

# Discussion on the Structure Improvement and Production Operation of CO Gasifier

Weidong Zhu Bo Wu Xuegang Zou

Suqian Xinya Technology Co., Ltd., Suqian, Jiangsu, 223800, China

## Abstract

Carbonyl synthesis plays an important role in modern chemical industry. Through this method, numerous chemicals can be produced. The CO gas required for carbonyl synthesis can be produced from raw materials such as coal and natural gas, and can also be recovered from CO containing waste gas. For those with abundant carbon dioxide resources, using calcined petroleum coke to produce CO gas is the optimal choice. Under the atmosphere of oxygen and carbon dioxide, it undergoes an oxidation-reduction reaction with hot calcined petroleum coke to produce high-purity (purity greater than 97%) CO gas. It can be used as a raw material for the synthesis of methyl formate by carbonylation method, and is also suitable for industrial production requirements of products such as acetic acid, acetic anhydride, oxalic acid, etc. The paper focuses on the theoretical basis and experimental process of the structural improvement of the CO generator, as well as the exploration and conclusion summary of typical problems generated in the production process, providing theoretical basis and experience for the economic and safety of industrial production of CO gas.

## Keywords

CO generation furnace; structural improvement; production process

## CO 气化炉的结构改进与生产运行探讨

朱维东 吴波 邹雪刚

宿迁新亚科技有限公司, 中国 · 江苏 宿迁 223800

## 摘要

羰基合成在现代化工中占有重要地位, 通过此法可以生产众多的化学品, 羰基合成所需的CO气体可以用煤、天然气等原料生产, 也可以从含CO的废气中回收, 对于有着丰富二氧化碳资源, 利用煅后石油焦生产CO气体则是最优的选择。在氧气和二氧化碳气氛下, 与炽热的煅后石油焦发生氧化还原反应, 生产高纯度(纯度大于97%)CO气体, 其可以作为羰基法合成甲酸甲酯生产所需原料, 也适用于醋酸, 醋酐, 草酸等产品的工业生产要求。论文重点介绍了CO发生炉的结构改进的理论基础和实验过程, 以及应用于生产过程中产生的典型问题探讨和结论总结, 为工业生产CO气体的经济性和安全性提供理论依据和经验。

## 关键词

CO发生炉; 结构改进; 生产过程

## 1 引言

随着全球环境气候日益变暖, 世界各国正在积极探索降低碳排放的技术手段, 石油焦是一种富含碳的固体, 是石油产品生产过程中所产生的副产物, 占原油加工量的3%左右, 以前通常作为危险废弃物处理, 若将其煅烧除去杂质, 用于工业生产高纯度一氧化碳气体, 实现清洁利用, 必将带来良好的经济效益。

纯氧气化技术运用到石油焦制气领域, 不仅能提高石油焦的燃烧效率, 而且能再制取高浓度的一氧化碳气体。论文以氧气, 二氧化碳气氛下煅后石油焦燃烧反应发生炉的结

构改进以及运行情况展开讨论。

## 2 CO 发生炉结构改进

CO 发生炉参数见表 1。

表 1 CO 发生炉参数

参数	数值	单位
炉体内径	2600	mm
水夹套面积	38.8	m <sup>2</sup>
产气量	1200	Nm <sup>3</sup> /h
石油焦消耗量	0.35	t/h
CO 出口温度	650	℃

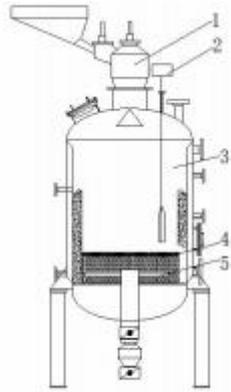
### 2.1 取消发生炉底排灰装置, 利用生成的 CO 气体将灰分夹带至洗气装置

传统 CO 发生炉均采用灰仓、灰盘、底盘壳体、灰盘与底盘壳体采用滚子轴承旋转卸灰, 该排灰装置容易导致气

【作者简介】朱维东(1987-), 男, 中国江苏宿迁人, 本科, 工程师, 从事化工设备工艺研究。

体泄漏，导致周围大气中 CO 含量超标，时常导致人员轻微中毒。

改进后，发生炉炉底结构见图 1CO 气化炉简图，炉底采用管式分布器，管式分布器上部均匀铺设有高度为 800~1000mm 的耐火球，气化剂通过分布器底部的小孔向耐火球层送气，经过耐火球层的气化剂均匀地与炉内炽热的石油焦发生氧化还原反应，生成 CO 气体。



1.自动加焦器 2.炭层检测器 3.发生炉炉体 4.耐火球 5.气体分布器

图 1 CO 气化炉示意图

根据煅后石油焦的化学成分见表 2，由于其灰分很低，可以利用灰分在 CO 发生炉中的气体动力学原理<sup>[1]</sup>，改进气体分布器，让气化剂均匀分布，并提高气化剂流速，控制反应速度的方式，让产生的 CO 气体，在一定流速下，可以将炉内灰分全部带出。

