一、提升航空器燃油效率

對航空公司而言，燃油的費用是僅次於勞務成本 (labor cost) 的支出。因此，如何減少燃油耗費，增進燃油效率 (fuel efficiency) 始終是航空公司與飛機製造商努力的目標。國際民航組織 (ICAO) 提出至 2050 年以前，每年改善航空器燃油效率 2%。

然而，隨著全球空運的發展，航空燃油的使用，至 2015 年前大多維持每年 3% 以上的成長。因此，航空公司、發動機製造商及各國政府均致力於發展減少航空排放廢氣的策略。航太工程師正努力研發新一代的燃燒室 (combustion chamber)，以降低發動機在高馬力時的溫度，來減少廢氣排放，並提升其燃油效率的技術。

飛機及發動機製造商根據航空公司的需求，不斷地投資於製造更新型的飛機及發動機，例如空中巴士 A320 的燃油效率（每加侖可載運的收益延人哩數）是 DC-9 的 2 倍；波音 B787 夢幻客機 (Dreamliner) 以革命性碳纖維複合材料打造，重量大為減輕，可為航空公司省下 20% 的燃料成本。

此外，航空公司可以選擇使用兩個發動機的航空器，以較少的燃油來載送相同的旅客數；同時，航空公司亦利用各種方法減少燃油使用，例如使用飛航模擬器 (flight simulators) 訓練機師應用電腦計算最為經濟的飛航路線及燃油酬載，或飛機滑行 (taxi) 時僅啟動一個發動機等。依據國際空運協會 (IATA) 估計，如航機採用成本指標 (cost index, CI) 進行經濟航速之飛行，則每年預估將可為公司節省約 600 萬美元的效益。

二、降低航空噪音

航空噪音 (aircraft noise) 可分為飛行器噪音與機場噪音兩類。飛行器噪音是指飛機起飛或降落時會發出的巨大噪音；機場噪音則是因為飛機維修或試車時而產生的噪音。生活在機場附近的居民，長期暴露於噪音環境，會對個人生理及精神上產生不良的影響。

為降低噪音問題，飛機製造商（發動機及機身）應用新科技與材料，致力於設計低噪音、更寧靜的飛機。美國政府更要求航空公司逐年汰換舊型的 stage 2 飛機，而改用噪音較小的 stage 3 飛機。

除了改良飛機外，航空公司、機場及民航主管機關亦透過下列方式以降低飛機噪音問題：

著作權所有 侵害必究

華泰文化
HWA TAI PUBLISHING

1. 向航空公司徵收噪音防治費，在機場周圍設置防音設備，以減少對居民的影響。
2. 改變飛機起降時的路線，以避開住宅區。
3. 修正機師駕駛飛機的習慣，例如飛臨人口稠密區時減緩速度，飛越人煙稀少區時，則加足馬力。
4. 良好的土地及分區使用規劃，使住宅及商業區遠離機場。

三、飛航管制技術的提升

為因應未來民航運輸成長之需求及有效提升飛航安全，國際民航組織於 1989 年提出了發展一套以衛星及數位化技術為基礎之通訊、導航、監視系統，來支援建立一個全球均通行適用的飛航管理需求，此一新系統可以藉由先進的科技與嶄新的飛航程序，克服傳統飛航服務系統先天條件之限制，有效改善飛航服務系統之效率與品質。

我國的 CNS/ATM 衛星助導航系統已於 2011 年 10 月建置完成啟用，確立「台北飛航情報區」飛航服務之技術領先地位與競爭優勢，促進空域設施提供者與使用者之協調溝通更為容易，使飛行路徑因此更具彈性，且具有飛行時間更精準、耗油減少、載客（貨）量增加、地勤人員待命時間減少等好處。

根據國際民航組織的研究，各國如果改善航空飛航管理系統，包括 CNS/ATM 衛星助導航系統，亦可以減少 6%～9% 全球二氧化碳 (CO_2) 的排放量，凡此均是航空運輸業為減少排放航空廢氣 (aviation emissions) 所作的努力。

四、落實「國家民用航空安全計畫」與「安全管理系統」計畫

「國家民用航空安全計畫」(State Safety Program, SSP) 乃是航空公司「安全管理系統」(safety management system, SMS) 的上位計畫，詳細的說明可參見本書第十章；兩者的內涵均包括安全政策、安全風險管理、安全保證、安全推廣等四項，此被稱為 SSP 及 SMS 的四大支柱 (four pillars)。

