

# AI在軌道工程的應用

范俊逸 執行長

財團法人資訊工業策進會

2025.08.15



# 大綱

## 一、國際趨勢

AI應用於軌道工程之國際案例

## 二、應用關鍵

AI應用的關鍵因素

## 三、共創未來

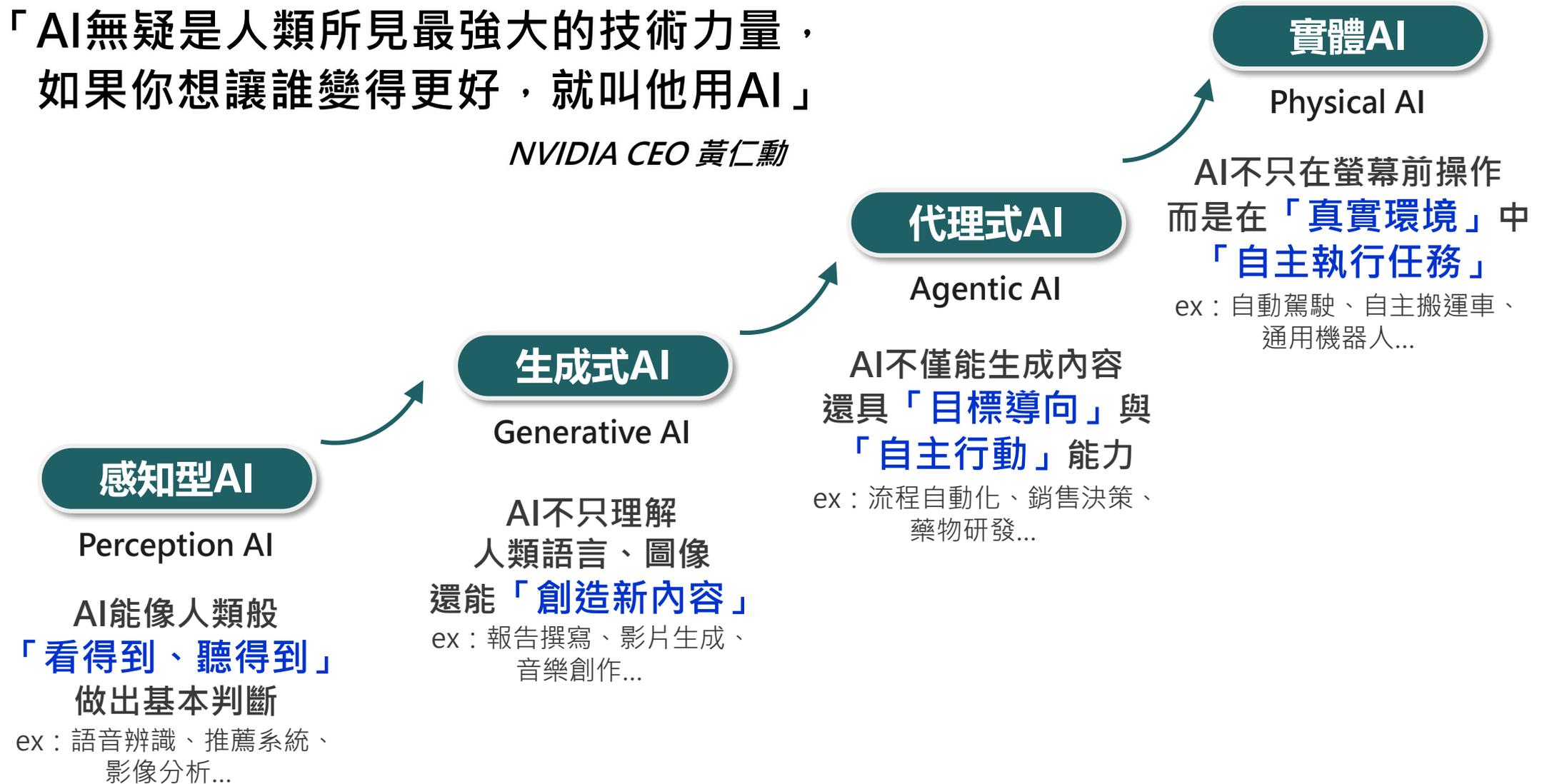
攜手迎向智慧未來



# 技術快速演進 重塑AI應用邊界

「AI無疑是人類所見最強大的技術力量，  
如果你想讓誰變得更好，就叫他用AI」

NVIDIA CEO 黃仁勳





# AI助力提升軌道維運及品質

結合感測器與AI模型，可即時掌握軌道安全並動態調整列車營運調度

## 情境一：突發狀況應變



運用數位孿生(Digital Twin)模擬突發事件，擬定安全應對措施

## 情境二：基礎設施維護



運用AIoT感測器識別軌道異常，人員可提前進行維護

## 情境三：軌道安全管理



感測器結合邊緣AI，即時監測軌道狀況並主動預警

## 情境四：列車營運自動化



AI協作型營運系統，自動進行列車管理與營運資源調度

備註：應用情境分類參考自McKinsey與BCG的分析報告，本報告在歸納後例舉四種AI軌道安全應用情境

資料來源：McKinsey、BCG、MIC，資策會MIC整理，2025年6月



# 德國鐵路公司以AI模擬強化事故預防

情境一：突發狀況應變 以AI模擬軌道意外狀況，打造安全行駛環境



## 需求痛點

列車行駛中，**突發障礙物**可能造成翻車意外等重大傷亡



## 解決方案

德國數位軌道計畫使用NVIDIA Omniverse 建立**鐵路數位孿生**，以**AI模擬行駛意外狀況**，**增強系統感知與事件回應能力**



## 借鏡之處

善用AI模擬技術開發功能強大的**感知與事故預防系統**



\*德國數位軌道計畫(Digitale Schiene Deutschland · DSD) · 致力於在不建造新軌道的情況下提高鐵路網路的運力  
資料來源：德國數位軌道計畫 · 資策會MIC整理 · 2025年6月



