

出國報告(出國類別：考察及國際會議)

參訪英國倫敦希斯洛國際機場跑道異物(Foreign Object Debris, FOD)偵測系統及

與慕尼黑機場簽定機場合作聯盟備忘錄及參訪其商業設施

服務機關：桃園國際機場股份有限公司

姓名職稱：費鴻鈞 總經理

蘇崇義 處長

林文楨 處長

陳軒豪 助理工程師

鄭鴻龍 副理

林東茂 高級專員

徐綉雯 業務員

出國期間：105/02/21-105/02/27

報告日期：105/05/02

摘要

桃園國際機場旅運量持續成長，據統計，2016 年 1~2 月旅運量高達近 688.3 萬人次，成長率高達 15.34%在亞洲各主要機場之間表現相當亮眼，也顯示桃園機場作為東亞航空樞紐機場的重要地位。而因應未來的成長需求，機場公司除了成功完成 2 條跑道的整建，更持續積極引進標竿機場跑道異物偵測系統之成功案例，以實現提升飛安之決心。本次出差行程旨在考察「英國倫敦希斯洛國際機場跑道異物(Foreign Object Debris, FOD)偵測系統」運作情形，包含英國倫敦希斯洛國際機場跑道 FOD 偵測系統建置及評估，以作為本公司處理 104 年 10 月 29 日鋪面異常損壞事件之後續改善作為。

桃園機場刻正積極辦理第三航站區相關建設，於 2015 年已遴選出由「台灣世曦(CECI Engineering Consultants, Inc.)、Rogers Stirk Harbour + Partners 及 Ove Arup and Partners Hong Kong Limited、宗邁建築師事務所(Fei & Cheng Associates)」共同組成之團隊進行第三航站區設計，打造由第三航廈及多功能大樓形成的 Mega Terminal，位處第二及第三航廈間的多功能大樓將集結交通轉運中心、購物、娛樂及辦公之用途，成為航空城之商業中心；慕尼黑機場中心與第三航站區多功能大樓之發展願景類似，透過簽訂機場合作聯盟備忘錄，互相合作交流，可擷取其成功經驗，作為桃園機場多功能大樓發展之最佳借鏡，對於提升桃園機場辨識度、非航空收入皆將有極大助益。

目次

摘要.....	2
1. 目的.....	4
2. 行程.....	5
3. 跑道異物自動偵測系統.....	6
4. 慕尼黑機場簡介及商業設施.....	15
5. 心得與建議.....	27

壹、目的

倫敦希斯洛國際機場 (London Heathrow Airport, IATA : LHR ; ICAO : EGLL) , 係倫敦最主要的國際機場, 也是全英國乃至全世界最繁忙的機場之一, 現在由英國機場公司(British Airports Authority, BAA)管理營運, 該機場共有 2 條平行的東西跑道(27R-09L 及 27L-09R), 於 2015 年總客運量為 7,300 萬, 平均每兩分鐘就有一班航機起降, 如此密集的航班量, 跑道安全成為重要議題, ” Making every journey better” 更成為倫敦希斯洛國際機場的核心價值; 為解決跑道外來物造成的飛安事故及傷亡財損, 引進最先進自動化偵測及告警設備方案可有效預防重大事故發生, 降低跑道營運風險。

因希斯洛國際機場已裝設全自動化的跑道異物(Foreign Object Debris, FOD)偵測系統, 爰藉由本次考察了解該系統評估、建置過程及運作情形, 作為桃園國際機場未來規劃之方針, 俾本機場航機起降及跑道安全提升。

慕尼黑機場於 1992 年啟用, 由慕尼黑機場集團進行營運, 年旅客量(2015 年)約 4100 萬人次, 其轉運旅客及商務旅客占比皆高達約 40%, 為歐洲重要樞紐機場之一。位於慕尼黑機場第一、二航廈之間的慕尼黑機場中心(München Airport Center, MAC)其結合火車站、報到櫃台、零售及服務空間、會議中心及辦公室之多種商業用途, 同時設有大型戶外廣場, 不定期舉辦慕尼黑機場行銷活動(如慕尼黑啤酒節、衝浪比賽、網球訓練營等), 為慕尼黑機場活動最大亮點。

因桃園機場刻正積極辦理第三航站區相關建設, 多功能大樓位於第二航廈及第三航廈之間, 將集結交通轉運中心、購物、娛樂及辦公之用途, 成為航空城之商業中心; 而慕尼黑機場中心與多功能大樓之發展背景、用途皆有相似之處, 透過簽訂機場合作聯盟備忘錄, 互相合作交流, 可擷取其成功經驗, 作為桃園機場多功能大樓發展之最佳借鏡, 並可藉以提升桃園機場非航空之收入來源。

