

現代民航機

民航進入噴射時代的猶豫

- 由於噴射引擎的工作溫度較高，需要非常貴重的合金材；其耗油量也驚人的高；起飛亦需長的跑道。這一切均反應在陡增的成本上。
- 結果是大多數航空公司都認為風限過高，採取觀望的態度。
- 英國海外飛機公司(British Overseas Aircraft Corporation, BOAC)，倒是劍及履及，首先採用哈威蘭德公司(De Havilland) 36個座位的慧星1號(Comet 1)，該機於1949.07首飛，1952.05.02首航，由倫敦飛往南非的約翰尼斯堡。

史上第一架噴射民航機



哈威蘭德公司(De Havilland) 36個座位的慧星1號(Comet 1)

慧星族系

Comet	1	1A	2	3	4	4B	4C
最小載客	36	44	44	58	56	71	79
雙級艙				78	81	101	101
最大載客					109	119	119
巡航速度[km/h]	724	724	772	805	805	853	805
昇限 [m]	12 800	12 800	12 800	12 192	12 192	11 582	11 887
航程 [km]	2 414	2 850	4 065	4 345	5 190	4 023	6 900
首飛	1949	1952	1953	1954	1958	1959	1959

噴射民航機的優勢



- 噴射客機充分顯露其速度上的優勢，DC-3的最大巡航速度為290公里/小時，慧星則高達772公里/小時；同時噴射客機沒有活塞客機的振動，噪音亦較小，大大提昇了乘客的舒適度。

慧星的殞落

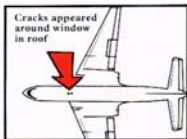


量產型第一架慧星(圖前)與兩架原型機編隊飛行，此架飛機1954於地中海上空墜毀

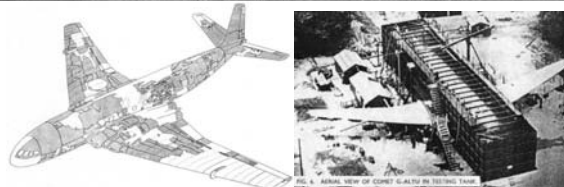
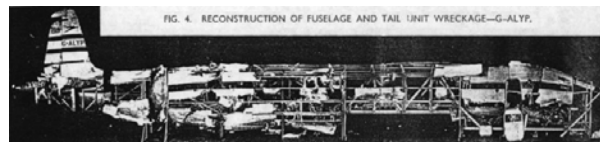
- 1952~1954年間，慧星客機先後墜毀8架。從深海中打撈出的殘骸上找出了最初破壞的結構件，後經進行機身水槽疲勞試驗驗證，確認事故原因是機身結構在高空發生疲勞斷裂。從此，新的飛機設計規範要求飛機必須確定其整機疲勞壽命和實行整機疲勞試驗制度。

慧星的殞落

The Comet crashes



慧星的殞落



<http://www.geocities.com/CapeCanaveral/Lab/8803/comet.htm>

Nr	Date	Type	SN	Operator	Fatalities	Location	Cause
1	26 Oct 52	Comet 1	6012	B.O.A.C.	0/8 + 0/35	Italy	Aircraft
2	03 Mar 53	Comet 1A	6014	Canadian Pacific	5/5 + 6/6	Pakistan	Aircraft
3	02 May 53	Comet 1	6008	B.O.A.C.	6/6 + 37/37	India	Aircraft
4	25 Jun 53	Comet 1A	6019	UAT	0/7 + 0/10	Senegal	Pilot
5	10 Jan 54	Comet 1	6003	B.O.A.C.	6/6 + 29/29	Italy	Aircraft
6	08 Apr 54	Comet 1	6011	South African	7/7 + 14/14	Italy	Aircraft
7	27 Aug 59	Comet 4	6411	Aerolineas	1/6 + 1/44	Paraguay	Pilot
8	20 Feb 60	Comet 4	6410	Aerolineas	0/6 + 0/0	Argentina	Pilot
9	23 Nov 61	Comet 4	6430	Aerolineas	12/12 + 40/40	Brazil	Pilot
10	21 Dec 61	Comet 4B	6456	British European	7/7 + 20/27	Turkey	Aircraft
11	19 Jul 62	Comet 4C	6464	United Arab	8/8 + 18/18	Thailand	Pilot
12	20 Mar 63	Comet 4C	6461	Saudi Arabian	9/9 + 9/9	Italy	Pilot
13	27 Jul 63	Comet 4C	6441	United Arab	8/8 + 55/55	India	Pilot
14	22 Mar 64	Comet 4	6409	Malaysian Airlines	0/8 + 0/60	Singapore	Aircraft
15	12 Oct 67	Comet 4	6449	British European	7/7 + 59/59	Zypria	Bomb
16	14 Jan 70	Comet 4C	6475	United Arab	0/9 + 0/5	Ethiopia	Pilot
17	09 Feb 70	Comet 4C	6444	United Arab	0/9 + 0/14	Germany	Pilot
18	03 Jul 70	Comet 4	6415	Dan-Air	7/7 + 105/105	Spain	ATC Aircraft
19	07 Oct 70	Comet 4	6413	Dan-Air	0/4 + 0/5	GB	Pilot
20	02 Jan 71	Comet 4C	6439	United Arab	8/8 + 8/8	Libya	Pilot

廿年失事廿次兩百人死亡

慧星的殞落—政治肇因



- 英國政府使慧星客機犯下與R101號飛船同樣的錯誤，在沒有掌握先進科技之前，僅從「領先美國五年」的政治考量，就將慧星客機推上天空。結果是信譽掃地，待慧星4型1958年復出時，已是美國波音707的天下了。

第一代噴射民航機比較

型式	首飛	航程(km)	速度(km/h) Mach	飛行組員	座位 Min Max	產量
 Boeing 707	1954 07.15	9914	980 0.8	3	141 189	878
 TU-104	1955 06.17	2650	750 0.61	5	50	200
 Comet 4	1958 04.27	5190	805 0.65	4	81 109	74
 DC-8	1958 05.30	8890	926 0.76	3	132 179	295

第一代噴射民航機比較

- 英國哈威蘭德公司忙於失事調查的時間，美國波音公司迅將空軍KC-135加油機修改為知名的707；在技術保證下，搶先上市。
- 波音707的性能為同時噴射民航機最佳者，只有道格拉斯的DC-8能勉為抗衡，雖然有民航公司的支持，但太晚推出，已無勝出機會。
- 慧星4型的性能無論航程、座位數均與波音707有相當大的差距，注定為市場淘汰。
- 蘇聯TU-104是四型機性能最差的，大略只有慧星1型的水準，若非共產集團的支持，決無商機；該機軍用型即為TU-16，目前仍是中共主力轟炸機。

波音-現代民航機帝國

航空器製造商

- 航空器製造商(aircraft manufacturer)，也就是從事飛機的設計、生產、測試，最後再交由客戶供其營運使用的產業。
- 一般分為軍機、民航機、特殊用途航機；特殊用途航機如從事噴灑、探勘、救援、專機等屬之。
- 而軍機、民航機製造商之間並沒有明顯的界線，如美國的波音公司(Boeing Company)以及洛克希德馬丁公司(Lockheed Martin)，早期都同時從事兩者的研發與製造。



- 波音公司在早期便已採用多角經營策略，其範圍遍佈軍用的洲際彈道飛彈、太空梭引擎、全球衛星定位系統(GPS)、國際太空站計畫等。

航空器製造商

- 所以「飛機製造業」是高科技且精密分工的行業，同時也是構成整個全球航空運輸產業不可或缺的元素之一，其存在的目的就是提供航空公司具有競爭力的產品並經由其產品(即航空器)的佔有率，確保在整個業界的地位，與航空公司之間為相互依賴的關係，任何一方少了對方，都無法生存。

飛機製造廠商的整併

- 在1960年代全球有為數不少的飛機製造商，包括荷蘭的福克(Fokker)、英國航太(British Aerospace)、美國的洛克希德馬丁、康維爾(Convair)、法國的達梭(Dassault)、英國的迪哈維蘭(De Havilland)等。
- 前兩者是屬於一百人座左右的區間客機(regional jet)製造商，其他的則生產較大型的客機。

