

出國報告（出國類別：進修）

「機場規劃訓練課程」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

林柏辰 / 薦任第 8 職等技正

余吉祥 / 薦任第 8 職等技士

派赴國家：新加坡

出國期間：民國 112 年 11 月 28 日~12 月 1 日

報告日期：民國 113 年 2 月 1 日

提要表

| | | | | |
|--------|--|---------------|----|----------|
| 計畫編號 | | | | |
| 計畫名稱 | 機場規劃訓練課程 | | | |
| 報告名稱 | 「機場規劃訓練課程」出國報告 | | | |
| 出國人員 | 姓名 | 服務單位 | 職稱 | 職等 |
| | 陳立人 | 交通部民用航空局場站工程組 | 科長 | 薦任第 9 職等 |
| | 林柏辰 | 交通部民用航空局場站工程組 | 技正 | 薦任第 8 職等 |
| | 余吉祥 | 交通部民用航空局場站工程組 | 技士 | 薦任第 8 職等 |
| 出國地區 | 新加坡 | | | |
| 參訪機關 | 新加坡樟宜機場 | | | |
| 出國類別 | <input checked="" type="checkbox"/> 實習(訓練) <input type="checkbox"/> 其他(<input type="checkbox"/> 研討會 <input type="checkbox"/> 會議 <input type="checkbox"/> 考察、觀摩、參訪) | | | |
| 出國期間 | 民國 112 年 11 月 28 日至 112 年 12 月 1 日 | | | |
| 報告日期 | 民國 113 年 2 月 1 日 | | | |
| 關鍵詞 | 新加坡樟宜機場、行李處理系統、空橋 | | | |
| 報告書頁數 | 39 頁 | | | |
| 報告內容摘要 | <p>本次出國計畫安排至亞洲地區標竿機場-新加坡樟宜機場，並由機場之管理當局，召開訓練課程，就報到櫃台、行李處理系統、空橋、空調等相關課題進行討論、技術分享及實地訓練，汲取其寶貴經驗，並由在地顧問公司現地進行解說及訓練，另由相關業界專家於當地對本局人員教育訓練，介紹機場營運準備與移轉 ORAT，冀參與同仁能達成借鏡國外經驗提升未來本局所屬各航空站新建工程及設備建置規劃之能力，對本局機場設備建設有益符合整體利益、可達成機關長遠目標，且前往機場實地訓練有足資借鏡之處，進而檢討應用於我國機場營運管理、智慧化發展規劃，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

| | |
|--|----|
| 一、 目的..... | 3 |
| 二、 過程..... | 4 |
| 三、 訓練重點彙整..... | 9 |
| 3.1 新加坡樟宜機場(Singapore Changi Airport)背景資料..... | 9 |
| 3.2 報到櫃台及行李托運系統..... | 11 |
| 3.3 行李處理系統(BHS)..... | 14 |
| 3.4 空橋系統..... | 23 |
| 3.5 空調系統..... | 28 |
| 3.6 機場營運準備與移轉 ORAT 簡介..... | 30 |
| 四、 心得與建議..... | 36 |
| 4.1 心得..... | 36 |
| 4.2 建議..... | 38 |

一、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。

另外，英國 SKYTRAX 在 2023 年的全球百大機場評比中，將全球最佳機場的第一名頒發給新加坡的「樟宜機場」，鑑於機場建設與發展牽涉層面廣泛，汲取亞洲地區同為標竿機場的發展經驗，特別針對後疫情時代的機場規劃建設內容和設計思維進行深入討論及訓練課程，這將有助於順利推進後續相關業務。

隨著疫苗普及，疫情逐漸趨緩，各國國境陸續開放，為因應後疫情時代的復甦與發展需求，國際間各機場除了持續推動各種智慧化應用發展，導入相關技術和設備外，也積極因應氣候變遷，逐步推動永續節能，並朝向淨零碳排的目標邁進，為深入瞭解國際間執行的策略、實際維護管理的經驗，拜會亞洲地區標竿機場是相當值得的，尤其在後疫情時代，對於報到櫃台、行李處理系統、空橋、空調、機場營運準備與移轉 ORAT 等課題的訓練課程，將有助於未來機場服務品質提升。

綜上，本次出國計畫安排至亞洲地區標竿機場-新加坡樟宜機場，拜會機場之管理當局，就上揭相關課題進行討論、技術分享及實地訓練，汲取其寶貴經驗，並由在地顧問公司現地進行解說及訓練，冀參與同仁能達成借鏡國外經驗提升未來本局所屬各航空站新建工程及設備建置規劃之能力，對本局機場設備建設及維護有益符合整體利益、可達成機關長遠目標，且前往機場實地訓練有足資借鏡之處，進而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。

二、過程

本次出國人員為本局場站工程組機電科陳立人科長、林柏辰技正、余吉祥技士等 3 人，自 112 年 11 月 28 日啟程，至 112 年 12 月 1 日回程，共計 4 日，其中包含 2 日的樟宜機場訓練課程及在地顧問公司現地進行解說訓練，往返 2 天的交通時間，行程表如表 2-1。

慕尼黑機場有限公司是享譽全球的機場顧問專家，本局在 112 年 9 月曾派員參訪慕尼黑機場，同時拜訪該公司，建立了良好的聯絡窗口，值得一提的是，該公司亦為本局高雄國際機場新航廈工程第一期建設計畫專案管理之協力顧問，且在新加坡成立了分公司，因此，此次前往新加坡，由慕尼黑機場有限公司的專業人員介紹機場營運準備與移轉 ORAT 的相關內容，期待著在這次的訓練中獲得豐富的知識和經驗。

表 2-1 行程表

| 日期 | 星期 | 行程 | 訓練內容 |
|-----------|----|--------|--|
| 112.11.28 | 二 | 臺灣—新加坡 | <ul style="list-style-type: none"> ● 臺灣桃園國際機場出發(中華航空) ● 中午抵達新加坡樟宜機場 |
| 112.11.29 | 三 | 新加坡 | <ul style="list-style-type: none"> ● 新加坡樟宜機場集團訓練課程 <ul style="list-style-type: none"> ➢ 報到櫃台：型式介紹 ➢ 行李處理系統(BHS)：早到行李處理、分檢系統 ➢ 空橋：自動靠橋系統操作注意事項 ➢ 空調系統：冰水主機、空調箱等重要設備節能措施 |
| 112.11.30 | 四 | 新加坡 | <ul style="list-style-type: none"> ● BNP 顧問公司現地進行解說訓練 <ul style="list-style-type: none"> ➢ 行李處理系統(BHS)：早到行李處理、分檢系統、CT 安檢流程 ➢ 空橋：半自動靠橋系統 ● 慕尼黑機場有限公司介紹 ORAT(機場營運準備與移轉)。 |
| 112.12.01 | 五 | 新加坡—臺灣 | <ul style="list-style-type: none"> ● 新加坡樟宜機場出發(中華航空) ● 上午抵達臺灣桃園國際機場 |

上揭單位之接待人員，彙整如下表 2-2。

表 2-2 主要接待人員

| 日期 | 訓練單位 | 對方主要接待人員 |
|-----------|--|---|
| 112.11.29 | 新加坡樟宜機場集團 (Changi Airport Group) | <ul style="list-style-type: none"> ● Mr. Teng Hwee Onn, Group Senior Vice President, Engineering Management & Systems Planning ● Mr. Ng Hoe Seng, Vice President, Airport Systems & Changi East Design Interface, Engineering Management & Systems Planning ● Mr. Damien Poh, Manager Airfield System (PLBs & ADGS), Engineering Management & Systems Planning ● Mr. Ong Shyh Wee Vincent, Associate General Manager, Engineering Management & Systems Planning |
| 112.11.29 | BNP Associates, Inc | <ul style="list-style-type: none"> ● Benedict Oon, Managing Director ● Raymond Liow, Associate Director ● Chew Weng Kheong, Senior Project Manager |
| 112.11.30 | 慕尼黑機場有限公司 (Flughafen Munchen GmbH) | <ul style="list-style-type: none"> ● Simon Lotter, Head of Market APAC Chief Representative of APAC Office Singapore ● Lorenzo Di Loreto, Managing Director |

112.11.29 新加坡樟宜機場集團訓練課程，照片如下圖 2-1 至圖 2-2。



圖 2-1 新加坡樟宜機場集團及本局團體照



圖 2-2 會議討論

112.11.30 BNP 在地顧問公司現地進行解說訓練，慕尼黑機場有限公司經驗分享。
照片如下圖 2-3 至圖 2-6。



圖 2-3 BNP 現地進行解說訓練(行李處理系統)



圖 2-4 BNP 現地進行解說訓練(空橋系統)



圖 2-5 慕尼黑機場有限公司及本局團體照



圖 2-6 慕尼黑機場有限公司經驗傳授

三、訓練重點彙整

3.1 新加坡樟宜機場(Singapore Changi Airport)背景資料

基本資料

1. IATA 代碼：SIN；ICAO 代碼：WSSS
2. 位置：新加坡東區樟宜
3. 面積：13 平方公里
4. 交通環境：距市區約 17.2 公里
5. 營運單位：新加坡樟宜機場集團
6. 營運實績：2018 年年客運量 65,628,000 人次(全球第 19 名)，年貨運量 1,853,087 噸(全球第 13 名)。

