



中国知识产权研究会◎编

各行业专利技术 现状及其发展趋势报告 (2014—2015)

CEHANGYE ZHUANLI JISHU XIANZHUANG
JIQI FAZHAN QUSHI BAOGAO (2014—2015)



知识产权出版社

北京·西便门大街2号

各行业专利技术 现状及其发展趋势报告 (2014—2015)

CEHANGYE ZHUANLI JISHU XIANZHUANG
JIQI FAZHAN QUSHI BAOGAO (2014—2015)



知识产权出版社

全国百佳图书出版单位

图书在版编目 (CIP) 数据

各行业专利技术现状及其发展趋势报告, 2014—2015/
中国知识产权研究会编. —北京: 知识产权出版社, 2015. 2
ISBN 978-7-5130-3235-3

I. ①各… II. ①中… III. ①专利—技术发展—研究
报告—中国—2014—2015 IV. ①G306. 72

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 285390 号

内容提要

本书以稠油开采等 15 个领域的专利数据分析为基础, 通过对国内外专利数据库的检索和分析, 全面地阐述了相关技术领域内专利申请和保护的状况, 同时针对重点技术的竞争情况给出了明晰的结论, 并对相关技术的发展趋势进行了预测。

本书紧扣国家发展规划涉及的重点领域和新兴产业, 提出了我国相关产业技术创新和专利保护的战略方向与发展重点, 研究成果对企业技术发展方向和政府部门政策决策具有一定的参考价值。

责任编辑: 纪萍萍

责任校对: 谷 洋

责任出版: 刘译文

各行业专利技术现状及其发展趋势报告 (2014—2015)

中国知识产权研究会 编

出版发行: 知识产权出版社有限责任公司

网 址: <http://www.ipph.cn>

社 址: 北京市海淀区马甸南村 1 号

邮 编: 100088

责编电话: 010-82000860 转 8387

责编邮箱: jpp99@126.com

发行电话: 010-82000860 转 8101/8102

发行传真: 010-82000893/82005070/82000270

印 刷: 北京中献拓方科技发展有限公司

经 销: 各大网上书店、新华书店及相关专业书店

开 本: 787mm×1092mm 1/16

印 张: 36.75

版 次: 2015 年 2 月第 1 版

印 次: 2015 年 2 月第 1 次印刷

字 数: 759 千字

定 价: 98.00 元

ISBN 978-7-5130-3235-3

出版权专有 侵权必究

如有印装质量问题, 本社负责调换。

编 委 会

主 任 申长雨

副主任 贺 化 杨铁军 甘绍宁 廖 涛
张茂于 徐治江 徐 聪

主 编 张云才

编 委 (按姓氏笔画排序)

卜 方	马秀山	王岚涛	王 澄
刘志会	毕 囡	宋建华	李永红
陈 伟	郑慧芬	崔伯雄	黄 庆
龚亚麟	焦 刚	葛 树	韩秀成

执 编 张健佳

序 言

当前我国正处于经济转型升级的关键阶段，党中央、国务院把实施创新驱动发展战略提到了前所未有的高度。知识产权作为创新驱动发展的重要支撑和保障，面临着难得的发展机遇，也面临着艰巨的发展任务。知识产权与经济社会发展的紧密融合，必将进一步激发创新驱动发展的内生动力和活力，因此加强知识产权工作已成为国家经济社会发展的内在要求。围绕经济社会发展需要，国家知识产权局正在深入实施知识产权战略，谋划和推进知识产权强国建设，不断强化知识产权工作链条，实现更高水平的创造、运用、保护、管理和服务，进一步把知识产权工作做深、做细、做实、做专、做强。

中国知识产权研究会秉承“服务社会，服务创新主体”的理念，自2003年，组织开展各行业专利技术现状及其发展趋势的研究工作，通过对国内外有关专利信息数据的深度挖掘、整理和科学分析，对技术发展趋势做出预测，对行业的发展方向提出合理建议，在此基础上形成了《各行业专利技术现状及其发展趋势报告》系列丛书，及时向社会提供专业、高效的专利信息服务。

这一次，《各行业专利技术现状及其发展趋势报告（2014—2015）》向读者奉献出了新的研究成果。本报告集中了新能源、新材料、互联网、生物医药等行业和领域的15篇技术评价与预测分析报告，希望对创新主体的研发工作、知识产权战略的实施以及管理部门制定行业规划起到有益的参考和借鉴作用，促进相关行业更好更快发展，推动经济提质增效升级。

