

# 噪音及噪音防制(四)

詹正行\*

## 噪音測定設備

### 壹、噪音之測定

先就噪音測定的一般意義作一研究。噪音者依定義係「不喜歡的聲音」之總稱。然而所謂不喜歡者係屬主觀的判斷，故不能直接將聲音本身變換成物理量來計量。因此如果要真正量出噪音，則應該要計量心理量。不過心理量以目前的技術是不容易量出的。雖然有明瞭度試驗或掩蓋試驗等與噪音稍有直接關連性的測定方法，不過在一般情況下其測定也非易事。

因而，對於某一聲音是否為噪音，或其不喜歡的程度的決定，就留給主觀去判斷，至於對受到判斷為噪音的聲音作物理量的測定，就是一般所謂的噪音測定。因此，噪音測定技術就是聲音的物理測定技術。

不過要作的雖然是物理測定，仍應以噪音問題為前提來處理。亦即在測定上需要有幾項條件。第一，因為與噪閾、不悅等主觀量有關係，故測定範圍僅限於可聽頻率為範圍的聲波。第二，要考慮到耳朵的感覺特性，對於測定的精確性不必要求太高。亦即對於耳朵的判斷能力之外的準確度，例如對於1 dB以內的強度變化或頻率的微小變化也要加以測定，則常無意義。第三要測定噪音的物理強度，倒不如設法測得能夠與耳朵感覺到的聲音大小水準或噪雜程度有相關的近似值較好。並且將測定的重點放在吾人日常多接觸到的聲音為範圍，而將特殊聲音之測定另作考慮。在實際測定作業上，需要儘可能有統一的儀器與統一的方法，且儘可能以簡單的儀器與簡易的方法，使任何人在任何地方都能够方便地測定。這種需求條件下的測定雖屬物理測定，然並非屬於實驗室或研究室的測定，但却是作為一種工業測定或日常測定等器具，在實際應用上應具備的條件。

在噪音測定上利用最多的是用指示式噪音計來測定噪音水準。噪音水準(sound level)的定義為「某一聲音以指示式噪音計測得之指示值」。其單位為dB，符號為SL，噪音計及其測定噪音水準的使用方法，在國際標準組織(ISO)的標準上有詳細的規定。

在噪音測定上使用次多的是噪音分析。聲音的分析技術也有多種且各有其長短，其主要目的在於瞭解聲音頻率之組成，因不論在研究其對身心的影響或研究應採取的噪音對策上，不作頻率分析的噪音測定作法目前幾乎已不再有了。

尤其對於為瞭解概略的頻率組成所作的八頻帶分析或 $\frac{1}{3}$ 八頻帶分析，最常受利用。

至於音源功率水準的測定技術，則可由一般的噪音水準測定或由八頻帶， $\frac{1}{3}$ 八頻帶音壓水準算出。

\* 經濟部國營會工程師

## 貳、指示式噪音計

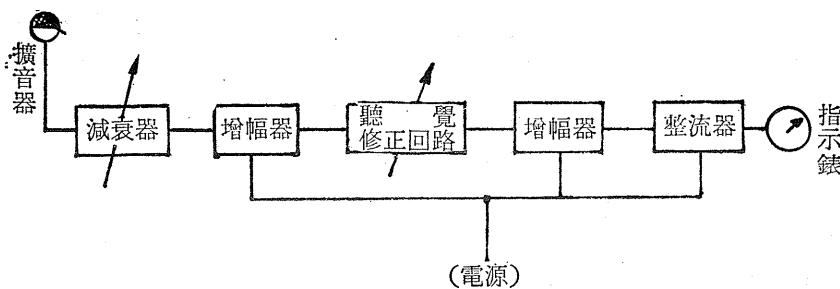
國際標準組織等對指示式噪音計訂有下列二種標準。

精密級 IEC-Pub. 179 precision sound level meters

普通級 IEC-Pub. 123 sound level meters

簡易級 JIS C1503 簡易噪音計

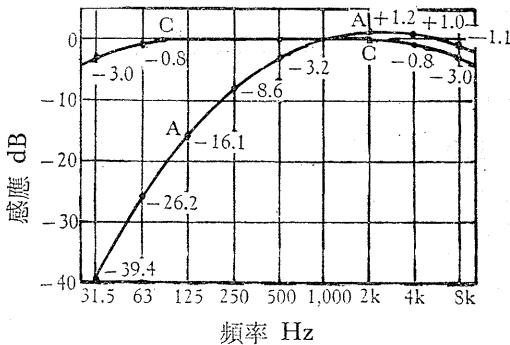
圖一表示指示式噪音計的組成，惟僅係表示其組成的原理圖，並不表示噪音計的各部按此順序配裝而成。此指示式噪音計的主要性能如下述。擴音器（microphone）係使用壓力式且儘可能採用沒有指向性者。裝有聽覺修正的回路網，得以A、B、C、三種特性的頻率感應分開使用。表一表示精密級噪音計（IEC Pub 179）以 A 特性與 C 特性所測噪音水準的標準感應與其容許誤差（數值列在括弧內）的範圍。圖二表示 A 特性與 C 特性的標準感應線形。



