

本所輻射作業場所偵檢儀器校正與 空氣濾器檢測簡介



保健物理組

朱健豪 邱敏綺 王思文



行政院原子能委員會
核能研究所
Institute of Nuclear Energy Research
Atomic Energy Council, Executive Yuan

內容大綱

- 一、游離輻射簡介
- 二、輻射偵測原理與偵檢器
- 三、輻射偵檢儀器校正
- 四、空氣過濾器
- 五、空氣濾器檢測原理及現狀
- 六、結語

一、游離輻射簡介

項目	非游離輻射 	游離輻射 
能量	能量低，物質不會發生游離現象	能量高，與物質作用產生正、負電荷的游離現象
種類	電磁波、短波、長波、 無線電波、雷達、微波、 紅外線、可見光、紫外線等	α 粒子、 β 粒子、 γ 射線、X射線、中子等
來源	手機、微波爐、 高壓電塔、基地台	X光機 放射性物質(如：鈷-60、碘-131)
主管機關	行政院環保署(高壓電塔、變電所)、 國家通訊傳播委員會(基地台管理)、 經濟部標準檢驗局(商品檢測)	行政院原子能委員會

常見游離輻射

電磁輻射

γ 射線：原子「核內」所產生的電磁波，不易和物質起作用，也就是不易將能量傳給物質，所以穿透力很強須有適當厚度的混凝土或鉛板方能阻擋。

X射線：原子「核外」所產生的電磁波，類似 γ 射線，兩者的差別是在於『來源』，而不是『能量』的差別。

粒子輻射

荷電粒子

α 粒子：因為帶2個正電，非常容易和物質產生游離作用，而快速地將其本身的能量傳給物質，因此 α 粒子的穿透力很弱，僅需一張紙即可阻擋。

β^- (β^+) 粒子：帶負(正)電粒子，穿透力則介於前述二者之間，能穿過紙張而不能穿過厚鉛板。

非荷電粒子

中子：中性不帶電而質量與質子相近之基本粒子，高穿透性，需要含高氫成份材料如水、油、石臘當作屏蔽。

電磁輻射



非游離輻射

游離輻射

無線電

微波

紅外線

可見光

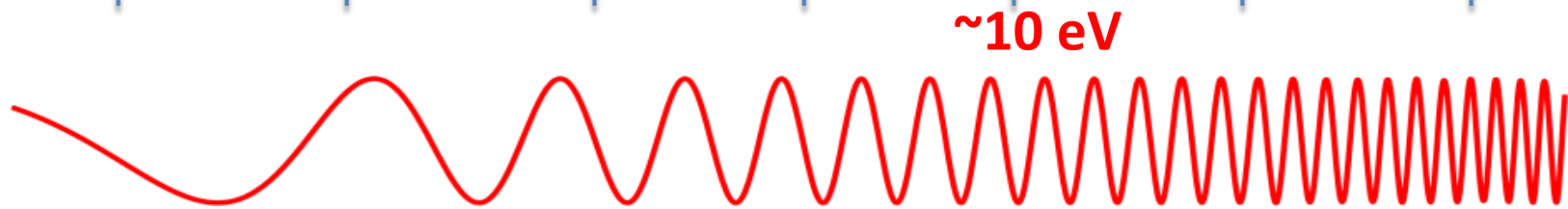
紫外線

x光射線

加馬射線

宇宙射線

低能量
低頻率
長波長



高能量
高頻率
短波長

電子伏特(eV)：就是一個電子，經電位差為1伏特的電場加速所獲得的能量。

➤ $1 \text{ eV} = 1.6 \times 10^{-19} \text{ 焦爾}$

➤ $1 \text{ 焦耳} = 0.24 \text{ 卡} = \text{使} 1 \text{ 公斤水上升} 0.00024^\circ\text{C}$

➤ $1 \text{ eV} = 3.84 \times 10^{-20} \text{ 卡} = \text{使} 1 \text{ 公斤水上升} 3.84 \times 10^{-23} ^\circ\text{C} \text{ 的能量}$

