

中国科技核心期刊
中国应用型核心期刊

国家新闻出版广电总局首批认定学术期刊
全国石油和化工行业优秀期刊评比一等奖
全国石油和化工行业百强期刊

ISSN 1005-9598
CN 14-1142/TQ

煤化工

®

MEI HUAGONG
COAL CHEMICAL INDUSTRY



SYTC

神耀科技

十年之功

孕塞上国之重器

衔黑金而吐风华

薪火赓续

仰贺兰山之雄浑

油品三载破四百万吨

2024年1月19日国务院首次召开“国家工程师奖”表彰大会，国家能源集团宁夏能源公司400万吨/年煤间接液化项目

技术创新开发及产业化团队被授予

“国家卓越工程师团队”

称号。

宁夏神耀科技有限责任公司

电话:0951-8366935 0951-8614631

邮箱:info@nxsytic.com

地址:宁夏银川市金凤区北京中路德宁国际中心33楼

ISSN 1005-9598



12>

9 771005 959242

主办: 赛鼎工程有限公司

6

2024年12月 第52卷

1973 年创刊

国内外公开发行人 双月刊

煤化工

MEI HUAGONG

第 52 卷 2024 年第 6 期

(总第 235 期)

2024 年 12 月 30 日出版

中国标准连续出版物号: ISSN 1005-9598
CN 14-1142/TQ

国内邮发代号: 22-176 (全国各地邮局)

国外发行代号: BM8241

广告发布登记号: 晋综示市监广登字
2020002 号

刊名商标注册号: 3175989

主 管:

赛鼎工程有限公司

主 办:

赛鼎工程有限公司

主 编: 施福富

执行主编: 李好管

副 主 编: 张 琰 尚建选 孙启文

陈 丽 丁明公 李 峰

郭庆杰

本期执行编辑: 朱琼芳 胡冉冉

英文编辑: 张 旻

编辑出版: 《煤化工》编辑部

地址: 山西综改示范区太原学府园区

晋阳街赛鼎路 1 号

邮编: 030032

E-mail: mhgqk@126.com

meihgqk@vip.126.com

编辑部主任: 张 琰 (0351) 2179577

投稿咨询: (0351) 2179582

广告合作: (0351) 2179578; 2179579

期刊订阅: (0351) 2179580

印刷: 太原日报传媒集团有限公司

国内定价: 210 元/年, 35 元/册

目 次

生产与技改

粗乙二醇精制回收装置系统技术改造分析

..... 朱云飞 薛 莉 谷云松 李 超 薛 晶 (1)

绕管型甲醇合成塔在 12 万 t/a 甲醇装置效能提升项目上的工程应用

..... 黎厚德 朱 江 崔志杰 冯再南 楼 韧 楼寿林 (5)

煤-天然气双原料制甲醇小比例 CO 变换工艺研究

..... 申有才 (9)

降低低温甲醇洗预洗流程石脑油中甲醇含量和提高石脑油品质的探索研究

..... 张永锋 郝鹏飞 翟 勇 (13)

基于增产增效目标的多喷嘴对置式水煤浆气化技术优化改进

..... 谈成明 刘 政 (17)

甲醇装车栈台 VOCs 治理装置尾气的深度治理探讨

..... 史彦辉 马小东 (22)

航天迈未全废锅粉煤气化炉运行中出现的问题及应对措施

..... 王鹏山 (26)

煤中杂物及超标大块对焦化工艺的影响与处理措施

..... 金景军 张志辉 张克福 刘金华 (30)

某煤化工项目煤储运系统改造优化设计

..... 戴晓恒 (34)

高灰分煤用于水煤浆气化炉存在的问题及应对措施

..... 刘晓兵 马力军 (39)

神宁炉煤粉输送系统不稳定性分析及优化

..... 谢江宁 赵元琪 李 蓉 张永明 (42)

壳牌气化炉长周期稳定运行技术研究

..... 李 坡 (45)

适用高浓度 CO 燃料气的高架火炬点火装置技术改造

..... 李 婷 (48)

信息化管控技术在焦化企业的应用实践

..... 任红星 (52)

实验研究

煤灰 / 钛铁矿二元颗粒流化特性研究

..... 姜鹤栋 郭欣桐 郭 拓 李彦坤 胡修德 郭庆杰 (57)

