

油田注水井解堵增注措施及经济性研究

吴海 孙哲 冯平 (延长油田股份有限公司靖边采油厂, 陕西 榆林 718500)

摘要: 油田注水井堵塞是指在油田开采过程中, 注水井管道内部出现阻塞问题的现象。注水井是用来进行水驱油开采的重要设施, 通过注入水来增加地层的压力, 推动原油向采油井移动, 提高油井的产能。然而, 由于多种原因, 注水井管道内部会出现堵塞现象, 严重影响了注水作业的效果和油田的经济效益。因此, 研究和解决注水井堵塞问题具有重要的实际意义。

关键词: 油田注水井; 堵塞原因; 解堵增注; 措施; 经济效益

注水井作为油田开发中的重要设备, 扮演着将水注入油层、维持油井压力的关键角色。然而, 注水井堵塞问题的出现给油田开发和生产带来了巨大的挑战。因此, 深入分析注水井堵塞的原因并研究解堵增注措施具有重要的理论和实践意义。

1 油田注水井堵塞原因分析

1.1 沉积物堵塞

沉积物是油田注水井中常见的堵塞物之一, 其形成的原因具有复杂性和多元性。

首先, 水源和水质是沉积物堵塞的主要原因之一。在注水过程中, 水源和水质的变化会影响沉积物的含量和特性, 进而影响注水井的通透性和通量。不同地区的水源和水质差异较大, 对沉积物的产生和堵塞机理也具有一定的区别。例如, 淡水中的碳酸钙沉积和海水中的海矾盐沉积等同时存在时会加重注水井的堵塞情况。其次, 注水液中的杂质和沉淀物也是沉积物堵塞的重要原因之一。注水液中的杂质、沉淀物、菌藻等微生物生物会在水井中沉积形成团聚体, 并黏附在注水井的井筒壁面上, 堵塞油水层的通道。同时, 注水井壁和注水管道的腐蚀和沉淀, 也可能引起注水井的堵塞。第三, 沉积物堵塞的形成也与注水井本身的参数有关。注水井的深度、直径、井壁、喉管、压裂缝宽度以及注入压力和注入速度等都会影响沉积物的堆积和堵塞。例如, 注入压力和注入速度过大, 会形成水锤效应, 导致堆积的沉积物被冲击粉碎并进一步堵塞。

1.2 油蜡结垢

油田注水井堵塞是指由于油蜡结垢引起的油田注水井管道内部的积垢现象, 严重影响了油田注水井的正常运行和注水效果。油蜡结垢是由于油田地层中的原油中所含的蜡长时间沉积在注水井管道内部形成的, 主要由油脂类物质构成。油蜡结垢的形成原因与

多个因素相关, 包括油田地层中的油脂含量、地层温度、注水井管道设计和运行等因素。

首先, 油田注水井地层中的油脂含量是油蜡结垢的重要影响因素。当油田地层中含有大量的油脂时, 注水井中的原油在注水过程中会分离出其中的蜡, 随着时间的推移, 蜡会沉积在注水井管道内部, 形成沉积物, 导致管道堵塞。其次, 地层温度也是影响油蜡结垢形成的重要因素。在较低的温度下, 原油中的蜡会更容易凝固和沉积, 从而容易形成油蜡结垢。特别是在冬季或低温地区, 注水井管道内的温度较低, 更容易引起油蜡结垢问题。此外, 注水井管道的设计和运行也会对油蜡结垢产生影响。不合理的管道设计或者管道内部存在的狭窄、弯曲等结构, 容易形成流速过低的区域, 促使油蜡开始凝固和沉积。此外, 注水井运行中的过低流量、停运时间过长等情况也容易导致蜡的沉积, 加剧油蜡结垢问题的发生。

1.3 高固相含量

首先, 岩石类型是另一个导致高固相含量的重要因素之一。不同类型的岩石对水质和固相含量的影响是不同的。例如, 产水含氯离子较多的泥页岩区, 注水井会受到相应的影响, 导致固相含量高, 水井堵塞的风险增加, 所以针对不同的岩石类型要进行相应的处理。其次, 注水液中低质量的处理, 也是导致高固相含量的一个原因。在使用注水液时, 需要注意选择对油井产生影响较小的化学剂, 以及注水液的浓度和质量。沉淀物、杂质等都会导致注水井固相含量的升高。最后, 还存在一些其他原因也可能导致注水井固相含量高。例如, 注水设备的粘附和析出; 注水井地层中淤泥、沙粒等的影响; 沉淀物二次沉积等因素都会引起堵塞的风险。

