

新北市輕軌三+級機廠標準配置 設計參考原則

李政安* 林逸羣** 陳滄江*** 林仁國****

摘 要

傳統上捷運機廠設計並無一定的設計準則，而係視個案的不同，量身訂做客製化的規劃。新北市政府基於前期「最小化用地的輕軌機廠規劃」研究成果，納入各路線特性與環境條件等差異，同時考量開發需求、環評規定、一般車輛停車空間及因應法規變動等不同因素，透過減少需求、共享資源及合理佈置等不同層面檢討，降低機廠需地規模。為使相關研究成果能具體落實於後續工程，故研擬「輕軌三+級機廠標準配置設計參考原則」作為規劃與基本設計工作共同準則，未來規設工作將依此設計參考原則及實際路線特性與維修需求等因素，研提最精簡之機廠面積，期能在作業安全、便利及滿足需求的條件下，建構規模合宜的捷運機廠，以降低建設及營運維護成本。

關鍵字：輕軌、機廠、營運維護

一、前 言

自 2010 年新北市升格迄今約 10 年內，已實現淡海輕軌及環狀線的通車營運，市轄境內捷運路線從 10 年前總長約 31.4 公里/25 座車站，至 2020 年已擴展為 86 公里/69 座車站，而未來在「三環六線」的政策願景推動下（圖 1），更可望於 2030 年達成市境內捷運營運長度 169 公里/154 座車站的目標。捷運路網的成長，不僅銜接市境 19 個行政區，串起北北桃 1,000 萬人口捷運生活圈，同時也帶動了新北都會區人口、稅收及大眾運輸旅次持續增長，平均每十萬人即擁有 3.8 座車站的新北

市將引領大臺北都會區大幅躍昇，成為與東京（3.1 座）、首爾（3 座）及新加坡（2.2 座）等城市並駕齊驅的國際級大都會。



圖 1 「三環六線」新北市捷運路網願景圖

* 新北市政府捷運工程局局長
** 新北市政府捷運工程局副總工程司
*** 中興工程顧問公司軌道工程二部技術經理
**** 新北市政府捷運工程局工程員

為維持系統可靠度、可用度及列車例行清潔維護，捷運路線均會設置等級、功能不一的機廠，並視需求配置維修工廠、駐車廠、變電站、物品儲存倉庫、行政大樓（含行控中心）、土木軌道廠、污水處理廠及測試軌等不同廠區及設施/設備，以滿足例行維護保養及每日列車停駐之需求，為軌道系統列車儲存、設備維修及營運調度等不可或缺的重要基地。各路線機廠的等級或功能，一般均在先期的上位規劃中，即視系統差異或路網的整體維修/駐車能量及調度狀況而定，後續設計階段則針對所需的功能，配置必要的廠房及設施/設備，傳統上並無一定的設計準則，而係視個案的不同，量身訂做客製化的規劃。實務設計上則依據所需服務的車隊規模、維修/行政活動所須空間，及用地（含隔離綠帶）等狀況進行廠區配置。

考慮系統單純化及共享大修資源，新北市整體輕軌路網以共用淡海輕軌五級機廠進行大修作業為原則，各線列車於就地拆裝轉向架及相關設備後，採陸運方式送至淡海機廠進行五級維修。考量各路線或有無法過軌互通狀況，因而各路線將以三級機廠為基礎，另再增加地下車輪車床設備，升級為三+級機廠配置，以提供經常性之車輪鑄削作業，進行五級以下維修工作。三+級機廠之功能為駐車、特殊車輛停放、車輛清洗、車輪鑄削、定期檢修、非定期檢修，車輛、設施及相關零件之備品儲存。至於行政、訓練、行控、醫務、餐廳...等設施及緊急搶修任務，則依該路線營運需求個案檢討。

為降低建設成本及用地需求，新北市政府基於前期「最小化用地的輕軌機廠規劃」（林逸羣等，2021）的研究成果，在三+級機廠架構下，透過減少需求、共享資源及合理佈置等不同層面檢討，並考量檢查機坑/庫長計算、車頂作業平台及安全設施等工藝設計議題，進行機廠設計的優化，研擬「輕軌三+級機廠標準配置設計參考原則」，作為市轄輕軌機廠規劃與基本設計工作的

