



# 臺中捷運軌道工程

## 可動式岔心 施工探討

洪詠傑／臺北市府捷運工程局第二區工程處軌道工務所 助理規劃師

梁志全／臺北市府捷運工程局第二區工程處軌道工務所 主任

劉安德／臺北市府捷運工程局第二區工程處 副處長

陳俊宏／臺北市府捷運工程局第二區工程處 處長

目前臺北市府捷運工程局已興建完成於大台北地區營運之路段多為地下化大眾捷運系統，惟考量建造成本及營運後之載客率，目前興建中之路線則為高架結構鋼軌鋼輪為主。因臺中捷運線為該市首條大眾捷運系統，除少部份路段外，多處為人口稠密之市中心範圍，而當捷運系統高架化又行經人口稠密之市中心，為減緩營運後之噪音振動問題，故臺中捷運除於土建標設置隔音牆及吸音板，另於軌道標設置浮動式道床及可動式岔心來防治。其中除浮動式道床已於臺北捷運正式營運使用，可動式岔心一般使用於高速鐵路，應用於大眾捷運系統在臺灣則為首次嘗試。

可動式岔心為藉助轉轍器操作可依列車過岔行進需求，來保持軌距線連續，其優點為車輛於軌道間轉換時減少鋼輪與岔心衝擊所產生之振動及噪音，以達到減振抑噪、增加車廂內乘客之舒適度。臺中捷運中運量系統所使用的可動式岔心型式在其他國家已有逾 20 年的歷史，屬於成熟的技術。本文將使用於臺中捷運線可動式岔心設計、生產製作過程及現場安裝等作業流程進行探討。

關鍵詞：臺中捷運、可動式岔心、道岔、減振抑噪

### 前言

臺中捷運中運量系統路線起自臺中市北屯區松竹路一段與旱溪西路三段交岔路口，往南經北屯路、文心路、文心南路後，續沿建國北路、建國路，並與臺鐵縱貫線山線平行進入高鐵臺中站專用區內，其中設置五級維修廠一座、地面車站 2 站及高架車站 16 站，路線全長約 16.71 公里。路線行經北屯路、文心路、文心南路與鄰房相距過近如使用固定式岔心勢必於高速行駛狀況下造成一定程度之鋼輪撞擊岔心之噪音，為免前述狀況特於此路線使用可動式岔心減少噪音產生，目前臺灣初次使用為臺灣高速鐵路所使用之正線可動式岔心依速度及曲線分別為 18.1 號、18.5 號、20 號、26 號、33 號道岔，於臺中捷運中運量系統所使用為 9 號道岔，使用號數為較小之型式。

### 可動式岔心型式及固定式岔心分析

一般道岔於固定式岔心因軌距線之不連續（有害空間），在鋼輪跨越此不連續軌距線時鋼輪即會撞擊此不連續段之鋼軌（岔心）而產生震動及噪音。可動式岔心之鼻軌或翼軌經特殊設計，即可動式鼻軌（Swing Nose）或可動式翼軌（Moveable Wing），藉助轉轍器操作可依列車過岔行進需求，保持軌距線連續，其功能為車輛依營運需求於兩股道間轉換時，經由可動式岔心配合轉轍器作動，將列車行駛路線上有害空間銜接，使軌距線／鋼軌面連續不中斷，藉而減少鋼輪與固定式岔心衝擊所產生之振動及噪音，目前本案可動式岔心設置在主線高架路段。



圖 1 可動式岔心 (Swing Nose Crossing, SNX)



圖 2 固定式岔心 (Fixed Nose Crossing, FNX)

軌距線連續與否

本章節針對臺中捷運中運量系統所使用的可動式岔心與固定式岔心設計之差異做一分析比較，臺中捷運中運量系統依契約規定分別為可動式岔心須符合 EN13232-7 之規定，固定式岔心須符合 CNS14626、UIC866/0、EN15689、AREA 或 AREMA 之規定，另道岔專業製造廠商依所採用尖軌及鼻軌之金屬材料特性及相關尺寸通過 FEM 演算進行模擬分析，現將分析結果針對動程、推動力、輪緣槽寬度項目羅列如表 1。

可動式岔心因鼻軌配置號誌系統需於尖軌及鼻軌分別安裝轉轍器及鎖定 / 偵測裝置「VCC」與「VPM」，固定式岔心則無需鼻軌之鎖定裝置「VPM」，僅以「VCC」進行尖軌鎖定 / 偵測，依表 1 模擬出可動式岔心尖軌閉合

