

SIM：下一代基礎建設

財團法人國土規劃及不動產資訊中心*

壹、前言

貳、下一代基礎建設的生態學觀點

參、下一代基礎建設的範疇及現況

肆、下一代基礎建設的課題

伍、下一代基礎建設的策略投資

陸、結語

壹、前言

至 2016 年底為止，我國戶籍人口總數超過 2,354 萬人，其中有將近 7 成、超過 1,625 萬的戶籍人口集中於六都。人口高度集中都市化的現象，顯示提高宜居性及增進經濟發展之能源、水、運輸，以及資訊通訊等基礎設施之建設的迫切需求。此外，面對後工業化及工業 4.0 的發展，基礎設施的系統性變化更顯急遽，下一代基礎建設（Next Generation Infrastructure）也將更加仰賴以即時（Real Time）、機動（Mobility）、網路（Web-based）、循環

* 共同撰稿人：本中心江瑞祥副執行長、謝杏慧研究員、鄭曉昀研究員、邱婷鈺助理研究員、張雅喬助理研究員、楊哲一助理研究員、謝俊輝助理研究員。

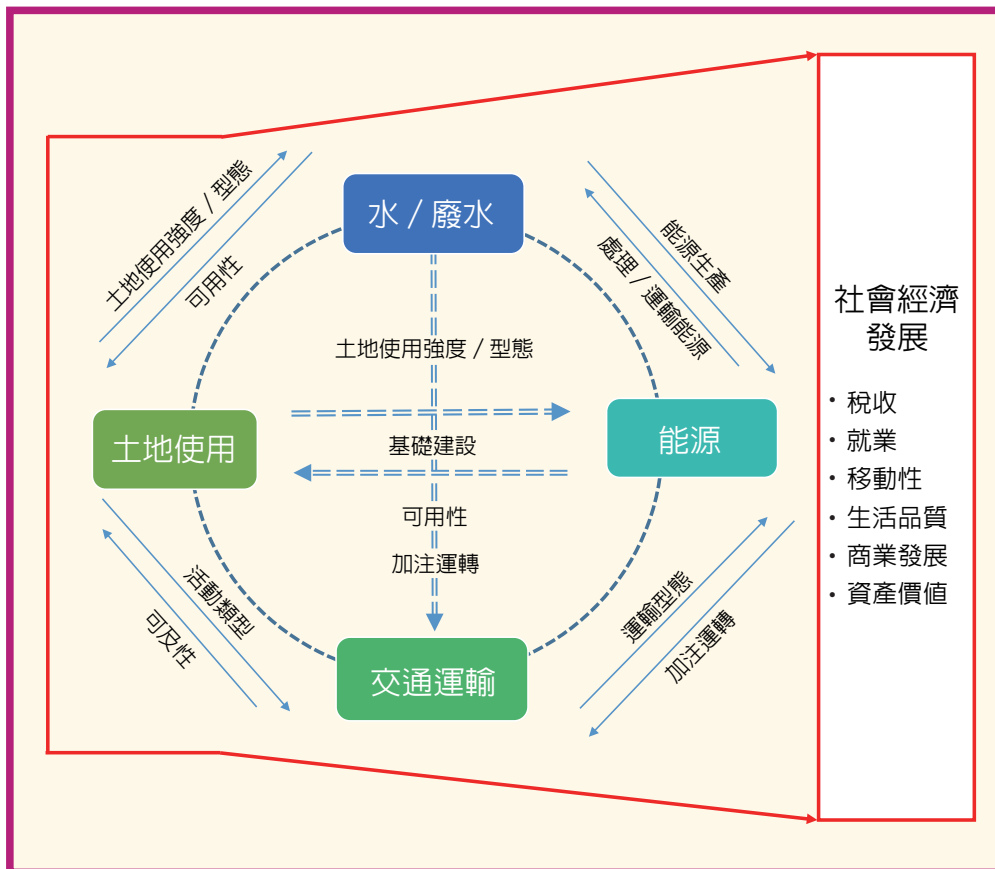
(Circular) 為核心架構的輕量型基礎建設 (Lightweight Infrastructures)；同時，也更須能以跨域導向發揮規模經濟性與範圍經濟性的基礎建設。下一代基礎建設將包括新型基礎設施的投資（如綠能）及老舊基礎設施的升級，此均企需龐大資本的投入，以帶動經濟的發展及建構更加適宜居住的環境。然而，是類投資無論是財務或經濟上的效益，都非短、中期間內可以顯現，一般企業投入的可能性也較低，而將更仰賴政府有計畫地、有目標地進行長期穩定的研究、投資及建設。回顧過去的基礎建設投資，巨型基礎建設 (Mega-Infrastructure)，固為生活應用與社會經濟發展的關鍵基礎；然而面對 2050 年之人口減少、高齡少子、空間移動極化與能資源之有限，下一代基礎設施的投資企需能為新市民社會、新生活型態、新工作需求及新的國家空間發展奠定根基。

貳、下一代基礎建設的生態學觀點

工業化時代的基礎建設，多為單一目的的分立建置，而為了促使基礎建設的應用，能具有整合性，達到多目的、相互關聯及加乘綜效的成果，應從「土地使用－能資源－社會經濟發展」所鏈結的相互循環、依存與關聯系統的基礎建設生態學 (Infrastructural Ecology) 角度 (參見圖 1)，¹ 藉由資源流及特定環境系絡需求之資訊的優化，以更巨觀、跨越部門、跨行政範圍的投資興建基礎建設。此如在一定空間範圍內，能夠系統化地設計可相互交換的回收能源、水、氣體或其他自然資源的設施。以生態學原理來設計基礎建設，係為解決日益稀缺的資源及日漸複雜、多樣的建設需求。凡此代表著投資興建基礎建設必須摒除過去分立、缺少整合性規劃與建置基礎設施的作法；也代表著必須由政府整合民間企業、團體與社區等行動者，運用協力協作的治理理念，推動具綜效 (Synergistic, S)、互聯 (Interconnected, I)、多元

¹ 參考自 The Third NSF EFRI-RESIN Workshop (2011). Water, energy, land use, transportation and socioeconomic nexus: A blue print for more sustainable urban systems.

