

## 介紹

### 1. 使用範圍

全斷面隧道鑽掘機(TBM) 係一次完成隧道設計斷面鑽掘之機具，又稱為「摩爾」(Mole)為 Charles Wilson 於 1856年發明並獲專利。經二十餘年後 Frederick Beaumont 製造之機械首度用於英倫海峽施築海底隧道。

全斷面隧道鑽掘機係利用一旋轉之「切削轉盤」(Cutter Head)，轉盤上裝設「盤式銷刀」(Disc Cutter)對岩盤行連續之切削成隧道形狀、尺寸之斷面，並可立即架設支撐設施，以維隧道之安定，而得持續進行開挖、推進、支撐之機具。在軟弱、擠壓、破碎地層可設置盾構(Shield)而成「盾構式TBM」，以防止崩坍。

### 2. 名詞解釋

- (1) 切削轉盤總成(cutterhead assembly)：切削轉盤總成，為實際岩盤開挖作業機構。切削頭是裝在主軸承上面，主軸承能夠承受徑向推力及軸向的推力。切削頭總成的切削轉矩，是由六個三相，水冷式，交流電動馬達驅動，每一個馬達在900/1800rpm產生215/215HP(160/160kw)。
- (2) 削刀(cutter assembly)：這機具上用兩種削刀，中心削刀及面削刀總成，或按照總成圖例所稱為敢及軸總成。兩種型都有17英吋(432mm)可置換的削刀環，中心削刀總成為雙碟式，以便在削刀頭的中心保持最小的間隔。求算削刀負載的過程，及建議的負荷極限在第二節操作中敘述。檢查削刀環損耗極限，及削刀總成裝置的過程在第三節中敘述。檢查及翻修削刀的過程在，第五節削刀頭總成中敘述。
- (3) 主軸承及主油封總成(main bearing & main seal assembly)：這個總成，包含了機具的主推力軸承，主驅動環齒輪以及內外兩個油封總成。這個油封總成是用於密封軸承及齒輪以防止潤滑油漏失，也防止外物進入的污染。
- (4) 主軸承總成(main bearing assembly)：本機使用雙排型滾錐軸承，它能承受切削頭總成，徑向及軸向推力負荷，這個軸承包含

兩個軸承的滾錐體，一個共用的軸承碗杯，及一個間隔環以提供兩個滾錐體適當的間隔，這個雙滾錐斷面裝在切削頭接續座接續座構件，並由扣環固定之。進個軸承的碗杯及間隔環係裝在切削頭主體構件上。這外層主油封承座提供了夾持的功能。主軸承總成的適當預力，是非常重要的，可由選擇適當的間隙片來完成。間隙片裝置於切削頭接續座及夾持環之間。

- (5) 環齒輪 ( ring gear )：機具中的主驅動齒輪(環齒輪)係一個外齒的環齒輪。這個環齒輪裝在切削頭接續座，而接續座是裝在切削頭上。共有96個內六角形的螺栓及硬化的鋼墊圈將環齒輪鎖定在接續座上。
- (6) 主油封總成 ( main seal assembly )：主油封總成包含了幾個項目，它們提供主軸承及環齒輪適當的密封功能，這個裝置實際上包含了一個內油封總成及一個外油封總成。外油封組裝在不迴轉約主結構元件上，其上含有唇狀油封，提供了對旋轉元件密封的功能。內油封組裝在一個旋轉的構件上，油封的唇狀部分對一個非旋轉部份產生了密封的功能。用於形成油封裝配溝槽之結構元件必須在油封裝配前先裝成，以避免油封的損壞。如果油封先裝會使油封損壞而無法察覺，所有使用的油封都是有開口的，這些開口在長度決定後必須黏合，然後再將油封環繞接續座油封環並固定之。
- (7) 潤滑 ( lube )：機具約潤滑系統，主要是在提供主軸承及環齒輪的潤滑(容後再論)，齒輪油通過構造元件中的油孔到達齒輪。齒輪油也用來潤滑油封總成，在裝配結構元件時必須特別注意潤滑油口的正確方向。
- (8) 前盾 / 切削頭驅動體總成 ( front shield / cuthead drive assembly )：前盾/切削頭驅動體總成;為機具的主要結構。
- (9) 前盾 ( front shield )：前盾不但支撐著驅動體重量及切削頭的總成，也提供了機具在隧道開挖時穩定用機件。
- (10) 切削頭驅動體 ( cuthead drive assembly )：如名稱所示，切削頭驅動體為切削頭總成的主要構件。切削頭驅動體為所有主驅動總成的安裝機座;有一個經過切削及鑽孔的鋼結構，以安裝主軸承總成。同時，也供安裝輸送帶、石渣落槽及穩定唧筒基座。
- (11) 穩定座 ( stabilizer )：兩個穩定座提供了前盾的穩定。穩定座位

