

出國報告(不含進修、研究、實習計畫)

「機場規劃設計及施工技術國際研討會」出國報告

服務機關：交通部民用航空局

姓名職稱：陳立人 / 薦任第 9 職等科長

派赴國家：荷蘭、德國

出國期間：民國 113 年 9 月 21 日~9 月 29 日

報告日期：民國 113 年 12 月 10 日

提要表

系統識別號：	C11302455																	
視訊辦理：	否																	
相關專案：	無																	
計畫名稱：	機場規劃設計及施工技術國際研討會																	
報告名稱：	機場規劃設計及施工技術國際研討會出國報告																	
計畫主辦機關：	交通部民用航空局																	
出國人員：	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 15%;">姓名</th> <th style="width: 15%;">服務機關</th> <th style="width: 10%;">服務單位</th> <th style="width: 10%;">職稱</th> <th style="width: 10%;">官職等</th> <th style="width: 45%;">E-MAIL 信箱</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>陳立人</td> <td>交通部民用航空局</td> <td>場站工程組</td> <td>科長</td> <td>薦任(派)</td> <td>聯絡人： lzchen@mail.caa.gov.tw</td> </tr> </tbody> </table>						姓名	服務機關	服務單位	職稱	官職等	E-MAIL 信箱	陳立人	交通部民用航空局	場站工程組	科長	薦任(派)	聯絡人： lzchen@mail.caa.gov.tw
姓名	服務機關	服務單位	職稱	官職等	E-MAIL 信箱													
陳立人	交通部民用航空局	場站工程組	科長	薦任(派)	聯絡人： lzchen@mail.caa.gov.tw													
前往地區：	德國、荷蘭																	
參訪機關：	荷蘭阿姆斯特丹史基浦機場，德國杜塞道夫機場，德國慕尼黑機場，范德蘭德工業有限公司(Vanderlande Industries)總部																	
出國類別：	開會																	
出國期間：	民國 113 年 09 月 21 日 至 民國 113 年 09 月 29 日																	
報告日期：	民國 113 年 12 月 10 日																	
關鍵詞：	史基浦機場，慕尼黑機場，杜塞道夫機場，行李處理系統																	
報告書頁數：	72 頁																	
報告內容摘要：	<p>本局(交通部民用航空局)為滿足所轄機場的長遠發展需求(如高雄新航廈工程)，積極掌握內外環境變化及主客觀條件對機場營運的影響，研擬分期推進的發展策略與未來規劃，在此過程中，行李處理系統作為機場營運的核心基石，其效率與準確性不僅關係到旅客的出行體驗，更是智慧化管理的關鍵環節，隨著疫苗普及及疫情趨緩，航空需求回升，各國機場紛紛導入智慧行李處理技術提升效率與服務品質，為此，本次計畫將考察荷蘭阿姆斯特丹史基浦機場、德國杜塞道夫機場及德國慕尼黑機場，針對行李處理系統的先進技術與運行模式進行深度交流與實地參訪，並延伸至智慧燈控系統、報到櫃檯等領域，汲取全方位經驗，最終目標是評估其應用於我國機場的可行性，並優化整建與擴建工程，進一步提升服務品質與效率，提前布局未來航空業趨勢，實現國際一流水準，增強全球競爭力。</p>																	

目錄

壹、	目的	5
貳、	出國行程.....	6
參、	考察心得彙整.....	15
一、	Schiphol 機場背景資料.....	15
二、	Düsseldorf 機場背景資料.....	17
三、	Munich 機場背景資料.....	19
四、	報到及行李託運系統	21
五、	行李處理系統(BHS).....	30
六、	省力裝置或自動化機器(手臂/人).....	51
七、	空橋系統.....	55
八、	智慧燈控系統	60
九、	節能設備改進作為(LED 及空氣簾).....	63
肆、	心得與建議.....	67
一、	心得.....	67
二、	建議.....	72

壹、目的

2019 年底，新冠肺炎疫情爆發，對全球航空產業造成前所未有的挑戰，然而，危機也帶來轉機的契機，許多國際機場在航班大幅減少的期間積極尋找轉機，面對這一情勢，機場紛紛深入討論原有的發展藍圖，並積極推動機場軟硬體設施的優化與創新，為因應所轄機場的發展需求，本局(交通部民用航空局)積極因應內外、主客觀條件變化對機場營運及發展的影響，考量國人出國人數上升，航運量激增的情形，展開了既有國際機場的新/改建工程，以提升旅客容量和國際形象，舉例來說，高雄國際機場預計到 2040 年，年運量將從 609 萬人次上升至 1650 萬人次，並正在進行新航廈工程的相關規劃和設計，進一步研擬未來的發展藍圖。

鑑於機場建設涉及範疇廣泛，除借鑒亞洲地區機場經驗外，與歐洲標竿機場針對後疫情時代的設計思維與營運實務進行交流，特別是深入了解行李處理系統的運行模式，將為後續發展提供重要借鑒。

行李處理系統作為機場營運的重要基石，其效率與準確性不僅直接影響旅客的出行體驗，亦是機場整體智慧化管理的核心環節之一，隨著疫苗普及及疫情趨緩，各國逐步開放國境，國際間的航空需求回升，各大機場亦積極導入智慧化行李處理技術，以提升運行效率與服務品質，在此背景下，本次考察計畫聚焦歐洲三大標竿機場—荷蘭阿姆斯特丹史基浦機場、德國杜塞道夫機場及德國慕尼黑機場，針對行李處理系統的先進技術與運行模式進行深度交流與實地參訪，並延伸至智慧燈控系統、報到櫃檯等領域，汲取全方位的寶貴經驗。

綜上，本次考察的核心目標是透過深入了解歐洲機場行李處理系統的最佳實踐，評估其應用於我國機場的可行性，同時優化整建與擴建工程，藉由引入國際先進技術與管理經驗，我國機場將得以大幅提升服務效率與品質，提前應對未來航空業趨勢，實現國際一流水準，進一步強化全球競爭力。

貳、出國行程

本次出國人員為本局場站工程組機電科陳立人科長等 1 人，自 113 年 9 月 21 日啟程，至 113 年 9 月 29 日回程，共計 9 日，其中包含 5 日的機場參訪及國際知名行李處理公司現地進行解說經驗交流，往返 4 天的交通時間，行程表如表 2-1。

行李處理系統作為機場營運的重要基石，其效率與準確性不僅直接影響旅客的出行體驗，亦是機場實現智慧化管理的核心關鍵，本次行程旨在深入了解國際知名行李輸送系統廠商的先進設備與實際應用，為未來機場規劃與設計提供參考依據，目前本國桃園國際機場採用的行李處理系統分別來自荷蘭的范德蘭德工業有限公司(Vanderlande Industries)與德國的伯曼集團(Beumer)，基於此，本次特別選定荷蘭與德國境內的機場，進行上開兩家公司設備的現場參訪與實地考察，以期學習國際領先技術，並提升我國機場行李處理系統的效能與創新能力，並延伸至智慧燈控系統、報到櫃檯等領域，汲取全方位的寶貴經驗。

另慕尼黑機場有限公司是享譽國際的機場顧問專家，並擔任本局高雄國際機場新航廈工程第一期建設計畫的專案管理協力顧問，此次前往德國拜訪該公司，得以由其專業團隊介紹行李處理系統、空橋設備及節能作為等相關設備，並建立了良好的聯絡管道，透過此次訪問，不僅深化了彼此合作基礎，也為後續的交流帶來了寶貴的知識與實務經驗，為未來專案的推動奠定了更堅實的基石。

表 2-1 拜會參訪行程表

日期	星期	行程	拜會參訪內容
113.09.21	六	臺灣－荷蘭	<ul style="list-style-type: none"> ● 臺灣桃園國際機場出發(中華航空)。
113.09.22	日	荷蘭	<ul style="list-style-type: none"> ● 抵達荷蘭阿姆斯特丹史基浦機場。 ● 考察前整備會議，討論參訪議題。
113.09.23	一	荷蘭	<ul style="list-style-type: none"> ● 前往阿姆斯特丹史基浦機場(空側)，由在地設備廠商艾迪比有限公司(ADB)介紹現場設備。 ● 本局簡述民航局組織架構、業務範疇、高雄國際機場新航廈規劃構想。 ● 艾迪比有限公司介紹： <ul style="list-style-type: none"> ➢ 該公司及機場發展歷史。 ➢ 機坪照明、空橋現地應用。 ➢ 智慧燈控系統現地應用。 ➢ 燈控室發電機房等空側設備。
113.09.24	二	荷蘭	<ul style="list-style-type: none"> ● 前往費赫爾(車程約2小時)拜會范德蘭德工業有限公司(Vanderlande Industries)總部。 ● 本局簡述民航局組織架構、業務範疇、高雄國際機場新航廈規劃構想。 ● 范德蘭德工業有限公司介紹： <ul style="list-style-type: none"> ➢ 該公司及機場發展歷史。 ➢ 行李傳輸軌道及托盤發展演進。 ➢ 早到行李處理系統發展。 ➢ 該公司研發中心獨立裝載系統、倉儲包裹自動化系統現地應用。
113.09.25	三	荷蘭－德國 (當日來回)	<ul style="list-style-type: none"> ● 前往杜塞道夫機場，由在地設備廠商伯曼集團(Beumer)介紹現場設備。 ● 本局簡報民航局組織架構、業務範疇、高雄國際機場新航廈規劃構想。

日期	星期	行程	拜會參訪內容
			<ul style="list-style-type: none"> ● 伯曼集團介紹： <ul style="list-style-type: none"> ➢ 該集團發展歷史。 ➢ 行李分檢系統現地應用。 ➢ 行李處理監控室現地應用。 ➢ 行李傳輸軌道及托盤現地應用。
113.09.26	四	荷蘭－德國	<ul style="list-style-type: none"> ● 前往阿姆斯特丹史基浦機場(陸側)，由在地設備廠商范德蘭德工業有限公司(Vanderlande Industries)介紹現場設備。 ● 范德蘭德工業有限公司介紹： <ul style="list-style-type: none"> ➢ 行李處理系統現地應用。 ➢ 獨立裝載系統現地應用。 ➢ 機械手臂系統演進及現地應用。 ● 自荷蘭搭機前往德國慕尼黑(荷蘭航空)。
113.09.27	五	德國	<ul style="list-style-type: none"> ● 前往慕尼黑機場，由慕尼黑機場有限公司介紹現場設備。 ● 本局簡報民航局組織架構、業務範疇、高雄國際機場新航廈規劃構想。 ● 慕尼黑機場有限公司介紹： <ul style="list-style-type: none"> ➢ 該公司及機場發展歷史。 ➢ 介紹機場旅客服務設施。 ➢ 行李處理系統現地應用。 ➢ 節能作為(LED、空氣簾)。 ➢ 空橋(含防撞設施)。
113.09.28	六	德國－臺灣	<ul style="list-style-type: none"> ● 德國慕尼黑機場出發(長榮航空)
113.09.29	日	臺灣	<ul style="list-style-type: none"> ● 抵達臺灣桃園國際機場

上揭拜會參訪單位之接待人員，彙整如下表 2-2。

表 2-2 拜會參訪單位主要接待人員

拜會參訪單位	對方主要接待人員
艾迪比有限公司(ADB)	<ul style="list-style-type: none"> ● Ronald Tukker, Key Account Manager. ● Marcos Nieto, Regionsl Manager.
范德蘭德工業有限公司 (Vanderlande Industries)	<ul style="list-style-type: none"> ● Mark Lakerveld, Executive Director Strategy & Markets. ● Gijs Bartelet, System Concepting Director. ● Sjoerd Wierda, Project Execution Manager Northen & Eastern Europe. ● Colet Timmers, Office Manager. ● LOU, CHI-CHUN, Project Assistant.
伯曼集團(Beumer)	<ul style="list-style-type: none"> ● Christoph Oftring, Senior Sales Manager Baggage Systems. ● Lukas Kaucky, Field Service Specialist.
皇家史基浦集團(RSG)	<ul style="list-style-type: none"> ● Jeroen Gorter, Asset Manager AGL. ● Rene De Jong, Asset Manager Docking Systems, SAM, Floodlighting System.
杜塞道夫機場有限公司 (Flughafen Düsseldorf GmbH)	<ul style="list-style-type: none"> ● Jörn Schnependahl, Senior Operation Manager BHS and Facilities.
慕尼黑機場有限公司 (Flughafen München GmbH)	<ul style="list-style-type: none"> ● Simon Lotter, Head of Market APAC Chief Representative of APAC Office Singapore ● Lorenzo Di Loreto, Managing Director

113.09.23 阿姆斯特丹史基浦機場(空側)參訪，照片如下圖 2-1 至圖 2-5。



圖 2-1 艾迪比有限公司(ADB)及本局團體照



圖 2-2 會議討論



圖 2-3 ADB 現地解說(燈控發電機房)



圖 2-4 ADB 現地解說(燈控機房)



圖 2-5 ADB 現地解說(空側設備)

113.09.24 范德蘭德工業有限公司總部參訪，照片如下圖 2-6 至圖 2-10。



圖 2-6 范德蘭德工業有限公司(Vanderlande Industries)及本局團體照



圖 2-7 贈送伴手禮



圖 2-8 范德蘭德總部辦公室



圖 2-9 現地解說(獨立裝載系統)

