

直昇機航空噪音測量 JACOB LIU

撰寫原則：與「第11章 噪音之監測」、「第30講噪音監測的方法」有關

我國現行民用航空器噪音管制標準第三、四、五條有噴射機之噪音管制標準，第六條有螺旋槳飛機之噪音管制標準，而第七條有直昇機噪音管制標準相關規定。該管制標準係引用國際民航公約第十六號附約於1981年第一版對飛行器出廠適航檢定時之驗證標準，而國際民航公約第十六號附約，目前已更新至第三版（1993年）。除了ICAO標準之外，美國聯邦航空總署亦在其飛航規則三十六號中建立直昇機噪音管制標準。

ICAO噪音測量方法由表1-1可知，FAA之第二級直昇機噪音標準與ICAO於1985年1月1日以後受理原型機適航驗證之各量測點噪音限制相同，惟FAA之起飛總重下限為1,764磅（800公斤重）略大於ICAO之788公斤重，且介於起飛總重上下限間之音量限制計算方式，ICAO以每減一半重量減少3EPNdB，而FAA則為3.01EPN dB。

表1-1 FAA直昇機第二級噪音限制

起飛	大於176,370磅 (80,000公斤重)	小於1,764磅 (800公斤重)	介於176,370磅~1,764磅
	109EPNdB	89EPNdB	每減一半重量減少3.01EPNdB
橫向	大於176,370磅 (80,000公斤重)	小於1,764磅 (800公斤重)	176,370磅~1,764磅
	108EPNdB	88EPNdB	每減一半重量減少3.01EPNdB
進場	大於176,370磅 (80,000公斤重)	小於1,764磅 (800公斤重)	介於176,370磅~1,764磅
	110EPNdB	90EPNdB	每減一半重量減少3.01EPNdB

資料來源：美國聯邦航空總署FAA。

至於以SEL為評估方法之噪音驗證標準其量測點及評估方法，FAA皆與ICAO未超出2,730公斤重之直昇機評估方法相同。

國際民航組織（ICAO）關於直昇機的噪音驗證標準係載於國際民航公約第十六號附約（1993年版）中的第二篇「航空器噪音驗證」中的第八章及第十一章。其中規定該標準的適用範圍為所有直昇機但不包含專用於農業、消防或機外負載等目的之直昇機。

除前述之專用直昇機外，所有直昇機應符合該附約中有關直昇機驗證標準方能發給適航證明。

(一) 評估指標

1. 噪音吵鬧度

K.D. Kryter於1959年發表之直接以noy表示噪音吵鬧度 (noisiness) 的評估方法，被ISO採用為航空器噪音評估指標。因PNL之算式過於繁雜，故發展出另一套近似求法，可利用A加權來測定。1 noy為頻率1000Hz，聲音壓力位準為40dB之噪音，一般稱為吵鬧度，定義為：

$$PN = N_{MAX}(1 - F) + F \sum_{j=1}^n N_j(\text{noys})$$

由此再定義PNL (察覺噪音位準, Perceived Noise Level)

$$PNL = L_{MAX} + 13dB(A)$$

此外，若航空器為渦輪風扇 (turbo-fan) 引擎，著陸時之噪音PNL須加上純音修正值2dB。

由前述PNL值加上純音修正後之TPNL及持續時間修正IPNL，即得EPNL，以EPNdB表示。其中，TPNL係以1kHz為基準 (0dB) 的感度差之dB值。如表2.3-2中所示即為1/1八音度及1/3八音度頻率個別中心頻率之修正值。由查表可知各頻率i之修正值為 a_i ，則各頻率的噪音位準為：

$$EPNL_i = TPNL_i + IPNL_i = dB(A) + 13 + IPNL_i$$

$$EPNL = 10 \log \left(\sum_{i=1}^n 10^{\frac{EPNL_i}{10}} \right)$$

因而其總量

IPNL持續時間修正係由EPNL的曲線積分而求得，如圖2.3-1所示。設 $t_2 - t_1$ 表示航空器上昇至TPN L_{max} 再下降10dB前後所須的時間，其用意係將 $t_2 - t_1$ 的影響濃縮或放大到10秒

