

物理性危害

大專校院實驗室安全衛生考試中心

學習目標

- 瞭解聲音的物理性質與單位
- 瞭解聽覺器官及噪音對人體的影響
- 知道噪音的量測及聽力的測試
- 知道職業場所噪音的控制標準
- 知道噪音控制的基本原則
- 其他物理性因子
- 認識輻射的種類與應用
- 認識輻射的健康效應
- 認識輻射的量測
- 學會輻射的防護

大綱

單元 1 噪音導論

- 1.1 聲音特性之認識 (認識聲音)
- 1.2 噪音的定義 (什麼叫噪音)
- 1.3 噪音對人體健康的影響 (噪音危害有哪些?)

單元 2 噪音危害評估

- 2.1 作業環境危害評估
- 2.2 聽力危害評估

單元 3 噪音危害防護

- 3.1 了解聲響發生的原因
- 3.2 噪音防制的措施
- 3.3 防音防護具全程佩戴之重要性

單元 4 其他物理性危害簡介

- 4.1 振動危害
- 4.2 高溫危害
- 4.3 炫光
- 4.4 異常氣壓

單元 5 游離輻射

- 5.1 游離輻射分類
- 5.2 游離輻射的產生
- 5.3 游離輻射的應用
- 5.4 游離輻射引起之遺傳效應與全身效應
- 5.5 游離輻射輻射之防護原則

單元 6 非輻射劑量

- 6.1 游離輻射與非游離輻射差異
- 6.2 非游離輻射的分類及來源
- 6.3 紫外線的健康效應
- 6.4 紅外線的健康效應
- 6.5 射頻輻射與微波健康效應
- 6.6 極低頻電磁場健康效應
- 6.7 紫外線等量測儀器
- 6.8 非游離輻射防護策略

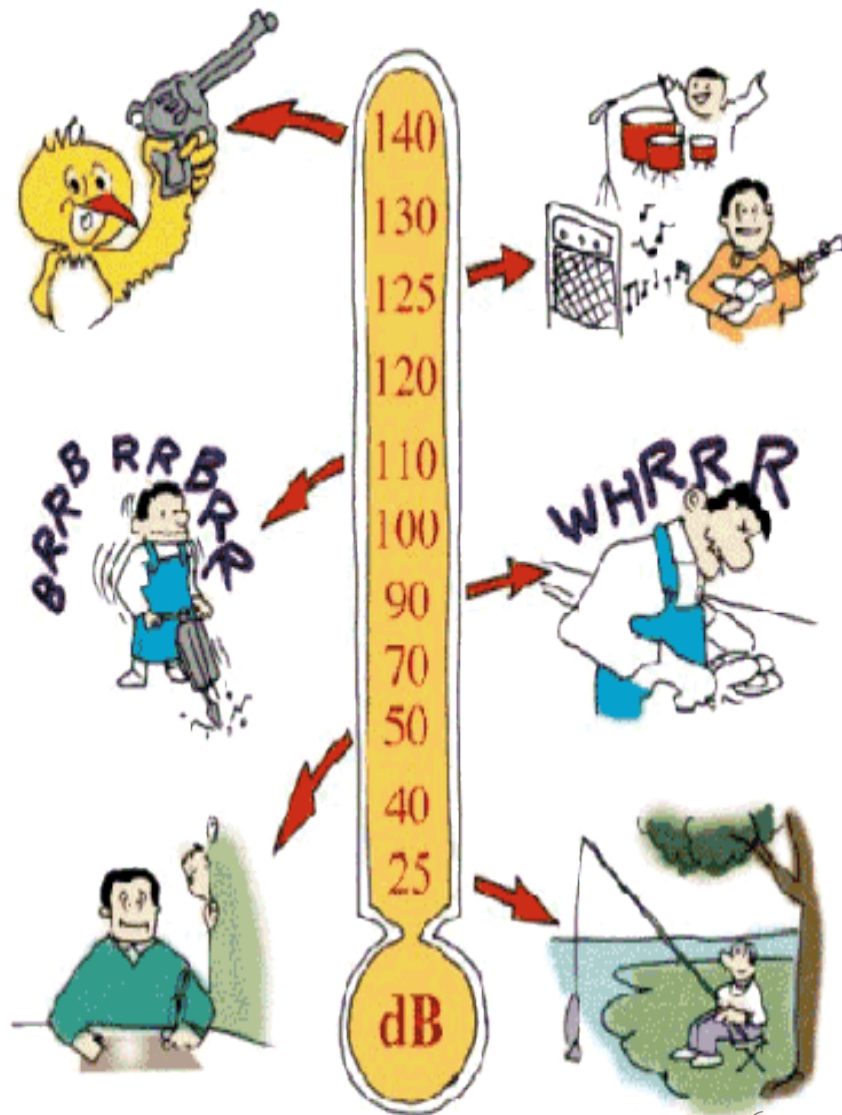
單元 1 噪音導論

認識聲音

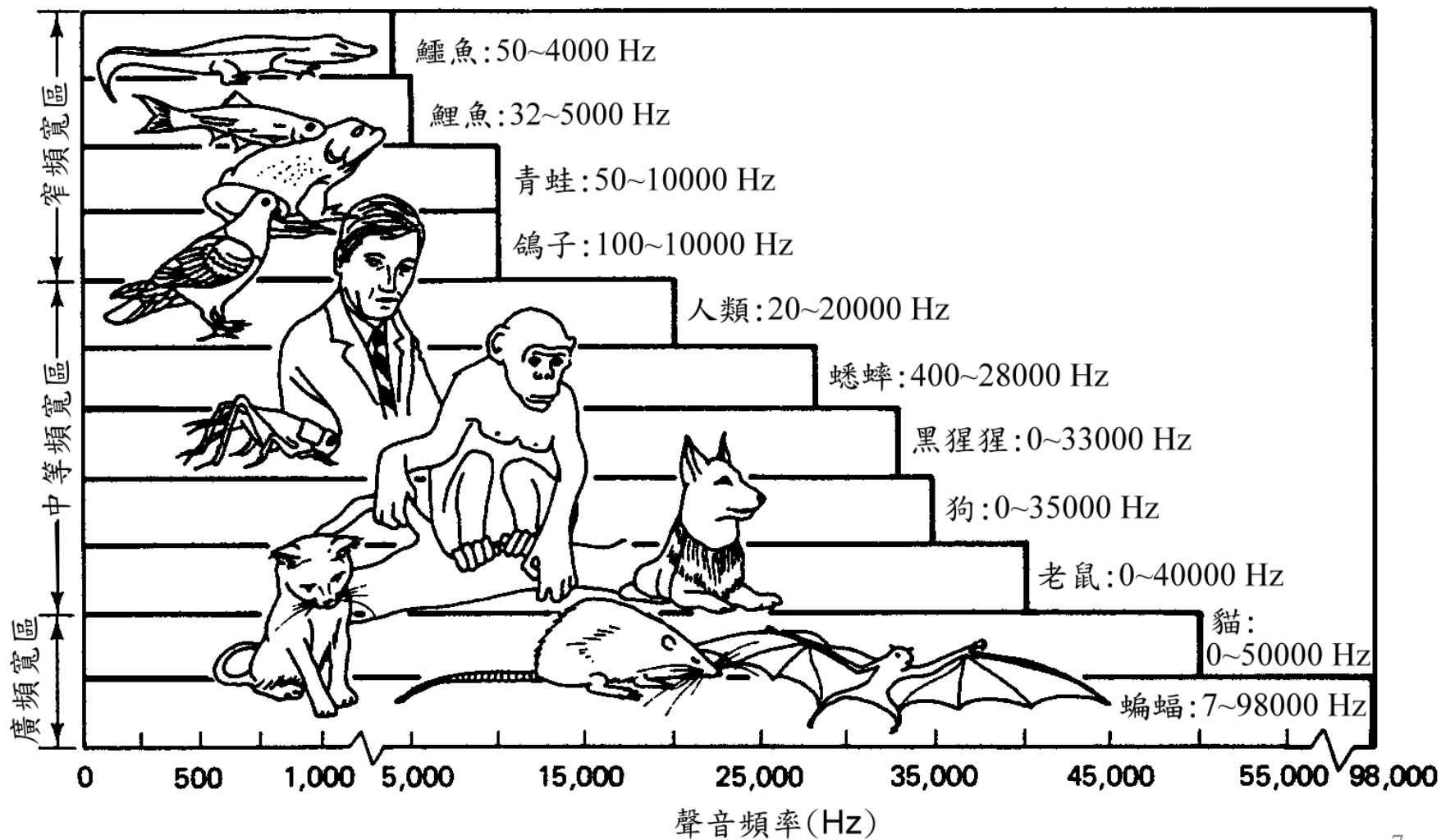
一般在我們周遭環境下的聲音分貝數

噪音源	分貝
低聲說話	30 ~ 40
一般說話	60 ~ 70
吸塵器	80
車床	90 ~ 95
印刷機、紡織機	100
PUB、KTV	110
噴射機起飛	120....

耳朵開始疼痛

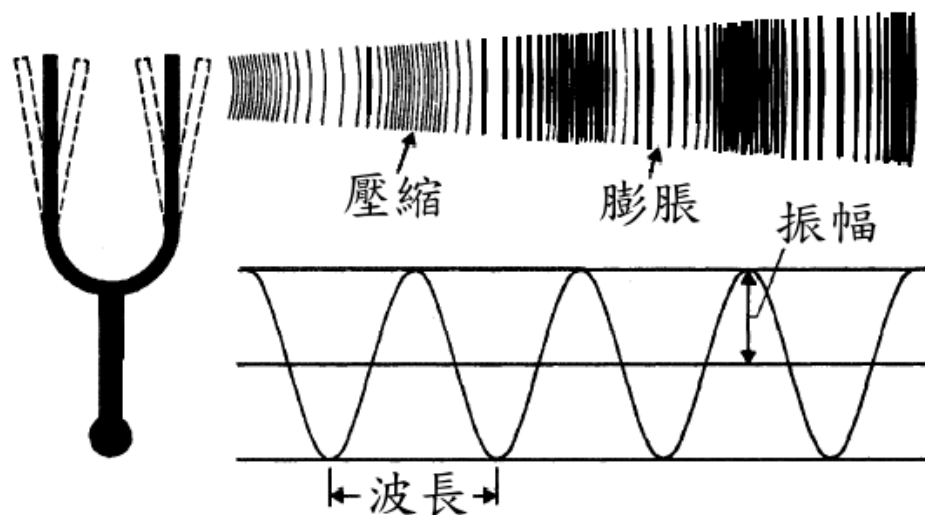


不同動物可聽見之聲音頻率範圍

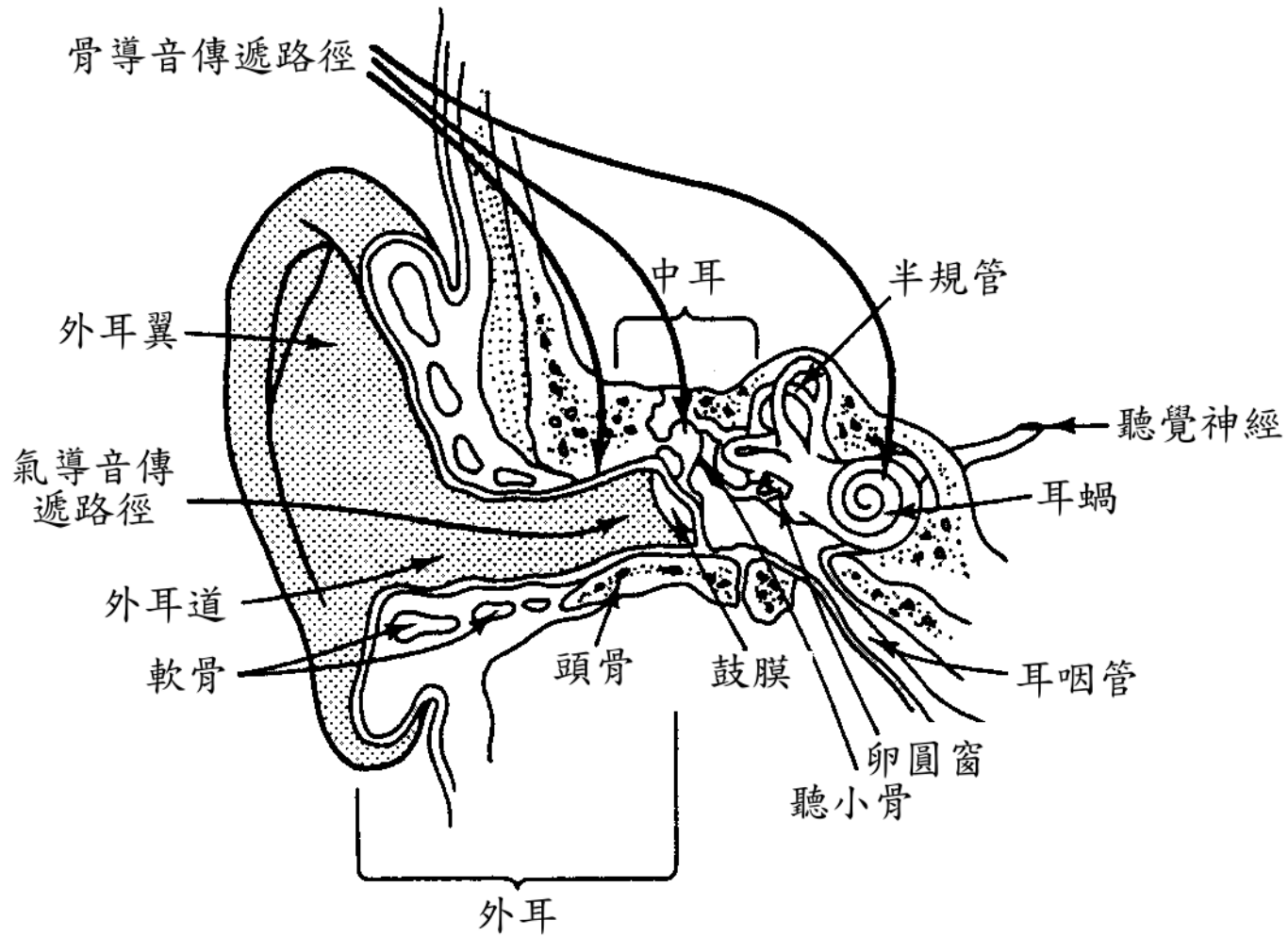


聲音特性之認識

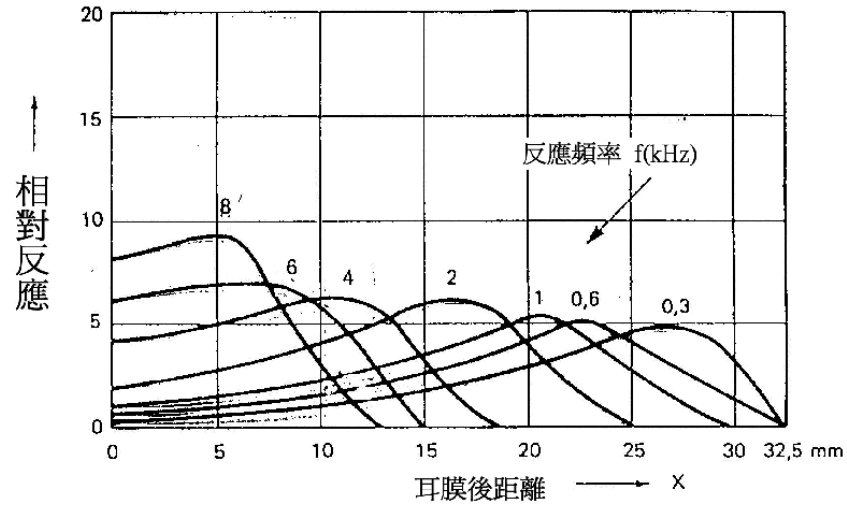
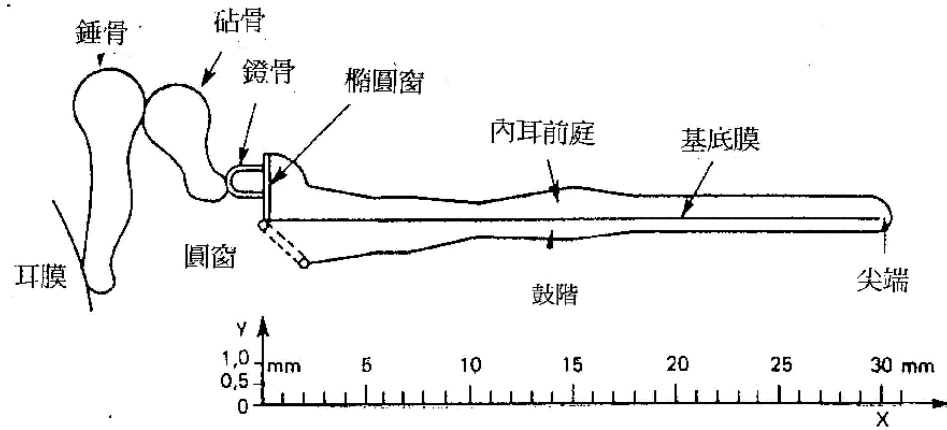
- 聲音有五個基本元素，即振幅(amplitude)、週期(period)、波長(wavelength)、頻率(frequency)，及聲音的相位(phase)。



耳朵構造與功能



基底膜響應



耳朵構造與功能

- 人體的聽覺能力來自聽覺系統，其構造主要分成三個部份，即外耳、中耳和內耳
 - 外耳司聲音收集
 - 中耳司聲音傳導與放大
 - 內耳則負責將聲音轉變為神經衝動以便經由聽覺神經傳至大腦的聽覺中樞產生聽覺
- 外耳成人的外耳道直徑約 0.6 ~ 0.8 cm，長約 2.5 ~ 3.5 cm。
- 最靈敏的聲音頻率範圍約在 2000 ~ 6000 Hz 之間。

耳朵構造與功能

- 中耳包括**鼓膜**與**三根聽小骨**。
 - **鼓膜**的功能是將空氣中的振動轉換成**固體振動**
 - **三根聽小骨**的功能是藉由槓桿作用**放大聲音**與改變肌肉張力以保護高噪音暴露下的聽力
- 內耳聲波經由外耳道至中耳內的三根聽小骨，同時將聲波信號放大傳遞至內耳中的液體，再經由液體將能量傳遞至內耳的**聽覺細胞**。

噪音的定義與其來源 (什麼叫噪音)

噪音的定義

- 噪音係屬聲音之一種，凡不規則不協調的音波在同一時間存在，使人感到厭煩者稱為噪音。它是非常**主觀**的。
- 以法規規定而言，**超過管制標準**之所有聲音，不管協調或悅耳與否，均為噪音。

