

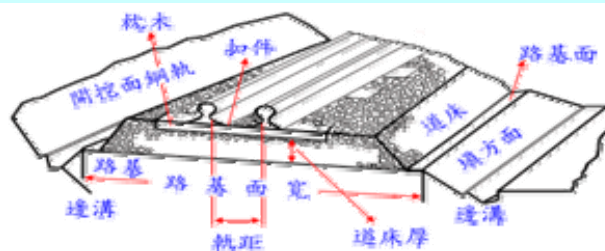
## 鐵路橫斷面 The railway cross section

- 車或車輛運轉所必需的通路，包括軌道 (track) 及承載軌道的路基 (roadbed) 與橋涵等構造物稱為路線。
- 今日鐵路橫斷面的革新超過一世紀，早期鐵路有縱向及橫向枕的軌道 (tie track)，美國城際鐵路系統有橫向木枕
- 軌條橫向斷面積持續增加，軌枕間隔減少及承載輪重增加；軌枕間隔不能無限減少，軌條斷面亦無法持續增加
- 重交通幹線由混凝土枕替代木枕，軌枕間隔減少由連續混凝土版替代

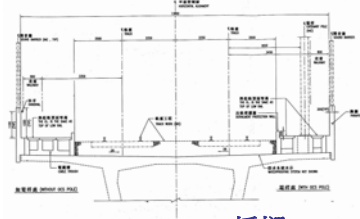


## 軌道結構及配置

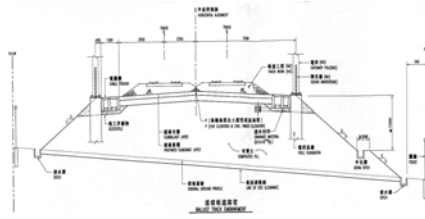
- 軌道係由道碴、軌枕、鋼軌及扣件所組成，供列車及車輛通行的構造物。
- 軌道指路基上面的道碴、枕木、鋼軌及其附屬設備等。其中枕木與鋼軌組成的梯狀結構又稱為軌框(track skeleton)。
- 軌道結構要求—強度足夠、車輛行使安全圓滑、軌道不整量小、乘車舒適、合乎經濟及保養維護簡易



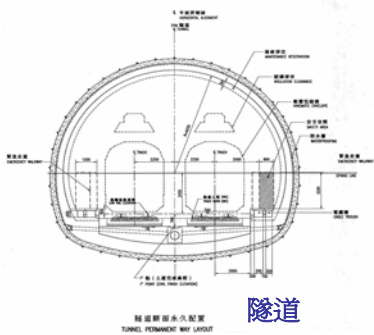
## 鐵路構造型式



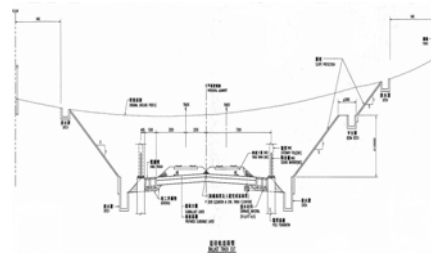
橋樑



路堤路塹



隧道



## 台灣高速鐵路基寬

構造	路基寬	左側路基	左側道碴	兩線間隔	右側道碴	右側路基
高架橋	12.8 m	4.15 m	2.0 m	4.5 m	2.0 m	4.15 m
隧道	11.5 m	3.5 m	2.5 m	4.5 m	2.5 m	3.5 m
路堤路塹	18.9 m	7.2 m	3.25 m	4.5 m	3.25 m	7.2 m

