

# 提案計畫書

## 114年度經濟部中小及新創企業署 新創採購-場域實證·共創解題 提案書

提案單位：新北大眾捷運股份有限公司

中華民國114年5月16日

提案表（本表置於封面頁後首頁）

提案單位	新北大眾捷運股份有限公司				
提案名稱	輕軌轉轍器智慧預知維護系統建置試辦計畫				
配合單位	-				
◆ 提案概要 （具體並簡要 說明實證背 景、主題）	轉轍器作為捷運及輕軌系統中關鍵動態機電設備，其功能在於引導列車安全且準確地切換行駛軌道，對列車運行安全與準時性影響極大，但現況行控中心僅能透過燈號了解轉轍器扳轉當下異常狀態，常造成列車於轉轍器作動前才發現轉轍器異常之情形，發生輕軌列車延誤5分鐘以上事件；故透過本提案預期已AIoT方式提供轉轍器震動即時數據，藉以進行轉轍器健康健診，並提早於正常狀態下維護健診數據較差之轉轍器樣態，最終目標形成一套完整的「AIoT 主動式維護流程」，取代傳統「人力固定巡檢」模式，提升轉轍器系統整體運作可靠性與營運安全。				
◆ 預計期程	114.8.1-114.11.30				
申請單位聯絡 窗口 及主管	單位名稱	姓名	職稱	電子信箱	聯絡電話及 手機
新北捷運公司 行政處	新北捷運 公司	張亞迪	襄理	AO5613@ ntpc.gov.tw	02-22199333- 83311

申請提案即同意經濟部中小及新創企業署為採購案蒐集、處理或利用個人資料及檔案（指自然人之姓名、身分證統一編號、職業、聯絡方式、社會活動、其他得以直接或間接方式識別該個人之資料等個人資料保護法所指之個人資料）所涉個人資料(詳推動作業手冊附件1)。

# 目錄

壹、問題背景 .....	1
貳、解題構想 .....	6
參、預期功能或規格.....	10
肆、試作或實證場域及範圍 .....	11
伍、提供行政協處內容.....	12
陸、預計期程 .....	12
柒、預期效益 .....	13

## 表目錄

表 1	輕軌系統轉轍器分類 .....	2
表 2	113年度輕軌系統5分鐘以上延誤事件影響因素計算 .....	3

## 圖目錄

圖 1	轉轍器扳轉正常狀況下指令燈號流程示意圖 .....	1
圖 2	淡海輕軌正線軌道及轉轍器佈設位置圖 .....	1
圖 3	安坑輕軌正線軌道及轉轍器佈設位置圖 .....	2
圖 4	轉轍器扳轉異常狀況下指令燈號流程示意圖 .....	4
圖 5	轉轍器檢修工作項目 .....	5
圖 6	轉轍器內部構造圖 .....	6
圖 7	轉轍器設置震動感測器試驗場域位置圖 .....	11

## 壹、問題背景

轉轍器具備軌道路徑轉換功能，為軌道運輸關鍵重要設施之一，現況本公司淡海輕軌正線設置24處轉轍器(高架段8處、平面段16處)、安坑輕軌正線設置22處轉轍器(高架段12處、平面段10處)，並透過行控中心設定自動控制指令扳轉轉轍器方向，於燈號綠燈判斷行駛方向前行，並確保列車行經安全性，轉轍器扳轉正常狀況下指令燈號流程如下圖所示。

