

聲學上幾個常用的指標

徐廷珪

一般聲學上常用分貝來當做它的音量大小，分貝是以音壓與能量來當做它的單位，其數學計算式如下：

$$L_p = \text{聲壓位準 (Sound Pressure Level)} = 20 \log(p/p_0)$$

$$L_w = \text{聲功率位準 (Sound Power Level)} = 10 \log(W/W_0)$$

其中 $p_0 = 10^{-6}$ Pa (壓力單位)

$W_0 = 10^{-12}$ Watt (能量單位)

一、 分貝單位的必要性

由於人耳可聽聞的壓力大小從 10^{-6} Pa~10Pa 之間，亦即 0.000001Pa 到 10Pa 之間，若不以對數做數學計算處理，則溝通噪音會在數字裏有很大的迷失，所以對數處理後的噪音值介於 0~140 分貝，易於一般人的理解與溝通，其數字亦精簡許多。

二、 聲壓位準(L_p) vs 聲功率位準(L_w)

1. 聲壓位準即是一般用噪音計所量到的值，它易因量測位置的不同、背景環境的差異而有不同，如果沒有詳細的說明量測過程(如量測高度、量測角度、量測的位置、背景的噪音等)，則二個人量測的結果差異很大(如在風扇的前方與風扇的側面 1 公尺處量測數值差異即很大)，量測結果沒有重現性，也不易比較。
2. 聲功率位準基本上是一個定值，它幾乎都是參照 ISO3741~3746 為基礎的量測，它有嚴謹的量測要求，所以量測出來的值有參考性也可以比較，而空調設備的量測標準為 AMCA 300，ARI 250，ARI 350 等標準。

由於此二者的單位都是分貝，所以若是產品本身數據沒有說明清楚屬於 L_p 或 L_w 的話，工程師亦混淆。

三、 分頻噪音 vs 總量噪音

由於聲音是有高低頻的差別，低頻沉重有力，高頻尖銳刺耳，所以有時會把產品(如風機、壓縮機)的噪音特性以頻率表示出來，如此可以更清楚判定此一設備的聲音特性，是屬於高頻或低頻，最常用的頻譜分類方式為八度音頻(Octave)的分類方式，聲音分成八個不同的頻率，在該頻率下有其對應的噪音值(分貝)

頻率	63	125	250	500	1K	2K	4K	8K	All
Lp dB(L)	60	50	55	52	48	46	40	40	

dB(L)：線性，沒有做加權

上表即是一個常見的分頻噪音表格，若沒有顯示音壓位準(Lp)，則上表亦可能屬聲功率(Lw)，所以聲音的許多標註細節要很細心。以上表說明該聲音特性在 63Hz 時，其聲壓位準(Lp)是 60dB(L)，在 125Hz 時，Lp 是 50dB(L) 依此類推，此為分頻噪音，而把這八個頻率(有時採用 1/3Octave 或 FFT，會有更多頻率加總)相加(log 相加)會得到總量噪音

$$dB(L) = 10 \log(10^{0.1Lp1} + 10^{0.1Lp2} + \dots + 10^{0.1Lp8})$$

所以一般總量噪音會比分頻噪音大。

而耳朵對不同頻率的感受不同，使得有必要對聲音頻率做一個加權(weighting)動作，而一般工程師常聽過的 A 加權即是做這個動作。

若有一台聲音產生器(generator)可以產生 63Hz 的頻率，音量大小為 100dB(L) 表沒加權也可以產生 125Hz 的頻率，音量大小也為 100dB(L)，原則上此二音量大小就物理上而言是一樣的，可是人們的耳朵聽起來卻覺得 125Hz 100dB(L) 的噪音比 63Hz 100dB(L) 的噪音大得多，所以耳朵中有一個機制在做聲音的調整，耳朵覺得某些頻率的聲音很不喜歡，就覺得它特別”吵”，所以把它”加分”，有些頻率耳朵聽得”還可以”，就把它”減分”，所以聲學工程師會有以下這個表格，我們稱為 A 加權修正：

