

[引著格式] 高斌, 王尧, 张春升, 等. 一种新型防砂筛管的研制及性能评价 [J]. 石油天然气学报 (江汉石油学院学报), 2015, 37 (3+4): 51~54.

一种新型防砂筛管的研制及性能评价

高斌, 王尧, 张春升, 张纪双

(中海油能源发展股份有限公司工程技术分公司, 天津 300452)

刘鹏, 罗建伟, 董健

[摘要] 开孔泡沫金属材料做为一种新型的气固复合材料, 其固有属性基本符合防砂完井挡砂介质的要求。首先对泡沫金属的孔隙结构特征与孔径大小分布定量描述, 在力学特性试验基础上, 建立起不同孔喉泡沫金属材料与海上主力产层地层砂匹配性关系。再将泡沫金属做为挡砂介质制成筛管, 进行了挡砂性能、抗堵塞能力、耐冲蚀性等系统的评价试验。证实泡沫金属筛管性能优越, 在油田油气井防砂完井领域具有较好的应用前景, 具有一定的推广价值。

[关键词] 泡沫金属; 独立筛管; 防砂; 完井评价

[中图分类号] TE358.1 **[文献标志码]** A **[文章编号]** 1000-9752 (2015) 03+04-0051-04

独立筛管防砂 (陆地称为滤砂管防砂) 技术是海上油田主要的防砂完井方式之一, 因其工艺简单、成功率高、施工成本低而得到广泛推广应用。目前该技术常用的筛管类型主要包括星孔 (纽扣式) 筛管、金属毡 (棉) 筛管、优质多层金属网布筛管、复合筛管等。这些筛管各有特长, 也取得了较好的应用效果。但在单独使用挡砂时, 尤其是在特超稠油、高泥质、细粉砂等油气层完井防砂中, 出现有效期短、抗冲蚀性差、易堵塞等现象, 成为该项技术应用的瓶颈; 随着海上油田三低单元的加速开发和老区二次防砂完井技术需求的增加, 对新型防砂筛管的需求也尤为迫切。开孔型泡沫金属材料的固有属性基本符合防砂完井挡砂介质的要求, 对其做为油气井防砂筛管的各项功能及技术指标进行了系统评价, 认为该种新型防砂筛管有较好的应用前景。

1 开孔泡沫金属材料特性

1.1 孔喉形状特征及大小分布评价

实验室内对开孔泡沫金属材料的基本性能进行了测试^[1,2]。测试结果: 孔隙率 78.9%, 孔径 73~151 μm , 孔径主要分布区间 99~139 μm , 孔隙呈现多面体“笼式”结构, 各向异性率接近 1。

笼式结构大大增加了该材料的总孔隙度和有效孔隙度, 有效孔隙连通性达到 90% 以上; 孔径与主要孔径的分布范围与海上部分油气层的地层砂粒度分布规律有很好的吻合性; 试样的各向异性率数值都接近于 1, 表明样品孔隙具有良好的各向同性特征^[2]。对不同型号的泡沫金属样品进行了孔径分布检测, 结果见表 1。

图 1 为 PMN1、PMN2、PMN3、PMN4 泡沫金属样品图片, 可以看出泡沫金属在延平面及平面垂直方向上孔径分布均匀, 不同型号之间孔径呈阶梯状递增分布, 基本覆盖了渤海地区主力生产油组的地层砂

表 1 不同型号样片的孔径测试结果

材料 型号	孔径/ μm			平均孔径 / μm
	1号	2号	3号	
PMN1	278.47	263.00	253.61	265.03
PMN2	197.82	194.76	193.38	195.32
PMN3	174.53	182.82	170.43	175.93
PMN4	162.43	159.56	154.54	158.84

