

第三章、國道工程背景及分標演進

3.1 國道工程內容

3.1.1 概述

依彭延年先生、廖肇昌先生在其「國道工程建設研究發展趨勢」文中說明，台灣四面環海，為一狹長形島嶼，島上地形多山且呈南北走向，山勢陡峭西部多平原而東部多山脈阻隔可利用平地少，因此人口大部分聚集在西部地。又台灣位於地震帶，全島地質複雜、變異性高，使環島高速公路網(如圖 2)在規劃設計及施工上的困難度及風險性相對提昇。因此，在面臨工程上的困難度不斷提高、建設時程的緊迫及環保的嚴重要求下，使得工程建設必須藉由前瞻性的研究發展，以及採用許多近代的工程技術，方足以克服特有之工程環境、特殊的地形、滿足完工後之營運管理需求。【彭延年、廖肇昌，民 82】

國道工程因屬線形工程遇到地形變化甚大，有平原、丘陵地、台地、高山、河川等，依工程屬性可分為路工工程、橋梁工程、隧道工程、建築工程、設施工程五大類，主要工程內容包括路工工程、橋梁及結構物工程、排水工程、植草及植栽工程、公路照明及號誌預埋管工程、橋梁附掛交控管道工程、其他雜項工程等；以及提供用路人休憩、用餐、加油之服務區建築工程、管理單位所需要之工務段建築工程等；另為提供用路人行駛國道時必要之交通安全設施，並提供道路主管機關必要之營運管理設施，國道工程之設施工程總括有交通工程設施、隧道機電系統工程設施、交通控制系統工程設施、地磅系統工程設施、收費系統工程設施、無線電通訊系統工程設施共六項【陳靖宇，民 89】。國道開放通車後車速較一般公路為快，因此需要有較高的服務用路人品質，所以尚有其他附屬工程，例如：對於用路人行車視覺不致單調之景觀工程；車速變化路段之公路照明工程。

