

經濟部水利署施工規範

第 02414 章

潛盾工法隧道開挖

112 年 10 月 27 日經水工字第 11205290950 號函頒

1. 通則

潛盾工法係以盾殼 (Shield) 抵擋地下土壓及水壓作用之潛盾機進行以土質隧道為主之隧道開挖工法。施工時以機身後方之推進千斤頂 (Shield Jack) 將機身向開挖面推進，同時以機身前方之切刀轉盤 (Cutter Head) 進行地層之開挖，並以輸送帶、螺旋輸送機 (Screw Conveyor) 或流體輸送方式，將開挖土碴運至土碴鋼車送出隧道或直接以管線壓送至地面；於完成一單元長度之開挖後，隨即在盾尾 (Tail) 以環片組裝機進行襯砌環片 (Segment) 之組裝，俟後自環片內將潛盾開挖與環片外緣間之縫隙背填灌漿，以完成一單元長度隧道之施工。持續進行開挖、推進、環片組立、背填灌漿等循環作業而依序完成隧道之施工。降低隧道開挖對地層擾動，同時確保施工作業之安全。

潛盾施工作業包括工作井、隧道開挖及支撐操作管理 (含潛盾機內及地層之土壓、水壓監測，切刀轉盤轉速及扭力、推進千斤頂推力及推進速度、單位時間出土量、潛盾機推進方向及姿態等監控)、鄰近構造物保護及地層穩定處理措施 (隧道灌漿、地下水處理)、隧道支撐管體、地層變位、地面沉陷及鄰房傾斜等相關監測等。

1.1 本章概要

說明各種型式潛盾工法開挖使用之潛盾機及相關機械設備、材料、潛盾機操作及開挖管理、輔助工法、檢驗及試驗等相關規定。

1.2 工作範圍

- 1.2.1 潛盾施工之前置作業為施築「工作井」，以作為自地面進入地下施工之通路。並於工作井附近地面設置「施工基地」裝設起重機具、出碴設備、背填灌漿機具設備、環片堆置及黏貼止水帶等作業場地、材料儲存場、電力及施工用水、壓縮空氣等供應設備、隧道通風設備、機具設備維修及其他相關之設備、設施等，以使潛盾施工相關之各項作業得以順利進行。
- 1.2.2 潛盾機必須在維持開挖面穩定之前提下進行隧道開挖。廠商應依據隧道沿線地質構造狀況、覆土深度、地上及地下構造物及管線分佈情形等工址現況，配合潛盾機型式及排土機械構造特性等綜合檢討維持開挖面地層穩定之方法。對較軟弱或構造特殊之地層、覆土過淺、穿越大型排水涵或河川（海洋）底部、既有構造物或管線下方等特殊困難施工地段，尤應詳予檢討施工方式。謹慎控制潛盾開挖、推進（包括推力、推進速度、切刀轉盤扭力、開挖面土壓、水壓或泥水壓力等），配合於開挖面注入泥漿（水）、固結及（或）止水灌漿、抽排水、冰凍等輔助工法以提高地層之穩定性，並採嚴密之監測工作以維持地層穩定並確保該等構造物、管線設施等安全原則下，順利進行潛盾隧道施工。
- 1.2.3 廠商應妥擬潛盾施工管理及相關之地層穩定措施計畫，以防止施工過程擾動鄰近地層致引發地面沈陷事故，施工過程應監測地面及地層內之變位狀況以掌握異狀（如潛盾開挖影響範圍內建築物、構造物、地下管線及埋設物等），而為必要之因應處置。
- 1.2.4 廠商於潛盾推進期間應監測前方地層並偵測及障礙物之狀況，配合測量資料，操控潛盾機之開挖及推進施工。採用適當之切刀轉盤扭力（Torque of Cutterhead）、排土速率（如螺旋輸送機 RPM of Screw-Conveyor 或送排泥泵壓力及流量等）、推進速度（Jack Speed）、推力（Thrust Force）、千斤頂衝程（Stroke of Jack）、潛盾機行進姿態控制（含前行方向之仰俯 Pitching、水平方向之左右偏位 Yawing、圓周方向之滾轉 Rolling）等潛盾開挖操作與控制技術，以維持地層之穩定、避免損及鄰近構造物及管線、維護環境生態下，開挖出正確之隧道線形並支撐堅固，以確保施

工品質。

- 1.2.5 廠商應依據設計圖說及工地現況調查成果檢討評估施工計畫之安全性並擬定「緊急應變計畫」，以為發生事故時之處理依據。潛盾發進及到達，穿越排水涵渠、河海、重要構造物及水、電、瓦斯等管線下方等特殊困難施工狀況應詳擬對策，於作業前備妥足夠之機具設備及材料，並依預先擬妥之處理程序進行緊急應變作業演練，使作業人員熟悉，減低災害之損失。
- 1.2.6 施工紀錄及攝影－廠商於施工過程應隨時紀錄出工人數、機具、掘進、出土量、環片組裝、背填灌漿及監測等相關作業程序、完成數量、工作時間等彙整作成施工紀錄，並應佐以實況照片，重要之施工作业並應製成動態之施工影片，以完整記載施工經過。各項施工紀錄文件應備製成電子檔案，以利運用及保存。
- 1.2.7 潛盾機進行開挖及推進時，須配合地盤條件適當調整推進千斤頂之推進速度、衝程、配置、總推力等，以利開挖面及周邊地層之穩定，並控制推進之路徑。
- 1.2.8 廠商應事先參酌設計圖說所列鄰近建築物、構造物之分佈位置及其結構形式等資料，並實際至現場勘查瞭解其現況作成紀錄，據以編訂監測、保護等計畫。
- 1.2.9 廠商應事先參酌契約圖說之地下埋設物及管線資料，並自行洽相關主管單位進一步確認施工範圍附近之地下埋設物及管線分佈情形及其使用現況，並施行必要之補充調查確認之，據以研擬其監測、保護、緊急應變計畫，並應於潛盾施工計畫中妥予因應。
- 1.2.10 廠商應事先針對施工範圍附近之重要構造物妥擬保護計畫，以防止施工過程損及該等構造物。
- 1.2.11 廠商應事先了解本工程實施期間於潛盾施工範圍附近可能進行之其他工程實施（含預定）狀況，儘可能事先擬妥因應計畫。
- 1.2.12 廠商應事先參酌契約圖說之地質資料，並自行蒐集工區鄰近範圍相關之地質資料詳予研判，以適度掌握地質構造狀況，必要時應實施補充地質

調查。廠商如認為有必要實施補充調查者，應提送補充調查計畫列註調查項目、方法、數量等報經機關核定後辦理，所需費用依據契約相關規定辦理。

1.2.13 為使潛盾機順利施工通過軟弱或特殊地層應實施「地層穩定輔助工法」以提高地層之強度及（或）止水性，採用範圍包括：

- (1) 提高開挖面之穩定。
- (2) 地下管線、埋設物、鄰近建築物之基礎等之保護。
- (3) 潛盾隧道上方覆土厚度不足處之加強。
- (4) 潛盾隧道通過既有構造物下方時之保護。
- (5) 潛盾隧道通過溝渠、河海、湖泊下方時之保護。
- (6) 鄰近既有管（隧）道之保護。
- (7) 其它於施工過程中或完工後需增加地層強度、止水性之處所等。

1.2.14 施工範圍附近可能存在古蹟或文化資產時，廠商應依相關法規規定提送審查文件，俟主管機關審核同意後，再辦理後續事宜。該文件內容至少應包括：挖掘出土、監看、結構加強、維護措施、潛盾作業之配合等，並應依文化資產保存法相關規定撰寫。如未能事先預知而於潛盾施工過程出現可能為古蹟或文化資產之徵兆時，應立即停止施工並通知監造單位，以便邀集相關單位會勘確認，並會商保護作業計畫。

