

丙烷脱氢装置富氢尾气的综合利用及节能经济效益分析

雷安华 (浙江鸿基石化股份有限公司, 浙江 嘉兴 314201)

摘要: 在“能耗双控”的大环境下, 如何科学、合规地完成已建成丙烷脱氢装置的节能验收, 同时, 对装置联产的富氢尾气、氢气进行通盘的综合利用, 防止排放燃烧的浪费, 一直是行业的痛点。我司将未能消化的大量的联产高纯氢气, 通过分子量调节, 以达到单位热值、单位体积耗氧量、氮氧化物排放量等指标, 接近天然气或 LNG 的水平。再通过点对点的园区内天然气或 LNG 的替代, 实质降低地方、园区、企业的能源消费水平, 减少丙烷脱氢装置富余燃料气的火炬排放, 每年为企业创造约 2 亿元的效益, 是一件极有意义的事情, 也取得了巨大的经济效益和社会效益。

关键词: 丙烷脱氢; 能耗双控; 富氢尾气; 燃料气; 节能验收; 经济效益

“十三五”时期, 为倒逼发展方式转变、加快推进生态文明建设, 根据党的十八届五中全会部署, 在以往节能工作基础上, 我国建立了能源消费强度和总量双控 (以下简称能耗双控) 制度, 在全国设定能耗强度降低、能源消费总量目标, 并将目标分解到各地区, 严格进行考核。

2019 年 8 月, 总书记在中央财经委员会第五次会议上, 对完善能耗双控制度作出重要指示, 要求对于能耗强度达标而发展较快的地区, 能源消费总量控制要有适当弹性。2020 年 9 月 22 日, 总书记在第七十五届联合国大会一般性辩论上宣布, 中国二氧化碳排放力争于 2030 年前达到峰值, 努力争取 2060 年前实现碳中和。2020 年底, 总书记在中央经济工作会议上提出完善能源消费双控制度。总书记一系列重要讲话和指示批示精神, 为坚持和完善能耗双控制度指明了方向。

国家“能耗双控”的实施, 对石化行业提出了更高的发展要求, 同时也促进了丙烷脱氢装置的思考与实践, 比如: 如何提高能量的综合利用, 如何增加企业效益。本文着重论述企业在丙烷脱氢装置领域, 如何实践富氢尾气的综合利用, 并产生巨大的节能经济效益的过程。

1 项目基本情况

本项目采用全球最先进的美国 UOP 公司 OLEFLEX 丙烷脱氢项目技术, 由山东齐鲁工程有限公司设计, 装置规模为 45 万 t/a 丙烷脱氢装置。装置采用的是连续催化再生的催化脱氢工艺把丙烷转化成丙烯。本项目主要包括原料预处理及氢气纯化部分、反应部分、产品气压缩部分、再生和废气处理部分、低温分离与碱洗部分、选择加氢和精制部分、干气压缩部分。

Oleflex 反应系统包括四台反应器 (操作温度 635~649℃、压力 0.05~0.23MPa), 依次串联操作, 丙烷脱氢反应为吸热反应, 每个反应器前都有加热炉 (加热介质为燃料气), 所需热量由各级加热炉 (操作温度 550~650℃、压力 0.05~0.35MPa) 提供, 加热炉燃料由装置富产的尾气提供, 热值消耗约 101MW。

2 本项目能耗使用情况

本项目主要消耗的能源品种为电力、蒸汽、天然气、丙烷气及耗能工质水。项目达产后, 预计年消耗电量 36766 万 kWh、蒸汽 242400t、天然气 21.6 万 Nm³/a、丙烷气 357t、水 249.4 万 m³。同时, 最大年可外供氢气 16000t, 工艺加热炉自用燃料气总热值约 101MW。

PDH 装置项目, 联产高纯氢气每年 16000t, 作为氢能源燃料电池的原料, 符合国家及地区最新的氢能产业发展导向, 作为能源产品, 最大可折算 77633t 标煤。

因氢能还处于市场培育、发展阶段, 实际落实外供氢气利用仅 3000t/a。大量的富余氢气, 不能储存, 未能输送出去, 只能排空燃烧, 造成了巨大的资源浪费, 每年给企业造成的经济损失约 2 亿元以上。

