

「航空氣象教室」第五集：氣壓與 QNH

郭忠暉

你知道飛機駕駛艙內的高度表(altimeter)與氣壓有關係嗎？在飛航服務作業及航空器在飛行過程中，經常會使用到 QNH 這一名詞，你知道它所代表的意義嗎？現在就讓我們一起來討論這些問題吧。

一、氣壓

什麼是氣壓 (pressure)？氣壓就是大氣壓力 (atmospheric pressure) 的簡稱。我們知道，地球的四周包圍著一層大氣 (atmosphere)，而組成大氣之各種氣體混合物稱為空氣 (air)。空氣受地球重力之吸引作用而有一定之重量，其對地表一切物體所施之壓力，通稱為大氣壓力。地表任一點的大氣壓力，相當於在那一點的單位面積所承受整個空氣柱（從地面延伸到大氣層頂）的重量。

大氣壓力既然相當於空氣柱的重量，當空氣柱重量有變化時氣壓也會隨著變化，而影響空氣柱重量的因素有高度、氣溫與重力等。如果我們往高處去，由於空氣柱的縮短，氣壓也會隨著減低，因此氣壓隨著高度增加而減少。如果氣溫降低，空氣密度變大，空氣柱重量變重，氣壓則較大，反之氣溫升高，空氣密度變小，空氣柱重量變輕，氣壓則較小。換言之，冷空氣柱會比暖空氣柱重，因而氣壓亦較大。重力在地球各地有不同，會隨緯度及高度而變動，然而其變化幅度不大，雖然如此，但氣壓在地球各地仍會因重力稍為不同而有所變化。

氣壓係一種基本氣象要素，可用氣壓計(barometer)予以測定，常用的氣壓計有水銀氣壓計(mercury barometer)和空盒氣壓計(aneroid barometer)兩種。水銀氣壓計為測量氣壓之標準儀器，它係依據空氣重量對抗水銀柱重量，且取得平衡之原理來設計。水銀柱的高度會隨氣壓而改變，氣壓愈大，水銀柱的高度愈高，因此量度水銀柱的高度，便能計算出水銀柱底的氣壓值。空盒氣壓計有一個用金屬薄片造成的扁圓形的空盒，盒內空氣抽空，氣壓升高時，此空盒會被壓縮，氣壓降低時空盒則會膨脹。空盒一端固定，他端連接一指針，在氣壓變動時，空盒會隨著變大變小，利用槓桿裝置擴大其變動幅度，並傳至指針，在氣壓刻度盤上左右移動，以示氣壓值。氣壓的單位有若干種表示法。氣壓的國際 C.G.S.單位是每平方公分達因($\text{dyne} / \text{cm}^2$)。在氣象學上，通常採用百帕斯卡(hecto-Pascal)，簡稱百帕(hPa)作為氣壓單位，舊的氣壓單位為毫巴(mb)，現今已不再使用。一百帕相當於每平方公分受 1000 達因之力 ($1 \text{ hPa} = 1000 \text{ dyne} / \text{cm}^2$)。氣象學上亦常使用水銀柱高度之毫米(mm Hg)或吋(in Hg)表示氣壓，即指此水銀柱適與大氣柱之重量相當。各種氣壓單位之換算如下：

$$1 \text{ hPa} = 0.750 \text{ mm Hg} \quad ; \quad 1 \text{ mm Hg} = 1.333 \text{ hPa}$$

$$1 \text{ hPa} = 0.029 \text{ in Hg} \quad ; \quad 1 \text{ in Hg} = 33.863 \text{ hPa}$$

在地面氣象觀測實務中，氣象觀測站於規定之觀測時間進行氣壓之觀測，氣象觀測人員使用各式氣壓計來量測氣壓，此種經由實際測量而得之氣壓值為該測站高度面上之大氣壓力，稱為測站氣壓(station pressure)。由於每一個氣象觀測站所在位置高度不相同，很

難比較不同地方的氣壓讀數，而最方便的方法是把它們換算至同一高度，例如海平面。將測站氣壓根據實際大氣溫度情況，訂正至其下方海平面上一點應有之數值，稱之為海平面氣壓(sea-level pressure)。

