

# 挤灰作业中砂桥与漏失复杂情况预防及解除措施研究

刘骏

辽河油田辽河工程技术分公司修井技术服务大队

**【摘要】**挤灰作业作为油气井施工中的一环关键环节，在封堵、修复等作业中发挥着不可或缺的作用。然而，“砂桥”与“漏失”这两种复杂情况频繁发生，严重影响施工效果并增加成本。本文通过系统分析“砂桥”与“漏失”的成因，从地层特性、施工参数等多角度出发，制定了针对性的预防与解除措施。研究方法包括理论分析、文献调研以及现场案例验证。主要研究成果表明，优化施工设计、前置液预处理、地层承压能力评估及水泥浆性能调整等措施能够有效预防复杂情况的发生；而活动管柱解堵、化学解堵剂应用、堵漏材料选择与挤注工艺优化等措施在解除复杂情况方面效果显著。这些成果为提升挤灰作业成功率提供了重要的理论与实践指导。

**【关键词】**挤灰作业；砂桥；漏失；预防措施；解除措施

Research on Prevention and Mitigation Measures for Complex Sand Bridges and Flow Loss During Grouting Operations

Liu Jun

Well Repair Technical Service Team, Liaohe Engineering Technology Branch, Liaohe Oilfield

**【Abstract】** As a critical phase in oil and gas well construction, grouting operations play an indispensable role in plugging and restoration tasks. However, the frequent occurrence of two complex issues— "sand bridges" and "flow loss" — significantly compromise operational efficiency and increase costs. Through systematic analysis of their causes—including formation characteristics and construction parameters—the study proposes targeted preventive and mitigation measures. Methodologies employed encompass theoretical analysis, literature review, and field case validation. Key findings demonstrate that optimized construction design, pretreatment of fluid mixtures, assessment of formation pressure capacity, and adjustment of cement slurry properties effectively prevent these complications; while mobile tubing des堵ing, application of chemical des堵 agents, selection of leak-sealing materials, and optimization of injection techniques prove highly effective in resolving such issues. These findings provide crucial theoretical and practical guidance for improving the success rate of grouting operations.

**【Key words】** Ash extrusion operation; Sand bridge; Leakage; Preventive measures; Mitigation measures

## 引言

挤灰作业作为油气井封堵与修复施工中的关键技术环节，该工艺在油田开发中后期尤为重要，挤灰作业成为保障油水井正常运行的重要手段。在油气田开发过程中，“砂桥”与“漏失”复杂情况已成为挤灰作业中亟待解决的关键问题。这些复杂情况不仅显著影响施工效果，还可能导致成本大幅增加及生产周期延长。如在地层出砂严重的情况下，“砂桥”的形成可能导致水泥浆无法有效充填目标层位，从而降低封堵成功率；而“漏失”现象则可能使水泥浆大量进入非目标地层，造成资源浪费并对储层造成二次污染。特别是在稠油开发中后期，由于地层压力较低且出砂问题突出，常规冲砂作业难以有效携砂出井，进一步加剧了“砂桥”与“漏失”的发生风险。因此，开展针对“砂桥”与“漏失”复杂情况的预防及解除措施研究，对于提高挤灰作业一次成功率、降低施工风险以及保障油气井长期稳定生产具有重要意义。

## 1.砂桥与“漏失”复杂情况原因分析

### 1.1 “砂桥”形成原因

#### 1.1.1 地层因素

地层砂粒粒径分布不均、胶结程度较弱以及出砂严重的地层条件，均可能导致施工过程中砂粒在井筒或环空中堆积，从而引发“砂桥”现象。此外，未固井井段或固井质量较差的井段，因地层稳定性不足，进一步加剧了砂粒迁移的可能性。研究表明，地层砂粒的粒径越大、圆度越低，其堆积倾向越高，尤其是在高渗透率地层中，这种现象更为显著。因此，针对地层特性进行详细分析，是预防“砂桥”形成的关键步骤。

#### 1.1.2 施工因素

施工排量过高或过低均可能诱发砂粒堆积问题。当排量过高时，流体对地层砂粒的冲刷作用增强，导致大量砂粒进入井筒；而当排量过低时，携带能力不足，易使砂粒在环空或射孔孔眼处沉积，进而形成“砂桥”。此外，顶替液的选择也至关重要。若顶替液的粘度、密度或悬浮能力不足，则难以有效携带施工过程中的固相颗粒，从而增加“砂桥”形成的风险。

