

第二章 基本觀念

目 錄

	頁次
2.1 緒論.....	2-1
2.2 流量、流率與需求流率	2-1
2.3 車流之平均速率	2-3
2.4 密度與佔有率.....	2-3
2.5 容量.....	2-4
2.6 績效指標與服務水準	2-6
2.7 容量分析.....	2-7
2.8 小客車當量.....	2-7

圖 目 錄

	頁次
圖 2.1 無阻斷性車流平均速率與流率之關係	2-6
圖 2.2 不同重車比之平均速率與流率關係示意圖	2-9

2.1 緒論

容量分析之重點在於探討車流與交通設施及其運作策略之互動關係。雖然不同設施有不同之功能及車流特性，其容量分析之過程常須運用一些共同的原則或觀念。本章對容量分析之性質及一些較常用的觀念做一簡單的討論。

2.2 流量、流率與需求流率

流量為一段時間內通過一定點的車輛數或人數。流率為單位時間內通過一定點的車輛數或人數，其值等於一時段內流量在單位時間內之對等流量。在分析車流時，單位時間的長度通常為一小時，如 5 分鐘的流量為 200 輛，則其對等流率為 $200 \times 60 / 5 = 2,400$ 輛/小時。分析行人流之單位時間則常用一分鐘。

流率可分成需求流率及實際流率。需求流率為欲通過某一定點的流率。實際流率則代表在現場可觀察到之流率或可通過一設施之流率。例如一高速公路主線在沒有塞車之情況下有一車流以 5,000 輛/小時之流率向一收費站推進，則收費站之需求流率為 5,000 輛/小時。如果收費站每小時只能讓 4,000 輛車子通過，則收費站之實際流率為 4,000 輛/小時，在這種情形下，只要需求流率不高於 4,000 輛/小時，則實際流率等於需求流率。

在規劃一新的設施或評估一現有設施時，適用的流率為需求流率。在尖峰小時內，需求流率很可能隨時間而有顯著的變化，如一設施不能承載在尖峰小時內短時段中之需求流率，則可能造成嚴重而持久之壅塞狀況。為減少這種情形發生之可能性，通常一設施須能承載尖峰 15 分鐘之需求流率。所以容量分析以探討尖峰 15 分鐘之車流狀況為主，如有需要，容量分析也可針對尖峰小時的車流狀況。

規劃及設計用之尖峰 15 分鐘需求流率，係根據設計小時(design hour)內之預測流率，而設計小時預測流率則為設計年(design year)中，被用以規劃及設計之小時流量。設計小時通常考量未來 5 到 20 年間之狀況，其中，設計小時之尖峰 15 分鐘之需求流率可估計如下：

$$q = \frac{ADT \times K \times D}{PHF} \quad (2.1)$$

此式中，

q ：設計小時中單方向尖峰 15 分鐘之需求流率(輛/小時)；

ADT ：設計年平均每日流量(輛)；

K ：設計小時流量係數；

D ：車流之方向分佈係數；

PHF ：尖峰小時係數。

設計小時流量係數 K 代表設計小時流量與設計年中平均每日流量之比值。一般大都會的設計小時流量係數很可能在 0.08 到 0.12 之間。其它地區之設計小時流量係數可能在 0.12 到 0.18 之間。

車流之方向分佈係數 D 代表在尖峰小時內，車流較大方向之流率佔總流率之比例。此係數之值可能在 0.5 與 0.65 之間。一般在市區道路之車流可能比較平均的分佈在兩行車方向，故其方向分佈係數 D 可能接近 0.5；市郊或城際間的聯絡道路則很可能有較高的方向分佈係數。

尖峰小時係數 PHF 指尖峰小時流率與尖峰 15 分鐘流率之比值。例如尖峰小時之時段已知，而且其流率為 264 輛/小時，在此時段中每 5 分鐘時段之流量如下：

5 分鐘 時段	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
流量	20	22	21	24	26	27	22	25	20	19	18	20

從這些數據可知尖峰 15 分鐘包括第 4，5 及 6 時段，其流量為 $24 + 26 + 27 = 77$ 輛。此流量之相關流率為 $77 \times 60 / 15 = 308$ 輛/小時。所以尖峰小時係數等於 $264 / 308 = 0.86$ 。

根據尖峰小時係數 PHF 之定義，上述 5 分鐘時段之資料不一定能求得正確的尖峰小時係數。其原因在於 5 分鐘之資料整合時段(data aggregation period)可能太長，而不能顯示真正的尖峰 15 分鐘及其流量。如將資料整合時間縮短成 1 分鐘，則可得較正確的估計。但一般

