

澳門輕軌系統與可持續發展

摘要

澳門位於中國大陸東南沿海，由澳門半島、氹仔及路環三部分所組成，人口密度約為每平方公里 1.86 萬人。近年因博彩業的急速發展而知名度上升，帶動旅遊業急速發展，使每年觀光旅客數比居住人口多達 51 倍。在高密度人口及高增長的旅客數目下，澳門的運輸問題變得日漸嚴重。澳門主要由兩家公交業者經營公共交通運輸服務，然而路線重疊嚴重、路線彎繞度高讓交通擠塞及人員短缺問題更加惡化。在民眾不斷投入私人車輛導致擠塞及土地問題不斷惡性循環下，有必要透過公交系統的改善來達到澳門的可持續發展。政府因此在新的運輸政策上，透過公交四系統的整合作為解決現今及未來的運輸問題，包括引入無人駕駛輕軌運輸系統、公交巴士、的士及步行系統，以達到澳門長遠的可持續性發展及提升現有公共交通運輸服務績效。

澳門背景

澳門位於中國大陸東南沿海、珠江三角洲以西，面積 29.2 km²，由澳門、氹仔及路環三部分所組成，人口約 53 萬，人口密度為每平方公里 18,581 人。澳門的博彩急速發展讓其收入超越美國拉斯維加斯，知名度因而上升。而隨著博彩業的帶動下，經濟持續急速發展，澳門 2007 年人均生產總值(GDP)為 292,165 澳門元(相當約 36,357 美元)，較 2006 年增長了 27%。^[1]

澳門人口分佈主要可分成本地居住人口及外地旅客等。本地居住人口指擁有澳門居留權的人士，包括本地居民及外地僱員；外地旅客為短期停留的人士。他們出行大都按照其需要而使用運輸服務，如居住人口大多使用運輸工具往來居住及就業地區；外地旅客則往返於出

入境口岸、酒店及旅遊景點等地。

統計暨普查局中期人口報告[2]中指出，澳門就行業分類而言，前五項行業種類分別為博彩業、批發及零售業、住宿及餐旅業、建築業及製造業。博彩業所佔比例最多，為總就業人數的 19.9%；其次為批發及零售業，佔總就業人數的 13.7%；住宿及餐旅業佔 12.8%；建築業 12.0%及製造業 10.0%。可看出澳門的就業型態以博彩業為主，而博彩業帶動餐旅事業及建築業的上升，三種行業約佔總就業人數 45%的比例，而外地僱員約佔總就業人口比例之 25%，其中中國大陸及香港勞動人口佔了約 70%的比重，主要仍是從事博彩業、餐旅業及建築業。

而根據 2006 年中期人口報告中[2]所示，全澳 159,412 住戶中，沒有車輛的住戶佔約 47.9%，1 輛電單車住戶佔 17.2%，1 輛私家車住戶佔 10.7%，1 輛私家車及 1 輛電單車的佔 9.6%，2 輛電單車佔 2.6%，2 輛私家車為 4.5% 及擁有多於或相當 3 輛車輛數的佔 7.3%。

澳門 2007 年機動車輛為 18 萬，而其中約半數為電單車。資料同時顯示在全澳 288,589 就業人口中，大多以使用公共汽車到達上班地點，佔 31.2%；第二種運輸方式是步行，佔整體的 27.9%；電單車及汽車的則分別佔 21.6%及 13.7%。由於約半數住戶沒有私人車輛，加上私人車輛中約半數為電單車，因此居民出行時使用步行及公共大眾運輸作為其出行的運輸方式佔整體的達 58%以上。

由於中國大陸與澳門的通關非常便利，因此訪澳的客源大多以中國大陸旅客為主，其次為香港及台灣等地。根據統計暨普查局的資料所示，2007 年澳門總旅客入境人數達 26,993,000 人次，比去年增長達 22.7%之多，是澳門居住人口約 51 倍。然而有 14,050,859 人次是當天離境，其餘 12,942,141 人次逗留多於一天的仍是澳門居住人口的 20 多倍，因此遊客對運輸需求也是非常大。