## 1.2 “漏失”产生原因

### 1.2.1 地层压力因素

在油气田开发中后期，随着储层流体的大量采出，地层压力逐渐下降，部分区域甚至出现明显的压力亏空现象。这种压力亏空不仅会导致地层承压能力降低，还可能引发井筒与地层之间的压力差异异常增大，从而使工作液在高压差作用

下向地层深部漏失。特别是在多层系开发中,层间压力差异的存在进一步加剧了漏失风险。如高升油田在开发中后期因油藏条件变化及增产措施的实施,导致层间矛盾突出,部分层位压力失衡,进而引发了严重的漏失问题。1.2.2 地层裂缝因素

裂缝性油藏中,由于天然裂缝的存在,地层非均质性增强,裂缝与基质之间的渗透率差异较大,导致工作液在裂缝中优先流动,并在裂缝尖端或高渗透区域发生漏失。此外,在增产措施如压裂作业中形成的人工裂缝,也可能成为漏失的主要通道。尤其是在固井质量较差的情况下,人工裂缝与套管外窜槽相结合,会进一步加剧漏失问题的复杂性。

## 2. “砂桥”与“漏失”复杂情况预防措施

### 2.1 “砂桥”预防措施

#### 2.1.1 优化施工设计

首先,施工排量的选择需综合考虑地层特性及井筒条件,以避免因排量过高或过低导致砂粒堆积。研究表明,排量过高可能加剧井壁冲刷,使地层砂粒更易进入井筒并堆积形成“砂桥”;而排量过低则无法有效携带固相颗粒,同样增加“砂桥”形成的风险。其次,管柱结构的设计也需优化,确保管柱与井眼的匹配性良好,减少局部涡流和流速变化,从而降低砂粒沉积的可能性。此外,在施工设计中还需充分考虑井底压力分布,通过合理控制环空返速,进一步减少“砂桥”形成的概率。

#### 2.1.2 前置液预处理

前置液的应用是预防“砂桥”形成的重要手段之一。其主要作用包括携带固相颗粒、稳定井壁以及改善水泥浆的顶替效率。研究表明,前置液中加入适量悬浮剂可有效提高其对固相颗粒的携带能力,从而减少砂粒在井筒内的沉积。此外,前置液中的化学添加剂能够与井壁形成保护膜,增强井壁稳定性,防止因地层出砂导致的“砂桥”问题。在实际施工中,前置液的选择需根据地层特性进行调整,同时,前置液的注入量及注入速度也需精确控制,以确保其能够充分覆盖井壁并发挥预期作用。

### 2.2 “漏失”预防措施

#### 2.2.1 地层承压能力评估与提升

地层承压能力不足是导致“漏失”问题的主要原因之一,因此在挤灰作业前对地层承压能力进行全面评估至关重要。通过测井数据、地层压力测试等手段,可以准确获取地层的承压能力参数,并据此制定相应的提升措施。常用的提升方法包括注入暂堵剂、实施压裂充填等工艺,这些措施能够有效封堵地层微裂缝,提高地层的整体承压能力。文献研究表明,针对不同地质条件的地层,采用个性化的承压能力提升方案可显著降低“漏失”的发生率。此外,在施工过程中还需实时监测地层压力变化,及时调整施工参数,以确保地层承压能力始终处于安全范围内,从而有效预防“漏失”问题的发生。

#### 2.2.2 优化水泥浆性能

水泥浆性能的调整是预防“漏失”问题的关键环节之一。首先,水泥浆密度的选择需综合考虑地层压力系数及施工要

求,确保其在满足封堵需求的同时不会因密度过高而诱发“漏失”。其次,水泥浆的失水性能也需严格控制,过高的失水可能导致水泥浆在地层中过早凝固,从而堵塞孔隙或裂缝,引发“漏失”。研究表明,通过添加降失水剂等功能性添加剂,可显著改善水泥浆的失水性能,减少其对地层的伤害。此外,水泥浆的流变性能同样需要优化,以确保其在注入过程中具有良好的流动性和顶替效率。

