

纤维水泥浆堵漏实验研究

谷 穗, 乌效鸣, 蔡记华

(中国地质大学(武汉)工程学院, 湖北 武汉 430074)

摘要: 钻孔漏失是煤田钻探常见的复杂问题之一, 而水泥浆堵漏是现场使用最多的堵漏方法之一。但在裂缝性地层、洞穴或高渗地层中容易出现水泥浆漏失的难题。将特种纤维引入常规水泥浆体系中, 通过室内实验研究纤维水泥浆的堵漏性能、触变性能、流动性能和水泥石的力学性能, 并分析其堵漏作用机理, 介绍了其在国内外油气钻井和固井领域的应用情况。研究表明, 纤维水泥浆在此类地层中具有较好的堵漏效果, 在煤田钻探领域将具有良好的应用前景。

关键词: 煤田钻探; 纤维水泥浆; 堵漏

中图分类号: P634.6 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-7428(2009)04-0004-03

Sealing Experiment Research on Fiber Cement Slurry/GU Sui, WU Xiao-ming, CAI Ji-hua (Engineering Faculty of China University of Geosciences, Wuhan Hubei 430074, China)

Abstract: Lost circulation of borehole is one of the complex problems in coal bed drilling process and cement slurry sealing is the most commonly used method on site. However, lost circulation of cement slurry often happens in fissured, cave or high permeability formations. The paper introduced special fiber into the conventional cement slurry systems and made re-research on its sealing performance, rheopecticity, fluidity and mechanical property of cement stone by laboratory experiments. The paper also analyzed the sealing mechanism of fiber cement slurry and the applications of which were introduced in the drilling and cementing processes. The research results demonstrate that fiber cement slurry has good sealing effect in above-mentioned formations and it has a promising future in coal bed drilling fields.

Key words: coal bed drilling; fiber cement slurry; sealing

钻孔漏失是煤田钻探常见的复杂问题之一, 也是影响煤田钻探工程质量与效率的关键因素之一。以宁夏中南部煤田勘查区为例, 钻孔漏失不仅增加了钻进成本(仅钻进用水就高达 30~40 元/m³), 而且由于钻孔漏失, 地层失去了泥浆的有效支撑作用, 容易导致卡钻、埋钻甚至钻杆折断等孔内事故, 严重影响煤田钻探工程质量与效率。

水泥浆堵漏是钻井(探)现场使用最多的堵漏方法之一。在裂缝性地层、洞穴或高渗地层中容易出现水泥浆漏失的难题。在水泥浆中加入纤维材料, 通过纤维架桥形成的网状屏蔽防漏结构提高地层的承压能力, 可达到较好的堵漏效果。

此外, 在漏失地层进行固井作业时, 使用纤维水泥浆不影响水泥浆常规性能, 具有防漏治漏双重功效, 同时能大幅度地提高水泥石增韧性能, 提高二界面的胶结质量, 保证水泥石的完整性。

1 纤维的基本性能

作为现代复合材料的纤维水泥和纤维混凝土所用的纤维种类繁多^[1], 按其材料可分为:

- (1) 金属材料, 如不锈钢纤维和低碳钢纤维;
- (2) 无机纤维, 如石棉纤维、玻璃纤维、硼纤维、碳纤维等;
- (3) 合成纤维, 如尼龙、聚酯、聚丙烯等纤维;
- (4) 植物纤维, 如竹纤维、麻纤维等。

目前, 钢纤维、玻璃纤维、聚丙烯纤维、碳纤维使用较普遍。本文大尺寸孔洞模拟堵漏实验和流动性实验使用的是聚丙烯纤维, 是由聚丙烯树脂经特殊加工处理制成, 其主要技术性能为: 密度 0.91 g/cm³, 直径 18~32 μm, 长度 3~25 mm, 抗拉强度 > 610 MPa, 弹性模量 > 3700 MPa, 极限伸长率 17%, 熔点 160~170 °C, 燃点 590 °C, 抗酸碱性极高。长度为 12 mm 的聚丙烯纤维外观如图 1 所示。

