

# 新北市政府110年度自行研究報告

## 新北市輕軌三+級機廠 標準配置參考設計原則

研究機關：新北市政府捷運工程局

研究人員：陳世平、鄭凱元、林仁國

研究期程：110年1月1日至110年12月31日

## 新北市政府110年度自行研究成果摘要表

|         |                                                                                                                                                                                                                                           |
|---------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 計畫名稱    | 新北市輕軌三+級機廠標準配置參考設計原則                                                                                                                                                                                                                      |
| 期程      | 自110年1月1日至110年12月31日                                                                                                                                                                                                                      |
| 經費      | 所需費用新台幣100,000元整                                                                                                                                                                                                                          |
| 緣起與目的   | 鑒於新北市轄內人口稠密及土地資源緊缺之現況，機廠用地取得問題係軌道建設興建所需面臨之共同課題，然國內興建機廠之案例規模普遍偏大，並不全然適用於新北市境內輕軌機廠配置之需求，因此研究機廠用地合理規模，對於節約土地資源的意義重大，而機廠內又以駐車廠及維修工廠兩大廠區使用頻率最高、占地面積最大，參考相關文獻，減少需求、規模降低、資源共用、佈置合理等項目係影響機廠規模的主要因素，在能滿足營運所需之基本條件下，研析相關配置優化議題，有助於樽節經費並提升土地使用之經濟效益。 |
| 方法與過程   | 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，其他各輕軌路線多數配置三級機廠，因此以三級機廠架構下，研析減少需求、規模降低、資源共用、佈置合理等不同層面，並考量檢查機坑、庫長計算、車頂作業平臺及安全設施等工藝設計議題，進行三級機廠設計優化；另考量各輕軌路線並非均能過軌通行，增加地下車輪車床設備，以滿足經常性之車輪鏟削作業，升級為三級+機廠進行五級以下維修工作。                                              |
| 研究發現及建議 | 為考量新北市三環六線延續落實相關研析成果，草擬輕軌三+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，回饋納入計算使維修能量逐漸精進，提升機廠使用率與效能                                                                                                              |
| 備註      |                                                                                                                                                                                                                                           |

## 目錄

|                          |    |
|--------------------------|----|
| 壹、摘要.....                | 7  |
| 貳、主旨及背景說明 .....          | 8  |
| 參、相關研究、文獻之檢討 .....       | 9  |
| 一、機廠配置設計概述 .....         | 9  |
| 二、研究內容、範圍、對象、限制與過程 ..... | 12 |
| 肆、研究方法.....              | 34 |
| 伍、研究發現.....              | 34 |
| 一、機廠三+級機廠原則 .....        | 34 |
| 二、駐車廠設計原則 .....          | 38 |
| 三、維修廠設計原則 .....          | 40 |
| 陸、結論與建議.....             | 51 |
| 一、立即可行之建議 .....          | 51 |
| 二、長期性建議 .....            | 51 |
| 柒、參考文獻.....              | 52 |
| 捌、附錄.....                | 53 |

## 圖目錄

|                                     |    |
|-------------------------------------|----|
| 圖 1三環六線願景圖.....                     | 10 |
| 圖 2貫通式機廠配置(以北投機廠為例).....            | 15 |
| 圖 3盡端式機廠配置(以安坑機廠為例).....            | 16 |
| 圖 4廠區內無道碴軌道.....                    | 20 |
| 圖 52018~2026年軌道產業維修備品國產化目標.....     | 24 |
| 圖 6駐車/維修功能合併設置的機廠配置(VCDB，2015)..... | 26 |
| 圖 7臺中捷運洗車線配置.....                   | 27 |
| 圖 8安坑機廠配置.....                      | 27 |
| 圖 9安坑輕軌立體機廠規劃構想(新北市政府，2015).....    | 29 |
| 圖 10輕軌五級立體機廠規劃透視圖(中興公司，2018).....   | 30 |
| 圖 11輕軌五級廠立體化規劃構想(中興公司，2018).....    | 31 |
| 圖 12高雄市滯洪池上方設置立體停車場.....            | 33 |
| 圖 13一般車輛停駐於無道碴區域.....               | 35 |
| 圖 14無道碴路面減省廠內一般道路設置空間.....          | 36 |
| 圖 15維修工廠標準配置分區圖.....                | 41 |
| 圖 16架空式起重機吊運車廂.....                 | 42 |
| 圖 17地下式自動車輪車床設備.....                | 44 |
| 圖 18轉向架推車.....                      | 45 |
| 圖 19柱式(左)及壁式(右)檢查機坑示意圖.....         | 46 |
| 圖 20柱式檢查機坑案例.....                   | 47 |
| 圖 21淡海輕軌柱式檢查機坑.....                 | 47 |
| 圖 22檢修區示意圖.....                     | 48 |
| 圖 23單一立柱型式檢修平台.....                 | 49 |

|                                    |    |
|------------------------------------|----|
| <u>圖 24 懸吊式支撐檢修平台</u> .....        | 49 |
| <u>圖 25 檢修階梯踏步及兩端之坡道設計原則</u> ..... | 50 |
| <u>圖 26 連續式 LED 照明</u> .....       | 51 |

## 表目錄

|                                     |    |
|-------------------------------------|----|
| 表 1 機廠功能及等級.....                    | 11 |
| 表 2 軌道捷運(含輕軌)機廠等級與用地規模 .....        | 12 |
| 表 3 各線機廠用地取得期程(含都計變更).....          | 13 |
| 表 4 機廠用地減省規劃概念 .....                | 16 |
| 表 5 行控中心設置比較(以淡海/安坑輕軌為例).....       | 19 |
| 表 6 各廠房通廊、走道最小寬度建議(M).....          | 21 |
| 表 7 淡海/安坑輕軌機廠共用效益評估(中興公司，2018)..... | 23 |
| 表 8 各廠房通廊、走道最小寬度建議(M).....          | 39 |
| 表 9 車輛日常檢修修程和定期檢修週期表.....           | 43 |

## 壹、 摘要

目前有關捷運機廠的設計多依循過往案例及使用經驗，空間配置雖能滿足功能需求，使用方便性上亦經營運單位長期實務驗證，惟現階段因用地取得困難，已較無機會如過往一般配置大規模、功能齊全的機廠。以新北市輕軌路網對未來機廠配置的檢討為基礎，自基本面降低對機廠規模的需求，並藉資源共享減省機廠功能及設施，或透過合理的佈置，優化配置機廠，從系統需求、產業資源及設計配置等各面向，檢討縮減機廠功能及規模的可行性。特別是，透過對機廠空間佈設的合理檢討、優化配置，甚至採立體化、多功能的組合設計，將可使機廠用地較傳統機廠節省超過50%以上。小規模機廠的規設理念，將可達節約用地的目標，及節省大量的工程/用地取得/維管經費，亦可在用地取得日漸困難的現在，提供經濟實惠且符合需求的解決方案。

## 貳、 主旨及背景說明

隨著臺北/高雄捷運路網的形成，捷運系統對推動都市發展與更新、改善交通與運輸環境，及強化市區與周邊地區連結等的種種效益有目共睹，均使得國內各地方政府不僅致力於完善轄區內的軌道路網，推陳出新，更持續推動建設，趕辦施工。目前除臺北、新北、桃園及高雄持續優化其路網外，臺中捷運已近通車，而未來新竹、臺南與基隆更將加入成為捷運俱樂部的成員，軌道(捷運)建設在國內的發展方興未艾，前景可期。

考量系統差異無法彼此支援維修，或滿足各自的營運維管需求，目前國內各捷運路線均至少會配置1座機廠，部分如機場捷運等路線更設置2座不同等級的機廠，以方便營運調度。

機廠建置主要功能在於列車儲存及設備維修，依營運需求、駐車輛數及維修計畫等進行配置，是維持列車良好技術狀態和輕軌正常運營的重要基礎，基本建設規模主要取決於配屬列車數及檢修規模，其中配屬列車由營運車、備用車、在修車組成，通常配置有維修工廠、駐車廠、變電站、物品儲存倉庫、行政大樓、土木軌道廠、污水處理廠及測試軌等不同廠區。

鑒於新北市轄內人口稠密及土地資源緊缺之現況，機廠用地取得問題係軌道建設興建所需面臨之共同課題，然國內興建機廠之案例規模普遍偏大，並不全然適用於新北市境內輕軌機廠配置之需求，因此研究機廠用地合理規模，對於節約土地資源的意義重大，而機廠內又以駐車廠及維修工廠兩大廠區使用頻率最高、占地面積最大，參考相關文獻，減少需求、規模降低、資源共用、佈置合理等項目係影響機廠規模的主要因素，在能滿足營運所需之基本條件下，研析相關配置優化議題，有助於樽節經費並提升土地使用之經濟效益，



爰訂定機廠標準配置設計要點，俾利日後規劃設計之依循。

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，其他各輕軌路線多數配置三級機廠，因此以三級機廠架構下，研析減少需求、規模降低、資源共用、佈置合理等不同層面，並考量檢查機坑、庫長計算、車頂作業平臺及安全設施等工藝設計議題，進行三級機廠設計優化；另考量各輕軌路線並非均能過軌通行，增加地下車輪車床設備，以滿足經常性之車輪鏟削作業，升級為三+級機廠進行五級以下維修工作。

三+級機廠功能為駐車、特殊車輛停放、車輛清洗、車輪鏟削、定期檢修、非定期檢修，車輛、設施及相關零件之備品儲存。針對大修作業，則採拆裝轉向架及相關設備後，以陸運方式送至五級機廠進行五級維修；另針對行政、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。

