英國軌道產業參訪心得報告

摘 要 ABSTRACT

英國是軌道系統的老字號國家，在我們的參訪行程中，看到了英國政府近年來所展現的遠見使命，積極推動全國軌道網路的更新及擴張，也提升了英國軌道產業的國際競爭力。我們從三個方面看到了他們的成果：

- 在政府主導下樹立了產官學合作架構模式，透過英國國家鐵路公司(NR)大幅提升英國主線鐵路系統的經營績效。
- 由NR所發展出的「全生命成本」模式及採購策略，不但使業主(NR)獲得更高的價值及付出較低的成本，同時參與的廠商也更提高其產品或服務的國際競爭力。
- 國家軌道工程學院(NSARE)在政府及企業的支持下，成功的建立教育課程認證制度、人才資料庫及個人職能認證制度。

本文將就下列四項參訪行程的所見所聞提出心得報告，就教於國內交通業界之產官學先進：

- 拜會英國交通部長Baroness Kramer
- 英國國家鐵路公司(Network Rail, NR)的傑出經營績效
- 全生命成本」的實施成果
- 國家軌道工程學院如何規劃人才培育

關鍵詞：全生命成本、軌道人才培育、Network Rail、National Skills Academy for Railway Engineering

交通部／台灣鐵路管理局／局長／周永暉 ❶
中華顧問工程司／軌道技術中心／顧問／曾惠明 ❷

壹、前言

本次英國軌道產業參訪行程，係由台北的英國貿易文化辦事處(British Trade & Cultural Office, BTCO)主辦，全團共16人，涵蓋政府主要軌道主管及建設營運單位，以及民間產業廠商，由交通部鐵路改建工程局的周永暉局長擔任團長。在英國的行程自103年2月24日（一）至28日（五），重要活動有：

- 拜會英國交通部長Baroness Kramer
- 參加第二屆台英軌道論壇，此次由英國軌道產業協會(RIA)主辦
- 拜訪及會見英國軌道產業廠商超過16家
- 參訪英國軌道建設工程

在緊湊行程中，我們可以充分感受到英國在政府（交通部）的領導以及企業界合作下，正在共同努力為英國的鐵道系統未來的5年、10年、20年、50年作規劃，並制訂出務實可行的執行方案，來達成其中長期目標，進而提升國家競爭力，也增加英國軌道產業在全球的商機，此宏觀的長期策略規劃及作法，非常值得台灣效法學習。

本文專注在下列四項參訪行程：

- 拜會英國交通部長Baroness Kramer
- 英國國家鐵路公司(Network Rail, NR)的傑出經營績效
- 「全生命成本」的實施成果
- 國家軌道工程學院如何規劃人才培育

軌道系統為現代化大眾運輸工具，具有安全、可靠、準點、低污染等優點，過去十餘年來台灣的軌道系統已有大幅的進展，包含台鐵、高鐵與捷運

等，逐漸形成軌道運輸幹道網路。展望未來，國內的軌道市場將有新的建設及既有系統的維修，仍然有相當的成長空間，而全球的軌道市場也是非常巨大且快速成長。

值此際台灣的軌道產業應深思，如何能因應國內未來的需求外，更期待能在國際市場中佔有一席之地。由我們在參訪中的所見所聞提出心得報告，就教於國內交通業界之產官學先進，期待能為台灣軌道系統之建設營運，及相關產業之提升，帶來些啟發及助益。

英國政府也積極的支持產業，她說：全球軌道市場非常巨大且快速成長，2010年總產值達到1,000億英鎊（台幣5兆），預估每年穩定成長3%。英國鐵路產業共有200,000位從業人員，每年產值達到120億英鎊（台幣6,000億），其中英國的軌道供應鏈廠商共有約80,000位從業人員，每年產值達到70億英鎊（台幣3,500億）。英國政府積極與產業合作，共同投資於提升技能、研究、發展、及創新等；例如：在政府出資300萬英鎊（台幣1億5,000萬），及企業合作下，英國國家軌道工程學院將於2015年開始提供訓練課程；此外英國交通部在2012至2013年間，編列了3,000萬英鎊（台幣1億5,000萬）用於創新應用計畫之發展及落實。

貳、拜會英國交通部長Baroness Kramer

英國交通部長Kramer女士在接見本團時表示：英國自1990年代啟動鐵路民營化後，旅客人數成長一倍，貨運也有60%的成長。英國交通部將在2014至2019年間，編列380億英鎊（台幣1兆9,000億）預算給英國國家鐵路公司(Network Rail)，用於營運、改進及建設英國鐵路網。同時英國也投資建設新的鐵路系統，如Crossrail、Thameslink line、second high speed line等，並大力支持英國相關廠商抓住這些本土商機，進而拓展全球市場。

在與Kramer女士的互動中，我們感佩英國政府近年來的積極作為，樹立了一個符合國情的產官學合作架構模式，進而推動其全國軌道網路的更新及擴張，也提升了英國軌道產業的國際競爭力。她特別提到鐵路建設是需要整個產業鏈的支持，而建設者所完成的建設必須對接續營運者的系統可靠度予以確保，並將日後有可能影響到營運層面的成本做必要之計算。她所提出的各項規劃及發展，在我們後續的參訪行程中，也一一得到印證。

