

第十三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	2
1.3 地理水文情况	2
2 地质特征	2
2.1 地层特征	2
2.2 断层特征	3
2.3 储层特征	4
2.3.1 岩石类型	4
2.3.2 岩心数据	5
2.3.3 沉积结构与构造	5
2.3.4 粒度特征	6
2.3.5 储层物性特征	6
2.3.6 储层成岩作用	6
2.3.6 储层粘土矿物及五敏特征	7
2.4 油藏特征	7
2.4.1 流体性质	7
2.4.2 温压系统	8
2.4.3 地应力参数	8
2.4.4 油气水垂向分布特征	8
3 试油试采数据	8
二、方案设计单项组	9
1、油藏工程项单项组	9
2、钻完井工程单项组	9
3、采油工程单项组	10
4、地面工程单项组	10

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 C1-2~C908 共 22 口井，井位大地坐标见表 1-1（详见附表 1），井位分布见图 1-1，井斜数据详见附表 2，测井数据详见附表 3。（生产数据参考综合组试油试采数据）

表 1-1 井区坐标

井名	横轴坐标（m）	纵轴坐标（m）
C1-2	323863.8	52759.4
C1-5	325001.6	50652.1
C2-3	324708.4	50812.7
C2-4	323054.1	52711
C3-1	324693.8	52552.9
C3-2	324482	53161.3
C3-3	325353.7	52119.4
C3-4	324005.6	53441.5
C3-5	325294	51209
C9	324422.9	52150.8
C10	323357	53147.1
C12	325931.2	51153.9
C13	327502	47980.4
C14	325561.6	56449.5
C901	324684.3	51274.3
C902	323389.6	52309.2
C903	325218.8	52823.1
C904	324452.8	54689.3
C905	326189.6	49636.8
C906	323781.6	51755.3
C907	325779.3	54004.2
C908	321206.7	52607.8

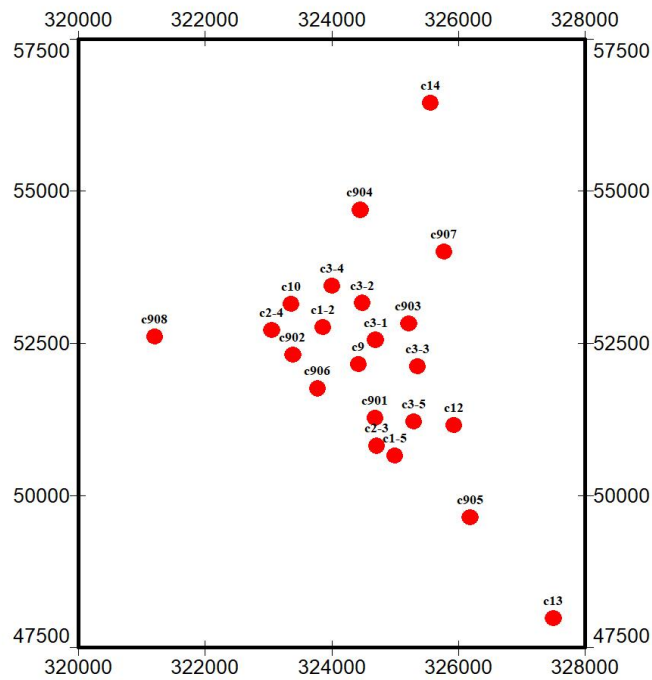


图 1-1 井位分布图

1.2 构造概况

该区块的构造特征为南北方向存在两隆起带，中间夹一凹陷。

1.3 地理水文情况

本区年气温在 40℃~-36℃之间，年均降水量 96mm，属大陆干旱性气候。

2 地质特征

2.1 地层特征

本区地层发育了 S1、S2、S3、S4 四套含油层系，主力含油层系为 S2 组。
该区的地层层序分层表如所示。

表 2-1 区块地层层序分层表

地层		岩性	厚度 (m)
新近系	S1组	— —	305
		• • •	
		• • •	
		— —	
	S2组	• • •	446
		• • •	
		○ ○ ○	
		• • •	
		• •	
		○ ○ ○	
		— —	
		— —	
		— —	
		— — •	
	S3组	• — •	143
		— — •	
	S4组	• • •	105
		• • •	
古近系	S2组	— — •	446
		○ ○ ○	
		• • •	
		• •	
		○ ○ ○	
		— —	
		— —	
		— —	
		— — •	
		— — •	
	S3组	• — •	143
		— — •	
	S4组	• • •	105
		• • •	

