

化工企业碳排放量核算方法与应用

张良芳 郭 平 张晶晶 (鲁西化工集团股份有限公司煤化工二分公司, 山东 聊城 252000)

摘要: 本文以合成氨工厂为例, 明确了化工企业碳排放核算边界及计算方法。文中首先分析了合成气、解析气等多元含碳混合气体的含碳量计算方法。其次介绍了蒸汽、电力等载热工质碳核算规则, 以及外送残渣中碳含量计算方法。汇总形成合成氨企业碳排放量口径, 为企业定期开展碳排放自查, 比较碳排放强度, 评估节能减排成效提供了依据, 为“十四五”期间做好碳达峰、碳中和工作奠定了基础。

关键词: 合成氨; 碳排放; 节能减排

1 背景

近年来, 我国环境保护力度逐年增强, 对组织碳排放管控力度愈加严格。2011年, 国务院《“十二五”控制温室气体排放工作方案》提出“构建国家、地方、企业三级温室气体排放核算工作体系, 实行重点企业直接报送能源和温室气体排放数据制度”的要求; 目前, 大多数企业以第三方年度核查为主, 并未建立本企业的温室气体核算工作体系。在2021年, “十四五发展规划”则提出“降低碳排放强度, 支持有条件的地方率先达到碳排放峰值, 制定二零三零年前碳排放达峰行动方案”, 因此, 加强碳排放核算体系迫在眉睫。本文结合《中国化工企业温室气体排放核算方法与报告指南(试行)》及合成氨行业的生产特点, 总结了合成氨企业碳排放自查方法及计算要点。

2 碳边界与计算原理

2.1 碳核算边界

合成氨企业核算边界一般为合成氨界区内所有生产设施, 统计边界应与《合成氨单位产品能源消耗限额》(GB-21344-2015)规定的能耗统计范围保持一致, 即: 合成氨生产系统和合成氨辅助生产系统。其中合成氨生产系统从原材料经计量进入原料单元开始, 到合成氨产品输出后阀位终点的其间所有工序和装备组成的完整的工艺过程, 应包括原料预处理、空分、气化、变换、净化、压缩、氨合成、冷冻等。

合成氨辅助生产系统包括为满足合成氨生产需要而配置的工艺过程、设备和设施。合成氨附属生产系统包括为合成氨生产系统配置的生产调度系统和为生产服务的部门和设施。

在碳边界范围内, 碳输入项目包括消耗的化石原料、输入界区的其他碳氢原料、作为原料输入界区的CO₂、石灰石、白云石等、以及电力和蒸汽; 碳输出项目一般包含主产品中的碳含量、其他含碳输出物(比如: 气化炉产生的炉渣)、CO₂回收外供、电力的输出及热力输出。

在合成氨工厂碳流入主要是煤炭、电力、热力、进入界区的含碳气及CO₂气体。外供的含碳气体、含碳产品、副产蒸汽、冷凝液以及外供的产品CO₂。

2.2 企业碳排放排放总量计算公式

企业的温室气体排放总量应等于燃料燃烧CO₂排放加上工业生产过程CO₂当量排放, 减去企业回收且外供的CO₂量, 再加上企业净购入的电力和热力消费引起的CO₂排放量。

$$E_{\text{GHG}} = E_{\text{CO}_2\text{燃烧}} + E_{\text{GHG过程}} - R_{\text{CO}_2\text{回收}} + E_{\text{CO}_2\text{净电}} + E_{\text{CO}_2\text{净热}}$$

其中: E_{GHG} 为温室气体排放总量, 单位为吨CO₂当量; $E_{\text{CO}_2\text{燃烧}}$ 为企业边界内化石燃料燃烧产生的CO₂排放, 比如, 厂区内生产用机动车辆消耗的柴油、天然气等; $E_{\text{GHG过程}}$ 为生产工艺过程中产生的CO₂当量排放, 比如, 含碳物料输入输出产生的CO₂当量, 比如消耗的煤炭、输入的含碳气体, 以及输出的含碳气体等。此过程中涉及到多元含碳混合物碳含量核算, 也是整个核算过程的核心, 需要多种分析结果支撑; $R_{\text{CO}_2\text{回收}}$ 为企业回收且外供的CO₂量; $E_{\text{CO}_2\text{净电}}$ 为净购入的电力消费引起的CO₂排放; $E_{\text{CO}_2\text{净热}}$ 为热力消费引起的CO₂排放。

