

浅析焦炉气、转炉气的深度净化利用

柯国良

(东华工程科技股份有限公司, 安徽 合肥 230024)

摘要:本文以焦炉气、转炉气制乙二醇为例,对国内众多钢铁厂焦炉气、转炉气的深度净化工艺进行简单探讨,并在投资、技术经济等方面进行综合分析,可以为未来国内众多钢铁厂清洁利用焦炉气、转炉气提供一定的指导意义。

关键词:焦炉气;转炉气;深度净化;经济效益

中图分类号:TQ520.9

文献标志码:A

文章编号:0253-4320(2015)07-0001-03

Deep purification and utilization of coke oven gas and converter gas

KE Guo-liang

(East China Engineering Science and Technology Co., Ltd., Hefei 230024, China)

Abstract: The deep purification and utilization process of coke oven gas and converter gas in China are briefly introduced by taking the production of ethylene glycol from coke oven gas and converter gas as examples. A comprehensive analysis about the investment, technical and economic aspects is performed. It can provide some guidance for the steel plants in China with the clean utilization of coke oven gas and converter gas.

Key words: coke oven gas; converter gas; deep purification; economic benefits

近年来随着煤炭、石油资源的日益枯竭,世界各国对能源需求日益增长,根据BP公司2014年1月发布的《2035世界能源展望》报告,到2035年,全球能源消费将增加41%,其中的95%将来自快速发展的新兴经济体。这一增速低于我们在过去几十年所见证的速度,其主要原因是能效不断提高。全球技术、投资和政策的发展趋势使我们相信,能源生产将能够跟上步伐。页岩气、致密油和可再生能源等新型能源将在全球供应增长中占据重要份额。能源效率必将在全球化和竞争的驱动下持续提高。

目前国内大部分钢铁企业的转炉气并未得到充分利用,直接当作废气排放^[1],焦炉气作为钢铁生产的燃料进行使用,在能源效率整体提高的大背景下,我们可以抓住焦炉气和转炉气中CO、H₂含量高的特点,制取具有高附加值的有机化工原料,此举不仅为钢铁行业有效利用转炉气和焦炉气提供一种新的模式,而且达到节能减排和创造效益的双重目的,对整个行业发展具有十分深远的意义。

但是焦炉气和转炉气本身所含杂质成分较为复杂,截至目前也仅有为数不多的企业利用焦炉气和转炉气制取甲醇,且规模也仅仅局限在10万t/a甲醇的规模。本文就焦炉气、转炉气深度净化制乙二

醇方面做一些探讨。

1 焦炉气、转炉气的生产特点

焦炉气是焦炭生产过程中煤在焦炉里干馏出来的气体,干馏温度550℃^[2]。经过煤气净化工艺的冷凝鼓风、电捕焦油、脱硫、脱氨、脱苯等工序后的焦炉气含有大量的H₂、CH₄和少量的多碳烷、烯烃及惰性气N₂和硫化物。

转炉气是转炉炼钢时,氧枪从炉口上方,伸入到距铁水上部适当的位置,氧气以一定的压力在熔池内与铁水剧烈搅拌,与铁水中的碳等元素反应,产生大量以CO为主的混合气体,从炉口引出经过降温、除尘、存储、加压后输出界区。

1.1 焦炉气组分(焦化厂界区外)

典型的焦炉气成分及杂质组成见表1、表2。

表1 典型的焦炉气成分 %

组分	H ₂	CO	C _m H _n	CH ₄	CO ₂	N ₂	O ₂
体积分数	59.73	6.54	3.68	22.82	2.43	4.36	0.43

表2 典型的焦炉气杂质组成 (mg/m³)

