

第八届中国石油工程设计大赛方案设计类赛题基础数据

目 录

一、方案设计综合组	1
1 区块概况	1
2 地质特征	3
2.1 地层分层	3
2.2 构造特征	5
2.3 地质分层	6
2.4 砂体分布特征与储层有效厚度	6
2.5 粘土矿物分布与胶结情况	6
2.6 油藏类型	7
2.7 油水分布特征	7
3 实验室或现场资料	8
3.1 储层四性关系	8
3.2 储层流体性质	11
3.3 地层水性质	11
3.4 PVT 数据	11
3.5 相渗数据	12
3.6 测井数据	12
3.7 试油数据	12
3.8 油藏温度与压力	12
3.9 试井资料	14
3.10 测斜资料	14
3.11 录井及静态资料	14
3.12 微裂缝监测资料	14
3.13 地层敏感性评价数据	15
二、方案设计单项组	16
1 油藏工程单项组	16
2 钻井工程单项组	16
3 采油工程单项组	17
4 地面工程单项组	18

一、方案设计综合组

1 区块概况

现有 XXX 油田某区块, W1-W8 为 8 口生产井, 已经投入生产多年(井史数据见附表 1), 目前开发面临着诸多问题。W9、W10 为评价井。W1-W8 中, 仅 W7 曾经进行过强化注水。10 口井井位大地坐标见表 1-1, 井位分布见图 1-1。

表 1-1 W1-W10 井位大地坐标

井号	Y (m)	X (m)
W1	11023520	1007920
W2	11023419	1008309
W3	11023332	1008646
W4	11023227	1009067
W5	11023277	1007249
W6	11023080	1008020
W7	11022880	1008798
W8	11022825	1009439
W9	11022826	1010300
W10	11023257	1010200

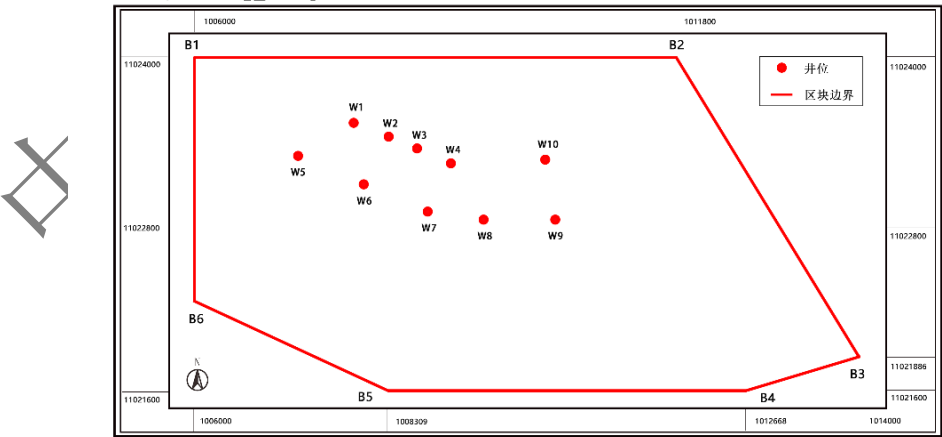


图 1-1 XXX 油田某区块井位分布图

该区域地势比较平坦，主要地貌为波状起伏的低平原，海拔高度在 131.77m-141.93m。境内无山岭、丘陵和河流，而多自然泡泊，排水不畅。夏季雨热同期，冬季寒冷漫长，气温变化急剧且多风沙。年平均气温 3.4℃，一月份平均气温-19.1℃，七月份平均气温 22.9℃，最高气温 37.4℃，最低气温-36.2℃。年降雨量 445mm 左右，降水主要集中在夏季，属于北温带大陆性季风气候。

该区周围有居民点，附近有铁路穿过，交通便利。移动、联通网络均覆盖该地区，通讯发达。

该区域生产井集输管网拓扑结构如图 1-2 所示，管道相关参数见表 1-2。

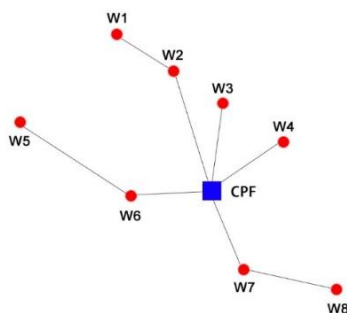


图 1-2 W1-W8 集输管网拓扑结构示意图

表 1-2 管道参数

管道编号	管道走向	管道规格 (mm)
1	W1-W2	76×4
2	W2-CPF	76×4
3	W3-CPF	60×3.5
4	W4-CPF	60×3.5
5	W5-W6	76×4
6	W6-CPF	76×4
7	W8-W7	60×3.5
8	W7-CPF	76×4