1.2.15 潛盾施工過程隨開挖出露之地下貴重埋藏物應立即呈報監造單位依法轉報主管機關鑑定處理。

1.2.16 廠商應派遣足量具完整經驗之施工人員以適當之編組執行本工程，各主要人員之權責劃分及施工管理組織之系統應明定並製成組織圖。主要人員進場前應將工作經歷製成履歷表報經監造單位核可後辦理。施工期間如發覺有虛列或能力不足、協調不良等無法勝任原列職務經監造單位通知改正者，廠商應即作必要之調整、更替。

1.3 相關章節

1.3.1 第 02251 章--地下構造物保護灌漿

- 1.3.2 第 02252 章--公共管線系統之保護
- 1.3.3 第 02253 章--建築物及構造物之保護
- 1.3.4 第 02256 章--臨時擋土支撐系統
- 1.3.5 第 02260 章—開挖支撐及保護
- 1.3.6 第 02341 章—地盤灌漿處理
- 1.3.7 第 02427 章--隧道襯砌環片
- 1.3.8 第 02344 章--鑽孔及灌漿
- 1.3.9 第 02495 章--監測儀器
- 1.3.10 第 02620 章--地下排水
- 1.3.11 水利署施工規範第 03150 章—混凝土附屬品

1.4 相關準則

1.4.1 中國民國國家標準(CNS)

- (1) CNS 61 卜特蘭水泥
- (2) CNS 1010 水硬性水泥壘料抗壓強度檢驗法(用 50mm 立方體試體)
- (3) CNS 2238 矽酸鈉
- (4) CNS 2535 泡沫聚苯乙烯隔熱材料
- (5) CNS 9892 隔振橡膠材料

1.4.2 美國銲接工程協會(AWS)

- (1) AWS D1.1 結構鋼銲接規範

1.4.3 英國標準協會 (BSI)

- (1) BS 4066 電纜之滯焰性試驗

1.4.4 美國石油協會 (API)

- (1) A. P. I. Spec13-A Sec. 4 皂土性質規定

1.5 定義

- 1.5.1 潛盾機(Shield Machine):採用一鋼製與設計斷面相符之盾殼(Shield)以抵擋地層內土壓、水壓作用，前端裝設開挖機構如切刀轉盤(Cutter

Head) 以行旋切開挖，並以所裝設推進千斤頂 (Shield Jack) 以將機身向開挖面推進，盾尾 (Tail) 裝設環片組裝機 (Erector) 用以架設隧道支撐環片，用於確保土質隧道之施工得在安全保護設備下進行機械之開挖及支撐作業。

- 1.5.2 襯砌環片 (Segment) : 以預鑄鋼筋混凝土、鋼板、鑄鐵(Ductile)等材料製作成標準規格化之單元構件，於潛盾機盾尾組裝成一圓環管體作為隧道支撐。
- 1.5.3 同步背填灌漿：潛盾隧道鑽掘時，潛盾機盾殼前進中同時由潛盾機主體盾尾側安裝之背填灌漿管，以灌漿材料立即填滿盾殼於預鑄環片外所留下之空隙。
- 1.5.4 半同步背填灌漿(或稱即時背填灌漿)：潛盾隧道鑽掘時，潛盾機盾殼前進至下一環灌漿孔脫離潛盾機盾尾封刷後(約半環)，配合潛盾機推進自動由該環之灌漿孔以灌漿機執行背填灌漿。
- 1.5.5 地層穩定輔助工法: 為確保潛盾施工之順利進行、維持地下管線及鄰近建築物構造物之安全，而於潛盾開挖前、開挖過程、支撐隧道之環片組裝後等時機對地層施作固結灌漿、止水灌漿、阻隔牆 (Curtain Wall)、抽排水、凍結等施工措施，以提高地層之支承強度及止水性、加強隧道支撐強度。

1.6 系統設計要求

潛盾開挖施工系統必須能充分適應工址現況作業條件，在盡量減低對地面交通、鄰近構造物、地下管線等之影響原則下順利地於契約規定工期內完成隧道施工為原則。使用之開挖機具、設備及配合之施工作業系統須能充分互相配合而發揮最佳之施工成效。

1.6.1 潛盾開挖控制系統

為確保潛盾施工過程地層之穩定，完成開挖、出渣作業、推進需設置開挖面土壓、水壓偵測設備以測定開挖過程地層狀況；另設置潛盾切刃轉盤之扭力、千斤頂之推力及衝程、出土速度 (螺旋輸送機轉數或泥水輸

送速度等)、土倉內之土壓或泥水壓等之檢(偵)測設備,以掌握機械開挖狀況,以確保在平順運轉下順暢地進行開挖作業。

1.6.2 地面監測及保護系統

為掌握潛盾開挖施工過程地層之變化情形應設置地面高程、地層中變位(傾斜)等測定儀器及設備,並配合加強背填灌漿、地層固結灌漿、阻隔灌漿等措施以確保地層及鄰近構造物之穩定與安全。

1.6.3 系統整合

為使潛盾開挖作業得以順利地進行,應將潛盾機開挖、推進、支撐等設備運作狀況及地層變位、土壓、水壓等監測儀器予以連結並做系統之整合,以為施工管理之依據。

1.7 資料送審

廠商應於施工前 60 天依據設計圖說、地質調查成果及附近之地形、道路、建築物、地下管線、埋設物等工址現況環境等施工條件綜合檢討後擬定「分項施工計畫」經機關核定後據以執行。施工計畫之內容應包括但不限於以下項目:

- (1) 工程概要。
- (2) 潛盾機規格。
- (3) 輔助工法之運用。
- (4) 工作井之設置。
- (5) 臨時及假設設備之設置。
- (6) 潛盾初期掘進作業計畫。
- (7) 潛盾正式掘進作業計畫。
- (8) 施工進度網圖。
- (9) 施工品質管理計畫。
- (10) 職業安全衛生計畫。
- (11) 環境保護計畫。
- (12) 測量計畫。

(13) 地盤改良及鄰近建築物保護計畫等。

1.7.1 潛盾隧道開挖計畫

廠商應於施工前[60天][]提交潛盾隧道開挖計畫書送經監造單位審核，其內容包括：

- (1) 潛盾隧道開挖支撐作業內容及施工流程。
- (2) 擬採用之潛盾機及相關設備之完整規格及數量。
- (3) 潛盾機之組立、拆除、迴轉或棄殼之作業方式。
- (4) 起重吊掛作業機具設備、運輸系統、開挖土渣運送設備等規格及配置。
- (5) 隧道通風、排水、照明設備之設置。
- (6) 潛盾機開挖作業程序及管理方式（包括：推進、切削、排土等作業之機械操作、調整、運作狀況之監控及紀錄，以確保開挖面地層穩定）
- (7) 隧道支撐系統，包括襯砌環片之設計及組裝精確度控制、背填灌漿材料（含配比）及灌漿設備與灌注管理。
- (8) 採用之地層穩定輔助工法及其需用機具設備細節、施工管理要點等。
- (9) 潛盾開挖隧道之方向測定、調整校正等方法。
- (10) 隧道開挖出渣之處理程序（包括：坑內運輸方式、土渣運送方式、棄渣計畫等）。
- (11) 其他相關計畫。

1.7.2 施工製造圖（Shop Drawings）

廠商應於施工前[60天][]，提交所使用之機具設備詳細之施工製造圖、組裝及測試細節、使用材料規格、製造設備等，提請監造單位認可後據以施工。

1.7.3 工作圖

廠商應於施工前 [60 天][]，提交詳細之施工技術資料、工作圖、安裝細節、所用材料及施工設備，提請監造單位認可後據以施

工。

1.7.4 廠商資料

廠商應於施工前 [60 天][]，提送專業分包廠商、主要材料供應廠商、機械製造或提供廠商等詳細資料，提請監造單位認可後據以施工。

1.7.5 材料應提送樣品[2份][]。

1.7.6 修正計畫

潛盾開挖完成隧道線形偏移或管體滲漏、地層下陷或結構體變形超過規範之容許值時，須實施擴挖修改、襯砌修補、地層加固等修改變更作業。廠商應於修改變更施工前提送修正計畫書供監造單位認可後辦理。