国家知识产权局局长



二〇一五年一月

目 录

1. 稠油开采关键技术现状及其发展趋势 ... 严律 王跃庭 刘琼 许可 李全晓	1
2. 电动汽车再生制动能量回收专利技术现状及其发展趋势 尚颖 张虹 牛跃文 于晓唤 孙雪	65
3. 感应加热领域中国专利技术现状及其发展趋势 胡潇 薛霏 罗文辉 陈洁 常莎莎	99
4. 医学图像三维重构专利技术现状及其发展趋势 陶玲 孙蕾 姚天宇 孙泽竑 李芳	128
5. 无线智能照明控制系统专利技术现状及其发展趋势 刘世茹 蔡国利 耿文慧 黄慧 喻文芳	168
6. 裸眼 3D 显示技术专利现状及其发展趋势 李靖 马辉 严佳琳 姚楠 王旻	207
7. 织物液体洗涤剂专利技术现状及其发展趋势 官宝珉 郑红蕾 赵小凌 雷耀龙 陈伊诺 刘开建 李凤云 梁敬臣 董丽雯	246
8. 含有聚硅氧烷的洗护发专利技术现状及其发展趋势 郭亦欣 陶可鑫 王荧 陈矛 韦轶 林瀚云 张祥瑞 孙镜沂	287
9. PM2.5 防护口罩专利技术及其发展趋势	冯璐 沈琰 冯洁 330
10. 液体肥料专利技术现状及其发展趋势	靖瑞 余爱丽 田瑞增 357
11. 生物传感器的技术发展研究	王晓媛 杨冀川 黄斌 392
12. 数码相机防抖专利技术现状及其发展趋势	聂泽锋 刘经凤 刘伟 441
13. 垃圾焚烧技术专利状况分析	顾晓燕 段晓宁 李凯 倪建民 杨斐 470
14. 太阳能热泵专利技术现状及其发展趋势 张旭 刘怀涛 巩建华 李玉红 郝荣荣	492
15. 双离合变速器专利技术现状及其发展趋势 袁泉 贺博 王晓宁 郑慧莹 刘杨洋 陈佶	523

稠油开采关键技术现状及其发展趋势

严律 王跃庭^① 刘琼 许可 李全晓

(国家知识产权局专利局机械发明审查部)

一、引言

稠油是世界经济发展的重要资源,其储量为4000亿~6000亿 m^3 。我国也拥有丰富的稠油资源,据不完全统计,探明和控制储量已达16亿t,重点分布在胜利、辽河、新疆、河南等油田。稠油油藏具有埋藏深、压力高、黏度大等特点,被称为“不能流动的石油”,是世界公认的原油开采难题。稠油集中了原油中70%左右的硫和90%左右的氮,稠油中占总量约70%的较轻部分,是采用当前技术可以转化的部分,但如何实现高效转化仍很困难。以前,蒸汽吞吐是稠油热采的主要方式,即把水加热成蒸汽后,通过注气锅炉注入地层。经过几天“焖井”,让蒸汽扩散,稠油遇热变软变稀后开井抽油。但是经过一段时间后,稠油黏度又开始变大,逐渐恢复到原状。于是新一轮的注气→焖井→采油又开始了。从生产原理上看,经过多轮次的蒸汽吞吐开发后,稠油油藏进入高含水、多轮次深度开发阶段,产量开始递减,经济效益变差。目前,我国的稠油开采大都面临这样的状况。因此,我国已成熟的稠油蒸汽吞吐技术,不能满足老油田大幅度提高采收率的需要。

在世界范围内,荷兰、美国、俄罗斯、加拿大等国家的多个大型石油开采巨头企业均在稠油开采领域有着很深的研究,在专利申请上已经具有一定的优势,而由于我国的稠油资源也相对丰富,对稠油开采技术也有着迫切的需求,因此,对矿井安全及救生专利技术现状及其发展趋势做进一步研究,已是迫在眉睫。

本报告由国家知识产权局专利局机械发明审查部承担完成,报告以热采领域、冷采领域以及二者细分领域的专利数据分析为基础,通过对该技术领域国内外专利数据库的检索和分析,对相关技术领域专利申请和保护状况,以及重点技术和主要申请人的竞争情况作出了较明确的结论,并预测了相关技术的发展趋势。在总结主要研究结论的基础上,报告提出了企业研发的重点,并对知识产权风险进行了分析,最后借鉴

① 王跃庭等同于第一作者。

国外稠油开采技术普及推广的经验，为政府部门决策和企业安全生产提出了技术和政策建议。

本报告对于我国政府安全生产决策部门制定或修改稠油开采技术领域的标准、促进稠油资源的充分利用、帮助我国油田开采企业规避使用矿井安全设备的知识产权风险、切实保障职工生命和国家财产安全，以及提高其运用自主知识产权的能力等方面均有一定的参考和指导作用。

二、稠油开采技术现状

(一) 稠油概况

稠油是一种高黏度、高密度的原油，成分相当复杂，一般都含有沥青质、胶质成分，是石油烃类能源中的重要组成成分，国外将重油和沥青砂油统称为重质原油 (heavy oil)，其特点如下：