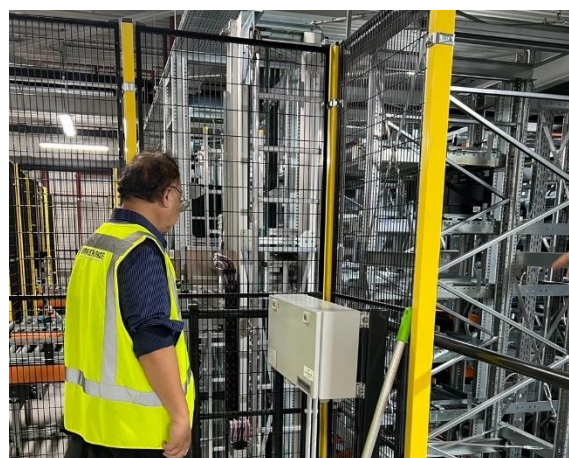


圖 2-10 研發中心現地解說(早到行李系統)

113.09.25 杜塞道夫機場參訪，照片如下圖 2-11 至圖 2-15。



圖 2-11 伯曼集團(Beumer)、杜塞道夫機場有限公司及本局團體照



圖 2-12 會議討論



圖 2-13 現地解說(行李分檢系統)

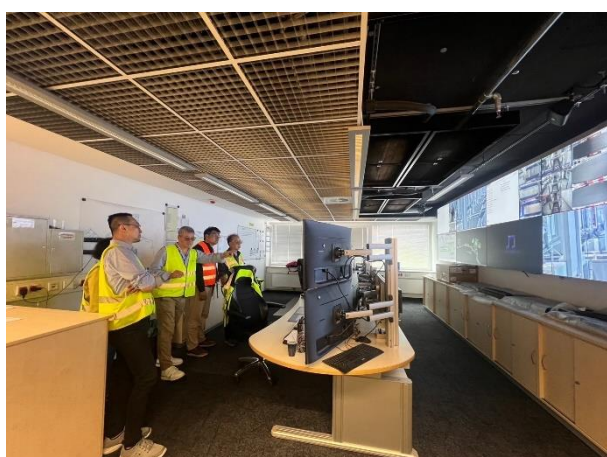


圖 2-14 現地解說(行李監控系統)



圖 2-15 現地解說(行李傳輸軌道及托盤)

113.09.26 阿姆斯特丹史基浦機場(陸側)參訪，照片如下圖 2-16 至圖 2-20。



圖 2-16 范德蘭德工業有限公司、皇家史基浦集團及本局團體照



圖 2-17 會議討論



圖 2-18 現地解說(行李處理系統)



圖 2-19 現地解說(高速小車系統)



圖 2-20 現地解說(機械手臂)

113.09.27 慕尼黑機場參訪，照片如下圖 2-21 至圖 2-25。



圖 2-21 慕尼黑機場有限公司(Flughafen Munchen GmbH)及本局團體照



圖 2-22 贈送伴手禮



圖 2-23 現地解說(空調箱節能作為)



圖 2-24 現地解說(空氣簾節能作為)

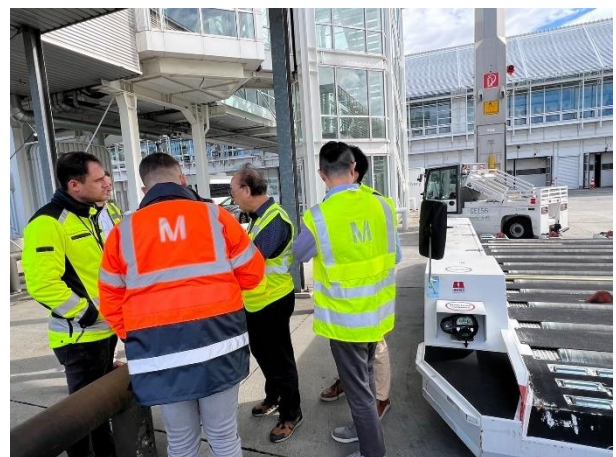


圖 2-25 現地解說(空橋)

參、考察心得彙整

一、Schiphol 機場背景資料

基本資料

1. IATA 代碼：AMS；ICAO 代碼：EHAM。
2. 位置：荷蘭北荷蘭省哈萊默梅爾(Haarlemmermee)。
3. 面積：2,787 公頃。
4. 地理特性：位於海平面以下 3 公尺，全球低海拔機場之一，位址原為哈萊默梅爾湖。
5. 營運單位：皇家史基浦集團(Royal Schiphol Group)。
6. 營運實績：
 - (1) 客運量：2023 年的客運量達到約 5,210 萬人次，雖較 2019 年的峰值有所下降，但在疫情後逐步回升。
 - (2) 貨運量：2024 年上半年，史基浦機場處理了 738,414 噸貨物，比 2023 年同期增長 8.7%。這包括客機腹艙貨物(增長 23%，至 305,593 噸)和專用貨機貨物(穩定在 432,820 噸)，主要增長來自北美(增長 22%)和非洲(增長 26%)。
 - (3) 航班起降次數：截至 2024 年中，機場的客運航班次數較 2023 年增加了 12.5%，但貨運專機航班次數下降了 5.4%，這顯示航空貨運更多依賴腹艙貨運能力的增強。
7. 航站區配置
 - (1) 3 個出發大廳、4 個候機區、7 支指狀式登機廊廳(B、C、D、E、F、G、H/M)
 - (2) 165 座空橋

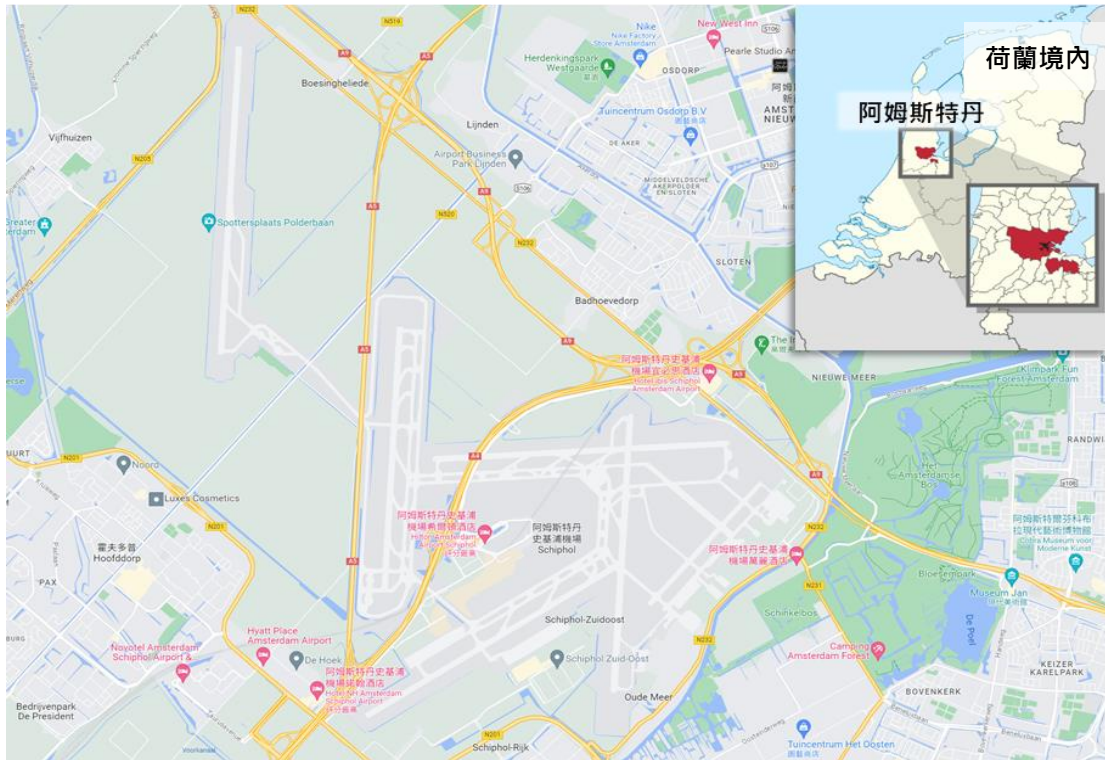


圖 3-1 Schiphol 機場區位圖(資料來源：google map)



圖 3-2 Schiphol 機場空拍圖(資料來源：維基百科)

二、Düsseldorf 機場背景資料

基本資料

1. IATA 代碼：DUS；ICAO 代碼：EDDL
2. 位置：德國北萊茵-威斯伐倫州首府杜塞道夫，距離杜塞道夫市中心約 8 公里。
3. 面積：613 公頃。
4. 地理特性：海拔 44.8 公尺。
5. 營運單位：杜塞道夫機場有限公司(Flughafen Düsseldorf GmbH)。
6. 營運實績：
 - (1) 客運量：2019 年客運量達到約 4794 萬人次，為其歷史高峰，受疫情影響後，2023 年客運量回升至 1910 萬人次，增長 19.07%(相較於 2022 年的 1604 萬人次)。
 - (2) 貨運量：2019 年的貨運量為 37.5 萬噸。2024 年最新的貨運數據尚未更新，整體貨運業務逐漸轉向更高效率的腹艙貨運，但未有明確的量化結果。
 - (3) 航班起降次數：2019 年航班起降次數約 41.7 萬架次，2024 年 10 月單月記錄了 15,172 架次，全年數據尚未公佈，但與疫情後的恢復趨勢一致。
7. 航站區配置
 - (1) 3 個出發大廳、3 支指狀式登機廊廳(A、B、C)
 - (2) 89 座空橋



圖 3-3 Düsseldorf 機場區位圖(資料來源：google map)



圖 3-4 Düsseldorf 機場空拍圖(資料來源：google map)

三、Munich 機場背景資料

基本資料

1. IATA 代碼：MUC；ICAO 代碼：EDDM
2. 位置：德國慕尼黑東北方 28 公里，橫跨 5 個行政區。
3. 面積：1,618 公頃。
4. 地理特性：海拔 448 公尺。
5. 營運單位：慕尼黑機場有限公司 (Flughafen München)。
6. 營運實績：
 - (1) 客運量：2024 年上半年，慕尼黑機場接待了超過 1910 萬名旅客，較 2023 年同期增長 14.8%，全年客運量預計接近甚至可能超越 2019 年疫情前的水準。
 - (2) 貨運量：2024 年上半年，機場處理了約 14.7 萬噸的空運貨物和郵件，比 2023 年同期增長了 11%，已恢復至疫情前貨運量的 90%左右。
 - (3) 航班起降次數：2024 年上半年，共記錄了 156,080 架次航班起降，比 2023 年增長 10.3%。
7. 航站區配置
 - (1) 第一航廈：年容量 2500 萬人次，主要供國內航線和短程國際航線使用。航廈空間內被分為 A、B、C、D、E 等 5 個區域，E 區僅作為到達區使用；A 區和 D 區為申根國航班專用，B 區和 C 區則可用來處理非申根國航班。
 - (2) 第二航廈：年容量 2500 萬人次，主要供國際航線和部分歐洲航線使用，此航廈為基地航空公司-漢莎航空與慕尼黑機場有限公司共同出資興並共同管理，現亦為該公司專用。
 - (3) 慕尼黑機場中心(Munich Airport Center, MAC)：位於二座航廈之間，包含著名的中央廣場，提供購物、服務、辦公、啤酒屋(Beer Garden，特別是為機場自釀啤酒)、交通轉乘等複合機能。



圖 3-5 Munich 機場區位圖(資料來源：google map)

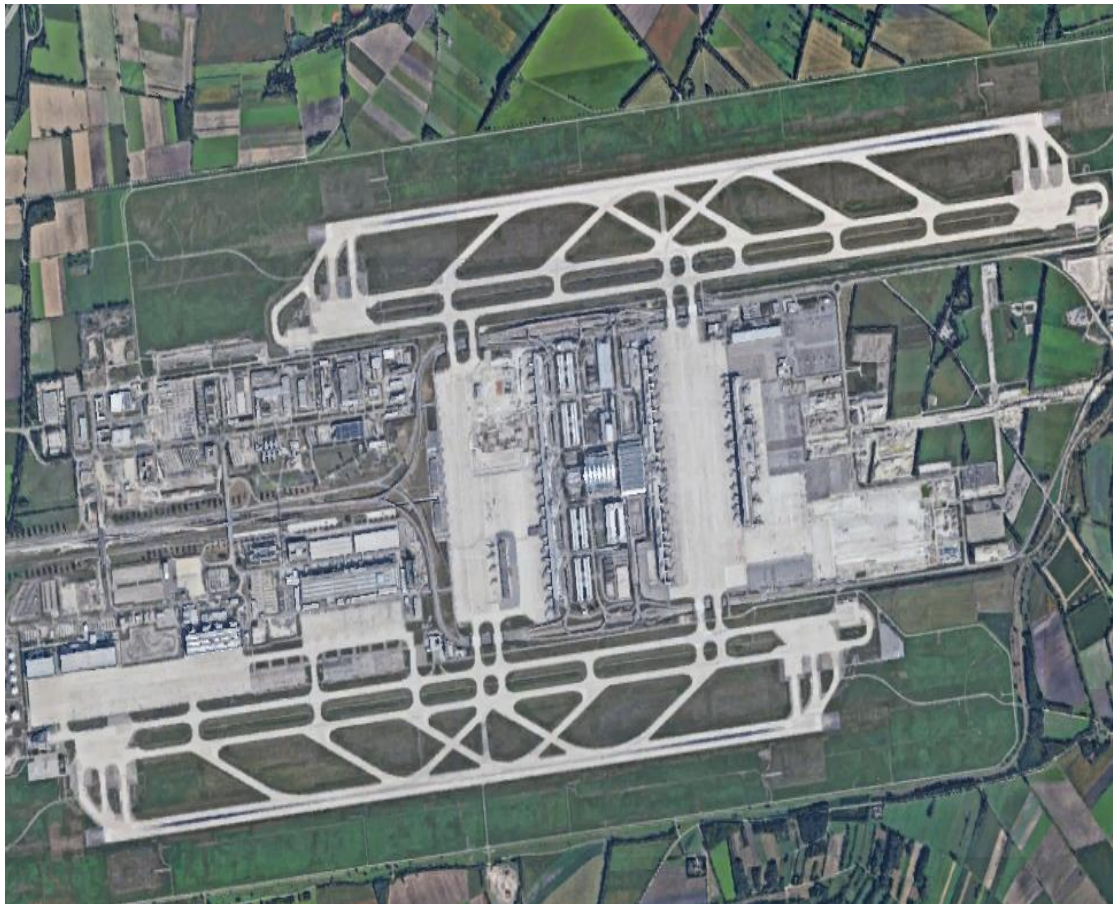


圖 3-6 Munich 機場空拍圖(資料來源：google map)