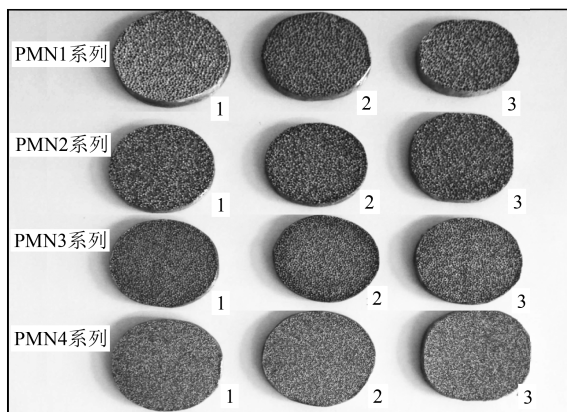


图 1 不同型号的泡沫金属样品图片

[收稿日期] 2014-09-10

[基金项目] 中海油能源发展股份有限公司科技创新项目 (HFXMLZ-CJF1304)。

[作者简介] 高斌 (1972-), 男, 硕士, 高级工程师, 现从事海上油气井防砂完井技术研究工作, gaobin2@cnooc.com.cn。

粒径范围, 可满足不同地层砂粒度分布对挡砂介质的需求。

1.2 力学特性

力学特性主要是检验泡沫金属材料的弹、塑性能及在挡砂过程中的可变形性能。对不同体积密度规格的泡沫金属材料进行应力应变测试, 测试结果如图 2、3 所示。

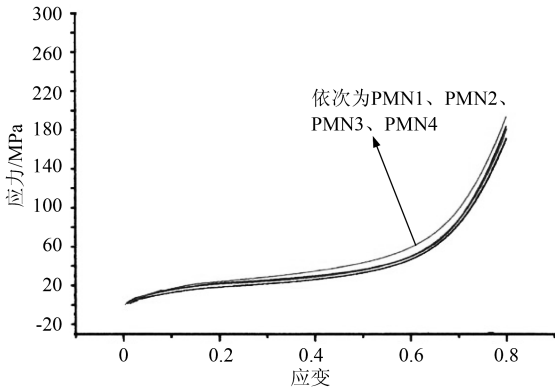


图 2 密度 2.0g/cm³ 泡沫金属应力应变曲线

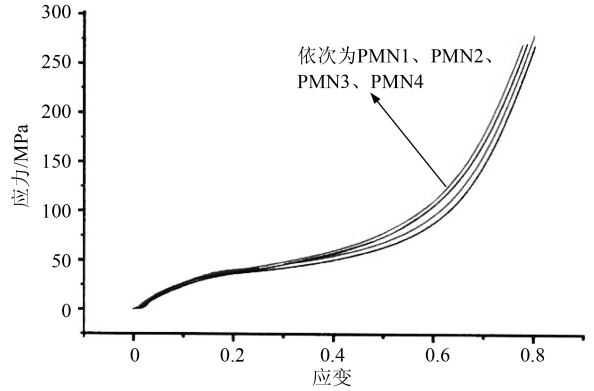


图 3 密度 2.5g/cm³ 泡沫金属应力应变曲线

试验结果表明, 泡沫金属材料的强度与其密度有密切关系, 密度越大材料的强度越大。密度较低时, 泡沫金属材料在一定应力下能够产生微量屈服变形, 孔喉的变形有利于在挡砂过程中滞留其内部的砂粒通过和产出; 做为挡砂介质在井下工作时, 可根据生产压差情况在一定区间内变形, 可被认为具有一定的“自洁”作用, 增加其抗堵塞能力, 延长其使用寿命和油气井防砂有效期。

2 功能性挡砂试验

将泡沫金属材料制成筛管样件进行功能性评价试验, 主要包括挡砂精度、抗堵塞能力、抗冲蚀性等。试验主要在水平井防砂完井试验装置中进行, 试验流程如图 4 所示^[3]。

2.1 挡砂精度评价

将已知准确粒径分布的玻璃微珠或石英砂(陶粒)按一定砂比(体积比)随携砂液通过筛管, 收集产出砂的样品并进行筛析, 累计体积

分数 10% 所对应的粒径值被认为是该筛管的挡砂精度^[4]。为了检验数据的稳定性, 采取 2 种加砂方式, 一种是“混合”加砂, 就是将不同粒径的相同质量分数的砂粒充分混合均匀, 后按一定砂比加入携砂液中; 另一种是“顺序”加砂, 就是将不同粒径的砂粒, 按由小到大(或由大到小)顺序依次按一定砂比加入携砂液中。试验结果如图 5 所示。

试验结果表明, 不同型号的泡沫筛管可满足不同粒径尺寸的地层砂的挡砂要求, 实测挡砂精度结果与前面泡沫金属材料孔喉特征及孔径分布的定量描述结果有较好的一致性, 证明该类筛管孔喉及孔径等关键技术参数可控, 性能稳定。针对实际地层砂粒径分布进行匹配性优选, 将会达到预期的防砂效果。