1.4 化学反应

首先, 酸碱反应是造成注水井堵塞的一种重要化

学反应。注水液中的酸性或碱性物质与原油中的溶解物质发生酸碱中和反应时,会产生盐类沉淀物或者沉淀物。这些盐类或沉淀物会逐渐在注水井管道内部沉积并堵塞管道。例如,钙镁盐尤其是碳酸钙、硫酸钙等盐类的沉淀,是在酸性环境下发生的典型酸碱反应所导致的注水井堵塞。其次,离子交换反应也会引起油田注水井堵塞的化学反应之一。在注水过程中,注入的水中的离子与地层中的盐度高的原水中的离子会发生离子交换反应,导致原有的稳定均衡被打破,离子开始重新组合并形成不溶于水的沉淀物。这些沉淀物会在注水井管道内部积聚并导致堵塞。第三,沉淀反应也是造成油田注水井堵塞的一种常见化学反应。如原油中存在的一些含硫物质与注水液中的硫酸盐等成分反应时,会生成硫酸盐沉淀物,这些沉淀物会在注水井管道内部沉积并导致堵塞。

2 油田注水井堵塞影响

首先,注水井堵塞会影响注水效果。堵塞物的存在会阻碍注水液的进入油层,降低注水井的通透性和注水量,从而影响油井的采油效果。堵塞会导致注水井地层的渗透能力下降,油层面积和厚度的有效利用程度降低,使得注水井的注入压力和注入速度受限,注入效果下降。其次,注水井堵塞会引起油田开发和生产成本的增加。当注水井发生堵塞时,需要采取相应的措施来清除堵塞物,恢复注水井的正常工作。这将涉及到人工清理、使用堵塞剂、注水井施工等工作,增加了开发和生产的成本。同时,堵塞还会造成注水井的停产和维修时间的增加,进一步影响油田生产的连续性。

3 油田注水井解堵增注措施研究

3.1 机械清井

机械清井的原理是利用机械钻头对注水井中的沉积物、沉淀物、胶层等堵塞物进行钻制和削切,从而将其清除出井。机械清井适用于不同类型的沉积堵塞物,包括泥型、填充型、黏结型等。在油田注水井中,经过一段时间的运营,往往会出现沉积物、沉淀物、胶层等堵塞物的形成。这些堵塞物会导致注水井的注入能力下降,水力压裂效果不佳,注水井的产能衰减,甚至完全无法注水。

针对这种情况,机械清井成为解决的重要手段之一。机械清井的主要应用场景是在注水井产能下降、注入能力下降、水力压裂效果不佳等问题暴露出来时。机械清井能够有效地清除注水井中的堵塞物,恢复注

水井的正常工作状态。而为了确保机械清井的效果,需要在施工过程中合理选择机械清井工具,根据不同的堵塞物类型和井筒情况进行工艺设计。在实际应用中,机械清井的具体操作流程主要包括:准备机械清井工具和设备,进行钻井前装置检查和钻井液准备,对注水井内部进行清洗和钻井作业,定期检查和清理注水井。

3.2 水力冲洗

水力冲洗是一种常用的油田注水井解堵增注措施,它通过高压水流冲刷井筒内的堵塞物质,以恢复井筒的通畅性和增加注水量。

在水力冲洗的实施过程中,首先需要选择合适的冲洗工具和设备。常用的冲洗工具有高压水枪、喷嘴、冲洗管等。这些工具可以产生高压的水流,具有较强的冲击力和清洗能力,可以有效地清除井筒内的固体沉积物和颗粒物。其次,冲洗参数的选择也非常关键。合理选择冲洗水的流量、压力和波动频率等参数,可以提高冲洗效果。通常来说,较大的冲洗流量和压力可以产生更强的冲击力,有助于清除井筒内的堵塞物质。同时,适当的波动频率可以帮助打破和清除堵塞物质。另外,冲洗水源的选择也十分重要。优质的冲洗水源可以保证冲洗的效果。一般可以选择清洁的环境水或经过处理的地表水进行冲洗,以避免引入新的沉积物或颗粒物。冲洗方案的制定是水力冲洗的关键步骤之一。

根据井筒的深度、直径、堵塞物质的性质等因素,制定合理的冲洗方案。冲洗方案需要明确冲洗的顺序、时间和频率,以达到最佳的冲洗效果。同时,对于复杂的堵塞情况,可能需要采用多次冲洗或使用逐步加大冲洗参数的方法,以逐步清除堵塞物质。在进行水力冲洗后,还需要对井筒进行评估和监测,以确保堵塞物质得到清除并恢复通畅。通过井眼观察、测井数据分析和水位监测等方法,可以评估冲洗的效果,并及时调整冲洗策略。

3.3 化学清洗

化学清洗通过使用特定的化学剂,能够有效地溶解注水井中的沉积物、沉淀物、胶层等堵塞物,从而恢复注水井的正常工作状态。在油田注水井中,由于水质、水源、注水液性质等原因,往往会出现沉积物、沉淀物和胶层等堵塞物的形成。这些堵塞物会严重影响注水井的产能和注入能力,限制了油田的开发潜力。化学清洗的原理是利用特定的化学剂对注水井中的堵

