

淡江大學土木工程學系

運輸工程 Transportation Engineering

用路者及運具

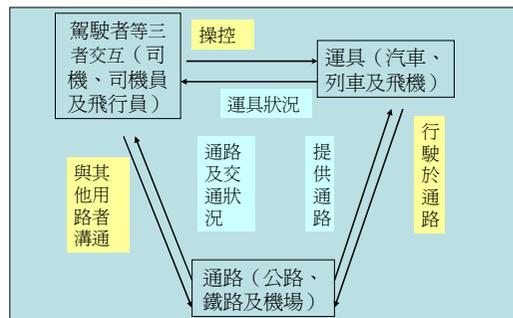
林世泰兼任助理教授

運輸的三要素

- 運輸均牽涉到人、運具及通路等三要素，為謀求改善運輸，亦應從此三要素著手。
- 「人」的心理、生理、習慣和限度等特性是使用者要素，而運輸系統之操作及使用皆以人為依歸，係路線幾何線形設計須考慮的。
- 「運具」的尺寸、動力和操控等限制，與運輸系統之運轉息息相關，運具運動行為直接與通路、場站和交通管制設施有關。
- 「通路及場站」為運輸系統之固定設施，服務容量應依目標年交通需求而定，線形設計標準則依據運具、設計速率及服務水準等要求。
- 路工工程師對此三要素的特性與極限均需徹底瞭解，則公路、鐵路及機場等設施規劃及設計，才會符合實際需要。

運輸系統的運作

- 運輸系統是由駕駛者（司機、司機員及飛行員）、運具（汽車、列車及飛機）及通路（公路、鐵路及機場）等三者交互配合下所產生之現象，為使運輸能安全及有效率，須三者保持適當之配合關係。
- 駕駛者、運具及通路等三者交互配合及影響關係如下圖所示



用路者的願望

- 用路者係指駕駛人、乘客或行人等，行人是市區街道的主要使用者，如發生交通事故受害者以行人為主。
- 用路者(駕駛、乘客)對運輸的基本需求為旅途舒適、便利及經濟，且在合理的成本及時間下，準時及安全抵達目的地
- 貨物業主(托運、貨主)對運輸的基本需求為在合理的成本及時間下，將貨物安全運送及準時運達目的地
- 運輸業者對運輸的基本需求為行車舒適、便利及經濟，在合理的成本及時間下安全抵達目的地
- 行人對運輸的基本需求為在合理空間、舒適、便利的由起點步行至終點，在途中盡量減少移動障礙及降低人車衝突
- 不論客運或貨運之運送作業有很多方式，皆需在合理成本及運送時間下完成，則需要工程師及營運者通力合作。

用路者的感識及反應

- 用路者從視覺、聽覺及感受（觸覺）等獲得公路環境及行車狀況，經思考、判斷以致決策及採取反應行動。
- 視覺辨識(visual reception)為視覺敏感、周遭視野、顏色視覺、閃耀視覺及深度理解，聽覺理解(hearing perception)為接收周遭情況，用知識及經驗辨識
- 駕駛者或行人對路況的反應為感識、辨識、判斷及反應(決定)等步驟，詳細說明如下
 - 感識(perception)用視覺、聽覺或感覺體察和確定外界事物或環境。
 - 辨識(identification)就感識階段所發現事物、情況及環境，運用知識及經驗加以瞭解及比較，確認對行車的重要性或威脅性。
 - 判斷(emotion) 依據事物、情況及環境對行車呈現的威脅性作判定，以決定應採取的行動
 - 反應或決定(reaction or volition)駕車者對行車情況的體認，經過知識及經驗折衝，採取符合情況的必要行動