四、報到及行李託運系統

本次行程主要聚焦於拜訪兩家國際知名的行李處理系統供應商—范德蘭德工業有限公司(Vanderlande Industries)與伯曼集團(Beumer)，這兩家公司不僅是行李處理領域的領導者，也是桃園國際機場 T1、T2 和 T3 的設備供應商，本報告將逐步介紹相關行李處理系統所需資訊。

行李的處理始於報到，這是行李旅程的起點，同時也是確保行李能順利抵達目的地的關鍵環節，在此過程中，旅客抵達機場後，將行李交付給航空公司，行李條隨之被啟用，其相關資訊被錄入航空公司的離站控制系統(DCS)，依照國際航空運輸協會(IATA)制定的數據格式，與其他航空公司的 DCS 或行李處理系統進行數據交換，可全面掌握行李的屬性與處理狀態，為行李追蹤、分揀和配送等服務提供精準且即時的數據支持，接下來的內容將以旅客服務常見模式為起點，深入探討行李處理系統的運作與其對航空服務的貢獻。

(一) 旅客服務模式(優缺點如表 3-1)：

1. 傳統式報到：

由航空公司人員以人工處理方式與旅客一對一進行報到及行李託運。

2. 網路報到：

旅客可先進行線上辦理登機手續，並預購所需的行李服務(如額外託運行李)。抵達機場後，旅客直接完成行李交付後即可進入安檢及登機流程，顯著縮短排隊和等待時間。

3. 完全自助式報到(含現場行李託運)：

該模式讓旅客可以在家或於機場的自助服務機列印行李標籤，並自行貼附於行李上，進一步簡化行李託運過程，減少依賴櫃檯服務。

4. 完全自助式報到(含遠端行李託運)：

此模式結合自助櫃檯報到模式與機場外的行李交付服務，讓旅客能在市中心或交通樞紐等地點完成行李託運，這種自助式的站外辦理提供更多靈活性，方便旅客提早處理行李事宜。

表 3-1 報到方式說明表

報到方式	優缺點	報到及託運
傳統式報到	<p>優點：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 提供個性化服務，適合攜帶大件行李或需要特殊協助的旅客(如老年人)。 2. 可處理複雜問題，如航班更改或行李超重。 3. 考量目前航空公司往自助式報到發展的方向，傳統報到方式可為一種備援。 <p>缺點：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 流程耗時，尤其在高峰期可能需長時間排隊。 2. 與自助報到相比，效率較低。 	一次作業 (人工櫃檯)
網站報到	<p>優點：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 方便快捷，旅客可隨時隨地完成報到。 2. 節省機場排隊時間，適合不需託運行李的旅客。 3. 提供座位選擇及登機證下載，提升旅程便利性。 <p>缺點：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 需具備一定的網路與科技操作能力。 2. 若攜帶託運行李，仍需前往機場託運區或遠端託運辦理，增加流程步驟。 	二次作業 (可於機場內或遠端託運)
完全自助式報到 (含現場行李託運)	<p>優點：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 縮短報到及行李託運的整體流程時間，如一站式模式適合一般現場託運行李旅客、二站式模式適合僅需完成報到或行李託運的旅客。 	一次作業 (一站式模式) 二次作業 (二站式模式)

	<p>2. 減少對人工服務的依賴，增加航空公司排班調度彈性。</p> <p>缺點：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 需旅客熟悉操作流程，對初次使用者不友好。 2. 某些特殊情況(如行李超重)可能需要額外的人工干預。 	
<p>完全自助式報到 (含遠端行李託運)</p>	<p>優點：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 旅客可在機場外完成行李託運，減少機場內的排隊和流程時間，特別適合早班機或繁忙時段。 2. 提供更多站外託運點(如城市中心或交通樞紐)，使旅客能靈活規劃行程。 3. 減輕機場內櫃檯壓力，縮短報到和行李處理的整體時間。 <p>缺點：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 需旅客熟悉自助操作流程，對科技不熟悉的旅客不友好。 2. 航空公司和機場需投入資金設置站外設備和基礎設施。 3. 站外託運可能增加行李遺失或損壞的風險，需要更嚴格的追蹤系統保障。 4. 遠端行李託運點可能僅適用於特定地區，對於偏遠或小型城市的旅客使用受限。 	<p>二次作業 (自助報到櫃檯)</p>

(二) 報到櫃檯：

1. 傳統報到櫃檯：

要求旅客攜帶行李至櫃檯，由地勤人員協助完成秤重和報到程序，此模式的優點包括提供人際互動的機會，讓旅客能直接向地勤人員尋求協助，特別對年長者或需要額外幫助的旅客更為友善，整體而言，傳統模式雖然便於解決特殊問題，且具親和力，但在效率與成本控制上仍需改進，以更好地適應現代航空業的需求，優缺點同表 3-1。

2. 自助行李託運系統服務(Self-bag-drop service，簡稱 SBD)模式，分為一站式或二站式運作模式(如圖 3-7)：

一站式模式：

將報到與自助行李託運流程整合於同一設備，旅客只需使用一台自助機即可完成整個操作，首先進行報到，隨即直接託運行李，實現流程的無縫銜接，這種模式優化了操作效率，減少旅客移動和重複操作的時間，使流程更迅速、更便利，提升了使用體驗。

二站式模式：

則將報到與自助行李託運分設於不同的設備上，旅客需先使用自助報到機(如圖 3-8)完成報到手續，隨後前往專用的自助行李託運設備(如圖 3-9)進行託運，雖然這種模式相較於一站式增加了步驟，需要旅客在完成報到後移動至另一站點，但其設計提供了更大的彈性，適合僅需完成報到或行李託運的旅客使用。

優點：

- (1) 時間效益：自助行李託運大幅縮短了報到和託運的等待時間，使旅客能快速完成流程。
- (2) 自主性提升：旅客可在不需排隊等候的情況下，利用自助設備完成報到和託運，提高了靈活性和操作自由度。
- (3) 空間優化：
 - 一站式，整合報到系統和行李託運系統在同一機台，節省機場空間，提高營運效率。
 - 二站式，增加空間配置彈性，如單一自助報到機數量及設置位置免受行李託運系統限制。

缺點：

- (1) 適應需求：某些旅客可能對自助系統不熟悉，需提供清晰的指導和支援以提升使用體驗。
- (2) 特殊情況限制：對於需要特殊服務(如超重行李、寵物託運等)的旅客，自助系統可能缺乏彈性和人性化處理。



圖 3-7 SBD 設置模式示意圖

(資料來源：中華技術專題報導-國際機場行李輸送系統及先進設備應用探討)



圖 3-8 自助報到(資料來源：Düsseldorf 機場)



圖 3-9 自助行李託運(資料來源：Düsseldorf 機場)

3. 混合型自助行李託運系統(SBD)：

核心優勢在於其模式的靈活性，能夠根據機場的實際需求進行快速切換，從而確保櫃檯始終保持高效運作，例如，當地勤人員充足時，系統可轉為傳統櫃檯模式，提供旅客更個性化和貼心的服務，而在地勤人員輪休或人力不足的情況下，櫃檯則可切換為自助行李託運模式，全棚罩式和簡易式是兩種主要設計。

全棚罩式(如圖 3-10)：

採用全封閉設計，周圍設有完整的棚罩結構，內建先進技術，如 3D 掃描、重量測量與行李尺寸檢測等功能，棚罩設計可有效避免旅客誤操作或外部干擾，並阻止不合規物品進入，系統能自動完成行李的尺寸、重量與形狀檢測，顯著減少人工介入，提升運作效率，憑藉其高效的處理能力，適合高旅客流量場景，有助縮短行李託運時間，增強機場營運效益，然而，由於設備設計較為複雜，安裝和維護成本相對較高，且占地需求較大，不適合空間有限的機場或櫃檯配置。

簡易式(如圖 3-11)：

採用開放式設計，無棚罩結構，主要依靠旅客自助操作，並輔以少量人工協助完成行李檢測與託運，結構簡單，安裝和維護成本低，特別適合空間有限的機場或作為混合式行李託運的試點方案，並能快速部署以應對低流量場景，然而，開放式設計容易受外界干擾或旅客誤操作影響，行李檢測過程可能需要更多人工干預，降低了自助化的便利性。

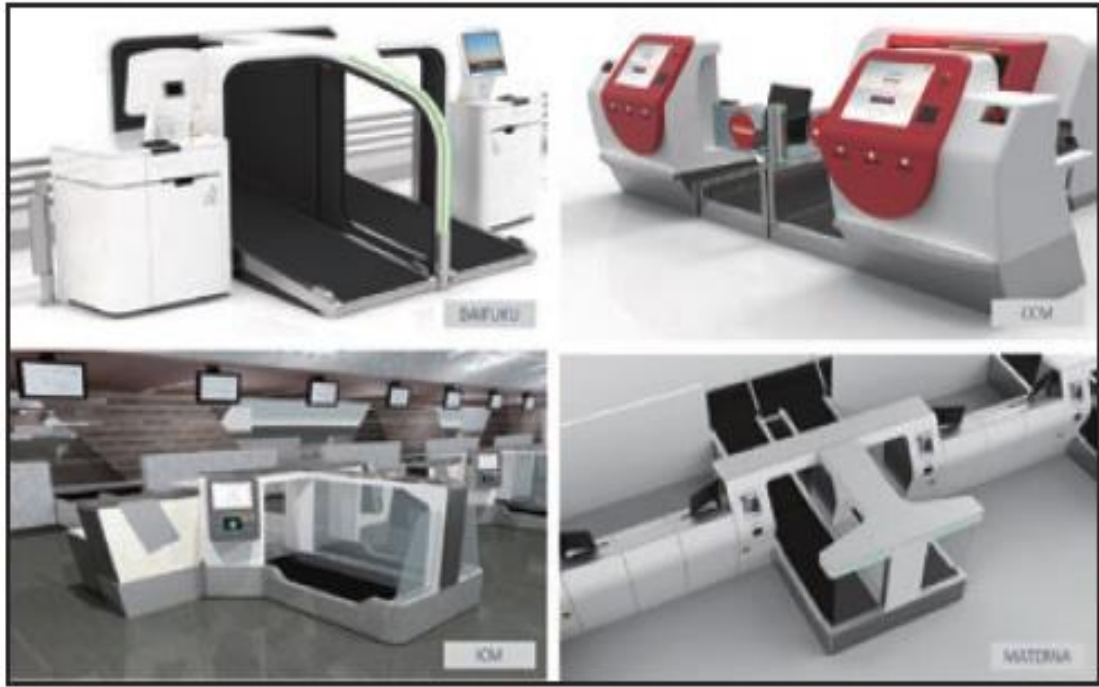


圖 3-10 全棚罩式混合型自助行李託運系統(SBD)(資料來源：中華技術第 130 期
智慧機場—行李處理系統及安檢設備智慧化應用專題報導探討)



圖 3-11 簡易式混合型自助行李託運系統(SBD)(資料來源：中華技術第 130 期智
慧機場—行李處理系統及安檢設備智慧化應用專題報導探討)

優點：

- (1) 靈活性高：系統可以根據需求，在傳統人工服務和自助行李託運之間靈活切換，提升資源利用效率。
- (2) 操作效率：在旅客量大時，自助模式加速處理速度；而對特殊需求旅客提供人工模式時，能保持服務質量。
- (3) 成本優化：減少長期依賴大量地勤人員，降低機場營運成本。
- (4) 旅客體驗：提供旅客更多選擇，既能享受人工服務的親切性，也能利用自助模式的快捷性。

缺點：

- (1) 高初期投入：建置混合型系統需要投入較高的設備及技術開發成本。
- (5) 系統整合挑戰：需要確保傳統與自助系統間的無縫整合，包括軟硬體相容性及數據同步。

(三) 未來報到及行李託運方式

行李管理正朝自助化與智慧化發展，透過技術創新與數位化應用，為航空業帶來高效且科技驅動的未來，未來旅客可在家自行列印行李條，或使用結合電子墨水、RFID、藍牙及 GPS/GSM 技術的永久電子行李條，這不僅加速報到流程，還能透過行動裝置即時掌握行李處理狀態，數位化技術如 RFID 標籤與行李追蹤應用程式，進一步提升行李處理的精準度與效率，即時追蹤系統減少延誤與遺失，自動化分揀與智慧物流技術降低人工干預需求，優化操作效率，這些創新不僅改善旅客體驗，還為航空公司與機場創造效益，航空公司藉此精準追蹤優化營運規劃，機場則透過數據分析提升設施配置與營運效率，然而，數位化推行仍需平衡高額設備升級成本與數據隱私保護的挑戰，建立完善的數據保護機制至關重要，整體而言，行李管理數位化不僅能提升營運效率與旅客服務，還將推動航空業邁向更智慧、更高效的未來。

五、行李處理系統(BHS)