## **參、 相關研究、文獻之檢討**

### **一、 機廠配置設計概述**

#### **(一)新北市三環六線願景**

新北市升格十年內，逐步實現淡海輕軌、新北環狀線通車營運，境內捷運路線長度從十年前的31.4公里、25座車站，到109年達到86公里共69座車站，同時也帶動新北都會人口、稅收及大眾運輸旅次持續增長。未來在「三環六線」推動下，可望於119年境內捷運營運長度達成169公里、154座車站，不僅銜接本市19個行政區，更將串起北北桃一千萬人口捷運生活圈，平均每十萬人享有3.8座車站，與東京(3.1座)、首爾(3座)、新加坡(2.2座)同為國際級大城市。新北市三環六線願景圖如圖 1。



圖 1 三環六線願景圖

建構完善軌道交通路網過程中，為維持列車可靠度應規劃機廠空間來滿足例行維護保養及每日列車停駐之需求，機廠通常配置有維修工廠、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，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，以滿足未來營運服務品質。

## (二)機廠功能及等級與傳統規劃概述

各路線機廠的等級或功能，一般均在先期的上位規劃中，視系統差異或路網的整體維修/駐車能量及調度狀況而決定，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、維修及行政活動所須空間，及用地(含隔離綠帶)等狀況進行廠區配置。

機廠主要提供列車停放、日常保養及檢修、列車救援、設備/設施保養、材料物資供應與人員行政/培訓等功能，依所提供的服務一般可區分為五級，視等級/功能的不同配置包含維修廠、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、污水處理廠與測試軌等不同廠區及設施/設備，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。

表 1 機廠功能及等級

| 等級 | 功能需求                                                                                                                                                                          |
|----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 一  | <ul style="list-style-type: none"> <li>● 列車停放</li> <li>● 列車車廂內部清潔</li> <li>● 列車出車前安全檢查</li> </ul>                                                                             |
| 二  | 除一級功能外，另含： <ul style="list-style-type: none"> <li>● 列車車廂外部清潔</li> <li>● 列車定期月檢維修任務</li> </ul>                                                                                 |
| 三  | 除二級功能外，另含： <ul style="list-style-type: none"> <li>● 列車定期半年檢、年檢維修任務</li> <li>● 路線上列車故障搶修</li> <li>● 路線上列車、軌道、號誌及其他系統備品儲存</li> </ul>                                            |
| 四  | 除三級功能外，另含： <ul style="list-style-type: none"> <li>● 列車非定期檢修任務</li> <li>● 路線上軌道維修車輛停放</li> <li>● 列車車輪鏟削</li> </ul>                                                             |
| 五  | 除四級功能外，另含： <ul style="list-style-type: none"> <li>● 整體路網軌道定檢、維修</li> <li>● 整體路網列車緊急搶修任務</li> <li>● 整體路網備品儲存</li> <li>● 整體路網列車及設備翻修、大修</li> <li>● 軌道維修車輛定檢、維修、翻修、大修</li> </ul> |

## 二、 研究內容、範圍、對象、限制與過程

### (一)國內機廠案例說明

目前國內不論是捷運或輕軌的技術標準或設計手冊，均未針對機廠的規格、大小及配置有標準化的規定或要求。各路線機廠的等級或功能，一般均在先期的上位規劃中，視系統差異或路網的整體維修/駐車能量及調度狀況而決定，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。一般而言，等級越高的機廠，因配備更多的廠區及設施/設備，機廠用地規模也越大，但機廠用地的大小通常與服務的列車(含駐車及維修)需求有關，即便是同等級機廠，也將因服務列車數、車長及廠區配置的不同而有顯著差異。

表 2 軌道捷運(含輕軌)機廠等級與用地規模

| 案例       | 機廠  | 等級 | 面積(ha) | 備註                      |
|----------|-----|----|--------|-------------------------|
| 臺北<br>捷運 | 中和  | 一  | 1.1    | 高運量/唯一位於地下且規模最小的機廠(6列車) |
|          | 新莊  | 三  | 13.9   | 高運量                     |
|          | 蘆洲  | 五  | 16.0   | 高運量                     |
|          | 北投  | 五  | 41.0   | 高運量/曾為東南亞地區最大的軌道機廠      |
|          | 新店  | 三  | 3.5    | 高運量                     |
|          | 南港  | 三  | 7.8    | 高運量                     |
|          | 土城  | 五  | 26.8   | 高運量                     |
|          | 南機廠 | 五  | 14.3   | 中運量                     |
|          | 金城  | 五  | 11.8   | 中運量/興建中                 |
| 新北<br>捷運 | 三鶯  | 五  | 12.3   | 中運量/興建中                 |
|          | 淡海  | 五  | 5.4    | 輕軌                      |
|          | 安坑  | 三+ | 3.6    | 輕軌/興建中                  |
| 桃園<br>捷運 | 青埔  | 五  | 19.0   | 中運量                     |
|          | 蘆竹  | 三  | 24.5   | 中運量                     |
|          | 北機廠 | 五  | 14.0   | 中運量/興建中                 |
| 臺中       | 北屯  | 五  | 19.5   | 中運量                     |

| 案例       | 機廠 | 等級 | 面積(ha) | 備註         |
|----------|----|----|--------|------------|
| 捷運       |    |    |        |            |
| 高雄<br>捷運 | 岡山 | 三  | 24.4   | 高運量/不含開發用地 |
|          | 草衙 | 三  | 17.9   | 高運量/不含開發用地 |
|          | 大寮 | 五  | 34.0   | 高運量        |
|          | 前鎮 | 五  | 3.8    | 輕軌         |

相較於捷運系統路線段多行經既有道路，縱有涉及私地，一般而言其面積較小、私地主人數較少、複雜度也較低，亦較無人陳或抗爭狀況，用地取得問題相對單純。而捷運機廠因需一次性取得大面積完整土地，不僅可選擇的適當用地較少，通常也涉及眾多私地主及複雜的權屬關係，且因多規設於較偏遠地區，徵收或協議價購所能給予的補償費經常和地主的預期有明顯落差，因此在用地取得上常會遭遇地主反對，協調困難，不僅流程曠日費時，常造成政府與私地主間的摩擦爭議，亦不乏有興訟抗爭的案例。

表 3 各線機廠用地取得期程(含都計變更)

| 案例   | 機廠  | 用地取得(年)       |
|------|-----|---------------|
| 臺北捷運 | 南機廠 | 約7年           |
|      | 金城  | 約8年           |
| 新北捷運 | 三鶯  | 103年迄今，尚未完全取得 |
|      | 淡海  | 約3年           |
|      | 安坑  | 約4年           |
| 桃園捷運 | 北機廠 | 101年迄今，尚未完全取得 |

隨著都會人口快速集中，土地高度開發，目前已較難取得大面積的適合用地，提供機廠興建使用，致使以往捷運計畫大規模、功能齊全的機廠配置，在土地資源匱乏、政府經費緊縮、用地成本暴增，及民眾維權意識提升的現在已愈見困難。鑑於機廠用地取得不易已成為國內各地方政府推動軌道建設所需面臨的共同課題，新北

市政府捷運工程局及中興公司以新北市輕軌捷運機廠的規劃為例，檢討可能採行的用地減省方案，並研析輕軌機廠標準配置作為後續捷運機廠(不限於輕軌系統)的設計原則，以期能在滿足系統營運維護管理的需求下，優化機廠配置、減少需地規模，除降低民意抗爭外，亦有助於樽節經費，並提升土地使用的經濟效益，使機廠用地規模更合理，對節約土地資源的意義重大。

## (二)機廠配置原則及用地減省概念

依交通部「輕軌系統建設及車輛技術標準規範」(交通部，2018a)，有關機廠配置的條文包括：「機廠之設置應適級適量，並應以輕軌列車和沿線各項設備的技術條件，以及線形、運量等為依據，使列車能保持符合營運要求之性能狀態。」、「機廠空間配置應使列車於營運調度及保養維修時動線順暢，並盡量使不同的維修工作可以同時進行，俾使運轉能更有彈性。」、「駐車區之佈設配置應使列車易於調動。」及「機廠設施及設備應依規劃之功能及分級設置，並得包括必要之支援及行政設施。鑑於都市土地資源稀少，應盡量節省空間配置。」等的說明，其中並未有對機廠規格、大小及配置的標準明訂要求，機廠配置可視系統路線及列車數量/維修需求彈性設置。

一般在上位計畫確認機廠等級後，包含廠內軌道及廠區配置將考量確保作業流程順暢、保持運作靈活彈性、減少調度時間/距離，及避免影響動線進出等因素，以車輛駐車及維修為主體，於統籌考慮其他設施的工作性質和功能要求、確保安全、方便管理及作業便利的基本原則後合理佈置，特別是將駐車及維修部分與辦公區、非帶電的檢修區分開佈置，以確保車流和人流互不干擾；至於維修廠房及設備，則依檢修作業按系統佈置，在滿足使用功能前提下，性

質相同或相近的適當集中設置，盡量共構，力求佈置整齊、緊湊及合理，可節約用地及方便使用。

機廠佈設依用地及與正線接軌條件的不同，可區分為「貫通式」或「盡端式」2種(王林，2015)。其中「貫通式」機廠的進出廠線可方便順暢車輛進出與檢修作業，調車作業與出入機廠車輛可同時進行，車輛行走距離較短，惟所需用地範圍較大(圖 2，如北投機廠)；而「盡端式」機廠需地及工程量較少，但駐車廠與維修廠採用橫列佈置(圖 3，如安坑機廠)或縱列式反向佈置，檢修作業間需採「之」字形折返調車，車輛行駛距離較長，且調車作業與出入機廠作業將互為干擾，較為不便。

