

The Legend of Kavalan



GPN 1009901231
技術叢書 063
定價 450元

噶瑪蘭傳奇

5 南港蘇澳

北宜高速公路興建專輯大眾版

交通部臺灣區國道新建工程局

噶瑪蘭傳奇

北宜高速公路興建專輯大眾版

The Legend of Kavalan



交通部臺灣區國道新建工程局

5 南港蘇澳

噶瑪蘭傳奇

北宜高速公路興建專輯 大眾版



序言

蘭陽平原位處臺灣東北部，因為山脈阻隔，對外交通自古以來艱難重重，後來雖有日治時期留下的臺9線及因應蘇澳港擴建所闢建之臺2線濱海公路，但交通仍十分不便。為改善大臺北都會區和宜蘭地區間之交通，政府自民國77年起開始籌劃興建全長55公里之北宜高速公路，80年7月雪山隧道導坑工程動工揭開序幕，嗣後配合工程進度分段完成通車：南港石碇段89年1月、石碇坪林段94年3月、頭城蘇澳段95年1月，而坪林頭城段則因長達12.9公里且至為艱鉅的關鍵工程－雪山隧道，在歷經近15年的歲月於95年6月16日通車，使得南港至蘇澳全線得以一路暢行無阻，大幅縮短臺北宜蘭間的行旅時間，儼將大臺北與宜蘭地區整合為共同生活圈。

北宜高速公路的誕生，不僅為臺灣工程界樹立了輝煌的里程碑，更向全世界證明臺灣人堅毅不拔的韌性，尤其面對雪山隧道超乎預期的惡劣地質的挑戰，仍不屈不撓的順利完成使命，至為難能可貴。有感於土木工程建設

之經驗技術傳承不易，本局秉持經驗技術文獻化之傳統，已陸續發行之「北宜高速公路興建專輯」包括技術版（御風而行）及故事版（情牽北宜：關於國道5號南港蘇澳段的故事及經典公路：國道幸福5號），而為讓一般社會大眾更瞭解北宜高速公路興建過程及通車後之改變，並對民眾關心的議題進一步說明，大眾版應運而生，期能藉由生動活潑的手繪圖解、照片及文字解說，將北宜高速公路規設施工兼顧生態景觀與工程建設之理念及努力介紹給大眾，並將通車前後整體效益、社經發展變化、對環境保護的影響等，以客觀的角度深入淺出的向社會大眾做完整之表達。

本專輯取名為「噶瑪蘭傳奇」源自於噶瑪蘭為宜蘭地區古名，而北宜高速公路之興建即可視為一項傳奇。「噶瑪蘭傳奇」具有循著前人的步伐葦路藍縷的開創精神及意義，專輯內容共區分40個主題，以工程為主軸來談「道路」，由世界的路、臺灣的路談到蘭陽人的渴望，從北宜高速公路選線、調查、結構型式



配置、設計理念、工程技術等，以及如何與周遭環境融為一體之相關概念與執行手段，將國道規設兼顧生態景觀與工程建設之理念及施工介紹給大眾；回首來時路、改變帶來希望、至山村的蛻變、蘭陽新風貌就北宜高速公路通車後對沿線地區社經發展之影響及交通運輸版圖的改變，將調查數據予以忠實呈現，另經由本路段於山區闢建道路同時又能兼顧工程與環境和諧的寶貴經驗，深信對於國內未來山區道路之興建必可增添無比的信心。

北宜高速公路南港蘇澳段的完成代表一項強調技術、環保及智慧結晶的國道工程展現，深信此建設經驗必能提供未來國土交通規劃之參考，也希望藉由本書之陳述，社會大眾能進一步瞭解工程內容及體會工程人員的努力，最後本人仍要向所有共同參與本工程之工作人員表達最誠摯的敬意與謝意，並期勉國工局同仁繼續努力，共同開創國道嶄新的未來。



交通部臺灣區國道新建工程局
兼代局長

曾士仁

目錄



【北宜高速公路興建專輯】大眾版

世界的路

06

臺灣的路

08

通往後山的路

- 10 循著前人的步伐
- 12 九彎十八拐&濱海公路
- 14 便捷舒適的康莊大道

蘭陽人的渴望

16

路往哪裏走

- 18 溝通的藝術
- 22 抉擇

融合

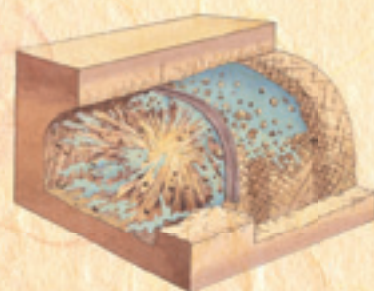
- 24 路線與環境的巧妙契合
- 26 填土與橋梁
- 28 自動化橋梁工法
- 32 拱的妙用

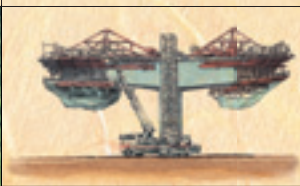
挑戰

- 36 徜徉在雲端
- 38 不可能的任務

雪隧奇蹟 臺灣驕傲

- 40 通過水源區的因應
- 42 破碎困難的地質
- 44 環境水文的試煉
- 46 測量技術的今昔
- 48 隧道工法的取捨
- 52 深不見底的豎井
- 54 智慧型的營運設施





陣痛

曙光

公共藝術

74

不走雪山隧道的人

76

回饋

山村的蛻變

88 蛻變的石碇
90 蛻變的坪林

蘭陽新風貌

來去花蓮

98

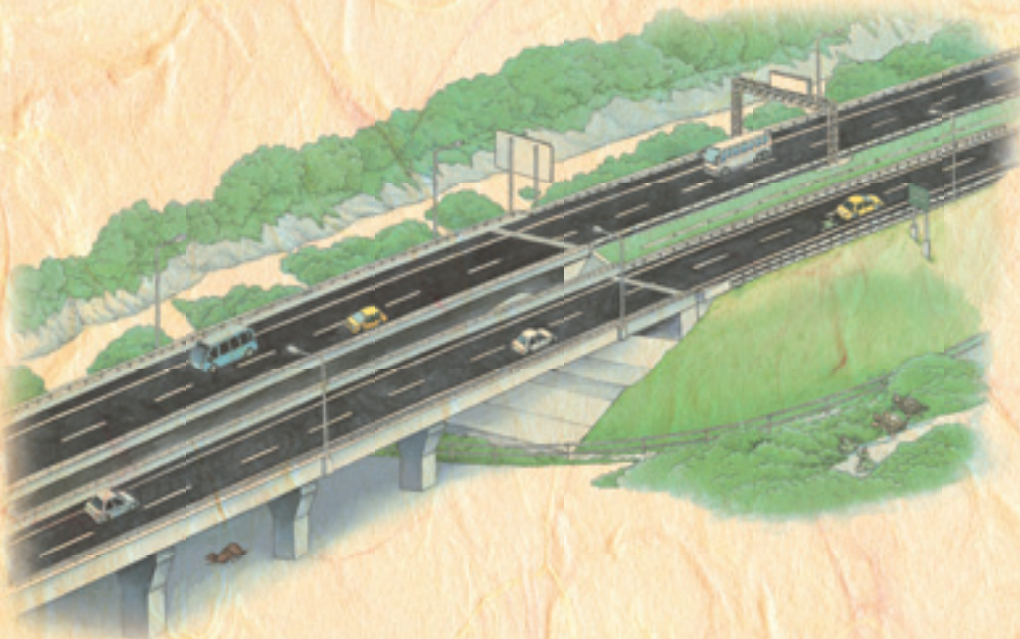
70 征服四稜砂岩
72 全線通車終於達陣



58 茶園保衛戰
60 土地公何去何從
62 水哪裏去了
64 土撥鼠挖不動了
66 限期通車的夢魘
68 公眾監督的力量

80 回首來時路
84 工程與環境和諧共存
86 改變帶來希望

92 休閒觀光升級
94 在地產業變遷
96 漁港新風貌



世界的路

路，是人類文明演進的軌跡，亦是國家社會進步的指標。大同世界裏的理想之一「貨暢其流」，即仰賴道路的聯繫方得以達成；這就好比人體所需的養分需藉由錯綜複雜、粗細不等的血管才能夠運送到全身。因此，開拓道路是國家草創與發展過程中不可或缺的重要環節。

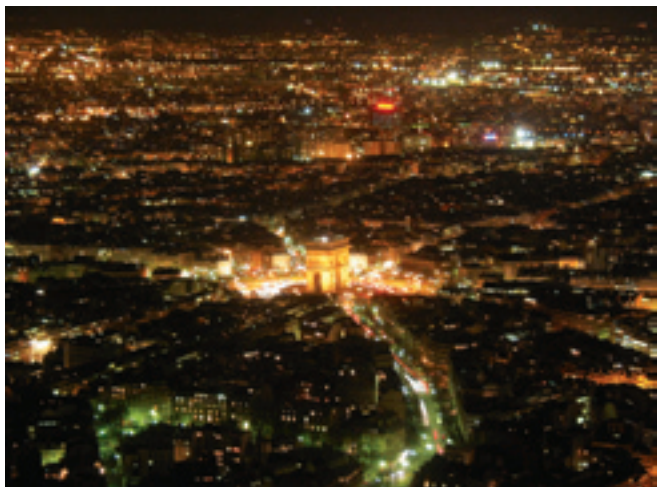
綜觀古今中外的史料，偉大霸業的成就與經典文化的遞嬗無不藉由道路的連結為其開展新的視野。

西方文明起源－歐洲

歐洲古代道路是以人民移動及軍事用途為建造目的，如波斯帝國及希臘帝國當時都曾在國內修築良好的軍用道路網。

若將時光拉回至近代歐洲，在啓蒙運動和工業革命之後，大量人潮開始湧向都市。以法國為例，進行拓寬街道的巴黎改造計畫不僅打造了總長**160km**，以巴黎凱旋門為中心的輻射狀公路網，也有效地避免了由於人潮擁擠所帶來的骯髒、嘈雜與流行病。

至於二次大戰之後，在景氣復甦及汽車大量生產的情況下，歐洲各國不得不致力於改善交通條件，以滿足經濟迅速發展的需要，於是各種運輸能力強大的公路系統應運而生。



法國巴黎的輻射狀公路網

攝影／張博翔



道路，是羅馬帝國權力穩固的根基。在最強盛的時期，除了版圖橫跨歐亞非三大洲之外，境內的交通大道也以羅馬城為中心，呈輻射狀向周圍擴展，總長度約達到**80,000km**。這個道路網維持了羅馬帝國在各地的統治地位，為帝國的強盛與繁榮作出了巨大的貢獻，也留下「條條大路通羅馬」的經典諺語。

Mother Road

1930年代適逢經濟大蕭條，當時除了有**21萬**美國居民從五大湖區經過**66號公路**移民至加州生活外，這條全長約**4,000km**的**66號公路**更提供了許多就業機會，讓失業民衆得以參與修築公路的工作，所以也被稱為**Road to Opportunity**，亦有**Mother Road**之稱。



歷史悠久的文化古國－中國

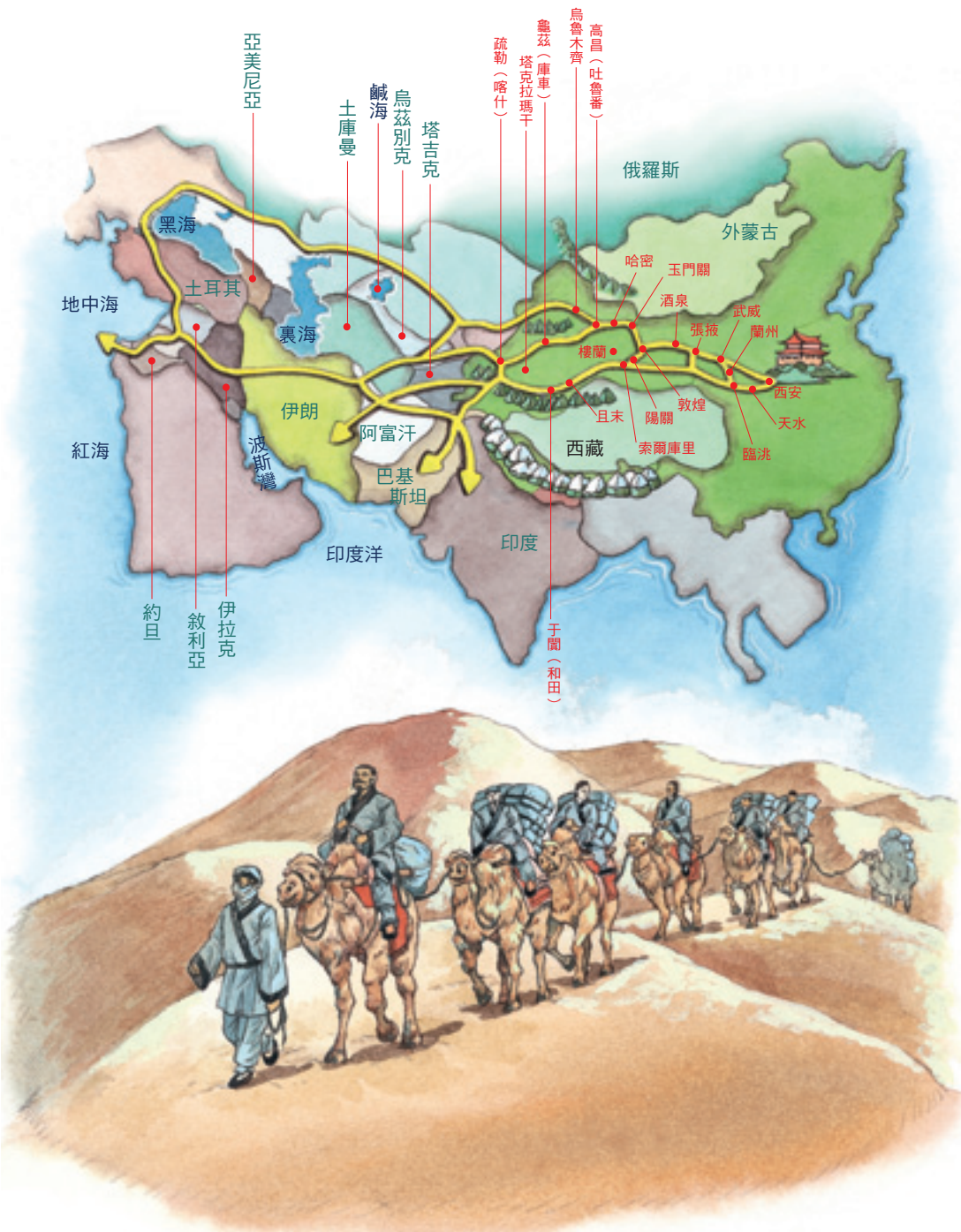
早在西元前2000年，中國就已出現可行駛牛隻及馬車的路；到了春秋戰國時期，各國諸侯為爭奪中原霸權，紛紛修築能夠通行戰車的道路；而秦始皇統一六國後，更是大修馳道，統一車轍寬度，使車輛能直達全國各地。

唐代則是道路發展的鼎盛時期，初步形成了以城市為中心、可四通八達的道路網；延續至清朝，道路網更依不同的服務水準細分為3級，使全國各地的居民均可利用這龐大的交通網絡，實現經濟與文化等各方面的交流。

世界經濟強權－美國

美國建國初期之發展重心在東岸，該地區也是歐洲移民最早登陸和開發的區域。19世紀上半葉，美國人開始跨越密西西比河向西跋涉去開闢新的領地，足跡遠及太平洋沿岸，因此大量興建步道以供篷車使用。

1916年起，全美開始發展公路建設；1937年，美國完成了第1條高速公路（長11.2km），從此進入了高速公路的紀元。二次大戰後期，聯邦政府意識到公路建設對國防的重要性，於是規定凡列入國家規劃的高速公路建設都能得到聯邦政府的資金援助，從此加速了全美的建設步伐。截至2009年底，它仍是世界上高速公路總長度最長的國家（約88,700km）。



絲路，是橫貫亞洲的陸路交通幹線。在中國與印度、古希臘及幅員廣大的羅馬帝國等國進行交流的過程中扮演了關鍵的角色，成為古代東西方文明聯繫的樞紐。

中國道路名稱的演進

遠古堯舜時期	康衢（音＜ㄌㄨˇ＞）
西周時期	路，代表可通行3輛馬車的道路
	道，代表可通行2輛馬車的道路
	途，代表可通行1輛馬車的道路
	𡵚（音ㄘㄨˇ），是老牛車走的路
秦漢時期	徑，是僅能走牛、馬的鄉間小道
	馳道，代表最寬敞的道路
唐朝時期	驛道
元朝時期	大道
清朝時期	官馬大路，代表通往各省城的路
	大路，自省城通往地方重要城市的路
	小路，自大路或各地重要城市通往各市鎮的支線



臺灣的路

依據交通文獻記載，臺灣道路的闢建起源於宋元，由原住民狩獵及親族往來的路徑逐漸形成；到了明清時期，漢人大量移入，平地開始見到道路的蹤跡，但許多路段不僅無法讓牛車通行，路線還會偏移、改道，甚至被荒煙蔓草所淹沒。

直至日治時期，為因應運輸需求先行整建軍用道路，繼而制訂道路橋梁標準，並加寬道路、改善急彎及加鋪簡易路面後，才真正初步具有現代公路的雛形。然而在光復初期，由於二次大戰期間受盟軍空襲，公路遭受嚴重破壞且未能適當予以維護，能通車者不過七千餘公里，連當時擔任南北交通大動脈的西部幹線公路－臺1線也僅是二線道的碎石路面，車輛一過，路旁頓時黃沙滾滾，服務水準不甚理想。所幸後來在美方的大規模協助與政府的積極修復下，道路得以逐步整建及改善。

而今，臺灣已具有相當規模的運輸網絡。根據公路總局的統計，截至民國98年底，臺灣共計有92條省道、143條縣道、9條高速公路（以上皆含支線）與不計其數的鄉道、產業道路以及聯絡道路。而這些宛若銀帶般縱橫交錯的道路網除了發揮各自的運輸功能外，更藉由彼此間的聯繫為國內城鄉發展提供了不可抹滅的貢獻。



臺8線（屬橫貫公路系統）



臺9線（屬環島公路系統）



臺灣整體國道路網圖

- ① 中山高速公路（一高）
- ② 機場支線、桃園內環線
- ③ 福爾摩沙高速公路（二高）
- ③甲 臺北聯絡線
- ④ 高速公路臺中環線
- ⑤ 蔣渭水高速公路（北宜高）
- ⑥ 高速公路南投段
- ⑧ 高速公路臺南支線
- ⑩ 高速公路高雄支線



高速公路南投段（屬高速公路系統）

臺灣公路網

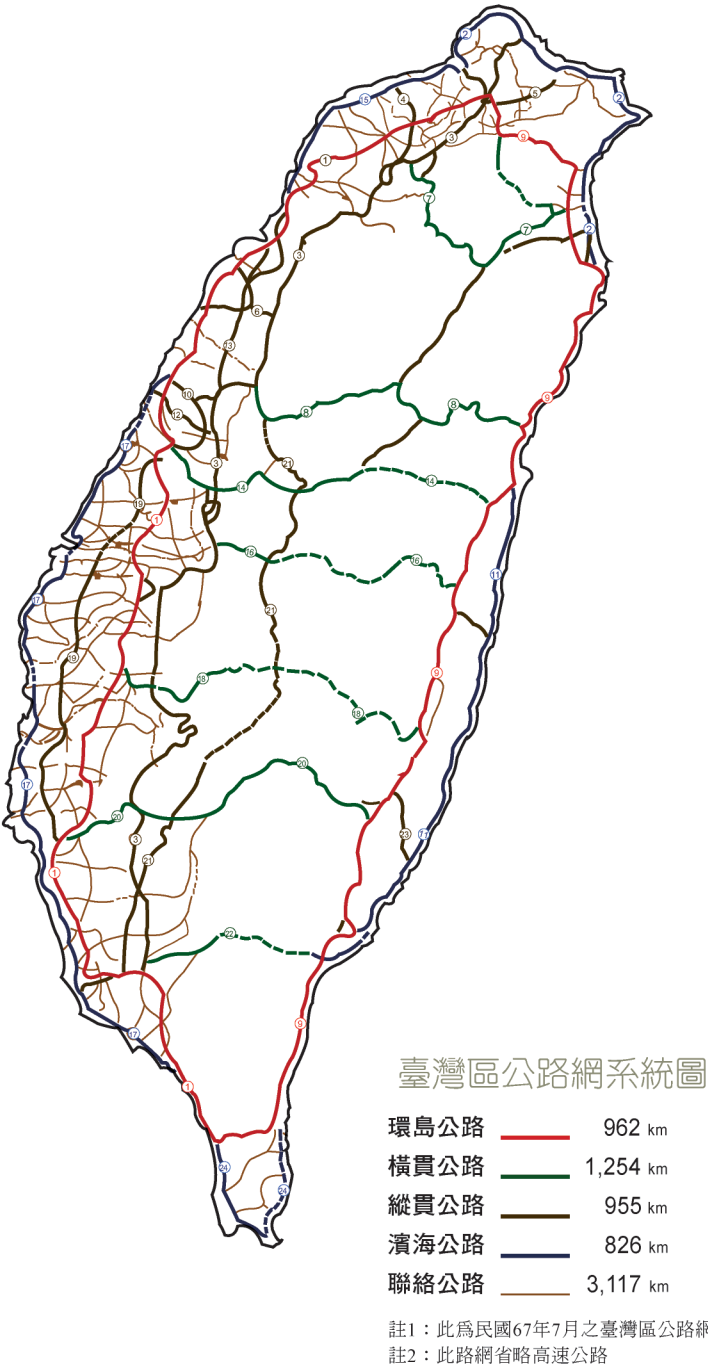
臺灣公路網的制定是依據地理環境、人口分布、國防需要、經濟發展及交通長程計畫等因素而擬定。民國46年政府針對當時既有路線及計畫路線初擬臺灣公路網，但因初期路線零散，僅具有路網的雛形；直到舉辦公路普查後，才於民國51年完成第1次公路網修訂，共計分為環島、橫貫、內陸、濱海及聯絡公路等五大系統。

自50年代起，臺灣經濟開始蓬勃發展，基於各方對提昇公路標準與交通系統流暢的要求日益殷切，再加上配合十大建設的陸續推動，政府乃於民國67年進行路網系統調整，除增設高速公路系統外，亦將內陸公路改為縱貫公路，整體公路路網架構至此大致底定。

民國83年，政府再增列快速公路系統，迄今未再改變。目前共計有以下七大系統：

	路線名稱	分類依據	長度(km)
高速公路	包括國1、國2、國3、國3甲、國4、國5、國6、國8及國10	臺灣主要交通動脈	1,348
快速公路	包括西濱快速公路及12條東西向快速公路	建構西部運輸走廊的快速公路網及擴大高速公路系統服務範圍之快速幹線	727
環島公路	包括臺1及臺9線	為西部及東部的主要幹線	943
橫貫公路	包括臺7、臺7甲、臺8、臺9甲、臺14、臺16、臺18、臺20及臺24線	聯絡東、西部地區的公路交通孔道	1,337
縱貫公路	包括臺3、臺13、臺19及臺21線	西部平原的輔助幹線	954
濱海公路	包括臺2、臺11、臺11乙、臺15、臺17及臺26線	濱海地區的重要幹線	801
聯絡公路	包括省道43條及縣道97條	輔助性的地方聯絡公路	3,335

資料來源／交通部公路總局
(統計至民國98年底)



早期人工養護路面 照片來源／交通部公路總局第四區養護工程處



照片來源／行政院退輔會榮民森林保育事業管理處

臺灣公路之最(包括國道與省道)

第1條高速公路	中山高速公路 1
最直的公路	臺9線－臺東縣關山鹿野段(直線距離14.5km)
最高的公路	臺14甲線－南投縣仁愛鄉武嶺路段(標高3,275m)
最東的公路	臺2線－臺北縣貢寮鄉三貂角
最西的公路	臺61線－臺南縣七股鄉曾文溪出海口
最南的公路	臺26線－屏東縣恆春鎮鵝鑾鼻
最北的公路	臺2線－臺北縣石門鄉尖子鹿溪出海口

(截至民國98年底)

當時由榮民弟兄使用輕機具鑽洞埋炸藥，開闢北部橫貫公路(北橫)時的情景。

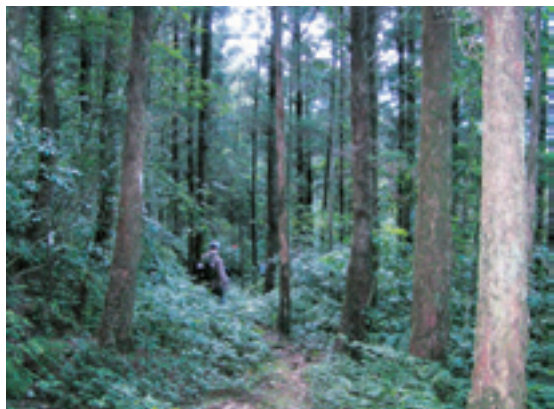
循著前人的步伐

明末清初時期，蘭陽平原僅有少數的原住民在此過著簡單的農耕漁獵生活。他們入山打獵，就在今頭城北方的臺北、宜蘭縣界處自然形成獵徑；相傳這也是清乾隆末年平埔族人白蘭氏後來所闢建的山路。

清嘉慶元年（1796年），福建漳浦人吳沙率領壯丁兩百多人，自海上進入噶瑪蘭（今宜蘭），在頭圍（今頭城）建立第1個據點後，便正式展開了漢人在蘭陽平原的拓墾。因為先民們奮鬥不懈的精神，終於開啓了蘭陽平原的大門；縱然當時臺北與宜蘭間的聯絡極為不便，但懷抱夢想的新移民仍不絕於途，淡蘭之間的交通路線始逐漸形成。

嘉慶12年（1807年），臺灣知府楊廷理為了弭平日益嚴重的漳泉械鬥問題，於是以白蘭氏的古道為基礎再闢新路，但往來兩地依舊迂遠崎嶇。

道光3年（1823年），北部望族林平侯出資整修楊廷理闢建的道路，其子林國華更進一步修築自基隆經瑞芳、三貂嶺到頂雙溪（今雙溪）的路線，行旅尚稱便捷。從此淡蘭古道也成為臺北到宜蘭的重要交通孔道，對當時東部的開發有著不可抹滅的功勞。



攝影／黃育智

胡桶古道(亦屬淡蘭古道的一支)又名湖桶古道，當地鄉民則稱為「幽靈古道」。

1897年11月，日警據報湖桶村藏匿抗日份子，於是趁著當地熱鬧舉行年終廟會之際，派遣軍警上山圍剿，在湖桶村殺戮3天，造成村毀人亡。此後，湖桶村恍如無人鬼域，並逐漸為外界所遺忘。



攝影／黃育智

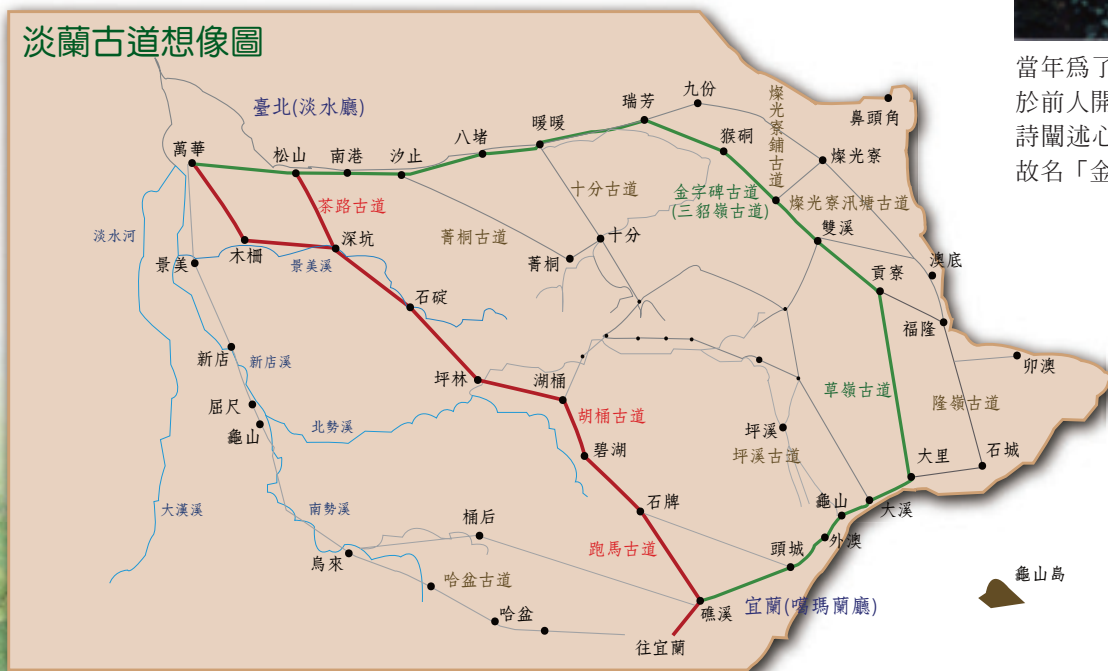




攝影／余榮生

保存尚稱完整的草嶺古道全長約8.5km，沿途均為平緩的山徑，近年來已成爲北臺灣極富人氣的健行去處。尤其每逢深秋滿山芒花盛開的時節，景致更是絕美浪漫！

淡蘭古道想像圖



淡蘭古道

其實所謂的「淡蘭古道」是由無數個分佈在臺北、宜蘭間的山區道路縱橫交錯而成，總長約80km左右。惟歷經一百多年的滄桑演變，部份路段已不復見。如今，只剩下三貂嶺、草嶺與隆嶺（吳沙即是走這條路線入蘭開墾）等三段古道保存情況較為良好且為人所熟知，供後人緬古懷舊、踏青健行。



古道石碑

淡蘭古道矗立著3座深具歷史意義的石碑，分別為金字碑、雄鎮蠻煙與虎字碑，皆為曾任臺灣提督的劉明燈在同治6年（1867年）親筆題字，為清朝在北臺灣開山撫番的重要史證。



當年爲了防務需要，劉明燈率領官兵途經三貂嶺時，有感於前人開疆闢土之艱辛，於是在接近稜頂的一塊岩石上題詩闡述心懷。此碑高約240cm，寬143cm，以金箔貼字，故名「金字碑」。

照片來源／交通部觀光局東北角暨宜蘭海岸國家風景區管理處



攝影／余榮生

話說一行人路過貢寮草嶺山谷，在此遇到濃霧，看不清前路。劉明燈遂於巨石上題以「雄鎮蠻煙」四字，希望能鎮壓邪魅山怪。

「雄鎮蠻煙」爲臺灣現存最碩大的碑碣，也是國家三級古蹟。



攝影／黃育智

當年他們沿著曲折的山路來到埡口，迎面颳來陣陣強勁的東北季風。劉明燈於是取《易經》中「雲從龍，風從虎」二句，取芒花爲筆寫下草書體的虎字，後刻於石上。

虎字碑現名列三級古蹟，氣勢磅礴的筆觸至今仍虎虎生風，傳奇典故也讓拜訪草嶺古道的旅人津津樂道。

九彎十八拐 & 濱海公路

對於居住在後山地區的民衆而言，在北部濱海公路尚未開通前，除了火車，臺9線是返鄉唯一的路；其中臺北、宜蘭間的北宜公路最讓人印象深刻。

遙想當年開拓北宜公路所經之處都是山嶺地區，開闢不易。日本政府採取炸山的方式開路，且這種危險的工作多由臺灣人執行，當時造成了許多傷亡；再加上道路本身環山而築，平均路寬僅約7~8m，故經常發生車禍，當時有人迷信地認為此乃開路的殉職人員在尋找替身。

因此，過往每當旅客行駛在北宜公路時，車內常不斷地播放著佛經，後照鏡下方則琳瑯滿目地掛著親人求來的護身符，而且無論是白天或晚上，亦常沿路撒冥紙－留過路錢，以求心安，導致整條北宜公路上幾乎都灑遍了冥紙－零星散落者有之，成疊拋置者有之。乍看之下，會誤認為自己踏上一條不歸路，心中不由得暗地發毛。

臺2線，不論是路線規畫或是坡度起伏，均較臺9線平緩，東部砂石車多由此北行。

在車輛行經蜿蜒曲折的山路之後，通常額頭會開始微微冒汗，緊接著腸胃也跟著失序，並出現暈眩或嘔吐的情形。此時，沿路的風光美景早已無心觀賞！

民國68年，北部濱海公路（臺2線）通車後，成為連接臺北盆地與蘭陽平原的另一條主要通道。

整段道路雖不像臺9線那般曲折，但路面常忽寬忽窄，部份路段轉彎半徑過小，對行車安全構成相當程度的威脅；且沿路上亦不時出現成群的大卡車或砂石車、動力不足的遊覽車、悠然行駛的房車、穿梭在車陣中的重型機車，甚至是猛然加速的跑車逆向逼近，因此常成為行車安全的隱憂。



後山

明清時期，稱中央山脈以西為前山，以東為後山；雖然在日治時期，政府以東臺灣一詞替代，但後山一詞卻仍沿用至今，未曾消失，堪稱臺灣少數歷史久遠的地理名詞。

由於北宜公路的怪事與傳說特別多，過去駕駛人只要行經這條公路，一定抱著戒慎恐懼的心情，並事先準備好冥紙，以沿途撒給「好兄弟」。如今物換星移，在路面拓寬及車流量減少後，車禍發生次數顯著降低；加上政府的大力勸導，以及民衆知識水準的提高下，如今撒冥紙的行為已大為減少。

北宜公路小檔案



連綿不斷的髮夾彎，正是北宜公路著名的「九彎十八拐」。

照片來源／交通部臺灣區國道新建工程局

又稱「後山公路」的臺9線，是全臺最長的省道（北起臺北市，南迄屏東縣楓港）。而連接臺北盆地與蘭陽平原的北宜公路正是其中較為險峻的一段。

日治時代末期，隨著二次大戰戰情進入了決勝關鍵，日軍為了加速控制地方，便開拓了由新店到礁溪之間的道路。在坪林庄長的極力爭取下，北宜公路乃行經坪林再至宜蘭。當時，坪林地區家家戶戶多動員18歲以上的壯丁，以不支薪的「義務勞動」方式，工作長達110天，以協助闢建該段公路。就路面等級而言，日治時代所建的道路，多為就地取材的泥土、碎石路面，充其量只是一條單線通車的產業道路；直到光復以後，政府才開始鋪設柏油路面。

北部濱海公路小檔案



總長約166km的北部濱海公路是全臺公路中支線最多的一條。最初原為蘇澳港聯外道路，今日因沿途風景秀麗，早已蛻變成臺灣東北角著名的觀光大道。

照片來源／交通部觀光局東北角暨宜蘭海岸國家風景區管理處

民國64年，時任行政院長的前總統蔣經國先生推行十大建設。其中，因擴建的蘇澳港需要一條聯外道路，一來配合蘭陽平原的發展，二來促進宜蘭地區的物流暢通。前臺灣省公路局（即今日之公路總局），遂銜命負責闢建從關渡到蘇澳間的北部濱海公路，也就是臺2線。

便捷舒適的康莊大道

民國95年6月16日全線通車的南港蘇澳段，不但在蘭陽交通運輸史上寫下了歷史性的一頁，也讓環島高速公路系統向東部伸展往前邁進了一大步。宜蘭，自此正式成為「高速公路俱樂部」的一員。

北宜高速公路的全線通車不僅改善了宜蘭地區的聯外運輸，縮短了可觀的通車時間，從臺北到宜蘭不再是咫尺天涯；與此同時，也舒緩了東部宜蘭線鐵路與北宜、濱海公路的負擔，並提升運輸服務的品質。對於多數人來說，往宜蘭的旅途變得方便快捷，安全與舒適性大幅提升；對於蘭陽子弟而言，回家的路不再與九彎十八拐畫上等號，既不用害怕颱風豪雨來臨時出現的路基流失、交通中斷等意外，也不需再經歷那暈頭轉向、頭昏眼花的感覺。



南港系統交流道為北宜高速公路臺北端的起點，從這裡一路迤邐至宜蘭蘇澳，穿梭在重巒疊翠之間，將徹底顛覆過去民眾對高速公路沿線景觀單調的刻板印象。



彭山1號高架橋，是臺灣目前最長的無伸縮縫連續梁橋（無縫段長度達617m），不僅是國內橋梁工程首見，更大幅提高了行車的舒適性及平穩性。

攝影／齊柏林



通車後，宜蘭人將從北宜高速公路踏出去，體驗西部的繁華昌盛；相對地，也有更多外鄉客將從這條公路走進來，體會置身於綠意環抱的淳樸環境，細細品味那遠離塵囂的後花園，佇足欣賞那令人屏息的美景，感受宜蘭人友善、敦厚的一面。



北宜高速公路通車後大幅縮短臺北與宜蘭間的距離，吸引了無數想一探大自然美景的旅人，也讓遊子返鄉的路程不再顛簸不穩。

攝影／齊柏林



攝影／齊柏林

羅東鎮過去以太平洋林業的集散之地聞名，繁榮程度僅次於宜蘭市，惟今日伐木業的盛況已不再。不過，通車後的北宜高速公路卻為羅東人鑲起璀璨的前景，帶來了絡繹不絕的觀光人潮。



攝影／齊柏林

本工程最後完工的路段－坪林頭城段於民國95年6月16日正式通車後，替東臺灣注入了無限的生機，除帶動地方經濟成長外，也大幅縮減了城鄉差距。



攝影／齊柏林

向遠處不斷延伸的北宜高速公路，今後將以它那迷人的曲線，與境內悠悠緩緩的大小河流一同守護著蘭陽平原。



國內跨距最長的預力拱橋－「冬山河橋」於民國95年1月完工後，不僅成了宜蘭人的驕傲，更是東部指標性的橋梁。

註：「跨距」詳見「拱的妙用」主題。 攝影／齊柏林

臺北－宜蘭間往來交通方式比較

過去民衆往返臺北－宜蘭間可依自身需求選擇搭乘鐵路或使用公路運輸系統，然而鐵路運輸的可及性不佳；公路運輸沿線曲折蜿蜒或耗時過長等情況總令人不甚滿意；如今，北宜高速公路的通車將提供兩地民衆舒適、迅速且高品質的運輸服務。

	宜蘭線鐵路	北宜公路	濱海公路	北宜高速公路
正式通車時間(民國)	13	35	68	95
起迄點位置	南港－蘇澳	新店－蘇澳	淡水－蘇澳	南港－蘇澳
旅程長度(km)	104.7	101	160	55
單趟時間	2小時10分	2小時30分	3小時20分	55分
舒適度	優	普通	佳	優



攝影／齊柏林

「一望平疇，天生沃壤」，用來形容蘭陽平原是再適當不過的了。

蘭陽人的渴望

長久以來，阻隔在蘭陽平原與臺灣西部地區的雪山山脈，給進出蘭陽平原的旅人設下重重關卡。相較於西臺灣經濟產業等各方面的蓬勃發展，一直以農、林、漁、礦為主要產業的宜蘭，區域發展呈現極度不平衡的狀態。

過去，往返宜蘭與臺北都會區之間的交通主幹不外乎是東部鐵路及臺2、臺9線。但鐵路大致沿著東北海岸線闢建，運輸可及性較公路系統低，偶爾想趁著假期到東部遊玩或返鄉更經常出現一位難求的窘境；至於臺9線雖較臺2線短，但是彎急坡陡，行車舒適性及安全性均較臺2線差。因此興建一條便捷、安全又可靠的道路已成為所有蘭陽人的共同心聲。

基於這樣的需求以及為了促進蘭陽平原的均衡發展，政府於70年代起，便不斷地著手進行宜蘭聯外道路的研究；同時，民間也有一群熱心的蘭陽鄉親們非常關心在地的發展，甚至為此成立「北宜捷運系統促進會」，並積極對外展開募款、文宣及舉辦座談會等工作，希望大家的夢想有朝一日能夠成真。

終於，這條夢想中的公路在民國79年獲行政院同意將道路等級提升為高速公路；復經立法院通過預算。至此，眾所期待的「北宜高速公路」興建計畫正式拍板定案。





蝦米？票又賣完了？

以往每逢連續假期前夕，正當大家興高采烈地討論著旅遊計畫的同時，來自後山的遊子們，正苦於一票難求的境遇。數量有限的預售票常在短時間內即被搶訂一空，其他人只得趕往車站排隊，但仍有不少人鎩羽而歸。



敗部復活！

自從宣布闢建北宜高速公路後，宜蘭地區民心振奮。正當各項慶祝活動幾已準備就緒之時，民國80年初，行政院綜合考量政府財源、國家整體發展效益及地方對於路線出口的雜音等眾多因素決定暫緩興建；另一方面，由於花蓮等地也長期爭取對外的聯絡道路，因此亦考慮未來再將北宜高速公路延伸至花蓮成為北花高速公路。

