



水平井堵水技术的认识与实践

中国石油大学（华东）

山东石大油田技术服务股份有限公司



一、前言

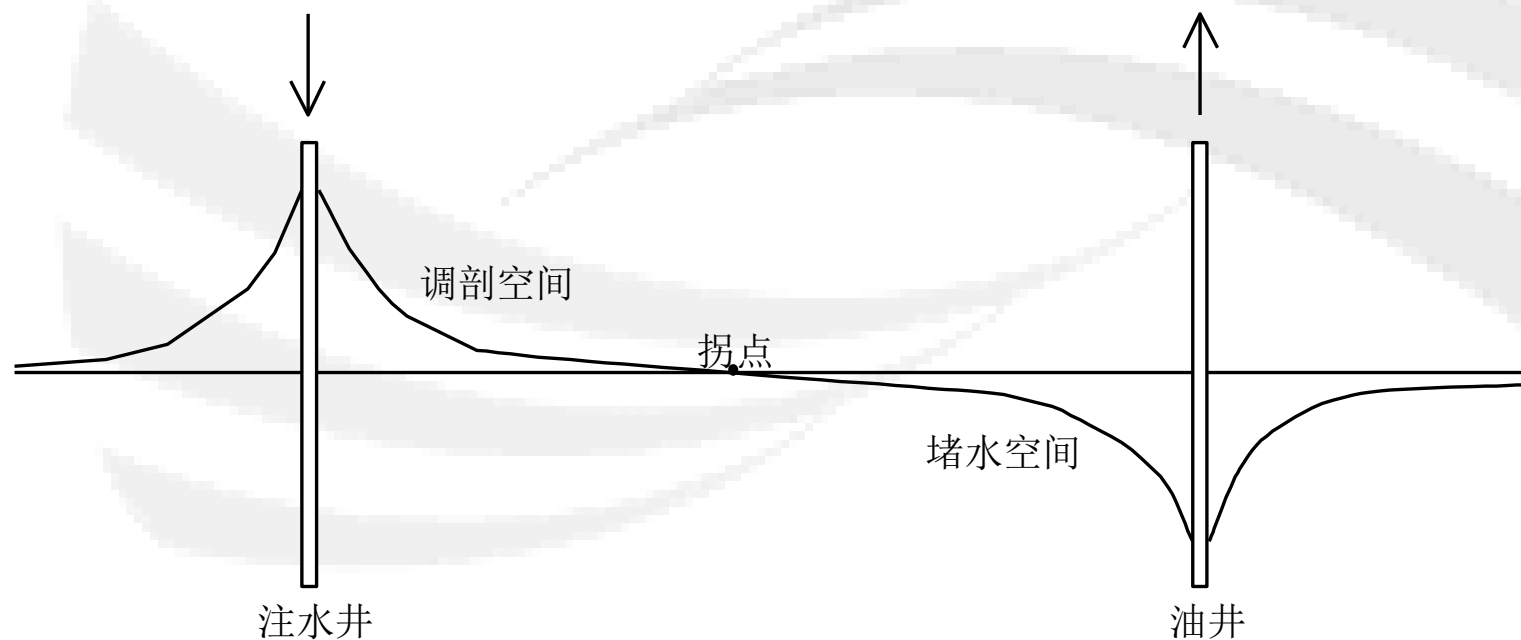
二、堵水技术认识

三、堵水技术实践

四、结束语

堵水是指从油井控制水的产出。

油井堵水与注水井调剖同样重要。



油井与注水井间压降曲线



油井 堵水 分类

- 机械堵水和化学堵水
- 选择性堵水和非选择性堵水
- 找水堵水和不找水堵水
- 直井堵水和水平井堵水

开展不找水、选择性、水平井堵水工艺



一、前言

二、堵水技术认识

三、堵水技术实践

四、结束语



核心

- 油井选择性堵剂
- 选择性注入方法



选择性堵水剂是指能够产生对水的封堵作用大，对油的封堵作用小的堵剂。

选择性堵水剂

对水流动阻力大对
油流动阻力小（聚
合物及其冻胶）

在水中稳定在
油中破坏（泡
沫）

在水中使地层变
油湿且有沉淀产
生
在油中没有变化
（卤代烃基甲硅
烷）



油井选择性堵剂 —— 泡沫



概念：以水作为分散介质，以气体作为分散相，以表面活性剂为起泡剂，以聚合物为稳泡剂的分散体系。

特点：（1）泡沫对地层渗透率有选择性，堵大不堵小，即泡沫对高渗层具有较强的封堵作用，而对低渗层的封堵作用较弱。

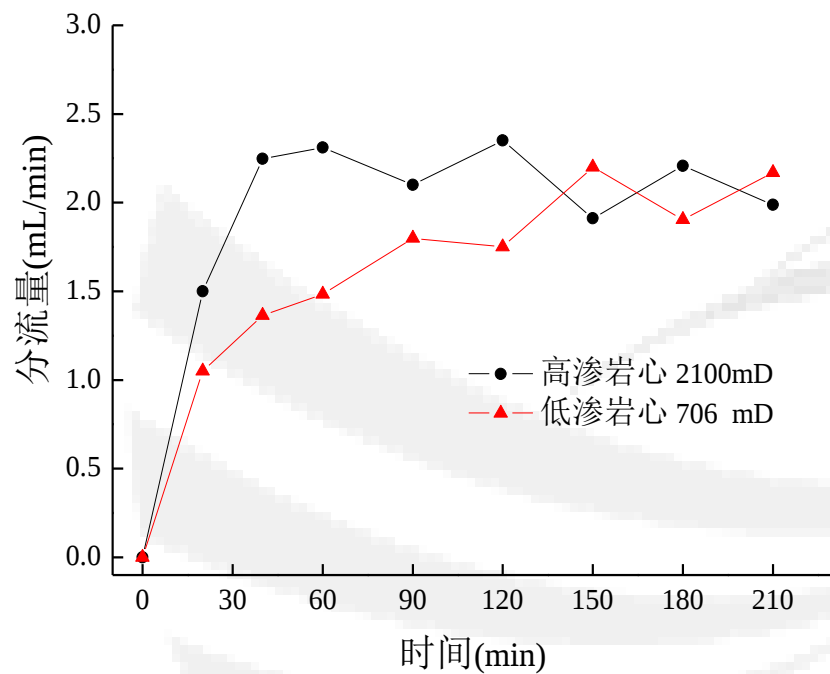
（2）泡沫对油层有选择性，泡沫遇油消泡，遇水稳定，堵水层不堵油层，泡沫对水层具有较强的封堵作用。

（3）泡沫流体具有较高的表观粘度，携带能力强，返排时可将固体颗粒和不溶物携带出井筒。

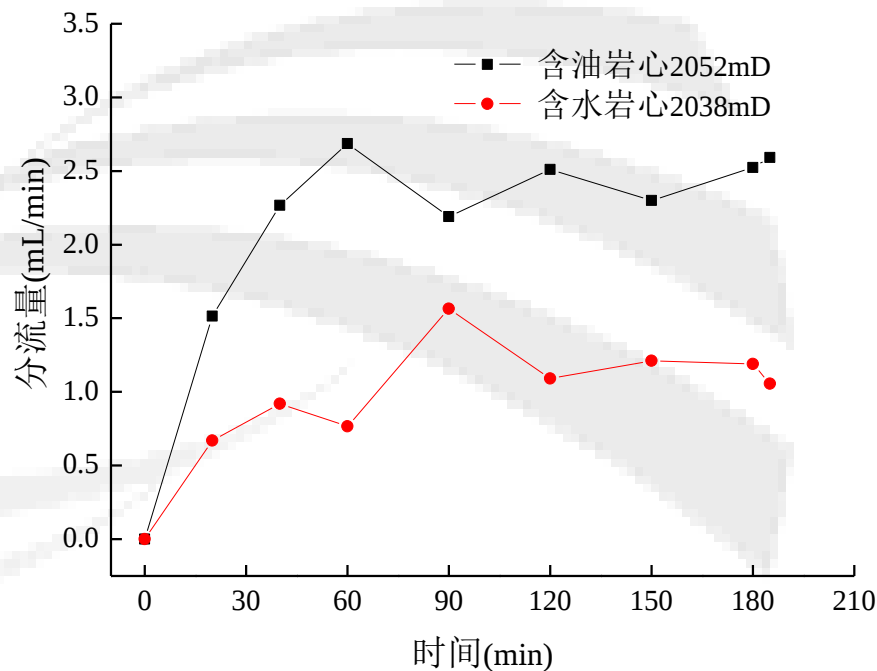
堵大不堵小、 堵水不堵油



室内试验结果



泡沫在高低渗岩心中的
分流实验结果

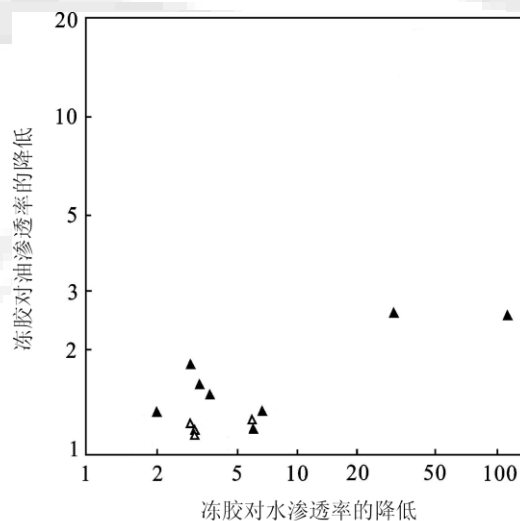
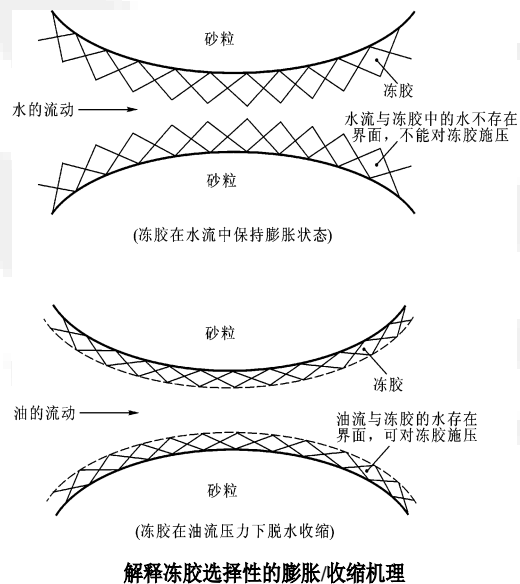