行李處理系統的演進史可概括為從簡單機械到智能化系統的不斷升級，旨在應對航空業日益增長的運輸需求並改善旅客體驗。

(一)行李處理系統演進

1. 初期階段：手動與機械化系統

早期的行李處理系統以機械輸送帶為基礎，主要應用於小型和中型機場，功能相對簡單，於自動化程度較低，行李分揀和處理多依賴人工操作，導致效率受限，隨著技術逐步進步，條碼掃描被引入，為行李識別提供了基礎支持，標誌著初步的技術整合。

優點：

- (1) 建置成本低，適合旅客量較少的機場。
- (2) 操作簡單，維護成本低。

缺點：

處理效率有限，難以應對大流量旅客。

2. 自動化輸送與分揀系統的引入

20 世紀 70 至 80 年代行李處理系統在此階段實現了重要技術革新，從傳統的機械輸送帶到更高效的自動化設備逐步演進，核心進步包括旋轉分揀機和條碼掃描技術的應用，其中伯曼集團(Crisplant 系統)率先引入傾斜托盤分揀機，成為行李分揀技術的標誌性創新，此外，條碼與光學字符識別(OCR)的結合顯著提高了行李識別的準確性，滿足了更高精度的需求，這些技術不僅提升了速度與容量，還使得中型至大型機場的行李處理更加高效和可靠，為自動化時代奠定了基礎。

優點：

- (1) 效率顯著提升，錯誤率降低。
- (2) 支援多目的地行李分流，優化行李輸送。

缺點：

- (1) 初始投資成本較高。
- (2) 空間需求大。

3. 模組化與獨立裝載系統

1990 年代至 2000 年代行李處理系統在此時期迎來技術突破，尤其是在獨立裝載系統和射頻識別(RFID)技術的應用上，獨立裝載系統(如 Vanderlande 的 TUBTRAX 和 Beumer 的 CrisBag)通過對行李進行單獨存放和全程追蹤，提升了處理的精準度和透明度，確保每件行李在運輸中的安全性與可控性，同時，RFID 技術(一般設置於托盤下方)開始被廣泛應用於行李識別，取代傳統的條碼技術，提供更高的識別準確性和遠距離讀取能力，進一步提高行李處理效率和可靠性，這些技術的綜合應用為航空業奠定了數位化與智能化的基礎。

優點：

- (1) 更高的可靠性與處理速度。
- (2) 模組化可降低維護成本，節省維護時間。
- (3) 大幅提升追蹤能力與處理靈活性，適用於高流量機場。

缺點：

- (1) 初始投資成本較高。
- (2) 需結合數位化基礎設施，對系統升級要求較高。

4. 數位化與智能化

自 2010 年以來，現代行李處理系統透過多項創新技術的整合，實現了效率和精準度的全面提升，人工智慧(AI)和機器學習(ML)被廣泛應用於分析營運數據，優化處理流程並支持預測性維護，例如伯曼集團的 BAGFLOW 和范德蘭德的 VIBES 軟件提供實時數據驅動的決策支持，顯著提高營運效能，自動化倉儲系統(如伯曼的 CrisStore 和范德蘭德的 ADAPTO BAGSTORE)能靈活管理行李的暫存與分流，並結合機器人裝載技術，有效減少人工干預。

優點：

- (1) 提升旅客體驗，減少行李延誤或遺失。
- (2) 降低人工干預需求，節省人力成本，支持機場更高效營運。
- (3) 即時追蹤與預測性維護提升營運效率。

缺點：

- (1) 初始投資成本較高。
- (2) 複雜度增加，需專業操作與維護團隊。

5. 未來方向：全面智慧與綠色永續系統

行李處理系統未來的發展方向將聚焦於智慧化與永續性，整合多項先進技術以實現全面升級：

(1) 技術趨勢：

深度結合人工智慧(AI)、物聯網(IoT)和邊緣計算，實現數據即時處理與智能化決策，進一步提升行李處理效率與可靠性。

(2) 綠色設計：

系統優化能源使用，採用高效能設備與減碳技術，減少營運過程中的碳足跡，支持機場的永續發展目標。

(3) 遠端與靈活服務：

支持遠端行李託運與再分流服務，讓旅客在家中完成行李標籤打印或選擇指定地點託運，簡化流程並提高便利性。

(4) 整體目標：

行李處理系統的未來發展目標是建立完全無縫化的流程，實現從託運到提取的全程自動化與智能化，此模式不僅提升機場營運效率，還顯著改善旅客的整體體驗，此外，根據現場人員表示國際航空運輸協會(IATA)的未來規劃，行李處理系統將邁向更加人性化與便利化的方向，未來可能實現入境旅客不再需要前往行李轉盤領取行李，而是由自動行李小拖車將行李送至旅客身邊，並在旅客離開機場過程中智能跟隨，這種創新方式將徹底改變行李管理模式，為旅客提供極致的便捷與高效體驗。

(二)行李處理系統組成元件

行李處理通常涉及以下幾個主要步驟(如圖 3-12)，並且隨著技術進步，越來越多的自動化和數位化元素被加入其中：

1. 自助報到與行李標籤生成：

旅客抵達機場後，首先使用自助報到機進行登機手續，或透過手機應用程式完成報到，系統會生成行李標籤，並將其打印出來，或以電子行李條形式提供給旅客，這些標籤通常包含條碼或 RFID 技術，用於後續的行李追蹤。

2. 行李託運：

旅客將行李送至自助行李託運機，該機會自動讀取行李標籤，並將行李輸送至行李處理系統，如果是人工辦理，則會有工作人員協助確認行李標籤並進行處理，自動化系統會根據目的地自動分揀行李，並將其送往合適的處理路徑。

3. 行李檢查與掃描：

所有託運的行李會經過安檢機器，如 X 光掃描儀，用於檢查行李中是否含有違禁物品，在此階段，行李還可能進行重量測量和尺寸檢查，以確保其符合航空公司的規範。

4. 行李分揀與運輸：

經過安檢的行李會被送入自動化分揀系統，像是旋轉托盤分揀機或獨立裝載系統，根據目的地進行分類，然後通過高速輸送系統運送至相應的登機門或貨艙。

5. 機艙配載：

當行李到達登機門附近的行李加載區域時，會由工作人員或自動化設備(如機器人)將行李放入飛機的貨艙，這一過程通常需要根據飛機型號、飛行目的地以及行李量來進行最佳化配置。

6. 行李追蹤與監控：

在整個過程中，行李會被持續追蹤，確保行李不會丟失，現代系統結合 RFID、條碼掃描和 GPS 技術，讓航空公司和機場能夠隨時了解行李的具體位置，並確保其順利進入飛機的貨艙。



圖 3-12 行李處理系統整體架構(資料來源：范德蘭德簡報)

行李處理系統係由多種元件組合而成，可依使用者需求進行調整選配，以下將各自細部元件說明其用途：

1. 自動編碼讀取器(Auto Tag Reader, ATR)

自動編碼讀取器 ATR(如圖 3-13)的主要用途是快速且準確地讀取行李標籤上的條碼(Schiphol 機場可 360 度掃描)或 RFID 資訊，並將這些資訊傳送至機場行李處理系統，以確保行李能被正確地分流並送往目的地，以下詳細用途說明：

(1) 行李標籤資訊讀取

當乘客在自助報到櫃台或人工櫃台完成行李託運後，行李會通過皮帶式輸送帶運送至自動編碼讀取器，該設備利用光學條碼掃描技術或 RFID 技術，自動讀取行李標籤上的航班資訊、目的地、乘客姓名及其他相關數據。

(2) 提升效率與準確性

自動編碼讀取器的應用大幅減少了人為操作錯誤，提高了行李處理速度，降低了行李延誤及遺失的可能性，為旅客提供更流暢的旅行體驗。



圖 3-13 自動編碼讀取器 ATR (資料來源：Schiphol 機場)

2. 托盤(Tray)

行李處理系統中的托盤(Tray)是一種專門設計的輔助設備，主要用於提升行李運輸的效率、安全性和準確性，以下是托盤在行李處理系統中的用途說明：

(1) 固定與保護行李

托盤為各種形狀和尺寸的行李提供穩定的運輸基礎，行李被放置在托盤內，避免在輸送過程中因移動、碰撞或滾動而受損，特別是對於不規則形狀或易碎的行李尤為重要。

(2) 標準化運輸流程

托盤使行李具有統一的輸送形態，便於系統中的傳送帶、分流設備、自動讀取設備(如自動編碼讀取器 ATR)以及其他處理設備進行操作，減少因行李形狀多樣而可能引起的問題。

(3) 精準分流

托盤通常配有唯一的標識碼(伯曼集團及范德蘭德均於托盤下方設置 RFID 標籤，如圖 3-14)，這些標識與行李標籤資訊關聯，幫助系統準確地追蹤每件行李的位置，並確保行李被正確分流至目標航班或目的地。

(4) 輔助行李安檢

在行李進行 X 光掃描或其他檢測時，托盤能保持行李的穩定位置，確保掃描過程準確無誤，特別是對於小件行李或特殊形狀的物品。

(5) 減少系統故障

直接處理行李可能會因行李帶輪子、帶把手或大小不一而導致卡頓或偏移。托盤消除了這些干擾因素，確保整個行李處理系統的運作流暢。

(6) 提升處理速度

托盤與行李處理系統的自動化技術結合，使行李能以更高的速度在傳送帶上移動，同時減少因行李直接接觸傳送帶而產生的摩擦損耗。



圖 3-14 托盤 (資料來源：Schiphol 機場及 Düsseldorf 機場)

3. 獨立裝載系統(Individual Carrier System, ICS)

一種高效的行李處理技術，主要應用於機場的行李輸送系統中，透過個別運輸載具來確保每件行李獨立運輸並精準追蹤，以下說明其演進及用途：

ICS 的演進歷程：

(1) 傳統行李輸送系統

- A. 傳統系統使用皮帶式輸送帶，行李直接放在皮帶上運輸。
- B. 缺點：行李容易偏移、碰撞，且難以精準追蹤單件行李。

(2) 半自動化系統

- A. 引入條碼掃描技術，提升追蹤能力，但仍依賴皮帶輸送。
- B. 缺點：行李間存在物理接觸，可能導致損壞或系統卡頓。

(3) ICS 的引入與發展

- A. 1990 年代：第一代 ICS 開始應用，透過獨立的載具(如托盤或小車)，確保每件行李單獨運輸。
- B. 2000 年代：技術進一步升級，載具內嵌 RFID 技術，與自動化分流系統結合，提升運行效率和準確性。
- C. 現代系統：現代 ICS 系統集成了人工智慧(AI)、物聯網(IoT)及大數據分析，能實現行李全程追蹤與動態調度。

為了有進一步具體概念，以下將伯曼集團獨立裝載系統演進為例：

(1) 第一代(如圖 3-15、3-16)：

A. 動力來源：

動力由托盤裝載車上的馬達驅動，使其前進。

B. 優點：

(A) 結構設計簡單，維修方便。

(B) 建置成本相對較低，經濟實惠。

(C) 當托盤裝載車發生故障時，可直接替換。

C. 缺點：

(A) 重量與體積較大，維護作業不便。

(B) 馬達設置於車體內，可能導致額外能量的損耗。

(C) 車輪與軌道磨損速度較快，需頻繁維修或更換。

(D) 煞車性能不足，導致操作時產生額外的能量損耗。



圖 3-15 第一代獨立裝載系統 (資料來源：Schiphol 機場)

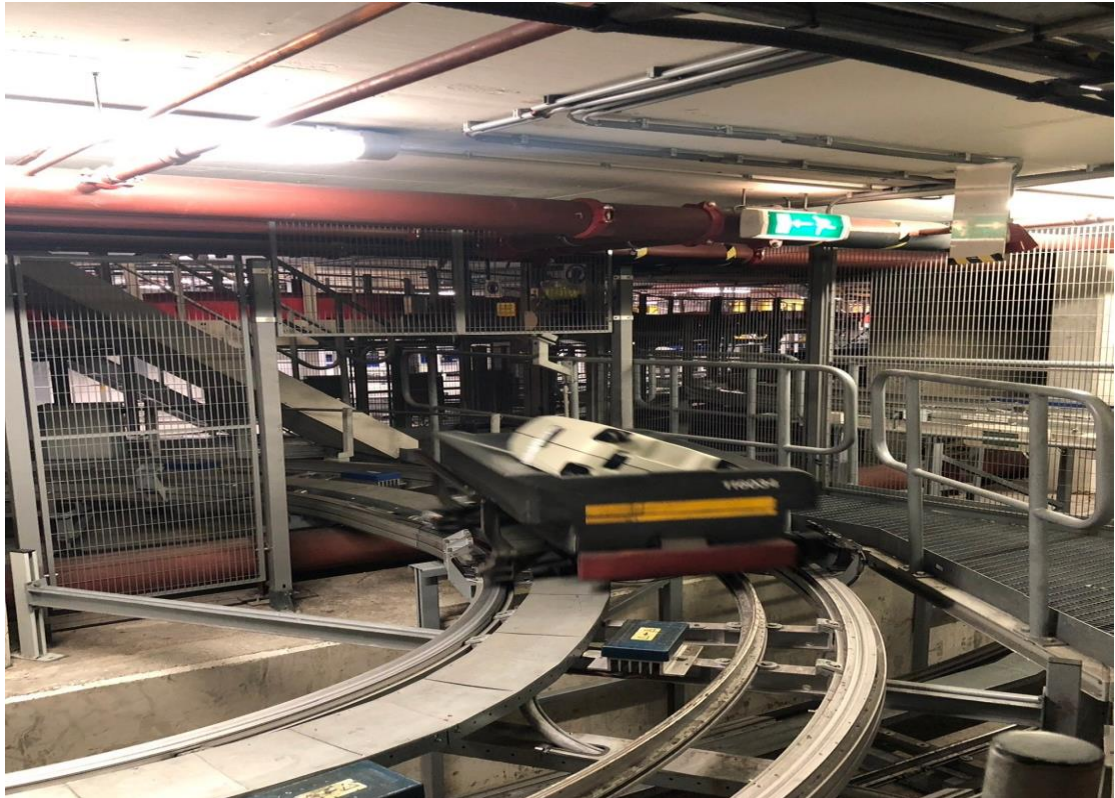


圖 3-16 第一代獨立裝載系統 (資料來源：Schiphol 機場)