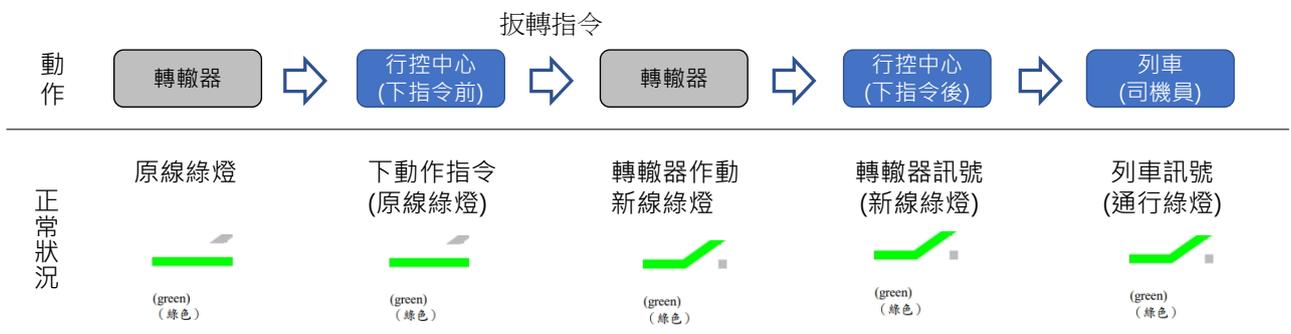


圖 1 轉轍器扳轉正常狀況下指令燈號流程示意圖

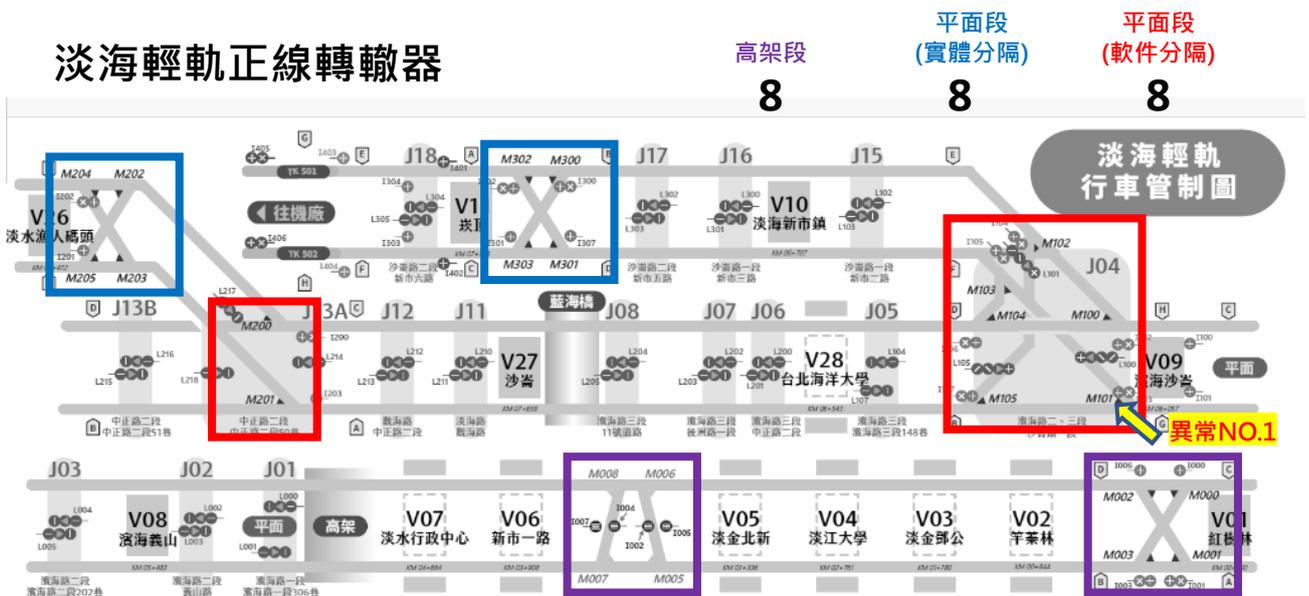


圖 2 淡海輕軌正線軌道及轉轍器佈設位置圖

# 安坑輕軌正線轉轍器

高架段  
12

平面段  
(實體分隔)  
10

平面段  
(軟件分隔)  
0

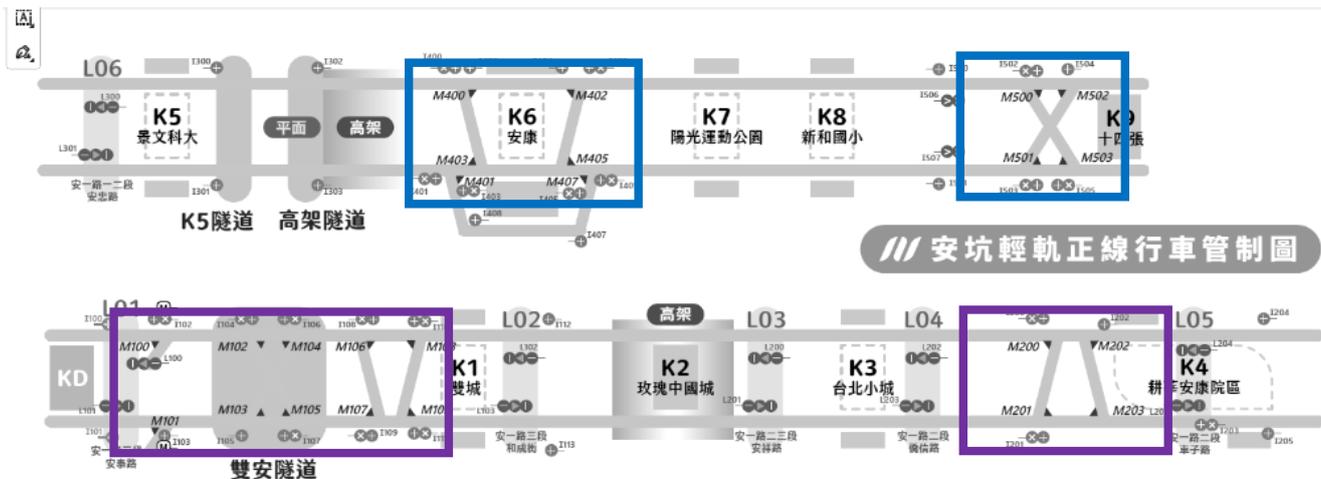


圖 3 安坑輕軌正線軌道及轉轍器佈設位置圖

表 1 輕軌系統轉轍器分類

輕軌系統 正線轉轍器		高架段	平面段 (實體分隔)	平面段 (軟件分隔)
照片				
數量	淡海	8	8	8
	安坑	12	10	0
固定頻率 壓過		√	√	√
不固定頻率 壓過		-	-	√
異物飛入 機率		-	√	√

## 一、轉轍器異常造成5分鐘以上延誤事件比例高

本計畫彙整本公司113年度輕軌系統5分鐘以上延誤事件影響因素，係發現以轉轍器異常影響比例占比30.7%最高，探討原因多為轉轍器未定位及路徑未開通等情形，且每案平均延誤時間達7分鐘以上，且若於尖峰時段發生轉轍器異常，將增加列車調度時間及服務水準情形。

另轉轍器異常原因係因輕軌行駛平面路段，該路段屬未完全封閉之路權系統，其他車輛行經轉轍器周邊致使小石噴出卡住轉轍器；或道路沿線垃圾漂至卡住轉轍器；或因地勢影響轉轍器運行路徑有落葉堆積等情形發生，皆為轉轍器扳轉異常原因，周邊環境影響亦發生轉轍器髒損或多次作動影響亦導致耗損狀況。現況僅能透過系統判斷異常後，由人力巡視來解除異常狀況解決因轉轍器異常之延誤事件。

表 2 113年度輕軌系統5分鐘以上延誤事件影響因素計算

影響因素	事件數	佔比	平均延誤時間	說明
轉轍器	4	30.7%	7分33秒	轉轍器未定位、路徑未開通
車輛動力	2	15.3%	7分10秒	車輛無動力
號誌及通訊	2	15.3%	5分29秒	黑屏情形
人為	2	15.3%	7分37秒	未帶鑰匙、未出勤
架空線	1	7.7%	13分16秒	架空線纏繞
軌道	1	7.7%	15分08秒	淹水
其他	0	-	-	-
總計	13	100%	-	-

