

注水井井口压降曲线在粘土调剖中的应用

赵福麟 周洪涛

(石油大学, 华东)

林伟民

(中原石油勘探局)

韩 力

(新疆准东石油勘探开发公司)

摘要 粘土调剖剂是一种廉价的调剖剂,可用注水井井口压降曲线判断注水井能否使用这种调剖剂。此外,注水井井口压降曲线还可用于决定粘土调剖剂的粘土用量和封堵有效期,并可对粘土调剖剂的不同用法进行对比。在使用注水井井口压降曲线解决上述问题时,本文引入了压力指数、用量指数和滞后系数等概念。

主题词 注水井 井口压力 压力降 曲线 粘土 调剖 应用

作者简介 赵福麟,1933年生。1957年毕业于北京石油学院炼制系,长期从事采油化学的教学与科研工作。著有《采油化学》一书,发表论文60余篇。现为教授。周洪涛,1969年生。1987年毕业于石油大学炼制系,现在采油化学研究室工作。林伟民,1961年生。1984年毕业于陕西师范大学化学系,现在采油五厂工程技术大队主要从事调剖、堵水、酸化、清防蜡、稠油降粘等工作,任油田化学室主任,工程师。韩力,1963年生。1983年毕业于新疆石油学校采油工程专业大专班,现在工艺所工作,工程师。

注水井井口压降曲线是指注水井关井后,井口压力随时间变化的曲线。图1是中原油田胡十二块部分注水井的井口压降曲线。图中:1. 12-44井;2. 12-36井;3. 12-27井;4. 12-89井;5. 12-19井。

由于压降曲线与地层系数(渗透率与油层厚度的乘积)相关,所以,曲线的变化反映了地层处理前后所发生的变化。调剖是通过封堵高渗透层实现的。对高渗透层封堵,会引起地层系数发生变化,因此必然会由注水井井口压降曲线表现出来。

注水井井口压降曲线通常按下述方法获得:

1. 将注水井的日注量调至指定的数值,稳定注水一天。
2. 测定前,注水井井口压力表必须经过校正。
3. 测定时,记下注水压力(油压、套压、泵压)和日注量,迅速关井,记下关井开始和终了时间,记下关井终了时的压力,并从这一时间开始,每隔5min读一次压力,一直至压力变化很小为止。在读数期间,若压力下降快则加密读数;若压力下降慢则延长时间读数。
4. 以时间(min)为横坐标,以压力(MPa)为纵坐标,画出注水井井口压降曲线。

根据注水井井口压降曲线,可以算出该曲线的压力指数。压力指数由下式定义

$$PI = \left(\int_0^t P(t) dt \right) / t \quad (1)$$

式中 PI ——压力指数; t ——试验时间;
 $P(t)$ ——注水井井口压力随时间变化的函数。

若指定试验时间 t (通常为 60min), 就可由压降曲线算出该曲线的 $\int_0^t P(t) dt$ 值 (见图 2), 即得压力指数。

从式(1)可以看到, PI 值是一个从注水井井口测得的与地层系数有关的压力平均值。 PI 值越小, 地层系数越大。若地层有大孔道或高渗透层存在, 即渗透性很好, 则 PI 值很小。

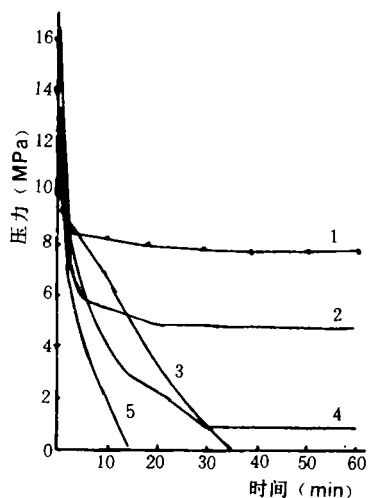


图 1 中原油田胡十二块部分
注水井井口压降曲线

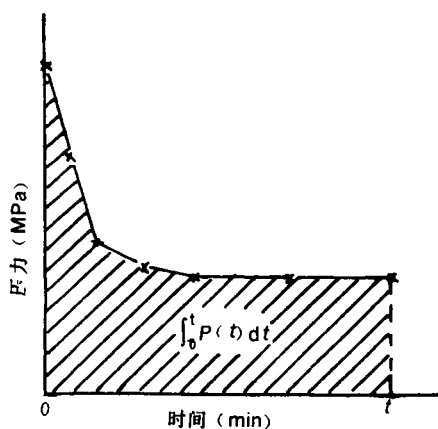


图 2 由压降曲线计算 $\int_0^t P(t) dt$ 值

本文研究了注水井井口压降曲线在粘土调剂中的应用。

一、判别注水井能否使用粘土调剂剂

粘土调剂剂是一种廉价堵剂, 为了决定注水井能否使用这种调剂剂, 可用粘土试注法。此法是向地层注入一定量粘土调剂剂, 观察地层对粘土的吸收能力。粘土试注通常选择 PI 值小的注水井, 因为这些井存在大孔道或高渗透层。表 1 是中原油田胡十二块已投粘土调剂剂注水井的 PI 值。

