

介紹

1. 使用範圍：

新奧工法係新奧地利隧道施工法(New Austrian Tunneling Method, NATM)之簡稱。該工法之基本觀念為利用岩體本身具有之自持力的特性而發展之隧道施工法；其於隧道開挖後，利用噴凝土、岩栓、支保等支撐構件，配合周圍岩體形成一支撐拱圈，支承作用於隧道之岩壓、水壓等作用力。為確立隧道之穩定與安全，新奧工法藉量測儀器監測開挖岩體，支撐設施之應力、應變發展情形。相較於傳統隧道工法，新奧工法之特點包括：充分利用岩體之自持能力；利用複合支撐系統，開挖後立即架設支撐；對於周圍岩體擾動較少，施工方式具彈性且具整體之經濟性。因其上述特性，且強調「配合開挖面之地質狀況及監測成果，彈性調整施工」，故適用於地質構造複雜之隧道施工。

新奧工法之基本流程(見照片1-7)包括開挖、出碴、支撐等作業。開挖方式可區分為鑽孔開炸開挖與機械開挖，出碴則採用軌道式、履帶式或輪胎式出碴機械設備、車輛等進行，支撐工作包括鋼絲網安裝、支保架設、噴凝土與岩栓施工等，支撐工作(見照片7)一般需高空作業車、噴凝土機等之協助。然面臨地質條件惡劣時，則宜採用一種至數種輔助工法，以降低隧道工程災變之可能性；此輔助工法包括：打設先撐鋼管、矢板等穩定頂拱，利用噴凝土封面、開挖面岩栓與環狀開挖等以提高開挖面之安定，利用排水孔、排水導坑、深井與點井等將地層中之地下水導排，利用藥液注入、壓氣工法與冷凍工法等防止地下水滲流。

2. 解釋名詞

(1) 新奧工法開挖方式：新奧工法之開挖方式取決於隧道斷面大小、形狀與岩盤地質優劣之條件。依據開挖方式可區分為：全斷面開挖、上半斷面先進開挖、上半斷面及多段台階開挖、上半斷面環狀開挖、底設導坑先進開挖、雙側導坑先進開挖、單側導坑先進開挖、中央導坑先進開挖、及特殊斷面開挖等等。

(2) 開挖：(見照片5) 新奧工法之開挖區分為兩種，即鑽孔開炸開挖

與機械開挖，在岩石隧道多採用鑽孔開炸方式開挖。鑽孔開炸開挖乃是首先依據佈孔設計，利用鑽堡機或鑽孔機鑽掘炸孔，再埋設炸藥、結線(包括雷管與導爆索等)，最後進行引爆工作。機械開挖則是利用開挖機具(如全周式挖溝機、連續式開挖機與隧道鑽掘機等)進行隧道開挖面之挖掘工作。一般而言，機械開挖適用於岩石硬度不高與地質變化不大之地質。

- (3) 出碴：出碴作業乃是經開炸開挖或機械開挖之碴料，經運輸工具運離開挖面。出碴機種類可依據動力形式區分為氣動式、電動式與柴油引擎式；依據行車方式可區分為軌道式、履帶式及輪胎式；裝載機具依據裝載方式可區分為後傾式、前傾式與側傾式。

危害

1. 潛在危害，災害類型，災害防止對策：

本工法及其使用機具設備之潛在危害有(1)物體崩塌、倒塌與落磐，(2)墜落或滾落，(3)爆炸、火災，(4)感電，(5)被撞、被夾、被捲，(6)其他隧道災害。

- (1) 物體崩塌、倒塌與落磐：造成隧道之物體崩塌、倒塌與落磐主要原因包括：岩壓不平衡致擠壓變形之落磐，開炸或地震引起之震動導致落磐，浮石未清除或岩磐破碎所致之落磐，開炸後未及時封面或支撐不足及延遲，開炸之土碴堆堆置不當而致崩塌、材料堆置不當而致崩塌、倒塌，支撐系統破壞而致崩塌、倒塌。另，當暴雨或持久降雨期間及過後，因地層含水量累積增加，易導致過負荷的落磐意外。