(2) 第二代(如圖 3-17)：

A. 動力來源：

動力由軌道全寬度皮帶驅動，推動系統前進。

B. 優點：

- (A) 結構簡單，維修便利性較高。
- (B) 馬達安裝於軌道，用以驅動皮帶，降低能量損耗。
- (C) 操作控制方式簡單直觀，易於管理。
- (D) 建置成本相對較低，具經濟效益。

C. 缺點：

- (A) 維修需對整段皮帶進行處理，增加維護時間與工作量。
- (B) 全寬度皮帶摩擦力較大，導致能耗增加。
- (C) 控制靈活性較低，系統調整受限。

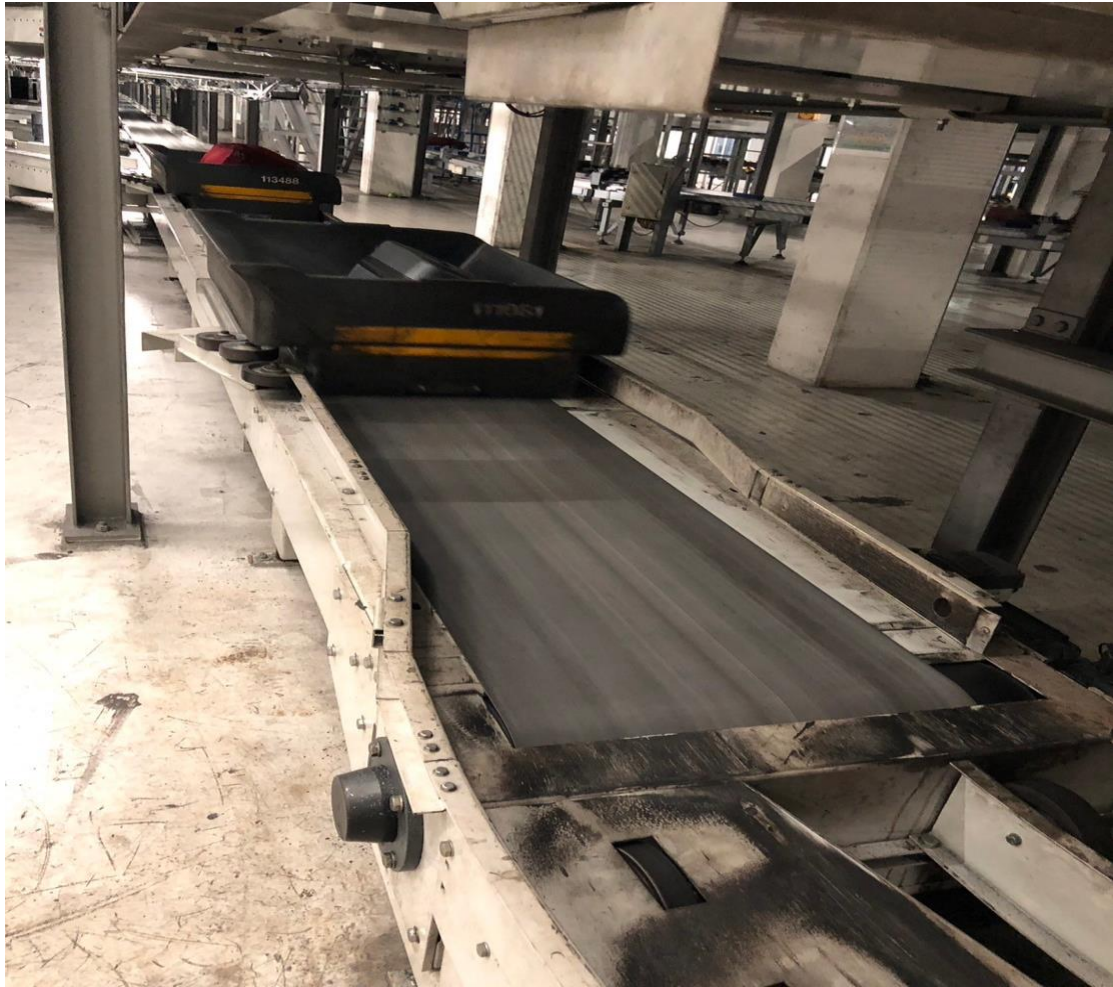


圖 3-17 第二代獨立裝載系統 (資料來源：Schiphol 機場)

(3) 第三代(如圖 3-18)：

A. 動力來源：

系統由軌道邊緣的雙皮帶提供動力，驅動行李或托盤前進。

B. 優點：

(A) 模組化設計

- a. 採用模組化結構，搭配皮帶模組，當模組出現故障時，只需維修或更換該段模組即可，操作簡便且耗時極短。
- b. 輕質堅固的模組部件設計，使單人即可完成更換，降低人力需求，並且維修可從單側完成，提升操作效率。

(B) 節能特性

- a. 各段皮帶模組在閒置時處於靜止狀態，僅在行李進入該段時啟動，行李離開後自動停止，有效降低不必要的電力損耗，達到節能減碳效果。
- b. 配備變頻馬達控制，提高能源使用效率。
- c. 由全寬度皮帶改為雙邊皮帶設計，減少皮帶與托盤的接觸面積，降低靜摩擦力和能量消耗。
- d. 無齒輪箱設計，避免潤滑油洩漏問題，減少環境污染風險。
- e. 制動能量可回收並反饋至系統，進一步提升能效。

(C) 智能傾斜機制

透過監控上下游行李流量，靈活選擇傾斜模式：

- a. 在高峰時採用動態傾斜，提升運輸效率。
- b. 在非高峰時採用靜態傾斜，減少對系統元件的負荷，延長使用壽命。

(D) T 字型運送

行李傳送過程中，可由軌道支線直接匯入幹線傳送皮帶，無須受限轉彎半徑或垂直空間，減少軌道所占空間。

(E) 綜合效益

這些設計不僅可降低系統總能耗高達 60%，還能有效減少維護成本。

C. 缺點：

- (A) 系統建置成本較高，初期投資需求大。
- (B) 需結合數位化基礎設施，對系統升級與維護的技術要求較高。



圖 3-18 第三代獨立裝載系統 (資料來源：Düsseldorf 機場)

4. 早到行李儲存區 (Early Baggage Storage, EBS)

早到行李儲存區 EBS(如圖 3-19)為現代機場行李處理系統中的關鍵模組，專為解決行李提早到達登機時間或需要臨時存放的問題設計，它能靈活應對多航班、中轉旅客的行李處理需求，提升機場營運效率和旅客體驗，以下是早到行李儲存區 EBS 的用途說明：

(1) 存放早到行李

當旅客提早到達機場或中轉時間較長時，託運行李可能比預定航班登機時間早到數小時，EBS 能將行李暫時存放，避免其進入行李輸送系統過早占用資源。

(2) 優化行李處理流程

EBS 能根據航班時間表和行李需求，將行李有序輸送至適當的處理環節，減少系統負載和瓶頸。

(3) 支持行李分流

對於中轉行李，EBS 可用於暫存，並根據中轉航班時間自動調度行李，確保準時送至下一段航班的輸送帶。

(4) 應對航班變更

若航班延誤、取消或更改起飛時間，EBS 能將行李存放並重新分配處理順序，降低因行李堆積引發的混亂。

(5) 提升旅客體驗

在行李運輸過程中提供更靈活的處理方案(如遠端行李託運)，縮短行李等待時間，減少遺失或錯誤分流的風險。

早到行李儲存區的設計與運作，確實源自物流業倉儲包裹自動化系統的技術與理念，兩者在核心技術和操作流程上高度相似，然而，它們的功能重點有所不同：

(1) 物流倉儲系統：主要目的是提升效率，縮短包裹的存儲與配送時間，以應對大規模的物流需求。

(2) 早到行李儲存區：則更加注重安全性、準確性，以及與航班時間的精確匹配，確保行李在合適的時間被送上正確的航班。

例如，范德蘭德工業有限公司(Vanderlande Industries)研發的系統，展示了未來技術的可能性，其總部展示的設備中，無人自動堆高機(如圖 3-20)結合了高精度的偵測器與定位系統，能夠自動從貨車卸載貨物並將其存放至指定位置，希望技術能應用到機場，未來早到行李儲存及行李裝卸貨的處理效率與智能化程度必將再上一層樓。



圖 3-19 早到行李儲存區 EBS (資料來源：Schiphol 機場)

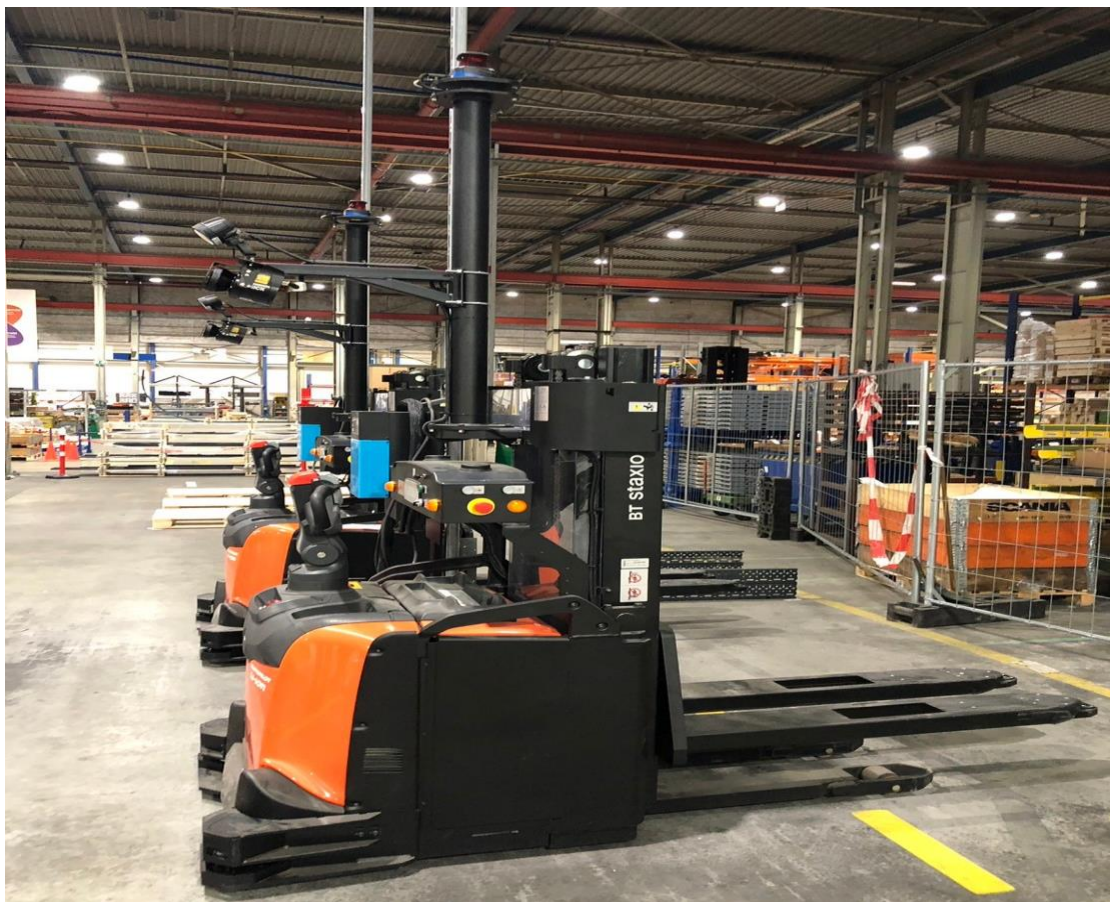


圖 3-20 無人自動堆高機 (資料來源：范德蘭德工業有限公司總部研發中心)

5. 分揀及組裝

行李分檢系統根據行李的航班資訊等，將行李精準地運送至對應的組裝轉盤區域(如圖 3-21)，這些轉盤採用傾斜式設計，能在有限的空間內提供更大的行李容量，有效提升處理效率，然而，在將行李搬運至盤櫃並完成裝箱的過程中，地勤人員常面臨較大的身體負擔，為了減輕工作壓力並提高工作效率，引入省力化或自動化設備將是一個值得推動的方向，以下是分揀及組裝各別主要流程說明：

(1) 分揀主要流程

- A. 行李掃描：行李在傳送帶上通過掃描儀(條碼或 RFID 標籤)進行自動識別，記錄航班號、目的地等資訊。
- B. 系統分析：行李處理系統根據掃描結果，將行李分配到相應的分揀路徑。
- C. 傳輸與分配：自動化輸送帶將行李輸送至不同的分揀區域。這些區域對應特定航班或目的地。
- D. 例外處理：若行李資訊不全或錯誤，則送往人工處理區，人工進行補充確認。

(2) 組裝主要流程

- A. 集中行李：經分揀的行李被傳送至指定的航班組裝區。
- B. 排列與核對：行李按照裝載計畫進行排列，並再次核對與航班資訊是否匹配。
- C. 裝載準備：行李被裝入航空貨運盤櫃或直接放置於行李車上，準備運至飛機。



圖 3-21 組裝轉盤區域(資料來源：Schiphol 機場)

6. 行李處理監控室(如圖 3-22)