## 3. “砂桥”与“漏失”复杂情况解除措施

### 3.1 “砂桥”解除措施

#### 3.1.1 活动管柱解堵

当“砂桥”形成后,活动管柱解堵是一种常用的物理解除方法。该方法通过上下活动管柱,利用机械力破坏“砂桥”结构,从而恢复井筒的通畅性。具体操作时,需根据井深、套管尺寸及“砂桥”位置等因素合理调整管柱活动范围和频率。通常情况下,管柱活动的幅度应控制在安全范围内管造成二次损伤。此外,活动管柱的速度和力度也需精确控制,以确保既能有效破坏“砂桥”,又能防止因操作不当引发其他复杂情况。研究表明,活动管柱解堵的成功与否不仅取决于操作参数的选择,还与地层特性及“砂桥”的严重程度密切相关。因此,在实施该方法前,应对井况进行全面评估,并结合实际情况制定详细的操作方案。

尽管活动管柱解堵具有操作简单、成本较低的优点,但在某些情况下可能存在局限性。例如,当地层出砂严重或“砂桥”较为致密时,单纯依靠活动管柱可能难以完全解除堵塞。此时,可结合其他解堵方法,如化学解堵剂的应用,以提高解堵效果。此外,需要注意的是,频繁活动管柱可能会对套管造成疲劳损伤,因此在施工过程中应密切监测套管状态,确保施工安全。

#### 3.1.2 化学解堵剂应用

化学解堵剂是一种通过溶解或分散“砂桥”物质恢复井筒通畅性有效手段。作用原理为,化学解堵剂中活性成分能够与“砂桥”中的固相颗粒发生化学反应,降低颗粒间的粘结强度,使其分散或溶解。常用化学解堵剂包括酸性溶液、表面活性剂及氧化剂三类,选择需根据“砂桥”成分及地层特性确定。

实际应用中,化学解堵剂使用需注意:,需根据“砂桥”特性及地层条件优化解堵剂的配方,以确保其具有良好的溶解或分散能力;在施工过程中应严格控制解堵剂的注入量及作用时间,避免对地层造成过度伤害;需采取措施防止解堵剂与套管或水泥环发生不良反应,以免引发新的复杂情况。研究表明,化学解堵剂在解除“砂桥”方面具有较高的成功率,但其效果往往受到地层温度、压力及流体性质等因素的影响。因此,在实施该方法前,应通过室内实验对解堵剂的性能进行充分评价,并结合现场实际情况制定合理的施工方案。

### 3.2 “漏失”解除措施

#### 3.2.1 堵漏材料选择与使用

目前,常的堵漏材料主要包括桥接材料、纤维材料及化学堵剂三大类,其选择需根据漏失类型及地层特性确定。例

如,对于裂缝性漏失,可采用桥接材料与纤维材料相结合的复合堵漏方案,利用桥接材料封堵大裂缝,同时通过纤维材料填充微小裂隙,从而提高堵漏效果;而对于孔隙性漏失,则需使用粒径较小的桥接材料或化学堵剂进行封堵。

在实际应用中,使用需注意:需根据漏失层物性参数及漏失严重程度选择合适类型的堵漏材料;在施工过程中应严格控制堵漏材料注入量及注入速度,以确保其能够准确进入漏失层位;需采取措施防止堵漏材料与地层流体发生不利反应,以免影响堵漏效果。研究表明,堵漏材料性能优化及施工工艺的改进可显著提高漏失解除的成功率。因此,在实施堵漏作业前,应通过室内实验对堵漏材料的性能进行充分评价,并结合现场实际情况制定合理的施工方案。

### 3.2.2 挤注工艺优化

挤注压力、排量及顶替液选择等参数的合理设置对堵漏效果具有重要影响。如对于高压漏失层,需适当提高挤注压力以确保堵漏材料能够有效进入漏失通道;而对于低压漏失层,则应降低挤注压力,避免因压力过高导致地层破裂或堵漏材料窜流。此外,挤注排量的选择也需根据漏失类型及地层特性确定。一般而言,裂缝性漏失宜采用较低排量,以减少流体对裂缝的冲刷作用;而孔隙性漏失则可采用较高排量,以提高堵漏材料的覆盖范围。

