

探讨海上油田采油工艺技术与生产实践

张 虎

中海石油(中国)有限公司深圳分公司 广东 深圳 518000

摘 要: 本文聚焦海上油田采油工艺,先阐述其核心分类,包括自然能量、人工举升及特殊油藏强化采油工艺,并说明适用前提。接着介绍主流工艺技术,如自然能量、电潜泵、螺杆泵等采油工艺及特殊油藏强化工艺。分析生产实践核心环节,涵盖工艺选择、设备运维、参数调控。最后指出关键问题,如工艺适配性不足、设备故障频发、采油效率偏低,并分别提出优化措施,包括优化选择流程、加强设备防护、精准调控参数等,为海上油田采油提供理论指导与实践参考。

关键词: 海上油田;采油工艺技术;生产实践;工艺优化;开采效率

引言:海上油田采油工艺对于保障国家能源安全意义重大。其采油工艺分类多样,不同类别在技术原理、设备要求等方面差异显著,需依据油藏能量、原油性质等核心因素选择适配工艺。同时,海上油田采油生产实践涵盖工艺选择、设备运维、参数调控等多个核心环节,且面临工艺适配性不足、设备故障频发、采油效率偏低等关键问题。深入研究海上油田采油工艺,全面剖析生产实践中的各个环节与问题,并提出针对性的优化措施,有助于提升海上油田采油效率、稳定产量、降低运营成本,推动海上油田采油工艺的持续发展与创新,具有重要的理论价值与现实意义。

1 海上油田采油工艺核心分类及适用前提

海上油田采油工艺的分类主要基于油藏能量、原油性质、开采阶段等核心因素,不同类别工艺的技术原理、设备要求、适用场景存在显著差异,其选择需严格匹配油田的实际地质条件与开采需求,这是保障采油效率与生产稳定性的基础。(1)结合海上油田的开发特点,采油工艺主要分为自然能量采油工艺与人工举升采油工艺两大类^[1]。自然能量采油工艺依托油藏自身的能量,无需额外施加人工能量,实现油气的自喷开采,适用于油藏能量充足、原油流动性好的海上油田;人工举升采油工艺则是在油藏能量不足,无法实现自喷开采时,通过人工施加能量,将原油举升至地面,适用于油藏能量衰减快、原油黏度高、渗透率低的海上油田,是目前多数海上油田中后期开采的主流工艺。(2)针对海上特殊油藏(如稠油油藏、低渗透油藏),还衍生出了针对性的强化采油工艺,这类工艺需结合油藏特征与原油性质,与自然能量或人工举升工艺配合使用,提升采油效率。无论何种工艺,其应用均需满足海上作业的特殊要求,即设备小型化、抗腐蚀、抗风浪,操作便捷、

维护简单,兼顾效率与安全。

2 海上油田主流采油工艺技术

2.1 自然能量采油工艺技术

自然能量采油工艺是海上油田初期开采的首选工艺,核心依托油藏自身的溶解气驱能量、弹性驱能量、水压驱能量等,推动原油从油藏流向井底,再通过井筒自喷至地面,具有工艺简单、设备投资少、操作成本低、维护便捷等优势,无需复杂的举升设备,适配海上平台有限的作业空间。(1)该工艺的核心技术要点的在于精准把控油藏能量的利用效率,避免能量过早消耗。开采过程中,需实时监测油藏压力、产量、气油比等核心参数,通过调整井口阀门开度、优化生产参数,控制原油开采速度,确保油藏能量稳定释放。同时,需配套完善的油气分离系统,将自喷至地面的油气混合物进行分离,分别输送至储存或处理设施,避免气体影响原油输送稳定性。(2)自然能量采油工艺的适用范围具有局限性,仅适用于油藏原始压力高、溶解气含量充足、原油黏度低(一般小于 $50\text{mPa}\cdot\text{s}$)、渗透率高的海上油田。当油藏能量逐渐衰减,井口压力降至自喷临界压力以下,原油无法实现自喷时,需及时转换为人工举升采油工艺^[2]。

2.2 人工举升采油工艺技术

人工举升是海上油田中后期及低渗透、高黏度油田开采的核心方式,通过人工施能克服阻力将原油举升至地面。结合海上平台特点,主流工艺有电潜泵、螺杆泵、气举采油三类。(1)电潜泵采油工艺应用广泛,核心设备是电潜泵机组,由潜油电机等组成,下入井筒内,潜油电机驱动潜油泵将原油举升至地面。其优势为排量高、扬程高、自动化程度高、适应范围广,适配中高黏度、中高产量的油田,且不占平台地面空间。核心