二、標準大氣

所謂標準大氣(standard atmosphere)，是一項假設之大氣溫度、氣壓和密度之垂直分布情況，經國際公認，用為氣壓高度表校正、飛機操縱計算、飛機設計等用途上之大氣代表。現時之標準大氣為國際民航組織(ICAO)在 1952 年 11 月 7 日所通過者。制定 ICAO 標準大氣時所採用之假定參數及物理常數如下：

- (a) 零氣壓高度（平均海平面），相當於支持水銀柱高度 760 毫米之氣壓。此項氣壓定為 1013.25 hPa 或 29.92 in Hg（稱為一「標準大氣壓」或一「大氣壓」）；
- (b) 乾空氣之氣體常數為 2.8704×10^6 爾格／克／°K；
- (c) 一標準大氣壓力下之冰點為 0°C；
- (d) 重力加速度為 980.665 cm/sec^2 ；
- (e) 平均海平面溫度為 15°C；
- (f) 平均海平面空氣密度為 1.225 kg/m^3 ；
- (g) 對流層之溫度直減率為 6.5°C／公里；
- (h) 對流層頂之氣壓高度為 11 公里或 36,000 呎；
- (i) 對流層頂之溫度為 -56.5°C。

三、高度表

高度表是一種用以測定目標物對於一固定平面高度之儀器。普通高度表之種類有二：(a)氣壓高度表，由測定氣壓並假定在氣層中為標準溫度分布，指示出近似值之高度測量；(b)無線電高度表，由電子技術推算出高度。在飛機駕駛艙裡之高度表屬於氣壓高度表之類型。而氣壓高度表實際上是一具使大氣壓力換算為高度之一種空盒氣壓計，是在 ICAO 標準大氣條件下，根據氣壓與高度之關係(參考如下附表)，將大氣壓力換成相對高度。事實上各地之大氣時時刻刻在變化，要具有符合標準大氣條件的情況則絕少出現，因此，氣壓高度表所示之指示高度常與實際高度不同。

附表：各標準氣壓面與氣壓高度之對照

<u>標準氣壓面</u>	<u>標準氣壓高度</u>	
100 hPa	16,000 m	53,000 ft
200 hPa	11,400 m	38,000 ft
300 hPa	9,000 m	30,000 ft
500 hPa	5,400 m	18,000 ft
700 hPa	3,000 m	10,000 ft
850 hPa	1,500 m	5,000 ft
1013.25 hPa	0 m	0 ft

四、高度表撥定值

高度表撥定值(altimeter setting) 為一氣壓值，指氣壓高度表應行撥定之大氣壓力數值。在陸上地區之高度表撥定值，係由測站氣壓根據 ICAO 標準大氣條件，訂正至海平面而得，或訂正至機場高度而得。在海洋上，通常採用標準大氣壓 (1013.25 hPa 或 29.92 in

Hg) 作為高度表撥定值。在航空上，因應不同的運作需要，使用航空通訊 Q 電碼 (註) 之特定名詞 QNH 或 QFE 來形容高度表撥定值。高度表撥定值以海平面為基點者，使用 QNH 代表之，如以機場高度為基點者，使用 QFE 代表之 (QFE 亦代表場面氣壓)，通常採用 QNH 者較為普遍。其他與航空有關的氣壓值亦可用 Q 電碼代表之，如以 QFF 表示海平面氣壓，以 QNE 表示標準大氣壓。在此要特別一提的是，QNH 不應與 QFF 相混淆，因為二者雖同樣將測站氣壓訂正至海平面，但所根據者不同，前者係根據 ICAO 標準大氣，後者所根據的為實際大氣狀況。

高度表經正確撥定後，其所示高度符合於在標準大氣狀況下相對氣壓之高度。當航空器採用 QNH 作為高度表撥定值，高度表之零點讀數為海平面，航空器著陸在跑道上時，高度表指示機場標高，例如機場標高為 200 呎，高度表應指示 200 呎。如航空器採用 QFE 作為高度表撥定值，當飛機在跑道上時，高度表之讀數為 0 呎，如在飛行，高度表指示降落跑道上方之高(height)。

