

长庆气田天然气采用 MDEA 配方溶液脱硫脱碳

王登海¹ 王遇冬¹ 党晓峰²

(1.长庆科技工程有限责任公司 2.长庆油田第一采气厂)

王登海等.长庆气田天然气采用 MDEA 配方溶液脱硫脱碳.天然气工业,2005;25(4):154~156

摘要 长庆气田靖边气区的原料天然气中,CO₂含量与 H₂S 含量之比高达 188.8。长庆气田处理该原料天然气的第三净化厂根据这一特点,选用了适合配方的 MDEA 配方溶液作为该厂的气体脱硫、脱碳溶液。文章介绍了脱硫脱碳装置的运行情况。结果表明,配方溶液将原料天然气中所含 H₂S 与 CO₂ 均脱至我国国家标准规定的含量以下,从而保证了外输天然气的质量,并取得了良好的节能效果。

主题词 长庆气田 天然气 净化 配方溶液 气体脱硫 脱二氧化碳

我国第一套采用 MDEA 配方溶液的脱硫脱碳装置已于 2003 年底在长庆气田第三净化厂(以下简称三厂)建成投产,实际运行情况良好,达到了设计预期效果。

一、MDEA 配方溶液的选择

MDEA 配方溶液是一种高效气体脱硫脱碳溶液。它通过在 MDEA 溶液中复配不同的化学剂来增加或抑制 MDEA 吸收 CO₂ 的动力学性能。因此,有的配方溶液可比 MDEA 具有更高的脱硫选择性,有的配方溶液也可比其他醇胺溶液具有更好的脱除 CO₂ 效果^[1]。在溶液中复配的这些化学剂同时也影响着 MDEA 的反应热和汽提率。几种不同醇胺溶液在一定条件下脱除 H₂S 的工艺参数见表 1^[2]。

影响醇胺溶液脱硫脱碳装置投资、运行费用最主要的参数是溶液的循环量和重沸器能耗,而这些参数又与原料气中酸性组分含量、吸收塔压力、温度、净化气质量要求以及所选用溶液的性能有关。与 MDEA 和其他醇胺相比,因采用合适的 MDEA 配方溶液脱硫脱碳可明显降低溶液循环量和能耗,而且其降解率和腐蚀性较低,故目前已在海外获得广泛应用。在国内,由于受配方溶液品种、价格等因素影响,目前在天然气工业中仅重庆净化总厂长寿分厂投产时试用过脱硫选择性更好的 MDEA 配方溶液(CT8-5);大港油田在千米桥 NGL 回收装置中对深冷分离的原料气采用活化 MDEA 溶液深度

表 1 不同醇胺溶液选择性脱硫工艺参数表

溶液名称		30% DEA	50% MDEA	50% Ucarsol 溶液
溶液循环量(m ³ /h)		256.6	161.2	145.3
酸气 负荷	贫液(mol/mol)	0.02	0.01	0.01
	富液(mol/mol)	0.60	0.50	0.50
净化气 质量	H ₂ S 含量(ppm)	4	4	4
	CO ₂ 含量(体积分数)	0.10%	2.3%	2.9%
原料气中 CO ₂ 脱除率(体积分数)		98.5%	65.0%	55.0%
重沸器能耗(MW)		24.4	14.2	12.9
显热(MW)		6.15	4.10	3.72
反应热(MW)		7.24	4.75	4.28
蒸发热(MW)		10.05	4.89	4.45
回流热(MW)		0.94	0.47	0.44

注:本表数据来自某公司有关资料,但原文未提供原料气处理量、组成及其他工艺参数等,故仅供参考;重沸器能耗为显热、反应热、蒸发热以及回流热之和。

脱除其中的 CO₂ (由 8% 脱至小于 0.1%)。此外,由于长庆气田含硫天然气中酸性组分所具有的特点,要求采用既可大量脱除 CO₂,又可深度脱除 H₂S 的脱硫脱碳溶液,因此准备在三厂的脱硫脱碳装置上采用配方溶液^[3~5]。

一般来说,当原料气工艺参数、酸性组分特点及净化气质量要求等已知时,通常可能有若干个配方溶液可满足要求。此时,应根据各配方溶液的性能通过工艺模拟计算结果对它们进行比选,从中找出最佳的配方溶液^[2]。

作者简介:王登海,1969 年生,工程师,1994 年毕业于西南石油学院天然气加工专业;现在西安长庆科技工程有限责任公司工作,曾担任长庆气田多座天然气净化厂工程设计项目负责人。地址:(710021)陕西西安未央区兴隆园小区。电话:(029) 86593978。E-mail:yudongwang1936@sina.com

二、三厂天然气中酸性组分组成

我国第一套采用 MDEA 配方溶液的天然气脱硫脱碳装置已于 2003 年底在长庆气田第三天然气净化厂建成投产。该装置处理量为 $300 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,

原料气为含硫含碳的天然气。原料气进装置压力为 $5.5 \sim 5.8 \text{ MPa}$, 温度为 $3 \sim 18 \text{ }^\circ\text{C}$ 。三厂原料气来自长庆气田靖边气区的酸性天然气, 其组成见表 2。

由表 2 可知, 三厂原料气中 CO_2 含量为 5.286% , H_2S 含量为 0.028% , $\text{CO}_2/\text{H}_2\text{S}$ 高达 188.8

表 2 三厂脱硫脱碳装置原料气与净化气组成(干基)表

组分	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6^+	He	N_2	H_2S	CO_2
原料气 ¹⁾	93.598	0.489	0.057	0.008	0.003	0.002	0.028	0.502	0.028	5.286
原料气 ²⁾	93.563	0.597	0.047	0.006	0.001	0.000	0.020	0.252	0.025	5.489
净化气	96.573	0.621	0.048	0.006	0.001	0.000	0.021	0.311	0.38 ³⁾	2.418