稠油中的胶质与沥青含量高，轻质馏分很少。而且随着胶质和沥青质含量增高，稠油的相对密度和黏度也相应增加。

稠油的黏度对于温度特别敏感，随着温度的增加，黏度急剧下降。且原油黏度越大，这种变化越明显。

稠油中硫、氧、氮等杂原子较多。

稠油中石蜡含量一般较低，但也有极少数油田是“双高油田”，即沥青质含量高、石蜡含量也高，表征为高黏度、高凝点原油。

同一稠油油藏，原油性质在垂向油层的不同井段及平面上各井之间常常有很大的差别。

国内外稠油的分类标准不一致，一般用黏度 μ 、密度 ρ 、重度 API 表示。稠油分类不仅直接关系到油藏类型划分与评价，也关系到稠油油藏开采方式的选择及其开采潜力。联合国培训研究署 (UNITAR) 推荐的重油分类标准见表 1。

表 1 UNITAR 推荐的分类标准

分类	第一指标	第二指标	
	黏度 (MPa · s) 60 μ	(5.6℃) 相对密度 60 μ	(5.6℃) 重度, °API
重质油	100~10 000	0.934~1.000	10~20
沥青	>10 000	>1.000	<10

我国稠油沥青质含量低，胶质含量高，金属含量低，稠油黏度偏高，相对密度则较低。

世界上稠油资源极为丰富，其地质储量远远超过常规原油储量。据统计，世界上

已证实的常规原油地质储量约为 4200 亿 t, 而稠油(包括沥青)油藏地质储量高达 155 500 亿 t。稠油资源丰富的国家有加拿大、委内瑞拉、美国、苏联、中国、印度尼西亚等。稠油在世界油气资源中占有较大的比例。据统计, 世界稠油、超稠油和天然沥青的储量约占世界原油和天然气总储量的 71.4%。

我国的稠油储量丰富, 稠油年产量约占原油总产量的 10%, 根据中国第二次全国资源评价资料, 稠油资源量约有 198.7 亿 t。我国稠油资源分布很广, 储量丰富, 陆上稠油、沥青资源占石油总资源量的 20% 以上。目前已在松辽盆地、渤海湾盆地、准噶尔盆地、南襄盆地、二连盆地等 15 个大中型含油盆地和地区发现了 70 多个稠油油藏。稠油开采具有很大的潜力, 而且随着轻质油开采储量的减少, 21 世纪开采稠油所占的比重将会不断增大。

(二) 稠油开采技术分类

稠油是石油资源的重要组成部分, 随着稠油开采技术的日臻成熟, 稠油油藏的勘探越来越受到重视。稠油一般是指黏度高、密度大、胶质和沥青质含量较高的重质原油, 即高黏度重质原油, 一般含蜡量较少, 因而原油黏度较高, 流动阻力较大, 开采难度大。

针对稠油油藏的特点, 常规的开采技术很难采出。因此要采取一些特殊的工艺措施, 现将稠油开采技术依据开采方式的不同分为三个大的方面: 稠油冷采技术、稠油热采技术和复合开采技术。

热采也就是热力采油, 其主要通过一些工艺措施使油层温度升高, 降低稠油年度, 使稠油易于流动, 从而将稠油采出。其主要方法有蒸汽注入、电加热、蒸汽辅助重力泄油、火烧油层以及热水驱等其他热采技术。

冷采是指无供热条件下, 利用某种施工技术和特殊的抽油设备积极开采稠油的方法。其主要方法包括: 出砂冷采、气驱、水驱、化学降黏以及其他冷采技术。而复合开采技术则是指在开采过程中, 应用多种开采技术。

由于单一技术对处于开采后期的稠油油藏效果非常有限, 复合开采稠油油藏成为了近年来开发稠油油藏的主要发展方向。目前开采较多的复合开采稠油技术主要有降黏剂+蒸汽吞吐开采稠油技术等。这些技术提供了更好的稠油高效开采的技术支持, 提高了稠油油藏的采收率。

稠油开采技术的分类体系如图 1 所示。

(三) 稠油开采技术简介

1. 热采

蒸汽注入开采方法包括蒸汽吞吐和蒸汽驱两种方法。蒸汽吞吐是一种相对简单和成熟的注蒸汽开采稠油的技术, 它的机理主要是加热近井地带原油, 使之黏度降低, 当生产压力下降时, 为地层束缚水和蒸汽的闪蒸提供气体驱动力。