重要依據，未來規設顧問需依據此設計參考原則及實際路線特性、地質條件與維修需求等因素，研提最精簡之機廠面積規劃。

二、三+級機廠配置原則

整體廠房及設備若能依據檢修作業需求按系統配置，在滿足使用功能前提下，將性質相同或相近的設施/設備適當集中設置，盡量合建，並力求佈置整齊、緊湊及合理，不僅可方便使用，更可達節約用地之目的，說明如下。

- (一) 廠區採無道碴設計：為便於廠區內行車動線規劃及停駐一般車輛，可在地質條件容許下（如無大量沉陷問題等），採無道碴埋置式軌道取代一般機廠常見的道碴軌（圖 2 及圖 3），可提供更多的一般車輛行駛動線及調度彈性，減省廠內道路所占用的空間及路形限制。
- (二) 合理的豎向設計：行政管理大樓、變電站、汗水處理廠等應採垂直整合方式規劃，並整體考量機廠內各建物整合豎向設計，如將辦公區、營運及維修人員之辦公與休息空間、備料庫房、汗水處理、變電站及一般車輛停車空間等使用上無衝突的空間集中配置，以立體化（豎向）方式減少土地使用、減少工程投資、提高工作效率。

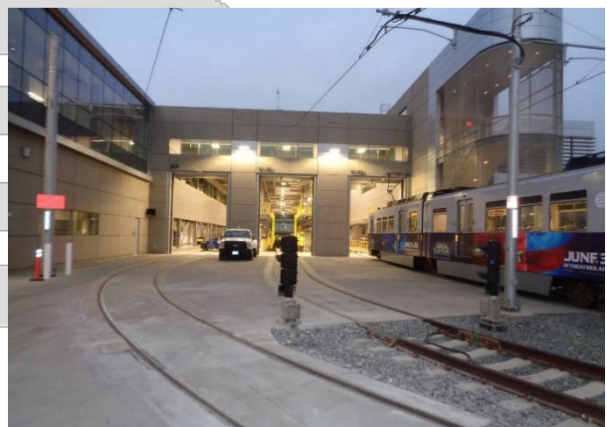


圖 2 一般車輛停駐於無道碴區域

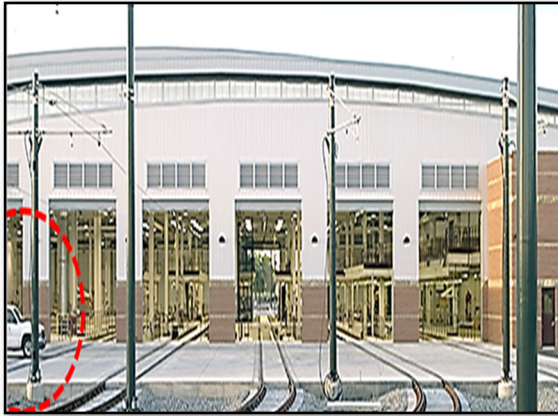


圖 3 無道碴路面減省廠內一般道路設置空間

- (三) 多功能滯洪池：滯洪池上方應規劃如停車、置物/堆料等其他用途，提高機廠用地使用效率。
- (四) 廢水優先排放公共污水下水道系統處理：環評相關書件若有載明機廠之生活污水及車廂、相關設施維修保護之清洗廢水（含懸浮固體物、清潔劑及油脂等），可經前處理至符合污水下水道系統納管標準後納管，則可先行與主管機關協調取得同意，否則應自設污水處理設施，處理至符合放流水標準後排放。
- (五) 機廠排水設計：各庫房內排水設備宜採用排水溝、排水管相結合的形式，建築密集區採用暗管排水，股道間採用格柵蓋板排水溝；檢查坑和室外電纜溝的排水宜利用地形採用重力排水。
- (六) 取消試車線：以廠外正線直線段執行測試，廠內原則不設置測試軌，若廠外無適宜路段，則仍應於廠區內設置測試軌。
- (七) 符合最新法規需求：機廠配置規劃需同時檢討土開需求、環評規定、一般車輛停車空間及因應法規變動等不同層面，視各路線特性因地制宜，依屆時法規、需求及相關土地特性納入規劃。
- (八) 適當的扇形區空間配置：扇形區應為炭埋式軌道（槽形軌），且需同步考量拖板車迴轉