貳、行程

本次參訪行程由桃園國際機場公司費鴻鈞總經理率隊，於2月23日拜會英國機場公司Airfield Operation Manager Mr. Trevor Waldock後，與其帶領之相關單位進行跑道異物偵測系統介紹、運作效能及FOD種類之討論與交流會議，並於會後由Airfield Operation Training Manager Mr. Simon Newbold引導實地考察該系統之監控中心及解說場面偵測器功能。

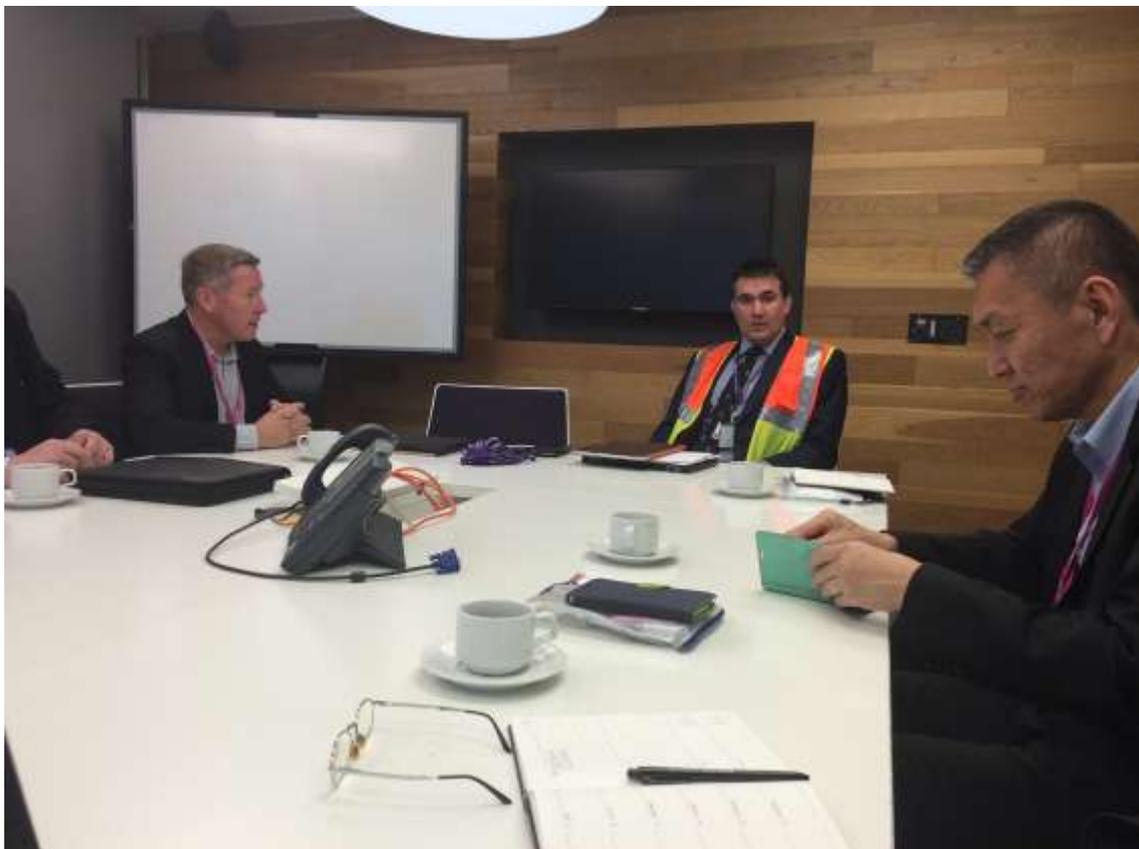


圖 2.1 與英國機場公司空側管理單位交流討論

另於2月24日由費鴻鈞總經理率隊拜會慕尼黑機場公司總經理Dr. Michael Kerkloh，首要任務即為簽訂合作聯盟備忘錄，備忘錄中載明雙方本著平等互利、共同發展的原則進行交流互訪，分享有關機場旅客服務、營銷、航空保安及新科技等資訊。

隨後並由慕尼黑機場人員導覽，參訪其機場主要設施及商業區域。



圖 2.2 與慕尼黑機場公司簽訂合作備忘錄



圖 2.3 合作備忘錄簽訂完成



圖 2.4 導覽慕尼黑機場及商業設施

參、跑道異物(Foreign Object Debris, FOD)自動偵測系統

3.1. 倫敦希斯洛機場的系統建置採購

2008年6月，倫敦希斯洛機場採購建置英國QinetiQ公司研發的Tarsier系統，該系統係塔式固定雷達設備，可提供全天候且24小時連續不間斷跑道異物偵測及告警功能，以提升空側飛航作業安全。該系統當時先安裝在希斯洛機場的南跑道，北跑道則於2009年完成建置，系統初期為雷達偵測設備。據估計，一座偵測塔建置費用約150萬英鎊。目前安裝在希斯洛機場的Tarsier系統已經過升級，共安裝有4座雷達及4座攝像監控設備，提供希斯洛機場空側營運全天候，24小時的監控服務。



