

# X光機原理與輻射防護

曾國禎

輻防師

Tel : 0972187660

e-mail: [top.gray@msa.hinet.net](mailto:top.gray@msa.hinet.net)

戈雷輻射科技有限公司

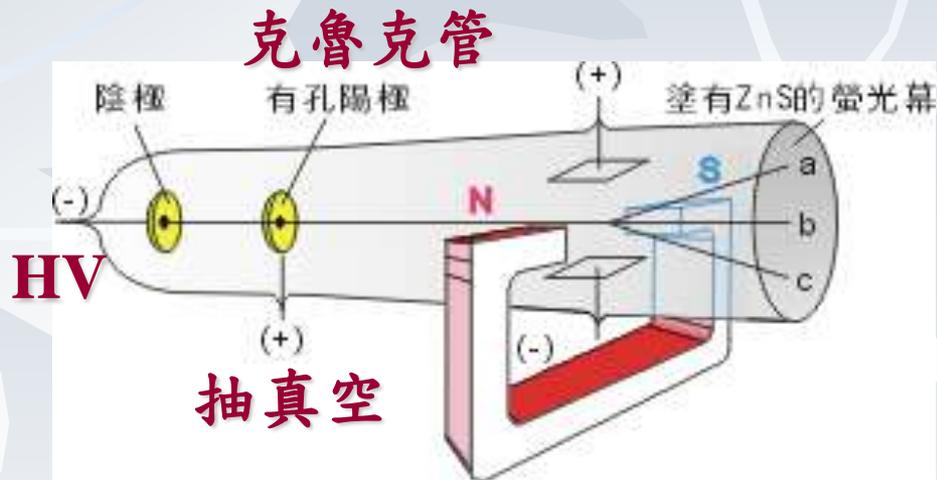
# 大綱

- 1. X-ray產生機制說明。
- 2. 可發生游離輻射設備介紹。
- 3. 最新游離輻射防護法規介紹。
- 4. 輻射作業場所安全防護。
- 5. 輻射工作人員安全管理。
- 6. 可發生游離輻射設備安全管制。
- 7. 可發生游離輻射設備廢棄處理。

# X-ray產生機制說明

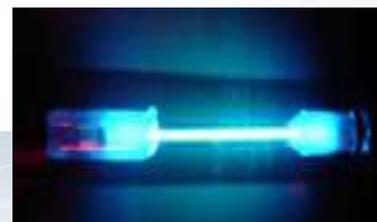
# 發現陰極射線

## ■ 1879年克魯克 Crookes 發現



## ■ 特徵

1. 陰極發射，**直線**飛向陽極
2. 遇到**障礙物**，可形成陰影
3. 可使管內的金屬薄片**風車**轉動
4. 管內氣體不同，呈現不同**顏色**



# 發現X光前徵兆

陰極射線管



底片變黑

■ 1887年克魯克

■ 1888年史密斯

■ 1894年湯姆遜

■ 1894年勒納德



底片遠離

廢片

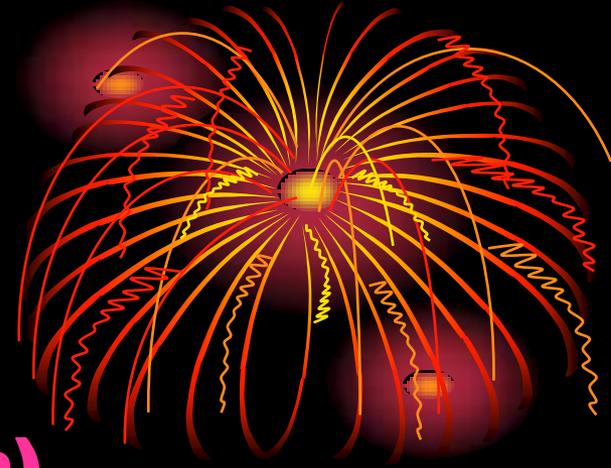


■ 1890年古茨彼德



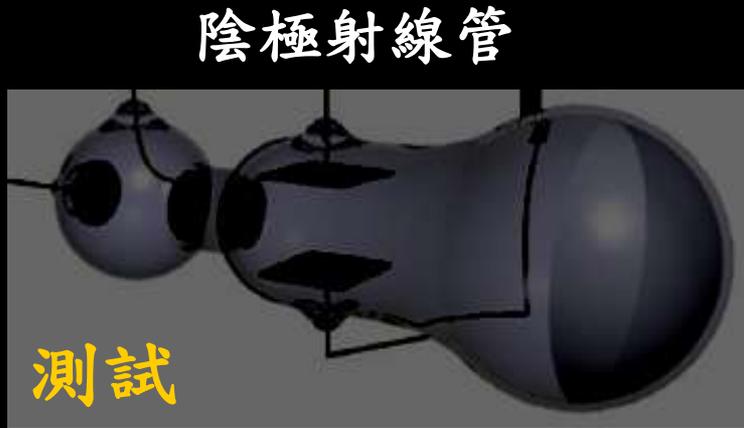
發光

# 意外發現X光



- 西元**1895**年德國倫琴(**Rontgen**)
- 陰極射線對化學品引起發光研究

暗房



斷電 隔絕



木板, 書本, 鋁片, 鉛片

# X光的性質

- 對**密度**越大的物體，**穿透**的能力**越小**。
- 管內**氣體****愈小**，射線**貫穿**性**愈高**。
- 肌肉的**吸收能力**比**骨骼**弱。

