



台北捷運南北環計畫的挑戰與突破

臺北市政府捷運工程局土建處處長 / 廖純璋

臺北市政府捷運工程局土建處正工程司 / 莊建忠

台灣世曦工程顧問股份有限公司捷運工程部工程師 / 張荐宇

台灣世曦工程顧問股份有限公司捷運工程部工程師 / 李奕霆

台灣世曦工程顧問股份有限公司捷運工程部工程師 / 黃迺棟

台灣世曦工程顧問股份有限公司捷運工程部工程師 / 宋上平

台灣世曦工程顧問股份有限公司捷運工程部工程師 / 蔡淵堯

台灣世曦工程顧問股份有限公司捷運工程部工程師 / 黃碩儒

台灣世曦工程顧問股份有限公司捷運工程部工程師 / 張永漢

台灣世曦工程顧問股份有限公司捷運工程部工程師 / 史訓璋

關鍵字：崁腳斷層、地下管線、捷運美學、BIM、ISO19650

摘要

台北捷運環狀線南環段及北環段工程路線經過臺北盆地外緣高度開發且人口密集路段，地質條件複雜變化大、道路狹窄、地下管線與障礙物密佈，施工困難度非常高，且由於都市的高度開發，各車站用地條件不同，如何在狹小的用地空間中設計符合需求的最短車站充滿了挑戰，而車站設計除了機能完善，美學設計亦是重點，如何將車站與當地人文自然環境作結合一直都是一大挑戰，北環段之故宮特色站，其美學設計將帶

領使用者從捷運走入人文山水之中，而前述的設計工作為了達到良好的設計成果，皆需仰賴3D BIM技術做為設計整合的平台，本文亦將介紹將ISO19650BIM國際標準導入細部設計的成功經驗分享，望國內捷運建設的高品質成果持續與國際最新ISO標準接軌。

一、前言

臺北都會區大眾捷運系統捷運環狀線台北市區北環段（以下簡稱北環段）路線自Y23站（不含）起，以潛盾隧道方式穿越淡水河



下方，循重陽橋側經士林社子跨越基隆河、中正路、至善路後，右轉穿越文間山至大直北安路與文湖線劍南路站相交，之後路線轉敬業三路設置尾軌段止。全長約8.38公里，包括：六座地下車站、七段潛盾隧道、二段明挖覆蓋隧道及二座逃生豎井，如圖1所示。

線自文湖線木柵動物園起採地下方式沿新光路穿越告尖山接秀明路二段經政治大學校內四維路，穿越景美溪後行經木新路、秀明路一段再接木柵路、穿越景美溪沿遠東工業區旁之防汛道路，續西行於民權路至環狀線第一階段路線大坪林站（Y06站）東側銜接，並可轉乘松山新店線，全長約5.9公里，規劃設置6座車站，如圖2所示。

臺環狀線南環段（以下簡稱南環段）路

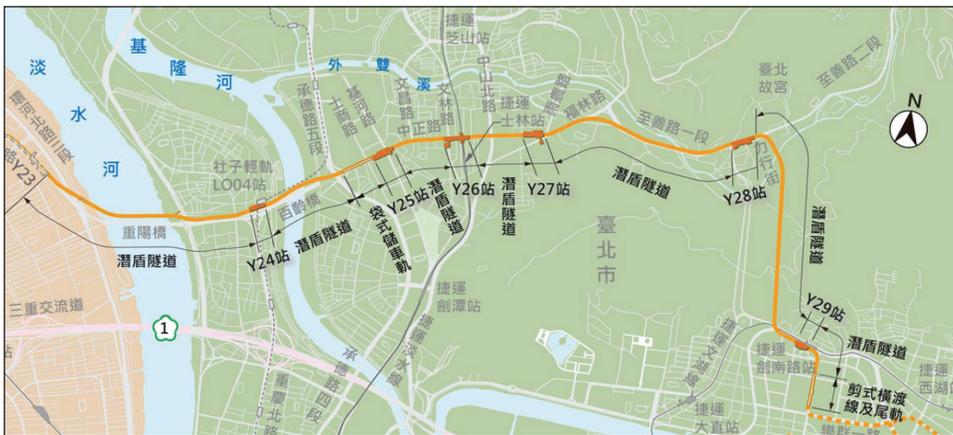


圖 1 北環段（臺北市區）工程範圍



圖 2 南環段工程範圍

二、崁腳斷層對潛盾隧道之施工風險與對策

捷運環狀線北環段Y28（故宮站）至Y29（劍南路站）規劃為地下隧道段，全長約1855 m，其中隧道將穿越文間山，長度約1280 m。因隧道施工將遭遇崁腳斷層[3]，岩盤破碎夾斷層泥，是本標工程能否如期如質且安全完工的關鍵。雖然國內捷運曾有山岳隧道施工完成的案例，例如：木柵線於麟光與辛亥間的山岳隧道及高雄捷運穿越半屏山的隧道，但其長度都沒有本標山岳隧道的距離長，預期本隧道所遭遇之風險將相對較高。為確保將來施工之安全可行，於設計階段針對崁腳斷層進行文獻收集及地表地質調查，於適當地點配置補充地質調查鑽孔，透過全程取樣取得岩心，再由專業地質師及專家學者研判本計畫附近崁腳斷層之分佈，以利針對隧道工法及輔助措施進行評估，說明如下[1]：

（一）崁腳斷層分佈

針對文間山崁腳斷層分佈，經綜合基本設計階段5孔及細部設計階段3孔之鑽心全程取樣，並比對前人研究成果，研判崁腳斷層於本計畫隧道通過之區段可分為主斷層帶與共軛斷層帶，如圖3所示。主要斷層帶分佈於下行線里程0K+703~0K+814以及上行線里程0K+691~0K+803，主斷層帶岩體破碎夾泥，斷層帶上方可能富含地下水，不排除有水包湧水潛能；岩體破碎處常有高角度節理分佈，可能為地下水良好之通路。共軛斷層分佈於下行線里程0K+937~1K+042及上行線里程0K+925~1K+029，推估斷層夾泥量較少，多破碎岩體以及斷層角礫岩，工程特性為破碎岩盤以及湧水，斷層破碎帶可能為地下水流通之良好通路。