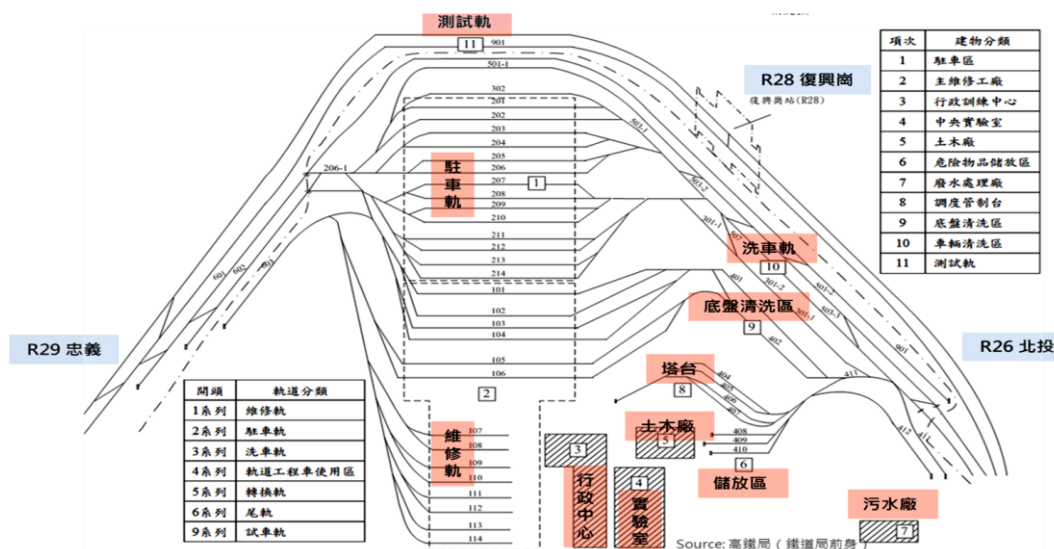


圖 2 貫通式機廠配置(以北投機廠為例)



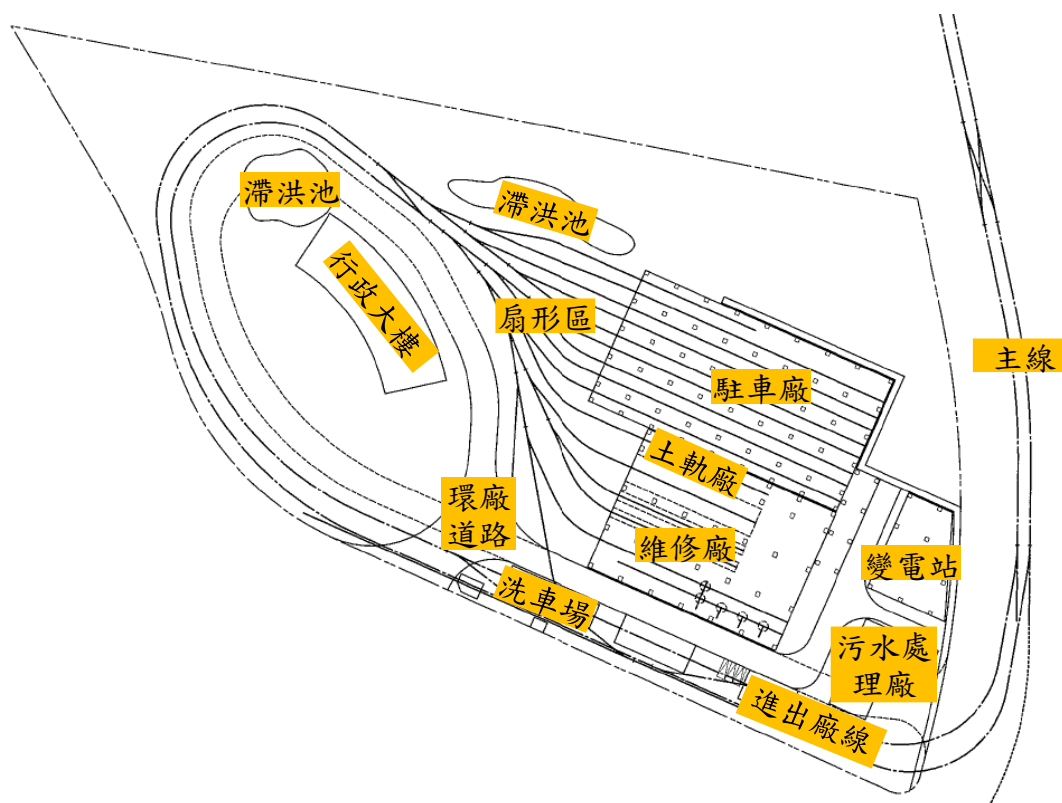


圖 3 盡端式機廠配置(以安坑機廠為例)

除上述配置理念的不同將直接影響用地面積外，機廠係提供系統營運、維修及調度等功能，若能合理的減少/整併需求或尋求外在資源的支援，仍可在維持系統正常運作下，降低機廠的規模，有關可能的機廠用地縮減概念臚列如表 4，分述如后。

表 4 機廠用地減省規劃概念

| 概念 | 目標   | 檢討說明                                                                                                                                                                                                   |
|----|------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 減省 | 減少需求 | <ul style="list-style-type: none"> <li>● 減少車隊規模，合理選用備用車比例</li> <li>● 採狀態修及互換修，提升檢修效率，降低維修時間</li> <li>● 取消土木軌道廠及軌道備品存放場所</li> <li>● 取消試車線或縮短試車線長度</li> <li>● 行控中心整合配置</li> <li>● 無道碴軌道替代環廠道路</li> </ul> |
|    | 降低   | <ul style="list-style-type: none"> <li>● 停車廠及維修廠最小化</li> </ul>                                                                                                                                         |



| 概念 | 目標   | 檢討說明                                                                                                                                                 |
|----|------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    | 規模   | ● 辦公空間彈性運用                                                                                                                                           |
| 共享 | 共享資源 | <ul style="list-style-type: none"> <li>● 單一系統，共享大修資源</li> <li>● 委外維修，落實國產化</li> <li>● 利用既有設施，資源共享</li> </ul>                                         |
| 優化 | 合理佈置 | <ul style="list-style-type: none"> <li>● 廠房組合佈置</li> <li>● 配合進出廠線的洗車佈置</li> <li>● 最小曲線半徑的設計</li> <li>● 立體化機廠(各建物合理豎向設計)</li> <li>● 多功能滯洪池</li> </ul> |

### (三)減少需求，降低規模

#### 1. 減少車隊規模，提升維修效率

維修廠及駐車廠是機廠設施/設備中佔用空間最大的廠區，而車隊規模將直接影響維修廠及駐車廠所需的空間容量。車隊規模係考量運輸需求(尖峰小時站間運量)、系統運能(列車載客容量、班距)、整體運轉時間，及備用車比例而決定。其中班距因涉及服務品質，不易大幅拉長變動，但整體運轉時間則受路線長度、路權型式的影響，若能採用如專用路權、優先號誌等方式，或減少停站/折返時間，提升平均營運速率，則能降低運轉時間，進而在滿足所需班距下縮減車隊數量。此外，在相同的運能下，載客容量與發車頻率成反比，因而可考量採用載客量較高的列車，以適度的拉長班距，在可提供為旅客所接受的服務品質條件下，降低車隊規模。車隊規模縮減不僅減省機廠空間，動輒上億的車輛購置成本減少，更可大幅節省整體計畫經費。

另一方面，為因應車輛維修或故障無法正常營運，一般需配置一定比例的備用列車以因應不時之需。若能夠透過車輛製造及維修技術的提昇，提高效率、縮減維修時間，及改善檢修方式等作為，減少列車無法上線時間，則可縮減備用列車的比例。

目前國內各系統多採週期性維修，依過往經驗或數學機率統計，設定固定的維修時隔，週期性的指派維修任務，此將造成有部分的維修係在設備尚未達需維修的程度即進廠維修，形成維修資源的浪費，後續若能改採預測性維修(狀態修)，藉由對設備狀態的監控，發展元件劣化曲線，預測元件狀態及最佳維修時機，在失效機率到達門檻時才指派維修任務，將可降低維修頻率，並減少不必要的維修作業。此外，亦可利用離峰列車停駐時間，分散時段在不同駐車區，安排進行各項維修作業的「均衡性維修」，或模組化更換零組件的「互換修」作業模式，均可縮短檢修的庫停時間，提高檢修效率，降低維修設施需求，同時減小機廠用地。

現階段國內備用車數量多採所需車隊數的10%或15%配置，東京/香港地鐵則為10%，而日本山手線列車備用率僅4%，顯見國內軌道產業的技術提昇仍具發展空間。備用列車縮減需考慮整體產業維修技術水準、效率及營運車隊規模，方不致產生營運時因車輛維修無法上線，只能將班距拉長，以因應車隊數不足的窘境。