茲分別說明 SSP 及 SMS 的四大支柱如下：

1. 安全政策 (safety policy)：管理當局對 SSP 或 SMS，首須清楚說明「安全」是組織的核心價值。因此高階管理必須承諾：「安全是所有活動中首要項目」，並負起責任；同時在組織結構方面 (organizational structure)，須指派權責主管（如民航局長或航空公

著作權所有 盜用必究

華泰文化 HWA TAI PUBLISHING

司總經理），負責有效執行相關 SSP 或 SMS 活動及緊急應變計畫，並定期檢討修訂，期達成設定的政策目標。

2. 安全風險管理 (risk management)：管理當局首先須蒐集相關飛安資料，確認風險或危害因子 (hazard identification)；進而分析、評估風險或危害因子 (risk assessment)，期將處理問題的方式，由被動式 (reactive) 化為主動式 (proactive)、預測式 (predictive) 之因應策略，以減輕風險可能造成的傷害 (risk mitigation)，並且追蹤 (tracking) 其是否達成預定之可接受安全水準 (acceptable level of safety, ALoS) 或設定之目標。
3. 安全保證 (safety assurance)：管理當局須透過內部稽核 (internal audit) 與外部稽核 (external audit)，進行安全資料之蒐集、分析與交換，來監督及衡量組織之安全績效，並因應營運環境之變遷，進行適當之修正，以達「持續改善」及保證安全之目標。
4. 安全推廣 (safety promotion)：管理當局應建立教育訓練計畫，培養員工有執行 SSP 或 SMS 的能力；同時應建立暢通之溝通管道 (communication) 與正向之組織安全文化 (safety culture)，讓員工有機會參與安全標準與程序的制定，對安全事故能提出批評或建議，並相互分享經驗。

由於安全是普世的價值，因此政府應重視飛航安全的監理，並持續推動民航運輸業安全水準的提升，以保障人民生命財產的安全。

五、積極推動「國際航空碳抵換和減排計畫」(CORSIA) 與節能減碳「四大支柱」策略

飛機在下降或於地面滑行時，由於處在低馬力狀態，導致燃油燃燒不完全，會產生碳化氫 (HC) 及二氧化碳 (CO_2)；相反地，飛機起飛或巡航時，發動機處於高溫狀態，則會產生氮氧化物 (NO_X)。這些由飛行器排放的廢氣會改變大氣的組成，進而影響全球的氣候。

尤其近年來，為降低全球暖化，國際民航組織 (ICAO) 要求全世界航空公司在 2020 年達成「零碳成長」(carbon-neutral growth by 2020, CNG2020) 的目標。

(一) CORSIA 目標與「碳中和」

國際民航組織於 2016 年 10 月的第 39 屆大會達成透過永續航空用油 (sustainable aviation fuel, SAF) 的使用，並改善飛航作業，每年提高航空器燃油效率 2%，並從 2020 年

著作權所有 侵害必究

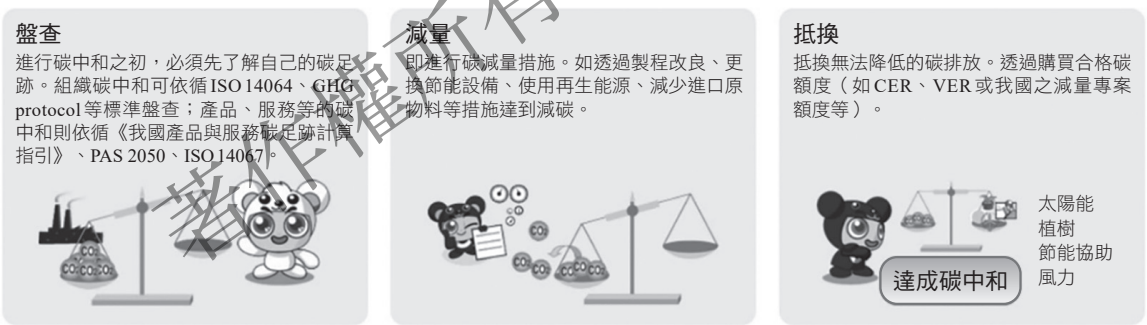
華泰文化 HWA TAI PUBLISHING

起達成民用航空「零碳成長」(CNG2020) 目標，且在 2050 年航空業的碳排放量要比 2005 年減少 50% 的目標。

該次會議也建立了全球航空市場碳抵換機制 (global market-based measures, GMBM)，亦即 2020 年後，各航空公司超額之碳排放，須於市場購買碳權進行抵換；同時也通過「國際航空碳抵換和減排計畫」(Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation, CORSIA)，期降低國際各航空公司排放 CO_2 的排放量，不能超過 2020 年的水準。

