

行政院原子能委員會  
委託研究計畫 107 年度期末成果報告

107 至 108 年度計畫曝露量測規範建立與輻射安全風  
險評估研究  
(勞務採購案)

2018-2019 project on establish the measurement guide of planned exposure  
situation, and assessment of radiation safety and risk

計畫編號： AEC10611045L

受委託機關(構)：國立清華大學

計畫主持人：許芳裕

聯絡電話：(03)5715131 分機 62096

計畫參與人員：趙君行、劉衛蒼、陳宗源、黃蜂運、張馥謙、劉欣  
瑋、吳孟勳、葛潔、葉菊鈴、賴美楹、楊宜蓁

報 告 日 期 ： 1 0 7 年 1 2 月 3 日



## 目 錄

目 錄 .....	ii
中文摘要 .....	iii
英文摘要 .....	iv
壹、前言(計畫緣起) .....	1
貳、研究目的 .....	2
參、研究方法與過程 .....	3
肆、主要發現與討論 .....	16
伍、107 年結論 .....	40
陸、參考文獻 .....	41
附錄一、國內使用靜電消除器各單位證照申請之最大持有量及 實際持有之 X 光管數量及檢測率 .....	44
附錄二、107 年訪查檢測紀錄表列資料 .....	46

## 中文摘要

本計畫接續 105 至 106 年之計畫曝露量測規範建立與輻射安全風險評估研究，分二年期(107 年至 108 年)進行，對國內非醫用輻射作業單位之設施經營者使用開放射束/移動型(手持式)X 光檢測儀、X 光管式靜電消除器、動物用 X 光檢查儀等以及其他非醫用可發生游離輻射設備進行現場輻射安全訪查，107 年已完成 258 台 X 光機設備之輻射安全訪查。本計畫除考量正常使用情形下，各非醫用可發生游離輻射設備操作人員或協助人員之劑量外，並考量動物用 X 光檢查儀在進行照相檢驗時，通常會由飼主或院方人員擔任照相協助者，在檢查室內協助動物接受 X 光照相，因此在動物醫院的輻安訪查上，特別評估協助照相人員在檢查室內未穿鉛衣之異常情形，評估可能造成之人員劑量。本計畫統計分析 107 年現場訪查之數據，彙整後提出輻防管制及風險控管之具體建議，供主管機關參考。此外，本計畫亦彙整國內不同類型之可發生游離輻射設備特性，調查彙整現有輻射安全測試報告中偵測業者使用之輻射偵檢器的特性，探討偵檢器的適用性，進而提出不同類型非醫用可發生游離輻射設備之職業曝露量測規範建議。

關鍵字：X 光管式靜電消除器、動物用 X 光檢查儀、開放射束/攜帶式 X 光檢測儀、非醫用可發生游離輻射設備、輻射安全檢查、輻射風險、偵檢器適用性

## 英文摘要

This project is based on the study of "2016-2017 project on establish the measurement guide of planned exposure situation, and assessment of radiation safety and risk". It is conducted in two-year period (107-108) and The subjects of on-site inspections and risk analysis include the open beam/portable X-ray equipment, static eliminators using X-ray, veterinary X-ray apparatus, and the other non-medical equipment capable of producing ionizing radiation. A total of 258 X-ray equipment completed the on-site radiation safety visits in 2018. In addition to investigate the dose of the operator or helper in normal use of these X-ray equipment, this project also considered the helper inside the examination room to help the animal which need to take X-ray checks in cases of wearing no lead apron. The helper usually is the owner of the animal or the colleague of the veterinary hospital. Therefore, in the visit to the veterinary hospital, the special evaluation of the abnormal situation of assisting the photographer in the examination room to assess the possible dose of the helper. This project statistically analyzes the data of on-site visits in 2018, and puts forward specific recommendations for radiation prevention control and risk control for the reference of the competent authorities. In addition, the project also collects the characteristics of the -radiation equipment that can be generated by different types/characteristic types in the country, investigates the characteristics of the radiation detectors used by the detecting companies, and discusses the applicability of the detector. Proposals for occupational exposure measurement specifications for different types of non-medical free-radiation devices are proposed.

keywords : static eliminator using X-ray, veterinary X-ray apparatus, open beam/portable X-ray equipment, non-medical equipment capable of producing ionizing radiation, radiation safety inspection, radiation risk, applicability of radiation detector

