

介紹

1. 使用範圍

「軌道」一詞若就廣義來解釋，係指“所有具導引運具行駛於特定路徑者”，其涵蓋了鋼軌、鋼輪系統、膠輪、混凝土路基系統、磁浮導向推進系統等。大裝置舉凡台鐵、捷運、高鐵等之軌道均是。小裝置如施工電梯、營建用提升機等。倘若以狹義之觀點來解釋軌道，則為“具有導引列車進行及承載列車荷重的路徑”（如圖1）。本節所指之軌道係就狹義而言，並主要針對如隧道開挖中，供工作井開口底部與開挖機具如潛盾機機頭間各項物資之運輸電動車行走所設之軌道來作介紹。

隧道開挖中所用之軌道裝置，主要有鋼軌、枕木、鋼軌夾鉗、道釘等構件。

其中鋼軌乃是供電動機車（台車）行駛其上之構件；枕木乃是承墊於鋼軌之下，用以支撐鋼軌之材料，其可分為木製枕木、混凝土枕木與鋼製枕木參種，工程實務上基於安全性之考量，多採用鋼製枕木；而道釘與鋼軌鉗夾係用來將鋼軌扣接於枕木上，並維持兩軌間之固定軌距。其中道釘係用於木製枕木，而鋼軌夾鉗則用於混凝土枕木或鋼製枕木上。

一完整之軌道裝置系統，除了上述構件外，其於設計過程中必須考量於坑道內鋪設出渣運搬車所用動力車如內燃機車、（電動機車頭）之容量、台車台數，編成等問題，以期能設計出兼具安全性與施工便利性的軌道裝置。

2. 解釋名詞

(1) 潛盾機隧道開挖工法（**shield machine tunneling method**）：其工法乃是在欲開挖之隧道中，置一符合隧道斷面形狀並較支撐環片外徑略大之鋼製外殼（即“盾構”**shield**），其前端裝設開挖設施，尾端藉以組立環片，中間段用以裝設推進設備（油壓千斤頂），使前端進行開挖時，推進千斤頂支壓後方組立完成之環片，以將盾構向前推進，開挖至一單元環片長度後，於盾尾處以組立機（**eracfor**）組裝環片，以形成隧道支撐管體，此工法即是

潛盾機隧道開挖工法（如圖2所示之TBM軌道、如照片1所示之人行步道）。

- (2) 鋼軌：供電動機車行駛其上之鋼構件（如圖11）。一般就設計實務而言，若屬輕型鋼軌，其單位重量應為 12、15或22 kg/m；若屬普通鋼軌，其單位重量應為 30、37、40，或50 kg/m。
- (3) 軌距：係指鋼軌間之距離，設計實務上用 508mm、610 mm、762 mm與914 mm數種，一般均採用610mm或762mm。
- (4) 枕木：又可稱為軌枕，係承墊於鋼軌之下，用以支撐鋼軌之材料。枕木材料通常採用型鋼（H100、150、200、300等），以環片的寬幅為基準來佈設，在小斷面荷重輕的情況方使用木製枕木（材料以相思木、欖木等堅木居多）。
- (5) 電動機車：係供坑道內出渣土與各項物資（如環片）運搬之動力車輛。實務上為使坑道內不受污染，一般均是採用無須架線的蓄電池電動車，其具有運轉操作容易且故障少之優點。
- (6) 工作井：潛盾施工法中，於隧道口處所開設之井口，以供潛盾機能於此井吊下以進行挖掘（此井習稱工作井或出發井），或於隧道終點設置之井口，以供潛盾機完工後吊出之通道（此井習稱工作井或到達井）。

