

都市捷运：发展与应用

URBAN MASS TRANSIT:
Systems and Applications

张志荣 著



台北木栅线



美国迈阿密 Metromover



天津大学出版社
TIANJIN UNIVERSITY PRESS

都市捷运: 发展与应用

Urban Mass Transit: Systems and Applications

张志荣 著



图书在版编目 (CIP) 数据

都市捷运发展与应用/张志荣著. - 天津: 天津大学出版社, 2002.10
ISBN 7-5618-1625-1

I. 都… II. 张… III. 城市运输: 交通运输-技术 IV. U12

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2002) 第 051353 号

版权合同: 天津市版权局著作权合同登记图字第 02 - 2002 - 41 号
本书中文简体字版由 (台湾) 建筑情报季刊杂志社授权予天津大学出版社独家出版

出版发行 天津大学出版社
出版人 杨风和
地址 天津市卫津路 92 号天津大学内 (邮编: 300072)
电话 发行部: 022 - 27403647 邮购部: 022 - 27402742
印刷 北京佳信达印务有限公司
发行 全国各地新华书店
开本 210mm × 285mm
印张 18
字数 625 千
版次 2002 年 10 月第 1 版
印次 2002 年 10 月第 1 次
印数 1 - 4 000
定价 120.00 元

作者序

从 20 世纪 70 年代开始,世界很多城市逐渐发展成为拥有上百万居民的都会。这种成长现象是空前的,也具有相当的时代特色。在快速发展的同时,都市的住宅、交通、水源以及环保等问题亦开始显现,其中以交通问题最具严重性。小汽车的广泛使用,造成道路交通拥挤等问题,严重影响都市发展。

发展大众运输系统已成为目前改善都市交通、解决拥挤及环境问题的主要趋势,尤其捷运系统因具有高速度、大运量的特性,更常被用来满足都市地区的旅运需求,亦因而成为现代都市的时髦交通工具。

台北市于 90 年代中期相继完成台北捷运的木栅线与淡水线,进而迈向“捷运时代”,同时对台北市甚至台湾地区的都市交通都引起了相当大的冲击。

日本人称捷运系统为“都市之足”,可见其在都市交通中的效能与地位。捷运系统的内涵与领域相当广泛与复杂,因此若能有一系统性地介绍捷运系统概念和与之相关知识的书,对人们了解与研究捷运系统将有莫大的助益。

基于这个理念,本人力图在总体上以系统分析的方式,将捷运系统分成三大部分来介绍:第一部分介绍捷运系统技术及其在都市运输上的应用;第二部分介绍捷运系统各类工程的规划与设计;第三部分则介绍捷运系统在工程完工后的营运及管理。

本书为上列三大部分的第一部分:捷运系统技术与应用。本书基本上先从大众运输的定义及基本特性作概念性的介绍,进而说明大众运输的分类——中运量运输系统与高运量捷运系统。在中运量运输系统里,从第 4 章至第 12 章依次介绍公共汽车系统、轻轨系统、新型轻轨(ALRT)系统、小型铁路捷运系统、单轨捷运系统、自动导轨运输(AGT)系统、磁悬浮自动导轨运输系统、水上型运输系统、奇特型运输系统等;第 13 章则介绍高运量运输系统,包含传统的钢轨、钢轮类型与由其演化的胶轮捷运;第 14 章介绍城际高速运输系统,亦即高速铁路的特性与发展。除了在层次上依中/高运量分别说明外,亦在应用上依都市/城际运输的不同特性介绍。

本人曾赴美研习都市捷运,返台后自 1981 年开始从事台北市中运量捷运系统计划(即台北捷运木栅线)规划工作,其间数度赴国外考察捷运系统。本书内容主要系根据多年来所收集资料,并同海内外都市运输学者及专家的讨论心得整理而成。在编写过程中,笔者参考中外相关论著,并配以 400 余张精选图片的说明,企希在内容辑辑及撰写方式

上达到理论与实务并重。本书可以作为一般对捷运有兴趣的人进一步研究的书籍；亦可作为大学都市大众运输 /捷运系统学科的教学课本；在专业方面，则可作为从事捷运规划设计 /营运管理及相关工作者参考之书。