## 壹、前言(計畫緣起)

國內目前之輻射防護法規是基於國際放射防護委員會(International Commission on Radiological Protection, 簡稱 ICRP)之輻防建議所提出之精神所建立,現行游離輻射防護法(2003 年版)中亦有明文要求應依據 ICRP 之最新建議書內容,定期修訂我國之游離輻射防護安全標準。ICRP 目前最新之輻防建議書乃是於 2007 年所提出之第 103 號輻射防護建議書(ICRP 103 報告)[1]。ICRP 103 報告中首次提出了計畫曝露(Planned exposure situation)的概念,並強調計畫曝露應著重於劑量約束和風險約束。計畫曝露情況包括職業曝露,公眾曝露與醫療曝露,也包含正常作業條件下因作業誤失而造成的潛在曝露。除了 ICRP 外,國際原子能總署(International Atomic Energy Agency, 簡稱 IAEA)於 2011 年及 2014 年分別提出報告(SSG-11 及 GSR Part 3)[2, 3],針對 ICRP 提出之計畫曝露所造成之職業曝露提出相關要求,並提出針對職業曝露劑量評估及健康影響評估等措施之建議。國內之計畫曝露輻射源以可發生游離輻射設備[4]之使用數量、操作人員數量最多,有必要藉由現場調查,進行不同類別可發生游離輻射設備之輻射劑量評估及其輻射安全風險分析。

本計畫研究團隊延續 2013 年至 2017 年接受行政院原子能委員會委託進行之相關可發生游離輻射設備之輻射安全檢查作業與研究計畫[5-8],廣泛蒐集國際相關文獻與資料[9-23],深入研析與建立輻射風險評估方法,採用 ICRP 60 及 103 報告之建議,量化確定效應與機率效應的風險。檢視我國輻防相關法令規定[24-27],進行輻射安全風險分析及輻射劑量評估、風險控管層級之探討。本計畫分二年期(2018 年至 2019 年)進行,對國內使用開放放射束/移動型(手持式)X 光檢測儀、X 光管式靜電消除器、動物用 X 光檢查儀以及其他非醫用可發生游離輻射設備之相關設施經營者進行輻射安全檢測訪查與風險分析,預估每年完成檢查數量至少 250 部。本計畫將考量正常、異常使用情形下,非醫用可發生游離輻射設備操作人員或協助人員之劑量,並藉由檢查數據之統計分析,提出輻防管制及風險控管之具體建議,供主管機關日後對可發生游離輻射設備管理的參考。此外,本計畫亦將彙整國內不同類型之可發生游離輻射設備特性,調查彙整現有輻射安全測試報告中偵測業者使用之輻射偵檢器的特性,探討偵檢器的適用性,進而提出不同類型非醫用可發生游離輻射設備之職業曝露量測規範建議。

## 貳、研究目的

本計畫之研究目標如下：

- 一、每年對一定比例可發生游離輻射設備執行輻射安全檢查抽查作業，督促設施經營者落實輻射安全自主管理。
- 二、藉由現場作業調查與業者直接接觸機會，宣導輻射劑量與風險等輻射安全防護觀念，使設施經營者瞭解劑量合理抑低重要性及原能會對計畫曝露之輻射防護最適化要求。
- 三、參考研析國際現行管制作法，建立非醫用可發生游離輻射設備之曝露劑量量測方法與規範。
- 四、依據訪查檢測結果進行探討與研析，對現行管制之可發生游離輻射設備中，評估逐步放寬對人體影響可忽略者輻防管制之可行性。

本計畫分二年期進行，於執行期間對國內使用開放射束/移動型(手持式) X 光檢測儀、X 光管式靜電消除器、動物用 X 光檢查儀，以及其他非醫用可發生游離輻射設備之相關設施經營者，進行輻射安全檢測訪查與風險分析，並於每年度內執行完成數量至少 250 台之可發生游離輻射設備之抽樣現場訪查，並統計其 X 光機設備使用類型，評估相關輻射作業可能造成之劑量與誘發之輻射風險；並探討不同偵檢器對可能 X 光機設備偵測之適用性，以逐步建立非醫用可發生游離輻射設備計畫曝露之職業曝露的量測規範，同時藉由檢測結果進一步評估部分輻射源納入豁免管制之可行性。