管线接入点位置见图 1-3。

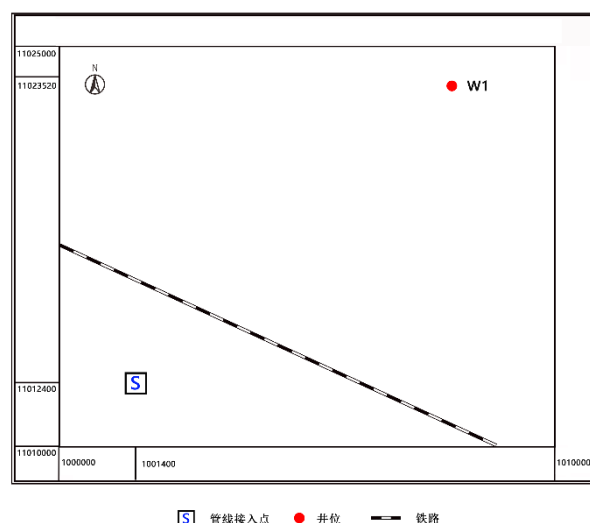


图 1-3 XXX 油田某区块管线接入点

2 地质特征

2.1 地层分层

本区钻遇地层自上而下划分为第四系和白垩系，缺失第三系地层。白垩系地层从上到下还可分为 A、B、C、D、E、F 六个地层

详细的地层厚度及岩性岩相描述如下（自上而下）：

（1）第四系地层：厚度 55-90m，主要岩性为粉砂与杂色砂砾层，河流相；

（2）白垩系 A1 层：厚度 78-196m，主要岩性为灰绿、紫红色泥岩、粉砂质泥岩，滨湖相；

（3）白垩系 A2 层：厚度 97-165m，主要岩性为灰绿色泥岩、粉砂质泥岩与灰色泥质粉砂岩，半深-浅湖相；

（4）白垩系 B 层：厚度 90-170m，主要岩性为灰绿色泥岩、紫红

色泥岩、粉砂岩与紫灰色泥质粉砂岩，河流相；

(5) 白垩系 C1 层：厚度 92-160m，主要岩性为紫红、灰绿色泥岩、灰色泥质粉砂岩和粉砂岩，河流-滨湖相；

(6) 白垩系 C2 层：厚度 100-170m，主要岩性为灰黑色泥岩，夹紫红色泥岩及灰色粉砂岩、泥质粉砂岩，滨湖-浅湖相；

(7) 白垩系 C3 层：厚度 72-150m，主要岩性为黑灰色泥岩、泥质粉砂岩与棕灰、灰色粉砂岩和细砂岩，半深-深湖相；

(8) 白垩系 C4 层：厚度 94-121m，主要岩性为灰黑泥岩和含油页岩，半深-深湖相；

(9) 白垩系 C5 层：厚度 93-165m，主要岩性为灰黑色泥质和含油页岩，半深-深湖相；

(10) 白垩系 D1 层：厚度 79-120m，主要岩性为黑灰色泥岩、泥质粉砂岩，滨浅湖相；

(11) 白垩系 D2 层：厚度 95-130m，主要岩性为绿灰色泥岩与棕色粉砂质泥岩，三角洲相；

(12) 白垩系 E1 层：厚度 199-358m，主要岩性为灰黑、深灰色泥岩、泥质粉砂岩，滨浅湖相；

(13) 白垩系 E2 层：厚度 52-80m，主要岩性为黑色泥岩，半深-深湖相；

(14) 白垩系 F1 层：厚度 70-100m，主要岩性为灰色泥岩、灰色泥质粉砂岩，河流-滨浅湖相；

(15) 白垩系 F2 层：厚度至少 370m，主要岩性为粉砂质泥岩与灰色泥质粉砂岩，河流-滨浅湖相。

2.2 构造特征

本区块主要构造类型为背斜。构造的西翼地层倾角约为 5° ，东翼地层倾角约为 3° 。区域内主要发育正断层。

断裂活动主要分为两期，主要从以下方面做出阐述：

(1) 断裂走向

区块断裂走向自下而上总体趋势有些类似，主要以北西向为主，倾向以北东向为主，少部分断层倾向为北西向。

(2) 断裂密度

区块断裂密度自上而下是逐渐增大的。第一期断裂活动断裂密度较大，一般在 $0.2 \text{ 条}/\text{km}^2$ – $0.9 \text{ 条}/\text{km}^2$ ；第二期断裂活动断裂密度较小，一般在 $0.11 \text{ 条}/\text{km}^2$ 左右。

