

行政院及所屬各機關出國報告  
(出國類別：研究)

「美國 CNS/ATM 發展現況之研究」  
出國報告書

服務機關：民用航空局飛航服務總台  
出國人 職 稱：副工程司  
姓 名：張明誠  
出國地點：美國奧克拉荷馬市  
出國時間：92/4/27~92/5/9  
報告日期：92/7/7

H2/  
C09201360

系統識別號:C09201360

公務出國報告提要

頁數: 71 含附件: 是

報告名稱:

美國CNS/ATM發展現況之研究

主辦機關:

行政院人事行政局

聯絡人/電話:

/

出國人員:

張明誠 交通部 交通部民用航空局飛航服務總臺 副工程司

出國類別: 研究

出國地區: 美國

出國期間: 民國 92 年 04 月 27 日 -民國 92 年 05 月 09 日

報告日期: 民國 92 年 07 月 07 日

分類號/目: H2/航空 H2/航空

關鍵詞: RCP, RNP, RSP, ATN, GNSS, ADS, STDMA, WAAS, LAAS, ATM, EFGS, IGS

內容摘要: 本報告內容概分四大部份，其中：（1）通訊方面主要包含目前語音通訊缺點與替代方法；特高頻（VHF）與高頻（HF）之地理與物理限制；特高頻頻帶間隔之變革；以及數據鏈（DL）之系統架構與應用。（2）導航方面主要包含導航性能需求（RNP）之規劃；區域航行（RNAV）與廣域擴增系統/區域擴增系統（WAAS/LAAS）成熟後，傳統助導航設備之存續問題；以及全球導航衛星系統（GNSS）相關議題。（3）監視方面主要包含初級搜索雷達（PSR）與次級搜索雷達（SSR）之原理與限制；如何以自動回報監視（ADS）補次級搜索雷達之不足；以及廣播式自動回報監視（ADS-B）系統使用之數據鏈。（4）飛航管理方面則介紹其三大組成--飛航服務（ATS）、飛航流量管理（ATFM）及空域管理（ASM）之應用。

本文電子檔已上傳至出國報告資訊網

## 目 錄

<u>標 題</u>	<u>頁次</u>
壹、前言.....	2
貳、目的.....	3
參、過程.....	4
肆、心得.....	7
第1章 概論.....	8
第2章 通訊(Communication).....	13
2.1 CNS/ATM之通訊概論.....	13
2.2 未來通訊尖兵 - 數據鏈(DL).....	14
第3章 導航(Navigation).....	20
3.1 CNS/ATM之導航概論.....	20
3.2 未來導航要角 - 全球導航衛星系統(GNSS).....	21
第4章 監視(Surveillance).....	26
4.1 CNS/ATM之監視概論.....	26
4.2 未來監視樞紐 - 自動回報監視(ADS).....	27
第5章 飛航管理(ATM).....	35
第6章 結論.....	38
伍、建議.....	39
陸、結語.....	41
附錄一 奧克拉荷馬大學之廣域擴增系統/區域擴增系統研究中心，針對廣域擴增系統/區域擴增系統飛測結果比較所做簡報資料	
附錄二 美國聯邦航空總署所屬網站暨相關合作廠商、機構、學校網址（內含各式豐富研究及參考資料）	

## 壹、前言

近年來，通訊、導航、監視及飛航管理（CNS/ATM）領域正蓬勃發展中。位居亞太地區空中航路要津之台北飛航情報區亦需伴隨世界趨勢，為飛行於本區之民用航空器提供更完善、先進、安全之飛航服務。值此飛航變革之際，民用航空局係責無旁貸之業管主導單位，爰自 1999 年 6 月完成「通訊、導航、監視/飛航管理(CNS/ATM)發展主計畫規劃專案」以來，現正繼續推動自 2002 年至 2011 年之十年「通訊、導航、監視/飛航管理(CNS/ATM)發展建置計畫」，以確保本區新一代 CNS/ATM 之順利建置，並進一步提供國際航機先進之飛航服務；協助航空公司降低營運成本；暨解決日趨飽合之空域使用問題。

惟目前整體 CNS/ATM 之發展係屬且戰且走之半混沌階段。雖然國際民航組織(ICAO)現已規劃完成所謂的導航性能需求[RNP (Required Navigation Performance)，見於 ICAO Doc.9613]，但在通訊性能需求[RCP (Required Communication Performance)]與監視性能需求[RSP (Required Surveillance Performance)]方面，則尚處於規劃階段。且在規劃之同時，除需考量各類使用者之需求外，亦需工業界之技術進展配合，始得竟其功。爰本局值此演進之際，除仰賴專業顧問協助收集各國相關發展資料外，猶需自行赴外參加有關會議及研習，俾利吸收最新資訊，而後據以調整規劃腳步，期於最少的投資下，獲取最大的效益。

## 貳、目的

為取得通訊、導航、監視及飛航管理 (CNS/ATM) 最新發展資訊，以協助針對本國航空需求訂定未來計畫，爰赴美國執航空技術發展規劃牛耳之聯邦航空總署 (FAA) 修習 CNS/ATM 課程，期於 FAA 之導引下，進一步熟悉 CNS/ATM 系統之應用領域及其使用技術。

## 參、過程

本次專題研究係受人事行政局專案補助，筆者獲本總台薦送參加人事行政局委託台大語言測驗中心舉辦之語言測試，僥倖錄取，從而得以規劃赴美國聯邦航空總署（FAA）進行本研究案。茲簡摘往返行程及課程安排內容如后：

1. 92.4.27 搭乘中華航空由台北至洛杉磯，而後搭乘美國航空至達拉斯後轉機，於 92.4.28 抵達奧克拉荷馬城。

2. 92.4.29~92.5.7：於 FAA 進行 CNS/ATM 訓練課程，茲概述課程內容如後：

4.29：課程內容簡介暨通訊部分，其中通訊部分主要內容包括：通訊性能需求（RCP）；航空通信網路（ATN）概念、用戶、次網路、供應者等；及數據鏈系統等。

4.30：介紹其它通訊部分，主要內容包括：未來語音；特高頻（VHF）數據鏈特性及模式 1~4；特高頻次網路；航空通信網路之過渡；及飛航管理自動化等。

5.1：介紹導航部分，主要內容包括：導航性能需求（RNP）；最低高度隔離（RVSM）；區域導航（RNAV）；世界地理參考系統（WGS-84）；全球定位系統（GPS）；涵蓋性、精確性及整合性等民航需求；全球導航衛星系統（GNSS），其中包括接收機自主整合性監視（RAIM）、航空器

自主整合性監視 (AAIM)、區域差分型全球導航衛星系統 (LADGNSS)；及擴增型全球導航衛星系統等。

5.2：介紹監視部分，主要內容包括：監視性能需求 (RSP)；自動回報監視 (ADS)；自動回報監視數據鏈；及廣播式自動回報監視與自主性分時多重擷取 (STDMA) 等。

5.3~5.4：假日。

5.5：早上參觀奧克拉荷馬大學之廣域擴增系統/區域擴增系統 (WAAS/LAAS) 研究中心，聽取該研究中心主任 William J. Hughes 教授對區域擴增系統之系統、天線、概念及研究進度與成果介紹；

下午繼續介紹其它監視部分，主要內容包括：蜂巢式 CNS 概念 (CCC)；航空器內之全球導航衛星系統詢答機、廣播式自動回報監視應用及駕駛艙相關航情訊息顯示 (CDTI) 等；及國際發展現況等。

5.6：早上介紹航空交通管理 (ATM) 部分；

下午參觀先進航空交通管理 (AATM) 中心，並聽取該中心教官 Bert Bowman 先生對該中心訓練課程及未來航管概念之簡介。

5.7：早上先參觀機場地面搜索雷達 (ASDE) 訓練中

心，並與該中心負責人討論有關 ASDE-X 計畫及多接收站依賴搜索（MDS）等發展；而後並參觀導航設備訓練中心及其所屬各類助導航裝置，並首次見到末端發射型滑降台天線系統（EFGS， End-Fire GS Antenna System），適用於擬設置滑降台處前方不具符合標準之反射平面之情況，例如具土丘起伏等障礙物時，或土地取得或整地成本過高時，可考慮以之取代慣用之映像型滑降台天線系統（IGS， Image GS Antenna System）。

3. 92.5.7 下午搭乘美國航空班機，由奧克拉荷馬城起飛，而後搭乘美國航空至達拉斯後轉機至洛杉磯，搭乘中華航空於 92.5.9 飛抵台北。



#### 肆、心得

在 FAA 為期一週之課程中，內容幾乎涵括 CNS/ATM 歷史回顧、所陷瓶頸、現行發展與未來展望等所有重要議題。其中概念部分已有所悉，部分則屬新知；部分已趨成熟，部分未竟全功。

值此航空世代風雲交替之際，祈得盡一己之力，爰於課堂間，莫不戮力思學，謹以個人管窺之見，臚陳於后：

## 第 1 章 概論

時值西元 2003 年仲夏，全球正籠罩在 SARS 之嚴重威脅下，散佈情況尤以東南亞地區為甚。筆者在上課期間，每聞及國際民航組織(ICAO)所制定之標準及作業建議(SARPs)，均不自禁聯想起 SARS，雖有指鹿為馬之嫌，惟應可歸類為恐煞症中一員吧！在此險惡病毒威脅下，全球旅遊業因而受到重創，航空公司之營運亦受到前所未有之衝擊，航行量與載客數均大幅滑落，筆者此次赴美 FAA 受訓後搭乘回程班機時，一排四人之座位僅一人獨坐，航空公司目前營運情況之困難，由此可見一斑。

惟此現象應屬暫態，回顧以往，就歷史之軌跡而言，民航運輸在全球化之交流下，持續向上成長之需求應無庸置疑。此外，在提昇飛航安全之努力上，亦不宜中斷。自西元 1989 年國際民航組織提出以衛星及數位化等現代化技術為基礎之通訊、導航、監視 (CNS, Communication、Navigation、Surveillance) 系統，建立全球通用之飛航管理(ATM, Air Traffic Management)發展需求以來，隨著科技之演進及全球各國多項相關計畫之進行，目前已將部份理想付諸實現，其它則尚待試驗、規劃、發掘中。以下茲就各主要項目—通訊、導航、監視及飛航管理之現今與未來發展做初步概述。

在通訊方面，以下介紹目前語音通訊缺點與替代方法；特高頻 (VHF) 與高頻 (HF) 之地理與物理限制；及特高頻頻帶間隔之變革。

首先，語音通訊具有資訊轉換速率慢之缺點，且有因語言障

礙或口音問題導致溝通不良之虞。目前管制員與航機駕駛間之即時語音通訊，將維持供非例行性或緊急情況之用，至於例行性之通訊，將由資料鏈路替代，以舒緩管制員之工作負擔。此次筆者在 FAA 受訓期間，有幸至 FAA 之先進飛航管理 (AATM) 中心參觀，該中心之電腦可直接連線觀看世界各地航機狀況，在接近諸如紐約、達拉斯等重要轉機機場之航機，在螢幕上宛若晴朗夏夜，繁星點點，密度之高，令人嘆為觀止，每一星點代表的都是數十，甚至數百位乘客及機組員，是時當班管制員壓力之大，著實不難想見。

其次，特高頻語音通訊系統受視界 (line-of-sight) 傳播限制 (諸如地球曲度、地形起伏等)，且涵蓋不足問題在海洋空域中尤為嚴重。高頻通訊則因由電離層反射傳播而不受視界限制，但因傳播特性變化影響，而有嚴重斷續與干擾之苦。未來將規劃以衛星語音通訊替代，俾解決上述缺陷。

最後，在特高頻 (118-137MHz) 頻帶方面，其間隔標準將由 25KHz 縮減為 8.33KHz，以解決頻道日益壅塞飽和問題。而超高頻 (UHF) (225-400MHz) 頻帶間隔維持 25KHz，供軍方使用。

在導航方面，以下介紹導航性能需求 (RNP) 規劃對未來導航之影響；以及區域航行 (RNAV) 與廣域擴增系統/區域擴增系統 (WAAS/LAAS) 成熟後，多向導航台 (VOR) 及儀降系統 (ILS) 等導航設備之存亡等。

國際民航組織目前已擬定出所謂的導航性能需求 (詳見

ICAO Doc9613)，其中具有決定航機隔離、航路規劃、飛航交通密度以及管制員介入能力等基本指標。並將全球導航衛星系統規劃為唯一的導航來源系統，提供適於航路、終端、精確進場與航機降落導航用之高完整度、高精確度之導航服務。

隨著區域航行概念之日益成熟，多向導航台/測距儀（VOR/DME）信號若可符合機載區域航行裝備需求，則在區域航行環境下，尚可維持一段時間，但因其涵蓋範圍限制且精確度隨著與電台之距離增加而遞減，故未來恐將為全球導航衛星系統（GNSS）所取代，由主角成為配角；而歸航台（NDB）亦將與其攜手逐步淡出導航舞台，走入歷史。

在地狹人稠的台灣，為找尋符合多向導航台禁限建規範所需土地十分困難（距多向導航台電台 300 米半徑範圍內地面需平整；在 300 米範圍外區域之物件高度，不得高於自多向導航台電台中心起算 1 度仰角），既有之多向導航台電台，亦常背負阻礙周邊都市發展之原罪，爰電台維護同仁除了細心照顧這個肩負重要航路導航任務之工作夥伴外，尚需撥冗與左鄰右舍維持良好關係，並不忘適時宣導該電台之重要性。倘若多向導航台果能伴隨區域航行與全球導航衛星系統之日漸成熟，逐步轉換為其它禁限建範圍較小之系統，就另一角度觀之，亦不失為航電之福。

另一方面，隨著全球定位系統（GPS）之發展，現已可作為航路與終端導航和非精確進場之導航系統。此外，為提供航路與終端導航和 I 類（CAT I）精確進場服務而發展之廣域擴增系統（WAAS），以及為提供 I/II/III 類（CAT I/II/III）精確進場服務而發展之區域擴增系統（LAAS），亦有取代現有儀降系統（ILS）

之態勢。

惟不論是全球導航衛星系統、全球定位系統或廣域或區域擴增系統等，其關鍵均在於正確衛星信號之提供，此亦成為未來導航發展之罩門。就數月前始結束之美伊戰爭觀之，伊拉克即曾採用疑似俄羅斯製造之全球定位系統干擾裝置干擾美軍導彈。爰在尚未解決此疑慮之前，即便將全球導航衛星系統、全球定位系統或廣域及區域擴增系統等納入導航服務，仍需考慮維持多向導航台、測距儀及儀降系統等導航設施之服務，作為備援。

在監視方面，以下介紹初級搜索雷達(PSR)與次級搜索雷達(SSR)之原理與限制；及如何以自動回報監視(ADS)補次級搜索雷達之不足。

目前監視系統主要包括初級搜索雷達與次級搜索雷達，其中初級搜索雷達系統係依賴搜索區內物體對雷達電磁訊號的吸收或反射以達成偵測效果，僅可獲得反射物之距離與方位資訊；而在次級搜索雷達系統中，由次級搜索雷達之詢問器(Interrogator)發射雷達脈衝，為被偵測之物體(例如航機)內裝設之協同性(cooperating)裝備接收後，復由其無線電詢答機(Transponder)發射獨特之應答訊號，再由次級搜索雷達接收解碼後，即可得知航機資訊(如航機代碼等)及其距離與方位。