移動間距 160 mm、鼻軌閉合移動間距 115 mm，所需要之牽引動力分別為 150 daN 及 232.1 daN，固定式岔心尖軌閉合移動間距 160 mm，所需要之牽引動力 158.8 daN。依此號誌系統廠商所選用轉轍器產品為 Vossloh 公司所生產型號 MJ/MCEM 之轉轍器，牽引動力為 400 daN（約 1.5 ~ 2.5 倍），其牽引能力均大於表 1 所模擬之所需牽引動力。

另專業製造廠商依界面標所提供數據及經驗數據進行可動式岔心及固定式岔心車輪過岔橫向位移計算，相關數據如表 2。

固定式岔心輪幅最大橫向位移如表 3。

可動式岔心因岔心無車輪 / 鋼軌接觸損失不需由護軌防護，其內輪幅最大橫向位移如表 4。

表 1 閉合移動間距 FEM 模擬必要推動力 (Vossloh 提供)

	Parameter 參數	可動式岔心尖軌 Tg 1/9 R190m	可動式岔心心軌 Tg 1/9 R190m	固定式岔心尖軌 Tg 1/9 R280m Equal Split
input	Open at toe (mm) 尖軌處動程	160	115	160
	Requested min. Flangway (mm) 所需最小輪緣槽寬	55	55	55
output	Driving force (daN) 所需推動力	150	232.1	158.8
	Calculated min. Flangway (mm) 計算後最小之輪緣槽寬	64	85	64

表 2 軌道參數

Parameter 參數	Value 數據	Reference 參考數據
Rail profile 鋼軌軌形	60E1 canted 1/40	依臺中捷運契約規定
New wheel 全新車輪	UIC510-2 車輪踏面，寬度 127 mm	依界面標提供
Flange width (mm), New wheel 輪緣槽寬 (mm)，新車輪	32.5	依界面標提供
Worn wheel 車輪磨損	DB S1002 磨損數據	根據 Vossloh 經驗 DB S1002 之車輛行駛於 60E1 鋼軌及 1/40 超高上磨損參考數據。
Track gauge (mm) 軌距 G (mm)	1435 +2/-1	EN13232 規範公差值
Back to back distance a 輪背距	1360 ±1	依界面標提供
Protection of frog Npcf (mm) 岔心查照間距 Npcf (mm)	1394 +2/0	詳計算式 (1)
Free wheel passage Fwpcf (mm) 護背距離 Fwpcf (mm)	> 1359	詳計算式 (2)
Frog Flangeway in transfer zone O1 (mm) 過渡區岔心之輪緣槽 O1 (mm)	41 +2/0	詳計算式 (3)

表 3 固定式岔心輪幅最大橫位移 (Vossloh 提供)

Lateral positions of wheelset in FNX crossings 固定式岔心岔心處之橫向位置			
	b	y - (max)	y + (max)
	輪緣槽厚度 (mm)	橫向位移 (mm)	
UIC510-2 全新	32.5	- 6.5	+ 5
DB S1002 耗損參考	30.35	- 6.5	+ 5

表 4 可動式岔心內輪幅最大橫位移 (Vossloh 提供)

Lateral positions of wheelset in SNX crossings 可動式岔心岔心處之橫向位置			
	b	y - (max)	y + (max)
	Flange thickness (mm) 輪緣槽厚度 (mm)	Lateral displacements (mm) 橫向位移 (mm)	
UIC510-2 全新	32.5	- 6.5	+ 6.5
DB S1002 耗損參考	30.35	- 8.65	+ 8.65

經道岔專業生產廠商依上述計算可得出固定式岔心橫向位移 UIC510-2 全新車狀況下為 -6.5 mm 及 +5 mm 及 DB S1002 磨損車輪狀況下為 -6.5 mm 及 +5 mm。可動式岔心橫向位移 UIC510-2 全新車狀況下為 -6.5 mm 及 +6.5 mm 及 DB S1002 磨損車輪狀況下為 -6.65 mm 及 +8.65 mm。

### 可動式岔心製造及安裝

可動式岔心與固定式岔心最大差異處為鼻軌設置不同，其所分別進行之檢測、標準及製程上亦有所分別，以下各節分別說明。

### 可動式岔心製造

可動式岔心鼻軌可動，翼軌固定，這種道岔結構的優點為列車作用於鼻軌時橫向力能直接傳遞至翼軌，確保岔心的橫向穩定性。可動式岔心包括 2 根翼軌、短鼻軌及長鼻軌，其中短鼻軌及長鼻軌構成可動式鼻軌結構 (圖 3)，可動式鼻軌材質均為 60E1A1 R350HT。

