

填料分散程度對手抄紙紙張性質的影響 = Degrees of filler dispersion effects on the handsheets properties

梁御康、彭元興

E-mail: 354821@mail.dyu.edu.tw

摘要

紙張具有通訊、包裝的功能，對於紙張紙力學性質有一定要求。現階段各紙廠對於紙張紙力學性質之改良為添加礦物質填料至漿料中，以改善紙張的物理及光學性質，然而填料的添加亦是生產成本之一，若能以不改變填料添加物比例為前提，透過物理方式改變漿料纖維與填料接合結構，進而改善紙張紙力學性質，是值得探討的議題。本研究參照基本的紙料製備作業流程，使用不同濃度漿料，添加不同種類不同比例的礦物性填料，在漿料和填料混凝時調整攪拌速率及混合時間，改變纖維與填料絮凝的程度，然後進行紙料抄紙的動作。以期剪應力的改變可以增加纖維與填料接合之機會，進而提高紙張強度，改善紙張紙力學性質。研究結果指出，填料與纖維結合過程增強剪應力會使紙張物理性質有所提升，增強 400 rpm 的攪拌速率，其手抄紙破裂指數提升 15%、抗張指數提升 15.8%，且手抄紙中灰份增加 2.5%；延長紙漿與填料混凝時間 10 min，其手抄紙破裂指數提升 2%，抗張指數提升 1.9%，灰份增加 1.5%，較佳的操作參數為紙漿濃度 2%，攪拌速率 1000 rpm，攪拌時間 30 min；相對的，紙張光學性質則下降，白度下降 1.6%，不透明度下降 1%。填料方面，以絹雲母或滑石粉等礦物性填料取代部分碳酸鈣進行手抄紙，與單獨使用碳酸鈣進行手抄紙進行比對，增加絹雲母或滑石粉等填料其手抄紙有較好的物理性質，添加絹雲母其手抄紙物理性質提升範圍為 4~5.7%，添加滑石粉其手抄紙物理性質提升 2.1~2.5%，但光學性質則有下降現象，添加絹雲母其手抄紙光學性質下降範圍為 1.1~1.9%，添加滑石粉其手抄紙光學性質下降範圍為 1.5~3.6%。若不強調極高的紙張白度，可適當添加絹雲母或滑石粉填料以增強紙力學性質。使用掃描式電子顯微鏡觀察得知，濕端填料形成絮凝團後，附著在纖維與纖維間的交接處與纖維表面形成較大的片狀填料，增加纖維和纖維間的結合力，提高紙張的物理性質。