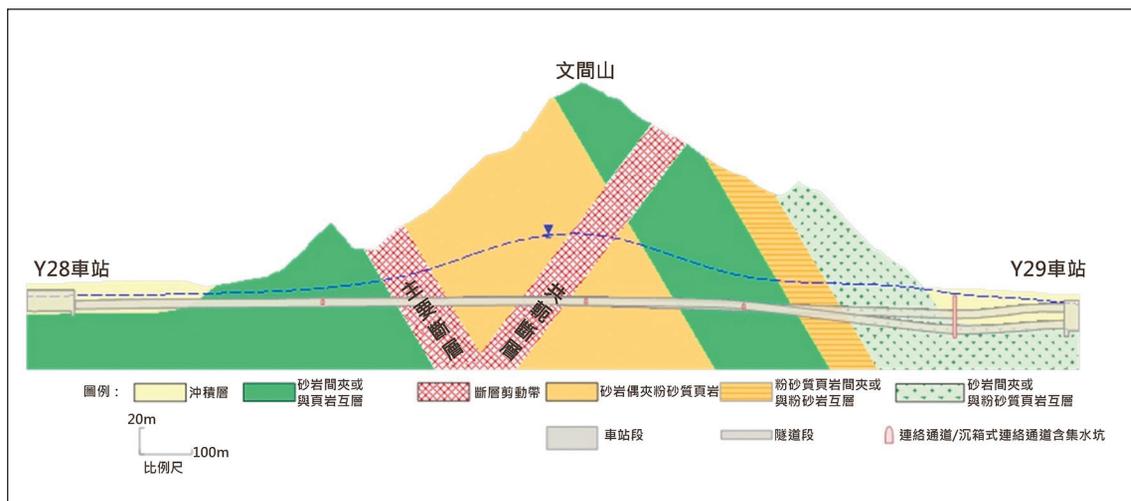


圖3 Y28 站至 Y29 站隧道地質剖面圖



(二) 文間山隧道工法評估

以潛盾隧道及NATM隧道工法進行比較如表1所示，經綜合考量後，以潛盾工法較具優勢，亦較具有彈性，如遇破碎帶或斷層帶，潛盾機可採closed mode挖掘，而遇岩盤佳之路段可改採open mode，如圖4所示，可提高挖掘功率。

(三) 施工風險與對策

本段隧道鑽掘施工，主要的風險來自地質與地下水，前者在於炭腳斷層及破碎帶，後者則在於突發性的湧水，相關之風險與對策如表2所示，潛盾機需具備前進鑽探及灌漿等功能需求，如圖5所示。

表 1 文間山工法評估

項次	議題	工法說明	工期	綜合評估
1	潛盾機 (TBM) 工法	<ul style="list-style-type: none"> • 文間山岩覆不高、水壓不高，有利 TBM 施工 • 岩心單壓 <500kg/cm²，岩盤強度適合機械開挖 • 內湖端軟土層以 TBM 施工對文湖線基礎影響小 • 地質變化不易發現，應變能力較差 • 遇非預期地質狀況，若處理不當恐發生夾埋，但可克服 • 文間山岩覆不深，可考慮於地表預先進行灌漿及監測 • 考量順向坡及斷層帶走向傾角，應由 Y28 往 Y29 鑽掘 	約 36 個月	較佳
2	NATM 工法	<ul style="list-style-type: none"> • 地質狀況一目瞭然 • 斷層破碎帶有湧水抽心風險，NATM 視地質狀況彈性調整工法，應變能力高，經驗豐富 • 內湖端軟弱土地質不適合使用 NATM，對文湖線基礎影響大，風險極高 • 捷運斷面較小，NATM 須設置避車彎工施工機具進出迴旋，增加額外開挖量 • 文間山內湖側為山崩地滑敏感區與劍南蝶園，不適合鑽炸及增開工作面 • 考量順向坡及斷層帶走向傾角，應由 Y28 往 Y29 鑽掘，但隧道坡度不利施工 • 隧道上方為軍事要塞，嚴禁使用爆破開炸，且噪音振動要求嚴格 	約 38 個月 (2 個工作面)	

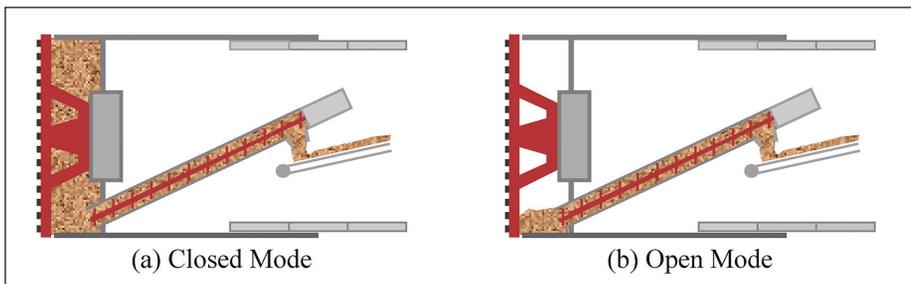


圖 4 TBM 鑽掘模式轉換示意圖

表 2 文間山隧道施工風險與對策

項次	風險	說明	對策
1	擠壓性地盤	<ul style="list-style-type: none"> 文間山岩覆不深，一般而言，擠壓潛能不高 軟弱斷層泥可能發生擠壓 	<ul style="list-style-type: none"> 工程契約要求潛盾隧道由 Y28 往 Y29 鑽掘，並要求潛盾機具適量超挖、注入滑材之能力，並應配置鑽機，以配合盾殼開孔進行前進探查、排水、灌漿或安裝先稱鋼管（圖 5） 工程契約要求潛盾機於接近或完全通過斷層帶及破碎帶時，應辦理前進探查 避免停機過久，以免盾身受岩體擠壓，摩擦力過大導致潛盾機受困
2	斷層帶及破碎帶		
3	受壓地下水	<ul style="list-style-type: none"> 炭腳斷層及隧道沿線破碎帶地層若有高地下水壓（>5 bar），或鑽掘過程滲水量過大（>5L/min/探查孔），就有發生湧水可能，並可能帶入泥砂，造成岩層崩塌 	<ul style="list-style-type: none"> 本計畫岩覆不高、水壓不高（實測約 3.5 bar），研判高水壓及大量湧水風險不高 透過前進探查進行掘進面前地下水調查，若有高壓水或大量湧水可能性，則配合盾殼開孔進行鑽孔、排水、灌漿
4	湧水		
5	潛盾機夾埋	<ul style="list-style-type: none"> 掘進過程遭遇斷層/破碎帶，因盾前岩盤自立性不足，發生岩盤崩塌導致潛盾機受困 潛盾機推力/扭力不足、切削能力不足、遭遇破碎岩層束制而受困 切刀齒磨損嚴重，無法切削岩盤而受困 	<ul style="list-style-type: none"> 工程契約規定潛盾機扭力及推力下限值，要求潛盾機具適量超挖、注入滑材之能力 要求廠商擬定應變措施（圖 6），工程契約編列脫困費用，若發生夾埋非可歸責於廠商時，經工程司核可後，按次計價
6	連絡通道 CP28-2	<ul style="list-style-type: none"> 依臺北捷運規劃手冊（2021）及交通部之「捷運系統建設技術標準規範」，連絡通道間距以 400 公尺為原則 按圖 1 所示之炭腳斷層分佈位置，CP28-2 將位於共軛斷層帶中，施工風險高 	<ul style="list-style-type: none"> 考量斷層帶分佈之不確定性，保留 CP28-2 設置位置之彈性，工程契約規定 CP28-2 可設置於上行線里程 0+860 至 0+1060 間，廠商應依補充地質調查、前進探查判讀結果，綜合潛盾機鑽掘回饋參數，提出 CP28-2 位置評估報告，供工程司審核 連絡通道之間距不超過 500 m，且坡度小於 3.239%，可符合本計畫「隧道連絡通道間距性能評估分析」報告之研析結果
7	人員資格	考量地質特性，應設置相當資歷之隧道專家及地質人員，並要求施工人員相關資歷	工程契約規定施工廠商應有岩層或山區潛盾隧道施工經驗之施工負責人（專業組長以上）、工程師、領班及作業手，及具岩層或山區隧道地質研判經驗之地質人員全程參與本項工程。