蒸汽驱是目前大规模工业化应用的热采技术, 它的机理主要是降低稠油黏度, 提

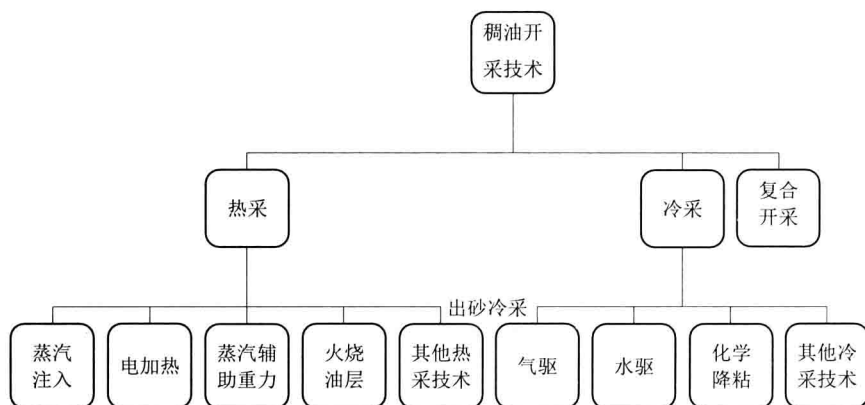


图1 稠油开采技术的分类体系

高原油的流度。蒸汽相不仅由水蒸气组成，同时也含烃气与蒸汽一起凝结，驱替并稀释前缘原油，从而留下较少的但较重的残余油。

蒸汽辅助重力泄油的基本原理是把热传导和流体热对流相结合，将加热蒸汽作为热源来加热地层原油，蒸汽腔中的蒸汽垂向和侧面不断扩展，当垂向的扩展受到油层顶部的限制时，蒸汽腔开始只有侧面扩展，被加热的原油和凝析液在重力的作用下流向位于油层下方的水平井生产井而采出。蒸汽辅助重力泄油（SAGD）技术作为开发超稠油的一项前沿技术，能获得很高的采收率，通常可以达到70%，日益受到人们的重视。

火烧油层是利用各种点火方式把注气井的油层点燃，并继续向油层中注入氧化剂（空气或氧气）助燃形成移动的燃烧前缘（又称燃烧带）。在高温下地层束缚水、注入水蒸发，裂解生成的氢气与注入的氧气合成水蒸气，携带大量的热量传递给前方的油层，把原油驱向生产井。

其他热采技术主要包括热水驱等，热水驱的作用机理主要是两方面：一是热水将能量传给地层油，使其温度升高，从而降低黏度；二是可以补充地层能量，将原油驱替至井底。

2. 出砂冷采

出砂冷采指的是在没有人工能量补充的条件下，依靠天然能量，并通过调节压差使地层达到出砂，同时又保持地层骨架不被破坏，从而大幅度改善地层的渗透率，提高产量的一种方法。

依据注气类型，气驱被分为烃类混相驱、氮气驱和二氧化碳驱、烟道气驱和空气驱五类。注二氧化碳气体提高采收率技术已有几十年的历史。从1950年起，许多国家在实验室和现场均对注二氧化碳提高采收率方法进行了大规模的研究。而注烟道气

方法是将稠油热采的锅炉烟道气经过处理,增压后注入油层,与油层中的残油原油混溶成一种流体而驱替产出的三次采油方法。

水驱技术的机理则在于原油的黏度一般都比水的黏度大,水驱油则是低黏流体排驱高黏度液体。

化学降黏驱油是提高原油采收率的方法,其中表面活性剂驱油及微乳状液驱油又是效率最高的两种化学驱油方法。

其他冷采方式还包括无砂冷采、微生物开采技术、磁降开采黏油技术和低频脉冲采油法等。

无砂冷采,其开采机理就是利用地层中形成的泡沫油。稠油生产时,只要油藏压力大于泡点压力,产出的将是单相油。如果油藏压力低于泡点压力,就会形成一种泡沫油,这就大大降低了稠油的黏度并且增加了稠油的流动性。

微生物开采技术则是利用微生物技术采油,主要是利用微生物的各种特性进行采油,主要有两种方法:一种是生物表面活性剂技术,一种是微生物降解技术。

而磁降黏开采稠油技术的主要原理是磁场作用于烷烃分子中质子外围的电子,产生一个瞬时的诱导磁矩,它的产生破坏了石蜡分子结晶时的定向排列,破坏和延长蜡晶的生成,起到防蜡降凝的作用;同时,磁化作用破坏了原油各烃类分子间的作用力,使分子间的聚合力减弱,其中的胶质和沥青质以分散相而不是缔结相溶解在原油中,从而使原油的黏度降低,流动性增强。

低频脉冲采油法,是通过井下压力脉冲器在油层中进行脉冲放电,在井内液体中瞬时产生高强度低频脉冲振动波,使油层产生微裂缝,从而提高油层渗透率的一种采油方法。

3. 复合开采

复合开采技术是指在开采过程中,根据实际情况结合多种开采技术。

三、稠油开采技术现状及发展分析

我国 20 世纪 80 年代就着手对稠油的研究和开发,因稠油油藏的特点不同,其开采方式也各异,但总是朝着降黏和使分子变小、变轻的方向发展着。目前,提高采收率最成功的开采方法分两大类:一类是注入流体热采或驱替型方法,如热水驱、蒸汽吞吐、蒸汽驱、火驱等;另一类是增产型开采方式,包括水平井、复合分支井、水力压裂、电加热、化学降黏等。这两类技术的结合使用,已成为当今稠油开发的主要手段。其中,胜利油田采用热采、注蒸汽、电加温、化学降黏(注聚合物驱)等技术;辽河油田的中深层热采稠油技术;大港油田的化学辅助吞吐技术;新疆油田的浅层稠油面积驱技术;河南油田的稠油热采技术等,均处于国内领先水平。尤其是河南油田原油的黏度特别高(普通稠油为 $10\,000\text{MPa}\cdot\text{s}$,特稠油为 $10\,000\sim 50\,000\text{MPa}\cdot\text{s}$ 超稠油为 $50\,000\text{MPa}\cdot\text{s}$ 以上),热采需要的参数很大,需要注气压力 7.5MPa ,注气速

