

國立交通大學

交通運輸研究所

碩士論文

捷運車站人行系統模擬模式之建立

Using eM-Plant Package to Build Simulation Model for

Pedestrian System in MRT Station



指導教授：黃台生 教授

研究生：謝育錚

中華民國九十七年六月

捷運車站人行系統模擬模式之建立
Using eM-Plant Package to Build Simulation Model for
Pedestrian System in MRT Station

研究生：謝育錚

Student: Yu-Cheng Hsieh

指導教授：黃台生

Advisor: Tai-Sheng Huang

國立交通大學

交通運輸研究所



Submitted to Institute of Traffic and Transportation
College of Management
National Chiao Tung University
in partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of
Master
in
Traffic and Transportation

June 2008
Taipei, Taiwan, Republic of China

中華民國九十七年六月

捷運車站人行系統模擬模式之建立

研究生：謝育錚

指導教授：黃台生

國立交通大學交通運輸研究所碩士班

摘要

捷運車站係捷運系統中服務旅客最重要空間，根據資料顯示，台北捷運系統在 2008 年 5 月平均一天的進站旅客量高達 120 萬人次。過去捷運車站之規劃設計多依循靜態之工程規劃做設計，但捷運車站人流系統動線相當多且複雜，不應只依靜態規範做設計，應加入動態模擬分析才能找出各種動線之相互關係。回顧過去國內外文獻可發現與捷運車站人行系統模擬相關之文獻相當缺乏，因此本研究將透過 eM-Plant 7.0 軟體進行模式構建，以具體方式表達捷運車站內各項設施設備之配置。將實際捷運車站中之人流系統設施配置，透過節點與節線的概念，搭配軟體中符合之各節點特性之物件，構建出捷運車站人行系統模擬模式。本研究所構建之模式範圍包含捷運車站進出口以內之部分，將不包含站外轉乘及人行系統。

本研究以台北捷運公司高運量系統中之市政府站做為模擬模式構建案例，針對捷運車站人行系統做一詳細說明及定義，模擬模式之建立將構建在上述基礎中，說明如何透過 eM-Plant 7.0 構建捷運車站人行系統之程序、參數蒐集、物件及參數設定方式。由於設定模擬模式需要投入相當多之參數，參數之取得是否完整及正確，對於模擬模式之成功與否相當重要。模擬模式構建完成後，可針對不同情境做設定，透過模擬觀察在特殊狀況下捷運車站人行系統之運作情形。

關鍵字：系統模擬、捷運車站、人行系統

Using eM-Plant Package to Build Simulation Model for Pedestrian System in MRT Station

Student : Yu-Cheng Hsieh

Advisor : Tai-Sheng Huang

Institute of Traffic and Transportation

National Chiao Tung University

ABSTRACT

The Mass Rapid Transit (MRT) station is the most important space of passenger. According to the data , The Taipei MRT means one day-long to enter the station the passenger quantity in 2008 May to reach as high as 120 ten thousand people . In the past , the design of MRT station was usually rely on project of static standard , but pedestrian system in MRT Station has many walking path and quiet complex . Should not only depend on the static standard to make the design, should join the dynamic simulation analysis to be able to discover each kind reciprocity of walking path. However, studies about simulation of pedestrian system in MRT station are not well developed until now. For above-mentioned , the research will penetrate eM-Plant 7.0 to construct the simulate pattern . According to the Link and Node concept and actual pedestrian system of MRT station facility position, conjugate the workstation of eM-Plant 7.0, to construct the simulation model of pedestrian system of MRT station. The pattern scope only contains the inside of station exit , does not contain the outside of station.

In this study, we adopt Taipei City Hall Station , the station of Taipei MRT, to be the simulation example. The simulation model will constructed by the detail illustration and definition of pedestrian system in MRT system. We will illustrate the process how to use eM-Plant 7.0 to construct the simulation model, and other correlation, such as parameter collection, the setting of workstation and parameters. Owing to the setting of simulation model needs a lot of parameters, the parameter collection must be completed and accurately, it will be important to construct the simulation model. After accomplished the construction of the simulation model, we can set many kind of situations in the simulation model, to observe the operation of pedestrian system in MRT station.

Keywords : System Simulation, MRT Station, Pedestrian System

誌謝

兩年在交通運輸研究所的日子，在論文完成之時同時也要畫下句點。看著窗外的風景，想著這兩年來在交研所的日子，再看看身邊的好同學們，大家都要前往自己人生的下個目標了。回想起這一切，笑容會很自然的掛在臉上，但心中卻是有著千千萬萬的不捨。一個階段要結束之時，有感傷，這代表著這個階段對我來說是美好的，更是值得永久回憶的。

寫論文，原來是這麼不簡單的一件事情。感謝指導教授 黃台生老師的細心指導，相當感謝 恩師對學生論文進度的指導與付出。對於學生的論文，總是能在我產生困惑之時給與指引，研究進度的叮嚀與督促，更是感激在心頭，論文的寫作及口頭報告技巧，也從 恩師身上獲益良多。更要感謝的是， 恩師讓我理解到做學問該有的態度。雖與老師所希望的有所落差，但老師每次的叮嚀學生都謹記在心頭。在交研所期間，也要感謝所有所上老師給與的指教與鼓勵；研究調查時台北捷運公司給與的協助；另外口試時更感謝台北捷運公司陳椿亮董事長及開南大學葉文健教授撥冗細閱，並提供寶貴的意見與指教。在在都令學生在交研所兩年求學期間得到相當多的專業知識與學到獨立研究的精神。

在交通大學待了六個年頭，前四年在新竹光復校區的運管系，後兩年待在台北校區的交通運輸研究所，六年來的點點滴滴，都縈繞在心頭。你們的存在，是我求學生涯中最甜蜜的回憶。大學同學們，雖然沒有常聚在一起，但不定時的聚會還是會發現大家都沒變，仍是相當關心彼此之間的近況。肥離與達賴，同窗六年，台灣的各個角落都有我們的足跡，特別是每次一有困難，你們都會義不容辭的幫忙。白少、馬冀、子昕、小蔣、依潔、雅惠、派皮、壞貓、丸子、相媽、孫馨、小白、維盈、鋒哥、豪哥、阿搞、宅宅、溫仔以及其他交研所一起奮鬥的好同學們，因為有你們，研究室才永遠充滿了歡樂。一同打屁聊天、出遊、運動、玩耍、打麻將，苦悶的日子才得以獲得舒壓，同時也要感謝各位協助我論文的調查還有其他關心我的朋友們，有你們真好！太多太多的感謝，真的不是三言兩語所能道盡，祝各位未來的日子能夠一帆風順，期待未來我們還有緣再相聚。

最後，要感謝家人及親人們在背後默默付出與支持。上大學後，這一路雖然走得跌跌撞撞，兩年前更是幾乎放棄繼續升學的打算，但你們卻總是給予我最大的支持與信任，讓我自由選擇我所想走的路，並且在我最脆弱的時候伸出援手及關心。家，真的是最好的避風港。完成了碩士學業，也代表我必須要更成熟面對未來挑戰。感謝大家一路的支持與陪伴，我會繼續加油，樂觀面對生活。願未來我可以抬頭挺胸的告訴各位「我過得很好」！

育錚 謹致
2008年六月
台灣 台北

目錄

中文摘要	II
英文摘要	III
誌謝	IV
目錄	V
圖目錄	VII
表目錄	VIII
第一章、緒論	1
1.1 研究動機.....	1
1.2 研究目的與課題.....	1
1.3 研究範圍.....	2
1.4 研究架構.....	2
1.5 研究方法與流程.....	3
第二章、文獻回顧	6
2.1 行人流特性.....	6
2.2 場站設施服務水準.....	8
2.3 動線規劃與模擬.....	9
2.3.1 車站動線規劃之原則.....	9
2.3.2 行人動線模擬模式.....	12
2.4 eM-Plant 簡介.....	18
2.4.1 eM-Plant 軟體.....	18
2.4.2 eM-Plant 應用的相關文獻.....	20
第三章、捷運車站人流系統之描述	23
3.1 捷運車站人流系統之組成.....	23
3.1.1 捷運車站基本旅客服務.....	23
3.1.2 捷運車站之類別.....	24
3.1.3 捷運車站之設施設備及乘客.....	25
3.2 捷運車站人流與行為.....	26
3.2.1 捷運車站人流之分類.....	26
3.2.2 捷運車站內之人行動線生成與旅客行為.....	28
3.3 捷運車站人流系統之績效.....	32
第四章、捷運車站人流系統模擬模式建立	34
4.1 eM-Plant 基本物件與工具.....	34
4.2 捷運車站人流系統之簡化與模擬技巧.....	36
4.2.1 捷運車站人流系統之模擬技巧.....	36
4.2.2 捷運車站人流系統之簡化.....	37
4.3 所需資料之調查.....	38

4.3.1	通道旅客行走速率.....	39
4.3.2	垂直設施調查.....	44
4.3.3	捷運車站進出站人數.....	49
4.3.4	捷運車站出入口使用狀況.....	50
4.4	服務設施使用狀況.....	52
4.4.1	旅客候車位置選擇比例調查.....	52
4.4.2	旅客下車後選擇垂直設施比例調查.....	54
4.5	捷運車站人流系統模擬模式之構建.....	55
4.5.1	模擬模式設定依據.....	55
4.5.2	模式構建.....	58
4.6	模式參數設定.....	64
4.6.1	進站動線參數設定.....	64
4.6.2	出站動線參數.....	67
4.7	模擬結果與案例說明(以台北捷運市政府站為例).....	70
4.7.1	模擬結果.....	70
4.7.2	模擬情境案例.....	74
4.7.3	模擬模式之情境假設案例-以跨年夜時台北捷運市政府站為例..	77
4.7.4	模式驗證.....	80
第五章、	使用 eM-Plant 構建捷運車站人流系統模擬模式之程序與技巧.....	81
5.1	模擬模式構建程序.....	81
5.2	物件設定技巧.....	82
第六章、	結論與建議.....	87
6.1	結論.....	87
6.2	建議.....	88
參考文獻	90

圖目錄

圖 1-1 研究架構圖	3
圖 1-2 研究流程圖	5
圖 2-1 靠右原則下各種在樓梯/電扶梯底部發生的動態/動線模式	11
圖 2-2 捷運車站動線行走環境示意圖	17
圖 2-3 eM-Plant 的特性	19
圖 3-1 捷運車站內動線分合示意圖(以進站為例)	30
圖 4-1 有分向設施通道	40
圖 4-2 無分向設施通道表 4-2 一般通道 KQV 表(上午尖峰)	40
圖 4-3 各通道密度直方圖	43
圖 4-4 各通道單位流率直方圖	43
圖 4-5 各通道速率直方圖	43
圖 4-7 不同垂直設施之使用型態	47
圖 4-8 捷運忠孝復興站(BL10)與市政府站各出口進出站旅客量長條圖	51
圖 4-9 台北捷運市政府站穿堂層平面圖	58
圖 4-10 人流系統簡化示意圖	58
圖 4-11 入口至閘門模式示意圖	60
圖 4-12 閘門至垂直設施模式示意圖	61
圖 4-13 月台層移動及候車模式示意圖	62
圖 4-14 出站人流模式示意圖	63
圖 4-15 以 eM-Plant 構建捷運市政府站之人行系統	69
圖 4-16 以 eM-Plant 構建忠孝復興站(BL10)之人行系統	69

表目錄

表 2-1 各國行人流速率調查概況	8
表 2-2 捷運車站月台服務水準	9
表 2-3 PEDROUTE 軟體所需資料項目與資料來源對照表	13
表 4-1 調查項目及調查方法	39
表 4-2 一般通道 KQV 表(上午尖峰).....	41
表 4-3 一般通道 KQV 表(下午尖峰).....	41
表 4-4 一般通道 KQV 表(上午離峰).....	42
表 4-5 一般通道 KQV 表(下午離峰).....	42
表 4-6 攝影地點及設施配置對照表	44
表 4-7 J1 調查點每分鐘流率	45
表 4-8 J2 調查點每分鐘流率	45
表 4-9 J3 調查點每分鐘流率	45
表 4-10 J4 調查點每分鐘流率	45
表 4-11 C1 調查點每分鐘流率	46
表 4-12 C2 調查點每分鐘流率	46
表 4-13 旅客在各垂直移動設施中之移動速率	46
表 4-14 忠孝復興站(BL10)各垂直設施往上之使用狀況	48
表 4-15 市政府站各垂直設施往上之使用狀況	48
表 4-16 忠孝復興站(BL10)各垂直設施往下之使用狀況	49
表 4-17 市政府站各垂直設施往下之使用狀況	49
表 4-18 3/18 調查時段捷運忠孝復興站(BL10)及市府站進出站人數	50
表 4-19 捷運忠孝復興站(BL10)各出入口進站旅客量及比例	50
表 4-20 捷運忠孝復興站(BL10)各出入口出站旅客量及比例	51
表 4-21 捷運市政府站各出入口進站旅客量及比例	51
表 4-22 捷運市政府站各出入口出站旅客量及比例	51
表 4-23 捷運忠孝復興站(BL10)及市政府站服務設施使用狀況	52
表 4-24 捷運市府站使用各垂直設施旅客候車位置選擇比例	53
表 4-25 捷運忠孝復興站(BL10)使用各垂直設施旅客候車位置選擇比例	53
表 4-26 捷運忠孝復興站(BL10)旅客下車選擇垂直設施之比例	54
表 4-27 捷運市政府站旅客下車選擇垂直設施之比例	54
表 4-28 忠孝復興站(BL10)及市府站自動售票機數量及閘門量	65
表 4-29 垂直移動設施設定之容量	66
表 4-30 捷運市政府站之車站服務設施模擬結果	71
表 4-31 捷運市府站垂直移動設施模擬結果	72
表 4-32 捷運市政府站旅客模擬結果月台候車車廂分佈比例	73
表 4-33 2008/1/1 0:00-1:00 與 2008/3/18 17:00-18:00 市府站進出站人數.....	78

表 4-34 四種模擬情境.....	79
表 4-35 捷運市政府站四種情境之模擬結果.....	79
表 4-36 垂直設施前排隊人數與服務設施排隊人數調查資料與模擬結果對照表	80
表 5-1 捷運車站人流系統模擬模式構建程序.....	82
表 5-2 模擬模式所需參數及參數取得方式.....	85



第一章、緒論

1.1 研究動機

捷運車站係捷運系統為服務旅客之重要空間，每天進出捷運車站的旅客量相當大，根據台北市交通統計月報資料，台北大眾捷運系統 2007 年 8 月進站總旅客量高達 3 億 4 千 8 百多萬人，平均一天的進站旅客量約 116 萬人，捷運車站要處理如此龐大的旅客量，在各個環節都必須非常注意，因此捷運車站之規範設計在捷運系統建造過程中極受重視。

捷運車站之規劃設計以往多依循靜態的工程規劃設計，設施的配置均依照預測的運量決定，例如樓梯的寬度、電扶梯數量、進出站閘門數量、走道寬度等等。但捷運車站內的人行系統非常複雜，除了主要的進出站大動線之外，在這些大動線之中還參雜了許多小動線，例如前往詢問處、洗手間、悠遊卡充值、購票、領錢等等，各種不同的動線均會互相影響，若動線安排不當，或空間預留不足均會造成車站操作效率降低，乘客使用不滿之現象。因此捷運車站人行系統不能只依靜態規範設計，應加入動態的模擬分析才能看出各種動線之相互關係。

早年台北捷運局亦曾向國外購買捷運車站旅客動線之模擬模式，但因沒有程式原始檔，難以因應國內特性做較細微的設定。在此背景下，建立一套捷運車站人行系統之模擬模式，提供國內捷運系統有一分析之工具，為必要之研究。

1.2 研究目的與課題

本研究目的即在構建捷運車站人行系統模擬模式，未來將進行之研究課題包含以下七項：

1. 確認捷運車站內所有人行動線。
2. 探討捷運車站內旅客類別及其屬性。
3. 調查研究捷運車站內旅客行為特性及影響關係。

4. 研擬捷運車站人行系統績效表達方式。
5. 整合捷運車站內人行系統各組件構建模擬模式。
6. 選擇台北捷運系統某一車站進行模式驗證並做模式應用說明。

1.3 研究範圍

本研究將使用 eM-Plant 模擬軟體進行模式之構建，eM-Plant 是一種物件導向(Object Oriented)的模擬語言，可以具體方式表達捷運車站內各項設施設備之配置，以及各類乘客在捷運系車站內之移動。本研究模式範圍包含捷運車站進出口以內之部分，不包含站外之轉乘及人行系統。捷運車站內之行人動線除了一般進出站行人動線外，亦包含緊急疏散時的逃生動線，但緊急逃生動線並不在本研究範圍中。



1.4 研究架構

為構建捷運車站內人行系統動線，本研究必須要先確認捷運車站內的車站設施配置及所有人行動線，同時也必須清楚捷運車站內的乘客類別及其屬性，針對不同屬性類別的乘客分析行為上之差異，並針對人行系統操作上之績效做評估。透過模擬軟體構建出的模擬模式，除了進行模式驗證之外，本研究亦將選擇計畫中的捷運車站做為本研究模擬模式應用說明。本研究架構圖如下：

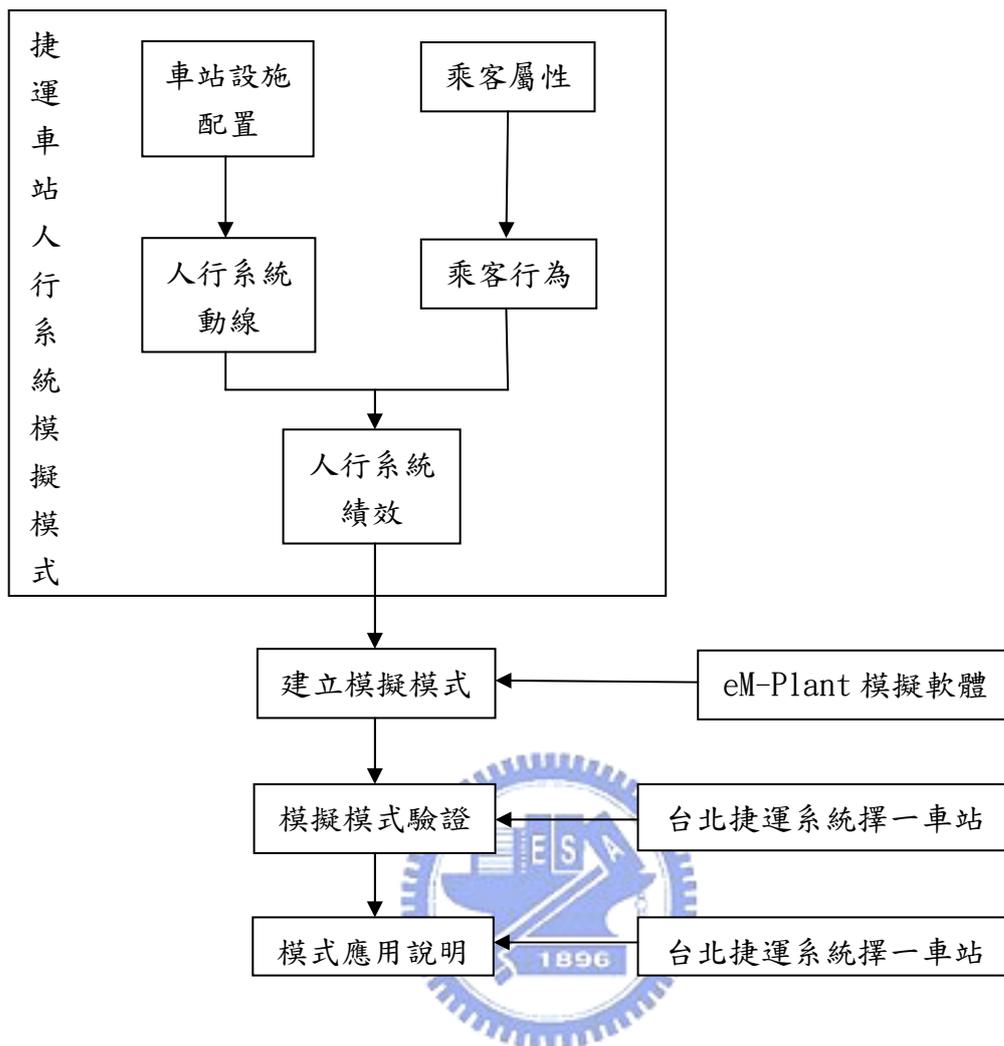


圖 1-1 研究架構圖

1.5 研究方法與流程

本研究之研究方法分述如下：

1. 模擬方法

本研究欲透過 eM-Plant 軟體構建捷運車站人行系統動線模擬模式，捷運車站人行系統動線的構建由捷運車站設施及旅客所形成，各類型設施配置及容量可透過模擬軟體中各項物件來滿足，將所有工作站連結成為一生產線，車站內旅客即成為生產線上待處理的物件。透過生產線的概念將旅客投入捷運車站人行系統中，得到模擬結果。

2. 文獻評析法

蒐集國內、外相關研究文獻，並對其加以整理分析，以提供人行系統動線組成基本概念，並對捷運車站內設施安排、人行服務水準、人行動線干擾、衡量模式、人行動線規劃有一參考原則。

3. 攝影觀察法

攝影分析法可利用數位攝影機進行現場錄影調查，將攝影所取得之資料在研究室中以慢速反覆觀察取得捷運車站內人流的流率、密度、速度等資料，同時可取得旅客使用不同類型垂直設施比率、旅客月台候車密度資料，可做為模擬參數的推估依據。

4. 統計分析法

利用統計方法可將錄影所得旅客資料進行基本數據分析，另針對模擬過程，進行差異性分析，檢視不同假設結果差異是否顯著，評估人行系統運作績效。



根據前述之研究範圍、目的、內容及方法等等，本研究主要進行的步驟如下：

1. 確立研究方向：確立本研究目的與主題及研究範圍。
2. 文獻回顧與資料蒐集：對捷運場站內人行系統規劃原則、過去針對捷運車站人行系統構建的模擬模式，模擬軟體簡介等等文獻做一整理。另針對模擬模式構建需要，前往捷運車站透過錄影方式進行資料蒐集，做為模擬模式參數推估依據。
3. 確認捷運車站內所有人行動線：捷運站內的人行動線相當複雜，在構建模擬模式之前必須要先確認捷運站內所有的人行動線，模擬模式必須要將所有動線納入模擬。
4. 構建模擬模式：基本數據資料、捷運站內人行動線均確認之後，開始進捷運

站內人行系統模擬模式構建。

5. 模式驗證：選擇已營運的台北捷運系統一車站來進行模擬模式的驗證。
6. 模式應用：選擇已營運的台北捷運系統一車站進行本研究模擬模式應用說明。
7. 結論與建議：依據研究結果提供給未來捷運車站人行系統動線規劃之參考。