## 2. 取消土木軌道廠、試車線或整合行控中心及廠內道路配置

### (1) 取消土木軌道廠及備品儲放區

軌道因長期受列車鋼輪滾壓或外力撞擊，難免有因損傷而需維修的狀況，土木軌道廠即為軌道維修車輛與機具的維修/儲放地點，廠房周邊的空地則另作為軌道元件(包含道岔)、道碴等的存放場所。相較於列車鋼輪在廠內可簡單快速的維修(車輪鏟削約只須30min)，軌道維修因須在現地利用營運收班後的有限深夜時間露天進行，作業易受周邊環境影響，且若無法及時完成作業將影響隔日營運，風險較高，因而目前的設計理念多朝向提高鋼軌勁度，相對弱化鋼輪硬度，使受力後不可避免的磨耗或損傷發生在鋼輪，盡可能保持鋼軌免維修狀況。另一方面，輕量化的軌道補焊車將大幅降低所須的

儲車空間，其他維修作業車則可停放於廠區其他軌道，而軌道元件更可儲放於其他機廠(如淡海五級廠)空間。基於軌道維修頻率不高、維修設備量體縮減、移置及備品集中他區有利調度使用等考量，土木軌道廠及備品儲放區並非必要，以安坑輕軌而言，取消土木軌道廠約可減省1,600m<sup>2</sup>用地面積。

## (2) 取消試車線

列車運抵或大修後，須於軌道上進行一定里程數的測試，以確認列車符合營運的要求，故一般機廠內均會設置一定長度的測試軌，但此測試需求亦可安排於正線水平直線段上進行，如此即可減省測試軌設置成本及空間，惟正線上的測試需在夜間營運收班後才能進行，作業時間有限，故將延後整個測試完成時間，且若需測試車輛太多時，將佔用測試路段夜間維修養護時間，特別是萬一測試車輛發生故障，更將有影響正常營運的風險。

## (3) 整合行控中心及廠內道路配置

為監控整個系統的正常運作，有必要設置行控中心，惟以目前的系統運作而言，行控中心並非每個路線均需配置，可將其整合至特定場所，如臺北捷運高運量系統已整合至交九行控中心，桃園捷運亦研擬將航空城捷運線行控中心整合至青埔機廠，以節省設置行控中心所需的空間及經費。以淡海輕軌行控中心整合安坑輕軌合併設置檢討為例(表 5)，目前雖評估維護成本較高，惟後續若能配合資訊科技的發展，以光纖專線或5G 專用頻譜建立專屬訊號傳輸通路，則不失為一個可異地監管控制的方案。

表 5 行控中心設置比較(以淡海/安坑輕軌為例)

|           | 合併設置                        | 分開設置(現況)             |
|-----------|-----------------------------|----------------------|
| 優勢/<br>機會 | ● 中央行控中心便於掌握所有<br>路線情形、統籌控管 | ● 系統界面單純<br>● 建置相對簡單 |

|           | 合併設置                                                                                                                                   | 分開設置(現況)                                                                                                      |
|-----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|           | <ul style="list-style-type: none"> <li>● 便於資源整體調度</li> <li>● 已有面積較大之淡海行控中心可供併入</li> </ul>                                              | <ul style="list-style-type: none"> <li>● 維運費用相對便宜</li> </ul>                                                  |
| 挑戰/<br>劣勢 | <ul style="list-style-type: none"> <li>● 中華電信45Mbps 數據專線每月成本約10萬，未來可望逐漸降低</li> <li>● 設備界面多，建置與維運費較高</li> <li>● 各中心間控制權轉移較複雜</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>● 各系統間為獨立個體</li> <li>● 總部對於各路線較無法即時掌控，但可透過部分資訊傳遞至緊急應變中心分享資訊</li> </ul> |

除前述需求檢討外，為便於行車動線規劃及停駐一般車輛使用，廠區內可採無道碴埋置式軌道取代一般機廠常見的道碴軌(圖 4)，此項調整可提供更多的一般車輛行駛動線及調度彈性，除可減省廠內道路所佔用的空間及路型限制外，亦利於簡化維護及保養，惟需注意列車調度與一般車輛的行車安全。



圖 4 廠區內無道碴軌道

### 3. 最小化及彈性的空間使用

國內並未訂定駐車廠及維修廠空間標準，目前多依過往的案例資料及使用經驗進行設計。經參考包含中國大陸等相關國家及地區的輕軌交通設計標準，有關駐車廠及維修廠通廊、走道等設計最小尺寸建議如表 6，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。

表 6 各廠房通廊、走道最小寬度建議(m)

|              | 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 |

此外，行政大樓多為提供辦公、培訓、會議及值班同仁必要留宿的空間，可藉由小規模/多梯次的培訓、培訓/會議室空間共享，及僅供收車後無法回家，或早班發車有留宿必要者留宿，其餘同仁均當日往返等減少需求的方式節省空間，並讓空間做最有效率的運用。惟前述不論是駐車/維修及行政空間的減省，均將涉及對營運單位長期使用方便性的限縮，仍應與營運單位協調。

#### (四)簡化系統，共享資源

##### 1. 系統單純化，共用大修資源

軌道建設因核心機電系統的特殊性或專利，經常衍生不同系統間無法相容互通的問題，特別是國內公共工程受政府採購法限制，無法指定系統或廠商，加以軌道路網無整體採購規劃，致使國內各地區軌道建設在分期分段推動過程中，分別採購不同的系統，特別是中、低運量捷運部分，各地多存在同時多套系統運轉，無法整合

的複雜問題，此均導致營運維管無法協同整合調度，造成資源浪費及成本增加。

新北市政府為避免其市轄境內輕軌路網(含淡海/安坑/五股泰山/八里/三芝及後續的深坑/泰山板橋等路線)，因建設期程差異且經濟規模不大，若各自辦理建設計畫審議及採購，將產生因系統多元致不相容、維修/備料複雜昂貴，及採購受制於系統廠商等問題，後續經檢討後突破採購法的限制，採「路網整體規劃、路線分期建設」方式，透過淡海輕軌單一路線建設採購的後續擴充與配套機制，達成整體路網系統維修單純化，及公共利益最大化的建設目標。系統單純化除大幅減省建置經費，各路線的重要備品及耗材亦可彈性調度使用，無需各自完整準備，故於辦理後續輕軌路線採購時，可大幅減少備品及耗材的採購金額，除節省儲放空間外，亦可避免過多備品過期未使用造成的浪費。

除此之外，因系統相容維管資源互通，在「全生命週期成本最佳化」的策略思維下，整體路網僅規劃於淡海輕軌配置一座五級維修總機廠，其餘路線則規劃為三或四級廠。以安坑輕軌為例，僅配置實際面積約2.5公頃(含保育綠地約3.56公頃)的三+級廠(含部分四級廠功能)，四或五級大修則採公路運輸方式至淡海總機廠辦理，評估安坑輕軌機廠用地可減少1.8公頃，節省約4億元用地取得經費，及大幅減少因徵收民地所可能對民眾權益的影響、人陳及對時程的衝擊。此外更可減省機廠空間、設備、備品及人力成本，以20年估算，於扣除大修外運所需費用後，可減少約9.3億元的建置與營運成本(表7)。

表 7 淡海/安坑輕軌機廠共用效益評估(中興公司，2018)

| 項目          | 節省經費(億元) |
|-------------|----------|
| 用地          | 4.0      |
| 維修設備、備品(2年) | 0.2      |
| 人力成本        | 5.5      |
| 維修外運成本      | -0.5     |
| 合計          | 9.3      |

## 2. 委外維修，引入產業資源，落實國產化

政府近年來大力推動包含38項軌道建設在內的前瞻基礎計畫，藉由擴大內需鼓勵國內廠商投入，透過國外技術轉移引進核心技術，積極導引國內業者建立自主軌道系統技術能力及產能，不僅從供需面、技術標準及採購所涉資格及規格等問題全方位的提供解決方案，以突破軌道工業國產化的障礙，更優先選定輕軌系統為國產化關鍵項目，並要求國內各系統不論新購或維修，均須符合國產化的目標。以輕軌列車而言，在淡海輕軌列車的基礎上，2022年國產化比例需提升至50%，2026年將再次提升至70%；維修部分則訂定關鍵績效指標(KPI，圖 5，交通部，2018b)，以創造市場規模，給國內廠商得以成長的空間與機會。

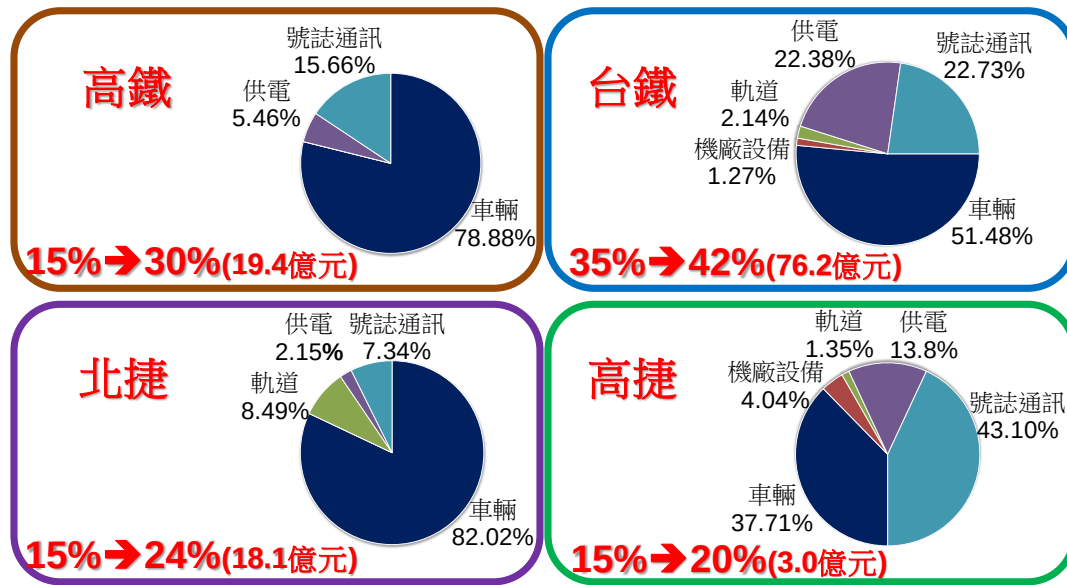


圖 5 2018~2026年軌道產業維修備品國產化目標

經檢討，考量國內廠商已具備部分設施/設備的維修及換修能力，因而除安全等級較高的號誌、電力系統建議仍採自行維修以降低風險外，其餘包含轉向架、空調、電機、變壓器等設備的大修、維修廠內的加工和化驗計量等作業，甚至軌道、橋梁/隧道與車站等結構，均可盡量委託產業界專業廠商進行，以減少營運單位所需維護作業人員或設備，進而降低對機廠空間或設施的需求，國外包含倫敦、巴黎、上海及東京地鐵系統均不乏類似案例。

