

用哲学的思维提升采油工程技术管理水平

刘 合

(中国石油勘探开发研究院,北京 100083)

[摘要] 在中国石油工业的发展历史过程中,始终用哲学的思维指导我们的工作,特别是大庆油田是靠毛泽东的哲学思想,即《矛盾论》、《实践论》起家的,依靠哲学的思维在科学的发展中不断完善管理和技术创新体系,形成了具有大庆特色专业技术的管理系统。本文就采油工程系统应用“两论”的思想,认真分析影响 4.0×10^7 t 稳产的主要矛盾和对策,用实践的科学方法论,指导攻关的技术思路和措施,为大庆油田 4.0×10^7 t 稳产不断发挥了保障作用。

[关键词] 哲学;矛盾;实践;采油工程

[中图分类号] C93-02 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1009-1742(2013)11-0031-05

1 前言

大庆油田50年的开发史是靠毛泽东的哲学思想,即《矛盾论》、《实践论》(“两论”)起家的,依靠哲学的思维在科学的发展中不断完善管理和技术创新体系,形成了具有中国工人阶级代表性的“铁人精神”和“大庆精神”及完善的专业技术管理系统,使大庆油田创造了一个又一个的辉煌。

1960年春开始的大庆会战,几万名职工在极其艰难的条件下,人人学习“两论”,用辩证唯物主义观点,分析和对待当时遇到的一系列矛盾和困难,创造性地解决了生产建设和生活中的各种难题。

在 5.0×10^7 t 稳产27年期间,大庆的员工特别是科技工作者,就是通过大学“两论”,用辩证唯物主义的观点,去分析、研究、解决开发工作中的一系列问题,坚持按照“实践、认识、再实践、再认识”的认识发展规律,在生产实践的基础上,不断探索、不断总结油田开发管理的办法和经验;坚持按照“对立统一规律”揭示事物运动发展的原理;在高含水阶段,抓主要矛盾和矛盾的主要方面,确定主要任务,掌握工作的中心环节,同时注意矛盾的转化,及时转移工作重点,不断发展了二次采油和三次采油技

术,创造了世界同类油田开发的奇迹。

在油田进入特高含水期的今天,为了国家的石油安全和国民经济发展的需要,国家要求大庆油田 4.0×10^7 t 再稳产10年,要用新科技打好新会战,我们面临着非常大的挑战,这就要求我们还要以“两论”为指导,用“两论”的观点认识和把握油田的发展规律,解放思想、实事求是,不断创新。认识来源于实践,又反过来指导实践。抓住主要矛盾,在实践中不断丰富、完善和检验发展思路,不断探索符合大庆油田 4.0×10^7 t 再稳产10年的创新之路。作为工作在生产一线的采油工程技术系统的科技工作者,在新的历史时期,我们更要深入学习“两论”,深入贯彻落实科学发展观,要结合自身实际情况,转变观念,拓宽工作思路,不断创新工作方法,努力发挥采油工程技术在油田开发中的保障作用。

采油工程是油田开采过程中根据开发目标通过生产井和注入井对油气藏采取的各项工程技术措施的总称,是连接地面和地下的纽带,如图1所示。50年来采油工程技术不断发展完善,凝聚了几代采油系统科技人员的心血和智慧,为油田开发提供了有力的技术支撑。他们用《矛盾论》的思想分析油田的开发形势和对采油工程技术的需求,排出

[收稿日期] 2013-08-29

[基金项目] 国家高技术研究发展计划(863)项目(2012AA061300)

[作者简介] 刘 合(1961—),男,黑龙江延寿县人,教授级高级工程师,主要从事油气田开发工程方面的研究;E-mail:liuhe@petrochina.com.cn