$$IPNL = 10 \log \frac{t_1 - t_2}{20}$$

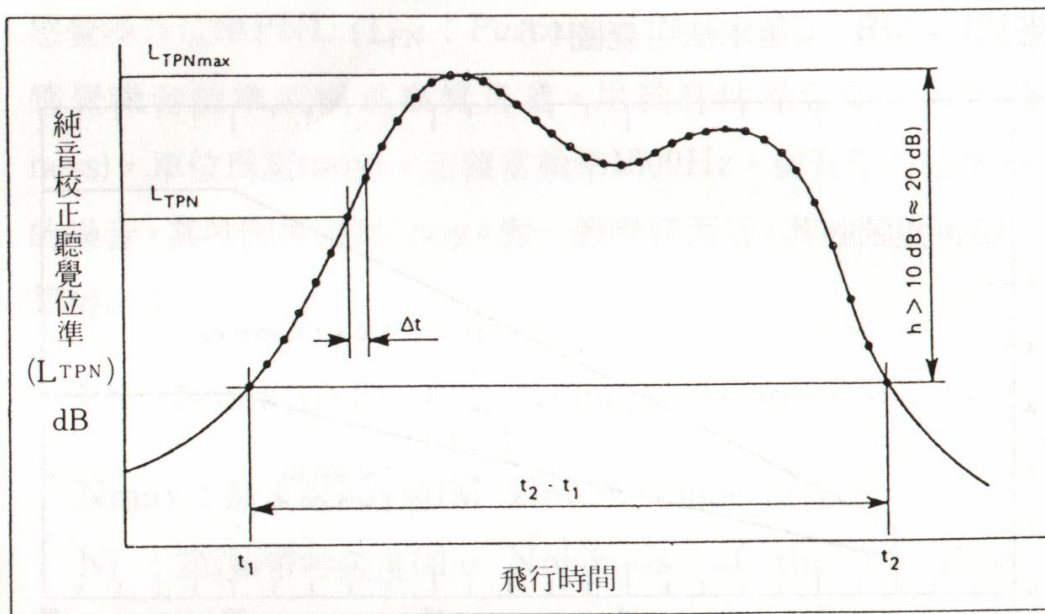
的標準化基礎上進行修正。其中

表1-2 A特性修正值

1/3八音度中心 頻率(Hz)	*			*			*			*		
	31.5	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400
修正值 a_i (dB)	-39	-35	-30	-26	-23	-19	-16	-13	-11	-9	-7	-5

1/3八音度中心頻率(Hz)	*			*			*			*			*
	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	6300	8000
修正值 a_i (dB)	-3	-2	-1	0	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	0	-1

備註：標“*”者表1/1八音度帶域中心頻率。



資料來源：ICAO, Environmental Protection Annex16 (1993)

圖1-1 TPNL之持續時間修正圖

2. 噪音曝露量 (Sound Exposure Level, SEL)

噪音曝露量 (SEL) 為飛行噪音的另一種計量單位，以分貝表示。噪音曝露量乃是由最大噪音量上下差10分貝所形成之面積計算而得。噪音曝露量是指不連續噪音

(Discrete Noise Event) 事件，每發生一次之A特性加權能量維持於持續1秒鐘的穩定噪音音量。基本上，SEL也是均能音量的一種，不同的只是把其總能量標準化於持續1秒鐘時間之能量，其計算公式如下：

$$SEL = L_{AE} = 10 \log \left[\frac{1}{t_0} \int_{t_1}^{t_2} \left[\frac{P_A(t)}{P_0} \right]^2 dt \right]$$

