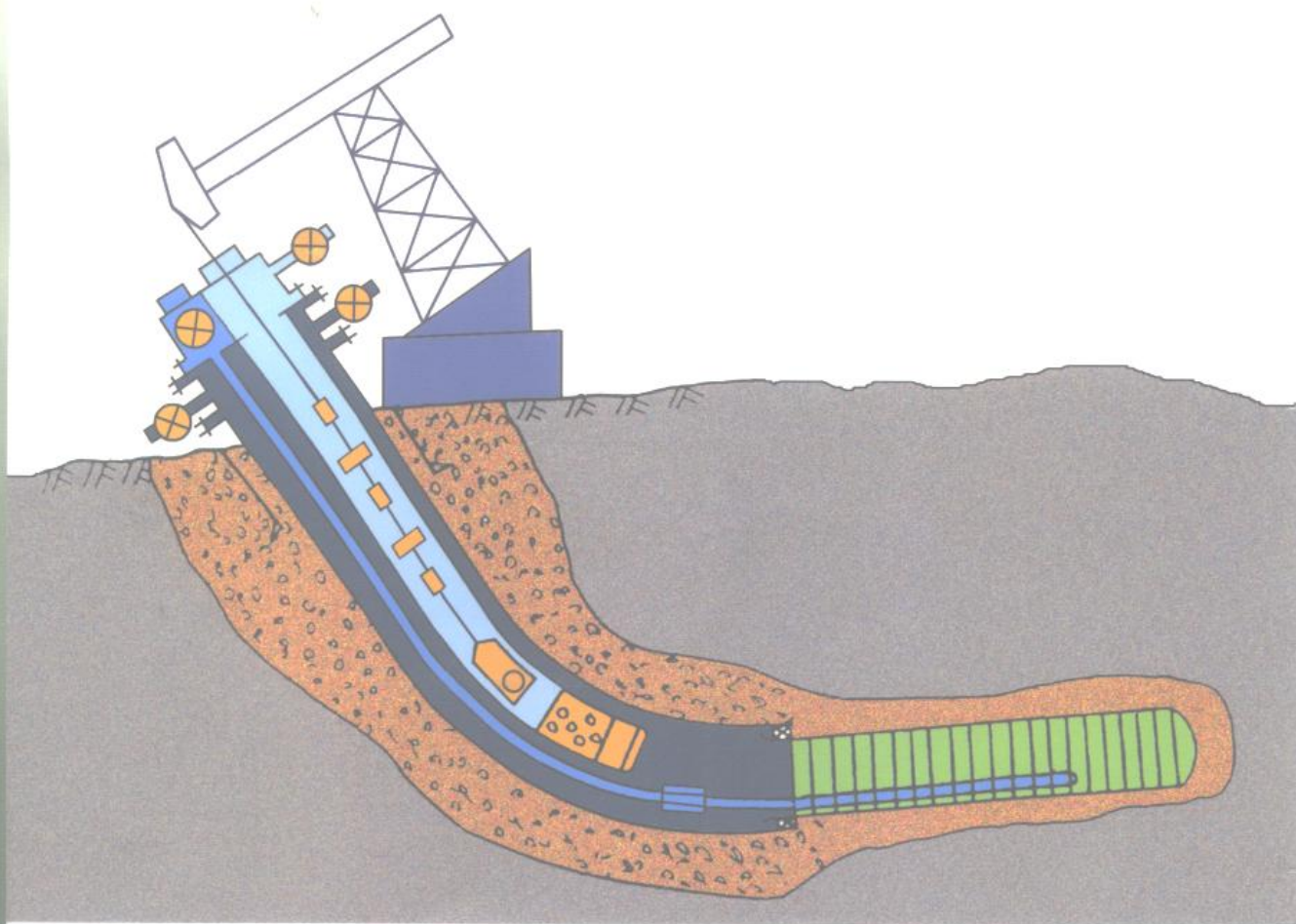
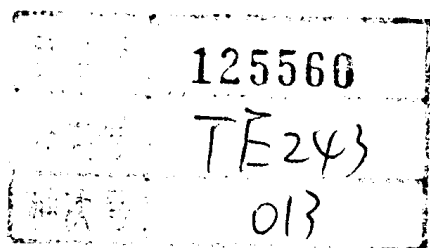


