

低分壓下鋁酸鎂對二氧化碳吸附效能之評估 = Evaluation of carbon dioxide adsorption performance using magnesium aluminum ox

許幸先、余世宗

E-mail: 354525@mail.dyu.edu.tw

摘要

本實驗以自行設計之二氧化碳吸附設備，測試鋁酸鎂對二氧化碳的吸附效能，並以市面上較容易取得並常使用的吸附劑活性碳為對照組，以評估鋁酸鎂去除室內低分壓二氧化碳的可行性。為模擬室內環境，吸附試驗之起始二氧化碳濃度範圍介於2000ppm~5000ppm之間，溫度範圍介於25 ~35 之間，相對濕度範圍介於14%~86%之間，由平衡試驗結果得知鋁酸鎂的單位吸附量介於9.55605mg/g~12.559145mg/g之間，而活性碳其單位平衡吸附量介於2.27414mg/g~3.30996mg/g之間，由此可算出鋁酸鎂的單位平衡吸附量約為活性碳的4倍，對二氧化碳而言是一種吸附力非常好的吸附劑。以Freundlich和Langmuir等溫吸附模式分析鋁酸鎂吸附二氧化碳之平衡吸附量與平衡濃度的關係，以Langmuir等溫吸附模式較適合描述鋁酸鎂吸附二氧化碳之平衡吸附量與平衡濃度的關係。將鋁酸鎂分別在不同的二氧化碳初始濃度、不同溫度下之吸附實驗數據的時間點代入動力吸附模式，以Pseudo-first-order kinetic model、Pseudo-second-order kinetic model、Intraparticle diffusion model等三種吸附模式模擬實驗結果。計算發現以Pseudo-second-order kinetic model比較適合說明在吸附過程中二氧化碳濃度的動態變化。

