

稠油开发培训教材

稠油油藏钻井技术

苗崇良 王正东 ◎主编



石油工业出版社

稠油开发培训教材

稠油油藏钻井技术

苗崇良 王正东 主编

石油工业出版社

内 容 提 要

本书较系统地介绍了稠油油藏基础知识、钻井工具、直井钻井技术、定向井钻井技术、水平井钻井技术、特殊钻井技术、固井技术及钻井事故处理和预防的内容。

本书可作为稠油油藏钻井技术人员和操作人员的培训用书，也可作为高职稠油油藏钻井技术课程的教材。

图书在版编目 (CIP) 数据

稠油油藏钻井技术/苗崇良, 王正东主编.

北京: 石油工业出版社, 2012. 5

(稠油开发培训教材)

ISBN 978-7-5021-8977-8

I. 稠…

II. ①苗… ②王…

III. 高粘度油气田-油气钻井-技术培训-教材

IV. TE249

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 046269 号

出版发行: 石油工业出版社

(北京安定门外安华里 2 区 1 号 100011)

网 址: www.petropub.com.cn

编辑部: (010) 64523574 发行部: (010) 64523620

经 销: 全国新华书店

印 刷: 北京晨旭印刷厂

2012 年 5 月第 1 版 2012 年 5 月第 1 次印刷

787×1092 毫米 开本: 1/16 印张: 15.75

字数: 282 千字

定价: 40.00 元

(如出现印装质量问题, 我社发行部负责调换)

版权所有, 翻印必究

《稠油开发培训教材》编委会

主 任：王正东

副 主 任：崔凯华 索长生

委 员：孙厚利 苗崇良 王明国 张志宝

《稠油油藏钻井技术》编写组

主 编：苗崇良 王正东

主 审：朱业耘

编写人员：盖新生 林洪义 刘先彬

黄 欢 孙晓静

前 言

我国的稠油资源十分丰富，储量大，分布广。由于稠油具有粘度高、密度大、重质组分含量高等特点，所以开发难度也较大。辽河油田作为全国最大的稠油生产基地，在多年的勘探开发中对稠油开发做了大量的科学研究和实践，形成了一套稠油开发的新工艺、新技术，积累了丰富的经验，辽河油田稠油产量和采收率不断提高，为国家经济建设做出了较大贡献。

为提高稠油开采员工队伍素质，满足员工培训及高职教学的需要，我们编写了一套稠油开发培训教材。本套教材包括《稠油开发地质基础》、《稠油油藏钻井技术》、《稠油开采技术》、《稠油井作业技术》、《稠油开采安全生产基础知识》等，不仅介绍了国内外稠油开发先进技术，而且重点突出了辽河油田稠油开发特色，具有较强的针对性和实用性。本套教材可以作为油田技术人员和操作人员的培训用书，也可作为高职院校采油、钻井、地质等专业的教材。

《稠油油藏钻井技术》是结合稠油油藏钻井特点和辽河油田稠油油藏钻井实践编写的，重点介绍了在稠油油藏勘探开发中应用的钻井工具，并眼轨迹的监测，稠油直井、定向井、水平井、侧钻井、固井、钻井事故处理和预防等钻井技术及相关钻井知识，同时，对钻井新工艺新技术也作了相应的介绍。

本书由辽河石油职业技术学院组织编写，由苗崇良、王正东任主编，辽河油田钻采工艺研究院朱业耘任主审。全书共九章，绪论由孙晓静编写，第一章、第三章、第四章、第五章由苗崇良编写，第二章由刘先彬编写，第六章由林洪义编写，第七章由黄欢编写，第八章由王正东编写，第九章由盖新生编写。

由于编者水平有限，书中难免存在错误与不当之处，恳请读者多提宝贵意见。

编 者

2011年9月

目 录

绪论	1
第一节 稠油的特点	1
第二节 我国主要稠油油藏特点和类型	2
第三节 辽河油田稠油油藏主要地质特征	4
第四节 稠油热采开发方式	6
第五节 我国稠油热采技术的发展历程	6
第六节 稠油油藏钻井技术特点	11
第一章 钻井工具	13
第一节 钻头	13
第二节 钻柱	30
第三节 定向井、水平井专用工具	52
第二章 井眼轨迹的监测	58
第一节 井眼轨迹的基本概念	58
第二节 井眼轨迹的监测仪器	65
第三节 井眼轨迹的计算方法	76
第三章 稠油油藏直井钻井技术	81
第一节 井斜的原因及规律	81
第二节 井眼轨迹的控制方法	84
第三节 稠油直井完井技术	91
第四章 稠油油藏定向井钻井技术	99
第一节 定向井的基本概念	99
第二节 定向井轨迹控制	102
第三节 扭方位	104
第四节 造斜工具的定向	109
第五节 自动导向钻井技术简介	111
第五章 稠油油藏水平井钻井技术	114
第一节 水平井的概念	114
第二节 水平井井身剖面设计	119
第三节 水平井井眼轨迹控制技术	122

