

Analysis on the Influence of CO₂ Emission and the Current Control Technology

Kexin Liang, Yunfei Xu, Yu Tan

Department of Environmental Science and Engineering, North China Electric Power University, Baoding Hebei
Email: kexin91802@163.com

Received: May 4th, 2017; accepted: May 22nd, 2017; published: May 25th, 2017

Abstract

The global warming caused by the increase of CO₂ emission is an important factor affecting the climate change. This paper reviews the existing CO₂ emission reduction technologies including physisorption, Membrane absorption method, Chemical absorption method, Ionic liquid method, electrochemical process, O₂/CO₂ combustion method and some new technologies. The characteristics of CO₂ emission reduction technology are analyzed and forecasted.

Keywords

CO₂, Environmental Pollution, Emission Reduction Method, Control Technology

CO₂排放的影响以及现行的控制技术分析

梁可心, 徐芸菲, 檀玉

华北电力大学, 环境科学与工程系, 河北 保定
Email: kexin91802@163.com

收稿日期: 2017年5月4日; 录用日期: 2017年5月22日; 发布日期: 2017年5月25日

摘要

由于CO₂的排放量增加而导致的全球气候变暖, 已是影响气候变化的重要因素。本文综述了现有的CO₂减排技术, 物理吸附法、膜吸收法、化学吸收法、离子液体法、电化学法、O₂/CO₂燃烧法以及一些新采用的方法技术, 并且分析和展望了CO₂的减排技术特点。

关键词

CO₂, 环境污染, 减排方法, 控制技术

Copyright © 2017 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

工业化的快速发展使 CO₂ 的排放量越来越大[1], 这会带来严重的环境气候问题。从 2012 年开始, CO₂ 排放量随着经济的加速发展急剧上升, 这使得全球的温度逐年上升, 由此带来的温室效应正不断威胁着人类发展。温室效应带来的危害是多方面的: 随着环境温度升高导致海平面上升造成陆地减少, 对生物多样性的破坏, 甚至导致物种的灭亡[2]。因此, CO₂ 产生的温室效应已经成为全球关注的热点问题之一, 并且各国针对 CO₂ 的减排提出了多种方法。

美国等国家提出了 CO₂ 捕捉技术的减排方法。由于全球发电行业排放的 CO₂ 的量是全球总 CO₂ 排放量的 40%, 所以目前这种技术主要针对电站排放的 CO₂ 进行捕捉。中国现以火力发电为主, 因此在燃煤的过程中会大量排放 CO₂。因此积极研究并推广火电站的 CO₂ 吸收捕集技术, 对于实现温室气体的减排, 提高民众的生活质量, 建立负责任的大国形象是十分必要的。

2. CO₂ 的现行控制技术

有效地控制 CO₂ 的排放是近期人们都应该重视的问题, 如下作者归纳了目前国内外采用的 CO₂ 的吸收方法。

2.1. 物理吸附法

物理吸附法包括变压吸附法 PSA (Pressure Swing Adsorption)和变温吸附法 TSA 法(Temperature Swing Adsorption)。PSA 法是利用吸附量随压力变化而使气体分离的方法, TSA 法是利用吸附量随温度变化而使气体分离的方法。其中两者亦可结合, 称为 PTSA 法。陈文凯等[3]用 Cu/ZnO 作催化剂, 研究了 CO₂ 在催化剂表面的吸附行为, 分析获得了 CO₂ 在簇表面的 9 种平衡吸附模型。李莉等[4]通过对比其他吸附剂认为新型吸附剂 Li₂ZrO₃ 是从高温烟道气中吸附 CO₂ 的高效吸附剂。张辉等[5]采用廉价的工业硅胶通过三塔八步工业试验, 对燃煤烟气中的 CO₂ 进行捕集, 结果发现此方法在保证气流量的情况下进一步降低 CO₂ 减排成本。赵会玲等[6]采用接枝方法在介孔材料 MCM-41 和 SBA-15 的孔道内表面进行氨基化修饰, 表面修饰前后介孔材料对 CO₂ 的吸附量明显增加。