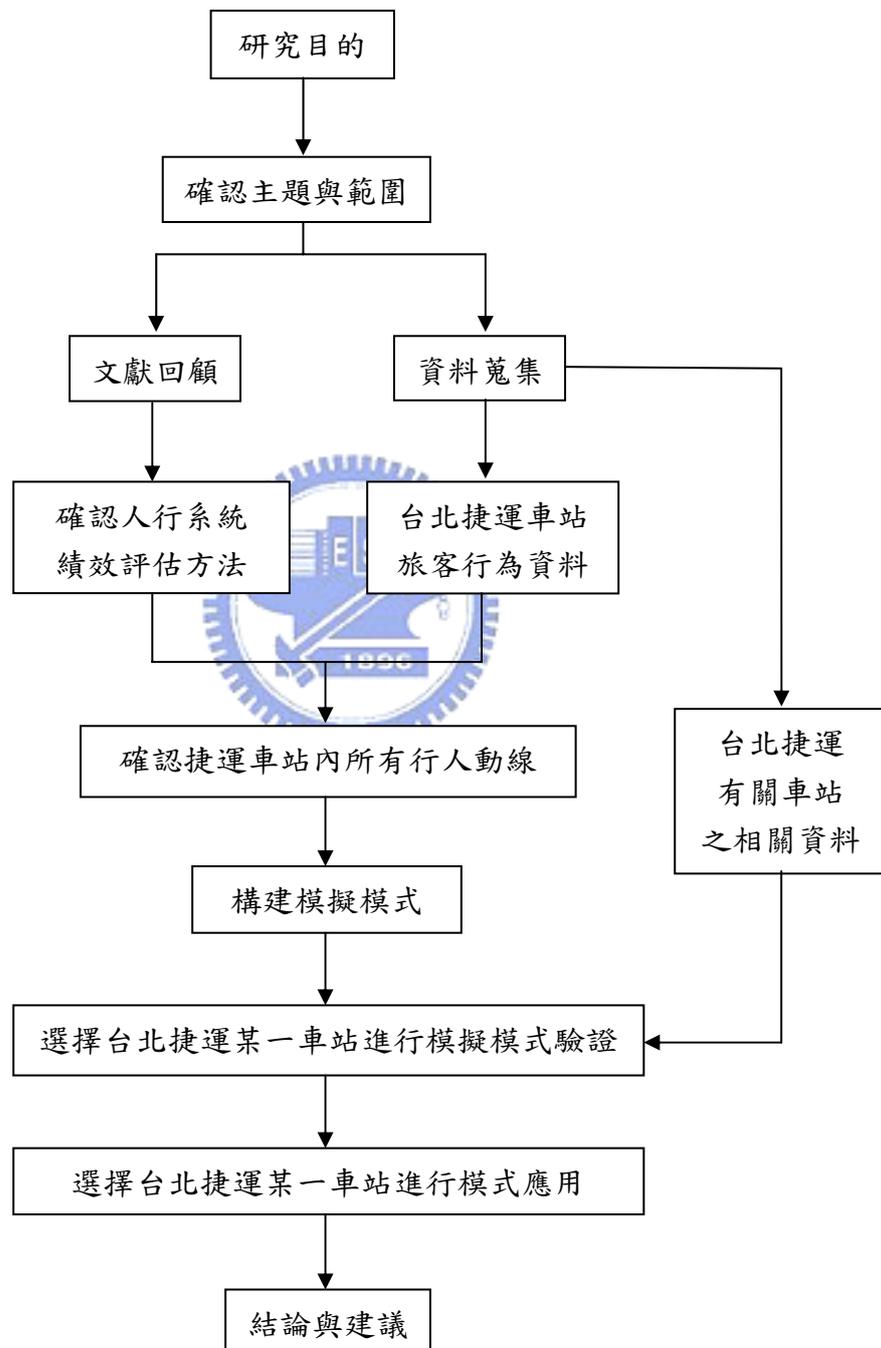


圖 1-2 研究流程圖

第二章、文獻回顧

本研究透過模擬軟體針對捷運站內行人動線模擬進行研究，因此文獻回顧第一節將針對行人流特性的相關文獻回顧；第二節回顧運輸場站服務績效的相關文獻；第三節則回顧過去研究運輸場站內行人動線模擬的相關文獻；最後一節則針對本研究所使用的模擬軟體 eM-Plant 加以介紹並且介紹過去使用該軟體的相關文獻。

2.1 行人流特性

捷運系統為大都會地區的重要交通設施，而捷運車站內人行系統服務的好壞，不僅影響捷運系統的整體運作績效，亦會直接影響乘客搭乘捷運的意願，因此需要一套捷運車站內人行系統服務水準的評量標準來衡量其人行系統之服務狀況。

早期人行系統的研究多著重在量化指標的討論，像是行人密度、速率、流量等因素。近年來開始以行人本位為出發點，以舒適、安全、方便、一致性與連貫性等質化因素作為評估服務水準的指標，其範圍亦不再侷限於行人設施的討論，而以整體的人行系統衡量之。

依公路容量手冊(Highway Capacity Manual)，[HCM, 2000]內容中指出，行人行走服務水準應該考慮的因子如下：

1. 舒適性：行人交通設施應有適當的設施保護行人避免風吹日曬
2. 方便性：考慮行人步行的起訖和行走距離
3. 安全性：與道路上車流分離的措施
4. 保安性：是否有照明設備
5. 美觀性：行人步行空間應考慮符合人們對美感的需求
6. 設施連貫性：行走應具連貫性

公路容量手冊中針對行人章節中所強調的服務水準分析重點在於行人流量的衡量，例如行人行走速度、行走空間以及延滯這三部分，除此之外還要再考慮行人流產生的衝突、行人流反向行走的能力以及排隊等候空間等等。

林廉凱[2001]的研究指出，捷運車站乘客的「擁擠」程度與「動線干擾」頻繁程度雖有其相關性但兩者之間乃具有不同之意義：「擁擠」乃是以「密度」的觀點做描述，而「干擾」卻是以「亂度」的觀點來觀測。乘客動線設計中除了以密度為「擁擠度」衡量因子之外，該研究嘗試針對捷運車站之走道進行干擾量度，藉以瞭解人流特性變數與干擾之間的關係。

該研究指出捷運站內的旅客動線會因為站內設施的設置位置〔例如：電扶梯位置、收票閘門等等〕及車站特性〔是否為轉乘站〕所影響，透過車流理論應用到捷運站內人流上，並且分析行人行走特性，在做研究之前車流理論的內容架構必須要先清楚瞭解。該研究主要透過三個方向研究走道之動線干擾，分別是走道設計容量、車站空間配置、旅客流量。研究的結果指出，不論從強迫進入或逐步分析法都顯示月台及動線交會口皆為影響乘客整體干擾感受的重要因子，因此若要改善捷運車站動線干擾的程度，該研究認為從月台及動線交會處進行改善措施最能達到整體的滿意績效。

Hoogendoorn 及 Daamen[2005]針對行人設施瓶頸點的研究裡，針對狹窄及較寬闊的瓶頸點均有加以研究。該研究中指出，擁擠會產生的原因就在於行人到達該設施的流量大於該瓶頸點所設計的含量。而決定該瓶頸點的含量有以下幾點要素：該瓶頸點的寬度、瓶頸點牆壁表面材質以及通過該點時行人之間互相的影響。在飽合狀態下，行人間的間距小於人們的平均肩寬(45cm)，而行人會以相同的速度前進。

各個國家由於國情之不同，因此各國行人流速率概況會有所不同，各個國家研究調查所得之行人步行速率比較見表 2-1。

表 2-1 各國行人流速率調查概況

國別	行人速度調查資料
德國	Oeding 調查：自由流平均速率=1.5 公尺/秒
美國	1. 1965 年交通工程：男女平均速率=1.28 公尺/秒 2. Fruin 調查：男女平均速率=1.35 公尺/秒 3. Macdoman 調查：平均步行速率=1.27 公尺/秒 4. Surti 和 Burke 調查：平均步行速率=1.31 公尺/秒
英國	Older 調查：自由流平均速率=1.5 公尺/秒
香港	Lam, Morrall 和 Ho 調查[1995] 1. 室內平均速率=0.83 公尺/秒 2. 室外平均速率=1.19 公尺/秒
日本	藤田大二、泉堅二郎、外井哲志調查： 1. 通勤者之平均速率=1.5 公尺/秒 2. 遊客之平均速率=1.2 公尺/秒
台灣	陳昭華調查[1986]：男女平均速率=1.25 公尺/秒 許添本調查[1999]：平均速率=1.21 公尺/秒

資料來源：許添本[1999]研究整理

2.2 場站設施服務水準

Lam 等人[1999]對香港輕軌車站內的乘客擁擠影響做的調查分析，調查內容一共分為三個部份，第一部分為列車停靠時間與車站內乘客擁擠的關係；第二部分是月台上的擁擠程度，並將月台上的擁擠程度以五個等級的服務水準做區分；第三部分則調查車上乘客的乘車舒適度。最後以二元羅吉特模式建構出列車舒適程度，該研究範圍就以車上及月台上的乘客為主。資料的部分可分為到達乘客數、上下車乘客數、列車進站時間、列車離開時間以及列車於月台停靠的時間。該研究結果所訂定的月台服務水準如表2-2所列：

表 2-2 捷運車站月台服務水準

LOS	對應乘客狀況	乘客可使用面積 (平方公尺/人)
A	相當大的候車空間，可自由走動	> 1.2
B	乘客在月台可自由選擇候車地點，但身旁有其他乘客	1.20 ~ 0.93
C	月台開始產生擁擠，但不會碰觸到他人	0.93 ~ 0.65
D	月台變擁擠，開始碰觸到其他乘客	0.65 ~ 0.28
E	月台非常擁擠，幾乎沒有活動空間	< 0.28

資料來源: William H. K. 等人[1999]

2.3 動線規劃與模擬

2.3.1 車站動線規劃之原則

根據台北市捷運局(1990)「站區動線規劃手冊」中車站動線之定義可分廣義及狹義兩種，狹義之車站動線係指乘客在車站內部活動之流動路徑，如乘客到達、離去、購票、收驗票、候車等。而廣義之車站動線係指車站營運時間內之乘客、車輛流動之路徑，包括了車站外部之人車活動，例如接駁公車、計程車以及汽機車等轉乘車輛進出車站之路徑。

車站之人車動線必須直接、簡單及連續，才能達到動線暢流的目的，動線規劃若是不當，除了會影響到車站本身營運的效率之外，更會影響車站附近街道交通之順暢，故規劃車站動線時，應審慎研析，避免造成瓶頸。車站動線規劃之原則如下所列：

A. 直接

人車動線應避免迂迴，彎繞之路徑，使流動路徑最短，如縮短穿堂層至月台層或月台間轉車之距離，又如車站外部轉乘設施與車站出入口間的距離也應縮短。

B. 簡單

動線應盡量簡單，避免動線交織現象之產生。如分離進站與出站乘客之行走途徑，減少不同目的旅客間的影響。

C. 連續

動線規劃的第三個原則為保持人、車動線之連續性，例如穿堂層中自動售票機所提供的空間是否足夠，若是不足有可能會造成過多的乘客排隊等候買票而影響到一般旅客進出車站之連續性。

D. 合理

動線規劃的第四個原則為符合公平性、合理性。



站內動線規劃設施的好壞，決定於車站內部服務設施之配置。車站內部空間，依其機能不同，可分為月台層與穿堂層，其中又以穿堂層最為複雜。站內服務設施空間配置程序為：

1. 決定尖峰小時進出車站與轉車之乘客數；
2. 計算尖峰分鐘使用服務設施之乘客數；
3. 估計所需服務設施之數量；
4. 設施之配置與動線之規畫。

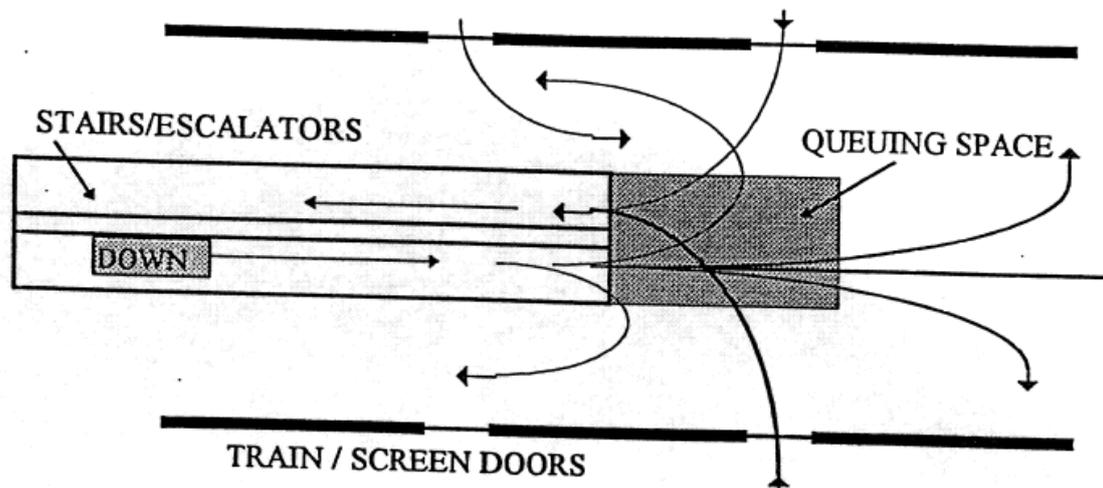
台北市政府捷運局委託英商莫特麥克唐納[1997] 評估下列各項地下車站月台設計標準：

- 障礙物至月台邊緣間最小寬度尺寸；

- 月台上容許乘客候車空間；
- 月台寬度計算；
- 垂直動線設計；
- 垂直動線上排隊空間。

該研究結論與檢討當時台北捷運系統設計標準，建議捷運局修改下列標準：

- 月台門內側至連續障礙物距離由設計標準 3000mm 改為 2500mm。
- 降低月台上正常營運狀況時乘客候車佔用空間由 1.0 平方公尺/人改為 0.8 平方公尺/人，緊急時 0.4 平方公尺/人。
- 依據修改後乘客候車空間及實際尖峰 15 分鐘負荷，並依該報告 4.3 節中之建議，檢查緊急和誤點情況，修正月台寬度計算方式。
- 為安排較佳垂直動線，樓梯與電扶梯應相鄰設置，但是若依靠右原則空間太窄無法如此設置，沿著月台上將樓梯與電扶梯分邊設置也無妨。圖 2-1 為靠右原則之下，位於垂直設施底部(月台層)發生之動線交織狀況。



資料來源：英商莫特麥克唐納[1997]

圖 2-1 靠右原則下各種在樓梯/電扶梯底部發生的動態/動線模式

陳文彬[2003]指出，捷運車站規劃除以規劃者之觀點考量之外，並須以使用者、營運者及地區大眾之觀點考量，以期建立一安全、舒適、流暢和有投資報酬的設施，並藉以提升大眾捷運系統整體運輸功能與效益。捷運車站內公共區可分為三大部分，分別為出入口、穿堂層及月台層。

2.3.2 行人動線模擬模式

毛淞鶴等人[1985]的研究指出，車站旅客動線規劃相當重要，若是規劃不當，將因其產生延滯、交織及壅塞而影響到旅客的舒適，而在緊急災害發生時更對旅客的安全性產生相當大的威脅。目前台北捷運車站空間配置與動線規劃的程序並無法反應出不同時段下旅客數的變化，也無法反應出因動線匯集產生的延滯、車站設施使用效率、站內空間及設施的經濟效益以及無法反應緊急逃生時旅客之安全性。因為以上的原因，當時捷運局期待透過車站旅客動線模擬模式之發展來輔助新設車站或改善現有車站。



該研究指出一個良好的模擬模式必須有下列四點特性需符合：

1. 模擬模式需符合旅客動線流通之特性；
2. 模擬模式需能有效地評估各替選方案；
3. 模擬模式之使用需簡明、可讀、且易於操作；
4. 模擬模式需納入整體規劃模式中。

該研究採用英國的 PEDROUTE 模式來做台北捷運的旅客動線模擬，文中有列出透過該模式所需要載入軟體的資料參數，而參數的來源有些要再透過調查或是調整才能得到，此模式流程可做為未來研究動態模擬參數設定的參考依據。該模式所需要的基本資料基本上分為三大類：

1. RUN FILE - 資料供需分析、模擬所需條件參數控制檔
 - a. 各類型車站空間相關旅客行為特性
 - b. 確定模擬旅次分派時所使用之方法
 - c. 確定模擬一般狀況或緊急逃生狀況

2. TRAIN/FLOW FILE - 旅次在車站內需求分佈資料
 - a. 建立旅客在月台上候車分佈狀況(機率)
 - b. 各旅次起迄點間旅次分佈矩陣
 - c. 各旅次產生點於不同時段之產生量
 - d. 列車服務特性(班距、車門數等)

3. LAYOUT FILE - 車站設施供給資料
 - a. 定義各空間(BLOCK)之長寬、型態
 - b. 定義各路徑(LINK)之起迄點、流量限制



表 2-3 為當時捷運局透過 PEDROUTE 軟體時所需資料與資料來源的對照表。

表 2-3 PEDROUTE 軟體所需資料項目與資料來源對照表

調查 所得	分析 整理	二手 資料	資料項目
			參數：VOT
		*	Value of time (average on train)
		*	Value of time (leisure on train)
		*	Fare elasticity
		*	Time scale

		*	Space scale
		*	Free flow speed (DTp*agreed)
			參數：EVALUATION
	*		Passenger density (no congestion cost)
	*		Passenger density (full congestion cost)
	*		Passenger density (lead to station closure)
	*		Passenger density (lead to esc. closure)
	*		Passenger density (at a safety risk)
	*		Max. different density bet. Adjacent platform
	*		Max. density for blocks
調查 所得	分析 整理	二手 資料	資料項目
			參數：SPEEDFLOW
	*	*	Free flow speed
	*		Max. capacity
	*		Speed at max. capacity
	*		Power term (time per meter to max. capacity)
			參數：TIMEDENS
	*		Free flow speed (concourse/crossing flow)
	*		Max. density
	*		Speed at max. density
	*		Power term (time per meter to max. density)
			參數：CROSS
*			Matrix of flows from location to location
			參數：ARRIVALS

*	*		Arrival pattern for each location in each period
			參數：LOCATION + TRAIN
*			% of people alighting from arriving train
		*	Max. train load
		*	Min. interval bet. Trains
		*	“A” factor
	*		“B” factor
		*	Proportion of trains being cancelled
		*	# of full size doors
			參數：PLATFORM
*			% of load in cars in each block
			參數：FREQUENCY
*		*	# of scheduled trains for each period
			參數：(FREQUENCY+)PASSENGER
*			% of passenger of each type (three in total)
*			1 : train type required , -1 : not required
			參數：LOCATION + STREET
	*		Autocorrelation coefficient for arrivals
			參數：timetable File Format (與 FREQUENCY 擇一使用)
*		*	Arrival & departure time
*			# of people alighting/boarding each train
			參數：BLOCKS
調查 所得	分析 整理	二手 資料	資料項目
*		*	Length of block (meter)

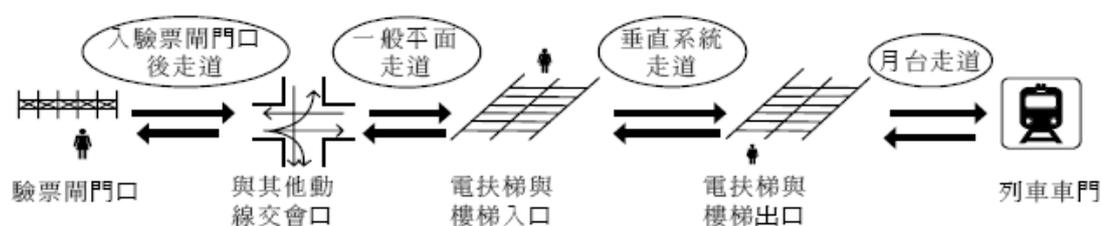
*		*	Width of block (meter)
			參數：LINKS
*	*		Max. two way flow rate
*			Optional max. flow rate in A to B
			參數：ROUTES
*			% of flow from O to D that follow this route
	*		List of blocks defining the route
			參數：BOARDERS
*			% of people requiring that block (platform block)
*			Overall fraction of people using entry block
			參數：ALIGHTERS
*			% of people coming from that block (platform block)
*			Overall fraction of people using exit block

資料來源：毛淞鶴等人[1985]

榮德琳[1995]對於機場航廈的研究中，透過 Quick BASIC 軟體構建微觀模擬模式，模擬各項設施的尖峰佔用人數與設施服務時間，再以模式的輸出計算出當時航站佈設方式尖峰時客服務水準。模擬模式需要輸入的資料共有三類，第一類為和旅客本身特性相關的資料，包含旅客抵達報到櫃台的到達型態、旅客在航站內的行為以及旅客屬性；第二類資料與服務設施有關，包含櫃台數目、最小開櫃數、服務時間以及開櫃原則，和旅客在流通設施需要的步行時間；第三類資料則與班機時刻表有關。

陳文彬[2003]指出，一個設計良好的捷運車站可由車站的基本型式、站內佈設、旅客動線連續性來探討，良好的車站設計將影響乘客的便利性與營運者的經

營效率，因此評估場站的服務功能顯得特別重要。車站內的服務績效有相當多的構面，包含硬體與軟體部分，而硬體部分由於在施工當時就已完成，所以不容易改變；但在軟體面卻可加以改善，例如旅客動線的安排、車站提供的服務、公共設施的佈設、標示系統位置以及購票系統等等，都是與旅客有直接的關係。乘客進到車站，就開始接受車站一連串的服務，因此該研究重點著重在與乘客關係最重要的行人動線上，針對地下車站的特性，以節點、節線以及路徑標示的網路概念，如圖 2-2，探討乘客於地下車站一連串動線服務績效，構建出整體動線服務績效模式。



資料來源:陳文彬[2003]

圖 2-2 捷運車站動線行走環境示意圖

研究結果指出，地下車站的行走動線可分成進出車站的走道、上下樓層、乘客等候區等三個子系統，透過 AHP 法得知，台北車站以乘客等候的權重最大，進出車站走道與上下樓層權重趨近相同；而公館站則是以進出車站走道權重最大，上下樓層第二，乘客等候之權重最低，可看出不同特性的車站會使乘客在行人動線上的感受有所不同。該研究問卷所得到的結果，透過灰色理論分析較能表達乘客的決策判斷，與研究所建立的主觀乘客動線評估指標判斷的研究目的並無相反，因此推得知的指標權重可代表乘客的決策。

Li Jian 等人[2005]透過 Cellular Automata model 模擬兩方向行人流的研究中指出，透過 CA model 模擬車流已經成功，而細胞體可以創造出近似人的行為，

因此作者透過 CA 模式，設定九種情境來模擬兩方向人流交織的狀況，並將錯身 (position exchange) 以及往後退 (back - stepping) 兩種過去相關研究沒考慮的行為加入。模擬的人流狀況從單方向人流一直到兩方向平衡人流的狀況 (from 100-0 to 50 - 50 , uni-direction flow to balanced flow)。透過模擬的結果可以清楚知道，在兩方向行人流交織時，往後退的影響相當微小，可予以忽略；而較合理的錯身機率大約在 0.2。以上兩點結論可做為本研究未來在設定捷運站內部分設施相關參數時，調整的依據。