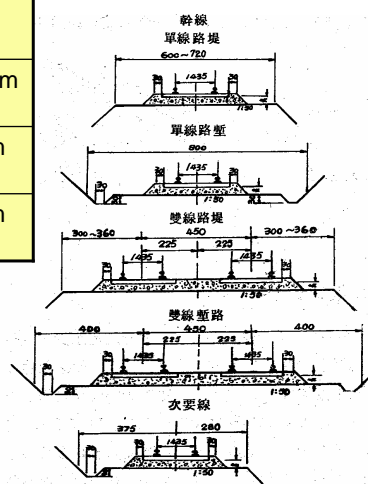


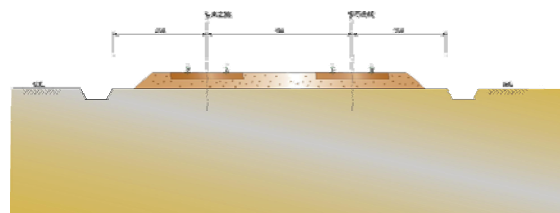
圖 3-3 路基斷面圖

## 鐵路橫斷面寬 width of cross section for railway

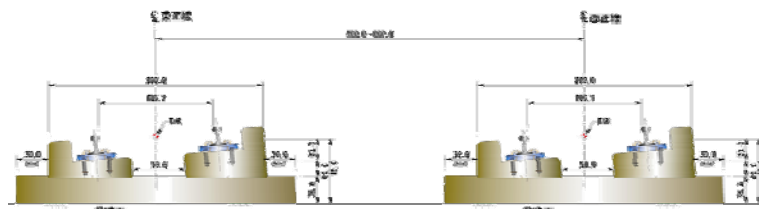
- 幹線(mainlines)、次要線(secondary lines)、輕交通支線(light traffic branch lines and spurs)等路基寬標準
  - 單軌幹線寬為6.1m(20ft)
  - 填方路段依據填高而定，寬為6.1~15.2m(20~50ft)
  - 挖方路段包括側溝寬為9.1m(30ft)
- 路權寬
  - 在開放鄉村寬為15.2,18.3,24.3及30.5m(50,60,80,100ft)
  - 通常情況採較寬的路權
- 鐵路斷面有七個主要單元
  - 道碴(ballast)、軌枕(crossties)、軌條(rails)、軌枕墊板(tie plates)、道釘(spikes)、扣件(fastenings)、軌條錨錠(rail anchors)及軌條接頭(rail joints)