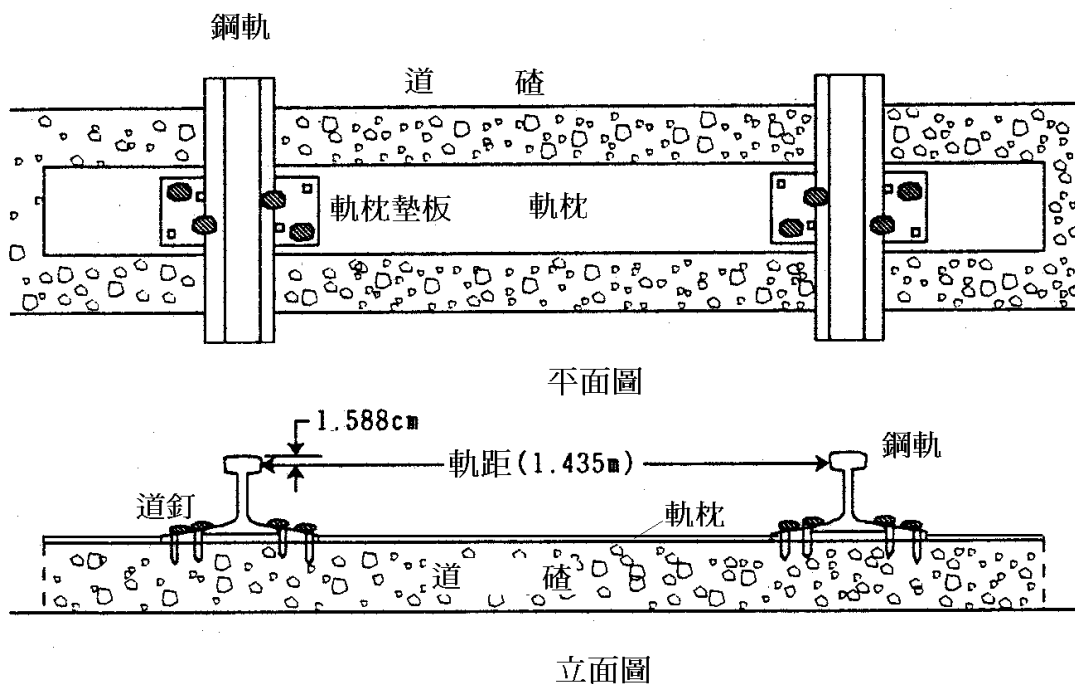
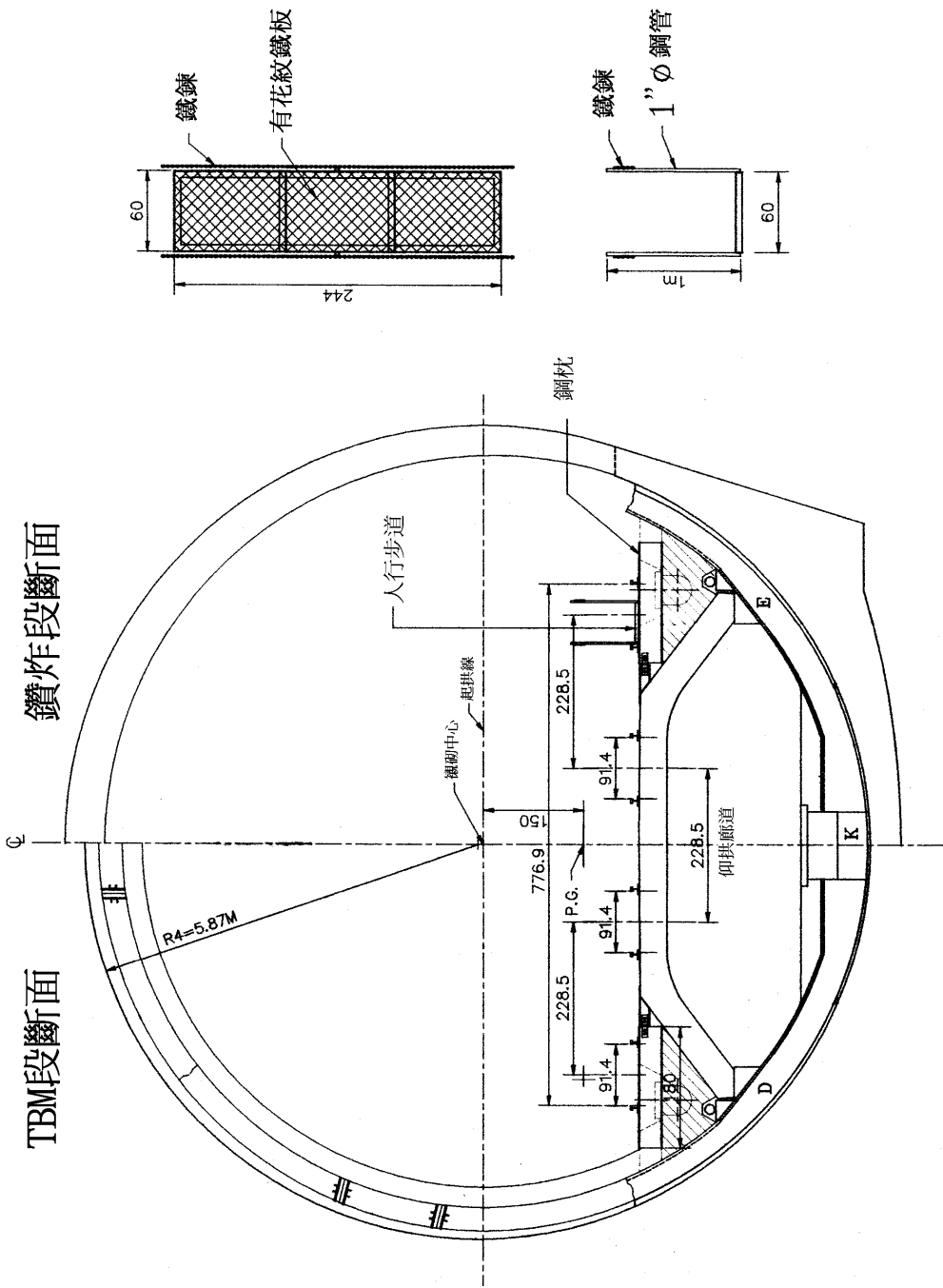


圖1 鐵路軌道之構造（資料來源：周義華-“運輸工程”）



主坑人行專用步道佈置斷面及詳圖

圖2 TBM軌道斷面詳圖 (資料來源：榮工處)

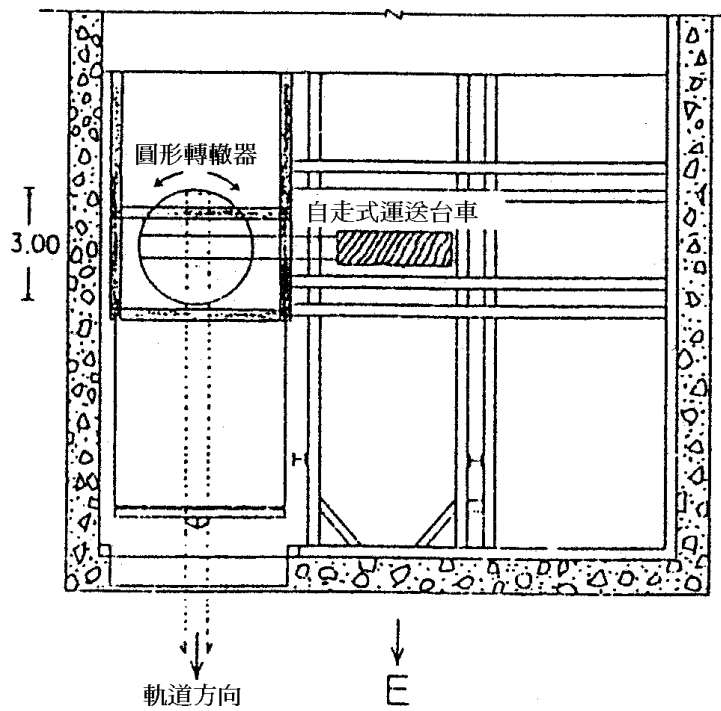
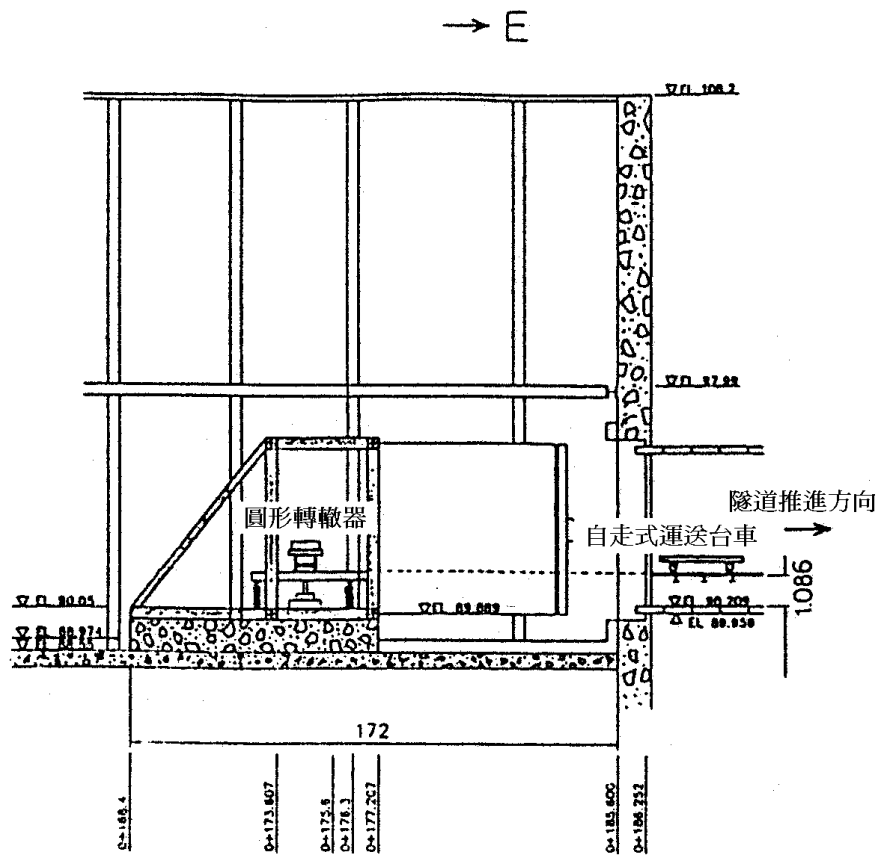