建設期階段依施工順序為中山高速公路、北部區域第二高速公路(下稱北二高)、北宜高速公路、第二高速公路後續計畫、國道

六號南投段計畫，如圖 3。



圖 2 環島高速公路網

資料來源：摘錄自交通部台灣區國道新建工程局網站

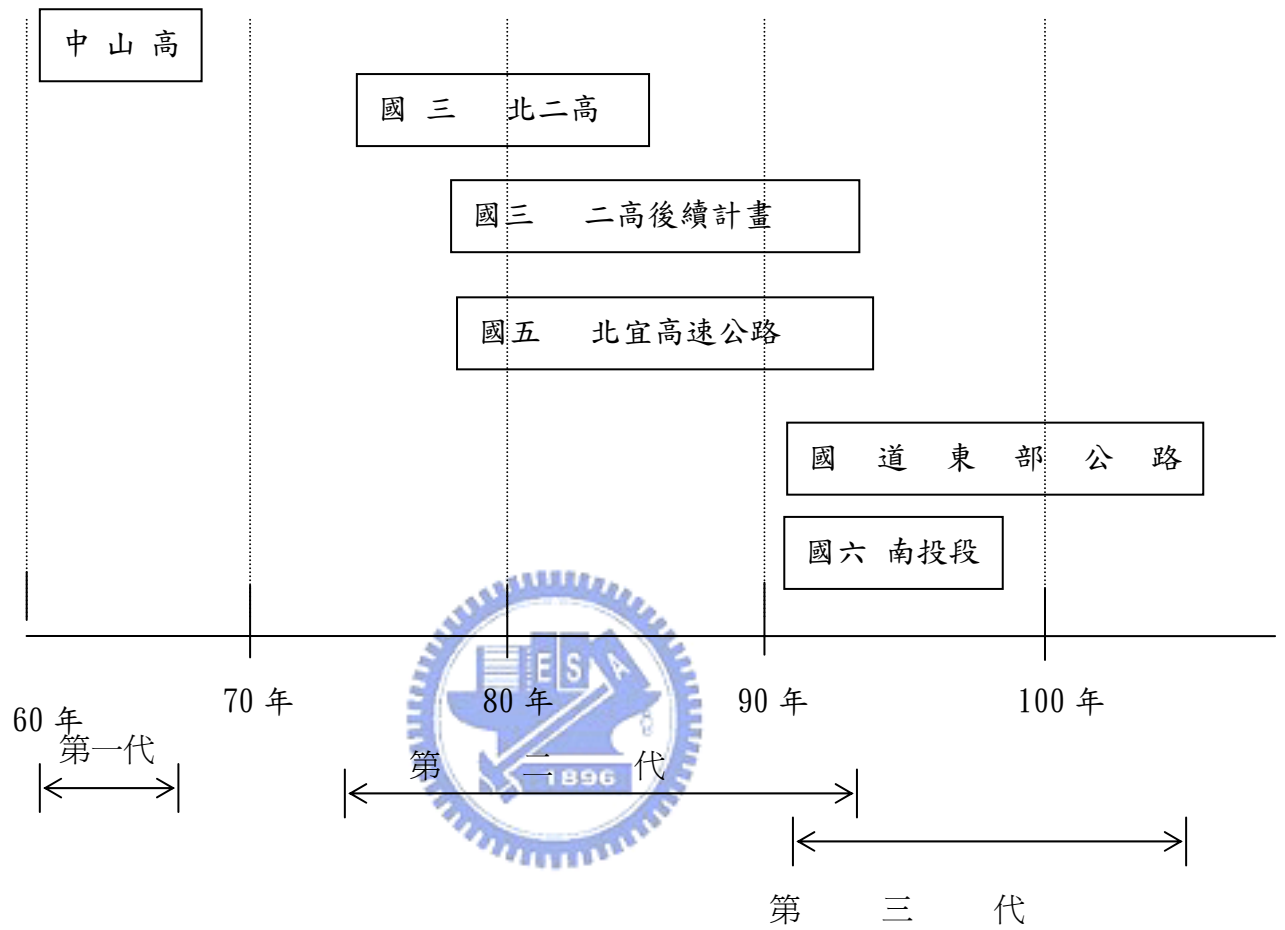


圖 3 國道工程建設階段(規設至完工)示意圖

資料來源：本研究整理

3.1.2 國道工程各項內容

1. 路工工程

路工工程包括土石方工程、路面工程及路工雜項等。土石方工程包括清除與掘除、拆除、不適用材料挖除、路幅開挖、路堤填築、借土、棄土等項；路面工程包括級配粒料底層、廠拌地瀝青處理底層、密級配瀝青混凝土、開放級配瀝青混凝土、液化地瀝青透層、黏層等。

2. 橋梁及結構物工程

國道橋梁工程施工工法計有預力混凝土 I 型梁吊裝工法、鋼箱型梁吊裝工法、就地澆注逐跨施工工法、就地澆注平衡懸臂工法、預鑄節塊平衡懸臂吊裝工法、支撐先進工法等，尚包括橋梁支承、金屬橋欄杆、橋面伸縮縫、橋面洩水孔、橋台不銹鋼板門、人孔蓋及座、抗拉拔裝置、防護柵欄、構造物開挖、構造物回填、透水材料回填、沉箱、樁基礎、擋土支撐、串方塊混凝土護坡等。

國道橋梁施工之主要時期可分為三個階段，分別為中山高速公路時期（民國 59~67 年），北二高時期（民國 76~86 年），二高後續計畫及北宜高速公路時期（民國 81 年~迄今），以下就其演進的過程分作說明：中山高速公路為民國五十九年政府推動十大建設之一，於民國六十年八月開始興建，歷時七年，於民國六十七年全線完工通車。路線全長 374 公里，橋梁 343 座總長 33.9 公里，約佔路線總長的 9%。【陳國隆，民 91】

北部第二高速公路於 1987 年開始規劃興建，為避免拆遷及配合新市鎮之發展，路線多沿都市邊緣之丘陵地區，又為減少區域阻隔及用地面積，影響區域排水、降低土石方棄借及運送等環保問題，故橋梁比例大為增加，北二高全長 117 公里，橋梁 107 座（不含匝道橋）總長 25 公里，約佔路線總長之 21%。二高後續全長 388 公里，橋梁總數達 297 座（不含匝道橋），約佔 48%，北宜高速公路全長 54 公里，橋梁總數 27 座（不含匝道橋），約佔 54%，橋梁比例統計如表 13。

表 13 國道橋梁工程比例統計表

路線名稱	主線總長(公里)	主線橋梁座數	主線橋梁總長	橋梁佔主線比例(%)	匝道、跨越橋座數	匝道、跨越橋總長
中山高	374.0	343	33.9	9	35	3.4
北二高	117.8	107	25.0	21	121	15.3
二高後續計畫	387.1	297	185.4	48	291	68.4
北宜高速公路	54.5	27	29.7	54	19	4.4

資料來源：摘錄自陳國隆，「國道橋梁工程技術的演進」

3. 隧道工程

由於台灣為多山地形，且第二高速公路服務對象，國道路線逐漸深入山區，因此隧道工程比例日漸提高，在規模及數量需求方面日益增大。因台灣地區位處歐亞大陸板塊及菲律賓海板塊衝撞帶，地質條件複雜多變，隧道工程常因沿線通過之地質年代較年輕，岩性及構造之變化差異頗大，甚至可能遭遇斷層、擠壓、岩爆、地熱、湧水等困難地質的挑戰，往往成為交通建設之關鍵工程。北二高隧道共有 24 座，累計單線長度達 16.1km，二高後續基沙段隧道 6 座單線總長 4.9 公里，並於嘉義路段完成覆土僅 30-40 公尺，且地質年代極年輕的軟弱砂、泥岩互層，質地鬆散似砂，且含豐富地下水的蘭潭隧道兩座，總長約 2.5 公里。另於高雄縣旗山鎮中寮山下完成行經泥岩、泥質砂岩、頁岩及砂岩與頁岩互層等數種不同狀況地質的中寮隧道兩座，總長約 3.7 公里。另外北宜高速公路亦相繼完成總長單線 14.4 公里的南港一、二號隧道，烏塗隧道及國內目前最長的公路隧道-彭山隧道。目前進行單線總長 25.9 公里之北宜高速公路雪山隧道，目前規劃