### 3. 利用既有設施，資源共享

#### (1) 廠外駐車

一般而言，收班後的列車通常儲放在駐車廠內，於次日發車前再分別行駛至指定車站等候依班表發車，若駐車廠空間不足或為減省駐車空間，實務上可採車站或尾軌駐車方式，將列車停駐於末端或指定地點，亦可提供早班發車調度彈性、降低空走距離，惟廠外駐車需考量保全實體隔離、司機員休息/過夜/盥洗室、報到/車班管理室、清潔/保全/駐衛警室，亦須規劃列車回廠維修計畫，以生命週



期而言，其維運費未必較低。

## (2) 維修廠駐車

系統營運初期約5~6年左右，一般尚未達大修期，此時維修廠之大修股可兼做駐車軌使用；而大修期間列車則停駐於大修股，亦可節省駐車廠空間，惟此通常僅為短期方案，若遇列車事故將會影響維修能量，或機廠肩負多路線大修任務時不宜採用。

## (3) 取消污水處理站

機廠內人員活動及車體維護清潔，不可避免將有生活污水或事業廢水需處理，依各地方政府權屬的不同而有不同的處理方式。高雄輕軌係規劃將處理過的廢污水直接排放進入污水管，由既有污水系統接續處理；新北市則依生活污水/事業廢水的不同，分別納入污水及雨排系統處理。機廠附近若已有污水系統，則前述污/廢水，可經前處理至符合相關納管標準後，排放至既有的污水系統，無法納管時再自設污水處理設施，處理至符合放流水標準後排放至雨排系統。

## (五)配置優化，合理佈置

### 1. 功能整合，合理佈設

機廠配置眾多廠區，若能將可合併的廠房/設施盡量合併一起設置，緊湊合理的佈設廠區線路，將可提高土地的利用效率。以德國柏林及挪威卑爾根輕軌機廠而言，於廠房股道配置底層機坑及頂層維修平台(圖 6)，即可將駐車及維修股合併設置，節省使用空間，惟此種合併方式因在同一股道上綜合運務及維修等2種不同性質的作業，流程管控上較為複雜，且進入月/年檢週期後的列車調度也較麻煩，相對的也較容易有工安上的風險。



底層坑道



面層平台



頂層平台

Norway, Bergen LRT Depot

圖 6 駐車/維修功能合併設置的機廠配置(VCDB，2015)

另一方面，洗車線係機廠常用設施，考量營運調度，一般均於進出廠線或廠房附近設置獨立的洗車房(圖 7)，惟此將新增空間需求。安坑輕軌係採「進廠線通過」方式，配合進出廠線設置洗車線(圖 8「D」區)，透過道岔的轉換，列車將可選擇直接進出機廠或進行例行的洗車工作，此配置方式不僅未影響列車進出調度，更可減省特定的洗車區(含進出軌道)配置空間，降低用地需求。





圖 7 臺中捷運洗車線配置

(<https://www.cna.com.tw/news/firstnews/202007060152.aspx>)



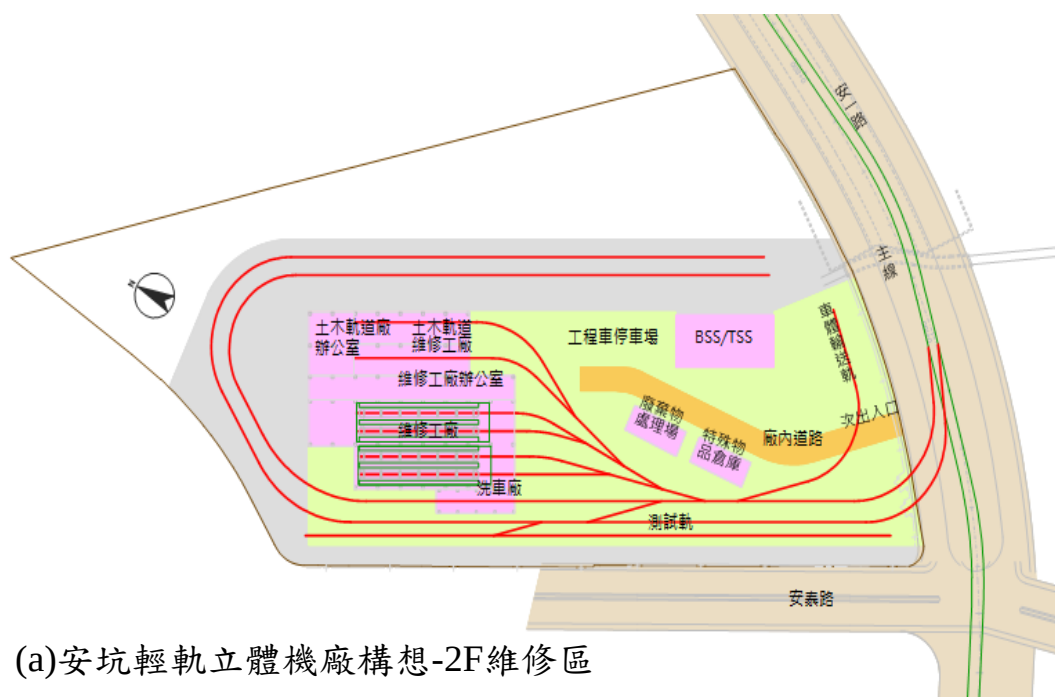
A. 駐車廠 B. 維修廠 C. 扇形軌道區 D. 洗車廠 E. 廠內道路 F. 行政大樓 G. 安一路三孔隧道

圖 8 安坑機廠配置

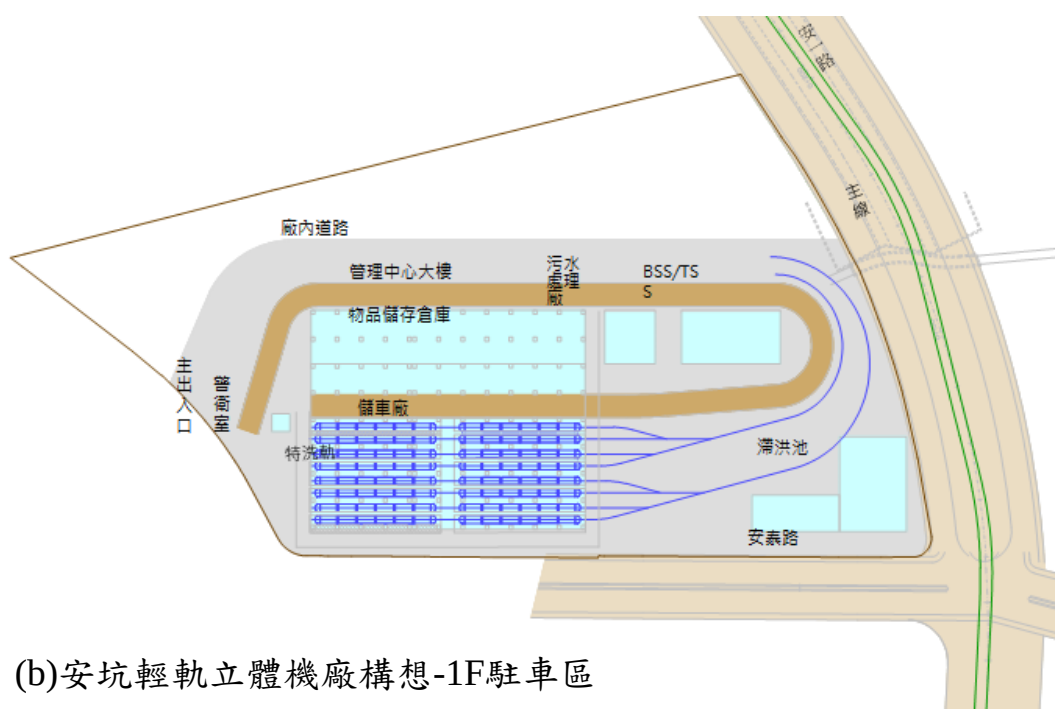
此外，廠區內因車速較慢，且無旅客搭乘，故較無需考量舒適性及車內噪音對旅客的影響，可採小轉彎半徑的軌道設計，以縮減軌道區的用地範圍。加以機廠一般多位於偏遠地區，列車行駛小轉彎區域時所產生的車外噪音，對周邊民眾的影響相對較小，必要時亦可設置如隔音牆、圍籬、軌道潤滑等隔/減音設施降噪。