參、英國軌道產業的亮點：英國國家鐵路公司

自從英國在19世紀初發明了鐵路以來，即積極的推動建設其國內網路，將其國力推向頂峰。擁有悠久傳統及核心能力的英國鐵路，可以概分為四大系統：

- 主線系統(Main Line)，基本上為城際鐵路，類似台鐵的營運
- 大眾捷運(Mass Transit)，如倫敦地鐵，150年歷史，總長400Km、270個車站，每日輸送4百萬人次
- 輕軌系統(Light Rail)
- 高鐵系統(High Speed Rail)，目前僅有連結巴黎及布魯塞爾的歐洲之星(Euro Star)列車

一、英國主線系統

其中的英國主線系統最為龐大，包含超過32,000公里的軌道，及2,500個車站，每年提供13億人次（500億人次公里）的服務，其中65%的旅次係進出倫敦都會區。

英國主線系統早期由民間企業建設經營，隨後歷經公營化的興起及沒落，自1994年啟動民營化，於3-4年完成。原有國營單位轉民營化，專業技術也移轉英國軌道供應鏈體系。此後主線系統的監管及營運機制歷經改變，至今演變成一獨特的模式（見圖3-1）。在此機制下，透過控管NR及ORR的監管，政府仍保有主導角色，而系統的營運採取「車軌分離」政策：

- 號誌、軌道及車站等基礎設施由英國國家鐵路公司NR負責
- 車輛及營運由鐵路營運公司(TOCs)，經由競標得標後負責營運

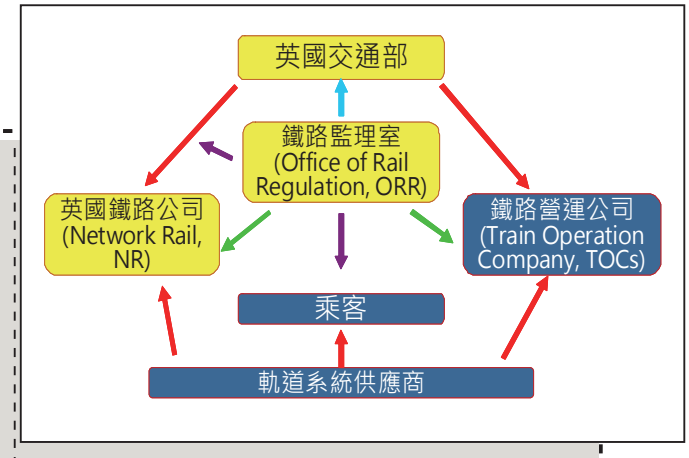


圖3-1 英國主線系統及監管及營運機制

透過目前政府與民間合作共同經營英國主線系統的模式，獲得高效益及低成本的成果。自民營化後：

- 乘客公里成長102%
- 乘客人次成長104%
- 貨運量成長48%
- 成為歐洲最安全的鐵路系統
- 營運成本逐年降低

二、英國國家鐵路公司

在這些成果中，英國國家鐵路公司(Network Rail, NR)的經營及所達成的效益，特別值得我們借鏡。NR是個相當獨特的組織，成立於2002年，它的經營管理有下列特點：

- 營運目標為提供安全、可靠、高效率的鐵路基礎設施給客運及貨運鐵路營運單位
- 經英國鐵路法授權，負責英國主線系統的長期規劃
- 為非營利單位，沒有股東，只有董事會成員。但公司營運依照英國上市公司同樣的標準，例如公司監理及揭露報告
- 制訂5年規劃書，且每年公布更新修正版，規劃書由鐵路監理室Office of Rail Regulation審核。目前已經進入第五期(CP5期2014~2019)，整體運作漸趨成熟。
- 預算來自1.交通部撥款；2.營運收入；3.發行由政府擔保的債券募資

■ NR擁有、經營及維護英國主線鐵路系統的號誌（共830個號誌箱）、車站（超過2,500個）、商業資產（超過8,200個）、平交道（超過6,500個）、軌道（超過32,000公里）、橋樑及隧道（超過40,000座）等基礎設施。NR負責制訂整體網路的營運班次時間表，並直接營運管理其中17個最大的車站。

由上述這些說明，很難在台灣的體制中找到一個接近的模型來正確描述NR的定位。它不是政府機關，但卻依法授權負責英國主線系統的長期規劃，並且可發行由政府擔保的債券募資，因此充滿了公部門特色。它是以依照英國上市公司標準來營運，卻是非營利單位，沒有股東，只有董事會成員。整體來看，比較接近台灣由政府部門成立的財團法人組織。

最容易說明NR所達成的驚人績效在其營運成本的大幅改善（如圖3-2），在過去的CP3期及CP4期10年內，NR的營運成本共減少了47%，而在同時期NR的營運總能量是增加的，換句話說，過去10年內NR的單位平均營運成本（如每公里、每班次等）降低了超過50%以上。這樣的成績是很值得我們研究及效法的，經過一個下午聆聽他們的經驗，以及互動討論，我們發覺了其中一個重要的因素：英國國家鐵路公司採用「全生命成本」模式的採購案評估條件。