1.8 運送、儲存及處理

各種潛盾施工機具設備、材料之裝卸、運送及放置應注意安全及避免受到撞擊，尤其是灌漿材料應儲存於乾燥無影響材料性質之適當位置。

1.9 現場環境

潛盾隧道係應用於軟弱且具崩塌性地層之隧道開挖，施工時應特別注意開挖面崩塌、地下水滲湧、地下管線及埋設物之防護、地面沈陷及鄰近建築物之防護、施工車輛進出工作場所之安全防護、振動與噪音之防治及對環境之影響等。

1.10 工作順序及進度

潛盾隧道施工之工作順序依序如下，廠商可依採用工法配合調整：

- (1) 潛盾施工機具設備訂製。
- (2) 工作井施工及出發段等必要之地盤改良。
- (3) 潛盾機進場組裝。
- (4) 潛盾發進設備及相關作業(含發進台、反力座、止水封圈、臨時環片等)。
- (5) 潛盾推進。

- (6) 潛盾到達作業（含到達段地盤改良、潛盾機及相關設備之拆除、移除等）。

2. 產品

2.1 功能

潛盾隧道開挖施工所使用之機具設備、材料、設施應能適應地下作業場所之土壓、水壓等作業環境特性，並確保作業期間安全順利進行，所完成之隧道及相關設施均能達到設計功能及標準。

2.2 材料

潛盾隧道及相關工程設施使用之材料應具足夠之強度以承受地下土壓及水壓之作用，其連接組件之鐵件、止水帶等除應具適當之強度以承受土壓、水壓之荷重外，且應足以承受潛盾機推進及吊運等施工荷重，並應具適當之耐蝕性、耐久性等。

2.2.1 開挖使用之材料

潛盾隧道開挖施工為確保開挖面地層之穩定及（或）順利地排出開挖土碴須使用皂土（Bentonite）或黏土等材料拌和成穩定液或泥漿，以對開挖面地層加壓或調整開挖土碴之含泥量，提高開挖面地層之穩定性及土碴之順利排除。廠商所使用之穩定開挖材料須為不具污染性者，於施工前將使用之材料種類、性質等資料及使用後之處理計畫於施工前[60天][]，提送監造單位認可後方可使用。

2.2.2 潛盾發進台、反力座、到達台及其他用以支撐潛盾發進、到達、轉向、連接構造、隧道擴挖所需加強支撐之材料規格應符合相關規定。

2.2.3 出發工作井發進口若採止水封圈（Entrance-Packing）所使用之材料應符合高張力鋼板及高拉力之橡膠規格。

2.2.4 地盤處理及沉陷控制暨建物保護之灌漿應依第 02253 章及第 02341 章之規定辦理。

2.2.5 隧道背填灌漿

- (1) 水泥：應符合 CNS 61 第 I 型或 CNS 15286 IS<70 之規定。
- (2) 砂：細度模數應由 1.40 至 2.10。
- (3) 皂土：符合 API 13A 之規定。
- (4) 矽酸鈉(水玻璃)溶液：符合 CNS 2238，#3。
- (5). 漿液之配比應達到下述要求：
 - A. 依 CNS 1010 之方法試驗，1 小時之最小抗壓強度應不低於 0.1kgf/cm^2 ，24 小時之最小抗壓強度應不低於 2kgf/cm^2 。
 - B. 漿液應為乳脂狀，具流動性之稠度，且在規定的最大灌漿壓力下不會產生浮水及粒料分離現象。

2.2.6 預鑄混凝土襯砌環片及鋼環片之材料

依照第 02427 章「隧道襯砌環片」等混凝土、鋼筋、鋼結構之規定。

2.2.7 混凝土附件

- (1) 止水帶、成型填縫料、人造橡膠襯墊、環形人造橡膠條其他混凝土附件依第 03150 章規定辦理。
- (2) 膨脹性聚苯乙烯(伸縮性聚乙烯)聚合物：CNS 2535，B-2b 類。
- (3) 彈性支承墊：CNS 9892，D10 至 D14 或 ASTM D4014 之橡膠材料。

2.2.8 軌道排水材料：符合第 02620 章中各項適用規定。

2.2.9 潛盾隧道開挖修改變更作業所需使用之材料分別依契約所定各相關材料之規格規定辦理，如有使用契約規定以外之材料時其規格應先報經機關核可後辦理。

2.3 零件及附件

潛盾機及所有潛盾開挖施工所需使用之各類機具、設備均需備妥足量之零(組)件及附件，以備磨耗、損壞、性能降低等狀況出現時換修之用。重要零(組)件必須訂定使用時數管制，於到達預定使用時數時不論有否損壞均應更換以確保機具、設備之正常功能。廠商必須於施工計畫中詳細列出各種零件及附件使用管制及備品數量管制清單。

2.4 設備

潛盾隧道之機具設備須能承受地下土壓、水壓之作用，並應足以承受潛盾機推進等施工荷重，且具適當之耐蝕性、耐久性。

2.4.1 潛盾機

- (1) 「潛盾機」需具有一完整之鋼製「盾殼 (Shield)」將機身全體包覆，其內裝設開挖、出渣、支撐等作業機械設備。
- (2) 契約文件所示之潛盾施工方法及機械設備類型僅供參考，廠商應視實際地質環境再自行評估檢討確定採用之潛盾機械型式、規格及工法等（含地盤穩定輔助工法）。廠商如擬採用與契約標示不同之潛盾機型式及其配合工法時，應詳予檢討比較後，檢附評估報告（含擬變更之施工計畫書及相關之工作圖說）提送監造單位認可後辦理，經核准後廠商仍應負契約原賦予相當之責任。
- (3) 潛盾施工使用之機械設備需能承受於地下鑽掘過程外周地層之土壓及地下水壓等之作用，並具適當之防蝕性及耐久性，以確保機械設備之操作過程作業場所之安全、環境品質符合施工規範、職業安全、環境保護等相關法令規定之要求。
- (4) 潛盾機規格應包括但不限於以下項目：設計基本構想、潛盾機型式，開挖面穩定構造、切削構造（包括：切刃轉盤之型式、切刃型式、主軸承構造型式、轉動與潤滑系統等）、排土設備之構造、推進系統、動力系統（包括：總裝備動力、切削頭轉動動力系統、推進動力系統、冷卻系統、附屬設備之動力單元等）、方向測定及調整設備、環片組立及真圓保持裝置、背填灌漿設備、操作設備（含機具運轉狀況自動檢測及警示系統）、通風排水照明系統、作業環境測定及警告設備（如：有害氣體偵測）等。
- (5) 盾尾之裝置應能夠使潛盾機向前推進時將環片安裝完成並推出盾尾。盾尾至少應有三環止水封圈以抵擋水壓力使不致滲漏，且必要時應可換修。
- (6) 潛盾機之設計需配合隧道之線形，曲率半徑小於 200 公尺且鄰近建

築物或其他特殊需求時應採用中折式機體，以減少超挖。

- (7) 鏡面處採纖維強化補強筋混凝土施作時，潛盾機設備應具備直接切削所有以纖維強化補強筋施作之鏡面壁或磨耗後於機內安全更換切刃之功能。
- (8) 潛盾機製造前應將設計圖說、相關之計算書、製造計畫（含時程控制）等送監造單位備查；機具進場使用前並應檢送操作手冊等使用文件送監造單位備查。