資料來源：本公司整理

## 二、系統顯示轉轍器僅有正常異常

轉轍器為重要軌道設備之一，故現況行控中心亦設有轉轍器感測裝置，但原廠裝置只能透過燈號判斷是否可通過，包含無燈號(無訊號)、綠燈(轉轍器正常，可通過)及橘燈(轉轍器異常，無法通過)，且須於轉轍器作動時，系統才判斷道岔異常無法通過情形顯示橘燈；故現況原廠裝置缺乏即時呈現轉轍器健診數據，致使無法提早更換或處理異常狀況，使轉轍器扳轉異常皆到最後一刻列車於轉轍器前行駛時發生，大幅增加列車延誤時間。

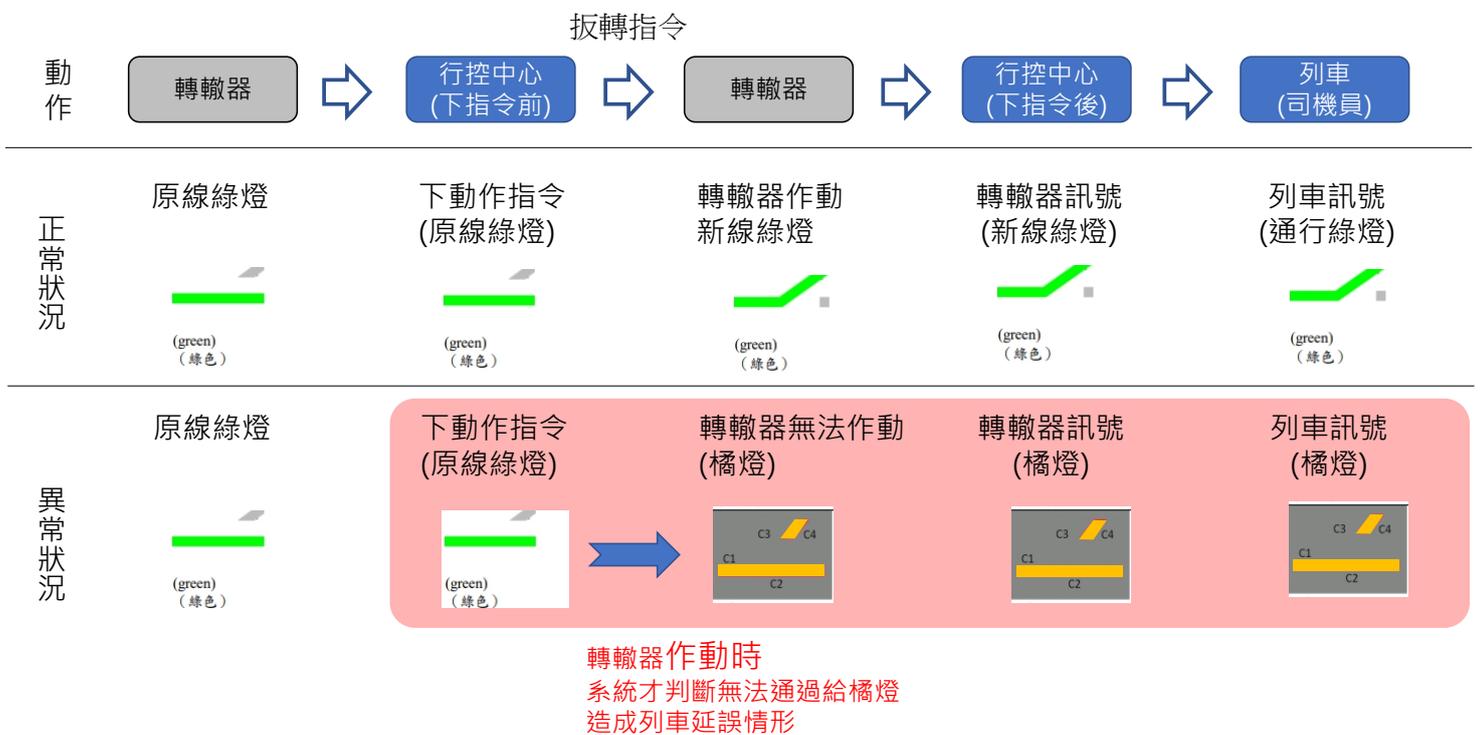


圖 4 轉轍器扳轉異常狀況下指令燈號流程示意圖

### 三、轉轍器維修人力指派不夠精準

轉轍器作為捷運及輕軌系統中關鍵動態機電設備，其功能在於引導列車安全且準確地切換行駛軌道，對列車運行安全與準時性影響極大。現行之轉轍器維修制度採定期檢修方式，以固定人力與時間投入完成例行保養作業。然而，本制度存在數項明顯問題，迫使營運單位尋求更有效率且能預防故障之創新維護模式。

#### ◆轉轍器例行維護檢修作業項目(月檢)

設備外觀	外箱檢查(有無髒汙、鏽蝕、螺絲缺損或撞擊等情形)
道岔	清潔岔尖、驅動桿與偵測桿凹槽 清潔轉轍器前後3公尺軌道區 斷電裝置確認與清潔
外箱內部	排水孔洞 桿件絕緣套管 轉轍器本體外觀
轉轍器應力	PMMS顯示最大機械力值

