



油气田采出水的回注

刘 兴 国*

(四川石油管理局勘察设计研究院)

摘 要 在四川油气田开发过程中,来自地层的采出水对环境的危害日益增加,为了有效地防止污染和保护环境,必须对气田水进行充分的有效治理。文章通过对国内部分油气田采出水的水质特性,回注水水质标准及回注水处理工艺方法的论述,为回注技术在四川油气田建设中的应用,有效地防治水污染起到积极的推进作用。

主题词 油气田 采出水 特性 处理方法 回注 环境保护

前 言

在油气田的勘探、开发过程中将产生大量的生产废水和污水,地处四川盆地的油气田建设所产生的钻井废水,气田水和天然气净化厂的检修污水,是目前四川石油管理局污水治理的三大难题,一直困扰着四川油气田建设的高速发展。

随着国家建设的需要,天然气产量的逐年增长,气田采出水也在不断的增多。为了有效地防止污染和保护环境,必须对气田水进行充分地有效治理。由于国家和地方环保部门对污水的排放水质标准和管理逐步规范化并越来越严格,要求对污水进行处理以达到排放标准。这样无论在基建投资和技术水平

上都还存在着一些亟待解决的问题。这就迫使我们加快对气田水回注这一行之有效的措施给予高度的重视,并积极加以研究。下面就气田水的特点,回注水质及处理方法等问题进行探讨,同时列举了国内部分油气田产出水的水质特性、回注水质标准和较典型的处理工艺流程供参考。

油气田采出水的主要特点

四川石油管理局乃至全国各油气田采出水水质差异很大,水中成分和含量各不相同,见表1。主要特点反映在以下几个方面。

1. 水中悬浮物含量高,颗粒粒径小

胜利油田某污水处理站每日处理采出水2万

(1)在再生塔 RADFRAC 的流程(Feed-Product)中增加一股进料,模拟汽提;

(2)再生塔 RADFRAC 后增加一个模块 RADFRAC,用以模拟三甘醇贫液汽提塔,三甘醇贫液入塔后再由汽提气汽提,这种方式所用的汽提气将大大少于第一种方式。

结 束 语

通过对三甘醇脱水工艺流程的模拟,我们了解到 ASPEN PLUS 软件的一些功能和特点。熟悉掌握 ASPEN PLUS 的物性,准确建立 ASPEN PLUS 的模型是灵活运用 ASPEN PLUS 的基础。ASPEN PLUS 由于拥有 Model Manager 智能接口,给用户的输入工

作带来很大的便利,它的灵敏度与工况研究分析(Case Study)、优化设计以及工程综合费用与经济评估系统能给予工程技术人员最大的帮助。但是软件毕竟只是计算工具,只有对所研究系统的工艺特征熟悉理解,有足够的工程经验和良好的判断能力,才能更好地发挥 ASPEN PLUS 软件的作用。

参 考 文 献

- 1 徐亦方等. ASPEN PLUS 操作实验教程. 北京:石油工业出版社,1994

(审稿人 高级工程师 关昌凯
本文收稿 1995-04-06 编辑 王瑞兰)

* 刘兴国,高级工程师,1940年生,1964年毕业于重庆建筑工程学院给排水专业,曾在公开刊物和学术会上发表过多篇有关污水处理方面的论文,一直从事给排水和环境保护工程设计工作。地址:(610017)四川省成都市小关庙后街28号。电话:(028) 6747700—214363。

m³,每年从除油罐清除泥沙 400 m³;长庆马岭油田采出水中悬浮物含量高达1 352~2 491 mg/L;大港油田某污水站采出水中,悬浮固体颗粒粒径大于2 μm 的占60%;川东大天池构造带张10井站悬浮物含量高达1 603 mg/L,见表2。

表1 油气田产出水水质
Table 1. Quality of water produced in oil field mg/L

项 目	张9井	张16井	张23井	罐2井	东河塘
K ⁺ +Na ⁺	33 196	579	429	75	80 815.33
Ca ²⁺	3 698	836	671	11	220.5
Mg ²⁺	665	340	191	2	31.5
SO ₄ ²⁻	1 113	106	161	41	
HCO ₃ ⁻	176	197	63	113	148.47
Cl ⁻	58 741	3 180	2 248	45	142 342
Ba ²⁺	813	0	0	0	
H ₂ S	0	182	297	599	
总 Fe ²⁺					450
总矿化度				290	232 908.89
总硬度					25 225.2