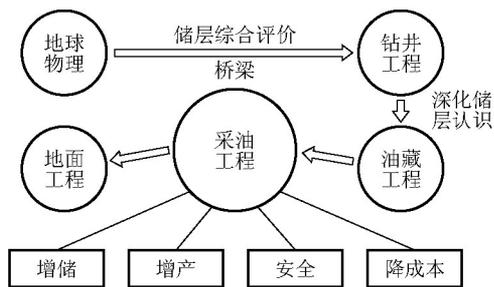


图1 采油工程的地位与作用

Fig.1 The orientation and function of oil production

什么是主要矛盾,这个矛盾解决了,也就找到了制约油田开发的瓶颈,同时在实践中不断发展和完善,使我们在不同的开发阶段,形成不同的支撑油田稳产的采油工程技术。例如,偏心分注、两小一防、同心集成、测调联动等分层注水技术的应用,为油田实现精细注水开发奠定了基础;抽油机举升、电泵举升和螺杆泵等机械采油技术的全面应用,为油田保持高产稳产、实现高效节能开采提供了必要保障;聚驱同心分注、分质分压注入、防偏磨等聚合物驱配套采油技术的不断创新,为提高三次采油开发效果提供了保证;限流法压裂、低渗透油田开发压裂、老井重复压裂、海拉尔复杂岩性储层压裂、水平井压裂等增产改造进攻性技术的不断进步,为老区薄差层和外围低渗透储量的开发动用提供了技术支撑;深层火山岩气层增产改造、防CO₂腐蚀完井、排水采气等技术攻关,为庆深气田的勘探发现与开发解决了瓶颈问题;解卡打捞、整形加固、取套侧斜、膨胀管应用等大修作业技术发展,为油田可持续发展提供了有效手段。

回顾历史,我们为此而骄傲,展望未来,我们又已站在百年油田建设的新起点^[1]。在油田4.0×10⁷ t稳产的新形势下,面对油田开发日益突出的各种矛盾,就更需要以“两论”为指导,抓住主要矛盾,进一步理清采油工程面临的主要问题,明确下一步技术发展的方向,在实践中不断努力发展适应新形势下的采油工程新技术,确保采油工程在4.0×10⁷ t稳产中的技术支撑作用。

2 采油工程面临的主要矛盾和对策

大庆油田采油工程技术是油田勘探开发的主要手段之一,围绕4.0×10⁷ t原油稳产采油工程,主要是从长垣水驱开发、外围油田经济开采、三次采油、海塔盆地开发这4个方面积极开展工作。这4个方

面的采油工程问题是影响当前开发的主要矛盾。对这些矛盾必须要理清它们与油藏需求、问题所在、技术对策等思路,使我们能搞清矛盾的本质,少走弯路,不能眉毛胡子一把抓。我们经常犯的一个错误就是花太多的时间和精力在次要矛盾上,并不是说处理次要矛盾本身错了,而是它占用了大量的时间和资源,没有留下足够的时间和资源来处理主要矛盾,这是一个非常频繁并引起很多争论的问题。分析当前的开发环境,通过总结前50年采油工程的发展历程,重新定位采油工程的地位和瓶颈技术,是一个十分必要的过程。我们“认识的目的是认识本身,而是用于实践、改造世界”。因而认识来源与实践,并要回归实践。辩证唯物论的认识运动,在获得理性认识之后,还有更重要的过程,那便是从理性的认识到指导实践的又一个飞跃。通过总结得到新的认识,再指导4.0×10⁷ t的实践,并且在实践中检验的发展认识,是认识过程的继续。也是我们把工作做得好,做得准的前提,下面就采油工程存在的主要矛盾及技术对策进行分析。

2.1 长垣水驱开发存在的主要矛盾及技术对策

喇萨杏油田经过近50年的开发与调整,已进入特高含水开发阶段,目前水驱产量仍超过喇萨杏油田年产量的50%以上,仍是油田开发的主体。现在面临的主要矛盾:一是厚油层内低效无效注水循环严重,剩余油主要集中在厚油层顶部^[2],且剩余油与低效无效循环并存,采油工艺挖潜与控水难度加大,由于分层的测试工作量大幅度提高,传统的测试工艺已经不能实现“注好水”的要求;二是深度调剖技术是挖潜厚油层的有效手段^[3],但现有调剖剂成本高(成本为100元/m³左右)、成胶快(小于15天)、封堵浅(半径为30 m左右)、胶体稳定性受环境因素影响大,制约了深度调剖技术的经济规模应用;三是限流法完井技术是开发表内及表外薄差储层有效的完井技术,但随着改造的储层岩性发生变化、小层数多、隔层变薄等因素,暴露出不适应性。统计87口井392个小层的环空测试数据,限流法压裂投产的三次加密井压后平均小层出液比例仅为49.8%,具有挖潜的潜力。