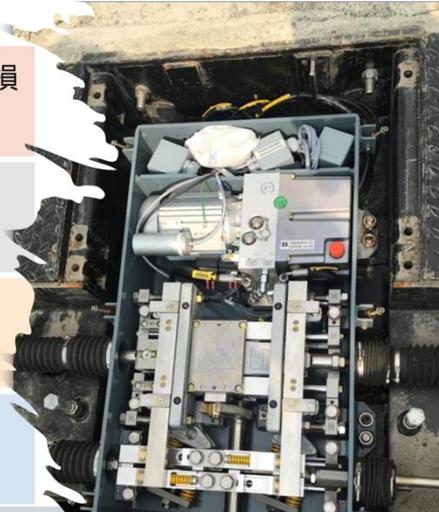


圖 5 轉轍器檢修工作項目

固定週期檢修無法對應轉轍器實際狀況，導致「保養後仍故障」的狀況時有所聞。即使每月依規定進行維護，仍出現轉轍器異常事件，顯示目前制度無法提前預知設備潛藏問題。在檢修保養的過程中，由於無法及時掌握每個轉轍器的狀態，因此每次檢修必須對所有轉轍器進行開蓋檢查，對維修人力造成大量負擔。即使在每月一次高頻檢查下，仍然有轉轍器故障的事件發生—若要再次提高檢修頻率，維運成本成為巨額負擔。

## 貳、解題構想

為解決現行轉轍器偵測效率及檢修人力依賴問題，本計畫提出導入 AIoT（人工智慧物聯網）技術解決構想，建立一套能夠即時數據預警維護機制。此構想係以「資料驅動 + 感測器實測」雙軸並進，期望同時提升維修決策準確度與判斷轉轍器異常作業即時性。

為補強本計畫在轉轍器異常時「資料時間延遲」與「物理異常無法即時感知」的缺陷，解題團隊應引入 IoT 智慧感測器作為即時數據來源，實際安裝於轉轍器的三個關鍵元件：馬達（motor）、左落鎖（interlock-L）與右落鎖（interlock-R）。

本系統預計採外掛式偵測及傳輸，不與原轉轍器核心系統介接，故無整合問題，也避免發生因整合失敗而造成之營運風險，但本案最後預測之成果可用來與原廠歷史 log 交叉比對，以找出更廣之關聯性以增加預測性維護之準確性。