# 德國新創KONUX善用AIoT成就軌道安全

情境二：基礎設施維護 轉轍器預測性維護，降低營運中斷風險



## 需求痛點

轉轍器用於列車換軌，容易因環境變化導致突發故障



## 解決方案

- 協助英國鐵路部署AIoT感測器，以AI分析數據達到預測性維護
- 藉由推動資料共享(Delta Sharing)協議，透過安全的資料交換，強化模型



## 借鏡之處

- AI提前識別故障徵兆
- 打破鐵路業資料孤島建立合作機制



# 奧地利 Sensonic GmbH 利用邊緣AI打造即時監控

## 情境三：軌道安全管理 利用光纖監測與邊緣AI，展示軌道自我預警可能性



### 需求痛點

傳統軌道**檢測間隔長**，難以即時發現軌道故障與周邊異常



### 解決方案

結合**光纖感測與邊緣AI**，打造能**即時監控**軌道振動、主動預警故障的智慧化鐵道監測方案



### 借鏡之處

適用山區與高風險路段，**強化**東部**災害預警與路線安全**

#### 1 光纖智慧感測層



光纖與聲學感測系統實現軌道監控與資料採集

#### 2 邊緣AI運算層



即時處理感測，降低延遲並強化現地判讀能力

#### 3 SonicTwin®平台



將歷史與即時資料生成趨勢圖，並且模擬場景

#### 4 可視化預警通報



預警軌道狀況、AI警報地圖化、呈現維修建議



# 美國 Union Pacific 導入AI模型提升營運效率

## 情境四：列車營運自動化 營運自動化，AI引領新世代軌道工程模式



### 需求痛點

路網龐大，突發狀況易致排程混亂，現行可視化工具仍顯不足



