

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 |
| | |
| 第一章 緒論 | 1 |
| 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 |
| | |
| 第二章 文獻回顧 | 9 |
| 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 |
| | |
| 第三章 FBS 與 MBS 之控制方式與運作原理 | 23 |
| 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 |
| 3.3 FBS 與 MBS 之運作差異 | 46 |
| 第四章 FBS 與 MBS 模擬模式之構建 | 49 |
| 4.1 FBS 模型構建 | 49 |
| 4.1.1 模擬系統設定 | 49 |
| 4.1.2 系統運作規則訂定 | 51 |
| 4.2 FBS 模擬模式 | 55 |
| 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 |
| 4.3 FBS 模擬模式之驗證 | 62 |
| 4.4 MBS 模型構建 | 66 |
| 4.4.1 模擬系統設定 | 66 |
| 4.4.2 系統運作規則訂定 | 67 |
| 4.5 MBS 模擬模式 | 70 |
| 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 |
| 第五章 FBS 與移 MBS 運能之比較分析 | 76 |
| 5.1 影響 FBS 運能相關因素之實驗設計 | 76 |
| 5.2 影響 FBS 運能相關因素之模擬實驗與結果 | 84 |
| 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 |
| 5.3 影響 MBS 運能相關因素之實驗設計 | 94 |
| 5.4 影響 MBS 運能相關因素之模擬實驗與結果 | 99 |
| 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 |
| 5.5 FBS 與 MBS 運能之比較分析 | 108 |
| 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 |
| 5.6 FBS 與 MBS 班距及運能之迴歸分析 | 115 |
| 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 |
| 第六章 結論與建議 | 126 |
| 6.1 結論 | 126 |
| 6.2 建議 | 129 |
| 參考文獻..... | 131 |

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 |