交通機構沒有一分鐘的資料，而且尖峰小時係數的運用不太可能也不需要高精確度，所以資料整合時段可用 5 分鐘之長度，但不宜超過 5 分鐘。

如已知尖峰小時之流率 Q ，則尖峰 15 分鐘之流率 q 可估計如下：

$$q = \frac{Q}{PHF} \quad (2.2)$$

此式中，

Q ：尖峰小時流率(輛/小時)。

2.3 車流之平均速率

車流之平均速率指一固定之距離除以平均旅行時間，其值可估計如下：

$$v = \frac{NL}{\sum t_i} = \frac{N}{\sum \frac{1}{u_i}} \quad (2.3)$$

此式中，

v ：平均速率；

N ：車輛之樣本數；

L ：行車距離；

t_i ：車輛 i 之旅行時間；

u_i ：車輛 i 之平均速率。

2.4 密度與佔有率

密度為單位長度內之車數或單位面積內之人數。車流之密度須利用一相當長的路段來計算，所以不容易在現場直接衡量。因此，一般交通機構通常利用偵測器估計佔有率以取代密度。

佔有率為一特定時間內(如 1 分鐘或 5 分鐘)一小路段被車輛佔據的時間百分比。假如在 5 分鐘內一小路段被車輛佔據的時間為 3 分鐘，則佔有率為 $3/5 \times 100\% = 60\%$ 。衡量佔有率最常用的工具為感應線圈偵測器(inductive loop detector)，只要有車輛在偵測範圍內，偵測區所代表的路段即屬被佔據；在壅塞、低速的行車狀況時，有可能同時有兩車在偵測範圍之內。另外，常用的還有影像處理偵測器。

一般而言，密度越大佔有率也越大，此兩參數之理論關係如下：

$$D = \frac{10K}{L_V + L_D} \quad (2.4)$$

此式中，

D：密度(輛/公里)；

K：佔有率(%)；

L_V ：平均車長(公尺)；

L_D ：偵測區長度(公尺)。

2.5 容量

容量指在一已知之交通、控制、幾何及其他狀況下，單位時間內經常可通過一定點之最大流率。因為目前交通設施常以尖峰 15 分鐘之需求流率做為設計的依據，所以容量也可訂為 15 分鐘之流率。容量並非最高的觀察值，而是經常可通過之最大流率。換言之，容量為最大流率的期望值(expected value)，所以估計容量必須有充分需求流率時段觀察到的最大流率樣本為基礎來估計。一合理之估計方法是將容量訂為在該種情況下，不同 15 分鐘內流率之平均值。例如某一號誌化路口之車道受一週期(cycle length)150 秒之號誌所控制，假設在 6 週期(15 分鐘)內的需求流率超過該車道之容量，因而每週期內都有停等車輛不能利用綠燈及燈號轉換時段進入交叉口，此外，亦假設在上述狀況下各週期內能進入交叉口之車數為 30, 26, 33, 28, 30 及 27，則此 15 分鐘之車道容量為 $(30 + 26 + 33 + 28 + 30 + 27) \times 4 = 696$ 輛/小

時。如在另一 15 分鐘所估計之容量為 680 輛/小時，則合理之容量估計值為 $(696 + 680) / 2 = 688$ 輛/小時。容量也非固定值。例如一公路在只有小客車時之容量可能達到 2,000 輛/小時/車道，但在只有大車之情況下其容量可能只有 1,200 輛/小時/車道。

需求流率小於容量時，車流可稱為在穩定(stable)狀況下。需求流率大於容量時，車流可稱為在不穩定(unstable)或壅塞(congested)狀況下。需求流率很接近或等於容量時，車流可能在半穩定(metastable)之狀況。

訂定容量的方法視交通設施之車流或人流之性質而定，如一交通設施之主要功能在於承載在正常運作情形下屬非阻斷性之車流(uninterrupted flow)，則容量必須訂定為在車流未進入不穩定、壅塞狀況之前的最大流率。高速公路大部分的設施及市區內之圓環是此種設施的例子。

非阻斷性車流之密度、流率與平均速率有如下之理論關係：

$$Q = Dv \quad (2.5)$$

此式中， Q 代表流率(輛/小時)， D 及 v 則分別代表密度(輛/公里)及式 2.3 所定義之平均速率(公里/小時)。式 2.5 所代表之車流性質如圖 2.1 所示。當密度低時，流率也低，而其相關之平均速率等於或接近自由速率(亦即車輛不互相影響之速率)。密度從低增高時，流率隨著增加，但速率不一定降低。當密度增高到某一程度時速率開始明顯下降，如密度再增加則流率會等於容量。流率等於容量時之密度稱為臨界密度，其相關之平均速率稱為臨界速率。當密度增加而流率趨近或等於容量時，車流已有進入不穩定狀況之可能，但為分析方便起見，本手冊將圖 2.1 所示從 A 點到 B 點之車流狀況統稱為穩定狀況。