第四节	水平井钻井工艺技术	126
第五节	稠油水平井完井技术	129
第六节	现场应用	137
第六章	稠油井侧钻技术	140
第一节	侧钻的概念	140
第二节	侧钻专用工具	141
第三节	套管开窗技术	145
第四节	稠油井侧钻工艺	150
第五节	稠油井侧钻完井技术	156
第七章	稠油油藏特殊钻井工艺技术简介	161
第一节	多分支井钻井技术	161
第二节	欠平衡钻井技术	181
第八章	固井技术	189
第一节	井身结构设计	189
第二节	套管及套管柱	195
第三节	油井水泥	202
第四节	下套管和注水泥	207
第五节	提高固井质量的措施	211
第六节	特殊固井技术	215
第九章	钻井事故处理和预防	220
第一节	井漏	220
第二节	卡钻	226
第三节	钻具事故与落物事故	236
参考文献		246

绪 论

我国的稠油资源十分丰富,储量大,分布广,经过 50 多年的勘探开发,已探明和发现的稠油油田有几十个,并投入了大规模的开采,形成了适应稠油勘探开发需要的先进技术和经验,稠油产量和采收率不断提高。稠油钻井和完井技术的发展为稠油开采创造了有力条件。

第一节 稠油的特点

稠油,国际上常称为重油或沥青,其突出的特点是沥青、胶质含量高,一般蜡含量少,因而原油粘度很高,流动困难,开采难度很大,过去很长时期无法开采。我国稠油的特点是胶质含量高达 20%~40%,沥青含量较少,因而和国外的重油相比,粘度高,而相对密度低。

稠油以油层条件下或油层温度下的脱气原油粘度为主,以密度为辅进行分类。粘度在 50mPa·s 以上(密度大于 0.92g/cm³)的称为稠油。其中粘度在 50~10000mPa·s(密度大于 0.92g/cm³)的称为普通稠油;粘度在 10000~50000mPa·s(密度大于 0.95g/cm³)的称为特稠油;粘度大于 50000mPa·s(密度大于 0.98g/cm³)的称为超稠油或天然沥青。我国的稠油分类标准见表 0-1。

表 0-1 我国的稠油分类标准

稠 油 分 类		主要指标		辅助指标	开采方式
名 称	类 别	粘度, mPa·s		密度 (20℃), g/cm ³	
普通稠油	I	50*(或 100)~10000		>0.92	—
	亚类	I-1	50*~150*	>0.92	可以先注水
		I-2	150*~10000	>0.92	热采



续表

稠油分类		主要指标	辅助指标	开采方式
名称	类别	粘度, mPa·s	密度 (20℃), g/cm ³	
特稠油	Ⅱ	10000~50000	>0.95	热采
超稠油(天然沥青)	Ⅲ	>50000	>0.98	热采

注:有*者指油层条件下粘度。无*者指油层温度下脱气油粘度。

第二节 我国主要稠油油藏特点和类型

一、稠油油藏的特点

我国陆上稠油油藏多数为中新生代的陆相沉积,少量为古生代的海相沉积。油藏类型多,地质条件复杂,以多层互层状组合为主,约有 1/3 的储量为厚层块状油藏。储集层以碎屑岩为主,具有高孔隙、高渗透、胶结疏松的特征。稠油与常规油常有共生关系,受到二次运移中生物降解及氧化等因素影响,在一个油气聚集带中,从凹陷中部向边缘,逐渐变稠。重质油主要分布在盆地边缘斜坡带和凸起边缘、低凸起之上或凹陷中断裂背斜带的浅层。陆相重质油,由于受成熟度较低的影响,沥青含量较低,而胶质成分含量高,因而相对密度较低,但粘度较高。目前,稠油储量最多的是东北的辽河油区,其次是东部的胜利油区,西北是新疆克拉玛依油区。储集层深度一般埋深小于 2000m,其中深度大于 800m 的稠油储量约占已探明储量的 80%,约有一半油藏的埋深在 1300~1700m。最近几年,在吐哈盆地发现稠油油藏深度达 2700~3200m。