针对水驱采油工程存在的主要问题,将从厚油层控水与挖潜、薄差储层细分挖潜、注水井提高测调效率等5个方面开展攻关与研究。

一是在深度调剖工艺技术方面,重点研发高效低成本深度调剖剂,成胶时间30天内可控,成本低

于80元/m³。二是在细分开采方面,整合单项技术,开展油水井分层注水、分层采组配技术应用,一方面可从水井获得准确的单层压力、流量变化资料,另一方面可从油井获得分层产液、分层含水、流压等资料,在发挥单项技术作用的同时,还可应用井组整体数据,准确评价和分析水驱开发效果及剩余油分布情况,为合理的配注(产)方案确定提供依据,并可实现油水井方便快捷的动态调整^[4]。三是在措施改造方面,重点发展厚油层顶部定位压裂人造隔板技术和选择性相渗透率改善剂研发。通过研究,“十二五”期间,力争使新技术措施单井日增油5 t以上,有效期半年以上。新技术试验区块综合含水降低2个百分点。四是薄差储层细分挖潜技术,由于表内薄差油层和表外储层具有小层数多、厚度小、隔层薄、纵向分布零散等特点,为提高改造小层出液比例,针对新井大力推广细分控制压裂技术,在精细地质研究的基础上,通过地质控制和工艺控制,提高小层压开率和单井产液能力;针对老井开展限流压裂二次改造工艺技术攻关,认识限流压裂井压开程度、动用程度,开展细分补孔、卡段重组、细分控制工艺研究,形成重复限流细分控制压裂工艺设计标准及规范。开展水平缝重复压裂研究,利用缝网压裂原理,层内开新缝,探索选择性支撑剂增油控水效果。“十二五”期间,力争使二、三次加密井及表内储层动用程度提高30%以上,单井产量达到开发指标要求。五是为提高注水井测调效率,满足水井测调工作量不断增加的需要,一方面,要推广高效测调技术,整合现有测调工艺,统一工艺管柱、配水器、可调堵塞器、测试车、验封测试密封段及测调仪器;另一方面,随着计算机技术和自动控制技术的发展,还要攻关智能分层配水技术,实现注水系统数据采集、监测、优化、自动控制的一体化运行,达到实时调控的目的^[5]。“十二五”期间,力争使高效测调分层注水技术覆盖全油田,初步定型智能分层配水技术。

2.2 外围低渗透油田开发存在的主要问题及技术发展方向

长垣外围油田经过20多年的开发,针对不同时期、不同类型油藏特点发展了一系列配套采油工程技术,为长垣外围油田上产 4.0×10^6 t提供了有力支持。保持外围油田产量持续上产,对采油工程提出了更高的要求^[6]。现在存在的主要矛盾:一是外围已开发油田产量递减速度快,单井产能低,措施效

果逐年变差,压裂改造单井小层压开率低,如敖南油田当压裂隔层厚度界限为4.0 m时,薄互层有87.0%的小层不能分层合压,合层压裂单井小层压开率小于50%;二是已探明未动用储量以特低渗透难采储层为主,注水难以建立有效的驱动体系,储层难以有效动用,目前还没有有效的经济开采方法;三是低渗透油田储层物性差、油层薄,水平井需压裂投产才具有工业油流。现有水平井分段压裂技术还不能满足扶杨油层水平井高温、高压增产改造需要。

纵观长期以来的扶杨油层改造效果,我们不得不思考压裂自身的局限:压裂裂缝是否完善?仅凭完善的裂缝能否带来高产?对于扶杨油层,关键是实现商业性开采,只有通过紧密结合油藏实施增产改造,才能为扶杨油层获得长期、稳定的工业产能提供保证。一是提高油井单井产能压裂技术,针对外围储层地质特点,发展应用垂直缝薄互层细分控制压裂技术,提高储层动用程度和单井小层压开率;在储层微观伤害机理研究的基础上,形成无伤害或低伤害压裂技术;开展压裂液与储层岩石、人工裂缝与砂体展布、导流能力与地层渗透率以及裂缝剖面与储层厚度的匹配性研究,提高人工裂缝效率。通过攻关研究,力争在“十二五”期间,薄互层分层压裂比例提高到85%以上。二是水平井配套工艺技术形成扶杨油层水平井分段压裂技术,在低效区块、底水油藏、复杂断块等领域探索水平井整体压裂开发新模式,同时,开展水平井完井、分段注水、堵水与控水、水平井修井等研究,尽快配套成熟,满足大庆油田水平井规模开发需要。力争在“十二五”期间,水平井机械分卡管柱性能指标达到“三个100”,即耐温100℃、承压100 MPa、单趟管柱加砂规模达100 m³;修井作业技术配套齐全;初步形成水平井可调层堵水、注水工艺技术,满足3个层段堵水、分注要求。

2.3 三次采油存在的主要问题及技术发展方向

按照油田稳产安排,三次采油产量逐年上升,到2017年要达到 1.37×10^7 t。“十二五”初期以聚合物为主,而后期复合驱、聚驱后和三类油层三次采油产量逐渐增加。采油工程系统要适应油田开发需要,还存在一系列问题需要解决。一是聚合物驱替对象已转向二、三类油层开发,平面、纵向上非均质性更加严重,物性更差,单层厚度更薄,层段配注量差异性更大,部分井出现三种分子量同时注入需