於切削頭驅動體左右上方，從前盾中開孔向外伸出。穩定唧筒與穩定座連接，以便伸出及收回。

- (12) 推進唧筒( propel cylinder)：12組主推進唧筒，裝在前盾及撐座盾之間，每一個缸徑為10英寸(254mm)，桿徑6.5英寸(165mm)及衝程52英寸(1321mm)。這些唧筒有球狀的末端，以便裝在前盾及撐座盾的碗座內。這些唧筒以斜交的方式裝在前盾跟支撐盾之間。這些斜交的設計，可使唧筒對切削頭產生反作用力，並將此反作用力傳到撐座盾，藉此提供滾轉控制功能，而不需要裝置抗轉矩的唧筒。這些唧筒的裝置方式，以及液壓迴路的功能，可使唧筒提供對前盾及切削頭的橫向及垂直方向的轉向。
- (13) 伸縮盾總成( expansion shield assembly )：伸縮盾總成，位於前盾及撐座盾之間，包含一個內盾及一個外盾。外盾以88個M30內六角螺栓鎖在前盾上。它在已開挖的隧道中，提供推進唧筒伸展部分的保護。內盾藉10個中折唧筒與撐座盾連接。伸縮盾總成全長在收縮時為93.14英寸(2366mm)，伸展時為146.25英寸(3715mm)。
- (14) 中折唧筒( articulation cylinder )：沿著伸縮盾及撐座盾的圓周一共裝有10個中折唧筒。這些單動液壓。唧筒，可使這些盾總成有轉折的可能。這些中折唧筒，在機具操作前必須伸展到使盾身產生2英寸(51mm)的間隔。控制盾身時，必須要把盾身外圍徑向部分保持直線。盾身的轉折功能可使盾身避免弦弧干涉，以補償開挖的誤差，也使盾身能在小曲率半徑轉彎，也幫助機器控制滾轉。
- (15) 主驅動總成( main drive assembly )：機具一共裝配了6個主驅的總成，每一個有215/215HP、(160/160KW)、900/1800rpm、660伏三相、60週率水冷式電動馬達。6個的其中一個裝有寸動裝置，主驅動系統裝在切削頭驅動體上，以M30內六角螺絲固定之。
- (16) 減速機( reducer )：減速機為周轉齒輪型，兩段減速式總減速比26.05：1，驅動馬達轉速為900/1800rpm;所以齒輪減速機的輸出為34.5/69.0rpm，齒輪減速機小齒輪共同驅動主環齒輪，使切削頭轉速在低速時產生4.5rpm，高速時9.1rpm。每個齒輪減速機都藉著一個裝在頂部的通氣閥來迎氣。內部的潤滑為油浴式。當減

速機在水平位置時，正常的齒輪油面，是在齒輪箱中心線下1.38英寸。一個透明塑膠軟管可供檢視齒輪減速機油面。每一個減速機都裝有熱感開關，如果減速機溫度達到160°F (71°C)時，在操作手控制台就有溫度過高的警告。每一個減速機小齒輪末端都有一條O型環，可防止環齒輪腔的機油漏出，當裝配齒輪減速機時應特別小心將O型環裝在槽中。

- (17) 驅動馬達( **start motor**)：每一個切削頭驅動馬達，如先前所提均為215/215hp(160/160KW)及水冷式。至少，每個馬達要5gpm的水量流通以提供適當的冷卻。最大的供水溫度應為68°F (20°C)。最大的水壓承受能力可高達250psi：然而供水系統的水壓為100psi (7 bar)。每一個馬達末端都有凝結水排放堵頭，以供必要時排放凝結水確認底部凝結水堵頭已取下。每一個馬達都裝配有220V.C.型電熱器，以防水份凝結。這些電熱器供電系統可在馬達準備起動及控制電力接通後中斷。中斷的功能是由控制電驛中一個輔助接點所提供，為控制電路中一部份。每個馬達也裝配常開接點感溫器如果有溫度過高情況發生這接觸點就會使住在操作手控制台的警告燈亮起。如果有這種情況發生應該立即停機檢查。每個馬達都裝有黃油咀及黃油釋放孔以供週期性補打黃油。
- (18) 離合器總成( **clutch assembly**)：離合器總成裝於每一個驅動馬達的輸出軸，以內部栓槽方式與齒輪減速機相接。齒輪減速機末端的主軸油封裝在栓槽連軸器外部的套管上。
- (19) 寸動驅動總成：( **inching drive assembly**)它包含一個液壓馬達，煞車，及一組連接在電動馬達末端環齒輪的小齒輪。這個總成裝在一個旋轉銷上，以及一個鎖定螺栓以使用來將這個裝置鎖定在齒合或脫離的位置。必須知道，煞車是用液壓來鬆放，液壓也用來壓緊離合器片。這個寸動驅動是借著一個極限開關來做電氣連鎖。啓用其他系統就中斷。
- (20) 撐座盾總成( **stabilizer assembly**)：包含撐座盾唧筒以及輔助推進唧筒及座。尾盾連接在撐座的尾端，以提供在已開挖隧道中環片組裝的最後保護撐座盾總成的元件。
- (21) 撐座唧筒( **stabilizer cylinderinders**)：四個撐座唧筒(七項與八項)是雙作動形唧筒。液壓唧筒籍著壓力能使撐座總成緊緊的撐在岩壁上，產生抗反轉的轉矩及開挖需要的推進力。每一個唧