用路者的要素

- 人身體限度→由兒童以致老人，個體特性差異廣；個體的體力、視力、聽力、判斷及反應等皆影響外顯行為。
- 用路者的感識、辨識、判斷及反應等行動，會受某些心理及生理狀況、使用藥物及酒精與身體疲勞等影響
- 駕駛者的感識、辨識、判斷及反應時間
 - 情況單純者為0.5秒，複雜者為3.0~4.0秒，反應時間為0.5~4.0秒，平均值為2.5秒。
 - 平均反應時間未涵蓋多數駕駛者，應以累積85%反應時間為設計標準。
- 行人肩膀寬為60cm及身體厚35cm是設計行人設施的依據，步行及跑步速率如下
 - 步行速率為0.6~2.4m/sec，平均步行速率為1.4m/sec。
 - 路口步行速率為1.2m/sec，跑步速率為10.0m/sec。

運具特性及操控

- 運輸固定設施係依據運具特性及交通需求來規劃及設計，運具分為公路汽車、鐵路列車及航空飛機
- 運具特性
 - 客運或貨運、尺寸(Dimension)、重量(Weight)、動力、安全設施。
- 運具操控
 - 動力、行駛速率、加速、減速、轉向、緊急煞車。
- 公路運具行駛於路線時無固定軌跡，在交通狀況允許時車輛可以變換車道
- 鐵路運具行駛於路線時為固定軌跡，列車班表及由多少車廂所組成，分為鋼軌鋼輪系統及膠輪系統
- 航空運具推動分為固定翼及旋轉翼方式，商業運輸飛機又分為廣體客機(雙走道)及窄體客機(單走道)

公路車輛

- 車輛類型及尺寸會影響橋樑、隧道及立體交叉結構的淨空，以及公路、街道及停車設施的幾何特性
- 公路設施提供各種不同車輛使用
 - 單元車輛、半聯結車及全聯結車
 - 車長由小客車的3.6m到全聯結車的23.0m
 - 車寬由小客車的2.0m到全聯結車的2.6m
- 路線的平曲線、超高、縱坡度、豎曲線、加減速車道、護欄高度等設計標準，皆依據車輛的靜態和動態特性擬定
- 研究車輛特性及性能的重要功能
 - 瞭解及容納各種代表性車輛（由高速車到重型貨車）的要求，提供公路工程設計及交通控制妥協解決方法
 - 由於車輛科技進步的衝擊，對既有公路現況的設計評估，形成研擬公路工程控制及標準的基準

公路車輛類型

- 台灣地區的公路車輛分為自行車、機車、小客車、小貨車、大客車、大貨車及全聯結車
- 標準設計車輛
 - 為了建立公路設計的控制標準，假設一種車輛的尺寸、重量及操作性能均適合各類車輛，此種車輛的尺寸應較實際行駛的絕大多數同類車輛為大，否則所設計的車道寬及線形將無法適應實際行車需要。
- 依據交通部頒之「公路路線設計規範」的設計車輛種類
 - 小型車→小客車(P)及小貨車(SU)
 - 大型車→大客車(BUS)、中型半聯結車(WB12)及大型半聯結車(WB15)
 - 全聯結車(WB18)
- 車輛的長、寬、軸距及輪距等會影響車輛轉彎軌跡，依據各類車輛建立最小轉向軌跡

公路車輛種類及尺寸

- 交通部頒之公路車輛種類及長寬高等尺寸，計分為小客車、貨車、大客車、中型及大型半聯結車與全聯結車等六種

設計車種	車輛尺寸 (公尺)									
	全長 L	全寬 U	全高 H	前懸 L_s	前軸距 L_1	中軸距 L_2	軸結 L_x	結軸 L_y	後軸距 L_3	後懸 L_b
小客車 P	5.5	2.1	1.3	0.9	3.3	—	—	—	—	1.3
貨車 SU	9.0	2.5	4.1	1.2	6.0	—	—	—	—	1.8
大客車 BUS	12.0	2.5	4.1	2.1	7.5	—	—	—	—	2.4
中型半聯結車 WB12	13.0	2.5	4.1	1.2	3.9	7.5	—	—	—	1.8
大型半聯結車 WB15	16.5	2.5	4.1	0.9	5.4	9.0	—	—	—	0.6
全聯結車 WB18	20.0	2.5	4.1	0.6	3.0	6.1	1.2	1.7	6.4	1.0