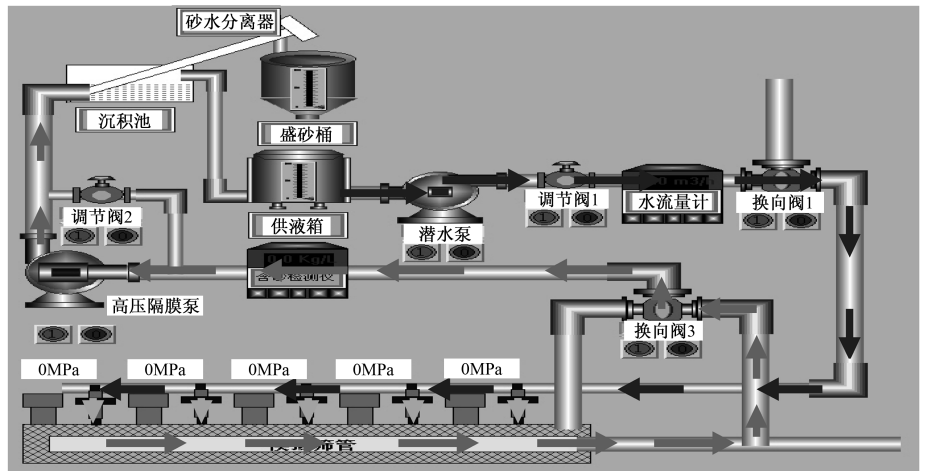


图 4 水平井功能性试验流程图

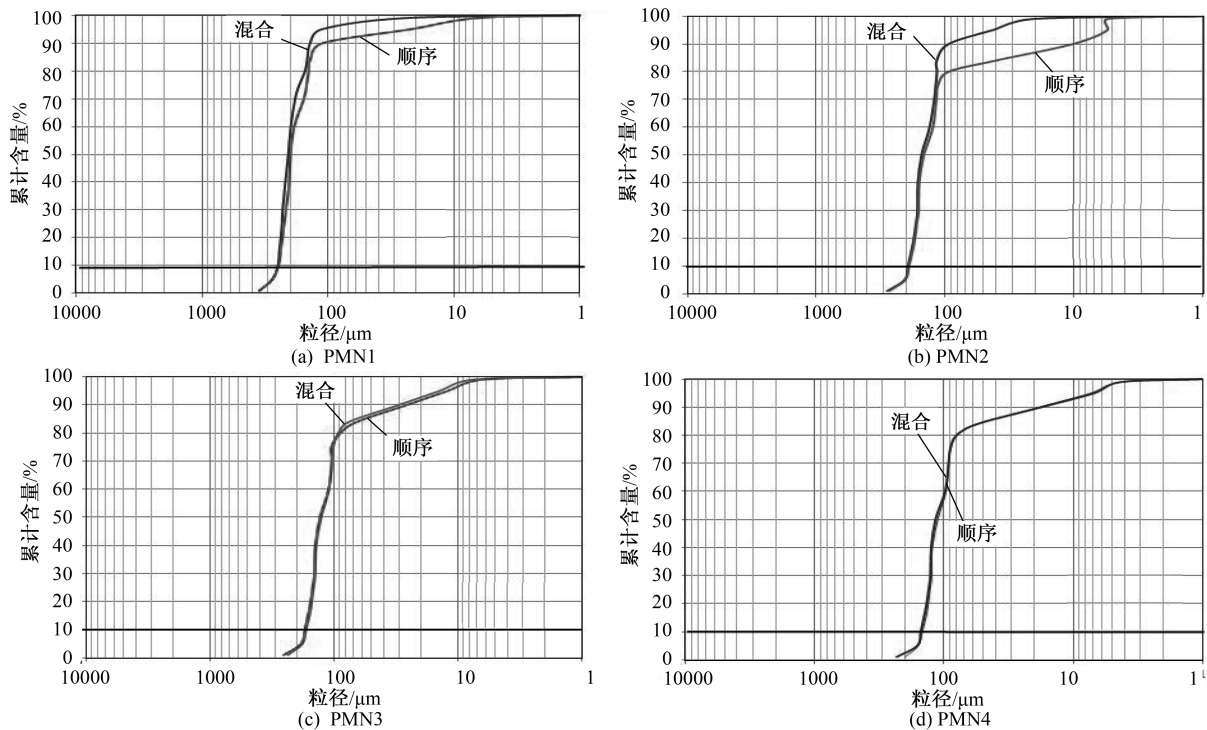


图 5 不同型号泡沫金属筛管的挡砂精度筛析曲线

2.2 抗堵塞能力评价

抗堵塞能力是筛管的一项重要技术指标^[5]，直接影响筛管的使用寿命和油气井的生产有效期。选择海上油田主力油层的地层砂粒径组成，添加少量的细砂（44 μm 以下）及黏土，观察在挡砂过程中压力及流量变化规律，分析其渗透性保持能力，并用米采油指数来判断其抗堵塞能力。试验结果如图 6 所示。

