

油田地面配注工艺降低黏损的措施分析

曾黎¹

摘要：针对目前地面系统配注工艺中聚合物母液黏度损失较大，影响开发注聚效果，增加生产成本等问题，研制并试验了可增强径向力从而提高混合均匀度的新型螺旋式静态混合器，可以避免常规混合单元产生的机械剪切力，有效降低黏度损失；应用锥形梭型杆阀芯低剪切母液流量调节器，实现聚合物母液的流量调节，降低了机械剪切力。此外，应用先进的微生物技术，将产抗生素微生物菌群与NRB菌群进行复配，研发聚驱黏损抑制剂，可杀灭或消耗管道内硫化物、硫酸盐还原菌等微生物，降低聚合物母液黏损2%~5%。

关键词：配注工艺；聚合物黏损；降解；混合器；调节器；生物抑制剂

Doi:10.3969/j.issn.1006-6896.2016.8.035

Analysis on the Measures for Reducing the Viscosity Loss Oilfield Ground Engineering Preparation and Injection Technology

Zeng Li

Abstract: In view of polymer solution viscosity loss in the process of current ground injection allocation system, affect the development effect of polymer injection, increase the production costs and other issues, develop and test applied the novel spiral static mixer which can improve the mixing uniformity through enhancing radial force and the multi spindle valve core low shear polymer liquid flow regulator, so can avoid mechanical shear force produced by the conventional mixing unit, and effectively reduce the viscosity loss. Implementation of polymer liquid flow control and reduce the mechanical shearing force. In addition, by the advanced microbial technology, compound with the combination of antibiotic bacteria and NRB bacteria group, develop biological inhibitors for polymer viscosity loss which can kill or consume the pipeline sulfide, sulfate reducing bacteria and other microorganisms, reduce the viscosity loss of polymer liquid for 2%~5%.

Key words: injection allocation; viscosity loss of polymer; degradation mixer; regulator; biological inhibitor

地面系统配注工艺聚合物黏损的主要环节在注聚泵、静态混合器、母液流量调节器以及单井管道上，萨北开发区三采区块全程平均黏损高达21.5%。调研分析注入系统各个环节的黏度损失变化规律，通过物理、化学方法找到有效的降黏损措施，可有效降低聚驱黏损。

1 黏损影响因素分析

在聚合物整个注入过程中，聚合物的降解主要分为机械降解和生物降解两种。机械降解来自于地面工艺设备，例如注聚泵、母液流量调节器和静态

混合器；生物降解是因注入管道中存在硫酸盐还原菌、硫化物及铁离子，它们会显著降低聚合物溶液的黏度。

1.1 机械降解

(1) 注聚泵。通过泵柱塞往复运动将5 000 mg/L母液增压后注入地层，柱塞的运动会造成母液黏度损失，尤其是小排量注聚泵柱塞直径小，往复运动频繁，母液剪切作用大。

(2) 静态混合器。流过的母液、水等液体被不断地分割和转向，使之充分混合。混合过程中对母液不断拉伸、剪切造成黏度损失。从现有注入站静

¹大庆油田有限责任公司第三采油厂

态混合器运行情况看,存在混合不均现象,内壁易截留较多杂质,部分静混器造成聚合物黏损达5%以上。

(3) 母液流量调节器。主要应用在一泵多井工艺中,其主要作用是调节进入单井的母液量,通过调节锥型阀芯的开度控制母液的流速及流量。试验分析表明,调节阀压差大、开度小、流速快时黏损高,反之黏损低。注入站单泵单井工艺主要黏损环节在注聚泵和静态混合器上;一泵多井工艺增加了母液流量调节器环节,全程平均黏损为20%~26%。

1.2 生物降解

目前大部分注聚区块均采用清水配制、污水稀释的配注工艺,稀释污水中含有大量铁离子、硫酸盐还原菌、硫化物等物质,以硫酸盐还原菌、芽孢杆菌为代表的部分微生物通过自身的代谢活动可以降解聚丙烯酰胺(聚合物)。室内研究证明,聚合物黏度随硫化物含量和铁离子含量升高而降低(图1)。

单井母液管道在各个环节中黏度损失所占比例最大,附着在管壁上的细菌及代谢物对流经管线的聚合物溶液降解程度随时间的变化明显增大。

2 抑制黏损的措施

2.1 螺旋形静态混合器

新型静态混合器混合元件呈螺旋状,流体围绕其自身水力中心回转,产生自轴心向管壁的径向流动,这种旋转流动有利于促进径向的组分分布以及温度和黏度的均匀。由于相邻混合元件的螺旋方向左右交替,流体在混合器中将相互撞击,不断扩

