



土木工程與經濟發展

洪如江／國立臺灣大學土木工程學系 名譽教授、中國土木水利工程學會 會士

導 論

重大土木工程建設，動員龐大的人力與物力，本身就是一種經濟活動。完工後衍生更進一步的經濟發展與產業升級，是重大土木工程建設對經濟的貢獻。胡佛壩工程，田納西流域多目標開發，絲路，運河（中國大運河、蘇伊士運河、巴拿馬運河），台灣的十大建設、大甲溪水利工程系統、翡翠水庫、大眾捷運系統、高速鐵路、等等，都是例證。

若工程完成後不能衍生更進一步的經濟活動與產業升級，那工程施工期間的經濟活動，只不過是一時的興奮劑而已，可能無益，反而有害。

古埃及金字塔（只為了存放法老王死後的一具屍體）、阿房宮（只為秦始皇一己的享受）、等等，不但有害經濟，反而耗盡國力而趨於窮困、衰落、滅亡。

內政部營建署 107.09.10 發布：台灣空屋約 86.48 萬戶，待售屋 7.45 萬戶。加上許多利用率極低的小型機場、漁港，嚴重排擠台灣經濟發展與國家安全所必須的資源；筆者稱之為**現代金字塔**。

天災（例如：地震、豪雨、暴潮）與人禍（例如：在山地的濫墾、濫種淺根作物、濫伐、濫建、濫開山路、超抽地下水、工程設計或施工不當），引發山

崩、土石流、地盤下陷、或無預警倒塌，造成人命傷亡、嚴重財務損失、經濟停滯或衰退。防災得當，減少人命傷亡及財經損失。

土木工程（包括建築）結構物，如具美感、神聖性、或人類文明源起及發展的遺產，必然吸引大量觀光客、信徒或求知者前往參訪，有助經濟繁榮。

美國 1930 年代大蕭條與土木工程振興經濟的功能

1929 年 10 月，美國股票崩盤，大蕭條開始，失業率急速升高；1930 年，失業人口達 500 萬人；1931 年，失業人口近 1,300 萬人。美國總統胡佛（Hoover），積極推動兩個大規模的土木工程建設，開創了以土木工程振興經濟的先河，分別說明於下。

科羅拉多河胡佛壩（Hoover Dam）工程與美國西部經濟發展

胡佛壩（圖 1）計畫由美國內政部墾務局（Bureau of Reclamation）負責推動。1931 年 4 月 20 日開工，1935 年 5 月 29 日混凝土重力式拱壩（高 221.4m）建成，1936 年 3 月 1 日各項工程全部完工，水庫（Lake Mead，庫容 352 億立方公尺，水域面積 639 平方公里）



圖 1 美國胡佛壩，高 221 公尺，蓄水 352 億立方公尺（洪以旼攝）

開始蓄水。水力發電，每年 40 億千瓦小時 (kwh/yr.)，23% 供給內華達州，19% 供給亞利桑那州，58% 供給加州（包括洛杉磯 15.4%）。供應數州 1400 萬人的民生及工業用水。拉斯維加斯也因為水、電、與觀光而興盛。

拉斯維加斯地處沙漠，但因泉水（Vegas，印地安語）而成為原住民及西部移民的中繼站。其後，因美國西部鐵路經過該地，1905 年發展為千人小鎮，被認為是拉斯維加斯建城之年。1931 年，許多失業者湧進拉斯維加斯，參加胡佛壩的工程建設；同年，內華達州政府授權拉斯維加斯開設賭場。胡佛壩完工，開始充分供應該城清潔自來水與電力。2005 年，拉斯維加斯（面積 340 平方公里，居民近 60 萬人）的觀光客近 3900 萬人，觀光收入達美金 367 億，賭博收入約美金 67 億，會議及展覽超過 2 萬場（非賭博收入達美金 76 億），其腹地克拉克郡（Clark County）的收益達美金 97 億（參考拉斯維加斯政府網頁及 www.LVCVA.com）。2006 年之後，發展更加快速，高科技產業紛紛進駐，成為美國最大的金雞母之一。

