

Research on Optimization of Paste Pipe and Connection Mode

Jie Yuan, Yongqiang Li, Jianhai Lv, Yu Tian, Rudong Cui

Shengli Oil Production Plant, Shengli Oilfield Company, SINOPEC, Dongying Shandong
Email: yuanjie.slyt@sinopec.com, liyongqiang.slyt@sinopec.com

Received: Jan. 5th, 2019; accepted: Mar. 12th, 2019; published: Aug. 15th, 2019

Abstract

At the late stage of old oilfield development, casings damage is serious, low cost plugging technology is one of the effective treatment measures, and drillable plugging pipe is the basis of this technology for a long time. In this paper, 3 - 7 mm plugging pipes with different wall thickness are selected, and the yield, compressive, tensile strength and corrosion resistance of the selected materials are compared by numerical simulation and laboratory testing instruments. Based on the experimental results, the optimal pipe material and path design are selected. Through numerical simulation, the contact stress peak of FOX thread connecting mode is small, and the stress distribution of each tooth is more uniform. Ordinary trapezoidal thread connections and NK3SB thread connections have greater stress at the last buckle, and the rest of the teeth have a more uniform stress distribution. The force situation and connection effect of the round thread are the worst. The teeth at the beginning and the end bear the most of force, and the load of the middle buckling teeth is very limited, resulting in large connect stress on both ends and small in the middle. The force is uneven of each tooth. Therefore, it is preferable to use FOX buckle type pipe connection.

Keywords

Control of Casings Damage, Plugging, Drillable, Buckle Type, Alloy Material

可钻式贴堵管材及连接方式的优选研究

袁 杰, 李永强, 吕建海, 田 雨, 崔汝东

中石化胜利油田分公司胜利采油厂, 山东 东营

作者简介: 袁杰(1981-), 男, 硕士, 高级工程师, 现从事采油工艺科研管理工作。

Email: yuanjie.slyt@sinopec.com, liyongqiang.slyt@sinopec.com

收稿日期: 2019年1月5日; 录用日期: 2019年3月12日; 发布日期: 2019年8月15日

摘 要

老油田开发后期, 套管损坏较为严重, 低成本贴堵技术是行之有效的治理措施之一, 而可钻式贴堵管材是该工艺长期有效的基础。选取壁厚3~7 mm不同材质的贴堵管, 采用数值模拟计算、实验室测试仪器对比所选材质的抗压、抗拉强度, 耐腐蚀性等特征, 根据试验结果, 选出最优化的管材进行通径设计。同时通过数值模拟, 得出只有FOX型螺纹连接方式的接触应力峰值较小, 且各牙应力分布较为均匀; 普通偏梯形螺纹连接和NK3SB螺纹连接均在最后一扣处应力较大, 其余各牙应力分布较均匀; 圆螺纹的受力情况、连接效果最差, 开始端和结束端的牙承受了大部分的力, 而中间那些扣牙所承受的载荷非常有限, 导致两端接触应力大而中间小, 各牙受力不均。故贴堵管材优选采用FOX扣型进行连接。

关键词

套管治理, 贴堵管材, 可钻除, 扣型, 合金材质

Copyright © 2019 by author(s), Yangtze University and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

在石油开采过程中, 受工程技术、地质环境破坏等因素的影响, 油水井套管因长期服役会出现破损、漏失, 影响正常的生产或注水。套管贴堵是国内外修复套管行之有效的措施之一。目前, 胜坨油田在可钻式贴堵工艺中采用铝合金管材。铝合金管材在满足强度要求的条件下, 存在壁厚过大、后期修井工具难以下入的问题。当加大管材通径时, 铝合金材质的强度会下降, 难以满足井下作业需要。而国内外可钻套管管材应用较少, 合金材质达到耐腐蚀、强度适中的材质极少。基于以上问题, 笔者根据可钻式贴堵工艺的要求, 对管材材质进行优选, 使其在满足大通径的条件下, 仍具有较高的强度。

