

文章编号:1673-9981(2011)01-0014-03

# 堵漏材料研究的进展

贾丽莉, 田陆飞, 刘 振, 石运中, 田 磊

(济南大学材料科学与工程学院, 山东 济南 250022)

**摘 要:**介绍了各种堵漏材料的堵漏机理,并对国内外堵漏材料研究的进展进行了综合评述,同时结合当前堵漏材料的优缺点,提出了新型智能堵漏材料的模型。

**关键词:**堵漏材料;井漏;堵漏机理;智能堵漏材料

**中图分类号:**TD742.2

**文献标识码:**A

井漏是钻井、固井、测井、修井过程中存在的复杂问题,它能使钻井液从井眼漏入漏失通道,这样不仅耗费大量的泥浆和堵漏材料,而且可能造成井塌、卡钻、井喷,甚至导致井眼报废等重大事故,造成巨大的经济损失<sup>[1]</sup>。由于井漏发生率较高,据统计全世界井漏发生率占钻井总数的20%~25%,而井漏的处理是石油钻井中的难点,恶性井漏损失占井漏总损失的50%以上<sup>[2]</sup>。井漏处理不当,会引起恶性井下事故,且造成严重的环境污染。在钻井防漏过程中钻井用的堵漏材料是必不可少的一种材料,钻井防漏堵漏的成功率直接取决于堵漏材料性能的优劣。所以,研究堵漏材料有非常重要的意义。

## 1 堵漏机理

目前,常用的堵漏材料有桥接堵漏材料、高失水堵漏材料、暂堵材料、化学堵漏材料、无机胶凝堵漏材料及软硬塞堵漏材料等。由于各种堵漏材料的性能有差异,这就使各种堵漏材料的堵漏机理也有所区别。堵漏材料进入到漏失通道以后,在油井内部压力、温度或化学反应作用下,以机械堆积或化学生成物堆积的方法,形成具有一定机械强度的封堵层,从而起到一定的堵塞作用。当桥接堵漏材料、暂堵材料、化学堵漏材料进入到漏失通道后,其中的纤维等材料起到“架桥”、“拉筋”作用,而其它的材料则填充

到所形成的孔隙中,将大孔洞变成小孔洞,从而提高堵漏能力;高失水堵漏材料进入到漏失通道后,在钻井液压力和地层压力差的作用下,迅速失水形成滤饼,所形成的滤饼能够透气透水,但是钻井液不能通过,从而起到压实密封漏失通道的作用。

## 2 研究现状

### 2.1 国内研究现状

随着对不同井漏原因进一步地认识,堵漏材料的研究也发生了很大的改变。我国从60年代开始用堵漏材料对井漏进行处理,并对堵漏材料进行了一些基础性的研究,这一阶段是见漏就堵时期。由于这一时期对浅部地层漏失、产层漏失、天然漏缝等漏失层性质认识不足,以及堵漏材料的局限性,因此堵漏材料主要采用桥接堵漏材料及软硬塞堵漏材料。

该时期发生井漏时,一般根据漏失层孔径及位置的不同,调节颗粒状、鳞片状及纤维状堵漏材料的复配比,并添加适当的惰性材料与之相补,以增强堵漏效果。常用的颗粒状堵漏材料包括有核桃壳、橡胶粒、硅藻土、沥青等<sup>[3-5]</sup>;纤维状材料包括有锯末、棉纤维、亚麻纤维等<sup>[6-10]</sup>;片状材料包括有云母片、谷壳等<sup>[11]</sup>。在钻井过程中由钻井速度快或下钻快等原因引起的人为裂缝,可以利用软硬塞堵漏材料不固化的特性,而形成不流动粘稠物质进行封堵,这类材

收稿日期:2010-09-26

作者简介:贾丽莉(1986—),女,河南省信阳市人,硕士研究生。

料主要有柴油膨润土浆、剪切稠化液<sup>[12]</sup>、重晶石塞及石灰乳等。以上几类堵漏材料可以解决由孔隙和裂缝造成的部分漏失和失返漏失,但是一些复杂的漏失不能很好地解决。因此,各种化学堵剂、高失水堵剂、混合堵漏稠浆等新型堵剂应运而生,为对付各种类型的井漏,提高处理井漏的成功率提供了有效手段。