圖3 潛盾機初期掘進時軌道系統示意圖

(資料來源：CN259C標南港線昆陽站潛盾隧道工程 分項工程施工計劃書)

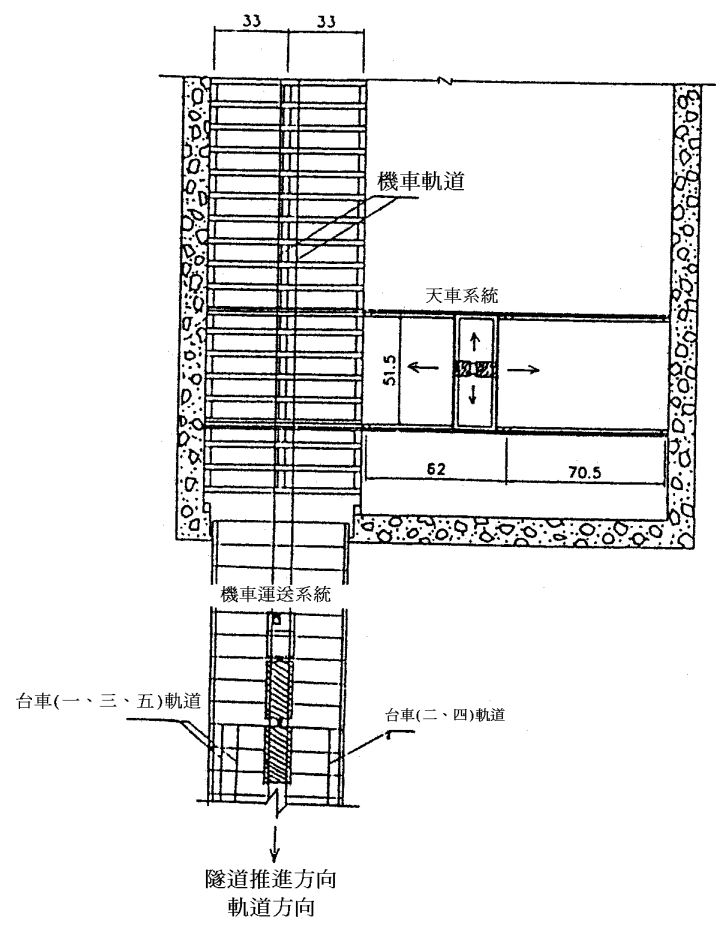
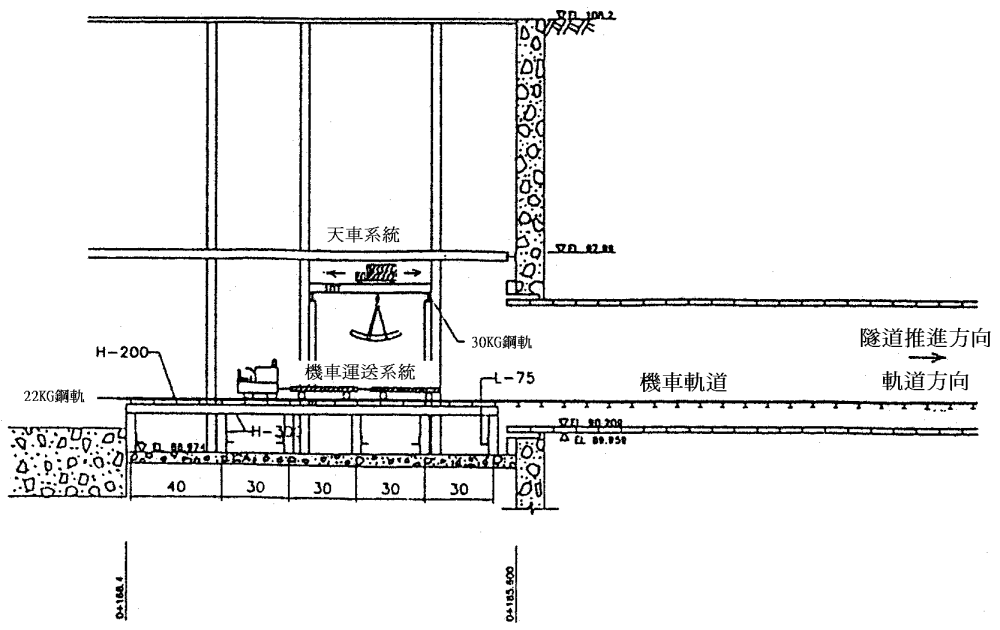
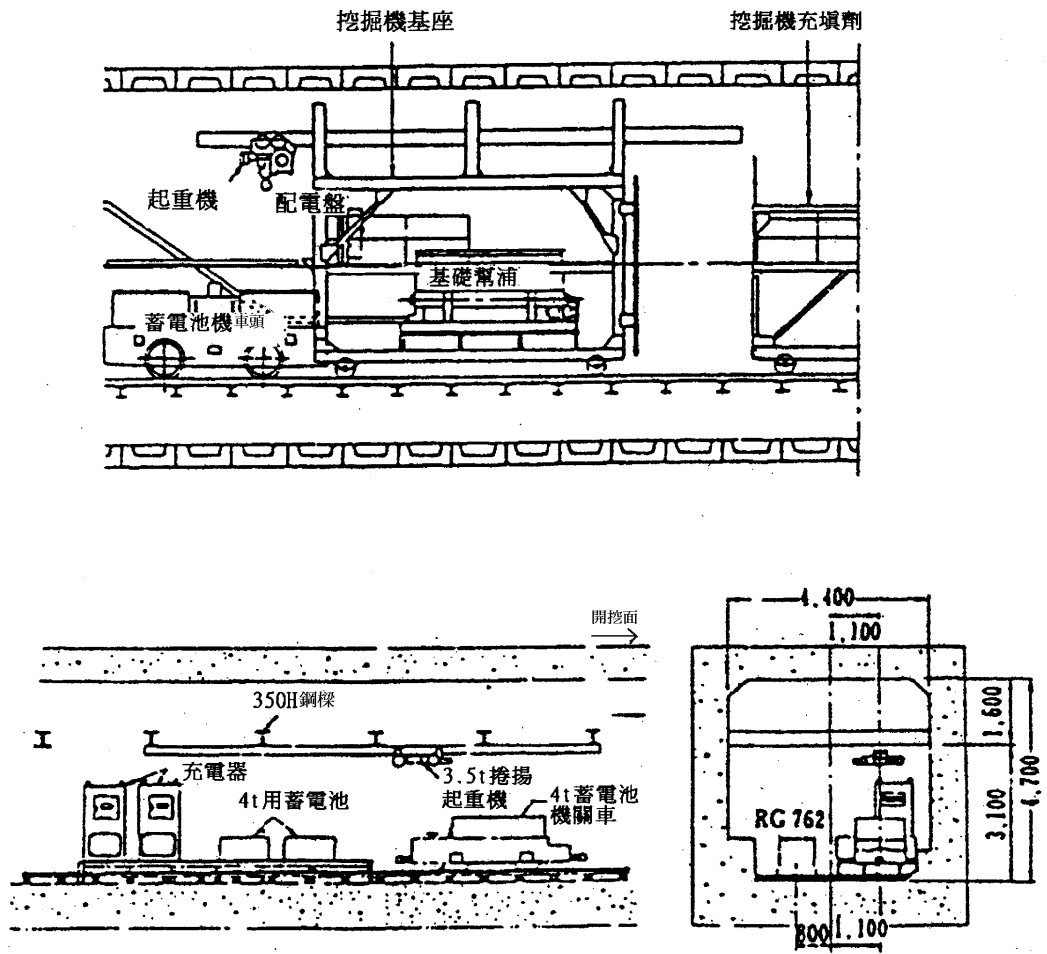