(Multipurpose, M) 地解決未來發展問題之公共建設，以達到永續發展三重基線標準 (SIM) 相互配搭的基礎設施。相互配搭之生態觀的基礎建設具有諸多直接與間接利益，包括：1. 基地優化 (Site optimization)：在單一建設基地中整合數個功能的基礎設施，以增加不動產的生產力、降低未開發基地的壓力；2. 資本樽節 (Capital savings)：即共享基地、基礎建設和建築物；3. 作業輕省 (Operational savings)：增進操作、營運與維護的效率；4. 溫室氣體減排 (Greenhouse-gas-emission reductions)：降低運輸能源或傳輸耗損；5. 物質



資料來源：修改自 The Third NSF EFRI-RESIN Workshop (2011). Water, energy, land use, transportation and socioeconomic nexus: A blue print for more sustainable urban systems.

圖1 基礎建設的相互依賴關係——生態學觀點

資源的保存、回收再利用；6. 環境利益：減少破壞、噪音或視覺汙染；7. 公共和社區設施整合：整併額外的教育、娛樂與公共用途的公共設施；8. 就業機會創造；9. 稅收增加等。²

基於上述的基礎設施發展概念，21 世紀初先進國家如美國、荷蘭、日本，即已建議其公共投資的建設類別，宜從傳統的重大實體建設，轉而需引入輕量型的建設，以回應即時、機動、網路、循環之人流、物流與資訊流的移動與處理。其基本建設方向的差異可以下表簡要說明。

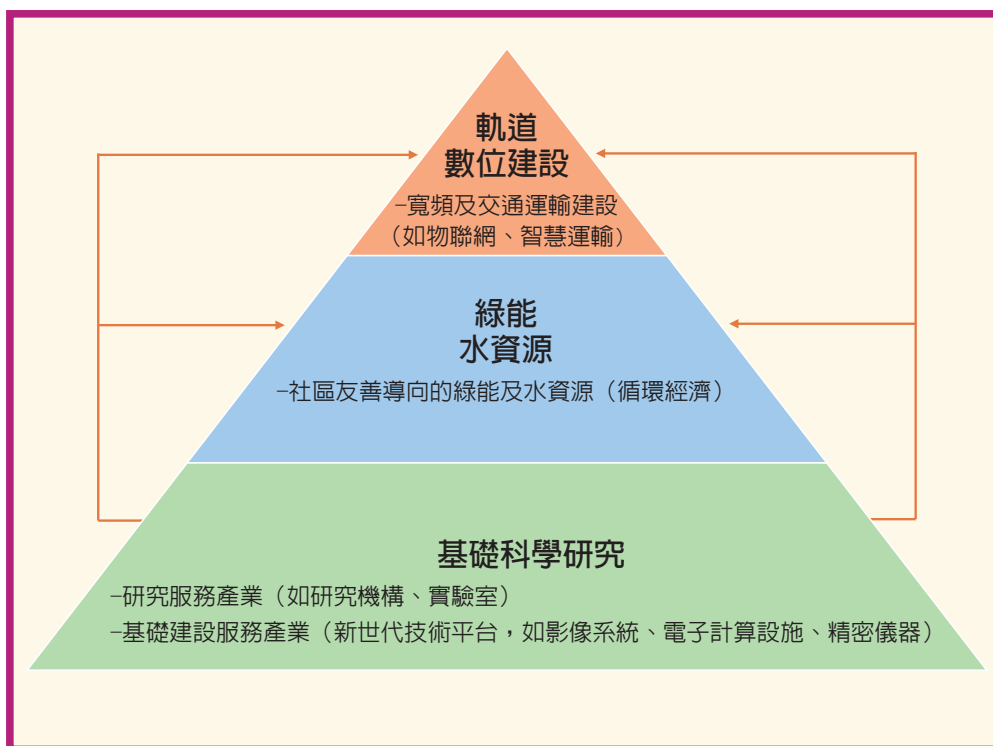
表1 實體型建設與輕量型建設比較

建設部門別	實體型建設	輕量型建設
電信	電信網路	IP 電話
電力	發電廠	行動發電機
水資源	自來水處理廠	行動淨水器
製造	射出成型	3-D列印
金融	實體銀行	電話理財

資料來源：Institute for the Future. 2006. Innovation in the Urban Wilderness: lightweight infrastructure meets cooperative strategy

另目前政府刻正規劃之擴大全面性基礎建設投資，亦需建置符合未來 30 年國家發展需要之基礎建設，推動以「基礎科學研究」為基礎，打造整合「綠能、水資源、數位建設、軌道建設」等融合實體型與輕量型面向的公共建設。惟此五大公共建設範疇，實為一個生態相互影響的建設體系且環環相扣，無法單獨建置，必須以需求導向的整合性規劃，推動全方位運作的基礎設施。

² 參考自 Brown, Hillary(2014). Next Generation Infrastructure: Principles for Post-Industrial Public Works. Island Press.