注:本表为川东张家场沙罐坪构造和新疆塔里木东河塘油田产出水水质;罐2井 pH 值为5.5。

表2 四川气田集气站废水水质
Table 2. Quality of waste water at gas collection station in Sichuan mg/L

项 目	张10井站	大天池构造带
SS	1 603	1 240
油类	281	48
COD _{Cr}	365	2 380
S ²⁻	116.9	47
挥发酸	1.65	
Cl ⁻	26 792.4	
Cr	0.024	
K ⁺ +Na ⁺		
Ca ²⁺		

注:张10井站为张9、10、16、23井和张内、张板线废水汇集池水样分析值,pH 值为6.85;大天池构造带水质指标为1993年提供的综合(设计)值,pH 值为5.1~8.5。

2. 细菌含量高

油田采出水中含有丰富的有机物又有适宜的水

温,是硫酸盐还原菌和腐生菌繁殖的场所。多数采出水中细菌含量在10²~10⁴个/mL,有的高达10⁸个/mL。细菌大量繁殖不仅腐蚀管道和设备,还造成地层的严重堵塞,四川气田污水回注地层堵塞也与此有关。

3. 有机物含量高

油气田采出水中含有多多种有机物,其中石油就是多种成分的有机物,其它还有挥发酚、硫化物等有害物质。其 COD 一般在几百到几千 mg/L。川东开发公司沙罐坪气田水的 COD 值达2 380 mg/L。川西北低温站竟高达12.3×10⁴ mg/L,见表2。

4. 矿化度高

中原油田采出水总矿化度高达8×10⁴~14×10⁴ mg/L,最高可达30×10⁴ mg/L;胜利和长庆油田在5×10⁴ mg/L 左右;吉林和大港等油田也在1×10⁴ mg/L 左右。川西北矿区(中11井)采出水总矿化度高达11.15×10⁴ mg/L。由于矿化度高的水导电率高,加速了电化学反应,使腐蚀速度加快。高矿化度水中还含有大量生成水垢的离子如 HCO₃⁻、Ca²⁺、Mg²⁺、Ba²⁺、Cr²⁺等。这些离子在水温水压或 pH 值发生变化时,很容易产生碳酸盐垢,当含 Ba²⁺、Cr²⁺离子的水与含 SO₄²⁻离子的水相混合时,立即产生硫酸盐垢。

5. 有害气体含量高

油气田采出水还溶解了一些有害气体,如 O₂、H₂S、CO₂等,O₂是很强的去极化剂,造成电化学腐蚀连续进行。四川气田 H₂S 含量特别高,见表1、2,最高的达1 026 mg/L,它们的协同作用使污水的腐蚀速度成倍增长。

6. Cl⁻含量高

四川气田产出水中的含盐量特别高,大天池构造带气田水含 Cl⁻高达58 741 mg/L,也将对设备、管道产生严重的腐蚀作用。

注水的水质标准

油田采出水的回注是为了充分利用水资源,化害为利,提高原油的采收率。而四川气田水的回注,目前主要是给污水找出路,有效的保护生态环境。对于不同的油气田,由于地层和产出水性质不同,应采取不同的注水水质、注水方式和注水压力。

对于四川气田水注水的水质,是注水井能否长期运行的一个重要因素。由于缺乏试验资料,各个气田和地层的不同,在注水初斯对适合一定地层的注水水质指标往往不够清楚,因此可能产生注水系统设备与管道的腐蚀、结垢,注水井堵塞或损害,甚至

必须进行修井作业或采取某些增注措施。为防止注水工作的盲目性,避免不必要的经济损失和延误时间,根据国内外油气田的经验,因其注入层位的特性不同,不可能有统一的水质标准。因此应注意以下几个问题。