筒的缸徑是15英吋(381mm)，桿徑是10英吋(254mm)上部唧筒衝程是15英吋(381mm)，下部唧筒的衝程限制在11.5英吋(292mm)，因為在帽瑞裝置了止動管，限制了唧筒回縮。

(22)撐座( **stabilizer** )：撐座唧筒藉著油壓產生壓力能，推出撐座唧筒桿使兩個撐座推緊在岩壁上。唧筒組的中心並不在盾身中心線上。兩個唧筒迫使撐座分離藉此產生推緊在岩壁上的力量。

(23)輔助推進唧筒( **assist propel cylinder**)：一共有八個輔助推進唧筒，每一個缸徑是11英吋(279mm)，桿徑是8.5英吋(216mm)，衝程是80英吋(2032mm)。每一個唧筒的桿端都有一個推力座，藉此推在隧道襯砌環片上。這些輔助推進唧筒裝在撐座盾內的孔中，由領引裝置的方式固定。唧筒桿向後伸出有下列三個功能：

- A. 在從撐的過程中藉著隧道環片的反作用力推使尾盾總成向前。
- B. 在撐座總成及襯砌環片中當做一個固定長度的撐架，在這種作業模式中輔助推進唧筒幫助撐座系統產生一種反作用力。
- C. 將各相關的環片推著以便完成整個環片的安裝。

(24)TBM輸送帶總成( **TBM conveyor assembly** )：TBM輸送帶總成顯示。輸送帶主要構造係由一個多節式的輸送帶本体組成，它提供了滾輪安裝的支架，尾輪總成，輸送帶驅動總成，皮帶撐緊唧筒，平蓋板及刮板總成的裝置及做為衝擊隔柵總成裝置架。整個設計可以允許各滾筒及皮帶輪的位置作調整，以保持皮帶的直線度。輸送帶本体設計成整個可抽回式，以便保養的時候使用：可由輸送帶回收系統達成。輸送帶總成藉著一個銷子固定在前盾內切削頭驅動體上。後盾結構可使整個總成移動在支援系統鋼架上。整個輸送帶結構體也做為通風系統使用，風管就是輸送帶的結構體。整個結構也用來裝置除塵系統總成。

(25)輸送帶驅動系統( **conveyor drive system** )：輸送帶是由液壓馬達驅動。使用的液壓馬達是外殼轉動形，每轉的排量為996立方公分(cc)。馬達驅動體的外殼直接裝在皮帶輪內，外徑約為17英吋(432mm)，包含外殼。油壓驅動馬達驅動頭輪，以大約全速104.5rpm迴轉，扣除效率的損失，皮帶的速度大約每分鐘為470英呎(143.3m)。輸送帶驅動皮帶輪的潤滑，是以裝置在頭輪座內的黃油咀達成。

(26)尾輪總成( **tail roller assembly** )：主尾輪總成是位於輸送帶的

前部末端。可藉調整以達成適當的對正，第二組尾輪對輸送帶總成而言是緩衝皮帶輪。尾輪總成是密封的，並以削刀總成同樣的潤滑方式潤滑，適當的潤滑油液面約半滿或16公升。

- (27)輸送皮帶( **conveyor belt** )：輸送皮帶(49項)為30英吋(760mm)寬及大約176英尺(53.6m)長。皮帶是三層的材料及厚度7/16英吋(11mm)，皮帶的接續是由一組接頭包達成，接頭包內包含所有的固定條、鉚釘及銷子。
- (28)低速開關( **lowspeed switch** )：這個裝置是用來偵測皮帶運轉過低的速度狀況，這個機構包含一個滾輪總成及一個低速開關，滾輪是由輸送帶中緩衝皮帶輪所驅動。當輸送帶速度降至全速的80%時，在操作手控制臺的警告燈將會亮起。
- (29)輸送帶回收系統( **conveyor return system**)：這個系統可以讓輸送帶前段在切削頭驅動體內向後收回，回收的力量是由兩個液壓馬達(50項)所產生。
- (30)皮帶張力唧筒( **belt tension cylinder** )：兩個黃油唧筒裝置在輸送帶主體後段及調整架中央，以供皮帶張力調整。唧筒的一端泵入黃油，另一端放出黃油達到調整作用。
- (31)環片組裝機總成( **segment sector assembly** )：這臺機器中的環片組裝機包含了組裝機機架，徑向定位的驅動系統，側向定位的液壓唧筒，提升降下環片及環片的微調機構。這個組裝機是裝在一組滾輪總成所支撐的環齒輪上。
- (32)環片組裝機驅動總成( **segment sector drive assembly** )：這兩個組裝機驅動總成位於四點鐘及八點鐘方向，由軸向活塞馬達所驅動。馬達通過液壓煞車到齒輪減速機最後到小齒輪，小齒輪驅動環片組裝機的環齒輪。煞車是彈簧制動油壓釋放型，所以環片組裝機無油驅動時，它們是在鎖住的位置。
- (33)徑向伸張唧筒( **radius extension cylinder** )：有兩個液壓唧筒在環片組裝機左右各一，用來提升環片及置放環片於隧道壁上，這些唧筒由鍍鉻導管所引導以保持兩唧筒相互平行。這些唧筒缸徑為3.25英吋(83mm)，桿徑為2英吋(51mm)，衝程為39.75英吋(1010mm)，這些唧筒的帽端及桿端都裝配有匣式抗衡閥。一個唧筒裝配有回授轉換器以提供位置訊號到TBM的程式化迴路。
- (34)軸向定位唧筒( **axle fix cylinder.** )：二個唧筒係連接於承載機架