泡沫在含水含油渗岩心中
的分流实验结果



油井选择性堵剂 —— 冻胶

冻胶是由聚合物与交联剂配成的失去流动性体系。冻胶对水和油有不同的流动阻力。可用铬冻胶、锆冻胶和酚醛树脂冻胶进行油井的选择性堵水。



冻胶对油和水的选择性

提供数据的作者: △Needham, ▲Zaitoun

膨胀收缩机制

油水分流机制



室内试验结果

冻胶对水的残余阻力系数为：

$$70.0 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2 / 3.90 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2 = 17.95$$

冻胶对甲苯的残余阻力系数为：

$$97.0 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2 / 57.3 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2 = 1.69$$

由冻胶对水和对甲苯的残余阻力系数之比：

$$17.95 / 1.69 = 10.62$$

冻胶对水的流动阻力大于对油（甲苯）的流动阻力10.62倍，即冻胶对水和油有明显的选择性。



• 选择性注入方法

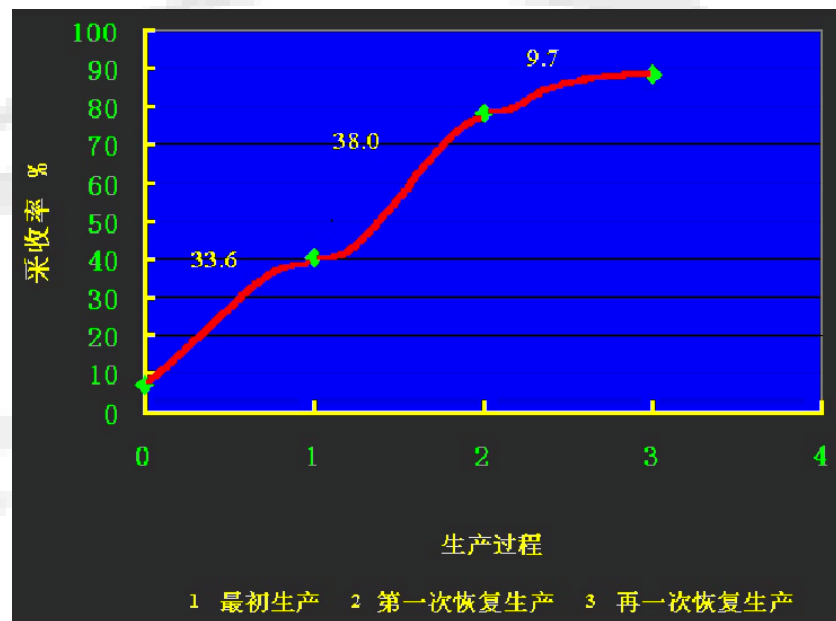
- 1) 利用地层的渗透率
- 2) 利用地层的含水饱和度
- 3) 利用堵剂的注入压力
- 4) 注水井的配合
- 5) 出水层的预处理



• 水平井堵水可视化模型

底水脊进的
控制技术

石油大学
(华东)



控制底水脊进的可视化模型显示，采取选择性堵剂和注入方法，一次堵水可提高采收率38%，二次堵水后可提高采收率9.7%。



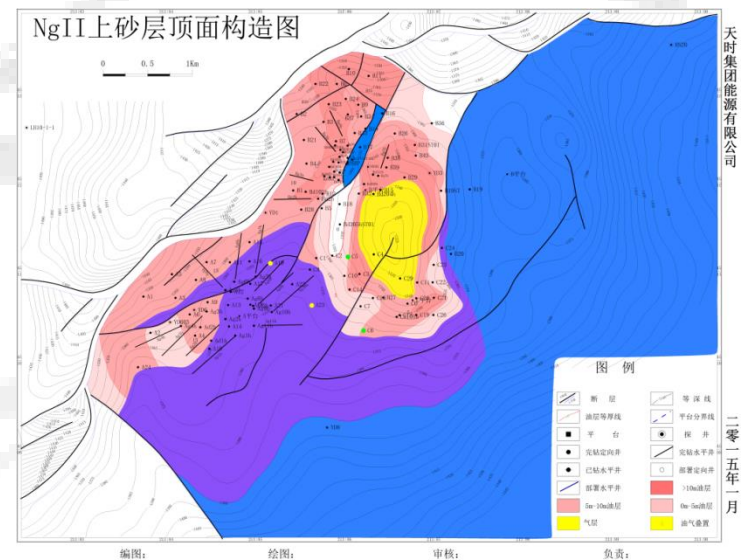
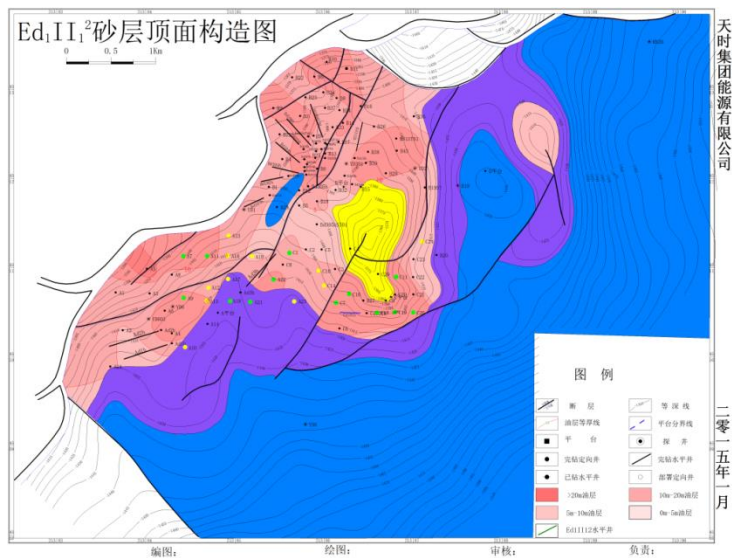
一、前言

二、堵水技术认识

三、堵水技术实践

四、结束语

YD油田浅海地区，主力油层为馆陶组和东营组。油藏类型为边水构造高孔高渗油藏。油品性质为普通稠油，采用人工岛开发。



YD-Bd104h井——边水——冻胶

YD-Ag7h井——底水——氮气泡沫+冻胶



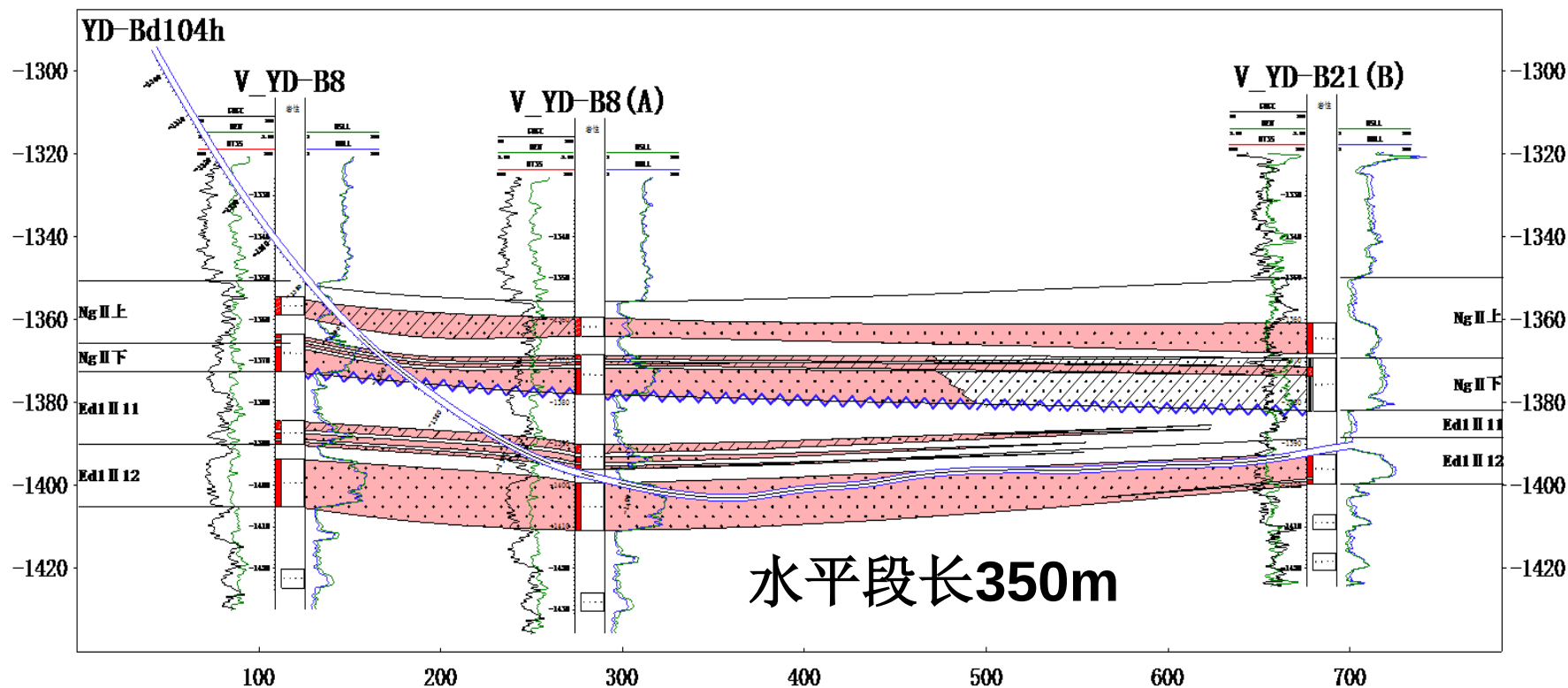
Bd104h井是位于月东油田东营组的一口水平井，油藏类型为边水高孔高渗油藏。

The map displays the study area with various sampling locations marked by black dots and labeled. Key locations include Bd106h, B21, Bd103h, Bd104h, Bd105h, Bd307h, Bd202, Bd104, Bd306, Bd10, Bd102h, Bd101h, Bd102h, B1, B12, and B5. A prominent blue area represents a water body or wetland. A red line indicates a boundary or feature. A black line with a white box labeled 'Bd104h' is also shown. The map includes a scale bar and a north arrow.



