

第十二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
1.1 井区概况	1
1.2 构造概况	3
1.3 地理水文	3
2 地质特征	3
2.1 地层特征	3
2.2 构造特征	5
2.3 储层特征	6
2.3.1 岩石类型	6
2.3.2 岩心资料	6
2.3.3 沉积结构和构造	6
2.3.4 粒度特征	7
2.3.5 储层物性特征	7
2.3.6 储层孔隙类型及孔隙结构特征	8
2.3.7 裂缝研究	9
2.4 油藏特征	9
2.4.1 油藏类型	9
2.4.2 流体性质	9
2.4.3 温压系统	10
2.4.4 地应力参数	10
2.4.5 油气水垂向分布特征	10
3 试油试采数据	10
二、方案设计单项组	11
1、油藏工程项单项组	11
2、钻完井工程单项组	11
3、采油工程单项组	12
4、地面工程单项组	12

一、方案设计综合组

1 区块概况

1.1 井区概况

现有某油田区块，区块内有 W1-W15 共 15 口开发油井，井位大地坐标见表 1-1，井位分布见图 1-1，井斜数据详见附表 1，测井数据详见附表 2。（生产数据参考综合组试油试采数据）

表 1-1 W1-W15 井位坐标

井号	横轴坐标（m）	纵轴坐标（m）
W1	4565.44	4492.41
W2	5131.28	3945.82
W3	3836.47	4118.65
W4	5048.26	4799.21
W5	4591.54	5037.84
W6	3107.92	4348.59
W7	5090.24	4490.67
W8	4159.22	3824.58
W9	4784.35	4839.47
W10	3231.35	3499.26
W11	5490.45	4870.36
W12	3669.76	3540.26
W13	5798.31	5829.24
W14	6234.25	5669.84
W15	4086.98	3375.54