圖3.2 英國Tarsier系統塔式偵測器

3.2. 系統技術特性評估

本次參訪與倫敦機場使用單位交流討論，針對該系統技術特性評估如下：

1. 該系統使用混合式雙技術，即以固定式毫米波雷達與光電技術連續偵測跑道上的異物。具高解析度之可見光及紅外線光學攝像設備與毫米波雷達共構在塔架上，提供操作人員對於跑道 FOD 進行識別確認。
2. 塔架設置位址為距離跑道 200 公尺遠的停機坪附近，因在跑道地帶以外，進行施工安裝時不需要關閉跑道，施工期程較短，跑道風險較低。後續進行維護保養或維修時，亦不需要關閉跑道，對於跑道營運衝擊較小。
3. 該系統相對其他系統塔架數量較少。一條跑道約安裝 2~3 座塔架偵測器。塔架數量少，安裝較快，於高密度設施的機場設址及維護成本較單純。

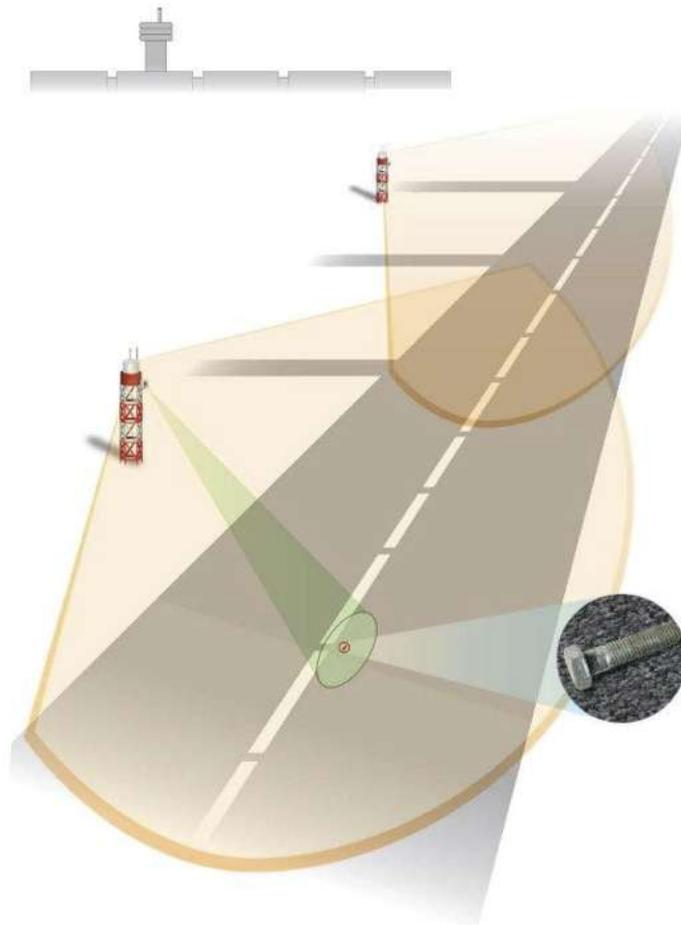


圖3.3 Tarsier跑道異物偵測系統運作示意圖

3.3 倫敦希斯洛國際機場跑道異物偵測系統現勘

本次參訪倫敦希斯洛國際機場位於空側管制區的跑道異物監控中心，係由英國機場公司Airfield Operation Training Manager Mr. Simon Newbold導覽解說，該監控中心配備2套工作站，並由英國機場公司使用單位輪班監控跑道FOD狀況。南北兩條跑道各別佈署2座偵測塔，共4座偵測塔，由現場實地考察得知，塔高約5米左右，且塔架設於距離跑道中心線200公尺外的停機坪。塔架上配有毫米波雷達與軍規等級的攝像偵測設備。該系統使用的是工作頻率94.5GHz的低功率雷達(100mW)，雷達掃描速度為一週期72秒，能夠對目標位置準確地定位，當雷達發現到跑道出現異物時，於監控中心的工作站會發出告警聲響，監視螢幕上也會出現視覺的告警，同時，具可見光及紅外線功能的光學攝像鏡頭，就會轉動到異物區域，並拉近異物圖像(光學放大)，從而方便監控人員進行確認。攝像設備必要時也可以手動轉動至其他監控區域，以提供空側營運安全之及時監控。

