

微滤膜污水处理一体化装置在低渗透油田的应用

尚领军¹ 党琳² 张伊鲜² 王青华³ 张凯⁴

摘要：为了解决低渗透油田污水处理后回注水不达标的问题，根据低渗透油田采出水的水质特性，设计了一套一体化撬装微滤膜污水处理装置。依托该微滤膜污水处理装置，在延长油田某处理厂进行了运行温度与压力对微滤膜处理效果的影响试验和分析，得出了金属膜过滤器的最佳运行温度和压力范围。在金属膜过滤器的最佳运行温度和压力范围内，并配套使用絮凝沉降辅助技术，某处理厂最终出水悬浮固体含量、悬浮固体颗粒粒径中值、含油量3项指标均达到了回注水水质指标要求。

关键词：低渗透油田；污水处理；一体化；微滤

Doi:10.3969/j.issn.1006-6896.2016.2.016

Application of Micro-filtration Membrane Integrated Wastewater Treatment Device in Low Permeability Oilfield

Shang Lingjun, Dang Lin, Zhang Yixian, Wang Qinghua, Zhang Kai

Abstract: In order to solve the problem of unqualified reinjection water after sewage treatment, according to the characteristics of produced water quality in low permeability oilfield, a set of integrated skid mounted micro-filtration membrane sewage treatment device was designed. Relying on the device, a test was carried out to work out the optimum range of operating temperature and pressure of metal membrane filter. With the support of flocculation sedimentation assistive technology, the suspended solids content, the median particle size of suspended solid particle, the oil content of three indicators in the final produced water have met the reinjection water quality requirements.

Key words: low permeability oilfield; sewage treatment; integration; micro-filtration

延长油田定边采油厂缺乏完善的污水处理技术，导致大部分油田污水处理后无法达到注水水质标准，只能用地表水或浅层地下水回注。该采油厂注水水源主要为清水，工艺以一级沉降+二级过滤为主。为了提高油田经济效益并满足环保要求，确保污水处理后达到注水水质标准，设计了一套微滤膜污水处理一体化装置，并在该油田某处理站进行了试验。试验结果表明，处理后的污水可以用于回注，缓解了水资源短缺和环境污染的问题。

1 工艺流程

延长油田某处理厂传统的污水处理工艺为“老三段”：一级处理主要去除大粒径的物质并去除部分的有机物质；二级处理是去除有机物的主体工艺；三级处理为深度处理。

微滤膜污水处理一体化撬装装置取代了“老三

段”污水处理工艺中占地面积大的设备。与传统污水处理设备相比，该装置去除油和悬浮物的能力更强，并且具有流程简单、设备紧凑、占地面积小等特点。

延长油田某处理厂应用微滤膜污水处理一体化装置后，其污水处理工艺流程分三个阶段。第一阶段：污水首先在沉降罐中进行初步重力沉降；然后进入混合处理装置，并加化学药剂絮凝沉降，通过化学药剂的作用，使油田污水中的悬浮物凝聚成絮凝体；最后通过沉降或者过滤去除污染物。第二阶段：经过絮凝沉降的污水进入一体化撬装装置；经一次提升泵提升至旋流油水分离器，利用离心力原理将油和水分离^[1]；旋流油水分离器出水进入中间水箱，中间水箱出水利用二次提升泵提升至多层机械过滤装置。第三阶段：在多层机械过滤装置中，首先经过核桃壳过滤器，初步去除污水中大颗粒物

¹新疆油田公司石西油田作业区 ²长庆油田第十一采油厂 ³青海油田采油二厂 ⁴中原油田采油五厂

质和大部分油类物质；核桃壳过滤器出水进入精细核桃壳过滤器，进一步去除污水中油和大的悬浮物；精细核桃壳过滤器出水进入双滤料过滤器，去除污水中的油和悬浮物；双滤料过滤器出水进入纤维球过滤器，去除水中含油和机械杂质；纤维球过滤器出水进入金属膜过滤器，利用金属膜高精度过滤污水中微米级的悬浮固体、乳化油和溶解油等，确保污水中油、悬浮物、悬浮物颗粒粒径中值达标，金属膜过滤器出水用于回注^[2]。污水处理工艺流程如图1所示。