— — •	灰云岩	○ ○ ○	砾岩	— —	泥岩
• • •	砂岩/粉砂岩	• — •	碳酸盐岩	— —	灰质泥岩

S1 油组中部主要为灰质泥岩、油页岩，上部为灰色泥岩以及粉砂岩。下部岩性为棕黄色砂岩、灰色粉砂岩、夹钙质泥岩。

S2 油组上部发育灰绿色、灰色砂岩，夹钙质砂岩，含砾砂岩。下部以棕黄色砂岩、泥岩为主，夹灰色、深灰色碳酸盐岩。

S3 油组下部主要发育暗色富有机质灰云岩，上部叠置发育灰质白云岩、泥质灰云岩夹多套盐岩层。

S4 油组以棕红、棕褐色泥岩、砂质泥岩、细砂岩为主，灰、灰黄色粉砂岩、泥质粉砂岩次之，底部发育含砾砂岩、砾岩。

通过精细划分，S1 组可分为 S1-1、S1-2、S1-3、S1-4 共 4 个小层；S2 组可分为 S2-1、S2-2、S2-3 共 3 个小层；S3 组可分为 S3-1、S3-2、S3-3 共 3 个小层；S4 组可分为 S4-1、S4-2 共 2 个小层。详细地层分层数据见附表 4。

2.2 断层特征

本区块共有大小断层 4 条。其中断层 1、2、3 走向基本一致，断层分布以及断距离情况分别见图 2-1，表 2-2。

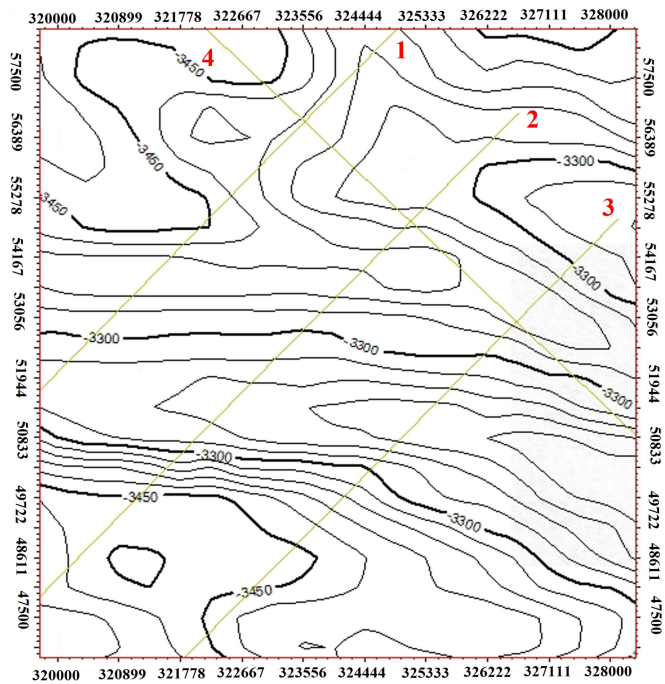


图 2-1 断层分布图

表 2-2 目标区块断层断距情况

断层编号	断距（m）
1	12
2	15
3	14
4	20

2.3 储层特征

2.3.1 岩石类型

该区块主要沉积为泥质细砂岩，通过对 S2、S3 油组取芯可知，岩屑长石砂岩和长石岩屑砂岩为主要岩石类型，长石还有岩屑在砂岩中颗粒组分占比重最多。S2 油层组碎屑组分占岩石总体的 83.18%，S3 油层组碎屑组分占岩石总体的 83.81%，整个油层组碎屑组分占岩石总体的 83.36%，石英、长石与岩屑分别占 30.46%、31.29%与 21.61%，岩屑内变质岩岩屑含量最高，火成岩、沉积岩岩屑次于其后（见表 2-3）。

表 2-3 区块 S2,S3 组岩石碎屑岩成分统计表

油组	样品数目	石英类	长石类	岩屑 (%)				其他 (%)		填隙物 (%)
				火成岩岩屑	变质岩岩屑	沉积岩岩屑	总计	云母	绿泥石	
S2	10	31.56	32.25	8.53	12.31	1.83	22.67	5.10	1.25	10.52
S3	10	29.35	32.87	8.43	11.25	1.95	21.63	3.41	1.21	11.20

2.3.2 岩心数据

研究区的相渗数据见表 2-4。

表 2-4 相渗数据表

样品编号	含水饱和度	水相相对渗透率	油相相对渗透率
3	0.337	0	1
3	0.380	0.0001	0.6592
3	0.424	0.0007	0.414
3	0.467	0.003	0.244
3	0.510	0.007	0.133
3	0.554	0.015	0.065
3	0.597	0.028	0.027
3	0.6401	0.0473	0.009
3	0.6834	0.074	0.002
3	0.7267	0.1092	0.0001
3	0.77	0.155	0
3	1	1	0