此外, 纤维在水泥浆中的推荐加量是 0.2% ~

收稿日期: 2009-02-02

基金项目: 国家自然科学基金项目“可降解钻井液在松软煤层瓦斯抽采孔钻进中的护孔和储层保护机理研究”(编号: 40802031) 和宁夏伊斯坦地质工程公司委托项目“固原市彭阳地区煤田钻探防漏堵漏技术研究”

作者简介: 谷穗(1983-), 女(汉族), 河南人, 中国地质大学(武汉)在读硕士, 地质工程专业, 从事钻井液与护壁堵漏方面的研究工作, 湖北省武汉市鲁磨路中国地质大学(武汉)硕 2006-30 班, gusui2006@tom.com。

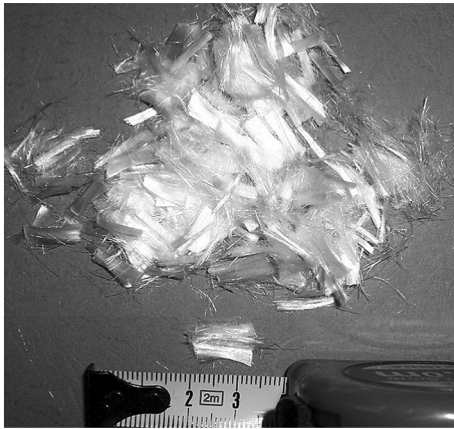


图 1 长度为 12 mm 的聚丙烯纤维外观图片

0.4%,其单价为 20 元/kg 左右,因此纤维的使用并不显著增加水泥浆成本。

2 室内实验研究

2.1 常压大尺寸孔洞模拟堵漏实验

《钻井用桥接堵漏材料室内试验方法》(SY/T 5840-1993)中“狭缝试验”规定了堵漏浆液封堵不同裂缝(缝宽 1~5 mm)的实验方法。但是,根据煤田钻探现场调研,仍有不少漏失通道的平均孔径在 5 mm 以上。另外,相比油气钻井而言,煤田钻探的孔深一般较浅(多在 2000 m 以浅)。因此,可在常压状态下进行大尺寸孔洞(直径 5~9 mm)模拟堵漏实验,以评价纤维水泥浆的堵漏效果。模拟实验中,水泥标号为 325 复合硅酸盐水泥,水灰比为 0.5 或 0.55,纤维长度是 9 或 12 mm、纤维加量为 0.2%~0.4%。

实验结果表明:(1)孔洞直径为 5 mm 时,水灰比为 0.5 或 0.55 的水泥浆,不含纤维时会全部漏失;(2)水灰比为 0.5 时,纤维长度为 9 mm、加量为 0.4%,或纤维长度为 12 mm、加量为 0.2%时,可封堵最大直径为 9 mm 的孔洞;(3)水灰比为 0.55 时,纤维长度为 12 mm、加量为 0.2%时,可封堵最大直径为 9 mm 的孔洞;(4)当孔洞直径变小时,可以降低纤维加量或减小纤维尺寸;当孔洞直径增大时,可以增加纤维加量或加大纤维尺寸。

2.2 水泥浆触变性能

实验表明^[2],纤维加入可直接增加水泥浆的切力。使用嘉华 G 级水泥、漂珠减轻剂、减阻剂 SD₃₅、降失水剂 SD₁₈、晶体膨胀剂 SDP-1、聚丙烯纤维(长 5~19 mm)。由表 1 可以看出,在原浆中加入 0.6% 纤维后,水泥浆切力均有较大幅度上升。因此,它具备良好的自我堵漏能力。