關鍵詞：鋁酸鎂、二氧化碳、等溫吸附模式、動力吸附模式

目錄

目錄封面內頁 簽名頁 中文摘要 iii 英文摘要 iv 誌謝 v 目錄 vi 圖目錄 x 表目錄 xii
第一章 緒論 1 1.1 研究動機 1 1.2 研究目的與內容 2
第二章 文獻回顧 3 2.1室內二氧化碳濃度與室內空氣品質之研究 3 2.1.1室內空氣品質的重要性 3 2.1.2室內空氣汙染物 4 2.1.3臺灣室內空氣品質概況 5 2.1.4 未來政策方向 6 2.2二氧化碳的特性 7 2.2.1物理性質 7 2.2.2化學性質 8 2.2.3對生理的危害 8 2.3影響室內二氧化碳累積之因素 9 2.4二氧化碳捕捉技術 10 2.4.1工業上二氧化碳捕捉技術 10 2.4.2低分壓二氧化碳捕捉技術 13 2.5吸附理論 14 2.5.1物理吸附 16 2.5.2化學吸附 16 2.5.3等溫吸附曲線 18 2.6吸附性材料之種類 20 2.6.1一般常見的吸附劑 20 2.6.2新型二氧化碳吸附劑 22 2.7具有吸附二氧化碳特性的催化劑-鋁酸鎂 25 2.8等溫吸附模式計算 25 2.8.1 Freundlich等溫吸附模式 26 2.8.2 Langmuir等溫吸附模式 27 2.9動力吸附模式計算 28 2.9.1 Pseudo-first-order kinetic model 29 2.9.2 Pseudo-second-order kinetic model 29 2.9.3 Intraparticle diffusion model 30
第三章 研究流程與方法 32 3.1研究流程 32 3.2實驗材料 32 3.3吸附試驗之器材與裝置 34 3.3.1試驗之器材 34 3.3.2試驗之裝置 35 3.4濕度偵測計校正 36 3.5吸附試驗之進行 37 3.5.1實驗溫度之控制 37 3.5.2相對溼度之控制 37 3.5.3二氧化碳起始濃度控制 37 3.5.4吸附劑試前處理與添加 38 3.6單位吸附劑吸附二氧化碳之平衡吸附量計算 38
第四章 結果與討論 40 4.1活性碳對二氧化碳之吸附試驗 40 4.1.1在不同的溫度下，活性碳吸附二氧化碳之效能探究 40 4.1.2在不同的二氧化碳初始濃度下，活性碳吸附二氧化碳之效能探究 42 4.1.3在不同的相對濕度下，活性碳吸附二氧化碳之效能探究 44 4.2鋁酸鎂對二氧化碳之吸附試驗 46 4.2.1在不同的溫度下，鋁酸鎂吸附二氧化碳之效能探究 46 4.2.2 在不同的二氧化碳初始濃度下，鋁酸鎂吸附二氧化碳之效能探究 48 4.2.3 在不同的相對濕度下，鋁酸鎂吸附二氧化碳之效能探究 50 4.3鋁酸鎂吸附二氧化碳之Brunauer等溫吸附曲線分析 53 4.4等溫吸附模式模擬結果 53 4.4.1 Freundlich等溫吸附模式 54 4.4.2 Langmuir等溫吸附模式 55 4.5動力吸附模式模擬結果 56 4.5.1 Pseudo-first-order kinetic model 56 4.5.2 Pseudo-second-order kinetic model 59 4.5.3 Intraparticle diffusion model 61
第五章 結論與建議 64 5.1結論 64 5.2建議 65
第六章 參考文獻 67
圖目錄 圖2.1室內空氣汙染物分類圖 4 圖2.2等溫吸附曲線基本型態示意圖 18 圖3.1研究流程圖 33 圖3.2實驗設備示意圖 35 圖3.3濕度計校正曲線圖 36 圖4.1不同溫度條件下，活性碳吸附二氧化碳的濃度變化 41 圖4.2不同溫度條件下，活性碳吸附二氧化碳的單位吸附量變化 41 圖4.3不同的二氧化碳初始濃度下，活性碳吸附二氧化碳的濃度變化 43 圖4.4不同二氧化碳初始濃度下，活性碳吸附二氧化碳的單位吸附量變化 43 圖4.5不同的相對濕度下，活性碳吸附二氧化碳的濃度變化 45 圖4.6不同的相對濕度下，鋁酸鎂吸附二氧化碳的單位吸附量變化 45 圖4.7不同溫度條件下，鋁酸鎂吸附二氧化碳的濃度變化 47 圖4.8不同溫度條件下，鋁酸鎂吸附二氧化碳的單位吸附量變化 47 圖4.9不同的二氧化碳初始濃度下，鋁酸鎂吸附二氧化碳的濃度變化 49 圖4.10不同二氧化碳初始濃度下，鋁酸鎂吸附二氧化碳的單位吸附量變化 49 圖4.11不同的相對濕度下，鋁酸鎂吸附二氧化碳的濃度變化 51 圖4.12不同的相對濕度下，鋁酸鎂吸附二氧化碳的單位吸附量變化 51 圖4.13在30 時，鋁酸鎂吸附二氧化碳之等溫吸附曲線 53 圖4.14在30 時，鋁酸鎂吸附二氧化碳之Freundlich等溫吸附模式 54 圖4.15在30 時，鋁酸鎂吸附二氧化碳之Langmuir等溫吸附模式 55 圖4.16在30 時，鋁酸鎂在不同初始濃度吸附二氧化碳之Pseudo-first-order kinetic model 57 圖4.17初始濃度3000ppm時，鋁酸鎂在不同溫度吸附二氧化碳之Pseudo-first-order kinetic model 58 圖4.18在30 時，鋁酸鎂在不同初始濃度吸附二氧化碳