上述初級搜索雷達與次級搜索雷達之共同缺點在於亦與VHF 語音通訊類似受傳播視界限制；且其在全球許多區域之涵蓋不足，例如海洋區、遠距區等；此外，由於時間延遲估算誤差及

範圍與角度解析度限制，亦導致其精確度受限。再者，次級搜索雷達尚有無法偵測氣象或非協同性目標物之缺點。

在未來監視上，將併行使用自動回報監視與次級搜索雷達。其中在自動回報監視模式下，航機可經由資料鏈路自動發射其位置及相關資料至飛航管制中心，並與目前雷達螢幕類似顯示航機位置，因而補強雷達涵蓋區域不足處之服務。目前在阿拉斯加已開始施行，效果頗佳。

最後，在飛航管理方面。上述所有新通訊、導航與監視系統及其預期改善，主要均在便利飛航管理之施行。目標在確保所有地面與空中系統均可獲得包含動態飛行計畫在內之所有必要資訊；強化地面與空中系統之功能整合；強化衝突預測精確度並提供即時資訊等。在第 5 章中將依飛航管理之三大組成—飛航服務(ATS)、飛航流量管理(ATFM)及空域管理(ASM)，分別探討為達上述目的所需之整合與要務。

由於 CNS/ATM 涵括之概念，牽涉之技術領域極為廣泛，若深入探討，任一專題均可發展成數小時，甚至數天之課程，爰此次課程內容大多係針對相關領域之最新發展做概略介紹，非經學員主動提問深究處，恐僅具前置導引之功。在 FAA 積極推動之國家空域系統 (NAS) 架構部分，亦出乎意料地未多著墨。筆者受限於己身能力、經驗及時間，以下將僅針對較感興趣而續參相關技術文件資料，略具心得處，分章按通訊、導航、監視及飛航管理順序概抒愚見。期能對本國之 CNS/ATM 發展有所助益，俾配合國際發展腳步，逐步克服傳統飛航服務限制，汰換傳統飛航設施，有效提昇飛航服務效率與品質。

## 第 2 章 通訊 (Communication)

### 2.1 CNS/ATM 之通訊概論

在第 1 章概論中有關通訊部分，已簡述目前語音通訊在資訊轉換速率過慢，以及因語言或口音導致溝通不良之缺點與替代方法。此外，並針對特高頻 (VHF) 語音通訊系統所受視界傳播限制且在部分區域涵蓋不足，以及高頻 (HF) 通訊因傳播特性變化，導致嚴重斷續與干擾等問題做探討。最後並論及將特高頻頻帶間隔標準由 25KHz 縮減為 8.33KHz，以解決頻道壅塞飽和問題等。

爰簡言之，通訊系統將由目前之特高頻與高頻語音通訊，以及在全球性整合之航空固定網內，專責於網路內各航空固定站台間訊息交換之航空固定通訊網 (AFTN)，漸次過渡至未來利用由衛星、航空器地球站/地面地球站 (AES/GES) 與相關地面設施組成之衛星次網路，提供封包模式資料及語音資料等予飛機和地面使用者之航空行動衛星服務 (AMSS)。此外，並採用國際標準組織 (ISO) 的開放系統互連 (OSI) 通訊標準，定義不同空對地及地對地間數據網路互連及運作架構，以實現飛航業務通訊需求之航空通信網路 (ATN)。再者，納入次級搜索雷達 (SSR) 之選擇模式 (Mode S) 數據鏈，其中選擇模式係屬次級搜索雷達中之加強模式，有利於選擇性詢問選擇模式之詢答機，或利於選擇模式之詢問器及詢答機間之雙向數位資料交換；且該選擇模式之詢問亦適用於被地面站詢問時，詢答機即自動播報識別資料之第三模式/A 模式 (Mode 3/A)，或屬於詢答機之高度播報模式之 C 模式 (Mode C)。最後，仍保留部分特高頻語音通訊，並將特高頻數據通訊由類比改為數位。

以上概述目前及未來 CNS/ATM 中之通訊部分，在下節中將分別針對數據鏈（DL）系統架構及其應用如離場前許可（PDC）、自動回報監視(ADS)、管制員對駕駛員數據鏈通訊（CPDLC）、數據化終端資料自動廣播服務(D-ATIS)、數據鏈飛航資訊服務（DFIS）、飛航管制設施間數據通訊（AIDC）、飛航訊息處理系統（AMHS）等，以及預期未來數據鏈飛航資訊服務（DFIS）可提供之機場天氣報告（METAR/ SPECI）、機場天氣預報（TAF）、危險天氣警告（SIGMET）、風切公告服務（WAS）、飛航公告（NOTAM）、跑道視程（RVR）等服務，做進一步解析。

## 2.2 未來通訊尖兵 - 數據鏈（DL）

無庸置疑地，數據鏈（DL， Data Link）係未來負責航機與地面系統間各類例行及非緊急性資訊交換之主要通訊方法，其系統架構中主要包含機載航電系統與地面自動化系統等之應用軟體；駕駛員與管制員間人機介面；及供機載之空對地與地面之地對空等通訊系統中使用之通訊基礎設施與訊號處理器等。數據鏈之應用包括：離場前許可(PDC)、自動回報監視(ADS)、管制員對駕駛員數據鏈通訊（CPDLC）、數據化終端資料自動廣播服務(D-ATIS)、數據鏈飛航資訊服務（DFIS）、飛航管制設施間數據通訊（AIDC）、飛航訊息處理系統（AMHS）等。

以下將依次概述前揭數據鏈應用如後：

### （1）離場前許可(PDC)



離場前許可係為減輕管制員工作量，並避免管制員與駕駛員間因語音傳遞造成誤解，進而提供迅速無誤之傳輸品質而設立；當管制員採用離場前許可時，只要利用數個簡易按鍵，即可經由數據鏈將先前已輸入航管電腦作業系統中之既定離場前許可傳送至航機，經由航機所具航機通訊位址回報系統(ACARS)轉換後，直接顯示或列印成訊息文字供駕駛員使用。

### (2) 自動回報監視(ADS)

自動回報監視係一種經由空中與地面間之數據鏈監視飛機的方法。自動回報監視之主要功能在於提供航管單位監視雷達無法涵蓋之範圍外之航機動態，俾期更有效管理空域。此外，經由自動回報監視，可使航機駕駛員得知鄰近空域其它航機之飛行資訊，以協助導引駕駛員安全飛行，並維持航機安全隔離，及有效提供防撞預警。

### (3) 管制員對駕駛員數據鏈通訊 (CPDLC)

管制員對駕駛員數據鏈通訊採用雙向數據鏈取代語音通訊，以提供諸如飛航管制許可 (ACL) 之傳送；飛航管制通訊管理 (ACM)；及飛航計畫一致性檢查 (FLIPCY) 等飛航管制相關服務。

在管制員對駕駛員數據鏈通訊之運用上，地面航管單位可經由航空通訊網路將航管指示、飛航計畫修改等相關訊息，上傳予指定航機，供航機駕駛員參考使用；另一方面，航機駕駛員亦可根據本身需求，經由航空通訊網路輸入回應、確認等相關訊息，下傳予地面航管單位。如此一來，即得以有效改善語

音頻道壅塞；降低資訊轉譯頻率；減少訊息誤解；使用標準術語；提升飛航安全；並減輕管制員與駕駛員之工作負荷。

#### (4) 數據化終端資料自動廣播服務(D-ATIS)

有關數據化終端資料自動廣播服務(D-ATIS)部分，其中終端資料自動廣播服務(ATIS)係屬塔台管制電腦組合自動產生之語音訊息，而數據化終端資料自動廣播服務則係將終端資料自動廣播服務轉換為數據資料之結果。

簡言之，終端資料自動廣播服務系統可直接與用以提供各航空站飛航情報諮詢台、航空公司及氣象中心等相關單位即時且詳盡之航空氣象資料之氣象及飛航情報諮詢系統(WFIS)，或具有航空固定通信網(AFTN)訊息自動轉報功能，可接收、儲存、處理與轉發飛航動態、航空氣象、航機位置等各項飛航訊息之航空通信自動轉報系統 (AIMS)連線，俾利整合終端管制區周邊之氣象、航情等相關資料，將之組合為終端資料自動廣播服務資訊，並以合成語音方式廣播，透過諸如 SITA 或 ARINC 等數據鏈供應商之通訊網路，提供予具備航機通訊位址回報系統機載通訊設備之航機參考。

#### (5) 數據鏈飛航資訊服務 (DFIS)

言及數據鏈飛航資訊服務 (DFIS)，首先需介紹目前主要經由語音頻道傳送，提供予駕駛員以增進對現況之瞭解，進而提昇飛航安全之飛行資訊服務 (FIS)。唯目前飛行資訊服務係由語音頻道傳送，爰其亦具前述語音傳輸訊息之相關缺點與疑慮。而刻正發展中之數據鏈飛航資訊服務，則使駕駛員得以經由數據鏈

自地面系統要求及接收飛行資訊服務。預期數據鏈飛航資訊服務應用將造成革命性發展，未來將可藉由定址及廣播方法提供數據鏈飛航資訊服務。

數據鏈飛航資訊服務系統主要組成包括駕駛員介面；航空器自動化系統；空對地及地對地數據鏈通訊；通訊介面；航管自動化系統；及管制員介面等。將之整合後即可構成以數據鏈為基礎通訊，供航管系統使用。

以下簡介數據鏈飛航資訊服務之需求模式及約定模式。其中在數據鏈飛航資訊服務之需求模式下，航空器可要求取得特定數據鏈飛航資訊服務資訊；對地面數據鏈飛航資訊服務系統而言，則可提供航空器所要求之資訊。此外，在數據鏈飛航資訊服務之約定模式下，航空器亦可要求取得特定數據鏈飛航資訊服務資訊；但對地面數據鏈飛航資訊服務系統而言，除提供航空器所要求之資訊外，亦將此資訊更新。

駕駛員可視需要於飛行前或飛行途中要求數據鏈飛航資訊服務，而此係屬駕駛員啟始服務之範疇，在飛行期間如駕駛員有需求時，均應隨時可以取得數據鏈飛航資訊服務。

目前提供之數據鏈飛航資訊服務服務僅限於終端資料自動廣播服務(ATIS)，未來預期可提供之數據鏈飛航資訊服務將包括：

1. 與天氣有關之機場天氣報告 (METAR/ SPECI)、機場天氣預報 (TAF) 及危險天氣警告 (SIGMET) 等，其中機場天氣報告包括一小時或半小時定期報告之例行天氣報

告 (METAR)；及機場的天氣狀況起重要變化時，如地面風，能見度，雲底高度明顯改變時，或惡劣天氣之出現或消失時等天氣明顯惡化或好轉時，機場氣象單位發出之特殊天氣報告 (SPECI)；而危險天氣警告則係當出現或預期出現雷暴、熱帶氣旋、湍流、結冰、山脈波動、塵暴、暴風沙及火山灰等天氣現象時，航空預報員向航空器發出之即時危險天氣警告。

2. 風切公告服務 (WAS)，諸如陣風鋒面之低層亂流或雷雨下方亂流導致之風切，及低空風切警告系統偵測之風切資料等公告服務；
3. 飛航公告 (NOTAM)，以提供駕駛員各類航空設施、狀態資訊及變更之公告，以及對飛航相關人員極為重要之航空設施、航空服務、飛行安全與具時效性之相關飛航資訊。
4. 跑道視程 (RVR)，使航空器駕駛員可得知在跑道中心線上，能看見跑道道面標誌或跑道邊燈或跑道中心線燈之最遠距離。

綜上可知，數據鏈飛航資訊服務可提供之飛航資訊相當廣泛，並可消弭原採語音傳輸訊息造成之困擾，實屬未來駕駛員在獲取重要即時資訊上，不可或缺之良伴。

#### (6) 飛航管制設施間數據通訊 (AIDC)

飛航管制設施間數據通訊之建置，係為藉由數據網路傳遞，供各飛航情報區之飛航服務(ATS)系統間訊息交換之用，以執行訊息告知、協調及管制交接等飛航交管工作。當資料自

飛航服務系統送出後，飛航管制設施間數據通訊即可以不同回應方式表示拒絕或同意。此外，由於各不同飛航服務系統間均需相互通訊以交換訊息，爰通訊協定及通訊格式之統一係屬重要課題。

#### (7) 飛航訊息處理系統 (AMHS)

飛航訊息處理系統專責於處理飛航動態、航空氣象、航機位置等相關飛航訊息。飛航訊息處理系統採用之訊息交換及通訊網路等協定，與目前網際網路電子郵件所採用之郵局協定 (POP) 及簡單信件傳輸協定 (SMTP) 等通訊標準協定類似，可與飛航相關資訊及鄰近飛航情報區相互傳遞交換訊息，並透過自動路由傳送已經確認，具高可靠度之飛航相關資訊。

由於國際民航組織已預定於民國 94 年全面啟用飛航訊息處理系統 (AMHS)，俾取代目前負責航空固定網內各航空固定站台間訊息交換之航空固定通訊網 (AFTN)，爰本局現亦參考鄰區建置經驗，俾利於系統過渡期間，透過連結不同網路系統之閘道器連接現有航空固定通訊網與飛航訊息處理系統。

為滿足前揭各項未來飛航通訊需求，國際民航組織業已提出包括：特高頻數據鏈 (VDL)、高頻數據鏈 (HDL)、衛星通訊數據鏈 (SCDL) 及次級搜索雷達選擇模式數據鏈等四種空對地間之數據鏈系統架構。預期在此數據鏈系統架構相關工業與資訊技術之持續發展演進下，可提供駕駛員更便利、即時之訊息，並得以降低管制員與駕駛員之負擔，有效提升飛航服務品質及飛航安全。

### 第 3 章 導航 (Navigation)

#### 3.1 CNS/ATM 之導航概論

在第 1 章概論中有關導航部分，已述及國際民航組織擬定之導航性能需求 (RNP)，其中規劃以全球導航衛星系統 (GNSS) 為唯一導航來源系統。在區域航行概念日趨成熟後，為提供航路導航信號而服務多年之多向導航台、測距儀及歸航台等，將隨全球導航衛星系統導航技術之演進而逐步退居幕後。此外，專司終端精確進場導引之儀降系統 (ILS)，亦將為可提供航路與終端導航和 I 類精確進場服務之廣域擴增系統 (WAAS)；及可提供 III/III 類精確進場服務之區域擴增系統 (LAAS) 所取代。

惟前亦述及全球導航衛星系統、全球定位系統或廣域或區域擴增系統等系統，提供導航服務之關鍵均在於正確衛星信號之取得，爰在技術上，若無法克服類似美伊戰爭中全球定位系統干擾裝置導致信號錯誤等問題，傳統助導航設備恐尚無法輕言退役。並且美國在歷經 911 恐怖攻擊事件後，亦為因應衛星導航信號若遭恐怖分子干擾導致航機受到錯誤指引，轉而思索全面採用衛星導航取代傳統導航設備之可行性。爰在未來將多向導航台、測距儀、歸航台及儀降系統等傳統助導航設施轉換為全球衛星導航之過程中，仍需注意在防制衛星信號干擾等技術上之相關發展，並考量過渡期間之備援，以維飛安。