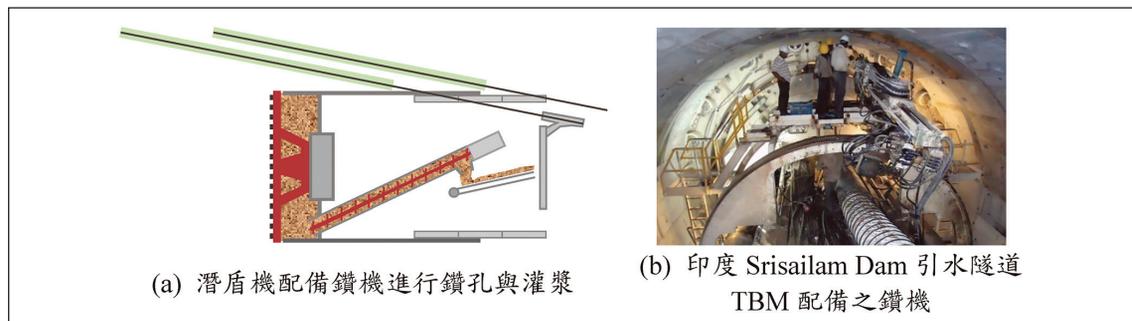


圖 5 潛盾機需具備鑽機及灌漿等功能需求

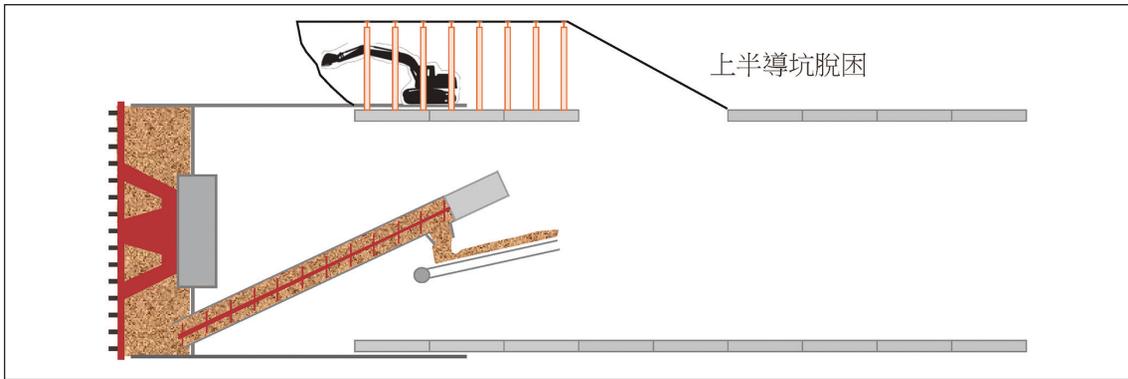


圖 6 潛盾機脫困示意圖

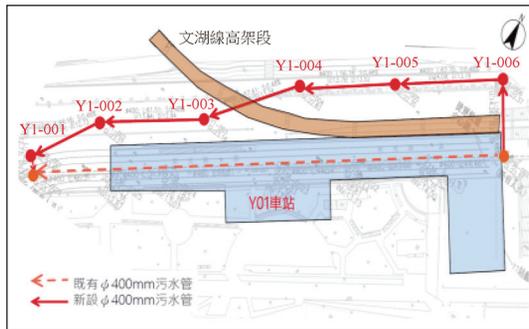


圖 7 Y1 站污水管推進平面位置圖



圖 8 Y2A 站污水管推進平面位置圖

三、污水管先期工程遭遇之困難與解決方法

捷運環狀線南環段鑒於Y1站及Y2A 站與地下污水管線系統衝突，若於主體工程範圍進行改管恐影響整體工進，故將影響較大之污水管線遷移工程納入環狀線南環段污水管遷移先期工程辦理[2]。

(一) 先期工程範圍及內容

Y1站體範圍內既有φ400 mm污水幹管與車站穿堂層衝突，且Y1站為潛盾機發進端，

若將該管線列入先期工程，可提前6個月施作連續壁，故有其必要性。主要工作項目為φ400 mm一般推進，約318 m，詳圖7。

Y2A站體範圍內既有φ1000 mm污水管管底深約為11.51~15.51 m與站體（北）端潛盾隧道及站體穿堂層衝突。考量站體內管線遷移涉及連續壁施工工期，為避免污水管線遷移期程造成捷運興建期程延宕，故於主體工程前辦理先期工程，站體前新設污水管線及沉箱揚水站，主要工作項目如下，詳圖8。

1. $\phi 1000$ mm一般推進，約7 m。
2. $\phi 1000$ mm曲線推進，約155 m。
3. 新設工作井及人孔，8座。
4. 6 m × 4 m沉箱揚水站土建結構，1座。

(二) 工程遭遇之困難與解決方法

本工程於Y2A站之沉箱揚水站施作完成後，於沉箱淺層處進行揚水站操作室外擴之明挖工程。經多次會勘調查確認，揚水站旁存在中國石油 $\phi 200$ mm油氣鋼管，詳圖9。因明挖區緊鄰該油氣鋼管，施工過程中恐有誤損、引發爆炸、火災等可能，本工程以吊掛方式進行保護，詳圖10、圖11，以防油氣鋼管於明挖過程中，因自重導致彎折斷裂發生危險，吊掛作業說明如下。

1. 管線探挖，從油氣管頭尾兩側以布繩將油氣管吊掛於H型鋼。
2. 沿油氣管外側打設一排長5 m之鋼板樁，減少開挖造成之影響。
3. 沿油氣管全面開挖清至GL-2.5 m，並於每3 m處加設一條布繩吊掛於H型鋼。
4. 沉箱揚水站操作室構築。
5. 回填CLSM，並拔除鋼板樁。

另本工程於Y2A站之推管工程，其掘進深度位於黏土/粉質砂土與卵礫石層交界之複合地層，推管沿線之地層變化大，難以透過少數鑽孔事先掌握。廠商依據沉箱揚水站及Y2A-002工作井開挖之地層分佈，研判推管