中央批示此政策後，宜蘭各界人士無不感到錯愕，在緊急研商後決定北上立法院陳情。最後在多方努力下，本計畫



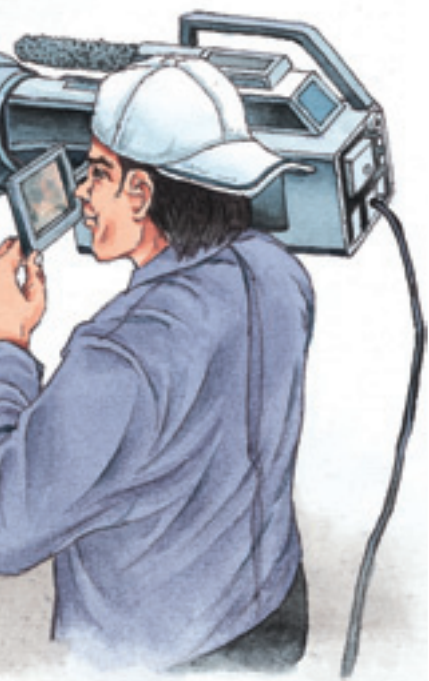
照片來源／交通部臺灣區國道新建工程局

經重新評估後得以「敗部復活」，並於同年7月以雪山隧道導坑工程開啓了北宜高速公路建設的第1步。


北宜捷運系統促進會

早在民國60年代初期，宜蘭各界就陸續出現「渴望政府能興建一條直線隧道公路以聯絡宜蘭－臺北兩地」的聲音，但僅止於口頭及書面方式提出建議；直到70年代起民間才紛紛成立各種促進會組織，並以更積極的方式向有關單位爭取興建。

民國76年元月，當時擔任臺北市議長兼任臺北市宜蘭同鄉會理事長的張建邦先生邀集宜蘭縣熱心人士與蘭陽鄉親成立了「北宜捷運系統促進會」籌備會；同年4月亦在臺大校友會館舉辦了第1場座談會。希望透過輿論的支持及大眾傳播媒體的力量以提高能見度，促使這條公路能早日興建，此即該促進會的開端。



溝通的藝術

北宜高速公路（南港蘇澳段）又稱「蔣渭水高速公路」，是一條連結大臺北與宜蘭地區的捷徑。它不僅串連起首善之都與淳樸的鄉鎮，弭平了兩端生活與知識的落差；兩地居民的情感與文化，也藉由這條便捷舒適的康莊大道，得以緊緊相繫。

為了守護這塊難得的淨土，北宜高速公路沿線設計融入環境保育的結構配置理念。若以頭城為界，以北主要以隧道及橋梁型式通過；以南則幾乎全以高架橋梁跨越。以往高速公路興建時，將大地一分為二，阻隔了蟲魚走獸家園的情形再不復見。在工程團隊細心、用心與耐心的呵護下，北宜高速公路將與環境生態及後代子孫和諧共存！

南港頭城段

項目	北宜高速公路重點數據
全長	31km(其中約28km為山區)
設計速率	80km/hr
隧道	全線共5座、總長20.1km，佔65%
橋梁	全線共29座、總長5.6km，佔18%
路堤路塹	總長5.3km，佔17%
交流道	南港系統交流道、石碇交流道及頭城交流道共3處 坪林行控中心專用道1處
收費站	頭城交流道主線上設柵欄式收費站
服務區	石碇服務區1處
總經費	新台幣598.15億元

頭城蘇澳段

項目	北宜高速公路重點數據
全長	24km(已預留接續蘇花段的可行路廊)
設計速率	100km/hr
隧道	無
橋梁	總長23.5km，佔98%
路堤	總長0.5km，佔2%
交流道	宜蘭北、南交流道、羅東北、南交流道、 蘇澳交流道共5處，新闢蘇澳聯絡道1.3km
收費站	採匝道收費方式，於各交流道設置
服務區	將配合後續蘇花段於蘇澳交流道附近設置
總經費	新台幣282.87億元



路線綜覽

北宜高速公路從臺北市近郊的南港出發，一路蜿蜒迤邐，朝著東南方徐徐前行。沿途經過山村聚落的石碇鄉與坪林鄉，穿山越嶺，隨即進入有臺灣驕傲之稱的「雪山隧道」。沿線美麗的圖騰與現代化的營運設施，提供了安全便捷的通道。宛如穿越了時空長廊，繼而投入頭城鎮的懷抱，而宜蘭近海的地標－龜山島，則昂揚地座落在左前方。旅程至此，窗外的布幕倏地從山巒疊嶂轉為綠野平疇。蘭陽平原的後花園景致，就在御風南行之際，粉墨登場。



雪山隧道南下線圖騰以原住民服飾圖案進行設計

照片來源／北宜高速公路興建專輯 技術版

雪山隧道圖騰

雪山隧道內部牆面的圖騰藝術，讓隧道揮別了以往單調乏味的刻板印象，搖身一變成了一座小型的美術館。

當初設計的構想，即是以溫暖而炫麗的色彩，給長途駕車的用路人煥然一新的體驗，以化解枯燥煩悶的心情；另外，圖騰設計成傳統民族服飾的圖案，象徵著隧道開挖有如縫紉般一絲一縷的縝密而謹慎，亦象徵不同文化的融合。至於服飾圖案對面的里程辨識牌，更使用路人清楚地識別行車位置距離洞口的整數里程。

上述整體設計構築出「時光拼織12.9」的設計意涵。

註：12.9為雪山隧道的長度。



雪山隧道北上線圖騰以漢族服飾圖案進行設計

照片來源／北宜高速公路興建專輯 技術版



設計速率

設計速率並不是我們一般開車時的行車速限喔！簡單地說，設計速率就是設計者參考相關規範，並考慮公路的功能性、建造成本及當地地理環境等因素所綜合訂定出來的一個設計標準；而行車速限則是依據設計速率，並同時考慮沿線地區特性及行車安全所訂定的數值，一般說來，行車速限不得超過設計速率。



路堤



路塹

路堤路塹

所謂路堤，就是指在原有地面上填築土石方，以形成路面基礎的一種道路型式；反之，若是從原來的地面向下開挖以修築成道路，即是一般所稱的路塹。



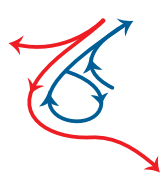
雪山隧道群的關鍵地位

今日，當人們提到北宜高速公路，多數人的第一個聯想便是一雪山隧道。之所以會產生這樣的連結，不僅是因為雪山隧道群的規模龐大、工程艱困；更因為它扮演起溝通大臺北與蘭陽地區的重要孔道，使得橫互在其間的雪山山脈，從此不再成為兩地交流的障礙。

回顧北宜高速公路的興建過程，雪山隧道群可說是佔有舉足輕重的地位。它是全線高速公路的關鍵工程，同時也是最為艱難的一段。當時，隨著雪山隧道群貫通之日的到來，北宜高速公路全線通車幾乎也就水到渠成了！

雪山隧道群之最	
規模	世界規模No.1的雙孔公路隧道群
長度	世界長度No.2的雙孔公路隧道群
深度	1號通風豎井比臺北101大樓還高
開挖土石方量	相當於2座埃及大型金字塔
混凝土用量	臺北101大樓的7倍多
電纜線用量	可環繞臺灣島近2圈
照明燈具	相當於6座臺北市天母棒球場的照度

(統計至2009年)



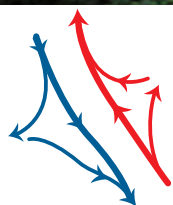
南港系統交流道
(喇叭型，照片上方為南港隧道北口)
照片來源／北宜高速公路興建專輯 技術版

南港

南港系統交流道

石碇交流道

坪林行控中心
專用道



石碇交流道
(鑽石型，照片上方為石碇隧道南口)
照片來源／北宜高速公路興建專輯 技術版

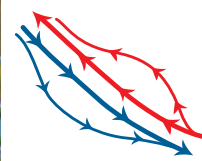


石碇服務區
北宜高速公路目前營運中絕無僅有的服務區，有效利用了主線開挖出來的多餘土石方。

攝影／齊柏林

交流道，是高速公路的靈魂；少了交流道，高速公路就只是個沒有生命的軀體。它就彷彿習武者的任督二脈一般，一旦順利打通，高速公路的車流通常也就能順暢而安全地進出了！

交流道，多半設置在容易出現大量車流的地方，如：大城鎮、觀光景點、機場及港灣等地。交流道主要有兩個組成要素：一是提供車流匯入或駛離的加、減速車道；另一個則是連接高速公路與區域道路的匝道。另外，交流道有時也會與收費站共同構築，以同時達到疏解車流及收費的目的。

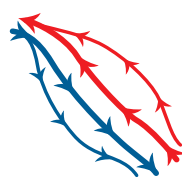


宜蘭南交流道
(鑽石型交流道)

攝影／齊柏林

北宜高速公路沿線的交流道與服務區

全長55km的北宜高速公路，北起南港系統交流道，與北二高銜接，往南依續配置了石碇、頭城、宜蘭、羅東、蘇澳等交流道，另外尚包含了實施總量管制的坪林行控中心專用道。至於另一項對高速公路的深刻記憶－服務區，則設置於石碇地區，提供用路人休憩、用餐以補充元氣。



羅東北交流道
(鑽石型交流道)



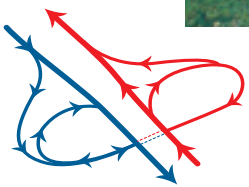
攝影／齊柏林



攝影／齊柏林

坪林行控中心專用道

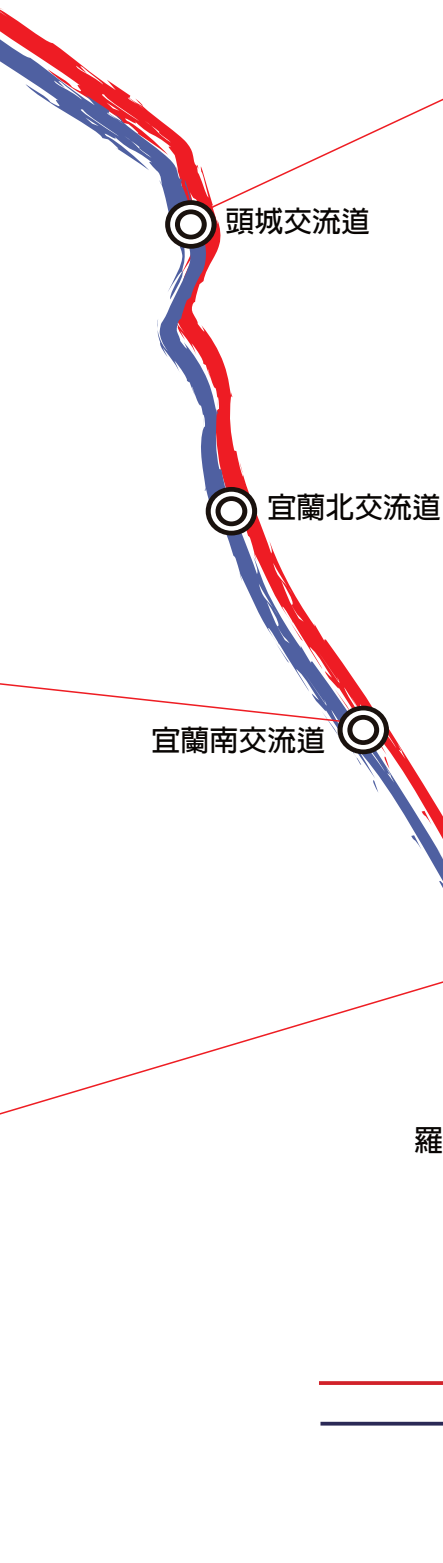
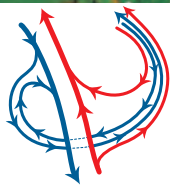
狀似上帝的巧手在蔚鬱大地上打了個大蝴蝶結。每天4000輛外來車次的總量管制，是兼顧地方發展與環境保育下的妥協。（二葉苜蓿型，右下方為雪山隧道北口；右上方為坪林行控中心）



頭城交流道

（喇叭型，照片上方為雪山隧道南口）

照片來源／北宜高速公路興建專輯 技術版



— 北上線
— 南下線

蘇澳

喇叭型交流道

由於外觀近似喇叭而得名。因為具有易於交通管制及收費的優點，在日本已是廣泛採用的交流道型式。此種型式出入口均位於同一處，每組喇叭需搭配一組立體交叉的結構穿越，因此設計上較為複雜。

鑽石型交流道

這是一種典型的單層交會的交流道，動線單純，由於僅需少量的用地，故通常用在人口稠密、用地取得較為困難的都會區。不過此種型式若需設置收費站，則共需配置4處，故管理上較為麻煩且交通量大時容易塞車。



Y型交流道

此種型式捨去環狀道路，而改以路線較長、起伏較大的高架道路連接。通常用於地區性的附屬道路與高速公路的交會處。

苜蓿型交流道

使左轉車輛行駛270°的環形匝道後，匯入另一條道路。優點是沒有平面交叉、匝道不易互相干擾；缺點是路線較長，且在兩環間的路段，直行車易受轉向車的影響。

抉擇

人生，是一連串抉擇的組合！每個人都會走到一系列的十字路口，不同的選擇，都將建構出不同的人生。高速公路的興建也是如此，不論是路線的規劃、工法的選擇或是施工的動線等等，都仰賴工程師的智慧去取舍，不同的選項都可能引導出截然不同的結果。其中，路線的選擇對工程的成敗關係甚鉅，亦將對未來沿線區域的社會、產經、人文等各層面，產生長遠的影響。

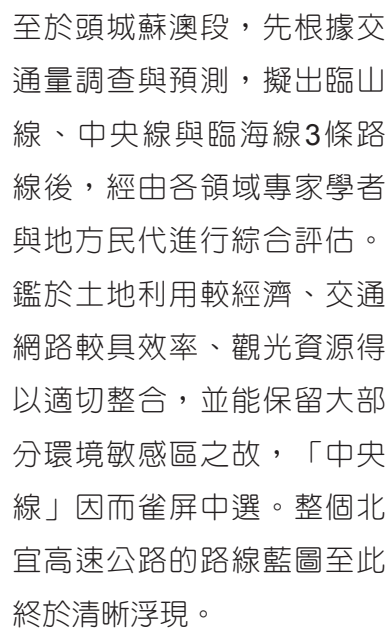
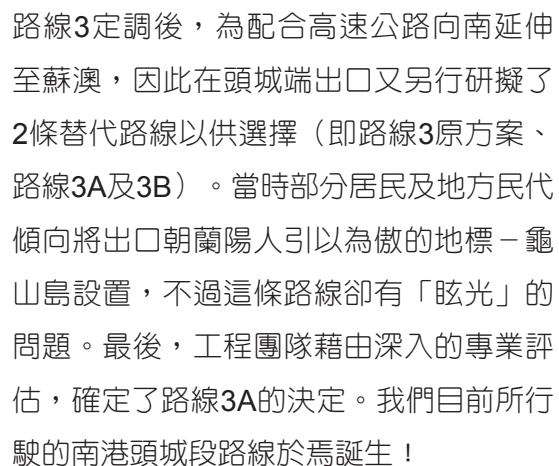
南港頭城段路廊研選

北宜高速公路在南港至宜蘭間的這段廊帶，當初規劃了3條主要路線：其中路線1較為迂迴，雖然隧道長度最短，卻對環境與水源的負面影響較大，因此率先被摒除在外；而次一階段的細部評估中，發現路線2通過礁溪溫泉，將增加施工難度並可能影響溫泉流向，加以其餘環境與工程因素綜合考量，均以路線3較優，故最後由路線3勝出，僅針對其中部分區段做細部調整。

路廊研選原則

- 配合現地地形與地物，提高行車的安全性與舒適性。
- 降低路線阻隔可能帶來的負面影響。
- 考量未來整體路網的發展，以發揮最大的服務效能。
- 與各級政府相關建設計畫密切配合，以利本工程推展。
- 減少對現有都市計畫區、建物、設施之影響，以降低執行時之阻力。
- 盡可能避開潛在危險地帶及減少土石方數量。
- 採用適當的路線規劃及結構型式以擷節工程經費。





A vertical timeline with a central blue dashed line and red circular markers. The timeline lists key milestones for the National Freeway 1 project in Taiwan, with years on the left and descriptions on the right.

Year	Event
民國71年	研究臺北宜蘭間關建快速公路的可行性
民國77年	完成「南港宜蘭快速公路」可行性評估
民國78~79年	等級提昇至「高速公路」 向南延伸至「蘇澳」 定名為「北宜高速公路」
民國79年	完成「南港頭城段」路線評選
民國83年	完成「頭城蘇澳段」可行性評估
民國86年	完成「頭城蘇澳段」路線評選

路線與環境的巧妙契合

有別於過去臺灣高速公路兩旁的視野遼闊，北宜高速公路南港頭城段是首次於複雜的山區地形中構築的國道工程。當行駛於這條道路上，迎面而來的盡是清澈溪流、峰巒疊翠，秀麗的風光令人心曠神怡，彷彿置身於世外桃源之中。

回想當初設計單位為了減輕對環境的破壞與衝擊，全線大多採用橋梁及隧道的型式構築；其中，由於橋梁工程的量體結構較大，因此在路線線形的設計上亦多所考慮，方能讓橋梁工程與周邊地形地貌相互融合。

或許是這份出於對地方的愛與對環境的關懷，讓本工程不論在施工中或完工後，幾乎避免了對沿線河谷景觀的破壞及附近居民的干擾，保留了當地最原始的美及平實的風格，更營造出自然風貌與現代工程並存的和諧與完美。

高低差的分離式橋面設計，可讓用路人的視域景觀更為豐富。



看著順應山勢的彭山高架路段，以一道優美的弧線劃過山林溪谷間，再次印證當初的用心與堅持都是值得的！

攝影／齊柏林

潭邊橋



攝影／齊柏林

儘管遠遠望去每根墩柱都瘦瘦扁扁的，但其結構穩定性絕對是安全無虞！

石碇路段，由於大多採取跨越溪谷的橋梁方式設計，加上受制於路線高程，故平均橋墩高度皆達30m以上。

與地景融合的坪林高架橋

由於本路段多沿著溪谷佈設，在不破壞原有地貌並配合現地地形的情況下，設計單位可說是煞費苦心！

以坪林1、2號高架橋為例，橋梁線形採取與山谷走向吻合的S形曲線設計；另為了避免影響水流及配合地勢變化，南下線及北上線的橋墩除了採取分立於河道兩側外，橋面亦採不同高程設計。如今，完工後的坪林高架橋宛如銀帶般座落在山谷間，與以往切過山腰的築路方式相比，不僅減少了對植被景觀的破壞，也展現了這條高速公路為兼顧便捷快速與環境品質的努力成果。



攝影／齊柏林

坑子口溪



烏塗溪橋

攝影／齊柏林

當工程無可避免地必須穿越原始林區時，可將雙向的橋梁共同構築，以減少基礎施工對附近環境的破壞。如石碇高架橋、潭邊橋、烏塗溪橋等均秉持這樣的原則進行設計。



攝影／齊柏林

公路興建對自然環境的影響應盡可能降低。因此除了採取橋梁結構之外，其實亦可考慮以隧道及路堤的型式進行設計。

北宜高速公路雪山隧道南口外的路堤段即是一例。不僅滿足了路線高程的要求，亦可與周遭的山形地景相融合，加上有效利用了隧道開挖出來的土石方，真可謂一舉數得！

人定真可勝天？！

新中橫公路水里玉山線沿線的地質情況原本就不甚穩定，開路期間總是邊挖邊坍。而通車之後，每逢颱風豪雨或強烈地震更不時傳來坍方的消息。

此外，民國80年代以前臺灣並沒有嚴謹的法令以規範施工過程中的廢土棄置問題，造成當時諸多工程棄土，間接導致無法預期的邊坡穩定問題甚至引發規模大小不一的災害。所幸後來政府體認到相關問題的嚴重性，近年來已有相當顯著的改善。

因此，在天災頻仍且規模益形擴大的今天，昔日人定勝天的信念應該有所調整，轉而以「順天應人」的方式進行各項工程開發，如此方能與大地和平共處。



攝影／洪如江

填土與橋梁

近似等邊三角形的蘭陽平原乃東西向的蘭陽溪及數條支流所沖積而成的扇狀平原。由於擁有地勢平坦、土壤肥沃的自然環境，早期先民們多選擇臨水而居並逐漸形成聚落。不過水系的阻隔卻也是南北向交通所必須面對的課題。

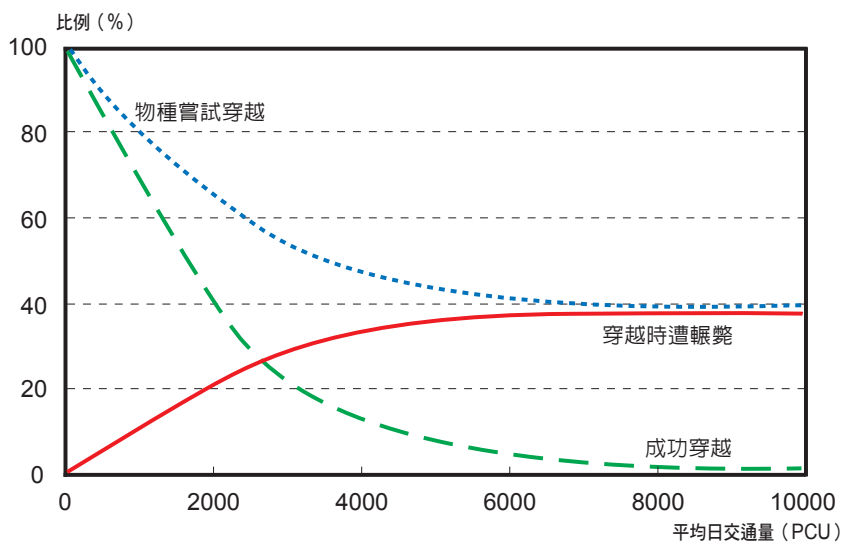
總長**24km**的北宜高速公路頭城蘇澳段，在決定以「中央線」路廊作為路線藍圖後，最初在規劃時草擬了**8km**的路堤段；然而到了設計階段，經多方考量後決定僅保留頭城端的**523m**。如今，在這全臺灣水資源最為豐沛的蘭陽平原上，視野所及盡是連綿不絕的橋梁，彷彿是一條悠遊人間的巨龍，為這片幅員廣闊的田野創造出嶄新的風貌。

為生物留一條路

公路工程為人們帶來了快速移動的便利性，但在生態豐富的區域卻可能阻礙物種的繁衍與遷徙。

由物種數量與棲地面積的關係式 $S=CA^Z$ （ S 為物種數量， A 為棲地面積， C 與 Z 為常數。）可以發現：生物棲地面積變小將導致物種數量呈指數型的遞減。

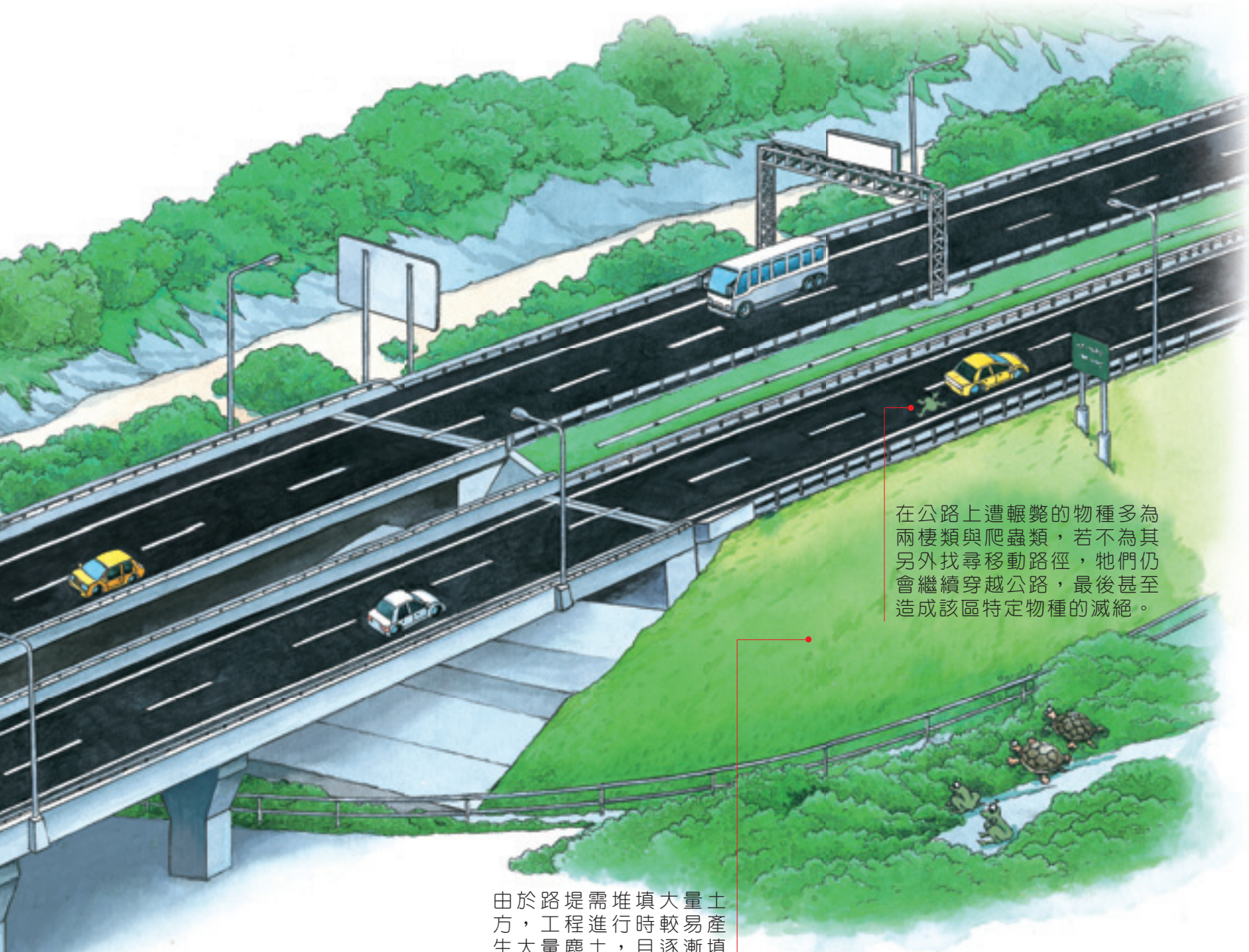
因此在從事公路建設時，除了必須考量對週遭環境的影響之外，也應該盡量降低對生物棲地的干擾，以維持當地的生物多樣性。



交通量越大的公路，物種嘗試穿越的比例越低；其中能成功穿越的比例更顯著降低。

註：PCU詳見「回首來時路」主題。





在公路上遭輾斃的物種多為兩棲類與爬蟲類，若不為其另外找尋移動路徑，牠們仍會繼續穿越公路，最後甚至造成該區特定物種的滅絕。

由於路堤需堆填大量土方，工程進行時較易產生大量塵土，且逐漸填高的路堤量體，將阻隔道路兩側的視覺景觀，因此其景觀衝擊將較高架橋型式明顯。

動物可利用橋下空間自由出入平常覓食及繁殖的地點，或遷移到他處。不會再因冒險穿越公路而造成死亡或導致往來車輛的意外事故發生。

頭城蘇澳段結構配置原則

	考量因素	橋梁比例（％）
規劃階段	蘭陽平地勢低窪，根據調查發現除五結及蘇澳之外，本路段幾乎均屬於易淹水區。為盡量降低對排水的影響及減少都市阻隔，原則上經易淹水區及都市計畫區的路段均以高架橋方式構築。	66
設計階段	<ul style="list-style-type: none">●費用：單以工程材料而言，橋梁結構的造價高於路堤；但如把用地費與拆遷補償費涵蓋在內時，則橋梁整體造價反較路堤低。●空間：橋梁除具備生態阻隔性低、橋下空間可利用等優點外，尚有視覺景觀不受限等無法量化的效益。●用地：本路段所經之處（如：壯圍、宜蘭、五結、羅東及冬山等鄉鎮市）土地利用價值高且未來深具發展潛力，再加上沿線人口分布日益密集，用地徵收不易。●土方量：原規劃方案所需土方量達350萬m³（相當於3.5座中正紀念堂），不僅土方料源難覓，施工期間運送土方的車輛亦將對周邊交通產生衝擊。●民意：地方民意多次反映並建議全線以高架方式構築。	98



頭城高架橋及兩側的路堤段

照片來源／北宜高速公路興建專輯 技術版

自動化橋梁工法

隨著時代快速變遷，過去傳統依賴人力的作業方式，似乎已逐漸無法符合現代人講求的效率。為因應工程規模的成長並提昇施工效率、降低人力需求，「自動化」成為近年來各類工程共同的發展趨勢。

就橋梁工程而言，早期的橋梁高度及跨度通常不大，且施工環境要求不高；不過隨著環保意識提高、營建市場勞工短缺和工資昂貴等社會現象日益嚴重，再加上橋址條件愈趨複雜，高橋墩、大跨度的橋梁設計需求與日俱增，使得橋梁施工條件也更為艱鉅。

有鑑於此，自北二高興建以來，國內工程界便陸續引進歐美及日本等國的先進橋梁工法，朝省力、省時、省經費的方向發展。以致

於後來如臺北捷運、二高後續計畫、高速鐵路、中山高汐止五股段拓寬及高速公路南投段等以橋梁結構為主的重大公共工程，乃大量採用具高度自動化、系統化的施工方式。藉由橋梁斷面標準化、作業機械化及制式化等程序，達到施工自動化之目的。

北宜高速公路工程中，共採用了「預鑄節塊工法」、「支撐先進工法+預鑄斜撐板」及「懸臂工法」等3種自動化橋梁工法。

國道橋梁數量比例

路線名稱	全線總長(km)	橋梁總長(km)	橋梁所佔比例(%)
① 中山高速公路(一高)	374.0	33.9	9
③ 福爾摩沙高速公路 汐止竹南段(北二高)	117.8	25.0	21
③ 福爾摩沙高速公路 基隆汐止段及 竹南林邊段 (二高後續計畫)	387.1	185.4	48
⑤ 蔣渭水高速公路 (北宜高)	55.0	29.4	53
⑥ 高速公路南投段	37.6	26.4	70

各時期國道橋梁自動化工法比例

單位：%

路線名稱	預鑄節塊工法	支撐先進工法	懸臂工法	總計
① 中山高速公路(一高)	-	-	2	2
③ 福爾摩沙高速公路 汐止竹南段(北二高)	-	21	7	28
③ 福爾摩沙高速公路 基隆汐止段及 竹南林邊段 (二高後續計畫)	20	54	5	79
⑤ 蔣渭水高速公路 (北宜高)	29	43	4	76
⑥ 高速公路南投段	-	7	60	67



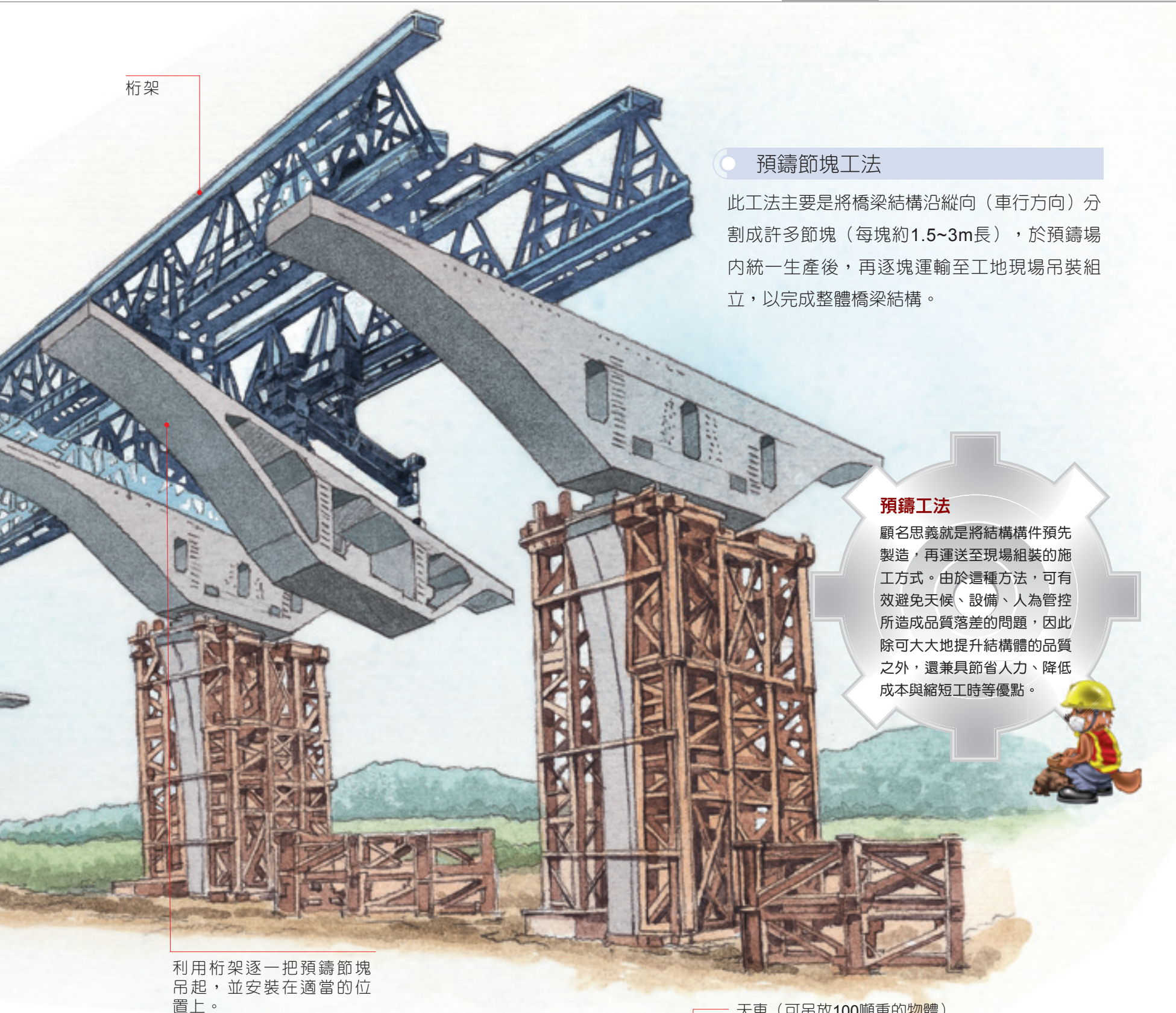
適用性

預鑄節塊工法適用於長度1,600m以上的橋梁，施工時，機械自動化的程度高且效率快，不僅節省工時亦節省人力。



施工時是從橋墩中心開始往兩邊平衡吊裝，最後再於橋跨中央吊組閉合節塊，以完成單跨的橋梁結構。如此逐跨重複進行，直到整座橋梁結構完工。

照片來源／北宜高速公路興建專輯 技術版



照片來源／北宜高速公路興建專輯 技術版



利用預鑄場中的天車，將預鑄節塊吊放於拖車上，再運送至施工現場。

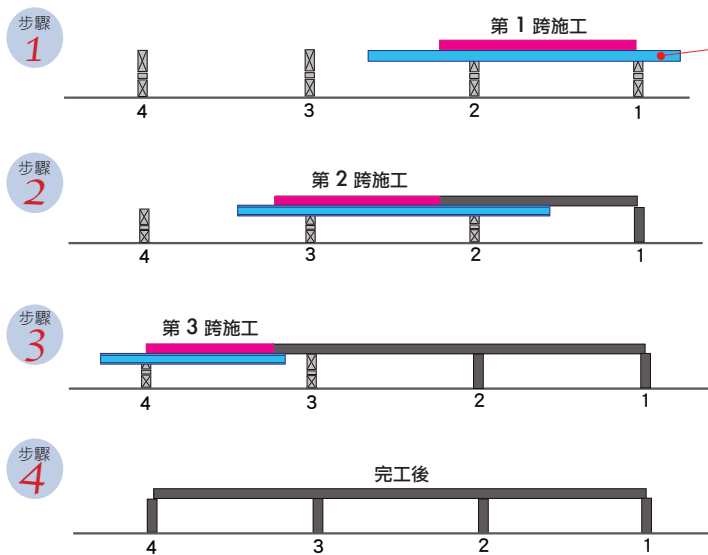
照片來源／北宜高速公路興建專輯 技術版

支撐先進工法 + 預鑄斜撐板

主要先以支撐先進工法完成橋梁主體後，再於兩側以臨時支撐鋼棒架設預鑄斜撐板，並依序完成鋼筋綁紮及混凝土澆置等相關工作。

支撐先進工法施工順序示意圖

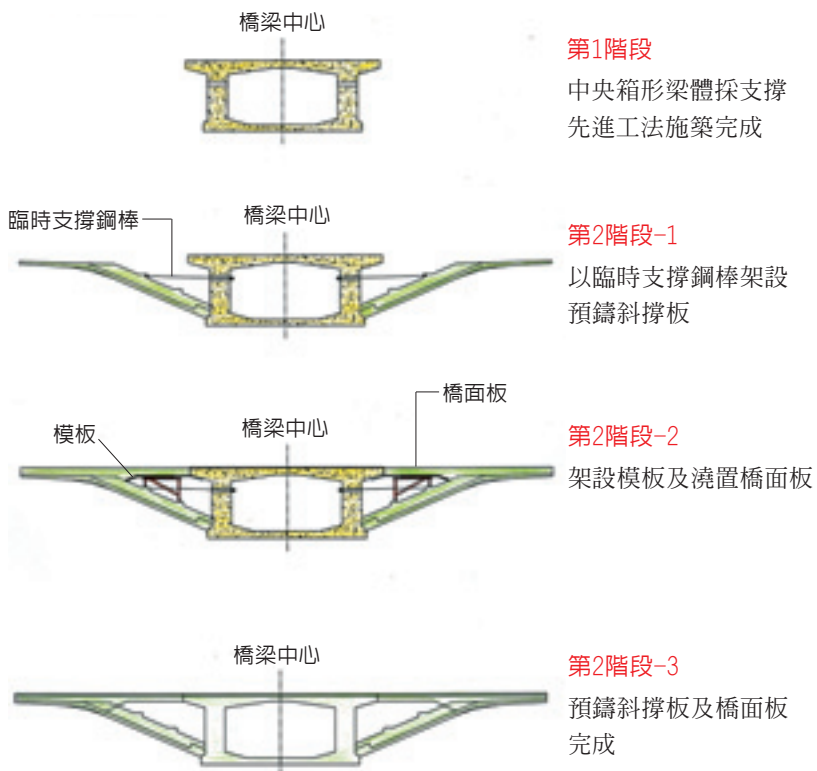
註：以3跨連續橋梁結構為例。



攝影／齊柏林

基於增加土地利用的考量並減輕對環境的衝擊，北宜高速公路頭城蘇澳段特別於橋梁設計上採用預鑄斜撐板，不僅可縮小橋墩的斷面尺寸、節省工程成本，而且橋梁外觀的線條變化也更具有豐富性。

