

出國報告（不含進修、研究、實習計畫）

「機場發展規劃及工程設計交流會議」  
出國報告

服務機關：交通部民用航空局

姓名職稱：林宏憲 / 簡任第 11 職等組長

陳增邦 / 簡任第 10 職等組長

派赴國家：荷蘭、德國

出國期間：民國 112 年 9 月 2 日~9 月 10 日

報告日期：民國 112 年 12 月 19 日



## 提要表

計畫編號				
計畫名稱	機場發展規劃及工程設計交流會議			
報告名稱	機場發展規劃及工程設計交流會議出國報告			
出國人員	姓名	服務單位	職稱	職等
	林宏憲	交通部民用航空局場站工程組	組長	簡任第 11 職等
	陳增邦	交通部民用航空局高雄國際航空站工務組	組長	簡任第 10 職等
出國地區	荷蘭、德國			
參訪機關	荷蘭阿姆斯特丹史基浦機場、德國慕尼黑機場			
出國類別	<input type="checkbox"/> 實習(訓練) <input checked="" type="checkbox"/> 其他( <input type="checkbox"/> 研討會 <input checked="" type="checkbox"/> 會議 <input type="checkbox"/> 考察、觀摩、參訪)			
出國期間	民國 112 年 9 月 2 日至 112 年 9 月 10 日			
報告日期	民國 112 年 12 月 19 日			
關鍵詞	史基浦機場、慕尼黑機場、智慧機場、永續發展			
報告書頁數	82 頁			
報告內容摘要	<p>自 2019 年底新冠肺炎疫情爆發以來，全球航空產業受到史無前例的衝擊與挑戰，但即便是在疫情期間，許多國際機場仍致力於在危機中尋找轉機、化危為機，針對原有機場規劃與發展藍圖積極進行討論，並相繼就機場軟硬體設施推動優化與創新。</p> <p>在疫情之前，本局(交通部民用航空局)為因應所轄機場發展需求，掌握內外、主客觀條件變化對機場營運及發展之影響，已定期針對全國提供民航服務之機場滾動修訂辦理系統規劃(System Plan)，以及針對主要國際機場(松山、臺中、高雄)辦理主計畫(Master Plan)修訂作業，研擬分期發展構想及未來發展藍圖。有鑒於機場建設與發展所涉層面甚廣，除借鏡同屬亞洲地區機場之發展經驗外，若能與歐洲地區標竿機場就後疫情時代之機場規劃建設內容及設計思維進行考察與交流，實有助於後續相關業務之順遂進行。</p> <p>而隨著疫苗普及使得疫情趨緩，各國國境陸續開放，為因應後疫情時代之復甦與發展需求，國際間各機場除持續推動各式智慧化應用發展、導入相關技術與設備外，亦因應氣候變遷，開始逐步推動永續節能及朝向淨零碳排之作為。為持續瞭解國際間執行策略及實務經驗，亦值得考察及拜會歐洲地區標竿機場，就後疫情時代之智慧發展、生物辨識技術應用、營運測試與移轉(ORAT)等課題進行交流，有助於後續相關業務之順遂進行。</p> <p>綜上，本次出國計畫安排考察歐洲地區標竿機場-荷蘭阿姆斯特丹史基浦機場、德國慕尼黑機場，拜會二座機場之管理當局，就上揭相關課題進行研商、技術交流及實地參訪，汲取其寶貴經驗，並檢討應</p>			

	<p>用於我國機場營運管理、智慧化及永續發展規劃，以及相關整擴建計畫，使我國機場發展能預為因應未來發展趨勢，暨持續提供優質服務設施，達到國際一流水準，進而提升國際競爭力。</p>
--	---

## 目錄

壹、目的.....	5
貳、出國行程.....	6
參、考察心得彙整.....	14
肆、心得與建議.....	79

## 壹、目的

自 2019 年底新冠肺炎疫情爆發以來，全球航空產業受到史無前例的衝擊與挑戰，但即便是在疫情期間，許多國際機場仍致力於在危機中尋找轉機、化危為機，針對原有機場規劃與發展藍圖積極進行討論，並相繼就機場軟硬體設施推動優化與創新。

在疫情之前，本局(交通部民用航空局) 為因應所轄機場發展需求，掌握內外、主客觀條件變化對機場營運及發展之影響，已定期針對全國提供民航服務之機場滾動修訂辦理系統規劃(System Plan)，以及針對主要國際機場(松山、臺中、高雄)辦理主計畫(Master Plan)修訂作業，研擬分期發展構想及未來發展藍圖。有鑒於機場建設與發展所涉層面甚廣，除借鏡同屬亞洲地區機場之發展經驗外，若能與歐洲地區標竿機場就後疫情時代之機場規劃建設內容及設計思維進行考察與交流，實有助於後續相關業務之順遂進行。

而隨著疫苗普及使得疫情趨緩，各國國境陸續開放，為因應後疫情時代的復甦與發展需求，國際間各機場除持續推動各式智慧化應用發展、導入相關技術與設備外，亦因應氣候變遷，開始逐步推動永續節能及朝向淨零碳排之作為。為持續瞭解國際間執行策略及實務經驗，亦值得考察及拜會歐洲地區標竿機場，就後疫情時代之智慧發展、生物辨識技術應用、營運測試與移轉(ORAT)等課題進行交流，有助於後續相關業務之順遂進行。

綜上，本次出國計畫安排至歐洲地區標竿機場-荷蘭阿姆斯特丹史基浦機場、德國慕尼黑機場，拜會二座機場之管理當局，召開交流會議，就上揭相關課題進行研商、技術交流及實地參訪，汲取其寶貴經驗，並檢討應用於我國機場營運管理、智慧化及永續發展規劃，以及相關整擴建計畫，使我國機場發展能預為因應未來發展趨勢，暨持續提供優質服務設施，達到國際一流水準，進而提升國際競爭力。

## 貳、出國行程

本次出國係赴歐洲地區之荷蘭及德國，主要係拜會荷蘭商空港顧問股份有限公司(Netherlands Airport Consultants, NACO)、皇家史基浦集團(Royal Schiphol Group, RSG)、荷蘭阿姆斯特丹史基浦機場(Schiphol Airport)、慕尼黑機場有限公司(Flughafen München GmbH)、德國慕尼黑機場(Munich Airport)等單位。

本次出國人員包含本局場站工程組林宏憲組長、高雄國際航空站工務組陳增邦組長等 2 人，出國行程係自 112 年 9 月 2 日起至 9 月 10 日止，共計 9 天，詳細行程如下表 1：

表 1 拜會參訪行程表

日期	星期	行程	拜會參訪內容
112.09.02	六	臺灣－荷蘭	<ul style="list-style-type: none"><li>● 臺灣桃園國際機場出發(長榮航空 BR75)，中停泰國曼谷蘇凡納布機場。</li><li>● 因臺灣荷蘭時差關係，於 09.02 夜間抵達荷蘭阿姆斯特丹史基浦機場。</li></ul>
112.09.03	日	荷蘭	<ul style="list-style-type: none"><li>● 考察前整備會議，討論參訪議題。</li></ul>
112.09.04	一	荷蘭	<ul style="list-style-type: none"><li>● 前往海牙拜會荷蘭商空港顧問股份有限公司(NACO)。</li><li>● NACO 介紹遠端搖控塔臺技術(Remote Control Tower)。</li><li>● NACO 介紹永續發展、智慧創新作為。</li><li>● 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。</li></ul>
112.09.05	二	荷蘭－德國	<ul style="list-style-type: none"><li>● 前往史基浦機場拜會皇家史基浦集團(RSG)。</li><li>● 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。</li><li>● RSG 介紹該集團及機場發展歷史。</li></ul>

日期	星期	行程	拜會參訪內容
			<ul style="list-style-type: none"> <li>● RSG 介紹永續發展、智慧創新作為。</li> <li>● RSG 介紹未來建設發展規劃。</li> <li>● 史基浦機場陸側報到大廳導覽</li> <li>● 自荷蘭搭機前往德國慕尼黑(漢莎航空 LH2307)，於同日夜間抵達。</li> </ul>
112.09.06	三	德國	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 前往慕尼黑機場拜會慕尼黑機場有限公司(Flughafen München GmbH)。</li> <li>● 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。</li> <li>● 慕尼黑機場有限公司介紹該公司及機場發展歷史。</li> <li>● 慕尼黑機場有限公司介紹機場主計畫。</li> <li>● 慕尼黑機場有限公司介紹智慧創新作為。</li> <li>● 慕尼黑機場有限公司介紹永續航空燃油及 ESG。</li> </ul>
112.09.07	四	德國	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 前往慕尼黑機場拜會慕尼黑機場有限公司(Flughafen München GmbH)。</li> <li>● 慕尼黑機場有限公司介紹機場旅客服務構想。</li> <li>● 慕尼黑機場空側場面參訪。</li> <li>● 慕尼黑機場有限公司介紹 ORAT。</li> </ul>
112.09.08	五	德國	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 慕尼黑機場陸側區域參訪。</li> <li>● 聽取艾瑪迪斯(Amadeus)簡介乘客處理系統。</li> </ul>
112.09.09	六	德國－臺灣	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 德國慕尼黑機場出發(長榮航空 BR75)</li> </ul>
112.09.10	日	臺灣	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 日間抵達臺灣桃園國際機場</li> </ul>

上揭拜會參訪單位之接待人員，彙整如下表 2。

表 2 拜會參訪單位主要接待人員

日期	拜會參訪單位	對方主要接待人員
112.09.04	荷蘭商空港顧問股份有限公司(NACO)	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Esther Kromhout, Director of NACO (NACO 總裁)</li> <li>● Joeri Aulman, Business Development Manager</li> <li>● Hendrik van Westen, Aviation, Project Manager</li> <li>● Vivekananhan Sindhamani, Head of Sustainable Aviation &amp; Resilience</li> <li>● Gopal Kandiyoor, Smart Aviation, Aviation Sustainability Consultant</li> <li>● Eoghan Davis, Sustainable Airside GSE Lead</li> </ul>
112.09.05	皇家史基浦集團(RSG)	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Peter Toering, Program Expert Terminal</li> <li>● Sanne Vos-Zwart, Corporate Trainee</li> <li>● Bas Schepers, Schiphol Aviation Solutions</li> </ul>
112.09.06	慕尼黑機場有限公司 (Flughafen Munchen GmbH)	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Lorenzo Di Loreto, Managing Director(總經理)</li> <li>● Dr. Lutz Weisser, Managing Director(總經理)</li> <li>● Adam Symalla, Managing Director(機場公司轄下顧問公司(amd.sigma)總經理)</li> <li>● Sabine Ludwig, Digital Transformation Management</li> <li>● Johannes Hass, Consultant Climate and environmental protection</li> <li>● Michael Obermaier, Consultant</li> </ul>
112.09.07	慕尼黑機場有限公司 (Flughafen Munchen GmbH)	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Lorenzo Di Loreto, Managing Director(總經理)</li> <li>● Andre Schunk, International Business Consultant</li> <li>● Michael Oberauer, Expert Airside</li> </ul>

		<p>Operations</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Hubert Keffel, Practive Leader and Management Consultant</li> </ul>
112.09.08	艾瑪迪斯(Amadeus)	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Daniel Lam, Regional Sales Manager North Asia</li> </ul>

相關拜會參訪照片如下圖 1 至圖 5。



NACO 總裁 Esther Kromhout



Joeri Aulman, Business Development Manager



圖 1 NACO 參訪照片



圖 2 Schiphol 機場參訪照片



圖 3 Schiphol 機場參訪照片



慕尼黑機場有限公司 Lorenzo Di Loreto 總經理(左)、Dr. Lutz Weisser 總經理(右)



圖 4 慕尼黑機場參訪照片



圖 5 慕尼黑機場參訪照片

## 參、考察心得彙整

### 一、Schiphol 機場背景資料

#### (一) 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(Haarlemmermeer)。
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：2019 年年客運量 7,170 萬人次(歐洲排名第 3、全球排名第 12)，年貨運量 171.6 萬噸(歐洲排名第 3、全球排名第 16)，航機年起降架次 49.9 萬架次(歐洲排名第 2、全球排名第 13)。

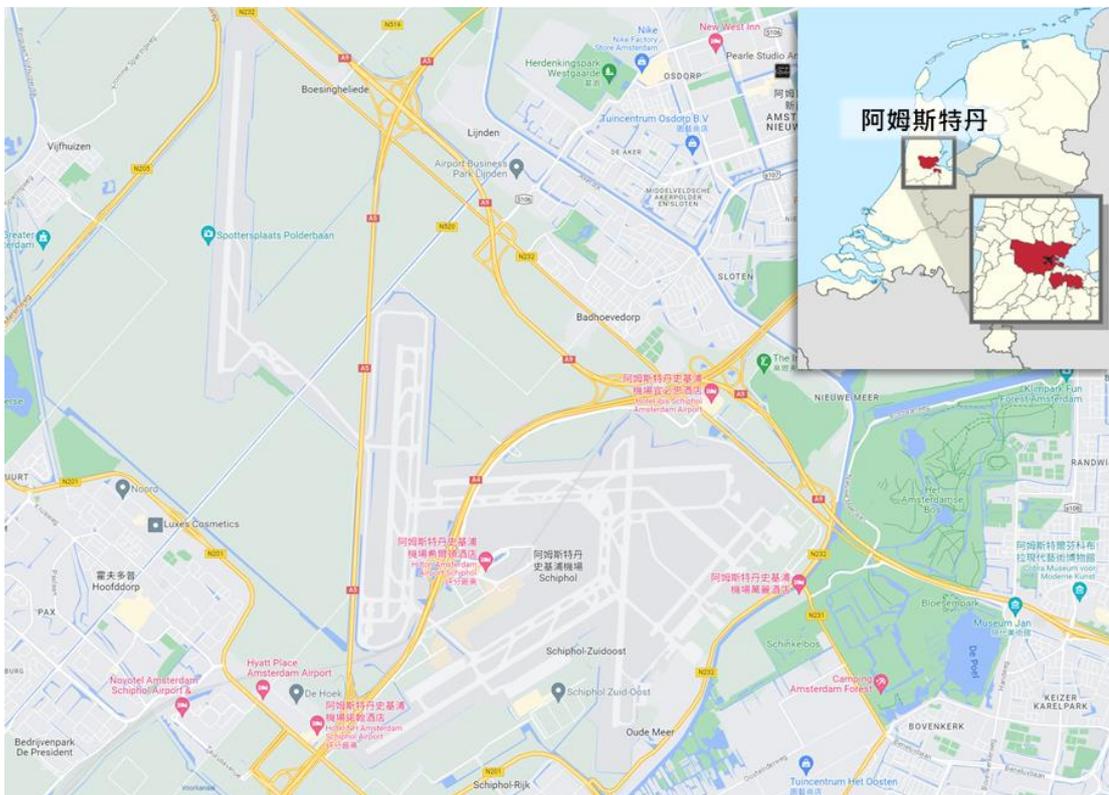


圖 6 Schiphol 機場區位圖

## (二) 機場主要設施

### 1. 空側

- (1) 6 條跑道，可供 F 類航機(A380 起降)，其中 5 條供民航使用，1 條供普通航空業使用。
- (2) 6 條平行滑行道。
- (3) 219 個機坪 (94 個靠站停機坪、125 個遠端停機坪)。



圖 7 Schiphol 機場  
跑道配置圖

序號	編號	名稱	長度	寬度	道面
1	18R/36L	<u>Polderbaan</u>	3800米	60米	瀝青/混凝土
2	18C/36C	Zwanenburgbaan	3300米	45米	瀝青/混凝土
3	06/24	Kaagbaan	3500米	45米	瀝青/混凝土
4	18L/36R	Aalsmeerbaan	3400米	45米	瀝青/混凝土
5	09/27	Buitenveldertbaan	3453米	45米	瀝青/混凝土
6	04/22	<u>Oostbaan</u> (Schiphol East)	2014米	45米	瀝青/混凝土

### 2. 陸側

- (1) 聯外交通：航廈下方設有鐵路史基浦車站(可供 Thalys 大力士高速列車、ICE 高鐵列車、City Night Line、歐洲之星列車停靠)，航廈前方的史基浦廣場設有城際巴士及旅館接駁車停靠區，可乘坐 397 路機場快線前往市區。
- (2) 停車場：設有 38,891 個停車位，26,418 個供旅客使用，12473 個

供工作人員使用。

(3) 航站區配置

- A. 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)
- B. 165 座空橋
- C. 1 號出發大廳：申根區專用出發大廳，連接 B、C 指廊，與 2 號出發大廳共用 D 指廊，B 指廊設 14 個登機口，C 指廊設 21 個登機口。
- D. 2 號出發大廳：連接 D、E 指廊。D 指廊為雙層結構，下層設 D1-D57 登機口，供非申根區航班使用；上層設 D59-D87 登機口，供申根區航班使用。E 指廊設 14 個登機口，供非申根區航班使用。
- E. 3 號出發大廳：連接 F、G、H/M 指廊。F 指廊設 8 個登機口，主要供天合聯盟成員使用，G 指廊設 13 個登機口，H/M 指廊設 8 個登機口，供低成本航空公司使用。



圖 8 Schiphol 機場報到大廳

## 二、Munich 機場背景資料

### (一) 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：2019 年年客運量 4,794 萬人次(歐洲排名第 7、全球排名第 38)，年貨運量 37.5 萬噸，航機年起降架次 41.7 萬架次。



圖 9 慕尼黑機場區位圖

## (二) 機場主要設施

### 1. 空側

- (1) 2 條跑道，長度 4,000 公尺，可供 F 類航機(A380 起降)，跑道間距 2300 公尺，起降容量每小時 90 架次。已完成第三跑道規劃及設計，但因周邊民眾反對，無限期擱置中。
- (2) 205 個機坪 (70 個靠站停機坪、135 個遠端停機坪)。

### 2. 陸側

- (1) 聯外交通：軌道運輸系統包含 S-Bahn (慕尼黑西邊出發 S1 線、東邊出發 S8 線)及 ÜFEX 機場快速列車(連結慕尼黑外其他城市)。公車路線包含 Lufthansa Express 漢莎快巴(連結慕尼黑與機場)與其他城市之聯絡巴士。
- (2) 停車場：計有 15 處停車場，總計超過 3 萬 6,000 個停車位。
- (3) 航站區配置：
  - A. 航站區位處兩條跑道間區域，
  - B. 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。
  - C. 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。
  - D. 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。

