

# 目錄

中文摘要 .....	I
英文摘要 .....	II
誌謝 .....	III
目錄 .....	IV
表目錄 .....	VII
圖目錄 .....	X
<b>第一章 緒論 .....</b>	<b>1</b>
1.1 研究背景與動機 .....	1
1.2 研究目的與課題 .....	2
1.3 研究範圍與限制 .....	2
1.4 研究架構 .....	3
1.5 研究方法與流程 .....	5
<b>第二章 文獻回顧 .....</b>	<b>9</b>
2.1 FBS 與 MBS 之技術發展 .....	9
2.1.1 FBS 之技術發展 .....	9
2.1.2 MBS 之技術發展 .....	11
2.2 FBS 與 MBS 之班距 .....	14
2.3 捷運系統運能分析方法 .....	18
<b>第三章 FBS 與 MBS 之控制方式與運作原理 .....</b>	<b>23</b>
3.1 FBS 之控制方式與運作原理 .....	23
3.1.1 FBS 之佈設配置與設備 .....	23
3.1.2 FBS 之控制方式 .....	26
3.1.3 FBS 之運作原理 .....	32
3.2 MBS 之控制方式與運作原理 .....	37
3.2.1 MBS 之原理、設計型式與設備 .....	37

3.2.2 MBS 之控制方式 .....	42
3.2.3 MBS 之運作原理 .....	43
<b>3.3 FBS 與 MBS 之運作差異 .....</b>	<b>46</b>
<b>第四章 FBS 與 MBS 模擬模式之構建 .....</b>	<b>49</b>
<b>4.1 FBS 模型構建 .....</b>	<b>49</b>
4.1.1 模擬系統設定 .....	49
4.1.2 系統運作規則訂定 .....	51
<b>4.2 FBS 模擬模式 .....</b>	<b>55</b>
4.2.1 程式開發 .....	55
4.2.2 FBS 模擬模式 .....	56
4.2.3 FBS 模擬流程 .....	59
<b>4.3 FBS 模擬模式之驗證 .....</b>	<b>62</b>
<b>4.4 MBS 模型構建 .....</b>	<b>66</b>
4.4.1 模擬系統設定 .....	66
4.4.2 系統運作規則訂定 .....	67
<b>4.5 MBS 模擬模式 .....</b>	<b>70</b>
4.5.1 程式開發 .....	70
4.5.2 MBS 模擬模式 .....	70
4.5.3 MBS 模擬模式之檢核 .....	72
<b>第五章 FBS 與移 MBS 運能之比較分析 .....</b>	<b>76</b>
<b>5.1 影響 FBS 運能相關因素之實驗設計 .....</b>	<b>76</b>
<b>5.2 影響 FBS 運能相關因素之模擬實驗與結果 .....</b>	<b>84</b>
5.2.1 FBS 實驗控制組 .....	84
5.2.2 FBS 區間個數及區間長度影響實驗 .....	85
5.2.3 FBS 最高速限影響實驗 .....	88
5.2.4 FBS 警戒速限影響實驗 .....	89

5.2.5 FBS 曲率半徑影響實驗 .....	91
5.2.6 FBS 停站時間影響實驗 .....	93
<b>5.3 影響 MBS 運能相關因素之實驗設計 .....</b>	<b>94</b>
<b>5.4 影響 MBS 運能相關因素之模擬實驗與結果 .....</b>	<b>99</b>
5.4.1 MBS 實驗控制組 .....	99
5.4.2 MBS 最高速限影響實驗 .....	100
5.4.3 MBS 曲率半徑影響實驗 .....	102
5.4.4 MBS 位置信標間隔影響實驗 .....	104
5.4.5 MBS 停站時間影響實驗 .....	106
<b>5.5 FBS 與 MBS 運能之比較分析 .....</b>	<b>108</b>
5.5.1 FBS 與 MBS 控制方式下運能之比較分析 .....	108
5.5.2 FBS 與 MBS 最高速限影響下運能之比較分析 .....	110
5.5.3 FBS 與 MBS 曲率半徑影響下運能之比較分析 .....	111
5.5.4 FBS 與 MBS 停站時間影響下運能之比較分析 .....	113
<b>5.6 FBS 與 MBS 班距及運能之迴歸分析 .....</b>	<b>115</b>
5.6.1 FBS 最小班距迴歸分析 .....	115
5.6.2 FBS 最大運能迴歸分析 .....	118
5.6.3 MBS 最小班距迴歸分析 .....	120
5.6.4 MBS 最大運能迴歸分析 .....	123
5.6.5 FBS 與 MBS 迴歸分析結果綜整與說明 .....	124
<b>第六章 結論與建議 .....</b>	<b>126</b>
6.1 結論 .....	126
6.2 建議 .....	129
<b>參考文獻.....</b>	<b>131</b>