求,对分层分质注聚工艺技术性能指标提出了更高的要求^[7]。二是强碱三元复合驱采出井结垢,导致机采井检泵周期远低于水驱、聚驱,严重影响了工作时率,增加了操作成本。北一断东和南五区由于不同注入体系及储层物性导致生产井结垢特征不一样,现有工艺适应性差,单纯的物理防垢措施效果不理想,生产井检泵周期不到50天。

针对三次采油存在的主要问题,采油工程从分层注入工艺技术、三元驱物理化学综合防垢举升工艺技术两个方面进行攻关研究。一是三次采油分层注入技术向着纵向及平面分质注入技术方向发展。在推广聚合物驱单管多层分质分压注入基础上,研究完善三元复合驱分层注入、聚合物及三元复合驱平面分质注入技术研究,有效缓解聚驱二、三类油层间矛盾及三元复合驱层间矛盾。随着聚驱及三元驱分注井数的增多,还要开展电动测调工艺技术研究,提高聚驱及三元驱注入井调配效率。力争“十二五”期间,形成适应二、三类油层复合驱体系的分层注入及测调工艺技术,在流量80 m³/d、节流压差2.5 MPa范围内,粘损率在8%范围内;实现注入井各层段注入量的实时测量,测调效率达到分层注水井测调水平。二是三元复合驱防垢举升技术将向着物理与化学相结合的综合防垢措施方向发展。化学防垢上,要在弄清油井结垢规律的基础上研究化学防垢剂;物理防垢上开展螺杆泵及柱塞泵防垢举升技术,研究防垢涂层、优化防垢泵参数,不断提高举升工艺适应性。最终使物理与化学相结合的防垢举升工艺检泵周期达到1年以上。

2.4 海拉尔-塔木察格油田存在的主要问题及技术发展方向

海拉尔、塔木察格盆地是大庆油田今后增储上产的重要地区,但是海塔盆地与松辽盆地地质特点差异大,为复杂的断陷盆地。长期以来,增产改造技术伴随海拉尔盆地勘探开发,在研究中积极探索,在应用中不断加深认识,通过多年攻关,先后解决了含凝灰质储层和贝301强水敏储层等压裂改造难题,实现了多项技术突破^[8]。目前,随着海塔盆地探区勘探进程的不断深入,油藏条件愈加复杂,在增产改造中又暴露出各种新的矛盾和难题亟待解决。压裂施工成功率低仍是制约其快速上产的首要问题。一是勘探新区和新投产区块储层埋藏深,高含泥储层成岩石作用强,改造难度大,如贝中凹

陷南屯组储层,2008年压裂44口井,99个层段,压裂成功率为87.9%。二是储层多而薄、射孔跨距大(几十米),重复压裂压开部位与原有裂缝的关系复杂,凝灰质砂泥岩遇水后,力学特性变化大,尤其是裂缝型潜山储层重复压裂,目前国内外还缺乏成熟的改造经验。

海塔盆地为复杂的断陷盆地,大量深入分析的改造实践表明,导致压裂难度大的最显著地质特征就是油藏的非均质性,在压裂裂缝延伸的垂向和水平方向上,岩性、岩石结构、构造应力、天然裂缝快速变化,在复杂的油藏条件下,需重新认识改造目标和压裂裂缝,这种认识的深化也将有利于促进压裂技术研究走向一个新的创新高点。一是深部高含泥储层压裂增产技术,传统的水力压裂分析是基于断裂力学的破坏准则和线弹性延伸准则进行的,不能描述岩石塑性及裂缝非线性延伸特点,针对高含泥砂岩储层,如何获得对裂缝更为接近实际的认识,目前在世界范围内还缺乏相关的深入研究。为此,需开展高含泥储层岩石力学实验,建立岩石本构方程;通过裂缝尖端应力场分析,形成裂缝非线性断裂力学模型,分析裂缝启裂规律和泥质含量对裂缝扩展形态的影响;开展优化设计与延缓交联降阻压裂液研究。通过以上研究,形成深部高含泥储层压裂增产技术。“十二五”期间,使压裂施工成功率提高到95%以上。二是为进一步挖掘重复压裂效果,在岩石力学研究的基础上,开展重复压裂前储层评估技术研究,结合物模研究结果,建立重复压裂数学力学模型,分析原水力裂缝、井筒以及油井生产对局部应力场的影响,并重点研究裂缝型潜山储层利用天然裂缝形成网状缝的重复压裂方法,形成适合海拉尔盆地特点的重复压裂技术。“十二五”期间,使压裂施工窜层率降低到5%以内。