2.4 eM-Plant 簡介

2.4.1 eM-Plant 軟體

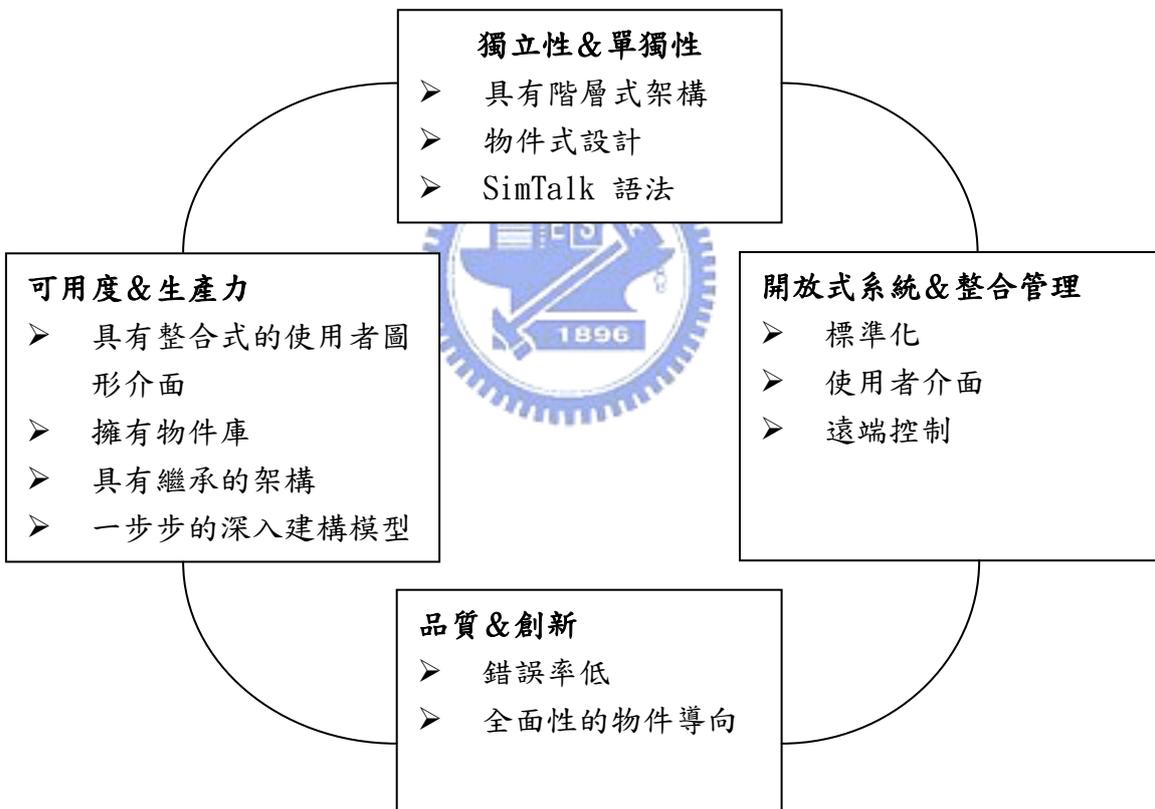
本研究所使用的模擬工具為 eM-Plant，此軟體可應用於製造業、物料管理、交易過程、物流、配送、排程、航線均衡、過程確認及供應鏈等相關模擬。而目前使用者主要應用在製造業的汽車、電子、造船、機械生產以及航線、物流、配送、醫院及銀行業務規劃與管理。該軟體也是目前學術研究運用廣泛的軟體，例如醫院手術排成、供應鏈管理、生產排程、物料搬運及物流中心存貨與檢貨管理等皆有相關運用之研究。

姜林杰祐、張逸輝[2001]等指出，eM-Plant 是一種物件導向(Object Oriented)的模擬語言，許多 eM-Plant 的優勢(如繼承、復用)都是來自於物件導向的特性。eM-Plant 有別於其他的模擬模擬軟體，為全物件導向式的發展，也因為此特性，使得 eM-Plant 在模式的建構、模擬或展示各方面都有著物件導向系統的所有優點。而 eM-Plant 有別於其他同類型模擬軟體主要的特性包括以下各點：

1. 不預設模擬建構程序以方便發展雛型系統；
2. 階層架構；
3. 繼承能力；

4. 物件概念；
5. 程式驅動對話模式；
6. 模型的可變性與可維護性；
7. 與其他資訊系統的介面與整合方式。

本研究將捷運站內的乘客視為生產線上的物件，車站各設施視為生產線中的工作台，從旅客一進到捷運車站開始，生產線開始工作，透過生產線的概念將不同的旅客動線視為工廠中各條不同的生產線，圖 2-3 說明了 eM-Plant 所具備之特性。



資料來源：姜林杰祐、張逸輝[2001]

圖 2-3 eM-Plant 的特性

2.4.2 eM-Plant應用的相關文獻

劉得彥[2001]以 eM-Plant 軟體構建晶圓廠生產排程系統與模擬平台，該系統一共包含了六個模組：生產規劃與排程模組、現場流程控制模組、虛擬晶圓廠模組、展示介面模組、資料庫模組與環境構建模組，透過這六個模組，該研究可快速估算產品週期時間與排程規劃功能的生產排程系統，並提供具有兩種生產活動控制（PAC）系統之模擬平台，用以作為規劃後之成果驗證。該系統可快速反應模擬環境的異動、對模擬之進行做有效的監控，具彈性更動模擬環境之功能，可作為生產規劃人員一良好的決策支援工具。

陳俊元[2002]的研究分析診斷與改善知名筆記型電腦製造廠之系統組裝線 (System Assembly Line)，從系統組裝線之績效表現及現場實際觀察中找出其無效率處，提出具體建議改善方案並以系統模擬手法(eM-Plant)模擬，以模擬之結果預估其可能效益。透過同樣地方法，該研究針對線平衡分析改善之效益為整廠提高 4.3%之產能及減少 5%作業員。該研究之成果包括：

1. 建立筆記型電腦製造廠適用的診斷改善手法及工具；
2. 建立前五大廠之標竿資料並改善系統組裝線之效率；
3. 建立筆記型電腦系統組裝線線平衡最佳化數學模式；
4. 以上述手法，分析診斷與改善了國內某知名筆記型廠之系統組裝線。

張原銘[2003]研究以國內某大型晶圓製造廠之自動化物料搬運系(Automated Material Handling System, AMHS)為研究對象，於面對生產型態之差異而衍生出搬運與生產績效問題，嘗試分析、規劃自動化物料搬運系統。利用 eM-Plant 物件導向模擬軟體及 Design-Expert 實驗分析軟體，評估合適之自動化物料搬運系統，以作為晶圓廠規劃之參考。

詹彥倫[2005]的研究考慮物流中心之分析問題及 eM-Plant 應用之支援程度等因素，提供如何應用 eM-Plant 軟體於物流中心之技巧，再將 eM-Plant 於物流中心應用加以分類，並發展各種類應用之構建技巧。其中支援程度分為使用現有物件、使用 Method 物件及結合其他軟體等三種程度，而分析問題分為作業分析、空間配置及營運管理等三類問題，各種類構建技巧包含：(1)模式說明技巧；(2)階層架構技巧；(3)結合其他軟體；(4)物件選擇技巧；(5)屬性設定技巧；(6)加入 Method 物件技巧；(7)產出資料收集技巧。

透過以上技巧應用在構建範例及個案探討，該研究發現可以更迅速的建立階層架構、選擇物件、設定屬性、撰寫語法及收集資料等，且未來可以作為營運者使用 eM-Plant 構建物流中心模擬模式時之參考及輔助工具

江長恩[2007] 透過 eM-Plant 對多廠區生產環境，建構系統化之模擬模式，將系統分為實體物件、作業流程、相關資訊流及決策系統四部分：

- 
1. 實體物件包括訂單、物料、廠區、供應商及運輸工具，利用模擬軟體之物件導向特性設定各項實體物件之屬性，使其能運作於系統之各項作業中。
 2. 作業流程包括中央規劃與單廠區內作業。
 3. 相關資訊流包括外部如訂單資訊及供應商資訊，內部如存貨資訊、廠區資訊及運輸資訊，該研究同時加入機率函數使系統更能隨機模擬以更接近真實環境。
 4. 決策系統為模擬系統之核心，包括訂單分配與生產排程規劃，以及跨廠支援決策，決策準則及決策點的制定均影響著整體系統之效率與合用性。

透過情境假設之模擬結果分析，該研究之模擬模式易於觀察結果且具有修改之彈性，可依企業之環境變化作調整，可做為多廠區生產管理之規劃輔助工具。

陳勝一[2007]的研究透過 eM-Plant 建構出一套模擬模式，該研究中的系統由八部爐管機台與七種產品組成，各產品之加工時間、加工最大批量與可加工機台不同。實驗設計在三種 WIP 水準與三種交期鬆弛度的環境因子設定下，探討不同的派工法則對於各項績效指標（交期達成率、週期時間、平均加工批次大小與機台使用率）之表現差異。

呂哲儀 [2007]的研究中指出，生產製造環境中，任何設備的當機或停機，皆會引起產能的損失，並造成財務上的虧損，該研究以多產品迴流生產線為研究標的，發展出一套產能損失的估算公式及管理工具。該研究以 eM-Plant 7.0 驗證研究之正確性。雖然多產品迴流生產線為研究標的，但亦可調整產品種類及製造程序，使期簡化為單一產品直線式或迴流式生產線之應用。



第三章、捷運車站人流系統之描述

3.1 捷運車站人流系統之組成

捷運車站人流系統之組成來自車站設施設備設及搭車旅客，設施設備設置的位置形成車站內旅客行走之路徑，旅客行走在車站內而形成人流。本節將就車站之基本服務、車站類別、車站設施設備及乘客類別加以說明。

3.1.1 捷運車站基本旅客服務

捷運車站為捷運系統營運上相當重要之元素，捷運車站是乘客進入捷運系統的空間，車站主要提供乘客之服務包含了

1. 售票、驗票(交易)

乘客使用大眾運輸系統，必需付出一定金額才能享受大眾運輸服務。捷運車站中，捷運公司即透過自動售票機及電子票證加值機向乘客收取乘車費用，再透過車站中之進站驗票閘門檢驗乘客是否已購票，當乘客到達目的車站後在出站閘門做扣款動作，收取乘車費用。

2. 通道設施

車站之通道設施包含了水平通道及垂直設施。水平通道之功用在於連接車站中各點設施，提供旅客一行走空間。垂直移動設施則是乘客上下樓層之唯一通道，包含電扶梯、電梯及樓梯。乘客在捷運車站中移動，除了在垂直移動設施有電扶梯及電梯可使用外，其他均要靠行走來完成。因此旅客密度會影響到旅客在通道中之行走速度。

3. 候車空間

捷運車站內之候車空間即為月台，與一般客運站及火車站之候車大廳稍有不同。由於捷運班次密集，大部分旅客到達月台後均會直接到車

門前站立候車，等候列車之到來，僅有少部分之旅客會坐月台上之座位候車(捷運車站在月台上提供之座位相當少)。各個車站月台層之候車動線會因車站特性不同而有所不同，在人潮較多或月台較窄的地方，捷運公司會在月台上劃白線規定旅客候車動線，甚至是設置月台門等安全設施。

4. 其他週邊服務

捷運車站除了提供乘客搭乘捷運之功能外，尚提供了其它相關的服務設施，例如車站資訊詢問處、提款機、車站週邊資訊地圖、洗手間甚至是商店等等，以滿足乘客搭乘捷運時可能的基本需求。

3.1.2 捷運車站之類別

捷運車站人流系統組成會因捷運車站型式而有所不同。捷運車站型式可分為中間車站、轉運車站及終端車站，由於車站在捷運路線上之位置不同，因而產生上述三類型之車站型式。車站型式之不同，會對人流系統組成產生直接的影響，不同型式車站人流動線安排上會有所差異。下述內容將針對三種型式車站之差異做一敘述。

1. 中間車站(Intermediate Station)

此類型車站為位在捷運路線中間之車站，與其他路線沒有交會，進出車站之旅客均為鄰近地區之乘客，月台上列車行進方向只有兩個，車站內人行系統佈設較為簡單，只要滿足進出站旅客之需求即可。不同的中間車站，在營運時進出車站之旅客量會因車站鄰近地區發展程度不同而有所差異。需考量之人流為進出站旅客及旅客的搭車方向。

2. 轉運車站(Transfer Station)

此類型車站通常位在兩條或是兩條以上捷運路線交會點上，除了車站鄰近地區進出乘客之外，還會有不同捷運路線轉乘旅客在車站內行走，旅客量通常會較其他類型車站大。轉運車站內之轉乘旅客動線會因兩路線交會型式不同而有所不同。一般來說路線交會可以平行交會、垂直交會或其他型式交會。例如台北捷運忠孝復興站，該站為木柵線與板南線之交會站，型式為垂直交叉，旅客要轉車，必須經過垂直移動設施後，在行走一段距離才得以到達另一路線之月台；目前的台北捷運西門站為小南門線與板南線之交會站，型式為平行交會，旅客轉車只需在同一月台另一側轉車或是上下樓即可。也因此，除了本身進出站人流之外，尚需考量轉車人流。

3. 終端車站(Terminal Station)

車站位於捷運路線之端點，為捷運列車營運上之起迄點。列車離站後之營運方向為單一方向，所有月台上候車之旅客只要列車到站，即可上車，不需分辨列車方向。而原先在列車上之所有旅客，在到達終端車站後，所有車上旅客均會下車。車站內之人行系統佈設為三類型車站中最簡單的，僅需考慮進出站人流，並不需要考慮搭車方向。

3.1.3 捷運車站之設施設備及乘客

捷運車站內之設施設備，可分為服務設施、車站通道及候車空間等。服務設施包含了售票、驗票、車站詢問處、洗手間、驗票閘門等等，通道及候車空間則為水平通道、垂直移動設施及月台。當旅客量較大時，往往會使得旅客在使用上述設施前需多花一些時間排隊等候。設施設備設置之規模及數量在旅客量大時即顯得相當重要，自動售票機之數目、驗票閘門組數、水平通道寬度、電扶梯組數、樓梯寬度及月台候車空間等等，均會影響到車站在人潮大時的運作是否順暢。而

這些設施設備設置的位置，同時也就決定了使用捷運之乘客在車站內之行走動線。因此設施設備的位置就變得相當重要，在設置時除了數量及規模要足夠外，位置也必須合理，並要考量與其他設施設備之間順暢的連結性。車站內充斥著許多不同起迄點動線，使用這些動線的旅客量也會因動線所經過的設施設備而有所不同，例如車站不同出入口之進出旅客量即會因車站鄰近地區之社經特性而有所不同。

捷運車站人流系統之績效評估與車站設施設備與使用的旅客息息相關，我們可從兩方面來觀察。一為車站設施績效，另一即是旅客行走效率。透過觀察設施運作狀況來評斷車站設施績效，例如在尖峰時驗票閘門通過之人數、各個設施前排隊等候人數，例如進出站驗票閘門、自動售票機前、電扶梯前等等，透過各個設施實際運作狀況，比較設施最初設置時之設計容量，來做為該設施之營運績效。另一方面，旅客行走在捷運車站內，行走越順利，行走時間越短，對乘客及車站營運上也越佳。一樣的動線，必須要以旅客行走時間最短為最大目標。

不同的人流系統會使得動線組成上有所不同，旅客走在不同的人流系統中，會因系統特性之不同而使旅客行走行為產生差異。安排得宜的人流系統會使乘客在車站中行走時很順暢，在行走過程中不會產生遲疑。相反的若人流系統安排不當，有可能會使旅客在系統中產生不順暢感，甚至產生疑慮。設施設備設置的位置是否適當，規模是否足夠，對車站營運效率及旅客行走效率的影響是相當重要的。

3.2 捷運車站人流與行為

3.2.1 捷運車站人流之分類

本研究將人流定義為有起迄點，在起迄點中有一股人在移動。捷運車站內之

人流依旅客在車站內之目的不同，可區分為進站人流、出站人流及轉乘人流三種人流。一般捷運車站內之人流僅有進出站人流，而轉乘人流只出現在轉乘車站。

1. 進站人流

由捷運車站鄰近地區經由各出入口進入捷運車站內，搭車前往另一車站之人流。

2. 出站人流

由其他車站搭乘捷運來到該捷運車站，經由各個出入口前往該捷運車站鄰近地區之人流。

3. 轉乘人流

在捷運路線交會之轉乘車站中，由其他捷運站搭車至該捷運站，並在該車站轉搭乘其他路線之旅客。依車站設計之不同，轉乘可分為站內轉乘及站外轉乘。



上述人流分類基礎下，由於每個旅客在捷運車站中之習性及所需服務有所不同，同類型人流在捷運車站內移動時會有小變化發生。以進站人流為例，旅客經由各個出入口進入車站後，目的都是到達月台搭車，但這些進站人流在前往月台候車中間所經過的設施設備就有可能不一樣。進站人流中大部分旅客進入捷運車站後，隨即直接經過驗票閘門進入車站付費區，通過穿堂層之通道至垂直移動設施下到月台層等待列車到達〔本研究將簡稱為進站「主」人流〕。有別於進站大人流，會有少部分進站人流會產生小變化，例如需要前往洗手間、購買單程車票、電子票證要充值、領錢及前往詢問處尋求站務人員的幫忙等等，這些小變化雖然所佔之比例不高，但仍是別於進站大人流〔本研究將簡稱為進站「次」人流〕。這些小變化之人流在捷運車站中移動時，屬於中途離開主要人流，完成各自目的後隨即加入進站大人流中。

相同道理，主要出站人流及轉乘人流中也會產生小變化，同樣會有出現出站主人流、出站次人流，轉乘主人流以及轉乘次人流。

同類型人流之起迄點會因上下列車車門及進出車站之出入口而有所不同。捷運車站會因鄰近地區之發展狀況而設置多個出入口，普遍來說一個捷運車站至少會有兩個出入口，甚至也有五個出入口以上之捷運車站。在多個出入口可使用之狀況下，進出站人流會依旅客個人之需要分散使用各個出入口，可能有高達70%的旅客是使用同一個出入口進出捷運站，而剩下30%旅客使用其他出入口。不同出入口之使用比例也有可能一天中隨著時間的變化而產生不同使用量，甚至平假日也會產生不同的使用比例。

3.2.2 捷運車站內之人行動線生成與旅客行為

此小節內容主要在說明捷運車站內之動線生成與車站內的旅客行為。動線生成與車站內之設施設備有關；而車站各設施設備會使得旅客在車站內不斷產生選擇行為，選擇候車位置、垂直移動設施及出入口等等。

捷運車站中之人行動線與站內設施設備設置之位置有關，車站由於營運之需要，需設置各種設施，例如驗票閘門、自動售票機、垂直移動設施(電扶梯、樓梯、電梯)...等等。從旅客進入捷運車站大廳開始，旅客會針對需求前往各設施，需購票者會前往自動售票機購票，需加值之旅客會前往加值機加值，也有部分旅客會前往詢問處尋找站務員幫忙。旅客在車站內行走，主要依據即是這些設施設備之位置，也因此，旅客在車站內之行走動線就此生成。

在車站各個區塊中，充斥著許多動線，這些動線在車站裡會產生分合之狀況，如圖 3-1 所示。以進站旅客為例，從車站入口進入車站後，在大廳裡會產生

第一次「分」，旅客可能會前往購票、詢問處、洗手間等等，完成各自目的之後，這些進站旅客的動線將會在進站驗票閘門前產生合的現象。經過閘門後，行動不便旅客會前往電梯與一般旅客動線分開，而一般旅客到達垂直設施時，會產生站電扶梯、走電扶梯及走樓梯三種不同動線可選擇。經過垂直設施到達月台後，旅客即前往各車門前搭車，經過垂直移動設施後之動線將產生最後一次「分」的行為。出站旅客也是同樣會有動線分合狀況發生，旅客行走在車站裡，經過所有動線就在與其他動線分合之中完成進站與出站的動作。

在動線產生「合」的地方，往往是車站裡較為壅塞之區域，例如垂直設施前以及驗票閘門前。這兩個區域由於設施本身之特性及限制，單位時間內之容量無法像水平通道之容量大，因此當旅客到達此兩區域前，旅客往往會產生延滯。捷運車站在設計之初，若驗票閘門及垂直設施設計之容量較為不足，旅客在此兩區域前產生延滯之情形就將更為嚴重。



在動線產生「分」的地方，旅客在車站內往往會產生「選擇行為」，在站內旅客主要的選擇行為一共有下列類：

1. 使用垂直設施之行為：

面對垂直設施時，旅客可選擇站電扶梯、走電扶梯或走樓梯之行為。一般來說，旅客在面對垂直設施時，會以站電扶梯為優先。但當旅客量較大時，由於電扶梯前會產生擁擠，此時部分旅客會選擇走樓梯或是走電扶梯來通過垂直設施。

2. 候車位置選擇之行為：

候車旅客經由垂直設施到達月台層後產生選擇候車位置之行為。通常來說進站旅客到達月台後，候車時會先選擇離自己所使用之垂直設施最近之候車位置優先，但當人潮較多時，部分旅客在選擇候車位置時就

會受到人潮影響而願意多走一點路至離垂直設施較遠的地方候車。

3. 選擇垂直設施之行為：

下車旅客下車後產生選擇不同垂直設施之行為。當列車到站後，旅客從列車下車，由於各個旅客目的地會有所不同，各出口位置也有所不同，因此在選擇垂直設施時，通常會依照旅客本身之目的地而產生選擇不同垂直設施之行為。

4. 選擇出口之行為：

欲出站旅客選擇不同出入口之行為等等。旅客會依照本身目的之不同，而選擇不同出口出站。

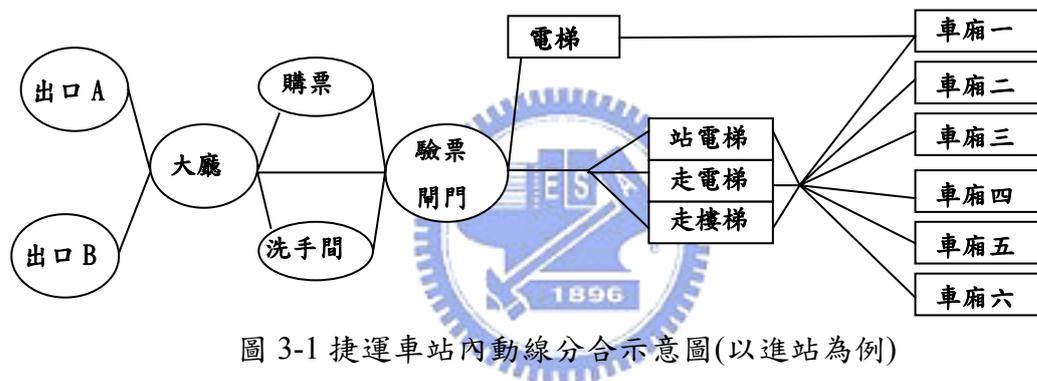


圖 3-1 捷運車站內動線分合示意圖(以進站為例)

轉乘車站之功能除了車站本身進出站旅客外，另外還提供了不同捷運路線間旅客轉乘之服務，車站內多了一股轉乘人流，因此轉乘車站中之旅客動線更顯複雜。除了原本進出站人流會有動線交織情形外，轉乘車站中的轉乘人流也會與該車站之進出站人流產生交織。轉乘車站路線交叉型式及車站規模會影響到轉乘旅客在站內行走之動線。以台北捷運台北車站及忠孝復興站為例，這兩座車站目前均是台北捷運系統中之轉乘車站，但三座車站路線交叉型式、車站型式及車站規模等均有所不同。台北車站為 T 字交叉，而忠孝復興站為十字交叉，但由於捷運台北車站之規模較忠孝復興站大，捷運台北車站內之轉乘旅客較忠孝復興站來得多，也因此台北車站內之動線交織行為會比忠孝復興站還要複雜。有的轉乘車

站不同路線間轉車可能只要在同一個月台等車即可，但有的轉乘車站要轉車則會需要再走上一段路，甚至是經過多個垂直設施才能轉車，也因此後者類型之車站中之動線會較為複雜。

捷運車站內各設施之設置，均應考量旅客動線的順暢性，例如垂直設施及驗票閘門的設置數量及運行方向設定，前後必須一致，才能將進出站旅客動線區隔開來。自動售票機及電子票證加值機應設置在進站動線旁、車站鄰近地區資訊地圖應設置在出站動線旁等等，而洗手間及詢問處的設置位置則應設置在影響進出站旅客動線較小的地方。進出站動線在垂直設施前後也必須安排妥當，月台層是旅客候車及列車到站旅客下車的地點，因此所有旅客在捷運車站裡都會使用到車站中之垂直設施上下月台層。當列車到站，旅客一窩蜂從列車下車，此時月台層旅客量會達到最大，欲使用垂直設施之旅客量將達到最高峰，垂直設施前後動線安排上若沒有將往上與往下動線有效區隔開來，此區域產生之擁擠狀況甚至會影響旅客車站內之安全。