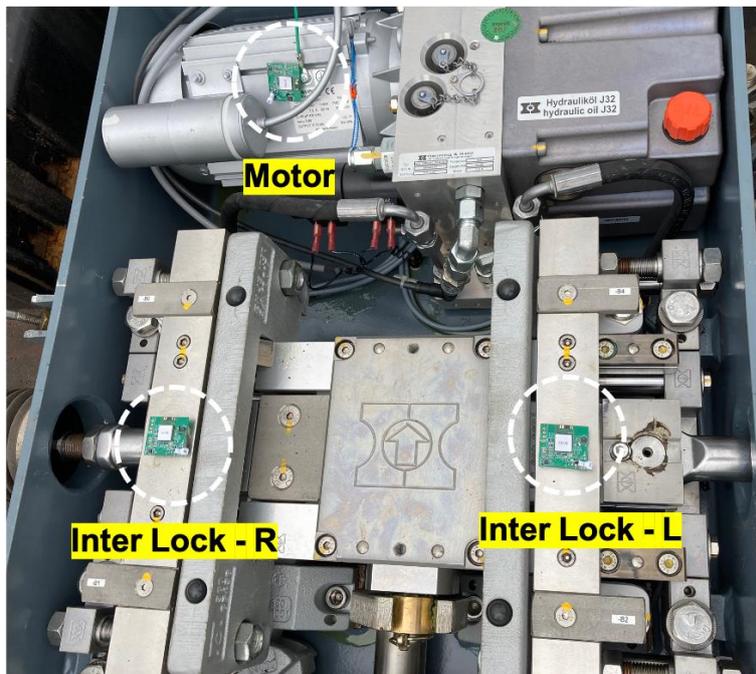


圖 6 轉轍器內部構造圖

這些智慧感測器具備微型感測與即時通訊功能，能夠連續量測以下兩項關鍵指標：

- 振動數據（含振幅與變異量 DecayRate）
- 距離數據（監控落鎖位置是否正常）

### 一、解題資料收集

綜上所述，解題團隊可透過包含但不限於以下資料，實現資料驅動轉轍器預知保養工作：

編號	資料名稱	說明	可能影響
1	轉轍器扳轉時間	擷取轉轍器號誌系統日誌 (UCS Log)，取得轉轍器 ID 及其作動內容與作動時間。	動作遲緩、卡頓：若扳轉時間逐漸延長，可能為潤滑不足、機械磨耗、阻力異常等前兆
2	轉轍器作動機械力曲線	擷取轉轍器作動機械力曲線資料	力矩異常：異常的力曲線可能代表結構鬆動、卡滯、內部阻力升高或機構損耗。
3	轉轍器馬達振幅與變異量 (DecayRate)	於轉轍器內部馬達處裝設智慧傳感器，量測振幅值，並計算振動變異量 (DecayRate)	達異常或劣化：若振幅變化異常或 DecayRate 加劇，可能代表馬達偏心、軸承損壞、絕緣退化等問題。
4	轉轍器 Inter-lock L/R 振幅與	於轉轍器內部 Inter-lock L/R 處裝設智慧傳	連鎖機構鬆脫/偏移：L/R 振

編號	資料名稱	說明	可能影響
	變異量 (Decay-Rate)	感器，量測振幅值，並計算振動變異量 (DecayRate)	動不對稱、變異量增高可能代表結構失衡、卡滯或彈簧失效。
5	轉轍器扳動距離	於轉轍器內部裝設智慧測距儀，量測扳動距離	行程不足或過衝：距離異常可能源自異物干涉、限位器錯位、油壓不足或機構變形。

## 二、解題方法

在以資料驅動轉轍器設備 AI 預知保養方面，解題團隊可依以下構想進行解題：

1. **資料蒐集與正規化清洗**：彙整轉轍器扳轉作動時間、作動機械力曲線、馬達與落鎖振幅、馬達與落鎖振幅變異量、轉轍器扳動距離等資料，將其依時間戳記結構化成可分析之資料大表。
2. **以 AI 演算法建立異常偵測模型**：採用 PCA、Dobin、Isolation Forest 及 One-Class SVM 等非監督演算法進行異常識別，並透過過往實際故障案例行驗證，評估 AI 判斷可信度。
3. **動態檢修名單更新**：根據異常排序結果，篩選出風險轉轍器進行月檢，未達異常閾值者則可延後檢查，以減少工時與人力支出。