活度及半衰期

➤ **活度**：指一定量之放射性核種在某一時間內發生之自發衰變數目，其單位為貝克，每秒自發衰變一次為一貝克。

➤ 1 貝克(Bq) = 1/秒

➤ 1 居里(Ci) = 3.7×10^{10} /秒

➤ **半衰期**：放射性核種數量經由衰變減少至一半所需的時間。

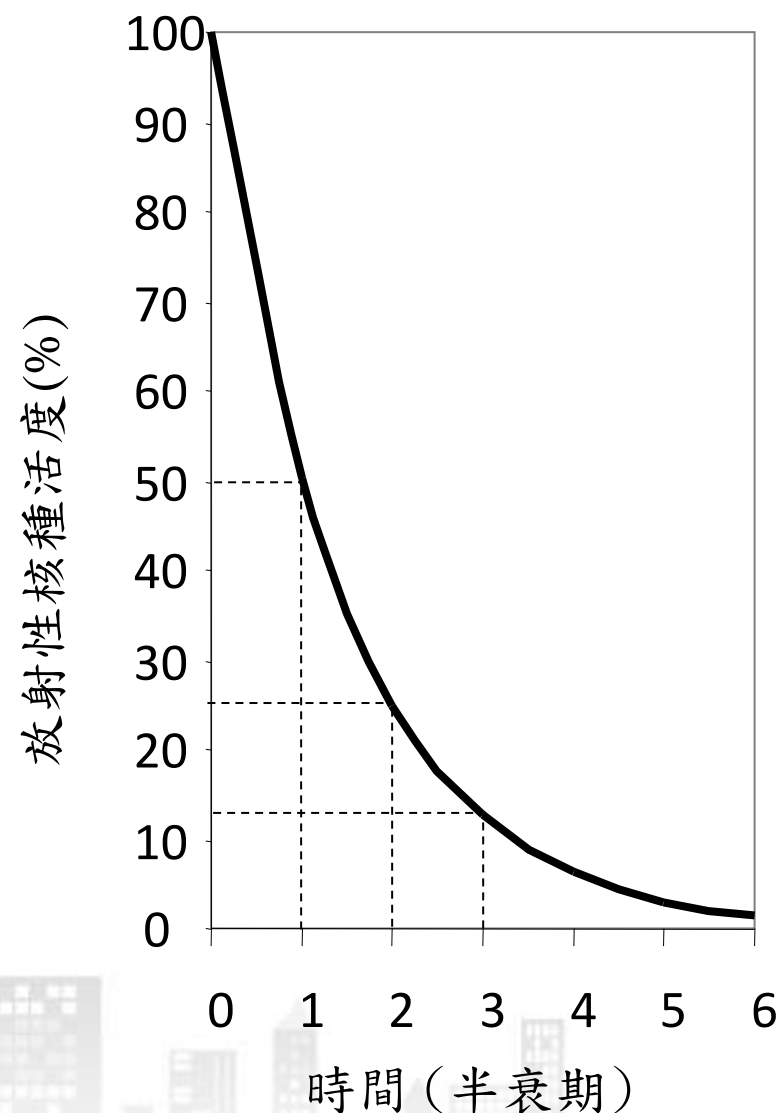
➤ 碘-131 (8.05天) → 氙

➤ 鈷-60 (5.26年) → 鎳

➤ 銻-90 (28.1年) → 鉍 → 鉛

➤ 銫-137 (30.05年) → 鋇

➤ 鈾-238 (4.15×10^9 年) → 13個核種 → 鉛





進入管制區入口該做甚麼事？



人員劑量計

管制區入口

進入管制區後會看到甚麼樣的輻射偵檢儀器呢？



區域監測器

輻射防護人員在進行輻射檢測與污染檢測時，會採用甚麼儀器？



污染偵檢器



輻射偵檢器

管制區出口



門框偵檢器



全身偵檢器



手足偵檢器

為防止進入輻射管制區接受到輻射污染，應改採取甚麼管制作為呢？

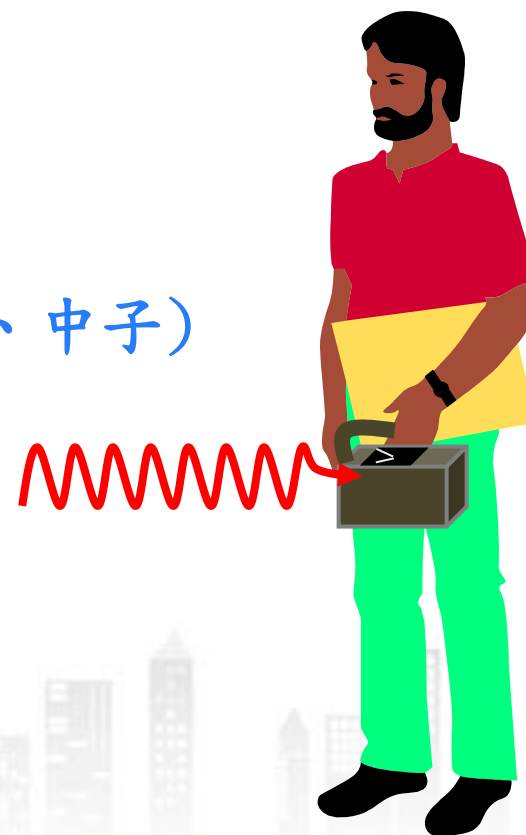


二、輻射偵測原理與偵檢器

如何偵測輻射？

人類無法用感覺(觸摸、嗅覺、味覺、視覺、聽覺) 偵測到輻射

- 必需使用儀器偵測輻射
- 偵測不同輻射應選擇適當的儀器
- 記住最常見的輻射種類(阿伐、貝他、加馬、中子)



輻射偵測要量什麼

1. 輻射(劑量)偵測

- 吸收劑量(D)：每公斤物質吸收1焦耳的輻射能量
* 單位：戈雷(Gy)
- 等效劑量(H)：用於評估個人劑量與環境劑量
* 單位：西弗(Sv)

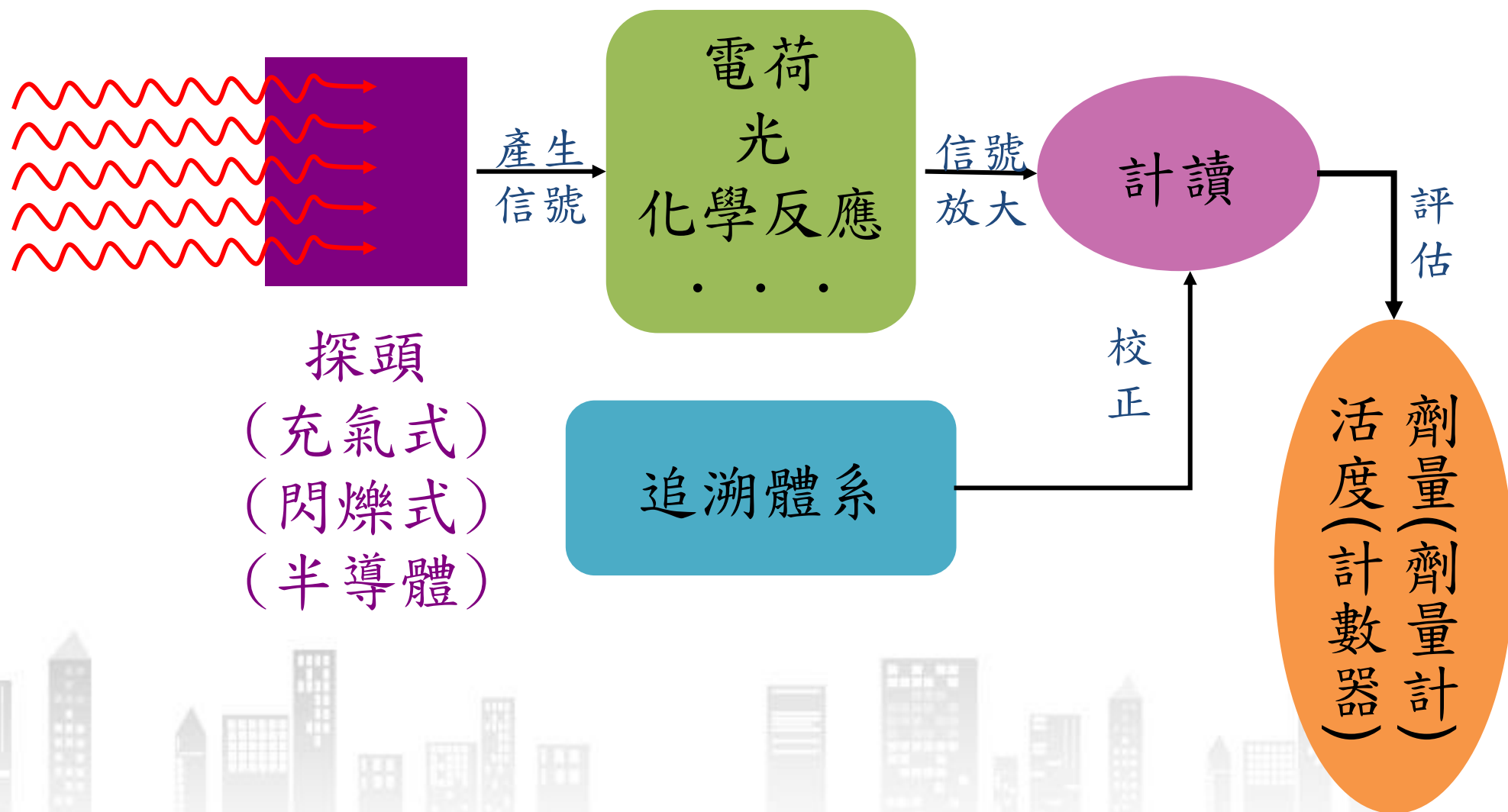
2. 放射性污染(活度)偵測

- 放射性活度(A)：放射性物質之蛻變率
* 單位：貝克(Bq)
- 污染監測器的單位為計數率(cps)

3. 放射性核種鑑別

- 能譜分析
* 單位：能量(keV)

輻射偵測原理



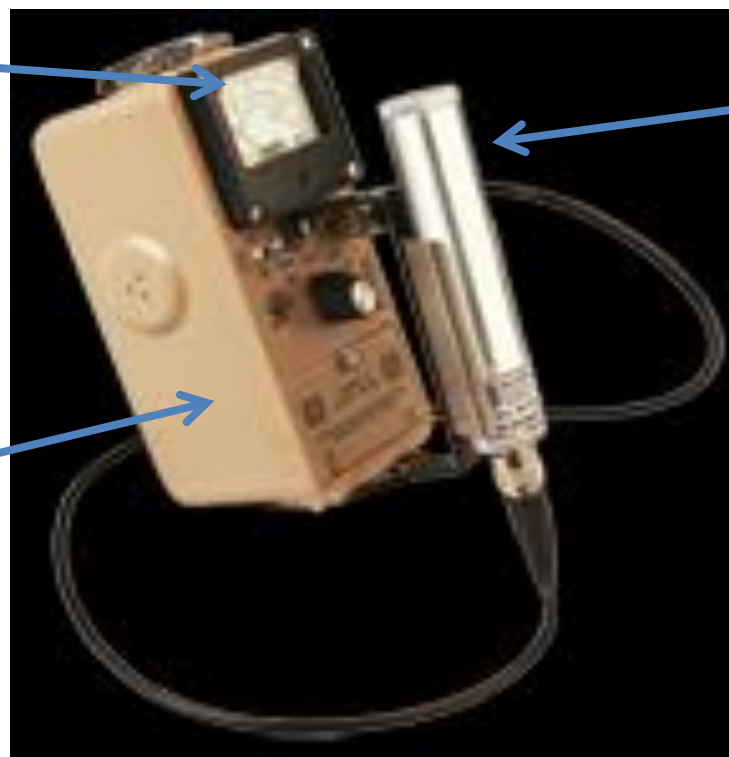
輻射偵測原理與偵檢器

基本結構：偵測探頭、電子電路、顯示裝置

顯示裝置：
顯示偵測結果

偵測探頭：
與輻射發生游離或激發作用

電子電路：
收集與分析探頭訊號



充氣式偵檢器：空氣或惰性氣體(氦、氬)



蓋革型(電壓脈衝)