頻率	63	125	250	500	1K	2K	4K	8K
A 加權	-26	-16	-9	-3	0	+1	+1	-1

經過加權後的聲音我們稱為 dBA，和前面一樣的是：如果你沒有標示清楚，人們不易知道它是聲功率(Lw)還是聲壓位準(Lp)。

若以前面的例子而言，經過 A 加權的結果如下：

	分 頻 噪 音									總量	說 明
頻率	63	125	250	500	1K	2K	4K	8K	All		
Lp dB(L)	60	50	55	52	48	46	40	40	62		沒加權
A 加權	-26	-16	-9	-3	0	+1	+1	-1			加權係數
Lp dBA	34	34	46	49	48	47	41	39	54		A 加權結果

所以同一個設備總量噪音以 dBA 來表示是 54dBA，以 dBL 來表示是 62dBL，而各頻率以 dBL 及 dBA 來表示亦有很大的差別(如在頻率 125Hz 時，Lp 是 50dBL，也是 34dBA)。

四、 幾個重要的分頻噪音指標(NC、NR、RC)

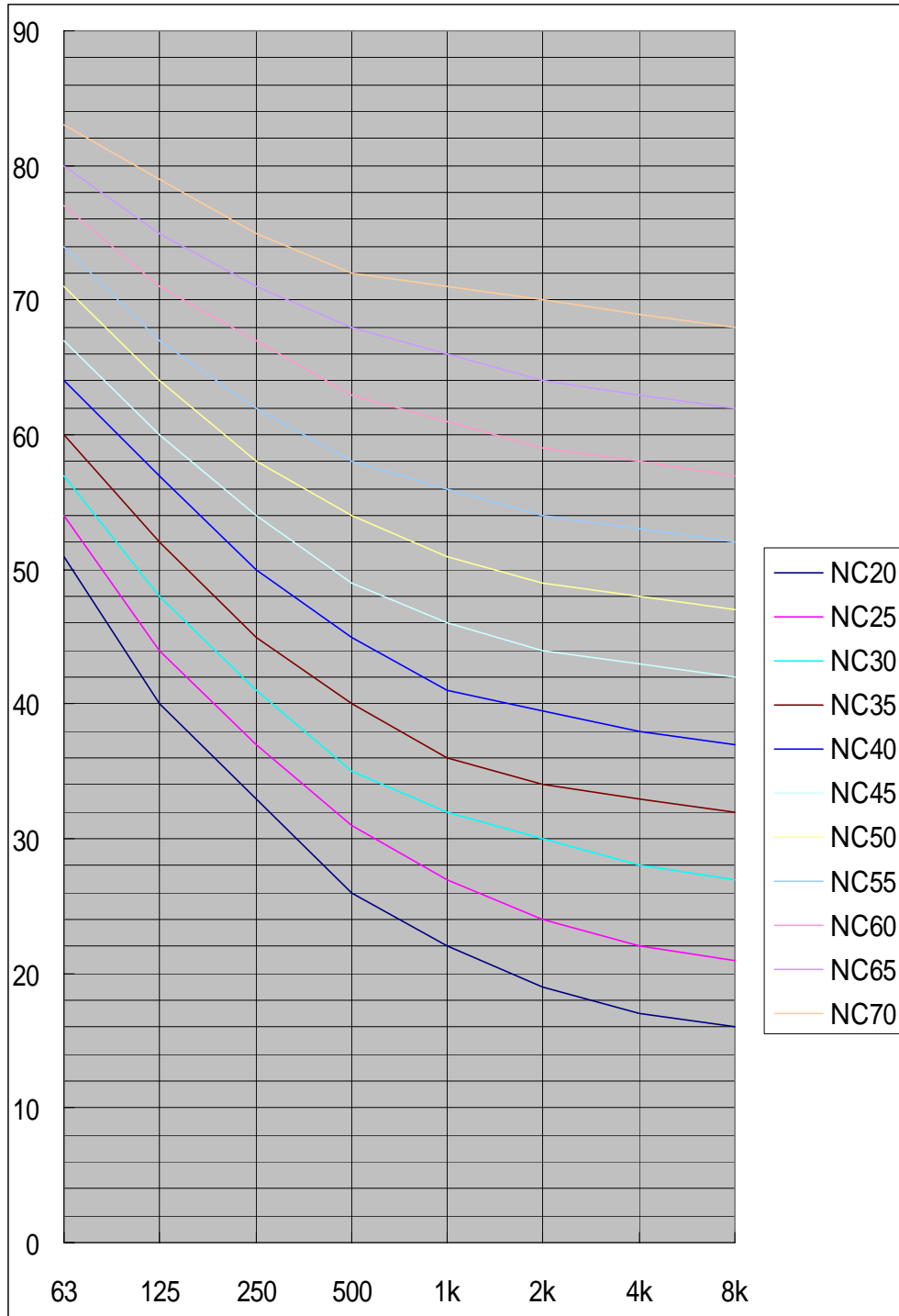
由於分頻噪音比較容易表達出人的實際感覺，所以室內噪音一般以分頻噪音來描述該環境的音量大小。