噪音來源

➤ 工業噪音

主要是工廠機械動力設備等產生的噪音。電子工業與輕工業的噪音約在90dB以下；機械工業的噪音在80~120 dB之間。建築施工噪音主要是城市施工現場各種機械噪音

➤ 一般大學實驗室

噪音來源，可能為人員的講話聲音。

➤ 交通噪音

主要是機動車輛、飛機、火車與輪船的噪音。市區內交通幹線上的機動車輛噪音約佔城市噪音源的40%以上。

➤ 社區噪音

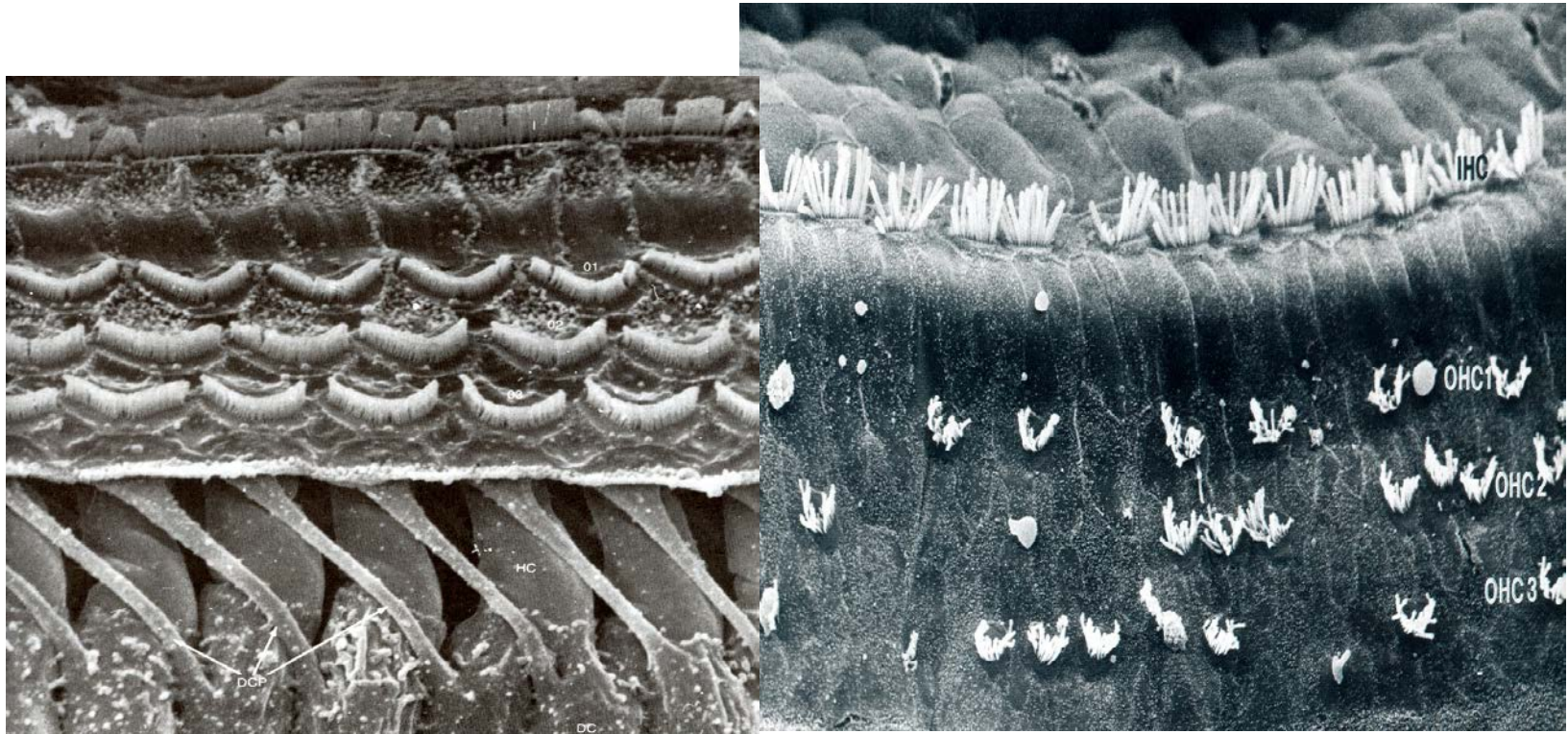
群眾集會、超級市場、學校操場、家用電器及住宅建築結構內水管、通風管線、電梯或冷氣機等所產生的噪音。這類噪音分佈較廣，所以影響較大。

噪音對健康之影響 (噪音危害)

噪音對人類之影響

- 通常噪音暴露對人體健康危害，可分為聽覺性效應與非聽覺性效應兩種。
- 所謂聽力損失(hearing loss)是指人耳朵所能聽見聲音最小值的敏感度降低(即聽力閾值的提高)。
- 人耳對於不同頻率之聲音敏感度各不相同，通常對高頻音較敏感而對低頻音較不敏感。
- 由噪音引起之聽力損失最先發生於 4000 Hz 左右。

噪音引起的永久性聽閾改變



健康的耳蝸毛細胞

不可逆的
受損的耳蝸毛細胞

聽覺性效應

聽覺性效應主要是指噪音引起的聽力損失及心理影響，在聽力損失方面主要可分為：

1. 感音性聽力損失(sensorineural hearing loss)

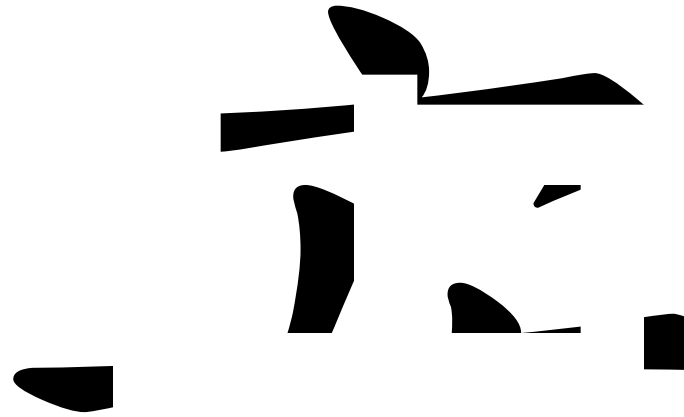
a. 暫時性聽力損失(NITTS)；

b. 永久性聽力損失(NIPTTS)；

聽覺細胞受到過度的噪音作用因而斷裂，
將造成聽力永久損失且無法復原

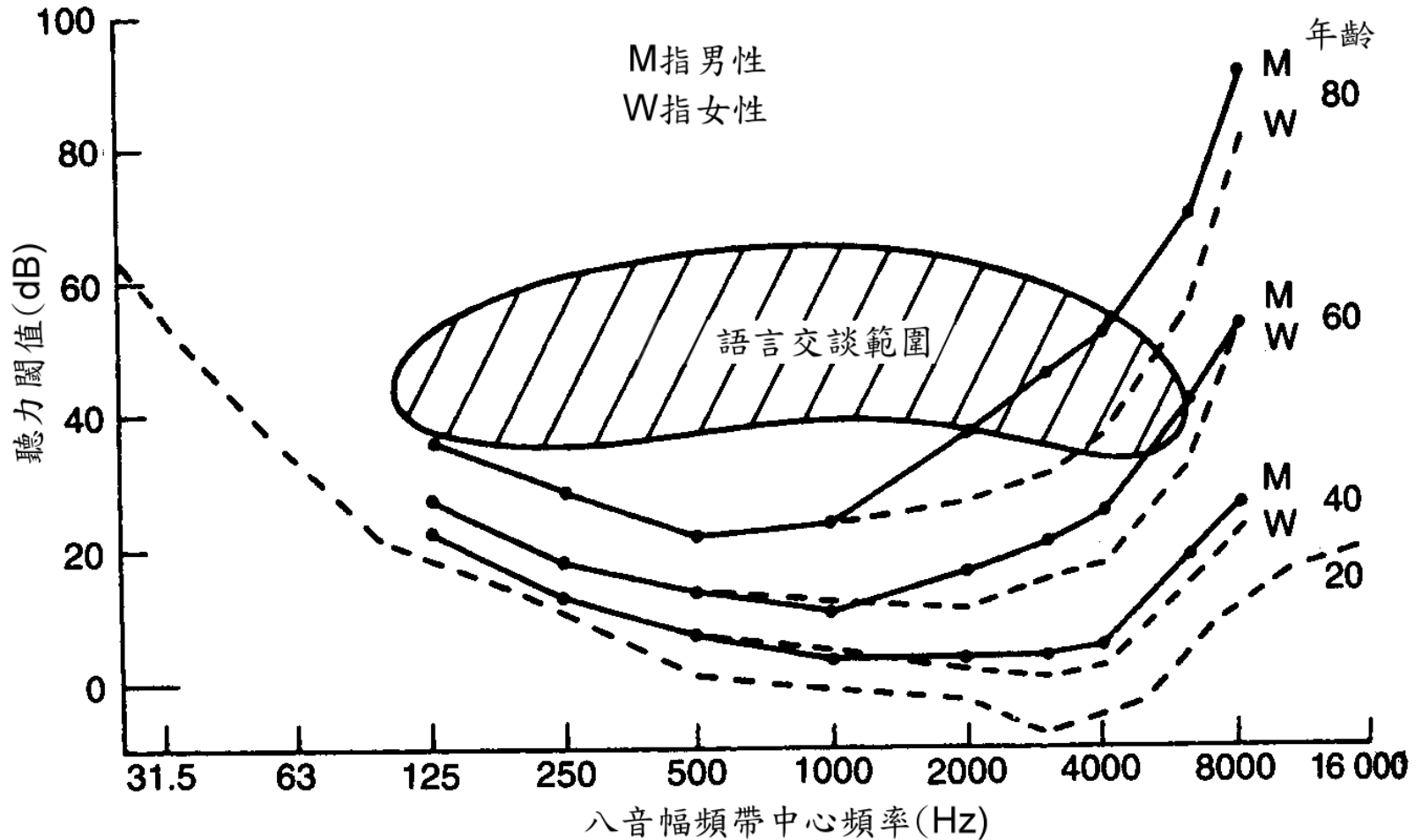
c. 老年性聽力損失(或老年性失聰，presbycusis)

2. 傳音性聽力損失(conductive hearing loss)



安

男女性不同年齡之聽力閾值



非聽覺性效應

- 非聽覺性效應則是指因噪音而引起身體其他器官或系統的失調或異常，其主要係透過對自主神經系統，網狀神經系統及大腦皮質的刺激而引起。
- 常見的效應包含導致交談溝通障礙、厭煩及工作士氣低落，甚至引起不舒適感。

其他健康影響

➤ 噪音除造成聽力損失外，亦可能影響其他生理作用：

1. 睡眠干擾：使人不易入睡、失眠
2. 消化系統：腸胃不適、食慾不佳
3. 心血管循環系統：血壓升高及心跳速率增加
4. 內分泌系統：腎上腺分泌增加
5. 呼吸系統：呼吸不順暢
6. 肌肉骨骼系統：四肢與脊柱的屈肌反應
7. 其他：驚嚇、疲勞等

單元2 噪音危害評估

作業環境危害評估

一、評估目的：

- 判定是否有噪音危害的因素存在。
- 了解環境噪音量及分布情形，作為後續噪音控制及防護具選用參考。
- 判定需執行聽力保護計畫暴露群及優先順序
- 作為警告信號選取之參考。
- 判定是否符合相關法令規定。

作業環境危害評估

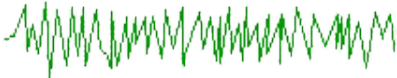
二、評估規劃：


- 依調查目的的不同，選定評估方法（個人暴露測定或區域採樣測定）及所須使用的儀器。
- 測定前，需先至現場瞭解作業環境，如噪音種類、噪音源位置、人員工作位置、人員滯留時間等。
- 撰擬採樣策略，規劃合適之測量佈點（受測者）及測量時間。

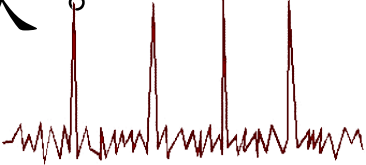
作業環境危害評估

三、噪音特性

➤ 連續性噪音：

1. 穩定性噪音： 如馬達噪音，變化起伏不大。

2. 變動性噪音： 如交通噪音，變化不規則且起伏甚大。

➤ 衝擊性噪音： 如衝床機械噪音，當一噪音之持續時間在1秒以下時，通常以量測最大噪音作為代表。

➤ 間歇性噪音：噪音發生時間不一定且間歇發生的噪音。（如營建工地噪音）

作業環境危害評估

四、相關儀器：

- 噪音計(sound level meter, SLM)
- 噪音劑量計(noise dosimeter)
- 頻譜分析儀(frequency analyzer)
- 音量校正器(calibrator)

噪音計



Type 2231 is a well-established standard instrument that supports an impressive range of applications.

The small and robust Type 2232 sound level meter is the instrument of choice for noise level checks

頻譜分析儀



A PLATFORM FOR THE FUTURE

Sleek and powerful, the 2260 Investigator™ employs cutting-edge technology to create a fully programmable platform with a vast range of sound analysis applications.



As a platform, 2260 Investigator has a range of application software which can be installed in the instrument. Thus, with one Investigator you can, for example, make real-time analyses and building acoustics measurements. This is a cost-effective solution to a range of measurement problems as you use the same hardware for solving many problems. At the same time, your investment is secured by the ever-growing suite of application software. And 2260 Investigator links up with various reporting and problem-solving PC software, thus creating complete analysis systems.

Investigator's internal disk has space for several applications plus a wealth of measurement data at the same time.

Using a versatile analyzer has never been easier than with 2260 Investigator with its icon-labelled pushkeys and menu-driven software that comes in several languages.

Read more on the following pages.

SPECIFICATIONS 2260:

- Dimensions (H x W x D): 375 x 120 x 22 mm
- Weight: 1.2 kg (2.6 lb, with batteries)
- Input channels: 2
- Output channels: 2 x AC, 2 x Aux, MS781
- External Memory Card: SDRAM or ATA Flash Cards
- Serial Input/Output (RS-232): 1200 to 9600 baud
- Internal Memory: 10 Mbytes
- Display: 192 x 128 dot matrix backlit LCD
- Microphones: Pre-polarized Free-field $\frac{1}{2}$ " Type 4109
- Warranty: 3 years



噪音劑量計

麥克風收音位置需注意勿受遮蔽或其他干擾因素影響



作業環境危害評估

五、噪音量測常見名詞：

- 音（聲）**壓**（Sound Pressure）：隨面積變化
- 音（聲）**壓級**（Sound Pressure **Level**，SPL）：
以 $20\mu\text{Pa}$ 為基準音壓（ P_0 ）
$$\text{SPL} = 20 \log (P / P_0)$$
- 音（聲）**強**（Sound Intensity）：隨距離變化
- 音（聲）**能**（Sound Power）：傳遞介質耗損
- 劑量（Dose）：具時間累計概念，允許暴露最大噪音音壓級為100%）

作業環境危害評估

六、相關法規

- 勞工健康保護規則所稱**特別危害健康之作業**：勞工噪音暴露工作日八小時日時量平均音壓級在**85dB**以上之噪音作業。
- 勞工安全衛生設施規則，雇主對於發生噪音之工作場所，應依規定辦理：
 1. 勞工工作場所因機械設備所發生之聲音超過**90dB**時，雇主應採取**工程控制**、**減少**勞工噪音暴露時間。
 2. 勞工噪音暴露工作日八小時日時量平均不超過規定值或相當之劑量值。
 3. **任何時間不得暴露於峰值超過140dB之衝擊性噪音或115dB之連續性噪音。**
 4. 勞工八小時日時量平均音壓級超過**85dB**或暴露劑量超過50%時，雇主應使勞工戴用有效之**耳塞**、**耳罩**等**防音防護具**。
 5. 噪音超過**90dB**之工作場所，應標示並**公告**噪音危害之預防事項，使勞工周知。

作業環境危害評估

六、噪音量測相關法規（續）

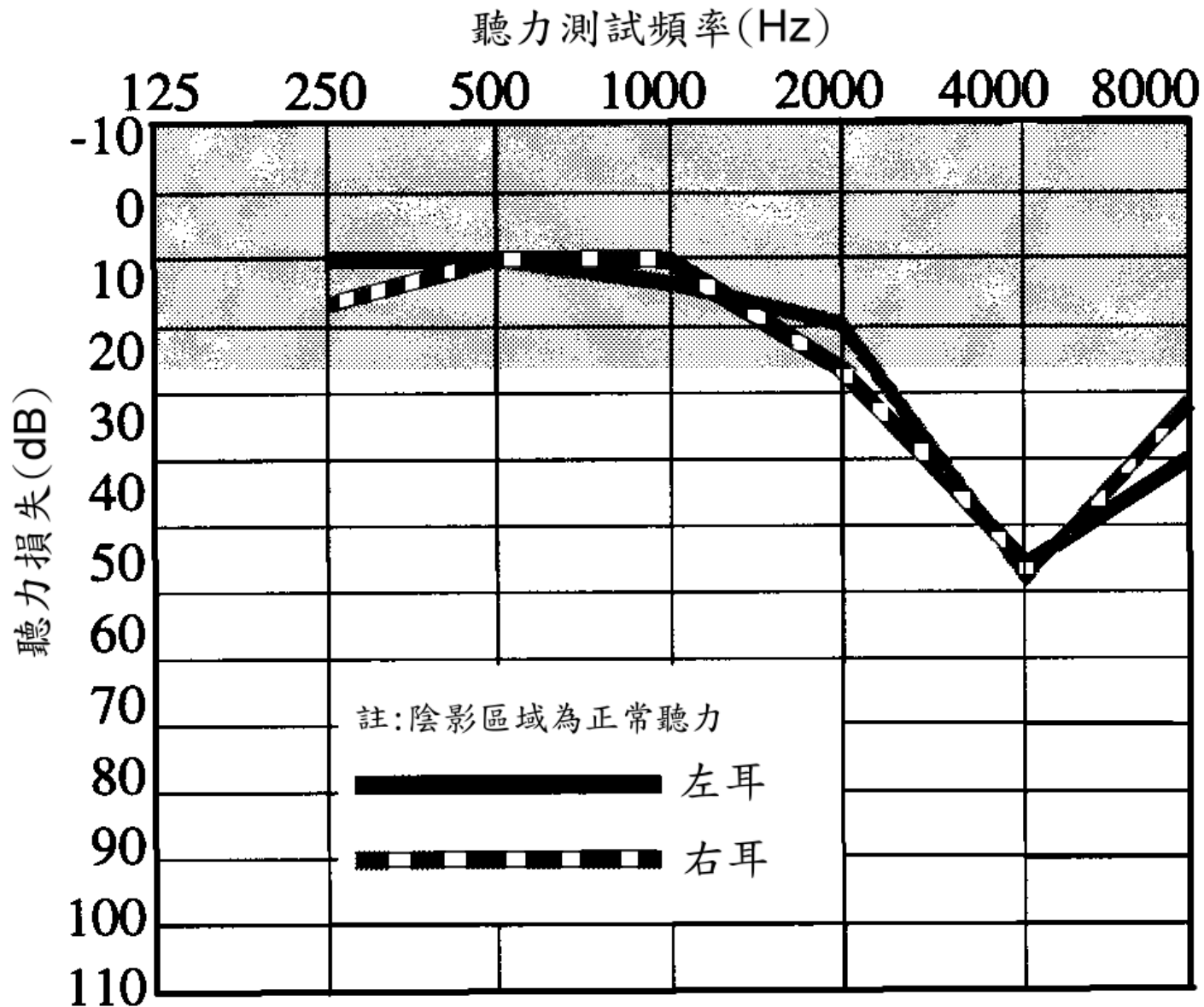
- 噪音管制法
- 噪音管制法施行細則
- 噪音管制標準
- 機場周圍地區航空噪音防制辦法
- 噪音管制區劃分原則
- 易發生噪音設施設置及操作許可辦法
- 機動車輛噪音管制辦法
- 民用航空器噪音管制辦法
- 民用航空器噪音管制標準
- 環境音量標準
- 汽車噪音檢驗處理辦法