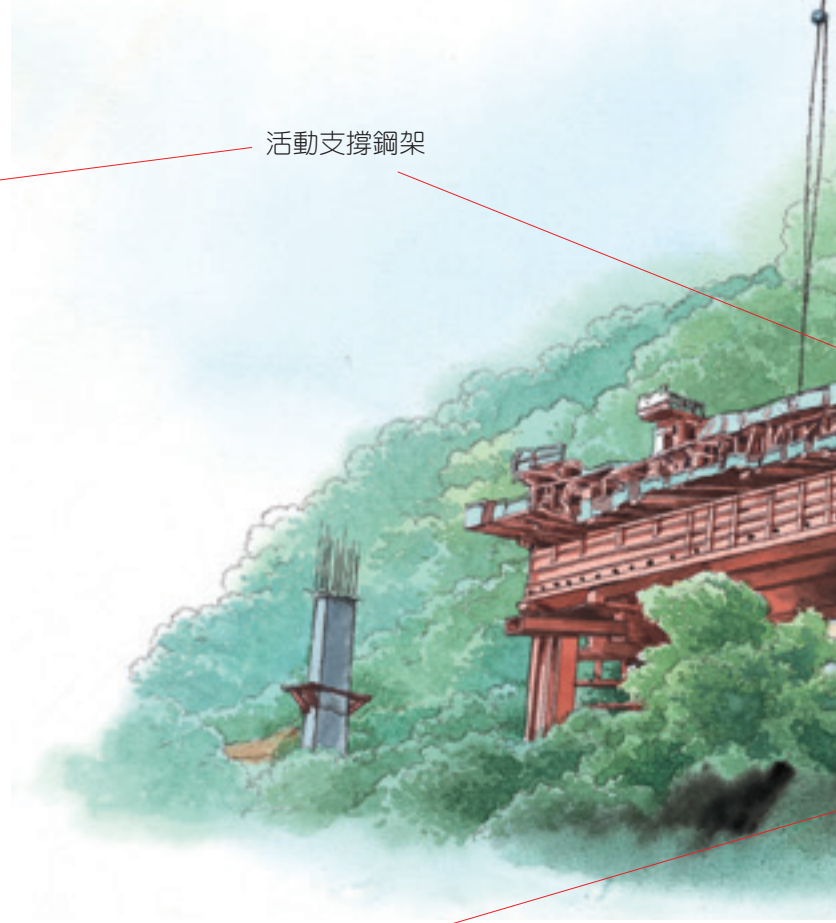
支撐先進工法 + 預鑄斜撐板施工示意圖



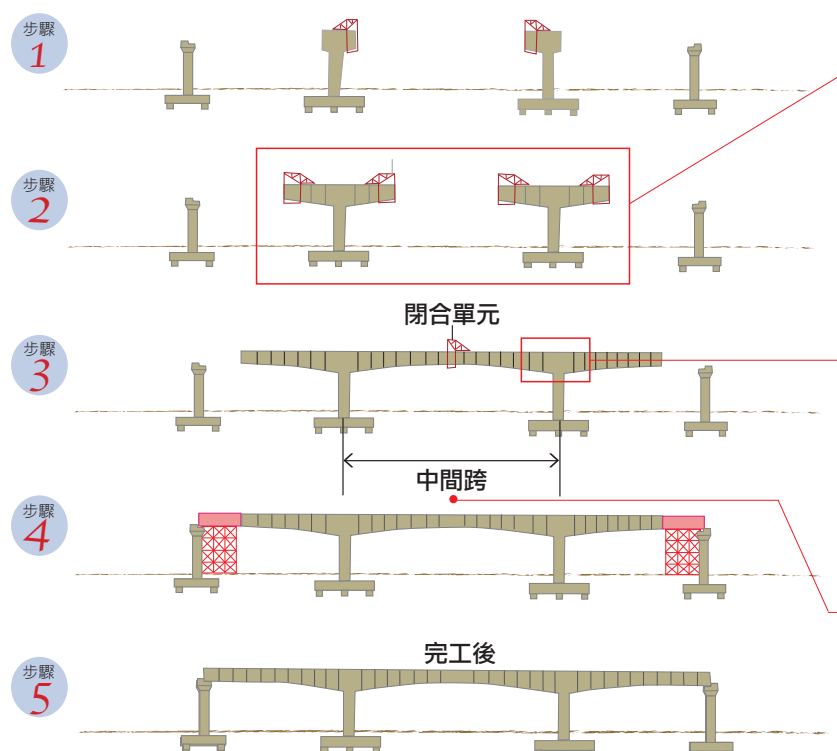
照片來源／北宜高速公路興建專輯 技術版

適用性

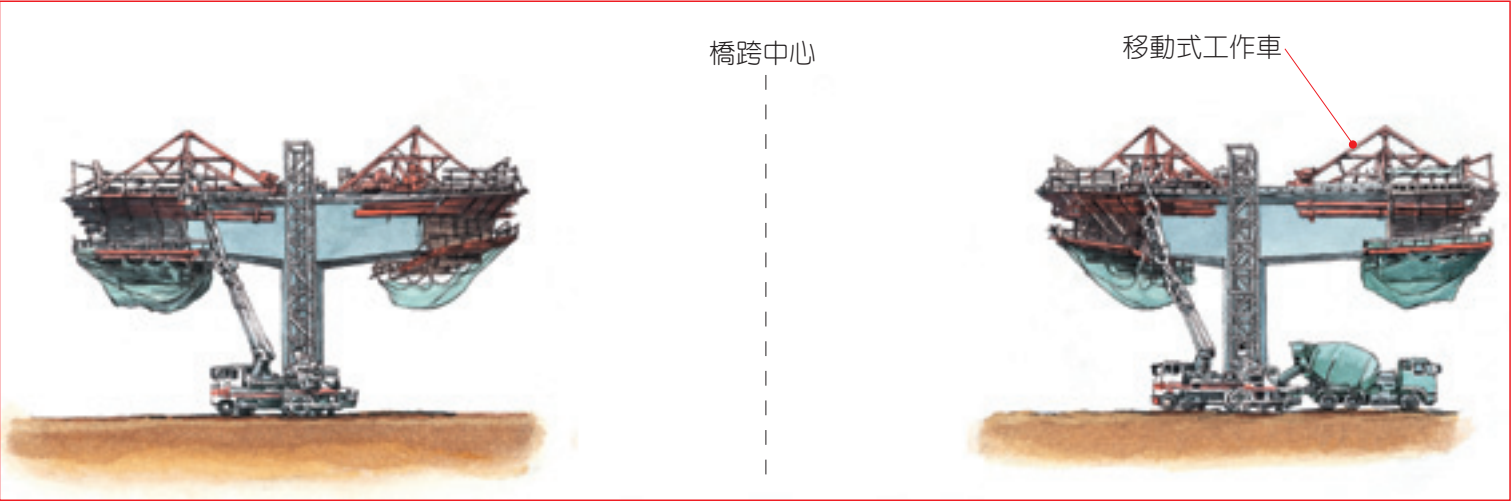
支撐先進工法適合主跨徑在30~55m，橋長超過800m以上的橋梁。



懸臂工法施工順序示意圖



註：以3跨連續橋梁結構為例。



適用性

懸臂工法適用於跨度在60~250m範圍內的橋梁。此外，本工法除了移動式工作車之外，並不需要架設其他支撐，因此也很適合運用在高橋墩、山谷地形及橋下不適合架設太多支撐的橋址。

各種橋梁工法的適用性

	預鑄節塊工法	支撐先進工法	懸臂工法
適合跨徑(m)	35~180	30~55	60~250
適合橋高	高	高	高
路線線形	較不適用於線形變化大的橋梁	限制條件中等	限制條件較少
橋下空間限制	無	無	無
施工場所限制	須有預鑄場	無	無
是否需封鎖道路	否	否	否
對環境影響	小	小	小
施工速度	5~7(天/跨)	8~14(天/跨)	7(天/單元)

懸臂工法

懸臂工法是利用移動式工作車作為組立模板與澆置混凝土的工作架，從橋墩中心出發，向橋跨的中心點逐單元（每單元約3~5m長）施作的一種橋梁工法。

由於工作範圍集中，且屬重複性的工作，因此施工管理及作業均較為簡單，所需的工作人員也較少。

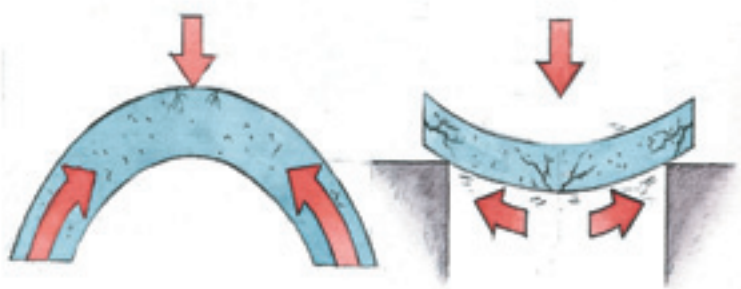
中間跨的單元數量須以奇數配置，跨徑中央的閉合單元為最後施築的單元。先到達閉合處的工作車可先拆卸，由後到達的工作車進行施作。

拱的妙用

拱作用的發明，是人類文明史上的重要進展！相傳發源於西元前4,000年的兩河流域，並於古羅馬建築中獲得較大規模的應用。至於中國最早的拱形結構則始見於漢朝的墓室中；但是若論知名度，就不得不提到完成於隋代，有「天下第一橋」美譽的「趙州橋」了。它不僅是當今世界上跨距最大（37m）、建造最早（距今約1,400年歷史）的石拱橋，更已被遴選為「國際土木工程歷史古跡」，堪稱為華人最引以為傲的代表性建築之一。

其實拱的妙用在中國古老的建築中處處可見，如：墓穴、拱橋、城門、塔樓及無梁殿等；至於世界各地，相關的應用也俯拾皆是，如：回教清真寺的拱頂、拱門、拱窗，俄羅斯洋蔥式尖頂的教堂等。到了近代，拱應用在壩體、隧道、地下空間、橋梁、蛋殼狀建築結構的突破與創新，更革命性地襲捲了你我的生活！

拱作用的原理



拱作用的原理，即是將跨空結構下緣所承受的拉力巧妙轉換為軸向的壓力，使具有優越抗壓能力、卻缺乏抗拉能力的材料得以充分發揮其特性。



天下第一橋－趙州橋

趙州橋，又名「安濟橋」，位於河北省趙縣，因橋體全部用石料建成，故又俗稱「大石橋」。此座大橋在兩側拱肩各砌有兩個小拱，不僅可加大排洪斷面、節省石料、減輕橋身重量，更增強了橋身的穩定性，在橋梁建造史上可算是項創舉，在中外橋梁史上亦佔有舉足輕重的地位，對於後代橋梁工程產生了深遠的影響！這也說明了此橋即使歷經了朝代更迭，經歷多次大地震與洪水的衝擊，至今仍屹立不搖。

集諸多優點於一身的壩型－拱壩



拱壩，能充分發揮混凝土或石料抗壓強度高的特性，且其抗震性能較佳、壩體亦可洩流。在地質、地形條件許可的情況下，是項安全可靠又經濟的選擇。

翡翠水庫的翡翠壩即是典型的拱壩。通常在河寬縮減、兩岸岩盤堅實且上游蓄水量豐富的地方，即是理想的拱壩壩址區位。

照片來源／中興工程顧問公司

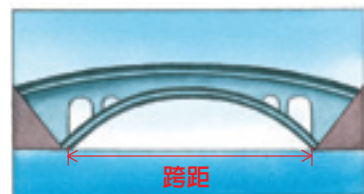


照片來源／中興工程顧問公司

拱的應用使地下工程更為經濟

地下空間或隧道，常利用周圍岩盤本身的自持力，形成一個承力拱圈，以抵抗上方山體的自重。

照片為明潭地下電廠，是臺灣最大的水力發電廠，完工時其抽蓄發電機組總容量不僅在亞洲排名第1，在全世界也高居第4。



跨距

亦稱跨徑，一般指結構或構件支承間的水平距離。應用在拱橋上，即意指拱形結構與地面接觸位置之間距。一般說來，橋梁跨徑越大，施工困難度越高。



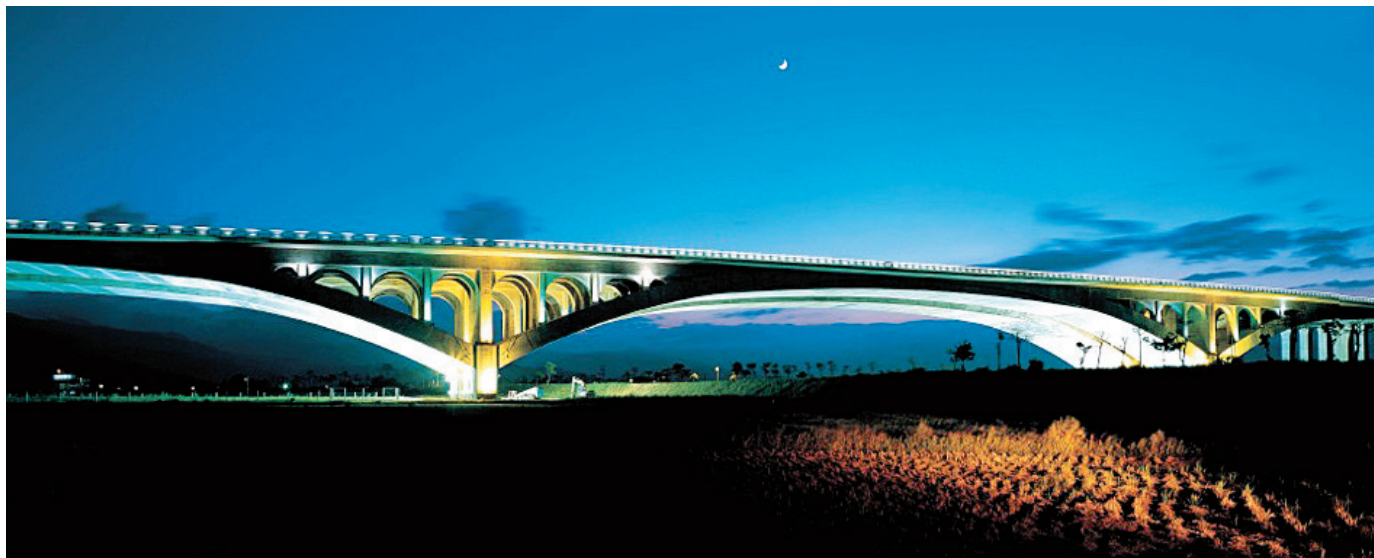
蛋殼狀建築結構－「巨蛋」

臺北小巨蛋，民國94年完工，已成為臺北市重要的藝文表演與體育賽事的活動會館。其薄殼狀蛋形的結構外觀，亦屬拱的延伸應用。世界上最早的巨蛋，需追溯到美國休士頓的太空巨蛋（Astrodome，1965年建成）。而今の巨蛋結構，由於具有大面積無障礙的使用空間，已在世界各地如雨後春筍般到處林立。



拱門

埃及開羅的穆罕默德·阿里清真寺，不僅是著名的觀光勝地，亦是拱應用的最佳範例。



冬山河橋橫跨冬山河，是一座3跨的大跨距拱橋。

攝影／齊柏林

橋梁，不啻是兩地的媒介，更可以是城鎮的地標、國家的象徵，甚至是歷史文化的傳承。紐約的布魯克林大橋，是19世紀最長的懸索橋，如今藉由好萊塢電影的強力放送，已然成為美國國力的象徵與歷史的印記；舊金山的金門大橋，擁有世界上名列前茅的懸索橋高橋墩，則早已成為美國西岸力與美的表徵。另外，澳洲雪梨的港灣大橋、英國倫敦的塔橋等著名橋梁，實已全然跳脫建築的語彙，而成為當地人民精神的寄託，並深深烙印在世人的腦海中。

冬山河橋，座落於宜蘭熱門觀光景點－親水公園上游的冬山河畔。一座看似僅止於連結城市與農村的平凡橋梁，卻有其不平凡的內涵。兼顧環保、美學與生態，是這座全臺長度最長（375m）、跨距最大（主孔跨距187m）之預力拱橋的設計初衷。當初為配合「冬山河國家水上運動中心」國際標準賽船道的籌設，還因此增加跨距並加強景觀設計，也因此，同時考量點、

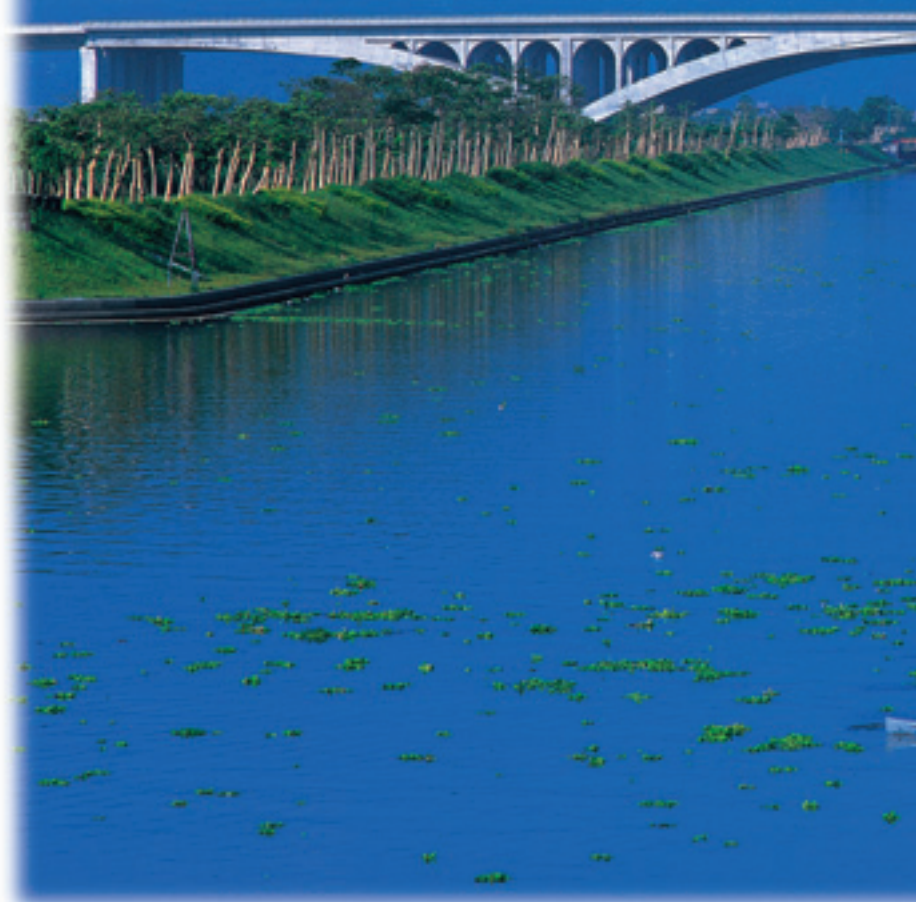
線、面的景觀照明，使冬山河橋成為入夜之後當地遊客駐足流連的新興景點。

下回取道北宜高速公路行經宜蘭之際，何妨轉換匆促的步調，從羅東交流道離開那飛馳的車流，來到冬山河畔，讓徐徐微風輕撫著你的臉龐，伴著點點螢火，靜靜地品味這蘭陽人的驕傲、蘭陽平原的新地標。



拱橋基座採用場鑄現地支撐的方式施作；拱座範圍外則採用場鑄懸臂工法。

註：工法介紹請參閱「自動化橋梁工法」主題。
照片來源／北宜高速公路興建專輯 技術版





照片來源／北宜高速公路興建專輯 技術版

由細微處見不凡

冬山河橋復古的拱門造型是取材自頭城老街的門形拱圈；主橋墩上利用造型模板所刻劃的直線飾條，以及橋體表面的磨光處理，不僅增加了整體的美觀，更凸顯了工程的細膩。另外，漸層退縮的手法以及掩飾橋體外排水管的FRP蓋板，都是國內橋梁的創舉。

梁與拱的複合式結構

由於冬山河橋變更設計後，主孔跨距加長（原設計為155m）；然而考量前後段橋梁的銜接問題及橋下車道淨高的限制，為避免主跨拱底水平力過大，故設計為一梁與拱的複合式結構。

不過，為改善下弦拱線條不平順的現象，乃於拱身側面設置1個曲面凹槽以轉移視覺焦點。



照片來源／北宜高速公路興建專輯 技術版



頭城老街的門形拱圈



照片來源／北宜高速公路興建專輯 技術版

由於冬山河橋以特殊景觀橋自許，因此為求橋面整體造型美觀，建造時乃於混凝土表面及模板接縫等處，以金鋼砂進行磨光處理，俾美化其外表。雖然對於成本及工期有所增加，卻對橋體外觀有顯著的加分效果。

攝影／齊柏林

徜徉在雲端

本路線以高橋墩型式的橋梁通過石碇路段，為了減少工程建設對當地民衆及環境生態的影響，有別於以往於地面施作橋墩的方式，「向天爭地」成了權衡之後不得不為的決定。因此，鎮日置身於山嵐繚繞、雲霧飄渺的高空中作業，成了北宜高速公路施工期間仰之彌高的另類風景。「烏塗溪橋的超高橋墩」及「石碇西街的高坡開挖」，僅是其中兩個較為鮮明的案例，其施工危險性及困難度自是不言可喻！

烏塗溪橋的高空作業

烏塗溪橋施工期間為了克服跨越烏塗溪及兩側橋墩位於險峻陡坡上的施工困難，罕見地架設了3層鋼便橋輔助作業，最高層的便橋距離地面道路達40m，相當於在13層樓以上的高空作業。當時的工程人員除了需具備專業技能外，還需克服對高度的恐懼。



石碇西街的高坡開挖

石碇西街的背後則蘊含了另一段動人的故事…當時，由於潭邊橋旁高邊坡的開挖工作，距離人口密集區僅百餘米，頭頂大型機具穿梭游移的壓迫感與安全疑慮，讓當地居民燃起了誓言捍衛家園的決心。強烈的抗爭一波未平、一波又起。所幸經過挨家挨戶的訪談，再提供加強防護措施、遷居的租屋津貼，加上協助改善環境的敦親睦鄰工作，外加「不讓一顆石頭掉下來」的強力保證下，終於，誠意感動了蒼天與大地，不但化解了當地民衆的心防，即使工程期間歷經雨季，也因老天爺鼎力相助，順利且安全地完成了這座為數7階、總高72m的「巨人的階梯」。



石碇西街的高邊坡開挖工程。 照片來源／情牽北宜

怪手大隊接力

原來大隊接力的精神，也可以運用在施工作業中。當時，石碇西街的邊坡開挖工程，為了避免落石掉落，危及居民安全。所開挖出來的土石方，採「隨挖即運」的方式，利用怪手接龍搭配運土車迅速運離棄土。最高紀錄曾有5部怪手同時作業，所耗費的人力、物力相當可觀。



照片來源／情牽北宜



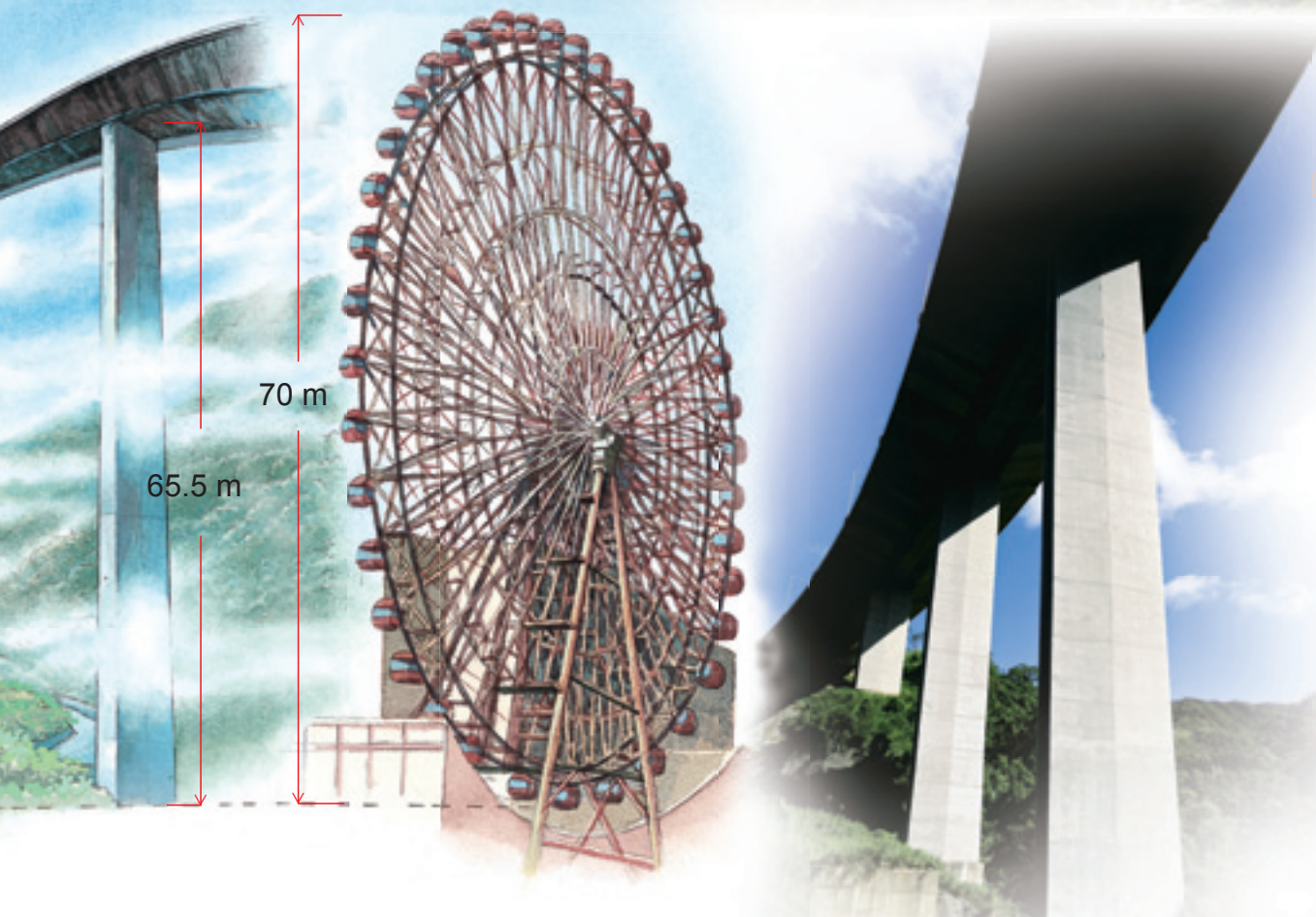
潭邊橋與烏塗溪橋之間的高邊坡，恰位於石碇西街的人口稠密區之上。

照片來源／北宜高速公路興建專輯 技術版

烏塗溪橋的超高橋墩

由於受到路線規畫與現地地形的限制，烏塗溪橋中最高的橋墩達65.5m，完工時成了全臺灣最高的橋墩。其設計與施工的難度，絕非一般橋墩所能比擬！此橋墩高度甚至已直逼臺北市最大的摩天輪直徑！

照片來源／北宜高速公路興建專輯 技術版



不可能的任務

“Mission Impossible”不只是在電影院上演的情節；更是北宜高速公路沿線施工期間經常出現的戲碼。特別是在沿山開路的南港頭城段，工程人員常需突破人類極限，在地勢險峻的環境下，尋找立足之地，以完成一樁樁不可能的任務。其中，又以陡峭山坡上的井式基礎施工，最令人嘆服。

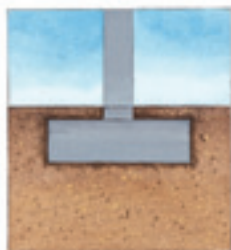
北宜高速公路石碇至彭山間的高架橋路段，約莫一半的橋墩座落於高邊坡之上，一般大型的施工機具根本無法到達。若條件許可，或許還能設法新闢迂迴的施工便道，或採用鋼便橋的方式通達，並配合小型機具進行施工；倘若地形較為惡劣者，甚至

得半哄半利誘地勸說工人發揮愚公移山的精神，以人力進行挖掘。

其中，烏塗溪橋的一座井式基礎，由於地表的覆土層遠較預期厚，因此基礎深度也不得不配合現況調整。完工後深達35m的井基，更成了國內橋梁最深的井式基礎。

然而，施工過程中要深入地表下作業，可不是人人都具備的膽識。也因此，強烈的不安全感，讓當時工程才剛進行至過半的深度，便發生了一段

基礎型式介紹



擴展式基礎



井式基礎



樁基礎

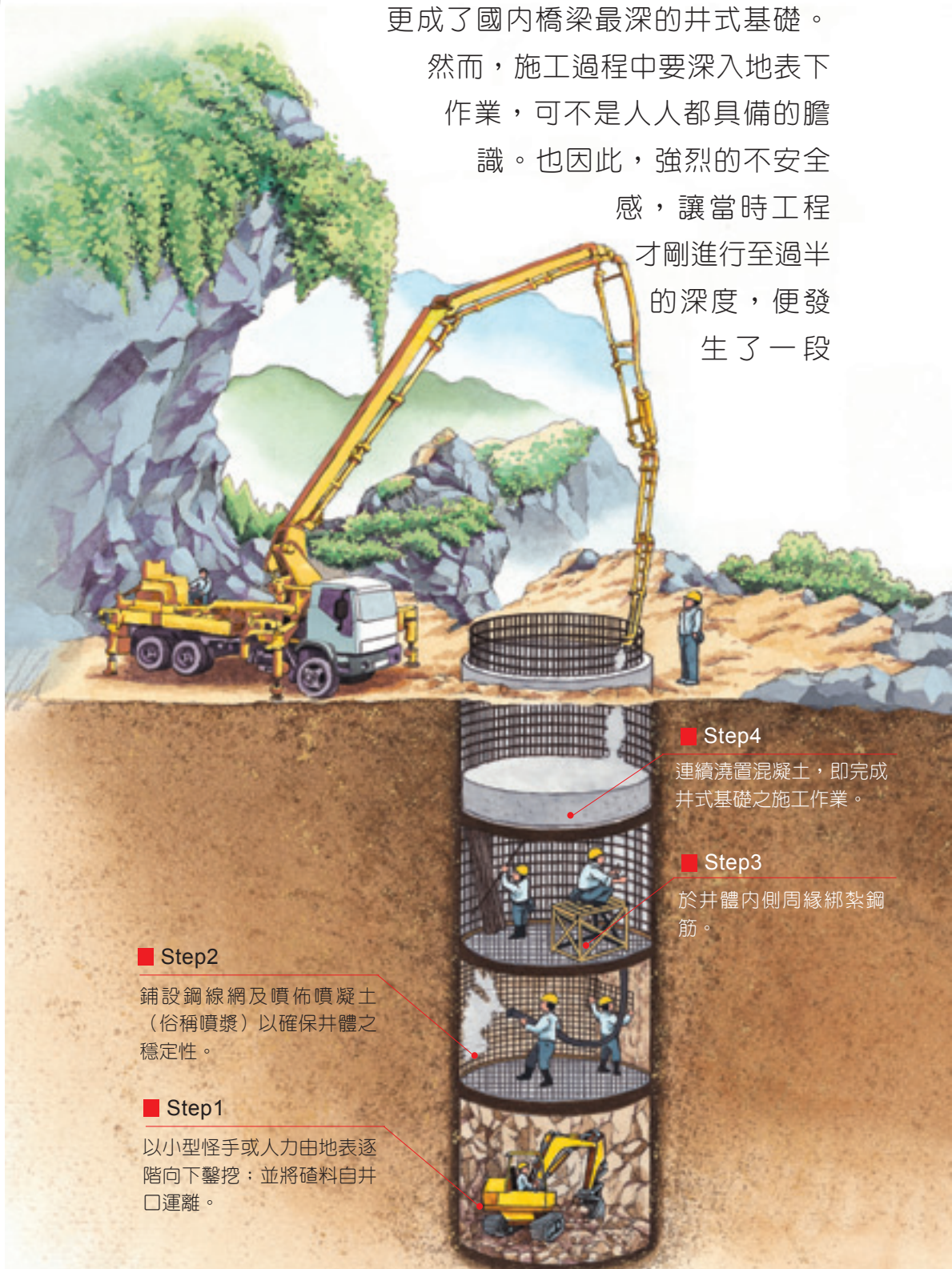
一般而言，在非行水區的基礎型式主要分為3種：

即擴展式基礎、井式基礎及樁基礎。

● 擴展式基礎：通常為淺基礎，多用於腹地大而平坦的區域；施作時開挖量較大是其主要缺點。

● 井式基礎：通常為深基礎，常用於開挖腹地較小的坡地地形。

● 樁基礎：通常為深基礎，可兼顧安全及品質，且可自動化施工；惟相關機具所需之施工腹地較大。



Step 2

鋪設鋼線網及噴佈噴凝土（俗稱噴漿）以確保井體之穩定性。

Step 1

以小型怪手或人力由地表逐階向下鑿挖；並將渣料自井口運離。

Step 4

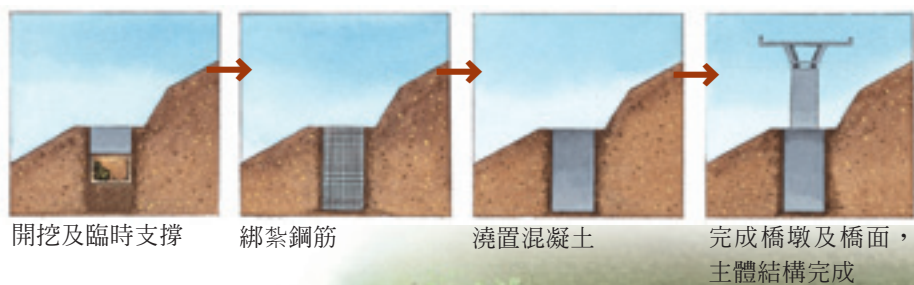
連續澆置混凝土，即完成井式基礎之施工作業。

Step 3

於井體內側周緣綁紮鋼筋。

罷工的插曲。畢竟現實生活中若有個差錯，可不像電影般能有一條鋼索及時把人救起。所幸後來藉由先行完成井壁的穩定作業，才說服工人繼續返回工作崗位。這群勇士賣命完成的橋梁基礎，踏實地奠下了這條公路穩固的基石，雖然當你奔馳在北宜高速公路上時並不易察覺…

井式基礎及橋體結構的建造過程



開挖及臨時支撐

綁紮鋼筋

澆置混凝土

完成橋墩及橋面，主體結構完成



潭邊橋附近配合地形設施的「之」字形鋼便橋，能有效減輕修築施工便道時對環境的影響，使機具材料之運補作業，得以自低處向高處順利推展。

照片來源／北宜高速公路興建專輯 技術版

井式基礎

即深井型式的基礎。乃於基礎預定地完成整地後，利用機具或人工挖掘、出碴，配合側壁穩定工作與必要的排水作業直至設計深度，再於井內綁紮鋼筋並澆置混凝土，以做為深基礎。

岩錨

即利用貫入堅實岩盤的灌漿錨定體，配合施加預力的鋼鍵，以提供基礎或擋土結構穩定性的一種常見措施。



當井式基礎緊臨陡峭岩壁時，由於保護厚度淺薄，為提高基礎抗震之側向承載力，有時會施作背拉岩錨，以增加基礎結構之穩定性。



烏塗溪橋的井式基礎，乃藉由在陡坡上修築便道以進行施工作業。

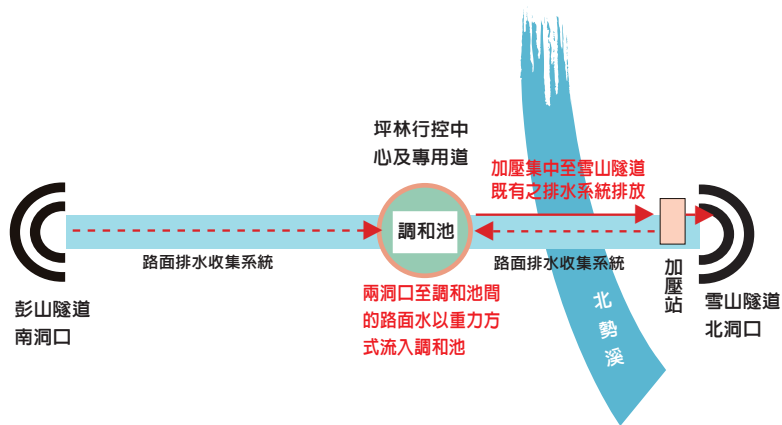
照片來源／北宜高速公路興建專輯 技術版

通過水源區的因應

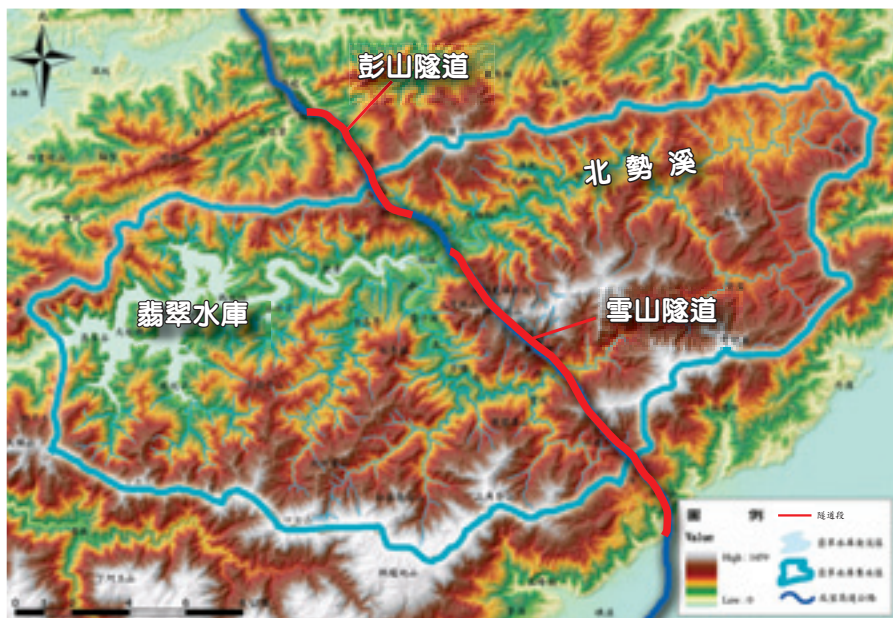
「雪隧奇蹟、臺灣驕傲」！這句話不僅表彰著完成雪山隧道的艱辛與不易，更歌頌著工程團隊堅毅不拔、愈挫愈勇的精神，在國內外專家都不看好的情況下，締造了屬於臺灣人的榮光。從本主題開始，讓我們懷著一顆感恩的心，細細回顧這屬於雪山隧道的點點滴滴。

北宜高速公路彭山－坪林段恰好通過臺北水源特定區，其中雪山隧道北口旁的北勢溪即翡翠水庫的主要水源。因此，為確保當地水質不受施工乃至完工後的影響，工程團隊在許多環節上都竭盡心思地採取許多因應對策，種種作為無非是為了降低北宜高速公路通過水源區的衝擊，讓用路人在暢快寫意地駛過水源區的同時，也能使青山長在、綠水長流、魚蝦常駐、人類常遊。

坪林水源保護區公路路面水收集處理系統示意圖



翡翠水庫集水區



照片來源／北宜高速公路興建專輯 技術版

水源區內的排水系統

為了避免營運後所產生的廢污水污染當地水源，北宜高速公路採用一封閉型的排水系統。其運作方式是藉由高速公路下方的1座調和池，集中收集該路段的路面水，並抽排至雪山隧道既有的排水系統內，透過重力排水的方式，統一排放至水源區外處理，有效確保了水源區的水質。

北宜高速公路的隧道縱坡考量

一般說來，隧道縱坡若可採取中間高、兩端低的駝峰形狀，則有利於施工中排水。然而，不論臺北水源特定區北側的彭山隧道，或是南側的雪山隧道，都捨棄此種縱坡型式；而配合地勢改採單一坡度向水源特定區外傾斜的方式。目的即希望盡可能減少施工用水及營運後的路面污水流入水源區。這也是雪山隧道2條主坑與1條導坑，當初均規劃從南洞口開始施工的主要原因。



縱坡

以公路工程為例，即沿路線縱剖面之坡度起伏。一般說來，不同的公路等級，其容許的縱坡上限值亦不相同。若在路線兩端相同高差的情況下，縱坡愈緩，則設計路線將相對較長；反之，則油耗及廢氣排放量將相對增加。

生態工程

原名「生態工法」，為避免誤解成是一種施工方法，乃於95.6.21起正名為「生態工程」，以與國際用語Eco-engineering對應。生態工程的目標除了促進產業與經濟之發展，更欲創造優質永續的生活環境。而實際的作法是在原有的功能與安全要求外，進一步考量環境、生態、景觀、甚至文化等層面，以促使硬體工程建設與整體環境相融合，並維護生物的多樣性。



坑子口溪的生態工程

為避免施工中開挖造成地土流失，進而影響北勢溪水質，工程團隊乃於坑子口溪沿岸及匯入北勢溪之河口施作生態工程，計設置有：固床工、護岸、消能池、魚道及攔砂壩等設施，一方面除整治坑子口溪，減少泥砂產出及河岸與河底的沖刷淘蝕外；另一方面亦希望藉由植生的方式加以綠美化，並重建近自然的棲息環境，以復育當地的生態。



坑子口溪沿線支流的溪床固床工。

照片來源／北宜高速公路興建專輯 技術版



坑子口溪匯入北勢溪處的魚道。

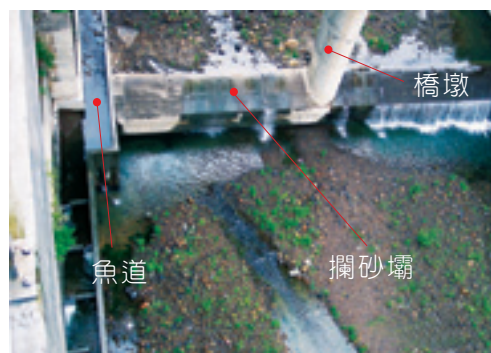
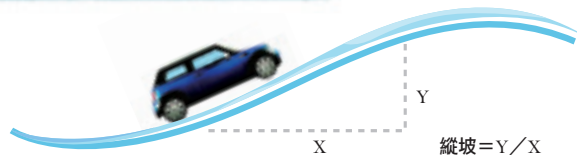
攝影／齊柏林



