

延长气田 I 期天然气净化工艺技术

李杰 李鹤 杨博 张书勤 韩建红

陕西延长石油(集团)有限责任公司研究院

摘要: 根据延长气田 I 期开发区块天然气组分、物性、生产规模等特点, 采用 MDEA 脱碳, 撬装 TEG 脱水净化工艺。延气 2 和延 128 净化厂建设规模都为 $300 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, 可满足延气 2-延 128 井区天然气处理需求。净化厂主体工程包括进站分离、天然气 MDEA 脱碳、天然气 TEG 脱水、天然气外输等; 延气 2 净化厂纳入气井 207 口、集气站 14 座; 延 128 净化站纳入气井 164 口、集气站 10 座。天然气经集气站分离、计量后进入净化厂, 原料气进站压力为 5.3 MPa, 进站温度略高于地温。

关键词: 延长气田; 天然气净化; 脱碳; 脱水; 流程

doi:10.3969/j.issn.1006-6896.2015.10.016

引言

随着我国能源结构的优化升级, 天然气需求量大幅增加, 延长石油天然气勘探开发也步入快速发展期。延长石油集团延长气田区位于陕北斜坡中南部, 探矿权区面积 $10\ 755.1 \text{ km}^2$, 资源潜力在 $7\ 500 \times 10^8 \text{ m}^3$ 以上。截至目前, 气田 I 期包括延气 2-延 128 井区, 已建天然气产能 $23 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{a}$ 。开发层位为上古生界盒 8 组、山西组、太原组和本溪组, 天然气中 CO_2 含量在 5% 以下, 不含 H_2S , 重烃组分含量极少。长庆靖边气田、榆林气田、苏里格气田与延长气田同属鄂尔多斯盆地, 但靖边气田为含硫气田^[1], 榆林气田为凝析气藏^[2], 苏里格气田为低硫低碳气田^[3], 而且延长气田与相邻气田净化工艺也有较大差别。针对延长气田气质特点, 采用 MDEA 脱碳, 撬装 TEG 脱水净化工艺。

1 气田地质特征及天然气物性

延气 2-延 128 井区典型原料气组分见表 1。

表 1 延气 2-延 128 井区典型原料气组分

| 项目 | 组分含量/% | | | | | | | | | |
|-----|---------------|------------------------|------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------|--------------|-------|
| | CH_4 | C_2H_6 | C_3H_8 | $i\text{C}_4\text{H}_{10}$ | $n\text{C}_4\text{H}_{10}$ | $i\text{C}_5\text{H}_{12}$ | $n\text{C}_5\text{H}_{12}$ | CO_2 | N_2 | He |
| 设计值 | 95.32 | 0.625 | 0.025 | 0.002 | 0.000 | 20.000 | 30.000 | 13.82 | 4.055 | 0.05 |
| 实际值 | 94.91 | 10.529 | 0.042 | 0.004 | 0.004 | 0.001 | 0.001 | 3.232 | 1.233 | 0.043 |

延长气田延气 2-延 128 井区属上古生界盒 8 组、山西组、太原组和本溪组四层合采, 盒 8 组、山西组、太原组和本溪组气层流体均属于干气, 其流体性质相同。天然气来自于山西组-本溪组煤系烃源岩, 具有典型煤成气的组成特征。气体中甲烷含量 90% 以上, 乙烷以上总含量不到 1%, 非烃组

分中以氮气和二氧化碳为主, 基本不含 H_2S 气体, 整体上属无硫干气, 相对密度 $0.574\ 4 \sim 0.626$ 。

与之相邻气田比较, 靖边气区含 H_2S 和 CO_2 需要脱除; 榆林气田和苏里格不含 H_2S , CO_2 含量在 3% 以下, 需要脱水、脱油。长庆气田天然气物性及净化工艺见表 2、表 3^[4-5]。

表 2 长庆气田不同气区天然气物性

| 组分 | 含量/% | | |
|----------------------------|----------|-------|----------|
| | 靖边气区 | 榆林气区 | 苏里格气区 |
| CH_4 | 93.89 | 94.31 | 92.54 |
| C_2H_6 | 0.621 | 3.408 | 4.50 |
| C_3H_8 | 0.079 | 0.498 | 0.926 2 |
| $i\text{C}_4\text{H}_{10}$ | 0.009 | 0.075 | 0.124 2 |
| $n\text{C}_4\text{H}_{10}$ | 0.009 | 0.071 | 0.160 7 |
| $i\text{C}_5\text{H}_{12}$ | 0.001 | 0.027 | 0.066 15 |
| $n\text{C}_5\text{H}_{12}$ | 0.002 | 0.013 | 0.027 41 |
| C_6H_{14} | - | - | 0.083 11 |
| C_6^+ | - | 0.041 | - |
| C_7^+ | - | - | 0.041 03 |
| H_2 | 0.000 82 | - | - |
| He | 0.022 3 | 0.027 | - |
| CO_2 | 5.136 | 1.202 | 0.774 7 |
| H_2S | 0.048 | - | - |
| N_2 | 0.159 | 0.328 | 0.756 5 |