(3) 断裂规模

第一期断裂的断距一般为 40m 以下，延伸长度普遍小于 3km ；第二期断裂的断距同为 40m 以下，但其延伸长度可达 4km 。

(4) 断裂构造带特征

区块断裂的展布虽然总体上是北西走向，但是同一方位的断裂一方面成带分布，一方面带的展布特征也存在明显的不同。区块共发育三组走向的断裂构造条带，其一是北北西走向断裂构造带共 7 条，条带断续延伸范围较大，组成构造带的断裂呈现右阶斜列特征，断续的带与带之间也为右阶排列，反映左旋变形；其二是北西西-近东西向断裂构造带共 11 条，条带延伸较短，组成带大断裂呈现左阶排列特征，反映右旋变形，该走向的断裂构造带一般限制了北北西向断裂构造，使北北西向断裂构造带断续延伸；其三是近南北向断裂构造带 5 条，主要发育在靠近次级背斜的转折端，转折端部位在晚期反转变形中主

要发生背形弯曲。

邻区某井为基础的地震剖面图参考附图 1 和附图 2。

2.3 地质分层

该区块地层 D、E、F 层均有不同规模的沉积单元分布。D 层分布最为复杂。D 层细分为 D1、D2 小层，沉积体系为大型复合三角洲体系，较多发育水平层理。

D1 层主要以薄层为主，还可以细分为 a、b 两个层，两个小层储层物性相似，但 a 略好于 b。D2 层非均质性严重，垂向差异较大，储层物性也有一定差距。

D1a 层、D1b 层划分为 D1a_{1a}-D1a₁₆、D1b_{1a}-D1b₁₁ 共 54 个沉积单元，D2 层划分为 D2_{1a}-D27 共 18 个沉积单元。沉积单元根据砂体分布从上到下依次编号。

该区块详细单井小层数据见附表 2。

2.4 砂体分布特征与储层有效厚度

该区平均单井钻遇砂岩厚度 57.95m，有效厚度 23.93m。从细分组看，D2 层砂岩厚度 22.31m，有效厚度 13.02m，河道砂钻遇率 30.98%；D1a 小层砂岩厚度 25.11m，有效厚度 8.78m；D1b 小层砂岩厚度 9.46m，有效厚度 2.81m，钻遇率 17.08%。

根据邻区信息统计的砂体平面展布图见附图 3、附图 4。

2.5 粘土矿物分布与胶结情况

岩心薄片、电镜分析资料表明，D1 层岩性以细砂、细粉砂岩为主，D1 层岩石中的石英含量平均为 29%，分布范围在 19-42%之间；长石含量平均为 35%，分布范围在 16-68%之间；岩屑以火成岩为主，含量平

均为 23%，分布范围在 2-28%之间。矿物颗粒间以线接触为主，点接触较少；胶结类型以接触胶结为主，分选性好-中等。对 D1 层 220 个样品的粘土矿物分析见表 2-1。

表 2-1 XXX 油田某区块 D1 层粘土成分分析表

蒙脱石 (%)	伊利石 (%)	高岭石 (%)	绿泥石 (%)	伊蒙混层 (%)
2.0	56.6	16.5	18.2	6.8

D2 层石英含量一般在 26-31%，平均 28.43%；斜长石含量平均 6.00%；泥质含量一般在 2-26%，平均 7.00%；胶结物以方解石为主，平均含量 9.57%；分选程度一般为好至中等，长石风化程度一般为中等，接触关系以点状和线-点状接触为主，胶结方式主要为孔隙或再生-接触。D2 层粘土矿物分析见表 2-2。