設計中的隧道計有台東太麻理段 2 座隧道總長 7.97 公里，花東段 4 座隧道總長 8.51 公里，蘇澳花蓮段 18 座隧道總長約 80.1 公里，台中環線豐原霧峰段 20 座隧道總長約 25.2 公里，霧峰埔里段 10 座隧道總長 10.8 公里。另有完成可行性評估的中橫快速公路埔里花蓮段隧道總長預估達 94 公里，及評估中的南橫快速公路，各計畫路段隧道數量如表 14。【黃治、劉志學，民 91】

表 14 國道工程隧道數量統計表

計畫名稱	路段	隧道名稱	工程作業階段	隧道總長度
北二高	汐止中和段	福德隧道	營運階段	3.49KM
		木柵隧道	營運階段	3.72KM
		景美隧道	營運階段	1.14KM
	汐止新店段	新店隧道	營運階段	2.41KM
		碧潭隧道	營運階段	1.02KM
	中和鶯歌段	安坑隧道	營運階段	0.86KM
		中和隧道	營運階段	1.66KM
	汐止中和段	台北隧道(I)	營運階段	1.59KM
		台北隧道(II)	營運階段	0.36KM
	二高後續	基隆汐止段	基隆隧道	營運階段
七堵隧道			營運階段	1.09KM
汐止隧道			營運階段	1.31KM
二高後續	田寮燕巢段	中寮隧道	營運階段	3.69KM
	雲林嘉義段	蘭潭隧道	營運階段	2.45KM
北宜高	南港頭城段	南港一號隧道	營運階段	0.79KM
		南港二號隧道	營運階段	5.42KM
		烏塗隧道	施工完成	0.46KM

計畫名稱	路段	隧道名稱	工程作業階段	隧道總長度
		彭山隧道	施工完成	7.68KM
		雪山隧道	施工階段	25.89KM
國道東部 公路	台東太麻里 段	1*2(雙向) 共 2 座隧道	設計階段	總長 7.97KM
	花蓮台東段	2*2(雙向) 共 4 座隧道	已完成規劃階 段	總長 8.51KM
國道東部 公路	蘇澳花蓮段	9*2(雙向) 共 18 座隧道	已完成規劃階 段	總長 80.1KM
台中環線	豐原霧峰段	10*2(雙向) 共 20 座隧道	設計階段	總長 25.2KM
中橫快速 公路	霧峰埔里段	5*2(雙向) 共 10 座	施工階段	總長 10.8KM
	埔里花蓮段		已完成可行性 評估階段	估計總長約 94KM
南橫快速 公路	-	-	可行性評估階 段	評估中

資料來源：摘錄自黃治、劉志學，「國道隧道工程回顧」

4. 排水工程

排水工程包括排水箱涵、排水管涵、各類型排水溝、進水井、集水井匯流井、明渠改道、截流溝、放流工、地下排水暗渠、橋台保護、堤防復舊、排水雜項工程等。

5. 植草及植栽工程

植草及植栽工程包括中央分隔帶暨邊坡保護噴植草種及喬木、灌木、地被類、蔓藤類、生態綠化苗木植栽等植物之種植與養護工程等。

6. 公路照明工程及號誌預埋管工程

公路照明工程及號誌預埋管工程包括地下管溝開挖及回填、

預埋管、手孔、燈桿基礎、開關箱基礎、出線盒、拉線箱、燈桿、燈具、電纜、電線等。通常號誌設備由當地地方政府機關或警政單位另行按裝。

7. 國道橋梁附掛交控管道工程

橋梁附掛交控管道工程包括橋梁附掛管路座、拉線箱、工作平台、第三種接地等。

8. 其他雜項工程

包括隔音牆、路權界樁、施工便道及便橋、試挖、工地辦公室及工地試驗室等。

9. 設施工程

前已述及國道設施工程總括有交通工程設施、隧道機電系統工程設施、交通控制系統工程設施、地磅系統工程設施、收費系統工程設施、無線電通訊系統工程設施共六項，再分述如下：

(1) 交通工程設施：

主要在提供用路人行旅安全舒適與便捷的服務、防止交通事故發生、導引用路人行車方向，主要有金屬護欄、鏈式鐵絲網柵欄、混凝土護欄、緣石、里程碑、反光導標、擠型鋁及鋁鈹標誌、架空標誌、路面標記、標線、號誌、防眩板等。

(2) 隧道機電系統工程設施：

公路隧道為一封閉性行車空間與一般開放空間路段之行車行為不盡相同，隧道內行車視距，空氣品質或交通事故之緊急應變均受限制，故隧道除本體之土木構建外，必須輔以自動監測控制之隧道機電設施，始能確保用路人在隧道內之行車安全，主要有電力系統、通風系統、照明系統、火警偵測系統、消防系統、監控系統等。