高炉喷吹用煤应用性能研究及评价测算

..... 杨朝军 侯金朋 肖祖斌 肖 凯 孟令慧 姜 雨 (65)

碱性介质中白音华褐煤电化学氧化的研究

..... 冯晴晴 何德民 范玉强 张秋民 关 璐 (71)

煤气化筛余物制高碘值活性炭对发酵尾气 VOCs 的吸附研究

..... 金学坤 邹海旭 孙永进 李俊华 (79)

引用格式:黎厚德,朱 江,崔志杰,等.绕管型甲醇合成塔在 12 万 t/a 甲醇装置效能提升项目上的工程应用[J].煤化工, 2024,52(6):5-8.

绕管型甲醇合成塔在 12 万 t/a 甲醇装置 效能提升项目上的工程应用

黎厚德¹,朱 江¹,崔志杰²,冯再南²,楼 韧²,楼寿林²

(1. 重庆市万利来化工股份有限公司,重庆 402660;

2.杭州林达化工技术工程有限公司,浙江 杭州 310012)

摘 要 为解决甲醇合成塔泄漏带来的相关问题,重庆万利来化工股份有限公司采用绕管型甲醇合成塔实施了效能提升项目。介绍了绕管型甲醇合成塔替换管壳式甲醇合成塔的工程应用情况,包括改造内容、开车运行情况、改造前后能耗及经济性对比,改造后生产运行数据表明:甲醇产量增加 10%左右,合成塔及回路压降明显下降,吨甲醇的天然气消耗、电耗都有所降低,可为相关的新建或改建甲醇合成装置提供参考。

关键词 绕管型甲醇合成塔;工程应用;效能提升;催化剂装填

文章编号:1005-9598(2024)-06-0005-04 中图分类号:TQ223.12¹;TQ053.5 文献标识码:B

1 项目背景

重庆市万利来化工股份有限公司(以下简称万利来公司)原有 1 套 12 万 t/a 天然气制甲醇装置,合成压力 5.5 MPa,甲醇合成塔为管壳式,设备内径 3 m,触媒装量 25 m³。管壳式甲醇合成塔在过去几年生产中多次出现换热管与管板之间焊缝拉裂,带来了工艺气漏入蒸汽系统的安全隐患,多次停产检修造成不小的经济损失。

为了彻底解决甲醇合成塔泄漏影响,万利来公司决定更换甲醇合成塔,通过分析比较国内外甲醇合成塔技术,最终选定杭州林达化工技术工程有限公司(以下简称林达公司)的绕管型甲醇合成塔专利技术,该技术在利用原甲醇合成塔基础前提下,能大幅提高触媒装量,为装置后续扩能创造有利条件。

2 甲醇合成流程

从转化系统来的新鲜气温度约 40 ℃,经压缩机

提压至约 5.5 MPa(G)后与来自循环机的循环气混合,混合后气体进气换热器,与甲醇合成塔出口来的 230 ℃反应气换热提温至约 210 ℃,然后进甲醇合成塔反应,反应热用于副产 2.5 MPa 蒸汽。出合成塔气体温度约 230 ℃,进入气换热器加热合成气,然后再依次经软水加热器、甲醇水冷器降温至<40 ℃后进入甲醇分离器。分离后的粗甲醇经闪蒸槽减压后送二甲醚工段,分离后的气体大部分经循环机提压后重新返回甲醇合成塔反应,小部分气体送变压吸附装置回收氢气。

3 甲醇合成效能提升项目改造内容

3.1 设备改造

此次改造成绕管型甲醇合成塔充分利用了原管壳式甲醇合成塔的基础,改造前后甲醇合成塔直径相同,设备基础尺寸相同,考虑到改造后产能的增加,汽包直径由原来 DN1 300 改为 DN1 400,同时更换了 1 台开工喷射器,改造前后设备对比见表 1。

收稿日期:2024-08-16

第一作者:黎厚德(1970—),男,汉族,重庆人,高级工程师,1991 年毕业于四川轻化工学院无机化工专业,现从事天然气、煤气、焦炉煤气制甲醇、合成氨及其下游产品的生产管理工作,E-mail:332076685@qq.com。