公路車輛像片



大小車輛



休憩車輛

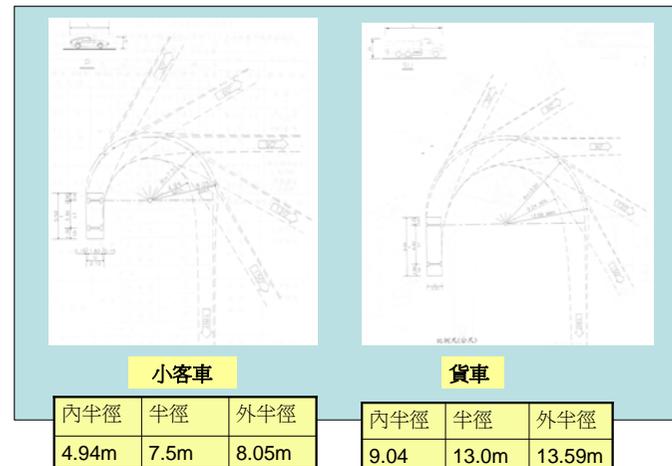


板車

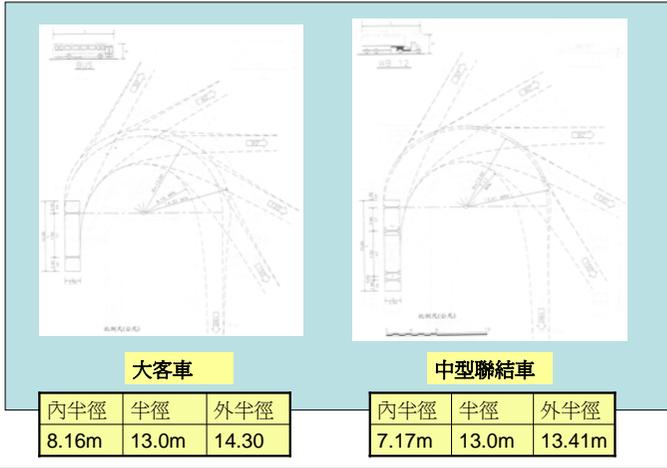


貨櫃車

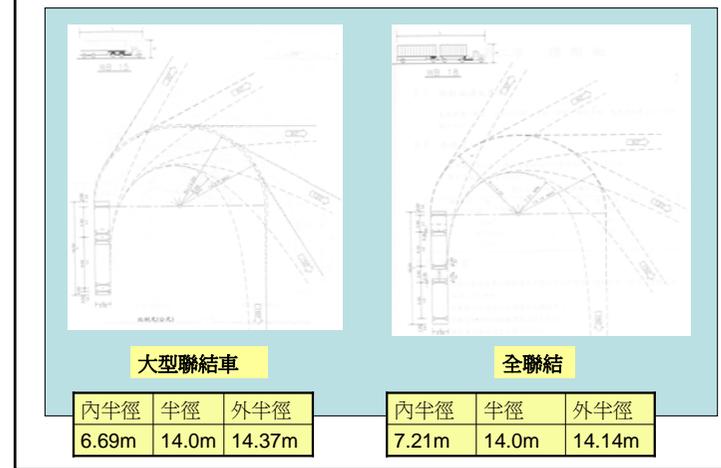
小型車最小轉向軌跡



大型車最小轉向軌跡(一)

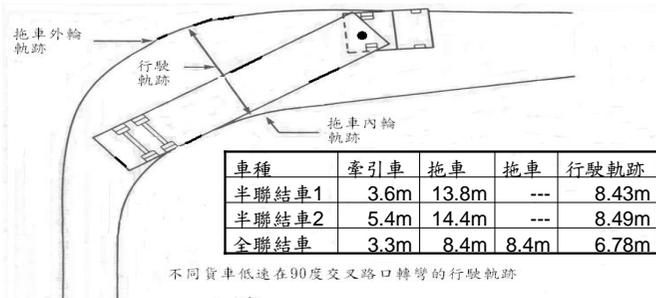


大型車最小轉向軌跡(二)