及軸向支撐臂座之間，用於移動組裝機向後或向前。缸徑及桿徑與徑向伸張唧筒相同，也係由鍍鉻導管引導。衝程長度為35英吋(889mm)。這些唧筒並無抗衝閥特性。二個唧筒中的一個裝配有一個位置回授轉換器。

(35)提取盤轉折唧筒：4個單動唧筒裝置於承載機架及提取盤之間，可允許提取盤繞一軸轉折，產生翹翹板的作用，以供環片與隧道壁對正用。這些唧筒的缸徑為2.5英吋(64mm)，桿徑為1.75英吋(44mm)，衝程為3.0英吋(76mm)，其中三支(38項)裝置有位置回授轉換器。

(36)搖動(軸向)唧筒：這唧筒之缸徑為3.25英吋(83mm)，桿徑為1.75英吋(44mm)，及衝程為2英吋(51mm)，它也是連接於承載機架及提取盤間，但為側向定位，故環片得以其中心軸旋轉。這旋轉限制於左、右5度內。唧筒應裝置位置轉換器。

(37)夾持梢唧筒：這4個唧筒(44項)控制了提取盤上夾持環片的梢子。這些唧筒之缸徑為3.25英吋(83mm)，桿徑為1.75英吋(44mm)及衝程長度3.5英吋(89mm)。這些唧筒並無位置回授轉換器。電動馬達等控制鈕用來設定推進速度，壓力及壓力開關、電流錶及指示燈等。

(38)潤滑油系統(lubrication system)：TBM的潤滑油系統供給主軸承和環齒輪的潤滑，並且也提供、內外油封的潤滑。本系統也有抽油設備以供抽取積存於軸承和齒輪槽中的齒輪油，導回齒輪油箱，因此，齒輪油可不斷的循環。本系統的儲油箱是裝在TBM操作手台前方的輸送帶框架上，這個儲油箱有150加侖(568公升)的容量，而且裝有一個通氣用的呼吸器。呼吸器內有一個可更換的蕊子，該蕊子需週期性地更換，至於更換的週期則依操作環境的狀況而定。一個油位表提供目視的潤滑油油位指示，兩另一個浮球開關則用來偵測低油位。這個開關連動電路去關閉潤滑系統的泵浦馬達。

(39)小齒輪潤滑迴路(pinion lube circuit)：兩台8.0gpm的螺旋泵浦供應潤滑油給驅動小齒輪和環齒輪，進入這泵浦的油係重力自流式，有一個球閥可在維修保養時將油路關閉。一個壓力表(33項)指示操作壓力，每個泵浦的油壓通過一個隔離用的單向閥(14項)，並以嚮導油壓釋壓閥限制系統在1200psi(82.7bar)以下，這

個單向閥和釋放閥都在泵浦釋放歧管(**pump relief manifold**)從每個泵浦流出的油都通過一個**10**微米的濾清器，再流過一個機油流量表，此表提供了目視油量輸送系統的情況指示，在每一班中至少要檢查一次這個流量錶。油量少於**6gpm**時，可能意味著泵浦損壞，但仍應視作業溫度而定。

(40)主軸承滑油迴路(**bearing lube circuit**)：這個迴路與小齒輪潤滑迴路完全相同，除了這迴路的機油是流至主軸承而不是驅動馬達之外，它有**8**支油管將油送到軸承潤滑孔處。

(41)潤滑回油迴路(**lube return circuit**)：流到主軸承軸及各小齒輪的油以重力方式流到切削頭驅動體較低的部位。這些油然後被一個螺旋泵浦(第**4**項)掃回。這泵浦是液壓齒輪馬達驅動的，它的動力來自**TBM**的液壓系統。進入此泵浦的油是通過一個球閥(**40**項)，一個測試孔(**41**項)可供連接一個吸力表來檢查進口壓力。在泵浦排放端的一個壓力表(**35**項)用做回到油箱迴路的壓力指示泵浦來油流過一個磁性濾清器(**8**項)，一個單向閥(**1f**項)，然後通過一個**10**微米的回油濾清器(**7**項)。

(42)貯油箱加油(**filling the reservoir**)：一個快速接頭裝在潤滑回油之迴路上，以供油箱加油使用，一個氣動加油泵浦可將油桶的油抽出，經過兩個回油濾清器進入貯油箱，在回流迴路中的單向閥阻止潤滑油在油箱加滿油後回油至迴路中。