行李處理監控室是機場營運的重要設施，負責全程監控和管理行李從辦理登機手續到提取的每一個環節，確保流程順暢無誤，監控室通常配備先進的監控設備和自動化系統，以即時追蹤行李動態並快速解決異常情況，此外，該設施需要專業人員操作，他們熟悉機場運作並具備問題解決能力，同時與航站樓相關部門緊密協作，確保行李處理系統的高效運行。

此類監控室常見於年客運量達 2500 萬人次以上的大型國際機場，尤其是在行李量繁重且航班密集的環境下，顯得尤為重要，例如，我國桃園國際機場就設有行李處理監控室，有效支持其龐大的行李處理需求，隨著航空運輸需求的增長，這樣的設施不僅有助於提升旅客服務品質，還可降低行李處理過程中的錯誤率，為機場整體營運提供穩定保障。

(1) 主要功能

A. 行李追蹤

使用條碼掃描器或 RFID 技術，實時監控行李的每個移動環節，確保行李按時送達正確目的地。

B. 分揀流程監控

透過攝影機和自動分揀系統的數據，實時檢查行李的分類及輸送，避免錯誤。

C. 異常處理

快速識別丟失、延誤或誤送的行李，並聯絡地勤或航站人員進行補救。

D. 與安檢部門協作

與安檢系統聯動，檢測並標記可疑行李，確保航空安全。

E. 統計與分析

收集行李處理數據，分析營運效率，為流程優化和資源分配提供決策依據。

(2) 設備與技術

A. 監控設備

(A) 閉路電視系統(CCTV)：監控行李輸送系統的每個環節，提供全程可視化。

(B) 傳感器與讀取器：如 RFID 感應器和條碼掃描器，用於行李定位與身份識別。

B. 行李處理系統(BHS)

配備自動分揀與輸送技術，實現快速且高效的行李分類與分配。

C. 警報系統

當行李處理過程中出現異常(如分揀錯誤或系統故障)，會發出警報以提醒操作人員。

D. 通信與數據管理

與航班調度、地勤和航空公司系統對接，實現資訊共享。

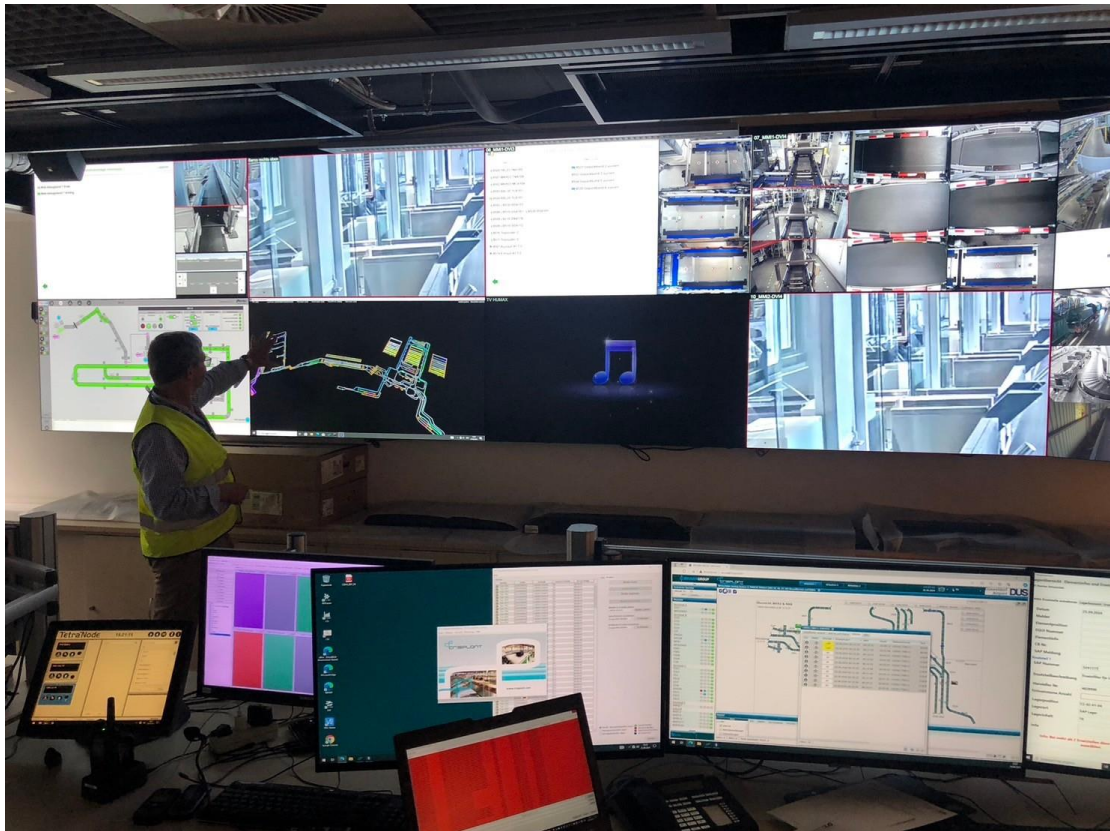


圖 3-22 行李處理監控室(資料來源：Düsseldorf 機場)

六、省力裝置或自動化機器(手臂/人)

這類設備旨在協助地勤人員高效完成行李搬運與裝卸工作，減輕勞動強度，並有效降低因長期重複性操作而引發的職業傷害風險，省力裝置與自動化機器(手臂/人)的引入，不僅能提升機場的營運效率，還能顯著改善地勤人員的工作環境，然而，阿姆斯特丹機場的相關人員指出，目前這些設備的作業效率尚未全面超越人工處理的速度，隨著技術的不斷進步，未來這些設備有望變得更加智能化、成本更為經濟，並在全球機場得到廣泛應用，助力實現全流程的自動化行李處理系統。

(一)省力裝置常見方式

1. 電動升降平台

- (1) 用於行李從傳輸帶到航空貨運盤櫃或行李車的搬運。
- (2) 具備可調高度的特性，減少彎腰或高舉操作。

2. 滾筒傳輸機

在裝載或卸載過程中，利用滾筒輕鬆移動行李，避免地勤人員手動推拉。

3. 助力機械臂(如圖 3-23)

助力機械臂配備感應式抓取裝置，能協助提取或放置重型行李，大幅減輕地勤人員的勞動負擔，有效降低因長期重複操作引發的職業傷害風險，特別適合密集操作的場景，然而，機場人員指出，該設備的作業效率目前尚未優於人工操作，因此實際使用率相對較低。

(二)自動化機器(手臂/人)常見方式

1. 卸貨機器人(如圖 3-24)

透過傾斜航空貨運盤櫃並輕微搖晃的方式將行李倒出，確保大部分行李順利滑落至傳送帶，若仍有部分行李因卡住無法移動，則由人工協助將其勾出，完成卸貨作業。



圖 3-23 助力機械臂(資料來源：Schiphol 機場)



圖 3-24 卸貨機器人(資料來源：Schiphol 機場)

2. 裝貨機器人(如圖 3-25)

配備自動導航和抓取功能，可將行李從傳輸帶直接運送至指定航空貨運盤櫃，錯放機率低，惟行李易碰撞，損壞風險高，無法充分利用航空貨運盤櫃內部空間。

3. 裝貨機器手臂(如圖 3-26)

結合機械臂、感測技術與人工智慧(AI)，具備多功能接近全自動操作能力，然而，機場人員表示，目前該技術僅適用於上方開口的航空貨運盤櫃，且在實際使用中難以充分利用航空貨運盤櫃內部空間，此外，當行李發生掉落時，仍需人工進行修正，其核心特點包括：

(1) 高精度操作

機器手臂配備多自由度關節，可實現精確的行李抓取、搬運和放置，適應不同重量與尺寸的行李。

(2) 智能感應與調節

配備視覺感測器或激光掃描儀，用於辨識行李標籤、定位物品位置並調整抓取力度，避免損壞行李。

(3) 自動協作能力

配合其他自動化設備(如輸送帶或分揀機)，構建高效無縫的工作流程。

(三) 未來發展方向

1. 人工智慧與機器學習

利用數據分析優化機器手臂的工作路徑與效率，行李重量均勻分佈於航空貨運盤櫃並提高空間利用率。

2. 無線控制與遠程監控

透過物聯網技術進行無線控制，提升作業的靈活性與即時性。

3. 輕量化與模組化設計

未來的機器手臂將更輕便，便於在狹窄空間部署，並可根據需求進行快速組裝與拆卸。



圖 3-25 裝貨機器人(資料來源：Schiphol 機場)

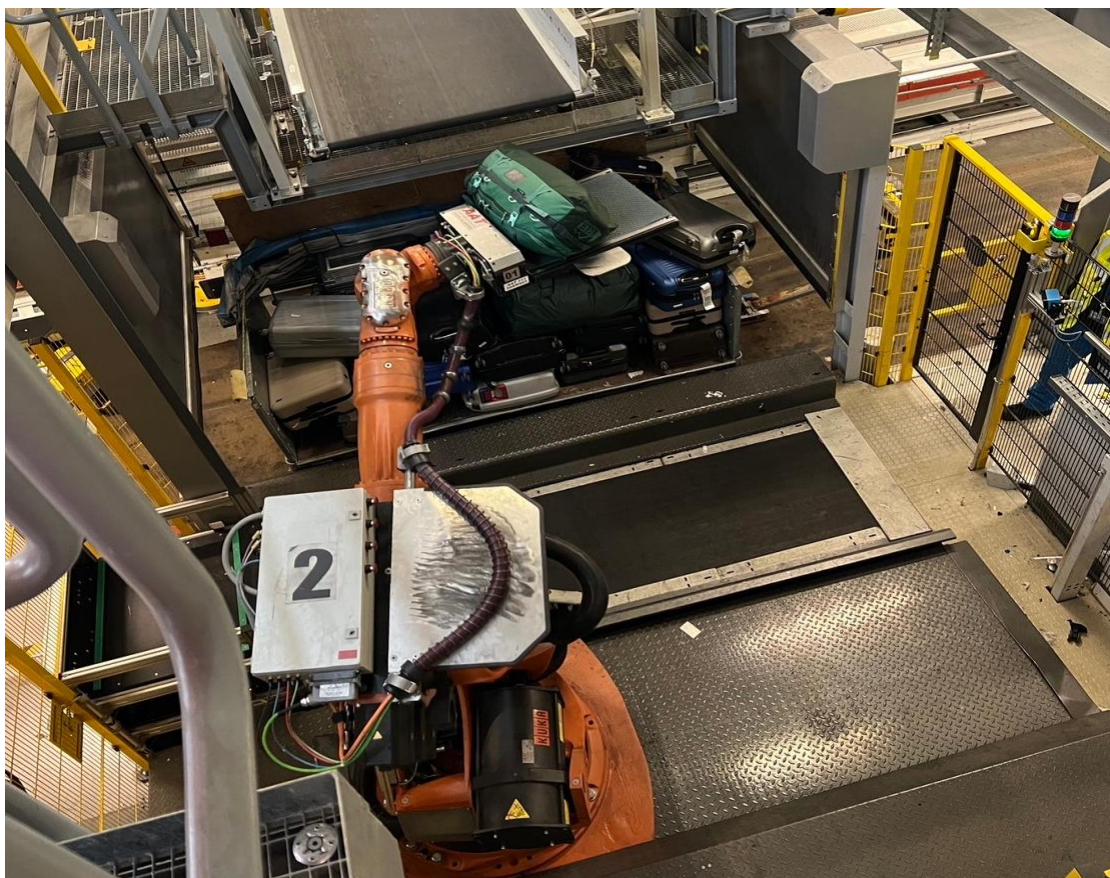


圖 3-26 裝貨機器手臂(資料來源：Schiphol 機場)

七、空橋系統

空橋又稱登機橋(如圖 3-27)，是由傳統登機梯演進而來的一種移動通道，旨在提升乘客上下飛機的便利性，相較於傳統登機梯，空橋能更快速地連接航站樓與飛機，減少乘客步行或依賴巴士接駁的需求，大幅提升地面操作效率，特別適用於大型國際機場和高流量的短程航班，其主要用途及演進包括：

(一)主用用途

1. 乘客登機和下機

空橋為旅客提供一條連接航廈和飛機之間的封閉通道，避免旅客暴露在室外環境中。

2. 提高乘客舒適性與安全性

空橋保護旅客免受天氣影響(如雨、雪、風)及地面運輸區域的噪音和危險，提升了安全性和便利性。

3. 提升機場營運效率

空橋能縮短乘客的上下機時間，加快飛機周轉，提高機場營運效率。

4. 便捷的無障礙設施

為行動不便的乘客(如輪椅使用者)提供友好的登機通道，避免傳統登機梯的障礙。

5. 特殊用途

空橋可用於運輸飛機內的餐飲、清潔設備和少量貨物，減少地面人員的工作量。

(二)演進

1. 早期階段(1950-1960 年代)

- (1) 設計簡單：最早的空橋主要用於連接航廈和固定登機區，結構多為單一長直橋，缺乏靈活性。
- (2) 首創應用：1959 年在美國舊金山國際機場首次安裝，解決了傳統地面登機階梯的局限。

2. 中期發展(1970-1990 年代)

- (1) 可伸縮設計：加入了伸縮功能，可以根據不同型號的飛機調整空橋長度，適應多種機型。
- (2) 多節結構：出現雙節或多節空橋，能覆蓋更廣的停機位範圍，並允許同時為頭等艙和經濟艙提供服務。
- (3) 動力升降：空橋的高度可自動調節，以適應不同飛機的登機門高度。



圖 3-27 空橋(資料來源：Munich 機場)

3. 現代階段(2000 年代至今)