中国不同类型油藏 水平井开采技术

万仁溥 主编



石油工业出版社



中国不同类型油藏水平井开采技术

万仁溥 主编



SY70/B3



石油0120405

石油工业出版社

内 容 提 要

本书针对我国稠油油藏(包括深层砂岩、砂砾岩及浅层砂砾岩超稠油油藏)、低渗透油藏及裂缝性油藏,从数值模拟、物理模拟、油田地质、油藏工程、采油工程及开采方式的筛选等方面,总结了我国现有水平井开采配套技术水平。同时通过几个典型实例分析,总结了我国水平井开采的实践经验,为以后的水平井开采提供了借鉴。

本书可供现场从事油田开发、开采的工程技术人员及石油院校师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

中国不同类型油藏水平井开采技术/万仁溥主编.
北京:石油工业出版社,1997.12
ISBN 7-5021-2160-9

I. 中…
I. 万…
Ⅱ. 水平井-油气钻井
N. TE243

中国版本图书馆 CIP 数据核字(97)第 22869 号

石油工业出版社出版
(100011 北京安定门外安华里二区一号楼)
北京市白河印刷厂排版
石油工业出版社印刷厂印刷
新华书店北京发行所发行

*

787×1092 毫米 16 开本 30 $\frac{3}{4}$ 印张 780.8 千字 印 1—2500
1997 年 12 月北京第 1 版 1997 年 12 月北京第 1 次印刷
ISBN 7-5021-2160-9/TE·1809

定价:(精)47.00 元

(平)31.00 元

《中国不同类型油藏水平井开采技术》编委会

主 任：曾宪义

副主任：万仁溥 罗英俊

成 员：胡博仲 谢平安 李伯虎 王建平 张桐义
时庚戌 胡志勉 王东海 马玉龙 宋万超
颜捷先 何生厚 戴瑞斌 赵立春 顾方润
宋林虎 张 朝 刘翔鹤 方宏长 禹长安
潘国潮 罗治斌 吴 奇 赵 明 张卫国

《中国不同类型油藏水平井开采技术》编写组

主 编： 万仁溥

副 主 编： 刘翔鹑 吴 奇 罗治斌

编写人员：

第一篇	刘翔鹑	方宏长	郭呈柱	刘尚奇	何鲁平	王浦谭
	张 锐	殷德勤				
第二篇	张桐义	时庚戌	胡智勉	王东海	马玉龙	王宝权
	林承焰	车翔飞	侯连华	崔颖凯	包连纯	马德胜
	张文玉	张建军	马冬岚	陈 延	芮松云	徐明海
	梁慧芝	王弥康	许宝燕	陈大众	赵业卫	孟月月
	姚 军	陈月明	李 勇	赵志平	袁训义	吴少路
	赵 力	梁洪安	张 琪	任 璞	梁 政	段玉廷
	胡用久	王宝兴	谢培功	于 雷	程 炎	刘华勇
	谢绪权	杨 丽	剧世锋	闫玉林		
第三篇	颜捷先	周志齐	李献民	罗大沅	王禾丁	张 旭
	魏 斌	张立新	王世虎	盖平愿	黄 伟	程正全
	孙世杰					
第四篇	赵立春	宋林虎	顾方闰	彭顺龙	陈振琦	王丽蓉
	李国相	万教育	赵子仁	杨道平	周易凯	姜 玲
第五篇	李伯虎	王建平	张显忠	王书礼	唐许平	王文华
	夏定祥	刘顺生	史景春	王 毅	田 锋	吴世旗
	侯连弟	于 跃	何晓平	张 勇	谢进庄	张永平
	谢建华	朱振锐	冯 晶	张世诚	刘亚军	孙占河
	王凤山	冯程斌	董世民	徐秀芬	郑俊德	贾振岐
	刘星海					
第六篇	赵立春	顾方闰	宋林虎	孙志坚	张金庆	杨道平
	谭志武	曾贻明	谢 斌	吴 刚	熊 敏	温淑英
	闫淑瑜					
第七篇	马远乐	周惠忠	赵 刚			

序 言

水平井开采技术是 90 年代世界油田开发迅速发展的一项新技术。我国“八五”期间组织了“水平井开采技术”国家重点技术攻关。中国石油天然气总公司科技发展局、开发生产局联合组织了该项目的立项、技术攻关及实施。该项目技术攻关的要点是如何利用水平井技术开发油田,因而技术攻关的对象不仅仅着眼于单井,而且着眼于油田,立足于油田地质和油藏工程的研究,去开展水平井开采技术的研究。