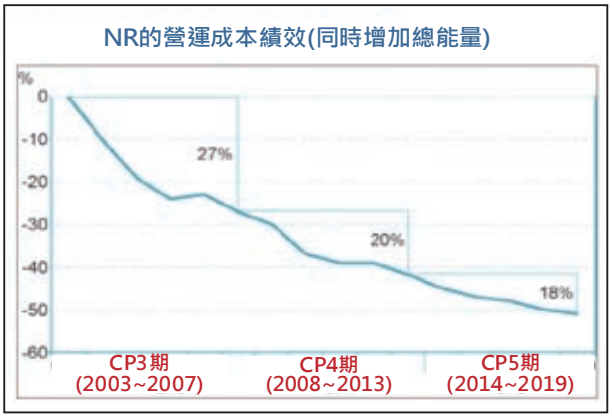


圖3-2 NR的營運績效

肆、「全生命成本」的實施成果

一、「全生命成本」的採購策略

在經過超過10年的演練及實務驗證，NR已經成功推展出適合其使命及定位的「全生命成本」文化，在思維邏輯上，發展出其理論及架構模型，在實務執行上，編輯成作業手冊作為專案規範，其中最關鍵的在於執行「全生命成本」的採購策略。

在思維邏輯上，NR認為「全生命成本」為擁有使用者的真正所有成本，其內涵及架構如圖4-1所示。

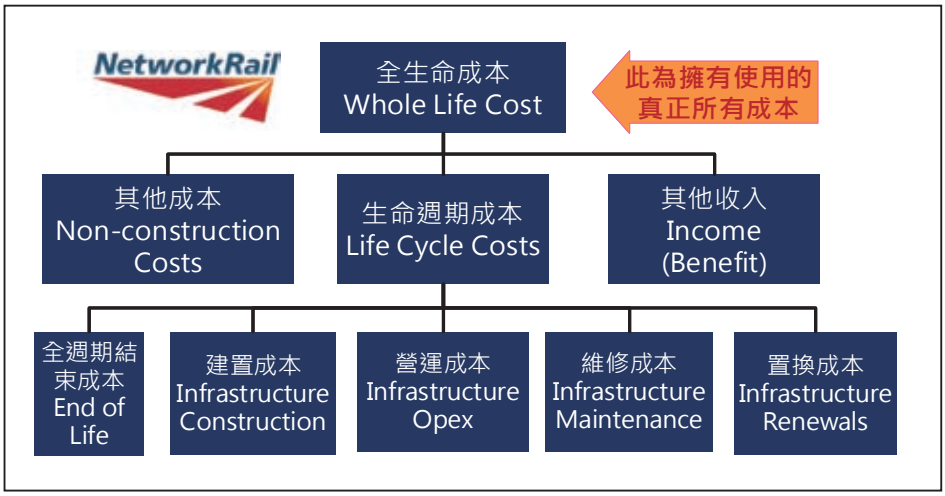


圖4-1 NR的全生命成本架構

這個由底層五個項目所組成的「生命週期成本」架構，是工程及交通界中普遍認知及接受的，但是NR針對其業務的應用，加入了「其他成本」及「其他收入」兩項以財務及管理為主導的項目，提出了更全方位的「全生命成本」架構，作為NR擁有及使用某項系統的真正所有成本。除了升高視野，NR也作了深一層的研究，針對各個子項目的成本作進一步的分析（如圖4-2），以及如何規劃全生命的最大價值及最低成本的作法（如圖4-3）。