飛機製造廠商的整併

- 到了1960年代末期，只剩下美國的波音(Boeing)和麥道(McDonnell Douglas)主宰全球的大型商用客機市場。
- 然而再經過三十年的演變，近年來全球各地的飛機製造商經過幾次的分分合合之後，形成了現今以美國的波音公司以及歐洲的空中巴士工業集團兩大龍頭為首的局面，其他還有區間客機製造商，如加拿大的龐巴迪以及法國的AIR公司等。

飛機製造廠商的整併

- 而之前勢力足以與波音公司抗衡的麥道飛機製造公司，因其本身財務狀況的問題再加上其寄予厚望的產品MD-11，銷售量不如預期，無法挽救陷入窘境的公司財務，於是最後在1996年難逃被波音合併的命運，成為波音公司裡的麥道部門。
- 此外，波音公司為了整合其旗下的產品與空中巴士競爭，除了將麥道的機型MD-95改名為波音717繼續生產外，其他的機型全部停產，僅持續提供相關維修零件的服務。

波音公司的發展沿革



- 波音公司是由威廉·波音(William E. Boeing)所創辦，他曾經在耶魯大學就讀機械系兩年，後來因故休學。1914年7月，波音在一次飛行表演中，對航空產生熱情。後來與好友韋斯特維爾德(Conrad Westervelt)製造一架水上飛機B&W-1型由波音本人試飛成功。
- 1916年7月，威廉·波音正式成立了太平洋航空器材公司，次年4月改名為波音飛機公司。

波音公司的發展沿革



波音公司的發展沿革



- 波音飛機公司第一任總工程師為中國人王助。設計出一架雙浮筒雙翼的B&W-C型水上飛機。
- 該機作為波音公司製造成功的第一架飛機和開闢美國第一條航空郵政試驗航線的飛機。
- 美國海軍部認為這種飛機兼具巡邏艇和教練機的雙重功能，一次就訂購了50架，新成立的波音公司因此站穩腳跟。

中國航空先驅

- 王助，1893年8月10日出生於北京，12歲考入煙臺海軍水師學校。16歲以優異成績畢業後奉派赴英國學習。先入阿姆斯特壯海軍大學就讀，又進維克斯工廠實習。後進入德蘭姆大學學習機械工程，1915年畢業後留奉命轉赴美國深造。到美國後，先學習飛行技術，9月進麻省理工學院學習航空工程。1916年6月成為麻省理工學院航空工程第二期畢業生，獲得航空工程碩士學位。

中國航空先驅

- 然而，在一次B&W-C型水上飛機試飛時，美國軍方卻因為種族偏見不讓王助進入試驗現場，因此他憤而辭職。于1917年冬毅然回國。於1918年2月在福建馬尾建立我國首家正規的飛機製造廠-海軍飛機工程處，後改稱為海軍製造飛機處。於1919年8月為中國海軍設計製造成功第一架水上飛機-甲型一號初級教練機。1929年9月，王助繼任海軍製造飛機處處長。1930年又先後研製出江鴻、江雁號高級教練機。

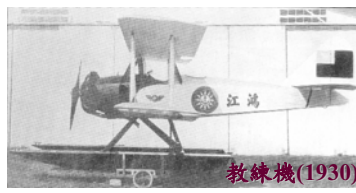
中國航空先驅



甲一型初級教練機(1919)



福州海軍製造飛機處



教練機(1930)

中國航空先驅

- 1934年6月底與美方合作的杭州飛機製造廠成立，王助被任命為第一任監理，是中方的最高負責人。他在任3年期間，中抗廠修理、組裝和製造飛機235架，其中包括道格拉斯教練機、霍克-II和霍克-III戰鬥機、弗利特教練機、A-12雪力克戰鬥機和諾斯羅普2E輕轟炸機等。



霍克-II



霍克-III

中國航空先驅

- 1939年7月，中國航空研究所(航發前身)在成都建立，王助任副所長。先後研製成國產層板、蒙布、酪膠、油漆、塗料等，創造出以竹為原料的層竹蒙皮和層竹副油箱，研製出以木結構代替鋼結構的飛機，解決空軍急需。



成都廠製造的研轟三式轟炸機(1944)

波音公司的發展沿革

- 1947年，王助出任中航公司總經理劉敬宜的主任秘書。1949年5月，國民政府命令中航公司遷往台南。後王助遂在台南隱居。
- 1955年，王助應聘去成功大學任機械工程系教授，講授航空工程。1965年3月4日在台南病逝，終年73歲。
- 波音為了紀念王助，1992年，在成大航太所成立「王助紀念講座」，為期三年，每年派幾位專家來講授一系列的課程。

波音公司的發展沿革

- 一次大戰後，波音為美國郵政局設計了40A型郵務機，還為此成立空運公司經營業務。後來的80型客機使波音真正進入客機市場，但在1920年代末期，波音成立了「聯合飛機運輸公司」。
- 此公司後來合併波音飛機公司、波音空運公司、普惠公司，成為當時世界航空工業的最大集團；而其中的「波音空運公司」在1929年合併其他較小的公司成為一家載客的航空公司，就是目前世界第二大的「聯合航空」(United Airlines)前。



波音公司的發展沿革

- 1931年波音推出247型客機，可載十名乘客，造型流線、起落架可收縮，速度快、噪音小，但因銷售策略獨惠關係企業-聯合航空，致使別的航空公司轉向其他廠商，只生產了75架，由於需賣出400架左右才能損益平衡，可說是波音早期的挫折之一。



波音公司的發展沿革

- 1934年「聯合飛機運輸公司」因反托拉斯(anti-trust)的潮流，被迫解體，分成聯合航空公司、聯合飛機公司和波音飛機公司。
- 二次大戰開始，波音的生產的B-17及B-29重型轟炸機，成為擊敗軸心國的功臣之一。



噴射客機的發展背景

- 噴射客機的發展背景，是航空製造業在二次大戰後歷經重組的艱苦過程。業界在1944年，也就是戰爭結束之前一年，產出超過96,000架飛機。而到了1947年，所有的飛機製造公司只賣出1,500架戰機和少量的民航客機
- 當時戰機製造商：洛克希德、共和和北美，幾乎是一夜之間就失去了政府的大合約；製造轟炸機的波音和康維爾的情況也差不多這時，只剩兩個生意還有希望，就是客機和噴射機。

噴射客機的發展背景

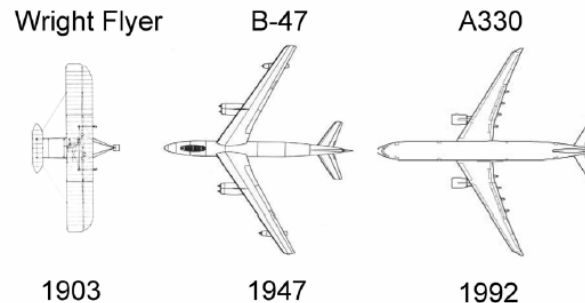
- 噴射客機的前身是噴射轟炸機。1943年，波音、諾斯洛普、馬汀、北美和康維爾五家製造商，都和空軍簽下為美國設計製造第一架實驗性噴射動力轟炸機的合約。
- 波音公司由大型的風洞，及戰後德國的取經，在後掠翼上取得突破。
- 波音發展的XB-47轟炸機明顯取得優勢，於1947年底試飛，隔年9月就投產，飛行速度接近900km/h(遠高於P-51的700km/h)

噴射客機的發展背景



- XB-47的設計成為後半世紀噴射民航機外型的主流，與波音747比較，除了後者機身較窄、為上單翼外，其實外型上並未太多的差異。

噴射客機的發展背景



噴射客機的發展背景

- 但是當時大型飛機的主要買家-美國空軍，只在意航程可及莫斯科的重型轟炸機(康維爾的B-36)，噴射引擎的耗油率，使中程的B-47一直得不到空軍的重視。
- 1948年空中加油技術的成熟，航程不再是優先考量項目，B-47的訂單確定，P&W也研發馬力大、省油的J-57噴射引擎。
- 然而說服空軍容易，航空公司卻是利潤取向，當時DC-7當道，時速330m/h，可飛越大西洋，最重要其成本不及噴射機的1/2。