二、稠油油藏的类型

稠油油藏类型,应根据稠油油藏开发的特点、影响注蒸汽开发效果及经济效益的主要地质因素来分类,即油藏储层特性、油层发育情况、油层厚度、油层岩性及物性、油藏埋深、原油分类、油藏构造形态、油气及油水接触关系等。在宏观上稠油油藏划分为常规稠油油藏与热采稠油油藏两大类型。

我国已探明并已投入热采开发的稠油油藏可以大体分为以下十类。

(一) 深层气顶、巨厚块状稠油油藏

这类油藏以辽河高升油田莲花油层为代表。其具有统一的油水界面、统一的油气界面,储层(厚度大于 30m)物性较好,属高孔隙、高渗透油层。油层孔隙度一般大于 20%~30%,渗透率一般大于 $1\sim 3\mu\text{m}^2$,泥质含量一般小于 10%,油层内部一般没有稳定的泥岩夹层。油藏埋藏深(1540~1700m),原油性质属普通稠油。

(二) 边底水块状稠油油藏

这类油藏以辽河曙光油田曙 175 块大凌河油层、胜利单家寺油田单 2 块沙河街组油层为代表。这类油藏储层具有与气顶、巨厚块状稠油油藏相似的特性。其差别在于底水厚度大,水体体积大,水体体积一般为油体体积的 8~10 倍以上。在开采过程中,边底水较活跃对注蒸汽开发有着重要的影响。

(三) 多油组厚互层边水稠油油藏

这类油藏的代表是辽河欢喜岭稠油油藏锦 45 块。其显著的特点是油层总厚度在平面上变化不大(20~40m),油层中具有分布范围大、发育稳定的隔层和夹层,油层多,单层厚度较大,有边水存在并受构造的控制。

(四) 多油组薄互层状稠油油藏

该类油藏主要是辽河曙光油田一区杜家台油层,以杜 66 块及杜 48 块为代表。这类油藏油层层数多,单层厚度小,净总厚度比小(一般在 0.3~0.6),油层物性差,其与多油组厚互层边水稠油油藏具有相似的地质特点。

(五) 深层中厚互层稠油油藏

这类油藏没有气顶或边底水层,油层厚度适中,油层物性较好,油层净总厚度比较大,深度 1000m 左右,属普通稠油油藏,是中国稠油油藏中最适宜于注蒸汽开采的油藏。其典型代表是辽河欢喜岭油区的齐 40 块稠油油藏。

(六) 砂砾岩特稠油油藏

这类油藏的突出地质特点是储层岩性、物性特殊,疏松砂岩中砾石含量高,砾径大,甚至是卵石状,非均质性极严重,而且原油粘度高,属特稠油。这类油藏注蒸汽开发具有风险性。典型代表是胜利乐安砂砾岩特稠油油田。

(七) 浅层单砂体层状稠油油藏

这类油藏以新疆克拉玛依油田九区及红山嘴油藏为典型代表,一般油层厚



度在 10~20m,油层单一,油层段集中,构造相对简单,隔层和夹层不发育,但油层内夹有泥岩条带和岩性夹层,油层集中段净总厚度比一般大于 0.5,油层物性的好坏,往往与沉积相带有关,非均质较严重,油藏天然能量小。油藏埋深较浅,仅 120~420m。这类油藏多为分流平原河流相沉积,河床相为一套以含砾砂岩、中粗砂岩为主的碎屑沉积,分布稳定,是储油的最有利相带。

(八)浅层薄层稠油油藏

这类油藏以河南井楼稠油油藏为代表。储层为一套含砾细砂岩和粉砂岩,胶结疏松,物性好。油层浅(小于 450m),厚度薄(仅 5m 左右),原油粘度高,有普通稠油及特稠油,按常规注蒸汽开采有经济风险。但经过实践,油藏已经经济有效地投入开发。

(九)浅层层状超稠油油藏

新疆克拉玛依油区西北缘风城地区有丰富的天然沥青,即超稠油资源。其油层埋藏浅,原油粘度非常高,在油层温度(20℃)下,原油粘度高达 $20 \times 10^4 \sim 500 \times 10^4 \text{ mPa} \cdot \text{s}$,在油层中呈固态。油层分布广,储量大。已探明及控制储量在 $1 \times 10^8 \text{ t}$ 以上,1983 年以来曾三次试验用蒸汽吞吐方法开采,未获成功。