之Pseudo-second-order kinetic model 60 圖4.19初始濃度3000ppm時，鋁酸鎂在不同溫度吸附二氧化碳之Pseudo-second-order kinetic model 61 圖4.20在30 時，鋁酸鎂在不同初始濃度吸附二氧化碳之Intraparticle diffusion model 62 圖4.21初始濃度3000ppm時，鋁酸鎂在不同溫度吸附二氧化碳之Intraparticle diffusion model 63 表目錄 表2.1二氧化碳濃度對人體的影響 9 表2.2物理吸附與化學吸附特性比較 17 表3.1 HT-305 溫濕度偵測器之規格 34 表3.2 Testo-535 二氧化碳偵測器規格 35 表4.1不同溫度條件下，活性碳吸附二氧化碳的吸附結果 42 表4.2不同的二氧化碳初始濃度下，活性碳吸附二氧化碳的吸附結果 44 表4.3不同的相對濕度下，活性碳吸附二氧化碳的吸附結果 46 表4.4不同溫度條件下，鋁酸鎂吸附二氧化碳的吸附結果 48 表4.5不同的二氧化碳初始濃度下，鋁酸鎂吸附二氧化碳的吸附結果 50 表4.6不同的相對濕度下，鋁酸鎂吸附二氧化碳的吸附結果 52 表4.7同溫同壓同濕度下，鋁酸鎂與活性碳吸附二氧化碳之效能比較 52 表4.8在30 時，鋁酸鎂吸附二氧化碳之Freundlich等溫吸附模式參數 54 表4.9在30 時，鋁酸鎂吸附二氧化碳之Langmuir等溫吸附模式參數 56 表4.10在30 時，鋁酸鎂在不同初始濃度吸附二氧化碳之Pseudo- first-order kinetic model 參數比較 58 表4.11初始濃度3000ppm時，鋁酸鎂在不同溫度吸附二氧化碳之Pseudo-first-order kinetic model參數比較 59 表4.12在30 時，鋁酸鎂在不同初始濃度吸附二氧化碳之Pseudo- second-order kinetic model 參數比較 60 表4.13初始濃度3000ppm時，鋁酸鎂在不同溫度吸附二氧化碳之Pseudo- second -order kinetic model參數比較 61 表4.14在30 時，鋁酸鎂在不同初始濃度吸附二氧化碳之Intraparticle diffusion model 參數比較 63 表4.15初始濃度3000ppm時，鋁酸鎂在不同溫度吸附二氧化碳之Intraparticle diffusion model參數比較 63