以上簡述目前及未來 CNS/ATM 中之導航發展，在下節中將分別針對數全球導航衛星系統 (GNSS) 架構及其系統中之靈魂系統 -- 全球定位系統 (GPS) 做進一步闡釋，並描述全球定位

系統之誤差來源及消除方法等。此外，並將對以衛星為基礎之擴增系統（SBAS）中之廣域擴增系統（WAAS）；以及以陸地為基礎之擴增系統（GBAS）中之區域擴增系統（LAAS）之經濟效益做分析。

### 3.2 未來導航要角 - 全球導航衛星系統（GNSS）

自 1980 年國際民航組織提出有關未來空中導航系統（FANS）觀念以來，咸認達成未來空中導航系統之最基礎建設即為全球導航衛星系統（GNSS）之建立。此外，國際民航組織在 1999 年發行之導航性能需求（ICAO Doc9613）中，除針對航機隔離、航路規劃、飛航交通密度及管制員介入能力等明定基本指標外，並將全球導航衛星系統規劃為未來唯一導航來源系統，提供航機自起飛至降落期間，包括航路、終端及精確進場等導航服務。

時值 2003 年，環顧全球，將衛星導航運用於航機之航路及終端之非精確進場、精確進場或離場等施行實例已相當普遍，對民航事業之拓展，以及航空相關業者商機之延伸，頗有助益。其中尤以全球各地中，部份受天然地障限制，無法對往來航機提供完整精確導航信號之區域，如今已有另一較佳選擇。除此之外，如眾所週知，衛星導航系統之應用範圍不僅侷限於供航空導航之用，對海上及陸上交通工具之指引亦不失其功，爰其發展對全球陸、海、空運輸安全之提昇上，均多了一層保障。以下即簡述其相關議題。

全球導航衛星系統中之全球定位系統 (GPS)，所需考量之可能誤差來源包括：

### (1) 電離層延遲誤差

電離層約在距離地球表面 50 至 500 公里之大氣範圍，由於在此範圍內充滿大量離子化之微粒子及電子等，且其中所含電子性質不穩定，而衛星訊號在傳播過程中，經過大氣層時即受電離層折射影響而產生傳播延遲，爰該層對無線電信號之影響極大。此種誤差在太陽黑子活動週期頻繁，導致電子密度劇烈變化時尤為嚴重。此外，在對電離層延遲修正之考量上，亦需將衛星高度，亦即接收機之緯度納入計算。目前係將接收機雙頻運作，以消弭此延遲誤差。

### (2) 對流層誤差

對流層約在自地球表面起算至約 40 公里處之大氣範圍。對流層與電離層相異處在於其係屬中性大氣範圍，爰其對衛星信號之影響與頻率無涉，無法利用同時接收雙頻信號之方式消除其所造成之誤差。目前係以數值模式推估其各影響參數大小後，將該等參數輸入預設演算法中加以修正。

### (3) 週期波未定值誤差

週期波未定值誤差之起因在於相位係時間之連續函數，爰當接收機接收到衛星信號時，該信號之相位值與接收機本身之振盪相位值係屬帶有小數之連續週期波值。此外，載波相位接收值本身亦應為連續的週期波值。然而接收機所測得之相位值與接收機本身之振盪相位值間之差值僅係小數部分之週期波值，而衛星與



接收機間之正整數週期波值則無從得知。而在接收機啟始接收時，其本身會自行計算產生一個近似整數之週期波值，此近似整數之週期波值與實際整數之週期波值間之差值，即為所謂之週期波未定值。目前係以三次差分法，或前後相位差分法等數值方法解決此誤差。

#### (4) 週期波損失誤差

當衛星信號在傳播過程中，因受外界干擾導致中斷時，即無法持續進行相位追蹤，直到重新再鎖定衛星信號後，方得恢復正常相位追蹤。然而縱使得以持續追蹤小數之週期波數，但由於中斷期間造成相位連續累積之數值所產生偏差，將使整數週期波產生不連續現象，致使無法施行正常計算，此一現象即稱之為週期波損失。目前係以其它補救方法重返正常計算。

#### (5) 多重路徑效應誤差

多重路徑效應係指衛星信號為鄰近接收天線之周邊障礙物表面反射，導致與直達衛星信號間干擾所致。惟此多重路徑效應不易偵測，且有時難以避免。所幸其所致誤差一般不大。

#### (6) 精密值稀釋度 (DoP) 誤差

衛星信號接收結果受衛星與接收天線間之三維相對位置，諸如緯度、經度、高程和時間等影響甚鉅，而其所導致之誤差即為精密值稀釋度誤差。目前已知有數種數學模式可用以計算此誤差。

除上述六種外，尚需考量之誤差來源包括星曆誤差及衛星時鐘誤差與接收機時鐘誤差等。

由上述可知，與傳統導航系統相較，全球導航衛星系統中之全球定位系統所需考量之可能誤差來源雖然繁多，但由於其所處位置關係，爰受一般地形限制程度較低。

航機若使用全球定位系統信號，並佐以慣性導航（Inertial Navigation）及高度計（Altimeter）等相關輔助方式，即可達成更高品質之導航服務。在美國，將全球衛星定位系統科技應用於越洋、航路以及非精確進場等已行之多年，對飛航安全之提昇及空域容量之擴增均有極顯著之成長。此外，更戮力於全球衛星定位系統之現代化、系統妥善率之提昇，以及服務連續性之加強，俾能供作航機精確進場之用。本局標準組亦已於 2000 年開始將全球定位系統應用在各機場電台裝備信號之飛測應用上，對精確度之提昇及地面配合飛測人員之便利度上，均有莫大助益。

全球導航衛星系統之使用，除可提昇航空安全性外，復因其使得航線之規劃更具彈性，故預期可大幅降低各航空公司之營運成本。由於全球導航衛星系統具備上述諸多優點，爰預期在可見之未來，將成為全球最主要之導航輔助系統。然而迄今，單獨將全球導航衛星系統運用在導航上，尚無法完全符合民航要求。此外，美國在歷經 911 恐怖攻擊事件後，對衛星導航之策略亦有所修正。然而慘痛之經驗，應成為思索改進之催化劑，而非阻礙前進之藉口。爰預期全球仍將繼續施行補強措施，逐步完成諸如廣域擴增系統（WAAS）、歐洲同步衛星導航覆蓋系統（ENGOS）、多功能運輸衛星系統（MTSAT）等以衛星為基礎之擴增系統（SBAS）；以及以陸地為基礎之擴增系統（GBAS），例如美國發展中之區域擴增系統（LAAS）等。筆者此次赴美國聯邦航空

署受訓期間，有幸至奧克拉荷馬大學之廣域擴增系統/區域擴增系統研究中心參觀，並攜回該中心針對廣域擴增系統/區域擴增系統飛測結果比較所做之簡報資料，可供參考（附錄一）。

運用全球導航衛星系統確能減少地面導航設施之配置，並進而降低構建與維護成本。此外，就現況而言，一套完整儀降系統之建置價格不下台幣千萬，若加計整地等相關費用則更為可觀，惟其僅能提供一條精確進場跑道使用。而預期單套廣域擴增系統即能近乎涵蓋了美國聯邦航空總署推動之國家空域系統(NAS)範圍內所有機場，並提供 I 類精確進場服務。此外，單套區域擴增系統即能涵蓋一個機場內之所有跑道，並足以提供 II/III 類精確進場服務。雖說如此，完全以全球導航衛星系統取代傳統導航設施之可行性，以及實際施行全球導航衛星系統後，尚需保留多少傳統導航設施以備不時之需，目前尚無定論。

綜上言之，目前導航及儀降系統未能涵蓋之範圍，衛星導航皆能提供服務，此外，傳統導航受限於地面助導航設施之設置地點，無法以最短路徑飛行，若使用衛星導航，即可將天候、風向等影響安全與耗油之因素納入考量，使駕駛員得以依區域航行方式，選擇最經濟之路徑飛行。再者，運用衛星導航，將使得可提供精確進場之機場及跑道數量與機會增加，因而達成提昇飛航安全之效果。

## 第 4 章 監視 (Surveillance)

### 4.1 CNS/ATM 之監視概論

監視系統係飛航管制單位用以掌握即時航機動態不可或缺之良伴；航機飛行時，監視系統所提供之航機動態資料亦可使航機瞭解週遭狀況。在第 1 章概論中有關監視部分，已述及初級搜索雷達(PSR)與次級搜索雷達(SSR)之運作原理，及其所受限制如傳播視界限制；在部份地區涵蓋不足；以及在時間延遲估算誤差範圍與角度解析度上之限制等。為彌補上述缺失，未來一般將採併行使用自動回報監視與次級搜索雷達方式施行監視作業。

目前，民用航空局於全島裝設有各式雷達共九座，以掌握航機動態，其中包括偵蒐距離可達 220 哩之三貂角及鵝鑾鼻航路用長程雷達；偵蒐距離達 90 哩之馬公中程雷達；以及偵蒐距離約達 60 哩之松山、中正、台中、高雄、花蓮、台東等機場終端用雷達。此外，另有增設中之中正終端用雷達乙座，預計於明(93)年度 5 月完成。就現有各雷達涵蓋範圍而言，僅小部份區域於一定高度範圍下無法涵蓋，惟並無妨於對航機之監視及管制，足敷本飛航情報區內需求。然而，本飛航情報區之空域狹小而航行密度高，為使航管單位得以掌握雷達涵蓋範圍外之航機動態，並使航機獲取重要之航行相關訊息，仍需考量建置自動回報監視系統，以補次級搜索雷達之不足。此外，在自動回報監視系統建置完成後，亦可提供對航機動態之監控；利於諸如跑道、滑行道之使用，空橋、停機坪之調度等機場資源之安排；並可協助諸如航機維護、油料補給、零件傳輸、行李運送及機組員派遣等地勤支援服務。使得航管單位、航空站及航空公司在場內

之相關作業準備時間更為充裕。

以上概述本局雷達設置及涵蓋範圍現況，以及未來自動回報監視系統建置完成後，可提供之其它服務，在下節中將分別針對自動回報監視(ADS)系統功能、類別、應用及其所使用之數據鏈等，做進一步描述。

#### 4.2 未來監視樞紐 - 自動回報監視(ADS)

前已於第2章之數據鏈應用中概述自動回報監視之基本功能。而依自動回報監視之基本性能，可將其區分為選址式/約定式自動回報監視(ADS-A/C, ADS-Address/Contract)系統及廣播式自動回報監視(ADS-B, ADS-Broadcast)系統等兩大系統。

其中在選址式/約定式自動回報監視(ADS-A/C)系統中，係藉由航空通訊網路之數據傳輸，定時將航機的方位、高度、距離等資料自動回報予地面航管單位，俾利航管人員監視航機動態及實施航機隔離等。若採用選址式自動回報監視系統，則可進行高可靠度之雙向通訊，然而其即時性較低，一般僅適用於雷達訊號無法涵蓋之區域。此外，選址式自動回報監視系統又名為約定式自動回報監視系統之因在於其數據傳送方式，係基於航機與地面站台間事前建立之相關約定工作模式而定，而其約定之工作模式共計四種，包括要求約定、週期性約定、事件約定及緊急約定等。

此外，在廣播式自動回報監視(ADS-B)系統中，係藉由數

據鏈之傳輸，將航機位置、高度、速度及航向等資訊，以廣播方式傳遞予地面航管系統或是其它航機，利用此系統即可有效達成防撞預警、自動監視以及空域管理等各項目的。再者，廣播式自動回報監視係屬即時性高之單向播放系統，經由該系統之廣播，可大幅增進駕駛員對周圍環境即時資訊之瞭解。

廣播式自動回報監視系統使用之數據鏈有三種，其中包括選擇模式 (Mode S) 廣播數據鏈、全方位無線電收發機 (UAT) 廣播數據鏈及第四模式特高頻數據鏈 (VDL Mode4)，以下即分別針對這三種數據鏈做概略描述：

#### (1) 選擇模式 (Mode S) 廣播數據鏈

選擇模式廣播數據鏈可提供包括空對空及地空間通訊之用。其所使用之詢答頻率與次級搜索雷達相同，均為 1030/1090 兆赫，相異處在於為解決次級搜索雷達電碼數不足之問題，在選擇模式中採用 24 位元定址。此外，在選擇模式中詢問及詢答中，採用之調變技術分別為差分式相移鍵制 (DPSK) 及脈衝位置調變 (PPM) 技術，使得選擇模式之每秒總數據傳輸率可達 92.5 仟位元。

以下概述採用選擇模式之優缺點，其中：

採用選擇模式之益處在於：

1. 使用頻率 1030/1090 兆赫係屬現用而非新增頻率；
2. 國際民航組織已針對選擇模式在廣播式自動回報監視之應用建立標準及作業建議 (SARPs)；

3. FAA 與 EuroControl 組成之小組已制定選擇模式相關最低效能需求標準，而符合此評估標準之航電設備已具市售產品；及
4. 選擇模式監視資料中可將其它機載航電設備資料參數納入，利於航管單位進一步掌握航機位置與航向。

而採用選擇模式之缺點在於：

1. 由於使用 1030/1090 兆赫頻率之系統包括次級搜索雷達、選擇模式跳頻廣播器及空中防撞系統 (ACAS) 等，爰當此頻率為多重系統使用時，降造成傳輸速率下降；及
2. 在空對空之應用上，其最遠傳輸距離僅為 80 哩，僅可供短距監視之用。

## (2) 全方位無線電收發機 (UAT) 廣播數據鏈

為利於航機駕駛員對諸如氣候狀態、週遭航機資訊及本身所需航機指引資料等各類即時更新訊息之掌控，俾利自由飛行概念之實行暨飛航安全之提昇，始孕育出全方位無線電收發機廣播數據鏈。

目前全方位無線電收發機之研究發展係由 FAA 委託麥特 (MITRE) 公司之先進飛航系統發展中心 (CAASD) 負責其系統發展及相關系統測試，俾使此功能強大之廣播數據鏈更為完備，以下茲就全方位無線電收發機可支援之兩種廣播類型做概略介紹：

1. 來自航機之廣播

可支援空對空及空對地間之廣播監視應用。而其所傳遞之資訊包羅廣泛，舉凡航機位置、航速、航向及其它航機相關資訊等，均在其範疇之內。此種傳輸類型亦即所謂的廣播式自動回報監視，亦為日後實際達成自由飛行之夢，不可或缺之基石。其與藉由與地面航管單位之約定模式而操作之選址式/約定式自動回報監視大相逕庭，舉凡在訊息可傳遞範圍內者，均可接收與使用廣播式自動回報監視之報告訊息，達成彼此袒裎相見，互無保留之功。爰可將廣播式自動回報監視視之為一種協同服務系統，其與各航機機載裝備之相關度極高，並可因資源共享而將彼此裝備之使用效應發揮到極致。

## 2. 來自地面之訊息上鏈（uplink）廣播

除上述來自空中航機之廣播監視應用外，尚有來自地面站台之訊息上鏈廣播。而此種來自地面之訊息上鏈廣播可支援之資訊可概分為飛行資訊服務廣播（FIS-B）及交通資訊服務廣播（TIS-B）兩類。其中飛行資訊服務廣播係藉由全方位無線電收發機，以上鏈廣播諸如機場天氣、風切報告等天候狀況，以及諸如：機場、助導航設施、特殊使用空域與障礙物等飛航情報。交通資訊服務廣播則係藉由全方位無線電收發機，以上鏈路廣播來自諸如次級搜索雷達等地面監視系統之交通資訊服務。

