

# The Effect of Carboxymethyl Cellulose on Refining and Paper Physical Properties

蔡石文、彭元興

E-mail: 9707326@mail.dyu.edu.tw

## ABSTRACT

The global market pulp price has soared in recent years, increased from US\$ 450/t to 760/t. Even wastepaper price has gone up in both domestic and international marketplaces. Paper industry in Taiwan uses about 23% of virgin pulps, while old corrugated container board accounts for 77% of the raw materials. As a consequence of the rising pulp prices, it becomes a urgent issue to reduce the use of virgin pulp and substitute it with lower priced materials. In this study, the use of carboxymethyl cellulose (CMC) in refining and wet-end processes were studied in anticipation of bettering paper physical properties and reducing refining energy. The results shall be useful to the industry. The study was carried out in 5 separate phases. The first phase evaluated efficacy of refining and observed the influences of adding CMC on pulp freeness of different refining intensities and paper physical properties. In the 2nd phase, paper strength enhancement using CMC was studied at a fixed pulp freeness. In the 3rd phase, addition of cationic starch together with CMC on the paper physical properties was examined by selecting the top performers of bleached softwood kraft pulp and bleached hardwood kraft pulp from the previous phases and added with cationic starch, then compared the first pass retention and paper physical properties when CMC was also present. In the 4th phase, the economic efficiency of using CMC was evaluated as 10% of bleached softwood kraft pulp was replaced with bleached hardwood kraft pulp the expected reduction in paper performance was enhanced using the wet-end functional aid. In the 5th phase, the CMC was evaluated on-machine in the actual preparation of a printing and writing grade to observe its effects on the refining energy requirement and paper physical properties. The refining experimental results indicated that under an identical refining intensity, the pulp freeness reduced with addition of CMC, thus leading to the purpose of reducing the refining energy. The amplitude of freeness reduction was the greatest with bleached softwood kraft pulp (1). The effectiveness of CMC on refining was reduced when the pulp freeness dropped excessively. As for paper physical properties, the tensile and bursting indices were the highest for unbleached kraft pulp which increased with increasing CMC dosages. CMC showed no notable effect on tear index of the paper. The paper physical properties enhancement experiments also showed that under the same freeness, the first pass retention and paper physical properties increased with the increasing CMC dosages. Both 1st pass retention and paper physical properties enhancement was the greatest for unbleached kraft pulp, whereas, the bleached chemi-thermomechanical pulp and the local collected old corrugated container board, however, showed the least enhancements. A CMC dosage of 0.2% or greater lent to a more pronounced efficacy. When cationic starch was added together with CMC, a 1% cationic dosage caused the first pass retention to go up. The increases for the bleached softwood kraft pulp (1) and the bleached hardwood kraft pulp (1) were 0.5% and 0.4%, respectively, and the increases were greater than those without cationic starch. The presence of 1% cationic starch in the pulp also contributed to marked increases in the tensile and bursting indices of the paper than those without it. The enhancement also increased with the increasing CMC dosages. The evaluation on the economic efficiency of adding CMC indicated that if 10% bleached softwood kraft pulp was replaced with bleached hardwood kraft pulp, the regression equation suggested that a CMC dosage of 0.2% was needed to achieve the same strengths. The differential in pulp prices and CMC cost would suggest an additional NT\$ 150.7/t of paper. The on-machine CMC application study indicated that paper brightness, tensile index and interply bonding strengths of the resulting paper all increased with the presence of CMC. Although there was a NT\$ 42.8/t paper reduction in the refining cost, the overall cost increased NT\$ 251.2/t paper, however.