诚如上述，本书的完成，历经 10 年有余。兹以才学所限，错漏还请读者见谅。成书过程中承蒙各方人士指引与协助，不胜计数，难以一一列名，谨在此一并致谢。

张志荣

于台北市捷运工程局

目 录

第 1 章 捷运系统导论	
1.1 都市旅运体系	1
1.2 都市捷运系统	1
1.3 捷运系统与都市交通	2
1.4 捷运系统与都市发展	3
1.5 结论	7
第 2 章 都市大众运输系统	
2.1 大众捷运系统的基本特性	8
2.2 大众捷运系统的构成要素	12
2.3 大众捷运系统的绩效属性	13
2.4 大众捷运系统的分类	13
2.5 结论	21
第 3 章 中运量运输系统	
3.1 新的都市运输观念	22
3.2 定义及类型	22
3.3 中运量捷运系统的技术特性	28
3.4 中运量捷运系统的一般特性	29
3.5 中运量捷运系统的应用类型	30
第 4 章 公共汽车运输系统	
4.1 公共汽车系统的定义	31
4.2 公共汽车系统的发展	31
4.3 公共汽车系统要素	33
4.4 公共汽车捷运	45
4.5 双用型公共汽车的发展	47
4.6 双用公共汽车系统要素	48

4.7	双用公共汽车系统在都市运输的应用	50
4.8	结论	51
第5章 轻轨运输系统		
5.1	LRT 及 LRRT	53
5.2	LRT 发展简史	53
5.3	LRT 系统要素	57
5.4	LRT 的应用类型	65
5.5	LRT 应用实例	65
5.6	结论	80
第6章 新型轻轨捷运系统		
6.1	ALRT 的发展	81
6.2	ALRT 系统要素	82
6.3	ALRT 的应用典型	86
6.4	结论	100
第7章 小型地铁捷运系统		
7.1	小型地铁的发展理念	102
7.2	小型地铁发展现况	104
7.3	结论	116
第8章 单轨捷运系统		
8.1	单轨系统的发展	117
8.2	日本都市单轨系统	119
8.3	日本都市单轨系统要素	121
8.4	日本都市单轨系统的应用	128
8.5	日本都市单轨的前景	136
8.6	美国的单轨系统	136
8.7	德国悬挂式单轨系统	143
第9章 自动导轨运输系统		
9.1	AGT 系统	150
9.2	美国客运系统	152
9.3	日本新交通系统	162
9.4	法国 VAL 系统	176

第 10 章	磁悬浮自动导轨运输系统	
10.1	M-Bahn 系统	193
10.2	Maglev 系统	201
10.3	结论	207
第 11 章	水上型运输系统	
11.1	传统的水上大众运输运具	209
11.2	特殊的水上运具	220
11.3	结论	221
第 12 章	奇特型运输系统	
12.1	定义	222
12.2	特色型运具	222
12.3	特殊型运具	225
12.4	结论	232
第 13 章	高运量运输系统	
13.1	定义及类型	233
13.2	铁路运具的基本特性	233
13.3	都市铁路捷运系统	234
13.4	胶轮捷运系统	253
13.5	区域通勤铁路	257
13.6	结论	258
第 14 章	城际高速运输系统	
14.1	法国 TGV	259
14.2	德国 ICE	267
14.3	日本新干线	269
14.4	磁悬浮运输系统	272
14.5	台湾西部走廊高速铁路	274
14.6	结论	275

第1章 捷运系统导论

1.1 都市旅运体系

都市是人类居住、工作、教育、娱乐的地方,同时也是政治、经济、社会、文化等活动的执行中心。而上述活动,因为活动性质与环境条件不同,往往分布在各个不同的地点。短距离的可以用步行方式来达到,远距离的,则必须借助各种交通工具来输送。

根据美国宾夕法尼亚大学傅奇克(Vukan R. Vuchic)教授的研究,以交通工具的运用来分类,都市旅运体系大致上可分为“自用运输”(Private Transport)、“准大众运输”(Paratransit)和“大众运输”(Mass Transit)三大系统。

“自用运输”的交通工具由私人拥有并自行运用,包括步行、自行车、摩托车及自用小汽车等。“准大众运输”系由运具所有者提供输送服务,但使用者在时间与路线的选择上,具有相当程度的自主权,例如出租车、出租小汽车、小汽车共乘等。至于“大众运输”,一般系指在都市地区内以集体方式,依固定路线、固定班次运行,并按核定的票价收费,供公众混乘,提供公共性客运服务的运输系统。从定义及字面上可以看出,其本身即含有“公共”(Public)及“大众”(Mass)的双重意义;“公共运输系统”指供公众乘用的一切交通工具,“大众运输系统”则为输送能量大、运行路线固定的公共运输系统。因此,大众运输系统不仅包含“地铁”这类高运量的快捷交通工具,并且包括路面电车、公共汽车及区间铁路客运等一般性的公共运输系统。