表 2-2 XXX 油田某区块 D2 层粘土矿物分析统计表

伊利石 (%)	绿泥石 (%)	伊蒙混层 (%)	高岭石 (%)
12.6	27.4	8.6	51.4

2.6 油藏类型

构造岩性油藏。

2.7 油水分布特征

构造东部油水界面最深-1040m，最浅-1000m；构造西部油水界面最深-1010m，最浅-997m。详细的垂向油水分布分为以下四种情况：

- (1) 顶部砂层为油层或同层，而下部砂层为水层；
- (2) 顶部砂层为油层，中部油水同层，下部砂层为水层；

- (3) 油层、水层的分布没有明显规律；
- (4) 砂层中主要为水层，少见或未见油层。

3 实验室或现场资料

3.1 储层四性关系

D1 层有效孔隙度主要分布在 9.0-24.0% 之间，平均为 18.2% (图 3-1), 空气渗透率主要分布在 1.0-50.5mD 之间, 平均为 9.3mD (图 3-2)。

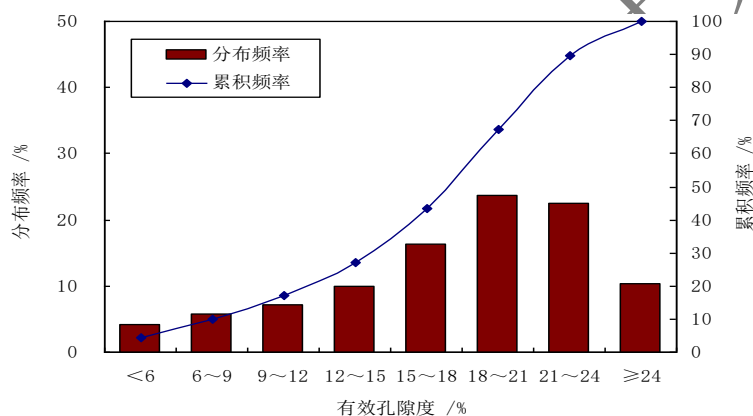


图 3-1 XXX 油田 D1 层岩心分析有效孔隙度分布直方图

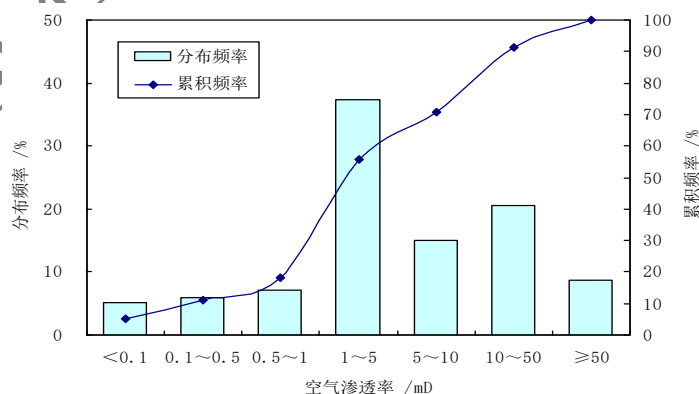


图 3-2 XXX 油田 D1 层岩心分析渗透率分布直方图

岩性主要为粉砂岩、泥质粉砂岩、钙质粉砂岩（图 3-3）；含油性主要为含油、油浸、油斑和油迹（图 3-4）。

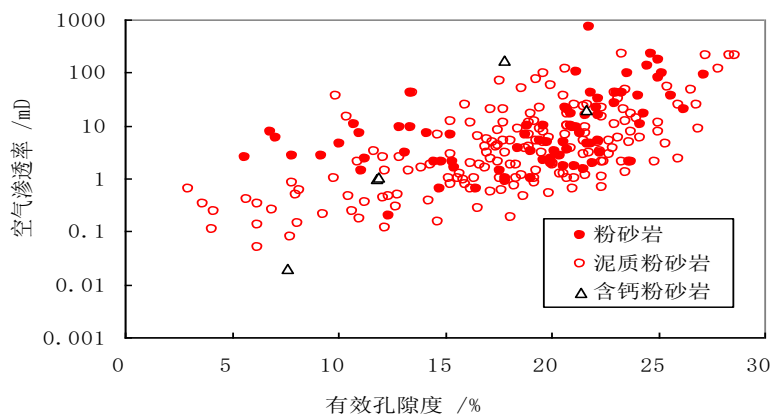


图 3-3 XXX 油田 D1 层岩性与物性关系

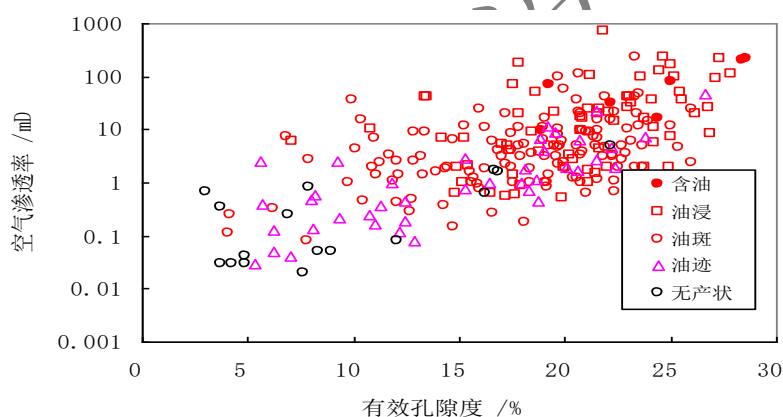


图 3-4 XXX 油田 D1 层含油性与物性关系

D2 层有效孔隙度主要分布在 12.0-24.0% 之间，平均为 21.5%（图 3-5），空气渗透率主要分布在 0.5-500mD 之间，平均为 77.9mD（图 3-6）。

