

出國報告（出國類別：進修）

「空側安全與運作訓練」
出國報告

服務機關：國家運輸安全調查委員會

姓名職稱：梁能副調查官

派赴國家地區：南韓，仁川

出國期間：112年09月11日至112年09月15日

報告日期：112年12月06日

目錄

摘要.....	ii
一、目的.....	1
二、過程.....	1
2.1 授課講座.....	2
2.2 課程安排.....	3
三、訓練課程重點摘要與心得.....	5
3.1 前言：機場營運者的責任.....	6
3.2 運作規範之標準與建議.....	7
3.3 燈光、指示牌與標線.....	15
3.4 氣象資料.....	24
3.5 野生動物管理.....	28
3.6 機場工程管理.....	31
3.7 飛航資訊發布.....	35
3.8 車輛管制.....	38
3.9 飛航管制.....	38
3.10 低能見度作業.....	41
3.11 燃油與相關危害.....	44
3.12 環境議題.....	47
3.13 跑道安全.....	51
3.14 仁川機場空側作業參訪.....	60
3.15 分組演練與報告：跑道標線與燈光配置.....	61
四、建議.....	62

摘要

本次訓練係參加由國際機場協會 (Airports Council International, ACI) 主辦、仁川機場航空學院 (Incheon Airport Aviation Academy, IAAA) 承辦之 “Airside Safety and Operations” 課程，為國際機場協會針對全球機場安全設立「全球安全網路文憑課程 (Global Safety Network Program, GSN)」中、有關機場安全的六門專業課程其中之一，採用實體課程方式進行講授，內容涵蓋 3 大面向及 14 子項，包括：一、空側設施與安全：1.運作規範標準與建議 (SARPs)、2.燈光／標誌／標線、3.機場工程管理；二、空側運作與安全：1.氣象資料、2.飛航資訊發布、3.野生動物管理、4.跑道安全、5.低能見度作業、6.飛航管制、7.車輛管制、8.燃油與相關危害、9.環境議題；三、分組演練與實地參訪：1.跑道標線與燈光配置演練、2.仁川機場空側作業參訪。經由課程講座深入淺出的教學與真實案例研討，參訓者得以瞭解機場空側各項設施之設置、運作安全與相關規範，對於空側作業中有關的危害因子具備初步的掌握能力，得以在相關事故或意外事件中進一步釐清問題、識別風險並研判可能肇因。

一、目的

在機場中，供航空器進行起飛、降落、滑行、停放之操作，各項地面支援裝備運行活動，以及鄰接航空器接駁旅客之建築物中劃屬安全區域的部份，即為空側 (Airside)。由於空側的各項作業皆與航空器安全息息相關，因此無論是人員、裝備或車輛，進入空側都必須受到限制和控制，且須依相關規定進行作業或活動，避免對航空器造成危害，衍生意外事件或事故。對於機場空側各項設施之設置、運作安全與相關規範，調查人員皆需有一定程度的瞭解，始得具備於事故調查過程中掌握與空側作業有關危害因子的能力，以進一步釐清問題、識別風險並研判可能肇因。

本次訓練係參加由國際機場協會 (Airports Council International, ACI) 主辦、仁川機場航空學院 (Incheon Airport Aviation Academy, IAAA) 承辦之“Airside Safety and Operations”課程，為國際機場協會針對全球機場安全設立「全球安全網路文憑課程 (Global Safety Network Program, GSN)」中、有關機場安全的六門專業課程其中之一，採用實體課程方式進行講授，內容涵蓋 3 大面向及 14 子項，包括：

- 一、空側設施與安全 – 運作規範標準與建議 (SARPs)、燈光／標誌／標線、機場工程管理；
- 二、空側運作與安全 – 氣象資料、飛航資訊發布、野生動物管理、跑道安全、低能見度作業、飛航管制、車輛管制、燃油與相關危害、環境議題；
- 三、分組演練與實地參訪 – 跑道標線與燈光配置演練、仁川機場空側作業參訪。

二、過程

本次空側安全與運作訓練課程係前往位於大韓民國仁川廣域市中區、屬於仁川國際機場公司轄下之仁川機場航空學院，採實體課程方式辦理。其中，有關空側各項設施與規範的介紹、作業程序與文件、安全案例研析以及分組演練等皆於課程教室講授、研討；而實地參訪部份則是前往仁川機場的空側管制區域內進行。訓練期間依照南韓仁川的作

息時間(太平洋標準時間，GMT+9)，於 2023 年 09 月 11 日至 09 月 15 日、每日上午 9 時至下午 5 時間進行講授、演示。授課期間講座運用了大量的實際案例影片輔佐說明，不僅加深學習印象更提昇了學員聽講的專注能力。

以下分別就授課講座及課程安排作一概述：

2.1 授課講座

國際機場協會針對本次訓練的內容，邀請具有豐富機場運作資歷的 Chris Walsh 先生進行講授。Mr. Walsh 畢業自英國倫敦大學的航空工程學系，之後即展開他在航空業近 30 年職業生涯。最初在一家地勤公司工作，之後進入了英國的飛航管制單位：National Air Traffic Services (NATS)任職，分別在小型、中型和大型機場中擔任飛航管制員，其中又以曼徹斯特國際機場為其工作歷程中服務時間最長的單位。在 NATS 任職期間，他不僅通過考核成為培訓管制員(Operational Instructor)，更與機場管理單位合作開發安全管理系統(SMS)，同時也參與機場事故及意外事件調查、風險評估以及機場施工程序的制訂等工作。此外，Mr. Walsh 也擔任 NATS 在 UKCAA 所屬空域入侵防範小組的代表多年，對於跑道入侵防範意識的提昇以及對應的預防措施都有深入的研究。

Mr. Walsh 於 3 年前自「現役」管制員身份退休，改以顧問和訓練講座的身份與世界各地的機場營運單位以及國際機場協會合作，提供有關機場運作、ICAO Annex 14 規範標準與建議、安全管理系統、緊急應變計畫、以及飛航管制運作與通訊等方面之專業諮詢與課程講授。



圖 2.1 ACI 空側安全與運作訓練授課講座 Chris Walsh

2.2 課程安排

訓練期間之課程配當表詳如表 2.1 所列。

表 2.1 2023 ACI 空側安全與運作訓練課程配當表

日期 / 時間	講題
Day 1 2023/09/11 0900-1000 1000-1100 1100-1200 1300-1400 1400-1500 1500-1600 1600-1700	開訓式、講座介紹 ACI 機場專業學程簡介、IAAA 簡介 課程說明、學員介紹 前言：機場營運者的責任 運作規範之標準與建議(1)
Day 2 2023/09/12 0900-1000 1000-1100 1100-1200 1300-1400 1400-1500 1500-1600 1600-1700	運作規範之標準與建議(2) 燈光、指示牌與標線 氣象資料 野生動物管理 機場工程管理(1)
Day 3 2023/09/13 0900-1000 1000-1100	機場工程管理(2) 飛航資訊發布

日期 / 時間	講題
1100-1200	車輛管制
1300-1400	飛航管制
1400-1500	低能見度作業
1500-1600	燃油與有害物質
1600-1700	環境議題
Day 4 2023/09/14 0900-1000 1000-1100 1100-1200 1300-1400 1400-1500 1500-1600 1600-1700	跑道安全(1) 仁川機場參訪行前說明 仁川機場空側作業參訪 1.仁川機場簡介(機場觀景台) 2.停機坪運作與標線現況(第1航廈、除冰區) 3.先進燈光系統運作(場面燈光控制中心) 4.施工管理(第2航廈施工區)
Day 5 2023/09/15 0900-1000 1000-1100 1100-1200 1300-1400 1400-1500 1500-1600 1600-1700	跑道安全(2) 分組演練：跑道標線與燈光配置 分組報告：跑道標線與燈光配置 結訓式

三、訓練課程重點摘要與心得

本梯次空側安全與運作訓練總計有來自 7 個國家的機場、飛航管制或飛航安全相關單位，包括土耳其伊斯坦堡機場 1 員、波蘭華沙機場 3 員、南韓仁川機場 6 員、菲律賓宿霧機場 3 員、阿拉伯聯合大公國阿布達比機場 1 員、阿曼馬斯喀特機場 1 員、以及我國運輸安全調查委員會 1 員，總計 17 名學員參與訓練。講座並將學員按座位桌次編成 3 個小組，以利分組進行案例的討論與實際演練。



圖 3-1 講座及全體參訓學員合影



圖 3-2 仁川機場航空學院



圖 3-3 上課教室一景



圖 3-4 講授實況

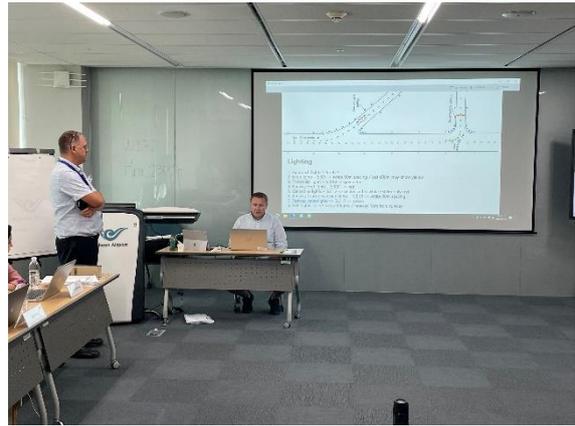


圖 3-5 實作演練報告

程中所使用的各項教學材料，包括講義、投影片、探討案例等資料，除於現場發放紙本，ACI 並提供雲端電子檔案，所有參訓學員皆可於 1 年內不限次數下載資料進行複習，讓訓練的成效能達到一定程度延展。此外，每日訓練課程結束後，學員均須登入 ACI Learning Hub 完成隨堂測驗，作為當天訓練成果的驗收（單選題 10 題，答對 7 題以上及格），最後 1 日則為總驗收（單選題 20 題，答對 14 題以上及格），全數及格者始可取得完訓證明。在此謹將訓練過程中各項課程主題之重點內容摘要與心得彙述如下：

3.1 前言：機場營運者的責任

在國際民航公約(Convention on International Civil Aviation)第 15 條即明訂，各國開放使用的機場應具備一致的條件(uniform condition)；第 28 條及第 37 條亦要求各國提供國際間起降之機場及其飛航服務應達到標準與建議措施(Standards and Recommended Practices, SARPs)的要求。於此前提下，ICAO 即制定了機場認證的標準和程序，詳列於 Doc 9774 “Manual on Certification of Aerodromes”與 Doc 9981 “PANS-Aerodromes”，以確保各國的機場都具有一定程度以上的設施能量及服務水準，以確保航機運作安全。因此，如何讓機場持續符合認證的標準，使各項運作程序得以在安全的基礎上，同時達成規律且高效的目標，乃是機場營運者最重要的責任。

在以安全為最高指導原則的前提下，講座提出有效維持並促進安全的 5 個方法，並提出「共同決策」(Airport Collaborative Decision Making, ACDM)的概念，期使機場的所有作業單位都能充分瞭解各項運作資訊、獲致最佳的場面運作效能，摘要如下：

1. 充分的訓練：能確實為所有在機場內工作的人員提供充分和適當的訓練，使其具備充足的安全意識與知識，得以充分發揮工作技能，完成所交付的任務。
2. 充足的資源：提供足夠的資源來實施各項安全政策與活動。
3. 完整的訊息：提供適當且完整的安全訊息予所有機場的使用者和工作者，使相關人員都能夠瞭解風險以及相關的安全管控措施。
4. 適切的監督：定期辦理安全記錄的審核與安全績效的審查，並在需要時立即採取適當行動防止危害的發生，並建立持續改進的機制。
5. 良好的文化：積極促進公正的安全文化，建立正向的報告環境、機制與程序，讓提報者免於受到譴責、紀律處分甚或失業的威脅。

3.2 運作規範之標準與建議

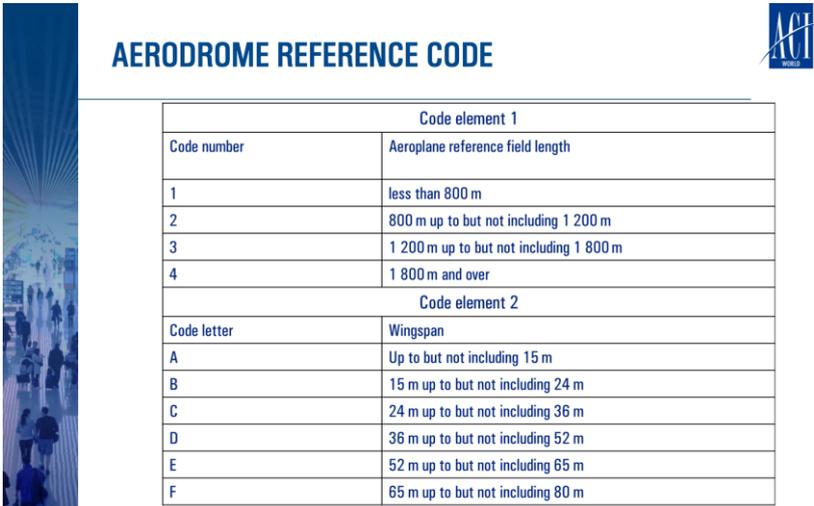
本節課程的要旨，在於讓學員瞭解機場運作規範中所定義的標準與建議措施之間的含義和差異，並說明如何將標準和建議措施運用在機場中。講座透過 8 個子題來加以說明，如圖 3.2-1 所示，分項簡述如后：



圖 3.2-1 機場運作規範之 8 個子題

1. ICAO Annex 14: 此附約為 ICAO 針對各會員國的監理機關與機場管理單位所提供之機場基礎設施設計及運作的標準以及相關建議措施。是以，充分瞭解標準和建議措施的內容，以及將它們付諸實行的方法，至關重要。

2. **Standard and Recommendations:** 有關標準與建議的「標準」一詞，係指國際規範中被認定為確保航空器飛航與運作安全所必須具備的機場場面特性、設施配置、材質性能、人員素質或執程序，由各會員國依據國際公約確實遵守的項目。當有無法遵守的情況時，會員國必須依國際民航公約第 38 條的規定通知理事會。在 Annex 14 中，「標準」通常使用 “Shall” 一詞陳述，並以正常字體呈現。而「建議措施」一詞，則是被認定為確保航空器飛航與運作安全所期望具備的實體特徵、設施配置、材質性能、人員素質或執程序。在 Annex 14 中，「建議措施」通常使用 “Should” 一詞陳述，並以傾斜字體呈現。
3. **Aerodrome Reference Code:** 為瞭解 ICAO 的標準和建議措施如何實際應用在機場中，首先需要依據該機場主要運作的航空器類別來對進行機場的分類。以機場場面特性為例，大型航機（如 A330）與小型航機（如 EMB 175）在運作時所需要的場面基本特性（如跑道長度、滑行道寬度）就會明顯不同。是以，ICAO Annex 14 明訂每座機場均須使用機場參考代碼(Aerodrome Reference Code)來標示其所屬的類別供航空器運行參考，目的是確保該機場符合特定尺寸航空器在運作中所需要的場面特性。參考代碼係由兩個要素所組成，第一要素是根據飛機參考場面長度所決定之數字，係按該跑道欲提供服務之航機中所需最長的飛機參考場面長度值來對應，以 1~4 表示；第二要素則是根據飛機翼展所決定之字母，以 A~F 表示。完整的機場參考代碼對照詳如圖 3.2-2 所示。



Code element 1	
Code number	Aeroplane reference field length
1	less than 800 m
2	800 m up to but not including 1 200 m
3	1 200 m up to but not including 1 800 m
4	1 800 m and over
Code element 2	
Code letter	Wingspan
A	Up to but not including 15 m
B	15 m up to but not including 24 m
C	24 m up to but not including 36 m
D	36 m up to but not including 52 m
E	52 m up to but not including 65 m
F	65 m up to but not including 80 m

圖 3.2-2 機場參考代碼

今取以波音 747-400 型航機作為主要運作航空器之機場為例，該型機之參考場面長度為 3300 公尺，故第 1 要素取「4」；該型機之翼展為 64.4 公尺，故第 2 要素取「E」。如此，即可得出以波音 747-400 型航機作為主要運作航空器之機場參考代碼為「4E」。

4. Runway Dimensions: 跑道尺寸包含寬度及長度 2 個要素，其中，寬度部份依據運作航空器的主起落架外輪間距(Outer main gear wheel span, OMGWS)，以查表方式對應可得規範建議的最小跑道寬度，如圖 3.2-3 所示。





RUNWAY WIDTH

Source: ICAO Annex 14 Chapter 3

Code Number	Outer Main Gear Wheel Span (OMGWS)			
	Up to but not including 4.5 m	4.5 m up to but not including 6m	6 m up to but not including 9m	9 m up to but not including 15 m
1	18m	18m	23m	-
2	23m	23m	30m	-
3	30m	30m	30m	45m
4	-	-	45m	45m

Click to edit Master text styles 26

圖 3.2-3 跑道寬度建議值

至於跑道長度，則主要取決於會使用該機場進行起降的航機性能、以及機場的環境特性，包括預計的航程、荷載、發動機型式、氣溫、氣壓、風速等等。

在此子項中，講座額外補充 3 個會影響跑道基礎建設與配置的因子：導航設備等級、跑道地帶(Runway Strip)、以及跑道地帶平整區(Runway graded area)。導航設備等級，係指跑道是否為可供航空器使用儀器進場作業之跑道（即儀器／非儀器跑道），以及儀器跑道的所屬類別，並列舉精確進場跑道(Precision approach runway)的類別如圖 3.2-4 所示。跑道地帶係指包含跑道及設有緩衝區之劃定區域，用於：(1)減少航空器衝出跑道時損壞之風險；及(2)保護航空器於起飛或降落作業中安全飛越其上空。是以，跑道地帶應屬無障礙物空間，並具

備充足的平整區域，僅有提供助導航功能之設施如滑降台(Glide Path, GP)、精確進場滑降指示燈(Precision Approach Path Indicator, PAPI)等得以特許方式設置。跑道地帶的尺寸，與機場參考代碼中的第 1 要素、也就是飛機參考場面長度直接相關。其中，長度方面，除了參考場面長度分類為 1 的非儀器跑道為 30m，其餘皆為 60m；寬度方面，參考場面長度分類為 1 和 2 者為中心線兩側各 70m，分類為 3 和 4 者則為 140m。而平整區域的大小，規範則建議參考場面長度分類屬 3 或 4 者於跑道中心線兩側各 75m 範圍內、屬 1 或 2 者則於跑道中心線兩側各 40m 範圍內提供平整區。

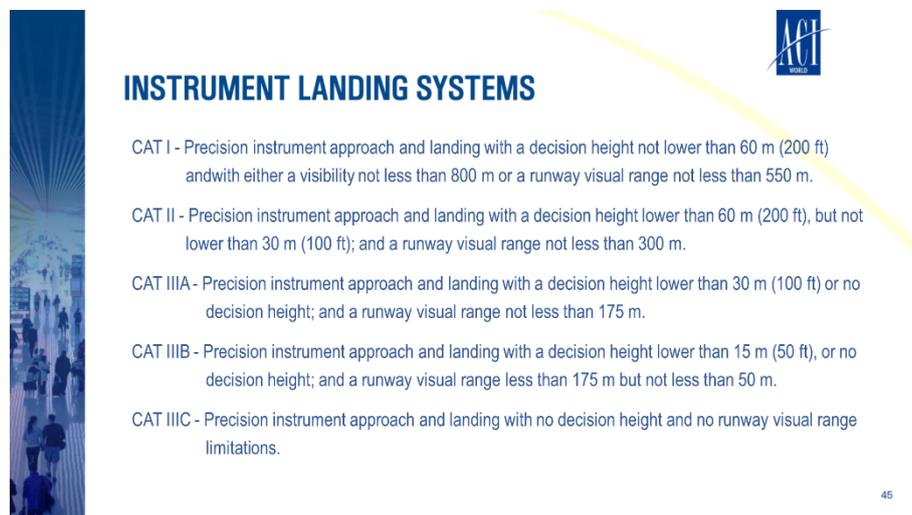


圖 3.2-4 精確進場跑道類別

5. Declared Distances: 依據 Annex 14 第 2.8 節規定，跑道公布距離係所有供國際商業航空運輸使用之跑道，均應於飛航指南(Aeronautical Information Publication, AIP)及機場手冊(Aerodrome Manual)中明確列示以供航空器使用人參考的資料，包括以下 4 個關鍵的項目：