聽力危害評估

一、聽力檢查評估程序：

- 作業經歷之調查
- 服用傷害聽覺神經藥物、外傷、耳部感染及遺傳所引起之聽力障礙等既往歷之調查
- 耳道物理檢查
- 聽力檢查：
應注意於聽力檢查前一天需睡眠充足，勿酗酒，檢查前14小時以上，**避免暴露於80dB(A)以上之噪音場所。**

勞工定期檢查之聽力圖例



聽力危害評估

三、聽力損失評估指標：

- 正常聽力：0~25 dB
- 輕度聽損：26~40 dB 細聲交談困難
- 中度聽損：41~70 dB 一般交談困難
- 重度聽損：71~90 dB 大聲交談困難，
需助聽器輔助
- 極重度聽損：>90dB 已無法正常交談

單元3 噪音危害防護

噪音防制(1)

- 發生聲響之原因：
 - 直接在空氣中的旋轉及擾動所生。如噴射機引擎、螺旋槳、風扇
 - 物體振動而產生、如機械的打擊、回轉、摩擦等
- 若伴隨任何的共鳴將會加大原音量。
- 降低音源所產生之音量為噪音防制之最有效、最積極的方法。

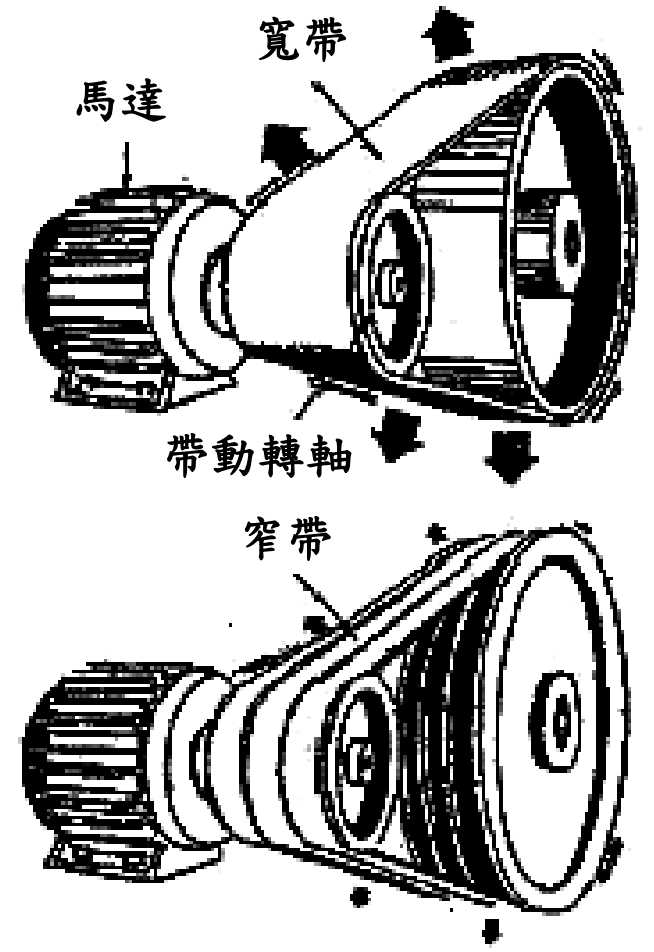
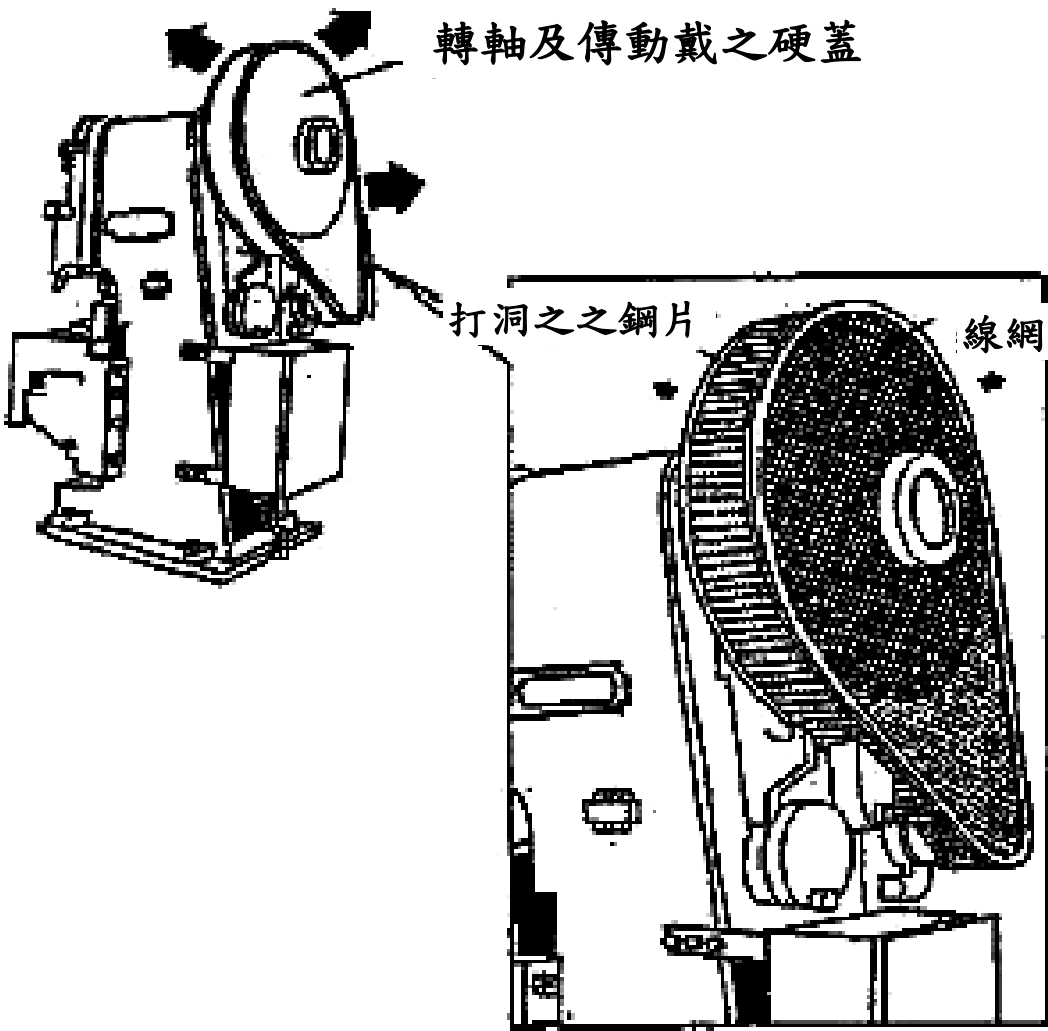
噪音防制

- 噪音之防制措施，可從下列三個途徑著手：
 - (1) 針對**噪音源**的防制措施
 - (2) 針對**傳播路徑**的防制措施
 - (3) 針對**接受者**的防制措施

針對噪音源的防制措施(1)

1.降低機械設備噪音：

改用機件、改變音源型態、減少因氣流所產生之噪音(降低流速、減少風產生的亂流噪音)、加裝防音罩、管路防音、裝設消音器等。



改用機件以降低噪音

針對噪音源的防制措施(2)

2. 物料運輸過程之改善：

避免物件衝擊碰撞、使用軟橡膠類承受衝擊、調整輸送速度、以皮帶取代滾筒、降低成品墜落的落差

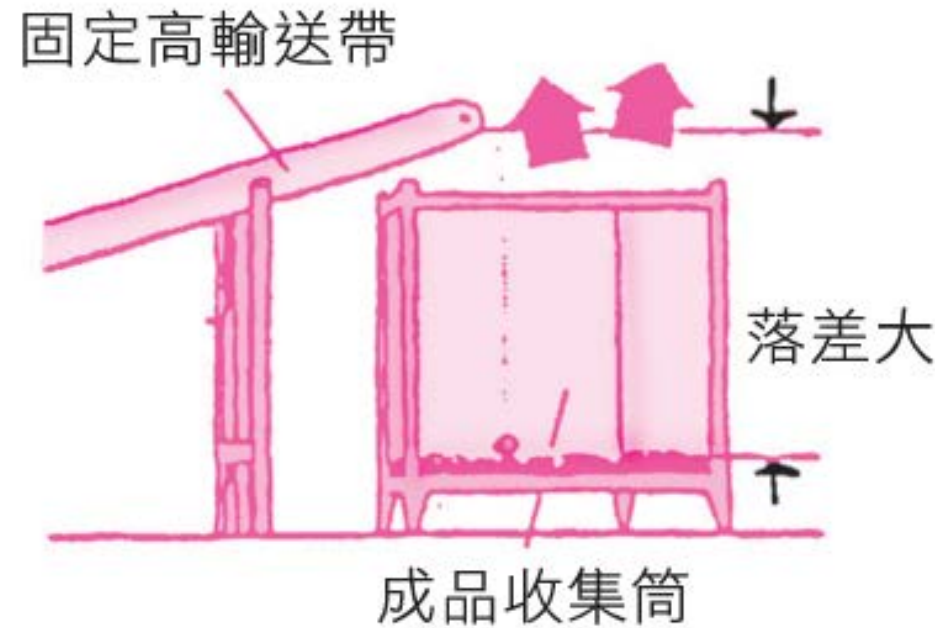
3. 噪音源振動之衰減：

隔離振動源、使用阻尼物質、加裝減振設備、減小共振面積

○

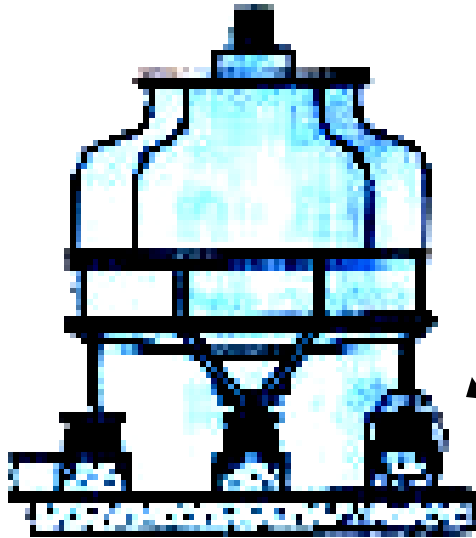


×



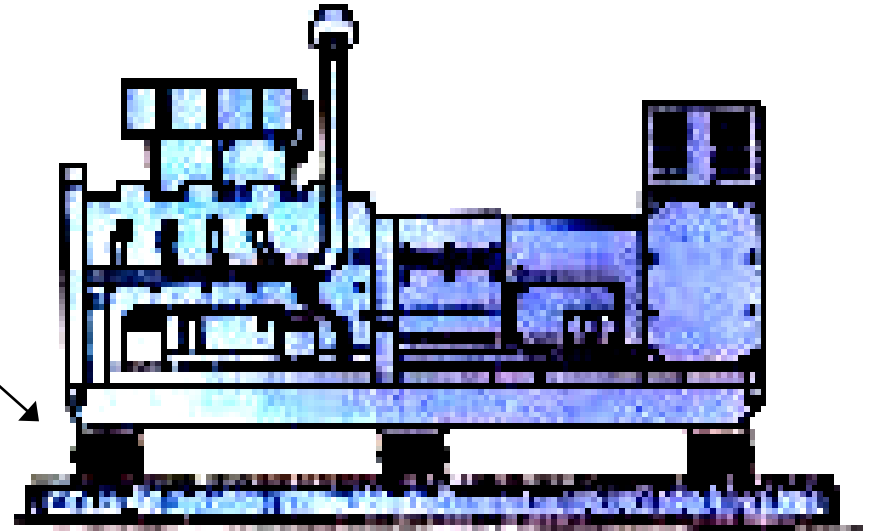
改變物料搬運方式以減少噪音

來源：許勝雄等著，人因工程，滄海書局

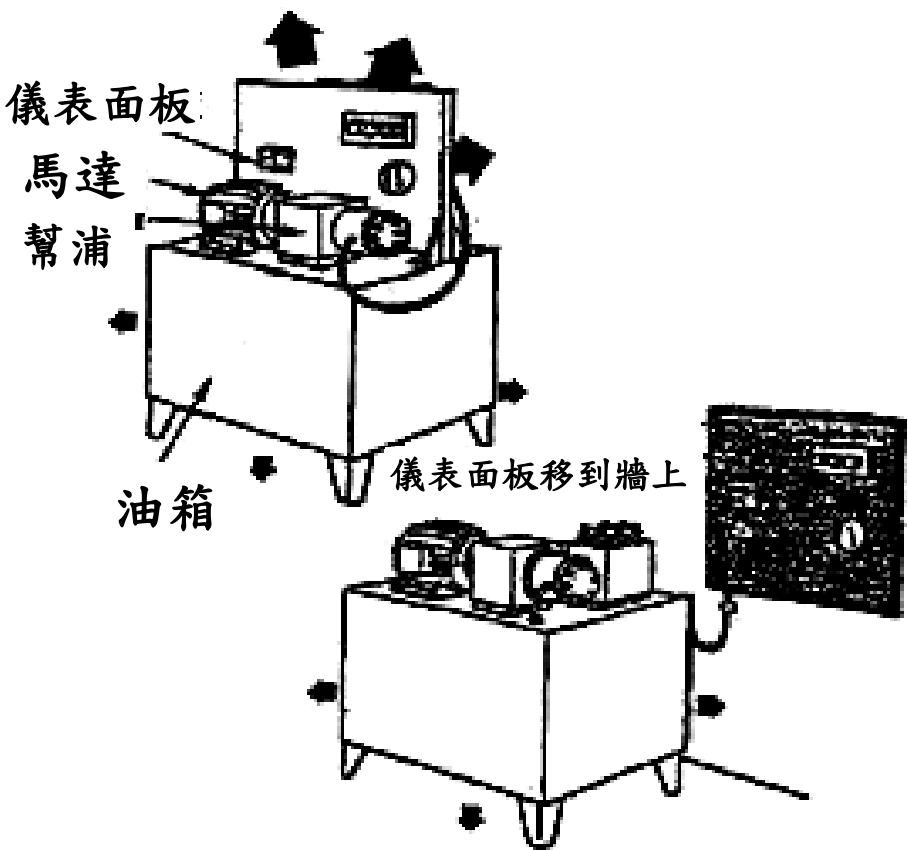


冷卻水塔的防振

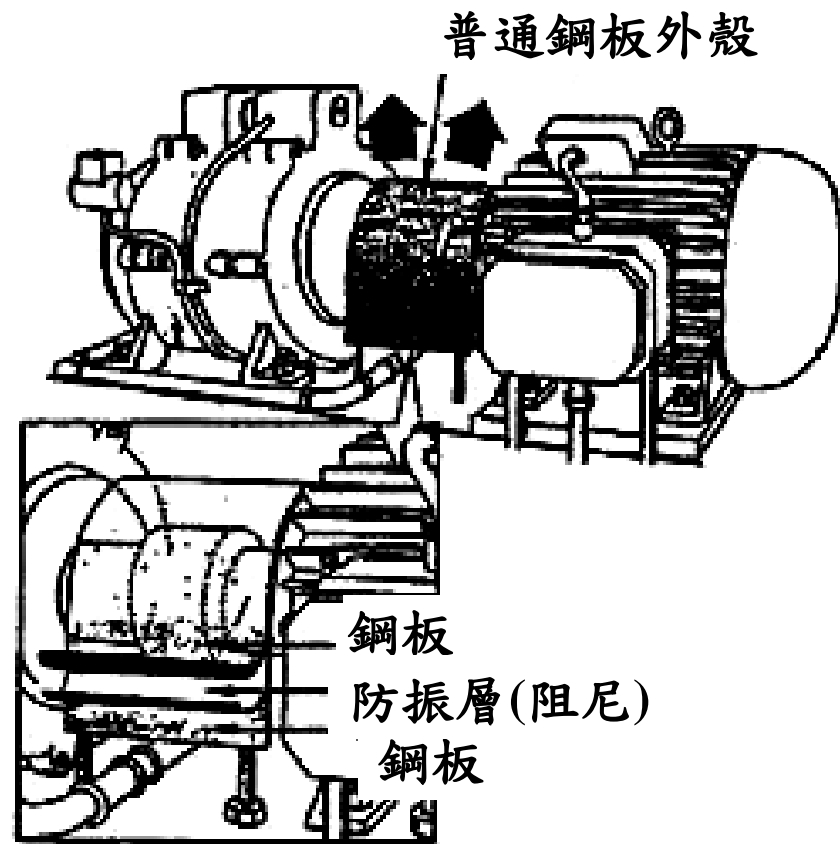
減振器



發電機的防振



減少共振面積



使用阻尼物質

針對傳播路徑的防制措施(1)

1. 設置**隔音裝置**：隔音材料結構主要用來限制或阻擋空氣音從材料的一側通過至另一側，為高密度、無孔隙之隔音屏障(barrier)。
2. 設置**吸音裝置**：在聲音的傳音路徑上，置入吸音材料(吸音材料常為多孔性材料)，使聲音在內部傳送過程中轉變成熱能而使聲音衰減。



隔間消音工程

地板吸音工程



針對傳播路徑的防制措施(2)