式中：SEL：噪音曝露量； L_{AE} ：噪音曝露量。

t_0 ：1秒鐘； $P_A(t)$ ：A加權音壓位準。 P_0 ： $2.0 \times 10^{-5} \text{Pa}$ 。

(二)測定方式

1.於1985年1月1日以後受理其原型機適航驗證申請者，於1988年11月17日改變型別設計者。

(1) 起飛音量 (TAKE-OFF)

表1-3直昇機於1985年1月1日以後受理其原型機適航驗證申請者，於1988年11月17日改變型別設計者之起飛音量標準

大於80,000公斤重	小於788公斤重	介於80,000公斤重至788公斤重
109EPNdB	89EPNdB	每減一半重量減3EPNdB($90.03 + 9.97 \log M$)

註：M：千公斤重。

A.量測點：

第一點為航線基準點，位於航線正下方地面上，逆飛航方向推算，距直昇機開始轉換為爬升飛航處水平距離500公尺。另外兩點位於航線左右兩側150公尺處，互相對稱與第一點成一直線。

圖1-2 於1985年1月1日以後受理其原型機適航驗證申請者，於1988年11月17日改變型別設計者起飛量測點位置圖

(2) 橫向音量(OVER-HIGHT)

表1-4於1985年1月1日以後受理其原型機適航驗證申請者，於1988年11月17日改變型別設計者之橫向音量標準

大於80,000公斤重	小於788公斤重	介於80,000公斤重至788公斤重
108EPNdB	88EPNdB	每減一半重量減3EPNdB ($89.03 + 9.97 \log M$)

註：M：千公斤重。

A.量 測點

第一點航線基準點位於航線正下方面上，循垂直方向，上距航線150公尺。

另外兩點分別於航線左右兩側150公尺處，彼此對稱與第一點成一直線。

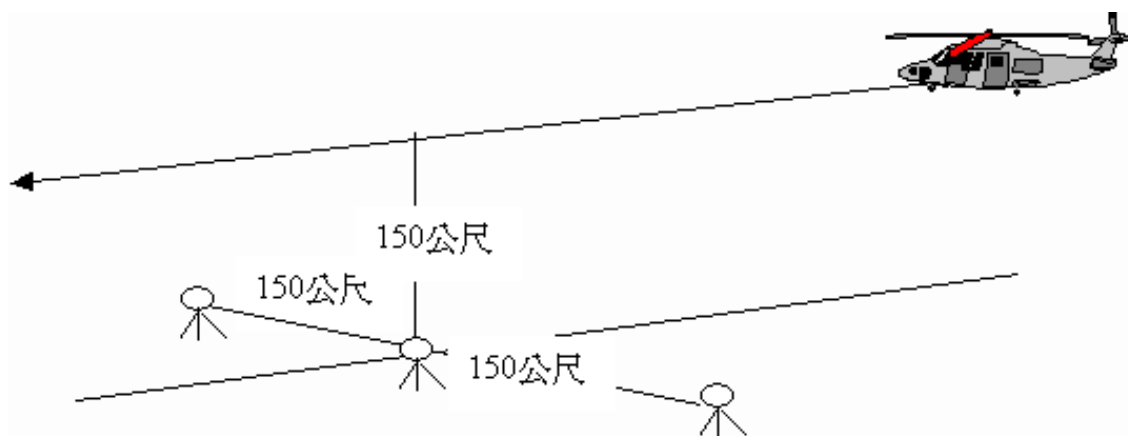


圖1-3 於1985年1月1日以後受理其原型機適航驗證申請者，於1988年11月17日改變型別設計者飛越量測點位置圖

(3) 進場音量

表1-5於1985年1月1日以後受理其原型機適航驗證申請者，於1988年11月17日改變型別設計者之進場音量標準表

大於80,000公斤重	小於788公斤重	介於80,000公斤重至788公斤重
110EPNdB	90EPNdB	每減一半重量減3EPNdB (91.03+9.97log M)