Keywords : carboxymethyl cellulose (CMC), cationic starch, refining, first pass retention, paper physical properties

## Table of Contents

封面內頁 簽名頁 授權書 iii 中文摘要 iv 英文摘要 vii 誌謝 x 目錄 xi 圖目錄 xxii 表目錄 xxvi 第一章 前言 1.1 研究起源 1 1.2 研究動機 1 1.3 研究目的 2 第二章 背景資料 2.1 造紙的濕端化學 4 2.2 纖維素 4 2.3 造紙用紙漿的種類 2.3.1 未漂白針葉樹漿、漂白針葉樹漿 6 2.3.2 漂白闊葉樹漿 7 2.3.3 漂白化學熱磨木漿 7 2.3.4 舊瓦楞紙箱 9 2.4 鍊漿 10 2.4.1 鍊漿對紙張的影響 12 2.5 羧甲基纖維素 2.5.1 羧甲基纖維素的構造 14 2.5.2 羧甲基纖維素的製程 15 2.5.3 羧甲基纖維素的性質 17 2.5.3.1 物理性質 17 2.5.3.2 化學性質 19 2.5.4 羧甲基纖維素在造紙業的應用 19 2.6 紙張的物理性質測試 2.6.1 抗張強度 20 2.6.2 撕裂強度 21 2.6.3 破裂強度 21 2.6.4 游離度 22 2.6.5 白度 22 2.6.6 不透明度 23 2.6.7 剛挺度 23 2.7 名詞解釋 24 第三章 文獻回顧 3.1 CMC 在打漿(磨漿)及漿料分散的應用 27 3.2 CMC在提升濕強度的應用 30 3.3 CMC在提升紙張強度的應用 33 第四章 實驗設計

4.1 實驗目的	36
4.2 實驗設計	40
4.2.1 CMC在磨漿效益實驗之應用	40
4.2.1.1 實驗方法	40
4.2.1.2 實驗步驟	42
4.2.1.3 實驗樣品之總數	43
4.2.2 CMC在紙張物理性質提升之應用	44
4.2.2.1 實驗方法	44
4.2.2.2 實驗步驟	45
4.2.2.3 實驗樣品之總數	45
4.2.3 陽性澱粉與CMC併用的影響應用	46
4.2.3.1 實驗方法	46
4.2.3.2 實驗步驟	46
4.2.3.3 實驗樣品之總數	47
4.2.4 CMC的效益評估應用	47
4.2.4.1 實驗方法	47
4.2.4.2 實驗步驟	48
4.2.4.3 實驗樣品之總數	49
4.2.5 CMC在實際紙機應用的效益	49
4.2.5.1 實驗方法	49
4.2.5.2 實驗步驟	50
4.3 實驗測試項目	50
4.3.1 漿料濃度	50
4.3.2 手抄紙製備	51
4.3.3 漿料游離度	52
4.3.4 抗張強度	52
4.3.5 撕裂強度	52
4.3.6 破裂強度	52
4.3.7 白度	52
4.3.8 不透明度	52
4.3.9 剛挺度	52
4.3.10 灰份	53
4.4 實驗藥品	53
4.5 實驗儀器	55
第五章 實驗結果與討論	56
5.1 CMC對於磨漿效益及紙張物理性質的影響	56
5.1.1 CMC對未漂白長纖(1)磨漿及紙張物理性質之影響	56
5.1.1.1 游離度-未漂白長纖(1)	57
5.1.1.2 抗張指數-未漂白長纖(1)	58
5.1.1.3 撕裂指數-未漂白長纖(1)	59
5.1.1.4 破裂指數-未漂白長纖(1)	60
5.1.2 CMC對未漂白長纖(2)磨漿及紙張物理性質之影響	61
5.1.2.1 游離度-未漂白長纖(2)	61
5.1.2.2 抗張指數-未漂白長纖(2)	63
5.1.2.3 撕裂指數-未漂白長纖(2)	64
5.1.2.4 破裂指數-未漂白長纖(2)	65
5.1.3 CMC對漂白長纖(1)磨漿及紙張物理性質之影響	66
5.1.3.1 游離度-漂白長纖(1)	66
5.1.3.2 抗張指數-漂白長纖(1)	68
5.1.3.3 撕裂指數-漂白長纖(1)	69
5.1.3.4 破裂指數-漂白長纖(1)	70
5.1.4 CMC對漂白長纖(2)磨漿及紙張物理性質之影響	72
5.1.4.1 游離度-漂白長纖(2)	72
5.1.4.2 抗張指數-漂白長纖(2)	74
5.1.4.3 撕裂指數-漂白長纖(2)	75
5.1.4.4 破裂指數-漂白長纖(2)	76
5.1.5 CMC對漂白短纖(1)磨漿及紙張物理性質之影響	77