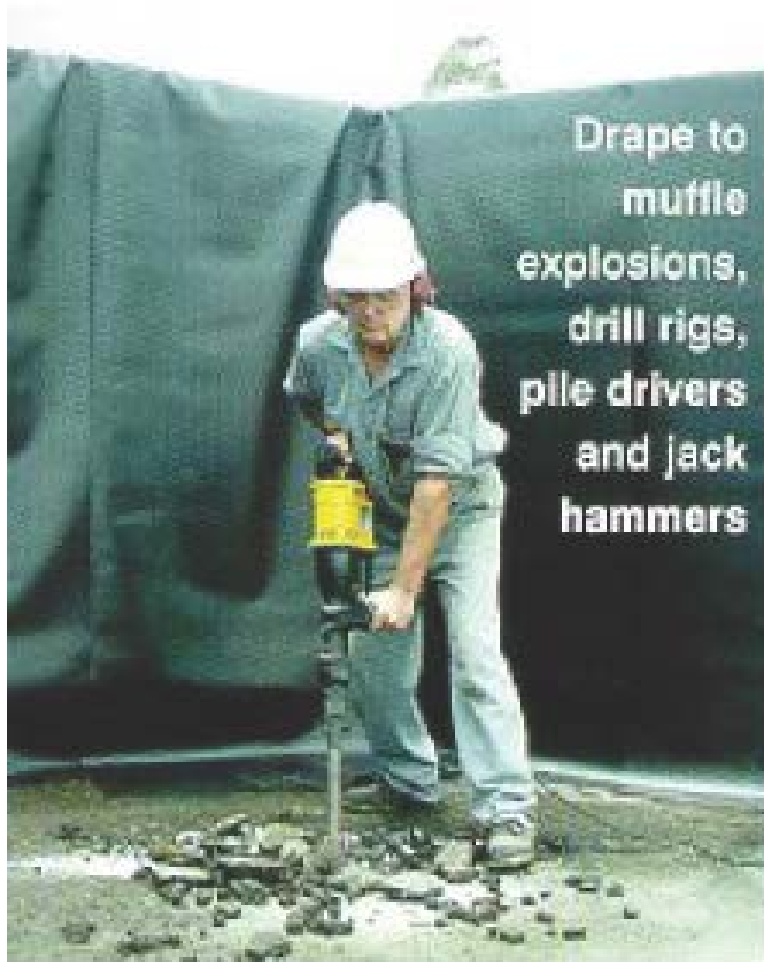
3. 設置緩衝區

4. 將音源予以圍封

5. 主動控制技術之應用

— 利用聲波相位干涉原理，產生一反相波抵消，多應用於風管產生之聲音控制。

6. 作業人員隔離於防音室內



活動式噪音屏障




衝床隔音

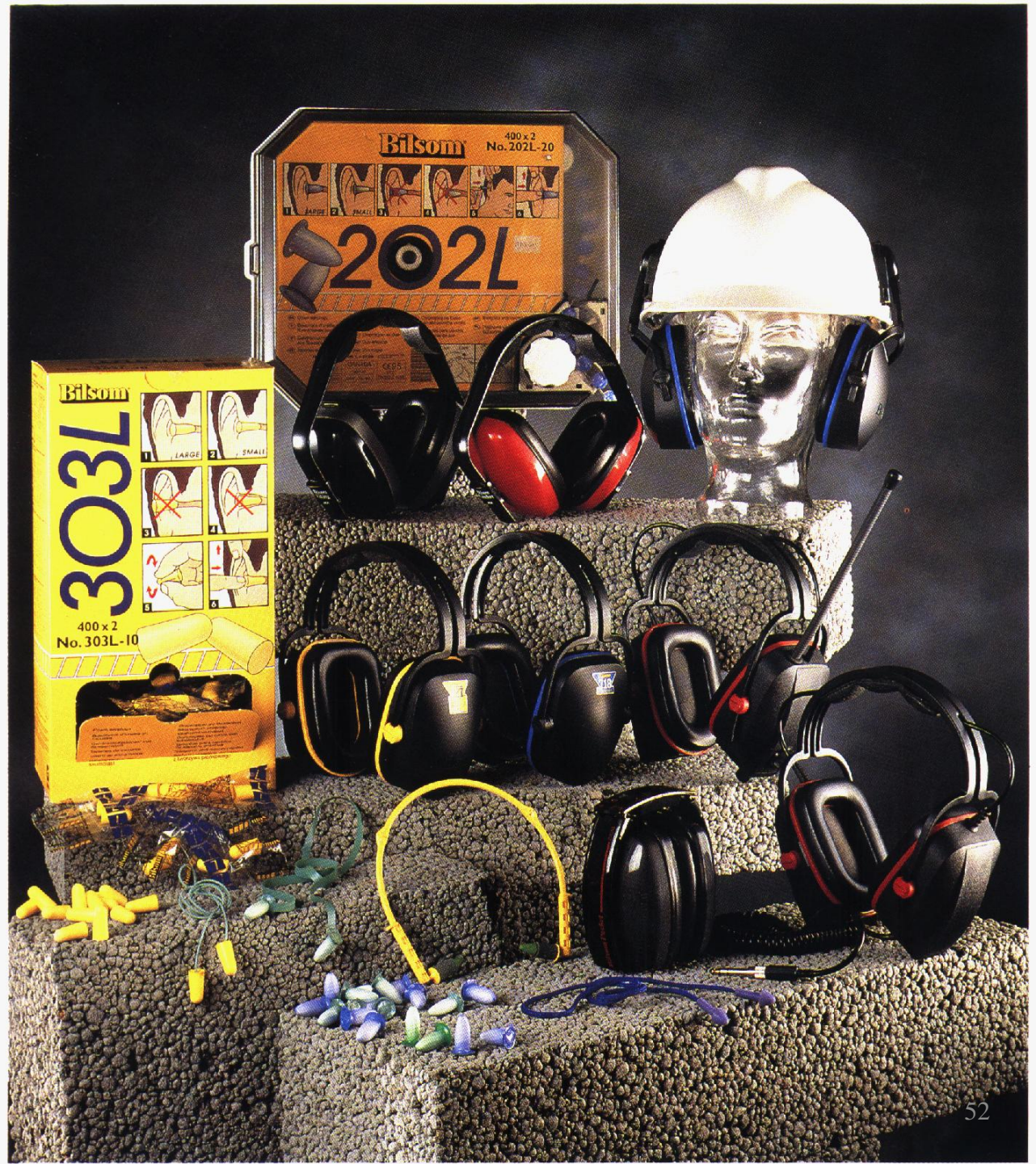
針對接受者的防制措施

- **暴露時間管理**：若工程控制技術上難以克服或成本太高無法承擔時，可利用暴露時間管理來改變作業時間或程序如勞工輪班制、工作輪調，以減少噪音暴露劑量。
- **佩戴防音防護具**：依外型分成耳罩與耳塞。

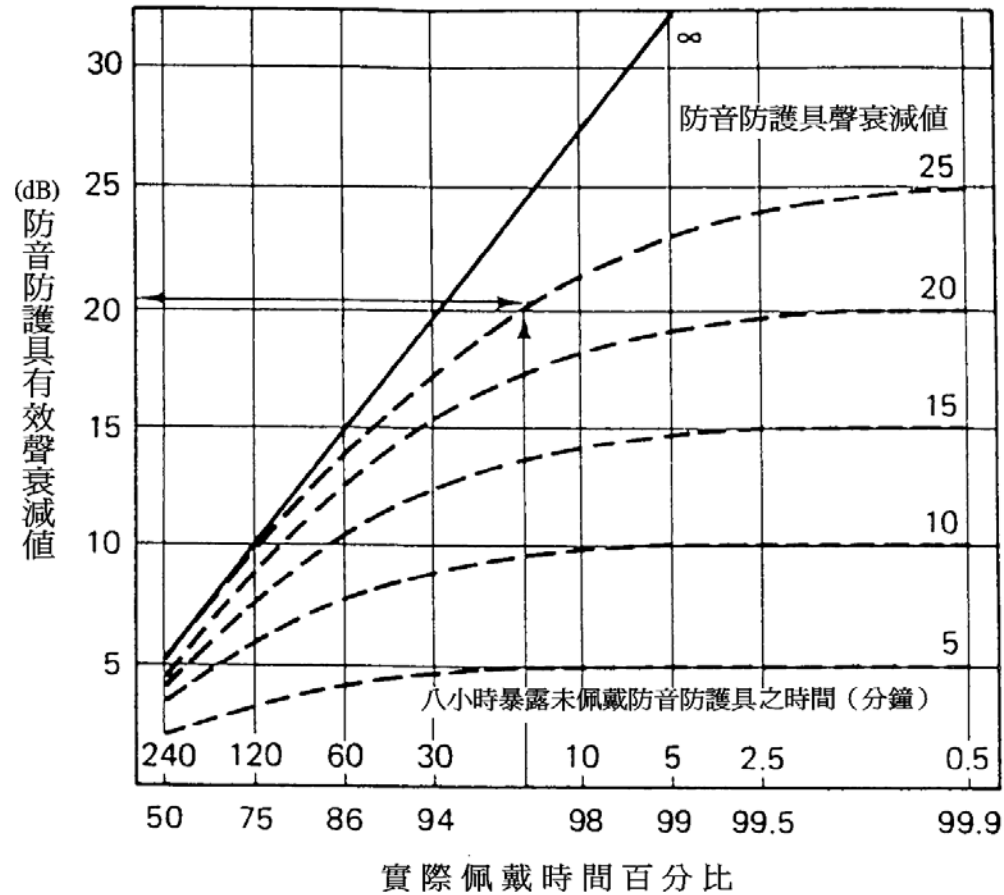
耳塞及耳罩

	產 品	隔音效果-NRR(dB)	包 裝
	1100(6300)子彈型耳塞	29	200付/盒 5盒/箱
	1110(6310)子彈型帶線耳塞	29	100付/盒 5盒/箱
	1200香菇型耳塞	26	150付/盒 10盒/箱
	1210香菇型帶線耳塞	26	150付/盒 10盒/箱
	1220聖誕樹型耳塞	27	100付/盒 12盒/箱
	1230聖誕樹型帶線耳塞	27	100付/盒 12盒/箱
	1300耳機型耳塞	25	10付/盒 10盒/箱
	1301耳機型之替換耳塞子		50付/盒 10盒/箱
	1400超輕流線型耳罩	24	24 只/箱
	1410高級型耳罩	25	24 只/箱
	1420折疊型耳罩	29	24 只/箱
	1402-1400/1410之替換襯墊		50 付/箱

耳塞及耳罩



全程佩戴之重要性



單元4 其他物理性危害簡介

振動危害

- 共振(Resonance)
 - 當系統所受之強迫振動(forced vibrations)頻率與系統本身之自然頻率(natural frequency)正好接近或相同，所產生的現象。共振對人體亦可能造成傷害。
- 危害類型
 - 全身及局部振動。

全身振動對健康之影響

- 全身振動(Whole-body vibration, WBV)：
 - 整個人體長時間暴露於頻率1 ~ 80 Hz的振動。例如：操作大型車輛或機械時，經由坐墊、臀部傳遞至整個人體而引起共振。
 - 對於脊椎骨及末梢神經系統的危害最大，常見的有：下背痛、坐骨神經痛及椎間盤突出，另外消化系統、末梢靜脈及女性生殖系統也會受到影響。
- 全身振動危害預防的原則：
 - 使用阻尼或吸振材質隔絕振動源
 - 操作裝置遠離振動面
 - 機械維護保養
 - 減少暴露時間

局部振動對健康之影響

- 局部振動：
 - 又稱手-手臂振動(Hand/Arm Vibration, HAV)，暴露於6.3~5000Hz；
 - 長時間操作動力手工具，包括：鏈鋸，電動鑽孔，造成末梢神經、循環及骨骼傷害(腕道症候群)。
- 末梢循環障礙主要包括皮膚溫度下降，遇寒冷刺激後皮膚溫度不容易恢復，亦會引起**手指動脈**強烈收縮，手指動脈阻力增加及血流減少，而導致**白指病**(Vibration-induced white finger, VWF)或是**雷諾氏症**(Raynaud's disease)。



圖上：正常狀況手指的熱影像圖
圖下：白指病手指的熱影像圖
資料來源：勞委會勞工安全衛生研究所

局部振動的預防原則

- 局部振動危害的防護措施：
 - 使用振動頻率較小之工具
 - 重視手工工具之維護保養
 - 維持良好操作姿勢
 - 使用防振手套
 - 利用輪班、工作調整及程序調整等方式，
減少每日暴露的振動劑量與時間

高溫危害

- 人體維持恆溫狀態，處於高溫環境時，皮膚內之熱接受器提供訊息於下視丘，而後者再傳達指令使血管擴張及血流加速（心跳加速），將過多的熱量藉由呼吸、排汗及尿等方式排熱於體外。
- 當人體熱量無法藉由上述正常的管道排熱時，便會造成體內熱量堆積，引起”熱疾病”；包括：熱痙攣、熱衰竭、及熱中暑等，尤以**熱中暑最危險，具有死亡之虞。**

綜合溫度熱指數 (WBGT)

- 溫濕四要素:人體對於熱的感受度，除了溫度外，也同時受到溼度、風速及熱輻射的影響
例如:溼度很高但溫度不高的情況(如梅雨季)，身體常有黏濕的感覺造成不適
- 戶外有日曬情形者:
$$\text{綜合溫度熱指數} = 0.7 \times (\text{自然濕球溫度}) + 0.2 \times (\text{黑球溫度}) + 0.1 \times (\text{乾球溫度})$$
- 戶內或戶外無日曬情形者:
$$\text{綜合溫度熱指數} = 0.7 \times (\text{自然濕球溫度}) + 0.3 \times (\text{黑球溫度})$$

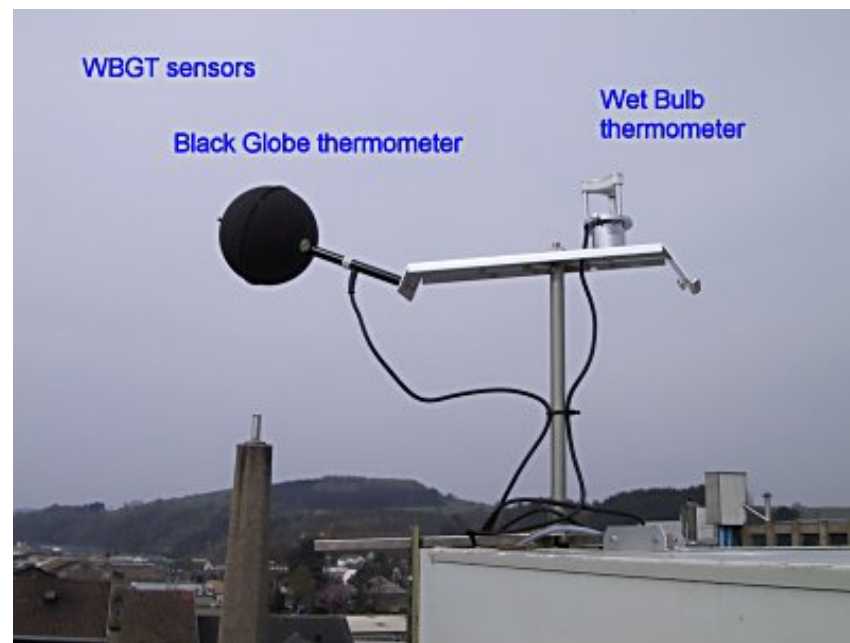
作業容許暴露時間

- 高溫作業勞工作息時間標準第5條
 - 連續暴露以1hr 為單位時程
 - 間歇暴露以2hrs 為單位時程

每小時作息時間比例	連續作業	75%作業 25%休息	50%作業 50%休息	25%作業 75%休息	
輕工作	30.6	31.4	32.2	33.0	
時量平均綜合 溫度熱指數值°C	中度工作	28.0	29.4	31.1	32.6
重工作	25.9	27.9	30.0	32.1	

其他高溫防護

- 接近黑球溫度50度以上高溫灼熱物體者，僱主應供給身體熱防護設備並使勞工確實使用。
- 學生於現場採樣，應考量工作類型及溫度，並同時注意防曬與適度休息及水分補充。



採光及照明

- 勞工安全衛生設施規則第313條，僱主對於勞工工作場所之採光照明，應依下列規定辦理(實驗室亦適用此原則)：
 1. 充分之光線
 2. 光線應分佈均勻，明暗比適當
 3. 避免光線之刺目、炫耀
 4. 工作場所窗面面積不得小於室內地面面積1/10
 5. 採光以自然採光為原則
 6. 作業場所面積過大、夜間或氣候因素自然採光不足時，可用人工照明，予以補足

人工照明標準

場所或作業別	照明米燭光數	照明種類
室外走道、及室外一般照明	20米燭光以上	全面照明
走道、樓梯、倉庫、儲藏室	50米燭光以上	全面照明
須細辨物體如零件組合及產品試驗	200米燭光以上	局部照明
極精細儀器組合、檢查、試驗	1000米燭光以上	局部照明

眩光

- 眩光(glare)就是一般所謂刺眼光線，容易造成厭惡、不適或喪失明視度等作業安全虞慮。
 - 直接眩光是指視野內極高亮度或因光源遮蔽不足直射眼睛所引起
 - 反射眩光則為視野內因光亮體或平滑物產生之高反射亮光

良好的照明條件

- 適當的照度水準
- 降低暗適應的負擔
- 做好眩光的控制



異常氣壓作業

- 職業潛水作業：使用潛水器具之水肺或水面供氣設備，於水深超過十公尺之水中實施作業。
- **高壓室內作業勞工**：指沉箱施工法或壓氣潛盾施工法及其他壓氣施工法中，於表壓力超過大氣壓之作業室或豎管內部實施作業。

例如：捷運工程採用壓氣工法

減壓症

(Decompressed Sickness, DCS)

- 潛水或從事高壓工作時，呼吸了高壓混合氣體或空氣，身體組織溶解大量的惰性氣體（氮氣或氬氣），當突然**急速上升或過程中未按照正常程序減壓**，此時溶解於體內的惰性氣體形成氣泡，在各組織間隙、微血管、關節甚至腦神經系統堵塞住，而造成各種症狀，叫做減壓症，潛水俠病或沉箱症。

DCS症狀

- 第一型：皮膚發癢、紅腫瘀血、疲倦、皮膚紅疹、局部皮下氣腫及關節痛。
- 第二型：氣泡充塞於神經、呼吸、心臟血管系統等，造成：頭痛，頭昏，噁心，嘔吐，舌歪，嘴斜，言語障礙，意識模糊，昏迷，抽搐，死亡。
- 90%於潛水後六小時發病，96%發病在潛水後24小時之內發生