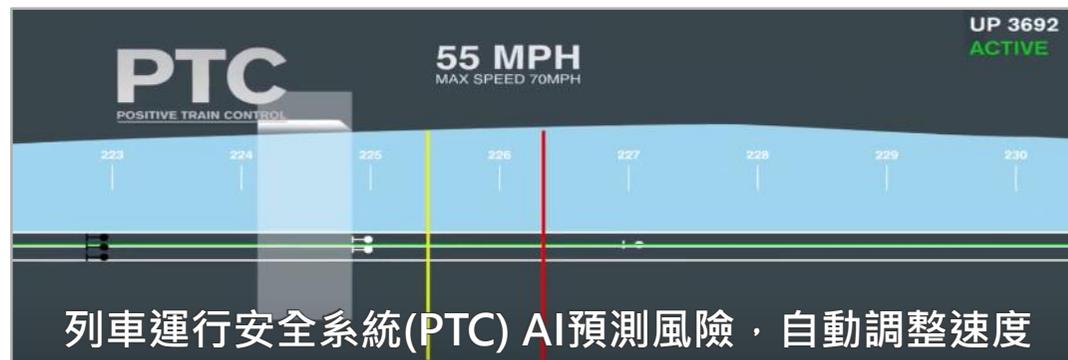
### 解決方案

導入AI模型至調度系統，結合即時動態規劃與模擬平台，評估路網擁塞與延誤風險，優化調度方案



### 借鏡之處

可導入AI協助排程應變，模擬延誤效應，優化高密度主線營運



列車運行安全系統(PTC) AI預測風險，自動調整速度



電腦輔助調度系統(CAD) AI自動規劃改道或重排序

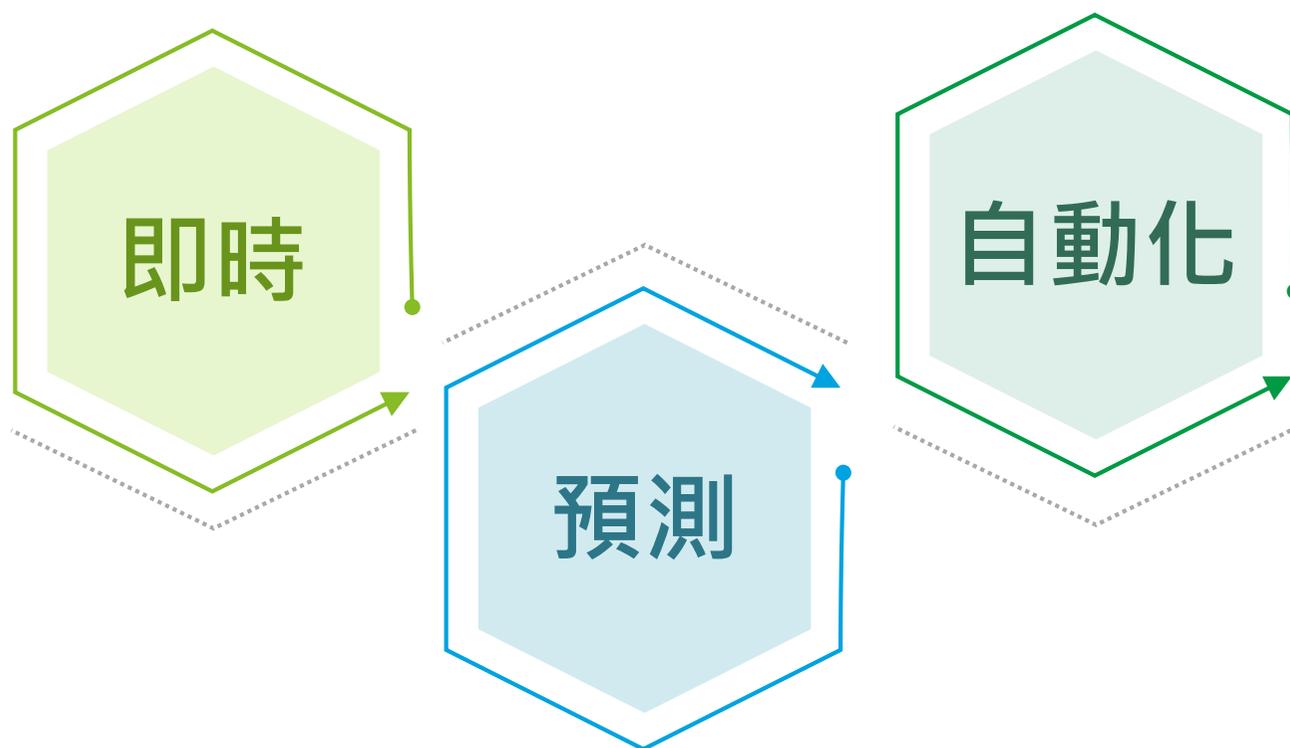


運輸管理系統(TMS) 以AI自動化調配資源的後台系統



# 讓AI成為軌道安全管理的關鍵力量

AI不只是輔助工具，而是推動軌道安全管理邁向



關鍵力量



# 大綱

## 一、國際趨勢

AI應用於軌道工程之國際案例

## 二、應用關鍵

AI應用的關鍵因素

## 三、共創未來

攜手迎向智慧未來



# AI應用三大關鍵因素

資料

品質與整合

資安

風險與合規

人才

培育與創新



# AI應用的關鍵因素 – 資料

資料為核心資產，AI 成效取決於資料品質與範圍

- 軌道系統包含複雜的工程、維修、營運、乘客服務等環節
- **AI 要有效支援，必須依賴大量結構化與非結構化資料**

資料類型多元  
格式不一

- 感測器數據，如震動、溫度、電壓等
- 維修紀錄、巡檢報表
- 列車運行日誌與調度資料
- 乘客流量與票務資料
- 視覺影像，如CCTV、結構檢測圖像等

資料治理  
與整合困難

- 資料分散於多單位、多廠牌、異質系統中
- 舊型設備缺乏數位化介面
- 資料更新延遲，資料須人工匯出、轉換，難以即時提供AI模型運算
- 欠缺風險評估與分級管理，無法精準防護