注: 1) 为设计值; 2) 为投产后的实测值; 3) 单位为 mg/m^3 。

(均为设计值)。此含量与长庆气田已建的某天然气净化厂(以下简称某厂)原料气相似(见表 3)。

表 3 长庆气田酸性天然气中 CO_2 、 H_2S 含量表

组分(摩尔分数)	CO_2	H_2S	$\text{CO}_2/\text{H}_2\text{S}$ (摩尔比)
某厂	5.321	0.065	81.9
三厂	5.286	0.028	188.8

注: 本表中数据均为设计采用值。

由此可知, 三厂与某厂原料气中的 CO_2 含量差别不大; H_2S 含量虽略低于某厂, 但均处于同一数量级内, 而且含量都很低。因此, 可以认为二者原料气中 CO_2 、 H_2S 含量基本相同。对于这样高碳硫比的天然气, 则应采用既可深度脱除 H_2S (小于等于 $20 \text{ mg}/\text{m}^3$), 又可脱除大量的 CO_2 (小于等于 3%) 的脱硫脱碳溶液, 以保证净化气质量符合要求, 并取得良好的节能效果。

由于已建的某厂仍采用选择性脱硫的 MDEA 溶液脱硫脱碳, 因而其溶液循环量较大, 能耗较高, 而且在工艺流程上也存在一些问题^[3~5], 所以, 新建的三厂脱硫脱碳装置决定从国外引进, 并选用相应的 MDEA 配方溶液脱硫脱碳^[2]。投产后的实践表明, 三厂采用的工艺流程和 MDEA 配方溶液总体来说成功的。

三、MDEA 配方溶液脱硫脱碳装置实际运行情况

三厂脱硫脱碳装置投产后, 由于受下游用气量的限制, 一直未能达到设计能力。为了了解三厂脱硫脱碳装置在设计能力下的运行情况, 2004 年 2 月上中旬对其进行了满负荷性能测试, 满负荷性能测试结果的主要数据见表 4。为作比较, 表 4 也同时列出了有关主要设计数据。

由表 4 可知, 脱硫脱碳装置在满负荷下测试的

表 4 三厂脱硫脱碳装置主要设计与满负荷性能测试数据表

位置	原料气			脱硫脱碳塔			闪蒸塔		再生塔		
	处理量 ($10^4 \text{ m}^3/\text{d}$)	压力 (MPa)	温度 ($^\circ\text{C}$)	溶液循环量 (m^3/h)	净化气温度 ($^\circ\text{C}$)	贫液进塔温度 ($^\circ\text{C}$)	闪蒸气量 (m^3/h)	压力 (MPa)	塔顶温度 ($^\circ\text{C}$)	塔底温度 ($^\circ\text{C}$)	酸气量 (m^3/h)
设计	300	5.5	26.6	63.3	43.3	43.3	85.8	0.55	95.8	119.6	3334
测试	300	5.4	27	63.2	55	40	125	0.55	86	122	3750

溶液循环量与设计值基本相同, 但测试得到的脱硫脱碳塔净化气出口温度 ($55 \text{ }^\circ\text{C}$) 却远比设计值高, 分析其原因主要是原料气中的 CO_2 实际含量(一般在 5.49% 左右) 大于设计值的缘故。这与闪蒸塔的闪蒸气量 ($125 \text{ m}^3/\text{h}$) 和再生塔的酸气量 ($3750 \text{ m}^3/\text{h}$) 均大于设计值的结果是一致的。

此外, 测试得到的净化气中的 CO_2 实际含量均

小于 2.9% , 符合商品气的质量要求。这一结果也表明, 在原料气中 CO_2 实际含量大于设计值的情况下, 采用与设计值相同的溶液循环量仍可将 CO_2 脱除到 3% 以下。

如果将某厂脱硫脱碳装置(共 2 套, 每套处理量为 $400 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$) 采用的常规 MDEA 溶液量(设计值为 $135 \text{ m}^3/\text{h}$) 与三厂脱硫脱碳装置 ($300 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$)

d)采用的 MDEA 配方溶液量($63.3 \text{ m}^3/\text{h}$)相比,前者原料气处理量是后者的 1.33 倍,但溶液循环量却是后者的 2.13 倍,即前者的溶液循环量比后者高出约 60%,因而该装置的能耗也相应较高。由此不难看出,采用合适的 MDEA 配方溶液脱硫脱碳,对于长庆气田这样高碳硫比的原料气净化,无论从节约能源还是提高技术水平来讲,都是十分重要的。

此外,三厂脱硫脱碳装置除了采用合适的 MDEA 配方溶液脱硫脱碳外,还针对天然气脱硫脱碳与选择性脱硫的不同特点,在工艺流程上也做了一些修改。实践表明,三厂脱硫脱碳装置所采用的工艺流程总的来说也是比较合理的,此处就不再详述。当然,其中也有个别换热设备还存在一些设计问题,已在最近做了改进完善,此不赘述。

参 考 文 献

- 1 王遇冬等.天然气处理与加工工艺.北京:石油工业出版社,1999
- 2 王遇冬等.MDEA 配方溶液在天然气脱硫脱碳中的选用.石油与天然气化工,2003;32(5)
- 3 王登海等.长庆气田地面工程技术现状介绍.天然气工业,2002;22(6)
- 4 王登海等.再论长庆气田含硫天然气脱硫工艺技术.石油与天然气化工,2002;31(5)
- 5 王遇冬等.胺法脱硫技术在长庆气田的应用与研究.天然气工业,2002;22(6)

(收稿日期 2004-10-13 编辑 居维清)