影響減壓症發生的因素

- 不遵守減壓程序迅速上升
- 重覆減壓
- 潛水前酗酒
- 疲勞潛水
- 年齡大於50歲
- 肥胖 BMI>25
- 潛水後24小時搭乘飛機

預防原則

- 依照異常氣壓危害預防標準
 - 健康身心：定期健檢、充足睡眠、肥胖及高齡者減少潛水頻率、水下時間及深度。
 - 足夠訓練：具有潛水及急救訓練技能。
 - 裝備檢查：定期與不定期進行裝備之檢點與檢查。
 - 環境的認知：作業前應對海相的狀況了解，包括氣候、水溫、風速、潮流。
 - 完善的計畫：包括作業及緊急應變計畫。

單元5 游離輻射

5.1 游離輻射的分類



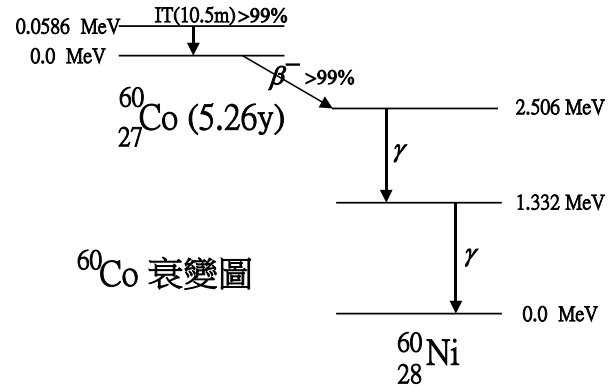
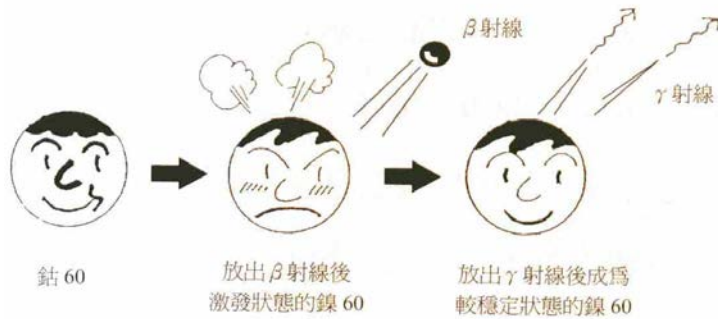
倫琴(Roentgen, 1845-1923)



倫琴夫人手部X光照片(攝於1895年12月22日)

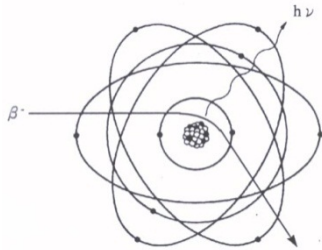
5.2 游離輻射的產生

► 核種衰變(Nuclear Decay)

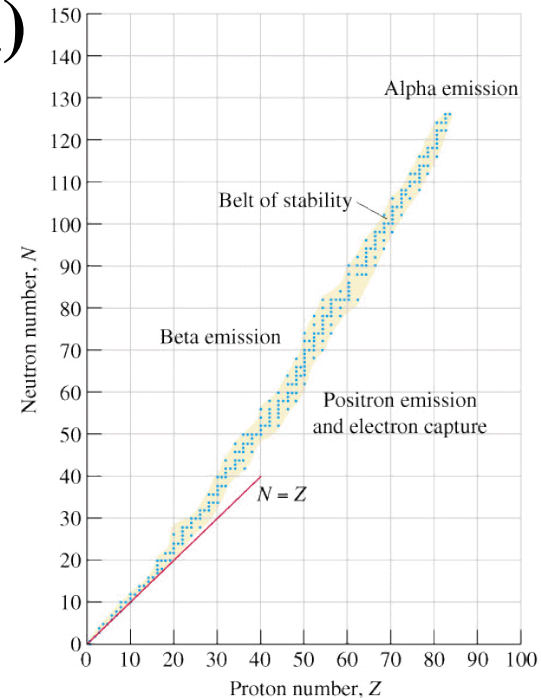


► 電磁力作用(Electromagnetic Reaction)

➤ X-射線：制動輻射



► 核反應(Nuclear Reaction)



5.3 輻射的應用

醫療應用- 醫用X光、放射性治療、核醫藥物...

輻射照射應用



工業上之輻射應用...

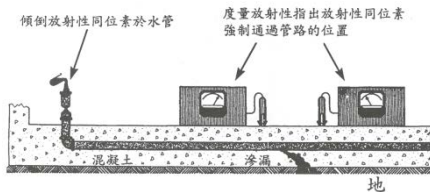
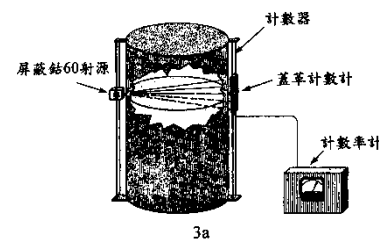
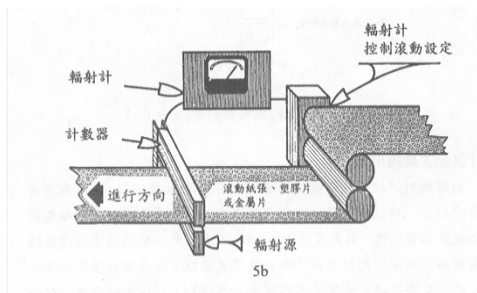
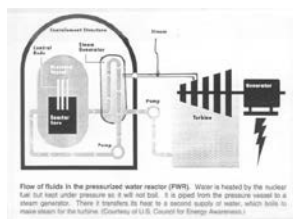