度为 100t/d, 蒸汽干度为 75%, 蒸汽温度为 290℃, 油层深度为 300m, 放喷时地层温度为 140℃, 压力为 5.5MPa, 合理优选参数, 是有效开发稠油的关键。

近年来, 我国第三大油田辽河油田依靠科技进步, 攻克一道道稠油开采技术和工艺难关, 使油田至今保持稳产状态。专家们认为, 这些稠油开采技术已居世界领先水平。辽河油田位于渤海湾畔的辽河盆地, 地跨辽宁省和内蒙古自治区 13 个市(地) 34 个县(旗), 石油总资源量 34 亿 t, 现已探明储量 19.46 亿 t, 年石油开采量稳定在 1300 万 t, 仅次于大庆油田和胜利油田。

辽河油田是地质结构复杂、油藏品类丰富的复式断块油气田, 稠油、高凝油藏量尤为丰富, 被称为“流不动的油田”。油田中大部分稠油、高凝油的含蜡高达 50%, 最高凝固点达 67℃, 是目前世界公认的凝固点最高、开采难度最大的原油。

重油有望成为重要的战略接替资源, 近 20 年来, 全球重油工业的发展速度比常规油快, 重油和沥青砂的年产量由 2000 万 t 上升到目前的近 1 亿 t。委内瑞拉是重油储量最大的国家, 人们预期在不远的将来, 其重油日产量可达 120 万桶; 加拿大目前的油砂日产量达 50 万桶; 欧洲北海的重油日产量达 14 万桶; 中国、印度尼西亚等国的重油工业近年来也发展迅猛, 年产量都在 1000 万 t 以上。

此外, 还有一些国家重油储量很大, 但由于油藏分布于海上, 或在地面 2000m 以下, 现在还难以大量开采利用。比较常规油、重油和天然气这三大类烃类资源的状况, 可以看到重油的前景是最好的, 因为它的储量是年产出量的几千倍, 而常规油的这个指标只有 50 倍。

目前, 在全球大约 10 万亿桶剩余石油资源中, 70% 以上是重油资源。而在我国, 陆上重油、沥青资源占石油资源总量的 20% 以上。油砂预计地质资源量超过 60 亿 t, 可采资源量超过 30 亿 t。油页岩地质资源量超过 470 亿 t, 技术可采资源量超过 160 亿 t, 可回收量超过 120 亿 t。

我国政府在“十一五”发展规划中, 明确提出将大力开展油页岩、油砂、天然气水合物等非常规油气资源的勘探开发, 增加科技投入, 降低开采成本, 增加我国油气资源的保障程度。据了解, 由于我国大规模的勘探评价工作还处于起步阶段, 关于重油勘探开发的鼓励政策尚在研究制定中, 重油资源将成为我国重要的战略接替资源之一。

(一) 稠油冷采技术现状及发展分析

冷采是指无供热条件下, 利用某种施工技术和特殊的抽油设备积极开采稠油的方法。稠油冷采工艺是采用物理或化学的方法改善稠油的流动性。冷采方法不仅可以降低开采成本, 而且可以减少对地层的伤害。它具有开采工艺简单、生产成本低等优点。

1. 出砂冷采技术现状及发展概述

最初, 为了降低采油成本, 提高稠油开采的经济效益, 在 20 世纪 80 年代末, 加

拿大的一些小石油公司率先开展了稠油的出砂冷采,其主要做法是,不注蒸汽,也不采取防砂措施,射孔后直接应用螺杆泵进行开采,矿场实施取得了令人振奋的效果。到了20世纪90年代中期,稠油出砂冷采已成为热点,除了众多小石油公司外,一些大的石油公司也纷纷涉足这一领域,国际上,尤其是加拿大有关研究机构竞相开展相应的理论研究。1995年以来召开的有关石油开发的大型国际会议均将此作为重要交流内容。

经过这几十年的发展,特别是近几年的发展,这项技术尤其是开采工艺已相当成熟。稠油出砂冷采已显示出良好的经济效益,单井日产油基本上大于10立方米,采收率为10%左右,采油成本大大低于蒸汽吞吐等原有开采方式。目前该技术已由摸索、试验阶段转入工业化推广应用阶段。