旅客在捷運車站中行走，除了不同動線間之旅客會互相影響外，由於每個人行走習慣有所不同，同動線中旅客間也會有互相影響。微觀來看，同動線裡，步行速率較快的旅客會不斷地改變自己行走路徑來超越其他行走較慢的旅客。每個旅客在動線中行走時，由於與同動線裡其他旅客行為會有所不同時，往往會影響到其他旅客行走時的路徑及速率，例如行走較緩慢、突然停下來及轉頭等等，都會影響到該動線裡的其他人。若是巨觀來看，在同個空間中，只需觀察旅客密度與旅客步行速率之間關係即可。密度與速率之關係存在於車站內之通道、月台及垂直設施等等。

3.3 捷運車站人流系統之績效

旅客在捷運車站中，使用各項車站的設施時，都會對車站設施及在車站中行走時的狀況有所感受，例如旅客會覺得驗票閘門要排隊，或是電扶梯前很擁擠等等，旅客實際在車站中行走時的感受，都是非量化的，必須透過量化的指標，來表達捷運車站人流系統在運作時的實際狀況，透過各項指標來得知車站中各項設施在不同時間時的使用狀況。

捷運車站人流系統運作影響最直接的就是使用車站的旅客，旅客要搭車，必須經過車站的各項設施才能順利到達月台候車，相反的，旅客從列車下車出車站，也是會經過車站各項設施。在車站人流系統運作績效評估上，本研究透過「密度」表達捷運車站裡各通道及月台服務績效，另透過「排隊等候」人數表達設施的服務績效。因此本研究模擬模式出來的結果，針對服務績效分為三大類別：旅客密度(通道、月台)各設施排隊等候旅客量、旅客使用設施時間，本研究將透過上述三大類指標來衡量各模擬模式結果之績效。

1. 旅客密度

透過密度，可知道捷運車站各通道及月台在各個時段時，有多少人，在各個空間裡，進而可推估旅客行走速率。在車站各空間中，旅客密度往往會影響到旅客在各空間裡的行走速度及行走時的舒適感，當旅客到達一定量時，旅客越多，整體旅客的移動速率會越慢，移動速率越慢，車站的服務績效就會越低，旅客在捷運車站裡的時間就會越長。尤其在車站月台層，由於空間有限，而列車班距密集，若月台層旅客密度太高，有可能會產生危險。旅客行走在捷運車站通道中，在旅客量較小的情況下，旅客行走速度可依自己的習慣來行走，但當旅客量大時，由於密度提高，此時旅客間會產生影響，會使旅客整體移動速度變慢。透過密度指標，觀察各個情境模擬模式之結果以及車站中各通道及月台服務水準。

2. 各設施排隊等候旅客量

人流系統之組成，透過捷運車站中各項設施各司其職下而成。旅客在使用各項設施時，大部分時間也會有其他旅客同時在使用。旅客量較小時，旅客使用各項設施時通常不需排隊，因此不大有延滯情形發生。但當旅客量較大時，或是列車到站時，大批出站旅客同時從列車下車，許多設施會因為旅客量突然增加而出現較擁擠的狀況。例如驗票閘門及垂直設施等等。當各設施發生擁擠的狀況時，均會出現排隊等候之旅客，等候人數之多寡，會影響到旅客通過該項設施之時間及進出車站時間，時間拉得越長，服務績效相對越低。透過不同情境模擬模式的建立，針對不同情境下，一段時間內各項設施通過旅客量與排隊旅客量對照，從中探討捷運車站設施服務績效及其中影響因素。

3. 旅客使用設施時間



旅客在捷運車站人行系統中行走，在不同的狀況下，使用設施的時間會因為旅客量的多寡而有所差異。在設施沒有產生壅擠之前，旅客使用設施的時間僅會因為旅客本身特性而有所差異，但開始產生壅擠時，旅客使用設施的時間就有可能因為排隊等候而拉長。旅客進入車站，從入口開始就是經過一連串的設施到達月台等候列車到達上車，扣除在月台站定的候車時間，在這之間旅客的行走時間也可做為捷運車站在營運上績效的參考，理論上在同樣的情形之下，旅客進出車站時間越快越好。在本節所敘述的前兩項服務績效指標基礎上，與旅客使用設施的時間有直接關係。

第四章、捷運車站人流系統模擬模式建立

4.1 eM-Plant 基本物件與工具

本研究為構建捷運車站人流系統模擬模式，採用 eM-Plant 7.0 軟體，此軟體中，MU(Moving Unit)即為所欲模擬的對象，相對捷運車站系統，在軟體中的 MU 即是各個旅客。在原先軟體中 MU 是沒有生命的個體，一個一個進入模擬模式中，若模擬對象在模式中有別於一般沒有生命的個體，在構建模式時必須要將所欲模擬對象特有的行為表現出。本研​​究所欲模擬對象為「人」，與此軟體預設 MU 在系統中的特色有差異，因此在模式構建過程中格外重要。為呈現真實捷運車站人流系統，依照各節點特性之不同選用物件，以及進出各節點的設定，來反應旅客在捷運車站人流系統中的狀況。

eM-Plant 所提供用以模擬實體系統的物件包含以下五類：

1. 基本物件(Basic Objective)，包括 Frame，Connector，Interface 及 Eventcontroller。
2. 表示系統中無法移動的生產資源之物件(Material Flow Objects)，包括 Source，Drain，SingleProc，ParallelProc，Broker，Exporter，Buffer，Sorter，Flowcontrol，Store，Line 及 Track 等。
3. 表示系統中可移動的生產資源之物件(Moving Unit Objects)，包括 Entity，Container，以及 Transporter 等。
4. 用以資訊顯示、處理、驅動、交換的資訊流物件(Information Flow Objects)包括 Method，Variable，Comment，StackFiles，QueueFile，CardFile，TableFile，TimeSequence，Trigger，Generator 等等。
5. 用以設計使用者介面或表現輸出的物件(User Interface Objects)，包括 Chart，Plotter，Gauge，Dialog 以及 IDMInterface 等。

以上五大類物件為 eM-Plant 軟體中所有物件的分類。以下僅就該軟體的基本物件以及本研究常用的物件加以介紹。

A. Frame 物件

此物件為 eM-Plant 中最基礎的物件，當使用者要建立一模擬系統時，均要透過此物件產生一 Frame 物件以代表所欲模擬的系統本身，然後在 Frame 中依據我們所要模擬的實際系統選取適當的物件放至 Frame 中，以模擬該實際系統。Frame 除了做為系統的基礎物件代表系統本身外，也可用以表示子系統，亦即在 Frame 物件中可包含另一 Frame 物件，以表示系統中的子系統。因此使用者可以建立階層化的模擬系統來模擬複雜的實際行為。

B. Connector 物件

此物件用以連接 Frame 中的兩固定物件，用來表示移動物件的流向，流向可由此物件上的箭頭方向得知。

C. Interface 物件

透過 Interface 可連接兩個 Frame 物件，當模擬系統中有階層關係時，可透過 Interface 來將主系統簡化。



D. EventController 物件

此物件用以協調並同步化在模擬過程中發生的不同事件，亦即控制模擬的進行。模擬的開始、暫停及結束等等均須透過此物件來做控制。

E. SingleProc 以及 ParallelProc 物件

此二物件皆為主動式物料流物件，Single 與 Parallel 的主要差異在於前者一次僅能處理一個移動式物件，後者則可以一次處理多個物件。透過設定的處理時間後，再輸出到下一個工作站。在本研究中會將模擬模式中需要處理時間的節點透過 SingleProc 或 ParallelProc 物件來做處理。

F. Buffer 物件

此物件一次可依序處理多的 MU(Moving Unit)，每一個 MU 必須從頭到尾走完 Buffer 中的每一個單位才能離開，Buffer 中所設定的處理時間指的是 MU 通過整個 Buffer 的時間。此物件在本模式中可設定為觀察服務設施延滯的功用。

G. Line 物件

此物件通常用以模擬輸送帶系統，可等速主動推動置於其上的 MU，且 MU 必須依序前進(後方 MU 不可超越前 MU)。MU 在 Line 中停留的時間與 Line 長度(Length)與 Line 速度(Speed)之相對比例有關。在本研究中可做為垂直設施及通道的設定。

4.2 捷運車站人流系統之簡化與模擬技巧

4.2.1 捷運車站人流系統之模擬技巧



捷運車站人流系統之模擬，與車流模擬相同，有微觀(Micro-View)與巨觀(Macro-View)兩種方式，若是透過微觀來做觀察，觀察者則必須要去針對捷運車站內的「每一個」行走的旅客做觀察，輸出的結果也必須讓人可以清楚看出每一個旅客在捷運車站人流系統中的行走行為。微觀即針對捷運車站內旅客個體，依其屬性，如年齡、旅次目的等與車站內之設置，模擬其各項行為，此些行為又將受客觀環境，如進站閘門排隊長度及其他旅客之相對關係所影響，如前面旅客步行速度過慢，以致其有超越之行為等。由於捷運車站中旅客人數量大，屬性與行為又非常複雜，以微觀方式構建模式之資料收集與行為關係的工作量非常龐大，困難度也很高，而且，本研究構建模式之目的，在於探討捷運車站設施設備數量與動線管理對整體績效之影響，並沒有必要掌握所有旅客之個體屬性與行為，因此本研究不以微觀方式構建模式，而將採巨觀方式構建模式。

以巨觀方式模擬捷運車站之人流系統，主要模擬方向為整體人流之行為，如整體人流之步行速率，或通過設施設備之效率。整體人流步行速率會受車站人流系統中的旅客量與設施規模，如通道密度之影響。通過設施設備之效率也會受到設施數量，如自動售票機數目或自動驗票閘門數量之影響，若設置數量不足，即會產生排隊等候之現象，增加旅客通過設施設備之時間。依此，即可建立設施設備數量及其規模或數量對捷運車站人流系統之互動關係，進而分析兩者之相互影響。

4.2.2 捷運車站人流系統之簡化

1. 路徑

在模式建立時，本研究依捷運車站設施設備之配置，先將其路網化，即旅客起訖點、各項設備均視為節點(Nodes)，連接設施設備之通道視為節線(Links)，節點設備計有自動售票機、驗票閘門、洗手間、垂直設施(電梯、電扶梯、樓梯)及月台。節點之規模即其設備數量與月台面積，節線之規模即其寬度。

2. 人流

人流方面，主要人流包含進站人流、出站人流與轉車人流。進站與出站人流又因出入口設置地點之不同，分為不同起訖點之人流。此些人流之進出路徑因設施設備之配置，均已固定，但有局部因受設施服務水準之影響，如電扶梯擁擠，將有微調，以反應旅客之選擇行為。不同人流之路徑有合與分之狀況，其旅客量、密度與步行時間亦將隨之調整。次要人流，本研究將只考慮使用洗手間及使用車站服務設施之人流，本研究將以主要人流之比例來描述次要人流之行為。

3. 旅客類別

旅客類別，考量動線之差異分為一般旅客與行動不便旅客(包含年長者、身

心障礙者及攜帶大型行李者)兩類。前者在垂直設施使用電扶梯與樓梯，後者則使用電梯。有關旅客之行為方面，本研究假設一般旅客與行動不便旅客在步行速率上有所差異。另外通道上之人流速率，深受旅客密度影響外，亦受行動不便旅客比例之影響。一般旅客在使用電扶梯、樓梯時，多依電扶梯使用之狀況，會產生不一樣之選擇，站立方式、走動方式使用電扶梯及使用樓梯者有不同之比例；此一比例並會因電扶梯之長度(長電扶梯站立使用比例較走電扶梯高)而異。一般旅客透過垂直設施到月台後，會先傾向往靠近垂直設施之位置候車，但當候車旅客密度大到某一程度時，才會分散至離垂直設施較遠之地點。

4. 列車容量

最後，本研究假設列車抵達車站後，會將候車旅客全部載走，即沒有因為車廂擁擠上不了車的狀況。雖然模擬旅客因車廂擁擠上不了車之狀況只需設定一車廂乘載容量即可，但此一容量會隨車站而有所不同，亦受上游車站上下客數之影響，任意設定一數值之意義不大，因此本研究模式建構中不考量此一狀況。

4.3 所需資料之調查

本研究透過 eM-Plant 所建立之模擬模式，構建模式過程中，需要許多參數資料，模式建構完成之後，也需透過實際資料來做模式驗證，因此選擇目前已營運的台北捷運忠孝復興站(BL10)及市政府站做為調查對象。本節將針對模式構建所需資料之調查介紹，模試驗證之資料則將在第五章再做介紹。根據前述章節，本研究在構建模擬模式過程中，所需資料包含下列五項：

1. 通道步行速率；
2. 捷運站內通道旅客步行速率與密度關係；
3. 捷運站內垂直設施旅客選擇行為；
4. 捷運車站各出入口進出站人數及其比例；

5. 捷運站內旅客服務設施運作狀況。

本研究之調查選擇台北捷運兩個車站來做調查，分別是忠孝復興站(BL10)及捷運市府站，另通道步行速率及密度關係之調查地點則是在捷運台北車站。捷運忠孝復興站(BL10)與捷運市政府站之調查時間為 2008 年 3 月 18 日之下午尖峰。調查項目及方法如表 4-1 所列：

表 4-1 調查項目及調查方法

調查項目	調查方法
各閘門進出站人數	捷運公司閘門資料
垂直設施使用狀況	錄影
詢問處使用狀況	人工計數
自動售票機使用狀況	人工計數
洗手間使用狀況	人工計數
車站出入口進出人數	人工計數
月台候車密度(*)	人工計數
通道旅客行走速率	攝影

註.月台候車密度項目將運用在模式驗證上。

4.3.1 通道旅客行走速率

通道為連結平面層與垂直移動設施間之走道，可分為單向通道與雙向通道，目前台北捷運通道之設計多以雙向通道為主，而依實際營運狀況可進行單向管制等措施。雙向通道之常見管制措施為加設中央欄杆以做為分隔之用，過去文獻指出以欄杆分離雙向人流可達到整流之效果，增加通道之容量，因此本研究利用攝影方式記錄各類一般通道流率、密度與速率，藉以比較其中差異。

本研究所選擇調查地點為捷運台北車站地下二樓連結 T 型交織區與往淡水

線垂直移動設施間之有分向設施通道與無分向設施通道，現場狀況如下圖 4-1 及圖 4-2 所示，有分向設施通道往月台方向為 3.8 公尺寬，往交織區方向通道為 4.0 公尺寬，換算單位通道數為各向 7 條；無分向設施通道為 7.5 公尺寬，換算單位通道為雙向 13.5 條、單方向 6.75 條，速率及密度記錄時參考 30 公分見方之地磚。各調查點分別於上午尖峰、下午尖峰、上午離峰與下午離峰等四個時段分別進行 15 分鐘之錄影並帶回實驗室進行判讀。各點流量(Q)、密度(K)與速率(V)之數據1 如表 4-2 至表 4-5 及圖 4-3 至圖 4-5 所示。



圖 4-1 有分向設施通道



圖 4-2 無分向設施通道

表 4-2 一般通道 KQV 表(上午尖峰)

	有分向往淡水線			有分向往交織區			無分向往淡水線			無分向往交織區		
	K	Q	V	K	Q	V	K	Q	V	K	Q	V
1	10.3	56	1.43	26.1	124	1.25	9.8	34	0.94	44.5	196	1.19
2	2.2	15	1.76	16.4	91	1.46	5.8	28	1.30	49.2	204	1.12
3	3.1	19	1.61	22.1	99	1.18	18.2	95	1.41	36.2	189	1.41
4	10.1	37	0.96	21.1	98	1.22	11.5	45	1.06	11.7	67	1.55
5	9.9	70	1.87	21.3	101	1.25	13.7	74	1.46	38.7	189	1.32
6	4.4	24	1.45	21.9	113	1.36	17.3	87	1.36	24.3	105	1.17
7	6.9	31	1.18	16.6	86	1.36	24.0	94	1.06	14.7	88	1.62
平均值	6.7	36	1.47	20.8	102	1.30	14.3	65	1.23	31.3	148	1.34
標準差	3.5	20	0.32	3.4	13	0.10	6.0	29	0.20	14.6	59	0.20

表 4-3 一般通道 KQV 表(下午尖峰)

	有分向往淡水線			有分向往交織區			無分向往淡水線			無分向往交織區		
	K	Q	V	K	Q	V	K	Q	V	K	Q	V
1	16.5	62	0.99	23.9	118	1.30	27.6	96	0.94	16.5	165	2.70
2	10.4	50	1.27	22.3	106	1.25	39.9	146	0.99	18.6	106	1.54
3	18.9	90	1.25	28.9	112	1.02	19.3	103	1.44	5.1	27	1.43
4	20.6	98	1.25	27.9	106	1.00	18.6	88	1.28	25.2	151	1.62
5	20.9	85	1.07	37.3	129	0.91	21.9	137	1.69	23.5	125	1.44
6	17.0	60	0.93	25.1	119	1.25	21.1	97	1.24	0.5	5	2.81
7	27.7	99	0.94	21.0	94	1.18	12.4	92	2.00	32.4	162	1.35
平均值	18.9	78	1.10	26.6	112	1.13	23.0	108	1.37	17.4	106	1.84
標準差	5.3	20	0.15	5.5	11	0.15	8.7	23	0.38	11.3	65	0.63

表 4-4 一般通道 KQV 表(上午離峰)

	有分向往淡水線			有分向往交織區			無分向往淡水線			無分向往交織區		
	K	Q	V	K	Q	V	K	Q	V	K	Q	V
1	5.1	29	1.50	10.5	46	1.15	3.9	17	1.19	10.7	69	1.75
2	1.0	6	1.55	11.4	63	1.46	11.0	51	1.25	11.3	68	1.62
3	9.4	48	1.34	11.2	62	1.46	3.6	14	1.05	11.3	90	2.15
4	2.9	12	1.10	19.6	97	1.30	8.4	31	1.00	13.7	64	1.26
5	9.8	34	0.91	13.2	72	1.43	6.6	38	1.56	5.4	34	1.70
6	6.8	36	1.40	23.9	111	1.22	10.0	49	1.32	19.4	97	1.35
7	3.1	26	2.19	9.1	56	1.62	5.5	19	0.93	5.1	28	1.48
平均值	5.4	27	1.43	14.1	72	1.38	7.0	31	1.19	11.0	64	1.62
標準差	3.4	14	0.41	5.5	23	0.16	2.9	15	0.22	4.9	26	0.30

表 4-5 一般通道 KQV 表(下午離峰)

	有分向往淡水線			有分向往交織區			無分向往淡水線			無分向往交織區		
	K	Q	V	K	Q	V	K	Q	V	K	Q	V
1	8.1	59	1.91	8.0	49	1.62	11.9	53	1.20	4.2	20	1.30
2	14.0	80	1.50	12.1	53	1.15	16.6	88	1.43	8.0	25	0.84
3	3.6	19	1.38	22.5	101	1.18	8.9	36	1.09	4.1	16	1.06
4	8.5	52	1.61	15.1	69	1.20	17.5	93	1.44	6.1	34	1.50
5	24.8	97	1.03	19.4	92	1.25	22.5	90	1.08	7.4	30	1.09
6	3.6	15	1.11	13.5	64	1.25	19.6	68	0.94	6.6	27	1.11
7	3.2	19	1.58	15.8	69	1.15	7.2	58	2.17	4.2	21	1.35
平均值	9.4	49	1.45	15.2	71	1.26	14.9	69	1.34	5.8	25	1.18
標準差	7.8	32	0.30	4.8	19	0.16	5.7	22	0.41	1.7	6	0.22

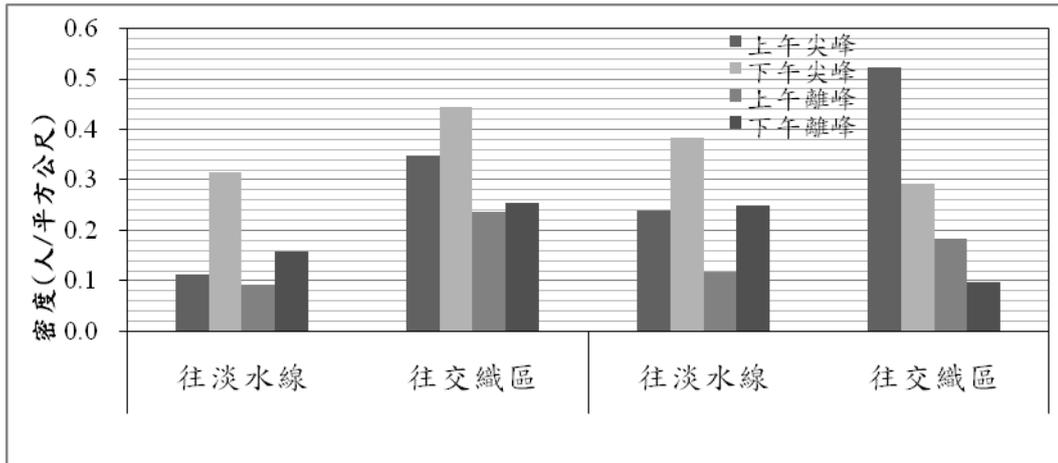


圖 4-3 各通道密度直方圖

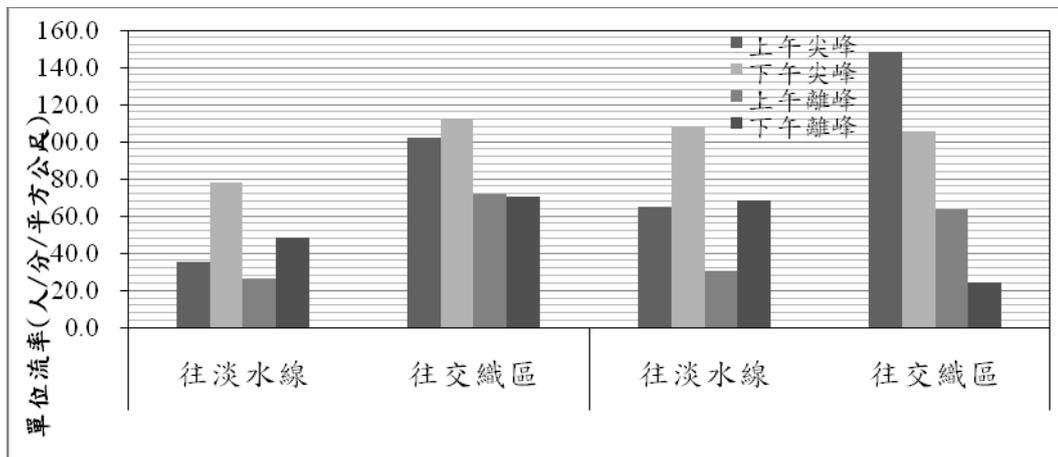


圖 4-4 各通道單位流率直方圖

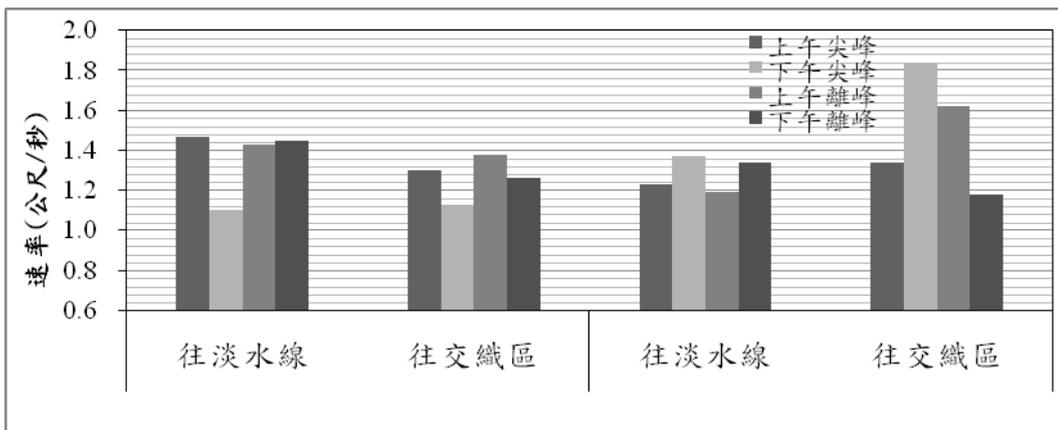


圖 4-5 各通道速率直方圖

4.3.2 垂直設施調查

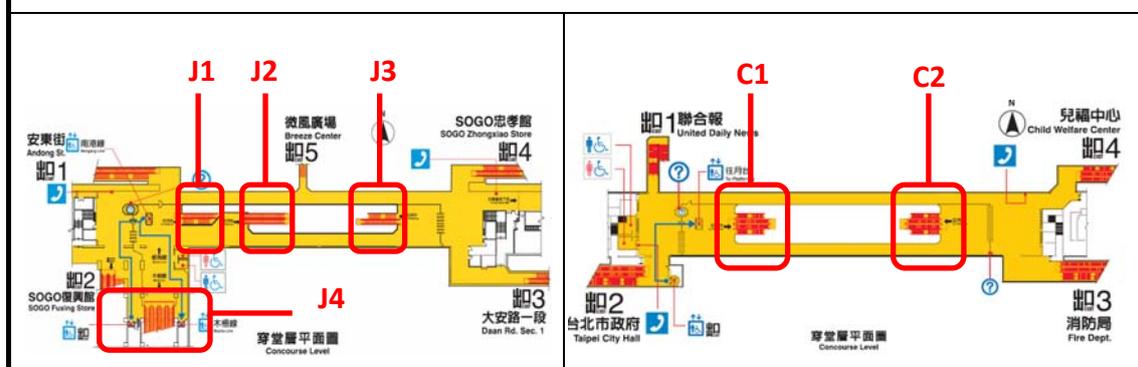
1. 垂直設施現況

本研究欲構建模擬模式中，垂直設施是相當重要的一個環節。為了解旅客在垂直設施前的選擇行為，針對垂直設施使用狀況，本研究調查方式透過數位攝影機，針對捷運忠孝復興站(BL10)與捷運市政府站之垂直設施攝影觀察。捷運忠孝復興站(BL10)取四個攝影點，捷運市政府站取兩個攝影點，其中忠孝復興站之轉乘長梯為板南線與木柵線轉乘用垂直設施，該垂直設施的長度較一般車站之垂直設施為長。攝影點位置與代號相對圖如表 4-6 所示：