圖一 指示式噪音計

表一 精密級噪音計的相對感應（容許誤差）

頻率 [Hz]	聽覺修正特性 [dB]	
	A特性	C特性
10	-70.4 (+3, -∞)	-14.3 (+3, -∞)
12.5	-63.4 (+3, -∞)	-11.2 (+3, -∞)
16	-56.7 (+3, -∞)	-8.5 (+3, -∞)
20	-50.5 (+3, -3)	-6.2 (+3, -3)
31.5	-39.4 (+1.5, -1.5)	-3.0 (+1.5, -1.5)
63	-26.2 (+1.5, -1.5)	-0.8 (+1.5, -1.5)
125	-16.1 (+1.5, -1.5)	-0.2 (+1.5, -1.5)
250	-8.6 (+1.5, -1.5)	0 (+1.5, -1.5)
500	-3.2 (+1.5, -1.5)	0 (+1.5, -1.5)
1,000	0 (+1.5, -1.5)	0 (+1.5, -1.5)
2,000	+ 1.2 (+1.5, -1.5)	- 0.2 (+1.5, -1.5)
4,000	+ 1.0 (+1.5, -1.5)	- 0.8 (+1.5, -1.5)
8,000	- 1.1 (+1.5, -3)	- 3.0 (+1.5, -3)
12,500	- 4.3 (+3, -6)	- 6.2 (+3, -6)
16,000	- 6.6 (+3, -6)	- 8.5 (+3, -∞)
20,000	- 9.3 (+3, -6)	- 11.2 (+3, -∞)



圖二 聽覺修正之 A 及 C 特性

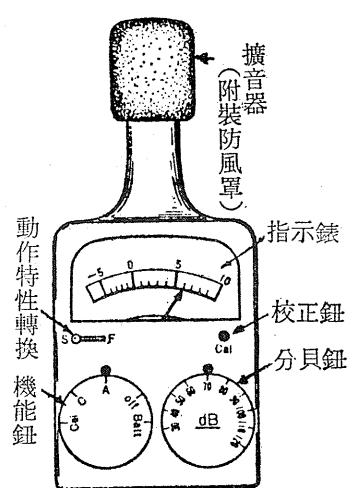
聽覺修正之三特性原來係取自 Fletcher 氏聽覺曲線的 40 phon 與 70 phon 作為 A 特性與 B 特性，並加上扁平的 C 特性而成。不過近來國際標準組織却捨 Fletcher 氏曲線而採用 Robinson 氏等所提倡的曲線。亦即如果後者為正確時，則對用以測定聲音大小水準的指示式噪音計之聽覺修正特性，就應再加以改正。但實際上國際電氣技術委員會 (International Electrotechnical Commission, IEC) 等組織對於指示式噪音計的特性，却仍舊推薦上述 A、B、C、三特性，世界各國亦不見有採取更改的行動。

其次對於指示式噪音計的指示動作特性，則規定有快 (fast) 與慢 (slow) 兩種特性。以普通級來說，其快的動作特性係指須在 1,000 Hz 正弦波輸入功率持續輸進 0.2 秒 (慢為 0.5 秒) 時之最大指示，能够達到與此頻率相同振幅固定輸入功率所指示的  $-2 \sim -0.5$  dB，慢則為  $-6 \sim -2$  dB 範圍之內者，或在 31.5~8,000 Hz 間的任一頻率，突然加上一定振幅正弦波輸入功率時所生最大振幅，應與相同振幅固定輸入功率所作指示值，不論快或慢均應在  $+0.1 \sim 1.1$  dB 的範圍內。

又，同時有二個以上的聲音輸入功率存在時，需對複合音特性的指示值作一規定，在相同指示值的二個聲音同時存在時，其相加之指示值為比單一聲音之指示值大 3 dB，亦則二聲音平方和再開平方根。

此外，在指示式噪音計之規格上，對於超負荷特性、雜音、直線性、安定度等均有記載，在使用時應留意到上述各項之限制。

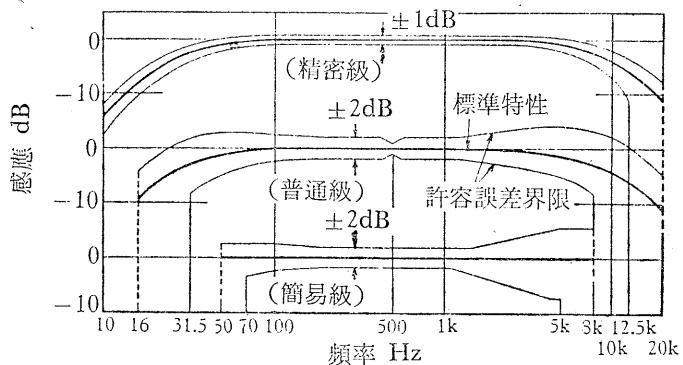
圖三為指示式噪音計之一例。圖中表示左下方之機能鉗正在使用 A 特性，其右邊之分貝鉗則定在 70 dB 的讀數再與指示錶的讀數相加而成 76 dB。此噪音計的測定範圍，由圖可看出為從 25 dB (30-5) 到 130 dB (120+10)。左下方之機能鉗另有測試內裝電池之電壓是否足夠及為檢試指示是否正確之兩項機能。也有在噪音計本體之外，另以雜音發生器或笛等作為校正音



圖三 指示式噪音計之實例 (錶中正指示着 76 dB(A))

源者。總之，需要的是能够有正確的校正與穩定的測定。

指示式噪音計目前依其精密度分成三級，即簡易級、普通級與精密級如上述 IEC 及 JIS 的標準所規定。三者的精度依序而作少許增加，而其中以精度變化最大的頻率感應與其容許誤差的界限可表示如圖四。圖中僅表示 C 特性之感應。



圖四 指示式噪音計的 C 特性感應

精密級噪音計的頻率範圍相當的廣，在其頻率範圍內大部分的精度在  $\pm 1$  dB，而簡易級的頻率範圍則特別狹窄，其精密度在簡易級與普通級均以  $\pm 2$  dB 為主。

在噪音測定法規上，國際標準通常指定使用精密級，在日本則多指定使用精密級及普通級。例如對環境標準的測定上承認得使用精密級與普通級，但在噪音規則法及府縣條例等則可使用到簡易級。

在噪音計的實際選用上，對於頻率範圍廣，尤其認為有強高音或強低音成分的聲音，或者極安定的聲音，則首選用精密級。惟發生於吾人身傍種種聲音之絕大部分，其頻率都在 100 Hz 至 5,000 Hz 之間，尤以 A 特性修正來說，主要修正範圍在數百 dB 至數千 dB，故以簡易級來測定亦少有大誤差發生。因此在大部分的實用測定上，普通級的精密度應已足夠。

