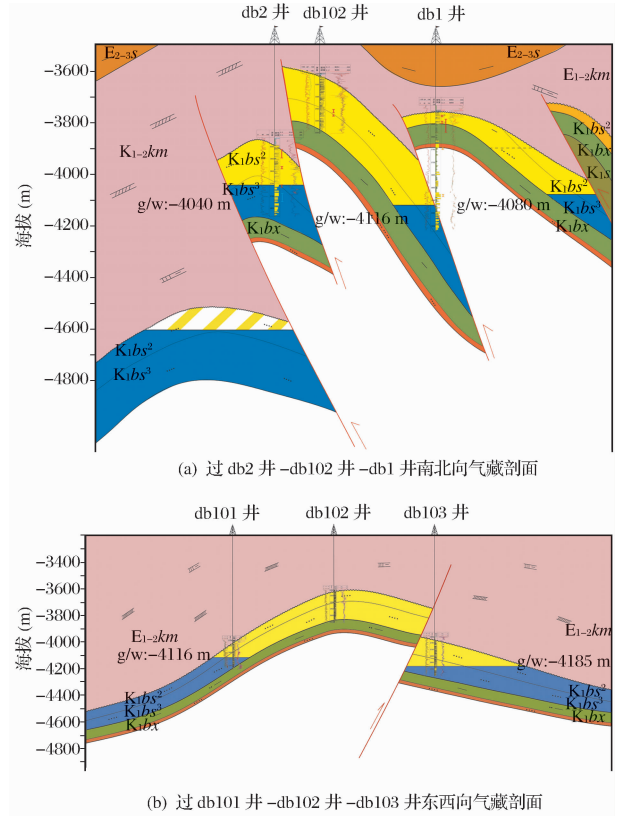


图 6 DB1 气田气藏剖面

同时,断裂对油气成藏也有一定的破坏性,后期断裂使先期油气藏破坏或重新运移,成为油气的漏失通道。在 DB1 构造二次成藏的新近纪库车期,由于断裂活动,将完整背斜肢解为 5 个断块,改变了构造格局,油气藏重新调整。这些断裂都具有一定的走滑性质,除通过断层聚集来自侏罗系的天然气之外,还有部分油气沿着边界断裂运移到浅层的新近系地层中,上部浅层的大宛齐油田就是在这时期形成。

通过上述分析,目前认为 DB1 气田主体构造受 4 条北东向逆冲断层控制,中间断块又被 2 小断层分割为 3 个断块,形成了由规模不同的 6 条断裂控制的大小不等的 5 个断块组成的 5 个独立的气藏(表 1),断裂是决定构造特征与油气分布的主控因素。

表 1 DB1 气田圈闭要素

圈闭名称	地震/地质层位	面积(km ²)	幅度(m)	高点海拔(m)
DB1 断块	T ₈ /K ₁ bs 顶	33.64	320	−3 760
DB101-102 断块	T ₈ /K ₁ bs 顶	21.97	540	−3 580
DB103 断块	T ₈ /K ₁ bs 顶	7.72	260	−3 920
DB2 断块	T ₈ /K ₁ bs 顶	7.53	180	−3 860
DB201 断块	T ₈ /K ₁ bs 顶	51.32	360	−4 240

4 结语

DB1 构造是由规模不同的 6 条断裂控制的大小不等的 5 个断块组成,每一个断块分别属于一个独立的气藏系统。

DB1 构造活动主要分为 2 期,燕山运动晚期构造开始发育,F₁ 和 F₂ 断裂雏形形成;喜马拉雅运动中晚期为该区最为强烈的构造活动,发育一系列断裂及断层相关褶皱,最终形成 DB1 气田现今构造格局。

断裂在 DB1 气田油气成藏方面的作用主要是成为沟通烃源岩与储集层的通道,对储层有一定改善作用,控制圈闭形态及油气分布范围,是决定

DB1 气田构造特征及油气分布的主控因素。

参考文献:

[1] 刘德良,李振生,杨强.南天山库车褶皱冲断带的伸展构造[J].天然气地球科学,2005,16(2):157-161.

[2] 李振声,刘德良,杨强.库车褶皱冲断带断裂、构造对油气的控制作用[J].天然气工业,2007,27(5):36-38.

[3] 万桂梅,汤良杰,金文正,等.库车坳陷西部构造圈闭形成期与烃源岩生烃期匹配关系探讨[J].地质学报,2007,81(2):187-196.

[4] 张荣虎,张惠良,马玉杰,等.特低孔特低渗,高产储层成因机制——以库车坳陷大北 1 气田巴什基奇组储层为例[J].天然气地球科学,2008,19(1):75-82.

[5] 施立志,林铁锋,王震亮,等.库车坳陷下白垩统天然气运聚系统与油气运移研究[J].天然气地球科学,2006,17(1):78-83.

Fault Distribution Characteristics and Its Influence on Hydrocarbon Accumulation of DB1 Gasfield in Kuqa Depression of Tarim Basin

WU Chao, XU Zhen-ping, CHEN Xin-wei,ZHANG Jing-zhou, MA Li-ke, FENG Lei, YE Mao-lin
(Exploration and Development Research Institute, PetroChina Tarim Oilfield Company, Korla 841000,China)

Abstract: DB1 gasfield is situated in the western part of Kelasu structural belt in Kuqa depression, the gas reserve in DB1 is more than $1\ 000\times10^8\text{ m}^3$. The structural and geological conditions are very complicated, there are thick gravel areas and high mountains on the surface, evaporate salt bed developed underground. The structural styles are mainly fault-propagation folds above the salt layers and fault-bend folds under it. The research concludes that DB1 structure is complicated, in which the faults control hydrocarbon's accumulation and structural characteristics, not only influence the reservoir, but also connect to reservoir and source rock, and decide the condition of the reservoir preserved or destroyed. Above all, it is the key factor to study fault characteristics which could make us know DB1 gas field better.

Key words: Kuqa depression; DB1; Faults; Oil and gas.