## 路堤段軌道斷面結構

曲線半徑為1200m  
 超高為84mm  
 超高漸變小於55mm/sec

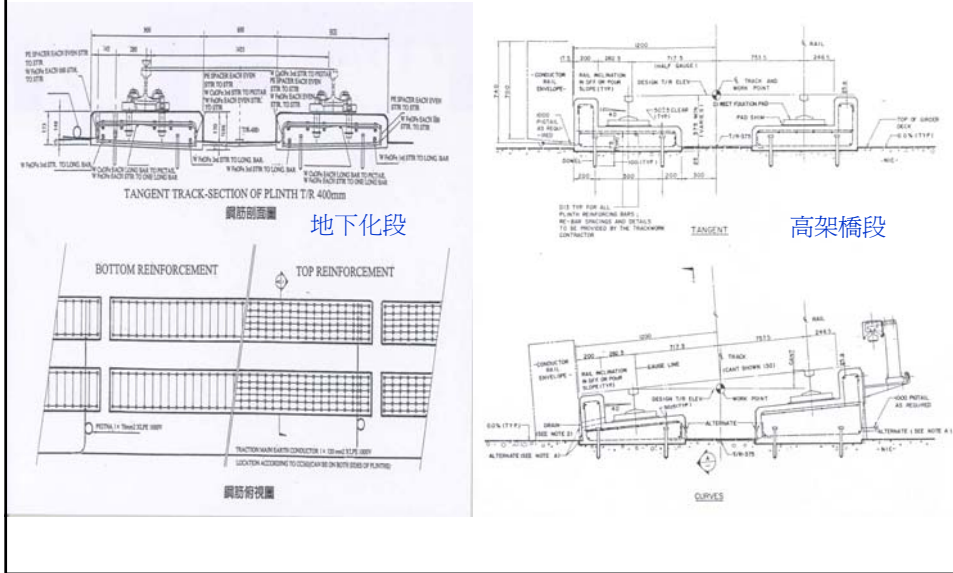


路堤段道碴軌道標準斷面圖

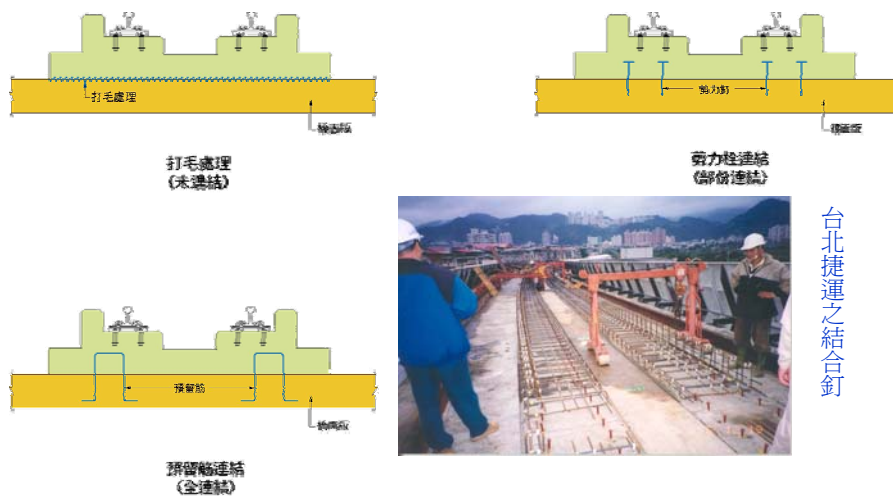


版式軌道示意圖

# 台北捷運版式軌道配筋圖



# 軌道版與橋樑版之連結

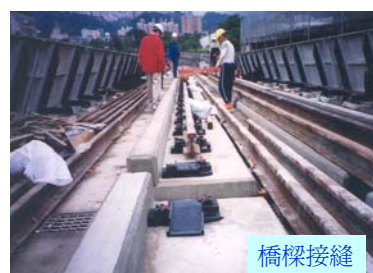


## 軌道結構單元配置

- 軌道結構版為20公尺、基礎為60公尺
- 注意事項
  - 橋梁伸縮縫及橋台位置
  - 道碴軌道與版式軌道銜接處
  - 道版接縫處理
  - 軌道分段施工位置



## 版式軌道接縫處理





## 道碴軌道與版式軌道銜接

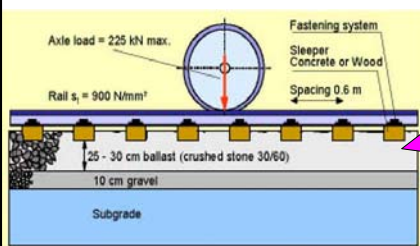


橫視圖

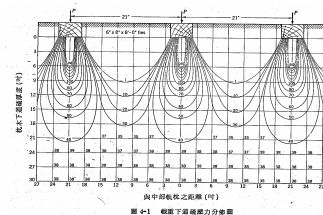


側視圖

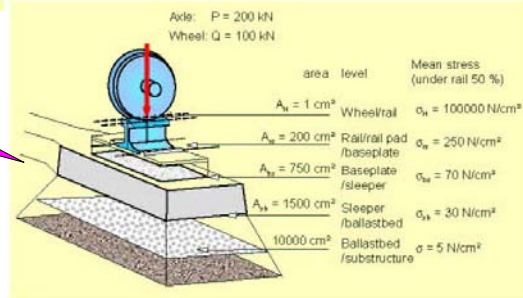
## 軌道結構所承受之壓力



鋼輪與軌道結構關係

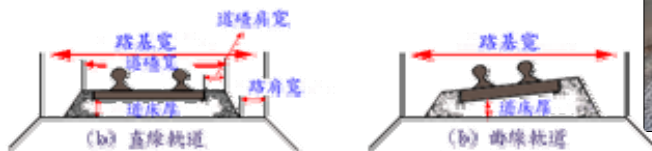


軌道結構各部承受壓力分析



## 道碴 Ballast (13-14)

- 道碴為鐵路主要結構單元，將輪荷重經軌條、軌枕及道碴後傳遞至路床
- 在列車動態荷重下，道碴可確保軌道的縱向及橫向移動，提供排水及降低植物生長
- 道碴為開放級配粒料，尺寸為38~44mm (1.5~1.75in)，道碴厚度為15~75cm(6~30in)
- 道碴的品質標準
  - 抵抗磨耗(wear resistance)洛杉磯試驗為40
  - 清潔程度(cleanliness)軟石少於5%、過200號篩少於1%、黏土少於0.5%
  - 抵抗霜凍(frost resistance)硫酸試驗5循環少於7%、
  - 單位重(unit weight)夯實重量為1120~1600kg/cm<sup>3</sup> (70~100lb/ft<sup>3</sup>)