圖 9 油氣管平面示意圖

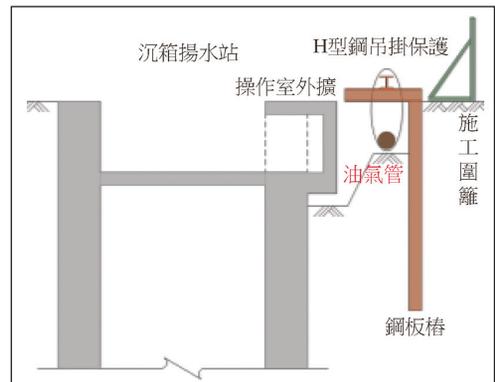


圖 10 油氣管吊掛剖面圖



圖 11 油氣管吊掛施工圖



路徑主要為卵礫石層。因卵礫石硬度高、粒徑大，須透過刃盤上切削齒、切削輪將卵礫石切削成適合出土之尺寸，故廠商原設計之刃盤佈滿充足之切削齒及切削輪，詳圖12。然而，本案推管甫自Y2A-002發進約3公尺，掘進面地層即轉變為黏土層，原適用於堅硬



圖 12 原設計之刃盤



圖 13 改良後之刃盤

地層掘進之推管機無法順利排土，同時黏土包覆刃盤導致推進功率大幅下降。檢討後，廠商自機頭注泥，逐步將已推進之污水管及推管機拉回Y2A-002，並對推管機設備及刃盤進行修改。為因應沿線之卵礫石與黏土複合地層，廠商選擇增設高壓水刀沖洗設備，以利出土，詳圖13。重新於黏土層推進後，因推進產出之泥水量劇增，額外增設足夠數量之土桶，以沉澱方式分離泥水，最終成功破鏡到達，詳圖14。

(三) 小結

本污水管先期工程之施工方式主要以推進工法為主，主要施工風險及困難在於工作井、到達井及推管段之施作。工作井之設置須避開既有管線，搭配適當之開挖擋土設施，對鄰近管線及鄰房進行充足之保護及監測，以利工作井沉設、降低開挖風險。管線推進施工則須注意出發、到達之鏡面防水處



圖 14 破鏡到達施工圖

理，及管線推進過程中超挖、擠壓、超抽及地面沉陷等問題，並針對可能遭遇之地層條件，選用合適之刃盤。以達施作污水管先期工程減少主體工程管線遷移工期之效用。

四、車站用地受限的挑戰 - 最短的車站設計

環狀線Y1A捷運車站位處於現政大莊敬外舍之區域，站址北側臨接萬壽路，南側緊靠指南路二段的民宅，車站用地範圍長度不足100公尺，如圖15所示，以至於Y1A車站的長度受到嚴苛的限制，在細部設計過程中歷經協調與取舍下，最終規劃車站長僅94.1公尺（地下結構體內淨距）的成果方案。

(一) 南環段 Y1A 車站設計背景

台北捷運環狀線屬於中運量路線，月台的長度為74公尺。環狀線第二階段（南北環）路線中的車站均為地下車站，考量到地下車站配合通風、防災等必要的需求，地下型態的車站所需要的設備空間即遠多於一般地面型或高架型車站。因此環狀線二期的車站站體設計長度多達140~180公尺以上，即使部分車站可運用路外用地容納必要的設施空間，但也鮮有車站主體長度低於110公尺的車站。

Y1A車站用地北側緊臨16 m萬壽路，道路幅度與空間皆無法滿足分區施工的交

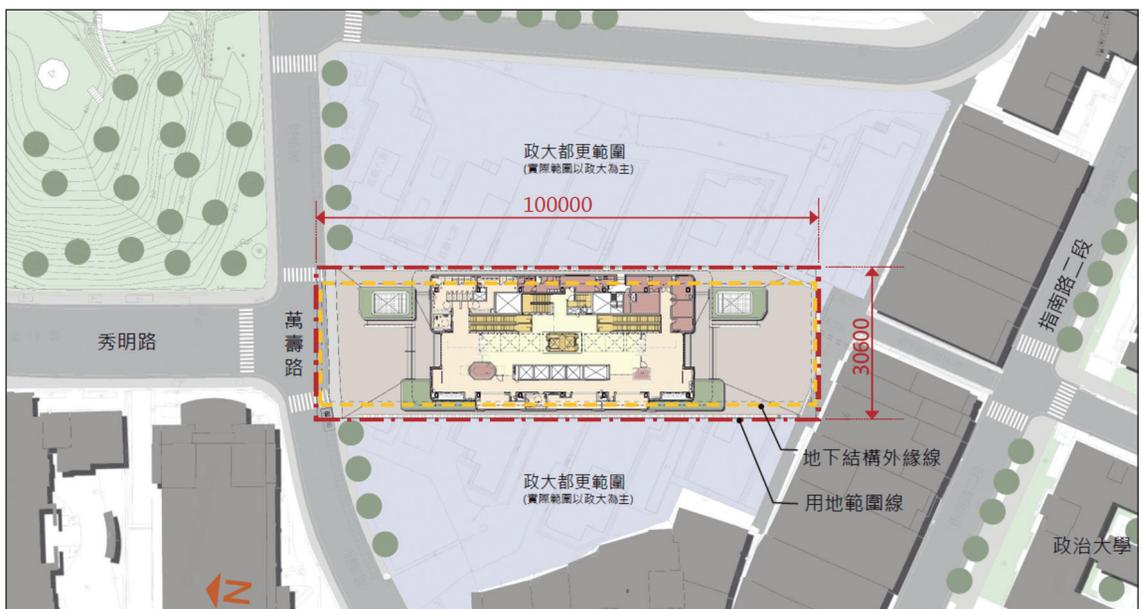


圖 15 Y1A 捷運車站配置圖



圖 16 Y1A 捷運車站基設階段配置圖

維。車站南側緊鄰民宅商家建物，也註定 Y1A 的車站長度被限縮在此短短不到 100 公尺的命運。在基地條件如此侷促的限制下，本站在基本設計時便使用鄰接的政大都更用地以設置車站出入口與機房空間，如圖 16 所示。

(二) 南環段 Y1A 短車站設計

然而在本計畫進入細設階段後，車站可使用的土地範圍牽動到地主機關權益的議題仍舊難解，使得在細部設計階段中不得不思考將全車站設施均收斂於車站主體用地中，捨棄路外用地的設計方向也因此拍板成行。在上述的規畫條件下，設計團隊採用幾種配置手法以滿足各方需求與限制，最終成果如

圖 17 所示。

1. 爭取不同維度空間

鑒於 Y1A 長度已受限制，空間的容納朝向橫向與垂直的方向發展。因而以一般環狀線車站所需 15.4 公尺的車站寬度相比，Y1A 車站的設計寬度為 19.8 公尺，以滿足設備空間的需求。此外原地下三層的空間規劃配合調整為地下四層，並將穿堂層從原先的地下空間移至地面，將原作為穿堂大廳的地下空間騰出來以容納更多的機房空間。