田納西流域多目標開發計畫與美國東南部的經濟發展

1933 年成立田納西河谷管理局（Tennessee Valley Authority, TVA），從事田納西流域多目標開發，重點包括在田納西河谷建設一連串大壩，從事水力發電、灌溉、防洪、及水土保持。田納西州、部分肯塔基州、阿拉巴馬州、喬治亞州、北卡羅來納州與維吉尼亞州經濟復甦，功效顯著。本計畫的成功，其他國家紛紛仿效，進行流域的多目標開發。孫中山先生也建議成立 YVA（Yangtze Valley Authority），大力主張在長江三峽建壩，是長江水利工程建設的先知。台灣的大甲溪流域多目標開發也有仿效 TVA 做法的痕跡。

絲路與經濟發展

國際貿易，永遠獲利甚豐。中國的漢朝（202BC ~ 318AD）初年（139BC），遣張騫與班超通西域，雖有國防上的考慮，建立「絲路」與西方的國際貿易才是重點。大漢的繁榮、強盛與聲威，絲路的貢獻極大。

漢末與晉朝，絲路中斷，經濟衰退，社會動盪不安。

唐朝（618AD ~ 907AD），積極重新打通絲路，獲得成功。長安的留學生多達數萬人之多，聲威遠播，不輸漢朝。在內部，「貞觀之治」與「開元之治」的時段，夜不閉戶，出外旅行不必自備糧食，可見富裕與繁榮之一般。唐朝滅亡之後，先是五代十國之亂（907 ~ 960），繼之以宋與遼、金之戰，南宋偏安，以及元兵橫掃歐、亞兩大洲，絲路中斷，亞歐國家的經濟普遍受到傷害。

明朝（1368~1661），領域其實很小，不及於西域；雖有鄭和七下西洋（1405~1433），目的只在宣揚國威，無意發展國際貿易，更無心進軍西域打通絲路。清朝至乾隆時代，平藏部與平回部（建新疆）之後，已經自滿自足，無意與「地處邊陲」的落後番邦通商；太平天國之亂平息之後，左宗棠經營西北，重新整建中國境內的絲路，並在路的兩旁種植傳頌百年的「左公柳」，更值得一提的是：力阻俄國力量進入新疆。

目前，中國境內的新絲路上，大貨車絡繹不絕，首尾相連（圖2）；西北運進中原的，以水果、蔬菜為主，中原運送西北的，以建材及日用品為主；商業活動、資源開發、基礎建設、城市發展、與觀光旅遊，都在新絲路沿途急速爆發出來。新絲路達板城段兩側的風力發電風車不計其數（圖3）。鐵絲路建成之後，更有新的經濟發展與成就。

運河工程與經濟發展

中國隋朝在西元 584 年至 610 年所開鑿的「大運河」，以及後代的增修，到元世祖之時（西元 1293 年），從杭州至北京之間極度繁榮的「運河經濟帶」，長達 1,782 公里。大運河也把東西向的幾條大河（海河、黃河、淮河、長江）連成一氣，不但方便人民的交通，軍隊的調動，以及把江南和長江流域的糧食、絲綢及瓷器北運，使得中原地區成為一個自給自足的中華帝國。但在明、清二朝，航海大船與汽船興起之



圖 2 今日的絲路，中國段，重型卡車都嚴重超載，首尾相連（洪如江攝）



圖 3 新絲路上的現代化風力發電風車，新疆達板城段（洪如江攝）

後，長江流域和江南的物資，如果利用海運送至天津，必然更為迅速而且便宜；但受阻於大運河經濟帶的既得利益者，與明成祖朱棣棄海運而專心擴建紫禁城的決心，無法實現以海運將江南貨物北運的理想。

1869年11月，蘇伊士運河（圖4）通航，地中海、大西洋、與印度洋，連成一氣，大西洋與印度洋的海路航程縮短一萬公里以上。蘇伊士運河的最大獲利者為英國，其大西洋及地中海的艦隊及商船可以迅速與亞、澳兩大洲往返，對建構「日不落帝國」，很有貢獻。難怪英國極端重視對直布羅陀海峽及蘇伊士運河的控制權，多次用兵。