半徑需求，及平行軌道間兩列車包絡線檢核作業。

- (九) 特殊車輛停放空間與維護保養場所：因廠區內為無道碴設計，路軌兩用車可停駐於列車未行經或維修工廠內墩柱間之空地。須停放於軌道的拉線兼高空維修作業車則可併入駐車廠，不單獨增建儲車建築物。另特殊車輛因無需大修拆解，僅辦理機油更換、電瓶充電等簡易作業，耗費時間較短，可於維修工廠內檢修區，於列車維修排程中穿插執行維護保養工作。
- (十) 軌道檢修需求外包化：輕軌系統多具混合路權營運模式，需配置炭埋式軌道（槽形軌），因此混凝土澆置後軌道不易更換，設計上即考量列車車輪硬度相較於軌道踏面軟，使受力後無可避免的磨耗或損傷發生在鋼輪，再透過車輪銼削及更換來維持輪軌接觸連續性，軌道磨損達需替換之狀態至少間隔10~15年。另備品儲放經長期曝曬，需經過前置打磨處理後方可使用，且工班長期未作業，將折減作業效率，需反覆人員訓練與回訓等，都將造成維管成本的增加，更降低庫存軌道備料與工班之必要性。故在維修需求與頻率低之前提下，可透過外包專業廠商，以減少相關工班成本及庫存空間。

三、駐車廠規劃設計原則

就機廠的運作及配置而言，駐車廠及維修廠是整個營運階段使用最頻繁且占地規模最大的廠區，若能減省其規模，對用地的縮減將會有立竿見影的效果。

基於系統單純化原則，淡海輕軌所採用的電聯車，已成為新北市輕軌路網的制式車型，後續包含路網中的其他路線，電聯車設計均將依循淡海輕軌電聯車的主要參數，於此基礎上再做進一步的優化。因駐車廠空間與列車長度及車隊數息息相關，為評估廠區規模，本文考量車長 35 公尺

的輕軌列車，並參考路網各線可能的車隊規模（初估 16 列）進行標準配置，未來若個別路線配屬列車超過 16 列，則可檢討增設長度可停放兩列車的檢修軌道，以在提供駐車的同時可維持檢修區之維修能量，或考量於正線或其他可能的駐車場地（如高架車站等）停駐列車，以滿足駐車需求。

經參考相關輕軌交通設計標準，有關駐車廠及維修廠通廊、走道等設計最小尺寸建議如表 1，後續設計單位亦可再與營運單位共同檢討其寬度，以方便營運維管使用，惟寬度增加雖有利使用方便性，但不可避免的將增加廠房空間及用地面積。

表 1 各廠房通廊、走道最小寬度建議（公尺）

	駐車廠	維修廠
車體之間通道寬度（無柱）	1.0	4.0
車體與側牆之間的通道寬度	1.0	3.5
車體與柱邊通道寬度	1.0	3.0
廠內前、後通道淨寬	4.0	5.0

（一）配屬列車計算

配屬列車（列）=運用車（列）+備用車（列）+在修車（列），其中：

1. 運用車：營運所需之列車數。
2. 備用車：一般為運用車的 10%。
3. 在修車：運用車×在修車係數（%），其中在修車係數= \sum [各級檢修之檢修時間×檢修循環係數（含大修、年檢、半年檢、三月檢、雙周檢）+臨修]/年度工作日×100。

以表 2 所列檢修週期和檢修時間試算，大修、年檢、半年檢、三月檢及月檢的檢修時間分別為 20 日、7 日、3.5 日、2.5 日及 1 日。檢修循環係數則分別為 0.2、0.8、1、2 及 8.5（後續於「四、維修廠規劃設計原則」內容中說明）。綜合上述參數代入前開公式計算，在修車係數= $[(20*0.2) + (7*0.8) + (3.5*1) + (2.5*2) + (1*8.5) + 10]/250 * 100 = 14.64$ 。

上述車隊規模因涉及採購成本、系統妥善率及建設計畫陳報過程中各單位不同面向的考量，可依最終核定結果辦理後續規設。

（二）設備配置考量

為有效利用空間，駐車廠內每股軌道通常將停靠不只 1 列的電聯車，惟為便利營運調度，每股軌道基本配置 2 列位，以停靠不大於 4 列位為原則。考量每列車停靠位間的 4 公尺橫向通道，及 1 公尺停車誤差，列車與列車間距為 5 公尺。另為避免列車進入限制區域，每股道末端應設置止衝擋。