表 1 中原油田胡十二块已投粘土调剂剂注水井的 PI 值

井号	12-16	12-18	12-19	12-27	12-45	12-87	12-89
PI 值 (MPa)	0.30	1.38	0.71	2.47	3.00	2.25	2.23
已投粘土量 (t)	28.0	36.0	30.0	26.0	12.4	51.7	35.0

* 统计至 1992 年 5 月。

从表中可以看到, 这些井的 PI 值都很小, 其值在 0.30~3.00MPa 的范围。

表 2 列出了曾使用过粘土调剂剂的油田部分注水井的 PI 值。

表 2 已用粘土调剖剂油田一些注水井的 PI 值

油田名称	井号	PI 值(MPa)	已投粘土量*(t)
火烧山	H1230	2.86	12.9
大港	板 835	0.38	6.0
辽河	马 702	1.88	7.0

* 统计至 1992 年 6 月。

通过对比分析认为: PI 值小于 3MPa 的注水井,都可使用粘土调剖剂。

二、决定粘土调剖剂的粘土用量

由粘土试注井的吸水层厚度、粘土用量和 PI 值增量,可以算出单位吸水厚度地层增加 1MPa 时所需用的粘土量。这数值叫用量指数,其定义式为

$$\beta = \frac{W}{(h_r \Delta PI)} \quad (2)$$

式中 β —用量指数, t/MPa·m; W —粘土量, t;
 h_r —吸水地层厚度, m; ΔPI —调剖前后 PI 值增量, MPa。

表 3 是中原油田胡十二块试注钠土-HPAM 双液法调剖剂时的 β 值。

表 3 中原油田胡十二块钠土-HPAM 双液法调剖剂的 β 值

井号	12-19	12-89	12-27	12-87
β (t/MPa·m)	0.162	0.182	0.337	0.662

从表 3 可以看到,胡十二块钠土-HPAM 双液法调剖剂的 β 值变化在 0.162~0.662t/MPa·m 的范围。不同地层有不同的 β 值。 β 值是决定调剖剂粘土用量的重要参数。

为了决定调剖剂的粘土用量,除 β 值外,还需知道注水井的最大注水压力,这是 PI 的极限值,其与 PI 值之差为粘土调剖后地层平均压力允许的最大增值。至此,可按物理意义得到粘土最大用量的计算式

$$W_{\max} = \beta h_r (IP - PI) \quad (3)$$

式中 W_{\max} ——粘土最大用量, t;
 IP ——注水井最大注水压力, MPa。

由于粘土调剖剂的封堵能力需要一定时间才充分表现出来,所以式(3)应用滞后系数修正

$$W = \alpha \beta h_r (IP - PI) \quad (4)$$

式中 W ——粘土的设计用量, t;
 α ——滞后系数,可取值 0.50~0.75。

滞后系数是一个安全系数,它的引入可以防止粘土调剖剂使用过量造成的地层过分封堵。

三、决定粘土调剖剂封堵的有效期

通常从粘土注入的时间起,到注水井的 PI 值由上升恢复至原来数值的时间止,把这一段时间作为粘土调剖剂封堵的有效期。超过此有效期注水井应进行第二次处理,使地层得到及时的改造。

图 3 是新疆火烧山油田 H1230 井的压力指数在粘土调剖后随时间的变化。从图可以看

到,该注水井单液法注粘土后,压降曲线经历了降低—上升—降低三个阶段。第一阶段(降低)是粘土将腐蚀产物和近井地带的油带入地层深处产生的;第二阶段(上升)是粘土随注入水运移,从而在更多孔隙结构的喉部产生堵塞所引起的;第三阶段(降低)是粘土已被带至地层深处,其封堵作用已不为注水井井口压降曲线所测出。从图还可看到,H1230粘土单液法调剖的有效期为175天。为使地层得到及时改造,已对此井进行了第二次处理。