噴射客機的發展背景

- 道格拉斯在30年代中期推出DC-3，橫掃民用客機市場；接著四引擎的DC-4，亦受好評。DC-6能在對流層上方飛行，提供較為舒適的旅程；後繼經濟型的DC-6B與新型的DC-7均廣受歡迎。
- 另一個深具潛力的對手洛克西德，亦有L749A星座式商用機搶佔市場。



噴射客機的發展背景

- 波音高層不敢冒然投入從來沒有賺到錢的客機市場(那是道格拉斯DC系列的天下)，但是若從空軍加油機切入，則一魚兩吃，進退有據。
- 1954年5月，波音707的原型機Dash-80出廠，空軍立刻訂購100架。



噴射客機的發展背景

- 波音的對手道格拉斯，在波音實體機展示後的次年(1955)6月推出紙上DC-8，但憑藉著與航空公司的老關係(尤其是汎美)及更好的J-75噴射引擎，竟然訂單不缺，聯航與國航都訂購DC-8。
- 波音下決心「以客為尊」迎合客戶需求，首先將707加大換用J-75引擎，變成可以不中停飛越大西洋的「洲際707」，而且同意將客艙加大4吋(與DC-8同)，獲得美國本土最大航空公司美航的30架訂單；並靈活的依各公司的特別需求修改設計，訂單明顯成長。

噴射客機的發展背景

- 1956年，波音的訂單開始勝出。1957年後，四年間DC-8總共賣不到50架，因為口碑越來越差。主要在於DC-8從紙上一路追趕707，雖然1958年昇空時只慢了五個月，但是快速量產的結果，瑕疵過多，不但飛行線上的飛機回廠，生產線也需停下修改，損失先不計，商譽受到無可挽回的重擊。



707

DC-8

噴射客機的發展背景



- 與DC-8同期的還有康維爾(Convair)公司的CV 880/990，市場接受度比DC-8還低，很快就退出了競爭。但香港國泰與我國民航航空運公司都在60年代引進Convair 880，進入噴射紀元，民航並以「超級翠華號」命名，為當時國內最頂級的民航客機。

噴射客機的發展背景

- 波音公司接著發展出中短程航線上使用的727、全球最為普遍的737家族系列、影響人類生活最大的747、節省成本的757、767系列、以及集高科技之大成於一身的777，在主要產品方面，波音可說是戰無不勝。從707到777都是同型客機中的翹楚，一直要到1970年代歐洲空中巴士工業集團興起並一再攻城掠地，1990年代麥道走下坡之後，這樣的均勢才出現變化。

波音族系

現在



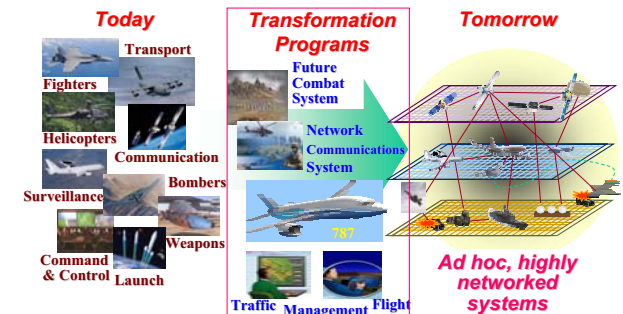
過去



波音公司

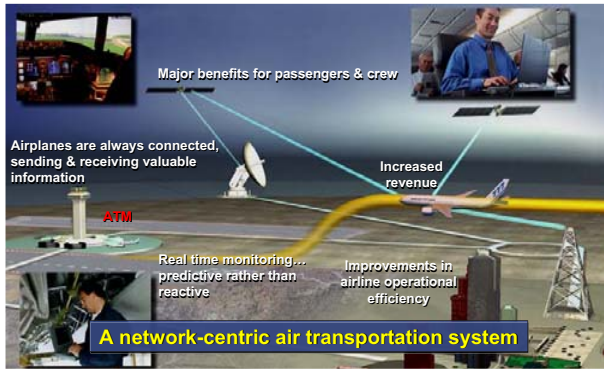
- 波音公司(Boeing Company)是目前世界上最大的航空公司，並於1997年與麥道公司合併。
- 目前，全球正在使用中的波音噴射客機達一萬一千架左右。
- 今日波音集團於世界各地擁有約23萬名員工，是全球規模最大的航太工業集團。業務除了客機、商用飛機、軍機、太空、飛彈、直升機之外，還包括人員訓練、飛機租賃、資料管理等相關業務，在航太界影響可謂無人能及。

波音公司



Boeing is creating, designing, and building integrated Systems of Systems leveraging Network Communications

E-enabling Vision



- **Ad-Hoc mode** 為一種無線網路的架構，稱之為簡易模式。其允許網路通訊以點對點(Peer-to-Peer；P2P)方式進行連接，也就是一群電腦接上無線網路卡，即可相互連接共享資源，無需透過其他的存取點(如Access Point；AP)輔助上網，也不能與有線網路相連接。
- **ATM (Asynchronous Transfer Mode)** 非同步傳送模式是一種交換技術，在傳送資料時，先將數位資料切割成多個固定長度的封包，之後利用光纖或DS1/DS3傳送，到達目的地後，再重新組合。ATM網路能夠把語音、數據及視訊資訊整合在一起，針對各種資訊型態，提供最佳的傳輸環境，提供更有效率的多媒體服務。

波音727



- B727為1950年代後期的設計，為一種適用在中短程航線上較小型的噴射客機。在當時，中短程客機市場仍然是世界大戰留下的「螺旋槳」客機的天下，所以研發新一代噴射客機便成為當時西方民航機製造商共同的目標。

波音727

- 拜波音在空氣動力學上領先於歐洲各國之賜，第一架B727在1963年首航的當時，航速便已達到960公里/時，再加上寬廣的機身和較大的載客量(130人)，使B727在推出不久後，便在同級的機種中脫穎而出。
- 最初訂購B727的航空公司有德航、美航、環球等航空公司，此後訂單以每年80~100架的速度成長，可說是相當成功。主要作為中短程航線的主力；全盛時期，B727一度佔據美國國內線一半的載客量，享有萬用飛機的地位，角色如同現今的B757。

波音727

- 以今天的標準來看，B727連基本的電腦設備都沒有，加上機齡都超過廿、卅年以上，每座位-公里成本也高過新一代客機；自911事件之後，各航空公司機隊過剩，B727便被列為首要汰換的對象。至今仍然使用B727的國家只剩南美及非洲的少數航空公司。
- 整體來看，B727由於設計之初採用當時最先進的科技，所以壽期至高過許多比它晚問世的機型；銷售紀錄達1800多架。

波音727

- **三引擎**的由來，設計之初，兩大客戶-東方與聯合航空，前者為節省操作成本希望用雙引擎，聯合的大本營丹佛標高5000呎要求用四引擎，波音只好擇中採用三個引擎。
- **727三引擎的佈局全部置於機尾**，一者艙內噪音，二者任一發動機失效只有很小的力矩需要平衡。但是水平尾翼被迫上移，形成**T型翼**，缺點是飛機失速機頭向下時，水平尾翼會因氣流遭主翼擋住，改正困難。

波音727的機場適應性

- 波音727的成功因素歸功於伸展襟翼的發明。使飛機起降落時翼面積增加一倍，在低速環境提供更大的昇力及穩定性，跑道長度需求亦較小，適合降落在小型機場。
- APU的配置使機內電力、空調能於地面動力裝置獨立運作，使航空公司能在設備較落後的小型機場營運。
- 波音727亦為首架成功降落在玻利維亞拉巴斯國際機場(海拔一萬三千尺)的噴射客機。