(1)注入水中不应携带大量悬浮物、有机淤泥、油和乳化液,以防止堵塞注水井、地层喉道。

(2)在所注入水的地层内存在膨胀土时,根据有关资料,总溶解固体钙、镁盐类一般应占10%以上,总溶固体含量应在 10×10^4 mg/L 以上,在这种条件下能使粘泥菌和腐生菌得以抑制。

(3)采用全密闭系统注水,注入水中应尽可能绝氧,以防止多种氧化物生成,特别是 Fe^{3+} 沉淀。

(4)注入水应尽可能不带腐蚀性介质,以防止对水处理设备、输水管道及井管的腐蚀。

(5)注入水不应结垢,以防止损坏设备及降低注水能力。

(6)为防止注水水质引起腐蚀和结垢,地面水与采出水必须具备完全的可混性,否则不能混注(可考虑间歇式轮注)。此外还应考虑到注入地层的水压与地层的相容性。

综上所述,对于处理后回注地层的水应是不含氧、不腐蚀、不结垢,基本上不生菌。

我国油田采出水的处理与回注从1954年玉门老君庙开始至今已有40年的历史了,但油田大面积注水还是从1960年大庆油田才开始的。当时在无注水水质标准的情况下,主要参考前苏联某些油田注水水质标准(三项指标:不含油,SS为1~2 mg/L, Fe^{3+} 为0.3~0.5 mg/L),并结合大庆油田油层实际情况,提出两项指标即悬浮固体含量小于等于2.0 mg/L,总铁含量小于等于0.5 mg/L。1969年大庆第一座含油污水处理及回注站建成投产后,又增加了含油量小于等于30 mg/L的指标。1983年在编制油田注水设计规范时,由于江汉、胜利油田被采出水腐蚀、结垢困扰,于是又增加了腐蚀率、结垢率指标。1985年原石油工业部又进一步完善注水水质指标,各个时期油田注水水质指标见表3。1988年原石油工业部正式颁布《碎屑岩油藏注水水质推荐指标及分析方法》(SY 5329—88)。一些油气田总结多年注水实际经验,根据本油田地层特点制定了本油田企业的标准,见表4。

表3 各时期油田注水水质指标

Table 3. Water quality index of injection water in oil field at different times

分析项目	单 位	1969年大庆油田 采出水回注水质指标	1983年原石油工业部油田 注水技术规范(SYJ5—83)	1985年原石油工业部开发 司颁发注水水质指标
含 油 量	mg/L	≤ 30	≤ 30	≤ 30
悬浮固体	mg/L	≤ 2	≤ 5	2~5
总 铁	mg/L	≤ 0.5	≤ 0.5	≤ 0.5
滤膜系数				> 15
含 氧 量	mg/L			0.5~0.05(注)
腐 蚀 率	mm/a		0.07~0.125	0.075~0.125
结 垢 率	mm/a		0.5	0.5
SRB	个/mL			≤ 100
总 菌	个/mL			$\leq 1\ 000$
硫化物	mg/L			≤ 10

注:总矿化度 $\leq 5\ 000$ mg/L、含氧量 ≤ 0.5 mg/L;总矿化度 $> 5\ 000$ mg/L、含氧量 ≤ 0.05 mg/L。

油气田采出水处理方法

由于国内各油气田的地理位置、地层地质状况、采出水特性和开发期不同,对采出水所采用的处理工艺方法也不同,应既有共性又各具特色和差异。比

较典型的处理工艺流程如图1所示,并具以下特点。

1. 三段式流程

对于高渗透(注入层渗透率 $K > 0.6 \mu\text{m}^2$)地层,处理后水质达到原石油工业部规定的注水三项指标,即含油量小于等于30 mg/L、SS 小于等于5 mg/L、