防止對策：

A. 建議使用全能工作班以確立工作循環間之權責，並進行斷面之監測，以降低開挖面之崩塌、倒塌與落磐。

B. 降雨期間及過後，應增加水位及應變計的監測頻率。

- (2) 墜落或滾落：造成隧道之墜落或滾落之主因包括：高處作業之防護措施不當或不足，隧道施工機具操作不當而致人員跌落，施工人員因落石而致墜落、隧道內工作場所潮濕而致人員滑倒、跌落，坑內照明不足而致作業人員不慎墜落，隧道內通風不佳而致作業人員精神不佳而墜落。

防止對策：施工機具應設置護欄，並要求施工人員佩戴安全帶，

並限制非工作人員進入工作範圍。隧道內之照明與警告標誌應明確，以防人員墜落。

- (3) 爆炸、火災：造成隧道內之爆炸與火災之意外事件之可能成因包括：鑽孔時引爆未開炸之炸藥，以鐵棒搗實炸藥時引起爆炸，炸藥或雷管裝設不當或人為疏忽而致爆炸，誤拌導爆索而致爆炸，瓦斯溢出而致火災等。另，殘藥未澈底清理導致後續機械清理時之碰擊而引起爆炸、可燃性氣體溢出，再加上火源管理不當或電波傳導引發電流(B.B Call等電子裝備)亦會引起爆炸。。

防止對策：開挖面之鑽孔、埋設炸藥與引爆應依據相關作業規定執行，並由專人執行相關作業。隨時監測可燃性氣體濃度，採取相關安全設施，香煙、火柴、打火機、及呼叫器(B.B.CALL)等禁止攜入隧道內，所有人員進入隧道前需由安檢人員做身檢(Body check)後，方可進入。(進一步之細節請參考本安全資料表「爆破作業」)。

- (4) 感電：隧道內發生感電之主因包括：坑內排水不良而致感電，開炸或機具碰撞使帶電導體裸露而感電，用電機具設備故障漏電，供電系統未設置適當的防護而致人員感電。

防止對策：隧道內所使用之供電系統應設置漏電斷路器，並定時檢查所使用之電力設備，如有故障或破損應立即檢修。電力機具與設備周邊應設置護圍及明顯之警告標誌。

- (5) 被撞、被夾、被捲：造成隧道作業之被撞、被夾、被捲主要成因包括：機具操作不當或錯誤，作業程序不當，作業人員精神恍惚而致被夾與被捲，坑內照明不良，隧道施工機具保養不良等。

防止對策：隧道內之作業循環應依據相關安全作業標準、規定執行，並透過教育訓練提高作業人員之安全意識。

- (6) 其他隧道災害：此類型隧道災害包括高溫、噪音等。

防止對策：採取通風措施，並依法令規定給予休息並供應攝氏15度之飲水及食鹽；另提供勞工使用噪音防護具。

2. 安全裝置之構造、作動、功用等原理：

新奧隧道施工過程中針對倒塌(或落磐)採用的安全設施為支撐系統及監測。於此敘明其原理如下：

- (1) 支撐系統：依據岩體分類設計適合之隧道支撐系統，並配合隧道開挖面之特性進行適當調整，乃是新奧工法之重要特性。主要支

撐材料包括噴凝土、岩栓、支保等。噴凝土係由粗細骨材、水泥、水及附加劑按配比拌合後，透過壓縮空氣噴布於工作面；其主要施工法有二：乾式與溼式。岩栓係高拉力鋼筋，插入預先鑽掘之孔內，再透過錨碇傳遞應力，使錨碇區之岩體緊密結合。支保則係利用高強度之結構鋼，依據隧道形狀加工，再安置於每環開挖，以形成肋骨般之支撐元件；其主要種類包括H型鋼、U型鋼與鋼桁架等。