圖4 潛盾機正式掘進時軌道系統示意圖

(資料來源：CN259C標南港線昆陽站潛盾隧道工程 分項工程施工計劃書)

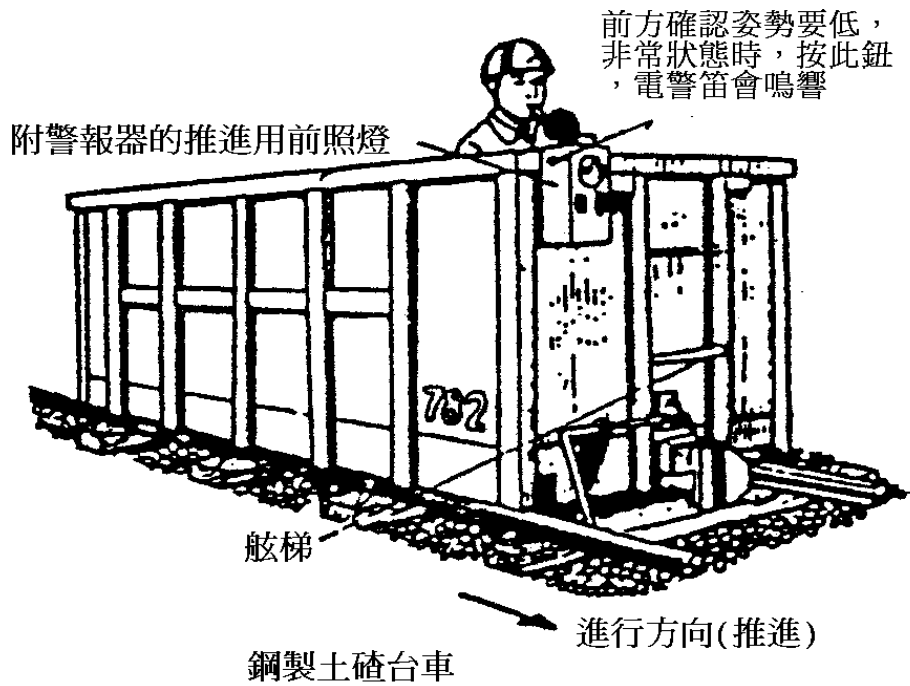


照片1 人行走道 (資料來源：榮工處)



蓄電池機關車及充電設備例

圖6 行駛於軌道上之蓄電池機關車及其充電設備（資料來源：達欣工程公司）



Press-cleat

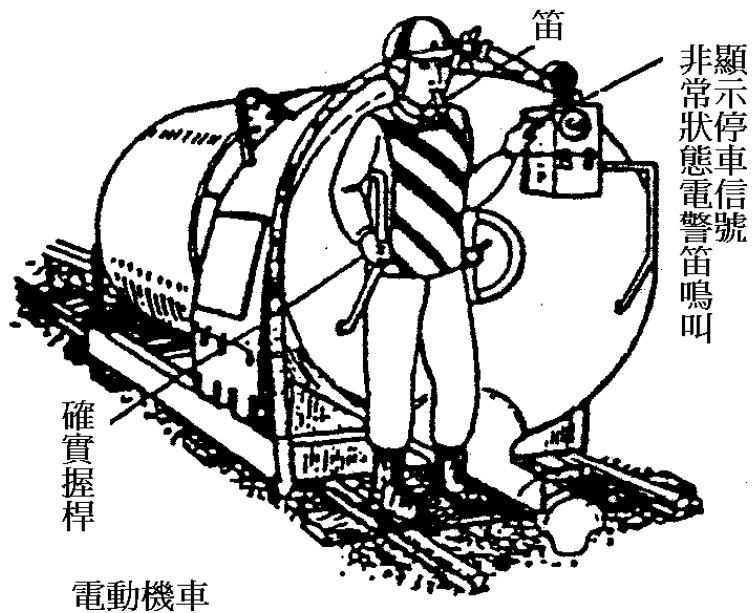
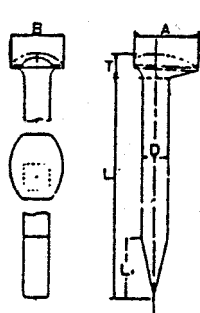
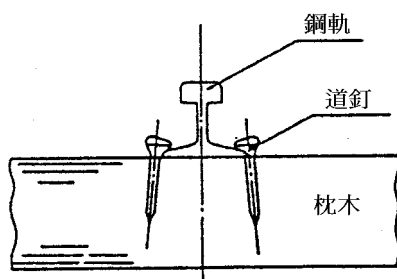