表4 各油田注水水质标准

Table 4. Water quality criterion of injection water in different oil fields

油田名称	大 庆	胜 利	长 庆	华 北	塔 里 木	中 原	部 颁 标 准 (SY5329-88)
油藏岩性	砂 岩	砂 岩	砂 岩	砂 岩	中低渗透	低渗透	碎屑岩
溶解氧 mg/L	含油污水≤0.5 淡水≤0.05	密闭≤0.05 开式<0.5	≤0.05	0.5($\sigma^*<1\ 000$) ≤ 0.05 ($\sigma^*>1\ 000$)	≤0.05 ($\sigma^*>5\ 000$)	<0.05	≤0.05 ($\sigma^*>5\ 000$) ≤0.5 ($\sigma^*\leq5\ 000$)
硫化物 mg/L	≤50	<4	≤5.0		≤10.0		≤10
总铁 mg/L	0.5	0.5	≤0.4	0.5	<0.5	<0.5	<0.5
含油量 mg/L	≤20	<20	≤15	<30	≤5.0	<10.0	≤5.0 ($K\leq0.1\ \mu\text{m}^2$) ≤10.0 ($K>0.1\ \mu\text{m}^2$)
悬浮物 mg/L	清水≤2 地面水≤5 含油污水≤10 (粒径<5 μ 占70%以上)	4($K>0.2\ \mu\text{m}^2$) (<5 μ占90%) 2($K<0.2\ \mu\text{m}^2$) (<2 μ占90% 以上)	≤1.0	5($K>0.2\ \mu\text{m}^2$) 2($K<0.2\ \mu\text{m}^2$)	≤1.0	<3.0	≤1.0 ($K\leq0.1\ \mu\text{m}^2$) ≤3.0 ($K=0.1\sim$ 0.6 μm^2) ≤5.0 ($K>0.6\ \mu\text{m}^2$)
总菌量 个/mL	10 ⁴	10 ⁴ (>2 μm^2) 10 ² (<2 μm^2)	≤10 ³	<10 ⁴	<10 ²	<10 ²	<10 ² ($K<0.1\ \mu\text{m}^2$) <10 ³ ($K=0.1\sim$ 0.6 μm^2) <10 ⁴ ($K>0.6\ \mu\text{m}^2$)
硫酸盐 还原菌 个/mL	10 ³	<10 ²	≤10 ²	10	<10 ²	<10 ²	<10 ²
膜滤因数 MF-410 0.45 μ	清水≥30 含油污水≥15		≥20		≥20	>20	≥20 ($K\leq0.1\ \mu\text{m}^2$) ≥15 ($K=0.1\sim$ 0.6 μm^2) ≥10 ($K>0.6\ \mu\text{m}^2$)
腐蚀速度 mm/a	≤0.075	<0.125 点蚀<0.610	<0.075	<0.1	<0.076	<0.076	≤0.076
结垢率 mm/a	≤0.4		不结垢或 加药后 不结垢				
游离二氧 化碳 mg/L			≤30.0		≤10.0		≤10

注：①K—注水层渗透率；②塔里木东河塘油田属中低渗透油藏， $K<0.1\ \mu\text{m}^2$ ；③中原东濮文南油田注水水质标准；④长庆标准系长庆石油勘探局1987年11月批准，1988年5月1日起执行；⑤SY5329-88为原石油工业部推荐指标《碎屑岩油藏注水水质推荐指标及分析方法》摘录。

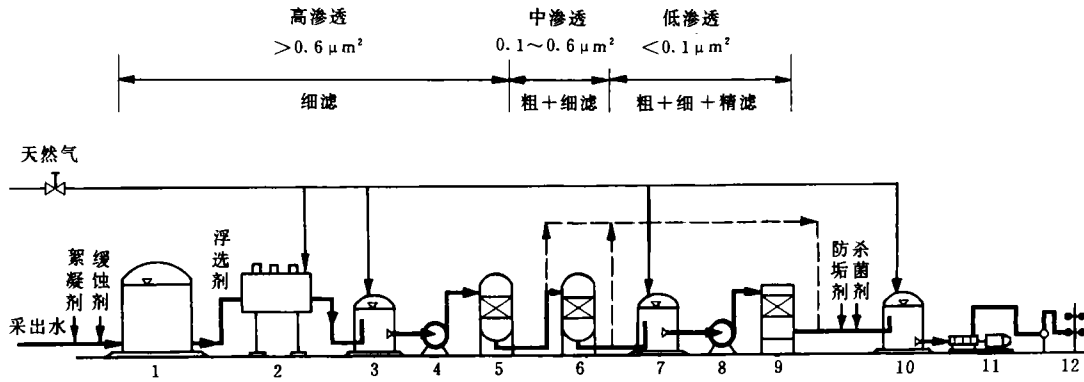


图1 油(气)田采出水处理及回注流程示意图

Fig. 1. Procedure in processing and reinjection of produced water in oil(gas) field.