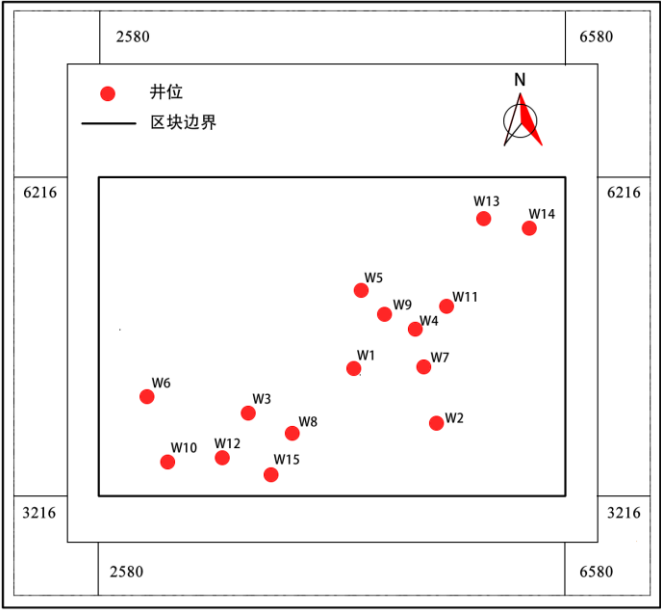


图 1-1 井位分布图

现有一 CO₂ 气田，产量丰富，距离油田区块距离较近且交通便利，其位置信息见图 1-2 和表 1-3。

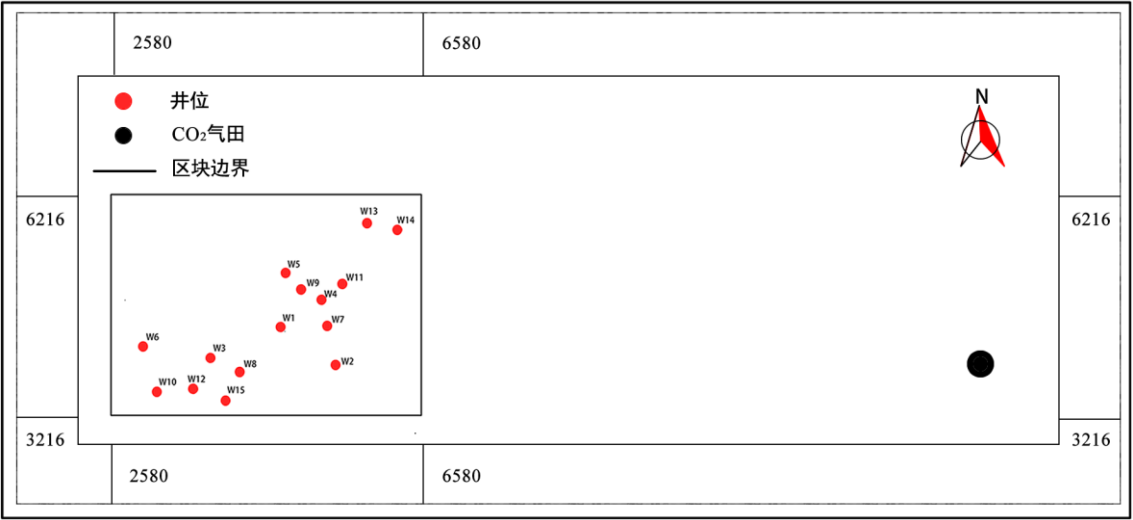


图 1-2 区块及 CO₂ 气田的位置示意图

表 1-3 CO₂ 气田的位置坐标

位置	X (m)	Y (m)
CO ₂ 气田	23580.56	4132.24

1.2 构造概况

该区块属于断层复杂化的层状构造。

1.3 地理水文

区块年平均气温 12.5℃，极端最低气温-21.2℃，80 cm 平均地温 14.3℃。最大冻土深度 64 cm，最多风向 SSE。

2 地质特征

2.1 地层特征

区块地层发育齐全，自上而下为第四系 P 组，上第三系 M 组、G 组；下第三系 D 组、S 组的 S1 段、S2 段、S3 段、S4 段及 K 组地层。

下第三系 D 组：灰绿色、灰色、少量紫红色泥岩与砂岩、含砾砂岩、砾状砂岩不等厚互层，偶有薄层碳酸盐岩。










下第三系 S1 段：中部主要为灰色泥岩、油页岩，上部为灰色、灰绿色泥岩、油页岩夹钙质砂岩和粉砂岩。下部岩性为灰色、深灰色、灰绿色泥岩夹砂质灰岩、白云岩和钙质砂岩。

下第三系 S2 段：上部为灰绿色、紫红色泥岩与灰色砂岩互层，夹钙质砂岩，含鲕砂岩和含砾砂岩。下部以灰绿色、灰色泥岩与砂岩、含砾砂岩互层，夹钙质泥岩。

下第三系 S3 段：上亚段东部为厚层粉-细砂岩夹灰色泥岩、炭质泥岩为主，西部为灰色、深灰色泥岩夹砂岩为主。中压段以泥岩、灰质泥岩、油页岩为主。下亚段油页岩和泥岩不等厚互层，夹少量灰岩和白云岩。

下第三系 K 组：顶底主要为一套红色泥岩与薄层粉砂岩不等厚互层的河湖相碎屑岩沉积，中部含暗色泥岩、油页岩、炭质泥岩及煤层夹灰色、深灰色砂岩、含砾砂岩的湖相沉积，颜色上显示为红-黑-红。

表 2-1 油田某区块地层层序分层表

地层			岩性剖面	厚度 (m)
第四系	P组			210
上第三系	M组			700
	G组	上段		350
		下段		
下第三系	D组	D1段		60
		D2段		120
		D3段		200
	S组	S1段		260
		S2段		150
		S3段		900
		S4段		159
	K组	K1段		500
		K2段		
		K3段		500
中生界				
				砾岩
				砂岩/粉砂岩
				油页岩
				泥岩
				碳酸盐岩
				结晶基底
				蒸发岩
				火山岩
				不整合

本区地层发育了 S2、S4、K 三套含油层系，主力含油层系为 S4 段，也是主要目的层段。

通过精细对比，可将区块 S4 段分成 S4-1、S4-2、S4-3、S4-4 共 4 个砂层组，其中又将 S4-1 细分为 4 个小层，S4-2 细分为 4 个小层，S4-3 细分为 5 个小层，S4-4 细分为 2 个小层。其中 S4-1 地层厚度 10~25 m，S4-2 地层厚度 20~50m，S4-3 地层厚度 15~40m，S4-4 地层厚度 15~50m。地层对比见图 2-1，地质分层数据见附表 3。