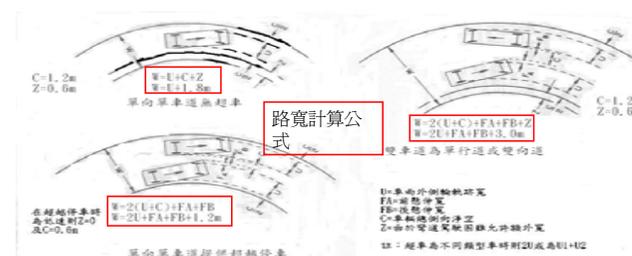
公路貨車彎道軌跡

- 不同貨車低速在90度交叉路口轉彎的行駛軌跡
 - 情況1→17.4m半聯結車的行駛軌跡為8.43m
 - 情況2→19.8m半聯結車的行駛軌跡為8.49m
 - 情況3→20.1m全拖車的行駛軌跡為6.78m



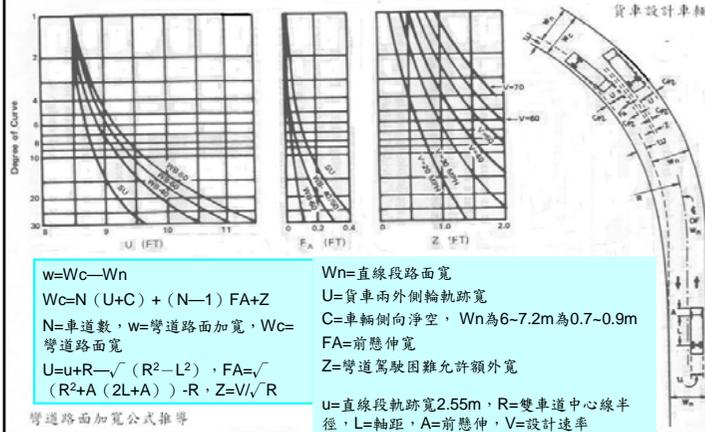
公路車輛在彎道軌跡

- 車輛行駛彎道時不同情況的路寬計算
 - 單向單車道無超車的路寬 $W=U+C+Z=U+1.8m$
 - 單向單車道超越停車的路寬 $W=2(U+C)+FA+FB=2U+FA+FB+1.2m$
 - 雙車道為單行道或雙向道的路寬 $W=2(U+C)+FA+FB+Z=2U+FA+FB+3.0m$
- $U=u+R_r-\sqrt{(R_r^2-L^2)}$ 式中參數， u 為正常軌跡寬 (1.8m 為小客車、2.55m 為貨車)， R_r 為外側前輪轉彎半徑， L 為軸距 (3.3m 為小客車、6.0m 為貨車)， FA ：0.3m 為小客車、0m 為貨車， FB ：0.15m 為小客車、0m 為貨車



彎道路面加寬

- 彎道路面加寬公式推導，直線段路面寬為6.0、6.6及7.2m，以貨車設計車輛為基準



鐵路列車編組及運轉

- 鐵路列車通常由多節車廂所組成，係指向站外正線運轉為目的而整備車輛，列車有動力車及連掛之客貨車，並具備列車標誌
- 列車標誌設於司機員座位之前，普通分為二種
 - 與路邊燈光號誌機型相同，採用小型色燈或燈列式
 - 在司機員座位前設置速度表，將列車標誌裝於速度表上，依據車速限制的燈亮調整行車速度
- 列車的分類
 - 依運轉目的分為旅客列車、混合列車、貨物列車、工程列車及救援列車等
 - 依行車速度分為特別快車、快車及普通列車等
 - 依據停靠及行駛距離分為直達列車及區間列車等
 - 依行駛班表分為定期列車、不定期列車及臨時列車等