圖7 行駛於軌道上之動力車（資料來源：達欣工程公司）

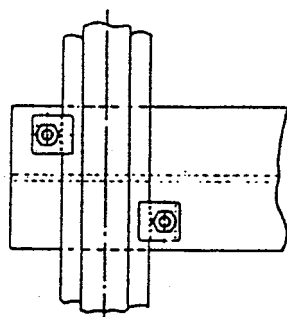
鋼軌的設計方法



種類	尺寸 (單位mm)						重量
	D	A	B	T	L	L ₁	
6kg用	6	18	15	6	65	15	30 g
9kg用	9	22	20	7	75	17	55 g
12kg用	9	24	20	7	95	22	65 g
15kg用	10	26	22	7	100	25	90 g
22kg用	13	32	27	10	110	30	170 g
30kg用	16	40	32	15	130	35	300 g

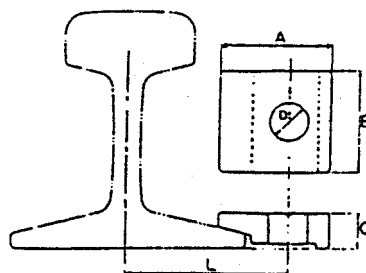
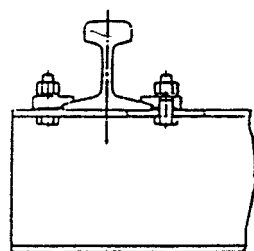


木製枕木:依道釘打入裝配



(單位 mm)

鋼軌(kg/m)	A	B	C	D	L
9					40
12	40	40	12	15	48
15					52
22	43	40	14	15	63
30	57	50	19	17	72
37					76
50	57	50	25	20	81



鋼製枕木:鋼軌固定夾鉗

圖8 鋼軌之設計方法 (資料來源:達欣工程公司)

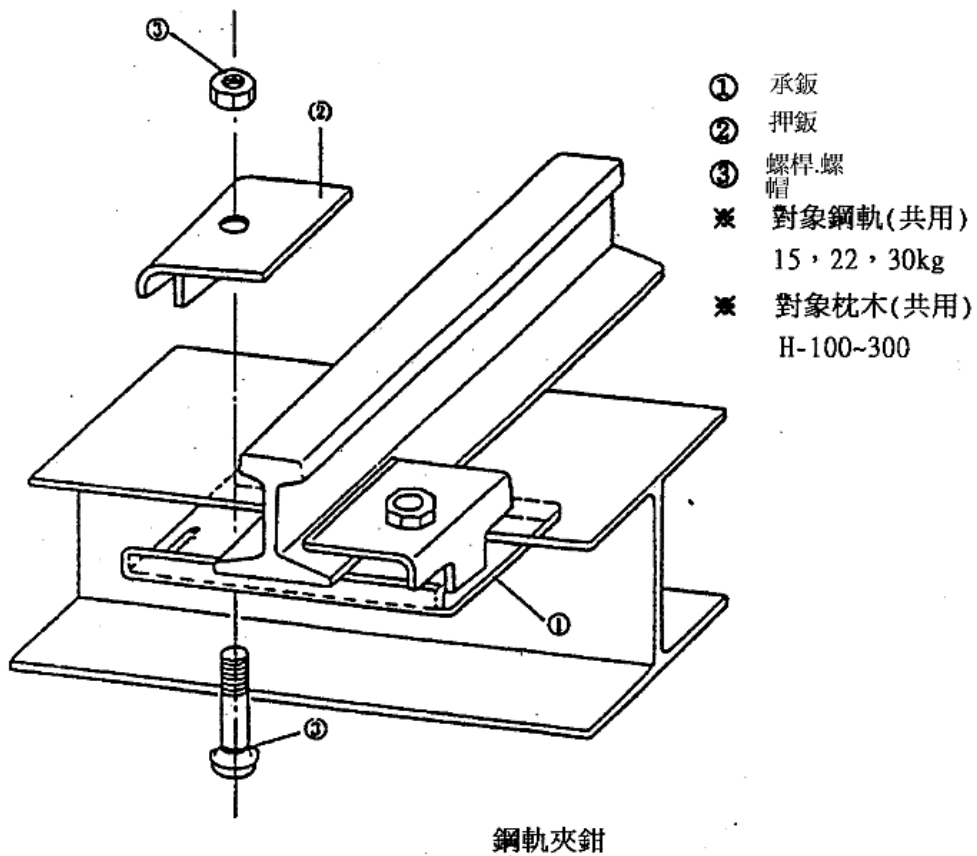


圖9 鋼軌夾鉗詳圖 (資料來源：達欣工程公司)

軌道平面圖

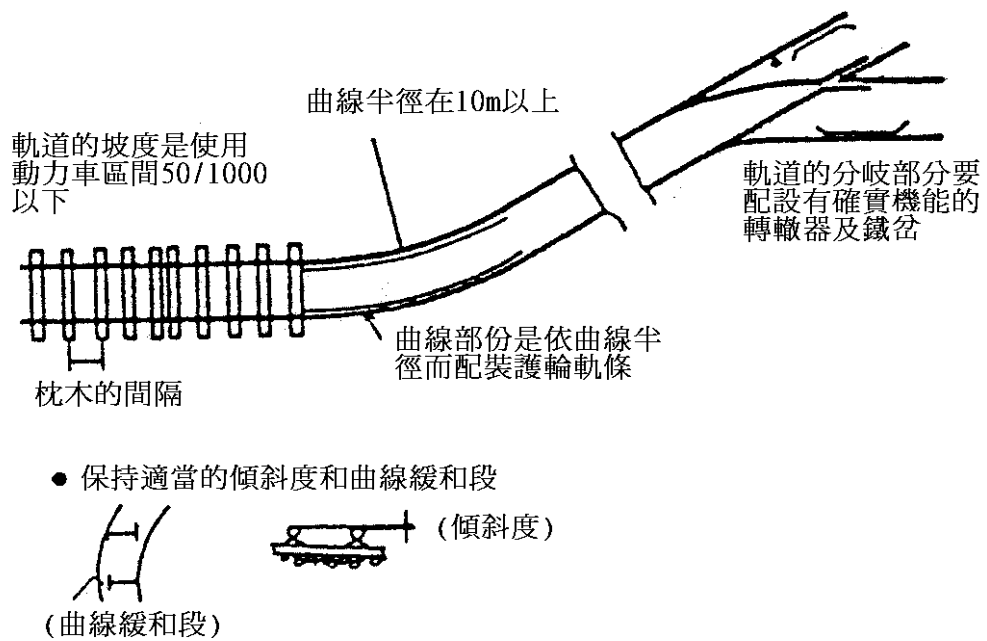


圖10 軌道鋪設應注意事項 (資料來源：達欣工程公司)