## 參、研究方法與過程

本計畫分二年期進行，於執行期間將對國內使用開放射束/移動型(手持式)X光檢測儀、X光管式靜電消除器、動物用X光檢查儀，以及其他非醫用可發生游離輻射設備之相關設施經營者，進行輻射安全檢測訪查與風險分析，並於每年度內執行完成數量至少 250 台之可發生游離輻射設備之抽樣現場訪查，並統計其 X 光機設備使用類型，評估相關輻射作業可能造成之劑量與誘發之輻射風險；並探討不同偵檢器對可能 X 光機設備偵測之適用性，以逐步建立非醫用可發生游離輻射設備計畫曝露之職業曝露的劑量測規範，並且藉由檢測結果進一步評估部分輻射源納入豁免管制之可行性。詳細工作內容說明如下：

### (一) 非醫用可發生游離輻射設備輻射安全檢測及訪查

針對國內使用開放射束/移動型 X 光檢測儀、X 光管式靜電消除器、動物用 X 光檢查儀以及其他非醫用可發生游離輻射設備之相關設施經營者進行輻射安全檢測及訪查，並進行劑量評估與輻射安全風險分析。由原能會提供設備名冊供抽樣、隨機選取設施經營者為訪查對象，抽樣方式以儘可能選擇不同廠牌、型號之設備為首要條件，訪查通知於訪查日前至少 7 至 10 日以電子或紙本方式發出。

#### 1. 現場輻射安全檢測及訪查項目

訪查人員須接受過訪查前訓練後始能進行現場輻射安全檢測及訪查。本研究計畫之研究人員於計畫決標後，即與原能會溝通、安排訓練，確認訪查人員資格後始進行現場輻射安全檢測及訪查。現場訪查包括輻射安全測試報告審查及現場實測。檢測及訪查之項目如下：

- (1)設備資訊查核：詳細核對受檢設備之種類、設備規格如廠牌、型號、序號等是否與原能會提供之資料相符。
- (2)測試報告查核：記錄現場使用單位提出測試報告之編號及其測試單位、測試人員、測試時間及使用偵檢器等資訊。
- (3)X光室輻射偵測：查核 X 光機及 X 光室所在位置與測試報告平面圖所列位置是否相符、X 光室輻射偵測結果與測試報告是否相符。
- (4)其它必要檢測及訪查項目：參考原能會現有之可發生游離輻射設備檢查記錄表之一般規定項目，如連動裝置、警示標誌、管制區內劑量率最高不超過 10  $\mu\text{Sv/h}$ 、監測區之劑量率最高不超過 0.5  $\mu\text{Sv/h}$ 。

## 2. 現場檢測及訪查之儀器設備

本計畫針對訪查標的 X 光管之能量範圍在 15 keV~10 MeV 之可發生游離輻射設備，以手持式輻射偵檢器(Atomtex AT1121 塑膠閃爍偵檢器，如圖 1(左))、電子式劑量警報計(可測累積劑量與劑量率)等裝備(如圖 2)進行現場輻射偵測及訪查。針對訪查標的 X 光管之能量在 5 keV~15 keV 以下者，使用 Atomtex AT1103M 閃爍偵檢器檢測(如圖 1(右))。考量本計畫檢測及訪查之部分 X 光機設備公稱電壓及能量範圍，將使用之輻射偵檢器送至清華大學原科中心之二級標準輻射偵檢儀校正場(使用  $^{137}\text{Cs}$  輻射源)與核能研究所國家標準實驗室進行相關能量 X 光之劑量校正。Atomtex AT1121、AT1103M 手持式偵檢器之基本特性比較列於表 1。

表 1 偵檢器基本特性比較表

偵檢器型號	偵檢器特性
Atomtex AT1121 (Scintillation plastic, Ø 30×15 mm)	能量反應範圍：15 keV~10 MeV; 最小反應時間：≅ 30 ms 的脈衝時間 量測劑量率範圍：0.05 µSv/h - 10 Sv/h
Atomtex AT1103M (NaI(Tl) Ø 9×2 mm scintillator)	能量反應範圍：5 keV~160 keV 最小反應時間：≅ 30 ms 的脈衝時間 量測劑量率範圍：0.05 µSv/h - 100 µSv/h



圖 1. 手持式偵檢器 ATOMTEX AT1121(左)、AT1103M(右)



圖 2.可測累積劑量與劑量率之電子式劑量警報計



圖 3. 清華大學原科中心之二級標準輻射偵檢儀校正場(使用  $^{137}\text{Cs}$  輻射源)