倫琴夫人手掌



1901年**倫琴**  
第一屆諾貝爾物理學獎

# X光管的構造

- 1897年3月製造世界第一只X射線管  
(又稱倫琴射線管，簡稱倫琴管)

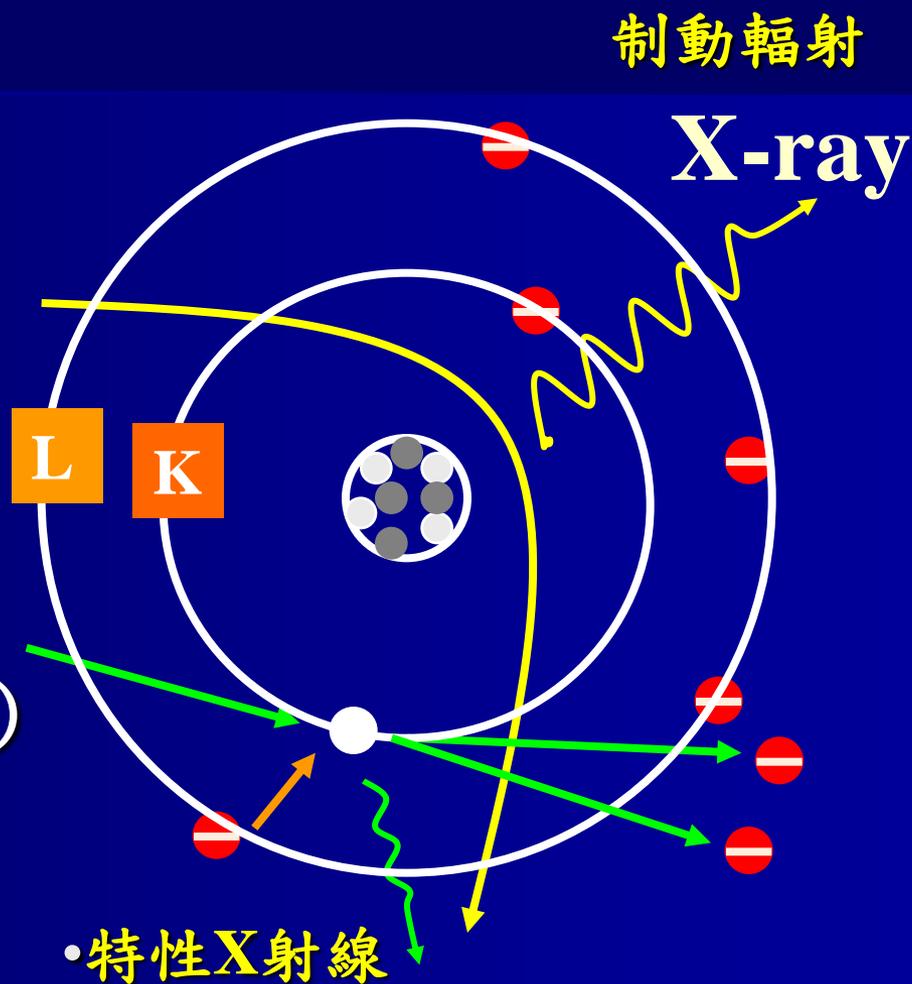


# X光管構造之功用

- 陰極管
  - 燈絲：鎢絲  
(熔點 $3370^{\circ}\text{C}$ )
- 陽極靶
  - 鎢靶
  - 旋轉
    - 延長靶極壽命
  - 99%熱能消耗掉
  - 1%產生X光
- 管套
  - 保持真空
    - 避免減少電子的撞擊速度
    - 避免產生二次電子
  - 充滿油
    - 絕緣
    - 導熱
  - 窗口
    - 僅讓有效射束通過