游離腔(平均電流)

比例計數器(電壓脈衝)

作用原理	輸出訊號	顯示單位	適用場合
游離	脈衝 電流	劑量率($\mu\text{Sv/h}$) 計數率(cps) 活度(Bq)	1. 環境輻射劑量監測 2. 輻射作業場所劑量或污染的偵測 3. 醫用劑量量測

固態偵檢器：閃爍體



有機：塑膠

無機：碘化鈉NaI(Tl)

碘化銫CsI(Tl)

硫化鋅ZnS(Ag)

作用原理	輸出訊號	顯示單位	適用場合
激發	脈衝放大	劑量率($\mu\text{Sv/h}$) 計數率(cps) 活度(Bq)	1. 環境輻射劑量監測 2. 輻射作業場所劑量或污染的偵測

註：偵測效率較充氣式偵檢器高

固態偵檢器：半導體

能譜定性(核種)定量(活度)
純鍺偵檢器(γ)



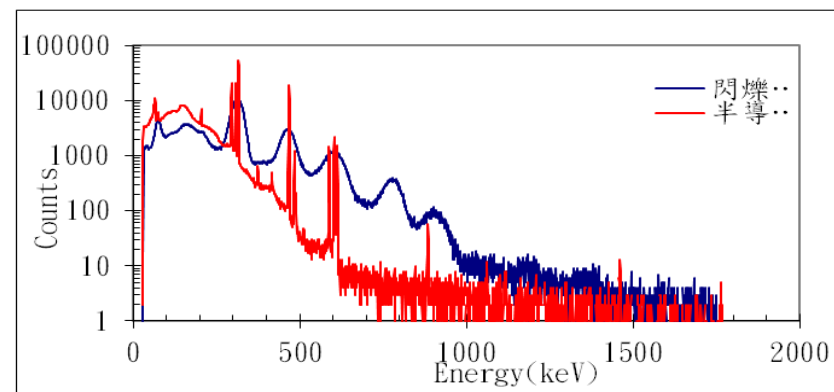
電冷式



電冷式



液態氮



作用原理	輸出訊號	顯示單位	適用場合
電子(-) 電洞(+)	脈衝	核種: 總活度(Bq) 比活度(Bq/kg)	土壤, 水, 食品等樣品分析放射性核種活度

人員劑量計

單月 雙月



光子/貝他佩章

單月 雙月



指環劑量計



被動式：熱發光劑量計
TLD: $^6\text{LiF}(\text{n},\gamma)$ 、 $^7\text{LiF}(\beta,\gamma)$

主動式：電子式劑量計

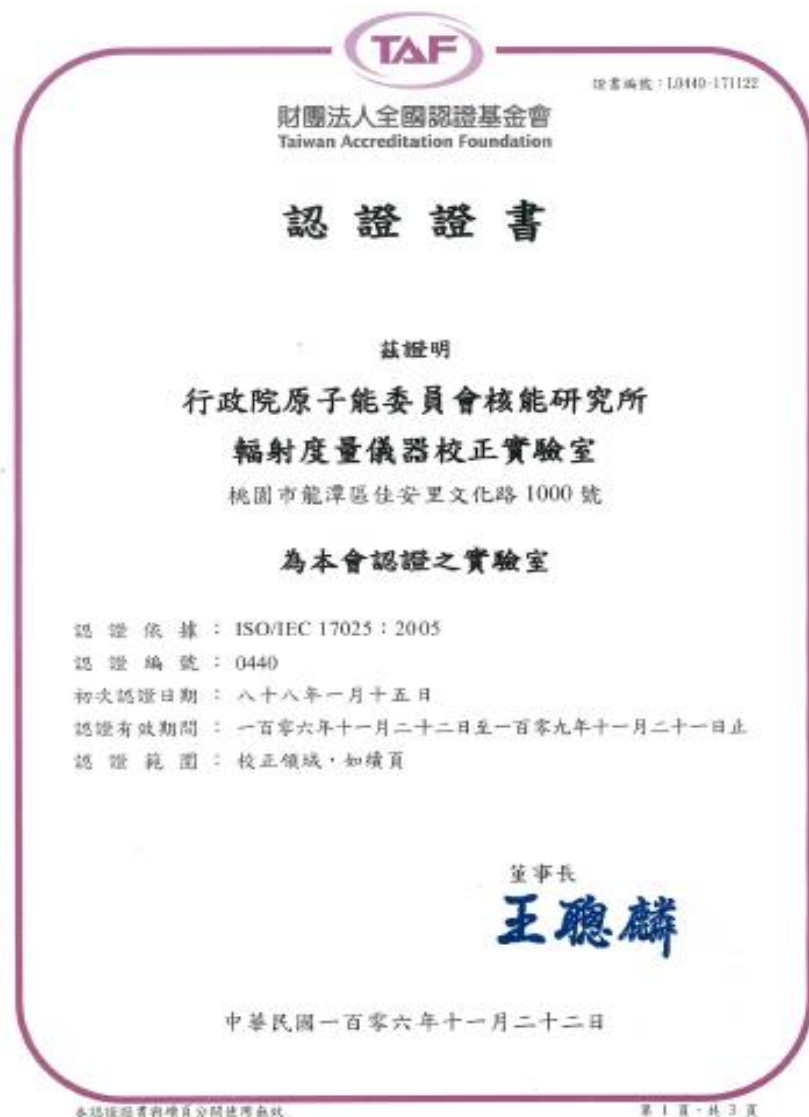
作用原理	輸出訊號	顯示單位	適用場合
激發	脈衝	累積劑量(mSv) (深、淺部)	1. 個人(工作期間接受劑量) 2. 環境(每月接受劑量)

三、輻射偵檢儀器校正簡介

手提式輻射偵測器規格需求

主要特性	測試條件	要求(ANSI N42.17A)
穩定性	$> 10 \mu\text{Sv/h}$	10 % (相對標準差)
準確度	$1 \mu\text{Sv/h} \sim 10 \text{ Sv/h}$	$\pm 15 \%$ (與參考值差異)
能量依持性	80 keV \sim 1.25 MeV	0.8 \sim 1.2 (器示值/參考值)
角度依持性	$0^\circ \sim 45^\circ$ $45^\circ \sim 90^\circ$	$< 20 \%$ (與參考值差異) $< 50 \%$ (與參考值差異)

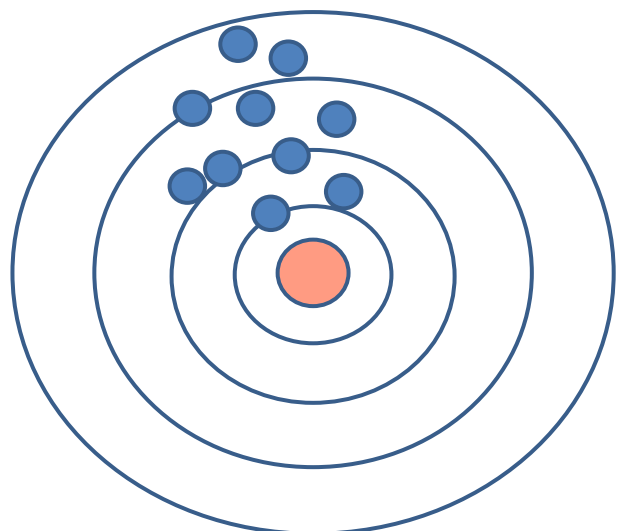
輻射度量儀器校正實驗室服務內容



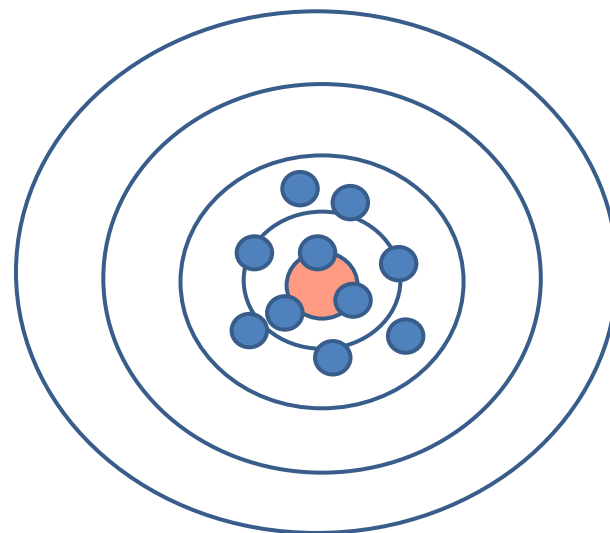
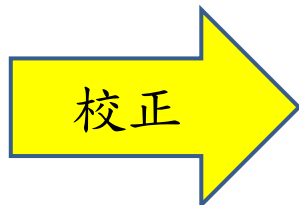
- 輻射偵檢器
- 區域偵檢器
- 人員劑量計
- 污染偵檢器
- 活度計
- 門框偵檢器
- 手足偵檢器
- 全身偵檢器
- 空浮監測器

