

低渗透油田开发中后期提高采收率技术研究与实践

巩芳鸽

胜利油田石油开发中心有限公司 山东 东营 257000

摘要:低渗透油田具有分布范围广、开发难度大的特点,为了提高油藏采收率,确保油田开发经济效益,需要采取一定措施。随着技术进步,石油开发工艺不断完善,油田开发效果得到一定改善。但是随着开发的进行,剩余可采储量减少,综合含水不断增加等问题,导致开发效果受到影响。为了提高原油产量,降低开发难度,本文研究了低渗透油田开发中后期提高采收率的方法,希望对石油开发行业发展起到促进作用。

关键词:低渗透油田;开发效果;采收率

石油资源存在于地层深处,需要通过采油装置将其输送至地面,在工厂中进行提炼,最终获得工业生产所需的原料^[1]。根据储层构造、沉积环境、油藏类型以及地层流体情况不同,采取的开发工艺存在差异。对于低渗透油田来说,随着进入中后期,开发过程变得更加复杂,需要通过相关工艺提高产油量,从而实现经济效益最大化。

1 石油概述

石油是以液态形式存在于地下岩石孔隙中,由各种碳氢化合物和少量杂质组成的可燃有机矿产。石油的形成过程是非常缓慢的,它是通过有机物质(即保存于地层中的古代生物遗体)与其他沉积物质混杂,在一定的压力、温度、和还原环境条件下,经过复杂的物理、化学变化,逐步转化为石油。目前石油作为一种战略资源在国际能源中占据重要地位,因此对石油的需求大大增加,特别是工业社会生产对石油的依赖性越来越大。人们将石油称为“工业的血液”^[2],作为重要的工业原料,对于现代社会发展发挥着关键作用。发展至今石油制品已经遍布在人们生活的方方面面,在人们的日常生活中随处可见石油原料制品,如将涤纶加入到棉制服装中可以提升服装的耐久度,人们所穿的大部分服装都是由涤纶和棉花制作;飞驰在公路上的汽车,大部分为燃油汽车,而汽油则是由石油提炼而来;电脑、电视、座椅等塑料外壳都是由石油制品制作而成。可以说石油已经与人们生活形成了不可分割的联系。

2 低渗透油田概述

低渗透油田属于“三低”油田,“三低”指油层储层渗透率低、丰度低和单井产能低。低渗透油田在我国油气田发展中有着重要意义,我国低渗透油田具有含油量多、油藏类型多、分布范围广的特点。随着开发过程的持续进行,低渗透油田普遍出现原油产量下降,综合含水不断增加,地面系统不配套、设施出现腐蚀老化现象。所以在开发中后期,需不断更新设施和管线等,这必然导致维修和运行管理费用增加,同时也带来了油田安全生产隐患问题。一般而言,按照油层平均渗透率进行划分,可以将低渗透油田划分为一般低渗透油田、特低渗透油田和超低渗透油田^[3]。低渗透油田油

层与正常油层差异较小,油井满足工业油流标准,但按照常规生产的话产油量太低,因此在低渗透油田中常采用压裂技术改造储层,提高原油产量。特低渗透油田与正常油层差别较大,这类油田的束缚水饱和度与高孔高渗油藏对比来说较高,测井电阻率较低,测试低于工业油流标准,开采时需要使用大型压裂改造技术处理。我国安塞油田、新民油田和榆树林油田等都属于特低低渗透油田。超低渗透油田储层非常致密,而且有着很高的束缚水饱和度,自然产能和工业开发价值很低^[4],但是超低渗透油田优点在于油层较厚、原油性质好、埋藏较浅,可以采取特定的方法提高油井产能。低渗透油田开发意义较为深远,在我国所有油田中占比最高的是低渗透油田,占比超过70%,其中新发现的油田中50%以上都属于低渗透油田,因此具有较高的开发潜力,如何较好的开发低渗透油田,对于国家战略发展意义非凡。

3 低渗透油田开发的难点

低渗透油田开发的难度相对较高,特别是进入采出程度较高的中后期开发阶段,地层压力降低,采油速度降低,油藏采收率降低^[5]。解决开发效果变差的原因首先要从地层压力入手,确保地层保持足够的和稳定的压力,这样才能将剩余油开采出来。随着开采作业进行,初期开采装置已无法满足开采要求,需要更换开采装置,同时地面开采装置布局也发生较大变化,开采作业的安全性受到了影响。而且随着开发的不断进行,原油剩余储量降低,综合含水率提高,带来的经济效益变低,加之开采成本增加,开采价值受到影响^[6]。在一些低渗透油田开发中,粘度较高的原油影响开发效果,因为粘度高意味着石油组分间形成了良好的分子引力作用,这种作用使得油层混合物变得更为稠密,流动性因此而大大降低,开采时解决这一问题非常重要。这些问题都是影响低渗透油田开发效果的因素,改进工艺技术实现提高采收率的目标非常关键,因此通过改善开采工作提高开发效果是当前石油开发行业正在研究的问题。