2.4.2 泥水、加泥處理設備

泥水加壓式潛盾機需配合設置泥水處理設備，為抑制地層之土壓、水壓作用影響開挖面之安定，包括：拌和設備、泥水儲存及輸送設備、土渣篩離設備、土渣輸送及積存設備等。

土壓平衡加泥式潛盾機則應設置泥漿拌和設備、儲存及輸送設備等以應於開挖地層含泥量較低影響排土效率及地層穩定時使用。

有關泥水（漿）處理設備之設置計畫，應於施工前 3 個月報經監造單位核可後設置，並應於正式使用前實施是運轉檢測合格後使得啟用。包括機具設備規格、數量、裝設位置、管線佈設等及標準作業程序、製程管理等。

2.4.3 隧道內運輸設備

潛盾隧道內之材料、設備運輸多採用軌道式機具設備，其設備組成包括軌道、軌枕、轉轍器及岔道、行車管制號誌、機車頭（電動、柴油）及充電設備、土渣車、平台車、人員乘載車等。

施工前廠商應將隧道運輸設備之設置計畫及操作管理計畫（含隧道內更換車道、人員通行步道及避難設施之設置等）報經監造單位核准後設置。

2.4.4 隧道通風、排水、照明、冷卻系統

施工期間隧道內必須設置通風、排水、照明、冷卻系統，以確保施工場所環境之安全衛生，廠商應於施工前將通風機、冷卻設備、抽水泵、照明燈具之規格，組裝設置及管線之配置、控制設備等編成設置計畫報經監造單位核可後設置。

2.4.5 地面起重及運輸機具

施工設備、材料自地面吊入地下隧道內所需使用之起重、吊升機具之設置以門型吊車 (Gantry Crane) 為原則，廠商應詳細分析其荷重、計算其強度以設計門型架之結構，採用之捲揚機規格、訂定操作及維修之作業標準等，編訂設置計畫書於施工前報經監造單位核可後設置。

2.4.6 出碴設備

隧道開挖之土碴應於工作井底部設置集土坑，土碴抓斗、土碴漏斗等出碴設備，或以門型吊車將土碴鋼車調至地面傾倒於集土坑或土碴漏斗。採用流體輸送者，應設置土砂篩分設備，將分離出之土砂至於集土坑並設置廢泥水存放設備。相關機具規格、機械固定結構等應詳予設計，編訂成計畫於施工前報經監造單位核可後設置。

2.4.7 背填灌漿設備

潛盾開挖組裝環片後需將環片外緣與開挖地層間之間隙以水泥 (砂) 漿填灌，灌漿材料之拌和機具一般配置於地面上，再以輸送泵及管線送入隧道內施灌，較大斷面之隧道則可於潛盾機後續設備上裝設，灌漿壓力保持在 $2\sim 3\text{kg/cm}^2$ 為原則。

2.5 備品

為維持潛盾施工之順利進行，廠商宜備妥主要施工機具設備之備品如下，以確保可及時更換，惟實際品項及數量依監造單位要求為準。

(1) 潛盾機之主要零組件—包括：

- A. 切刃、輪式削刀 (Cutter Bit、Roller Disc)。
- B. 切刃轉盤驅動馬達。
- C. 推進千斤頂。
- D. 液壓馬達。
- E. 電力、液壓系統必要之元件。
- F. 操作控制單元。
- G. 管閥、纜線、管件。

H. 盾尾止水封圈等。

(2) 潛盾開挖排土設備—包括：

A. 泥水輸送泵及輸送管。

B. 螺旋輸送機馬達。

C. 泥水分離設備等。

(3) 其他必要之零組件。

2.6 廠商於施工過程所使用之施工方法、機具設備、材料等如涉有專利事項，應事先與該專利權所有人妥為協議，獲得書面同意後方可使用，其一切費用及相關責任均應由廠商自行負擔。

3. 施工

潛盾隧道開挖施工包括工作井設置、地盤改良作業、發進作業、潛盾掘進作業、到達作業、附屬及相關作業等。

3.1 基地配置與其他相關設施

潛盾施工基地須設置起重機具、土碴運輸機具、灌漿機具、水電供應設備等相關之機具設備，並應設置材料存放設施及必要之其他相關設施。須依基地之地形、場地面積、鄰接之交通設施等妥適配置。

3.1.1 基地配置

- (1) 施工各項必要設備須依基地之條件詳加計畫，作最適切之配置。
- (2) 基地配置須考量緊急事故、急難救護之通道，工作井內須設置安全專用逃生梯。
- (3) 臨時設備係指考慮施工作業而設置之開口及結構，其位置有大的變更或結構之補強等，須向監造單位報告。
- (4) 設備裝設有損及隧道主體構造之虞時，廠商須事先提出說明其影響並採行適當之防護措施。

- (5) 施工作業所需之基地除明定於契約內由監造單位提供之範圍由監造單位負責辦理所須必要手續，廠商應負責其地上、下物之清理。廠商如需改變或增加使用範圍應自行協調相關主管單位或土地所有權人，完成必要之程序。

3.1.2 出發與到達。

- (1) 「出發工作井」內應依隧道之設計線形及潛盾機之尺度、重量、推力等檢討設置「發進台」及「反力座」，以精確設定潛盾機發進之方向及承受推進力。
- (2) 「發進台」應以高強度、不易變形之材料（一般採用鋼材）製作、組裝，以承受潛盾機之重量，並於潛盾機推進時不產生變形以維持潛盾施工方向之準確性。
- (3) 「反力座」為承受潛盾機千斤頂推力之結構，應考量潛盾機自工作井進入地層時所承受之負荷包括：開挖面之土壓、水壓，盾殼外周之摩擦力、調整修正推進方向時之側向推移力及其他可能之額外負荷，詳予計算分析其荷重、應力，並應檢討受力後之變形量，妥為設計，以提供足夠之推進反力及維持適正之推進方向。另應將與工作井擋土壁間填塞密實，以將作用力均勻地傳遞至地層。
- (4) 潛盾開挖範圍灌漿計畫
出發段、到達段或涉及沿線建物、地下管線及埋設物、覆蓋層不足、過河段等需地盤改良作業採用化學灌漿或水泥漿液體之高壓噴射灌漿者，應依據地質調查結果配合潛盾機之尺度等施工需要妥予計畫，灌漿計畫於施工前報經監造單位核可後設置，其內容應包括：
 - A. 灌漿範圍：廠商應依據設計圖說所標示之尺度實施灌漿，如設計圖說未標示應參酌下列建議值配合擬採用之灌漿工法進行詳細之分析計算與設計之：
 - a. 寬度：於潛盾機盾殼外緣左右各加 $1/2$ 潛盾機直徑。
 - b. 高度：於機頂向上加 $1/2$ 潛盾機直徑，底部向下延伸 $1/3$ 潛盾機直徑。

- c. 長度：出發段至少應為潛盾機長度之 1.5 倍；到達段至少為潛盾機長度加 2 環片長。
 - B. 機具設備組成：鑽孔機、拌和機、灌漿泵。
 - C. 灌漿管之選用。
 - D. 孔位佈設圖。
 - E. 灌注率及灌注量。
 - F. 灌漿壓力。
 - G. 灌漿升孔節距 (Step-Length) 及每節灌漿量。
 - H. 灌漿材料之選用、配比、複合型灌漿之配置。
 - I. 監測及紀錄：壓力計、流量計配置。
 - J. 灌漿作業品質管制。
- (5) 潛盾發進作業極易發生異常沈降、異常出水等災害，應預先妥擬「緊急應變計畫」備妥搶救用機械、材料，訂定緊急處理程序並施予演習，使作業人員得於發生事故時，井然因應。