量測輻射劑量

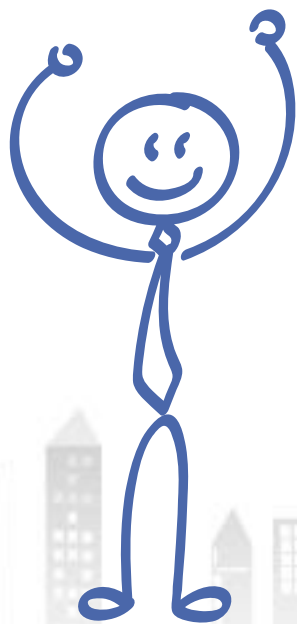
量測污染活度



未經校正的儀器量測結果



經校正後的儀器量測結果



送校時機?

1. 新買儀器
2. 發現儀器數值異常
3. 儀器送修過後
4. 定期送校

送校注意事項

1. 確保儀器外觀良好無污染
2. 確認電力充足可正常開關機及使用
3. 填單時確實填寫所有的項目

核研所規定

核能研究所共通性輻射防護作業程序

輻射偵檢器使用方式

- 由儀器的最小刻度開始偵檢(保護人的角度)
- 監測器置偵檢人員的腰部前方約地面1米處
- 原地旋轉360度，以確認輻射源的來源方向，或面向射源左右旋轉180度。
- 劑量率變動大時，取平均值



Survey meter photo From Wikipedia, the free encyclopedia

污染偵檢器使用方式

- 確認儀器開啟，設定在較小刻度並且有響聲及視覺反應
- 確認背景計數率
- 保持探頭距離污染表面1公分，避免污染偵檢器
- 緩慢移動探頭，每秒2至5公分
- 確認污染範圍及污染程度



四、空氣過濾器

為何需要空氣濾器檢測？

- 法源
 - **游離輻射防護法**
 - **第九條**：輻射工作場所排放含放射性物質之廢氣或廢水者，設施經營者應實施輻射安全評估，並報請主管機關核准後，始得為之。
 - **第十一條**：主管機關得隨時派員檢查輻射作業及其場所；不合規定者，應令其限期改善；未於期限內改善者，得令其停止全部或一部之作業；情節重大者，並得逕予廢止其許可證。
- 為確保本所各輻射作業場所空氣過濾器不因使用過度或缺少檢測機制而失效或不堪使用。
 - 依據**ASME-AG-1**及**ASME N511-2007**相關規定，訂定「核能研究所輻射作業場所空氣過濾器檢測共通性作業程序書」提供工作同仁參考。

圖片來源：<https://www.aec.gov.tw/>
<https://www.asme.org/>



空氣過濾器

- 市面上常見的空氣過濾器類型可大致分為：
1. 物理型 2. 靜電型 3. 化學型。空氣過濾器濾網的吸附原理包括(1)篩選機制(2)慣性機制(3)攔截機制
- 物理型濾器**就是一般最常見的過濾網，此技術應用**交錯細密的各式纖維介質**形成阻絕空氣中粒狀污染物的屏障。

