

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2014.09.020

井下用纤维增强连续复合管的性能评价

毕红军¹,徐国强²,付晶¹,申德勇¹,刘明星²,赵建强³,连洪正³

[1. 胜利油田临盘采油厂, 山东德州 251507; 2. 中国石油大学(华东), 山东青岛 266580; 3. 文登鸿通管材有限公司, 山东威海 264400]

摘要: 为保证井下用纤维增强连续复合管使用性能和使用安全,对复合管的耐酸碱腐蚀性能、摩擦磨损性能、承内外压性能等综合性能进行评价。结果表明,该复合管能够承受现场要求的耐内外压、耐拉伸和耐磨损等工况,可以用于井下。

关键词: 井下用; 纤维增强连续复合管; 注水井; 性能评价

中图分类号: TQ327.1+1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3539(2014)09-0081-04

Performance Evaluation of Fiber Reinforced Continuous Composite Tube for Downhole

Bi Hongjun¹, Xu Guoqiang², Fu Jing¹, Shen Deyong¹, Liu Mingxing², Zhao Jianqiang³, Lian Hongzheng³

[1. Linpan Oilfield Production Factory, Shengli Oilfield Co. Ltd., Dezhou 251507, China; 2. China Petroleum University(East China), Qingdao 266580, China; 3. Wendeng Hongtong Tube Co. Ltd., Weihai 264400, China]

Abstract : In order to ensure fiber reinforced continuous composite tube for downhole property and safety, the comprehensive performance of the tube is evaluated, including acids and alkalis corrosion, friction and wear, internal and external pressure performances. It shows that the composite tube can bear the internal and external pressure, tensile and wear condition requirements. It can be used for downhole.

Keywords : downhole ; fiber reinforced continuous composite tube ; injection well ; performance evaluation

传统井下用金属油管容易因电化学作用而遭受腐蚀破坏,同时还存在质量重、单根长度短、下井工序繁琐等一系列问题。文登鸿通管材有限公司研发了一种新型的井下用纤维增强连续复合管。该复合管用于注水作业替代油管,是一次崭新的尝试,是对传统油管的一次创新。该复合管具有拉伸强度高、抗酸碱腐蚀能力强、承压高、可连续下井等传统金属油管所不具备的优点。笔者主要针对该种复合管的各项性能进行性能评价。

1 实验部分

1.1 复合管的介绍

井下用纤维增强连续复合管(简称复合管)其外形图如图1所示。主要用于井深2000 m以内的注水井的注水。该复合管为完全非金属非粘结结构,具有连续性好、盘卷性好、拉伸强度高、耐腐蚀能力强、使用寿命长、升下井方便快捷等特点,是一种理想的井下注水用管。产品设计口径从DN40到DN65,压力等级从1.6 MPa到32 MPa。管线的运行压力应控制在柔性复合高压输送管的公称压力以内。管材的使用温度范围为-30~110℃,适用于2000 m以内井深的注水井注水。



图1 井下用纤维增强连续复合管

1.2 复合管结构

该复合管结构共分为6层,为连续柔性复合管,从内到外分别由内衬层、增强层、骨架层、右旋拉伸层、左旋拉伸层和外保护层共6层组成,其外形图如图2所示。

各层通过使用不同材料和结构实现复合管的耐磨损、耐腐蚀、防结垢、耐内外压、耐拉伸和适宜盘卷等功能。各层材料名称和功能见表1。

1.3 仪器及设备

分析天平:DT-100型,北京光学仪器厂;

联系人:徐国强,实验师,本科,从事材料力学性能和测试的教学与科研工作

收稿日期:2014-07-12

恒温水浴:HHW-2型,南京土壤仪器厂有限公司;

微机控制磨损试验机:MMS-2A型,济南益华摩擦学测试技术有限公司;

拉力试验机:LW-1000型,济南时代试金试验机有限公司;

超高压水泵:CB200型,四川杰特公司;