5.1.5.1 游離度-漂白短纖(1)	77
5.1.5.2 抗張指數-漂白短纖(1)	79
5.1.5.3 撕裂指數-漂白短纖(1)	80
5.1.5.4 破裂指數-漂白短纖(1)	81
5.1.6 CMC對漂白短纖(2)磨漿及紙張物理性質之影響	82
5.1.6.1 游離度-漂白短纖(2)	82
5.1.6.2 抗張指數-漂白短纖(2)	84
5.1.6.3 撕裂指數-漂白短纖(2)	85
5.1.6.4 破裂指數-漂白短纖(2)	86
5.1.7 CMC對漂白化學熱磨木漿磨漿及紙張物理性質之影響	87
5.1.7.1 游離度-漂白化學熱磨木漿	87
5.1.7.2 抗張指數-漂白化學熱磨木漿	89
5.1.7.3 撕裂指數-漂白化學熱磨木漿	90
5.1.7.4 破裂指數-漂白化學熱磨木漿	91
5.1.8 CMC對美國舊瓦楞紙箱磨漿及紙張物理性質之影響	92
5.1.8.1 游離度-美國舊瓦楞紙箱	92
5.1.8.2 抗張指數-美國舊瓦楞紙箱	94
5.1.8.3 撕裂指數-美國舊瓦楞紙箱	95
5.1.8.4 破裂指數-美國舊瓦楞紙箱	96
5.1.9 CMC對台灣舊瓦楞紙箱磨漿及紙張物理性質之影響	97
5.1.9.1 游離度-台灣舊瓦楞紙箱	97
5.1.9.2 抗張指數-台灣舊瓦楞紙箱	99
5.1.9.3 撕裂指數-台灣舊瓦楞紙箱	100
5.1.9.4 破裂指數-台灣舊瓦楞紙箱	101
5.1.10 結論	101
5.1.10.1 CMC對游離度的影響	102
5.1.10.2 CMC對抗張指數的影響	103
5.1.10.3 CMC對撕裂指數的影響	104
5.1.10.4 CMC對破裂指數的影響	105
5.2 CMC對於紙張物理性質提升效應的影響	106
5.2.1 對未漂白長纖(1)一次保留率及紙張物理性質之影響	106
5.2.1.1 一次保留率-未漂白長纖(1)	106
5.2.1.2 抗張指數-未漂白長纖(1)	107
5.2.1.3 撕裂指數-未漂白長纖(1)	108
5.2.1.4 破裂指數-未漂白長纖(1)	109
5.2.2 對未漂白長纖(2)一次保留率及紙張物理性質之影響	110
5.2.2.1 一次保留率-未漂白長纖(2)	110
5.2.2.2 抗張指數-未漂白長纖(2)	111
5.2.2.3 撕裂指數-未漂白長纖(2)	112
5.2.2.4 破裂指數-未漂白長纖(2)	113
5.2.3 對漂白長纖(1)一次保留率及紙張物理性質之影響	114
5.2.3.1 一次保留率-漂白長纖(1)	114
5.2.3.2 抗張指數-漂白長纖(1)	115
5.2.3.3 撕裂指數-漂白長纖(1)	116
5.2.3.4 破裂指數-漂白長纖(1)	117
5.2.3.5 漂白長纖(1)纖維顯微結構(200倍)	118
5.2.4 對漂白長纖(2)一次保留率及紙張物理性質之影響	120
5.2.4.1 一次保留率-漂白長纖(2)	120
5.2.4.2 抗張指數-漂白長纖(2)	121
5.2.4.3 撕裂指數-漂白長纖(2)	122
5.2.4.4 破裂指數-漂白長纖(2)	123
5.2.5 對漂白短纖(1)一次保留率及紙張物理性質之影響	124
5.2.5.1 一次保留率-漂白短纖(1)	124
5.2.5.2 抗張指數-漂白短纖(1)	125
5.2.5.3 撕裂指數-漂白短纖(1)	126
5.2.5.4 破裂指數-漂白短纖(1)	127
5.2.5.5 漂白短纖(1)纖維顯微結構(200倍)	128
5.2.6 對漂白短纖(2)一次保留率及紙張物理性質之影響	129
5.2.6.1 一次保留率-漂白短纖(2)	129
5.2.6.2 抗張指數-漂白短纖(2)	130
5.2.6.3 撕裂指數-漂白短纖(2)	131
5.2.6.4 破裂指數-漂白短纖(2)	132
5.2.7 對漂白化學熱磨木漿一次保留率及紙張物理性質之影響	133
5.2.7.1 一次保留率-漂白化學熱磨木漿	133
5.2.7.2 抗張指數-漂白化學熱磨木漿	134
5.2.7.3 撕裂指數-漂白化學熱磨木漿	135
5.2.7.4 破裂指數-漂白化學熱磨木漿	136
5.2.8 對美國舊瓦楞紙箱一次保留率及紙張物理性質之影響	137
5.2.8.1 一次保留率-美國舊瓦楞紙箱	137
5.2.8.2 抗張指數-美國舊瓦楞紙箱	138
5.2.8.3 撕裂指數-美國舊瓦楞紙箱	139
