

挤灰封堵施工中不同封堵剂在高温高压条件下的适应性分析

杨金龙

辽河工程技术分公司修井技术服务大队

DOI:10.12238/jpm.v5i11.7353

[摘要] 在油气井开采过程中,挤灰封堵技术广泛应用于井筒漏失、地层裂缝等复杂问题的处理。随着开采深度的增加,井筒往往面临高温高压环境,这对封堵剂的性能提出了更高的要求。本文通过对不同类型的封堵剂在高温高压条件下的适应性进行分析,探讨了封堵剂的流变性、强度保持性、耐高温耐压性等关键指标的适应性情况,旨在为挤灰封堵施工中封堵剂的选择提供理论依据。

[关键词] 挤灰封堵, 高温高压, 封堵剂, 适应性, 流变性

Adaptability analysis of different blocking agents under high temperature and high pressure in ash plugging construction

Yang Jinlong

Liaohe Engineering Technology Branch

[Abstract] In the process of oil and gas well exploitation, the squeezing and ash plugging technology is widely used in the treatment of complex problems such as wellbore loss and formation crack. With the increase of mining depth, the shaft often faces high temperature and high pressure environment, which puts forward higher requirements for the performance of plugging agent. By analyzing the adaptability of different types of plugging agents under high temperature and high pressure conditions, the adaptability of key indicators such as rheology, strength retention, temperature and pressure resistance, aims to provide a theoretical basis for the selection of plugging agent in ash plugging construction.

[Key words] extrusion ash blocking, high temperature and high pressure, blocking agent, adaptability, rheology

引言

随着油气田勘探开发的深入,井筒施工环境日趋复杂,尤其是在深井及超深井作业中,井筒内常常面临高温高压的挑战。在这种环境下,井筒中的压力、温度变化剧烈,地层渗漏、裂缝等问题尤为突出,给油气井的安全生产带来了隐患。挤灰封堵作为一种有效的井筒漏失处理技术,封堵剂的选择直接影响封堵效果^[1]。然而,常规封堵剂在高温高压下的性能往往难以满足要求,容易出现封堵剂流动性差、封堵强度不足等问题。因此,针对封堵剂在高温高压条件下的适应性研究具有重要意义。

1 封堵剂类型及其性能要求

封堵剂是挤灰封堵施工的核心材料,能够通过流动和固化在井筒渗漏部位形成坚固的封堵体,从而有效阻止流体渗漏。针对不同施工环境,常用封堵剂可分为以下几类:

(1) 水泥基封堵剂:水泥基封堵剂具有较高的强度和耐压性,适用于常温常压下的封堵应用。然而,在高温高压条件

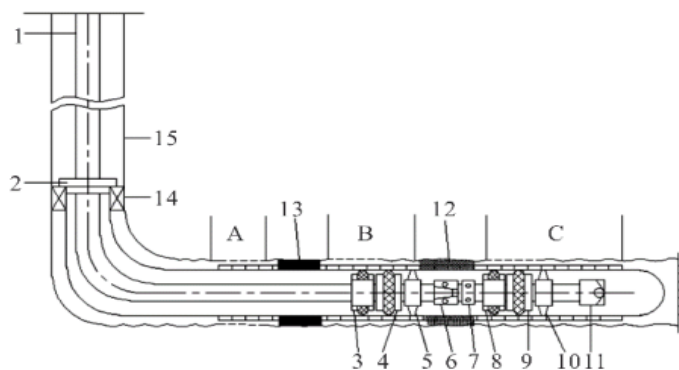
下,水泥基封堵剂容易出现固化时间延长的问题,导致其封堵效果减弱^[2]。此外,高温可能导致水泥水化产物分解,使得封堵体的强度下降,耐久性变差,因此其在极端条件下的适应性有限。

(2) 树脂基封堵剂:树脂基封堵剂具备良好的粘结性和弹性,尤其适用于裂缝封堵。树脂材料在高温下表现出较好的耐温性,能够在较高温下保持稳定的化学结构。然而,树脂基封堵剂在高压条件下的机械强度相对较低,可能难以抵抗较大的压应力,因此其在高压环境中的应用范围相对较窄。