此外，駐車廠應設置送電告警及安全設施，當車輛採用架空線供電時，在進廠前應設置架空線隔離開關或分段器，並需設有送電時的信號顯示或聲響，提醒於有限空間作業的維修人員，以策安全。另考量一般系統均會依運量/運能的不同採分階段購車，故駐車廠規模除應按近期需要規劃外，並應預留遠期可擴充發展的條件，若遠期擴建困難時，可按遠期規模一次興建完成，惟此除有期配合或擴充計畫推動與否的風險外，亦將增加建設成本及用地取得的可能困擾，規設單位應詳予評估後提送業主核可據以辦理。

四、維修廠規劃設計原則

（一）維修廠之廠區配置

維修廠主要配置分為檢修區、頂升設備區、庫房區、車輪銼削區及車道區等五大區塊（圖 4），其中：

1. 檢修區：作為執行三級及以下檢修作業之區域，包含車頂設備及車底設備維修保養工作。
2. 頂升設備區：主要用以執行轉向架換修作業用途。
3. 庫房區：預留規劃存放相關耗材、備品及維修設備用途等空間，包含電動車具充電區、電池充電室、空壓機室、儲砂及加砂設備等。

4. 車輪鑲削區：執行列車及特殊車輛定期車輪鑲削作業，以維持車輪真圓度，亦作為列車卸載軌用途，搭配兩組架空式起重機執行列車卸載作業（圖 5）。

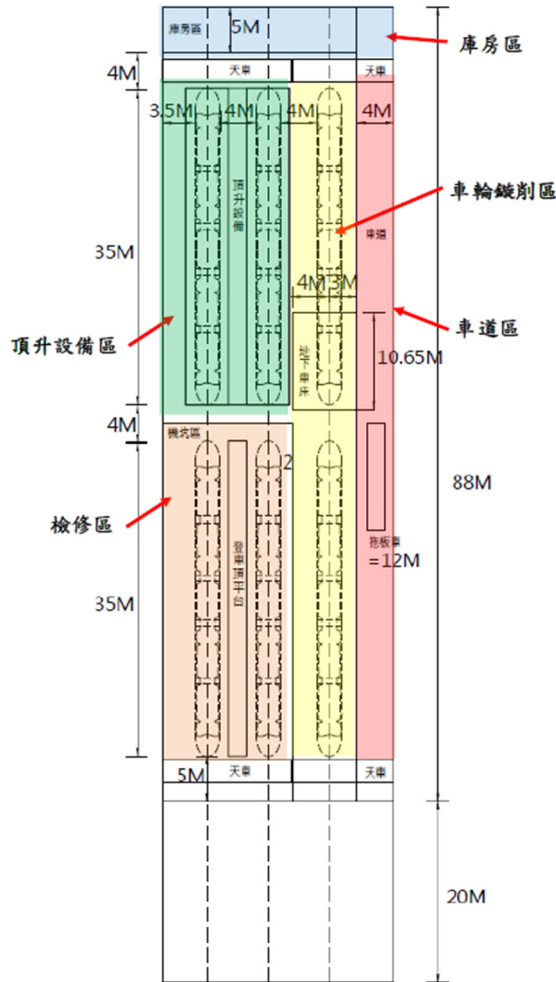


圖 4 維修工廠標準配置分區圖



圖 5 架空式起重機吊運車廂

（二）檢修台位分析

維修廠規模應根據車輛技術條件及配屬列車編組數量，依檢修週期和檢修時間（表 2）分析確定。檢修台位（列位）=檢修台位不平衡係數×年檢修工作量（列）×庫停時間（日）/年度工作日。其中，年檢修工作量（列）=檢修循環係數（年或萬公里）×配屬列車（列），而檢修循環係數可分為時間制（年）及走行公里制（萬公里），取其先到期者執行，且高階修程包含各次階修程的檢修工作內容。以時間制為例，檢修循環係數（檢修類）=（大修間隔時間/檢修類間隔時間-大修間隔時間/高一級檢修類間隔時間）/大修間隔時間。其中檢修類別區分為「月檢」、「三月檢」、「半年檢」、「年檢」及「大修」等類別，「月檢」之高一級檢修類別為「三月檢」，「三月檢」之高一級檢修類別則為「半年檢」，依此類推；另「間隔時隔」則以年為單位。