## 2. 立體化機廠及豎向設計

在用地受限狀況下，可採立體化的豎向設計，將所需空間往上空或地下發展，特別是在具一定高差的地形，立體化機廠不僅可縮減用地，亦可避免大挖大填，可在土方平衡條件下降低對環境的破壞。以安坑輕軌機廠為例，前期規劃即考量廠址面積僅約3.56公頃，且鄰近邊坡部分用地坡度已達四級坡，不適合興建設施，需保留作為隔離綠帶無法開發，實際可用面積僅2.5公頃，加以地形存在約12公尺高差，故在考量土方平衡及避免過度破壞環境條件下，依地勢規劃設置2層的立體機廠(圖 9 a)，其中上層(2F)主要設置維修設施(圖 8a)，列車可自位於同高程的安一路主線，沿進出廠線進入維修區進行維修，或緩降至下層(1F)駐車廠(圖 9 b)內儲放，惟因儲車及維修分屬不同層廠區，列車進入1F 儲放後若需再進行維修，則必須行駛至進出廠線道岔後，方能換軌進入維修區，故需特別安排維修計畫，以利列車於收班自主線下線後直接進廠進行維修，避免列車空走或對調度產生不利影響。



(a)安坑輕軌立體機廠構想-2F維修區



(b)安坑輕軌立體機廠構想-1F駐車區

圖 9 安坑輕軌立體機廠規劃構想(新北市政府，2015)

另一方面，中興公司於研析國內某捷運系統機廠規劃時，因需在2公頃廠址，規設滿足12列電聯車需求的五級主機廠，故利用廠址約15公尺高差的地形，並配合主要進出動線及軌道高程，在土方平



衡條件下採立體化機廠規劃(圖 10)。其中，駐車/維修廠位於地面層(2F)，與主線軌道同高程，有利於列車進出維修或儲放；而地下層(1F)則為行政大樓、污水處理廠及變電站等設施(圖 11)，員工及設備運輸車輛可藉由既有省道直接進出，方便通行。



圖 10 輕軌五級立體機廠規劃透視圖(中興公司，2018)

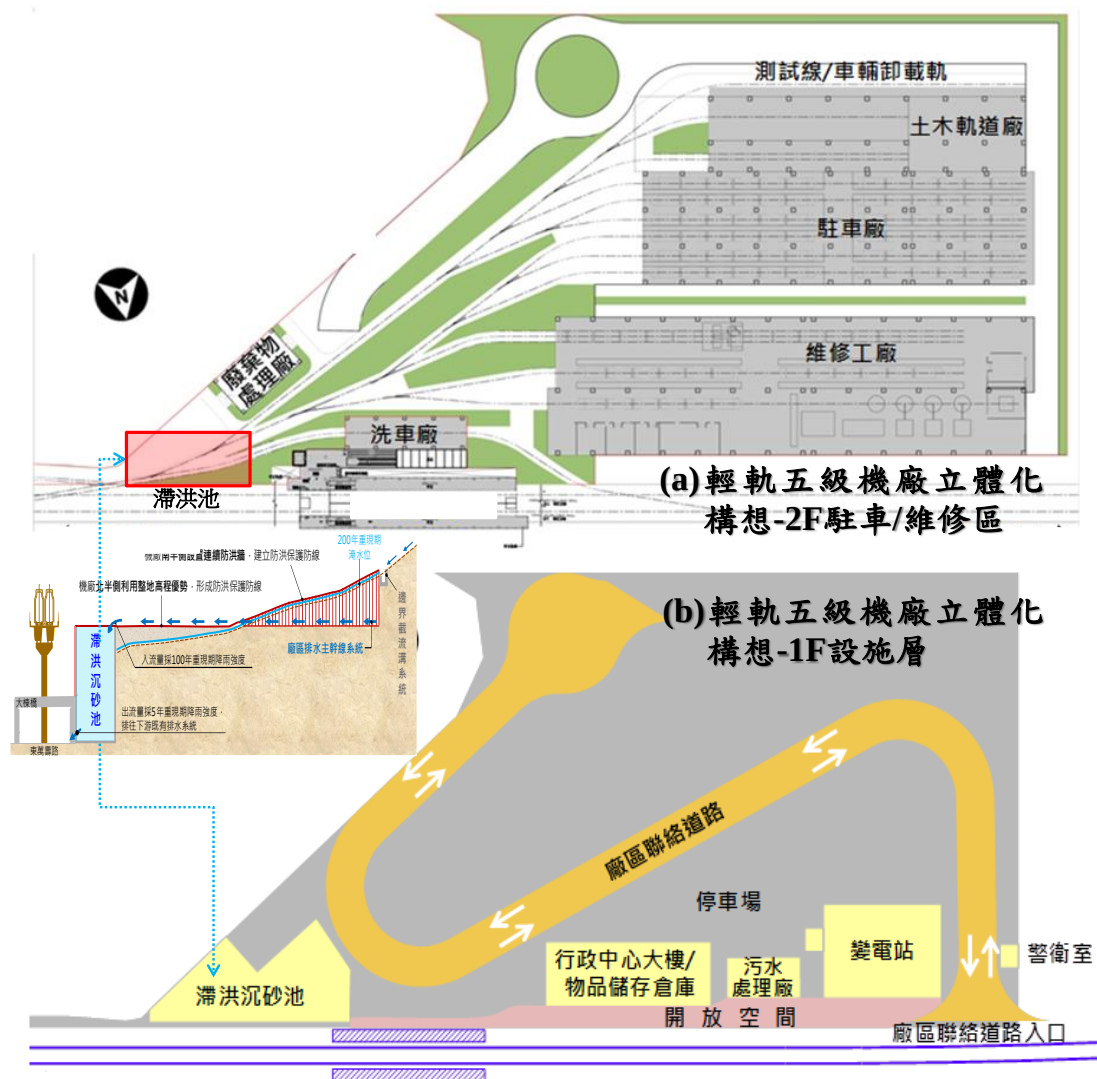


圖 11 輕軌五級廠立體化規劃構想(中興公司，2018)

當機廠用地使用範圍受限或地形高程差異太大時，可將駐車廠/維修廠採立體化方式配置，以減少土地使用，惟因廠房高、廣且需承載列車及其他高重量設備，需大幅增加廠房結構強度，故建設成本亦大幅增加。以安坑輕軌機廠為例，駐車廠/維修廠立體化後之機廠土建工程經費達18.5億，約為平面機廠建設成本8.83億的2.1倍。駐車廠/維修廠立體化雖將大幅增加結構建設成本，惟立體化機廠並非僅局限於駐車廠/維修廠，其概念亦包含於有限用地將廠房，辦公

區、備料庫房、污水處理、變電站等使用上無衝突的空間再集中立體豎向配置，特別是在平面的駐車廠及維修廠間，經常因廠房長度不同，存在未利用空間，若能做為廠辦大樓用地，將可節省用地及提高工作效率，並節省建設經費。依張道海(2014)等人之研究，不論是對廠區配置、車隊規模、廠房空間參數及維修需求的檢討，均能減省用地，其中廠區配置則是影響用地規模的主要因素。特別是將同類廠房一體化及立體化的配置方式，其節地量約佔前述因素總節地量的50~60%，可最大程度的節省用地。

### 3. 多功能滯洪池

依「水利法」及「出流管制計畫書與規劃書審核監督及免辦認定辦法」規定，機廠用地必須配置一定容積的滯洪池。以安坑輕軌而言，2座滯洪池面積合計約755m<sup>2</sup>(容量約1,200m<sup>3</sup>)，除佔用大面積土地外，且因需銜接下游排水路，而需分區佈置，廠房設施及軌道配置則因須避開滯洪池區位，嚴重限縮廠區配置的彈性。滯洪池功能主要為延滯調節洪水，以降低下游水路洪峰及水患發生/衝擊，亦可兼作生態/景觀池使用，法規及實務上僅需符合水理分析所須之容量即可，並未有其他使用上的限制，因此若能在維持滯洪池功能狀況下，善用空間配置樓(廠)房等設施，將減省可觀用地，同時機廠配置亦可解除滯洪池存在的限制而更有彈性。國內已不乏針對滯洪池空間增值利用的案例(圖 12)，中興公司於前述2公頃五級廠規設時，為縮減用地，亦將滯洪池規劃於進出廠軌下方，形成軌道列車行駛於滯洪池上方的特殊景觀。





圖 12 高雄市滯洪池上方設置立體停車場

(<https://news.ltn.com.tw/news/Kaohsiung/paper/1328857>)

#### **肆、 研究方法**

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，其他各輕軌路線多數配置三級機廠，因此以三級機廠架構下，研析減少需求、規模降低、資源共用、佈置合理等不同層面，並考量檢查機坑、庫長計算、車頂作業平臺及安全設施等工藝設計議題，進行三級機廠設計優化；另考量各輕軌路線並非均能過軌通行，增加地下車輪車床設備，以滿足經常性之車輪鏟削作業，升級為三+級機廠進行五級以下維修工作。

#### **伍、 研究發現**

##### **一、 機廠三+級機廠原則**

整體廠房及設備的佈置若能依據檢修作業按系統配置，在滿足使用功能前提下，性質相同或相近的適當集中設置，盡量合建，以方便使用，並力求佈置整齊、緊湊及合理，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使用，可採無道碴埋置式軌道取代一般機廠常見的道碴軌(圖 13及圖 14)，此項調整可提供更多的一般車輛行駛動線及調度彈性，可減省廠內道路所佔用的空間及路形限制。