(3) 复合材料封堵剂:复合材料封堵剂是一种将水泥基与树脂基封堵剂优势结合的新型材料,兼具高强度和良好的流变性。其在常规条件下具有较好的综合性能,能够在一定程度上克服单一材料的局限性。尽管如此,复合材料封堵剂在高温高压条件下的性能表现尚需进一步实验验证,特别是对其长期稳定性的评估仍存在不足。井下化学封堵剂是具有剪切变稀、静置后成胶固化性能的特殊药剂,利用该特性,一方面可以作

为堵水药剂注入地层实现高含水地层封堵;另一方面也可以作为管外封隔剂,以封堵剂注入工艺为例,A、B、C都为油层,前期完井以B、C两层合采,若后期B层高含水,为保证C层产量,可下入封堵剂注入管柱建立B、C两层间封隔,再下入

分采管柱,主产A、C两层,控制B层产液,即可实现不动防砂完井管柱完成层间封隔分层生产,从而大幅降低油井作业成本提升产能,具有较高的经济价值,在油田勘探开发领域具有较大应用潜力。



1—油管; 2—定位接头; 3—第一遇油遇水膨胀封隔器; 4—第一扩张式封隔器; 5—第一扶正器; 6—泄油器; 7—节流阀; 8—第二遇油遇水膨胀封隔器; 9—第二扩张式封隔器; 10—第二扶正器; 11—单流阀; 12—井下化学封堵剂; 13—隔离封隔器; 14—顶部悬挂封隔器; 15—套管。

图1 封堵剂注入工艺管柱示意图

同时井下复杂工况条件对化学封堵剂的适应性提出了较高要求,本文通过室内实验研究了高温对化学封堵剂性能的影响,开展了高温、超高温条件下封堵剂的成胶特性、固化强度特性、长期老化特性及固化时效控制方法研究,对封堵剂现场应用及其后续研究有一定指导意义。

高温高压条件下,封堵剂应满足的基本要求:

(1) 耐高温性:在高温条件下,封堵剂必须保持物理稳定性,不能发生软化、分解或热降解。材料应能够在井筒内部高温环境中保持其结构和功能,确保封堵效果持久有效[3]。

(2) 耐高压性:封堵剂需要具备足够的抗压能力,能够在高压条件下保持形态不变,不被压缩、破坏或失效。只有具备较高的机械强度,封堵剂才能在复杂的高压地层条件下有效发挥作用。

(3) 良好的流变性与操作性:在挤灰施工过程中,封堵剂应具有良好的流动性,能够顺利流入渗漏通道、填充裂缝,确保封堵区域被完全覆盖。与此同时,封堵剂在高温高压下应保持较长的工作时间,避免因温度或压力升高导致的早期凝固,影响施工进度和效果。

(4) 适宜的固化时间:封堵剂的固化时间需在高温高压条件下进行优化,既要确保施工操作有足够的时间窗口,也要避免过长的固化时间导致封堵效果不佳。固化速度应适中,确保封堵体形成后能够快速承载地层压力,同时避免材料在井筒高温下提前固化,影响渗漏填充效果。

2 高温高压条件下封堵剂的适应性分析

油井开采过程中的出水问题严重制约产能,井下化学封堵剂可作为堵水药剂注入地层实现高含水地层封堵,同时也可作为管外封隔剂实现不动防砂管柱完成油井分层分采,具有较高的应用价值。本文针对井下高温环境要素,通过室内实验研究了高温对化学封堵剂性能的影响,开展了高温、超高温条件下封堵剂的成胶特性、固化强度特性、长期老化特性及固化时

效控制方法研究,对封堵剂的现场应用及其后续研究有一定指导意义。

高温高压条件对封堵剂的物理、化学性能提出了更高要求,因此封堵剂必须在复杂的环境中能够维持其流动性、固化强度及稳定性,所以有必要对高温高压条件下封堵剂的适应性进行全面分析。