鐵路運具

- 鐵路運輸是以機車牽引列車在鐵軌上行走，鐵軌能提供極光滑及堅硬媒介讓列車車輪在上面以最小摩擦力滾動。
- 鐵路列車運轉特性取決於動力供應型式及車廂尺寸，動力分為動力單元或機車
- 動力單元(Power Unit)為軌道車(Railcar)
 - 電力(electric)、柴油電力(diesel-electric)、氣電力(gas electric)
- 機車(Locomotive)
 - 電力機車(electric)、柴電機車(diesel-electric)、蒸汽機車(steam)、其他機車→包括瓦斯渦輪電力機車(gas turbine-electric)、柴油水力機車(diesel-hydraulic)
- 機車牽引定數係指列車按規定運轉時，機車能安全牽引之最大重量，是由機車牽引力及列車阻力大小所決定

機車及動力車



電力機車



蒸汽機車



電力軌道車



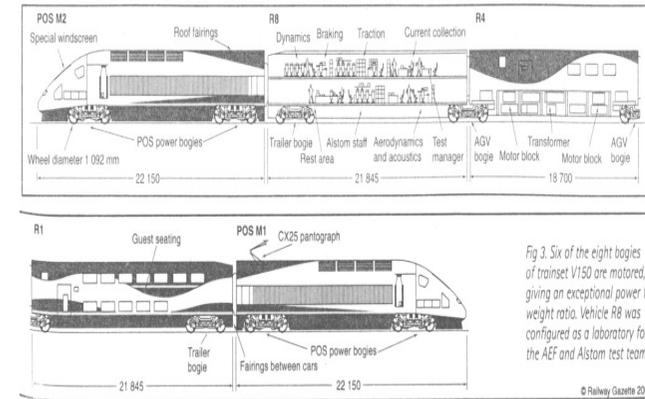
柴油電力機車

第五講

鐵路列車動力

- 列車動力分為集中式及分散式，動力集中式列車是由一台機車牽引數個車廂，且車廂無動力，傳統上機車是在列車前面牽引，而列車採用「推拉」方式運作有兩種情況
 - 列車只有一個機車時，機車在列車前面為拉，在列車後面為推
 - 列車前後各有機車時，列車前進方向的機車為拉，後面機車則為推，後面機車可由司機在前面機車遙控。
- 動力分散式列車是將動力來源分散在列車各個車廂的發動機，而不集中在機車。
 - 動力分散式列車不一定每個車廂都有發動機，無動力車廂稱為「無動力客車」，以英文字母「M」與「T」分別代表動力車廂與無動力車廂。
 - 動力分散式列車因加減速性能較佳，適合停走頻繁的通勤客運列車或是縱坡度變化大的崎嶇地形。

推拉式鐵路列車

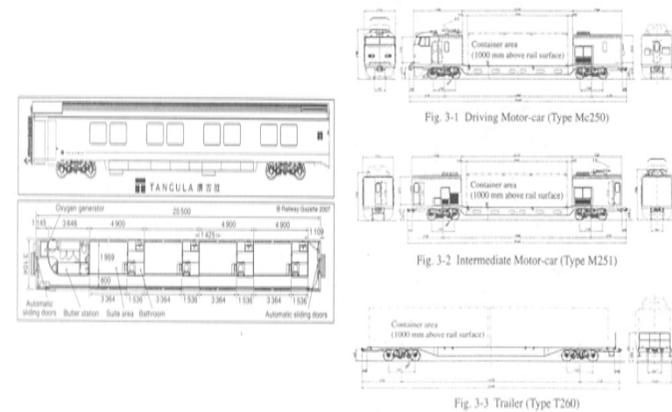


第五講

高速鐵路車廂

- 列車車廂數
 - 由12節車廂（1節商務車廂，11節標準車廂）所組成數，車廂分為9節動力車及3節無動力車
- 車廂座椅配置
 - 商務車廂為2+2（每排四個座椅）、標準車廂為2+3（每排五個座椅）
- 乘客座位數
 - 商務車廂66席、標準車廂923席共計989席
- 列車長度
 - 兩端車廂長為27m，中間車廂長為25m、寬為3.38m、高為3.65m
 - 列車總長為=304m