圖4 測漏計

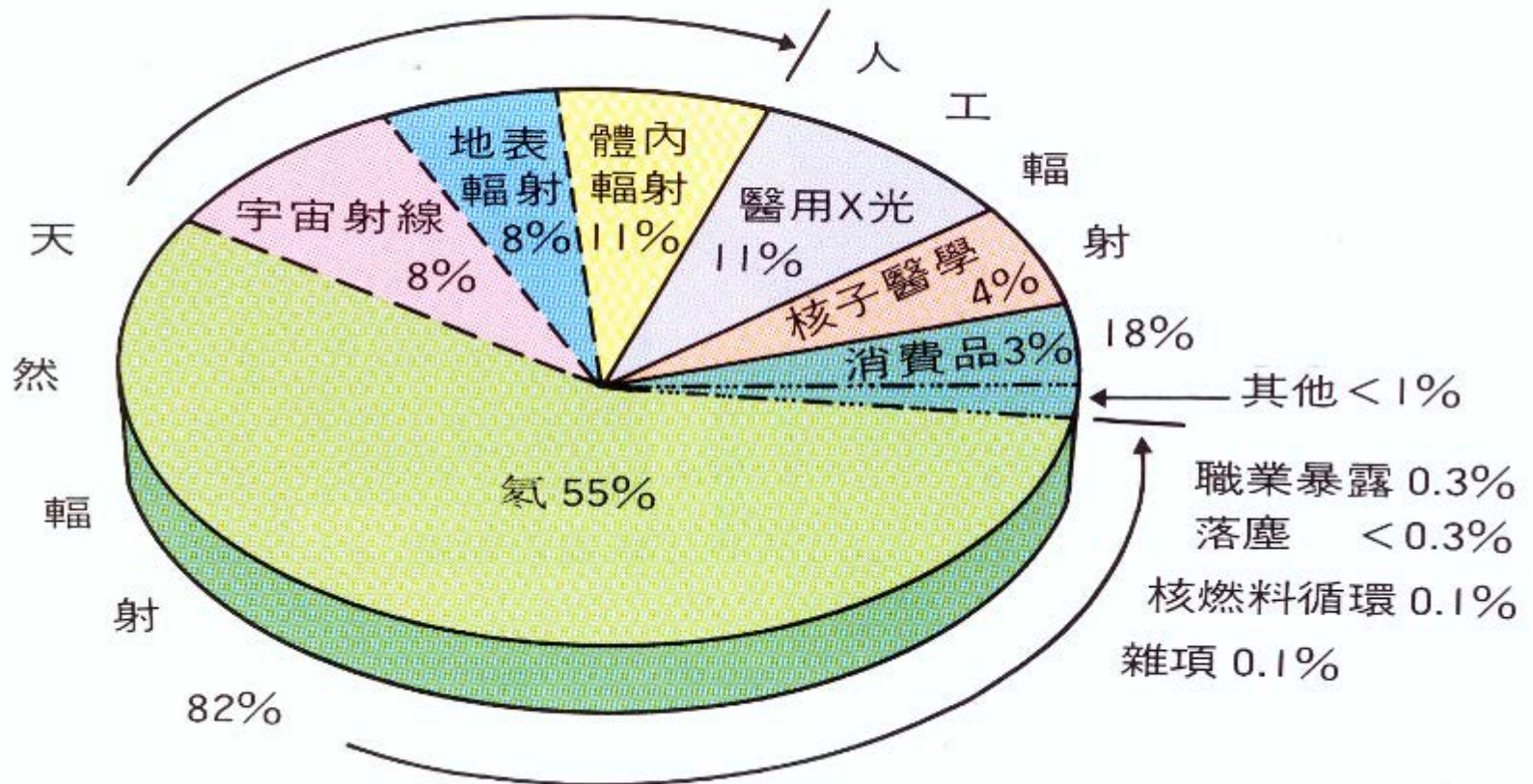


核能發電

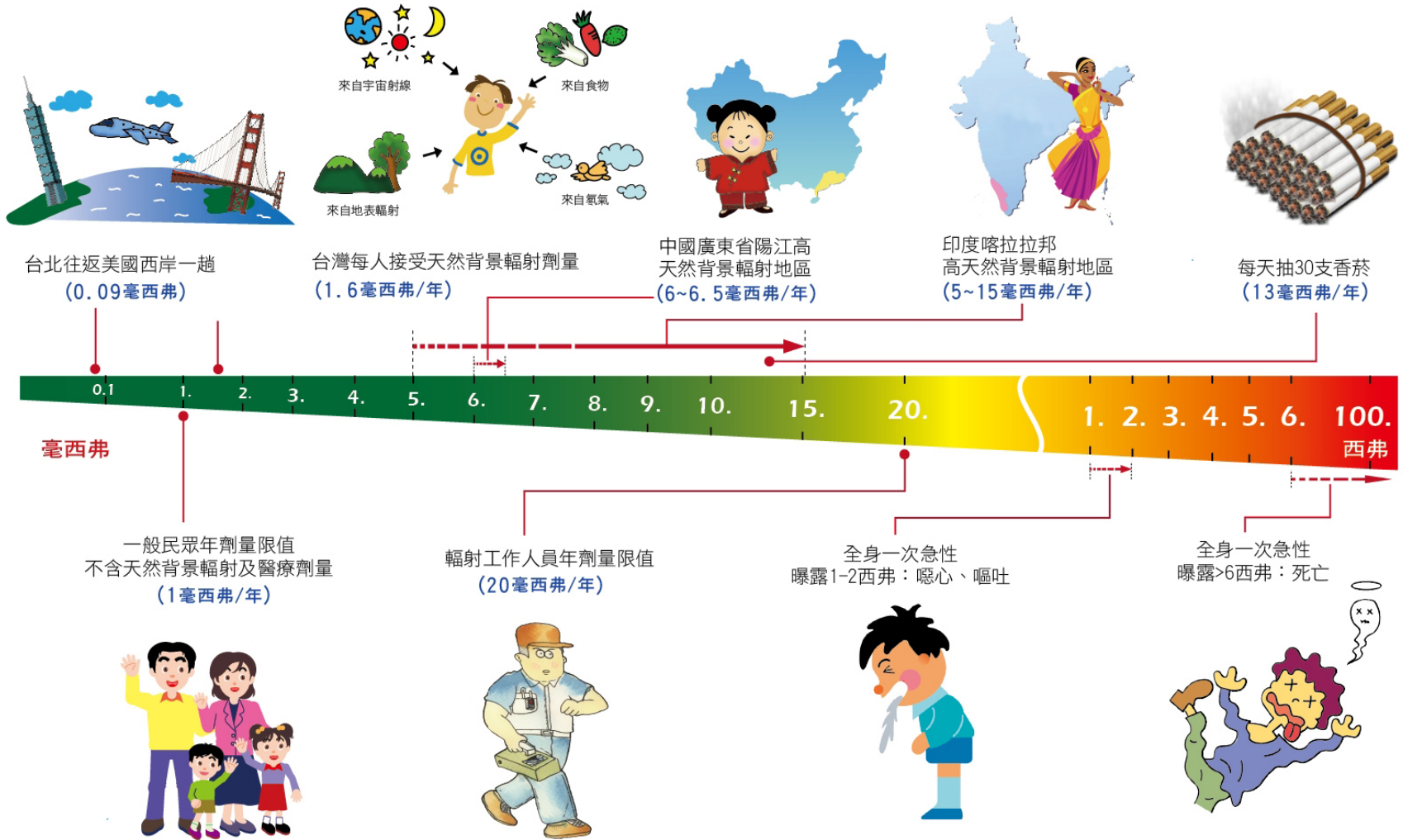


游離輻射來源

一般民眾接受天然與人造游離輻射來源分佈圖

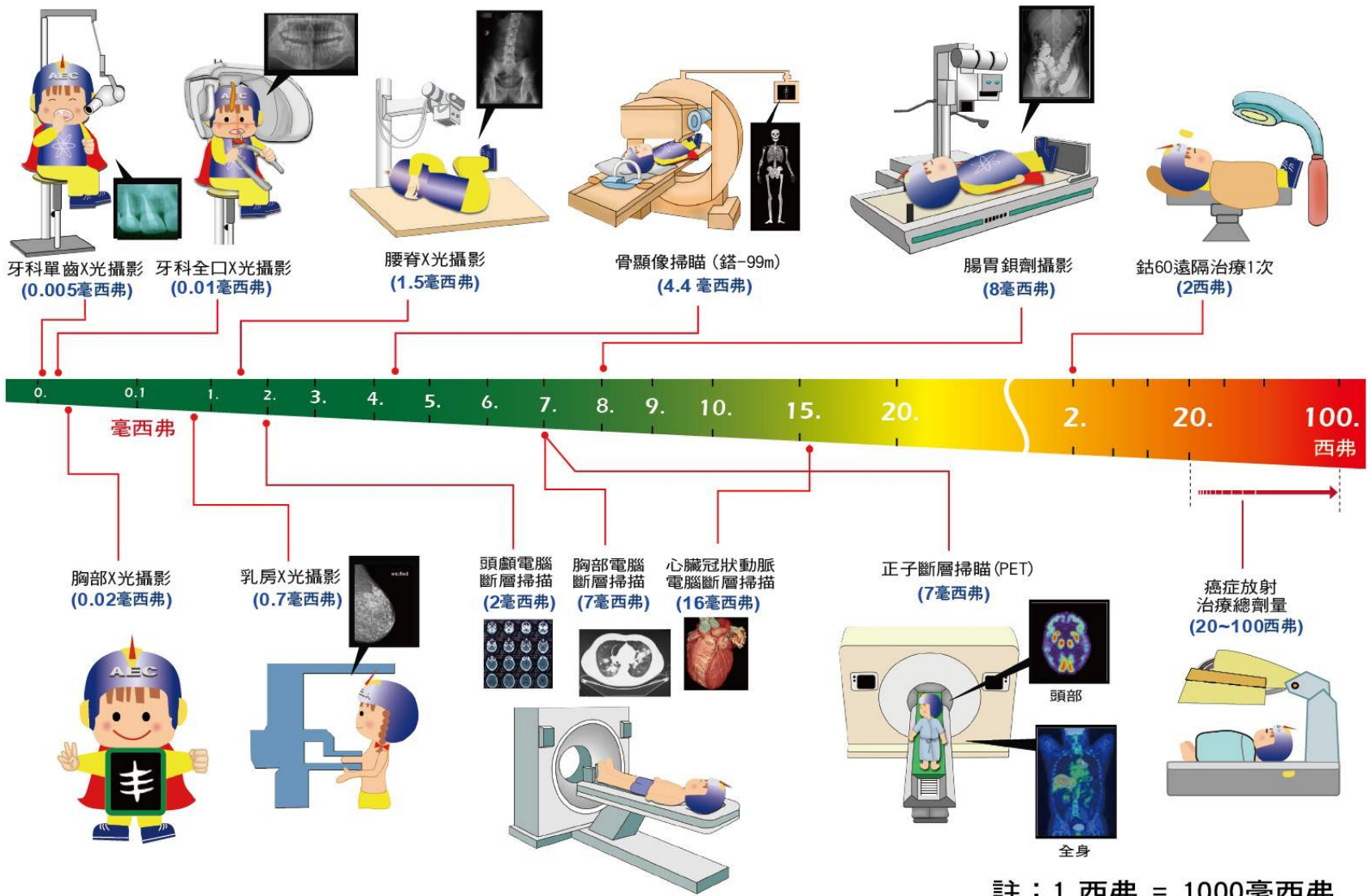


一般游離輻射劑量比較圖

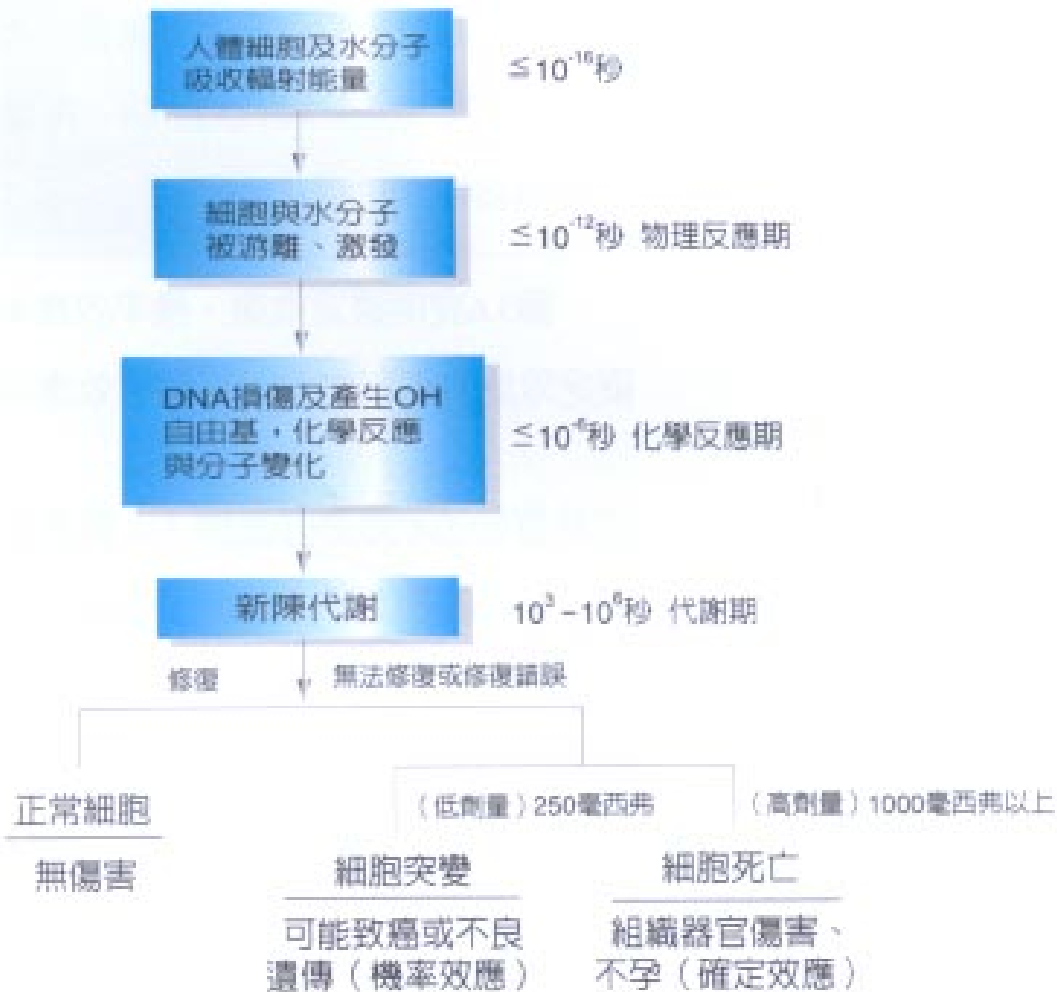
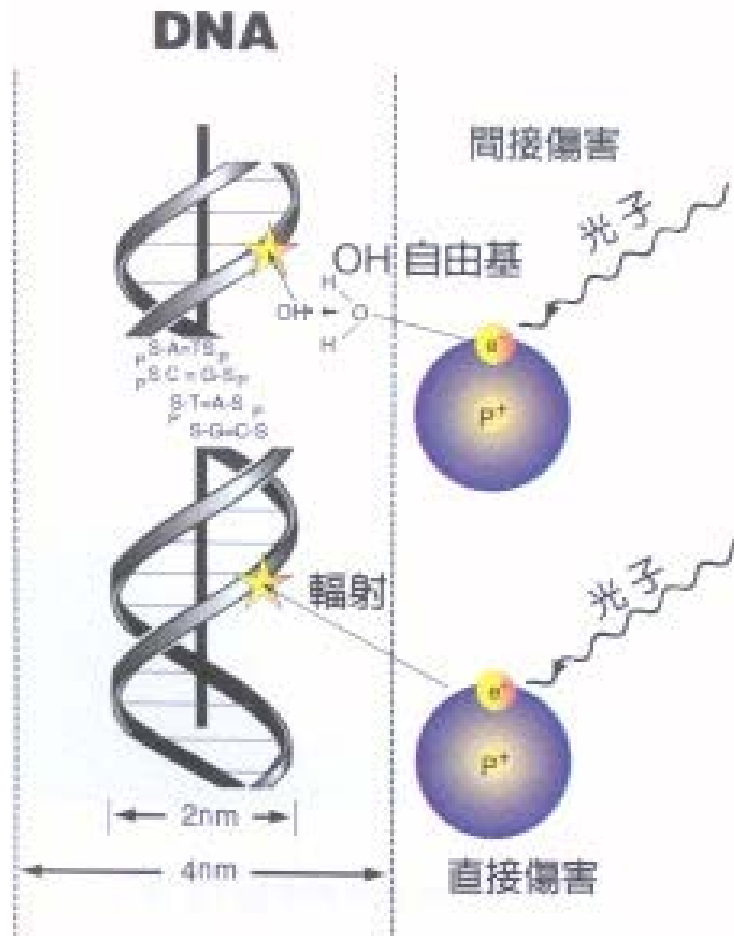


註：1 西弗 = 1000毫西弗

醫療游離輻射劑量比較圖



5.4 輻射對身體細胞傷害的機制



輻射劑量之關係

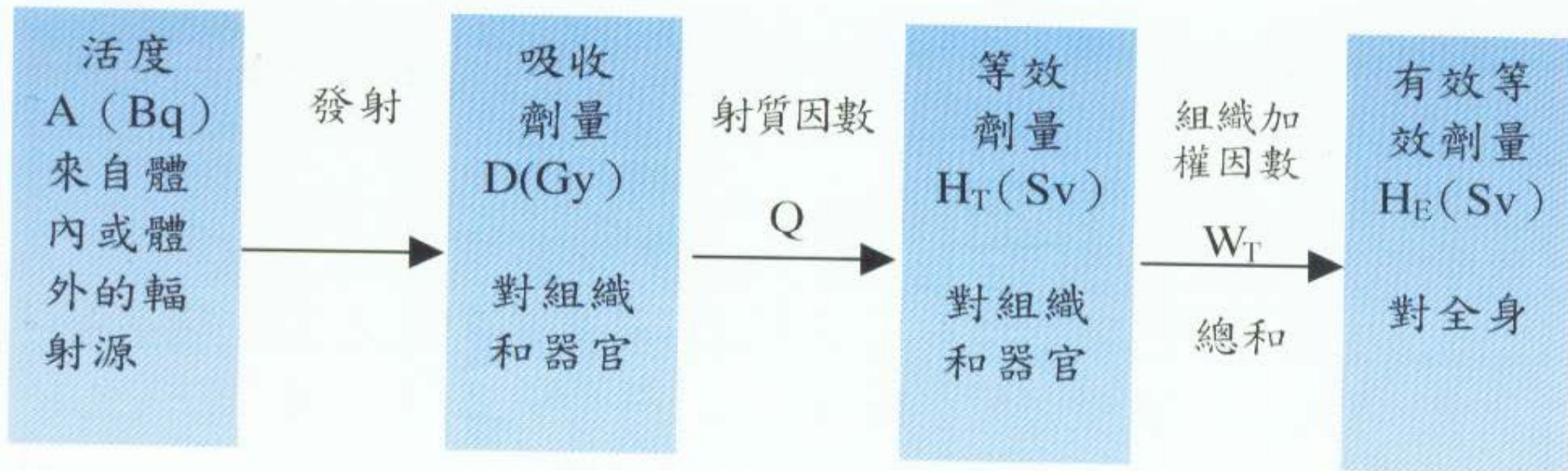


圖 12 活度 A、吸收劑量 D、等效劑量 H_T 和有效等效劑量 H_E 之間相互關係

游離輻射之健康效應

- 游離輻射之健康效應，一般可分為：

- 遺傳效應
- 急性全身效應
- 局部延遲效應

- 遺傳效應

1. 輻射可能導致染色體結構變異或基因突變
2. 染色體分裂時如受嚴重照射將改變其特性
3. 基因突變可能導致智能或身材的差異，如侏儒、智能減退、早產、多病等。

游離輻射之健康效應

● 急性全身效應

一次劑量(毫西弗)

一般症狀說明

小於 10

無可察覺症狀，但遲延輻射病的產生仍可能發生。

100~250

能引起血液中淋巴球的染色體變異。

250~1000

可能發生短期的血球變化(淋巴球、白血球減少)，有時有眼結膜炎的發生，但不致產生機能之影響。

1000~2000

有疲倦、噁心、嘔吐現象，血液中淋巴及白血球減少後恢復緩慢。

2000~4000

24小時內會噁心、嘔吐，數週內有脫髮、食慾不振、虛弱、腹瀉及全身不適等症狀，可能死亡。

4000~6000

與前者相似，僅症狀顯示的較快，在2~6週內死亡率為50%。

6000以上 若無適當醫護，死亡率為100%。

游離輻射之健康效應

● 局部或遲延效應

- 皮膚 紅斑、脫毛、嚴重者會紅腫、起泡、潰瘍，有如一般燒傷。
- 眼睛 水晶體受5西弗以上之輻射劑量破壞後透明性喪失，出現雲絲狀物(俗稱翳)，是為白內障，嚴重者可能失明。
- 造血機能 紅骨髓為造血器官，對輻射極為敏感，受破壞後將減弱血液之殺菌，運輸及凝血功能，且可能導致血癌(俗稱白血病)。
- 消化器官 受輻射傷害之主要症狀為噁心、嘔吐、腹瀉及食慾不振。小腸內壁最為敏感，受損後易致潰瘍，大量出血(不易凝結止血)，且不易消化吸收，造成體弱及貧血，並易感染併發症。
- 甲狀腺 位於喉部，分泌荷爾蒙控制新陳代謝。碘-131侵入人體後，即被吸收，集中於此，減少生產荷爾蒙，以致減低新陳代謝而損及健康，或可能導致甲狀腺癌。
- 生殖機能 男子睪丸一次接受5西弗以上時可能導致永久不孕，劑量較低或慢性累積者均可恢復，女子不孕劑量約為3西弗。遭受高劑量損害之精子或卵子，如成孕則可能造成流產、死胎、畸形或智能遲鈍等現象。胎兒於細胞分裂生殖期中最易受輻射影響，故孕婦懷孕初期宜特別注意。孩童對輻射亦遠較成人為敏感。

5.5 輻射劑量量測

1. 輻射是無色、無味、無聲的，人類的感官不能查覺輻射的存在，因此必須藉著儀器來偵測與度量。
2. 輻射偵檢器的原理是將輻射的能量轉換成電、光、化學、熱或核反應等可以被指示或度量的能量型態後，再藉此決定輻射的質與量。

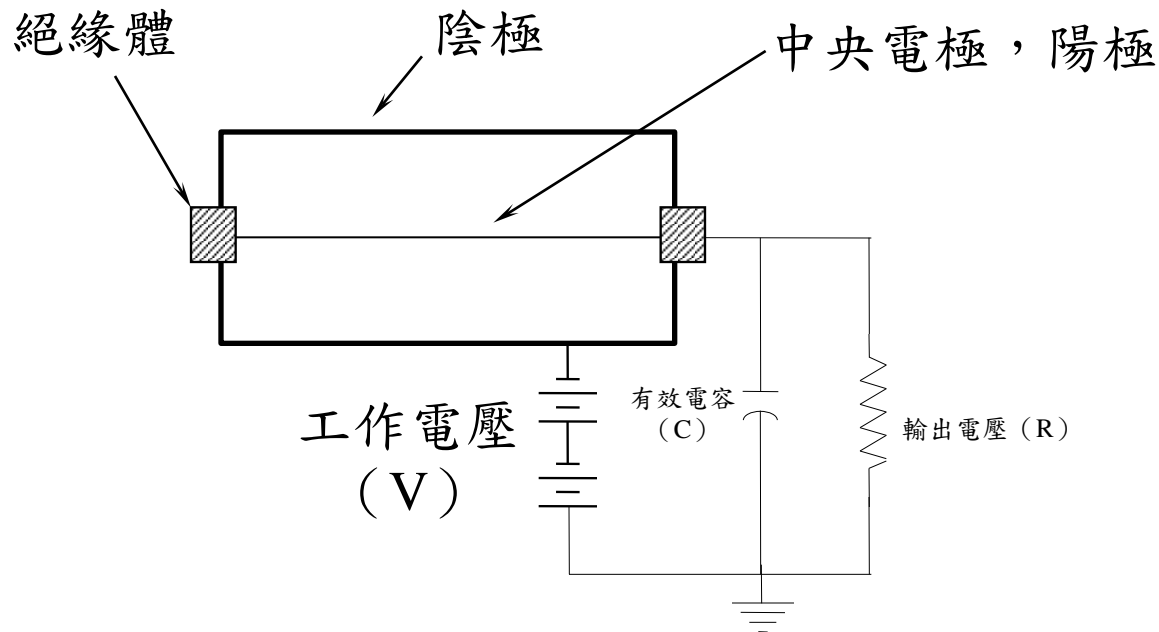
游離輻射偵測器原理

根據輻射與偵測物質產生反應的方式可分為下列五種基本原理：

1. 游離式：利用輻射與物質作用產生正、負離子對的數目來評估輻射的質與量。一般可分成：充氣式偵檢器與半導體偵檢器兩種。常見的如：游離腔、比例計數器、蓋革管。
2. 激發式：某些物質吸收輻射的能量之後會放出可見光，藉著量測該可見光的訊號可以度量輻射的強度與能量。例如：閃爍偵檢器、熱發光劑量計。
3. 化學劑量計：物質吸收輻射能量引起化學變化，此變化量可用來標定輻射劑量。常見的如：弗立克（Fricke）劑量計、膠片等。
4. 熱卡計：度量輻射與物質作用所產生的熱量來量測輻射劑量。
5. 核反應：物質吸收了中子會被活化或產生核反應，藉此來偵測中子。如：氟化硼（ BF_3 ）計數器

充氣式輻射偵測器原理

充氣式偵檢器的原理是讓游離輻射與充氣腔中的填充氣體產生游離或激發作用，而被游離的電子經電路收集處理後即可測得游離輻射之強度。其是目前使用最廣泛的輻射偵檢儀器，可分為游離腔（ionization chamber）、比例計數器（proportional counter）、蓋革計數器（Geiger-Mueller counter）等三種



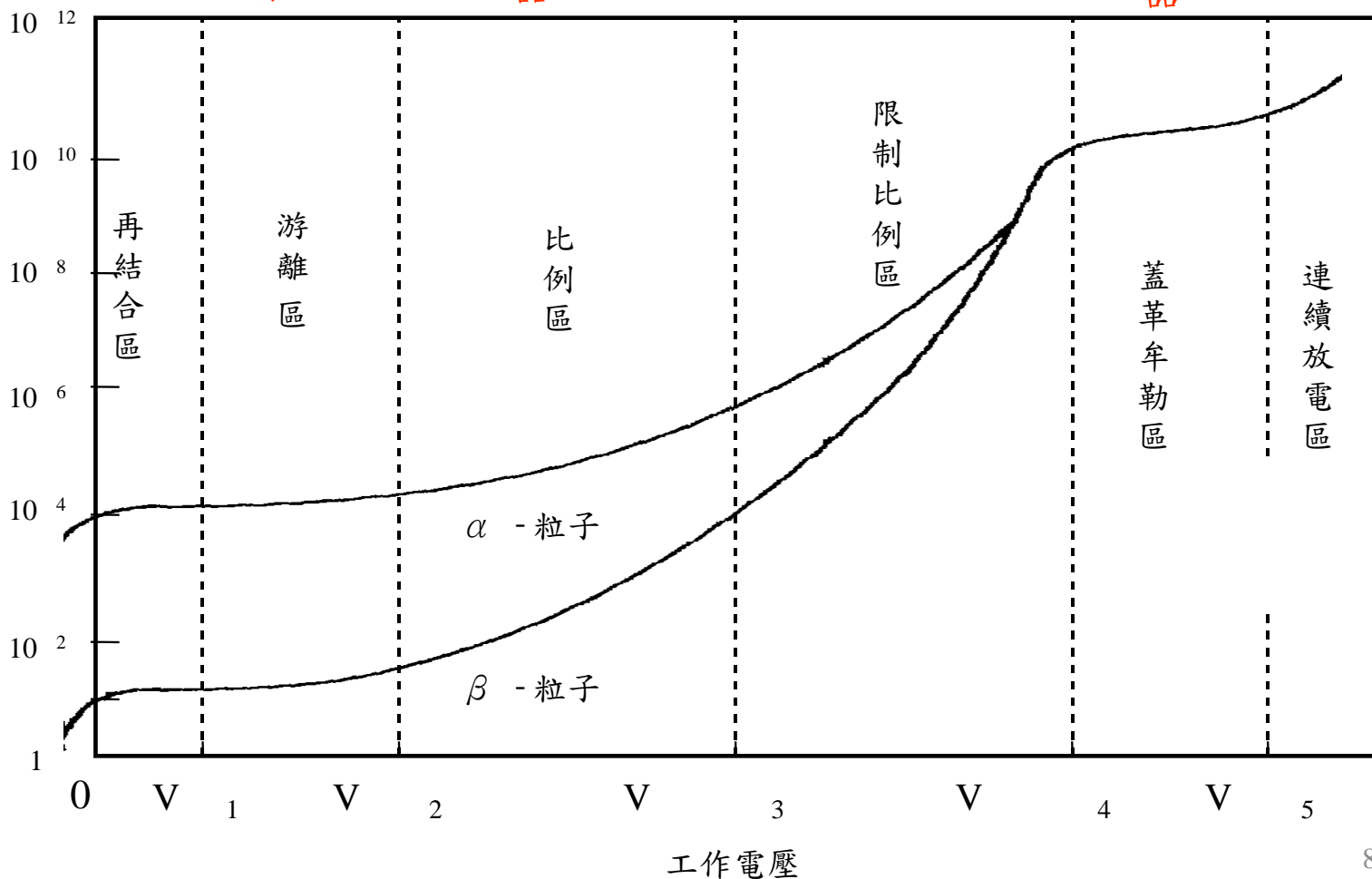
充氣式偵檢器的特性曲線

游離腔

比例計數器

蓋革計數器

每次游離所收集到的離子對



常見之充氣式輻射偵測器種類

游離腔



比例計數器



蓋革計數器



項目	游離腔	比例計數器	蓋革計數器
適用範圍	高劑量率	皆可	低劑量率
電壓	低	中	高
氣體	空氣、氬氣	P-10	氦或氬氣
氣體增殖	無	低	高
靈敏度	較差	高	高
準確度	高	高	較差
鑑別輻射種類	脈衝式：可、少用	可	否
	電流式：否		

人員劑量監測

體外劑量偵測：

1.人員劑量計：評估人體組織及器官所受的等效劑量。

如膠片佩章 (film badge)：或稱為劑量配章，只能用一次，可重複計讀。是一種法定劑量計。

2.體外污染偵測儀器：量測環境中的輻射劑量率。如：蓋革計數器。

體內劑量偵測：

1.直接偵測 (全身計測)：

偵測由體內貫穿至體外的輻射劑量

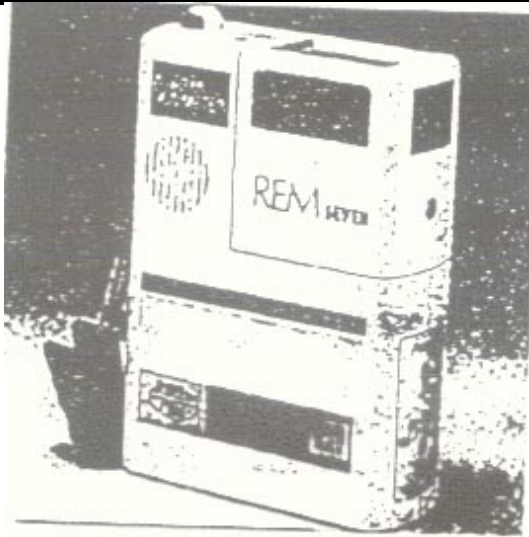
2.間接偵測 (生物鑑定)：採取糞便、尿、血液等檢體樣本，經過適當處理後加以偵測，據以推算全身污染的活度。此方法適於偵測發射任何輻射(α 、 β 、 γ 、 χ)的放射性核種。