项目	苯	萘	氨	H ₂ S	有机硫	焦油	HCN
质量浓度	60	6.54	3.68	300	150	4.36	500

1.2 转炉气组分

典型的转炉气成分及杂质组成见表 3、表 4。

表 3 典型的转炉气成分 %

组分	H ₂	CO	CO ₂	N ₂	O ₂
体积分数	4.30	52.8	17.6	24.7	0.60

表 4 典型的转炉气杂质组成

项目	总硫	pH 3	HF	砷化物
体积分数/(1 × 10 ⁻⁶)	60.0	6.5	3.7	23.0

2 焦炉气、转炉气净化工艺

2.1 焦炉气净化工艺流程简述

来自焦化厂的粗净化气首先经过电捕焦油器进一步脱除焦油和灰尘,送入焦炉气气柜进行缓冲后进入焦炉气压缩机(采用六列四级往复机)进行压缩(二级出口压力 0.6 MPa,末级出口压力 2.6 MPa),其中压缩机二级出口气体经过 PDS 湿法脱硫串活性炭脱硫槽工艺,使得焦炉气中 H₂S 含量降至 1 mg/m³,其中对有机硫和 HCN 也有部分脱除作用。经过脱硫后的气体重新送入焦炉气压缩机三段入口进行压缩,压缩后的气体经由吸油槽(主要去除压缩机携带的润滑油)、加氢脱硫(总硫含量 ≤ 0.1 × 10⁻⁶)、纯氧转化及热回收后送入变换工序,设置变换工序目的主要是为了调整 CO 与 H₂ 的比值,达到乙二醇生产所需氢碳比。变换后的变换气经过 N-甲基二乙醇胺(MDEA)脱碳后送入变压吸附(PSA)提 H₂ 工序,合格的 H₂ 进一步压缩至 3.6 MPa 送入乙二醇合成工序。PSA 生产过程中的解吸气经过尾气压缩机加压后送入 PSA 脱 CO 工序回收 CO。

2.2 转炉气净化工艺流程简述

来自钢厂的转炉气进入转炉气气柜进行缓冲后送入转炉气压缩机(采用六列四列三级往复机)进行压缩(末级出口压力 1.2 MPa),压缩后的气体依次经过脱磷、脱砷、脱氟、脱氧、加氢脱硫工序,使得净化后的气体(氧气 ≤ 1.0 × 10⁻⁵;炔烃 + 乙炔 ≤ 0.1 × 10⁻⁶;氰化物 ≤ 0.1 × 10⁻⁶;总硫 ≤ 0.1 × 10⁻⁶;磷化物 ≤ 0.1 × 10⁻⁶;砷化物 ≤ 0.5 × 10⁻⁷;氟化物 ≤ 0.1 × 10⁻⁶,体积分数),精脱硫后的气体经过 MDEA 脱碳后被送入 PSA 脱 CO 工序,合格的 CO 经过 CO 压缩机压缩至 0.6 MPa 后送入草酸酯合成工序。

焦炉气、转炉气净化工艺路线见图 1。

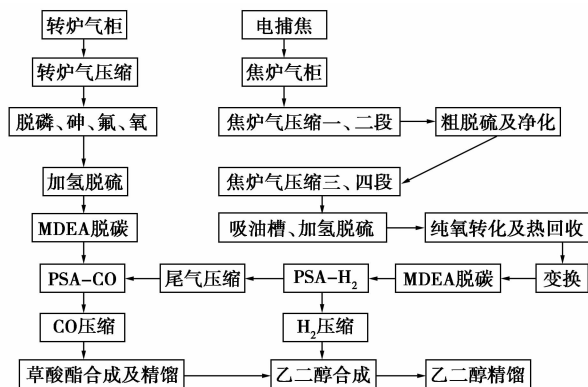


图 1 焦炉气、转炉气净化工艺路线图

2.3 乙二醇生产用 CO、H₂ 指标

结合目前国内通用的乙二醇技术,乙二醇生产对 CO 及 H₂ 产品气的净化指标如表 5、表 6 所述。

表 5 CO 产品气指标

组分	CO	H ₂	CH ₄	O ₂	H ₂ O	总硫
体积分数	≥99%	≤5.0 × 10 ⁻⁴	≤5.0 × 10 ⁻⁴	≤3.0 × 10 ⁻⁵	≤1.0 × 10 ⁻⁴	≤0.1 × 10 ⁻⁶

表 6 H₂ 产品气指标

组分	H ₂	CO + CO ₂	H ₂ O	总硫
体积分数	≥99.9%	≤2.0 × 10 ⁻⁵	≤1.0 × 10 ⁻⁴	≤0.1 × 10 ⁻⁶

3 焦炉气、转炉气制乙二醇经济性分析

以下分析以 30 万 t/a 乙二醇项目做经济分析,操作时间按照 8 000 h 考虑。

3.1 主要原料及公用工程消耗

主要原料及公用工程消耗见表 7。

表 7 主要原料及公用工程消耗

名称	年耗量	单位	单价
焦炉气	4	亿 m ³ /a	0.5 元/m ³ (含税)
转炉气	4.4	亿 m ³ /a	0.17 元/m ³ (含税)
甲醇	27000	t/a	2500 元/t(含税)
电	4.38	亿 kWh/a	0.52 元/kWh(含税)
蒸汽	0.028	亿 t/a	163 元/t(含税)
脱盐水	0.019	亿 t/a	10 元/t(含税)
循环水	3.18	亿 t/a	0.35 元/t(含税)
新鲜水	16	万 t/a	3 元/t(含税)
催化剂		450 元/t 乙二醇(含税)	