(43)油封潤滑油迴路(**seal lubrication circuit**)：潤滑油系統也提供削刀頭油封之滑油，它使用的液壓油是**TBM**液壓系統所提供的，油通過一個**5**微米的濾清器及一個雙位電磁閥，流量由一個流量控制閥控制，然後通過一個隔離用的單向閥。迴路中的壓力是由兩個壓力表監測，一個位於操作手控制台，第二個位在歧管總成上。油然後流到一個分流器總成，它會自動循環的分配適量油量到**3**個內和外油封潤滑油口。一個近接偵測器會傳送一個信號給操作手以指示適量的油封滑油在流動，當分流循環時，位在操作手控制台的一個綠燈將明滅的閃爍，這是正常的指示，若綠燈常亮或不亮，則警示該分流器不正常，**TBM**應立刻停機檢查，以避免油封和油環因缺油而損壞。若有**10**分鐘不適當的油量流動、切削頭將自動的停止旋轉。

(44)液壓系統(**hydraulic system**)：**TBM**的液壓系統，包括很多的迴



路，液壓儲油箱與各部份的連動關係及操作手經常用來控制和監測液壓狀況的控制器和顯示燈，將分門別類的論述。多數方向控制閥、單向閥、減壓閥、釋放閥和流量控制閥是以歧管總成裝置的，並且大都裝在同一塊歧管總成上。各歧管總成的連接主要是用高壓管。用裝在操作手控制台上2或3段位置的鼓形開關來控制方向控制閥，每個開關都標示了作用。所有釋壓閥、減壓閥、壓力開關、保持閥及大多數流量控制閥都有手動調整並附有有鎖定設計以保持設定，所有的液壓泵浦都採重力進油方式，它先通過一週磁性過濾器 and 球閥。除了保養時，這些閥都必需是開著的。5個50hp(37.5kw)、3相、460伏特馬達，以1200rpm去驅動液壓系統內的各泵浦，這些馬達依序驅動其連結的泵浦來供應油量給各液壓迴路。

## 危害

### 1. 潛在危害、災害類型、災害防止對策

- (1) 捲入：因機具行進中噪音極大，輸送帶運轉中如爬上輸送帶易被捲入。

防止對策：應以無線電對講機，與操作手聯絡；動力未關閉前，禁止人員於輸送帶運轉中，檢查或進行搶修工作。

- (2) 撞擊：出渣車前進、後退及行駛中在隧道中配合施工人員或指揮人員，被撞擊或跌落受傷者或死亡。

防止對策：駕駛、指揮人員、配合工作者加強教育訓練，人員一律穿反光衣，需要人員閃避時按喇叭及減低行車速度，並禁止人員攀爬駕駛室外或出渣車上，進入隧道人員一律行走專用步道。

- (3) 感電：機具移動或作業時碰觸高壓電設備造成感電事故。

防止對策：注意高壓電線高度，專人指揮或加裝電線絕緣防護措施，及用電設備、配電電箱均裝漏電遮斷器。

### 2. 相關作業環境危害：

- (1) 氣爆或中毒：在開挖施工中滲入可燃性氣體或有毒氣體。

防止對策：裝設可燃性氣體或有害氣體偵測器。定期偵測及對偵測設備定期維修使偵測值達到標準，除加強通風、送風設備正常運作外並針對防災變應變訓練及防護措施，讓任何災害有預警並使人機受害減至最低。

- (2) 缺氧：在隧道內工作，送風設備設備故障或產生環壁斷裂崩塌時，發生缺氧。  
防止對策：定期維修送風設備、及準備備份送風設備及做好防止缺氧教育訓及緊急應變措施。
- (3) 火災：在隧道內發生電氣火災或液壓油火災。
- (4) 噪音：機器運轉時，或潤滑不足時產生巨大噪音，因此除維持定期維修保養外，作業時勞工應配帶耳罩等防護具。
- (5) 墜落：維修作業常須在高處進行，如未設置護欄，應使用安全帶防止墜落。

### 作業程序

#### 1. 進入隧道內作業人員應注意事項

- (1) 人員管制，証件更換。
- (2) 注意進入人員精神是否良好。
- (3) 禁止穿寬鬆衣服，應穿反光衣、配掛安全帶、戴安全帽。
- (4) 禁止攜帶違禁品，如含酒精飲料，易燃、易爆物。
- (5) 確實簽認隧道內工作安全守則及遵守一切規定。
- (6) 特殊工作之個人安全防護具配戴。

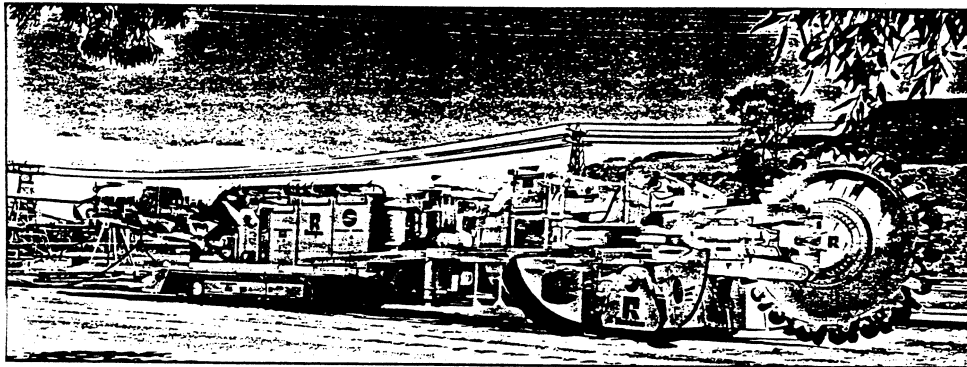


圖1 Model 130HAVS Mobile Miner(資料來源：美國ROBBINS公司)