YD-Bd104h井轨迹剖面图

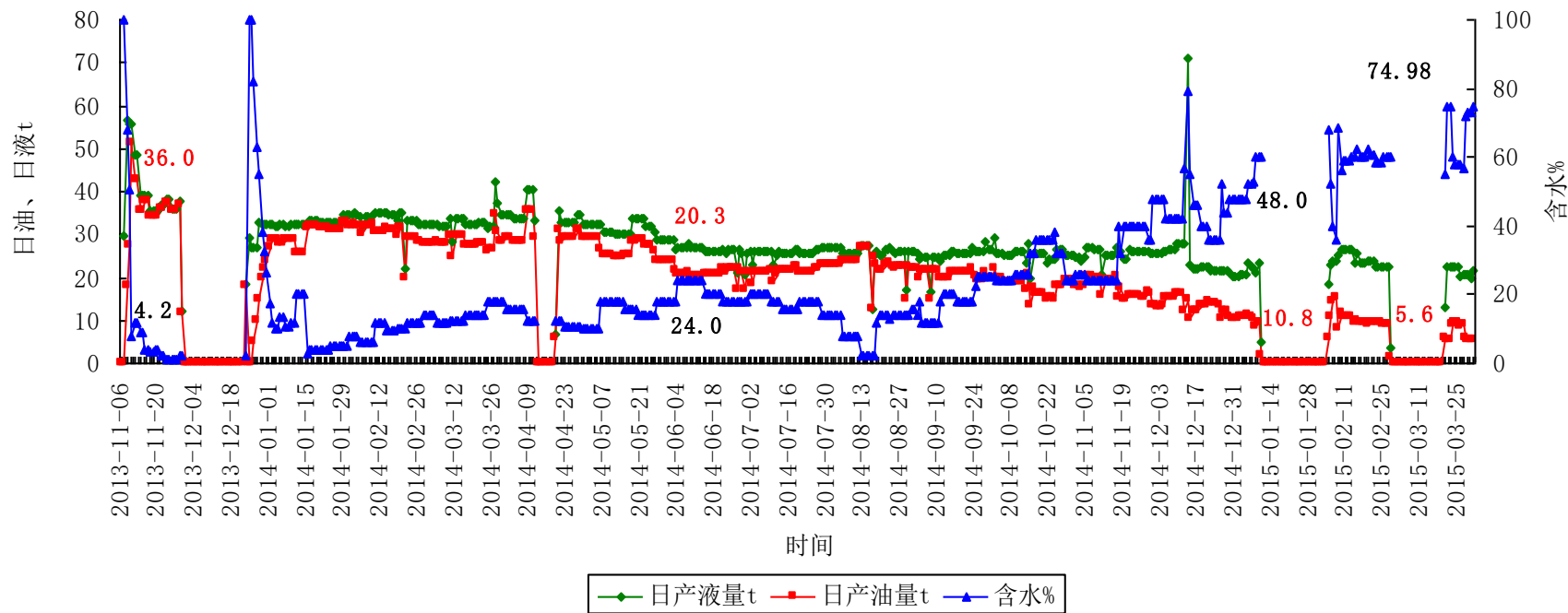
海拔 (m)



Bd104h井2013.6.25完井，完钻井深2061m。筛管井段1681.04-2030.77m，长度349.73m。



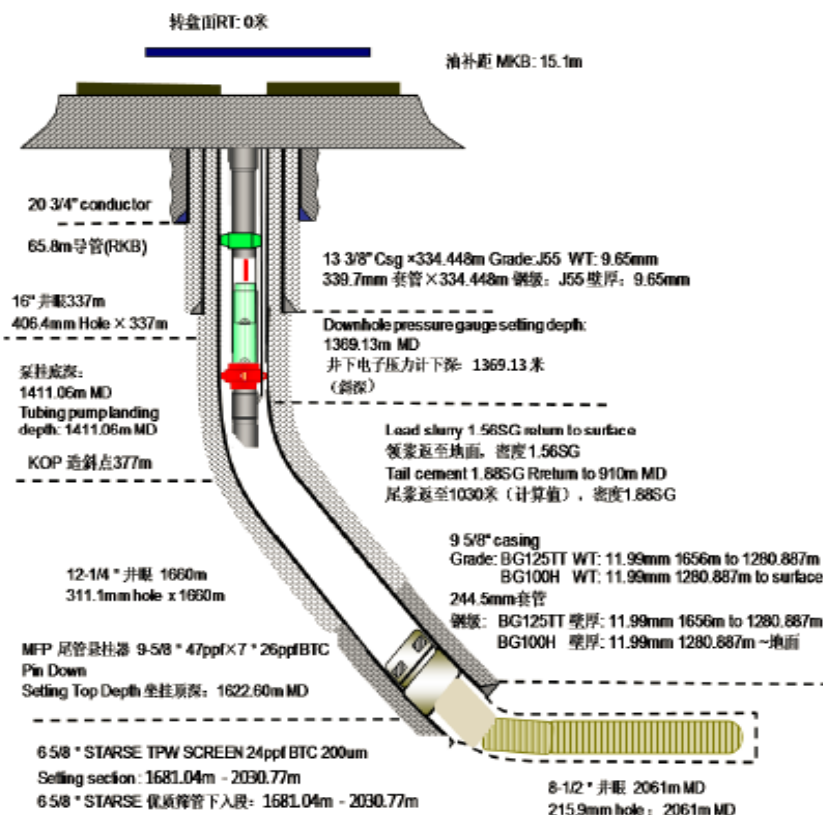
Bd-104h井生产数据



Bd104h井2013.11.6日投产，投产初期日液39t，日油38t，含水2.5%，动液面97m。投产一年后含水在20%左右，到2015年4月1日，堵水前日液20m³，日油5t，含水75%，动液面106.2m，累产液1.238万吨，累产油0.95万吨。从平面剖面图上看，靠近边水最近的103h井含水已高达90.8%，证实了边水进入本井。



YD-Bd104h堵水施工管柱图



YD-Bd104h井井身结构图

- 1、完井管柱悬挂6-5/8"24#STARSE TPW金属网布筛管，筛管内径5.921in，挡砂精度200 μ m；
- 2、B岛不具备上动力作业条件，施工采取目前生产管柱，采取套管反注工艺。

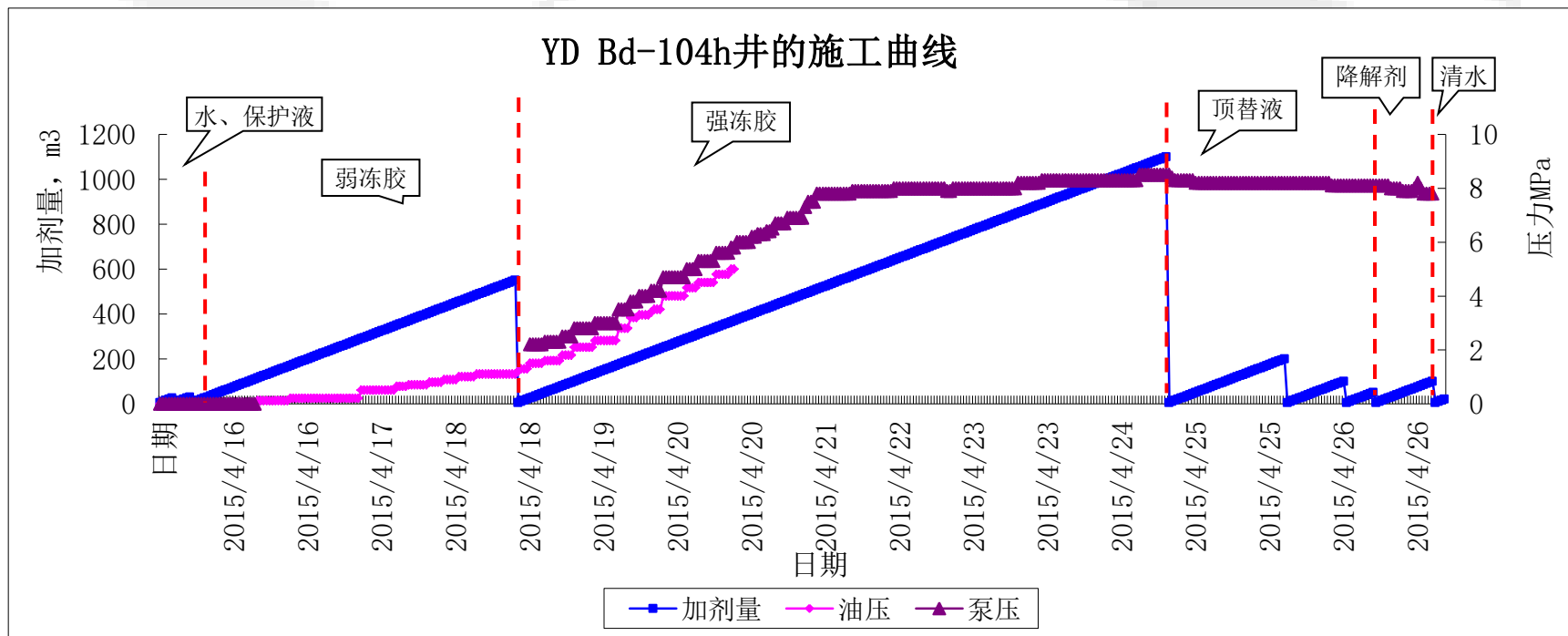


2、施工目的

通过动态分析，认为该井的受边水影响导致含水上升，因此用选择性堵水方法向油层注入选择性堵剂，封堵油层中的高渗透条带，控制边水沿高渗透条带的产出，达到降低含水率的目的。