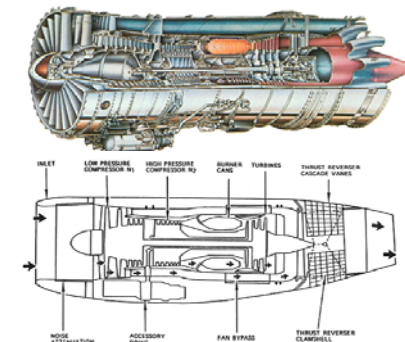
波音727



- 為求速度，翼面積只有1700m²，因此設計了複雜的前緣翼縫與三片式襟翼。其控制面以兩套獨立式液壓系統控制。

波音727

- B727是首先採用渦輪風扇引擎(JT8D)的客機。

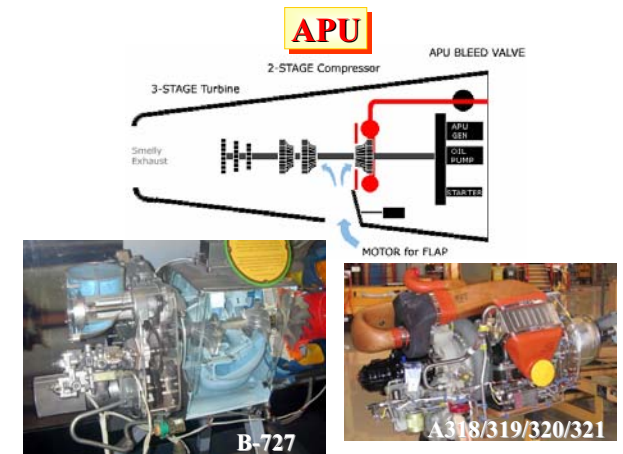


APU

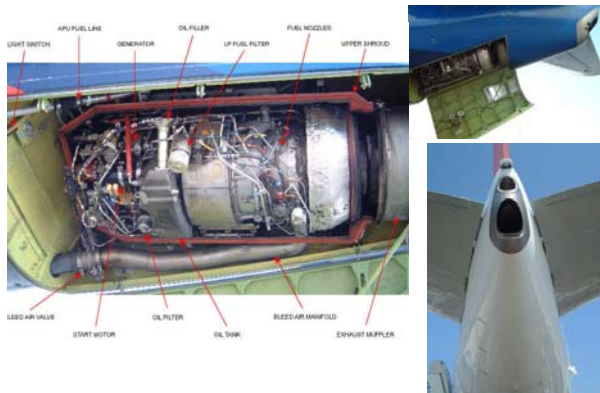
- B727亦首度裝配輔助動力單元(Auxiliary Power Unit, APU), 不依賴外電源提供機上基本用電。
- 在大、中型飛機和大型直升機上, 為了減少對地面(機場)供電設備的依賴, 都裝有獨立的小型動力裝置, 稱為輔助動力裝置或APU。
- APU其實就是一具小型的渦輪發動機。其功能是在飛機停放在地面時, 供應引擎啟動所需要的電力和氣源。或是未接地面電源或氣源時, 提供客艙和駕駛艙內的照明和空調, 讓飛機起飛時發動機的功率能全部用於地面加速和爬升。降落後, 仍由APU供應電力照明和空調, 使主發動機提早關閉, 從而節省了燃油, 降低機場的噪音。

APU

- 在單引擎或雙引擎的飛機上, APU扮演了更重要的角色, 當飛機做長途越洋飛行時, 發動機如果在空中熄火, 只能靠電瓶供給短暫的能量, 此時就會失去飛機上大部分的電力、氣壓及液壓動力來源, 對旅客造成不便與使他們感到不安之外, 對飛機的飛行安全更有極大的障礙。在飛機飛行在空中時, 除了推力輸出之外, 輔助動力系統幾乎代替了一具發動機所能發揮的功能, 銜接飛機緊急時的飛行各種必要動力輸出, 使飛機能夠維持飛行姿態、航向等等, 以便在有效時間內降落在備降機場上, 保障飛機與旅客的安全。



B 737 APU



B 737機尾的登機梯



- 除了一般從飛機側面打開的登機門之外, 727在機尾下方有一具向後放下的登機梯, 可以不必靠接空橋, 就可以直接上下旅客, 非常便利。

波音727在台灣



- 1968.02.16民航公司的波音727型客機超級翠華號(向南航租借)從香港將飛抵松山機場前, 因為攔截ILS訊號失敗, 在臺北縣林口鄉山區墜毀, 造成11組員的三位及52乘客中的18位死亡, 受難者當中包括許多當時來台參加亞洲影展的貴賓。另殃及地面民宅一人死亡。

波音727在台灣



- 1967年華航開始引進727-100共三架, 1975年越南淪陷時政府扣留了停在松山機場的一架越南航空727, 後來賣給華航。這四架飛機在1982年又轉賣給空軍擔任行政專機, 3架於1996年汰除, 最後一架於1998年除役。

波音737



波音737



- 在波音的飛機家族中, B737雖是最小的成員(MD-95改成的717不算在內), 但從1967年推出以來, 卻成為最暢銷的機型, 前後已賣出了五千多架, 是全球最普遍的民航機。

波音737



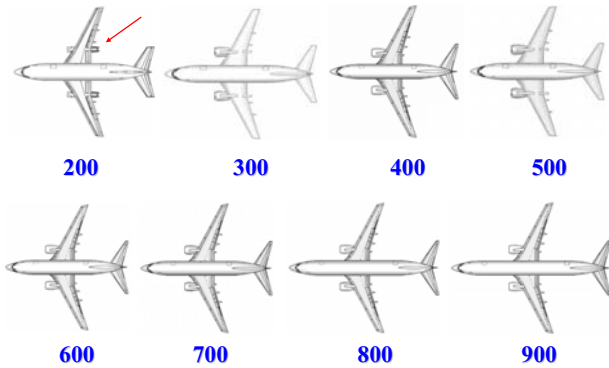
波音737

- 早在設計之初，737就被定位為100人座左右的區間客機，原因是航空公司有這方面的需求；而為了避免重新設計一種新的機型所需的高額費用，波音以727的機身縮小版為基礎，並將引擎從機身移到機翼，以此藍圖來設計737，所以兩者還是有60%的共通性。
- 最初的737有兩型，分別為100人座的100型以及110人座的200型，737-200在短程客機市場上，相當符合航空公司的需求，其可靠的耐力與操作成本低廉的特性更是大受歡迎；在1969年底時訂單已達257架。

波音737-300~500

- 隨著1980年代到來，737依然享有相當不錯的銷售成績，雖然如此，737畢竟是60年代中期科技的設計，因此波音的設計人員開始規劃第二代的737，也就是後來的300、400、500型。
- 其特點與之前的差別為耗油量較小，加長機身得到更高的酬載能力，這其中有一部分要歸功於新式引擎CFM56-3的問世，得以讓波音擴充其家族成員，達到開發潛在市場的功能，像是400型的載客量已高達170人。

737族系比較



發動機的改變



- CFM56是高旁通量引擎，徑長較大，波音為了不重新設計起落架，將引擎前推。

波音737-600~900

- 1990年代，市場上出現一強勁對手-空中巴士A320族系，同時麥道公司的MD-80升級版MD-90亦即將問世，和這些新銳機型比較起來，第二代的737在性能上還是缺乏優勢，顯然波音需要一架飛的更高、更快、更遠、更省油的737，才能面對二十一世紀中短程客機市場的競爭。所以波音繼續研發第三代737，也就是600、700、800、900系列。

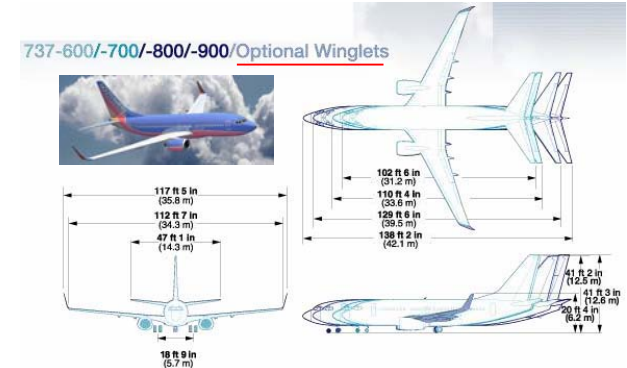
Boeing 737-100/200 (1967 / 1967)
Boeing 737-300/400/500 (1984 / 1988 / 1990)
Boeing 737-600/700/800/900 (1998 / 1997 / 1998 / 2001)

波音737-600~900的性能提昇



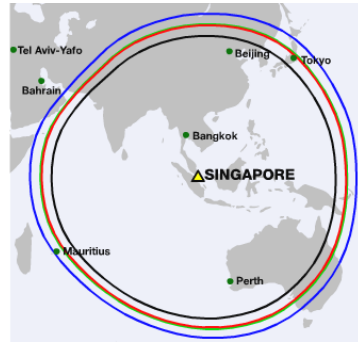
- 高速的巡航性能:速度從0.79增加到0.82馬赫
- 更高的燃油效率:以及更符合環保的設計
- 儀表:駕駛艙以六具大型顯示幕取代傳統儀表。
- 增加容量:加長的B737-800、900型載客量189人