所謂碳權「抵換」，依我國 2015 年 7 月制定之《溫室氣體減量及管理法》的定義，係指「事業採行減量措施所產生之減量額度，用以扣減排放原之排放量」，其計畫均須經中央主管機關核准。

至於「碳中和」(carbon neutral) 的基本定義為：「一家企業或一個組織的二氧化碳排放量，經過清除二氧化碳達到平衡（衡量期間通常是一年）時，就代表達成「碳中和」，或是「淨零排放」(net zero) 二氧化碳 (CO_2)。」而為了達成定義上的「碳中和」，則必須透過盤查、減量、抵換三階段，如圖 2-3 所示。



資料來源：環保署，民國 110 年。

圖 2-3　碳中和三階段示意圖

在達成上述的「碳中和」過程，係包括下面的三個階段：

1. 盤查：這個階段在實務上包括下面三個部分：

   範疇一：企業／組織直接的溫室氣體排放，如製造過程使用甲烷等氣體。

   範疇二：能源的間接排放源，主要是用電、熱或蒸汽造成間接排放溫室氣體。

   範疇三：組織活動產生的溫室氣體排放，如員工的移動過程產生的溫室氣體。

著作權所有 侵害必究

華泰文化
HWA TAI PUBLISHING

2. 減量：此一的階段是企業或組織結束「碳足跡盤查」的階段後，針對碳排放的狀態去分析，可以減少的碳排部分就盡量減少。
3. 抵換：本階段是透過購買合格碳額度的制度，如植樹、發展太陽能、風能等，來抵換或抵銷無法減少的碳排放量。

(二) IATA 節能減碳之「四大支柱策略」

航空業為了因應永續發展理念，首先由國際航空運輸協會 (International Air Transport Association, IATA) 於 2009 年制定節能減碳之「四大支柱策略」(Four-pillar Strategy)，供各國的航空公司參考。這四大策略分別為提升科技技術、改善營運操作、改善基礎設施效率、以及採用經濟措施之策略，如圖 2-4 所示。



資料來源：IATA.

圖 2-4　IATA 節能減碳之「四大支柱策略」示意圖

IATA 所提出航空業節能減碳之「四大支柱策略」，分別說明如下：

1. 技術面：包括減少飛機重量、使用較輕複合材料、更新機隊、提升機隊燃油效率、發展新飛機、引擎及替代能源等。

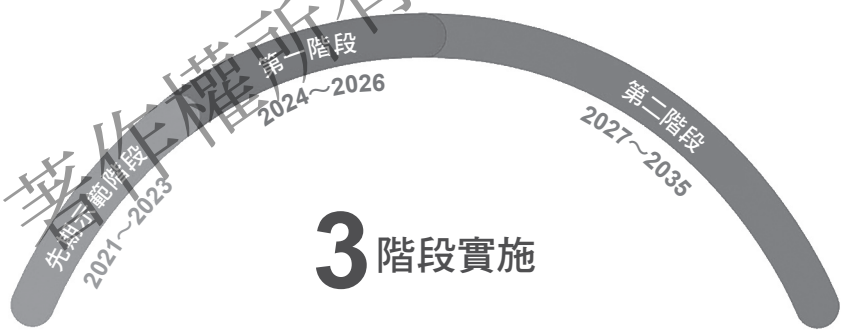
著作權所有　侵害必究

華泰文化
HWA TAI PUBLISHING

2. 營運面：透過改善飛航操作程序、優化節省能源之管理、優化航路規劃與管理等，來達到適當及有效的營運管理。
3. 基礎設施面：改善基礎設施 (infrastructure) 之效率、改善飛航管理 (ATM) 效率、改善空域結構與管理效率，以及改善機場之基礎建設等。
4. 經濟面：採取抵換措施 (offsets)、碳排交易 (emission trading) 等有效經濟管制措施，進行碳排放之管理。

(三) CORSIA 時程表

至於 CORSIA 之推動時程表，ICAO 則採三階段實施，如圖 2-5 所示。先期示範階段（pilot phase，2021 ～ 2023 年）及第一階段（2024 ～ 2026 年）是由各國自願性地加入，截至 2022 年 6 月止，已有 112 個 ICAO 成員國自願性加入；第二階段（2027 ～ 2035 年）則是除了低度開發國家 (least developed countries, LDCs)、小島嶼國家 (small island developing states, SIDS)、內陸開發中國家 (landlocked developing countries, LLDCs) 之外，其餘國家基本上均有義務參與。



資料來源：ICAO.

