

Y211 封隔器结构改进及现场应用

舒 勇（长庆油田分公司机械制造总厂，陕西 西安 710200）

摘 要：Y211 封隔器以其承压能力高、锚定能力强、重复坐封性能稳定等特点，在长庆油田水平井水力喷射体积压裂中得到广泛应用，但该封隔器在使用过程中存在变轨困难、验封失效等问题，为了进一步提高 Y211 封隔器的施工效率、降低变轨故障率，更好的适应水平井水力喷射体积压裂工艺技术，本文对其结构进行优化改进。现场试验结果表明改进后的 Y211 封隔器轨道变轨能力及胶筒使用寿命均有明显提升。

关键词：封隔器；水力喷射；变轨；坐封

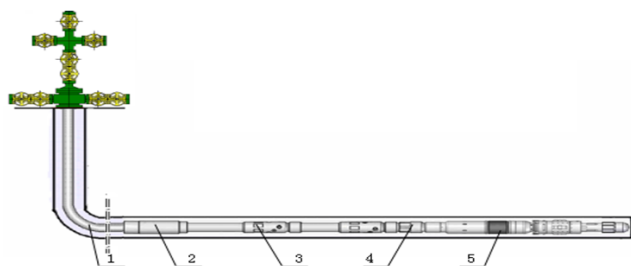
0 引言

水力喷射体积压裂工艺在长庆油田水平井改造中得到广泛应用，提高水力喷射管柱的施工效率有助于降低油井施工成本，目前封隔器存在的变轨困难、验封失效问题，已严重影响了油井改造效率和质量，工具急需改进。

1 结构及工作原理

Y211 封隔器主要由反循环总成、平衡阀总成、密封胶筒总成、座封支撑（锚定）总成等组成。坐封时，上提管柱使中心管上移完成变轨，下放管柱使中心管推动平衡阀总成进入密封座，进一步下推胶筒座及锥体，使卡瓦径向张开支撑套管，继续下压负荷 110~130kN，胶筒径向膨胀完成坐封^[1]。坐封后平衡阀处于关闭状态与膨胀胶筒共同组成单向密封系统。解封时，上提管柱，中心管带动平衡阀总成脱离密封座，封隔器上下连通压力平衡，继续上提封隔器解封。

Y211 封隔器作为长庆油田水平井水力喷射体积压裂底封封隔器，在工艺管柱中的位置如图 1 所示。施工过程中可通过上提下放上端油管完成封隔器轨道变轨，并用油管自重下压封隔器完成坐封。



1 油管；2 安全丢手；3 喷射器；4 单流阀；5 Y211 封隔器

图 1 水平井水力喷射压裂工艺管柱结构

2 存在的问题



图 2 封隔器轨道积砂图

Y211 封隔器在应用过程中主要存在以下两方面问题：

①部分施工井地层吐砂严重或压裂完成后洗井不彻底，造成封隔器附近积砂，部分砂粒沉积于封隔器中心管轨道槽，如下图二所示。此时中心管相对于扶正器上下位移变轨时摩擦力增大^[2]。若沉积的砂粒较多可造成中心管

变轨遇卡，封隔器失效；

②封隔器坐封时要预计坐封距离，并达到设定坐封载荷，需司钻多次尝试变轨坐封。每次坐封时胶筒承受高压，径向膨胀与套管接触完成密封，解封时胶筒回弹支撑锥体复位。当封隔器多次坐封解封后，易出现胶筒磨损、变形的情况，将导致封隔器验封失效，如下图 3 所示。

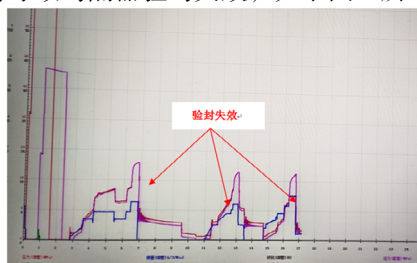
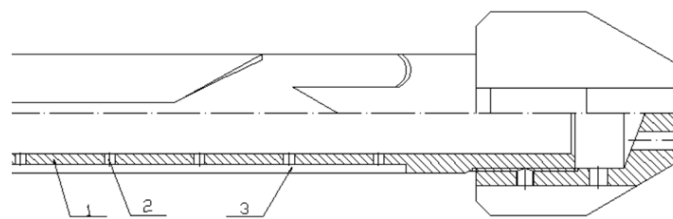