4 提升低渗透油田开发效率的方法

低渗透油田中后期开发难度非常大,企业不仅需要投入大量的成本,而且也面临着巨大的安全问题。近几年石油

行业正在不断研究改善低渗透油田中后期开发工艺的方法,一些新的工艺技术被应用于实际开发中,并获得了一定的效果,研究这些工艺技术的优缺点对于进一步改善技术工艺有着重要的意义,本节将对低渗透油田中后期开发工艺进行分析。

4.1 聚合物驱油技术

现阶段许多石油企业都采用聚合物驱油技术,由于这项技术较为成熟,所以在大部分低渗透油田开发中都有着重要的应用,其也是提高采收率的重要方法,图1为一种聚合物驱油设计方案。在中后期油田开发过程中,油分中各类物质比重发生改变,例如聚合物中的聚丙烯酰胺与水混合后能够以不同的状态存在,形成的聚合物母液性质有所不同,通过一系列熟化搅拌后聚合物母液形成聚合物溶液,利用油管将聚合物母液注入油井,然后进入油层后起到驱油作用,从而提高采收率^[7]。聚合物驱油技术的关键在于母液的粘度,这是影响开发效果的重要因素,根据储层中各小层原油含量的不同,母液的粘度有所差异。聚合物溶液粘度越高,越能够起到良好的驱油效果,油层中原油和水流动速度出现明显变化,高速流动的地层流体将会顺着输油管道流动。值得注意的是,聚合物驱油技术应用在高渗透油藏和油层驱油控制能力强的油田中有着良好的效果,所以应用该技术时需要对油田类型进行判断。此外,应用聚合物驱油技术时一般会应用碱剂、表面活性剂等物质,形成三元复合驱油技术,这在低渗透油田开发中也很常见。

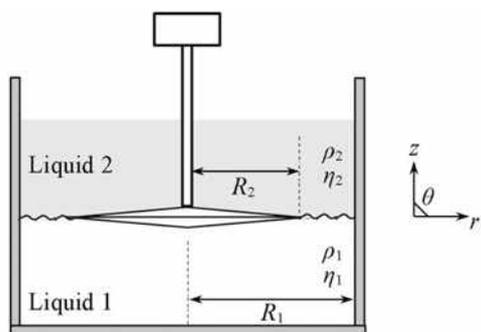


图1 一种聚合物驱油设计方案

4.2 微生物驱油技术

近几年来技术人员研究出微生物驱油技术,并将其应用于低渗透油田开发,这种技术主要是借助于微生物的生长和繁殖对油层环境产生影响,从而实现改善开发效果的目的。具体操作是在油层中加入特定的微生物,并为其提供营养物质,微生物在条件允许的环境下进行生命活动,其产生的代谢物对油层环境产生影响,实现提高采收率的目标。地层中的原油流动性发生变化是开发效果发生变化的重要因素,而这一因素的形成与微生物生命活动有着密切的关联。微生物驱油技术特点在于微生物可以通过人工方式进行大量的繁殖,而且这些微生物能够适应油田环境,在油田中能够稳定的生长和发育^[8]。除此之外,微生物代谢物能够使得原油的

粘度降低,部分微生物产生的代谢物能够提升储层岩石表面湿度,使得附着在岩石表面的原油在水分的作用下脱离,地层流体运动的速度增加,从而更好地为提升采收率。微生物驱油技术的缺点在于特定微生物只能适应于特定的油藏环境中,想要将这项技术大规模应用需要研究更多微生物,而且需要进一步掌握微生物的生命活动条件,所以需要研究机构投入更多力量用于研究这项技术,争取早日实现技术突破,更好地为低渗透油田开发行业服务。

4.3 泡沫驱油技术

泡沫驱油技术需要使用起泡剂,通过起泡剂改变油层结构,从而实现提高采收率的目标。进行开发作业时,将起泡剂注入油层,经过混合后起泡剂能够生成大量泡沫,在泡沫作用下部分原油将会流入近井地带,这样可以将油层中的石油开采至地面,开发效果得到了提升^[9]。泡沫驱油技术在低渗透油田开发中应用广泛,能够有效地提高采收率,对于低渗透油田中后期开发过程的优化有着重要的作用。泡沫驱油技术的优点是泡沫剂成本低,开采投入的成本相对较低,能够提升企业的经济效益,但是随着开发的进行,需要投入的泡沫量不断增加,图2为泡沫驱油技术。此外,应用泡沫驱油技术时需要详细地掌握油藏地质储量和剩余油分布情况,通过数据分析获取详细的油层信息,这样可以通过优化开发工艺实现效益最大化的目标。在泡沫驱油技术中,泡沫性能是影响开发效果的重要因素,研究更多多样更高性能的泡沫对提高油藏采收率意义重大,因此研究人员应从泡沫形成的机理和泡沫的主要作用出发研究更多优质的泡沫开发技术,在开发过程中不断优化该项技术。