1. NC (noise criteria)

NC 是最早用於分頻的指標，由 Bereank 所建議，早先(1988 年以前)ASHRAE 亦以此為室內安寧程度的指標，須特別注意的是 NC 表格上的分貝值是屬於 dB(或 dBL，不加權的)非 dBA。

NC CURVE

	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k
NC20	51	40	33	26	22	19	17	16
NC25	54	44	37	31	27	24	22	21
NC28	55	46	39	33	28	26	25	24
NC30	57	48	41	35	32	30	28	27
NC33	58	50	43	37	33	30	30	29
NC35	60	52	45	40	36	34	33	32
NC38	62	54	47	42	38	36	35	34
NC40	64	57	50	45	41	39.5	38	37
NC43	65	58	52	47	43	41	40	39
NC45	67	60	54	49	46	44	43	42
NC48	69	62	56	51	48	46	45	44
NC50	71	64	58	54	51	49	48	47
NC55	74	67	62	58	56	54	53	52
NC60	77	71	67	63	61	59	58	57
NC65	80	75	71	68	66	64	63	62
NC70	83	79	75	72	71	70	69	68

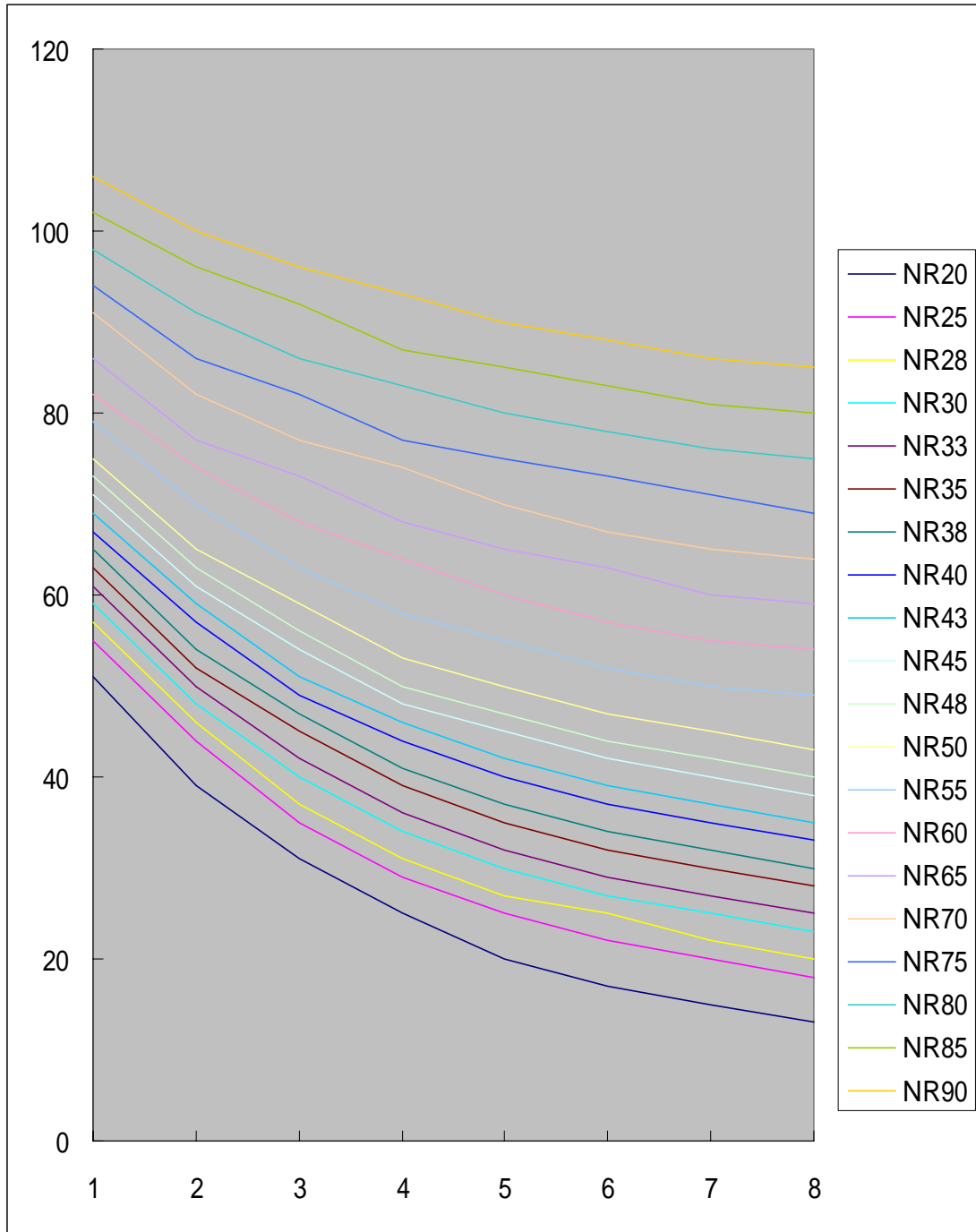


2. NR (noise Rating)

由於NC在低頻上的率定不夠精準，有時發生NC不高，符合ASHARE的建議標準，但低頻聲令人受不了，所以一些聲學專家修正NC的表格，而以NR的表格來率定室內噪音值標準。