2.2. 膜吸收法

膜吸收法是将膜和普通吸收相结合而衍生出的一种吸收过程。采用不同的吸收剂的吸收效果差异明显。彭海媛等[7]介绍了气体分离膜技术等并综述了膜气体吸收技术在减少电厂模拟烟气 CO₂ 排放的状况。姜钧等[8]分析了膜真空闪蒸再生流程的总能耗以及热再生流程的能耗, 并且考察了膜吸收流程的经济性。瞿如敏等[9]以单乙醇胺(MEA)为吸收剂, 开展了疏水性聚丙烯(PP)中空纤维膜组件分离模拟烟气中的 CO₂ 的实验研究, 最后得出最佳液气比和 MEA 浓度。赖春芳等[10]通过研究疏水性聚偏氟乙烯(PVDF)中空纤

维膜接触分离模拟烟气，得到了膜接触器对烟气 CO_2 的分离效率随填充密度、吸收液浓度和流率的提高而增大，随气体流率及其中 CO_2 浓度增大而减小的结论。

2.3. 化学吸收法

化学吸收法是利用 CO_2 和吸收液之间的化学反应将 CO_2 从烟气中去除的方法，是气液传质与反应协同进行的过程。化学吸收法常用的吸收液有氨水、热钾碱溶液、有机胺溶液等。在吸收 CO_2 方面，对于纯氨水吸收 CO_2 的速度、低碳化度热碱和有机胺催化热碱吸收 CO_2 速度和胺类活化热钾碱脱碳溶液气液平衡都作了深入研究[11]。在上述研究的基础上，发现利用有机胺作为 CO_2 的吸收剂，是较好的方法。

胺法吸收 CO_2 的实质是酸碱中和反应[11]，即：弱酸类物质(CO_2)和弱碱类物质(胺)反应生成可溶于水的盐，并且该反应随着温度变化是可逆的，通常在 311K 形成盐， CO_2 被吸收；在 383K 反应逆向进行，放出 CO_2 。胺法工艺使用包括传统链状取代基醇胺和带支链的空间位阻胺的醇胺。根据氮原子个数醇胺分为伯胺(MEA)、仲胺(DEA)和叔胺(TEA)，他们各自的反应机理如下：

伯胺与仲胺首先生成两性离子，然后生成的两性离子与溶液中的催化剂进行脱质子反应。此法吸收速度快，但反应过程中易生成较稳定的氨基甲酸盐，使吸收量减少。由于叔胺的分子结构中无氢原子，导致其无法进行脱质子反应，所以它和 CO_2 之间不能进行生成氨基甲酸盐的反应，这使叔胺与 CO_2 的反应机理与伯胺、仲胺有明显不同。由于叔胺的结构特殊性，导致叔胺吸收法的吸收负荷有所提高，但吸收速度较伯胺、仲胺慢。

2.4. 离子液体法

常规离子液体吸收 CO_2 主要是通过离子液体与 CO_2 之间的相平衡展开，但是 CO_2 吸收量较少。吴永良等[12]合成了一种含氨基的离子液体，并且发现该离子液体可以有效地吸收 CO_2 ，且在 90℃ 的真空状态下，吸收的 CO_2 可以完全解吸，达到 CO_2 重复利用的目的。樊斯斯等[13]发现咪唑类离子液体的吸收效果最好，胺基功能性离子液体的吸收容量最高。陈凯宏等[14]合成了一系列肉桂酸型功能化离子液体，发现该离子液体具有良好的循环稳定性，经过多次吸收脱附循环，该离子液体均能保持较高的 CO_2 吸收量。