2. 试验准备及方法

2.1. 试验样品材质

40CrNiMo, 7050 铝合金, 7A09 铝合金, 2A06 铝合金, 2A11 铝合金。

2.2. 试验仪器

DR-6000A 电子万能试验机(扬州德瑞仪器设备有限公司); FSSY-2 腐蚀仪(中国石油大学(华东)仪表

厂); 布氏硬度计和洛氏硬度计(济南恒思盛大仪器有限公司)。

2.3. 试验方法

- 1) 按照国家标准加工硬度测试试样, 对优选的管材试样进行布氏硬度和洛氏硬度测试。
- 2) 使用“FSSY-2 腐蚀仪”(试验条件 $25 \text{ MPa} \times 95^\circ\text{C} \times 48 \text{ h}$)测试出优选材质的腐蚀速率。
- 3) 采用 DR-6000A 电子万能试验机(加载速率设定为 3 mm/min), 测试管材的抗拉、抗压强度。试件被拉断后, 测试断后截面和标距尺寸, 计算出试件的断面收缩率和其延伸率。

3. 试验结果与讨论

3.1. 管材优选

3.1.1. 管径壁厚

根据管材的强度要求确定不同的模拟管材。利用 ANSYS 软件[1]对贴堵管管材进行数值模拟, 材料的弹性模量为 210 GPa , 泊松比为 0.3 。对管材实施不同的内、外压, 模拟出管材应力分布情况[2], 结果如图 1、图 2 所示。管材在第一个螺纹处的应力值均最大, 根据各种管材的屈服强度, 反向模拟出管材最大耐内、外压强度。

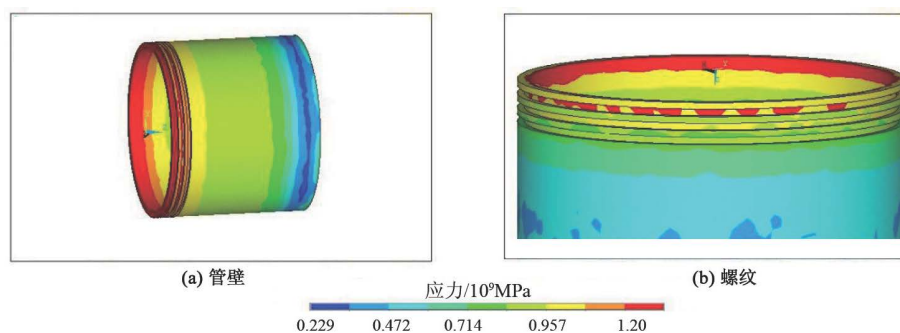


Figure 1. The nephogram of distribution of stress applied on pipe under external pressure

图 1. 对管材施加外压后的应力分布云图

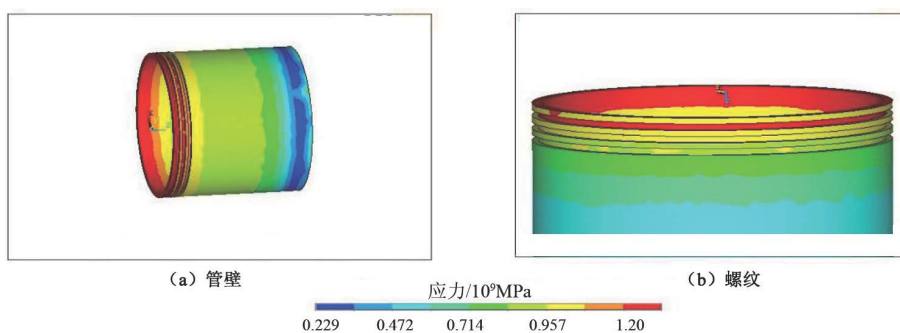


Figure 2. The nephogram of distribution of stress applied on pipe under internal pressure

图 2. 对管材施加内压后的应力分布云图

根据不同壁厚的管材所需满足的抗压强度及螺纹强度要求[3], 得出优选材料的参考设计值。模拟计算结果如表 1 所示。材质为 40CrNiMo 的管材抗压强度较高, 管壁厚 3 mm 就可以满足生产需求; 7 系铝合金抗压强度次之, 管壁厚 $3.5\sim 4.5 \text{ mm}$ 时抗压强度能满足生产需求; 2 系铝合金耐压较低, 但管壁厚 $5\sim 7 \text{ mm}$ 也能满足需求, 在治理后井筒内径要求不高的油水井中可以使用。

Table 1. The pressure bearing capacity of materials with different wall thickness in wells**表 1.** 不同壁厚材质在井内的承压能力大小