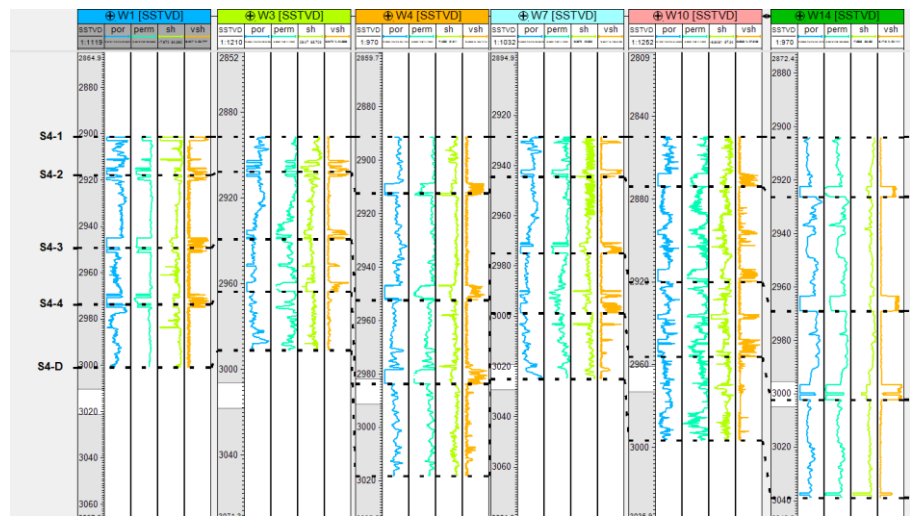


图 2-1 区块 S4 段地层对比图

2.2 构造特征

W8 井目前的取芯结果显示储层没有天然裂缝。但本区块断层发育, 共有大小断层 7 条。走向基本一致, 断层封闭性较差, 断层分布及断距情况见图 2-2。

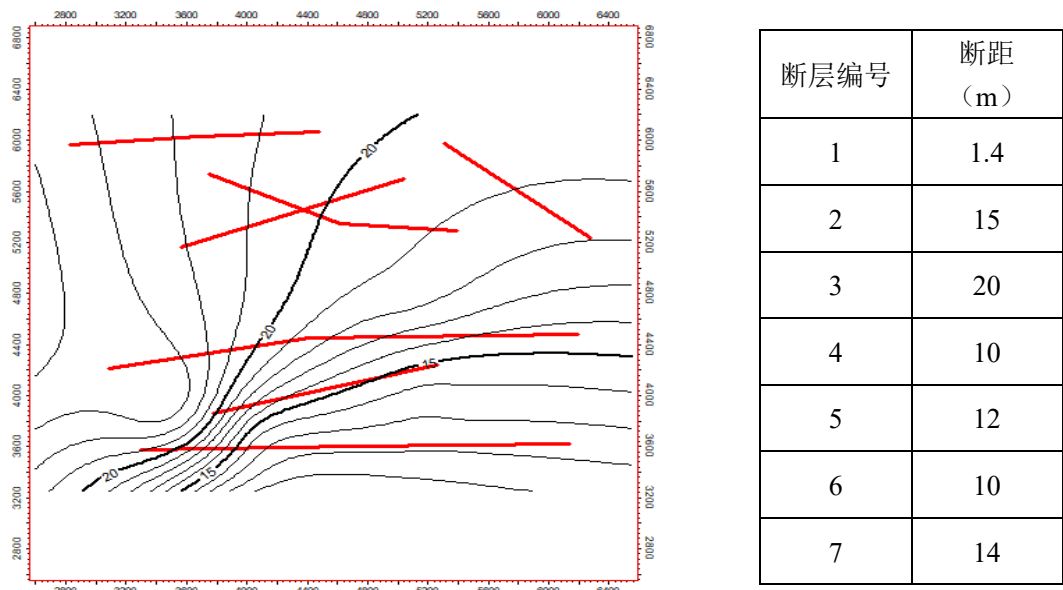


图 2-2 断层分布图及断距情况

2.3 储层特征

2.3.1 岩石类型

储层岩性主要为含灰质长石粉砂岩，颜色多为棕褐色。岩石成份以石英、长石为主，石英含量 48.3%、长石含量 31.7%、岩屑含量 20%。填隙物以泥质、方解石、白云石为主，反映其成份成熟度较低（表 2-2）。

