

淺談航空氣象觀測上常用的概念

蒲金標

一、 前言

航空氣象服務之主要任務在於保障飛航安全，提高航空效率。在實務上，著重於利用有利的天氣條件，避開不利的天氣，以預防惡劣天氣所造成意外事件的發生，使飛機能順利完成飛行任務。機場氣象觀測是航空氣象服務中最基本的項目之一，它是作為飛機起降之重要依據。在日常作業上，機場航空氣象台負責機場地面航空氣象觀測，以定時或不定時編發飛行定時和選擇特別天氣報告，提供給國內外相關航空氣象、飛航諮詢、飛航管制、航空站及航空公司等單位參考使用。為了使氣象觀測員有正確的觀測概念，同時為了使飛航諮詢員、飛航管制員、航空公司飛行員和簽派員對觀測資料有正確的認識，特別提出一些航空氣象觀測上常用的概念，供航空各界參考。

二、 航空氣象觀測位置(aviation weather observing location)

機場航空氣象觀測位置(observing location)是以一點(point)或數點(points)，用來評估(evaluated)各種氣象要素(various elements)。一個機場的觀測位置因氣象要素的不同而略有差異，茲分別說明如下：

1. 雲(clouds)、地面能見度(surface visibility)和天氣(weather)等氣象要素之觀測位置係位在主要跑道的降落區(touch down area of the primary runway)。
2. 塔台能見度(tower visibility)之觀測位置應位在機場管制塔台(the airport traffic control tower ; ATCT)。
3. 溫度、露點和風等氣象要素之觀測位置在跑道中央處。風的觀測位置除了跑道中央處之外，還可以在跑道兩端降落區附近。
4. 閃電(lightning)發生位置、種類和頻率之觀測位置係指距離機場所在位置(airport location point ; ALP) 5 哩範圍之內。

三、 地面風之測量

測量地面風之儀器，稱之為風速計(anemometer)。風速計種類有很多種，以風杯式之風速計(cup generator anemometer)最為普遍，此種風速計通常有三個風杯，風杯架在轉軸上，約成垂直軸。風杯的轉速用來測量風速。風信標(wind vane)，用來測量風向。

風的特性(behavior)隨地面的粗糙度、離地面的高度而有變化，所以必須訂定風速計架設之標準範圍，以確保風的觀測為可比較度(comparability)。風速計之國際標準架設規範，選在附近沒有障礙物(obstruction)之寬闊平地，架設高度為離地

面 10m (33ft)。風速計架設(mounted)在建築物上或靠近建築物，其風的讀數，可能不能代表跑道上實際的風。如果必須架設建築物上或靠近建築物，其讀數也必須加以訂正。當大機場四周附近有建築物，常引起風向和風速的改變時，必須架設一套以上的風速計，以便獲取讀數的代表性。

風速計，量測的風向和風速，其讀數有數種不同的顯示方法；例如，測風儀(anemograph)之記錄紙，可以連續記錄，它係利用指針(pointer)和圓柱形鐘(dial)或數位化讀數。數位化之讀數，係以電子電路提供尖端陣風和一段時間之平均風速，管制員提供給起降的飛行員，係以 2 分鐘之平均風向風速，國際民航組織提議，編報定時觀測報告(METAR)係以十分鐘之平均風向風速。

當風向風速計發生故障時，可以暫時用其他簡便儀器來替代，例如，手搖風向風速計。如果無其他簡便儀器可替代或當時風速低於風速計可量測時，可以用蒲氏風級表(表 1)來估計。

表 1 蒲氏風級表(Beaufort wind scale)