全身計數器

人員劑量監測

個人劑量計

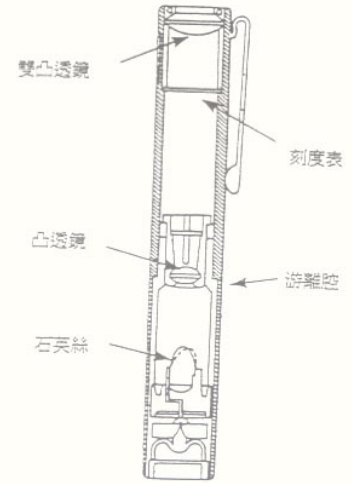


個人警報器

劑量筆

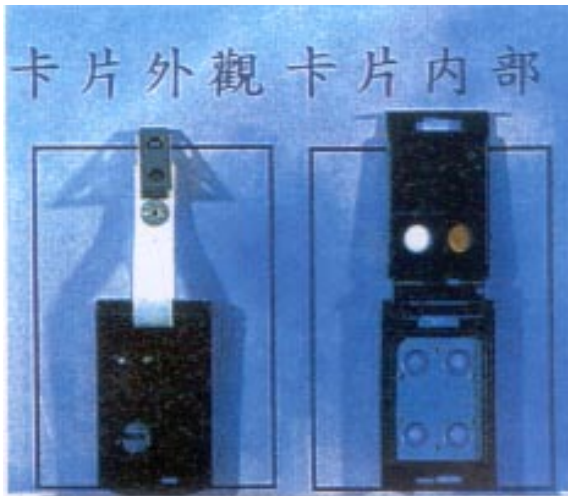


袖珍劑量筆



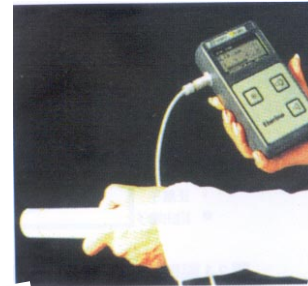
直讀式劑量筆

人員劑量徽章



人員輻射劑量徽章

手提輻射偵檢器



手提輻射偵檢器



手提污染偵檢器



核能研究所 SM-99 輻射偵測器

人員劑量計使用注意事項

1. 工作時，應將佩章戴在胸前衣著上，如果穿著鉛裙等防護裝備時，佩章應帶在防護裝備內側。
2. 佩章專屬，不得轉借或與他人交換使用。
3. 不可私自將佩章打開或故意暴露。工作完畢後，應將佩章放置於指定的佩章架上。
4. 佩章架應設置在不易受潮且在正常使用輻射源時不致受到輻射照射之場所。
5. 工作人員如果以病人身份接受輻射照射時，不應佩戴佩章。

5.6 游離輻射防護的原則

體外曝露的輻射防護原則

- 時間：縮短於輻射場中的逗留時間
- 衰減：注意射源原始強度與衰減時間
(瞭解你的射源)

$$C = C_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t}$$

- 距離：加馬射源強度隨
距離平方成反比
- 屏蔽：使用各種有效的
屏蔽材料

(阿爾法(α)、貝他(β)、伽瑪(γ))



輻射屏蔽之考量

- α 粒子之屏蔽考量

- α 粒子因其穿透力甚弱，人體皮膚之死層(Dead Layer)可有效阻止 α 粒子，因此 α 粒子在體外將不會構成傷害。故 α 粒子之屏蔽問題可以不考慮。但 α 粒子如進入體內，對身體構成很嚴重的傷害，故該特別小心防護 α 粒子進入體內。

- β 粒子之屏蔽考量

- β 粒子可穿過皮膚之死層，對人體之皮膚具有傷害力，但通常無法穿透深層體下組織。

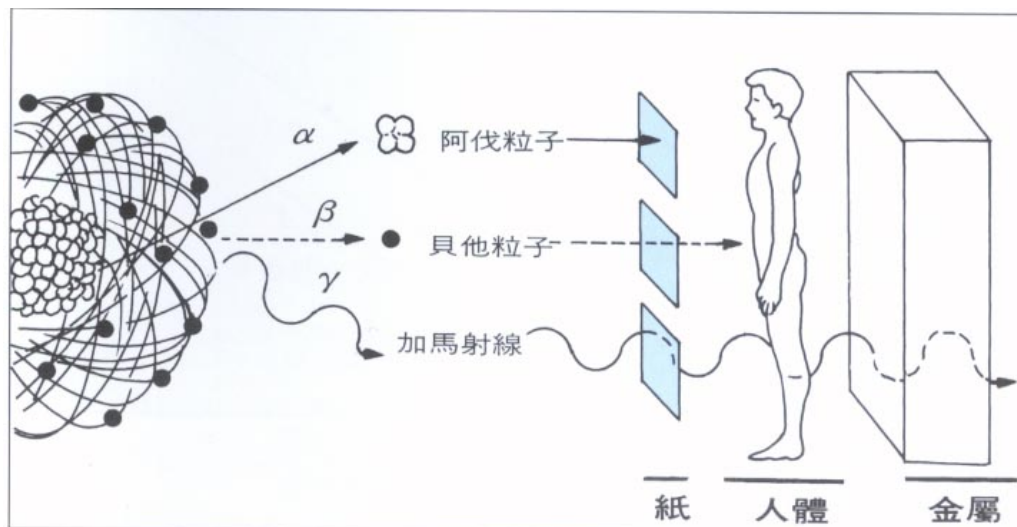
輻射屏蔽之考量(續)

- **中子**之屏蔽考量：

- 屏蔽中子的最好方法是使用含低原子序較多的物質(如水、塑膠)來減速中子，然後用強中子吸收體(如硼-10)來吸收中子。

- **γ 或 X 射線**之屏蔽考量

- γ 或 X 射線對物質之穿透力很強，必須使用密較高的物質為屏蔽(如**鐵或鉛**)，才能有效阻擋 γ 或 X 射線。



體內曝露的輻射防護原則

- ▶ 阻絕：阻絕放射性物質經由飲食、呼吸、皮膚吸收、傷口侵入進入人體內的途徑。因此，個人體內曝露的防護方法就是避免在污染地區逗留，避免食入、減少吸入、增加排泄。
- ▶ 稀釋：對受輻射污染的空氣或水以未受污染的空氣或水加以大量稀釋，使其達到可以排至大氣或水域中之排放規定。
- ▶ 分散：對受輻射污染的物質藉由空氣或水域加以分散。
- ▶ 除污：加強污染管制及除污的工作，利用各種除污方法對受輻射污染的人體或物體進行除污，使其所附著的放射性污染減少。



游離輻射的管理

- 游離輻射防護法(91.01.30公佈施行)

- 第七條

設施經營者應依其輻射作業之規模及性質，依主管機關之規定，設輻射防護管理組織或置輻射防護人員，實施輻射防護作業。

前項輻射防護作業，設施經營者應先擬訂輻射防護計畫，報請主管機關核准後實施。未經核准前，不得進行輻射作業。

• 學生能不能進行與游離輻射相關的各項操作？

- 第十四條

從事或參與輻射作業之人員，以年滿十八歲者為限。但基於教學或工作訓練需要，於符合特別限制情形下，得使十六歲以上未滿十八歲者參與輻射作業。

- 第三十一條

操作放射性物質或可發生游離輻射設備之人員，應受主管機關指定之訓練，並領有輻射安全證書或執照。但領有輻射相關執業執照經主管機關認可者或基於教學需要在合格人員指導下從事操作訓練者，不在此限。

輻射曝露劑量限度與 何人應佩戴人員劑量計

目的	組織器官	劑量限度(毫西弗/年)		
		輻射職業人員	有「可能」超過以下劑量，即應配戴人員劑量計	一般民眾
抑低機率效應至可接受水平	全身 (有效等效劑量)	50 (連續五年之年平均小於20)	6	1
防止確定效應發生	眼球水晶體	150	50	15
	個別組織或器官	500	150	50

輻射實驗室內的操作人員，如其可能的曝露劑量未達上表中的規定，可以工作環境監測代替個別人員偵測(例:以環境輻射監測器代替佩戴人員劑量計)

• 對於女性保護之特別之規定

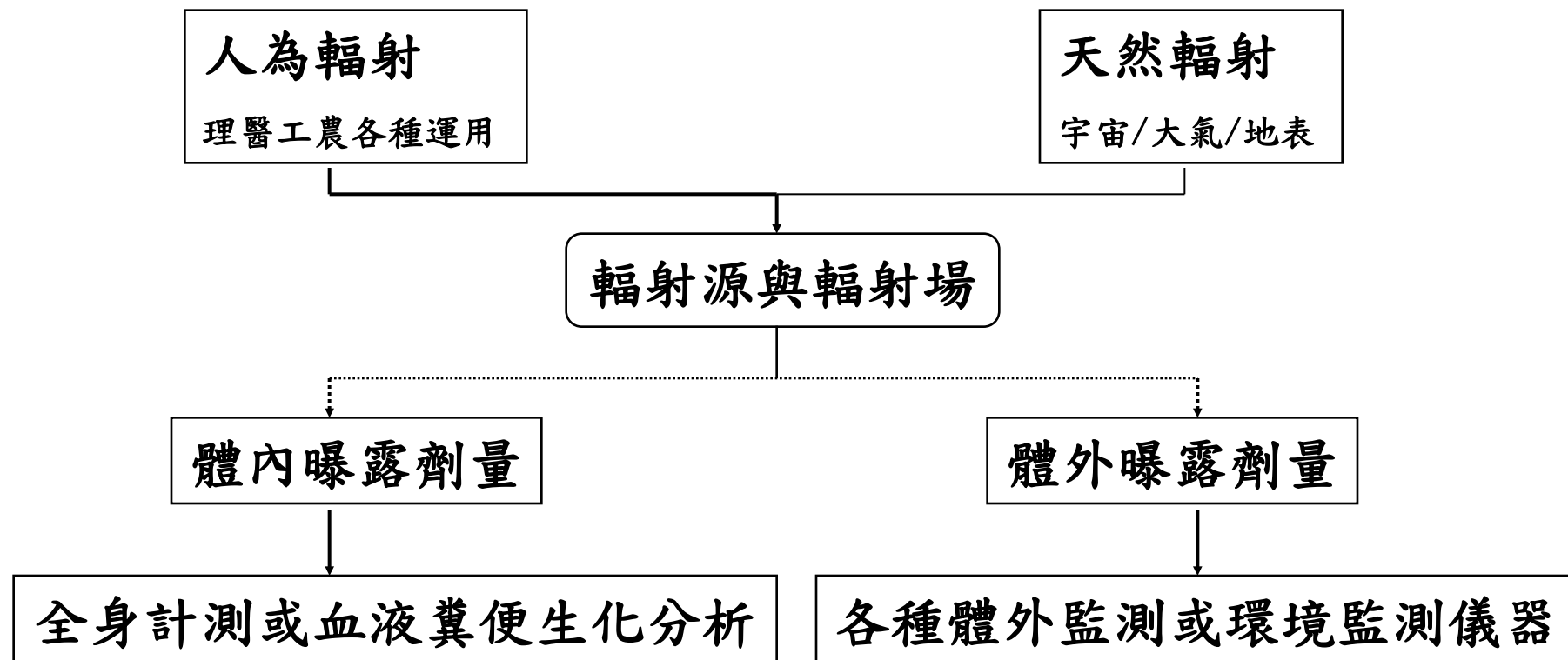
— 依據游離輻射防護安全標準第十一條：

- 「雇主於接獲女性輻射工作人員告知懷孕後，應即檢討其工作條件，使其胚胎或胎兒接受與一般人相同之輻射防護。

前項女性輻射工作人員，其賸餘妊娠期間下腹部表面之等價劑量，不得超過二毫西弗，且攝入體內放射性核種造成之約定有效劑量不得超過一毫西弗。」



結語-游離輻射



個人體外輻射曝露防護原則：時間 衰減 距離 屏蔽

個人體內輻射曝露防護原則：阻絕 稀釋 排除 除污

設施輻射防護原則：安全 管理 法規 應變

6.1 電磁波型游離輻射與非游離輻射的區別

- 游離輻射

- 非游離輻射

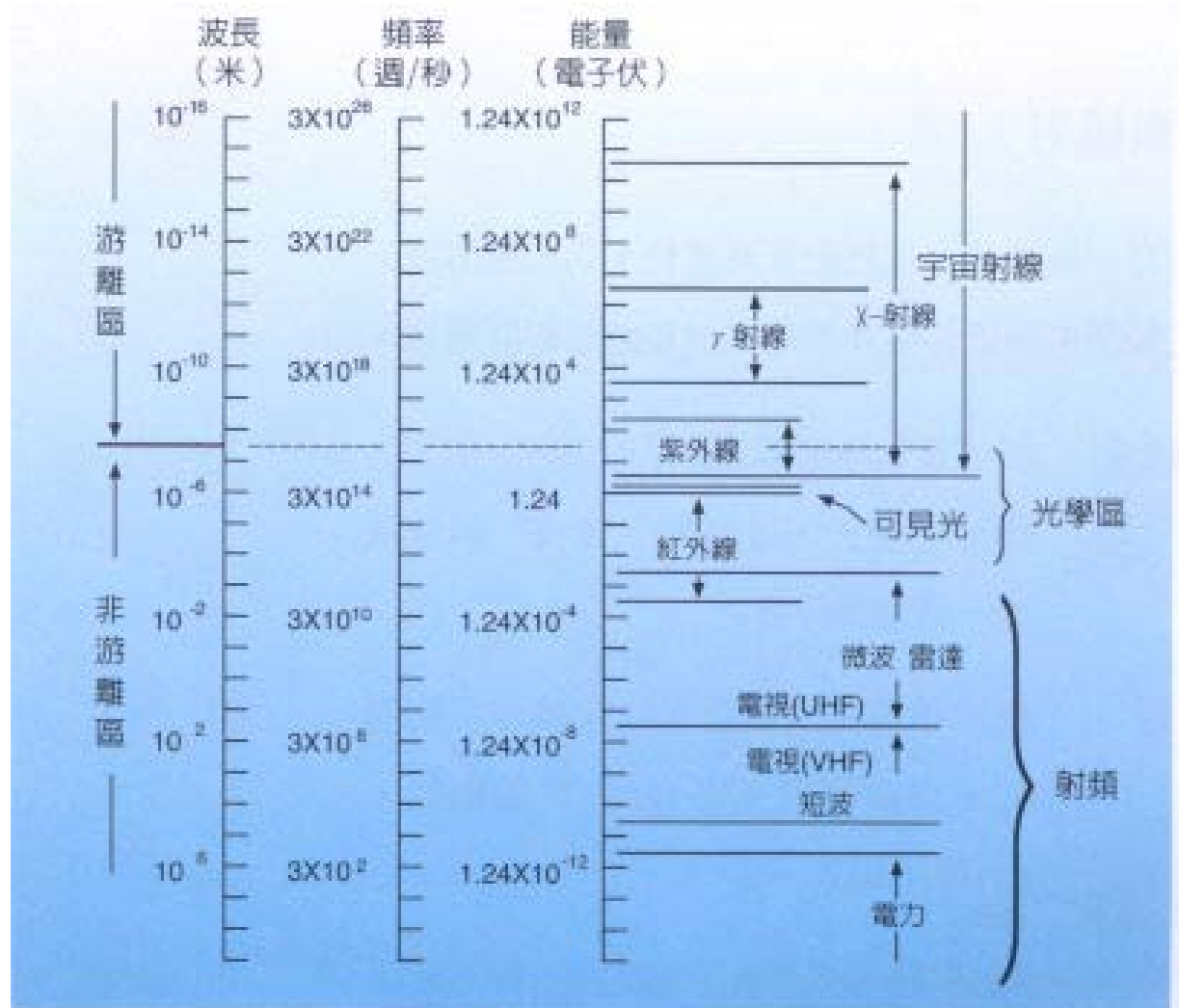


圖 1.2 電磁輻射的能譜圖

6.2 非游離輻射的分類與來源

種類	波長(頻率)	來源
部份紫外線	200—400 nm ($7.5 \times 10^5 - 1.5 \times 10^6$ GHz)	(1)自然環境-太陽光， (2)工業製程-白熱型燈具、電焊、電弧、以及紫外線殺菌燈、捕蚊燈等。
可見光	400—700 nm ($4 \times 10^5 - 7.5 \times 10^5$ GHz)	(1)自然環境-太陽光， (2)工業產品-雷射產品。
紅外線	700 nm—1 mm (300 GHz— 4×10^5 GHz)	(1)自然環境-太陽光， (2)職場環境-烘乾作業以及乾燥處理的作業。
微波	1 mm—1 m (300 MHz—300 GHz)	在日常生活環境中隨處可遇，大多是人為產生。廣泛應用於無線電廣播、雷達通訊、人造衛星通訊、醫療以及工業生產等用途
射頻輻射	1 m—100 km (3 kHz—300 MHz)	
極低頻電磁場	1,000—10,000 km (30—300 Hz)	室外主要來源為現代50/60 Hz電力系統，如變電所、高壓輸電線、配電線等。室內的主要來源是家電設備以及建築物本身的配電系統（如牆壁內的配電線）。
nm = 10^{-9} 公尺；mm = 10^{-3} 公尺；km = 10^3 公尺；kHz = 10^3 赫；MHz = 10^6 赫；GHz = 10^9 赫		

6.3 紫外線的健康效應

- 近紫外線(UVA):波長320—400 nm，對皮膚的穿透力最大，使皮膚曬黑，長期會造成皮膚老化，亦可能誘發皮膚癌；也會造成角膜炎、白內障等生理危害。
- 遠紫外線(UVB):波長在280—315 nm的紫外線雖然只到達皮膚的表皮，但會讓皮膚紅腫、脫皮、曬黑，造成曬傷；也會導致角膜炎、結膜炎、白內障等疾病(滑雪為何戴墨鏡?或焊接要戴護目鏡?)。
- 真空近紫外線(UVC):
波長小於200 nm