關鍵詞：絮凝作用、光學性質、膠羽、絹雲母、滑石粉、碳酸鈣

目錄

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------|-----|------|-----|------|---|----|----|----|-----|-----|----|-----|-----|--------|---|----------|---|----------|---|----------|---|------------------------|---|-------------|---|-----------------|---|-----------|---|-----------|---|-------------|---|----------|----|------------|----|-----------------|----|----------|----|-----------------|----|------------|----|-------------|----|----------------|----|---------------|----|---------------------|----|---------------------|----|-------------|----|-----------|----|----------|----|-------------------|----|-------------------|----|--------------------|----|---------------------------|----|--------------|----|----------------------|----|-------------|----|----------|----|-------------|----|------------------|----|-------------|----|-----------------|----|--------------|----|-------------|----|----------|----|----------------|----|-----------|----|------------|----|---------------------|----|--------------------|----|----------------|----|----------------------------|----|-----------------|----|----------------|----|----------------------------|----|-----------------------------|----|--------------------------------|----|---------------------------------|----|--------------------------------|----|---------------------------------|----|----------------|----|-----------------------------|----|------------------------------|----|---------------------------------|----|----------------------------------|----|---------------------------------|----|----------------------------------|----|--------------|----|---------------------------|----|----------------------------|----|-------------------------------|----|--------------------------------|----|-------------------------------|----|--------------------------------|----|-----------------|----|--------------|----|---------------------------|----|----------------------------|----|-------------------------------|----|--------------------------------|----|-------------------------------|----|--------------------------------|----|----------------|----|-----------------------------|----|------------------------------|----|--------------------|--|
| 封面內頁 | 簽名頁 | 中文摘要 | iii | 英文摘要 | v | 誌謝 | vi | 目錄 | vii | 圖目錄 | xi | 表目錄 | xii | 第一章 前言 | 1 | 1.1 研究起源 | 1 | 第二章 背景資料 | 4 | 2.1 填料種類 | 4 | 2.1.1 造紙濕端系統原料的相對尺度關係表 | 4 | 2.1.1.1 碳酸鈣 | 5 | 2.2 碳酸鈣主要礦石來源性質 | 5 | 2.1.2 絹雲母 | 7 | 2.1.3 滑石粉 | 8 | 2.2 其它濕端添加劑 | 9 | 2.3 填料保留 | 10 | 2.3.1 補丁模式 | 11 | 圖 2.1 顆粒補丁絮凝示意圖 | 12 | 2.3.2 架橋 | 12 | 圖 2.2 顆粒架橋絮凝示意圖 | 13 | 2.3.3 絮凝作用 | 13 | 2.4 紙張之光學性質 | 14 | 圖 2.3 光之顏色及其波長 | 15 | 2.4.1 紙張之不透明度 | 15 | 圖 2.4 光射線在白紙上之透射與反射 | 16 | 圖 2.5 光線在不同背襯下之反射情形 | 17 | 2.4.2 紙張之白度 | 17 | 2.5 冷凍乾燥法 | 18 | 第三章 文獻回顧 | 19 | 3.1 修飾填料對於紙張性質的影響 | 19 | 表 3.1 漿料與填料相關文獻回顧 | 20 | 3.2 剪應力對於纖維絮凝分散的影響 | 21 | 表 3.2 剪應力對於纖維絮凝分散影響相關文獻回顧 | 23 | 3.3 絮凝現象監測實驗 | 27 | 表 3.3 絮凝現象監測實驗相關文獻回顧 | 29 | 第四章 實驗設計及方法 | 32 | 4.1 實驗目的 | 32 | 4.2 實驗規劃與方法 | 33 | 表 4.1 總實驗變數與測試項目 | 33 | 圖 4.1 實驗架構圖 | 34 | 4.2.1 填料與紙漿預混試驗 | 34 | 4.2.1.1 實驗設計 | 34 | 4.3 實驗材料與設備 | 35 | 4.4 實驗方法 | 37 | 圖 4.2 手抄紙實驗流程圖 | 38 | 第五章 結果與討論 | 41 | 5.1 因子階層設計 | 41 | 表 5.1 23 設計的效益代數符號圖 | 41 | 表 5.2 3 因子交互作用操作條件 | 42 | 表 5.3 23 階層設計表 | 42 | 5.1.1 礦物性填料取代部分碳酸鈣為填料進行手抄紙 | 42 | 