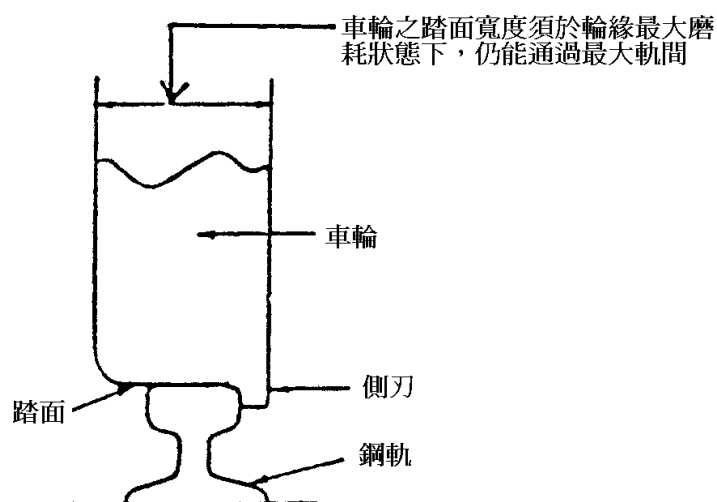


圖11 車輪裝置之基準（資料來源：達欣工程公司）

危害

1. 潛在危害、災害類型、災害防止對策：

本機具設備之潛在危害有(1)碰撞傷害(2)人員掉落(3)物體滑落掉落(4)感電

(1) 碰撞傷害：進行裝設軌道作業中，作業人員工與運行中之軌道車輛有發生互相碰撞之虞；動力車上之搭乘者與坑內側壁、障礙物間亦有發生碰撞之虞。

防止對策：

- A. 供運行車輛軌道之兩旁保持**60cm**以上之間隔，嚴禁於車輛進行的方向有作業人員進入。
- B. 於車輛軌道兩旁適當之間隔設置相當寬度之避車設備並有顯明標示或設置信號裝置或配置監視人員。
- C. 分離人車動線，設置專供作業人員行走之人行步道，並於人行步道之兩旁裝設適當高度之護欄以防人員發生碰撞傷害。
- D. 設置足夠之照明設備，使施工場所內之照度維持在**50Lux**以上。

(2) 人員掉落：動力車上之搭乘人員於動力車行駛間，易發生人員不慎掉落之危險。

防止對策：

- A. 於動力車上設置安全乘坐席兩旁加設護欄、設吊環、握桿等，

並訂定限乘人數，確實加以管制。

- B. 於斜坑人車通過時，其車輛間及車輛與鋼索套頭間，除應設置有效之鏈及鏈環外，為防止其斷裂，致發生車輛脫走之危險，應另設置輔助之鏈及鏈環。
- C. 被捲揚機牽引之人車，要設置操作人員和人車中乘員的聯絡設備，以供危急時聯絡。
- D. 動力車加設緊急停止裝置，以防止鋼索、纜車斷落、超速等危險事件發生。
- E. 斜坑的傾斜度在30度以上時，應於動力車上設置預防脫軌之裝置以策安全。
- F. 於動力車駕駛員確認人車位置不易之處，設置易於確認之里程標示。

(3) 物體滑落掉落：動力車上作業人員於搬運長物品時，易生物品滑落之虞；施工中材料之搬入搬出作業，亦有發生物料掉落之虞。
防止對策：

- A. 搬運長形物品須用專用車輛，且其鋼索、鏈條須和專屬吊掛用具配合使用，並於前端掛置紅旗或裝警示燈。
- B. 吊料所用之起重設備等危險機具之操作人員，須有合格證照方可進場作業。
- C. 起重機具應裝設過捲揚防止、過負荷防止、防滑舌片等安全裝置，並保持其功能之正常使用狀態。
- D. 起重機具須每日每月及作業前執行自動檢查，並存檔備查。
- E. 於吊掛作業中全程派員指揮監督。

(4) 感電：作業中所使用之發電機、配電箱等，均有發生感電之虞。
防止對策：

- A. 發電機須實施接地措施，並於受電盤上裝設漏電斷路器。
- B. 所裝設之分電盤以分路為基準，設置漏電斷路器並予接地。

2. 安全裝置之構造、作動、功能等原理

- (1) 防滑走裝置：於動力車可能滑走之處，加裝防止滑走裝置，以防車輛逸走。
- (2) 煞車器：於動力車上裝設煞車器，供危急狀況時，動力車能即時停止。
- (3) 里程標示器：於動力車駕駛員確認人車位置不易之處，設置易於

確認的里程標示器，使其易於分辨人車。

3. 相關作業環境之危害：

- (1) 缺氧：由於此作業環境是在隧道中進行，係屬一侷限空間，如其氧氣含量因氧化作用或其他原因而不足時，且抽排風設備又發生故障，則人員有發生缺氧的危險。

防止對策：

- A. 作業前作地質調查依調查結果，採取防止缺氧設施。
B. 設置足夠通風設備，並定期檢查維護保養，保持設備的正常使用。
C. 禁止使用柴油引擎以外的內燃機設備。

使用

1. 軌道設備之設計

軌道設備之設計與後續隧道內運搬作業順利與否息息相關，設計階段應考慮安全性、施工便利性、動力車易行性等因素，並請相關技師予以審核，以符合安全與實地作業所須。

- (1) 鋼軌之設計：須考量實地所需之運搬承載量、安全因數等，以設計出較為安全之鋼軌。一般實務上採用：
- A. 輕型鋼軌（JISE1103）：12、15、22 kg/m。
B. 普通鋼軌（JISE1101）：30、37、40、50 kg/m。
- (2) 軌距之設計：軌道間距離實務上採用508、610、762、914mm等，一般使用610mm或762mm。
- (3) 枕木之設計：通常採用型鋼（H100、150、200、300等），以環片的寬幅為基準（1支/ 1 Ring）而佈設，若在小斷面、荷重輕的情況則可使用木製枕木。
- (4) 配線：實務上大都採單線式或複線式，但亦有用三線式、中間單線式等。隧道內徑在2.5m以內大多採單線式，而隧道內徑在3.0m以上則以複線式居多。