(3) 交通控制系統工程設施：

交通控制系統係利用各種交通監控設施與相關交通控制策略與理論等之結合運用，有效提供用路人資訊，並迅速協助用路人解決突發性困難、使整體路網能達到減少壅塞產生之延滯、降低交通事故之發生、加速事故處理時效、作為交通改善計畫之研擬，主要有：

① 資料蒐集子系統：包括車輛偵測器、天候偵測器、閉路電

視攝影機、坍方偵測器橋、梁陷落偵測器、空氣污染監測站等。

②通訊傳輸子系統：包括有線電通訊子系統、隧道緊急廣播子系統、交通專業電台、傳輸子系統等。

③控制中心及電腦處理子系統：包括控制中心、次控中心。

④資訊通報顯示子系統：包括資料可變標誌、圖誌可變標誌、速限可變標誌、匝道儀控號誌、車道管制號誌、路況查詢終端機等。

(4)地磅系統工程設施：

高速公路地磅系統工程為線上即時運轉之整體系統，運用電子儀器暨電腦化處理設備並與交通控制系統連線，達到蒐集過磅載重資料，透過分析模式研判，適時發出警示及取締運輸業者的超載行為，以維護路面及橋梁的使用安全。主要有靜態地磅系統、動態地磅系統、篩選式地磅系統。

(5)收費系統工程設施：

基於使用者付費原則及高速公路建設與維修成本所需，許多國家均採用徵收工程受益費方式挹注經費，中山高速公路於六十三年由交通部核定徵收工程受益費作業管理要點後即開始於高速公路主線上收通行費。目前收費方式仍為人工收費，並配合運用電腦自動化設備監控管理收費狀況，將來因科技發展，電子收費為未來之趨勢，可提供用路人更便捷之服務，亦可節省管理單位之人力成本。主要有：

①人工收費系統：包括電腦設備、站長收費工作站、監視控制工作站、票務記帳工作站、收費系統控制器、車輛偵測器、狀況顯示板、車道操作台。

②電子收費系統：包括電子收費系統專用電腦、收發訊號及天線、車輛偵測與鑑別設備、錄影存證設備、車道控制器、車上單元。

(6)無線電通訊系統工程設施：

目前高速公路係採用中繼式無線電系統，中山高速公路分為北、中、南三個無線電通信區域，北部第二高速公路為一個

無線電通信區域，各區域皆設有其專用之無線電終端機，以控制區域內所有轉播站、車裝台、手提台間之通信，並透過有線傳輸路由與有線電話系統連接，形成整體通路傳輸網路。主要有無線電終端機及監聽管理設備、無線電收發訊機及控制器(轉播站設備)、車裝式無線電話機(車裝台)、手提式無線電電話機(手提台)、無線電中繼器。

10. 建築工程

建築工程包括服務區之服務中心、宿舍、廁所、污水處理廠等建築工程，工務段之辦公室、宿舍、道班房、檢修廠等建築工程，收費站之辦公室、宿舍、收費亭與收費亭頂蓬、地下人行通道、地磅站等建築工程，警察廳舍辦公室、宿舍、警勤訓練場等建築工程。

3.1.3 國道工程作業模式及分標作業時機

國道工程係屬高速公路，為連絡重要港口、機場、省道、都市的主要道路，其建設計畫投資成本高，可帶動關聯產業發展，無論其興建為供給導向或需求導向，皆須符合國家政策目標為原則。【黃浩，民 88】

有鑑於此，高速公路需就國土開發、區域發展、運輸需求、環境保護、工程條件等因素規劃設計施工完成建設，其作業模式概可分為可行性研究、工程規劃、工程設計、用地取得、發包施工等階段，分述如下：

1. 可行性研究

高速公路建設計畫須先針對下列各政策目標進行可行性研究工作，研擬路廊方案：【以民營方式興建高速公路之可行性研究，民 80】

(1) 配合國土綜合開發計畫

為促進國家土地及天然資源之保育利用、人口及產業活動之合理分佈，以加速並健全經濟發展、改善生活環境、增進公共福利，有賴於完善之國土綜合開發規劃。交通建設為國土開發建設之母，高速公路為等級最高之公路，可視為國土城

鄉間之大動脈，所以高速公路路廊必須配合國土綜合開發計畫。

(2)改善整體運輸結構

台灣地區面積狹小，內陸運輸距離最長部分僅 400 公里，對於長程運輸之鐵路與航空較不經濟，因此運輸仍以公路為主，尤其高速公路又具有交通流量大、服務中長程為主、可紓解都會區交通、行車速率高等特性，足以有效改善整體運輸結構。

(3)帶動國內總體經濟發展

高速公路興建計畫屬於重大公共建設計畫，以經濟環境而言，可帶動相關產業開發，提高大量就業機會，在營運階段，發揮「貨暢其流」之效用，可促進經濟復甦，對於帶動國內總體經濟具有正面效果。