風 級	名 稱	風 速		陸 上 描 述 (specification)	海 上 描 述 (specification)
		每秒公尺 (m/sec)	每時哩 (knot)		
0	靜風(無風)calm	不足 0.3	不足 1	靜,煙直上	水平如鏡
1	軟風 light air	0.3 1.5	1 3	僅能以煙表示風向，但不能轉動風標	水面起漣漪，但波峰處並無泡沫
2	輕風 light breeze	1.6 3.3	4 6	臉面感覺有風，樹葉搖動，普通之風標轉動	海面有微波，但波峰平滑而不破碎
3	微風 gentle breeze	3.4 5.4	7 10	樹葉及小枝搖動不息，較輕之旗幟飄展	微波變大，波峰開始破碎，浪沫飄落如珠
4	和風 moderate breeze	5.5 7.9	11 16	塵土及碎紙被風吹起，小樹枝搖動	波長變大，波峰白沫漸多
5	清風 fresh breeze	8.0 10.7	17 21	有葉之小樹開始搖動，內陸之水面起波紋	中浪，波長繼續增加，白沫甚多(偶有浪花)
6	強風 strong breeze	10.8 13.8	22 27	樹枝搖擺不息，電線發出呼呼作響，張	大波已形成，峰上白沫已到處可見(可能還有一些浪花)

				傘困難	
7	疾風 near gale	13.9 17.1	28 33	全樹搖動，逆風行走感覺困難	海面洶湧，破浪產生之白沫開始隨風吹成條狀
8	大風 gale	17.2 20.7	34 40	小樹枝被吹折，步行不能前進	中等巨浪有相當長度，波峰邊緣開始破碎，吹浪花成條狀之白沫更加顯著
9	烈風 strong gale	20.8 24.4	41 47	建築物開始有輕微損害，煙囪、木板等被吹斷	巨浪翻騰，浪花四濺，已開始影響視程
10	狂風 storm	24.5 28.4	48 55	樹被風拔起，建築物損壞相當大	巨浪如丘陵起伏，大片白沫隨風飄送如匹練，海面大片白色，視程受水花之影響更顯著
11	暴風 violent storm	28.5 32.6	56 63	有重大災害發生	難得一見之巨浪，中小型船隻偶而會消失在浪谷內，海面已全部為白沫覆蓋，視程已相當模糊
12	颶風 hurri- cane	32.7 36.9	64 71		排山倒海，白浪滔天，視界模糊
13		37.0 41.4	72 80		
14		41.5 46.1	81 89		
15		46.2 50.9	90 99		
16		51.0 56.0	100 108		
17		56.1 61.2	109 118		

四、能見度之量測

能見度(visibility)對飛行員來說，無論在地面或在空中，可說是最具關鍵性的天氣因素，飛機能不能起飛或降落，都與能見度此單一因素有關。因此，很重要的是，管制員必須要了解測定能見度的原理以及那些天氣條件會引起能見度的變化。

能見度，對氣象人員而言，它是描述大氣的穿透性(transparency)或混濁度

(opacity)，也即可以肉眼所能看見物體的距離(meteorological optical range；MOR)。在氣象上，能見度係可以看清已知物體之最大的水平距離，也就是在白天正常光線下，以正常肉眼可以辨識物體的距離。在夜晚，雖然沒有白天的光線，但只能單靠大氣的穿透性，當作白天正常光線下，可以辨識的距離。

地面能見度通常是選定若干容易辨認的目標物，測定其方位距離，諸如遠處的山丘，近處的大建築，小至機場附近較小目標物或建築某個角落，都可事先加以量測，製成能見度目標圖。依能見度目標圖，在某方位最遠處，可看清楚某目標物的距離，那就是機場的能見度。如果機場各個方位能見度不一致時，就選擇最差方位的能見度當為機場的能見度。觀測人員僅觀測空氣的清晰度，其他非氣象因素影響能見度可看到的距離，那就不是觀測人員所關心的。

夜間有雲無月光時，能見度的觀測更加困難，能夠精確觀測能見度，需有相當的經驗者，才能勝任。夜間目標物附近清晰度，對能見度的觀測是有幫助的，譬如，已知目標物之距離和有光線下目標物的清晰度等都有助於能見度的觀測。能見度不僅單單靠觀測已知目標物之距離和有光線下目標物的清晰度，還可靠金屬能見度計(gold visibility meter)作為輔助，用它來觀測固定光源的能見度。金屬能見度計係一種光學楔形片(optical wedge)的組合，一玻璃片(glass slide)的清晰度從一端可以完全穿透度(absolute transparency)到更遠的一端完全看不見，觀測人員可以觀測到清晰的尺度。將玻璃片對準光源，移動玻璃片直到正好光可以清晰辨別為止，能見度就依據玻璃片尺度讀數和每個觀測人員的校正表加以測定。每個觀測人員都得按步就班，在最佳能見度時，一再校正個人的校正表。觀測人員從光亮的室內走出室外，得在黑暗中站立數分鐘，好讓眼睛適應再做觀測，以免造成能見度測定發生嚴重的誤差。