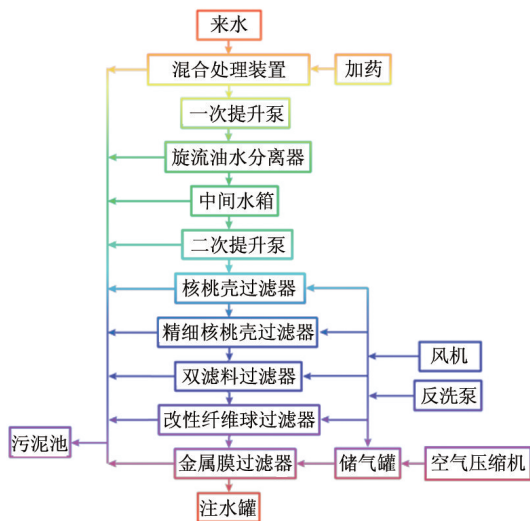


图1 污水处理工艺流程

2 核心技术

2.1 金属膜微滤技术

微滤膜装置选用的材质为钛金属，钛金属属于惰性金属，钛金属膜由一定粒径的钛金属粉末颗粒经高温烧结而制成，为此钛金属膜具有优良的耐腐蚀性能和稳定的化学性能，可以在强酸、强碱及含油有机溶剂的介质中实现过滤。钛金属膜中，粗纤维层组成支撑材料，精细纤维层用于过滤，粗纤维层与精细纤维层通过真空烧结成一体，使钛金属膜具有很好的机械性能。本装置在多层压力过滤预处理的基础上，利用钛滤膜的“筛分”作用进行分离^[3]。在压强差的作用下，钛滤膜截留大于膜孔径的粒子（主要为悬浮物、乳化油和溶解油等），小于膜孔径的粒子则顺利通过钛滤膜，使大、小粒子得以分离，从而达到分离、净化、浓缩的目的。

金属膜过滤器采用切线螺旋进水，并设置了浓水口。设备进水流速大于2 m/s，使整个容器内的液体产生搅动，切线螺旋进水技术使容器内液体相对于金属膜是运动状态，减少了金属膜表面的积污，

减缓了滤饼层的形成，降低了金属膜的运行压力；所设置的浓水口排量为系统运行时的20%，克服了常规金属膜过滤器死端过滤带来的易堵、再生困难的缺点，从而延长了金属膜的使用寿命。

2.2 多级过滤预处理技术

金属膜过滤是该污水处理流程的核心技术，但金属膜极易被污染且再生困难。该装置设置了混凝沉降—旋流分离—多级机械过滤(核桃壳过滤、精细核桃壳过滤、改性纤维球过滤、双滤料过滤)的膜前预处理流程，保证了金属膜过滤器的进水水质^[4]。

2.3 自动控制技术

装置全过程采用PLC自动控制技术，控制阀门采用气动蝶阀，并设有压力开关，以保护系统部件不受损坏。

3 处理效果分析

将微滤膜污水处理一体化装置应用于延长油田某处理站进行污水处理试验，设备连续稳定运行后发现，初始水样水质浑浊，且颜色较深，出水水质透明清澈。分别对初始水样、金属膜进水、金属膜出水进行了测试，得到含油量、悬浮固体、粒径中值出水水质指标^[5]。微滤膜进出口水质指标见表1，粒径分布见图2，处理后出水水样见图3。

表1 微滤膜进出口水质指标（平均值）

试验水样	含油量/ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	悬浮物含量/ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	粒径中值/ μm
初始水样	47.02	83.18	4.65
金属膜进水	17.51	17.95	3.74
金属膜出水	4.17	3.00	0.88

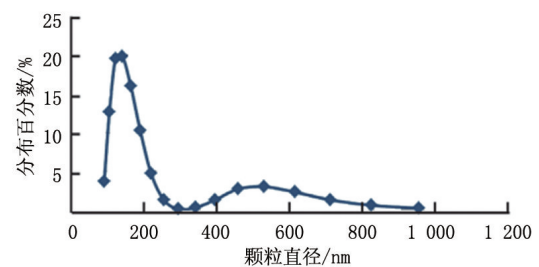


图2 粒径分布



图3 设备进出水水样对比

由表1、图2和图3，对初始水样、设备出水水样进行对比，可以得到以下结论：

(1) 经微滤膜污水处理装置处理后的油田污水的悬浮物粒径分布范围为91.28~955.4 nm，悬浮物颗粒粒径中值小于1 μm ，悬浮固体含量不大于3 mg/L，污水含油量不大于5 mg/L。金属钛膜过滤器对微米级的悬浮物去除效果优良，各项指标基本达到了该油田注水指标的要求。