整治完成的坑子口溪。

照片來源／北宜高速公路興建專輯 技術版

縱坡示意圖



坪林行控中心專用道的橋墩與攔砂壩共構。

照片來源／北宜高速公路興建專輯 技術版

固床工

避免溪床受水流侵蝕或沖刷所設計的保護工。

護岸

即保護河岸免於受流水衝擊而侵蝕的構造物。

消能池

在河道整治上，一般是指在水流落下處以減緩淘刷為目的所設置的構造物。

魚道

亦稱魚梯，即設置在溪流落差較大的地方，為便於原生物種及迴游魚類上溯迴游的一種構造物。

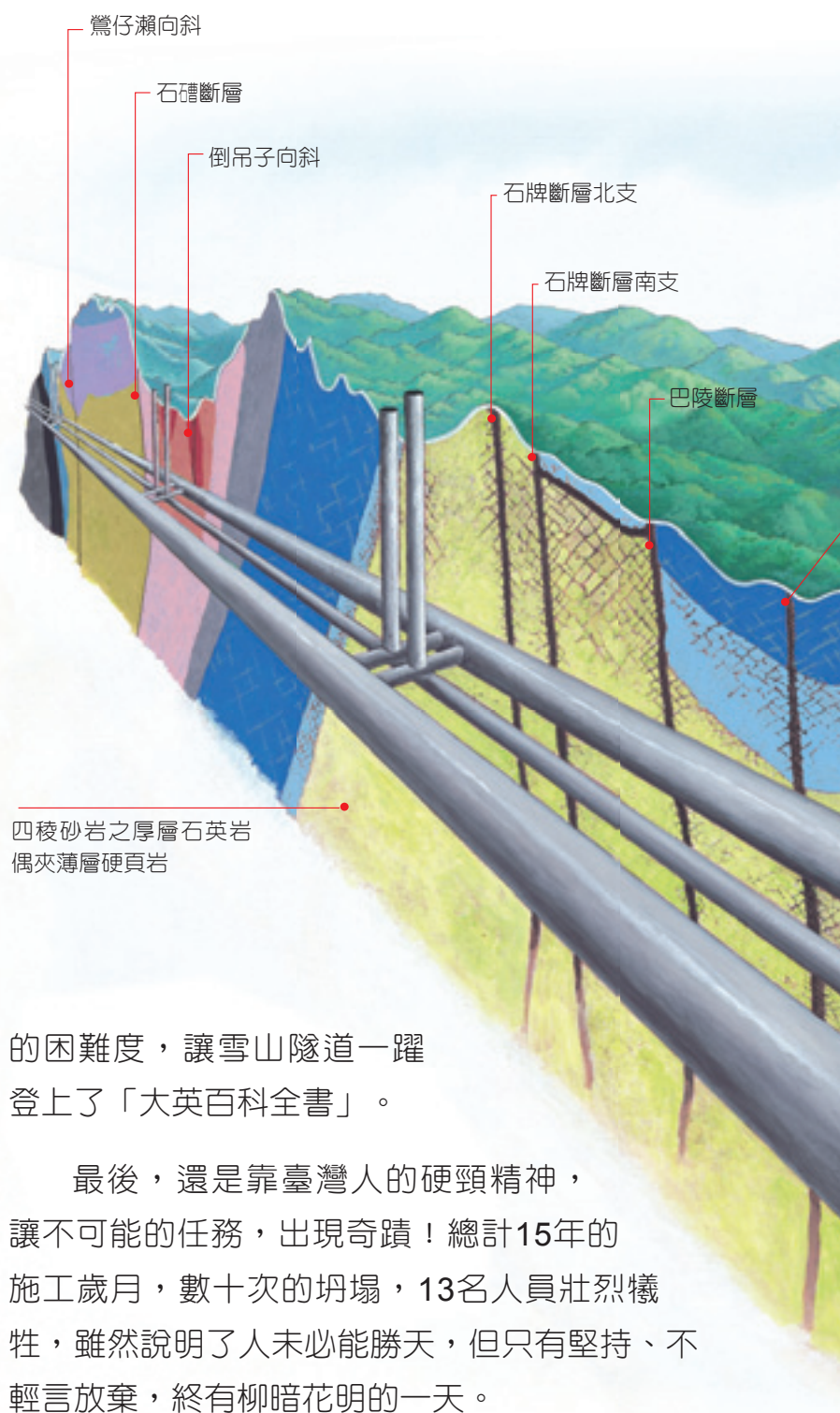


破碎困難的地質

地質之於隧道，就彷彿人的體質之於健康。先天體質若是不良，就得靠後天的調理與鍛鍊並處處留意，方能一切無恙。臺灣，由於地質年代較輕，強烈的造山運動迄今仍持續進行，致使全島斷層密集分布、地質狀況複雜多變，隧道工程多面臨特殊地質的環境，徒增施工的困難與危險，也常須耗費可觀的人力、物力進行處理以確保安全。

儘管選線階段已經過縝密的考量，然而破碎困難的地質，終究是連結坪林與頭城這段路廊難以避免的宿命！大體說來，雪山隧道東南段的地質明顯較西北段惡劣，特別是沿線通過的6條主要斷層，其中5條就密集地分布在東南方四分之一左右的路段，外加此區岩質堅脆的四稜砂岩（後有專題說明），真是讓施工團隊苦不堪言。儘管地質情況在事前調查時已可預見，然而實際施工時的難度卻超乎想像。也因此，工程團隊在開工初期遭遇了極大的挫折。

回顧當時，南非專家前來協助探勘地質，預計300m的鑽孔，只鑽了107m就嚴重坍孔；揚言解決不了就切腹的日本專家，同樣也是黯然離開。整個施工過程中，7次國際諮詢會議，14個國家共46位專家的協助，一時之間仍無法突破。也正因如此破碎困難的地質與施工技術



的困難度，讓雪山隧道一躍登上了「大英百科全書」。

最後，還是靠臺灣人的硬頸精神，讓不可能的任務，出現奇蹟！總計15年的施工歲月，數十次的坍塌，13名人員壯烈犧牲，雖然說明了人未必能勝天，但只有堅持、不輕言放棄，終有柳暗花明的一天。



雪山隧道導坑通過斷層破碎帶時的施工情形。

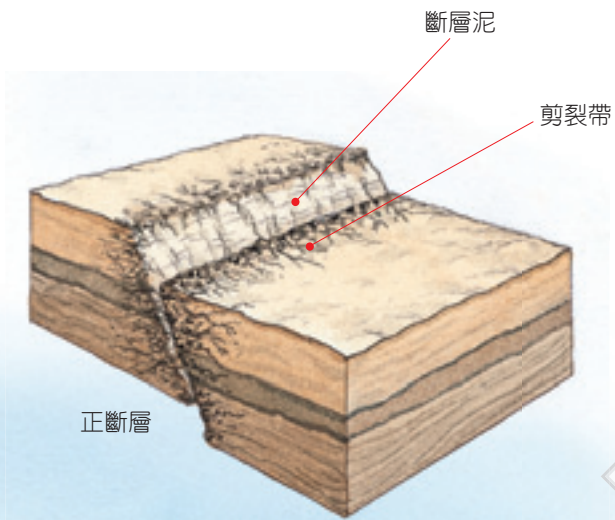
攝影／齊柏林

頂導坑工法

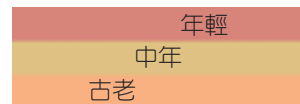
為了因應雪山隧道沿線破碎困難的地質，工程團隊乃自行開發了頂導坑工法。其目的即在於透過先行支撐加強的頂部構造，以確保後續通過的TBM，不致因岩盤破碎而遭夾埋受困。



攝影／張博翔



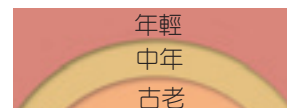
■ 水平地層



■ 向斜構造



■ 背斜構造



正斷層&逆斷層

斷層意指岩盤間的破裂面，且沿著破裂面的兩側岩盤曾經有相對位移。正斷層，即其中的一種斷層型式。破裂面的上方岩體受重力或是拉力的作用，使其沿著破裂面向下方移動稱之。反之，則稱為逆斷層。

向斜構造

是一種地層排列的方式，當地層受到大地應力作用而發生扭曲時，產生一形狀向下凹陷的地質構造稱之。向斜構造的中間地層較新、兩側地層較為古老；反之，則稱為背斜構造。



雪山隧道沿線通過的斷層除石碇斷層屬於逆斷層外，其餘均屬正斷層型式。

上新斷層

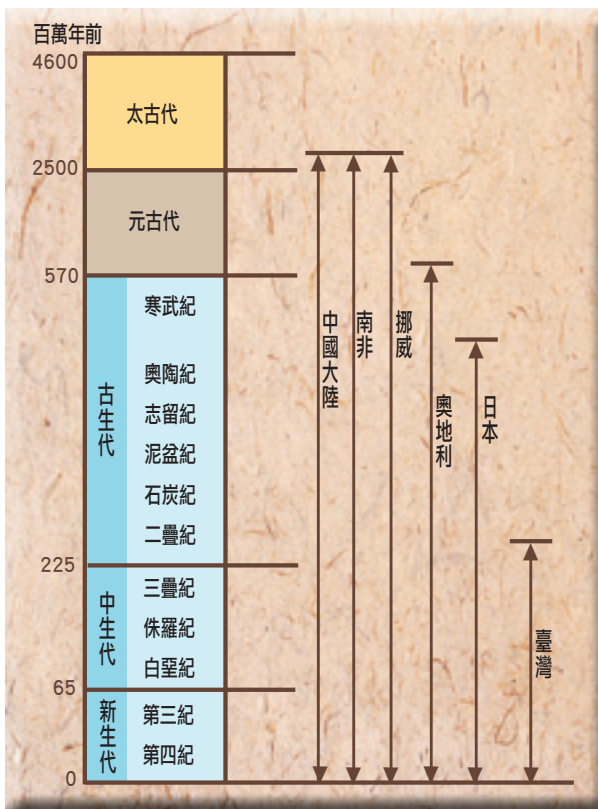
四稜砂岩之細至中粒砂岩偶夾薄層硬頁岩

金盆斷層

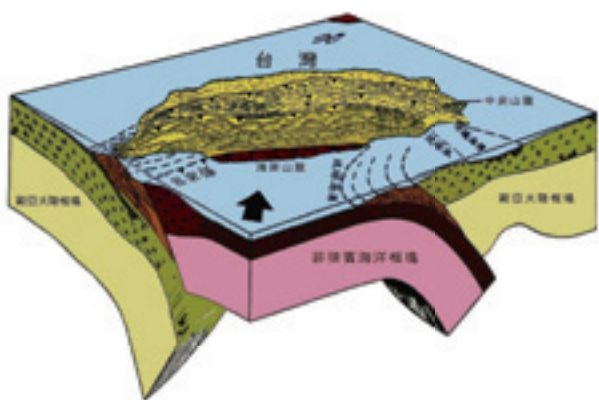
雪山隧道沿線的主要地質構造

雪山隧道自南至北，依序通過金盆、上新、巴陵、石牌南支、石牌北支及石碇等6條斷層及倒吊子、鶯仔瀨2個主要的向斜構造。

臺灣島的地質年代



板塊運動的影響



臺灣島，位於歐亞大陸板塊及菲律賓海洋板塊的衝撞帶上，造成島上多樣而複雜的地形，並遍布著高密度的斷層與褶皺。雪山隧道，恰通過板塊隱沒帶北側的地盤張裂區，因此沿線地質更是錯綜複雜！

臺灣，相較於隧道發展較為成熟的古老大陸國家而言，屬地質年代較輕的島嶼。因此，島上地質活動較為活潑、地質景觀甚為豐富、地質情況的變異性普遍也較大。

環境水文的試煉

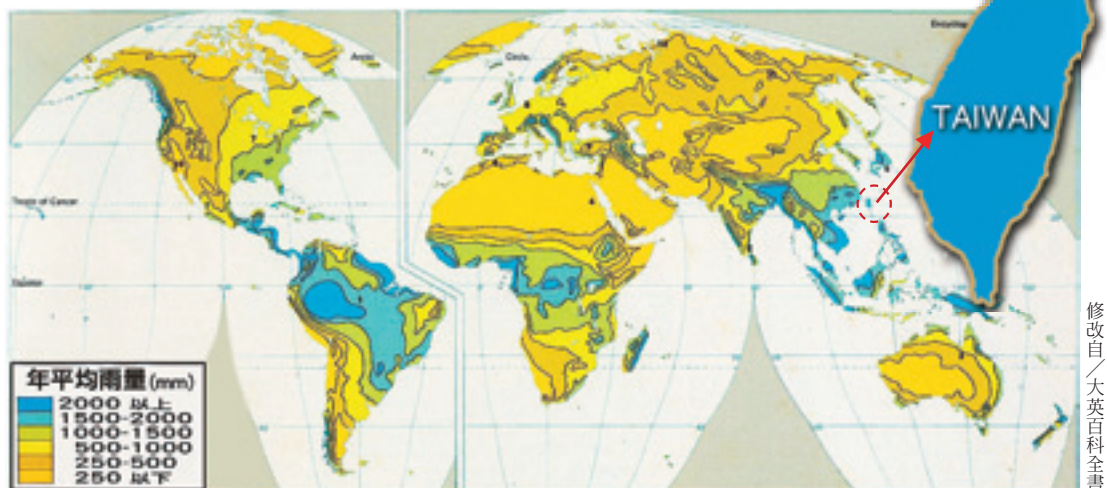
湧水，是雪山隧道給工程人員的艱苦試煉。

腳底泥濘的地面、頭頂昏黃的燈光、周遭嘈雜的噪音外加空氣不流通所傳來的陣陣異味，正是隧道內施工環境的剪影。此時，若又遭遇湧水地盤，這種頭上嘩啦嘩啦的水柱，加上雨衣內滴答滴答地下著小雨，絕不是坊間SPA水療那樣的紓壓快活。而雪山隧道內的作業人員，就在這樣前前後後36次大量湧水的嚴苛挑戰下，頂住了重重考驗。其湧水量最高曾達45ton/min，相當於奧運標準游泳池只消不到1個小時即可注滿；其湧水壓則曾達2MPa（與日本著名的湧水案例－青函海底隧道相近），相當於200m高的瀑布所造成的水壓力。

為了宣洩水壓、導排地下水並確保開挖工作得以順利進行，施工團隊參考日本青函海底隧道的經驗，將「近灌遠排」作為處理湧水時的最高指導原則。透過近端施作的固結灌漿；配合自開挖面向遠端地盤打設的排水孔，以有效處理湧水問題，並確保開挖面的穩定。儘管相關的輔助工法，將明顯延宕整體的工作進度，為了隧道施工的安全，也只得在數百米深的地底如蝸牛般匍匐前進。



大水，是雪山隧道的宿命；雪山隧道，一個泡在水中長大的孩子！



臺灣，一個雨量相當充沛的島嶼。年平均雨量超過2,000mm，遠高於世界上大部分地區；雪山隧道東南段，恰位於板塊隱沒帶後方張裂區所形成的正斷層群上，地盤伸張後的裂隙，提供了水份蓄積的絕佳管道。上述兩者的邂逅，便造就出多水的雪山隧道！



雪山隧道北上線22K附近的施工中湧水情形。

修改自／大英百科全書

攝影／齊柏林

水包

■ 格子狀水系

雪山隧道沿線地下水系（特別是東南段）常呈格子狀。形成格子狀水系的成因，乃透水性較低的地盤阻隔水路的流通，而形成局部的富水空間，俗稱「水包」或「水櫃」。

■ 隧道湧水成因

當隧道施工挖穿前進面前方的不透水層時，原本蓄積在其後的水包，頓時找到了宣洩的出口；而施工人員往往也因為局部不透水層的阻隔，難以事先準確預知發生的位置，造成湧水時常措手不及。

不透水層

開挖面&前進面

開挖面，顧名思義即進行隧道開挖的工作面。廣義地說，除與掘進方向垂直的工作面外，兩側進行支撐架設的工作面亦稱之；至於前進面，則多半專指前方的工作面。

灌漿

灌漿是隧道工程常見的輔助工法。依施作目的之不同，大致包含為提高地盤承載力的「固結灌漿」、以止水為目的之「止水灌漿」、防止氣體逸出的「止氣灌漿」及為了填補孔隙或空隙的「回填灌漿」等型式。



攝影／齊柏林

隧道湧水的處理對策中，排水優於止水且使用頻率較高。其中，又以鑽設排水孔最為常見。照片為雪山隧道施工期間，於側壁鑽設排水孔以宣洩水壓的情形。



攝影／齊柏林

湧水可能淘刷岩盤間的膠結料，造成開挖面不穩定。因此，在應用排、止水工法前，穩定開挖面便成了當務之急。照片所示乃雪山隧道以砂包堆置並於其間回填以穩定開挖面；同時配合抽水以導排積水，使灌漿工作易於進行。

測量技術的今昔

測量隊，是土木工程的先遣部隊。不論是橋梁、隧道或是其他構造物，要從藍圖中的點、線、面，躍然成為大地上星羅棋布的結構體，測量作業，可說是不可或缺的一環。

早年，臺灣測量作業多由軍方辦理，其成果被視為國家機密。而且由於測量距離的儀器較不發達，因此多半僅施作「三角測量」。郊外山岳制高點上的三角點，即為三角測量的具體成果。儘管民國65年起，儀器的測距功能逐漸提升，然而受限於儀器精度與測量技術，明顯的測量誤差似乎是司空見慣、屢見不鮮。因此，隧道貫通時無法準確銜接也就不足為奇了！



衛星定位接收儀：衛星定位技術具有準確、快速、即時、可同步施作等優勢。只要將接收儀放置在戶外沒有遮蔽的地方，即可接收到訊號。

照片來源／詮華國土測繪公司



電子式經緯儀：用以量測平面座標。

照片來源／詮華國土測繪公司



電子式水準儀：用以量測高程座標。

照片來源／詮華國土測繪公司

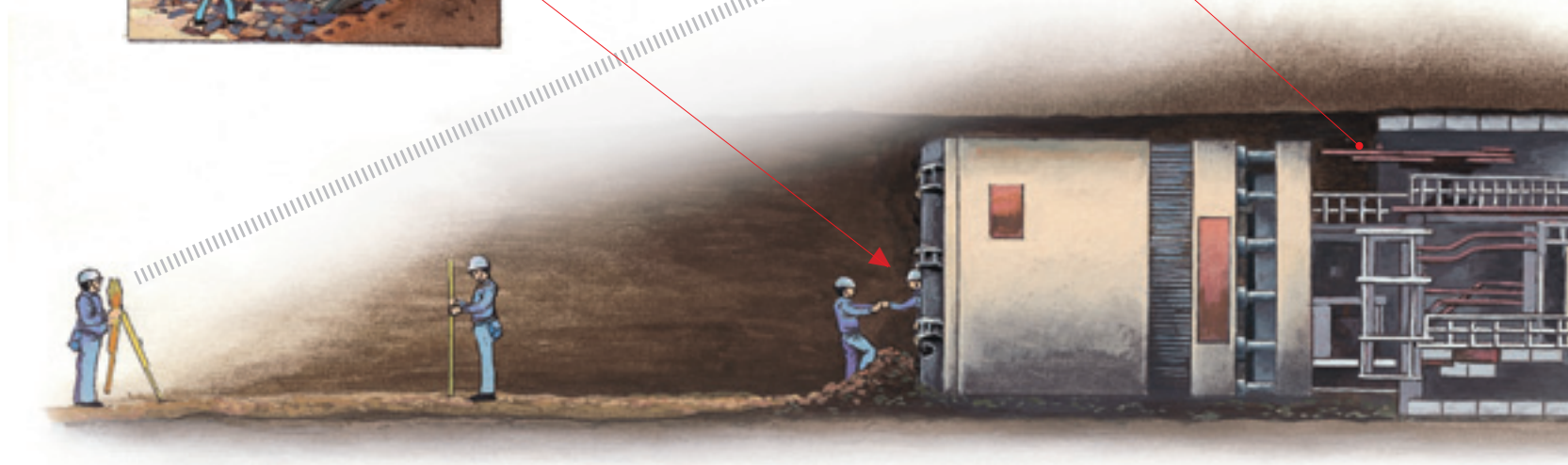
近年來，測量科技有大幅度的進展。民國76年，國內首度引進了第1台GPS衛星定位接收儀，自此開啓了臺灣測量技術的新紀元。目前，國內測量已全面採用GPS衛星定位技術，準確度達到前所未見的境界。儘管隧道內接收不到衛星訊號，然而透過洞外已知點引測，配合隧道兩端同步施測，加上儀器精度的長足進展，使得雪山隧道全線貫通時，測量誤差竟不到3cm，這可是早年測量工作遙不可及的奢望。

雖然測量技術與精度早已今非昔比，然而不變的是在烈日下揮汗如雨、反覆繞圈子跑位閉合的測量人員，穿梭在車流之間、攀附於峭壁之上，工作依然辛苦！



■ 今日的測量

今日測量技術的長足進步，使得長達12.9km的雪山隧道貫通時誤差極小。TBM機頭彼端的人員得以在貫通的第一時間，和TBM內的工作人員透過維修孔握手道賀！



■ 昔日的測量

早年由於測量技術與儀器精度的限制，貫通時隧道能不能接得起來還是未知數。若英法海底隧道是在古時候施作，恐怕無法順利銜接乃是預料中的事。

英國大笨鐘

法國凱旋門

■ GPS測量原理

GPS (Global Positioning System, 即全球定位系統) 是利用環繞地球外圍的6個軌道共24顆衛星所形成之定位系統。應用上，只要在接收得到衛星訊號的地方，透過4顆衛星就可計算出所在位置的平面及高程座標。一般說來，可接收到訊號的衛星數量越多，則定位的精度越高。



反光稜鏡：擺設於欲測量之點位上，以利光學儀器反光照準。

照片來源／詮華國土測繪公司

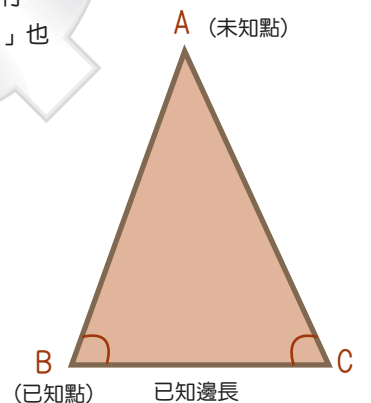
閉合

無論平面或是高程的測量工作，其測線均應盡可能成為封閉的幾何形狀，以利測點座標校核計算並適當地分配測量誤差，此概念即稱為「閉合」。



三角測量

僅施測點與點之間的夾角，再利用已知邊長與已知點座標來推算未知點座標的一種測量方式。是早期測距功能尚未發展前，測量人員普遍採用的一種測量法。隨著GPS日益盛行，前述測量成果—「三角點」也逐漸走入歷史。



例：假設點A為未知點，利用測量 $\angle ABC$ 及 $\angle ACB$ ，並藉由已知邊長BC及已知點B之座標，即可透過簡單的幾何學原理，推算出未知點A的座標。

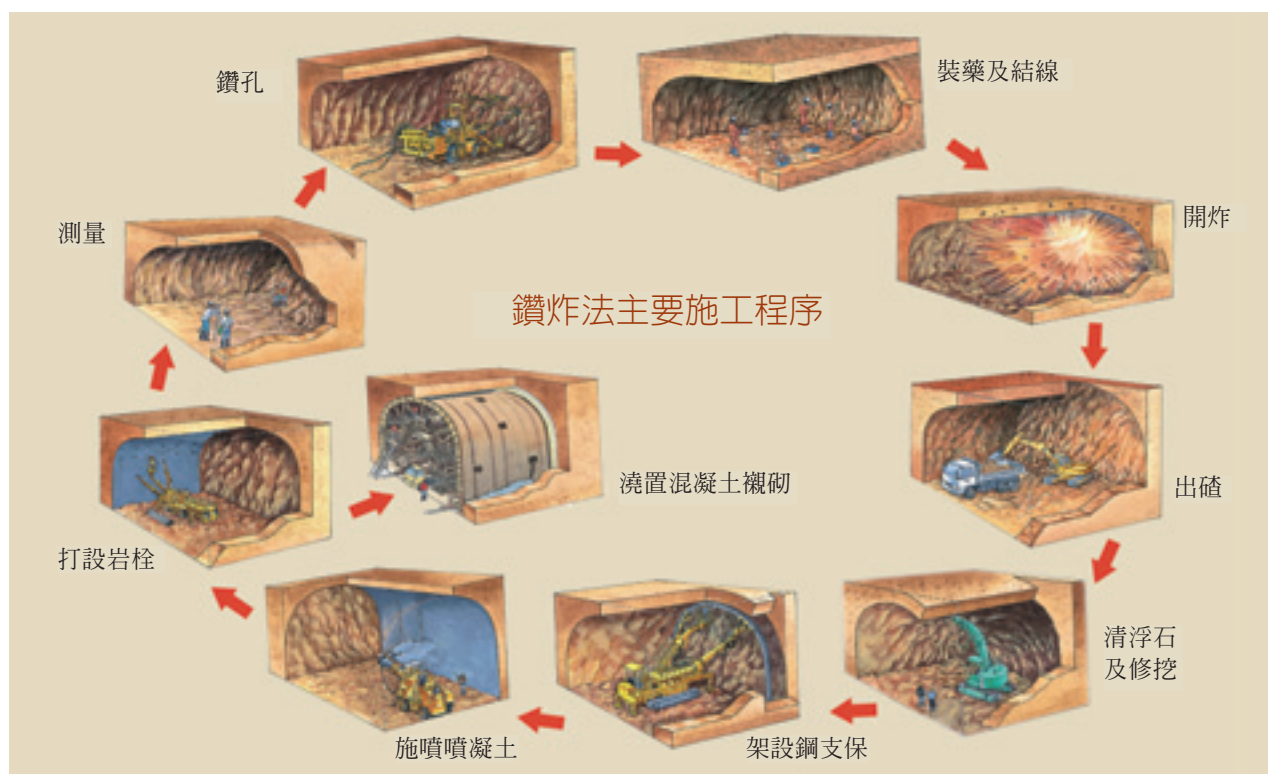
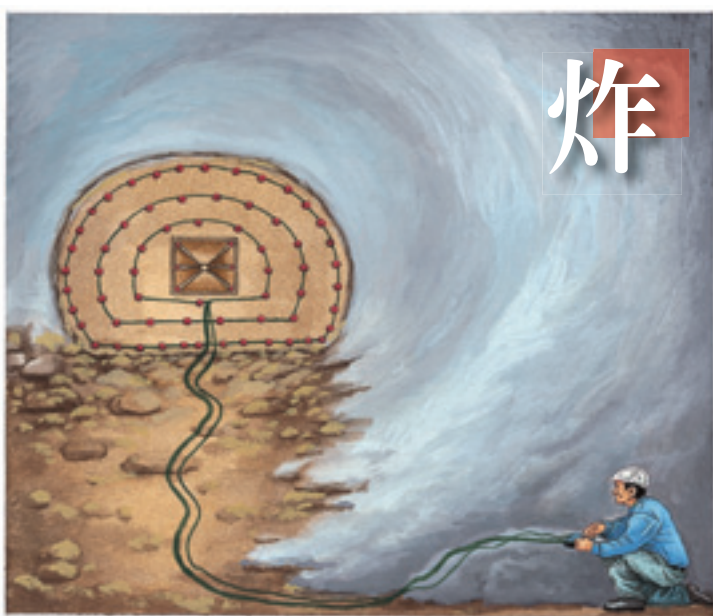
隧道工法的取捨

當隧道工程脫離了徒手挖鑿的年代，「鑽炸法」便成了隧道施工的主流工法。即便已邁入施工自動化與機械化的今日，利用炸藥開鑿隧道依然是世界各地進行隧道施工規劃時，不可或缺的選項之一；「TBM」（Tunnel Boring Machine），則是19世紀中葉才開發出來的全斷面隧道挖掘機器，可說是人類近代在機械製造工藝上的一次極致展現，它彷彿就像一座小型工廠，幾乎所有和隧道相關的工作，都可在這長度不過一、兩百米的機器中施展開來。

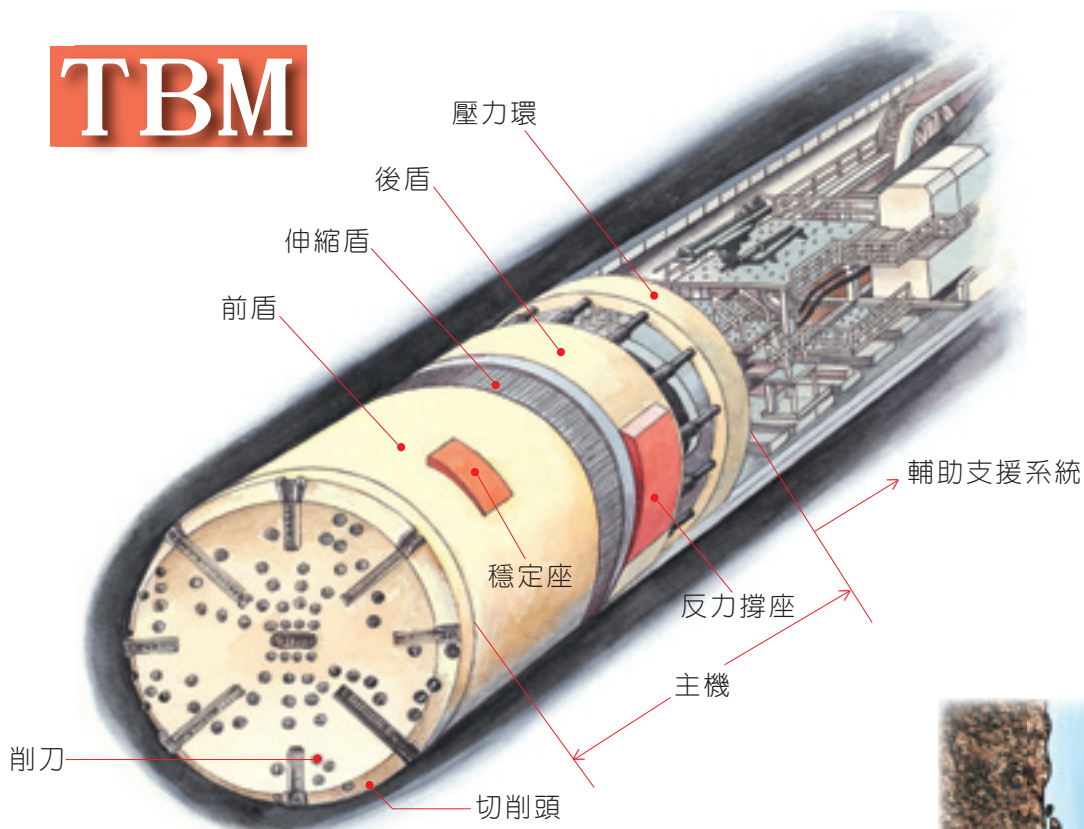


鑽炸法施工

所謂鑽炸法，顧名思義即包含「鑽」及「炸」兩項主要元素。藉由鑽孔埋設炸藥開炸的方式，將地底的隧道一段一段地往彼端推進。鑽孔之前，需依據地質條件佈設鑽孔位置。鑽孔作業，目前多採用機械化、俗稱「鑽堡」的大型機具進行作業；開炸之前，須先於孔內埋設炸藥及引爆用的雷管，再透過結線的方式連結所有的起爆藥支以進行開炸。完成開炸作業後，配合碴料運棄及必要的支撐作業，即完成1個施工循環。



TBM

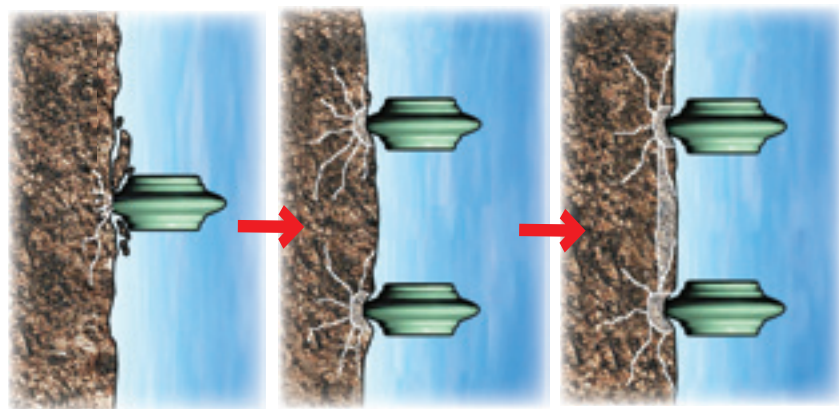


小削刀也有大學問！

削刀，是TBM賴以切削岩盤的工具。依裝設在切削頭上位置之不同，由內而外大致可分為「中央削刀」、「盤面削刀」與「外緣削刀」3者。其配置數量與間距，需依據隧道斷面及沿線地質綜合考量。

此外，用以貫入岩壁的削刀緣，依其數目與型式的差異而有不同的設計。雪山隧道TBM所採用的即如圖所示的「單緣滾盤式削刀」。

至於削刀的材質，多以高硬度的合金鋼製成；其中削刀緣常施以超硬處理，以增加削刀的耐磨性。



削刀緣與岩壁接觸點附近產生局部高應力，迫使岩盤產生裂隙。

削刀貫入形成槽溝，透過切削頭旋轉所帶動的扭力使岩盤逐漸破壞，裂隙並隨之發展延伸。

裂隙迅速擴展至形成破裂面，使岩盤產生片狀剝落。

削刀碎岩機制

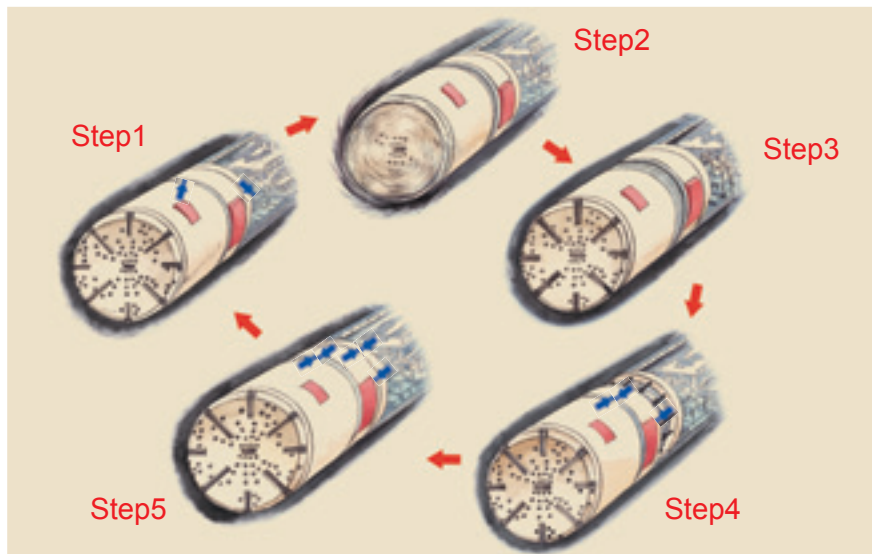
TBM削刀碎岩是一個複雜而漸進的力學行為。藉由中心軸固定在切削頭上的削刀，配合切削頭旋轉時的推力及扭力，使削刀本身自轉旋切，而在開挖面上鑿挖出一圈又一圈的同心圓。

上圖為完整岩盤的碎岩機制，然而一般地盤多具有程度不等的弱面，如此更提高了削刀切削的效率。

TBM施工

TBM，分為「主機」與「輔助支援系統」兩大部分。前者長度較短（通常不超過20m），乃位居第一線的主要單元，負責旋轉磨掘前方地盤，並提供全機之動力；後者則是所有後勤支援設備的綜合體，其中掌管TBM作動進退的控制中樞亦位於此。TBM的鑽掘原理，乃利用主機前方旋轉的切削頭，配合向前徐徐壓迫的推進力，將地盤切削成破碎的小石塊以完成挖掘工作。挖出的土石利用出碴系統運送至洞外適宜的地點棄置，同時並於已開挖完成的部分施作支撐系統以確保隧道穩定。

TBM鑽掘推進過程



Step1 反力撐座向外頂住岩盤以提供鑽掘時的反力；穩定座向外伸出，以避免鑽掘時擺震幅度過大。若岩盤強度不足時，尚可藉由壓力環向後頂住已組裝的環片，輔助提供反力。

Step2 鑽掘前進（伸縮盾逐漸出露）。

Step3 開挖完成1個衝程。

Step4 反力撐座縮回，並將後盾及輔助支援系統向前拉至定位。

Step5 壓力環收回，空出的空間即可組裝環片。如此即完成1個衝程的施工循環。

註：上述解說以雙盾作業模式為例

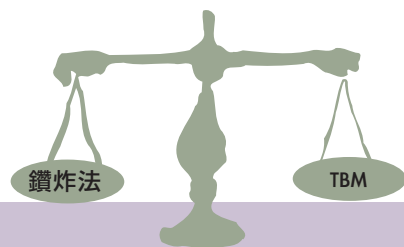
由於前述兩種工法各具優劣點，對於整體施工的順暢與否及工程的成敗，常牽一髮而動全身。是故，隧道工法的取舍，有時亦是極為關鍵卻難以抉擇的課題。最後，經過多方考察、評估並綜合各界的意見後，雪山隧道工程選用了TBM工法作為主要的挖掘方式；鑽炸法只輔助鑽鑿兩端洞口的極小區段。於是，雪山隧道便成了臺灣第1座使用TBM開挖的隧道。

儘管事後看來，TBM的應用並不如想像中順利；為求工進，鑽炸法反而反客為主。有部分人也曾質疑當初的決定。但是，這種問題本來就沒有標準答案，雪山隧道工程畢竟是段歷史的印記。幸而有雪山隧道的勇敢嘗試，方才開啓了國內隧道施工的新時代；而從挫折中所累積的經驗，則立下了後續其他隧道成功以TBM貫通的根基。至於雪山隧道本身，終究還是憑藉著鑽炸法和TBM混合並進的方式，成功地達成了貫通的使命！



雪山隧道主坑TBM

- 切削頭直徑：11.7m
- 主機長度：10.9m
- 機型：雙盾身之硬岩鑽掘機
- 削刀直徑：43.2cm
- 削刀總數：80只
- 產地：德國



天秤的兩端？！

讓我們將時空回溯到雪山隧道選擇工法的當下。當時工程界存在著兩種聲音：一派認為鑽炸法已是駕輕就熟的施工法，採用鑽炸施工較有把握、風險也較低，並抱持著「既然TBM施工國內沒人做過，我們也不要當第1隻小白鼠」的想法；另一派則是放眼當時世界上已有許多TBM成功的案例，基於可有效減少工期並降低環境衝擊，再加上應用在雪山隧道這樣的長隧道上亦符合經濟效益，因此，乃極力推崇應該將此一新工法引進國內。曾有專家娓娓道出發人深省的一段話：「人類如果不能懷抱夢想，就永遠找不到文明的出口；生命如果缺少了創新嘗試的勇氣，歷史就只是一段又一段重複的軌跡」，貼切地訴說了這群人當時心中對TBM的憧憬。



照片來源／北宜高速公路興建專輯 技術版

雪山隧道導坑TBM

- 切削頭直徑：4.8m
- 主機長度：11.3m
- 機型：雙盾身之硬岩鑽掘機
- 削刀直徑：43.2cm
- 削刀總數：34只
- 產地：美國



攝影／齊柏林

鑽炸法利用機械化鑽堡進行鑽孔作業之情形



照片來源／劉弘祥

鑽炸法所使用的炸藥藥支

雪山隧道各工法開挖長度

原先規劃以TBM作為雪山隧道的主要開挖工法，然而由於地質惡劣加上經驗不足之故，在施工初期遇到了重重的阻礙（關於TBM的受困遭遇，詳見「土撥鼠挖不動了」主題）。隨著完工工期一天天的逼進，工程團隊只好想盡各種方式加速攆趕，以彌補TBM工進之不足。統計雪山隧道群各工法的總使用比例，分別為：鑽炸法62%、TBM 25%、混合工法13%。

坑道	鑽炸法 (m)	TBM (m)	鑽炸法&TBM混合工法 (m)
導坑	6,112	5,168	1,662
北上線	12,486	456	0
南下線	5,603	3,870	3,444



TBM雖具有自動化、開挖快且環境衝擊小等優勢；不過施工初期需要大面積的組裝腹地，卻是其主要限制。通常待機具組件運抵工地後，分階段進行TBM組裝，並將已組裝完畢的部份先行進洞，以利後續組裝工作之進行。照片所示為雪山隧道兩台主坑TBM於南口外進行組裝之情形。



雪山隧道所使用的雷管

鑽炸法與TBM施工之適用性探討與優缺點比較

	鑽炸法	TBM
適用地質	無限制	均質偏硬者較佳
適用長度	無限制	長隧道較具效益
初期投資	低	高
組立腹地	無限制	大
施工速度	慢	地質適用時甚快
施工應變能力	佳	差
環境衝擊	大	小

深不見底的豎井

雪山隧道群中最深的1號豎井，由於用地問題導致動工時程較晚，加上當時隧道已開挖通過其下方，於是採用較為先進的施工技術－「昇井工法」施作，使碴料得以從隧道內運出，以減輕豎井施工對環境可能造成的影響。