## 軌枕 cross-ties (sleepers) (13-15)

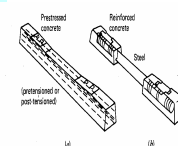
- 軌枕功能
  - 傳遞水平及垂直荷重置道碴、維持正確軌距、固定軌道減少縱向及側向移動、降低衝擊荷重引起的軌條變形、提供軌道起碴的施作方便
- 列車重為垂直荷重，列車加減速提供縱向荷重，曲線路段車輛提供側向荷重，高速機車提供側向滾動荷重
- 木枕抵抗風化及劈裂需塗裝，標準斷面尺寸為7in(7Tx9W)及6in(6Tx8W)規格，標準長度為2.4,2.6及2.7m(8,8.5,9ft)，每年養護更換約3%
- 混凝土枕為主流，在軌條下提供彈性墊及電器絕緣
- 混凝土枕有兩型態，第1型為整支混凝土，第2型為兩塊混凝土，每年養護更換約2~5%



木枕



混凝土枕



## 軌條 rails (13-16)

- 鋼軌條形狀為倒T型，將垂直荷重及水平剪力透過軌枕墊及扣件傳遞至路床
- 軌條標準長為11.9m可供12m長車輛運送，較長軌條(25m)由列車運送，連續焊接軌條的焊接長度為439m，焊接長度有增加趨勢
- 連續焊接軌條的優點
  - 減少養護成本、較高營運速率、貨運列車較少損壞、較少磨耗有較好行車品質
- 軌條標準以單位長度重為基準
  - 美國鐵路協會(AREA)有六軌條標準，重量為56.6~68.9kg/m(115~140lb/yd)
- 台鐵軌條有30,37,50及60kg/m等
- 高速鐵路及捷運軌條以60kg/m為主

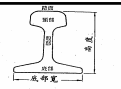


圖 5-3 平底鋼軌<sup>(4)</sup>

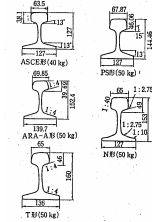


圖 5-4 目前使用各型鋼軌<sup>(4)</sup>

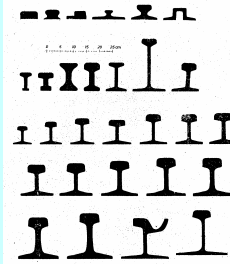


圖 5-2 各種鋼軌<sup>(1)</sup>

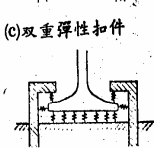
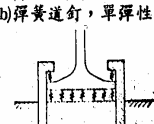
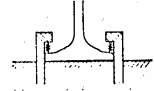
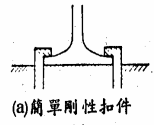
## 軌墊及扣件

### Tie plates (13-17) and fastenings (13-18)

- 軌墊為確保軌枕的道釘(spikes)及扣件不脫落，軌墊三個主要功能
  - 提供輪荷重有較大分佈面積防止木枕損壞
  - 幫助固定正確的軌距
  - 提供軌條內傾(1/20~40)使外推側力作用於軌枕
- 軌墊固定軌枕防止因移動造成磨損及破壞，軌墊尺寸為17.8~20.3cm(7~8in)寬、長25.4~35.6cm(10~14in)、厚1.4~2.5cm(9/16~1in)
- 將軌條固定於軌枕的構件稱為扣件，抵抗因行車造成的軌道波動及衝擊的爬行現象
- 扣件型式
  - 簡單的道釘有鉤頭道釘(cut spikes)、彈性道釘(spring spikes)、螺栓道釘(screw spikes)
  - 彈性扣件為壓力扣夾(compression clip and clamp)，由扣夾及軌墊提供雙重彈性

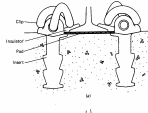


## 道釘及彈性扣件

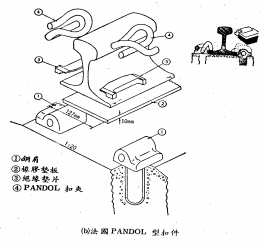


(d)完全彈性扣件  
(採用橫向彈簧)