3.1.3 潛盾機推進相關作業規定

- (1) 在開始組立時將潛盾機架設於發進台上，確實對正準線及坡度以便於環片之安裝。在所有相關準備工作都完成後才開始推進。且施於開挖面之壓力不得使開挖面前端土壤隆起。
- (2) 在潛盾機推進中，開挖面應有足夠支撐，除了潛盾機推進所挖掘取代之土壤外，應避免其餘部份土壤之移動。
- (3) 使用恰當的支撐及施工方法有效地控制開挖面。諸如土壓平衡式、泥水加壓式等工法，來維持開挖面穩定。
- (4) 停機期間，應以監造單位認可之可靠方法支撐開挖面或灌漿地盤處理以防止潛盾機下陷。
- (5) 隧道開挖工作影響範圍及於結構物之基礎時，除非事先取得監造單位之同意，否則隧道開挖工作不得間斷。
- (6) 潛盾機推進之前，廠商應測量現有之障礙物，諸如水位觀測井之鋼套管或廢棄之水井及其他物件，此等障礙物應於隧道開挖達到之前予

以拆除。

- (7) 潛盾機穿越民房下方時應視需要進行灌漿保護作業、盾首開挖面壓力之施工管理及建物沉陷之控制，且原則上每天前進速度不得大於 8 環，廠商得依其潛盾機之性能及初期掘進之狀況，提出其合理之掘進速度，提請監造單位審核。
- (8) 在曲線段潛盾機應保持穩定速度前進，切忌激烈增減推進速度而導致蛇行。監視開挖面排土、土倉壓力、千斤頂的衝程差、前進方向角等，若有異狀即應停止前進，找尋原因並採取適當對策改善。

3.1.4 襯砌環片之安裝

- (1) 安裝時不可損及環片、墊圈及塗層，於曲線段使用異形環片。
- (2) 環片間之所有交接面應於組裝前徹底清理乾淨並檢查止水墊片，若有損害應即修復或替換新品以避免影響正常承載力及水密性。
- (3) 環片應隨開挖工作之進行，組裝於正確位置，每一螺栓應確實依照結構接點之規範旋緊螺栓，潛盾機每推進一輪進後檢查最後兩環節螺栓之張力，並重新鎖緊，必要時須替換不合規定之螺栓。螺栓旋緊時，凸緣表面應密接。
- (4) 螺栓處如發生滲漏現象，應即抽換該處螺栓止水墊圈並重新鎖緊。
- (5) 相鄰環片之縱向接縫應交錯排列，若有特殊狀況應經監造單位同意。
- (6) 當螺栓接頭檢查通過後，清理凹槽以便進行填縫作業。
- (7) 以契約圖示止水條材料填塞入預鑄混凝土環片塞縫中，使其完全填滿凹槽以形成連續之止水接縫。

3.2 安裝

潛盾機及附屬設備之進場安裝及施工設施之安裝作業應預先擬定運輸、組裝、試運轉計畫報經監造單位核可後辦理。

3.2.1 搬運及組裝

潛盾機應解體並分割成適合搬運之尺度及形狀，並考量搬運中之應變與

損傷，事先加以適當補強及保護。

- (1) 廠商應提送潛盾機搬運及組裝計畫，經監造單位核可後實施。搬運及組裝計畫內容包括：
 - A. 搬運時期、路線及方法。
 - B. 交通維持計畫。
 - C. 潛盾機之切割部位及數量。
 - D. 工作井內吊入之方式及組裝方式。
 - E. 其他。
- (2) 潛盾機之組裝平台應能承受潛盾機之自重、組裝時之作業載重，並考量推進時之阻力等，檢討需否設置潛盾機推進導軌等措施。
- (3) 潛盾機之現場組裝及附屬設備之安裝應謹慎從事，組裝完成經監造單位檢查及測試合格後始可正式運轉施工。

3.3 施工方法

3.3.1 基地配置作業

廠商於潛盾隧道開挖前將基地須設置之相關機具、設施設置完妥，並將施工場所及通路整理設置完成。

(1) 施工用水電供應設備

包括配電站、緊急發電機（房）、水箱及水塔、電源纜線配設、水管及管閥設置等。

。

(2) 施工期間通風作業要求

A. 地下作業場所之通風包括通風機具、風管等之組裝、配設等，應足以確保工作人員及其他人員吸取之空氣至少含有 18%之氧氣，且在時間、溫度、濕度及多種污染物合併效應等因素之影響下，缺氧氣體、瓦斯、煙霧及粉塵之濃度不得達到影響人體健康之程度。可燃性氣體之濃度不得超過下表所規定限制值。

氣體種類	氣體特性	發生現象	限制值
------	------	------	-----

	比重	顏色氣味	爆炸濃度		
一氧化碳 (CO)	1.0	無色無臭	12.5~74	中毒、爆炸	35ppm
二氧化碳 (CO ₂)	1.5	無色無臭	—	缺氧症	5000ppm
二氧化氮 (NO ₂)	1.5	紅褐色或 青黃色硝煙臭	—	中毒	5ppm
硫化氫 (H ₂ S)	1.2	無色腐蛋臭	4.3~45	中毒、爆炸	10ppm
氧氣 (O ₂)	1.1	無色無臭	—	缺氧症	18%+
二氧化硫 (SO ₂)	1.3	無色硫磺臭	—	中毒	2ppm
甲烷 (CH ₄)	0.6	無色無臭	5.3~14	爆炸	1.5%

- B. 廠商應依隧道斷面、長度、使用機具設備、作業人數、地層特性等擬定隧道通風計畫，並妥善維護通風設備，以確保隧道作業通風需求。施工中為防止發生缺氧或挖及地下瓦斯、沼氣、硫化氫等有害氣體事故意外，廠商應於潛盾機及隧道、工作井內裝設氧氣及有害氣體濃度測定儀器計、缺氧及有害氣體警報系統、地下瓦斯檢知器等，並備有安全急救設備。於人員進入隧道前量測確認安全，並於施工過程連續量測確認。前述各項設備應由專人負責維護，並應每日檢查且製作紀錄供監造單位抽驗。
- C. 坑內有害氣體、可燃性氣體超過限制值時，人員應即停止施工並即退避出坑，即刻加強通風，待狀況正常並經檢測確認氣體各含量在容許範圍，並報經監造單位認可方可繼續施工。
- D. 作業環境在正常通風下環境標準不得超過下列標準：坑內溫度應保持在 37°C 以下；溫度在 37°C 以上時應使勞工停止作業。
- E. 若採人工濕潤時，人工濕潤工作場所濕球溫度超過 27°C，或濕球與乾球溫度相差 1.4°C 以下時，應立即停止人工濕潤。
- F. 工作井及隧道內之通風供氣量，其換氣標準如下表所示：

X：工作場所每一勞工所佔體積(m ³ /人)	X < 5.7	5.7 < X < 14.2	14.2 < X < 28.3	X > 28.3
每分鐘每一勞工所需之新鮮空氣量(m ³ /人/min)	0.6 以上	0.4 以上	0.3 以上	0.14 以上

- G. 若發現有甲烷 (CH₄) 存在，應即依計畫採取必要措施，嚴格管制

避免火燄、火花及過熱等動火之發生，包括禁止從事燃燒、切銲等作業及禁煙。空氣中甲烷濃度無法持續維持在 0.25%以下時，所有機具設備均應採取防爆措施。甲烷濃度若達 1.25%，隧道內除安全人員外所有人員均應撤離。並嚴禁使用爆炸物及動力設備，非絕對安全與必要之電力設備均應確實斷電。甲烷濃度超過 1.5%，所有人員均應自作業區撤離。