# 產生X光的機制

- 陰極加熱使電子游離，經電場加速形成高能量電子。
- 高能量電子撞擊重元素(鎢靶)產生制動輻射與特性X射線

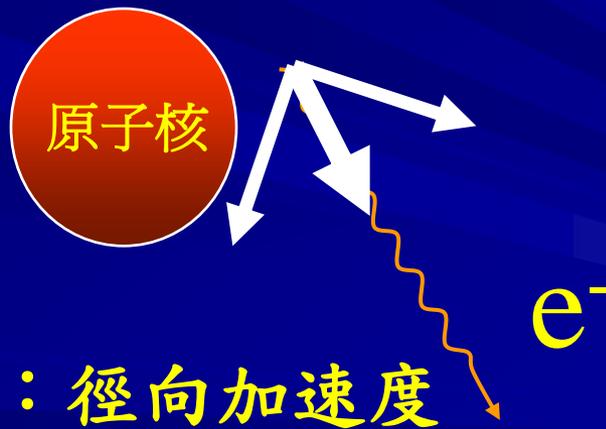


# 制動輻射

改變路徑：受庫侖吸引力

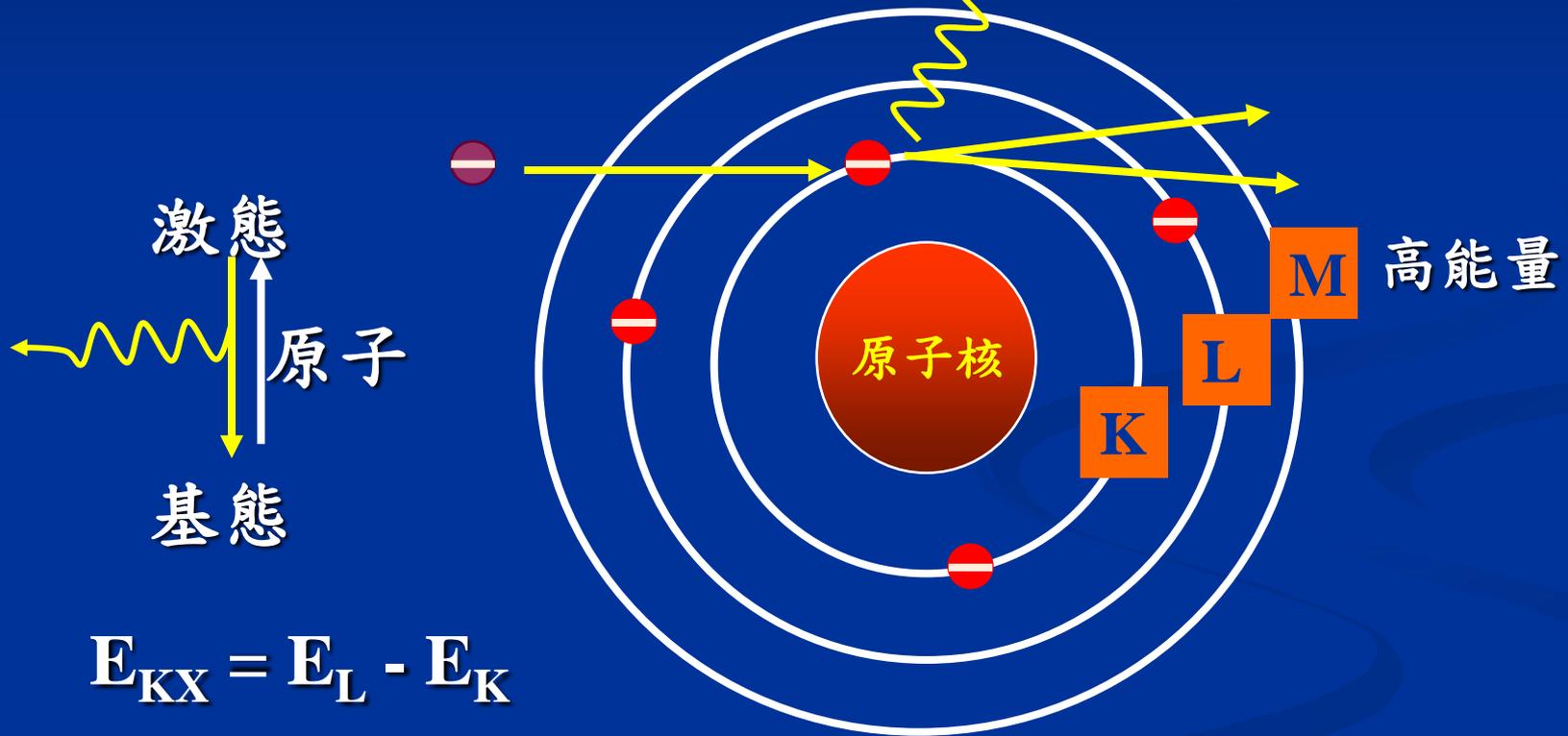


改變方向：徑向加速度



# 特性X射線

原子激態放出光子 X-ray



$$E_{KX} = E_L - E_K$$

# X光的質與量

- 管電壓
- 管電流
- 照射時間

# X光的質與量

## X光的質

- X光的產生**效率**正比於電子的**能量**
- 電子的**能量**取決於管**電壓**的高低
- 管**電壓** ↑ 則 X光**強度** ↑
- X光**強度** ↑ 則 **穿透力** ↑
- 故照射身體厚實的病人時，要增加管電壓