視程儀(transmissometer)係使用一定燭光的燈和一光電池(片)(photo-electric cell)，以量測沿水平基準線 100m 或 200m 距離間空氣的清晰度，量測方法係以數字顯示來代表適當的能見度。視程儀可以測量低於 8 公里能見度之合理數據，但沿著水平基線所測量的大氣清晰度，可能不完全具有很好的代表性之困擾。視程儀可以在白天和夜晚使用，特別可以在惡劣能見度時使用之。

五、跑道視程之量測

物體可見的距離端賴物體本身、物體的背景、觀測者觀測方向以及太陽高度和陽光方向等等有關，觀測者的視野就像大氣的穿透性一模一樣，飛行員沿著跑道可以看到跑道起降地點就可以，倒不一定要完全像氣象上所謂的能見度一樣。依此觀點，當機場能見度小於 1500 公尺時，分開來評估跑道視程(runway visual range；RVR)。在英國管制實際作業上，觀測跑道視程(RVR)的責任，就像監視跑道可能發生的情況一樣，是屬於管制單位的責任，而非氣象單位的責任。不過這一點，在我們的台灣，觀測跑道視程是屬於機場氣象台的責任。

六、現在天氣之參數(present weather parameter)

1. 降水

降水(precipitation)係以任何形式之水滴(water particles)---液體或固體，它從大氣中降落至地面，降水類型如下：

a. 毛毛雨(drizzle)

毛毛雨係一種十分均勻的降水，其水滴細小，直徑小於 0.5mm，水滴與水滴間距離非常接近。毛毛雨類似霧中之水滴，常隨氣流飄浮，唯一不同的是毛毛雨之水滴會掉落至地面。

b. 雨(rain)

雨係降水的一種，其水滴之直徑大於 0.5mm，或直徑小於 0.5mm，相對於毛毛雨，其水滴與水滴間有很大的距離。

c. 雪(snow)

雪也是降水的一種，它是由冰晶(crystals)所構成，其形狀大部分呈六角形。

d. 雪粒(snow grains)

雪粒是一種非常小，呈白色不透明的冰粒。

e. 冰晶(ice crystals)

冰晶係一種呈針狀、柱狀或碟狀之降水。

f. 冰球(ice pellets)

冰球係一種透明或半透明結冰之降水，呈球形或不規則形，少數呈錐形，其直徑為 5mm 或更小。

g. 冰雹(hail)

冰雹係一種小球狀或其他塊狀冰之降水，掉落分離或凍結呈不規則的小球。

h. 軟雹(small hail and/or snow pellets)

白色不透明冰粒之降水，其冰粒呈圓形，有時候呈錐形，直徑約為 2~5mm。

i. 不明降水(unknown precipitation)

自動測站偵測到小降水發生，但無法辨別其降水型態。

2. 視障(obscurations)

大氣中除了降水之外，其它任何天氣現象會降低水平能見度者，稱之為視障。

a. 靄(mist)

靄為可見的微小水滴之聚集，它懸浮於大氣中，使能見度降低至 1~5 公里。

b. 霧(fog)

