

遇油遇水自膨胀封隔器的研究与应用

徐 鑫 魏新芳 余金陵

(胜利石油管理局 钻井工艺研究院, 山东 东营 257017)

摘 要:利用遇油遇水橡胶遇油或遇水后体积膨胀的特点,制成的封隔器具有膨胀率高、充填效果好、操作简单等优点,能够简化施工工艺、降低完井成本,可应用于水平井分段开采、控水堵水、辅助固井等作业中。介绍了遇油遇水自膨胀封隔器的结构设计和应用范围,分析了遇油遇水自膨胀封隔器的工作原理。室内拉力试验和地面承压试验及现场应用表明,遇油遇水自膨胀封隔器达到了设计要求,能满足现场需要。

关键词:遇油遇水膨胀橡胶;封隔器;实验室试验;Z27-平3井

中图分类号:TE931⁺.2 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0890(2009)06-0067-03

遇油遇水自膨胀封隔器,是由遇油、遇水膨胀的特殊橡胶材料经机械组合制成的,主要用于替代常规封隔器。该封隔器广泛应用于水平井分段开采、控水堵水、储层改造和辅助固井等作业中。但是目前使用的遇油遇水自膨胀封隔器多为进口产品,价格昂贵,每只 5 万美元左右,严重制约了该类封隔器在国内的推广应用。为此胜利油田研制了具有自主知识产权的遇油遇水自膨胀封隔器,并进行了室内试验和现场应用,结果表明,所研制遇油遇水自膨胀封隔器达到了设计要求,可以满足现场需要。

1 结构与工作原理

1.1 结构设计

在试验及现场应用中,发现由于材料本身特性的限制,单独使用遇油膨胀橡胶或遇水膨胀橡胶制成的封隔器其效果不是十分理想,因此在实际使用中,将两种橡胶结合使用。

对多段橡胶封隔器的试验表明,相对于单段橡胶封隔器,多段橡胶封隔器能够承受更大的压差。

遇油遇水自膨胀封隔器与传统封隔器相比,结构简单,不存在机械运动部件,主要难点是橡胶筒与基管的结合,通过原材料合成、卷制、硫化、热处理和沾砂等一系列工艺制作成形。

1.2 工作原理

遇油膨胀橡胶(简称 OSR)属亲油性功能高分子材料,是一种新型的功能性吸油材料,OSR 是在传统橡胶基体上引入亲油性官能团或亲油性组分制

成的^[1],具有遇油体积自动膨胀、膨胀速率快、膨胀率高、原料来源方便、成本低、工艺简单等优点,质量膨胀率可达 1 450%,体积膨胀率达 1 980%,在 590 ℃条件下质量损失仅 19.0%。

遇水膨胀橡胶同样是一种新型的高分子功能材料,主要由弹性体和亲水性物质组成。橡胶本身是疏水性材料,但当其中的亲水性物质与水接触后,水分子通过扩散、毛细以及表面吸附等物理作用进入橡胶内,与橡胶中的亲水性基团形成极强的亲和力;橡胶中的吸水性物质被水溶解后,在橡胶内外形成渗透压差,促进其吸收水分。亲水性物质不断吸收水分,导致橡胶发生膨胀变形^[2]。遇水膨胀橡胶除具有橡胶良好的弹性和力学强度,同时还具有吸水后体积膨胀的特殊性能:吸水前后均具有较好的强度和弹性;吸水前拉伸强度大于 8 MPa,扯断伸长率大于 350%,邵氏硬度 70~80,拉伸永久变形小于 30%;吸水后拉伸强度 6~10 MPa,扯断伸长率大于 400%,邵氏硬度 45~55,拉伸永久变形小于 20%。

2 技术特点

1) 膨胀率高,能实现大直径井眼的封隔。橡胶

收稿日期:2009-07-22;改回日期:2009-09-22

基金项目:国家重大专项课题“低渗油气田完井关键技术”(编号:2008ZX5022-006)部分研究成果

作者简介:徐鑫(1982—),男,山东德州人,2006年毕业于中国石油大学(华东)机械设计制造及其自动化专业,助理工程师,从事石油完井工程方面的研究工作。

联系电话:13561053246

的膨胀率超过 10 倍,而制成的管外封隔器直径膨胀率可达 100%或更高,如 $\phi 139.7$ mm 自膨胀管外封隔器外径 190 mm,膨胀后外径超过 400 mm。

2) 适合不规则井眼,能实现无间隙挤压式填充封隔,密封效果好。

3) 自动膨胀,施工工艺简单,施工风险和成本低。遇油遇水自膨胀封隔器在使用过程中,下放到设计位置后,无需井口加压或下内管进行胀封,油井正常生产后,封隔器遇油或遇水后自动膨胀,可大大缩短作业时间,降低施工风险及开发成本。