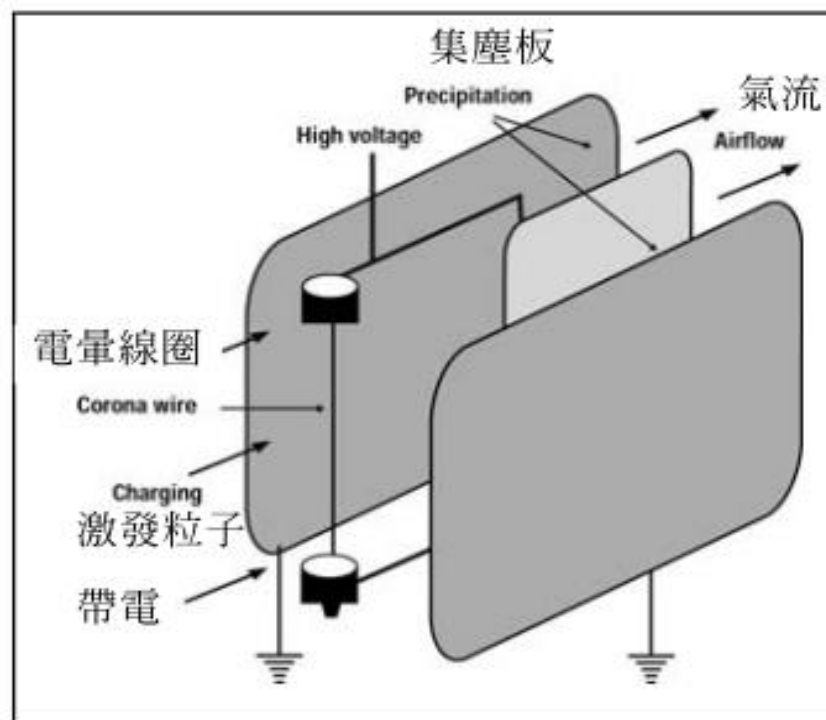


空氣過濾器

靜電集塵式濾器

- 利用線圈讓空氣微粒帶電，再利用集塵板間的**電場**吸附帶電粒子，達到去除空氣微粒的效果。

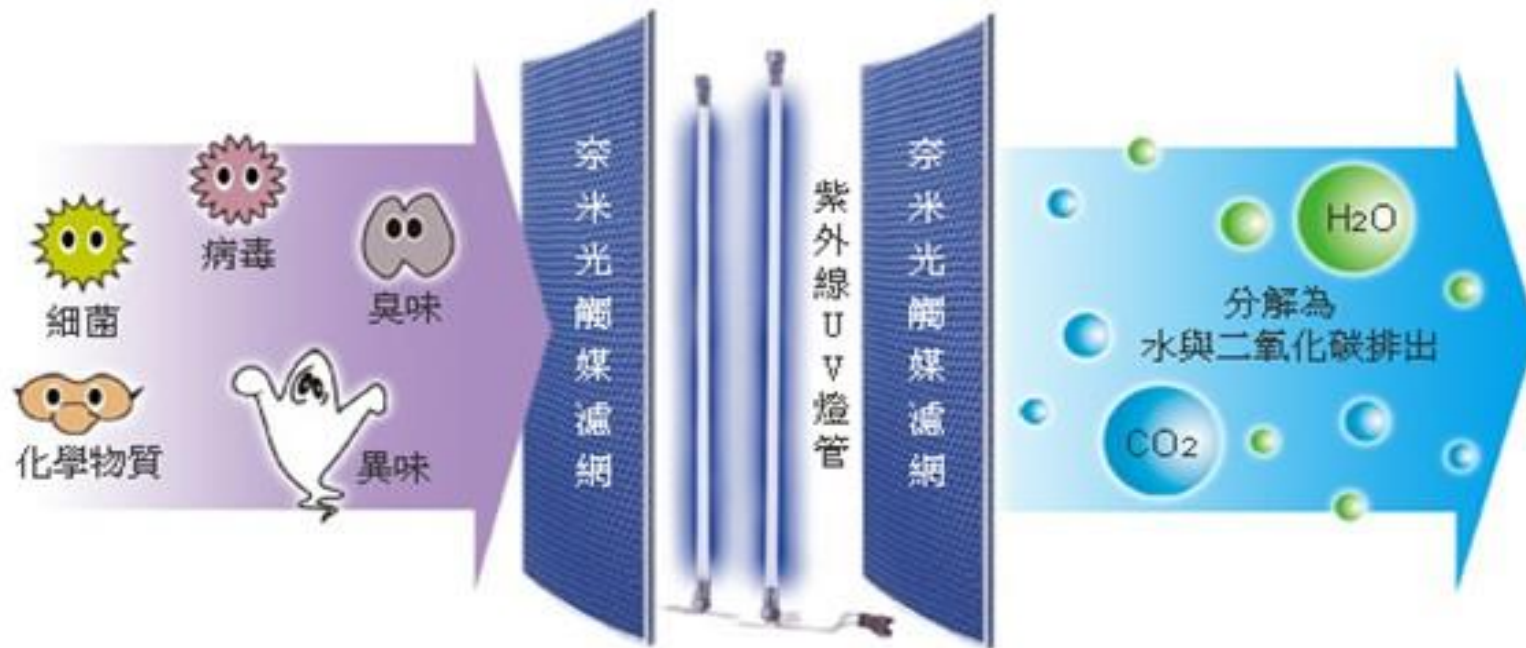
靜電集塵技術之原理



空氣過濾器

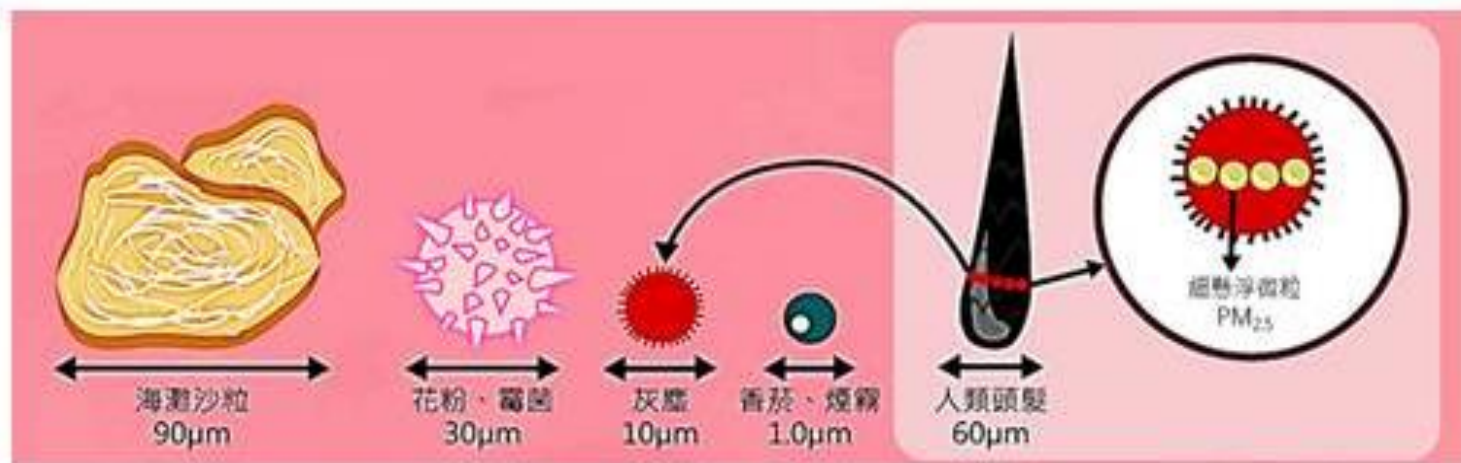
化學型過濾器

- 可以光觸媒式為例子，經由UV光激發後產生之**高氧化物質**，分解微生物成基本化合物如 CO_2 、 H_2O ，以達到去除之效果。



空氣濾器的效能

- 空氣中存在許多污染物，其中漂浮在空氣中類似灰塵的粒狀物稱為懸浮微粒(particulate matter, PM)。
- 懸浮微粒大小以**粒子直徑**表示，例如PM10就是直徑小於或等於10微米(μm)的懸浮微粒，而PM2.5又稱細懸浮微粒，直徑小於或等於2.5微米的懸浮微粒。
- 空氣過濾器的效能由**粒子大小**和**過濾效率**決定



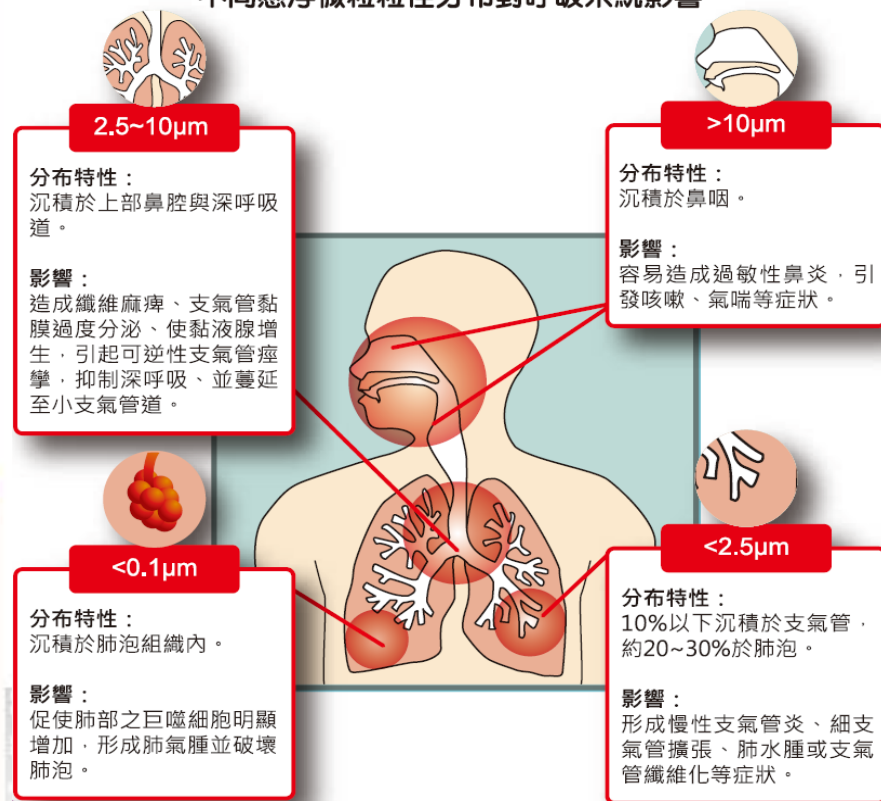
什麼是PM 2.5



PM 2.5影響人體健康

- 近年來，許多流行病學研究已確立PM2.5對於健康造成影響，包括：支氣管炎、氣喘、心血管疾病、肺癌等，無論長期或短期暴露在PM2.5環境之下，皆會提高呼吸道疾病及死亡之風險

不同懸浮微粒粒徑分布對呼吸系統影響



PM_{2.5}所造成的短期與長期效應(詹長權,2014)

短期效應	長期效應
增加呼吸道症狀 如：喘鳴、咳嗽、刺激及發炎反應	增加下呼吸道症狀
心血管系統不利效應 如：非致死心臟病、心律不整等	降低肺功能
綜合呼吸道症狀，如：氣喘	增加慢性支氣管炎
增加藥物使用	增加慢性阻塞性肺病
增加醫院門診次數	降低平均壽命
增加致死率	增加肺癌致病風險

空氣品質指標(AQI)

- 環保署為解決空氣品質雙指標及雙顏色之困擾，將實施多年的空氣品質指標(PSI)及PM_{2.5}空氣品質指標(DAQI)整合為「空氣品質指標(AQI)」，並自105年12月1日起實施。

PSI
指標

將PM₁₀、SO₂、CO、O₃、NO₂等五種污染物對人體健康影響程度作為指標計算基準，並區分為**四個等級**。

PM_{2.5}
指標

103年10月1日起實施，將PM_{2.5}對人體健康影響程度區分為**十個等級**。

AQI
指標

- 新增污染物項目:O₃ 8小時
- 新增敏感族群不良等級:指標數值150級距
 - ✓ AQI值101~150為**對敏感族群不良**。
 - ✓ AQI值151~200為**對所有族群不良**。

等級	0~50	51~100	101~150	151~200	201~300	301~500
指標	良好	普通	對敏感族群 不健康	對所有族群 不健康	非常 不健康	危害