2.1 水泥基封堵剂的适应性分析

水泥基封堵剂是油气井挤灰封堵施工中常用的材料,因其成本低廉、施工简便,在常规条件下表现优异。然而,在高温高压条件下,水泥基封堵剂的适应性存在较大挑战,首先,固化时间延长是水泥基封堵剂在高温环境下常见的问题。通常情况下,水泥通过水化反应进行固化,但在高温下,水化反应速率可能受到抑制,导致固化时间显著延长。这会影响封堵剂的施工进度和封堵效果,甚至可能导致材料在填充过程中提前失效。此外,高压条件下水泥基材料的渗透性和流动性减弱,增加了施工难度。其次,在高温下,水泥水化生成的产物,如水化硅酸钙和钙矾石,可能会发生分解或结构变化,这直接影响水泥固化后的强度和稳定性。尤其在长期高温暴露下,水泥的强度下降更为明显,无法承受井筒内的高压冲击。这不仅影响封堵的效果,还可能导致封堵体失效,增加地层渗漏风险。为了改善水泥基封堵剂在高温高压下的适应性,研究人员可以添加耐温助剂和改性材料提高其耐高温性能。例如,加入硅灰、偏高岭土等高温助剂,能够提升水泥基材料的耐热性和强度,增强其抗高温能力。同时,采用硅酸盐和钙镁材料改性,可提高材料在高压下的机械性能,增强其抗压能力。

2.2 树脂基封堵剂的适应性分析

树脂基封堵剂在高温高压环境下的适应性与其化学性质密切相关。树脂基封堵剂具有良好的流动性和粘结性,能够有效填充井筒中的裂缝,尤其适合处理小型裂缝渗漏问题。然而,其在高温高压下的适应性表现出一些特有的优势和不足。在高

下转第8页

时发现和纠正作业过程中的安全隐患和违规行为,提高应急救援的响应速度和效率,为事故调查提供有力证据等^[7]。

4.5 实现一通三防技术管理

“一通三防”是指煤矿生产中的通风、防瓦斯、防煤尘、防火灾的技术管理工作,是煤矿安全生产的重中之重。在通风技术管理中,企业应优化通风系统设计,合理布置通风巷道,降低通风阻力,提高通风效率,并加强对通风设施的检查和维护,使其完好可靠。采用先进的通风监测技术,合理配置通风应急系统,实时监测矿井内的风量和风质,及时调整通风参数,确保矿井内空气质量符合安全要求,满足煤矿生产的需求。在防瓦斯技术管理中,企业应采用先进信息技术定期检测矿井内瓦斯浓度,发现异常立即采取措施进行处理,确保作业人员生命财产安全。在防煤尘技术管理中,企业应严格控制煤尘的产生和扩散,加强煤尘监测,采用喷雾降尘、湿式作业等措施降低煤尘浓度,并定期对采掘工作面和运输巷道进行清扫和冲洗,要求作业人员规范佩戴防护装备,防止煤尘积聚,降低煤尘对其健康的影响。在防火灾技术管理中,企业应强化火灾预防,建立完善的火灾预防体系,包括火灾监测、火灾报警、灭火救援等,加强电气设备的管理和维护,防止电气火灾的发生。并定期组织火灾应急演练,增强作业人员的安全意识,提高员工的火灾应急反应能力^[8]。

综上所述,在煤矿行业中,安全生产管理及安全技术防护不仅是企业持续稳定发展的基石,更是保障矿工生命安全与身体健康的重中之重。针对当前煤矿安全生产管理及安全技术防护存在的问题,企业应采取增强安全生产管理意识、加大对安全生产的重视程度、制定完善的安全与技术管理制度、加强煤矿开采现场监管以及实现“一通三防”技术管理等措施,加强

煤矿安全生产管理,提高生产安全性,降低安全隐患的发生率,促进煤矿企业高质量可持续发展。

[参考文献]