压溃试验机:文登鸿通管材有限公司。

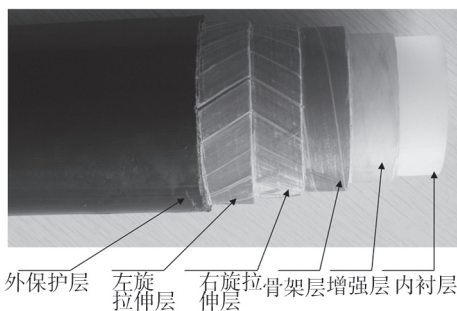


图2 复合管结构图

表1 柔性管各层材料和功能简表

编号	名称	材料	功能
1	内衬层	PE、PE-RT、PVDF等	耐磨、耐腐蚀、防渗漏
2	增强层	复合纤维材料	增加内衬强度、抗部分内压
3	骨架层	复合纤维带	抗径向载荷,保证弯曲均匀
4	右旋拉伸层	复合纤维带	承受轴向拉力
5	左旋拉伸层	复合纤维带	承受轴向拉力
6	外保护层	高分子材料	保护内部结构

1.4 性能测试

耐腐蚀性能按 GB/T 3857-2005 测试;

摩擦磨损性能按 GB 3960-88 测试;

复合管拉伸性能按 GB/T 5349-2005 测试;

复合管弯曲性能按 GB/T 1449-2005 测试;

复合管内外压性能按 GB/T 5351-2005 及 Q/1081WHT002-2012 测试。

2 测试结果与数据分析

2.1 复合管的耐腐蚀性能试验

腐蚀环境:90℃、常压条件下,盐酸(浓度:12%~15%)与土酸(浓度:1%~3%)混合液,分别用去离子水稀释至 pH 值到 4,5 以及 pH 值为 8 的 NaOH 溶液。

(1) 整体管耐腐蚀性能。

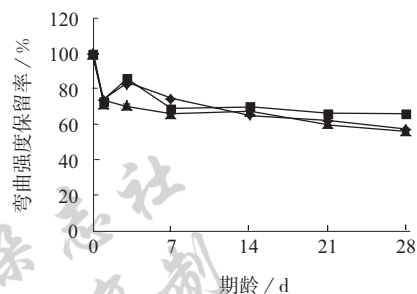
取复合管一段,安装管接头和工装在 90℃、常压条件下,分别浸泡在指定的酸碱性溶液中 28 d,进行腐蚀试验,观察腐蚀后的复合管形貌并进行拉力试验,评价耐腐蚀性能。结果表明,腐蚀前,整管拉伸极限载荷平均值为 345.67 kN,整体管在指定酸碱性溶液中腐蚀后,均未见明显的腐蚀痕迹,然后经

过整管拉伸试验,其极限载荷在 345~346 kN 之间,拉伸性能基本没有变化,说明复合管和接头的密封性良好,外保护层具有良好的耐腐蚀性能。

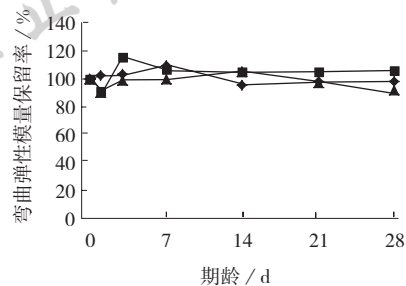
(2) 复合管材料耐腐蚀性能。

为了测试分布于增强层、骨架层、左右旋拉伸层的玻璃纤维增强复合材料(GFRP)的耐酸碱腐蚀性能,按复合管的生产工艺,制作 GFRP 试样,试样的长度为 120 mm,宽度以及厚度与复合管相同。

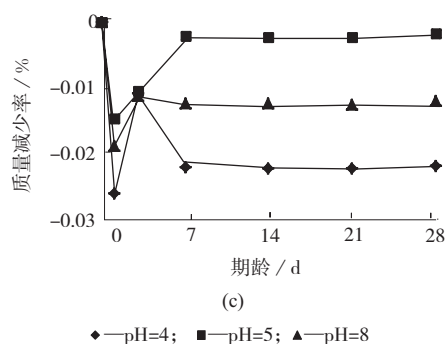
试验期龄为 1,3,7,14,21,28 d,测试试样的弯曲强度和弯曲弹性模量及其保留率,以及质量变化率如图 3 所示。