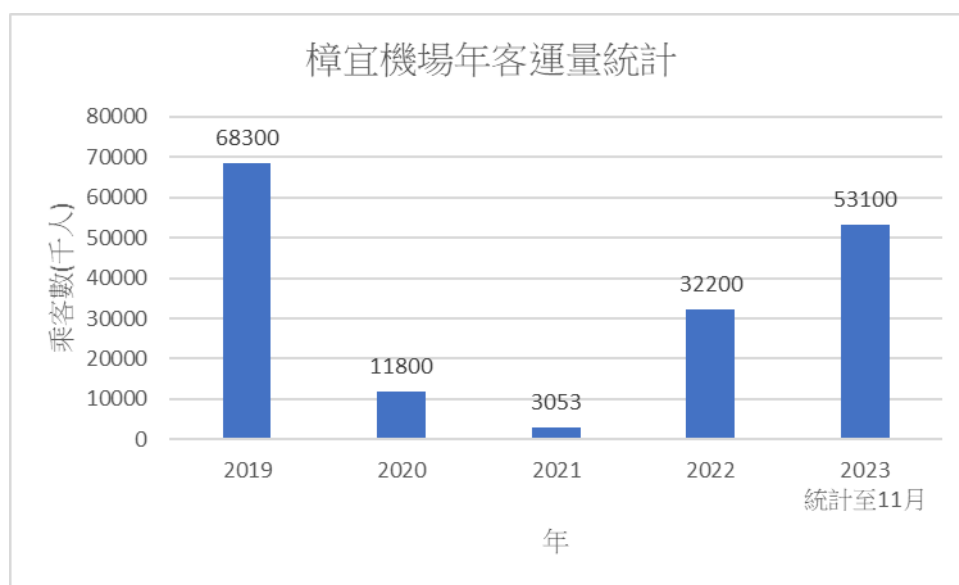


圖 3-1 新加坡樟宜機場年客運量統計圖

資料來源：新加坡樟宜機場官網

<https://www.changiairport.com/corporate/our-expertise/air-hub/traffic-statistics.html>

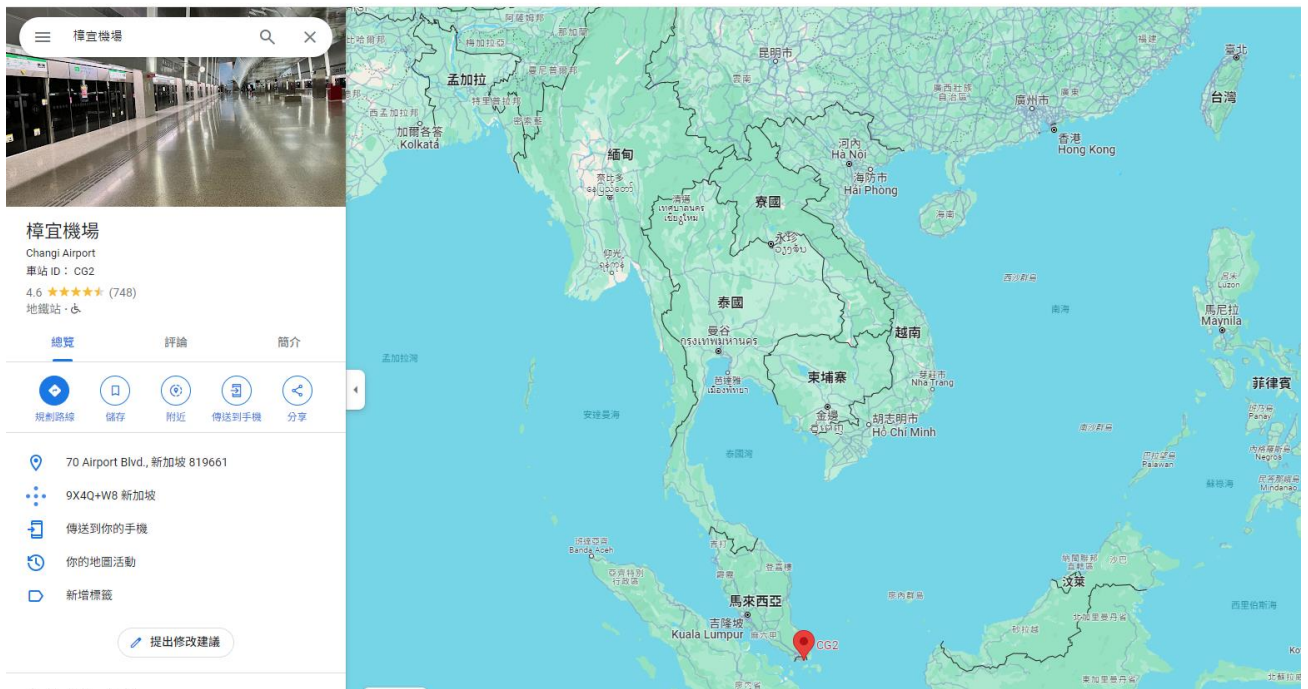


圖 3-2 新加坡樟宜機場地理位置(資料來源：google map)

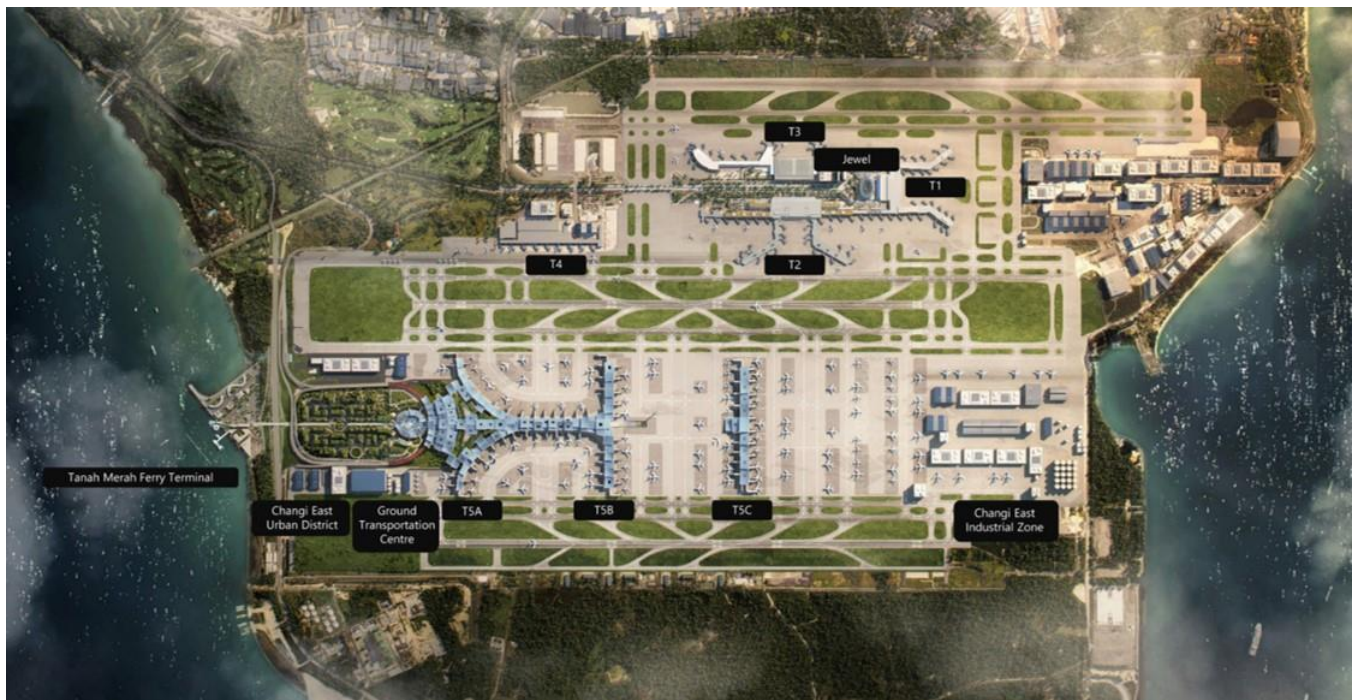


圖 3-3 新加坡樟宜機場全區圖(資料來源：新加坡樟宜機場官網)

3.2 報到櫃台及行李托運系統

講者：新加坡樟宜機場集團- Ong Shyh Wee Vincent

樟宜機場入境大廳座落於航廈的抵達區地面層，據《富比士雜誌》評選，樟宜機場被譽為全球最佳機場之一，該雜誌稱讚樟宜機場的出入境審查與安檢區以卓越的服務效率而聞名。

樟宜機場使用三段式皮帶輸送，各段功能獨立，包括行李秤重、貼標籤和等待發送，特別之處在於秤重段的高度被調整至接近地面，減少旅客提取行李並置於秤重段的不便，這種人性化的設計成為未來航廈設計需重視的考量之一，旅客報到作業流程需先行劃位報到，方可進行行李託運，常見下列三種模式：

1. 傳統報到櫃檯模式：

旅客須攜帶行李至報到櫃檯進行秤重，同時各航空公司需耗用地勤人力協助搬運及秤重作業。

優點：

- (1) 人際互動：提供旅客與地勤人員直接互動的機會，有助於解答疑問、提供協助，尤其對年長者操作較友善。
- (2) 服務彈性：面對非標準狀況（例如特殊需求或問題），地勤人員能夠即時提供解決方案。
- (3) 技術門檻低：這種模式不需要複雜的技術或設備，易於實施。

缺點：

- (1) 排隊時間：旅客可能需要花費較長時間在報到櫃檯排隊等候。
- (2) 人力成本：許多地勤人員需投入以應對繁忙時段，增加機場運作成本。
- (3) 限制性時間表：旅客需在特定時間內到達櫃檯進行報到，可能不符合某些旅客的行程需求。

