

低渗透油田注水开发水质问题分析

易有权 任静 何鹏 张康 胡小龙

延长油田股份有限公司子长采油厂 陕西 延安 717300

摘要: 随着油田开发的不断深入,低渗透油田注水开发过程中的水质问题日益凸显。这些问题不仅影响注水开发的效率,还可能对储层造成不可逆的损害,进而降低原油的采收率。因此,全面了解和解决这些水质问题,对于提升低渗透油田的开发效果至关重要。本文旨在系统分析低渗透油田注水开发中的水质问题及其成因,并探讨相应的管理与优化措施,以期为油田开发实践提供有益的参考。

关键词: 低渗透油田;注水开发;水质问题;分析

引言:进入21世纪以来,在社会经济稳健发展的背景下,我国石油事业发展迅速。并对低渗透油田注水开发中的水质问题展开探讨,分析了悬浮物含量高、含油量高、硬度与盐类污染以及细菌与微生物污染等问题的成因及其对注水开发的影响。针对这些问题,提出了一系列水质管理与优化措施,包括加强水源地保护与管理、实施深度水处理技术、优化注水工艺与参数以及建立水质监测与应急处理机制等,旨在提升低渗透油田注水开发的水质管理水平,确保油田开发的可持续性和经济效益。

1 低渗透油田注水开发水质问题及其成因

1.1 悬浮物含量高

在低渗透油田注水开发过程中,悬浮物含量高是一个突出的水质问题:第一,注水水源本身就可能含有较高的悬浮物。这些悬浮物包括微小的泥沙颗粒、岩石碎屑等,它们可能来自于河流、湖泊等自然水体,也可能是在采集、储存和输送过程中由于各种原因而混入水中的;当这些含有高悬浮物的水源被注入到油田中时,就会将悬浮物带入到油层中。第二,注水设备和管线的老化、磨损也是导致悬浮物含量高的主要原因。在长时间的注水过程中,设备和管线内部会受到水流冲刷、腐蚀和摩擦等多种作用,导致内壁逐渐磨损,产生微小的颗粒;这些颗粒会随着水流一起进入油层,从而增加油层中的悬浮物含量。特别是在一些开发年限长的油田,由于设备和管线使用时间较长,磨损情况更为严重,因此悬浮物含量高的问题也更加突出。

1.2 含油量高

在低渗透油田注水开发过程中,含油量高是另一个不容忽视的水质问题:(1)高含油量会导致注水井和储层的污染。当含有大量油分的水被注入到储层中时,油分会在岩石孔隙和裂缝中沉积,形成油膜或油块;这些

沉积物会占据储层的有效空间,降低孔隙度和渗透率,从而影响储层的储油能力和流体流动性能。(2)含油量高还可能引发储层润湿性的改变。润湿性是储层岩石表面的一种重要性质,它决定了油水在岩石表面的分布和流动状态,当注水水源中的油分含量过高时,这些油分会与储层岩石表面发生相互作用,改变其润湿性。这种改变可能导致原本亲水的岩石表面变得亲油,或者使亲油表面更加亲油,这种润湿性的改变会严重影响油水在储层中的分布和流动,降低采收率^[1]。(3)高含油量还可能对注水设备和管线造成损害。油分在设备和管线中沉积会形成油泥或油垢,导致设备堵塞、磨损加剧甚至引发故障,这不仅会影响注水作业的正常进行,还可能增加维护成本和安全隐患。

1.3 硬度与盐类污染

在低渗透油田的注水开发环节,水源的硬度和盐类污染是常被忽视但至关重要的水质问题。硬度主要由钙、镁等金属离子构成,这些离子在注入过程中可能与储层中的阴离子结合,形成不溶性的盐类沉淀物,如碳酸钙、硫酸钙等。这些沉淀物会逐渐附着在注水井壁和储层孔隙表面,形成结垢,从而降低近井地带储层的渗透率,使得注水变得更加困难。与此同时,盐类污染也是一个不容忽视的问题。水源中的高盐含量,特别是氯化物、硫酸盐等,一旦进入储层,可能会与储层中的岩石矿物发生离子交换反应。这不仅会改变储层的物性,还可能引发一系列的电化学腐蚀过程。这种腐蚀作用会逐渐破坏储层岩石的结构完整性,进而对储层稳定性造成长远威胁。