(3) 電力

所有之供配電設備均應符合經濟部公布之「用戶用電設備裝置規則」設置。

- A. 充油式開關設備不得用於地下作業。礦油填充之變壓器不得使用於地下作業，應使用乾式變壓器且為氣冷式。
- B. 每一工作井均應設置以燃料驅動之備用發電機或其他替代電源，並每週做無負載之啟動並妥善維護，確保良好之工作狀態以應緊急狀況所須。附有外露線圈或零件之電氣加熱器或散熱器不得用於地下作業。配電盤及接線盒應設置於特製之密封箱內，密封箱之出入端插座亦應完全密封。
- C. 所有安裝於隧道或工作井之外露電纜均應符合下列規定：
 - a. 滯礙性：BS 4066。
 - b. 毒性標準：於燃燒達 7%時釋出酸性物質。
 - c. 火燄蔓延：氧指數值 30%以上。
 - d. 煙霧濃度值：35%以下。

(4) 照明

照明系統應以低壓運作，其接地電壓不得超過 55V，照明系統之電路應與其他分電路隔離。每一工作面處及工作井底部均應設置並維護 2 組 20W 以上，電池供電式之手提燈，以備緊急情況及檢視工作之用。隧道及工作井內每 10m 長度內，應設置並維持不低於 100W 之照明，若因工作或出入安全所須應及提高照明至所須程度。備用發電機或替代電源應足供照明系統及防洪抽水作業同時使用。

(5) 抽排水

廠商應裝設、操作並維護臨時性之抽水及排水設施，並視工程執行及不影響功能，隨時清理聚積之沉泥及雜物。

各工作井中之抽水設備之抽水能量至少應為正常進水量之一倍半，除非監造單位核准，至少裝設及維護三組之抽水設備，且至少 1/3 以上為污泥泵。每一工作面均應備有足夠能量之抽水設備，以維持可順利工作之狀況。於各工作井上準備並維護備用之抽水機及管路，保持可立即於坑內裝設之狀態，其儲放處所應標示及禁止移用。其備用能量至少應與正常進水量相等。地下抽水之排放標準，應符合相關規定。且不得連續大量抽排水，任何大量之進水應即採經監造單位核可之方法施工。

3.3.2 出發與到達

潛盾隧道之施工過程，潛盾機自設計路線之起點（一般為工作井）開始進入地層內實施開挖、推進、支撐等潛盾作業謂之「出發」；於完成一段開挖抵達「到達井」之作業謂之「到達」。

(1) 工作井

為使潛盾機自隧道位置、高程開始潛挖施工需要，自地面施作擋土設施，開挖支撐作成一接近垂直之井筒構造，以提供施工機械、設備安裝、人員及機材進出隧道之通路，稱為「工作井」。設於隧道起點者稱為「出發工作井」、設於隧道終點者稱為「到達工作井」，於隧道路線中途者為「中間工作井」（用以作潛盾機轉向、檢修或施裝連接構造之用）。

工作井應按契約設計圖說所示之內容施工。設計圖說為規定者由廠商依下列原則提送施工計畫經監造單位核可後辦理：

- A. 擋土支撐設施—應依潛盾機型式考量使用連續壁或土壤強化壁或鋼板樁作為擋土設施，自地面向下開挖逐層施設 H 型鋼或地錨作為支撐設施。
- B. 工作井底部應設置抽水機及管線、開挖土碴之集碴坑或中繼壓送

泵及運輸軌道設施、軌道車輛調撥之移車台等。

(2) 發進台、反力座、到達台

工作井內設置承載潛盾機重量及發進方向控制之發進台、承受潛盾機推力之「反力座」、到達工作井設置承載潛盾機之「到達台」均應以足夠強度之鋼材以電銲或螺栓接合之。其規格、尺度、接合方式均應依核准之工作圖 (Working Drawings) 辦理。

(3) 將潛盾機投入出發工作井，於發進台上組立並調整設定機身位置及方向。發進台導引潛盾機進入地層之方向及角度應考量潛盾機進入地層後因自重、重心位置而可能發生之沈陷、偏心及出發方向與工作井鏡面之夾角，而予適度地調整、修正。

(4) 潛盾機組立

潛盾機組立時應設置適當之臨時支撐及補強構件，以維持組立之精確度，應由具合格證照之銲工使用符合規格之銲接設備及高強度銲條實施銲接工作；銲工名冊及證照影本應事先報經監造單位核可。組立完成後應檢驗確認其機體之尺度及銲接組立部分之強度。

(5) 發進口及到達口止水封圈

出發鏡面開鑿之發進口為防止地下水及土砂沿潛盾機盾殼流入，須以鋼片板及橡皮組搭成環狀之「止水封圈」。

(6) 灌漿施工作業

出發段、到達段之灌漿施工作業前應預先將預定灌漿範圍之地下管線、埋設物等調查清楚，必要時依監造單位指示應先進行管線試挖 (深度至少 1.5m) 挖掘出管線、埋設物之確實位置。配合所採用之潛盾機型式、尺度、地層構造、隧道開挖深度及尺度等資料進行灌漿設計。明確標定灌漿範圍、灌漿管孔位佈設及鑽孔角度、昇管昇程 (Step)、灌漿壓力、灌注量等作業要領，並訂定改良成效確認方法，據以執行。

(7) 出發鏡面工

潛盾機出發鏡面工應依設計圖說施工，設計圖說未明示者廠商應參

酌下列原則編列計畫送經監造單位核可後辦理：

- A. 潛盾機穿越工作井壁位置須事先予以拆除至可使潛盾機推進通過之程度，為確保拆除作業及潛盾機發進過程安全、順利，除應於出發鏡面前端實施灌漿等地盤改良作業外，應施設臨時保護措施（如於連續壁前方施打鋼板樁等）。拆除作業前應經試水作業確認無漏水之虞，分段分層拆除。
 - B. 採用於連續壁前方施打鋼板樁者，應貼緊連續壁打設，並將鋼板樁與連續壁間施作固結灌漿，而於鏡面前方形成一不透水之阻隔牆。將潛盾機機頭推入發進口貼緊開挖面地層，盾殼與發進口止水封圈密接填塞確實無湧漏之虞後，方可將鋼板樁拔除。
 - C. 潛盾機脫離止水封圈進入地層後，應立即速將止水封圈外週以鋼板、鋼筋混凝土等材料予以強固，使與連續壁及環片結合成一體。
 - D. 鏡面拆除作業前備妥必要之臨時加強材料及機具，以因應異常湧水事故處理之需要。
 - E. 其他保護潛盾機出發安全之方法，尚包括於發進口連續壁開挖側增作一道牆形成雙重擋土牆，其間以灌漿或開挖後以較細緻之黏性土壤分層回填夯實，使土層強度及止水性增高；另可採冷凍工法使鏡面前方地層固結，確保潛盾發進作業之安全。
- (8) 潛盾機推進穿過出發井鏡面進入地層後，應密切監測開挖面作用力變化情形，妥適調整千斤頂推力、推進速度、切刃扭力等，在維持開挖面穩定之前提下依設計路線向前施工。掘進過程應監測工作井壁面、擋土支撐設施、臨近地面、地層、建築物（構造物）、埋設物等之狀況，採行必要之加強保護措施，減輕因潛盾推進施工引致之不良影響。

潛盾機推進至千斤頂衝程達一單位長度後，立即組裝環片（或其他臨時支撐構件）以承受推力，至進入地層後開始組裝支撐隧道之環片。俟掘進達相當長度，所組立之環片與地層之摩擦力足夠承受潛

盾機推力後，拆除之。此段施工稱為「初期掘進作業」。

- (9) 初期掘進至隧道施工達足夠長度，以將後續設備投入工作井內移至潛盾機後方組裝，並進行相關施工設備之移（改）設後，開始進行「正式掘進」作業。
- (10) 潛盾機完成一段隧道之開挖掘進，「抵達」到達工作井或中間工作井謂之到達作業。潛盾到達作業程序接近於發進作業之反向作業，其施工要求原則上可參照發進作業相關之規定。
- (11) 潛盾到達施工，採用將潛盾機留置於地層內之方式者，應將潛盾機之切刀轉盤、旋轉馬達、推進千斤頂及相關之設備拆除，僅將盾殼留置於地層內。盾殼留置位置可為到達工作井之前方（需與工作井銜接）或與其他隧道或地下構造物銜接，或以兩部潛盾機於地下銜接等。