1.2 都市捷运系统

都市地区的旅运大致上可分为“环流交通”(Circulation Traffic)、“干线交通”(Line-haul Traffic)及“集散交通”(Collector/Distributor Traffic)三大类。

环流交通在都市活动中心区内部,属高密度地区内的流动;干线交通是从郊区至都市中心,或大都市中心区内核心商业地区(Central Business District)与邻近市镇中心之间,沿着运输走廊穿梭活动;而集散交通则是附连于干线交通的辅助性交通,通常为低密度地区的活动。

环流交通与干线交通的特性是客运量大,并讲求快速的输运。因此,使用的交通工具必须具有专用的运行空间(如高架或地下),或不受行人及他种车辆干扰,在没有交叉道口或不受信号管制的情况下以高速度及密集班次运行,以期达到快捷而安全的服务。此种大众运输系统称为“捷运系统”(Rapid Transit System),统称“大众捷运系统”,因为主要应用于都市区,故又通称为“都市捷运系统”。

从前述可知,捷运系统的主要特色是载运量大、输送快速,很适合自市中心区沿着运输走廊辐射至郊区间间的直捷输运,或都市区域内各交通中心之间的联络。捷运系统的特性一般可归纳为以下几点:

(1) 系统本身以提供带状(走廊性)服务为主,需在车站附近与其他交通工具转接,并与都市土地开发计划紧密配合,方能发挥全面性的整体服务;

(2) 系统规模庞大复杂，建造费用与营运成本均相当高昂，因此常由政府出资兴建并补贴营运亏损；

(3) 系统中有关车辆、轨路、车站设施及机电设备等之间的关系密切且相互影响，不论工程建设还是营运维护均需专门技术与管理人员来执行；

(4) 系统运输量大，减少了其他路面运具使用，可减低市区道路交通拥挤。

另外由于系统本身及投资规模的庞大，一个捷运系统计划自研议规划至执行实施，莫不经过相当漫长的时间。

1.3 捷运系统与都市交通

二次世界大战之后，世界各主要都市广泛使用小汽车，却囿于都市空间之有限，造成严重的交通问题，诸如道路拥挤、停车困难、环境公害，甚至市中心区机能衰退，影响经济活动及其发展。由于牵涉层面广泛而且影响深远，各国市政当局莫不致力于都市交通的改善。一般而言，都市交通的改善有两个途径：一为抑制旅运“需求”；另一为增加运输设施“供给”。在增加“供给”方面，通常的做法为开辟都市路网，兴建快速道路系统，增购公共运输车辆，引进新的大众运输系统等，但由于资金、环境要求、土地资源之限制，以及由其衍生的影响因素，使得如何在既有的财力及各种限制条件之下寻求最佳解决方案以获得最大经济效益，成为改善都市交通之关键所在。

目前发展大众运输已成世界各城市解决都市交通拥挤及环境问题的主要趋势，除加强、改善现有大众运输系统的运输效率（如调整公共汽车班次、路线）外，并在具备相当条件情况下，引进捷运系统，以利用其速度快、运量大的特性，发挥大量运输的功效。

根据欧美国家经验，人口在 50 万以上的都市，即需引进中、低运量的捷运系统；人口在 100 万以上则应考虑发展较高运量的捷运系统，以适应旅运需求，提高都市运输服务水准。美国威尔伯·史密斯 (Wilbur Smith) 工程顾问公司曾在早期的研究报告中，列述一个都市设置捷运系统的基本条件：

- (1) 都市人口在 150 万人以上；
- (2) 市中心区人口密度高于每平方公里 4 千人；
- (3) 前往市中心区之运输走廊单向旅运量每日在 4 万旅次以上；
- (4) 中心商业区人口超过 10 万人。

上列标准系以国民收入高并以小汽车为主要代步工具的美国城市为对象而言，但对于国民收入及汽车持有率均较低的城市而言，因相对已培养起使用大众运输工具（如公共汽车）之习惯，故其设置捷运系统之条件应可相对地较前列标准为低。