霧為可見的微小水滴聚集在近地面，使能見度降低至 1000 公尺以下。水

滴懸浮在大氣中，但不掉至地面。

- c. 煙(smoke)
燃燒所產生的小粒子懸浮於空中，煙粒可懸浮且移動很長的距離(40km~160km 或以上)，較大的煙粒會沉降至地面，較小的煙粒會擴散至大氣中時，會變成霾(haze)。
 - d. 火山灰(volcanic ash)
火山灰係火山所噴出微細岩石細粉，可懸浮在大氣中很長一段時間。
 - e. 大範圍的灰塵(widespread dust)
大範圍的灰塵係泥土或其他物質之細粒被風吹起而懸浮在空中，使測站或其附近的水平能見度降低。
 - f. 沙(sand)
沙係沙粒被風吹起至相當高度，足以降低水平能見度。
 - g. 霾(haze)
極小且乾燥的粒子懸浮在空中，用肉眼無法看見，其數量大到使空中出現乳白光。
 - h. 浪花(spray)
廣闊的水面被風激起水花，水花被帶至近距離的空中，使空中懸浮著水滴。
3. 其他天氣現象
- a. 塵捲風(發展顯著之塵旋風/沙旋風) (well-developed dust/sand whirls)
整體塵沙，有時伴隨著很小的雜物，在激起旋轉的圓柱，其軸心近似垂直。
 - b. 颶線(squall)
強風突然增加 16kt，其風速維持在 22kt 或以上至少達一分鐘之久。
4. 漏斗雲(funnel cloud)
- a. 龍捲風(tornado)
劇烈旋轉的空氣柱碰觸地面。
 - b. 漏斗雲(funnel cloud)
劇烈旋轉的空氣柱但未碰觸地面。
 - c. 水龍捲(waterspout)
海面上發生劇烈旋轉的空氣柱碰觸水面。
5. 沙暴(sandstorm)
沙粒被強風帶至高空，大部分僅限於離地面 10 英尺，少數可帶至離地 50 英尺以上。
6. 塵暴(duststorm)
在激烈的天氣條件下產生強風，廣大的地區空氣充滿灰塵。

七、現在天氣觀測的標準(present weather observing standards)

現在天氣之修飾詞(qualifiers)分成兩類，強度或接近詞(intensity/proximity)

與描述詞(descriptors), 修飾詞可以使用許多組合語來描寫天氣現象。

1. 強度或接近詞(intensity/proximity) :

強度敘述詞有輕度(小) 中度(中)及強度(大)。接近敘述詞(proximity qualifier) 有鄰近(vicinity)。

(1) 降水強度(intensity of precipitation)

降水強度應區分為輕度(小) 中度(中)及強度(大), 並與下列之一相互一致。

- a. 雨(rain)或冰珠(ice pellets)強度：雨或冰珠之強度應根據表 2、表 3 和表 4 之標準來區分。

表 2 雨或冰珠之強度與降落速率

強 度	標 準 (criteria)
小雨或小冰珠	大至每小時 0.10inch(2.54mm) ; 六分鐘最大為 0.01inch(0.254mm)
中雨或中冰珠	每小時 0.11inch(2.79mm) ~ 0.30inch(7.62mm) ; 六分鐘大於 0.01inch(0.254mm) 至 0.03inch(0.762mm)
大雨或大冰珠	大於每小時 0.30inch(7.62mm) ; 六分鐘大於 0.03inch(0.762mm)

表 3 估計雨的強度

強 度	標 準 (criteria)
小雨	水滴散亂或分散, 很容易可以看到 個別的水滴, 不管持續時間有多久, 空曠地面不會完全變濕。
中雨	不容易清楚分辨個別的水滴; 水滴掉落在公路上或其他堅硬的地 面, 可以看見水沫。
大雨	傾盆大雨, 似乎是一整片地傾倒下來, 不容易分辨個別的水滴, 水滴掉落在 堅硬的地面, 大的水花會濺至數英寸 高。

表 4 估計冰珠的強度

強 度	標 準 (criteria)
小冰珠	冰珠掉落散亂或分散, 不管持續時間 有多久, 不會完全覆蓋空曠地面, 能

見度不受影響。

中冰珠 冰珠會慢慢累積在地面，受冰珠的影響，能見度降至 11 公里以下。

大冰珠 冰珠快速累積在地面，受冰珠的影響，能見度降至 4800 公尺以下。

b. 雪和毛毛雨之強度

雪和毛毛雨之強度應根據地面能見度，並符合表 5 之標準來區分，但僅限於雪或毛毛雨單獨發生所造成能見度之降低。

表 5 雪或毛毛雨之強度與地面能見度

強 度	標 準 (criteria)
小雪或小毛毛雨	能見度 > 800 m
中雪或中毛毛雨	800 m 能見度 > 400 m
大雪或大毛毛雨	400 m 能見度