巴拿馬運河（1881～1914施工）通航之後（圖5），紐約至舊金山的海路航程大為縮短。最大獲利者為美國，其密西西比河三角洲數量龐大的農產品，銷往太平洋地區（尤其是亞、澳兩洲各國），經巴拿馬運河使運費大幅度降低而有絕對的競爭力。對美國海軍快速戰艦在大西洋與太平洋之間的迅速調動也有很大的功效。

這兩條運河，對資本主義國家取得原料與推銷商品，縮短運距及時程，降低成本，功效極大；也便利帝國主義者（尤其是歐美強國）對外擴張。當然，世界文化交流與文明接觸，也更為方便。今日的空運雖然已經非常發達，但數量日益增多的大且重的原物料及農產品，還是要靠海運，蘇伊士運河與巴拿馬運河的重要性，不但減，反而增加；甚至於還有拓寬與增建新運河的呼聲。

台灣十大建設與經濟發展

台灣在1960年代之末，西部之南北縱貫公路像是越南戰場，車禍不斷，公路兩旁，經常可以看到車禍車還在冒煙或起火燃燒。高雄港聯外道路容量嚴重不足，碼頭的貨物堆積如山，難以運送台灣各地；碼頭船席嚴重不足，許多進出口貨輪無法靠岸卸貨或裝船，甚至於還有許多貨輪無法進港而暫停港外。西部縱貫鐵路，客運非常擁擠；至於貨運，高雄站每天至少有50%以上的貨物無法運出。雖然對外貿易快速成長，奈何運輸系統嚴重不足，而且系統老舊，安全堪虞。國際機場只靠小小的松山機場，客貨運能皆已飽和，而需求日增。電力供應不足，停電頻繁。進口石油只供燃燒，無法裂解輕油供進一步的高階利用。而工業方面，尚停留在輕工業的層次。

在上述背景之下，蔣經國先生毅然決定推動十大建設，包括：交通運輸類的中山高速公路、鐵路電氣化、北迴鐵路、桃園中正國機場、台中港與蘇澳港等六項；重工業方面，包括大煉鋼廠、大造船廠、石油化工廠、與核能電廠。各項建設次地完成之後，雖然有能源危機與外交挫折，台灣經濟起飛反而引起全球的注目與羨慕。其中，尤其是中山高速公路的效益，立竿見影，即使是一般老百姓也都一目了然。台灣經濟成長率的歷時曲線（圖6），十大建設末期開始，除了能源危機那幾年之外，經濟成長率長期超過10%，