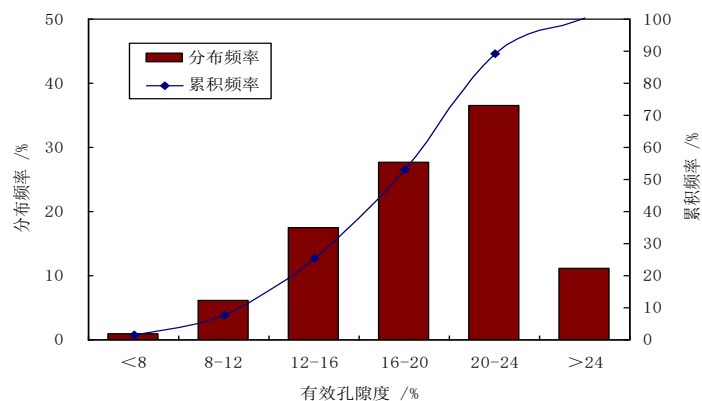


图 3-5 XXX 油田 D2 层岩心分析有效孔隙度分布直方图

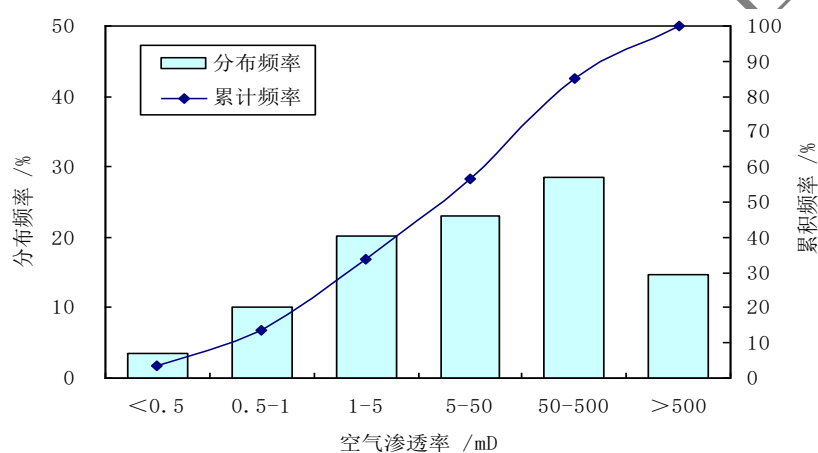


图 3-6 XXX 油田 D2 层岩心分析渗透率分布直方图

岩性主要为粉砂岩、泥质粉砂岩、粉砂质泥岩（图 3-7）；含油性主要为含油、油浸、油斑和油迹（图 3-8）。

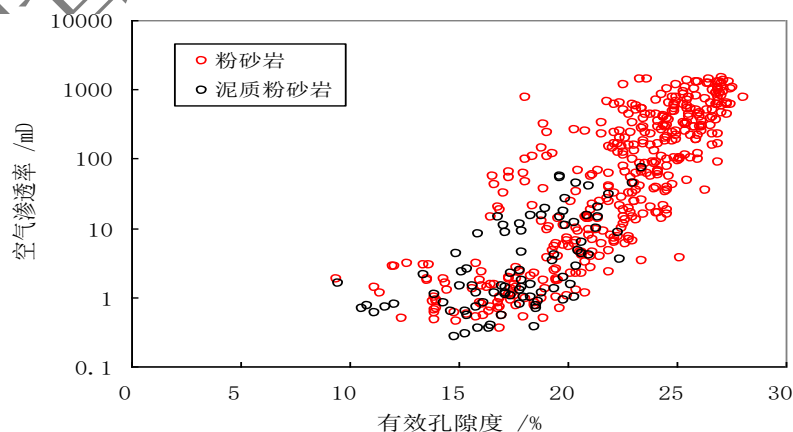


图 3-7 XXX 油田 D2 层岩性与物性关系

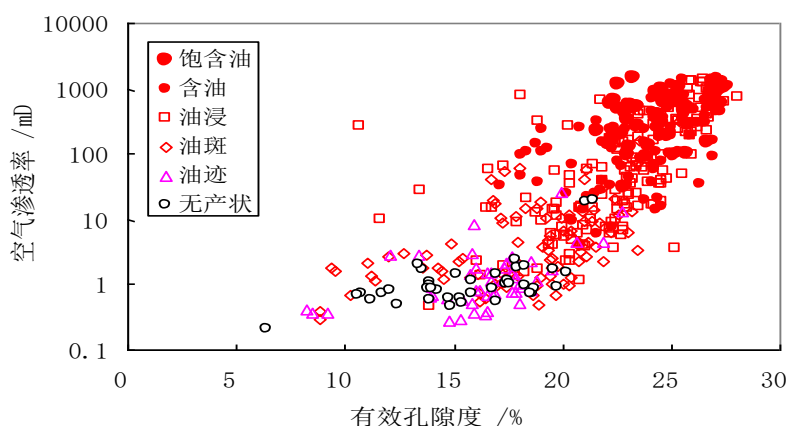


图 3-8 XXX 油田 D2 层含油性与物性关系

3.2 储层流体性质

全区地面原油密度范围为 $0.8398\text{g}/\text{cm}^3$ – $0.8595\text{g}/\text{cm}^3$ ，平均为 $0.8488\text{g}/\text{cm}^3$ ，地面原油脱气粘度范围为 $7.6\text{mPa}\cdot\text{s}$ – $21.4\text{mPa}\cdot\text{s}$ ，平均为 $12.19\text{mPa}\cdot\text{s}$ 。根据高压物性测试结果，原始饱和压力范围 5.5MPa – 9.15MPa ，平均为 6.833MPa ，体积系数范围为 1.087 – 1.137 ，平均为 1.110 ，原油粘度范围为 $5.2\text{mPa}\cdot\text{s}$ – $8.0\text{mPa}\cdot\text{s}$ ，平均为 $6.7\text{mPa}\cdot\text{s}$ 。