捷运系统在都市交通的应用已有相当悠久的历史。1863 年世界第一条地下式铁路捷运线路在伦敦通车。英国人以“Underground”（地铁）称之。自此，建造“捷运系统”成为世界各大城市改善都市交通的一种主要手段。在 1863 年至 1914 年第一次世界大战前的半个世纪中，共有 14 个城市启用捷运系统。自 1915 年至 1949 年约 1/3 世纪的时间内，因经历第二次世界大战，仅有 8 个城市兴建捷运系统。1950 年以后世界经济复苏，小汽车大量使用，造成的都市交通问题也日益严重，至 70 年代中期的 25 年内即有 29 个城市陆续启用捷运系统。到 1980 年约有 70 个捷运系统在世界各主要都市中营运。目前正在研议或规划的城市更不胜数，而已拥有捷运系统的城市亦均陆续扩建或改善现有路网。因此，在可预期的未来，捷运系统将被肯定为解决都市地区交通问题的有效途径，而成为都市运输中的主流。

1.4 捷运系统与都市发展

就总体而言,由于捷运系统的引进,都市内的旅运活动将进入快速化,人们的生活圈(活动范围)亦因而扩大;更由于生活圈时空距离的改变,都市空间结构也将产生变化。原在中心地区产生的住宅需求,以及用地较多的制造工业等,将因地价不断地上涨与环境品质要求的提高,逐渐向外围地区转移。而市中心地区在商业及服务业方面的机能则因“可及性”(Accessibility)的加强而日益聚集与凸显,并随着捷运路线车站的设置、商业活动如星点式的扩散,逐渐形成多核心与星点式混合形态的发展。

进而言之,郊区的扩散性开发与市区车站附近的集中性发展,将是捷运系统带给都市发展最显著的影响。

在郊区开发方面,由于交通服务的改善缩短了市郊区的距离,为了追求高品质的居住与生活环境,人们开始考虑将他们的居住地点移到清新、宁静的郊区,而大型购物及休闲设施也将在都市外围地区逐渐形成。通常,市郊捷运车站将成为地区性交通、商业及服务业中心;车站地区除了需提供相当规模的停车场地外,占地较广的购物中心及休闲中心亦将相继在其附近兴起。

捷运系统对市区发展的影响重点大多集中在车站附近。由于捷运系统“大量”与“快速”的运输特性,吸引或带来大量人潮,并以车站为集散中心,使车站地区成为高密度活动区;又因交通上的便利,使附近地区因市场“供给”及“需求”关系导致地价上涨;更由于地价的上涨,使得土地利用趋向集约使用方式,在功能上则显现出多元化的特质。商业及服务业的聚集使得商业中心性更加彰显。

为了配合捷运系统车站的兴建及加强车站附近合理而高效的土地使用,除了由捷运系统建设当局与相关政府机关以划为“特定专用区”或办理“都市更新”方式促进土地发展外,亦可采用具有都市更新意味而由政府机构与私人业主以“联合开发”(Joint Development)方式共同对车站地区的土地及相关运输设施进行整体性的规划与开发。“地下购物街”或“捷运徒步区”(Transit Mall)即在此种方式下产生。总体上说,捷运车站“联合开发”可为都市发展带来下列效益:

(1) 公共运输系统获得充分利用,提高都市交通的可及性;

(2) 土地整体而有效地利用,促进地区内的经济发展;

(3) 经由全局性的都市设计,可降低运输系统对环境方面的负面影响,同时增加开放性人行空间,形成以车站为中心的都市形象。

综合前面论述,捷运系统对都市发展的影响可归纳成以下几点:

(1) 扩大都市生活圈,加强市区与郊区间的人员流动;

(2) 都市中心地区住宅需求与大型土地发展向郊区转移,提升郊区生活质量;

(3) 商业活动循着捷运路网节点作棋盘式辐射扩散,形成地区发展核心与放射状复合式发展形态;

(4) 新的地区性发展自郊区捷运车站开始扩散,形成地区发展核心;

(5) 市区商业机能将更为集中与加强,发展趋向大基地开发,由于地价因素造成捷运车站附近都市更新或联合开发的良机。

台北市自1987年成立捷运系统专门机构,各项建设工作逐次展开。引进捷运系统后,台北市中心城区甚至整个市区在都市结构及土地使用方面都产生巨大的变化与影响。以下就捷运系统对台北市在都市发展方面的影响作范例性说明。