2. 材料的搬入、搬出作業

施工中從工作井吊入吊出之機材，其所用之起重設備須嚴加管制與點檢，並須注意下述幾點：

- (1) 起重機、索道吊車之操作人員吊掛人員，須受過法令規定之教育訓練且獲有執照者。

- (2) 荷重吊裝場所之下方，禁止人員進入。
 - (3) 於作業前詳細檢查吊裝用鋼索、吊具等，不可使用不良的鋼索。
 - (4) 派選指定負責安全的信號指揮人員，吊掛作業中依信號進行作業。
 - (5) 信號指揮人員須配置於起重機操作人員易見之處。
 - (6) 信號指揮人員須熟知吊裝作業且與操作人員吊掛作業人員保持良好通訊聯絡。
3. 軌道鋪設：此階段須注意
- (1) 軌道鋪設應留意事項：
 - A. 鋼軌接頭採用魚尾板、螺栓、或銲接等方式使其堅固確實連接，鋪設時道釘、固定金屬零件應確實與枕木作堅固的錨錠。
 - B. 軌距要正確，在必要的地方作間隔測試。
 - (2) 軌道的曲線部分須留意：
 - A. 曲率半徑要在10m以上（或依設計圖）。
 - B. 須有符合法規規定之軌道超高及加寬。（勞工安全衛生設施規則第一百三十四條）
 - C. 須裝置適當的護軌。
 - (3) 在軌道的坡度應符合法規之規定保持在千分之五十以下，但動力車備有自動空氣煞車之軌道得放寬至千分之六十五以下。（勞工安全衛生設施規則第一百三十二條）
 - (4) 為防止軌道之岔道部分發生脫線等障礙，需設機能良好的轉轍器及轍鎖，並設車輛接觸限界標識等。
 - (5) 在軌道的終端應設置充分效能的擋車裝置，於動力車可能滑走之處加裝防止滑走裝置，以防車輛滑走。
 - (6) 於鋪設軌道時，為防止通行中之作業員和運行的車輛互相碰撞的危險，在車輛的兩旁或障礙物的側邊，其間隔保持要60cm以上，若無法保持60cm以上者，則需在適當間隔段設置：(1)避車設備並有顯明標示者。(2)設置信號裝置或配置監視人員者。且嚴禁在車輛進行的方向有作業人員進入。
 - (7) 駕駛員、導引人員等在車輛的搭乘者和坑內側壁、障礙物等的距離需保持必要的間隔。若無法保持必要的間隔時，為防止搭乘者發生碰撞之危險，要設接觸預防裝置及明確且容易辨認之標識。
 - (8) 線路配置及運行計畫儘可能不採設後方駕駛之計畫，若不得已採

後方駕駛計畫需設前照燈、回轉警報燈、警報鈴、或配置導引人員。

- (9) 出碴車的轉倒場、充電室、退避線部分採水平線路鋪設，並加設煞車器以防車輛滑走。
4. 鋼軌的維修、點檢：鋼軌的點檢、維修應指派專門人員負責，並製作維修點檢表，每日作記錄。如發生異常時，須即時採取補修應付措施予以修復。
5. 動力車設備：動力車須注意
 - (1) 須設手煞車，總重10公噸以上之動力車增設動力煞車。
 - (2) 對於軌道車輛施予煞車制輪之壓力與制動車輪施予軌道壓力之比，在動力煞車者應為百分之五十以上，百分之七十五以下；手煞車者應為百分之二十以上。
 - (3) 動力車須具備下列裝置：
 - A. 速度計。
 - B. 汽笛、警鈴等的信號裝備。
 - C. 前照燈、回轉燈及在駕駛室之照明設備。
 - (4) 駕駛室內駕駛員之視野須清楚，並設護欄防止駕駛員不慎掉落。
 - (5) 如採後方駕駛時，要配置導引人員引導前進，在導引人員處亦應設置警報系統以防緊急事件發生，前頭車輛並設前照燈。
 - (6) 車輪裝置之基準：
 - A. 車輪之踏面寬度於輪緣最大磨耗狀態下，仍能通過最大軌間。
 - B. 輪緣之厚度於最大磨耗狀態下，仍具有充分強度且不阻礙通過岔道。
 - C. 輪緣應保持不脫軌以上之高度，且不致觸及魚尾板。
6. 動力車之運轉：車輛駕駛員須選任受過特別教育訓練者，並應給予下列事項之再教育和指導
 - (1) 就動力車之機械構造、性能及操作和安全教育給予詳細說明。
 - (2) 操作前須確實檢查車輛狀況並填寫維修檢點表，如有發現異常狀況應報告工地負責人並即時停駛予以補修。另應加強檢查車輛之前照燈、警笛、煞車器等重要設備。
 - (3) 檢查載運物品之狀況是否安全、無掉落之虞。
 - (4) 駕駛員須熟悉車輛駕駛要領、速度及信號之指示（警報、燈火

等)。

- (5) 如設置車輛助手，則駕駛員須與助手充份配合並注意下列事項：
 - A. 從牽引車脫離之台車必須使用車閘，防止台車之滑動。
 - B. 禁止任何人員從運行中的車輛上、下。
 - C. 遵守其他運行的相關事項。
 - (6) 換班時要將車輛機械及軌道等狀況詳細交代。
 - (7) 駕駛員及助手等，對下列事項必須確切留意：
 - A. 車輛開車前確認周圍的狀況。
 - B. 嚴守車速及乘員的限制，務必確認乘坐者有無摔落或可能發生碰撞的情形。
 - C. 遵守信號的警示。
 - D. 使車輛停止時必須使用煞車器，如須長時間離開車輛時，應妥善保管鑰匙。
 - E. 車輛的連結、分離須使用適當的工具，不可直接用手腳操作；於必要之作業場所設置照明設備；於坡度變化大之場所，須用連結鏈等補助器以確保車輛連結的安全。
 - F. 搬運長型物品應使用專用車輛。為防止滑落，鋼索和固定用具應配合使用，並在前端用紅旗或裝置警示燈予以警示。
 - G. 通過轉彎等視線不良處時，要鳴警鈴、警笛，確認前後狀況，緩速慢行。
 - H. 在坑內回轉台上作車輛方向轉換時，轉車台須完全停止，且煞車器完全煞住。等作完確認後，方可進行回轉、橫行之作業。
7. 豎坑或傾斜升降路之捲揚裝置：此設備須注意
- (1) 設置有效的煞車器：須設置能使車輛在最大荷重、最快速度情況下，作緊急煞車停止的煞車器。
 - (2) 準備適當的信號機，及各項安全措施。
 - (3) 在軌道曲線部作長距離鋼索載運時，須於必要處設置滑輪。
 - (4) 鋼索纜車應注意：
 - A. 須符合法規規定之安全係數。
 - B. 鋼索纜車之滑輪使用須以確實之方法裝置車輛。
 - C. 傾斜捲吊用的鋼索纜車必需有連結之裝置。
 - (5) 設置確切的防脫走防滑落之裝置。
 - (6) 捲揚機操作員須受過特別教育訓練並應注意：