在攻关过程中选择了三种类型油藏:稠油油藏,其中包括深层砂岩,砂砾岩及浅层砂砾岩超稠油油藏,低渗透油藏及裂缝性油藏。与此同时,还开展了不同类型油藏水平井应用筛选方法的研究及经济评价研究。由胜利、辽河、新疆、大庆油田和北京石油勘探开发科学研究院承担主攻任务,并由石油大学、西南石油学院、大庆石油学院、西安石油学院和清华大学等单位参加联合攻关,并动员了大量技术专家及教授参加研究。

技术攻关是从油田地质和油藏工程入手,通过数值模拟、物理模拟选择水平井位置及布井方式,优选开采方式,预测水平井开采开发的效果及经济评价,然后做出技术攻关方案,在“八五”期间,各有关单位做了大量基础研究,室内和中间实验,以及现场试验。在此期间,针对上述三类油藏,五种不同条件下共钻了 110 多口井,其中胜利乐安油田采用直井、水平井结合的开发并注蒸汽开发稠油油藏,取得了明显的开发效果,新疆克拉玛依油田风城区,井深 300m 左右,采用了斜直井开钻,然后钻水平井开采浅层超稠油,这些技术都达到了世界水平井注蒸汽开发油田的先进水平。

通过研究和技术攻关,初步形成了我国水平井开采配套技术,同时培养出了一支技术队伍,从而使我国水平井开采技术进入世界行列之中,《中国不同类型油藏水平井开采技术》汇编即是“八五”期间技术攻关的总结,该书的出版将对我国利用水平井开发新油田,改善已开发油田的开发效果,以及动用剩余开采储量,油田的稳产、增产发挥重要作用。

万仁溥

1997 年 8 月 17 日

目 录

第一篇 中国不同类型油(气)藏水平井适应性筛选方法

第一章 常规(非热采)油(气)藏水平井适应性筛选	(1)
第一节 水平井筛选的思路和原则	(2)
第二节 水平井筛选的程序	(2)
第三节 水平井细筛选的技术准备	(4)
第四节 水平井细筛选的产量预测方法	(7)
第五节 水平井细筛选经济评价及决策方法	(14)
第二章 稠油(热采)油藏水平井应用筛选	(20)
第一节 稠油(热采)水平井筛选评价程序	(20)
第二节 稠油(热采)水平井筛选评价方法	(20)
第三节 水平井热采筛选评价软件	(28)
第三章 水平井采油工艺技术筛选方法	(33)
第一节 水平井完井方法筛选	(33)
第二节 水平井举升方法筛选	(36)
第三节 水平井油藏改造方法筛选	(41)
第四节 水平井井下作业配套技术筛选	(45)
第五节 水平井采油工艺技术经济评价方法	(46)
第六节 水平井采油(气)工艺技术筛选软件	(47)
第四章 不同类型油藏水平井适应性筛选实例	(50)
第一节 塔中4油田水平井适应性筛选结果及实施分析	(50)
第二节 辽河油田曙一区杜84块超稠油油藏筛选	(54)
第三节 大庆榆林林低渗透油田水平井适应性筛选后评估	(57)
参考文献	(64)

第二篇 深层特稠油油藏水平井开采技术

第一章 油藏地质模型	(66)
第一节 油藏地质模型研究流程	(66)
第二节 油藏三维定量地质模型研究方法和技术	(67)
第三节 辽河油田冷43断块水平井油藏地质模型	(69)
第二章 开发设计	(72)
第一节 物理模拟	(72)
第二节 数值模拟	(73)
第三节 跟踪模拟及效果	(77)
第三章 完井方式	(82)