图 3 封隔器验封失效曲线图

3 改进方案

3.1 轨道槽加深、加宽，增加排砂孔

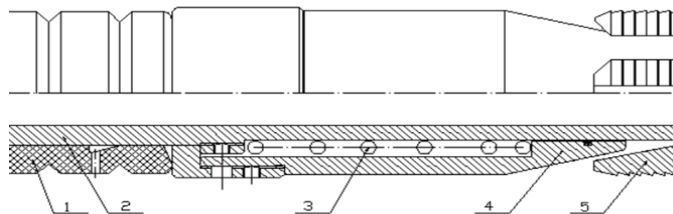
将中心管轨道槽加深、加宽，增加扶正器变轨滑销与中心管轨道槽滑动间隙，减少因轨道槽沉砂较多造成变轨滑销卡死的情况；在中心管轨道槽中增加排砂孔，中心管与扶正器相对位移时可将轨道槽沉砂推入排砂孔，减少砂粒沉积。改进后中心管结构，如下图 4 所示，有效降低 Y211 封隔器施工中变轨失效率，提高封隔器施工效率。



1 中心管；2 排砂孔；3 轨道槽

图 4 改进后封隔器中心管结构简图

3.2 增加复位弹簧



1 胶筒；2 中心管；3 复位弹簧；4 锥体；5 卡瓦

图 5 增加复位弹簧后结构简图

为解决胶筒回弹锥体复位将对胶筒造疲劳损伤，在封隔器胶筒下方增加一组复位弹簧，坐封时压缩弹簧，解封时可依靠弹簧回复力支撑锥体复位，辅助胶筒解封回缩，

如下图 5 所示。复位弹簧可在一定程度上保护胶筒，提高胶筒使用寿命。

4 现场应用

改进后的 Y211 封隔器已在长庆油田采油一厂王加平 16 井、王平 43 井使用，使用情况如下表 1 所示。改进后的单趟管柱平均施工 6 段，高于改进前单趟管柱施工 3 段的平均水平。现场应用情况表明，该进后的 Y211 封隔器施工效率明显提升，更加适合油田水平井水力喷射体积压裂工艺。

表 1 改进后的 Y211 封隔器使用情况统计

井号	设计段数(段)	施工段数(段)	使用封隔器数量(套)	平均施工效率(段/套)
王加平 16	7	7	1	7
王平 43	5	5	1	5
合计	12	12	2	6

5 结论

① Y211 封隔器轨道槽沉砂是封隔器坐封时变轨不灵

活及变轨失效的主要原因，改进后的结构表明增加中心管轨道槽的深度和宽度，以及增加排砂孔机构可以降低封隔器变轨失效率，提高封隔器整体使用性能；

② Y211 封隔器增加复位弹簧可有效保护胶筒，提高胶筒使用寿命；

③改进后的 Y211 封隔器施工效率明显提升，更加适合水平水力喷射体积压裂技术。

参考文献：

- [1] 任国富, 徐自强, 王在强, 付钢旦, 桂捷, 邵媛, 蒙鑫, 胡相君. Y211 型拖动压裂封隔器研制与应用 [J]. 石油矿场机械, 2015(09):60-61.
- [2] 刘鹏. 水力喷射压裂工具问题分析及工艺优化 [J]. 中国石油和化工标准与质量, 2019(13):253-254.