2. 機房設施量簡化

在 Y1A 的車站長度極短，且穿堂空間移至地面規劃下，車站空調與環控的負擔在少了大量的地下公共空間（穿堂大廳）後，單

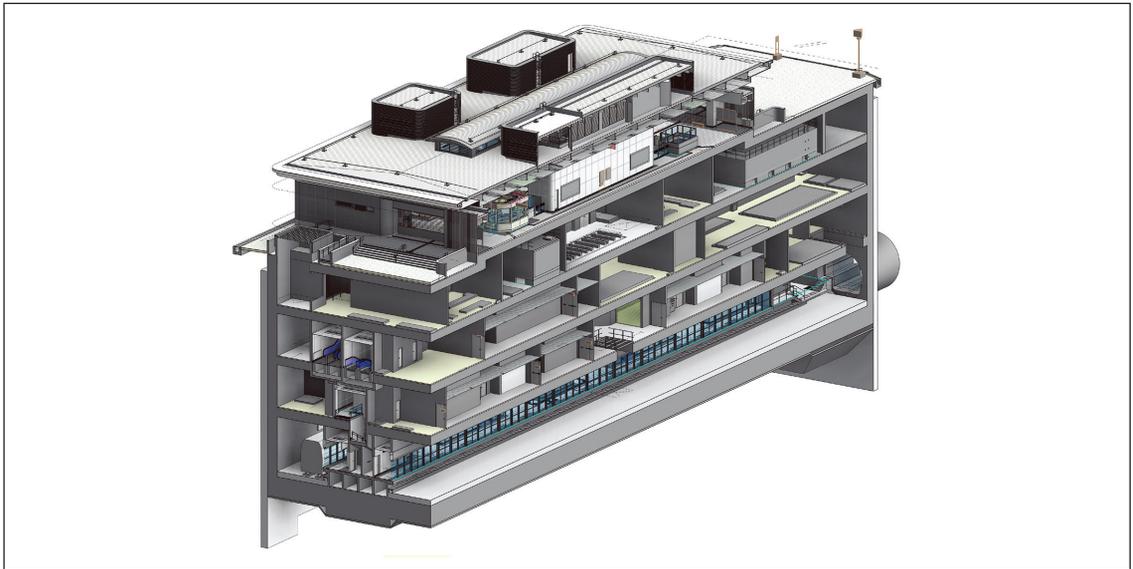


圖 17 Y1A 捷運車站剖透圖

層進排氣的環控設備可比一般地下車站還要更為簡化。因此一般車站均會配置上、下行各層兩套進排氣系統的布設模式下，Y1A車站可在僅有各層一套進排氣系統的運作下滿足通風換氣之需求，得以減少進排氣系統設施空間。

3. 垂直系統錯綜布設

Y1A車站為地面穿堂層車站，月台層又設於地下四層，進出站的垂直動線（電梯+電扶梯）勢必將打破車站空間的完整性。也因此車站的設備空間布設必須採取有效運用各零碎空間的特質配置。例舉說明，一般設置於月台層的隧道空調、軌道排氣等機房配合車站長度較短，往上層移設至地下三層設備層中，而一般位於月台上一層的隧道通

風機房也以風道連通軌道的配置，上移設至地下一層設備層中，為底部設備層騰出更多空間，以放置有連鎖群聚需要的設備空間。

（三）小結

臺北捷運數十年的建設發展下，在臺北地區的路網建置已相當的完善。卻也因而在後期路網中，會頻繁的遭遇到路幅狹小、用地不足的限制挑戰，因而車站設計上亦須有所取捨。Y1A車站歷經多方設想，成就臺灣地下捷運站長度最短之車站，但也無可避免有著機房配置不方整、環控設計餘裕較小、搬運動線迂迴等難以避免的遺憾，僅酌供各方工程師借鏡。

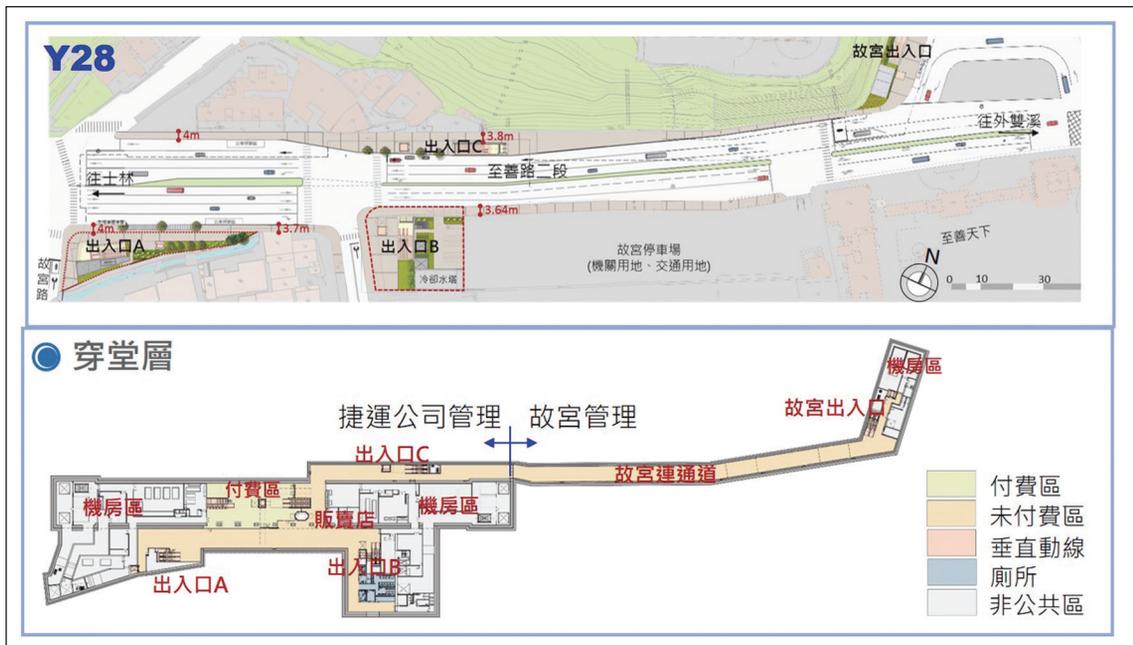


圖 18 Y28 車站地面層及穿堂層平面圖

五、車站美學新挑戰 - 捷運與故宮博物院的連結

環狀線Y28捷運車站位於40米寬的至善路與故宮路口、故宮博物院西南側、至善天下左側基地。因故宮為臺北市重要觀光景點、為國際知名中國文物博物館，如何將車站設計與館內展品意象融合，將人文藝術結合至捷運空間設計，為本站作為北環段特色站之挑戰。