在1999年921大地震之前，尚能維持近10%的程度，若計入地下經濟的部分，其數字會更為亮麗。



圖4 蘇伊士運河（Suez Canal）伊斯馬利亞段（洪如江攝）



圖5 巴拿馬運河的相對位置圖（Credit Google Earth）
（圖中紅點為筆者洪如江加註）

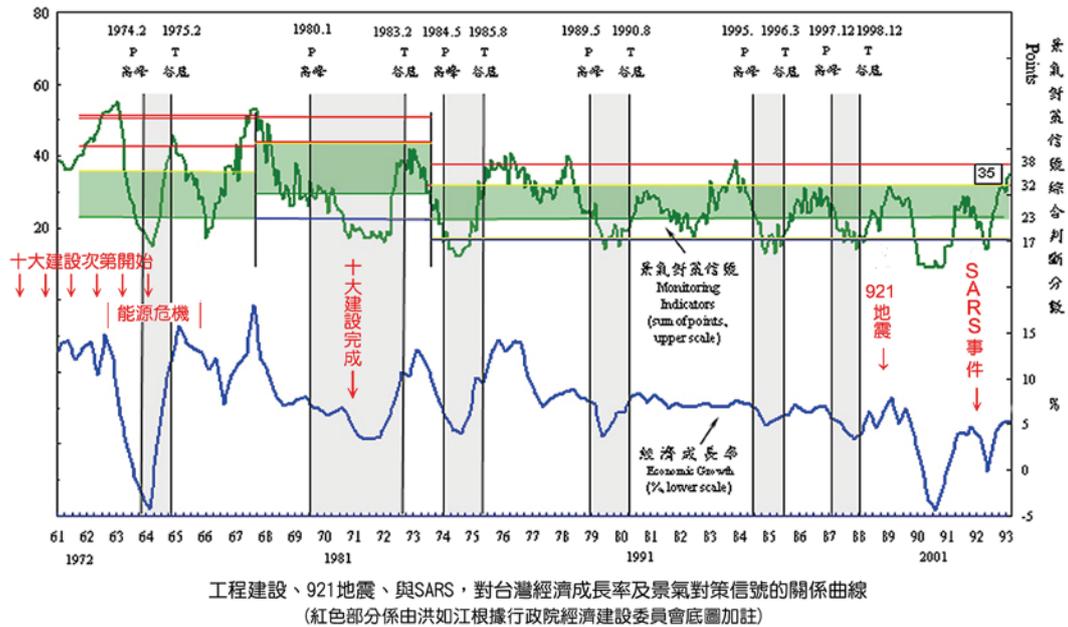


圖 6 台灣景氣對策信號與經濟成長率 (洪如江加註自行政院經建會原圖)

軌道運輸系統與經濟發展

第一次工業革命之後，列強競相建設鐵路，其對人流與物流的功效，眾所周知。孫中山先生也強烈主張廣建鐵路為其志業，惜壯志未酬。

工業城鎮的興起，人口向城市集中，為解決擁擠問題，軌道（多數為地下鐵路）型態的大眾捷運系統，紛紛在世界上各大都會建設通車，例如倫敦（1863）、格拉斯哥（1896）、布達佩斯（1896）、巴黎（1900）、柏林（1902）、紐約（1904）、布宜諾斯艾利斯（1913）、東京（1927）、莫斯科（1935）、鹿特丹（1968）、墨西哥（1969）、北京（1969）、首爾（1970）、巴西聖保羅（1974）、香港（1979）、印度加爾各達（1984）、開羅（1987）、上海（1995）、台北（1997）、高雄（2008）、等等 140 多個城市。

大台北捷運系統沿線的土地及房價上升，經濟活動增強。

有識之士，早在幾十年前就已經了解到工廠及汽機車燃燒化石能源危害人命的危險，開始提倡興建高速鐵路。1964 年，世界上的第一條高速鐵路（256 km/h）在日本啟用；1967 年，法國 TGV001（310 km/h）啟用；1978 年，義大利高速鐵路（250 km/h）啟用；1985 年，西德 InterCity（324 km/h）啟用；1994 年，EuroStar（300 km/h）經英法海隧道連接英國倫敦、比利時布魯塞爾、與法國巴黎（圖 7）；2006 年，西班牙高速鐵路（400 km/h）啟用；2007 年 5 月，台灣高速鐵路（圖 8，最高時速 300 公里）啟用。

目前，大台北捷運系統「單位耗能成本」（每一人每公里所需要消耗的能源，以新台幣計算）約為 0.25 元；高速鐵路的單位耗能成本應遠低於 0.2 元；高速公路上的長途大客車，單位耗能成本可能達新台幣 1 元之譜，依每車載客率而有很大的差異；乘坐計程車，單位耗能成本則需 1.5 元（四人共乘）至 6 元（一人乘坐）；乘坐飛機，單位耗能成本更高。準此，單位耗能成本，高速鐵路系統最低。在旅行時間方面，利用高速鐵路也比利用公路系統快上許多。但不可否認的是，短程的客運，還需要靠公路系統與台鐵區間車的服務。

筆者認為，相對於高速鐵路，服務距離超過 100 公里者，大客車的競爭力急速下降；1000 公里以內的內陸交通運輸，飛機沒有競爭力；超過 350 公里者，利用大客車已經很不經濟，應採用軌道系統。

在長途交通運輸方面，軌道系統除了耗能成本最低之外，尚有下列優點：

- 用地面積遠遠低於高速公路者，因此有利國土保育
- 在軌道上並不直接燃燒化石能源，不會像公路上行駛的汽車排放二氧化碳等等污染性氣體、固體懸浮微粒、熱氣、與噪音
- 車禍遠遠少於公路者
- 速率遠比汽車快，節省乘客時間，而時間就是金錢