(1) 可用之起飛滾行距離(Take off run available, TORA)

公布可用並適用於飛機起飛時於地面滾行之跑道長度。

(2) 可用之起飛距離(Take off distance available, TODA)

可用之起飛滾行距離，如設有清除區(Clearway)時則加上清除區之長度。

(3) 可用之加速－停止距離(Accelerate stop distance available, ASDA)

可用之起飛滾行距離，如設有緩衝區(Stopway)時則加上緩衝區之長度。

(4) 可用之降落距離(Landing distance available, LDA)

公布可用並適用於飛機降落時於地面滾行之跑道長度。

其中，清除區係指在陸上或水面劃定之長方形區域，可供飛機在其上空進行一部分起始爬升以達特定高度，其長度上限為 TORA 的一半。緩衝區則是指在可用之起飛滾行距離末端外的地面上所劃定之長方形區域，供航空器於放棄起飛時可在該區域內停住。上述各項的平面配置關係如圖 3.2-5 所示。

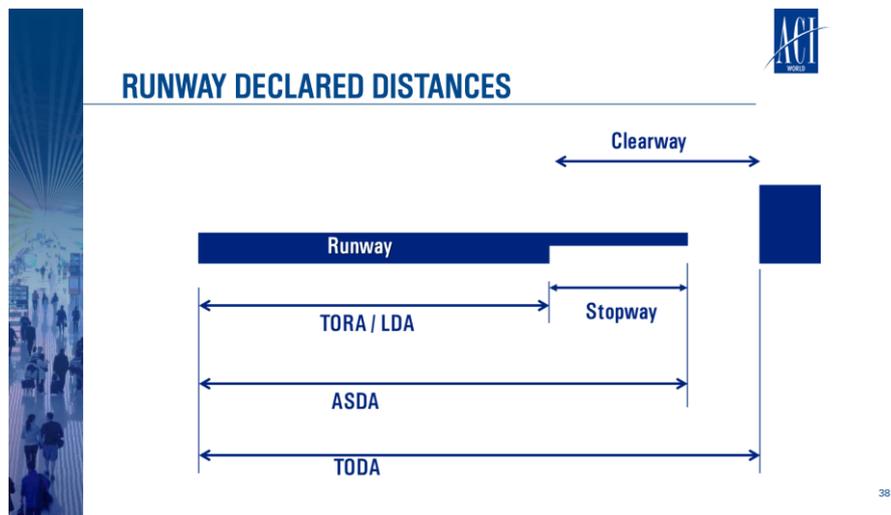
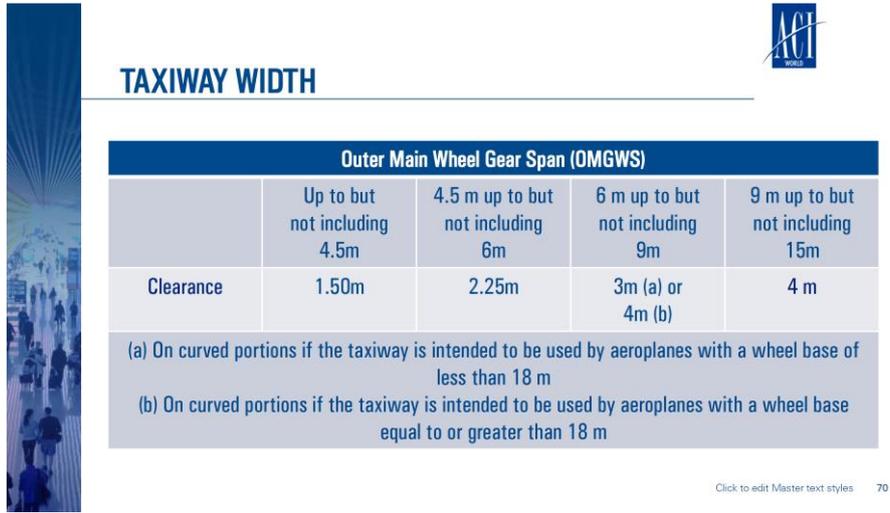


圖 3.2-5 跑道公布距離示意圖

6. Runway End Safety Area: 跑道端安全區(RESA)是在跑道的兩端、跑道地帶外的區域，旨在為發生過早落地或衝出跑道的航機提供保護。此區域的長度，針對參考場面長度分類為 3 或 4 的跑道、或是分類為 1 或 2 的儀器跑道，按標準皆應提供 90m，而建議值則分別為 240m、120m。至於寬度，則至少應為跑道寬度的 2 倍。講座表示目前英國的國內法令已將 RESA 全面改以 240m 設置，因此要採用「標準」或是「建議」，端看各國的裁量。
7. Taxiways: 滑行道在設計上的考量因子主要是其寬度。當飛機之駕駛艙保持在該滑行道中心線標線上時，飛機外側主輪與滑行道邊緣間應保持一定距離以上之

淨空，如圖 3.2-6 所示，以確保航機滑行安全。以 A380 航機為例，其 OMGWS 為 14.34m，所需淨距為 4m，故可供 A380 通行之最小滑行道寬度為 23m。另以 Boeing 737-800 航機為例，其 OMGWS 為 7.0m，且軸距大於 18m，所需淨距亦為 4m，故可供 Boeing 737-800 通行之最小滑行道寬度為 15m。

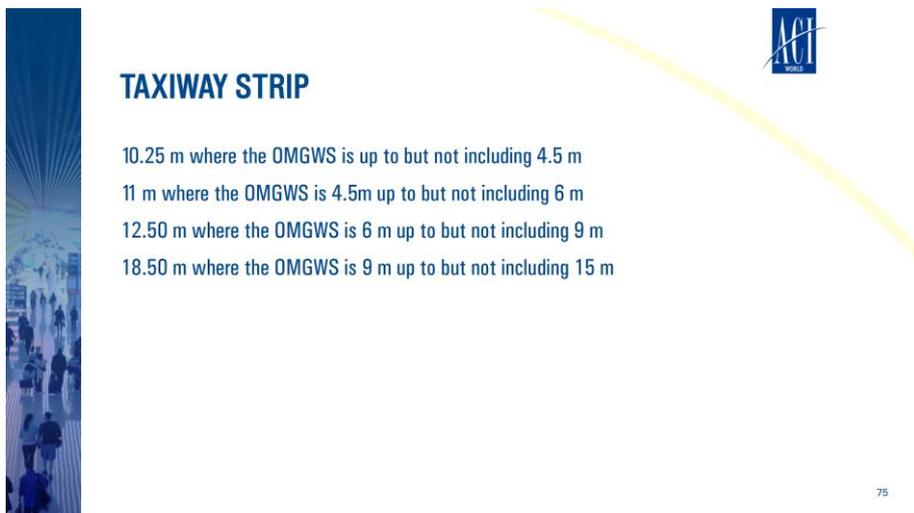


Outer Main Wheel Gear Span (OMGWS)				
	Up to but not including 4.5m	4.5 m up to but not including 6m	6 m up to but not including 9m	9 m up to but not including 15m
Clearance	1.50m	2.25m	3m (a) or 4m (b)	4 m
(a) On curved portions if the taxiway is intended to be used by aeroplanes with a wheel base of less than 18 m				
(b) On curved portions if the taxiway is intended to be used by aeroplanes with a wheel base equal to or greater than 18 m				

Click to edit Master text styles 70

圖 3.2-6 滑行道邊緣至航機外側主輪淨距

滑行道與跑道一樣，也必須劃設滑行道地帶，其寬度與航機的 OMGWS 有關，如圖 3.2-7 所示。此外，Annex 14 亦有明訂滑行道與跑道、平行滑行道、鄰近物體之最小隔離間距建議值，如表 3.2-1 所示。



TAXIWAY STRIP
10.25 m where the OMGWS is up to but not including 4.5 m
11 m where the OMGWS is 4.5m up to but not including 6 m
12.50 m where the OMGWS is 6 m up to but not including 9 m
18.50 m where the OMGWS is 9 m up to but not including 15 m

75

圖 3.2-7 滑行道地帶寬度

表 3.2-1 滑行道最小隔離間距 (摘自 Annex 14 Ch.3)

Code letter	Distance between taxiway centre line and runway centre line (metres)								Taxiway centre line to taxiway centre line (metres)	Taxiway, other than aircraft stand, centre line to object (metres)	Aircraft stand centre line to aircraft stand taxiway centre line (metres)	Aircraft stand taxiway centre line to object (metres)
	Instrument runways				Non-instrument runways							
	Code number	Code number	Code number	Code number	Code number	Code number	Code number	Code number				
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)
A	77.5	77.5	-	-	37.5	47.5	-	-	23	15.5	19.5	12
B	82	82	152	-	42	52	87	-	32	20	28.5	16.5
C	88	88	158	158	48	58	93	93	44	26	40.5	22.5
D	-	-	166	166	-	-	101	101	63	37	59.5	33.5
E	-	-	172.5	172.5	-	-	107.5	107.5	76	43.5	72.5	40
F	-	-	180	180	-	-	115	115	91	51	87.5	47.5

Note 1.— The separation distances shown in columns (2) to (9) represent ordinary combinations of runways and taxiways. The basis for development of these distances is given in the Aerodrome Design Manual (Doc 9157), Part 2.

Note 2.— The distances in columns (2) to (9) do not guarantee sufficient clearance behind a holding aeroplane to permit the passing of another aeroplane on a parallel taxiway. See the Aerodrome Design Manual (Doc 9157), Part 2.

8. **Obstacle Limitation Surfaces:** 為了確保飛航安全，ICAO 訂定了障礙物限制面 (Obstacle Limitation Surfaces, OLS)，規定機場周圍保持無障礙物之空域，確保使用該機場之飛機能夠安全運作，並防止障礙物增多而使機場變得無法使用。障礙物限制面的布設如圖 3.2-8 所示，詳細的尺寸及坡度則如表 3.2-2 所示。

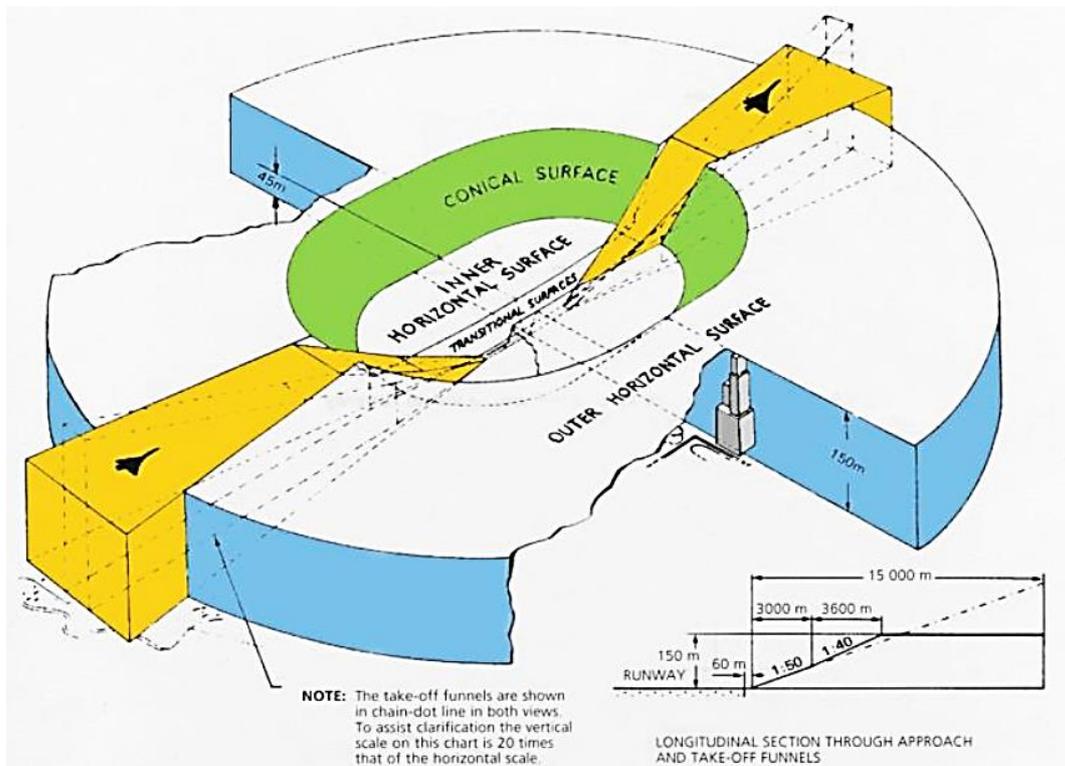


圖 3.2-8 障礙物限制面示意圖

表 3.2-2 障礙物限制面之尺寸及坡度 (摘自 Annex 14 Ch.4)

Surface and dimensions ^a (1)	RUNWAY CLASSIFICATION										
	Non-instrument Code number				Non-precision approach Code number			Precision approach category I Code number			II or III Code number
	1 (2)	2 (3)	3 (4)	4 (5)	1,2 (6)	3 (7)	4 (8)	1,2 (9)	3,4 (10)	3,4 (11)	
CONICAL											
Slope	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	
Height	35 m	55 m	75 m	100 m	60 m	75 m	100 m	60 m	100 m	100 m	
INNER HORIZONTAL											
Height	45 m	45 m	45 m	45 m	45 m	45 m	45 m	45 m	45 m	45 m	
Radius	2 000 m	2 500 m	4 000 m	4 000 m	3 500 m	4 000 m	4 000 m	3 500 m	4 000 m	4 000 m	
INNER APPROACH											
Width	—	—	—	—	—	—	—	90 m	120 m ^e	120 m ^e	
Distance from threshold	—	—	—	—	—	—	—	60 m	60 m	60 m	
Length	—	—	—	—	—	—	—	900 m	900 m	900 m	
Slope	—	—	—	—	—	—	—	2.5%	2%	2%	
APPROACH											
Length of inner edge	60 m	80 m	150 m	150 m	140 m	280 m	280 m	140 m	280 m	280 m	
Distance from threshold	30 m	60 m	60 m	60 m	60 m	60 m	60 m	60 m	60 m	60 m	
Divergence (each side)	10%	10%	10%	10%	15%	15%	15%	15%	15%	15%	
First section											
Length	1 600 m	2 500 m	3 000 m	3 000 m	2 500 m	3 000 m	3 000 m	3 000 m	3 000 m	3 000 m	
Slope	5%	4%	3.33%	2.5%	3.33%	2%	2%	2.5%	2%	2%	
Second section											
Length	—	—	—	—	—	3 600 m ^b	3 600 m ^b	12 000 m	3 600 m ^b	3 600 m ^b	
Slope	—	—	—	—	—	2.5%	2.5%	3%	2.5%	2.5%	
Horizontal section											
Length	—	—	—	—	—	8 400 m ^b	8 400 m ^b	—	8 400 m ^b	8 400 m ^b	
Total length	—	—	—	—	—	15 000 m	15 000 m	15 000 m	15 000 m	15 000 m	
TRANSITIONAL											
Slope	20%	20%	14.3%	14.3%	20%	14.3%	14.3%	14.3%	14.3%	14.3%	
INNER TRANSITIONAL											
Slope	—	—	—	—	—	—	—	40%	33.3%	33.3%	
BALKED LANDING SURFACE											
Length of inner edge	—	—	—	—	—	—	—	90 m	120 m ^e	120 m ^e	
Distance from threshold	—	—	—	—	—	—	—	c	1 800 m ^d	1 800 m ^d	
Divergence (each side)	—	—	—	—	—	—	—	10%	10%	10%	
Slope	—	—	—	—	—	—	—	4%	3.33%	3.33%	

a. All dimensions are measured horizontally unless specified otherwise. e. Where the code letter is F (Table 1-1), the width is increased to 140 m except for those aerodromes that accommodate a code letter F aeroplane equipped with digital avionics that provide steering commands to maintain an established track during the go-around manoeuvre.

b. Variable length (see 4.2.9 or 4.2.17).

c. Distance to the end of strip.

d. Or end of runway whichever is less.

Note.— See Circulars 301 and 345 (forthcoming), and Chapter 4 of the PANS-Aerodromes, Part I (Doc 9981) for further information.

對於機場的運作和管理單位而言，必須參照上述障礙物限制面的規定來禁止和限制機場週邊的人為活動，並採取必要的改正措施來解決任何違規和/或未經授權而穿越限制面的行為，及時的清除或降低機場周圍的障礙物，以確保航機運作安全。是以，必須在機場及其週邊進行定期、有系統的障礙物調查，包括任何未經授權的建築物、設備和空中活動。此外，亦應檢查障礙燈和標誌，確保功能正常以及可明顯識別。

3.3 燈光、指示牌與標線

本節課程旨在簡介機場中普遍使用的指示牌、標線與燈光，並闡釋上述各項設施與機場設計暨運作規範間的關係。講座利用 2 大主題(Signals, Signs, Markings / Lighting)來加以說明，如圖 3.3-1 所示，綜整簡述如后：



圖 3.3-1 燈光、指示牌與標線之講授內容

1. **Signals, Signs, Markings:**機場中的標線、指示牌通常分為兩類，一是經監理機關核准、列明於本國規範或 ICAO 文件中者；二是按實際運作安全需要設置，然無具體標準者。第一類多屬於機場認證或查核有要求的項目，詳細的規定可以由 ICAO Annex 14、Doc 9157 Part 4 “Aerodrome Design Manual – Visual Aids” 這 2 份文件中尋得。以跑道而言，其標線應使用白色繪製，然而尺寸、數量則會隨跑道的長寬／類別而有不同的規定，常見的跑道標線列舉如圖 3.3-2 所示。當跑道因故關閉時，則必須在跑道上繪製跑道關閉標線，係由一組白色的交叉線組成，設置於跑道兩端、以及每間隔 300m 處，如圖 3.3-3 所示。此圖中的示例為木製，不僅可重覆使用、爭取時效，亦得兼顧環保。而在滑行道上，標線則應使用黃色繪製，遇有對比不明顯的區域則可加上黑色的邊框予以強化，如圖 3.3-4 所示。至於繪製於跑道上，引導航機自滑行道進入或脫離跑道的標線，因屬滑行道的延伸，仍採用黃色繪製。當滑行道因故關閉時，則必須在關閉的兩端繪設關閉標線，由一組黃色的交叉線組成，如圖 3.3-5 所示。



圖 3.3-2 常見的跑道標線



RUNWAY CLOSED MARKINGS



White Crosses are used for Runway closures or parts there of

Crosses shall be placed at each end of the Runway and at distances of not less than 300m for a full Runway closure

66

圖 3.3-3 跑道關閉標線



TAXIWAYS



Yellow – these can be enhanced by using black paint on concrete surfaces



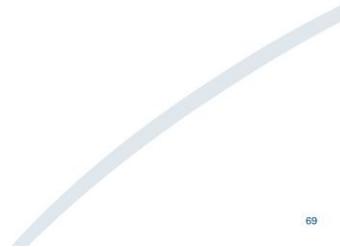
12

圖 3.3-4 滑行道標線

TAXIWAY CLOSED MARKINGS



Yellow crosses should be used for closing a taxiway



69

圖 3.3-5 滑行道關閉標線

由於跑道是航機起降作業最關鍵的區域，因此所有與跑道相連的滑行道，都必須設置跑道等待位置(Runway Holding Position, RHP)標線，避免發生跑道入侵(Runway Incursion)，確保起降作業安全。RHP 分為 A 型與 B 型 2 種，如圖 3.3-6 及圖 3.3-7 所示。當某滑行道有多處等待位置時，最靠近跑道處採 A 型設置，其餘則採用 B 型。為有效提醒航機，規範建議在接近 RHP 的滑行道中心線上設置加強型滑行道中心標線，作為防止跑道入侵措施，如圖 3.3-8 所示。而在滑行道與滑行道的交會處，亦可視需要設置中途等待位置標線，如圖 3.3-9 所示。