5.2.8.4 破裂指數-美國舊瓦楞紙箱	140
5.2.9 對台灣舊瓦楞紙箱一次保留率及紙張物理性質之影響	141
5.2.9.1 一次保留率-台灣舊瓦楞紙箱	141
5.2.9.2 抗張指數-台灣舊瓦楞紙箱	142
5.2.9.3 撕裂指數-台灣舊瓦楞紙箱	143
5.2.9.4 破裂指數-台灣舊瓦楞紙箱	144
5.2.10 結論	145
5.2.10.1 CMC對於一次保留率的影響	145
5.2.10.2 CMC對於紙張物理性質的影響	146
5.2.10.2.1 抗張指數	147
5.2.10.2.2 撕裂指數	148
5.2.10.2.3 破裂指數	148
5.3 陽性澱粉與CMC併用的影響	149
5.3.1 對紙張物理性質及一次保留率的影響	150
5.3.1.1 一次保留率	150
5.3.1.2 抗張指數	152
5.3.1.3 破裂指數	154
5.3.2 結論	155
5.3.2.1 一次保留率	156
5.3.2.2 抗張指數	157
5.3.2.3 破裂指數	157
5.4 CMC的經濟效益評估	158
5.4.1 CMC在不同配率對不透明度的影響	159
5.4.2 CMC在不同配率對白度的影響	160
5.4.3 CMC在不同配率對剛挺度的影響	161
5.4.4 CMC在不同配率對抗張指數的影響	162
5.4.5 CMC在不同配率對破裂指數的影響	162
5.4.6 結論	163
5.5 CMC在紙機實際應用的效益	165
5.5.1 CMC對磨漿機能源的影響	165
5.5.2 CMC對於成紙紙張物理性質的影響	166
第六章 結論與建議	168
6.1 結論	168
6.2 建議	169
參考文獻	171
附錄1 游離度測試溫度校正表	175
附錄2 游離度測試濃度校正表	175
附錄3 CMC與未漂白長纖(1)游離度測試結果	176
附錄4 CMC與未漂白長纖(1)抗張指數測試結果	177
附錄5 CMC與未漂白長纖(1)撕裂指數測試結果	178
附錄6 CMC與未漂白長纖(1)破裂指數測試結果	178
附錄7 CMC與未漂白長纖(2)游離度測試結果	179
附錄8 CMC與未漂白長纖(2)抗張指數測試結果	179
附錄9 CMC與未漂白長纖(2)撕裂指數測試結果	180
附錄10 CMC與未漂白長纖(2)破裂指數測試結果	180
附錄11 CMC與漂白長纖(1)游離度測試結果	181
附錄12 CMC與漂白長纖(1)抗張指數測試結果	181
附錄13 CMC與漂白長纖(1)撕裂指數測試結果	182
附錄14 CMC與漂白長纖(1)破裂指數測試結果	182
附錄15 CMC與漂白長纖(2)游離度測試結果	183
附錄16 CMC與漂白長纖(2)抗張指數測試結果	183
附錄17 CMC與漂白長纖(2)撕裂指數測試結果	184
附錄18 CMC與漂白長纖(2)破裂指數測試結果	184
附錄19 CMC與對漂白短纖(1)游離度測試結果	185
附錄20 CMC與漂白短纖(1)抗張指數測試結果	185
附錄21 CMC與漂白短	

織(1)撕裂指數測試結果 186 附錄22 CMC與漂白短纖(1)破裂指數測試結果 186 附錄23 CMC與漂白短纖(2)游離度測試結果 187 附錄24 CMC與漂白短纖(2)抗張指數測試結果 187 附錄25 CMC與漂白短纖(2)撕裂指數測試結果 188 附錄26 CMC與漂白短纖(2)破裂指數測試結果 188 附錄27 CMC與漂白化學熱磨木漿游離度測試結果 189 附錄28 CMC與漂白化學熱磨木漿抗張指數測試結果 189 附錄29 CMC與漂白化學熱磨木漿撕裂指數測試結果 190 附錄30 CMC與漂白化學熱磨木漿破裂指數測試結果 190 附錄31 CMC與美國舊瓦楞紙箱游離度測試結果 191 附錄32 CMC與美國舊瓦楞紙箱抗張指數測試結果 191 附錄33 CMC與美國舊瓦楞紙箱撕裂指數測試結果 192 附錄34 CMC與美國舊瓦楞紙箱破裂指數測試結果 192 附錄35 CMC與台灣舊瓦楞紙箱游離度測試結果 193 附錄36 CMC與台灣舊瓦楞紙箱抗張指數測試結果 193 附錄37 CMC與台灣舊瓦楞紙箱撕裂指數測試結果 194 附錄38 CMC與台灣舊瓦楞紙箱破裂指數測試結果 194 附錄39 相同游離度下CMC對一次保留率測試結果 195 附錄40 相同游離度下CMC對抗張指數測試結果 