技术要点是合理选型安装机组,根据油藏等情况选型号,确保运行稳定,并做好防护,防海水腐蚀、砂粒磨损。(2)螺杆泵采油工艺适用于高黏度、高含砂、含蜡量高的油田,核心设备是螺杆泵与驱动装置,地面驱动带动井下转子旋转举升原油。其优势是结构简单、占地小、抗砂强、能耗低。核心技术要点是控制定子与转子配合精度,防磨损密封失效,同时做好井筒清蜡、防砂处理。(3)气举采油工艺靠高压气体举升原油,优势是设备简单、维护便捷、适应范围广、可间歇举升。核心技术要点是控制高压气体注入参数,做好气体净化处理。

2.3 特殊油藏强化采油工艺技术

海上稠油、低渗透等特殊油藏,常规采油工艺举升效率低,需采用强化采油工艺,借助物理、化学手段改善原油流动性、提高油藏渗透率,以提升采油效率。海上常用强化采油工艺有热力采油和化学驱采油两类,需依油藏特征与原油性质合理选用。(1)热力采油是海上稠油油藏核心强化工艺,原理是向油藏注入热能,降低原油黏度,改善流动性,提高采收率。海上常用蒸汽吞吐工艺,向油井注入高温高压蒸汽,蒸汽在地层扩散、冷凝,释放热能加热原油,利用其膨胀能量推动原油流向井底,再经人工举升至地面。核心技术要点是控制蒸汽注入参数,合理确定注入压力、温度、量,确保热能均匀扩散;同时做好油井隔热处理,减少热能损耗,提升利用效率。(2)化学驱采油适用于低渗透、高黏度海上油田,原理是注入化学药剂改善油藏岩石与原油界面性质,降低原油黏度、提高渗透率,扩大波及体积。常用化学驱药剂有聚合物等,可单独或复合注入。核心技术要点是选型与控制注入参数,依油藏岩石性质、原油黏度选适配、耐温耐盐药剂,合理控制注入浓度与速度。

3 海上油田采油工艺生产实践核心环节

3.1 采油工艺的合理选择

采油工艺的选择是海上油田采油生产实践的首要环节,也是最核心的环节之一,其选择的合理性,直接决定采油效率、生产稳定性及运营成本。工艺选择需遵循“适配性、经济性、安全性”三大原则,结合海上油田的实际条件,综合考量油藏特征、原油性质、海洋环境、平台条件等因素,避免盲目选择高端工艺或不适配工艺。

工艺选择的核心流程的是:(1)全面勘察油藏地质条件,明确油藏深度、渗透率、孔隙度、原始压力等参数;(2)分析原油性质,确定原油黏度、含砂量、含蜡量、气油比等指标;(3)结合海洋环境(风浪、潮汐、海水腐蚀程度)与平台条件(平台类型、空间大小、承

载能力),筛选出适配的工艺类型;(4)对比不同工艺的投资成本、操作成本、维护难度、采油效率,选择最优工艺方案。

例如,对于油藏能量充足、原油黏度低的海上油田初期开采,优先选择自然能量采油工艺,降低投资与操作成本;对于油藏能量衰减、产量下降的油田,及时转换为电潜泵或螺杆泵等人工举升工艺;对于稠油油藏,选择螺杆泵采油工艺配合蒸汽吞吐热力采油工艺,提升举升效率^[3]。

3.2 采油设备的运维管理

海上油田采油设备受海洋恶劣环境影响,故障发生率高,其稳定运行是采油工艺正常开展的基础,运维管理是生产实践重要环节,核心是做好日常巡检、定期维护、故障排查,以延长设备寿命、降低故障率。

设备运维管理核心要点有三:(1)日常巡检,安排专业人员定期全面检查采油设备(机组、泵体等),重点监测运行参数(温度、压力等),及时发现异常迹象并处理;(2)定期维护,依设备运行周期与标准,拆解检查、清洁、润滑设备,更换易损部件(如螺杆泵定子转子等),避免因老化引发故障;(3)故障排查,建立快速机制,结合运行参数与现象精准定位故障原因,制定维修方案并快速组织维修,减少产量损失。(4)要做好设备的防腐、防砂、防蜡处理,针对海水腐蚀采用防腐涂层等措施,针对含砂原油安装防砂装置,针对含蜡原油采用清蜡设备或添加清蜡剂。

3.3 采油生产参数的优化调控

采油生产参数的优化调控,是提升采油效率、稳定油田产量、降低运营成本的关键手段,核心是根据油藏动态变化、原油性质变化及工艺运行状态,实时调整采油生产参数,使工艺运行处于最优状态。不同采油工艺的生产参数调控重点不同,但均需遵循“适配油藏、高效节能”的原则。(1)自然能量采油工艺的参数调控,重点是井口压力、开采速度的调整,通过监测油藏压力、气油比的变化,合理调整井口阀门开度,控制开采速度,避免油藏能量过早衰减,同时确保气油比处于合理范围,提升原油采收率;(2)电潜泵采油工艺的参数调控,重点是泵的转速、排量的调整,根据井底压力、产量需求,调整潜油电机转速,优化泵的排量,避免泵的空转、过载,降低能耗;(3)螺杆泵采油工艺的参数调控,重点是驱动转速、井筒液位的调整,结合原油黏度、含砂量的变化,调整驱动转速,控制井筒液位,确保螺杆泵稳定运行;(4)热力采油、化学驱等强化采油工艺的参数调控,重点是注入参数(压力、温度、