圖 3.3-6 A 型 RHP 標線



圖 3.3-7 B 型 RHP 標線



圖 3.3-8 加強型滑行道中心標線

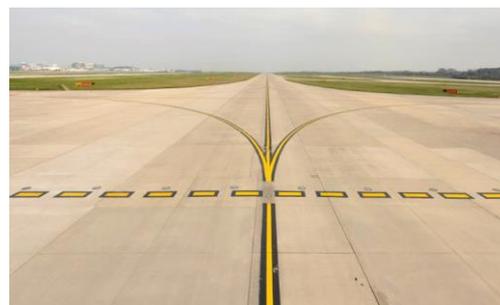


圖 3.3-9 中途等待位置標線

在上述引導、指示航機滑行的標線之外，當滑行道週邊的環境複雜、或有無法設置指示牌面的情況時，就必須在滑行道上採增設標線的方式來提供充足的資訊給航機駕駛員，通常包括強制性指示標線(Mandatory instruction marking)、資訊標線(Information marking)這兩類。前者通常設置在跑道等待位置標線的前方，採紅底白字方式繪製，提醒航機即將進入跑道，如圖 3.3-10 所示；後者則可視運作需要設置於滑行道中心線的兩側，採黑底黃字（提供目前位置資訊）或黃底黑字（提供方向或目的地資訊）型式繪製，如圖 3.3-11 所示。

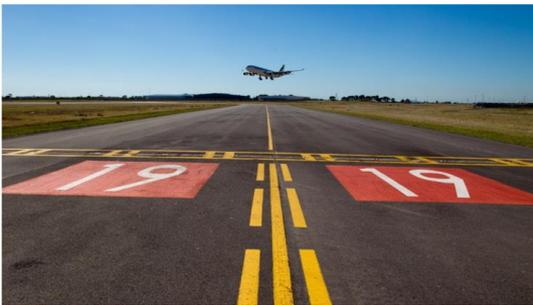


圖 3.3-10 強制性指示標線



圖 3.3-11 資訊標線-目前位置

指示牌的設置，是為了傳遞強制性之指示、特定位置之資訊、活動區內之目的地或其他資訊，提供航機遵行與參考。常見的指示牌包括強制性指示牌與資訊指示牌兩大類，前者以紅底白字呈現，設置於須經機場管制塔臺授權始可允許通行之位置；後者以黃底黑字、黑底黃字呈現，設置於需要以指示牌標示一個特定位置或路線（方向或目的地）之位置，其中黃底黑字提供方向指示，黑底黃字提供目前所在位置。範例如圖 3.3-12 及 3.3-13 所示，惟須注意不得使用「I」、「O」、「X」這三個英文字母，以避免造成牌面資訊的混淆。



圖 3.3-12 強制性指示牌



圖 3.3-13 資訊指示牌

上述跑道、滑行道的各式標線、指示牌之設置，於規範文件中均有相關規定與參照內容，然而針對停機坪的標線與指示牌只有提到 3 種標線（停機位標線、停機坪安全線、道路等待位置標線）以及 2 種指示牌（停機位編號指示牌、道路等待位置指示牌），其餘則沒有明確的規範或指引。因此，ACI 從 “Best Practice”、也就是實際運作安全的角度，出版了 “Apron Markings and Signs Handbook (2017)”，作為全球各機場管理、運作停機坪的參考，期使停機坪的相關設施也能夠趨近一致、標準化。例如，手冊針對停機坪的標線顏色提供了一致性的原則，並以多機型停機位滑行路徑標線作為運用實例，如圖 3.3-14 所示。

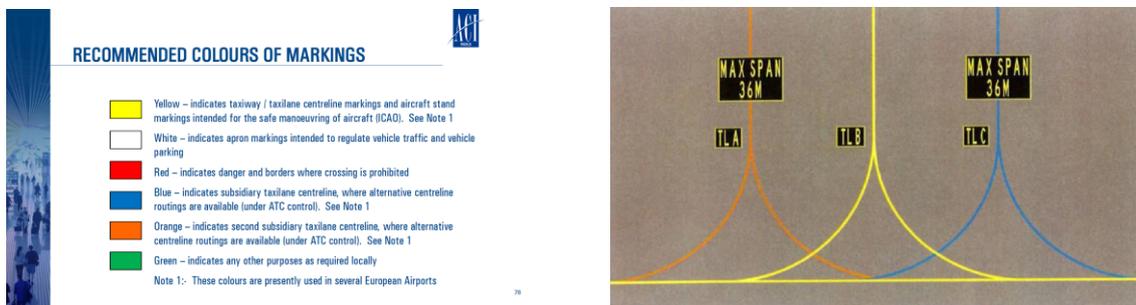


圖 3.3-14 多機型停機位滑行路徑標線設置實例

2. **Lighting:** 講座藉由駕駛員的觀點，從航機進場的角度切入來說明機場中的各式燈光設備，如圖 3.3-14 所示，依序會看到跑道的進場燈系統、跑道頭燈與末端燈、中心線燈與邊燈，接著轉進滑行道會看到滑行道的中心線燈與邊燈，最後進到停機坪依照目視停靠導引系統的燈號完成航機的靠泊。

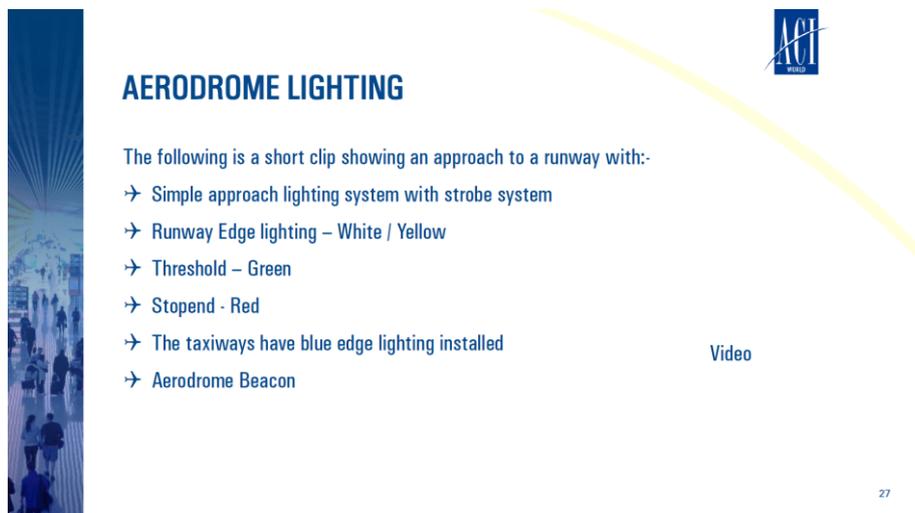


圖 3.3-14 機場燈光內容概要

跑道的進場燈系統，與該跑道所能提供的儀器進場等級有關。以非儀器進場跑道而言，針對跑道參考長度分類為 3 或 4 者，規範建議設置簡式進場燈系統，由一行沿著跑道中心線延伸的燈、及一列橫排燈組成，如圖 3.3-15 所示。非精確進場的跑道，則應設置簡式進場燈。而提供精確進場的跑道，則應依所屬類別確實提供該類級別的精確進場燈系統。講座列舉第II類及III類精確進場燈系統的配置如圖 3.3-16 所示，其中，在接近跑道末端的 900 至 300 公尺間須以紅、白相間燈光配置，最近末端的 300 公尺則須以紅燈設置，以提醒航機。同時，在跑道鋪面以外、採架高設置的燈具，其材質均應具備易斷性以保護航機。而在進場燈系統之外，還有一套目視進場滑降指示燈系統，提供進場時的目視導引，讓駕駛員在進場的過程中能保持適當的滑降路徑以接近跑道直到觸地。此系統的標準配置為精確進場滑降指示燈系統(PAPI)，係由一組橫排的 4 盞燈組成，設置於跑道落陸點標線的外側。其提供進場航機指示的方式如圖 3.3-17 所示。

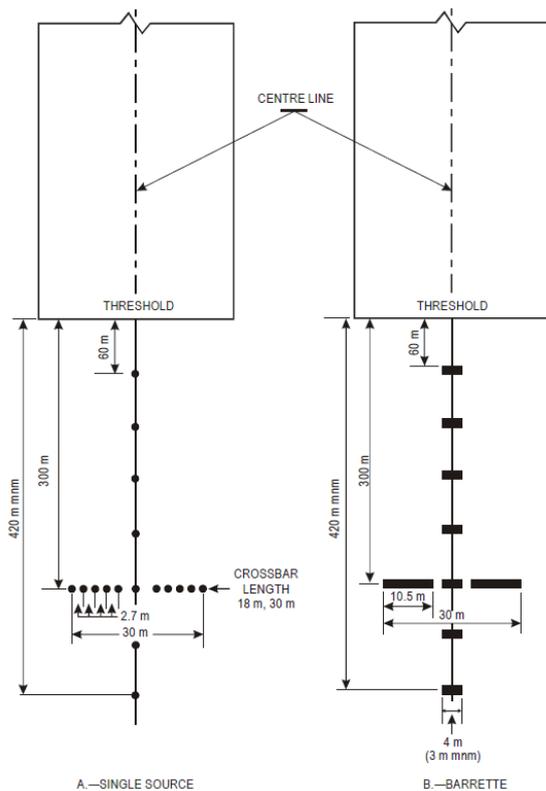


圖 3.3-15 簡式進場燈系統

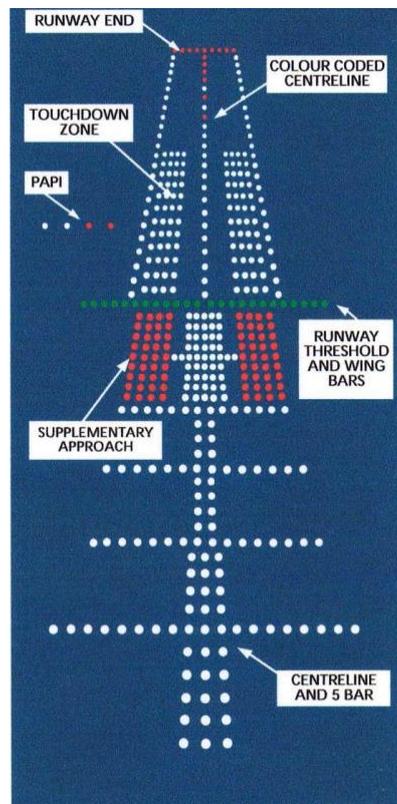


圖 3.3-16 第 II、III 類精確進場燈系統

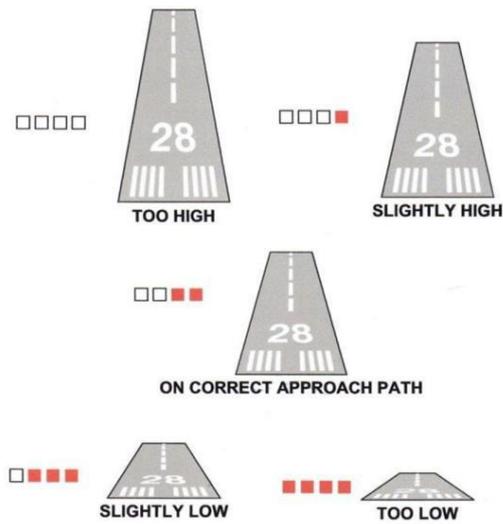


圖 3.3-17 PAPI 運作方式

當航機在跑道上完成落地階段，準備進入滑行道前，在跑道上就會設置出口滑行道中心線燈以及快速出口滑行道指示燈以引導航機脫離跑道、進入滑行道，如圖 3.3-18 所示。

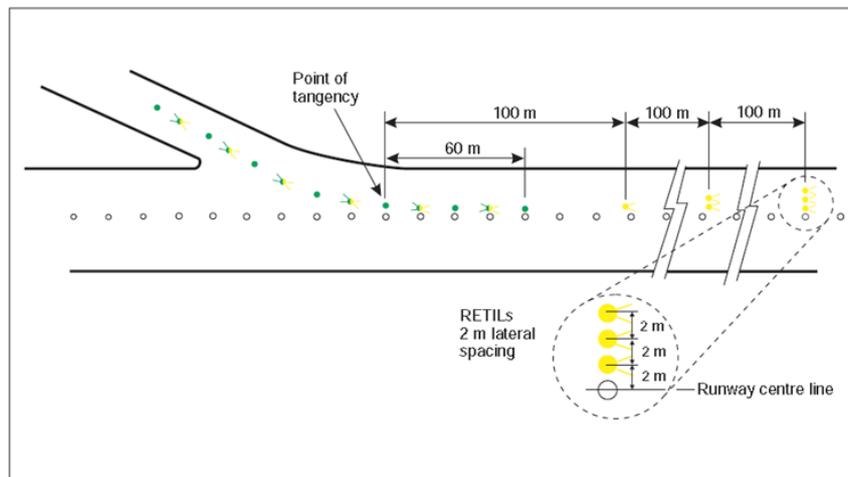


圖 3.3-18 快速出口滑行道之燈光配置

為了有效降低跑道入侵事件發生的可能性，規範並建議在跑道與鄰接跑道的滑行道上設置跑道狀態燈(Runway status lights)，這是跑道入侵主動警告系統(Autonomous Runway Incursion Warning System, ARIWS)的一種型式，由跑道入口

燈(Runway entrance lights, RELs)和起飛等待燈(Take off hold lights, THLs)組合而成，提供滑行中航機進入跑道、以及在跑道上等待起飛航機之明確指示，如圖 3.3-19 所示。

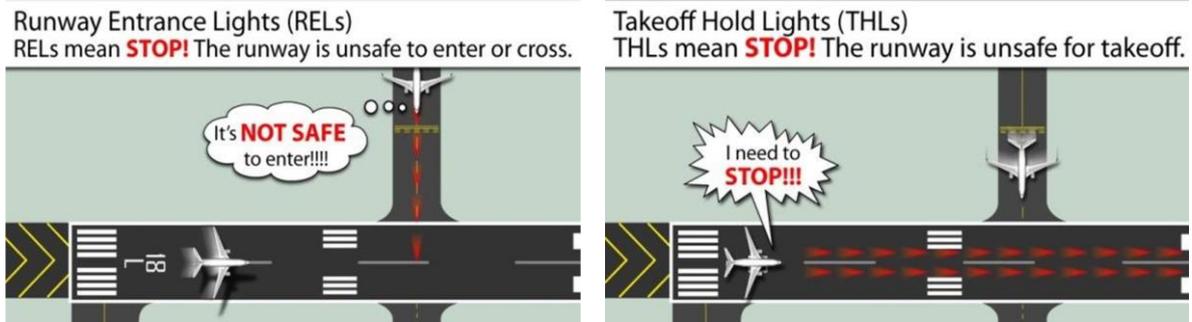


圖 3.3-19 跑道狀態燈運作示意

滑行道的燈光，主要包括中心線燈、邊燈、停止線燈、跑道警戒燈、以及中途等待位置燈，配置如圖 3.3-20 所示。其中，停止線燈設置在跑道等待位置標線處，以管制航機進入跑道，運作方式如圖 3.3-21 所示。跑道警戒燈則設置於對齊停止線燈的滑行道外側道肩、或平行停止線燈前方的滑行道上，以交替閃爍的黃燈提醒航機「前方為跑道」，運作方式如圖 3.3-22 所示。

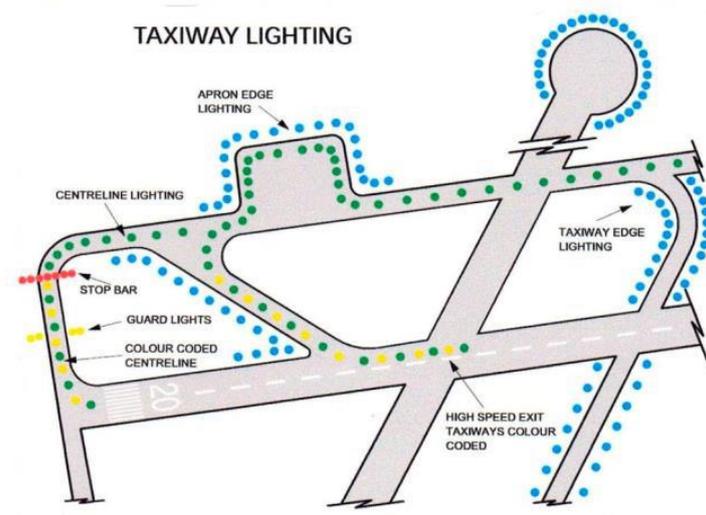


圖 3.3-20 滑行道之燈光配置

至於停機坪上的燈光，由於是航機停靠、地勤作業最繁忙的區域，因此最重要的就是停機坪照明燈(Apron floodlighting)以及目視停靠導引系統。停機坪照明

燈的配置應使作業人員對於例行動務／檢修相關之航空器標線，與道面、障礙物標線間之顏色差異能夠正確地加以辨認。至於目視停靠導引系統，則是航機安全進入指定停機位停靠的絕佳工具，可大幅降低對人工導引的依賴，提昇地勤作業的效率如圖 3.3-23 所示。

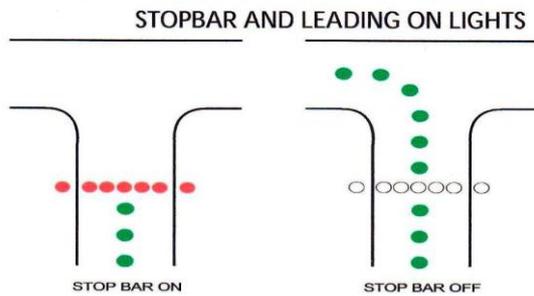


圖 3.3-21 停止線燈之運作

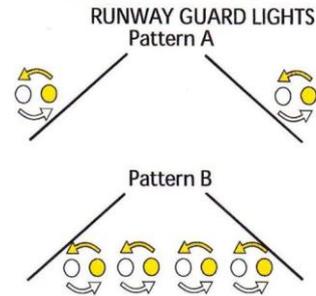


圖 3.3-22 跑道警戒燈之運作



圖 3.3-23 目視停靠導引系統

本節課程的最後，講座補充一些在勤務道路上的指示牌與標線實例，雖然 Annex 14 沒有明確規定，但對於確保作業安全仍相當重要，如圖 3.3-24 所示。

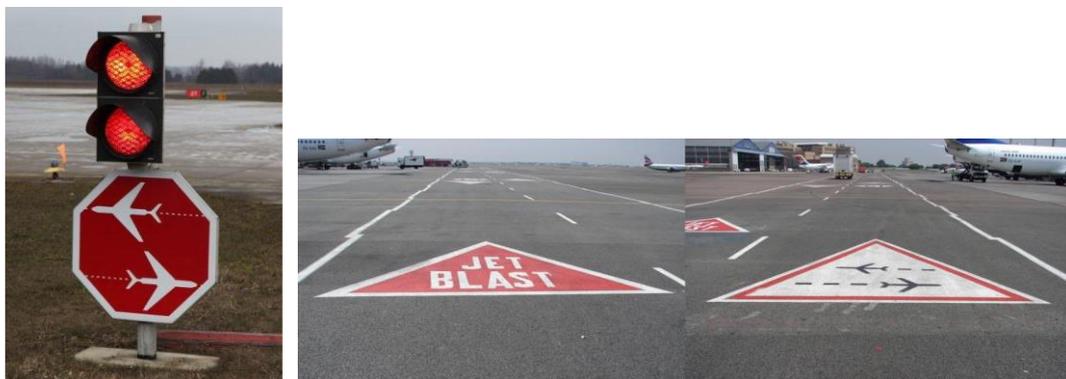


圖 3.3-24 勤務道路指示牌與標線實例

3.4 氣象資料

天氣，對於空側的運作，一直是非常關鍵的自然因素。航空器的操作、以及航空站的地勤作業，都必須順應各種天氣現象採取適切的因應措施。是以，準確的氣象觀察與天氣預報，是空側作業安全確保的關鍵。講座由 6 種主要的天氣現象切入，說明氣象資料對於空側作業的重要性，最後再帶入航空氣象的預報，讓學員瞭解氣象資料提供的方式與內容，並學習如何閱讀天氣編碼。