3 遇油遇水自膨胀封隔器的主要用途

遇油遇水自膨胀封隔器可以用于分段完井、封隔水层、辅助固井和防砂等作业中,应用十分广泛,下面介绍几种使用遇油遇水自膨胀封隔器的情况。

3.1 分段完井,封隔水层

完井作业时,将带有遇油遇水自膨胀封隔器的管柱下入井内,无需井口加压或者下内管作业,当生产开始后,一旦出油或出水,封隔器自动膨胀,实现分段。如果生产过程中某一段出水需要堵水时,下入两端带有自膨胀橡胶的内管将出水段两端堵封即可,如图 1 所示。采用这种方式,施工工艺简单,风险小,而且可缩短作业时间,节约油井的开发成本^[3]。

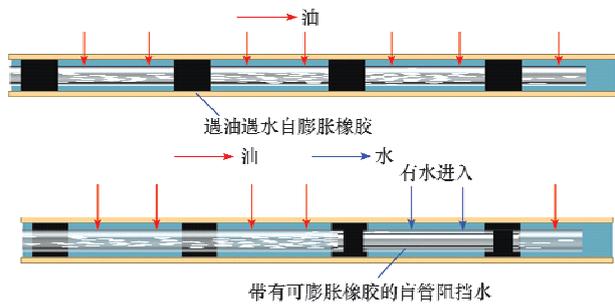


图 1 遇油遇水膨胀封隔器封隔水层示意

3.2 辅助固井,提高固井质量

固井后,由于水泥环凝固时体积收缩,造成水泥环与套管胶结不好,出现通道,一旦生产中出水,极易造成窜槽。在套管上部和下部使用遇油遇水自膨胀封隔器可以有效解决该问题,提高固井质量^[4]。

3.3 代替固井使用,简化施工工艺

以 $\phi 241.3$ mm 井眼为例,途中经过水层,如果固

井,则需要先下入 $\phi 177.8$ mm 技术套管,固井后,采用 $\phi 152.4$ mm 钻头钻进,完钻后下入小尺寸的生产尾管;如果使用遇油遇水自膨胀封隔器,则可以在水层上下位置安装遇油遇水自膨胀封隔器,在 $\phi 241.3$ mm 井眼中将 $\phi 177.8$ mm 套管和生产尾管一次下入,如图 2 所示。使用封隔器方案与固井方案相比,具有 2 个明显的优势:首先是二次完井变为一次完井,大大简化了完井工艺,缩短了建井周期,节约了开发成本;其次可以下入大尺寸的生产尾管,提高油井产量。