# X光的質與量

- X光的量
- X光的數量取決於管電流和照射時間
- 故照射肥胖病人時，要增加X光的量
- 增加管電流和照射時間

# 可發生游離輻射設備介紹

# 櫃型照相檢驗X光機登記類

最高能量  
50 kVp  
0.05 mA  
連續sec



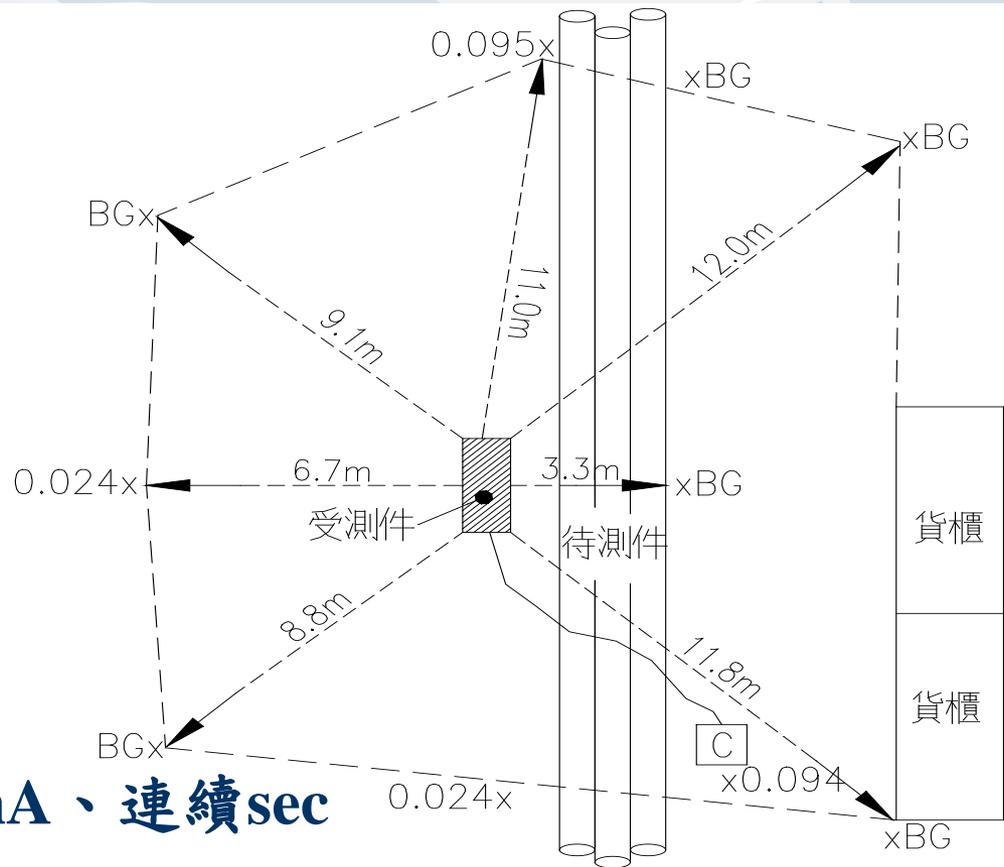
最高能量  
50 kVp  
0.5 mA  
連續sec

最高能量  
50 kVp  
0.05 mA  
連續sec



最高能量  
50 kVp  
1 mA  
連續sec

# 移動型照相檢驗X光機許可證



最高能量: 200 kVp、5 mA、連續sec

# 櫃型分析鑑定X光機登記類



最高能量：50 kVp、1mA、連續sec

# 游離輻射防護法規介紹

# 游離輻射防護法規介紹

- 依游離輻射防護法施行細則第19條規範設備之使用、生產、運轉所稱安全條件與原核准內容不符情況。
- 操作人員離職，而未於三十日內補足者。
  - 輻射防護人員離職，而未於三個月內補足者。
  - 可發生游離輻射設備或其生產製造設施損壞，而未於六個月內修復者。
  - 放射性物質活度衰減至無法達成原申請目的之用途，而未於六個月內更換者。
  - 因外力不可抗拒因素致輻射作業場所屏蔽或防止輻射洩漏設施損壞，而未於六個月內修復者。
  - 其他經主管機關認定之情形。

# 登記備查類設備輻防法規介紹

- 設備(數量多、風險低) 不再核發登記證。
  - 先輸入(轉讓)、安(改)裝，再填具相關資料送原能會審查。(一階段審查)
  - 業者或民眾藉由網路完成所有案件之申請。
- 登記備查類設備作業與過去之主要差異
  - 紙本作業改為網路作業。
  - 進出口同意書改以電子郵件通知核准。
  - 紙本測試報告改以網路線上填具。
- 登記證改以電子郵件通知同意登記

# 輻射工作人員劑量限度

輻射工作人員職業曝露之劑量限度規定：

- 每5年週期之有效劑量  $< 100$  毫西弗，且單1年內之有效劑量  $< 50$  毫西弗。
- 眼球水晶體之等價劑量於1年內  $< 150$  毫西弗。
- 皮膚或四肢之等價劑量1年內  $< 500$  毫西弗。
- 第一款5年週期，自民國92年1月1日起算。

# 16歲~18歲劑量限度

基於教學或工作訓練，其個人年劑量限度規定：

- 年有效劑量 < 6毫西弗。
- 眼球水晶體之等價劑量 < 50毫西弗。
- 皮膚或四肢之等價劑量 < 150毫西弗。

# 懷孕女性劑量限制

安全標準第11條對於女性輻射工作人員懷孕後其妊娠期間之劑量限制：

- 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。
- 女性輻射工作人員，其剩餘妊娠期間下腹部表面之等價劑量 $<2$ 毫西弗，且攝入體內放射性核種造成之約定有效劑量 $<1$ 毫西弗。