196 附錄41 相同游離度下CMC對撕裂指數測試結果 197 附錄42 相同游離度下CMC對破裂指數測試結果 198 圖目錄 圖2.1 -D-葡萄糖纖維素化學結構式 5 圖2.2 典型針葉樹纖維細胞壁結構示意圖 .11 圖2.3 鍊漿主要效應示意圖 .11 圖2.4 鍊漿游離度對紙漿物性的影響 13 圖2.5 紙張物理性質與鍊漿關係圖 14 圖2.6 羧甲基纖維素結構圖 15 圖2.7 羧甲基纖維素溶媒法製程流程 16 圖2.8 羧甲基纖維素水媒法製程流程 17 圖4.1 實驗架構圖 .39 圖5.1 CMC及磨漿程度對未漂白長纖(1)游離度之影響 58 圖5.2 CMC及游離度對未漂白長纖(1)抗張指數之影響 59 圖5.3 CMC及游離度對未漂白長纖(1)撕裂指數之影響 60 圖5.4 CMC及游離度對未漂白長纖(1)破裂指數之影響 61 圖5.5 CMC及磨漿程度對未漂白長纖(2)游離度之影響 63 圖5.6 CMC及游離度對未漂白長纖(2)抗張指數之影響 64 圖5.7 CMC及游離度對未漂白長纖(2)撕裂指數之影響 65 圖5.8 CMC及游離度對未漂白長纖(2)破裂指數之影響 66 圖5.9 CMC及磨漿程度對漂白長纖(1)游離度之影響 68 圖5.10 CMC及游離度對漂白長纖(1)抗張指數之影響 69 圖5.11 CMC及游離度對漂白長纖(1)撕裂指數之影響 70 圖5.12 CMC及游離度對漂白長纖(1)破裂指數之影響 71 圖5.13 CMC及磨漿程度對漂白長纖(2)游離度之影響 73 圖5.14 CMC及游離度對漂白長纖(2)抗張指數之影響 75 圖5.15 CMC及游離度對漂白長纖(2)撕裂指數之影響 76 圖5.16 CMC及游離度對漂白長纖(2)破裂指數之影響 77 圖5.17 CMC及磨漿程度對漂白短纖(1)游離度之影響 79 圖5.18 CMC及游離度對漂白短纖(1)抗張指數之影響 80 圖5.19 CMC及游離度對漂白短纖(1)撕裂指數之影響 81 圖5.20 CMC及游離度對漂白短纖(1)破裂指數之影響 82 圖5.21 CMC及磨漿程度對漂白短纖(2)游離度之影響 84 圖5.22 CMC及游離度對漂白短纖(2)抗張指數之影響 85 圖5.23 CMC及游離度對漂白短纖(2)撕裂指數之影響 86 圖5.24 CMC及游離度對漂白短纖(2)破裂指數之影響 87 圖5.25 CMC及磨漿程度對漂白化學熱磨木漿游離度之影響 89 圖5.26 CMC及游離度對漂白化學熱磨木漿抗張指數之影響 90 圖5.27 CMC及游離度對漂白化學熱磨木漿撕裂指數之影響 91 圖5.28 CMC及游離度對漂白化學熱磨木漿破裂指數之影響 92 圖5.29 CMC及磨漿程度對美國舊瓦楞紙箱游離度之影響 94 圖5.30 CMC及游離度對美國舊瓦楞紙箱抗張指數之影響 95 圖5.31 CMC及游離度對美國舊瓦楞紙箱撕裂指數之影響 96 圖5.32 CMC及游離度對美國舊瓦楞紙箱破裂指數之影響 97 圖5.33 CMC及磨漿程度對台灣舊瓦楞紙箱游離度之影響 99 圖5.34 CMC及游離度對台灣舊瓦楞紙箱抗張指數之影響 100 圖5.35 CMC及游離度對台灣舊瓦楞紙箱撕裂指數之影響 101 圖5.36 CMC及游離度對台灣舊瓦楞紙箱破裂指數之影響 102 圖5.37 CMC添加量對未漂白長纖(1)一次保留率之影響 107 圖5.38 CMC添加量對未漂白長纖(1)抗張指數之影響 108 圖5.39 CMC添加量對未漂白長纖(1)撕裂指數之影響 109 圖5.40 CMC添加量對未漂白長纖(1)破裂指數之影響 110 圖5.41 CMC添加量對未漂白長纖(2)一次保留率之影響 110 圖5.42 CMC添加量對未漂白長纖(2)抗張指數之影響 112 圖5.43 CMC添加量對未漂白長纖(2)撕裂指數之影響 113 圖5.44 CMC添加量對未漂白長纖(2)破裂指數之影響 114 圖5.45 CMC添加量對漂白長纖(1)一次保留率之影響 115 圖5.46 CMC添加量對漂白長纖(1)抗張指數之影響 116 圖5.47 CMC添加量對漂白長纖(1)撕裂指數之影響 117 圖5.48 CMC添加量對漂白長纖(1)破裂指數之影響 118 圖5.49 漂白長纖(1)纖維顯微結構(放大倍數200倍) 119 圖5.50 CMC添加量對漂白長纖(2)一次保留率之影響 