2.3.3 沉积结构与构造

沉积结构：依据岩石薄片资料分析，砂岩胶结颗粒直径一般 0.04-0.17mm，最大 0.22mm，分选较差，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，风化蚀变程度中等，属于低结构成熟度砂岩（表 2-5）。

表 2-5 区块 S2 组储层碎屑岩结构统计表

井号	层位	样品数	致密度	风化程度	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					
C10	S2	10	致密	中	0.15	0.04-0.12	差	次棱	颗粒	线	孔隙
C14		10	致密	中	0.22	0.08-0.17	差-中	次棱	颗粒	点-线、	孔隙

										线	
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--

沉积构造：据岩芯观察，沉积构造在底部表现为层面构造；中部构造表现为槽状交错层理；上部构造表现为平行层理。

2.3.4 粒度特征

根据粒度资料分析（表 2-6），砂岩以泥质细砂岩为主，分选较差，分选系数为 1.15，粒度中值平均 0.072 mm，C 值平均 0.29 mm，泥质含量为 8.9%。

表 2-6 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		
C10	S2	0.075	0.043	0.059	1.12~1.25	1.18	8.5	0.32
C14		0.115	0.056	0.086	1.05~1.22	1.13	9.3	0.25
平均				0.072		1.15	8.9	0.29

2.3.5 储层物性特征

本区储层埋深在 2500-4700m，根据 C10、C14 井岩芯资料统计（表 2-7），储层平均孔隙度在 17.6%，平均渗透率在 12.63mD，平均碳酸盐含量为 15.3%，属于中孔低渗储层。

表 2-7 岩心分析物性统计表

井号	层位	孔隙度 (%)		渗透率 (mD)		碳酸盐含量 (%)	
		样品数	平均值	样品数	平均值	样品数	平均值
C10	S2	10	15.4	10	10.51	10	18.1
C14		15	19.7	15	14.75	15	17.1
平均		25	17.6	25	12.63	25	17.6

2.3.6 储层成岩作用

本区储层的粘土矿物平均含量，伊利石/蒙间层粘土矿物占 22.02%，伊利石占 31.67%，高岭石占 12.13%，绿泥石为 25.88%，伊/蒙混层比为 10%（表 2-8）。

表 2-8 研究区粘土矿物 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	样品数
----	----	-------	-----	-----	-----	------	-----

		(%)	(%)	(%)	(%)	层比	
C10	S2-1	25.6	44.3	8	20.3	10	5
	S2-2	20.5	32.8	15.6	27.9	10	3
	S2-3	16.3	25	10.3	30.5	10	2
	S2-4	25.7	24.6	14.6	24.8	10	1
合计		22.02	31.67	12.13	25.88	10	11

2.3.6 储层粘土矿物及五敏特征

通过 X 衍射分析结果，研究区的储层粘土矿物主要为伊/蒙混层+伊利石，平均相对含量 40.70%，其次为绿泥石，平均相对含量 25.23%，高岭石平均相对含量 34.07%。

通过岩心敏感性实验评价结果，研究区储层具有中等盐敏、强应力敏感、弱水敏的特征。

(1) 盐敏

研究区储层盐敏程度中等，渗透率损失率为 22.5%~62.4%，平均值为 42.45%，临界矿化度为 6000mg/L。

(2) 速敏

研究区储层呈现弱速敏特征，临界速度为 0~28.25ml/min。

(3) 水敏

根据储层岩心水敏分析结果，岩心平均地层水（矿化度 7672~62423mg/L）渗透率介于 0.015~0.342mD，蒸馏水渗透率介于 0.008~0.218mD，蒸馏水渗透率损失率介于 0.2%~10.4%，总体表现为弱水敏。

(4) 酸敏

储层酸敏指数范围为-0.54~0.32，表现出弱酸敏特征。

(5) 应力敏感

根据应力敏感实验分析，储层为强应力敏感。

2.4 油藏特征

2.4.1 流体性质

目的区块总体属于一般黑油，地层温度下饱和压力为 10.85MPa，地层油体积系数（30MPa 下）1.436，地层原油粘度（30MPa 下）5.98mPa·s，地层原油

密度（30MPa下） 0.6325g/cm^3 ，气油比 $46.70\text{m}^3/\text{t}$ ；脱气原油密度 0.828g/cm^3 、含蜡 24.69%、胶质含量 12.81%，沥青含量 2.13%，含硫 0.09%，凝固点 $12\sim 24.4^\circ\text{C}$ 。（PVT 参数见附表 5，地下水性质见附表 6）