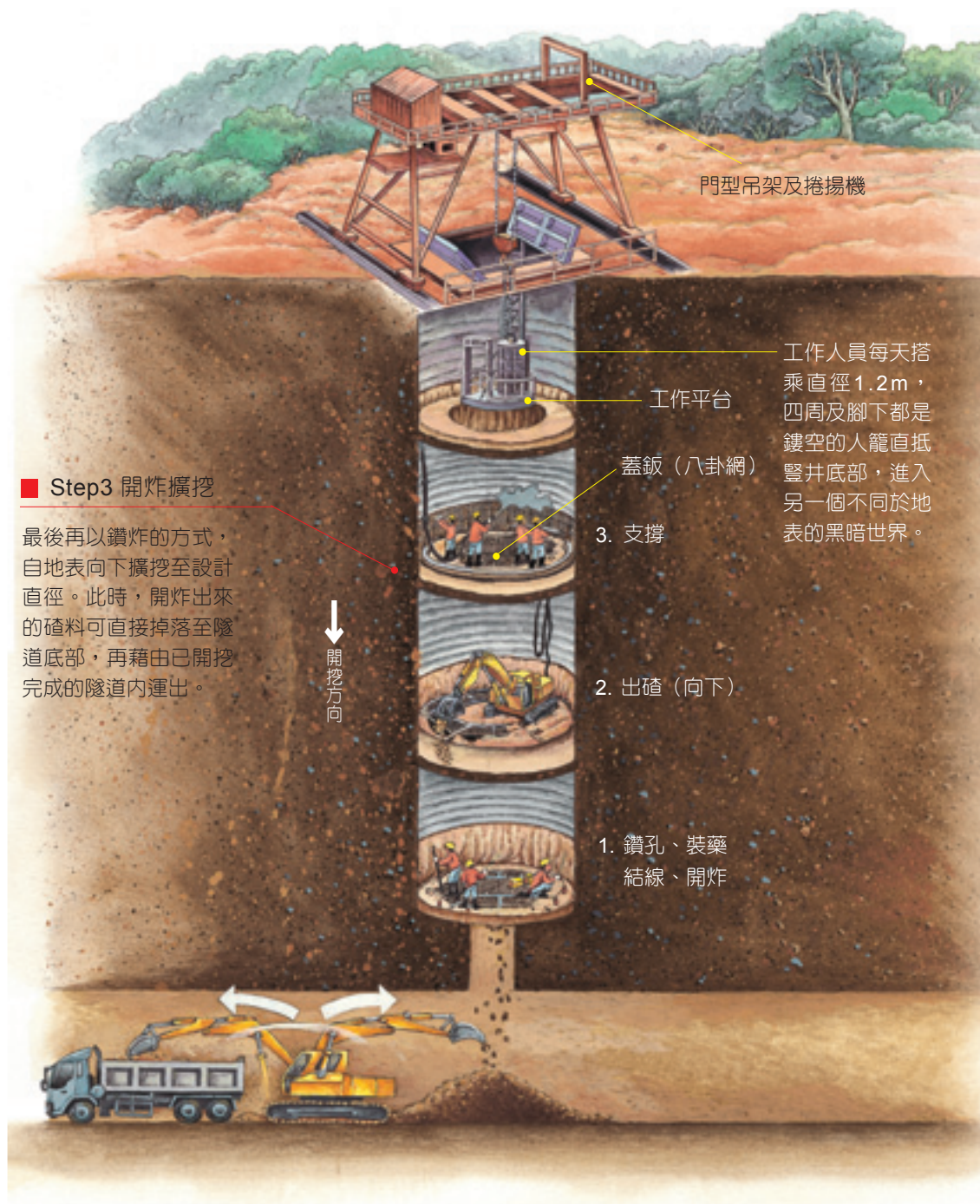
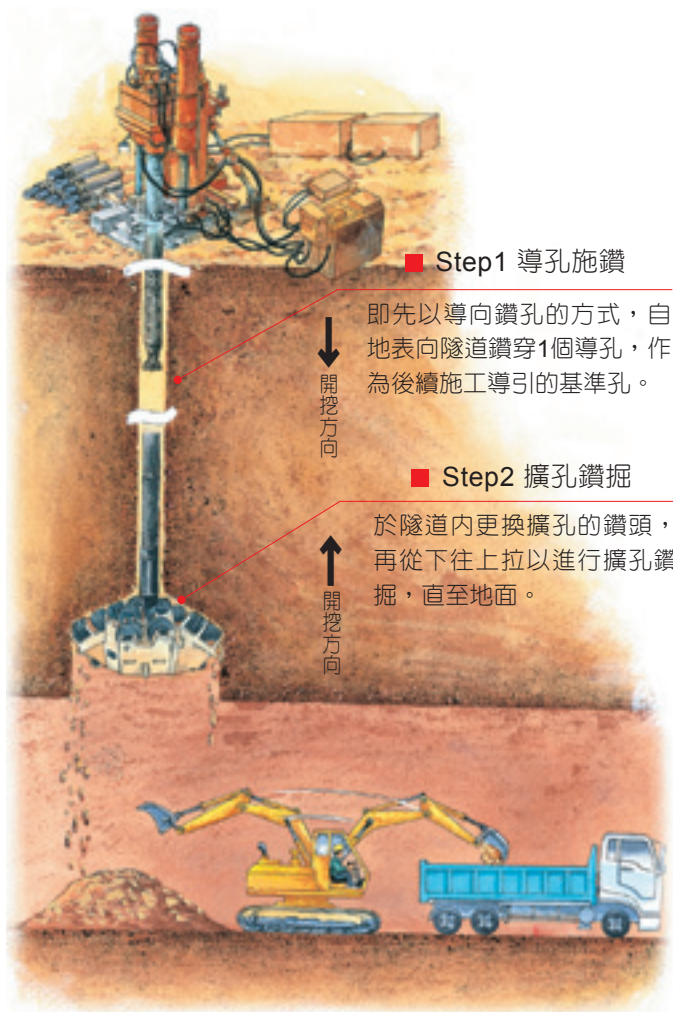
在進度方面，一般豎井1個月若能開挖20m就已達到標準；而1號豎井竟能創下單月開挖93m的紀錄，即使平均進度亦達每月30m以上的水準，實屬難能可貴！另外，豎井鑽設的精度亦相當重要，如果偏差超過了容許值，則豎井將無法發揮應有的功能。普遍說來，導孔施鑽的偏差率約在1~2%，依1號豎井的深度換算後，預期

偏差將達5~10m，而1號豎井實際完成後的偏差量：排氣井約72cm；進氣井更僅約14cm，其精準的程度足以名列世界級的水準。

然而，在這些令人驕傲的紀錄背後，是一群工程人員日以繼夜地在這煙塵彌漫、不見天日的地底深處努力付出後的成果；有別於豎井外頭的風和日麗，地下污濁又悶熱的工作環境，實在不是一般人所能想像及忍受的。如今，在雪山隧道通車後，每當我們行經這舒適便捷的隧道公路時，別忘了這群不畏辛勞、默默付出的無名英雄。

昇井工法

昇井工法主要分為3大施工程序：「導孔施鑽」→「擴孔鑽掘」→「開炸擴挖」。





通風豎井

由於雪山隧道全長12.9km，為調節隧道內的空氣品質，共設置了3組通風豎井（每組2座）。其功能係將新鮮的空氣引入隧道，並將隧道內污濁的空氣或萬一發生火災時的煙霧排出，以調節隧道內的空氣品質。

註：1號豎井的完工配置詳參「茶園保衛戰」主題。

降挖工法

豎井開挖主要分為兩種方式：一種即1號豎井所採用的「昇井工法」；然而，一般較常使用的則是降挖工法。

降挖工法，顧名思義即從地表由上往下施工的作業方式，其要領與在水平隧道進行鑽炸施工大致雷同。較特殊的在於出碴及排水。降挖工法由於井口乃唯一出口，碴料需配合人工及機具向上運離，而滲入井內之地下水亦需以抽水機向上抽出井外，故施工較為耗時。上述兩者均是影響豎井工進的關鍵。

Step4 支撐

視需要架設支撐材料，以確保井壁的穩定性。

Step3 出碴

較常見的方式是以怪手配合盛碴斗向上運離。

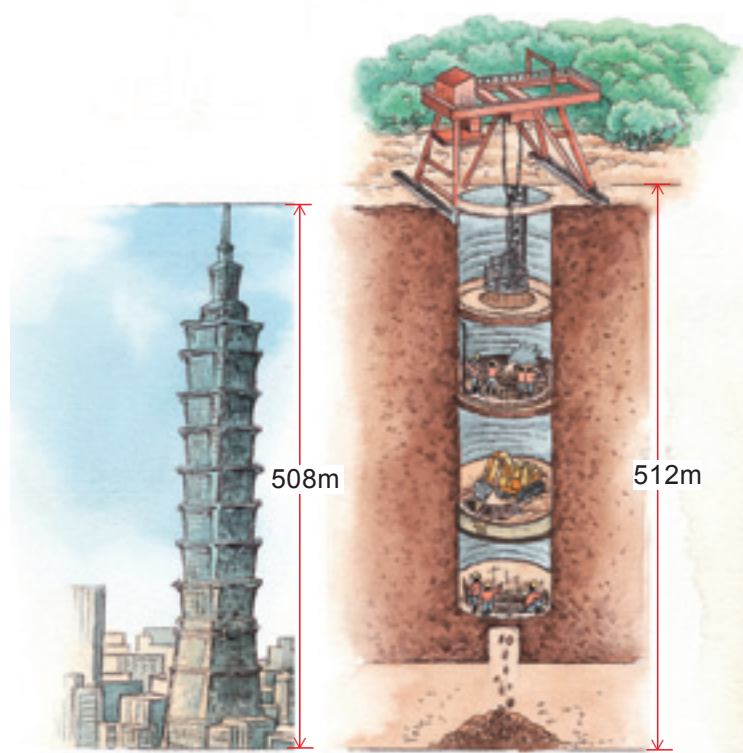
Step2 鑽孔、裝藥、結線、開炸

施工要領大致與隧道相同。

Step1 抽排水及止水作業

首先，視需要利用抽水機抽排水，並視情況採灌漿止水或強化井壁的自立性。

深度超越臺北101的1號豎井



曾經名列世界第1高樓的臺北101大樓，樓高508m，這座融合東方古典文化及臺灣本土特色的前衛建築，讓全世界看見了臺灣；而臺灣另一項艱鉅的工程－雪山隧道，更創下隧道挖掘史上多項的世界奇蹟，其中的1號豎井深度達512m，締造了國內最深豎井的紀錄！

智慧型的營運設施

臺灣地狹人稠，近年來經濟快速發展與所得提高，使得國人持有的機動車輛已迅速攀升，頻繁的運輸往來若發生任何交通事故，都將耗費社會成本並影響大眾運輸。為求有效管理來往車流，藉由智慧型的營運設施，提供用路人即時而正確的資訊，以提升交通管理的效能，已成為改善交通的主要趨勢。

公路隧道屬於道路運輸系統中相當重要的一環，但是由於空間封閉、缺少自然採光及通風受限等特性，因此，適當的營運管理實屬必要。在技術不斷地創新突破與改良下，隧道營運管理設施已逐漸走向高度自動化的型態。以雪山隧道為例，所涵蓋的設施即包括：資訊通信、防災保全、環境控制、電源設備、監控系統等子系統。藉由這套整合了先進的電子、通信、電腦、控制及管理技術所開發出來的智慧型營運設施，有效確保了北宜高速公路用路人更為安全、快速而流暢的交通服務。

資訊通信子系統

該子系統是藉由先進的資訊與通信技術，使用路人確實掌握路況。一旦隧道發生事故，可統合運用各項資訊可變裝置及隧道內的擴音設備，即時提供用路人正確訊息，俾依指示盡速避難。

此外，用路人行經雪山隧道內時，若能收聽任一個合法的FM頻道，則行車資訊、路況報導甚至突發事件等訊息，都將取代原有的廣播節目，立即傳遞給駕駛人。至於各行動電話業者的訊號，在隧道內皆可正常收發，更是其一大特色。



雪山隧道群由2座主坑、1座導坑及橫向的36座聯絡隧道所組成。遇突發事故時，可透過導坑自兩端洞口逃生。



雪山隧道內最高速限為80km/hr。如因突發狀況而需調整速限時，「速限可變標誌」將顯示出當時的最高速限。



隧道入口處及隧道內部均設有「資訊可變標誌」，提供用路人行車資訊，並即時瞭解前方路況。



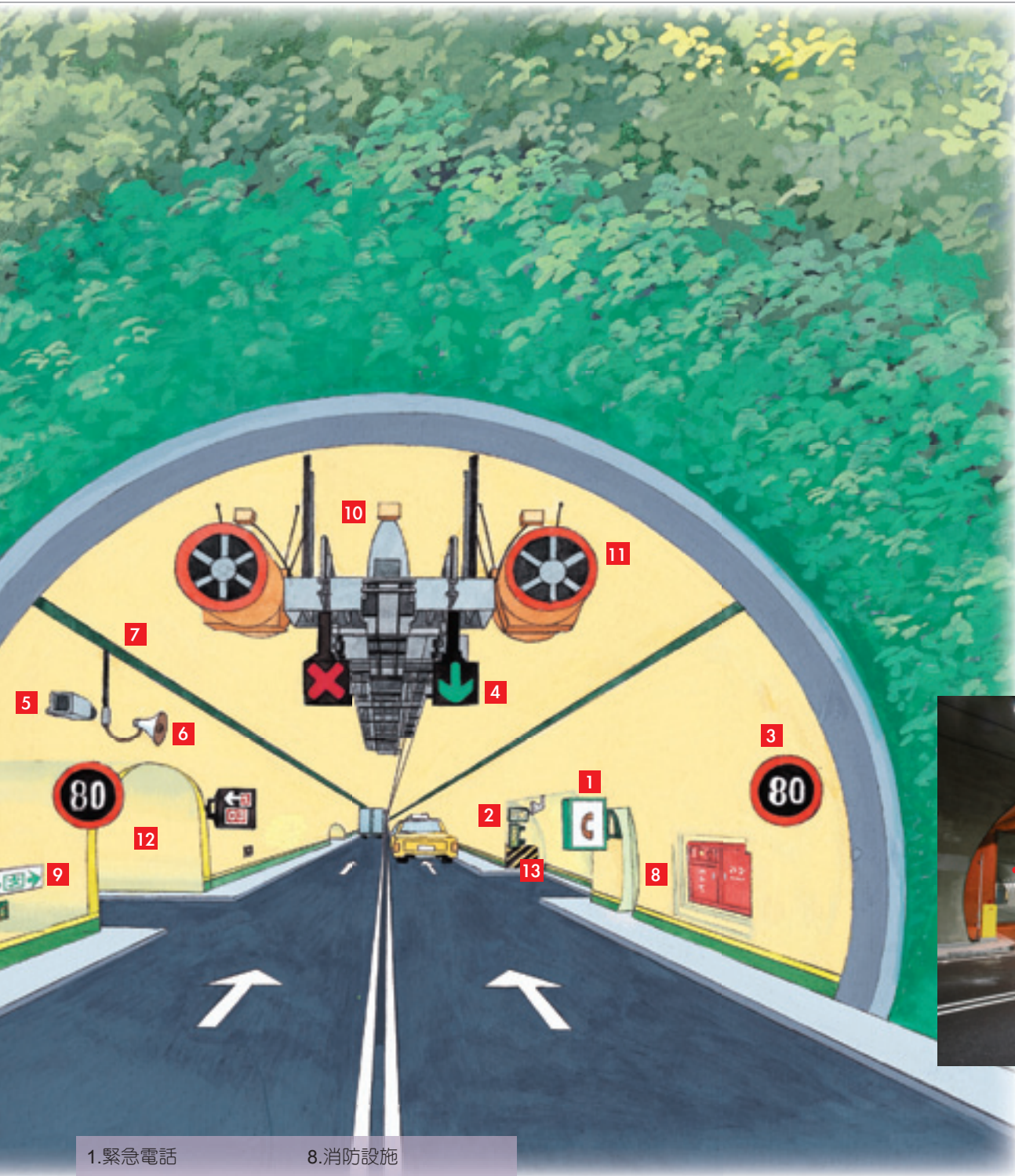
攝影／張博翔

當隧道內車道因故封閉時，洞口處及隧道內的「車道管制標誌」將亮起紅色叉叉，禁止車輛通行。



「漏波電纜」讓用路人即使身處於隧道內，仍可擁有相當於戶外的收訊品質；此外，FM調頻訊號亦可正常接收。以往隧道內為人詬病的訊號屏蔽困擾，在雪山隧道工程中找到了解答。

攝影／張博翔



- | | |
|-----------|--------------|
| 1.緊急電話 | 8.消防設施 |
| 2.資訊可變標誌 | 9.逃生標誌 |
| 3.速限可變標誌 | 10.照明燈具 |
| 4.車道管制號誌 | 11.噴流式風機 |
| 5.閉路電視攝影機 | 12.車行／人行聯絡隧道 |
| 6.擴音設備 | 13.緊急停車彎 |
| 7.漏波電纜 | |



車道右側每隔175m、聯絡隧道內乃至洞口外，均配置有「緊急電話」。用路人毋需投幣，只要拿起話筒，行控中心端便自動連線並鎖定發話位置。與手機通訊相比，緊急電話更提供救援單位確切的求救位置。

照片來源／交通部臺灣區國道新建工程局



每隔50m設置的「消防設施」可提供用路人初期滅火及消防人員滅火之兩階段作業所需。當開啓消防栓箱的門或按壓手動報警機時，行控中心即可迅速鎖定警報位置。

照片來源／交通部臺灣區國道新建工程局

防災保全子系統

倘若隧道內發生火災，除可能造成人員傷亡及交通中斷外，聯絡救援困難或狀況不易掌握等情形亦可能發生。衡諸國外許多長隧道案例仍殷鑑不遠。因此，整合性的防災保全設施更顯得格外重要。

雪山隧道配備有自動火警偵測系統，且沿線設有消防設施及具有獨立電源的逃生導引燈；一旦發生事故時，用路人可自兩側步道依循逃生標誌的指引，就近往聯絡隧道經由導坑疏散。相較於國內外其他長隧道，雪山隧道高規格的安全避難措施，更提供用路人多一層的安全保障。



雪山隧道內側車道左側，每隔1,400m即設有一處「車行聯絡隧道」(兼作大避難聯絡隧道，入口側邊設有「人行門」)，共計8座；另每隔350m則有一處人行聯絡隧道(兼作小避難聯絡隧道)，共計28座，以供用路人緊急疏散。

每座車行聯絡隧道的對面，另設有「緊急停車彎」。若用路人於隧道內行駛時車況出現問題但仍可行駛，則可利用此一空間緊急停靠。

照片來源／北宜高速公路興建專輯 技術版

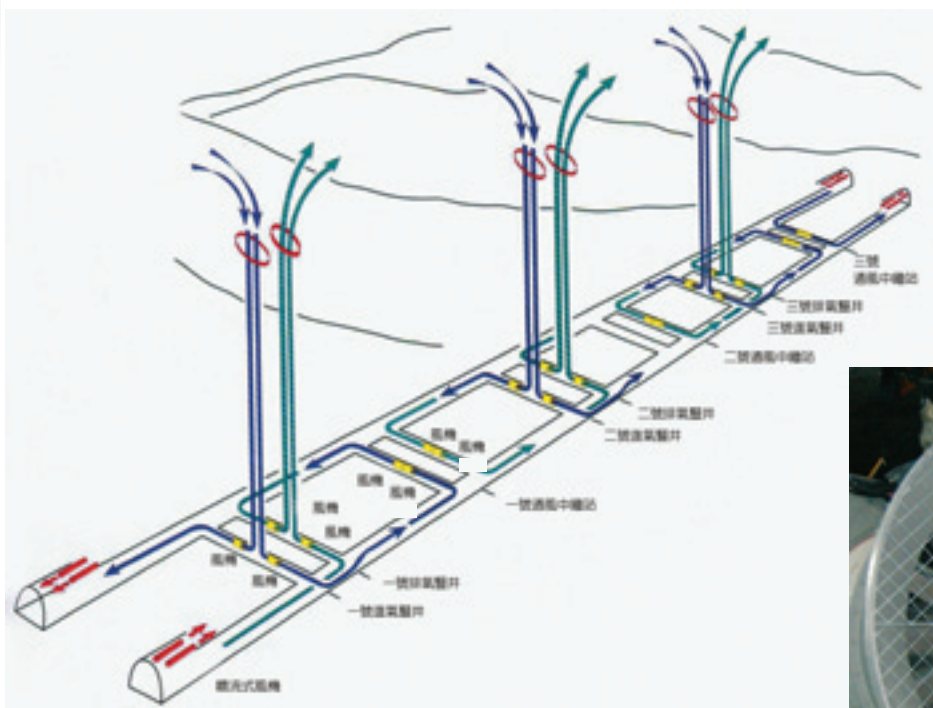


當隧道一般照明系統因故失效時，步道上每隔50m設置的「逃生導引燈」即可發揮作用。

照片來源／交通部臺灣區國道新建工程局

環境控制子系統

12.9km長的雪山隧道，在不塞車的情況下約需10分鐘方能通過。為維持密閉空間中良好的駕駛環境，並兼顧行車視覺的舒適性，故須運用不同燈具自動控制照度，使用路人不致因為光線變化過大而產生不適應的情形。另外為了保持良好的空氣品質與能見度，以及萬一火災發生時得以有效控制濃煙擴散，雪山隧道群共設有通風機房與中繼站各3組，外加隧道兩端的洞口機房，總計共40台的軸流式風機；同時配合行車斷面上方吊掛的112台噴流式風機，以加強隧道內的通風。通風系統採用全自動化電腦控制，其運轉模式多達56種，以因應隧道內各種情境。



雪山隧道採用「加強縱流式通風系統」，藉由通風機房(配合通風豎井)與通風中繼站，將全區劃分為7個通風迴路。其中通風中繼站的目的，即是當某一孔隧道內的空氣品質明顯較另一孔惡劣時，即可透過中繼站將兩隧道的空氣予以調和，以降低整體通風系統的運轉負荷。此即「加強」二字的緣由。

照片來源／北宜高速公路興建專輯 技術版



雪山隧道的照明燈具超過2萬盞。設計上採入口處較亮，並分區遞減至隧道內的基本照明，使駕駛人能逐漸適應隧道內的行車環境。此外，照明系統尚可依據交通量、天候及時段等因素自動調整照度，在提供充足照明的同時又能達到節約能源的目的。

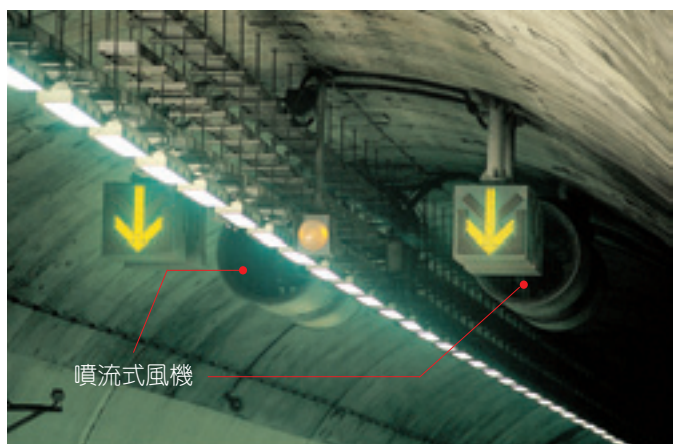


照片來源／交通部臺灣區國道新建工程局

「軸流式風機」設置於機房與中繼站內。可依據氣溫、車流、空氣品質、能見度等條件，調整不同的運轉模式。

其中，洞口機房的風機，主要提供人、車行聯絡隧道的新鮮空氣，並使其維持相對正壓，以避免火警發生時濃煙竄入；同時供應新鮮空氣至導坑以供救災之用。

至於隧道內的風機，則主要藉由通風豎井與外界交換氣體，以確保隧道內行車空間的空氣品質。



攝影／齊柏林

「噴流式風機」有別於軸流式，乃安裝於行車空間上方。由於雪山隧道內均為單向車流的特性，車輛行駛時所產生的活塞效應，對於縱向氣流的流動助益頗大，此即雪山隧道採用縱流式通風系統的主因。而噴流式風機的輔助通風，更加速了氣流的流動。

雪山隧道行車須知

- 隧道內禁止載運危險物品；並嚴禁超長、超寬、超高及超重車輛行駛。
- 依速限可變標誌、**車道管制號誌**、資訊可變標誌及柵欄指示行駛或停車。
- 進入隧道前應立即**開啓大燈**，並採近光燈模式。
- 隧道內**禁止變換車道**。
- 正常情況下，應保持**50m以上**之行車安全距離；如因車道壅塞致時速低於20km或停止時，仍應保持**20m以上**之距離。



攝影／齊柏林

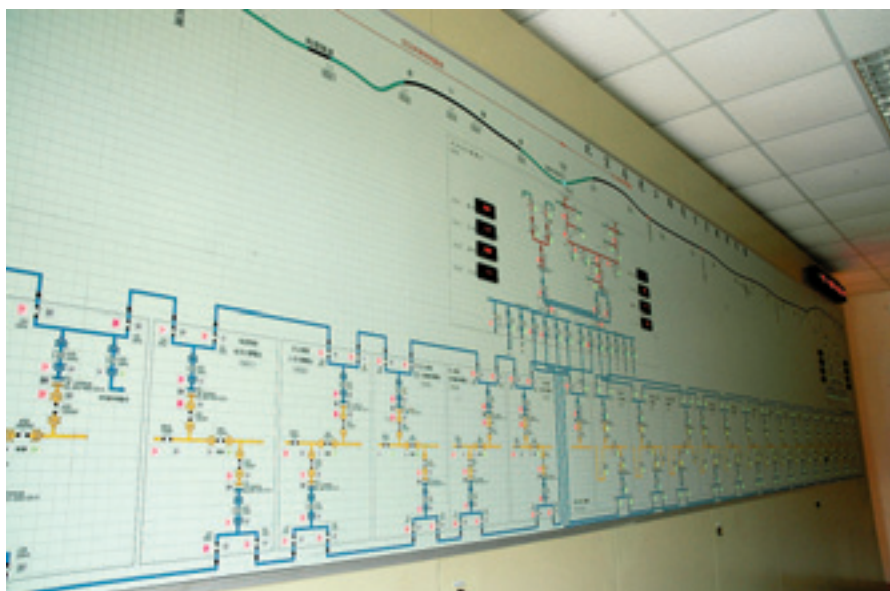
電源設備子系統

在電源設備的部份，雪山隧道電力來源除坪林、頭城兩端的變電站外，另備有4部緊急柴油發電機及不斷電系統，以提供緊急照明、火警監控等重要設備之正常運作。再者，隧道內的電力系統採用多迴路設計，避免隧道全線照明同時失效。據統計，雪山隧道所使用的電纜總長近2,000km，足以環繞臺灣島近兩圈。這些電纜宛如人體內的神經系統錯綜複雜地分布，使隧道內各項設備得以正常發揮功能。



雪山隧道於坪林及頭城兩端均設有「緊急發電機」，可供停電時緊急照明之用。

照片來源／交通部臺灣區國道新建工程局



照片為「北宜高速公路電力系統照景盤」，不管沿線哪個迴路發生故障，由照景盤上的燈號即可一目了然。

照片來源／交通部臺灣區國道新建工程局

監控系統

雪山隧道內的監控系統，概略可分為資料收集、資訊顯示及行控中心三大部分。不僅可提供交通資訊以採行必要的應變管制措施外，行控中心的中央電腦更可將所收集的資料進一步處理，並自動產生各項因應計畫，由管理人員下達指令執行相關配套措施。其次，為杜絕用路人因違規行為造成潛在危險，雪山隧道設有自動執法照相設備，針對「超速」、「未保持行車安全距離」及「雙白實線變換車道」加強取締，以降低事故發生的機率。



隧道若發生事故，行控中心透過「閉路電視牆」即可確認發生位置、事故類別與傷害程度，並迅速通報救援單位進行處理。

照片來源／北宜高速公路興建專輯 技術版



隧道內每隔175m設置一處「閉路電視攝影機」，另於洞口、聯絡隧道及機房等處均有配置，以便於行控中心工作人員監看隧道內的行車與人員活動情形。

照片來源／交通部臺灣區國道新建工程局



「坪林行控中心」利用各項先進的設備與管理技術，隨時掌握路況，以提供安全、快速的交通服務。

照片來源／交通部臺灣區國道新建工程局

茶園保衛戰

雪山隧道的1號豎井工區，位於臺9線38km坪林橋頭轉入大湖尾產業道路約5km處，四周茶園環繞、人煙稀少。辦理用地取得作業時，附近茶農不僅擔心未來從豎井排出的隧道廢氣，會造成當地空氣污染，影響生活環境及茶樹生長；甚至懷疑施工可能截斷村民賴以維生的山泉水。因此，大湖尾村民組織了自救會，展開一場長期抗爭。

為了消除村民心中的疑慮，工程單位邀集了許多專業機構，針對豎井排氣進行多項環境影響調查、數值模擬及風洞試驗等，其中也包括了茶樹生長的調查研究。上述成果均顯示1號豎井的施工與運轉對環境的影響微乎其微，且均合乎法規的標準；但是此舉並未能有效獲得村民的認同，抗爭彷彿漫無止盡地持續了數年之久且難以平息。

經過長達6年的溝通與協調，工程人員漸漸理解村民心中的想法，最後在考量當地居民的訴求，並尋求環境保育與經濟發展雙贏的策略中，確定了豎井移位的方案與其他環境改善工作。北宜高速公路全線的最後一塊用地，終於完成了徵收作業。

如今，雪山隧道已完工通車，而坪林依舊飄著淡淡的茶香，但是環保與經濟開發的紛爭，或許在往後的日子裡還會不斷地上演。



誓言捍衛家園的長期抗戰



照片來源／北宜高速公路興建專輯 技術版

當年，坪林鄉民為了反對1號豎井在原址施工，採取各式各樣的方法阻撓工程進行。在多次工程團隊與群眾的會面場合中，拉白步條表達訴求的抗議方式，更早已司空見慣了！

排氣井及水平排氣隧道入口（出口在照片右側的山脊背後）



1號通風豎井井口平台完工情形

照片來源／北宜高速公路興建專輯 技術版

茶鄉風情

坪林全境多山。茶葉是主要的經濟作物，美麗的茶園景致更是坪林的象徵，因此也發展出特有的茶鄉風情。文山包種茶的產製和銷售，早已成為坪林鄉最重要的經濟來源。目前鄉民80%以上為茶農，茶園面積近1,000公頃，全年收益約5億元。因此，當鄉民面對不可知的變數時，會出現如此大的反彈與抗爭，其實也就不難理解了。



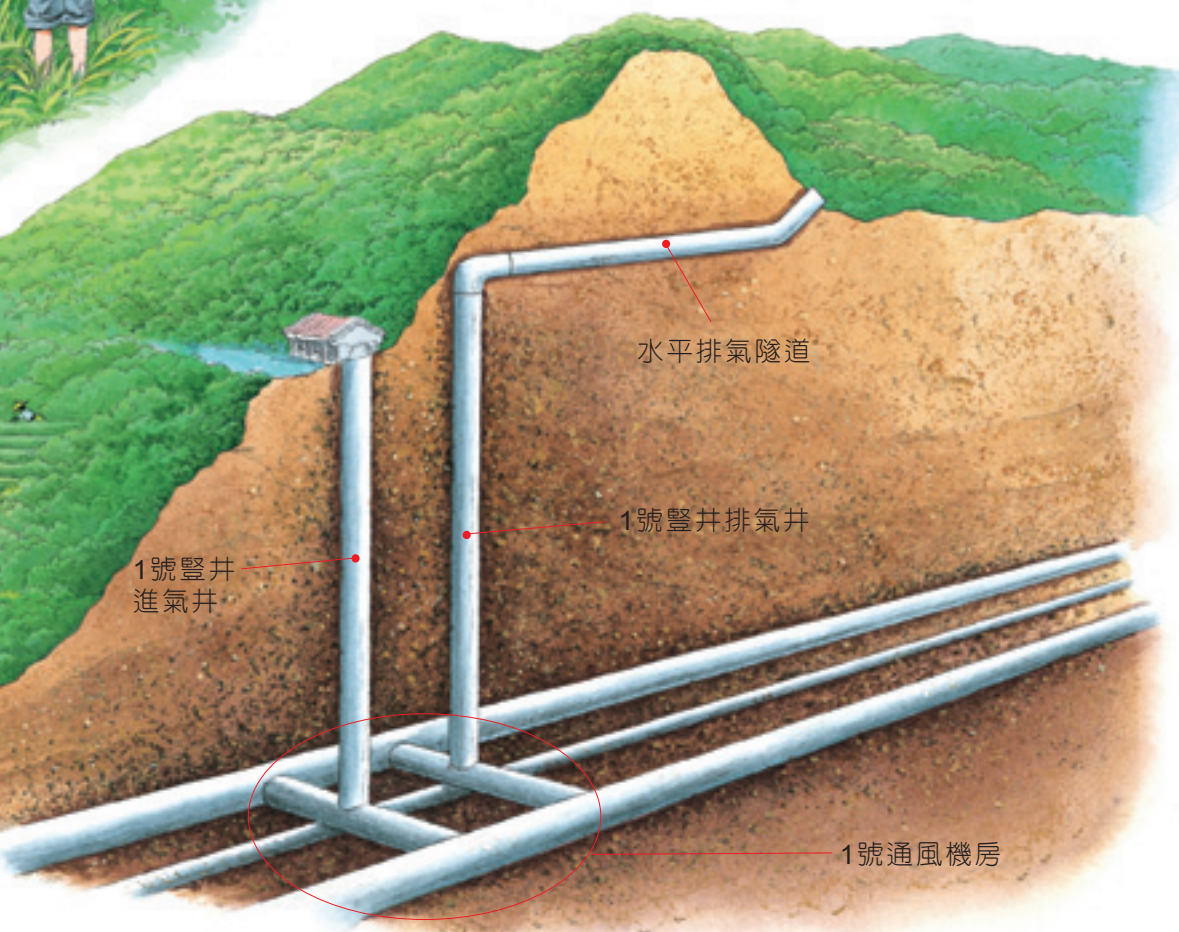
攝影／徐玉珊(坪林鄉公所提供)



攝影／郭瑞宗(坪林鄉公所提供)

多年紛爭終於塵埃落定…

為了找出兼顧功能需求與當地民衆可接受的解決方案，工程團隊可說是絞盡了腦汁。一張又一張的設計圖總是不斷地重複著構想→討論→繪製→溝通協調→否決的循環。終於，皇天不負苦心人，當工程單位提出了第36個方案，向村民說明豎井從原址往頭城方向南移405m，排氣井口再加設一條長312m的水平排氣隧道，將雪山隧道排出的廢氣導排至山脊背後時，那些原本擔心豎井可能造成影響的抗議群眾，慢慢開始轉向支持並配合徵收，結束了漫長的抗爭行動。雖然，豎井的深度因此增加了一百多米，工程費用也提高。不過爭論多時的1號豎井工址問題，總算是塵埃落定。



1號豎井排氣井所連結的水平排氣隧道出口

土地公何去何從

除了1號豎井的爭議外，北宜高速公路坪林路段還曾發生過另一個令人莞爾卻又左右為難的尷尬問題。該事件的緣由是這樣的：坪林當地的北勢溪上游右岸有一座土地公廟，恰巧位於坪林行控中心專用道南下線穿越橋的某處橋墩預定地上。當時，橋梁工程已經開工，卻發現其中一處橋墩基礎與土地公廟相距只有3m左右，基礎工程的施作將可能導致土地公廟因而坍滑，遷移工作看來勢在必行；然而，在當地鄉民的心目中，這位置可是坪林鄉的福地，土地公長年在此守護著鄉民、保佑著這塊土地。對他們來說，這是股非常重要的安定力量，不少鄉民擔心遷址之後可能會壞了風水，說什麼也不願意讓工程單位在太歲爺上動土。

正當雙方僵持不下時，工程單位有人靈機一動，提出了以「擲筊」的方式定奪，問一問“祂”是否願意搬家？這方法雖然出乎了大家的意料之外，但是鄉民們也怕拒絕的話，可能因而得罪了土地公；再者，這種方式也頗符合傳統信仰的既有風俗。因此，擇定了黃道吉日後，鄉民們便推派鄉代會主席去請示土地公，若擲出聖杯即

代表土地公願意搬家。不知道是巧合還是土地公真想搬家，鄉代會主席竟然一連丟了3個聖杯，眼見土地公都已首肯，鄉民們當然也只得同意此事。多虧了土地公的成人之美，總算順利化解了這次的僵局。



因坪林行控中心專用道而搬家的土地公，如今依舊靜靜地守護著坪林鄉。

攝影／朱祥生



土地公開明

根據當事人轉述的內容，那時跟土地公稟告的大意是這樣子的：「北宜高速公路是國家的重大工程建設，完工後將造福民生。但是因為施工危險，且營運後的來往車輛恐有擾神夢，土地公明理，請支持本工程並同意遷移，將另擇地新建一座更為寬廣華麗的土地公廟。」

事前，沒有人能預料結局為何？若說1/8的機率是神蹟，不如說是土地公開明吧！



攝影／朱祥生

成全北宜高速公路這樁美事的土地公

管理土地之神

土地公，又稱福德正神、土地神…等，是道教諸神中與一般百姓最為親近的神祇。其信仰在臺灣歷經了數百年的發展後，無論在神職、神格、造型與祭拜方式等方面都已逐漸本土化，成為臺灣民間基層信仰中相當重要的一環。

以非關專業的手段解決專業的問題

土地公廟事件凸顯了公共工程興建時面臨的問題非常多元，例如：用地的取得以及如何與在地的風俗民情加以融合。所有工程在規劃或進行施工時，除了工程上相關的問題必須克服外，最令工程人員

感到困擾的往往是一些非工程的因素。北宜高速公路興建期間，類似的事件不勝枚舉。藉由土地公廟事件，讓工程人員開始學習用非技術的手段來與鄉民溝通，並且學習尊重在地民情，體會鄉民對這片土地濃郁的情感，鄉民也漸漸學習尊重工程師的專業。

工程不只要有專業，更要學習包容與尊重…



攝影／朱祥生

土地公廟的原址，如今已隱沒在北宜高速公路與如茵的綠草間；然而這樁趣聞將永遠鮮明地留在大家的記憶裏！

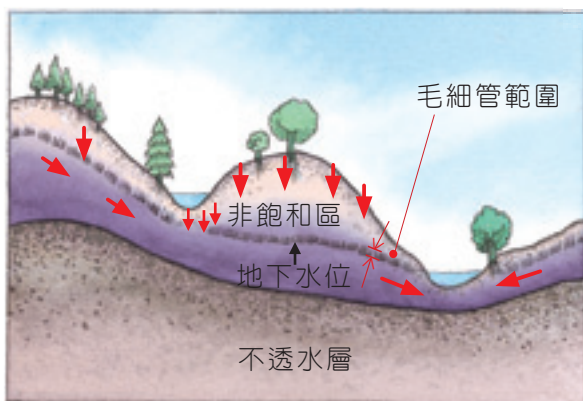
水哪裏去了

由於雪山隧道自開工以來即吸引著眾人的目光，且又通過敏感的水源區，加上施工中湧水問題層出不窮，因此當91~92年翡翠水庫水位拉警報；同時坪林地區也發生茶樹枯萎事件時，質疑罪魁禍首就是雪山隧道，甚至懷疑水庫蓄水沿隧道流失，乍聽之下似乎是合理的推論。然而，當我們深入剖析並藉由進一步的研究佐證，便可還原事實的真相，許多誤解得以充分釐清。

首先，雪山隧道北口標高200m，而翡翠水庫即使蓄水達最高水位170m，仍不至於倒流至隧道流失，故關於該點迷思應可冰釋。另外，相較於雪山山脈動輒400~800m高的龐大山體，直徑僅12m的隧道管體，並無法改變錯綜複雜的地下水系。而從雪山隧道營運後的出流量監測結果，亦可大致推估原屬臺北縣的地下水，經由雪山隧道排放至宜蘭的比例，尚不及翡翠水庫年平均進流量的2%。更何況該部分導流的地下水，原本並不一定全數注入水庫集水區，且該水源目前已供作蘭陽地區之民生及灌溉用水，對整體水資源運用並未形成浪費。

地表植生仰賴毛細水而生長

根據學理上的解釋，地表植生所能利用的有效水分，屬於土壤中非飽和區內，經由毛細現象所涵養的水分；而位於地下水位以下的隧道，其所導排之飽和區內的水分則會因重力而流失，與上述水分截然不同，因此當然不可能影響地表植物的生長。這也已經藉由不同時段的衛星影像、航空照片比對當地植生變異狀況中得到驗證。