NR CURVE

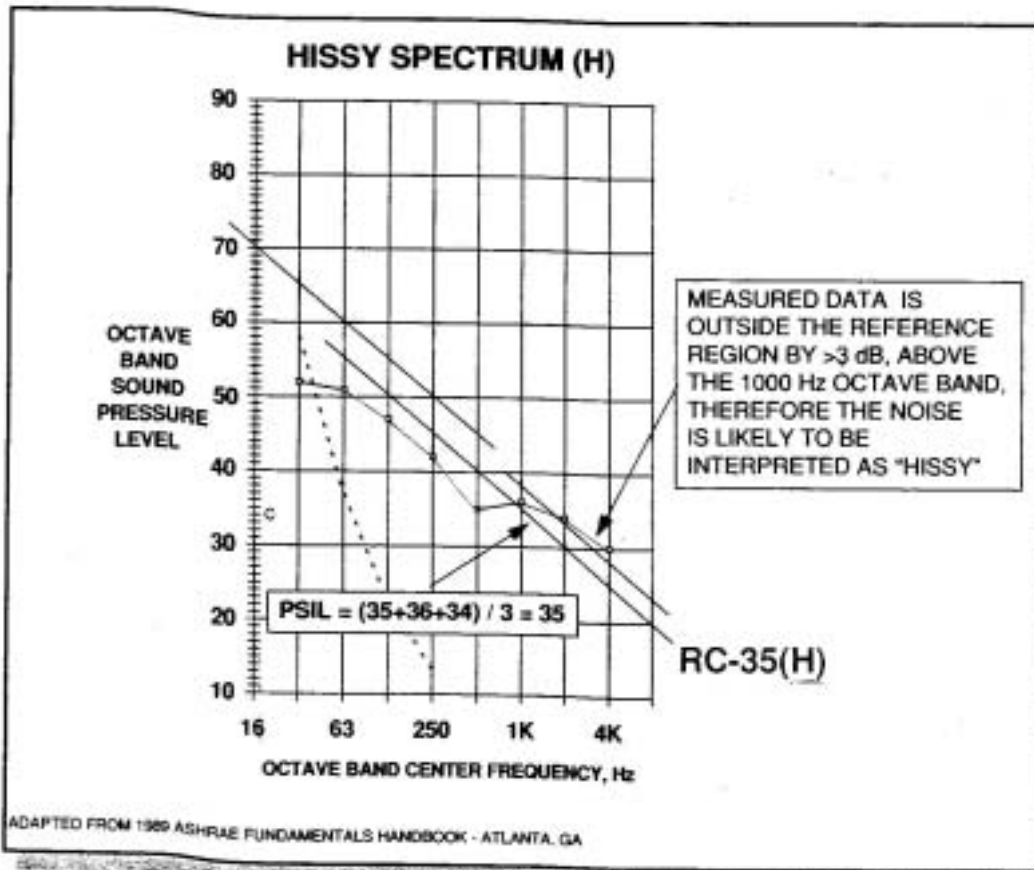
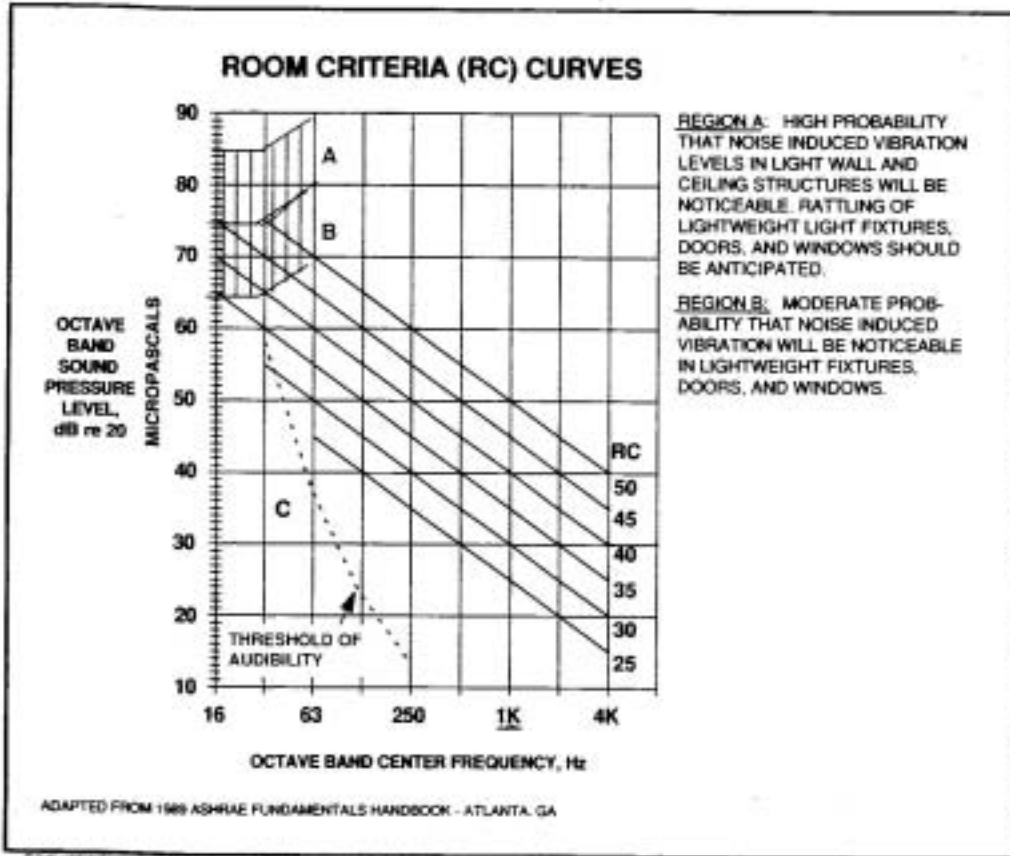
	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k
NR20	51	39	31	25	20	17	15	13
NR25	55	44	35	29	25	22	20	18
NR28	57	46	37	31	27	25	22	20
NR30	59	48	40	34	30	27	25	23
NR33	61	50	42	36	32	29	27	25
NR35	63	52	45	39	35	32	30	28
NR38	65	54	47	41	37	34	32	30
NR40	67	57	49	44	40	37	35	33
NR43	69	59	51	46	42	39	37	35
NR45	71	61	54	48	45	42	40	38
NR48	73	63	56	50	47	44	42	40
NR50	75	65	59	53	50	47	45	43
NR55	79	70	63	58	55	52	50	49
NR60	82	74	68	64	60	57	55	54
NR65	86	77	73	68	65	63	60	59
NR70	91	82	77	74	70	67	65	64
NR75	94	86	82	77	75	73	71	69
NR80	98	91	86	83	80	78	76	75
NR85	102	96	92	87	85	83	81	80
NR90	106	100	96	93	90	88	86	85