(a)



(b)



(c)

◆—pH=4; ■—pH=5; ▲—pH=8

a—期龄与弯曲强度保留率关系曲线; b—期龄与弯曲弹性模量保留率关系曲线; c—期龄与质量减少率关系曲线

图3 不同腐蚀条件下期龄与弯曲强度保留率、弯曲弹性模量保留率和质量减少率的关系

结果表明,在 pH=4,5 的酸性溶液和 pH=8 的 NaOH 碱性溶液腐蚀环境中,随着期龄(1~28 d)的增加,质量变化率基本维持在很小的范围内,且质量略有增加,为轻微的腐蚀溶胀,质量减少率平均

值分别为 -0.019% , -0.004% , -0.012% ; 质量减少率 $\text{pH}=5 > \text{pH}=8 > \text{pH}=4$ 。而通过弯曲实验,测得的弯曲强度保留率和弯曲弹性模量保留率数据表明,随着期龄的增加,弯曲强度逐渐降低,在 $\text{pH}=4$, $\text{pH}=5$, $\text{pH}=8$ 的腐蚀溶液中浸泡 28 d,其弯曲强度分别降至 588,676,579 MPa,比腐蚀前分别降低了 57.44%,66.10% 和 56.61%; 而试样在上述 3 种溶液中随期龄的增加,其弯曲弹性模量变化不大(保留率在 92% 至 110% 之间),说明该材料在以上腐蚀溶液中具有较好的刚性。按文献 [3] 标准该材料属于耐酸碱腐蚀性材料。

2.2 外保护层摩擦磨损试验

在井下用纤维增强连续复合管下井、上提以及维护过程中其外壁不可避免要与套管内壁发生摩擦。从复合管外保护层取样,与 45[#] 钢组成摩擦副,模拟下井过程中复合管与套管内壁摩擦过程,进行外保护层的环-块摩擦磨损试验。

将复合管外保护层聚乙烯 (PE) 材料加工成标准试样,标准试样实物图如图 4 所示,进行摩擦磨损性能的评价。在选定的负荷以及速度下测试材料的耐磨性能及其与 45[#] 钢的摩擦系数。采用电子天平 (其精度为 0.1 mg) 测量试样的磨损质量损失。磨损试验数据见表 2。

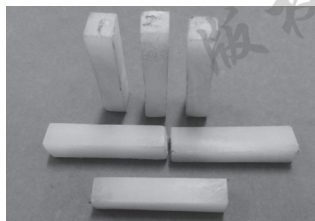


图 4 磨损试样实物图

表 2 外保护层 PE 磨损试验数据表

序号	磨损质量 / mg	磨损量 / cm^3	摩擦系数	质量磨损率 / %
1	3.5	0.003 684	0.266 2	0.326 2
2	3.3	0.003 474	0.264 5	0.305 7
3	3.9	0.004 05	0.342 7	0.364 7
平均值	3.57	0.003 754	0.291 1	0.332 2

塑料材料的滑动磨损过程分为 3 个阶段: 跑合期 (磨合阶段)、稳定磨损期和加速磨损期。研究表明,在跑合期和加速磨损期,摩擦系数大,磨损率高,而在稳定磨损阶段,摩擦系数较小。结果表明,按井深 2000 m,润滑条件为干摩擦的试验条件下,外保护层 PE 材料的平均磨损质量为 3.57 mg,平均磨损量为 $0.003\,754\text{ cm}^3$,平均摩擦系数为 0.291 1,平均磨损量 $\leq 0.01\text{ cm}^3$,材料的耐磨损性能较好,满足下