- (2) 隧道監測：監測乃是新奧工法之工作重點，透過持續性監測以掌握開挖後周圍岩體與支撐系統所形成之整體系統之穩定性。主要隧道內之監測項目包括：地質狀況與地下水(含開挖面觀察、前進鑽探與震測、地下水、有毒氣體與地熱等)、地盤物理性質(含地盤材料試驗、地盤現場試驗、與彈性波速度量測等)、開挖面與地中位移(含內空變位、頂拱沈陷、地中變位、底端上舉、中心線位移等)、支撐狀況(含)鋼支保應力、岩栓軸力、襯砌應力等)，隧道洞外監測項目包括地表觀察、地表變位(含沈陷與位移)、地中變位(含地表沈陷與地中傾斜變位)、與結構物變位(含地表結構物與地中結構物)。

3. 相關作業環境之危害：

新奧隧道施工作業環境之危害有(1)與有害物接觸，(2)異常出水。於此敘明其內容如下：

- (1) 與有害物接觸：隧道內有害物因含碳化地盤開挖而溢出瓦斯，噴凝土與開炸作業所產生之有害氣體，開挖之土質、岩石屬還原性成分，致吸收氧氣造成缺氧空氣，與防水膜施工所產生之有害氣體。

防止對策：隧道內應依據相關規定定期檢測坑內空氣含量，並加強坑內通風設備。

- (2) 異常出水：山區之降水或地下水位高，經由地層裂隙、斷層破碎帶等之開挖，均可能造成異常出水，或引致開挖面之崩蹋、落盤、水量過大，而人員逃避不及，而造成溺水之災害。

防止對策：確實掌握地質構造，依計畫安裝充足之抽水機。如異常出水超出預期，依預擬計畫撤退。

作業程序(流程圖詳圖1)

1. 新奧工法之準備作業：為有效防止隧道工程災變事故之發生，事前準備工作是非常重要的。主要工作內容包括施工作業安全管理架構之建立、事前調查、施工安全作業計畫之確立(包括作業安全計劃表、安全管理體系、安全作業守則、自動檢查表、作業環境安全維護計劃、緊急應變計劃、與安全教育訓練等)。若隧道施工條件合適，應運用全能作業工作班，降低作業循環之等待時間，提高隧道作業安全。
2. 隧道之人員機具進入離開洞口時應注意清點工作，並要求作業人員遵守作業安全之規定：進入與離開之人數應相同，發現不同時，應即清查、搜索。施工人員應佩戴必要之防護具，並不得在空內吸菸或點火，並應隨時留意施作之機具。堆置之材料與機具應照明與標示，以提醒作業人員。
3. 隧道之通風作業應確實執行：如通風機具之維修與定期檢測空內之空氣含量等，以避免隧道內累積過多有害氣體(如內燃機機具之廢氣、開挖後之煙塵...)而發生缺氧現象，危害作業人員之安全。隧道之照明與排水工作亦應落實，以提供隧道內之安全作業環境。有可燃性氣體之隧道內使用之馬達及其他用電設備均與照明燈應具有防爆設備，以防引燃瓦斯而爆炸。
4. 隧道開挖面之鑽炸作業(包括鑽孔、裝藥、結線)應嚴格要求施作確實，以防止發生嚴重之勞安事故：鑽炸作業中重要之注意事項包括開炸人員應受過專業訓練合格者始能擔任。鑽孔(見照片2)應採用溼鑽，且鑽孔未完成前不得一邊鑽孔，一邊裝藥。勿沿前一輪進之舊孔再鑽孔以防殘留之未爆藥或雷管。裝藥(見照片3)時不得使用金屬棒(可採用木、竹、塑膠等製品)。配置雷管與導爆索應遵守相關規定。引爆器應由專人保管與操作。開炸前應先確認人員機具在安全範圍外，或已採用適當防護措施，並確實交通安全管制，施放警報。
5. 爆材之儲存與運送應遵守相關作業規定：重要之注意事項包括爆材倉庫之設計應依據設置標準，尤其應注意雷擊、電流、靜電等防護措施。炸藥與雷管應分別存放，消防設施應力求完善，並禁止煙火。管理作業上應定期檢查清點，並加派守衛。爆材之運用應由工地領用當日爆材，於運送途中切忌炸藥與雷管放置一起。當日使用剩餘之爆材應送回爆材庫存放，以防流失與意外發生。
6. 開炸後出碴工作應注意下列相關重點：