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 3-5)：

一站式模式：

在此模式下，報到及自助行李託運是在同一設備上完成，換言之，旅客只需使用同一自助機台，首先完成報到程序，然後直接進行行李託運，這種整合設備的方式使整體流程更加迅速和便利，提高了旅客的操作效率。

二站式模式：

相對於一站式，二站式模式將報到及自助行李託運分開在不同的自助設備上完成，旅客需要先使用自助報到機完成報到程序，然後再前往專門的自助行李託運設備，進行行李的託運，這種方式要求旅客在完成報到後移動到另一個站點，可能增加了一些步驟，但也提供了更多的靈活性，更適合那些只需報到或只需託運行李的旅客。

優點：

- (1) 時間效益：提高了整體流程的效率，旅客能夠更迅速地完成報到和行李託運。
- (2) 自主性提升：旅客可以獨立完成報到和行李託運，提高了自主性和方便性。
- (3) 空間利用：一站式，整合報到系統和行李托運系統在同一機台，節省機場空間，提高運營效率。
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) 使用者教育：旅客可能需要一定的時間來適應新的自助系統，需要提供良好的使用者教育和支援。
- (2) 特殊情況處理：在處理特殊行李或特殊情況時，自助系統可能無法提供足夠的人性化服務。



圖 3-5 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)

3. 混合型 SBD：

混合型 SBD 的巧妙之處在於其能夠根據實際需求靈活切換模式，以確保櫃檯始終保持運作。例如，當地勤排班人力充足時，可以迅速切換至傳統報到櫃檯模式，為旅客提供更親切的服務體驗。反之，當地勤人員休息時，櫃檯則能快速轉換至自助行李託運模式，使得報到櫃檯不受人員異動的制約，同時也加速排隊人潮的通行。

樟宜機場部分使用混合型 SBD 設備，為航空公司提供多重選擇。這些 SBD 設備配備攝影鏡頭，可以搭配後續臉部辨識系統，滿足未來快速通關需求，此外，樟宜機場為了提供更全面的服務，還特別聘請了服務人員，協助旅客在 SBD 設備旁進行自助報到作業，如圖 3-6 所示。

優點：

- (1) 靈活性與適應性：可靈活切換傳統報到櫃檯和自助行李託運模式，根據不同的需求和情境，提供更加靈活的服務。
- (2) 人性化體驗：當地勤人力充足時，能夠切換至傳統報到櫃檯模式，為旅客提供更親切的人性化服務體驗，使整個報到流程更加順暢。

缺點：

成本：較傳統報到櫃檯模式的投資和維護成本較高，因為需要整合更多的技術和設備。



圖 3-6 樟宜機場混合型 SBD 設備

3.3 行李處理系統(BHS)

講者：新加坡樟宜機場集團- Ong Shyh Wee Vincent

為應對不斷增長的旅客流量，提升機場服務品質及優化旅程體驗，行李處理時間的有效縮短變得尤為關鍵。行李處理系統的良好運作對於防止航班延誤或取消等嚴重問題至為重要。在這方面，行李處理系統的運作狀況通常成為航廈關鍵績效指標之一，對機場整體運作的影響深遠。在新加坡樟宜國際機場，入境、出境以及轉機的行李處理由各航空公司和地勤業者負責，而機場經營者則提供運作空間和建置行李處理系統。

(一) 樟宜機場行李處理系統過程可分為下列 4 個部分組成：

1. 出境系統

樟宜機場的安檢制度主要可分為以下三級：首先，行李從報到櫃檯運送至行李處理場進行第一級自動安檢，由 CT 掃描器自動進行掃描安檢，若掃描結果有異常，進入第二級安檢，由安檢室內人員遠端進行人工判斷，如仍存在問題，則進入第三級安檢，即爆裂物偵測（Explosive Trace Detection Systems, ETD），若疑似爆裂物，行李將被轉送至爆裂物處理車進行處理。

通過所有安檢程序的行李，將進入分類轉盤，按照行李條碼進行自動分揀。完成分揀後，行李被運送至指定的轉盤，再由地勤人員搬運至盤櫃裝箱，最終運送至航機腹艙。



圖 3-7 人工 CT 安檢室

我國與樟宜機場安檢差異比較：

(1) 我國作法：

相對於我國機場行李 CT 掃描器的作業方式，樟宜機場的程序略有不同，在我國機場，旅客完成行李交寄託運後，需於行李檢查櫃檯排隊等待行李 CT 掃描器結果通知，若行李出現問題，航警會要求旅客當場開啟行李箱進行處置，這種作業方式容易使現場空間需求增加，並多一段行李檢查結果通知排隊時間，同時也可能牽涉到隱私疑慮。

(2) 樟宜機場作法：

進入行李處理場的行李，若在 CT 掃描器檢查中發現旅客行李箱裝有違禁品或禁止託運物品，則在旅客前往登機門準備登機時才通知該名旅客進行適當處置，這樣的作業方式無需現場等待行李檢查結果通知，加速通關流程。

2. 轉機系統

將轉機行李從機艙卸下後，首先運送至專為轉機行李設置的 CT 掃描器進行掃描安檢。隨後，將完成安檢的行李運送至出境系統進行分揀作業，待分揀完成後，在指定的時間再次運送至航機腹艙。

3. 入境系統

所有行李搬運作業均由地勤人員進行，他們會將行李從盤櫃卸下，然後手動搬運至行李輸送帶上，行李在通過海關和國境管理單位的行李檢查 X 光機(如圖 3-8)後，再被運送至航廈的行李提領區。



圖 3-8 入境 X 光機

4. 早報到行李儲放系統

樟宜國際機場的航廈占地廣闊，提供豐富多元的旅客服務設施，為了讓旅客有足夠的時間體驗各項設施，一些航空公司允許旅客提前辦理報到、劃位及行李託運，這使得旅客可以在搭機前 24 小時完成相關程序，進入管制區等待登機，由於這些旅客離登機時間還有充裕時間，他們的託運行李在此期間需要被暫時儲存，樟宜國際機場作為轉運中心，有大量轉機旅客，因此，這些轉機旅客的行李在轉機系統完成分揀後也需要進行暫存。因此，提早報到行李的處理在樟宜國際機場被視為一個重要的環節。

(二) 樟宜機場細部元件組成說明如下：

1. 自動編碼讀取器(Auto Tag Reader, ATR)

行李自報到櫃台輸入後，透過皮帶式輸送帶運送至自動編碼讀取器 ATR（如圖 3-9）。在這裡，行李標籤的相關資訊將被讀取，接著，行李會被送往安檢設備，進行內容物的掃描。



圖 3-9 自動編碼讀取器 ATR

2. 快速小車系統(Individual Carrier System, ICS)

行李在安檢後會運送至下一站進行系統轉換，當行李到達皮帶式輸送帶末端時，會由快速小車系統(如圖 3-10)提供的托盤接手，持續進行運送工作。

快速小車系統 ICS 是一套模組化系統，搭配模組化皮帶模組，若出現故障，僅需處理該段模組即可繼續使用，模組更換的時間極短，若搭配備援設計，系統可用率將達到 99.9 以上，每段皮帶模組平時處於不動作狀態，當前一段皮帶運送行李時，才開始運作，可有效節能減碳，減少不必要的電力損耗，儘管初期建置成本較高，且需要較大空間容納小車回收系統，但對於長期營運成本有明顯優勢。

每個托盤上都附有 RFID 標籤，當行李進入托盤時，行李條碼透過自動編碼讀取器 ATR 讀取資料，並與托盤的 RFID 標籤進行配對，這種具有高追蹤率的系統有助於降低分揀錯誤。



圖 3-10 快速小車系統 ICS

3. 航廈間轉運行李系統(Inter-Terminal Transfer Baggage System, ITTBS)

為了滿足有轉機或早報到行李需求的旅客，樟宜機場目前在 T1、T2、T3 航廈與航廈之間採用航廈間轉運行李系統 ITTBS（如圖 3-11）。這個系統整合了行李分揀、早到行李儲存以及行李輸送等功能，具有高度的彈性、可靠性和易於操作及維護。系統使用托盤承接來自報到櫃台的行李，每一個托盤都裝有一件行李。行李裝入托盤後經過 CT 掃描器安全檢查，可以根據行李條碼資訊，將行李暫存到早到行李儲存區，也可以直接進入分揀。最終，行李將被輸送到指定的卸載道，輸送速度可達 10m/sec，非常適合航廈間轉機行李的快速運輸。