### 參、噪音測定儀器的新趨勢

噪音測定之邁向機械化、自動化與數值化的技術，已成必然的趨勢。因數據產生的大量化而窮於處理，以及對評估的需求趨向複雜化方向等，像對飛機噪音的評估等，已到了沒有計算機就無法作出正確計算的地步。

#### 一、水準記錄器之利用

在邁向機械化、自動化之起初，水準記錄器 (level recorder) 之利用漸行普遍。其使用方式係將指示式噪音計之輸出功率接連於高速的水準記錄器，以行記錄的方法。其使用方法有下述幾種。

第一種用法為將記錄紙之送紙速度定在每秒 1 mm 左右，例如以作 5 分鐘的記錄。如果記錄紙每 5 mm 劃有一刻度，則自記錄紙上每讀取之水準值即相當於每 5 秒從指示錶上

讀取的水準值。只要經過 4 分鐘多就能夠從記錄紙上讀取 50 個的測定值，將其加以統計處理得出中央值或其 90% 範圍的上下限值等，作為噪音的代表值。此外，亦能查出每 5 秒的最大值，也能查出間歇性聲音的水準。

第二種用法為將送紙速度放慢以作長時間的記錄。例如將送紙速度定為每秒 0.03 mm 時，每小時用紙長為 10.8 cm，每日用紙則成約 2.6 m。為更縮短記錄紙長度可將送紙速度再減 10 倍，又如每小時藉定時器作 5 分鐘的取樣等作法，則每日記錄紙長僅為 20~30 cm，就能一目瞭然看出一晝夜間的變化。

使用水準記錄器作自動記錄，可使記錄的水準範圍加大。像在普通級噪音計所採用的 15 dB 左右者，對於隨時間起大變動的噪音就無從讀取測定值以作記錄。因而多為採用 50 dB 者。

總之上述第一種用法，即採用從記錄紙上讀取每 5 秒的讀數的方法，實在是比從指示錶上每 5 秒讀取指示值容易多多，而且誰都會做。除了能够從記錄紙上從容地讀取測定值外，亦不必像在現場使用噪音計時，有因指示錶刻度範圍狹窄致指針搖擺超出範圍，又需有追逐指針指擺之經驗與付出很大的注意力等問題的苦惱。

## 二、寬水準範圍指示錶

向來指示式噪音計的一項缺點為其指示範圍狹窄。一般市面上販賣的指示式噪音計，其指示錶的刻度範圍為從 +10 dB 到 -5 dB 的 15 dB，所測定的讀數則萬分貝鈕上讀數加上刻度範圍上的讀數。例如分貝鈕定在 60 dB 時，則從 55 dB 到 70 dB 的範圍都能够測出，如果在測定中聲音變動超過 70 dB 或低於 54 dB，就需換定分貝鈕上 dB 數。對於變化多的噪音之測定，這樣做是相當困難而且需要有經驗。為了解決這項困難所開發出來的就是有寬水準範圍指示錶的指示噪音計。

市面上有達 50 dB 寬水準範圍的指示錶製品。如果將分貝鈕定位於 40 dB，則加上指示錶的 50 dB，就可免轉動分貝鈕即能讀取從 40 dB 到 90 dB 間的讀數，在測定操作上變得很方便。除此之外對於動作特性、複合音特性等項性能，亦均製成應有的水準。

在圖五左上方可以看到這種指示式噪音計的寬水準範圍指示錶。

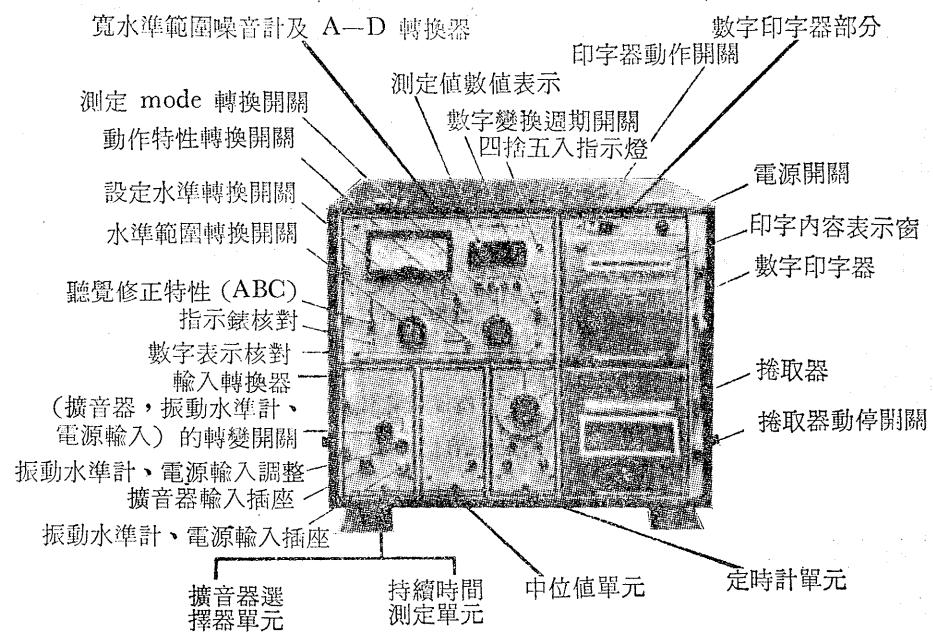
## 三、數值噪音計及噪音指示塔

係裝有 AD 轉換器 (analog to digital converter) 的噪音計，利用寬水準範圍噪音計，將設定之每週期（例如 5 秒）噪音水準的瞬間值，或某週期內之最大值等，以數值化來表示或印字在記錄紙上者。就是完全外行人也能够讀取數值，其構造則作成可轉換成各種操作的結構。