120 圖5.51 CMC添加量對漂白長纖(2)抗張指數之影響 121 圖5.52 CMC添加量對漂白長纖(2)撕裂指數之影響 122 圖5.53 CMC添加量對漂白長纖(2)破裂指數之影響 123 圖5.54 CMC添加量對漂白短纖(1)一次保留率之影響 124 圖5.55 CMC添加量對漂白短纖(1)抗張指數之影響 125 圖5.56 CMC添加量對漂白短纖(1)撕裂指數之影響 126 圖5.57 CMC添加量對漂白短纖(1)破裂指數之影響 127 圖5.58 漂白短纖(1)纖維顯微結構(放大倍數200倍) 129 圖5.59 CMC添加量對漂白短纖(2)一次保留率之影響 130 圖5.60 CMC添加量對漂白短纖(2)抗張指數之影響 131 圖5.61 CMC添加量對漂白短纖(2)撕裂指數之影響 132 圖5.62 CMC添加量對漂白短纖(2)破裂指數之影響 133 圖5.63 CMC添加量對漂白化學熱磨木漿一次保留率之影響 134 圖5.64 CMC添加量對漂白化學熱磨木漿抗張指數之影響 135 圖5.65 CMC添加量對漂白化學熱磨木漿撕裂指數之影響 136 圖5.66 CMC添加量對漂白化學熱磨木漿破裂指數之影響 137 圖5.67 CMC添加量對美國舊瓦楞紙箱一次保留率之影響 138 圖5.68 CMC添加量對美國舊瓦楞紙箱抗張指數之影響 139 圖5.69 CMC添加量對美國舊瓦楞紙箱撕裂指數之影響 140 圖5.70 CMC添加量對美國舊瓦楞紙箱破裂指數之影響 141 圖5.71 CMC添加量對台灣舊瓦楞紙箱一次保留率之影響 142 圖5.72 CMC添加量對台灣舊瓦楞紙箱抗張指數之影響 143 圖5.73 CMC添加量對台灣舊瓦楞紙箱撕裂指數之影響 144 圖5.74 CMC添加量對台灣舊瓦楞紙箱破裂指數之影響 145 圖5.75 CMC2對不透明度的影響 160 圖5.76 CMC2對白度的影響 161 圖5.77 CMC2對剛挺度的影響 161 圖5.78 CMC2對抗張指數的影響 162 圖5.79 CMC2對破裂指數的影響 163 表目錄 表2.1 各種植物材料中纖維素含量. 5 表2.2 CMC產品基本資料 20 表3.1 CMC在打漿(磨漿)及漿料分散的應用 29 表3.2 CMC在提升濕強度的應用 31 表3.3 CMC在提升紙張強度的應用 34 表4.1 總實驗變數與測試項目 37 表4.2 漿料種類、樹種及產地 41 表4.3 漿料種類與PFI磨漿機磨漿轉速 42 表4.4 CMC種類與添加比例 42 表4.5 漿料種類與打漿後游離度 44 表4.6 漿料配率表 48 表5.1 CMC添加量對未漂白長纖(1)PFI轉速比較表 57 表5.2 CMC添加量對未漂白長纖(2)PFI轉速比較表 62 表5.3 CMC添加量對漂白長纖(1)PFI轉速比較表 67 表5.4 CMC添加量對漂白

長纖(2)PFI轉速比較表 72 表5.5 CMC添加量對漂白短纖(1)PFI轉速比較表 78 表5.6 CMC添加量對漂白短纖(2)PFI轉速比較表 83 表5.7 CMC添加量對漂白化學熱磨木漿PFI轉速比較表 88 表5.8 CMC添加量對美國舊瓦楞紙箱PFI轉速比較表 93 表5.9 CMC添加量對台灣舊瓦楞紙箱PFI轉速比較表 98 表5.10 陽性澱粉與CMC對漂白長纖(1)一次保留率的影響 151 表5.11 陽性澱粉與CMC對漂白短纖(1)一次保留率的影響 151 表5.12 陽性澱粉與CMC對漂白長纖(1)抗張指數的影響 153 表5.13 陽性澱粉與CMC對漂白短纖(1)抗張指數的影響 154 表5.14 陽性澱粉與CMC對漂白長纖(1)破裂指數的影響 155 表5.15 陽性澱粉及CMC對漂白短纖(1)破裂指數的影響 156 表5.16 CMC對配率各項物理性質的影響 159 表5.17 配率修改每噸紙原料成本差異表 164 表5.18 添加CMC對於磨漿機能源的影響 166 表5.19 磨漿機能源成本計算 166 表5.20 添加CMC2對抄紙機成品紙張物理性質的影響 167

## REFERENCES

1. 王平、董宏生、許正剛(2002) 羧甲基纖維素鈉降解性的初步探討, 纖維素醚工業9(1):24-26。
2. 王益真(2006) 回收對紙漿性質的影響, 經濟部工業局工業技術人才培訓計畫, 台中, 6月27-29日, p. 139-165。
