

大型煤制油项目排放的 CO₂ 对空分装置安全性影响分析

毛建武

国家能源集团宁夏煤业煤制油分公司, 宁夏 银川 750000

[摘要] 二氧化碳本身属于温室气体, 二氧化碳的形成原因较为复杂。目前大型煤制油项目的建设投产规模正在逐步扩大, 从而在客观上增加了大型煤制油项目运行阶段的排放温室气体浓度, 空分装置的安全可靠性能也会受到比较突出的影响。本篇文章通过分析大型煤制油项目排放 CO₂ 的规律及其对于空分装置运行产生的影响, 为煤制油项目的可持续发展提供有益的借鉴。

[关键词] 大型煤制油项目; 排放 CO₂; 空分装置; 安全性影响

DOI: 10.33142/aem.v7i8.17767

中图分类号: TQ116.1

文献标识码: A

Analysis of the Impact of CO₂ Emissions from Large-scale Coal to Oil Projects on the Safety of Air Separation Units

MAO Jianwu

Coal to Oil Branch of CHN Energy Ningxia Coal Industry Co., Ltd., Yinchuan, Ningxia, 750000, China

Abstract: Carbon dioxide itself belongs to greenhouse gases, and the reasons for its formation are relatively complex. At present, the construction and production scale of large-scale coal to oil projects is gradually expanding, which objectively increases the concentration of greenhouse gas emissions during the operation phase of large-scale coal to oil projects, and the safety and reliability performance of air separation units will also be significantly affected. This article provides useful references for the sustainable development of coal to oil projects by analyzing the patterns of CO₂ emissions from large-scale coal to oil projects and their impact on the operation of air separation units.

Keywords: large-scale coal to oil projects; emissions of CO₂; air separation unit; safety impact

引言

CO₂ 在大气中约达到 0.03% 的气体体积分数, 二氧化碳气体在外界温度降低至一定程度的情况下, 其就会发生冻结而转化为干冰。大型煤制油项目在运行阶段通常会排放较多的二氧化碳, 易导致空分装置内部的换热通道受到干冰堵塞, 在增加流体阻力的同时还会加速设备磨损。因此如何采取有效措施来预防二氧化碳排放对于大型煤制油项目空分装置造成的不利影响, 应当视为煤制油项目技术创新面临的关键问题。

1 二氧化碳物性及参数

二氧化碳是一种在常温下无色无味无臭的气体, 化学式为 CO₂, 式量为 44.01。二氧化碳在常温常压下为无色无味的气体, 固态的二氧化碳也称为“干冰”。二氧化碳气体的密度相比于空气略大, 具有不可燃的性质; 在纯水中具有较高的溶解度, 溶解产物为碳酸。

2 二氧化碳对于空分装置的危害及产生的严重后果

2.1 仿真建模软件

为分析二氧化碳给空分装置带来的危害影响, 本次研究拟采用仿真建模的软件工具作为辅助。“PHAST 软件”主要用于评估有害气体或者污染性气体在大气层中的浓度指标, 该款建模软件的设计人员采用定量分析的理念, 通过采集第一手的数据资料并将其输入建模软件, 从而能够得出煤制油

项目在排放二氧化碳总量与浓度两个方面的数值变化规律, 为煤化工企业的空分装置改造提供有力的支撑。“PHAST 软件”最早应用于火灾、有害气体扩散、毒性气体检测等社会实践领域, 由国外研究人员经过试验研制得出。该款定量分析专用的建模软件既能够准确计算有害气体扩散或者泄漏的浓度分布特点, 而且还能够为相关决策人员展示直观、立体与动态的“气体云团扩散趋势图”。与传统的数据采集、定量分析与评估做法相比, 依靠人工智能建模软件得出的空分装置与二氧化碳排放浓度关系模型更加符合实际情况, 可以在最大程度上消除数据采集、分析与传输方面的缺陷^[1]。