表 1 纤维水泥浆的触变性能

配 方	密度 /(g·cm ⁻³)	Φ ₃₀₀	Φ ₂₀₀	Φ ₁₀₀	Φ ₆	Φ ₃	10 s 切 力/Pa	1 min 切 力/Pa
普通水泥浆	1.30	108	89	70	35	28	13.5	18
纤维水泥浆	1.30	127	109	87	50	42	19.5	32

2.3 水泥浆的流动性能

流动度测试结果表明(表 2),在 3 h 以内纤维水泥浆的流动度一直在可泵期之内(即大于 150 mm)。因此,纤维作为一种惰性材料,与各类外加剂配伍性好,并不影响水泥浆的可泵性,可满足堵漏时泥浆泵或注浆泵泵送的要求。

表 2 纤维水泥浆的流动度参数

水灰比	纤维长度 /mm	纤维加量 /%	流动度/mm			
			0 min	60 min	120 min	180 min
0.5	-	-	200	217	205	205
	9	0.4	195	193	195	190
	12	0.2	200	197	187	195
	12	0.3	190	200	205	195

注:水泥标号为 325 复合硅酸盐水泥。

2.4 水泥石的力学性能

有实验表明^[2-4],在一定范围以内,纤维的加入可显著提高水泥石的抗折强度,增加其抗压强度和抗拉强度,而弹性模量则有所降低。

3 堵漏作用机理

在通过地层漏失通道时,纤维在开口处形成网状结构,形成封堵漏失通道的基本骨架,水泥浆中的粗颗粒在通过网状结构时产生“架桥”,“架桥”后,漏失通道由大变小,由小变微,这时,防漏剂与水泥固相颗粒相互作用在压差下形成致密滤饼,从而完全消除井漏,达到堵漏的目的^[5,6](如图 2、3 所示)。图 2 为水泥颗粒材料没有形成“架桥”,没有堵住漏失通道,图 3 为水泥颗粒材料和纤维形成有效堆积,堵住漏失通道。

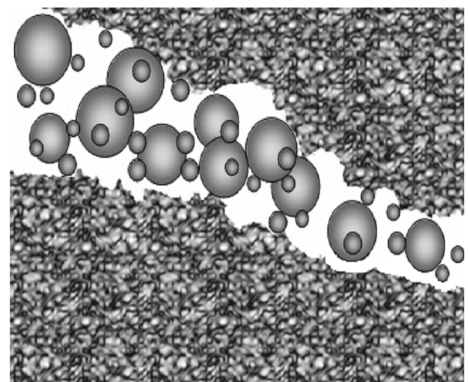


图 2 常规水泥浆堵漏作用原理图

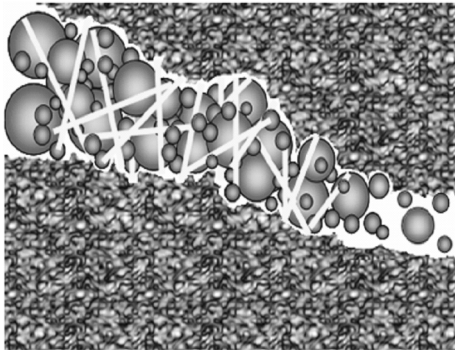


图3 纤维水泥浆堵漏作用原理图

4 现场应用

在国内外的油气钻井与固井作业过程中,纤维水泥浆均得到了较好的应用效果。

4.1 钻井承压堵漏方面

在四川盆地川东北马2井^[7],要求每钻开产层前对上部裸眼进行承压堵漏试验,在使用核桃壳、锯末、聚合物堵漏剂、非渗透封堵剂、凝胶等材料堵漏后,地层承压仍然不能满足设计要求。选择复合纤维水泥浆体系,优选复合纤维的长度、分布、比例,通过不同长度、不同性能的纤维结网“架桥”,水泥颗粒充填固化并形成一定强度,取得了较好的封堵效果。地层承压当量密度由 1.76 g/cm^3 提高到 2.11 g/cm^3 。保证了继续安全钻进。实践证明,复合纤维水泥浆体系可以有效堵漏并较大地提高地层的承压能力。