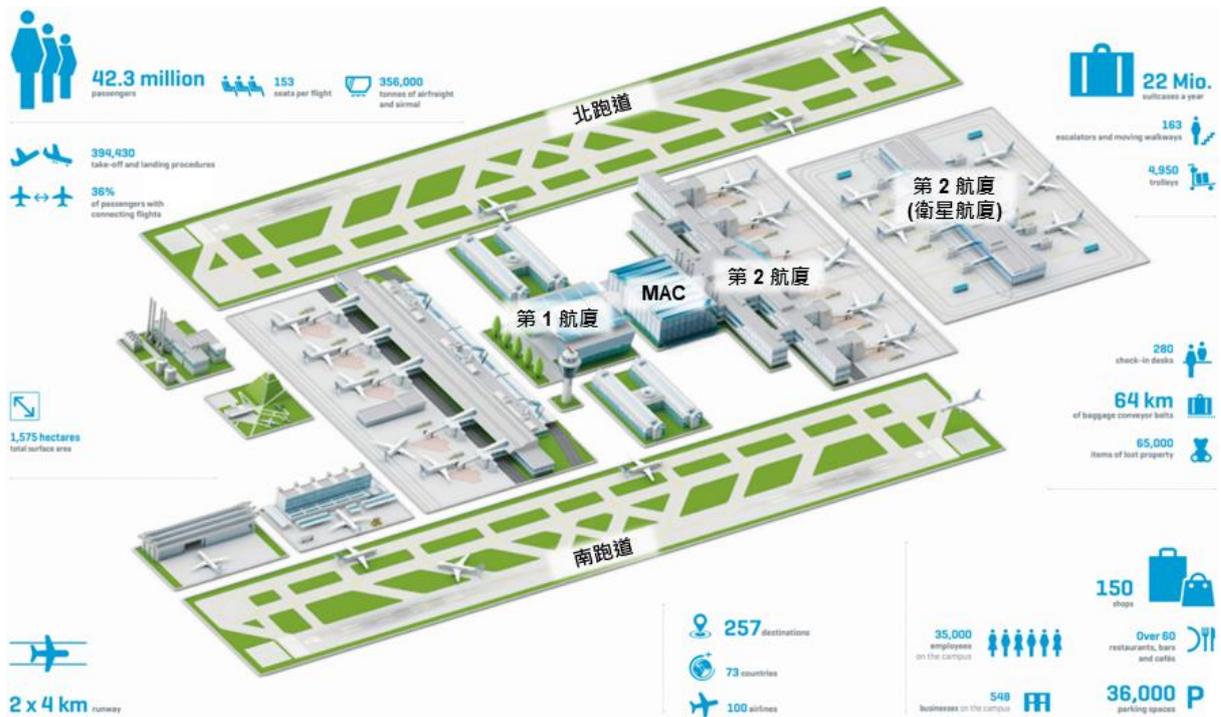


圖 10 慕尼黑機場配置圖

### 三、NACO 分享生物辨識技術應用現況與面臨挑戰

(一) 講者：Joeri Aulman, Business Development Manager

(二) 概要：

講者首先提到生物辨識技術面臨最大的挑戰是歐盟人工智慧法案對於各級別風險的要求，目前歐盟人工智慧法案風險等級區分為「不可接收風險」、「高風險」、「有限度風險」、「低風險」等四個等級，生物辨識被歸類在「高風險級別」。對使用者來說最大的挑戰為(資訊運用)「透明度」，當旅客在機場時，知道自助服務平臺運用生物辨識技術，旅客會想知道生物辨識實際儲存了個人數據多長時間，而使用者能夠「信任」數據被運用，也願意「信任」在一段時間後個人數據被刪除。因此，「信任」與「透明度」是歐洲各大機場實施生物辨識相關應用所面臨的最大挑戰。

關於當前生物辨識對旅客旅程的影響，生物辨識技術係由機場還是航空公司主導？舉例來說，星空聯盟正在法蘭克福機場和慕尼黑機

場推動生物辨識，在 Schiphol 機場是機場推動並在生物辨識技術方面進行創新，機場已經開始儲存旅客的生物辨識數據並進行資料處理。現在當旅客以不同的交通工具抵達機場時，可以透過生物辨識及個人資料進行登機檢查、自動通關，機場商場也正嘗試利用生物辨識技術獲得商業機會。

未來可以預期生物辨識技術將更為廣泛地被運用，可以預期自助報到擴展到所有航空公司，護照檢查與安檢整合，在更遠的未來，甚至可以預期國內和國際旅客共用航廈空間，因為旅客都經過生物識別驗證，在出發前旅客混流，最終通過生物辨識技術檢查他們是否真的可以進入管制區搭乘國際航班或國內航班。

生物辨識技術將對機場產生巨大影響，機場空間可能不再像以往有一個單獨的國際線出發區、免稅和零售店，而是國際線與國內線混合在一起，這是對空間更有效利用。透過生物辨識技術，辨別旅客屬性，搭乘的是國內航班，無法購買免稅商品；如果搭乘的是國際航班，則可以購買免稅商品。這一切都可以透過技術改變，這是講者認為這將是生物辨識技術促進機場流程更加優化的可能。

目前不同國家正推動旅行者數位身分識別(Known Traveler Digital Identity, KTDI)，包括加拿大、荷蘭、德國也計畫推動，人們只需是使用臉部辨識，而不需使用護照。即使是美國的預先通關，他們也正考慮運用生物識別技術，不需要完整獨立的動線(如圖 11)，所以這將是生物辨

識技術可以改進的流程。

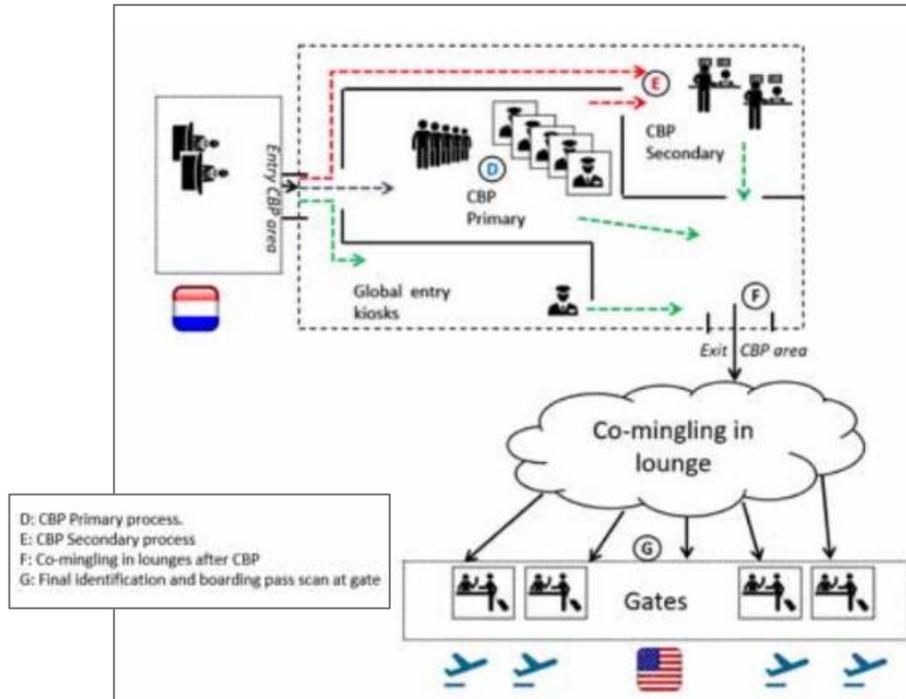


圖 11 美國預先通關運用生物辨識優化通關流程

美國預先通關獨立動線可能會對機場額外增加營運支出與資本支出，法蘭克福機場正嘗試藉由生物識別技術作為解決替代方案，讓美國航線與非美航線旅客共享廊廳及航廈設施，預先通關無需專用航廈空間及登機口，允許安檢後設立共用區域，讓購物、餐飲有更多的選擇。舉例來說，有人要去馬德里或波士頓，他們於安檢後進入同一出發區域，國內、國際及美國航班旅客共用出境休息區(如圖 12)，最終通過生物辨識確認他們搭乘航班。

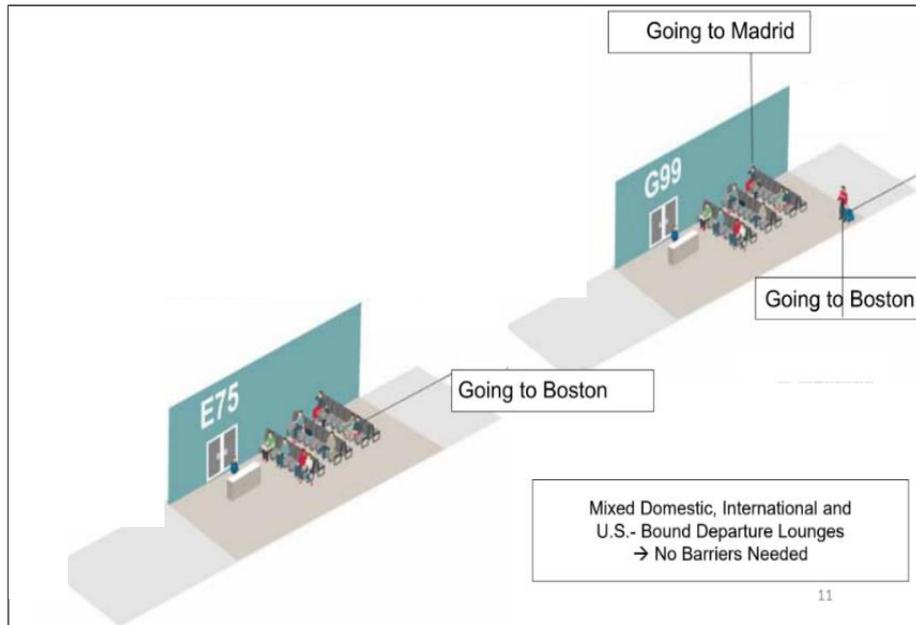


圖 12 運用生物辨識共享航廈設施示意圖

#### 四、NACO 分享航空業邁向永續發展的未來

(一)講者：Vivekanandhan Sindhamani, Head of Sustainable Aviation & Resilience、Gopal Kandiyoor, Hydrogen Advisory Lead、Eoghan Davis, Sustainable Airside GSE Lead

##### (二)概要

講者首先提到航空業面對氣候變遷的挑戰，在過去短短兩個世紀，大氣中二氧化碳的濃度成長了一倍，尤其在工業革命之後大幅度的成長，氣候變遷導致極端天氣事件發生的數量及強度增加，人口成長及都市化，沿海洪水風險不斷增加，這就是當前要努力解決的問題。對於 2050 淨零碳排的目標，臺灣也修正了新目標，提出 2050 年淨零轉型的 12 項關鍵策略。

依據國際能源總署及美國 The International Council on Clean Transportation (ICCT)的研究數據，2018 年全球交通運輸碳排放量總計 80 億噸二氧化碳，交通運輸能源占整體二氧化碳排放量 24%，其中來自道

路車輛的排放(公路客、貨運)占交通運輸 74.5%、航空運輸占 11.6%、海運占 10.6%、軌道運輸占 1%，如果在一切維持現況不改變的情況下，預估航空業平均每年成長 5%，如果不解決全球溫室氣體排放問題，預測二氧化碳的排放量將成長 20%。

講者接著分享機場達到永續發展可就「氣候變遷的適應力」、「水資源」、「廢棄物循環利用」、「機場淨零」及「永續航空」等五個面向擬定行動計畫，因時間因素，謹就本次參訪所關注議題「氣候變遷的適應力」、「機場淨零」及「永續航空」進一步說明：

1. 氣候變遷的適應力：為不可避免的事情做好計畫和準備。

氣候變遷可能帶來一些影響，例如不斷變化的風向限制了機場的營運，空氣濕度限制引擎的性能，閃電增多導致營運暫停的頻率更加頻繁等，透過辨識氣候威脅和關鍵資源，為未來危險做好準備，並確保機場的營運不受氣候因素的干擾，降低對資產潛在損害，達到成本的節省。

- (1) NACO 分享面對氣候變遷，機場提升適應能力的五大步驟(如圖 13)：瞭解氣候變遷：運用氣候變遷情境分析，提高對氣候危害的認知。
- (2) 意識危害及風險：評估機場對氣候危害及風險的脆弱性，氣候風險評估包含實體及轉型風險。
- (3) 氣候適應的規劃：確認優先順序，制訂具彈性的路線圖，與相關利害關係人共商討財務與經濟可行之行動計畫。
- (4) 氣候適應力解決方案：選擇、設計和實施方案，透過模擬具體化執行措施。保持對氣候適應能力：透過即時監控、預測和決策支援，定期重新評估，保持適應力和業務持續性。



圖 13 機場評估氣候適應力步驟

最後講者亦分享 NACO 集團如何協助泰國曼谷蘇凡納布機場、日本關西機場、新加坡樟宜機場及荷蘭史基浦機場建立氣候變遷適應力的相關案例。

2. 機場淨零：減緩及抵銷碳排，並減少能源使用

碳排分類(碳足跡)：

- (1) 範疇一(占碳足跡總量的 5~15%)：機場直接負責並完全在其控制範圍內的排放，例如地面車輛、機場交通接駁運輸、地面設備、廢棄物處理設施、廢水處理設施、場內發電、消防演練、鍋爐、熔爐、除冰物質和製冷劑損失等。
- (2) 範疇二(占碳足跡總量的 2%)：機場間接負責並可對其施加一定程度控制的排放，例如機場採購的電力，以化石燃料產生的電網能源、離岸風電、場外加熱供應等。
- (3) 範疇三(占碳足跡總量的 80~95%)：涉及與機場活動相關其他來源的排放，例如航班、航空器地面運動、輔助動力裝置、第三方車輛/地面支援設備、旅客和員工通勤、場外廢棄物處理、場

外廢水處理、員工商務旅遊等。

接著確認三大範疇碳排貢獻度(碳盤查)，機場藉由改進運輸方式，鼓勵低碳通勤，提升能源效率，通過實施減碳措施和採用低碳技術，制定減碳策略，降低碳排，實現更環保和永續的經營，達到脫碳目標(如圖 14)。



圖 14 機場碳排分類

目前 ACI 推動 ACA 機場碳認證四個等級，我國高雄國際機場已取得等級三認證，各等級分別如下：

- (1) 等級一：盤查 Mapping
- (2) 等級二：減量 Reduction
- (3) 等級三：優化 Optimization、中和 Neutrality
- (4) 等級四：轉型 Transformation、轉變 Transition

3. 永續航空：替代燃料作為脫碳途徑。

航空業碳排有 94%來自於航空公司、2%來自機場、4%為其他部分，因此為了減緩氣候變遷，替代燃料已成為脫碳途徑，航空燃料

將由石油逐步轉換為三種新能源，分別為電力、氫能及永續航空燃油(SAF)：

- (1) 電力：可提供小型飛機、短程線(500 公里內)使用。
- (2) 氫能：可提供窄體客機、中程航線(2000 公里以內)使用。
- (3) 永續航空燃油(SAF)：可提供廣體客機、長程航線使用。

永續航空燃油是目前國際民航組織認為符合永續標準，使用可再生或廢棄物衍生航空燃料，SAF 化學成分與 Jet A1 相近，不需要特定的基礎設施，適用所有航程的可行解決方案，與 Jet A1 相比可減少 80%碳排放量。

NACO 分享機場推動替代燃料-永續航空燃料評估方式：

- (1) 步驟一：數據收集、資訊索取
- (2) 步驟二：相關法規評估
- (3) 步驟三：盤查當地供應鏈、機場既有容量、運輸方式
- (4) 步驟四：供應鏈選項、做最好的選擇
- (5) 步驟五：SAF 預測、委託當地混合
- (6) 步驟六：空間規劃評估、儲存設施大小、SAF 專用運輸

機場實施永續航空燃油，影響 SAF 推動進度因素，可分就以下三個面向探討：

- (1) 機場的背景：相關法規是驅動 SAF 能否成為使用需求的最重要的關鍵因素，沒有一種策略是適合所有機場的情境。
- (2) 利害關係者：機場發揮推動者的角色，SAF 的互動主要發生在燃料供應商和航空公司，SAF 與 Jet A1 的化學成分相同，消防也不應該成為問題。
- (3) 國家策略：人類作物和其他工業生物燃料之間的原料競爭是一個很重要的議題。

NACO 分析臺灣航空燃油替代方案：國內航線均可以電力作為替代能源，氫能航程初期預估為 400-800 公里，範圍可至日本、菲律賓、中國等鄰近國家，臺灣碳排減量具有很大潛力(如圖 15)。



圖 15 NACO 分析臺灣航空燃油替代方案

NACO 分享機場推動替代燃料-氫氣評估方式：

- (1) 步驟一：確認機場進行案例研究、確認供應鏈情境
- (2) 步驟二：氫氣需求預測發展
- (3) 步驟三：法規與操作手冊影響評估
- (4) 步驟四：電解和液化化學加工廠的設計和佈局
- (5) 步驟五：評估場內運輸方式及限制
- (6) 步驟六：場內使用氫氣注意事項
- (7) 步驟七：儲存空間規劃評估

講者分享荷蘭史基浦機場發展氫能對機場主計畫的影響，目前該計畫持續進行中，內容如下：

- (1) 依據不同航空器的類別和航程預測氣態氫與液態氫的需求量。
- (2) 根據預測需求量發展氣態氫與液態氫供應鏈。
- (3) 按不同情境預測相對應的空中交通計畫。

- (4) 預劃空側保留空間，以容納氣態氫與液態氫儲存設施。
- (5) 依航空器最適(位置)分配發展地面營運架構(空側空間分布)。

最後 NACO 提及協助鹿特丹機場、布魯塞爾機場、新馬尼拉機場等評估地面支援裝備或基礎設施電動化相關可行性研究案例。另外 NACO 也特別分享本次參訪關切的地勤問題，並表示地面處理一直都是機場事故發生最高的區域，主要與地勤員工流動率高、工作環境有關，建議主管機關應與機場密切合作，監督其營運並確認脆弱環節，強制遵守安全措施，例如行李裝載限制、行李搬運輔助裝置(如圖 16)。

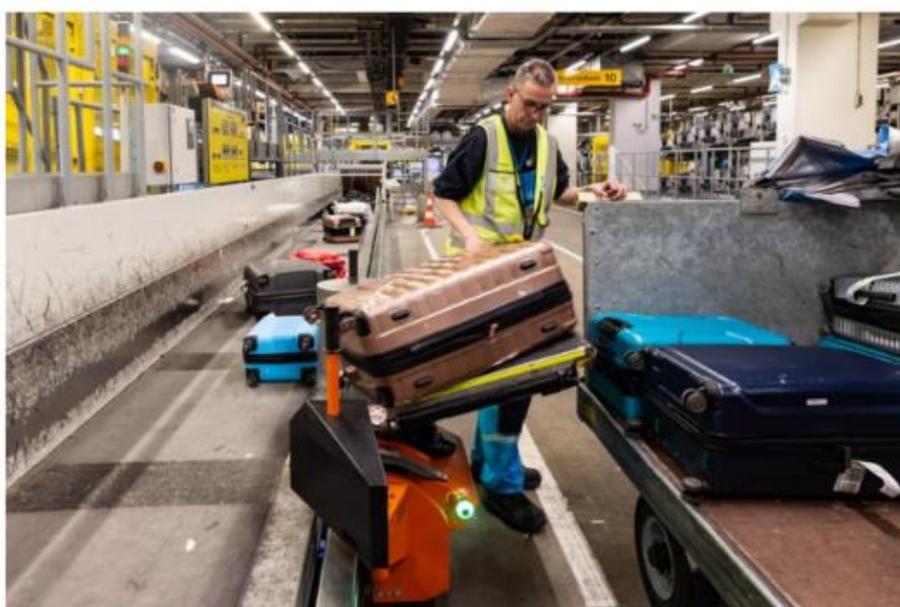


圖 16 行李搬運輔助裝置

## 五、RSG 集團簡介及近期亮點業務介紹

(一) 講者：Sanne Vos-Zwart, Corporate Trainee

(二) 概要

皇家史基浦集團(Royal Schiphol Group, RSG)為負責荷蘭阿姆斯特丹史基浦機場(下稱 Schiphol 機場)營運和發展的機場管理者，其與 Schiphol 機場關係緊密，在 Schiphol 機場於 1916 年、第一次世界大戰期間開航時，RSG 即已成立。發展至今日，目前 RSG 已成為擁有 100 多年歐洲地區機場及國際間機場管理經驗的機場管理公司，其業務不僅具有堅

實的營運管理能力，還肩負著強大的社會經濟功能。RSG 目前管理荷蘭境內四座機場，同時參與了多個國際組織、活動和聯盟，擴大了其在全球的影響力，與 100 多家航空公司建立了緊密的關係，其中荷蘭皇家航空(KLM)是最大的合作夥伴之一；就財務方面，RSG 具有穩健財政基礎，並由荷蘭政府作為最大的股東。上述這些特點，使得 RSG 成為一家經驗豐富、財務穩建、在國際間具有良好口碑及信譽，為荷蘭及全球提供卓越的航空運輸、管理服務。