737族系比較



乘客滿載航程

- 737-600**
起飛總重65噸
110兩級座位
- 737-700**
起飛總重70噸
126兩級座位
- 737-800**
起飛總重77噸
162兩級座位
- 737-900**
起飛總重79噸
177兩級座位



波音737-600~900

- 由737研發的過程，可以看出典型的飛機研發計畫，都是由最初的基本型先問世，過一段時間市場上需要衍生(derivative)，或原型(prototype)的經濟性能或操控性能不敷使用時，再根據原有的基礎發展其先進型(advanced)。
- 此外，飛機製造商也在設計之初，就保留未來加長機身的空間，以符合市場上不同航線的需求，這個特點在空中巴士及波音身上都可以看見。

波音737-200在台灣



- 此型客機從1976年引進我國，一直服務至1999年除役，遠東航空更曾先後引進11架737-100/200客機，最多時曾同時擁有8架。

波音737-200在台灣

- 1986.02.16中華航空一架松山-馬公航班波音737-200(B-1870)，降落馬公時因起落架問題複飛，因機組員操作不當墜海。
- 1986.08.22遠東航空一架臺北中正-高雄航班波音737-200(B-2603)於三義空中解體，失事調查顯示機體有嚴重腐蝕，致機身蒙皮破裂而解體失事。
- 1989.10.26. 中華航空一架花蓮-臺北中正航班波音737-200(B-180)於花蓮起飛後轉錯方向撞山失事。

波音737-800在台灣



波音747



- 747一般簡稱巨無霸客機(Jumbo jet)，在長程高載客量的航線上，佔有舉足輕重的地位。從1970年推出到現在，儘管經歷多次的改良，最新型的747在結構和空氣動力學設計上仍然和747的原型機相去不遠，足以想像當時設計之先進。

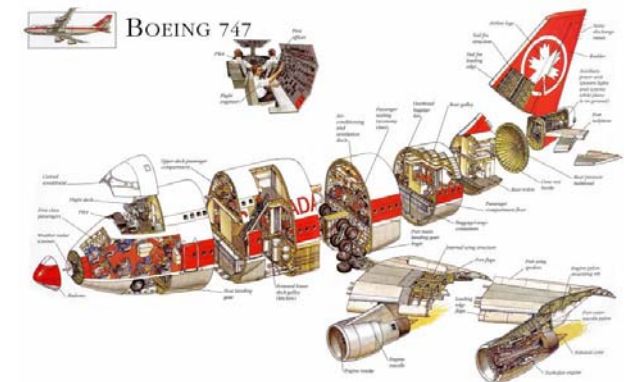
波音747

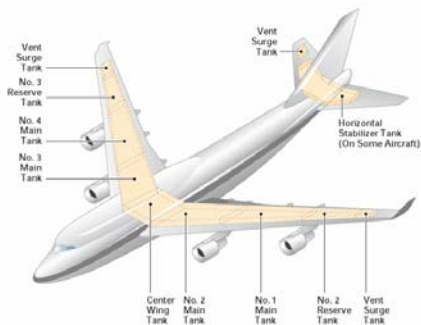


- 在推出的當時，747以前所未有的酬載和航程，為空中運輸帶來一場革命，將世界又變小一次；一直到現在，最新型的747-400仍是各航空公司長程航線的主力。

波音747

- 波音之所以會有研發747的構想，是因為在1960年代初期，美國空軍提出高負載運輸機計畫；這項計畫的需求是要製造一架能夠載運750名部隊，或者兩輛主力戰車飛越大西洋的巨型運輸機，以利歐戰爆發後可以迅速將部隊由美國本土運抵前線(最後由洛克西德C-5銀河式得標)。
- 加以當時民航界的領導者汎美航空指出，國際運輸載客人數年年成長15%，現有的機型已不敷所需。在市場背景環境下，波音展開了747的研發計畫。





Total Usable Fuel	
Airplanes With a Horizontal Stabilizer Fuel Tank	216,389 liters (57,164 U.S. gallons)
Airplanes Without a Horizontal Stabilizer Fuel Tank	203,897 liters (53,864 U.S. gallons)

波音747

- 在設計747的過程中，波音考慮過約五十個設計案，包括高翼至低翼，單甲板到三層甲板，每排座位八人到十人不等。最後，基本型確定為一架全長70公尺，翼展64公尺，單一艙等可以搭載570人的巨無霸。在性能表現上，波音採用後掠37.5°主翼，使巡航速度高達0.85馬赫。
- 747獨特的三縫式襟翼使進場落地空速可降低到140哩以下，有效提升降落性能。



波音747

- 當時各國都在研發超音速客機，英國和法國合作發展協和號，美國也未間斷此方面的研發，747只被視為過渡期的產物，波音公司也只期望在1975年前賣出400架就滿足了。
- 1971年美國的超音速客機計畫，因為無法克服噪音問題和研發經費過於龐大而終止，使得波音747成為史上最為成功的飛機，也是賣出最多架的廣體飛機，卅多年來總共賣出超過1,250架。而為了應付各航空公司的需求，747經過多次的革新，也發展出747-100、SP、SR、200、300、400等衍生機型。

波音747-100~200

- 747-100為最初機型，1969年試飛成功，第一架交給汎美航空，名為「青年飛剪號」的飛機，至今還保留於西雅圖飛行博物館收藏。



波音747-100~200

- B747的原始機型並不成功，因為重量不但超出原本設計值的10%，引擎也達不到預期的效率，使得波音於隔年便研發新的改良型。而747-100又分747-100A和747-100B。
- 747-100A增加了裝載的燃料，以提升其飛行距離及最大起飛重量。747-100B則加強機體、主翼等結構，並把最大起飛重量(MTOW)提升到340噸。而200型為前者的改良型，在結構、起落架和機械上都予以加強，航程也達到6,600哩，已經具有不著陸橫越太平洋兩岸的能力，成為真正的洲際客機。B747一共推出客運型(200B)、半客貨型(300C)及全貨型(200F)三種。

空軍一號

- 美國總統的專機「空軍一號」，是由747-200改良而成，機上有總統的起居室、辦公室、會議室以及最先進的通訊設備，同時可藉由空中加油的方式，延長其航程。每架價值高達2億5,000萬美金，相當於一般747-200的兩倍。



參議員Alan Specter

B747-SR(短程型)

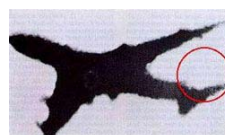
- 在1960年代末期，因應日本的國內線乘客成長，波音以B747-100為基礎開發專供短程航線使用的747SR。將其結構加強，最大起飛重量降為原來的80%，以應付起降的頻繁。引擎也裝設大量的面板減低噪音以符合日本的管制規定。在早期，如果客戶有需要的話，飛機製造商是很樂意為航空公司量身打造飛機的。



a

B747-SR(短程型)

- 1985年8月12日，一架日本航空第123航班的747SR因檢修不當，壓力隔艙後部在飛行中爆開，導致飛機失控撞山，全機534人僅4人生還，為航空史上最慘重的單機空難。

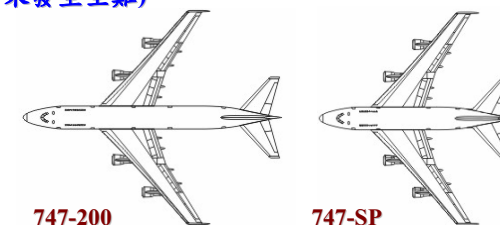


業餘攝影者拍下已失去垂直尾翼的747SR



B747-SP (Super Performance)

- B747SP的長度縮短了14公尺，只有56公尺，係針對長距離的飛行所設計，航程高達12,000公里以上，載客量為B747-100的70%，相當符合當時國際航線的需求。結構亦特別加強(SP從未發生空難)。



747-200

747-SP

B747-SP

- B747SP的燃料消耗量比100型少了9%左右，得以增加飛行的距離，東京-紐約可以直飛。
- 在747-400尚未出現前，SP是世界上飛得最高、最快、最遠的次音速客機，當年創下的許多紀錄仍然保持至今。