資料來源：本研究自行繪製。

圖2 五大基礎建設之相互依存與關聯性

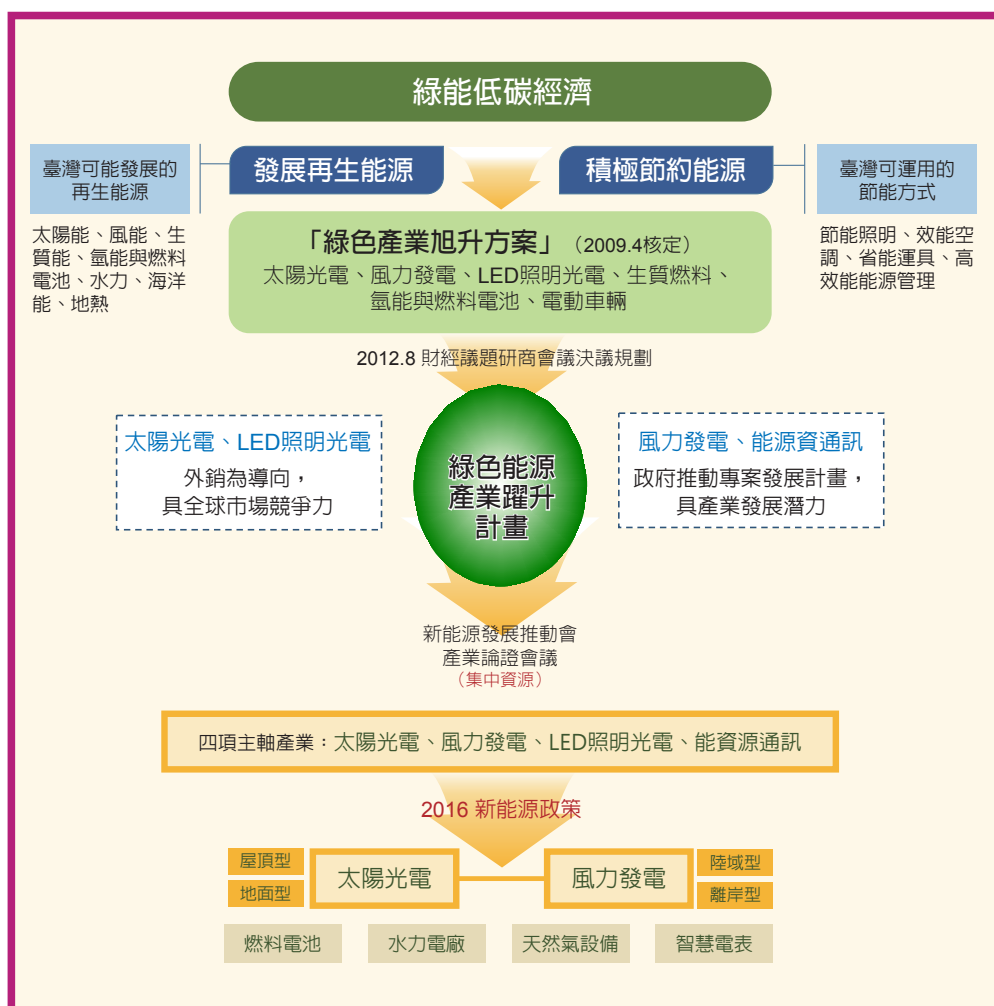
叁、下一代基礎建設的範疇及現況

有關我國規劃推動之下一代五大範疇的基礎建設，其相互依存與關聯可以圖 2 來表示，茲分別說明其內涵於後。

一、綠能

我國天然資源有限，對於進口能源的依存度超過 97%，電力系統孤立且欠缺備援，亟需建立穩定且安全之供能系統。過去，因工商產業發展需要，多以進口石化燃料作為主要能源。自 2008 年訂定「永續能源政策綱領」及 2009 年推動「綠色能源產業旭升方案」後，政府及民間大量軟、硬體均積極投入綠能的發展，使產值逾倍數成長。隨著「溫室氣體減量及管理法」於

2015 年 7 月實施，其中設定 2050 年溫室氣體排放須降於 2005 年的 50% 以下，發展及使用替代能源更成為刻不容緩的議題。目前我國再生能源包括太陽光電、陸域及離岸風能、生質能、地熱、氫能與燃料電池、水力、海洋能等。而根據 2014 年核定之「綠色能源產業躍升計畫」，近期再生能源的發展將集中於 4 項主軸產業：太陽光電、LED 照明光電、風力發電、能源資通訊。2016 年新政府上任後，更加強推廣風力及太陽光電裝置容量，以期在 2025



資料來源：改繪自行政院（2014）核定之「綠色能源產業躍升計畫」。

圖3 我國綠能政策歷程

年再生能源使用比例達 20% 以上，並逐步降低對化石燃料的依賴。其中風力發電將優先推廣陸域型優良風場，再逐步推廣至離岸海域風場；太陽能則為屋頂型及地面型並行發展。綠色能源除為全國性產業發展方向外，亦可在社區規劃中發揮直接效益；如屏東林邊社區光采濕地以「養水種電」方式，建立社區智慧微電網，使社區型再生能源能自發自用並自給自足。此外，「智慧社區」的規劃亦可大量使用綠能作為家庭及社區電力供應來源，以減少對環境的依賴及資源的消耗。

二、水資源

臺灣地區雨量豐沛，年平均降雨量為全球之 2.5 倍；惟由於人口密度高、河川坡陡流急、水庫逐年淤積、地質年淺質弱適合建壩地點有限、極端天氣造成降雨豐枯不均、降雨型態改變等不利因素，導致水資源難以有效利用。然而，臺灣的雨季較難依四季劃分，大部分的降雨時間為 5 至 6 月的梅雨季及 7 至 9 月的颱風季，此豐水期間，中南部之降水佔其全年雨量之 90%，顯示出臺灣的水資源分配不均的問題，隨著氣候變遷所造成的極端降雨事件頻繁，降雨時間持續減少、降雨集中及不降雨日數增加等時空分布不均之情勢日益明顯，均使水資源利用更加困難。

三、軌道建設

我國軌道建設中屬鐵路建設發軔最早，始於清朝末年（1887-1895 年），至日本時代（1895-1945 年）達全盛時期，1930 年代起則因公路建設興起，我國傳統鐵路運輸逐漸式微並經歷了一段漫長的沒落期。近年隨著節能減碳策略及都市的擴張與發展，軌道建設再度成為我國運輸部門發展重點項目，目前我國的軌道建設已進入三鐵的時代，包括環島的臺鐵、西部走廊的高鐵、以都會區為發展主軸之捷運系統以及市區的輕軌。為了達到節能減碳的目標，政府開始鼓勵民衆降低使用汽、機車的旅次，進而持續投資軌道建設，並與公共運輸網絡及場站周邊的土地開發整合規劃，建構永續經營的軌道運輸系統。

四、數位建設

21 世紀數位化概念已落實在各項產業，公共建設也在此浪潮下加入數位化理念予以規劃與建設；於此同時，智慧城市（Smart City）概念也被提出，並為國內、外各大城市所推崇，促使各項基礎建設均配合數位化的潮流而更新或建設。智慧城市係以資訊及通信科技（Information and Communication Technology, ICT）技術運用在各項公共建設上，以實施都市活動管理、高都市管理效率，並促進民衆生活的便利。在我國，中央與地方政府均意識到推動智慧城市的重要性，亦積極著手推動對應之施政方向；例如 ETC 系統、YouBike、高鐵及捷運系統相互串聯、悠遊卡小額支付系統等，都是針對提升服務效率、達成智慧城市目標及物聯網的發展趨勢，構建全方位技術介接平台及設施建置之發展。

五、基礎科學研究

伴隨著科技與交通技術的進步，經濟分工合作已從區域性走向全球化；此波趨勢下之工業、金融、服務業均開始擬定新一世代發展計畫，而任何一項發展計畫的推動，都需仰賴大量基礎科學研究成果。我國向來具有豐沛的高教人才、產業代工與研發經驗；在面對工業 4.0 與 5.0 產業計畫的推動，高教也將往人工智慧與自動化學習的方向邁進。然科學研發能量之強化，需要相當深厚之基礎科學研究的基礎建設，而此類建設內容將包括基礎建設服務（如技術平台建置、精密儀器投資等）及研究服務（如研究機構、實驗室投資等）等，都需要配合未來各項產業，包括綠能、水環境、軌道或數位建設等發展方向，提出前瞻性規劃與建置。