附表 3 给出了 XXX 油田 D1、D2 层流体性质。

3.3 地层水性质

根据地层水分析资料， Cl^- 含量范围 $1206\text{mg}/\text{L}$ – $3440\text{mg}/\text{L}$ ，平均为 $2745.46\text{mg}/\text{L}$ ，总矿化度范围 $4123\text{mg}/\text{L}$ – $10598.2\text{mg}/\text{L}$ ，平均为 $8410.68\text{mg}/\text{L}$ ，pH 值范围平均为 7.8 。水型主要为 NaHCO_3 型。

3.4 PVT 数据

PVT 数据及原油组分信息见附表 4。

3.5 相渗数据

对 5 块岩样进行相对渗透率测定结果见附表 5。

3.6 测井数据

见附图 5。

3.7 试油数据

W9、W10 评价井试油数据见表 3-1。日产油单位吨，日产水单位方。

表 3-1 试油数据

井号	井段顶深(m)	井段底深(m)	厚度(m)	静压(MPa)	流压(MPa)	日产油量	日产水量	日产气量
W9	977.3	1027.4	16.2	10.31	9.16	6.9	0	0
W9	871	966.4	11.2	10.43	8.36	4.3	0	0
W9	871	1044.4	25.9	10.43	8.37	8.8	0	0
W10	1037.1	1067.5	15	10.88	10.2	13.6	0	0