茶樹枯死的元兇

因為覆土層很淺，下方即是岩盤，所以茶樹的主要吸收根之深度僅有15~20cm左右。



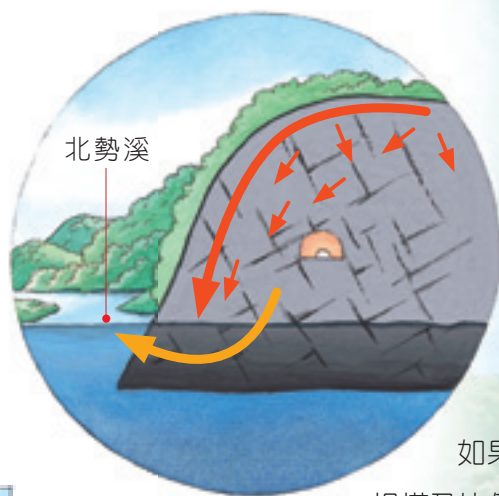
照片來源／黃俊鴻

92年坪林及石碇一帶的茶園，發生大規模枯死事件。當時許多人將矛頭指向施工中的雪山隧道，其實有欠公允。

首先，當年是極端乾旱年，北臺灣發生嚴重缺水，民生用水都已限水，更遑論高山茶園了！且當年的災情並不僅限於坪林、石碇一帶，更不僅限於茶樹，而是全省性的農損災害。

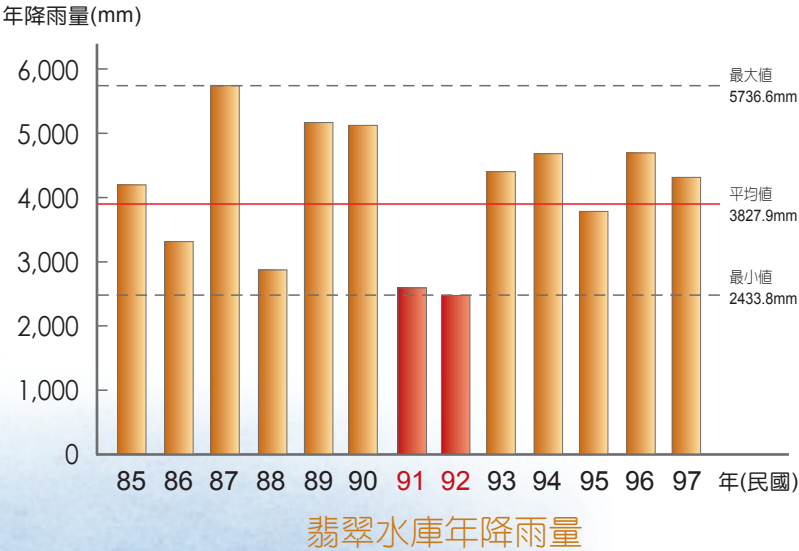
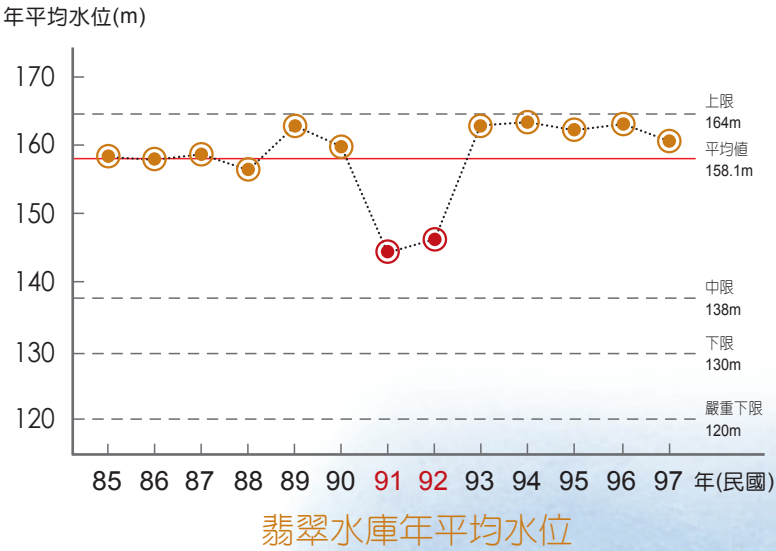
再者，茶樹枯萎的另一項主因，則是坪林當地多以淺耕方式栽植茶樹（圖片所示即1號豎井附近大湖尾地區的茶樹生長情形），恰逢當年枯水期連續51天未降雨，致使淺根系的茶樹終究不敵烈日而枯死。事實上，當年該區域仍有不少茶樹倖存下來，事後探討，主要即是耕作方式造成抗旱程度的差異。

山體中的隧道猶如在大西瓜中插入一支小吸管

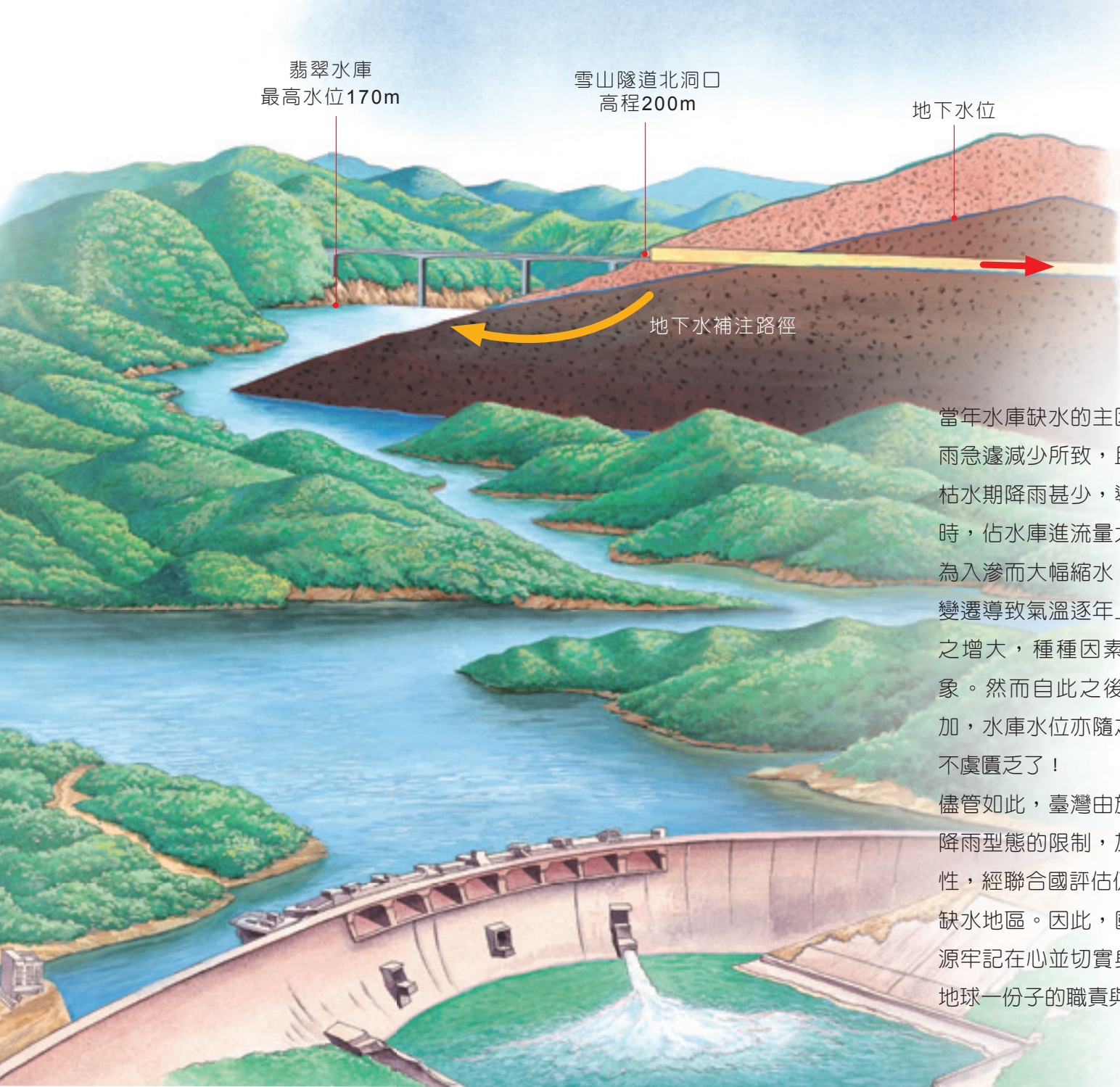


如果以量體的規模及比例來看，存在於雪山山脈中的雪山隧道，就有如在20斤的大西瓜中，插入一支小吸管。其實實際上所能影響的地下水流向相當有限，絕大部分的地下水仍然依照原有的流路注入北勢溪，回歸翡翠水庫的集水區中。

91~92年翡翠水庫的缺水主因



資料來源／翡翠水庫管理局



當年水庫缺水的主因，係連續兩年降雨急遽減少所致，且當時降雨型態乃枯水期降雨甚少，導致非枯水期降雨時，佔水庫進流量大宗的地表逕流因為入滲而大幅縮水；加上因全球氣候變遷導致氣溫逐年上升，用水量亦隨之增大，種種因素造成了當時的旱象。然而自此之後，降雨量顯著增加，水庫水位亦隨之升高，用水也就不虞匱乏了！

儘管如此，臺灣由於受到地理條件及降雨型態的限制，加上地狹人稠的特性，經聯合國評估仍屬世界上前20大缺水地區。因此，國人應將珍惜水資源牢記在心並切實身體力行，以善盡地球一份子的職責與使命！

土撥鼠挖不動了

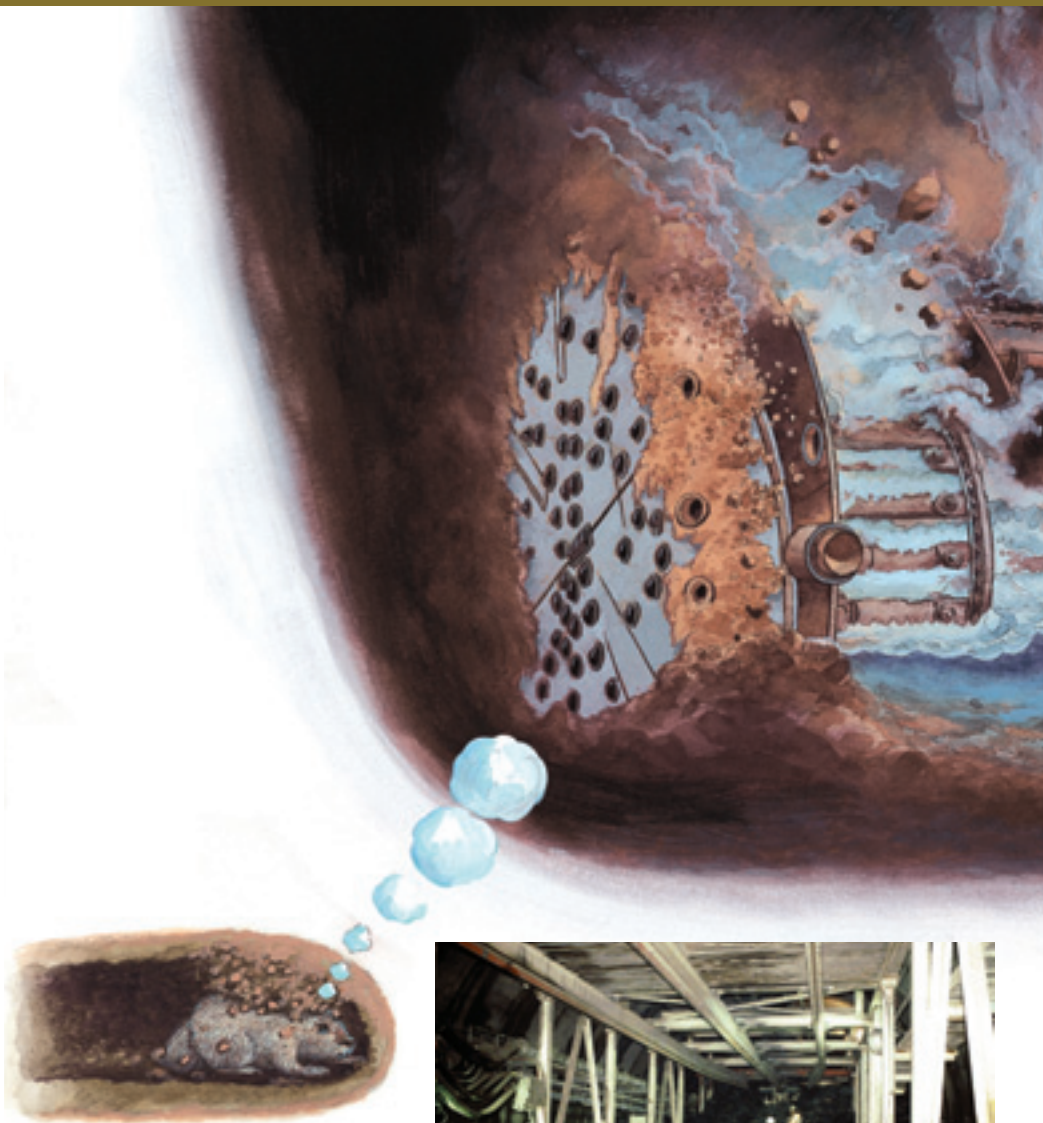
時間：86.12.15

地點：主坑北上線26.78K附近

「快跑！快往外逃啊！」一個寒冷的星期一，一個對外人再平凡也不過的日子，卻成了雪山隧道施工史中令人心寒的一天。曾經被寄予厚望的TBM之魂，自此長眠地底…

事發之前，工程團隊照例進行地質探查、預先排水及灌漿處理的主坑北上線，卻在TBM機頭附近出現大湧水，且水質相當混濁；後方已經架設完成用以支撐隧道的預鑄環片，也接連出現裂縫。儘管不放棄地施噴噴凝土搶救，想藉以止住湧水，無奈水量過大，漿液根本來不及噴附便被沖走！終於，大停電降臨了！坍塌的土石感覺起來像是從四面八方衝擊著環片，大地的怒吼聲瞬間讓隧道天搖地動。所有作業人員飛也似地朝洞口拔腿狂奔。最後，一切歸於平靜…總計，近1萬方的土石摧毀了百餘米已挖掘完成的隧道。這隻性能卓越的巨型土撥鼠，在此譜出了最終的樂章；456m，是它燃燒生命後僅有的貢獻。

災後經過評估，修復所需的費用極不符合經濟效益，且所需時間漫長，只得務實地決定變更工法，改採鑽炸施工。而深埋在地底的土撥鼠，不得已下只好忍痛一段段支解運離。雖然此後坍塌的隧道又花了超過2年的時間善後並成功重建，但是每當經過這曾經坍塌的區段，彷彿還聽得到土撥鼠的低吟啜泣，在地底不斷地迴響…



北上線26.78K TBM內抽坍情況

照片來源／北宜高速公路興建專輯 技術版

臺灣人的韌性克服了TBM的困境

雪山隧道北上線、南下線及導坑共3座TBM，前前後後共歷經了26次嚴重程度不等的夾埋受困、總計2491天的煎熬。雖然北上線TBM無法克盡其功，不過南下線與導坑終究還是完成了使命。同樣的TBM工法，曾經在英法海底隧道叱吒風雲；然而看似所向披靡的隧道鑽掘機，卻在臺灣惡劣地質的伺候下，棋逢敵手地遭遇了頑強的抵抗。到底是什麼樣的勇氣，可以讓作業人員義無反顧、鏗而不捨地前仆後繼？是工程師的堅持與毅力，支撐著他們永不放棄！



北上線被支解的TBM

照片來源／北宜高速公路興建專輯 技術版



經驗傳承－雪山隧道文物館

儘管雪山隧道的施工過程無法盡如人意，然而從中所獲取的寶貴經驗，特別是國內TBM施工的首次嘗試，都是彌足珍貴的經歷。除了TBM操作人員已透過技術傳承，將相關經驗根留臺灣之外；其他大大小小的重點文物，如今都已成為雪山隧道文物館的重要館藏。



攝影／張博翔

雪山隧道出了南洞口後，就在高速公路的路面下方，一個不起眼的入口，裏頭卻蘊藏著豐富的經驗與知識等待你去發掘！



邁入時光的長廊，牆面上一一訴說著雪山隧道各階段的歷程及遭遇困難地質時的處理經過。

攝影／張博翔

迂迴隧道

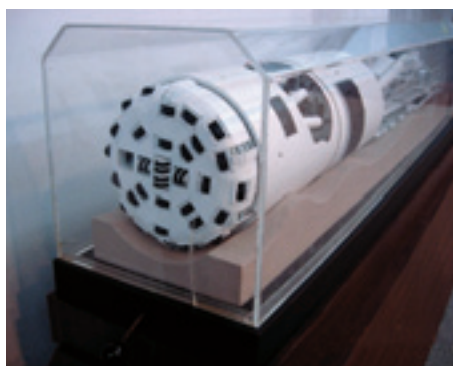


當TBM受困而動彈不得時，由於機身佔據了前方的作業空間，因此，多半以人力配合小型機械，自主機後方挖鑿迂迴隧道繞行至主機受困點及前方進行脫困作業。

一般說來，為免TBM啟動後再次遭困，將先行針對前方地盤進行改良處理，以確保後續之開挖安全。

TBM順利脫困後，若沒有特殊考量，迂迴隧道應以適當材料回填封堵。

其實TBM的脫困作業及迂迴隧道的挖鑿模式並無固定的標準作業程序，工程人員須視現地情況隨機應變，以兼顧時效與安全性。



攝影／張博翔

文物館內展示著製作精美的TBM模型(包含導坑及主坑各1座)，可說是隧道施工的最佳活教材。

雪山隧道施工期間，就連諸多知名的國際技術期刊，也都不看好雪山隧道的未來；不過，臺灣人堅毅不拔的精神，硬是克服了重重的挑戰！

註：雪山隧道原名坪林隧道



資料來源／Tunnel (1998.11)



攝影／張博翔

文物館內分門別類地陳列著各種設備；牆上則示意著鑽炸法與TBM施工的各個環節。另外，立體模型、岩心標本、研究報告…等，都是取之不盡、用之不竭的知識寶庫。



資料來源／Tunnels & Tunnelling International (2002.5)

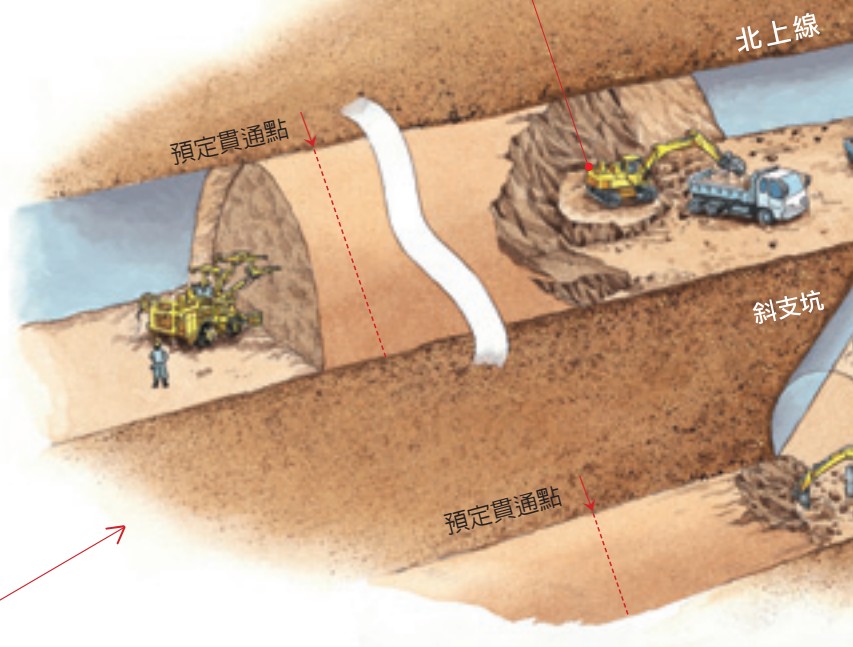
限期通車的夢魘

打從大夥兒歡欣鼓舞地迎接雪山隧道開工的那一刻起，北宜高速公路限期通車的時程壓力，就不時壓在工程人員的肩頭上。沒想到頭城端超乎預期的惡劣地質讓工程團隊一開始就彷彿寸步難行。以導坑為例，平均每挖100m左右，也就是大約10天到半個月便會傳來TBM受困的消息；本以為隨著時間流逝情況會逐漸改善，然而天不從人願，這段掙扎期持續了數年之久，導致通車期程只得一再延緩。當時，除了引發宜蘭當地居民關切之外，交通部更頓時成為衆矢之的，社會上一時之間興起了一波波質疑的浪潮。

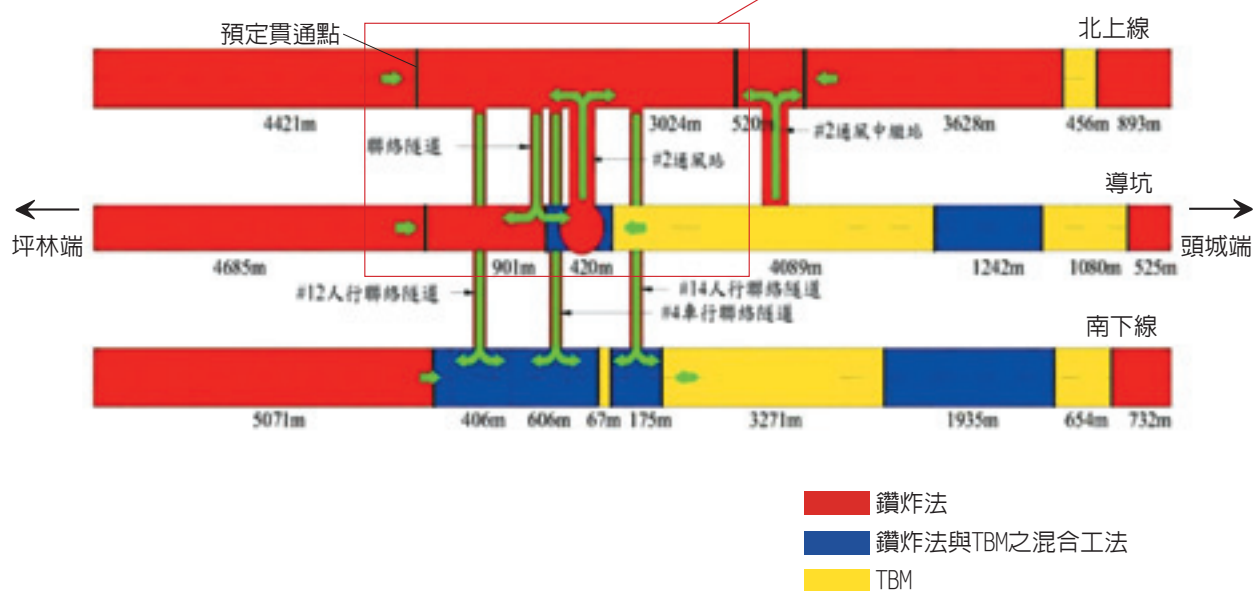
歷經十餘年的努力後，雪山隧道群相繼貫通，從那時起，全國上下轉而盼望全線早日通車，媒體與長官也將所有關愛的眼神投射在通車的日期上。為了加速趕工，工程團隊幾乎傾全力投入所有可動員的人力，每天採取24小時全年無休地輪班工作；而各級長官也不分晝夜地隨時到工地視察、督導，無非就是為了早日實現國人的期待。

當時在身心皆承受極大壓力的情況下，對所有參與其中的人員而言宛如歷經了一場夢魘。但是，凡努力過的必留下痕跡，如今順利呈現在國人面前的北宜高速公路，就是這些工程人員無私無我、不眠不休的戮力奉獻所締造出來的。

在2號豎井初期動員階段，所有的鑽堡、怪手乃至運輸卡車等大型機具，都必須事先在豎井井口花上數小時甚至數天的功夫，將它們一一拆解，再吊運到深達250m的井底重新組裝後才能開始施工。

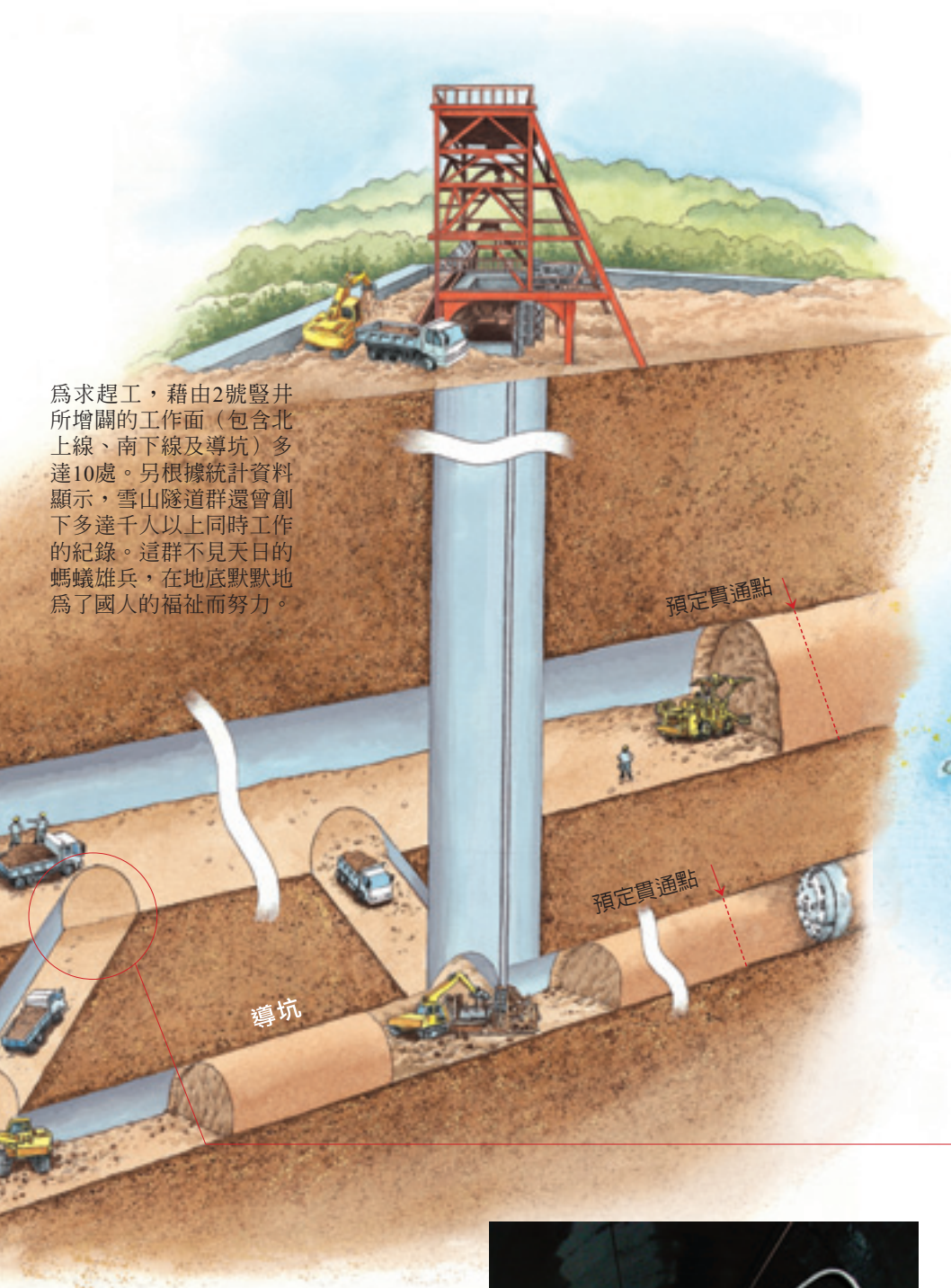


雪山隧道施工平面配置圖



加快了雪山隧道腳步的2號豎井

面對當時立委的質問與民衆的頻頻關切，著實讓工程團隊身心都飽受煎熬，但還是得想盡辦法克服這個難題。為了追趕落後的工程進度以及早完工，期間也曾邀請國內外專家學者舉行了7次的諮詢顧問會議，並曾提出於導坑坪林端再增加一部TBM，或者於臺9線48K處另增闢施工橫坑等多項輔助方案。不過，經過縝密的效益評估後，最後決定利用已經開挖完成的2號通風豎井增闢多組工作面，期望能早日達成雪山隧道貫通的使命。

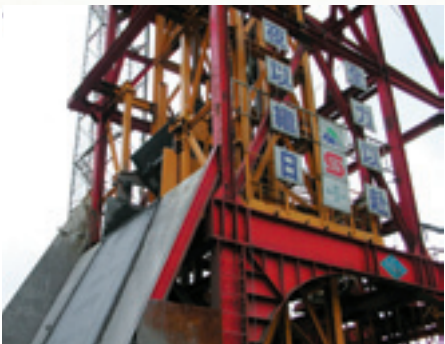


為求趕工，藉由2號豎井所增闢的工作面（包含北上線、南下線及導坑）多達10處。另根據統計資料顯示，雪山隧道群還曾創下多達千人以上同時工作的紀錄。這群不見天日的螞蟥雄兵，在地底默默地為了國人的福祉而努力。

以日本的「青函隧道工程」為例，施工期程原訂8年，最後延至21年才完工，工程經費則漲了3倍之多，可見長大隧道常面臨不可知的變數。



攝影／張博翔



「夜以繼日，全力以赴」簡單8個字刻劃出工程人員的真實心境。

照片來源／經典公路 國道幸福5號



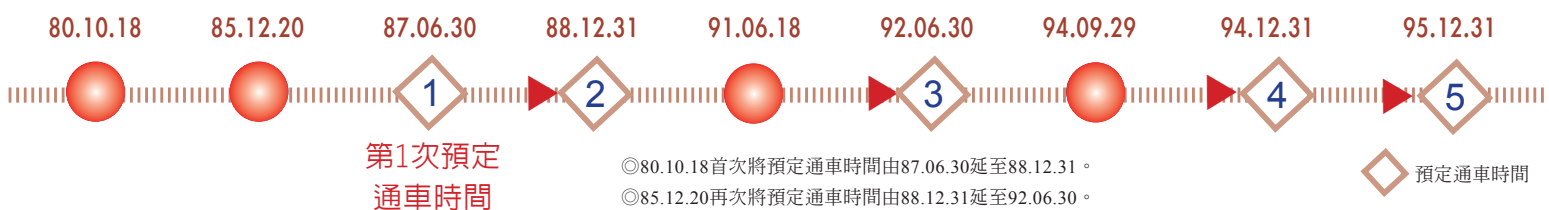
當各個工作面同時作業時，每天約有百餘人次利用人籠進出2號通風豎井。這上下降落的危險性，沒有親身經歷過的實難想像。

照片來源／交通部臺灣區國道新建工程局

雪山隧道什麼時候通車啊？

一般民衆尤其是引頸期盼的宜蘭人都無法理解為何已經打通了隧道的兩端，這段路卻還是不能通車？其實，貫通後的雪山隧道內部仍有許多配合工程尚未完成，就如同尚未進行水電管路配置作業的房子仍然不適合居住。

地質狀況惡劣，計畫期程一延再延！



公眾監督的力量

在早年簡單質樸的農業社會結構下，圖個溫飽或許是大多數人最為關心的事；惟近年來伴隨著產業型態轉變、所得提昇、科技進步與資訊發達，諸多新奇的事物乃藉由各類媒體的運作下，迅速地傳播到社會的各個角落。媒體，遂成為人們獲取訊息的主要來源。

然而，工程是一門極具專業與挑戰的學問，與包含醫學或法律在內的其他科學一樣，屬於少數人的專精領域。其專業能力必須歷經嚴謹的學術訓練及經驗積累才能逐漸養成，多數人於短時間內不易窺其全貌；也因為專業技術的複雜性導致許多工程的決策過程產生了侷限性。

不過，由於公共工程牽涉的層面廣泛，其決策成果可能對社會造成重大影響，大眾自然有參與或瞭解的權利，此時便有賴媒體的配合以宣導政策目的與相關福國利民的措施。但是，在與媒體溝通時如大量使用專業語彙，除了容易產生認知上的落差外，也可能傳遞了不對稱的訊息給一般大眾，甚而影響民衆的看法與判斷。

為有效解決問題的癥結，應著眼於工程專業人士如何與媒體搭起雙向溝通的橋梁，把學術與技術的專業知識，透過淺顯易懂的方式呈現給媒體，進而報導予大眾瞭解。若能縮小雙方認知的差距，提昇社會大眾的參與感，將可廣納各方意見，並為彼此創造出雙贏的局面。



許多工程師會造橋鋪路、會挖隧道，但卻不善於溝通；然而，橋梁、道路和隧道本身原本就是用來作為溝通兩地的工具。



雪山隧道為臺灣目前最長的公路隧道。徵諸國外相關的長隧道事故可知，長隧道之行車安全極為重要。因此，於通車前及營運後，政府多仰賴各大媒體宣導雪山隧道行車的相關注意事項。

攝影／齊柏林

土木工程的高度不確定性

土木工程「不確定性」的典型例子可以民國76年動工的日本關西國際機場為例，當時總工程費預估約新臺幣400億元，但在施工3年後竟追加了6倍之多（約新臺幣2,860億元）。探究其箇中原因，乃因關西機場為海上工程，海底土壤的承載力與地面工程完全不同，因此傳統的理论未必適用。

而回顧雪山隧道由於施工難度世界少見，導致工期因而展延，然而尚未完工就被監察院以延宕工期糾正，並函送最高檢察署調查有無圖利廠商等不法情事。後來又有廢棄土處理不當、違法解除合約圖利等官司紛至沓來。值得慶幸的是，如同

本工程最後順利通車，所有受調查的工程團隊成員，最終皆獲判無罪！



照片來源／北宜高速公路興建專輯 技術版

相較於其他的專業領域，土木工程師更需具備與社會大眾溝通的能力。如果在工程規劃、環境影響評估或甚至用地徵收階段，能以地方說明會的方式，讓民眾瞭解當初設計原則並澄清相關疑慮，將有助於政策的推動。

知識



常識

如何將專業領域的「知識」轉化為通俗易懂的「常識」，是每位土木工程師必須學習的課題。



攝影／齊柏林

雪山隧道施工中的湧水問題及營運後的滲漏水事件，曾多次攻佔各大媒體的版面，報導中並屢屢提出警語。不過事實上經過歐洲及日本專家現地勘察後表示，日本某些隧道漏水情形比雪山隧道還嚴重許多，但是對隧道的正常營運並不構成威脅。



資料來源／93.09.27商業周刊



資料來源／95.11.04中國時報



資料來源／95.10.13聯合報



資料來源／95.10.12中國時報



資料來源／95.11.12中國時報

有第四權之稱的「媒體」

「行政、立法、司法」三權分立，是西方資本主義國家政治制度的基本架構；而「媒體」有第四權之稱，足見其無遠弗屆的影響力。

或許是身為新聞從業人員與生俱來的使命感，加上適度扮演了監督的角色，讓許多社會百態得以在媒體的追查後被一一揭露；然而，有時為了搶時效而來不及求證，亦會造成當事人無謂的困擾。因此，進退拿捏之間即考驗著媒體人的智慧與決斷。

征服四稜砂岩

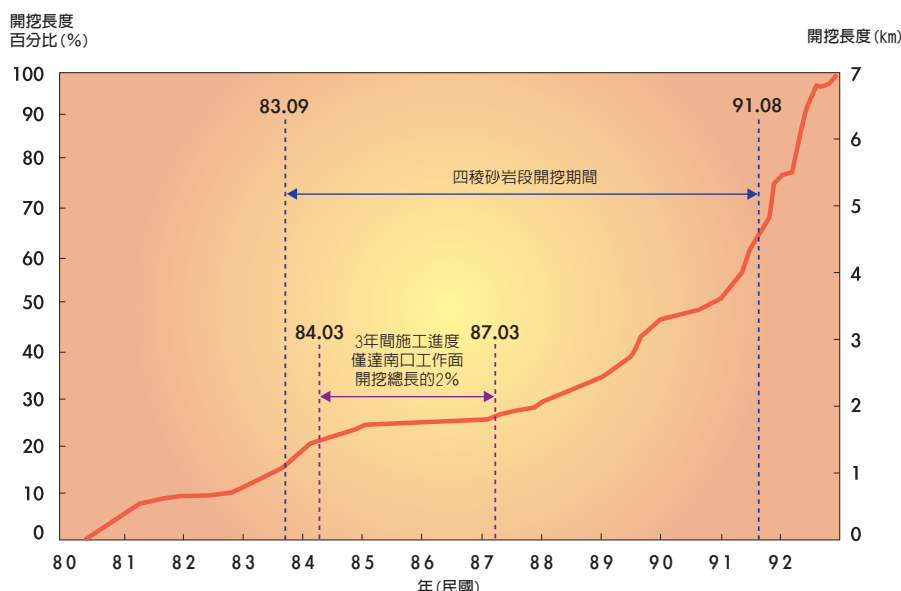
為兼顧施工便利及環保要求，當初雪山隧道決定自頭城端朝西北向進行開挖，只不過這兒偏偏也是整座隧道地質最為惡劣的地方，五大斷層均集中於此，使整個雪山隧道工程在起跑階段就出乎意料地不順利！

民國82年1月，為事先瞭解沿線地質狀況而開挖的導坑，TBM只不過才進洞21天、挖了20m，就傳來切削頭被卡住的消息！究其原因乃是遭遇到地質破碎、含水量大、硬度又比鋼還硬的四稜砂岩。TBM削刀的硬度只有5，但這種岩盤的硬度卻高達7。開挖時不僅造成削刀迅速磨耗，岩盤的變形鬆動與挾帶的高壓湧水更讓TBM吃足了苦頭。總計導坑TBM在施工期間遭遇的13次（共1,228天）夾埋事件中，四稜砂岩段就佔了6次（共833天），夾埋時間最久者甚至長達290

天。難纏的四稜砂岩，不僅讓舉世側目，更造成一部造價新臺幣10億元的主坑TBM最後只得抱憾退役。

所幸後來遇上的四稜砂岩雖然堅硬但不再破碎，除岩盤完整外含水量亦較少，因此當通過四稜砂岩的幾個斷層帶後，TBM終於像是睡醒的巨龍，表現突飛猛進。民國90年11月~92年6月間，導坑TBM每月平均的施工進度達到256m，大約是早期進度的8~9倍；而民國87年4月起改採鑽炸法施工的北上線，於92年5月突破單月施工紀錄後，之後更是屢創佳績、捷報不斷。對整個工作團隊而言，征服了四稜砂岩，就彷彿於晦暗不明的隧道中，乍見完工通車的曙光！

影響雪山隧道貫通時程的關鍵因素－四稜砂岩

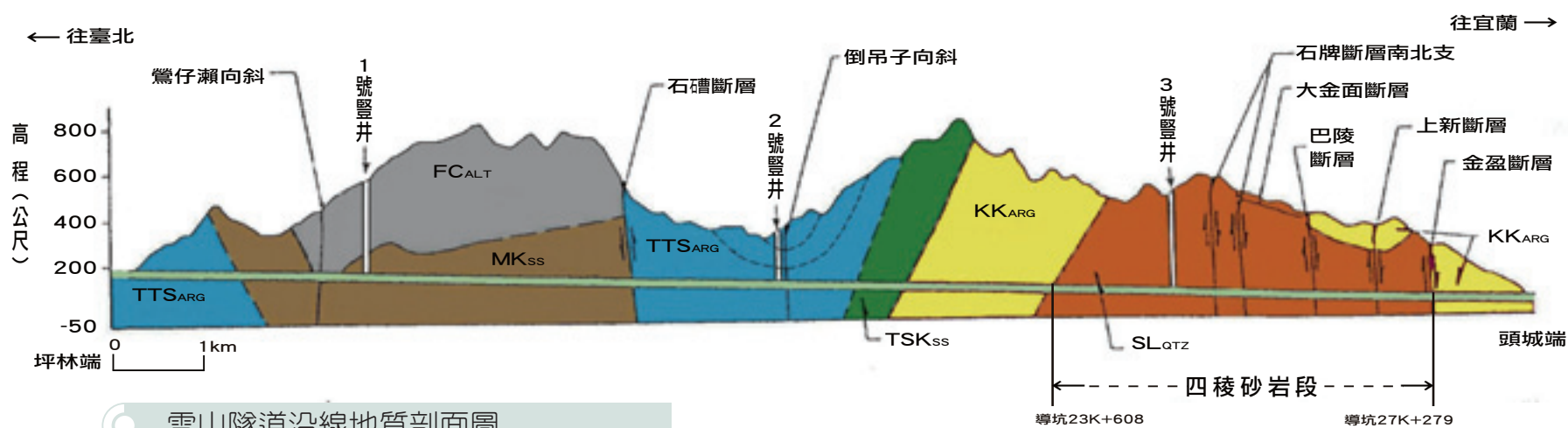


以雪山隧道之導坑開挖施工為例，南口工作面於民國83年9月~91年8月期間遭遇四稜砂岩段。根據統計，84年3月~87年3月期間因地質破碎且遭遇大量湧水，導致TBM屢遭夾埋，開挖幾無進度（3年內平均進度僅約6m/月），其後進度雖有改善，但仍遠低於預期；而當通過四稜砂岩段後，91年至92年10月（導坑貫通）開挖平均進度則大幅提高至156m/月，施工速率有數十倍明顯的差異，足以說明四稜砂岩為影響雪山隧道貫通時程的關鍵因素。



雪山隧道沿線的四稜砂岩，其石英含量最高可達82%，硬度超過一般的鋼，而當中粗粒石英岩的強度更是混凝土的12倍以上。

攝影／賴奕君



雪山隧道沿線地質剖面圖

雪山隧道導坑前後一共花費了12年的時間才貫通；其中3.6km長的四稜砂岩段就費時8年。

根據事後的經驗來看，能夠成功克服四稜砂岩段，整個雪山隧道工程就已經成功了一大半。

TTS: 大桶山層 (23%) FC: 枋寮層 (3%)
MK: 媽岡層 (26%) TSK: 粗廬層 (3%)
KK: 乾溝層 (17%) SL: 四稜砂岩層 (28%)