B747-300

- B747-300加長頂層客艙的甲板(駝峰)，有著較高的載客量，由於增加結構重量，卻未換引擎，因此比B747SP要降低15%的續航力。因此在意航程的航空公司仍然回頭選擇B747-200型機。由於只加大上層客艙，因此本機沒有貨機型，共製造了81架，最大宗客戶為新加坡航空公司。



B747-400 新一代引擎

機型	引擎	推力(萬磅)
B747-200 CF-6-50	GE	5.4 × 4
JT9D	P&W	5.6 × 4
	GE	6.21 × 4
B747-400 CF-6-80	GE	6.21 × 4
RB211	RR	5.9 × 4

B747-400 先進材料

- 先進材料的使用，大大減輕了747-400結構重量。過去客艙中使用的金屬地板已經被輕質、堅韌的**碳纖維複合材料**地板所代替。
- 747-400的16個主起落架機輪採用標準的**碳剎車結構**，其能量吸收特性和耐磨性更高，並且重量減輕了約1800磅(816公斤)。
- 747-400使用了強度更高的**鋁合金**，這使其重量減輕了約4200磅(1900公斤)，並疲勞壽命也被延長。這些在757和767飛機上使用的合金材料被用到747-400的機翼蒙皮、桁條和下面翼梁弦等部位。

B747-400 翼端帆

- 翼端帆相當於加大翼展，而又不需加大標準機位。將燃油效率提高了約3%，在壽期內可為航空公司及其乘客節省相當大的費用。
- 耐用和輕質的翼端帆是由**碳纖維-環氧樹脂**材料製成的，目前波音所有現代化飛機上用的都是這種材料。與全鋁結構相比，複合材料和鋁製造的翼端帆可使每架飛機減重27公斤。



B747-400 數位化座艙



- 採用新的駕駛艙設計，也就是「玻璃座艙」(glass cockpit)的概念：B747-400以螢幕取代傳統儀表，數位化的結果使747不再需要飛行工程師(flight engineer)，原有971個儀表、燈光和開關在減少到365個，使得如此龐然大物只需兩個人即可操縱自如。

B747-400 族系

● 客機型



● 貨機型



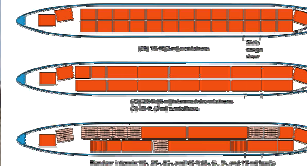
● 客貨混裝型



● 國內型



B747-400F 貨機



- 標準型747-400貨機可運載124噸貨物飛行8240公里。預計747-400ER貨機將於2002年底投入運營，可多飛972公里，或多載9980公斤。

B747-400F 客貨混裝型

- 前艙載客，後艙載貨。左翼後部有一個大型側壁貨艙門，再加上可移動的乘客座位和裝載貨物軌道，航空公司可依不同的市場變化周期與包機要求調整內部配置。



B747-400 國內型



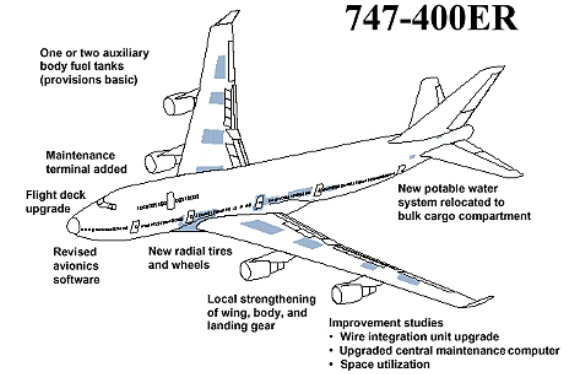
- 國內型747-400是一款大容量飛機(可搭載568名乘客)。為適應日本國內高起降率、短航程運營市場的需要，對飛機進行了結構改進。因為國內型747-400不需要747-400上的加長翼與翼梢小翼來減小阻力，所以它採用與747-100、200及300相同的機翼。波音已經製造並交付了19架這樣的飛機。由於市場上對於極高容量(550名乘客)飛機的需求減少，波音已停產。

B747-400ER



- 遠端型747-400 ER(又稱延程型)有客貨兩種機型，其大小與目前的747-400相同，但航程更遠或業載能力更大(客運或貨運)。2000年11月28日，澳大利亞快達航空公司訂購了6架。目前已投產，預計將於2002年底投入運營。
- 2001年4月30日波音推出了747-400ER貨機，並獲得了國際租賃融資公司(ILFC)5架貨機的訂單，其中的第一架將於2002年底投入運營。

B747-400ER



乘客滿載航程

747-400
起飛總重395噸
461三等座位

747-400ER
起飛總重418噸
461三等座位



數據資料

機型	B 747-100	B 747-200	B 747-SP	B 747-300	B 747-400	B 747-400D	B 747-400ER	B 747-8
第一次飛行	1969年2月	1970年10月	1975年7月	1982年10月	1988年4月	1991年3月	2002年7月	預計於2008年
翼展(m)		59.64			64.44	59.64	64.44	68.5
翼尖小翼		沒有			有	沒有	有	沒有
長度(m)	70.66	70.66	56.31			70.67		76.30
高度(m)	19.33	19.33	19.94	19.33		19.41		19.40
最高巡航高度(呎)		39 000		不詳	45 100	不詳	不詳	不詳
最大航程(km)*	9 045	12 778	15 400	12 408	13 491	2 905	14 205	14 815
飛機淨重(kg)*	162 386	169 960	147 420	178 171	182 225	不詳	不詳	不詳
最大起重(kg)*	340 195	377 840	317 515	377 840	396 895	378 182	412 775	435 449
一般巡航速度(km/h)		895	不詳	910	912	910		912
最高航速(km/h)	967	981	1000	996	1 041	不詳	不詳	不詳
機師	3名			2名				
載客量*	三級397人/兩級452人/單級500人	兩級316人/單級440人	兩級470人	三級416人/兩級524人/單級568人	單級568人	三級416人/兩級524人/單級568人	三級450人	

未來 747

波音747-400X安靜型遠端飛機，起降落噪音將分別比現有機型降低20%和40%，有貨運和客運兩種。



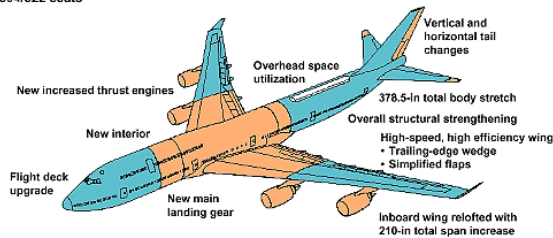
能載客416人，客艙重新設計，使旅客擁有更大空間。航程也比改裝前遠，能從美國紐約直飛泰國曼谷。

747X Stretch

Fulfills Larger Than 747-400 Market Requirements



1,043,000-lb (473,100-kg) MTOW
504/522 seats



B 747-X

- 1996年波音曾提出747-X計劃，作為對空中巴士A3XX(後來成為A380)的回應。747-X計劃延長747的上層機艙，配合新的發動機，將載客量提高至800人。但最後計劃因為得不到足較的航空公司訂單而告吹。由於空中巴士A380對市場的侵蝕，加上部分長途航線近年改為以雙引擎飛機(如767及777)作ETOPS操作，747的訂單大幅減少，現在新訂單幾乎全是貨機。

