106-081-0264

出國報告（出國類別：其他）

參加「國際航空運輸協會第二屆 E-Taxi 研討會」會議報告

服務機關：交通部運輸研究所
姓名職稱：符玉梅研究員
派赴國家：新加坡
出國期間：106 年 5 月 22 日至 5 月 26 日
報告日期：106 年 7 月 27 日

參加「國際航空運輸協會第二屆 E-Taxi 研討會」會議報告

著　　者：符玉梅
出版機關：交通部運輸研究所
地　　址：10548 臺北市敦化北路 240 號
網　　址：www.iot.gov.tw (中文版＞圖書服務＞本所出版品)
電　　話：(02)23496789
出版年月：中華民國 106 年 8 月
印 刷 者：承亞興圖文印刷有限公司
版(刷)次冊數：初版一刷 10 冊

系統識別號：

行 政 院 及 所 屬 各 機 關 出 國 報 告 提 要

頁數：60 含附件： 無

報告名稱：參加「國際航空運輸協會第 2 屆 E-Taxi 研討會」會議報告

主辦機關：交通部運輸研究所

出國計畫主辦機關/聯絡人/電話：

交通部運輸研究所/孟慶玉/02-23496755

出國人員姓名/服務機關/單位/職稱/電話：

符玉梅/交通部運輸研究所/運輸工程組/研究員/02-23496818

出國類別：□1.考察□2.進修□3.研究□4.實習☑5.其他

出國期間：106 年 5 月 22 日至 5 月 26 日

出國地區：新加坡

報告日期：106 年 7 月 27 日

分類號/目：HO／綜合類（交通類） HO／綜合類（交通類）

關 鍵 詞：航機後推、電動滑行系統

內容摘要：

全球空運量及旅客將持續成長，多數國家積極擴增機場容量以因應成長及需求的多樣化，然現今強調環境友善，機場帶來的噪音、空氣污染等問題，使多數機場面臨基礎設施增加不易的挑戰，透過相關管理工具或調整作業模式等方式，提升機場運作效率、減少噪音，是目前航空業努力的方向之一。提升航機於機場空側滑行作業效率為其中一個方向，相關技術及解決方案刻正研發中，未來機場、航空公司、地勤業者等相關單位之作業模式可能須配合變更或調整，藉由參加本次研討會，對國際間相關技術的發展及未來可能趨勢有概略瞭解，將提供相關單位參考。

本文電子檔已上傳至公務出國報告資訊網

目 錄

表目錄

圖目錄

第一章 前言

1.1 出國目的

國際航空運輸協會(International Air Transport Association, IATA)預測全球空運量及旅客將持續成長，多數國家積極擴增機場容量以因應成長及需求的多樣化，但現今環保意識抬頭且強調環境友善，機場帶來的噪音、空氣污染等問題，使多數機場面臨土地取得不易之困境，在基礎設施無法實質增加情況下，透過相關管理工具或調整作業模式等方式，提升機場運作效率、減少噪音，是目前航空業努力的方向之一。

在機場空側部分，為提升航機於空側滑行作業效率，相關技術及解決方案刻正研發中，未來機場、航空公司、地勤業者等相關單位之作業模式可能須配合變更或調整，希望藉參加本研討會瞭解國際間相關技術及解決方案最新發展及未來可能趨勢，提供相關單位參考。

1.2 行程概要

本次出國行程自 2017 年 5 月 22 日至 26 日，為期 5 天，主要行程為參加「國際航空運輸協會第 2 屆 E-Taxi 研討會」，順道參訪新加坡樟宜機場空側及陸側，詳細行程內容如表 1。

表 1　出國行程紀要表

日期	地點	行程內容
5/22 (星期一)	臺北→新加坡	搭機啟程
5/23(星期二) │ 5/24(星期三)	新加坡	參加研討會
5/25 (星期四)	新加坡	參訪樟宜機場
5/26 (星期五)	新加坡→臺北	搭機返國

第二章 會議紀要

2.1 國際航空運輸協會第二屆 E-Taxi 研討會議簡介

由國際航空運輸協會(International Air Transport Association, IATA)舉辦的第二屆 E-Taxi 研討會(IATA 2nd E-Taxi Conference)，今(106)年 5 月 23 及 24 日兩天於新加坡舉行，會議地點為新加坡文華酒店(Mandarin Orchard Singapore，如圖 1)。

圖 1　研討會地點-新加坡文華酒店
資料來源：新加坡文華酒店網頁

E-taxi 的 E 代表電動的(electric)、有效率的(efficient)及環保的(environmental)之意，Taxi 為滑行之意，故 E-taxi 可解釋為讓航機以較為環保的電動方式更有效率地滑行。在現行機場作業模式下，航機在停機坪完成地勤作業後，必須仰賴地勤拖車後推離開停機坪，於地勤拖車脫離，航機啟動發動機後，再自行滑行至跑道頭等待離場；而降落本機場的航機到場後，由跑道滑行到停機坪停妥後，才關閉發動機。以現今角度來看，此種作業方式較不具效率，增加非必要的燃油消耗，不僅對環境不友善，也可能危及場面上的工作人員/裝備；許多大型機場因航班增多而面臨擁擠或機坪不足問題，如能縮減航機地停時間，讓航機佔用停機坪時間減至最

少，是目前航空產業努力的方向之一。本次會議即在探討如何提升航機於機場空側的作業效率，由相關公司說明其產品研發現況，在相關技術成熟並獲認證後，即可能實際運用在實務上，未來機場、航空公司、地勤公司、航機駕駛員....等相關單位或人員，可能需配合變更或調整/改裝設備及作業模式，現行作業及認證等之相關法規可能亦需因應修正。

本次研討會主持人為國際航空運輸協會(IATA)作業成本管理部門(Operation Cost Management)主管 Dr. Chris Markou(如圖 2)，參與成員來自新加坡、日本、美國、法國、捷克、德國、印度、加拿大、直布羅陀等國的相關公司及單位，研討會議程詳如表二。

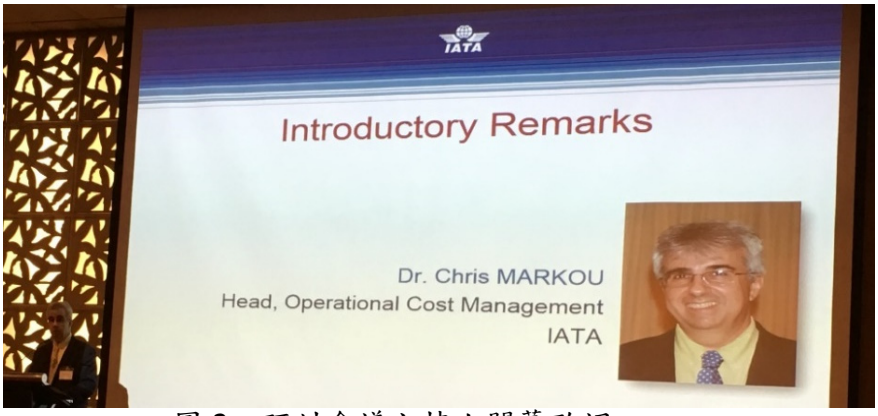

圖 2　研討會議主持人開幕致詞

為期兩天的研討會於由主持人開幕致詞後，接著進行專題演說、簡報及主題論壇(詳圖 3 ～ 圖 6)。

圖 3　講者開場專題演說

表 2 「國際航空運輸協會第 2 屆 E-Taxi 研討會」議程

Day 1 Tuesday, 23 May	
08:30 - 09:30	Registration & Welcome Coffee
09:30 - 09:15	Introductory Remards Dr. Chris Markou Head, Operational Cost Management IATA
09:15 - 09:30	Opening Statement Mr. Blair Cowles Regional Director, Safety and Flight Operations IATA
09:30 - 10:15	Keynote Address: Evolution of Technology Dr. Terrence Fan Assistant Professor in Strategic Management Singapore Management University
10:15 - 10:45	Morning Coffee Break
10:45 - 12:00	WheelTug Taxiing System Recent Development Team WheelTug WheelTug
12:00 - 13:15	Lunch
13:15 - 14:15	TaxiBot Taxiing System Recent Development Team TaxiBot IAI
14:15 - 14:45	Afternoon Coffee Break
14:45 - 15:45	Safran Taxiing System Recent Development Team Safran Safran
15:45 - 16:00	Short Break
16:00 - 16:30	Deriving Benefits from Alternative Aircraft Taxi Systems – Final Report of the ACRP 02-50 project Mr. Damon Fordham Principal, Sustainable Transportation Practice The Cadmus Group
16:30 - 17:30	Discussion Panel 1 - Roadblocks of the past and impediments of the future Dr. Terrence Fan Assistant Professor in Strategic Management Singapore Management University
17:30 - 21:00	Evening Cocktail

Day 2 Wednesday, 24 May	
08:30 - 08:45	Introductory Remards Dr. Chris Markou Head, Operational Cost Management IATA
08:45 - 09:30	Caution: Jet Blast on Apron Dr. Libor Kurzweil Director of Quality, Safety and Processes Management Prague Airport
09:30 - 10:15	Ultra fast nature-inspired optimization algorithms and digital maps of the airport for Gate Assignment Dr. Marek Franko Chief Operations Officer & Co-Founder NG Aviation
10:15 - 10:45	Morning Coffee Break
10:45 - 11:30	Study on turnaround time metrics: understanding how airlines can optimize fleet turnaround times Jean-Philippe Beaujard President & Co-Founder FlightWatching
11:30 - 12:15	Alternative taxiing systems certification requirements and procedures Mr. Nick Miller DER – Aircraft Certification Specialists
12:15 - 13:30	Lunch
13:30 - 14:30	Discussion Panel 2 - Technology readiness and Regulatory Approval Moderator: Mr. Nick Miller DER – Aircraft Certification Specialists
14:30 - 15:00	Stakeholder Alignment for Implementation of Alternate Taxiing Solutions Ashwani Khanna Vice President, Terminal Management Deli International Airport
15:00 - 15:30	Afternoon coffee Break
15:30 - 16:30	Discussion Panel 3 – Impact on Operations and Regulatory Specificities Moderator: Mr. Duncan Jones Project Certification Manager Hydromechanical and Flight Control System EASA
16:30 - 16:45	Summary and Closing Remarks Dr. Chris Markou Head, Operational Cost Management IATA

資料來源：國際航空運輸協會(IATA)第二屆 E-Taxi 研討會

圖 4　論壇討論情形

圖 5 參加人員於論壇提問情形

圖 6 與研討會主持人合照(左)及與講者合照(右)

2.2 研討內容概述

本次研討會針對目前研究發展中的不同系統進行報告及討論，茲摘述及彙整部分議題內容如下：

2.2.1 航空科技演進

在營收管理概念及天空開放協定之前，航空業者普遍認為航空器越大、座位數越多越好，因為航空器越大，每個旅客平均座位成本越低，航空公司獲利可因而增加，但現在航空業者著重營收管理(Revenue Management)，透過差別票價及票種做市場區隔，使營收增加，航空公司也漸傾向以大小合適的機型飛航，以前可能偏好選擇 300、400 個座位的廣體客機(又稱雙走道客機)，現在依航程不同，多數航線漸改以 200 座左右(或以下)的窄體客機(又稱單走道客機)飛航，並增加飛航班次，以增加旅客的選擇性，亦能吸引更多對時間相當在意的商務旅客。而現今天空開放漸為全球趨勢，除增加飛航班次外，航空業者也開闢許多新航線，再加上低成本航空公司(Low Cost Carriers, LCC, 或稱廉價航空)崛起且蓬勃發展，尤以亞洲地區為甚，使得主要機場的起降航班數大幅增加，航班延誤情形跟著發生，在一些繁忙的機場，如果沒有進一步的管理機制，航班延誤情形恐更為嚴重，延誤航班數也恐大幅飆升。

航班延誤計算一般是以航機表訂離場時間為計算基礎，計算公式如下：航機延誤時間 = (航機實際起飛時間 − 航機實際後推時間) − 航機滑行至跑道頭的 15 分鐘標準時間。

對於航班延誤情況日益嚴重問題，機場的因應之道在短期多採權宜措施，長期則擴增機場容量以為因應，亞洲地區機場多採此方式；航空公司則在過去這些年悄悄增加地停時間，呈現出來的就是，同樣一條航線現在表訂的飛行時數較之前增加，依據講者新加坡管理大學戰略管理學系助理教授范正平博士簡報，過去芝加哥-舊金山航線表訂飛行時數為 4 小時 25 分鐘，2015 年時增為 4 小時 43 分鐘，也就是說航空公司藉增加地停作業

時間方式，吸收一部份航班延誤時間，讓航機延誤情形不致太嚴重，據統計 1999～2009 年期間，全球各航空公司相同航線的表訂飛行時間增加了 18%，2005～2015 年期間，則增加了 4%～6%。

航空公司藉增加地停作業時間的以維持航機準點情形，意味者同一架航機每日使用率減少，每日可飛航班次數將會減少，在總飛航班次數不變前提下，同樣的班表航空業者必須以更多架航機執行派飛。范教授以 2006 年班表每日 2,773 次地停作業為例，原本只需 461 架航機即可執行班表，但如果每次地停時間增加 5 分鐘的話，同樣的班表就必須以 479 架航機執行派飛，亦即得增加 18 架航機，對業者來說這些都是額外增加的成本。以美國最大的低成本航空公司(Southwest Airlines)為例，2013 年時該公司以 680 架航機執行派飛任務，整體準點率為 82%，在全美 16 家航空公司中排名第 7，但 2013 年 8 月之後，該公司反其道而行，將地停作業時間縮減，每架航機的使用率因此增加，該公司因此得以減少派飛 16 架航機，而仍能維持原有的總飛航班次數，但其準點率則大幅下降為 71.1%，在所有業者中排名最後。