可動式岔心長鼻軌及短鼻軌生產流程如圖 4。

重點摘述如下：

1. 下料為滿足公差要求道岔專業生產廠商採用數位控制鋸床自動量測鋸切以保證鋼軌端面垂直度、粗糙度和尺寸要求。

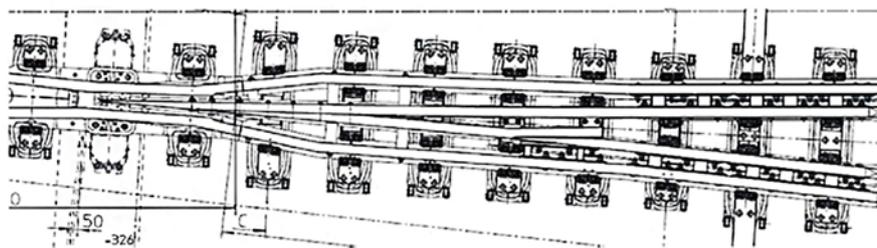


圖 3 可動式岔心配置

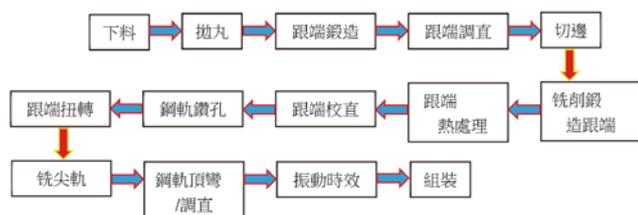


圖 4 可動式鼻軌加工流程

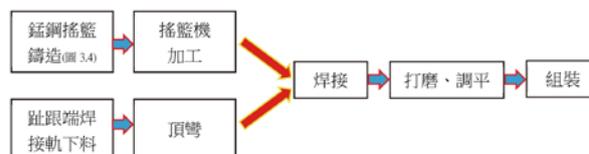


圖 5 可動式岔心翼軌加工流程

2. 跟端鍛造控制是鋼軌生產中的重點直接影響成品之品質，跟端鍛造採用中頻加熱方式使用溫控儀器在 5000t 壓力機在進行加熱並進行 4 次鍛壓成形及切除多餘的鋼軌。
3. 為保證軋製跟端軌底扭轉變形精度控制於小於 1：320 公差要求，使用鋼軌專用扭轉機進行施作。
4. 削跟端軌頂前加工工序時預留了 0.5 ~ 1 mm，並且選擇帶有 R300&R80&R13 的軌頂輪廓刀具，以一定之工藝水準保證輪軌關係的一致性，提高行車穩定性。
5. 鍛造加熱區段必須恢復到原鋼軌軌面硬度，為此跟端鍛造區按照 PrEN16273：2011 進行跟端表面熱處理。
6. 鋼軌鑽孔為確保鑽孔之孔距及間距道岔專業生產廠商保證重複精度為 0.3 mm 內。
7. 校直頂彎為鼻軌是否可密貼之關鍵工藝，需以專用工具及熟練之工人進行。
8. 振動時效為解除鋼軌於前各項加工過程中所造成之內應力，以保證從工廠內組裝到現場均不會產生太大變化。

另可動式岔心翼軌生產流程如圖 5。

重點摘述如下：

1. 鋁鋼搖籃（圖 6）以鑄造方式進行生產，並進行加工整形。
2. 翼軌區域鋼軌下料進行頂彎，其製作過程同鼻軌之校直頂彎加工方式。



圖 6 可動式岔心搖籃及翼軌區域示意

3. 將鑄造加工完成之鋁鋼搖籃及頂彎完成之翼軌進行電阻火花焊接成形。
4. 於專業生產廠商組裝廠內進行預組裝與調整各部件。

### 可動式岔心現場施工步驟及內容

臺中捷運系統可動式岔心許可差依照 EN13232-7 之規定，其施工流程：

1. 可動式岔心於工廠生產完成需依設計圖進行預組裝作業，安裝無道碴特殊軌採用 Bottom-Up 工法，在已完成之混凝土軌床上依據設計資料進行測量定位道岔的 TC 點（圖 7）、主側軌岔尾中心及道岔的線形中心四個關鍵樁位，預埋岔位樁。
2. 依據圖紙中的道岔線形測量覆核四個點位尺寸（圖 8）。並在混凝土版面上彈墨線標記道岔的線形。
3. 於基本軌上先行將 TC 點之相對位置標記清楚，再將版面上 TC 點以垂直於線形向左右延伸，彈墨線於混凝土版面上。
4. 於基本軌上先行將 TC 點之相對位置標記清楚，再將版面上 TC 點以垂直於線形向左右延伸，彈墨線