- (1) 開炸後(見照片4) 應先送風換氣後，人員機具始得進入。
 - (2) 應先由專人進入檢查爆破地點有無殘留未爆材與浮石、龜裂等狀況，若有應採必要之補救措施。
 - (3) 出碴地點之照明應充足。
 - (4) 運碴通路應維修良好(包括路面與排水等)，行車速率亦應加以管制。
7. 鋪設鋼絲網。本作業為高空作業，尤其在頂拱處。因此應注意避免因防護措施不當或不足，隧道施工機具操作不當而致人員跌落，或因浮石墜落而致人員受傷與墜落
8. 支保架設與校正。其應注意下列相關重點：
- (1) 支保架設固定螺絲均需鎖緊，支保間之拉桿螺絲亦需固定良好，以防支保傾倒與飛落。
 - (2) 岩盤與支保間之空隙應填實抵緊。
 - (3) 若有異音(如落磐或支保變形聲音)，則應採取適當處理與補強措施。
 - (4) 特殊事件發生後(如地震、颱風、豪雨等)，應即時巡視支保變異情形。
 - (5) 支保基腳處應保持堅實，防止水流沖刷或土石鬆動。
 - (6) 儘快襯砌以防落磐等意外發生。
9. 噴凝土。(見照片6)噴凝土施工步驟包括準備作業、岩磐表面處理、材料拌合、施噴等。其應注意下列相關重點：
- (1) 應設置集塵設備，除維護作業人員之身心健康，並避免隧道內空氣混濁而致不安全施工作業環境。
 - (2) 施工人員應配置防塵口罩、安全帶、安全帽、防護具。
 - (3) 施工機具之工作架須牢固，且應有護欄可繫安全帶，以防人員墜落或滾落。
 - (4) 指派指揮人員指揮作業，並加強照明，以防人員被撞、被夾。
 - (5) 使用改良式噴凝土施工機(低噪音、輕便)具與材料(無有害物成分、粉塵少)，提升作業人員之安全與健康。
10. 為使開挖面穩定，減少岩磐鬆動、剝落，應即時進行岩栓作業。岩栓施作步驟包括準備作業、鑽孔、灌漿、岩栓安裝、施預力等。其應注意下列相關重點：
- (1) 指派指揮人員指揮，由專人操作機具，以防人員被鑽機、灌漿

機、千斤頂等所壓夾與撞擊。

(2) 若於高空作業，人員應配安全帶以防墜落。

(3) 於鑽孔時應注意人員墜落與鑽桿折斷而致人員受傷。

(4) 於灌漿時，灌漿機操作人員應佩戴防護具，以防被砂石等所傷。

(5) 施加預力時應注意施加時機與千斤頂讀數等，以防人員被壓與被夾。

11. 若隧道施工係分階段(如上下斷面施工)，其他階段施工流程與應注意事項與 上述相似。
12. 隧道二次襯砌作業：二次襯砌作業主要包括工作架準備、噴凝土面處理、防水膜鋪設、鋼筋組立、鋼模組立與校正、灌漿、及拆模與養護等。局部噴凝土與鋪設防水膜作業等係高空作業，應佩戴安全帶與遵守作業規定。防水膜吊掛與銲接時應防被工具所傷。
13. 隧道施工除因人員機具操作不慎所致人員傷亡與機具損壞外，因隧道突發事件所致人機傷亡與損壞，更是新奧隧道施工應注意之重點。主要突發事件包括：隧道湧水、擠壓變形、與隧道落磐(抽心)。為避免突發事件之發生，應透過隧道監測工作之落實與隨時實施工地巡視，注意是否有異象、異音與異味等現象，並即時處理，以降低突發事件之影響。