澳門公共交通系統現況

澳門目前有兩家公交業者：澳門新福利公共汽車有限公司（以下簡稱「新福利 TRANSMAC」）和澳門公共汽車有限公司（以下簡稱「澳巴 TCM」），這兩家公司共提供 45 條公交路線服務於澳門市內及離島間往來。澳門巴士資訊網[3]資料所示，澳門 45 條路線分別為新福利 TRANSMAC 經營之 24 條路線、澳巴 TCM 經營之 15 條路線以及兩家聯合經營之 6 條路線。新福利 TRANSMAC 經營之 24 條路線包括市區路線 18 條及離島路線 6 條；澳巴 TCM 則為市區路線 8 條及離島路線 7 條。兩家聯合經營之 6 條路線包括市區及醫院間之“H1”路線、機場專線“AP1”、離島至市區之 3 條路線“MT1”、“MT 2”及“MT 3”、及夜間巴士“N1”，共有 600 多輛巴士。

從觀察可見，澳門大部分公共巴士路線集中到達人口較密集之中部地區，其服務績效屬高度路線彎繞、重疊路線高之情形，部分路線雖然彎繞情況比較不嚴重，但仍是重疊度較高之路線之一，顯示澳門公交路線皆集中到達某些區域，而某部分之旅運需求區域可能不被滿足，這些缺點會顯著降低澳門公交服務水準。

澳門 2007 年所累積之行車道路長度為 401 公里，機動車輛密度為每公里 435 輛。根據華南理工大學所做的一項調查顯示[4]，澳門道路最大的佔用者（不含步行及單車）依次為：私人車輛，佔整體的約 49.01%；電單車，佔整體的 16.30%；第三位為的士，佔 14.61%；公共巴士排第四，佔 10.88%；最後是旅遊及賭場巴士，佔 9.20%之佔用率。調查亦根據除夜間巴士外 44 條路線作出調查，以參考值一為滿分，探討巴士的服務績效。巴士日均滿載率為零點二九，高峰期為零點九三，顯示巴士高峰期與非高峰時期滿載率情況的差異性很大。路線的直達性方面，在澳門半島為零點八一，全澳為零點七二，顯示民眾需要轉乘的機會較少，大部分路線都能滿足民眾直達的服務，另一方面亦代表

巴士路線彎繞度較高，讓民眾花費較多時間於搭乘巴士來換取轉乘的次數。至於公共交通線路的重複系數方面，澳門半島平均為十四點零九，比內地城市的三至四的標準，高出三倍多；與離島一併計算的全區重複系數也有八點二八，仍比內地標準多二倍多。在智慧型運輸系統應用尚未普及下，民眾也因為無法接收即時公共交通資訊而浪費較多時間於候車及搭乘巴士中，降低社會經濟發展的效率，讓公交業者面對司機短缺及民眾對公交服務抱怨的兩難局面。因此改善現有運輸交通體系、引入新的運輸技術是現今澳門特別行政區急切面對的嚴峻考驗。

交通與經濟發展概念與澳門現況分析

圖 1 說明交通與環境間之關係 (Kenji, 2008)。當城市經濟持續發展，將帶動居住人口收入增加、同時亦吸引更多人口進駐，讓都市人口也跟著上升。而土地資源局限的關係，城市也開始向外擴張，如透過填海、土地徵收方式取得更多土地開發。都市化擴張可讓集中及緊張的土地資源得到緩解，但另一方面卻因為遠離市中心、運輸基礎建設缺乏妥善考慮而讓行駛路線延長、運輸成本增加、社群集中化遭受破壞。由於運輸成本增加及個人收入的上升，民眾紛紛投入私人車輛的使用，令私人車輛數目上升、公交系統服務因都市化擴張令服務覆蓋範圍下降、影響服務水平。同時也因私人車輛的大幅度投入而增加道路使用的負荷，引發交通擠塞問題。而交通擠塞問題帶來燃料消耗增加，影響地區的空氣品質及其他潛在的問題，如長期影響鄰近居民的健康、社會經濟運行的效率；全球而言二氧化碳的排放加劇全球的溫室效應，引發更多的環境問題。另外在交通擠塞問題上，民眾使用更長的運輸時間，生活品質的要求慢慢又向市中心外圍擴張，成為新一輪的都市化擴張族群。漸漸的形成交通問題與環境關係間的惡性持續發展，讓社會衍生更多問題。