(十)深层块状超稠油油藏

辽河油田超稠油资源较丰富,主要分布在西部凹陷西部斜坡的千 12 块、齐 40 块及曙光油田曙一区,含油层系主要是新近系馆陶组,古近系沙河街组沙一、二段兴隆台油层,其中曙一区兴隆台超稠油油藏是主要区块,也是典型代表。

第三节 辽河油田稠油油藏主要地质特征

辽河油区的稠油油藏在 20 世纪 70 年代初期被发现。从 1982 年开始,在高升油田试验蒸汽吞吐技术成功,1985 年以后蒸汽吞吐技术得到全面发展,相继以蒸汽吞吐方式开发了高升油田二、三区,曙光油田杜 66 块、杜 48 块、杜 212 块,欢喜岭油田锦 45 块、欢 17 块、锦 7 块、齐 40 块、欢 127 块、锦 25 块、齐 108 块、千 12 块,小洼油田洼 38 块等 13 个储量在 $1000 \times 10^4 \sim 10000 \times 10^4 \text{ t}$ 区块,带来了稠油开发规模和产量的大发现。此外,自 1988 年以来,又先后开辟了 4 个蒸汽驱先导试验区。1995 年热采产量 $676.5 \times 10^4 \text{ t}$ 。

辽河盆地纵向上共发育了 10 套稠油含油层系,自下而上依次为:中上元古界的大红峪组,古近系沙河街组的牛心坨、高升、杜家台、莲花、大凌河、兴隆台和于楼油层,东营组的马圈子油层和馆陶组的绕阳河油层。平面上主要集中分布在西部凹陷西部斜坡带,由北向南依次为牛心坨、高升、曙光和欢喜岭油田;其次是西部凹陷东部陡坡带和中央隆起南部倾没带,由西北向南东为冷家、小洼和海外河油田;另外还有东部凹陷的茨榆坨油田。

概括起来,辽河稠油油藏普遍具有以下四个基本地质特征:

(1)油藏埋深和厚度变化大。

在辽河油区稠油油藏中,油层埋深变化很大,最浅为 600m,最深达 2400m,一般在 700~1300m 之间。一般含油井段为 60~170m,油层有效厚度一般为 15~60m,净总厚度比为 30%~70%。

(2)储层物性相对较好。

辽河油区的稠油油藏主要由扇三角洲和浊积沉积两种砂体构成,前者如杜 66 块、锦 45 块、齐 40 块,后者如曙 175 块。它们多为砾状砂岩和含砾不等砂岩,分选较差,砂、泥、砾混杂,渗透率较高,一般在 $0.5 \sim 2.0 \mu\text{m}^2$ 之间,属中高渗透储层,非均质严重,孔隙度 20%~35%,具有“大孔、细喉、孔喉分布不均匀”的特征,平均孔宽 20~100 μm 。

(3)原油物性差,具有“密度高、粘度大、胶质沥青含量高”的特点。

从已开发油田矿场资料分析可见,地层条件下脱气原油粘度一般为 500~30000mPa·s,有的油藏达到 50000mPa·s 以上,原油密度 0.93~0.99g/cm³,最高达 1.0g/cm³,胶质沥青含量 25%~45%,最高达 54%。

(4)多种油藏类型并存。

从油气水分布规律上看,由于断层、构造和岩性的影响,形成了异常复杂的油气水分布特征,平面上油气水均有分布,纵向上发育了多套油气水组合,存在着纯油藏、气顶边水油藏、底水油藏等;从原油性质上看,存在着普通稠油、特稠油和超稠油;从圈内类型和储层性质上看,存在着构造油藏、地层岩性油藏、混合油藏和古潜山油藏等。

总之,辽河油区的稠油油藏类型繁多,按照油藏埋深,可分为中深层、深层、特深层和超深层四种类型;按照储层厚度,可分为深—厚互层状、中—厚互层状和薄—中互层状三种类型;按照原油性质,可分为普通稠油、特稠油和超稠油三种类型;按照油气水分布,可分为纯油藏、边水油藏、底水油藏和气顶底水油藏四种类型。