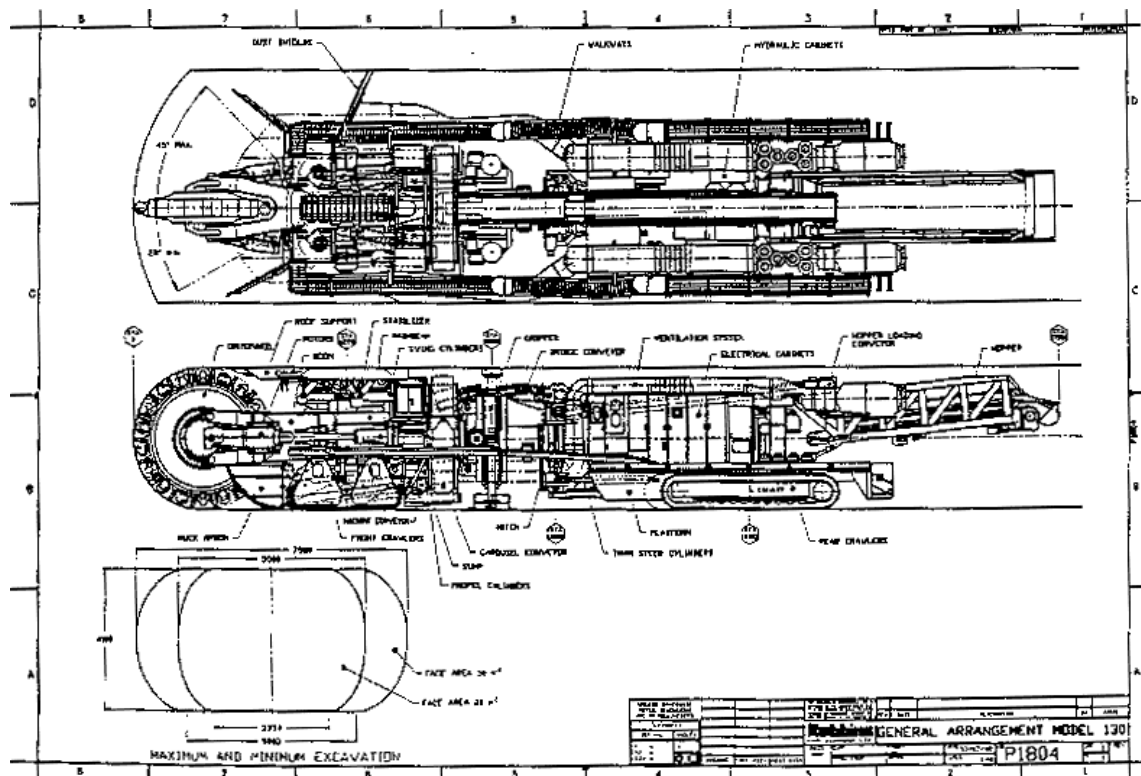


圖2 Model 130HAVS Mobile Miner平、立視圖  
(資料來源：美國 ROBBINS 公司)

2. 操作前檢查

- (1) 送風系統是否正常。
- (2) 偵測含氧量是否正常，有害氣體及可燃性氣體是否超過警戒值。
- (3) 檢查供電系統是否正常。
- (4) 檢查TBM主機四週是否異樣。
- (5) 檢查環片是否異樣。

3. TBM操作前檢查

- (1) 檢查液壓系統是否正常。
- (2) 檢查電力供應系統是否正常。
- (3) 確定禁止人員進入(含設備自動檢查人員，均無人進入)。
- (4) 檢查各儀表系統是否正常
- (5) 各部份均檢查及回報正常，人員遠離「禁止進入區」方可溫機發動。

4. TBM作業中檢查

- (1) 機械切削運轉正常否？
- (2) 出碴系統正常否？

- (3) 液壓操作系統正常否？是否洩油？油壓溫度正常否？油壓壓力正常否，是否有異常？
  - (4) 電力供應系統，電壓電流穩定否？是否跳脫不正常現象？
  - (5) 環片按標準作業程序安裝否？
  - (6) 出碴車操作正常否？
  - (7) 軌道上禁止人員進入？
  - (8) 作業中送風是否正常，含氧量達標準否？
  - (9) 作業中偵測有害氣體及可燃性氣體是否超過警戒值？
5. 交接班應注意事項
- (1) 設備操作記錄，故障等應注意事項。
  - (2) 人員交接，工作點交接確認。
  - (3) 同TBM操作前檢查程序。
6. 出隧道人員管制
- (1) 交班後人員應依時間離開。
  - (2) 出洞口更換證件及清點人數，是否乃有人留於洞內。