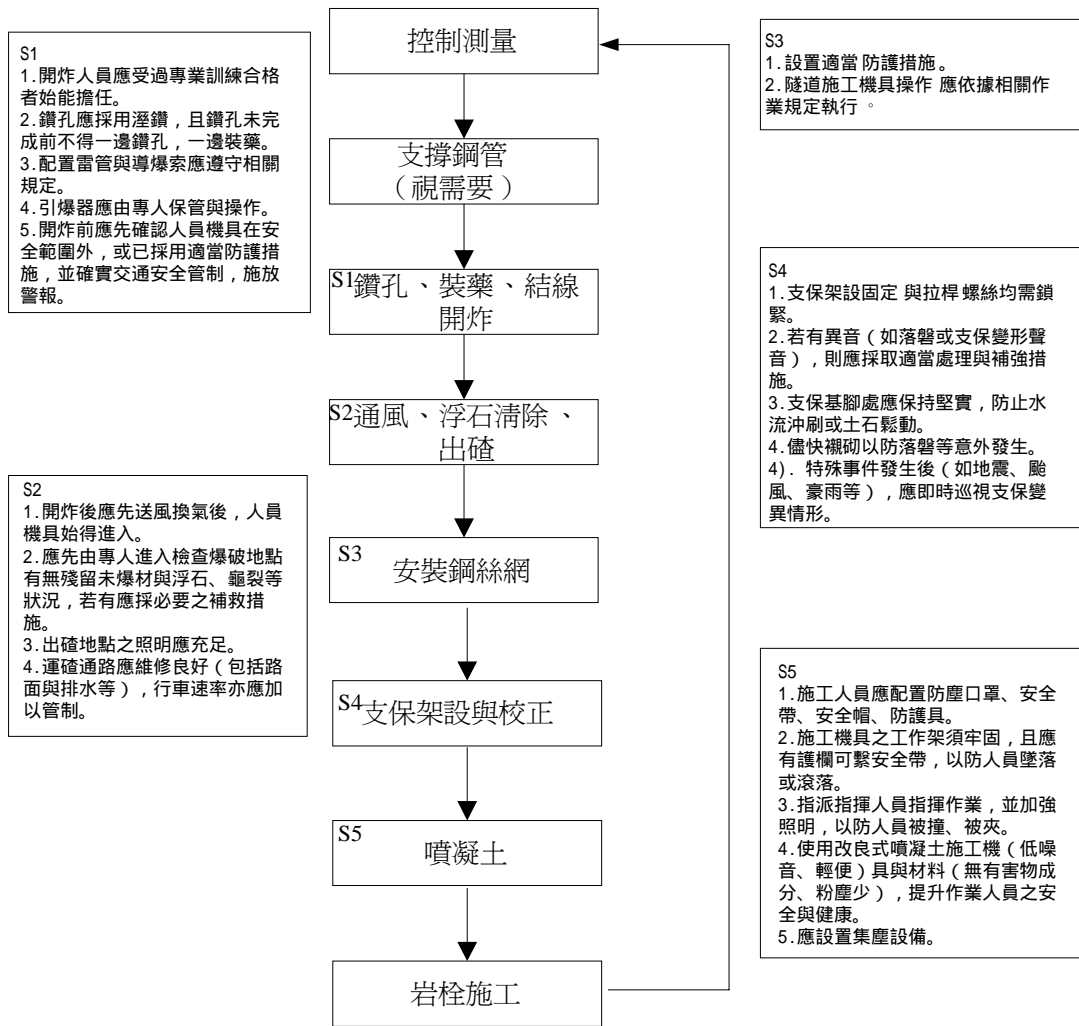


圖1 新奧工法隧道施工作業流程圖

相關法令標準

1. 營造安全衛生設施標準：

(1) 第六十四條：對於隧道、坑道開挖作業，為防止落磐、湧水等危害勞工，應採左列措施：

- 一 事前實施地質調查；以鑽探、試坑、震測或其他適當方法，確定開挖區之地表形狀、地層、地質、岩層變動情形及斷層與含水砂土地帶之位置地下水位之狀況等作成紀錄，並繪出詳圖。
- 二 依調查結果訂定合適之施工計畫，並依該計畫施工。該施工計畫內容應明確包括開挖方法、開挖順序與時機，隧道、坑道之支撐、換氣、照明、搬運、通訊、防火及湧水處理等事項。
- 三 雇主應於勞工進出隧道、坑道時，予以清點或登記。