如密度再增高而超過臨界密度，則車流進入不穩定、壅塞狀況，此時速率急速下降，流率也隨著降低。如一定點之上游早已進入壅塞狀況而有走走停停之車隊，而且下游之密度開始降低，則車隊進入疏解狀態，此時流率可能相當固定但速率急速增加。疏解流率可能在短時間內超過容量，此種疏解流率及對應之平均速率不宜用於訂定一設施之容量。

一公路上車流穩定及不穩定的狀況沒有固定的界限。換言之，在不同時段內的車流可能在不同的密度或速率時從穩定狀況進入不穩定狀況。分析非阻斷性車流所用的代表性流率與速率關係通常是根據觀察到之流率與速率關係的平均趨勢所建立。所以一代表性流率與速率關係如果顯現一公路的容量為 2,000 輛/小時/車道，而且其相關臨界速率為 60 公里/小時，則在某一時段內實際車流從穩定狀況進入不穩定狀況時之流率可能高於或低於 2,000 輛/小時/車道。該車流進入不穩定狀況時的速率也不一定是 60 公里/小時。

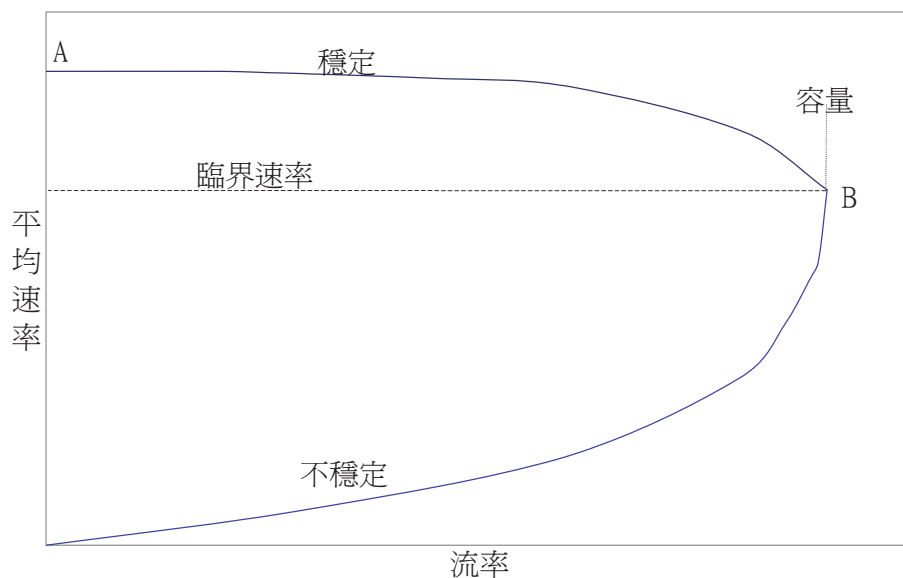


圖 2.1 無阻斷性車流平均速率與流率之關係

一般交叉路口及收費站所承載的車流為阻斷性車流。此種設施之容量須根據在需求流率很高而造成不斷的停等車隊時，在 15 分鐘內(或更長的時間)經常能通過一設施之最高流率。號誌化交叉路口車隊疏解率常隨時間而變，短時間內(如數秒鐘)觀察到的最高流率不適用於容量的訂定。

2.6 績效指標與服務水準

服務水準指交通設施服務品質好壞之程度。目前容量分析之方法通常將服務水準分成數個等級。最常見的分級包括 A、B、C、D、E 及 F 等六級。A 級代表最佳之服務水準，F 級則代表最差的服務水準。

服務水準之劃分須根據績效指標，績效指標乃反應服務品質之交通參數。因不同交通設施有不同的作業性質，所以有必要利用不同的績效指標以劃分不同設施的服務水準。例如平均速率常用於劃分高速公路之服務水準，而車輛之延滯時間則常用於劃分號誌化路口及收費站之服務水準。

將服務水準分成數級的作法可促進交通主管機關與其他跟交通建設計畫審議有關單位的溝通，但也會造成選擇服務等級劃分標準及應用之困擾。本手冊根據公路設施的個別作業特性及評估服務水準之需要，選擇適用的績效指標及服務水準等級劃分標準。

2.7 容量分析

容量分析是利用各種模式及對交通特性之了解，藉以評估交通設施之工作。此工作之成果可用以訂定交通設施運轉作業績效之服務水準、規劃及設計交通系統應提供之硬體設備、發展運作策略或評估土地開發對交通及環境之衝擊。

容量分析之重點不在於估計容量，例如在分析高速公路之各項設施時，可不必估計容量，因為容量只是車流之一特性。在規劃、設計及運轉時，一設施所能提供之服務水準才是分析之重點。目前利用分析性模式分析號誌化路口之方法仍須先估計容量才能評估服務水準，這是因為容量影響到績效指標之值。採用模擬方式進行分析時，就沒有必要先估計容量以訂定績效指標值。所以也許容量分析改稱為服務水準分析會更名符其實。