表 4-6 攝影地點及設施配置對照表

站名	攝影地點	垂直設施配置	代號
忠孝復興站(BL10)	月台西側垂直設施	電扶梯(上)+樓梯	J1
	月台中央垂直設施	電扶梯(上)+電扶梯(下)	J2
	月台東側垂直設施	電扶梯(上)+樓梯	J3
	轉乘長梯	兩電扶梯(上)+兩電扶梯(下)	J4
市政府站	月台西側垂直設施	兩樓梯+兩電扶梯	C1
	月台東側垂直設施	兩樓梯+兩電扶梯	C2

代號與車站平面圖例



2. 垂直設施使用概況

忠孝復興站一共錄製四個調查點，市政府站則為兩個調查點，每個調查點的錄影時間皆為 30 分鐘，同車站所有調查點錄影時間同時開始並且同時結束。表 4-7 至表 4-12 為各調查點之每分鐘流率

表 4-7 J1 調查點每分鐘流率

調查日期：2008/3/18 調查地點：J1 流率單位：人/分	樓梯		電扶梯	
	上	下	上	
			站	走
每分鐘流率	5.4	79.13	25.13	20.93

表 4-8 J2 調查點每分鐘流率

調查日期：2008/3/18 調查地點：J2 流率單位：人/分	電扶梯		電扶梯	
	下		上	
	站	走	站	走
每分鐘流率	35.2	28	29.33	18.73

表 4-9 J3 調查點每分鐘流率

調查日期：2008/3/18 調查地點：J3 流率單位：人/分	樓梯		電扶梯	
	上	下	上	上
			站	走
每分鐘流率	1.933	15.93	24.13	8.667

表 4-10、J4 調查點每分鐘流率

調查日期：2008/3/18 調查地點：J4 流率單位：人/分	電扶梯				電扶梯			
	下		下		上		上	
	站	走	站	走	站	走	站	走
每分鐘流率	37	24.2	33.6	18.47	31.4	8.667	29.93	6.733

表 4-11 C1 調查點每分鐘流率

調查日期：2008/3/18	樓梯		電扶梯		電扶梯	
調查地點：C1	下	上	下		上	
流率單位：人/分			站	走	站	走
每分鐘流率	13.73	1.4	23.47	10.47	11.33	3.333

表 4-12 C2 調查點每分鐘流率

調查日期：2008/3/18	樓梯		電扶梯		電扶梯	
調查地點：C2	下	上	下		上	
流率單位：人/分			站	走	站	走
每分鐘流率	4.6	3.2	14.93	5.933	11.13	4.133

此外並針對使用垂直移動設施的旅客隨機進行跟隨調查，記錄旅客進出垂直移動設施的起訖時間，藉以推估移動時間，電扶梯部份分為右側站立行人移動時間以及左側步行行人移動時間，而樓梯部份則單純為步行時間，調查結果如表 4-13 所示：

表 4-13 旅客在各垂直移動設施中之移動速率

地點			J1	J2	J3	J4	C1	C2
移動 時間 (下)	電扶 梯 (sec)	站		18.6 /18.7/18.4		65.4 /65.6/65.3	19.1 /19.3/18.9	19.4 /19.6/18.8
		走		8.9 /9.4/8.4		35.9 /36.0/35.7	9.2 /9.9/8.4	9.0 /9.4/8.6
	樓梯(sec)		11.6 /15.0/8.2		12.5 /13.8/11.3		14.2 /15.3/13.1	14.8 /16.1/13.5
移動 時間 (上)	電扶 梯 (sec)	站	19.5 /19.9/19.1	19.5 /19.9/19.1	19.5 /19.7/19.3	65.4 /65.5/65.2	19.7 /19.9/19.6	19.7 /19.9/19.6
		走	13.3 /16.5/10.2	13.3 /16.5/10.2	13.5 /16.7/10.3	34.2 /35.1/33.3	9.8 /10.3/9.3	10.1 /10.6/9.6
	樓梯(sec)		14.5 /15.1/13.9		14.5 /15.1/13.9		17.2 17.9/16.4	17.5
註、表格中之數字分別代表平均值(粗體)/最大值/最小值								

3. 垂直設施之方向性

在調查時段中，同一個車站中不同垂直設施的使用量有所不同，透過圖 4-6 之整理，可看出兩車站不同垂直設施的使用量，並可觀察到調查時捷運車站裡旅客使用垂直設施的方向性(往上或往下)。

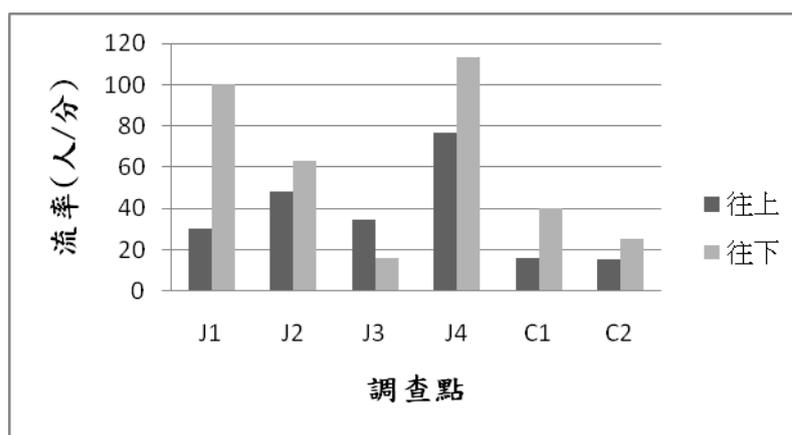


圖 4-6 垂直設施之旅客使用量

垂直移動設施通常包含了樓梯及電扶梯，旅客在選擇垂直設施時最多會出現三種不同選擇行為(站電扶梯、走電扶梯、走樓梯)，因此單一流向最多可以出現三種不同的設施使用行為，圖 4-7 主要在於比較各組垂直設施使用行為的比較，表 4-14 至表 4-17 則為各組垂直設施使用行為的比例，整理如下。

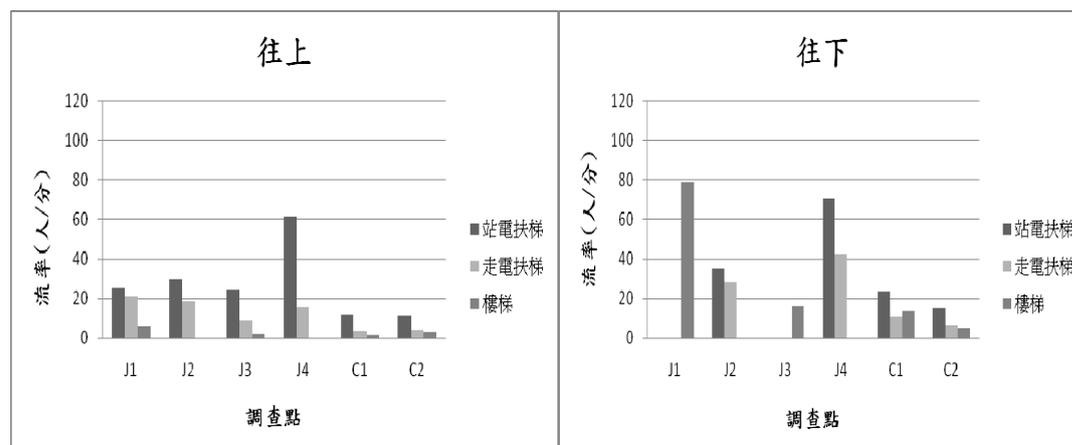


圖 4-7 不同垂直設施之使用型態

表 4-14 忠孝復興站(BL10)各垂直設施往上之使用狀況

往上												
地點	J1			J2			J3			J4		
使用行為	站電 扶梯	走電 扶梯	樓梯	站電 扶梯	走電 扶梯	樓梯	站電 扶梯	走電 扶梯	樓梯	站電 扶梯	走電 扶梯	樓梯
流率	25.1	20.9	5.4	29.3	18.7		24.1	8.7	1.9	61.3	15.4	
比例	48.8	40.7	10.5	61.0	39.0		69.5	25.1	5.4	79.9	20.1	
註、流率單位：人/分，比例單位：百分比(%)												

表 4-15 市政府站各垂直設施往上之使用狀況

往上						
地點	C1			C2		
使用行為	站電 扶梯	走電 扶梯	樓梯	站電 扶梯	走電 扶梯	樓梯
流率	11.33	3.33	1.39	11.13	4.13	3.19
比例	70.6	20.7	8.7	60.3	22.4	17.3
註、流率單位：人/分，比例單位：百分比(%)						

表 4-16 忠孝復興站(BL10)各垂直設施往下之使用狀況

往下												
地點	J1			J2			J3			J4		
	站電 扶梯	走電 扶梯	樓 梯									
流 率			79.1	35.2	28				15.9	70.6	42.6	
比 例			100	55.7	44.3				100	62.3	37.7	
註、流率單位：人/分，比例單位：百分比(%)												

表 4-17 市政府站各垂直設施往下之使用狀況

往下						
地點	C1			C2		
	站電 扶梯	走電 扶梯	樓 梯	站電 扶梯	走電 扶梯	樓 梯
流 率	23.47	10.47	13.73	14.93	5.93	4.6
比 例	49.2	21.9	28.9	58.6	23.3	18.1
註、流率單位：人/分，比例單位：百分比(%)						

4.3.3 捷運車站進出站人數

根據台北捷運公司所提供之資料，在 2008 年 3 月 18 日 17 時 30 分至 18 時間，捷運忠孝復興站(BL10)之進站人數總人數為 1775 人，平均每分鐘進站人數為 59.16 人(四捨五入取 59 人)，同時間之出站總人數為 1491 人，平均每分鐘出站人數為 48.09 人；2008 年 3 月 18 日 17 時 30 分至 18 時間，捷運市政府站之進站總人數為 2829 人，平均每分鐘進站人數為 94.3 人(四捨五入取 94 人)，同時間

之出站總人數為 1184 人，平均每分鐘出站人數為 39.47 人(四捨五入取 39 人)，整理如表 4-18。

表 4-18 3/18 調查時段捷運忠孝復興站(BL10)及市府站進出站人數

忠孝復興站 (BL10)	進站	總人數	1775	時段為 2008 年 3 月 18 日 17:31 至 18:00
		平均每分鐘	59	
	出站	總人數	1491	
		平均每分鐘	48	
市政府站	進站	總人數	2829	
		平均每分鐘	94	
	出站	總人數	1184	
		平均每分鐘	39	

資料來源：台北大眾捷運股份有限公司

4.3.4 捷運車站出入口使用狀況

捷運車站在規劃出入口時，由於車站周遭發展特性，會同時設有好幾處出入口供旅客使用。也因為週遭社經環境之不同，使用各個出入口的旅客量也會有所不同，本研究在模式構建過程中，有將上述因素考量到模式中。因此本研究即針對忠孝復興站(BL10)及市政府站之出入口做出入旅客量調查，以期了解旅客使用此二車站各個出入口的比例。調查方式為派調查員在捷運車站各個出入口，計算調查時間內使用各個出入口進出站的人數。兩車站出入口進出站旅客量及其比例整理如表 4-19 至表 4-22 及圖 4-8。

表 4-19 捷運忠孝復興站(BL10)各出入口進站旅客量及比例

	出口一	出口二	出口三	出口四	出口五	地下街 出口
	進站	進站	進站	進站	進站	進站
流率	7.88	20.1	5.41	20.1	6.78	10.0
比例	11.21	28.61	7.69	28.61	9.65	14.23
註、流率單位：人/分，比例單位：百分比(%)						

表 4-20 捷運忠孝復興站(BL10)各出入口出站旅客量及比例

	出口一	出口二	出口三	出口四	出口五	地下街 出口
	出站	出站	出站	出站	出站	出站
流率	8.38	17.5	6.52	18.5	3.0	13.6
比例	12.41	25.93	9.66	27.41	4.44	20.15

註、流率單位：人/分，比例單位：百分比(%)

表 4-21 捷運市政府站各出入口進站旅客量及比例

	出口一	出口二	出口三	出口四
	進站	進站	進站	進站
流率	13.8	53.2	43.4	15.0
比例	11.01	42.42	34.61	11.96

註、流率單位：人/分，比例單位：百分比(%)

表 4-22 捷運市政府站各出入口出站旅客量及比例

	出口一	出口二	出口三	出口四
	出站	出站	出站	出站
流率	7.42	32.4	21.4	13.3
比例	9.96	43.48	28.72	17.84

註、流率單位：人/分，比例單位：百分比(%)

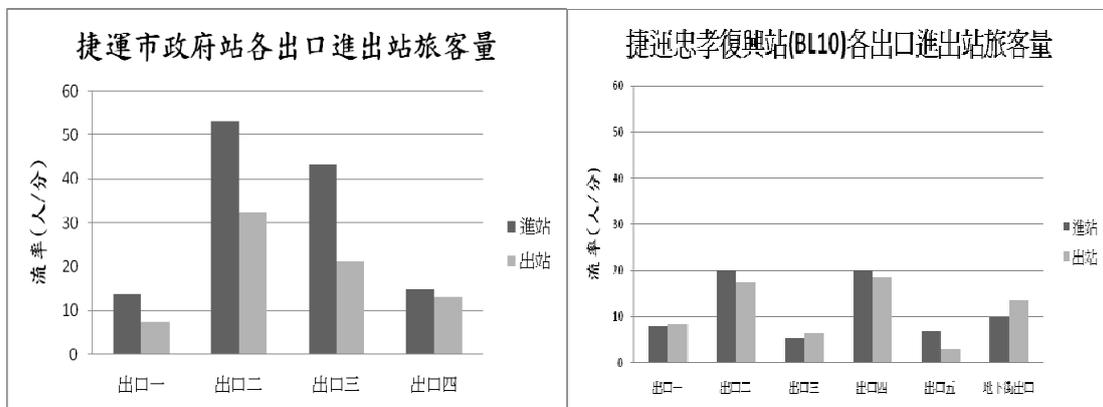


圖 4-8 捷運忠孝復興站(BL10)與市政府站各出口進出站旅客量長條圖

4.4 服務設施使用狀況

本研究構建模擬模式過程中，會考慮到的捷運車站中的小動線包括使用洗手間、自動售票機以及詢問處等等，因此在本次調查中，也將上述三類型的服務設施旅客使用狀況記錄下來。調查方式採用人工計數方式，統計半小時內使用服務設施的人數。整理如表 4-23

表 4-23 捷運忠孝復興站(BL10)及市政府站服務設施使用狀況

設施	忠孝復興站(BL10)						市政府站					
	東側 自動 售票 機	西側 自動 售票 機	東側 詢問 處	西側 詢問 處	洗手間		東側 自動 售票 機	西側 自動 售票 機	東側 詢問 處	西側 詢問 處	洗手間	
					男	女					男	女
流 率	4.44	3.41	1.07	1.00	3.7	3.1	1.42	3.73	0.17	1.07	4.0	3.4
流率單位：人/分												

4.4.1 旅客候車位置選擇比例調查

欲搭車旅客從大廳進入付費區後，經過垂直設施下到月台，在月台上會產生候車位置選擇之行為。為了解各捷運車站搭車旅客候車位置選擇之比例，本研究針對捷運忠孝復興站(BL10)及捷運市政府站之欲搭車旅客，在各組垂直設施底部，隨機跟隨旅客，針對旅客在月台上最後候車位置做一記錄，記錄旅客所使用之垂直設施及其候車位置。各組垂直設施各 50 個樣本，調查結果如表 4-24 及表 4-25 所示：

表 4-24 捷運市府站使用各垂直設施旅客候車位置選擇比例

	市府站西側垂直設施				市府站東側垂直設施			
	往板橋		往昆陽		往板橋		往昆陽	
	人次	比例	人次	比例	人次	比例	人次	比例
第一車廂	8	16%	3	15%	0	0%	0	0%
第二車廂	26	52%	9	45%	0	0%	0	0%
第三車廂	12	24%	5	25%	16	32%	1	10%
第四車廂	4	8%	3	15%	16	32%	3	30%
第五車廂	0	0%	0	0%	14	28%	5	50%
第六車廂	0	0%	0	0%	4	8%	1	10%

註 1. 第一車廂為最西側(往板橋)之車廂，第六車廂為最東側(往昆陽)之車廂。
 註 2. 由於往昆陽方向之搭車旅客人數相當少，因此往昆陽方向之抽樣僅各抽取 20 人及 10 人做為樣本。往板橋方向之抽樣均為 50 人。

表 4-25 捷運忠孝復興站(BL10)使用各垂直設施旅客候車位置選擇比例

	忠孝復興(BL10) 西側垂設				忠孝復興(BL10) 中央垂設				忠孝復興(BL10) 東側垂設			
	往板橋		往昆陽		往板橋		往昆陽		往板橋		往昆陽	
	人次	比例	人次	比例	人次	比例	人次	比例	人次	比例	人次	比例
一車	8	16	6	12	0	0	0	0	0	0	0	0
二車	19	38	21	42	0	0	0	0	0	0	0	0
三車	23	46	23	46	7	14	12	24	0	0	0	0
四車	0	0	0	0	35	70	29	58	9	18	18	36
五車	0	0	0	0	8	16	9	18	26	52	27	54
六車	0	0	0	0	0	0	0	0	15	30	5	10

註 1. 第一車廂為最西側(往板橋)之車廂，第六車廂為最東側(往昆陽)之車廂。
 註 2. 人次單位為：人；比例之單位為%

4.4.2 旅客下車後選擇垂直設施比例調查

旅客搭乘捷運列車到站下車後，需透過垂直設施到達穿堂層出站。各車廂下車旅客在月台上會由於自己本身之需求而只用不同位置之垂直設施，而產生選擇行為。基於此，本研究為了解下車旅客在月台層選擇不同組垂直設施之比例，針對捷運忠孝復興站(BL10)及捷運市政府站兩方向列車之下車旅客，調查各車廂旅客下車後選擇不同垂直設施之比例。

列車六車廂均做調查，各車廂選擇兩車門做為調查對象，一車選第3、4車門，二至五車選擇2、3車門，六車選擇1、2車門，針對選定之車門，隨機紀錄10名下車旅客所使用之垂直設施。調查結果如表4-26及表4-27所示。

表 4-26、捷運忠孝復興站(BL10)旅客下車選擇垂直設施之比例

	往板橋方向列車						往昆陽方向列車					
	1車	2車	3車	4車	5車	6車	1車	2車	3車	4車	5車	6車
西	75	70	50	10	0	0	70	75	35	0	5	0
中	5	0	20	40	55	60	5	0	15	40	40	35
東	20	30	30	50	45	40	25	25	50	60	55	65

註 1.西:西側垂直設施，中:中央垂直設施，東:東側垂直設施。
 註 2.1車為最西邊之車廂，6車為最東邊之車廂；
 註 3.表中數字之單位為百分比(已將原始數據轉化為比例)

表 4-27 捷運市政府站旅客下車選擇垂直設施之比例

	往板橋方向列車						往昆陽方向列車					
	1車	2車	3車	4車	5車	6車	1車	2車	3車	4車	5車	6車
西	80	80	60	45	50	30	70	70	65	55	70	75
東	20	20	40	55	50	70	30	30	35	45	30	25

註 1.西:西側垂直設施，東:東側垂直設施。
 註 2.1車為最西邊之車廂，6車為最東邊之車廂；
 註 3.表中數字之單位為百分比(已將原始數據轉化為比例)

4.5 捷運車站人流系統模擬模式之構建

4.5.1 模擬模式設定依據

1. 捷運車站擁擠處

捷運車站裡較易產生壅擠的地點主要有三個地方，驗票閘門前、垂直設施前及月台層。驗票閘門前及垂直設施前是各個動線旅客集中的地方，月台層則是旅客上下車及等車的空間，因此這三處是捷運站裡較常發生壅擠狀況的地方。空間擁擠發生的時機為旅客密度較大時，當旅客密度小時，這些擁擠的行為就不會出現。以台北捷運系統來說，旅客通過垂直設施的行為，會因旅客密度而會有所不同。

由於過去台北捷運系統有宣導經過電扶梯時要靠右邊站，左邊讓給趕時間的旅客使用，因此長久下來使用台北捷運系統的旅客在經過電扶梯時大部分都會靠右邊站立，左邊行走通過習慣。當旅客面對垂直設施前方旅客相當稀少時，大部分的旅客會選擇站著電扶梯上下樓層，但當旅客量較大時，因為等候站立電扶梯的旅客較多，會產生排隊等候的隊伍，有些旅客會選擇走電扶梯上下樓層甚至是選擇走樓梯來上下樓層。選擇通過垂直設施的行為，除了旅客密度會影響之外，垂直設施的長度也會影響到旅客的選擇行為。當垂直設施較長時，選擇站立電扶梯的比例就有可能較大。運車站中的旅客均需要經過驗票閘門，當欲通過驗票閘門的旅客量大時，驗票閘門的運作速率可能會低於旅客通過的需求，此時在閘門前就會產生排隊等候通過的旅客。

2. 月台層處理

捷運車站人流系統中所有動線的起點，或是動線終點，均會發生在月台層，因此月台層在模式構建中也是相當重要的一環。捷運車站中，旅客上下車的地方就是車站的月台，車站的月台層對於車站營運上來說是最重要的空間，列車到