作者简介：

舒勇 (1990-), 男, 汉族, 四川遂宁人, 助理工程师, 主要从事井下工具技术服务工作。

(上接第 121 页) 2015, 对采集样品进行预处理^[7], 检测分析。各元素 Cu、Fe、Mn、Zn 和 Mg 的测定标准值为 (0.589 ± 0.023), (0.841 ± 0.059), (0.442 ± 0.028), (0.621 ± 0.031), (0.691 ± 0.034) mg/L, 结果分别为 0.580, 0.856, 0.462, 0.630, 0.688 mg/L。

3 结语

电感耦合等离子体发射光谱法具有简单、快速、高效的优点，作为一种极具潜力的检测重金属的分析手段，特别是在重金属定量方面较为准确。但由于其仪器本身价格较为昂贵，限制该仪器的推广和使用。相信不就得将来，随着仪器的推广，该技术将得到越来越广泛的应用，并产生巨大的经济效益。

参考文献：

- [1] 林武滔, 游宗保, 陈必群. ICP-AES 测定工业废水中的总磷 [J]. 光谱实验室, 2005, 22(004):837-840.

(上接第 120 页) 溶液测定吸光度；金属元素的回收率均在 96.8% 至 105.8%；对空白溶液进行 11 次重复测定，得到标准偏差均在 1.0% 以下；检出限用下式计算：

$$c = K \times S_d / S$$

式中：c 为检出限，单位为 mg · kg⁻¹；S_d 为空白溶液吸光度标准偏差，单位为 mg · kg⁻¹；S 为标准曲线斜率；K 值为常数 3。

2.2 检测结果分析

火焰原子吸收分光光度法测定的不锈钢酸洗污泥中金属元素的含量如表 3 所示，整理比较分析后可知，A、B、C、D 四份不锈钢酸洗污泥中金属元素的含量大致相同，其中含有大量的 Ca、Fe、Cr 元素，这三种元素的含量均超过 10%，Ni 元素含量较高，含量超过 3%，Pb、Mg 元素含量较低，Cd 元素含量最少。

3 结论

本文对不锈钢酸洗污泥中 Cd、Cr、Ca、Ni、Mg、Pb、

[2] 龚昌合. ICP-AES 法测定工业废水中 Cu、Pb、Zn、Cd、Cr、As 和 Hg [J]. 黑龙江环境通报, 2006, 30(4):92-93.

[3] 王晓燕, 刘子靖, 王利明. ICP-AES 法测定工业废水中的多项金属元素 [C]// 第八次全国环境监测学术交流会. 中国环境科学学会, 2007.

[4] 龚昌合. ICP-AES 法测定工业废水中 Cu、Pb、Zn、Cd、Cr、As 和 Hg [J]. 黑龙江环境通报, 2006(04):94-96.

[5] 汪张懿, 杨颖, 任荣等. ICP-AES 法和分光光度法测定工业废水中总磷的方法比较 [J]. 环境监测管理与技术, 2016.

[6] 贺小双, 薛晓康, 林建. 电感耦合等离子体原子发射光谱 (ICP-AES) 法测定工业废水中的颜料绿 58 [J]. 中国无机分析化学, 2017(04):1-4.

[7] 陈必群. ICP-AES 法精确测定工业废水中的总磷 [J]. 海峡科学, 2007, 06(6):134-134.

Zn、Fe 的含量进行测定分析，采用了火焰原子吸收分光光度法。结果表明，4 份不锈钢酸洗污泥中均含有大量的金属元素，如果不进行妥善处理，势必会造成资源浪费和环境污染。其中含有大量的 Cr、Fe、Ca 元素，在后续不锈钢酸洗污泥处理中需要重点关注，可以使用还原法无害化处理或固化稳定化对不锈钢酸洗污泥进行处理填埋。

参考文献：

- [1] 房金乐, 杨文涛. 不锈钢酸洗污泥的处理现状及展望 [J]. 中国资源综合利用, 2014(32):29-33.
- [2] 贺慧, 赵俊学, 马红周等. 不锈钢酸洗废水处理技术分析 [J]. 甘肃冶金, 2009(05):42-46.
- [3] 赵璇, 高庆瑞, 秦世丽, 高立娣. 洗护发产品中 8 种重金属元素含量的测定 [J]. 日用化学工业, 2021(51):83-87.

作者简介：

闫宇望 (1992-), 男, 汉族, 山西吕梁人, 化工助理工程师, 研究方向：分析化学和聚氨酯弹性体。