3.3.3 正式掘進

(1) 開挖

- A. 開挖時所採用以維持開挖面穩定之泥水或泥土之密度、黏性、顆粒分佈性質等，應配合地層條件依相關試驗結果決定之，並應送監造單位備查。又開挖中或停止狀態下之泥水或泥土管理（含性質及壓力等），應依上述試驗結果研擬計畫，送監造單位核可後據以執行。
- B. 開挖面泥水壓或泥土壓應視地質、地下水位、鄰近構造物之狀況等設定之，並於開挖前獲得監造單位之核可。施工中應監測出土量、地表面沈陷等情形，而作適當之調整修正。
- C. 開挖前應先確認泥水管或螺旋輸送機（Screw Conveyor）內之泥水或泥土之性質，必要時進行適當調整。
- D. 開挖時如發生漏泥、泥水或泥土劣化、排泥管阻塞或開挖面逸水等現象，造成開挖面壓力、取土量等急遽變化而影響開挖面穩定時，應立即暫時停止開挖，並檢討實施適當處理措施（包括泥水或泥土濃度調整、開挖面灌漿及關閉取土口等）。

- E. 開挖中應實施取土量之連續量測，實際取土量之管理須藉集中控制設備進行，預先由前進距離與實際取土量之關係設定一管理值（範圍或上下限），開挖中隨時確認並調整之。
- F. 停止開挖時，應即藉開挖面崩塌探測設備調查地盤之狀態，如發現開挖面有鬆動、崩落之情形，應立即檢討實施適當處理措施（包括泥水或泥土濃度調整、開挖面灌漿、關閉取土口及檢討壓力管理值等）。
- G. 如因更換切刃、去除障礙物等需要而必須進入開挖面時，應採取維持開挖面穩定之方式，其切刃轉盤為面板式時應關閉取土口，以維護開挖面之穩定。

(2) 推進

- A. 推進作業之實施應注意下列各項：
 - a. 推進作業不得損壞襯砌環片。
 - b. 潛盾機朝所定方向推進時，應隨時監測潛盾機體之滾動（Rolling）、仰俯（Pitching）或側移（Yawing）狀況，及時調整因應。
 - c. 推進時應注意維持開挖面之穩定。
 - d. 兩平行隧道以 2 台潛盾機並行前進時，兩機掘進之縱向距離應視地盤狀況及施工條件等，保持適當之間距。
- B. 曲線施工與蛇行修正
 - a. 潛盾機之曲線施工或蛇行修正時，須利用推進千斤頂與異形環片使潛盾機之中心與環片施力面正交，將潛盾機推向設計路線上。
 - b. 如發生蛇行現象，且蛇行量超過[50mm][]以上時，應立即停機檢討並提送蛇行處理方式，經監造單位同意後，始可再推進（註：容許蛇行量應依隧道使用目的、隧道幾何條件、地質狀況及路線曲率半徑等訂定之）。

(3) 土渣搬運

土碴處理設備之處理能量應符合土碴之搬運設備規模，並充分滿足既定之施工時程。搬運出工地之土碴應先施予脫水等處理，達可以路上搬運之狀態始可運出工地。

3.4 現場品質管制

3.4.1 潛盾機與其附屬設備

(1) 檢查及測試

- A. 本項檢查及測試依核准之檢查及測試計畫實施。
- B. 潛盾機之檢查應由製造廠商依下列項目於各階段分別實施，並分段提出檢查報告先送監造單位備查。檢查項目如下：
 - a. 材料檢查。
 - b. 機器檢查。
 - c. 銲接檢查。
 - d. 外觀檢查。
 - e. 主要尺度檢查。
 - f. 無負載狀態下之運轉測試。
 - g. 其他（橡膠管線之耐壓等）。

(2) 工廠假組裝

- A. 潛盾機進行工廠假組裝時，應依事前決定之順序進行，檢查項目包括上列 B. 之 c. ~g. 項。
- B. 檢查項目包括推進千斤頂、切削頭、切刃、環片組裝設備、取土口關閉裝置、真圓保持器及其他必要之設備。

(3) 現場組裝時應會同監造單位實施檢查及測試，檢查項目包括上列 B. 之 c. ~g. 項。

(4) 潛盾機與其附屬設備之維護管理

- A. 為充分發揮潛盾機之性能，並防患故障及事故於未然，廠商應隨時進行潛盾機及附屬設備之維護管理，並於潛盾機正式運轉前提送平時及定期檢查計畫送監造單位備查。

- B. 潛盾機如須長期停止運轉，仍須定期維護，以維護設備之堪用性。
於重新開機運轉時，應會同監造單位進行檢查(相當於定期檢查)
測試其功能。

3.4.2 潛盾出發與到達

- (1) 發進台組設完成，經廠商檢驗強度無虞，並檢測設置位置高程、坡度無誤，檢附測量成果報告。
- (2) 潛盾機本體組立完成後，將動力、操控等後續支援設備臨時連接實施空載試運轉，進行必要之調整，初步確認管件及各相關機械可運作正常，並提出檢測報告經監造單位核可後，方可進行發進作業將潛盾機推進地層內施工。
- (3) 「潛盾到達」施工前，應加強實施隧道測量作業，以確實掌握潛盾機位置及其與到達工作井之相對關係。潛盾機推進至工作井之過程應密切監測附近地層、路面、建築(構造)物等之性狀，據以調整掘進速度、排土量、推力以避免對工作井及地層造成過度之擠壓或鬆弛作用致使地層擾動，發生沈陷現象。另測量作業應以掌握潛盾機及其與工作井之關係位置，據以調整掘進方向。

3.4.3 灌漿效果檢驗

灌漿施工後應選定試驗孔位置(原則上以於 3 個鑽孔所為三角形之中心位置)鑽孔取樣試驗其強度及透水係數，必要時並應施作現場透水試驗。另應自工作井內施鑽水平試水孔，以確認其止水效果，檢驗之內容說明如下，其可依各工程狀況進行調整：

- (1) 在完成出發段與到達段地盤改良作業後，應至少由地面垂直鑽孔 3 孔以上，並依土層變化鑽取各層土心，在完成工作井開挖後，應從工作井水平向改良區鑽取至少 9 孔以上土樣，以瞭解地盤改良後土壤情形。並將所取土樣送監造單位認可之單位進行單軸抗壓強度試驗，並同時在所鑽之孔內施作現場試驗，鑽孔取樣試體及現場透水試驗等數量，依監造單位核可之數量進行。
- (2) 檢驗方法由廠商提出經監造單位核可後施行，檢驗結果未達契約圖