自 2008 年 10 月起，RSG 董事會與法國巴黎機場集團(Aéroports de Paris)達成協議，互相持有對方 8%的股份，自此全球最大的機場管理集團隨之誕生，RSG 認為此類的國際夥伴結盟，有助於集團內部核心業務推動，包含獲得各種商業模式推動經驗，以及提高品牌知名度。隨後，於 2011 年，RSG 與巴黎機場集團、仁川國際機場簽署合作協議，三方在客戶關係、行銷活動方面進行全面性合作。

不過前述與法國巴黎機場集團的相互持股結盟已自 2021 年 11 月 30 日終止，雙方已於 2022 年出脫彼此之持股，講者則未具體說明不再結盟的原因。目前 RSG 係由荷蘭政府持有 77.8%股份、阿姆斯特丹市政府持有 20%股份、鹿特丹市政府持有 2.2%股份。

目前，RSG 的業務範圍已擴展到 Schiphol 機場以外，它是荷蘭鹿特丹海牙機場(Rotterdam The Hague Airport)、萊利斯塔德機場(Lelystad Airport)的所有者和營運者；它也持有埃因霍溫機場(Eindhoven Airport)51%股權。此外，也與許多外國機場建立了戰略合作和夥伴關係，包括韓國仁川國際機場、澳洲布里斯班機場(Brisbane Airport)、中國香港國際機場、阿魯巴王國畢翠斯女王國際機場(Queen Beatrix Airport)、美國紐約甘迺迪國際機場(JFK Airport)。RSG 通常在這些機場進行基礎設施和硬體投資，以換取穩定的股息流，以實現其股本回報。

關於 Schiphol 機場的發展歷史，講者表示此機場最初是由荷蘭軍方營運管理，在 1918 年第一次世界大戰結束後，隨即轉為民用機場，並

開始蓬勃發展。在 1920~1930 年代，機場因應民航發展需求(尤其是因應荷蘭皇家航空 KLM 之需求)，持續不斷地進行擴建，到了 1940 年代，Schiphol 機場已經成為擁有 4 條跑道的機場。第二次世界大戰期間，Schiphol 機場曾被德國占領，並暫時更名為史基浦飛行隊(Fliegerhorst Schiphol)，在戰爭期間，機場曾被炸毀，但在戰後迅速重建完成。

現況 Schiphol 機場航廈型式為類似馬靴型(Horseshoe)之配置，由串聯之航廈(視同一座航廈)將機場園區(Airport City)包圍，目前該機場有 94 個靠站停機位及 110 個遠端停機位，航廈內有超過 310 家賣店，受惠此配置，Schiphol 機場的轉機時，最短轉機時間(Minimum connecting time)所縮短至 45 分鐘。

自 1949 年開始，荷蘭政府決定將 Schiphol 機場定位為荷蘭最主要之機場，並逐漸發展為歐洲地區排名前端的繁忙機場。2022 年相關營運實績如次：

1. 旅客量 6,080 萬人次 (較前一年成長 110%)。
2. 航機起降架次 45.4 萬架次(較前一年成長 54%)。
3. 貨物量 144 萬公噸 (較前一年減少 14%)。
4. 淨收入(net turnover)14.91 億歐元 (較前一年成長 83%)
5. 營業費用(operating expense)：11.30 億歐元 (較前一年成長 38%)
6. 投資(investments)：4.44 億歐元 (較前一年減少 1%)
7. Underlying result：-2800 萬歐元 (2021 財年為-2.87 億歐元)
8. Net result：-8600 萬歐元 (2021 財年為 1.05 億歐元)
9. 貸款：54 億歐元 (2021 財年為 5400 萬歐元)

## 六、RSG 簡介 Schiphol 2050 主計畫重點

(一) 講者：Peter Toering, Program Expert Terminal

(二) 摘要：

Schiphol 機場最新的主計畫係以 2050 年為目標年，希望將 Schiphol 機場打造為全球最高水準、最高品質且永續發展之機場，並針對逐步發展至 2050 淨零碳排的過程進行討論。

在 2050 年主計畫中，特別著重於以下 4 個品質的提升。

### 1. 航空網絡的品質(Quality of network)：

(1) 此類品質是希冀提升 Schiphol 機場的連結性、刺激經濟活動以及加強機場在更廣泛的區域和全球網路中的作用。

(2) 此類品質強調機場作為連結樞紐的作用與發展，促進所有地理範圍內之連結性並刺激荷蘭全球城市區域（GCR）內的經濟活動。建議將 Schiphol 機場融入歐洲西北部的大都市系統、歐洲內部航空網絡及高鐵網絡，以及全球城市地區和航空公司/全球航空聯盟的網路。並建議持續針對機場內的基礎設施、硬體設施進行投資改善，以強化機場內部以及機場外部與其他交通運具(如地鐵和鐵路)的連結性。

### 2. 生活品質(Quality of life)：

(1) 此類品質強調發展可持續且宜居的機場環境，以提高乘客、員工和機場周邊區域的福祉，並最大限度地減少機場營運對當地區域的負面影響。

(2) 生活品質涵蓋機場環境的各個方面，包括空氣品質、噪音污染以及機場運作對周邊區域的影響。為了提升生活品質，涉及持續推動永續發展和技術、科技的提升，以減少機場的環境足跡，並提高機場附近居民和機場工作人員的生活品質。

### 3. 工作品質(Quality of work)：

(1) 此類品質強調營造高品質和永續的工作環境，為機場員工和業

務合作夥伴提供相關支援，希望能創造一個可持續和支持性的工作環境，提高員工和業務合作夥伴的福祉，同時為全體共同的成功與進步做出貢獻。

- (2) 工作品質涵蓋與機場工作環境相關的各個方面，包括員工設施、商業機會以及對蓬勃發展和永續勞動力的整體支持。它涉及創造一個支持創新、協作和經濟活動的環境，為機場及其利害關係人相關者的整體成功做出貢獻。

#### 4. 服務品質(Quality of Service)

- (1) 此類品質強調創造高品質和永續的機場服務，以滿足旅客和其他利害關係人的需求和期望，為機場的整體成功做出貢獻。
- (2) 服務品質涵蓋與機場服務相關的各個方面，包括設施品質、客戶服務和整體乘客體驗。它涉及創造一個熱情、高效和永續的環境，有助於提高乘客和其他利害關係人的整體滿意度。

講者表示，上述四個品質目標指導史基浦機場如何實現長期願景所需的規劃和具體計畫實施，為 Schiphol 機場 2050 年主計畫提供方向、為機場未來發展提供框架。舉例來說，「航空網絡的品質」著重於增加機場連結性、刺激經濟活動以及加強機場在區域和全球航空網路中的作用；這可能涉及基礎設施開發、交通聯結以及與全球城市地區和航空公司的合作。「工作品質」指導機場創造可持續和支持性的工作環境，促進創新、協作和經濟活動，為機場及其利益相關者的整體成功做出貢獻；這可能涉及與勞動力發展、商業機會和創造繁榮的工作環境相關的措施。「生活品質」指導機場努力創造可持續且宜居的機場環境，以提高乘客、員工和機場周邊區域的福祉；這可能涉及與環境永續性、降噪以及機場營運對周邊地區整體影響的相關措施。

講者在介紹主計畫的過程中，也闡述了 Schiphol 機場的角色轉變，Schiphol 機場從過去扮演荷蘭通往世界的門戶，其影響範圍先擴大至阿姆斯特丹大都會區，透過大都會交通系統（包括地鐵線）與機場連結，

發展成為航空城模式，航空城區域包括物流、貨運、餐飲、停車、辦公園區、複和式運具節點/站區等各類設施。接著再擴大至對全國、國際間的影響力，RSG 將其稱之為「荷蘭全球城市區域」(Dutch Global City Region, GCR)。RSG 認為，Schiphol 機場是 GCR 獨特且寶貴的資產，有助於創建一個強力的經濟循環，激發機場吸引力及其商業環境，最終成為永續性的複合運具聯運樞紐，促進了互聯互通，並刺激所有地理範圍內的經濟活動。

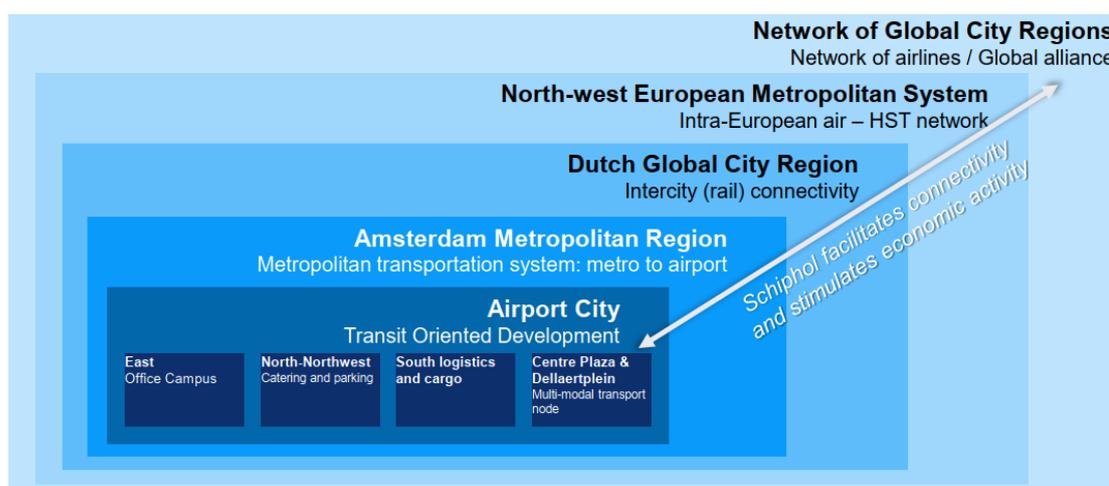


圖 17 Schiphol 機場角色轉變示意

講者也分析了 Schiphol 機場未來面臨的發展限制，包含以下四點。這些容量限制突顯了擴建、強化 Schiphol 機場基礎設施的必要性，以滿足日益增長的需求。

1. 跑道容量限制：現有 5 條提供民航跑道佈局有容量限制(每年起降容量約 61.5 萬~63 萬架次)，需要額外的容量來滿足預計增加的航機起降需求。
2. 空側場面容量：機坪及滑行道數量不足。
3. 航廈及廊廳容量不足，現況航廈年容量約 7500 萬人次，必須透過擴建，提升年容量至約 9000 萬人次。
4. 陸側運輸系統容量不足：陸路運輸系統(含軌道)容量亦需適時提升。

講者提到，為了擴增 Schiphol 機場容量，目前正在針對以下以種方

案進行評估。

1. 集中於既有航站區密集化配置(Densification of Centre)

此方案針對目前由雙滑行道系統所環繞之航站區(Central Terminal Area, CTA)進行擴建，可選擇於雙滑行道外環設置衛星廊廳和新停機坪，或是向南側、西側擴建。可採行的擴建選項包含如南側擴建並與 A 廊廳結合、新建 A' 廊廳、西側擴建與 J 廊廳結合等等。

2. 遠端衛星廊廳(Remote Satellites)

目前可供考量的區位包含利用西南的貨運區、最西側、西北、東側、等區位新建衛星廊廳。

3. 第二航站區(Second Terminal Area)

此方案涉及在 CTA 雙滑行道外環建置新航廈、停機位及聯外進出動線。目前可供考量的區位包含東側、北側及西北側等。

4. 機場群模式(Multi Airport System)

此方案是希望透過支線機場容量，如 LEY (萊利斯塔德)、RTM (鹿特丹/海牙)、EIN (埃因霍溫)、MST (馬斯特里赫特) 和 GRQ (格羅寧根)，來分擔 Schiphol 機場旅客量，然而這仍待進一步研究以確定是否可行，以及有多少旅客量可轉移到支線機場。

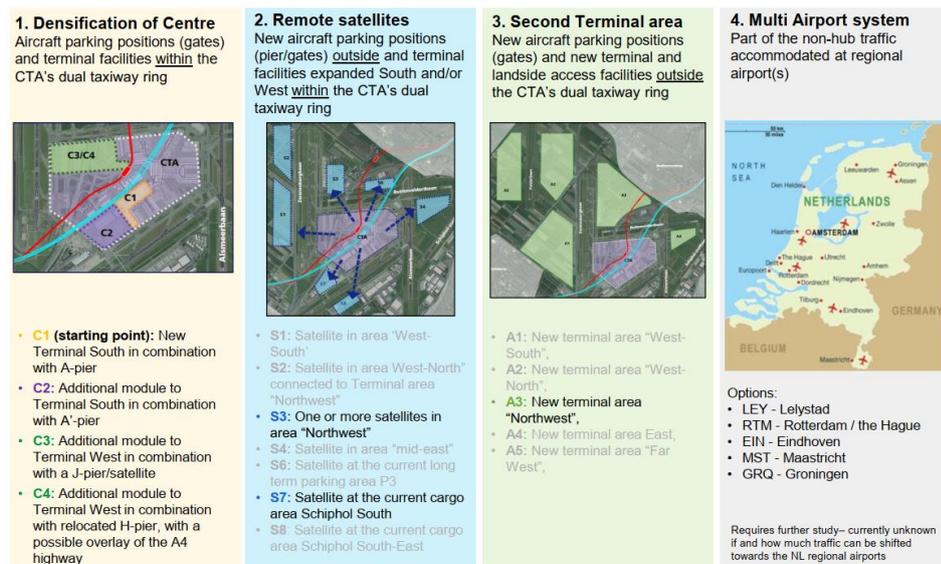


圖 18 Schiphol 機場容量擴增方案

在講者簡報過程及休息時間，本次出席人員也向講者簡要詢問有關荷蘭政府的航空政策，獲知根據該國 2020-2050 年民航政策備忘錄草案，只有在保證安全、減少滋擾和環境污染的情況下，機場才能發展。荷蘭政府認為，縱使 Schiphol 機場和其他機場為荷蘭的繁榮做出貢獻，但航空也有負面影響，例如噪音滋擾和空氣污染，這些問題必須得到解決或是緩解。荷蘭政府希望航空業安全且永續，並使荷蘭與世界主要目的地保持良好聯繫。為此，2020-2050 年民航政策備忘錄草案確定了 4 項公共利益：

1. 確保空中和地面安全。
2. 良好的國際聯繫
3. 具吸引力且健康的環境
4. 因應氣候變遷，必須為國家目標做出一定程度的貢獻。

政府未來在做出任何有關航空發展的重大決定，比如涉及航班數量、飛行路線和航機類型，政府將委託進行獨立、全面的安全分析。機場也將為空中救災救和警用直升機留出更多空間。

政府將制定一項行動計畫，旨在加速和擴大荷蘭機場與倫敦、布魯塞爾、巴黎、法蘭克福、杜塞爾多夫和柏林之間的客運鐵路連接。荷蘭航空(KLM)、Schiphol 機場、NS（荷蘭鐵路）和 ProRail（鐵路基礎設施管理公司）也將參與空鐵行動計畫。

針對講者所提到的其他相關重點，歸納如次：

1. 未來夜間航班數量將受到限制。
2. 航空業必須減少碳排放。
3. 政府希望歐盟強制實施生物燃料混合，如果不可行，荷蘭希望在 2023 年引入使用生物煤油混合燃料的國家義務。
4. Schiphol 機場附近面臨碳沉積、細懸浮微粒和超細懸浮微粒排放、噪音污染、生活品質、安全和住房等各種挑戰，這些都需要一個整合的解決方案。

5. 將研究如何將 Schiphol 機場每年航機起降架次限制為 54 萬架次。
6. 政府將設立專門基金，旨在改善 Schiphol 機場周邊的宜居性。
7. 國家公共衛生與環境研究所 (RIVM) 將研究航空超細顆粒排放對人們健康的影響。
8. 中央政府和市府衛生服務部門 (GGD) 將監測機場周邊地區之航空噪音。
9. 未來不會規劃在海上(填海造陸)新建機場。

講者在簡報過程中，在場的 RSG 同仁也連帶介紹了 Schiphol 機場近年的亮點業務，以下摘錄「自動連接空橋(Self connecting bridges)」、「理想花箱計畫(Ideal Flower Boxes)」的部分。

1. 自動連接空橋(Self connecting bridges)

為達成 2050 年淨零碳排的目標，RSG 期望機場營運也能夠有重大轉變，包含運用自動駕駛、無碳排放車輛取代空側所有車輛。為了實現此目標，第一步是建立可完全自主運作且零碳排放的空橋。針對雙空橋設施，配備了智慧攝影機技術，可以識別航機艙門，並藉由感測器，空橋會可自動移向航機艙門並與其連接。RSG 宣稱此項技術為獨一無二的，並是全球第一批建造自動連接空橋的公司集團之一。

航機於機場的周轉過程，包含旅客上下飛機、裝卸行李、加油、清潔等所需的時間；而航機在地面上的每一分鐘都需要花錢，RSG 希望航機能儘可能有效率的完成周轉過程，旅客能夠快速下機，而航空公司亦能受惠於較短的周轉時間，增加航機執飛密度。

航機周轉過程中，包含空橋連接到飛機門上，以便旅客上下飛機，RSG 的人員表示，空橋必需要能快速、細緻地與航機連接與脫離，偶一為之的空橋故障，將給航空公司和旅客帶來了極大不便。而空橋的操作需要大量的知識和經驗累積，地勤人員需要接受完善的訓練並進行足夠的定期練習。在理想情況下，經驗豐富的地勤人

員可以在 1 分鐘內完成這項工作。然而，考慮到空橋是一個巨大、極其沉重的設施，並由操縱桿控制，並非所有地勤人員都能具有相同技術水平，也無法在短時間的累積足夠達到理想技術所平所需操作經驗，有時當空橋沒有正確連接，啟動安全機制，空橋即無法運作且無法移動，並可能需要至少半個小時才能修復或排除，連帶的連鎖反應將可能造成整個空側及陸側運作延滯。

上揭原因加上 Schiphol 機場考量逐步邁向自動駕駛和作業車輛零碳排的願景，直接、見接地啟發 RSG 思考是否可以使得空橋的操作變得更容易、有沒有可能透過自動、自主（無需工作人員）且不產生任何排放地連接橋樑，所提出解決方案是否可以是一個獨立單元，能直接安裝（或應用）在既有的 133 座空橋，這樣就不必大幅度改造，避免在改造過程中限縮運作能量。

為了研究自動連接空橋，以及瞭解如果能排除人為錯誤因素(包含對應的故障排除時間)，會能節省多少時間，RSG 分析了超過 51,000 個空橋與航機連接過程，用以釐清如何製造一個自動、自主的空橋連接系統，無論天氣條件、任何營運時段、航機類型等，皆能滿足在 1 分鐘內透過空橋連接航機與航廈。

在研究自動連接空橋及將期商業化投入運用的過程中，RSG 發現市場上尚無自動連接空橋的產品。但幸運的是，RSG 的空橋供應商-中商中集天達(CIMC-Tian Da)，具有意願與 RSG 一起開發和建造自動連接空橋，RSG 同時還邀請了高科技機電公司 SIOUX 作為第三方，該公司具備影像辨識系統開發能力，可辨別機艙門的確切位置，並使用演算法來操作空橋。RSG 將三位業界先驅聚集在一起-空橋製造商、科技業者(影像辨識、光電機電一體化)及 RSG 本身，共同簽署開發協議，並以 Schiphol 機場作為測試地點。

RSG 的人員表示，在簽署上述協議的當下，RSG 即使明瞭自動連接空橋的目標，但考慮到機場是一個必須將所有風險最小化(或至

少降低至可接受程度)的環境，所有的作業必須按照標準作業程序執行，光是在開闊的道路上讓自動駕駛車輛運行就已經是很不簡單的事情，對於能否在狹隘、被限縮的空側場面，實現自動連接空橋仍抱持懷疑的態度。