RION 牌 NA-76 型數字噪音計的外觀如圖五所示，茲將其可改變操作之項目例舉如下。

(→) 中位置的 90% 範圍值及 80% 範圍值之測定

1. 刪除瞬間值僅對中位值 90% 或 80% 範圍之數值與時刻印字。
2. 90%，80% 範圍值之選用轉換開關。
3. 使用擴音選擇器可以自動測定 4 個地點的噪音。



圖五 數字噪音計

(乙)100次瞬間值及中位值90%，80%範圍值之測定。

將100次瞬間值及中位值90%或80%之數值與時刻均予印字。

(丙)僅作瞬間值的測定

每2.5秒或5秒週期測定噪音水準至將測定時刻均予印字。

(丁)大於設定值的瞬間值測定

1.於每2.5秒或5秒將大於設定水準的噪音水準及時刻均予以印字。

2.在30~80 phon範圍內，可隨意每5 phon作成設定水準值。

(戊)大於設定水準值的周期性最大水準值測定

每2.5秒或5秒將大於設定水準的最大水準值與時刻均予印字。

(己)大於設定水準值的最大水準值及持續時間之測定(飛機噪音等之測定)

1.將大於設定水準的諸水準值中最大值與時刻均予印字。

2.使用持續時間單元將大於設定水準值的時間予以印字。

近來在都市的街道上常可見到的噪音指示塔等，都以上述的數字式(digital)來表示，例如可每5秒作一次瞬間值的表示。其擴音器等設備則晝夜放置於屋外，故對於防範風雨的侵害就很嚴重。有些噪音指示設備則不固定裝設在街道上，而是裝設在公害測定車上，俾運到必要的場所作測定並作噪音表示。

#### 四、噪音曝露累積計

有稱做噪音曝露計者，亦有稱為累積噪音計的出品。美國的出品稱為 noise exposure-meter。係供在有極大聲音的工作場所人員攜帶在身上用以累計及指示，曝露於超過某一水

準強音時間有多久的儀器。例如將水準設定在 90 dB(A) 時，在每超過 90 dB (A) 時就指出其超過時間，而得以知道每晝夜幾分鐘或每星期幾百分鐘等的累計分鐘數。此種設備係供給在礦場或林場等不易作噪音管制的工作場所人員攜帶使用，以作健康管理等應用。

由於全部的儀器係攜帶在身上且需要不妨碍作業，故不但體積要小重量要輕且也要堅固，在使用上也必需簡單方便，更因係供每個勞工攜帶個別使用因而應價廉等等的條件限制，使得成為不易設計產製的音響儀器商品。此種儀器除作個人使用外，因管理的趨向細密，今後在工作場所（如工廠、駕駛者或操縱者座席上）亦當會漸受使用。

以 RION 牌累計噪音計 NB-02 型為例，係設計成體積很小可放在每個人口袋的測定部（120 gm 重）與可同時讀取多臺測定部讀值的計時部分開，由測定部的通電電鍍方式將噪音曝露量以電鍍量累計，再在計時部由將其消除所需時間讀取累計量。

## 肆、頻率分析器

### 一、頻率分析及其方式

頻率分析的重要性已如前面所述，在可聽頻率範圍內的頻率分析方法與設備已有不少，雖都應用於噪音測定，但因各有其長短，宜依照測定目的加以選用。

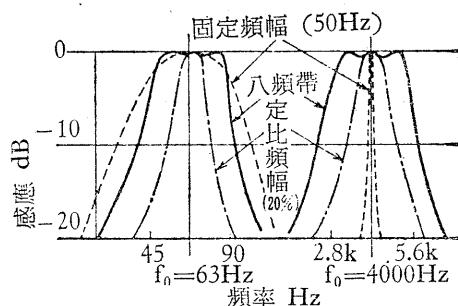
茲舉一例，設一使用 50 Hz 電源馬達以每分鐘 1440 轉的速度轉動時，發出有頻率約 200 Hz 的異音。馬達內部則裝有八片冷卻用的扇葉。此一異音的頻率若為 200 Hz 則成電源頻率的 4 倍，如為 192 Hz 就成轉速的 8 倍。如果不將這些差異弄清，則對於原因與對策之探求均將陷入困難，亦即有需要作精密分析。如果與此情形不同，馬達並不發出異音而只是整個的噪音水準高時，則只要裝上防音蓋就可解決。此時，只要知道噪音之主要成分大概在那一頻率範圍，為數十、數百或數 4 Hz 就可作防音蓋之設計並且可作防音效果的推測。亦即在此情況下並不需要作精密分析。

其次依分析能量將頻率分析方法大別為二，分述如次。

第一種方法為將噪音分成適當的頻率帶，再就有限個數的頻率帶測出其平均能量分布的情形，其例為常用的八頻帶分析及  $\frac{1}{3}$  八頻帶分析等。

第二種方法為就噪音作全面性搜測能量分布的方法，可再分為依固定頻帶與定比頻帶測定二種方式。前者係將頻率分成 5 Hz 或 50 Hz 的帶域而就噪音整個頻率範圍作全部的搜測，後者係就要搜測頻率的比率如 2%、10% 等的頻率帶進行搜測的方法，例如以 2% 比率來說，在 100 Hz 時以 2 Hz 為頻率帶，1000 Hz 時以 20 Hz 為頻率帶，10,000 Hz 時則以 200 Hz 為頻率帶。這樣的特性可例示如圖六。圖中表示以八頻帶的帶域濾波器，50 Hz 固定頻帶及 20% 定比頻帶處理的聲音，在 63 Hz 及 4,000 Hz 附近所呈現的感應情形。由於圖中橫軸以對數表示頻率，致八頻帶與定比頻帶的曲線形狀保持不變，而固定頻帶的曲線形狀，則有相當的變動。

對於非常穩定的聲音以固定頻幅作分析，則尤其在高頻率時也能夠作精密的測定，但是聲音如果有些不穩定，測定值之讀取就不穩定使測定變為困難。許多噪音測定上以採用定比頻幅較方便且精度亦足夠。