图 1-1 捷运系统将扩大都市生活圈

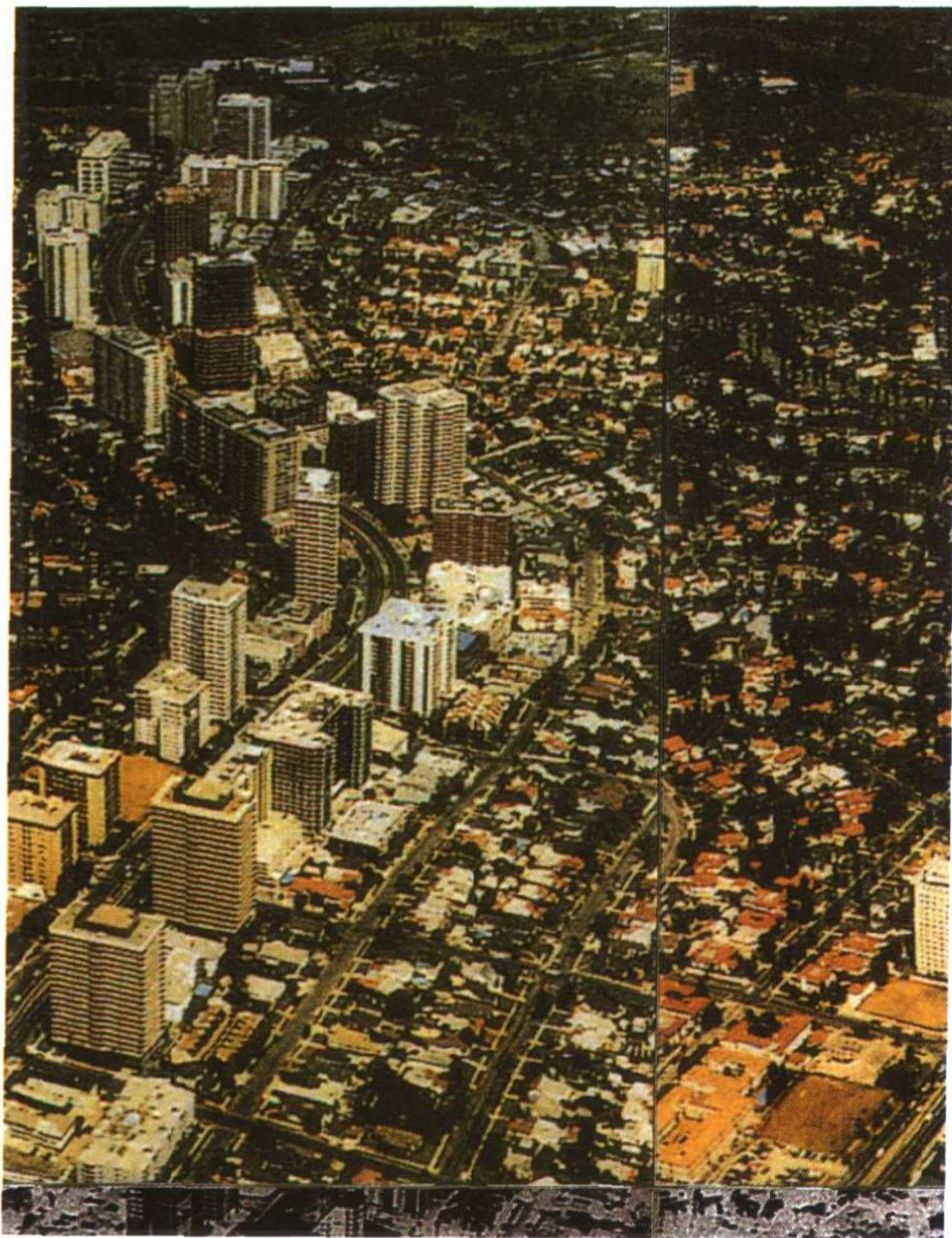


图 1-2 捷运系统将带动沿线的都市发展



图 1-3 郊区捷运车站及附近地区(加拿大多伦多)

一、都市发展类型的改变

由于捷运系统的引进,扩大了台北市居民的生活圈,也增加了自郊区进入台北市各活动中心的可及性,形成扩散式的发展。在此情况下,台北市与台北县成为一个密不可分的生活圈,民众在就学、就业、通勤、购物及休闲活动方面突破行政辖区的划分,紧密地结合在一起,整个区域朝向“大都市化”快速进行。同时都市资源(人力、资金等)加速流通,台北市与台北县的发展关系将由过去以台北市为聚合中心扩散到核心外围的台北县。因此,新的都市中心除信义地区外,关渡平原、淡海新市镇及淡水河左岸以板桥、永和等地为中心的地区,也将逐渐成长开发,而将都市发展带向多核心的发展趋势。