一、 天氣現象

1. 霧 (Fog): 這是由於微小水滴或煙霧顆粒懸浮於空氣中，所造成的地表大氣模糊現象，通常能見度會低於 1,000m。若能見度高於 1,000m，則將其歸類為「靄」(Mist)。霧層的形成，主要是由於潮濕的空氣團冷卻至飽和點（露點）而產生。
2. 降水-雨或雪 (Precipitation-Rain/Snow): 當雲層中的微小水滴（或冰晶）凝結、聚合而變大，以致雲中的上升氣流無法支撐它們的重量並落到地面時，就形成降水。雲層下方的水蒸氣越多，則水蒸氣凝結成雲中水滴或冰晶的上升氣流越強，形成雲內降水的可能性就越大。在非常寒冷的天氣裡，當雲中的水蒸氣結冰時，就會以雪、霰、或凍雨的形式落到地面上。對於冬季會降雪的地區，當地面的積雪無法有效清除時，就可能帶來災難性的後果。因此，準確的降雪預報對於機場營運單位而言非常重要，甚至可能需要動用額外的資源來清除積雪。此外，機場與飛機亦必須先進行防冰處理始可正常運作。
3. 雷雨 (Thunderstorm): 通常是伴隨積雨雲(Cumulonimbus, CB)而來，其高度甚至可達 39,000ft，可釋放出極大的能量。
4. 閃電 (Lightning): 當冰晶在雲中生長時，它們相互作用、碰撞並分裂。較小的粒子通常會帶有正電荷並升向雲頂，而較大的粒子則會帶負電荷並降至雲層底部，當電荷非常集中而明顯不平衡時，就開始放電而產生閃電現象。閃電主要分為雲內閃電、雲間閃電、以及對地閃電，如圖 3.4-1 所示。雷聲(Thunder)通常會伴隨著閃電出現，其成因為閃電四周的空氣因放電而被加熱到 20,000°C，造成周圍區域的空氣被瞬間壓縮而形成衝擊波，此衝擊波向外推展遠離閃電的通

道時，便衰減成為人耳可聽到聲波，也因此雷聲會隨著閃電的路徑傳播。

就商用客機而言，在飛航途中遭受雷擊的頻率並不高，平均每年僅約 1 次，且損壞通常很輕微，因為飛機在設計上就有將放電的功能考慮進來。然而，在地面上靠泊的航機同樣也有遭受雷擊的可能，對於地勤人員來說就是非常危險的狀態。因此，機場營運單位對於雷雨天候下的機坪作業必須要有對應的程序以避免危害與事故。

5. 季風 (Monsoons)：基本上是由於夏季陸地升溫，導致陸地上方的空氣升溫並向上抬昇，使得較為涼爽而濕潤的空氣自海洋上空流入陸地，進而形成雲層並形塑出潮濕的季風型氣候。
6. 沙暴 (Sandstorm)：此為地表的沙塵受不穩定強氣流捲起而導致能見度降低的天氣現象，多發生在乾旱或半乾旱的地區。

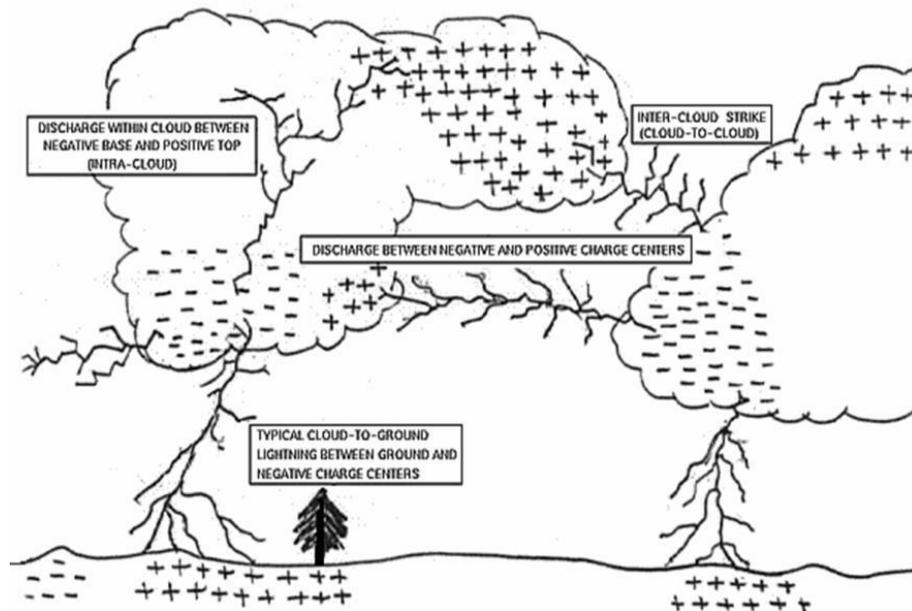


圖 3.4-1 閃電之形成與分布

二、 機場例行天氣報告(METAR)與機場預報(TAF)

機場例行天氣報告(Meteorological Terminal Aviation Routine Weather Report, METAR)是由設在機場之航空氣象臺，依機場的作業規模每半小時或每小時、按照

國際電碼格式編製發送之天氣報告，旨在向到、離場的航機提供該機場當下最新之天氣資訊，以為相關作業之因應參考。機場預報(Terminal Aerodrome Forecasts, TAF)則是由指定的氣象單位提供、於每日固定的時間(如 00、06、12、18UTC)生效的機場天氣預報，其有效時間長度依航機航程實務需求分為 30hr/24hr/18hr 等三類，提供航空公司參考機場預報規劃航班飛行計畫。METAR 提供的觀測內容，包括下列 9 項：

1. 地面風(Wind)：採用「風向+風速」的格式提供：24020KT (240° 20knots)，有時還會加上額外的訊息，例如：24020G30KT (240° 20 knots, gusting 30 knots)，或是 24020KT 210V270 (240° 20 knots, with variable direction between 210° and 270°)
2. 能見度(Visibility)：採用 4 位數字方式呈現，單位為 m。其中，0000 用以表示能見度小於 50M，9999 則用以表示能見度大於 10km。此外，當不同方位的能見度有明顯差異時，亦可以用「4 位數字+方位」來表示，如：1000NW 6000S (1000m to the northwest while 6000m to the south)
3. 跑道視程(Runway Visual Range, RVR)：此為跑道上的目視距離，可用電子儀器或是人工進行觀測，採用「跑道編號/4 位數字」來表示，如：R24/1200 (Runway 24 RVR is 1,200m)
4. 天氣現象(Weather)：利用不超過 4 個字碼的縮寫來表示觀測當下天氣狀況，並以「+」、「-」符號來標示強度。編碼內容如表 3.4-1 所示。

表 3.4-1 天氣編碼

Codes	Meaning	Codes	Meaning	Codes	Meaning
DZ	Drizzle	FU	Smoke	DR	Drifting
RA	Rain	HZ	Haze	BL	Blowing
SN	Snow	MI	Shallow	FZ	Freezing
GR	Hail	BC	Patches	VA	Volcanic Ash
SQ	Squalls	SH	Showers	DU	Widespread Dust
GS	Small Hail	TS	Thunderstorm	SA	Sand
SG	Snow Grains	CB	Cumulonimbus	SS	Sandstorm
IC	Diamond Dust	TCU	Towering Cumulus	DS	Dust storm
PE	Ice Pellets	SHRA	Rain Showers	FC	Funnel Cloud
BR	Mist	-RA	Light Rain	+	Heavy Conditions
FG	Fog	MIFG	Shallow Fog	-	Slight Conditions

5. 雲(Cloud)：依據 ICAO/WMO（世界氣象組織）的規定，針對機場上空進行雲量、雲狀及雲高資訊的觀測及編報。雲量部份，將天空區分為 8 等分，按照雲層或雲塊覆蓋天空的範圍大小來估計，透過以下 5 種編碼提供：

SKC - Sky clear, no cloud.

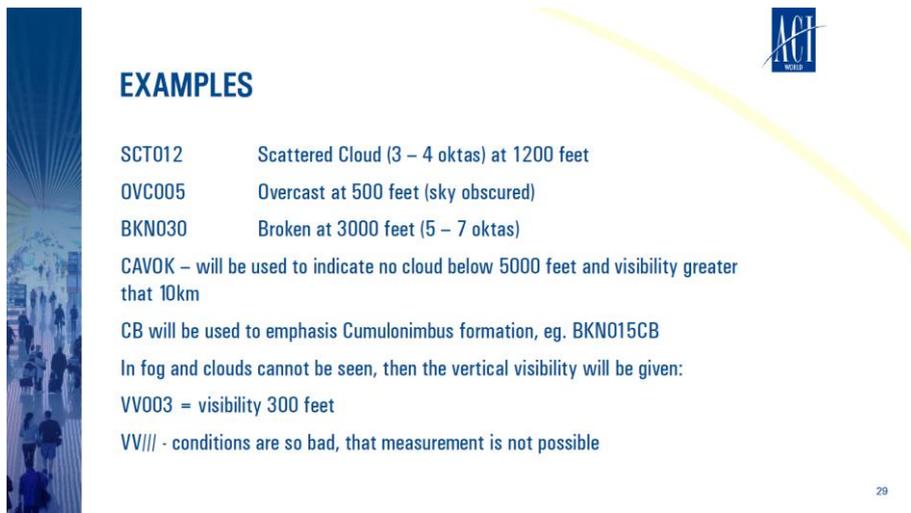
FEW - Few clouds, 1 ~ 2 octas cover.

SCT - Scattered, 3 – 4 octas cover. Clear intervals between clouds.

BKN - Broken, 5 – 7 octas cover. Cloud masses predominate.

OVC - Overcast, 8 octas. Continuous, no clear intervals.

同時講座也透過範例讓學員瞭解實際編報的用法，如圖 3.4-2 所示。



EXAMPLES

SCT012 Scattered Cloud (3 – 4 oktas) at 1200 feet

OVC005 Overcast at 500 feet (sky obscured)

BKN030 Broken at 3000 feet (5 – 7 oktas)

CAVOK – will be used to indicate no cloud below 5000 feet and visibility greater than 10km

CB will be used to emphasis Cumulonimbus formation, eg. BKN015CB

In fog and clouds cannot be seen, then the vertical visibility will be given:

VV003 = visibility 300 feet

VV/// - conditions are so bad, that measurement is not possible

29

圖 3.4-2 雲量雲高及垂直能見度的編報例

6. 氣溫及露點溫度(Temp/Dew Point)：以「氣溫/露點」型式表示，如：25/20 即表示氣溫 25°C、露點 20°C。當氣溫等於露點時，就有形成霧的可能。
7. 修正氣壓值(QNH)：指機場所量測到、相對於平均海平面的大氣壓力值，以百帕為單位、採「Q+4 位數字碼」呈現，如：Q1010 即表示 QNH 為 1010。
8. 風切(Wind Shear)：當場面上有配置可偵測風切的設備時，可適時提供風切的編報資訊，如：WS LDG RWY28L 或 WS TKOF RWY08。
9. 變化趨勢(Trend)：用以表示地面風、能見度、天氣及雲等一個以上要素之顯著變化，標示改變的狀態(NOSIG/BECMG/TEMPO)以及時間(FMnnnn/TLnnnn/ATnnnn, in UTC)。

至於機場預報(Terminal Aerodrome Forecast, TAF)則是提供某一段有效期間內的機場天氣預報，其主要編報格式與 METAR 相同，但額外提供了 5 項資訊，包括：報告類型(TAF/TAF AMD/TAF COR)、ICAO 航用地名、預報發布始時及日期、預報有效時間及日期、顯著之天氣改變內容等。

3.5 野生動物管理

在機場，野生動物的活動對於空側作業安全具有一定程度的危害。講座藉由一系列的照片與影片，說明野生動物所造成的危害類型、防治措施以及管理野生動物的策略與方法，讓學員清楚認知野生動物管理的重要性。

一、野生動物危害類型

歷史上最早的野生動物危害紀錄，是 1905 年 Orville Wright 在其飛行期間遭遇鳥擊的事件，當時並未造成人員的傷亡。而第一起因鳥擊導致的死亡案例，則是 1912 年 Calbraith Perry Rodgers 在加州的長灘準備嘗試採飛行方式橫越美國時，遭遇一群鷗鳥撞擊造成飛行控制元件失效，導致飛機墜海而喪生。對現代化的航空器而言，無論是固定翼或旋翼，鳥擊仍然是最主要的野生動物危害，尤其是像大型的雁、鷗、隼等鳥類，會造成航空器的損傷、航班的延誤、甚至是人員的死傷。

除了鳥類之外，在地面上的其他野生動物也會對航機起降、機坪作業等空側活動造成影響。例如，在納米比亞一處沙漠中的跑道上，會有獅子、羚羊不定時出現；在美國佛羅里達州，跑道上的瀝青鋪面則是鱷魚最喜愛的取暖場所！不過，鳥類對航空器的危害仍是最顯著的。

二、規範文件與事件報告

針對野生動物危害的議題，ICAO 發布有 2 份文件提供指引：Doc 9137 “Airport Service Manual, Part 3, Bird Control and Reduction”、Doc 9332 “ICAO Birdstrike Information System (IBIS)”，前者提供機場野生動物危害防治的具體管理面向與可行措施，後者則是提出對於鳥擊事件相關資料的管理作為包括鳥擊報告資料庫的建置、項目檢索等功能布局的建議。同時，ACI 也編有 “Wildlife Hazard Management

Handbook”，提供機場管理單位實際執行野生動物管理的參考。然而，就實際運作
的角度，如何判斷已發生野生動物的撞擊／危害事件？什麼狀況需要提出報告／紀
錄？而這些報告／紀錄又要如何作分類管理？講座指出在紀錄的管理上可按撞擊事
件形態、以及發生位置來分類，其中撞擊事件的形態主要有三：

1. 確認撞擊事件：任何有關鳥類/野生動物與飛機相撞的報告，且在地面上發現動
物屍體、遺骸、或有飛機損壞等相關證據者，即為確認撞擊事件。此外，在機
場內發現的鳥類/野生動物遺骸或完整屍體，如果沒有其他明顯的死亡原因，亦
應被視為確認的撞擊事件並提出報告。
2. 疑似撞擊事件：任何有關鳥類/野生動物與飛機之間的碰撞報告，但未發現任何
物證（飛機沒有明顯損壞，機身上亦沒有明顯的動物遺骸、屍體或血跡）。
3. 顯著危害事件：空中或地面上的鳥類/野生動物，對飛行造成影響但沒有實際撞
擊證據的事件。這包括未遂事件(near-miss)、放棄起飛和重飛。

而就事件的發生位置，除了鳥類以外，其他的野生動物撞擊事件應該都是發生在機
場內，因此針對鳥擊事件可以再用發生位置來作區分：

1. 機場內鳥擊：由航機機長報告的任何鳥擊事件，通常發生在離場航機高度自地
面至 1,000ft 之間，和/或進場航機高度低於 200ft 至落地階段。
2. 機場附近鳥擊：由航機機長在機場鄰近區域（13 公里）以內報告的任何鳥擊事
件，通常發生在離場航機高度介於 1000ft 至 1500ft 之間，以及進場航機高度在
1000ft 至 200ft 之間。
3. 航路鳥擊：離場航機與機場距離超過 13km，或進場航機與機場距離不小於 3000
英尺之任何鳥擊事件。一般而言航路鳥擊並不常見，但有四種鳥類的飛行高度
甚高，是可能導致航路鳥擊的來源：Mallard Duck – 21,000ft；Whooper Swan –
27,000ft；Bar-headed Goose – 29,000ft；Ruppell’s Vulture – 37,100ft。

至於野生動物撞擊／危害事件的報告或紀錄，各機場均應妥善保存，以便監測環境
並儘早採取適當的行動來因應不斷變化的物種和數量。就監理機關的層級而言，還
可以運用這些資料來推估甚至確定野生動物族群的發展趨勢，釐訂最佳的處置作為
以保護當地環境免受野生動物威脅。

三、 危害防治與棲地管理

1. 危害防治：就鳥類而言，國際上已有許多機場引進雷達來監控場面及週邊區域的鳥類活動，並即時採取行動以儘可能降低其對航機作業所造成的危害。其中，以美國空軍為例，透過設置鳥類監控雷達，再配合適當的驅趕行動，鳥擊的發生次數已大幅降低 70%。至於其他的地面野生動物，則仍多仰賴人工的觀察。而在驅趕/移除的方法上，常見的有：驅鳥彈、驅鳥警笛／警報、靜置／移動式驅鳥砲、誘鳥雷射、誘捕籠、獵鷹、獵犬、風箏、間歇充氣假人等等。



圖 3.5-1 常見危害防治作法

2. 棲地管理：「儘可能降低機場對鳥類/野生動物的吸引力」是機場棲地管理的最高指導原則。在機場內，低矮、連續且群集的灌木叢是最容易招致鳥類和野生動物停留和棲息的場所，會提高航空器發動機吸入外物的風險，應儘量避免。同時，機場的建築物和機庫/棚廠也是理想的棲息地和築巢地，尤其是鳥類如鴿子，因此相關場所的出入口、大門應儘可能保持關閉狀態，或是設置防止棲息/築巢的阻隔網。當機場內有開闊的水面如水塘/水路時，可設置隔離網或施放人工浮球防止水禽棲息。機場的出入口、以及連外的水路、管路，均應設置野生動物阻絕設施。至於空側場面上的植草，如果過短會使鳥類能夠輕鬆發現獵物並進食，同時也讓它們能夠查覺潛在獵捕者的接近而逃逸，但過長卻又讓它們容易藏匿，因此建議的草長以 15cm 至 20cm 為佳。如果上述一切的努力都無法獲致成效，最終可能還是得選擇撲殺來改善環境，但這應該是最後的手段，且必須符合當地動物保護相關法令的規定。



圖 3.5-2 棲地管理實例

除了機場內的棲地管理，在機場週邊鄰近地區的棲地管理同樣重要。當附近有農業活動進行時，耕作和有機肥料的施放通常會吸引大量的鳥類停駐、覓食。垃圾掩埋/處置場或是堆土區也容易吸引各式野生動物前來。如果機場所處的位置恰巧位在它們從棲息地往返可能覓食區的通道上，則機場營運單位應該對於農業活動的進行、以及各式物資處置、收容場所的設置提出建言甚至是反對意見，作好源頭管理以降低野生動物危害發生的可能性。

本節的最後，講座提醒學員們，有效的野生動物管理需要對機場環境進行研究，瞭解吸引野生動物來到機場原因（如：食物、棲息地、住所），然後採行適當的措施來有效降低這些吸引力，且通常需要多種方法並行。這些，都必需靠詳細的調查、長時間的追蹤，取得相關數據進行分析才能根本解決問題。

3.6 機場工程管理

機場內的工程，大抵可分為三種類型：擴建、改建、維護。當機場需要提供較新穎或進階的基礎設施，就必須進行擴建，例如：新設/擴建機場的建築物、基礎設施（如滑行道和停機坪）、目視輔助設備與導航設施等等。而當現有的機場基礎設施或實體特徵發生變化，包括改正或調整機場內不符規範的既有項目，例如：重新配置停機位、涉及跑道或是公布距離的變動等等，皆屬改建一類。至於維護，顧名思義就是維修、翻新或更換現有的基礎設施，確保可以持續地提供服務，但不改變基礎設施的特性。不論是那種類型的工程，基本上都可以按 2 個主要的階段進行管理：計畫階段與執行階段。