井作业的要求。

2.3 复合管承内外压试验

井下复合管承受一定的内外压力,通过对复合管进行内外压试验,测试复合管的承压极限。

(1) 内压试验。

用高压水泵对复合管施加内压,加载至 16 MPa,保持 1 h,复合管无破坏和渗漏情况,说明复合管具有很高的承内压能力。

通过电阻应变测量方法 (简称电测法),测得次外层 (玻璃纤维缠绕螺旋层) 的最大纵向应力为 63 MPa,按该材料的最高拉伸强度 700 MPa 计算,其安全系数约为 10 以上。

(2) 外压试验。

将复合管封装在外压溃试验装置内,用高压水泵对复合管施加外压,直到压力下降、复合管外壁被压溃坍塌为止,其外观如图 5 所示。试验测得最低外压溃压力为 12.0 MPa,最高为 15.0 MPa。复合管可以满足 5 MPa 外压的工况,安全系数为 2.5 ~ 3.0。



图 5 复合管外压溃实物图

3 结论

(1) 复合管整体管在浸泡腐蚀前后抗拉能力基本不变,性能良好;复合管主要承力结构材料 GFRP 通过酸碱腐蚀后的结果表明,该材料为耐酸碱腐蚀材料。

(2) 外保护层平均磨损质量为 3.57 mg,平均磨损量为 $0.003\,754\text{ cm}^3$,平均摩擦系数为 0.291 1,平均磨损量 $\leq 0.01\text{ cm}^3$,材料的耐磨损性能较好,满足下井作业的要求。

(3) 复合管内压加至 16 MPa,不破坏,无渗漏;外压溃压力在 12 ~ 15 MPa 之间,可以满足外压 5 MPa 不破坏、无渗漏的工况要求,安全系数为 2.5 ~ 3,该复合管具有较高的承内外压安全性。

参考文献

- [1] 董鹏. 国外新兴的复合材料和先进制造技术在油田中的应用 [J]. 纤维复合材料, 2003(2): 45-47.
Dong Juan. Application of new composites and advanced

- manufacturing technology for oil field[J]. Fiber Composites, 2003(2):45-47.
- [2] 夏平原,李诗春,陈斌. 玻璃纤维增强连续塑料复合管道的应用性能[J]. 油气储运,2013(7):795-798.
- Xia Pingyuan, Li Shichun, Chen Bin. Performances of fiberglass reinforced composite plastic pipeline[J]. Oil & Gas Storage and

Transportation, 2013(7):795-798.

- [3] 吕海宝. 玻璃钢在海洋环境下的腐蚀机制和性能演变规律[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2006:54-55.
- Lyu Haibao. Corrosion mechanism and performance evolution rule of GFRC under marine environment[D]. Harbin: Harbin Institute of Technology, 2006:54-55.

英国科学家研制吸收二氧化碳的“海绵状塑料”

在近日举行的第248届美国化学学会国家会议和博览会上,英国利物浦大学 Andrew Cooper 博士介绍了一种可以吸收二氧化碳的“海绵状塑料”,或许其在未来将对抑制全球气候变暖起到关键性作用。

Cooper 解释道,尽管二氧化碳在空气中的浓度很低(按体积计算在空气中仅占0.0389%),但一些科学家仍认为这是有害的。关键是这种聚合物很稳定,并且成本较低,它吸收二氧化碳的效果非常好。这种海绵塑料具有独特的环保作用,未来使用燃料电池技术,该吸附材料可实现零排放。

二氧化碳吸附剂通常用于移除燃煤发电厂烟囱释放的二氧化碳气体。但是 Cooper 表示,这种吸附性多空心材料的应用有所不同,将是整体煤气化联合循环(IGCC)新兴技术的一部分,它能够将石化燃料排放物转变为氢气,可应用于燃料电池车和发电设备,因此几乎不会产生污染。

在IGCC联合循环操作的高压环境下,这种新材料能发挥最佳效果。就像厨房用海绵,一遇到水就会膨胀那样,当这种材料的分子结构微小空间吸收二氧化碳时,就会略微膨胀。当压力下降时,吸附性聚合物会释放出气体,之后可以收集或者转变这些气体成为有价值的碳化合物。