由上述可知全方位無線電收發機之應用包括空對空、空對地以及地對空之資訊交換傳遞。此外，由於全方位無線電收發機之發展基礎，係在約2MHz頻寬之單一頻率下運作，爰其不僅可利用既



有之通訊技術及設備提供廣播服務，無需過多額外硬體上之投資花費；更可在任何空域密度及機場場面狀況下不間斷運作。

除上述全方位無線電收發機之外，先進飛航系統發展中心亦發展出與廣播收發機連結之地面廣播伺服器（GBS）。地面廣播伺服器可處理透過廣播資料鏈收發之資料，並可充作終端系統與廣播架構間之介面。亦即經由地面廣播伺服器之訊息處理後，可將來自各處之資訊上傳至航機；航機亦可將其所得資訊下傳至地面廣播伺服器，經由地面廣播伺服器處理後再傳送至諸如航管單位、區管中心或其它單位等需求單位。此種地面廣播伺服器/全方位無線電收發機（GBS/UAT）系統之測試可溯自1995年11月起，自該時至今，經由不斷地更新修正後，測試機已可交換廣播式自動回報監視訊息，並即時接收來自地面裝備之上鏈廣播。目前，該地面廣播伺服器/全方位無線電收發機系統已正式納入FAA之相關計劃中施行。在阿拉斯加西南部區域中，亦有超過百餘架航機已安裝了全方位無線電收發機系統，在該雷達無法涵蓋區中，提供航機與雷達類似之服務，成果斐然。

### （3）第四模式特高頻數據鏈（VDL Mode4）

第四模式特高頻數據鏈係源自瑞典民用航空局於1994年提出之數位數據鏈。原設計之應用主要在於供導航及監視所需之即時空對空及地對空數據通訊用，廣播式自動回報監視即為其應用之一，其它尚有全球定位系統增廣訊息等傳遞應用。為使第四模式特高頻數據鏈得以涵蓋航空通信網路之通訊規範與通訊協定，國際民航組織亦擴充研擬原訂之第四模式特高頻數據鏈規範。預期新律定之第四模式特高頻數據鏈不僅得以符合航空通

信網路中之航空數據鏈通訊規範，並可提供非航空通信網路以外之數據鏈功能。

所律定之第四模式特高頻數據鏈使用頻率為 118 至 137 兆赫，頻寬為 25 仟赫。第四模式特高頻數據鏈之通訊電波可選用之調變方式有二種，其一與第二模式特高頻數據鏈（VDL Mode2）之調變方式相同，採用所謂之調相-差分式編碼八相移鍵制（PM-DE8PSK）調變方式；另一則採調頻-高斯濾波頻移鍵制（FM-GFSK）。在調頻-高斯濾波頻移鍵制中採用兩種高低不同之頻率，當傳輸數據位元為“0”時，高低頻率交互變化，而當傳輸數據位元為“1”時，則頻率維持原狀不變。其中當頻率高低交互變化時，高斯濾波頻移鍵制利用高斯濾波器降低頻率變化率，俾以較為平順之方式完成頻率轉換，達成降低通訊波道頻寬之效。就數據傳輸速率而言，調相-差分式編碼八相移鍵制之數據傳輸速率為每秒 31.5 仟位元，而調頻-高斯濾波頻移鍵制為每秒 19.2 仟位元。雖然調相-差分式編碼八相移鍵制之數據傳輸速率較高，然而調頻-高斯濾波頻移鍵制在對導航與監視應用上相對較為重要之信號鑑別率（DUR）上較佔優勢。因此，調相-差分式編碼八相移鍵制與調頻-高斯濾波頻移鍵制分別在數據傳輸率與信號鑑別率上各領風騷，爰採用何種調變方式，端視其應用取向而定，並非絕對。

第四模式特高頻數據鏈之通訊路徑存取方式與分時多重擷取（TDMA）類似，但由於其採行者係由使用者自行掌控之分時多重擷取，爰稱之為自主性分時多重擷取（STDMA）。就其基本原理而言，不論是分時多重擷取或自主性分時多重擷取技

術，均將單一通訊頻道按時間劃分成許多時縫，各使用者均可將其訊息放入不同時縫中傳輸，如此一來，即可同時容許不同使用者共用同一通訊波道，並且使得傳輸訊息不至相互干擾。但在分時多重擷取技術之應用中，須於數據傳輸之時縫間加入控制訊息，俾確保使用者可於正確時間點接收或傳送數據。而就自主性分時多重擷取技術言之，不論對空中或是地面之使用者而言，均採國際標準時間（UTC）做為共同時間源以收同步之效，爰可以絕對時間點作為存取通訊頻道中之時縫依據。因此，通訊頻道即可純供傳輸數據之用，無需另加同步訊號，爰得以提昇通訊容量。

以下繼續針對第四模式特高頻數據鏈中之自主性分時多重擷取技術做進一步闡釋。在自主性分時多重擷取中將一分鐘定義為一超時框，並將一超時框劃分成四仟五百個時縫。對每一使用者而言，均具有在某一通訊頻道下之四分鐘時縫佔用狀況圖。當使用者欲傳輸資料時，可先參考時縫佔用圖，俾利取得可用時縫，供傳輸之用。由於時縫長度極短（每一時縫長僅 1/4,500 分鐘），爰對較大量之數據傳輸或需頻繁往返之通訊應用而言，自主性分時多重擷取亦另提供所謂之預約功能，使用者可依時縫佔用圖保留時縫，並將預約訊息通知其它使用者，俾便未來使用。

綜上所述，概摘採用第四模式特高頻數據鏈之優缺點，其中：

採行第四模式特高頻數據鏈之優點如次：

1. 利於整體通訊之彈性運用；
2. 除提供航空通信網路之數據鏈通訊外，尚可提供非航空通

信網路之數據鏈通訊；

3. 可支援具時效性之應用功能；
4. 得以同時整合廣播式自動回報監視及其他空對空之通訊應用。

採行第四模式特高頻數據鏈之缺點在於：

1. 由於自主性分時多重擷取技術過於倚重外來時間源，若因全球定位系統時間或原子鐘時間等國際標準時間來源出現問題，則易產生單點故障等缺失。
2. 在通訊與監視功能整合後，引發之裝備備援等問題。

以上已概述廣播式自動回報監視系統可選擇使用之選擇模式廣播數據鏈、全方位無線電收發機廣播數據鏈及第四模式特高頻數據鏈等三種廣播數據鏈，其中包括所採行之通訊技術、應用範圍及優缺點摘錄等。而日前 FAA 與 EuroControl 組成之小組依未來需求評估後，傾向同時採用適於短程廣播式自動回報監視應用之選擇模式廣播數據鏈，以及適於中長程廣播式自動回報監視應用之第四模式特高頻數據鏈。惟由於選擇模式廣播數據鏈、全方位無線電收發機廣播數據鏈及第四模式特高頻數據鏈等三種廣播數據鏈各具千秋，亦各有不足，在未來之建制上，仍需視各國監視系統涵蓋情況而因地制宜，此外，經濟效益因素亦屬不可或缺之考量範圍。

## 第 5 章 飛航管理 (ATM)

在以上第 2 至 4 章中，已分別描述通訊、導航及監視系統之相關應用與技術，上述之通訊、導航及監視系統演進，目的不僅在提昇系統本身穩定度，亦在於便利飛航管理 (ATM) 之施行，俾整合強化確保地面與空中系統功能，使所有地面與空中系統均可獲得相關之必要即時資訊等。而飛航管理之主成分包括飛航服務(ATS)、飛航流量管理(ATFM)及空域管理(ASM)，其中：

### (1) 飛航服務(ATS)

飛航服務係先進航管系統中重要之一環，提供之服務包括飛航管制、飛航情報或警示服務/守助服務等。其服務目的如次：

1. 提供航機關於諸如機場天氣，以及航機延遲或壅塞等機場相關資訊；
2. 航機與航機間或航機與地障間之碰撞防範；
3. 維持空中交通流量之順遂與快捷；及
4. 逢航機需要援助時，協助知會相關搜救單位。

### (2) 飛航流量管理(ATFM)

飛航流量管理可協助管制員判斷並以最有效率方式管理空域及機場容量，因而得以減少航機到站延誤情況發生，進而降低航空公司營運成本，並利於有效率地規劃飛航交通，使之順暢。其系統主要功能包括：

1. 定期提供諸如機場與相關設備狀態，以及離到場頻繁度

與氣象資訊等所有系統設施之狀態資訊，並即時提供對未來飛航流量評估結果之預測與顯示；

2. 預測航路上之航機擁塞程度，提供空域中實際航機量之監控與警示，並分析各航路區域容量，俾憑決定適於該航路區域之飛航負荷；
3. 利用長期航路區域容量分析結果彙整成之資料庫，估算流量管理策略，以平衡需求與容量；
4. 利用長期分析結果決定航機停留在地面上所需等待時間，俾降低航機在空中盤旋機率，以利航空公司搏結成本，並減輕航管人員負擔；
5. 彙整地面與天候平均延遲時間資料，並參考其它決定航路之策略，俾利進行各類流量模式分析；
6. 利用到場時間管制分析，提供各機場實際到場需求與原預期之機場容量差異比較，並提供各航管作業中心所需之到場航機排序顯示，此外，並顯示並分析離場相關資訊，俾預估離場許可所需耗費時間；
7. 綜整前述相關飛航資訊分析之歷史資料庫，俾利長期規劃之參考。

### (3) 空域管理(ASM)

採取空域管理，可在現有空域架構下，藉由動態時間分享或空域分類隔離，俾以彈性方式使用空域，達成充份使用空域之功。

以上已概述飛航管理主要組成之飛航服務、飛航流量管理及

空域管理之功能。目前本局設置之航管自動化系統(ATCAS)係由台北區域管制中心航路自動化系統(TACCAS)及終端自動化系統(TCCAS)組成,可提供台北飛航情報區內飛航管理之功能。惟該現役航管自動化系統中並無飛航流量管理功能,爰無法有效彙整為達成飛航流量最佳化所需之相關歷史數據,導致航機起降頻繁之機場,偶有航機壅塞延遲之虞,不僅造成航空公司及航機旅客之困擾,亦加重航管人員在航機導引上之負擔與壓力。未來應隨世界潮流,建置具飛航流量管理(AFTM)、自動回報監視(ADS)、管制員對駕駛員數據鏈通訊(CPDLC)及其它相關功能之現代化航管自動化系統,俾使飛航服務更趨完善。

## 第 6 章 結論

由前數章節中所述可知，本局刻正積極推動之「通訊、導航、監視/飛航管理(CNS/ATM)發展建置計畫」中所含項目眾多，需考量之範圍甚廣，且目前尚有許多技術猶處萌芽階段，未盡成熟。爰值此世代交替之際，除應多參加國際相關會議及研習，俾利與國際發展接軌外，亦應多利用網路自行吸收最新相關發展資訊，俾期盡量縮減新手上路之陣痛期，及早達成新路上手之途，以維「飛航安全，世界一流；飛航服務，顧客滿意」。



## 伍、建議

1. 已知數據鏈係未來負責航機與地面系統間各類例行及非緊急性資訊交換之主要通訊方法，然而仍需保留語音通訊供緊急通訊之用。目前本飛航情報區之特高頻（VHF）數位語音交換系統（DVCSS）涵蓋已足，且暫無語音壅塞之虞，爰可視國際通訊技術發展情況再行決定未來語音通訊系統架構。
2. 廣播式自動回報監視(ADS-B)系統可使用之數據鏈包括選擇模式（Mode S）廣播數據鏈、全方位無線電收發機（UAT）廣播數據鏈及第四模式特高頻數據鏈（VDL Mode4）三種，依 FAA 與 EuroControl 組成之小組依未來需求評估結果顯示，目前任一數據鏈均無法符合所有評估項目，然兩兩組合則可。未來則傾向同時採用適於短程廣播式自動回報監視應用之選擇模式廣播數據鏈，以及適於中長程廣播式自動回報監視應用之第四模式特高頻數據鏈，可供我國在廣播式自動回報監視之廣播數據鏈選擇上之參考。
3. 台灣地狹人稠，爰機場周邊及電台附近之禁限建規範，時常背負著阻礙地區發展之責難，希冀伴隨全球導航衛星系統之發展，逐步將傳統助導航設備系統轉為備援，俟全球導航衛星系統穩定後，再行退役，俾利土地之靈活運用。
4. 由於本台北飛航情報區目前所使用之雷達系統已能近乎涵蓋本區需求範圍，爰未來本區對航機動態之監視仍將以現

有雷達系統為主，然仍應建置自動回報監視系統，俾利掌握雷達涵蓋範圍外之航機動態，並做為雷達監視之備援系統。

5. 衛星對未來通訊、導航、監視/飛航管理之重要性不言而喻，惟就美伊戰爭之經驗可知，若在技術上無法克服類似全球定位系統受干擾情況等疑慮，且在尚未決定實際施行全球導航衛星系統後，應保留多少傳統通訊及導航等設施前，採用新舊設施併行以互為備援之情況，似不可免。爰對未來過渡期間之維護成本；舊裝備汰換年限是否延長；以及航管與航電人力負擔上應預做考量。
6. CNS/ATM 之建制工程浩大，牽涉眾多，在所需經費及後續維護等問題之考量上，均非眾人戮力不得盡其功。筆者過去曾參加本局訓練所舉辦之價值工程課程，其中所述分析方法曾為台北捷運局等單位進行重大工程前，用以評估需求經費、使用效能等議題之用，效益頗佳。爰此，建議於 CNS/ATM 建置中，選擇部分具重大影響處，參考使用該分析方法。
7. 預期在開始逐步建制 CNS/ATM 相關計劃後，隨著新設備之增加，若現有人力不堪負荷，所需額外人力又無法獲得補充時，則採取維護外包方式恐係在所難免。惟航空業觀之雖廣，在部分領域上，實屬寡佔市場，爰未來究以培育自身維護人力為先，避免受外宰制；或以外包維護為主，思索合約內容以符雙方效益，可預作沙盤推演，俾於搏結開支之基礎上，利於業務推行之順遂。

## 陸、結語

此次單獨赴美，自覺獲益良多。由於美國自發生 911 恐怖攻擊事件後，各國對赴美研習、進修及旅遊等，均有所顧忌，致使 FAA 辦理之各類航空進修課程招生情況亦受連帶影響而大不如前。爰參加此次 CNS/ATM 課程人數僅只三人，但亦因學員人數較少而使得彼此較為熟稔，課堂及課後互動頗佳。其它兩位學員分為來自坦尚尼亞 (Tanzania)，專事機場通訊維護業務之 Charles Thomas，及來自加拿大 (Canada)，職司航電設備檢查員之 E. Earle DePass。由於加拿大之航電單位非屬國營，故由政府聘僱專業人員執行各類航電設備檢查，以確定設備參數、信號屬正常範圍。筆者亦自 Earle 處取得其依 ICAO ANNEX10 及相關文件資料制定之各式航電設備檢查表 (包括 ILS、VOR、NDB、COM、HF、VHF 及 SSR)，可供做本局因應明 (2004) 年國際航空安全協會 (IASA) 安全查核前之參考資料。