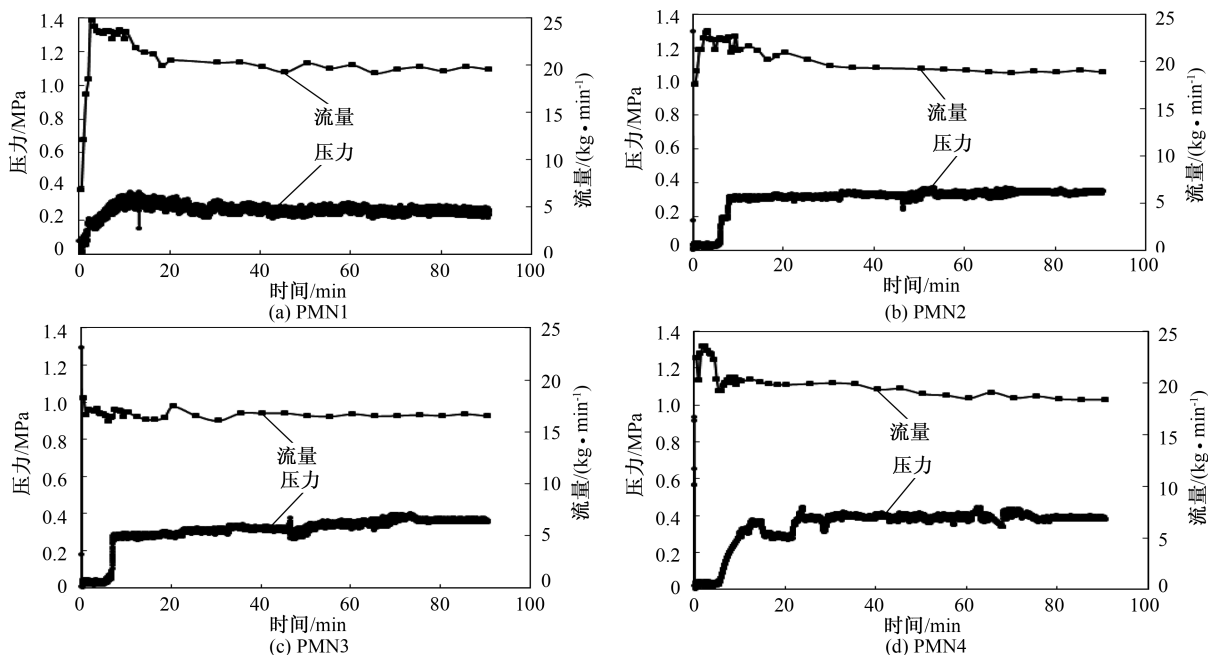


图 6 不同型号泡沫金属筛管抗堵塞能力曲线

试验结果表明，在模拟泥质质量分数高达 10% 的地层砂出砂试验过程中，4 种不同型号的泡沫金属

筛管的驱替压力在有所增加后趋于平稳, 驱替流量保持稳定, 说明泡沫金属筛管具有较好的抗堵塞能力和稳定的渗透性能, 折算米采油指数都超过了 $170\text{m}^3 / (\text{d} \cdot \text{m} \cdot \text{MPa})$, 满足海上单井高产需求。

2.3 耐冲蚀能力评价

含砂流体对筛管的冲蚀破坏是导致其失效的一个重要因素, 冲蚀破坏受含砂流体流速、砂比、砂粒粒径、冲蚀角度等因素影响, 优化后的试验参数: 炮眼流速 13.6m/s 、砂比(体积分数) 3% 、石英砂 $40\sim 60$ 目、冲蚀角 90° 。将泡沫金属筛管与海上常用的 2 种类型筛管进行同试验参数条件下的横向对比, 3 种类型的筛管是同型号和尺寸的成品筛管, 得到出口压力随冲蚀时间变化的关系曲线。试验结果如图 7 所示。