3.2 主要销售产品

由于合成气间接制乙二醇产品价格与石油乙烯法生产的乙二醇价格息息相关,目前国际石油价格一直在50美元/桶左右徘徊,合成气间接制乙二醇总成本优势已经不十分明显,但是从长远来看,国际原油价格维持在60~80美元/桶的可能性较为合理。所以将乙二醇(优等品)销售价格暂定为7000元/t、乙二醇(合格品)价格暂定为6000元/t进行经济核算较为合理。具体产品价格见表8。

表8 主要销售产品价格

名称	年销售量	单位	单价
乙二醇(优等品)	28.65	万t/a	7000元/t(含税)
乙二醇(合格品)	1.35	万t/a	6000元/t(含税)
杂醇油、粗DMC等	5.15	万t/a	3000元/t(含税)
燃料气	2.3	亿m ³ /a	0.10元/m ³ (含税)
冷凝液	183	万t/a	5元/t(含税)

3.3 投资及经济分析

本工艺路线焦炉气、转炉气制30万t/a乙二醇建设投资约30亿元,工程总投资约32亿元。具体见表9。

表9 效益指标汇总表

序号	工程和费用名称	单位	指标值	备注
一	工程总投资	万元	320637.66	总资金:339152.10
1	建设投资	万元	299309.94	
2	建设期贷款利息	万元	13392.97	
	固定资产投资	万元	312702.91	
3	铺底流动资金	万元	7934.76	流动资金:26449.19
二	年销售收入	万元	222875.17	生产期平均
	其中:销项税额	万元	32315.38	生产期平均
三	年总成本费用	万元	161243.09	生产期平均
	年经营成本费用	万元	139183.97	生产期平均
	其中:进项税额	万元	16055.04	生产期平均
	完全生产成本	元/t	4779.58	含税
四	年利税总额	万元	61632.08	生产期平均
五	年销售利润	万元	45338.93	生产期平均
六	年税后利润	万元	34004.19	生产期平均
七	投资回收年限	年	6.78	所得税前
		年	7.84	所得税后

八	投资利润率	%	13.37	年利润额/总投资
九	总投资收益率	%	14.50	年息税前利润/总投资
十	投资利税率	%	18.17	年利税额/总投资
十一	资本金净利润率	%	34.79	年净利润/项目资本金
十二	贷款偿还年限	年	6.85	含建设期2年
	(人民币)			
十三	盈亏平衡点	%	49.44	生产期第4年
十四	净现值(FNPV)	万元	101913.64	所得税前;ic=12%
	净现值(FNPV)	万元	76822.30	所得税后;ic=10%
十五	全部投资内部收益率(FIRR)	%	18.04	所得税前
	全部投资内部收益率(FIRR)	%	14.19	所得税后
十六	资本金内部收益率(FIRR)	%	19.79	

从以上财务分析数据来看,此类项目具备较强的经济效益,投资是可行的。

4 结语

近年来,我国乙二醇产能快速提升,由于国内PET及涤纶产业保持了较快的增长势头,拉动了乙二醇的需求。2013年国内乙二醇产量为366万t,进口量为825万t,表观消费量为1190万t。未来几年受国内下游聚酯行业的发展,国内乙二醇需求将保持7%左右的增速,预计到2020年国内乙二醇需求量将达到1770万t左右^[3],国内乙二醇的缺口还比较大。与煤、天然气制乙二醇相比,焦炉气、转炉气作为原料制乙二醇具有综合能耗少、成本低等优势,此举不仅能够填补国内乙二醇需求的缺口,并且能为众多钢铁厂争创良好的经济效益。

参考文献

- [1] 李克兵,武立新,李洁. 变压吸附法回收炼钢转炉气技术[J]. 炼钢,2001,17(3):58-60.
- [2] 汪家铭. 焦炉煤气综合利用制取氮肥和甲醇[J]. 化肥工业,2006,(3):59-60.
- [3] 晓玉. 中国煤制乙二醇产业宜稳步推进[J]. 化工管理,2013,(1):51-52. ■