第四节 稠油热采开发方式

一、普通稠油

普通稠油常用开发方式包括蒸汽吞吐+蒸汽驱开发方式、蒸汽吞吐+热水驱开发方式、蒸汽吞吐+热水加氮气、泡沫剂驱开发方式、蒸汽吞吐+热水加化学剂驱开发方式、蒸汽吞吐开采开发方式等。

目前我国大多数热采稠油油藏已处在蒸汽吞吐开采中后期。今后提高采收率、接替产量的方式主要是进行二次热采。二次热采开发方式应在蒸汽吞吐开采之后,采用蒸汽驱、热水驱、热水氮气泡沫驱、热水化学剂驱、水平井蒸汽辅助重力驱(SAGD)等几种方式。而且,随着工艺水平的提高,只能采用蒸汽吞吐开发方式的油藏将越来越少,所占比例降低。

二、特稠油

特稠油主要开发方式包括常规直井蒸汽吞吐开发方式、常规直井蒸汽吞吐+蒸汽驱开发方式、直井蒸汽吞吐+水平井热采开发方式、水平井与直井方式结合热采开发方式等。

三、超稠油

对于超稠油的开采国内已进行过直井蒸汽吞吐开采现场试验,经济效果很差,开采难度极大,不是发展方向。多种水平井热采方式,包括水平井与水平井组合的 SAGD、水平井与直井组合的 SAGD 等热采方式,已开始研究、试验和应用,将是发展方向。

第五节 我国稠油热采技术的发展历程

1958 年,在我国新疆准噶尔盆地西北缘断阶带发现浅层稠油带。1965 年开始,在黑油山浅油层进行了几口油井的蒸汽吞吐开采试验。截至 1980 年底,共

进行了 47 井次吞吐作业,拉开了我国稠油热采的序幕。

1966 年至 1967 年,在克拉玛依油田、胜利胜坨油田及吉林扶余油田开展了三个火烧油层先导试验。

1978 年,在我国东部辽河油区发现了高升稠油油田。以深层稠油为主要对象,进行科学研究,引进了美国、加拿大等国部分先进的设备,依靠我国自己的技术,从而开始了我国稠油开发技术的崭新的发展时期。

从 1980 年至今,我国稠油开发技术的发展大致经历了三个阶段,注蒸汽热采技术得到了飞速的发展,蒸汽吞吐开采技术已全面配套,蒸汽驱开采技术已进入工业性试验,稠油产量逐年大幅度上升。

三个发展阶段:从 1980 年到 1985 年,以稠油蒸汽吞吐开采技术为重点;从 1986 年到 1990 年,以稠油蒸汽吞吐技术推广应用与稠油蒸汽驱先导试验为重点;从 1991 年到 1995 年,以改善蒸汽吞吐及蒸汽驱开采效果为重点,连续进行了技术攻关。前两个阶段,稠油蒸汽吞吐开采技术及稠油蒸汽驱先导试验都分别作为“六五”及“七五”国家技术攻关项目,由中国石油天然气总公司统一组织协调,辽河、新疆、胜利、河南油田及中国石油天然气总公司北京石油勘探开发科学研究院等单位,进行了卓有成效的开创性科学研究及现场热采工艺技术的配套完善,并获得了重大科技成果奖。

1982 年辽河油田在深井注蒸汽关键技术研究的基础上,采用国产隔热油管,首次在高升油田深度 1600m 的 7 口油井蒸汽吞吐试验成功,当年热采产量 $1.2 \times 10^4 \text{t}$,成为我国稠油热采技术发展的新起点。1984 年完成了我国第一个整装深层大油田——高升油田的注蒸汽开发设计方案,并投入实施取得了成功,年产量达到 $100 \times 10^4 \text{t}$ 。由于深井蒸汽吞吐开采技术的重大突破,蒸汽吞吐开采增产幅度大,第一周期单井产量由几吨或不出油剧增到 50t/d 以上,少数油井甚至达到 80t/d 以上。因而该技术很快推广应用到曙光、欢喜岭等稠油油田,辽河油区 1995 年热采产量增至 $676 \times 10^4 \text{t}$,占全国热采产量的 61.5%。新疆克拉玛依油田发展浅层稠油、特稠油热采技术,1986 年新疆完成了整装的九区稠油油田的热采开发方案设计并投入实施,1995 年热采产量增至 $194.5 \times 10^4 \text{t}$ 。胜利油田针对地质条件复杂的具有厚层块状、边底水特点的单家寺稠油油田,进行热采技术配套攻关,接着又注蒸汽开发了砾石砂岩储层的乐安稠油油田,1995 年热采产量达到 $208 \times 10^4 \text{t}$ 。河南南阳油田从 1987 年开始采用注蒸汽热采技术,1995 年热采产量保持在 $17.7 \times 10^4 \text{t}$ 。到 1995 年,全国热采油井 8142 口,热采产量 $1100 \times 10^4 \text{t}$,另外还有常规开采产量 $198 \times 10^4 \text{t}$,总计稠油产量 $1298 \times 10^4 \text{t}$ 。