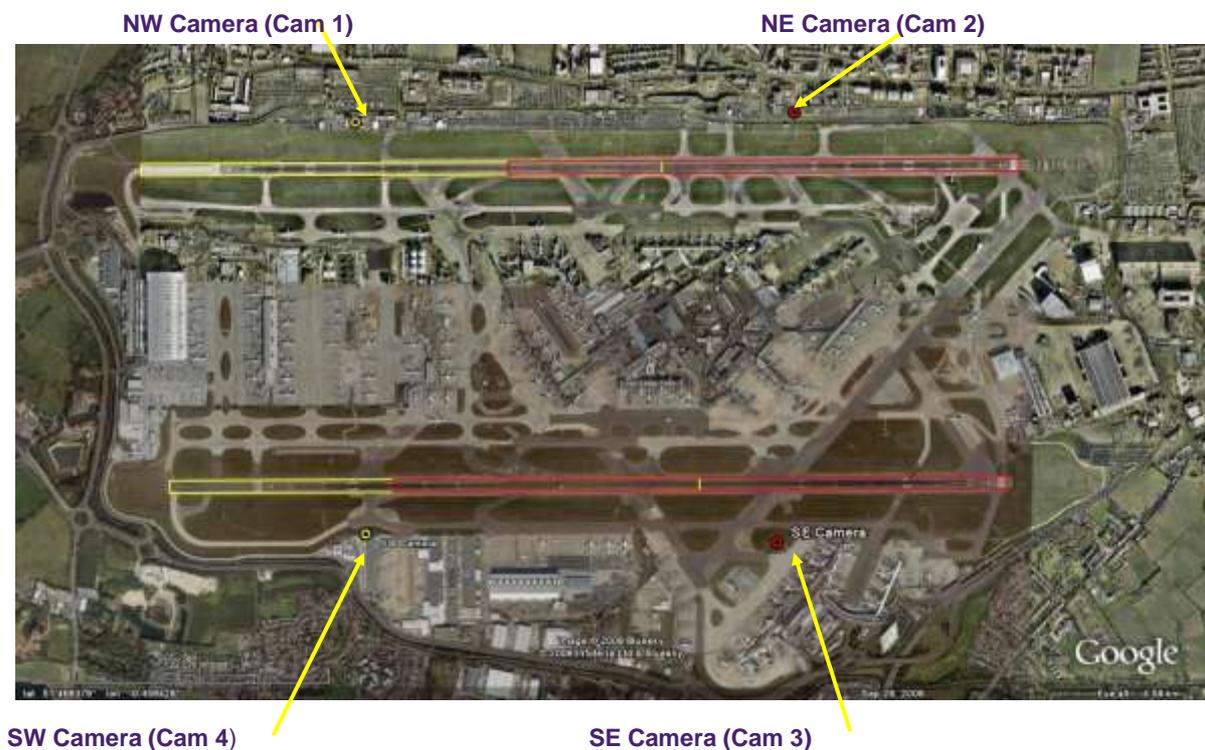


圖3.4 跑道異物偵測系統之場面佈署圖



圖3.5 跑道異物偵測系統之監控中心現場



圖3.6 塔架偵測器之現場

3.4 希斯洛機場的跑道異物(Foreign Object Debris, FOD)

依據2009年美國聯邦航空總署FAA諮詢通告，倫敦希斯洛國際機場的跑道異物偵測系統所給的系統基本功能要求為：

- (1)在各種環境條件下24小時對跑道進行監視
- (2)同時對多個FOD目標進行檢測與識別並提供不同級別的告警信號
- (3)建立FOD資料庫記錄詳細FOD信息以便後續調查分析。

針對第(1)、(2)點，該系統提供日、夜間偵測功能，且監控畫面提供FOD圖像、FOD尺寸及距離等資訊圖如下附。針對第(3)點，倫敦希斯洛國際機場的跑道FOD資料庫顯示該機場FOD種類係以植物(樹葉樹枝)、野生動物(鳥、蛇、鼠、兔、蜥蜴等)、關場維護人員及冬天積雪為主要常見類別，各FOD比例統計圖如下附。