3. 尹繼明(2006) 淺談羧甲基纖維素在紙機濕部應用, 中國工業設備網。(http://www.ieicn.com)。
4. 台灣區造紙工業同業公會編印(2007) 台灣造紙工業統計2007年年報。
5. 江善宗、殷儷容(2006) 纖維素水解酵素於綠藻工業之應用研究, 農業生技產業季刊, 7: 26-36。
6. 李建成、李仲謹、白國強、郝明德(2004) 羧甲基纖維素及多元接枝高吸水樹脂的製備, 中國造紙23(2):17-20。
7. 邱俊雄(1981) 打漿添加劑CMC對紙力之影響, 漿與紙11(5):32。
8. 柯清水(1988) 化學新辭典, 正文。
9. 徐永英(1999) 造紙配料組分的濕部化學, 西北輕工業學院學報17(2): 24-30。
10. 染化資訊網(2007) http://www.fibronet.com.tw。
11. 郁根明(2000) 造紙級超低黏度CMC的製備工藝探討, 纖維素醚工業8(2):28-29。
12. 彭元興(2001) 纖維種類及纖維性質對紙張性質之影響, 經濟部工業局工業技術人才培訓計畫, 6月19-21日, p. 1-22。
13. 彭元興(2004) 鍊(打)漿及填料的添加及配料, 經濟部工業局工業技術人才培訓計畫, 7月28-30日, p. 36-77。
14. 彭元興(2004) 紙張的光學性質之測定及改善, 經濟部工業局工業技術人才培訓計畫, 7月28-30日, p. 231-257。
15. 彭元興(2006) 纖維性質對紙質品質之影響-機械漿, 經濟部工業局工業技術人才培訓計畫, 6月27-29日, p. 104-119。
16. 陳陽明、熊?、葉君、伍紅、何婉芬、謝在勤(2004) 羧甲基氫乙基纖維素的製備, 造紙科學與技術23(1):40-42, 56。
17. 經濟部工業局(1996) 造紙印刷名辭辭典。
18. 楊宗時(1989) 打漿及造紙, 正色, p. 137-141。
19. 蔡如錦(2006) 回收漿之散漿/篩選/脫墨作業及再生漿的配合, 經濟部工業局工業技術人才培訓計畫, 6月27-29日, p. 78-103。
20. 蔡守昌(2005) 特殊加工藥劑, 經濟部工業局工業技術人才培訓計畫, 5月24-26日, p. 148-177。
21. 蕭興仁(2002) 應用化學, 國立交通大學出版社, p. 71-84, 95-107。
22. 鐘文隆(1993) 造紙濕端用反應性紙力增強劑之製備與研究, 文化大學造紙印刷研究所碩士論文。
23. 蘇裕昌(2004) 纖維的特性對紙張品質的影響, 經濟部工業局工業技術人才培訓計畫, 7月28-30日, p. 1-19。
24. 蘇裕昌(2001) 再生對纖維紙張品質的影響, 漿紙技術5(4):1-19。
25. 蘇裕昌、孫德貴(1995) 廢紙脫墨之研究(一) 回收新聞紙脫墨法之確立及脫墨性質之改良, 林業試驗所研究報告季刊103:293-307。
26. Davore D.I., Fischer S.A. (1993), Wet-strength mechanism of polyaminoamide -epichlorohydrin resin, Tappi J. 76(8):121-128.
27. Espy H.H., Geist G.W. (1992), Using neutral/alkaline-curing resin to produce wet-strength grades from recycled pulp, Tappi J. 8 (5):92-96.
28. Giri M., Simonsen J., Rochefort W.E. (2000), Dispersion of pulp slurries using carboxymethylcellulose, Tappi J. 5(2):1-14.
29. Gruyter W.D. (1984), Wood, Berlin, New York, p. 26-39.
30. Heermann M.L., Welter S.R., Hubbe M.A. (2006), Effects of high treatment levels in a dry-strength additive program based on deposition of polyelectrolyte complexes:how much glue is too much?, Tappi J. 5(6):9-14.