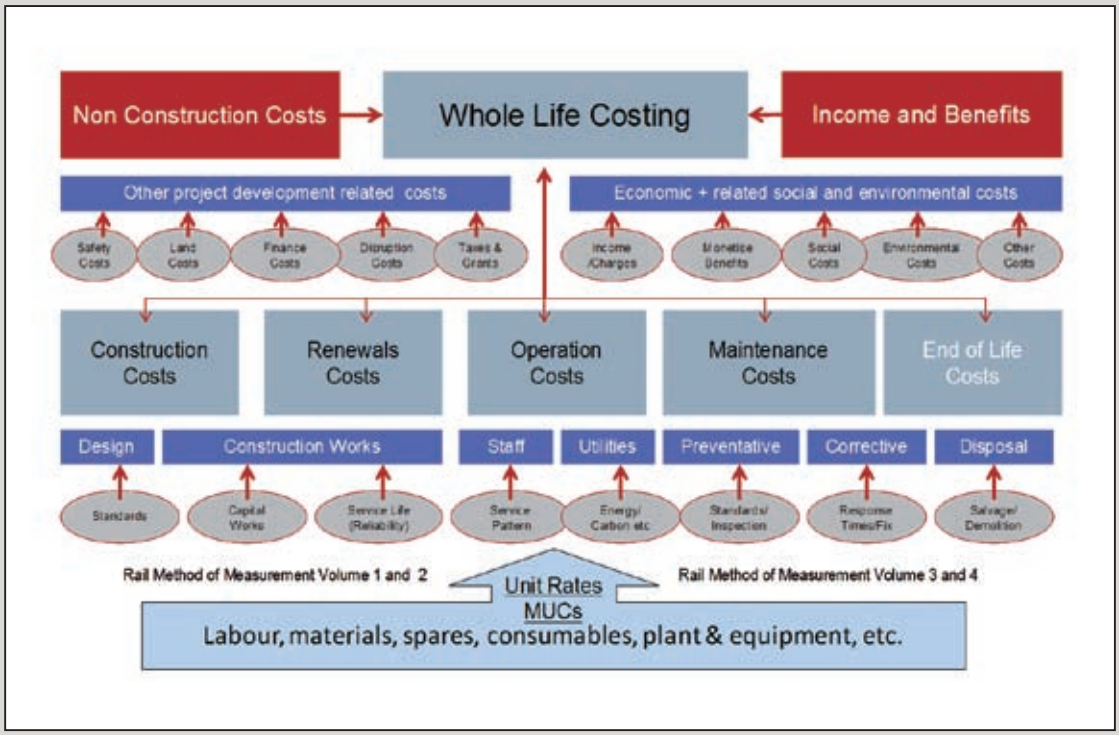


圖4-2 NR的全生命成本分類及分析

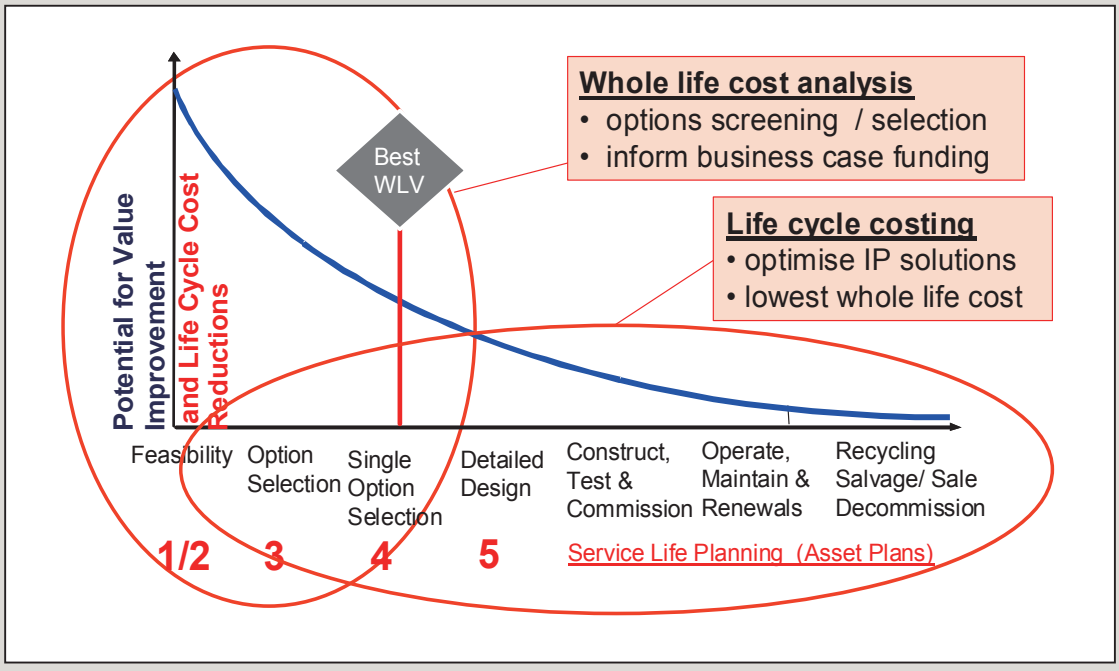
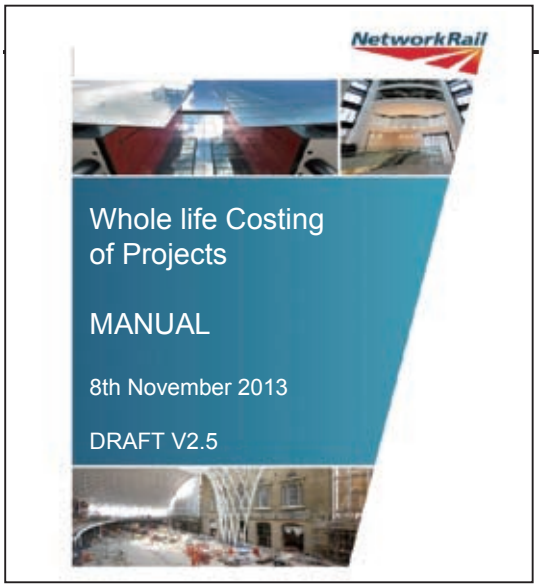


圖4-3 鐵路規劃全生命週期的最大價值及最低成本



在實務執行上，NR將其內部多年研究及實施經驗，編輯成「全生命成本」手冊，作為專案執行規範。重要的內容有：

- 核心原則及指標
- 主要角色及責任
- 如何應用「全生命成本」模式
  1. 經濟及財務分析
  2. 估算資本支出
  3. 估算其他全生命成本
  4. 資產管理政策
  5. 安全及永續經營
  6. 風險及價值管理
- 「全生命成本」模式，應用法則及工具
- 採購策略，供應鏈的參與

在完成如上所述在思維邏輯及實務執行上的準備工作後，NR已經制訂政策，將「全生命成本」列為其CP5期採購的核心策略。在此原則下，NR可以邀請供應商在計畫初期即參與技術發展，在招標文件中將全生命成本列為產品或服務招標評選的條件，並鼓勵投標商提出創新的方法。這些作法的終極目標在使業主(NR)獲得更高的價值及付出較低的成本，同時參與的廠商也更提高其產品或服務的國際競爭力，這是個雙贏的高明策略。