依據 SIOUX 的建議，自動連接空橋必須在駕駛台安裝高畫質攝影鏡頭，用以識別飛機艙門，有鑒於 Schiphol 機場同時有來自全球各地、外觀塗裝如同彩虹般多種顏色的航機，攝影機必須能清楚辨別航機艙門，為此 SIOUX 演算法中輸入了 1,000 張影像，並透過大數據、深度學習的技術，供系統得以辨視機坪上的航機類型。

此外，攝影機必須具備各種天氣下(太陽直射、雪、霧、雨)、不能出現凝結，工作溫度涵蓋 -10 到 +70 度之間下正常工作。最終，SIOUX 不僅開發了可以識別航機艙門的攝影機，還開發了可因應不同氣候、將空橋移動端引導到機艙門準確位置的演算法(取代操縱桿)。

RSG 在 2019 年初從中集天達於中國深圳的工廠進行自動連接空橋的廠驗，包含初步的防撞、雪季測試，並對應做出必要的修正，隨後在同一年的春季，RSG 與 KLM 在 Schiphol 機場的 F 廊廳 F9 登機口進行自動連接空橋(雙橋型)的現場驗收，包含測試自動連接空橋與廊廳航機導引系統(Visual Docking Guidance System, VDGS)的系統介接與配合，廣續排除部分問題後，自 2020 年 1 月起在 F 廊廳 F9 登機口正式啟用自動連接空橋，至今 KLM 與同屬天合聯盟的航空業者航班均使用中，並為自動連接空橋的效能感到滿意。

目前，RSG 及 Schiphol 機場仍是全球唯一導入自動連接空橋的機場，它可在任何時間、任何條件下，於 1 分鐘內連結任何機型之航機，當航機停止於對應的正確位置時，空橋即為自動朝向艙門連結。雖然目前仍需要一名工作人員空橋駕駛室監控現場操作狀況，預期在可見的未來，可完全達到無需人為監控的狀態。RSG 原本預計將自動連接空橋系統應用於 Schiphol 機場的 113 座空橋，惟後續

因 Covid-19 疫情爆發，相關時程有所延後。

RSG 人員向本局人員表示，RSG 期望將 Schiphol 機場打造為 2050 年最為永續經營的機場，並期望透過善加運用機場設施服務能量、強化飛安與地安、使所有作業車輛及對應的空側作業流程朝向自動化來達成前揭永續發展目標，RSG 認為未來到了 2050 年，日常的生活相較目前肯定會有顯著的改變，屆時路面上所有車輛都會被導入互聯網技術、具備自動駕駛能力的車隊所取代，而機場的運作流程(包含航機滑行、行李輸送、旅客運輸)也一定會實現自動化。

## 2. 理想花箱計畫(Ideal Flower Boxes)

理想花箱計畫的啟動是透過導入標準化尺寸的集裝箱與托盤，來減少運輸裝箱時花箱和托盤之間的未使用空間，並提高花卉供應鏈可持續性。此計畫由荷蘭花卉聯盟(Holland Flower Alliance, HFA)資助，此聯盟是由 Schiphol 機場、荷航貨運(KLM cargo)和荷蘭皇家花卉集團之間所組成的聯盟。

這項計畫自 2018 年時啟動，HFA 針對從荷蘭阿姆斯特丹至非洲肯亞首都奈洛比航線進行為期 2 個月的第一階段試驗，試驗結果顯示，藉由導入標準化尺寸的集裝箱與托盤，花卉運輸的載運重量增加了 15%，實現了更具效率、更為永續的供應鏈運輸流程，也體現了 HFA 最初結盟的價值所在。

據 RSG 人員表示，HFA 隨後亦順利完成了第二階段試驗，並且自 2019 年開始在更多的航線導入理想花箱計畫。

## 七、Schiphol 機場的智慧方案-產業合作加速創新

(一) 講者：Mr. Peter Toering, Program Expert Terminal

(二) 概要

講者表示與其他產業相比，機場產業創新步伐相對緩慢，各國航空產業都有相似的挑戰和對營運的要求，包含提供無縫旅客體驗服務、減少對環境的影響、增進營運績效、機場容量擴增、確保機場安全穩定的運作，而最終機場的利害關係人幾乎在相同類型的飛機上為同一名乘客提供服務，所以史基浦集團致力於產業創新合作。

新冠疫情後，誰知道下一次會流行什麼病毒？疫情的影響和員工短缺進一步促使機場思考如何提高營運效率並解決人力短缺問題，讓機場未來更具韌性。史基浦集團極富野心的制訂創新藍圖，希望到 2030 年，機場能達到零排放目標，在 2050 年空側運作能完全自動化，屆時空側上所有車輛都將由自動（自主）、零排放車隊所取代，相關操作流程能實現自動化運作模式，史基浦集團目標成為世界上最永續的機場。

為實現 2050 年目標的第一步，史基浦集團研發推出完全自動化和零排放的空橋系統（Autonomous Passenger Bridges），自動空橋配備可識別艙門的智慧攝影技術，使用感測器，空橋自動向艙門移動並連接到艙門，操作員只需要進行現場安全監控，空橋自動化技術可在現行系統（空橋）中使用，不需要改造現有的基礎設施。



圖 19 Schiphol 機場自動空橋系統

RSG 致力於產業創新合作，理由如下：

- (1) 戰略價值-加速數位轉型：RSG 與許多機場、民航當局及不同領域商業夥伴進行交流與互動，從市場上獲取先進技術和數據，加速集團內部數位化轉型，空橋自動化就是一個很好的商業案例。
- (2) 商業價值-開發機場新的收入來源：RSG 為提高機場運作效率，所開創的解決方案，商業化後，將產生額外的收入來源，並重新挹注到組織中。
- (3) 品牌價值-加強史基浦機場創新機場品牌：RSG 創新的解決方案推向市場，將進一步強化 RSG 作為全球機場和航空市場創新領導者的品牌。
- (4) 員工價值-為員工提供令人興奮的工作環境：RSG 相信其團隊擁有提供商業化解決方案能力，也為集團員工帶來令人興奮的新機會。

史基浦機場過去幾年數位化轉型的努力，在 2023 年連續第 2 年榮獲「Skytrax 世界最佳機場網站和數位服務獎」，這項調查是 Skytrax 對全球 550 個機場進行的年度客戶滿意度調查，旅客將史基浦機場的網站和數位服務評為全球最佳，成功得到旅客的認同。

目前史基浦機場有 5 項經過驗證的解決方案(自行研發的創新服務)，可推廣至世界各機場，包含自助服務平台、強化停機坪周轉效能、安檢方位指派系統、自動行李掃描系統、以雷射及 AI 技術檢查停機位，分述如下：

(1) 自助服務平台(Self-Service Platform)

自助服務平台原本只是規劃取代傳統旅客諮詢服務台使用(如圖 20)，透過機場內合作夥伴回饋，RSG 將平台功能推廣到旅客手機或 iPad 上使用，現在行動服務平台已經取代了熟悉的旅客諮詢中心，RSG 希望確保旅客在遇到問題時，全天候獲得更快的服務。

自助服務平台是互動式螢幕，旅客可使用平台快速輕鬆地查找資訊，旅客只需掃描登機證，就能看到航班資訊，也可以查看常見問題，點選平面圖可找到現在的位置及找到方向，也能找尋機場內的餐廳和商店。對於更複雜的查詢，自助服務平台具有視訊聊天功能，旅客可與史基浦機場的員工進行交談。如還有需要，還可以呼叫服務人員移動至旅客的位置進行更進一步的服務(如圖 21)

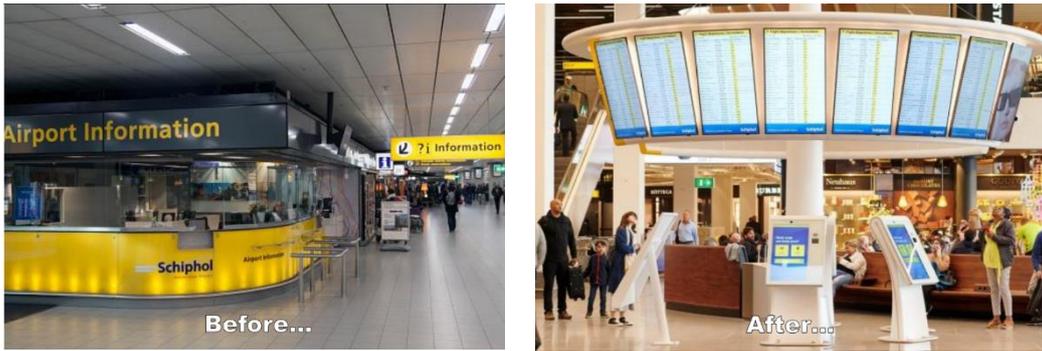


圖 20 旅客諮詢服務台



圖 21 自助服務平台視訊功能(左)、服務人員到場服務(右)

目前自助服務平台已服務超過 240 萬旅客，旅客涵蓋率約 3~6%，根據統計，90%的旅客可以透過自助服務平台解決他們的問題，10%的旅客會呼叫視訊的服務人員，以視訊的方式會面並得到幫助，僅有小於 1%的旅客會要求行動助理抵達現場尋求進一步的幫助，機場內有很多行動助理在航廈內巡視，可以很快地抵達並解決旅客的問題，幾乎使用過的旅客都對機場內各區域設置的自助服務平台感到滿意。

對旅客來說，這是一種不同的服務方式，旅客可透過行動服務平台讓旅程更輕鬆，然後當人們習慣時，實際上 RSG 認為可以透過使用自助服務獲得佣金收益，提高收入。舉例來說，中轉停留超過 4 小時的旅客，可能會預約飯店休息 1~2 小時，當這種客群藉由登機證掃描進入系統時，就有了商業市場的機會，Schiphol 機場提供轉機時間超過 4 個小時的旅客接種疫苗服務，或例如在航廈內，某些餐廳已經客滿，而其他餐廳仍然還有空桌時，旅客可通過平台資訊預訂食物，並在較短的時間

內立即至餐廳取餐，旅客對旅程有更多的掌握，將有助於真正實現無壓力的旅程。

對於老年人及身心障礙旅客，機場每個入口都可以看到電話設備(如圖 22)，RSG 稱為 PRM( Personal Remote Messenger)，近期 RSG 也將 PRM 助理整合到行動服務平台中，PRM 系統都配備視訊通話功能，視訊鏡頭都經過測試，可提供肢障、視障或聽障人士直接洽詢相關問題，旅客通過視訊與服務人員聯繫，可減少服務人員於機場內奔波。



圖 22 史基浦機場 Personal Remote Messenger

## (2) 強化停機坪周轉效率 (Deep Turnaround)

Schiphol 機場非常繁忙，刻正面臨重大挑戰，航班延誤讓機場、航空公司及地勤公司造成財務上的損失，跑道及停機坪容量限制，RSG 希望能優化跑道與停機坪的使用，但機坪運作流程涉及許多利害關係人，而這需要機場、航空公司及地勤公司互相配合。

根據營運數據顯示，RSG 觀察到疫情後(2022 年 4 月起)航班準點率下降，機坪上正發生一些事情，但機場管理端卻無法掌握，RSG 有很多進場的數據，但航空器停在機坪那時起，運作情況就變得模糊了，沒有任何數據可以知道航機加油需要多長時間，或相關地勤作業需要多久時間，因此，RSG 希望獲得

更多實地情況的數據，確保機場端對地面操作流程有更多的了解，並改善流程使其更具可預測性，減少發生延誤情形，同時提高準點率。

RSG 在每個停機坪左右兩側分別安裝攝影鏡頭，每 5 秒鐘將照片發送至雲端，運用 AI 影像處理，判斷地勤開始進行與結束的作業時間並進行時間標記，AI 模型可區分 30 多種地勤處理流程，並將所拍攝影像轉換為數據，即時數據進行歷史分析，於監控面板產出預測地停時間，訊息將提供給終端使用者(如圖 23)。延遲作業時間經由預判，即時採取行動可獲得改善，RSG 的創新方案就產生了價值。Schiphol 機場具備足夠的能力能對每個事件(停機坪的作業)確實地掌握，有助於持續改善地停運轉效能，RSG 已將創新方案所蒐集的資訊整合到 Schiphol 機場的既有系統和 CDM 網站中，與機場合作夥伴分享。

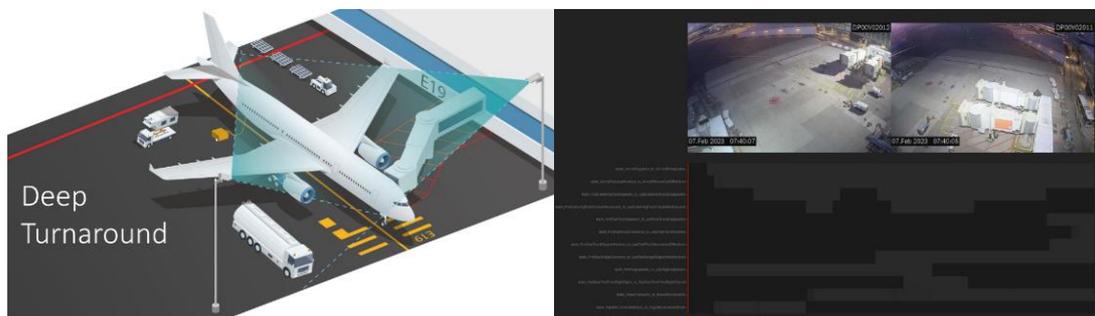


圖 23 史基浦機場 Deep Turnaround

通過 AI 模型，可從圖片和攝影機轉化的數據進行預判，「預測」指標代表地勤處理時間，通過分析可以知道(事先規劃)安排的時間及實際作業時間的差距，隨著時間的推移變得愈來愈準確，因此機場管理者可以看到時間延遲來自哪些結構性問題，更準確的掌握停機坪上即時發生的事情，與地勤人員溝通，採取相關行動，確保航機能在目標時間起飛，相關數據也可作

為事後檢討的寶貴資料(如圖 24)。

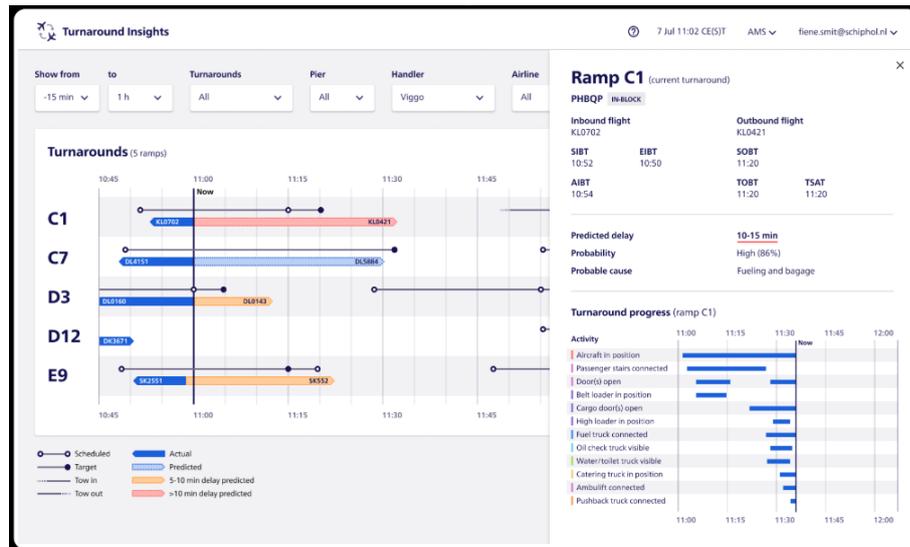


圖 24 數據分析預測地勤作業時間

即時監控的原始數據和每個停機坪上的營運數據，RSG 提供 API 與航空公司共享，讓航空公司可以免費使用它，瞭解他們航班周轉情形，這有助於機場提升整體周轉效能，也有助於機場面對安全及環境挑戰。

就成效部份，依據講者表示共有以下 4 點

- A. 提升跑道使用率：當預測地停準備時間結束前 10 分鐘，地勤作業尚未完成，監控面板會顯示紅色警訊，當周轉時間延遲，航管系統中的預定時間尚未更新即時資訊時，地面數據可提供航管人員即時調整管制作業，有效提升跑道使用率。
- B. 提升停機位使用率：更精確的掌握航機後推時間，機坪協調員也可減少航班間緩衝時間，提升停機位使用率，也減少登機門在最後一刻變更的情況。
- C. 有效地執行地勤合約：精確地紀錄延遲時間，可準確地設定地勤服務 KPI 並進行監控，減少地面作業延遲有助於改善潛在罰則。
- D. 地面操作流程更加透明：RSG 與機場夥伴(利害關係人)間

溝通也更加透明，無須爭辯或討論延遲發生在哪個環節，當航空公司為了使用費用提出疑問時，也可透過地面影像確認使用設備或裝備，支付相關費用。

自 2022 年第 4 季起，航管員、地勤操作員、機坪協調員、油商、營運管理者和其他機場，已準備好透過 RSG 的創新方案提升地停周轉效能，RSG 知道其他機場同樣面臨類似的挑戰(地停延遲)，相信這項創新方案能對許多機場帶來實質性的幫助。

(3) 安檢方位指派系統(Position Assignment System)(講者簡單概述，正在發展中的系統)

旅客排隊通過安檢，可能會因為不知道怎麼做或排哪邊而增加了等待時間，降低了安檢通行量，進一步可能需要開闢更多的安檢通道，需要更多的安檢人員，對於這種突發不確定性，保安人員排班成為令人頭痛的問題，史基浦機場研發安檢方位指派系統運用智慧感測器偵測及演算法，引導旅客找到通過安檢的最快路線，提高安檢通道利用率與通行量，並將員工適當地分配到安檢通道中，協助保安人員克服非預期的尖峰，減少對傳統保全人力的依賴(如圖 25)。

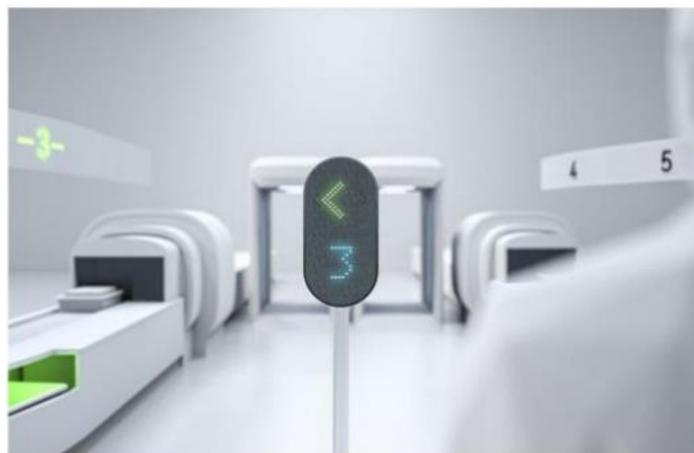


圖 25 安檢方位指派系統

(4) 自動行李掃描系統(Automated Baggage Screening)

史基浦集團目前正和一家安檢科技公司 Pangian 合作開發一種快速、安全檢查手提行李的新方法，這項藉由 AI 科技驅動的新技術幫助旅客更快通過安檢，旅客無需再將筆記型電腦或化妝品從隨身行李中拿出來檢查，也不會影響安全。目前史基浦機場與 Pangian 合作研發的系統已達到 90% 自動化行李掃描，增進安檢檢測、減少對人力資源的依賴，也提供友善的旅客體驗(如圖 26)。



圖 26 手提行李自動掃描

(5) 以雷射及 AI 技術檢查停機位：

經過成功試驗後，史基浦機場現正與 Mavisoft, SWIC, VolkerInfra 夥伴展開為期 5 年的合作-以雷射及 AI 技術維護停機坪道面，運用雷射方式檢測道面威脅，並以數位孿生技術模擬道面使用情形，從機場營運財務觀點來看，最大的支出是資產管理，這項創新方案最大的好處是延長道面混凝土使用壽命，舉例來說，更新一座停機坪需要花費 150 萬歐元，而實際上若能將道面使用壽命延長 4% 到 6%，如果有數個停機位，這意味著每年只需要一些維護支出就可以節省數百萬元。這項創新方案同時也降低道面檢查對營運產生的干擾，減少停機坪停機時間，且檢查範圍 100% 覆蓋停機坪區域，後續追蹤也不需要太多的人力(如圖 27)。