(一) 山水文物展現車站之設計構想

車站為地下二層島式月台車站，設置3個出入口，並於地下穿堂層增設故宮連通道

出入口，延續人行動線並引導故宮方向，如圖18所示。

從出入口進入地下車站的旅程中，以「走入山水」為題，以壁畫呈現書軸及書捲，將牆面空間為故宮展廳的延伸。旅客行走在街道上時，出入口的深色牆面與內側從牆面延伸至天花的米白色印刷鋁板在曲線的設計下如同柔軟的畫軸與畫卷，從地面延伸而出引導來往的旅客。天花延伸至地下的山水紋樣印刷鋁板，讓進入捷運站的旅客如同走入畫中的山巒，進而連結至故宮精彩的文物世界，將以此塑造出入口為都市中的新亮點，請詳圖19及圖20。穿堂層以水墨畫印刷鋁板、饕餮紋拼花地坪，月台層則以青銅器



圖 19 Y28 站地面出入口 A 透視圖



圖 20 Y28 站地面出入口 C 透視圖

顏色之烤漆障板天花設計，將故宮文物意象帶入地下車站空間，並使乘客、遊客以更多元的方式貼近館藏，請詳圖21及圖22。

故宮地下連通道設計以「觀展經驗」出

發，以故宮文物及從其萃取之色彩，以曲折壁面展示：當旅客進入故宮前，在通道內即進入中國文物精彩世界；離開時，漸變的色彩融入隧道的旅程，觀展經驗永留心中，逐漸回到塵世。故宮出入口則以「防空洞」為



設計理念，其內設置電梯/電扶梯，旅客藉此垂直動線直達坡頂之未來圖書文獻大樓（第二展區），將參觀動線完好串聯，如圖23及圖24所示。

（二）融入區域環境之友善設計

大眾運輸的建設結合了交通優勢與地區城市的發展，不僅僅是考量捷運用地範圍內

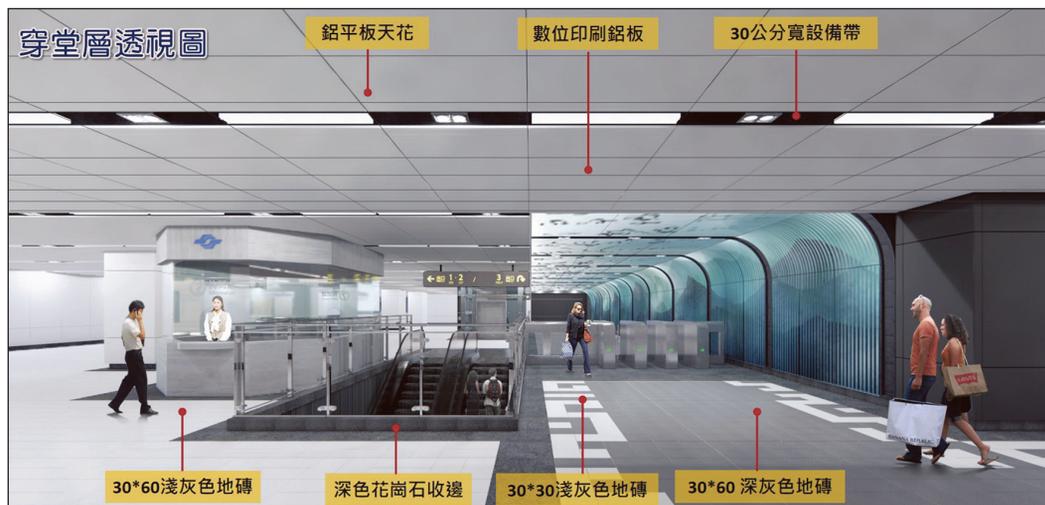


圖 21 Y28 站穿堂層 - 山水畫 + 饕餮紋



圖 22 Y28 站穿堂層 - 青銅器 + 饕餮紋



* 資料來源：宗邁建築師事務所

圖 23 故宮出入口設計

的車站建設，同時須將周邊街廓尺度納入規劃，並提出適度的調整，以最有效的有善大眾使用公共運輸載具。

1. 人行交通動線

人行空間延續性應依基地整體規劃。以 Y28 站為例，原街廓不整齊與人行道狹窄問題，產生人行道不延續與不易行走，在安全考量與跨局整合溝通下，透過捷運車站出入口的退縮與周邊道路整合，將人行通道從車站本體延伸至周邊重要景點，以優化道路通行，如圖 25 所示。

2. 景觀植栽融合

在考量結構安全性、營運維護可行性

下，以景觀綠植栽規劃站體周邊空間。以 Y28 為例，以淡彩留白的方式呈現，以柳樹及保留黑松為背景，點綴梅、蘭、茶、荷等傳統意象作為主要植栽規劃，以配合故宮人文與環境山水意象。

(三) 小結

臺北捷運已成為民眾生活上不可或缺的交通工具，藉由捷運路網的推動過程中，與地區發展結合，考量交通與都市環境串聯，從整體捷運站設計規劃，包含：地面層景觀與空間配置、穿堂層的空間流動性與月台層的運輸功能性，皆需完整仔細的全盤考量。以 Y28 站為例，捷運特色站以基地周邊的人