在機場天氣報告中，有關氣壓報告這部份，應編報 QNH，而 QFE 則視需求或經相關單位協議後才會包含在報告內。QNH 之編報，係將計算得到的 QNH 值 (單位是百帕) 近似至最接近之較小整數，以四位數字表示 (若氣壓值低於 1000 hPa，應在數值前方加 0)，並以字母指示碼 Q 置於其前方 (電碼格式)；或於四位數字後接氣壓單位 (HPA) (簡縮明語)。例如：QNH 為 998.6 hPa，編報為 Q0998 (電碼格式) 或 QNH 0998 HPA (簡縮明語)。如因需求改以水銀柱高度吋作為 QNH 單位，此時 QNH 之編報以字母 A 為

開頭(取代 Q)，其後緊接著以吋、十分之一吋和百分之一吋為單位之數值，但不含小數點(電碼格式)。例如，QNH 為 30.27 吋，編報為 A3027。

高度表撥定值既與航空器之飛行高度有關，且航空器在不同飛行階段飛行時，需要採用不同的高度測量基準面，因此，航空器在飛行過程中，會依飛行階段作適當的高度表撥定。依據 ICAO 在其相關的國際文件中所規範的高度表撥定程序(altimeter setting procedures)，有關高度表撥定值的應用綜合如下：

- (1) 當航空器飛行於轉換高度(transition altitudes)及以下時，應使用空域指定之 QNH 作為高度表撥定值，此時航空器離地之垂直距離以高度(altitudes)表示。
- (2) 當航空器飛行於轉換高度以上時，採用標準大氣壓，即 1013.25 hPa 作為高度表撥定值，此時航空器離地之垂直距離以飛航空層(flight levels) 表示。
- (3) 當航空器從進場到落地這段期間，應使用當地機場之 QNH 作為高度表撥定值，或是在特殊情況下，可利用當地機場跑道頭場面氣壓 QFE 作為高度表撥定值。

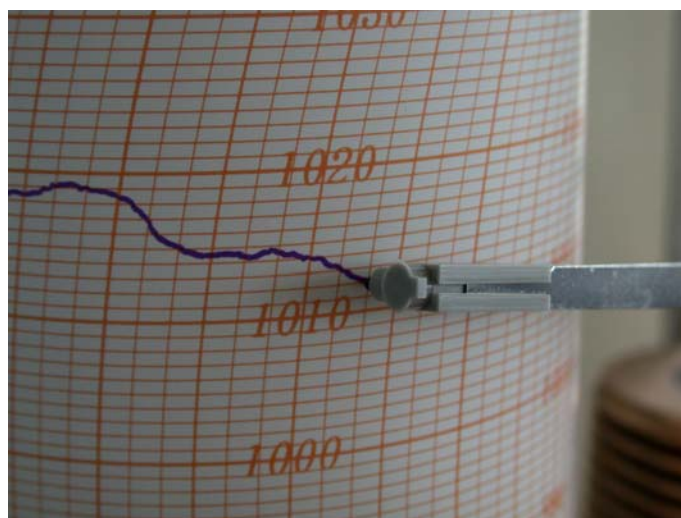
參考文件：

交通部民用航空局飛航服務總台，1993：航空氣象電碼手冊（1995 年版，2001 年 8 月第三次補充修訂）。

王崑洲，2004：高度表撥定程序在飛航服務上之應用。中華航空氣象協會「航空氣象」第 17 期。

ICAO, 2004：Annex 3 --- Meteorological Service for International Air Navigation, 15th Edition.

註：Q 電碼，指在第二次世界大戰期間，航空器與空中交通管制之間以摩斯電碼通訊時，使用三個字母電碼發送無線電信號，因為每個電碼均以字母 Q 為開頭，故稱為 Q 電碼。這些電碼有些現在仍在使用，如 QNH、QFE 和 QFF 等。



作者為前民航局飛航服務總台台北航空氣象中心副主任