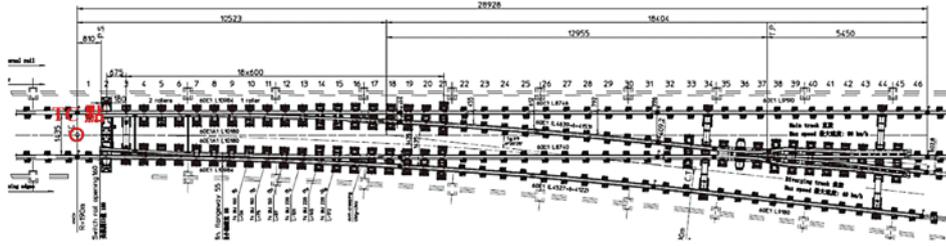


圖 7 可動式岔心施工圖說

**TURNOUT GEOMETRY 道岔尺寸簡圖**  
(DIMENSIONS AT RAIL EDGES 尺寸從鋼軌端面測量)

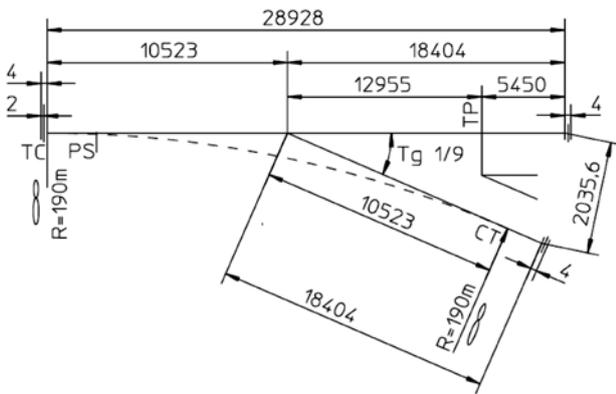


圖 8 尺寸簡圖

於混凝土版面上。

5. 將墊板、蛋形基板、扣件組分類標示堆放，放置於組裝位置之側邊，開始在特殊軌件區域搭建調整平台。調整平台的調整架儘量避開基板標記的位置放置。
6. 以小型門吊將基本軌、尖軌吊移至相對標記位置，鋪放於調整架上方，其餘各部鋼軌依相同方式依序吊放。其組裝順序為基本軌 → 尖軌 → 連接軌 → 岔心。
7. 使用軌道中心尺控制直基本軌軌端面，直到與地面測量 TC 點樁位重疊為止。再將 TC 點附近兩塊蛋形基板扣件鎖固
8. 依據特殊軌蛋形基板既有之螺栓孔位將其投影於橋面版上並予以標記。
9. 螺栓孔位標示完成後即將特殊軌墊板旁移至所標示之螺栓孔位完全外露。然後開始在軌床上進行洗孔，洗孔孔徑為 75 mm，俟套筒預留孔鑽完，即以破碎機將預留孔內壁打毛數處及基板位置之混凝土表面同時打毛後，再予以清孔，並將套筒頂面調整至高於混凝土頂面約 25 mm。

10. 安裝螺桿於套筒內，然後按強度經認定的比例調和砂與環氧樹脂，隨之將該項調和材鋪在特殊軌墊板位置，鋪設面積每邊需超出特殊軌墊板約 3 ~ 5 公分，且中央部分需較隆起。待砂與環氧樹脂結合材鋪滿之後，即將特殊軌蛋形基板外加一片墊板套入螺桿，在套入之前需在墊板下方圖一層模板油，然後再以螺帽予以鎖緊直至墊板與套筒密接為止。
11. 最後進行特殊軌之安裝，其組裝步驟順序為基本軌 → 尖軌 → 連接軌 → 岔心。

**結語**

可動式岔心之設置目的為列車行軌道道岔處更加平順及舒適且減少車輛行經岔心位置不連續區域車輪之噪音及振動，以臺北捷運為例，早於重運量系統設計規畫過程中已將可動式岔心列為考慮之一，惟當時時空背景下可動式岔心屬新興材料，技術及成效尚待考驗。就臺中捷運系統而言，因屬中運量系統且為高架型式，噪音振動議題就相形重要且可動式岔心專業製造廠商提出之相關實績亦有 20 餘年，於是可動式岔心就正式誕生於捷運系統使用。

臺中捷運可動式岔心因初次使用於材料生產進程中與機電系統標中多有界面，如轉轍器型式、尖軌鎖定裝置、鼻軌鎖定裝置及其相關設備開孔尺寸位置及基座開槽位置等相形重要，臺中捷運軌道標隸屬於土建區段標下，又土建標與機電系統標招標程序時程落差，造成確認前述各項資訊內容過程中整體經驗可作為後續路網之借鏡，在各項設備及時程配合上可有更多精進空間。

截至目前，交付臺中捷運股份有限公司測試及營運迄今已超過 1 年，經整體回饋可動式岔心於減振抑噪、乘客舒適性及可靠度均達相當水準。 