5.1.1.1 手抄紙物理性質 | 42 | 5.1.1.1.1 破裂指數 | 43 | 表 5.4 23 階層設計破裂指數實驗數據(碳酸鈣) | 43 | 表 5.5 主效應與交互效應破裂指數分析結果(碳酸鈣) | 44 | 表 5.6 23 階層設計破裂指數實驗數據(碳酸鈣/絹雲母) | 45 | 表 5.7 主效應與交互效應破裂指數分析結果(碳酸鈣/絹雲母) | 46 | 表 5.8 23 階層設計破裂指數實驗數據(碳酸鈣/滑石粉) | 47 | 表 5.9 主效應與交互效應破裂指數分析結果(碳酸鈣/滑石粉) | 48 | 5.1.1.1.2 抗張指數 | 48 | 表 5.10 23 階層設計抗張指數實驗數據(碳酸鈣) | 49 | 表 5.11 主效應與交互效應抗張指數分析結果(碳酸鈣) | 49 | 表 5.12 23 階層設計抗張指數實驗數據(碳酸鈣/絹雲母) | 50 | 表 5.13 主效應與交互效應抗張指數分析結果(碳酸鈣/絹雲母) | 51 | 表 5.14 23 階層設計抗張指數實驗數據(碳酸鈣/滑石粉) | 52 | 表 5.15 主效應與交互效應抗張指數分析結果(碳酸鈣/滑石粉) | 53 | 5.1.1.1.3 厚度 | 53 | 表 5.16 23 階層設計厚度實驗數據(碳酸鈣) | 54 | 表 5.17 主效應與交互效應厚度分析結果(碳酸鈣) | 54 | 表 5.18 23 階層設計厚度實驗數據(碳酸鈣/絹雲母) | 55 | 表 5.19 主效應與交互效應厚度分析結果(碳酸鈣/絹雲母) | 56 | 表 5.20 23 階層設計厚度實驗數據(碳酸鈣/滑石粉) | 57 | 表 5.21 主效應與交互效應厚度分析結果(碳酸鈣/滑石粉) | 58 | 5.1.1.2 手抄紙光學性質 | 58 | 5.1.1.2.1 白度 | 59 | 表 5.22 23 階層設計白度實驗數據(碳酸鈣) | 59 | 表 5.23 主效應與交互效應白度分析結果(碳酸鈣) | 60 | 表 5.24 23 階層設計白度實驗數據(碳酸鈣/絹雲母) | 61 | 表 5.25 主效應與交互效應白度分析結果(碳酸鈣/絹雲母) | 62 | 表 5.26 23 階層設計白度實驗數據(碳酸鈣/滑石粉) | 63 | 表 5.27 主效應與交互效應白度分析結果(碳酸鈣/滑石粉) | 64 | 5.1.1.2.2 不透明度 | 64 | 表 5.28 23 階層設計不透明度實驗數據(碳酸鈣) | 65 | 表 5.29 主效應與交互效應不透明度分析結果(碳酸鈣) | 65 | 表 5.30 23 階層設計不透明度 | |
|------|-----|------|-----|------|---|----|----|----|-----|-----|----|-----|-----|--------|---|----------|---|----------|---|----------|---|------------------------|---|-------------|---|-----------------|---|-----------|---|-----------|---|-------------|---|----------|----|------------|----|-----------------|----|----------|----|-----------------|----|------------|----|-------------|----|----------------|----|---------------|----|---------------------|----|---------------------|----|-------------|----|-----------|----|----------|----|-------------------|----|-------------------|----|--------------------|----|---------------------------|----|--------------|----|----------------------|----|-------------|----|----------|----|-------------|----|------------------|----|-------------|----|-----------------|----|--------------|----|-------------|----|----------|----|----------------|----|-----------|----|------------|----|---------------------|----|--------------------|----|----------------|----|----------------------------|----|-----------------|----|----------------|----|----------------------------|----|-----------------------------|----|--------------------------------|----|---------------------------------|----|--------------------------------|----|---------------------------------|----|----------------|----|-----------------------------|----|------------------------------|----|---------------------------------|----|----------------------------------|----|---------------------------------|----|----------------------------------|----|--------------|----|---------------------------|----|----------------------------|----|-------------------------------|----|--------------------------------|----|-------------------------------|----|--------------------------------|----|-----------------|----|--------------|----|---------------------------|----|----------------------------|----|-------------------------------|----|--------------------------------|----|-------------------------------|----|--------------------------------|----|----------------|----|-----------------------------|----|------------------------------|----|--------------------|--|