ARUP（2014）出版一本富有前瞻性的書本 Future of Rail 2050，預料 2050 年新式高速鐵路的時速將達 1000 公里。



圖 7 英法海峽隧道工程開啟跨國的先端
高速火電車到達巴黎站 (洪如江攝)



圖 8 台灣高速鐵路試車中 (連永旺攝)

灌溉工程對經濟的貢獻

中國秦王政 (秦始皇, 259BC ~ 10BC) 元年, 聽從被捕的韓國間諜鄭國 (也是水利工程師) 的建議: 引涇河之水, 灌溉關中平原, 可保秦國糧食充裕。秦王認為有理, 動員 20 萬人, 令鄭國負責建渠, 完工之後, 名鄭國渠。

中國四川省的都江堰水利工程, 由秦朝李冰父子建設 (約 250BC), 成就了成都平原的文明至今不衰, 而且其灌區日益擴大, 是四川號稱天府之國的一大因素。

中國新疆省吐魯番, 以高溫、乾燥著名, 幾乎無雨水可用; 但因開挖許多地下隧道及豎井, 稱坎兒井, 引天山之水灌溉, 竟將沙漠變綠洲, 盛產葡萄、其他水果、蔬菜, 而聞名於世。目前, 吐魯番地區尚有 1,600 條、長達 3,000 多公里的水利工程系統。

台灣, 1930 年代, 由八田與一技師設計及監造的烏山嶺引水隧道 (長約 3 公里)、土壩 (壩頂長 1,273 公尺, 壩高 56 公尺)、烏山頭水庫 (庫容 1.67 億立方公尺) 及嘉南大圳網絡 (總長度 1,410 公里), 次第完工, 灌溉雲林、嘉義與台南地區約 16 萬公頃的農地,

成為台灣最大的穀倉, 提供台灣最大的產值。1970 年代之後, 才逐漸由輕工業成為經濟發展的主角。曾文水庫 (庫容 7 億立方公尺) 於 1973 年完工, 嘉南農田水利工程系統的供水能力更加穩定。

土木工程之美的力量與經濟發展

李仁芳教授, 在《巷弄創業家》一書 (326 頁) 之中, 強調美的力量, 主張「美力孕育創新力」。下列幾座橋樑, 都兼具型態之美與材質之美, 並且與自然環境和諧相處, 吸引最多的觀光客, 對當地經濟大有助益。

- 美國舊金山的金門大橋 (Golden Gate Bridge, 1937AD ~)
- 法國南部的嘉德水道橋 (Pont du Gard, 19BC ~)
- 中國河北省的趙州橋 (605AD ~)
- 捷克布拉格的查理士橋 (Charles Bridge, 1402 ~, 參見圖 9)
- 等等

參考洪如江 (107 年 4 月土木水利雙月刊) 土木工程與文化 (二) 土木工程之美。

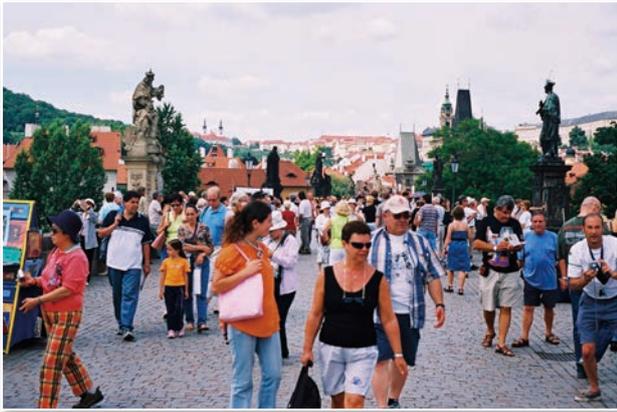


圖 9 捷克布拉格的查理士橋 (Chares Bridge, 1420~)
(洪如江攝)