现在,出砂冷采技术在加拿大和委内瑞拉是一种较普遍的稠油冷采开发技术,它的突出优点在于:成本低、产能高、风险小。不利的一面在于采收率低,一般为15%左右,另外对油砂的处理是个较大的问题。油砂处理费占开采成本的比例最高。

目前稠油出砂冷采技术已得到广泛应用,而且,薄层稠油的出砂冷采、水平井出砂冷采均取得了矿场试验的成功,并呈现出良好的发展势头。由于有关理论研究起步相对较晚,而大规模矿场应用又需要成熟理论做指导,目前各国有关研究机构正和大石油公司联手对该项技术进行更为深入的研究,同时,针对出砂冷采采收率相对较低这一问题,各个国家及研究机构也正致力于如何进一步提高采收率,搞好后续开采方式的接替。

虽然稠油出砂冷采技术的采油成本低,但是,其不利的一面在于采收率低,一般为15%左右,仍有90%左右的资源留在地下,因此如何进一步经济有效地提高采收率,是有关研究机构和石油公司普遍关心的课题。

另外对油砂的处理也是个较大的问题。油砂处理费占开采成本的比例最高。

还有一点,由于稠油的出砂冷采机理非常复杂,开发指标定量预测方法和行之有效的油藏工程数模软件尚未问世,所以开发指标的预测和井距的确定主要是借鉴相关油藏矿场经验。

2. 气驱技术现状及发展分析

随着油田开发的需求、开发机理认识的深入和工艺技术的进步,注气技术不断得到发展,已从保持地层能量的二次采油技术发展到了三次采油提高采收率技术的混相驱、非混相驱。

依据注气类型,气驱被分为烃类混相驱、氮气驱和二氧化碳驱、烟道气驱和空气驱五类。

(1) 烃类混相驱主要指通过天然气与原油的混相,气—液传质作用、气体的溶解使原油体积膨胀、黏度降低,以及重力稳定驱替等机理提高原油采收率。与国外相比,我国开展天然气驱研究时间较晚,仅在长庆、吐哈、大庆、中原等油田进行了小

规模试验。由于较高的吸气能力,注天然气在低渗透油藏提高采收率具有一定的潜力。同时在一些地区,政府熄灭火炬计划也要求天然气回注,从而使天然气驱具有一定的前景。

(2) 氮气的密度小于油藏气顶气的密度,黏度则与气顶气接近,并且具有良好的膨胀性,形成的弹性能量大,这种特性适合于块状油藏和倾斜油藏采用顶部注气按重力分异方式驱替原油,并且不存在腐蚀问题。氮气驱始于20世纪70年代中期,美国在这方面处于技术领先的地位。不仅在实验室进行了系统的实验研究,而且对不同类型油田的不同开采方式成功地进行了注氮气现场开发,并取得了一定的效果。我国注氮气提高采收率技术发展较晚,1995年华北雁翎油藏开始了注氮气先导试验,到1998年,采收率提高幅度只能达到3%~5%。

我国目前开展的注氮气矿场研究主要在低渗透油藏,对其他油藏类型还处在试验阶段。由于油藏条件的不同,国内开展的氮气驱均为非混相驱。

(3) 注二氧化碳气体提高采收率技术已有几十年的历史。从1950年起,许多国家在实验室和现场均对注二氧化碳提高采收率方法进行了大规模的研究。一般是利用二氧化碳在地层中处于超临界状态,在原油中具有较高的溶解性能和萃取作用,进而具有易形成混相状态和低界面张力,降低原油黏度及增加原油弹性能量等方面的机理,从而使二氧化碳驱成为重要的、最具前景的注气开采技术。由于受陆相原油不易与二氧化碳混相、天然二氧化碳气源紧张、防窜、防腐技术尚未过关等条件的制约,二氧化碳驱在中国还未工业化推广,需要在以下几个方面进一步攻关:一是加强非混相或近混相机理的研究;二是攻关低成本的工业废气提纯技术和输送技术;三是加快现场试验步伐,形成完整的油藏采油和地面工程等方面的配套技术。

(4) 注烟道气方法是将稠油热采的锅炉烟道气经过处理、增压后注入油层,与油层中的残油原油混溶成一种流体而驱替产出的三次采油方法。烟道气驱组分中80%~85%的氮气和15%~20%的二氧化碳是其驱油的有效成分,作为驱油剂需要脱水、除尘,其驱油机理主要是二氧化碳非混相驱和氮气驱。烟道气驱一般为非混相驱和重力驱,由于经济的原因,尤其是捕集、处理和输送的原因,导致其应用规模较小。但由于温室气体减排的要求,烟道气的埋存和利用正引起高度关注。