1. 計畫階段：在工程計畫的一開始，首要工作就是邀集與工程有關的相關單位一同研商，一方面讓所有單位都瞭解未來要進行工程的內容，二方面則是蒐集各

單位的看法與意見並就有困難的部份進行溝通協調以取得共識，作為工程計畫內容擬訂的依據，如圖 3.6-1 所示。而在研商的過程中，通常最受關注的就是時間的安排—「什麼時候開始施工？每天的施工排程為何？施工關閉的期程有多久」—這些是最常被提出來討論的問題，然而每個計畫工程的性質、內容與範圍都不同，需要按照各個機場運作的特性作規劃。其次會討論到的是施工的範圍，關鍵在於明確地將施工關閉區域與正常運作區域分隔開來，才能同時確保兩者都在安全的環境下作業。接著就是要擬訂完整的施工計畫書與作業流程，並且確實地執行。無論人員、機具、具危險性作業項目，在開工前都必須取得工作許可（如：空側工作許可證、起重/堆高設備操作證、動火許可證等等），才能執行作業。同時，開工前也必須透過機場的施工通告、NOTAMs、ATIS、AIP、以及機場手冊發布工程訊息，使所有參與空側作業的人員都能被充分告知。

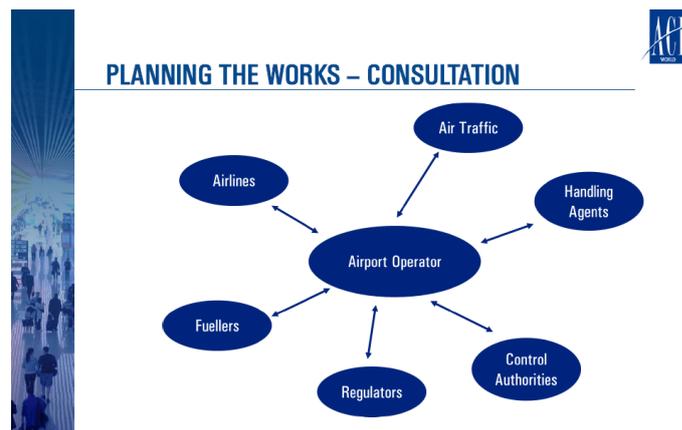


圖 3.6-1 工程計畫階段的跨單位協商

2. 執行階段：當工程準備開始執行，首要確認的是所有負責場面的值班人員（如：場面席航務員）都瞭解工程內容與執行的範圍，且需要完整、清楚的文件來進行場面安全的控管，特別時當施工的区域屬於每天都要恢復運營的情形時，則安全控管的作為更顯重要。而在施工區域的管制與警示方面，涉及跑道、滑行道關閉的工程都必須依規範在道面上畫設關閉標線（亦可以浮貼地面的同型標誌替代）。其中，跑道須在兩端、並沿著中心線以不大於 300m 間距布設；滑行道則須在離施工位置最近的一個交會路口設置。而針對跑道的施工，為了使在空的航機能夠清楚的辨識並確認跑道關閉的狀態，許多機場已配置可拖曳的立

式發光關閉標誌以放置在跑道上，具有容易定位、快速收放的優點，非常適合短期施工關閉使用。上述關閉標示的實例如圖 3.6-2 所示，詳細的尺寸則須參照 ICAO Annex 14 第 7 章之規定辦理。



圖 3.6-2 跑、滑道關閉標示例

為清楚界定施工範圍，最好的作法是在封閉的跑道或滑行道道上設置實體、具易斷性質的阻隔（阻絕設施），並配備可供夜間和低能見度情況下識別的燈光，以防止飛機誤入施工關閉區域，同時也防範工程車輛闖入航機活動區域。如果是短期的施工，可拖曳的活動式標誌/阻絕設施和警示燈是最容易設置並達到警示效果的，如圖 3.6-3 所示。然而值得注意的是，當航機的滑行路徑因施工須作臨時的改道時，必須依照 Annex 14 第 3 章有關滑行道最小隔離間距的規定來設置。同時，為因應航機對於場面施工期間改道不熟悉，特別是夜間或能見度不佳時，機場管理單位應備妥前導車(Follow-me)以期及時地提供導引服務，也要確保機場的低能見度作業程序在工程進行期間仍可正常的運作。配合施工關閉的跑道或滑行道，在關閉區域內的燈光、指示牌面都必須配合斷電、暫時移除或有效的遮蔽，相關的控制界面、迴路也應關閉、屏蔽或隔離，以避免誤用而導致航機誤入施工區。



圖 3.6-3 活動式阻絕設施與警示燈

對於停機坪以及非活動區的施工，也需要有阻絕設施或施工圍籬來界定受施工影響而封閉的區域，同時在夜間以及低能見度情況下也需要有適度的警示與照明好讓其週邊作業中的人員、車輛可以清楚識別。同時也要注意施工對於航機在停機坪上的日常作業如後推、滑行是否有影響，以適時調整或修訂滑行路徑與作業程序。當施工作業有使用吊車的需求時，要確認吊桿的高度是否會穿越障礙物限制面而形成臨時的障礙物，除應於吊桿的最高處設置航空障礙燈以提供警示外，尚應視需要發布飛航公告予所有作業單位知悉。

除了上述與施工直接相關項目之外，野生動物管理、救援與消防、聯外緊急支援也必須留意。施工期間應避免留置食物於空側，並且要注意開挖作業有否吸引鳥類進駐，以避免提高野生動物危害發生的機率。場面救援與消防、以及聯外緊急支援需將施工關閉區域對通行路徑的衝擊納入考量，確保場面消防的最小反應時間、以及緊急支援的集結不受影響。

每個國家對於工程的計畫於執行有不同的規定，有時會需要監理機關某種形式的批准/接受，尤其是涉及重大工程的情況。通常監理機關會需要看到全部的文件，包括機場當局與所有相關者針對工程危害識別與緩解對策的協商成果，以及每日例行監督查核的作業內容，以確保工程能在安全的前提下進行。講座並建議，於整體工程完竣後要針對工程執行的程序進行回顧討論(debriefing)並作成紀錄，如圖 3.6-4 所示，檢討可以改進的地方，為場面安全奠定更好的基礎。

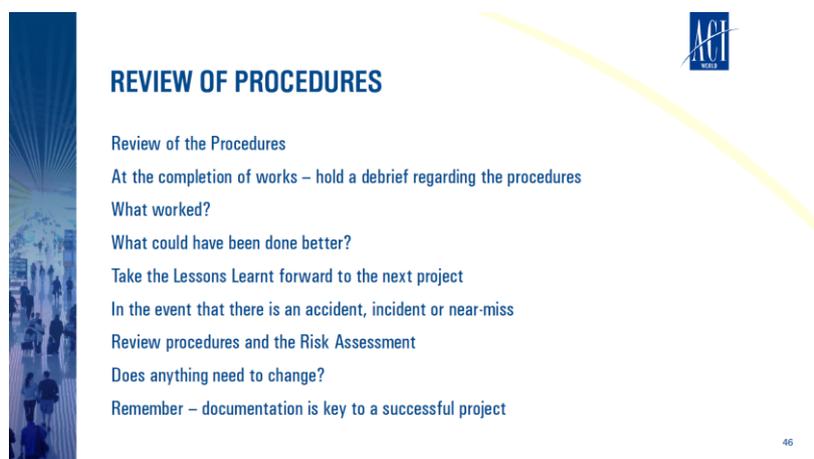


圖 3.6-4 竣工後的檢討改進

本節課程的最後，講座引用 2000 年 10 月 31 日新加坡航空 SQ006 班機於我國中正（今桃園）國際機場發生的重大飛航事故，針對該事故中有關機場在場面基礎設施以及施工管理上可能存在的問題進行分析討論，讓學員對於機場工程管理的重要性有更深刻的感受。

3.7 飛航資訊發布

本節課程旨在說明正確發布飛航資訊的重要性以及飛航資訊的發布方式，講座分別就航空情報服務、飛航指南、飛航指南補充通知書、航空公報與飛航公告、終端資料自動廣播服務、會議通知與其他等六種型態來說明。

1. 航空情報服務(Aeronautical Information Service, AIS)

機場和空域都是處在動態變化環境中，因此向來自四面八方的使用者發布準確的資訊是非常重要的工作。一般而言，機場和空域的資訊都是透過國家級單位（如民航局）所屬的航空情報服務專責單位、依據 ICAO Annex 15 的規定編製與發布。

2. 飛航指南(Aeronautical Information Publication, AIP)

有關機場和空域的詳細資訊，會以飛航指南的形式提供，其中包含以下內容：

- a. 有關設施與服務的長期或持續性資料，包括：AIP 簡介、修訂細目、ICAO 相關文件、機場認證資訊等。
- b. 航路資訊（空域）
- c. 機場資訊，包括機場基礎設施與裝備內容的列表與圖說，如：機場圖、停機位圖、障礙圖、標準到場航線圖(STAR)、標準儀器離場圖(SID)等等。

飛航組員必須獲得最新、最準確的飛航指南，才能安全且有效率地完成每趟任務，而相關資訊通常由國家的政府機關或是被授權單位來提供，包括機場或導航服務的提供者。飛航指南修正(AIP Amendment)，係依據 ICAO 全球航空情報定期發布制度(Aeronautical Information Regulation and Control, AIRAC)所訂定的週期，也就是“AIRAC Cycle”，來作定期的更新。AIRAC Cycle 始於 1964 年，其目的是確保世界各地都能及時收到其他國家在 AIP 中所發布的飛航資料修訂

內容，因此每個國家的 AIS，都必須按照 AIRAC 週期來發布飛航指南修正。AIS 權責機關，應在生效日期前 42 天公佈飛航指南修正。對於重大的變更，該期限可能會延長至 56 天，因此修訂的資料通常須提前 7 至 14 天送達 AIS 權責機關，以便相關部門審查數據的準確性並確保所有的使用單位都能充分理解。飛指南修正的文件必須在生效日期的 28 天前送達收件人。上述飛航指南修正的期程、以及 2023 至 2029 的 AIRAC 飛航指南修正日期分別如圖 3.7-1 及表 3.7-1。

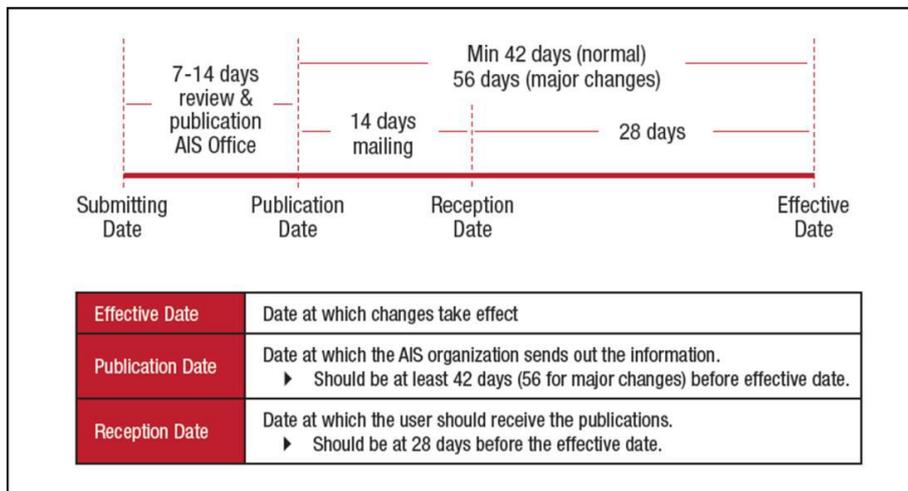


圖 3.7-1 飛航指南修正期程

表 3.7-1 2023-2029 AIRAC 飛航指南修正日期

2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029
2023-01-26	2024-01-25	2025-01-23	2026-01-22	2027-01-21	2028-01-20	2029-01-18
2023-02-23	2024-02-22	2025-02-20	2026-02-19	2027-02-18	2028-02-17	2029-02-15
2023-03-23	2024-03-21	2025-03-20	2026-03-19	2027-03-18	2028-03-16	2029-03-15
2023-04-20	2024-04-18	2025-04-17	2026-04-16	2027-04-15	2028-04-13	2029-04-12
2023-05-18	2024-05-16	2025-05-15	2026-05-14	2027-05-13	2028-05-11	2029-05-10
2023-06-15	2024-06-13	2025-06-12	2026-06-11	2027-06-10	2028-06-08	2029-06-07
2023-07-13	2024-07-11	2025-07-10	2026-07-09	2027-07-08	2028-07-06	2029-07-05
2023-08-10	2024-08-08	2025-08-07	2026-08-06	2027-08-05	2028-08-03	2029-08-02
2023-09-07	2024-09-05	2025-09-04	2026-09-03	2027-09-02	2028-08-31	2029-08-30
2023-10-05	2024-10-03	2025-10-02	2026-10-01	2027-09-30	2028-09-28	2029-09-27
2023-11-02	2024-10-31	2025-10-30	2026-10-29	2027-10-28	2028-10-26	2029-10-25
2023-11-30	2024-11-28	2025-11-27	2026-11-26	2027-11-25	2028-11-23	2029-11-22
2023-12-28	2024-12-26	2025-12-25	2026-12-24	2027-12-23	2028-12-21	2029-12-20

3. 飛航指南補充通知書(AIP Supplement)

AIP 所列資訊經常需要配合現況作一些臨時性的更動，例如：機場工程的進行（新建或主畫性維護）、空域臨時變更、新的進場/離場程序測試、軍事演習等

等。當 AIP 的內容將有「效期為 90 日以上」之非永久性變更、或其內容涉及大量文字、圖表資料之變更時，應發布「飛航指南補充通知書」，發布之作業期程則可視變動內容的複雜程度，參照 AIRAC 的週期或是依權責機關的規定辦理。

4. 航空公報(AIC)與飛航公告(NOTAM)

航空公報(Aeronautical Information Circulars)係指與飛航安全、空中航行、技術、行政或法律有關、惟不適合發布飛航公告或編入飛航指南之資訊，即以航空公報的形式發布。亦即是，AIC 通常屬於行政性質的資訊，與運作較無關聯。飛航公告(Notice to AirMan)則是屬於時程短暫、臨時性的變動，但有時也會用來作為長期、永久性變動正式生效前的提醒。講座當天直接透過網路連結仁川國際機場的電子飛航資訊服務平台(<https://aim.koca.go.kr/aim/main.do>)查詢當天有效的 NOTAM，數量竟然多達 390 則！是以，機場的作業單位必須有系統的整理並過濾出真正需要關注的項目，才能將 NOTAM 公告的變動納入日常作業程序中參照調整。

5. 終端資料自動廣播服務(Automatic Terminal Information Service, ATIS)

本項服務是每座機場透過一公開、專用的無線電頻率，將預先錄製的訊息以自動廣播方式向到場及離場航空器提供最新例行資訊之服務。ATIS 訊息通常包含：天氣資訊、進行中的工程、鳥類活動、導航裝備停用、作業延遲訊息等等。飛行組員通常會在離場和到場前收聽 ATIS 的廣播內容作為起飛及落地性能計算的參考。ATIS 每 30 分鐘更新一次，每個時段都會在起始處使用英文字母、按 A 到 Z 的順序註記作代號以清楚區分不同時間的編報內容，較大的機場更可能會有多个 ATIS，例如：不同跑道的離場和到場。

6. 會議通知與其他

除了上述方式之外，定期舉辦會議、或是依機場特性建置專屬的公告發布系統，也是資訊公告與交流的良好平台。講座以其服務多年的英國 Manchester 機場為例，該機場即設有內部的公告發布系統，分別就場面施工、作業提示、以及安全通告等項目，發布予所有機場內的營運單位及代表人，使這些重要的訊息能確實傳達給每個與機場作業有關的人員。

3.8 車輛管制

為能快速地提供地面整備作業，使航機能迅速地再次執行飛航任務，各式各樣的裝備車輛便應運而生，是以機場管理單位必須訂定機場活動區內之車輛管制、行車規則、駕駛訓練以及給證規定等，使各作業單位及人員有所遵循，以確保作業安全。一般而言，空側車輛駕駛人員訓練與給證的關鍵面向有四：1.視力與聽力的健康、2. 停機坪上之駕駛、3.操作區之駕駛、4.許可操作的裝備種類。在討論這四個面向之前，有兩個共通性的前提是必須要符合的，一是熟悉機場場面的配置/布局，二是充分瞭解機場的行車規則，如此始具備於空側駕駛車輛的基礎。接下來，駕駛人員在視力上必須達到一定的視距與辨色力要求，並具備良好的聽力，以識別其所處的環境並對週遭的狀態有所警覺。通常這會參照並要求駕駛人員具備一般公路小型車輛的駕駛執照作為採認依據。當上述條件滿足，此類人員基本上可以施予停機坪駕駛的考驗並於通過後給證，這也是絕大多數空側人員日常作業的駕駛區域。再者，執行運作安全檢查的航務人員、助導航設備檢修的工程師、以及緊急維修或搶救的人員，會需要駕駛車輛進入滑行道或是跑道所處的操作區進行作業，因此必須給予進一步的培訓，包括無線電的使用、構聯塔臺與溝通、車輛基本配備與功能確認、操作區駕駛應注意事項等。此類人員於應於日常業務執行中，藉由經常性的操作區駕駛歷練以保持其對管制區域駕車的能力與熟稔度。而針對特殊裝備，其駕駛人員必須額外接受專業的設備操作培訓，不僅要有確實的培訓合格紀錄，更需要複訓或進階訓練的計畫來確保操作人員的適職性。講座亦建議將此理念推廣至前述車輛駕駛人員的給證管理上，藉由定期的複訓、考核來確保證照持有者的適格。

而在上述訓練、管制規則之外，為了防堵駕駛違規事件的發生，講座提出空側駕駛違規記點及裁罰的計畫構想，可針對車輛或裝備駕駛人的違規行為採記點方式登錄，並按單次及累計之數額進行裁罰。此外，亦可統計各別作業單位所屬人員的違規點數總合，並按數額給予不同程度的裁罰。至於裁罰的對象 – 是由公司抑或個人支付罰款 – 則須視不同國家的社會/公司運作形態特性而定。

3.9 飛航管制

機場的運作，與飛航管制(Air Traffic Control, ATC)間有著非常密切的連動關係，兩者必須維持良好的銜接與互動，才能提供航機安全的飛航環境。在本節課程中，講座從

ATC 的歷史導入，說明偵測與監控飛機的必要性、設備以及管制空域劃分，再進一步談到 ATC 與機場運作關係以及飛航規則的訂定。最早的 ATC 出現在 1920 年代英國的曼徹斯特機場，利用兩張不同的旗幟來控管機場場面上航機的起飛，之後很快的發展出利用地面標誌、燈光作為訊號來管制在空中航機的方法，如圖 3.9-1 所示。隨著無線電的運用開啓了陸空通信的管道，然而地面人員只能透過駕駛員的回報、於紙圖上計算推估航機的概略位置。到了 1956 年，在美國的大峽谷發生了 TWA Constellation 與 United DC-7 空中相撞、造成 128 人罹難的事件，調查報告揭發了空中交通必須受到積極控制的觀念，為後續導入雷達系統進行航機監測的奠定了基礎，同時也促成了 1958 年聯邦航空管理局(Federal Aviation Authority)的設立，可說是現代飛航管制系統的濫觴。



a. 地面標誌 (Signal Square)



b. 燈光 (Aldis Lamp)

圖 3.9-1 早期的飛航管制方法

導入飛航管制使用的雷達，分為初級(primary)和次級(secondary)二種，前者是由地面天線發射雷達脈衝，然後偵測從飛機機體回彈的微量反射脈衝，可得到發射與接收脈衝之間的相位差，即可推算航機的位置；後者則是由飛機上裝載的應答機(transponder)，主動發射包含前述資料的訊號來回應從地面接收到的訊號。由於應答機傳輸的訊號比初次雷達系統中飛機反射的訊號強得多，故次級雷達具備更大的通訊範圍和可靠性，地面設備也較為簡單。此外，高度和航班號碼等資訊亦可添加於應答機回傳的訊號中，在管制員的螢幕上提示出來。而在雷達之外，廣播式自動回報監視系統(Automatic Dependent Surveillance - Broadcast, ADS-B)則是近年被提出且廣泛運用的通訊裝備，可藉由資料鏈路以廣播模式自動傳輸或接收如識別代碼、位置等等資料，作為航機、機場車輛和地面