神聖性的土木工程與經濟發展

歐洲許多大城市，都有一座神聖性的大教堂，吸引信徒及觀光客，例如：

- 翡冷翠 (Firenze) 的聖母百花大教堂 (Basilica di Santa Maria del Fiore)
- 米蘭大教堂 (Duomo di Milano)
- 梵諦岡的聖彼得大教堂
- 巴塞隆納由高弟 (Gaudi) 設計並開始興建的聖家堂 (La Sagrada Familia de Barcelona)
- 莫斯科的聖巴西里斯大教堂 (St. Basil's Cathedral)
- 等等

這些大教堂，多經幾百年的精工雕琢而成；不但是信徒宗教信仰的中心，也是觀光客必訪的景點。

還有許多具有神聖性的土木工程，吸引信徒前往崇拜、觀光客前往參訪：

- 伊斯蘭教的聖石殿 (位於耶路撒冷)，以及在許多國家內的清真寺
- 印度的許多印度教廟宇
- 吳哥窟的許多廟宇
- 台灣的媽祖廟、行天宮 (崇拜 關公)、指南宮 (道觀)、龍山寺 (主神為 觀世音菩薩，也有民間信仰的神像)、農禪寺、等等廟宇
- 中國的萬里長城、都江堰。大量訪客，對其神聖性崇拜的心意，遠大於對其功能的讚賞

城市工程建設與經濟發展

Florida (2006) 指出，全球 20 個「城市廊道」 (Urban Corridors)，居住人口只有 6 億 6,000 萬人

(約為世界人口的 10%)，卻佔世界經濟活動的一半、世界級科學活動的 3 分之 2、與全球創新產業 (innovations) 的 4 分之 3。

當世界人口的一半以上已經居住在城市之中，而台灣人口的 80% 已經居住在城鎮之中。因此，城市經濟發展的成敗，關係到整個國家經濟發展的成敗。

城市的世界級科學活動與創新產業，需要由教育 (包括家庭教育、學校教育、社會教育、在職教育、與自我教育) 培養國內人才，也需要容納國外人才前來。

適量與適質 (通常以低犯罪率為衡量標準) 的觀光客，開發健康的無煙囪工業，不但有助於城市經濟，也有助於提昇城市 (甚至於國家) 的形象。吸引觀光客，必須先珍惜城市中具有神聖性或普世價值的歷史遺產 (Historical Heritages) 及自然遺產 (Natural Heritages)。建構安全、友善而且富有美感的城市空間及人文環境。

台灣的城市，在治安及友善這兩方面，勝過世界上多數城市。台北市，捷運系統的空間，安全而且對使用者友善的程度，筆者認為是世界第一。但城市的天空線 (或稱鳥瞰視覺)，多奇醜無比。公共綠地面積，台北市僅 3.6% (根據 Global leadership on culture in cities, Taipei, 共 12 頁)，難以發揮減碳功能以達到進一步降低空氣污染致病的機率。

土木工程對台灣經濟可能貢獻之處

台灣，自來水尚無法生飲，在家必須浪費人力及能源燒開水，外出常需要購買瓶裝水。建構自來水可以生飲的土木工程系統，就長期觀點而言，符合經濟原則。

污水下水道的接管率尚不及印尼、馬來西亞、新加坡、等等國家；不少危險教室尚待改建或補強；台鐵窄軌系統應改為標準軌系統；許多城市尚未建立捷運系統。許多「危橋」尚待修補或重建。水庫泥沙淤積嚴重，應速建排沙道，以免河川下游河床泥沙侵蝕大於淤積而危及橋樑基礎及護岸結構物。

台灣西部平原，其實只不過是一個「城市廊道」而已 (Urban Corridors 或 Megalopolis, 參考 Florida, 2006)。因此，應積極推動台灣西部平原交通運輸系統的捷運化，以節省用地，並減少車禍及汽機車排放污濁廢氣對眾生的傷害。

工業及城市發展迅速，電力需求快速增加，除太陽能與風能之外，抽蓄發電是目前儲存大量電力的惟一方法，日月潭的兩個抽蓄發電系統就是最明顯的證據。台灣其實還有多處可以開發抽蓄發電的良址，其中，翡翠水庫抽蓄發電計畫最值得優先進行，以其最接近用電中心：台北市。