材质名称	外径/mm	内径/mm	壁厚/mm	屈服强度/MPa	抗内压强度/MPa	抗外压强度/MPa	抗压应力/MPa
40CrNiMo	114	108	3	835	38.454	48.097	70.8
7050	114	107	3.5	505	27.133	33.784	54.4
7A09	114	106	4	400	24.561	30.444	50.0
7A09	114	106	4.5	400	27.632	34.094	62.0
2A06	114	104	5	285	21.875	26.868	42.5
2A06	114	103	5.5	285	24.063	29.419	45.0
2A11	114	102	6	215	19.803	24.099	35.5
2A11	114	101	6.5	215	21.453	25.986	36.8
2A11	114	100	7	215	23.103	27.855	38.0

3.1.2. 硬度

洛氏硬度按 GB/T 231.1-2004 标准测试,布氏硬度按 GB/T 231.1-2002 标准测试[4],试验结果见表 2。可以看出,7A09、2A06、2A11 基本都满足现场生产及后期可钻除的要求,其中 7A09 硬度相对较低。

Table 2. The results of hardness test**表 2.** 硬度测试结果

材质名称	布氏硬度/(kgf·mm ⁻²)	洛氏硬度/(kgf·mm ⁻²)
40CrNiMo	251	81.0
7050	148	59.5
7A09	120	41.0
2A06	130	51.3
2A11	133	52.7

3.1.3. 抗腐蚀性能

使用“FSSY-2 腐蚀仪”进行试验测试[5],试验结果如表 3 所示。各试验材料在 25 MPa、95℃ 的油田采出液中反应 48 h 后,测得 40CrNiMo 的腐蚀速率最小(0.1107 mm/a)。

Table 3. The results of corrosion test**表 3.** 腐蚀测试结果

材质名称	腐蚀速率/(mm·a ⁻¹)
40CrNiMo	0.1107
7050	0.1417
7A09	0.1319
2A06	0.2867
2A11	0.2587

3.1.4. 拉伸性能

拉伸性能测试结果见表 4。所选择的 2 系、7 系合金管材的抗拉强度、最大断面收缩率、最大伸长率基本都满足现场要求,其中 7A09 材质合金具有较好的塑性和强度。

Table 4. The results of tensile test
表 4. 拉伸试验结果

材质名称	管径 × 壁厚/mm × mm	最大断面收缩率/%	最大延伸率/%	抗拉强度/MPa
40CrNiMo	20.1 × 7.2	57.1	13.9	987
7050	20.1 × 7.1	15.9	11.7	524
7A09	19.8 × 7.2	13.5	18.5	457
2A11	19.7 × 7.1	14.2	12.4	382
2A06	20.1 × 7.1	16.4	11.3	437

3.1.5. 压缩性能

DR-6000A 电子万能试验机的测试结果表明, 选取的 7050 管材抗压强度为 980~1130 MPa, 7A09 管材抗压强度为 908~990 MPa, 2A11 管材抗压强度为 627~758 MPa, 2A06 管材抗压强度为 587~728 MPa, 都满足现场生产需求。

对比各种管材的硬度、抗腐蚀性能、拉伸性能、压缩性能, 优选材质为 7A09 的管材作为贴堵管材的基础材料。

3.2. 丝扣优选

分别选取普通偏梯形螺纹、FOX 特殊螺纹、圆螺纹和 NK3SB 特殊螺纹进行研究, 贴堵管选用的材料为 7A09 合金材质, 贴堵管外径为 114 mm, 壁厚为 4.5 mm, 对贴堵管施加轴向拉力为 200 kN。利用 ANSYS 有限元模拟软件求解得到的应力分布云图如图 3 所示[6]。FOX 型特殊螺纹连接无明显变形。相比之下, 只有 FOX 型螺纹连接方式的接触应力峰值较小, 且各牙应力分布较为均匀[7]; 普通偏梯形螺纹连接和 NK3SB 螺纹连接均在最后一扣处应力较大, 其余各牙应力分布较均匀; 圆螺纹的受力情况、连接效果最差, 开始端和结束端的牙承受了大部分的力, 而中间那些扣牙所承受的载荷非常有限, 导致两端接触应力大而中间小, 各牙受力不均, 很容易引起两端扣牙最早失效, 使得中间扣牙不能发挥作用。