# 一般人劑量限度

安全標準第12條輻射作業造成一般人之年劑量限度規定：

- 有效劑量 < 1毫西弗。
- 眼球水晶體之等價劑量 < 15毫西弗。
- 皮膚之等價劑量 < 50毫西弗。

# 曝露劑量之評估

- 輻射工作人員認定基準，指從事游離輻射作業之人員，其所受曝露經評估有超過游離輻射防護安全標準所定**一般人**劑量限度之虞：
- 應由經主管機關認可之從事輻射防護**偵測業者**或**專職**輻射防護人員評估。
- 以放射性物質或可發生游離輻射設備之**輻射安全**測試報告推估。

# 防護繼續教育講員資格

- 取得輻射**防護師**資格者。
- 國內公私立之大學校院或教育部採認之國外大學校院相關科系之**講師**以上者。
- 國內公私立之大學校院或教育部採認之國外大學校院相關科系研究所**碩士**學位以上者。
- 國內公私立之大學校院或教育部採認之國外大學校院相關科系畢業，並從事有關輻射防護實務工作**五年**以上者。

# 作業場所之輻射安全防護

# 輻射安全防護裝置

- (1) **聯鎖**裝置：未安全關閉，無法啟動。
- (2) **警告**裝置：警鈴、警示燈、警示標誌及播音器
- (3) **監視**與**聯繫**裝置：閉路電視，視窗及對講機。
- (4) **輻射監測**裝置：區域監測器，手提輻射偵檢器
- (5) **緊急停機**按鈕：主要裝備週邊。