說所規定之強度或透水係數等標準時，廠商應補灌並進行複驗至合格為止，以上補灌及檢驗、複驗所需費用已含於契約單價內不另計價。

3.4.4 隧道定線

- (1) 廠商應隨潛盾隧道開挖之進行，於隧道頂拱設置永久性之測量基準點，其最大間隔在直線段為 100m，曲線段為 25m。基準點之座標應精確測量，且應設置牢固，並不得妨礙其他施工作業之進行。
- (2) 每一隧道襯砌環片完成後，廠商應沿其外周設置 7 個固定點進行精密測量，以確定其竣工剖面之精確性。
- (3) 環片變形測量—以環片作為潛盾開挖隧道支撐設施者，廠商應於每一隧道襯砌環片組立且背填灌漿完成後[24 小時][]或潛盾機前進[6m][]後，廠商應立即實施隧道寬度、高度及頂拱高程之測量作業，[3 天][]後實施第 2 次測量，爾後應[每月][]測定一次，直至環片襯砌隧道管體穩定且滲漏量達規定值以下為止。
- (4) 除非監造單位另有指示，隧道定線測量之測量點位置為頂拱及水平軸線兩端各一點，與垂直軸承 45°之兩條對角線兩端各一點。所有測量均應量至襯砌環片之拱內面或肋拱，而非其凹槽處。
- (5) 廠商應將潛盾隧道開挖前進狀況測量結果（含潛盾機及隧道支撐管體）標繪於前進圖上，[每日][]定時提送監造單位審核。
- (6) 任何補救措施完成後均應重行測量
- (7) 隧道施工完成後應進行「竣工測量」，測定隧道完成環圈之剖面。竣工測量應以兩條閉合導線之測量結果為準。測量結果應以 1：20 之比例尺標示各環圈之縱、橫斷面位置。契約工作範圍涵蓋相鄰工程者，測量範圍應延伸至各該相鄰標之隧道至少[50m][]。

3.4.5 隧道施工

(1) 開挖掘進

潛盾隧道開挖掘進過程應進行適當之推進管理，包括下列各列：

- A. 千斤頂之推力及選用支數、配置推測。
- B. 測量方法。
- C. 曲線段及縱坡變化段之推進及環片(含異型環片)組立方法。
- D. 蛇行修正方法。
- E. 推進與開挖面穩定之關係及其監視。
- F. 每次推進量及推進速度、推力、千斤頂選用等。
- G. 排土量及土壓控制或送排泥壓力、流量控制等。
- H. 背填灌漿控制。

(2) 掘進紀錄

掘進時，廠商必須逐日紀錄潛盾機之運作狀況、開挖土砂量等之管理狀況，以及開挖面壓力狀況、路線測量及地表沉陷監測結果等之掘進狀況，並向監造單位提送日報表。

(3) 廠商應製作並保存完整詳細之潛盾隧道施工紀錄，包含隧道沿線之地質圖，以 1:20 比例製作之隧道縱剖面圖，並附適當之照片。

(4) 排水

由坑內排出之泥水及廢水等，必須經沉澱及必要之中和設備處理，符合我國相關排放水標準始可排放。

3.4.6 許可差

潛盾開挖隧道施工許可差分別如下列：

(1) 潛盾機

A. 主要尺度許可差

a. 真圓度

潛盾機直徑	內徑之許可差 (mm)	
	最小	最大
2m 以下	-0	+ 8
2m~4m	-0	+10
4m~6m	-0	+12

6m~8m	-0	+16
8m~10m	-0	+20
10m~12m	-0	+24
12m 以上	-0	+24

b. 潛盾機主體軸向許可差

潛盾機長度	軸向彎曲許可差 (mm)
3m 以下	± 5.0
3~4m	± 6.0
4~5m	± 7.5
5~6m	± 9.0
6~7m	±12.0
7m 以上	±15.0

(2) 環片襯砌隧道

環片隧道襯砌完成後之許可差如下：

A. 組裝位置

隧道襯砌內面之竣工位置與設計位置之許可差不得大於[100mm]
[]，此許可差值包括隧道定線之許可差及承受最終載重後之
變形許可差。

B. 環片尺度、高程；真圓度

a. 量測隧道每一節環片在起拱線處之寬度，精度應達[±5mm]
[]。

b. 量測隧道每一節環片頂拱至仰拱之高度，精度應達[±5mm]
[]。

c. 隧道襯砌內面形狀與真圓之許可差，沿任何直徑方向均不得大
於[40mm][]

經測量隧道直徑之變形量超過[18mm][]時，廠商應檢核背
填灌漿及地盤改良施工作業內容，採行必要之修正措施。

3.4.7 修正及補救措施

(1) 隧道線形偏移改正措施

若依契約規定之測量結果顯示隧道竣工剖面或定線超過規定之容許差，廠商應提送改善措施計畫書供監造單位審核。並據以進行改善至符合規定為止。

(2) 滲漏控制

隧道完成後軸面上方除潮斑外，有任何滴漏發生，或任何可見之水膜於表面流動；在軸面下方個別滲漏水量超過[1L/小時][]，或有噴射等顯示高水壓存在之情形。廠商應即提送改善措施計畫書供監造單位審核。並據以進行改善至符合規定為止。

(3) 襯砌修補

襯砌有龜裂或組立後之破損而可證明不影響結構安全，廠商應提送改善措施計畫書供監造單位審核。並據以進行改善至符合規定為止。

(4) 地盤變位

若監測結果顯示地盤有移動、變形或沉陷超過規定之容許值，廠商應會同監造單位進行分析研判，並即提送改正措施供監造單位審核。並據以進行改善至符合規定為止。

4. 計量與計價

4.1 計量

4.1.1 潛盾機與其附屬設備

(1) 本項工作潛盾隧道掘進實際施工長度按各該契約單價以單位長度公尺計價。契約單價包括完成本項工作所需之一切機械設備、動力、工料費、人工及棄土等相關費用。

(2) 潛盾機與其附屬設備於初期掘進完成後，得依契約內單項單價計價[50%][]，其餘按完成隧道長度比例計價。

4.1.2 基地配置與其他相關設施

- (1) 本項工作基地配置設置費用已攤列於各相關計價項目，不另計價。
- (2) 施工通風系統依潛盾隧道已掘進隧道中心線長度以單位長度公尺計價，其餘附屬通風費用，已包含於潛盾隧道掘進項目單價內，不另計價。其計價按契約詳細價目表列單價給付，契約單價包括所有通風設備及風管（含消音）之供應與安裝、檢測儀器、電費、通風系統運轉操作、設備維護、故障修復與完工拆除復原等費用。
- (3) 施工電力包括全部電力系統，亦供施工之電力與監造單位監工人員辦公室所使用之電力提供與管理、維護及完工後拆除復原等費用。本項費用除外線補助費按實計價外，已包括於相關單價內者不另計價。
- (4) 施工照明系統依潛盾隧道已掘進隧道中心線長度以單位長度公尺，按契約詳細價目表列單價給付，契約單價包含所有電線、電燈、開關、變壓器、配電箱等照明系統之供應與安裝、運轉、維修、照明使用費及完工後拆除復原等費用。
- (5) 施工抽排水系統按契約詳細價目表列單價給付，契約單價包含所有抽排水系統設備之供應與安裝、抽排水所需之所有管路與接頭、沉澱設備、儀表、污染防治、以及操作維護抽排水所需之人工、用電及完工後拆除復原等費用。

4.1.3 出發與到達

- (1) 本項工作分為「出發」與「到達」，分別按契約詳細價目以一式計價。地盤改良按契約規定或監造單位核可之改良範圍內之土體體積，以立方公尺，按契約單價計價。
- (2) 「出發作業」包括潛盾運輸、投入組裝與試車、發進台、反力座及發進鏡面措施等於各單項完成經檢驗合格後按契約各項目計價 [60%] []，餘款於出發作業完成拆除復原後計價。
- (3) 「到達作業」包括到達台、到達鏡面措施、潛盾機拆除及吊運等均於該項作業完成後計價。

4.1.4 開挖掘進

除契約另有規定外，本項工作按實際施工隧道中心線長度按各該契約單價以單位長度公尺計價。契約單價包括完成本工作所需之一切機械設備、動力、材料費、人工及棄土等相關費用。

4.1.5 地盤改良

地盤改良按契約規定或監造單位核可之改良範圍內之土體體積，以立方公尺計量。

4.1.6 改善措施

本項工作除另有規定外，為修正、重作不符合之事項不予計量。

4.2 計價

潛盾隧道開挖相關施工項目之計價規定，除依據 4.1 項所列之原則辦理計價。

〈本章結束〉