堵漏材料发展的第二阶段,即开发研究堵漏材料阶段。高失水堵漏材料浆液进入漏失层后,在钻井液柱压力及底层压力所产生的压差作用下,迅速失水形成滤饼,堵塞漏失通道,这类材料主要包括渗透性材料、纤维状材料、硅藻土及多孔惰性材料等<sup>[13]</sup>;化学堵漏材料是利用高聚物在界面上的静力、分子间的作用力、化学键力,使化合物在界面处形成粘结而起到堵漏作用,这类材料包括凝胶堵漏剂、树脂堵漏剂、膨胀性堵漏剂<sup>[14-20]</sup>;混合堵漏稠浆主要是以特种水泥、混合水泥稠浆为主,添加不同的外加剂,提高水泥石的早期强度和稳定性,使之产生较高的承压能力。这几类堵漏材料对渗透性漏失和裂缝性漏失能起到很好的堵漏作用<sup>[21-30]</sup>。但是,随着对钻井技术要求的提高,经常出现溶洞性等恶性漏失,而这些常规的堵漏材料不能有效地起到堵漏作用。

90年代后,人们更加注重的是堵漏材料产品的系列化、规格化,为了提高堵漏的效率,开始由单一的堵漏材料向复合型堵漏材料转变。这一阶段研制的复合型堵漏材料,主要有酸溶性高失水堵剂、单向压力封闭剂、酸溶性固化材料等。复合堵漏材料主要用于处理复杂的漏失,如水层漏失、气层漏失、长段裸眼井漏失及大裂缝、大溶洞漏失等。对严重井漏,采用复合堵漏材料能大大地提高堵漏成功率<sup>[31]</sup>。孙玉学等人<sup>[32]</sup>通过室内模拟地层裂缝对六种堵漏材料的封堵效果进行了分析,研究发现,对于较大裂缝,用复合型堵漏材料配制的堵漏浆的堵漏效果最好。西南石油大学的孙剑等人<sup>[33]</sup>以石英砂和沥青作为原材料,通过特殊的制备工艺,研制了一种新型的复合桥接堵漏材料 XFD-1,该材料兼具刚性材料与可变形材料的特点,化学性能稳定,抗温抗压能力较好,可大大节省桥接堵漏材料的用量。此外,汪建军等人<sup>[34]</sup>针对大裂缝、大孔隙型、含大量地层水等漏失,研制出新型多功能复合凝胶堵漏材料,通过无机材料在凝胶网络体系中形成支撑骨架结构,并与聚合物链段相互作用、相互包容,使这种凝胶体系具有更高的强度,能有效地对付大漏、失返、返出量

太小的裂缝性、溶洞性及破碎性地层漏失。

本课题组结合当前堵漏材料的优缺点,以及在大量阅读国内外文献的基础上,提出了智能型复合堵漏材料。该堵漏材料的模型是以形状记忆合金感知漏失处温度的变化,以合金的记忆效应和超弹性为基础,利用合金丝间的搭接、缠绕,发挥出该堵漏材料的优势。该模型中的感知、驱动、执行元件为形状记忆合金,使其与普通的水泥基堵漏材料复合制备而成智能型堵漏材料,该模型的提出为研发新型的堵漏材料提供了理论基础。

## 2.2 国外研究进展

国外对钻井过程中遇到的漏失和堵漏机理研究的比较早,如今已经开发出了各种常规的及新型的堵漏材料,如天然植物堵漏剂、天然矿物堵漏剂、工业废料堵漏剂及化学堵漏剂。美国、前苏联及西欧等国家,不仅对大量常规堵漏剂各自的封堵性能及它们的混合作用做了大量的分析研究,而且还研究出了大量新型堵漏剂。尤其是前苏联开发出了脲醛树脂、酚醛树脂等为基的堵漏剂系列,丙烯类聚合物堵漏剂系列,以胶乳为基础的堵漏剂浆液及聚氧乙烯水溶液、聚乙烯醇水溶液、低聚有机硅氧烷等与纤维填料组成的各具特殊性能的堵漏剂<sup>[35]</sup>。国外的 Poly Block 为膨胀性堵漏材料,其为特定的颗粒状材料与不同尺寸的结晶状聚合物的混合体,水化后会大幅膨胀,几小时内就能封堵非常严重的大漏失,很好地解决了埃及尼罗河三角洲地区的井漏问题<sup>[36]</sup>。近几年来,国外又开发了各具特色的热溶橡胶堵漏剂、膨胀团粒堵漏剂、剪切稠化液堵漏剂、封包石灰堵漏剂、吸油固体材料堵漏剂、封包烯烃堵漏剂及吸水聚合物堵漏剂等堵漏材料<sup>[37]</sup>。这些堵漏材料的应用,有效地解决了渗透性及微裂缝地层的漏失问题,但不能较好地解决天然裂缝、孔洞或洞穴地层的严重漏失问题。用于处理严重漏失的堵漏材料不多,常用的主要有液体硅酸钠、珍珠岩水泥、柴油膨润土水泥及快凝水泥等。