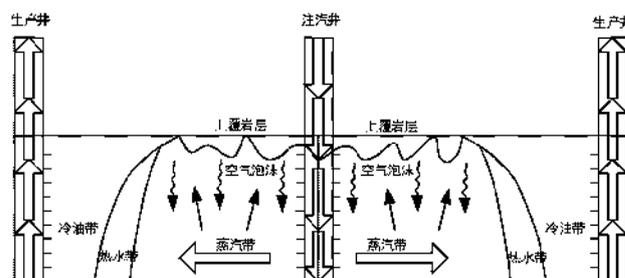


图2 泡沫驱油技术

4.4 水驱开发技术

水驱技术在石油开发中应用普遍,其能够通过注水加压的方式,补充地层能量,使得更好的将原油开采出来,提高油田采收率。水驱技术的优点在于可以防止低渗透油层发生过早见水问题,能够有效地解决水淹问题,保障油井剖面状态的稳定性,借助于水的流动性实现驱油目标。传统的水驱技术存在缺陷,因此需要对水驱技术进行改进,使其能够更适合低渗透油田开发。研究人员需要结合低渗透油田的特点和开发中后期常见的问题进行技术优化,这样能够有效地解决水与原油流动速度低的问题。随着现代工艺的发展和进步,较为完善的水驱技术将会被应用于石油开发中,低渗透

油田的技术瓶颈也将会出现变化。现阶段一些油田开发过程中正在应用新型的水驱技术,这种技术是在传统的技术基础上进行优化而来的新技术,特点是提升了原油流动速度,使得水的占比降低,原油的占比提升,开发效果得到提升。随着新技术的突破,开发时逐步使用其他技术取代这一技术,因此强化水驱技术研究非常关键,因为水驱技术成本投入较低,能够为企业带来更多经济效益

4.5 稠油热采技术

稠油热采技术在一些低渗透稠油井开发中应用广泛,稠油井的特点是原油粘度大,所以在开发时采收率较低,为了解决该问题,人们掌握了稠油热采技术,图3为稠油热采管道。稠油粘度影响到原油的流动速度,通过热力方法升高温度降低原油粘度,从而实现提高原油流动速度的目标。当前的热采手段主要以火烧油层、蒸汽等方式为主,一些油井也使用热碱水方式。蒸汽热采技术主要依靠热蒸汽提高油层温度,降低原油粘度达到增加流动速度的目的,减少原油到达近井地带的时间。在稠油油层中加入热碱水工艺在原油饱和度和低的油田中应用较多,也是利用热碱水能够提供大量的热量进而提高油层温度的原理。

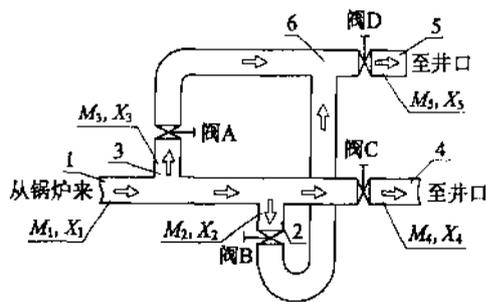


图3 稠油热采管道

结束语:总而言之,石油是重要的工业原料,对于社会发展有着重要意义。我国油田中低渗透油田数量较多,在开发中后期遇到的问题较多,本文研究了低渗透石油开发过程中常见的技术工艺,想要更好更快的提高采收率还需要制定更多更科学的开发方式。

参考文献:

- [1]李童,龙安林,刘波,等.低渗透砂岩油藏隔夹层注气突破压力及注气开发策略——以柴达木盆地尕斯库勒油田E31油藏为例[J].石油学报,2021,42(10):1364-1372.
- [2]李恕军,柳良仁,熊维亮.安塞油田特低渗透油藏有效驱替压力系统研究及注水开发调整技术[J].石油勘探与开发,2002,29(5):62-65.
- [3]张学文,方宏长,齐梅.低渗透油田开发注采井网系统设计探讨[J].石油勘探与开发,2000,27(3):57-59.
- [4]杨振策.低渗透油田注水采油开发技术研究[J].天津化工,2021,35(6):72-75.
- [5]李忠兴,李松泉,廖广志,等.长庆油田超低渗透油

藏持续有效开发重大试验攻关探索与实践[J].石油科技论坛,2021,40(4):1-11.

[6]长庆油田建成国内首个超低渗透油藏转变开发方式示范区[J].石油化工应用,2021,40(8):124.

[7]宋旭东.低渗透油田开发后期提高高含水井单井产量技术研究[J].石油石化节能,2021,11(1):20-22.

[8]慕丹.低渗透油田注水开发工艺技术研究[J].中国石油和化工标准与质量,2021,41(13):173-174.

[9]郑锬.低渗透油田几种主要开发技术分析——以鄂尔多斯盆地为例[J].石化技术,2021,28(6):147-148.