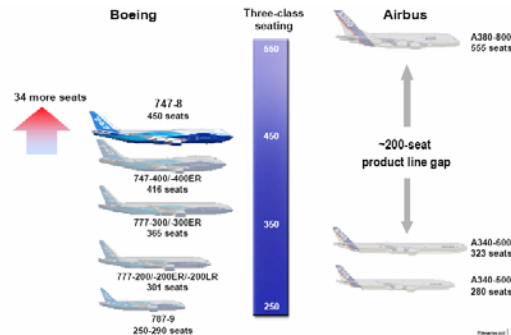
B747-8 洲際型



B747-8 洲際型

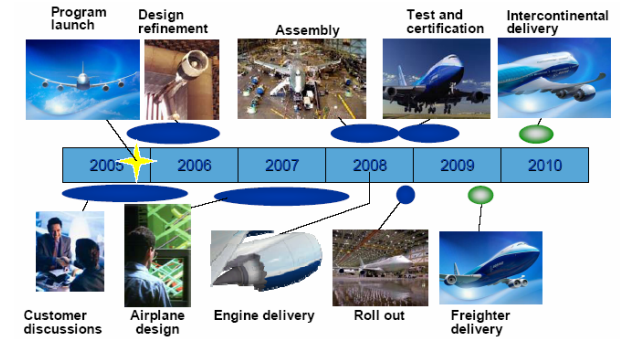


- 面對空客A380對未來超大型噴射運輸機市場的咄咄攻勢，波音2005年11月終於發起一項醞釀了近10年之久的747先進型改型計劃。



- 波音747-8能滿足航空公司400到500座級的市場需求服務，介於555座的空客A380和365座的波音777-300延程型飛機之間的座級。

2009年營運



2009年開始交機

Date	Airline	EIS	Type		
			747-8I	747-8F	Options
November 14, 2005	Cargolux [3] 盧森堡國際貨運航空	2009		10	10
	Nippon Cargo Airlines [4]	2009		8	6
May 30, 2006	Boeing Business Jet [5]	2010	1		
July 18, 2006	Emirates SkyCargo [6] 阿酋航空	2010		10	
September 12, 2006	Atlas Air [7]	2010		12	14
September 29, 2006	Boeing Business Jet [8]	2010	2		
October 3, 2006	Guggenheim Aviation Partners [9]	2009		4	2
November, 2006	Boeing Business Jet	2010	1		
November 30, 2006	Korean Air [10]	2010		5	
December 6, 2006	Lufthansa [11] [12]	2010	20		26
	Sub-totals		24	49	
	Totals		73		52

B747-8 的客戶



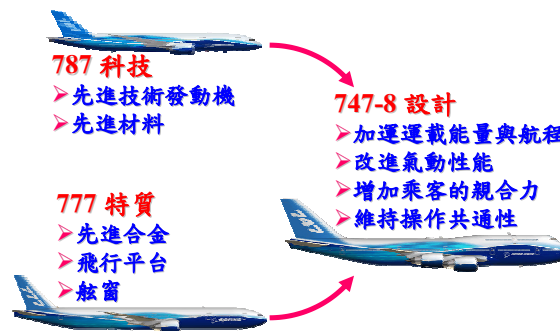
B747-8 的客戶

- 事實上波音本身並不認同外界將747-8與A380相提並論的說法。波音的研究並不看好未來555座級飛機市場，仍堅持城市對的觀念。
- Airbus則認為747-8只有在大型貨機市場上對A380有威脅，實際上747-8的貨機訂單也確實較多。
- 其實波音下決心經營747-8有其他的因素，諸如為確保波音747生產線不被關閉，避免用戶向中型雙發的777系列轉移。
- 另外747-8是747、777與787的技術整合，發展風險較小。

三合一策略



三合一策略

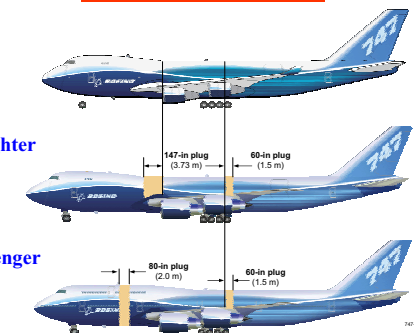


與 747-400 比較

747-400F

747-8 Freighter

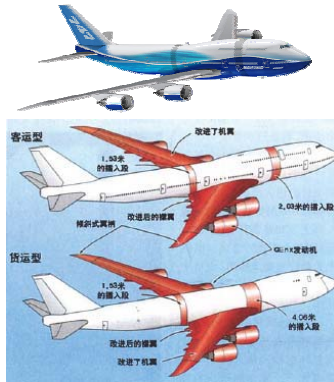
747-8 Passenger



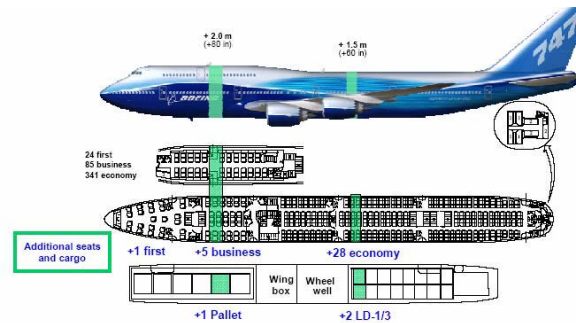
B747-8 的改進

● 波音747-8為何以8為序列號碼，主要在彰顯與787同步採用先進技術的聯聯性。

● 747-8系列雖延續747-400機體設計，但改裝了最新研製的發動機和加長了機身，改進了機翼的結構設計等。

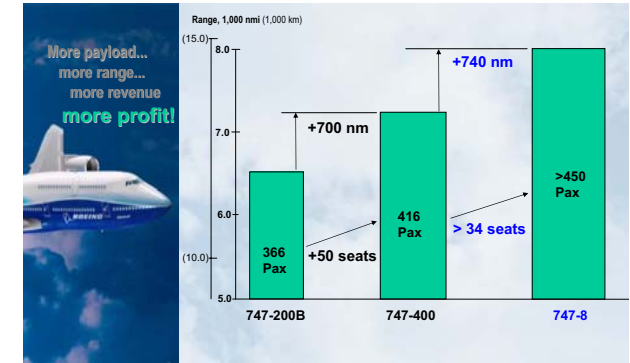


B747-8 的改進

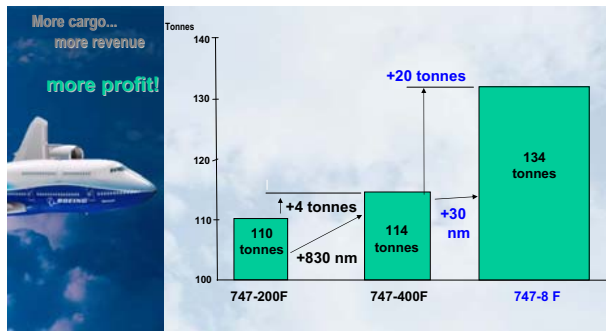


● 拉長的3.5公尺增加了34個座位與21%的貨量

航程的增加



貨機能力的長進



機翼設計



● 747-8的襟翼系統採用雙縫內側和單縫外側後緣襟翼裝置取代747目前用的三縫襟翼裝置，使結構更加簡單，零附件較少，將利於可靠性的提昇。另外將加裝傾斜式翼尖，惟保留機翼的平面形狀與結構的位置不變，仍適用於現有747-400的生產工具。但結構材料更新，翼展增長到68.5公尺，重新修改機翼扭轉度，並增加了機翼厚度(意謂油箱增大航程增加)

駕駛艙



● 747-8的駕駛艙吸取波音777、787與737NG的優，但基本上為換裝快速，其佈局仍與747-400類似。包括空中交通管制數據鏈、指針式控制裝置、電子清單、垂直狀態顯示器、靜音爬升系統、導航性能儀表盤綜合進近導航系統、飛行管理計算機系統、電子飛行包與GPS著陸系統。

數位化駕駛艙



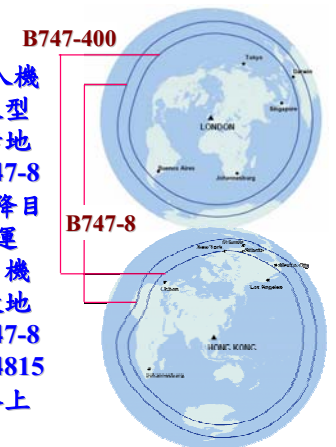
航程的需求

廠家	機型	Range (km)
Boeing	747-8	14,800
	747-400/ER	13,450/14,200
	777-200/ER/LR	9,650/14,300/17,450
	777-300/ER	/11,000/14,600

● 對於民航公司增加航程的需求，747-8洲際型8000海哩(14800km)的航程能力將與波音777-300ER、787-8/9等遠程機型相匹配，從而滿足波音運用三種具有同樣航程的機型系列涵蓋210座到450座遠程航線市場的目的。

航程的增加

波音747-8是唯一能融入機場目前的基礎設施的大型機，使航空公司能靈活地飛往更多的目的地。747-8可以在全球210個能起降目前747系列飛機的機場運營，使用相同的飛行員機型執照和服務，大多數地面支援設備也相同。747-8洲際飛機的航程可達14815公里，幾乎能連接世界上所有的城市對。