浓度、速度)的调整,根据油藏动态变化,优化注入参数,确保强化效果,降低注入成本。参数调控的核心是建立完善的监测体系,实时采集油藏压力、井底压力、产量、气油比、原油黏度等各类参数,通过数据分析,掌握油藏动态与工艺运行状态,为参数调整提供数据支撑,实现参数的精准调控。

4 海上油田采油工艺生产实践中的关键问题及优化措施

4.1 工艺适配性不足的问题及优化措施

工艺适配性不足是海上油田采油生产实践中的常见问题,表现为采油工艺与油藏特征、原油性质、海洋环境不匹配,造成采油效率低、产量不稳甚至无法生产。原因在于工艺选择时,对油藏地质条件、原油性质勘察不全面,未充分考虑海洋环境与平台条件限制,导致工艺选择不合理;且油藏动态变化后未及时调整采油工艺,适配性也会下降。

优化措施主要有两方面:(1)优化工艺选择流程,选工艺前全面开展油藏勘察与原油性质分析,精准掌握油藏深度、渗透率等核心参数,结合海洋环境与平台条件筛选适配工艺方案,必要时进行小型试验验证适用性;(2)建立油藏动态监测机制,实时监测油藏压力、产量等参数变化,当油藏动态显著变化使现有工艺适配性下降时,及时调整工艺类型或优化参数,如自然能量采油工艺无法满足需求时转换工艺,稠油油藏原油黏度升高时加强热力采油工艺应用^[4]。

4.2 设备故障频发的问题及优化措施

设备故障频发影响海上油田采油生产稳定性,表现为泵体磨损、管道泄漏等问题。原因在于海上环境恶劣,海水腐蚀、砂粒磨损、风浪冲击使设备损耗严重;且设备运维管理不到位,日常巡检不细致、定期维护不规范,隐患未及时排查,易损部件未及时更换。

优化措施有三方面:(1)加强设备防护,依据海上环境特点,用耐腐蚀、抗磨损、抗冲击材料制造设备,对设备表面做防腐涂层处理,易磨损部件采用耐磨材料;(2)完善运维管理体系,细化日常巡检流程,明确重点与频率,安排专业人员巡检并建立台账;规范定期维护标准,依运行周期制定维护方案,做好易损部件更换及设备清洁润滑;(3)建立故障预警机制,实时监测设备运行参数,分析变化趋势,提前预判隐患,制定预

警方案并及时处理,防止故障扩大。

4.3 采油效率偏低的问题及优化措施

采油效率偏低是海上油田采油生产核心问题之一,表现为原油采收率低、能耗高、产量波动大。原因在于工艺参数调控不合理,未依油藏动态与工艺运行状态及时优化;油藏污染、井筒堵塞使原油流动阻力增大;采油工艺与辅助工艺配合不当。

优化措施有三方面:(1)精准优化采油生产参数,建立优化模型,结合油藏动态监测和工艺运行数据,实时调整开采速度、泵转速、注入参数等,让工艺运行达最优,提升效率、降低能耗;(2)加强油藏保护与井筒治理,避免钻井采油杂质污染油藏,定期开展井筒清蜡、防砂、解堵处理,采用机械与化学清蜡结合方式清除堵塞;(3)优化工艺配合,针对特殊油藏采用“主工艺+辅助工艺”模式,如螺杆泵与热力采油工艺配合,化学驱与人工举升工艺配合,发挥优势提升采油效率与采收率^[5]。

结束语

海上油田采油工艺复杂多样,涵盖自然能量、人工举升及特殊油藏强化采油等多种工艺,生产实践涉及工艺选择、设备运维、参数调控等核心环节。然而,实际生产中面临工艺适配性不足、设备故障频发、采油效率偏低等关键问题。针对这些问题,需通过优化工艺选择流程、加强设备防护与运维管理、精准优化采油参数、强化油藏保护与井筒治理以及优化工艺配合等措施加以解决。唯有如此,才能保障海上油田采油工艺稳定运行,提升采油效率与经济效益,推动海上油田可持续发展。

参考文献

- [1]尚俊臣.浅析海上油田采油工艺新技术和发展[J].石油石化物资采购,2022(23):62-64.
- [2]李雅君.海上油田采油工艺新技术现状及发展方向[J].石化技术,2023,30(7):110-112.
- [3]杨凤民.关于石油采油工程技术优化措施分析研究[J].中国石油和化工标准与质量,2022,42(14):160-162.
- [4]贾贵东,王峰,高佳睿.关于石油采油工程技术优化措施分析研究[J].中国石油和化工标准与质量,2022,42(14):149-151.
- [5]王亚儒.关于石油采油工程技术优化措施分析研究[J].化工设计通讯,2021,47(12):20-21.