(4)加強國防力量

健全的運輸系統將提升國防力量，完善之運輸系統能快速集中人員、物資，確保補給線之暢通，高速公路可提供優越的機動運輸，亦可作為飛機臨時起降之戰備跑道，無形中可以加強國防力量。

2. 工程規劃

依據可行性研究所研擬路廊方案，考量路廊內之運輸功能、環境衝擊、土地利用、工程特性等因素，研選一條路線方案進行工程規劃設計，並提出初步分標方案，作業流程如圖 4，其規劃設計原則通常考量下列因子：

- (1)能滿足運輸規劃目標，發揮運輸功能。
- (2)配合區域生活中心都市及旅遊中心區位，提高直接服務之可及性。
- (3)盡量配合地形採用較大之幾何設計標準，佈設平縱面線形，以提高行車安全。
- (4)避開重大地質災害地區和淹水區，無法避免時應以適當之工程構築方式通過，以減少可能發生之災害。
- (5)盡量避免破壞自然生態、天然景觀及文化資源，維護生態平衡及環境品質。

- (6)盡量避免對水庫、河川、空氣、噪音等污染，以減少公害。
- (7)盡量節省可利用土地資源，減少地上物拆遷。
- (8)配合國防需要，避開軍事用地。
- (9)配合都市、交通及河川治理等相關建設計畫，發揮相輔相成之功能。

3. 工程設計【朱寶基，民 89】

設計工作係規劃之後續作業，區分為初步設計及細部設計二階段，分述如下：

(1)初步設計

主要工作為路線、附屬設施、路權、結構型式、施工時程等相關工程方案的定案作業。依據規劃成果，再輔以補充測量、地質調查及現地資料進行初步設計，工作重點為規劃路線的審定，工程之分標計畫與路權設定，作業流程如圖 5。

(2)細部設計

依據初步設計核定之路線平縱面、交流道型式、橋梁配置工法、排水設施、整體景觀計畫、施工綱要等廢續辦理，並繪製設計圖等資料，俾供施工營建階段使用。工作重點為將初步設計成果配合更進一步相關資料辦理設計，確認分標計畫及備妥發包文件、工程預算，作業流程如圖 6。

4. 用地取得

依據工程規劃設計成果，劃設路權用地範圍，並依據土地法規定，辦理高速公路用地徵收工作。其作業首先測設路權界樁、調查路權範圍內之地籍資料、查估路權範圍內之地上建物拆遷補償費與地上農作物補償費，備妥上述土地相關資料後，循序向有關單位申請並公告徵收，最後將土地費用併同地上物拆遷補償費發放所有權人，完成用地徵收作業。此項作業係與細部設計同步辦理，以節省計畫期程。

5. 發包施工

當用地確定公告徵收階段，工程即可依相關法令規定辦理發包施工，發包前再考量施工管理需要、工程性質、完工通車各項因素等將設計完成標別再予併標發包或再分標發包。

3.2 國道工程發包作業及契約型態

3.2.1 中山高速公路工程發包作業【鄭文隆，民 92】

中山高速公路興建當時，工程發包法源為「審計法」、「審計法施行細則」、「機關營繕工程及購置定製變賣財物稽察條例」、「行政院暨所屬各機關營繕工程招標注意事項」，在發包之始三重中壠路段因受亞銀貸款條件限制，係以國際公開招標外，其餘路工路段則以議價方式交由榮工處及中華工程承建，同時為培植國內營建廠商，橋梁標乃有以開國內標，亦有要求以邀請國際廠商共同參與方式辦理招標。公開招標前為慎選優良廠商，乃採行廠商資格預審制度，評估項目為財務狀況，施工業績，施工機具及技術人力。故此一時期，國道建設有相當比例是仰賴公營營建機構及國外廠商來從事施工，一般民間業者受限於財力與能力，故參與機會較少。

3.2.2 北二高工程發包作業

北二高工程於民國七十六年開始發包，係由交通部台灣區國道高速公路局辦理發包作業，大致依循中山高速公路之發包模式。中山高速公路工程為選取優良廠商參加投標比照國際標先辦理廠商資格審查，實施後效果良好，各得標廠商均能克服施工上之困難全力施作，使全部工程都能在限時內完工，該審查辦法深獲上級機關讚許及其他機關的採用。北二高工程複雜、數量龐大、工期緊迫，為使公開招標工程均可順利完成，更有先辦廠商資格審查之必要，故而比照中山高之模式，配合北二高需要，辦理廠商資格審查。至於機電交控標則採【國內廠商＋國外廠商】聯合承攬方式辦理公開招標，先分別辦理國內及國外廠商資格審查，而後再由審查合格之廠商自行尋覓聯合承攬之國內外廠商參加招標。【林旭堂，民 89】