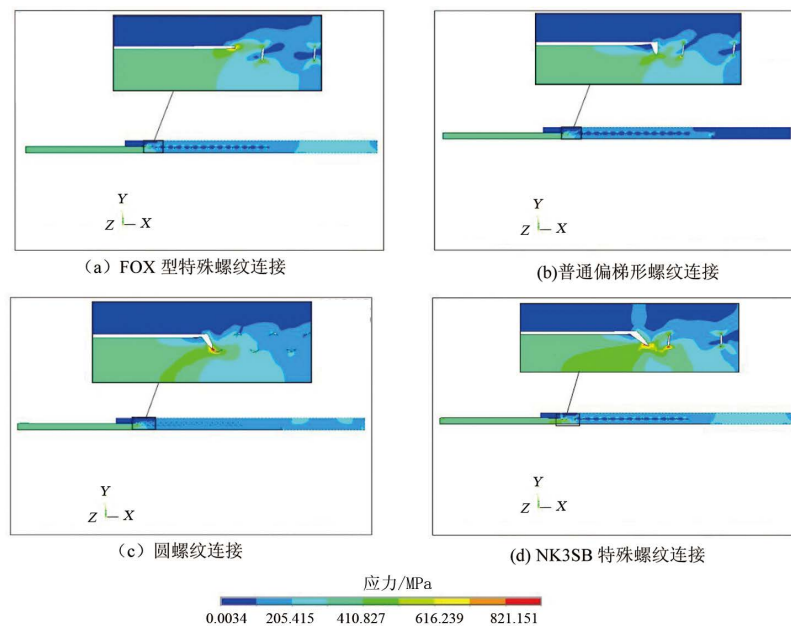


Figure 3. The diagram of thread stress distribution
图 3. 丝扣应力分布图

4. 结论

- 1) 对比了 5 种管材的抗拉压能力、硬度、抗腐蚀能力, 优选 7A09 合金作为贴堵管材的基础材料。
- 2) 当贴堵管尺寸一定时, 采用 FOX 型特殊螺纹连接, 其螺纹接触面载荷分布较为均匀, 无明显变形。而圆螺纹的螺纹面两端应力集中明显, 易出现滑脱, 性能较差。故贴堵管采用 FOX 型螺纹连接。

参考文献

- [1] 易日. 使用 ANSYS6.1 进行结构力学分析[M]. 北京: 北京大学出版社, 2002: 305-314.
- [2] Cavalcante, M.A.A., Marques, S.P.C. and Pin, D.M.J. (2007) Parametric Formulation of the Finite-Volume Theory for Functionally Graded Materials: Part I Analysis. *ASME Journal of Applied Mechanics*, **74**, 935-945. <https://doi.org/10.1115/1.2722312>
- [3] 刘书田, 程耿东. 复合材料应力分析的均匀化方法[J]. 力学学报, 1997, 29(3): 306-313.
- [4] Peng, X.L. and Li, X.F. (2012) Elastic Analysis of Rota-Ting Functionally Graded Polar Orthotropic Disks. *International Journal of Mechanical Sciences*, **60**, 84-91. <https://doi.org/10.1016/j.ijmecsci.2012.04.014>
- [5] 李青. 耐腐蚀材料的寿命预测与可靠性评价[J]. 腐蚀与防护, 1988, 9(6): 32-32.
- [6] Shiah, Y.C., Chen, Y.H. and Kuo, W.S. (2007) Analysis for the Interlaminar Stresses of Thin Layered Composites Subjected to Thermal Loads. *Composites Science and Technology*, **67**, 2485-2492. <https://doi.org/10.1016/j.compscitech.2006.12.010>
- [7] Kant, T. and Swaminathan, K. (2000) Estimation of Transverse/Interlaminar Stress in Laminated Composites: A Selective Review and Survey of Current Developments. *Composite Structure*, **49**, 65-75. [https://doi.org/10.1016/S0263-8223\(99\)00126-9](https://doi.org/10.1016/S0263-8223(99)00126-9)

[编辑] 帅群

Hans 汉斯

知网检索的两种方式:

1. 打开知网首页: <http://cnki.net/>, 点击页面中“外文资源总库 CNKI SCHOLAR”, 跳转至: <http://scholar.cnki.net/new>, 搜索框内直接输入文章标题, 即可查询;
或点击“高级检索”, 下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2471-7185, 即可查询。
2. 通过知网首页 <http://cnki.net/>顶部“旧版入口”进入知网旧版: <http://www.cnki.net/old/>, 左侧选择“国际文献总库”进入, 搜索框直接输入文章标题, 即可查询。

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: jogt@hanspub.org