較長的地停作業時間必然會使與機場有關的延誤情形增加，如果能減少航機在地面的時間，可能就有機會解決部分問題，此意味著更有效率的航機滑行作業方式有潛在的需求與機會。依據范教授簡報資料，A320 機隊的地停時間中，19%的時間是航機自關艙門開始後推至滑行道的滑行時間，如果航機改用電動滑行系統，因滑行速度較為快速，航機在地面停留的時間可減少，又不影響航機準點情形，航空業者利潤即有可能增加，如圖 7 顯示地停時間在 65 分鐘左右的低成本航空公司如瑞安航空(Ryanair)、易捷航空(EasyJet)、威茲航空(Wizz)，獲利率超過 10%，其中瑞安航空更高達 20%，而地停時間在 85 分鐘左右的漢莎航空(Lufthansa) 、法荷航(AF/KLM)及英航(IAG)，除英航獲利率約 10%外，漢莎航空及法荷航獲利率僅 5%上下。

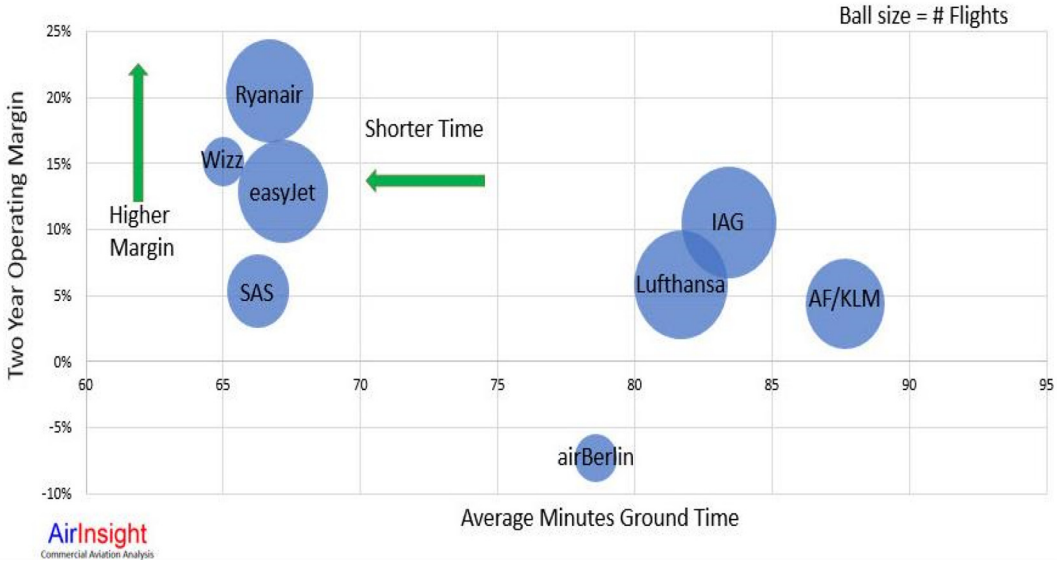

圖 7 地停時間長短與利潤關係圖

資料來源: Frequency as airlines' means to accommodate growth, and implications on e-taxiing，Dr. Terence Fan簡報

航機電動滑行系統除了可減少航機在地面時間外，同時也可使航機燃油消耗量減少，依據現行作業方式，地勤拖車將航機從停機坪後推至停機坪外的滑行道後即脫離航機，其後的階段航機係自行滑行至跑道頭等待離場起飛，直到飛抵目的機場降落，再滑行進入停機坪停靠空橋為止，都是依賴航機發動機消耗燃油所產生的動力。根據統計燃油成本約佔航空公司營業成本的 30%～40%，而航機在地面滑行所消耗的燃油佔全部燃油消耗的 6%，甚至可能達 10%，航機使用電動滑行系統可有效減少 6%～10%的燃油消耗(詳如圖 8)，碳排等廢氣排放與環境污染也隨之減少，在環保意識及油價高漲的今日，航機電動滑行系統將逐漸成為未來趨勢。

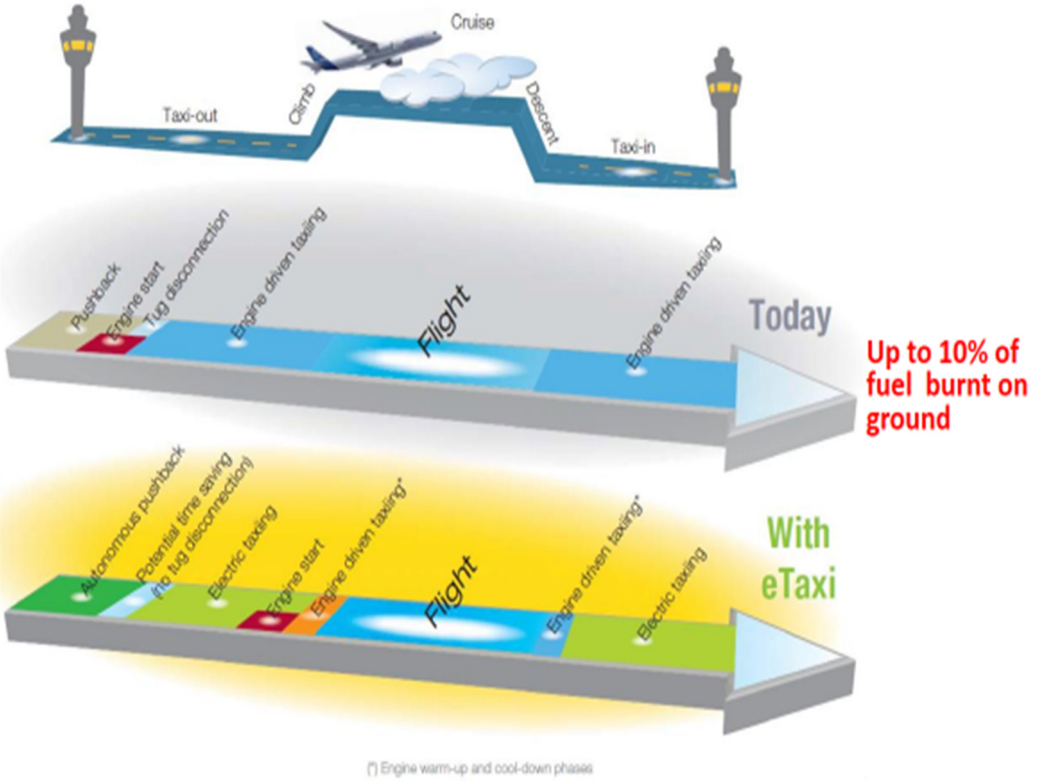

圖 8 航機燃油消耗比較

資料來源: Frequency as airlines' means to accommodate growth, and implications on e-taxiing，Dr. Terence Fan簡報

2.2.2 電動滑行系統目前發展

以現行航機在停機坪的後推作業來說，為節省燃油成本，航機從關艙門開始後推離開停機坪時，發動機並未啟動，航機之所以能後推完全是仰賴地勤拖車。

地勤拖車分為有拖桿及無拖桿兩類，地勤公司依據航機機型，使用合適的拖車。使用有拖桿拖車(如圖 9)時，拖車拖桿(如圖 10)必須接妥於航機鼻輪之拖桿接座(如圖 11～圖 12)；而無拖桿拖車(如圖 13)係利用機械手臂將整個鼻輪夾住抱起拖行，較為方便，但造價相對也高很多。

圖 9　有拖桿拖車
資料來源：桃園航勤公司

圖 10 拖車拖桿

圖 11　拖車拖桿接妥於航機鼻輪

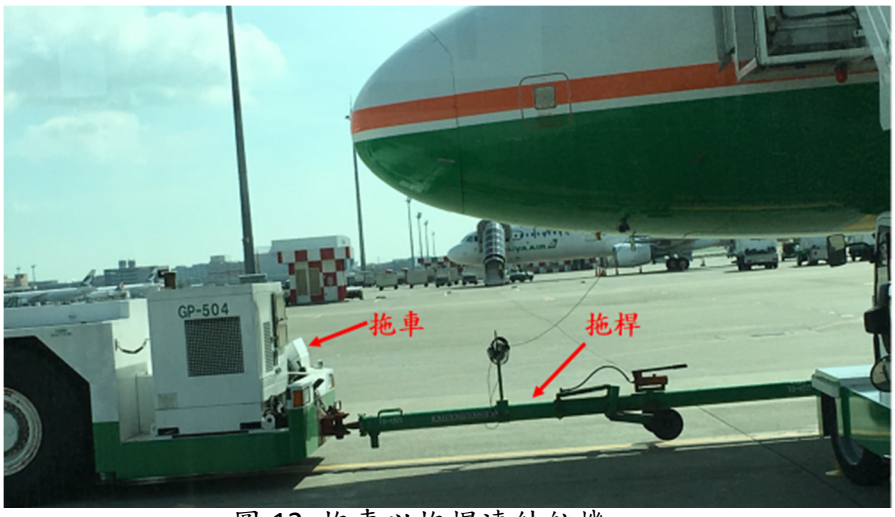

圖 12 拖車以拖桿連結航機


圖 13　無拖桿拖車
資料來源：桃園航勤公司

圖 14　無拖桿拖車以機器手臂夾住鼻輪
資料來源：桃園航勤公司

圖 15　無拖桿拖車準備將航機後推

資料來源：桃園航勤公司

在旅客登機、航機加油/加水/餐點等裝載作業完成準備關艙門或撤離空橋時，由拖車駕駛操控拖車，以每小時約 5 公里的速度後推航機，讓航機緩緩後推離開停機坪(如圖 16)，直到緊鄰停機坪的滑行道上為止，之後航機發動機啟動，自行滑行到跑道頭等待離場。如遇多架航機同時要後推，而地勤人員或拖車等裝備等不及因應時，航機可能須在停機坪等待，這些等待時間不僅增加地停作業時間、可能影響航機準點情形，更可能使航機等候航管發給離場許可的順位排在比較後面，由於此時航機發動機已經啟動，排隊順位越後面代表等待時間越長，消耗的燃油更多，不但增加航空公司用油成本，也增加燃油廢氣排放而污染環境。如前所述航空公司營運成本中 30%～40%為燃油成本，而 6%～10%的燃油是航機在地面階段所消耗的，如果有其他替代方案，讓航機能自己滑行後推離開停機坪，無須再依賴地勤拖車，甚或在不啟動發動機的情況下，航機可以繼續滑行到跑道頭等待離場起飛，既可增加航機在機坪的自主性、節省地停作業時間，也能減少燃油消耗及廢氣排放量，兼顧環境友善及永續發展，航機電動滑行系統的概念因此產生。

圖 16 地勤拖車將航機後推

資料來源：
https://www.google.com.tw/search?biw=1536&bih=771&tbm=isch&sa=1&q=%E9%A3%9B%E6%A9%9F%E5%BE%8C%E6%8E%A8+%E7%AB%8B%E6%A6%AE&oq=%E9%A3%9B%E6%A9%9F%E5%BE% 8C%E6%8E%A8+%E7%AB%8B%E6%A6%AE&gs_l=psy-ab.3...507931.512175.0.514272.2.2.0.0.0.0.162.227.1j1.2.0....0...1.1j4.64.psy-ab..0.0.0.pZx7R0zfVDA#imgrc=MqSL-Lm_BUAEoM:&spf =1500433269816

目前航機滑行系統大致可歸納為 5 大類型(如圖 17)，包括現行的後推拖車、大型半自動式油電混合拖車、鼻輪電動滑行系統、主起落架電動滑行系統，及另外加裝供航機滑行用的專用引擎等，其中的鼻輪起落架電動滑行系統、主起落架電動滑行系統及油電混合拖車，分別由 WheelTug、Safran 及 TaxiBot 三個團隊所研發，本次研討會主辦單位邀請各團隊分別就其研發產品介紹發展現況。