(2) 第六十六條：對於隧道、坑道開挖作業，為防止落磐、湧水等危

害勞工，應指派專人確認左列事項：

一 於每日或四級以上地震後，隧道、坑道等內部無浮石、岩磐嚴重龜裂、含水、湧水不正常之變化等。

二 施炸前各孔之裝藥適當。

三 施炸後之場所及其周圍無浮石及岩磐龜裂，孔及爆落之石碴堆、出碴堆無未引爆之炸藥，施工軌道無損壞狀況。

(3) 第六十七條：雇主依第六十五條及前條實施確認之結果，發現依第六十四條第二款訂定之施工計畫已不合適時，應即變更該施工計畫，並依變更之新施工計畫施工。

(4) 第六十八條：對於隧道、坑道作業為防止落磐或土石崩塌危害勞工，應設置支撐、岩栓、噴凝土等支持構造，並清除浮石等。

(5) 第六十九條：對於隧道、坑道作業，為防止隧道、坑道進出口附近表土之崩塌或土石之飛落致有危害勞工，應設置檔土支撐、張設防護網、清除浮石或採取邊坡保證。如地質惡劣時應先採鋼筋混凝土洞口等防護。

(6) 第七十條：應禁止非工作必要人員進入左列場所：

一 正在清除浮石或其下方有土石飛落之虞之場所。

二 隧道、坑道支撐作業及支撐之補強或整修作業中，有落磐或土石崩塌之虞之場所。

(7) 第七十一條：對於隧道、坑道作業，有因落磐、水、崩塌或可燃性氣體、粉塵存在引起爆炸火災或缺氧、氣體中毒等危險之虞，應即使作業勞工停止作業，離開作業場所，非經測定確認無危險，不得恢復作業。

(8) 第七十二條：對於隧道、坑道作業，應使作業勞工佩戴安全帽及其他必要之防護具。並置備緊急安全搶救器材、吊升搶救設施、安全燈、呼吸防護器材、氣體檢測系統及通訊信號等必要裝置。

(9) 第七十三條：使用搬運機械從事隧道、坑道作業時，應依左列規定：

一 事前決定運行路線、進出交會地點及此等機械進出土石裝卸場所之方法，並告知勞工。

二 必要時應指派指揮人員指揮作業。

三 作業場所應有適當之安全照明。

(10) 第七十四條：對於隧道、坑道支撐之構築，不得使用有顯著損

傷、變形或腐蝕之材料，該材料並應具足夠強度。

- (11) 第七十五條：對於隧道、坑道支撐之構築，應事前就支撐場所之表土、地質及、含水、湧水、龜裂、浮石狀況及開挖方法等因素，妥為設計施工。
- (12) 第七十六條：對於隧道、坑道支撐之構築或重組，應依左列規定：
- 一 構成支撐組之主構材應置於同一平面內。
 - 二 木製之隧道、坑道支撐，應使支撐之各部構材受力平衡。
- (13) 第七十七條：對於隧道、坑道支撐，如有腳部下沉、滑動之虞，應襯以墊板、座板等措施。
- (14) 第七十八條：對於隧道、坑道之鋼拱支撐，應依左列規定：
- 一 支撐組之間隔應在一·五公尺以下。但以噴凝土或安裝岩栓來支撐岩體荷重者，不在此限。
 - 三 使用連接螺栓、連接桿或斜撐等，將主構材相互堅固連接之。
 - 四 為防止沿隧道之縱向力量致傾倒或歪斜，應採取必要之措施。
 - 五 為防止土石崩塌，應設有襯板等。
- (15) 第七十九條：對於隧道、坑道之木拱支撐，應依左列規定：
- 一 為防止接近地面之水平支撐移位，其兩端應以斜撐材固定於側壁上。
 - 二 為防止沿隧道之縱向力量致傾倒或歪斜，應採取必要之措施。
 - 三 構材連接部份，應以牽條等固定之。
- (16) 第八十條：雇主於拆除承受有荷重之隧道、坑道支撐之構材時，須採取荷重移除措施後，始為之。
- (17) 第八十一條：對於隧道、坑道設置之支撐，應於每日或四級以上地震後，就左列事項予以確認，如有異狀時，應即採取補強或整補措施：
- 一 構材有無損傷、變形、腐蝕、移位及脫落。
 - 二 構材緊接是否良好。
 - 三 構材之連接及交叉部份之狀況是否良好。
 - 四 腳部有無滑動或下沉。
 - 五 頂磐及側壁有無鬆動。
- (18) 第八十二條：對於隧道、坑道開挖作業，如其豎坑深度超過二十公尺者，應設專供人員緊急出坑之安全吊昇設備。