以表 2 所列檢修週期和檢修時間試算，大修、年檢、半年檢、三月檢及月檢之間隔時間分別為 5 年、1 年、0.5 年、0.25 年及 0.08 年，則檢修循環係數（大修）=（5/5）/5=0.2；檢修循環係數（年檢）=（5/1-5/5）/5=0.8；檢修循環係數（半年檢）=（5/0.5-5/1）/5=1；檢修循環係數（三月檢）=（5/0.25-5/0.5）/5=2；檢修循環係數（月檢）=（5/0.08-5/0.25）/5=8.5。

其次，計算維修廠各修程工作量時，應計入維修不平衡係數，主要考量為有的檢修作業占用台位時間多，有的檢修作業占用台位時間少，如各級檢修工作除例行的更換油料、耗材與清潔作業外，因不同的列車耗損及行駛里程數等狀況不一，可能有部分列車會超出預計台位占用時間，因此需考量一定之係數預留彈性。不平衡係數即反應檢修工作量之差異。參考相關標準，大修、年檢為 1.1，半年檢、三月檢、月檢及雙周檢則為 1.2。

表 2 車輛日常檢修修程和定期檢修週期表

檢修種類	檢修週期		檢修時間 (d)
	走行里程 (萬 km)	間隔時間	
大修	50	5 年	20
年檢	10	1 年	7
半年檢	5	0.5 年	3.5
三月檢	2.5	3 月	2.5
月檢	1.25	1 月	1
列檢	-	每天或兩天	-

(三) 設備配置考量

維修廠所配置之維修設備，至少應包括但不限於下列所述之各項設備：

1. 頂升設備區：移動式登車平台設備、地下式同步列車頂升設備 (至少 2 組)、轉向架推車 (至少 6 組)、車廂支架 (滿足 1 列車需求)。
2. 檢修區：架空式起重機、懸臂吊車設備、儲砂及加砂設備、廠用壓縮空氣系統設備、直流供電設備、廢油收集設備。
3. 車輪鏟削區：車輪磨耗檢測設備、地下式自動車輪車床設備 (圖 6)。
4. 洗車軌：自動洗車設備，包括洗車機、洗車線路和廠房。
5. 特殊車輛：車輛電池充/放電機、電動牽引車、路軌兩用救援/復軌工具車、拉線車兼高空維修作業車。
6. 倉儲：倉儲設備、電動搬運車、柴油/電動堆高機。



圖 6 地下式自動車輪車床設備

起重機型式與額定荷重應滿足工藝和檢修作業的要求；架空式起重機走行鋼軌的高度應根據車輛高度、頂升方式、頂升高度、車頂作業要求和起重機的結構尺寸計算確定，以盡量降低廠房高度節省工程費。此外，基於三+級機廠並不進行五級大修，故當輕軌列車達 5 年的大修週期時，需拆卸轉向架進行設備翻修，並採外運 (如陸運) 方式送至五級機廠進行維修，為節省轉向架轉盤裝設空間，取消轉向架轉盤，改採轉向架推車 (圖 7)，搭配架空式起重機共同作業。

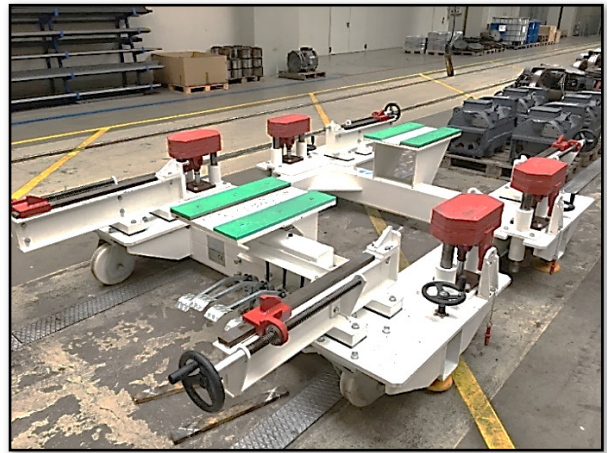


圖 7 轉向架推車

考量維修保養人員操作感電安全問題，維修廠一般不設置固定式架空線或第三軌，淡海輕軌列車車型雖搭載儲能裝置可藉此移動列車，但仍應考量儲能裝置故障而無法移動列車之情境。而為使列車於廠區內移動，提升車削作業與其他檢修列車調度彈性，原則可配置 2 輛電動牽引車，作為列車牽引使用，其中 1 輛配置於地下車輪車床區，另 1 輛則配置於維修工廠內全廠區使用。