站，瞬間下車的旅客量相當大，月台層的動線安排上若是稍有不慎，有可能會影響到旅客上下車及候車時的安全。仔細觀察月台層旅客行走的動線，大致可以歸納幾點通則：

- (1) 候車時選擇離垂直設施較近的候車位置，可參照表 4-24 及表 4-25；
- (2) 候車時選擇人較少的候車位置；
- (3) 到站旅客上下樓層選擇較近的垂直設施。

搭車旅客從穿堂層到達月台層等車時，在大部分車站中，均需透過垂直設施才能到達月台，到達月台後，旅客可選擇的候車位置相當多，旅客的候車選擇行為在構建模擬模式中也是要考量進去的。通常旅客在選擇候車位置時，會以靠近垂直設施的等車位置為優先，但當該位置的等車旅客較多時，會有部分旅客願意走到較遠且人較少的地方等列車到達。而月台各個車門的候車空間，也會受到車站設施設置的位置而有所侷限，有些地方的月台空間會因車站的機電設施及垂直設施，造成該處的月台淨寬較小，進而影響到旅客的等車空間。

當列車到站時，大批旅客下車，此時月台上的旅客量到達最高峰，下車旅客與欲上車的旅客形成交織，這些剛到站的旅客必須透過垂直設施才能到達穿堂層。通常捷運車站會有兩個以上出入口，不同出入口的旅客量會因車站周圍的社經狀況而有所不同，垂直設施設置的方向及位置均會影響到旅客選擇使用的頻率。在模擬模式中，必須要先清楚了解該車站的特性，確認各個出入口的出入旅客量。

3. 捷運車站人流動線之分合

旅客從車站各個出入口進入車站，也從月台層的到站列車進入車站，這些不同來源的旅客，在車站裡會有分合合分的行為。進站人流會在驗票閘門時產生第

一次的「合」，因此在閘門一直到垂直設施前的通道會是旅客量較大的地方，在垂直設施前，會產生選擇行為造成分。到了月台後，則會出現最後一次的分，要搭車的旅客到各個車門前候車。

出站人流從列車下車，出站前也是會有分合的行為。從列車下車後，在月台層的垂直設施前產生第一次的合，出了垂直設施後則會有些旅客分出去，但到了出站驗票閘門前旅客又合在一起，出了閘門後，旅客就會依照自己的目的地而產生最後一次的分。捷運車站中，動線分合會使得不同節點及節線中旅客量有所不同，旅客的行走速率會因車站環境及當時該節點或節線中的旅客量不同而有所落差。旅客進入捷運車站裡，不可能從出入口一直到月台候車之間都是維持一樣的行走速率，各個節點及節線會有不同的行走速率。因此我們在建立模擬模式時，必須針對車站各個節點及節線中旅客行走速率做一調整，而非整個模式均採用統一值來做模擬。



4. 次動線之影響

捷運車站在營運上，會設置旅客詢問處、自動售票機、電子票證加值機、洗手間及其他週邊相關的旅客服務設施等等，這些服務設施也都會有旅客是需要使用的。當有旅客要使用到這些設施時，就會產生有別於進出站人流之動線。因此這些小動線對於車站人流系統之影響，在本研究中也將在模式中呈現。

5. 旅客類別

捷運車站中，除了一般旅客之外，有時候也會出現行動不便的旅客(年長者、提重物及坐輪椅)，這些旅客有別於一般旅客，他們在捷運系統中的移動速度較慢，這些行動不便的旅客有可能影響到整體旅客的移動速率。在捷運車站人行系統中，行動不便者的動線是較不同的，通常會安排這些行動不便者在上下樓層時

使用「電梯」。當車站內出現行動不便的旅客時，這些旅客的動線與一般旅客的動線有可能因為設施位置的安排而產生交織。透過模擬，觀察行動不便旅客出現時，對於其他旅客的影響，甚至是行動不便者出現的數量也有可能產生不同的影響程度。

4.5.2 模式構建

旅客行走在真實捷運車站裡，空間是連續的，行走在車站空間時，所有的動作也都是連續的。但到了模擬軟體中，因為軟體的限制而必須將真實系統於以簡化，將人流系統簡化為一個個工作站型式的節點，並透過節線來做連結。例如旅客在車站的通道中行走，則將所有在該通道中行走的旅客動作簡化為一個「輸送帶」型式，將該通道中旅客視為輸送帶上的物品，一個個將這些模擬的人流運往下一個捷運車站裡的設施。以圖 4-9 為例，捷運市政府站實際空間配置與本研究模式構建做比較，可明顯看出圖 4-10 之人流系統簡化示意圖是將捷運車站的空間分別以節點與節線來做表示。

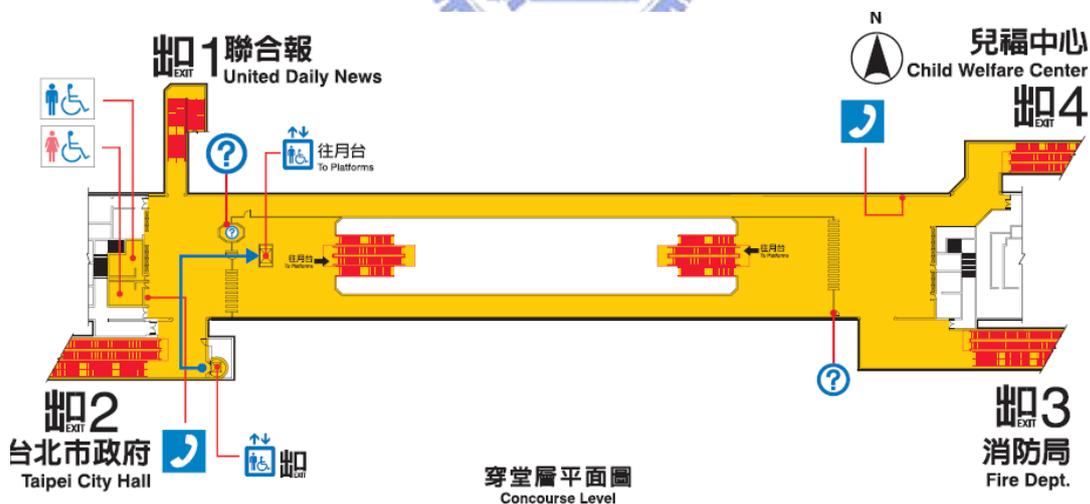


圖 4-9 台北捷運市政府站穿堂層平面圖

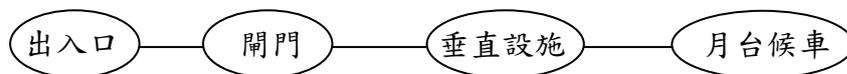


圖 4-10 人流系統簡化示意圖

本研究第三章中曾經敘述捷運車站裡主要人流分為三大類：進站人流、出站人流及轉車人流，本章節以下內容，將分別針對捷運站裡的三大人流在車站裡行走時的行為，在本研究模式構建過程中的處理方式加以敘述。構建模擬模式的過程以捷運新埔站之空間配置為例。

1. 進站人流模擬模式之構建

(1) 入口至閘門：

旅客進入捷運車站，均來自車站的各個入口，這些入口即為本研究模式中的「Source」，旅客從這些入口進入車站，在模擬中也就是所有 MU 的模擬開始。透過「Source」物件，設定旅客從各個入口進入車站的量，旅客進入車站後會進入車站的大廳，車站大廳為旅客集散的一個空間，因此透過「Buffer」物件來做為大廳的代表物件，模式中將所有旅客進入車站後，最先進入此大廳中。



在大廳中有許多捷運車站服務設施，例如自動售票機、洗手間、詢問處以及加值機等等小動線，這些服務設施均透過「SingleProc」或者「ParellelProc」物件來做為代表，設定旅客使用上述設施時間及設施的服務效率。旅客在大廳中活動完畢後，前往驗票閘門準備進入捷運站的付費區內，模擬模式中會透過

「ParellelProc」做為驗票閘門的代表，一個車站的進站閘門，通常都會同時開放好幾組閘門讓旅客使用，透過「ParallelProc」表示同時間內有好幾組相同的設施在運作，設定上可參考閘門運作效率來做模擬時的設定。出入口至閘門處構建出的模式圖可參照圖 4-11 所示。

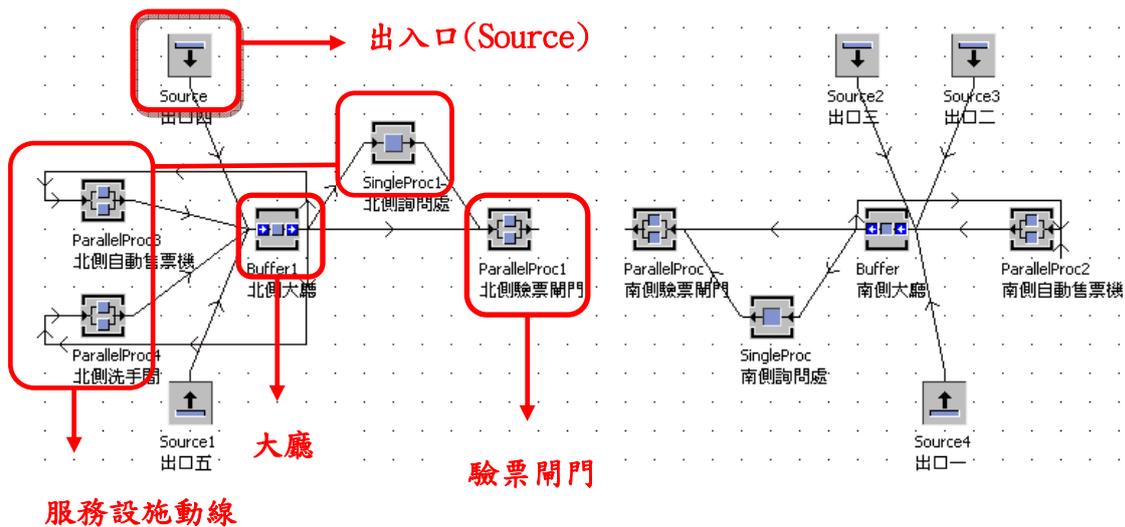


圖 4-11 入口至閘門模式示意圖

(2) 閘門至垂直設施

旅客進入付費區後，在步行至垂直設施之前，通常都需要稍微走一小段路，這段路上旅客們的動作幾乎都是在行走，因此透過「Line」，來做為此段節線的代表。輸送帶的運行速度需透過過去調查資料來做設定。同樣的在垂直設施的處理，也是與通道上的處理是一樣的，電扶梯有其固定的運行速率，而走樓梯的旅客長時間觀察也可以得到一個平均行走速率，因此透過「Line」的設定，將長時間觀測得到的資料做為該輸送帶的運行速率；另外針對走電扶梯的狀況，也都是以同樣的方式來做處理。旅客在面對垂直設施時，可以選擇「站」電扶梯、「走」電扶梯以及走樓梯這三種行為，在設定上會針對依據調查所得到的資料，來做為旅客選擇行為比例的設定值。當旅客量較多時，在垂直設施前有可能會出現排隊的旅客，透過「Buffer」的設定，可觀察排隊的旅客量。進站閘門至垂直設施間構建出的模式圖參照圖 4-12 所示。

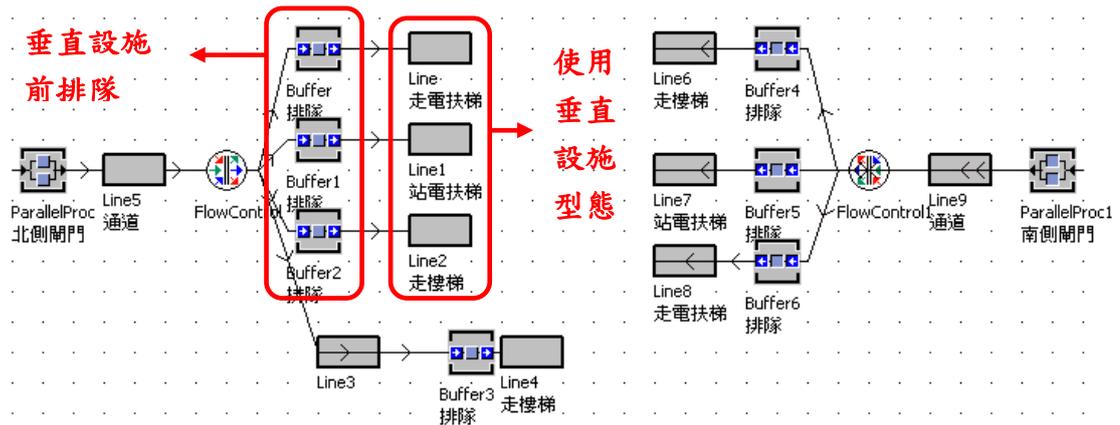


圖 4-12 閘門至垂直設施模式示意圖

(3) 月台層移動及候車

旅客經過垂直設施下到月台層之後，在真實捷運車站中，旅客會選擇等車的位置，旅客在候車位置的選擇行為上，在模擬設定會依據前述章節所敘述的規則，透過比例的設定，來設定旅客選擇候車位置。旅客到達月台在到達候車位置之前，無形中在各個垂直設施底層到各候車位置之間會形成相當多條動線，這些動線透過「Line」來做代表。而旅客選擇不同動線的行為，針對月台上不一樣旅客密度狀況下，旅客可能會產生不同的候車選擇行為，此部分則需透過比例上的設定來做調整。除了行走時間的設定外，也可根據這些動線長度設定輸送帶長度。在到達候車位置後，等車動作就透過「Buffer」來做為儲存的空間，讓等車旅客在此空間中等候列車到達。本研究將候車旅客設定為到站列車可將所有候車旅客一次載走。月台層移動及旅客候車行為構建出的模式圖參照圖 4-13 所示。

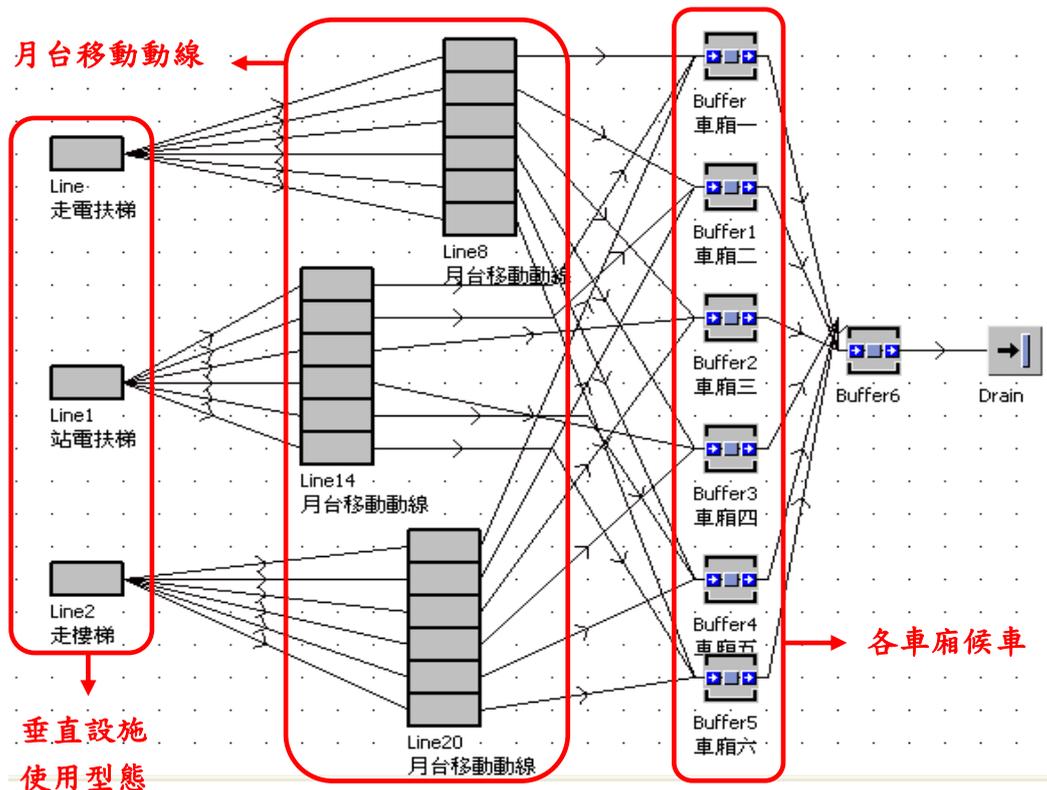


圖 4-13 月台層移動及候車模式示意圖

2. 出站人流模擬模式之構建

當列車到達捷運車站，旅客從列車蜂擁而下，這些下車旅客即是出站人流的來源，這些旅客會選擇各自喜愛的動線前往垂直設施，因此在月台層會形成相當多的行走動線，這些動線均透過輸送帶，「Line」來做代表，Line 的設定則是依據觀察得到的旅客行走速率及行走距離的長短來做設定。當這些旅客到了垂直設施時，垂直設施的處理也與進站人流在面對垂直設施時的處理是一樣的，也是透過輸送帶的概念來做處理。一直到旅客到達閘門時，除了閘門本身的工作站處理之外，在閘門前會加一個「Buffer」來做處理。由於出站的人潮是列車到站後，瞬間湧現，因此在出站閘門前往往往會出現較多的人潮，此 Buffer 物件設置目的在於方便觀察出站閘門前等候出站的旅客數目到底有多少，可做為閘門在運作上的參考。出站旅客經過閘門之後會到達車站大廳，在大廳中會與進站旅客混雜在一起，因此在模擬模式中的大廳這個工作物件，進站與出站人流會在此匯集。出站人流構建之模式示意圖如圖 4-14 所示。

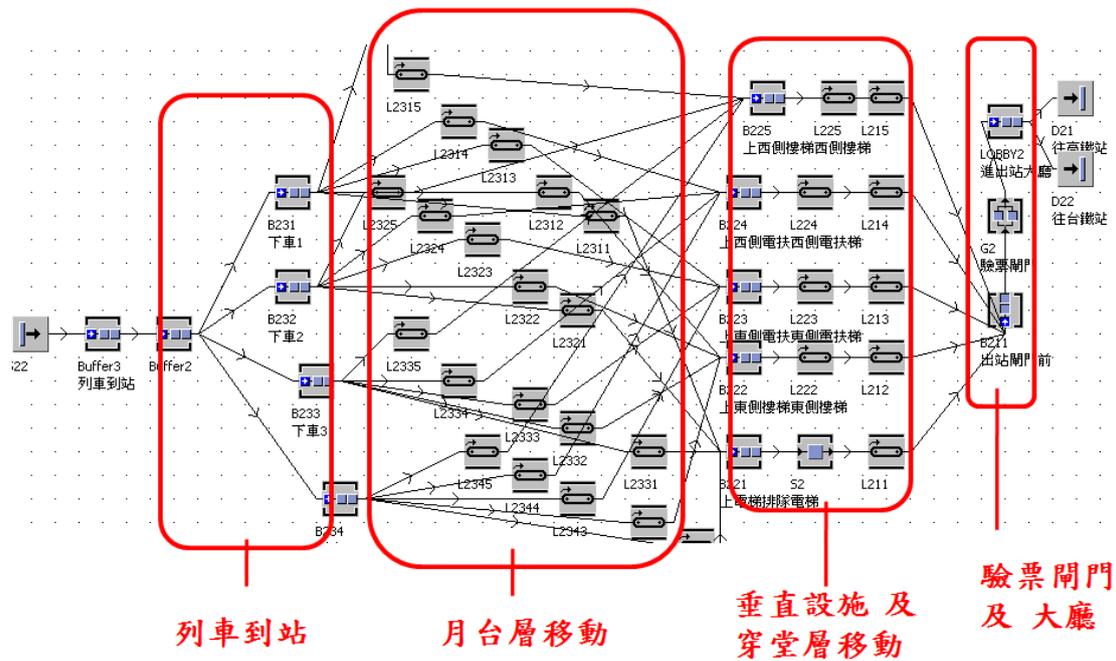


圖 4-14 出站人流模式示意圖

3. 轉車人流模擬模式之構建

最後，轉乘人流在車站中會有兩大動線，這兩動線的特色就在於在車站中，有一部分是屬於進站人流，但另一部分卻是屬於出站人流，與原本該車站的進出站人流在車站裡產生分合的狀況。

4. 模式常用物件

綜合以上，捷運車站人流系統模擬模式中，各個工作站所代表的，均是真實捷運車站中人來人往的各個捷運車站的空間及角落。模式中較常出現的工作站為 Buffer、Line、SingleProc 及 ParallelProc，這些物件的使用均有一定的規則在。

以下針對上述基本常用物件來做個歸納：

- (1) Buffer：會出現排隊等候的地方及一個具有儲存旅客的空間，例如驗票開門前、詢問處前、月台候車及車站大廳等等。
- (2) Line：捷運車站中僅具有通道功能或是有隱形動線存在的空間。例如旅客

進入付費區後前往垂直設施的通道、電扶梯、樓梯及旅客在月台行走的動線等等。

(3) SingleProc 及 ParallelProc：捷運車站中有運作效率特色的設施。例如自動售票機、驗票閘門等等。

4.6 模式參數設定

4.6.1 進站動線參數設定

本研究構建之模擬模式，在參數設定上除了依照本研究調查內容之外，尚依據台北市政府捷運工程局所訂定之「臺北都會區大眾捷運系統規劃手冊」中之內容做設定。以下就車站人流系統中各環節之參數設定原則與所使用之軟體物件做一說明。



1. 進站旅客量之設定

進站旅客量之設定根據本研究調查 2008 年 3 月 18 日之捷運車站各出入口使用狀況來做一設定。該調查時段為平日傍晚尖峰，本研究假設該筆資料代表平日尖峰之情形。因此兩車站之設定數值如表 4-19 及表 4-21 所示。

2. 自動售票機、驗票閘門、詢問處、洗手間之設定

根據臺北都會區大眾捷運系統規劃手冊中之規定，自動售票機每分鐘應服務之旅客人數為 5 人，而驗票閘門每分鐘服務旅客量則為 45 人，模式中之設定即依循此標準。詢問處及洗手間參數之設定，依據本研究調查之平均每人使用時間來做設定。各項服務設施之數量，則依照車站實際設置量來做設定。各車站之自動售票機數量及閘門量如表 4-28 所列。

表 4-28 忠孝復興站(BL10)及市府站自動售票機數量及閘門量

		忠孝復興站(BL10)		市政府站	
		西側	東側	西側	東側
閘門 數量	進	2	3	3	3
	出	2	3	4	3
	大	1	1	1	1
自動售 票機量		4	4	5	5
註、「大」表示該閘門專門提供給拖大型行李及使用輪椅之旅客使用。模擬時並未將該閘門列入。					

3. 付費區內通道之設定

本研究在通道上之設定，行人步行速率依循臺北都會區大眾捷運系統規劃手冊中之規定，設定為 1.25 公尺/秒，單向流通之標準為 85 人/分鐘/公尺，雙向流通之標準為 70 人/分鐘/公尺，再根據各車站通道之寬度做通道容量之換算。在前述章節中有說明了旅客在捷運車站內之通道行走速率會受到 K 之影響，但在構建模式過程中發現，由於軟體本身之限制，並無法針對模擬過程中 KQV 之關係做動態的調整。本研究雖然也有做捷運車站通道速率之調查，但因模擬模式構建過程中，各項設施之容量設定均依照規劃手冊之規定，因此決定在模擬模式中之行人步行速率也採用規劃手冊之規定，設定為 1.25 公尺/秒。

捷運市府站在閘門內與垂直設施間之通道，由於寬度較寬，進出閘門與垂直設施之進出站動線明確，因此將市府站內連通閘門與垂直設施間之通道視為兩組互不干擾之單向通道。忠孝復興站西側之通道，由於多個動線在該區域會合，因此該忠孝復興站西側閘門內與垂直設施間之通道視為雙向流通之通道，而東側閘門與垂直設施間之通道由於進出動線明確，將此區域之通