3、施工记录

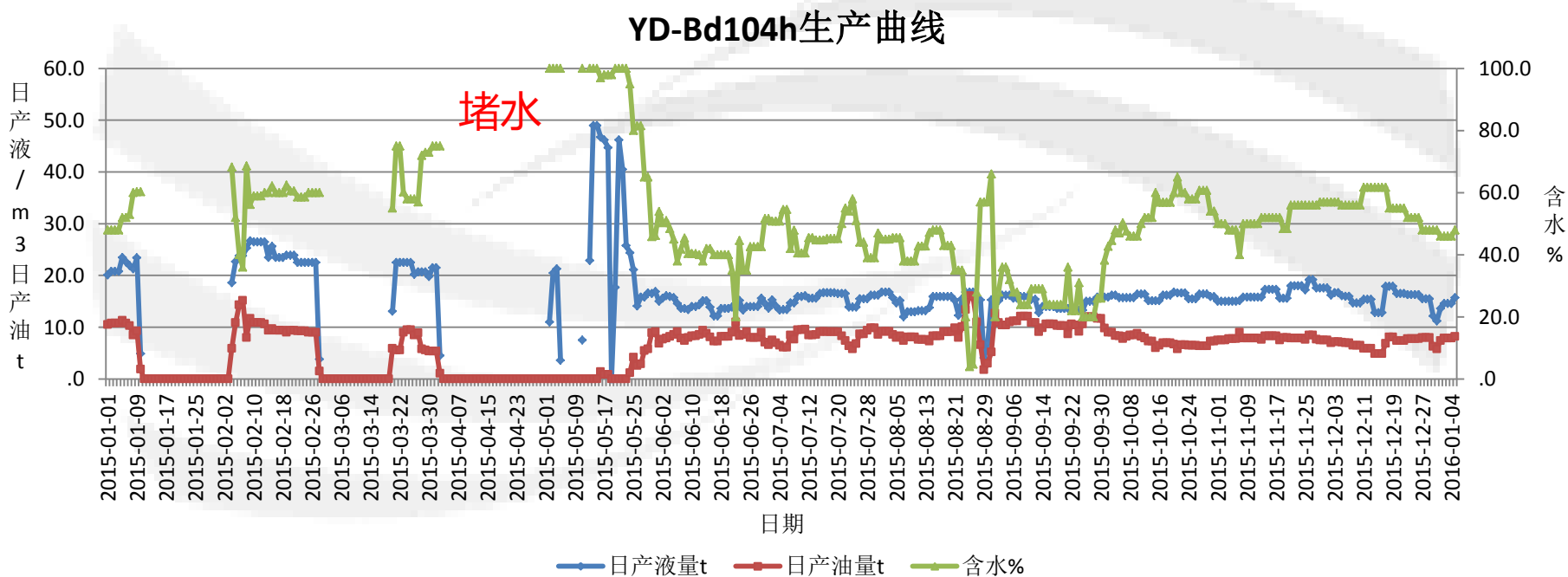
2015.4.15~4.27号施工，累计注入弱、强冻胶1650方，顶替液350方。泵压由0MPa平稳上升到8MPa左右。





4、效果分析

	层位	日期	日液	日油	含水	动液面
堵水前	Ed1II1 ²	2015.4.1	20	5	75	106.2
堵水后	Ed1II1 ²	2015.8.4	15.7	8.6	45.5	888
对比			-4.3	3.6	-29.5	781.8



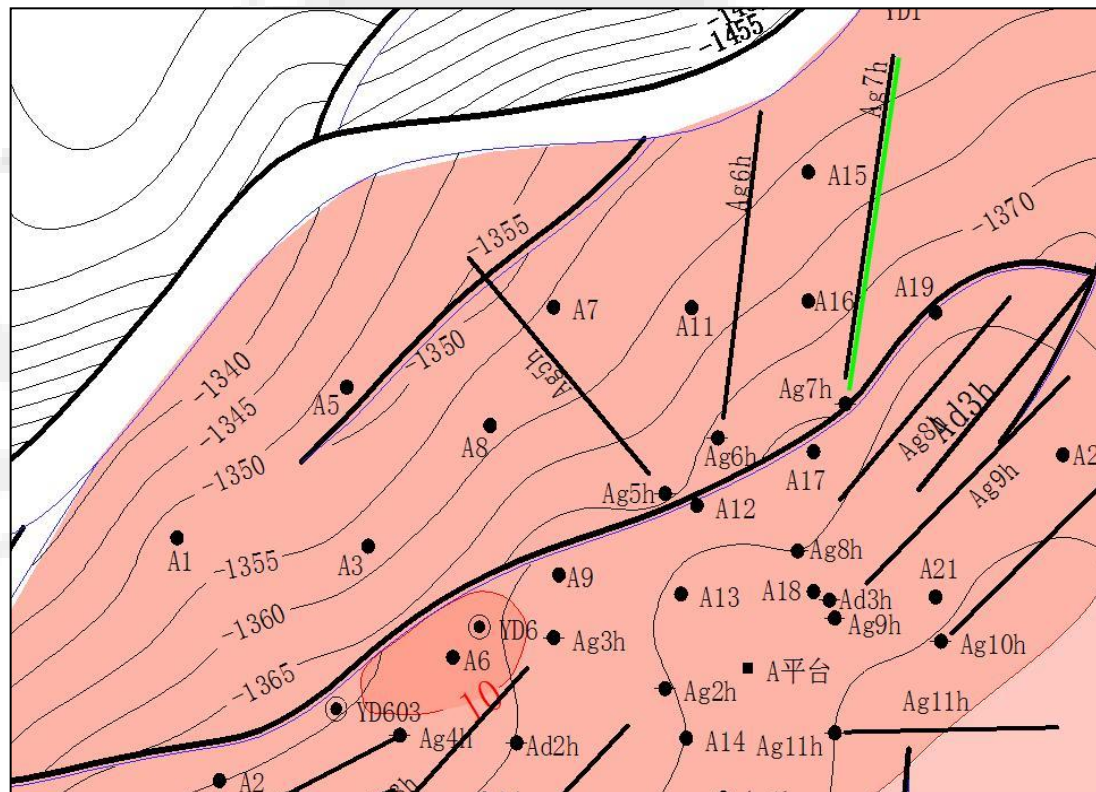
截止到2016.1.5，有效期达到223天，累计增油732.6t。



1、油藏概况

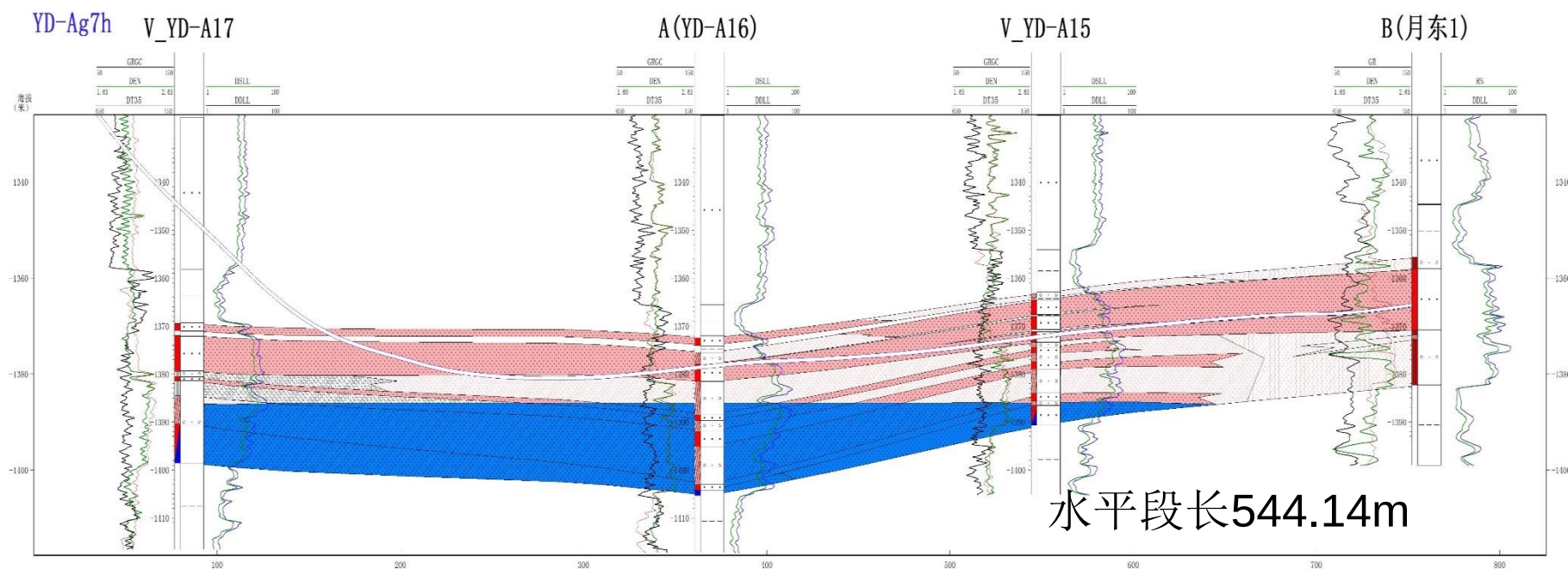
Ag7h井是位于月东油田馆陶组的一口水平井，油藏类型为底水高孔高渗油藏，

生产层位	NgII
渗透率 $\times 10^{-3} \mu\text{m}^2$	7302.9
孔隙度%	35.6
含油饱和度%	81.7
地层温度 $^{\circ}\text{C}$	57
原油密度	0.9727
原油粘度 $\text{mPa}\cdot\text{s}$	3937
矿化度 mg/L	1724
水型	NaHCO_3
地层压力 MPa	13.5
地质储量	
采出程度	