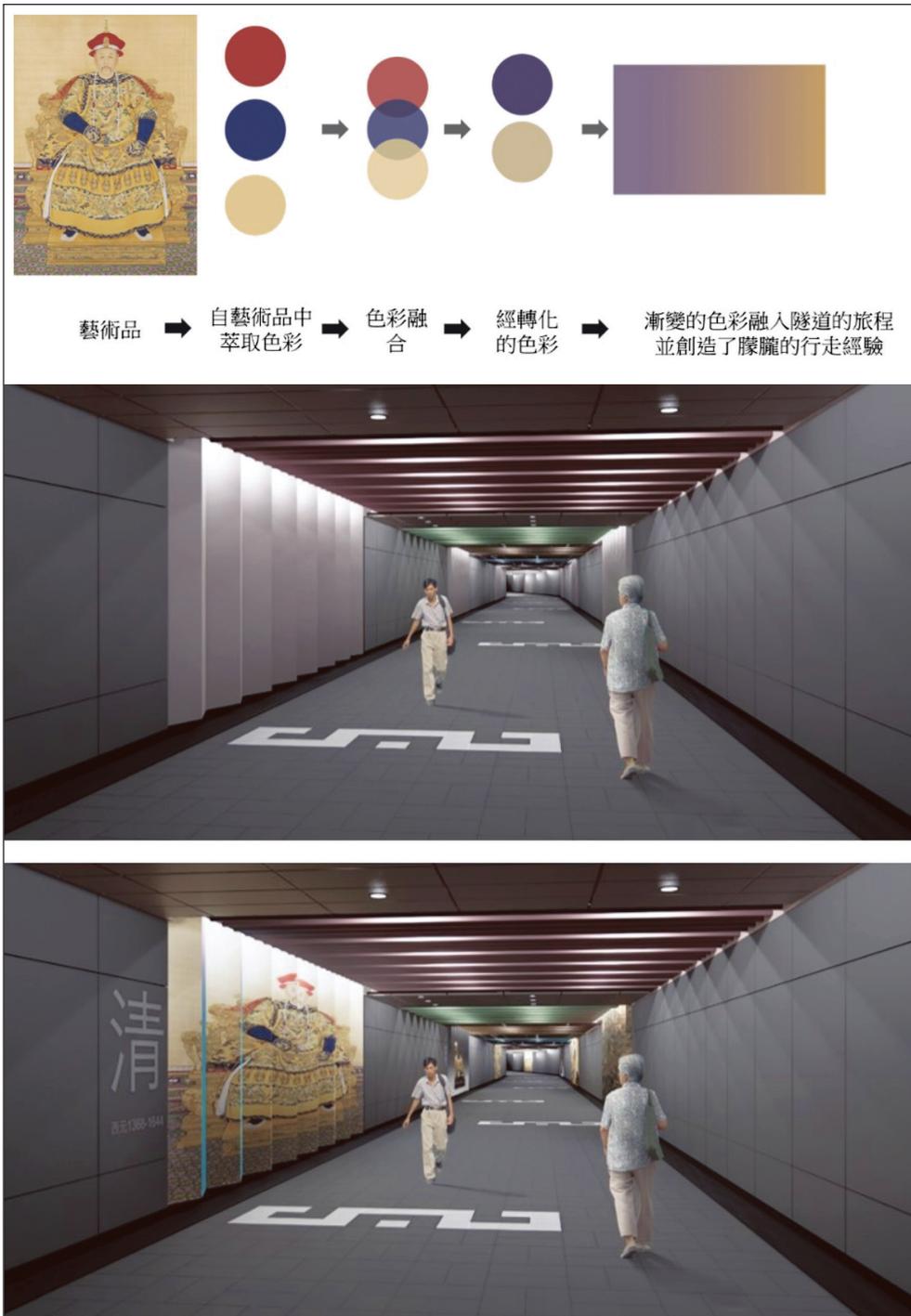


圖 24 Y28 站故宮地下連通道設計



圖 25 人行空間延續規劃

文藝術特色作為設計發想，因此在捷運通用設計的原則下，除了延續統一的視覺美感外，更與周邊環境結合，藉由基地在地特色作為設計元素之一，更加契合都市紋理的風貌方式來建構捷運車站。

捷運站體的建設是城市緩步成長的足跡，在交通愈趨便利的時代裡，捷運設計不僅僅提供功能性，同時在捷運設計美學下，代謝都市整體景觀，並與周邊環境、人文、歷史相互融合。

六、公共工程採用 BIM 國際標準 (ISO 19650) 的挑戰

(一) ISO 標準導入

公共工程導入BIM作為工程執行依據，

各級政府或是各主辦機構均努力擬定可供參考的執行標準，包括交通部105年3月17日函頒「交通部所屬各機關(構)工程建置建築資訊模型(BIM)作業推動原則、交通部高速鐵路工程局鐵道工程BIM作業指引(107年6月)、臺北市府都市發展局主辦建築工程建築資訊建模(BIM)竣工模型屬性資料作業規範等，及國際標準的PAS1192，而2018年CSI公告了BIM執行標準ISO19650-1及ISO19650-2。現階段公共工程的BIM的執行仍依據各級政府所提規範進行，而為讓BIM的執行不僅符合國家標準，導入ISO的國際標準整體檢討執行方式，以利BIM的執行可以符合國際標準。

參考ISO19650-1及ISO19650-2，研擬全生命週期BIM工作目標與應用，計畫導入BIM技術進行細部設計發展與整合，通過參



數化模型整合各種專業的設計資訊，包括車站段、路線段及環境資訊（地中障礙物與主要管線），藉由共同數據環境（CDE），進行3D模型與視覺化的協調工作，使計畫所有人員對各種設計資訊作出正確理解和決策，以提高設計成熟度，提昇設計成果之品質。並將設計階段產出之BIM成果，導入施工階段應用，透過業主資訊需求訪談，研訂施工階段BIM之應用及竣工移交之主要參數定義，將BIM的優點，逐步擴展到捷運建設的全生命週期。

1. PRE-BEP的編寫

為於投標回覆前確認BIM輔助專案執行的動能，並擬定專案進行時的目標與交付團隊的責任矩陣等事項，於投標前所擬定的BIM執行計畫書，係依據ISO19650-2第5.3.2條所述，整理並確認包括交付團隊的交付資訊、聯合策略、責任矩陣、擬定交付資訊產出方式及軟硬體等相關計畫，BIM團隊分別針對專案資訊、資訊交付需求、BIM執行目標、動員計畫、專案實施計畫等內容進行編寫。

(1) 專案資訊

說明專案的基本資訊，以利快速整理專案的基本資訊。

(2) 資訊交付需求

依據一般服務範疇3.13.2節及3.13.4節之規定發展相關內容，以專案需求區分為模型建製、圖面生成、模型整合、協調作業與輔助數量五項。

(3) BIM執行目標

專案BIM執行主要目標、工作項目、里程碑及BIM的作業執行流程。

(4) 動員計畫

依據ISO19650-2第5.3.5條所擬定，主要目的在取得標案前，針對BIM執行所需的人員、工作與溝通環境擬定執行計畫，包括資訊的交換方式與CDE環境的測試工作、IT建置環境、共享資源、技能培訓課程等部份，整體說明在BIM協助專案執行的過程中，資訊的交換方式與環境、資源的共享與人員與培訓。

(5) 專案實施計畫

本專案於備標階段整理BIM導入協助專案執行的實施計畫，以利取得標案後各團隊得以迅速依計畫進行工作推動，計畫主要針對為組織團隊的規劃及責任矩陣、BIM執行作業模式及交付策略三大方向進行計畫，提出包括組織團隊規劃、協力廠商評估、交付策略、交換格式、模型拆分、高階責任矩陣、協同作業模式、設計整合作業及BIM版本管控。

(二) BIM 執行計畫書的編寫

專案起始時所編寫的BIM執行計畫書，主要是依據一般服務範疇第3.13.4條第一項所列之相關內容加以述明，包括服務範圍及工作項目、人員組織、作業軟體及其版本、CDE的執行方式、作業流程及模型發展成果與元件深化、交付時程與進度等範圍。



1. 服務範圍與工作項目

說明專案的基本資訊，以利快速整理專案的基本資訊，並分別說明BIM執行的工作目標、範圍及項目。

2. 計畫及BIM專業人員組織

依一般服務範疇3.13.3規定設置BIM經理、BIM副理、BIM協調人及BIM設計工程師。於計畫書中說明專案BIM執行的組織架構，並說明相關權責，以利專案自BIM設計流程之導入與建置及負責設計整合議題之管理與追蹤等工作的進行。

3. BIM作業標準

為確保及整合各專業間的BIM作業執行標準，分別依據模型架構的拆分、資訊模型檔案命名原則、座標的定義、模型的使用單位、元件的命名原則與分色計畫等訂定及說明標準的設定。

4. 協同作業平台

說明為依據英國PAS1192-2所提出的共通數據平台標準，及對應標準所建立的協同作業平台，並提出配合數據平台所建立的設計整合溝通模式及CDE整體BIM作業的流程。