# 輻射安全裝置



# 輻射偵測裝備



蓋格偵檢器



空浮取樣器



箱型污染檢測器



污染檢測器

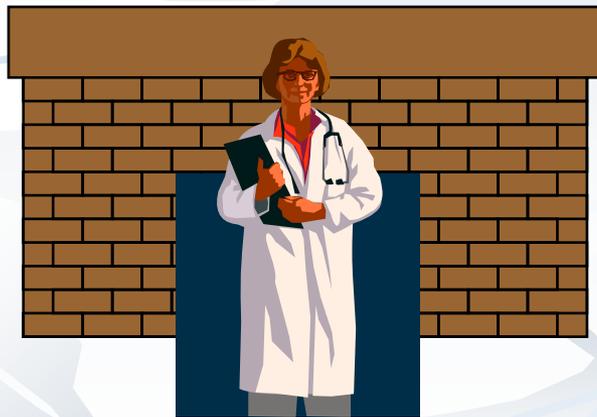
# 輻射防護基本觀念

時間

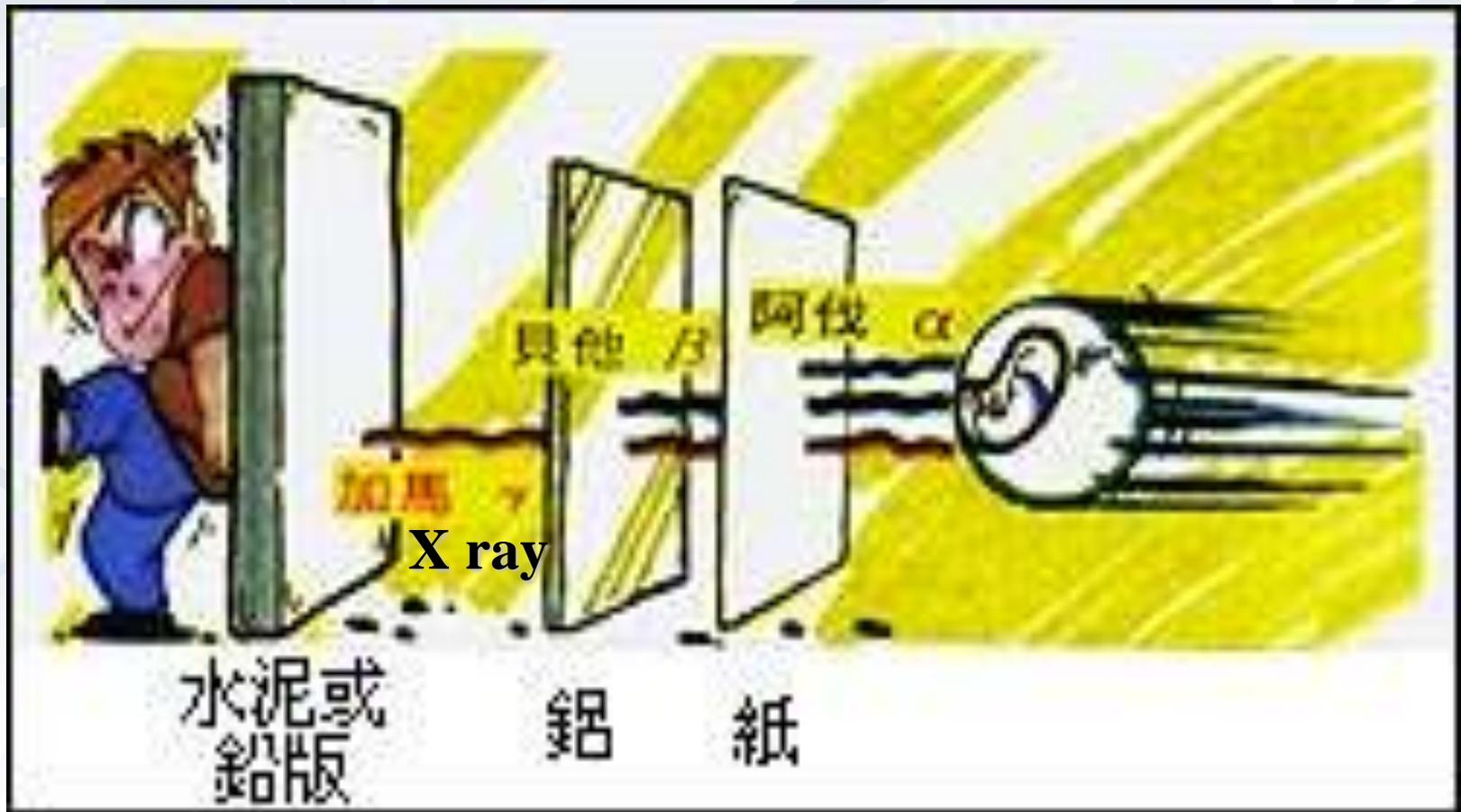


距離

屏蔽



# X光屏蔽的材料選擇

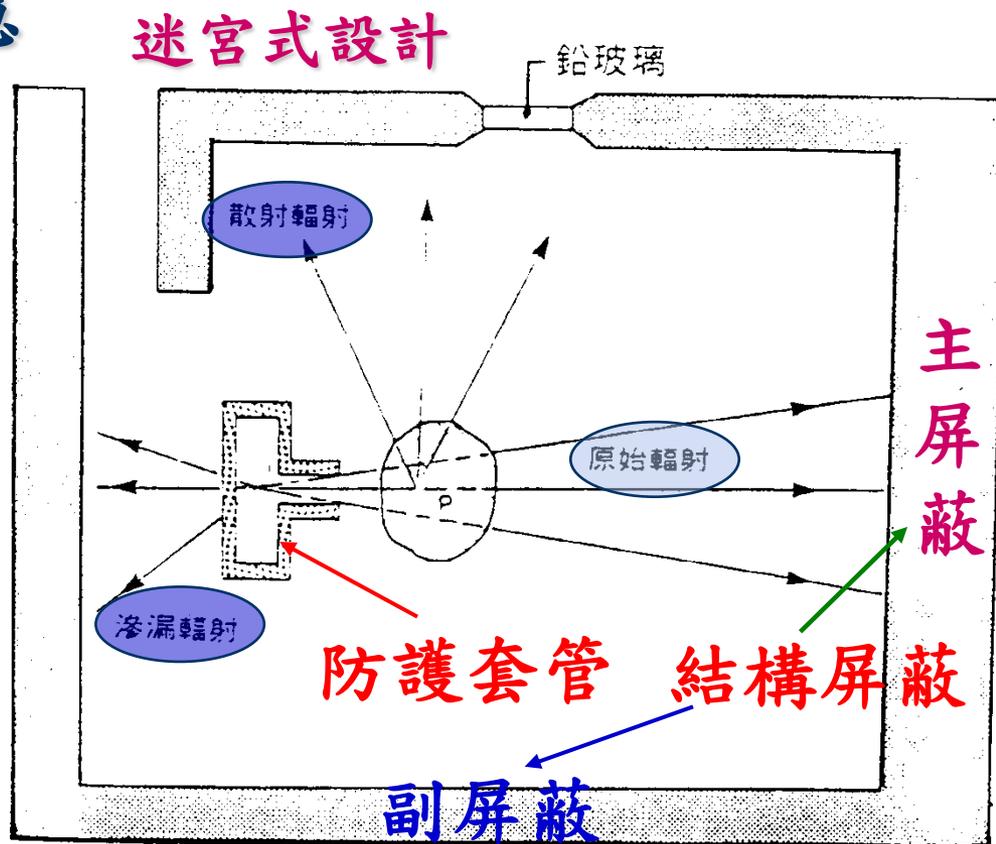


# X光結構屏蔽

## ■ 結構屏蔽須考慮 三種輻射

■ 主屏蔽：  
原始輻射

■ 副屏蔽：  
滲漏輻射  
散射輻射



# X光機屏蔽



# 作業場所鉛屏蔽



# 作業場所鉛玻璃屏蔽



# X光屏蔽



鉛磚壁



活動鉛屏



活動屏蔽



鉛裙

# 輻射工作場所劃分

本法(第10條)依輻射工作場所之設施、輻射作業特性及輻射曝露程度，劃分管制區及監測區。

- (1) 管制區內應設置實體圍籬。
- (2) 監測區內應為必要之輻射監測。
- (3) 輻射工作場所外應實施環境輻射監測。