2.3 多碳混合气体碳含量

合成氨生产过程中涉及多种含碳气体, 比如合成气、粗煤气等, 有可能会根据需要进出界区。因此, 需要首先明确含碳气体碳含量计算方法。对于输送的多元混合含碳气体, 可采用下列方法进行计算:

1万Nm³理想气体的物质的量n, 可采用如下公式计算:

$$n = \frac{10000 \text{ Nm}^3}{22.4 \text{ Nm}^3/\text{kmol}} = 446.43 \text{ kmol}$$

假设多元含碳气体成分为C_xO_y, 气体含量为z%, 则1万标方气体中C含量m可采用下式计算:

$$m = 446.43 \text{ kmol} \times z\% \times 12 \times C$$

其中: C为CO₂与C的折算系数, 取值: 3.67; 故, 1万Nm³气体中, 含量为z%的C_xO_y的二氧化碳量为: 196.61xz kg。例如: 1万Nm³混合气体中, CO含量占70%, C₂H₆含量为10%无其他含碳气体, 则此混合气体CO₂排放量为: $m = 446.43 \times (70\% \times 12 \times 1 + 10\% \times 12 \times 2) \times 3.67 = 17.695 \text{ t}$ 。下面简述合成氨工厂碳排放自查核查过程。

3 碳排放核算计算

3.1 燃料燃烧排放

主要是指厂区内生产用机动车辆消耗燃料造成的排放。比如, 原料仓库铲车、叉车消耗柴油。其CO₂排放公式如下:

$$E_{\text{CO}_2\text{燃烧}} = \sum_i (AD_i \times CC_i \times OF_i \times \frac{44}{12})$$

其中: AD为用作燃料燃烧的化石燃料的消费量, 液体单位为吨, 气体燃料单位为万Nm³; CC为化石燃料的含碳量, 单位为吨碳/吨燃料(万Nm³); OF_i为化石燃料的碳氧化率, 单位为%。

以柴油为例, 1t柴油燃烧排放的CO₂数量为:

AD (t)	CC (tc/t)	OF (%)	CO ₂ 当量 (t)
1	0.88	0.98	3.16

3.2 工业过程碳排放量

原材料消耗产生的 CO₂ 排放。首先,按照《GB/T 213 煤的发热量测定方法》测定煤炭的地位发热值,采用不同批次加权平均值作为煤炭的低位发热值,比如:某批次煤炭的地方发热值为 24.4GJ/t,查表知单位热值含碳量为 27.49kg/GJ,燃料碳氧化率为 94%,则其排放因子为:

Q	GJ/t	kgC/GJ	氧化率	CO ₂ /C	排放因子 tCO ₂ /t
1	24.4	27.49	94%	44/12	2.313

对于碳氢化合物类原料,则可直接按照含碳量进行计算。

3.3 蒸汽及电力 CO₂ 排放

生产过程中消耗的蒸汽及电力,可按照下式计算 CO₂ 当量。

$$E_{CO_2}=AD \times EF$$

其中:AD 为蒸汽及电力消耗的实物量,单位分别为 GJ 和 MWh,EF 为介质的排放因子吨 CO₂/GJ 及吨 CO₂/MWh。比如:1 吨 9.8MPa 蒸汽碳排放量,查焓值表该蒸汽焓值为 3448.3MJ/t,排放因子为 0.11 吨 CO₂/GJ,因此 1 吨 9.8MPa 蒸汽,其 CO₂ 排放量为 3.8t。

3.4 CO₂ 回收利用量

CO₂ 回收量是在企业边界内回收且外供 CO₂ 的数量,对于界区间循环用 CO₂,不计入此类消耗。若外供 CO₂ 的数量为 Q (单位:万 Nm³),CO₂ 含量为 p%,CO₂ 密度为

197.7t/万 Nm³,则万 Nm³ 气体中 CO₂ 含量 m 按下式计算:

$$m=Q \times p \times 197.7t$$

3.5 合成氨工厂碳排放计算表

综上,合成氨工厂碳排放可汇总至下表:

源类别	消费量 (吨 C)	CO ₂ 当量 (吨 CO ₂)
化石燃料燃烧 CO ₂ 排放		
工业生产过程 CO ₂ 排放		
CO ₂ 回收利用量		
企业净购入的电力和热力消费引起的 CO ₂ 排放		
企业温室气体排放总量		

4 合成氨碳排放强度

合成氨 CO₂ 排放强度是指单位产品 CO₂ 排放量,该强度与企业的单位产品综合能耗存在紧密联系,也间接反映了企业的能耗高低。也可采用万元产值 CO₂ 排放量 (万元 tCO₂) 评价工厂的经济运行情况。

5 小结

本文结合《中国化工企业温室气体排放核算方法与报告指南 (试行)》及合成氨生产实际状况总结了 CO₂ 排放量计算方法及要点,有利于企业开展 CO₂ 排放自查自纠,确保企业采取有效的节能减排措施。

参考文献:

- [1] 中国质量认证中心.中国化工企业温室气体排放核算方法与报告指南 (试行)[Z].2016.