(19) 第八十七條：僱用勞工從事隧道、坑道開挖作業襯砌作業，應分別指派經訓練之作業主管，辦理左列事項：

- 一 分配及在現場監督勞工作業。
- 二 檢查器具、工具、安全帽及安全帶等，並汰除其不良品。
- 三 監督勞工使用安全帽或安全帶。

2. 勞工安全衛生設施規則：

(1) 第一百八十四條：對於危險物製造、處置之工作場所，為防止爆炸、火災，應依左列規定辦理：

- 一 爆炸性物質，應遠離煙火、或有發火源之虞之物，並不得加熱、摩擦、衝擊。
- 二 著火性物質，應遠離煙火、或有發火源之虞之物，並不得加熱、摩擦或衝擊或使其接觸促進氧化之物質或水。

(2) 第一百八十五條：對於從事危險物製造或處置之作業，應指定專人採取左列措施：

- 一 製造或處置危險物之設備及附屬設備，有異常時應即採取必要措施
- 二 於置有製造或處置危險物之設備及附屬設備之場所內，其溫度、濕度、遮光及換氣狀況有異常時，應即採取必要之措施。

(3) 第二百一十九~二百二十三條規定爆破作業之相關安全規則。主要內容包括從事火藥爆破之鑽孔充填、結線、點火及未爆火藥檢查處理等火爆破作業時之應遵守事項(包括遠離高溫、禁煙、充填具之使用、充填之火藥類未發生爆炸或難予確認時之處理程序等等)；從事火藥爆破作業，應指派經火藥爆破特殊安全衛生教育、訓練之人員擔任；利用導火索與電氣方式從事爆破作業相關應注意事項；爆破時，如勞工無法退避至安全之距離時，應設置堅固有效防護之避難所，以防止正面及上方飛石產生之危害。

(4) 第二百八十二條：從事隧道工程等作業，有物體飛落、有害物中毒、或缺氧危害之虞者；應使勞工確實使用安全帽，必要時應置備空氣呼吸器、氧氣呼吸器等防護器材。

(5) 第二百八十三：對於強烈噪音之工作場所，勞工應置備耳塞、耳罩等防護具。

(6) 第二百八十六條：雇主應依工作場所之危害性，設置必要之職業災害搶救器材。

- (7) 第二百八十七條：對於勞工有暴露於高溫、低溫、非游離輻射線、生物病原體、有害氣體、蒸氣、粉塵或其他有害物之虞者，應置備安全衛生防護具。
- (8) 第二百九十二條：對於有害氣體、蒸氣、粉塵等作業場所，應辦理事項(包括換氣設備之設置、因應作業環境之縮短工作時間措施等)。
- (9) 第二百九十五條：對於勞工在坑內、深井、隧道或其他自然換氣不充分之場所工作，應依缺氧症預防規則，採取必要措施，且不得使用具有內燃機之機械，以免排出之廢氣危害勞工。但另設有效之換氣設施者，不在此限。