二、都市旅客运输类型的改变

目前,台北市以公共汽车、出租车、自用小汽车及摩托车为主要代步工具,是“道路导向”车辆交通类型。这将因捷运系统的引入,加上政府“鼓励大众运输以抑制自用运具”政策的实施,逐渐转换成以捷运列车为主的“轨道导向”人员集中运输方式。由于自用运具使用受到限制,市区部分道路交通将获得疏解,现有公共汽车路网将重新调整,公共汽车系统的服务重心将转移至郊区而成辅助系统。出租车将从目前在街道中巡游招客为主的营业方式转成为捷运车站附近候等的类型。

三、居住形态的改变

由于台北市收入水平日渐提高,更由于捷运系统缩短了市郊区间的距离,激起了人们转向郊区追求傍山近水美好环境的意愿,于是捷运淡水线与新店线所服务的南北运输轴线的两个终点城镇——淡水与新店——附近地区将成为郊区发展的重心所在。新的住宅社区将相继在这两个城镇附近兴起,并配合着地方的建设与发展。这些新社区将逐渐从单一的住宿功能发展成包含就学、购物及游戏和休闲等多样性功能的小型社区生活圈。而台北市区现存的“职住混合”现象也将逐渐消退,

而将中心区供给办公和服务业等使用。

四、中心市区的再发展

由于捷运路网服务于台北市的主要部分,市区各重要地点的可达性大为增加。藉着联合开发方案的成立、都市更新计划的实施,台北市许多地方及捷运车站附近成为再发展的重点,形成星罗棋布的发展核心,如台北车站、西门地区、顶好市场、复兴南路与忠孝东路交叉口、士林小北街等。这些地方将因基地的整合与再开发,呈现不同的建筑外貌与都市景观。