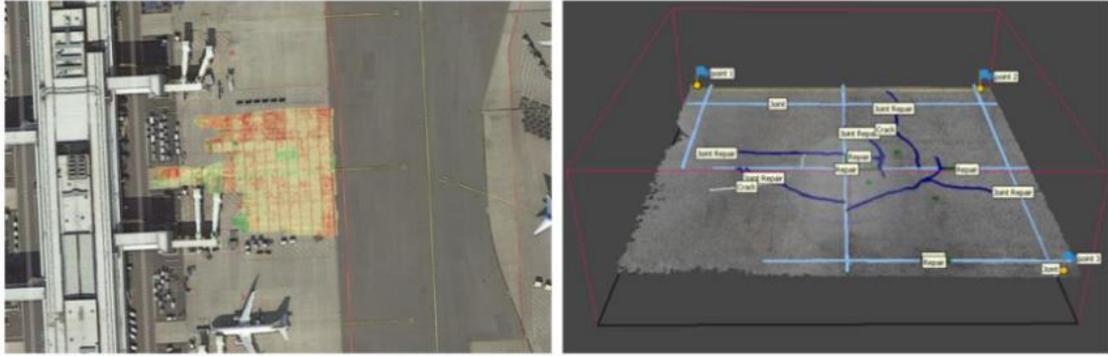


圖 27 停機坪道面檢查

## 八、Schiphol 機場永續發展藍圖

(一) 講者：Mr. Marcel Stroop, Mr. Bas Schepers, Schiphol Airport Group

(二) 概要

RSG 以成為最具永續性的機場為願景，創造世界最永續及高品質的機場，包含創造更佳的服務品質、工作品質、生活品質及數位(網路)品質，基此制定 2030 永續藍圖，內容如下：

### 1. 能源目標-2030 年淨零碳排

包含空側地勤裝備及地面支援車輛零排放、逐步淘汰天然氣並提高能源效率、提供有效率的電網、提供相關充電設施、機場建置太陽能系統、100%荷蘭風力發電等行動方案。

### 2. 永續航空目標-二氧化碳減量排放至 2005 年水準

包含在荷蘭實現添加 SAF14%並優化空側作業程序、航空公司機隊更新、優化飛航服務、研發電力及氫氣(能源)與建置基礎建設、刺激並鼓勵有效率且乾淨的聯外運輸(例如連接跨國間火車、大眾運輸電動化)、在旅客體驗中增進對永續意識的提升等行動方案。

### 3. 循環經濟目標-2030 年零廢棄物

包含垃圾最少化、垃圾分類及升級再造、使產品與材料導入循環設計概念，讓其具有恢復性及再生性，重複運用於下一個生命週期中，保持最高的效用與價質等行動方案，講者分享循環經濟示意圖 (如圖 28)，並特別舉例運用廢棄機棚拆卸材料重新建造的公車轉運站(如圖 29)。

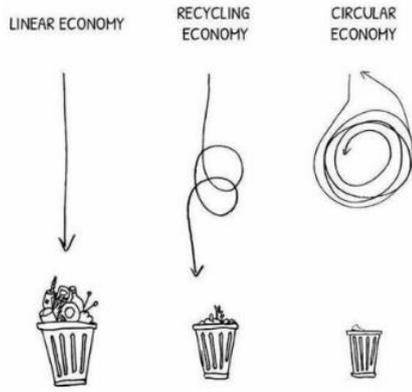


圖 28 循環經濟示意圖



圖 29 重新運用機庫廢棄材料建造  
公車轉運站

4. 社區目標-到 2030 年增進社區與機場間取得平衡

包含透過降低環境影響來改善社區(活動區域)空氣品質與降噪，並保持建設性的對話，以確保鄰居的福祉及支持，提供包容、多元且積極的勞動場所、創造有機場且增進生物多樣性等行動方案。

史基浦集團依據 2030 永續藍圖之目標，推展各項行動方案，架構如下(如圖 30)，並每季檢視各行動方案執行進度，以確認實現最永續的機場。

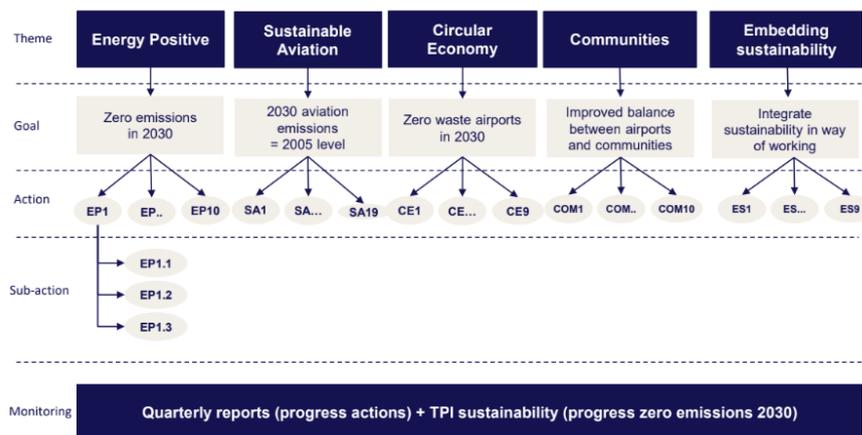


圖 30 史基浦集團發展 2030 永續藍圖架構

5. 鬱金香聯盟(The TULIPS consortium)-加速打造更永續的航空產業

鬱金香聯盟係一個由皇家史基浦集團帶頭的聯盟組織，由 29 個團體組成，聯盟通過機場、航空公司、知識機構和產業夥伴的合作，

致力為永續航空做出重大貢獻。目前歐盟委員會提供鬱金香聯盟 2,500 萬歐元的資金，該資金是歐洲綠色協定的一部分，旨在透過開發和實施創新解決方案，期望向低碳交通的轉型做出貢獻。

鬱金香聯盟計畫在 2022 年至 2025 年間執行創新示範計畫和研究，將有助於實現 2030 年零排放和零廢棄物，並在 2050 年實現航空淨零碳排。目前已在史基浦機場進行 17 個示範專案，由 28 個合作夥伴共同執行，並由皇家史基浦集團作為聯盟協調員，透過監控等評估方式支持並制訂 2030 年歐盟轉型藍圖，鬱金香聯盟獲取的相關知識和創新方案將轉移到其他歐盟機場。

#### 6. 史基浦集團推展永續發展：

史基浦集團相信每位同事都可以在他/她的日常活動中為永續發展做出貢獻，所以皇家史基浦集團沒有一個永續發展專責部門，而是將永續觀念融入組織與決策中，因此內部作業程序對於推展永續發展至關重要，例如史基浦集團在採購方面，所有大型合約(歐盟招標)都納入永續指標，以更有力執行合約管理，另外改變專案工作方式，聚焦循環施工原則，落實 ESG 及報告框架等，把永續觀念落實在工作每個環境與生活當中。

## 九、慕尼黑機場的智慧方案-數位(轉型)計畫

(一) 講者：Ms. Sabine Ludwig, Digital Transformation Management, Munich Airport Group

(二) 概要

以旅客的角度來看，數位化具有巨大的潛力，在幕後(機場營運背後)也是如此。當慕尼黑機場與航空公司等合作夥伴談論時，其發現了從旅客抵達機場起到登機、入境到離開機場及機場本身運作流程，很多環節都有數位化的可能及需求(如圖 31)。

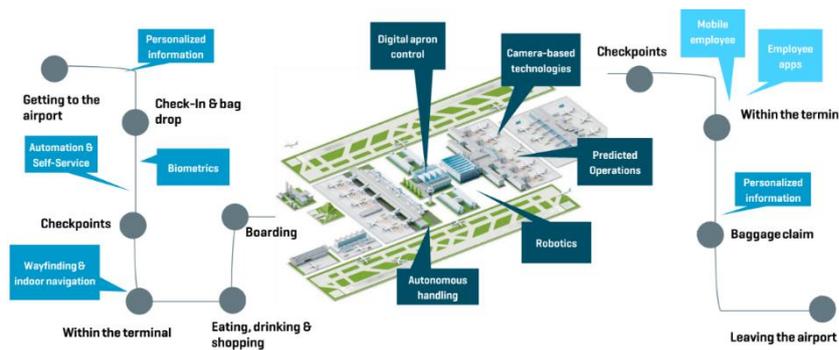


圖 31 機場營運及旅客旅程數位服務需求

講者表示自己來自慕尼黑機場一個去年剛成立的數位專案團隊，數位化方向包含持續建置資料庫、步驟及工作流程自動化、優化產品及商業模式、增進員工及顧客滿意度、增加額外的收入及減少支出等，數位化是一項跨領域的主題，必須突破單位間本位主義的組織文化(穀倉效應)，由跨職能的團隊組成運作才會成功；跨組織的數位團隊可以打破部門間隔閡(任務編組)，藉由彼此交流，提升不同部門專業領域的業務透明度，確定方案的優先次序，專注解決核心問題，實現合作價值。

慕尼黑機場自 2022 年 9 月 26 日起成立數位專案團隊，專案團隊目前有 96 名成員，分為航空領域、商業及行銷、智慧城市、職場及工作環境、數據分析等 5 個數位化發展主題。

講者舉例分享商業行銷案例，數位化如何提升旅客體驗？透過與不同商業夥伴的合作，取得不同平台(網路)旅客設定資料及過往購物經驗(瀏覽紀錄)，將不同資料庫結合，當旅客與機場接觸的過程中(瀏覽網站)，透過過去的消費經驗提供更進一步的服務，主動推播相似產品給旅客，提升旅客消費力或發掘潛在客群，數位化過程提供客製化服務(差異化行銷)，滿足旅客需求的同時，也增進機場收入。

## 十、慕尼黑機場之機場規劃(主計畫)重點

(一) 講者：Dr. Lutz Weisser, Managing Director

(二) 概要：

本場次由慕尼黑機場有限公司總經理 Dr.Lutz Weisser 博士親自簡報說明，Dr. Weisser 認為機場規劃(主計畫)、場站設施(如跑道、滑行道、航廈、貨運站等)的規劃與設計直接並高度影響機場業務，它們決定了機場的服務品質、營運效率，甚至財務健全與否，對於機場業務的永續發展至關重要。

Dr.Weisser 認為機場規劃涉及一系列的關鍵參與者，包含機場營運管理者、航空公司、行銷與商業專家、ORAT 團隊、市場調查專家、交通顧問、駐站單位等利害關係人、規劃設計顧問(主計畫顧問、航站設計專顧、建築師及土木工程師等)。而場站設施的設計，必須考慮流程品質(Process Quality)、系統效率(System Efficiency)和低營運成本(Low Operation Cost)，並且能以較低的投資、較快速的回收投資成本、最快完成施工、儘可能快速投入營運的方案為優先考量，以確保旅客和客戶(如駐站單位等相關利害關係人)的高度便利性。

在機場規劃中，Dr.Weisser 提及「容量平衡(Balance of Capacity)」是機場規劃的黃金準則，此原則是維持機場高效運作和適應客運量波動的關鍵，尤其是對於建置功能完善且適應性強的機場基礎設施至關重要。此原則強調所有機場處理流程(包含空側、陸側)應能滿足相同的容量，每個機場環節、設施都應遵循此原則，透過確保所有機場環節、設施的設計符合相同的容量標準，機場可以有效管理旅客人流、優化資源配置並維持高水準的服務品質，並得以保有靈活性和可擴展性，以適應需求和要求的變化。

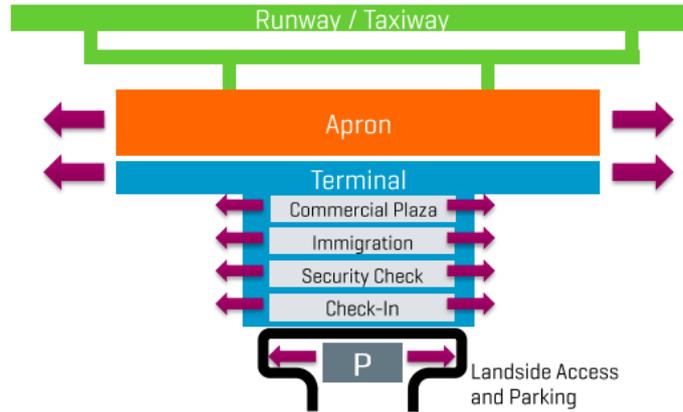


圖 32 機場容量平衡準則應涵蓋項目

針對機場的服務範圍部分，Dr.Weisser 認為是機場規劃的重要面向，服務範圍指的是機場主要服務旅客所在的地理區域，通常由交通時間定義之。以慕尼黑機場為例，服務範圍是跟據旅客到達機場所需時間而定義，並根據交通時間進行分類。慕尼黑機場的服務範圍共分為四類：0 至 60 分鐘、61 至 120 分鐘、121 至 180 分鐘及 180 分鐘以上。服務範圍會是機場規劃中的一個重要考慮因素，因為它有助於確定潛在的旅客基礎以及應提供的服務和設施的類型。透過瞭解服務範圍，機場可以根據乘客的特定需求和偏好客製化服務和設施，機場可以製定有針對性的策略，以提升整體旅客體驗，優化資源配置，提高機場在其服務區域內的競爭力。

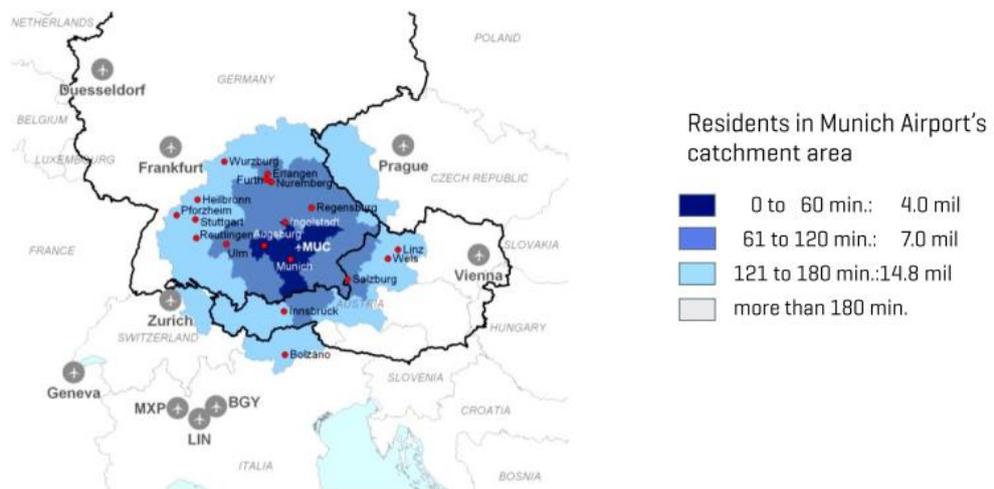


圖 33 慕尼黑機場服務範圍界定

為了供機場規劃及場站設施設計參考，慕尼黑機場會定期針對旅客的旅次目的進行調查。慕尼黑機場將旅客旅次目的區分為「休閒」、「商務」、「探親訪友(Visiting Friends and Relatives, VFR)」。這使得機場能夠根據每個旅客群體的特定需求和偏好安排所需服務和設施。例如商務旅客可能需要使用會議室和商務休息室；休閒旅客可能會優先考慮購物和餐飲選擇；VFR 部分可能需要不同的服務，例如適合家庭的設施和交通選擇。透過了解每個旅客群體的不同需求和偏好，慕尼黑機場可以製定有針對性的策略，以提升整體旅客體驗，優化資源配置，提高機場競爭力。Dr.Weisser 認為這種細分方法對於創建功能良好且適應性強的機場基礎設施至關重要，該基礎設施可以響應不斷變化的需求和要求，同時保持營運效率。

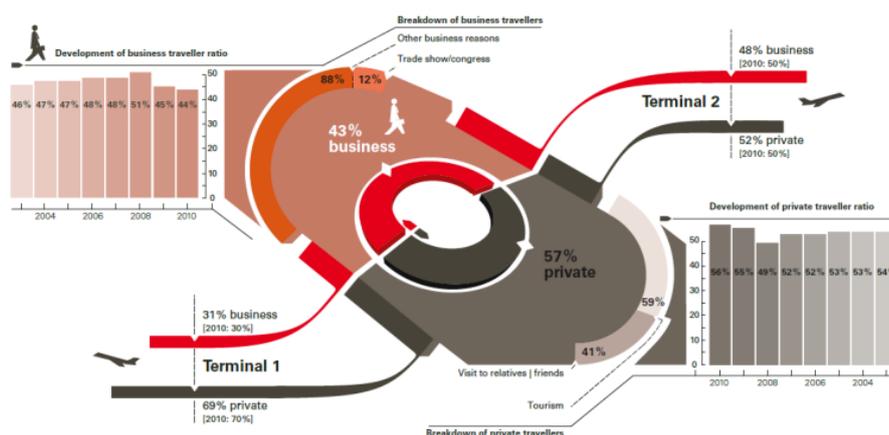


圖 34 慕尼黑機場旅客旅次目的界定

Dr.Weisser 也提及運具分配比例(Modal Split)分析可以深入瞭解使用各種運輸方式(例如小客車、大眾交通運輸工具和其他運具)的乘客和貨物的百分比。瞭解運具分配比例對於機場規劃和場站設施設計至關重要，因為它有助於評估不同交通模式的需求並優化機場的連接性和可及性。透過分析運具比例，機場管理當局可以製定策略來強化大眾運輸系統基礎設施、停車設施和其他交通服務，以滿足旅客和貨運的需求。運具分配比例之分析，也可透過促進公共交通的使用和減少對小客車的依賴，進而支持永續交通規劃和環境考量。整體而言，運具分

配比例分析對於優化機場的交通基礎設施並確保旅客和貨物的高效連接至關重要。

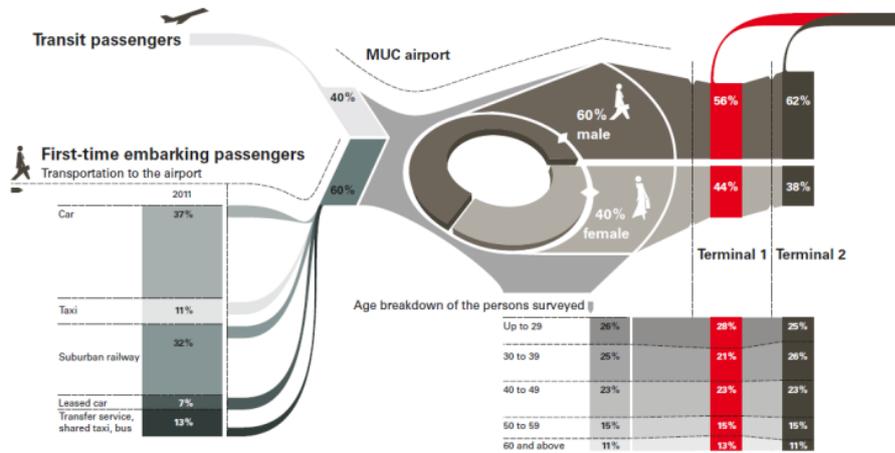


圖 35 慕尼黑機場旅客運具分配比例分析

目前慕尼黑機場提供飛往德國境內、歐洲(短途、長途)、北美、亞洲地區之航班服務，機場的尖峰時段共有三個：中午、傍晚、夜間。Dr.Weisser 認為機場的交通量結構(Traffic Structure)、尖峰性對於機場規劃和場站設施設計也很重要，因為它有助於評估對不同服務和設施的需求。例如，在尖峰時段，機場可能需要提供額外的報到櫃檯、安全檢查站和行李處理設施，以適應增加的旅客流量。交通結構也影響機場的交通基礎設施，例如停車設施和公共交通服務。透過了解交通結構，慕尼黑機場可以製定有針對性的策略來優化其服務和設施，改善旅客體驗，並增強機場的競爭力。