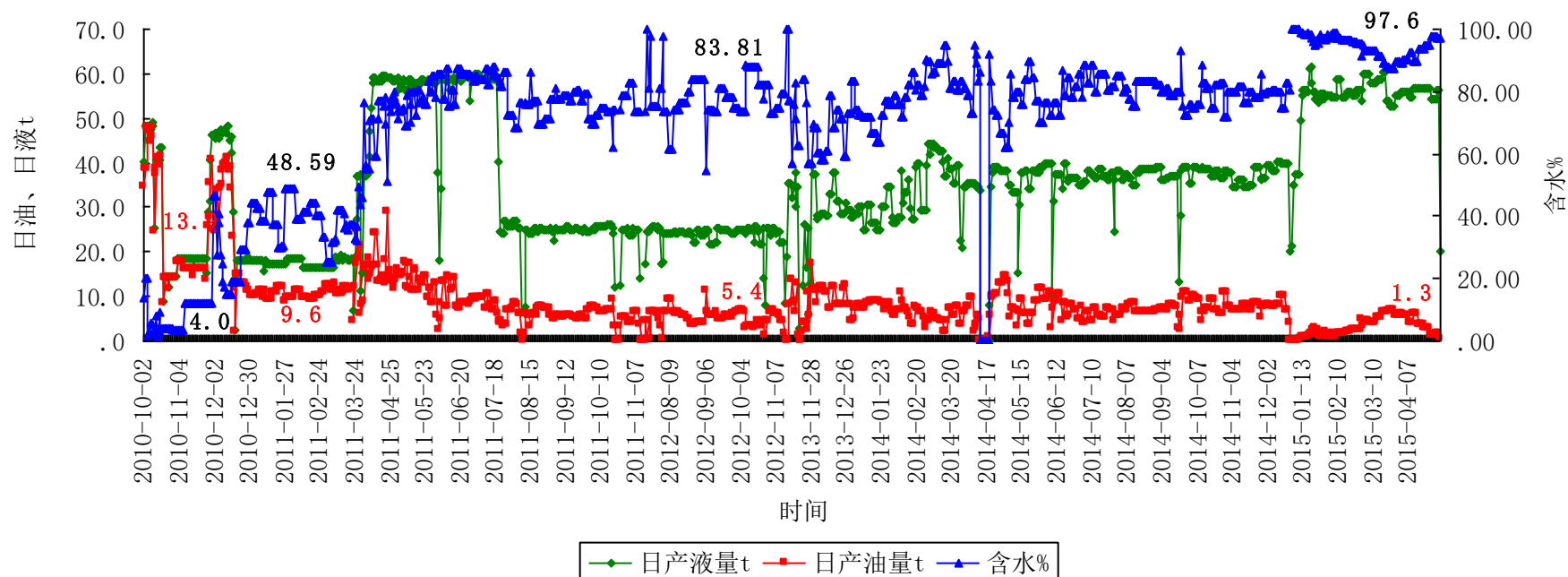
YD-Ag7h井 油 藏 剖 面 图



2010.10.1完井。 NgII油水界面-1386m , Ag7h构造在-1375m左右 , 距油水界面大概11m。 分析底水脊进。



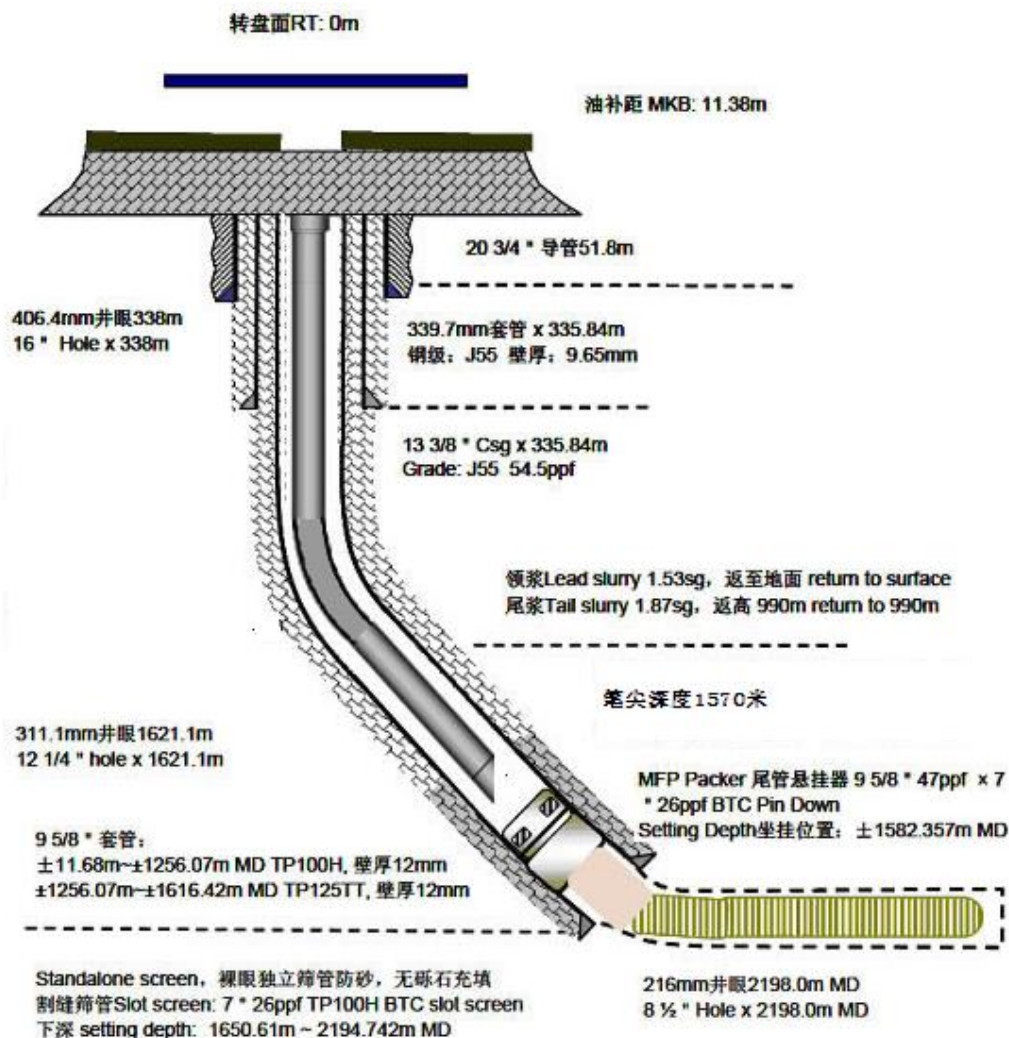
Ag-7h井生产数据



2010年10月2日投产，投产初期日液48.4t，日油45t，含水5%，动液面113m。到2015年5月1日，堵水前日液56.4m³，日油1.5t，含水97.4%，动液面75.38m，累产液3.55万吨，累产油0.88万吨。分析是底水脊进造成。从生产特征看，目前脊进属于点状出水局部水侵（A点）。



YD-Ag7h堵水施工管柱图



1、完井尾管悬挂

7" 26#激光割缝筛管, 筛管内径

6.276in, 挡砂精度
275 μ m;