(5) 相比其他气驱来说,空气驱具有气源丰富、成本低等优点,是一种很有发展前景的提高采收率技术,比较适合高温油藏。空气驱油机理包括烟道气驱油机理、升温降黏作用、混相驱机理和原油膨胀机理等,但是由于地下氧化反应的不可控性、低温氧化导致油品性质变差以及腐蚀问题,目前空气驱项目很少。20世纪60年代以来,国外针对空气驱提高轻质油藏采收率,在室内研究、数值模拟等方面做了大量工作,现场空气驱油配套技术逐渐完善,各试验区块采收率提高5%~15%。

国内胜利油田、大庆油田进行了注水后期空气驱矿场实验,现场应用收到初步效果。随着国外空气驱配套技术以及国内中小型空气压缩机的迅速发展,以及低温氧化

理论的进一步完善,有必要扩大空气驱现场试验规模。

3. 水驱技术现状及发展分析

水驱是应用规模最大、开采期限最长、调整工作量最多、开发成本(除天然能量外)最低的一种开发方式。驱技术的机理则在于原油的黏度一般都比水的黏度大,水驱油则是低黏流体排驱高黏液体。改善水驱技术,可从高渗透高含水油藏、低渗透油藏两个方面考虑。

(1) 高含水油田储层以中、高渗透为主体,所占储量规模最大。随着开发程度的越来越高,剩余油分布越来越复杂,高含水、地面设施老化和套管损坏等问题日益严重,给进一步提高采收率带来了严峻挑战。开发调整的做法可以概括为如下几个方面。① 层系划分越来越细,井网越来越密;② 注采系统调整力度逐渐加大;③ 水平井成为厚油层韵律段的挖潜手段;④ 周期注水方法得到广泛应用;⑤ 调堵调驱技术普遍受到关注。

(2) 低渗透储层具有油层喉道半径很小、比表面积较大、黏土矿物发育、压敏效应强、裂缝发育等特点,在开采中一般难以建立有效的驱动体系,单井产量低,经济效益差,产量递减快,采收率低,甚至难以动用。为改善开发效果,除注气外,国内外发展了以下几种具有代表性的注水开发技术。① 超前注水开发;② 采用大井距、小排距开发压裂一体化;③ 实施活性水降压增注;④ 采取多井段分段压裂水平井技术。

由此可见,在陆相油藏高含水后期开发阶段,需要进一步加大层系细分重组、井网立体加密调整、水平井单层开发、改善水质、注水产液结构调整等技术措施的应用,在井网优化调整的基础上,综合应用各种工艺技术对储层进行控制和改造,实施精细注水和有效注水开发,提高注采系统的针对性和有效性,探索驱替剖面的均匀控制。

4. 化学降黏技术现状及发展分析

稠油化学降黏开采技术,化学驱油是提高原油采收率的方法。

表面活性剂驱油及微乳状液驱油又是效率最高的两种化学驱油方法。前者是将较低浓度的表面活性剂胶团溶液注入油井;后者则是用高浓度的表面活性剂,并且这种注入的浆液是由三种或更多组分构成的微乳液。

(1) 表面活性剂驱油是在注水驱的基础上发展起来的。注水驱替应用较早,通过向地层注水把石油驱替至采油井。早期使用普通河水或海水,后来出现了注入表面活性剂和活性水驱油,根据油藏不同的物理化学性质和地质条件,发展了相关的碱水驱、酸水驱以及其他的化学驱油工艺。

(2) 微乳液驱油:微乳液是由油、水、表面活性剂、助表面活性剂组成的各向同性的透明和热力稳定的分散体系,液滴被表面活性剂和助表面活性剂的混合膜所稳定。表面活性剂一般用石油磺酸盐;助表面活性剂一般用C3~C5的醇;水相常是氯

化钠水溶液。微乳液驱油的机理很复杂,如改变岩的润湿性,改变油水界面的黏度等,但能产生超低的油—水驱替液界面张力是起重的主要原因之一。

目前表面活性剂降黏技术发展比较成熟,已广泛应用于国内外稠油开采和输送。近年来,纳米技术应用于原油降黏中,在表面活性剂中加入一些改性的纳米材料,使油、水、表面活性剂和助表面活性剂一起形成纳米乳液,这种乳液具有热稳定性和各向同性的多组分分散体系。

由此可以看出,稠油化学降黏技术是建立在多学科基础上的综合技术,其发展有赖于相关的石油化学、原油流变学、高分子合成、表面活性剂合成、输油工艺、采油工艺等学科的发展。

5. 其他冷采技术现状及发展分析

稠油微生物开采技术主要是利用微生物的各种特性进行采油。

稠油微生物开采技术主要有两种方法,一种是生物表面活性剂技术,一种是微生物降解技术。

生物活性剂驱油是微生物在特定的条件下生长过程中分泌并排出体外的具有表面活性的代谢产物。一方面具有化学表面活性剂的共性,另一方面又有稳定性好、抗盐性较强、受温度影响小、能被生物降解、无毒、成本低的特点。