1. 立式除油罐; 2. 浮选机; 3. 缓冲器; 4. 泵; 5、6. 压力滤罐;
7. 清水罐; 8. 泵; 9. 精滤罐; 10. 注水罐; 11. 注水泵; 12. 注水井

总铁含量小于0.5 mg/L。流程分为除油、浮选、过滤三段,可根据产出水质采取不同的结构形式和处理设备。

2. 三段式加细滤

对于中渗透($K=0.1\sim0.6\mu\text{m}^2$)地层的回注水质,要求比前者要高,一般是在前三段式的基础上再增加一级过滤,目前国内许多油田多采用一级或者两级核桃壳过滤器来保证水质达标。

3. 精滤器的应用

对于低渗透($K<0.1\mu\text{m}^2$)地层,为保证回注水质达到部颁最高标准,在前面两级过滤的基础上再增加一级精滤。精滤器的种类很多,如网状膜过滤器、核桃壳和纤维球等过滤器,也有采用两级纤维球过滤器的。

4. 辅助措施

为了提高设备的处理效果,通常需要在初级处理的首端投加絮凝剂;为防止系统设备的腐蚀和结

垢,还需在系统前或末端投加缓蚀剂和阻垢剂以及杀菌剂;为了去除水中溶解氧,有时还需要投加脱氧剂,同时对处理系统采取密闭的绝氧措施,例如使用天然气封闭隔氧。

除上述措施之外,不少油田还引进国外先进技术,如吉林油田引进瑞典 DALFA—LAVL 公司的叠片式离心机处理含油污水,辽河油田引进美国韦姆柯浮选机,其除油率在85%~90%。

参 考 文 献

- 1 碎屑岩油藏注水水质推荐指标及分析方法(SY5329—88).
- 2 大庆油田设计研究院. 油田注水设计规范(SYJ5—89). 1990

(审稿人 高级工程师 罗有能
本文收稿 1995—02—27 编辑 王瑞兰)

用于铁路机车上的 CNG 涡轮机

加拿大 Applied Power & Propulsion (APP) 公司已取得了一种使用压缩天然气(CNG)和燃气轮机的机车设计专利。设计这种机车的目的是为了极大地降低美国铁路运行成本。设计的详细报告已得到美国厂商 Allison, AlliedSignal 和 EDO 的支持。

APP 公司认为,使用廉价的 CNG 和大功率小体积的燃气轮机,可使设计的机车功率加倍而费用减半,且燃气轮机易于维修保养。

APP 公司总裁说:“涡轮机技术首次在美国铁路上使用是在40年前,当时用的是锅炉燃料。然而随着燃料价格的逐步上升以及因辅助设备产生的各种问题而放弃了使用该技术,柴油机则占据了支配地位。”

“涡轮机技术现在有了极大的改进,并且拥有了丰富的、

燃烧清洁的、易压缩的天然气。目前燃气轮机的热效率可与柴油涡轮机相竞争,再加上使用了计算机辅助系统,技术是极可靠的。”

“应用燃气轮机技术,发动机功率远较柴油机大——达10 000马力以上,而且更清洁、更便宜,同时降低了维修费用。不仅如此,传输到车轴上的较大功率也意味着对于牵引一定载重量货物,只需少数的货车机车,从而减少了运行费用。”

“应用 CNG 涡轮机作动力的机车有助于减少空气污染,较柴油机散发出来的氮氧化物要低85%左右。”

就美国市场而论,天然气尚可供200年之用,相比之下,柴油和汽油燃料只够用几十年。

(肖锦堂 摘)



ISSN 1000—0976
CODEN: TIGOE3
CN 51—1179/TE

NATURAL GAS INDUSTRY

Vol. 15 No. 5

全国优秀科技期刊评比一等奖

天然气工业

1995 5