目前,辽河油田蒸汽驱、SAGD 获得全面成功。齐 40 块蒸汽驱工业化进展顺利,150 个井组全部转驱后,最高年产量达到 $93.8 \times 10^4 \text{t}$,提高采收率 25.9%,最终采收率可达 58.3%。

2005 年 3 月在杜 84 块开始 SAGD 先导试验;2006 年 10 月,该项目作为中国石油天然气股份有限公司(以下简称股份公司)十大先导试验项目通过股份公司专家组验收;2006 年 11 月,编制完成《曙一区超稠油 SAGD 开发建设规划部署方案》,共部署 109 个井组。目前已转 SAGD 开发 11 个井组,产油 580t/d,平均单井产油 53t/d,累计产油 $31.5 \times 10^4 \text{t}$ 。馆陶先导试验区 4 个井组平均单井产油 85t/d,这标志着 SAGD 先导试验获得全面成功。杜 84 块超稠油 SAGD 工业化试验效果进一步扩大,为工业化生产打下了基础。

我国稠油开采技术发展较快,主要取得了以下成就:

(1)油藏描述技术有新的发展。

针对我国稠油油藏类型多、地质条件复杂的特点,油藏开发部署及其综合调整措施,依赖于对油藏的深化研究。近几年油藏精细描述有新的进展,主要是应用三维地震、测井、岩心分析以及动态监测资料,重建主要油藏地质模型,确定储层空间分布,深入研究储层纵向及平面特性变化,综合分析在目前开发系统下,储量动用状况及剩余油分布特点,针对存在的问题,提出决策部署。例如,胜利乐安油田水平井开采稠油技术的成功,辽河冷家堡复杂砂砾岩稠油油藏开发指标与方案相吻合,辽河、新疆、胜利针对不同开发单元所进行的有效综合调理,均是充分发挥油藏精细描述重要作用的结果。

(2)热采数值模拟(简称数模)及物理模拟(简称物模)技术。

这两项技术(简称“双模”技术)在稠油开发中发挥了重要作用,近几年又有新的提高。在新油藏的开发设计方案中广泛采用“双模”技术,优化井网井距、开发方式及注采工艺参数。对已投入开发的油藏,在注蒸汽开采过程中,新疆、胜利、河南、辽河油田应用数模,进行跟踪研究做了大量工作,提出了许多调控措施,对不断改善开发效果发挥了重要作用。

(3)采用水平井热采技术开发特稠油及超稠油取得了重要成果。

应用数模、物模对 SAGD 技术开采超稠油做了大量深入研究,辽河油田开展现场试验并获得成功。而且,这几年应用数模、物模手段进行水平井优化设计,注采参数优选,现场实施后取得了较好的效果。

(4)深井井筒隔热及保护套管技术。

三型隔热油管已成批制造,已在 300~1700m 的注汽井中广泛应用。尤其金属密封耐热封隔器是辽河油田的重大发明。它耐温高达 350℃,耐压力

差 17MPa,可以在一口井中下入 2~3 个封隔器进行分层注汽。它的使用成功率、耐久性 & 可靠性都比其他类型的耐热封隔器优越,尤其适用于深井蒸汽驱。

(5) 预应力套管完井技术。

预应力套管完井技术广泛地用于 400~1700m 深度的油井。实践证明这是保护套管的最经济的方法。

(6) 稠油井防砂工艺技术不断发展,适应不同出砂类型油藏。

在稠油油区广泛采用了先期砾石填充绕丝衬管防砂及套管内砾石填充绕丝衬管防砂技术。各油田近几年又不断研究开发多种机械和化学防砂工艺技术,并在现场广泛使用。胜利油田研制了高温陶瓷管防砂,高温双层预充填筛管防砂,金属棉滤砂管防砂,高温涂层砾石防砂、复合防砂;辽河油田继 1992 年推出高温固砂剂后,近期又研究了整体烧结金属纤维筛管防砂。新技术应用突出了防砂效果,注重了施工简便。针对不同类型出砂油井,已有各种防砂技术十种之多。