參考文獻

1. Brunauer, S., Deming, L. S., Deming, W. S., and Teller E., Chem. Soc., 62, 1723, 1940.
2. Di Cosimo, J. I., Diez, V. K., Xu, M., Iglesia, E., Apesteguia, C. R., Catal, J. 178, 499, 1998.
3. Fauth, D. J., Frommell, E. A., Hoffman, J. S., Reasbeck, R. P., Pennline, H. W., Eutectic salt promoted lithium Zirconate: Novel high temperature sorbent for CO₂ capture. Fuel Processing Technology, 86 1503 – 1521, 2005.
4. Figueroa, J. D., Fout, T., Plasynski, S., McIlvried, H., Sri Vastava, R. D., Advances in CO₂ capture technology – The U. S. Department of Energy's Carbon sequestration Program, International Journal of Greenhouse Gas Control, 2, 9 – 20, 2008.
5. Gupta, H. and Fan, L. S., Carbonation calcination cycle using high reactivity calcium oxide for carbon dioxide separation from flue gas. Ind. Eng. Chem. Res., 41, 4034-4042, 2002.
6. Hall, K. R., Eagleton, L. C., Acrivos, A., and Vermeulen, T., Pore and solid diffusion kinetics in fixed bed adsorption under constant – pattern conditions, 1996, Industrial and Engineering Chemistry Fundamentals, 5, 212 – 223.
7. Hashimoto, K., Wasada, K., Osaki, M., Shono, E., Adachi, K., Toukai, N. and Kara, T., " Photocatalytic oxidation of nitrogen oxides over titania-zeolite composite catalyst to remove nitrogen oxides in the atmosphere, " Applied Catalysis B: Environmental, 30, 429 – 436, 2001.
8. Kohno, Y., Hayashi, H., Takenaka, S., Tanaka, T., Funabiki, T. and Yoshida, S., " Photo-enhanced reduction of carbon dioxide with hydrogen over Rh/TiO₂, " Journal of Photochemistry and Photobiology A: chemistry, 126, 117 – 123, 1999.
9. Liu, C., Zhang, L., Deng, J., Mu, Q., Dai, h. and He, H., Surfactantaided hydrothermal synthesis and carbon dioxide adsorption behavior of three-dimensionally mesoporous calcium oxide single – crystallites with tri-, tetra-, and hexagonal morphologies. J. Phys. Chem. C, 112, 19248 – 19256, 2008.
10. Lydersen, A. L., " Mass Transfer in Engineering Practice, " John Wiley & Sons, 1983.
11. Park, K. S., Ni, Z., Cote, A. P., Choi, J. Y., Huang, R., Uribe-Romo, F. J., Chae, H. K., Keeffe, M. O. and Yaghi, O. M. " Exceptional chemical and thermal stability of zeolitic imidazolate frameworks, " PNAS, 103, 27, 10186 – 10191, 2006.
12. Ruthven, D. M., " Principles of Adsorption and Adsorption Process, " John Wiley & Sons, 1984.
13. Song, C. Global challenges and strategies for control, conversion and utilization of CO₂ for sustainable development involving energy, catalysis, adsorption and chemical processing. Catalysis Today, 115, 2 – 32, 2006.
14. Stenzel, M. H., " Remove Organics by Activated Carbon Adsorption, " Chemical Engineering Progress. 89, No. 7, 36 – 43, 1993.
15. U. S. EPA., " Zeolite: A Versatile Air Pollutant Adsorber, " EPA – 456/F – 98 – 004, 1998.
16. Zirconate: Novel high temperature sorbent for CO₂ capture. Fuel Processing Technology, 86 1503 – 1521, 2005.
17. 甘錫安譯，「吸淨空氣中的二氧化碳」，Klaus S. Lackner著，『科學人』第101期，2010年。
18. 江學成，「呼出氣二氧化碳監測在危急重症的應用」，『中國急救醫學』，6卷，2007年。
19. 行政院環境保護署，『公共場所室內空氣品質自主管理手冊』，2008年。
20. 行政院環境保護署，中華民國94年12月30日行政院環境保護署環署空字第0940106804號室內空氣品質建議值，2005年。
21. 余政舫，『學校各類教學空間空氣品質之研究 - 以逢甲大學學思樓為例』，逢甲大學建築學系研究所碩士論文，2009年。
22. 李彥頤，『辦公空間室內空氣品質管制策略之研究』，國立成功大學建築學系博士論文，2004年。
23. 李夢輝，「自排放氣中回收二氧化碳之技術」，『化工技術』，12卷，6期，171，2004年。
24. 杜逸虹，『物化原理』，三民書局，1982年。
25. 周豐志，『在低分壓下比較吸附劑對二氧化碳吸附效能』，大葉大學環境工程學系碩士論文，2010年。
26. 林佑澤、劉桂芳，『空氣調節概論』，三民書局，1984年。
27. 林政剛等編譯，『空氣汙染』，Henry C. Porkins著，麥格羅希爾，1995年。
28. 徐恆文，「二氧化碳的捕獲與分離」，『科學發展』，413期，2007年。
29. 張修齊、胡忠信、葉啟輝，『咖啡渣吸附銅離子之研究』，大葉大學環境工程學系研究所碩士論文，2010年。
30. 陳春萬、謝書榮，『職場整理換氣性能規範之探討』，勞委會安全衛生研究所，2009年。
31. 陳海曙，『空氣品質不佳之案例研究』，中華民國建築學會第三屆建築學術研究發表會論文集，1990年。
32. 陳維新、江金龍編著，『氣汙染與控制』，高立圖書有限公司，2004年。
33. 陳景祥，『單元操作與輸送現象』，滄海書局，2006年。
34. 曾仕傑，『在低分壓下比較活性碳及其改質對二氧化碳吸附效能之評估』，大葉大學環境工程學系碩士論文，2011年。
35. 黃大仁，『工業汙染防治』，88期，2003年。
36. 經濟部工業局，『以吸收法回收二氧化碳之技術手冊』，2002年。
37. 劉毅弘、張文昇、楊昌中、鄭名山、曹芳海、黃昭銘、張慶源，「二氧化碳新型吸附劑探討」，『工業汙染防治』，111期

, 2009年。38. 談駿嵩主編, 『溫室氣體CO₂之減量技術專輯』, 「化工技術」, 12卷, 6期, 142-210, 2004年。39. 談駿嵩, 「溫室氣體二氧化碳回收技術」, 『環保資訊』月刊, 87期, 2005年。40. 盧博堅、江旭程、陳俊成、劉嘉俊, 『空氣品質與噪音防制』, 國立空中大學, 2003年。