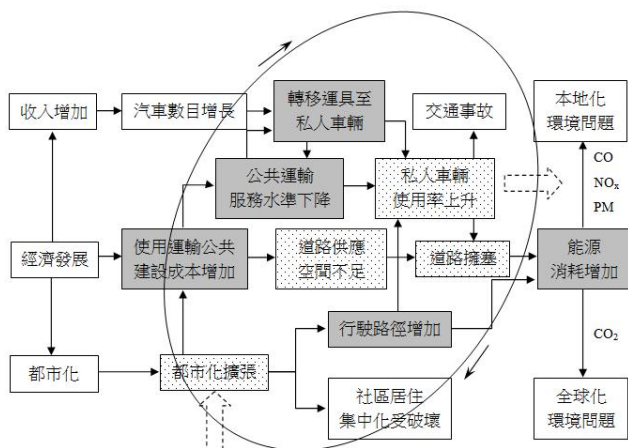


圖 1 交通與環境關係的惡性循環 [5]

圖 2 為打破以上所形成的惡性循環、讓都市達到良性的可持續發展性(Kenji, 2008)。在都市土地使用不足以應付人口的增長下，形成都市慢慢向外的擴張。民眾也由於對生活品質的要求或成本的關係搬離市區，因此政府在公共運輸系統上考慮此族群的機動性，讓居住環境與市區間所使用的運輸時間得到減緩，如提供民眾便利的交通導向發展模式“Transit-Oriented Development (TOD)” [6]。在市區內，由於土地資源和環境限制，所能規劃的地段也較少，因此需要考慮完善的接駁方式，如步行系統，增加民眾的可及性。在高機動性與高可及性的配套措施下，可有效吸引更多私人車輛的民眾使用公交系統，有效減低道路使用的負荷。

澳門在運輸問題上也有類似的情況。首先是近年公交系統的服務水平無法滿足民眾的需求，在澳門因博彩業帶動下經濟急速發展下，民眾收入增加，私人車輛擁有率快速上升，造成道路使用量不足、擠塞問題嚴重，讓澳門的經濟發展不斷在惡性循環。

鑒於以上之交通問題，政府考慮引入新的運輸技術、現有運輸系統模式的改善，以增加民眾的機動性及可及性，從而達到未來長遠的持續性發展。是次推出方案建議引入無人駕駛之架空輕軌捷運系統，可解決司機短缺、高密度機動車輛所帶來的擠塞等問題，突破澳門土地資

源不足的局限，提升現有公共交通運輸服務績效。

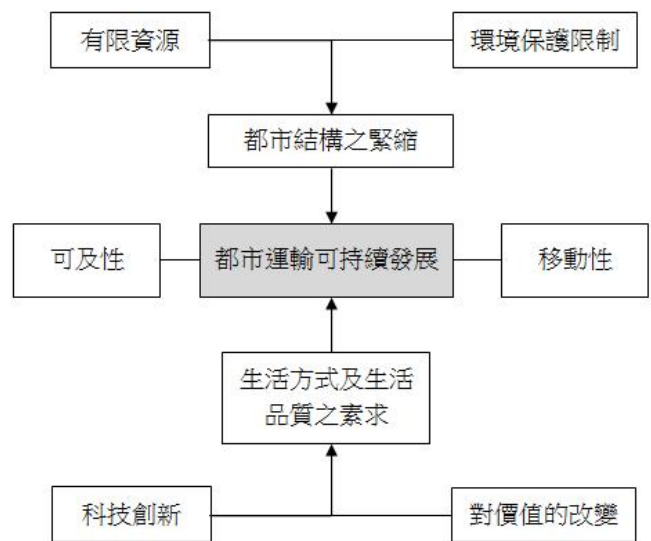


圖 2 都市運輸可持續發展概念 [5]