(7) 分层注汽及调剖工艺。

针对多油组互层状油藏吸汽不均、油层纵向动用差的问题,在吸汽剖面测试基础上,辽河油田开发应用了封隔器分层注汽和投球选择性注汽工艺,配套了五种管柱结构,研制成功了耐热压差式封隔器,可根据需要封上注下、封下注上、封两端注中部。选择性注汽是利用耐高温封堵球,随蒸汽进入强吸汽层部位,以达到封堵作用。此项技术现场施工 300 多井次,平均单井周期增油 400t,累计增油 13×10^4 t,达到了调整吸汽剖面,提高蒸汽吞吐效果。

(8) 应用各种化学制剂助排、解堵、降粘增产技术,提高油井产能。

针对多轮次蒸汽吞吐、周期产液量下降、地下存水增加、吞吐效果变差的问题,开展了应用多种化学剂提高排液量的室内筛选、试验和现场应用。辽河油田研制开发的高温防破乳、磺酸盐、薄膜扩散剂、氮气加磺酸盐和解堵剂,大量应用于生产中。河南油田采用热化学解堵和注木质素、表面活性剂、HF-280 添加剂等项工艺,提高稠油产量。胜利、新疆油田也都针对本油田问题,研制了不同粘土防膨胀剂、助排剂和降粘剂,取得了好效果。

(9) 稠油热采油井机械采油技术。

稠油热采油井机械采油技术用于稠油热采油井的长冲程链条抽油机(5~8m)、12-16 型游梁式抽油机(5m)及新型直线式节能抽油机(5~8m,节电 50%),已基本满足深井及举液量大的需求。适用于稠油热采井的各种特种深井



泵,如注采一次管柱泵、液力反馈泵、阀式强制开关泵、环流泵、防砂泵、防气泵等已形成系列。高强度抽油杆已配套应用。

新开发的空心抽油杆柱中热水循环及电缆加热技术,可以使高粘度稠油或高凝原油生产井井筒加热降粘,这项新技术已在数百口油井推广应用,取得良好效果。

(10)水平井热采技术有了突破性发展。

在油藏工程研究、数值模拟、三维相似物理模拟、钻井工程及采油工程等方面进行了大量研究工作,目前都已进入工业化应用阶段。由于钻井、完井、注采工艺技术的日趋成熟,拓宽了稠油热采应用范围,为开发方式多样化、为动用各类难度较大的地质储量创造了条件。

(11)稠油集输、计量、脱水处理及输送技术。

稠油集输、处理全密闭工艺技术已广泛应用,取得了显著成绩。

(12)稠油热采动态监测技术取得了可喜的进步。

新疆、南阳、辽河和胜利四个油田使用了 TPS-9000 型测井仪和热电偶测试技术以及高温测试仪,可同时测定注汽井温度、压力、流量、干度。通过对测试资料的综合分析,深化了对油藏的认识。四个油田监测技术已初步形成一定的规模,对提高稠油热采水平,将发挥重要作用。

(13)侧钻技术的发展,为提高稠油开采效果开辟了新的途径。

1992 年以来辽河、胜利、新疆油田在引进了部分关键侧钻工具的基础上,逐步完善配套开窗侧钻和截断磨铣侧钻工艺技术,在恢复下部套管损坏油井产能、完善井网和动用含油饱和度较高的层段等方面效果明显,广泛应用于生产。

(14)丛式定向井及水平井钻井技术。

在辽河及胜利油区的稠油油田已广泛采用丛式定向井钻井及蒸汽吞吐采油,取得了良好效果。

(15)蒸汽驱、SAGD 配套技术实现五个方面重大突破。

创建稠油中深层蒸汽辅助重力泄油开发新理论;创立蒸汽驱、SAGD 的油藏工程新方法,设计了直井与水平井组合的井网;突破了深层高干度注汽技术;突破了高温(260℃)大排量(550t/d)举升技术;突破了高温密闭集输技术、热能综合利用技术、污水循环综合利用技术。

综上所述,辽河油田、克拉玛依油田及胜利油田,为全面开展本油区稠油油藏热采科学技术研究、各类油田开发方案设计、钻井、采油及地面工程技术配套