表 2 煅后石油焦化学成分分析表

项目	固定碳	灰分	挥发分	总硫	水分
数值	≥ 99%	≤ 0.2%	≤ 0.2%	≤ 0.2%	≤ 0.2%

本次研究，假设气化剂在炉内是恒压、恒温条件下参与气化反应的（压力 8KPa，炉底温度 300℃，炭层温度 1100℃），炉出口气体的恒量洗涤水为 50m<sup>3</sup>/h，根据每次生产负荷调整 2 小时后，取洗涤水样进行浊度分析研究。

气化剂分布器出口气体流速，通过计算公式<sup>[2]</sup> $u = \frac{V}{S} \times \frac{T+273}{273}$ 。其中，u 为气化剂流速，单位是 m/s；T 为气化剂分布器内气流温度，单位是℃；V 是生产装置涡街流量计的总流量，单位是 Nm<sup>3</sup>/h；S 为分布器上排气孔的总面积，本装置的总面积为 0.024m<sup>2</sup>。

本装置的洗涤水主要来自工序中的冷却清洗和静电除尘 2 部分，本次试验，需要取水样四份，分别是冷却清洗的洗涤水进口与出口水样，静电除尘的洗涤水进口与出口水样，利用浊度计得出各个水样的浊度，计算出差值，再进行数据叠加得出洗涤水浊度总差值，见表 3。

图 2 是本次研究过程中，CO 发生炉中气化剂在不同流速洗涤水浊度变化曲线。

表 3 气化剂流速与洗涤水浊度变化表

气化剂流量 Nm <sup>3</sup> /h	气化剂流速 m/s	洗涤水浊度变化 Δtb mg/m <sup>3</sup>
360	8.75	196.5
400	9.72	199.3
430	10.45	211.7
460	11.17	226.2
480	11.66	226.9
500	12.15	227.3
550	13.36	227.6
600	14.58	228.1

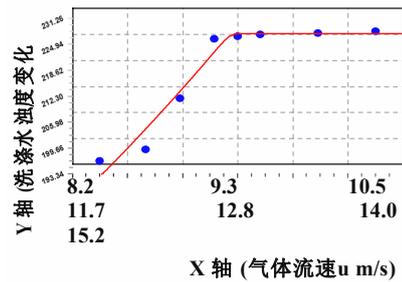


图 2 气化剂在不同流速洗涤水浊度变化曲线

从图 2 可以看出气化剂的流速增加与洗涤水浊度的变化，随着气体流速的增加洗涤水的浊度差亦增加，从气体流速 8.8m/s 至 11.7m/s 区间，可以看出洗涤水的浊度差逐步增加成单调递增的趋势，流速大于 11.7m/s 之后，洗涤水的浊度差逐步趋于平稳，说明此时炉内产生的灰分颗粒物已经大部分被带出，经过核算炉内所产生的灰分被气体夹带去除率为 97.8%，效果良好。

## 2.2 取消炉箅子改用管式分布器

炉箅子作为气化炉的核心部件，是向燃料分布气化剂的零件，其布气效果直接影响气化炉内部化学反应速率和产品的收率。本次改造重点考虑气体分布，以及石油焦从顶部落下形成堆积的形状（顶部成弧形凸起，俗称“馒头顶”），所以将气体通道方向改为向炉底侧，分布器的中心管采用直径 300mm，径向直管即支管孔径为 50mm，采取 8mm，10mm，13mm 从中心向炉壁圆周布置，共计布置直管 12 根，考虑到径向支管最外侧的间距较大，在直管临近最外侧设计环形管，如图 3 所示。

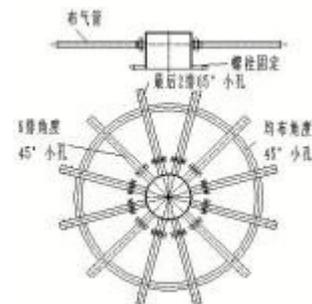


图 3 分布器结构

### 3 生产过程中产生的问题探讨

#### 3.1 CO 发生炉出口温度与出口 CO 中 CO<sub>2</sub> 含量的关系

传统气化炉操作，炉膛温度<sup>[1]</sup>作为气化炉操作运行中的主要指标，通过分析炉膛温度的变化可得知炉内反应是否完全，也可以通过炉膛温度间接得出炉出口气体产品质量，但由于在氧气，二氧化碳气氛下，纯氧参与气化反应，温度较高，普通材料不能满足高温要求，（本单位采用的热电偶外层包有由 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 和 Mo-ZrO<sub>2</sub> 做成的两层保护套管）经常发生烧毁，温度显示失真等情况，以至于无法通过炉膛温度变化调整生产负荷、气化剂比例和加焦量，只有炉出口温度可以参考，经过长期摸索与总结，通过对某一台炉的长期数据记录，得出表四炉出口温度与炉出口气中 CO<sub>2</sub> 含量表，并对其数据进行分析和处理，如表 4、图 4 所示。

表 4 炉出口温度与炉出口气中 CO<sub>2</sub> 含量表

炉出口温度/℃	炉出口气中 CO <sub>2</sub> 含量 %
450	5.36
475	6.76
496	7.41
521	7.49
545	7.68
583	8.43
620	8.96
645	9.89
566	7.63
531	7.24