澳門可持續發展之運輸政策

根據以上資料搜集，約半數澳門住戶及大部分外來遊客都是依賴步行及公共交通運輸方式出行為主，因此引入新運輸技術之餘，加強現有公共交通運輸之服務能力及步行系統的增建便成政府考慮改善的政策之一。政策方向是遵循“以人為本”，促進可持續發展採取公交優先策略，構建以輕軌系統為主幹、公共巴士及的士為基礎、自動步行系統為輔助，各種公交方式合理分工的立體交通模式，藉此完善本地交通供求管理。[7]

圖 3 為澳門在可持續發展下的運輸政策藍圖，中心位置為澳門的舊城區與澳門世界文化遺產集中地區，推出中的方案第一期輕軌統為主軸，在城區外圍以分離架空的方式以穩定的速度行駛，為圖中綠線的部分。藍線部分為巴士及的士的輔助接駁系統，巴士在主要道路中以輕軌系統較慢的速度行駛，巴士同時亦可作為舊城區及文化遺產集中地提供運輸服務，提供第一期輕軌及舊城區間之接駁之餘，亦同時提供巴士在輕軌無法到達的地區提供穿梭的服務。紅線部分為自動步行系統的構想，民眾亦

可透過步行的方式，從舊城區步行至輕軌系統，或至附近巴士站點等，供民眾有更方便及環保的輕軌接駁輔助系統。遠期規劃則提出以輕軌系統進入舊城區之建議，圖中為綠色虛線部分，將透過環評可行性分析研究及公眾諮詢再作探討，並與未來與珠三角城際鐵路銜接作為未來之考量。

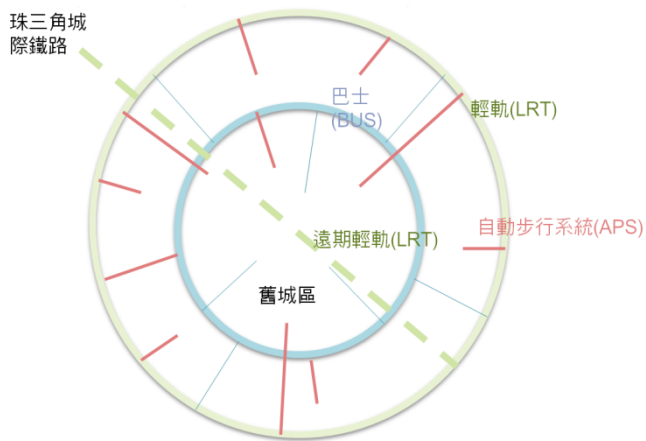


圖 3 澳門可持續發展之運輸政策藍圖

澳門輕軌系統建議為採用以膠輪胎運行的架空輕軌系統，讓車輛有足夠的爬坡力及加速能力，適合在澳門的環境中行駛。路線全長 20 公里，總站數為 23 個，利用四節車廂的列車往來澳門及氹仔兩地，列車間隔為 3-6 分鐘，載客量預計為每小時單方向 8000 人次。路線選擇考慮到軌道捷運需連接澳門半島及氹仔離島各主要出入境口岸，並結合居民及就業人口的分佈、旅客需求、客觀環境及工程可行性的考量因素，路線走向具體介紹如下所述。

圖 4 為輕軌路線澳門半島的路線圖。輕軌系統第一期路線由澳門最北端的關閘開始。沿線還經過高密度的黑沙環住宅區、海運客流量最大的外港客運碼頭、重點商業區新口岸新填海區、南灣商業區、旅遊景點包括澳門旅遊塔和媽閣，及後利用設在西灣大橋內的專用車道開往氹仔及路氹城。