- (1) 雙層空橋：隨著 A380 等雙層飛機的使用，雙層空橋被廣泛應用，使兩層乘客可同時登機或下機。
- (2) 玻璃設計：空橋使用透明玻璃材質，提升乘客的視覺體驗，並增加安全性和美觀。
- (3) 自動化與智能化：現代空橋配備自動對接技術，能精確定位並自動連接飛機，提高效率。

A. 全自動靠橋系統

當航機停靠至飛機停止線，經由即時監控系統確認空橋狀態正常後，可遠端啟動自動靠橋系統，這套系統配備空橋前端感測器視覺系統，使用攝影機將影像傳輸至電腦，電腦中的演算法能夠偵測飛機相對於登機室的位置，並根據機種調整空橋活動端擺幅角度和支撐架高度，該程式經過多次模擬和演練，可實現全自動、精準對位靠橋，以減少人員操作失誤率和人力成本，同時提高旅客登機效率。

B. 半自動靠橋系統

半自動靠橋系統的操作方式與全自動靠橋系統相似，主要區別在於需要現場人員設定機種並按下執行按鈕，這種設計考慮到現場可能發生的突發狀況，使得操作人員能夠現場即時處理，進而減少故障排除的時間，目前國際上，大多數機場仍然使用半自動靠橋系統，未來隨著全自動靠橋系統運行時間的增加和可靠度的提升，或許類似車輛自動駕駛的概念，會逐步見到機場靠橋系統的全面轉型。

4. 未來趨勢

- (1) 無人駕駛與 AI 技術：結合人工智慧和自動駕駛技術，使空橋的定位、對接和操作更加智能化。
- (2) 適應新能源飛機：為電動或混合動力飛機提供特化的登機通道，甚至集成充電功能。

(三) 局限性與補充

1. 局限性

- (1) 成本高：空橋建設與維護費用昂貴，通常只用於大型機場。
- (2) 受停機位限制：一些小型或遠端停機位無法配備空橋。

2. 補充設施

- (1) 傳統登機梯：在小型機場或遠程停機位，傳統登機梯仍然是一種經濟且靈活的選擇。例如，阿姆斯特丹機場將傳統登機梯結合太陽能動力裝置(如圖 3-28)，不僅提升了操作便利性，還實現了節能效果。
- (2) 接駁車：用於遠端停機位，將乘客從航廈送至飛機。
- (3) 行駛輪(水平)驅動裝置(如圖 3-29)：在該裝置周圍設置同步移動防護欄杆，可以在運行過程中有效防止異物捲入，避免意外發生，同時，這樣的措施能提高空橋下方工作人員的安全性，進一步降低地面操作的安全風險。



圖 3-28 傳統登機梯附太陽能動力裝置(資料來源：Schiphol 機場)



圖 3-29 行駛輪(水平)驅動裝置同步移動防護欄杆
(資料來源：右圖 Schiphol 機場、左圖 Munich 機場)

八、智慧燈控系統

智慧燈控系統是一套基於物聯網(IoT)和智能技術的照明管理解決方案，專為優化機場內外部照明控制而設計，透過感應、自動化和遠程管理，該系統能根據實時環境條件，自動調整燈光的亮度、色溫及運行時間，從而實現節能、高效且舒適的照明環境。

阿姆斯特丹機場的管理人員表示，該機場高度重視智慧燈控系統的安全性，除了涉及跑道燈光等助導航設施及機坪照明等對航空飛行安全至關重要的部分，航站樓內的燈光也是旅客最直觀的體驗之一，為此，機場針對不同區域設置了獨立的燈控機房，甚至在最偏遠的跑道區域也單獨配置智慧燈控機房(如圖：3-30)，並於機房內配備 231/400V 專用 715kVA 發電機(如圖：3-31)以確保穩定供電，全面保障燈控系統的安全與可靠性。

(一)功能與特點

1. 自動感應與調節

- (1) 環境感應：根據自然光亮度、自動調節室內和室外燈光強度，確保適宜的照明水平。
- (2) 人流偵測：利用紅外線或超聲波感應器，探測人流活動，在無人區域降低燈光亮度或關閉燈光。

2. 分區照明控制

- (1) 航站樓內：不同區域(如候機區、安檢區、登機口等)設置個性化照明模式，提升乘客體驗。
- (2) 外部設施：如跑道燈光、停車場及接駁區，實現分時段智能控制。

3. 遠程管理與即時監控

(1) 中央控制平台可實時監控機場燈具運行狀態，遠程調整燈光參數或啟動緊急模式。

(2) 手機或平板應用程式支持操作員在任何地方對照明系統進行管理。

4. 節能分析與報告

(1) 監測燈具耗能數據，生成節能報告，協助優化能源使用策略。

(2) 預測燈具壽命，及時規劃維護工作。

5. 場景模式設定

(1) 根據不同時段與情境(如夜間航班、高峰時段或低流量時段)自動調整燈光設置。

(2) 在特殊情況(如惡劣天氣或緊急疏散)啟動專用照明模式。

6. 綜合聯動

與其他機場系統(如空調、安防、跑道引導燈等)整合，實現智能化聯動。

(二)優點：

1. 降低能源消耗：根據實時環境調整燈光的亮度和色溫，並可自動開關燈，並根據使用需求調整運行時間，減少人工干預。
2. 延長設備壽命：透過智能調控，燈具使用壽命延長，減少更換頻率和維護成本。

(三)缺點：

1. 技術適應性：新舊系統兼容性問題，需對原系統進行改造。
2. 數據安全風險：與物聯網技術結合，可能遭遇駭客攻擊或資訊洩露。



圖 3-30 智慧燈控機房(資料來源：Schiphol 機場)

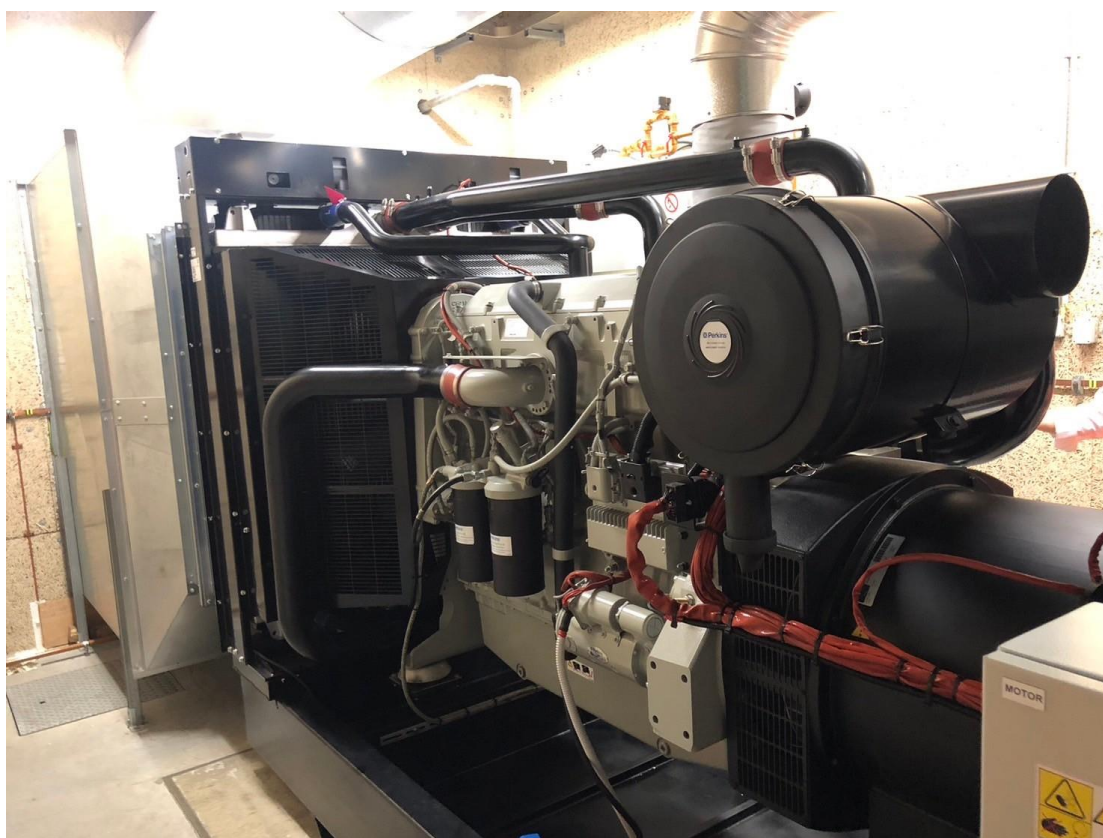


圖 3-31 智慧燈控機房內發電機(資料來源：Schiphol 機場)

九、節能設備改進作為(LED 及空氣簾)

LED 燈具與空氣簾是現代建築與公共設施中常見的節能設備，分別針對照明與空調系統進行優化，LED 燈具以高效、耐用及環保的特點廣受青睞，其能源利用效率是傳統燈具(如鹵素燈、金屬鹵化物燈或螢光燈)的數倍，節電幅度可達 50% 至 70%，並且使用壽命更長，減少維護成本，它廣泛應用於商場、機場等長時間照明的區域，如候機廳和停車場；空氣簾則利用高速氣流形成無形屏障，減少室內外空氣交換，從而降低空調能耗，節省 20% 至 30% 的能源，同時阻擋灰塵、昆蟲入侵，穩定室內溫度，常見於機場航站樓出入口和冷藏庫等場所，這兩種節能設備的應用不僅顯著降低能源消耗，還提升了環境舒適性，兼具經濟效益和環保價值，為永續發展貢獻力量。

(一)LED 燈具

早期的 LED 燈具因光束集中，容易產生明顯的陰影或光斑，在均勻照明方面不如傳統燈具，特別是在大範圍或間接照明需求上存在一定限制，隨著技術的不斷進步，這一缺點已經被有效克服，目前，即使是挑高且需要大範圍照明的區域，也能充分利用 LED 燈具(如圖 3-32)提供高效均勻的照明，據統計，機場將傳統燈具(如鹵素燈、金屬鹵化物燈或高壓鈉燈)替換為 LED 燈具後，可顯著降低營運成本並提升環保效益。



圖 3-32 大範圍照明的區域 LED 燈具(資料來源：Munich 機場)

(二)空氣簾

為了避免機場內部的冷氣或暖氣外洩至室外，以及防止外界的熱空氣或冷空氣侵入建築內部，通常會採用手動門、自動門、風除室或空氣簾等措施來實現節能減碳的效果，然而，由於機場空間有限且旅客人流密集，設置風除室有時並不實際或便利，因此空氣簾憑藉其高效性與靈活性，成為解決這一問題的理想選擇，依氣流方向可分為三類：

1. 上出風：安裝在門口上方，風由上往地面吹，上出風也是目前機場空氣簾的主要使用方式。
2. 下出風：安裝在地面，風由地面往上吹，下出風往往造成女性顧客裙子被吹起，不適用於一般場所。
3. 側出風：安裝在門口兩側，風由兩側往中間吹，因門口過高使射流無法達到地面，側出風常運用在門口高度較高之場所。

優點：

1. 節能效果顯著：
空氣簾通過高速氣流形成無形屏障，有效減少室內外空氣交換，降低空調系統的能耗，節省約 20%-30% 的能源。
2. 環境舒適性：
阻擋灰塵、昆蟲、煙霧等外界污染物進入室內，保持環境清潔，同時穩定室內溫度，提升旅客或員工的舒適度。
3. 靈活性強：
適用於多種場合，包括機場航站樓出入口、冷藏庫、商場及其他高流量區域，根據需要選擇適合的風力與出風設計。
4. 提升營運效率：
減少空調負載，縮短室內溫度調節時間，提高 HVAC（暖通空調）系統的效率。

缺點：

1. 能耗負擔：

雖然減少空調能耗，但空氣簾自身的運行需要消耗電力，特別是高頻使用場景下，可能帶來額外的能源支出。

2. 噪音問題：

部分空氣簾設備運行時產生的噪音可能影響使用環境。

3. 維護和清潔需求：

需要定期清潔和檢查以維持良好性能。

慕尼黑機場早期為提升採購與安裝便利性，統一在大多數出入口安裝了上出風式空氣簾，然而，隨著環保意識的日益提升，機場管理方近年來開始每年進行滾動式檢討，探索如何進一步提升節能效益，降低能源消耗，並以實際行動為地球環保貢獻心力，進一步節能措施檢討如下：

1. 航站樓單開門出入口

在單開門的出入口，開門時僅有一側門扇啟動，因此內外空氣的熱對流主要集中在開啟的一側，而另一非開啟側，幾乎不受影響，然而，若使用上出風式空氣簾，氣流無法針對單側進行有效隔絕，導致不必要的能源浪費，針對這一情形，慕尼黑機場進行了改善措施，將原本的上出風式空氣簾改為更具針對性的側出風式設計(如圖 3-33)，從而更有效地抑制單側的空氣對流，達到節能效果，並顯著降低電費支出。

2. 航務維修區進出口

原本的門常開設計僅依靠上出風式空氣簾隔絕內外空氣對流，但考量到該出入口的維護人員進出頻率較低，慕尼黑機場為提升節能效率和便利性，將此處改為自動鐵捲門，同時將空氣簾更換為側出風式設計(如圖 3-34)，此改造有效降低了能源消耗，進一步提升了空間的環保與營運效率。



圖 3-33 單開門出入口處空氣簾(資料來源：Munich 機場)

