

# 长庆气田甲醇污水水质特点分析

单巧利<sup>1</sup> 李勇<sup>1</sup> 张超<sup>1</sup> 张颖<sup>2</sup>

(1. 西安长庆科技工程有限责任公司; 2 中国石油长庆培训中心)

**摘 要** 长庆气田天然气开采加工过程中产生的甲醇污水水质复杂,区域差异大,只有正确认识甲醇污水水质特点,才能有针对性地进行甲醇污水处理工艺设计及运行管理,确保系统平稳、安全运行。文章分析了靖边气田、榆林气田、苏里格气田甲醇污水水质特点,对以上气田水质进行综合比较。应根据含醇污水水质特点,随着水质的变化进行相应的工艺调整。

**关键词** 甲醇污水;水质特点;开采工艺

中图分类号: X832

文献标识码: A

文章编号: 1005-3158(2012)06-0047-03

## 0 引 言

长庆天然气田位于鄂尔多斯盆地中部,主要包括靖边、榆林及苏里格气田,由于地域特点,长庆气田属于低产、低压、低渗、低丰度的“四低”气田。长庆气田天然气水合物的生成平衡温度为 23℃,而井口的天然气温度一般只有 15~18℃,很容易生成水合物,因此需注醇以防止水合物的生成。注入的大部分甲醇与管线中游离水互溶,在集气站、天然气处理厂与天然气分离后便产生了气田含甲醇污水<sup>[1]</sup>。为降低采气成本,需回收甲醇循环利用,脱除甲醇后的污水经处理达到气田回注指标后回注地层,实现地面零排放。

气田采出水是从地层中随天然气一起被开采出来的,经过了从天然气集输到初加工整个过程,因此采出水中杂质种类及性质都和气藏地质条件、天然气集输条件等因素有关。总体上讲,甲醇污水是一种含有固体杂质、液体杂质、溶解气体和溶解盐类等较复杂的多相体系,而甲醇回收多采用精馏工艺,装置进料对悬浮物、油等有较严格的要求,因此正确认识水质特点是确定甲醇污水处理工艺、保障平稳生产的关键<sup>[2]</sup>。

## 1 甲醇污水水质特点分析

### 1.1 靖边气田

靖边气田主要位于陕西省的榆林市榆阳区、靖边县、横山县,延安市志丹县、安塞县以及内蒙古自治区的乌审旗境内,天然气硫化氢含量均值 0.065%,属低渗、低丰度、低产大型低含硫复杂气田。针对靖边气田低渗透的地质构造特征,主要采用“高压集气、井

口注醇、多井加热、撬装脱水”生产模式,通常自采气井口向集气管线注入甲醇。因此,产生的采出水均含甲醇,甲醇污水点多、面广、成份复杂、污水量大<sup>[3]</sup>。

靖边气田现建有 3 座净化厂,3 座净化厂之间距离约 30 km,各集气站经油水分离后产生的含甲醇污水用罐车就近拉运至净化厂,因此净化厂收集的污水为各集气站的混合性污水,经水质监测及长期观察,各净化厂甲醇污水水质特点差异不大,靖边气田典型甲醇污水水质特点见表 1。

检测时间:2007 年 12 月,取样点:甲醇污水卸车池。

表 1 靖边气田典型甲醇污水水质特点

| 指 标  | 第一净化厂             | 第二净化厂             |
|--|-------------------|-------------------|
| pH 值                                       | 5.0~6.5           | 5.9               |
| H <sub>2</sub> S/(mg/L)                    | —                 | 11.87             |
| HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> /(mg/L)      | 400               | 456.28            |
| CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> /(mg/L)      | 0                 | 0                 |
| Cl <sup>-</sup> /(mg/L)                    | 41 000            | 33 988.8          |
| SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> /(mg/L)      | 200               | 781.0             |
| K <sup>+</sup> +Na <sup>+</sup> /(mg/L)    | 8 500             | 9 982             |
| Ca <sup>2+</sup> /(mg/L)                   | 15 010            | 21 203            |
| Mg <sup>2+</sup> /(mg/L)                   | 1 752             | 441.6             |
| 总硬度(以 CaO 计, mg/L)                         | 40~73             | 54.85             |
| Fe <sup>2+</sup> +Fe <sup>3+</sup> /(mg/L) | 100~300           | —                 |
| 矿化度/(mg/L)                                 | 75 000            | 66 852            |
| 甲醇含量/(m%)                                  | 35                | 32                |
| 油含量/(mg/L)                                 | 200               | 270               |
| 悬浮物含量/(mg/L)                               | ~1 000            | 1 000             |
| 浊 度  | —                 | —                 |
| 水 型  | CaCl <sub>2</sub> | CaCl <sub>2</sub> |