第一节	完井方式对水平井产能的影响	(82)
第二节	完井方式对油井寿命的影响	(82)
第三节	完井方式对油井出砂的影响	(83)
第四节	完井方式优选	(84)
第五节	矿场实施及效果	(86)
第四章	注蒸汽工艺技术	(88)
第一节	注蒸汽参数计算研究	(88)
第二节	注蒸汽管柱	(92)
第三节	注蒸汽参数测试工艺技术	(96)
第五章	热采水平井试井方法	(100)
第一节	物理模型	(100)
第二节	数学模型及求解方法	(101)
第三节	常规试井分析方法	(102)
第四节	自动拟合方法	(104)
第五节	实例分析	(104)
第六章	举升工艺技术	(107)
第一节	流入动态与举升方式的确定	(107)
第二节	抽油泵配套技术	(108)
第三节	抽油杆柱的分析与设计	(111)
第四节	举升系统的优化设计	(113)
第五节	现场应用实例分析	(116)
第七章	防砂与冲砂工艺技术	(118)
第一节	裸眼砾石充填防砂工艺技术	(118)
第二节	割缝筛管防砂技术	(120)
第三节	烧结成型微孔筛管防砂技术	(121)
第四节	金属纤维筛管防砂技术	(121)
第五节	冲砂方案优选	(122)
第六节	冲砂管柱设计	(124)
第七节	现场冲砂及效果	(127)
第八章	经济评价技术	(128)
第一节	水平井开采技术经济评价概述	(128)
第二节	基本评价方法	(129)
第三节	决策优选	(143)
	参考文献	(148)

第三篇 砂砾岩稠油油藏水平井开采技术

第一章	乐安油田砂砾岩稠油油藏地质特征及水平井开采适应性研究	(150)
第一节	乐安油田砂砾岩稠油油藏地质特征	(150)
第二节	乐安油田水平井试验区三维地质模型	(156)

第三节	乐安油田砂砾岩稠油油藏利用水平井开采适应性分析·····	(158)
第二章	乐安油田热采水平井试验区试验方案设计·····	(161)
第一节	热采水平井数值模拟应用技术·····	(161)
第二节	热采水平井试验区试验方案设计·····	(173)
第三章	砂砾岩稠油油藏热采水平井开采特征和效果评价·····	(179)
第一节	热采水平井开采动态特征·····	(179)
第二节	热采水平井产能影响因素分析·····	(181)
第三节	热采水平井开采效果综合评价·····	(186)
第四章	水平井测井及射孔工艺技术·····	(188)
第一节	乐安油田水平井测井、射孔工艺技术特点·····	(188)
第二节	下井仪器推送方法与工具·····	(188)
第三节	湿接头法测井·····	(190)
第四节	保护套法测井·····	(192)
第五节	定向射孔技术·····	(193)
第五章	水平井分段作业工艺技术·····	(195)
第一节	水平井分段作业的工艺要求·····	(195)
第二节	水平井分段作业工艺管柱·····	(196)
第三节	应用实例·····	(196)
第六章	水平井防砂、冲砂工艺技术·····	(199)
第一节	水平井防砂方法选择·····	(199)
第二节	水平井砾石充填物理模拟系统·····	(202)
第三节	水平井砾石充填数值模拟·····	(205)
第四节	水平井防砂工艺实例·····	(208)
第五节	水平井地层冲洗技术·····	(208)
第七章	水平井完井及注汽工艺技术·····	(213)
第一节	热采水平井完井方法选择·····	(213)
第二节	水平井注汽工艺管柱·····	(214)
第三节	水平井吸汽剖面优化设计及分段注汽工艺·····	(218)
第四节	水平井注汽井筒数值模拟·····	(220)
第八章	热采水平井采油工艺技术·····	(223)
第一节	抽油生产系统优化设计·····	(223)
第二节	变排量抽油技术·····	(226)
	参考文献·····	(228)

第四篇 浅层超稠油油藏水平井开采技术

第一章	新疆浅层超稠油油藏地质特征及目的层地质模型·····	(229)
第一节	油藏地质特征·····	(229)
第二节	目的层地质模型·····	(229)
第三节	适用水平井开采的地质条件·····	(233)

第二章 油藏工程研究	(234)
第一节 物理模拟.....	(234)
第二节 数值模拟.....	(236)
第三节 油藏工程设计.....	(241)
第三章 浅层斜直水平井钻井技术	(243)
第一节 钻井优化设计.....	(243)
第二节 轨道控制技术.....	(248)
第三节 稳定井壁的钻井液、完井液技术	(253)
第四章 浅层斜直水平井完井技术	(256)
第一节 井筒热应力分析.....	(256)
第二节 完井方式优选与完井管柱设计.....	(259)
第三节 完井技术.....	(261)
第五章 注汽技术	(265)
第一节 注汽管柱.....	(265)
第二节 蒸汽添加剂辅助驱油.....	(275)
第三节 蒸汽流向监测.....	(279)
第六章 采油技术	(283)
第一节 采油设施.....	(283)
第二节 采油工艺.....	(285)
第三节 井下作业.....	(288)
第四节 小结.....	(291)
参考文献.....	(294)