肆、下一代基礎建設的課題

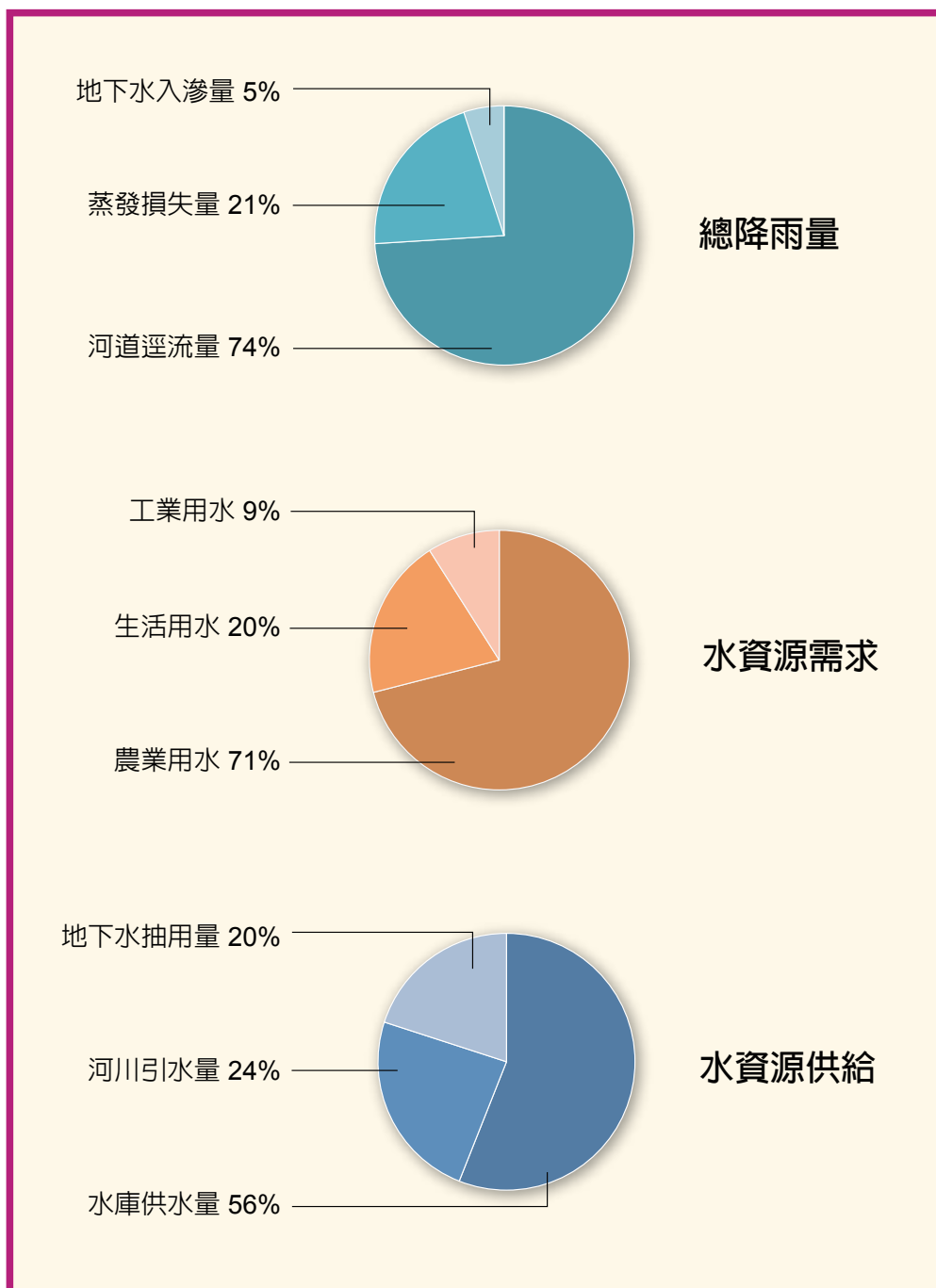
一、綠能

近年來，受到永續發展及氣候變遷等理念影響，傳統的能源類型和供應模式不再符合當前所需。發展綠色、潔淨且可再生之替代能源，成為各國政府及民間組織所致力達到的目標。根據國際能源總署（International Energy Agency）2016 年全球能源展望報告（World Energy Outlook 2016），2040 年前雖然石化燃料仍占有重要地位，但將有 37% 的能源來自可再生資源，且隨著技術發展，其使用效率亦會隨之提升。基於日本 311 核災所引發的用電安全考量，預估未來風力及太陽能將會是全球能源發展重點。就我國的綠能發展技術而言，各研究單位及公私部門所投入的綠能研發能量已相當成熟；我國下一代綠能建設的課題，將主要在尋找合適的替代能源設施用地，以大量生產足夠使用的能源。以太陽能來說，臺灣雖日照量充足，但太陽能面板仍無法如國外一般以「農場」的方式，廣泛鋪設於沙漠、荒野等無人區域。而風力發電機亦受限於脆弱海岸環境，難以大量設置。

二、水資源

我國水資源發展主要面臨兩大亟待解決的課題：一為災害日益頻繁，二是水資源缺乏與浪費。災害日益頻繁可從臺灣的雨量狀況來看，臺灣的豐水期約 5 至 10 月，主要的雨量來自於 5、6 月的梅雨季，及 7 月至 9 月的颱風季，其降雨量占了七成，在臺灣南部地區甚至達到九成。水文氣候災害來自每年 4 至 11 月，而隨著近年來氣候變遷之影響，有研究指出氣候變遷若造成臺灣平均氣溫每上升 1°C，前 10% 的強降雨將增加 140%³。觀諸過去 50 年侵襲臺灣的颱風，降水量前 12 名者，便有 8 個發生在 2004 年之後；其中帶來最大雨量紀錄者為 2009 年的莫拉克颱風，單場颱風造成全臺灣共有 678 人死亡，重建經費編列特別之預算高達新臺幣 1,200 億元。

³ 劉紹臣 (2008) 臺灣降雨強度的變化《2008 臺灣氣候變遷研討會》



資料來源：經濟部水利署 - 氣候變遷水環境知識庫網站。

http://climatechange.wra.gov.tw/dispPageBox/CCKM/CCKMWECF.aspx?ddsPageID=CCKMCH2_1；本研究自行繪製。