實驗數據(碳酸鈣/絹雲母) 66 表5.31 主效應與交互效應不透明度分析結果(碳酸鈣/絹雲母) 67 表5.32 23階層設計不透明度實驗數據(碳酸鈣/滑石粉) 68 表5.33 主效應與交互效應不透明度分析結果(碳酸鈣/滑石粉) 69 5.1.1.3 手抄紙灰份比例 69 表5.34 23階層設計灰份實驗數據(碳酸鈣) 70 表5.35 主效應與交互效應灰份分析結果(碳酸鈣) 70 表5.36 23階層設計灰份實驗數據(碳酸鈣/絹雲母) 71 表5.37 主效應與交互效應灰份分析結果(碳酸鈣/絹雲母) 72 表5.38 23階層設計灰份實驗數據(碳酸鈣/滑石粉) 73 表5.39 主效應與交互效應灰份分析結果(碳酸鈣/滑石粉) 74 5.1.1.4 漿料保留率 74 表5.40 23階層設計一次保留率實驗數據(碳酸鈣) 75 表5.41 主效應與交互效應一次保留率分析結果(碳酸鈣) 75 表5.42 23階層設計一次保留率實驗數據(碳酸鈣/絹雲母) 76 表5.43 主效應與交互效應一次保留率分析結果(碳酸鈣/絹雲母) 77 表5.44 23階層設計一次保留率實驗數據(碳酸鈣/滑石粉) 78 表5.45 主效應與交互效應一次保留率分析結果(碳酸鈣/滑石粉) 79 5.2 剪應力對於手抄紙紙張性質影響趨勢圖 79 5.2.1 絹雲母取代部分碳酸鈣為填料進行手抄紙 80 5.2.1.1 手抄紙物理性質 80 5.2.1.1.1 破裂指數 80 圖5.1 紙漿濃度對手抄紙破裂指數的影響 81 圖5.2 攪拌速率對手抄紙破裂指數的影響 82 圖5.3 攪拌時間對手抄紙破裂指數的影響 82 5.2.1.1.2 抗張指數 83 圖5.4 紙漿濃度對手抄紙抗張指數的影響 84 圖5.5 攪拌速率對手抄紙抗張指數的影響 84 圖5.6 攪拌時間對手抄紙抗張指數的影響 85 5.2.1.1.3 厚度 85 圖5.7 紙漿濃度對手抄紙厚度的影響 86 圖5.8 攪拌速率對手抄紙厚度的影響 87 圖5.9 攪拌時間對手抄紙厚度的影響 87 5.2.1.2 手抄紙光學性質 88 5.2.1.2.1 白度 88 圖5.10 紙漿濃度對手抄紙白度的影響 89 圖5.11 攪拌速率對手抄紙白度的影響 89 圖5.12 攪拌時間對手抄紙白度的影響 90 5.2.1.2.2 不透明度 90 圖5.13 紙漿濃度對手抄紙不透明度的影響 91 圖5.14 攪拌速率對手抄紙不透明度的影響 92 圖5.15 攪拌時間對手抄紙不透明度的影響 92 5.2.1.3 手抄紙灰份比例 93 圖5.16 紙漿濃度與填料預混比例對手抄紙灰份的影響 94 圖5.17 攪拌速率與填料預混比例對手抄紙灰份的影響 94 圖5.18 攪拌時間與填料預混比例對手抄紙灰份的影響 95 5.2.1.4 漿料保留率 95 圖5.19 紙漿濃度對手抄紙灰份和一次保留率的影響 96 圖5.20 攪拌速率對手抄紙灰份和一次保留率的影響 97 圖5.21 攪拌時間對手抄紙灰份和一次保留率的影響 97 5.2.1.5 填料與纖維結合狀態 98 圖5.22 20%絹雲母取代碳酸鈣手抄紙SEM圖 98 圖5.23 20%絹雲母取代碳酸鈣冷凍乾燥SEM圖 98 圖5.24 20%絹雲母取代碳酸鈣手抄紙SEM圖 99 圖5.25 20%絹雲母取代碳酸鈣冷凍乾燥SEM圖 99 5.2.2 滑石粉取代部分碳酸鈣為填料進行手抄紙 99 5.2.2.1 手抄紙物理性質 99 5.2.2.1.1 破裂指數 100 圖5.26 紙漿濃度對手抄紙破裂指數的影響 101 圖5.27 攪拌速率對手抄紙破裂指數的影響 101 圖5.28 攪拌時間對手抄紙破裂指數的影響 102 5.2.2.1.2 抗張指數 102 圖5.29 紙漿濃度對手抄紙抗張指數的影響 103 圖5.30 攪拌速率對手抄紙抗張指數的影響 104 圖5.31 攪拌時間對手抄紙抗張指數的影響 104 5.2.2.1.3 厚度 105 圖5.32 紙漿濃度對手抄紙厚度的影響 106 圖5.33 攪拌速率對手抄紙厚度的影響 106 圖5.34 攪拌時間對手抄紙厚度的影響 107 5.2.2.2 手抄紙光學性質 107 5.2.2.2.1 白度 107 圖5.35 紙漿濃度對手抄紙白度的影響 108 圖5.36 攪拌速率對手抄紙白度的影響 109 圖5.37 攪拌時間對手抄紙白度的影響 109 5.2.2.2.2 不透明度 110 圖5.38 紙漿濃度對手抄紙不透明度的影響 111 圖5.39 攪拌速率對手抄紙不透明度的影響 111 圖5.40 攪拌時間對手抄紙不透明度的影響 112 5.2.2.3 手抄紙灰份比例 112 圖5.41 紙漿濃度與填料預混比例對手抄紙灰份的影響 113 圖5.42 攪拌速率與填料預混比例對手抄紙灰份的影響 113 圖5.43 攪拌時間與填料預混比例對手抄紙灰份的影響 114 5.2.2.4 漿料保留率 114 圖5.44 紙漿濃度對手抄紙灰份和一次保留率的影響 115 圖5.45 攪拌速率對手抄紙灰份和一次保留率的影響 116 圖5.46 攪拌時間對手抄紙灰份和一次保留率的影響 116 5.2.2.5 填料與纖維結合狀態 117 圖5.47 20%滑石粉取代碳酸鈣手抄紙SEM圖 117 圖5.48 20%滑石粉取代碳酸鈣冷凍乾燥SEM圖 117 圖5.49 20%滑石粉取代碳酸鈣手抄紙SEM圖 118 圖5.50 20%滑石粉取代碳酸鈣冷凍乾燥SEM圖 118 第六章 結論與建議 119 6.1 結論 119 6.2 建議 122 附錄 126