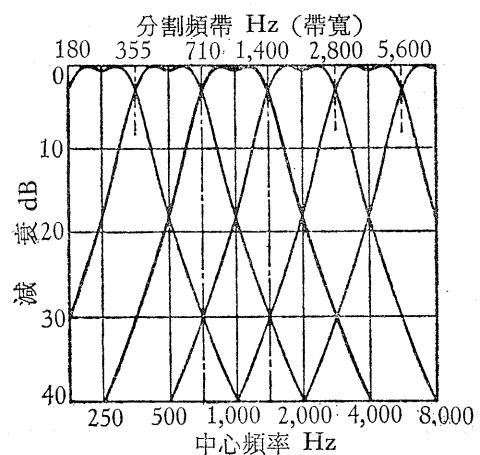
圖六 八頻帶定比頻幅 (20%) 及固定頻幅 (50 Hz) 的感應實例

## 二、八頻帶分析儀

八頻帶分析又稱 1/1 八頻帶分析。目前對於頻帶的劃分通常採取如表二的分法，以中心頻率作為各頻帶之代表，而各頻帶之寬度則為與其前後頻帶分割頻率間之範圍。圖七為典型的頻帶分割例子。由圖中可知中心頻率 1000 Hz 的頻帶係指 710 Hz 至 1400 Hz 的八頻帶部份。

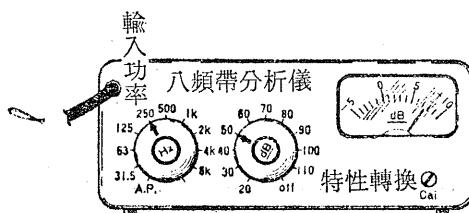
表二 八 頻 帶 的 劃 分 法

頻 帶 號 碼	1	2	3	4	5	6	7	8	9
中 心 頻 率	31.5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
分 劃 頻 帶 (頻帶寬度)	22.4	45	90	180	355	710	1400	2800	5600



圖七 八頻帶濾波器特性之例

分析儀的八頻帶濾波器一般都有能够用轉換讀取指示值的指示錶，而濾波器、轉換器、減衰器、擴大器、整流器及指示錶等則多裝設在同一分析儀內。其外觀如圖八所示。八頻帶分析儀雖有直接連接於擴音器者，但通常與指示式噪音計及其他擴大器連接以讀取八頻帶音壓水準的方式者較多。



圖八 八頻帶分析儀之例

圖中表示以特性A測定 250 Hz 頻帶之音壓水準為 57 dB

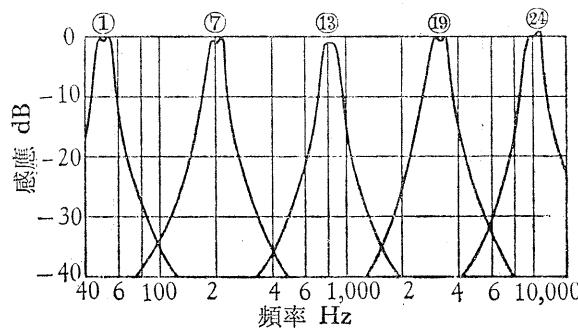
頻帶轉換器上的 AP 刻度表示在此處可以讀取所有可聽音域 (all pass) 的音壓水準 dB(A)。

在八頻帶分析上應特別注意到的是，其分析結果雖以中心頻率作代表來表示，例如在 1,000 Hz 頻帶為 80 dB 時，並非表示在 1,000 Hz 為 80 dB，而是從 710 Hz 到 1,400 Hz 的頻帶上有 80 dB 能量之意。惟此 80 dB 能量究竟是均勻分布在此頻帶上，或集中在 800 Hz 附近或在 1,300 Hz 附近的特定頻率處，則沒有任何的顯示。

又因八頻帶分析儀具有依次倍增的頻帶寬度，若用以分析能量均勻分布的聲音，如白色雜音等，則會依次每八頻帶之輸出功率上升 3 dB。反過來說，如果經八頻帶分析結果依次有 3 dB 的上升，則可判斷該聲音為白色噪音 (white noise)。

### 三、 $\frac{1}{3}$ 八頻帶分析

利用分割一個八頻帶為 $\frac{1}{2}$ 或 $\frac{1}{3}$ 頻帶濾波器來分析噪音，則其分析精度就可提高。其中 $\frac{1}{3}$ 八頻帶分析的使用較為普遍。八頻帶的分割係依等比劃分，如要劃分 100~200 Hz 八頻帶時，則 100~141 Hz 及 141~200 Hz 為 $\frac{1}{2}$ 八頻帶的劃分，100~126 Hz, 126~159 Hz 及 159~200 Hz 為 $\frac{1}{3}$ 八頻帶的劃分。圖九表示 $\frac{1}{3}$ 八頻帶分析所用濾波器特性按依次跳過數個 $\frac{1}{3}$ 八頻帶所劃出的感應曲線。



圖九  $\frac{1}{3}$ 八頻帶濾波器特性之例

則在①與⑦有 2、3、4、5、6 等 5 個形狀相同之曲線

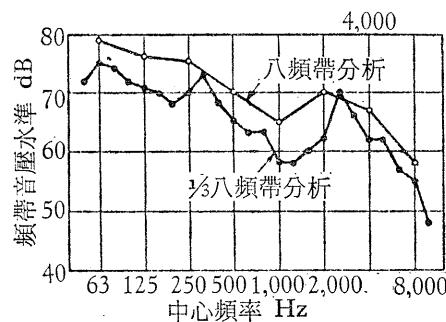
表三表示  $1/3$  八頻帶之中心頻率及與其前後頻帶之分割率（括弧內所示）。例如中心頻率為  $1,000\text{ Hz}$  之頻帶寬度，係在與其前後頻帶之分割頻率  $900\text{ Hz}$  與  $1,120\text{ Hz}$  之間。