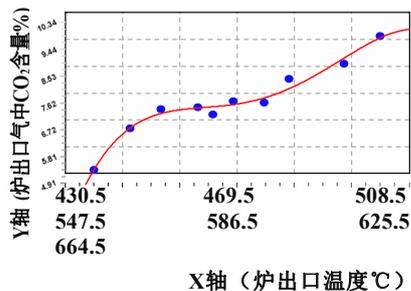


图 4 炉出口温度与炉出口气中 CO<sub>2</sub> 含量变化曲线

从图 4 可以看出炉出口温度与炉出口气中的 CO<sub>2</sub> 含量变化，从炉出口的 450℃至 645℃之间，随着炉温的不断升高炉出口气中的 CO<sub>2</sub> 含量也不断升高，在此区间的炉出口气中 CO<sub>2</sub> 含量随着炉温升高呈单调递增趋势，说明炉出口气中的 CO<sub>2</sub> 含量与炉出口温度之间存在正比例关系，因此可以通过观察炉出口温度变化，实现对炉内工况的调整。

在 645℃至 531℃区间，由于人为调整，将 CO<sub>2</sub>/O<sub>2</sub> 的比例降低即采取增大氧比例的操作，炉出口温度呈下降趋势，同时炉出口气中 CO<sub>2</sub> 含量也在下降，说明炉内反应条件得到改善，同样把气化剂中氧气的压力提高、降低气化剂中 CO<sub>2</sub> 压力，都能取得同样效果，这也是该发生炉操作的主要调节手段。

#### 3.2 CO 发生炉特殊情况处理

##### 3.2.1 偏炉

由于 CO 气化炉不设置卸灰装置，因此在正常运行过程中，还有约 3% 的灰分被留在炉内，运行周期越长，堆积越厚，因此在气化炉的运行后期，最容易出现炉内烧偏现象，表现为煤气炉出口温度长期处于 620℃至 650℃之间，炉出口气中 CO<sub>2</sub> 含量处于 9% 至 12% 之间，此时应采取提氧比例，提升炭层温度<sup>[4]</sup>，把炉底的灰分层融化，在通过加大气量，重新开辟气化剂通道，根据试验气化剂 CO<sub>2</sub>/O<sub>2</sub> 比例调整差值为 0.04，最低值比例为 0.9，此时应密切关注炉出口温度和炉出口气中 CO<sub>2</sub> 含量的变化，若有下降趋势，说明炉底灰分层的新通道已经形成，此时等待炉出口温度和炉出口气中 CO<sub>2</sub> 含量其中一个值降到与刚开炉时的指标即可。

##### 3.2.2 氧化层与还原层

氧化层与还原层过低主要表现为炉出口气中 CO<sub>2</sub> 含量不稳定，从气化炉内反应可知，气化剂成分为 CO<sub>2</sub> 和 O<sub>2</sub>，都能在高温下与断后石油焦发生氧化还原反应，同时氧气与高温下的煅后石油焦发生的放热反应，有利于 CO<sub>2</sub> 与煅后石油焦之间主反应条件的形成，因此根据炉出口气中 CO<sub>2</sub> 含量控制炉内氧化层与还原层高度至关重要，若氧化层与还原层偏低，则需要增大煅后石油焦加入量，并同时减小气化剂比例；若氧化层与还原层偏高，则需要减少煅后石油焦加入量，并同时减小气化剂比例。

### 4 结语

①论文工气化炉的结构改造，通过生产运行数据进行了分析得出煅后石油焦的灰分，在气化剂流速大于 11.7m/s，可以被产生的 CO 气体夹带至后续的净化装置，这样可以为 CO 发生炉的后期设计提供一些思路，减少气化炉装置上的泄漏点，减少装置泄漏概率，实现本质安全。②通过对 CO 发生炉出口温度与出口 CO 中 CO<sub>2</sub> 含量的关系的研究，得出炉出口温度与出口气中 CO<sub>2</sub> 含量的单调递增趋势，操作时简化了从监控炉膛内的各层温度到只监控炉出口温度的变化，提供另一种操作思路，简化操作工人对气化炉的操控，同时也有利于指导操作工人，突发状况下采取安全有效的应对措施。③以上措施的实施进一步优化了本单位的气化炉运行，再加上本单位的气化炉周报制度和日常监测，能够更全面、及时了解气化炉的运行情况，提高了对制约因素的整改成效，保证了气化炉持续稳定高效运行，并为气化炉检修改造提供了指导，节约了检修资金，消除了不安全因素，为进一步开展节能降耗工作提供了重要保障。

#### 参考文献

- [1] 刘镜远,车维新.合成气工艺技术与设计手册[M].北京:化学工业出版社,2002.
- [2] 管国锋,赵汝博.化工原理[M].南京:化学工业出版社,2009.
- [3] 贺永德.现代煤化工技术手册[M].北京:化学工业出版社,2003.
- [4] 金刚,张涛.德士古气化炉的提温操作[J].化肥工业,2002(1).