實務上不能或不須設置實體圍籬的場所，得以明顯之**輻射示警標誌及警語**標示。監測區邊界之劃定得以適當方法為之。

# 輻射圍籬



# 輻射警示標籤

## 注意事項（本標籤請張貼於設備明顯位置）

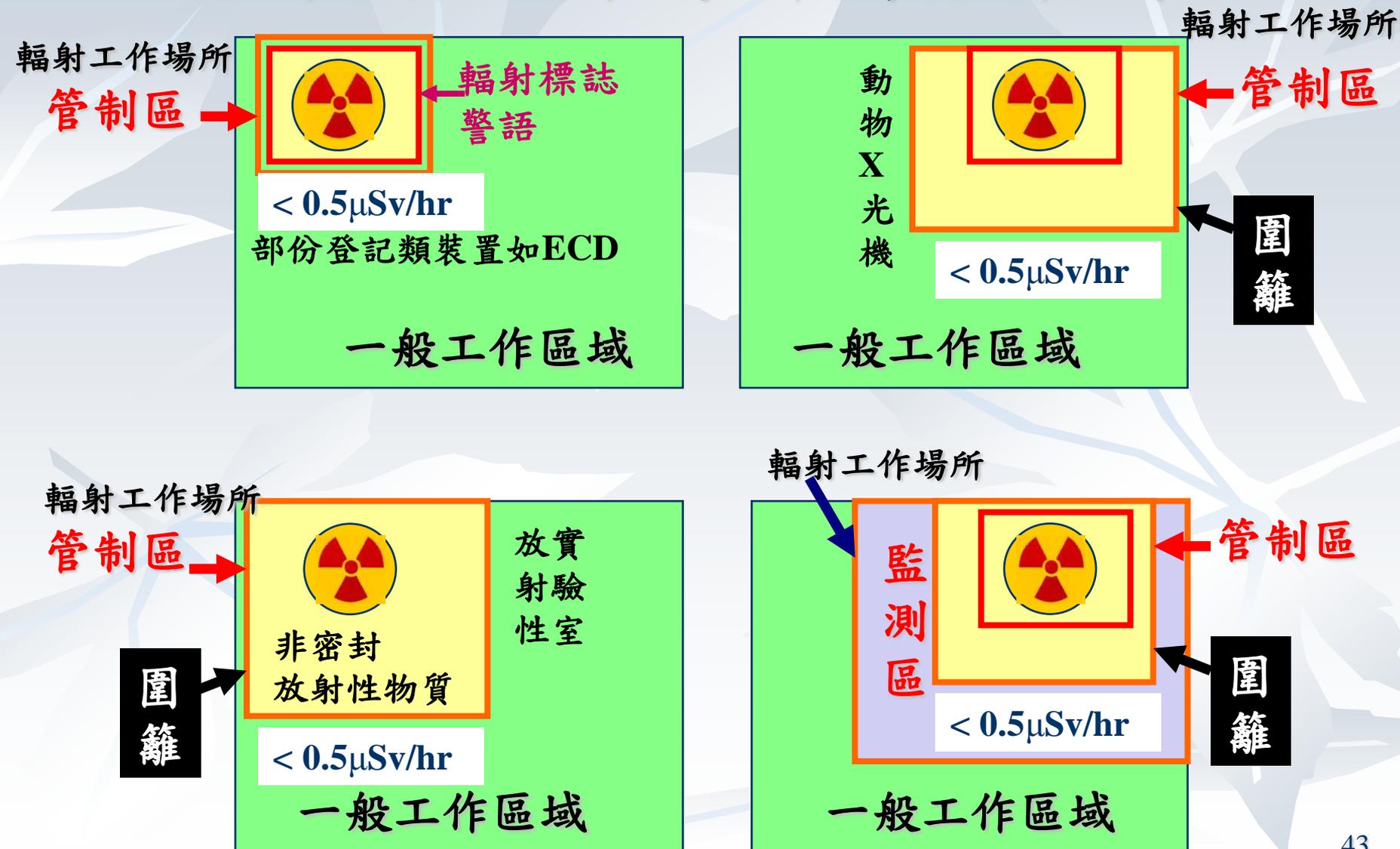
1. 本設備含有輻射源，其出口、轉讓、遷移、改裝、停用及報廢等輻射作業，均應取得原子能委員會許可，始得為之。



2. 本設備應由取得合格資格之人員進行操作。

違反上述情事者，將依『游離輻射防護法』予以處分。

# 輻射工作場所劃分案例



# 作業場所輻射安全規定

類別 項目		登記類	許可證
		公稱電壓	< 150 kV
粒子能量		< 150 keV	$\geq 150$ keV < 30 MeV
劑量率	管制區外	< 0.5 $\mu$ Sv/hr	< 0.5 $\mu$ Sv/hr
	管制區內	< 5 $\mu$ Sv/hr (表面5 cm)	< 10 $\mu$ Sv/hr 操作位置
其他		主管機關指定	主管機關指定