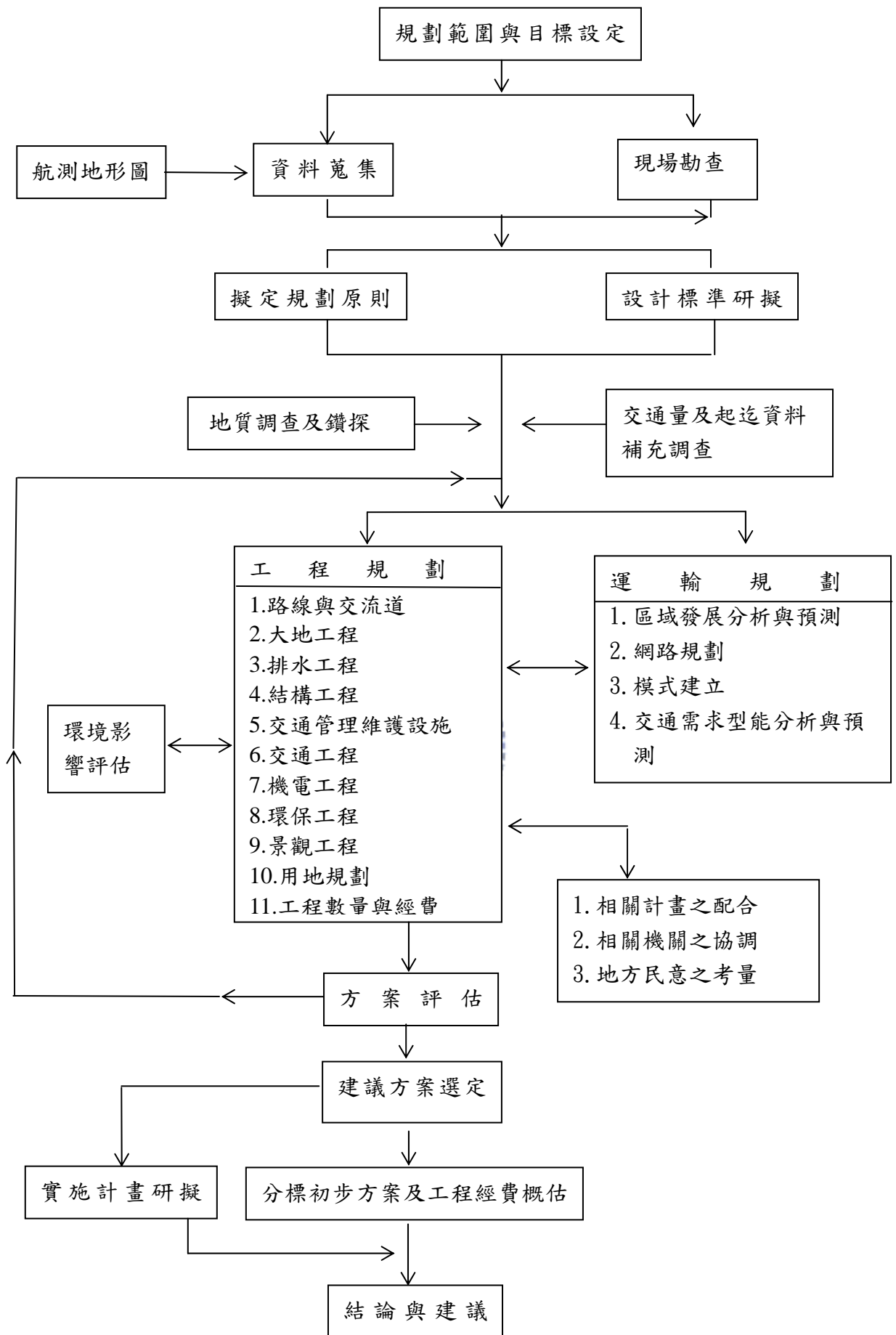


圖 4 第二高速公路工程規劃作業流程圖

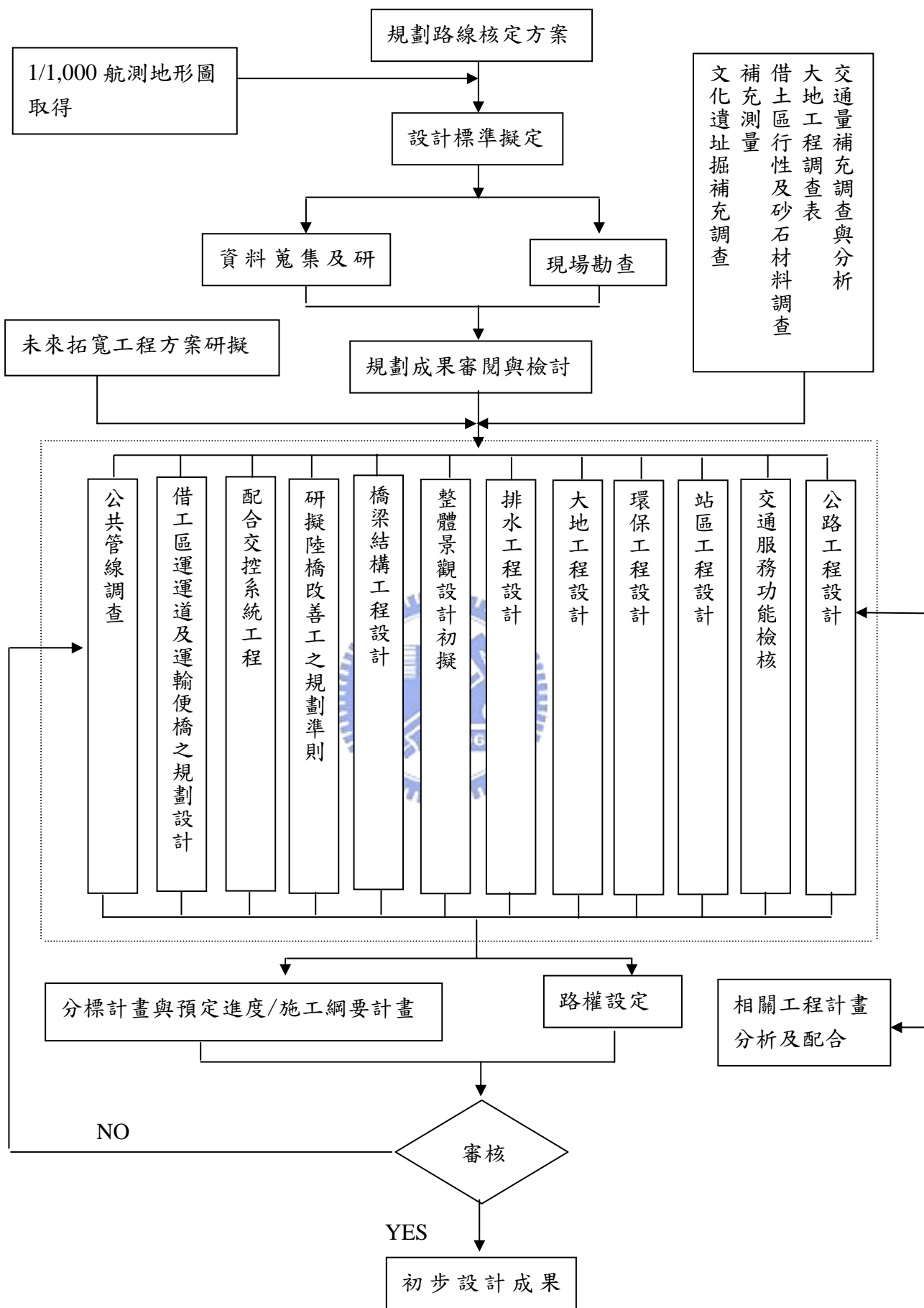


圖 5 第二高速公路工程初步設計作業流程圖

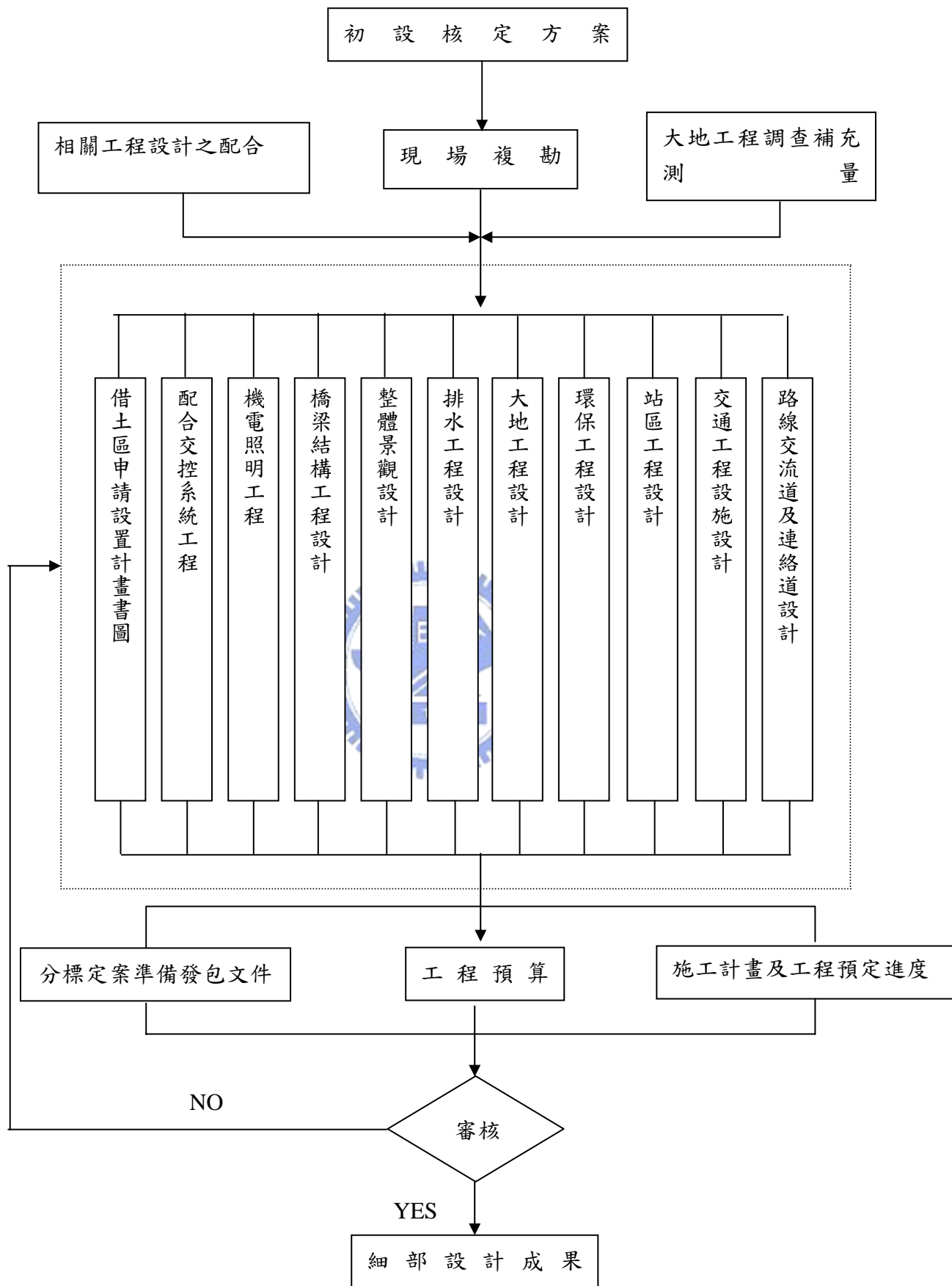


圖 6 第二高速公路工程細步設計作業流程圖

北二高工程標案計有九十餘個，其中採議價辦理計有 11 個標，餘採公開招標，在大幅採行公開招標情形下，民間廠商參與機會大大提昇。土木標公開招標者均係續採廠商資格預審制度，各標案工程規模較小，故工程界面多，因此也增加工程管理的困難度。然此等分標及發包方式，係考量國內廠商之財務規模與工程能力所致，期藉此能使國內營建廠商有更多的機會參與並獲取工程經驗，使其能成長茁壯。【鄭文隆，民 92】

3.2.3 北宜高速公路工程發包作業

北宜高速公路計分五個標（土木標），由於本路段經過崇山峻嶺，具有長隧道及高橋墩橋梁之工程特色，故在當年係將第一至三標採國內外廠商共同投標方式，配合廠商資格預審制度辦理公開招標，第四、五標（雪山隧道）則以議價方式交由榮工處承建。【鄭文隆，民 92】