2.2 后果严重性评价

将“PHAST 软件”应用于化工企业空分装置的运行可靠性评估, 最重要的前提基础就是合理设计系统参数。具体针对大型煤制油的项目运行过程而言, 煤化工企业人员通常应当选择气体泄漏、气体扩散的两项基本参数, 然后经过模拟得出二氧化碳气体在某一空间范围内的扩散趋势。该软件还能够结合定量与定性分析的两种常用技术手段, 突破单一维度的空分装置运行分析形式。在计算机建模软件的辅助下, 相关领域的决策人员就可以全面捕捉化工装置在布置间隔方面的现存问题, 为化工企业合理改进、调整现有的工艺方案提供了可靠的保障。

2.3 数据结果分析

本次建模分析的主要结论即为“不利于二氧化碳气体扩

散的外界气候环境,将会导致空分装置受到尾气排放的覆盖范围变大,大气稳定度与风速、风向都会显著影响空分装置的稳定运行。”在某大型煤制油的项目分析实践中,煤化工企业人员在人工智能的建模软件系统平台中输入如下的参数指标:CO₂气体的排放管径达到677mm,最大的气体流量为870.22kg/h,气体排放的平均温度为65℃,排放高度与排放压力分别为69m、0.018MPa。除了需要明确以上的指标参数之外,煤化工企业人员还应进一步掌握软件规定的“气体扩散时间”,即为“假定在半个小时之后,二氧化碳的扩散浓度基本趋向于稳定。”但是在一些情况下,煤化工设备受到二氧化碳气体浓度的影响程度存在不稳定的波动变化趋势,从而导致一部分的空分装置在监测1h甚至更长时间之后,二氧化碳气体的扩散浓度指标仍处于频繁变化的状态中^[2]。煤化工企业人员在人工智能的建模软件支持下,通过归纳得出气候条件、气体输送管径、气体流量、温度与压力等指标对于空分装置二氧化碳浓度形成的显著影响。

3 空分装置在大型煤制油项目中排放CO₂对空分装置安全影响的因素

3.1 影响因素

大型煤制油项目的二氧化碳排放浓度能否获得有效的控制,关键取决于煤制油项目的配套设备性能。一般情况下,空分装置所在区域的附近如果设有比较密集的尾气处理装置、加工与合成设备等,那么在空分装置的运行阶段就会受到尾气排放的不利影响^[3]。

3.1.1 二氧化碳排放总量

在某大型煤制油项目的方案设计阶段,相关部门着力寻求最优的整改方案,在改进装置性能的基础上降低了超出30%的二氧化碳排放量。但是从整体角度进行分析,该煤制油大型化工项目的年均二氧化碳排放总量目前仍然高达2700多万t,由此体现了大型煤制油项目在二氧化碳等尾气排放过程中导致的设备运行不利影响^[4]。经过分析得出,二氧化碳的排放总量变化将会显著影响到大型煤制油项目的装置稳定运行。

3.1.2 气体浓度变化

技术人员还需要充分重视“气体浓度的变化曲线”,即为不同时段的二氧化碳排放浓度指标改变及其内在规律性。目前现有的调查统计结论显示,常温分子筛吸附器的设备出口如果连接了物联网传感器,则可以自动捕捉二氧化碳的体积分数指标变化;而只有全面清除了空气中氧化亚氮、水分等影响因素,那么空分装置才能够在二氧化碳气体浓度适中的状态下维持正常的使用。反之,如果空分装置入口以及出口部位存在过高的二氧化碳气体浓度,那么分子筛的吸附使用年限将会明显缩短。技术人员还通过建立尾气排放短管的泄漏模型,进一步归纳出不同二氧化碳气体排放角度影响下的建模结果差异性。

3.1.3 自然环境因素

煤制油系统平均排放的二氧化碳气体浓度除了受到

设备本身性能的影响之外,其还有可能受到自然环境因素导致的显著影响。具体而言,空分装置所在区域的风速、风向、温湿度等指标都会对其形成不可忽视的作用。对于大型化工园区而言,建筑物的分布密度、建筑选址、自然风力与风向等指标都关系到煤制油系统的二氧化碳气体排放浓度。在此前提下,项目负责人员需要深入展开实地研究与考察,充分利用物联网传感器作为人工智能的监测设备,以期能够准确分辨二氧化碳浓度与空分装置稳定性之间的逻辑联系,据此采取行之有效的装置设计优化方案。