本於「全生命成本」的採購策略，NR於CP5期(2014~2019年)的總採購金額180億英鎊（台幣9,000億），將以三種採購模式執行（見圖4-4）：

- 聯盟型合約(Alliances)：占總採購金額的27%；聯盟型廠商先前透過競標，與NR在計畫初期即建立長期合作關係，共同發展關鍵技術。
- 架構型合約(Frameworks)：占總採購金額的60%；為7年的長期合約。通常為集合多數相同內容的小型合約，透過以量制價的原則來執行；或者是某些特定項目需要廠商長期配合及發展技術，廠商透過長期合約保障基礎下，可規劃並投資改進或創新。在此合約模式下，NR可獲得穩定的供貨或服務，同時也要求合約商在執行期間承諾降價。

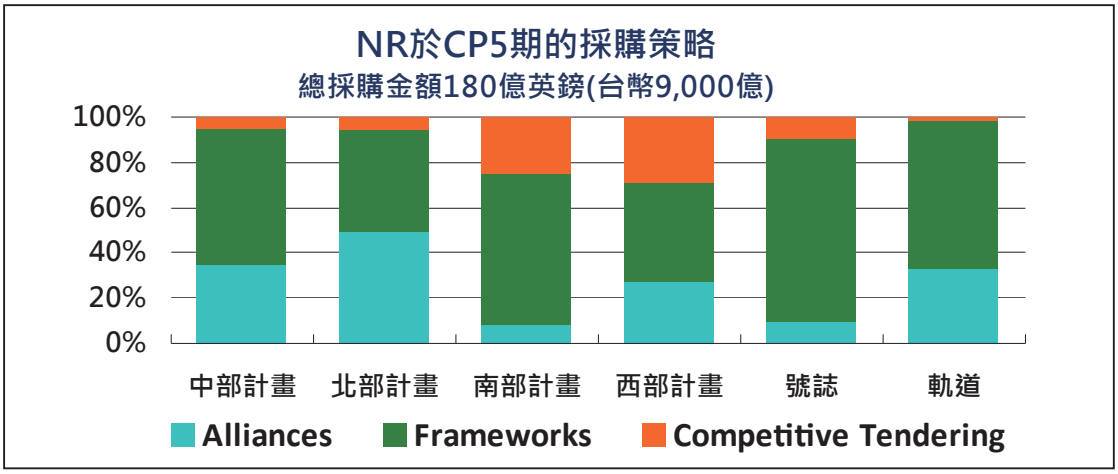


圖4-4 NR於CP5期的採購策略

■ 競爭型合約(Competitive Tendering)：占總採購金額的13%；為一般正常的競標。

二、案例分享：軌道人行陸橋修建計畫

此案NR的總共經費為4,200萬英鎊（台幣21億），目標在4年內完成最大數量之修建，NR採用全生命成本模式，邀請橋樑、油漆、及維修等廠商共同參與評估。其中最主要的橋樑主體，邀請了鋼筋混凝土橋廠商及鋼橋廠商進行討論，並提出創新模式供評估。

NR以「全生命成本」的模型對此案進行評估，此模型包含三個主項目：

■ 建置成本
■ 後續維修時程及成本（計畫維修及臨時狀況）
■ 設施暫停使用的成本

經過一系列量化的分析及評估，並考量陸橋設計、材料及施工的創新，（如圖4-5），得到重要的數據如下：

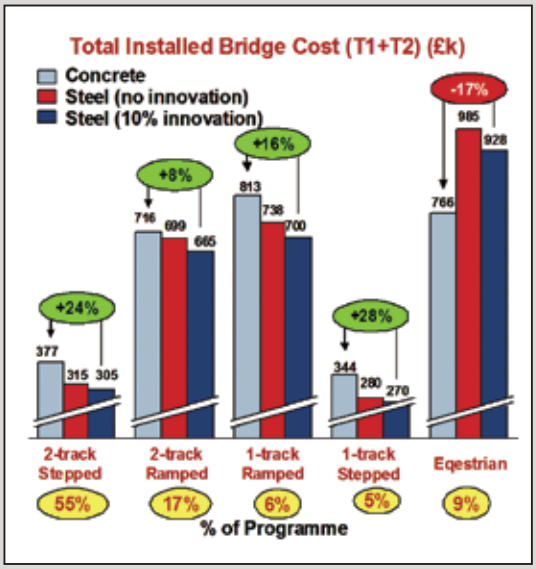


圖4-5 NR於各種人行陸橋的建置成本評估

■ 在四種形式(占總量的91%)的陸橋中，鋼筋混凝土橋的建置成本皆高於鋼橋(8%~28%不等)。
■ 後續的創新研究，預期可進一步降低鋼橋5-15%的全生命成本
■ 以跨越雙軌的階梯陸橋（2 track stepped橋）為例（如圖4-6上半部），鋼橋初期的全生命成本較低，直到滿40年時，因維護大修的要求，