表 2-2 区块 S4 段岩石碎屑岩成分统计表

井号	样品数	组分												
		碎屑岩成分含量（%）								填隙物含量（%）				
		石英	长石			岩屑类				杂基		胶结物		
			钾长石	斜长石	合计	岩浆岩	变质岩	沉积岩	合计	泥质	泥云质	方解石	白云石	增生石英
W1	5	47	19.4	13.6	33	5	10	5	20	5.5	10	10.2	7.6	1
W8	13	48.8	19.8	11.4	31.2	4.2	10.5	5.4	20.1	5.8	10	11.1	7.5	1
合计		48.3	19.7	12	31.7	4.4	10.3	5.3	20	5.7		10.8	7.5	1

2.3.2 岩心资料

相渗数据详见附表 4。

2.3.3 沉积结构和构造

沉积结构：依据岩石薄片资料分析，砂岩胶结比较致密，颗粒直径一般 0.06-0.25 mm，最大 0.32 mm，分选中等，磨圆较差，呈次棱角状，颗粒支撑，线性、点-线式接触为主，孔隙式胶结。胶结物以碳酸盐岩胶结为主，硅质胶结也有一定反映（即增生石英），石英次生加大现象较强。风化蚀变程度中等，属于低结构成熟度砂岩（表 2-3）。

表 2-3 区块 S4 段储层碎屑岩结构统计表

井号	层位	样品数	致密度	风化蚀变程度	粒度 (mm)		分选性	磨圆度	支撑方式	接触关系	胶结类型
					最大	一般					
W1	S4	3	致密	中	0.2	0.06-0.13	中	次棱	颗粒	线	孔隙
W8		13	致密	中	0.32	0.06-0.25	中-好	次棱	颗粒	点-线、线-点	孔隙

沉积构造：据岩芯观察，沉积构造主要为平行层理、交错层理、波状层理等。

2.3.4 粒度特征

粒度资料分析，砂岩以粉砂质细砂岩为主，分选中等，分选系数为 1.58，粒度中值平均 0.082 mm，C 值平均 0.28 mm，泥质含量为 6.8%（表 2-4）。

表 2-4 区块粒度特征统计表

井号	层位	粒度中值 (mm)			分选系数		泥质含量 (%)	C 值 (mm)
		最大	最小	平均	一般	平均		
W1	S4	0.081	0.051	0.068	1.59-1.89	1.71	8.1	0.31
W8		0.113	0.076	0.096	1.39-1.52	1.45	5.5	0.24
				0.082		1.58	6.8	0.28

2.3.5 储层物性特征

本区储层埋深在 2800-3200 m，岩石比较致密，储层物性有一定影响。

根据 W1、W8 井岩芯资料统计，储层平均孔隙度在 10.8%，平均渗透率在 $2.65 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ ，平均碳酸盐含量为 16.4%，属于低孔特低渗储层（表 2-5）。

表 2-5 区块 S4 段岩心分析物性统计表

井号	层位	孔隙度（%）		渗透率（10 ⁻³ μm ² ）		碳酸盐含量（%）	
		样品数	平均值	样品数	平均值	样品数	平均值
W1	S4	15	9.5	14	0.37	3	18.2
W8		54	12.2	53	3.4	15	15.8
平均		69	10.8	67	2.65	18	16.4

2.3.6 储层成岩作用及微观结构特征

根据 W8 井粘土矿物 X 衍射分析，本区储层的粘土矿物平均含量，伊利石/蒙间层粘土矿物占 24.8%，伊利石占 38.8%，高岭石占 11.3%，绿泥石为 28.1%，伊/蒙混层比为 20%（表 2-6），且多呈片状、丝片状、在孔隙和喉道中，致使储层砂岩孔隙度、渗透率极大的降低。

表 2-6 W8 井粘土矿物 X 衍射分析表

井号	层位	伊/蒙间层 (%)	伊利石 (%)	高岭石 (%)	绿泥石 (%)	伊/蒙间层比	样品数
W8	S4-2_1	28.4	49.4	4	23.8	20	5
	S4-2_2	19.4	38.4	19.4	22.8	20	5
	S4-2_3	25.5	20	5.5	49	20	2
	S4-2_4	33	26	11	30	20	1
合计		24.8	38.8	11.3	28.1	20	13