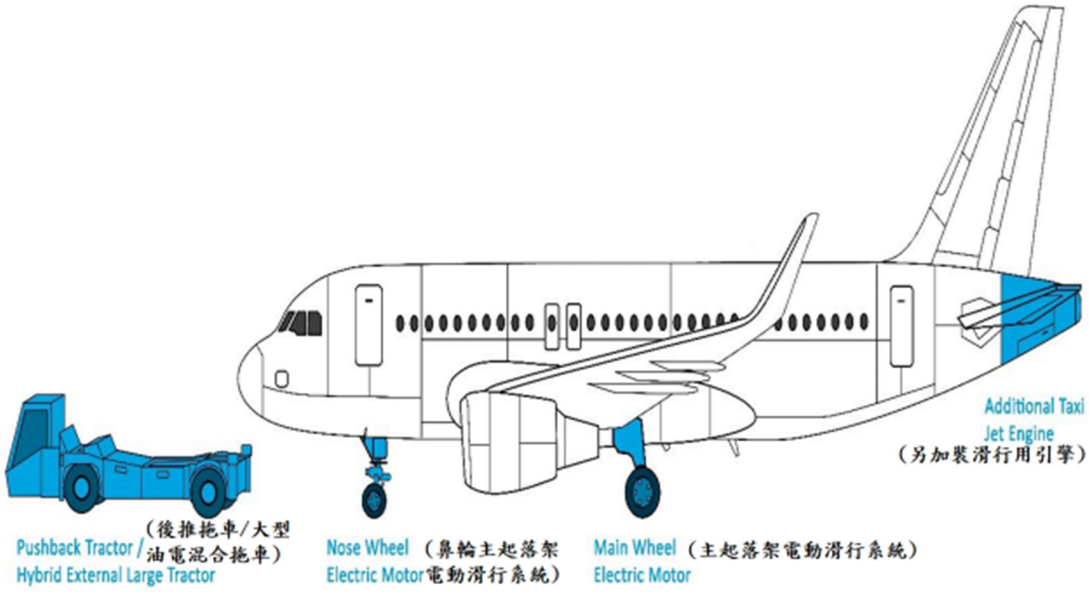

圖 17 各電動滑行系統所在位置圖

資料來源: Frequency as airlines' means to accommodate growth, and implications on e-taxiing，Dr. Terence Fan簡報

2.2.2.1 WheelTug

WheelTug 公司位於英屬直布羅陀，其研發的電動滑行系統最主要是在航機鼻輪起落架加裝電動馬達(如圖 18)，馬達重量小於 150 公斤，整個滑行系統包括馬達及驅動器、電子裝備以及操作面板(如圖 19)，航機發動機不需啟動，而由輔助動力系統(Auxiliary power Unit, APU)提供電力驅動馬達，讓航機能自行後推及滑行進出停機坪，不需地勤拖車，因而可增加航機自主性及提升滑行效率，減少作業成本。

圖 18　WheelTug 電動滑行系統(鼻輪)
資料來源: WheelTug 2017 IATA E-Taxi Conference簡報

圖 19　WheelTug 電動滑行系統配備
資料來源: WheelTug 2017 IATA E-Taxi Conference簡報

該公司透過訪談瞭解大多數航空公司的需求，將研發重點聚焦在節省航機後推時間(如圖 20)，於 2004/2005 年間推出第一個原型產品，適用於 B767 型航機，由駕駛員透過駕駛艙內的操作面板(如圖 21)操控航機後推及滑行。WheelTug 團隊表示其電動滑行系統可減少航機後推風險、節省燃油消耗、降低發動機損耗，目前係先針對窄體機的需求進行研發，其系統簡單、容易拆卸、可改裝、著重於時間的節省，依據團隊所提供資料，目前 98%的航機係在 20 分鐘內完成後推，平均為 8 分鐘，使用其電動滑行系統則僅需 1 分鐘(如圖 22)。

由於WeehTug電動滑行系統於鼻輪起落架加裝馬達，使航機構型改變，因此須向相關單位另申請型式認證(Type Certificate, TC)，始可正式使用，該公司預估可於2019年獲得美國聯邦航空總署(Federal Aviation Administration, FAA)的認證。另據了解WheelTug系統將以租賃形式提供航空公司使用，由該公司免費安裝，在航空公司使用WheelTug電動滑行系統的期間內，所節省的燃油成本及其他所有費用，其中一半則回饋給WheelTug。

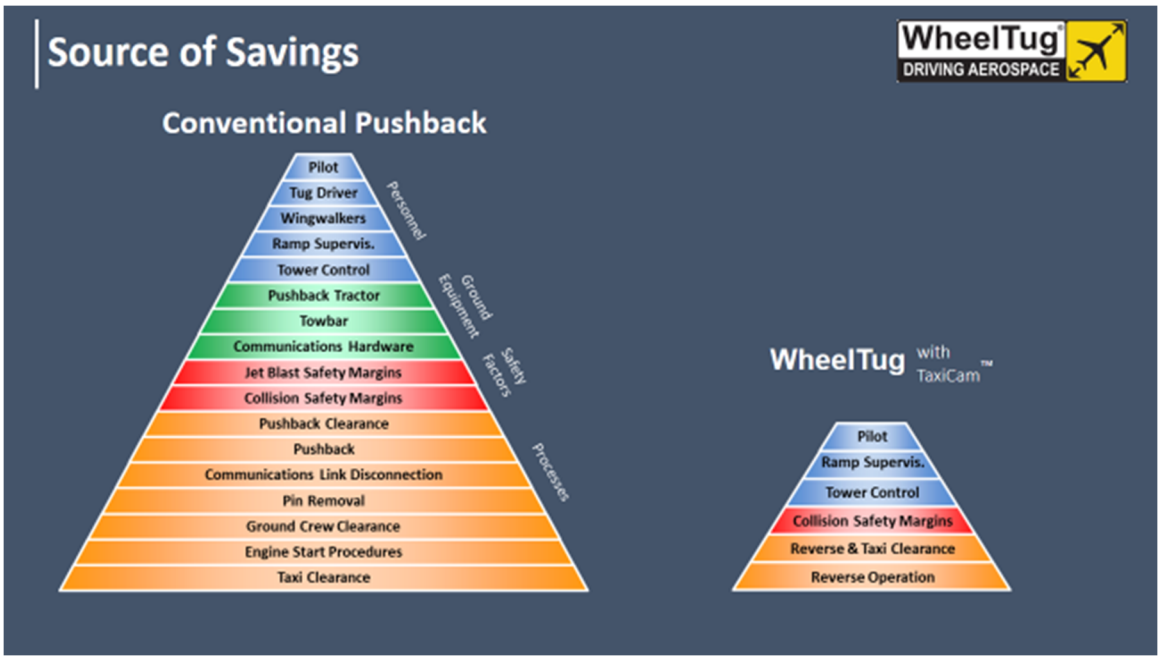

圖 20　傳統航機後推及使用 WheelTug 系統之成本面向
資料來源: WheelTug 2017 IATA E-Taxi Conference簡報

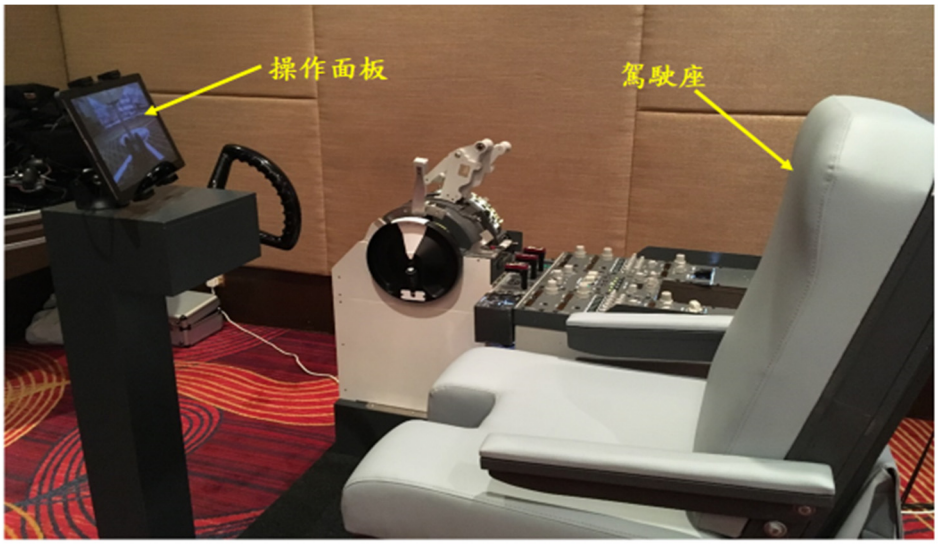

圖 21　WheelTug 電動滑行系統操作面板與駕駛座位置圖

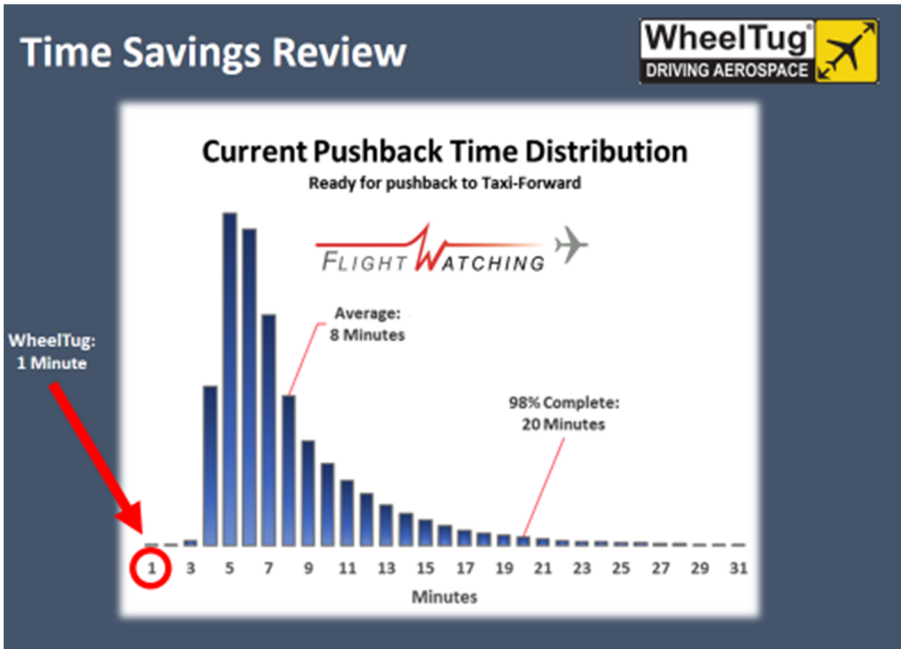

圖 22　現行航機後推時間分布圖
資料來源: WheelTug 2017 IATA E-Taxi Conference簡報

本次研討會現場，該公司準備了一架藉助鼻輪電動馬達滑行系統行進的模型機，參加研討會人員可坐在模擬的駕駛座上，實際操控WheelTug的滑行系統(如圖23及圖24)，親自體驗模型機自行後推及滑行的情形。

圖 23 體驗操作 WheelTug 模型機

圖 24 裝設 WheelTug 電動滑行系統之模型機

2.2.2.2 Safran

Safran團隊的電動滑行系統主要在航機主起落架裝設電動馬達(圖25)，同時搭配駕駛員操作介面、馬達控制系統、機輪傳動裝置統等(詳如圖26)，航機主發動機不需啟動，而由輔助動力系統(Auxiliary power Unit, APU)提供電力驅動主起落架的馬達，讓航機能自行後推及滑行進出停機坪，不需地勤拖車，可增加航機自主性及提升滑行效率，減少作業成本，其概念基本上與WheelTug的鼻輪電動滑行系統類似。Safran電動滑行系統中，驅動航機前進的馬達安裝在主起落架上，使得航機構型改變，因此必須取得相關單位的認證才能正式使用，而該公司鎖定的目標是窄體機，包括空中巴士的A320及波音公司的B737。

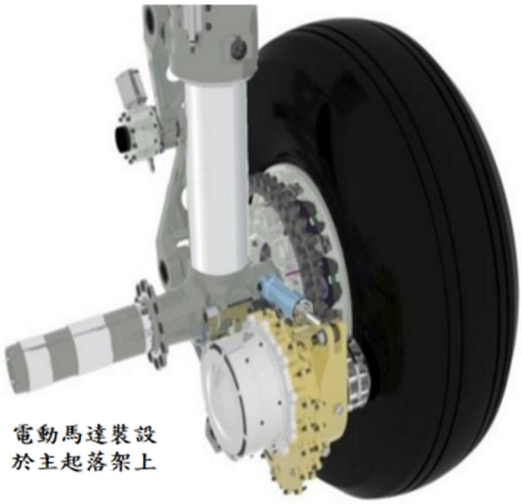

圖 25　Safran 電動滑行系統(主起落架)
資料來源: Landing System, Safran 2017 IATA E-Taxi Conference簡報

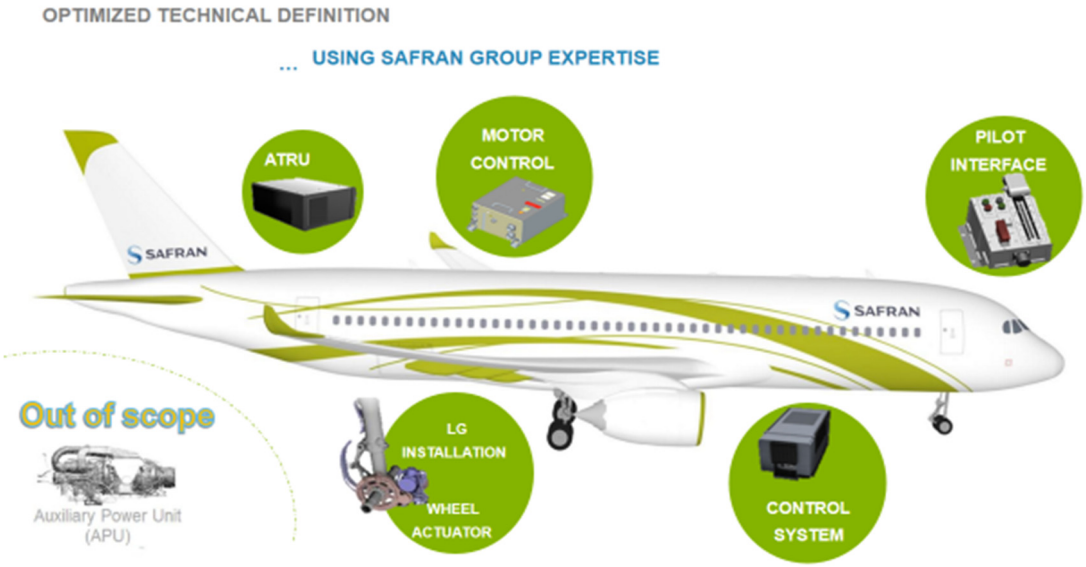

圖 26　Safran 電動滑行系統配備
資料來源: Landing System, Safran 2017 IATA E-Taxi Conference簡報

Safran團隊表示，航機如採用電動滑行系統，燃油及航機滑行時間減少(如圖27)，由於下列特性使各利益相關人得以受惠：

1. 航機抵達機坪時發動機處於關車狀態：航空公司、機場及旅客都可受惠。因為沒有尾流問題，機坪安全得以提升，使地勤人員能即刻接近航機將旅客行李卸下，行李在較短時間出現於行李轉盤上，旅客能提早提領到行李；航機因地面作業時間減少，較快離開機