## 3 结 语

随着钻井技术的不断发展,对于新型的钻井堵漏材料提出了越来越高的要求,如能提高地层承压能力的漏堵材料以及能适应高温高压等复杂情况和能够用于处理恶性漏失的漏堵材料。本课题研究的

智能堵漏材料因其能感知温度的变化,可用于不同温度的漏失层。同时又可通过调整粒径分布,适用于不同尺寸裂缝、孔隙的漏失,并且堵漏强度高,施工简便,具有较高的研究与应用价值。

#### 参考文献:

- [1] 鄂捷年. 钻井液工艺学[M]. 东营:石油大学出版社,2001.
- [2] FIDAN E, BABADAGLI T, KURU E. Use of cement as lost circulation material-field case studies[R]. Malaysia: IADC/SPE Asia Pacific Drilling Technology Conference and Exhibition, 2004.
- [3] 修留永, 贾平军, 高学生, 等. LXC-005 井胶质复合堵漏材料水泥浆堵漏技术[J]. 石油钻采工艺, 2004, 26(5): 32-34.
- [4] 刘洪涛, 刘恩隆, 吕立新, 等. 巴什二井钻井液堵漏技术[J]. 钻井液与完井液, 2001, 18(6): 11-13.
- [5] 薛玉志, 刘振东, 唐代绪, 等. 裂缝性地层堵漏配方及规律性研究[J]. 钻井液与完井液, 2009, 26(6): 28-30.
- [6] 刘毅. ND5-12 井裂缝性漏失堵漏技术[J]. 探矿工程, 2008(6): 41-42.
- [7] 李良川, 王在明, 孙俊. 复合堵漏技术在南堡油田 NP1-P4C1 井的应用[J]. 石油钻采工艺, 2009, 31(2): 51-54.
- [8] 邱正松, 王在明, 徐加放, 等. 复合堵漏材料优化实验研究及配方评价新方法[J]. 天然气工业, 2006, 26(11): 96-98.
- [9] 周喜德. 大流量高流速溶洞堵漏技术的研究[J]. 地球与环境, 2005, 33(5): 54-62.
- [10] 郑亚平, 成红军. 大渗量高流速渗漏的灌浆堵漏技术[J]. 中国建筑防水, 2004(6): 36-38.
- [11] 何竹梅, 宋碧涛, 吴富生, 等. SN 油田随钻堵漏钻井液技术的研究与应用[J]. 油田化学, 2008, 25(3): 199-203.
- [12] 吴修宾, 马文英, 王福印. 复合型高强度堵漏技术的研究与应用[J]. 钻井液与完井液, 2002, 19(6): 101-103.
- [13] 苏坚, 申威. 高滤失堵剂的堵漏工艺[J]. 石油钻采工艺, 1994, 16(3): 17-20.
- [14] 罗兴树, 蒲晓林, 黄岩, 等. 堵漏型聚合物凝胶材料研究与评价[J]. 钻井液与完井液, 2006, 23(2): 28-32.
- [15] 高明书. 聚丙烯酰胺-岩粉、锯末交联堵漏[J]. 西部探矿工程, 2009(2): 48-49.
- [16] FANG C C, THAEMLITZ C. New ospar-compliant technologies for managing drilling-fluid lost-circulation events[R]. Texas: SPE/EPA/DXE Exploration and Production Environmental Conference, 2005.
- [17] 狄丽丽, 张智, 段明, 等. 超强吸水树脂堵漏性能研究[J]. 石油钻探技术, 2007, 35(3): 33-36.
- [18] 李东川. 聚氨酯化学注浆在堵漏中的应用[J]. 四川建筑, 2003, 23: 259-260.
- [19] 马洪伟, 何伟, 高双福. 水溶性聚氨酯在堵漏工程中的应用[J]. 低温建筑技术, 1998(4): 33-34.
- [20] 王俊峰, 杜云峰, 郭剑明, 等. 新型矿用密闭堵漏材料的制备及性能研究[J]. 煤矿安全, 2009(5): 30-33.
- [21] 叶正茂, 芦令超, 常钧, 等. 硫铝酸盐水泥基防渗堵漏材料凝结时间调控机制的研究[J]. 硅酸盐通报, 2005(4): 58-61.
- [22] 叶正茂, 芦令超, 常钧, 等. 水泥基防渗堵漏材料凝结机制的研究[J]. 中国建筑防水, 2005(8): 23-25.
- [23] 陈娟. 无机防水堵漏材料的试验研究[J]. 中国建筑防水, 2006(6): 16-17.
- [24] 苏冬梅, 李丹. 速凝型无机防水堵漏材料的研究[J]. 科技资讯, 2008, 27: 13-14.
- [25] 殷庆立, AMATHIEU L, 胡冲, 等. 铝酸盐水泥在堵漏剂中的应用[J]. 新型建筑材料, 2009(2): 78-80.
- [26] 王平全, 聂勋勇, 张新民, 等. 特种凝胶在处理井漏井喷中的应用[J]. 天然气工业, 2008, 28(6): 81-83.
- [27] 步云鹏, 姚晓, 李华, 等. 特种快凝早强水泥固低温浅井油层技术[J]. 石油钻采工艺, 2005, 27(6): 37-39.
- [28] 余婷婷, 邓建民, 李建, 等. 高密度纤维堵漏水泥浆的实验研究[J]. 钻井液与完井液, 2008, 25(2): 40-42.
- [29] 贾应林, 杨启华, 邓建民, 等. 纤维堵漏低密度水泥浆的室内研究[J]. 钻采工艺, 2008, 32(1): 87-88.
- [30] 李爱民, 隆威. 轻质速凝堵漏注浆材料试验研究[J]. 混凝土, 2003(4): 33-34.
- [31] 黄寒静. 国内外钻井堵漏发展现状[J]. 工程技术与产业经济, 2009(2): 4-5.
- [32] 孙玉学, 彭建伟, 杨晶, 等. 大庆英台地区堵漏技术研究[J]. 西部探矿工程, 2004(5): 59-60.
- [33] 孙剑, 崔茂荣, 陈浩, 等. 新型复合堵漏材料的研制[J]. 西南石油大学学报, 2007, 29: 133-135.
- [34] 汪建军, 李艳, 刘强, 等. 新型多功能复合凝胶堵漏性能评价[J]. 天然气工业, 2005, 25(9): 101-103.
- [35] FERNANDEZ L C, ZEGARRA H. Characterization and surfactant-enhanced washing treatability of drilling fluids stored for more than 20 years[J]. Journal of Surfactants and Detergents, 2008(11): 307-314.
- [36] EI-SAYED M, EZZ A, AZIZ M, et al. Successes in curing massive lost-circulation problems with a new expansive LCM[R]. Cairo: SPE/IADC Middle East Drilling and Technology Conference, 2007.
- [37] 张希文, 李爽, 张洁, 等. 钻井液堵漏材料及防漏堵漏技术研究进展[J]. 钻井液与完井液, 2009, 26(6): 74-76.