圖3.7 監控系統之白日FOD監控畫面

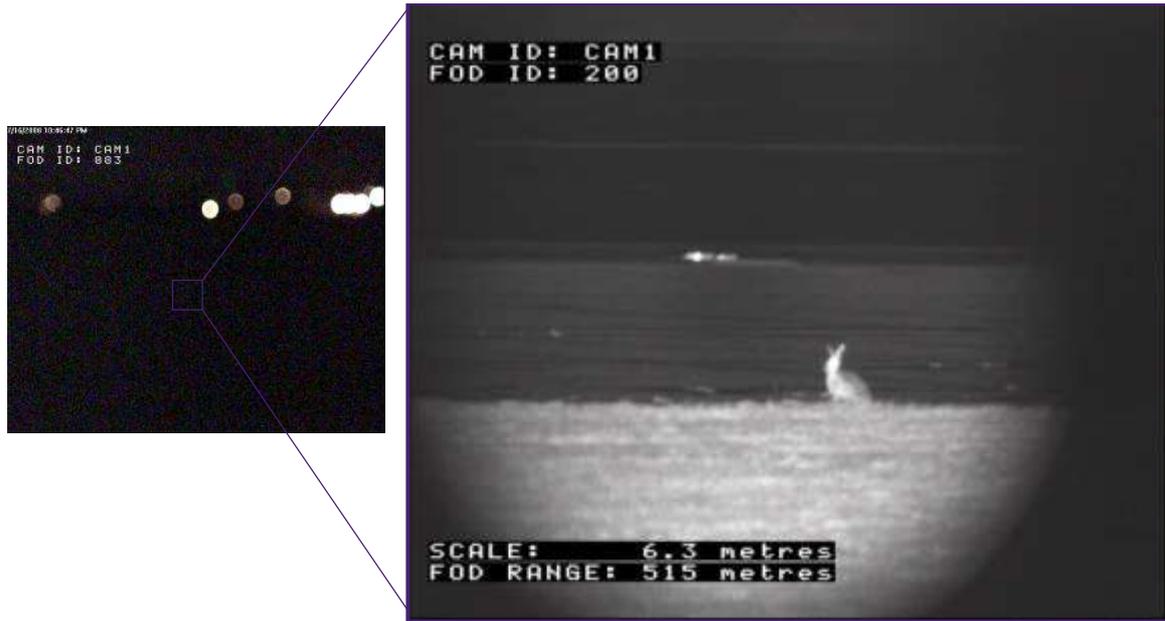


圖3.8 監控系統之夜間紅外線FOD監控畫面

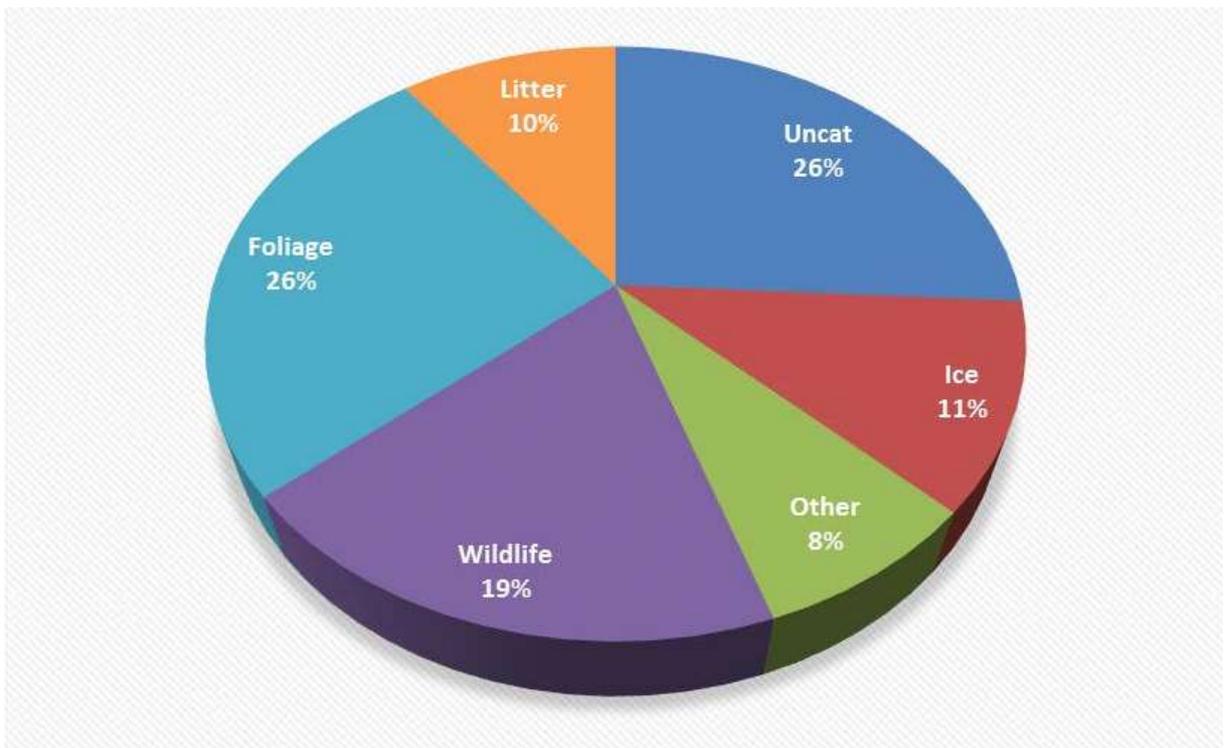


圖3.9 希斯洛機場跑道異物統計圖

3.5 安裝使用該偵測系統所面臨挑戰

1. 該系統配有光學攝像設備並安裝在塔架上以輔助監控人員識別確認FOD種類並研判威脅程度，但因塔架距離跑道中心線有200m之遠，觀測與識別效果容易於惡劣天候受到影響。
2. 該系統配有頻率94.5GHz的雷達裝備，必須經由頻率管制單位(國內為NCC)審核通過才能執照使用，先期也須評估確認該頻段是否與空側既有雷達設備頻率重複或衝突。
3. 據希斯洛機場使用者提供，該系統毫米波雷達的掃瞄速度為一週期72秒，再加上光學攝像設備轉動平台及鏡頭拉近捕捉FOD圖像時間，反應時間約需3~5分鐘。以高運量的繁忙機場而言，該系統反應速度需要再升級，使兩架航機起降的間隔時間沒有任何FOD風險。