2.3.7 储层孔隙类型及孔隙结构特征

根据铸体薄片及电镜观察，储层孔隙主要为原生孔隙；少量次生孔隙，多为长石溶孔，无天然裂缝。本区砂岩主要有三种孔隙类型：粒间孔、溶蚀孔、微孔隙。

压汞法孔隙结构分析反映了储层每个样品孔隙连通喉道大小及分布状况。毛管压力曲线特征（图 2-2）及压汞法孔隙参数表（表 2-7）如下。

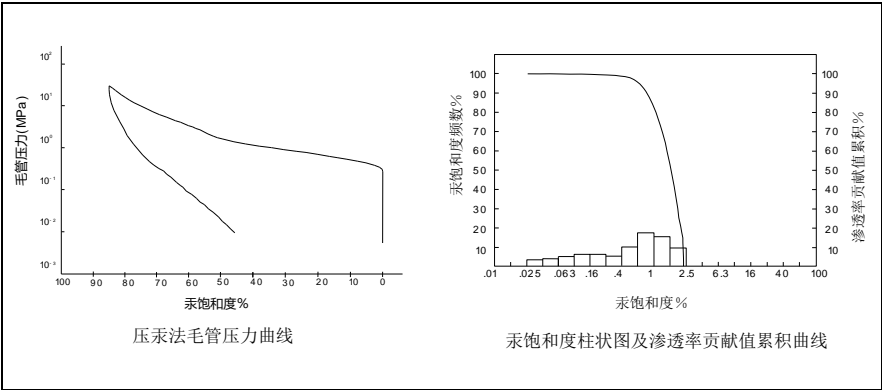


图 2-2 W8 井 S4 段毛管压力曲线图

表 2-7 压汞法实验特征参数表

层位	排驱压力 (MPa)	最大喉半 径 (μm)	孔喉半径 中值 (μm)	孔喉半径 平均值 (μm)	变异 系数	均质 系数	样品 数	资料 来源
S4-1 ³	6.1	0.38	0.036	0.094	0.64	0.38	3	W1 W8
S4-1 ⁴	19.6	0.038		0.0251	0.2346	0.7894	1	
S4-2 ¹	1.33	2.74	0.42	0.702	0.874	0.243	6	
S4-2 ²	0.83	2.38	0.205	0.57	0.85	0.28	4	
S4-2 ³	0.93	1.21	0.08	0.28	0.83	0.26	3	
平均	3.06	1.81	0.234	0.449	0.78	0.31	17	

2.3.8 裂缝研究

由于油藏岩性致密、孔喉半径小、渗流阻力大，因而大部分油井自然产能低甚至根本不出油。部分井压裂后取得了较高的产能，初期产能较高，但递减快。

表 2-8 区块压裂裂缝统计资料

井号	射孔层位	加砂量 (m^3)	每米加砂量 (m^3)	实测半缝长 (m)
W8	S4-2	23	1.6	
W11	S4-3	38.8	3.7	
W12	S4-3	60	5	
W13	S4-3	31	2.7	
W1	S4-2	69	9	275
W4	S4-2	48	7.4	153.5
W2	S4-3	42	4.2	150

2.4 油藏特征

2.4.1 油藏类型

该油藏是以岩性控制为主、构造控制为辅的层状构造岩性油藏。

2.4.2 流体性质

地层原油样品中 C_1+N_2 的含量为 24.701 mol%， $\text{CO}_2+\text{C}_2\sim\text{C}_{10}$ 为 42.608 mol%， $\text{C}_{11}+$ 为 32.691 mol%；地层温度下饱和压力为 11.29 MPa，地层油体积系数（29.00 MPa 下）1.1436，地层原油粘度（29.00 MPa 下）1.980 mPa·s，地层原油密度（29.00

MPa 下 0.7918 g/cm^3 , 气油比 $46.70 \text{ m}^3/\text{t}$; 脱气原油密度 0.8560 g/cm^3 、含蜡 24.69%、胶质含量 14.81%, 沥青含量 3.03%, 含硫 0.19%, 凝固点 31-34 °C。具有低粘度、低含硫、凝固点高的特点。(详见附表 5 流体性质统计表、附表 6PVT 数据表)