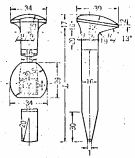
圖 5-5 各型扣件原理



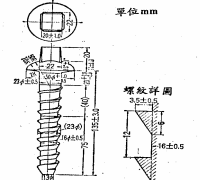
彈性扣件



Pandrol扣件



(a)狗頭道釘



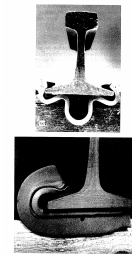
(b)螺絲道釘

## 彈性扣件系統

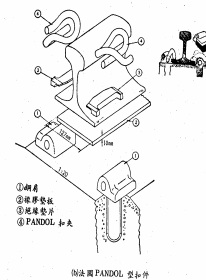


## 防爬器 Rail anchors (13-19)

- 防爬器設置目的，為確保軌條在軌枕固定位置，控制列車造成縱向移動及因溫度造成軌條接縫的伸縮
- 軌條無防爬器及因伸縮力的局部集中情況，造成軌條不均勻伸縮及導致軌條扭曲及彎曲
- 軌條如有變形，會造成軌枕扭曲、軌距傾斜及焊接軌條接縫破裂，連續焊接軌條需要設置防爬器
- 防爬器裝置係在軌條下的垂直面及位於軌枕側邊或正面，將軌條的潛變壓力經軌診至道碴
- AREA建議在11.9m軌條的防爬器裝置
  - 單向設置8個向前及2個向後
  - 幹線雙向設置16個
  - 連續焊接軌條的防爬器裝置為錯開

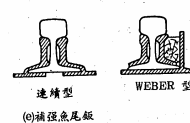
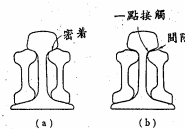


防爬器



## 軌條接頭 rail joints (13-20)

- 軌條接頭提供兩軌條頂及線形平滑相接，輪荷重由一軌條尾傳至另一軌條頭
- 魚尾結合接頭的兩軌條必須軌端對齊及預留的間隙要正確
- 接頭長度為61或91.4cm(24或36in)，61cm魚尾板鑽4個孔，91.4cm魚尾板鑽6個孔
- 區間閉塞的軌道電路需要絕緣接頭，此結合接頭在軌條及螺栓間裝置絕緣材料
- 絕緣接頭在工廠加工的膠接，接頭可採結構黏結



## 結合接頭型式



結合接頭



絕緣結合接頭

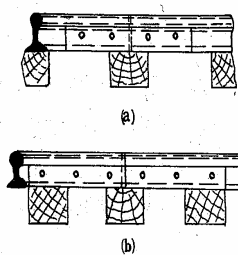


圖 7-1 承墊式接連

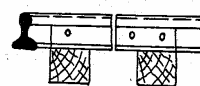


圖 7-2 懸空式接連

## 鋼軌接頭型式



絕緣接頭



## 市區鐵路捷運斷面 urban rail transit cross section

- 市區捷運系統技術分為傳統的鋼軌鋼輪、混凝土或鋼製行駛路面的膠輪、混凝土單軌的膠輪(跨座或吊掛)
- 市區捷運系統的供電方式皆採第三軌
- 市區捷運配合高速公路，路線構造分為高架(elevated)、平面(at grade)、低於地面(depressed)及地下鐵(subway)
- 路線採平面構造最便宜，具有高經濟優點，但會阻斷橫交街道，噪音及空氣污染較高

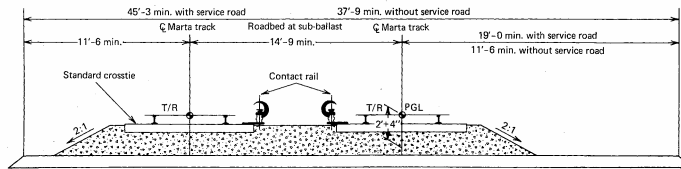


Figure 13-11 A typical section of an urban rail transit track, at grade. (Courtesy Metropolitan Atlanta Rapid Transit Authority.)

## 市區鐵路捷運車站

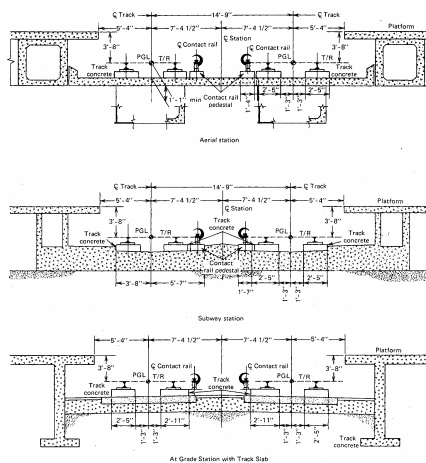


Figure 13-12 Typical sections of urban rail tracks in stations. (Courtesy Metropolitan Atlanta Rapid Transit Authority.)