五、空氣濾器檢測原理及現況

- 所內目前使用的濾器單元有高效率濾網(High Efficiency Particulate Air, HEPA)和活性炭濾網(High Efficiency Carbon Air, HECA)。



高效率濾網



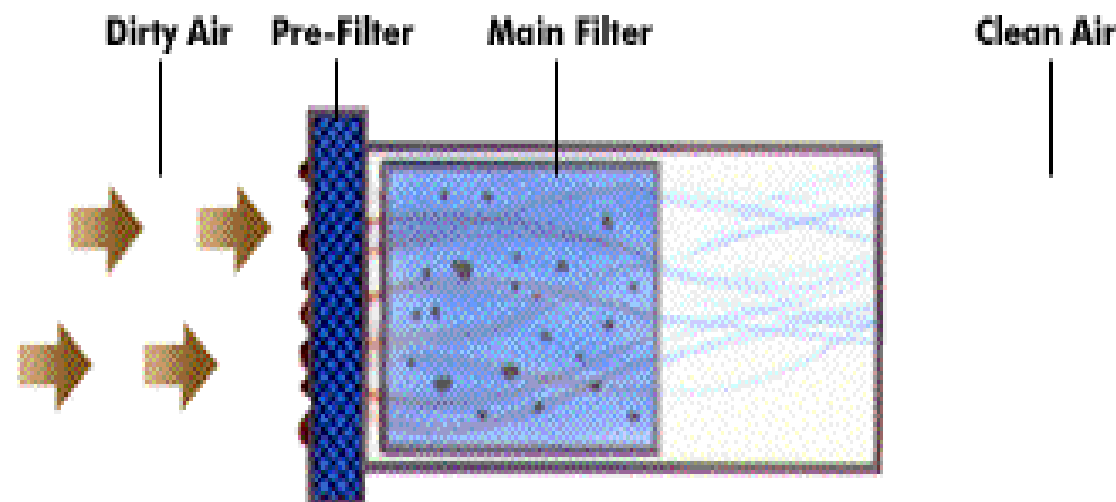
活性炭濾網

高效率濾網(HEPA)

- 高效率濾網是將濾網纖維採取**特殊的隨機編織方式**所形成。
- 常會和前置濾器(pre-filter)一起使用，可有效用來過濾氣懸微粒。



放大500倍的HEPA濾網纖維圖

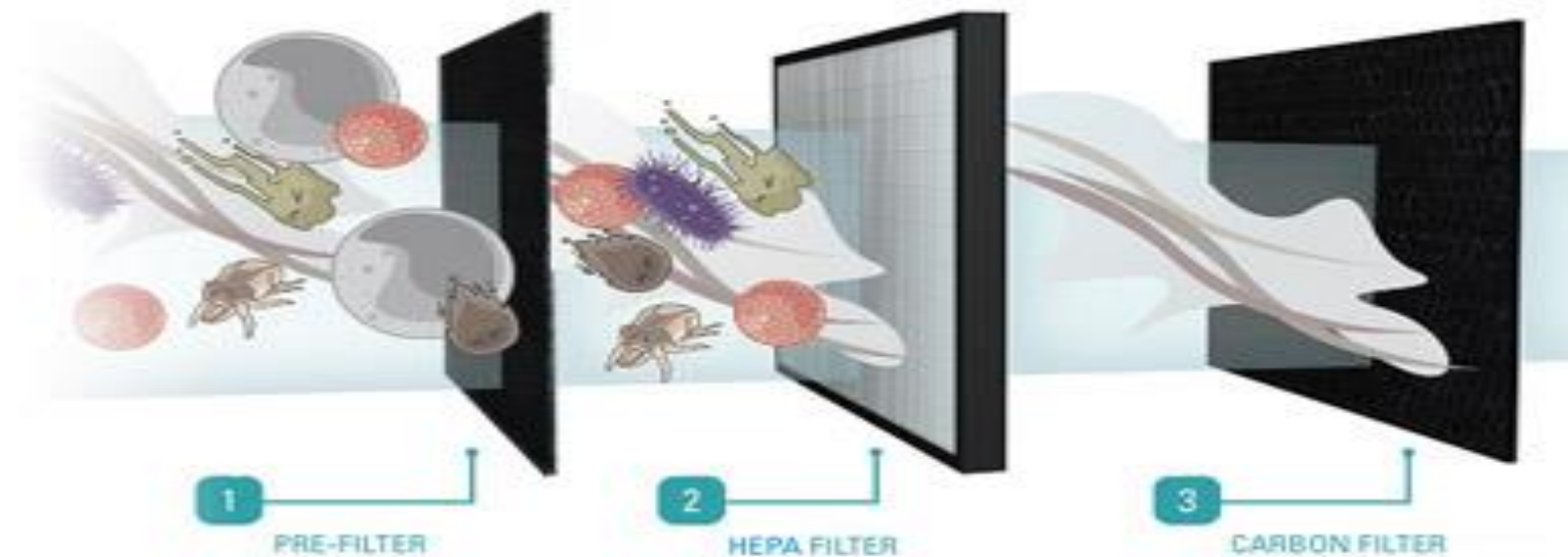


HEPA系統運轉示意圖

圖片來源：<http://biologicalcontrols.com/800400.shtml>
<https://giphy.com/gifs/media-Jhfb0INwT1ASQ>