靖边气田采出水 pH 值偏低,以  $\text{CaCl}_2$  水型为主,污水含甲醇量较稳定,约 30%~40%,总矿化度达到 50 000~80 000 mg/L,污水处理系统腐蚀、结垢倾向严重。从集气站拉运来的甲醇污水含油量变化不大,油呈清亮色,基本不含重组分,易分离,采用一级沉降除油基本可满足甲醇回收装置进料要求。靖边气田属低含硫气田,分离出的甲醇污水中  $\text{SO}_4^{2-}$  含量稍有差异,主要与天然气处理过程中脱硫效果的好坏有关。

## 1.2 榆林气田

榆林气田包括榆林气田南区及长北合作区,南区主要采用“集气站节流、低温分离”的工艺技术,在集气站集中注醇以防止水合物堵塞,湿气经低温气液分离产生的甲醇污水用罐车拉运至天然气处理厂集中处理,因此甲醇污水较集中,冬季天然气井解堵注入甲醇量较多时,污水中甲醇含量最高可达到 60%。长北合作区采用“井口节流、气液混输、集中处理”的工艺技术,单井节流降压,井口注醇,中低压集气,气液混输至中央处理厂后低温分离产生甲醇污水,污水量大,污水中甲醇含量变化幅度较小,气液混输导致携沙量高、污水内含油由于长期输送呈乳化状态,不易分离。

榆林气田低产气井较多,在开发过程中由于气井产量较低,携液能力差,常出现气井井筒积液,影响气井正常生产,为解决井筒积液问题,该类气井多采用泡沫排水采气方式。因此榆林气田采出水中含有发泡剂,在加热后易发泡,严重影响甲醇回收装置精馏塔及塔底重沸器的稳定运行。

榆林气田现建有榆林处理厂和长北中央处理厂各 1 座,榆林气田典型甲醇污水水质特点见表 2。

表 2 榆林气田典型甲醇污水水质特点

| 项目  | 榆林处理厂           | 长北中央处理厂                     |
|---|-----------------|-----------------------------|
| pH 值                                      | 6.5             | 6.09                        |
| $\text{HCO}_3^-$ /(mg/L)                  | 206.40          | 636                         |
| $\text{Cl}^-$ /(mg/L)                     | 43 320.00       | 262                         |
| $\text{SO}_4^{2-}$ /(mg/L)                | 0.00            | 38.3                        |
| $\text{K}^+ + \text{Na}^+$ /(mg/L)        | 1 060.30        | 145                         |
| $\text{Ca}^{2+}$ /(mg/L)                  | 1 534.00        | 188                         |
| $\text{Mg}^{2+}$ /(mg/L)                  | 129.30          | 58.8                        |
| 总硬度/(以 CaO 计,mg/L)                        | 189.50          | 793                         |
| $\text{Fe}^{2+} + \text{Fe}^{3+}$ /(mg/L) | 0.60            | 38.9                        |
| 矿化度/(mg/L)                                | 7 086.50        | 1 544                       |
| 油含量/(mg/L)                                | 350.00          | 3 340                       |
| 悬浮物含量/(mg/L)                              | 200.00          | 890                         |
| 水型  | $\text{CaCl}_2$ | $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ |

检测时间:2010 年 8 月,取样点:榆林处理厂-甲醇污水卸车池,长北中央处理厂-缓冲罐。

榆林气田采出水 pH 偏低,以  $\text{CaCl}_2$  及  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$  水型为主,与靖边气田甲醇污水水质相比较,矿化度稍低,南区集气站集中注醇,甲醇污水含醇量变化较大,约 20%~60%,长北合作区井口注醇,甲醇污水含醇量变化幅度小,约 10%~20%。南区污水中油分重组分含量高,油水分离困难,必须进行二次除油才能达到甲醇回收装置进料要求,长北合作区气液混输,污水中油分乳化现象严重,因此需破乳才能进行有效分离。长北合作区与南区天然气开采层位不同,水型及相关离子如  $\text{Cl}^-$ 、 $\text{HCO}_3^-$  等含量差异较大。