3.8 油藏温度与压力

对 D1、D2 层的油藏温度、压力测试结果见表 3-2。

表 3-2 D 层温度、压力与海拔深度的关系

海拔深度 (m)	D1 地层温 度(℃)	D2 地层 温度 (℃)	D1 地层 压力 (MPa)	D1 破裂压力 (MPa)	D2 地层 压力 (MPa)	D2 破裂压力 (MPa)
-803.00	42.10		10.32			
-826.00	45.39		10.77			
-844.00	44.00		10.86			
-892.00	46.57		11.41			
-915.00	46.76		11.76			
-967.00	48.14	50.36	11.99			
-981.00	49.94	51.89	12.16			
-1010.00	50.87	53.21	12.53	26.10		
-1026.00	52.29	54.37	12.69	27.20	10.36	
-1032.00	52.42	54.39	12.72	23.50	10.51	
-1063.00	53.18	55.88	13.01	24.10	11.63	
-1088.00	54.55	56.93		27.60	12.47	
-1094.00	54.61	57.43		23.00	12.79	
-1105.00	55.11	58.26		29.00	13.67	26.70
-1125.00		59.01		25.00	13.95	28.10
-1136.00		59.48			14.56	27.80
-1174.00		60.87			15.82	27.10
-1183.00		61.79				27.50
-1194.00		62.32				26.50
-1200.00		62.82				30.00
-1232.00		63.98				25.30
-1245.00		64.95				28.40
-1249.00		65.02				28.60

D1 层估计最低破裂压力梯度 2.04MPa/100m，平均破裂压力梯度 2.69MPa/100m，最高破裂压力梯度 3.60 MPa/100m；

D2 层估计最低破裂压力梯度 1.70MPa/100m，平均破裂压力梯度 1.85MPa/100m，最高破裂压力梯度 2.14MPa/100m；

E 层估计平均破裂压力梯度 2.69MPa/100m，最高破裂压力梯度 1.90MPa/100m；

F 层估计最低破裂压力梯度 1.68MPa/100m，平均破裂压力梯度 1.79MPa/100m，最高破裂压力梯度 1.91MPa/100m，压力系数 1.10。

3.9 试井资料

不稳定试井数据见附表 6。

3.10 测斜资料

测斜数据见附表 7。

3.11 录井及静态资料

录井及静态资料见附表 8。

3.12 微裂缝监测资料

W9 暂未进行压裂施工。

同为评价井的 W10 已经进行水力压裂，并对水力压裂过程进行了微地震裂缝监测。监测第一层 1120.6-1119.2 米，垂深：1119.9 米；第二层 1114.6-1109.8 米，垂深：1112.2 米。水力压裂作业时会引起地下应力场变化，导致岩层裂缝或错断而产生微地震波。第一层压裂监测记录时间持续 52 分钟，第二层压裂监测记录时间持续 48 分钟。通过识别、定位微地震事件，反演出这些微地震事件的位置和尺寸。

监测结果表明如下：

第一层水力压裂的人工裂缝走向趋势为北东 53.7 度，主缝为北东 40 度，有一条明显的支缝，为北东 80 度；第二层水力压裂的人工裂缝走向趋势为北东 67.4 度，主缝为北东 65 度，有二条明显的支缝，为北东 60 度、北东 70 度。

第一层水力压裂的进水裂缝长度 98.2 米，西翼进水裂缝长度 55.3 米、东翼进水裂缝长度 42.9 米，裂缝高度为 6.6 米；第二层水力压裂的进水裂缝长度 100.1 米，西翼进水裂缝长度 43.1 米、东翼进水裂缝

长度 57.0 米，裂缝高度为 9.5 米。

第一层近井原生裂隙中等发育，为北东 70-85 度、北西 10-20 度，倾角 3 度，平均裂缝面倾向东南；第二层近井原生裂隙中等发育，为北东 70-85 度、北西 15-25 度，倾角 0 度，平均裂缝面直立。

邻区地应力参考见表 3-3。

表 3-3 邻区不同井段地应力

序号	井 段 (m)	地应力 方位(°)	水平地应力(MPa)	
			最大	最小
1	1490.0-1497.4	80	37.4	32.9
2	1498.0-1510.0	70	38.0	27.5
3	1510.0-1516.0	70	37.8	28.8
4	1517.0-1539.0	70	37.8	31.0
5	1544.4-1548.6	60	35.9	28.4
6	1550.6-1563.6	70	33.2	25.7
7	1564.6-1572.0	60	33.8	26.0
8	1572.0-1579.0	80	35.6	28.8
9	1580.4-1589.4	70	40.3	30.5
10	1590.0-1594.0	60	34.0	28.7
11	1594.6-1605.6	60	40.1	31.9
12	1606.4-1611.0	60	40.8	32.7
13	1613.0-1620.0	60	34.3	26.5
14	1621.0-1623.8	60	31.7	26.6
15	1625.0-1635.0	70	40.5	30.0
16	1636.4-1645.2	65	40.1	33.6
17	1645.2-1653.6	80	40.3	33.5
18	1654.0-1669.8	55	34.6	30.1
19	1671.6-1680.0	55	33.4	28.9
平均		66	36.8	29.6