肆、 慕尼黑機場簡介及商業設施

4.1 慕尼黑機場簡介

慕尼黑位於德國東南部，而慕尼黑機場則位於城市之東北處，距主要城區約 28.5 公里，海拔高度 448 公尺，機場占地約 1,560 公頃(較桃園機場 1,173 公頃略大)，其中約 6 成以上面積是綠地。

慕尼黑機場於 1992 年 5 月 17 日啟用，由慕尼黑機場公司營運(Flughafen München GmbH)，由政府單位持股，分別為：巴伐利亞省(51%)、德國政府(26%)及慕尼黑市(23%)。

Shareholder Structure

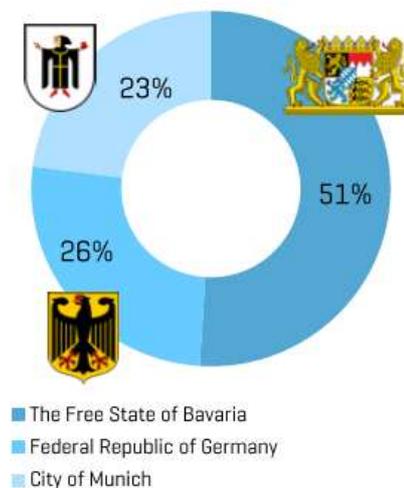


圖 4.1：慕尼黑機場持股比例

該機場擁有雙獨立平行跑道(長 4000 公尺、寬 60 公尺)，西停機坪有 60 個停機位、T1 靠橋停機位 19 個，東停機坪有 75 個停機位、T2 靠橋停機位 24 個，貨運機坪停機位 14 個，通用停機位另有 50 個。



圖 4.2 航廈及 MAC 位置圖

現有 T1、T2 兩航廈，位置如上圖，位於兩者之間為慕尼黑機場中心(Munich airport center)，面積 4.6 萬平方公尺，為一具備地鐵站(S-Bahn)，集合租車中心、辦公室、商店、餐廳、娛樂設施於一體之複合商業大樓，其內亦有 37 個報到櫃台。

T1、T2 設施狀況如下表所示：(資料來源：慕尼黑機場官網及本次訪談整理)

項目 \ 航廈	T1	T2
啟用年度	1992 年	2003 年
容量	2,000 萬人/年	2,500 萬人/年
長度	1081 公尺	980 公尺
總樓地板面積	19.8 萬平方公尺	26 萬平方公尺
報到櫃台數量	203	123
自助報到機	34	39

行李提領轉盤數	14	14
行李處理效率	19,200 件/小時	14,000 件/小時
服務旅客類別	O/D 旅客	轉機旅客
登機口	90	114

表 4.1 航廈設施狀況

機場內有四個立體停車場、六個地下停車場，共 35,700 個停車位，機場外圍亦約有 7 萬個停車位(私營，非機場公司自營)。旅客、接送機人員及機場員工除可開車、租車、共乘往來機場之外，亦可搭乘地鐵、接駁公車、計程車前來，聯外交通十分便利。

慕尼黑機場是歐洲最大的航空轉運樞紐之一，並是德國第二大機場(僅次於法蘭克福機場)，共有 101 家航空公司在此提供飛往全球 68 個國家的 242 個航點。2015 年旅運量達 4,098 萬人次(較 2014 年成長 3.2%)，排名歐洲第七，轉機旅客佔總旅客數約 4 成，且其商務目的之旅客亦佔約 4 成。

慕尼黑機場 2015 年被 skytrax 選為五星級的歐洲機場，其擁有一流的旅客舒適度及環境氛圍，提供高效率的服務流程及豐富的機場資訊，並廣泛服務各類型旅客之需求，加上不定期舉辦的各大型活動，讓往來旅客留下深刻及美好的印象。2016 年亦獲 skytrax 選為歐洲最佳機場及世界第三佳機場，從 2005 年至 2016 年，慕尼黑機場已有 9 次獲此歐洲最佳機場的殊榮，歷年得獎紀錄詳如下表。(資料來源：慕尼黑機場網站)

年度	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
獲獎紀錄 (skytrax)世界排名	4	3	4	5	5	4	4	6	6	3	3	3
歐洲排名	1	1	1	1	2	1	1	2	2	1	1	1

表 4.2 歷年得獎紀錄表

4.2 慕尼黑機場集團

慕尼黑機場集團，全名為 Flughafen Munchen GmbH(簡稱為 FMG)，為營運慕尼黑機場之公司，其為在慕尼黑機場所有營運活動的服務者，任何的機場業務都是由其或子公司運作而非委外營運。