另值得一談處在於雖然參加此次 FAA 舉辦之 CNS/ATM 課程人數不多，但 FAA 在提供之課程服務方面未見稍減，主講教官有兩位，分別為來自德州，自己擁有牧場及數拾匹馬，看來略具西部牛仔倜儻風采的 Doug Andersen 先生；以及具德國血統，理著大光頭，活似狂熱納粹黨的 Tim Schroeder 先生。兩位教官均係資深航管人員轉任之國際航空訓練計畫經理，上課態度極為認真，教材內容除精心編制，取材自 FAA 專案、ICAO 文件及世界知名航空服務廠商等之簡報資料外，並包含許多相關短片及現場教學。此外，在遇到學員有興趣深究之主題時，亦立即或於課後搜尋相關網站或文件以提供指引。若涉及較專業之技術部分問

題，主講教官不克答覆處，則由 FAA 導航設備訓練中心之助導航專家 Brenda 女士負責解答或代為洽詢相關專業單位人員。

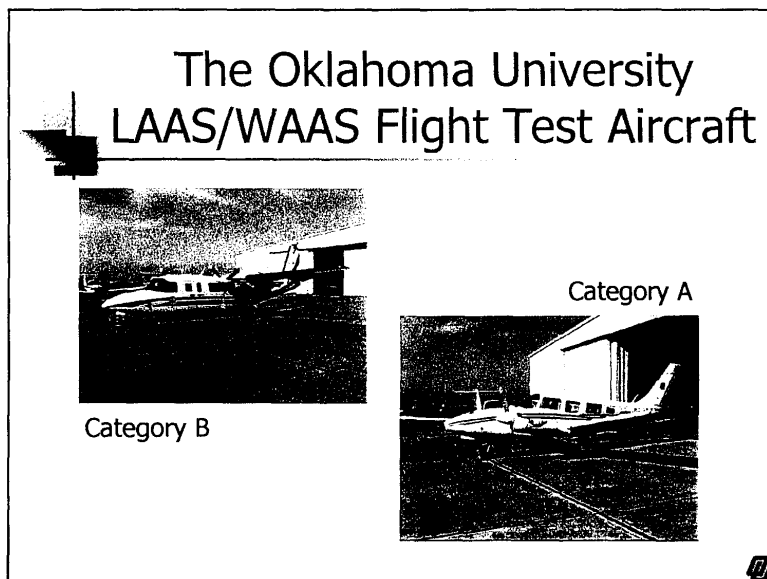
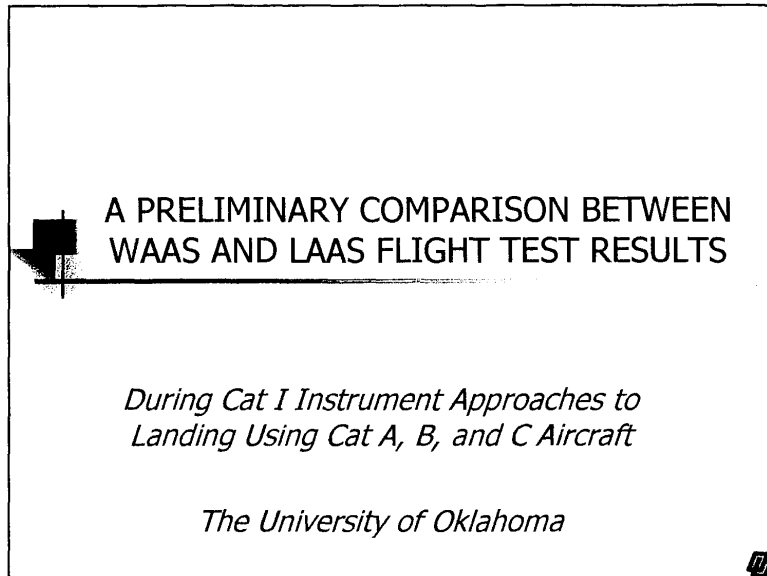
猶記得數月前本總台陳副總台長國清於網路上搜尋助導航相關資料時，偶見末端發射型滑降台天線系統 (EFGS)，即囑筆者續探索收集相關資訊。此次於美國 FAA 導航中心參觀時，恰見與慣用之映像型滑降台天線系統 (IGS, Image GS Antenna System) 大異其趣之末端發射型滑降台天線系統 (EFGS, End-Fire GS Antenna System)，並得以收集到末端發射型滑降台天線系統之較詳細資料。該末端發射型滑降台天線系統類似於具有垂直導航資訊之雙頻捕捉效應左右定位台；在垂直面上為單頻滑降台，在水平面上則為具捕捉效應之滑降台，當擬設置滑降台處前方具土丘起伏等障礙物而整地不易或成本過高，而無法提供符合映像型滑降台天線系統標準所需之反射平面時，即可考慮以天線前方無需反射平台之末端發射型滑降台天線系統取代映像型滑降台天線系統。

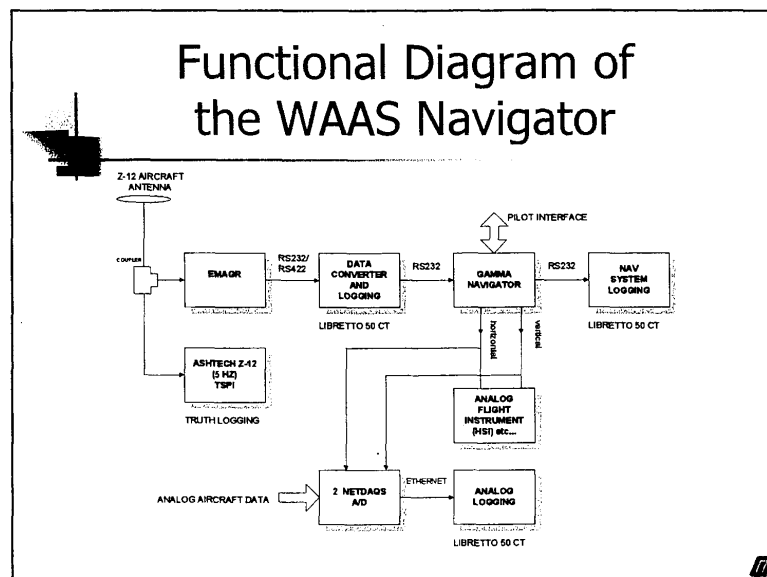
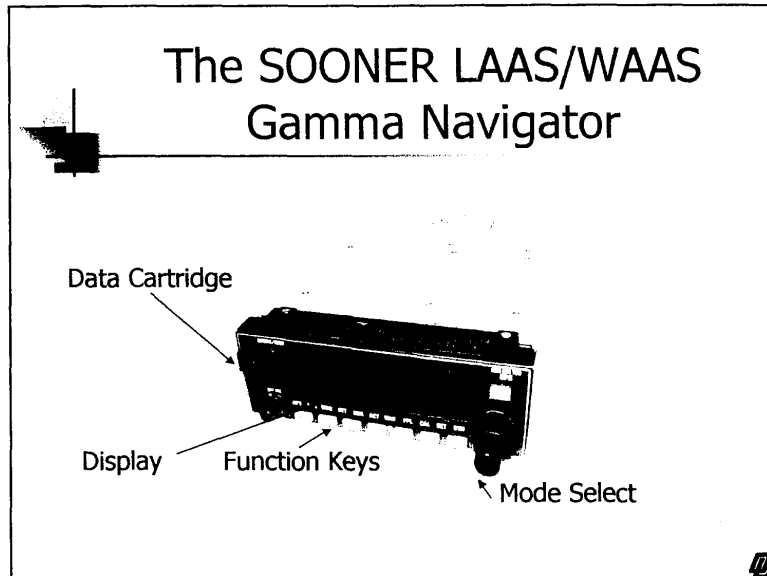
臨出國前，受本航電技術室李建國主任之囑，蒐集 FAA 助導航設備維護及維護單位值班席位計算標準等相關資料。於 FAA 受訓期間，經 Brenda 女士惠予協助提供 FAA 編制之助導航設備維護手冊共計三冊，其中包含儀降系統 (ILS)、多向導航台 (VOR)、戰術導航儀 (TACAN) 及測距儀 (DME) 等主要助導航設備。目前本總台亦在民用航空局助航組彭雄武科長指導下成立「助導航設備維護手冊編纂小組」，由本室李建國主任擔任小組組長，召集本總台所屬各裝修區台以各區台既有維護手冊為基，並參考該等 FAA 維護手冊暨 ICAO ANNEX10 等相關資料，著手依序進行

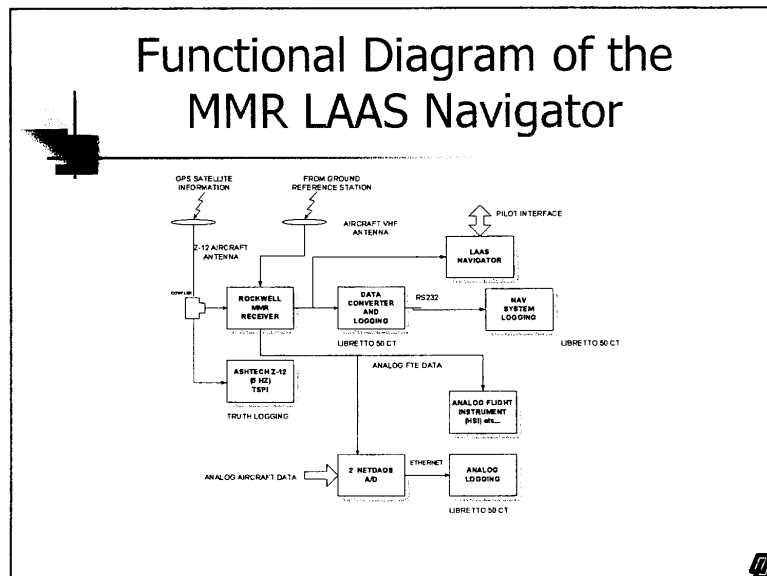
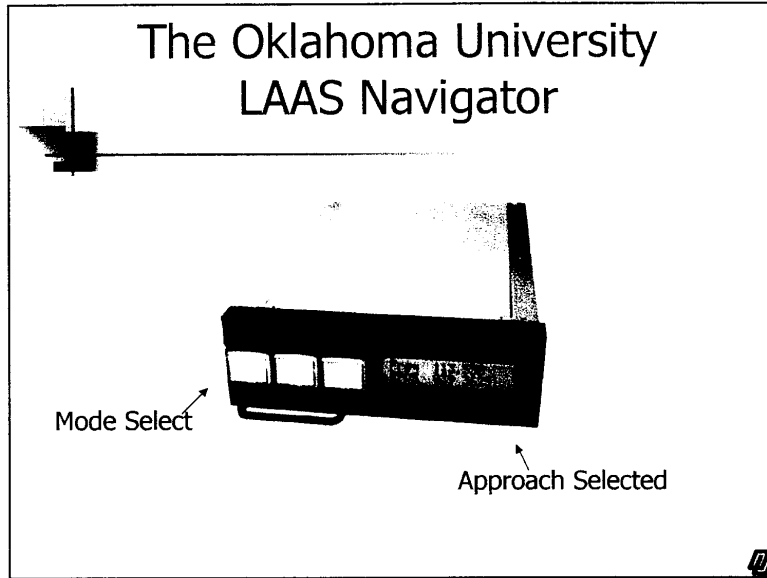
左右定位台 (LLZ)、滑降台 (GS)、信標台 (Marker) 及測距儀、多向導航台等助導航設施之維護手冊編纂，以統一本總台所屬各區台助導航設備維護手冊內容，暨配合民航標準年與因應 2004 年國際航空安全協會飛航服務安全查核。

另有關本室李建國主任為因應近年來政府員額縮減政策，本總台航電維護人力亦有日趨吃緊之虞，亟思合理有效配置方式，而囑筆者蒐集之「維護單位值班席位計算標準」資料方面，Brenda 女士復以因該計算標準所涉廣泛，影響因素眾多，舉凡維護人員經驗、資歷暨裝備類型、壽齡、穩定度等均在考量範疇之內，在 FAA 位於華盛頓之總部具有經長期研究後所得之電腦計算程式，惟該程式牽涉之數值計算繁雜，因而十分龐大，爰 Brenda 女士前已連絡 FAA 總部提供較為簡易之計算方式，刻正由 FAA 總部研募中，經筆者以電子郵件聯絡 Brenda 女士結果，預計於本 (92) 年 7 月中旬前可完成，提交我國供指引之用。祈於獲得該資料後，得提供上級長官卓參，或可以類似六個標準差 (Six Sigma) 之做法，建構有效率之組織人力資源分配，俾以最經濟方式，提供最妥善之飛航服務品質。

最後，在此感謝人事行政局提供赴美研習機會，並感謝交通部、民航局暨總台各級長官、同仁在申請作業及其它業務上之協助，此外，尚要感謝家人的支持，使此次 FAA 之行，得以順遂圓滿。

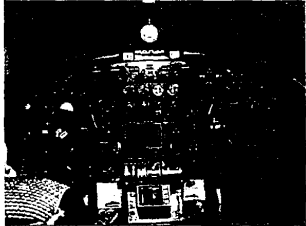









### LAAS/WAAS Gamma Navigator in the Oklahoma Host Aircraft




Category B

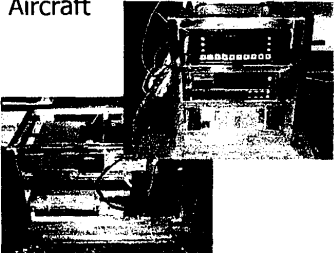


Category A

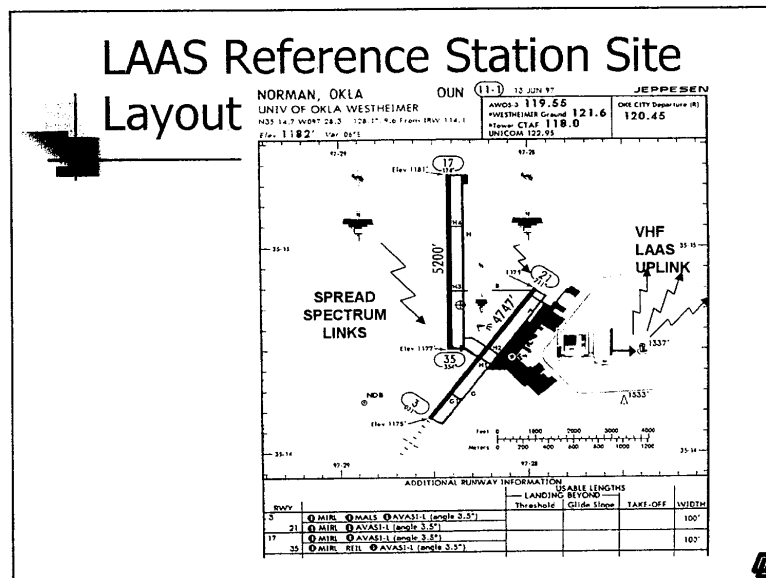
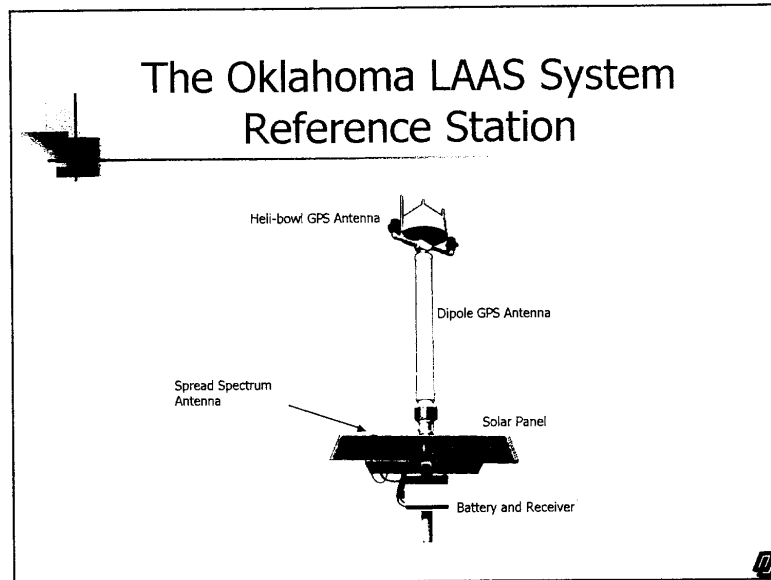
### LAAS/WAAS Low Cost Airborne Receiver and Truth System