坪繼續下一趟飛航。

2. 航機自行後推不需依賴拖車：對航空公司來說，航機的自主性增加，地面停留時間至少可節省2分鐘，作業成本因此減少。對機場而言，因航機地面作業時間縮短，能較早將機坪提供其他航機使用，使機坪使用率提升；另由於沒有尾流問題，場面作業人員的安全較有保障；此外，不使用拖車使場面上作業的車輛數減少，降低風險。
3. 燃油較省：最直接受惠者是航空公司，能節省燃油，航機遭致外物損害(Foreign Object Damage, FOD)情形也會減少；對機場及附近居民而言，地面排放及噪音都因而減少。

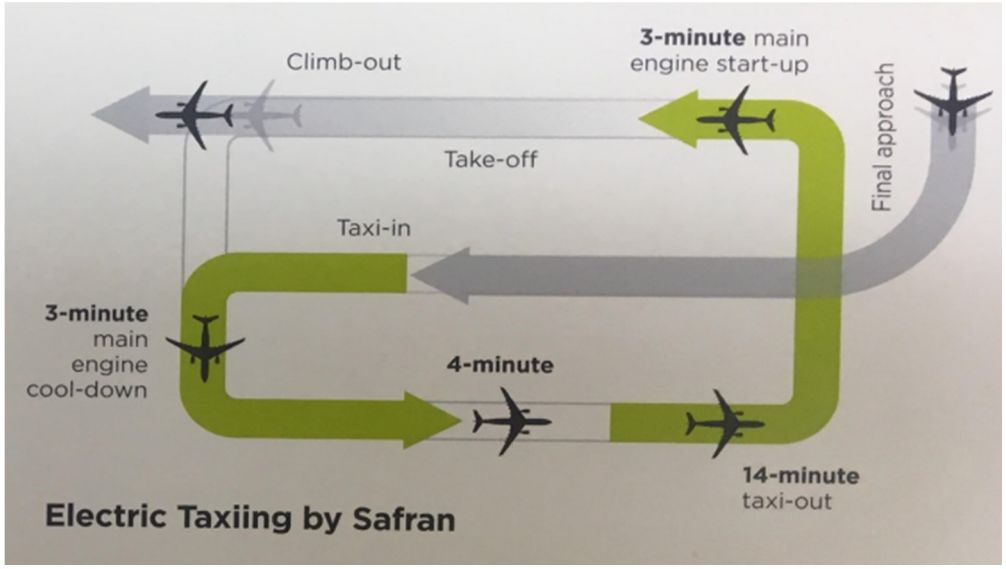

圖 27　Safran 電動滑行系統帶來時間及燃油相關之效益
資料來源: Landing System, Safran 2017 IATA E-Taxi Conference簡報

Safran表示使用其電動滑行系統，所獲致的效益可從幾個面向來看，包括：

1. 就經濟面而言，因航機後推及滑行不需啟動發動機，可節省燃油消耗及作業成本，而航機後推、滑行進出停機坪將會較有效率；
2. 從環境境面觀之，可大幅減少二氧化碳、一氧化碳…等排放量，地面噪音將會降低；

3. 從作業面來看，航機自主性增加，可快速地自行後推及滑行，使機坪擁擠情形得到改善，既減少航機地面停留時間，也間接提升航機準點情形；
4. 就航機結構來說，其電動滑行系統不會影響現有航機的主起落架結構；除此之外，由於航機滑行時不需啟動發動機，發動機因吸進危害安全物體而造成損壞(Foreign Object Damage, FOD)之情形可降低，發動機維修次數減少也間接延長發動機使用壽命，此為使用電動滑行系統的附加價值。

簡言之，從機場作業角度來說，如使用電動滑行系統，航機在滑行階段不需啟動發動機，故不會產生尾流及排放廢氣，較無噪音問題，使場面工作人員的安全及健康問題獲得改善；因航機後推不需依賴地勤拖車，航機自主性增加，航空公司較能掌控航機滑行時間，可提升航機準點情形，間接增加機場空側管理者對停機坪的掌控及調度能力，也使停機坪使用率得以適度提升。

2.2.2.3 TaxiBot

TaxiBot(如圖28及圖29) 為Taxiing Robot的縮寫，本電動滑行系統是另一種設計概念，由以色列航太公司(Israel Aerospace Industries)為主的團隊研發，包括波音、空中巴士漢莎航空子公司Lufthansa LEOS等皆參與其中，其概念也是無需啟動航機發動機，但使用油(柴油)電混合半自動式無拖桿拖車，讓航機後推及滑行，TaxiBot以類似機器手臂方式扣住鼻輪，由駕駛員在機艙內操控拖車讓航機自行後推及滑行。TaxiBot已獲歐洲航空安全局(European Aviation Safety Agency, EASA)許可，2015年2月起已在法蘭克福國際機場試行，研發團隊強調現行航機無須做任何變更修改即可使用本系統。目前TaxiBot有兩種型式，其一專供單走道窄體機使用，包括空中巴士的A318到A321，及波音公司的B737到B757等，另一種則專供雙走道廣體機使用，包括空中巴士的A330到A380，及波音公司的B767到B747等，研發團隊表示本系統不影響機場既有設施容量，並具備下列優點：

1. 無須啟動發動機，而由駕駛員操控航機後推及滑行。
2. 節省85%的燃油消耗。
3. 減少85%的廢氣排放(包括二氧化碳及其他有毒氣體等)。
4. 噪音量降低50%。
5. 外物損害(Foreign Object Damage, FOD)情形會減少50%。
6. 航機滑行時無須啟動發動機，不會產生尾流，場面上工作人員/裝備的安全較有保障。
7. 停機坪作業效率提升，壅塞情況得到改善。
8. 現有航機系統無須修改，也不會讓航機增加額外重量。
9. 航機煞車系統損耗降低約50%。
10. 機場設施僅需微幅修改，甚或無須做任何修改。

圖 28　TaxiBot 半自動式油電混合拖車
資料來源: Deriving Benefits from alterntive Aircraft-Taxi Systems, The Cadmus Group 簡報

圖 29　航機由 TaxiBot 拖車帶動滑行
資料來源: Taxibot, 2017 IATA E-Taxi Conference簡報

2.2.2.4 小結

綜而言之，在現今作業模式下，燃油成本佔航空公司營運成本的 30%～40%，航機在地面所消耗的燃油佔所有燃油消耗的 6%，而電動滑行系統的概念即在於讓航機在主要發動機未啟動的前提下，能自行後推與滑行，預估可使航機的燃油消耗減少 6%～10%。

電動滑行技術的概念迥異於現行作業模式，這種新的技術概念，讓航機不必依賴地勤拖車即可自行後推離開停機坪，也不需啟動發動機即可自行滑行到跑道，增加航機的自主性，又能節省地停作業時間及燃油消耗，降低航空公司的作業成本；對機場單位來說，航機使用電動滑行系統時，在滑行階段不會產生尾流，增加機坪工作人員的安全，且因為不需地勤拖車後推航機，機坪上的作業裝備及車輛因此減少，降低與航機擦撞的潛在風險；也由於燃油消耗減少使廢氣排放量同時減少，符合環境友善及永續發展的目標。

2.2.3 美國有關航機滑行系統之研究

機場合作研究計畫(Airport cooperative Research Program, ACRP)係經美國國會授權，由美國聯邦航空總署(Federal Aviation Administration, FAA)贊助經費，研究內容主要針對現行滑行方式(須啟動航機發動機)，以及短期可能的替代方案，希望藉此協助評估不同滑行系統可能的成本、油耗、廢氣排放及噪音問題，以及實際運用時可能遇到的問題及挑戰。

該研究計畫認為相關替代方案具有下列屬性：

1. 航機使用其他滑行系統滑行時，因為發動機未啟動，因此不消耗任何燃油，就沒有廢氣排放問題，也不會產生噪音。
2. 其他滑行系統雖可減少航機在滑行階段的油耗、廢氣排放及噪音，但真正能減少到什麼程度，主要與航機滑行時間的長短、航機機型與大小，以及所選用的滑行系統直接相關。

3. 發動機必須在航機起飛前五分鐘預熱。

該研究計畫認為無論哪一種滑行系統，都應該要考量下列問題，才能真正符合使用者的需求：

1. 成本問題：包括購買或租賃的費用，此外也須考量維修及燃油的成本。
2. 目前(及未來)的滑行時間：因為發動機預熱或冷卻，最多可能需要5分鐘時間，如果目前航機滑行的時間太短，則其他替代方案能帶來的效益可能會非常小。
3. 目前(及未來)的機隊組合：雖然某些滑行系統替代方案能處理A380這類較大型的航機，但是多數替代方案是專為A320及B737這類窄體機設計。
4. 航機在滑行道(或是在接近跑道等待位置)時，要在哪個位置啟動主要的發動機，以及發動機啟動失敗問題(例如可能耽誤其他在排隊等待離場的航機)。
5. 需額外增加的人員及相關訓練。
6. 滑行速度(包括在擁擠的機場，可能需前進/停等以避讓其他航機)，以及是否有能力在安全時間內穿越使用中的跑道。
7. 航機本身必須做的變更或改裝，也包括因航機構型改變，得從美國聯邦航空總署(Federal Aviation Administration, FAA)取得任何必須的認證。
8. 機場方面必須做的變更或修改，包括機場基礎設施及土地使用等。
9. 替代系統是否是由駕駛員操控。
10. 尚未經認證(non-certified)的滑行系統取得認證的可能性。
11. 安全性。
12. 與飛航管制單位間關於發動機啟動時間的溝通聯繫。

13. 可能節省的時間。

14. 航機滑行系統的所有權屬於誰？機場、航空公司或是地勤公司？

如果單從成本面來看，使用其他滑行系統可能使航空業者能在某些項目上節省成本支出，但也會增加其他額外的成本，其中可節省成本的四個項目包括：

1. 降低燃油成本。
2. 無須再使用地勤拖車。
3. 減少延誤時間以及滑行時間。
4. 可能可以同時使用兩座空橋讓旅客登機，而縮短地停時間。

至於增加成本的部分，則包括下列：

1. 就外接式滑行系統而言，供窄體機用的小型地勤拖車價格可能約150萬美元，供廣體機用的則可能要價300萬美元。
2. 就機載滑行系統來說，窄體機用的價格可能約26萬美元，供廣體機用的則可能為100萬美元；在安裝機載滑行系統時，對航空公司來說，可能除役的航機就會有些額外的成本。
3. 機載滑行系統製造商可能要求與航空公司簽署租賃合約，依據該租賃合約，航空公司因使用該項產品所節省的費用，其中一半須回饋給該廠商。
4. 額外的作業、維修、系統安裝致須停工的時間(機載滑行系統才有此問題) ，以及人事成本，都可能對航空公司及地勤公司造成不同程度的影響，但在其他部分所節省的成本，有可能會抵銷此處受影響的程度。
5. 對外接式滑行系統來說，如航機後推所花時間比一般後推時間長的時候，仍需由拖車駕駛操作該項裝備。
6. 在有些機場可能需要有額外的等待區域、車道以及滑行道。

ACRP 未來的工作包括：

1. 以詳細的資料，包括航機滑行速度及相對產生的排放量、航機輔助動力系統及不同滑行系統，更精確地計算油耗及排放量；
2. 目前各滑行系統測試的次數有限，ACRP 未來將以航空公司實際使用各滑行系統的資料進行研究；
3. 將研究不同滑行系統對滑行時間及滑行速度的影響。

2.2.4 小心機坪上的尾流

航機後方的尾流可能會危及其他航機及場面上作業的人員/車輛/裝備(如圖30)，各機場因其機坪與滑行路徑所在位置及相對位置各不相同，尾流風險高的地點、數目多寡也不一，有些機場甚至要求駕駛員必須以發動機最小的推力滑行，講者認為在現階段釜底抽薪之計則為使用電動滑行系統，依據其所做個案研究，如果在同一個航廈活動的航機全部都使用電動滑行系統，所得到的安全效果最為正面，也就是在場面上活動的航機、人員及車輛等裝備，都能安全無虞，完全不會有尾流帶來的傷害；但是如果只有一部分航機使用電動滑行系統滑行，其他航機不具備電動滑行能力，仍以傳統方式啟動發動機來滑行，則航機尾流事件所造成的傷害，其嚴重性並不會改變，只是發生機率略微降低而已。