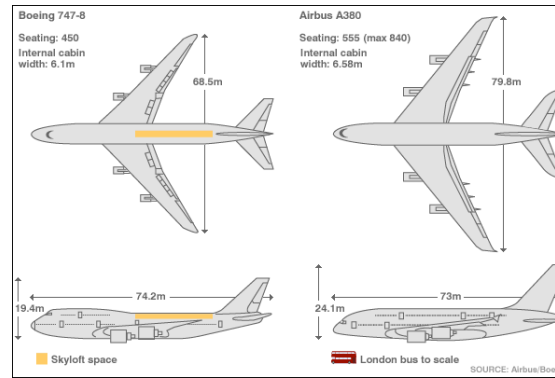


操作共通性降低訓練/作業成本



與747-8相容	747-400	777	787
飛行員評級	相同	不相同	不相同
共同落地許可	是	是	是
共同部份許可	是	是	是
機種換裝時間	2~3天	8(-8 to 777)	6(-8 to 787)
相同模擬器	是	否	否

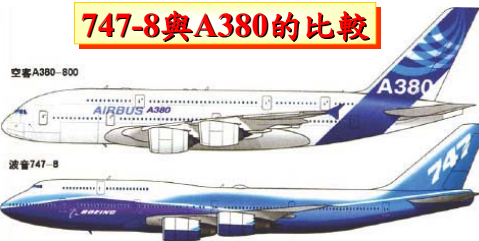
747-8與A380的比較



747-8與A380的比較

性能數據	波音747-8	A380-800	波音747-8F	A380-800F
機長(公尺)	74.2	72.7	75.3	72.7
翼展(公尺)	68.5	79.8	68.5	79.8
最大起飛重量(噸)	436	560	436	590
航程(公里)	14800	15000	8280	10400
巡航速度(馬赫數)	0.85	0.85	0.85	0.85
最大燃油容量(升)	227900	310000	215400	310000
座位量/有效裝載(座-三級布局/噸)	450	555	140	152
最大客艙寬度(公尺)	6.1	6.5 / 5.9	*	*
總推力(千牛)	1173	1234.8	1173	1349
目錄價格(億美元)	2.5~2.6	2.72~2.92	2.65~2.75	2.72~2.92
投入運營期	2010年1季	2006年4季	2009年3季	2008年3季

747-8與A380的比較



- 747-8的客機和貨機都能使航空公司的營利能力最大化。747-8洲際飛機的座英里成本比747-400低9%，航段成本低2%。與A380相比，747-8洲際飛機每座重量更低12%，每客油耗低11%。因此和A380相比，航段成本降低22%，座英里成本降低4%以上。

最佳旅行效率



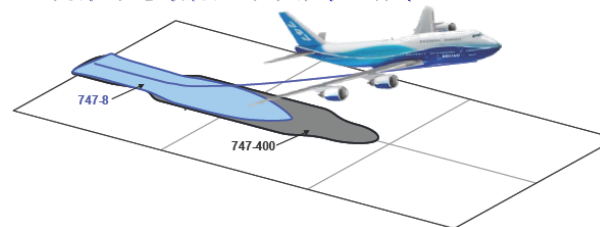
換裝新型發動機



- 747-8目前選擇的是GE為787研製的Genx-2B67，可能是第一種採用可變面積或者智能發動機裙邊噴口靜音技術的商用噴氣飛機。

低噪音

- 新發動機和先進靜音技術的採用將使波音747-8的噪音值降低85分貝，使其在最大起飛重量時的噪音影響範圍比波音747-400的減小30%，從而能滿足從2009年開始在倫敦希思羅機場開始執行的更為嚴格的噪音等級標準。



環保新標



- 兩款機型都設立了燃油效率和降噪的新標準。747-8洲際飛機的燃油效率比747-400高15%，可使航空公司降低燃油成本，污染物排放也減小15%。747-8貨機的燃油效率比747-400貨機高16%，污染物排放降低16%。

機型	引擎	推力(萬磅)
B777-200LR CF-90	GE	11.5 × 2
A380 GP7200	GE/PW	8.0 × 4
B747-400 CF-6-80	GE	6.21 × 4
B747-8 GEnx	GE	6.65 × 4

新的內裝設計



- 787啟發的新內裝
- 醒目的新通道
- 新的視窗設計
- 新的空中閣樓

新的內裝設計



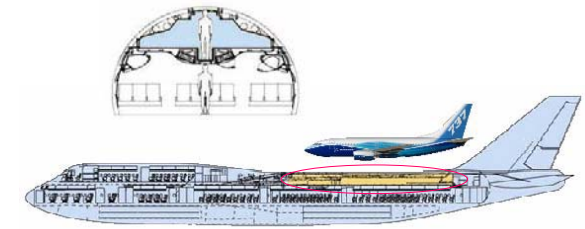
餐廳與交誼廳

氣氛照明



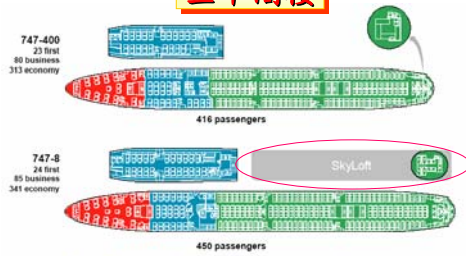
夢幻盥洗室

空中閣樓



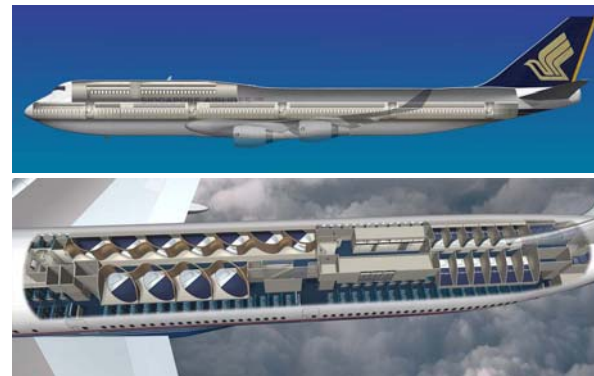
- 空中閣樓(SkyLoft)區域是該機型的設計亮點。設計者在飛機上部艙體形成了一個中間高1.8米、與737飛機等長、頂部呈弧形的空間。

空中閣樓

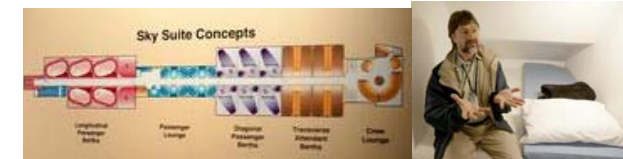
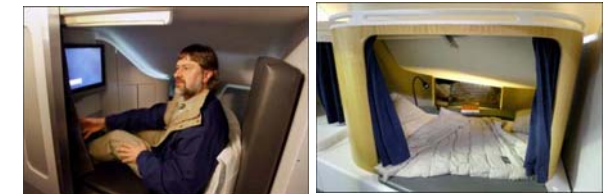


- 波音747-8洲際飛機上艙內的空中閣樓(SkyLoft)區域使運營商可選擇是安裝更多的主艙座位還是通過個人套房、休息室或商務中心來營造獨特的乘客體驗。

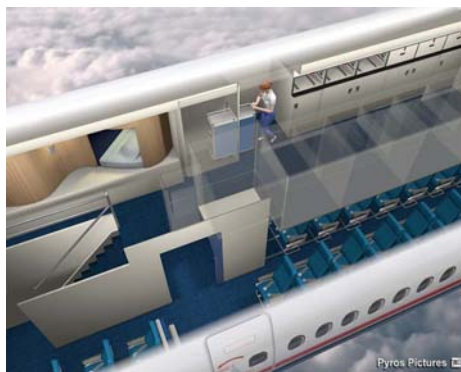
空中閣樓



卧鋪skybed



空廚



B747-8風洞實驗



- 兩種747-8機型的設計佈局將在2007年3季定案，高速風洞試驗2006年初進行，5月進行低速試驗，波音747-8F將在2008年第三季度出廠，並在同年年底首飛，2009年投投入營運。747-8洲際型目標是在2010年投入營運。