鐵路車廂



市區捷運列車

- 市區捷運列車的運轉特性明顯不同於城際客運列車，城際列車的持續速度可以保持一段合理時間，市區捷運列車在兩站間不斷地加速及減速
- 捷運列車選擇係依據重要反應運轉型式的一些變數，工程師選擇捷運車輛考量因素
 - 列車的最大加速及減速
 - 期望的車站間距
 - 列車速度能力的限制
 - 期望整條路線列車行駛速度，包括列車停靠
- 實務上捷運列車的**最大加速**，對座位乘客的限制為**2.41m/sec²**，對站位乘客的限制為**1.52m/sec²**

台北都會區捷運車輛



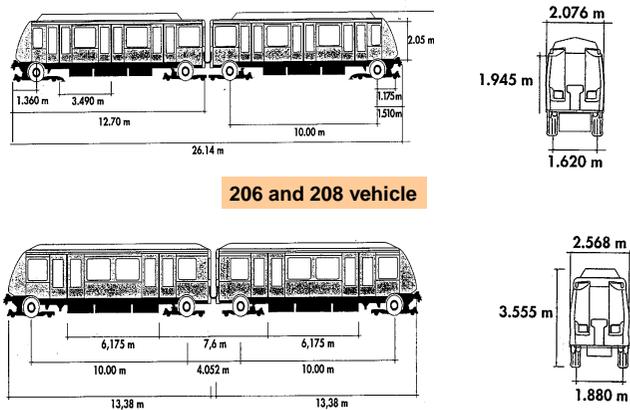
中運量列車為四個車廂



高運量列車為六個車廂



VAL system vehicle



206 and 208 vehicle

256 and 258 vehicle

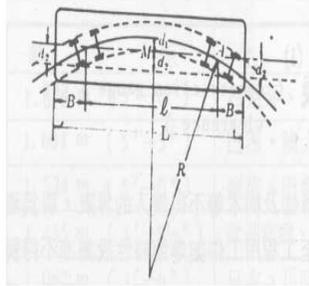
第五講

捷運車廂之尺寸

- 高運量電聯車
 - 車廂尺寸為：23.5m(L) X 3.2m(W) X 3.6m(H)
 - 除部份支線係以3節車廂營運外，其餘主線列車均以六節車廂營運
 - 6車列車總長為141公尺，3車列車總長為70.5公尺。
- 中運量電聯車
 - 木柵線車廂尺寸為：13.78m(L) X 2.56m(W) X 3.53m(H)
 - 每列車以四節車廂營運，列車總長為55.12公尺。
 - 內湖線車廂尺寸為：13.78m(L) X 2.35m(M) X 3.48m(H)
 - 每列車以四節車廂營運，列車總長為55.12公尺。

鐵路列車在彎道的軌跡

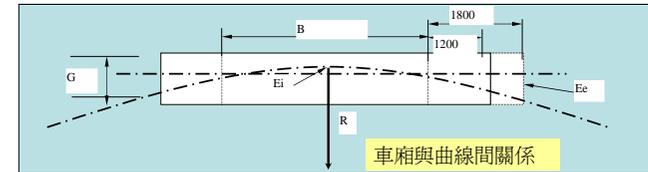
- 列車循彎道行駛時，因車輪常欲在切線上運轉，但被輪緣逼迫而不得行駛曲線
- 由於車廂輪軸距均係固定，且轉向架亦是固定，當列車進入曲線後，輪需隨軸而轉遂生滑動及摩擦
- 列車通過曲線時，增加列車阻力使車輪旋轉困難，車輪與鋼軌間發生壓力使軌距擴大
- 鋪設曲線軌道時，為使車輪通過曲線路段，依曲線半徑將軌距向圓心方向略予拓寬