圖 30　航機尾流警示牌
資料來源: Caution! Jet Blast on Apron, Dr. Ing. Libor Kurzweil簡報

2.2.5 利益相關人相互合作

依據印度德里機場 2014～2016 年航機滑行時間統計資料，該機場廣體機的平均滑行時間，小於 10 分鐘者約 14%～15%，即 85%以上的廣體機滑行時間大於 10 分鐘(超過 30 分鐘者佔 3%)；在窄體機部分，平均滑行時間小於 10 分鐘者約 22%～27%，即 73%以上的窄體機滑行時間大於 10 分鐘(超過 30 分鐘者佔 2%)。

航機滑行時間較長會增加燃油成本、排放量及噪音，衝擊航空公司的營收及獲利，也增加駕駛員/地勤人員/維修人員工作負荷，並衍生場面安全問題，而航機煞車及輪胎損耗也較高。如果航空公司、機場、主管機關、航管單位、地勤公司…等所有利益相關人能相互合作，共同實施航機滑行系統替代方案，即可能有機會讓情況獲得改善，減少一些衝擊，達到各方皆贏的局面。

2.2.6 其他

由於航空器必須符合型式認證檢定(Type Certificate, TC)，才符合適航安全的規定，前述航機滑行系統如果使航空器構型因而改變，即涉及原有驗證性能的改變，因此必須向相關單位另申請補充型式認證檢定(Supplemental Type certificate, STC)，於取得認證後，始能真正於實務作業上使用。

全球航空運輸及飛航班次日增，再加上機載電腦化航行系統的使用，航空資料已逐漸由紙本改為數位資訊以利傳遞，並能減少資訊的重複或錯置情形，例如飛航計畫、飛航公告(Notice to Airman, NOTAM)、飛航資訊顯示看板等，目前提供我國各項航空情報之飛航指南(Aeronautical Information Publication, AIP)，也已改為電子式飛航指南(e-AIP)。然各地區航空資料數位化的程度，以及數位化的格式是否相容，都將影響航空資料傳遞的正確性、即時性以及資訊的整合程度。以新加坡樟宜機場協調整合

決策系統(Airport collaborative Decision Making, A-CDM)為例，系統內的資訊皆為數位化的格式，具一致性、即時性、整合性，遇有航機延誤情事，機場管理單位可立即運用系統提供之航機離到資訊，決定後續應採取的作為，以提升機坪使用效率。

第三章 樟宜機場參訪紀要

本次研討會議結束後，順道參訪樟宜機場陸側及機場營運中心(Airport Operation Center, AOC)，對其運作及聯外交通事宜有概略認識。

3.1 新加坡樟宜機場簡介

新加坡的國際機場原為巴耶利耶機場(Paya Lebar)，1975 年新加坡政府決定以舊皇家空軍基地為基礎，填海興建新的國際機場，即樟宜國際機場（Singapore Changi Airport, IATA 代碼 SIN），並於 1981 年 7 月 1 日正式啟用。樟宜機場為新加坡最重要的機場，佔地 13 平方公里，距市中心約 17.2 公里，為 24 小時營運的機場，所提供優質服務深獲來自全球之旅客及航空公司好評，多次榮獲 Skytrax 全球最佳機場(Best Airport in the World)的殊榮。

3.1.1 機場組織

樟宜機場原隸屬新加坡民航局(Civil Aviation Authority of Singapore, CAAS)，於 2009 年 7 月 1 日公司化，樟宜機場集團公司(Changi Airport Group (Singapore) Pte Ltd, CAG) 則於 2009 年 6 月 16 日成立，並從新加坡民航局接手管理樟宜機場，成為樟宜機場的實際管理者，主要工作包括機場營運及管理、樞紐機場發展、商業活動以及機場緊急應變服務，此外也負責管理實里達機場(Seletar Airport)，並透過子公司樟宜機場國際公司(Changi Airport International)投資及管理國外的機場。

3.1.2 機場空/陸側

一、 空側部分

機場空側最主要的設施為跑道、滑行道及停機坪，樟宜機場現有南、北 2 條長 4,000 公尺、寬 60 公尺的平行跑道，分別為 02L/20R 及 02C/20C 跑道；在停機坪部分，共有 92 個靠橋機坪(一航廈 29 個、二航廈 35 個、三航廈 28 個)，另有 35 個遠端機坪(如圖 31)。

圖 31 樟宜機場空側圖
資料來源: airliners.net 網頁

二、 陸側部分

(一)客運航廈

樟宜機場現有一航廈(T1)、二航廈(T2)及三航廈(T3)共三座航廈，年處理容量為 6,600 萬人次，各航廈的一樓皆為入境層，二樓皆為出境層，三樓則供旅客過境轉機 (航廈配置詳圖 32) 。其中一航廈於 1981 年啟用，樓地板面積 308,000 平方公尺，年處理容量 2,100 萬人次，其水滴裝置藝術(Kinetic Rain)吸引旅客駐足；二航廈於 1990 年啟用，樓地板面積 358,000 平方公尺，年處理容量 2,300 萬人次，新加坡民航局及樟宜機場集團之辦公室即在此航廈內；2008 年啟用的三航廈，樓地板面積 380,000 平方公尺，年處理容量 2,200 萬人次，擁有全世界第一座機場蝴蝶園，旅客可近距離欣賞蝴蝶翩翩起舞，華航及長榮航班即於本航廈起降。樟宜機場航廈內之航班資訊顯示看板(如圖 33)相當醒目，旅客可以很快找到航班的資訊，包括航班編號、航機起飛或降落時間、報到櫃檯、登機門等。

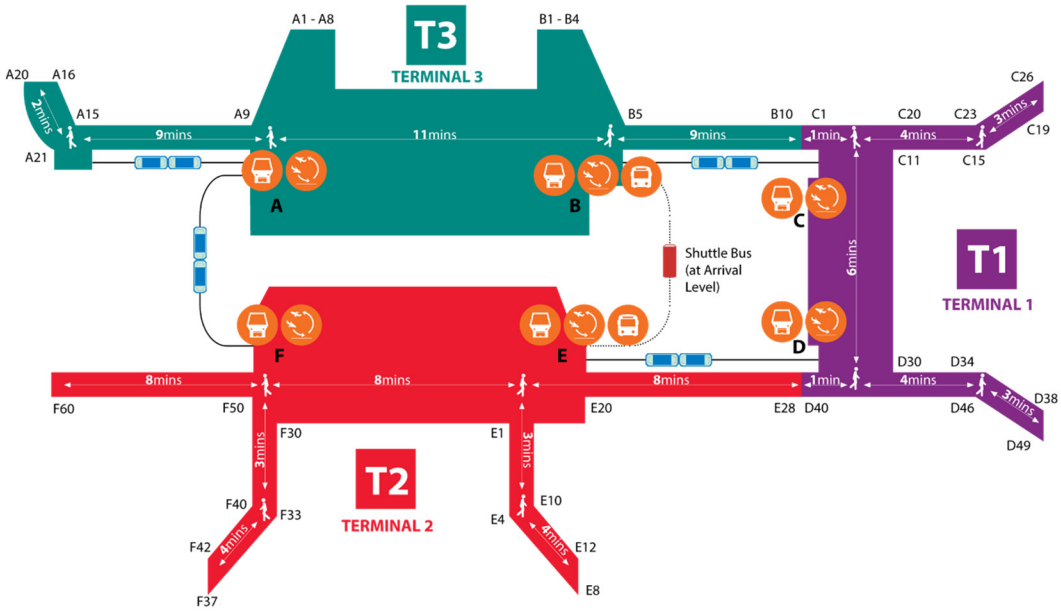

圖 32 樟宜機場航廈配置圖
資料來源: 樟宜機場網頁

圖 33　樟宜機場第二航廈航班資訊顯示看板

(二)航廈間往返交通

樟宜機場有免費的高架輕軌列車(Skytrain)往返於各航廈間，旅客於

轉機區域及公共區域均可搭乘，營運時間從早上 5 點到午夜 2 點 30 分，行駛時間約 4 分鐘，每 2 分鐘一班，相當便利。

3.1.3 營運情況

新加坡樟宜 1981 年開始正式啟用，是新加坡最主要的國家門戶，曾六度榮獲 Skytrax 全球最佳機場殊榮，其營運現況概略說明如下：

一、 機場運量

在客運部分，樟宜機場近幾年旅客量皆超過 5,000 萬人次，2016 年時達 5,870 萬人次(如圖 34)，排名全球第 17 位，如單以國際線旅客量來看，為全球第六繁忙的機場，2017 年 4 月樟宜機場迎接自 1981 年啟用以來的第 10 億名旅客，使機場邁向另一個里程碑，預估今年旅客量會超越去年；在貨運方面，近年貨運量維持在 180 餘萬公噸，2016 年增為 197 萬公噸(如圖 35)；在起降架次方面，近年皆超過 30 萬架次，2016 年時達 36 萬 5000 架次(如圖 36)。