雙軌車站

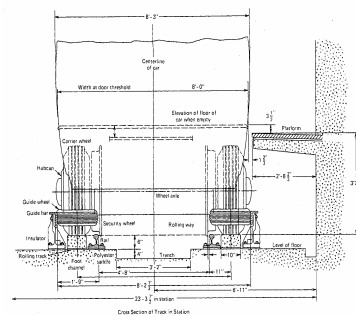


Figure 13-13 Cross section of track in station, for Montreal's rubber-tired transit system.

單軌車站

## 鐵路交叉路口 Railroad intersections

- 鐵路軌道交叉計有道岔、橫渡線及菱形道岔
  - 道岔(turnouts)係曲線路段允許車廂由一軌道轉向另一軌道
  - 橫渡線(crossovers)當道岔提供另平行或非平行的連續交叉
  - 菱形道岔(crossing)軌道橫交允許車輛由一軌道橫越另一軌道的配置
- 道岔構造
  - 分為尖軌區(switch rail area)、漸進軌區(closure rail area)及岔心區(frog)

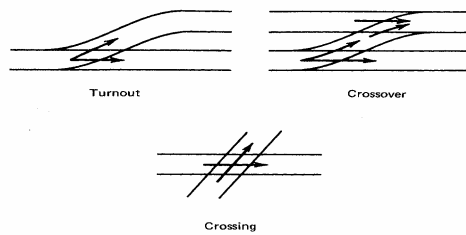


Figure 13-20 Schematics of simple turnout, crossover, and crossings.

## 道岔及橫渡線圖





## 道岔配置及線形

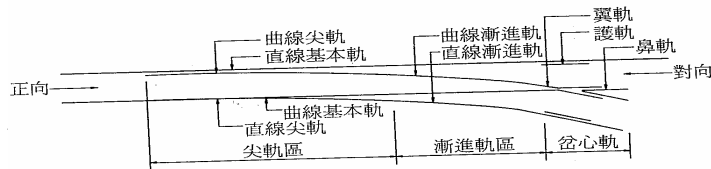
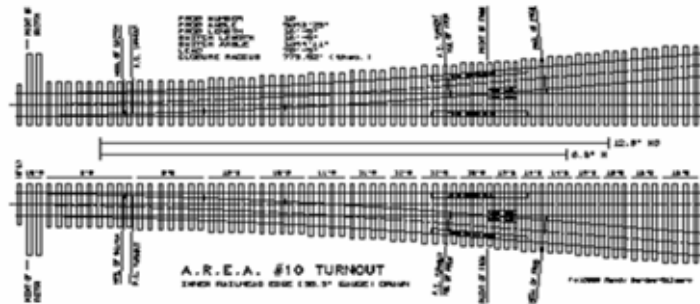


圖 5-1 道岔圖



軌枕道岔

## 轉轍器 switches (13-25)

- 轉轍器為道岔的一部分，決定車廂分離移動經道岔的轉轍器，依據車廂移動方向分為左側及右側轉轍器
- 轉轍器係指會移動的軌或點，由拉桿連接正確位置及關係，軌距及轉轍版安裝在正確的高程，轉轍頭為剛接頭
- 轉轍器型式
  - 尖軌轉轍器(split switches)為美國鐵路標準轉轍器，在很高速移動下已證明安全
  - 鈍軌轉轍器(stub switches)為用於窄軌的輕軌及工業電車，尖軌區的軌條彎向轉轍機械，在高速移動不是十分安全，用於低速率路段及場站區
  - 舌形轉轍器(tongue switch)由軌道一側可移動的組成，專為慢速交通設計，用於有鋪面的街道路段，
  - 彈性轉轍器(spring switch)為尖軌轉轍器的一種，輪經過時允許點移動，輪過後恢復原位