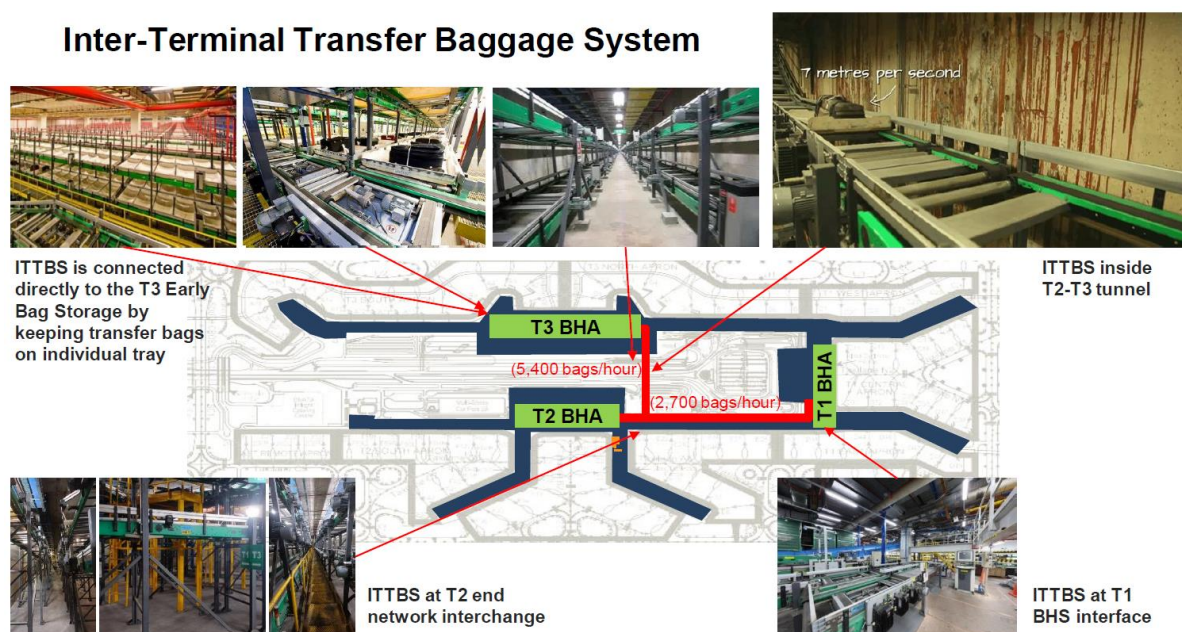


圖 3-11 航廈間轉運行李系統 ITTBS(資料來源：新加坡樟宜機場集團簡報)

4. 人工編碼站

當行李無法在自動編碼讀取器 ATR 讀取行李資訊時，系統便會將行李另外排出，送往人工編碼站(如圖 3-12)，由人工掃描標籤或手動鍵入資料等，完成後再送入系統內。



圖 3-12 人工編碼站(資料來源：新加坡樟宜機場集團簡報)

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

引入了隨存隨取的貨架式 EBS(如圖 3-13)，利用自動滑車系統提供更靈活的存取功能。搭配快速小車，這種系統省去了轉換步驟，同時可作為行李處理量瞬間暴增的緩衝區。這種設計不僅有助於調節後端行李處理量，還解決了轉機和早到行李的需求。新加坡樟宜機場集團指出，初期建置時並未預見到轉機和早到行李量的增加，因此後續才在機場的指廊旁擴建了早到行李儲存區，以確保提供給旅客卓越的服務品質。

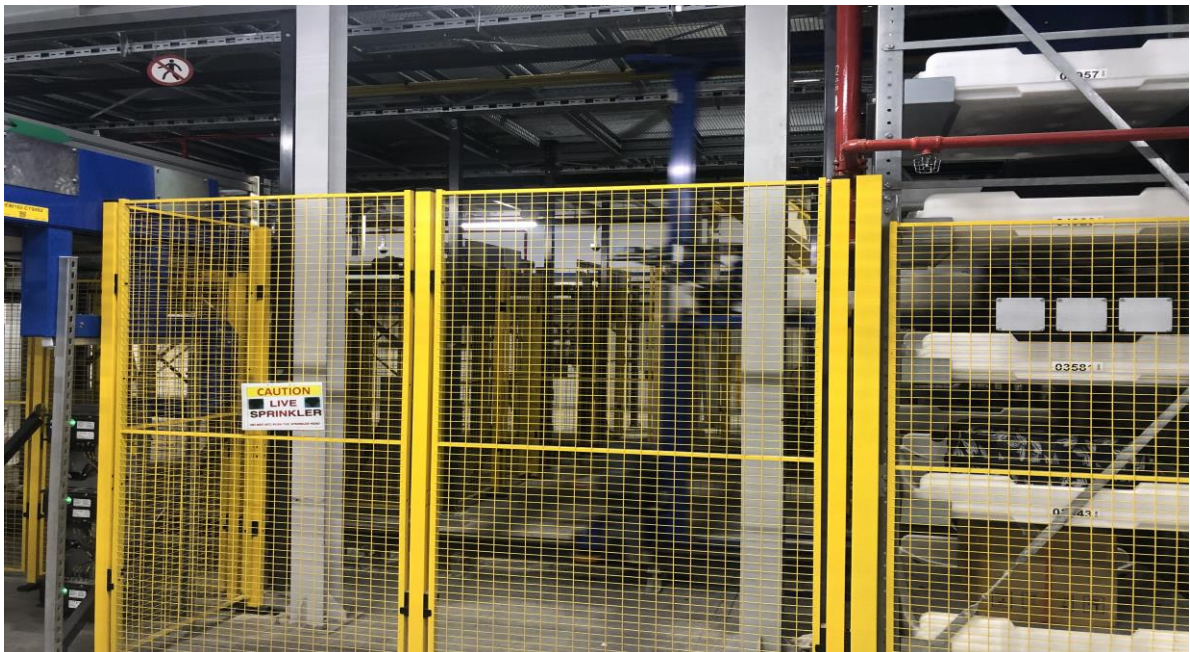


圖 3-13 早到行李儲存區 EBS

6. 分揀及組裝

行李分檢系統根據行李的航班資訊等，將行李運送到相應的組裝轉盤處，這些轉盤被設計成傾斜式(如圖 3-14)，在有限的空間下提供更大的行李容量，此外，行李搬運至盤櫃裝箱對地勤人員身體造成很大壓力，為減輕其負擔，引入省力化或自動化設備是值得考慮的，儘管目前尚無一套系統能夠全面解決這個問題，這主要是因為相關技術尚未成熟，同時成本也是一個需要納入考慮的因素。

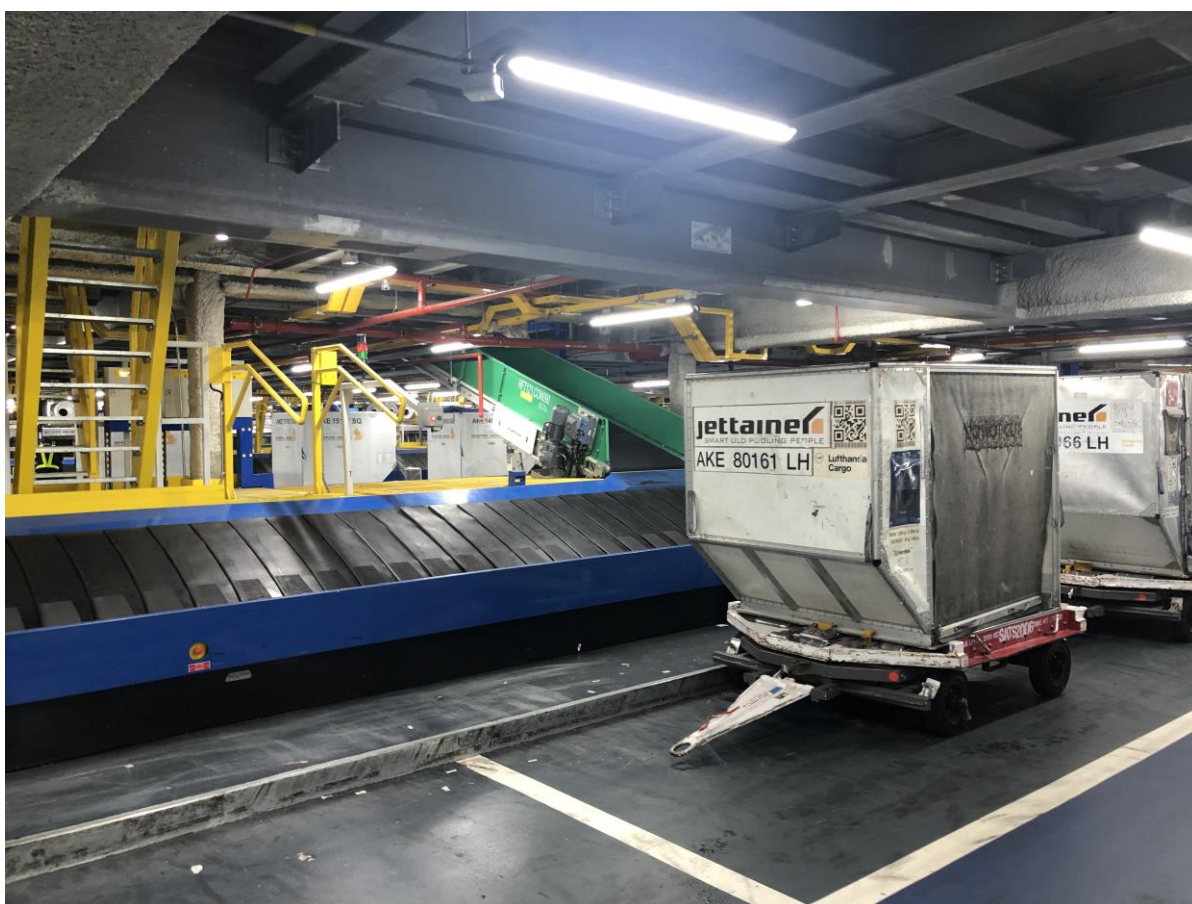


圖 3-14 組裝轉盤處

3.4 空橋系統

講者：新加坡樟宜機場集團- Damien Poh,

空橋或稱登機橋、廊橋是一種設備在飛機場的設施，連線登機門至飛機艙門，方便乘客進出機艙。在任何天氣條件下，空橋可讓旅客無需日曬雨淋而便於登機離機。其頭端固定在登機門處的中軸，橋身則可以左右移動，頭端和尾端皆可升降和伸縮，因此可適用於各種不同的飛機。尾端處有一控制室來控制橋身的移動，另外還有一折棚可向外延伸，密合地銜接機艙門，因而不受天氣影響。雖空橋可左右移動，但機場通常會在機坪地面畫上常用飛機機種的停止線(如圖 3-15)，以使飛機準確停靠而讓空橋無需經常左右移動。有別於早期將乘客借接駁巴士接送至停機坪登機的方式，空橋不但直接連結了飛機和航站主體，也縮短了旅客、行李、地勤人員與飛機的距離。