## 1.3 苏里格气田

苏里格气田位于内蒙古境内的苏里格庙地区,地质条件复杂,储层非均质性严重,呈现出典型的“低孔、低渗透、低压、低丰度、低产和难动用”的特征,主要采用“井下节流,井口不加热,不注醇,井间串接,常温分离,干线注醇交集气站再分离,处理厂脱油脱水”的生产模式,其中的“井下节流”技术充分利用地温热源,简化了地面注醇工艺及注醇量,只配套少量注醇车,在发生冻堵时移动注醇解堵。因此,夏季不注醇不产生甲醇污水,冬季解堵注醇时甲醇含量低于 5%,甲醇污水量大降低。

苏里格气田现建有 5 座天然气处理厂,其中 4 座自 2005 年陆续投入运行,1 座正在建设中。苏里格气田占地面积广,其各区块典型甲醇污水的水质特点见表 3。检测时间 2011 年 8 月。

苏里格气田占地面积大,开采层位多,水质差异大,采出水以  $\text{CaCl}_2$  水型为主,少部分区域为  $\text{NaHCO}_3$  和  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  水型,矿化度高,腐蚀性强。近年来,苏里格新开井数逐年增加,钻井过程中使用的压裂液如瓜胶、PAM 等随着天然气开采进入污水处理单元,该类物质在水中呈悬浮态胶体物质,常规的重力沉降无法实现油水固三相分离,加大了污水处理难度,必须采用气浮、絮凝沉降等工艺达到处理目的。

## 2 水质综合比较

综合以上三个气田的水质分析,尽管各气田甲醇污水存在较大差异,但普遍呈现偏酸性胶体状态,具有以下共性:成分复杂,具有高浊度、高矿化度、高腐蚀性、低 pH 值等显著特点,pH 值基本处于 5.5~6.5 之间,各区域水质差异点主要体现在以下几方面:

◆ 根据采气工艺的不同,气田采出甲醇污水量及甲醇含量也大有差异,如采用“井口注醇、常温脱水”工艺的靖边气田产生甲醇污水点多、面广,甲醇含量约 5%~30%;采用“集气站注醇、低温脱油脱水”工艺的榆林气田南区甲醇污水量大,甲醇含量高,约 20%~

表3 苏里格气田各区块甲醇污水水质特点

| 项目名称                                  | 苏1                | 苏4                | 苏15                | 苏14-1                           | 苏5-2              | 苏10-21            | 苏25-1             |
|---------------------------------------|-------------------|-------------------|--------------------|---------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| 取样日期                                  | 06.11.15          | 06.11.15          | 06.11.15           | 06.11.30                        | 06.11.30          | 06.11.30          | 06.11.30          |
| pH值                                   | 6.39              | 6.51              | 7.38               | 6.70                            | 5.92              | 5.92              | 5.73              |
| 石油类/(mg/L)                            | 6 230             | 531               | 7 110              | 120 000                         | 365               | 203               | 810               |
| K <sup>+</sup> /(mg/L)                | 573               | 1 140             | -                  | 0.18                            | 194               | 415               | 358               |
| Na <sup>+</sup> /(mg/L)               | 2 490             | 2 980             | 274                | 145                             | 4 340             | 4 020             | 3 140             |
| Ca <sup>2+</sup> /(mg/L)              | 1 800             | 1 620             | 1 730              | -                               | 5 720             | 3 510             | 2 670             |
| Mg <sup>2+</sup> /(mg/L)              | 171               | 198               | -                  | -                               | 1 430             | 249               | 234               |
| HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> /(mg/L) | 282               | 365               | 294                | 1 360                           | 388               | 365               | 441               |
| CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> /(mg/L) | 0                 | 0                 | 0                  | 0                               | 0                 | 0                 | 0                 |
| Cl <sup>-</sup> /(mg/L)               | 8 530             | 7 860             | 16.4               | 190                             | 24 000            | 12 100            | 9 880             |
| SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> /(mg/L) | 250               | 173               | 192                | 1 850                           | -                 | 481               | 3 920             |
| 矿化度/(mg/L)                            | 15 224.0          | 15 483.6          | 2 708.7            | 3 829.8                         | 38 976.6          | 22 871.7          | 22 394.8          |
| 总铁/(mg/L)                             | 0.49              | 0.64              | 1.66               | 0.97                            | 17.4              | 37.5              | 92.9              |
| 悬浮物/(mg/L)                            | 194               | 482               | 20                 | 44                              | 872               | 1 270             | 1 450             |
| 浊度/(NTU)                              | 234               | 1 800             | 190                | -                               | 1 340             | 468               | 4 010             |
| 总硬度/(mg/L)                            | 4 870             | 4 510             | 4 910              | 0.00                            | 14 700            | 10 200            | 7 570             |
| 水型                                    | CaCl <sub>2</sub> | CaCl <sub>2</sub> | NaHCO <sub>3</sub> | Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> | CaCl <sub>2</sub> | CaCl <sub>2</sub> | CaCl <sub>2</sub> |