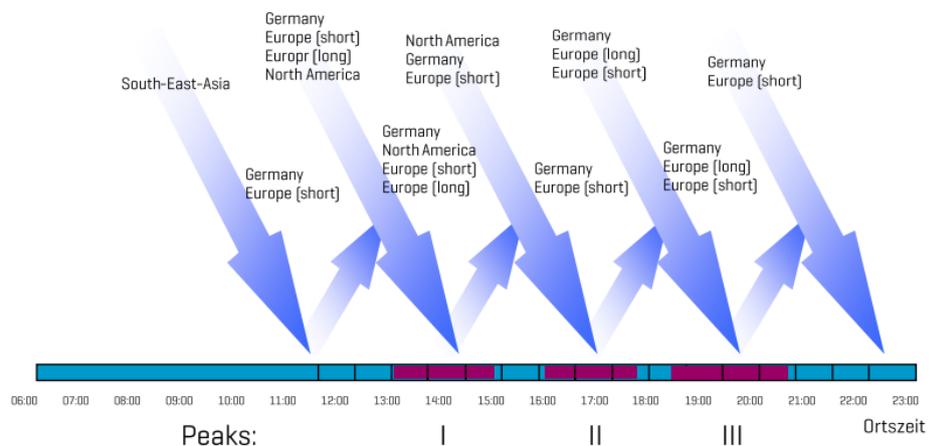


圖 36 慕尼黑機場尖峰性分析

關於慕尼黑機場最新主計畫(Blackplan 2035+)，按 Dr.Weisser 分享，是以機場的陸側中心區(Land-Side Central Area)為主軸出發的規劃，內容除包含前述的旅次目的調查及運具比例分析外，也分析未來成長趨勢、機場內行人流量、公共交通連接（例如 S-Bahn 和火車）、長途列車路線和與機場西側、南側、北側地區的連結。此外，這份規劃還涵蓋非航空基礎設施、供應和處置系統、旅客和行李輸送以及高效能的停車場管理和旅客停車策略。這期規劃全面體現了慕尼黑機場承諾致力於解決陸側層面的課題，以確保高效營運和無縫旅客體驗。

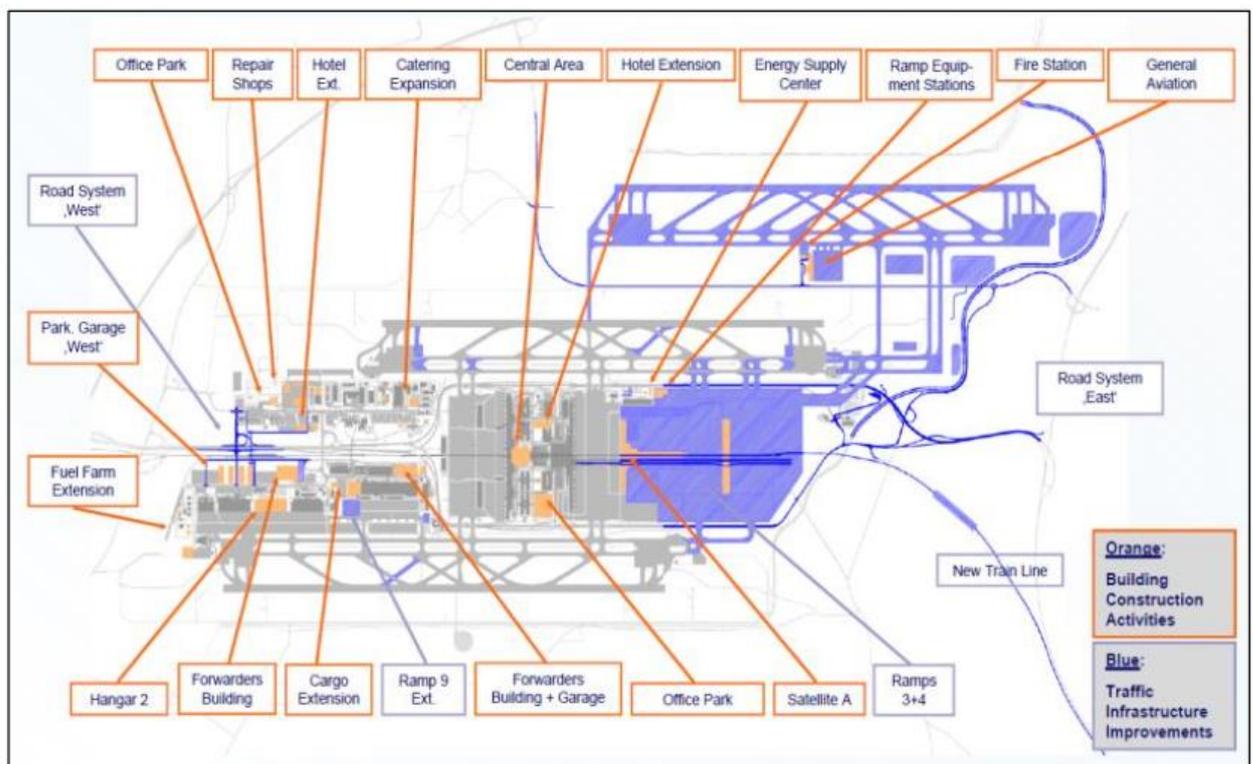


圖 37 慕尼黑機場主計畫配置

Dr.Weisser 認為是慕尼黑機場的陸側中心區是整座機場的核心，也是旅客和行李流動的主要樞紐，它能串連二座航廈，藉由對其精心設計與規劃，能確保其高效運作、增強乘客體驗和適應未來成長。慕尼黑機場第 2 航廈及衛星廊廳的擴建確實增加了機場的容量，但仍須仰賴陸側中心區串聯與精心設計，俾支持容量的擴增。針對中心區的發展

包括優化陸側連接、改善公共交通、擴大停車設施以及加強非航空基礎設施。中心區的精心設計對於機場的競爭力及其吸引航空公司和旅客的能力也很重要。

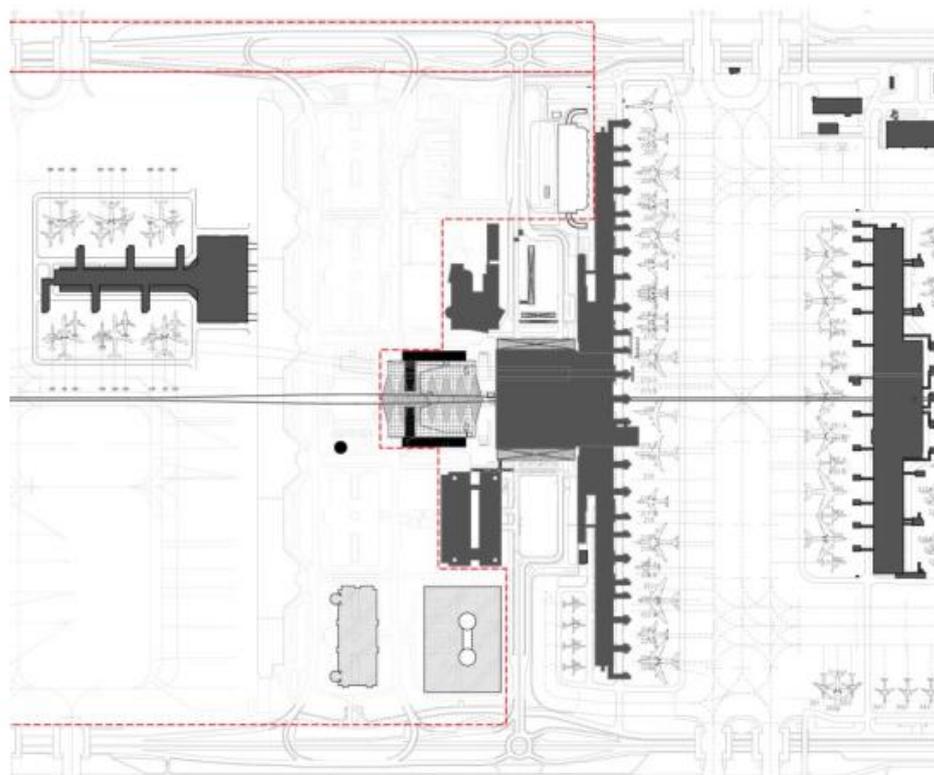


圖 38 慕尼黑機場陸側中心區域

Dr.Weisser 提到，慕尼黑機場是歐洲地區的標竿機場之一，針對陸側中心區的詳加規劃是維持這一地位的關鍵因素，也是機場長期永續發展的重要面向。在這期主計畫中，中心區是各種關鍵功能的樞紐，包括旅客和行李流、公共交通整合、城市規劃和非航空基礎設施。中心區的發展策略對於確保乘客獲得無縫且有效率的出行體驗，以及優化供應和處置、停車策略以及交通系統整合等營運流程至關重要。此外，中心區在塑造整體機場體驗、促進機場五星級地位並符合機場 2030 年及以後的長期願景方面發揮關鍵作用。因此，本期主計畫也概述了中心區的具體目標，包括明確的空間分佈、中心性和聯外運具轉乘，這些目標將透過實施對應策略來實現。

Dr.Weisser 提到目前慕尼黑機場旅客使用大眾運輸比例在歐洲機

場中處於中間位置，低於荷蘭 Schiphol 機場和英國 Gatwick 機場，尤其是 Schiphol 機場提供了更為快速軌道運輸系統連結機場，目前歐洲地區機場的發展趨勢，都是針對性的改善機場與大眾運輸系統的連結性，藉此提高便利性與可及性，以利改善大眾運輸搭乘比例。

此外，Dr.Weisser 也對於慕尼黑機場的陸側道路系統規劃非常自豪，他認為簡潔、優雅的區內道路系統對於機場規劃或長期發展言是項戰略性優勢。Dr.Weisser 解釋到，慕尼黑機場內的道路系統之優勢，在於具有「備援(Redundancy)」，機場內的重要區域可分別自東西軸向、南北軸向進入，從中心區域實現有效的串聯。再藉由規劃筆直的道路、清晰的節點和指標標示，為使用者提供了方向性導引，進而為其他的土地利用創造了矩形、方正的區位空間。機場區內道路路網設計的簡單性和清晰度，也有助於提高交通流量、可及性和整體功能，符合機場的長期規劃目標，並強化在機場內部的使用者體驗。

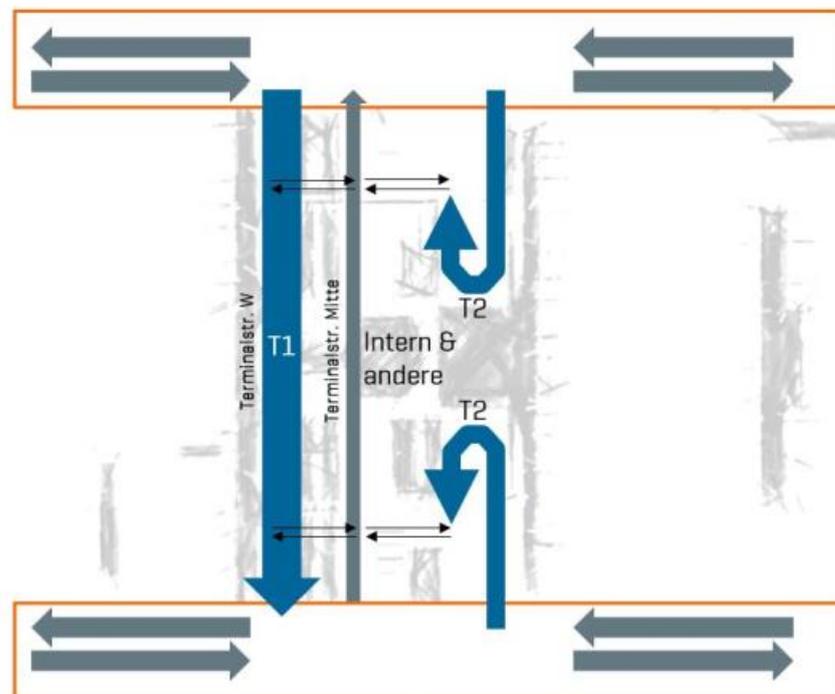


圖 39 慕尼黑機場陸側道路系統示意

出席人員在過程中，也向 Dr.Weisser 詢問未來慕尼黑機場內的道路、交通規劃目標，Dr.Weisser 認為未來的發展目標可以簡單歸納為 3 個。第 1 個目標旨在為私人運具和大眾運輸運具提供簡單、清晰的交通路線，確保高效的交通流量和可及性。第 2 個目標著重於集中化，針對出境和入境旅客車流動線特別進行優化，此一目標也包括針對公共交通、長途巴士和計程車的分別處置和集中個別的配置。第 3 個目標則是儘可能將不同交通載具(大客車、計程車、個人運具)盡可能的空間分離，以提高安全性和效率。這些目標與機場的長期規劃目標一致，旨在為旅客和機場利害關係人提供可持續、高效和友善的運輸環境。

在 Dr.Weisser 簡報結束後，出席人員也和其交流分享了我國目前機場規劃的辦理現況，Dr.Weisser 認為主計畫對於機場發展而言如同聖經一般的地位，當主計畫確定後，一般不會大幅度的調整或修訂，僅會針對其中特定的部份進行微調。就 Dr.Weisser 分享德國現況而言，德國並沒有針對整體機場的發展辦理機場系統規劃，甚至在國家級別的交通運輸政策中，特別針對機場發展的內容也不多，主計畫由慕尼黑機場有限公司集團所屬的顧問公司(amd.sigma)負責，所完成的成果不會特別對外公布。

## 十一、 慕尼黑機場的智慧方案-旅客體驗管理

(一) 講者：Mr. Andre Schunk, International Training and Consulting, Munich Airport Group

(二) 概要

講者首先介紹慕尼黑機場公司組織，旅客體驗及品質管理係由「企業發展」部門負責，但不代表他們是慕尼黑機場唯一關心旅客體驗的人，而是各部門都有與旅客服務有關的事務，「企業發展」部門係統一監管與彙報旅客體驗有關的單位，包含來自機場內部相關夥伴的回饋(如地勤、餐飲、商業服務設施業者、資訊部門...)及外部利害關係者的

審核(如 Skytrax、政府機關、地鐵公司...)

慕尼黑機場為 Skytrax 評選為五星級機場，為了確保五星級的地位，有策略性的持續改善流程，透過規劃 (Plan)、執行 (Do)、查核 (Check)、行動 (Act) 四階段，廣泛的監控服務品質，確認行動(改善)方案的優先順序，經由董事會認可後，推動品質改進措施，以確保目標達成。

慕尼黑機場旅客體驗與品質管理的方式如下：

### 1. 旅客體驗指標(Passenger Experience Index, PEI)

透過設計旅客問卷及調查，從旅客旅程每個接觸點，設定服務指標，包含航班預告資訊、抵達機場、購物、餐飲、基礎設施、數位服務、整體滿意度等，並依旅客造訪機場的目的及頻率，決定不同客群受訪比重(如 OD 申根區休憩旅客 30%、OD 申根區商務旅客 24%、轉機休憩旅客 23%、轉機商務旅客 15%、偶爾到訪旅客 8%)，藉由掌握旅客對各項服務指標的滿意度，對旅客有更深入的瞭解。

例如偶爾到訪旅客，他們搭乘阿聯酋航空 A380 頭等艙、商務艙，他們喜歡時尚旅行，所以慕尼黑機場將一些精品店移到靠近 A380 登機口的附近，也把營運辦公空間調整為阿聯酋航空頭等艙和商務艙休息室，讓這類型消費潛力的旅客可以更時尚地購物。

### 2. 機場服務品質(Airport Service Quality, ASQ)

藉由 ACI 外部評比，與同級別機場進行排名，評比結果可以瞭解慕尼黑機場和其他機場的差異，知道哪裡做得好，哪裡需要改進；除了外部評比，慕尼黑機場也進行內部人員審核，確保人員都在正確的軌道上，也對兩個航廈進行評比，經由評比發現第一航廈(南側)的旅客滿意度永遠比第二航廈(北側)來的低，分析原因主要是太陽照射的關係，讓第一航廈(南側)溫度較高，滿意度也因此較低，所以更能改進空調溫度。

### 3. 市場研究：旅客實際需求及真正想要什麼呢？

慕尼黑機場與一家商業夥伴 tobii pro 合作研究，追蹤旅客的視線，透過科技追蹤旅客關注的機場設施。此項研究在連接航廈間的地下列車進行測試，因為那裡常常有旅客抱怨標誌不清楚，藉由這項測試，可以得知旅客的感受，改進了尋路標誌，讓旅客不再迷茫。

為了真正瞭解旅客旅程和心情，慕尼黑機場也通過訪問追蹤旅客，嘗試理解旅客旅程中的需求與心情變化，進而提出改進措施。

#### 4. 旅客意見管理

針對旅客回饋意見，慕尼黑機場主動進行數據統計與分析，瞭解運量與服務品質的關聯，或季節性發生的問題，正視旅客抱怨帶來的負面影響。

針對如何提升旅客體驗，講者分享慕尼黑機場採行方法如下：

##### 1. 連結生活

位於兩座航廈間的屋頂戶外廣場，成為慕尼黑機場與當地互動、地方連結，提供最好的空間，於此舉辦了啤酒節活動、大型音樂會、聖誕市集、運動賽事，為慕尼黑機場創造了更多新的旅客體驗，增進機場形象(如圖 40)。



圖 40 慕尼黑機場航廈間廣場舉辦各類活動

##### 2. 舉辦服務相關課程、工作坊

不僅是一線員工，每位員工都與旅客有某種關聯，機場服務品質取決於每位員工，每個人都能為機場做出貢獻，慕尼黑機場定期舉辦培訓課程，讓學員扮演客戶角色，增加機場員工對內、外部客戶服務的認識，提高服務人員的意識。

3. 與機場夥伴及利害關係人共同提出滿足旅客需求的服務措施
- (1) 清潔日-依據需要進行清潔：講者分享清潔人員在她的工作期間，每天會固定進行幾次的清潔，清潔重點為所有區域，經由清潔日從中得到新發現，重新安排清潔區域，這樣清潔人員不需要一直來回走動，一直在打掃，而是依據需要進行清潔，在重點區域或人流較大的地區加強清潔。
  - (2) 旅行膠囊(napcabs)：轉機旅客可能會有 6 到 8 個小時的中途停留時間，慕尼黑機場於航廈(管制區)內提供膠囊旅館，讓旅客可輕鬆在兩個航班之間休息。
  - (3) 會面室：如果來德國慕尼黑的目的只是為了一場會議，那麼可以思考在轉機區設置會面室，讓旅客不用浪費 40 多分鐘前往市中心開會，而在管制區內就可以完成會議，目前會面室大部分是由申根地區旅客預訂，預訂情況相當熱絡。
  - (4) 廁所翻新：慕尼黑機場發現一間舊的洗手間，就算每半小時進行清潔，也不會為其帶來更好的旅客滿意度，即便維護再好，旅客也不會再給予更高的評價，所以慕尼黑改採取的作法是針對廁所進行裝修，也導入自動偵測裝置，讓清潔人員可以知道有多少人使用過，在沒有其他人員指導下，可以(自動)知道哪裡、何時需要進行清潔。
  - (5) 航班資訊顯示系統：在航班資訊顯示系統增加了方向引導標示及預估步行時間，讓旅客更清楚知道他們需要多長時間抵達登機門(如圖 41)。