表 2-9 流体性质统计表

层位	地面油性质					地层油性质		饱和压力 MPa	体积系数 无因次	气油比 m^3/t
	原油密度 g/cm^3	原油粘度 (50°C) mPa.s	凝固点 $^\circ\text{C}$	初馏点 $^\circ\text{C}$	含蜡 %	地层油密度 g/cm^3	地层油粘度 mPa.s			
C2-1	0.8279	6.01	18.17	126.88	5.62	0.6555	0.78	23.97	1.417	35.6
C2-3	0.8207	5.82	12.76	121.67	4.97	0.621	0.35	34.66	1.58	48.2
C3-1	0.8404	7.58	24.4	135.3	4.92	0.7432	4.12	18.28	1.21	26.9

2.4.2 温压系统

测试结果表明，油田的地温梯度为 $2.3^\circ\text{C}/100\text{m}$ ，压力系数为 1.25。（详见附表 7 三压力统计数据、附表 8 油藏温度压力系统表）

2.4.3 地应力参数

油藏地层应力参数详见附表 9。

2.4.4 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

试油试采数据详见附表 10。

二、方案设计单项组

1、油藏工程单项组

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。要考虑压裂裂缝的方位及纵向扩展规律，进行钻井及压裂的一体化设计。井口和靶点基础信息见表 1。

表 1 N 井井口和靶点坐标

坐标	N（井口）	A	B
X 坐标（m）	325300	325020	324800
Y 坐标（m）	51800	51650	51400
垂深（m）	0	1200	2900

N 井钻遇主要地层及复杂地层情况见表 2。

表 2 N 井钻遇主要地层及复杂地质情况

钻遇地层	复杂风险提示
S1	防塌、防卡
S2	防塌、防卡
S3	防漏、防卡
S4	防漏、防卡

3、采油工程单项组

采油工程单项组方案设计所需数据（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）可参考综合组数据。

结合以下描述，对区块内 C10 井进行采油工程设计，设计要求如下：

油田位于某盆地，目标区块断层发育，共有大小断层 4 条，走向基本一致，构造相对简单，主要目的层以油层为主，没有边底水，受岩性和构造控制。本区储层埋深在 2500-4700m，原油具有气油比高、油质轻、流动性好等特点，属于中孔低渗储层，脆性矿物含量高，可压性好，有利于大规模压裂改造。

对区块内 C10 井进行压裂设计和采油方式优选，本次设计包括但不限于：

（1）压裂工艺设计（井下工具选择、压裂液及支撑剂优选、施工参数设计）；

（2）裂缝参数及产能预测；

（3）压裂效果评估；

（4）举升工艺设计；

（5）配套防腐、防垢、防结蜡、防砂工艺设计；

（6）采油工程投资预算；

（7）结合井网对裂缝尺寸的要求，进行整体压裂方案设计（选做）

本井的井深结构设计数据详见采油工程单项组附表。

4、地面工程单项组

该区块共有生产井 22 口（C1-2~C908），其中 C1-2、C3-2、C10、C13、C902 和 C904 前期产油，后期由于地层能量不足转为注水井。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、地面注水系统设计、配套工程设计等。生产井数据如表 3 所示，注入井的注水数据如表 4 所示。（注水水质、地下水位、冻土深度、土壤腐蚀性数据参考综合组附表）

表 3 井区生产数据

井名	油压(MPa)	日产油(t)	日产液(t)	含水(%)	温度(°C)
C1-2	7.3	7.6	26.4	71.2	72.3
C1-5	11.1	24.5	46.0	46.5	67.5
C2-3	14.3	33.8	56.8	40.4	79.1
C2-4	9.6	35.4	56.7	37.2	69.4
C3-1	7.1	48	78.6	38.9	77.3
C3-2	6.1	5.8	33.7	82.8	74.9
C3-3	5.5	6.7	17.3	61.2	75.6
C3-4	8.2	34.5	79.5	56.6	80.2
C3-5	6.14	18.7	29.2	35.4	78.4
C9	13.09	38.4	67.1	42.5	72.1
C10	5.6	7.5	52.1	85.6	76.8
C12	9.2	17	35.2	51.4	71.1
C13	7.9	13.7	67.4	79.6	68.2
C14	10.1	60.7	89.3	32	73.5
C901	11.3	54.1	85.8	36.7	76.2
C902	7.3	13.7	60.4	77.3	78.8
C903	5.9	25.6	41.3	37.8	73.6
C904	8.5	7.1	38.2	81.4	69.9
C905	10.41	14	31.2	55.1	74.5
C906	8.8	34.9	55	36.5	71.4
C907	7.6	35.5	73.4	51.4	79.3
C908	6.7	30.8	48	35.8	74.6

表 4 注水井的注水数据

井名	注水压力(MPa)	日注水量(m ³)
C1-2	13.48	220
C3-2	17.51	160
C10	15.48	200
C13	13.21	280
C902	14.62	300
C904	12.79	340