圖 13 一般車輛停駐於無道碴區域

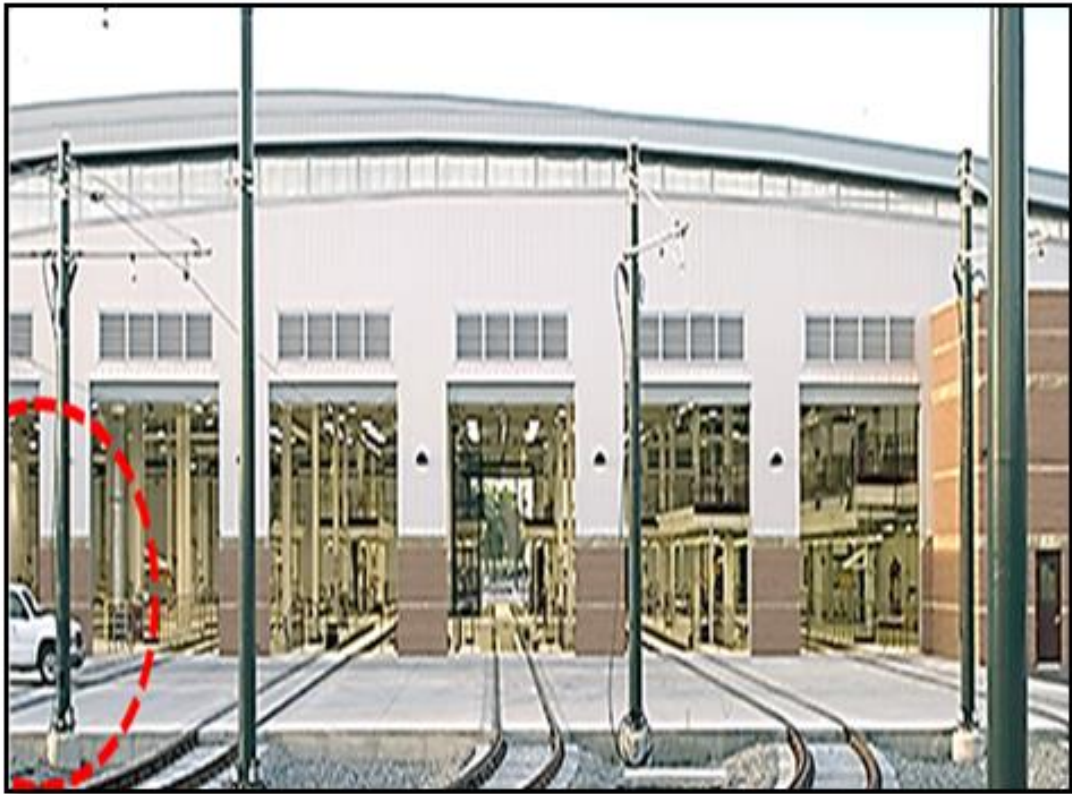


圖 14 無道碴路面減省廠內一般道路設置空間

- (二)合理的豎向設計：行政管理大樓、變電站、汙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。可將辦公區、營運及維修人員之辦公與休息空間、備料庫房、汙水處理、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。
- (三)多功能滯洪池：滯洪池上方應規劃其他用途，如停車、置物/堆料等，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：綜合規劃階段之環境影響說明書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溝

通是否自設污水處理設施；若未能取得主管機關同意，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。新購列車、列車大修及轉向架調整校正後，需經測試軌完成動態功能測試含通訊及號誌介面測試後，方可進入正線營運。若正線上有適合之直線水平路段可供作測試軌，可將測試軌規劃於廠區外進行，若無適宜路段則仍應於廠區內設置有測試軌。

(七)機廠配置規劃需同時檢討土開需求、環評規定、地質改良、一般車輛停車空間、及因應法規變動等不同層面，因各路線特性因地制宜，依屆時法規、地方需求及相關土地特性納入規劃。

(八)扇形區應為嵌埋式軌道(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：特殊車輛包含電動牽引車、路軌兩用救援/復軌工具車、拉線車兼高空維修作業車，因廠區內規劃為無道碴設計，路軌兩用車型可停駐於列車未行經之空地處，或維修工廠內墩柱與墩柱間之空地，僅拉線車兼高空維修作業車1列車需停放於軌道上，因此可併入駐車廠，不單獨增建儲車建築物。另特殊車輛無需同列車執行大修拆解工作，僅機油更換、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，於列車維修排程穿插執行維護保養工作。

(十)另由於輕軌系統具混合路權營運模式，多配置嵌埋式軌道(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，透過車輪鏟削及更換來維持輪軌接觸連續性，故軌道磨損達需替換之狀態至少間隔10至15年，在維修需求與頻率低之前提下，可透過外包予專業廠商，減少相關工班成本及庫存空間。另備品儲放經長期曝曬，需經過前置打磨處理，亦無法直接使用，且工班長期未作業，將使作業效率造成折扣，需反覆人員訓練與回訓等，更降低庫存軌道備料與工班之必要性。

## 二、 駐車廠設計原則

就整個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佔地規模最大的廠區，故若能減省其規模，對用地的縮減將會有立竿見影的效果。

基於前述系統單純化原則，新北市轄境內首條建設及營運的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，其電聯車設計均將依循淡海輕軌電聯車的主要參數，在其基礎上再做進一步的優化。因駐車廠空間與列長度及車隊規模息息相關，為評估廠區規模，本文考量新北輕軌電聯車每列車車長為35公尺，並依目前各後續路線所預估的車隊規模，概估以16列電聯車之數量進行標準配置，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，以維持檢修區之維修能量，或考量於檢修股道、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 8，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 8 各廠房通廊、走道最小寬度建議(m)

|              | 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)=營運車(列)+備用車(列)+在修車(列)，其中：

1. 營運車：營運所需之列車數。
2. 備用車：一般為營運車的10%。
3. 在修車：營運車×在修車係數，其中在修車係數= $\Sigma$ [各級檢修之修時×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。

#### (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，其列車與列車間距為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，故駐車廠規模除應接近期需要規劃外，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。



### 三、維修廠設計原則

#### (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、車輪鏟削區及車道區等五大區塊(圖 15)，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. 車輪鏟削區：執行列車及特殊車輛定期車輪鏟削作業，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 16)。
5. 車道區：作為拖板車吊運轉向架之用途，出入口需考量運送拖板車轉彎半徑及載貨淨高之空間需求。

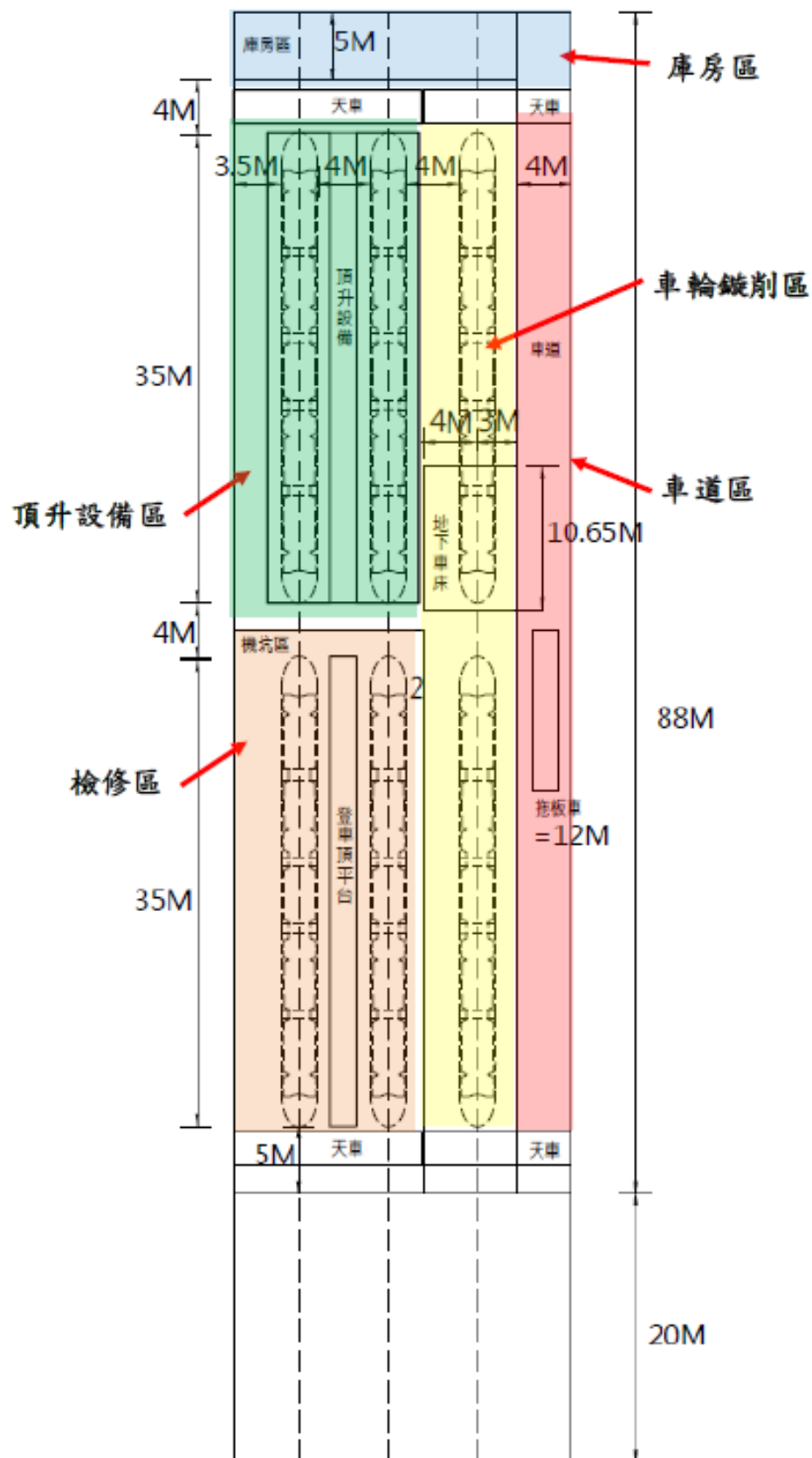


圖 15 維修工廠標準配置分區圖



圖 16 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、配屬列車編組數量，依檢修週期和檢修時間分析確定。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(年檢)=(大修間隔時間/年檢間隔時間-大修間隔時間/大修間隔時間)/大修間隔時間。