活性炭濾網

- 活性炭濾網可用於去除揮發性碘同位素，其中以**碘-131**最具代表性。
- 活性炭系統常會和前置濾器及高效率濾網組合使用。



活性炭系統架構示意圖

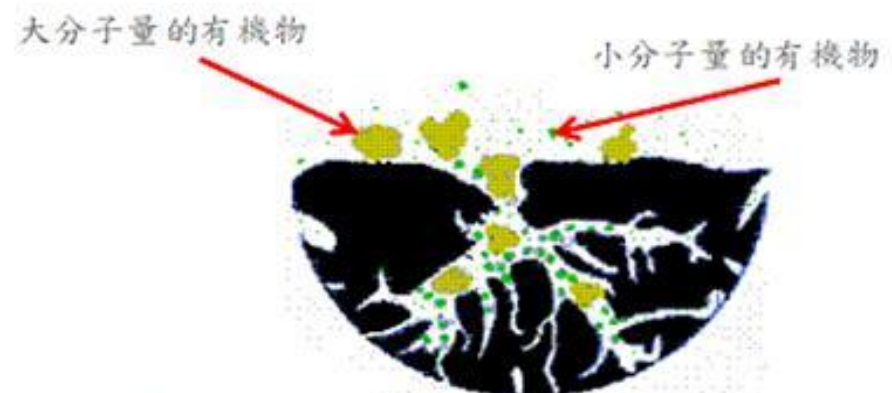
活性炭濾網的吸附原理

- 活性炭是一種**多孔性**的含碳物質，含有大量的孔隙結構。
- 活性炭的多孔結構提供**大量的表面積**，可與微粒充分接觸，達到吸收雜質的目的。

單顆粒活性炭的橫切面圖



活性炭顆粒



碳碎裂的表面產生了孔隙，這個孔隙將吸附住所有的大小有機分子

活性炭橫切面示意圖

濾器單元及系統檢測

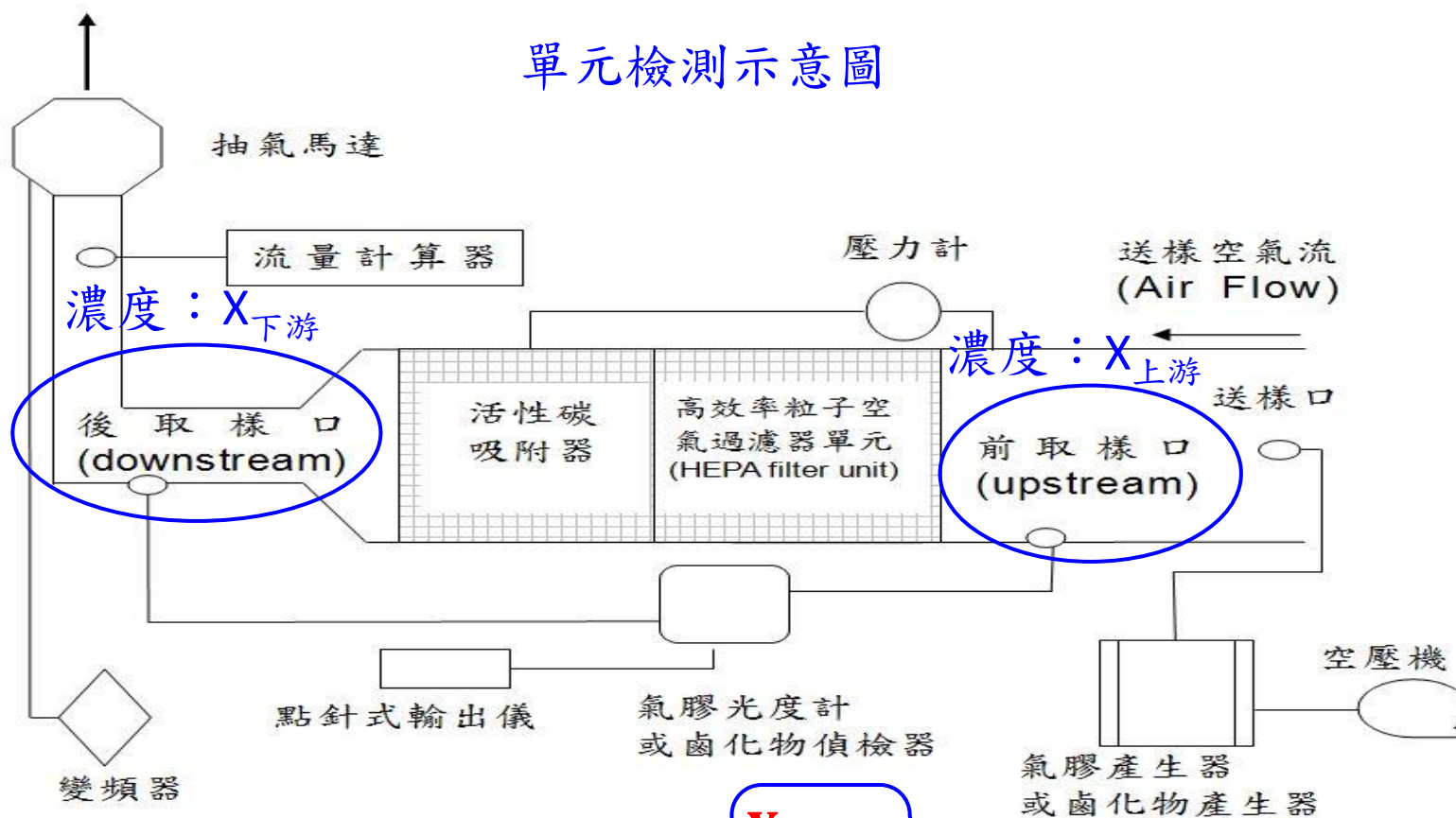
- 所內輻射作業場所的高效率濾網和活性碳濾網須進行單元及系統的檢測。
- 檢測標準：

檢測標準 (過濾效率)	高效率濾網		活性碳濾網	
	單元	系統	單元	系統
	$\geq 99.97\%$ @0.3 μm	$\geq 99.95\%$ @0.3 μm	$\geq 99.9\%$ @0.3 μm	$\geq 98\%$ @0.3 μm

檢測原理

- 在待測濾器單元或系統的上游進行放樣，並分別量測**上游**和**下游**濃度，計算後可得到**過濾效率**。

單元檢測示意圖

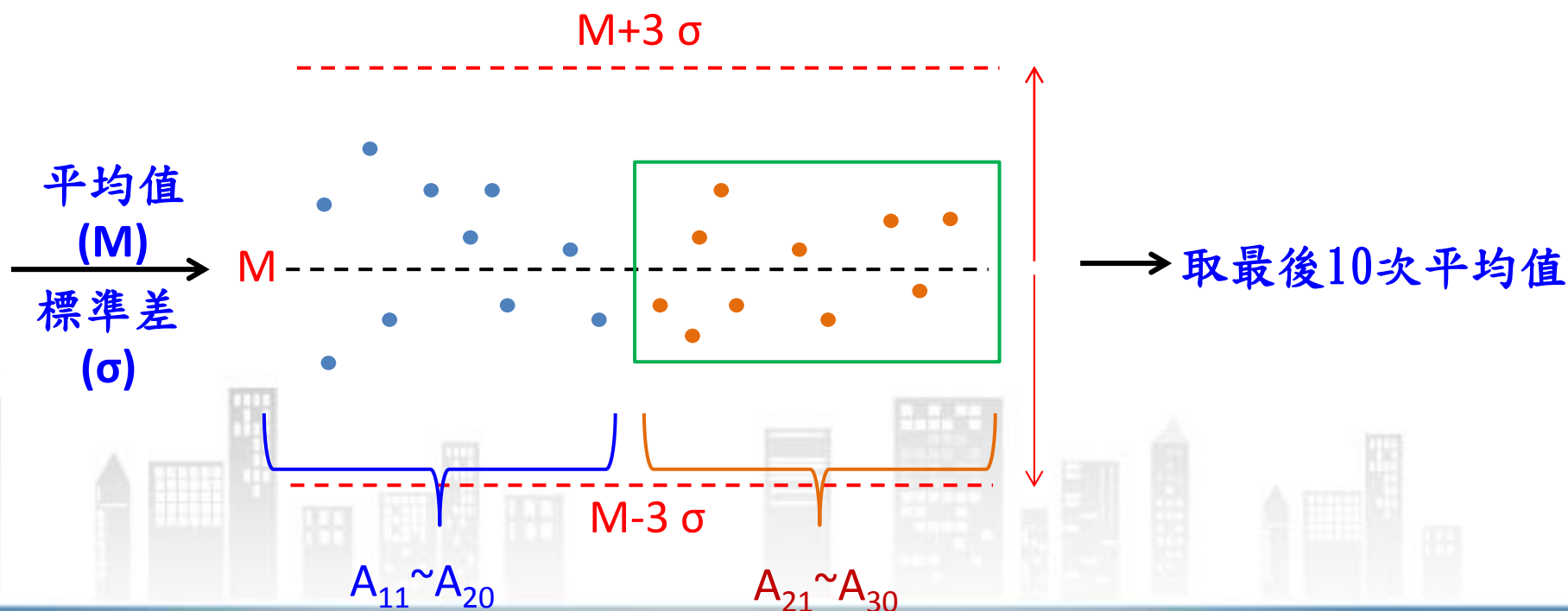


$$\text{過濾效率} = 1 - \frac{X_{\text{下游}}}{X_{\text{上游}}} \quad \text{通過率}$$

資料擷取系統原理

- 資料擷取系統共取30次數據，確認數據通過判別後，取最後10次數據平均值。

次數	1	2	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
數據	A_1	A_2	A_{21}	A_{22}	A_{23}	A_{24}	A_{25}	A_{26}	A_{27}	A_{28}	A_{29}	A_{30}