## 相關法令、標準

### 1. 撞擊防止

- (1) 勞工安全衛生設施規則第四十條：雇用勞工於軌道場所作業時，具觸撞之虞時，應配監視人員或警告裝置等措施。
- (2) 勞工安全衛生設施規則第一百四十一條第四項：對行駛軌道之動力車應設汽笛等信號裝備、照明設備等安全裝置。
- (3) 勞工安全衛生設施規則第一百四十四條第一項對行駛之車輛應設連接裝置且捲揚鋼索應符合規定。
- (4) 勞工安全衛生設施規則第一百四十五條：對行駛軌道之車輛應設手煞車。
- (5) 勞工安全衛生設施規則第一百四十六條：對行駛軌道車輛之煞車制輪壓力與制動車輪施予軌道之壓力比應符合規定。
- (6) 勞工安全衛生設施規則第一百四十八條：對軌道車輛之行駛應決定速限。
- (7) 勞工安全衛生設施規則第一百四十九條：對駕駛動力車勞動者，應規定離開時採取煞車等安全措施。
- (8) 營造安全衛生設施標準：隧道坑道之電線系統：

- A. 應沿人員通路上方裝置安全通路燈號及安全裝置。
  - B. 照明設施均應裝置在上方。
  - C. 隧道內行駛之動力車應注意安全措施。
- (9) 營造安全衛生設施標準第八十五條：對於隧道、坑道之通路應
2. 感電防止：
- (1) 勞工安全衛生設施規則第二百七十一條：對於配電盤後面沒有高壓器具或電線時，應設適當通路。
  - (2) 勞工安全衛生設施規則第二百七十二條：對絕緣用防護裝備、器具與話線作業用工具等應六個月檢驗其性能一次。
  - (3) 勞工安全衛生設施規則第二百七十三條：對開關操作棒，應保持清潔、乾燥及高度絕緣。
  - (4) 勞工安全衛生設施規則第二百七十四條：對電氣技術人員等，應責成依電氣有關法規辦理外，並應遵守五款特殊安全規定。
  - (5) 勞工安全衛生設施規則第二百七十五條：對電氣設備，平時應注意變電室，變電室內不得堆放無關物等五款規定。
  - (6) 勞工安全衛生設施規則第二百七十六條：為防止電氣災害，對所有工作人員應規定十款規定。
  - (7) 勞工安全衛生設施規則第二百九十條：對從事電氣工作之勞工，應使用適用之安全防護具。
  - (8) 營造安全衛生設施標準第八十四條對於隧道、坑道之電力及其他管線系統應：
    - A. 電力系統應與水管、電訊、通風系統隔離。
    - B. 水電系統應與水管、電訊、通風場所隔離。
    - C. 電力系統均應予接地水管、電訊、通風系統、電纜隔離。
3. 爆炸、缺氧中毒防止：
- (1) 營造安全衛生設施標準第六十五條：對隧道開挖作業，應就開挖現場及周圍之地表、地質及地層之狀況，採取適當措施，以防止發生可燃性氣體等危害。
  - (2) 營造安全衛生設施標準第七十一條對於隧道作業，有因可燃性氣體、粉塵存在引致爆炸火災或缺氧、中毒等危險，應即使勞工停止作業撤離；非經測定確認無危險不得恢復作業。
  - (3) 營造安全衛生設施標準第七十二條：對於隧道作業應置備緊急搶救器材，吊升搶救設施、安全燈、呼吸防護器材、氣體檢知警報