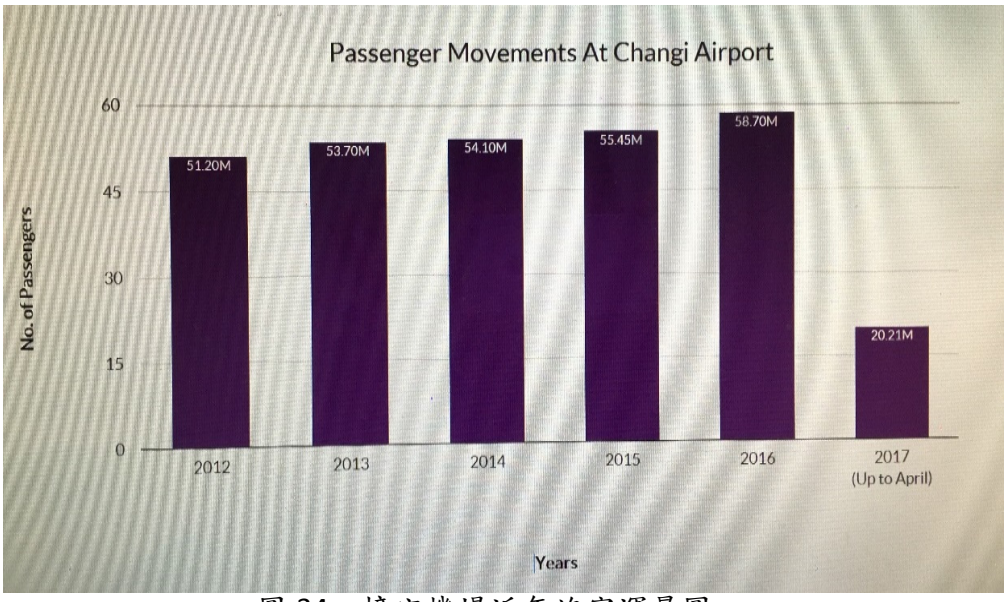

圖 34　樟宜機場近年旅客運量圖
資料來源：樟宜機場網頁

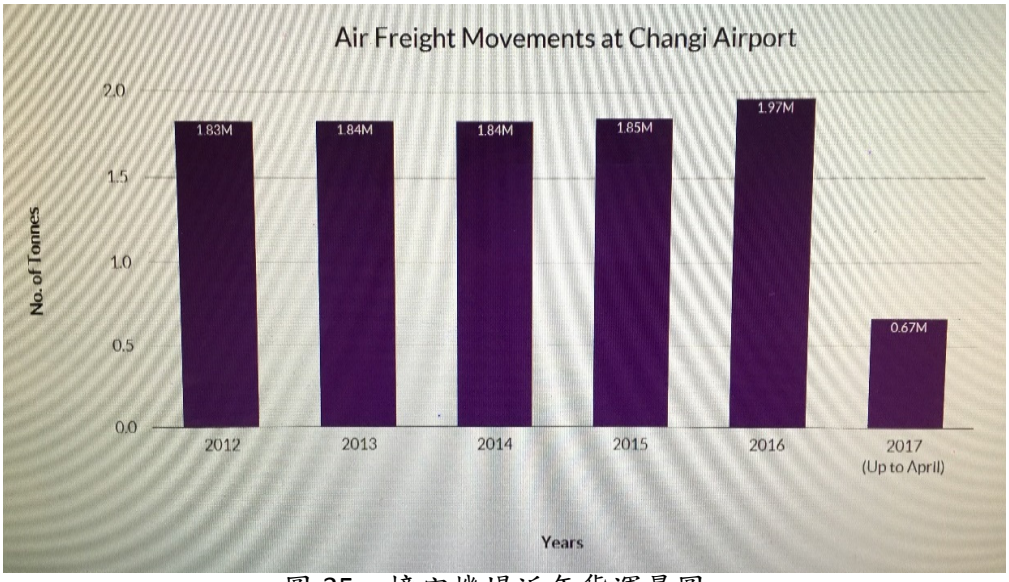

圖 35　樟宜機場近年貨運量圖
資料來源：樟宜機場網頁

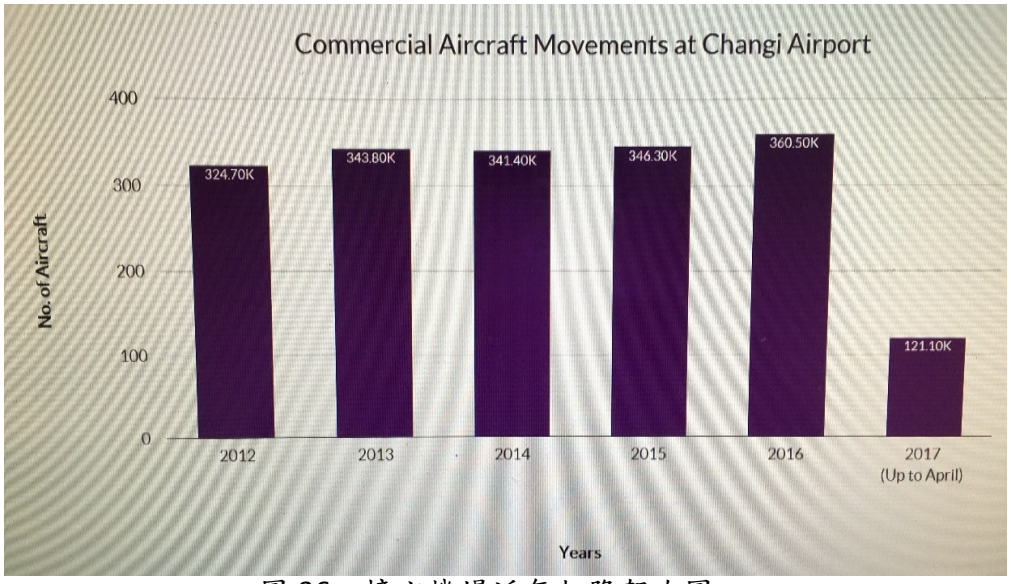

圖 36　樟宜機場近年起降架次圖
資料來源：樟宜機場網頁

二、　營運航空公司及飛航城市

樟宜機場 1981 年啟用時，只有 34 家航空公司營運，飛航全球 67 個城市，現已有超過 100 家航空公司在此營運，飛航全球 90 個國家地區的 380 個城市，每星期於樟宜機場起降的航機達 7,000 架次，即每 90 秒就有一架航機起降。依據樟宜機場資料，2015 年旅客量前十大的航點依序為雅加達、曼谷、吉隆坡、香港、馬尼拉、東京、峇里島、胡志明市、臺北及雪梨，除東京、香港、臺北及雪梨外，其餘屬東協國家(Association of

Southeast Asian Nations, ASEAN)城市，樟宜機場在東協區域航空運輸所扮演的角色不言可喻；而成長幅度最大的航點包括曼谷、可倫坡(斯里蘭卡)、廣州、孟買(印度)及東京(如圖 37)。

圖 37　樟宜機場成長幅度最大航點
資料來源：樟宜機場網頁

樟宜機場也為新加坡航空、勝安航空(Silkair)、酷航(Scoot)及新丰虎航(Tigerair)的主基地，其中酷航及新丰虎航於 2017 年 7 月 25 日正式合併，以酷航之名繼續營運。

3.1.4 先進科技應用

為便利旅客辦理報到、行李託運、證照查驗及登機作業，節省旅客在各櫃檯排隊等候的時間，2015 年樟宜機場逐步在三個航廈運用先進科技技術，實施「快捷與順暢通行」(Fast and Seamless Travel, FAST)措施，包括自助報到機與自動通關，不久即將啟用的四航廈(T4)更首次運用人臉辨識技術，採用多項全新的作業概念，提供整套的「快捷與順暢通行」措施，讓出境的旅客於報到、行李托運、證照查驗及登機等不同階段，皆可自行辦理相關作業，節省更多等待時間，茲簡要說明如下：

一、 自助報到機(Automatic Check-in Kiosks, ACK)

樟宜機場航廈內旅客自助報到區域(如圖 38)，擺放多台旅客自助報到

機(如圖 39)，旅客依循螢幕指示說明輸入其訂位資料或掃描護照後(操作介面詳如圖 40)，即可列印登機證及行李貼條。

圖 38　樟宜機場二航廈旅客自助報到區域

圖 39　樟宜機場二航廈旅客自助報到機

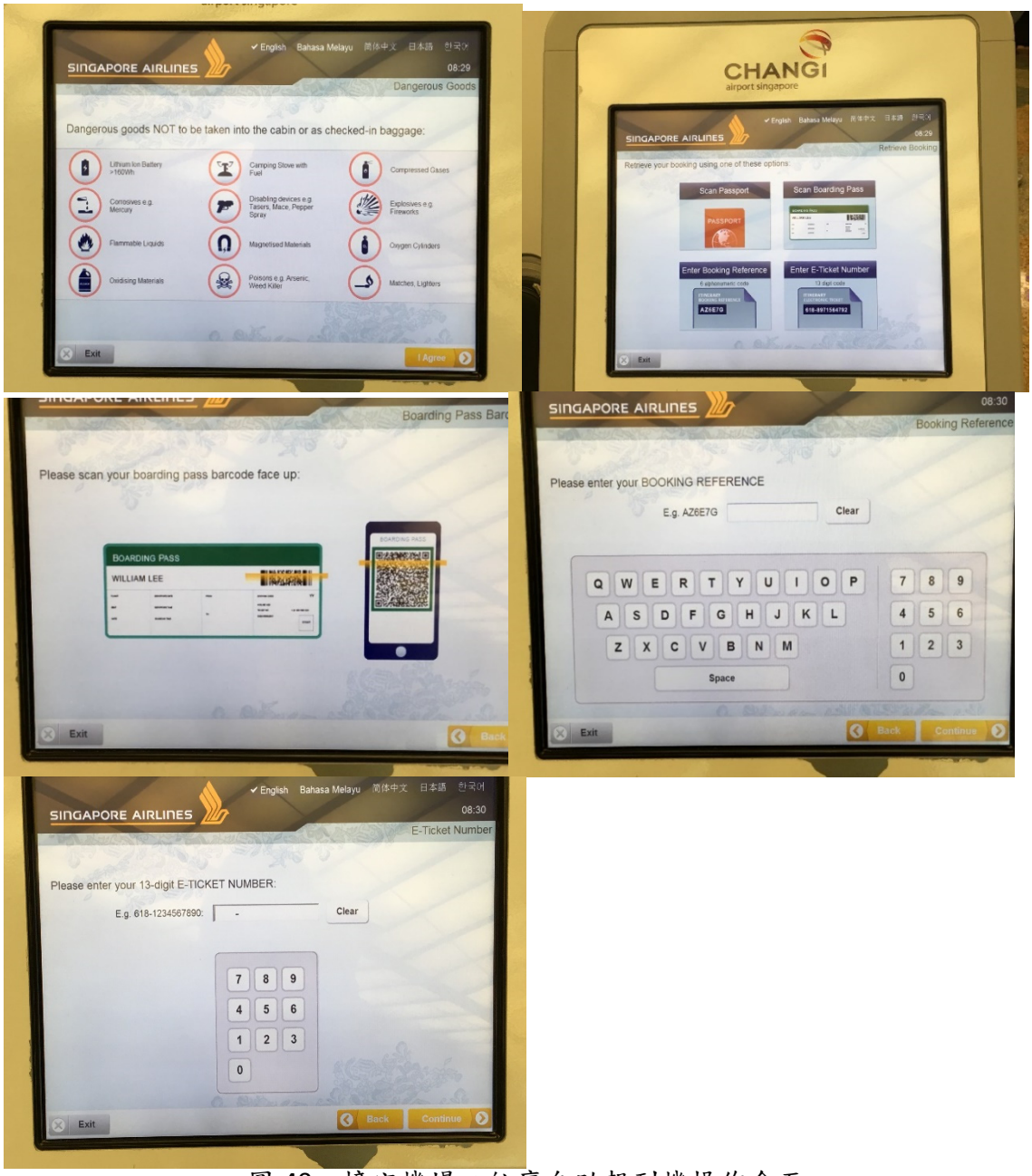

圖 40　樟宜機場二航廈自助報到機操作介面

二、 行李自動託運系統(Automated Bag Drop, ABD)

旅客使用行李自動託運系統(如圖 41)時，系統所拍攝的旅客照片，如果與護照照片相符，旅客託運的行李就會進入行李處理系統中。

圖 41　樟宜機場四航廈行李自動託運系統
資料來源：樟宜機場網頁

三、 自動通關系統(Automated Immigration Gate, AIG)

與目前正使用中的自動通關系統不同的是，未來四航廈使用的自動通關系統(如圖 42)為進化版，採用人臉及指紋雙重辨識技術，系統所拍攝的旅客照片，會與旅客護照上的照片相核對是否為同一人。目前僅年滿 6 歲的新加坡國民、新加坡永久居民及已向新加坡移民關卡局(Immigration and Checkpoints Authority)註冊登記的旅客，才能使用自動通關系統。

圖 42　樟宜機場四航廈自動通關系統
資料來源：樟宜機場網頁

四、 自動登機系統(Automated Boarding Gate, ABG)

旅客在登機門時僅需掃描登機證，自動登機系統(如圖 43)所拍攝的旅客照片，透過人臉辨識技術，會與旅客在自動通關系統時所

拍攝的照片相核對，以確定為同一名旅客。

圖 43　樟宜機場四航廈自動登機系統
資料來源：樟宜機場網頁

五、 智慧手機科技

2012 年時樟宜機場即運用智慧手機科技，建置名為 iChangi HD 的 App，旅客只要將其下載，即可獲得機場航班即時資訊、航廈地圖以及機場所提供各項服務之資訊。

3.1.5 機場擴建/新建計畫

樟宜機場運量持續成長，為維持其競爭力，相關的擴建/新建計畫刻正執行中或規劃中，主要計畫內容如下：

1. 新建的四航廈(T4)樓地板面積 195,000 平方公尺，年處理容量 1,600 萬人次，2016 年 10 月起開始進行各項軟硬體測試，預計 2017 年下半年啟用。
2. 2013 年 5 月新加坡運輸部長宣布樟宜機場新的發展計畫，主要內容包括新建多功能大樓、五航廈(T5)、第三跑道等，略述如下：
    a. 樟宜機場珠寶(Jewel Changi Airport)：為多功能大樓，位於現有三個航廈之間，融合了購物中心、飯店….等功能於其中，也提供旅客轉機服務，預計 2019 年初啟用。

b. 第五航廈(T5)：將於樟宜東側填海造陸建新航廈，佔地1,080 公頃，年容量可達 5,000 萬人次，以 2020 年代中期啟用為目標，屆時樟宜機場容量將達 1 億 3 千 5 百萬人次。

c. 三跑道：將目前供軍方使用的跑道延長，並改建為第三條平行跑道 02R/20L，同時建造總長度 40 公里的數條滑行道，將三跑道與現有的兩條跑道及航廈連結，未來三條跑道位置如圖 44。

d. 工業區：為因應物流業及航太產業長期發展所需，將新闢一工業區，以供航空貨運、航空快遞及航機維修(MRO)活動使用。

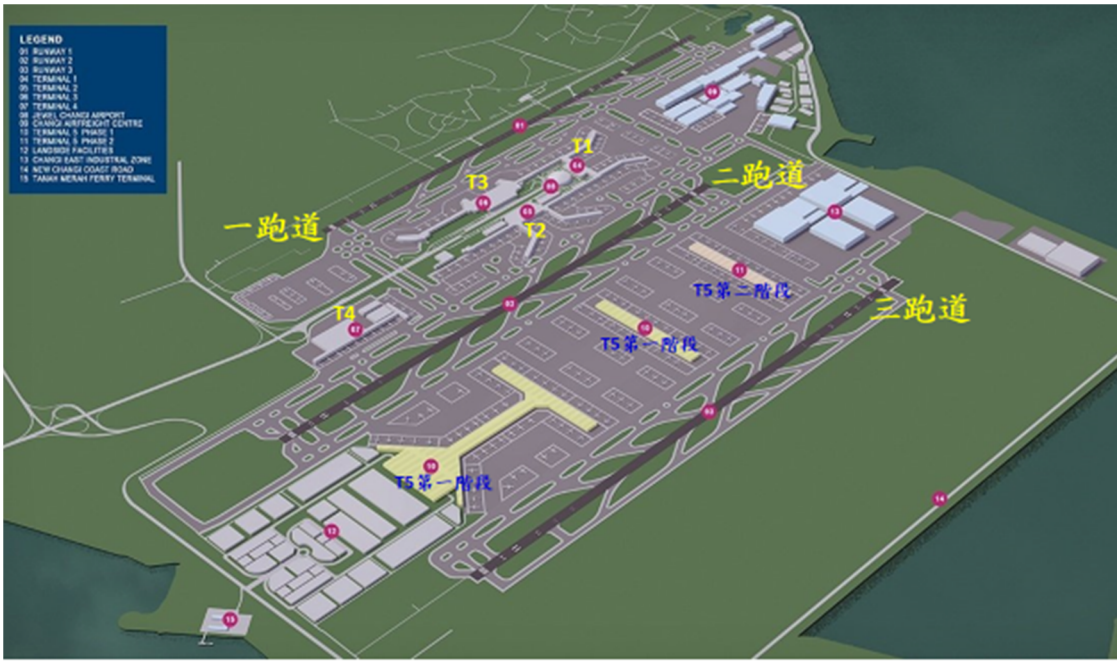

圖 44　樟宜機場三條跑道位置圖
資料來源：樟宜機場網頁

3.2 參訪紀要

3.2.1 機場聯外交通

一、 平面交通

樟宜機場附近的東海岸公園大道(East Coast Parkaway, ECP)可直達市中

心，三個航廈的入境大廳都設有計程車站，旅客可在此搭乘計程車前往市區，車費介於新加坡幣 18-38 元間，車程約 30 分鐘；也有豪華轎車與大型車出租服務；另旅客也可搭乘 36A 公車(路線圖詳如圖 45)前往市區，車程約一小時，票價 2.5 元新加坡幣，搭乘地點在一、二、三航廈的地下巴士停車場。