其子公司之持股及服務業務種類如下所示，包括地勤、遺失物及票務處理、倉儲、零售商業、免稅店、旅館、餐飲、資訊服務、保全、保險、工程、媒體廣告、除冰及後勤等等眾多業務，皆由慕尼黑機場自行掌控：

子公司名稱	業務種類	持股比率
Aero Ground	地勤	100%
Aerogate	營運、遺失物、票務、代理客運服務	100%
Cargogate	代理航空貨運、倉儲及文件處理	100%
eurotrade	免稅店及零售業營運	100%

Allreso	旅館及餐飲業	100%
InfoGate	多功能資訊及導航系統	100%
CAP	保全及其他服務	100%
FMV	保險公司	100%
Munich Airport International Beteiligungs-GmbH	控股公司	100%
Terminal 2	T2 公司	60%
FMBau	規劃及建設公司	60%
MediCare	機場媒體代理	51%
EFM	飛機除冰及後推服務	49%

表 4.3 慕尼黑機場集團子公司

慕尼黑機場透過整合各事業模式，達到資訊共享(運用 Big Data)、全面性投入、收入及利潤最大化、並降低與利害關係人界面整合之困難度。

慕尼黑機場集團之人力配置臚列如下：

- (1) 中央部門：為對整體員工之控制及溝通部門，包括：財務控制、公司發展、人力資源、法律事務、公共關係、品質管理、投資管理等，共約 490 人。
- (2) 事業部門：為針對不同事業群之策略事業單位，包括地勤、航空、商

業活動、房地產等，共約 2,448 人。

- (3) 支援部門：對事業部門之支援，如：偕同服務、資訊、保全、工程興建及設備維護等，約 1,161 人。
- (4) 管理部門：支援董事會及向董事會報告，含政府關係及政策顧問、區域聯絡、國際事業等，約 81 人。

近年慕尼黑機場財務狀況如下表所示：(資料來源：慕尼黑機場年報)

非航空收入占比約為 49%，如租金收入及廣告收入；而航空收入則為 51%，如航管及地勤業務。其非航空收入總額及占比亦高於其他標竿機場，顯見慕尼黑機場於非航空收入之商業發展應有特殊經營之道。(非航空收入佔比：樟宜機場 48%，希斯洛機場 22%，巴黎機場 34%)

項目	年度				
	2014	2013	2012	2011	2010
收入	1,200.0	1,184.4	1,186.8	1,134.7	1,081.1
EBITDA(未計利息、稅項、折舊及攤銷前的盈餘)	478.7	467.7	513.7	483.1	448.0
EBITDA 獲利率	39.9%	39.5%	43.3%	42.6%	41.4%
淨利	100.0	98.6	95.3	60.9	164.3
年旅客量(百萬人次)	39.7	38.7	38.4	37.8	34.7

表 4.4 慕尼黑機場財務概況(資料來源：慕尼黑機場年報)

註：2010 年會計制度採德國 GAAP，2011 年後採 IFRS-Figures

4.3 商業設施

空陸側商業區域約 7 成由機場公司 100% 持股之子公司自營，子公司加盟經營各零售品牌(含餐飲)，制定所有銷售規則，並採用制式收銀機(POS)，銷售資訊皆會回傳到機場子公司。



圖4.3 登機廊廳內旅客購物最後一站



圖4.4 由機場公司自行營運之免稅店

登機廊廳內亦設有膠囊旅館，可供旅館短時間休憩之用，選擇休憩時間數後，以信用卡或現金付款，付款後即可入內做簡單休憩，並可拉下門簾以隔絕外界。



圖 4.4 膠囊旅館

為服務旅客，於登機廊廳內亦設有免費報紙及咖啡機，可供旅客自行取用。



圖 4.5 書報架(可免費取用)

吸菸室之抽排風設備相當完善，不僅於其外部無散發煙味，進入吸菸室內，亦不會感到煙味瀰漫或於衣物上沾染到煙味。



圖 4.6 設備完善之吸菸室

主題休息室(lounges and installations)：提供上網及座位，內有公司簡介及相關數據，圖為歐洲最大之保險公司(安聯人壽)贊助設置之主題休息室。



圖 4.7 主題休息室

慕尼黑為德國工業重鎮，並以汽車工業聞名全球，故慕尼黑機場亦與在地汽車產業緊密連結，除於慕尼黑機場中心(Munich airport center)內有 Audi 辦公大樓之外，亦機場內設置 Audi 試車場，並於空側商業區展示最新車種。



圖 4.8 於空側商業區之 Audi 展示車



圖 4.9 Audi 試車場

慕尼黑機場中心內，設有機場公司自營之德國特色啤酒屋 airbrau，販售自釀啤酒及傳統餐點，其價位亦較市區平價，室內座位約 200 席，另設有室外區，於慕尼黑啤酒節或節日時開放。廣受往來旅客及在地居民喜好。