四、可对粘土不同用法进行对比

粘土调剖剂可单液法使用,也可双液法使用。前者是将粘土分散在水(或其他介质)中注入地层;后者是将粘土悬浮体与HPAM溶液交替注入地层。可用注水井井口压降曲线随时间的变化对粘土调剖剂这两种用法进行对比。图3可以说明这一对比。从图3可以看到,粘土单液法调剖后直线的斜率远小于粘土双液法调剖后直线的斜率,说明粘土双液法调剖比单液法调剖有更好的封堵效果。由图3可以算出 β 值(该井吸水地层厚度为18.7m),粘土单液法调剖的 β 值为 $0.881\text{t}/\text{MPa}\cdot\text{m}$,双液法调剖的 β 值为 $0.379\text{t}/\text{MPa}\cdot\text{m}$,说明要产生相同的封堵效果,单液法比双液法要注入更多的粘土。

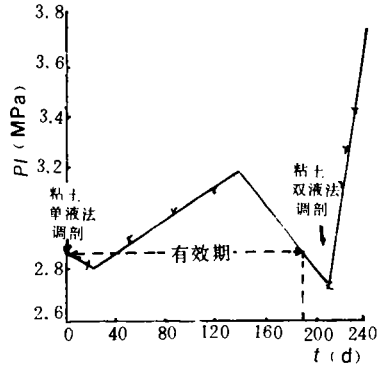


图3 H1230井PI-t图

(本文收到日期:1993年4月24日)

[本文责任编辑 王霜梅]

1993年我国油气产量 超额完成国家任务

〔本报讯〕1993年,中国石油天然气总公司(陆上)生产原油1.3937亿吨,完成年计划的101.4%;中国海洋石油总公司生产原油463.3万吨,完成年计划的128.7%;全国原油总产量为1.44亿吨,完成1.411亿吨计划产量的102.1%。其中大庆油田年产5590万吨,创历史最高水平,并已连续18年稳产5000万吨以上。

1993年全国完成天然气产量161.8亿立方米,为国家计划154亿立方米年产量的105.1%。其中中国石油天然气总公司(陆上)生产158.8亿立方米,为计划产量的104.5%;中国海洋石油总公司生产2.99亿立方米,为计划产量的149.5%。四川石油局年产天然气67.96亿立方米,比上年增产2.9亿立方米,是1989年以来增产最多的一年。

(计通)

(摘自1994年1月11日《石油消息》)

ing reservoir condition are used instead of the outcrop cores in the tests. Combining with the needs of production, the mechanical parameters of rock in different temperatures and pressures are measured taking the fracture-type reservoir core in the Junger basin as the object of study. Applying those parameters, the propagation law of ultrasonic wave in the reservoir is studied, the elastic modulus of rock are calculated, the fracturing parameters are designed, and the rock stability and the fracture height is judged. According to the testing results, the measured mechanical parameters of rock have something to do with the temperature and pressure, with is influenced slightly by the temperature and greatly by the pressure. In addition, this method is equivalent to the well logging. It needs a lower cost and doesn't affect the oil production, is worth to popularize extensively.

STUDY AND APPLICATION OF THE TRANSIENT WELLBORE TEMPERATURE FIELDS

By Song Hui

based on the axially symmetric heat conduction model in the closed-cycle process of hot-water, this paper studies the changing law of wellbore temperature fields with the time in the different working parameters applying the finite element method, analyses the influence on the wellbore temperature fields of abnormal conditions such as stop production, stop injection and stop cycle of hot-water, presents the computation formula of the warm-up time before starting production, and of the removal time of condensed deposit in tubing, and develops the computer program. This program can meet the need of changeable time step-length, and considers the effects of downhole fluids and underground temperature gradient. It can plot the curves of wellbore temperature fields. The fitting results with the measured temperature fields curves of 3 wells as well as the calculation of warm-up time and removal time of more than 60 wells in Zhang—1 Block indicate that the computation model is reasonable and reliable. So far this technology has been used extensively in Liaohe oilfield.

APPLICATIONS OF SURFACE PRESSURE DRAWDOWN CURVES OF INJECTION WELLS IN PROFILE MODIFICATION USING CLAY

By Zhao Fulin, Zhou Hongtao, Lin Weimin and Han Li

The clay is a kind of cheap profile regulation agent. The surface pressure drawdown curve of injection well can be used to judge this agent is suitable or not, to determine the clay consumption as well as the period of validity, and to contrast the different applying technologies of profile regulation agent. The concepts of pressure index, consumption index and hysteresis coefficient are introduced in the applications of drawdown curves.

THE PERFORMANCE PREDICTION OF PRODUCTION CHARACTERISTICS OF DONGHE—1 WELL

By Song Hongcai, Zhang Jifen and Li Chuanliang

The production process and system well testing data of Donghe—1 well are analysed comprehensively, and then the relations between the oil production with oil pressure and choke diameter, between