LOOP Changi Airport PTB2 - Tomlinson Road

Dist. (km)	Bus Stop Code	Road Name	Bus Stop Name	
0.0	95129	PTB2 Basement	• Changi Airport PTB2 CG2	
1.1	95019	Airport Blvd	• Aft Changi Airport PTB2	
7.1	94099	ECP	• Aft E.C. Sea Sports Club	
9.8	93049	Marine Parade Rd	• Lagoon View	
10.2	93039		• Laguna Pk	
10.5	93201		• Victoria Sch	
10.9	93029		• Mandarin Gdns	
11.3	93019		• Neptune Ct	
11.7	92089		• CHIJ Katong Convent	
12.0	92079		• Blk 57	
12.5	92069		• Tao Nan Sch	
12.9	92059		• Bet Blks 72/74	
13.2	92049		• Parkway Parade	
14.0	92241	Amber Rd	• Amber Gdn	
14.3	92099	Mountbatten Rd	• One Amber	
14.6	82059	Tg Katong Rd Sth	• One Amber	
		ECP	• Express	36A
19.8	02149	Temasek Blvd	• Suntec Twr Three	
20.1	02159		• Opp Suntec Convention Ctr	
20.4	02089	Raffles Blvd	• Pan Pacific Hotels	
20.6	02171	Temasek Ave	• Opp The Ritz-Carlton	
21.0	02051	Raffles Ave	• Seating Gallery	
21.3	02061		• The Esplanade	
22.0	04111	Stamford Rd	• Capitol Bldg EW13 NS25	
22.4	04121		• SMU	
22.7	08041	Orchard Rd	• YMCA	36B
23.0	08031	Penang Rd	• Dhoby Ghaut Stn NS24 NE6 CC1	
23.5	08111		• Winsland Hse	
23.8	08121	Somerset Rd	• Somerset Stn NS23	
24.1	09059	Grange Rd	• Natl Youth Council	
24.6	09022	Orchard Blvd	• Opp Orchard Stn NS22	
25.1	09111		• Opp Four Seasons Hotel	
25.6	09191	Tomlinson Rd	• The Regent S'pore	
25.7	09159	Tanglin Rd	• Aft Tomlinson Rd	
26.0	09169	Orchard Rd	• Delfi Orchard	
26.3	09179		• Royal Thai Embassy	
26.6	09047		• Tang Plaza NS22	

Dist. (km)	Bus Stop Code	Road Name	Bus Stop Name	
27.1	09037		• Opp Mandarin Orchard	
27.8	08138		• Concorde Hotel S'pore	
28.2	08057		• Dhoby Ghaut Stn NS24 NE6 CC1	
28.7	08069	Bras Basah Rd	• Rendezvous Hotel S'pore	
29.0	04179		• NTUC Income Ctr CG2	
29.4	02049		• Raffles Hotel	
30.0	02151	Temasek Blvd	• Suntec Convention Ctr CC3	
30.7	02161	Temasek Ave	• Opp Millenia Twr CC4 DT15	
		Raffles Blvd	• Express	
		Republic Blvd	• Express	36B
		ECP	• Express	
36.4	82051	Tg Katong Rd Sth	• Tg Katong Rd Sth P/G	
		Mountbatten Rd	• Express	
37.1	92249	Amber Rd	• Opp Amber Gdn	
37.7	92041	Marine Parade Rd	• Opp Parkway Parade	
38.1	92051		• Opp Blk 72	
38.5	92061		• CHIJ Katong Convent (Pr)	
39.0	92071		• Opp Blk 57	
39.3	92081		• St. Patrick's Sec Sch	
39.7	93011		• Opp Neptune Ct	
40.1	93021		• Opp Mandarin Gdns	
40.4	93199	Siglap Rd	• Opp Mandarin Gdns	
40.7	93149	Siglap Link	• Siglap Link	
		ECP	• Express	
48.4	95151	Airport Blvd	• Airport Police Stn	
48.9	95011		• Bef Changi Airport PTB3	
50.3	95109	PTB3 Basement	• Changi Airport PTB3 CG2	
51.1	95029	PTB1 Basement	• Changi Airport PTB1	
51.9	95129	PTB2 Basement	• Changi Airport PTB2 CG2	

Note: Between 2259 and 2400* hours, buses leaving Changi Airport PTB2 will terminate at Tomlinson Rd (The Regent S'pore). *Timings may be subject to minor changes.

Information accurate as on September 2016

圖 45　樟宜機場往返市中心公車路線圖
資料來源：SMRT 公司網頁

二、 捷運系統

新加坡地區捷運系統為 Singapore's Mass Rapid Transit，一般以 SMRT 稱之，由 SMRT Coporation 公司經營，該公司成立於 1987 年，為新加坡最主要的複合運輸服務提供者，除捷運之外，尚經營新加坡的輕軌系統、計程車及公車，於 2016 年 7 月 20 日為淡馬錫控股公司所收購。

2002 年 SMRT 捷運樟宜機場站正式啟用，提供旅客往返市區另一項便利的交通運具，旅客可在捷運站購買單程票，另有標準票卡(Standard Ticket，如圖 46)可自購買日起 30 天內加值使用 6 次，也可購買儲值的易通卡。

圖 46　新加坡捷運(SMRT)標準票卡

SMRT 捷運系統共有 5 條線(路線詳如圖 47)，不同顏色代表不同的路線(如圖 48)，每個捷運站除標示站名外，另以路線代號搭配阿拉伯數字編號，SMRT 捷運各路線概述如下：

1. 東西線(East-West Line)：路線代號 EW，以綠色標示，共 31 個站，第一站 EW1 巴西立站(Pasir Ris)，最後一站 EW29 裕群站(Joo Koon)；欲往返樟宜機場者，必須在 EW4 丹那美拉站(Tanah Merah，如圖 49)下車，轉搭樟宜機場支線(路線代號 CG，如圖 50)。
2. 南北線(North-South Line)：路線代號 NS，以紅色標示，共 28 個站，第一站 NS1 裕廊東站(Jurong East)，最後一站 NS28 濱海南碼頭站(Marina

South Pier)。

3. 東北線(North-East Line): 路線代號 NE，以紫色標示，共 17 個站，第一站 NE1 港灣站(HarbourFront)，最後一站 NE17 榜鵝站(Punggol)。

4. 環線(Circle Line)：為環狀路線，路線代號 CC，以橘色標示，共 31 個站，第一站 CC1 為市中心的多美歌站(Dhoby Ghaut)，最後一站 CC29 港灣站(HarbourFront) ；另在 CC4 寶門廊站(Promenade)有支線(路線代號 CE)往濱海灣。

5. 濱海市區線(Downtown Line)：路線代號 DT，以藍色標示，共 19 個站，第一站 DT1 武吉班讓站(Bukit Panjang)，最後一站 DT19 牛車水站(Chinatown)。


樟宜機場

圖 47　新家坡捷運(SMRT)路線圖
資料來源: SMRT 公司網頁

圖 48　新加坡捷運(SMRT)以不同顏色區別不同路線

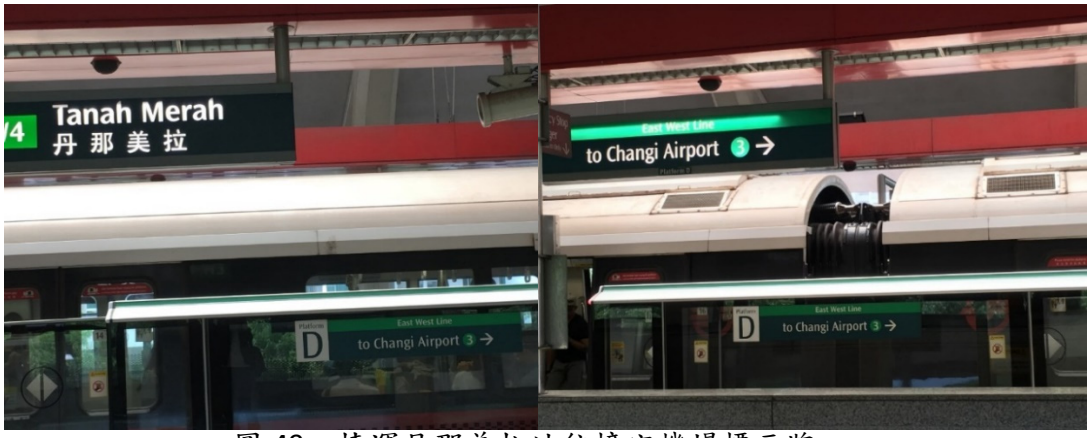

圖 49　捷運丹那美拉站往樟宜機場標示牌

於樟宜機場所搭乘的是捷運東西線的樟宜機場支線(如圖 50)，旅客可步行或搭乘高架輕軌電車前往捷運站(如圖 51)搭乘，到市中心需時約 30 分鐘，航廈有螢幕顯示目前捷運各路線是否正常營運(如圖 52)，而捷運站往航廈的標示也相當清楚(詳如圖 53)。

圖 50　捷運樟宜機場站月台捷運路線標示圖

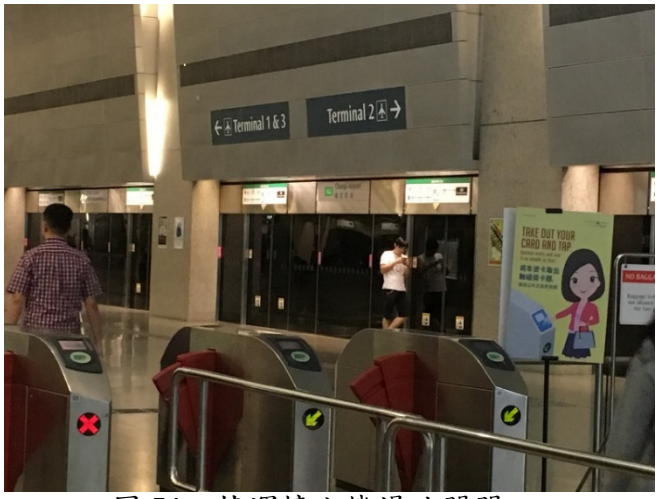

圖 51　捷運樟宜機場站閘門

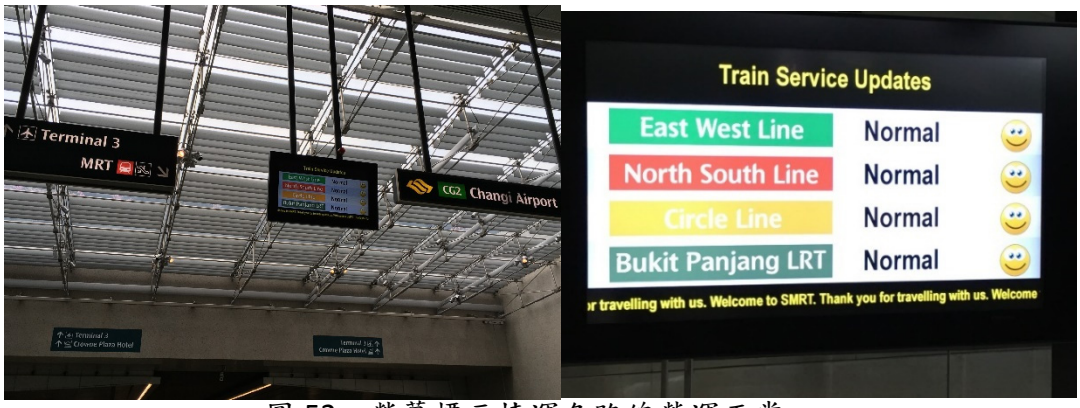

圖 52　螢幕標示捷運各路線營運正常

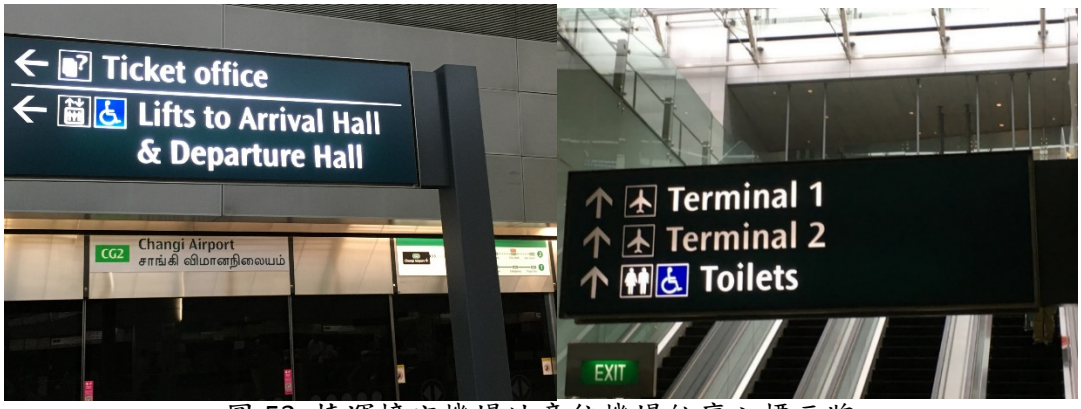

圖 53 捷運樟宜機場站旁往機場航廈之標示牌

3.2.2 機場營運中心

樟宜機場營運中心(Airport Operation Center, AOC)位在二航廈管制區內，職司機場的正常運作，由樟宜機場管理單位、機場安全單位及地勤業者進駐，遇突發事件時也會要求航空公司進駐，以利就近協調聯繫，例如 2017 年 5 月 16 日樟宜機場第二航廈發生火災，許多航班起降受到影響，該中心即要求新加坡航空公司派員進駐；由空側管理中心(Airside Management Center, AMC) 負責停機坪調度及監控事宜，機坪動態顯示系統(如圖 54)使其能掌握機坪即時狀況；另藉助機場協調整合決策系統(Airport collaborative Decision Making, A-CDM，如圖 55)減少航機延誤而佔用機坪太久的情形，致降低機坪等設施使用率，影響空側作業效率。