2 天然气净化厂概况及工艺流程

2.1 工程概况

延长气田延气 2-延 128 井区, 建有延气 2 和延 128 两座净化厂。延气 2 井区产能规模为 $267.8 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, 延 128 井区产能规模为 $202 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。延气 2 和延 128 净化厂建设规模都为 $300 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,



可满足延气2-延128井区天然气处理需求。净化厂主体工程包括进站分离、天然气MDEA脱碳、天然气TEG脱水、天然气外输等；公用工程主要包括供风及氮气系统、燃料气系统等；辅助生产部分主要包括火炬及放空系统、给排水系统等。延气2净化厂纳入气井207口、集气站14座；延128净化站纳入气井164口、集气站10座。

表3 长庆气田不同气区天然气净化工艺

| 区域 | 天然气净化工艺 |
|-------|---|
| 靖边气区 | 一厂采用MDEA加DEA脱硫脱碳，设计将原料气中的CO ₂ 脱至0.5%以下，再与原装置中的净化气混合使CO ₂ 含量小于3%，脱水后外输；二厂采用常规MDEA脱硫脱碳，MDEA溶液循环量大，能耗高；三厂采用进口MDEA配方溶液脱硫脱碳，MDEA溶液循环量小、配套工程少、能耗低 |
| 榆林气区 | 节流膨胀，低温脱水、脱油 |
| 苏里格气区 | 丙烷制冷脱水、脱油 |

2.2 天然气净化工艺

天然气经集气站分离、计量后进入净化厂，原料气进站压力为5.3 MPa，进站温度略高于地温。

进入净化厂的天然气首先进入原料气分离器，原料气分离器底部含少量甲醇的液相，经排污管道进入厂内污水罐，污水定期装车拉运至已建污水处理厂处理。原料气分离器分离出的天然气先后进入原料气聚结过滤器、MDEA吸收塔、湿净化气分离

器、TEG吸收塔脱碳脱水。吸收CO₂的MDEA富液进入富液闪蒸罐，闪蒸出的气体进入燃料气系统，MDEA富液换热后进入MDEA再生塔。再生后MDEA贫液浓度约40%，冷却后再进入MDEA吸收塔。

天然气出TEG吸收塔后，经过套管式换热器进入干净化气分离器，合格天然气进入外输首站外输。富TEG溶液进入TEG再生系统，TEG再生系统集成在一个撬块上，该撬装包括闪蒸罐、预过滤器、活性炭过滤器、后过滤器、重沸器、再生塔、缓冲罐、循环泵、贫富液换热器等，如图1所示。脱碳脱水的主要工艺参数设计值和实际运行值如表4所示。



图1 TEG再生系统撬

表4 脱碳脱水主要工艺参数

| 项目 | 处理量/ m ³ ·d ⁻¹ | 脱硫及脱水溶液 | 原料气CO ₂ 含量/ % | MDEA循环量/ m ³ ·h ⁻¹ | TEG循环量/ m ³ ·h ⁻¹ | 产品气CO ₂ 含量/ % | 产品气水露点/ ℃ |
|-----|---|-----------|-----------------------------|---|--|-----------------------------|--------------|
| 设计值 | 300×10 ⁴ | MDEA, TEG | 3.7 | 83 | 5 | 2.7 | 夏季0, 冬季-15 |
| 实际值 | 延气2 200×10 ⁴ | MDEA, TEG | 3.2 | 40 | 3.1 | 1.6 | -45 |
| | 延气128 170×10 ⁴ | MDEA, TEG | 3.5 | 36 | 2.9 | 1.9 | -50 |

3 主要设备

3.1 塔类

塔类主要包括吸收塔与再生塔^[6]。脱碳吸收塔是脱碳系统中最关键的设备，目前成熟的形式主要有板塔式和填料塔^[7]。延长气田净化厂采用的是近几年国内外使用率较高的填料塔。填料的类型为250Y不锈钢孔板波纹，它具有传质效果好、表面湿润率高的特点，同时在塔的顶部设有丝网除沫器用来捕集液体，在吸收塔内设置2段填料，每段填料高度为5 m。主体材质为Q345R+S31603复合钢板。

MDEA再生塔也为填料塔，填料的类型与吸收塔一致，塔的顶部设有丝网除沫器用来捕集液体，在再生塔内设置2段填料，每段填料高度为5 m，

同时增大再生塔底部塔径作为溶液缓冲容积，主要材质为S31603。

TEG吸收塔也为填料塔，塔顶设有丝网除沫器用来捕集液体，在吸收塔内设置1段填料，填料高度为4 m，主体材质为Q345R钢板。TEG再生塔集成在TEG撬块上，与TEG再生塔底重沸器（包括贫液汽提柱及TEG缓冲罐）连接成一整体。塔内精馏柱采用不锈钢散堆填料，装填高度约1.8 m。