表三  $1/3$  八頻帶濾波器的中心頻率及其分割頻率 (Hz)

16	(18)	20	(22.4)	25	(28)
31.5	(35.5)	40	(45)	50	(56)
63	(71)	80	(90)	100	(112)
125	(140)	160	(180)	200	(224)
250	(280)	315	(355)	400	(450)
500	(560)	630	(710)	800	(900)
1000	(1120)	1250	(1400)	1600	(1800)
2000	(2240)	2500	(2800)	3150	(3550)
4000	(4500)	5000	(5600)	6300	(7100)
8000	(9000)	10000	(11200)	12500	(14000)

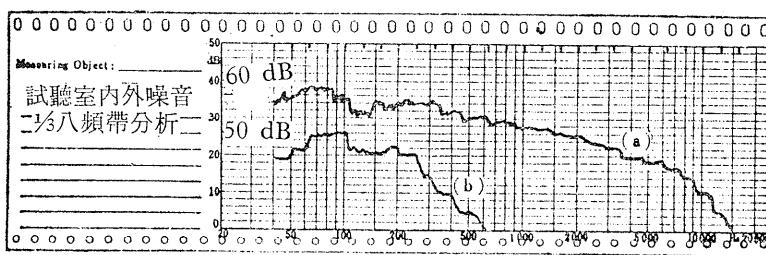
（括弧內表示分割頻率）

圖十表示同一聲音以八頻帶及  $1/3$  八頻帶分析所得出的曲線。由圖可知  $1/3$  八頻帶分析比八頻帶分析所得出的曲線峯谷較多。尤其在有純音的成分時，二者的差異更明顯。



圖十 相同聲音的八頻帶及  $1/3$  八頻帶分析之例

又將八頻帶與  $1/3$  八頻帶相比，則因前者頻帶寬度較後者約寬 3 倍，如果音譜均勻則輸入能量就多 3 倍，亦即輸入功率要多 5 dB。因此八頻帶分析與  $1/3$  八頻帶分析發生平均約 5 dB 的水準差，而成圖十的曲線關係。

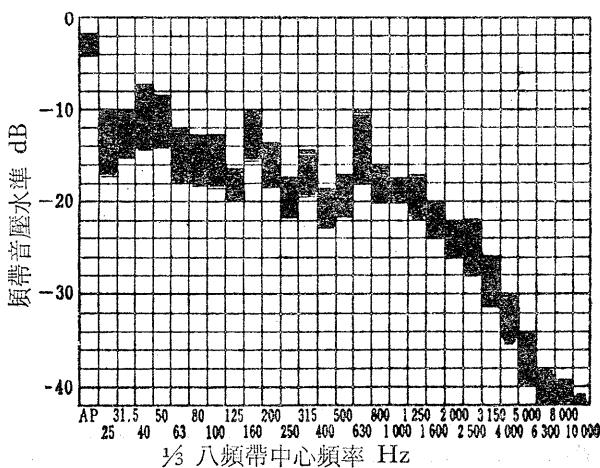


圖十一 記錄式分析儀 ( $1/3$  八頻帶) 分析之例

八頻帶分析只有分析 8 到 9 個頻帶，故可用手動轉換頻帶鉗以讀取測定值，但在  $1/3$  八頻帶則其頻帶數增加 3 倍而需作 20—30 次的轉換頻帶，一般都用自動的轉換，並將分析結果自動描繪在水準記錄器上。圖十一係表示分析某唱片試聽室內噪音所描出的曲線。由於係自動分析，在數分鐘之內就可分析完成。

有所謂高速頻率分析儀或直射式頻率分析儀者，係將  $1/3$  八頻帶之各頻帶以極高速度，如以每移 20 次至 50 次的速度轉換，使輸出功率直射於 Brown 管的一種設備。各頻率的水準僅按頻帶排成水平之點，其中有輸入功率的頻帶就得出對應於電壓的縱向振幅，由於高速分析故對於時時在變化的聲音也能够加以追蹤分析、高速頻率分析儀對於 1/20 至 1/50 秒的短音也具有分析能力的性能，為其他儀器所無法望塵的優點。對於短暫的聲音或變動的聲音，係以攝影成為照片再讀取其測定值。此外更可作成在隨意的地方停止其瞬間的管面結果，以便於結果的觀察。

圖十二係位於行車幹道旁的公寓室內聲音，以曝露數秒鐘時間作拍照，經數百次分析結果所得出的圖樣，各頻帶上黑色的上下寬度表示聲音變化的程度。圖中左邊的 AP 表示 all pass 輸出功率的音壓水準。圖中表示將 70dB 調在 0，故 AP 係指示在 67 dB 左右。



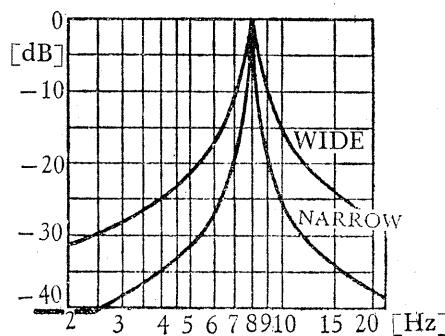
圖十二 直射式分析儀分析之例 ( $0 = 70 \text{ dB}$ )  
(以曝露數秒鐘的照相，觀察聲音之變化情形)

#### 四、定比頻帶連續分析儀

八頻帶與  $1/3$  八頻帶分析雖也是一種定比頻帶分析，惟因係以某些個數的濾波器作轉換使用，所以如果某一純音係在二頻帶之分割頻率附近時，則此純音僅能在其前後頻帶呈現相同程度的指示刻度外，無法得出更準確的數值，但是如果將頻率作連續不間斷地依序測定時，雖用相同定比頻帶也能找出最大輸出功率之點。正如以手動或自動來轉變可變頻率發生器頻率鉗的刻度一樣，可以連續地讀取指示值或自動地記錄輸出功率。這樣的測定係以對數刻度表示，故其精度不論在低頻率或高頻率均一樣。