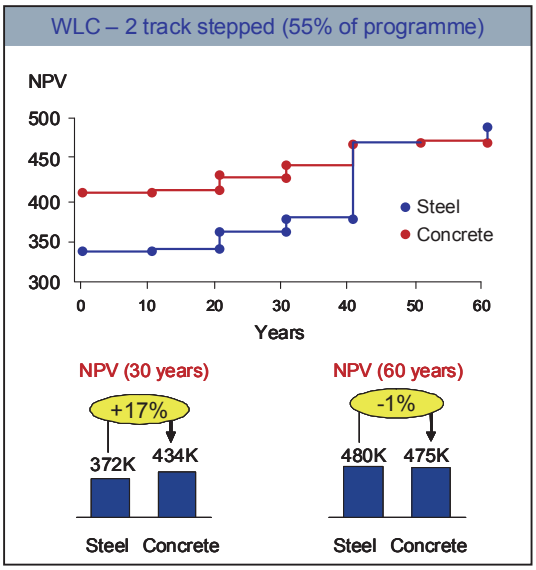


圖4-6 跨越雙軌階梯陸橋的全生命成本評估

鋼橋成本才大幅增加到與鋼筋混凝土橋相仿。

- 如以淨現值法(net present value)來評估（圖4-6下半部），用30年的基期計算結果，鋼筋混凝土橋的建置成本高於鋼橋(17%)。只有用60年的基期計算時兩者的成本才相當。

在上述的評估支持下，NR採用了下列的採購方式：

- 招標評分標準包括
  1. 技術部份：40%；
  2. 價格部份：60%

- 在30年全生命成本考量下，選擇以鋼橋為為主，鋼筋混凝土橋為輔（沿海地區）的策略

三、案例分享：倫敦地鐵公司的電扶梯維修案

倫敦地鐵公司(LU)負責營運龐大的系統，共包含270個車站，其中的電扶梯直接影響營運效率及乘客的搭乘體驗。2011年LU有108座的電扶梯需要規劃長期維修工作。LU以「全生命成本」的模型對此案進行評估（圖4-7），得出三點原則：

- 成本和品質不可分開考量
- 「全生命成本」的規劃，必須有可信的執行能力作後盾
- RAMS成果是「全生命成本」的核心

在此原則下，LU與相關廠商密切互動及研

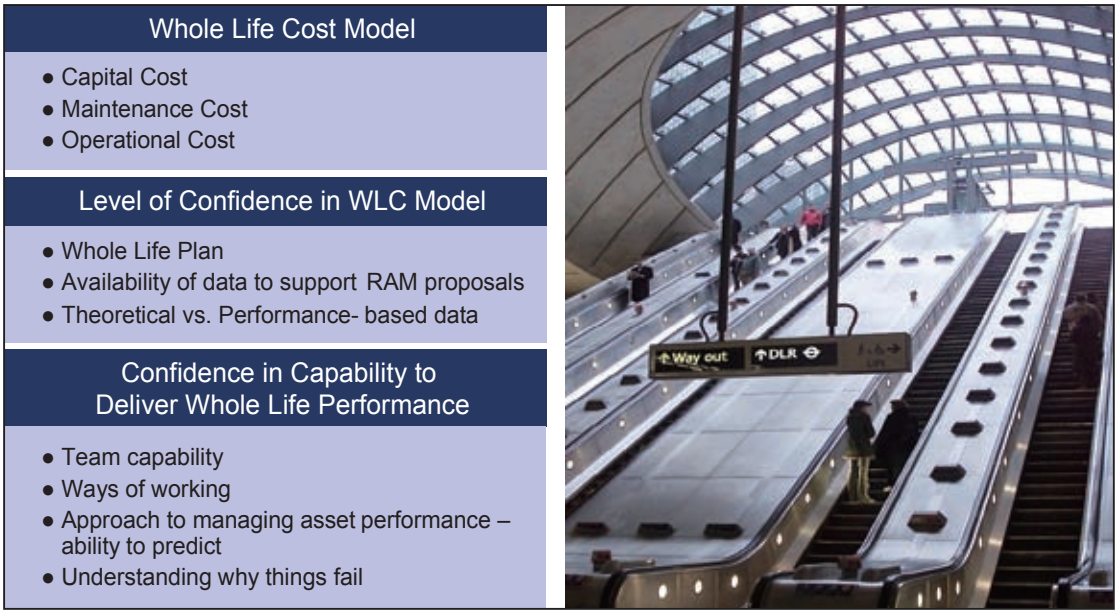


圖4-7 LU的「全生命成本」採購架構

究後，提出了一個招標計畫：

- 20年合約，每5年LU可依前期表現決定是否續約
- 可使用率>99.4%
- 改進平均故障時間(Mean Time Between Failures, MTBF)

此專案執行後，初步已經達成的成果包括：

- 降低合約支出達到60%
- 預估降低全生命成本達30%
- 可使用率達到99.6% (合約前原為98.8%)
- MTBF達成2,200hr (合約前原為1,300hrs)

四、「全生命成本」的秘密

在聆聽NR團隊及廠商所簡報的「全生命成本」經驗後，我們感嘆於業主積極的作為，加上廠商的合作策略，是可以創造出雙贏的局面的。其中的執行層面是不是有些關鍵秘密呢？向我們簡報的其中一個廠商可能提出了一個最重要、也是很簡潔的答案（如圖4-8）：風險與報酬必須對等。

圖4-8 「全生命成本」的祕密

任何有競爭力的廠商必定是以營利為目的，只要政府需要廠商共同合作以達成其專案目的，執行的人員必須記住這個廠商最在意的原則。

伍、國家軌道工程學院的人才培育策略

一、為何成立「國家軌道工程學院」

「國家軌道工程學院」全名為National Skills Academy for Railway Engineering (NSARE)，成立於2010年，主要的使命為規劃及執行下列工作：