(下转第 38 页)

## Influence of heat treatment on the shape memory effect of Cu-Zn-Al alloys

TIAN Lu-fei, WANG Qi, LIU Zhen, SHI Yun-zhong, JIA Li-li, TIAN Lei

(School of Material Science and Engineering, University of Jinan, Jinan 250022, China)

**Abstract:** In order to improve the stability and working life of Cu-Zn-Al shape memory alloys, the influence of different quenching medium in heat treatment on shape memory effect of Cu-Zn-Al shape memory alloys is investigated by using SME training method. The experimental results show that Cu-Zn-Al alloys have different shape memory effect and different martensitic structure when different quenching medium is used. The martensitic structure becomes smaller, denser and more orderly, and the shape memory effect of alloys rises when the quenching medium is in the order of cold water, cold oil, boiling water and boiling oil; With the increase of the training times, dislocation in the alloy increases, the atoms orderliness of crystal lattice decreases, and the shape memory effect of Cu-Zn-Al alloys decreases rapidly at first, then slowly and levels off.

**Key words:** Cu-Zn-Al shape memory alloy; quenching medium; shape memory effect

(上接第 16 页)

## Research progress of lost circulation materials

JIA Li-li, TIAN Lu-fei, LIU Zhen, SHI Yun-zhong, TIAN Lei

(School of Materials Science and Engineering, University of Jinan, Jinan 250022, China)

**Abstract:** The paper introduces plugging mechanism of different sorts of lost circulation materials, and reviews the research progress of lost circulation materials at home and abroad. Combining with the advantages and disadvantages of current lost circulation materials, a new model of intelligent lost circulation materials is put forward.

**Key words:** lost circulation materials; lost circulation; plugging mechanism; intelligent lost circulation materials