2、单独下堵水管柱, 采取油管正注工艺, 尾管下至悬挂器以上

20m, 即1570m。便于后期采取探冲洗工序。

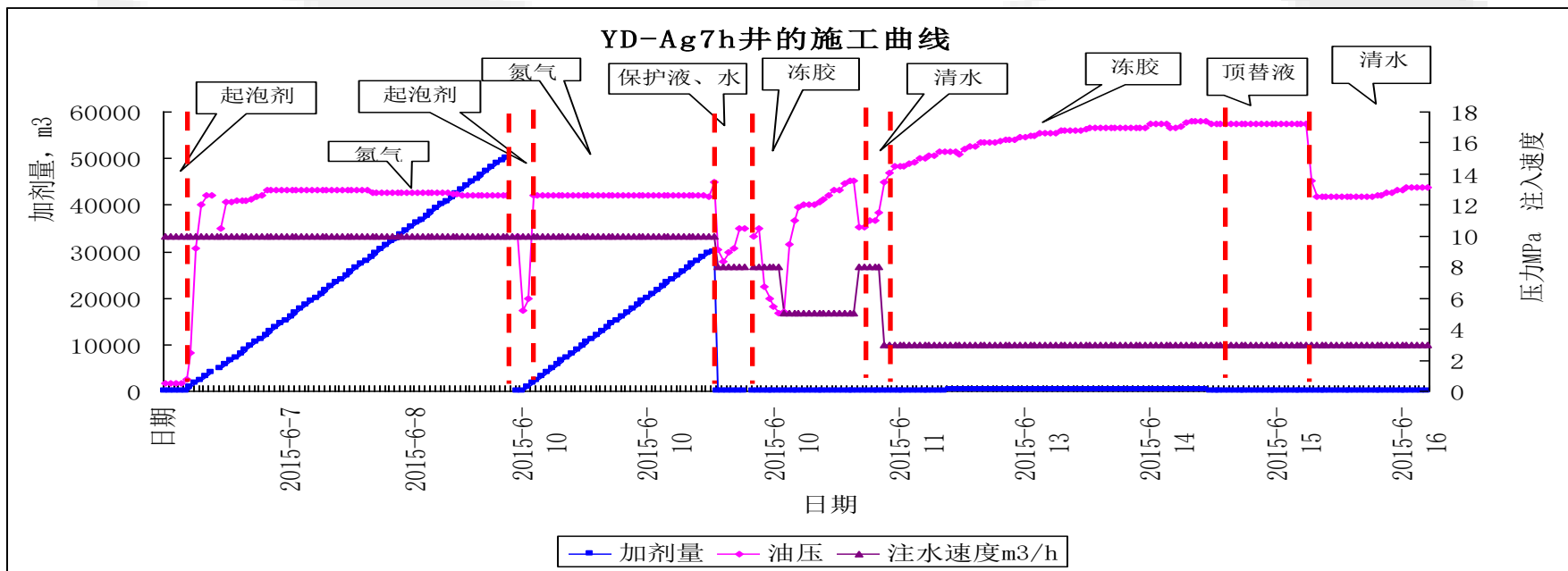


2、施工目的

YD-Ag7h井此次施工目的在该井的油层与底水层之间建立起能防止底水脊进的隔板，抑制底水脊进，减少该井的含水率，提高油产量。

3、施工记录

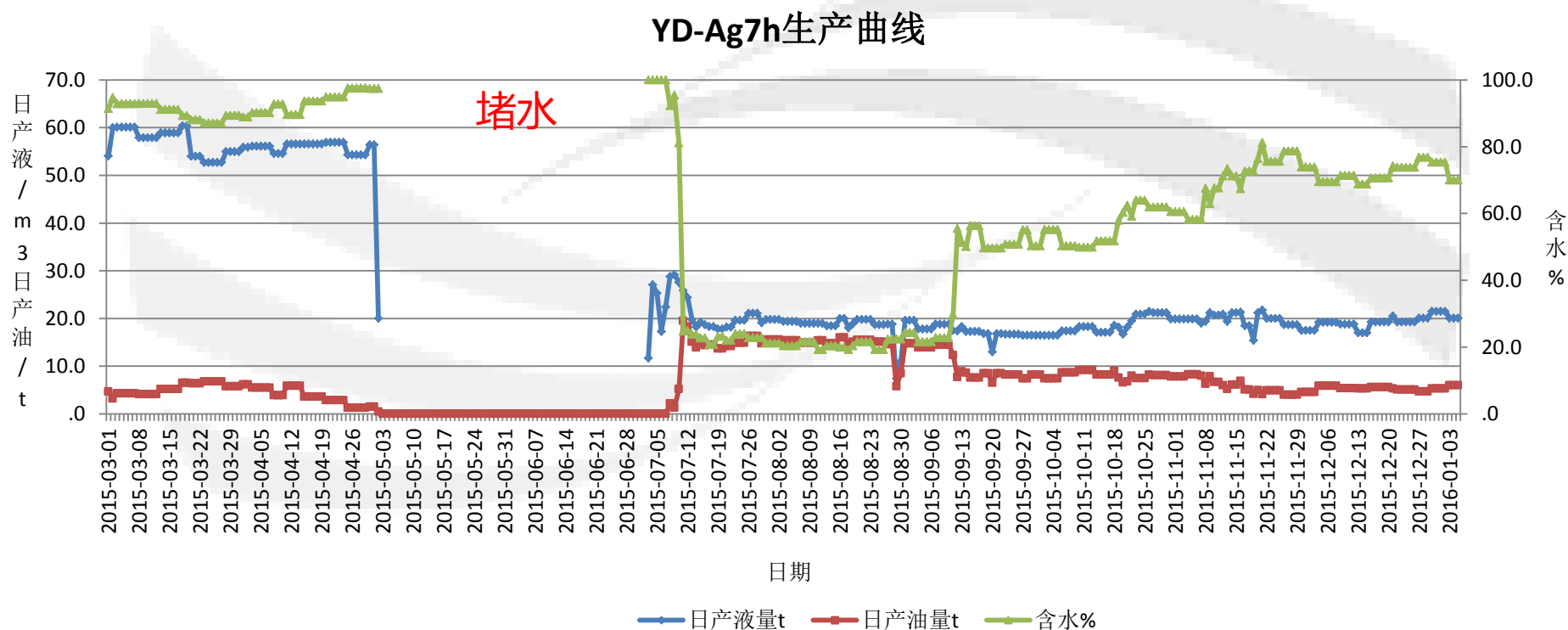
2015.6.6~6.20号开始对油井YD-Ag7h进行化学堵水的施工，施工过程中油压由0MPa上升到13.1MPa左右，最高达到17.4MPa，累计注入氮气80000方，起泡剂200方，冻胶400方。





4、效果分析

	层位	日期	日液	日油	含水	动液面
堵水前	NgII	2015.5.1	56.4	1.5	97.4	75.38
堵水后	NgII	2015.8.4	19.4	15.4	20.4	801.99
对比			-37	13.9	-77	726.61



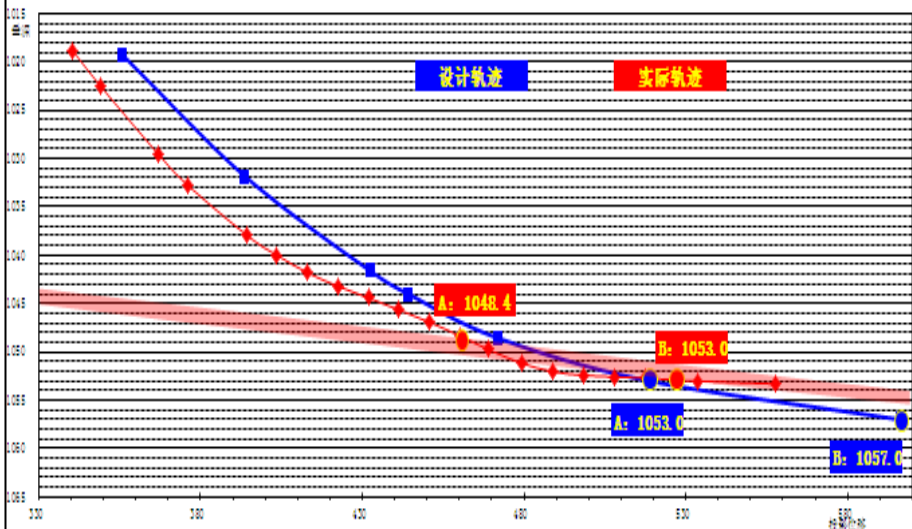
截止到2016.1.5，有效期达到180天，累计增油1332.4t。



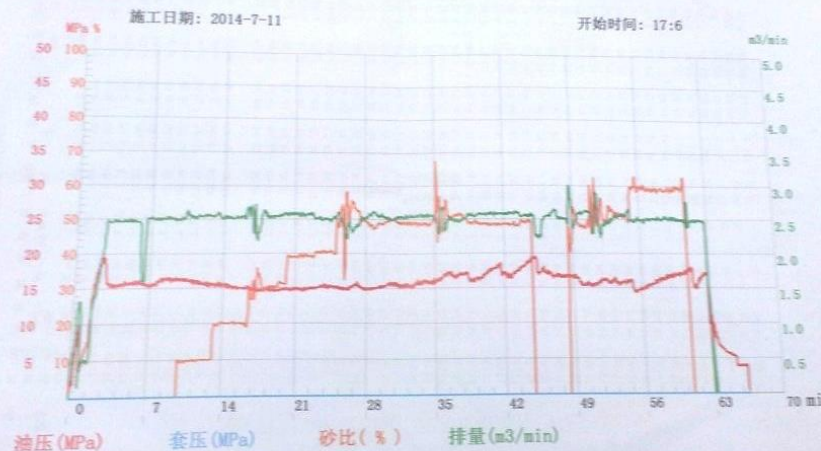
石大油服



M22-5-p3水平井井身轨迹图 (补心高4.8m)