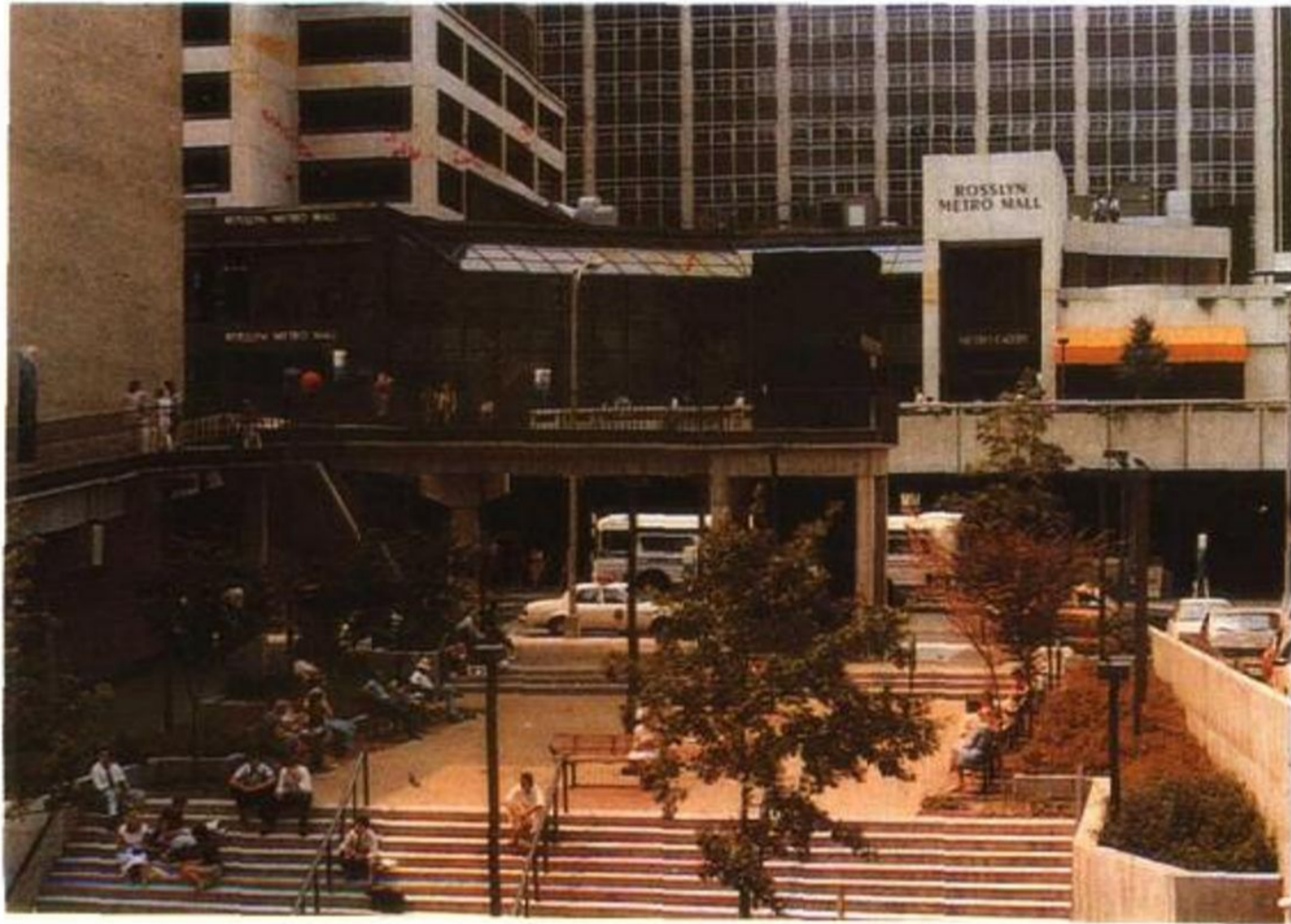


图 1-4 市区捷运车站(美国华盛顿)



图 1-5 新北投捷运车站

随着这些结点核心的发展,集中性的购物设施或地下购物街也将陆续兴起。同时,由捷运建设带动的都市设计也将使市区开放性人行空间(徒步区或活动广场)扩增并加强利用。例如,捷运系统淡水线系利用原有的北淡线铁路用地兴筑,自台北车站至民权西路间 1.6 公里的路段采用地下隧道方式,因此地面腾出了宽度自 25 米至 45 米不等的带状开放空间。这个带状空间南接具有高度商业活动性的“台北车站特定区”,北连圆山地区的中山大足球场与儿童娱乐中心两大游闲区,东西两侧为商业活动繁忙的中山北路与承德路沿线商业区。根据预测,每天将有 20 万人进出区内的两个捷运车站。这些优越的开发条件终于促使台北市政府决定了以市民活动为主的土地使用策略来处理这块地,预期一个充满活力而具生活韵味的市民活动空间将在这里出现。

五、新的社区焦点与郊区景观

在台北捷运路网中约有 20 个郊区车站,建造外形分别为高架、地面、地下。但不管何种建造外形,通过精心的设计与外观的塑造,这些车站均将成为地区性的标志(Landmark),并由于与邻近土地联合开发或整个发展后提供多样性的商业服务活动而成为社会生活的焦点,使都市的外围地区像星点般逐次发展。可以预见,面临淡水河口,风景秀丽的淡水火车站以及濒临碧潭风景区的台汽新店站地区,均将随着捷运车站的完成而成为造型鲜明的地区标志与新的社区焦点。

另外,捷运系统通常于郊区路段布设高架轨道,除了结构本身可运用设计与美化处理使体积缩小并构成与环境谐调、富于吸引力的车道外形外,并可借助高架下空间的绿化设计与沿线附近的公园绿地构成系统,形成带状的绿野景观。捷运系统淡水线基隆河以北经石牌至关渡段即具有此种特质;而关渡至淡水间的地面路段,更具备了近山傍水,比美国波士顿“滨河线”更独具风味的行车景观。

1.5 结论

捷运系统是都市旅运体系大众运输系统中服务绩效层次最高、具有“大量”与“快速”的运输特点,很适合市中心与郊区间走廊式直捷运输或各地区性的联络,并可避免道路拥挤、环境公害等问题,已逐渐被肯定为改善都市交通问题的有效途径,成为都市运输中的主流。

都市地区引入捷运系统后,预期将加速“大都市化”,发展重点将扩散至外围地区的城镇,郊区开发将蓬勃发展;而中心城市市区本身则因可及性的增加,以及捷运车站兴建而引发都市的更新与再发展,将使市区外貌改观而更为发展,形成多核心式的都市发展。

第 2 章 都市大众运输系统

2.1 大众捷运系统的基本特性

都市大众运输工具一般依路线用地 (Right of Way)、技术 (Technology)、营运服务的类型 (Type of Service) 三个特性来定义。