经政策解读和技术方案交流, 以装置联产自用于装置加热炉的燃料气 (主要成份是甲烷、乙烷), 与氢气等热值置换, 经混合器调节分子量、热值, 减压到 0.35~0.4MPaG 后替代园区企业的天然气或 LNG 消耗。其中含乙烷约 36225t, 氢气约 2180t, 氢气重量含量约 5.68%, 平均分子量 16, 热值为 37.73MJ/Nm³, 折天然气 5712 万 Nm³/a, 总热值约 69MW。

在国家氢能战略的实施, 下游氢气用户不断发展后, 用氢量也不断提高, 适当同步降低燃料气外供量, 优先满足氢能的发展。

根据上述方案,形成了我司 PDH 装置的最终能评报告结论(表 1)。

3 富氢燃料气,替代天然气或 LNG 的过程

将未能消化的联产高纯氢气,通过分子量调节,以达到单位热值、单位体积耗氧量、氮氧化物排放量等指标,接近天然气或 LNG 的水平。以保证下游用户不需更换炉子、火嘴,即可完成燃料气的切换,而不对产量、产品质量以及环保达标排放造成负面影响。通过技术交流,将我司富氢燃料气,与装置上富乙烷尾气相混合,采用经混合器调节分子量、热值,减压到 0.35~0.4MPaG 后的燃料气,用于替代园区企业的天然气消耗,实质降低整个园区的能源消费水平。我司送权威单位的热值测试报告,高位热值 39.38MJ/m³;低位热值 35.71MJ/m³,与天然气基本接近。使用我司燃料气替代天然气后的排放指标情况,与天然气工况接近,均小于 50mg/m³。实践验证了该方案的技术可行性,该替代天然气或 LNG 项目,经原厂家,下游装置,以及设计单位的联合验收,满足原设计要求。

4 节能验收情况

该项目实施后,富余氢气和燃料气得到了综合利用,为本项目的节能验收创造了坚实的基础,经测算丙烯单位产品综合能耗,年综合能源消费均符合验收要求,见表 2。本项目 5~7 月丙烯单位产品综合能耗为 140.13kgce/t,低于批复中的 158kgce/t,符合验收要求。2021 年 5~7 月实际能源消费统计数据折算达产后能耗量,具体如表 3。

5 结束语

在我司 PDH 装置 1.6 万 t 的优质氢能未能被市场消纳,市场还在培育、发展的阶段,采用经混合器调节分子量、热值,减压到 0.35~0.4MPaG 后的燃料气,用于替代园区企业的天然气消耗,实质降低整个园区的能源消费水平。

从园区能耗一盘棋的大局出发,在氢能未形成规模前,推动我司 PDH 装置燃料气外供园区某企业的天然气替代方案。既解决我司燃料气大量富余,大量火炬排放浪费的现状,又实质降低园区整体的天然气

消费量,解决我司 PDH 装置能评验收面临的困难。

该项工作实施后,每年可外送富氢燃料气折天然气 5712 万 Nm³/a,总热值约 69MW。对比该方案未实施前,大量优质资源氢气,不能消纳,而导致的火炬排放,每年为企业创造约 1.5 亿元的效益,并为园区下游用户每年节约近 5000 万元的燃料费用。取得了巨大的经济效益和社会效益。

参考文献:

- [1] 林秀岩,王学磊.丙烷脱氢装置能耗计算及节能措施[J].天津化工,2020,34(2):40-41.
- [2] 许晨,高海见,张启云.丙烷脱氢装置经济性分析[J].当代石油石化,2017,25(5):34-39.
- [3] 郭万冬,杨帆.丙烷脱氢装置烟气中 NO_x 的产生过程及处理实践[J].天津化工,2018,32(6):31-32.
- [4] 张玉新,赵亚龙.浅谈节能技术在丙烷脱氢装置上的应用[J].石化技术,2018,25(1):129.
- [5] 张婷.乙烯单位产品综合能耗限额和计算方法[J].浙江节能,2010(4).
- [6] 王龙延,周建华,张政学,等.双碳背景下能源化工能效评价指标研究探讨[J].炼油技术与工程,2022,53(1):1-6.
- [7] 张春庭,王麟琨.石化企业乙烯裂解系统能效评估方法研究[J].石化技术,2016,23(7):47-49.
- [8] 安庆市泰恒化工科技有限公司.丙烷脱氢装置富氢尾气中回收氢气工艺设备:中国,CN202221592963.1[P].2022-09-27.
- [9] 宗奎.节能技术在丙烷脱氢装置上的应用[J].化工管理,2017(17):1-1.
- [10] 张宝春.节能技术在丙烷脱氢装置上的应用[J].天津化工,2015,29(5):4-5.
- [11] 许晨,高海见,张启云.丙烷脱氢装置经济性分析[J].当代石油石化,2017,25(5):6-7.