面22-5-平3井压力流量砂比曲线



水平段设计长度80m，实际钻遇61.0m，钻遇目的层油
层有效厚度54.0m。

22-5-P3预充填施工参数表

井号	加砂排量	砂比	施工压力	支撑剂	支撑剂用量	携砂液
22-5-P3	2.5	10-60	15-19-15-17	陶粒	40	聚合物

设计A靶垂深1053.0m，实钻1048.4m，比设计提前
4.6m；

投产时间：2014.7.15

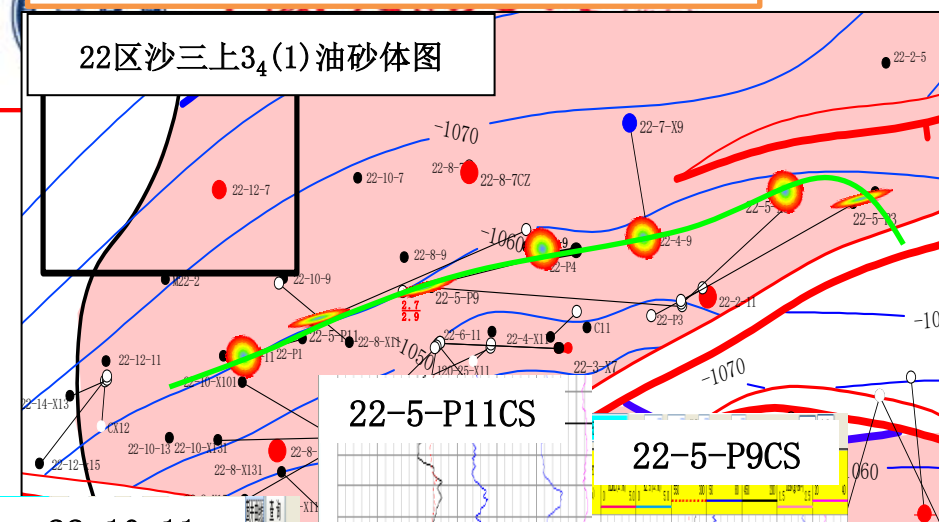
生产参数：44*3.0*5*951

生产情况：30.1m³*0*100%*81m

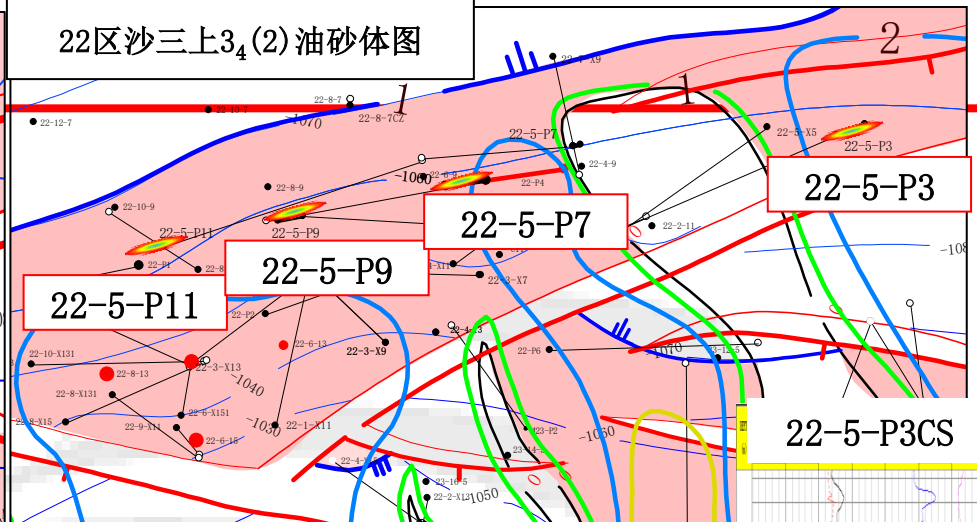
从工艺施工情况看，没有明显显示
有破裂压力

高液高含水原因分析

22区沙三上 3_4 (1)油砂体图



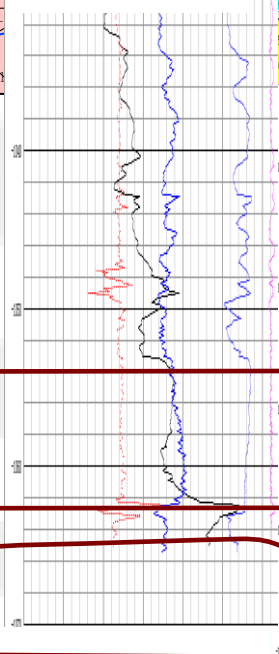
22区沙三上 3_4 (2)油砂体图



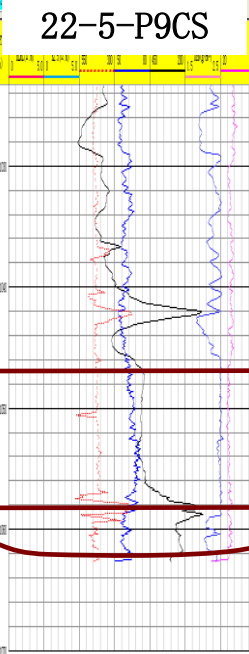
22-10-11



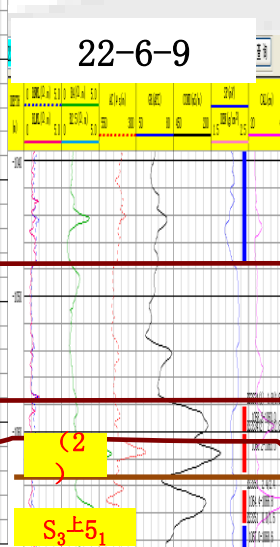
22-5-P11CS



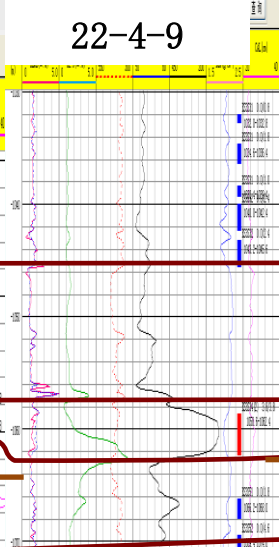
22-5-P9CS



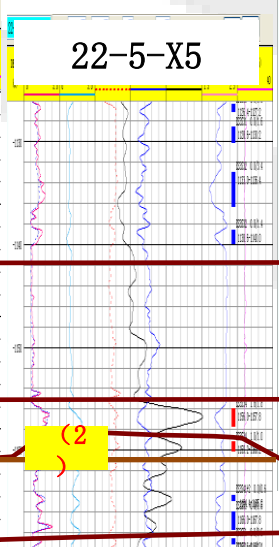
22-6-9



22-4-9



22-5-X5



上部水层

$$S_3 \text{ 上 } 3_4$$
$$S_3 \uparrow_{(2)}^3 S_4$$
 $S_3 \pm 5_1$

(2)

 $S_3 \perp 5_1$

(2)

投产 $S_3 \uparrow S_4^{(1)}$ 水平井距离 $S_3 \uparrow S_4^{(2)}$ 水线200m, $S_3 \uparrow S_4$

(1) 间隔上部典型水层平均垂深14m, 间隔下部非典型水层

$S_3 \pm 3_4^{(2)}$ 平均垂深1m,间隔下部典型水层 $S_3 \pm 5_1$ (平均间隔4m),判断高液高含水原因:上部管外窜或下部水层窜。

井号	水平段长度 (m)	砂岩厚度 (m)	有效厚度 (m)	与上部水层 S_3 ±3距 离 (m)	与下部 S_3 ± S_4 (2) 距离 (m)	与下部水层 S_3 ±5距离 (m)
M22-5-P3	64.4	54	50	垂深16m, 斜深85m	1.4m (2号层 典型油层)	3.3
M22-5-P9	48.4	45.2	42.6	垂深13m, 斜深61m	1.4m (2号层 非典型油层)	8.7
M22-5-P11	25.4	25.4	23.8	垂深12m, 斜深85m	1.3m (2号层 非典型油层)	5.6
M22-5-P7	16.6	16.6	15	垂深12m, 斜深71m	尘灰	3.8

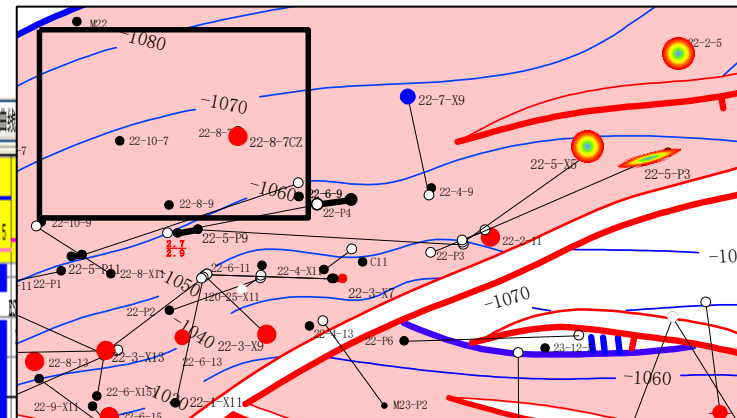
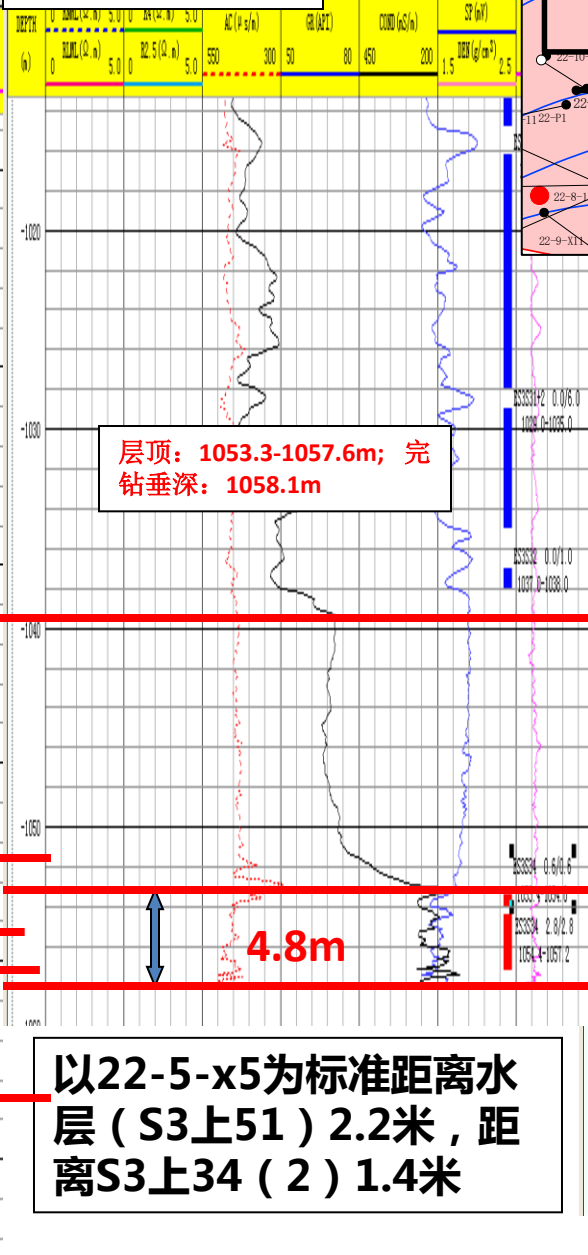
[illegible]