31. Howard R.C. (1990), The effects of recycling on paper quality, JPPS 16(5):143-149.
32. Kaarlo N. (2000), Paper Physics, Papermaking Science and Technology, Book 16, Chapter 1, Fapet Oy, Finland.
33. Levlin J.E., Soderbjelm L. (2000), Pulp and Paper Testing, Papermaking Science and Technology, Book 17, Chapter 7, Fapet Oy, Finland.
34. Levlin J.E., Soderbjelm L. (2000), Pulp and Paper Testing, Paper-making Science and Technology, Book 17, Chapter 5, Fapet Oy, Finland.
35. Levlin J.E., Soderbjelm L. (1999), Pulp and Paper Testing, Paper-making Science and Technology, Book 17, Chapter 1, Fapet Oy, Finland.
36. Lofton M.C., Moore S.M., Hubbe M.A., Lee S.Y. (2005), Deposition of polyelectrolyte pomplexes as a mechanism for developing paper dry strength, Tappi J. 4(9):3-8.
37. Lothar G., Heikki P. (2000), Recycled Fiber and Deinking, Papermaking Science and Technology, Book 7, Chapter 4, Fapet Oy, Finland.
38. Lumianinen J.J. (2000), Refining of Chemical Pulp, Papermaking Science and Technology, Book 8, Chapter 4, Fapet Oy, Finland.
39. Pineault O. (1997), New trends in market pulp to look out for, Paper Asia, July, p. 32-36.
40. Scott W.E. (1996), Principles of Wet End Chemistry, Tappi Press, Atlanta, USA, p. 1-3.
41. Seth R.S., Page D.H. (1988), Fiber properties and tearing resistance, Tappi J. 5(2):103-107.
42. Smook G.A. (1934), Handbook for Pulp & Paper Technologists, 2nd ed., Angus Wilde, Bellingham, p. 56-58, 77-79.
43. Stenberg B.A. (1998), A global outlook for bleached chemical hardwood market pulp, Paper Asia, May, p. 32-34.
44. Strazdins E. (1984), Chemical aids can offset strength loss in secondary fiber furnish use, Pulp & Paper 16(3):73-77.
45. Watanabe M.G., Tomohisa K.O. (2003), Advanced wet-end system with carboxymethyl-cellulose, Tappi J. 3(5):15-19.