圖 2-5　ICAO 推動 CORSIA 時程表

除了上述碳中和、減碳、淨零碳排等一般較常接觸的永續發展相關概念之外，各國的一些民間團體其實也會提倡許多「永續發展目標」(Sustainable Development Goals, SDGs)，擘劃至西元 2030 年重要的永續藍圖相關理念，其中與航空業較為相關的即是在 2018 年，由瑞典關注飛航碳足跡議題的倡議者開始的「飛行丟臉」(flight shame 或 flygskam）運動。這個運動的理念就如同字面上的意思，「飛行丟臉」指的是因為意識到飛

著作權所有 侵害必究

華泰文化 HWA TAI PUBLISHING

行對環境造成的負面影響，而對搭飛機的舉動感到羞愧或有罪惡感，後來這項理念也逐漸地在歐洲各國間被一些民眾接受，顯現出永續發展的概念已慢慢地被人民所認同。

綜上所述，由上述五項民航運輸業的展望，可知航空業亟須積極培養「跨領域」之專業人才，使得未來航空運輸業的客貨服務更能滿足顧客的需要，善盡企業社會責任 (CSR)，促使航空運輸業能持續提升飛航安全與更有效率的經營管理，並且達成永續發展之目標 (SDGs)。

問題研討

➢ 個案研究

何謂商務航空 (business aviation) ？試說明商務航空在我國發展之前景與策略為何？試蒐集資料探討國外商務航空發展之情形，並分別探討之。

➢ 問題討論

1. 試探討航空運輸未來的展望，試分別舉出五項說明之。
2. 普通航空業的範圍，包括哪四種？試分別說明之。
3. 試說明飛航管制之隔離方式有哪幾種，並說明如何維持安全之航空器隔離；是否三種隔離都要維持才算安全？
4. 試探討航空運輸之優、缺點，並舉例說明之。
5. 試探討民用航空運輸之特性，又其與一般大眾運輸之特性差異何在？
6. 影響航空運輸業營運的因素為何？試申論之。
7. 我國航空運輸之發展，可分為哪幾個階段？各階段發展情形如何？請分別說明之。
8. 何謂「隔離不足」？何謂「空中接近」？兩者有何不同。
9. 何謂 RVSM ？實施 RVSM 有何優點？試分別說明之。
10. 國際民航組織 (ICAO) 提出至 2050 年以前，每年改善航空器燃油效率 2%；國際航空運輸協會 (IATA) 則設定 2050 年前，航空業須減少 2005 年時碳排放量之二分之一。在這些目標下，國際航空運輸協會曾提出四大支柱策略 (Four-pillar Strategy)，另國際民航組織推動 CORSIA 作為全球國際航線碳排放管制之措施。請分別說明四大支柱策略及 CORSIA 的內涵。

（110 年民航特考）

11. 請就航空公司高度複雜的消費族群，列舉至少 10 項，並分別說明之。

著作權所有 侵害必究

華泰文化
HWA TAI PUBLISHING

12. 若某航班由台北松山機場起飛到高雄小港機場降落，試以圖示該航班在不同階段會受到哪些飛航管制服務單位之服務，並說明這些飛航管制服務單位之管制範圍與功能。（110 年民航特考）
13. 新一代航管系統與目前大多數國家已運行的空中導航與飛航管理 (Air Navigation System/Air Traffic Management, ANS/ATM) 最大不同之處為何？試詳述之，並請舉例說明。
14. 我國目前的 CNS/ATM 系統之「飛航管理系統」(ATMS) 經過期中升級後，分別建置於何處？試分別說明其功能與優點。

➢ 選擇題

1 下列何者非「民航六業」之一？
(A) 民用航空運輸業 (B) 航空站地勤業 (C) 空廚業 (D) 航空站經營業

2. 下列何種活動不屬於「普通航空業」之範疇？
(A) 商務專機 (B) 跨年曙光包機 (C) 山區消防搜救 (D) 農藥噴灑

3. 飛航管制是為達到安全隔離航空器的目的，其基本原則不包括下列何種方式？
(A) 左右隔離 (B) 前後隔離 (C) 時間隔離 (D) 垂直隔離

4. 飛航管制單位依其性質及提供的飛航管制服務地區及範圍有不同劃分，以下何者非屬於其範疇？
(A) 簽派管制 (B) 區域管制 (C) 終端管制台 (D) 機場管制

5. 下列關於航空運輸系統與航空運輸業的特性，何者有誤？
(A) 高獲利且獲利率高 (B) 相對安全性高但卻具失誤嚴重性
(C) 受經濟景氣影響最鉅 (D) 同時具資本密集、技術密集、勞力密集性