## 轉撤器機構 switch mechanism



轉撤機械



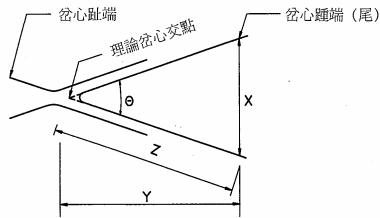
轉撤器



## 岔心 Frogs (13-26)

- 道岔的岔心設施允許車輪由一軌橫越置另一軌，提供輪跨越交叉翼版及輪翼的連續槽等功用
- 岔心型式分為剛式岔心及彈性岔心
  - 剛式岔心(**rigid frog**)為兩翼版通常是打開，且兩翼軌用螺栓固定岔心體
  - 彈性岔心(**spring frog**)傳統的彈性岔心主要兩翼版通常也是打開，當一翼軌移動時道岔方向也是打開，作為車輪的翼版
- 岔心定義依號數為準，號數計算如下所示
  - 號數計算為一半岔心角後，求一半的 **cotangent**函數值
  - 岔心踵端開口間距與岔心理論澆點至踵端的距離比值
- 軌道的岔心角為 $9^{\circ}32'$ (6號岔心)至 $2^{\circ}52'$ (20號岔心)間
  - 18及20號岔心用於大鐵路系統的幹線
  - 10及12號岔心用於較慢移動的路線
  - 6及8號岔心用於側線及工業區軌車

## 岔心定義及號數



X: 岔心踵端的開口間距 Y: 岔心理論交點至岔心踵端的距離

### 岔心號數計算圖說

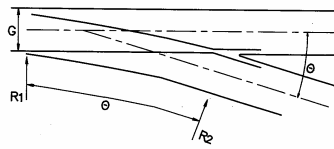


圖 5-17 道岔幾何圖

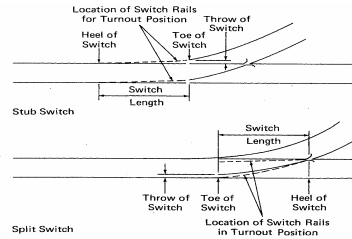
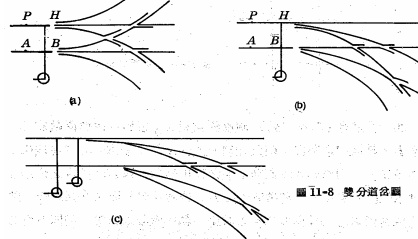


Figure 13-21 Schematics of stub and split switches.

### 道岔型式



## 菱形道岔 Crossing (13-27)

- 當兩軌道交叉及跨越時須設計及製造菱形道岔，交叉角度無標準，岔心需要特別設計
- 菱形道岔設計分為四類
  - 螺栓軌道菱形道岔(bolted rail crossing)所有組件熱處理或開心軌螺栓在一起
  - 錳鋼岔心菱形道岔(manganese steel insert crossing)由錳鋼鑄造可抵抗高衝擊，岔心及翼版由滾壓軌條製成
  - 固體錳鋼菱形道岔(solid manganese steel crossing)岔心由單固條鑄造
  - 雙版轉轍器(double slip switch)為可移動岔心菱形道岔
- 菱形道岔選擇依據營運速率、交叉角度及軌道曲線情況而定

## 菱形道岔型式

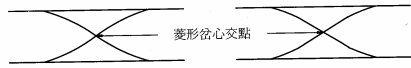


圖 5-29 曲線菱形岔心

圖 5-30 直線菱形岔心

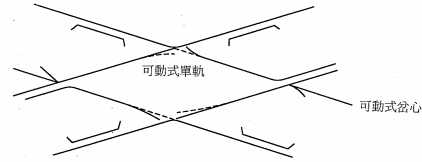
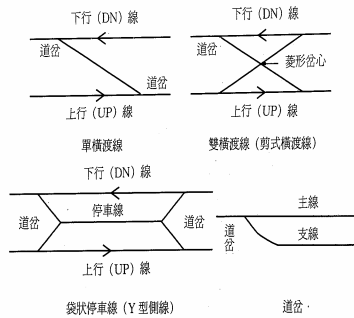


圖 5-28 菱形岔心構造簡圖



## 鐵路平交道坡度

### Railroad grade intersections (13-28)

- 公路與鐵路平面交叉必須知道公路坡度、視距、排水、交通量及列車班次
- 依據鐵路等級及公路改善項目進行平交道施作及路面舖築
- 鐵路平交道須設置正確優先警告號誌，在重交通公路處設置自動控制設施，依據AREA鐵路平交道保護標準設置
- 鐵路平交道立體化標準，為由兩或多軌的幹線與每日供的行駛六列車以上的單軌路線，公路交通有延遲及安全等顧慮
- 平交道立體化分為高架橋(overpass)或地下道(underpass)處理，結構型式依據地形及初期建造成本而定
- 地下道結構有排水問題，大部分時間需要完成路面唧水及地下水，甚至因淹水使抽水設施停頓，導致交通暫停通過