(四) 檢修區設計配置

經參考國內、外維修廠的設計，不乏有採壁式檢查機坑 (圖 8) 提供維修人員使用的案例，惟壁式檢查機坑將使檢修人員僅能在車輛側面，透過站蹲結合方式完成車下設備檢修作業，且通風

及照明條件較差，作業舒適性不佳，均將造成檢修人員過度耗費勞力，不僅降低檢修效率，更易產生疏漏，故應考量採柱式檢查機坑設計（圖 9 及圖 10），以提升檢修效率，縮減檢修台位占用時間，加速轉換輪用。另為考量人員作業安全，檢查坑兩側、兩端階梯應設置安全護欄，避免工作人員不慎墜落。

此外，為利於作業人員執行檢修業務，檢修區之每條股道除前述設置柱式檢查機坑外，並應根據作業需求，宜有 1~2 列位設置外接式直流供電設備、中間作業平台與車頂作業平台（圖 11），作業平台兩側則應設有欄杆等防護設施，並附活動式開口供檢修人員上列車車頂進行維修保養作業，以維安全。

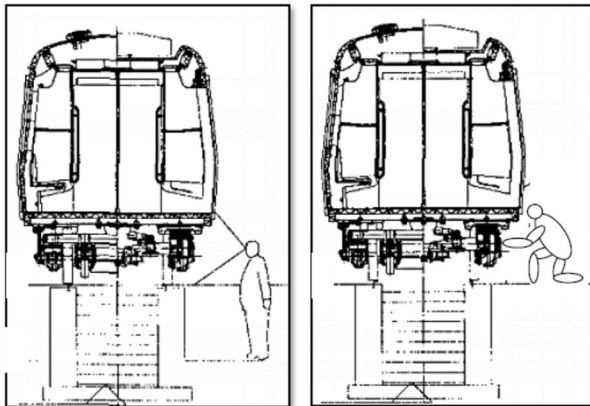


圖 8 柱式（左）及壁式（右）檢查機坑示意圖

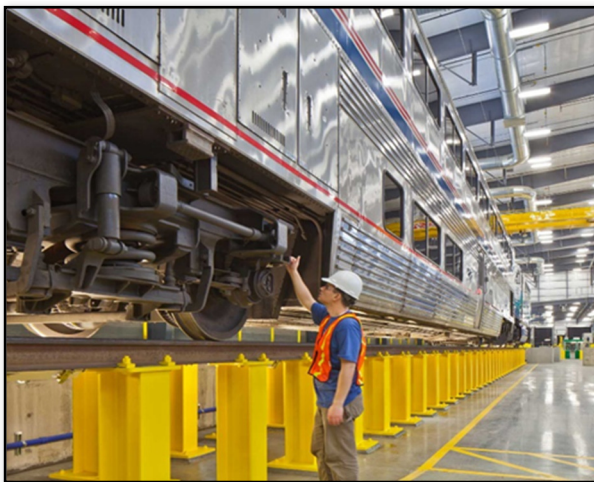


圖 9 柱式檢查機坑案例



圖 10 淡海輕軌柱式檢查機坑

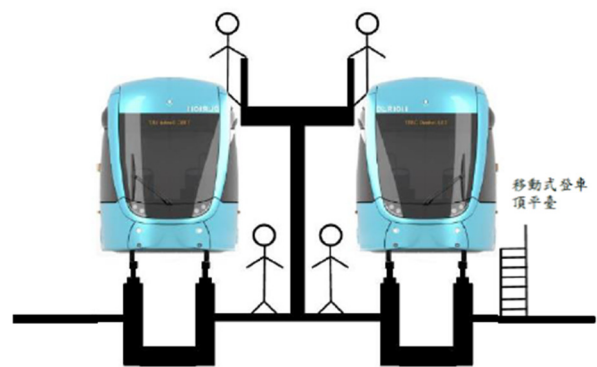


圖 11 檢修區示意圖

車頂作業平台一般均採鋼結構，並以立柱支撐，惟為節省通道空間，支撐型式可考量採用單一立柱（圖 12）或懸吊（圖 13）方式。懸吊方式係將整個鋼結構作業平台，利用廠房結構承載懸吊，使整個維修動線通道通暢無阻礙，避免進出動線及作業空間受立柱限制。