3.1.4 人为监测频率

目前一些大型煤制油项目的设计部门以及管理部门缺少对于二氧化碳浓度的科学监测,导致相关负责人员无法做到精准掌握二氧化碳在不同时间段的排放指标变化规律。一些项目管理部门以及设计人员虽然针对空分装置采取了实时监测的做法,但是技术人员并未着重对其实施动态化的尾气排放浓度指标控制,以上因素都会导致空分装置受到二氧化碳浓度过高的负面影响。通过实施以上分析,可见大型煤制油项目在实施阶段的二氧化碳排放量以及气体浓度变化均需要纳入重点的项目监控指标,旨在突出以人为本的煤制油项目设计宗旨,使得煤化工企业能够切实履行减排节能的社会责任^[5]。

3.2 工程实例

某大型煤制油项目主要划分为核心生产设备以及辅助设备,该煤制油项目的运行规模较大,其中的空分装置能够为硫回收系统、煤气化系统、公用工程等各组成部分提供必需的氮气或氧气,空分装置的运行可靠性将会显著影响到整个项目的有序实施。该装置位于煤化工区的覆盖范围,在其附近设有较多的低温甲醇洗、加工油品、尾气处理以及动力站设备,客观上影响到了空分装置的稳定与安全运行^[6]。位于煤化工园区附近的配套设备在运行阶段还有可能排放(或泄漏)大量的碳氢化合物,以上因素也会造成排放气体的浓度指标较高。

如下表,为二氧化碳排放源的种类及其排放浓度对比:

表1 二氧化碳排放源的种类及其排放浓度对比

排放源编号	设备名称	二氧化碳体积分数(%)	尾气排放量
1	尾气处理设备	96.77	较大
2	动力站	75.18	较大
3	油品加工设备	45.33	一般
4	油品合成设备	61.26	一般

风向因素通常都会直接影响空分装置进气口处的气源CO₂浓度,空分装置的进气口位于CO₂排放源的上风口或者下风口,就会导致其影响结果具有显著的程度差异。从分析风向影响的角度来讲,依据进气口部位的CO₂浓度高低进行排序,可以得出“西南风>南西南风>西西南风>南风>南东南风>东南风”的气体排放浓度对比结果。除了风向给空分装置造成显著的影响之外,技术人员所选择的监测时段、当时的光线强度、环境温度与湿度、粉尘

以及杂质浓度等因素也会造成一定程度上的设备运行影响。例如在东南风作为主要风向时,经科学监测得到的“CO₂浓度高值区”位于空分装置西侧的油品加工、尾气处理装置区等部位,空分装置进气口的气源基本不受CO₂排放的影响。但是当风速较低时,CO₂扩散速度相对较慢,同时气体的扩散范围将会有所扩大,因此导致空分装置的进气口受到合成气净化装置CO₂排放的影响。此外,油气加工和尾气处理装置排放的CO₂基本不影响空分装置进气口的气源。此外在南风的风速较大时,合成气净化装置对于空分装置朝西北侧的进气口CO₂浓度影响较大,但是对于空分装置其余进气口的影响较小。对于空分装置影响较大的分别为两侧的油品加工、合成装置和尾气处理装置,而影响最显著的是尾气处理装置的再生气分离器。

基于以上的影响因素考虑,项目建设指挥部门联合当地的科研院所以及高等院校机构,集中针对项目所在园区范围内的二氧化碳排放浓度展开了集中调查。依据相关部门收集到的调查结论数据,能够显示出二氧化碳气体的排放浓度易受到当地风速、风向等外部因素影响,同时也会受到动力站与尾气处理设备的性能影响。该项目的相关负责部门通过建构“CO₂水平排放与扩散的侧视曲线”模型,能够准确评估得出二氧化碳气体在水平扩散过程中受到的外部因素影响,从而进一步归纳得到降低二氧化碳排放浓度的可行性方案。

如下图,为二氧化碳水平排放与扩散的侧视曲线图:

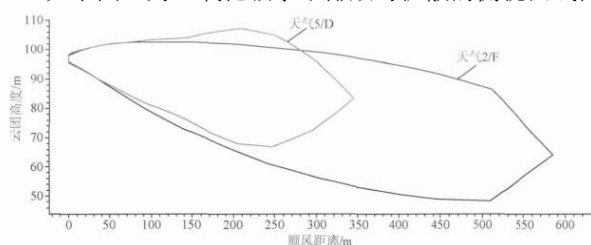


图1 二氧化碳水平排放与扩散的侧视图

4 预防或减小CO₂对空分装置安全性影响的措施

4.1 引进物联网技术,设定重点监测对象

物联网的自动传感监测仪器,目前已能够全面取代人工监测二氧化碳浓度的传统做法,充分体现了人工智能技术应用对于空分装置运行监测的意义所在。大型煤制油项目如果要想实现长期的稳定运行目标,则不能忽视人工智能监测仪器的推广应用。在物联网技术平台的辅助下,煤化工企业人员应高度重视硫回收设备、油品合成、油品加工装置、动力站锅炉等重点设备的排放尾气浓度变化,从而对于其中尾气排放浓度偏高的装置采取集中改造的方案。现阶段的化工企业人员应具备良好的信息技术素养,并能够准确掌握煤制油项目在全寿命周期范围内的二氧化碳浓度指标变化,从中归纳得出科学规律。

4.2 密切把控自然环境变化

二氧化碳气体一旦排放至大气层,此类气体就会呈现出水平扩散的趋势,对于气体扩散的走势可以模拟转化为

“云团扩散图”。目前研究人员针对大型煤制油项目的空分装置气体入口以及出口在实施动态监测的基础上,研究人员普遍认同环境温度、风速与风向等指标都直接关系到二氧化碳的气体排放问题。基于此,化工企业的具体负责人员还应当进一步加强针对风速以及风向的动态监测,并依据现有的监测结果形成精准的评估结论,作为指导煤制油项目方案改进的重要前提。

4.3 定期维护与检修煤化工设备

大型煤制油项目的二氧化碳排放源比较复杂多样,空分装置在长期使用的情况下,其很难彻底避免将会受到动力站锅炉等排放尾气的影响。尤其是在空分装置的气体出入口部位,经过科学监测得到的二氧化碳浓度指标更加趋向于走高。由此可见,煤化工企业在有序推行煤制油项目落地实施的基础上,还应当安排专门人员负责定期检修并维护空分装置,以防止由于空分装置本身的老化、腐蚀等机制影响,从而造成空分装置的运行失效后果。当前时期的化工企业应坚持精细化的指导思想,通过加强空分设备的运维管理来降低系统故障的发生率,切实保障企业人员的安全,并且致力于实现企业资源的优化配置。

5 结束语

大型煤制油项目的二氧化碳排放源,通常应包括硫回收设备、动力站锅炉、油品加工与合成设备、处理尾气的专用设备。煤制油项目中的硫回收设备以及动力站的锅炉装置都会显著影响到二氧化碳的排放比例,其次为油品加工与合成设备。进气源属于空分装置必不可少的构成部分,在风速与风向不同的情况下,空分装置进气口的二氧化碳浓度指标也会有所差异。基于以上的因素考虑,企业技术人员需要进一步加强针对空分装置进气口以及出气口的二氧化碳浓度监测,依据科学的监测结果来实施灵活的调整,以期在根源上解决二氧化碳排放对于空分装置正常使用过程的影响。

【参考文献】

- [1]郭存彪,刘海龙,张宝珠等.二氧化碳尾气放空对空分装置的影响[J].氮肥与合成气,2022,50(2):10-12.
- [2]王大为.鄂尔多斯煤制油分公司空分装置低温液体膨胀机节能改造收益分析[J].内蒙古石油化工,2021,47(9):12-16.
- [3]李军伟.空分装置纯化器出口二氧化碳超标的原因分析及处理措施[J].氮肥与合成气,2025,53(7):52-54.
- [4]洪定波.空分装置分子筛出口二氧化碳含量测定偏高原因分析[J].大氮肥,2023,46(2):128-130.
- [5]赵秀芬,董付秀,付体岭.大气中CO₂对空分负荷的影响和预防措施[J].氮肥技术,2022,43(2):22-24.
- [6]杨维维.分子筛床层泄漏导致分子筛出口二氧化碳含量超标分析[J].大氮肥,2021,44(2):116-119.

作者简介:毛建武(1984.12—),男,毕业于湖南科技大学,化学工程与工艺专业,就职于国家能源集团宁夏煤业煤制油分公司空分厂,中级职称。