2.5. 电化学法

电化学法就是利用金属相与溶液组成电池装置，利用极性或者电性的不同进行反应。 CO_2 电化学还原发生的可能反应途径及相应电位如表 1 所示。

由表 1 可见，在较高电位下 CO_2 可还原生成 CH_3OH 、 CH_4 ，但需要提供足够的 H^+ 以配合反应。由于水能提供 H^+ 的数量受材料性质的显著制约，因此在常温、常压的水溶液中，电极材料析氢电位高低是决定反应走向的关键[15]。赵晨辰等[15]阐述了电化学方法还原 CO_2 阴极材料的发展状况，指出水基溶剂中 CO_2 反应过程简单，但产物燃料化特性不明显；有机溶剂反应效率高，但反应路径复杂。张现萍等[16]阐述了水溶液中金属电极、气体扩散电极和复合电极等不同材料对还原 CO_2 的影响。

2.6. O_2/CO_2 燃烧法

O_2/CO_2 燃烧法是利用 CO_2 和一部分锅炉排气循环气构成的混合气体来代替空气作为燃料燃烧时的氧化剂，以此来提高排气的 CO_2 浓度。该法是美国 ANL 开发的一种从锅炉排气中回收 CO_2 的新方法。 O_2/CO_2 燃烧法的优点是氧化剂可以循环使用，节约能耗，主要用于回收 CO_2 ，但效果一般。

2.7. 新方法与技术

燃煤电厂由于能源的使用会大量排放 CO_2 ，所以如何采取更加高效经济的 CO_2 减排方法是至关重要

Table 1. The main electrochemical reduction reaction of CO₂
表 1. CO₂ 的主要电化学还原反应

反应	$E_0(298\text{ K, pH} = 0)/V(\text{vs SHE})$
$2\text{CO}_2 + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$	-0.475
$\text{CO}_2 + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightarrow \text{HCOOH}$	-0.199
$\text{CO}_2 + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightarrow \text{CO} + \text{H}_2\text{O}$	-0.109
$\text{CO}_2 + 4\text{H}^+ + 4\text{e}^- \rightarrow \text{HCHO} + \text{H}_2\text{O}$	-0.071
$\text{CO}_2 + 6\text{H}^+ + 6\text{e}^- \rightarrow \text{CH}_3\text{OH} + \text{H}_2\text{O}$	+0.03
$\text{CO}_2 + 8\text{H}^+ + 8\text{e}^- \rightarrow \text{CH}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$	+0.169

的。苏佳纯等[17]提出了一种利用微生物促进 ECBM 埋藏 CO₂ 甲烷化的新方法，该方法是通过产甲烷菌利用微生物降解煤技术和注入 CO₂ 趋采煤层气的整合的方法达到提高煤层气采收率，并且同时减排 CO₂ 的目的。肖睿[18]研究了生物质高质化利用过程中节能与 CO₂ 利用和减排理论和技术，并且获得了在生物质低温气化制 SNG 的研究过程中的合适的催化剂。

3. 结论与展望

大气中二氧化碳含量的不断增加，对气候有很大的影响，会带来严重的问题，现行主要的 CO₂ 治理方法有：物理吸附法、膜吸收法、化学吸收法、离子液体法、电化学法、O₂/CO₂ 燃烧法以及一些新采用的方法。物理吸附法的优点在于可以随时进行脱附，提高了 CO₂ 的利用率，但是稳定性不好，吸收效率不高；膜吸收法吸收的效率很高，但会带来膜废弃所带来的污染问题；化学吸收法吸收效率很高且稳定，但吸收液造价高，经济性差；离子液体法具有良好的循环稳定性，但 CO₂ 的吸收量较小，不能用于 CO₂ 的大量吸收；电化学法分为水基溶剂和有机溶剂，其中水基溶剂反应过程简单，但燃料化不明显。有机溶剂反应效率高，但是反应路径复杂；O₂/CO₂ 燃烧法是可以循环使用的 CO₂ 吸收方法，节约能耗，但是吸收效果一般；现阶段新方法主要采用微生物促进埋藏法和生物质高质化利用过程中节能法，这些方法前期需要培养相应微生物，操作困难，但处理效果高。