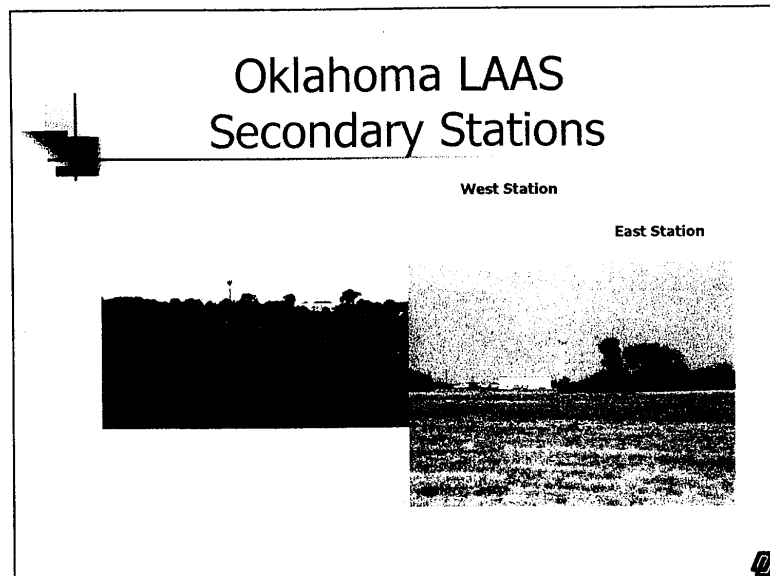
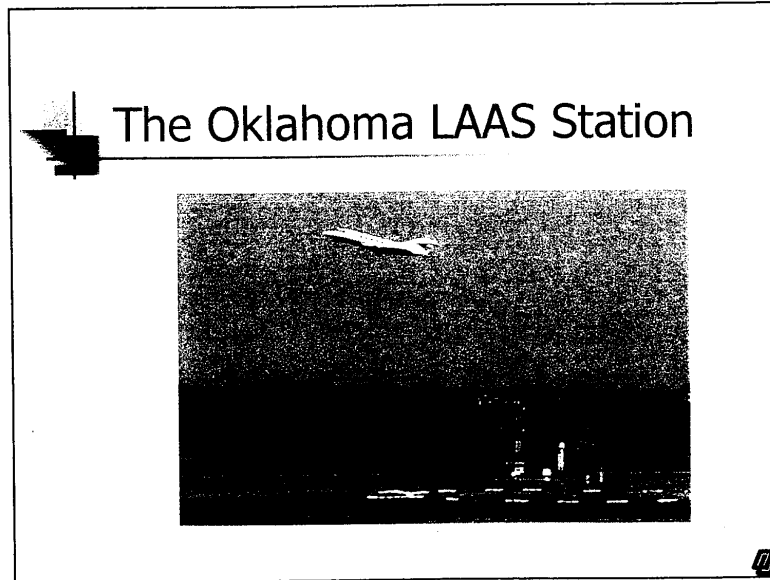


Installation in  
Aircraft





Receive and Data  
Logger Staged Outside  
Aircraft





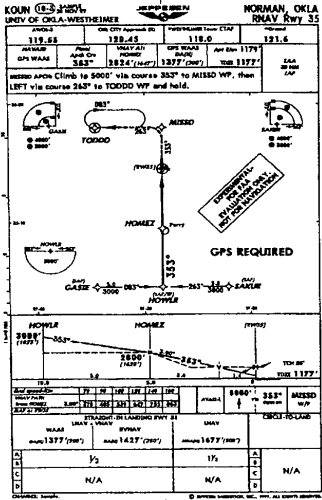
## Oklahoma LAAS/WAAS Ground Monitoring Station

LAAS/WAAS/Reference Station  
Ground Monitoring Equipment

Antenna  
Array

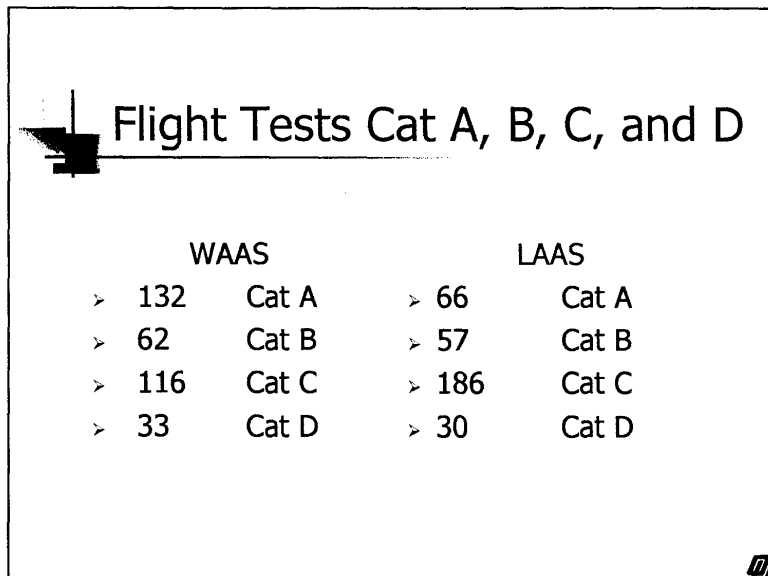
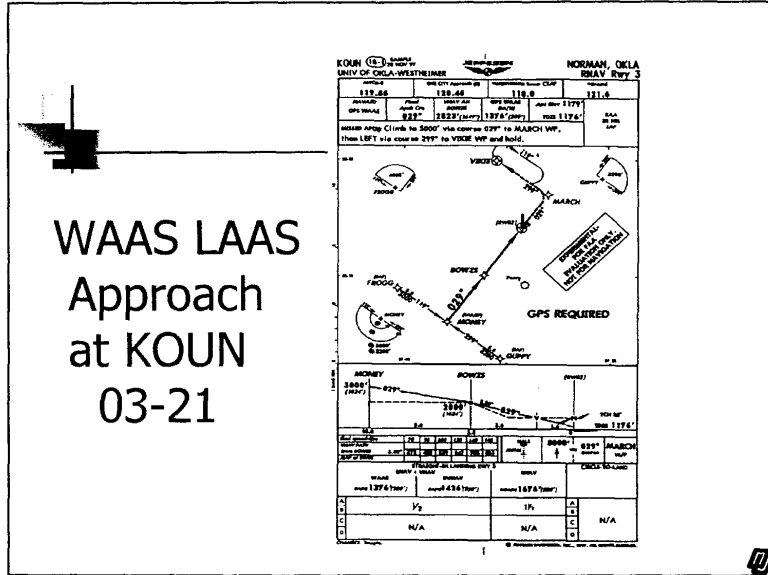
## WAAS LAAS Approach at KOUN 17-35

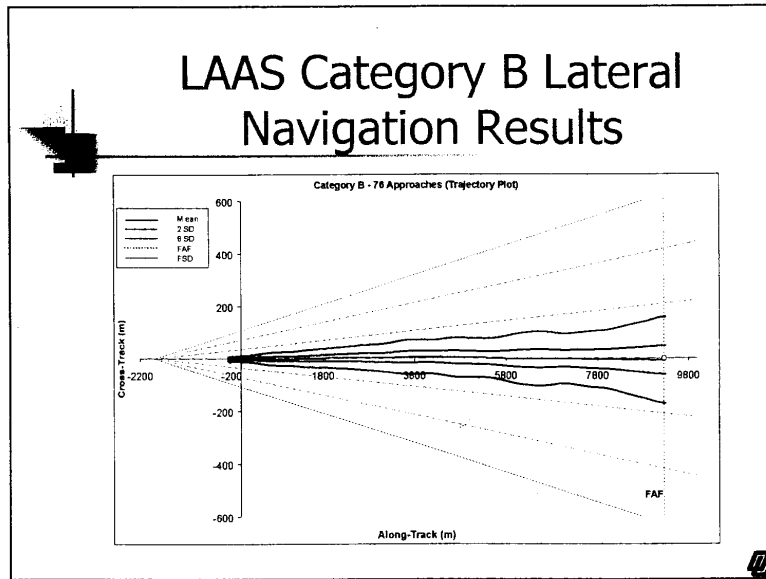
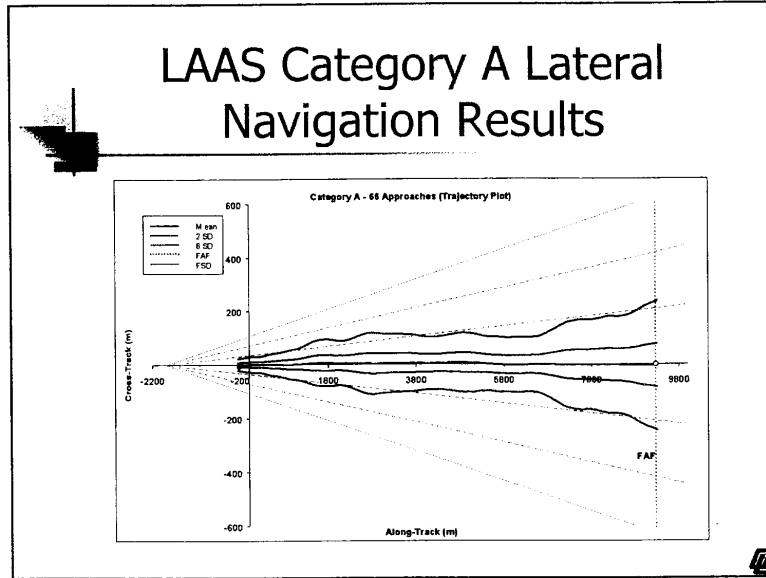


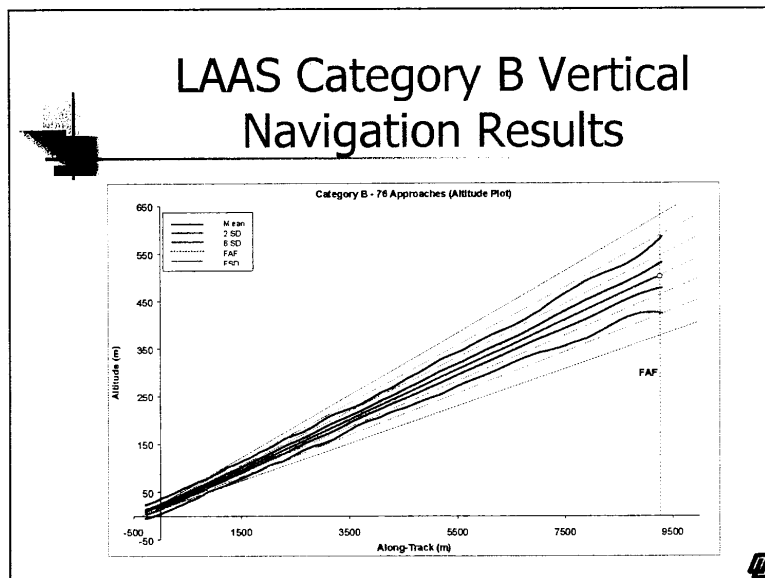
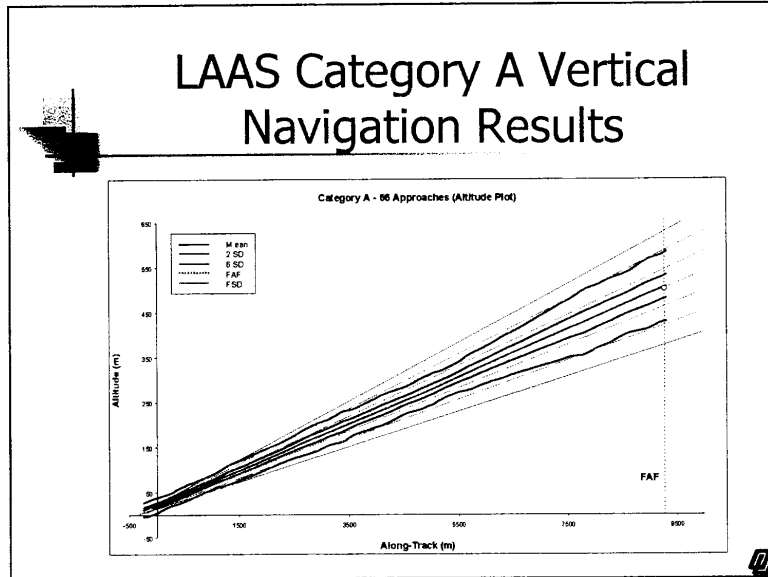
The diagram shows the WAAS LAAS approach at KOUN (17-35). It includes a table of station data and a detailed flight path diagram.