## 表目錄

表 4-1	各閉塞區間預設之最高 ATP 速限與區間長度 .....	50
表 4-2	FBS 模式驗證採用之各參數一覽表 .....	62
表 4-3	FBS 驗證列車受運行干擾之運轉行為相關參數一覽表 .....	64
表 4-4	MBS 模式檢核採用之各參數一覽表 .....	72
表 4-5	MBS 檢核列車受運行干擾之運轉行為相關參數一覽表 .....	74
表 5-1	Metro-FBSSM 實驗設計限制條件一覽表 .....	80
表 5-2	Metro-FBSSM 實驗基本模型控制變數一覽表 .....	81
表 5-3	Metro-FBSSM 實驗基本模型區間個數改變時控制變數表 .....	81
表 5-4	Metro-FBSSM 實驗項目與變動變數一覽表 .....	83
表 5-5	本研究之運行干擾定義表 .....	84
表 5-6	FBS 實驗控制組最小班距計算結果 .....	85
表 5-7	FBS 區間個數及區間長度影響實驗結果一覽表 .....	86
表 5-8	FBS 最高速限影響實驗結果一覽表 .....	88
表 5-9	FBS 警戒速限影響實驗結果一覽表 .....	90
表 5-10	FBS 曲率半徑影響實驗結果一覽表 .....	91
表 5-11	FBS 停站時間影響實驗結果一覽表 .....	93
表 5-12	Metro-MBSSM 實驗設計限制條件一覽表 .....	96
表 5-13	Metro-MBSSM 實驗基本模型控制變數一覽表 .....	97
表 5-14	Metro-MBSSM 實驗項目與變動變數一覽表 .....	98

表 5-15	MBS 實驗控制組最小班距計算結果 .....	99
表 5-16	MBS 最高速限影響實驗結果一覽表 .....	101
表 5-17	MBS 曲率半徑影響實驗結果一覽表 .....	103
表 5-18	MBS 位置信標間隔影響實驗結果一覽表 .....	105
表 5-19	MBS 停站時間影響實驗結果一覽表 .....	106
表 5-20	FBS 與 MBS 控制方式下運能之比較表 .....	109
表 5-21	FBS 與 MBS 最高速限影響下運能之比較表 .....	111
表 5-22	FBS 與 MBS 曲率半徑影響下運能之比較表 .....	112
表 5-23	FBS 與 MBS 停站時間影響下運能之比較表 .....	114
表 5-24	FBS 最小班距迴歸相關變數-1 .....	115
表 5-25	FBS 最小班距迴歸變異數分析-1 .....	116
表 5-26	FBS 最小班距迴歸判定係數 $R^2$ -1 .....	116
表 5-27	FBS 最小班距迴歸係數-1 .....	116
表 5-28	FBS 最小班距迴歸相關變數-2 .....	117
表 5-29	FBS 最小班距迴歸變異數分析-2 .....	117
表 5-30	FBS 最小班距迴歸判定係數 $R^2$ -2 .....	117
表 5-31	FBS 最小班距迴歸係數-2 .....	118
表 5-32	FBS 最大運能迴歸相關變數 .....	119
表 5-33	FBS 最大運能迴歸變異數分析 .....	119
表 5-34	FBS 最大運能迴歸判定係數 $R^2$ .....	119

表 5-35	FBS 最大運能迴歸係數 .....	119
表 5-36	MBS 最小班距迴歸相關變數-1 .....	120
表 5-37	MBS 最小班距迴歸變異數分析-1 .....	121
表 5-38	MBS 最小班距迴歸判定係數 $R^2$ -1 .....	121
表 5-39	MBS 最小班距迴歸係數-1 .....	121
表 5-40	MBS 最小班距迴歸相關變數-2 .....	122
表 5-41	MBS 最小班距迴歸變異數分析-2 .....	122
表 5-42	MBS 最小班距迴歸判定係數 $R^2$ -2 .....	122
表 5-43	MBS 最小班距迴歸係數-2 .....	122
表 5-44	MBS 最大運能迴歸相關變數 .....	123
表 5-45	MBS 最大運能迴歸變異數分析 .....	124
表 5-46	MBS 最大運能迴歸判定係數 $R^2$ .....	124
表 5-47	MBS 最大運能迴歸係數 .....	124
表 5-48	迴歸方程式綜整表 .....	125
表 5-49	迴歸方程式各變數適用範圍表 .....	125