2.4.3 温压系统

测试表明, 油田的地温梯度为 $3.7^\circ\text{C}/100\text{m}$, 压力系数为 1.44。(详见附表 7 三压力统计数据、附表 8 油藏温度压力系统表)。

2.4.4 地应力参数

详见附表 9 地层应力参数表。

2.4.5 油气水垂向分布特征

根据测井解释, 主要目的层以油层为主, 没有边底水, 受岩性和构造的控制。

3 试油试采数据

详见附表 10。

二、方案设计单项组

1、油藏工程项单项组

油藏工程单项组方案设计所需数据参照综合组数据，进行油田开发方案设计。

2、钻完井工程单项组

结合综合组数据和以下新补充的单项组数据，钻一口新的定向井 N，要求该井穿过两个靶点 A 和 B，采用合理方法预测目标层位三压力数据并在此基础上完成钻完井工程设计。

N 井井口坐标信息见表 1。

表 1 N 井井口坐标

井号	X 坐标 (m)	Y 坐标 (m)	垂深 (m)
N	5416	4225	0

N 井靶点基础信息见表 2。

表 2 N 井靶点信息

靶点	X 坐标 (m)	Y 坐标 (m)	垂深 (m)
A	5446	4264	1700
B	5901	4864	3200

N 井钻遇主要地层及复杂地层情况见表 3。

表 3 N 井钻遇主要地层及复杂地质情况

钻遇地层	复杂地层风险提示
第四系 P 组	-
上第三系 M 组	防塌
上第三系 G 组	防漏

下第三系 D 组	防漏
下第三系 S 组	防漏
下第三系 K 组	防卡

3、采油工程单项组

采油工程单项组方案设计所需井斜、地层产状参数、岩石力学参数、破裂压力预测值、试油试采数据等数据参照综合组数据。

结合以下新增的资料数据，对区块内 W3 井进行采油工程设计。设计要求如下：

该区块附近某气田有较丰富的 CO₂ 气资源，CO₂ 资源充足，可为该区块油藏进行 CO₂ 驱油作业提供可靠的气源保证。

现拟对区块内 W3 井进行压裂和 CO₂ 驱油采油工程设计，本次设计包括但不限于：

- （1）设计压裂工艺（井下工具选择、压裂液及支撑剂优选、施工排量、施工时间、施工工序）；
- （2）裂缝参数及产能计算；
- （3）压裂效果评估；
- （4）注入井和采出井管柱及施工工艺；
- （5）配套防腐、防垢及防结蜡等工艺的综合考虑；
- （6）压裂设计考虑转向裂缝或复杂缝设计（可选项）。

本井的井身结构数据见采油工程单项组附表。

4、地面工程单项组

已知注采井网中生产井 15 口（W1-W15），注入井 3 口（I1-I3），且本区块与 CO₂ 气田之间交通便利。请依托赛题背景与综合组数据完成地面工程的设计：根据地理环境、产出液特性和区块生产情况等完成集输管道设计、站场设计、CO₂ 注气系统设计、配套工程设计等。

生产井数据如表 4 所示，CO₂ 注入井数据如表 5 所示。

表 4 W1-W15 井生产数据

井号	油压 (MPa)	日产液 (t/d)	日产油 (t/d)	含水 (%)	温度 (°C)
W1	19.126	12.8	12.3	4.2	79.5
W2	19.345	30	28	3	72.2
W3	18.479	42	42	0	79.2
W4	17.499	29	28	3	78.4
W5	18.395	22	22	0	76.7
W6	16.544	31	27	13	69.5
W7	15.884	31	26	17	74.1
W8	16.951	14	7.8	40	75.2
W9	15.324	20	17	15	74.1
W10	18.364	12.8	10.6	17	65.2
W11	18.445	12	6	50	80.2
W12	16.452	12	11	6.8	69.7
W13	15.312	22	20	7.6	81.3
W14	11.500	5.5	3.5	37.3	76.2
W15	17.456	10	10	0	73.2

表 5 CO₂ 注入井生产数据

井号	横轴坐标 (m)	纵轴坐标 (m)	注入量 (t/d)
I1	3454.65	3834.87	60
I2	4780.54	4491.89	60
I3	5468.45	5378.43	60