(2) 接近(proximity)

天氣現象發生在觀測所在位置以外 5 公里和 10 公里之間，應報告天氣現象在鄰近發生。

2. 描述(descriptors)

描述係進一步詳述天氣現象之一種敘述詞，通常用在一些降水和視障類型，這些描述敘述詞有淺(shallow)、部分(partial)、散或碎(patch)、低吹(low drifting)、高吹(blowing)、陣性(showers)、雷暴(thunderstorm)及凍(freezing) 等用語。

(1) 淺(shallow)

僅用在進一步描述淺霧，其垂直發展高度在 6 英尺以下之情況。

(2) 部分(partial)和散或碎(patch)

僅用在進一步描述霧，其垂直發展高度在(6 英尺 垂直高度<20 英尺)，並降低水平能見度，惟在白天仍可見到太陽，晚上可見到星星。

(3) 低吹(low drifting)

低吹就是進一步描述塵、沙或雪被風吹起至 6 英尺高以下之天氣現象。

(4) 高吹(blowing)

高吹就是進一步描述塵、沙、雪或水沫被風吹起至 6 英尺高或以上之天氣現象。

(5) 陣性(showers)

降水突然開始或停止，降水強度快速變化，天空驟現變化也快速。

(6) 雷暴(thunderstorm)

積雨雲帶來局部暴雨，並伴隨閃電和雷聲。

(7) 凍(freezing)

霧中溫度降至 0 以下，以凍霧描述之；毛毛雨或下雨使地面或其他曝露在外的物體被淋成表面光滑的一層，則以凍毛毛雨或凍雨來描述這種降水現象。

十一、雲的觀測

雲可分成低雲、中雲和高雲，每位觀測員的工作必須能分辨雲的種類(或主要的種類)和雲底高度，或多層雲的雲底高度和雲量，雲量採用八分量(oktas)，雲佔整個天空編為 8/8。

雲的分辨和雲量的估計，需有專門的技術，因此必須經過訓練和長久累積經驗，才能勝任。有許多輔助方法，可以幫助觀測員來觀測雲底的高度。雲底高度之紀錄紙，可以每 30 秒紀錄一筆觀測資料，目前可使用雷射雲高儀來觀測，夜間也可用雷射光來觀測雲高，光線垂直向上投射，雲底產生光點，根據三角測量法，可求出雲底高度。另外，也可施放充滿氫氣的氣球，來計算氣球進入雲的時間，再根據氣球上升速度，就可算出雲底高度。飛行員通過雲底之高度，再經管制單位轉給觀測員。上述種種觀測方法求出雲底高度，僅供觀測員參考，最後仍需由觀測員來決定實際的雲高。

初學的觀測員應能注意雲的發展和排列，其觀測記錄係連續觀測天空狀況，而不是一些不相關的快照而已。

十二、溫度之測量

近地層垂直溫度梯度最大，溫度測量有必要給予定出標準的條件。溫度計放置在離地 4 英尺高和通風良好的百葉箱裡。水銀溫度計為量測氣溫的標準儀器，同時也使用濕球溫度計，濕球溫度計係將水銀溫度計球部包裹著濕的紗布。百葉箱裡也放置最高和最低溫度計，最高溫度計係水銀溫度計有毛細管構造，當溫度升高時，球部水銀可通過毛細管至玻璃管；溫度降低時，毛細管裡的水銀斷開，原玻璃管裡的水銀無法通過毛細管回至球部，因而高溫可保留紀錄。最低溫度計採用酒精溫度計，玻璃管酒精裡放置一小象牙棒，當溫度下降時，玻璃管酒精表面張力之新月面可以將小象牙棒往後拖曳；當溫度升高時，小象牙棒停滯在玻璃管酒精裡不動，因此可以記錄低溫。有時候在草皮上一吋處放置最低溫度計，測量草皮最低溫度。有些測站也量測水泥地上夜間的最低溫度。

