

# 河流相单砂体内部水淹主控因素识别及分布规律综合研究

王菲

森诺科技有限公司 山东 东营 257000

**摘要：**本文综合研究了河流相单砂体内部水淹主控因素识别及分布规律。通过对地质构造、储层物性、流体性质及开采方式等多方面的分析，明确了渗透率、孔隙度、地层压力、断层分布等主控因素及其空间分布特征。结合水淹模式及分布规律的研究，揭示底水锥进、边水推进及层间水窜等水淹现象的形成机制。研究成果为A油田的水淹治理及调整策略提供科学依据和技术支撑。

**关键词：**河流相；单砂体；水淹主控因素；分布规律

## 1 油田地质背景及单砂体特征

### 1.1 地质背景

A油田属于复杂河流相油田，具有叠合差、结构复杂、隔夹层发育等特点。在过去的开发中，砂体储量规模差异较大、主力砂体井控低、非主力砂体难动用、定向井层间矛盾突出等难题一直困扰着开发人员。

### 1.2 单砂体特征

A油田的单砂体特征主要表现为“散、小、隐”。针对这些特点，油田在开发早期就创新性地提出了依托单砂体布井技术。在布井优化过程中，充分考虑河道展布特征，依据“垂向驱油”理论布井技术，垂直河道方向或逆河道方向形成注采井网。随着油田的开发及地质油藏认识的加深，研究人员针对油田生产矛盾突出的砂体实施综合调整，创新性形成一套地震属性融合和沉积过程约束下的单砂体刻画技术，并对隔夹层进行分级次的描述，有效提升储层隔夹层的研究精度，指导油田的综合调整。

## 2 A油田水淹现状及主控因素识别

### 2.1 水淹现状

A油田，作为中国海上油气资源开发的重要基地之一，其生产运营状态一直备受关注。近年来，随着油田开采年限的增长，水淹问题逐渐成为影响油田稳产和高产的关键因素之一<sup>[1]</sup>。水淹现状的复杂性不仅体现在油田不同区块和层位的水淹程度差异显著，还表现在水淹类型的多样性和水淹速度的不断加快。从区块层面来看，A油田的不同区块水淹程度存在明显差异。一些区块由于储层物性较好、地层压力较高，水淹现象相对较轻，油井仍能维持较高的产能。而另一些区块则由于储层物性差、地层压力低、渗透率低等因素，导致水淹现象较为严重，油井产能大幅下降，甚至出现了停产的情况。这种区块间的水淹差异给油田的整体开发和生产带来了

不小的挑战。从层位层面来看，A油田的不同层位也呈现出不同的水淹特征。一些层位由于储层厚度大、渗透率高、含油饱和度高等因素，水淹速度较快，水淹程度较高。而另一些层位则由于储层厚度小、渗透率低、含油饱和度低等因素，水淹速度相对较慢，水淹程度较低。这种层位间的水淹差异也增加了油田开发和生产的难度。在水淹类型方面，A油田的水淹类型主要包括底水锥进、边水推进和层间水窜等。底水锥进是指底水在油井生产过程中，由于重力作用而沿井筒向上锥进，导致油井含水率上升。边水推进则是指边水在油井生产过程中，由于地层压力的变化而沿地层边界向油井推进，同样会导致油井含水率上升。层间水窜则是指不同层位之间的水通过渗透和流动而相互窜通，导致油井含水率快速上升。这些水淹类型的存在不仅影响油井的产能和采收率，还增加油田开发和生产的复杂性和不确定性。

### 2.2 主控因素识别

针对A油田的水淹问题，识别主控因素对于制定有效的治理措施和提高油田稳产能力具有重要意义。通过对油田地质特征、生产数据和历史资料的综合分析，可以将主控因素归纳为以下几个方面：一是储层物性差异。储层物性是影响水淹程度的关键因素之一，储层渗透率高、孔隙度大的区块和层位，水淹速度较快，水淹程度较高。而储层渗透率低、孔隙度小的区块和层位，水淹速度相对较慢，水淹程度较低。在油田开发和生产过程中，需要针对不同储层物性的区块和层位制定差异化的治理措施。二是地层压力和流体性质，地层压力和流体性质也是影响水淹程度的重要因素。地层压力高的区块和层位，水淹速度较快，水淹程度较高。而地层压力低的区块和层位，水淹速度相对较慢，水淹程度较低。同时，流体性质的差异也会影响水淹速度和程度。例如，高粘度原油的区块和层位，水淹速度相对较慢；而低粘