3. X 光管式靜電消除器、動物用 X 光檢查儀、開放射束/移動型(手持式)X 光檢測儀以及其他可發生游離輻射設備之特性

(1) X 光管式靜電消除器：

X 光管式靜電消除器(圖 4)是使用低能量(一般在 10 keV 左右) X 光，直接離子化帶靜電物體週遭的空氣，透過這些低能量 X 光產生的空氣離子和物體上的靜電荷中和，而將靜電消除的裝置。有以下優點：不需要空氣的流動、不會產生粉塵、無電磁雜訊。



圖 4. X 光管式靜電消除器(左、中)及其作業示意圖(右)

## (2) 動物用 X 光檢查儀：

國內大部份動物醫院均配置有 X 光檢查儀為動物執行健康方面的檢查(如圖 5)，其使用的 X 光檢查儀與在醫院為民眾使用的 X 光機一樣，其差別在於使用對象不同而已。動物醫院的 X 光機均為診斷使用，其原理為 X 射線穿透動物身體，造成 X 光軟片感光，經清洗 X 光軟片顯影後，據以判讀動物身體傷痛之病因。



圖5. 動物用X光檢查儀(左)及可能有協助者協助照相檢查之示意圖(右)

## (3) 放射束/移動型(手持式) X 光檢測儀：

移動式/手持式X光檢測儀(如圖6)為避免因不慎操作開放射束/移動式(手持式)X光檢測儀而造成人員接受不必要的輻射曝露，這些X光機通常設計有下列輻射安全防護措施：

- (i) 使用前須輸入正確的密碼，否則X光機將會鎖住而無法啟動。且超過一定時間(通常為數分鐘)未使用，則X光機亦將自動鎖住無法照射。
- (ii) 儀器前端設置有紅外線安全感應啟動裝置，當有物體(樣品)遮蔽所發射紅外線(通常感應距離只限制在幾公分之內)，始能產生X光；否則將無法發射。當紅外線感應到物體(樣品)時，儀器的警示燈將由綠色轉為橘色，表示此時儀器處於可使用狀態。
- (iii) 當開放射束/移動式(手提式)X光機在發射X光時，在儀器上之照射警示燈將亮起。
- (iv) 當測試對象為較小樣品時，可能使主射束的部分輻射無法被樣品阻擋而致樣品後方之劑量增加。為減少前述潛在的輻射危害，有些設備會使用安全屏蔽遮罩涵蓋整個主射柱來阻擋輻射。



圖 6. 開放射束/移動式(手提式)X 光檢測儀

- (4) 其他可發生游離輻射設備(非醫用櫃型與一般型 X 光機)：
- 櫃型：指原設計或製造型式之放射性物質或可發生游離輻射設備，裝置於有適當屏蔽之櫃中，使用時能防止人員進入，但該櫃不為建築物之一部分。(全屏蔽，如圖 7 左)
- 一般型 X 光機：除櫃型外，非全屏蔽式，如圖 7(右)。



圖 7. 非醫用櫃型(左)與一般型(右)X 光機

- (5) X 光機之基本防護要求：
- (i) 在控制處設有“開機後有 X 射線產生”的警告標誌。
  - (ii) 使用中在控制處有“X 射線開啟”指示燈會亮起。
  - (ii) 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。
  - (iv) 所有的門與可接近之表面均足以防護所產生之 X 射線。
  - (v) 操作 X 光機人員應年滿 18 歲，並依法取得輻射防護訓練合格證明(18 小時)。
  - (vi) X 光機之設備每五年(有效期限前後一個月)實施輻射安全測試，並留存紀錄備查。
  - (vii) 動物用 X 光照射時如需飼主協助固定動物,應提供適當防

護配備（鉛衣、鉛手套等）<sup>[17-19]</sup>。

#### 4. 人員劑量與風險評估

##### (1) 設備正常使用之劑量評估

本計畫針對國內使用之X光管式靜電消除器、開放射束/移動型(手持式)X光檢測儀以及其他非醫用登記類及許可類可發生游離輻射設備（含櫃型與一般型X光機及動物用X光機），考量其正常操作條件時工作人員可能接受之劑量(率)。