5. 整合作業與成果交付

為提昇設計品質與效率，透過整合會議管制設計進度、追蹤待辦事項及協調整合主要設計議題，而依照其屬性與介面型態，可區分為：1. 基本參數，2. 外部界面，3. 車站

主體等三大區塊，總共36項關鍵的設計整合議題。並擬定由細設顧問召開之設計整合會議工作程序與作業內容。

6. 整合作業與成果交付

依據一般服務範疇3.13.2節及3.13.4節之規定發展相關內容，以專案需求區分為模型建製、圖面生成、模型整合、協調作業與輔助數量五項，分別針對管理面、商業面及技術面的資訊交付需求分析，並另以章節詳細說明執行的流程與標準。

（三）BIM 執行風險評估

依據ISO19650-2:2018,5.3.6所建議，潛在主要受委任方應根據委任方的交換資訊需求及交付團隊管理風險，建立交付團隊的風險登記。交付團隊就委任方的交換資訊需求、交付里程碑、資訊協議的內容、資訊交付策略、資訊標準及產出的方法和程序、資訊標準的修訂以及動員交付團隊的執行力和資源總量等方向進行風險預估，以利於專案取得後之風險控管。本專案針對交付階段、交付時程、契約內容、交付策略、執行方法及程序及執行能力等項目均提出風險的預估，並分別說明可能遇到的狀況並提出對應的管制措施，並據以整理出相關的風險項目評估表，以利後續BIM協助案執行時的風險控管參考。



(四) 共通數據環境 (CDE) 作業

協同作業模式共通數據環境 (CDE) 定義為「專案的單一資訊源，供參與專案的多專業方有效率地蒐集、管理、區分所有經核可的專案文件與資料」協同作業平台，使團隊各方得以共享資訊，進行高效率的設計整合與協同作業，提昇設計成果的成熟度與正確性。本團隊將依照共通數據環境之建議，配合本計畫設計服務需求，建立協同作業資訊分享的4個步驟與架構，包括：進行中工作 (Work In Progress)、共享/協作 (Shared)、正式送審發佈 (Published) 及階段歸檔 (Archive)。

(五) 檢討與未來發展的方向

1. 設計自動化的整合

導入ISO19650協助BIM執行過程的工作，雖然有效的提高了資訊的傳遞正確性，但在協同會議前的整合與衝突檢查，及後續的上傳與記錄，仍需花費不少人力，所以藉由將ISO19650的資訊整合與發佈的流程與精神，納入工作樣板、設計自動化及標準化工作流程中，以更有效的整合設計成果，並提高工作效能。

2. 各方參與的教育訓練

在專案的進行過程中，不論是協同作業階段的設計檢核，或是設計成果的討論，主辦機關承辦的積極參與，都讓設計的成果可

以提早在進行討論，有利後續設計成果的收斂。而協同作業作為設計整合工作的一環，積極而密切的討論是正常的會議過程，甚至在不同專業間尚未有具體解決方案都是常見的現象，而非僅作為設計已整合完成後的單方面呈現。主辦單位承辦的全力協助，及理解協同作業進行中的困難處將更有利於工程設計協調的討論與設計的推進，所以專案推動前的BIM教育訓練時，可以將協同作業的進行方式與可能的狀況進行說明，將有利於各方瞭解專案執行過程中可能的情況，減少對設計流程的錯誤認知，造成各方的誤會。

3. 工作流程的深化與整合

ISO19650針對BIM專案執行過程中，不論是前期的執行計畫書編寫、中期專案執行中的協同會議作業，或是後期的審查修正及專案成果交付，藉由此次ISO19650認證，BIM中心均分別協助修正執行BIM的標準作業流程。而有鑑於後續專案經常會藉由BIM協助執行，應先檢視標準作業流程與專案執行流程的整合，減少可能產生的不協調或是衝突，以利於專案團隊在執行時的接受度。

雖然ISO19650標準的導入勢必會增加專案執行過程中的工作量，包括專案執行前的委任前BIM執行計畫，或是CDE的運用或是BIM的交付流程與專案執行的規劃，但若能在委任方、被委任方的大力參與，讓BIM得以真正協助設計工作進行，提高設計的成

熟度，更有效率的創造出高品質的成果，將可讓BIM的優點，逐步擴展到建設的全生命週期。

七、結論

本文首先論述關於大地不確定性帶來的挑戰，Y28至Y29之地下隧道將穿越文間山，其中連絡通道CP28-2位於崁腳斷層帶附近，岩盤破碎夾斷層泥導致開環施作連絡通道風險提高，故工程契約將連絡通道位置保留彈性，由地質調查、前進探查判讀結果，綜合潛盾機鑽掘回饋參數，提出最終CP28-2施作位置，以降低CP28-2的工程風險，而Y2A站先期汙水管工程位於黏土/粉質砂土與卵礫石層交界之複合地層，當推管刀盤進入不適合地層導致功率下降則拖出進行改裝後再進行鑽掘，最終成功完成推管段工程，故當廠商遭遇大地不確定性之挑戰時，若能擁有部分施工彈性則更能克服工程困難。

捷運站體設計的挑戰在於如何配合基地在地特色展現捷運美學與空間限制的配置邏輯，Y1A站車站用地範圍長度不足100公尺，天生不利的空間限制使車站設計充滿挑戰，設計單位藉由將穿堂層從原先的地下空間移至地面，以使地下有更多的空間可容納機房，並簡化機房設施，最終完成長度僅94.1公尺的最短車站設計創舉，而Y28站使車站與故宮特色結合，大膽將車站牆面作為故宮展廳的延伸，讓進入捷運站的旅客如同走入

文物中的山水，進而連結至故宮精彩的文物世界，故車站設計除了達到功能性完善外，亦須做到代謝都市整體景觀，與周邊環境、人文、歷史相互融合。

公共工程導入BIM作為工程執行依據已是國際趨勢，各級政府或是各主辦機構均努力擬定可供參考的執行標準，而為讓BIM的執行不僅符合國家標準，導入ISO的國際標準整體檢討執行方式使BIM作業在國際標準下的執行乃一大挑戰，藉由CDE，參與專案的多專業方能有效率地蒐集、管理、區分所有經核可的專案文件與資料，使專案不協調及衝突減少，增加專案團隊在執行時的接受度，提高設計的成熟度，更有效率的創造出高品質的成果，將可讓BIM的優點，逐步擴展到工程的全生命週期，達到資訊交付循環的目標。

參考文獻

1. 台灣世曦工程顧問股份有限公司，「環狀線南環段及北環段工程細部設計精進作為」，捷運年刊（2020年），第9~25頁，2021年7月。
2. 台灣世曦工程顧問股份有限公司，環狀線南環段汙水管遷移先期工程設計階段施工風險評估，2021年2月。
3. 黃鑑水、李錦發、劉桓吉，「臺灣北部崁腳斷層之地質調查與探勘」，經濟部中央地質調查所彙刊，第七號，第23~42頁，1991年12月。