- A. 操作員在機具運轉時，嚴禁離開駕駛位置。
 - B. 必須熟悉機具之構造、性能及操作方法，貫徹每日例行之檢點工作並作記錄、保存。
8. 人車的使用：人車的使用應依下列事項作適合的調配
- (1) 設置作業員安全乘車坐席、吊環、握桿等，訂定限乘人數並告知相關作業人員。
 - (2) 設護欄及人員乘降出入口。
 - (3) 於斜坑人車通過時，其車輛間及車輛與鋼索套頭間，除應設置有效之鏈及鏈環外，為防止其斷裂，致車輛脫走之危險，應另設置輔助之鏈及鏈環。
 - (4) 被捲揚機牽引的人車，須設置供機上駕駛人和車中乘員聯絡設備以備危急時使用。
 - (5) 為防止鋼索纜車斷落、超速等危險，須加設緊急停止裝置。
 - (6) 斜坑傾斜度在30度以上時，應設預防脫軌之裝置。
 - (7) 於機具駕駛員不易確認人車位置處，設置易於確認之里程指示器。

相關法令標準

1. 營造安全衛生設施標準：
- (1) 第七十三條：使用搬運機械從事隧道、坑道作業，依下列規定：
 - 一 事前決定運行路線、進出安全地點及此等機械進出土石裝卸場所之方法，並告之勞工。
 - 二 必要時指派指揮人員，指揮作業。
 - 三 作業場所應有適當之安全照明。
 - (2) 第八十四條：對於隧道、坑道之電力及其他管線系統應依下列規定：
 - 六 隧道內所駛之動力車，應裝置閃光燈號或警報設施。
 - (3) 第八十五條：對於隧道、坑道內之通路，應依下列規定：
 - 一 規劃工作人員專用道路，並於車輛或軌道動力車行駛之路徑，以欄杆或其他設施加以隔離。
2. 我國勞工安全衛生設施規則對於軌道機械之相關規定有
- (1) 第一百二十九條：對於軌道機械，應設有適當信號裝置，並於事先通知有關勞工週知。

- (2) 第一百三十條：對於連結軌道機械車輛時，應使用適當連結裝置。
- (3) 第一百三十一條：有關動力車鋼軌之每公尺重量之規定。
- (4) 第一百三十二條：有關動力車鋼軌鋪設之規定。
- (5) 第一百三十三條：對於動力車軌道路基，如車輛在五公噸以上者，其除應由礫石、碎石等構成外，並應有充分之保固，與良好排水系統。雇主對於前項以外之軌道路基，應注意鋼軌鋪設、車輛行駛安全狀況。
- (6) 第一百三十四條：有關動力車軌道曲線部分之規定。
- (7) 第一百三十五條：對於動力車軌道岔道部分，應設置具有充分效能之轉轍器及轍鎖；軌道之終端應設置充分效能之擋車裝置。
- (8) 第一百三十六條：對於車輛於軌道上有滑走之虞時，應設置防止滑走之裝置。
- (9) 第一百三十七條：對於隧道坑井內部裝置軌道時，其側壁與行走之車輛，應保持六十公分以上淨距。但有下列情形之一者，不在此限：
 - 一 於適當之間隔，設置有相當寬度之避車設備並有顯明標示者。
 - 二 設置信號裝置或配置監視人員者。
- (10) 第一百三十八條：有關手推車輛之軌道之規定。
- (11) 第一百三十九條：有關軌道沿線應採取措施之規定。
- (12) 第一百四十條：有關軌道沿線環境實施保養之規定。
- (13) 第一百四十一條：有關行駛於軌道上之動力車之規定。
- (14) 第一百四十二條：有關行駛於軌道上之動力車車輪之規定。
- (15) 第一百四十三條：有關行駛於軌道之載人車輛之規定。
- (16) 第一百四十四條：有關行駛於軌道之車輛之規定。
- (17) 第一百四十五條：對行駛於軌道之動力車，應設置手煞車，十公噸以上者，應增設動力煞車。
- (18) 第一百四十六條：對於軌道車輛施予煞車制輪之壓力與制動車輪施予軌道壓力之比，在動力煞車者應為百分之五十以上，百分之七十五以下；手煞車者應為百分之二十以上。
- (19) 第一百四十七條：有關行駛於軌道之動力車駕駛座之規定。
- (20) 第一百四十八條：對於軌道車輛之行駛，應依鋼軌、軌距、傾斜、曲率半徑等決定速率限制，並規定駕駛者遵守之。

- (21) 第一百四十九條：對於駕駛動力車者，應規定其離開駕駛位置時，應採取煞車等措施，以防止車輛逸走；對於操作捲揚裝置者，應規定其於操作時，不得離開操作位置。
- (22) 第一百五十條：有關勞工使用軌道手推車輛之規定。
- (23) 第一百五十一條：對於傾斜在千分之十以上之軌道區使用之手推車，應設置有效之煞車。
2. 我國缺氧症預防規則對缺氧作業之相關規定有
- (1) 第四條：使勞工從事缺氧危險作業時，應置備測定空氣中氧氣濃度之必要測定儀器，並採取隨時可確認空氣中氧氣濃度、硫化氫等其他有害氣體濃度之措施。
- (2) 第五條：使勞工從事缺氧危險作業時，應予適當換氣，以保持作業場所空氣中氧氣濃度在百分之十八以上。……

災害案例

在軌道上抽換枕木遭機車頭擦撞致死災害

1. 災害發生經過：
- 東部鐵路改善工程辦理「宜蘭線70K+617~72K605 宜蘭站至二結間抽換PC枕及道碴工程」，八十四年四月十四日零時起，使用挖土機由東主線72K+300處開始往花蓮方向抽換枕木，至上午四時三十分許進行至72K+420處，正在抽換最後一支枕木時，勞工甲等三人操作起道機在挖土機後面等候，此時西主線有887A機車頭由宜蘭方向駛來，負責監督挖土機作業的副班長丁立即令挖土機停止工作，機車頭以時速九十五公里駛近，丁見甲、乙二人由挖土機後方走向西主線軌道上，丁立即大聲呼停，機車頭亦鳴笛示警，剎那間機車頭駛過，甲乙二人躺在軌道旁，經送醫急救無效死亡。
2. 災害發生原因：
- (1) 罹災者頭部挫傷腦出血死亡。
- (2) 罹災者誤認以為能及時越過鐵軌閃過行駛而來之機車頭，致被機車頭邊緣擦撞頭部死亡。
- (3) 對勞工未實施安全衛生訓練，勞工對危害之認知不足。
3. 災害防止對策
- (1) 作業前作業主管應由火車管制中心，獲得作業期間工作地點駛過之列車時間表，俾及時撤離人員。

- (2) 負責監視列車來往之副班長於發現非封閉線路有火車駛來時，應立即發出警報通知所有工作人員注意來車。
- (3) 對勞工應實施從事工作所必要之安全衛生教育、訓練，並將相關危害案例列入訓練教材，提高勞工安全衛生知識，防止類似災害發生。