攝影／劉文煜

地質年代為漸新世早期或始新世晚期(約3,500萬年前)的四稜砂岩，以厚層淺灰色至灰白色的石英岩為主，偶夾深灰色的硬頁岩或板岩。

其地層主要分布在臺灣北部和東北部，素有「世紀奇峰」之稱的大霸尖山便是其中的代表。

堅硬的四稜砂岩造成TBM削刀嚴重磨損

四稜砂岩因石英含量極高，岩質堅硬，導致開挖期間削刀嚴重磨損。導坑TBM曾經創下1個月內更換110只削刀的紀錄！相當於平均每開挖2.3m，即需更換1只削刀，其岩盤之堅硬由此可見一斑。

此外，可千萬別小看更換削刀的動作喔！主坑TBM的削刀每個重達186kgw，更換時需4個人扛著它，再配合另一個人操作切削頭，待調整到適當的角度後，削刀才裝得上去，所以算是相當費時又費力的工作。



攝影／張博翔



攝影／黃筱卿



攝影／黃筱卿

硬度

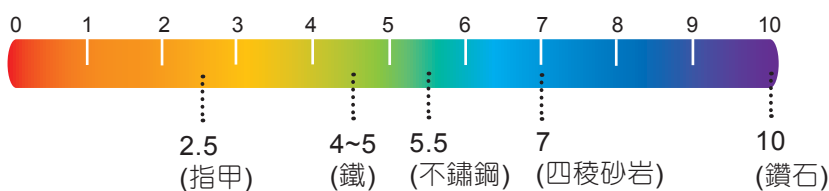
在學理上，硬度的定義是「物體抵抗刮傷的能力」，因此當以鑽石(硬度10)尖端輕劃玻璃(硬度5)的表面時會留下一道刮痕。

但要注意的是，硬度本身並沒有「無法摧毀」的意思。最簡單的例子便是以鐵鎚猛擊鑽石時可將鑽石敲碎，但這並不表示鐵鎚的硬度比鑽石高。

當物質遭受強大外力撞擊時是否會破碎，取決於物體的韌度。韌度的意義可解讀為「物體內部結構的強度」。因此當以鐵鎚敲擊鐵塊時，鐵塊或許會變形但不會破碎，但鑽石則不然。這代表鐵塊的韌度比鑽石高。



硬度表



全線通車終於達陣

在導坑貫通不到5個月後，幾乎讓各國專家宣告放棄的主坑北上線也相繼克服破碎地層與高壓湧水的困難，由國人自行成功爆破貫穿。事隔半年，南下線的順利貫通更讓全體工程人員沉浸在苦盡甘來的喜悅中。

只是，隧道兩端貫通後並不代表可以即刻通車，為了正式營運後的舒適與行車安全，其實仍有諸多附屬工程亟待進行。因此，全線通車的時間表依舊壓得工程團隊喘不過氣來；但為了不辜負國家所賦予的神聖使命及各界的殷殷期盼，所有人員對於後續機電交控相關設施的安裝與測試工作仍不敢稍有懈怠。在經過來回無數次的勘驗、各項設施性能的檢視，及一連串營運與緊急應變措施的模擬演練後，北宜高速公路的最後一

塊拼圖－坪林頭城段，終於在民國95年6月16日下午1時達成正式通車的目標。

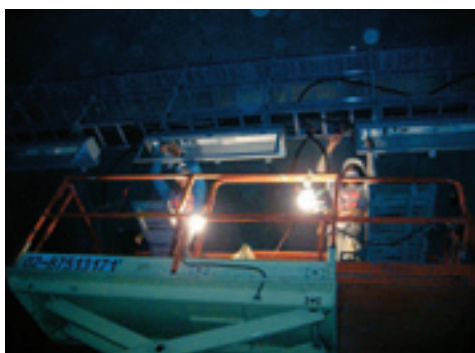
回首這段艱辛而漫長的歲月裡，多少優秀人才投入其中，幾乎把人生最精華、體力最充沛的時光都奉獻於此。縱使面對一波波接踵而至的嚴苛考驗，依然毫無畏懼的邁出步伐；面對無數次孤立無援的情況，曾讓他們心情跌落谷底，但一次又一次地重新燃起奮鬥的決心，繼續扮演開路先鋒的角色；多少人隻身在外以工地為家，堅持著一步一腳印，只為了儘早完成通車的使命。

如今，對這群默默付出的無名英雄而言，相信在完工通車的那一刻，必更能體會聖經所言：「凡流淚播種的，必歡呼收割。」這句話的真諦。



通車在即，土木、機電與交控等三方面的工作人員仍在全力趕工中。

照片來源／經典公路 國道幸福5號



所有燈具可都是通過測試後才得以安裝上去的。

照片來源／經典公路 國道幸福5號

不分彼此的全力配合與相互支援

光是雪山隧道內的機電系統就分成輸配電、照明、火警偵測、消防、通風、空調與監控等子系統，若再加上交控系統裏的中央電腦、無線電話、閉路電視…等12項子系統，其中的複雜性自是不言可喻。

在隧道貫通之後，事實上內部仍有許多土木工程尚待完成，為了爭取時效，無法避免地必須與上述的機電交控作業，以「土木機電混合施工」的罕見方式，在同樣的時間與工作範圍內趕工，因此在介面協調上不免為了施工優先順序或出入動線問題而互有爭執。然而，在考量正式通車營運時間的急迫性後，大夥兒仍能捐棄成見、相互包容，以求完成彼此共同的目標。



火盆試驗：將5L汽油倒入1m²之火盆(距地面高度50cm)內，點燃後以3~6m/sec的風速進行模擬。主隧道火警系統須於85sec內發出火災警報才算是測試成功。

照片來源／經典公路 國道幸福5號



軸流式風機測試：為了確保隧道營運時的空氣品質及有效導排火災發生時的濃煙，故通車前的風機測試不可不慎。

照片來源／經典公路 國道幸福5號



遼闊的蘭陽平原，將因北宜高速公路的通車而改變。



92.10.20 當導坑TBM從漫天灰塵中破繭而出的那一刻起，所有人都意識到雪山隧道的完工已不再遙不可及。

攝影／齊柏林



攝影／齊柏林

93.09.16 主坑南下線全線貫通

北宜高速公路各路段通車與雪山隧道貫通時間表

- 89.01.27 南港石碇段通車
- 92.10.20 雪山隧道導坑貫通
- 93.03.14 雪山隧道主坑北上線全線貫通
- 93.09.16 雪山隧道主坑南下線全線貫通
- 94.03.14 石碇坪林路段正式通車，同時核發通行證，優先開放坪林居民及公務車進入。
- 95.01.22 頭城蘇澳段於下午3時開放通車
- 95.06.16 在分別舉行北宜高速公路工程殉職人員紀念碑揭幕儀式及雪山隧道通車紀念活動後，坪林頭城段正式於下午1時開放通車。

土木機電混合施工

過去，機電工程總被稱為「通車前的最後一棒」，因為當土木工程幾近完工時，機電系統人員才會進場施工。但是北宜高速公路為了在預定時間內達成通車的使命，工程後半段乃採取機電和土木工程混合施工的方式進行，希望藉由雙管齊下的做法可以讓工程儘速達到終點。



波動的情緒曲線

讓我們隨著北宜高速公路施工期間的情緒曲線，一同來了解工作團隊的心路歷程。



公共藝術

為了使北宜高速公路沿線的地標景觀更富有藝術氣息，國工局特別透過公開評選的方式，委託由法籍藝術家尼古拉貝杜和薩璨如夫婦所領導的「貝杜藝術工作小組」，以自然的語彙為石碇交流道和石碇服務區量身打造了3件公共藝術品。

藉由石雕作品的優美起伏與弧線，創造出如浪湧波動的視覺美感，冀求旅客經由不同角度看見作品，都能喚起啟程與歸途的不同心境。



攝影／齊柏林



攝影／齊柏林

大地脈動(Earth Rhythm)

設置於石碇交流道草地上的「大地脈動」，是由6件卡拉拉大理石原材塑造的石雕所構成，利用漸次的變化與視覺心理學，由高而低、從垂直到水平，越來越綿長。

垂直，是狂喜、激情與無限的象徵。追隨垂直線的同時，就必須片刻中斷平時的視野而舉目望天，不受任何限制地直到線條消失；水平，當所有人本能地追求水平線的同時，體悟到一種內在感、一種合理性及一種理智。

從垂直到水平，漸次地呈現了藝術品本身的內涵，深蘊著藝術家對世界的理解與體驗，也包含了複雜的情感和質調。一種和平寧靜的氛圍，於是透過這件作品徐徐地散播開來。

時空漂鳥(Moebius)

位於石碇服務區大門前方的，是同樣以卡拉拉大理石為材料雕塑而成的「時空漂鳥」，在中點處扭轉方向的創作手法，突顯了石材本身不具備的流動感。

外形是曲線的延伸，線條則柔順而光滑，彼此間達到一種巧妙協調的平衡。那恰似黃葉隨風飄落的瞬間，既不是連貫動作的開始，亦不是動作過程的結束，雖是一件靜止的雕塑，卻充滿了動感與力量。



攝影／張博翔



攝影／齊柏林

人們感受到的線條、曲面及外在形態，不再只是單純的意象，而是生命本身漸進的動態過程。

作品呈現一種水平而舒緩的律動感，為舟車勞頓的旅途中，提供一個心靈歇息的平靜場域，也象徵高速公路運輸系統起承轉合間的流暢。

光陰隧道(Tunnel)

位於石碇服務區後方的「光陰隧道」，外觀係由5座拱形從大而小依序排列而成，間隔地構成了隧道的漸層意象。不僅反映了南港隧道的地理造型、也象徵著隧道是構成北宜高速公路的重要元素。

設計師特別採用南非的紅色花崗岩作為雕刻石材，讓人感覺到無比溫暖，更表達出作品內在的熱度與外在的堅實。運用色彩和輪廓的變化，將生硬的建築轉化為活力奔放的藝術品，並營造出豐富的視覺感受，活潑的氣氛讓不論是大人或小孩，都不由自主地想要去親近它。

攝影／齊柏林



攝影／齊柏林

它是3件公共藝術品當中，最具童趣和充滿玩心的1件，不僅成為聊天休憩的空間，亦讓前來的旅人體認到生命力的洋溢與激盪。

卡拉拉大理石

全球數十處大理石的產地中，就屬於義大利托斯卡尼西北部的卡拉拉(Carrara)最負盛名。

在此開採的白色大理石，由於其紋理自然又溫潤的光澤狀似人類肌膚，因此常被許多雕刻家選擇用來進行人體方面的雕塑；如大眾熟知的「聖母悼子」、「大衛像」便是卡拉拉大理石藉由米開朗基羅的雙手所塑造出來的偉大藝術作品。



沿線上的重要紀念碑

「蔣渭水紀念碑」及「北宜高速公路工程殉職人員紀念碑」雖然並非公共藝術品，然而它們背後所代表的寓意及屹立不搖的精神，更值得用路人仔細端詳。



攝影／張博翔

為感念參與本工程的無數英雄們，國工局特別選擇在石碇服務區內建造了一座「北宜高速公路工程殉職人員紀念碑」。碑上不僅刻有殉難人員的姓名外，也概略記述了施工過程中所遭遇的艱辛歷程，以緬懷他們對國家建設的功勳與貢獻，並供後人紀念與憑弔。



攝影／黃育智

為紀念有臺灣孫中山美譽的蔣渭水先生，政府特別將北宜高速公路命名為「蔣渭水高速公路」，並在雪山隧道南端出口處設置「蔣渭水紀念碑」。

註：蔣渭水，宜蘭人，是著名的非暴力抗日運動領袖。

不走雪山隧道的人

在民國13年宜蘭線鐵路通車以前，往返臺北宜蘭間唯一的要道就是淡蘭古道，民衆必須翻山越嶺才能抵達他鄉。所幸當時人們習於農村的生活步調，大夥兒可以悠閒地穿梭在山林小徑間欣賞沿途的風光，最後還是可以得償夙願地到達目的地。

如今隨著雪山隧道開通，大幅縮短了臺北宜蘭間的距離，交通時間也從原本的2.5小時縮短到1小時以內。北宜高速公路通車以來，吸引了大批好奇的民衆蜂擁上路，即使得耐著塞車的苦悶也要跟上這股宜蘭熱；每逢假日，這條路上更是湧入一波波返鄉的民衆及前往蘭陽平原遊玩的旅客。

然而，社會上還是有一群不走雪山隧道的人…「雪山隧道都通了，你不走別人也會走

呀！」，相信是他們最常碰到的反應。相較於凡事都追求快速方便的現代人，這群提倡慢活、著重於與自己靈魂對話的人，才不管這世紀走到哪裡，依舊執著地走著九彎十八拐或是濱海公路。

他們說，既然外出旅遊，不是應該放慢腳步，好好地欣賞沿途的綺麗景致嗎？幹嘛硬把自己塞進雪山隧道裡？墾丁的海雖藍，氣勢卻遠不及東北角；臺灣西部的沙灘雖美，但單調的景色看久了卻會膩。不過東北角海岸可就不同了，它豐富的地質景觀處處讓人驚嘆！有蘑菇狀的蕈狀岩、豆腐似的豆腐岩、像被機槍掃射過的蜂窩岩、令人嘖嘖稱奇的單面山、海蝕平台、海蝕洞…等特殊景觀爭奇鬥豔，幾乎是轉個彎，景色就有一百八十度的轉變。

海水不斷地拍打著海岸，海岸受波浪侵蝕後形成陡峭的山崖，是為海蝕崖。

照片來源／交通部觀光局東北角暨宜蘭海岸國家風景區管理處





外觀像蘑菇，頸上托著球狀石的奇岩便是蕈狀岩。著名的野柳「女王頭」即其中的代表。

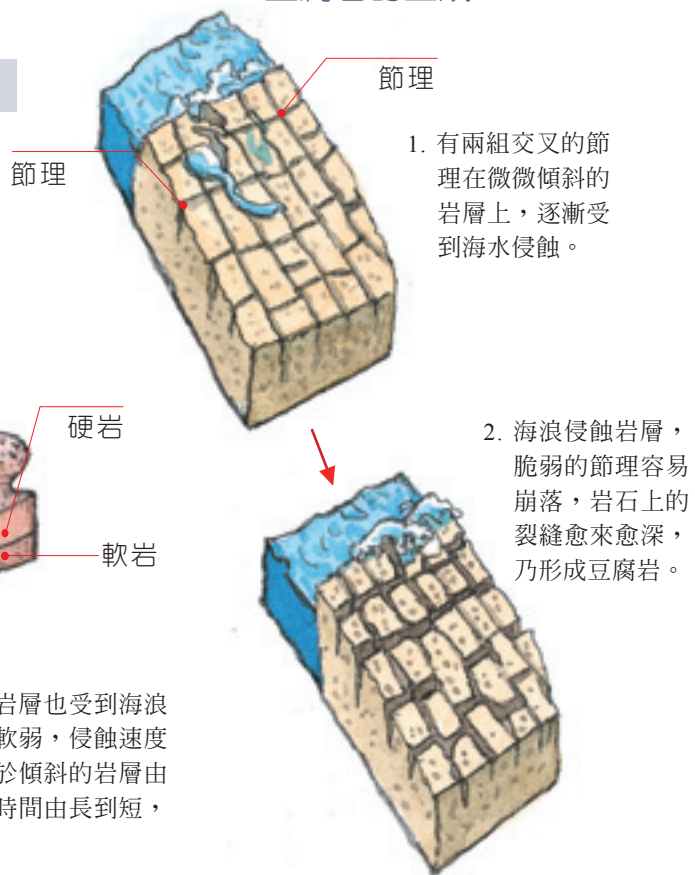
照片來源／交通部觀光局東北角暨宜蘭海岸國家風景區管理處



經海水不斷地侵蝕沖刷，岩塊表面被切割成方形或菱形，排列整齊，就像豆腐一般，故稱為豆腐岩。

攝影／劉嘉文

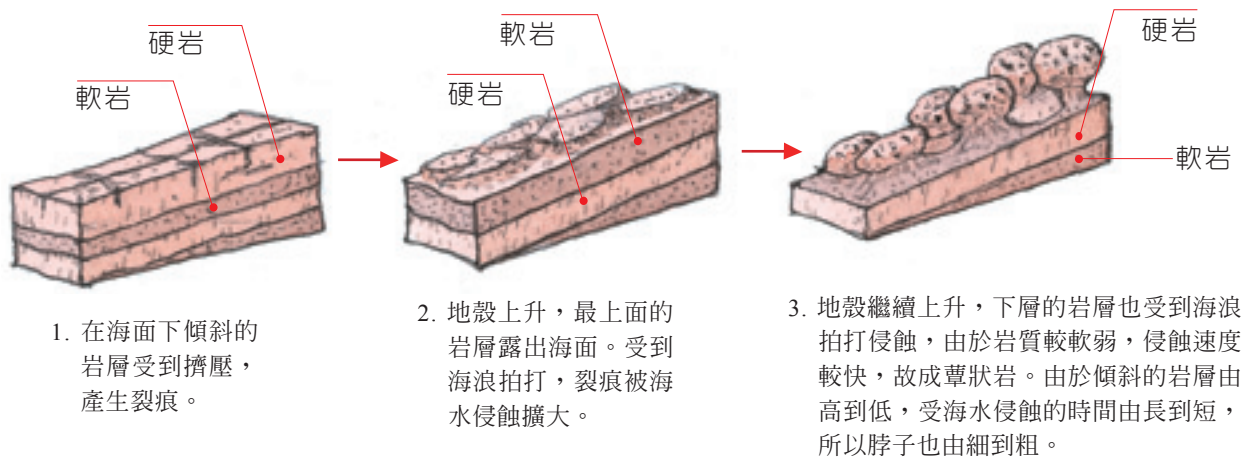
豆腐岩的生成：



地球科學小教室

濱海公路沿線的各種奇岩怪石並非與生俱來的，而是岩層經過大自然日積月累的風吹雨打，以及海浪的沖擊侵蝕才得以成形。準備好了嗎？讓我們一同去探索它們的形成原因吧！

蕈狀岩的形成：



而更早之前，在那個不是人人買得起車的年代，多數宜蘭人返鄉都是取道北迴鐵路。當火車進入福隆、穿過隧道之後，左側窗外豁然開朗，映入眼簾的是一片汪洋大海，龜山島就矗立在海的那一端，「看到龜山島，就知道家不遠了…」這群不走雪山隧道的人認為，乍見龜山島時的悸動，絕非那些經由隧道公路開車呼嘯而過的民衆所能體會的。

不走雪山隧道的人，愛上了在九彎十八拐瞭望蘭陽平原的驚豔，綠樹、山巔、白雲就近在身邊；享受著恣意瀏覽濱海公路沿途山海交錯的景致風光，眼裡映照著蔚藍海水、嶙峋怪石與悠閒的釣客，呼吸著大海、山洞及福隆便當的氣味。有些人認為雪山隧道只是政治人物兌現的選舉支票，將山打了個大洞，這是違反大自然，破壞生態的事，他們寧願走原來的九彎十八拐或是濱海公路，享受那遠離塵囂的原始與清麗。

雪山隧道誠然是個工程奇蹟，是臺灣公路隧道史上不可抹滅的一頁。但對這群不願走雪山隧道的蘭陽人而言，望著相同的7-11、麥當勞、伊莎貝爾…只怕稍一恍神就不知自己身在何處。因此，他們寧可一輩子與臺灣的大自然景觀浪漫共度，慢活而率性地繞道而行，讓山嵐輕拂著他們的眉間，或細細聆聽波濤起伏的聲音…



美景當前，何不暫時放慢腳步，享受這遠離塵囂的寧靜。

攝影／利勝章（坪林鄉公所提供）



攝影／陳智惠

北宜公路在雪山隧道通車後，已褪去昔日車來車往的繁忙景象，近來更成為自行車與重型機車的天堂，不時可看到成群的重機車隊呼嘯而過或三五成群的單車客悠遊其中。

雪山隧道通車前的路跑活動吸引了超過3,000名的路跑愛好者，以及近千名的直排輪玩家共襄盛舉。畢竟用自己的雙腳踏上全世界規模第一的公路隧道，不僅千載難逢、更是搶先體驗雪山隧道的大好機會。

攝影／齊柏林

宜蘭人說，龜山島是最佳的氣象播報員，只要看見龜山島頭蓋烏雲，就表示快要下雨了。

照片來源／宜蘭縣政府
攝影／林明仁



濱海公路上大片的海蝕平台形成了寬闊的潮間帶，孕育了豐富的海濱生物，每到假日，都會吸引大批磯釣愛好者前往挑戰。



雨水或海水沿著岩石的破裂面漫流，使得含有鐵質礦物的部分產生氧化作用，形成氧化鐵的帶狀花紋，又稱鏽染紋。

攝影／劉嘉文



龜山島

因外形酷似烏龜而得名的龜山島主要由兩座火山體組成龜頭和龜甲，龜尾部份則是一片細長的沙洲，隨著潮起潮落，就像是烏龜擺尾一般。

在民間傳說中，龜山島是隻大母龜，當年鄭成功率軍到臺灣時被牠攻擊，於是鄭成功一箭將牠射傷。母龜死後羽化成龜山島，臨死前產下的卵則成了龜卵嶼，而當時被射中的傷口，就是現在的硫氣孔，目前還持續冒著煙，彷彿還嗚咽地流著陳年的血液。

「便當！便當！好吃的福隆便當哦~」。有媽媽味道的便當，不但溫暖了旅客的胃，更溫暖了遊子的心。

攝影／廖俊傑



丟丟銅仔（宜蘭民謠）

「丟丟銅仔」是大家耳熟能詳的臺灣民謠，其發展的緣由眾說紛紜，光是歌名的涵意就有數個版本，卻始終沒有肯定的答案。

- 有人說丟丟銅仔是昔日丟擲銅錢的遊戲。由於玩這種遊戲時，那種抽動手臂的感覺及銅錢落地時鏗然有聲的音律，產生了「丟丟銅仔」這首民謠。
- 也有人認為它記載著當時宜蘭地區人民，在吳沙的帶領下，開發蘭陽地區，發展交通、闢建鐵道。在「火車過山洞」時，山洞內水滴的聲音滴滴答答，人們將心中的喜悅化為口中哼出的宜蘭調，並逐漸演變形成此首民謠。

北宜公路上的小格頭，總能在黎明破曉時分出現令人驚豔的雲海奇景。

攝影／詹建麟

回首來時路

由於擁有高山、森林、海洋、溫泉與冷泉等多項自然景觀及觀光資源，因此，東臺灣向來是相當受國人歡迎的旅遊去處；如今，開車經由雪山隧道到宜蘭只要短短的40分鐘，更讓它成為北部民衆週休二日規劃旅遊行程時的首選。

過去，座椅舒適、空間適中且行駛尚稱平穩的臺鐵列車常是衆人往來東部的主要交通工具；只是列車班次有限、一位難求的情況早已是多數人既有的認知，因此，購買站票擠沙丁魚般的乘車經驗，似乎成了不得不的選擇。如今受北宜高速公路通車之便，昔日搭乘火車的乘客轉而自行駕車，通勤旅客還多了客運大巴士、9人小巴士或計程車共乘等選擇，列車車廂壅塞的現象已獲得相當程度的改善。而在旅途中，暈車疲憊的次數大幅減少，也不用再對橫衝直撞的砂石車膽顫心驚，整體的行車經驗獲得了前所未有的提昇。當然，臺2與臺9線的交通負荷，也因而獲得了紓解。而隨著往返時間大幅縮短，臺北－宜蘭間的交流也日趨熱絡，連帶使得宜蘭－花蓮間的往來更為頻繁，這可能是當初興建時沒有預期到的另一項收穫！



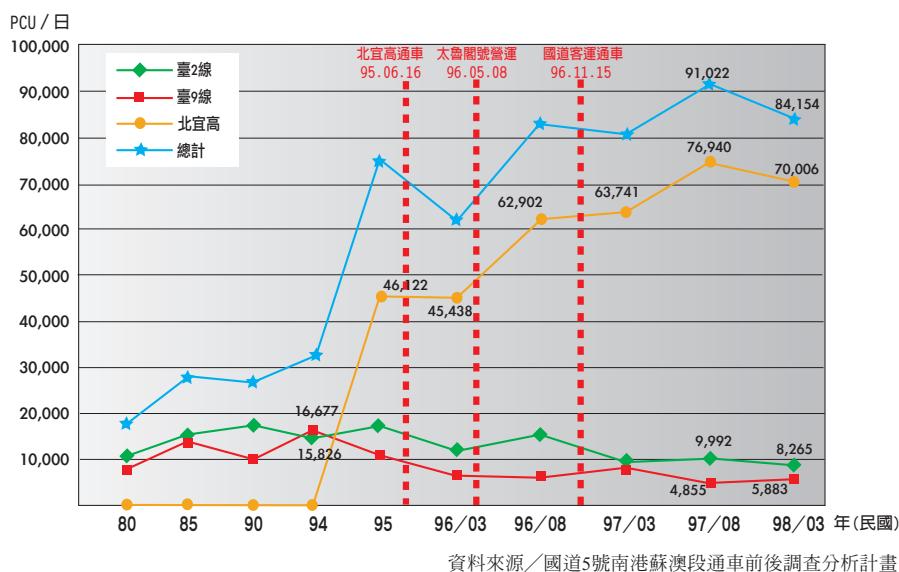
運輸版圖悄然改變

北宜高速公路自通車以來，為臺北與宜蘭間帶來最為直接的影響就是交通運輸。

●公路運輸：以民國94年臺北－宜蘭間假日交通量的資料顯示，當時臺2線占了48.7%，而臺9線則占51.3%。在雪山隧道通車後，臺北－宜蘭間的公路交通大幅移轉至北宜高，以98年3月與94年的資料相比，臺9線移轉了90.6%的車流至北宜高，臺2線則移轉了61.9%。

●鐵路運輸：民國95年北宜高速公路全線通車後，臺鐵宜蘭線的載客量首當其衝。民國96年時，雖然太魯閣號投入營運；惟國道客運亦於年底加入輸運，致北宜高速公路通車效應相當明顯，宜蘭線年客運量下滑近8%。所幸97年太魯閣號增班效應發酵，才使降幅減緩到約2%。至於北迴線由於起點在北宜高速公路以南，故所受影響有限，另有太魯閣號的加持，致整體客運量大致仍維持緩步成長的態勢。

臺北－宜蘭間主要公路交通量





昔日三不五時就要面對摩肩擦踵搶登列車的情況，如今已有顯著的改善。

PCU

即Passenger Car Unit。分析交通量時，常將單位時間內經過某一特定地點的車輛數，依其車種型式轉換成小客車當量(PCU)，作為分析交通量的基本單位。本路段所採用的小客車當量數(PCU)分別為：機車0.5、小型車1.0、大型車2.0、特種車3.0。



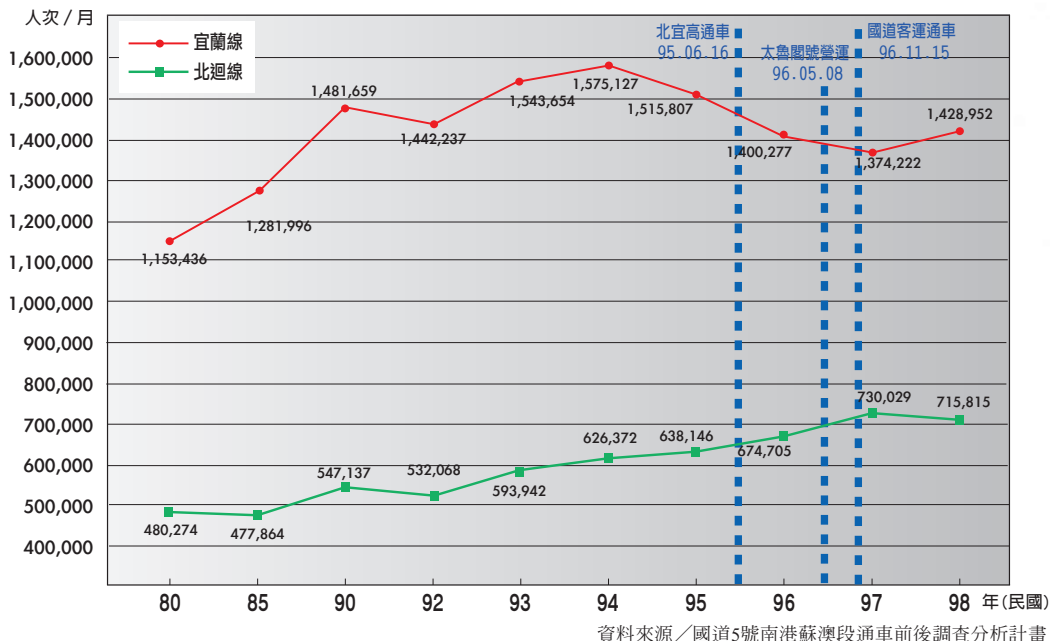
恬靜的鄉鎮湧入了川流不息的車潮

北宜高速公路的通車雖然為蘭陽平原帶來了一波波的車潮與人潮，卻也讓原本狹小的市區道路開始浮現停車位不足的現象，各景點及商場旁的停車場每逢例假日或連續假期總是一位難求。有鑑於此，地方政府開始於路邊劃設收費停車格，對於長久居住在此的民衆而言，一時之間還真是難以適應！

因應停車需求，相關單位開始著手劃設路邊收費停車格。



臺鐵宜蘭線與北迴線歷年客運量



註1：98年資料係1~8月之平均值。

註2：宜蘭線起迄點臺北站—蘇澳站；北迴線起迄點蘇澳新站—花蓮站。



民國96年底，北宜高速公路開放大客車通行後，對於通勤族或是休閒度假的旅客而言，又多了另一項新的選擇。

姑且不論「世界地球日」與「世界環境日」的由來，制定這些節日的背後意義無非是想喚醒大眾對環境問題的重視，而全球暖化與氣候變遷的議題，更早已被列為各國領袖高峰會上的談判主軸。

北宜高速公路通車至今，環保指標數據一直是各界關注的焦點。即便根據空氣及水質的監測結果顯示通車前後沒有顯著的改變，但由於過境旅客可利用北宜高速公路快速離開水源區，故仍具有加分效果；此外，因行車里程減少，再加上高速公路路面較平整、平縱面線形較佳，故得以可觀地省下汽柴油燃料並降低廢氣的排放量，對環境帶來具體而正面的效益。

在全球暖化日益嚴重的威脅下，身為地球一份子的臺灣當然不能置身事外，北宜高速公路在節能減碳上的效益只是一個開端，期盼未來國內的大小工程與建築，都能秉持相同的原則，為地球的未來貢獻一份心力。

為環保加分的北宜高速公路

依據保守推估，行經北宜高速公路每日至少可減少**133噸**的二氧化碳（CO₂）排放量，約相當於**1/3座**臺北市大安森林公園1年的二氧化碳吸附量。

	距離 (km)	時間 (分)	通過水源區長度 (km)	服務品質	耗油量 (公升/日)	CO ₂ 排放量 (噸/日)	CO排放量 (噸/日)
臺9線 	59.3	89	46	普通	268,146	431	2.82
北宜高速公路 	41	40	2 (不含隧道段)	優	151,688	298	1.14

註1：資料來源／交通部臺灣區國道新建工程局。

註2：本表交通量係以雪山隧道小客車平均日交通量38069輛/日，分別行駛於北宜高速公路及臺9線進行情境評估。

註3：本表係以新店為起點、頭城為終點進行比較。



自然環境的破壞是無法復原的，因此，美麗而原始的環境生態，端賴政府與我們的共同維護與珍惜。照片為坪林鄉的金瓜寮溪。

攝影／吳秋菊(坪林鄉公所提供)

CO（一氧化碳）

近年來全球氣溫持續攀升，主要原因在於大氣中溫室氣體的含量不斷地增加所導致；一氧化碳雖不是直接造成溫室效應的氣體，但卻會與大氣中的其他化學物質發生反應，間接地導致甲烷及臭氧等溫室氣體的增加。



北宜高通車前後空氣、水質監測

監測類別		水質			空氣品質	
監測地點		永安(坪林下游)			坪林國中	
監測項目		氨氮	總磷	溶氧	TSP	PM ₁₀
法規標準		≤0.1mg/L	≤0.02mg/L	≥6.5mg/L	250 μg/m ³	125 μg/m ³
通車前	監測分布	0.02~0.08	0.01~0.02	5.4~8.5	56~166	24~54
	平均	0.034	0.0134	6.51	81	33
通車後	監測分布	0.01~0.1	0.01~0.032	6.2~9.0	65~73	25~29
	平均	0.03	0.0135	7.64	69	27

註1：資料來源／交通部臺灣區國道新建工程局。
註2：本表僅選取部分指標性監測項目。
註3：本表所列空氣品質監測期間為95年1~8月，水質監測期間為95年1月~96年8月；通車前後則是以95年6月16日為分界進行比較分析。
註4：TSP即「總懸浮粒」；PM₁₀即粒徑不超過10 μm之「懸浮微粒」。

不願面對的真相

看到近年來一則則令人怵目驚心的新聞報導：「海平面上升，2100年恐淹沒1/10人口！」、「2100年全球氣溫可能上升6.4度，將導致1/3物種瀕臨滅絕危機！」、「北極將在2012年全部融化！」，不禁讓人想問：世界末日就要來臨了嗎？

為了減緩全球暖化的速度，世界各地於是紛紛發起節能減碳的運動，希望藉此引發更多人對此議題的關切與重視。

- 4/22世界地球日** 最早的地球日活動起源於1970年代美國校園興起的環保運動，到了1990年之後，這項活動從美國走向全世界，成為全世界環保主義者的節日和環境保護宣傳日；在這天不同國籍的人們，以各自不同的方式宣傳和實踐環境保護的觀念。
- 6/5世界環境日** 當初是由1972年在瑞典首都斯德哥爾摩召開的世界上第1次聯合國人類環境會議所建議，並在同年10月經聯合國大會通過確定。每年這一天，聯合國各成員國需以各種形式展開保護環境的宣傳活動。
- 9/16國際臭氧保護日** 聯合國為喚起公眾的環境保護意識，自1995年制定9月16日為國際臭氧保護日，提醒人們臭氧層的重要性，以及減少製造及使用破壞臭氧層的產品。
- 9/22世界無車日** 最早由1998年法國率先發起，其宗旨是加強群眾的環保意識，了解空氣污染對地球和人體的危害，鼓勵人們多使用無污染性的交通工具。

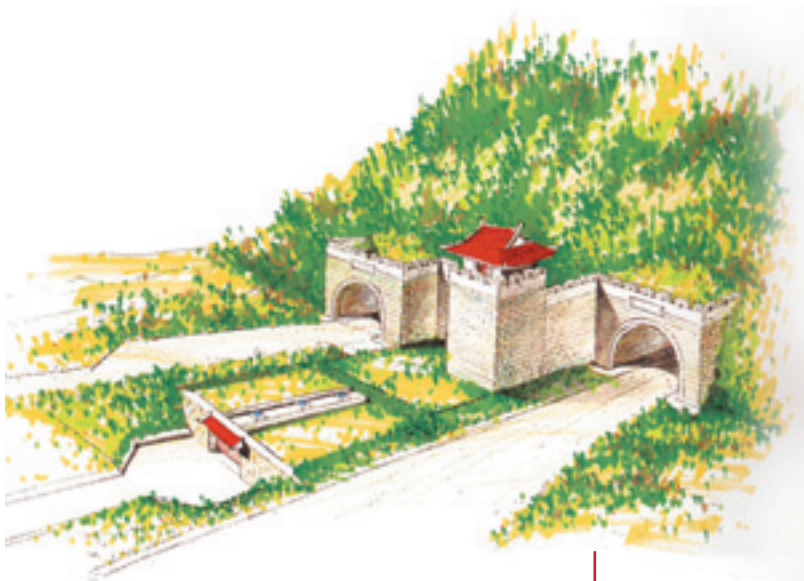
「我們只有一個地球」
不僅僅是一句口號，
更是一種覺醒。



工程與環境和諧共存

英國經濟學家馬歇爾曾說：「土地是指大自然為了幫助人類，在陸地、海上、空氣、光和熱各方面所贈予的物質和力量。」藉由土地的開發與利用，人類於是得以生存並從事各項經濟活動。但對於地狹人稠的臺灣而言，在土地取得方面日趨艱難，再加上環保意識高漲，要如何在自然與工程間取得平衡點，已成為近年來推動重大建設時所必須面臨的課題之一；也因此，北宜高速公路於選線階段，便將生態環境與工程的調和及綠美化視為優先的考量要素。

北宜高速公路沿線為了維持天然景觀及避免土方開挖污染水源，路線在規劃時即儘量多採橋梁及隧道型式設計；除此之外，設計團隊更輔以適當的植栽工程，加強橋梁與隧道洞口的結構造型及邊坡的綠美化，冀求以積極的手法將人工結構物與周邊的自然景觀融合成一體。



雪山隧道南口原先設計成中國古城堡式的洞口造型。然而在施工後期（約民國93年間），正值環保意識抬頭，許多人主張應採行自然生態的植生方式來設計此一隧道洞口。經由工程團隊綜合評估後，決定順應各方意見而辦理變更設計，因此乃將原造型修改成目前已完成的自然植生護坡型式。



攝影／齊柏林

本工程在環境生態方面的努力與付出，雖非空前絕後但應該足堪後續類似工程學習參考。未來，植栽景觀的設計人員應持續與工程師相互配合，思索公路建設與環境生態共生共榮之道，在從事工程的同時尚需兼顧生態系統的穩定、環境的多樣化，以及生物廊道連續性的維持，以期能呼應周遭地域的環境特色並使生態資源永續發展，讓國人在享受現代文明的快速便利之餘，猶能感受大自然所賦予的純粹與美麗。

隧道洞口綠美化



石碇隧道南洞口植生綠化

攝影／張博翔

北宜高速公路沿線各隧道洞口的植栽種類係以當地原生物種為主，並選擇草類與蔓藤等植物混合搭配種植，期能達到綠化後與周圍環境自然融合的目的。



烏塗隧道北洞口植生綠化

攝影／張博翔



爲了降低對自然環境的干擾，在北宜高速公路全長55km的範圍內，採用了將近90%的橋梁及隧道。

施工過程中造成的裸露邊坡，先以工程方式加以穩定，再配合植生綠化，以避免或減輕日後出現沖蝕、滑落或崩壞等情況。



攝影／齊柏林

攝影／齊柏林

外按古道（淡蘭古道石碇段）



攝影／李友恒

外按古道第2段的起點

當年本工程施工單位在石碇地區整地時，部份淡蘭古道及古水圳的遺跡出土，引起當地人士的廣泛重視與關切。因此，石碇鄉公所便委由當時的施工單位沿著石碇溪岸重建了這條「外按古道」，以供遊客健行踏青並緬懷昔日的淡蘭古道風采。



攝影／李友恒

石碇高架橋橋下除進行工區復舊及綠美化外，尙配合原淡蘭古道的概略位置，施作一條長約600m的景觀步道，以引古道尋幽並襯托沿線橋梁之美。



外按古道沿線建有一景觀棧台，兼具觀景及休憩之用。

攝影／李友恒

改變帶來希望

出外打拼的宜蘭子弟，
可曾想過有這麼一天？



場景：臺北某辦公大樓

時間：星期五下班時刻，大夥兒互道
再見。

滴答~滴答~1小時後...