另一方面，檢查機坑兩端可採檢修坡道或階梯方便維修人員進入機坑（圖 14），採階梯方式可提供較短但較陡的走行路線，可留設更大的機坑前後端平台供作業使用，惟較不利維修人員攜帶工具（如小台車）進出；採坡道設計則可方便工具台車進出，但坡道需占用較大空間，且需避免將列車轉向架端設置在檢修坡道範圍內，以避免列車滑動等不穩定狀況。檢查機坑的長度（ L_j ）應不小於列車長度（ L ）+附加長度，其中附加長度可考量停車誤差 1 公尺及兩端階梯踏步各 1.5 公尺，以 4 公尺估算。

至於檢查機坑深度，在股道外宜為 0.9 公尺~1.2 公尺，股道內則應不小於 1.6 公尺，且機坑內

應設計排水設施，並有連續式照明（圖 15）以提供良好的照度，其中照明燈具應具 IP65 防塵防水等級。



圖 12 單一立柱型式檢修平台



圖 13 懸吊式支撐檢修平台

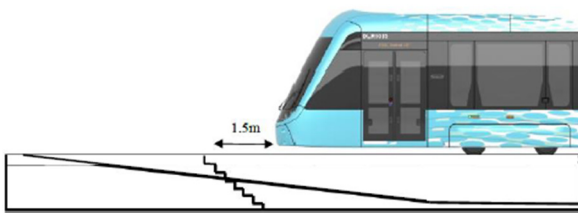


圖 14 檢修階梯踏步及兩端之坡道設計原則



圖 15 連續式 LED 照明

五、結論與建議

機廠用地取得不易已為未來軌道工程興建需面臨的共同課題，新北市輕軌路網已透過簡化系統，促成路網內各路線均可共用淡海輕軌五級機廠的大修資源，其他輕軌路線則僅搭配設置三+級機廠，可減少需地及建設規模，降低工程建設及後續維管經費。

此外，藉由蒐集已商轉的輕軌路線營運維修資料，分析大修、年檢、半年檢、三月檢及月檢等各級檢修工項，占各檢修區及大修區列位時間，及間隔維修頻率等大數據資訊，可進一步檢討每股軌道之預估與實際維修能量的落差，從而對維修廠設施/設備需求做進一步的檢討節省，亦可達空間精簡的目標。而在滿足營運維管條件下，空間適當集中設置，盡量合建，並力求佈置整齊、緊湊及合理的廠房設施及區位配置，均可達節約用地之目的。

為考量於新北市三環六線延續落實相關研析成果，新北市政府捷運工程局研擬輕軌三+級機廠標準配置設計參考原則，作為未來規劃與設計之統一基準，並依據淡海輕軌實際營運維修資料，滾動式檢討各級檢修頻率間隔，趨近該車型實際使用數據，回饋納入計算維修能量，以逐漸精進、提升機廠使用率與效能。

參考文獻

- 林逸羣、陳滄江、孫千山、孟祥麟、蘇福來、鄭凱元（2021）最小化用地的輕軌機廠規劃，中興工程，第 151 期，第 51-62 頁
- 曹敬典（2015）地鐵檢修車及檢修規模的計算，天津建設科技，第 25 卷第 6 期，第 55-56 頁
- 張道海、江捷、劉龍勝（2014）城市軌道交通車輛基地規模優化策略研究，城市軌道交通研究，第 8 期，第 69-72 頁
- 蔡援朝（2011）城市軌道交通車輛段運用庫優化設計，鐵道標準設計，2011（8），第 131-133 頁
- 梁波、范志鵬（2010）70%低地板輕軌車輛停車列檢庫工藝設計研究，城市軌道交通研究，第 10 期，第 38-41 頁
- 朱弘（2002）上海軌道交通車輛的檢修制度和車輛段檢修規模的計算，地下工程與隧道，第 2 期，第 40-41 頁
- 中國輕軌交通設計標準，GBT 51263-2017