(上接第 150 页)时随着钻孔深度增加逐渐提升给进压力。一般情况下钻头钻进时给进压力较空载时高 0.5~1.0MPa。

3 高位定向钻孔瓦斯抽采效果

在 3503 综采工作面共布置 15 个顶板裂隙瓦斯抽采钻孔,钻孔钻进耗时共计 3 个月。钻孔钻进完成后,于 2020 年 1 月开始介入井下瓦斯抽采管路。具体采面回风巷瓦斯抽采管路抽采纯量以及浓度变化情况见图 2。

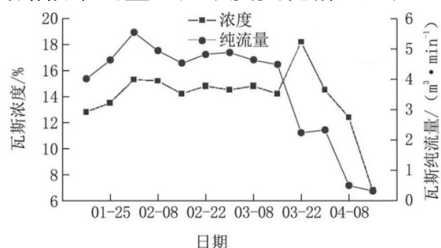


图 2 抽采管路瓦斯纯量以及浓度变化曲线

从图 2 看出,瓦斯抽采纯量、浓度等变化有上升、稳定以及下降三个阶段。其中上升阶段耗时约 7d,管路中瓦斯浓度由 12.8% 增加至 15.4%、纯量由 3.89m³/min 增加至 5.52m³/min;稳定阶段时间相对较长,约为 50d,在此阶段抽采管路中瓦斯浓度、纯量平均分别为 14.5%、4.6m³/min;下降阶段时间约为 15d,在此阶段内瓦斯抽采浓度、纯量等均呈显著降低趋势,瓦斯浓度、纯量分别降低至 6.5%、0.31m³/min。抽采管路中瓦斯浓度、瓦斯纯量变化与采面回采以及顶板裂隙垮落等密切相关。

在采面布置高位瓦斯抽采钻孔口,采空区瓦斯涌出量明显降低,在回采时辅助采用采空区埋管,采面回风上隅角瓦斯、回风巷内瓦斯浓度分别保持在 0.35%、0.25%。在采面推进过程中未出现瓦斯超限问题。

综上所述,① 3503 综采工作面开采 5# 煤层瓦斯含量较高,采面开采时采空区大量瓦斯会涌向回采空间,从而导致回风上隅角以及回风巷内瓦斯浓度偏高,给采面回采安全带来一定威胁。若采用掘进高抽巷方式治理瓦斯,虽可满足瓦斯治理需要,但是由于巷道掘进时间较长,会使得采面正常回采时间延期;② 定向长钻孔具有施工精度高、瓦斯抽采效果好以及抽采连续等优点,为此,提出采用定向长钻孔代替高位瓦斯抽放巷对采空区内以及顶板裂隙带内高浓度瓦斯进行抽采。现场应用后,定向长钻瓦斯抽采纯量稳定在 4.6m³/min,上隅角、回风巷瓦斯浓度分别在 0.35%、0.25% 以内。

参考文献:

- [1] 贾松.李雅庄煤矿 2-607 综采工作面上隅角瓦斯治理技术[J].煤矿现代化,2021,30(02):45-47.
- [2] 李蓬勃.高位定向长钻孔抽采技术在上隅角瓦斯治理中的应用[J].煤矿现代化,2021,30(02):91-94.
- [3] 张军义,王露.大直径多分支长距离高位钻孔抽采技术研究[J].山东煤炭科技,2021,39(02):102-105.
- [4] 赵若鹏.高抽巷布置方式对采空区瓦斯抽采效果影响研究[J].煤炭科技,2021,42(01):16-18+27.
- [5] 李天棚.定向长钻孔抽采瓦斯技术在榆树田井的研究与应用[J].煤炭科技,2021,42(01):115-117.
- [6] 邓成均.突出矿井煤层群开采瓦斯联合抽采技术研究[J].中国矿山工程,2021,50(01):79-81.

作者简介:

赵威(1988-),男,山东济宁人,2017 年 1 月毕业于中北大学,安全工程专业,本科,现为助理工程师。