散,进一步促使高压水和母液的均匀混合。混合过程中,混合单元不会产生机械剪切力,可达到降低黏损的目的。

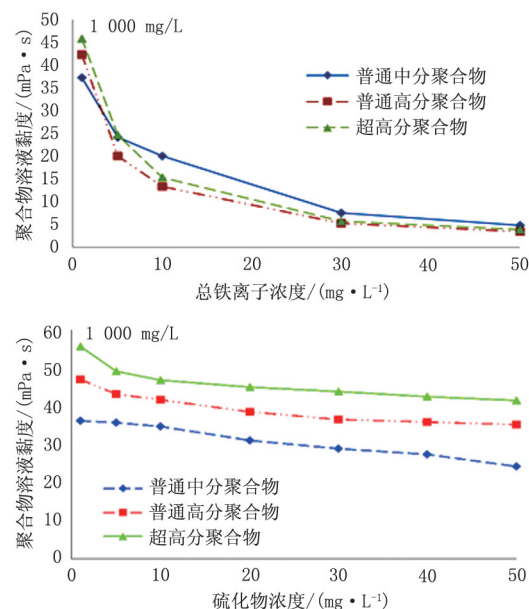


图1 污水中总铁离子、硫化物对聚合物黏度的影响

2.1.1 黏度损失分析

在3口单井上试验安装新型静态混合器,在另外3口单井上安装普通混合器。所选单井注入压力和日注入量彼此相近,且与静混器设计流量(45 m³/h)接近,静混器平均输入母液流量14 m³/d,水量30 m³/d,母液浓度4 800~5 500 mg/L,目的液浓度1 600 mg/L,入口压力14.5 MPa。静混器黏度测试分析见表1。

现场试验验证新型静混器和普通静混器前后压

表1 螺旋形静混器黏度测试分析

测试次数	试验井号	调节后黏度/(mPa·s)	静混后黏度/(mPa·s)	静混黏损率/%	静混器压差/MPa	对比井号	调节后黏度/(mPa·s)	静混后黏度/(mPa·s)	静混黏损率/%	静混器压差/MPa
1	新1	67.80	65.42	3.51	0.41	普1	68.30	62.50	8.49	0.44
	新2	62.90	60.54	3.75	0.45	普2	65.40	60.58	7.37	0.41
	新3	68.20	66.22	2.90	0.39	普3	69.60	64.88	6.78	0.39
2	新1	68.30	65.60	3.95	0.41	普1	68.00	63.25	6.99	0.44
	新2	65.80	63.03	4.21	0.45	普2	64.90	59.65	8.09	0.41
	新3	69.60	67.16	3.51	0.39	普3	70.10	64.15	8.49	0.39
3	新1	67.20	65.04	3.21	0.41	普1	68.10	63.05	7.42	0.44
	新2	64.90	62.60	3.54	0.45	普2	66.20	61.01	7.84	0.41
	新3	67.60	65.41	3.24	0.39	普3	65.80	61.39	6.70	0.39
4	新1	68.10	65.10	4.41	0.41	普1	67.80	62.90	7.23	0.44
	新2	66.20	63.30	4.38	0.45	普2	67.60	62.32	7.81	0.41
	新3	65.80	63.20	3.95	0.39	普3	63.90	59.57	6.78	0.39
5	新1	68.10	65.62	3.64	0.41	普1	70.00	64.60	7.71	0.44
	新2	63.50	61.05	3.86	0.45	普2	62.00	56.98	8.10	0.41
	新3	68.70	66.50	3.20	0.39	普3	71.50	66.09	7.57	0.39
平均			3.684					7.558		

差相近，新型螺旋型静混器平均黏度损失率为3.68%，明显低于普通静混器7.56%的黏度损失。

2.1.2 混合均匀度分析

通过不同时间段静态混合器浓度值波动情况检测设备的混合均匀度，试验数据见表2、表3。

表2 对比井普通静混器混合不均匀度分析

测试次数	井号	静混后聚合物浓度/(mg·L ⁻¹)					混合不均匀度/%
		第一次	第二次	第三次	第四次	平均值	
1	普1	2 418	2 075	2 211	2 045	2 187	17.10
	普2	1 892	2 226	2 105	1 996	2 054	16.25
	普3	2 011	1 736	2 012	2 009	1 943	14.23
2	普1	1 976	2 016	2 316	2 005	2 078	16.40
	普2	2 018	1 976	2 313	1 987	2 074	15.70
	普3	1 904	1 834	2 177	1 874	1 947	17.80
3	普1	1 916	1 854	1 856	2 184	1 952	16.90
	普2	1 978	2 102	2 146	1 869	2 023	13.70
	普3	1 795	2 147	1 897	1 990	1 958	18.00
平均							16.23