第五篇 低渗透油藏水平井开采技术

第一章 大庆低渗透油田地质特征及水平井目的层地质模型研究	(295)
第一节 大庆长垣外围低渗透油田地质特征.....	(295)
第二节 采用多种方法建立目的层地质模型.....	(295)
第三节 应用水平井资料修正地质模型.....	(300)
第四节 低渗透油田水平井开发的地质条件.....	(301)
第二章 低渗透油藏水平井开发设计研究	(303)
第一节 水平井井位设计.....	(303)
第二节 水平井水平段参数的优化设计研究.....	(304)
第三节 水平井注水方式研究.....	(306)
第四节 水平井产能和开发指标分析.....	(309)
第三章 低渗透油田水平井射孔及测试技术	(314)
第一节 低渗透油田水平井射孔工艺技术.....	(314)
第二节 低渗透油田水平井测试工艺技术.....	(316)
第四章 低渗透油田水平井生产测井技术	(324)
第一节 水平井生产测井地面装备.....	(324)

第二节	水平井生产测井工艺	(326)
第三节	水平井生产测井仪器	(327)
第四节	水平井生产测井资料解释	(329)
第五章	低渗透油藏水平井压裂技术	(333)
第一节	完井方式	(333)
第二节	水平井压裂优化设计	(333)
第三节	水平井多段压裂及控制技术	(339)
第四节	水平井管柱受力变形分析	(343)
第五节	压裂现场试验及效果	(347)
第六章	低渗透油田水平井举升技术	(351)
第一节	流入动态曲线	(351)
第二节	机械采油方式优选	(353)
第三节	井筒压力分布的预测	(357)
第四节	深井泵的工作特性与扶正器配置间距设计	(358)
第五节	有杆泵抽油的泵况诊断技术	(361)
	参考文献	(363)

第六篇 火山岩裂缝性油藏水平井开采技术

第一章	新疆准噶尔盆地火山岩裂缝性油藏概述	(365)
第一节	油藏的主要分布类型	(365)
第二节	储集层岩性及主要特征	(365)
第三节	裂缝系统的特点及分布规律	(367)
第四节	油藏的流体性质及驱动类型	(373)
第五节	火山岩油藏开发特征	(373)
第二章	水平井地质、油藏工程研究	(375)
第一节	裂缝分布的预测方法	(375)
第二节	水平井开发数值模拟技术	(379)
第三节	水平井试井分析方法	(382)
第四节	水平井开发方法研究	(385)
第三章	水平井完井技术研究	(398)
第一节	水平井完井方式的筛选	(398)
第二节	水平井完井施工工艺技术	(398)
第三节	水平井定向射孔技术	(402)
第四节	水平井固井水泥胶结质量检查 PCL 输送工艺技术研究	(405)
第五节	水平井的完井施工实例	(407)
第四章	水平井测井技术	(409)
第一节	水平井裸眼测井技术	(409)
第二节	火山岩裂缝性油藏测井解释方法	(410)
第五章	中深水平井采油工艺技术	(414)

第一节 采油测试两用井口	(414)
第二节 水平井冲砂解堵工艺	(415)
第六章 水平井酸化技术	(420)
第一节 水平井分段酸化设计方法	(420)
第二节 分段酸化工艺及施工技术	(421)
第七章 水平井开采试验效果	(424)
第一节 七中区二叠系佳木河组油藏水平井实施效果	(424)
第二节 石西油田石炭系油藏水平井开发效果	(428)
参考文献	(430)

第七篇 水平井数值模拟与物理模拟技术

第一章 水平井油藏数值模拟	(431)
第一节 绪论	(431)
第二节 油藏方程与井筒方程描述	(433)
第三节 热采水平井软件 NUMSIP-5	(439)
第四节 水平井数学模型的影响因素	(444)
第五节 水平井开采计算实例	(447)
第二章 水平井物理模拟技术的发展	(451)
第一节 水平井相似准则研究	(451)
第二节 水平井开采方法和布井方式研究	(455)
第三节 水平井开采工艺参数优选和开采前景预测	(460)
第四节 水平井流动特性研究	(472)
参考文献	(476)