塞物进行溶解和分解。这些化学剂具有较强的溶解能力和分散作用，能够将堵塞物分解成可溶性或可排除的小分子物质，从而恢复注水井的通透性和注入能力。化学清洗的操作流程主要包括：初步评估和确定堵塞物的类型和程度，选择适当的化学剂和清洗方案，准备和混合化学剂，在注水井中注入化学剂，进行化学反应和清洗过程，最后进行后处理和检查。

3.4 红外线加热

红外线加热是油田注水井解堵增注的一种创新措施，通过利用红外线的特性，能够有效地解决注水井中的堵塞问题，恢复注水井的正常工作状态。红外线加热的原理是利用红外线辐射传导热量的特性，将其直接传导到注水井中的堵塞物上。红外线能够迅速加热堵塞物，并使其软化、热胀、变脆，从而实现堵塞物的破碎和清除。同时，红外线加热还能够提高注水井的温度和压力，促进油层和水层之间的界面活跃，增强油井的产能。红外线加热的操作流程主要包括：准备红外线加热设备和器材，选择适当的工作参数和加热方案，将红外线加热设备放置于注水井的位置，开启加热设备，进行红外线加热，观察和监测堵塞物的变化，最后进行后处理和检查。相比于传统的解堵增注措施，红外线加热具有明显的技术优势。

首先，红外线加热能够实现无损解决堵塞问题，避免了传统方法中可能导致的机械破坏和环境污染。其次，红外线加热具有加热速度快、加热效果好的特点，能够迅速解决堵塞问题，提高注水井的工作效率。

3.5 连通其他井眼

连通其他井眼是油田注水井解堵增注的一种常用措施，可以通过打通周围井眼来增强注水量，提高油田的产能。首先，进行井眼选择。连通其他井眼时，需要选择周围井眼与目标井眼之间较短的距离，并综合考虑地质条件、井眼产能、井径等因素。通常情况下，选择距离较近且产能较高的井眼进行连通操作。其次，执行完善的连通方案。连通其他井眼可以通过水平井技术或侧钻技术来实现。在连通方案中，需要考虑以下几个方面。

首先，确定连通点的位置和方向，使得注水井可以与周围井眼形成有效的联系。其次，选择适当的连通工具和设备，例如钻头、扩孔器等，以确保连通的顺利进行。最后，制定合理的施工方案，包括施工的时间、工艺流程、施工速度等，并根据实际情况进行灵活调整。然后，进行连通施工。连通施工可以分为

钻爆法和机械挤压法两种方式。钻爆法是通过在井壁上钻孔并爆破形成通道来实现连通，而机械挤压法则通过用机械设备挤压井眼壁来形成通道。在施工过程中，需要密切监测施工参数和井筒变化情况，确保施工的安全和效果。

4 油田注水井解堵增注经济效益分析

解堵增注技术的有效应用可以显著提升企业的经济效益。

首先，解堵完成后，注水井的流量将得到恢复或提高，从而提高原油采收率。这将为企业带来更多的产量和收益。其次，解堵能够降低注水井操作的能耗和成本。在注水井堵塞的情况下，需要消耗更多的能量来提供足够的注入压力，而解堵后，可以降低注入压力，减少能源消耗，进而降低运营成本。此外，解堵增注还可以延长注水井的使用寿命，减少维护和更换的频率，节省资金投入。此外，解堵增注还可以提高油田的整体经济效益。通过解决注水井的堵塞问题，可以提高系统的注水效率，保持或提高油田的高产稳产状态。这不只是单个注水井的效益，而是整个油田的效益。一个高效的注水系统可以提高系统的采收率，减少废水处理成本，提高油田的综合经济效益。

5 结语

本研究通过对油田注水井堵塞的原因分析，提出了一系列解堵增注措施，这些措施能够有效恢复注水井的正常工作，降低运营成本，提高油田的产能和注水效果，从而提高经济效益。然而，仍然需要进一步研究和实践来完善解堵增注技术，以应对不同地质条件和堵塞原因，提高油田的开发效率和经济效益。

参考文献：

- [1] 秦晓蕾. 油田注水井堵塞原因分析及解堵增注措施研究 [J]. 当代化工, 2021, 50(01): 213-216.
- [2] 刘建升, 刘江波, 刘秀华等. M 油田注水井堵塞原因分析及解堵增注措施研究 [J]. 钻采工艺, 2021, 44(01): 129-132.
- [3] 林晗. 油田注水井结垢分析及防治探讨 [J]. 化工管理, 2019(28): 220.
- [4] 陈志会, 柳昊, 皇甫昊阳. 注水井复合解堵技术研究与应用 [J]. 化工管理, 2016(03): 20.
- [5] 沈燕来, 刘德华. 渤海绥中 36-1 油田注水井堵塞原因分析及解堵增注试验 [J]. 油气采收率技术, 2021, 06(04): 57-61.