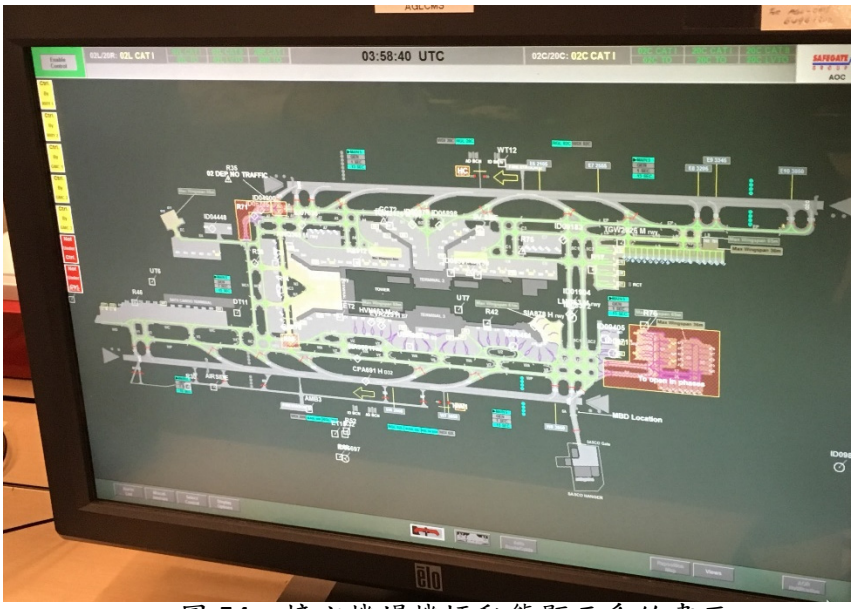

圖 54　樟宜機場機坪動態顯示系統畫面

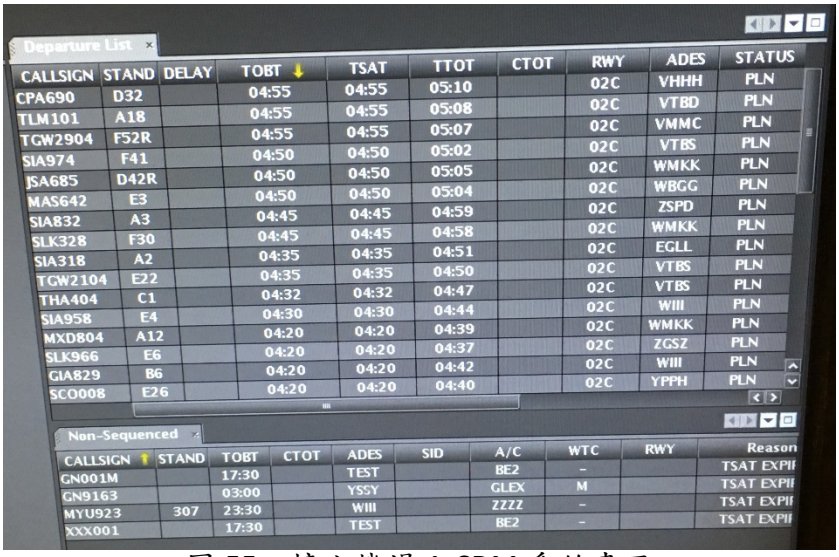

圖 55　樟宜機場 A-CDM 系統畫面

3.2.3　科技應用展示

本次參訪期間，樟宜機場內正在展示應用科技使地勤作業更有效率的產品，其一為電動輪椅，另一個為穿戴裝置。

一、電動輪椅

一般情況下，行動不便者搭機時，通常會請地勤公司人員協助手推輪椅，為因應人力日漸短缺問題，樟宜機場的地勤業者SATS(Singapore Airport Terminal Services)正與廠商合作開發感應式電動輪椅(如圖53)，其設計概念與無人車類似，乘坐輪椅旅客可以自己操控輪椅前進，行進過程中如偵測到前方有人時，輪椅會自動停止前進，避免碰撞到其他人，之後乘坐者可繼續操控輪椅前進，過程中無須仰賴地勤人員，增加其行動自主性及安全性。

圖56　樟宜機場地勤業者與廠商合作研發之電動輪椅

二、穿戴裝置

目前地勤人員在機場空側作業大多透過無線對講機溝通協調，如遇某個航班較原訂時間提早抵達，而原先排定該機地勤作業的地勤工作人員/裝備/車輛，可能尚在處理前個延誤航班，無法立即前往處理，此時地勤公司可能得安排另組人員/裝備/車輛前往處理，SATS使用客製化的穿戴裝置(如圖54)，輸入航機離到時間等相關資訊，場面各地勤人員能即時掌握航機停靠最新訊息，使SATS得以更有效率地安排航機地勤作業事宜。

圖57　廠商為地勤業者客製化設計的穿戴裝置

第四章 心得與建議

本次參加之會議為國際航空運輸協會(International Air Transportation Association, IATA)主辦，該協會由世界各地的航空公司所組成，主要功能在統一國際航空運輸規章制度、協助各會員公司改善機場營運效率等，該協會所主辦之會議為瞭解國際航空趨勢的重要管道之一，本次參與會議心得及建議如下：

4.1 心得

1. 在造成溫室效應的氣體中，二氧化碳的排放量最大，雖然航空運輸的碳排放僅佔全球的2%，卻是各類運輸工具中，單位排碳量最高者，故一直以來是全球減碳的目標。2013年10月舉行的38屆國際民航組織(ICAO)會員大會，會員國同意採行碳排放減量措施，未來如採用電動滑行系統方案，預估可使航機的燃油消耗減少6%～10%，達到碳排放減量的目的。
2. 目前地勤公司人員在機場空側作業的溝通大多仰賴無線對講機，如能藉助科技方式(如穿戴裝置)輸入相關資訊，場面工作人員能即時掌握航機停靠的最新資訊，有助其更有效率地安排航機地勤作業事宜。
3. 為因應人力短缺問題，樟宜機場的地勤業者與廠商合作開發感應式電動輪椅，乘坐輪椅旅客能自己操控輪椅前進，行進中如偵測到前方有人，輪椅會自動停止前進，避免碰撞到其他人，因旅客無須仰賴地勤人員，其行動自主性及安全性得以增加。
4. 桃園機場採集中式通關作業，人力較為節省，旅客於桃園機場搭機出境時，排隊等候檢查隨身行李的時間較長；新加坡樟宜機場則採分散式通關作業，旅客於新加坡出境時，完成報到手續後，無須等候檢查隨身行李，直到在登機門前，才需將隨身行李放置於候機區的X光機上檢查，免去長時間排隊等候。
5. 樟宜機場為區域內之樞紐機場，如果旅客轉機時間超過5.5個小時，可

登記參加樟宜機場提供的免費導覽旅遊。桃園機場的目標在發展為東亞樞紐機場，為吸引更多旅客於桃園機場轉機，類似樟宜機場的作法似可為參考。

6. 樟宜機場即將啟用的四航廈提供整套的「快捷與順暢通行」措施，讓出境旅客於報到、行李托運、證照查驗及登機等不同階段，皆可自行辦理相關作業，提升效率省去更多等待時間。目前桃園機場除旅客自助報到系統外，也已建置自動通關系統(e-Gate)，提升通關效率，即將興建的第三航廈可參考樟宜機場作法，讓旅客出境作業更為便利、更有效率。

4.2 建議

1. 在環保及永續經營的概念下，航機電動滑行系統方案為未來趨勢，現有航機後推地勤作業方式未來可能有所改變，建議地勤業者持續關注此議題，並思索因應之道。
2. 採用部分航機電動滑行系統方案(如鼻輪起落架電動滑行系統及主起落架電動滑行系統)時，現有航機必須配合變更或改裝，且購置成本高，建議國籍航空公司持續關注未來發展情形。
3. 地勤業者可參考樟宜機場地勤業者作法，與廠商合作運用科技開發客製化產品，以進一步提升作業效率。

附錄：會議議程

IATA 2nd E-Taxi Conference

PROGRAM

May 23-24, 2017

Mandarin Orchard Singapore | Singapore

DAY ONE Tuesday, 23 May

8:30 - 9:00 Registration & Welcome Coffee

9:00 - 9:15 Introductory Remarks

Dr. Chris MARKOU
Head, Operational Cost Management - IATA

9:15 - 9:30 Opening Statement

Mr. Blair COWLES
Regional Director, Safety and Flight Operations - IATA ASPAC

9:30 - 10:15 Keynote Address: Evolution of Technology in Aviation

Dr. Terrence FAN
Assistant Professor in Strategic Management - Singapore Management University

10:15 - 10:45 Morning Coffee Break

Sponsored by WheelTug DRIVING AEROSPACE

10:45 - 12:00 WheelTug Taxiing System Recent Developments

Team WheelTug
WheelTug

12:00 - 13:15 Lunch

Sponsored by TAXIBOT

13:15 - 14:15 TaxiBot Taxiing System Recent Developments

Team TaxiBot
IAI

14:15 - 14:45 Afternoon Coffee Break

Sponsored by WheelTug DRIVING AEROSPACE

14:45 - 15:45 SAFRAN Taxiing System Recent Developments

Team SAFRAN
SAFRAN

15:45 - 16:00 Short Break

16:00 - 16:30 Deriving Benefits from Alternative Aircraft Taxi Systems - Final Report of the ACRP 02-50 project

Mr. Damon FORDHAM
Principal, Sustainable Transportation Practice - The Cadmus Group

16:30 - 17:30 Discussion Panel 1 - Roadblocks of the past and impediments of the future

Dr. Terrence FAN
Assistant Professor in Strategic Management - Singapore Management University

We've come a long way but not quite there yet. Which obstacles were already cleared and what the near future holds for alternative taxiing systems?

17:30-21:00 Evening Cocktail

Hosted by WheelTug DRIVING AEROSPACE

DAY TWO Wednesday, 24 May

8:30 - 8:45 Introductory Remarks
Dr. Chris MARKOU
Head, Operational Cost Management - IATA

8:45 - 9:30 CAUTION: JET BLAST ON APRON!
Dr. Libor KURZWEIL
Director of Quality, Safety and Processes Management - Prague Airport

9:30 - 10:15 Ultra fast nature-inspired optimization algorithms and digital maps of the airport for Gate Assignment
Dr. Marek FRANKO
Chief Operations Officer & Co-Founder - NG Aviation

10:15 - 10:45 Morning Coffee Break
Sponsored by NG AVIATION

10:45 - 11:30 Study on turnaround time metrics: understanding how airlines can optimize fleet turnaround times
Mr. Jean-Philippe BEAUJARD
President & Co-Founder - FlightWatching

11:30 - 12:15 Alternative taxiing systems certification requirements and procedures
Mr. Nick MILLER
DER - Aircraft Certification Specialists

The presentation will walk through the FAA process in general, and also offer insight into specific steps to expand certification coverage to other areas; namely India, Malaysia, and Japan

12:15 - 13:30 Lunch
Sponsored by SAFRAN

13:30 - 14:30 Discussion Panel 2 - Technology Readiness and Regulatory Approval
Moderator: Mr. Nick MILLER
DER - Aircraft Certification Specialists

Which are key technologies available? What are their Technology Readiness Levels (TRL)? How are certification authorities reacting to new taxiing technologies?

14:30 - 15:00 Stakeholder Alignment for Implementation of Alternate Taxiing Solutions
Mr. Ashwani KHANNA
Vice President, Terminal Management - Delhi International Airport

15:00 - 15:30 Afternoon Coffee Break

15:30 - 16:30 Discussion Panel 3 - Impact on Operations and Regulatory Specificities
Moderator: Mr. Duncan JONES
Project Certification Manager/Hydromechanical and Flight Control System Expert - EASA

What is the impact on operational procedures? Who are the stakeholders involved? How do we handle irregularities? What are the greatest regulatory challenges? How are certification authorities reacting to new taxiing procedures?

16:30 - 16:45 Summary and Closing Remarks
Dr. Chris MARKOU
Head, Operational Cost Management - IATA

Thank you to our Sponsors

Diamond Sponsor

WheelTug®
DRIVING AEROSPACE

Gold Sponsors

SAFRAN

TAXIBOT®

Silver Sponsor

NG AVIATION