# 可發生游離輻射設備安全管制

# 可發生游離輻射設備使用管制規定

	登記類	許可證
工作人員 資格	18hr 結訓證明	輻安證書
年度偵測	不需要	12月31日前
五年屆期 安全檢測	登記日 前後1個月	登記日 前30~60日

## 可發生游離輻射設備輻安測試登記類

- 設備與原廠型錄及圖說相符。（適用新申請案）
- 裝有安全**連鎖**裝置，拆卸、開啟照射室門或設備防護罩時，將自動停止產生輻射。
- 設備之照射室人員無法進入。
- 裝有視窗或閉路電視，以確認照射時照射室內無人逗留
- 照射室內備有啟動照射之警示、緊急停止照射及緊急開門等裝置。
- 設備之外表面有原子能委員會核准之**警語**。
- 管制區外 $\leq 0.5 \mu\text{Sv/hr}$ 。
- 設備正常使用時可接近表面5公分處劑量率小於 $5 \mu\text{Sv/hr}$

# 可發生游離輻射設備輻安測試許可證

- 設備與原廠型錄及圖說相符。(適用新申請案)
- 裝有安全連鎖裝置及明顯警示燈，拆卸、開啟照射室門或設備防護罩時，將自動停止產生輻射。
- 設備之照射室人員無法進入
- 裝有視窗或閉路電視，以確認照射時照射室內無人逗留
- 照射室內備有啟動照射之警示、緊急停止照射及緊急開門等裝置。
- 設備之外表面有原子能委員會核准」之警語。
- 管制區外： $\mu\text{Sv/hr}$ ( $>0.5 \mu\text{Sv/hr}$ 者需附符合劑量限度說明)。
- 管制區內人員居佔位置： $\mu\text{Sv/hr}$ ( $\geq 10 \mu\text{Sv/hr}$ 者需附符合劑量限度說明)。

## 可發生游離輻射設備年度偵測許可證

- 門扉上裝有標準輻射示警標誌或輻射管制區警語
- 安全連鎖及急停裝置功能測試。(無此設計免)
- 護管套外表面距靶一公尺處，不得超過有用射柱內中心軸上輸出劑量之千分之一，或X光管罩滲漏輻射小於 $0.87\text{mGy/h}$ 。(非醫療用途設備免填)
- 管制區內操作人員或工作人居佔位置之劑量率最高不超過 $10\ \mu\text{Sv/h}$ 。(≥ $10\ \mu\text{Sv/h}$ 者需附符合工作人員年劑量限度說明)。
- 管制區外距任何可以接近四週障壁外表面 $30\text{cm}$ 處之劑量率最高不超過 $0.5\ \mu\text{Sv/h}$ 。( > $0.5\ \mu\text{Sv/h}$ 者需附符合一般人年劑量限度說明)。

# 輻射工作人員安全管理

# 人員輻射防護

	輻射管制區
輻射工作人員	應有健康(體格)檢查、年度訓練、劑量監測，提供人員劑量計及資訊
一般工作人員	健康檢查、年度訓練、劑量監測等全部或部份項目提供人員劑量計及資訊
民眾	提供人員劑量計及資訊

# 熱發光劑量計 TLD

偵測種類

$\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$ 、X射線  
 $\alpha$ 及中子

評估劑量：

深部等效劑量

淺部等效劑量

眼球等效劑量



熱發光劑量計

# 熱發光劑量計

- ◆ **特點**：體積小、輕便、價格低、操作方便、靈敏度高，適用於不同溫濕度環境。
- ◆ **位置**：腰部以上肩部以下的軀幹部分，但如受極不勻的輻射照射時，則應佩帶在接受最大劑量的身體部位。
- ◆ **時機**：人員劑量計必須在工作時間內隨時佩帶，離開工作場所時則卸下。

# 可發生游離輻射設備廢棄處理

# 可發生游離輻射設備停止使用

- 未依第三十四條第一項規定(放射性物質、可發生游離輻射設備之安全條件與原核准內容不符者)，報請主管機關核准停止使用或運轉，持續達**一年**以上。
- 核准停止使用或運轉期間，經主管機關認定有**污染環境**、危害人體健康且無法改善或已不堪使用。
- 經主管機關**廢止**其許可證。

## 辦理

- 列冊**陳報**主管機關。
- **退回**原製造，銷售者、轉讓。
- 以**放射性廢棄物**處理。
- 依**主管機關**規定之方式處理。

# 可發生游離輻射設備廢棄處理

設備永久停止使用

主管機關核准

拍照



破壞前

破壞後

留存備查或  
報請主管機關派員檢查

# 發函公文實例

- 受文者：行政院原子能委員會
- 主旨：本公司欲申請報廢X光管球，請惠予核准。
- 說明：
  1. 本公司向日本進口X光產生器，生產國內PCB廠用之X-RAY全自動鑽靶機及X-RAY多層板檢查機等相關機械設備，經實驗後發現並不適合本廠要求。
  2. 檢附報廢X光球明細表、輸入核准書影本。

廠牌	型號	數量	核准文號	備註

中華民國 年 月 日



敬請指教