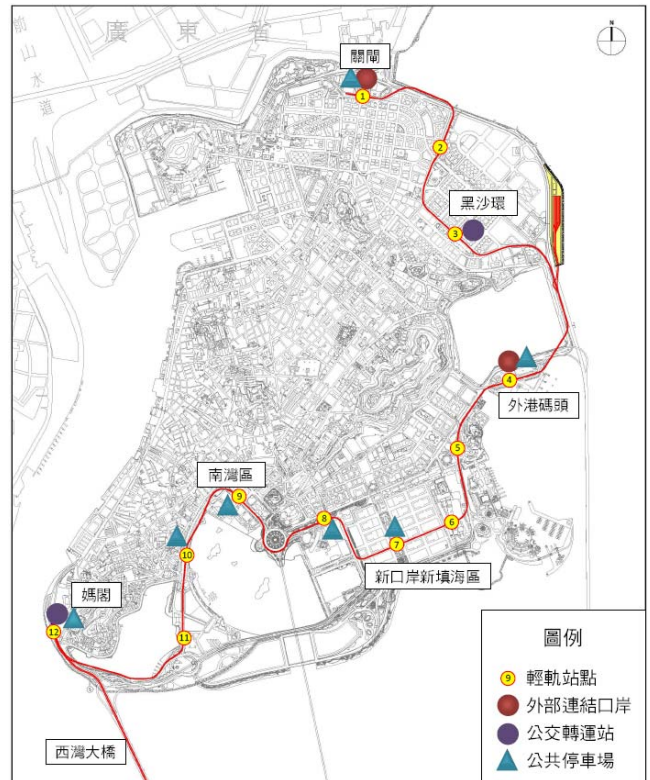


圖 4 澳門輕軌路線 — 澳門半島

圖 5 為氹仔和路氹城的輕軌路線，先經過氹仔一些主要住宅區，隨後會進入路氹新城的新發展酒店旅遊區。及後經過第二大陸上出入境口岸的蓮花口岸，最後連接澳門國際機場及北安海運碼頭，終點站計劃設在新落成的北安客運碼頭。建立輕軌系統，不只回應了公共交通運輸服務需求的增長，同時將有助提升澳門的旅遊接待能力，促進與珠三角地區的融合，以及推動城市可持續發展。

輕軌系統雖能提供穩定、舒適及快捷的運輸服務，但其到達使用者目的地的可及性並不及巴士及步行系統，因此完善的接駁措施將是未來吸引民眾使用輕軌系統的重要因素之一。如上圖中有規劃部分站點與連外交通系統接駁的站點，考慮巴士輔助輕軌接駁，作為輕軌未有覆蓋地區提供經濟的公共交通服務，同時讓現今巴士重疊度高的服務績效給予服務改革及路線重組，讓現今公共交通服務路網更趨完善。而的士轉乘服務為提供使用者透過車站位置及目的地間的點對點形式提供快捷的可及服務，

但其車資收費則與距離成正比。考慮澳門的獨特條件及以上所列的資料所示，步行方式為澳門民眾重要的出行方式之一，因此步行系統是全天候、全時間運作的系統，讓民眾能透過此方式到達週邊車站使用輕軌服務，也讓舊城區及小部分輕軌未能到達的區域提供了輔助接駁的功能。計劃於人流較多或舊城區引進步行系統，以減低架空輕軌對該地區的環境及景觀的衝擊，保留原有澳門世界文化遺產的風貌。

輕軌系統提供快捷、方便及高運量的運輸服務，其全自動無人駕駛系統方式在國外大部分地區廣泛使用，如新加坡輕軌系統、台北捷運木柵線等，皆提供安全與可靠的運輸方式。另外，該系統以電力為推進動力，達到節能減碳的環保要求。無障礙的運輸系統設計更方便長者及殘障人士的出行。