Abflug / Departures								Di 07.03.17 14:37	
Flug	nach	planm.	voraus	Check	Gate	Richtung			
Flight	to	sched.	estim.	in		Route			
UA 953	Chicago (ORD)	12:10		T2	H02	delayed			1 min
LH 2306	Amsterdam	14:40		T2	G31	boarding	→		3 min
LH 2288	Brussels	14:50		T2	G28		→		2 min
LH 2112	Bremen	14:50		T2	G14	boarding	←		3 min
LH 1644	Gdansk	14:50	15:25	T2	G26		→		1 min
AB 6036	Dusseldorf	14:55		T1 A	A21	boarding	→		20 min
LH 1988	Cologne	14:55		T2	K10	boarding	→		14 min
LH 2042	Berlin (TXL)	15:00		T2	G08	boarding	←		6 min
LH 1632	Wroclaw	15:00		T2	G25	boarding	→		1 min
LH 111	Frankfurt (FRA)	15:00		T2	G22		→		1 min
LH 2074	Hamburg	15:00		T2	G18		←		2 min
LH 1638	Poznan	15:00		T2	G23	boarding	→		1 min

圖 41 航班資訊系統增加登機門方向及預估步行時間

- (6) 無障礙通用化設施：無障礙旅客或高齡者是近期快速成長客群，慕尼黑機場也提供了無障礙廁所、自助查詢機、設置相關標誌等，值得一提的是在行李提領區劃定身心障礙者專區(如圖 42)，讓輪椅旅客也可以在行李轉盤旁邊等候行李。



圖 42 行李提領區設置身心障礙者等候區

最後講者提及慕尼黑機場也有自動通關、安檢指派系統、行李自動掃描系統，第一航廈衛星廊廳預計於 2023 年底完工，年容量將增加 600 萬人，達到 2,200 萬人/年，預計將提供更極具吸引力的旅客體驗設施。

## 十二、 慕尼黑機場的永續管理

(一) 講者：Mr. Michael Obermaier, Facilities Management, Maintenance and Sustainability Consultant、Mr. Johannes Haas, Climate and Environmental Protection Consultant, Munich Airport Group

### (二) 概要

目前航空產業正努力地實現永續發展，ESG 不僅代表環境、社會和公司治理，在經濟方面也有著關鍵作用，企業責任意味著經濟、生態和社會目標的持續平衡，對慕尼黑機場來說，永續發展帶動商業模式的改變，從長遠來看，對永續發展的承諾確保了社會對機場營運的認同。社會接受度，特別是政治接受度，是慕尼黑機場作為國營公司成功的關鍵因素。

關於慕尼黑機場永續發展的里程碑，慕尼黑機場自 2005 年起致力於碳中和成長，2010 年慕尼黑機場獲得 ACA 等級三認證，並一直保持在這一級別，自 2013 年起每年公布綜合報告(未含財務性數據)，綜合報告是一份永續發展報告，如今，報告已包含財務數據，2016 年慕尼黑機場承諾到 2030 實現營運碳中和成長，為追求此一目標，編列 1.5 億歐元的預算，去實現改善機場的二氧化碳排放量和減少二氧化碳足跡，例如，高效率照明設施，2019 年慕尼黑機場致力倡議 2050 淨零碳排，2022 年慕尼黑機場加油設施獲得 SAF 使用認證，今(2023)年 9 月底或 10 月初將公布修訂之永續策略。

關於慕尼黑機場永續發展委員會，除了 CCO(Chief Commercial & Security Officer)、CFO(Chief Financial Officer)、CEO(President & Chief Executive Officer)，還有一些關鍵營業單位，例如航空管理部門、商業活動部門、機場服務部門、財產管理部門、技術服務部門等，由這些部門高階主管參與討論，並通過所有行動(執行方案)，還有企業發展部門，負責管理所有與永續發展有關的行動方案執行進度，如果需要的話，如同最近 ESG 是一個很熱門的話題，也邀請其他專家參加會議，提供

他們寶貴的建議。通過永續發展委員會運作，可以看到所有不同的關鍵領域(各部門業務)朝永續發展方向前進，行動方案執行成效會影響到年底獎金，所以，如果不執行專案，將在年底獲得較少的獎金。

有關慕尼黑機場的永續發展策略，整理如次：

## 1. 重要矩陣上的實質主題

重要性矩陣是一個關鍵工具，因為重要性矩陣確定了哪些主題與機場營運最相關，實質主題是透過實質的調查來確定及驗證，調查每年向內部和外部利益相關者進行一次，通過與業務利益相關者會面來對不同的主題進行排名，調查結果及排名可以在年度重要性矩陣中找到，矩陣的橫軸是外部利益相關者重要性排名，縱軸是內部利益關係者的排名結果，很明顯的，「資源的永續利用」是內、外部利害關係者最關切的議題，溫室氣體排放及數位化也有著重要的排名(如圖 43)。

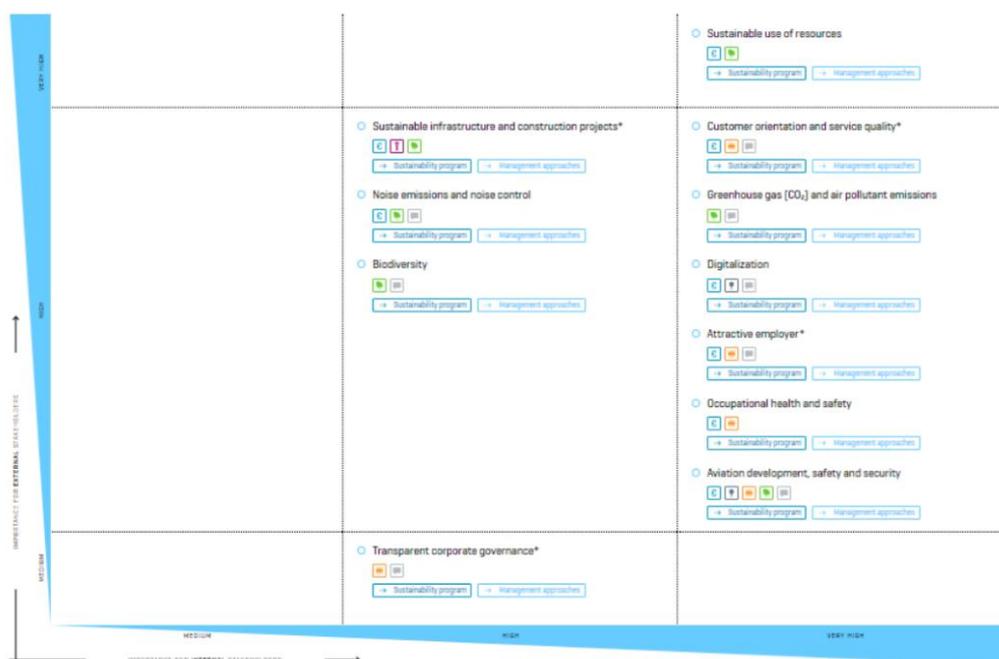


圖 43 重要矩陣決定永續發展重要議題

## 2. 具有目標及措施的永續發展計畫

永續發展計畫是每個關鍵主題都有具體的目標與措施，以及落實追蹤執行進度，經執行委員會決定及批准後，各管理人員負責執

行相關目標與策略。以溫室氣體(CO2)和空氣汙染為例，在慕尼黑機場的「綜合報告」中公開發布，監控最重要的脫碳計畫並每年更新執行進度，透過這種方式，所有利害關係者都可以瞭解正在進行的項目，也促使向內部利害關係者傳達訊息，這是處理航空業兩個最迫切的主題(脫碳和公共關係)很好的方式。迄今為止，機場最重要的脫碳項目是碳中和，這是慕尼黑機場仍在追求的目標，預計目標年為 2030 年，並與機場營運的所有利害關係者共同努力，未來更重要的主題是淨零碳排，因此，慕尼黑機場正在制訂更廣泛的藍圖。

慕尼黑機場以「溫室氣體(CO2)和空氣汙染」為主題所制訂的目標與措施如下圖 44：

Greenhouse gas [CO <sub>2</sub> ] and air pollutant emissions			
Target	Measure	End of measure	Status (%)
Carbon-neutrality by 2030	Conversion of the exterior lighting and apron lighting to LED technology	2024 [extended]	90
	Optimization of energy efficiency in existing facilities	2025	53
	Green IT: New construction of a group data center including a concept for recovering waste heat	2025 [extended]	25
	Expansion of photovoltaic systems on building roofs and ground-mounted systems at and around the airport to 50 MWp	2029	2
	Operation of the vehicle fleet with regenerative energy supply	2030	32
	Implementation of the renewable energy concept 2030 with biogas joint venture, PV expansion, PPA projects, and geothermal energy	2030 [extended]	10
	Use of air curtains to reduce heat losses	Ongoing	Ongoing
	Continuous, gradual replacement of old motors with newer, more efficient motors for the baggage handling system	Ongoing	Ongoing
	Implementation of climate protection measures with cooperative partners	Fitting of all positions near the building in Terminal 1 with Pre-Conditioned Air (PCA)	2025 [extended]
PCA systems: increase in utilization rate of T1 through scientific approach		2022	100 [completed]
PCA systems: increase in utilization rate through adaptation of rules and regulations, process optimization and communication concept		2023	3
Introduction of an incentive model in which the storage and throughput of sustainable aviation fuels is free of charge		2022	100 [completed]
Marketing of the more climate-friendly «single engine taxiing» approach between runway and parking position through adaptation of the aeronautical handbook and communication concept		2025	3
Net Zero MUC 2050	Development of a «Net Zero MUC 2050» concept based on the ACI's Net Zero Carbon Initiative	2023 [extended]	90
	Implementation of the regional project «Climate Forest MUC» through forest transformation at various locations in Bavaria with a project duration of 30 years	Ongoing	Ongoing

圖 24 慕尼黑機場針對「溫室氣體和空氣汙染」制訂之目標、措施與目標年

在圖 44 中可以看到很多措施預定完成目標年仍然在 2022 年，主要是因為機場遭逢 COVID 19 疫情影響。其中可以看到慕尼黑機場重要的脫碳措施中，還引入了一種激勵模式，永續航空燃油的儲存和運送是免費的，因此，航空公司在慕尼黑機場加油(SAF)，無需支付任何儲存費用，基本上只需支付燃料的價格。

3. 永續發展執行情形(數據)：透過各項(永續)指標透明地監控推動進度(如圖 45)。



圖 45 定期監控各項措施推動進度

4. 對慕尼黑機場及其利害關係者而言，永續發展最重要的關鍵績效指標分別為經濟面-稅前盈收、環境面-碳排減量、社會面-航班(時間)延誤頻率、品質面-旅客體驗指標，這些指標是財務與非財務的綜合表現，也特別在「綜合報告」中單獨呈現。所謂永續管理，就是識別重要課題，針對重要課題制訂永續發展計畫，然後在計畫中證明推動方向是成功的，在 ESG 報告中向投資者報告也非常重要。

關於慕尼黑機場的減碳策略，整理如次：

1. 慕尼黑機場的碳足跡盤查
  - (1) 範疇一：直接碳排放部分占 26%，來自地面車輛、機場供應能源等。
  - (2) 範疇二：間接碳排放部分占 2%，來自購買的能源。
  - (3) 範疇三：其他間接碳排放部分占 72%，包含航空公司、聯外交通車輛、第三方能源供應。

2. 慕尼黑機場 2030 年碳中和策略：實施碳減量和碳抵換(如圖 46)

碳減量占 60%，包含機場能源供應、地面運具、機場提供相關設備(施)、機場建築物，這部分希望提高能源的使用效率來改善能源消耗，這也是可以節省最多資金的地方，慕尼黑機場解決機場設施效率問題，第一步是將 LED 照明及橋氣設備引入停機坪中，還有更新行李處理系統，因為這是機場中最耗能的設備之一；剩餘 40%進

行碳抵換，包含自行發展碳權計畫、支持(巴伐利亞)碳權計畫、購買(區域)碳權，2050 淨零碳排是慕尼黑機場的下一階段目標。

圖 46 慕尼黑機場 2030 年碳中和策略



### 十三、 慕尼黑機場永續航空燃油(SAF)推動情形

(一) 講者：Mr. Johannes Hass, Flughafen Munchen GmbH

(二) 概要

永續航空燃油(Sustainable Aviation Fuel,簡稱 SAF)是化石燃料的環保替代品，SAF 不是由石油提煉而成，而是由可再生資源生產，SAF 依原料來源可區分由廢食用油提煉而成生物質液化燃料(簡稱 BtL)或利用電解製造的氫氣合成液體燃料 (簡稱 PtL)，與傳統化石燃料相比，SAF 可減少 80%的二氧化碳排放。

關於導入及倡導使用 SAF 的原因，依據 Bauhaus Luftfahrt 研究資料，2015 至 2020 間 CO2 排放量成長趨勢推估，至 2050 年要達成淨零碳排，運用科技手段可改善 22%碳排放量，藉由營運及基礎建設提升效率可減少 10%碳排，通過使用航空燃油可減碳 61%，碳權市場交易 7% (如圖 47)。

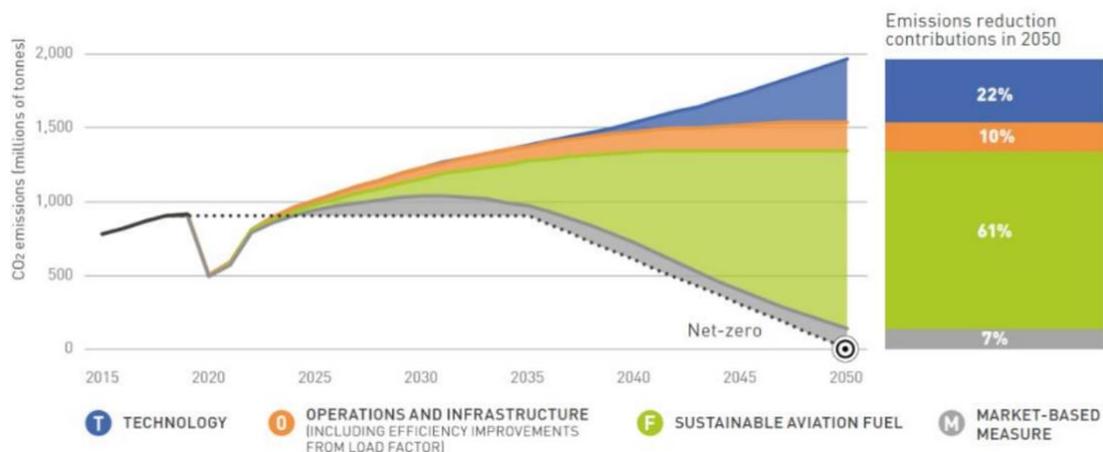


圖 47 預估 2050 通過各種手段可減少碳排

歐盟 Fit for 55 作為歐盟 2030 年減碳 55% 的子計畫，包括永續航空燃油指令，該指令目標是增加 SAF 在歐盟地區的供應及需求，要求歐盟地區的機場必須提供運送及儲存 SAF 的基礎設施，並提供混有一定比例 SAF 之航空燃油，至 2050 年逐年要求航空燃油添加 SAF 比例如圖 48。

	2025	2030	2035	2040	2045	2050
SAF	2 %	6 %	20 %	34 %	42 %	70 %
Minimum share PtL-SAF	-	1,2 %*	5 %	10 %	15 %	35 %

圖 48 歐盟地區逐年要求添加 SAF 比例

慕尼黑機場自 2021 年啟用 SAF 相關的基礎設施，允許並具備提供航空公司使用 SAF 之能力，並參與多個工作小組加速發展 SAF，特別是 PtL-SAF，這代表了慕尼黑機場對永續發展及氣候保護的明確訊號與決心。講者表示，目前慕尼黑機場係自荷蘭以火車方式運送 SAF 至德國，並由油商於機場外添加一定比例的 SAF 後，專管方式輸送至機場內存放，供航機加油使用。針對使用 SAF 的航空業者，慕尼黑機場提供激勵措施，即航空公司可以在慕尼黑機場免費存放 SAF，透過這種方式，為航空公司使用 SAF 提供了誘因。

慕尼黑機場推廣使用 SAF 的目標，包含以下：

1. 減少航空業 CO2 排放：作為航空業的一部分，慕尼黑機場致力於減少空中交通的 CO2 排放，SAF 利用現有的基礎設施且不影響航空器飛行，對實現淨零碳排目標具有很大的潛力。
2. 減少航空業非 CO2 影響：除了二氧化碳之外，還有其他影響氣候的因子，SAF 與傳統煤油相比，減少排放了懸浮顆粒，也減少了對氣候造成影響。
3. 改善慕尼黑機場當地的空氣品質：使用 SAF 作為航空燃料，可以改善空氣品質，降低煙塵、超細懸浮微粒和氮氧化物的排放。

#### 十四、 ORAT(機場營運準備與移轉)簡介

(一) 講者：Hubert Keffel, Practice Leader and Management Consultant

(二) 概要：

ORAT (機場營運準備和移轉) 是一項旨在幫助參與機場開發項目的所有利害關係者，針對順利過渡到新工作環境(或新的運作模式)做好準備的計畫，所涉及的利害關係者廣泛，包括航空公司、機場營運管理者、駐機場單位和地勤人員等。ORAT 的目標是透過主動和結構化的方法來應對適應新工作環境的挑戰和管理從舊到新的過渡所涉及的風險，幫助這些利害關係人做好營運和移轉準備。

講者認為，ORAT 是任何機場開發或重大建設的關鍵組成要素，ORAT 團隊將依據機場開發或重大建設專案時間表不斷規劃、行動、檢查和修改利害關係人的準備活動。透過提供結構化的營運準備和機場營運轉移步驟，可以確保所有利害關係人為過渡到新的工作環境做好準備；這包括還審查可用的文件和程序，評估設施施工場地和系統，分析利益關係者並確定對應聯絡接口，並在必要時更新或開發目標標準操作程序和機場運營概念。此外，ORAT 團隊有時也制定了「舊到新」的過渡概念，協調建築保護措施，支持利益相關者轉移活動的準備，並協調搬遷以確保平穩過渡。最後，ORAT 團隊重點關注所有營運

流程的詳細定義和記錄、利害關係人之間營運概念和 SOP 的一致性、後備和業務連續性計劃的製定以及移交簡報/培訓的準備，以與利益相關者保持牢固的關係，確保從投入營運的第一天起，安全、可靠、平穩和持續性的營運。

講者在講述的過程，以新設貨運站為例，解說了 ORAT 在其中扮演的角色及目的。

### 1. 設計審查

確保未來的設施可符合營運需求，並在專案早期識別和解決潛在的不符需求問題。這個過程包括根據機場營運者和利害關係人的意見，提出創新的營運概念、審查營運模型和訂定 KPI 等規劃先決條件。根據營運需求評估計畫和設計成果，就設計成果提出修改建議並做出決策，確保及時凍結設計，以利專案能按時、按所設定預算限制進行建設。ORAT 參與設計審查過程，對於實現 KPI 也至關重要，透過採用這種方法，ORAT 團隊可以確保貨運設施的設計能夠滿足所有利害關係人的營運需求，從而順利過渡到新的工作環境。

### 2. ORAT set-up

建立專案執行規範、制式範本、統一之報告格式；與貨運站(或航廈)營運者、建設施工單位協調時間表；與貨運站(或航廈)營運者和相關利害關係人舉行啟始會議(Kick-up meeting)；規劃和調度人員，以及利用網路整合平台來管理、規劃、安排並報告整個 ORAT 專案。透過實施這些措施，供 ORAT 團隊確保必要的結構和流程到位，以促進順利高效地過渡到新貨運站設施。

### 3. 營運準備(Operational Readiness and Preparation)

此階段涉及詳細的規劃和協調，以確保營運順利啟動。這包括針對航空公司、機場管理當局和地勤人員等各利害關係人的所有營運流程的進行全面定義和記錄，用以瞭解這些流程如何對應目標設施(或