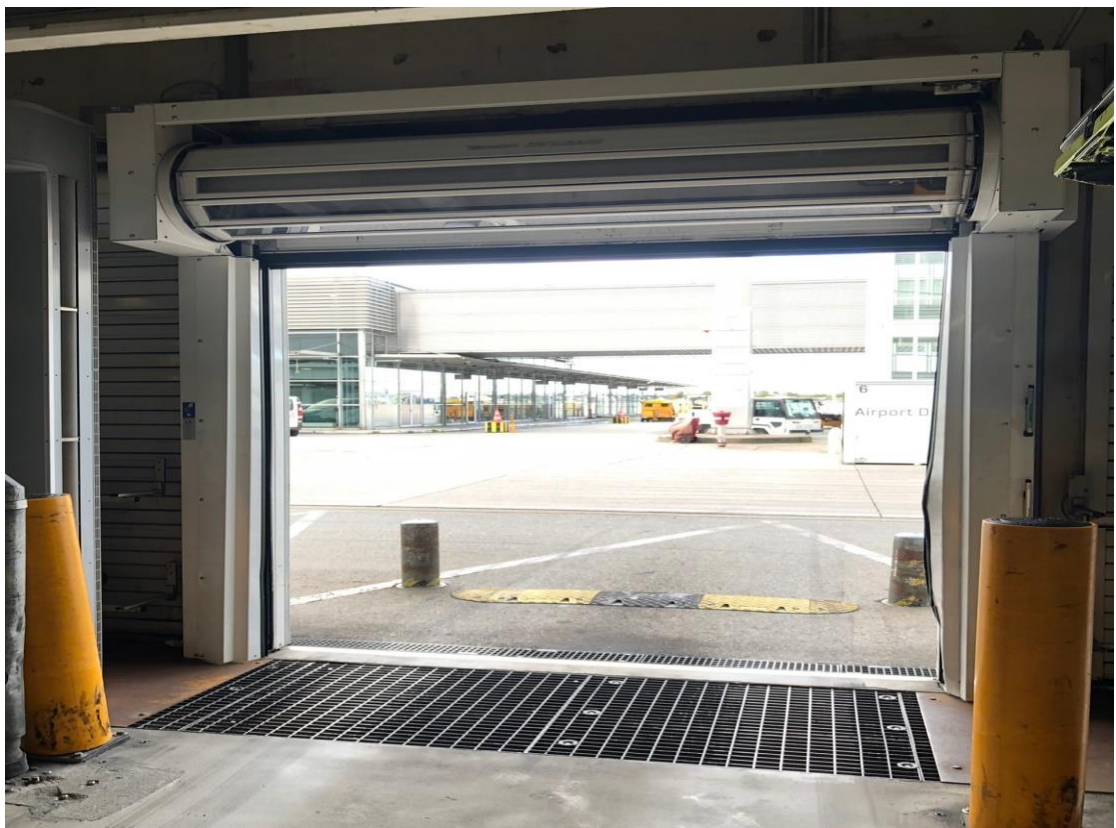


圖 3-34 航務維修區空氣簾(資料來源：Munich 機場)

肆、心得與建議

一、心得

荷蘭史基浦機場(Schiphol Airport)占地廣達 2787 公頃，是荷蘭最重要的交通門戶之一，該機場擁有 5 條超過 3300 公尺的跑道，能夠支持大型民航機起降，另設有 1 條約 2000 公尺的跑道專為小型航機服務，史基浦機場的航廈雖然不以華麗裝修為特色，但處處展現出以實用性為核心的設計理念，大眾捷運系統的出入口直接設置於機場出境大廳內，方便旅客從捷運無縫進入航廈，體現了高度的便利性，親身造訪後更能感受到，機場內的每一項設施都充分考慮了旅客的需求，例如簡單明瞭的指引標誌，使旅客能快速了解方向和資訊，人工行李寄存服務對老年旅客尤為友善，體現了貼心的人性化設計，此外，航廈內還設有一道 BMW 電動雙門跑車展示出入口，成為旅客爭相拍照的亮點，此次參訪還深入了解了機場的空側區域空橋系統與陸側區域行李處理系統，透過對行李處理系統運作的觀察，可以清楚地看到其在提升行李處理效率與準確性方面的卓越表現，這次經驗不僅加深了參訪人員對史基浦機場先進作業模式的認識，也為高雄機場新航廈在規劃行李處理系統時提供了寶貴的啟發與參考。



圖 4-1 跑車展示出入口(資料來源：Schiphol 機場)

德國杜塞道夫機場(Düsseldorf Airport)占地約 613 公頃，擁有 3 條跑道，其中兩條主要跑道長度均接近 3000 公尺，足以支持大型民航機起降，是德國第三大機場，杜塞道夫機場的交通接駁十分便利，大眾捷運系統的站點直接連接機場航廈，為旅客提供了無縫轉乘的便捷體驗，此外，機場內設有一個多功能活動區，經常舉辦各種展覽、文化活動和商業活動，吸引了大批旅客駐足參與，該區域的特色設計和開放空間，也成為杜塞道夫機場的一大亮點，為了提升旅客的便利性，機場內設有清晰的指引標誌，方便旅客快速找到各項服務設施，另有一個可以俯瞰整個機場的巨大露台，在這裏可以觀賞到飛機的起降，不同型號的飛機來往不斷，映着夕陽的照射，景色美麗壯觀，杜塞道夫是為數不多的提供觀賞露台的國際機場，是很好的消磨等候時光的場所，此外，機場內還設有多家餐廳和咖啡廳，其中不乏提供當地特色美食的選擇，讓旅客在候機時也能體驗德國的飲食文化。

德國慕尼黑機場(Munich Airport)占地 1618 公頃，是歐洲最重要的航空樞紐之一，機場擁有兩條超過 4000 公尺長的跑道，可供大型民航機起降，並設有兩座航廈，位於兩棟航廈之間的薄膜廣場(如圖 4-2)成為旅客進入機場時的第一印象，這座廣場不僅是連接航廈的重要空間，還是慕尼黑政府積極配合機場發展的重要活動場地，經常舉辦各種文化、慈善活動，甚至籃球賽，廣場內一架飛機造型的餐車更是吸引旅客目光的亮點之一，慕尼黑機場的交通設計非常便利，大眾捷運系統直接進入機場內部，為旅客提供無縫轉乘的便捷服務，兩棟航廈雖然在設計上有新舊之別，但都採用玻璃帷幕結構，營造出明亮、舒適且寬敞的空間，機場內的清晰指引讓旅客能迅速到達各項設施，而座椅區更貼心地設置了 USB 插座，方便旅客為電子設備充電，提升了候機體驗，此外，機場內還設有一家啤酒工廠，不僅生產自有品牌的啤酒，還體現了德國特有的啤酒文化，成為慕尼黑機場的一大特色，這些貼心的設計與豐富的文化體驗，使慕尼黑機場成為結合交通樞紐與文化地標的典範，也為旅客提供了一個愉快的旅行起點和終點。



圖 4-2 薄膜廣場(資料來源：Munich 機場)

為了節省航空公司的人力與營運成本，越來越多國際機場積極推動自助報到系統的設置，除了開放網路報到外，各航廈也設置了大量自助報到機，提供旅客更加便捷的服務，自助報到系統操作簡單，旅客可以自行完成報到手續，包括列印登機證和行李條，根據機場人員提供的統計資料顯示，目前採用的二站式運作模式效率最高，該模式分為兩個步驟：首先是旅客使用自助報到機完成登機證列印和行李條附掛，其次是將行李投入自助行李託運機完成託運程序，此外，許多機場還引入了混合型全自助報到機台，這種機台讓旅客在完成所有步驟後，能直接投入行李完成報到與託運，混合模式的優勢在於同時保留了人工服務與自助服務的彈性，滿足不同旅客的需求，為旅客提供了更加靈活且高效的選擇，這些舉措不僅提升了旅客的出行體驗，也有效提高了機場運作效率。

行李處理系統中的獨立裝載系統以其模組化設計和創新的皮帶模組運作方式，在行李處理領域帶來了顯著的突破，這一系統憑藉模組化結構，不僅能迅速解決故障模組問題，還結合備援設計，提高了系統運行的穩定性和可靠性，其中，每段皮帶模組在未運送行李時會自動靜止運行，這一節能減碳的特性有效降低了不必要的電力消耗，對環境友好，系統中的托盤搭載了 RFID 標籤，並透過自動編碼讀取器實現高精準的行李追蹤，大幅降低分揀錯誤的可能性，為旅客的行李運輸提供了更高的安全性與準確性，雖然該系統在初期建置成本較高，且需要較大的空間來容納小車回收系統，但其長期運行效益和高效能追蹤能力，使其成為現代機場行李處理系統升級的重要選擇之一，這樣的設計不僅提升了營運效率，也為機場的永續發展貢獻了一份力量。

省力裝置與自動化機器(如機械手臂或自動化裝卸系統)旨在協助地勤人員高效完成行李搬運與裝卸工作，減輕勞動強度，並有效降低因長期重複操作引發的職業傷害風險，以阿姆斯特丹機場的裝貨機械手臂為例，該設備結合機械臂、感測技術與人工智慧(AI)，具備多功能且接近全自動操作的能力，然而，機場人員指出，該技術目前僅適用於上方開口的航空貨運盤櫃，且在實際運行中，難以充分利用航空貨運盤櫃內部空間，此外，當行李掉落時，仍需依賴人工進行修正，儘管現階段自動化技術的效率尚未全面超越人工，但隨著技術的不斷進步，這些設備未來有望變得更加智能化，成本也將更具競爭力，根據國際航空運輸協會(IATA)的未來規劃，行李處理系統將向更加人性化與便利化的方向發展，例如，未來目標可能實現入境旅客無需前往行李轉盤領取行李，而是由自動行李小拖車將行李直接送至旅客身邊，並在旅客離開機場過程中智能跟隨，這種創新模式將徹底改變行李管理的傳統方式，為旅客提供極致便捷與高效的體驗，同時助力實現全流程自動化的行李處理系統，推動航空業邁向更加高效和永續的未來。

空橋，又稱登機橋或廊橋，是連接機場登機門與飛機艙門的設施，為旅客提供全天候便捷進出的通道，空橋具備獨特的可動結構，能左右移動、頭尾升降及伸縮，以適應不同機型的需求，與傳統的巴士接駁相比，空橋能直接連結飛機與航站樓，不僅縮短了旅客、行李及地勤人員的行走距離，也提升了效率，當飛機停靠後，空橋的自動對接系統利用感測器和攝影機即時調整角度與高度，實現精準且全自動的對接，此外，對於小型機場或遠程停機位，傳統的登機梯仍是一種經濟且靈活的選擇，例如，阿姆斯特丹機場將登機梯與太陽能技術結合，不僅提升操作便利性，還具備節能優勢，為確保安全，空橋的行駛輪(水平)驅動裝置周圍設有同步移動的防護欄杆，有效防止異物捲入，減少意外風險，同時，這些設計提高了空橋下方工作人員的安全性，進一步降低了地面操作的安全隱患。

三家機場的節能措施主要包括智慧燈控系統、LED 燈具和空氣簾，透過創新技術提升能源效率，智慧燈控系統專為機場照明管理設計，結合物聯網與智能技術，透過感應、自動化及遠程管理，根據實時環境條件調整燈光亮度、色溫和運行時間，實現高效、節能的照明，比較特別的是阿姆斯特丹機場高度重視該系統安全性，設立獨立燈控機房，並配備專用發電機，確保系統穩定運行，同時提升旅客體驗和航空安全，LED 燈具因其高效、耐用、環保的特性，節電幅度達 50%-70%，被廣泛應用於機場內長時間照明的區域，空氣簾則利用高速氣流減少空氣交換，節能 20%-30%，並能阻擋灰塵與昆蟲，穩定室內溫度，適用於航站樓出入口和冷藏庫等場所，慕尼黑機場針對不同區域採取精細化改進措施，例如在單開門出入口，將上出風式空氣簾改為側出風設計，有效隔絕內外空氣對流；在航務維修區進出口，改用自動鐵捲門，並搭配側出風空氣簾，進一步提高節能效率，這些措施展現了對環保的持續承諾與實踐。

二、建議

(一)實地訓練

此次赴國際機場參與現地講解與訓練收穫豐富，帶來全新的觀念與啟發，建議每年安排人員赴海外機場進行實地訓練，以促進知識增長並學習先進的技術和管理實踐，這種實地體驗能幫助深入了解其他國家機場的技術創新、管理模式及服務理念，通過觀察其營運模式與面臨的挑戰，吸取寶貴經驗，並將之應用於本地機場管理。

此外，實地訓練還能促進國際合作與聯繫，通過與其他機場代表的面對面交流，建立業務夥伴關係，推動技術合作，提升機場的全球競爭力，同時，這也提供了一個掌握國際航空業趨勢與未來發展的寶貴機會，在航空技術快速發展及全球環境持續變化的背景下，保持對行業動態的敏感性將有助於更好應對未來挑戰。

(二)系統設備精進及人文藝術

三家機場充分運用先進設備與技術，不僅提升營運效率，還改善了旅客服務品質，其中，行李處理系統中的獨立裝載系統以模組化設計及創新的皮帶模組運作方式為亮點，其節能特性尤為突出：未運送行李時，皮帶模組會自動靜止運行，達到節約能源的效果，此外，針對空氣簾的改進措施也提供了值得借鑑的寶貴經驗。

除了設備升級，機場的人文景觀設置亦是一大亮點，例如，阿姆斯特丹機場在出入口上方展示電動雙門跑車，而慕尼黑機場則在薄膜廣場設置飛機造型餐車，為旅客帶來獨特的視覺與文化體驗。

建議未來高雄新航廈規劃設計時，將報到櫃台與行李處理系統等功能優化，進一步提升旅客通關效率，同時，在航廈內增加人文景觀配置，融入裝置藝術等創意元素，不僅增強旅客的體驗感，還能展現台灣的文化魅力，提升國際形象。