空氣過濾器之單位檢測

- 偵檢過程利用機器與自動擷取系統同時記錄資料



檢測後流程

檢測報告做成

通過

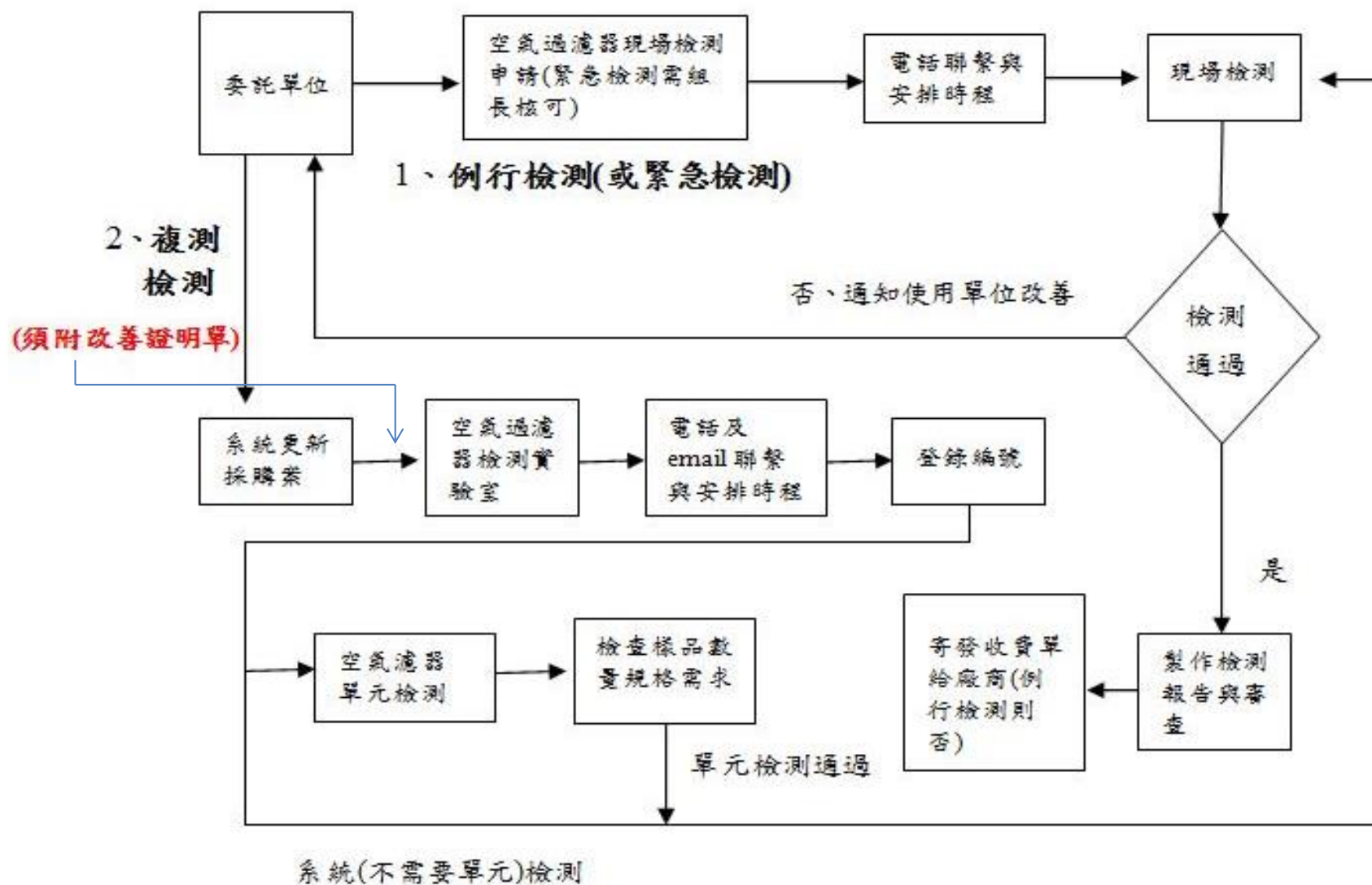
- 通知使用單位領取檢測報告及合格標籤。
- 待**下一年度例行檢測時程**將屆，再度提出例行檢測申請。

未通過

- 通知使用單位領取檢測報告。
- 使用單位改善或維修完成後，填寫**改善證明單**及**複測申請單**送件後重新進行**複測**檢測。

檢測申請流程

- 目前檢測分類分成**例行檢測**、**複測**。



檢測申請流程

- 目前例行檢測會在**前一年度年底**進行公告，並於時間將至時通知所屬功能組，以利完成檢測。

保健物理組/107年度空氣濾器檢測中心例行檢測執行排程，請各功能單位配合辦理。

發佈者: 張簡秀芬

分類: 單位資訊

發佈: 07 十二月 2017

點擊數: 63

○○○○○

投票 5



評等

保健物理組/107年度空氣濾器檢測中心例行檢測執行排程，請各功能單位配合辦理。

107年度空氣濾器檢測中心例行檢測執行規劃，各功能組例行檢測排程如下，請各功能組依該月份送出檢測委託單至保健物理組空氣濾器檢測中心。

化工組：1月、2月、部份8月

同位素組：3月、9月

燃材組：5月、部分11月

保物組：4月~10月

化學組：10月、11月

工程組：部份6月、12月

聯絡人：保健物理組 蔡林家軒 分機7700

申請單送件

- 除例行檢測外，若有緊急需求須**經所屬主管同意**提出申請，經保物組組長同意後始可進行檢測。

表 1、空氣過濾器檢測委託單

行政院原子能委員會核能研究所

空氣過濾器檢測委託單

桃園市龍潭區文化路1000號。傳真：(03)4711171

電話：(02)82317717#7700,7706 或 (03)4711400#7700,7706

編號：RAFTC-

委託單位	電話		單位主管	
	傳真			
E-mail				申請人
地址				委託日期 年 月 日
承包廠商				付費方式 <input type="checkbox"/> 委託單位 <input type="checkbox"/> 承包商
地址				聯絡人及電話
檢 測 品 名 稱		數 量	檢 測 需 求	標 示 說 明
<input type="checkbox"/> 高效率粒子空氣過濾器單元檢測 <input type="checkbox"/> 活性碳過濾器單元檢測 系統現場洩漏檢測 <input type="checkbox"/> 高效率過濾器 <input type="checkbox"/> 活性碳過濾器 設施位置：_____ 改善複測 <input type="checkbox"/> 高效率過濾器 <input type="checkbox"/> 活性碳過濾器 設施位置：_____ <input type="checkbox"/> 煙櫥流速檢測 <input type="checkbox"/> 其它			<input type="checkbox"/> 去除效率 <input type="checkbox"/> 流量檢測 <input type="checkbox"/> 洩漏率 <input type="checkbox"/> 流速 <input type="checkbox"/> 其它	流量 (cfm, cmm) 阻抗 (mmH ₂ O) 效率 (%) 其它
取樣方式： <input type="checkbox"/> 自行送樣 <input type="checkbox"/> 現場檢測 <input type="checkbox"/> 改善複測 <input type="checkbox"/> 其它				
接收	安裝日期	審查	指派檢測	
接費單	繳費收據	報告正本	檢測標籤	
備註	1. 系統現場洩漏檢測應由委託單位派員配合檢測，檢測前完成送樣口前、後取樣口及電源供應.....等準備事項。 2. 系統安裝完成後承包商須通知檢測單位安裝日期，由檢測單位安排測試時間於現場檢測。 3. ※空氣過濾器檢測依據原子能委員會頒布游離輻射防護法第九條與第十一條規定執行辦理			

申請複測須附表件

- 若對濾器進行更換或維修保養調整，務必填寫改善證明單，且**須附改善圖片**佐證，填妥複測申請單後，始進行檢測。

表 5、空氣過濾器現場複測前改善證明單

系統改善時間： 年 月 日

改善設施位置名稱：

單元更換或單元系統調整 ☐有 ☐無

須附改善前、後照片證明 ☐有

須附改善前後圖片

壓差表是否正常 ☐正常 ☐異常

箱體破裂檢查 ☐有 ☐無

流速是否正常 ☐正常 ☐異常

變頻正常可調 ☐正常 ☐異常 ☐無變頻裝置

風門切換開關正常 ☐正常 ☐異常 ☐無風門開關

馬達是否正常運轉 ☐是 ☐否

前後取樣口是否正常 ☐是 ☐否

空氣過濾器系統迫緊機構是否正常 ☐是 ☐否

過濾器氣密墊圈是否正常 ☐是 ☐否

以上所有選項及簽名完成後回收加蓋實驗室浮水鋼印留存備查

使用單位	承包廠商
簽名：	簽名：
時間：	時間：

六、結語

- 輻射偵檢儀器及空氣過濾器皆為現行的輻射防護管制及輻射防護務實作業上重要一環。
- 輻射偵檢儀器的正確使用攸關量測結果的準確度，了解儀器特性與校正報告內容是輻射偵檢儀器正確使用之關鍵；另外，定期校正或測試方能確保或掌握儀器之量測準確度與穩定度。
- 本所各輻射作業場所空氣過濾器應定期提出申請檢測，除了例行檢測過濾器系統外，還需要大家確實進行空氣過濾器維修及保養，共同維護輻射工作場所的安全。

謝謝聆聽