北宜高速公路工程之艱鉅，眾所週知，其中第四標坪林隧道主坑（另含第五標導坑）土木工程之特殊艱鉅浩大尤甚，國內公民營廠商除榮工處具有豐富之隧道工程實績外，其餘廠商之實績均不足以承建該工程，又經交通部台灣區國道新建工程局權衡開國際標或與榮工處議價何者符合國家最大整體利益之考量原則下，為爭取國人自建之歷練機會、獲取最佳技術移轉效果，依退輔條例，經交通部、審計部同意後，交由榮工處議價承建；至於其餘各土木標則比照北二高機電交控標之模式，採【國內廠商＋國外廠商】聯合承攬方式，廠商資格預審辦理公開招標，交控機電工程配合工程需要而訂定廠商之財務能力及工程實績或技術經驗。【林旭堂，民 89】

3.2.4 第二高速公路後續計畫工程發包作業

承續北二高及北宜高速公路土木工程之發包作業，第二高速公路後續計畫土木標仍採廠商資格預審制度，機電交控標亦然，直至民國八十八年五月二十七日「政府採購法」實施後方依該法訂定廠

商資格，全部採取公開招標方式辦理。【林旭堂，民 89】

3.2.5 國道六號南投段工程發包作業

國道六號南投段工程發包作業均依「政府採購法」規定訂定廠商資格，全部採取公開招標方式辦理。

3.2.6 國道工程契約型態

建築工程以契約總價一式計價給付，其餘各項工程契約均按實做數量結算計價。

3.2.7 小結

綜上所述，中山高速公路工程、北二高工程、北宜高工程之發包模式有採國際標之公開招標、與國內公營工程單位議價、國內外廠商聯合承攬之公開招標、國內廠商公開招標，且辦理資格預審以初步篩選財務健全、施工經驗豐富、物力及人力不虞匱乏之廠商競標。而二高後續計畫自民國八十二年開始辦理發包作業，土木標仍採用國內廠商資格預審制度，惟至民國八十六開始，奉交通部指示不再辦理廠商資格預審，僅辦理廠商能量評核，先行計算各廠商之各類投標能量，及至民國八十八年五月二十七日「政府採購法」實施後，則依「政府採購法」規定訂定廠商資格及辦理公開招標，議價的招標方式不復出現。

另一方面，由於國內政經環境因素特殊，時有用地取得困難之情，因此在發包時亦須視用地取得情形配合辦理招標作業。

所以在辦理國道工程建設發包作業時，時空環境變化、法令規定、國內營建產業之發展、廠商資格、招標方式、契約型態等因素，將影響發包策略或發包原則，進而影響分標決策。