4.2 固井作业方面

在印度尼西亚 Sumatra 盆地,在加利福尼亚 - 得克萨斯石油公司(Caltex)的太平洋印度尼西亚分公司(CPI)所辖的 Duri 油田中,在所有钻进遭遇到井漏的情况下都采用斯伦贝谢公司研制的 CemNET 新型水泥。CPI 的作业程序为,首先盲钻至完钻深度,然后打 CemNET 水泥塞,钻完水泥塞后重新建立泥浆循环。在 Duri 油田,采用先进的纤维水泥技术已经完成了 100 多个堵漏水泥塞及固井作业,成功率约为 90%^[5,8]。

特种纤维水泥浆在土哈油田的应用实践表明^[6],它具有一定的防漏、堵漏效果。在三塘湖油田,水泥浆固井低返井由 2006 年的 35.29% 下降到 2007 年 6.2%,取得了好的效果,满足油田开发的需要。

加入聚丙烯纤维的水泥浆体系在川渝地区天井 1 井(244.5 mm 套管)、铁北 101 井(177.8 mm 套管)等井进行成功应用^[2],有效地解决了循环漏失问题,测井显示固井质量良好。

5 结论与认识

(1)大尺寸孔洞模拟堵漏实验表明,聚丙烯纤维可极大改善常规水泥浆的堵漏性能。水灰比为 0.5 时,纤维长度为 9 mm、加量为 0.4%,或纤维长度为 12 mm、加量为 0.2% 时,可封堵最大直径为 9 mm 的孔洞;水灰比为 0.55 时,纤维长度为 12 mm、加量为 0.2% 时,可封堵最大直径为 9 mm 的孔洞。

(2)聚丙烯纤维作为一种惰性材料,与各类外加剂配伍性好,并不影响水泥浆的可泵性,可满足堵漏时泵送的要求。

(3)在一定范围以内,纤维的加入可显著提高水泥石的抗折强度,增加其抗压强度和抗拉强度。

(4)聚丙烯纤维的推荐加量为 0.2% ~ 0.4%,它能在大幅度改善水泥浆堵漏性能的同时并不显著增加水泥浆的成本。

(5)现场应用实践表明,纤维水泥浆在钻井或固井作业过程中均具有较好的堵漏效果,在煤田钻探等地质勘探领域将会具有良好的应用前景。

参考文献:

- [1] 穆海朋,步玉环,程荣超. 纤维水泥的发展及应用[J]. 石油钻探技术,2005,33(2):33.
- [2] 张成金,冷永红,李美平,等. 聚丙烯纤维水泥浆体系防漏增韧性能研究与应用[J]. 天然气工业,2008,28(1):91-93.
- [3] 王彦军,罗云,曹景萍. 纤维水泥增强增韧实验[J]. 大庆石油学院院报,2005,29(5):24-28.
- [4] 赖金荣. 增韧纤维水泥浆在胜利油田小间隙井的应用研究[J]. 钻井液与完井液,2006,23(5):59-63.
- [5] Hassan I. El-Hassan, Raafat Abbas, Trevor Munk. Using a Novel Fiber Cement System to Control Lost Circulation: Case Histories from the Middle East and the Far East[J]. 2003 Middle East Drilling Technology Conference and Exhibition, SPE/IADC 85324, 1-7.
- [6] 王恩合,周芝琴,王学良. 堵漏水泥浆固井技术[A]. 第七届院所所长会议论文集[C]. 辽宁丹东,2007.
- [7] 刘铮,张宏军,刘传仁,等. 复合纤维水泥浆在川东北钻井承压堵漏中的应用[J]. 钻采工艺,2007,30(6):116-118.
- [8] 申屠春海,郑伯华,杨利平,等. 译. 纤维水泥在井漏控制中的应用[J]. 国外油田工程,2004,20(7):8-9.