道視為兩組獨立之單向通道。

4. 垂直移動設施之設定

根據臺北都會區大眾捷運系統規劃手冊中之規定，樓梯容量為一單位下行 20 人/分，市府站之樓梯寬度為 170cm，換算為 3 單位 (一單位 55cm)，因此捷運市府站之樓梯往下容量每分鐘可通行 60 人。樓梯外，電扶梯亦為捷運車站內之重要設施，每部電扶梯於正常運轉時下行容量 146 人/分。由於本研究將電扶梯區分為「站」電扶梯與「走」電扶梯，視為兩個通道，因此容量需要再除以二。根據規畫手冊，電扶梯容量設定假設所有人均是「站」電扶梯之狀況下，但目前台北大眾捷運系統電扶梯之左側幾乎都是旅客行走通過，因此「走電扶梯」側之容量應會較手冊所提及大，但在該部分容量之設定仍遵照捷運規劃手冊之設定。詳細垂直設施之容量設定如表 4-29 所列。選擇通過垂直移動設施之行為則參照本研究調查資料所得比例之設定。

表 4-29 垂直移動設施設定之容量

			捷運忠孝復興站 (BL10)			捷運市政府站	
			西側	中央	東側	西側	東側
電扶 梯容 量	上	站	55	55	55	55	55
		走	55	55	55	55	55
	下	站	x	73	x	73	73
		走	x	73	x	73	73
樓梯 容量	上	30	x	30	54	54	
	下	30	x	30	60	60	

註 1.忠孝復興站(BL10)西側及東側之樓梯為上下共用，因此模擬中將該樓梯之容量平均分給上下樓層之使用。

註 2.根據本研究之調查資料(表)，忠孝復興站(BL10)之部分垂直設施實際使用量已超出捷運局所規定之垂直設施容量。

註 3.x 表示該位置並無設置該設施。

5. 月台層移動之設定

旅客透過垂直設施到達月台後，旅客在月台上之移動根據垂直設施至各車廂中間之距離來做設定，步行速率設定為 1.25 公尺/秒。旅客到達月台後，會產生選擇列車方向及候車位置之行為，此兩種行為之依據均來自本研究調查數據產生之比例而設定之。(市府站搭往板橋方向與往昆陽方向之旅客量比例約為 9:1，忠孝復興站搭往板橋方向與往昆陽方向之旅客量比例約為 8:2)。

6. 上車等候區之設定

本研究將等候區設定為一車廂一車廂來做設定，而非依據車門做設定，當旅客從垂直設施到達月台後，候車位置之選擇行為設定則依照本研究所做之調查來做設定。模擬時可觀察旅客在列車到達前分散到各車廂之人數。而當列車到達後，設定上所有候車旅客均會上車。列車班距則依照台北捷運公司實際營運班距來做設定，本研究調查時段中，板南線之營運班距為每三分鐘一班車。



4.6.2 出站動線參數

1. 列車到站參數

列車到站，出站旅客從列車下車，本研究將欲下車旅客量平均分散到六節車廂，下車之旅客量依據本研究調查所得之出站旅客量來做設定表 4-20 及表 4-22。

2. 出站旅客月台層移動

旅客從各車廂下車後，從各車廂前往各組移動設施之比例依據本研究之調查結果做設定。另旅客在月台上之行走距離則依照車廂與各垂直設施之距離做設定，步行速率設定為 1.25 公尺/秒。

3. 垂直移動設施之設定參數

根據臺北都會區大眾捷運系統規劃手冊中之規定，樓梯容量為一單位上行 18 人/分，市府樓梯寬度為 170cm，換算為 3 單位(一單位 55cm)，因此市府站樓梯往上之容量為 54 人/分。樓梯外，電扶梯亦為捷運車站內之重要設施，每部電扶梯於正常運轉時上行容量 110 人/分。詳細垂直設施容量之設定參照表 5-4。

其餘出站閘門、各個通道之設定，均與進站旅客之設定一致。由於捷運忠孝復興站為南港線與木柵線之轉乘車站，在該車站內有一股轉車人流，需特別留意到轉車人流在車站內之行走動線。模式中，轉車人流分為板南線轉木柵線與木柵線轉板南線之旅客，從木柵線欲轉車旅客進入忠孝復興站 B2 時與 B2 進站旅客會合之後，此時轉車旅客與進站旅客會合，之後從木柵線欲轉車旅客行為就與該車站本身進站人流一致；相反的，從板南線欲轉車前往木柵線之旅客，從月台下車後直到 B2 西側的交會區之前，均是與出站人流合在一起的，但過了該區，轉車人流就獨立出來。



在上述參數設定原則下，透過 eM-Plant 構建出之捷運忠孝復興站(BL10)及市政府站人流系統模擬模式，如圖 4-15 及圖 4-16 所示。

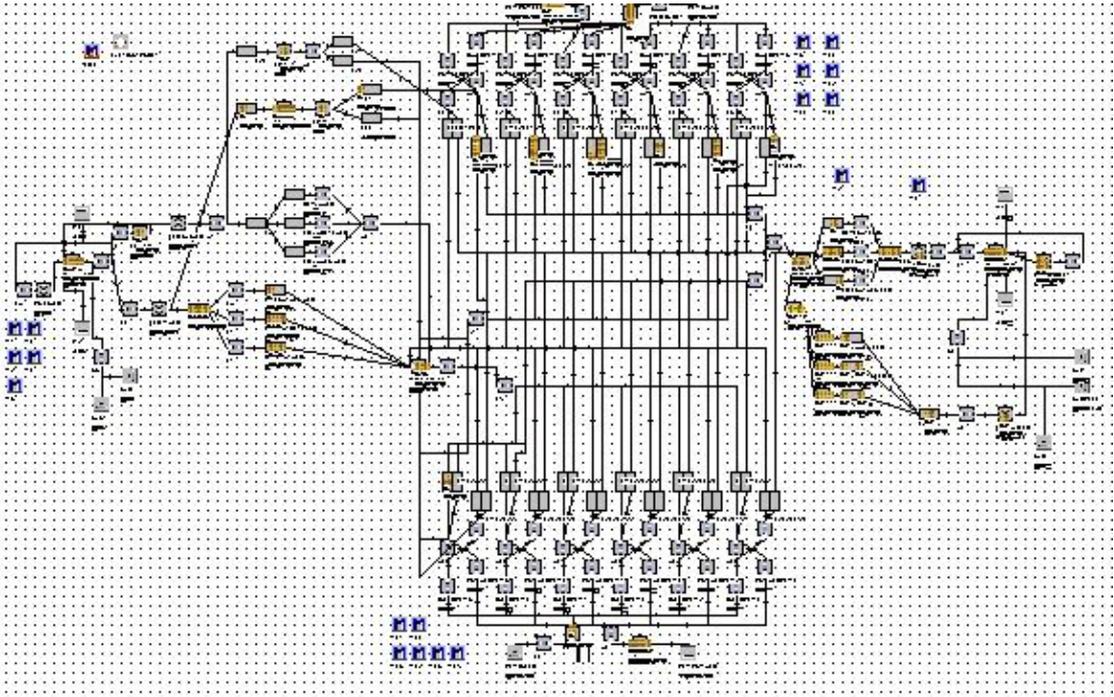


圖 4-15 以 eM-Plant 構建捷運市政府站之人行系統

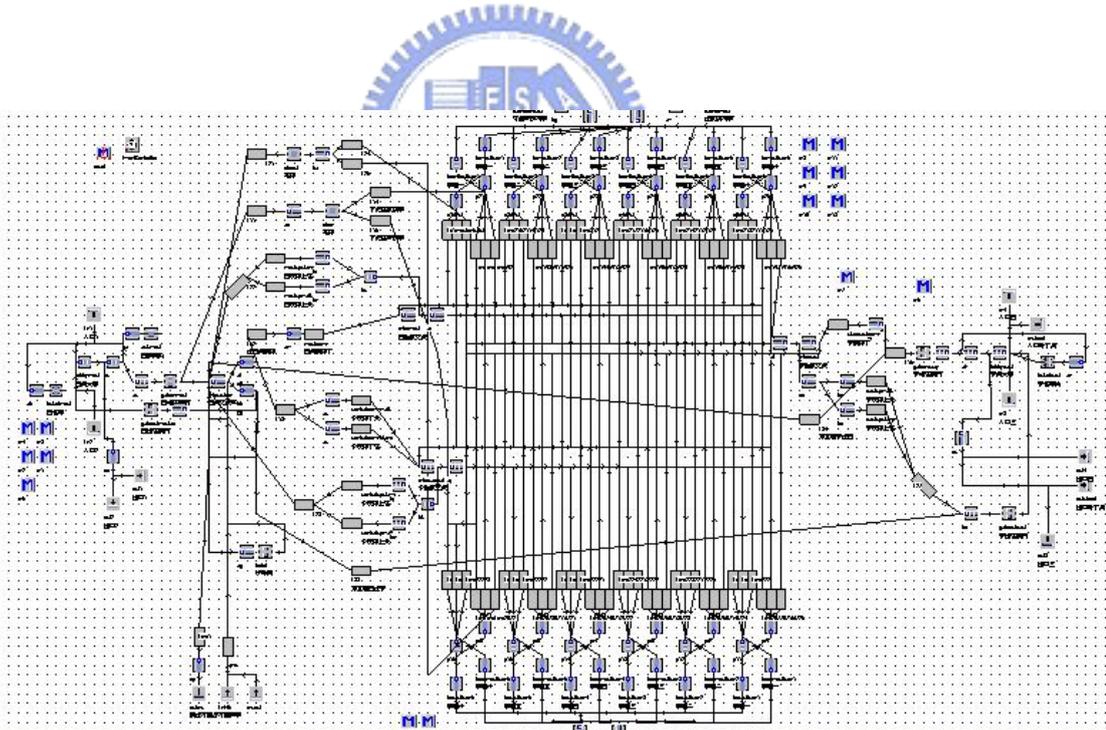


圖 4-16 以 eM-Plant 構建忠孝復興站(BL10)之人行系統

4.7 模擬結果與案例說明(以台北捷運市政府站為例)

4.7.1 模擬結果

依照前述內容之設定後，本研究原先構想，欲以模運忠孝復興站(BL10)與捷運市政府站做為模擬對象。選擇忠孝復興站做為研究對象之主因在於忠孝復興站為具有轉乘功能之轉乘車站，但在忠孝復興站 (BL10)人流系統模擬模式構建過程中發現，由於該車站是一轉乘車站，因此轉乘旅客量是一相當重要的資料，從各個出入口進入車站之旅客起迄點可以是板南線也可以木柵線。在無法確認轉乘旅客量、旅客進入車站後搭乘之捷運路線以及出站旅客是由哪個路線搭車至該車站的狀況之下，欲模擬轉乘車站所需之資料量相當龐大且複雜，應要有更深入且全面之調查才有可能得到模擬所需之數據。因此，本研究決定將已構建完成之忠孝復興站(BL10)人行系統模擬模式之模擬暫停，僅透過捷運市政府站之模擬模式模擬結果來做說明。



模擬模式構建完成後，本研究針對模式之模擬時間為一小時，觀察模擬一小時後之模擬結果。針對模擬之結果，本研究將結果分為三類來呈現，1.車站服務設施服務量；2.垂直移動設施服務量；3.月台旅客候車分佈(驗證分析用)。

1.車站服務設施服務量：

本研究欲觀察之服務設施包含了自動售票機、詢問處、洗手間以及進出站閘門。透過本研究調查資料與捷運公司所提供之進出站閘門資料，實際投入模擬模式中後，發現經過一小時的模擬，車站裡的各項服務設施之平均服務均沒有產生擁塞的狀況。因此本研究將透過採用 $\%age_Reloccu$ (資源平均使用率)與 $\%age_E$ (平均空閒時間比率)，觀察車站旅客服務設施在經過一小時模擬後之狀況。

表 4-30 捷運市政府站之車站服務設施模擬結果

	西側閘門		東側閘門		西側大廳			東側大廳	
	進站	出站	進站	出站	售票機	洗手間	詢問處	售票機	詢問處
總通過人次	1566	1108	1622	940	84	170	33	64	18
平均每分鐘人數	26.1	36.9	54.1	31.4	1.4	2.83	0.55	2.13	0.3
% age_Reloccu	36.81	20.52	40.94	23.22	5.62	28.23	56.21	23.32	32.23
%age_E	13.29	56.45	16.44	61.77	71.89	32.36	43.79	72.36	68.29

註 1. % age_Reloccu：資源平均使用率。
 註 2. %age_E：平均空閒時間比率，表示該設施中完全沒有模擬之旅客存在時間比率。
 註 3. 進出站閘門之設計容量為 45 人/分-座，售票機之設計容量為 5 人/分-座。

從上表 4-30 中觀察，在平日尖峰下，捷運市府站之各個進出站閘門的資源平均使用率均在 40% 以下。此數據代表目前捷運市政府站之進出站閘門之服務是足以應付平日傍晚尖峰之旅客需求。評斷進出站閘門服務之另一樣指標為進出站閘門前排隊等候使用的人數，根據模擬之結果，在市府站所有進站閘門前，最大的排隊量僅為 3 人，出站閘門前的最大排隊量則為 6 人，出站閘門最大等候量較大之原因在於列車到站，出站旅客是一窩蜂的要往外走，因此產生在閘門前的人潮會較進站旅客大。

其他自動售票機、詢問處及洗手間之服務狀況，模擬結果顯示，上述三項設施的資源使用率均是偏低，僅有市府站西側之詢問處的使用率較高。顯示上述設施之服務水準足以應付平日傍晚尖峰之旅客需求。

2. 垂直移動設施服務量

本研究將垂直移動設施分為三類，分別為站電扶梯、走電扶梯及走樓梯三

類。表 5-6 為模擬後之結果，根據模擬結果可發現使用垂直移動設施之人數均未超過設計容量，因此針對垂直移動設施之模擬結果採用 %age_Reloccu(資源平均使用率)與 (平均空閒時間比率)，透過上述兩指來觀察捷運市政府站內垂直移動設施在經過一小時模擬後之使用狀況。

表 4-31 捷運市府站垂直移動設施模擬結果

	西側						東側					
	上			下			上			下		
	站 扶 梯	走 扶 梯	走 樓 梯									
總通過 人次	741	114	188	902	439	499	564	178	198	951	308	353
平均 每分鐘	24.7	3.8	6.27	30.1	14.6	16.6	18.8	5.93	6.6	31.7	10.3	11.7
設計容量	55	55	54	73	73	60	55	55	54	73	73	60
最大排隊 人數	19	2	1	1	0	0	15	3	0	1	0	0
% age _Reloccu	34.9	2.54	7.36	37.3	8.8	15.4	25.81	3.95	7.69	39.6	6.18	10.9
%age_E	44.4	70.7	54.6	1.85	1.98	1.91	42.93	63.34	52.46	2.99	7.75	7.13

註 1. % age_Reloccu：資源平均使用率。
 註 2. %age_E：平均空閒時間比率，表示該設施中完全沒有模擬之旅客存在時間比率。
 註 3. 設計容量為根據車站垂直設施之寬度換算單位通道之結果。

觀察以上數據，平日傍晚下班尖峰時，捷運市政府站之垂直移動設施的服務水準是足以應付該時段旅客之需求。在市府站內各組垂直移動設施中，資源平均使用率較大者均是「站」扶梯之項目，但均未超過 40%。但觀察垂直移動設施前之最大排隊人數，可發現在垂直移動設施中「站扶梯往上」的最大排隊人數西側與東側分別有 19 與 15 人，其他則均僅為 0-3 人。造成此現象之最大原因為出

站旅客是呈現一窩蜂集中的狀態湧入垂直移動設施，與要搭車的旅客是隨機出現的狀況不同。其中又以選擇站著扶梯到達穿堂層之旅客比例最大，因此造成部分選擇站扶梯往上之旅客必須排隊等候進入垂直移動設施。

3.月台旅客候車分佈

月台旅客候車分佈類別，由於候車空間可容納之候車人數易受車站空間及其他外在因素影響，因此本研究在月台旅客候車空間並未列出各車廂候車空間模擬結果之績效值做為參考，僅列出模擬後選擇各車廂旅客之數據，並將其換算成百分比，以了解模擬結果旅客選擇車廂候車之比例。表 4-32 為捷運市府站旅客月台候車車廂分佈比例及平均每班車各車廂上車人數。針對模擬結果可與本研究調查結果做一對照。

表 4-32 捷運市政府站旅客模擬結果月台候車車廂分佈比例

	往昆陽列車			往板橋列車		
	總 人 數	平均 每列 車人 數	比例 (%)	總人 數	平均 每列 車人 數	比例 (%)
一車	69	6.9	6.96	238	23.8	9.64
二車	244	24.4	24.46	581	58.1	23.53
三車	194	19.4	19.60	706	70.6	28.59
四車	196	19.6	19.80	480	48.0	19.44
五車	199	19.9	20.10	335	33.5	13.57
六車	88	8.8	8.88	129	12.9	5.23
Total	990	99	100	2469	246.9	100

4.7.2 模擬情境案例

捷運車站在正常情況營運時，驗票閘門、垂直移動設施及自動售票機之設定均是依照規劃手冊之規定做設定，例如驗票閘門進出口數及電扶梯之方向等等。但上述之設施及進出站旅客人數，都有可能在某天發生異常狀況，例如電扶梯故障、驗票閘門故障、湧入大量搭車人潮等等。上述之狀況，是捷運車站在正常營運時所不會發生的，但為事先了解各種不同狀況發生時，捷運車站運作狀況可能的變化，可事先透過模擬方式做了解。透過各種情境之設定，代入模擬模式中，從各種情境模擬之結果，預先了解當捷運車站營運碰到預設之情境時，該捷運車站可能遇到的狀況。本研究針對不同狀況，共列舉六種情境：

1. 捷運車站出入口異常封閉，旅客僅能從單一出入口進入車站之狀況
2. 捷運車站瞬間湧入大量搭車人潮
3. 捷運車站下車旅客異常增加
4. 捷運車站垂直移動設施故障
5. 捷運車站特定區域異常封閉，並影響到旅客進出站之動線
6. 尚未營運車站通車後之預測



本研究將針對上述六種情境，說明如何透過模擬模式來做應用。探討模擬之結果，找出模擬後顯示車站人行系統中有缺失或是產生擁擠之節點，針對該節點再做模擬模式之調整，以期找出在各種情境中最佳營運方式。

1. 捷運車站出入口異常封閉，旅客僅能從單一出入口進入車站

正常情況下，一個捷運車站同時具有多個出入口供旅客進出車站，但當車站因故需關閉部分出入口，造成進出車站之出入口僅剩下單一個的狀況下，進出站旅客在捷運車站內之動線必定要做一調整。

- a. 首先，透過模擬模式，即可針對此狀況，將封閉出入口設定為失效，先模擬捷運車站僅封閉車站出入口之狀況，其他設施之設定均無做改變之情形。
- b. 假設該捷運車站將進出站旅客動線針對封閉出入口做一調整，封閉部分垂直移動設施及某一側之驗票閘門，引導旅客使所有進出站旅客進出車站付費區及月台均從未封閉之出入口方向進出月台，不讓旅客多繞路。
- c. 綜合比較 a、b 之設定，觀察不同設定情況下，模擬之結果，將較好之結果做為未來該捷運車站發生類似狀況時之管制策略依據。

2. 捷運車站瞬間湧入大量搭車人潮

當捷運車站鄰近地區有舉辦大型活動或集會時，車站就有可能出現大量進出站旅客，例如遊行集會活動、演唱會、體育賽事及跨年活動等等。活動開始前幾小時使用該車站之人數即會增加。當活動一結束時，瞬間會湧入大量要離開的旅客，此時對營運車站來說就是相當大的挑戰。針對此情形，模擬可分為好幾種不同策略來觀察此情境下之車站營運狀況。

- a. 車站內垂直移動設施、進出站閘門數量及其他服務設施等等均依照正常情形時之設定，觀察在大量旅客湧入車站時，可能發生之狀況或擁擠點。
- b. 觀察 a 之模擬結果，觀察發生擁擠點，針對進出站閘門量、電扶梯運行方向設定及是否停止運轉，甚至是旅客進出站閘門、進入付費區後的行走動線是否做管制均考量到模擬模式中。針對考慮的各種管制策略，放入模擬模式中，觀察模擬之結果。
- c. 經由模擬後，觀察 a、b 兩種情況下之模擬結果，將績效較佳之結果做為未來該捷運車站遇到類似狀況時營運管制策略之參考。

3. 捷運車站下車旅客異常增加

- a. 車站內之垂直移動設施、進出站閘門數量及其他服務設施等等均依照正常情形時之設定，觀察下車旅客異常增加之情形下，可能發生之狀況或擁擠點。
- b. 觀察 a 之模擬結果，針對發生擁擠處調整進出站旅客動線。例如將部分進站驗票閘門改為出站專用，或是將部分電扶梯之運行方向改為出站之方向，讓出站旅客動線容量較大，但此情形有可能會影響到進站旅客之動線及容量，影響程度則要透過模擬之結果做觀察。
- c. 觀察不同設定下模擬之結果，觀察出站旅客之出站情形及對影響進站旅客之情形。將績效較佳之結果做為未來該捷運車站遇到類似狀況時營運管制策略之參考。

4. 捷運車站垂直移動設施故障

- a. 當車站內垂直移動設施發生故障時，其他垂直移動設施之設定均按照原本之設定，觀察部分設施不能使用之狀況下產生的影響。
- b. 觀察 a 之模擬結果產生擁擠處，針對部分故障之垂直移動設施，參考進出站旅客量，改變其他垂直移動設施之運行方向，並調整週邊相關之行走動線。
- c. 觀察上述 a、b 之各種設定，比較不同策略之模擬結果，探討何種策略是較佳的，可做為該車站未來遇到類似情形時之動線管制參考。

5. 捷運車站特定區域異常封閉，並影響到旅客進出站之動線

- a. 所有車站設定均依照原先車站在正常情形時之運作，僅將因異常狀況封閉之區域阻隔開。觀察模擬之結果。
- b. 觀察 a 之模擬結果，針對缺失處，例如旅客須多繞路或是產生擁擠之處，

研擬動線改變之措施，例如調整垂直移動設施之設定、通道行走方向管制等等。

- c. 觀察上述 a、b 之各種設定，比較不同策略之模擬結果，探討何種策略是較佳的，可做為該車站未來遇到類似情形時之動線管制參考。

6. 尚未營運車站通車後之預測

捷運車站的通車之前由於沒有實際營運資料可做參考，因此僅能透過模擬方式來觀察通車後車站內運作情形。在車站規劃完成後，每個捷運車站均有其營運目標年之運量預測，可將該預測之運量投入模擬模式中，觀察車站裡可能出現的瓶頸點。當瓶頸點發生時，討論改變相關設施之設定，或增加設施數量，甚至增加出入口等等，再做模擬。觀察改變設定後之結果，做為捷運車站規劃單位之參考。

4.7.3 模擬模式之情境假設案例 – 以跨年夜時台北捷運市政府站為例

捷運車站人行系統構建完成後，透過設定之情境來觀察應用之結果。本研究將針對上述情境中之第二項，「捷運車站瞬間湧入大量搭車人潮」來做本節之應用說明。所採用之資料台北捷運公司所提供之 2008 年 1 月 1 日 00:00 ~ 2008 年 1 月 1 日 01:00，捷運市政府站進出站閘門資料。該時段為台北市跨年活動倒數，101 大樓燃放完煙火後，大批人潮要搭乘捷運離開台北市政府週邊。根據台北捷運公司所提供之資料，在 2008 年的第一個小時(1/1 00:00 ~ 1/1 01:00)，市政府站的進站人數高達 16,806 人次之多，與本研究在模式驗證之資料相比，多了 11,761 人(市政府站在 2008 年 3 月 18 日之尖峰小時進站量 5,045 人)。詳細進出站人數可參考下表 4-33。