完善的防災工程，減少生命與財產損失，避免經濟衰退。但土木工程與防災這一議題，宜另文討論。

土木工程業者的規模效應

所謂土木工程業者，指工程顧問業、營造廠、工程材料業、及工程機具業。

任何工、商業者；規模越大者，購買原料、機具、資通訊軟體、專利技術、等等，所享受的折扣越大，成本越低，利潤越高。業者有能力以高薪付給工作夥伴（員工），精進技術及藝術水準。不只替本地以高效率（或高速度）建設（或製造）高品質的工程產品，也有能力進軍國際市場，衍生更進一步的經濟發展與產業升級。

以2008年北京奧運為例，數量及規模龐大的工程，包括新機場、運動場、選手村、等等；台灣沒有一家建築師事務所、工程顧問公司、營造廠，前往競標以取得設計或施工業務。台灣們建築師與工程師的個別水準一流，但業者的規模太小，沒有力量在北京奧運（或其他重大工程建設）20年前就有一個研究團隊從事功能、藝術（尤其是美學）、工程科技、工程作業，加以研發，而提出無可對抗的設計與施工方案讓業主別無其他選擇。

以土木工程使經濟壯大（相當於牛頓力學第二定律 $F = ma$ 之中的 m ）及加速發展（相當於 $F = ma$ 之中的 a ）來提昇國家經濟力量（相當於 $F = ma$ 之中的 F ），需要的不只是（甚至於不是）資訊及知識，而是智慧，例如台灣十大建設的決策（圖6）。

結 論

土木工程建設對經濟的真正貢獻，在於衍生更進一步的經濟活動與產業升級。

美國1930年代的胡佛壩工程所提供水與電力，不但使拉斯維加斯成為美國最大的金雞母之一，對美國

西部幾個州（尤其是南加州）的經濟，貢獻更大。

台灣在1970年代的十大建設，不但使台灣脫離貧窮的困境，而且使得台灣的經濟起飛，成為全世界稱讚羨慕的奇蹟。

受到新一代資訊科技的影響，土木工程也在應用最新科技（Technologies）及追求作業（Operations）的「速度」、「品質」、與「良率」。例如高速鐵路工程、高科技廠房工程，對支撐台灣經濟有很大的貢獻。

受到全球化趨勢的影響，跨國（甚至於跨洲）的重大土木工程建設興起。英法海峽隧道工程及倫敦巴黎間的高速鐵路，開其先端。丹麥與瑞典的國際道路（橋樑為主，加丹麥端的人工島及隧道）繼之。將來，跨越歐、非兩洲的直布羅陀海峽大橋（或隧道）工程，與跨越亞、美兩洲的白令海峽大橋（或隧道）工程，對改善經濟落後地區（尤其指非洲、西伯利亞）的經濟，會有很大貢獻。

歐亞大陸，以其氣候環境與地理環境，將再度成為人類文明躍昇的主要劇場。未來歐、亞交流的東西向交通運輸工具，最可能是單位耗能成本最低的新一代「高速鐵絲路網絡」（HSR Silk Road Network）。能夠佔據這一大網絡「節點」（node point）的國家或城市，經濟成就必然耀眼。

重大土木工程，應由高度專業的工程部或建設部，從事長期規劃，作為先導；再由工程師建設出在幾百年後，甚至幾千年後，還能夠挺立，成為後代子孫的文化遺產（Cultural Heritage）。土木工程界，在從事工程規劃、設計、施工、使用、與復育之時，也要了解自然、遵循自然法則，為後代子孫留下珍貴的自然遺產（Natural Heritage）。

參考文獻

1. 拉斯維加斯政府網頁及 www.LVCVA.com.
2. ARUP (2014), Future of Rail 2050.
3. Diamond, Jared (1997), Guns, Germs and Steel, Vintage.
4. Florida, Richard (2006), "The New Megalopolis", Newsweek, July 3 ~ 10, 2006.
5. Kennedy, Paul (1987), The Rise and Fall of the Great Powers : Economic Change and Military Conflict from 1500 to 2000. 漢文本（世界強權的興衰）由王保存與陳景彪譯，風雲時代出版公司出版。
6. Pennell, J.P.M. (1964), An Illustrated History of Civil Engineering, Thames and Hudson, London. 