通过现有的技术分析，各种方法都存在一定的缺点和不足，所以将现有的技术进行改进或相互结合，开发更高效的技术手段仍是今后发展的重点。

基金项目

河北省自然科学基金青年基金 E2016502065，中央高校基本科研业务费。

参考文献 (References)

- [1] 王泽平, 周涛, 张记刚, 等. 电厂 CO₂ 捕捉技术对比研究[J]. 环境科学与技术, 2011, 34(11): 83-87.
- [2] 张京亮, 赵杉林, 赵荣祥, 等. 现代 CO₂ 吸收工艺研究[J]. 当代化工, 2011, 40(1): 88-91.
- [3] 陈文凯, 李俊箴, 丁开宁, 等. 铜锌氧化物催化剂吸附 CO₂ 的理论研究[J]. 石油化工, 2004, 33(s1): 423-425.
- [4] 李莉, 袁文辉, 韦朝海. CO₂ 的高温吸附剂及其吸附过程[J]. 化工进展, 2006, 25(8): 918-922.
- [5] 张辉, 刘应书, 刘文海, 等. 烟气中低浓度 CO₂ 吸附捕集中试试验研究[J]. 低温与特气, 2009, 27(1): 9-13.
- [6] 赵会玲, 胡军, 汪建军, 等. 介孔材料氨基表面修饰及其对 CO₂ 的吸附性能[J]. 物理化学学报, 2007, 23(6): 801-806.
- [7] 彭海媛, 洪凡. 膜气体吸收技术脱除电厂烟气 CO₂ 的研究进展[J]. 膜科学与技术, 2011, 31(1): 113-117.
- [8] 姜钧, 余云松, 卢红芳, 等. 膜吸收法从烟气中分离 CO₂ 的性能分析[C]//全国热力学分析与节能学术会议, 2009.

- [9] 瞿如敏, 沙焱, 陈浩, 等. 聚丙烯中空纤维膜组件分离烟气中的 CO₂[J]. 化工进展, 2013, 32(11): 2778-2782.
- [10] 赖春芳, 杨波, 张国亮, 等. PVDF 中空纤维膜吸收器捕获烟气 CO₂ 的工艺技术[J]. 化工学报, 2012, 63(2): 500-507.
- [11] 宿辉, 崔琳. CO₂ 的吸收方法及机理研究[J]. 环境科学与管理, 2006, 31(8): 79-81.
- [12] 吴永良, 焦真, 王冠楠, 等. 用于 CO₂ 吸收的离子液体的合成、表征及吸收性能[J]. 精细化工, 2007, 24(4): 324-327.
- [13] 樊斯斯. 离子液体改进醇胺工艺捕集 CO₂ 的应用研究[D]: [硕士学位论文]. 北京: 北京化工大学, 2015.
- [14] 陈凯宏, 梅柯, 李浩然, 等. 肉桂酸型离子液体的合成及其 CO₂ 吸收[J]. 化工学报, 2016, 67(2): 623-626.
- [15] 赵晨辰, 何向明, 王莉, 等. 电化学还原 CO₂ 阴极材料研究进展[J]. 化工进展, 2013, 32(2): 373-380.
- [16] 张现萍, 黄海燕, 靳红利, 等. 水溶液中电化学还原 CO₂ 的研究进展[J]. 化工进展, 2015, 34(12): 4139-4144.
- [17] 苏佳纯, 肖钢. 利用微生物促进煤层间 CO₂ 甲烷化的新方法[J]. 煤炭转化, 2013, 36(4): 90-93.
- [18] 肖睿. “生物质高质化利用过程中节能与 CO₂ 利用和减排”年度报告[J]. 科技创新导报, 2016(15): 177-178.

期刊投稿者将享受如下服务:

1. 投稿前咨询服务 (QQ、微信、邮箱皆可)
2. 为您匹配最合适的期刊
3. 24 小时以内解答您的所有疑问
4. 友好的在线投稿界面
5. 专业的同行评审
6. 知网检索
7. 全网络覆盖式推广您的研究

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: hicet@hanspub.org