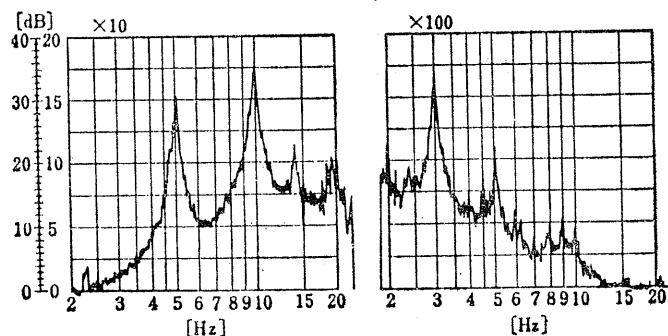
某公司出品稱為音譜分析儀的設備，係將 20 Hz 至 20 KHz 間做成 2—20, 20—200, 200—2,000, 2,000—20,000 Hz 四段可以轉換的結構，其選擇特性即分析能有寬 (wide)

與窄 (narrow) 如圖十三所示的圖形，因此曲線係以對數刻度劃出故其形狀與頻率無關保持一定不變。



圖十三 分析能實例

以上述分析儀分析留聲機唱頭的振動結果，得出圖十四的曲線。該圖之左半部係分析頻率在 20~200 Hz 間之部份，呈現在 50 Hz, 100 Hz 處有強音成分。而該圖右半部係分析 200~2,000 Hz 間之部份，顯示在 300 Hz 處有強音成分。



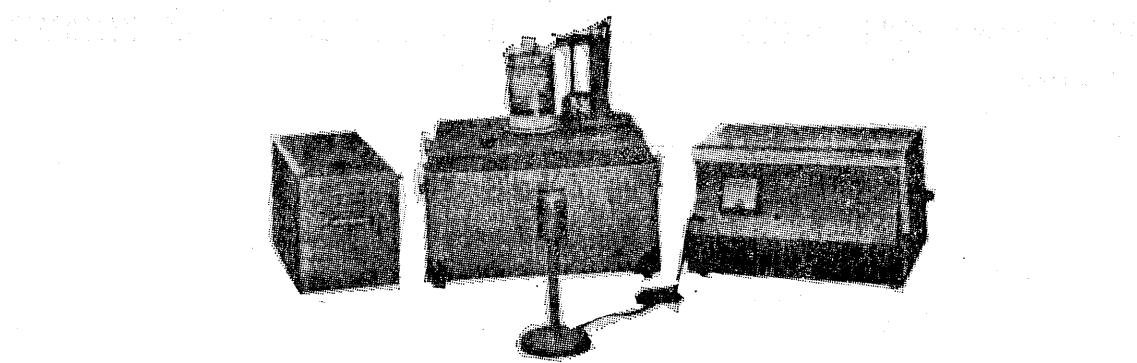
左側為 20~200 Hz, 右側為 200~2,000 Hz 之分析

圖十四 連續分析之實例

## 五、固定頻帶連續分析儀

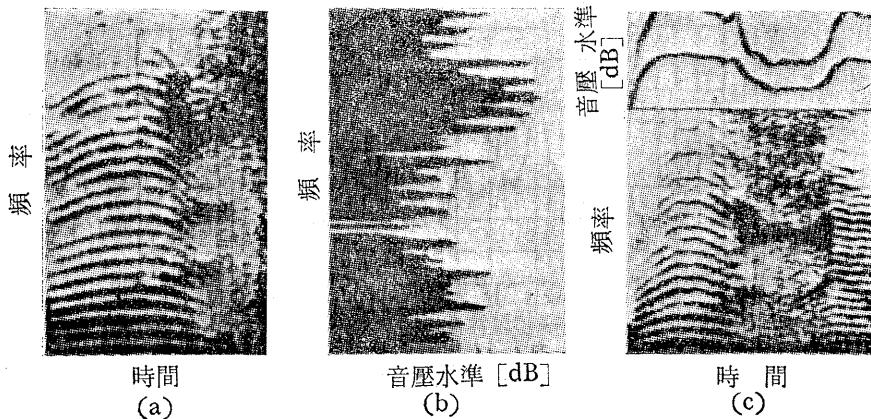
爲最老式的分析儀，其操作方式有手動與自動者二種，下面要介紹者與此型式不同，爲常用以分析噪音或聲音的 sona graph。

圖十五爲 sona graph 的外觀。其主要結構爲在圓周上無縫的磁性錄音面將聲音錄取數秒鐘後，再將其依序分析得出三項結果，如圖十六的 (a), (b), (c)。圖 (a) 之橫軸表時間縱軸表頻率，線條之深淺表示聲音強度，係爲代表性的 sona gram。圖 (b) 表示某一瞬間聲音強度以橫向黑影表示，與一般分析結果的圖形相同。突出右側部分表示高噪音水準。圖 (c) 的上半圖表示時間對聲音強度之關係。



圖十五 sonagraph 的外觀

分析結果係記錄在中間方體上方的圓筒面上。分析時係與其兩側的補助設備接連使用。



(a) 與 (c) 下側係對數刻度，聲音強度以深淺表示。(b) 為某瞬間的分析，  
(c) 上側為時間與聲音水準之關係。

圖十六 sonagraph 分析的實例

在日本也有類似位於 sonagraph 的出品，以 soundspectrograph 的名稱出售。表四為其主要規格，由表可大概看出其所能做的分析程度。所謂聲紋者係能够從像由此設備得出的圖樣中找出個人差異的技術。惟聲紋並不需非依靠視覺不可。只要能從聲音中找出個人特徵的因子就可以了。