第一篇 中国不同类型油(气)藏 水平井适应性筛选方法

水平井是开发油气田,提高采收率的一项重要技术。80年代以来在世界20多个产油国形成了用水平井开采油田较大的工业规模。到1995年世界上已钻成水平井11000多口。其中以美国和加拿大钻水平井数最多。水平井已成为新油田开发、老油田挖潜、提高采收率的重要技术。但目前水平井的应用主要集中在几类油藏的开发中。根据美国所钻水平井的统计,其主要目的是用来横穿多条裂缝提高开发效果的占53%,用来控制和降低油藏的气或水锥进的占33%,其它的用于水驱油藏开发和用于克服地面障碍。加拿大用水平井开发稠油取得很大的成功,1994年完成的1200口水平井中用于稠油油藏开发的占50%以上。从钻井的目的来看属于减缓气、水锥进的占48%,横穿地层裂缝的占27%。1990年以来我国水平井技术得到初步发展和应用。到1996年底已完钻水平井110多口。在开发底水油藏如塔中4油藏,稠油油藏如胜利油区乐安油田取得了成功的开发效果。对低渗透油藏、裂缝性油藏和特稠油浅层油藏也做了初步探索。

综合分析国内外水平井的状况可以看出,水平井开采技术应用于裂缝油藏和底水油藏技术上比较成熟、应用范围较大,水平井开采稠油也取得较好的经济效益。水平井的迅速发展进一步扩大了它的应用范围,多底井、多分支井和稠油单、双井辅助重力泄油等技术已在扩展和应用。但对于老油田,特别是已投入注水开发的高含水油田、低渗透油田、薄层砂岩油田及复杂断块油田等如何恰当有效地应用水平井是一个尚待研究解决的问题。本文结合我国油田的特点和目前油田开发和采油工程技术的水平对常规(非热采)油(气)藏,稠油(热采)油藏两大类油藏适应于水平井开发的标准、条件和参数进行了研究和论述,提出一套可行的筛选方法和程序,并编制了相应的软件。在“八五”期间应用这套方法和软件对国内油田进行了初步的筛选和评价,在稠油(热采)油藏和常规(非热采)油藏都取得了较满意的结果。相应地,本篇还论述了水平井采油工程技术的筛选方法和应用,结合我国油田的特点分述完井方法、举升方法、油藏改造方法、井下作业配套技术和经济评价等方面的筛选方法、程序和软件。本篇列举了不同油藏的筛选实例,用以观察和了解其应用效果和推广前景。最后应该指出的是本篇所讨论的水平井适应性筛选的标准和方法是在目前国内水平井发展的技术基础上进行的,随着水平井钻采技术的不断提高,筛选标准方法和程序将作必要的修订、完善和提高。

第一章 常规(非热采)油(气)藏水平井适应性筛选

当今水平井钻井技术发展很快,从利用一口水平井钻开一个油层到多个油层,从一个方向

的水平井到反向双水平井及分支水平井,就钻井技术而言都可以实现了,但用此技术应用到油田开发,还有许多技术难题需要解决,并不是所有的油田钻水平井都可以获得良好的经济效益。为了使水平井在油田开发中更好应用,就应对油藏进行评价和筛选。

第一节 水平井筛选的思路和原则

影响水平井成功与否,核心是三个问题。

一、油藏类型

主要是研究油藏地质参数对水平井开采的适应性,油藏能量大小对开采效果的影响。

二、当今水平井钻采技术的水平

这主要涉及到油藏的最大深度和油层的最小厚度、水平井的类型等,这个问题所确定的标准随着技术的提高是可以改变的。

三、技术经济综合评价

这主要是看用水平井开发其经济效益是否高于直井,当前不少文章报导,往往以一口水平井的初产量的经济指标是否高于一口直井的经济指标作为评价标准,这种评价方法应该说不全面的,应该立足于一个油藏来全面考察应用水平井开发在同期内累积产量的经济效益是否高于直井累积产量的经济效益。