STATION	TYPE	CLASS	COORDINATES	HEIGHT	STATUS
119.55	WAAS	LAAS	118.0	121.6	ACTIVE
119.55	GPS WAAS	LAAS	118.0	121.6	ACTIVE
119.55	GPS WAAS	LAAS	118.0	121.6	ACTIVE
119.55	GPS WAAS	LAAS	118.0	121.6	ACTIVE
119.55	GPS WAAS	LAAS	118.0	121.6	ACTIVE

**GPS REQUIRED**







### WAAS LAAS Lateral Comparison

Speed Category	Distance to Threshold	PANS OPS Metric	TSE(m)		FTE(m)		FTE % Full Scale		NSE(m)	
			WAAS/LAAS	WAAS/LAAS	WAAS/LAAS	WAAS/LAAS	WAAS/LAAS	WAAS/LAAS		
A	1200	17.5	16.5 / 8.2	15.5 / 7.3	10.6 / 5.9	1.0 / 1.4				
	4200	40.9	35.5 / 12.1	34.6 / 11.1	13.8 / 5.1	1.4 / 1.4				
	7800	79.6	46.2 / 22.3	44.7 / 20.4	11.7 / 5.4	1.4 / 1.4				
B	1200	17.5	16.1 / 3.9	16.6 / 3.9	11.9 / 2.5	1.1 / 0.6				
	4200	40.9	23.7 / 20.6	22.5 / 20.5	9.9 / 8.0	1.1 / 0.5				
	7800	79.6	36.0 / 31.7	35.6 / 31.7	9.4 / 8.2	1.1 / 0.6				
C	1200	17.5	9.3 / 12.3	9.3 / 12.1	6.4 / 8.2	1.2 / 0.9				
	4200	40.9	35.4 / 9.6	36.0 / 19.1	14.3 / 7.5	1.9 / 0.8				
	7800	79.6	55.4 / 52.7	54.7 / 51.0	14.3 / 13.4	1.2 / 0.9				
D	1200	17.5	9.4 / 4.0	9.3 / 3.6	6.4 / 2.3	1.4 / 0.7				
	4200	40.9	27.9 / 6.4	27.6 / 6.2	11.0 / 2.3	1.6 / 0.8				
	7800	79.6	43.8 / 9.4	43.0 / 9.4	11.4 / 2.9	1.4 / 1.0				

### WAAS LAAS Vertical Comparison

Speed Category	Distance to Threshold	PANS OPS Metric	TSE(m)		FTE(m)		FTE % Full Scale		NSE(m)	
			WAAS/LAAS	WAAS/LAAS	WAAS/LAAS	WAAS/LAAS	WAAS/LAAS	WAAS/LAAS		
A	1200	5.8	5.7 / 3.2	4.3 / 1.1	22.6 / 7.4	1.4 / 2.0				
	4200	13.6	10.6 / 5.6	9.5 / 3.4	17.3 / 6.7	1.1 / 2.1				
	7800	27.4	17.6 / 12.2	16.6 / 10.3	16.8 / 10.6	1.1 / 2.1				
B	1200	5.8	4.8 / 3.8	3.6 / 3.7	18.9 / 19.5	1.2 / 0.6				
	4200	13.6	8.0 / 10.9	6.5 / 10.9	11.5 / 19.6	1.6 / 0.5				
	7800	27.4	17.5 / 18.9	16.6 / 18.8	16.6 / 18.9	1.6 / 0.6				
C	1200	5.8	5.3 / 5.7	5.2 / 5.1	27.4 / 26.9	1.8 / 1.5				
	4200	13.6	8.8 / 10.4	8.6 / 10.2	15.6 / 18.3	1.7 / 1.2				
	7800	27.4	13.9 / 20.1	13.9 / 18.8	14.0 / 18.9	2.1 / 1.3				
D	1200	5.8	5.2 / 2.5	4.9 / 1.9	25.8 / 7.9	2.3 / 1.4				
	4200	13.6	9.4 / 3.7	9.7 / 4.1	17.6 / 9.2	2.3 / 1.4				
	7800	27.4	18.8 / 7.9	18.7 / 7.6	18.9 / 8.2	2.3 / 1.5				




## LAAS WAAS Preliminary Observations

- WAAS and LAAS 1-SD TSE Meet the Requirements of the Collision Risk Model
- Flyability is Demonstrated by the 1-SD FTE
- 1-SD in the NSE reflect Very Small Errors that are Linear in Nature
- NSE has No Increase for Increasing Distances From the Threshold



## LAAS WAAS Preliminary Observations

- WAAS Pilot Workload Degrades WAAS TSE
- Pilots Prefer LAAS to WAAS
- Moving Map Need for WAAS Terminal Operation for Complex Approaches
  
- ...WAAS and LAAS Performance is Better in Both the Vertical and the Lateral than ILS Metric.....(CRM)




## OU LAAS Station Observations

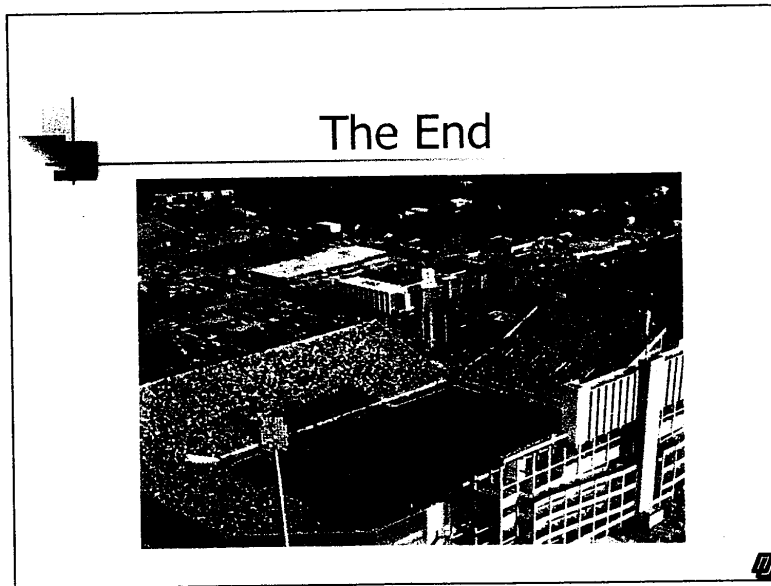
- Proven Very Reliable...Operates 24/7
- Used by OKC Flight Check
- Low Cost Infrastructure Nature Makes Portable System Feasible
- FAA Technical Center LAAS Partnership Very Successful



## University of Oklahoma Partners in the LAAS/WAAS Effort

- Flight Standards OKC (AFS-420 TERPS)
- FAA Technical Center in Atlantic Center  
*Providing Technical Assistance in Implementation of LAAS*
- VOLPE Test Center (Human Factors)
- Local Air Traffic Control
- OU Electric Vehicle Research Institute
- Tinker AFB





附錄二 美國聯邦航空總署所屬網站暨相關合作廠商、機構、學校網址 (內含各式豐富研究及參考資料)

**Useful Internet Sites**

**Good Places to start when looking for FAA Information**

These web sites contain links to a variety of FAA documents and are good places to start in your search for FAA documents.

FAA Public Inquiries "Ask FAA"  
<http://www.faa.gov>

Flight Standards Service Aviation Information (links to information on air operators, aircraft, education and forms)  
<http://av-info.faa.gov>

Regulatory and Guidance Library (RGL)  
<http://www.airweb.faa.gov/rgl>

Department of Transportation Library Documents On-line (numerous FAA documents of all types in full text)  
<http://isddc.dot.gov>

**Subject Guide**

This is a subject listing of sites which have been of interest to Mike Monroney Aeronautical Center Library users. The list includes non-Government sites as well as Government sites.

**Acquisitions**

FAA Acquisition System Toolkit  
<http://fast.faa.gov>

Federal Acquisitions Regulations  
<http://www.arnet.gov/far>

General Services Administration Federal Supply Service  
<http://www.fss.gsa.gov>

General Services Administration GSA Advantage  
<http://www.gsaadvantage.gov>

**Advisory Circulars**

Advisory Circular Checklist  
[http://www.faa.gov/aba/html\\_policies/ac00\\_2.html](http://www.faa.gov/aba/html_policies/ac00_2.html)

Advisory Circular Hyperlinks  
<http://av-info.faa.gov/dst/ACreference/acindex.htm>

Advisory Circulars (Superceded)  
<http://dotlibrary.specialcollection.net>

Advisory Circulars – Full Text  
<http://av-info.faa.gov>  
<http://www.airweb.faa.gov/rgl>

**Air Traffic Control**

Air Traffic Control Association  
<http://www.atca.org>

Air Traffic Control System Command Center – Real Time Airport Status  
<http://www.fly.faa.gov/flyFAA/index.html>

Air Traffic Publications Library (air traffic related directives, Aeronautical Information Manual, and Pilot/Controller Glossary)  
<http://www.faa.gov/atpubs>

National Air Traffic Controllers Association  
<http://www.natca.org>

**Aircraft**

Aero Transport Database (management and history of worldwide air transport aircraft since 1930; 15,000 aircraft pictures)  
<http://www.aerotrtransport.org>

Aircraft Performance Database (performance information on general aviation aircraft)  
<http://www.risingup.com/planespecs>

Boeing Photo Store (contemporary and historic aerospace related photography)  
<http://www.boeingphotostore.com>

Aviation Photo Gallery  
<http://www.airliners.net>

**Aircraft Accidents**

AOPA Air Safety Foundation General Aviation Accident Database  
<http://www.aopa.org/asf/ntsb/index.html>

Airsafe (aircraft accident data, security, safety)  
<http://www.airsafe.com>

Airline Crash Research Site  
<http://dnausers.d-n-a.net/dnetGOJG/Research.htm>

FAA Accident/Incident Data System  
<http://nasdac.faa.gov>

National Aviation Safety Data Analysis Center (Office of System Safety)  
<http://nasdac.faa.gov>

National Transportation Safety Board  
<http://www.ntsb.gov>

Plane Crash Information (facts on noteworthy accidents, 1920's to date)  
<http://www.planecrashinfo.com>

**Aircraft Certification**

FAA Aircraft Certification Service  
<http://www.faa.gov/certification/aircraft>

**Aircraft Registration**

Civil Aviation Registry  
<http://registry.faa.gov>

**Airports**

Airport Capacity Benchmark Report  
<http://www.faa.gov/events/benchmarks>

Airport Diagrams (National Aeronautical Charting Office)  
[http://www.naco.faa.gov/ap\\_diagrams.asp](http://www.naco.faa.gov/ap_diagrams.asp)

FAA Airports Office Home Page (Links to Advisory Circulars, National Plan of Integrated Airports, and Airports publications)  
<http://www1.faa.gov/arp/index.cfm?nav=hq>

List of Certificated and Public Use Airports (5010 Master Record Reports)  
<http://www1.faa.gov/arp/safety/5010/index.cfm?nav=safedata>

**Airworthiness Directives**

Regulatory and Guidance Library (RGL)  
<http://www.airweb.faa.gov/rgl>

**Alaska Webcams (current images of weather at various sites in Alaska)**

<http://akweathercams.faa.gov/wxcams/map.php>

**Aviation Books (history and fiction)**

Bazillion Books  
<http://www.bazillionbooks.com>

**Aviation Directories**

AeroLink (directory of aviation specific web sites)  
<http://www.aerolink.com>

Aviation Reference Desk  
<http://avrefdesk.com>

Landings (links to aviation resources)  
<http://www.landings.com>

Smiling Jack's (aviation, airline, travel directory)  
<http://www.smilinjack.com>

**Aviation Films and Television**

<http://www.aerofiles.com>

**Aviation Medicine**

Aviation Medical Examiners  
<http://ame.cami.iccabi.gov>

Civil Aerospace Medical Institute  
<http://www.cami.iccabi.gov>

**Aviation Organizations**

Air Line Pilots Association  
<http://www.alpa.org>

Air Traffic Control Association  
<http://www.atca.org>

Air Transport Association  
<http://www.air-transport.org>

Aircraft Owners and Pilots Association  
<http://www.aopa.org>

American Institute of Aeronautics and Astronautics  
<http://www.aiaa.org>

Experimental Aircraft Association  
<http://www.eaa.org>

Flight Safety Foundation  
<http://www.flightsafety.org>

International Civil Aviation Organization  
<http://www.icao.int>

National Business Aircraft Association  
<http://www.nbaa.org>

Professional Aviation Maintenance Association  
<http://www.pama.org>

RTCA, Inc.  
<http://www.rtca.org>

**Aviation Product Catalog**

World Aviation Directory Buyer's Guide (products and services catalog)  
<http://208.254.7.242>  
or follow the link from <http://www.aviationnow.com>

**Aviation Tunes**

Pittsburgh International Airport – Aviation Tunes, etc.  
<http://www2.faa.gov/pitadc/link.html>

**Bilateral Agreements (BAA/BASA)**

[http://www.faa.gov/certification/aircraft/bilateral\\_agreements.htm](http://www.faa.gov/certification/aircraft/bilateral_agreements.htm)

**Capstone Program**

<http://www.alaska.faa.gov/capstone>

**Career Development**

Career Onestop  
<http://www.careeronestop.org>

DOTNET (Internet community available only to DOT employees; includes DOT chat rooms)  
<http://DOTNET.dot.gov>

FAA Human Resources documents (Human Resource Information Manual, FAPMs, PRIBS, and Human Resources directives)  
<http://www.faa.gov/ahr/policy>

FAA Interviewing Guide  
<http://www.faa.gov/ahr/policy/guide/guides/invw/intervw.cfm>

Federal Diary/Stephen Barr  
<http://www.washingtonpost.com/wp-dyn/politics/fedpage/columns/federaldiary>

Mike Causey's Fedweek Column  
<http://www.fedweek.com/mcausey/default.asp>

Occupational Outlook Handbook  
<http://www.bls.gov/oco>

U.S. Dept. of Interior Career Manager  
<http://www.doi.gov/octc>

**Civil Aeronautics Administration (CAA) Manuals**

<http://dotlibrary.specialcollection.net>

**Civil Aeronautics Administration (CAA) Regulations**

<http://dotlibrary.specialcollection.net>

**Civil Aeronautics Administration (CAA) Research Reports**

<http://dotlibrary.specialcollection.net>

**Charts**

Jeppesen-Sanderson  
<http://www.jeppesen.com>

National Aeronautical Charting Office  
<http://www.naco.faa.gov>

**Classification Standards (Office of Personnel Management)**

<http://www.opm.gov/fedclass/index.htm>

**Code of Federal Regulations**

<http://www.access.gpo.gov/nara/cfr/index.html>

**Congress**

Law Librarian's Society of Washington, D.C. Legislative Sourcebook (Quick links to House and Senate Committee Documents and Hearings)

<http://www.llsdc.org/sourcebook/gpolinks.htm>

Thomas (Congressional calendar, pending bills, recent public laws, information on Congress)

<http://thomas.loc.gov>

**Countries**

CIA Factbook (information on countries of the world)

<http://www.cia.gov/cia/publications/factbook/index.html>

Portals of the World (Library of Congress developed site with links to detailed information about countries of the world)

<http://www.loc.gov/rr/international/portals.html>

**Core Compensation**

<http://www.faa.gov/corecomp>

**Directives**

Air Traffic Publications Library

<http://www.faa.gov/atpubs>

Airway Facilities Directives

<http://ats.awa.faa.gov/aaf/directives>

Department of Transportation Library Documents On-Line

<http://isddc.dot.gov>

FAA Directives Management Information System (DMIS)

<http://dmis.faa.gov>

FAA Human Resources Directives

<http://www.faa.gov/ahr/policy>

National Airway Systems Engineering Division – Technical Documentation (AOS-200 directives in the 6000 series)

[http://aos-ext.amc.faa.gov/technical\\_library](http://aos-ext.amc.faa.gov/technical_library)

Regulatory and Guidance Library (RGL)

<http://www.airweb.faa.gov/rgl>

Washington Directives Checklist

[http://www1.faa.gov/aba/html\\_policies/directc/index.html](http://www1.faa.gov/aba/html_policies/directc/index.html)

Also refer to the websites of offices responsible for the particular directive you are looking for.