其次，維修廠各修程工作量計算時，應計入維修不平衡係數，主要考量為有的檢修作業佔用台位時間多，有的檢修作業佔用台位時間少，如各級檢修工作除例行的更換油料、耗材與清潔作業外，

另因檢查完之後，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佔用時間，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、雙周檢/月檢則為1.2。

表 9 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<br>(萬 km) | 時間間隔  |         |
| 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：移動式登車平臺設備、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17)。
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 17 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，並採外運方式(如陸運)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 18)，搭配架空式起重機共同作業。





圖 18 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 19)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，透過站蹲結合的方式來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 20及圖 21)，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。

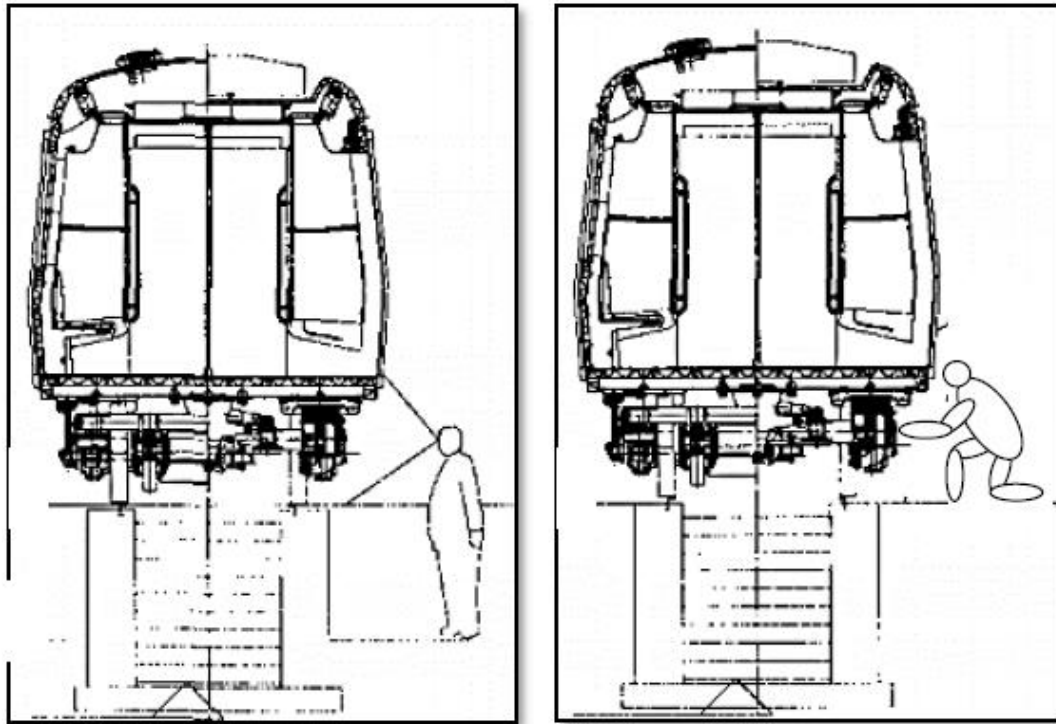


圖 19 柱式(左)及壁式(右)檢查機坑示意圖





圖 20 柱式檢查機坑案例



圖 21 淡海輕軌柱式檢查機坑

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 22)，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。

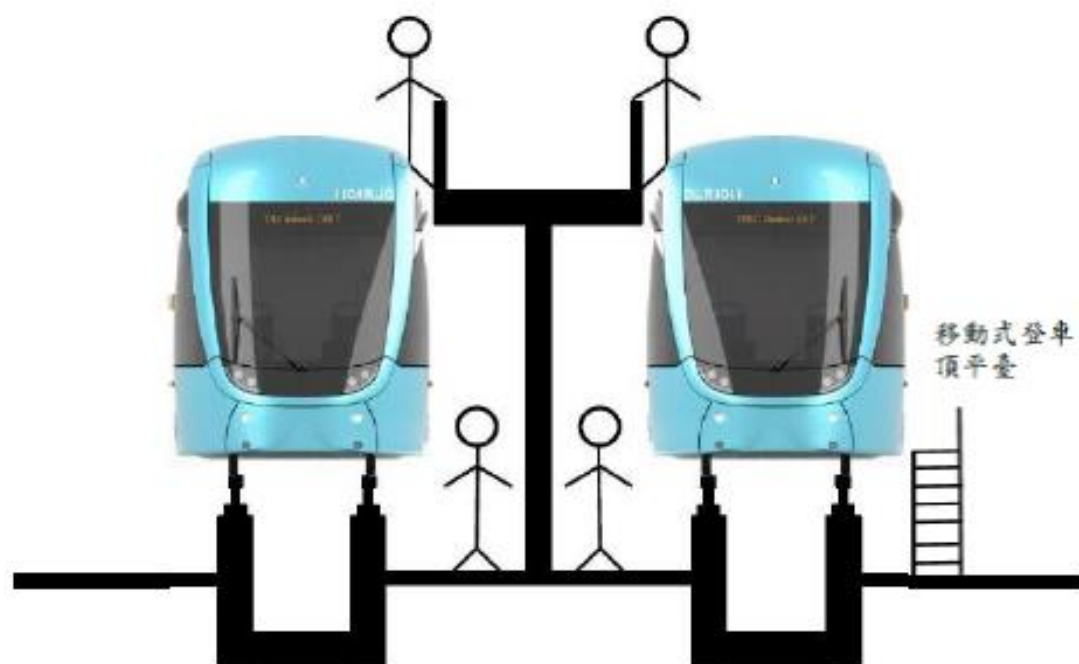


圖 22 檢修區示意圖

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 23)或懸吊(圖 24)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。





圖 23 單一立柱型式檢修平台



圖 24 懸吊式支撐檢修平台

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 25)，採階梯方式可提供較短且較陡的走行路線，可留設

更大的機坑前後端平台供作業使用，但同樣的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，但坡度考量下需占用較大空間，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26)以提供良好的照度，其中照明燈具應具 IP65防塵防水等級。

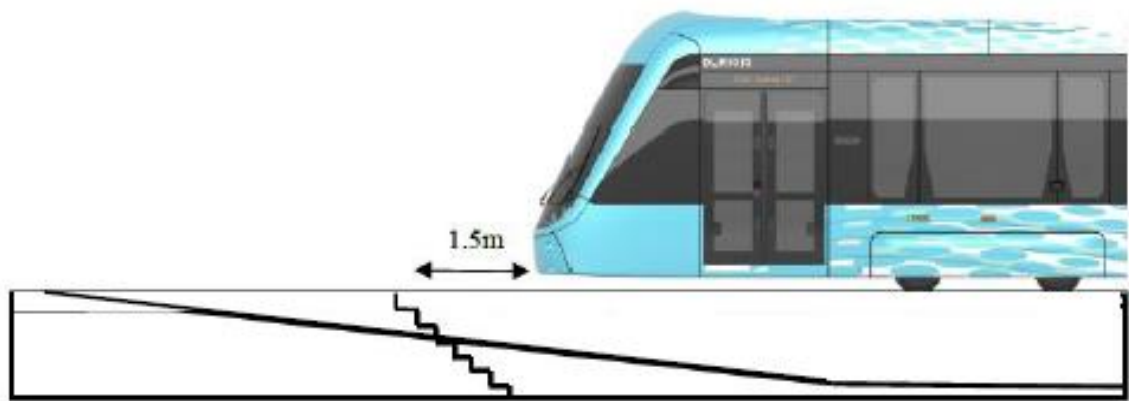


圖 25 檢修階梯踏步及兩端之坡道設計原則





圖 26 連續式 LED 照明

## 陸、 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。

### 一、 立即可行之建議

為考量新北市三環六線延續落實相關研析成果，草擬輕軌三+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，回饋納入計算使維修能量逐漸精進，提升機廠使用率與效能。

### 二、 長期性建議

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、月檢、日檢等各級檢修工項，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。

## 柒、 參考文獻

1. 交通部（2018a）輕軌系統建設及車輛技術標準規範
2. 交通部（2018b）軌道產業興建及維修關鍵績效指標，p.25
3. 中興工程顧問公司（2018）「桃園都會區大眾捷運系統棕線(桃園-龜山-迴龍段)綜合規劃(含基本設計)暨環境影響評估工作」服務建議書
4. 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
5. VCDB（2015）Tram and LRT Depots
6. 新北市政府（2015）安坑線輕軌運輸系統暨周邊土地開發綜合規劃報告書
7. 王林（2015）南京地鐵三號線秣周車輛段總平面佈置及建築方案設計，城市建築，第6期
8. 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
9. 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
10. 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
11. 交通部高速鐵路工程局（2007）軌道運輸之機廠位置及端末車站佈置對列車運轉調度的影響研究



12. 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
13. 中國輕軌交通設計標準，GBT 51263-2017

## 捌、 附錄

無