表 4-33 2008/1/1 0:00-1:00 與 2008/3/18 17:00-18:00 市府站進出站人數

2008/1/1	進站	出站	Total
00:00-00:30	9,940 / 331.3	339 / 11.3	10,279 / 342.6
00:30-01:00	6,866 / 228.9	260 / 8.7	7,126 / 237.5
01:00-01:30	7,120 / 237.3	234 / 7.8	7,354 / 245.1
01:30-02:00	5,822 / 194.1	207 / 6.9	6,029 / 200.9
2008/3/18	進站	出站	Total
17:00-17:30	2,216 / 73.9	918 / 30.6	3,134 / 104.5
17:30-18:00	2,829 / 94.3	1,184 / 39.5	4,013 / 133.8
註.數據 1/數據 2 代表 30 分鐘總人數/該 30 分內平均每分鐘人數			

本應用說明在模擬之前，針對參數設定部分做出下列假設：

1. 所有電扶梯運轉靜止。
2. 驗票閘門未做流量管制 V.S. 驗票閘門有做流量管制。
3. 90%旅客使用電子票證進入車站付費區(悠遊卡、電子幣)，10%旅客使用紙票進入付費區。
4. 將台北捷運公司所提供之進站人數，平均分配到車站四個入口。
5. 列車到站將所有候車旅客載走 vs 列車到站無法將所有候車旅客載走。

本應用模擬模式之相關設定說明如下：

1. 投入量為每分鐘進站 331.3 人，出站人數 11.3 人。
2. 電扶梯容量設定：根據規劃手冊中提到，電扶梯在緊急狀況時(靜止)下行容量 70 人/分，上行容量 80 人/分。
3. 驗票閘門數量設定：西側驗票閘門設定為進 6 出 1，東側驗票閘門設定為進 5 出 1，另外將持紙票之旅客通行閘門設定為原先使用輪椅者所使用之閘門，通行量設定為 60 人/分。

4. 驗票閘門流量管制方式為開放三分鐘後，暫停進入兩分鐘。

5. 列車到站班距設定為兩分鐘一班。

根據上述之假設，一共產生四種模擬情境，整理如表 4-34：

情境 A：驗票閘門未做流量管制且列車到站將所有候車旅客載走；

情境 B：驗票閘門未做流量管制且列車到站無法將所有候車旅客載走；

情境 C：驗票閘門有做流量管制且列車到站將所有候車旅客載走；

情境 D：驗票閘門有做流量管制且列車到站無法將所有候車旅客載走。

表 4-34 四種模擬情境

	情境 A	情境 B	情境 C	情境 D
閘門管制	X	X	O	O
列車將所有旅客載走	O	X	O	X

根據上述之假設及參數設定，經過半小時的模擬，很明顯可看出在模擬模式中，有相當多節點是呈現相當壅擠之狀況，四種模擬情境在各個節點所產生之壅擠程度也有所不同。以下將分別就各個情境之模擬結果，如表 4-35，針對捷運市府站三個區域模擬數據做呈現。分別是進站閘門前最大等候人數及月台層最大人數。

表 4-35 捷運市政府站四種情境之模擬結果

		情境 A	情境 B	情境 C	情境 D
進站閘門前 最大等候人數	東側	338	419	457	507
	西側	322	422	439	512
月台層最大人數		810	852	639	702

根據表 4-35，四種情境模擬結果顯示，在情境 B 之狀況下，月台層人數是最大的。月台是旅客上下列車的空間，列車與候車旅客之距離相當近，若月台層

中人數太多時，對旅客候車之安全有相當大威脅。因此當捷運車站旅客量相當大時，站方應將旅客安全擺為第一優先，在讓旅客順利上車原則下，將月台層候車人數降低。從表 4-35 可看出，情境 C 與 D 之月台層人數是最低的，因此驗票閘門在進站旅客量相當大時，為了旅客候車安全，做適當的流量管制是有必要的。

4.7.4 模式驗證

為確認本研究所構建之模擬模式之模擬結果是具有參考價值的，因此需透過驗證來做確認。本研究將透過比照調查資料與模擬之結果，以下列兩項數據做為驗證對象。表 4-36 為垂直設施前排隊人數與各項服務設施之排隊人數調查資料與模擬結果對照表。

1. 垂直設施前排隊人數；
2. 各項服務設施之排隊人數(取市政府站西側各服務設施)。

表 4-36 垂直設施前排隊人數與服務設施排隊人數調查資料與模擬結果對照表

項目		調查資料		模擬結果
		Maximum	Minimum	最大排隊人數
垂直設施前排隊人數 (註 1)	走樓梯(往上)	3	0	1
	站扶梯(往上)	23	6	19
	走扶梯(往上)	9	4	2
服務設施排隊人數 (註 2)	自動售票機	2	0	1
	洗手間	1	0	0
	詢問處	3	0	1
	出站閘門	9	5	6
註 1：取市政府站西側垂直設施往上方向。				
註 2：取市政府站西側各服務設施。				

表 4-36 中顯示，模擬結果與調查所得之數據相比，模擬所得之數據均在調查所得到的數據範圍中。

第五章、使用 eM-Plant 構建捷運車站人流系統模擬模式之程序與技巧

第四章內容中已針對本研究透過 eM-Plant 構建捷運車站人流系統模擬模式做一說明，本章內容將說明構建捷運車站人流系統模擬模式所需之程序、構建模式所需之物件及設定、參數設定及模擬結果與相關的情境假設做一完整說明。

5.1 模擬模式構建程序

欲構建捷運車站人流系統模擬模式，首要工作為取得捷運車站平面圖，透過車站平面圖可先對欲模擬之捷運車站有一初步了解後，再前往現場觀察該車站內人流系統實際運作情形、旅客行走行為、設施使用狀況、動線交織情形、旅客月台候車情形...等等，各個細節均需觀察。經由現場觀察後，針對欲模擬車站人流系統做一簡化，將車站內各個節點以及連結各節點間之動線，清楚完整地描繪出來。



將捷運車站人流系統簡化完成後，即可以該車站人流系統簡化後之狀況，搭配 eM-Plant 7.0 之物件，找尋符合各節點與節線特性之物件，構建人流系統模擬模式。同時，需將模擬模式中所需輸入之所有參數列出，以現場調查方式或向相關興建、管理及營運單位聯繫來取得各項數據。若需透過現場調查才能獲得之參數，在前往捷運車站調查之前需擬定一套完整之調查計畫。模式所需之參數蒐集完成後，確認構建後之模擬模式無誤後，即可將參數投入模擬模式進行模擬，針對模擬結果進行分析，同時可設定多種情境投入模擬模式中。上述之模擬模式構建程序整理如表 5-1。

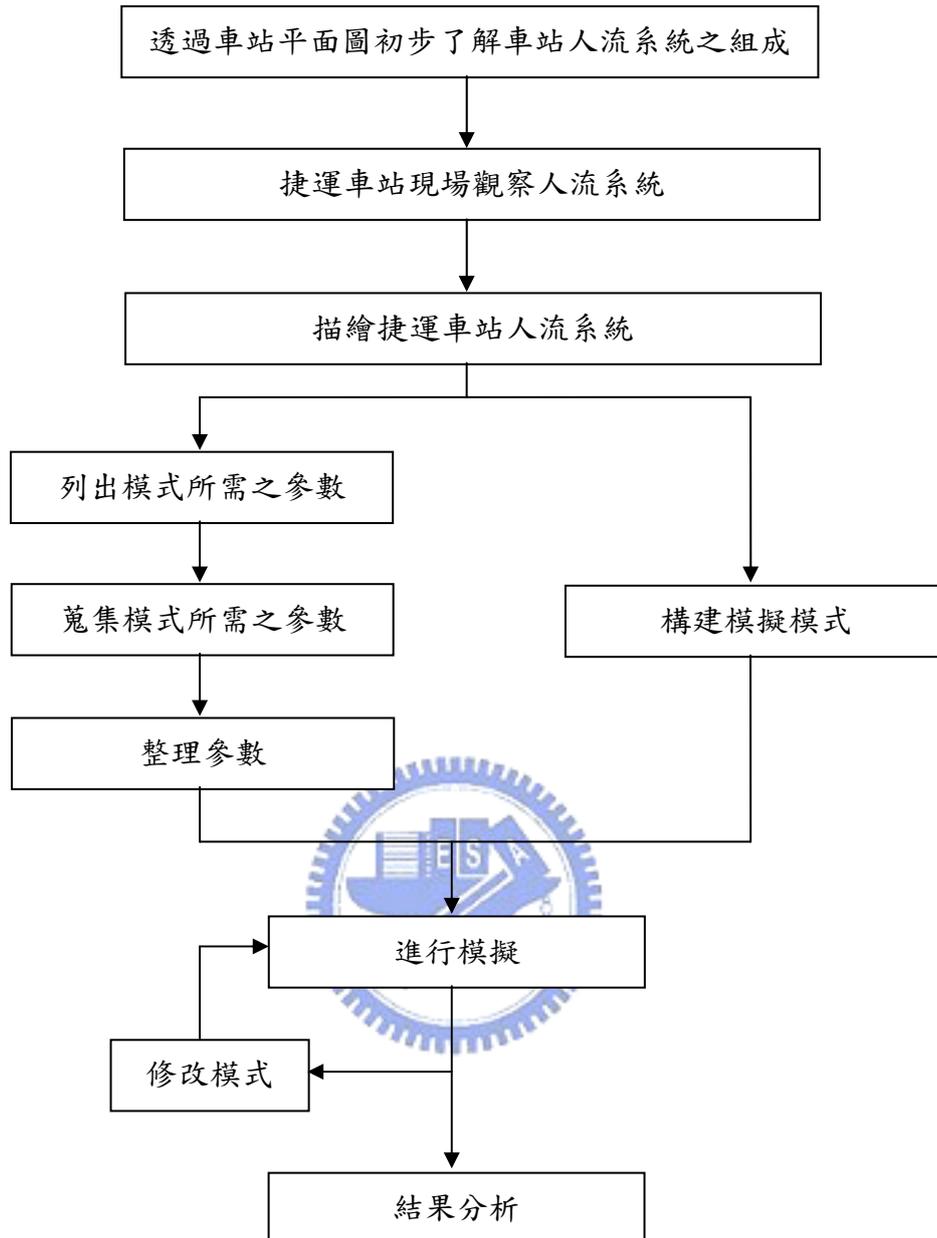


表 5-1 捷運車站人流系統模擬模式構建程序

5.2 物件設定技巧

1. 進站旅客量之設定

透過軟體中之物件「Source」，做為進站旅客量之投入代表物件，依據調查所得之旅客進站量，轉化為模擬模式中模擬物件出現之間距，(例一小時進站旅客量若為 600 人，則 μ 出現之間距為 10μ /分)，一個「Source」即代

表一個車站入口。

2. 自動售票機、驗票閘門、詢問處、洗手間之設定

上述各項設施所使用之軟體物件為「SingleProc」及「ParallelProc」。此兩物件之差異在於 ParallelProc 可同時代表一個多組相同功能之設施，例：多個驗票閘門；而 SingleProc 僅能代表一組設施。因此在模式中自動售票機及驗票閘門之代表物件為 ParallelProc，物件中之「處理時間」設定即為上述兩項設施之每分鐘可服務旅客量換算而得。例驗票閘門每分鐘可服務 45 人，在物件設定上即把每個 Mu 進入該物件中之處理時間設定為 1.333 秒，閘門數量也可在 ParallelProc 做設定。詢問處與洗手間之設定原則也與上述相同。

3. 通道、垂直移動設施及月台移動動線之設定

模擬模式中，車站中三類型之設定均為透過軟體中之「Line」物件做設定。Line 可設定長度、容量及 Line 之運行速率(做為 Mu 在 Line 中之移動速度)。對照實際車站中之通道長度，通道容量及旅客行走速度，即可設定模擬模式中代表通道之 Line 長度及旅客步行速率。若通道寬度較寬，同時具有多個單位通道，設定方式則為同時設有多組平行之 Lane 做為代表。

模擬模式中做為垂直移動設施之代表物件與通道相同，也為「Line」。參照各垂直移動設施之實際運作設定，設定各設施之容量及其運行速率。模式中將走電扶梯與站電扶梯視為不同通道，分別做設定。本模式將月台層移動動線簡化為從垂直移動設施至各個車廂前視為多個通道，例從市政府站之西側垂直設施至往板橋列車之六節車廂一共有六條動線，模式中之設定及設定為六組 Line。設定上依據不同動線之長度來做設定，而容量由於資料缺乏，因此在模式中暫時設定為無上限，Line 之運行速率則依照旅客步行速率做設

定。

4. 上車等候區及下車區域設定

透過軟體中之「Buffer」，做為上車等候區之設定依據。Buffer 僅有儲存之功能，在本模擬模式中針對 Buffer 之設定僅需設定容量即可。而列車班距及到站開門時間則透過一 Buffer 將六節車廂集中，透過該物件本身之「失效」設定，來做班距之設定。例班距若為每三分鐘一班車，則設定上則可設定 Buffer 每三分鐘失效一次，即可將模擬之 Mu 最後上車之行為阻擋。另下車區域之設定則需先設定 Source，視為到站列車下車旅客的來源，參照出站旅客量做下車旅客量之設定，將下車旅客分至六個 Buffer，做為分別來自六個車廂下車之旅客量之代表。

5. 動線「分」之設定

本研究所構建之模擬模式，會產生動線分之處主要為：大廳前往使用服務設施之動線、旅客上下月台選擇垂直移動設施之行為、從垂直設施至各車廂前候車之不同動線及旅客從各車廂下車後選擇不同垂直移動設施之行為。以上所提及之動線產生分之處，本研究設定上均透過「比例」做設定，而比例之依據則為依照本研究實際調查所得資料來做設定。設定方式為在動線產生分之處，需先設置一「Buffer」，透過此物件將所有 Mu 集中起來，並將 Mu 離開此 Buffer 之方式設定為「Percentage」，再依照實際資料中旅客選擇各目的地之比例來做設定即可。

6. 動線交織區域之設定概念

捷運車站人行系統中，進出站動線會有產生交織之區域，本研究所考慮之交織處有車站大廳、上下車處及垂直移動設施底部(月台上)。進出站Mu，在進出站過程中會集中在上述區域中，透過「Buffer」物件，做為上述區域之代表。

在這些區域中，Buffer設置之目的僅是要說明進出站之旅客會在此區域集中並產生交織，由於本研究是以巨觀方式構建，加上軟體本身之限制，在此類型之Buffer中並無做交織行為之設定。而進出站旅客在進入此區域後，離開該Buffer則需透過軟體中「Method」物件之語法撰寫，指定Mu所前往之下一個物件，避免模擬中之進站Mu與出站Mu產生亂跑之現象。例大廳之設定，必須指定出站物件所前往之下一個目的地為出口，而進站物件則是服務設施或者是進站驗票閘門等等。

綜合以上，模擬模式中各個物件之設定，需要入大量之參數，表5-2為透過eM-Planr軟體構建一完整之捷運車站人行系統模擬模式所需之參數及參數取得方式一欄表。

表 5-2 模擬模式所需參數及參數取得方式

參數類別	所需參數	取得方式	本研究之有無
服務設施類	自動售票機數量及每分鐘可服務量	參照捷運規劃手冊、實地調查	O
	詢問處、洗手間使用旅客量及使用時間	實地調查	O
	使用各項服務設施之比例	實地調查	O
	各服務設施前等候人數	實地調查	O
	垂直移動設施運作狀況	實地調查	O
	垂直移動設施容量	參照捷運規劃手冊	O
選擇行為類	使用垂直設施行為比例(走電扶梯、站電扶梯及走樓梯)	實地調查 錄影觀測	O
	候車位置選擇之比例	實地調查	O
	旅客下車後選擇不同垂直設施比例	實地調查	O
	搭不同方向列車之旅客比例	實地調查	X

	各車廂候車旅客量	實地調查	O
	不同旅客量下 各車廂候車比例	實地調查 交叉比對	X
	不同旅客量下 使用垂直設施行為	錄影觀察 交叉比對	X
驗票 閘門 類	進出站閘門通行量	捷運公司資料	O
	驗票閘門數量	實地調查	O
	驗票閘門前 排隊等候旅客	實地調查	O
其他	各出入口進出站人數	實地調查	O
	無法順利上車之旅客量	實地調查	X
	轉乘旅客之比例	實地調查	X
	各區域可容納之旅客量	捷運公司資料	X
	各通道長度及寬度	實地調查、 捷運公司資料	X
	旅客步行速率	錄影觀察、 實地調查	O
	通道步行時間	實地調查	O

第六章、結論與建議

6.1 結論

本研究之主旨在於透過 eM-Plant 軟體，構建捷運車站人行系統之模擬模式。在構建模擬模式之前，需先將捷運車站人行系統之組成描述清楚，才得以掌握模擬之要點。捷運車站人行系統相當複雜，構建模擬模式之角度可分為微觀及巨觀，若是透過微觀來做觀察，觀察者必須針對捷運車站內「每一個」行走旅客做觀察。由於捷運車站中旅客人數量大，屬性及行為非常複雜，以微觀方式構建模式之工作量非常龐大，困難度很高。且本研究構建模式之目的，在於探討捷運車站設施設備數量與動線管理對整體績效之影響，因此本研究不以微觀方式構建模式，而採巨觀方式構建模式。

本研究以台北捷運市政府站做為模擬模式構建之對象，在模擬之前也必須收集相當多數據來做為模擬模式參數設定之依據。依據本研究分析之結果，可歸納出以下結論：

1. 本研究透過 eM-Plant 軟體構建模擬模式，因車站旅客量龐大，以微觀方式構建模式有困難，因此以巨觀方式構建模擬模式
2. 捷運車站模擬之巨觀架構，將車站中各設施視為節點，各連結動線視為節線，將站內人行系統予以簡化，模擬旅客行走在人行系統中。模式中旅客各項行為參數需透過實地調查才能獲得完整資料，再輔以捷運車站規劃手冊。例如使用自動售票機之人數比例、選擇使用垂直設施之行為比例、月台候車選擇比例等等。
3. 上述基礎下，車站中各節點及節線，配合 eM-Plant 中相符特性之物件，構建出車站人行系統模擬模式。例如各通道及垂直移動設施以軟體中之輸送帶做為代表，而大部分設施則以軟體中之工作站做為代表。在各設施設備前也同時設置觀察排隊等候之物件。

4. 在上述架構下構建出之捷運市政府站人流系統模擬模式，由於模式模擬需投入大量且完整之參數，透過多次實地調查後，將調查所得投入模擬。經由模擬後，將模擬結果做驗證，顯示模擬結果與實際調查資料不具有顯著差異，顯示模式是可被接受的。
5. 本研究構建之市政府站人流系統模擬模式，在應用說明中透過四種情境設定之結果顯示，當大量人潮湧入捷運車站時，開門若未做管制，在月台層上候車之最大旅客量會在 800 人以上，透過開門管制可使月台層最大候車之旅客量降低到 700 人以下

6.2 建議

本研究礙於時間與軟體之限制，仍有待其他研究者在未來繼續投入相關之研究。本研究於此提出幾點心得與建議，供為後續研究者之參考：

1. 本研究所構建出之模擬模式，對於車站內動線交織區域，在不同流量與密度下之行人行速率，並無法透過動態方式描述出來，僅能透過設定好的參數做模擬。建議未來模擬捷運車站交織區內之旅客行為上，可搭配調查所得之 K (密度)、 Q (流量)、 V (速率)資料，朝向以動態方式做模擬分析。
2. 本研究由於限制在 eM-Plant 軟體下，即使是透過巨觀方式構建模式，但在資料蒐集上仍是有所不足。例如當人潮相當大時，多少比例之旅客無法順利上車、轉乘車站中之轉車比例、交織區內旅客之行為...等等。且不同車站有其不同特性，參數資料蒐集上也會有所不同。建議未來研究，在參數資料之蒐集務必做到完整，才不致於發生類似本研究將忠孝復興站人流系統構建完成，但模擬結果卻無法做為參考用之遺憾。
3. 本研究在捷運車站內調查時，部分資料是透過錄影方式取得。由於錄影地點之限制，部分本研究所欲取得之資料無法順利取得。在捷運站內觀察時發現到，各個車站內均設置數量龐大之攝影機，許多攝影機設置位置均在置高點，

可清楚觀察站內人流之狀況(例:交織區、垂直移動設施)，對於捷運車站內許行人步行資料蒐集有相當大之幫助。建議捷運公司未來可有條件開放站內攝影機之內容，做為學術研究之用途，相信對國內車站內人流之相關研究必有相當大之幫助。



參考文獻

1. 台北市政府捷運工程局，捷運車站規劃與設計實務，年份未知。
2. 台北市政府捷運工程局，站區動線規劃，民國 79 年。
3. 榮德璘，中正國際機場航站出境旅客作業模擬與應用，碩士論文，國立交通大學交通運輸研究所，民國 84 年。
4. 毛淞鶴等，車站旅客動線模擬模式應用研究報告，台北市政府捷運工程局，民國 84 年。
5. 英商莫特麥克唐納公司台灣分公司，大眾捷運系統地下車站月台設計標準研究，台北市政府捷運工程局，民國 86 年。
6. 鄭意勳，捷運車站主要設施配置之研究，碩士論文，國立交通大學交通運輸研究所，民國 87 年。
7. 許添本、田欣雷、賴以軒，捷運車站行人流特性分析，都市交通季刊，第十五卷，第一期，1~11 頁，民國 89 年。
8. 姜林杰佑、張逸輝、陳家明、黃家祚，系統模擬 eM-Plant (SiMPLE++) 操作與實務，華泰文化事業公司，民國 90 年。
9. 林則孟，系統模擬理論與應用，滄海書局，民國 90 年。
10. 林廉凱，捷運車站乘客動線人流模式與干擾量度之研究，碩士論文，國立交通大學運輸科技與管理研究所，民國 91 年。
11. 陳文彬，地下車站旅客動線服務績效衡量之研究，碩士論文，國立交通大學運輸科技與管理研究所，民國 92 年。
12. 台北市政府捷運工程局，台北都會區大眾捷運系統規畫手冊，民國 93 年。
13. 詹彥倫，eM-Plant 於物流中心模擬模式應用之研究，碩士論文，國立交通大學交通運輸研究所，民國 94 年。
14. 杜鈺錚，捷運車站內人行系統服務水準之研究，碩士論文，國立交通大學交通運輸研究所，民國 95 年。

15. 江長恩，多廠區生產管理模擬模式之建構，碩士論文，國立交通大學交通運輸研究所，民國 96 年。
16. Cheung, C.Y., Lam, W.H.K., “Pedestrian route choices between escalator and stairway in MTR stations”, Journal of Transportation Engineering, ASCE 124 (3), pp. 277-285, 1998.
17. William H.K. Lam, Chung-Yu Cheung, C.F. Lam, “A study of crowding effects at the Hong Kong light rail transit stations”, Transportation Research Part A 33, pp.401-415, 1999.
18. Highway Capacity Manual, Transportation Research Board, National Research Council Washington, D.C. 2000.
19. William H.K. Lam, Chung-yu Cheung, Pedestrian Speed/Flow Relationship for Walking Facilities, Journal of Transportation Engineering, pp.343-349, 2000.
20. Kardi Teknomo , Application of microscopic pedestrian simulation model , Japan , 2000.
21. C. Burstedde*, K. Klauck, A. Schadschneider, J. Zittartz , Simulation of pedestrian dynamics using a two-dimensional cellular automaton , Germany , 2001.
22. Li Jian, Yang Lizhong, Zhao Daoliang , Simulation of bi-direction pedestrian movement in corridor , China , 2005.
23. Serge P. Hoogendoorn, W. Daamen , Pedestrian Behavior at Bottlenecks , Netherlands , 2005.