裝備向塔臺甚至是其他航機提供資訊的媒介。現今的行動電話應用程式中，有一款名為“Flightradar 24”的軟體，就是最典型的 ADS-B 應用。Flightradar24 是由一間瑞典公司所開發、植基於互聯網的服務平台，可在地圖上顯示商用航班的即時追蹤訊息，包括航跡、出發地與目的地、航班號碼、飛機類型、位置、高度、航向與速度等等。它還可以按照航空公司、航空器、航空器類型、所在區域或機場等不同條件，顯示先前航跡的縮時重播以及歷史航班數據。此平台匯集了多個數據來源，在美國以外的區域主要是來自一群自願者所提供的 ADS-B 群集資料。

在航空領域，飛航情報區(Flight Information Region, FIR)是指提供飛航資訊服務和守助服務(Alerting Service, ALRS)的指定空域範圍。透過 ICAO 的國際協議，將全球所有的空域劃分成許多的飛航情報區，而每個飛航情報區均由不同國家、地區的權責單位管理，負責並確保提供空中交通服務予在權管飛航情報區內飛行的航空器。FIR 的大小均不相同，較小的國家可能在其領土上方空域僅管有一個飛航情報區，較大的國家則可能管有多個飛航情報區。而海洋上空，通常會分為 2 個或多個飛航情報區，交由與其接壤的國家進行管控。ICAO Annex 11 “Air Traffic Service” 界定了飛航服務的範疇，並規定適用於提供這些服務的標準和建議。講座舉英國為例，英國民航局(UKCAA)是英國的民航監理機關，所屬 NATS (National Air Traffic Services)為提供飛航服務的單位，制訂有“Manual of Air Traffic Services”，內中包含了有關飛航服務的程序、說明和資訊，不僅作為飛航管制員的指導文件，同時也提供予其他與民航作業有關的人員參考。一般而言，飛航服務主要包含三大區塊：航路管制、近場管制、機場管制，旨在確保航機於滑行、起飛、航路和降落等各階段都能安全運行。其中，機場管制通常分為塔臺管制與地面管制，前者專司跑道的起、降作業，後者則掌理滑行道與停機坪的地面活動。因此，要進入操作區（跑道/滑行道）的車輛及裝備需要獲得 ATC 的許可才能通行。最後，講座補充航空器主要的兩大飛航規則：目視飛航規則(Visual Flight Rule, VFR)、儀器飛航規則(Instrument Flight Rule, IFR)。VFR 是由飛行員負責保持自身與其他航空器之間的隔離（目視並避讓），而 IFR 則需要提交飛航計畫，然後由 ATC 向飛行員提供直接指示以確保與其他航空器有充足的隔離。

3.10 低能見度作業

當機場的天候狀態不佳時，場面上的能見度就會受到影響，對於航機的地面作業安全造成衝擊。是以，低能見度作業(Low Visibility Operation, LVO)是 ICAO Doc 9774 “Manual on Certification of Aerodromes” 所律定現場查核重點項目，也是機場手冊中的必備章節，期使機場在遭遇低能見度狀況時仍能提供航機一定程度的安全操作環境。在本節課程中，講座從跑道視程(Runway Visual Range, RVR)的角度切入說明儀器跑道的類型、低能見度作業啟動的時機、作業內容與相關輔助設施，最後針對冬季有降雪情況的機場作特別的講述。

以供國際民用航空運輸使用的機場而言，具備可提供方位角引導的左右定位台(Localizer, LLZ)、高度引導的滑降台(GP)等儀降系統之儀器跑道可謂基本配置。其中，僅提供 LLZ 之儀器跑道屬於非精確進場跑道，GP 與 LLZ 皆有提供的跑道則為精確進場跑道。非精確進場跑道可供航機運作的條件為 RVR 不低於 1000m，精確進場跑道則按其精確程度有不同的 RVR 要求(詳參圖 3.2-4)：第 1 類(CAT I)為 RVR 不低於 550m、第 2 類(CAT II)為 RVR 不低於 300m、第 3A 類(CAT III A)為 RVR 不低於 175m、第 3B 類(CAT III B)為 RVR 不低於 50m、第 3C 類(CAT III C)則不受 RVR 限制。

當 RVR/能見度或雲頂高度下降至低能見度的門檻值且預期會持續下降時，則應採行相應的防護措施 – 即低能見度作業 – 以確保機場運作安全。低能見度作業的啟動時機，最遲應於天氣狀況惡化至 CAT I 可運作下限前施實(雲頂高度低於 200ft 或 RVR 低於 550m)。在低能見度作業施行的情況下，塔臺的管制是確保安全最重要的環節，其主要的任務有 3：

1. 確保所有在空側作業和運行中的車輛和航機都清楚知道目前機場是處於低能見度作業的狀態；
2. 頒發落地許可之前，應確保儀降系統臨界/靈敏區淨空；
3. 視需要提供場面航機或裝備額外的引導，例如前導車、分段滑行指示等。

是以，當進入到低能見度作業的狀態時，任何的地面運作都不得進入儀降系統臨界/靈敏區，所有在場面上進行施工或是非必要活動的車輛、設備和人員均應撤離。附帶一提，跑道視程的偵測設備數量，在非精確進場與 CAT I 跑道通常設於兩端的著陸區(共 2

處)；CAT II則於跑道的中點增設 1 處(共 3 處)；CAT III則再於跑道兩端各增設 1 處(共 5 處)。常見的偵測設備則有視程計(transmissiometer)、散射計(scatterometer)這 2 種。

在低能見度作業中，首要任務就是保護儀降系統臨界區。當航機進場時，儀降系統所發出的導引訊號將會被入侵臨界區的車輛或航機干擾而產生偏移、失真，使該航機被誤導而陷入危險的狀態。妥善的運用第 3.3 節中所述 B 型 RHP 標線、強制性標線與指示牌面、以及可聯動的停止線燈與滑行道中心線燈，配合適當的塔臺管制程序，即可確保低能見度下的作業安全。上述可聯動的停止線燈與滑行道中心線燈，可配合停止線燈的啟閉將其後方的滑行道中心線燈作對應的點滅，如圖 3.10-1 所示，以降低航機或車輛誤闖的可能性。同時，屬於儀降系統臨界區範圍內之滑行道中心線燈，應採黃、綠相間配置，以提醒作業航機與車輛應儘快脫離。在經費許可的情況下，建議設置場面搜索雷達(Surface Movement Radar)、主要燈光系統之備援供電裝置等，提昇場面活動監控能力與系統韌性。同時，機場的消防與救援也必須考量低能見度作業，於相關程序中訂定適當的因應措施，如：場面救援與待命點的更動、通行路徑的調整等等。

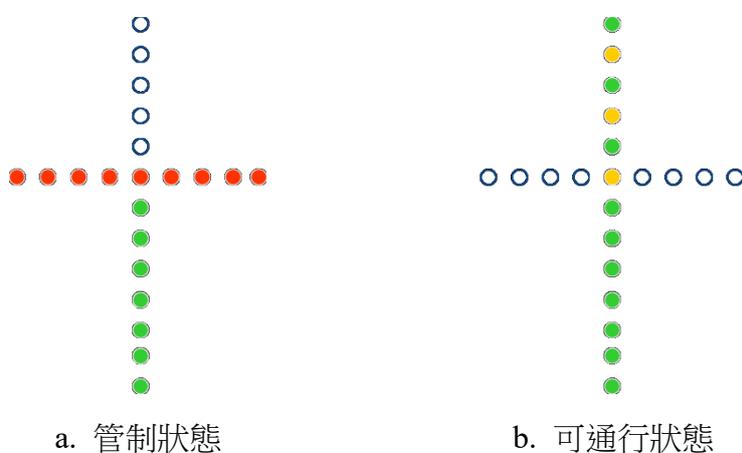


圖 3.10-1 聯動式停止線燈與滑行道中心線燈

為使低能見度作業的相關訊息能夠讓所有的作業人員都充分知悉，可以透過無線電、ATIS、NOTAM、AIP 進行通報及公告。無線電及 ATIS 的通報對象為飛行員，使其在航程與進場過程中、以及離場前得知低能見度作業啟動的訊息，亦可進一步獲得等待位置的指示。NOTAM 是當有低能見度相關設備出現故障時，用以公告周知。AIP 則是用來完整公布機場的儀器跑道類別以及對應的低能見度層級。當低能見度作業程序啟動時，場面上所有的作業中人員都應被告知，同時航管人員應即採行相應的流量管制，拉長航

機的作業時間、降低運轉效率並加大時間隔離，以確保每架航機的安全。此外，機場營運單位應備妥前導車，遇有滑行道燈光失效、或航機提出需求時可立即提供引導服務。此前導車應由熟悉空側配置的航務人員來駕駛，以便準確地在低能見度狀態下完成航機的地面引導作業。而當天氣狀況回復到低能見度作業門檻值以上且預期將持續好轉時，就必須儘快取消 LOV 並解除流量管制或運作限制措施，以恢復正常的運作狀態。

在機場的整體安全評估中，低能見度作業是評估的要項之一，評估的結果則用於制定專屬該機場的低能見度作業程序。由於低能見度作業程序是需要許多單位的配合才能有效的實施，因此講座建議各機場成立專屬的低能見度工作小組(LVO Working Group)，不僅可以作為低能見度作業訊息發布、溝通的平台，更可以針對低能見度作業程序進行定期的檢視更新、訓練、測試，使程序符合運作的需要。小組的成員除了機場的營運單位外，還可以加入 ATC、地勤作業單位、工程單位、消防單位等，如圖 3.10-2 所示。在工作小組檢視作業程序時，需要一併考量的因素應包括：機場整體佈局、ATC 程序、航機與地面裝備的動線、過往跑道入侵紀錄、歷年程序變革內容等等。在訓練部份，重點則需要放在通行路徑的確認（要放棄習慣，按程序規定路徑通行）、航機及地面裝備所有駕駛人員的警覺意識提升、緊急程序在低能見度作業下的適應等。而程序的測試，則建議每年至少辦理 1 次的高司演練，邀請所有在活動區作業的單位、以及 CAA 派員參加，藉由不同的場景、情境設定，使各單位熟悉低能見度作業的內容流程，以及在低能見度情形下遭遇緊急狀況的應變及處置方式。



圖 3.10-2 低能見度工作小組成員

針對冬季有降雪情況的機場，講座指出每個機場都應制定適用的雪季計畫，並每年依據運作的實況和需要進行檢討修訂。無論是雪或冰，在操作區都應被清除乾淨，使道面可以清楚地露出，不僅可確保道面具備足夠的抗滑能力供航機剎停及滑行，同時也防止滑行路徑被積雪掩沒導致航機迷路。妥善運用符合 Annex 14 規範所列的連續式摩擦係數檢測儀(Continuous Friction Measuring Equipment, CFME)，可以適時掌握道面的抗滑能力，提供進場航機作為落地性能計算、以及維護單位評估進場時機的參考。此外，隨著天氣惡化，適時增加跑道和滑行道檢查的次數，並及時與 ATC、剷雪除冰作業單位聯繫溝通，是確保場面運作安全的關鍵工作，並可藉由發布 SNOTAM 將降雪期間跑道的道面狀態公告予所有作業單位知悉。講座同時提醒，對於無降雪情況的機場，當遇有大雨導致道面出現積水的情況時，依 Annex 14 規定也需要使用 SNOTAM 來提出告警。

3.11 燃油與相關危害

本節旨在介紹有關航空燃油的基本觀念與規定，並說明機場營運單位藉由稽核手法來確保燃油儲放與供應安全的重要性。航空燃油相關設施與服務的安全管理，同時是機場認證、以及機場安全管理系統的重要項目。就機場認證而言，政府的監理機關必須確認受認證的機場可提供妥善的航空燃油服務；就安全管理系統而言，則是機場營運單位有責任按照系統的程序及項目針對燃油供應商進行稽核。由於燃油品質與飛航安全習習相關，因此在日常的作業中就必須經常性地檢查各項設施、設備、人員與流程，並作好燃油的檢測和紀錄，確保品質符合規範與要求。同時，加油作業只能由取得認證並授權的供應商來進行，所有參與航機供油作業的員工都必須經過充分培訓，並通過考核確認其具備相應的能力始可執行其業務。

ICAO Doc 9977 “Manual on Civil Aviation Jet Fuel Supply”於 2012 年發布，對航空燃油供應系統的架構與內容提供了詳細的指引。目前常用的航空燃油類別，大抵分為 2 種：Jet A1 (Aviation Turbine Fuel, AVTUR)與 AVGAS (Aviation Gasoline)，前者專供商用航空器的噴射渦輪發動機使用，後者則為一般航空器的輕型活塞發動機使用。在外觀上，Jet A1 未經染色處理，呈色介於透明和淡黃麥桿色之間，具有獨特的石蠟／煤油氣味；AVGAS 則會按照不同級別與鉛含量進行染色，如圖 3.11-1 所示。時至今日，國際間多數的主要機場，於停機位都有設置地面加油栓系統，如圖 3.11-2，以使大型航機能在預

訂的時間帶內返航。相較於過往採用大型油罐車的輸送方式，此系統只需要小型的油栓車即可將燃油自加油栓引出、過濾後再泵入航機的油箱，免去了繁複的分裝運送程序，不僅大幅提升加油作業效率，同時也降低燃油污染的風險。不過，對於未設置加油栓系統區域如遠端停機坪，還是需要傳統的大型油罐車來進行加油作業。同時，在遇有故障航空器的移離作業、航機油料過多或是遭逢緊急情況需要卸油時，也必須仰賴大型油罐車的協助，因此多數機場仍會保有大型油罐車的服務。由於卸油作業的危險性較高，故機場營運單位應要求執行單位訂定相關作業程序及緊急應變計畫，並辦理員工教育訓練及演練以確保安全。另一方面，針對較小型、甚至採行自助加油作業的機場，則應於明顯處提供清楚的告示，說明操作步驟並提供緊急聯絡電話，以供操作人遵循。



圖 3.11-1 航空用燃油的顏色分類

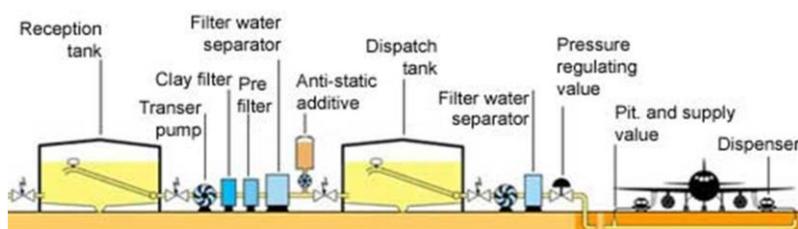


圖 3.11-2 加油栓系統示意圖

無論機場加油作業的規模大小如何，有一些共通的基本事項必須納入運作考量以積極避免危害，首先要考慮的是如何避免燃油洩漏的發生。基本的預防工作，就是加油栓手孔的定期檢查與維護，這需要由該系統的營運管理單位指派專業人員，配合使用的頻率以及年限定期辦理，確保加油栓的功能正常。而在加油作業期間，除必須隨時保持一條暢通的路線供油栓車或大型油罐車撤離，以阻斷危害的傳播路徑期使可能的傷害或損失降到最低，同時也必須作好加油栓接頭與地面延長管路的保護，使用三角錐或旗幟將使用中的管路、加油栓孔標示出來，避免作業期間發生碰撞或碾壓而造成設備損壞。燃

料在妥善儲存的狀態下相對安全，惟一但有溢出，則僅需微量的火源即可引燃。任何的燃油外洩，無論量體多麼小，都可能帶來極大的風險與危害，需要即刻的應變與處置。是以，所有在機場空側活動區作業的人員，都必須具備基本的應變能力以降低危害。當有燃油洩漏的情況發生時，初期的應變作為包括：停止加油作業、控制燃油洩漏的範圍並防止擴散、引導排入污水處理系統、疏散該地區非必要的人員或乘客、關閉航機 APU、移除可能的火源、將車輛／裝備移出受影響區域等。在燃油洩漏的高風險區域，應放置圍堵及吸附材料並設置明確的標誌指向緊急關斷閥的位置，讓作業人員可以在第一時間進行圍堵與控制。

其次，則是降低火源產生的可能性，其中最大的風險是燃油的揮發氣體被不經意的點燃，而火源可能僅是來自一個小小的靜電火花！一個強度足以點燃油氣的靜電火花，其能量可能來自加油過程中燃油在軟管或飛機油箱運動所累積的靜電，或是累積在航空器、裝備車輛或是人體的靜電。因此，在加油作業開始前，航機、油栓車或油罐車及升降車等裝備都必須全部接地，同時航機與油栓車、油罐車也必須連接，防止兩者之間形成電荷累積，確認全數接妥後方可開始進行加油。需要注意的是連接的位置，包括航機、加油設備、地面接地點，都必須按照規定的位置搭接，直到作業全部結束、管線收妥且加油栓蓋關閉後才能斷開連接引線。與加油作業無關的人員應嚴格禁止進入作業區域，且應避免在作業區域的 3m 範圍內使用行動電子設備，以防止不預期的電荷反應。除了靜電火花，在停機坪上的火源還包括熱廢氣與相鄰車輛的發動機，在作業時也必須作適當的區隔。附帶一提，當有乘客在飛機上、同時進行加油作業時，建議的作法是至少維持 2 處艙門是全開、放下階梯或有移動式階梯車連接的狀態，同時關閉繫緊安全帶燈號，不使用任何電氣設備、行動電話及個人電子設備。新近的飛機已開始採用「關閉電子設備」燈號取代「禁止吸煙」，對於飛航安全的防護應有助益。

最後，燃油可能造成的危害是對航空器的飛航安全造成影響。受污染的燃油可能對航空器造成不可接受的安全風險，例如：燃油濾清器被微生物堵塞、含水量過高導致燃油濾清器結冰，都可能導致航空器失去動力。因此，從工廠生產到航空器使用，每個階段都必須按照其屬性與責任檢查燃油的品質，且確保其過程可供追溯。航空器使用人對於是否接受機場所屬燃油供應商所提供的產品或服務須承擔最終的責任，然而，燃油供

應商也有責任證明所交付的燃油是清潔、未受污染且符合規格的產品。為確保燃油的品質，建議定期進行抽樣採集，每次抽樣的樣品以密封方式保存 7 天，以便有相關事故發生時時可回溯追查。上述樣品應於涼爽、避光的環境下保存，且必須有明確的標識，包括：燃油等級、取樣原因、取樣日期和時間、取樣地點、取樣者姓名等。講座提供航空燃油的取樣對照案例予學員參考，如圖 3.11-3 所示。同時，講座並引用 2010 年 4 月 13 日國泰航空 780 號班機在由印尼泗水飛往香港途中遭遇引擎推力異常的案例，說明受污染燃油對於飛航安全的危害，引為殷鑑。



圖 3.11-3 航空燃油取樣對照示例

3.12 環境議題

當人類認知到地球資源的有限、以及污染破壞的不可逆將會引發生存危機甚至生態浩劫時，友善環境成為全球關注的焦點。本節課程即在闡述航空領域中日益重要的環境議題以及航空產業對於環境意識的關注，分就永續發展、ICAO Annex 16、航空噪音、廢氣排放等 4 個子題作說明。

一、 永續發展

隨著航空產業的發展，世界似乎變小了，因為每個人都能夠在 24 小時內飛到他想去的地方，也因此航空業成為經濟發展的動力與催化劑。透過設置機場，可為所屬的周邊地區帶來繁榮與發展已是不爭的事實，但如何在永續發展的前提下，達成「既可滿足當前需要、又不損及未來利益」的目標，則是需要努力的方向。於此前提下，世界各地機場的發展都將受到一定程度的限制，也提醒我們航空產業的擴張與成長是可能會對環

境帶來負面影響的。事實上，許多區域的機場在環境因素的考量下都有其運作限制，在歐洲甚至高達 80%的機場都有運作限制，項目可能包括：可起降時間（禁止夜航）、可運作機型、起飛／落地路徑與程序等等。如果機場、航空公司與飛機製造商想要實現未來的成長願景，就必須制定永續發展的政策，以便在不犧牲環境的前提下達成目標。這是全球的航空相關產業都必須共同承擔的集體責任，也因此 ICAO 制訂了 Annex 16 - Environmental Protection 作為航空產業面對環境議題的指導方針。