1.4 细菌与微生物污染

在低渗透油田注水开发过程中,细菌和微生物污染是一个常被忽视但影响深远的水质问题。注水水源中可能携带各种细菌、微生物及其代谢产物,这些生物体一

且随水流进入储层,就可能在适宜的条件下迅速繁殖。

(1)它们的生长和代谢可能产生大量的生物膜和胞外聚合物,这些物质具有很强的粘附性,容易附着在注水井壁和储层孔隙表面,形成生物堵塞。这种生物堵塞会显著降低近井地带储层的渗透率,使得注水变得更加困难,甚至可能导致注水井失效。(2)细菌和微生物的代谢活动还可能改变储层的水化学环境,产生酸性物质或其他腐蚀性物质,对储层岩石和注水设备造成损害。此外,一些特定的细菌种类还可能引发储层中的油水乳化现象,进一步影响原油的采收率。(3)细菌和微生物污染还可能对油田工人的健康构成威胁。水源中的致病菌如果未经有效处理就进入注水系统,有可能通过接触或气溶胶传播给工作人员,引发健康问题。

2 水质问题对注水开发的影响

2.1 注水效率降低

在低渗透油田注水开发过程中,注水效率是衡量开发效果的重要指标。然而,由于水质问题的存在,注水效率往往会受到严重影响。具体来说,当注水水源中含有过高的悬浮物、油分、硬度离子或微生物等杂质时,这些杂质会随着水流一起进入注水井和储层孔道。随着时间的推移,这些杂质在井壁和孔道内逐渐积累,形成一层厚厚的堵塞物。这层堵塞物不仅减小了有效注水的通道,使得水流难以顺利通过,还增加了水流通过的阻力,导致注水压力不断上升而注水量却持续下降。在严重的情况下,堵塞物可能变得非常致密和坚固,以至于几乎完全阻断了水流的通道,使得注水任务无法完成。注水效率的降低不仅会影响油田的正常开发进度,还可能导致一系列连锁反应。例如,注水不足可能导致储层压力下降,进而影响原油的采出速度和采收率。

2.2 储层损害

含油量高会直接导致注水井的污染。当含油水源注入到注水井中,油分很容易附着在井壁和管道内壁上,形成一层油膜。这层油膜不仅影响了注水井的正常功能,还可能造成注水效率的下降,因为油膜的存在会阻碍水流,使得注水压力增大,注水速度降低。一是,含油量高会对储层造成污染。储层是储存原油的重要空间,其内部孔隙和裂缝结构复杂。当含油水源注入储层时,油分会在孔隙和裂缝中沉积,改变储层的物理和化学性质^[2]。这不仅会阻塞原油的流动通道,降低储层的渗透性,还可能引发储层润湿性的改变。储层润湿性的变化会影响油水分布,使得原油难以从岩石表面释放出来,从而影响采收率。二是,含油量高还会对油水分布产生不良影响。在油田开发中,油水分布是一个复杂而

关键的问题。含油量高的水源注入到储层中,会改变原有的油水分布格局,使得原油与水的相对位置发生变化。

2.3 采收率下降

采收率下降是一个复杂的问题,涉及多个方面的因素。(1)地质条件是影响采收率的关键因素。随着油田开发的深入,油藏的地质特征可能变得更加复杂,如储层非均质性增强、渗透率降低等,这些都会导致原油难以被有效采出,从而降低采收率。(2)技术水平也是影响采收率的重要因素。如果采油技术相对落后,或者未能根据油田的实际情况进行及时调整和优化,就可能导致采收率下降。例如,一些老油田可能仍然采用传统的采油方式,而这些方式在面对复杂地质条件时可能效果不佳。(3)管理因素也不容忽视。油田开发过程中,如果管理不善,如生产调度不合理、设备维护不到位等,都可能影响到采收率。这些问题可能导致生产效率低下,甚至引发安全事故,进一步加剧采收率的下降。

3 水质管理与优化措施

3.1 加强水源地保护与管理

为了加强水源地保护与管理,确保水资源的安全、可持续利用,我们必须采取一系列切实有效的措施。第一,建立健全水源地保护法律法规体系,通过立法手段明确水源地的保护范围、管理责任和法律后果,为水源地保护提供坚实的法律保障。第二,加强水源地监管力度,建立定期巡查制度,及时发现并处理水源地内的违法行为和污染事件;利用现代科技手段,如遥感监测、水质自动监测等,实现对水源地环境状况的实时监控和预警。第三,推广生态补偿机制,通过政府补贴、生态补偿基金等方式,引导水源地上游地区加强生态环境保护,减少污染排放,从源头上保障水质安全。第四,加强公众宣传与教育,提高公众对水源地保护的认知和参与度,通过举办宣传活动、制作宣传资料、开展科普教育等方式,增强公众的水资源保护意识和责任感。第五,建立水源地保护与管理的长效机制,包括完善水源地保护规划、制定应急预案、建立跨部门协调机制等,确保水源地保护与管理工作的持续性和有效性。