DOI:10.19889/j.cnki.10059598.2024.06.002

表 1 改造前后设备对比

设备名称	改造前	改造后
甲醇合成塔	内径 3 m; 换热管规格: $\Phi 44 \text{ mm} \times 2 \text{ mm}$, 长度 7500 mm;	内径 3 m; 绕管规格: $\Phi 19 \text{ mm} \times 1.5 \text{ mm}$;
	催化剂装量 25 m^3 ;	催化剂装量 40 m^3 ;
	壳程: 锅炉水、蒸汽, 管程: 合成气	壳程: 合成气, 管程: 锅炉水、蒸汽
汽包	DN1300, 容积: 4.6 m^3 ; 介质: 水, 饱和蒸汽	DN1400, 容积: 5.7 m^3 ; 介质: 水, 饱和蒸汽
蒸汽喷射器	蒸汽流量 $> 8000 \text{ kg/h}$	蒸汽流量 $> 8000 \text{ kg/h}$

3.2 管道改造

3.2.1 工艺气管道

由于新旧合成塔结构有差异, 合成塔气体进口由原来合成塔上封头侧向进料改为顶部进料, 新合成塔总高提升后, 入塔气管道标高提升了 2.761 m, 合成塔气体出口管道由原底部出料改为下封头侧向出料, 考虑到现场位置空间局限, 反应气管道转向 90° , 气体出口连接气气换热器的管道相应改动。

3.2.2 锅炉水管道

原合成塔汽包与合成塔之间连接的锅炉水管道全部报废, 新合成塔与汽包之间连接管道由林达公司提供, 包括 1 根 DN300 下降管、4 根 DN200 上升管。开工喷射器进出口的锅炉水管道相应改动。

3.3 仪表改造

原合成塔内部无测温点, 新合成塔在催化剂床层每间隔 1.2 m 深度处同平面设置 2 个测温点, 6 层平面共 12 个测温点。

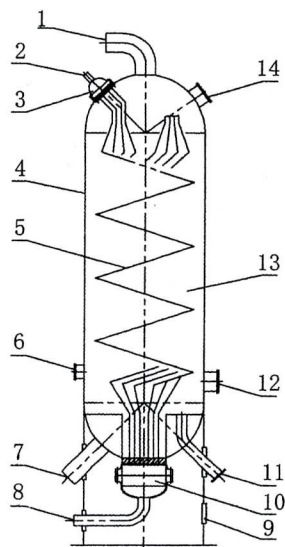
3.4 催化剂更换

此次催化剂选用西南化工研究设计院有限公司 XNC-98-5 型合成催化剂。由万利来公司自行组织操作人员装填, 因合成塔设计合理, 大大方便了装填工作, 节约了装填人力和时间, 仅用了两天时间就将 40 m^3 催化剂及耐火球装填完成^[1]。

4 绕管型甲醇合成塔结构及特点

4.1 结构说明

绕管型甲醇合成塔结构示意图如图 1 所示, 由高压外壳、绕管内件两部分组成。外壳筒体、封头为单层铬钼钢; 绕管内件主要由换热管、支承隔板和芯部金属管组成。芯部金属管主要用于换热管的绕制, 支承隔板用于控制相邻换热管的间距, 换热管材质为 S30403。



1—气体进口 2—蒸汽出口 3—出水管箱 4—壳体
5—绕管内件 6—装料孔 7—气体出口 8—进水口
9—检查孔 10—进水管箱 11—卸料孔
12—人孔 I 13—催化剂床 14—人孔 II

图 1 绕管型甲醇合成塔结构示意图

催化剂装在外壳与绕管之间空隙, 管外介质为合成气, 管内介质为沸腾水。催化剂从上封头人孔装入, 下封头设有催化剂自卸口。在装填催化剂前, 先从装料孔向合成塔反应器底部装入部分 $\Phi 10 \text{ mm} \sim 15 \text{ mm}$ 耐火瓷球。

4.2 塔内流程

合成气由上部进入反应器内, 自上而下在催化剂床层进行甲醇合成反应, 反应后气体由下部出反应器。锅炉饱和水由下部进入反应器, 在管内呈螺旋上升吸收管外反应热并部分汽化形成汽水混合物, 然后由上部出反应器, 在汽包中分离出压力为 $2.0 \text{ MPa(G)} \sim 3.5 \text{ MPa(G)}$ 的中压蒸汽。