圖4 臺灣水資源概況

至於水資源匱乏、浪費，則可從用水狀況來分析。由於臺灣的用水主要來自水庫供水河川引水，而隨著氣候變遷，降雨時空分布不均，河川逕流的穩定度受到考驗，而水庫庫容也隨著颱風暴雨沖刷土石到水庫中，有效蓄水容量大幅降低，已嚴重影響水庫功能。臺灣水庫總淤積率為 28.6%，將近水庫容量的 1/3，其中南部地區的水庫總淤積率達到 36.8% 情形最為嚴重，在未來水庫將逐漸不敷使用。另外，管線運送的漏水情形更加劇了水資源流失；根據 2015 年調查結果，臺灣自來水漏水率高達 18.4%，而日本東京只有 3.1%，經濟部水利署統計，臺灣每年漏掉的水量達三個翡翠水庫滿庫的庫容（至少 12 億噸），對於水資源的保存亦將是一大挑戰。在淡水資源利用上，隨著人口逐年增加，所需水量也隨之增多，加上臺灣農業生產平均用掉 70% 的水資源，農業生產規模勢必需提升，而目前農業生產之灌溉方式普遍無回收再利用，故省水農業的轉型也須納入未來水資源利用時的考量之一。

三、軌道建設

近年來隨著氣候變遷及追求生態保護、環境永續發展的時代來臨，運輸部門身為溫室氣體的主要排放來源，未來如何在節能減碳之目標下發揮軌道建設的最大效用，為當前面亟待解決之課題。同時，隨著都市的擴張及發展，城際的軌道運輸包括城市捷運、高速鐵路與傳統軌道運輸的改良推陳出新，儼然已成為連結城鄉發展的交通運輸工具及當前綠色城市發展的重要策略（董建宏，2014）。除前述溫室氣體之排放問題，運輸部門亦面臨氣候變遷對軌道建設及其使用者之衝擊，包括極端降雨造成低窪場站或路線局部淹水、軌道建設因氣溫變化劇烈而容易損壞等，均使得軌道建設在技術面上需儘速因應氣候變遷研擬調適策略。又軌道運輸之路線廊帶若經過林地、河川等自然環境區域與人文特定區，亦將形成人為的干擾及生態棲息的破壞；因此，如何在軌道發展及自然生態保護間取得平衡，亦為我國的交通建設施政重點與追求目標。

四、數位建設

智慧城市的推動，從單一部門領域而言已有諸多優點，如現有的鐵路系統上將車輛與軌道系統數位化後，管理者可隨時偵測鐵道範圍內異常狀況的出現，即時採取因應策略以減少行車事故。同時，使用者可以運用個人數位載具來了解車輛營運與服務資訊，予以提升服務資訊的供給與營運效率，藉以提升民衆使用大眾運輸系統意願，以減少個人載具使用，達成永續交通目標。就醫療而言，智慧醫療的推動可提供未來高齡化社會下數位照護服務，提供醫療管理中心遠距離居家照護的服務，達成「在家安養」、「在地老化」的目標。在能源管理方面，能源生產與輸送設施的智慧化可以協助能源的生產與調配策略，從而減少能源輸送消耗，更可透過智慧化能源系統進行傳統能源（核能、火力、自然氣）與綠色能源（風力、太陽能）的生產調配，提升用電生產效率。此外，都市維生系統智慧化可以提升管理者管線維護效率；例如自來水管線智慧化可以透過水壓變化來發掘是否有管線受損之情事，減少水資源浪費情事。前述皆為都市公共建設數位化所帶來的便利生活與管理效率提升的好處；然而，智慧城市所提供的各項服務都需要仰賴網路資訊鏈結、智慧化設施的建置，我國做為資訊科技的生產重鎮，於推動數位建設以發展智慧城市實具有極佳利基，但卻因為在相關基礎設施規劃前瞻性不足、部門間整合性不強，以及相關法規限制等，導致我國智慧城市與產業數位化，多數仍無法同步或超越先進國家。

五、基礎科學研究

新古典經濟體系著重競爭係講求數據蒐集與分析，未來面對草根與市民社會決策需要則在追求數據預測、自我學習，甚至是自動決策；然而，這些科學研究的數據產生與收集則需仰賴 ICT。ICT 設施可用來建構智慧城市雛形，並用此技術來協助能源、運輸交通、治安、醫療管理等方面的管理與課題發現。產業方面，以工業為例，「工業 3.0」為技術創新與自動化，4.0 是智慧化工廠的體現，5.0 則為人機協作，而 4.0 與 5.0 計畫的推動則需要 3.0 計

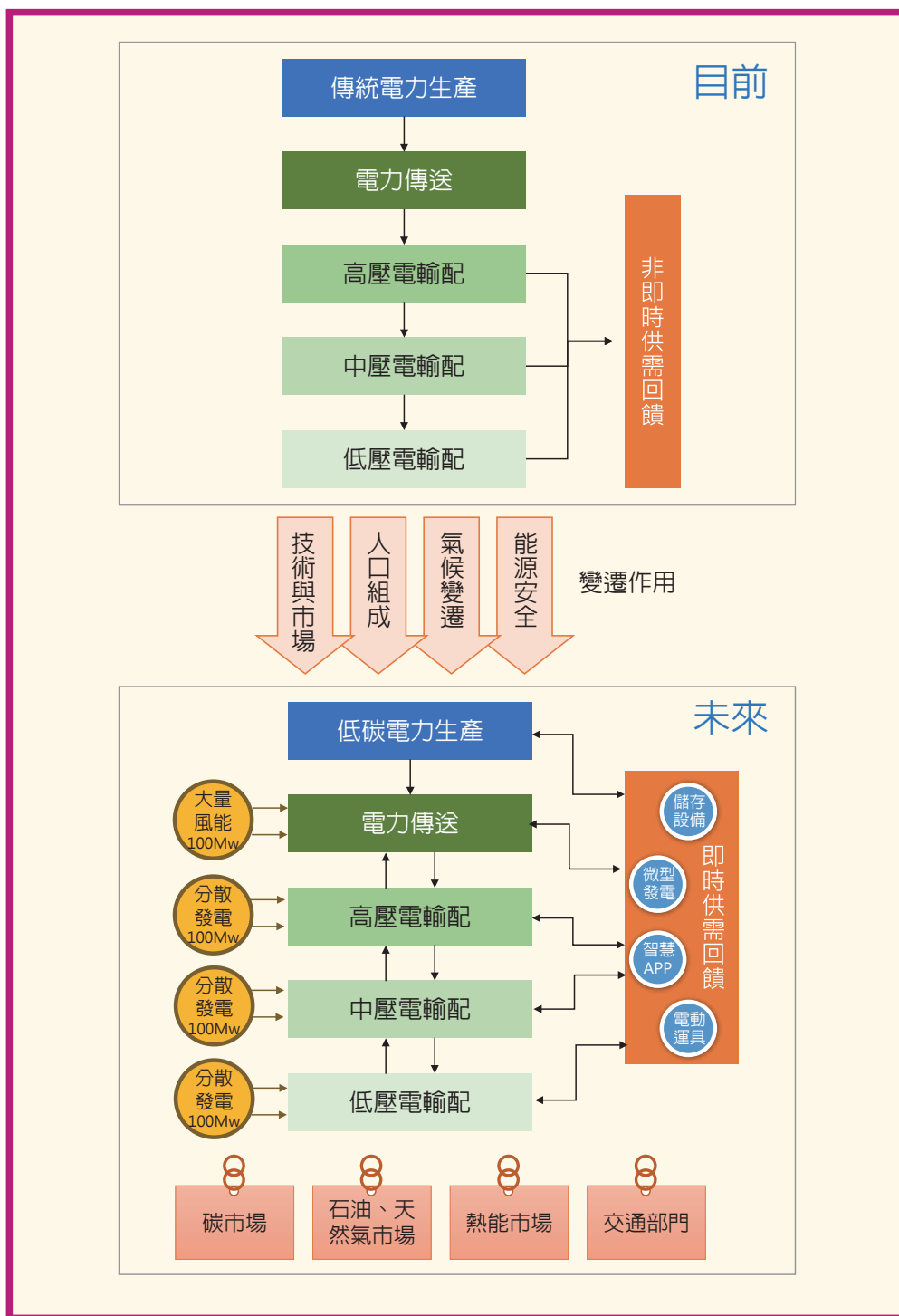
畫的自動化系統所累積的龐大數據為參考，同時做為製程改善與智能學習的基礎資料，此提升計畫需仰賴 ICT 技術。換言之，ICT 技術包含了資料的生產、收集、儲存、分析，而透過大量數據的分析結果，則可提供都市建設與產業活動管理、更新參考。都市基礎設施智慧化、產業智慧化都需要大量基礎科學研發成果，包含光電感應系統、精密機械工業、人工智慧系統（Artificial Intelligence, AI）、虛擬與擴增實境（Virtual Reality, VR；Augmented Reality, AR）等技術；這些技術可謂之人的眼睛、四肢、大腦與表達，並可透過系統的整合來取代現有人力資源。我國在半導體業、精密機械工業有著相當深厚的研發、生產技術，但在 AI 與 VR/AR 領域則為相對缺乏；未來如何在既有基礎上持續發展，並促使落後領域加速研發能量，將為我國科學與產業發展的重要課題。