表3 试验井螺旋型静混器混合不均匀度分析

测试次数	井号	静混后聚合物浓度/(mg·L ⁻¹)					混合不均匀度/%
		第一次	第二次	第三次	第四次	平均值	
1	新1	2 296	2 087	2 211	2 045	2 160	6.70
	新2	1 989	2 165	2 101	2 000	2 064	5.90
	新3	1 854	1 736	1 957	1 823	1 843	6.20
2	新1	1 996	2 016	2 240	1 997	2 062	8.60
	新2	2 012	2 098	2 197	1 987	2 074	6.80
	新3	1 904	1 830	2 034	1 874	1 911	6.50
3	新1	2 017	1 854	1 952	2 026	1 962	7.80
	新2	1 911	1 873	2 038	1 869	1 923	6.70
	新3	1 795	1 832	1 951	1 852	1 858	7.40
平均							6.96

对比井采用普通静态混合器导致的聚合物母液和高压水的混合不均匀度范围为13.7%~18.0%，平均混合不均匀度为16.23%。

试验井采用螺旋型低剪切静态混合器导致的聚合物母液和高压水的混合不均匀度范围为5.9%~8.6%，平均混合不均匀度为6.96%，混合效果明显优于普通静态混合器。其原因在于母液和高压水流经螺旋单元时的紊乱程度高，对流冲击程度高，混合均匀程度增加。

2.2 新型低剪切母液流量调节器

常规的高压母液流量调节器为基于文丘里效应的锥阀结构，低压差时黏损较低，高压差情况下黏损较大。新型低剪切母液流量调节器采用锥形梭型杆阀芯，当阀芯下行过程中压力变大时，由于梭型杆作用，母液受到缓冲降速作用，剪切力变小，可有效降低黏度损失。

选择浓度相同、注入压力以及日注入量相近，并且安装新型和普通调节器的6口单井进行试验，试验数据见表4。

现场验证新型调节器和普通调节器前、后压差相近，低剪切母液流量调节器的黏度损失率范围为2.06%~3.00%，平均黏损为2.53%，同样，注入压力越大，黏度损失率越高。与普通母液流量调节器相比，低剪切母液流量调节器的平均黏度损失率降低了2.02%。

2.3 生物抑制剂研制

单井母液管道降黏生物抑制剂主要包括两大类微生物：①黏细菌、东方链霉菌、芽孢杆菌在内的

表4 低剪切母液流量调节器黏度测试分析

测试次数	试验井号	泵后黏度/(mPa·s)	调节器后黏度/(mPa·s)	调节器黏损率/%	调节器压差/MPa	对比井号	泵后黏度/(mPa·s)	调节器后黏度/(mPa·s)	调节器黏损率/%	调节器压差/MPa
1	新1	71.20	69.43	2.49	0.21	普1	71.20	68.12	4.33	0.22
	新2	68.50	66.66	2.69	0.27	普2	68.50	65.29	4.69	0.28
	新3	71.20	69.54	2.33	0.19	普3	71.20	68.28	4.10	0.18
2	新1	71.60	69.53	2.89	0.21	普1	71.60	67.95	5.10	0.22
	新2	65.60	63.63	3.00	0.27	普2	65.60	62.17	5.23	0.28
	新3	71.60	69.67	2.70	0.19	普3	71.60	68.17	4.79	0.18
3	新1	69.70	67.91	2.57	0.21	普1	69.70	66.73	4.26	0.22
	新2	71.60	69.59	2.81	0.27	普2	71.60	68.25	4.68	0.28
	新3	69.70	68.00	2.44	0.19	普3	69.70	66.88	4.05	0.18
4	新1	72.80	71.28	2.09	0.21	普1	72.80	69.53	4.49	0.22
	新2	69.50	67.90	2.30	0.27	普2	69.50	66.20	4.75	0.28
	新3	72.80	71.30	2.06	0.19	普3	72.80	69.60	4.40	0.18
5	新1	70.60	68.85	2.48	0.21	普1	70.60	67.53	4.35	0.22
	新2	65.80	64.03	2.69	0.27	普2	65.80	62.71	4.70	0.28
	新3	70.60	68.95	2.34	0.19	普3	70.60	67.59	4.26	0.18
平均				2.53		4.55				