从上述三个问题出发,由此产生的对水平井的筛选原则就是全面评价油藏的适应性、工艺技术的可行性、与直井比较的经济效益性。

第二节 水平井筛选的程序

水平井适应性筛选不同于油田开发方案设计,它是一种简捷易行的早期评价方法,从程序而言可分两个阶段,首先是粗筛选,这个阶段是着重于综合国内外经验及当前国内钻水平井技术水平对不同类型油藏及其油藏参数制定出一系列的评价指标,依据这些指标作出初步的筛选评价。一旦粗筛选通过即可进入细筛选阶段,这个阶段要对油藏进行较详细的描述,建立相应的地质模型,对水平井轨迹作初步设计,借助于油藏工程方法对水平井产量进行预测,对应用水平井开发作出技术经济的估计和评价,至此即可以完成水平井筛选的全部任务。经过评价和筛选,如果认为这类油藏可以有效地应用水平井技术,随即可以编制利用水平井开发的油藏工程设计。

一、水平井适应性粗筛选的油藏类型及其参数范围

从水平井钻井工艺技术而言,各种类型的油气藏都可以钻水平井,但考虑到经济效益和开采现有技术的难度还是有所限制。凡是渗透性较好,具有一定水驱能力的油藏,一般来说利用水平井开发是有经济效益的,裂缝性油藏利用水平井开发优于直井。低渗透气藏一般均适应于水平井开发,但低渗透封闭性油藏及岩性油藏粗筛选尚难以决定,尚需要考虑到压裂及补充能量的可行性作出经济评价才能作出判别。在高含水区用水平井开发剩余油具有极大的经济风险,因此,此类油藏在粗筛选过程中未予考虑。

1. 水平井适应的油藏类型

推荐下列七种类型油气藏可应用水平井开发:

- (1)底水油(气)藏;
- (2)气顶油藏;
- (3)底水气顶油藏;
- (4)天然裂缝油藏;
- (5)低渗透和高渗透气藏;
- (6)砂体延伸长,连通性好的砂岩油藏;
- (7)断层或地层遮挡的高角度多层油气藏。

另外,鉴于我国目前水平井发展状况,下面三种类型油气藏暂不推广应用水平井。

(1)没有经济效益的特低渗透油气藏。这类油气藏以垂直井试油、试采及测试所获得的产量来判断,即垂直井酸化压裂后,千米井深油气当量仍低于 1.0t/d 。地层系数 $Kh < 20 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2 \cdot \text{m}$ 可作为参考值。

(2)已经衰竭的低压油气藏。油藏压力只相当于原始压力的 20%,这类油气藏缺乏驱替能量,不宜用水平井开发。

(3)油藏极易坍塌出砂,并有对套管腐蚀性强的有害气体(如 H_2S)的油气藏。

2. 水平井适应的油藏参数及范围

1)油(气)藏深度 1000~4000m

一般认为浅油层(小于 1000m)打水平井不合算,技术难度大、曲率小、钻井花费大。最大适应深度为 4000m,主要考虑井下测试工具,适应的井下温度为 $120 \sim 125^\circ\text{C}$,按 $3^\circ\text{C}/100\text{m}$ 地温梯度推算所得,如果地温梯度小,预计最大深度可达 4300m。

2)油(气)层的厚度大于 6m

油(气)层厚度大于 6m,主要有以下几个原因:(1)井身轨迹的要求;(2)我国小于 6m 的薄油层多属河流相沉积,横向变化大,容易尖灭;(3)在有气顶、底水油藏中,水平井偏离油水或油气界面的垂向距离至少 4m。

3)油层厚度与 β 系数乘积小于 100m

$\beta = \sqrt{K_h/K_v}$ 反映油层各向异性。 $\beta h < 100\text{m}$ 是据美国的经验确定的,其目的一是限制油层不能太厚,二是油层垂向渗透率不能太低。因为这两个因素对水平井增产有较大影响。

二、水平井适应性细筛选的思路及步骤

上述有关油(气)藏类型及油藏参数范围可作为水平井适应性的粗筛选标准,通过了粗筛选的油气藏并不足以说明适应于钻水平井,需要进一步作技术和经济方面的综合评价,这个步骤称之为细筛选。水平井适用性的细筛选不仅是以一口水平井与一口直井作比较,而是从油气藏总体考虑,也就是说单钻一口水平井可能从经济角度看是不合算的,当整体用水平井开发,水平井可少打井,这样评价,钻水平井就有可能是合算的,这样的油藏可作为筛选对象。

为实现这一筛选思路,首先要做好油藏描述的研究工作,然后根据油藏类型及大小,设计不同水平段长度的水平井,估计油藏可钻水平井数,应用油藏工程方法或数值模拟方法,计算水平井产量并与直井相比较,最后对各方案作出经济评价及决策,这一筛选程序已编制成一套