3.2 实施深度水处理技术

为了实施深度水处理技术,提升水质安全,我们将采取以下措施:(1)引进先进的深度水处理技术,如反渗透、超滤、纳滤等膜分离技术,这些技术能够有效去除水中的微小颗粒、有机物、重金属等污染物,提高水的纯净度^[3]。(2)建设现代化的水处理设施,配备高性能的水处理设备和自动化控制系统,确保水处理过程的稳定性和高效性,加强对设施的维护和保养,延长设备

使用寿命,降低运营成本。(3)加强水处理过程中的水质监测和质量控制,建立严格的水质检测制度,对处理前后的水质进行全面分析,确保处理效果符合标准,对于不达标的水质,及时调整处理工艺和参数,保障出水质量。(4)推动水处理技术创新和研发,鼓励企业、高校和科研机构加强合作,探索新型水处理材料和工艺,提高水处理效率和质量。(5)加强水处理专业人才的培养和引进,通过培训、学术交流等方式提高从业人员的专业素质和技能水平,为深度水处理技术的实施提供有力的人才保障。

3.3 优化注水工艺与参数

对现有的注水工艺进行全面梳理和评估,找出存在的问题和瓶颈。在此基础上,结合实际情况,制定优化方案,明确改进目标和实施步骤。引进先进的注水技术和设备,如智能注水系统、高效注水泵等,提高注水精度和稳定性;加强对设备的维护和保养,确保其长期处于良好运行状态。根据地层特性和油藏条件,合理调整注水参数,如注水压力、注水量、注水速度等,确保注水过程与地层相匹配,避免水窜、水淹等问题的发生;加强注水过程中的实时监测和数据分析,及时掌握注水动态和效果。对于出现的异常情况,及时调整工艺参数,保障注水安全和有效性,加强注水人员的培训和管理,提高其专业技能和责任意识,通过定期的培训和考核,确保注水人员能够熟练掌握先进的注水技术和设备,为优化注水工艺与参数提供有力的人力资源支持。

3.4 建立水质监测与应急处理机制

为了确保油田注水的安全与有效性,建立完善的水质监测体系以及应急处理机制显得尤为重要。(1)建立完善的水质监测体系是保障水源质量的基础。我们应该在水源地、注水井口等关键部位设置监测点,定期对水样进行采集,并通过先进的检测设备和方法对水质进行

全面的监测和评估。这不仅包括对常规指标的检测,如pH值、浊度、化学需氧量等,还应针对油田特定的污染物进行监测,监测数据需要及时录入和分析,形成水质监测报告,为油田管理提供决策依据。(2)建立应急处理机制对于应对突发水质问题至关重要。我们应该根据可能出现的水质问题制定应急预案,明确应急处置程序和措施,一旦发生水质污染或异常事件,应立即启动应急响应,组织专业人员进行现场调查和处理^[4]。(3)还应定期开展应急演练,提高应对突发水质问题的能力和效率;通过建立水质监测与应急处理机制,我们能够更加全面地掌握水源和注水井的水质状况,及时发现和处理潜在的水质问题,确保油田注水的安全和稳定。

结语:低渗透油田注水开发中的水质问题是一个复杂而关键的议题。通过对这些问题的深入分析和探讨,我们不仅能够更全面地了解其对油田开发的影响,还能制定针对性的解决方案提供科学依据。本文提出的水质管理与优化措施,旨在从多个层面出发,综合提升油田注水的水质安全和管理水平。未来,随着技术的不断进步和管理理念的更新,我们有理由相信,低渗透油田注水开发中的水质问题将得到更为有效的解决,从而推动油田开发的持续、健康发展。

参考文献

- [1]高庆伟,赵东刚,李阿文,等.低渗透油田注水开发工艺技术研究[J].数字化用户,2019,025(005):82.
- [2]赵华胜,王延军.低渗透油田注水开发工艺技术分析[J].化工设计通讯,2019,045(005):150-151.
- [3]焦海明.低渗透油田的注水开采工艺技术[J].化工设计通讯,2019(5):39-39.
- [4]徐军军.低渗透油田注水开发的生产特征及影响因素[J].中国石油和化工标准与质量,2020,v.40;No.519(13):27-28.