能够合成分泌抗生素的微生物,此类微生物被注入到注聚管道后,通过吸附作用附着于管壁上的微生物膜,产生的万古霉素、多黏菌素B、多黏菌素E和短杆菌肽等抗生素对有害细菌具有抑制效果,可达到降低聚合物黏损的效果^[1];②硝酸盐还原菌(NRB),主要通过生长底物竞争和硫化物的氧化作用来抑制硫酸盐还原菌对聚合物的降解作用^[2]。

鉴于管道内微生物对聚合物母液有降解作用并导致单井管道平均黏损高达8%,试验研制一种能够抑制管道内细菌的生物制剂。采用先进的微生物技术,将产抗生素微生物菌群与NRB菌群进行复配,研发聚驱黏损抑制剂,此种聚驱黏损抑制剂具有如下特征:①抑制剂中的有效成分为活性微生物,能够与有害细菌共同存在于微生物膜中,可以直接与有害细菌接触,从而提高作用效能;②有效成分能够充分适应管道内的厌氧环境,不会随着管线的延长而逐渐消耗,从而能够在整个管道线内发挥效能;③有效成分均为本源性环境物质,使用过程中不会造成二次环境污染。

现场试验按照不同加药浓度(0.16、0.32、0.48 mg/L)分三个阶段进行,平均黏损分别降低2.53%、4.5%、5.3%。

3 结论

(1)螺旋型低剪切静态混合器利用两相流体对撞、扩散、旋转运动实现聚合物母液和高压水的良

好混合,可以避免常规混合单元产生的机械剪切力,有效降低黏度损失。

(2)低剪切母液流量调节器利用梭型杆较强的调压能力实现聚合物母液的流量调节,降低了机械剪切力。

(3)将生物抑制剂投在注聚泵进口,施工简单方便,不会影响注聚浓度。投药3h后生物抑制剂就会发挥作用,并且该药剂可以维持48h杀灭管道中的有害细菌。

参考文献

- [1]庄文,初立业,邵宏波.油田硫酸盐还原菌酸化腐蚀机制及防治研究进展[J].生态学报,2011,31(2):575-582.
- [2]董慧明,张颖,王沈海,等.反硝化细菌对硫酸盐还原菌的竞争抑制研究[J].环境工程学报,2008,2(1):130-134.

作者简介

曾黎:高级工程师,1995年毕业于西南石油学院油气储运专业,现从事油田地面工程规划设计工作,0459-5863000,lzheng@petrochina.com.cn,黑龙江省大庆市大庆油田第三采油厂规划设计研究所,163113。

收稿日期 2016-02-24

(栏目编辑 樊韶华)

中国石油管道局成功中标沙特拉斯坦努拉管道项目

7月13日,沙特阿拉伯阿美石油公司发来授标函,管道局中标沙特拉斯坦努拉管道项目,合同额3.3亿美元。这是中国石油在中东高端管道建设市场上取得的又一重大突破。

拉斯坦努拉管道项目包括:新建24~48 in各类口径陆上管道250 km,实施热开孔205处,道路穿越45处,敷设光缆154 km;线路截断阀室22座,RTU阀室13座。同时,需要拆除旧管道45 km、废弃管道271 km。

为实现区域突破,培育沙特市场,2014年年初,管道局提前谋划,组织专业人员赴沙特进行调研,收集整理相关信息,按要求准备资审材料。2015年6月,管道局通过阿美公司资审,进入阿美公司承包商名录,并通过其陆上管道板块的准入注册,获得拉斯坦努拉管道项目投标资格。

拉斯坦努拉管道项目对于管道局中东地区公司来说,具有“新、难、急”的特点。新即新市场、新业主、新要求;难是项目工程内容繁多、零散、复杂,标准体系要求高,投标难度大;急则是项目投标时间紧,有效时间不足两个月,投标工作量大、任务重等。同时,要与9家曾有沙特项目投标经验的公司同台竞争。为此,管道局中东地区公司建立调研组,多次赴沙特进行实地踏勘调研,获得第一手资料。投标中,组织各专业骨干研究技术方案,编制投标文件,按时提交相关材料。投标后,公司投标组积极跟踪业主动态,及时解答业主有关问题。经过阿美公司业主评标,管道局成功中标拉斯坦努拉管道项目。

摘自 中国石油网