踏進宜蘭老家的大門，看見臉
上堆滿笑容的母親自廚房那頭
走出：「飯菜都煮好了，快來
吃飯吧！」

早年因為謀職不易，蘭陽地區多數年輕人常被迫北上就業。如今，隨著北宜高速公路的通車，不僅拉近了與家鄉的時空距離，也意外地牽動起那塵封已久的返鄉思緒。

蘭陽平原，過去儘管受限於交通與地形等不利因素，然而淳樸的民風、清新的空氣、迷人的景致，外加種種鄉土化的宜蘭經驗，常為人所津津樂道。現在，拜北宜高速公路之賜，不僅讓都會叢林中的民衆可以藉此遠離塵囂、親近東海岸；對於居住在後山地區的民衆而言，自即刻起更得以親身參與都會區那一場場的藝文饗宴，大臺北與宜蘭地區的共同生活圈於焉誕生。

宜蘭地區居民對北宜高速公路通車後的期待

次序	項 目	個數	百分比%
1	農、漁業觀光化、休閒化	830	70.6
2	提昇宜蘭地區的教育文化水準	821	69.9
3	縮小臺北和宜蘭居民生活的差距	806	68.6
4	大批國內外觀光客湧入	792	67.4
5	許多外縣市人口進入宜蘭定居	786	66.9
6	會將各式各樣的多元文化帶入宜蘭	766	65.2
7	將都會區的消費型態帶入宜蘭(食衣住行)	713	60.7
8	使宜蘭縣的財政狀況變好	710	60.4
9	將都會區的休閒方式帶入宜蘭	687	58.5
10	帶動房地產的增值	633	53.9

就期待排行榜的前3名而言：休閒觀光方面的成效相信已是有目共睹。而教育文化水準的提昇則是一種長期而持續的漸進過程，至於生活品質正逐漸改善，則是在地人的普遍感受。

資料來源／宜蘭地區社會變遷與永續發展
第1次基本調查研究計畫執行報告

各種民生需求，這兒一次滿足！



不少業者看好北宜高速公路通車後所帶來的人潮，紛紛朝蘭陽地區展店。如此最大的受惠者非宜蘭地區的民衆莫屬，他們再也不必大老遠地跑到臺北，就能在當地盡享寬敞舒適而又便利的購物空間。

儼然成為宜蘭市新地標的「蘭城新月廣場」，是結合五星級國際旅館、百貨商城以及量販店之東部最大的購物中心。

攝影／朱祥生

蘭陽人參與藝文活動的機會大幅提昇

除可親眼目睹來臺參展的國際知名展覽，如：大英博物館收藏展、米勒畫展、皮克斯動畫展之外；尚可零距離感受卡門、歌劇魅影、貓等精彩絕倫的經典名劇所帶來如真似幻、糾纏交錯的戲劇張力，華麗精緻的舞台場景，餘音繞樑的歌聲及優雅動人的舞蹈魅力。



攝影／張博翔



攝影／李志剛



攝影／李志剛



救命公路



資料來源／95.08.25聯合晚報4版

除了帶來生活上的便利之外，當遇到緊急情況時，這條高速公路也能及時發揮救援功能，尤其對於宜蘭88歲張姓老奶奶來說更是如此：由於主動脈瘤剝離，當地醫療院所無法處理，所幸及時送到臺北榮總，幸運地救回一命。



攝影／齊柏林

蛻變的石碇

石碇鄉，位於臺北盆地的東南緣，境內多山、開發程度不高且人口稀少。早期由於地理位置居於「淡蘭古道」的交通樞紐上，加上適合茶葉生長的氣候，因此乃發展成為茶葉的主要集散地。日據時期，則因發現蘊藏豐富的煤礦而日漸繁榮。然而，隨著採煤業逐漸凋零後，人口即逐漸外移。

昔日的石碇鄉，由於聯外道路蜿蜒狹窄，交通不甚方便，每到尖峰時刻，大排長龍的車陣彷彿看不到盡頭，許多出外求學或工作的當地居民，經常得花上許多時間通勤，因而有不少青年學子紛紛遠赴他鄉求學或就業，造成該區域人口高齡化的現象非常明顯。

石碇服務區



攝影／齊柏林

服務區提供來往旅客中途休息的據點，以消除長途行車的疲勞。

境內的石碇服務區，是北宜高速公路沿線唯一的休息站。因此，石碇鄉也開始扮演起昔日北宜公路上坪林鄉的驛站角色，多少也為石碇帶來些許商機及就業機會。

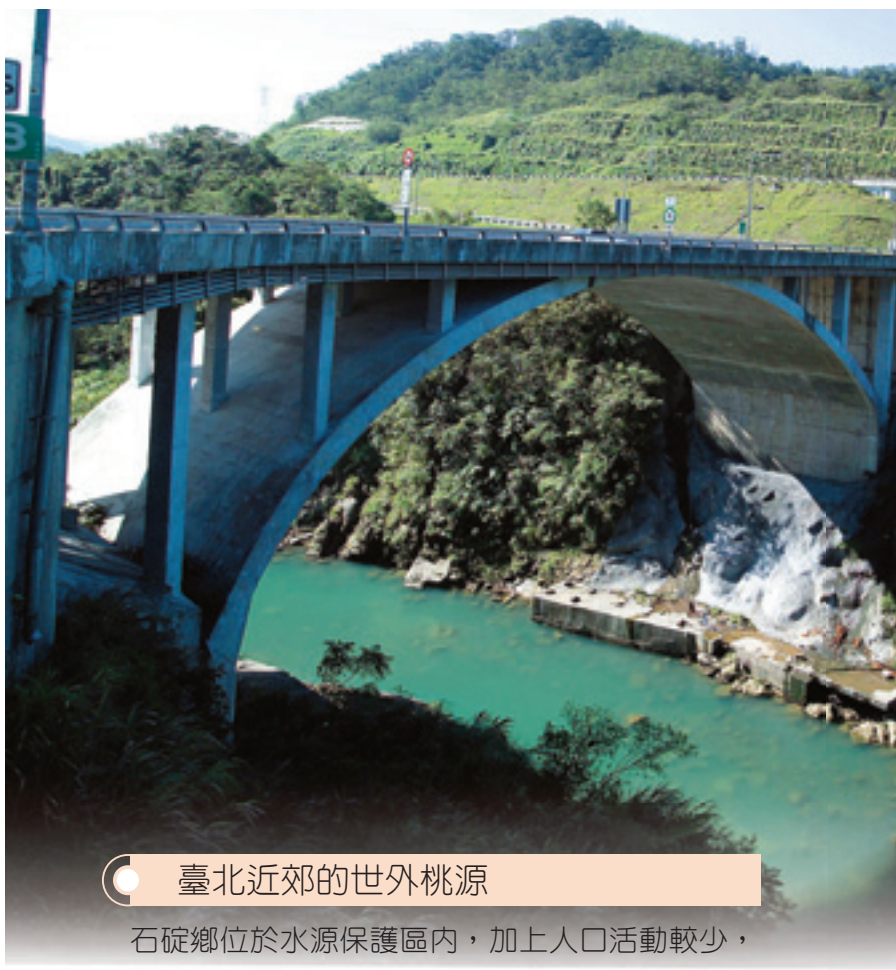
更有業者看上這交通便利性與自然風光，進而改變傳統經營的模式，運用當地特有的景觀開設主題休閒餐廳，期待未來遊客不再只是來去匆匆的過客，而能駐足在此輕鬆自在地享受悠閒的生活。



石碇服務區位於石碇鄉最平坦的楓子林河岸階地上。

照片來源／北宜高速公路興建專輯 技術版

今日的石碇鄉，在經歷漫長的等待與施工期間的陣痛後，隨著北宜高速公路的通車，再配合鄉內的道路拓寬工程，使得聯外交通已有顯著的改善。冗長的車陣彷彿只停留在泛黃的相片中，以往開車到臺北市區約需60分鐘，如今距離信義商圈卻只消20分鐘左右的光景，大幅拉近了兩地的距離感。而或許是因為此一交通系統上的蛻變，石碇鄉民的車輛持有率也有逐年提升的趨勢。期盼藉由此一高速公路，能為地方帶來顯著而正面的提升，並帶動地方的繁榮。



臺北近郊的世外桃源

石碇鄉位於水源保護區內，加上人口活動較少，使得大部分的原始山林得予完整保留，也因此吸引了不少遊客前去遊覽，如：翡翠水庫、淡蘭古道、皇帝殿等，均是大家耳熟能詳的著名景點。如今，北宜高速公路的通車，大幅拉近了臺北與石碇間的距離，同時也保留了石碇鄉怡人的景致，等待更多的都會民衆前來一探石碇的美。

石碇茶業的發展興衰

石碇鄉曾因為採煤業盛行而使得茶園荒蕪。然而正所謂「留得青山在，不怕沒柴燒」。石碇特有的自然環境，很快地便重振茶風。

講到茶業發展，據農會人員口述，當「東方美人茶」推出時，由於收購價格過高引來了「槿風（吹牛之意）茶」的調侃，沒想到自此之後槿風茶便逐漸成了上等文山包種茶的俗稱。



攝影／李友恒

古道尋幽

昔日的淡蘭古道大約在今日的石碇溪谷與石碇高架橋下蜿蜒。高速公路建設之前，即已存在楓子林步道供人緣溪而行。因此，在興建北宜高速公路之餘，也希望能夠將橋下原有的步道完整保留，讓民衆在享受便捷的交通之外，也能擁有親近自然的山林步道。



石碇高架橋下景觀步道完成景

攝影／李友恒

沿線景觀復舊

工程建設常伴隨著環境景觀的破壞，似乎已成了過去一般大眾根深蒂固的觀念。然而今日的交通建設，除了追求工程本身的品質與安全之外，沿途景觀的復舊，亦是重點項目之一。

北宜高速公路對於石碇地區聯外交通的改善已是有目共睹。而為了保留鄉間的好山好水，沿線除以高架橋梁通過，以減少對環境的衝擊外；沿岸景觀的復舊與美化，亦是建設期間的重要課題之一。如今，現況多已回復至原本自然的風貌，足證工程與環境得以和諧共存。



照片來源／北宜高速公路興建專輯 技術版

石碇聯絡道的跨越橋

照片來源／北宜高速公路興建專輯 技術版



吊腳樓

攝影／朱祥生

吊腳樓

「吊腳樓」，是石碇地區在採礦業興盛時期，為解決人口眾多而土地有限的困境，所發展出來的一種獨特的建築型式。其作法乃利用柱子將結構體懸空撐起，使房屋得以建構在有限的腹地上。

時至今日，石碇東街靠溪側的房屋仍完整地保留了這種自日據時代流傳下來的古建築，也形成了當地別具特色的建築景觀。



攝影／朱祥生

採礦工人推著運煤車的雕塑，讓人不禁緬懷當年先民採煤的黃金歲月。



攝影／李友恒

「淡蘭吊橋」是近年來完工的石碇新地標，長約百米，橫跨石碇溪谷，過了吊橋即通往淡蘭古道的起點。照片後方是北宜高速公路石碇路段，現代化的工程與古色古香的吊橋巧妙地相互襯托、交相輝映。

蛻變的坪林

巍峨聳立的崇山峻嶺阻隔了臺北與宜蘭兩地。早期人們交流多仰賴徒步的方式翻山越嶺；後來隨著接觸漸趨頻繁，交通運輸的需求也與日俱增，政府遂闢建了臺9線－北宜公路。但是由於山路崎嶇、路況蜿蜒，使得位居於兩地中點附近的坪林鄉，開始扮演起古代驛站的角色，並逐漸發展成北宜公路的休息區。過路型的消費為當地帶來了可觀的商機，並形成居民的主要經濟來源之一。

然而，伴隨著北宜高速公路全線通車，坪林交通驛站的功能已不復存在。對於當地商家而言，最直接的衝擊莫過於過路型遊客大量流失，連帶造成商圈逐漸式微沒落。不過，古云：「失之東隅，收之桑榆」。高速公路的通車雖對坪林當地造成些許負面的衝擊，卻對生活環境帶來了正面的影響。由於來往車潮與過路型遊

客減少之故，不僅垃圾有效減量，運具產生的廢氣亦因而降低，使得空氣品質益趨優良。此外，限量通車的措施，亦有效確保了翡翠水庫的水質，98年時更達到近10年來的最佳水準。因此若以宏觀的角度來看，北宜高速公路的通車固然使當地經濟面臨前所未有的挑戰；不過，蛻變後的坪林將呈現更為豐富的自然與人文樣貌，相信未來必能吸引更多不同於以往的客群來此旅遊觀光！



攝影／朱祥生

茶の故郷

坪林，是臺灣重要的產茶區之一。茶的產製與銷售，早已是坪林的經濟命脈。踏入坪林鄉映入眼簾的，即是一個巨型的茶壺地標，給乍到此地的民衆一個鮮明的印象。漫山遍野的茶樹，更是坪林獨特的自然景觀。



● 低碳城市的願景

近年來，鄉公所致力於推動環境保護與產業轉型，期許未來能將坪林打造成一個「低碳城市」。相關計畫除了積極改造坪林商圈、發展金瓜寮民宿、興建吊橋並改變種茶方式等措施，以發展低碳無煙的觀光事業外；另配合節能發電系統與河岸景觀藝術的規畫，重塑環保觀光的新風貌。也許在不久的將來，坪林能重新吸引遊客在此停歇，而不再只是過往驚鴻一瞥的旅人。



坪林拱橋

攝影／楊永煌

● 坪林行控中心專用道

環境保育與區域發展的拔河，總在今日的工程建設中不斷地上演…雖然北宜高速公路在坪林設有行控中心專用道供洽公人員及當地居民進出，然而，究竟是否該開放外來車輛進出坪林？該開放多少輛次等



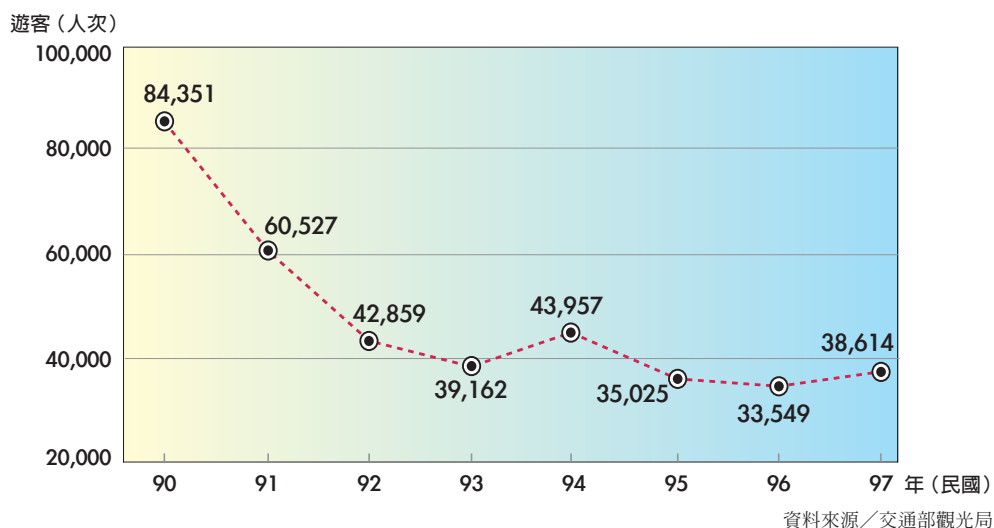
攝影／齊柏林

議題卻爭論許久…最後，在兼顧翡翠水庫水質與區域經濟發展的考量下，採取外來車輛每天4,000輛次的方式進行總量管制。因此，交通便捷所帶來的效益仍有待進一步觀察。



攝影／齊柏林

坪林鄉茶葉博物館歷年遊客人次統計



● 茶葉博物館

坪林茶葉博物館，是坪林鄉境內一處相當知名的觀光景點，於民國86年開館。館內對於茶史、茶事、茶藝等均有深入淺出的介紹；另有多媒體播放、推廣區及品茗區等規畫，在早期為坪林鄉帶來了不少觀光收益。然而，隨著新鮮感逐漸褪去，遊客人次也逐漸趨於穩定。即使北宜高速公路通車後，開放坪林行控中心專用道供一般民衆得以方便進出坪林，不過遊客人數並未因此而有明顯的改變。



攝影／朱祥生

休閒觀光升級

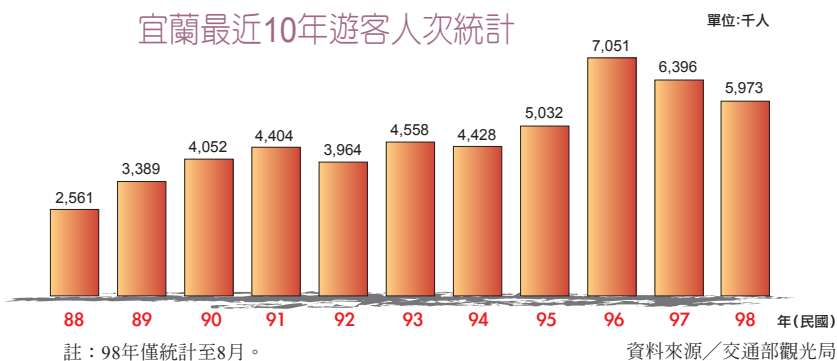
隨著國民所得提高以及週休二日的實施，休閒旅遊早已成為茶餘飯後的熱門話題。

宜蘭縣境內的12個鄉鎮市，共有200多處的觀光景點，除了風景名勝、人文古蹟之外，也有不少可供親子同遊的親水遊憩區，向來是北臺灣的觀光重鎮。如今，隨著北宜高速公路的加持，更使得當地的休閒觀光產業再度進化升級。

在這條高速公路尚未通車之前，宜蘭當地業者擔憂旅遊活動會因便捷的交通而轉變為一日遊的型態，如此，則留宿的遊客勢必減少，將直接衝擊飯店與餐飲業者的業績。然而，事實上根據宜蘭縣政府的統計，宜蘭地區旅館業的營業額反而成長約20%，更有不少「五星級渡假飯店」爭相投資興建中，對於當地民衆而言，真是意外的驚喜！

至於因北宜高速公路而卸下交通重擔的北宜公路，目前已成為自行車與重型機車的樂園，沿途的山川美景、不復已往的車流，或許能將臺9線昇華成一條綺麗的休閒公路，以迎接更多的遊客盡覽宜蘭的熱情與美麗！

宜蘭最近10年遊客人次統計



宜蘭地區的遊客人數於民國95年北宜高速公路全線通車後，呈現顯著成長的態勢。此乃由於交通便利的誘因，吸引了更多來自北臺灣甚至中臺灣的客群。

宜蘭飯店住宿及餐飲業最近6年營業稅收統計表

年份	飯店住宿業	餐飲業	批發業
93	320	340	1,808
94	349	287	1,823
95	451	322	2,089
96	534	361	2,447
97	594	338	2,607
98	385	259	1,494

單位：億元
註：98年僅統計至8月。
資料來源：財政部北區國稅局

自從雪山隧道通車之後，宜蘭地區之飯店住宿業與批發業的營業稅收，均較通車前明顯增加。

潛力無窮的文化觀光園區

宜蘭縣政府正積極推展觀光旅遊事業，「蘭城新月計畫」未來還將連結至周邊各大河川的堤岸空間，提供遊客多元的休閒選擇，並藉由舉辦諸如：童玩節、蘭雨節等大型活動，讓遊客深入體驗宜蘭獨特的河、山、海等特色風情，再搭配社區旅遊與休閒農業等觀光項目，將宜蘭建構成全臺灣最有潛力的文化觀光產業園區。

宜蘭縣觀光旅遊地圖



宜蘭「勁」好玩

宜蘭境內不乏風景名勝，像是冬山河親水公園、烏石港遊客中心、礁溪溫泉會館、武荖坑風景區、傳統藝術中心、五峰旗風景區、宜蘭河濱公園、湯圍溝公園等處，均是北宜高速公路通車後的熱門觀光景點。



宜蘭縣政府為因應辦公處所南遷並帶動周邊地區的發展，乃以宜蘭火車站為起點，沿著舊城東路、舊城南路，直抵宜蘭河畔，形塑一個新月形的都市計畫區，並取了一個詩情畫意的名字－「蘭城新月」。

資料來源／宜蘭縣政府



攝影／陳怡靜

烏石港遊客中心位於宜蘭縣東北角，是遊客行經濱海公路進入宜蘭地區的必經之處；也是藍色公路、海洋休閒活動的重要據點。



攝影／陳昭雄

民國91年成立的傳統藝術中心，其設立宗旨是為推動與保存臺灣文化，範圍涵蓋：傳統戲劇、音樂、工藝、舞蹈、童玩及民俗雜技等。

拜交通便利之賜，到宜蘭觀光、泡湯、享受海鮮美食似乎已成為國內最夯的旅遊行程之一。



照片來源／宜蘭縣政府
攝影／林明仁



攝影／邱建銘

福山植物園擁有豐富的植物與動物資源，在此不但可以欣賞原生植物之美，更有機會看到山羌、野豬、鴛鴦、小鸞驢…等害羞的野生動物，是臺灣生態的寶庫。



武荖坑屬於新城溪水域，河道在此進入平原，展現出特有的山水交融的綺麗風光，昔稱「武荖林泉」，屬「新蘭陽八景」的名勝。

由於溪水清澈，溪流生態及物種相當完整，非常適合戶外戲水活動，是一座擁有獨特景觀、設施完備的多元化休閒遊憩場所。而每年春天所舉辦的「綠色博覽會」，更使園區成為蘭陽地區的重要景點。

攝影／張瓊心

在地產業變遷

宜蘭人早年多以農、漁業維生，在地產業依自然環境而發展；然而，淳樸的鄉村生活並無法吸引年輕的一代，而都會區型態的工作機會，在宜蘭當地其實僧多粥少，致使失業率一向高於全國平均值，許多人因而紛紛遠赴大臺北地區謀職，造成宜蘭人口逐漸外流，區域經濟成長停滯的窘境一直難以突破。

如今，蘭陽地區因交通便利，成功地帶來了人潮與商機，再配合縣政府的發展目標之一——「產業觀光化」，將傳統產業與現代潮流相結合，使有形的產業資源轉變成無價的觀光資產，不僅提升經濟效益，更可滿足多元化觀光旅遊市場的需求，讓在地產業得以開創另一個經濟榮景。

良性的經濟循環

長期因交通問題而處於獨立發展的宜蘭，雖於民國68年前後，開發了龍德及利澤兩大工業區，但進駐廠商與土地利用率始終偏低。

如今，受惠於北宜高速公路全線通車，建構起便捷的運輸動線，工業區亦因鄰近交流道之故，通車後短短兩年進駐率即迅速攀升，間接帶動周邊旅館、餐飲、廣告、交通、旅遊等關聯產業的發展，不僅提供了多元的就業機會，更提高縣府的各項稅收，促成了良性的經濟循環。

利澤工業區，因為公路運輸的便捷，吸引了許多科技廠商進駐，通車後短短兩年間，進駐率即拉高至九成。



攝影／朱祥生

龍德工業區，係一大型的綜合工業區，北宜高速公路通車後，工業區的進駐率即快速提升。



攝影／朱祥生

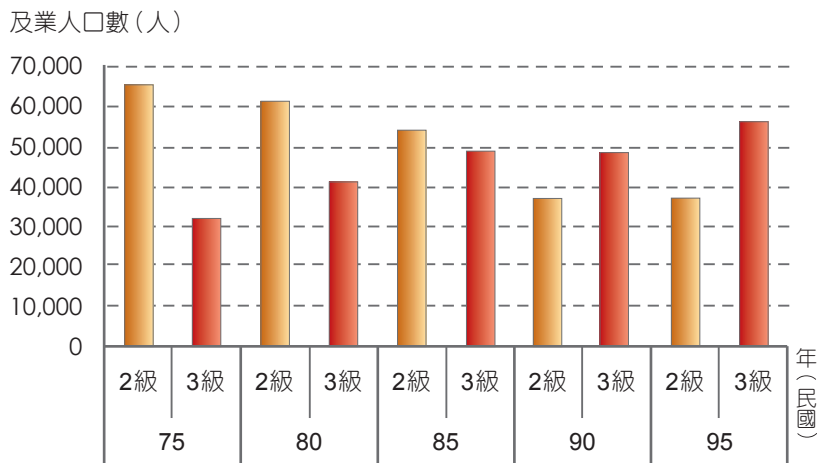
宜蘭縣歷年稅收概況

單位：千元

年	地價稅	土地增值稅	營業稅
87	436,020	1,422,813	614,519
88	447,809	1,225,729	631,969
89	857,262	767,790	691,090
90	469,622	653,568	642,461
91	457,528	773,474	577,764
92	456,549	1,125,802	479,607
93	482,371	1,450,268	547,805
94	485,769	1,349,235	542,676
95	602,832	1,540,670	575,794
96	607,073	1,316,305	595,032

資料來源／ 1.宜蘭縣政府主計室
2.財政部北區國稅局

產業結構已然轉變



宜蘭縣第2級與第3級產業及業人口數歷年統計圖

早期宜蘭縣及業人口以第2級產業所占比例最高而後逐年降低，至95年已降為3.7萬人；反觀第3級產業及業人口數不斷增加，於90年便超過第2級產業，至95年已達5.7萬人。此一趨勢與臺灣產業變遷相似。

資料來源／行政院主計處

註1：「及業人口數」代表於某一地區內工作的人口數，並不限定居住於該地區。因此，常被用作區域性產業變遷的研究指標。

註2：宜蘭縣境內的第1級產業人口已低於10%，因此僅就第2級與第3級進行比較。

宅經濟當道，不用出門也能吃到蘭陽美食

早年，傳統食品零售業成長迅速，登記家數之比例曾逾20%；然而近年來受整體景氣的影響，商家數量與營業稅收皆有逐年下滑的現象，不過，隨著北宜高速公路通車，已逐漸回穩持平。

為了因應網路時代的來臨，傳統產業尋求轉型或創新已是勢在必行，目前即有許多食品零售業者與物流通路合作，藉由觀光據點與網路聯合行銷的方式，並借助北宜高速公路的便捷交通，將商機擴展到全臺灣各地。



攝影／黃筱卿

「鴨漬」，宜蘭名產之一。早期在沒有冰箱的時代，農民將賣不完的鴨子用鹽醃加上煙燻的方法保存起來，不僅可延長食用期限，更解決了運送的問題。



「蜜餞」，古時候代表甜蜜的餞別。

攝影／陳脩文



攝影／張博翔

產業分級：

- 第1級產業：直接取自天然資源或將其培育利用的行業，包括農、林、漁、牧、礦等。
- 第2級產業：把第1級產業生產的原料加工製成產品的行業，包括製造、土木建築、營造業等。
- 第3級產業：凡是以體力或心力提供各種服務的行業均屬之，包括運輸、通信、金融保險、商業、公共行政、科學及技術服務業等。



產業變遷的實例－時潮休閒農業區

位於礁溪鄉東北方的時潮社區，早年盛行養殖業，其中又以草蝦最富盛名，因此有「草蝦社區」的美稱。

後來，隨著時代與環境的變遷，相關產業逐漸式微，種植稻米與絲瓜成了主要的經濟活動。其間，居民們發現當冬季休耕時，許多來自西伯利亞的冬候鳥或是迷鳥會來此過冬，因此乃規劃社區總體營造，以推展結合賞鳥活動及農、漁業之休閒觀光事業。

照片來源／時潮休閒農業區推動管理委員會



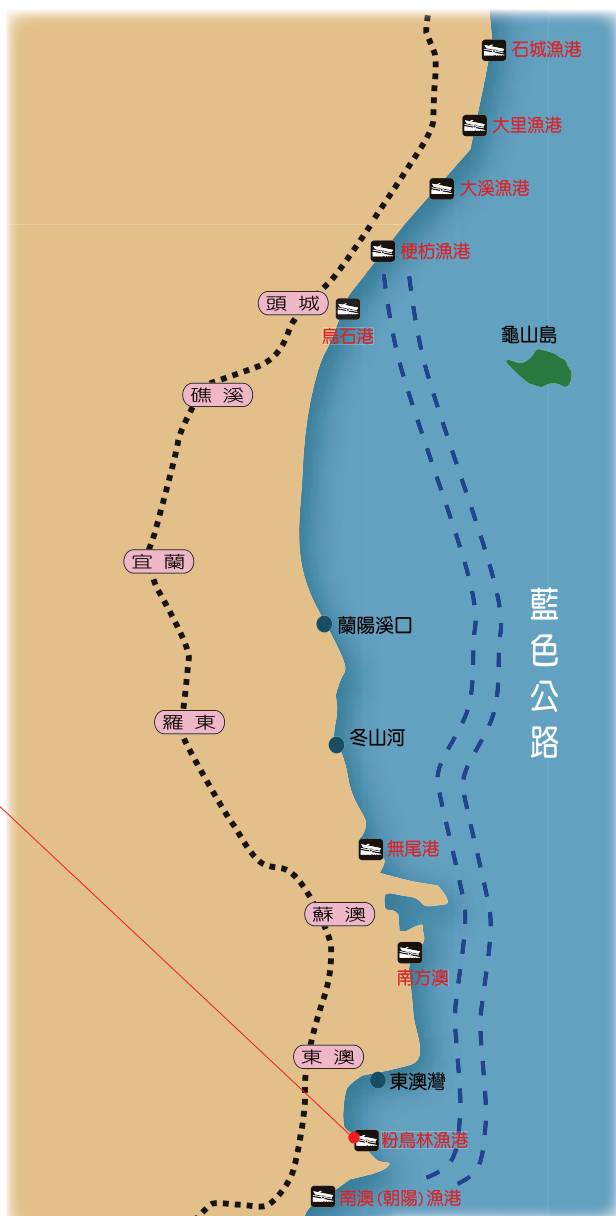
漁港新風貌

「老闆，算便宜一點啦！3尾200好不好？」週休二日的早上9點，來自臺北的一家人已經在宜蘭烏石港的觀光魚市與魚販吆喝著殺價…這是現實生活中真實上演的一幕，以往遙不可及的想望，如今隨著北宜高速公路的通車，一切都已美夢成真！

由於宜蘭地區本來就得天獨厚地擁有許多天然的觀光資源，在綿延百餘公里的美麗海岸線上，座落著十數個大小不等的漁港。原本歷經時代變遷及產業型態的轉變，宜蘭漁業的榮景已漸趨褪色。除了部分規模較大的漁港仍保有可觀的漁獲量之外，其餘小型漁港多已逐漸蕭條；但一切隨著交通條件大幅改善後，情況有了變化，地區性饒富特色的漁港又重新吸引不少遊客的目光。

有鑑於此，政府除了積極整建各地漁港外，並搭配各項主題休閒設施，將傳統漁業轉型為極具發展潛力的休閒觀光產業，藉以吸引都會區的觀光人潮到此嘗鮮及探訪。

「粉鳥」是鴿子的閩南語。此處因昔日海邊的原始林內棲息大量的野鴿子而得名。如今，這裡仍是全臺豆腐鯊捕獲數量最多的漁港。



烏石漁港原先因泥砂淤積而逐漸沒落，縣府為了提昇其附加價值，乃於沙灘迤邐的外澳地區，規劃了各式水上活動的主題區塊，促使該景點躍升為北臺灣相當受歡迎的海岸遊憩區。

照片來源／交通部觀光局東北角暨宜蘭海岸國家風景區管理處



藍色公路

這可不是平常在陸上看到的公路喔！而是縣府將境內眾多的漁港，串聯而成的一條海上的帶狀走廊，以經營包括龜山島攬勝及外海賞鯨豚等旅遊行程，促使宜蘭海洋生態相關的觀光休閒產業進化升級，並提供國人更多樣化的休閒選擇。

是鯨？還是豚？

鯨和海豚均屬於海洋哺乳類動物。全世界的鯨豚種類共有**79種**，而曾在臺灣海域出現的就多達**27種**，且為數十分可觀。

一般國際上俗稱的鯨魚（Whale）、海豚（Dolphin）、鼠海豚（Porpoise）等名詞在使用上有些混淆。通常「鯨魚」泛指體長在**4m**以上的大型鯨類；

「海豚」指的是中型有牙齒者，以海豚科及淡水豚類為主；

而「鼠海豚」則為體型最小者，專指鼠海豚科的動物。

照片來源／交通部觀光局東北角暨宜蘭海岸國家風景區管理處



乘風破浪賞鯨豚



攝影／林明仁



外澳衝浪

照片來源／交通部觀光局東北角暨宜蘭海岸國家風景區管理處
攝影／連世仁



外澳服務區內規劃了海泳區、衝浪區及飛行傘基地等，已成為北臺灣最新、最熱門的衝浪天堂及飛行傘活動據點。

攝影／朱祥生



強調擁有現撈海鮮的大溪漁港，主要魚貨以「金鉤蝦」為主，其次是紅目蓮、鰻魚、硬尾魚、白帶魚、肉魚、小管、螃蟹、白北、赤宗等魚貨，因種類較多故能提供遊客多樣化的選擇。

照片來源／交通部觀光局東北角暨宜蘭海岸國家風景區管理處



照片來源／交通部觀光局東北角暨宜蘭海岸國家風景區管理處

位於蘇澳港旁的南方澳，是東臺灣最大的陸連島。豐富的漁獲及頗具特色的漁村文化是其主要賣點。

陸連島與連島沙洲

在島嶼面向海岸的地方，由於海浪衝擊力較弱，泥沙較容易堆積而形成沙洲和沙嘴。當堆積的泥沙將島嶼和海岸相連時，原來的島嶼就稱為「陸連島」，連接兩者的沙洲則稱為「連島沙洲」。



來去花蓮

花蓮，地如其名，是一個風景秀麗，崇山海岸奇絕的勝地；比起統稱山前的臺灣其他各地，這裡不管在人文、社會、文化或甚至族群的組成，都保留著純樸的風貌與人性的淳厚，被稱為「人間淨土」可謂相當合宜，並無溢美之處。

然而，花東與北部地區間唯一的公路運輸系統－蘇花公路，卻因地形與地質因素的限制造成服務水準不佳，每逢颱風豪雨之際，道路坍方或落石造成人員傷亡更時有所聞。因此期盼一條安全、可靠的交通暨維生廊道，乃花東地區民衆長久以來的訴求。只是在工程興建完成後，帶給當地社會、經濟及環境的改變，是否真能為國人所接受？

在道路建設的過程中或多或少會對環境有所影響，如果妥善處理，可將衝擊降至最低，並達成社會整體效益最佳化的目標。北宜高速公路南港蘇澳段的完成集合了衆人的智慧，展現於山區闢建道路兼顧工程與環境和諧的寶貴經驗，此建設經驗將可提供未來國土交通規劃之參考，在「環境影響」、「交通需求」及「社會公義」間尋求三贏的局面！



「砂卡礑步道」當初是爲了建造立霧電廠而開鑿。由於澄澈碧綠的潭水與堅脆聳立的大理石相互輝映頗有一種幽謐的感覺，因此該段谷地於民國90年之前又被稱為「神秘谷」。

攝影／李志剛



「逢颶必斷，遇雨則坍」是對蘇花公路最貼切的寫照。如今在北宜高速公路通車後，往南向花蓮的車流量明顯變多，將使蘇花公路的問題日益惡化。



「好山、好水、好空氣！」是上帝的賜予，也是許多人對花蓮的第1印象。

攝影／李嘉慧



攝影／張博翔



攝影／黃筱卿

「九曲洞」堪稱是人力開鑿與大自然鬼斧神工的最佳結合。由於河谷的曲折切割，使得峭壁深峽也彎曲多變，公路開鑿在山壁之間，曲折迂迴地山洞中前進，彷彿有繞不完的彎路，因此取名為「九曲洞」。



攝影／王瀛恭

極天地之大美，得山水之清趣

太魯閣的地質堪稱是中央山脈東側地質區域的縮影，主要由大理岩、片岩、片麻岩、干枚岩等變質岩所構成。其中，大理岩形成年代可追溯至2億5,000萬年以前，是臺灣已知出露地表最古老的岩層。

根據調查研究發現，太魯閣峽谷地區每年以超過0.5cm的速度向上抬升，與立霧溪終年豐沛溪水的下切侵蝕作用，是造就舉世稱奇之太魯閣峽谷的主因。此外，峽谷中常見美麗的岩石褶皺，乃是經過多次的造山運動及變質、變形作用而成，如今已成為人們解讀太魯閣峽谷形成史的重要證據之一。



白楊步道

攝影／李志剛



松園別館

攝影／李志剛

主要參考書目

書名	出版單位	出版年
國道五號高速公路工程（南港頭城段）竣工報告	交通部臺灣區國道新建工程局	2009
後山公路走過一甲子(交通部公路總局第四區養護工程處60週年專刊)	交通部公路總局第4區養護工程處	2009
國道5號南港蘇澳段通車前後調查分析計畫報告	交通部臺灣區國道新建工程局	2007-2010
經典公路—國道幸福5號	交通部臺灣區國道新建工程局	2007
脈動臺灣與綠相容：國道5號南港蘇澳段攝影專輯	交通部臺灣區國道新建工程局	2007
經典雜誌 Vol.99,100,104	經典雜誌出版社	2006-2007
北宜高速公路興建專輯 技術版	交通部臺灣區國道新建工程局	2006
北宜高速公路興建專輯 技術版攝影專刊	交通部臺灣區國道新建工程局	2006
隧道工程施工技術解說圖冊	交通部臺灣區國道新建工程局	2006
天、地、人與大地工程	社團法人臺灣省臺北市大地工程技師公會	2006
高速鐵路土建工程橋梁其他工法概述	交通部高速鐵路工程局	2006
土木水利期刊 Vol.33, No.6	中國土木水利工程學會	2006
長隧道設計、施工及營運管理國際研討會—雪山隧道專輯	中華民國隧道協會 交通部臺灣區國道新建工程局	2005
情牽北宜	交通部臺灣區國道新建工程局	2005
雪山隧道工程施工湧水與鄰近地表、地下水文及翡翠水庫進流變異之關聯研究	交通部臺灣區國道新建工程局	2005
商業周刊 Vol.879	商周文化雜誌出版社	2004
傳承與創新	交通部臺灣區國道新建工程局	2003
土木水利期刊 Vol.28, No.4	中國土木水利工程學會	2002
美學是什麼	揚智出版社	2002
橋梁自動化工法施工技术	臺灣營建研究院	1998
Expressways Illustrated	Japan Highway Public Corporation	1997

主要參考網站

交通部臺灣區國道新建工程局 <http://gip.taneeb.gov.tw/>
交通部臺灣區國道高速公路局 <http://www.freeway.gov.tw/>
長隧道主題網 <http://168.motc.gov.tw/GIPSite/wSite/ct?xItem=2293&ctNode=931&mp=300>
臺北翡翠水庫管理局 <http://www.feitsui.gov.tw/>
臺北縣坪林鄉公所 <http://www.pinglin.tpc.gov.tw/>
臺北縣石碇鄉公所 <http://www.shrding.tpc.gov.tw/>
宜蘭縣政府 <http://www.e-land.gov.tw/mp.asp?mp=4>
交通部觀光局 <http://www.taiwan.net.tw/>
交通部觀光局東北角暨宜蘭海岸國家風景區管理處 <http://www.necoast-nsa.gov.tw/>
美國加州聖地牙哥臺灣同鄉會 <http://www.taiwancenter.com/sdtca/articles/8-07/6.html>
交通部公路總局全球資訊網 <http://www.thb.gov.tw/tm/wcf.aspx>
Tony的自然人文旅記 <http://www.tonyhuang39.com/index.html>
宜蘭縣中小學班級部落格平台 <http://blog.ilc.edu.tw/blog/blog/3226/catid=10111>
交通部臺灣鐵路管理局 <http://www.railway.gov.tw/index/index.aspx>
淡江時報 <http://tkutimes.tku.edu.tw/New/2006/detail.php?seqno=0000014747>
臺灣環境資訊協會—環境資訊中心 <http://e-info.org.tw/node/13897>
中時電子報 <http://news.chinatimes.com/Chinatimes/newscontent/newscontent-artnews/0,3457,112009010500385+11051301+20090105+news,00.html>
行政院研究發展考核委員會 <http://www.rdec.gov.tw/lp.asp?ctNode=12321&CtUnit=1677&BaseDSD=46&mp=120>
行政院環境保護署 <http://www.epa.gov.tw/>
行政院主計處 <http://www.dgbas.gov.tw/>
財政部財稅資料中心 <http://www.fdc.gov.tw/ct.asp?xItem=1108&ctNode=668&mp=1>
宜蘭縣礁溪鄉時潮休閒農業區 <http://www.digarts.com.tw/shchau/>
太魯閣國家公園管理處 <http://www.taroko.gov.tw/zhTW/>

國家圖書館出版品預行編目資料

噶瑪蘭傳奇：北宜高速公路興建專輯大眾版／ 楊松隆，張純青召集。 — 初版。 — 臺北市： 交通部國道工程局，2010.04 面：公分 參考書目：面 ISBN 978-986-02-3009-3（平裝） 1．國道 2．高速公路 3．公路工程 4．生態 工法	
442.165	99006218

噶瑪蘭傳奇

北宜高速公路興建專輯大眾版

發行人：曾大仁
出版機關：交通部臺灣區國道新建工程局
地址：10669臺北市和平東路3段1巷1號5樓
電話：02-27078808
網址：<http://www.taneeb.gov.tw>

編輯委員會
主任委員：曾大仁
副主任委員：陳福安、張純青、許慶雄
召集人：楊松隆、張純青
審查委員：陳靖宇、李宏徹、紀惟澤、陳國隆、陳澤仁、陳憲壬、
賀武志、蔡昌明、齊柏林
執行編輯：呂介斌、陳國隆、陳宏仁、李友恒、盧昱余、楊慕泉

編撰機構：中興工程顧問股份有限公司
編撰人員：侯秉承、李民政、張博翔、黃筱卿、朱祥生
設計印製：紅藍創意傳播股份有限公司
手繪插圖繪製：陳正堃
出版：2010年4月初版
定價：450元
GPN 1009901231
ISBN 978-986-02-3009-3

銷售處：本局圖書室及下列政府出版品經銷商
1. 國家書店松江門市
地址：臺北市松江路209號1樓
電話：02-25180207
<http://www.govbooks.com.tw>
2. 五南文化廣場
地址：臺中市中山路6號
電話：04-22260330
<http://www.wunanbooks.com.tw/wunanbooks/>

著作權聲明
著作財產權人：交通部臺灣區國道新建工程局
本書保留所有權利。欲利用本書部分或全部內容者，需徵求著作財產權人書面同意或授權。

承辦單位（人）：規劃組地工科 李友恒
電話：02-27078808分機790