圖4.10 airbrau啤酒屋



圖 4.11 airbrau 啤酒屋(室外區)

慕尼黑機場非航空收入顧客群主要分為以下四類：

- (1) 旅客：為主要顧客群，旅客數最多來自德國、美國及加拿大，惟消費力最驚人則來自中國及俄羅斯，T2 商務旅客比率高達 50%。
- (2) 員工：機場園區內員工總數約 3.2 萬人，其中以 Deutsche Lufthansa AG(漢莎航空)10,800 人及慕尼黑集團員工 8,200 人最多，其收入較一般平均薪資高，每名員工每周約於機場消費 52 歐元(不含額外消費如禮物等支出)。
- (3) 鄰近地區居民造訪：每年約 500 萬人次，範圍廣於機場周邊 50 公里處之地區，平均約 45 分鐘車程可及處。因機場開放時間，居民喜愛於星期天造訪機場購物消費，機場並提供購物 5 小時以上停車免費之優惠。
- (4) 接送機者：每年約 200 萬人次。

慕尼黑機場於兩航廈商業區域安排上亦有所不同，T1 受限於銷售區域面積大小，商業區域較為分散；而 T2 則具集中化零售區域之概念；而慕尼黑機場中心位處 T1、T2 之間，具空陸轉運點之功能，地鐵車站、計程車、客運巴士及租車中心皆設於其內，同時，因其便利的交通、豐富之商業設施(超市、麵包店、餐廳、藥妝店等)、不定期之大型活動(如足球轉播、衝浪、車展、耶誕市集等，皆由慕尼黑機場籌劃主辦)，慕尼黑機場中心吸引的不僅是旅客，同時也吸引當地居民造訪。

T2 之營運公司由 Deutsche Lufthansa AG(漢莎航空)和慕尼黑機場合資成立，透過漢莎航空參與 T2 之運作(包括決定 check-in area, 休息區之設計等)，使得轉機時間最短可縮至 30 分鐘。

伍、心得與建議

桃園國際機場跑道異物偵測系統建置計畫係師法倫敦機場模式，擬採用固定式偵測系統，以全天候偵測跑道 FOD 狀況，提升飛航安全。本公司目前推動情形如下：

1. 本公司航務處與工程處將繼續收集有關雷達設備頻率資訊，並邀集相關單位開會，交流、評估與研議對於 FOD 系統之本場需求、規範、營運及安全等議題。
2. 師法英國機場經驗，持續與英國機場相關單位保持聯絡。必要時，邀請英國機場派員至本機場經驗分享，加速後續作業。
3. 為引進世界”四大系統”之一，桃園國際機場將按上述時程表及政府採購法程序以公正、公平及公開招標方式，儘速辦理系統建置計畫，實現本公司維護飛安之決心。

慕尼黑機場不負為 skytrax 所選出之世界排名第三佳機場，其商業設施及經營策略皆多有桃園國際機場可學習之處，分述如下：

1. 慕尼黑機場三大營運優勢為 1.商業經營模式 2.轉機及行李處理效率 3.與在地產業緊密連結，其中商業經營之部分尤其值得桃園國際機場效法，其透過成立子公司經營免稅店及餐飲、零售業，牢牢掌握機場非航空收入來源，以及顧客群之資料，其定期以此資料對其客戶群、競爭對手深化分析及研究，以改良、強化其服務方式；如為與機場外圍之低價停車場有所區分，其於停車場服務上提供了不同的停車方案供顧客選擇，如注重隱私及舒適度高的停車區域(距 T2 非常近、分離且有區隔的停車位、並採月租制)、VIP

- 停車區域(以磁卡管控、月租制、固定停車位)、高階停車位(供漢莎航空及保時捷貴賓卡使用、泊車服務)、大型停車位(專為加長、加寬車設置)等。
2. 慕尼黑機場之 Airbrau 特色啤酒屋與日本東京機場之江戶小路有異曲同工之處，皆透過當地傳統美食及文化，吸引旅客停留及體驗，帶給旅客特殊的回憶，桃園國際機場亦可考慮設置較大規模之台灣特色餐廳或景點，以服務體驗強化旅客對本機場之印象。
 3. 2012 年慕尼黑機場為興建第三跑道而舉行地區居民公投，惟因公投未過而使得第三跑道工程被迫中止，為爭取當地居民及企業之支持，慕尼黑機場於航廈內豎立大型看板，以及設立專屬網站，透過在各機場工作者、在地企業、工會支持興建第三跑道之言詞，期望增加當地居民之認同感；此外，冬季為清除跑道積雪，慕尼黑機場雇用鄰近休耕農夫駕駛剷雪車除冰，亦帶來休耕農夫之工作機會，為一雙贏之策略。

桃園國際機場第三跑道用地尚待徵收，為爭取鄰近地區居民之認同，也可效法慕尼黑機場之作法。



圖 5.1 支持慕尼黑機場建設之廣告看板