伍、下一代基礎建設的策略投資

一、綠能

為提高再生能源使用比例，減少能量消耗及電力日漸供需失衡，現階段的綠能產業已走向「創能（科技研發）」、「節能（減少消耗）」、「儲能（能量儲存調度）」的智慧系統整合。在創能方面，包括研發太陽光電量產平台、太陽電池技術、風電示範場域、地熱能示範場域、相關機件優化及捕碳技術等。在節能及儲能上，則有研發電網級儲能科技及電能管理平台，加強電力系統之調度能力的發展。這些技術都可大量運用在節能示範園區或低碳城市規劃，以普及應用於日常生活。

我國的綠能硬體發展及技術提升已有一定成果，下一代發展須更著重軟硬體配套的整合。可行之投資可包括：1. 建置低碳電力生產設施（如機具更新、離岸風場等），以減少二氧化碳排放；2. 加強發展電能儲存設備，尤其是社區性自給自足的設施；3. 多目標使用微型或分散式發電，減少電力長距配送中之能量耗損；4. 善用大數據及智慧應用程式，加強即時供需回饋；5. 將能源市場及綠能產業相扣連，以反映生產消費需求。



資料來源：改繪自 Strbac et al. (2016).

圖5 未來能源市場供需發展

二、水資源

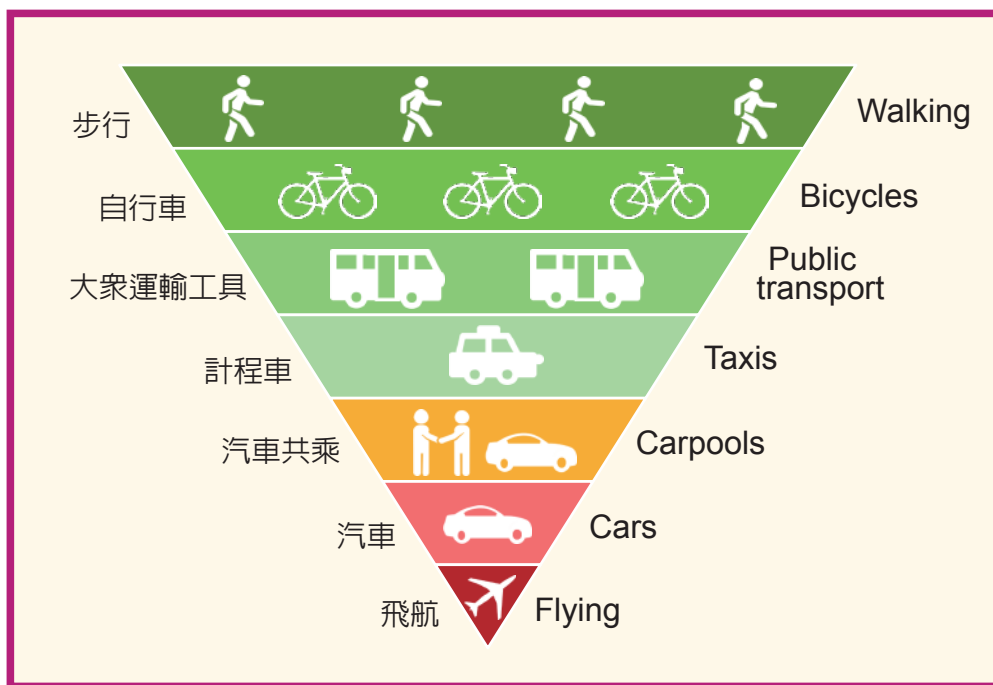
為因應氣候變遷所造成的水資源問題，水資源的發展可透過水資源利用方式的轉變及水資源建設結合生活型態等兩種方式，來推動相關基礎建設。在水資源利用方式改變方面，水資源被稱為藍金，意味著水資源的珍貴可比擬黃金，然其與黃金不同的地方在於，就維持民生的角度而言，國家有義務提供國民維繫生計所需之基礎用水，故水的消費與計算方式亦將有所改變。例如：住戶於豐水期間所消耗的水量低於平均用水量時，則此類住戶可於缺水時取得較高比例之水資源配比；除此之外，水資源的供需在未來將逐漸市場化，並如黃金般擁有彈性的價格。就政策面而言，應依據資源多寡向使用者酌收不同費用，透過使用者付費概念使其瞭解資源可貴。