二、 ICAO Annex 16

當噴射客機在 1950 年代後期開始投入運作，機場噪音才開始成為大眾關注的問題。當年航空器精湛的設計和製造技術在波音 707 和 DC8 等新型飛機的生產上表現出色，不僅大幅縮短了旅行時間，並可以載運比過往更多乘客，但也帶來了更大的噪音衝擊。直到 1968 年，ICAO 才通過一項決議，必須針對飛機噪音問題提供統一的指導方針。1971 年，ICAO 發布 Annex 16 - Aircraft Noise，並成立航空器噪音委員會 (Committee on Aircraft Noise, CAN) 提供航空器噪音查核與認證的標準。而在同年召開的第 18 屆 ICAO 會員大會中，又通過 1 項須對航空器發動機排放問題採取具體行動的決議，促使 ICAO 於 1977 年成立航空器發動機排放委員會 (Committee on Aircraft Engine Emissions, CAEE)，並於 1981 年正式提出有關航空發動機排放的具體標準，經大會審議通過納入 Annex 16，也因此 Annex 16 重新命名為 “Environmental Protection” 並分為 2 冊：第 1 冊 – 航空器噪音，第 2 冊 – 航空發動機排放。其後又分別於 2017 年發布第 3 冊 – 飛機二氧化碳排放、2019 年發布第 4 冊 - 國際航空碳抵銷和減排計畫 (Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation, CORSIA)，為航空相關的環境議題提供更全面的指導原則。

三、 航空噪音

Annex 16 第 1 冊詳細規定了航空器噪音認證的流程，以及航空器所必須達到的噪音設計標準。航空器所產生的噪音特徵，是藉由於跑道特定距離處量測航空器滑行、起飛與落地時所發出的噪音來識別。在第 1 冊中，ICAO 訂定了適用於航空器噪音的認證基準，分為：NNC – 非噪音認證（如：B707/DC8）、第 2 章 – 1977 年 10 月 6 日前生產機種（如：B727/DC9）、第 3 章 – 1977 年 10 月 6 日後生產機種（如：B737-300/A320）、

第 4 章 - 2006 年 1 月 1 日後生產機種(如：B787)。各型航空器都必須依據其噪音足跡、參照所屬章節的內容進行評量，符合該章節所列噪音標準始可獲得認證。其中，以第 4 章適用於 2006 年後生產機種的噪音認證標準為例，其容許的噪音水準較第 3 章減少了 10 分貝。而第 14 章，針對 2017 年 12 月 31 日之後提交認證、MTOW 大於 55 噸的新型航空器，其容許的噪音水準較比第 4 章又再減少了 7 分貝，甚至從自 2020 年 12 月 31 日起亦將 MTOW 低於 55 噸的飛機亦納入此章規範，可看出 ICAO 對於推動航空噪音管理與防治的決心。同時，根據 ICAO Annex 16，每個國家都有責任為每具航空器製發噪音驗證證書，這通常由註冊國在核准該航空器註冊時一併辦理。一般而言，各國多遵照 ICAO 的噪音認證指南進行審核，然而每個國家仍須自行規定哪些類型的航空器可以在其領土上運行，例如，許多國家已禁止 NNC 和第 2 章所列的飛機在其領土上操作，因為它們的噪音量太大。

航空器噪音的來源主要有二：發動機噪音與機身噪音，前者來自發動機的運作或是測試，後者則是由於氣流通過機身與機翼而產生。新近的航機設計，無論發動機或是機體皆有針對噪音進行優化的設計。例如，1960 與 70 年代的早期單純噴射發動機運作時會產生音調較高且響亮的「尖叫聲」，新一代的渦輪扇發動機則產生音調較低的「嗡嗡聲」，能改善聽覺上的不適。而針對氣流因通過機翼產生的機身噪音，新一代的航機透過配備翼尖的小翼(winglet)或鯊魚翼(shark let)，減少了空氣阻力並將產生噪音的區域減少了 6.5%，達到有效減噪的功能。是以，現今的航機較比 30 年前已更為安靜且經濟。由於各國多會制定其監控航空器噪音的策略和方法，因此機場當局必須針對航機產生的噪音進行監測與資料收集，一方面掌握機場所處區域在航機運作過程中的噪音分布，同時透過數據分析獲得航機運行時的最大噪音並確保其量體在法規容許的範圍內。世界上許多的機場都建立了噪音監測系統，一般而言量測的方法有二，一是峰值噪音，另一則是平均噪音，皆以分貝(db)為單位。噪音量測的結果，可能因不同的飛行階段、飛機類型、噪音認證、白天與夜間操作而有差異，機場當局可將噪音數值的分析結果與航空公司分享，以共同制定可行的低噪音作業程序，或是開發新的到場／離場航線，使航機遠離人口稠密的地區，降低噪音對人們生活的衝擊。例如，機場可以根據其噪音監測系統獲得的數據來繪製噪音音量等高線，作為當地社區規劃或限制開發的參考，亦可以訂定噪音監控計畫並追蹤航機的飛行路徑，這確保航機不會飛越人口稠密的地區、遵照頒訂

的路徑飛行以避開噪音監控熱點。至於發動機的測試噪音，則是機場地面噪音的主要來源之一。測試通常會在機場中設有特殊隔音屏障的專用區域、並於日間執行，以儘可能地控制噪音的危害。

由於機場的運作與周邊地區的生活習習相關，許多機場都有設立社區關係營造的部門，以作為機場永續發展計畫的一部分。此部門的業務不僅僅處理噪音的投訴，同時也透過宣導讓社區充分瞭解機場的運作以及可能出現的任何變動或發展，讓社區與機場共存共榮。此外，也有許多機場將噪音與機場的收費連結，可以基於 ICAO 的噪音分級、或是鼓勵優先使用的時段、跑道或路徑來調整落地費收取的級別，甚至根據實際離場／到場的噪音值或偏離噪音控制路徑的情況，處以罰款或增加落地費，不僅可以有效的控管航機噪音，收取的經費亦可用於環境改善或社區支持。

針對航空噪音的改善，講座最後提出「連續下降式進場」(Continuous Descent Approach, CDA)的概念，即航機自下降頂點起即採持續下降方式進場，相較於現行的階降式進場(step-down approach)可大幅減少發動機推力的使用，如圖 3.12-1 所示，從而降低進場過程中的航機噪音，值得各機場考慮推行。

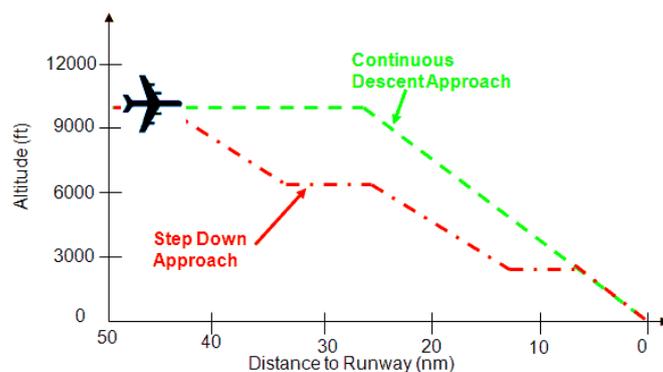


圖 3.12-1 連續下降式進場

四、廢氣排放

由於每座機場的佔地範圍、所處地點、營運機隊組合、以及氣候條件均有不同，因此首要目標是了解所屬機場的特性並蒐集準確的運作數據，以作為問題評估與採行改進措施的依據。許多國家皆有制定環境保護的相關法令與廢氣排放規定，分析機場的廢氣排放數據已成為確保符合法令要求的關鍵工作。一旦違規，可能會導致巨額罰款並對機

場的運營帶來更嚴格的限制。機場通常有 4 個主要的廢氣排放來源：航機運作、航機維護、基礎設施運作、陸側交通。ICAO 會向飛機製造商和機場營運單位提供精確的排放統計數據，以供所屬國家作為航空器與機場認證作業的參據。

3.13 跑道安全

跑道運作的安全，一直以來都是空側運作安全的核心。講座透過跑道入侵(Runway Incursion)、偏出跑道(Runway Excursion)、以及提供跑道狀況描述一致性作法的跑道狀況報告(Runway Condition Report)三個子題來作進一步的說明。

一、Runway Incursion (RI)

本節的一開始，講座即藉由發生於 1977 年 3 月 27 日傍晚、分屬荷蘭航空與泛美航空的 2 架波音 747 航機，在西班牙北非外海自治屬地加那利群島的特內里費北部機場 (Aeropuerto de Tenerife Norte-Ciudad de La Laguna)跑道上發生高速相撞爆炸，造成 583 名乘客和機組員死亡的事務，說明跑道入侵所可能引發的嚴重後果。這起事故在事後調查得出了許多有關跑道使用管制以及航管通話用語的結論，對現今的飛航安全產生了重大的影響。儘管如此，跑道入侵事件仍在持續在發生！ICAO 於 2007 年發行了第 1 版的 Doc 9870 Manual on the Prevention of Runway Incursions，防止跑道侵入手冊。該手冊為跑道安全的理念宣導及務實作法提供了指導方針，並透過 10 個附件讓各國得以參照運用，期盡一切的可能消除跑道入侵發生的可能性、降低跑道入侵的殘餘風險與嚴重性。何謂「跑道入侵事件」？意指機場內任何涉及航機、車輛或人員，不預期地出現在專供航機落地和起飛保護區域的事件（注意：不包括野生動物）。統計數據顯示，當機場的空中交通流量每增加 20%，跑道入侵事件發生的可能性則會大幅增加 140%，因此對於繁忙的機場而言，跑道入侵是必須關注的重點飛安議題。常見的跑道入侵態樣有：

- 裝備車輛從正在起飛或降落的航機前方通過
- 航機從另一架正在起飛或降落的航機前方通過
- 航機或裝備車輛穿越跑道等待位置
- 航機或裝備車輛迷失位置
- 裝備車輛或航機從尚未離開跑道的航機後方經過

跑道入侵的嚴重程度，依造成事故的可能性高低分為 6 大類，如圖 3.13-1 所示，其中 A、B、C、D 這 4 類的態樣範例則如圖 3.13-2 所示。大多數的跑道入侵事件發生在日間，而且多屬「能見度／視線條件良好」的情況；然而，跑道入侵所引致的事故，則通常發生在夜間或低能見度條件的情況。統計跑道入侵發生的原因，主要有通訊失聯、駕駛員因素、航管因素、地面裝備駕駛因素、場面設施設計因素等 5 種。是以，在跑道入侵的預防工作上，最重要的就是機場當局須擬訂跑道入侵預防計畫，組織跑道安全小組(Runway Safety Team, RST)並授予明確的工作目標和職權範圍，針對上述原因作定期的檢視，識別發生跑道入侵可能性較高的“熱點”(Hotspot)位置，以圖示方式提醒駕駛員及航管人員提高警覺，如圖 3.13-3 所示，以有效防止事故的發生。例如，可以針對場面上的標誌、標線和照明作例行檢查，評估是否採用加強型滑行道中心標線以及 24 小時運作的停止線燈等等。也可以考量透過宣傳、講座或是教育訓練的方式向所有在活動區內參與作業的人員宣達跑道入侵的危害以及可能造成事故的嚴重後果。此外，跑道安全小組也可以協助審查對於跑道安全有影響的項目，如：航管或機場空域的到離場程序、場面駕駛或安全訓練、機場維護或新建工程、無線電操作及使用技能等等。





RUNWAY INCURSION SEVERITY

Severity	Explanation
Accident	ICAO Annex 13 refers
Category A	Serious Incident in which a collision was narrowly avoided
Category B	An incident in which separation decreases and there is a significant potential for collision which may result in a time critical corrective / evasive response to avoid a collision
Category C	An incident characterised by ample time and / or distance to avoid a collision
Category D	Incident that meets the definition of runway incursion such as incorrect presence of a single person / vehicle on the protected area of a surface designed for landing or take-off of aircraft but with no immediate safety consequences
Category E	Insufficient information, inconclusive or conflicting evidence precluding severity assessment

圖 3.13-1 跑道入侵分類

本小節的最後，講座引述新近科技在跑道入侵防護上的應用範例，包括：跑道入侵感測器、地面移動導引控制系統(Surface Movement Guidance and Control System, SMGCS)、裝備車輛按裝應答器(transponder)及 GPS 定位訊號發報器等等。以跑道入侵感測器為例，

通常會與跑道狀態燈光系統(Runway Status Lights, RWSL)結合，以供飛航組員滑行時遵循，如圖 3.13-4 所示。

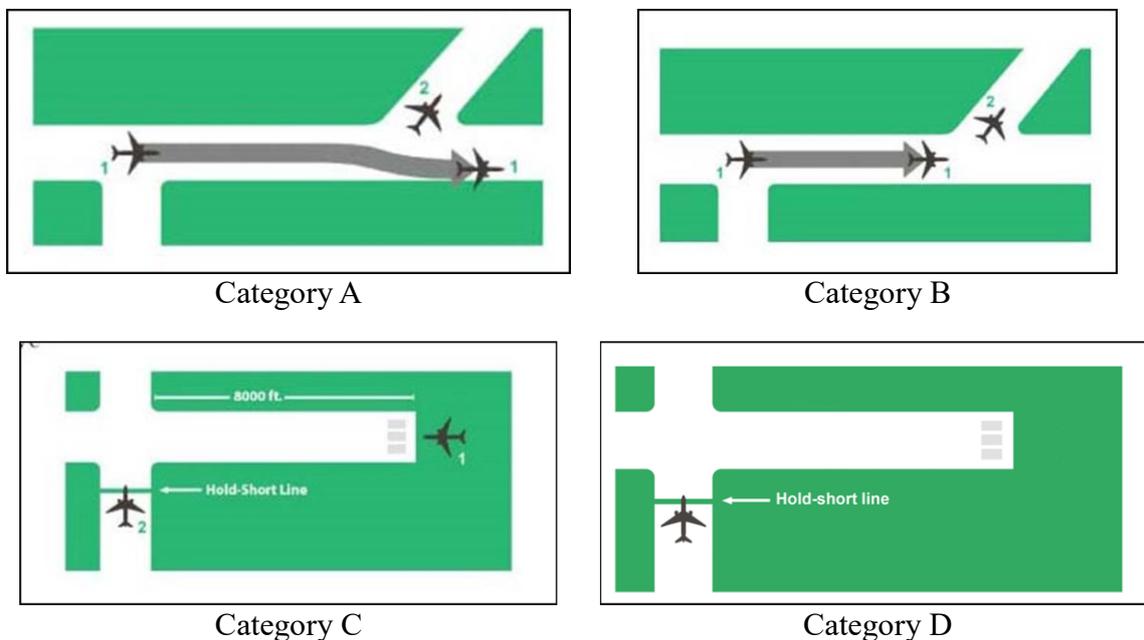


圖 3.13-2 跑道入侵態樣範例

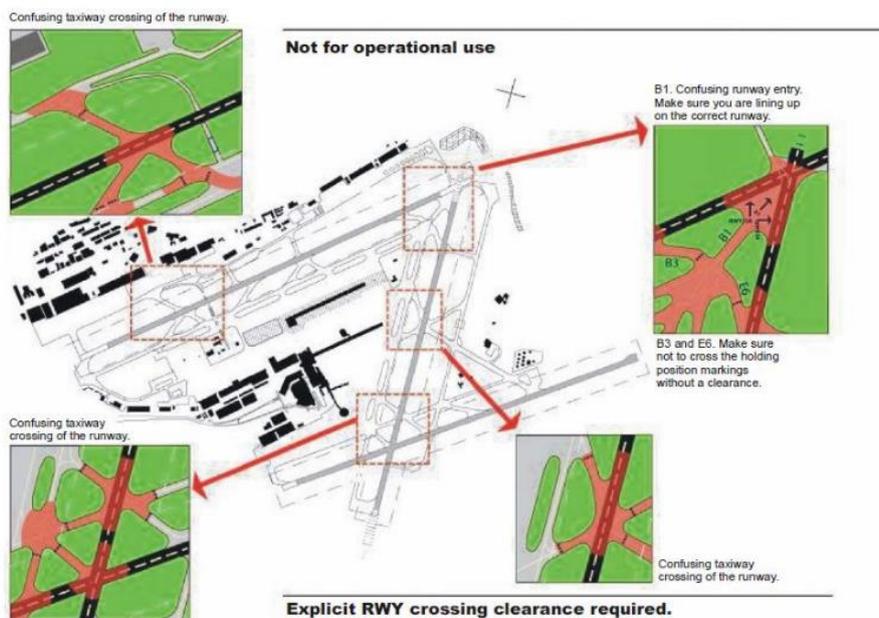


圖 3.13-3 跑道入侵熱點標註範例

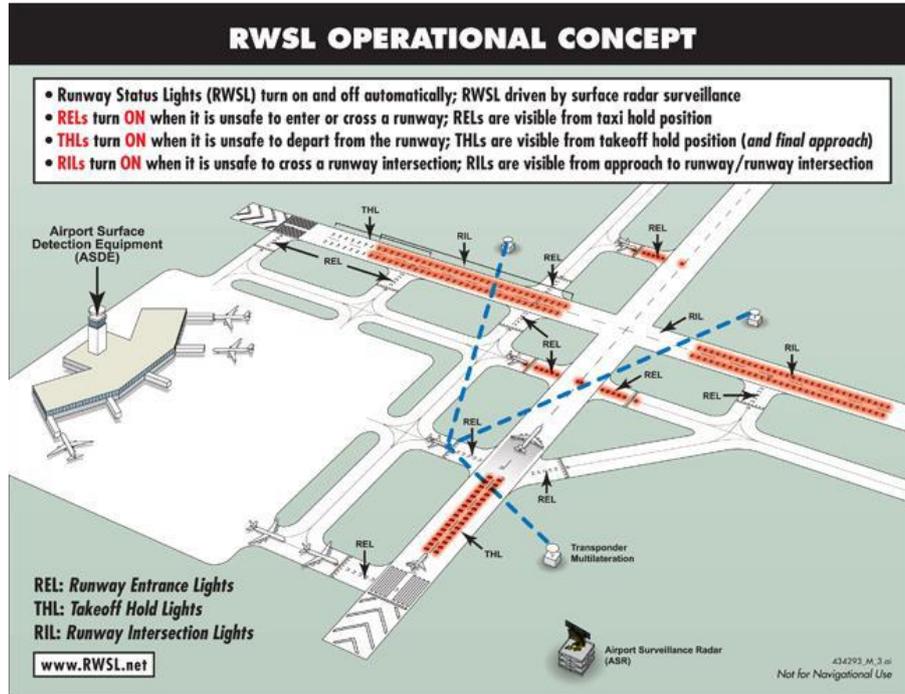


圖 3.13-4 跑道狀態燈光系統

二、Runway Excursion (RE)

當航空器於起飛或落地的滾行過程中，機輪有離開跑道道面範圍的情形時，即為偏出跑道。偏出跑道可按照航機偏出的位置，區分為偏離跑道(veer-off)和衝出跑道(overrun)兩大類，前者為航機自跑道的側邊偏離道面，後者則為航機自跑道的末端衝出道面。一般而言，引致偏出跑道的因素大致可分為 5 個面向：飛航操作、飛航管制、航空器特性、監理作為、以及場站設施等。

1. 飛航操作：當航機起飛階段，如在大於 V1 速度的情況下因故選擇放棄起飛，則有衝出跑道的可能，而這通常與飛航組員資源管理的失敗有關，例如 2008 年 9 月 22 日在厄瓜多 Quito 機場、1 架 Icaro 航空公司所屬 Fokker F28 型客機衝出跑道，即屬此類。另一方面，當航機在落地階段，如有較長的平飄(flare)長度或著陸滾行距離，而未及時採行重飛，亦會增加航機衝出或偏離跑道的風險。
2. 飛航管制：當航管人員未能讓航機在進場過程中及時、適當的降低高度，或是未能依據當下的風向提供合適的跑道方向予航機落地時，則會造成航機衝出或偏離跑道的風險提高。