2.8 小客車當量

目前各國使用的公路容量分析方法皆依賴分析性模式。為分析方便，不同車種常須用小客車當量轉換成對等小客車。公路上之車種相當多，如果考慮每一車種，則分析方法變成很複雜，不易應用。而且建立分析方法所須的資料相當龐大。在這些限制下，本手冊有幾章只將車種分成小車及大車。小車包括小客車、運動休旅車及輕型小貨車。大車則包括大客車、大貨車及聯結車。將來有必要時可大量蒐集

資料以細分車種。

一車輛之小客車當量可隨著用以衡量對車流之影響程度的參數而變。例如一交叉口的車道在重車比例為 P_1 時之容量為 Q_1 ，而在重車比例為 P_2 時之容量為 Q_2 ，而每重車之小客車當量為 E ，則下列關係必須存在：

$$Q_1(1-P_1) + Q_1P_1E = Q_2(1-P_2) + Q_2P_2E \quad (2.6)$$

換言之，重車之小客車當量可估計如下：

$$E = \frac{Q_2(1-P_2) - Q_1(1-P_1)}{Q_1P_1 - Q_2P_2} \quad (2.7)$$

但如將重車轉換成小客車的目的在於估計平均延滯，則從式 2.7 所求得之小客車當量不一定適用。

如果訂定小客車(或小車)當量的目的是比較同一車道中小車及大車對作業績效的相對影響程度，則在一車流中小車跟隨小車及大車跟隨小車或大車的個別平均車距可用來訂定大車的小車當量。例如小車跟隨小車之平均車距為 2 秒，大車跟隨小車或大車的平均車距為 4 秒，則大車的小車當量為 $4/2=2$ 。如欲詳細分析，則小車跟隨小車、小車跟隨大車、大車跟隨小車及大車跟隨大車的個別平均車距可從現場調整資料來估計。然後用小車跟隨小車的平均車距為基準以訂定不同跟車狀況下的當量。這種方法在應用上比較困難。

分析非阻斷性車流之工作常用在平坦路段，沒有大車，而且車流穩定狀況下代表性流率與速率關係作基準。如果一分析路段有顯著的坡度或有大車，則訂定適當的小車當量會遭遇到困擾。假設圖 2-2 的曲線代表上述基準狀況下之流率與速率關係，而且一爬坡道之流率為 $Q_1 = 250$ 輛/小時，車輛中 60% 為大車，車流的平均速率為 55 公里/小時，則爬坡道的車流轉換成在平坦路段之對等小車流率 Q_2 後，對等小車流率之相關平均速率也應該是 55 公里/小時。但是 55 公里/小時之車流在平坦路段時已進入不穩定，在這情況下，通常沒有可靠的資料訂定 Q_2 及大車的小車當量。

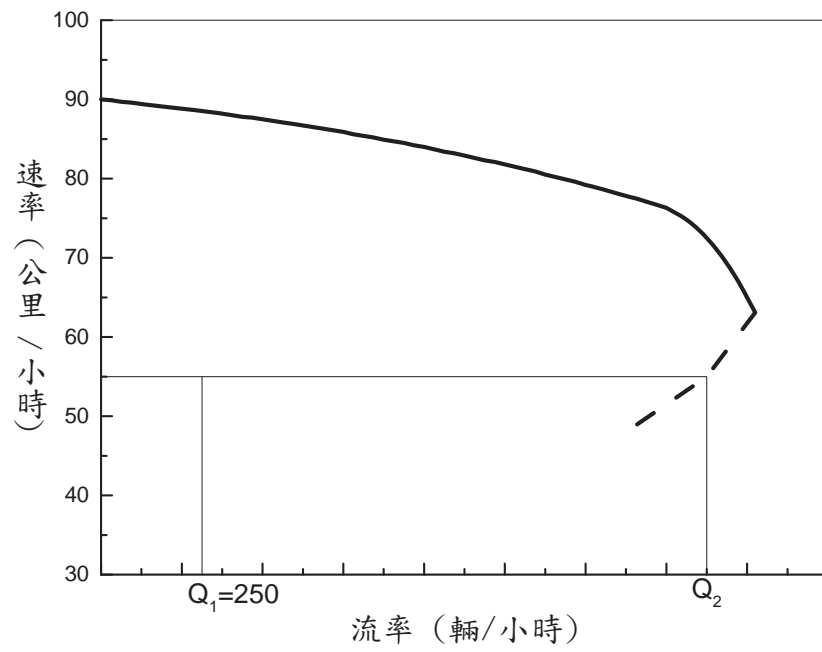


圖 2.2 訂定對等小車流率 Q_2 及大車之小車當量潛在問題示意圖