災害案例

1. 災害發生經過

某工程單位承攬北迴鐵路雙線某段隧道新建工程，於八十五年九月五日下午一時二十分許，組長甲、監工乙、技術員丙及破碎機操作手丁等四人在隧道內測量支保高程，結果發現支保靠海側底部高出**26~30公分**部分應予打除，乃由乙、丙二人以破碎機打除過高部分之岩石。甲站在二人後方指揮作業，經數次打除後，發生殘留岩石內之未爆炸藥爆炸，技術員丙被炸當場倒地死亡，乙亦嚴重受傷，甲立即指揮附近之推土機等前來協助搶救。該隧道為馬蹄型全斷面鑽炸開挖，鑽炸時使用七五%硝化甘膠質炸藥，愛神非電氣雷管，搭配導爆索，使用台製引爆用發爆器，鑽孔深二·五公尺，有效深度二·二公尺，孔徑四五公厘，發生爆炸孔位於支保腳，裝填六支炸藥，每支**0.3135**公斤，直徑三八公厘，雷管裝填於最低層藥支，作為起爆藥之逆向引爆方式裝藥。

2. 災害發生原因：

- (1) 勞工在隧道內使用破碎機鈍頭將高出之岩塊打除時，因支保腳之岩塊殘留未爆之炸藥，被塵埃覆蓋致檢視未發現，經鈍頭與岩面接觸震動，摩擦產生衝擊性高熱及明火，引爆炸藥，罹災者遭炸開岩石碎塊擊傷當場死亡。
- (2) 未訂定自動檢查計畫，實施自動檢查。
- (3) 對勞工未實施安全衛生訓練，勞工安全衛生知識不足。

3. 災害防止對策：

- (1) 對於隧道、坑道開挖作業(含打除作業)，應指派專人事前檢查，確認安全無虞再進行施工。
- (2) 對勞工應實施從事工作所必要之安全衛生教育、訓練，並將本案列入訓練教材。提高勞工安全衛生知識，防止類似災害發生。



照片1 新奧工法隧道施工作業流程
(資料來源：本計劃參與人員自行拍攝)



照片2 新奧工法隧道施工開炸孔鑽設作業
(資料來源：本計劃參與人員自行拍攝)



照片3 新奧工法隧道施工之埋設炸藥作業
(資料來源：本計劃參與人員自行拍攝)

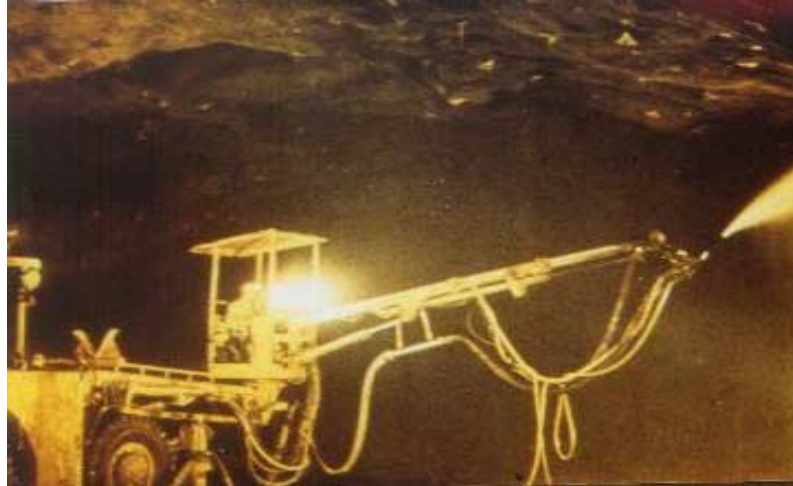


照片4 新奧工法隧道施工之開挖面開炸
(資料來源：本計劃參與人員自行拍攝)



照片5 新奧工法隧道施工之開挖削岩機作業

(資料來源：本計劃參與人員自行拍攝)



照片6 新奧工法隧道施工之噴凝土作業

(資料來源：本計劃參與人員自行拍攝)



照片7 新奧工法隧道施工之支撐作業

(資料來源：本計劃參與人員自行拍攝)