表四 sound spectrograph 的規格

錄音時間 [s]	頻率範圍 [Hz]	頻帶寬 [Hz]	分析時間 [s]
7.2	30~2.4k	15 100	80
2.4	85~8k	45 300	80
0.8	300~24k	135 900	80

## 伍、噪音測定常用的輔助設備

在多數的噪音測定上，只要有指示式噪音計與分析儀，就能得出噪音水準與分析結果而達成目的。以下就測定上常用的輔助性設備作些介紹。

### 一、帶式錄音機

第二次世界大戰後，由於磁性錄音機（magnetic recorder）的飛躍發展與普及，對噪音測定技術亦帶來很大改進。最明顯的方法便為對於只出現一次的聲音，而且其出現的時間雖然極短暫，也能够作充分的測定了。例如要分析交通車輛通過的聲音時，以往就需要使同一車輛再三地多次以同樣情況下通過藉以分析，或並排多部分析儀作同時測定等，非常花費工夫。近來則可先行錄音，然後在實驗室從容地加以分析就可以了。如果將輕巧的錄音機裝在小型車輛上，即如二輪車程度的行走聲音也能够加以充分地分析。又如果要做機器修改前後聲音的比較時，因留有餘音，於修改後才注意到地方也可與修改前者再行檢討，將修改前後聲音能夠藉着轉換以耳朶來作判斷等等，真是優點多多。

使用於噪音測定上的磁性錄音機，自需特性非優良者不可，惟對於設備修改前之聲音，擬予錄存備忘俾於修改後可用耳朶聽取比較亦因頗有價值，故雖性能略差之錄音機亦值得用來錄音。

此外以磁性錄音機作為輔助設備之用時，因輸入功率係經由擴音器（microphon）而入，其品質自需優良，惟其功率輸出因通常不經揚聲器（speaker）而經由端電壓或電流端子來測定，故錄音機上裝有的揚聲器品質能够達成監視已是非必優良不可。如果要以耳朶來作比較判斷時，則可接用於其他優良揚聲器設備。

聲音假如呈穩定的狀態時，就不必以普通整卷錄音帶作長時間的錄音。只要備有數秒鐘就能重複使用的無縫錄音環數個，分別錄取有關聲音，則不論測定上或保管上皆方便。如果要做長時間的連續錄音，則宜於每改換聲音時以擴音器錄下次一聲音之錄音條件。為確實把握錄音水準之清晰，標準的聲音（頻率及強度水準）之錄存是必要的錄音條件之一。如有二條以上的錄溝可同時進行錄音則更方便，近來已有多道錄音機之出品不少。尤其更有為噪音測定發展出來的數據式錄音機。

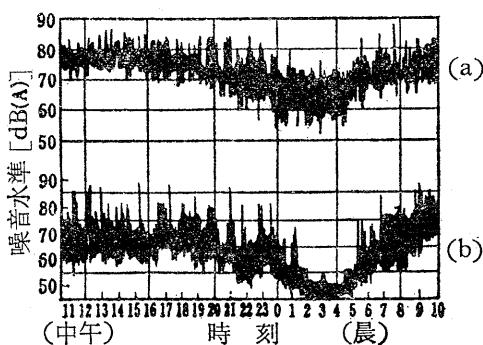
### 二、高速水準記錄儀

近來高速水準記錄儀（high speed level recorder）在音響測定上廣受利用並且發揮了其優良效果。例如丹麥 B. K. 公司製造的高速水準記錄儀，使在建築音響的殘響時間測定技術上，呈現了耳目一新。

在噪音測定上高速水準記錄儀亦同樣廣受利用，並且逐漸走向自動化。在噪音測定上受到最簡單的利用為噪音水準測定時，得以免除一一讀取每一個指示值，而得以錄存在水準記錄儀再在實驗室讀取，是最受普遍利用的方法。更進一步的無人操作化也可以達成。某飛機場在其周圍選定數處，將裝上防風防雨罩的擴音器放置屋外，噪音計及記錄儀則放置屋內作自動的連續記錄。記錄紙作成能自動卷取，並每日換新記錄紙一次。為儘量避免測到飛機以外的聲音，對於擴音器之設置位置應予充分考慮。假如記錄紙的送紙速度在 0.3 mm/s 左右

時，則因每次飛機飛行的時間為 10—30 秒鐘，就可在記錄紙上錄出 3—10 mm 紙長的飛機聲音以峯形呈現，而能够與其他聲音分別出來。又如果送紙速度為 0.3 mm/s，則相當每小時 1 m 多，每日就需用 26 m 左右的記錄紙。

在環境噪音測定若測得的記錄數據太多，會造成整理上的困擾。為此將記錄紙的送紙速度再加減慢，例如在 0.03 mm/s 時，每日用紙量就成為 2.5 m。如果還要以更短的記錄供作概覽時，也可利用計時器。將兩個計時器使其交互動作，例如每60分鐘僅送紙 5 分鐘一次，使其記錄。這樣一來，每日24小時共有24次各 5 分鐘的記錄，就將記錄紙縮短成約 20 cm 了。圖十七為實例之一，圖中 (a) 部分為在深夜交通量仍多的某國道幹線沿旁所測得噪音水準記錄，(b) 部分則在住宅區深夜特別安靜的地點所測得的記錄。



圖十七 一晝夜間噪音變化實例

高速水準記錄器一詞中之「高速」二字乃指用以記錄之筆尖係做成能高速動作者，對於變化很快的聲音也能跟得上，最快者能做到對每秒 1000 dB 的變化亦能跟上作成記錄。在噪音測定上，記錄筆尖之速度則宜接近於噪音計的動作特性。相當於噪音計快 (fast) 動作特性之筆尖速度為 100 dB/s 左右。反相當於其慢 (slow) 動作特性之筆尖速度則為 15~20 dB/s 左右。雖然不能將指示式計量儀器與筆尖記錄儀使用在完全相同的動作特性，但只要大致相近就無妨礙。