相应的软件,按照上述步骤反复计算并加以比较,其技术思路及步骤见图 1-1-1。

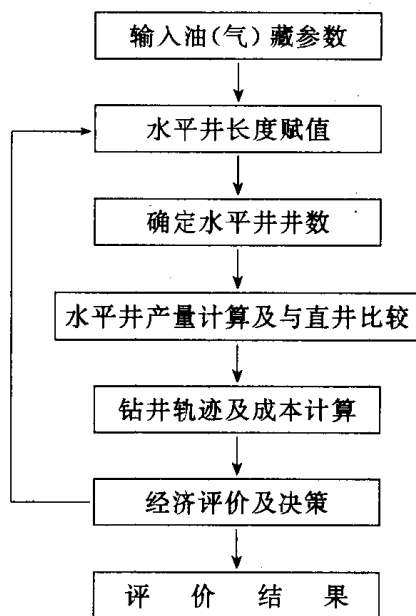


图 1-1-1 水平井细筛选框图

第三节 水平井细筛选的技术准备

一、油藏描述及地质模型

这是水平井细筛选的一项基础准备工作,它对水平井部署的方向及产量预测提供了地质基础。

大部分油藏地质是复杂的,断层、地层倾角、孔隙度、油气或油水接触面的变化都难以预测,而钻水平井的风险比直井大,所以,要求油藏描述越清楚越好,地质模型越精确越好。有下列几点最基本要求:

- (1)用三维地震及其它先进技术确定油层顶底界的确切位置。
- (2)确定断层要素及储层边界。
- (3)研究沉积相带的关系及储层连通展布状况。
- (4)搞清油(气)藏裂缝展布,地应力分布方向和大小。
- (5)精细描述油层非均质性,如层内夹层分布、水平渗透率及宏观垂向渗透率的比值变化情况。
- (6)充分利用岩心、测井、试油、测试等资料搞清流体接触关系及运动方向。储层孔、渗、饱参数;流体 PVT 性质及特殊岩心实验。

二、油(气)藏极限可采储量计算

油藏极限可采储量是油藏工程方法估算水平井累积产量的重要参数,有关计算方法及估值如下。

1. 油藏极限可采储量 N_{Rmax} 计算

按体积法计算公式为:

$$N_{Rmax} = A_{dh} \times h \times \phi \times \rho_o \times (1 - S_{wi}) \times E_{Rmax} \quad (1-1-1)$$

式中 A_{dh} ——水平井控制含油面积, m^2 ;

h ——油层厚度, m ;

ϕ ——孔隙度, 小数;

ρ_o ——原油密度, g/cm^3 ;

S_{wi} ——束缚水饱和度, 小数;

E_{Rmax} ——极限采收率, 小数。

2. 气藏极限可采储量

按体积法计算:

$$N_{Rmax} = 0.01 A_{dh} \phi S_{gi} \frac{T_{sc} p_i}{p_{sc} T Z_i} \cdot E_{Rmax} \quad (1-1-2)$$

式中 S_{gi} ——初始含气饱和度, 小数;

T_{sc}, p_{sc} ——分别是标准温度, K ; 标准压力, MPa ;

T, p_i ——分别是油藏温度, K ; 原始地层压力, MPa ;

Z_i ——原始气体偏差因子。

3. 水平井排泄面积 A_{dh} 计算

首先据同一油(气)藏垂直井试井和试采资料达到拟稳态条件时求得排泄面积 A_{dv}

$$A_{dv} = \frac{C_A r_w^2}{10.06} \exp\left(\frac{1.0856 K h \Delta p}{q B \mu} + 1.5 - 2S\right) \quad (1-1-3)$$

式中 C_A ——形状因子;

Δp ——生产压差, MPa ;

q ——油井产量, m^3/d ;

B ——体积系数, 无因次;

μ ——原油粘度, $mPa \cdot s$;

S ——表皮系数, 无因次。

垂直井折算的排泄半径为:

$$r_{ev} = (A_{dv}/\pi)^{0.5} \quad (1-1-4)$$

式中 r_{ev} ——直井折算泄油半径, m 。

如果没有关井不稳定试井资料, 一般可取

$$A_{dv} = 16 \times 10^4 m^2 \quad (1-1-5)$$

水平井的排泄面积为