- 進行短中期的人才供給及需求預測
- 在大專院校推廣軌道工程
- 推動業內在職技能提升
- 提升教育訓練品質

在2008年時，英國的產官學都達成共識及認知，需要規劃並執行涵蓋整個軌道產業的人才招募、培訓、及發展策略，因此交通部及產業於2009年共同出資進行研究，並於次年由政府同意並撥款成立了「國家軌道工程學院NSARE」，很快的於2011年國家軌道學院轉型公司化並開始營運。

NSARE是以產官學力量推動成立的，也因此以團體會員為主組成。目前2014年有297個團體會員，涵蓋：鐵路客、貨營運公司；鐵路車輛製造及維修商；號誌通訊、電力、軌道工程供應商；英國國家鐵路公司；倫敦地鐵；軌道工程營造商；工程顧問公司及專業工程單位。

二、「國家軌道工程學院」工作策略

NSARE在規劃軌道產業的人才招募、培訓、及發展策略方面，是從下列兩項調查工作開始：

A. 進行軌道人才普查，推估可用人才（供給面）

B. 調查未來英國軌道計畫，估算經費及人才需求（需求面）

（一）軌道人才供給面

軌道人才普查，主要是以會員所屬員工為主體，依據年齡、性別、居住地、專業領域、專業程度等條件進行：

- 依據專業領域分類，共分四類：1. 軌道工程(Track)；2. 號誌通訊(S&T)；3. 供電系統(E&P)；4. 牽引及車輛系統(T&RS)
- 依據專業程度分類，共分四類：
  1. 資深工程師/高階經理；
  2. 工程師/經理；
  3. 資深技工/領班；
  4. 技工

表5-1 NSARE軌道人才普查結果

專業領域	人數
軌道工程	55,500
號誌通訊	12,000
供電系統	3,500
牽引及車輛系統	13,500
總計	84,500
資深工程師及工程師 (%)	17%
女性 (%)	4%

普查結果（見表5-1），共計涵蓋84,500人，而依據年齡、性別、居住地、專業領域、專業程度等各種條件，可作各種分析及比對，進而得以對英國軌道人才的供給面，有更清楚的定性與定量結果。幾個範例提供如下：

- 依據居住地分析（圖5-1左），在牽引及車輛系統(T&RS)方面的人才多集中於英國的大都會區。
- 而依據年齡分析（圖5-1右），明顯的，牽引及車輛系統(T&RS)的人才多數超過45歲(56%)，即將有退休或凋零疑慮，此領域必須在短期內解決傳承的問題。

（二）軌道人才需求面

NSARE首先調查未來英國的軌道計畫（例如NR的CP5期建設計畫），可以估算未來5年所有經費及瞭解工作內容，本此進而推估對四種軌道人才的需求（如圖5-2）。

（三）供給面與需求面的比較

在有了供給面與需求面的數據後，經過比對可以預測各領域人才供需狀況。其中一個結論是（如圖5-3）：如果

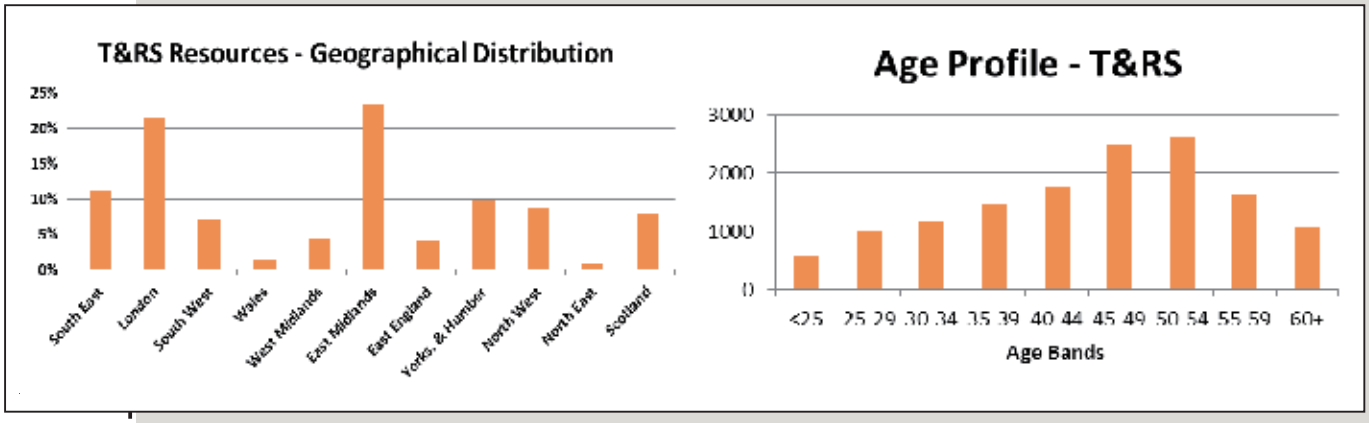


圖5-1 人才供給預測範例

退休年齡為60歲，則與現有人才供給面比較，未來5年內軌道工程(Track)只需增加4%的人才，而牽引及車輛系統(T&RS)則需大幅增加34%的人才，才能滿足英國軌道產業的需求。