圖 3-15 飛機機種停止線

空橋雖便利旅客通行，但迫使飛機需停靠在航廈旁，使得飛機停靠受到限制，因此仍有一些機場（如布里斯托國際機場（Bristol International Airport）使用傳統的登機梯，方便乘客登上停泊點較遠的飛機。此外，使用空橋也有民航機機種的限制，需要 B737、A320 等級的民航機與廣體客機才能使用空橋；然而大部分支線客機，如 ATR 72、Dash-8、多尼爾 228、福克 50 等機種則因為機身過小而無法使用空橋，另福克 50、ATR 72 由於本身的機艙門就有內建登機梯，則毋需額外使用機場的登機梯。

（一）空橋結構體

1. 無障礙坡度

空橋的尾端可針對不同的飛機艙門高度來做升降的動作，空橋的走道有時會過於傾斜，因此樟宜機場的空橋會在內部加裝手扶桿(如圖 3-16)，另部分國家無障礙規定(如：我國) 傾斜度最高只能到 1:12，實務上航空公司為提升旅客服務品質，多數準備輪椅並派員協助推送。

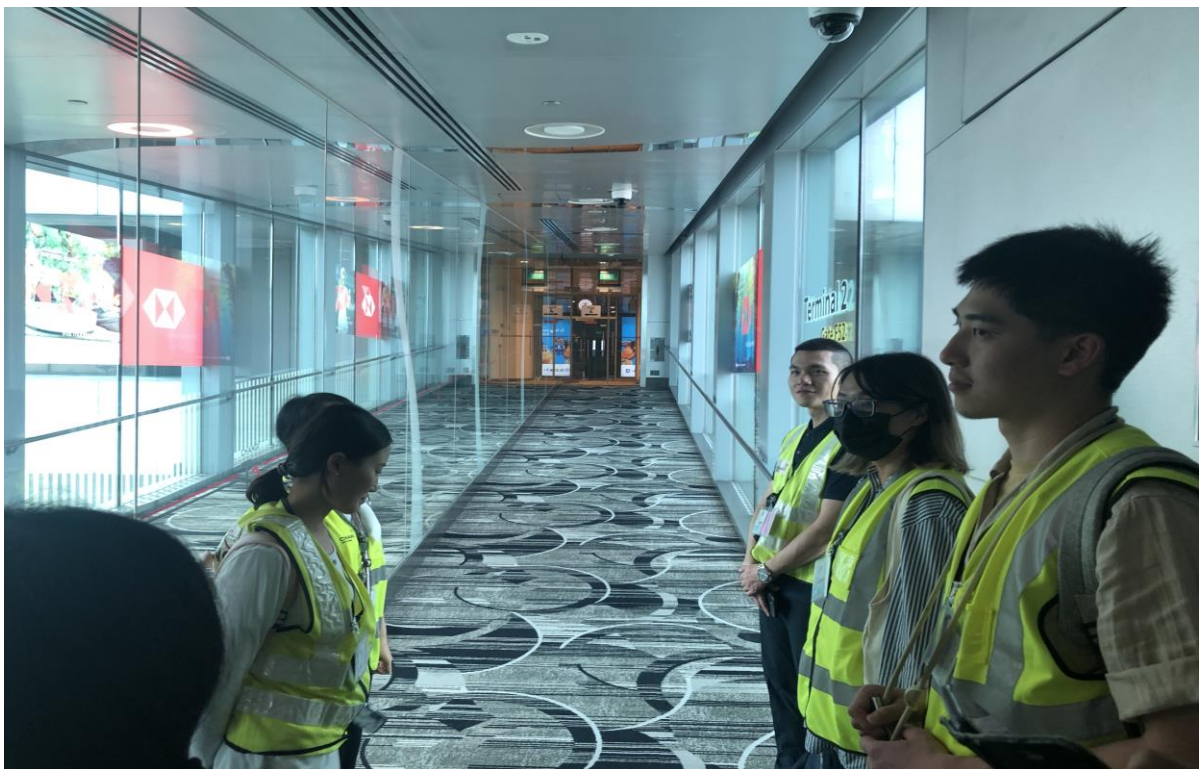


圖 3-16 空橋內部兩側加裝手扶桿

2. 外殼材質

空橋內部呈現一條長廊的形狀，部分機場空橋設計採用全覆式鐵皮包覆並沒有窗戶，內外部還會張貼廣告，通常，空橋會按照航空標準塗上令人舒適的顏色，鋪上地毯，以打造一個宜人的環境，有助於緩解候機的緊張感，樟宜機場的空橋(如圖 3-17)為降低封閉空間可能引起的不適感，使用了玻璃材質來增加空間通透性，使室外光線柔和進入，創造出更舒適的環境，然而，為了結構安全的考量，活動端則使用金屬材質，同時提供了較佳的隔熱效果。



圖 3-17 空橋固定端及活動端

(二) 自動靠橋系統

1. 即時設備監控系統

在國內機場的中央監控室，通常不會直接顯示空橋本身的訊號，只能回傳外部設備(如攝影機、門禁和消防系統)訊號，然而，近年來，一些空橋即時設備監控系統(如圖 3-18)已經能夠提供鼓風機、風扇、壓縮機等主要元件的訊號，並允許使用者方便地在筆電和移動設備上生成報告，即時顯示視頻監控設備的狀態，目前，樟宜機場也配置了相應的空橋即時設備監控系統，以便在發生故障時迅速獲取現場事故資訊。

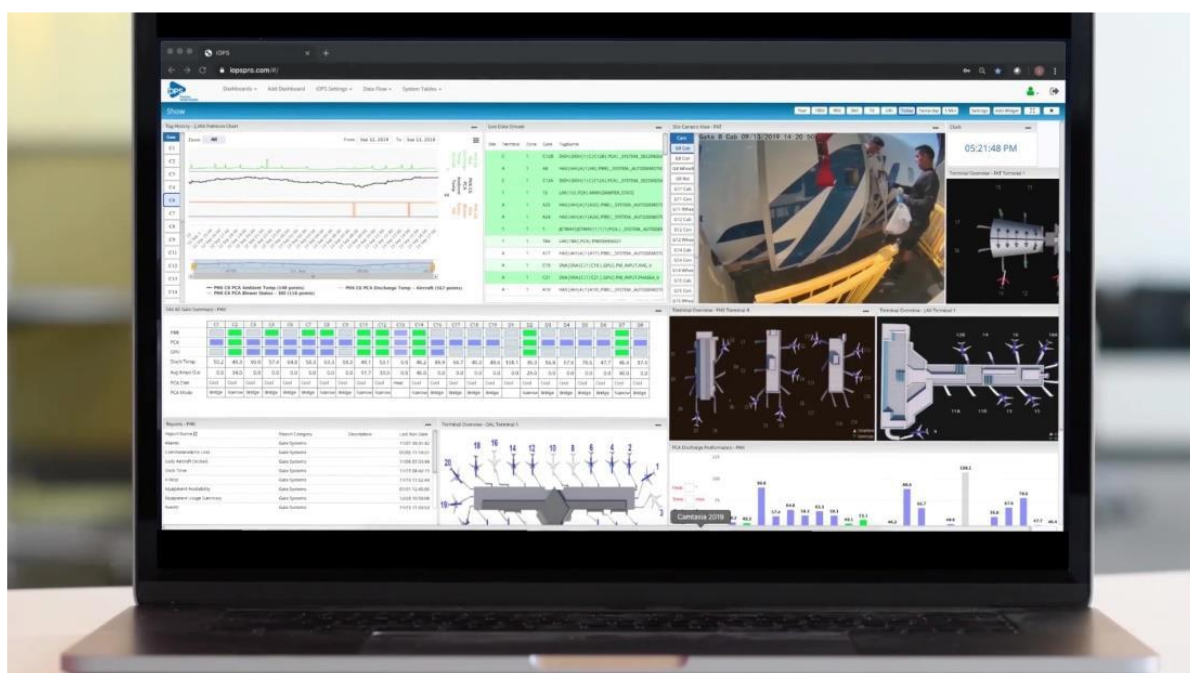


圖 3-18 空橋即時設備監控系統畫面(非樟宜機場使用，僅為參考)

2. 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(如圖 3-19)，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，樟宜機場目前已經設置約 2 座進行示範，112 年底預計完成內部測試，未來仍在評估全面採用的可行性。