6. 根據《民航法》之規定，普通航空業經營商務專機業務，飛機或直升機座位數應為幾人以下？
(A) 8 人 (B) 12 人 (C) 19 人 (D) 25 人

7. 航空公司之間常藉由合作結盟以降低成本、提升服務品質等，以下何者並非全球性航空聯盟？
(A) Oneworld (B) THE Alliance (C) SkyTeam (D) Star Alliance

8. 請問 CNS/ATM 系統不包括下列哪項技術？
(A) 導航 (B) 監視 (C) 自動駕駛 (D) 通信

9. 民航局公告在飛航空層 29,000 ～ 41,000 呎的「高度隔離」，縮減為 1,000 呎，此稱為「縮減垂直隔離」(reduced vertical separation minimum, RVSM)，以下何者並非實施 RVSM 的好處？
(A) 減少油耗 (B) 減少飛航延誤 (C) 新增八個空層 (D) 促進環保

10. 航空公司「安全管理系統」(safety management system, SMS) 的四大支柱，不包括以下何者？
(A) safety culture (B) safety promotion (C) safety assurance (D) risk management

著作權所有 侵害必究

華泰文化 HWA TAI PUBLISHING

11. 根據《民用航空運輸業管理規則》之規定，民用航空運輸業使用之客運飛機，機齡不得超過幾年？
(A) 13 年 (B) 15 年 (C) 26 年 (D) 30 年

12. 根據《民用航空運輸業管理規則》之規定，民用航空運輸業以飛機經營國際或國內航線定期航空運輸業務者，使用之飛機至少有幾架？
(A) 3 架 (B) 5 架 (C) 8 架 (D) 10 架

13. 若兩航空器隔離距離低於多少呎，則定義為「空中接近」(air miss) ？
(A) 500 呎 (B) 400 呎 (C) 300 呎 (D) 200 呎

14. IATA 所提出航空業「節能減碳」之四大支柱策略，不包括下列哪一項？
(A) 經濟面 (B) 管制面 (C) 營運面 (D) 基礎設施面

15.「航空例行天氣報告」的縮寫是下面何者：
(A) TAF (B) METAR (C) NOTAM (D) ATMS

解答

1. (D) 2. (B) 3. (C) 4. (A) 5. (A) 6. (C) 7. (B) 8. (C) 9. (C) 10. (A) 11. (C) 12. (A) 13. (A) 14. (B) 15. (B)

➢ 解釋名詞

1. CIQS
2. airside vs. landside
3. CNS/ATM
4. terminal approach control
5. safety vs. security
6. flight shame 或 flygskam
7. business aviation
8. RVSM (reduced vertical separation minimum)
9. CORSIA
10. GMBM
11. SSP vs. SMS
12. ALoS
13. METAR
14. ADS-B
15. SAF

著作權所有 侵害必究

華泰文化
HWA TAI PUBLISHING

參考文獻

➢ 中文部分

1. 交通部，《空運政策白皮書》，民國 108 年 12 月。
2. 張有恆，《航空業經營與管理》（三版），華泰文化，民國 106 年 1 月。
3. 張有恆、王小娥、劉崇堅、張淑娟等，《台灣地區國內航空客運費率計算公式之研究》，交通部運輸研究所，民國 81 年 11 月。
4. 張有恆，《現代運輸學》（五版），華泰文化，民國 110 年 1 月。
5. 張有恆、廖珣如，〈台灣發展商務航空策略之探討〉，《航空安全及管理季刊》，第 1 卷，第 3 期，頁 193 ～ 226，民國 103 年 7 月。
6. 張有恆主編，《航空安全 —— 人為因素探討及案例分析》，交通部民用航空局，民國 90 年。
7. 建置國際航空業碳抵換及減量 (CORSIA) 認證方案之發展，https://www.taftw.org.tw/report/2020/36/CORSIA/
8. 通過國際航空業碳抵銷與減排計畫後的最新進展，http://www.tradelaw.nccu.edu.tw/epaper/no252/1.pdf

➢ 英文部分

1. Ashford, Norman, and Wright, P. H., *Airport Engineering*, John Wiley & Sons, 1979.
2. Coyle, J. J., Bardi, E. J., and Cavinato, J. L., *Transportation*, 6th ed., West Publishing Co., 2005.
3. Doganis, R., *The Airline Business in the Twenty-first Century*, Routledge London and New York, 2001.
4. Doganis, R., *The Airport Business*, Routledge London and New York, 1998.
5. Horonjeff, Robert, and McKelvey, F. X., *Planning and Design of Airports*, 3rd ed., McGraw-Hill Book Co., 1983.
6. Wells, A. T., *Air Transportation: A Management Perspective*, 5th ed., Brooks Cole Publishing Company, 2004.

著作權所有 侵害必究

華泰文化
HWA TAI PUBLISHING