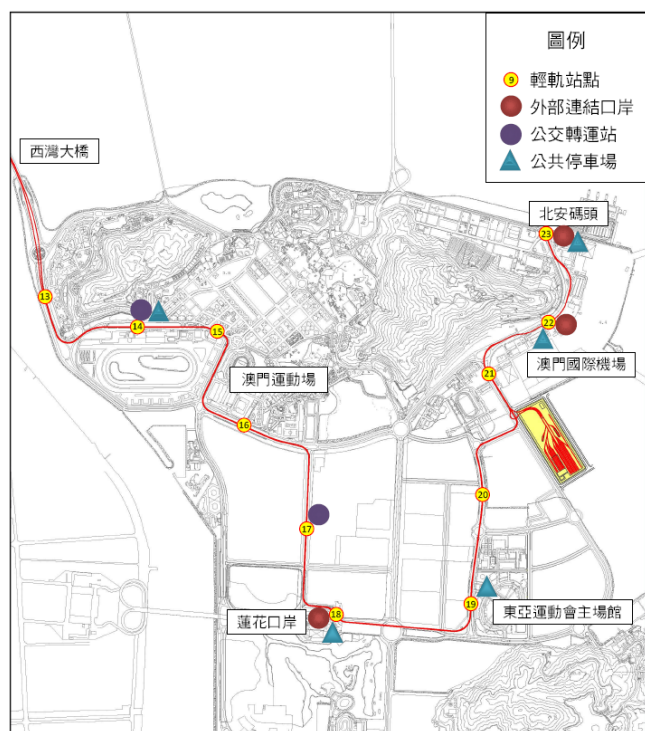


圖 5 澳門輕軌路線 — 氹仔及路氹城

總結

澳門地少人多，人口密度屬世界各地區中最稠密之列。澳門的博彩業及旅遊業也快速地

增長下，令近年全年旅客入境數達居住人口的接近 51 倍，而逗留多於一天的旅客也是居住人口的 20 倍之多，加上居住人口中約半數沒有擁有私人車輛，因此使用步行及公共交通運輸為這些社群作為依賴的出行方式。

公共運輸服務績效低乃是現今澳門的主要解決的問題之一。由於道路密度高、路線彎繞及重疊度高、司機人數短缺，造成巴士在繁忙時段因擠塞而迴轉率低，讓民眾在車站上候車時間過長、搭乘時間過長等現象。覆蓋範圍不足，公交服務水平不足以滿足民眾的要求。在民眾不斷投入私人車輛導致擠塞及土地問題不斷惡性循環下，有必要透過公交系統的改善來達到澳門的可持續發展。

新的運輸技術建議引入分隔行車形式之輕軌系統，以提升公共運輸服務的運載能力。本澳新的運輸政策以輕軌系統為主幹、巴士及的士系統為基礎、步行系統為輔助的形式，以改善現今公交服務績效之不足、擴大公共運輸覆蓋範圍。其中巴士系統更可藉此改善過於彎繞及重疊路線的問題，讓供給與需求的兩難問題得以舒緩，滿足澳門未來的可持續發展。

參考文獻

- [1] 澳門統計暨普查局
<http://www.dsec.gov.mo>
- [2] 2006 年中期人口統計總體結果
http://www.dsec.gov.mo/index.asp?src=/chinese/html/c_demgraphic.html
- [3] 澳門巴士資訊網，2008 年 6 月 20 日
<http://www.i-busnet.com/macau>
- [4] 2008 年 4 月 4 日華僑報
<http://www.vakiodaily.com/index.php?tn=viewer&ncid=1&nid=130164&dt=20080404&lang=tw>
- [5] DOI, Kenji (2008), “Integrated Land Use and Transport Planning in Asia”, 2008 Macao International

Environmental Co-operation Forum and
Exhibition.

- [6] Cervero, Robert (2008),
“Suburbanization and Transit
Oriented Development in China” , 2008
CPN China Week, Urban Transport
Congress (Beijing Session)
- [7] 運輸工務領域 2008 年財政年度施政方針
<http://www.gcs.gov.mo/policy2008/home.php?lang=cn>