注:表中“-”为无法检出,矿化度是根据所测离子得出的估算值。

60%;采用“井口节流、气液混输”工艺的长北合作区甲醇污水量大,携沙量高,甲醇含量变化幅度小;采用“井下节流、移动注醇”工艺的苏里格气田甲醇污水量小,甲醇含量低,约3%~10%,因此针对不同区域气田开采特点,甲醇回收工艺中的设备应有较大操作弹性,以便适应采出水中甲醇浓度的变化。

◆ 污水中含油量、油质特点不同,污水处理过程中除油工艺也有很大的差异。如靖边气田凝析油呈清亮色且基本不含重组分,易分离,采用重力沉降收油基本可满足除油要求;榆林气田凝析油呈浅棕色,重组分显著,重力分离不彻底,需进行二次压力除油;苏里格气田凝析油呈深棕色,水中含有悬浮状胶体物质,油有不同程度的乳化现象,因此除进行二级压力除油外,更应加强混凝沉降工段的除油效果。

◆ 靖边气田为低含硫气田,采出水中含硫,含硫量根据上游天然气处理过程中脱硫效果的好坏决定,污水处理系统应加强管道、设备的防腐处理。榆林、长北及苏里格气田不含硫或微含硫,但Cl<sup>-</sup>、矿化度较高,同样应针对水质特点重视系统的缓蚀阻垢处理。

◆ 甲醇污水中离子含量随开采层位不同有较大差异,如水型有CaCl<sub>2</sub>、NaHCO<sub>3</sub>、Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>等类型。污水处理过程中混凝剂、助凝剂、缓蚀阻垢剂、杀菌剂等药剂的投加对污水处理效果起着至关重要的作用,因此不同区域污水处理过程中投加的药剂应根据污水中所含离子的种类进行针对性的药剂筛选,并在运行过

程中及时监测、调整药剂剂量。

### 3 结束语

综上所述,不同区域气田根据气藏地质条件、天然气集输条件等的不同,产生的甲醇污水性质也有很大差异,除存在共性外,也具有其各自的独有特点。而随着新井的开采或老井的采气后期,水质特点也在不断变化,因此水质认识是一个长期的积累过程,污水处理工艺方法的确定应建立在正确认识含醇污水水质特点的基础上,随着水质的变化应能进行相应的工艺调整,以适应生产需求<sup>[4-6]</sup>。

#### 参考文献

- [1] 刘祎,王立昕.长庆气田天然气集输现状[J].天然气工业,1999,19(5):78-81.
- [2] 周正立,张悦,鲁战明.污水处理剂与污水监测技术[M].北京:中国建材工业出版社,2007.
- [3] 金熙,项成林,齐冬子.工业水处理技术问答及常用数据[M].北京:化学工业出版社,1998.
- [4] 刘德绪.油田污水处理工程[M].北京:石油工业出版社,2001.
- [5] 杨云霞,张晓健.我国主要油田污水处理技术现状及问题[J].油气田地面工程,2001(1):18-20.
- [6] 魏群,胡清华.实施污水回用工作几个问题的探讨[J].甘肃科技,2004(5):24-26.

(收稿日期 2012-02-22)

(编辑 李娟)