作者简介:

雷安华(1984-),男,汉族,湖北洪湖人,本科,中级工程师,研究方向:石油化工、聚丙烯装置、丙烷脱氢装置的生产与技术管理。

表 1 外供能源核减后能耗数据表

项目主要耗能品种	主要能源种类		计量单位	年需要实物量	折标煤量(tce)
	1 外购能源	电	万 kWh/a	36766	45185
		0.8MPa 蒸汽	t/a	242400	105518
		天然气	万 m ³ /a	21.6	24798
		丙烷气(装置启动用)	t/a	357	287
		水	万 t/a	249.4	612
					214

项目产出能源品种	2 外输能源	燃料气	万 t/a	3.8405	69960
		氢气	万 t/a	0.15	7763
核减后项目年综合能源消费量 (tce) （1 外购能源 -2 外输能源）				等价值	53989
工业总产值（现价）				万元	403255
工业增加值（现价）（收入法）				万元	106441
单位产值能耗（现价）				tce/ 万元	0.134
单位工业增加值能耗（现价）				tce/ 万元	0.507

表 2 2021 年 5-7 月与折算达产产品经济能耗报表

项目	单位	2021 年 5-7 月	折算达产
总产量	万 t	115032.38	450000
产值 (现价)	万元	77837.53	304495.90
增加值 (现价)	万元	13772.48	53877.14
电力	万 kWh	11545.600	45065.72
天然气	m ³	34587.00	138348.00
丙烷气	t	0	163.50 ^{*1}
蒸汽	t	18411.35	72024.13
水	t	344381.50	1347200.46
外输副产燃料气	t	/	41601.82 ^{*2}
外输副产氢气	t	/	2208.96 ^{*3}
综合能耗 (折标煤)	tce (等价值)	35065.35	57811.87 ^{*4}
万元产值能耗 (现价)	tce/ 万元	/	0.19
万元工业增加值能耗 (现价)	tce/ 万元	/	1.07
单位产品综合能耗	kgce/t	140.13	140.48

注:

*1: 丙烷气为开车时使用, 九月份开车时使用量为 81.75t, 表中按一年两次折算。

*2 和 *3: 2021 年 11 月 2 日 -11 月 8 日数据折达产。

*4: 已抵扣外输能源。

备注: 副产燃料气折标系数为 1.65tce/t, 氢气折标系数为 4.8512tce/t, 电折标系数为 2.87tce/ 万 kWh, 蒸汽折标系数为 0.1023tce/t, 天然气折标系数为 1.33kgce/m³, 丙烷气折标系数为 1.7143kgce/kg。

表 3 项目实际 2021 年 5-7 月与折达产能耗计算表

用能品种	实物量			折标系数	折标煤 (tce)		备注
	单位	2021 年 5-7 月	2021 年 5-7 月折达产 ^{*5}		2021 年 5-7 月	2021 年 5-7 月折达产	
电	万 kWh	11545.60	45065.72	2.87tce/ 万 kWh	33135.87	129338.62	等价值
				1.229tce/ 万 kWh	14189.54	55385.77	当量值
蒸汽	t	18411.35	72024.13	0.1023tce/t	1883.48	7368.07	
天然气	m ³	34587.00	138348.00	1.33kgce/m ³	46.00	184.00	
丙烷气	t	0.00	163.50	1.7143kgce/kg	0.00	280.29 ^{*5}	
水	m ³	344381.50	1347200.46	0.0857kgce/m ³	29.51	115.46	
燃料气	t		41601.82	1.65tce/t	/	68643.00 ^{*6}	
氢气	t		2208.96	4.8512tce/t	/	10716.11 ^{*7}	
备注: 丙烷气主要为开车时使用, 项目 9 月份开车实际使用量为 81.75t, 全年按 2 次开车折算。				综合能耗 (tce)	35065.35	57811.87 ^{*8}	等价值

注:

*5: 丙烷气为开车时使用, 九月份开车时使用量为 81.75t, 表中按一年两次折算。

*6 和 *7: 2021 年 11 月 2 日 -11 月 8 日数据折达产。

*8: 已抵扣外输能源。