**因資料缺乏一致性、標準化，難以互通，  
AI需具備跨資料源的學習能力，增加整合與即時決策挑戰**



# 打造可靠AI-Ready軌道數據

 **資料整合能力**

跨系統資料收集、資料管道建置

 **資料清洗與標註**

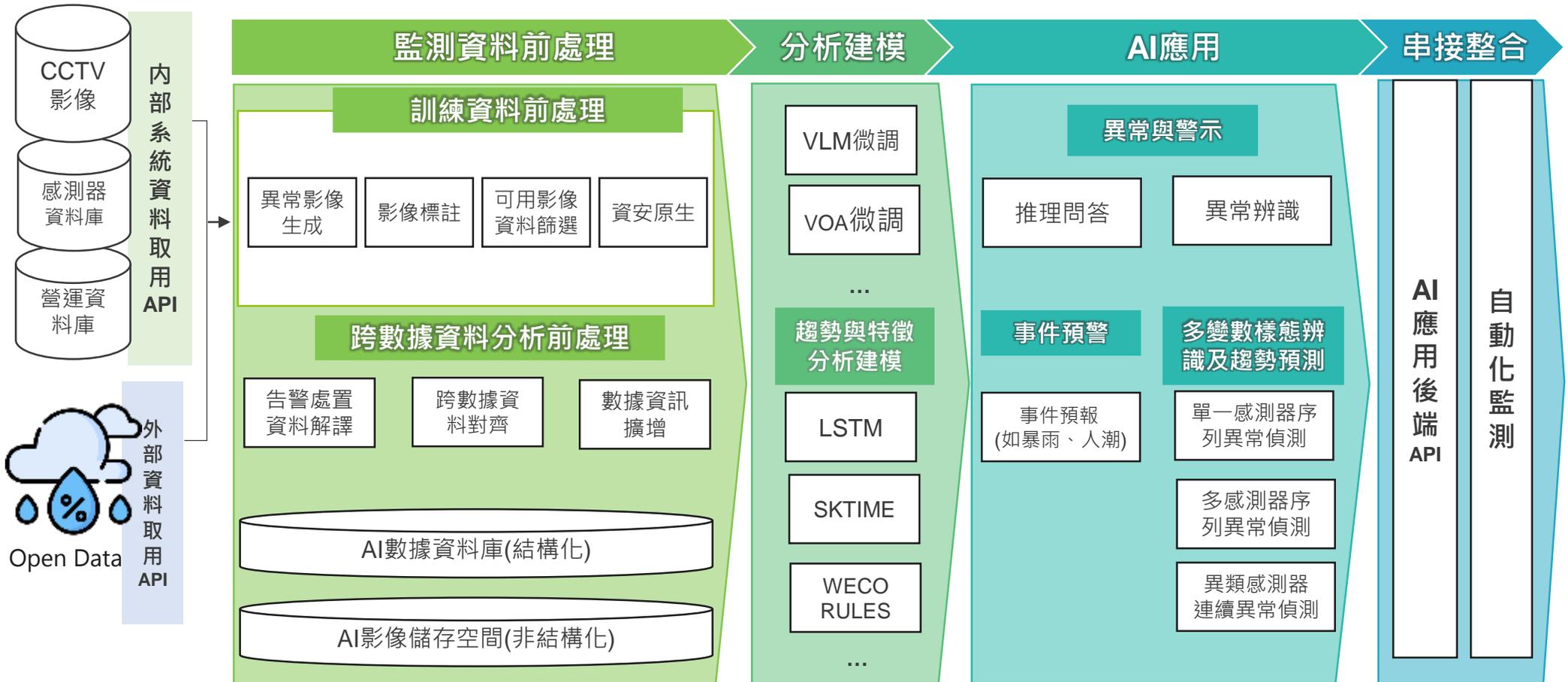
處理錯誤值、補齊遺漏、標註訓練資料

 **資料平台管理**

建立集中資料平台與API存取架構

 **資料安全與隱私**

落實權限管控與敏感資訊去識別化



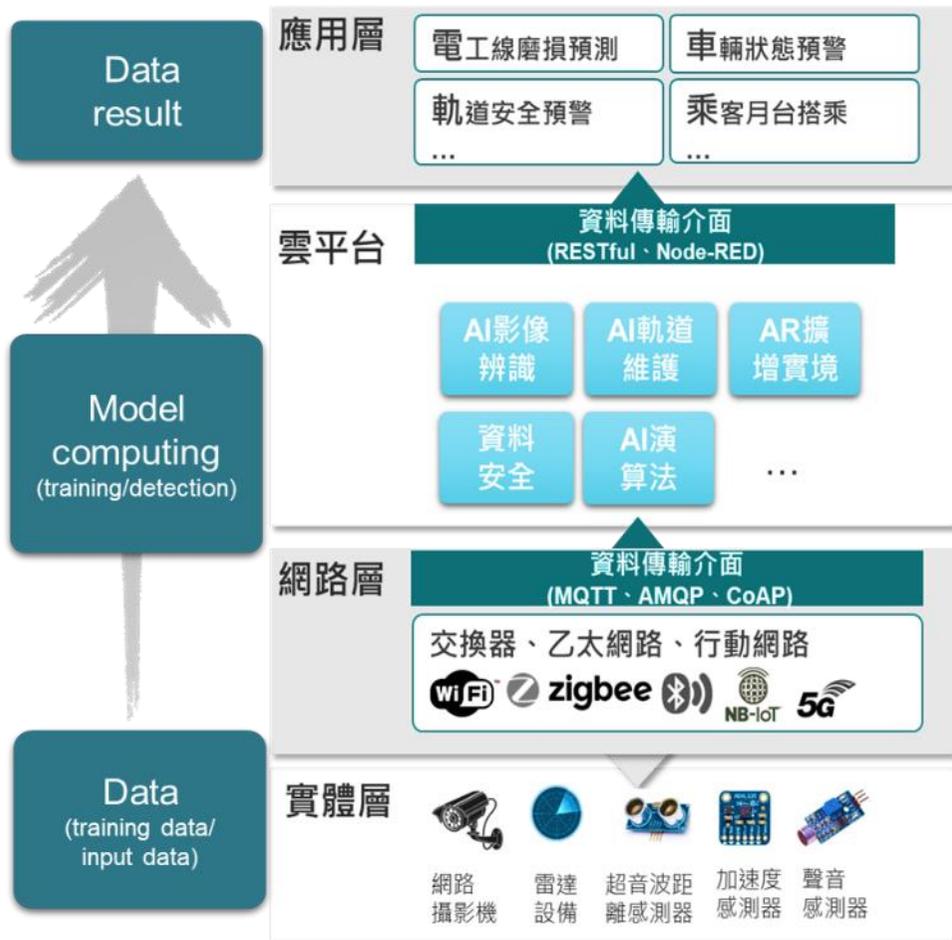