# 圖目錄

圖 1-1 研究架構圖 .....	4
圖 1-2 研究流程圖 .....	8
圖 3-1 列車未佔據閉塞區間之示意圖 .....	27
圖 3-2 列車佔據閉塞區間之示意圖 .....	27
圖 3-3 列車接收 ATP 速度碼示意圖 .....	28
圖 3-4 FBS 列車正常情況下運轉速度曲線圖 .....	33
圖 3-5 列車本身與前車距離接近速度曲線圖 .....	34
圖 3-6 列車本身前方第一個閉塞區間遭佔據時速度曲線圖 .....	35
圖 3-7 列車本身前方第二個閉塞區間遭佔據時速度曲線圖 .....	35
圖 3-8 列車本身前方閉塞區間狀況恢復正常時速度曲線圖 .....	36
圖 3-9 迴路式移動閉塞區間號誌系統 .....	38
圖 3-10 信標偵測式移動閉塞區間號誌系統 .....	39
圖 3-11 道旁區域基地台與列車通訊示意圖 .....	41
圖 3-12 MBS 列車正常情況下運轉速度曲線圖 .....	44
圖 3-13 MBS 列車煞車曲線示意圖 .....	45
圖 3-14 前車故障排除後車修正速度曲線示意圖 .....	45
圖 4-1 台北捷運高運量圓山至劍潭站路線佈設現況圖 .....	50
圖 4-2 FBS 單一系列車於圓山至劍潭站之距離-速度關係圖 .....	52

圖 4-3 FBS 兩列車間之最小班距關係圖 .....	53
圖 4-4 Metro-FBSSM 程式參數輸入介面 .....	56
圖 4-5 Metro-FBSSM 結果輸出頁面圖(文字說明 筆/100 公尺示意) ..	58
圖 4-6 Metro-FBSSM 結果輸出頁面圖(單純數據 筆/100 公尺示意) ..	58
圖 4-7 Metro-FBSSM 模擬流程圖 .....	61
圖 4-8 FBS 模式驗證列車運轉之距離-速率關係圖 .....	63
圖 4-9 FBS 模式驗證列車運轉之時間-距離關係圖 .....	63
圖 4-10 FBS 模式驗證列車受運行干擾之距離-速率關係圖 .....	65
圖 4-11 FBS 模式驗證列車受運行干擾之時間-距離關係圖 .....	65
圖 4-12 MBS 模擬系統路線設定圖 .....	66
圖 4-13 MBS 單一系列於站間之距離-速度關係圖 .....	67
圖 4-14 MBS 兩列車間之最小班距關係圖 .....	68
圖 4-15 Metro-MBSSM 程式參數輸入介面 .....	71
圖 4-16 MBS 模式檢核列車運轉之距離-速率關係圖 .....	73
圖 4-17 MBS 模式檢核列車運轉之時間-距離關係圖 .....	73
圖 4-18 MBS 模式檢核列車受運行干擾之距離-速率關係圖 .....	75
圖 4-19 MBS 模式檢核列車受運行干擾之時間-距離關係圖 .....	75
圖 5-1 FBS 區間個數及區間長度-班距影響關係圖 .....	87
圖 5-2 FBS 最高速限-班距影響關係圖 .....	89

圖 5-3 FBS 曲率半徑-班距影響關係圖 .....	92
圖 5-4 FBS 停站時間-班距影響關係圖 .....	94
圖 5-5 MBS 最高速限-班距影響關係圖 .....	102
圖 5-6 MBS 曲率半徑-班距影響關係圖 .....	104
圖 5-7 MBS 位置信標間隔-班距影響關係圖 .....	106
圖 5-8 MBS 停站時間-班距影響關係圖 .....	107
圖 5-9 FBS 與 MBS (區間長度為零) 控制方式下運能之比較圖 ...	109
圖 5-10 FBS 與 MBS 最高速限影響下運能之比較圖 .....	111
圖 5-11 FBS 與 MBS 曲率半徑影響下運能之比較圖 .....	113
圖 5-12 FBS 與 MBS 停站時間影響下運能之比較圖 .....	114