十三、露點

空氣在定壓下冷卻達到飽和水汽，此時的溫度稱之為露點(dew point)。更進一步冷卻，空氣超過飽和水汽，水汽將凝結成小水滴(water droplets)，此時空氣接近地面則凝結成露水(dew)，要說明的是空氣在露點時並不會凝結，但低於露

點才會凝結，很清楚可知空氣溫度和露點溫度相等時，其相對濕度為 100%。露點與相對濕度不相同，空氣中水汽含量一定時，露點不隨溫度變化而改變。夜間露點往往會下降，因為空氣與地面接觸，溫度冷卻至露點以下，一些水汽凝結成露水之故。早晨太陽升起之後，溫度上升，露水開始蒸發至空氣中，露點再度回升。如果空氣在飽和溫度 0 以下達到飽和，此時相對於冰面上稱之為霜點(frost point)。

十四、標準氣壓計(Standard Barometer)

標準氣壓計(Standard Barometer)用來校驗其它氣壓計，諸如校驗飛機上所使用之精密空盒氣壓計。標準氣壓計通常採用水銀氣壓計(Mercury barometer)，它係依空氣重量對抗水銀柱重量，且取得平衡之原理來設計。氣壓計所觀測的氣壓必須作適當的訂正。

1. 指數訂正(Index Correction)

氣壓計出廠有一定的誤差，必須加以調整訂正。

2. 緯度訂正(Latitude Correction)

重力隨緯度不同而變化，因此水銀氣壓計必須訂正至重力標準值，其標準值位在緯度 45 度。

3. 溫度訂正(Temperature Correction)

溫度有改變，水銀密度和水銀柱高度跟著變化，因此必須作適當的溫度訂正。通常溫度計附於水銀氣壓計，作為水銀氣壓計訂正之用。

十五、空盒氣壓計(Aneroid Barometer)

空盒氣壓計係利用富有彈性之真空金屬盒，金屬盒受大氣壓力變動的感應而發生起伏作用，藉以量測其氣壓值的大小。唯空盒氣壓計需要作儀器誤差訂正，以避免發生誤差。

十六、測站氣壓(QFE)與平均海平面氣壓(QFF)

水銀氣壓計之水銀槽所在高度所量出的氣壓，經指數訂正、緯度訂正和溫度訂正之後，以作為訂正其他任一空層氣壓之用。為了航空上的需要，必須取得測站氣壓(QFE)，而氣象上的目的，則必須算出平均海平面氣壓(QFF)，其數值包含小數點一位，較為精確。計算氣壓計所在高度和機場所在高度(Official Aerodrome Elevation)，兩者高度差通常不大，所以 QFE 所需的訂正數值甚為微小。

測站高度通常高於平均海平面高度，為了求平均海平面高度之氣壓，必須計算測站至平均海平面間，其虛擬空氣柱的壓力差值。假定空氣柱的溫度為常數，

其溫度約等於測站氣溫。測站高於平均海平面高度時，平均海平面高度之氣壓等於測站氣壓加上虛擬空氣柱的壓力差值，相反地，測站低於平均海平面高度時，則減之。平均海平面高度之氣壓(QFF)用於填製地面天氣圖之用，QFF 數值包含小數點一位，較為精確，以利天氣之分析。

十七、結語

本文經收集與整理台灣國內外有關航空氣象觀測上常用的概念並加以說明，讓我們更進一步有了航空氣象觀測上常用的概念之認知，無論是航空氣象人員在日常觀測作業會有準確的觀測；或者是飛航諮詢員、飛航管制員、航空公司飛行員和簽派員在觀測資料會有正確的認識，相信對飛航安全的保障，航空效率的提升，會有很大的助益。

參考文獻

蒲金標，2001：實用航空氣象電碼。徐氏文教基金會。pp.184。

NWS/NOAA，1995：Federal Meteorological Handbook NO.1；

<http://www.nws.noaa.gov/oso/oso12/fmhl/fmhltoc.htm>