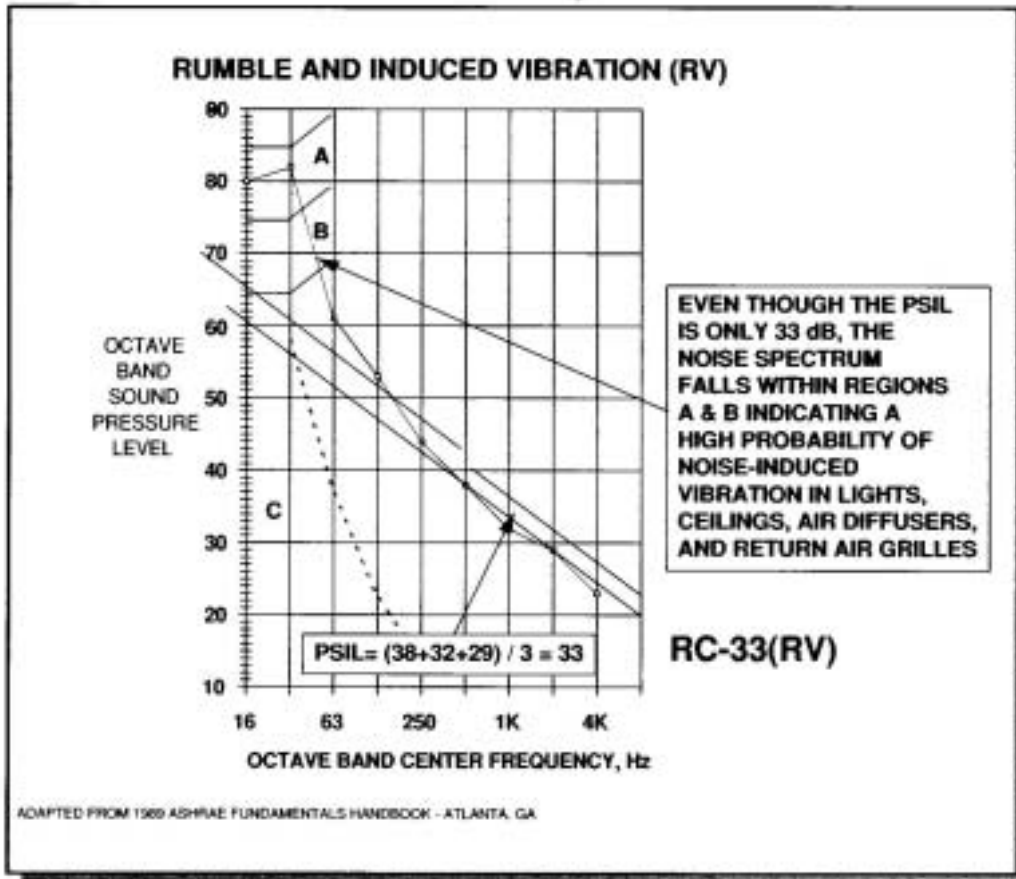


3. RC (Room Criteria)

RC(Room Criteria)的計算方式與研究主要來自於ASHRAE的贊助，它主要的評斷方式有二大部分：

RC的率定曲線如下圖所示：





其中各曲線的 1k 讀值，當作 RC 的率定曲線值，往低頻每 8 度音頻之倍頻遞增 5 分貝，往高頻遞減 5 分貝。

(1) 數字部份：把 500，1k，2k，3 個主要會影響交談的頻率 (speech interference Level SIL) 相加 (線性) 再除以 3 可得。

$$\left[40^{\text{dB}}(500\text{Hz}) + 35^{\text{dB}}(1\text{KHz}) + 30^{\text{dB}}(2\text{KHz}) \right] / 3 = 35$$

RC-35(?)