度原油的区块和层位,水淹速度较快。在制定治理措施时,需要充分考虑地层压力和流体性质的影响<sup>[2]</sup>。三是注水方式和注水强度,注水方式和注水强度是影响水淹程度和速度的重要因素之一。不合理的注水方式和过强的注水强度会加速油井含水率的上升,导致水淹问题更加严重。在注水过程中,需要严格控制注水方式和注水强度,确保注水效果的同时,避免对油井造成过大的影响。四是地质构造和断层分布,地质构造和断层分布也是影响水淹程度和速度的重要因素之一。地质构造复杂的区块和层位,水淹速度较快,水淹程度较高。而地质构造简单的区块和层位,水淹速度相对较慢,水淹程度较低。同时,断层分布也会影响水淹速度和程度。断层发育的区块和层位,水淹速度较快;而断层不发育的区块和层位,水淹速度相对较慢,在制定治理措施时,需要充分考虑地质构造和断层分布的影响。

### 3 单砂体内部水淹主控因素分布规律

#### 3.1 主控因素的空间分布

A油田,作为渤海湾盆地的重要油气田之一,其单砂体内部水淹现象日益显著,成为影响油田产能和采收率的关键因素。在深入探究单砂体内部水淹主控因素的过程中,我们发现这些主控因素在空间分布上呈现出一定的规律和特征。首先,储层物性差异是主控因素中最为显著的一个,在A油田的单砂体内部,储层渗透率、孔隙度等物理性质的差异导致了水淹程度的不同。具体而言,渗透率高、孔隙度大的区域,由于流体流动能力强,水淹现象往往更为严重。这些区域通常位于单砂体的中部或上部,因为随着开采的进行,油层压力逐渐降低,地层水在重力作用下更容易向这些区域渗透。相反,渗透率低、孔隙度小的区域,由于流体流动能力弱,水淹现象相对较轻。这些区域多位于单砂体的下部或边缘地带,受到地层水和油层压力的双重作用较小。其次,地层构造和断层分布也是影响水淹主控因素空间分布的重要因素,A油田的单砂体内部,地层构造复杂多变,断层发育广泛。这些构造和断层不仅影响了油气的运移和聚集,也直接决定了水淹主控因素的空间分布。在断层附近,由于地层的断裂和错动,流体流动通道更加畅通,水淹现象往往更为严重。断层还可能导导致地层压力的重新分布,进一步加剧水淹现象。而在远离断层的区域,地层相对完整,流体流动受到一定限制,水淹现象相对较轻。流体性质和注水方式也对水淹主控因素的空间分布产生了重要影响,A油田的原油粘度、密度等性质因区块而异,这些性质的差异导致了流体在单砂体内部的流动速度和方向的不同<sup>[3]</sup>。粘度低、密度小的原油

更容易被地层水驱替,导致水淹现象更为严重。而粘度高、密度大的原油则相对较难被驱替,水淹现象相对较轻。在注水方面,不同的注水方式和强度也会对水淹主控因素的空间分布产生影响。合理的注水方式和强度可以有效控制水淹速度和程度,而不合理的注水方式和强度则可能加速水淹进程。

#### 3.2 水淹模式及分布规律

在A油田的单砂体内部,水淹现象呈现出多种模式和分布规律。这些模式和规律不仅与主控因素的空间分布密切相关,也反映了油田开采过程中的动态变化。一种典型的水淹模式是底水锥进,在A油田的部分区块中,由于地层底部存在大量的地层水,随着开采的进行,这些地层水在重力作用下逐渐向上锥进,导致油井含水率快速上升。底水锥进模式通常发生在渗透率高、孔隙度大的区域,因为这些区域流体流动能力强,地层水更容易向上渗透。另一种常见的水淹模式是边水推进,在A油田的单砂体边缘地带,由于地层压力的变化和流体的流动,边水逐渐向油井推进,导致油井含水率上升。边水推进模式通常发生在渗透率适中、孔隙度较小的区域,因为这些区域流体流动能力适中,边水推进速度相对较慢。层间水窜也是A油田单砂体内部水淹的一种重要模式,由于不同层位之间的流体压力和渗透率的差异,地层水在开采过程中容易在不同层位之间窜通,导致油井含水率快速上升。层间水窜模式通常发生在断层附近或地层压力差异较大的区域,因为这些区域流体流动通道更加畅通,地层水更容易在不同层位之间流动。在分布规律方面,A油田的水淹现象呈现出一定的区域性和层位性。在区域性方面,水淹现象通常集中在渗透率高、孔隙度大的区域以及断层附近;在层位性方面,水淹现象通常发生在开采时间较长、地层压力较低的层位。这些分布规律不仅反映油田开采过程中的动态变化,也为制定有效的治理措施提供重要依据。