3.2 过滤分离器

聚结过滤分离器主要是分离原料气中携带的液体和杂质，是集过滤、聚结、分离于一体的处理设备^[8]。设备为立式结构，气体从进口流入，其流速降低，流动方向改变，然后气流通过过滤组件，固体颗粒被除去，堆积在滤芯的外表面。此时小液滴尺寸不断增大、沉降，最终脱离气流，进入设备储



液段。滤芯段采用快开盲板,另一端采用标准椭圆封头。

MDEA再生系统预过滤器为滤芯式过滤器,滤芯材料采用不锈钢滤材,过滤精度为 $25\ \mu\text{m}$,对胺液系统中大量的固体颗粒状物质进行过滤。活性炭过滤器滤芯材料采用中微孔发达的大容量活性炭填料床层,利用活性炭吸附表面积大这一特点来吸附溶液中的降解物质和发泡物质,防止和降低MDEA溶液的起泡性,提高溶液的传质效果。后过滤器为滤芯式过滤器,滤芯材料采用不锈钢滤材,过滤精度为 $10\ \mu\text{m}$,对胺液系统剩余微量的悬浮状固体进行过滤。

3.3 换热设备

原料气换热器选用占地空间少的重叠式换热器,为4管程管壳式换热器。MDEA贫富液换热器为板式换热器。它具有换热效率高、物料流阻损失小、结构紧凑、温度控制灵敏、操作弹性大、装卸方便、使用寿命长等特点,是目前国内最先进的高效节能换热设备。

天然气贫TEG换热器为套管式换热器,内管为吸收塔塔顶出气管,贫TEG在套管中运行,与出吸收塔净化气进行换热冷却。

4 存在的问题及建议

(1) 目前原料气中 CO_2 含量低于设计值,净化气中 CO_2 含量远低于国家II类气质标准,不仅能耗高,而且经济效益低。建议选取更加合理的工艺参数,适当提高产品气中 CO_2 含量,实现节能降耗且经济效益最大化的目的。

(2) 原料气聚结过滤器滤芯采用快开盲板更换的形式,没有工厂风反吹扫的流程。在生产过程中发现,当原料气聚结过滤器压差较大时,无法通过

工厂风反吹扫解堵降压,只能达到过滤器的更换压差时才可更换滤芯,不仅增加了更换滤芯的频率,而且降低了装置运行效率。建议增加工厂风反吹扫流程管线及相应设施。

(3) 净化厂内锅炉房和装置区在不同的位置,由锅炉房至装置区的蒸汽管线采取埋地敷设的方式,部分埋地敷设的蒸汽管线和管架上的蒸汽管线形成了一个“U”形管,管线的低点在埋地段,低点容易积水且这部分水不易排出。建议蒸汽管线都走管架,而不埋地敷设。

参考文献

- [1] 王遇冬. 天然气处理与加工工艺[M]. 北京: 中国石化出版社, 2007: 66-67.
- [2] 李时宣, 王登海, 王遇冬, 等. 长庆气田天然气净化工艺技术介绍[J]. 天然气工业, 2005, 25 (4): 150-153.
- [3] 刘祎, 王登海, 杨光, 等. 苏里格气田天然气集输工艺技术的优化创新[J]. 天然气工业, 2007, 27 (5): 139-141.
- [4] 关丹庆, 陈小峰, 王登海, 等. 长庆气田天然气处理工艺研究[J]. 石油规划设计, 2006, 17 (2): 24-27.
- [5] 巴玺立, 杨莉娜, 何军, 等. 天然气净化厂技术发展趋势分析[J]. 石油规划设计, 2009, 20 (3): 1-3.
- [6] 孟毅明, 齐德珍. MDEA吸收塔操作参数的优化[J]. 油气田地面, 2012, 31 (7): 22-23.
- [7] 曹伟. 国外填料塔最新发展[J]. 石油化工设备, 2010, 29 (2): 36.
- [8] 王澎, 毛翔. 天然气净化装置用主要设备[J]. 天然气与石油, 2006, 24 (2): 55-58.

[第一作者简介] 李杰: 2013年毕业于中国石油大学(北京)油气储运专业, 主要从事石油与天然气地面工程相关研究工作。

18509291169、251121080@qq.com

收稿日期 2015-03-30

(栏目主持 张秀丽)

中国石化济青输气管道二线工程全线贯通

中国石化天然气分公司加紧施工的济青二线工程全长358.918 km, 管道自西向东经过德州、济南、淄博、青岛等7个地市的12个县区, 沿线设置10座分输站、14座阀室。截至2015年10月5日工程已经完成了工艺区焊接、试压、推扫等全部建设。该工程将多渠道、全方位实现气源管网的互联互通, 以保障山东天然气市场的需求。

胡庆明