其中(?)屬於文字的說明

(2) 文字部分：主要的 4 個文字說明如下：

R : Rumble : 轟轟聲(低頻)

H : Hiss : 嘶嘶聲(高頻)

V : Vibration : 振動所引起的

N : neutral : 合適的

當量測出來的較低頻聲，(<1000Hz 以下)大於原先率定的 RC 數字曲

線 5dB 以上，即稱此聲音特性為 Rumble，而在文字上標示為 R，使之成為 RC-35(R)；若量測出來分頻噪音的高頻($\geq 1000\text{Hz}$ 以上)大於原先率定的 RC 數字曲線 3dB 以上，即稱此聲音特性為 Hiss，標示成為 RC-35(H)；若量測出來的分頻噪音在低頻($< 1000\text{Hz}$)各頻率不大於率定曲線 5dB 以上，且在高頻($\geq 1000\text{Hz}$)各頻率不大於率定曲線 3dB 以上，則此類室內分頻噪音屬於”很順”，悅耳的頻率組成，以 N 來表示，結合文字即為 RC-35(N)；而當分頻噪音的最低頻部分($< 63\text{Hz}$)進入到曲線圖中的 A(Aweful：可怕的)即表示設備有振動傳導出噪音的現象嚴重，而進入到曲線圖中的 B(Be careful：要小心)即表示設備有振動傳導出噪音的現象輕微。若有這種現象，常會伴隨前面所提的 R(rumble)發生，而標示成 RC-35(RV)。

綜上判別 RC 屬於最新也最能與人的聽覺感受相符合，它的步驟如下：

(1)找出 PSIL：把 500，1k，2k，3 個頻率的 dB(L)值相加除以 3， $(\text{dB}_{500} + \text{dB}_{1k} + \text{dB}_{2k})/3$ 此是為 RC-35(?)。

(其中 35 為假設 3 個頻率 dBL 相加除 3 的值)

(2)在 500Hz 以下頻率，在率定曲線加 5，在 1KHz 以上在率定曲線加 3，劃出 2 條與 RC-35 率定曲線相平行的線。

(3)在低頻 $< 500\text{Hz}$ 以下的頻率若高於率定曲線 5dB，則文字標示為 R(rumble)，在高頻 $> 1000\text{Hz}$ 以上的頻率若高於率定曲線 3dB，則文字標示為 H(Hiss)，若低頻不屬於 R，高頻不屬於 H，即標示為 N(neutral)。

(4)若在最低頻 $< 63\text{Hz}$ 以下的分頻噪音若落在 A 與 B 範圍內，則文字加標示為 V(Vibration)。

(5)RC-number(text)中，number 要愈低愈好，text 要能符合(N)

要是文字(text)屬於 R：表示有低頻聲待處理(葉片轉動的聲音)

V：表示有振動的情形產生(檢查風管與與燈具、天花板輕鋼架是否接觸引起振動)

H：表示有高頻音(風速太快、damper、grill、exit 再生噪音太大)

N：表示正常舒適的聲音

由於 ASHRAE(1999)已經捨去 NC 的標準改採 RC 的標準多年，它有許多好處(高頻、低頻的顯示，有振動與否的標註)讓工程人員更容易找出問題的核心，並藉以處理設備的噪音問題(高頻表高風速或 damper、grill、exit 再生噪音、低頻噪音表示機器運轉噪音問題與是否振動的問題)所以設計單位與工程公司亦需慢慢適應這個聲音指標 RC (Room Criteria)。