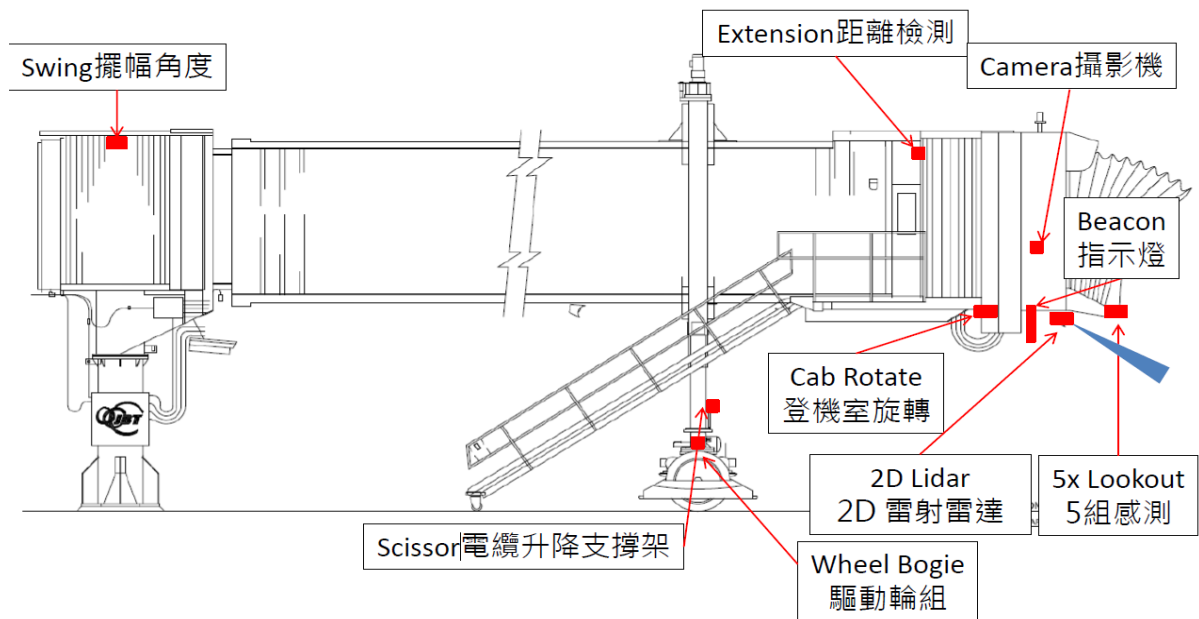


圖 3-19 全自動靠橋系統硬體架構示意圖(非樟宜機場使用，僅為參考)

3. 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，包括樟宜機場在內，大多數機場仍然使用半自動靠橋系統(如圖 3-20)。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。

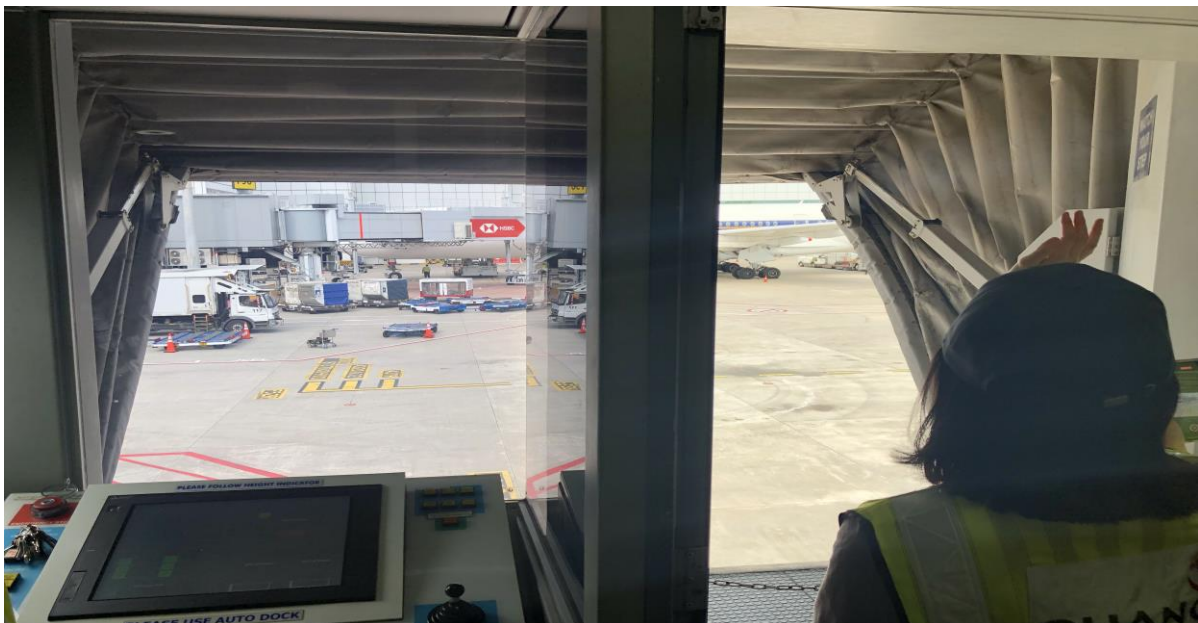


圖 3-20 樟宜機場半自動靠橋系統現場照片

3.5 空調系統

講者：新加坡樟宜機場集團- Ng Hoe Seng

樟宜機場使用一般冰水主機系統，而在小噸數方面，它試用了磁浮式冰水主機以進行省電效率的評估，為實現機場內的均溫節能減碳目標，採用了空調監控系統(如圖 3-21)，該系統監控冰水的出水和回水溫度，以及空調箱和小型送風機的出風口溫度等，進行調控。

此外，據新加坡樟宜機場集團表示，樟宜機場是由電力公司的單一變電所提供電力，並且一直未曾發生過停電情況，因此，機場內的空調冰水主機系統未納入發電機系統，這有助於降低發電機容量以及後續維護保養成本。

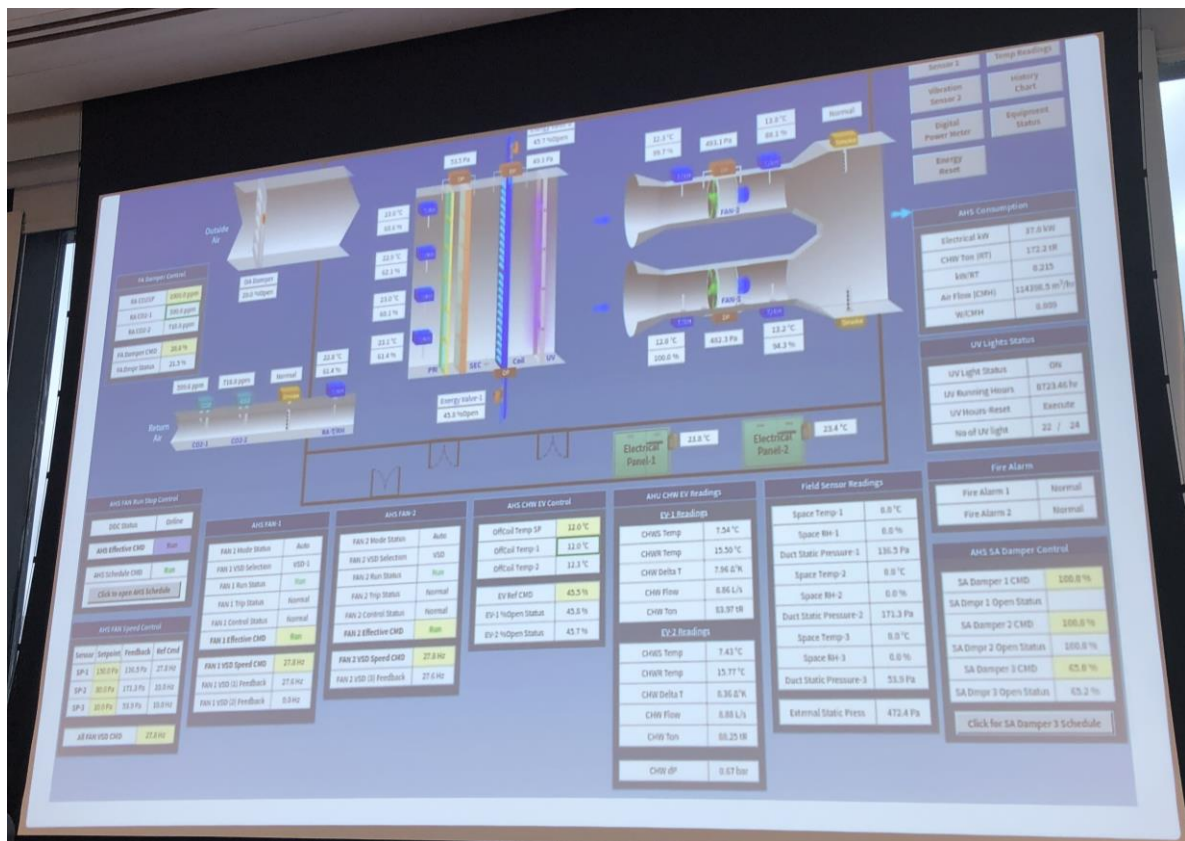


圖 3-21 空調監控系統

磁浮式冰水主機

磁浮離心壓縮機獨具高速直聯傳動設計，不使用增速齒輪，有效降低傳動損失，使故障率更低、可靠性更高。透過磁浮軸承技術，實現製冷系統的無油運行，相較於傳統的油潤滑軸承方案，磁浮軸承系統極為簡單，省去複雜的油潤滑回路(如圖 3-22)，從而減少額外的損耗，同時，它消除了潤滑油對熱交換器的不利影響，最大程度提升系統效率，另運動部元件完全懸浮，無摩擦運轉，使運轉噪音降低至約 75dB，相較於普通離心機組，減少了 5~10 個分貝。

如採用永磁同步電機，則相較於感應電機展現顯著優勢，其工作時不存在勵磁損失，具有高效率，尤其在部分負荷運轉時，效率提升明顯，同時，擁有高功率因素，大幅提高了電網的品質，同時也節省了電網的投資。在主要運行區間(25~75% 負荷)，永磁同步電機的效率比三相感應電機平均高約 5%。