3.13 地层敏感性评价数据

对本区块进行了地层敏感性评价实验，结果见表 3-4。

表 3-4 地层敏感性评价结果

地层名称	酸敏指数%	碱敏指数%	速敏渗透率损害率%	水敏指数%	应力敏感
C2	—	—	0	2	—
C4	—	—	3	2	—
C5	32	13	0	6	—
D1	77	52	0	13	—
D2	29	0	9	16	—
E2	17	0	7	19	—
F2	14	0	0	10	—

二、方案设计单项组

1 油藏工程单项组

结合综合组数据和油藏工程相关知识，分析老井目前在开发中存在的问题。为了使现在老井生产效果最佳，请给出详细的开发方案设计或改造方案。

2 钻井工程单项组

结合综合组数据，以 W10 为基础钻一口侧钻井，要求穿过两个靶点，W10 基础信息和靶点位置见下表，请给出合理的钻井工程设计。

附表 1 W10 基础信息和靶点位置

井号			W10		
靶点1 坐标	X	1009832	靶点2 坐标	X	1009635
	Y	11023227		Y	11023126
	垂深(m)	1090m		垂深(m)	1100m
地层倾角(°)			2.04		
地面海拔m			136.00		
预计补心距m			5.00		

W10 井身结构如下表：

附表 2 W10 井身结构

开钻 次序	井深 m	钻头尺寸 mm	套管尺寸 mm	套管下入深 度 m	环空水泥浆 返深 m
一开	101	374.4	273.1	100	地面
二开	1320	215.9	139.7	1317	981

地层重要情况提示见下表：

附表 3 地层重要情况提示

地层		复杂情况提示
第四系		防漏防塌
A	A1	
	A2	防漏防塌
B	B	防漏防塌
C	C1	防塌防斜
	C2	
	C3	
	C4	防塌防斜
	C5	
D	D1	防油水侵
	D2	防油水侵+可能的防塌
E	E1	防油水侵+防塌
	E2	
F	F1	防油水侵+防塌
	F2	

3 采油工程单项组

为提高产能，现拟对 W9 井目标位置进行压裂施工，共 2 次序，请结合综合组数据给出详细的施工设计。W9 压裂施工所需信息见附表 9。

本压裂设计分为三部分：

第一部分为施工参数优化；

第二部分为裂缝几何参数计算；

第三部分为压裂工艺设计。

设计结果格式参考已在附表 9 中给出。

注意压裂工艺设计应由以下四部分构成：

(1) 施工要求

压裂施工时的技术、安全注意事项。

(2) 井下管柱设计

包括不同压裂井段的管柱串结构、下入工具名称、下入工具深度及工具组合时的注意事项。

(3) 压裂液设计

设计基液、添加剂等类型和用量。

(4) 施工步骤阐述

详见附表 9。

W9 井部分井段地应力测井解释图见附图 6。

4 地面工程单项组

该区块部署新井 15 口 (W11-W25)，生产参数见下表。15 口新井与已有生产井 (W1-W8) 组网，共计 23 口井。本区块生产的油需输送到已建管线中，接口位置如图 1-3 (S 点) 所示。

附表 4 W11-W25 生产参数

井位编号	套压 (MPa)	日产油量 (t)	日产水量 (t)
W11	0.3	38	82
W12	0.44	114	34
W13	0.35	69	6
W14	1.1	104	95
W15	0.28	32	51
W16	0.22	31	46
W17	0.3	61	211

W18	0.17	90	21
W19	0.24	62	87
W20	0.28	17	13
W21	0.75	45	123
W22	6.2	76	2
W23	0.28	77	180
W24	0.2	90	21
W25	0.32	105	56

W11-W25 井位坐标见下表：

附表 5 W11-W25 井位坐标

井位编号	横坐标 (m)	纵坐标 (m)
W11	1008981	11021938
W12	1006759	11023817
W13	1007534	11023620
W14	1011800	11022526
W15	1012139	11022374
W16	1013042	11022216
W17	1006469	11023479
W18	1009222	11022512
W19	1010447	11022457
W20	1011400	11022212
W21	1011892	11022083
W22	1012668	11021886
W23	1007105	11022695
W24	1007691	11022545
W25	1008852	11022245

请结合综合组数据，完成地面工程设计。