參考文獻

1. Antunes E., Garcia F.A.P., Ferreira P., Rasteiro M. G. 2007. Flocculation of PCC filler in papermaking: Influence of the particle characteristics. *Chemical Engineering Research and Design* 86:1155-1160.
2. Blanco A., Fuente E., Negro C., Monte M., Tijero J. 2002. Focused beam reflectant measurement as a tool to measure flocculation. *TAPPI J.* 1(10):14-20.
3. Gaudreault R., Cesare N.D., Weitz D., Theo G.M. 2009. Flocculation kinetics of precipitated calcium carbonate. *Colloid and Surfaces A: Physicochem. Eng. Aspects* 340:56-65.
4. Gigac J., Ku?a V., Schwartz J. 1995. Effects of fibers and fillers on the optical and mechanical characteristics of paper. *TAPPI J.* 78(2).
5. Goto S., Pelton R. 2000. The link between strength and shear sensitivity for filler flocs formed with retention aids. *TAPPI J.* 83(4):1-9.
6. Kamo K., Sampson W. 2008. Analysis of the Influence of Filler Loading and Grammage on Bonding. *TAPPI/PIMA PaperCon '08 Conference*.
7. McNeal M.R., Nanko H., Hubbe M.A. 2005. Imaging of macromolecular events occurring during the manufacture of paper. 13th Fundamental Research Symposium, Cambridge.
8. Perng Y.S., Wang I.C. 2004. Development of a functional filler:swelling sericite. *TAPPI J.* 3(6):26-31.
9. Perng Y.S., Wang I.C., Yang I.T., Lai M.H. 2008. Application of nanosericite to a colloidal silica microparticle retention system. *Taiwan J. For Sci* 23(1):47-54.
10. Perng YS, Wang IC, Yang IT, Lee YW. 2010. Effects of adding co-ground talc and calcium carbonate on the retention and paper properties of handsheets. *TAPPI J.* 25(2):129-37.
11. Poraj-Kozminski A., Hill R.J., Theo G.M. 2007. Flocculation of starch-coated solidified emulsion droplets and calcium carbonate particles. *Journal of Colloid and Interface Science* 309:99-105.
12. Rasteiro M. G., Garcia F.A.P., Ferreira P., Blanco A., Negro C., Antunes E. 2007. The use of LDS as a tool to evaluate flocculation mechanisms. *Chemical Engineering and Processing* 47:1323-1332.
13. Scott W.E. 1996. Principles of wet-end chemistry. TAPPI Press. Atlanta.
14. Teir S., Eloneva S., Zevenhoven R. 2005. Production of precipitated calcium carbonate from calcium silicates and carbon dioxide. *Energy Convers Manage* 46:2954-2979.
15. 王益真(2001), 微粒子保留助劑系統之絮凝機制, 漿紙技術5(4):27-35.
16. 朱志耀(1996)紙之規格與品質標準, 造紙基層技術備漿系統, 經濟部工業局:1-50.
17. 李貞輝、郭蘭生、方專