4. **水平擴展規劃**：提供上述 AIoT 系統的水平擴展計畫，至少將淡海輕軌 20 台轉轍器部署 AI 異常偵測模型，並同步回傳至行控中心，自動觸發預警通知與維修工單。取代傳統「人力固定巡檢」模式，提升轉轍器系統整體運作可靠性與營運安全。

目前預估採外掛式感測器方式作為偵測點，原計畫是針對「資料時間延遲」及「物理異常無法即時感知」提出解題建議，其對應之智慧預測方案為「振動數據(含振幅與變異量 DecayRate)」及「距離數據(監控落鎖位置是否正常)」，故本計畫所開立規格對應振動與距離這兩項關鍵指標訂定之。

### 參、預期功能或規格

項目	功能說明	規格
振動感測器 (每個轉轍器中包含振動感測器 x3)	量測馬達、左邊落鎖、右邊落鎖的振動	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 三軸加速度規：量程4~8g</li> <li>● 採樣率平均每秒一筆數據</li> <li>● 供電電壓DC 3~5V</li> <li>● 無線傳輸</li> <li>● 具有時間戳記</li> </ul>
距離感測器 (每個轉轍器中包含距離感測器 x1)	量測落鎖相對位置	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 光學測距儀</li> <li>● 供電電壓DC 3~5V</li> <li>● 無線傳輸</li> <li>● 具有時間戳記</li> </ul>
閘道器 (每個轉轍器配備1個閘道器)	安裝在轉轍器周遭電箱中，擷取無線訊號後，以4G LTE 傳送至行控中心的邊緣運算裝置。	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 支援無線網路</li> <li>● 供電電壓DC 3~5V</li> <li>● 接收智慧感測器無線傳輸數據</li> <li>● 具有時間戳記</li> </ul>
邊緣運算裝置	遠端接收智慧感測器訊號，邊緣計算振動變異量 DecayRate。	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 容量：512GB以上</li> <li>● 記憶體：8GB以上</li> </ul>
AI 運算平台軟體	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 具備資料專案管理功能</li> <li>● 具備非監督異常偵測模型No-Code建置介面</li> <li>● 具備模型評估功能</li> <li>● 具備模型API 介接功能</li> <li>● 應說明如何克服過去轉轍器資料紀錄缺乏的挑戰，或提出替代的資料獲取與模型訓練策略，以確保技術可行性。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 可依不同轉轍器別上傳資料集</li> <li>● 可使用PCA, Dobin, Isolation Forest及 One-Class SVM 等非監督式異常偵測演算法</li> <li>● 可依過往實際案例驗證AI 模型可信度</li> <li>● 可透過模型API 介接打照轉轍器動態檢修清單</li> </ul>