運站)的要求。講者強調，利害關係人之間的營運概念和標準作業程序(SOP 的一致性，對於完工後與營運間無縫銜接至關重要。此外，也強調制定後備和業務連續性計劃以解決潛在的中斷。

因應營運階段不可避免的人員異動，講者認為 ORAT 團隊應該要備妥在營運階段準備移交的技術手冊或說明簡報，並與利害關係人保持牢固的關係，以利於快速、實際地與相應的窗口、人口對接。

#### 4. 熟悉與培訓(Familiarization and Training)

講者表示，此階段涉及細緻的規劃和執行，以確保所有利害關係人為開始營運做好充分準備。這包括儘早確定各利害關係單位參與的人數，以客製化培訓計畫和所需時間。此階段強調接受培訓者和系統供應商之間的密切協調，以確保培訓過程、系統操作的可執行性。

講者認為，在此階段必須針對系統/設備操作人員培訓、系統/建築移交和營運開始時間表、依賴性和所肩負責任，進行精確的定義，以利於營運階段的無縫過渡。此外，講者強調與施工單位密切配合是必要的，以確保在人員得以熟悉和進行培訓，有助後續的設施移交。

#### 5. 模擬真實運作(Trial Operations - Simulating the real deal)

此階段涉及針對真實的營運狀況與情境進行模擬，以確保未來無縫過渡到新設施。講者強調，此階段最好是讓經過先前熟悉與培訓階段的人員參與，並概述了規劃契合實際運作狀況和不斷增加複雜性的基礎和進階模擬情境的必要性。講者也提到，針對這階段的模擬計畫，大多數營運管理者或 ORAT 團隊往往會忘了安排對應的後勤計畫，包括模擬所需的素材、人員、服務、餐飲與交通，以便有效地執行試驗階段；也強調了必須針對每一次的運作模擬，進行充份的事前準備和事後匯報，以利各方密切瞭解待解決問題。

## 6. 營運移轉(Operation Transfer)

此階段涉及協調從既有或舊的設施到新設施的營運移轉，講者認為此階段著重於從舊設施到新設施的過渡性，以及相關物流或後勤計畫的製定以及協調相關保護、安置措施(如針對既有的建物或系統)。

## 7. 開業(開始營運時)支援(Opening Support)

當新的設施第一天投入營運後，ORAT 必須開始針對日常營運進行監控與評估，包括追蹤和跟進未解決的問題，以及針對關鍵營運人員進行影子管理(shadow management，意即針對伴隨在旁邊觀察他/她所做的決策或操作設備的狀況)，此一階段的監控與評估結果會是最終 ORAT 報告的關鍵。

## 8. 開業後(開始營運後的後期)之支援(Post-Opening Support)

講者提到，在新的設施投入營運後，ORAT 計畫仍可再提供額外支援，以使得設施及人員更為穩定的運作，進而優化運作效率。在此階段，ORAT 扮演的角色包括檢核營運情況和提供改進措施報告，以及向管理階段層提供必要的支援和建議，講者認為，若在條件及環境許可的前提下，ORAT 團隊可以在其擅長的特定領域擔任臨時管理者，以確保設施的順利運作。

## 十五、 艾瑪迪斯針對旅客處理系統之現代化建設

(一) 講者：Mr. Daniel Lam(林志昌), Regional Sales Manager North Asia

(二) 概要：

艾瑪迪斯(AMADEUS)是一間資訊科技公司，從事旅遊及旅遊關聯的業務，包含旅遊供應商(Travel Providers)、旅遊買家(Travel Buyers)跟旅遊賣家(Travel Sellers)，是全球前十大旅遊遠見企業，目前歐洲斯托克(Euro stoxx)50 指數(STOXX50E)最大最有前途的 50 家公司之一，全球 190 幾個國家都有相關業務，員工數超過 17,000 人。

AMADEUS 自 1987 年成立至今超過 30 年，剛開始是做旅遊產品分銷系統(Global Distribution System, GDS, 應用於民用航空運輸及整個旅遊業的國際型平台服務系統，通過 GDS, 遍及全球的旅遊銷售單位，例如旅行社可以及時地從航空公司、飯店、租車公司獲取大量的與相關旅遊產品訊息，以為顧客提供方便、快捷、便利、可靠的服務)。

目前 AMADEUS 內部有一個部門是專門為航空公司提供服務，20 年前各航空公司都是自己開發自己的系統，因為成本高昂，所以目前都是使用第三方提供之系統，在我國華航、長榮、星宇等航空公司及亞洲的日本跟韓國各主要航空公司也都是使用 AMADEUS 系統去做乘客處理業務，目前全球有 110 個航空公司也都是採用 AMADEUS 系統，全球市占率超過 5 成。

目前 AMADEUS 在台灣有大約 25 人專門負責旅遊產品分銷系統，6 人負責航空公司業務，所有資料都放在雲端(Cloud Base)，每天要處理 400 萬旅客登機，每秒要處理 20 個訂單資料，Data Center 在新加坡。過去在 80 年代，航空公司通常是使用自己開發的出發管制系統 (Departure Control System, DCS) 來處理旅客的登機作業，啞終端 (dumb terminal) 用於登錄這些大型應用程序，由於技術限制，每個航空公司都必須提供自己的啞終端和連接外圍設備，因此，各航空公司很難共用同一個報到櫃檯，當電腦(PC)在 80~90 年代快速發展時，就開發出不同的啞終端模擬程序，在 PC 上登錄和使用在大型計算機上運行的應用程序，後來更發展出用於模擬航空公司 DCS 的啞終端和外圍設備 (影印機及掃描器等) 的應用程序，該系統稱為 Common Use Terminal Equipment/Emulation (CUTE)，就是現在機場所常用的 CUTE 共用報到櫃檯。

目前台灣 4 個主要國際機場都是使用 SITA 系統，現在 SITA 的架構是採用傳統方式需要建置網路機房，主要是透過每個航空公司或航空站端透過專用通訊進行連結(圖 49)，而 AMADEUS 則是採用

ACUS(Airport Cloud Use Service)：只要機場有網路(4G、5G 或 WIFI)就可以連結到雲端，透過雲端進行資料處理，連接上雲端後就是由 AMADEUS 負責處理(圖 50，雲端資料的防火牆及資安等問題也是由 AMADEUS 負責)。

## 桃園機場現有的 SITA 通用解決方案架構

CONFIDENTIAL & RESTRICTED

### 典型Common Use服務面臨的挑戰

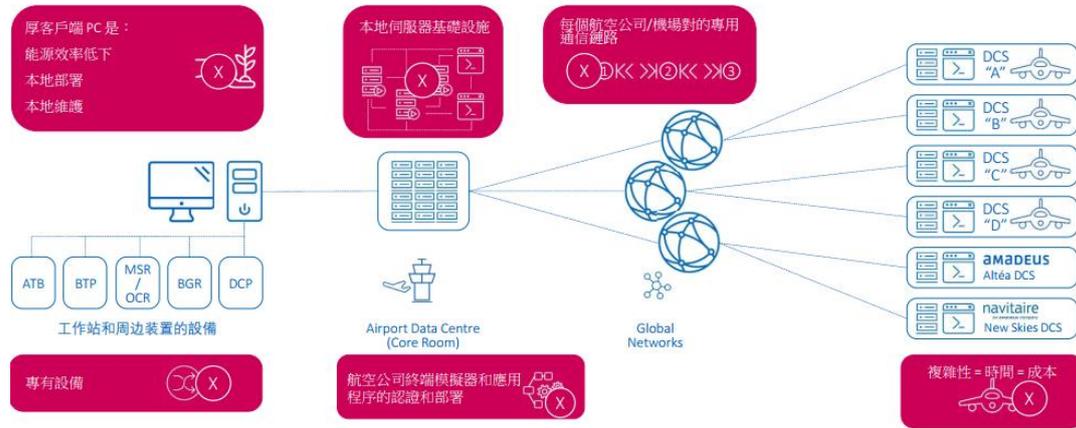


圖 49 桃園機場現有的 SITA 通訊架構

## 亞玛迪斯ACUS通用的平台

移動工作站可實現隨時隨地的旅客處理操作



圖 50 AMADEUS 的 ACUS 通訊架構

Common Use 是個虛擬平台，在任何地點只要有網路，對目前設置 SITA 的航空站來講並沒有太多的改變，系統的轉移並不需要太複雜的教育訓練，即使在外站或新機場，任何人透過 AMADEUS 的 ACUS 都可以幫忙客戶處理登機問題。

AMADEUS 目前有全系列的共用自助服務(Common Use Self Service, CUSS)，包含可以由視障旅客自行操作的設備、旅客在家辦理預辦登機作業後到機場包含自助託運行李設備(Self-Bag Drop, SBD)等自行列印行李條或登機證等自助服務及最新的生物辨識技術設備等等。AMADEUS 目前在桃園機場建置乘客處理系統(Passenger Processing Systems, PPS)，計畫於 2025 年年初將 CUTE 平台從傳統方式移轉到雲端系統，目前也在桃園機場 T1 建置 30 台自助託運行李設備(Self-Bag Drop, SBD)，預計 2023 年 10 月份上線，因為桃機目前有自己的機場營運資料庫(Airport Operational Data Base, AODB)，所以 SDB 系統並不是由 AMADEUS 處理。

目前我國 4 個主要國際機場與 SITA 系統的合約，大約自 2025 年到期，SITA 目前主要是提供共用報到櫃台系統及自助式互動式資訊機台(Kiosk)服務，但是目前 SBD 不是 SITA 的系統，這樣會造成整個旅客登機服務上不連貫；AMADEUS 建議在航空公司與 SITA 的合約 2025 年到期時可以思考建置全新且完整的 PPS，趁這個機會把共用報到櫃檯跟各項自助服務建置好，並且把生物辨識技術(例如：人臉辨識系統 Biometrics)也加進去，這部分 AMADEUS 有很多經驗可以提供參考。至於設備跟系統的收費方式，第一種是「費用補償+利潤模式」，航空站與 AMADEUS 簽約，AMADEUS 提供系統及設備給航空站，航空站支付包含後續維護費用給 AMADEUS，航空站再向各航空公司收取共用平台使用費(旅客處理費外，還包括與 SBD、OneID 等相關的成本)；另一種就是「特許經營模式」，AMADEUS 將支付所有設備及系統建置費用，航空站無需承擔任何前期投資，待設備及系統建置完成後按旅客

數量向航空公司收取費用，航空站也可以要求支付一定比例之特許權經營費給航空站。

雖然現在 AMADEUS 是用 Cloud Base 模式，但是網路基礎設施建議還是由航空站來建置，因為不只 AMADEUS 需要使用，其他設備或單位也應該會有網路使用需求；而其他像是航站端到 Cloud Base 端的部分網路系統部分由 AMADEUS 來建置，雖然有容量的要求，但不是很高，不需要 Server，維護人力也簡單，兩個路由器，其他都是透過 Cloud 服務。而 PPS 包括 CUTE 平台、CUSS kiosk 和 SBD、電子登機閘門、One ID 生物辨識功能等整套設備，如果因經費或其他考量可以考慮先選擇只做 CUTE 平台、CUSS kiosk 等部份設備就好，其他類似 ONE ID 等其他設備後續採用擴充或其他方式辦理，但是可能要將後續設備能不能跟 AMADEUS 系統連結整合的問題納進去考量。台灣方面一般是將 CUTE 平台、CUSS kiosk 或電子登機閘門系統建置及維護部分分開招標，AMADEUS 也可以配合，但是後續維護上若涉及比較關鍵技術的部份還是需要由原廠來解決會比較洽當。

## 肆、心得與建議

### 一、綜合性心得

Schiphol 機場佔地 2787 公頃，是荷蘭主要的進出門戶，擁有 5 條超過 3300 公尺長的跑道可以提供大型民航機起降，與 1 條約 2000 公尺長的跑道專門提供小型航機使用。Schiphol 機場航廈內部本身的裝修並不是特別的華麗，但是卻處處以實用為考量，大眾捷運系統出入口就設置到機場出境大廳內，讓旅客可以搭乘捷運就直接進入到史基浦機場航廈內，這次透過親身的體驗也可以感受到航廈內部各項設施都有站在旅客角度在做考量，航廈內部各項引導標誌也都簡單明瞭，讓旅客可以立即了解所引導的方向或內容，航廈內部擁有豐富的餐飲服務(如速食或印尼菜)或商業設施(賣行李箱、氣球或花的店家)，連荷蘭境內最大型的連鎖超級市場(Albert Heijn)在機場內都看的到，為出入境旅客提供多元且方便的購物或飲食服務。

由於 Schiphol 機場低於海平面，所以對於關注氣候變遷的議題也是全球各機場的領頭羊，Schiphol 機場也是最早將 SAF 作為商業飛行的機場，雖然 SAF 價格較傳統航空燃油貴，但是 Schiphol 機場基於永續發展的前提下，目前也規定從史基浦機場起飛的航機必須添加一定比例的 SAF，即便因此航空公司票價較為提高，但 Schiphol 機場也是希望透過與各航空公司的努力，為航空產業做到永續發展的目標。

德國慕尼黑機場占地 1618 公頃，擁有 2 條超過 4000 公尺長的跑道，雖然有規劃在機場區域的北部增加約 1500 公頃的土地以興建第 3 條跑道，但是因為居民的抗爭，目前推動情況並不樂觀。

慕尼黑機場擁有二座航廈，而位於兩棟航廈中間的薄膜廣場是進入機場印入所有旅客的第一印象，慕尼黑政府也配合機場發展常常在廣場舉辦各項活動(各項慈善活動甚至籃球賽)，而捷運系統也是直接進入機場內部提供旅客便捷的大眾運輸，兩棟航廈雖有新舊差異，但是玻璃帷幕的建築下內部明亮舒適寬敞，讓旅客可以方便又迅速地循著指標到達各項設備，座椅區也可以看到設置 USB 方便旅客進行充電，而在機場不遠處的 AUDI 試車場更

是讓大家眼睛為之一亮的設施，可以相信慕尼黑機場在整個慕尼黑地區已經是居民生活重要的一個交通設施，另外也參觀了慕尼黑機場的空側及 BHS，了解到慕尼黑機場在行李處理等作業，藉由 BHS 的運作，也讓出席人員對未來高雄機場新航廈設置 BHS 有進一步的瞭解。

## 二、智慧機場

相較於臺灣正在發展人臉辨識等智慧通關措施，史基浦機場的智慧方案更著重於自動化創新方案，與大多數的機場一樣，機坪地勤操作始終需要很多人力作業，疫後臺灣復甦面臨地勤人力短缺問題、少子化社會議題，史基浦機場發展空側自動化作業，包含自動空橋系統、運用 AI 及影像處理技術掌握地勤作業、檢查停機位，減少對人力的依賴，提升機坪作業效率，值得我國機場與地勤業者效法學習；史基浦機場透過跨領域與不同產業進行合作研發，導入業界最新技術，與專業領域試辦合作的方式可供各機場參考學習。

AI 技術的崛起帶領機場服務將更加智能，目前臺灣許多金融、電信業者，線上客服轉由 AI 客服提供查詢與問答服務，若還有無法解決的問題，再轉由專人線上提供答覆，機場傳統式的諮詢服務台，在史基浦機場以自助服務平台提供更多元、全面的服務，為智慧機場、精進機場營運做了很好的示範。

## 三、智慧通關

目前松山機場刻正推動 One ID 計畫，本次參訪史基浦機場與慕尼黑機場，在旅客通關流程上，兩個機場在登檢口皆僅需刷讀機票條碼(包含電子與紙本)即可進場，現場無航警等工作人員(如圖 51)。自慕尼黑機場出境(離開申根區)證照查驗，目前持臺灣護照旅客可自動通關(如圖 52)；兩個機場登機口刷讀機票條碼後即可登機，全程通關過程，僅在出入境證照查驗部分，須出示護照及採行人臉辨識，其他部分均簡化只需刷讀機票，順暢的通關流程可作為我國相關單位及機場思考精進的方向。



圖 51 登檢口旅客刷讀機票條碼



圖 52 證照查驗自動通關

#### 四、先進安檢流程

本次參訪自荷蘭離開前往德國時，通過安檢體驗了 Schiphol 機場最新開發的自動行李掃描系統，旅客隨身行李無需再將筆電及化妝品等物品從隨身行李中特別取出放置於安檢籃中，大大提升了方便性及隱私性；Schiphol 機場及 Munich 機場均正推動安檢方位指派系統，自動化引導旅客至較少人等候的通道進行安檢，減少了傳統保全人力，同時也以更科學的方式指引旅客及編排航警人力，方位指派系統偵測人流技術亦可運用於證照查驗，先進安檢流程及技術值得我國持續關注研發與推動成果。

#### 五、旅客服務

為瞭解旅客對機場服務的滿意度，各大機場常以問卷方式或定點式進行調查，惟問卷調查大多是以回收有效問卷分析，慕尼黑機場考量到旅客造訪機場的次數及目的，按旅客對機場的貢獻度，設定不同類型旅客調查比重，可更真實且深入瞭解機場客群，知道顧客需求或想要什麼，進而提供客製化服務，增加機場非航空收入。

慕尼黑機場運用兩座航廈間的屋頂戶外廣場及便捷的大眾運輸，舉辦各式主題活動，除了主動創造旅客經驗，也增進與社區連結，提供當地居民休

閒遊憩據點，為機場獲取好的評價，也額外增進機場收入，與新加坡樟宜機場星耀樟宜導入商場服務，成為觀光客必遊景點，均是很成功機場與社區連結的商業模式。

## 六、能源轉型

我國在 112 年 2 月 15 日修正「氣候變遷因應法」明定國家溫室氣體長期減量目標為 2050 年達成溫室氣體淨零排放，2022 年 ICAO 第 41 屆大會通過國際航空業長期理想目標-2050 年淨零排放，本局也於 112 年 9 月 18 日修正「民用航空運輸業管理規則」第 24 條之一及「普通航空業管理規則」第 14 條之一，以符合國際民航公約，落實國際航空產業減碳目標。本次參訪瞭解荷蘭及德國減碳策略如鼓勵使用 SAF、使用橋氣橋電、地面車輛電動化、使用綠能、機隊汰舊換新、碳抵換等，與我國推動策略實屬相近，顯示我國航空運輸減碳政策與歐洲先進國家作法一致。本次參訪自荷蘭搭乘漢莎航空前往德國，預定航班機票時，已看到航空公司除依行李重量及退換票次數提供不同的票價外，亦有提供永續飛行「添加 20%SAF 和碳抵換 80%」選項的票價(Economy Green)，提升旅客永續意識，由旅客透過票價支持乾淨的運輸方式(如圖 53)。

The screenshot displays a flight booking interface for a route from Amsterdam (AMS) to Munich (MUC). The flight duration is 1h 20m, operated by Lufthansa Cityline. The interface shows four fare options:

Fare Type	Price (EUR)	Key Features
Economy Light	179.05	Rebooking: Not possible; Refundability: Not possible; Carry-on bags: 1 x 8kg (8B); Checked baggage: None included in fare.
Economy Classic	209.05	Rebooking: EUR 60.00 per passenger plus fare difference; Refundability: Not possible; Carry-on bags: 1 x 8kg (8B); Checked baggage: 1 x 23kg (50B); Seat reservation: Included.
<b>Economy Green</b> (Our recommendation)	229.05	Rebooking: Allowed plus fare difference; Refundability: Not possible; Carry-on bags: 1 x 8kg (8B); Checked baggage: 1 x 23kg (50B); Seat reservation: Included; More sustainable flying through SAF (20%) and emissions offsetting (80%); Additional 20% status miles and 20% award miles.
Economy Flex	249.05	Rebooking: Allowed plus fare difference; Refundability: Refundable, except EUR 70.00 per passenger; Carry-on bags: 1 x 8kg (8B); Checked baggage: 1 x 23kg (50B); Seat reservation: Included; Priority boarding (where available); Earlier flight on day of travel (where available).

圖 53 航空公司提供綠色運輸票價