# AI應用的關鍵因素 – 資安

## 軌道系統運用AI若未完整掌控資安攻擊風險，將影響軌道維運

- 國際組織OWASP\*針對機器學習(Machine Learning)應用之運作，歸納從資料集、模型運營到模型輸出皆存在具威脅的資安風險

### 交通部智慧軌道物聯網雲端平台



### OWASP ML Top 10 (Draft)



\*OWASP (Open Worldwide Application Security Project)  
資料來源：<https://mltop10.info/>



# 注重資安控管措施，降低營運風險

資料、開發到維運皆需管控，確保AI系統穩定、安全及準確

- 如美國NIST制定AI風險管理框架、ISO 42001人工智慧管理系統(AIMS)標準等，皆提醒組織應用AI時，應掌握及了解AI應用的管理、風險、資源、生命週期等所需之控管措施

ISO 42001:2023

NIST AI RMF 1.0

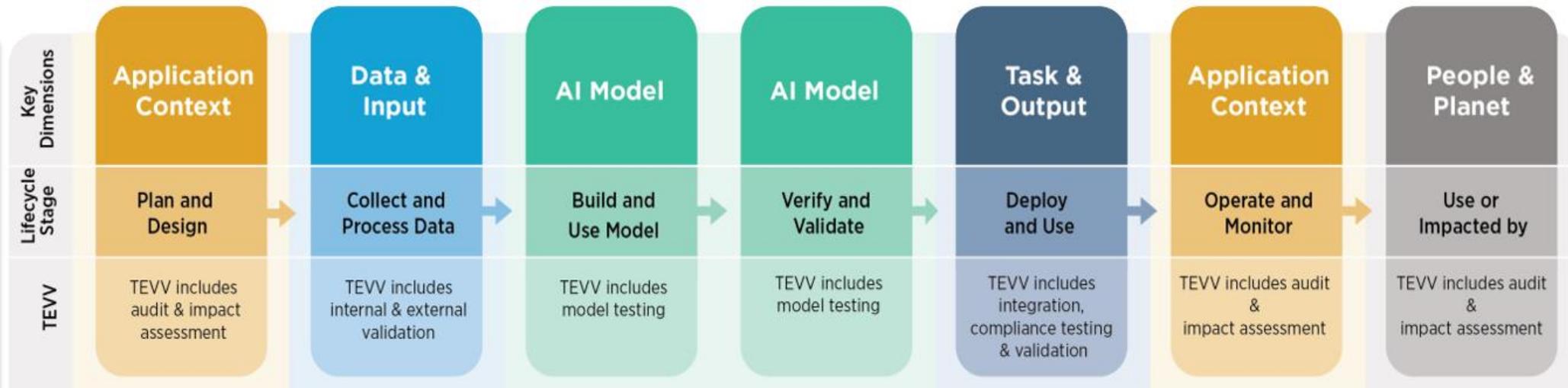
**A.6.2 AI系統生命週期**

**A.7 AI數據**

- 數據獲取
- 數據品質
- 數據出處
- 數據準備

**6.1.2 AI風險評鑑**

**6.1.3 AI風險處理**



\* AI RMF 1.0 : Artificial Intelligence Risk Management Framework  
 資料來源：ISO, NIST, 資策會整理, 2025年6月