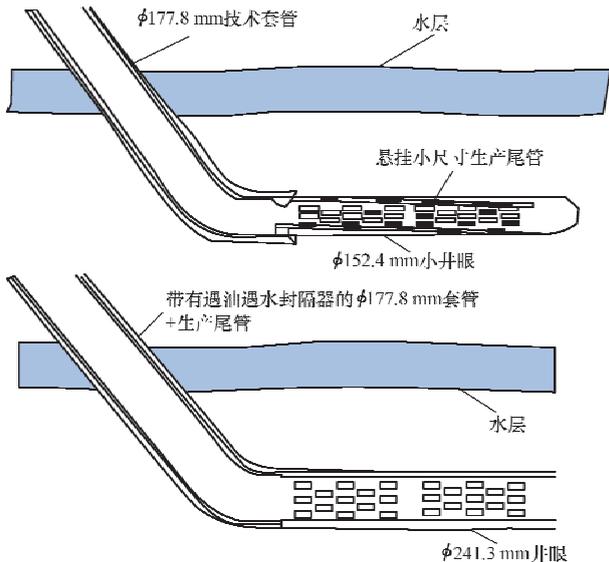


图 2 遇油遇水膨胀封隔器代替固井示意

4 性能试验

4.1 可膨胀橡胶膨胀过程

可膨胀橡胶封隔器由于在胶筒两端吸收区域面积较大,因此膨胀时,首先是两端膨胀,随后中间再膨胀。自膨胀封隔器膨胀过程如图 3 所示。

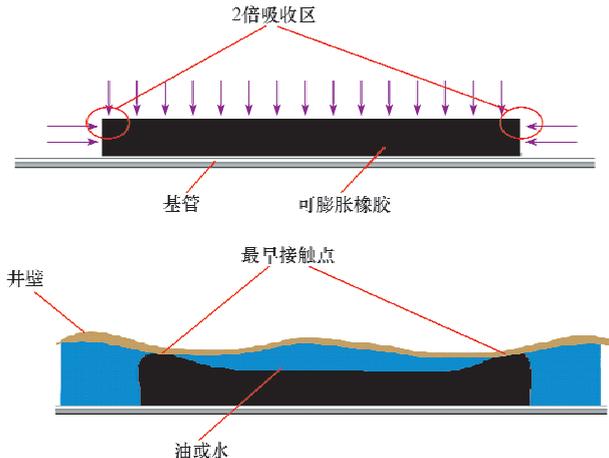


图 3 自膨胀封隔器膨胀过程示意

4.2 遇油遇水膨胀橡胶拉力试验

表 1 和表 2 为遇油膨胀橡胶和遇水膨胀橡胶拉力试验结果。

表 1 遇油橡胶拉力试验结果

序号	厚度/mm	最大拉力/N	拉伸强度/MPa	扯断伸长率, %
1	2.41	283	19.6	780
2	2.39	282	19.7	856
3	2.40	281	19.5	788

表 2 遇水橡胶拉力试验结果

序号	厚度/mm	最大拉力/N	拉伸强度/MPa	扯断伸长率, %
1	2.40	262	18.2	820
2	2.41	270	18.4	804
3	2.40	267	18.3	790

从表 1 和表 2 可看出,遇油膨胀橡胶拉伸强度中值 19.6 MPa,扯断伸长率中值 788%;遇水膨胀橡胶强度中值 18.3 MPa,扯断伸长率中值 805%。由此表明,遇油、遇水膨胀橡胶具有良好的抗拉性能。

4.3 遇油遇水自膨胀封隔器地面承压试验

1) 将型号为 1、2,外径 110.0 mm(中心管直径 88.9 mm)的遇油遇水自膨胀封隔器置于 $\phi 177.8$ mm 套管内,膨胀后试压,测试封隔能力,其最大承压分别为 30 和 29 MPa。

2) 将型号 1、2,外径 190.0 mm(中心管直径 139.7 mm)的遇油遇水自膨胀封隔器置于 $\phi 244.5$ mm 套管内,膨胀后试压,测试封隔能力,其最大承压分别为 32 和 30 MPa。

5 现场应用

遇油遇水自膨胀封隔器研制成功后,已在胜利油田河口采油厂、纯梁采油厂等进行了多口井的现场应用,效果良好。

河口采油厂 Z27-平 3 井井深 1 630 m,采用筛管顶部注水泥工艺完井,即上部固井,水平段下入 $\phi 177.8$ mm 防砂筛管,筛管中间安装遇油遇水自膨胀封隔器,以封隔水层。该井所在区块出水现象十分普遍,许多井生产后不到半年就出水,后期再进行堵水作业,增加了生产成本。而使用遇油遇水膨胀封隔器的 Z27-平 3 井投产已经将近 1.5 a,目前生产情况稳定,堵水效果明显。

6 结束语

遇油遇水自膨胀封隔器与传统封隔器相比,具有以下优点:膨胀率高,膨胀效果好,能够有效封堵环空;施工工艺简单,能够有效降低完井成本;可以用于分段完井、封隔水层、辅助固井、防砂等作业中,用途广泛。建议加强遇油遇水自膨胀封隔器承压以及耐腐蚀等性能的研究,以便进一步扩大其应用领域。

参 考 文 献

- [1] 王强,曹爱丽,王苹.遇油膨胀橡胶的制备及性能研究[J].高分子材料科学与工程,2003,19(2):206-208.
- [2] 刘岚,向洁,罗远芳,等.吸水膨胀橡胶的研究进展[J].高分子通报,2006(9):23-29.
- [3] 王德新.完井与井下作业[M].山东东营:石油大学出版社,1999.
- [4] 张明昌.固井工艺技术[M].北京:中国石化出版社,2007.

[审稿 吴姬昊]

Researches and Applications of Oil/Water Expandable Packers

Xu Xin Wei Xinfang Yu Jinling

(Drilling Technology Research Institute, Shengli Petroleum Administration, Dongying, Shandong, 257017, China)

Abstract: Rubber is prone to expand when contacting with oil or water. Considering this characteristic, packers made from rubber have high expansion ratio, good packing effectiveness, simple operation, etc. Therefore it can simplify operational procedure, reduce well completion cost, and control water. It can also be used isolated production in horizontal wells and in ancillary cementing job. This paper describes the oil/water swellable packer with its design and applications and analyzed rubber expansion principle. Lab tensile tests, pressure tests, and in-situ applications indicate that the expandable packer meets requirements of field application.

Key words: oil/water expandable rubber; packer; laboratory testing; Z27-Ping 3 Well