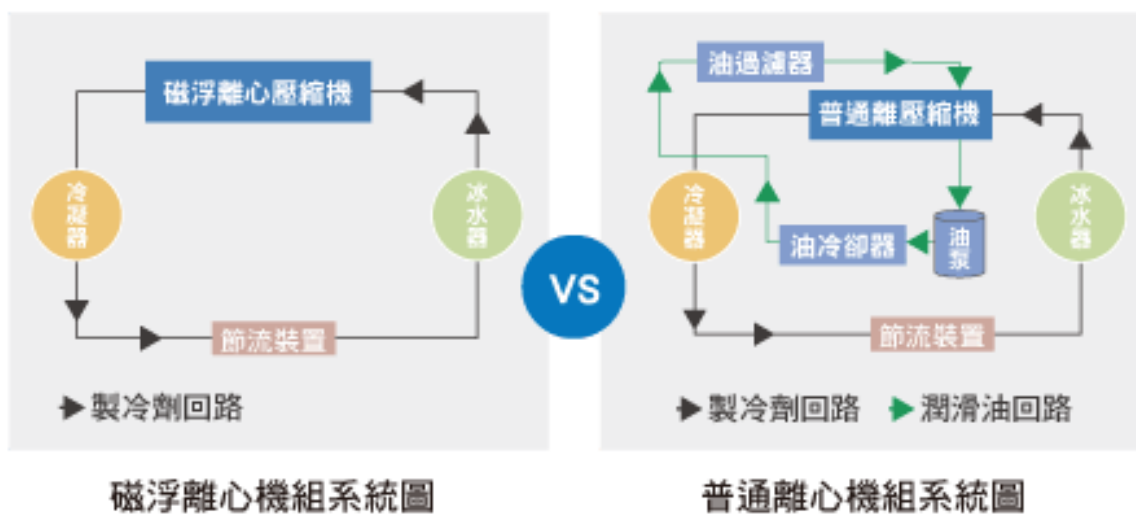


圖 3-22 空調系統差異圖(資料來源：日立冷氣官網)

https://www.jci-hitachi.tw/products/products_level3.aspx?545A5F548C5AD91F

3.6 機場營運準備與移轉 ORAT 簡介

講者：慕尼黑機場有限公司-Simon Lotter、Lorenzo Di Loreto

為因應適應新工作環境的挑戰，以及有效管理建築或設施新舊轉換的風險，採用主動和結構化的方法，以確保利害關係人在營運和轉移方面有良好的準備，機場營運準備與移轉(Operational Readiness and Airport Transfer, ORAT)方法通常用於協助所有參與機場開發項目的利害關係人，制定計畫以順利過渡到新的工作環境或運作模式，其中相關利害關係人廣泛包括航空公司、機場營運管理者、駐機場單位和地勤人員等。

(一) ORAT 是任何機場開發或重大建設的關鍵組成要素，ORAT 團隊將根據機場開發或重大建設專案的時間表，進行滾動式的檢討、規劃、行動、檢查和修改利害關係人的準備活動，這過程提供結構化的營運準備和機場營運轉移步驟，以確保所有利害關係人能夠順利過渡到新的工作環境，說明如下：

1. 設計審查：

在此階段，ORAT 積極參與設計審查，以確保新設施的設計符合實際營運需求，並提出修改建議，以確保設計能夠有效地應對各種挑戰。

2. ORAT 啟動：

ORAT 階段正式啟動，團隊開始進行各項任務，包括與機場營運者和利害關係人的合作，設立計畫和目標，以確保順利的營運轉移。

3. 營運準備：

ORAT 在營運準備階段著重於確保所有資源和流程都已妥善安排，以迎接新設施的啟用，特別強調制定後備和業務連續性計畫，應對可能出現的中斷情況。

4. 熟悉與培訓：

此階段涉及對營運人員進行熟悉和培訓，以確保他們能夠適應新的工作環境，瞭解新的設施配置，並熟悉相關的作業標準程序 SOP。

5. 模擬真實運作：

ORAT 進行真實情境的模擬，測試實際運作狀況和逐漸增加的複雜性，以確保各方順暢協同運作，模擬涵蓋不同情境，包括偶然事件、緊急事件等。

6. 營運轉移：

此階段專注於實際的營運轉移，包括物資、人員、設備等的轉移，確保新設施能夠在啟用時順利運作。

7. 營運監控與評估：

在新設施啟動後，ORAT 持續進行營運監控與評估的工作，這包括積極解決尚未解決的問題、進行影子管理，即在旁邊觀察關鍵營運人員的決策和操作設備的狀況，同時，ORAT 提供改進措施報告，以確保日常運營的順暢，並引進持續的改進，以因應可能的挑戰。

(二) 以行李處理為例

1. 設計審查

ORAT 的全面工作旨在確保新設施在營運上能夠充分滿足需求並解決潛在的不符需求問題，這包括提出創新的營運概念、審查營運模型、訂定關鍵績效指標(KPI)等規劃先決條件，在這過程中，ORAT 團隊與機場營運者和利害關係人合作，評估計畫和設計成果，並及時提出修改建議，以確保設計符合實際運營需求，同時，為實現營運目標，ORAT 強調了行李處理系統的細節，包括所需的空間、功能，以及行李處理、分檢、安檢等步驟的明確定義，同時確保參與行李處理的單位有明確的任務和權責，此外，為確保專案按時、按預算進行，ORAT 積極參與設計審查過程，提出修改建議，這一流程確保了及時凍結設計，使得整個專案順利進行，同時有助於實現 KPI，滿足所有利害關係人的營運需求，實現順利過渡到新的工作環境。

2. ORAT 啟動

為確保順利高效地過渡到新的行李處理系統，ORAT 團隊採取了一系列措施，包括建立專案執行規範、制式範本和統一的報告格式。這些措施旨在確保必要的結構和流程得以建立，具體方式如下：

(1) 明訂時間表：

與機場營運者和建設施工單位協調時間表，以確定明確的進度安排，這包括與行李處理地勤業者溝通，了解其正常運營時間、高峰和低峰時段，以在過渡過程中選擇最適合的時段進行工程和轉換，同時，與建設施工單位協調施工進度、階段性完成時間，以確保與營運者的時間表相符，減少對現有營運的干擾，這種協調確保了工程和轉換活動在不損害現有營運的情況下進行，最大程度地減少對相關利害關係者的影響，同時確保過渡的順利進行。

(2) 召開啟動會議：

邀請機場營運者和相關利害關係人一同參與，以確保全體對項目的目標、時間表和期望有明確共識，這項舉措有助於建立透明的合作氛圍，確保各方在項目執行中有一致的理解和期望，會議提供了討論項目目標、關鍵進程、問題解決方法等方面的機會，為整個過渡過程奠定了有效的合作基礎。

(3) 利用網路整合平台：

與規劃和調度人員深入協商，利用網路整合平台作為協同工具，有助於全面管理、詳細規劃、妥善安排和及時報告整個 ORAT 專案，這種整合平台可提供即時的專案進度、資源分配和相關數據，以確保項目在預定時間內達成預期目標，有助於提高協同效率，使團隊成員能更迅速且即時地應對任何挑戰或調整。

在確定了清晰的營運概念之後，進一步建立標準作業程序(SOP)至關重要，以行李處理為例，SOP 可以細分為五個主要類型，包括營運面、管理面、偶然事件、緊急事件和支援，以下是對這些類型的簡要說明：

(1) 營運面：一般行李如何處理？

項目如：大件行李、手動編碼、行李複檢、問題行李等。

(2) 管理面：資源如何管理？

項目如：地勤業者申請改變分檢方式等。

(3) 偶然事件：失誤如何處理？

項目如：讀取器 ATR 失效、誤將大型行李當作一般行李導致行李塞車等。

(4) 緊急事件：如何因應災害發生？

項目如：電力中斷、疑似爆裂物、火災等。

(5) 支援：如何執行一般支援性作業？

項目如：清理行李處理大廳等。

3. 營運準備：

在此階段，精心規劃和協調是確保營運順利啟動的關鍵，涉及詳盡定義和記錄各利害關係人（如航空公司、機場營運者和地勤人員等）的所有營運流程，以深入了解這些流程如何最佳配合目標設施的需求，確保各方的營運概念和標準操作程序(SOP)一致性至關重要，以實現從建設完成到營運過渡的順暢，同時，特別強調制定後備和業務連續性計劃，應對可能出現的中斷情況，此外，為因應營運階段人員異動，ORAT 團隊應備妥技術手冊或說明簡報，以順利進行移交。同時，與利害關係人維持密切聯繫，確保能夠迅速、實際地與相應的窗口和人員進行有效對接。

4. 熟悉與培訓：

在這階段，精心的規劃與執行至關重要，確保順利啟動機場的營運。目標是讓所有利害關係者充分準備，以確保在機場設施啟用當天，每個人都在正確的時間點出現在自己的崗位上，並清楚了解所有機場設施的位置。這包括確

保全體員工清楚了解新機場的配置，並熟悉新的工作環境。以行李處理大廳為例，關注的範疇包括大廳的布局、可用資源的編號、行李資訊顯示系統、廁所、電話、休息室等位置，同時也包括對相關操作 SOP 的熟悉。