第一次：2014.8.2，测量井段1107-1288m解释，无硼酸液进层显示，说明上层水层未窜，可以判断为下层同层 $S_3 \pm 3_4^{(2)}$ 或 $S_3 \pm 5$ 水层窜。

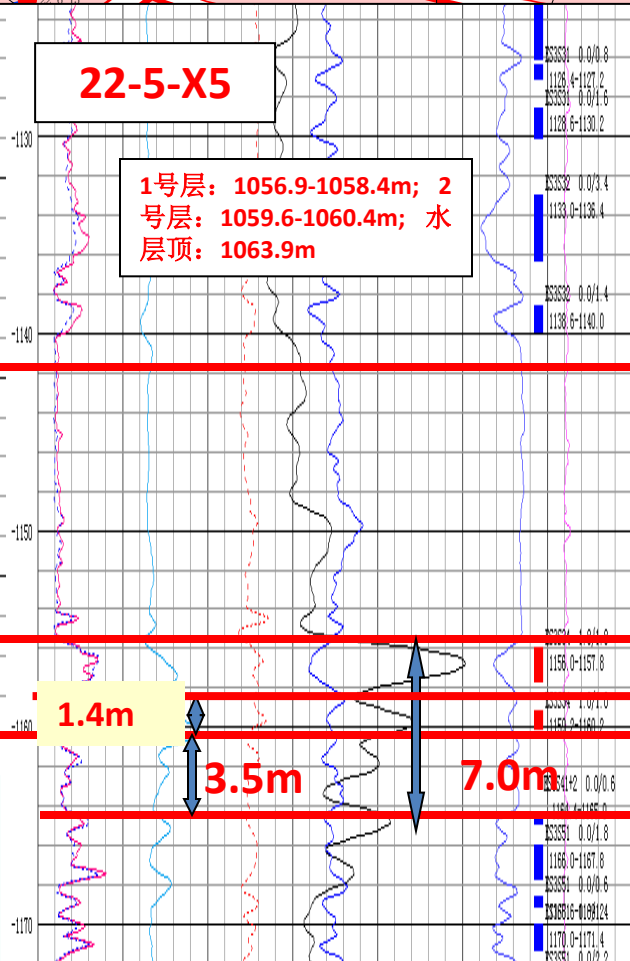
第二次：取出防砂管柱，2014.8.12，测量井段1285-1360m，解释1302.6-1310.7m为主要出水层，1322.0-1325.4m、1348.4-1353.8m为次要出水层。



22-5-P3CS



22-5-X5



以22-5-x5为标准距离水层 (S3上51) 2.2米, 距离S3上34 (2) 1.4米



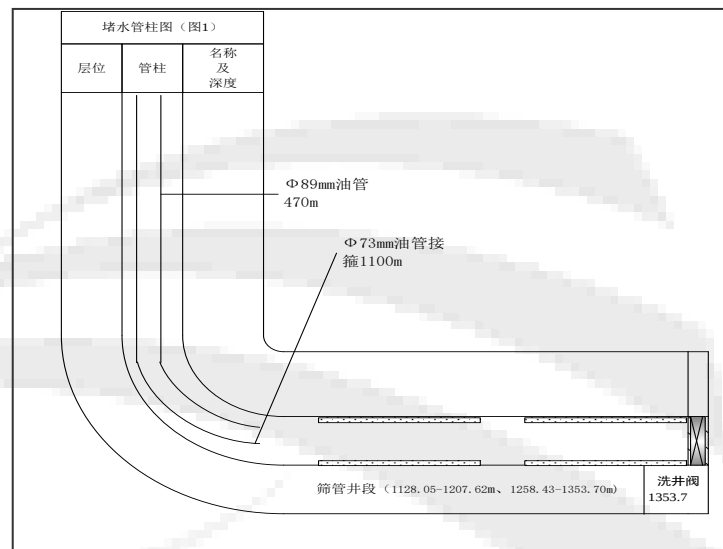
2、施工目的

油层底部水层窜进演变成为**次生底水**。设计目的在油水界面下建立能防止底水锥进的隔板，冻胶+凝胶颗粒段塞组合。

3、施工记录

2014.9.12-13施工

M22-5-平3井堵水管柱示意图



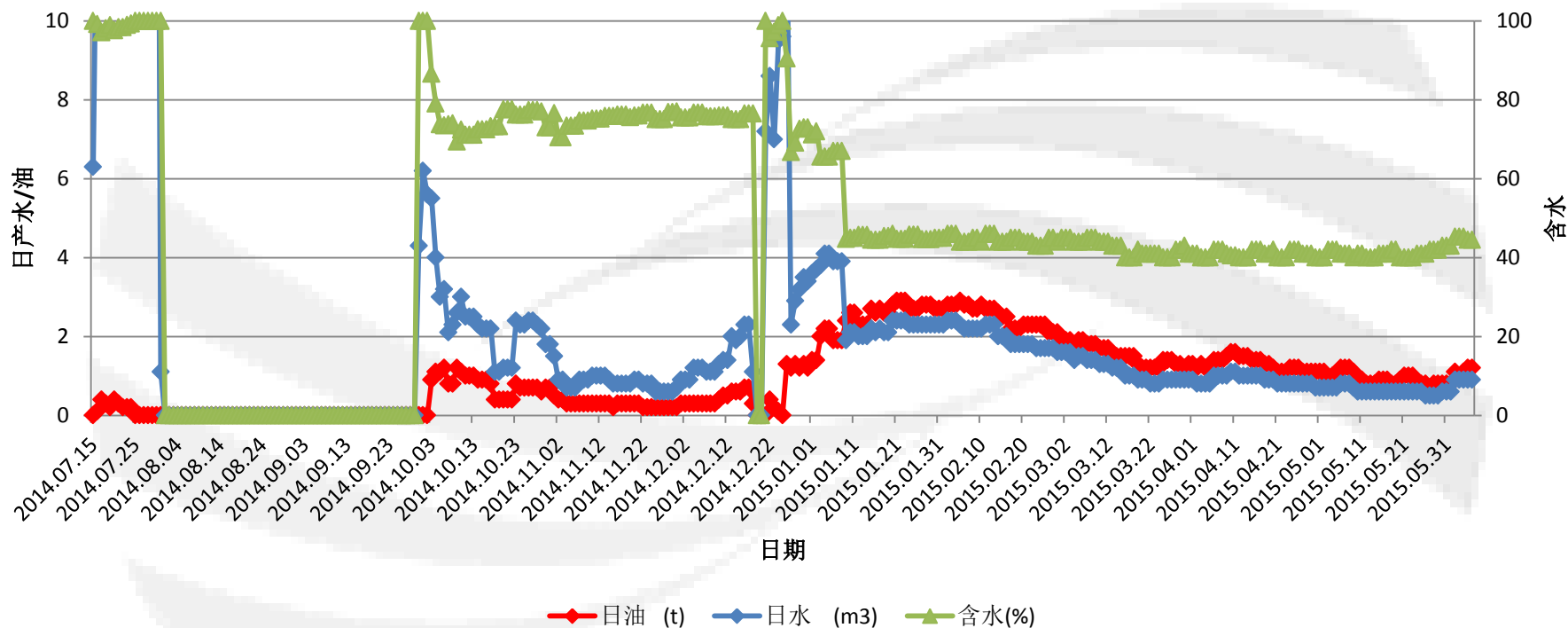
段塞序号	时间	堵剂类型	数量m ³	泵压Mpa	排量m ³ /h	档位
1	8:30	脱油地层水		2		400型1档
2	8:50-19:30	弱冻胶	160	10	15	400型2档
3	19:30-22:00	强冻胶	50	12		
4	22:00-22:50	聚合物+污水	10+10	11		
5	0:00-4:30	凝胶颗粒	30	6-9	10	
6	4:30-5:00	污水	10	9		正、反挤

累计施工时间**20h**，注入冻胶**210m³**，凝胶颗粒**10t**。



4、效果分析

M22-5-平3堵水前后生产曲线



堵水前产量： $30.0 \times 0 \times 100\% \times 80\text{m}$ ；

堵水后产量： $4.7 \times 2.6 \times 45\% \times 1148\text{m}$ ；

截止到2015.5，累计增油315t。



一、前言

二、堵水技术认识

三、堵水技术实践

四、结束语



- 1、水平井产水主要来源为边水、底水、注入水；
- 2、不找水堵水的关键在于选择性堵剂和选择性注入；
- 3、从已成功施工的井说明，水平井堵水可以做好，有广阔的应用前景。



- 石大油服公司创立于2002年，是教育部批准改制的, 有“石油科技人才的摇篮”之称的中国石油大学校办产业，是沟通学校先进理论研究与油田推广应用的桥梁。
- 公司的宗旨以油田化学工程技术为基础，结合油藏工程技术和采油工程技术，提高油田的产量。
- 公司的主要研发方向是水驱开发油藏调剖堵水调驱技术的研究、推广及应用，致力于打造国内提高采收率第一品牌。

联系人：马先生 电话：18706663877 QQ：164779079



中國石油大學 (华东)
CHINA UNIVERSITY OF PETROLEUM



谢谢大家