3. 航空器特性：當航空器製造商未能適當的提供航機操作和性能資訊予航空器使用人，致無法充分考量跑道的特性條件時，則會引致偏出跑道的風險。
4. 監理作為：當監理機關未要求航空公司採用一致化格式提供機組人員於各種跑道狀態下的起飛和降落數據時，可能造成管理鬆懈而引致事故。
5. 場站設施：當機場有下列情形時，將導致偏出跑道發生的可能性大幅提高 - 未能保持良好的跑道道面排水及摩擦特性、無法及時且準確地提供跑道狀況報告、冰／雪天候運作計畫不適當、未依道面狀況及時關閉跑道、跑道標線不正確或模糊不清、受機場噪音管制區域影響致未能順風向使用跑道、跑道端安全區或同等設施（如：Engineering Material Arresting System, EMAS）未充份提供、未適切評估場站周邊障礙物等。機場營運管理單位應積極避免上述狀況發生。

三、Runway Condition Report (RCR)

跑道狀況報告，是 ICAO 於 2018 年開始推廣、並自 2021 年底開始正式施行的跑道評估與陳報內容，其核心架構即為全球報告格式(Global Reporting Format, GRF)，目的為使機場操作區的道面狀況能被及時、適切地評估，並透過標準化、統一的報告格式提供評估結果予飛航組員或相關作業人員。全球報告格式一改過往使用摩擦力量測進行道面狀況評估的方式，提供了全新的跑道道面狀況評估和報告的標準流程、污染物術語、以及覆蓋範圍量化基準，同時強化機場當局對於濕跑道評估的要求。藉由全球報告格式，機場當局、航空公司、飛航組員、航管人員、飛航情報人員、航空氣象人員、甚至航空器製造商之間得以具備共通的語言可以進行對話並確實地交換資訊。此外，以全球報告格式作為跑道道面狀況報告的基準，不僅能讓機場當局用更客觀的方法向飛航組員報告跑道狀況，報告的內容更可以直接與航機起飛或落地性能計算(Takeoff / Landing Performance Calculation)需用的相關數據連結。

全球報告格式由 5 個要項組成，包括：跑道狀況評估矩陣(Runway Condition Assessment Matrix, RCAM)、跑道狀況代碼(Runway Condition Code, RWYCC)、跑道表面狀況界定、跑道表面描述用語、以及跑道狀況報告(RCR)。其中，跑道表面狀況的界定，分為 4 種狀態：

- 乾燥(Dry) - 表面無可見濕氣且在預劃使用的區域內未受到污染；
- 潮濕(Wet) - 任何可見的濕氣或深度小於 3mm 的水；
- 濕滑(Slippery Wet) - 當大部分的表面摩擦力下降時，濕跑道可能呈現滑溜；
- 污染(Contaminated) - 當所使用的跑道範圍內，有大部分表面（無論已隔離或未隔離區域）被以下 8 種物體之一覆蓋時：壓實雪(compact snow)、乾雪(dry snow)、霜(frost)、冰(ice)、雪泥(slush)、積水(standing water)、濕冰(wet ice)、濕雪(wet snow)。上述 8 種物體，同時也是跑道表面描述的標準用語。

跑道狀況報告的核心理念是，每當跑道上出現水、雪、雪泥、冰或霜時，機場當局即須啟動跑道表面狀況的評估，並根據評估的結果將跑道狀況代碼和對跑道表面狀況描述以一固定的編報格式、透過無線電廣播發送，使飛航組員可以將此資訊代入起飛／著陸的性能計算中。ICAO 在 Doc 9981 第 II 部分提供了跑道狀況評估矩陣，作為機場當局報告跑道表面狀況的判斷基準，如表 3.13-1 所示，可以藉由左側的「評估基準」(Assessment Criteria)欄位決定出最符合當下情況的跑道狀況代碼，以反映在該狀況下跑道表面所能提供的方向控制／煞停能力。同時，跑道狀況報告應持續進行並隨時反映道面的重大變化，直到跑道不再受到污染物影響為止。上述重大變化係指有下列情形：

- 跑道狀況代碼的變更
- 污染物種類／型態的變化
- 污染物覆蓋範圍的變化
- 污染物厚度的變化

跑道狀況代碼應按每三分之一的跑道長度為單位，針對污染物的類型、厚度、以及跑道表面溫度（若無，則使用室外氣溫）進行綜合評估與陳報，評估用表單如圖 3.13-5 及 3.13-6 所示。在實際運作的經驗中發現，厚度大於 3mm 的特定污染物將會使航機性能顯著地降低，故講座特別整理出污染物厚度、以及污染物覆蓋範圍百分比的對應的陳報數值如表 3.13-2、3.13-3 所示供學員參考。利用跑道狀況評估表，即可按步就班地產製出跑道狀況報告，即評估表下方框格中所列示，包含 8 項資訊：(1)機場代碼、(2)日期和時間、(3)跑道名稱編號、(4)每三分段之跑道狀況代碼、(5)每三分段的污染物覆蓋率、(6)每三分段的污染物厚度、(7)各三分段的跑道狀態描述、以及(8)上述跑道狀況代碼適用的跑道寬度（如有小於公佈寬度情形時）。同時，評估表的左下區塊也提供了警示提

醒／備註的欄位，可用於提高飛航組員在接收到資訊時的狀況警覺，例如：跑道長度縮短、跑道／滑行道上有物體（飄雪或雪堆、鬆散的砂石等等）或施工、道面狀態、認可的摩擦係數量測值、簡單易懂的語言備註等等。

表 3.13-1 跑道狀況評估矩陣(RCAM)

Runway condition assessment matrix (RCAM)			
Assessment criteria		Downgrade assessment criteria	
Runway condition code	Runway surface description	Aeroplane deceleration or directional control observation	Pilot report of runway braking action
6	<ul style="list-style-type: none"> • DRY 	---	---
5	<ul style="list-style-type: none"> • FROST • WET (The runway surface is covered by any visible dampness or water up to and including 3 mm depth) <p><i>Up to and including 3 mm depth:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • SLUSH • DRY SNOW • WET SNOW 	Braking deceleration is normal for the wheel braking effort applied AND directional control is normal.	GOOD
4	<p><i>-15°C and Lower outside air temperature:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • COMPACTED SNOW 	Braking deceleration OR directional control is between Good and Medium.	GOOD TO MEDIUM
3	<ul style="list-style-type: none"> • WET ("slippery wet" runway) • DRY SNOW or WET SNOW (any depth) ON TOP OF COMPACTED SNOW <p><i>More than 3 mm depth:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • DRY SNOW • WET SNOW <p><i>Higher than -15°C outside air temperature¹:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • COMPACTED SNOW 	Braking deceleration is noticeably reduced for the wheel braking effort applied OR directional control is noticeably reduced.	MEDIUM
2	<p><i>More than 3 mm depth of water or slush:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • STANDING WATER • SLUSH 	Braking deceleration OR directional control is between Medium and Poor.	MEDIUM TO POOR
1	<ul style="list-style-type: none"> • ICE ² 	Braking deceleration is significantly reduced for the wheel braking effort applied OR directional control is significantly reduced.	POOR
0	<ul style="list-style-type: none"> • WET ICE ² • WATER ON TOP OF COMPACTED SNOW ² • DRY SNOW or WET SNOW ON TOP OF ICE ² 	Braking deceleration is minimal to non-existent for the wheel braking effort applied OR directional control is uncertain.	LESS THAN POOR

¹ Runway surface temperature should preferably be used where available.

² The aerodrome operator may assign a higher runway condition code (but no higher than code 3) for each third of the runway, provided the procedure in 2.1.3.15 is followed.



Runway Condition Assessment Worksheet

Is more than 25% of any runway third surface wet or contaminated?

Aerodrome
 Date/Time (UTC) of assessment (MMDDhhmm)
 Lower Runway Designator
 Initials

Yes - assign Runway Condition Codes for each third and complete RWY Condition Report (Blue Box)
 No - No report created

Note: RWYCC 6/6/6 for all runway thirds may be used to indicate that the runway is no longer wet

1st RWY Third		2nd RWY Third		3rd RWY Third	
For coverage 25% or less enter Code 6 - Identify % coverage if more than 25% of the RWY third - Identify depth (if applicable) - Identify Runway Condition Code - Record the most restrictive code in the box to the right		For coverage 25% or less enter Code 6 - Identify % coverage if more than 25% of the RWY third - Identify depth (if applicable) - Identify Runway Condition Code - Record the most restrictive code in the box to the right		For coverage 25% or less enter Code 6 - Identify % coverage if more than 25% of the RWY third - Identify depth (if applicable) - Identify Runway Condition Code - Record the most restrictive code in the box to the right	
Dry 6		Dry 6		Dry 6	
Wet (Damp) 5 % Cov. 25/50/75/100	Slippery Wet (Below Min Friction Level Classification) 3 % Cov. 25/50/75/100	Wet (Damp) 5 % Cov. 25/50/75/100	Slippery Wet (Below Min Friction Level Classification) 3 % Cov. 25/50/75/100	Wet (Damp) 5 % Cov. 25/50/75/100	Slippery Wet (Below Min Friction Level Classification) 3 % Cov. 25/50/75/100
Standing water 2 >3mm % Cov. 25/50/75/100 Depth: <input type="text"/> 4mm Assessed depth (mm): <input type="text"/> For Standing water 4mm depth have to be reported as Minimum		Standing water 2 >3mm % Cov. 25/50/75/100 Depth: <input type="text"/> 4mm Assessed depth (mm): <input type="text"/> For Standing water 4mm depth have to be reported as Minimum		Standing water 2 >3mm % Cov. 25/50/75/100 Depth: <input type="text"/> 4mm Assessed depth (mm): <input type="text"/> For Standing water 4mm depth have to be reported as Minimum	
Situational Awareness Section / Notes				CFME Braking coefficient <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> M _u not to be transmitted in RWY Condition Report	
<input type="checkbox"/> TWY Poor <input type="checkbox"/> Apron Poor <input type="checkbox"/> Other				Adjusted RWYCC ONLY if Downgrade Assessments used Downgrade Criteria <input type="checkbox"/> AIREP <input type="checkbox"/> CFME <input type="checkbox"/> Other	
RCR Aerodrome Date & Time RWY RWYCC % Coverage Depth in mm Contaminant Type 1st third Contaminant Type 2nd third Contaminant Type 3rd third Plain language remarks Reduced RWY width in m (if applicable)					

圖 3.13-5 跑道狀況評估表 - 無降雪情況使用



Runway Condition Assessment Worksheet

Assess the % coverage of runway contamination for each runway third

Aerodrome
 Date/Time (UTC) of assessment (MMDDhhmm)
 Lower Runway Designator
 Outside Air Temperature
 Initials

< 10% coverage
 ≥ 10% - ≤ 25% coverage
 > 25% coverage

NR (No contaminant is reported)
 RWYCC - 6 to be generated for that third.

Report contaminant coverage at 25%
 RWYCC - 6 to be generated for that third.

>25 to ≤50 report coverage as 50%
 >50 to ≤75 report coverage as 75%
 >75 to 100 report coverage as 100%

RWYCC for that third shall be based on the contaminant present & temperature considerations

Note: RCR not required if all RWY thirds have <10% coverage (unless making a final report to advise the RWY is no longer contaminated)

1st RWY Third		2nd RWY Third		3rd RWY Third	
For coverage 25% or less (<25%) enter Code 6. For coverage greater than 25% (>25%), follow the steps below - Identify any contaminant that covers more than 25% of the RWY third - Identify % coverage - Identify depth (if applicable) - Identify Runway Condition Code - Record the most restrictive code in the box to the right		For coverage 25% or less (<25%) enter Code 6. For coverage greater than 25% (>25%), follow the steps below - Identify any contaminant that covers more than 25% of the RWY third - Identify % coverage - Identify depth (if applicable) - Identify Runway Condition Code - Record the most restrictive code in the box to the right		For coverage 25% or less (<25%) enter Code 6. For coverage greater than 25% (>25%), follow the steps below - Identify any contaminant that covers more than 25% of the RWY third - Identify % coverage - Identify depth (if applicable) - Identify Runway Condition Code - Record the most restrictive code in the box to the right	
Dry 6	Wet (Damp) 5 % Cov. 25/50/75/100	Frost 5 % Cov. 25/50/75/100	Wet (slippery wet runway) 3 (Below Min Friction Level Classification) % Cov. 25/50/75/100	Dry 6	Wet (Damp) 5 % Cov. 25/50/75/100
Standing Water/Slush 2 >3mm % Cov. 25/50/75/100	Dry or wet snow on compacted snow 3 >3mm % Cov. 25/50/75/100	Dry or wet snow on compacted snow 3 >3mm % Cov. 25/50/75/100	Dry or wet snow on compacted snow 3 >3mm % Cov. 25/50/75/100	Standing Water/Slush 2 >3mm % Cov. 25/50/75/100	Dry or wet snow on compacted snow 3 >3mm % Cov. 25/50/75/100
Depth: <input type="text"/> 3mm or less Assessed depth (mm): <input type="text"/> Mark depth only for: Standing Water, Slush, Wet or Dry Snow. Any snow on top of compacted snow	-15°C or below 4 % Cov. 25/50/75/100	Compacted snow Above -15°C 3 % Cov. 25/50/75/100	-15°C or below 4 % Cov. 25/50/75/100	Compacted snow Above -15°C 3 % Cov. 25/50/75/100	-15°C or below 4 % Cov. 25/50/75/100
Ice 1 % Cov. 25/50/75/100	Wet Ice, Water on compacted snow, snow on ice 0 % Cov. 25/50/75/100	Ice 1 % Cov. 25/50/75/100	Wet Ice, Water on compacted snow, snow on ice 0 % Cov. 25/50/75/100	Ice 1 % Cov. 25/50/75/100	Wet Ice, Water on compacted snow, snow on ice 0 % Cov. 25/50/75/100
Situational Awareness Section <input type="checkbox"/> RWY Reduced length LDA m <input type="checkbox"/> RWY Drifting snow <input type="checkbox"/> RWY Loose sand <input type="checkbox"/> RWY Snowbanks L of CL m / R of CL m <input type="checkbox"/> TWY Snowbanks L of CL m / R of CL m <input type="checkbox"/> Asym. reduced RWY width RL m FM CL <input type="checkbox"/> TWY Poor <input type="checkbox"/> Apron Poor <input type="checkbox"/> Other				State approved CFME Braking coefficient <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> M _u not to be transmitted in RWY Condition Report	
RCR Aerodrome Date & Time RWY RWYCC % Coverage Depth in mm Contaminant Type 1st third Contaminant Type 2nd third Contaminant Type 3rd third Plain language remarks Reduced RWY width in m (if applicable)					

圖 3.13-6 跑道狀況評估表 - 有降雪情況使用

表 3.13-2 跑道污染物厚度與對應之陳報數值

Contaminant	Significant Change	Valid values to be reported
Standing Water	3mm up to and including 15mm	04, then assessed value
Slush	3mm up to and including 15mm	03, then assessed value
Wet Snow	5mm	03, then assessed value
Dry Snow	20mm	03, then assessed value

表 3.13-3 跑道污染物覆蓋範圍與對應之陳報數值

Assessed %	Reported %
< 10	NR
10 – 25	25
26 – 50	50
51 – 75	75
76 – 100	100

講座並補充，如有飛航組員提供飛行員報告(Pilot Report)時，其針對跑道狀況的描述亦可用以對照跑道狀況代碼，如圖 3.13-7 所示。



BRAKING ACTION – PILOT REPORTS

Pilot Report of Runway Braking Action	Description	Runway Condition Code (RWYCC)
N/A		6
Good	Braking deceleration is normal for the wheel braking effort applied AND directional control is normal	5
Good to Medium	Braking deceleration OR directional control is between good and medium	4
Medium	Braking deceleration is noticeably reduced for the wheel braking effort applied OR directional control is noticeably reduced	3
Medium to Poor	Braking deceleration OR directional control is between medium and poor	2
Poor	Braking deceleration is significantly reduced for the wheel braking effort applied OR directional control is significantly reduced	1
Less than Poor	Braking deceleration is minimal to non-existent for the wheel braking effort applied OR directional control is uncertain	0

29

圖 3.13-7 飛行員報告內容與跑道狀況代碼之對照

3.14 仁川機場空側作業參訪

由於本次訓練的承辦單位為仁川國際機場公司所屬之航空學院，因此院方特地安排了半日的參訪活動，讓學員們得以進入仁川機場的空側，實地參訪現場的作業情形，包括：仁川機場觀景台、航機除冰作業停機坪、先進地面移動導引系統控制中心、遠端停機坪、以及第二航廈施工區等。出發前，工作人員發給每位學員 1 張仁川機場平面圖及當日臨時通行證，說明上述參訪地點的所在位置、行程動線與時間規劃等，並提醒學員仁川機場為南韓的國家級重要基礎設施，嚴禁針對機場進行描繪與攝影，參訪期間僅在引導人員同意的情況下才能拍照，要求所有學員皆須配合以免觸法。出發的第 1 站是仁川機場觀景台，位於仁川機場西側山麓上，可以眺望整個仁川機場，配有解說員按著時序說明仁川機場的建設背景、歷程、運作現況與未來展望。比較特別的是，仁川機場設有 3 座塔台，位於場面中間、最高的塔台由政府管理，負責到離場航機引導與跑道運作；其他 2 座塔台則由仁川機場公司營運，分別掌理第 1 航廈與第 2 航廈的地面管制。



圖 3.14-1 參訪通行證件及機場平面圖



圖 3.14-2 仁川機場觀景台

第 2 站來到第 1 航廈南側的除冰作業停機坪(de-icing pad)，在進入空側的過程中比較特別的是哨口安檢採用人車分道方式進行，人員都必須通過金屬探測儀，隨身物品也都要過 X 光機，檢查相當澈底。在除冰作業停機坪主要講解航機的除冰作業流程、以及地面廢液的回收處理。第 3 站則前往本次參訪的重點，先進地面移動導引系統控制中心(A-SMGCS Control Center)。進到管理中心的中央控制台，映入眼簾的是偌大的液晶螢幕牆，顯示著整座仁川機場的地面燈光的現況，以及在場面上所有移動中航機的資訊。接著由管理中心的經理簡報仁川機場 A-SMGCS 的發展與建置歷程，同時展示其自行研發的燈光自動檢測車及跑道關閉標誌車，充分感受到仁川機場對於場面燈光系統能量提昇的積極態度與維護工作的精進作為，值得借鏡。由於在第 2 站耗時較長，第 3 站的遠端停機坪僅讓學員下車約 10 分鐘查看鼻輪停止位置標線的繪製與索機樁配置，第 4 站的第 2 航廈施工區更僅能坐在車上以慢速通過方式讓學員們瀏覽一下仁川機場對於施工關閉區域的圍籬、阻絕設施、警示燈光與標誌、以及勤務道路改道的處理方式及內容，可以清楚的瞭解到仁川機場戮力實踐 ICAO Annex 14 標準與建議的努力，值得學習。



圖 3.14-3 仁川機場燈光檢測車（左）及跑道關閉標誌車（右）

3.15 分組演練與報告：跑道標線與燈光配置

本次訓練的尾聲，講座安排了跑道標線與燈光配置設計的分組演練與報告，按照先前的 3 個分組來進行，作為課程最後的驗收。給定的題目是：跑道 05/23、2350m×45m、無位移跑道頭、CAT III ILS，各組須在 2 小時內按照 Annex 14 規範內容繪製出跑道的標線與燈光配置，並製作簡報說明完成的內容。最終各組皆順利完成演練，其中訓員所屬的第 3 小組由波蘭學員代表上台簡報，如圖 3-5 所示。

四、建議

1. 派員參與不同國家、地區之調查機關或訓練機構所辦理有關機場空側作業安全之實體研討、訓練或國際交流活動，瞭解世界各國關注之機場空側安全相關議題、增進調查人員對於空側作業與相關規範之熟悉度，提升事故評析與肇因研判能力，精進調查技術。併在經費許可的前提下考量複數派訓的可行性，使學員於在訓期間得以組織團隊作更深入的即席研討與心得交流，以收互補學習之效。
2. 持續關注機場空側運作安全相關規範、稽核與檢查作業之變革，透過內部研討與評估修訂我國運用之機場安全調查技術、作業流程、分析方法與工具，優化飛航事故調查技術與能量。