(2) 由设备出水水样可以看出，出水基本不含油。该装置采用的混凝沉降—旋流分离—多级机械过滤的膜前预处理流程，不仅起到了良好的除油效果，而且对提升金属膜过滤的效果起到了关键的作用。

(3) 对比初始水样与金属膜进水的水质指标，可以看出污水经过膜前预处理后，水质有大幅度的提升，但污染物仍有一定的残留，含油量、悬浮物含量及粒径中值均未达到回注水质标准。由此推断，该微滤膜污水处理装置的混凝沉降、旋流分离和多级机械过滤膜前预处理对于去除污水中悬浮油和大颗粒悬浮物有较好的效果，但是难以去除溶解油、乳化油和微米级的悬浮物。

4 微滤效果影响因素分析

影响微滤效果的因素主要有液体温度、操作压力、膜面流速和进水 pH 值等。微滤膜污水处理装置的设计温度为80 $^{\circ}\text{C}$ ，设计压力为1 MPa。综合考虑该油田污水情况和装置的运行情况，液体温度和操作压力为可控的影响因素。因此，设计两组试验，考察液体温度和操作压力对微滤效果的影响。

4.1 液体温度对微滤效果的影响

试验分别设置3种不同的污水温度（40、60、80 $^{\circ}\text{C}$ ），在相同的操作压力（1 MPa）下运行设备，检测出水的含油量和悬浮物含量，结果见表2。

表2 不同温度下出水水质指标

温度/ $^{\circ}\text{C}$	悬浮固体含量/($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	含油量/($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)
40	未检出	0.93
60	1.69	1.64
80	4.03	3.00

对表2分析可知，油田污水处于低温状态时，设备金属钛膜去除油污和悬浮物的效果更好。但考虑到油田采出水本身具有较高的温度，且低温会对膜前预处理流程中旋流分离的除油效果造成不利影响，所以该设备的运行温度定为70~80 $^{\circ}\text{C}$ 。

4.2 操作压力对微滤效果的影响

试验分别设置3种不同的操作压力（0.8、

1.0、1.2 MPa），在相同的液体温度（80 $^{\circ}\text{C}$ ）下运行设备，检测出水的含油量和悬浮物含量，结果见表3。

表3 不同压力下出水水质指标

压力/MPa	悬浮固体含量/($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	含油量/($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)
0.8	3.84	1.70
1.0	4.08	2.98
1.2	4.13	3.20

对表3分析可知，微滤膜操作压力的升高会使滤出水的含油量和悬浮物含量均小幅升高。随着操作压力的增大，污水中油滴粒径减小，悬浮物也更容易通过金属膜，使污染程度升高。综合考虑能耗和装置可控情况，选定操作压力为0.8~1.0 MPa。

5 结论与建议

(1) 金属钛膜对去除乳化油、溶解油和微米级的悬浮物起到了关键的作用，与传统的金属膜过滤流程相比，该微滤膜污水处理一体化撬装装置采用了混凝沉降—旋流分离—多级机械过滤的膜前预处理流程和切线螺旋进水技术，保证了金属钛膜的过滤效果。

(2) 核桃壳—双滤料—纤维球—金属膜的油田污水处理工艺技术，设计新颖、运行安全稳定可靠，并且处理效果良好，解决了该油田采出水处理效果不佳、悬浮物等指标难以达到注水水质要求的问题，在该油田具有较好的应用前景。

参考文献

- [1] 吴新国, 王新强, 明云峰. 陕北低渗透油田采油污水处理与综合利用[J]. 工业水处理, 2007, 27 (7): 74-78.
- [2] 杨彩玲, 王军, 刘艳梅. 延长油田注水处理工艺及效果分析[J]. 内蒙古石油化工, 2014, 8 (7): 33-36.
- [3] 魏俊, 舒婕, 杨清. 钛金属微滤膜污染控制的研究[J]. 科技资讯, 2011, 17 (17): 136.
- [4] 蒲美玲, 罗森曼, 李少明. 膜分离技术在低渗透油藏含油污水处理中的应用[J]. 工业用水与废水, 2014, 45 (2): 68.
- [5] 郭卫东. 延长油田采油工艺的现状及进展[J]. 中国石油和化工标准与质量, 2012, 32 (3): 293.

作者简介

尚领军：本科，研究方向为油气田开发，18629353612，daihui19@126.com，新疆克拉玛依市康城花园如意苑8栋2单元403室，834000。

收稿日期 2015-01-20

(栏目编辑 张秀丽)