電聯車運轉軌跡計算

- 電聯車以車軸為基準，車廂在曲線之中央與兩端投影
 - 中央投影值 E_i 計算公式
 - 兩端投影值 E_e 計算公式
 - 公式參數， R ：曲線半徑， B ：車廂軸距， L ：車廂長， G ：車廂寬
- 車廂與曲線間關係如下圖所示

$$E_i = R \times \left[1 - \sqrt{1 - \left(\frac{G}{2R}\right)^2 - \left(\frac{B}{2R}\right)^2} \right] \quad E_e = \sqrt{(R - E_i)^2 + \left(\frac{L}{2}\right)^2} - R - \left(\frac{G}{2}\right) \times \left[1 - \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{L}{2(R - E_i)}\right)^2}} \right]$$



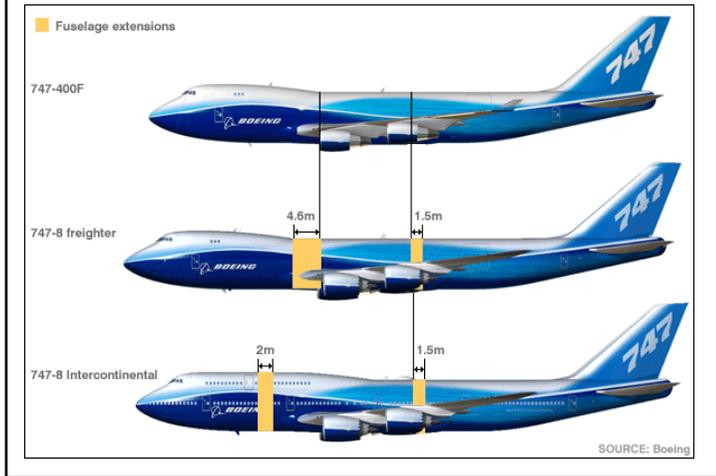
飛機（航空器）

- 飛機能夠飛在空中是因為機翼產生昇力，昇力的來源是推力造成的。噴射發動機的推力又是由燃油的消耗所產生。
- 飛機依各項裝備及零組件適航管理規則檢定的分類
 - 運輸類飛機最大重量逾5700kg (12500lb)，具有兩具以上發動機。
 - 普通飛機指最大重量不逾5700kg (12500lb)，不得為特技飛航。
 - 空中特性作業類飛機指經飛機製造廠所在國主管機關檢定，經試驗可作有限度特技飛航操作，但不得經營客運之班機或包機。
 - 特技類飛機指經飛機原製造廠所在國主管機關檢定，經各項特技飛航試驗者，得為各項特技飛航操作，但不得經營客貨運之班機或包機。
- 最直觀分類方法就是依飛機外觀，裝螺旋槳叫「螺旋槳飛機」，採用噴射發動機叫「噴射飛機」，頭上頂個大旋轉翼叫「直昇機」。