针对大庆油田采油工程当前主要矛盾和对策的分析,使我们明确了攻关方向,但是主要矛盾并不是一成不变的,随着时间的推移、环境的变化、开发方案的调整,矛盾是可以互相转化的,例如,在5.0×10⁷ t稳产阶段,水井测试问题并没有像现在这样重要。一是井数少;二是分层级数也不多;三是含水相对较低,可是在4.0×10⁷ t稳产阶段,由于井数的增加,而测试队伍严格控制数量的增加,层间的矛盾也进一步加大,作为油藏工程师的眼睛的测试数据就显得十分必要了,提高测调效率,就成为了主要矛盾,我们就必须高度关注。毛泽东在《实践

论》中说：“当某一客观过程已经从某一发展阶段向另一发展阶段推移转变的时候，须得善于使自己在主观认识上也跟着推移转变，即要使新的工作方案的提出，适合于新的情况的变化。我们反对思想上的顽固保守，也反对空谈盲动。我们要注意在实践中学习，并且不断地总结经验，提高我们的认知能力，我们就会从不懂不会到少懂明白，再到清楚了，做好工作。”这就是告诫我们工程技术人员，要适应油田开发工作不同阶段的形势要求，脚踏实地地服务开发的需要，要在不断的实践中，发现问题，调整我们的思路，“只有人们的社会实践，才是人们对于外界认识的真理性的标准。”毛泽东同志对于这句话给了更加深刻准确的诠释：在社会实践过程中，人们达到了思想中所预想的结果，于是认识被证实了，如果达不到，就会在实践中失败，在失败中得到教训、改正思想，然后取得成功，此正所谓“吃一堑长一智”，“失败乃成功之母”。采油工程系统要经过“实践、认识、再实践、再认识”的发展规律，不断地完善我们的管理和创新机制，深化“课题制”，充分调动广大科技人员的积极性，发挥采油工程在油田开发中的支撑作用。

3 结语

大庆的采油工程技术是随着油田的发展而走过了50年的历程，老一辈采油专家为我们留下了许许多多的宝贵经验，特别是在“两论”的指导下，发挥了采油工程的保障作用，为大庆的高产、稳产做出了巨大的贡献。今天我们面对 4.0×10^7 t稳产10年

的重任，就是要进一步解放思想、实事求是、改革创新，切实把思想统一到推动采油工程科技发展上来，用科学发展观指导实践；就是要密切关注世界工程技术迅猛发展的新动向和本学科领域的新进展，奋力攻关；在 4.0×10^7 t这个舞台上充分发挥广大采油工程系统科技工作者的聪明才智，要继承和发扬光荣传统，认真学习“两论”，对已经定下的攻关方向，持之以恒，继承传统，不断创新，就是要为中国石油采油工程技术的发展提出一些前瞻性、战略性、全局性的意见和建议；就是要以科学发展观为指导，瞄准国际先进的采油工程技术水平，为大庆油田的可持续发展再做新贡献。

参考文献

- [1] 王玉普. 依托自主创新，创造百年辉煌——大庆油田实施创建百年油田战略的实践与思考[J]. 求是, 2007(15): 56-58.
- [2] 李卫彬, 王丽英, 孙庆萍. 特高含水期厚油层细分挖潜方法研究[J]. 大庆石油地质与开发, 2005, 24(1): 58-60.
- [3] 何光中, 张新民, 刘玉. 厚油层深度调剖机理探讨及其实践[J]. 石油钻采工艺, 2002, 24(3): 55-58.
- [4] 王德喜, 张建军, 高志刚, 等. 喇嘛甸油田特高含水期厚油层挖潜工艺[J]. 石油学报, 2007, 28(1): 98-100.
- [5] 王鹏, 佟艳伟, 檀朝鑫. 国内外注水系统效率研究应用情况综述[J]. 中国石油和化工, 2008(6): 51-53.
- [6] 王凤兰, 石成方, 田晓东, 等. 大庆油田“十一五”期间油田开发主要技术对策研究[J]. 大庆石油地质与开发, 2007, 26(2): 62-66.
- [7] 卫秀芬, 刘伟. 大庆油田机械分层注聚技术的研究与应用[J]. 特种油气田, 2007, 14(4): 13-16.
- [8] 刘合. 加速科技创新突破技术瓶颈, 为大庆油田可持续发展提供采油工程技术支撑[J]. 大庆石油地质与开发, 2006, 25(1): 23-27.

(下转48页)