任(1999), 造紙濕端化學發展, 漿紙技術3(3):17-24。 18. 宋寶祥、狄宏偉(2008), 造紙滑石的功能特性及其產品的開發與應用前景之研究, 中華紙業期刊29(15):48-52。 19. 祝紅麗、陳克復、陳港(2008), 造紙填料的改性及應用, 紙與造紙27(S0):57-60。 20. 夏維泰、林懿薇(2008), 「觀微知著的粒徑分析」, 科學發展6(426):55-59。 21. 翁滄程(2009), 修飾填料添加於造紙濕端之應用研究, 碩士論文, 私立大葉大學環境工程系, 彰化。 22. 高曉軍、王友成、張風山(2007), 添加陰離子澱粉提高新聞紙灰份, 紙與造紙26(4):35-37。 23. 許正治(1999), 濕磨碳酸鈣在造紙填料上的應用, 漿紙技術3(3):25-30。 24. 許正治(2004), 濕磨碳酸鈣在造紙上之應用, 漿紙技術8(1):9-26。 25. 張升友、陳夫山、王高升、于亞新(2009), 打漿對高得率漿物理性能及纖維形態的影響, 紙和造紙28(2):29-32。 26. 梁瑞振(2004), 輕質碳酸鈣應用於造紙填料之研究, 碩士論文, 屏東科技大學森林系, 屏東。 27. 郭蘭生(1996), 紙之染色, 造紙基層技術備漿系統, 經濟部工業局:245-312。 28. 郭蘭生、蔡碧麗(1988), 避免機器抄色紙顏色偏差之經驗談, 漿與紙9(3):22-26。 29. 郭蘭生、藍浩繁、鄭殷立、鄭雅月(1997), 白信封紙之不透明度, 台灣林業科學12(1):53-59。 30. 經濟部礦物局網站-礦石小百科-絹雲母。
<http://www2.mine.gov.tw/Bible/ViewMineral.asp?view=m30> 31. 彭元興(2004), 澱粉在造紙業的應用, 經濟部工業局專案計畫-造紙技術講習班講義。 32. 彭元興(2004), 攪拌理論與實務(一):基本概念及葉輪功率需求, 漿紙技術8(1):1-6。 33. 楊欣、龍柱、李海峰(2008), 打漿對磁性紙的填充度和紙張性能的影響, 紙與造紙27(5):36-38。 34. 蘇裕昌(1999), 濕端化學的基礎, 漿紙技術3(3):1-11。