在有了各領域人才供需預測數據後，NSARE進行規劃人才招募、培訓、及發展的策略及工作如下：

1. 推動產官學合作，提供軌道工程在職技能教育課程
2. 建立教育課程認證制度，提升訓練品質
3. 建立人才資料庫，提供個人職能認證制度，提升產業能力

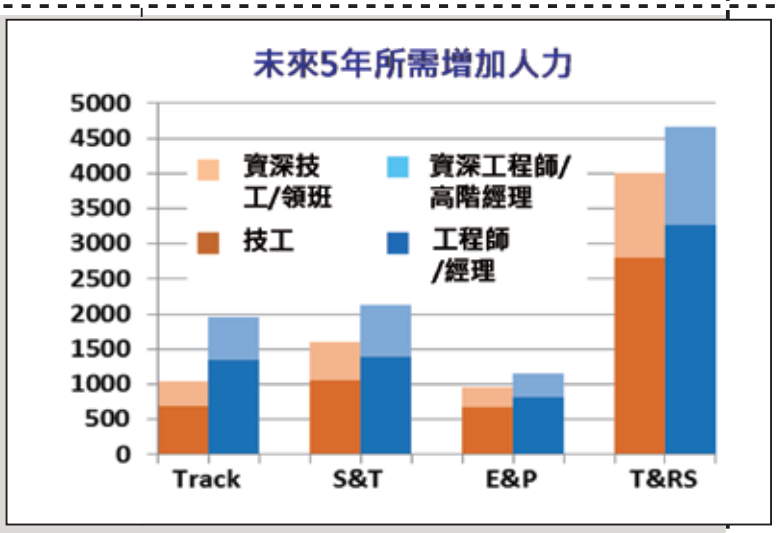


圖5-2 人才需求預測範例

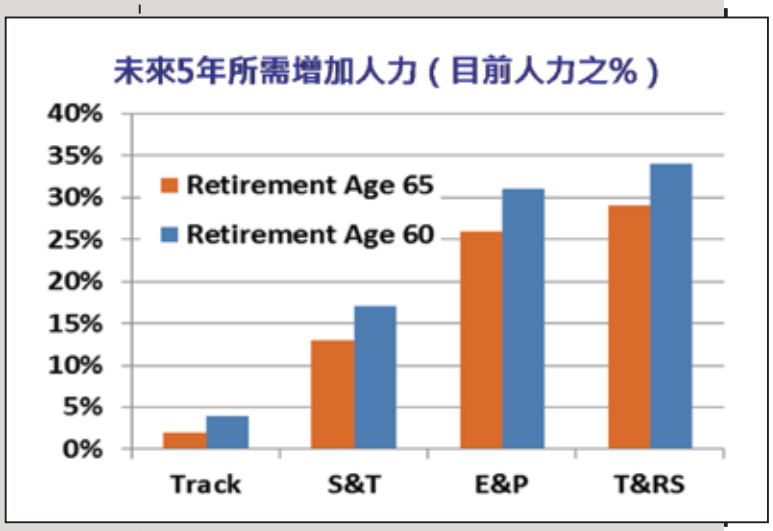


圖5-3 人才供需預測範例

一、提供軌道工程在職技能教育課程

由政府、西門子Siemens、及NSARE合作成立「國家牽引及車輛系統(T&RS)培訓學院」，總投資額700萬英鎊（台幣3億5千萬），其中政府出資50%。

二、建立教育課程認證制度

由NSARE主持的軌道訓練課程認證制度，已經涵蓋了90個公司的訓練課程、450講師及評鑑員、以及50個訓練場地。在這些獲得認證者中，90%得到‘Good’評等，10%得到‘Outstanding’評等。NSARE下一步的重點，將強化授課講師的培訓工作。

三、建立人才資料庫，提供個人職能認證制度

由NSARE建立的人才資料庫及個人職能認證制度，已經有超過16,000人（任職於80家單位）註冊登記。此人才資料庫結合訓練課程認證制度，紀錄個人技能、資格等資料，並且提供個人職能認證制度(Skills ID)。資料庫僅雇主及個人可以查閱，藉此鼓勵個人職能發展。

陸、結語

由英國交通部長Kramer女士的說明中，我們聽到了英國政府近年來所展現的遠見使命，積極推動全國軌道網路的更新及擴張，也提升了英國軌道產業的國際競爭力。我們從三個方面看到了他們的成果：

- 在政府主導下樹立了產官學合作架構模式，透過英國國家鐵路公司(NR)大幅提升英國主線鐵路系統的經營績效。

- 由NR所發展出的「全生命成本」模式，訂定明確的目標、精準的分析數據，透過整合的財務、管理、及工程專業團隊執行此採購策略，不但使業主(NR)獲得更高的價值及付出較低的成本，同時參與的廠商也更提高其產品或服務的國際競爭力，這是個雙贏的高明策略。

- 國家軌道工程學院(NSARE)先取得政府及企業的支持，由人才需求及供給面開始作有系統的調查，得到的明確量化數據結果，即成為後續設立人才培訓教育課程的依據。NSARE也進一步以其公正超然的地位，建立教育課程認證制度及人才資料庫，並提供結合兩項資料、有利於整個產業發展的個人職能認證制度。

這三個方面的成果，由當初啟動及執行的過程，我們可以看見英國的政府與民間企業如何共同努力，去規劃他們的未來。他們所展現的遠見使命、團隊合作的精神、務實有序的做事方法、積極任事的態度等，都是非常值得我們學習效法的。