卡到陰？4員警驗屍險瞎 紫外線害的



TVBS - 2012年2月19日 上午11:53

字 +字

相關內容



卡到陰？4員警驗屍險瞎 紫外線害的



警察協助法醫解剖竟然「卡到陰」，真的嗎？這個月6日，宜蘭4名員警處理一起意外死亡案件，陪同法醫驗屍，沒想到回家後，4人陸續出現眼睛紅腫、皮膚脫皮的狀況，但法醫卻沒事，讓他們一度以為卡到陰，而原來是解剖室內「紫外線」殺菌燈，當時沒有關閉，4名員警沒防護措施，才造成眼睛及皮膚灼傷，所幸治療後沒有大礙。

怎麼會這樣，只是去殯儀館協助法醫驗屍，沒想到警員回家後，集體眼睛紅腫畏光，睜都睜不開，一度以為是卡到陰。記者：「第一天眼睛，第二天脫皮？」民族派出所警員徐健民：「對，脫皮，有灼熱感，整個臉部有灼熱感。」

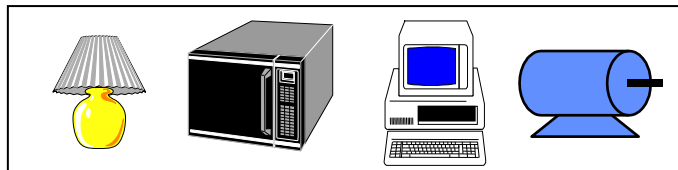
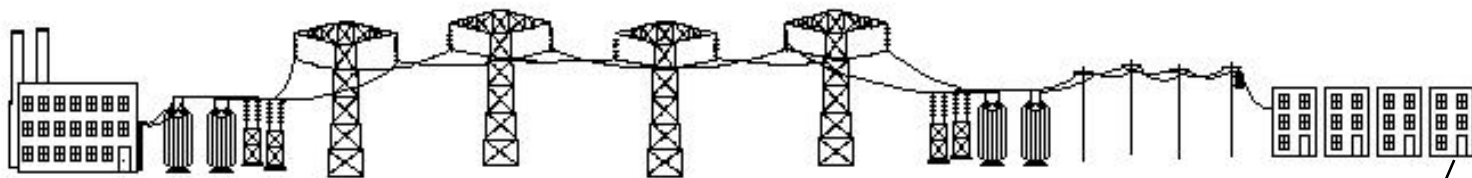
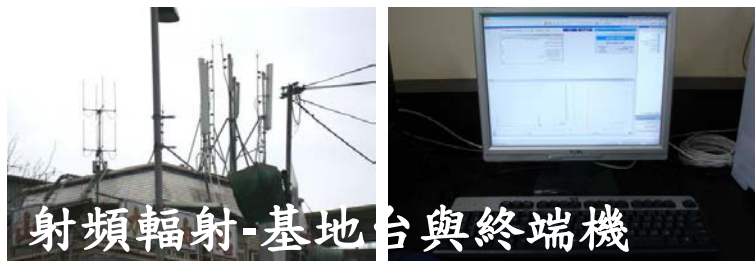
6.4 紅外線的健康效應

- 當人體接受到紅外線時，皮膚會產生熱的感覺。
- 與紫外線類似，紅外線對人體健康的影響多屬於**熱的生理危害**。
- 波長在5000 nm以上的紅外線可以完全由皮膚的表層所吸收，介於750—1500 nm的紅外線則會造成皮膚的燒傷以及眼球的傷害。



紅外線治療機¹⁰⁵

6.5 射頻輻射和極低頻電磁場



• 典型的電磁場強度

電場	單位 kV/m 千伏/公尺	閃電時地表約有 30kV/m~150kV/m		輸配電線下之60赫電場強度在3kV/m~5kV/m左右	
磁場	單位 mG 毫高斯	醫療用核磁共振儀約 $5 \times 10^6 \sim 25 \times 10^6$ mG	地磁強度約為 400~600 mG	60赫家用電器約 1~500mG	一般家庭，磁場背景值，約 0.7~2mG

微波與射頻輻射的健康效應

- 熱效應：
 - 指微波與射頻輻射強度大於 10 mW/cm^2 時可能引起人體的皮膚紅腫、白內障、以及男性不孕等熱生理反應。
 - 頻率在3000 MHz以上的微波輻射多為皮膚所吸收，而頻率在3000 MHz以下的微波輻射則可被皮膚下層的組織所吸收。
- 非熱效應：
 - 指此等非游離輻射對人體所造成癌症與生殖危害等非熱生理反應。

個人通訊射頻輻射之非熱效應

- 到目前為止，流行病學研究並未發現行動電話使用者之全死因死亡率與一般民眾有所差異。
- 雖然某些流行病學研究指出暴露於行動電話電磁波會增加罹患腦瘤的危險性，但這些結果目前尚缺乏一致性的發現，也缺乏合理的致病機轉解釋。

6.6 非常低頻率電磁場之非熱效應

- 非常低頻率電磁場（頻率20-30 kHz）（very low frequency electromagnetic fields, VLF-EMF）。
- 自1980年以來的流行病學研究結果傾向支持：職業操作終端機的電磁場暴露與異常的生殖與胎（嬰）兒生長間並無明顯的相關性。
- 長時間暴露於極低頻磁場可能與白血病（特別是15歲以下的小兒白血病）的發生有關，而與流產、先天畸形等異常懷孕結果，以及與異常神經行為改變（如，失眠、頭疼、自殺等）的相關性較低或不明顯。

6.7 可見光、紅外線、紫外線的量測



紫外線/可見光兩用式輻射量測計

紫外線輻射量測計

6.8 避免過度暴露於電磁場 (非游離輻射)的策略

- 電磁遮蔽
 - 採用低電阻的導電材料
 - 導體材料對電磁場具有反射與導引作用
 - 金屬材料的電磁屏蔽效果為電磁場的反射損耗、電磁場的吸收損耗與電磁場在遮蔽材料中的損耗三者之總和
 - 銅、鎳具有優異的導電性，其電磁場干擾遮蔽效果極佳
- 距離
 - 吹風機
 - 距吹風機10公分處測得高達100毫高斯之極低頻磁場
 - 距吹風機50公分處降至1毫高斯
- 時間
 - 若無法使用距離防護原則，建議避免長時間使用電器設備
- 電器使用方式
 - 電器開關機的瞬間，所產生的電磁場的強度高於其他時刻，建議開關機時避免電器貼近人體

避免暴露於紫外線、紅外線 (非游離輻射)的策略

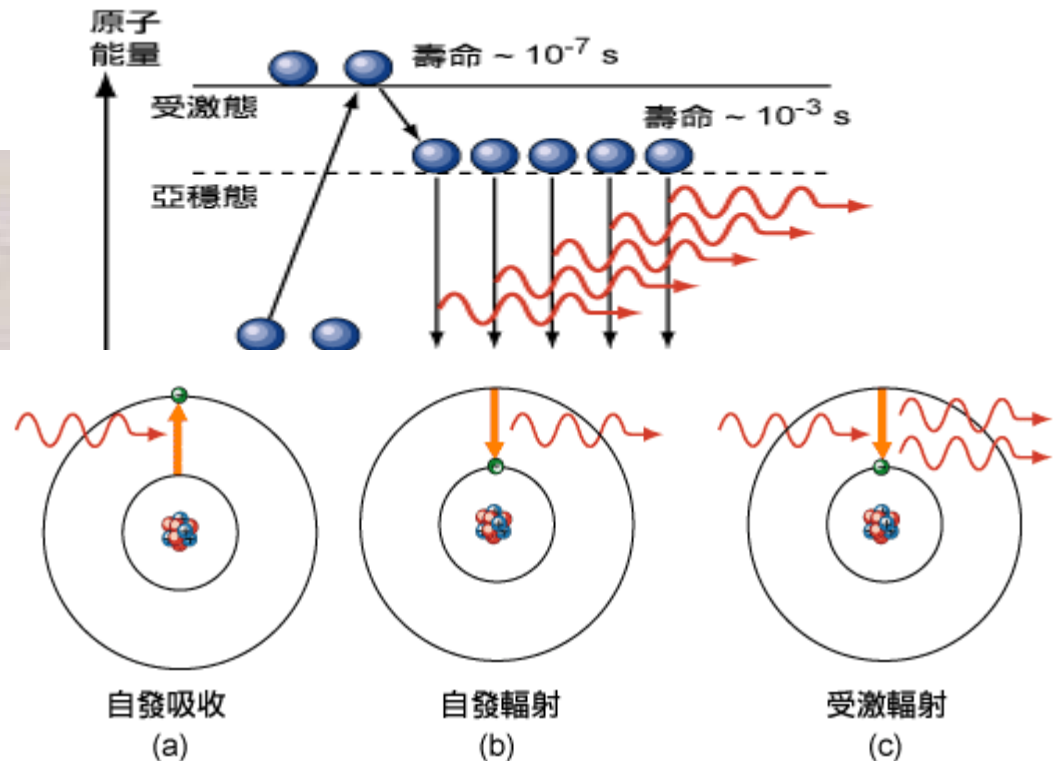
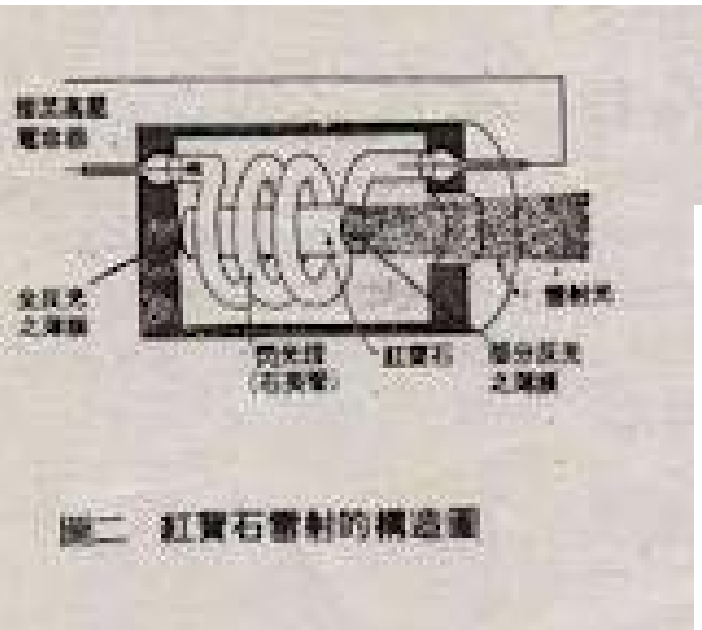
- 工程控制
 - 注意產生紫、紅外線的設備(例:紫外線滅菌箱)的外殼是否有破損，開口門是否能確實密閉
- 行為預防
 - 活動屏蔽位置是否正確(例:生物安全氣櫃內使用紫外線燈殺菌時，應完全拉下玻璃拉門)
 - 是否誤觸開關(例:於紫外線燈照射範圍內進行實驗時，應先確認開關處於關閉狀態)
- 佩戴個人防護具(重點加強保護)
 - 實驗中有可能接觸紫、紅外線時，應佩戴適當眼部防護具以降低風險

結語-非游離輻射

- 環境中的紫外線、可見光、紅外線、以及射頻輻射所產生之熱效應，對眼球、皮膚、或生殖腺等對熱較為敏感的器官是廣為科學界所認知的熱效應。
- 強度較低之射頻輻射，以及極低頻電磁場等非游離輻射部份並不會產生熱效應；但是否會產生「非熱效應」則有待科學界進一步的探討。
- 在防護方面，可以採取減少暴露時間、建構屏蔽物、以及增加與發生源距離等方式避免過度的暴露。
- 在科學研究尚未提供明確證據的一些潛在危害時，應以謹慎避免與事前防範的態度去面對，但不需過度恐慌。

雷射 (Laser)

- 雷射的英文名稱 LASER 是由下列 5 個字的開頭字母所組成: Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation, 意思為經由(原子)激發的所產生的強烈光線放射。

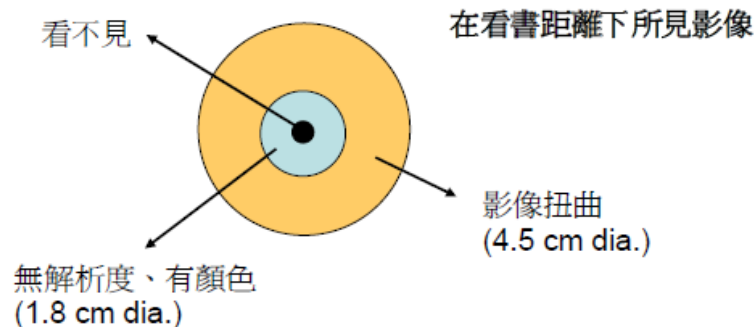


雷射主要危害：眼睛傷害

- 最多的雷射是落在對視網膜造成傷害的波段，聚焦將使傷害加大。
- 脈衝雷射因其峯值強度比相同平均功率的連續光雷射高千萬倍以上，極度危險，1 μJ 能量打入瞳孔即可造成傷害。
- 眼睛看不見的波段（如近紅外光）的雷射因不易察覺更是危險。

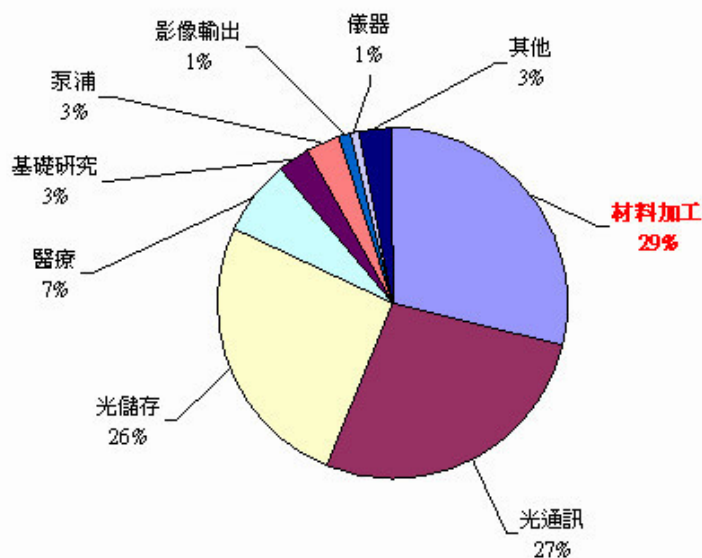
案例

- 案例一(2005/11/30)博士生進行Raman cell 實驗時，不慎被由稜鏡折射的雷射光擊中右眼部，使得黃斑部受到嚴重傷害，因為護目鏡將訊號光減弱太多，無法看見訊號光，所以摘下護目鏡。
- 案例二(2008/2/27)某博士後人員在調節OPO雷射時，被雷射打傷眼部。
- 案例三(2009/11/27)某博士後人員在使用770 nm dye laser 時，發現反射鏡鬆動，需加以固定。在調整反射鏡時，由於鏡片轉動，光線掃到左眼，當時感覺一片漆黑。左眼目前仍在觀察就醫，黃斑部灼燒一個洞，預期不會恢復。已通知勞保職業傷害給付。目前正常上下班及持續觀察。



雷射產品的輻射危害

- (1) 雷射光束直接或間接(反射、折射、繞射)發射所引起的危害;
- (2) 離子輻射所引起的危害;
- (3) 附屬設備如閃光燈、放電真空管、高週波源、射頻源等產生的附屬輻射(紫外線、微波)所引起的危害;
- (4) 雷射標靶(加工件)因光學效應所產生的次輻射發射所引起的危害(此次輻射的波長與原雷射的輻射波長可能不同)。



雷射產品與材料和物質的危害

雷射使用物料(雷射氣體, 雷射染料, 溶劑)或與機械所使用的材料(介質氣體或觸媒)或因機械加工所產生的物質(如煙煙、粉塵、雜質、蒸氣等)等交互作用所引起的危害。

- 如陶瓷加工時可能產生氧化鋁、鎂離子、鈣離子、矽氧化物等皆為毒性物質。
- 金屬加工時, 可能產生鉻離子、錳、鈷(毒性), 鋅、銅(過敏性), 鈹(肺纖維症), 氧化鎳(致癌性)。
- 塑膠加工時, 可能產生苯族、脂族碳水化合物、芳香族碳水化合物、多鹵化物多核性碳水化合物、氰化物、氟化氫等物質(毒性、過敏性、致癌性)等。

雷射危險等級(CNS 11640)

- 第一級:輸出功率低於 $0.39 \mu\text{W}$ 的雷射,在正常操作下不會對眼睛、皮膚造成傷害。
- 第二級:輸出功率高於第一級,而低於 1 mW ,連續波可見光雷射光束。違背自然厭光反應(aversion response)時,才會造成眼部傷害。以上這兩級雷射皆屬於低危險雷射。
- 第三級:輸出功率高於 1 mW 的瞄準光束(aiming beam)或對光雷射(alignment laser),依其危險程度再分為3a和3b兩級。3a級:輸出功率介於 $1\sim 5 \text{ mW}$ 的連續波雷射,眼睛受直接照射,會造成傷害。3b級:輸出功率介於 $5\sim 500 \text{ mW}$ 之間的連續波雷射,雷射的光束直接照射眼睛與皮膚,立即造成傷害。
- 第四級:輸出功率高於 500 mW 的連續波雷射,會造成眼睛傷害及皮膚灼傷,有火災的風險,擴散反射也有危險。

雷射架設應注意

- 高度：腰致胸部之間
- 路徑
- 漏光
- 真空系統-從上方開啟腔門而非從側面
- 以散射之白卡片、UV card、IR card來看雷射光
- 以盡量低的雷射光能量來架設光路
- 撿拾掉落物品應背對雷射
- 保持反射面垂直桌面
- 永遠不能把眼睛放在光路高度觀察,也不能拿眼睛來直接看光的出口。

個人防護注意事項

- 配戴護目鏡

1 光密度值(OD; Optical Density):

$$OD = \log_{10}(E_0/MPE)$$

E_0 : 雷射光原始輻照度

MPE: 人眼允許曝光值

2 護目鏡要能遮住側面來的光。

3 直接拿強雷射光對眼睛打, 有護目鏡也不足以保護。

- 實驗前移除身上配戴的可反光物品

有50%雷射眼睛傷害的案例
是被他人實驗造成的！

所以所有人都要從三方面思考：

防範對自己的傷害、
防範對他人的傷害、
及防範被別人傷害。

致 謝

真理大學工業管理與經營資訊學系 張淑如老師

經濟部工業局 于台珊技正

核能研究所 張欽然老師

輔仁大學公共衛生學系 唐進勝老師

勞工安全衛生研究所 何俊傑研究員

台灣大學環境衛生研究所 謝淑婷小姐

協助本教材之製作