系統及通訊信號等必要裝置。

(4) 勞工安全衛生設施規則第二百九十五條：對於勞工在隧道、坑道之場所工作，應缺氧症預防規則，採取必要措施。

(5) 勞工安全衛生設施規則第二百八十二條：對於從電氣工作或隧道工程作業，有毒物中毒，或缺氧危害者，應必要時置備密氣呼吸器、氧氣呼吸器、防毒面具等。

4. 噪音防止：

依勞工安全衛生設施規則第三百條，對於發生噪音之工作場所應依下列規定辦理：

(1) 因機械設備所發生噪音超過九十分貝時，應採取工程控制，減少噪音暴露時間，對於八小時音量平均音壓級超過八十五分貝時，應使勞工戴用耳塞、耳罩等防護具。

(2) 工作場所產生強烈噪音之機械應予適當隔離。

(3) 發生強烈振動及噪音之機械應採取消音、密悶、吸音材料等。

(4) 噪音超過九十分貝之工作場所，應標示並公告噪音危害預防事項，使勞工周知。

另依勞工安全衛生設施規則第二百八十三條，為防止勞工暴露於強烈噪音，應置備耳塞、耳罩等防護具。

5. 墜落防止：

(1) 勞工安全衛生設施規則第二百二十四條：對於高度二公尺以上工作場所邊緣及開口部份，應設圍欄、握把、覆蓋等。

(2) 勞工安全衛生設施規則第二百二十八條：對勞工於高度超過一·五公尺以上場所作業，應設安全上下設備。

(3) 勞工安全衛生設施規則第二百八十一條：對於高度二公尺以上高處作業應使勞工確實使用安全帶、安全帽及其他必要防護具。

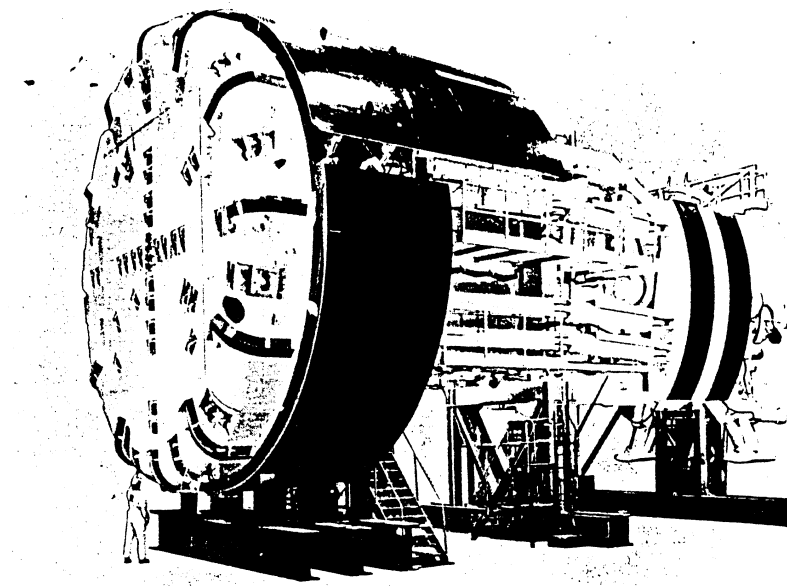


圖3 TBM全斷面隧道鑽掘(開放式)  
(資料來源："施工機械" 蔡茂生著)

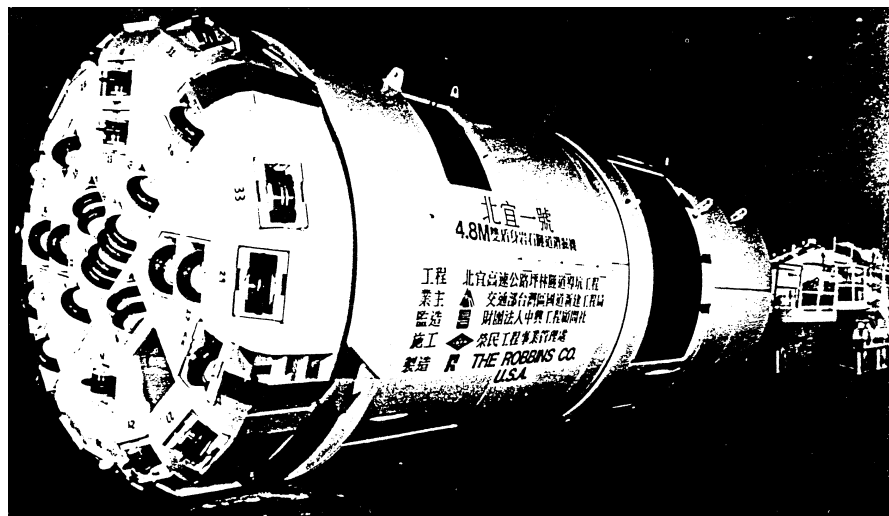


圖4 TBM全斷面隧道鑽掘(雙盾身式)  
(資料來源："施工機械" 蔡茂生著)

## 災害案例

### 案例一

某工程於初期掘進時，使用TBM全斷面開挖機作業，開挖出之土方，係使用輸送帶出碴至出碴車運走，因開挖之土常易使皮帶輸送機運轉不良，作業人員於發現異狀時，並未停止運轉，即行著手清理皮帶輸送機，手掌因

不慎被捲入皮帶輸送機而遭夾傷。

災害發生原因：作業人員未通知控制室停止皮帶輸送機之運轉即逕行排除障礙而發生事故。缺乏作業前安全分析，因不當動作而發生事故。

#### 案例二

某工程隧道內施工用電係由坑外以電纜傳送3300V高壓電進入隧道後，再以變壓器將電壓降至220V，並設置開關箱以供施工之用，作業手於開關箱處欲設置沈水泵以便排水時不慎感電，手部灼傷。

災害發生原因：設置沈水泵時，雙手潮溼，誤觸開關箱內電源而感電。作業手未接受電氣安全衛生教育與訓練。

#### 案例三

某工程開挖土碓係以電動機車頭牽引土碓鋼車出土，因土碓鋼車常於軌道之岔軌處出軌，作業人員為瞭解鋼車出軌原因，於土碓鋼車通過時，接近岔軌處觀察，正遇土碓鋼車再次出軌並傾倒而壓斷作業手雙腿。

災害發生原因：為觀察土碓鋼車出軌情形，過分接近軌道而逃避不及。缺乏作業前安全分析及預防災變警覺。

改善對策：

1. 加強工作人員教育訓練
2. 落實工作安全檢查與分析
3. 強化預防災害警覺
4. 工作前確實檢查機器、工具、工作人員安全防護措施

#### 參考資料

1. 行政院勞工委員會，民國80年，台北，勞工安全衛生法。
2. 行政院勞工委員會，民國80年，台北，勞工安全衛生法施行細則。
3. 行政院勞工委員會，民國83年，台北，營造安全衛生設施標準。
4. Rabbins Co.,1992,U.S.A., Wirth Tunnel Boring Machine Repaire Manual
5. 行政院勞工委員會，民國80年6月，台北，潛盾及推進施工之勞工安全問題研究。