# 導入系統分級管理，提升防護效率

## 建立風險管理，梳理系統間傳輸樣態，建立差異化的防護措施

- 軌道產業相關之國際資安標準如TS 50701及IEC 62443分級管理規範，可依循以建置風險評估與分級流程

風險層級	系統層級
高風險	安全性關鍵
一般風險	可靠性關鍵
低風險	非關鍵性

### 以控制中心為例

非關鍵性

用於企業營運、使用者服務的IT網路

可靠性關鍵

用於監控、控制實體裝置、機電系統或工業流程的OT網路

單向傳輸閘道，

用於高風險系統層級連接至低風險系統層級

### 以不同系統間之串聯為例

可靠性關鍵

乘客資訊

可靠性關鍵

車載裝置系統

安全性關鍵

列車管控系統

透過防火牆傳輸

用於風險層級相同之系統

單向傳輸閘道，

用於高風險系統層級連接至低風險系統層級



# AI應用的關鍵因素 – 人才

由組織文化驅動培養跨領域人才，推動AI應用於軌道工程



# 從素養、應用到決策，培育領域專才具AI能力

## 全面提升生成式AI戰力，驅動軌道工程智慧升級



### 從素養、應用到決策

- ✓ **一般同仁**：素養導入，改善日常工作效率，如站務員使用AI輔助查詢，提供顧客即時資訊
- ✓ **專職同仁**：善用AI技術，提升工作品質，如車輛巡檢工程師，利用AIOT或AI影像辨識技術，提升檢修品質
- ✓ **高階主管**：掌握AI，優化營運與決策的潛力，前視技術可帶來的優勢，提升營運效率

### 企業 AI DNA 全員升級





# 大綱

## 一、國際趨勢

AI應用於軌道工程之國際案例

## 二、應用關鍵

AI應用的關鍵因素

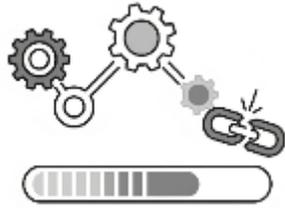
## 三、共創未來

攜手迎向智慧未來



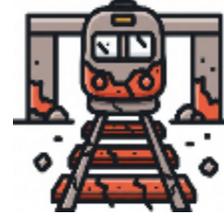
# AI在軌道工程應用新願景

## 產業瓶頸



### 系統整合 與資安風險

軌道工程因缺乏統一標準形成數據孤島，僅部分數位化，限制了智慧化與自動化發展，並具資安風險



### 老化基礎設施 與高維護成本

全球軌道系統老化導致維護成本高及持續增長中，傳統方法難以應對現代需求與氣候挑戰



### 人力資源短缺 與技能斷層

高技能人才匱乏與資深工程師退休導致知識斷層，AI與自動化需求也加劇人力危機

## 解決方案

- 從資料源頭到開發應用，導入如資安原生、資安風控，以確保資料安全
- 多模態數據整合、跨系統數據分析，建構AI大腦框架，提供如對話式即時軌道分析等，以優化調度與資源分配

- 可模擬基礎設施升級方案，例如設計新型軌道材料或加固既有軌道
- 分析智慧感測器AIoT數據，預測故障並實施預測性維護

- 建立以KM為基礎之多模態培訓助手，藉由組織內知識庫建立及相機鏡頭拍攝與即時問答，輔助新進人員學習
- 人機協作，智慧調度人力，優化分配效率

## 無縫運輸



藉由AI提升運輸效率與旅運體驗，達到跨業者、跨系統無縫轉乘體驗

## 零事故維護



藉由AI從根本上去降低事故風險發生的機率，最終實現零事故運營

## 智慧人才賦能



以AI解決人才缺口與技能斷層，打造具備韌性的軌道工程團隊

## 機會願景



# 軌道應用AI不是未來議題 即刻啟程

① 驅策AI發展

② 建構數位生態

③ 開展國際合作