有關水資源建設結合生活上，作法之一為採用新型態之滯洪與貯集方式，此乃係為因應氣候變遷，將水資源設施結合於公共建設與住宅中，如V型綠帶及雨水貯集槽。V型綠帶之構想為將其設計於道路中央，平時可為休憩地，而當暴雨來臨時，綠帶則成為蓄水池，降低災害風險及維繫城市生活品質。此外，在降雨分布不均的狀況下，可將雨水貯集槽建立於建物頂樓，使集水空間不再限於水庫之集水區；而透過自行貯水再利用，民衆用水不再受供水管線限制，達到建物內水資源的自給自足，更可減少運送中的管漏與耗能問題。作法之二為推動漂浮式建物計畫，此乃係隨著海平面上升的不可避免性，沿海地區應不再向海爭地，而係將與環境共生的概念融入未來居住型態的趨勢。漂浮式建物的概念即為海平面上升或淹水時，基座上所支撐的房屋可立即隨水面上升而漂浮，使建物與人員避免受到災害所帶來的衝擊，且根據建築單位的組成，可透過單棟漂浮屋與其他屋子互相連結，進而形成漂浮社區或城市，並在災害中仍維持原有生活機能。

三、軌道建設

我國下一世代的軌道建設發展，宜從綠色軌道運輸整合物聯網設施與服務的建置，達到多功能目的。為因應氣候變遷下的能源及溫室氣體減量措施，

軌道建設應為可持續性發展的綠色運輸（Green Transport）與紓緩汽（機）車使用及促進運輸能源使用效率，將同為我國運輸部門溫室氣體減量策略之重點。綠色運輸是指使用低汙染、省能源及智慧化的運輸工具。軌道運輸因擁有低耗能及高運量等優勢，世界各國均將鐵路及捷運等軌道運輸視為國家重點建設。在此目標下，軌道建設逐漸自「大眾運輸導向」轉為「綠色運輸導向」發展，採用更乾淨的燃料、更有效率的機具且場站使用太陽能發電等更為節能之手段。換言之，軌道建設本身及相關設施如隧道、高架及場站等，皆需以節能減碳為目標規劃設計，並推廣太陽能、電動車輛和油電混合車等低汙染運具。而落實綠色軌道運輸必要以全生命週期之尺度觀之，優先使用可回收再利用之機具等耗材，並於興建營運階段使用再生能源、再生水及落實廢棄物回收，藉以落實綠色優化設計。除設施材料面的突破，場站路線於規劃設計時，亦需考量氣候變遷及天災，避免設置於易淹水處或斷層帶上，否則需配置良好之排水系統與抗震材料。綠色軌道運輸亦需同時兼顧自然環境保育，如軌道路線經過



資料來源：本研究自行繪製。

圖6 綠色運輸程度金字塔

生態環境保育區域，則需有配套措施，如沿線設置安全通道、藉由高架化將橋下空間作為生態廊道、編列環保經費用於保護動物安全，實現軌道建設與生態保護共存共榮之願景。

回歸交通運輸建設之目的，為提升我國軌道運輸之便利性，下一代的軌道建設宜落實智慧交通，並與網路及物聯網整合發展，呈現交通的即時資訊，如鐵路之誤點資訊、到站時間、乘車時間、車禍故障、施工災難、天氣條件、場站位置及轉乘資訊等；而軌道運輸本身則可透過智慧化之「車聯網」，掌握軌道運輸系統的運作現況，如透過先進感測器技術、通訊技術、網路技術、數據處理技術、自動控制技術、資訊發佈技術等，應用在整個軌道運輸管理體系並建立一個有效率綜合管理和控制系統，建立起人、車、路與環境之間的智慧互動。整體而言，下一個世代的軌道建設目標應為「綠色軌道」，使之全生命週期使用低汙染、省能源之設計，除期能達成節能減碳之目標，亦可落實自然生態環境保護措施，並與物聯網整合打造智慧交通願景，共同促進我國軌道建設之前瞻性及永續意涵。

四、數位建設

依據現今國內外學者對於智慧城市的研究，可以發現城市發展策略的訂定都是用以解決「移動的人與物」和「空間上發生的事」；因此，在策略推動上從都市尺度觀察，透過居民和載具的移動紀錄、能源流的消耗紀錄，以及事件發生熱點來訂定相關的因應機制，使政策制定上更能達成「循證政府」的目標。由此可看出智慧城市推動需要空間資訊、設施服務資訊、個人資料、大數據分析等配套措施的推動，而我國現今各項政策的發展，多為各部會依其職掌範圍作相關政策的推動，並未就各部會間推動橫向合作，使得資訊無法產生最大服務效率；且部分資訊更因包含個人隱私，在現行法規限制下無法鏈結，使得諸如智慧照護服務的推動存在相當的困難度。

軟體與政策方面，未來需逐漸透過各部會間合作與個人資料保護政策推動，強化部會的資訊交流、應用與減少民衆個人資料外洩風險，並因智慧化建設服務效率與民衆參與意願的有效提升，達成智慧都市、智慧社區的願景。同時，硬體方面應加強基礎科學的研發與具體化，透過科學研究與產業合作來進行設施的更新與研發，不僅可以提升我國產業實力，更可因智慧型公共設施更新與興建，提升我國經濟發展。