这种吸附聚合物材料是由许多小型碳基分子连接成一个网状结构。采用这种结构的灵感来自聚苯乙烯。聚苯乙烯也可膨胀,吸收少量二氧化碳。

这种吸附聚合物材料的一个优势在于非常稳定,甚至可以在酸性液体中煮沸,能够承受发电厂的恶劣环境;其另一个优势是无需接触水蒸气便能吸收二氧化碳气体,成本低廉,因而使其更具吸引力。(中塑在线)

生物质石墨烯问世

近日,由济南圣泉集团股份有限公司(简称圣泉集团)和黑龙江大学长江学者团队联合研发的“基团配位组装法”工艺制备生物质石墨烯宣告成功,圣泉集团将首先把这一产品应用于酚醛树脂及其下游产品刹车片和砂轮、轨道交通高端复合材料“轻芯钢”等产品上。同时,150 t/a 生物质石墨烯的中试生产线预计十月份试生产,而年设计生产能力为2000 t 的全球首个以生物质为原料的石墨烯工业化项目也正在立项申报中。

圣泉集团已申报石墨烯相关专利30项,专利布局正在加紧进行之中。在此基础上,圣泉集团规划设计了全球首个以生物质为原料生产石墨烯的工业化项目,生物质制备石墨烯优势更加明显,生物质原材料十分丰富,取之不尽用之不

竭,环境污染小、能耗低、生产成本大幅降低,产品分散性能更好且更易储存,是典型的环境友好型项目。

将石墨烯加入到酚醛树脂中,固化后冲击强度可提高150%,弯曲强度提高40%;加入到轨道交通新型复合材料“轻芯钢”上,可有效提高该材料强度一倍以上,同时其冲击、弯曲和耐磨性能均有显著提高,且无毒、气体释放量小,适宜大量使用在高铁、汽车、轮船、飞机等高端内饰材料上。(中塑在线)

茂名石化建成聚丙烯基地

茂名石化20万t/a 3号聚丙烯装置近日高标准建成中交,标志着茂名石化成为华南地区产能最大、品种最齐的聚丙烯生产基地。

装置投产后,茂名石化3套聚丙烯装置总设计产能将达67万t/a,优化产能可达80万t/a。3号聚丙烯装置主要原料是茂名石化炼油扩建后催化裂化装置多产的丙烯,以及乙烯厂的裂解丙烯。项目内容包括20万t/a聚丙烯装置以及丙烯球罐、丙烯输送泵等配套设施,主要单元包括原料精制、催化剂配置、聚合、造粒等。

该装置采用双反应器串联操作,使用接近活塞流模型的卧式搅拌床反应器设计,能耗低,产品性能好,工艺流程短,利于开停车及牌号切换。装置产品主要针对广东高端市场,广泛运用于家电、建材、汽车等领域。投产后,预计每年可实现销售收入约20亿元,实现税收1.1亿元。(中聚网)

日本DIC拟在华建PPS混配装置

日本化学材料生产企业DIC表示,计划在我国张家港新建一座聚苯硫醚(PPS)混配厂,有望在2015年底前开始生产。日本企业将为该新建工厂投资1300万美元,年产能将为6000 t。

DIC表示,该厂将采用最先进技术的生产控制系统,生产线和监控实现数字化控制。该系统将有助于提高生产安全和精确度,并提高生产效率和产出率。该系统将类似于该公司在澳大利亚的PPS混配厂目前所采用的系统。DIC已在我国的PPS混配料市场上占有20%的份额。我国新厂的成立有望将其市场份额提高到35%。

该公司今年早些时候在上海落成了一座技术中心,提供广泛的客户支持,包括PPS的加工。全球PPS混配料的需求每年增长约6%~8%,但我国市场的增速达到10%。

张家港新厂将把该公司的全球PPS混配产能增加到4万t。该厂是DIC公司2012年开业澳大利亚工厂以来的最新扩展。(塑料新闻中国)