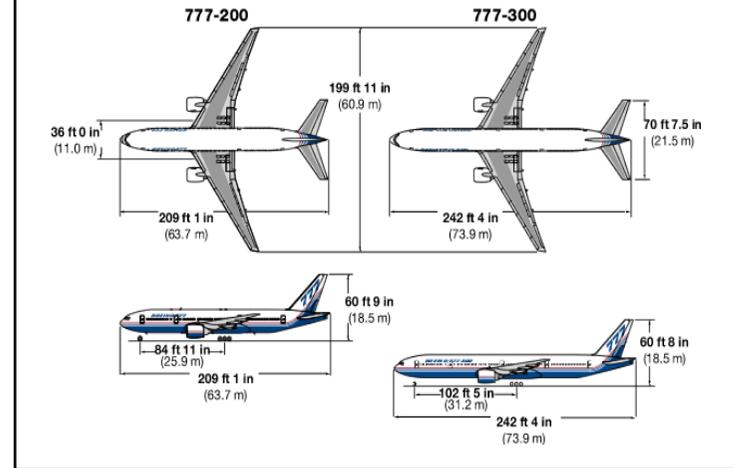
飛機特徵

- 飛航機隊由各種飛機所組成，主要特徵項目為：大小 (size)、重量 (weight)、容量 (capacity) 及跑道長度需求 (runway length requirement) 等
- 飛機重量的重要是決定跑道、滑行道及停機坪等鋪面厚度，影響機場的起飛及降落跑道長度。
- 飛機翼寬 (wingspan) 及機身長 (fuselage length) 影響停機坪大小，伴隨影響航站建築的配置。
- 飛機尺寸表示跑道及滑行道寬度與交通道 (traffic way) 間的距離，尺寸對需要轉彎半徑的滑行道鋪面發生作用。
- 飛機乘客數是航站建築內及鄰近設施的重要關聯，而跑道長度影響機場的土地範圍需求。

航機機身尺寸



B777航機尺寸



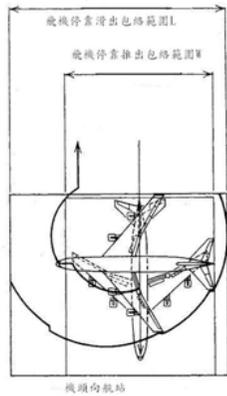
A321航機尺寸



飛機尺寸及規格

飛機	翼寬	主輪寬	長度	高度	最大起飛重	乘客數	跑道長
A300	44.8m	9.60m	53.5m	16.9m	150.0ton	220	2280m
A320	34.10m	7.59m	37.57m	11.76m	71.43ton	150	1680m
A340	60.30m	10.69m	59.39m	16.70m	167.6ton	239	2280m
A380	79.80m	14.30m	73.00m	24.10m	350.0ton	525	---
B727	32.92m	5.72m	40.59m	10.65m	95.3ton	125	2580m
B747	63.30m	11.00m	69.57m	19.05m	360.0ton	480	3660m
B777	64.80m	10.97m	63.75m	18.85m	240.8ton	378	2610m
MD-80	32.84	5.08m	45.02m	9.50m	83.5ton	155	2175m
MD90	32.87m	5.08m	46.50m	9.50m	78.2ton	163	2040m

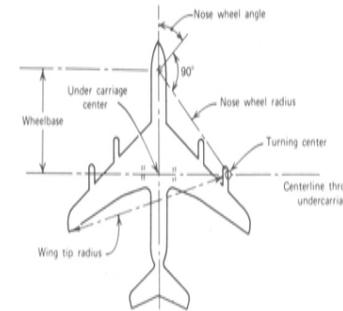
飛機停靠範圍



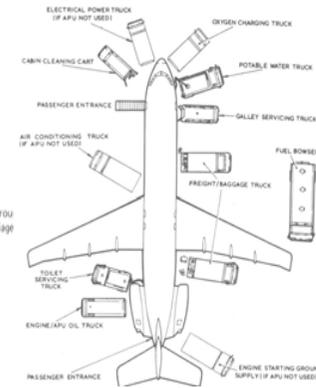
飛機	停靠推出		
	長	寬	面積
DC9	40.33m	32.83m	1324m ²
B727	51.95m	38.4m	1995m ²
DC8	62.23m	50.53m	3145m ²
DC10	57.68m	55.6m	3207m ²
B747	72.55m	64.7m	4694m ²

飛機	停靠滑出		
	長	寬	面積
DC9	44.75m	40.33m	1805m ²
B727	58.2m	45.9m	2671m ²
DC8	75.7m	58.03m	4393m ²
DC10	87.3m	63.1m	5509m ²
B747	98.4m	72.2m	7100m ²

飛機迴轉示意及地勤作業



迴轉說明



地勤作業