註：M：千公斤重。

A.量 測點

第一點位於垂直進場基準程序所定義之航道下方120公尺處。若為平坦地面，此點距6°進場航線與地平面相交處1140公尺。

另外兩點位於航線左右150公尺處，互相對稱與第一點在同一直線上。

圖1-4 於1985年1月1日以後受理其原型機適航驗證申請者，於1988年11月17日改變型別設計者之進場音量標準表圖

(三)氣象條件

- 1.無降雨。
- 2.整個噪音路徑在離地10公尺處與航空器間之周圍溫度不高於35°C，不低於10°C；相對濕度不高於95%，不低於20%。
- 3.整個噪音路徑在離地10公尺處與航空器間，周圍溫度及濕度對聲響之吸收，在三分之一八音度頻率為8kHz處不得大於12dB/100公尺。
- 4.地面上10公尺處，風速不超過19公里/小時（約5.3公尺/秒），側風風速不超過9公里/小時（2.5公尺/秒）。
- 5.在測量點進行噪音測量時，不得有明顯影響航空器噪音位準之反常風態發生。

(四)環境條件

測量直昇機飛航時所發生噪音之地點，其四週地形應較為平坦，且無高大草叢、灌木或林木等，或造成地面吸音效果過高之處，在測量地點上方之圓錐形區域內，應無任何足以顯然影響直昇機所產生之自由音場障礙物；此一圓錐之頂點應在測點位置上，其軸應與地面垂直，半角80度。

(五)直昇機操作程序

1.起飛

(1) 受測直昇機應以最大動力，最佳爬升率，沿一條始自航線基準點前方500公尺，離地20公尺（65呎）處之航線上穩定飛航。

(2) 應保持爬升率最大時之速率 V_y ，或經核定之起飛爬升之最低速率，直至起飛程序終了；以兩者中速率較高者為準。

(3) 持續爬升時之旋轉翼速率，應穩住在經核定供起飛時採用之正常作業之最大每分鐘轉數上。

(4) 在整個起飛標準程序中，應始終保持申請人所選用之飛機外形，惟起落架得以收起。

(5) 直昇機之重量，應為噪音檢定時所應有之該機最大起飛重量。

2. 橫向

(1) 直昇機應在航線基準點上方150公尺 (490呎) 穩定平飛通過。

(2) 在臨空基準程序中，應一直保持0.9VH或0.9VNE之速率，以兩者中較低者為準。

註：VH為不超過最大連續動力之最大平飛速率，VNE為永不得超越之速率。

(3) 臨空飛航通過時，旋轉翼應穩住於供平飛時採用之正常作業之最大每分鐘轉數上。

(4) 直昇機應保持巡航外形。

(5) 直昇機之重量應為進行噪音檢定時所應有之該最大起飛重量。

3. 進場

(1) 直昇機應沿 6.0° 之進場航線穩定飛航。

(2) 自開始進場至飛臨航線基準點上，以至正常落地，均應保持穩定之動力，以爬升率最佳時之速率 V_y ，或等於最低核定進場速率之空速飛航，兩者中應以速率最大者為準。

(3) 進場時，旋轉翼之轉速，應穩住在供進場時採用之正常作業之最大每分鐘轉速上。

(4) 整個進場程序中，應持續保持適航檢定測試時所採用之進場常態外形，起落架則放下。

(5) 直昇機之重量應為噪音檢定所要求之該機最大落地重量。

(六) 直昇機最大起飛重量未超出2,730公斤重者

於1993年11月11日以後，已領取原型機適航證書或已領取改變設計之適航證書者，若其最大起飛重量不超過2,730公斤重，且不採用上述方式量測者，可採用此種方式以節省成本。

1.音量標準：由最大起飛重量788公斤重 (82dB SEL) 開始每增加一倍重量增加3dB SEL。

其計算式為： $L_{AE}=82+3[\log (\text{最大起飛重量}/788) / \log (2)]$ dB

2.量測點：位於航道下方150公尺處。

3.評估方法：依Sound exposure level (SEL)測定之。