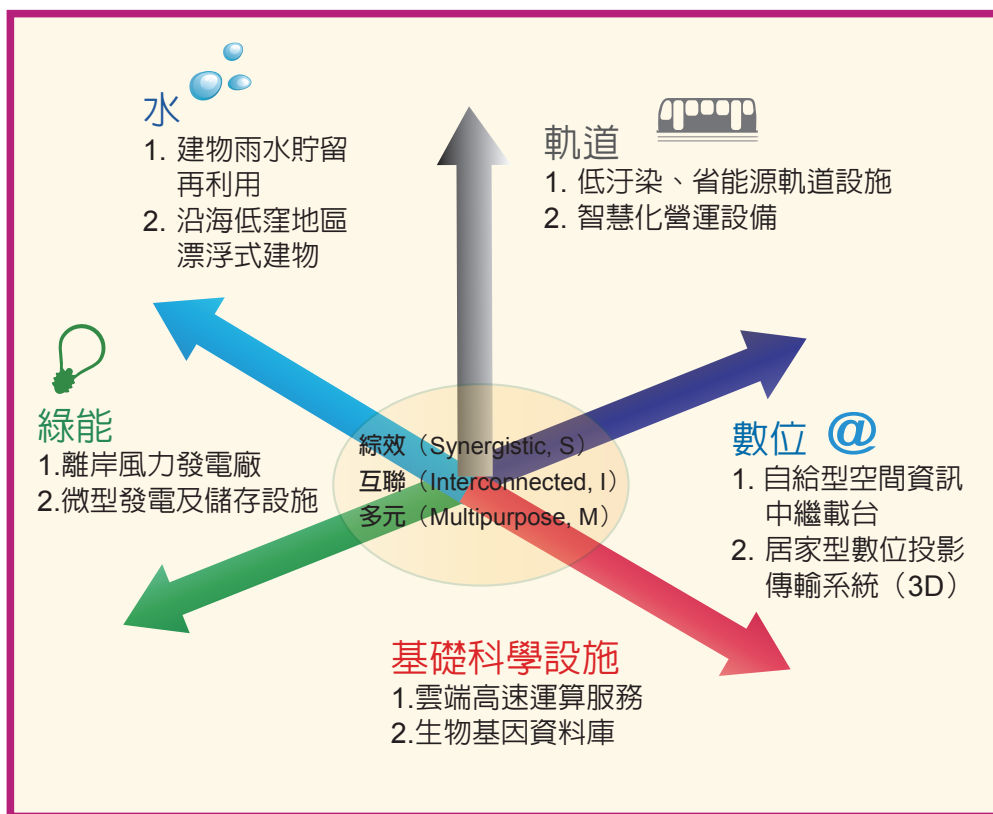
五、基礎科學研究

我國基礎科學研究能量主要來自高等教育的資源，而科學研究成果需要透過成果具體化方利於後續改進與精進，因此高教界與產業界的合作，將可以豐沛基礎科學研發的能量及透過「科學服務產業、產業體現科學」模式的體現，達成「1+1>2」的目標。科學研究除了資金的投入外，基礎建設更是重要的一環；基礎建設包含研發設備、場域，例如：「高速網路設備」、「超級電腦計算中心」、「科學實驗室」等建設。是類基礎建設需要投入高額資金，故需要仰賴政府政策的扶植與媒合產業界資源，以加速基礎科學研究建設時程，創造優質研發環境。產業發展需要研發資源的投入方可達成產業永續發展目標；因此，在產業與科學相互扶持的基礎上，未來各縣市的高教資源規劃藍圖上，應輔導各高教機構基於本身發展特色，結合地方發展需求進行研發能量的提升，並由政府投入相關研究基礎設施的建置。同時，輔以產業園區建設來拉近產業與學術界距離，並於園區內規劃高教資源設施配置及透過政府媒合平台的成立，使得業界研發人才可與科學研究人員交流，進行相關技術研發與精進，厚植我國基礎科學研究能量。未來我國基礎研究科學建設上，除了持續推動既有產業與科學研究的合作外，對於 VR/AR 與 AI 產業等新興產業，政府應持續挹注科學研究資源，並加強媒合學術機構與產業合作，使之可以將研究成果化為具有商業效益的產品，使廠商獲得實質效益，以提升業者投入相關產業研發資源意願，增益我國科學研究的規模。

陸、結語

過往基於全球競爭與擴大內需之需要，我國基礎建設的投資多著重在重大實體建設，無論機場、捷運、高鐵、電廠、水庫、滯洪池、運動場館、電信光纖等，均被視為提振經濟發展的不二法門；不僅中央政策規劃如是，地方爭取中央建設資源亦復如是。然而，當基礎設施發生諸如捷運鋼橋倒塌、橋面斷裂、路基流失、缺水、缺電、擁擠、使用率過低等影響甚或危及日常生活時，基礎建設的維護管理品質要求日益提高，基礎設施的投資方向與核心價值也因而調整，此尤以先進國家為最。我國近年雖因部分公共建設受天災、管理不當或維管經費有限迭生意外事故，而致基礎建設投資與維管經費之結構略有調整，但大體仍以投資新建為主，並以重大且顯而易見之實體基礎建設為主。晚近，基於工作與生活型態的改變、科技與產業能量的變革、極端氣候變遷與能資源之有限、建設之陳舊老化，可靠度、成本效率、可負擔性更為評估基礎建設良窳的基本要件。同時，建設的主體也除著重重大實體建設（Heavy/Mega Infrastructure）外，也強調投資輕量型基礎建設的必要性，以反映前揭基礎建設的價值典範及具草根、市民社會之空間社會經濟活動自決的需要。

由文獻及學理之探究中，基礎建設投資典範移轉之由新建到維管、重大到輕量、實體流到資訊流、一次到再生，在在反映以即時、機動、網路、循環為核心架構的公共建設，已為下一代基礎設施的投資標的。而先進國家揭槩之以「基礎科學研究」為基底，打造整合「綠能、水資源、數位建設、軌道建設」的基礎設施斯可為我國下一代基礎建設的投資方向。建議之下一代基礎建設的關鍵內容如下。



資料來源：本研究自行繪製。

圖7 關鍵基礎建設建議

企待在政經社文環境劇變中，我們能尋得綜效、互聯、多元 (SIM) 解決未來發展問題，並兼具生活、生產、生態、生存共融的基礎建設投資標的。

1. Brown, Hillary (2014). Next Generation Infrastructure: Principles for Post-Industrial Public Works. Island Press.
2. Chew, T.C. (2011). Sustainable railway development through careful planning design and implementation. Journeys 6 (May): 24-37, Land Transport Authority Academy, Singapore.
3. Strbac, G., I. Konstantelos, M. Aunedi, M. Pollitt and R. Green (2016). Delivering future-proof energy infrastructure. Report for National Infrastructure Commission, UK.
4. The Third NSF EFRI-RESIN Workshop (2011). Water, energy, land use, transportation and socioeconomic nexus: A blue print for more sustainable urban systems. 取自 <http://conferences.ict.illinois.edu/RESINworkshop2011/project-ppts/Crittenden--.pdf>
5. 朱純孝、蘇昭郎、樊國恕，〈氣候變遷對倫敦運輸系統之影響及因應之道〉，《災害防救電子報》，第 34 期，國家災害防救科技中心，2008 年 6 月。
6. 林忠欽、黃新薰、黃運貴，〈綠色為底，永續為要交通運具的節能減碳〉，《能源報導》，2010 年 5 月，頁 8-13。
7. 董建宏，〈軌道交通體系的復興與都市再生〉，《臺灣大學風險社會與政策研究中心》，2014 年 5 月。
8. 顏君聿，〈我國運輸部門低碳發展策略探討〉，《能源報導》，2009 年 8 月，頁 13-16。