### 4 单砂体内部水淹治理及调整策略

#### 4.1 水淹治理方法

A油田单砂体内部的水淹问题,一直是影响油田稳产和高效开发的关键因素。针对底水锥进型水淹,主要采取的是堵水调剖技术,这种技术通过向油井注入高分子堵水剂,有效封堵底水上升通道,降低油井含水率,提高原油采收率。同时该技术还具有操作简便、成本低廉、效果显著等优点,成为A油田治理底水锥进型水淹的首选方法<sup>[4]</sup>。对于边水推进型水淹,采用的是人工屏障技术,通过在油井周围设置人工屏障,如水泥塞、化学堵剂等,有效阻止边水的推进,降低油井含水率,该技

术还可以根据油井生产情况和地层压力变化,灵活调整隔障的位置和规模,实现精准治理。针对层间水窜型水淹,科研人员提出层间调整技术,通过重新调整注水井的注水层位和注水强度,优化注水方案,有效避免地层水在不同层位之间的窜通,降低油井含水率。同时该技术还可以根据油井生产动态和地层压力变化,实时调整注水策略,确保油井稳产。除了上述技术方法外,A油田还积极探索和应用其他创新性的水淹治理方法。如利用微生物采油技术,通过向地层注入特定的微生物菌液,利用微生物的代谢作用降低地层水的粘度,提高原油的流动性,从而有效减缓水淹速度,还尝试电磁加热技术,通过向地层施加电磁场,提高地层温度,降低原油粘度,增强原油的驱替能力,进一步提高水淹治理效果。

#### 4.2 调整策略

在A油田单砂体内部水淹治理的基础上,为了提高油田开发效率和采收率,科研人员和技术团队还制定一系列调整策略。第一、根据水淹治理效果和生产动态数据,对油田的注水方案进行全面优化。通过调整注水井的注水层位、注水强度和注水方式,实现了注水量的精准控制和地层压力的合理分布,有效避免地层水的过快上升和油井含水率的过快增长。第二、针对油田内部不同区块和层位的地质特征和开采条件,制定差异化的开采策略。对于渗透率高、孔隙度大的区块和层位,采取了高强度开采和快速提液的方式,以提高原油采收率;而对于渗透率低、孔隙度小的区块和层位,则采取低强度开采和稳定提液的方式,以确保油井稳产<sup>[5]</sup>。第三、为了进一步提高油田开发效率和采收率,科研人员还积极探索和应用新技术和新方法。如利用人工智能和大数据技术,对油田生产数据进行深度挖掘和分析,实

现对油田生产动态的实时监测和预测;同时还尝试水平井和多层合采等新技术,进一步提高单井产量和油田整体开发效率。

#### 结束语

A油田单砂体内部水淹主控因素识别及分布规律的研究,对于指导油田的水淹治理和调整策略具有重要意义。未来,将继续深化对主控因素的认识,优化治理方法,提高治理效果,为A油田的持续稳产和高效开发贡献力量。同时也期待与业界同仁共同探讨和交流,共同推动油田开发技术的进步和发展。

#### 参考文献

- [1]雷传玲,李泉凤,王子毓,等.辫状河三角洲砂体内部构型表征及剩余油分布规律研究[J].录井工程,2019,30(2):122-127.DOI:10.3969/j.issn.1672-9803.2019.02.024.
- [2]张振杰,张国浩,瞿朝朝,等.高含水期剩余油控制因素及调整挖潜研究——以辽东湾J油田东营组东二下亚段为例[J].录井工程.2023,34(3).DOI:10.3969/j.issn.1672-9803.2023.03.021.
- [3]肖露,张俊,贾耀忠.稀油油藏高含水期剩余油精细刻画技术及潜力评价——以温米油田温西三区块为例[J].新疆石油天然气.2021,(1).DOI:10.3969/j.issn.1673-2677.2021.01.011.
- [4]尹艳树,丁文刚,安小平,等.鄂尔多斯盆地安塞油田塞160井区三叠系长611储层构型表征[J].岩性油气藏.2023,35(4).DOI:10.12108/yxyqc.20230404.
- [5]苏明,马明宇,梁云,等.鄂尔多斯盆地安塞南地区延长组长8段油藏富集规律[J].桂林理工大学学报.2023,43(2).DOI:10.3969/j.issn.1674-9057.2023.02.005.