- [1]和帅.煤矿安全生产管理防护措施分析[J].内蒙古煤炭经济,2021,(23):94-96.
- [2]王丙成.加强煤矿安全生产管理及安全技术防护措施探究[J].内蒙古煤炭经济,2022,(10):87-89.
- [3]姜迁迁,郭明.煤矿安全生产管理防护措施研究[J].内蒙古煤炭经济,2023,(20):127-129.
- [4]臧洪彦,姜东,张淑刚,等.加强煤矿安全生产管理及安全技术防护措施探究[J].内蒙古煤炭经济,2024,(11):94-96.
- [5]邹云兴.煤矿安全生产管理疏点分析及防控对策[J].矿业装备,2023,(08):114-117.
- [6]卓皓.煤矿企业安全生产管理存在的问题及对策探析[J].湖南安全与防灾,2022,(09):47-49.
- [7]刘冬花.加强煤矿安全生产管理及安全技术防护措施研究[J].中国石油和化工标准与质量,2020,40(11):75-76+78.
- [8]杜万飞.关于煤矿生产技术管理与煤矿安全生产的分析[J].矿业装备,2022,(03):146-147.
- 第一作者简介:王湘萍,1971年2月20日,男,江西省萍乡市,汉族,本科,助理工程师,江西煤业集团有限责任公司安源煤矿,研究方向:采矿工程、采矿技术管理等;
- 第二作者简介:文水根,1975年9月15日,男,江西省萍乡市,汉族,本科,工程师,江西煤业集团有限责任公司安源煤矿,研究方向:采矿工程、采矿技术管理等。

上接第5页

温条件下,树脂基封堵剂的化学稳定性较好。树脂材料在150℃甚至更高温度下能够保持其结构完整性,不易发生热分解。这使得树脂基封堵剂在高温下具有较好的耐温性,并能保持长时间的封堵效果。特别是在深井和超深井等高温环境中,树脂封堵剂能够通过交联反应固化,形成稳定的封堵体。然而,随着温度的进一步升高,某些树脂材料可能会发生软化或膨胀,因此需要选择合适的树脂类型,并通过配方优化提高其耐高温性能。然而,在高压条件下,树脂基封堵剂的抗压性能相对较差。树脂材料的弹性模量较低,在高压环境中容易发生变形或破裂,导致封堵体失效。因此,树脂基封堵剂在高压环境中往往需要进行配方改性。

2.3 复合材料封堵剂的适应性分析

复合材料封堵剂结合了水泥基和树脂基材料的优势,具有较好的综合性能,因此在高温高压环境中表现出更好的适应性。复合材料封堵剂通常会将水泥基材料的高强度与树脂基材料的良好粘结性和耐温性结合,使其在高温高压环境下具备更稳定和高效的封堵效果。在高温条件下,复合材料封堵剂中的树脂成分能够有效提高其耐热性,减少水泥基材料因高温分解导致的强度下降问题。同时,复合材料中的水泥基部分能够通过改性提升其抗压性能,使得复合材料在高温高压下保持较好的机械强度和耐久性。这种材料的热稳定性在200℃以上的高温环境下仍能保持封堵体的完整性,防止渗漏问题的发生。

在高压条件下,复合材料封堵剂通过水泥基成分提供的高抗压能力,能够有效承受井筒内的高压冲击。复合材料中的纤维增强成分进一步增强了其抗压性能,使其能够在极端压力环境下保持形态和结构的稳定性。同时,复合材料的可定制性使得其配方能够根据具体的施工需求进行调整,优化其在高温高压下的流变性和固化速度,确保其在施工过程中的可操作性和封堵效果。

3 结论

高温高压条件下,不同类型的封堵剂在适应性上存在较大差异。水泥基封堵剂在高温高压下固化时间延长且强度下降,树脂基封堵剂耐温性能较好但抗压性较差,复合材料封堵剂则兼具良好的耐温和耐压性能。未来的研究可以进一步优化封堵剂的配方,不断提高其在极端条件下的适应性,从而更好地满足油气井挤灰封堵施工的需求。

[参考文献]

- [1]杨倩云,王宝田,张高峰,赵怀珍.抗高温强封堵硬胶微泡沫钻井液构建技术[J].钻井液与完井液,2021,38(06):721-727.
- [2]张德友.挤灰封堵工艺技术研究及应用[J].科技传播,2012,(01):121.
- [3]林清峰,吴迪平,张礼星,何富凯.水泥浆挤灰封堵工艺在临盘油田的应用[J].内江科技,2008,(05):123.