在早期階段，確定參與的各利害關係方人數並制定度身訂製的培訓計畫和合理的時間表至為關鍵，密切的協調，特別是培訓者和系統供應商之間的合作，是確保培訓和系統操作的可行性的不可或缺的步驟，這系列的舉措確保了順利過渡到新的工作環境，使每個參與者都能熟悉並順利履行其職責，同時，對於系統/設備操作人員的培訓計畫、系統/建築的移交程序、營運開始的確切時間表、相互依賴性和責任分配等方面的精確定義是實現營運階段無縫過渡的關鍵，密切與施工單位的協作確保了在培訓和熟悉階段的同時順利進行設施移交，從而實現順暢的轉變，為營運的成功開始奠定基礎。

5. 模擬真實運作：

在這關鍵階段，進行真實情境的模擬至關重要，以確保未來營運能順利過渡到新的設施。最佳實踐是邀請先前參與熟悉與培訓階段的人員參與，進行進階的模擬情境，全面檢視實際運作狀況和逐漸增加的複雜性，在機場實際運作的預演中，已受訓並完備的員工將按照營運概念和標準作業程序 (SOP) 進行演練，這包括使用相關道具或結合扮演的旅客進行模擬，測試員工是否妥適受過訓練、營運概念是否充足，以及設施是否正確運作，模擬計畫需納入後勤計畫，確保素材、人員、服務和交通等都得到有效的安排，以順利執行測試階段，同時，強調對每次運作模擬的事前準備和事後匯報，以確保所有利害關係者對待解決的問題有清晰的了解，以行李處理為例，演練可能涵蓋行李道具和扮演的旅客，測試 SOP 中各方面的事件，同時，也模擬設施實際啟用後的尖峰負載情境，以確保高峰時期的順暢運作，預備會議、模擬中的關鍵環節執行狀態和效能，以及模擬後的評估會議都是不可或缺的步驟，以確保有效的列管和追蹤重要的發現。

6. 營運轉移：

營運轉移是指當新的航廈建造完成，必須將相關資源搬遷至新位置的操作，其核心目標在確保從舊設施到新設施的過渡順暢，這包括依模擬結果檢討制定新舊建物（或系統）的物流或後勤計畫，同時協調相應的保護和安置措施，這階段需要強調協調不同設施之間的順暢過渡，同時關注新設施啟用後的營運持續性。以行李處理為例，這牽涉到辦公室、行李處理機具設備（如拖車、集裝器）和飛機的轉移，特別需要注意的是在新航廈啟用前夜進行的轉移，如有飛機今晚在舊航廈靠機，明天需要改由新航廈離站，那麼轉移飛機和相關處理機具的時間非常有限。

7. 營運監控與評估：

新的設施投入營運後，工作焦點在於日常營運的監控與評估，包括解決未解決的問題和在旁邊觀察關鍵營運人員決策或操作設備的狀況(影子管理)，確保新的設施能夠有效因應挑戰，確保順暢的日常運營，並不斷檢核營運狀況、提供改進措施報告，並在需要時擔任特定領域臨時管理者，以確保設施和人員的穩定運作，同時持續優化效率，應對日常挑戰，並引進改進措施以提升整體運營表現。

四、心得與建議

4.1 心得

(一) 新加坡樟宜機場

新加坡政府積極打造樟宜機場為全球先進機場的典範，對於現有與未來的發展擁有深具整體願景與藍圖。機場經營者亦不斷調整營運策略，提出多項對機場合作夥伴（如航空公司、地勤業者、安檢人員等）的協助方案，包括費率減免、人力節省，並靈活調整航廈功能及相關設施的配置。

為節省航空公司人力與營運成本，樟宜國際機場在各航廈積極推動旅客自助報到機的設置。樟宜國際機場的自助報到系統相當便捷，旅客能夠自行辦理報到手續，包括列印登機證及行李條，然而部分既有航廈託運行李仍需至櫃檯交寄，為進一步提升旅客報到自助化，樟宜機場第四航廈引進混合型全自助報到機台，讓旅客能夠在完成登機證列印及行李條附掛後，自行投入報到機完成報到與行李託運作業，並保留了人工與自助兩種服務方式的彈性。

行李處理系統中新型快速小車 **ICS** 模組化系統在行李處理領域帶來卓越創新，以其模組化設計和皮帶模組運作方式顯著脫穎而出。此系統不僅能快速處理故障模組，還結合備援設計，使得系統可用率高達 99.9% 以上。每段皮帶模組在非運送行李時靜止，這種節能減碳的特點降低了不必要的電力損耗。儘管初期建置成本較高且需要大空間容納小車回收系統，然而系統中的托盤搭載 **RFID** 標籤，透過 **ATR** 讀取器能實現高追蹤率，極大地減低了分揀錯誤的可能性。

同時，樟宜機場運用 **ITTBS** 轉運行李系統滿足有轉機或早報到需求的旅客。整合了行李分揀、早到行李儲存及行李輸送等系統，以托盤接收報到櫃台行李，經 **CT** 掃描器安檢，根據行李條碼資訊可暫存或進行分揀。最終，行李以高速輸送到卸載道，非常適合航廈間轉機行李的快速高效輸送。這兩項先進技術共同推動了行李處理水平的提升，助力機場提高運營效率、降低成本，堪稱未來行李處理的重要趨勢。

空橋，又稱登機橋或廊橋，連接登機門與飛機艙門，提供旅客無論天氣如何都方便進出機艙的通道。其獨特結構可左右移動，頭尾端升降和伸縮，適用不同機型。相較巴士接駁，空橋直接連結飛機和航站，縮短旅客、行李、地勤和飛機距離。當飛機

停靠後，自動靠橋系統透過感測器和攝影機即時調整擺角和高度，實現全自動、精準靠橋。系統經模擬演練可降低操作失誤，提高登機效率。樟宜機場已設示範兩座，預計 112 年底完成內部測試，全面採用仍在評估。

樟宜機場普遍使用傳統的冰水主機系統，嘗試了一些小型磁浮式冰水主機以評估省電效率。冰水系統的運作透過空調監控系統，調節冰水的出水和回水溫度，以及監測空調箱和小型送風機的出風口溫度，以實現機場內的均溫控制，並達到節能減碳的目的。此外，樟宜機場由電力公司的單一變電所提供穩定供電，迄今未曾發生停電情況，因此機場內的空調系統未納入發電機系統，有助於降低發電機容量及後續維護保養成本。

這些前瞻性的改進舉措不僅提升了樟宜機場的運營效率，更展現了新加坡政府對於全球機場管理的卓越領導地位。這些建設性的舉措不僅提升了機場整體運營效能，更展現了新加坡在全球機場管理的領導地位。

(二) 機場營運準備與移轉 ORAT

機場營運準備與移轉 ORAT 是一項關鍵的機場管理策略，它強調在新機場建成或現有機場升級時，確保順暢且高效的營運過渡。這涉及到多個方面，包括人員培訓、設備測試、航班遷移等，透過 ORAT，機場能夠在正式運營前，以最小的中斷實現新設施或系統的平穩轉換，ORAT 體現了對細節的極致關注和全面計劃的必要性。它要求各方在遷移過程中高效合作，以確保航班和地勤作業的無縫過渡，這個過程中的每一步都需要精心安排和實際測試，是一種高度專業和協同的努力。

4.2 建議

(一) 實地訓練

本次至國際機場現地進行講解與訓練獲益良多，帶來了許多新的觀念與收益，建議每年安排派員出國至國際機場現地訓練，以促進知識增長和學習最佳實踐，這種實地訓練有助於深入了解其他國家機場的先進技術、管理模式和服務理念，透過觀察不同機場的運營和面臨的挑戰，能夠吸取寶貴的經驗教訓，並將這些洞察應用到機場管理中。

此外，這種實地訓練也有助於建立國際間的合作和聯繫網絡，與其他機場的代表面對面的討論，有助於促進業務夥伴關係、推動技術合作，進而提升機場的全球競爭力，並提供了一個了解國際航空業趨勢和未來發展的機會，隨著航空技術的不斷演進和全球環境的變化，需要保持對行業動態的敏感性，以更好地應對未來的挑戰。

(二) 系統設備精進及人文藝術

新加坡樟宜機場充分運用先進設備和技術，並巧妙融入多樣植栽，形成極富生態美感的景觀。特別值得一提的是星耀樟宜，其壯觀的兩漩渦設施讓人印象深刻，並且不會給人冷冰冰的距離感。樟宜機場在 2023 年英國 SKYTRAX 全球百大機場評比中脫穎而出，名副其實地榮獲全球最佳機場第一名，建議未來可將樟宜機場報到櫃台及行李處理系統等納入未來高雄新航廈規劃設計，提高旅客通關效率，同時在航廈內加強人文景觀的配置，增加裝置藝術等元素，進一步提升台灣在國際間的形象。

(三) 機場營運準備與移轉 ORAT

在機場建設或升級的計畫中，建議引入 ORAT 方法論。ORAT 提供了一個全面的框架，以確保新機場設施能夠無縫地過渡到實際運營階段，透過 ORAT，能夠在新機場啟用之前模擬各種情境，包括高峰時段和應對突發事件的應變措施，這有助於驗證營運概念的可行性，確保在實際運作中能夠有效地因應各種挑戰，ORAT 還強調培訓和影子管理，確保所有關鍵人員都熟悉新的設施和最新的操作程序，這有助於提高整體工作效率，並減少因新環境而可能出現的問題。最重要的是，ORAT 是一個動態的

過程，它不僅關注設施的順利運作，還在日常運營中持續監控，及時解決問題，以確保提供最優質的服務，因此，**ORAT** 是確保機場順利轉移和成功運作的不可或缺的方法論，如涉及既有程序或形態改變，建議可將 **ORAT** 視規模大小納入各航空站營運管理，實現更高水準的機場管理和更卓越的旅客體驗。