4.3 技术特点

(1) 螺旋换热管同时具备逆流与错流两种型式传热, 传热系数大, 热点温度 $< 235^\circ \text{C}$, 传热效果好。

(2) 能清楚了解催化剂床层温度分布情况并做到在生产过程中及时调整, 床层径向温差 $< 3^\circ \text{C}$, 温度分布均匀, 有利于延长催化剂寿命, 降低副产物生成。

(3) 改造后触媒层压降 $< 30 \text{ kPa}$, 比原管壳式甲醇合成塔压降减小约 100 kPa , 循环机功耗明显降低。

(4) 催化剂装填率高, 绕管反应器与列管式反应器相比, 同等直径和高度条件下催化剂装量增加了 15 m^3 , 增加一定的催化剂冗余量可使更换周期延长: 原先列管式反应器催化剂平均 1.5 a 更换一次, 现 40 m^3 催化剂按 4 a 更换一次, 催化剂更换周期比原来延

长了 2.5 a。

(5)换热管螺旋绕制后形状类似弹簧,很好地消除了热应力,结构可靠性高。

(6)检修方便:换热管与壳体上的管板连接,换热管如出现泄漏,可通过合成塔内充氮气用微正压的方式检漏,并由检修人员在设备外通过堵管或补焊方法修复,保证催化剂继续使用^[2]。

5 现场安装及运行情况

5.1 现场安装

此次效能提升项目现场安装工作主要是新旧设备更换和管道连接,由于工艺气进出口管道、锅炉水进出反应器的管道有变动,现场管道的安装及防腐保温任务较重。为了缩短工期尽快投产,万利来公司在新反应器到达装置现场之前提前完成了部分管道及反应器操作平台的预制工作,制定了详细的安装计划,2024 年 1 月 14 日新反应器一到现场随即进行了

安装,整个现场组织严密有序,从反应器进场到甲醇催化剂装填完毕仅耗时 12 d,整个项目从甲醇合成塔订货至催化剂升温还原仅用时 5 个月,充分体现了项目团队高效的管理水平。

5.2 运行情况

2024 年 1 月 27 日 17:00 开始催化剂升温,1 月 28 日 10:30 开始配氢还原,1 月 30 日 16:00 还原结束。总耗时 71 h,累计物理出水 1 892.5 kg,化学出水 6 987.3 kg,催化剂整体升温还原平稳。2024 年 1 月 31 日 10:00 开始导气,随后转入试生产。自投产以来生产稳定,汽包蒸汽压力控制在 2.0 MPa(G)~2.2 MPa(G)。为体现出改造前后运行数据对比的准确性,选择催化剂更换完成、升温还原结束投入满负荷生产 1 个月时间内数据作为对照,以消除催化剂活性对其运行参数的影响。改造前后的甲醇合成塔生产数据对比见表 2,表中 2022 年 3 月 4 日—3 月 9 日为改造前管壳式甲醇塔生产数据,2024 年 3 月 5 日—3 月 9 日为改造后绕管型甲醇塔生产数据。

表 2 改造前后甲醇合成塔生产数据

时间	压力 /MPa			温度 /℃		气体体积分数 /%						甲醇	吨甲醇消耗	
	循环机进 出口压差	汽包 蒸汽	甲醇塔 压差	甲醇塔 进口	甲醇塔 出口	新鲜气			循环气			产量 /(t·d ⁻¹)	天然气 耗 /m ³	电耗 /(kW·h)
						CO	CO ₂	H ₂	CO	CO ₂	H ₂			
2022-03-04	0.422	2.2	0.117	206.6	222.03	17.42	12.02	69.67	1.55	3.14	80.84	378.5	818	487
2022-03-05	0.421	2.2	0.117	206.8	222.22	16.76	11.69	70.54	1.46	2.84	81.60	377.5	818	487
2022-03-06	0.413	2.2	0.114	207.1	222.22	16.73	11.86	70.60	1.63	3.28	80.34	376.7	816	486
2022-03-07	0.421	2.2	0.119	206.7	222.32	17.28	12.13	69.70	1.30	3.17	81.32	382.7	814	482
2022-03-08	0.421	2.2	0.116	207.4	222.03	17.38	11.83	69.78	1.66	3.27	80.77	381.1	818	481
2022-03-09	0.431	2.2	0.120	207.7	222.52	17.31	12.04	69.73	1.71	3.35	80.24	380.3	805	495
平均值	0.422	2.2	0.117	207.1	222.22	17.15	11.93	70.00	1.55	3.18	80.85	379.5	814.8	486.3
2024-03-05	0.255	2.2	0.026	200.4	219.88	19.44	10.08	69.60	1.16	1.77	83.21	411.7	789	407
2024-03-06	0.262	2.2	0.025	200.5	219.78	19.72	9.93	69.39	1.07	1.83	82.39	414.8	795	403
2024-03-07	0.255	2.3	0.025	202.4	221.83	19.66	10.14	69.32	0.97	1.64	82.58	417.7	793	401
2024-03-08	0.252	2.3	0.025	202.4	221.83	19.14	10.52	69.45	1.16	1.78	83.09	415.2	795	402
2024-03-09	0.253	2.3	0.026	202.2	221.73	19.17	10.38	69.57	1.09	2.12	82.45	417.9	795	399
平均值	0.255	2.26	0.025	201.6	221.01	19.43	10.21	69.47	1.09	1.83	82.74	415.5	793.4	402.4