**Education**

Educational Resources Information Center (ERIC)

<http://ericir.syr.edu>

Embry-Riddle Aeronautical University

<http://www.db.erau.edu>

U.S. News.com – Education (annual rankings of colleges and universities, information on scholarships)

<http://www.usnews.com/usnews/edu/eduhome.htm>



**Executive Orders**

[http://www.archives.gov/federal\\_register/executive\\_orders/disposition\\_tables.html](http://www.archives.gov/federal_register/executive_orders/disposition_tables.html)

**Federal Aviation Regulations**

<http://www.faa.gov/avr/arm/index.cfm>

<http://www.airweb.faa.gov/rq>

**Federal Register**

[http://www.access.gpo.gov/su\\_docs/aces/aces140.html](http://www.access.gpo.gov/su_docs/aces/aces140.html)

**Forms**

FEDS (FAA Electronic Document System)

<http://feds.faa.gov>

**Free Flight**

<http://ffp1.faa.gov/home/home.asp>

**Genots**

<http://inet.atctraining.faa.gov>

**General Accounting Office (full text reports)**

<http://www.gao.gov>

**General Aviation**

Airplane Owners and Pilots Association

<http://www.GAservingamerica.org>

**Global Positioning System (GPS)**

<http://gps.faa.gov>

**Government Printing Office – GPO Access**

[http://www.access.gpo.gov/su\\_docs/index.html](http://www.access.gpo.gov/su_docs/index.html)

**Government Search Engines/Directories**

FedWeb

<http://www.fedweb.com>

Firstgov (portal to U.S. Government information)

<http://firstgov.gov>

Federal Citizen Information Center

<http://www.info.gov>

Google Government Search

<http://www.google.com/unclesam>

Government Internet Sites from the Library of Congress

<http://lcweb.loc.gov/rr/news/extgovd.html>

Great American Website

<http://www.uncle-sam.com>

**History**

Aero Transport Database (management and history of worldwide air transportation aircraft since 1930)

<http://www.aerotransport.org>

Aerofiles (Historical aircraft descriptions, listing of old "N" numbers)

<http://www.aerofiles.com>

FAA History (includes FAA Historical Chronology)

<http://www2.faa.gov/index.cfm/apa/1271>

U.S. Centennial of Flight  
<http://www.centennialofflight.gov>

**Human Factors**  
FAA Human Factors  
<http://www.hf.faa.gov>

Human Factors Aviation Maintenance  
<http://hfskyway.faa.gov>

**Information Technology (Information security, software engineering, process engineering)**  
FAA Chief Information Officer  
<http://www.faa.gov/aio>

**International Aviation**  
FAA International Aviation  
<http://www.intl.faa.gov>

Joint Aviation Authorities/Joint Aviation Requirements (JAA/JAR)  
<http://www.jaa.nl>

International Aerospace Information Network (IAIN)  
<http://www.dtic.mil/iain/>

International Civil Aviation Organization (ICAO)  
<http://www.icao.int>

**Jobs**  
FAA Career Opportunities  
<http://jobs.faa.gov>

Federal Jobs Central  
<http://www.fedjobs.com>

Federal Jobs Digest  
<http://www.jobsfed.com>

Federal Jobs Net Career Center  
<http://www.federaljobs.net>

Fedworld Federal Jobs Search  
<http://www.fedworld.gov/jobs/jobsearch.html>

USA Jobs  
<http://www.usajobs.opm.gov>

**Laws**  
Aviation Investment and Reform Act for the 21<sup>st</sup> Century (AIR 21)  
<http://www.avweb.com/newspics/hr100cr.pdf>

Compilation of Aviation Laws (April 2001)  
[http://tabula.ost.dot.gov/FAA\\_COMP.pdf](http://tabula.ost.dot.gov/FAA_COMP.pdf)

Fedlaw  
<http://www.thecre.com/fedlaw/default.htm>

Thomas (pending legislation and recent public laws)  
<http://thomas.loc.gov>

United States Code  
<http://www.access.gpo.gov/congress/conq013.html>

**Libraries**

Air University Library

<http://www.au.af.mil/au/aul/aulv2.htm>

Civil Aerospace Medical Institute (CAMI) Library

<http://www.cami.iccbi.gov/aam-400A/Library/Library.htm>

Department of Transportation Library

<http://dotlibrary.dot.gov>

Embry-Riddle Aeronautical University Library

<http://amelia.db.erau.edu>

Library of Congress

<http://lcweb.loc.gov>

Linda Hall Library (science, engineering, and technology)

<http://www.lindahall.org>

Mike Monroney Aeronautical Center Library

<http://library.mmac.faa.gov>

National Archives and Records Administration

<http://www.archives.gov>

National Library of Medicine Gateway (Links to PubMed and Medline Plus for searching medical literature)

<http://gateway.nlm.nih.gov/gw/Cmd>

National Transportation Library

<http://www.bts.gov/NTL>

Oklahoma Department of Libraries

<http://www.odl.state.ok.us>

William J. Hughes Technical Center Library

<http://actlibrary.tc.faa.gov>

**Magazine indexes**

Infotrieve (search for scientific and technical journal articles)

<http://www4.infotrieve.com>

Ingenta (formerly Uncover magazine index)

<http://www.ingenta.com>

**Magazines**

Aero-News (daily aviation news update by Jim Campbell)

<http://www.aero-news.net>

AVWeb (online aviation magazine)

<http://www.avweb.com>

Aviation Week and Space Technology

<http://www.aviationnow.com>

Aviation Week Intelligence Network (links to Aviation Week newsletters – Aviation Daily, Aerospace Daily, Week of Business Aviation, Airports)

<http://www.aviationnow.com/awin>

Business and Commercial Aviation

[http://www.aviationnow.com/content/publication/b\\_ca/bca.htm](http://www.aviationnow.com/content/publication/b_ca/bca.htm)

FEDweek  
<http://www.fedweek.com>

Government Executive  
<http://www.govexec.com>

FAA Aviation News  
<http://www.faa.gov/avr/afs/news/index.cfm>

InFlight USA Online  
<http://www.inflightusa.com>

### **Maps**

Maps on Us  
<http://www.mapsonus.com>

Mapquest  
<http://www.mapquest.com>

### **Mike Monroney Aeronautical Center**

<http://www.mmac.faa.gov> (Internet)  
<http://intranet.amc.faa.gov> (Intranet)

### **Museums**

Air Museums and Public Access Displays  
<http://www.aerofiles.com/museums.html>

National Air and Space Museum  
<http://www.nasm.si.edu>

### **Newspapers**

New York Times  
<http://www.nytimes.com>

The Oklahoman (newspaper)  
<http://www.newsok.com>

### **Notice of Proposed Rulemaking (NPRM)**

Notices of Proposed Rulemaking and Final Rules  
<http://www.faa.gov/avr/arm/nprm.cfm>

Regulations.gov (find, review and submit comments on all rulemaking open for comment, including Federal Aviation Regulations)  
<http://www.regulations.gov>

### **Office of Management and Budget (OMB Circulars)**

<http://www.whitehouse.gov/omb>

### **Office of Personnel Management (OPM)**

<http://www.opm.gov>

### **Oklahoma**

Oklahoma State Government Online  
<http://www.state.ok.us>

The Oklahoman (newspaper)  
<http://www.newsok.com>

### **Orders**

See *Directives*

**Parts Manufacturer Approvals**

<http://av-info.faa.gov/ad/pma/pmas.htm>

**Pilots Licenses**

Civil Aviation Registry

<http://registry.faa.gov>

**Plans**

Aviation Policy and Plans (APO)

<http://apo.faa.gov>

FAA Directory of Plans (links to agency work plans such as the Strategic Plan, NAS Architecture, etc.)

<http://apo.faa.gov/dirplans/index.htm>

NAS Capital Investment Plan

<http://www.faa.gov/asd>

NAS System Architecture and Investment Analysis (ASD)

<http://www.faa.gov/asd>

**Position Descriptions**

PD Library

<http://pdlibrary.faa.gov>

**Public Affairs**

FAA Public Affairs Newsroom

<http://www1.faa.gov/index.cfm/apa/1054>

**Qualification Standards (Office of Personnel Management)**

<http://www.opm.gov/qualifications/INDEX.htm>

**Quotations**

Great Aviation Quotes

<http://www.skygod.com/quotes>

**Reference**

Encyclopedia Britannica

<http://www.britannica.com>

Internet Public Library

<http://www.ipl.org>

Reference Desk.com

<http://www.refdesk.com>

**Research**

Bureau of Transportation Statistics

<http://www.bts.gov>

Civil Aerospace Medical Institute (CAMI) (Full text of research reports)

<http://www.cami.jccbi.gov>

Department of Energy Information Bridge (Full text and bibliographic records of research reports)

<http://www.osti.gov/bridge>

Educational Resources Information Center (ERIC)

<http://ericir.syr.edu>

FAA Office of Aviation Research – Research Library

<http://www.faa.gov/aar/reslib.htm>

FAA Office of Aviation Research – Technical Reports

<http://www.faa.gov/aar/techrep.htm>

Infotrieve (search for scientific and technical journal articles)  
<http://www4.infotrieve.com>

Mitre Center for Advanced Aviation System Development (research)  
<http://www.caasd.org>

National Aeronautics and Space Administration Scientific and Technical Information Program (NASA research reports)  
<http://www.sti.nasa.gov>

National Technical Information Service (NTIS) – database of Government research reports  
<http://www.ntis.gov>

STINET (Department of Defense Scientific and Technical Information Network)  
<http://stinet.dtic.mil>

Volpe National Transportation Systems Center  
<http://www.volpe.dot.gov>

William J. Hughes Technical Center  
<http://www.tc.faa.gov>

**SafeFlight**

SafeFlight 21 Program  
<http://www.faa.gov/safeflight21>

**Safety**

ATOS Home Page  
<http://www.faa.gov/avr/afs/atos/index.htm>

Airsafe (aircraft accident data, safety, and security)  
<http://www.airsafe.com>

Aviation Safety Reporting System  
<http://asrs.arc.nasa.gov>

Office of System Safety  
<http://www.asy.faa.gov>

Runway Safety Program  
<http://www.faa.rsp.org>

**Search Engines**

Altavista  
<http://www.altavista.com>

Complete Planet (maps the invisible or deep web)  
<http://www.completeplanet.com>

All the Web (includes imaging searching)  
<http://www.alltheweb.com>

Google  
<http://www.google.com>

Hotbot  
<http://www.hotbot.com>

Librarian's Index to the Internet  
<http://lii.org>

Profusion (searches the deep web)  
<http://www.profusion.com>

Teoma  
<http://www.teoma.com>

University of California Berkeley Search the Internet  
<http://www.lib.berkeley.edu/Help/search.html>

Yahoo  
<http://www.yahoo.com>

### **Satellite Imagery**

Earth-Info  
<http://www.earth-info.org>

Earth Resources Observation System (EROS) Data Center  
<http://edc.usgs.gov>

Space Imaging  
<http://www.spaceimaging.com/gallery/default.htm#>

### **Security**

Airsafe (aircraft accident data, safety, and security)  
<http://www.airsafe.com>

Department of Homeland Security  
<http://www.dhs.gov/dhspublic>

Transportation Security Administration  
<http://www.tsa.gov/public>

### **Space**

Commercial Space Transportation  
<http://ast.faa.gov>

NASA Scientific and Technical Information System (research reports)  
<http://www.sti.nasa.gov>

### **Sport Pilot/Light Aircraft**

Sport Pilot/Light Aircraft Notice of Proposed Rulemaking  
<http://www.faa.gov/avr/afs/sportpilot>

### **Standards**

ARINC  
<http://www.arinc.com/cgi-bin/store/arinc>

Assist Online (Military Specifications and Standards)  
<http://assist.daps.dla.mil>

American National Standards Institute  
<http://www.ansi.org>

Document Center  
<http://www.document-center.com>

Department of Defense Index of Specifications and Standards  
[http://stinet.dtic.mil/str/dodiss4\\_fields.html](http://stinet.dtic.mil/str/dodiss4_fields.html)

FAA Logistics Center NAS Support Digital Library (full text of TI's, engineering drawings, FAA specifications, Equipment Modification Handbook)  
<http://evr.iccbi.gov/evr>

Global Engineering Documents  
<http://global.ihs.com>

National Aerospace Standards (NAS)  
<http://www.aia-aerospace.org/pubs/nas/nas.cfm>

National Airspace System Documentation (includes FAA standards and specifications, Interface Requirements Documents)  
<http://nasdocs.faa.gov>

National Institute of Standards and Technology  
<http://ts.nist.gov>

Society of Automotive Engineers  
<http://www.sae.org>

Techstreet  
<http://www.techstreet.com>

**Statistics**

APO Data System (air traffic activity, forecasts and delay statistics)  
<http://apo.faa.gov>

Administrator's Fact Book  
<http://www.atctraining.faa.gov/factbook>

Aviation Forecasts  
<http://www.api.faa.gov/foreca01/tabofcont.htm>

Bureau of Transportation Statistics  
<http://www.bts.gov>

FAA Statistical Publications  
<http://apo.faa.gov/pubs.asp?LEV2=2>

**Supplemental Type Certificates (STCs)**  
<http://www.airweb.faa.gov/stc>

**Technical Standard Orders (TSOs)**  
<http://av-info.faa.gov/tso>

**Telephone Directories**  
Department of Transportation Phone Directory  
<http://dotnet.dot.gov/directory.asp>

FAA Integrated National Directory – FIND (National phone directory for FAA employees)  
<http://find.faa.gov>

Flight Standards Phone Directory  
<http://av-info.faa.gov/afsd>

Infospace (includes reverse lookup)  
<http://www.infospace.com>

Switchboard  
<http://www.switchboard.com>

**Thrift Savings Plan**  
<http://www.tsp.gov>



**Training**

FAA Academy

<http://www.academy.iccabi.gov>

FAA Training Catalog

<http://www.academy.iccabi.gov/catalog>**Transportation**

Department of Transportation

<http://www.dot.gov>

Department of Transportation Inspector General's Office

<http://www.oig.dot.gov>**Travel**

Aviation Consumer Protection Division (DOT)

<http://www.dot.gov/airconsumer>

Expedia

<http://www.expedia.com>

FAA Travel Policy

[http://www.faa.gov/aba/html\\_tp/index.html](http://www.faa.gov/aba/html_tp/index.html)

General Services Administration Federal Supply Service – Travel (per diem rates, airfares, hotel listings)

<http://www.fss.gsa.gov/transtrav/travel.cfm>

One Travel.com (Includes Rules of the Air/ passenger rights for airlines)

<http://www.onetravel.com>

Orbitz (travel site sponsored by major airlines)

<http://www.orbitz.com>

Travelocity

<http://www.travelocity.com>**Type Certificate Data Sheets (TCDS)**<http://www.airweb.faa.gov/rql>**Unidentified Flying Objects (UFOs)**

National Institute for Discovery Science (single point of contact recognized by the FAA in regard to UFO information)

<http://www.nidsci.org>**United States Code**<http://www.access.gpo.gov/congress/cong013.html>**Videos**

FAA Videos – Video Cassette Library Catalog, FAA William J. Hughes Technical Center Television Facility

<http://www.its.tc.faa.gov/tape>**Weather**

Aviation Weather Center

<http://www.aviationweather.gov>

Aviation Weather – Aviation Digital Data Service (Includes METARS/TAF)

<http://adds.aviationweather.gov>

National Weather Service

<http://www.nws.noaa.gov>

Weather Channel

<http://www.weather.com>

Please note: The web addresses in this listing were verified on 3/11/03. However, the Internet is a very dynamic environment and addresses do change. The list was prepared primarily for the use of FAA employees and some sites that are only available on the FAA or DOT Intranet will not be accessible from computers not connected to an FAA network. If you find a bad link in the listing, try searching for the site using one of the search engines in the search engine listing.