一、路线用地

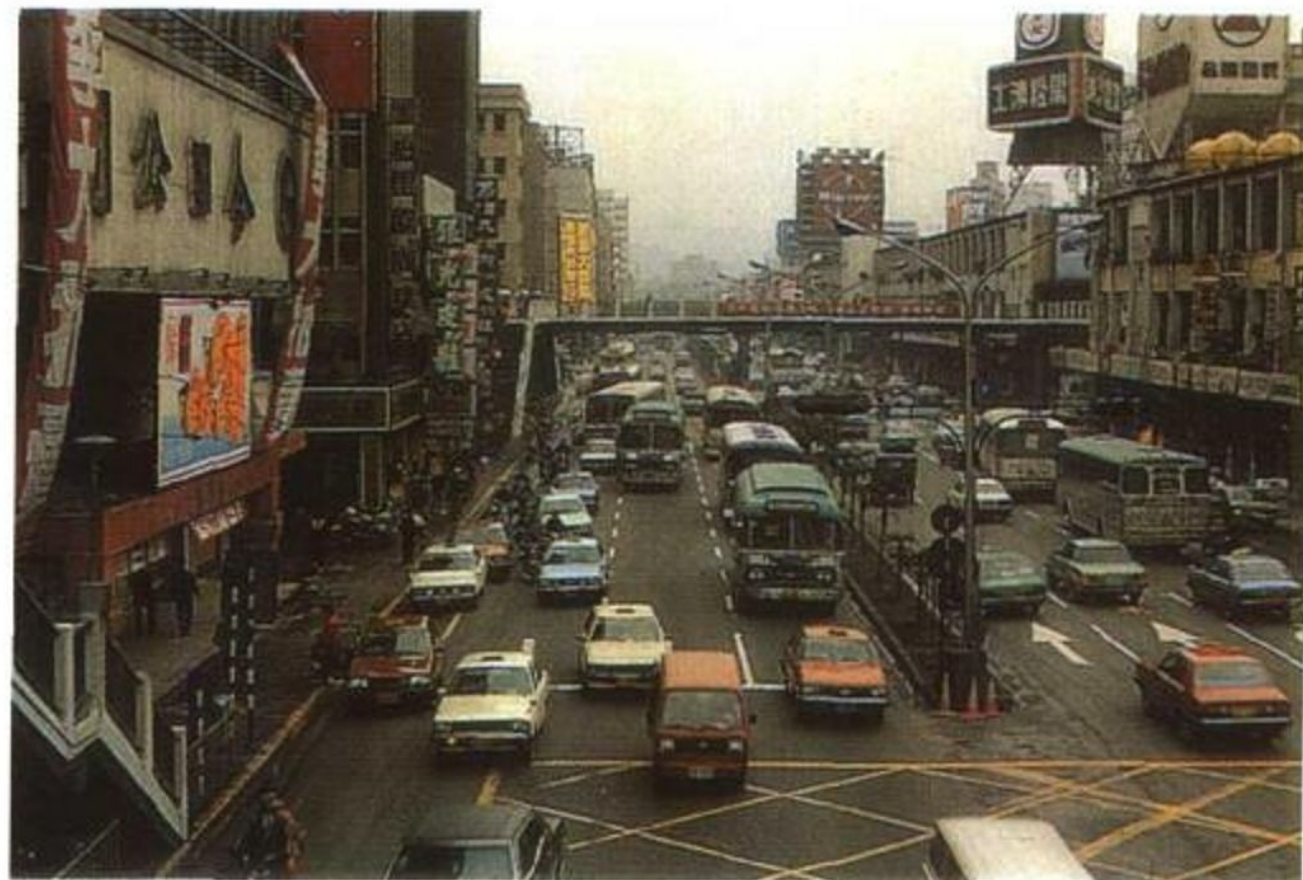
广义而言，路线用地通常指供大众运输车辆行走的路面空间。依其与其他车辆交通隔离的程度，分成下列三个层级。

(一) C 型路线用地

C 型路线用地，即街道上的混合交通用地。在此种路线用地上，大众运输车辆除与一般车辆混合



图 2-1 C 型路线用地





共用路面外，亦可布设优先或专用车道，但不具隔离带等实体分隔，而行驶至路口时亦需依信号规定走停。



图 2-2 B 型路线用地

(二) B 型路线用地

沿行车方向以缘石、栏栅、高度差别等方式，将运行车道与其他交通用隔离设施隔离，但在交叉路口仍与横向的人车平交混合通行。

(三) A 型路线用地

这是完全隔离的运行车道用地。它不受交叉道口及任何人车的干扰，有时亦称“完全隔离”(Grade Separated)或“专用”(Private/Exclusive)路线用地。它可以地下、高架或地面方式布设。



图 2-3 A 型路权(平面式)