由表 2 可见,2024 年 3 月 5 日至 9 日平均日产甲醇 415.5 t,较改造前管壳式甲醇合成塔增产 36 t/d,年增产 1.2 万 t 甲醇。绕管型甲醇合成塔压差仅 25 kPa,在增产约 10%的工况下较改造前管壳式甲醇合成塔压差低 92 kPa,吨甲醇电耗降低 84 kW·h,吨甲醇天然气消耗减少 21 m³。电价按 0.7 元/(kW·h)计算,天然气价格按 2.2 元/m³计算,天然气和电耗两项每年节约生产成本:13×10⁴ t×[84 kW·h×0.7 元/(kW·h)+21 m³×2.2 元/m³]=1 365 万元,仅用半年多时间即可

收回设备改造费用,若计及年产甲醇增加 1.2 万 t,改造后的经济效益将进一步提升,真正实现了甲醇合成效能提升,达到降本增效目的。此项改造符合国家设备更新、效能提升的重要方向。

6 结 语

绕管型甲醇合成塔在设备本质安全、移热能力、甲醇合成塔阻力、设备检修、造价等方面有着明显优

势,万利来公司效能提升项目改造后,甲醇产量增加10%左右,合成塔及回路压降明显下降,吨甲醇的天然气消耗、电耗都有所降低,取得非常明显的经济效益。绕管型甲醇合成塔创新了甲醇合成反应器结构,在有关甲醇新建、改造项目中具有一定的推广价值。

参考文献:

- [1] 何 鹏,姚 强. 甲醇合成催化剂标准化装填和还原对增产增效的实践研究[J]. 煤化工,2023,51(3):56-60.
[2] 王雨瑶,廖友军,曾 伟. 绕管水冷甲醇合成反应器技术的应用[J]. 煤化工,2022,50(5):45-47.

Engineering application of coil-tube methanol synthesis tower in 120 kt/a methanol plant efficiency improvement project

Li Houde¹, Zhu Jiang¹, Cui Zhijie², Feng Zainan², Lou Ren², Lou Shoulin²

(1.Chongqing Wanlilai Chemical Co., Ltd., Chongqing 402660, China;

2.Hangzhou Linda Chemical Technology Engineering Co., Ltd., Hangzhou Zhejiang 310012, China)

Abstract In order to solve the related problems caused by the leakage of the methanol synthesis tower, Chongqing Wanlilai Chemical Co., Ltd. had implemented an efficiency improvement project by adopting the coil-tube methanol synthesis tower. The engineering application situation of replacing the shell-and-tube methanol synthesis tower with the coil-tube methanol synthesis tower was introduced, including its renovation contents, operation performance, as well as the comparison of the energy consumption and economy before and after the renovation, which showed that the methanol output had increased by about 10%, the pressure drop of the synthesis tower and the loop had decreased significantly, and the natural gas consumption and electricity consumption per ton of methanol had both been reduced. It could provide a reference for the relevant newly-built or reconstructed methanol synthesis plants.

Key words coil-tube methanol synthesis tower; engineering application; efficiency improvement; catalyst loading



欢迎订阅《煤化工》期刊!

订刊联系:0351-2179580 投稿联系:0351-2179582

网址: <http://mhgz.cbpt.cnki.net>

E-mail: mhggk@126.com; meihgk@vip.126.com