利用微生物降解技术对原油中的沥青等重质组分进行降解,可以降低原油黏度,提高原油采收率。该技术的理论依据是使用添加氮、磷盐、氨盐的充气水使地层微生物活化。其机理包括就地生成二氧化碳以增加压力来增强原油中的溶解能力;生成有机酸而改善原油的性质;利用降解作用将大分子的烃类转化为低分子的烃;产生表面活性剂以改善原油的溶解能力;产生生物聚合物将固结的原油分散成滴状;对原油重质组分进行生化活性的酶改进;改善原油黏度。

生物表面活性剂已经广泛用于提高原油采收率,即用生物表面活性剂注入地下或在岩石中就地培养微生物产生生物表面活性剂用于强化采油。例如,从桉树叶毛虫体内分离出的一种菌注入油层后产生大量自然清洁剂,将原油采收率提高至70%,但这种生物表面活性剂的生成量受地层多种条件的影响。

我国在20世纪80年代已筛选出了多种生物表面活性剂。生物表面活性剂在采油中的应用已扩展到小规模成片的油田,对地面法和地下法均进行了尝试,即用生物表面活性剂注入地下或在岩石中就地培养微生物产生生物表面活性剂用于强化采油。

在未来的稠油开采中,最理想的开采方法就是在井下对稠油降解,将高分子的稠油降解为低分子的轻质油,这样就可以开采到地面上来,也减少了冶炼厂的工作量。为了达到这一目的,就需要大力发展两种开采方式,一是利用微生物开采,通过微生物的作用将稠油降解,为此,需要积极寻找优良菌种,对其进行研究开发,使其达到降解的目的。二是在井下进行催化降解反应,将稠油降解,使其黏度降低,分子链变短,需要寻找合适的催化剂。

(二) 稠油热力开采技术现状及发展分析

热力采油主要是通过一些工艺措施使油层温度升高,降低稠油黏度,使稠油易于流动,从而将稠油采出。

热力开采是当前应用非常普遍和有效的稠油开采方法,它可以大大提高油井产量,提高油田采收率。就其对油层加热方式可分为两类:一是把热流体注入油层,如注热水、蒸汽吞吐、蒸汽驱等;二是在油层内燃烧产生热量,即火烧油层。

1. 蒸汽吞吐采油技术现状及发展分析

蒸汽吞吐方法,即所谓的循环注蒸汽方法或油井激励方法。该方法是指在一定时间内向油层注入一定数量的高温高压湿饱和蒸汽,关井一段时间使热量传递到储层和原油中去,然后再开井生产,注入的热使原油黏度大大降低,从而提高了油井中原油的流动能力,起到增产作用。目前已成为我国主要的稠油热采方法。

对于稠油油藏,如果常规采油的速度很低或根本无法采油时,必须采用蒸汽吞吐方法,然后再进行蒸汽驱开采。该方法的优点是投资较少,工艺技术较简单,增产快,经济效益好。

蒸汽吞吐采油包括以下四个基本概念。

① 蒸汽。蒸汽是由水在锅炉中加热到沸腾后产生的。常压下水的沸腾温度是 100°C ,随着压力的升高,水的沸腾温度也跟着上升。注蒸汽开采稠油所用的水蒸气是在一定的压力条件下得到的,其锅炉出口蒸汽压力一般为 $10\text{MPa}\sim 20\text{MPa}$,蒸汽温度为 $250^{\circ}\text{C}\sim 300^{\circ}\text{C}$ 。

② 蒸汽压力和蒸汽温度。蒸汽压力是指产生水蒸气时的压力,在此压力下,蒸汽具有的温度称为蒸汽温度。稠油注气开采中的蒸汽压力和蒸汽温度指的是锅炉出口和井口两种情况下的压力和温度。采油生产中一般指的是井口蒸汽压力和蒸汽温度。

③ 饱和水、饱和蒸汽及蒸汽干度。当水沸腾汽化后,汽化的水分子与回到水中的水分子数相等时达到动态平衡,这种状态称为饱和状态。处于饱和状态的蒸汽和水称为饱和蒸汽和饱和水。饱和蒸汽所占饱和水与饱和蒸汽之和的百分数称为蒸汽干度。蒸汽干度越大,说明单位质量水蒸气中所含热量越高。

④ 吞吐周期。是指从向油层注气、焖井、开井生产到下一次注气开始时的一个完整过程,即一个吞吐周期。

蒸汽吞吐的开采过程可以分为三个阶段,即注气阶段、焖井阶段及开井生产阶段。注气阶段。注蒸汽作业前,要准备好机械采油设备,油井中下入注气管柱——隔热油管及耐热封隔器。将隔热油管及封隔器下到注气目的层以上几米处。由锅炉产生的高温高压水蒸气,经地面管线通过注气管柱由井口注入油层,使油层在较大范围内受到高温蒸汽的热力影响。在注气阶段主要是控制注气量、注气速度和蒸汽干度三个工艺参数,应根据油藏地质参数及原油黏度等进行优化设计。注入时间一般几天到十几天。