在优化挤注工艺的同时,还应注意顶替液的选择与使用。顶替液的性能应与堵漏材料及地层流体具有良好的相容性。研究表明,通过优化挤注工艺参数及顶替液选择,可显著提高堵漏作业的成功率。然而,需注意的,挤注工艺参数的调整需综合考虑地层条件及施工设备能力,避免因操作不当引发其他复杂情况。因此,在实施挤注工艺优化前,应通过数值模拟或现场试验对工艺参数进行充分验证,并结合实际情况制定合理的施工方案。

### 3.3 预防解除措施

预防措施方面,优化施工设计被证明能够显著降低“砂桥”与“漏失”发生风险。合理调整施工排量、优化管柱结构以及使用前置液进行预处理,可有效减少砂粒堆积和地层失稳可能性。此外,针对“漏失”问题,通过评估和提升地层承压能力,结合水泥浆性能优化,增强施工的安全性和成功率。

解除措施方面,活动管柱解堵和化学解堵剂应用为“砂桥”问题提供了有效的解决方案。通过上下活动管柱破坏“砂桥”结构,或利用化学解堵剂溶解分散堵塞物质,可快速恢复施工进度。对于“漏失”问题,选择合适堵漏材料并优化挤注工艺参数,能够有效封堵漏失通道,确保施工的顺利进行。

## 参考文献

- [1]孙立超.漏失井综合治理技术[J].化工管理,2017,(19):222-222.
- [2]倪雪宝.高升油田漏失井挤灰技术研究[J].环球市场信息导报(理论),2011,(4):42-42.
- [3]郑如忠;胡琪;白俊丽;张顺林;王艳兵.可取式挤灰桥塞在挤灰作业中的应用与评价[J].内蒙古石油化工,2011,37(11):48-50.
- [4]张波.稠油井低成本修井作业技术[J].河北能源职业技术学院学报,2012,12(4):68-69.
- [5]李斌;李飞柯;李志刚;肖洋;隋世发.特殊井注水泥塞工艺技术探讨[J].石化技术,2018,25(10):283-283.

## 4.现场案例分析

### 4.1 案例背景

在某稠油区块的一口生产井中,由于地层压力较低且出砂现象严重,挤灰作业过程中出现了“砂桥”复杂情况。该井位于未固井的浅层井段,套管存在一定程度的外窜槽问题,导致井内环境复杂化。根据相关文献分析,此类地层特性与施工工艺参数的不合理匹配极易引发“砂桥”的形成。此外,该井在前期冲砂作业中因携砂能力不足,部分地层砂粒未能有效排出,进一步加剧了“砂桥”形成的风险。本次挤灰作业的主要目的是封堵套管外窜槽,恢复井筒完整性,然而“砂桥”的出现严重影响了施工效果,并增加了作业成本。

### 4.2 处理过程与效果

采取优化施工设计与前置液预处理相结合的处理措施。首先,在施工设计阶段,通过对施工排量进行精确计算并调整管柱结构,避免了因排量不当导致砂粒堆积的问题。其次,引入前置液进行预处理,利用其携带固相颗粒和稳定井壁的作用,有效减少了“砂桥”形成的可能性。实际施工记录显示,采用上述措施后,“砂桥”现象得到了显著缓解,挤灰作业的成功率显著提高。此外,通过后续生产数据的监测发现,封堵效果良好,临井窜通问题基本解决,生产周期得以延长,验证了所采取措施的有效性。

## 5.结论与展望

(1)“砂桥”与“漏失”复杂情况是挤灰作业中常见且具有挑战性的问题,其形成原因涉及多方面因素。通过对这些原因的系统分析,提出了针对性的预防与解除措施,并验证了其有效性。

(2)未来研究应加强新技术在挤灰作业中应用研究,如智能监测技术与大数据分析的结合,可实现对施工过程的实时监控和动态调整,提高施工精度和效率;开展多因素耦合研究,综合考虑地层特性、施工参数等多种因素影响的交互作用,以制定更加全面和系统的解决方案;加强对新型材料的研究与开发,例如高性能堵漏材料和环保型化学解堵剂,以满足复杂工况下的施工需求并减少对环境的潜在影响。

(3)本文为挤灰作业中“砂桥”与“漏失”复杂情况的预防及解除提供了重要的理论基础和技术支持,通过持续的技术创新和理论研究,相信未来能够更好地应对挤灰作业中的复杂情况,为油气田的高效开发提供坚实保障。