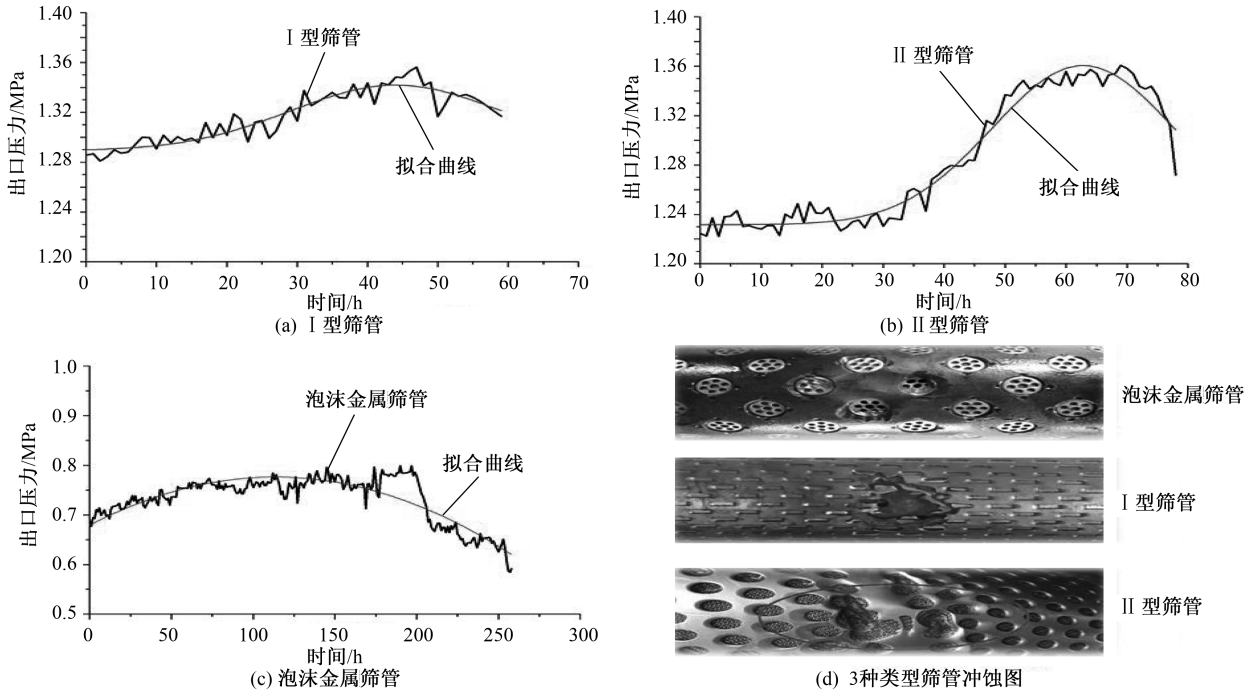


图 7 3 种类型筛管最终冲蚀对比试验结果

试验结果表明, 在相同的试验条件下, 泡沫金属筛管具有较好的耐冲蚀性能, 耐冲蚀时长是其他 2 类筛管的 2~3 倍, 冲蚀压力也低于其他筛管。分析主要原因是泡沫金属使用了镍材质, 独特的应力应变力学性能以及三维立体多孔结构充分表现出其良好的性能。

3 结论

1) 通过对泡沫金属材料特征的定量描述, 确定了其结构及材质的稳定性。该材料孔径分布均匀, 不同型号之间孔径呈阶梯状递增分布, 基本覆盖了渤海地区主力生产油组的地层砂粒径范围, 可满足不同地层砂粒度分布对挡砂介质的需求。

2) 在挡砂功能性试验中, 泡沫金属材料具备了独立使用进行油气井防砂的功能, 随着研究的不断深入, 孔喉结构和制造工艺等不断改进完善, 该类新型筛管必将会进入防砂完井领域推广应用。

[参考文献]

[1] 刘培生, 马晓明. 多孔材料检测方法 [M]. 北京: 冶金工业出版社, 2006: 59~95.

[2] 施国栋, 何德坪, 张勇明, 等. 超轻多孔金属孔结构的 X 射线断层扫描分析 [J]. 机械工程材料, 2008, 32 (3): 13~15.

[3] 高斌, 陈舟圣, 刘敏, 等. 海上油田水平井防砂完井物模试验装置 [J]. 石油机械, 2012, 40 (3): 49~52.

[4] 李风, 陈紫旭, 张再阳, 等. 整体筛管挡砂精度试验装置研制与应用 [J]. 装备制造技术, 2014, 42 (10): 152~154.

[5] Oddbjorn S L, Vidar F, Anne M M, et al. New sand retention test setup exhibits no plugging tendencies with various screen types using nonuniform test sand [J]. SPE151346, 2012.