#### 肆、試作或實證場域及範圍

試作及實證場域：淡海輕軌 V09濱海沙崙站編號 M100及 M101轉轍器。

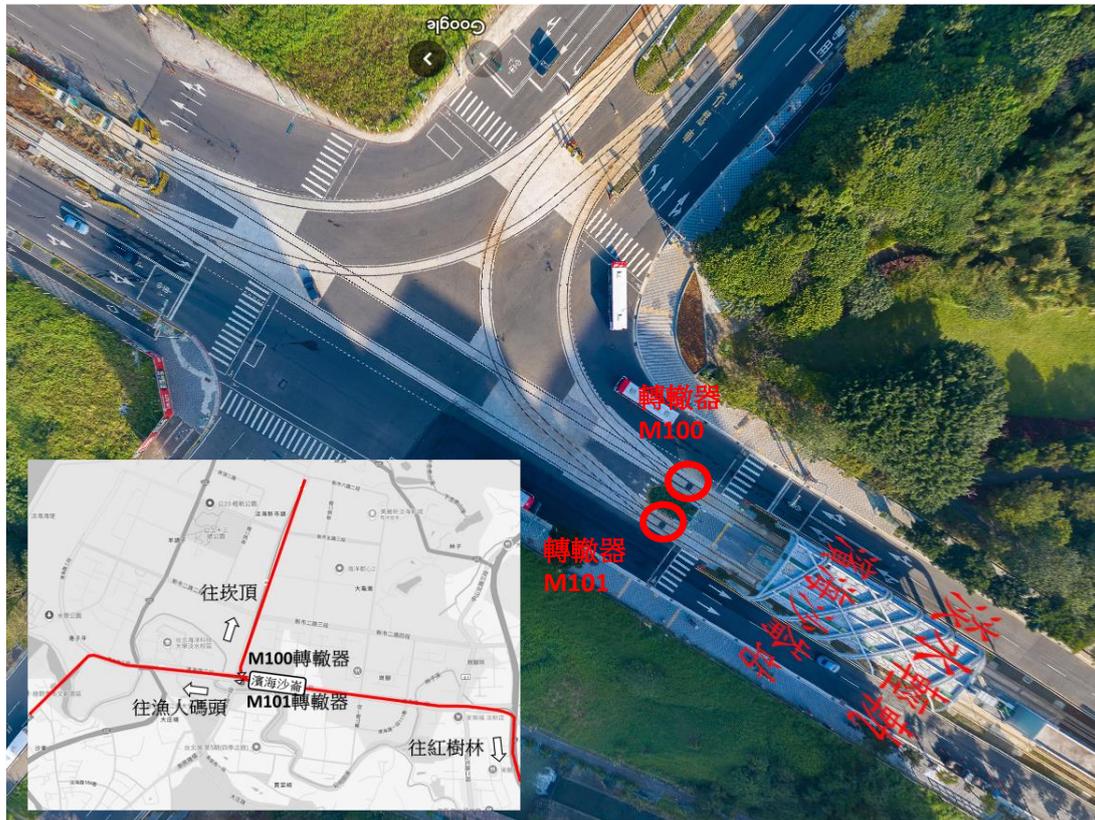


圖 7 轉轍器設置震動感測器試驗場域位置圖

## 伍、提供行政協處內容

協助單位	協助內容	具體項目
計畫管理單位	協助廠商定期召開工作會議，並協助招集跨單位合作討論本案工作事項。	計畫期間廠商每月完成會議紀錄，共計4次。
輕軌維修處	協助廠商在轉轍器內安裝智慧感測器以及閘道器	於淡海輕軌濱海沙崙站的2台轉轍器安裝智慧感測器8顆、閘道器2組
輕軌營運處	協助廠商在行控中心內設置邊緣運算器進行數據搜集	於行控中心安裝邊緣運算機一台，提供4G LTE 網路
輕軌維修處	協助提供計畫期程內的UCS log 資料、維修紀錄	調閱114年8/1-11/30期間的 UCS log 資料、維修紀錄
輕軌維修處	在系統發出轉轍器預警時，前往進行檢修，驗證預測效果	到場進行偵測桿檢查、拍照，開蓋針對落鎖頭進行量測與拍照

## 陸、預計期程

1. 114/07/31 前：訪談確認需求，完成規格書。
2. 114/08/15 前：完成轉轍器內智慧感測器安裝、AI 運算平台軟體安裝、訊號順利串連到邊緣運算裝置。
3. 114/10/15 前：完成2個月完成兩個月的轉轍器資料採集與清洗，包含智慧感測器的振動、振動變異量、位移量數據，以及轉轍器作動時間、轉轍器機械力曲線等資料採集與清洗。
4. 114/10/31 前：完成 AI 模型開發。
5. 114/11/20 前：完成試營運。
6. 114/11/30 前：完成結案報告書。

## 柒、預期效益

項目	功能說明	量化指標
轉轍器異常造成5分鐘延誤事件次數	計畫執行後可透過轉轍器量測量化數據了解健康程度，並及早更換因應，避免5分鐘延誤事件。	次數<2 (扣除轉轍器機械結構因素)
轉轍器健康指標	透過 AIoT 系統導入，推論出需要檢修的轉轍器。	正確率>=90%
檢修工時	只對需要系統判斷需要檢修的轉轍器進行檢修，降低人員工時。	人員工時下降80%