##### (i) X光管式靜電消除器、檢測儀以及其他非醫用X光機(含櫃型與一般型)：

在平常常用之正常操作條件下，以手持式偵檢器測量工作人員手部、身體(人員居佔)位置之劑量(率)。

##### (ii) 動物用X光檢查儀：

(a) 在平常常用之操作條件下，以手持式偵檢器測量操作X光機人員之手部、身體(人員居佔)位置之劑量(率)。

(b) 考量協助者在檢查室內協助動物擺位照相的情形，以手持式偵檢器測量，評估正常有穿鉛屏蔽衣之居佔位置劑量(率)，居佔位置則考量距照野中心50公分(協助者居佔位置)(如圖8)。此外，亦將以電子式劑量警報計放置於照野下方處，評估協助人員之手部可能接受之劑量(率)。



圖8. 考量動物用X光檢查儀協助者在檢查室內協助動物擺位照相的情形，以手持式偵檢器測量，評估其有穿(右)及無穿(左)鉛屏蔽衣之居佔位置劑量(率)示意圖

##### (iii) 開放射束/移動型(手持式) X光檢測儀：

(a)改變不同使用條件(管電壓30-50 kV、管電流10-50 A)，測量X光機表面附近5-10 cm、30-50 cm (評估工作人員手部、身體位置)之劑量(率)、距X光機1公尺處(其他可能接近之一般人員身體處)之劑量(率)。

(b)改變不同樣品大小(面積大於或小於X光主射束面積)，測量X光機表面附近5-10 cm、30-50 cm (評估工作人員手部、身體位置)之劑量(率)、距X光機1公尺處(其他可能接近之一般人員身體處)之劑量(率)。

(2) 設備異常使用之劑量與風險評估

為評估安全連動裝置失效或動物用X光檢查儀照相時之協助者無穿鉛屏衣物之異常使用情形發生時，可能造成工作人員之劑量(率)與風險，評估方法如下：

(i) X光管式靜電消除器以及其他非醫用X光機(含櫃型與一般型)：

屏蔽門未關時之人員劑量(率)係考量A點及其距輻射源距離x(現場實際量測)，並依據距離平方反比關係，計算評估在設備外30 cm處(B點)之劑量率代表工作人員劑量(率)，距設備外1公尺處(C點)之劑量率則代表可能接近之一般人員劑量(率)。相關位置示意圖如圖9，計算公式示於圖中右側。

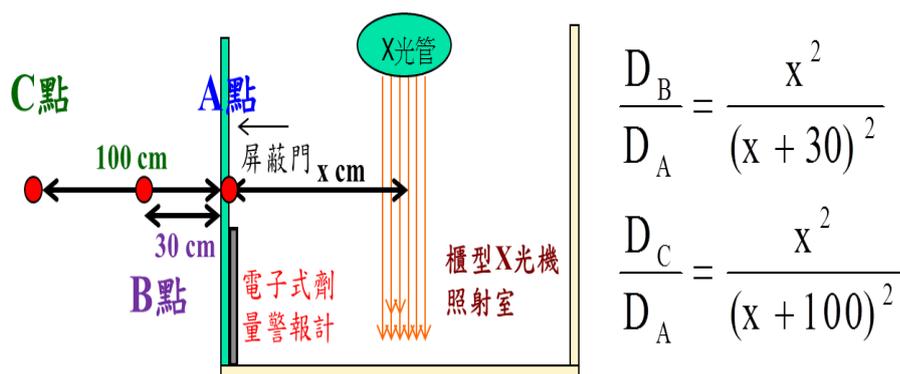


圖9. 除動物用及移動型(手持式)X光檢測儀外，針對有屏蔽門之非醫用X光機的異常使用之劑量評估方法示意圖

(ii) 動物用X光檢查儀：在平常常用之操作條件下，考量協助者在檢查室內協助動物擺位照相的情形，以手持式偵檢器

測量，評估其無穿鉛屏蔽衣之居佔位置劑量(率)，居佔位置考量距照野中心50公分(主要協助者居佔位置)。

- (iii) 開放射束/移動型(手持式) X光檢測儀：在安全條件許可時(避免人員誤入，X光射束方向避開人體)，測試紅外線安全感應啟動裝置失效或被故意遮蔽情形下，以手持式輻射偵檢器測量X光機表面附近之工作人員手部、身體位置之劑量(率)，以及距X光機1公尺處(評估可能接近之一般人員身體)之劑量(率)與射束前方特定位置(表面0公分處)之劑量(率)。

(3) 空間劑量與人員有效劑量之轉換因子評估：

有效劑量不是可測量的量，因此必須測量空氣克馬或周圍等效劑量，並應用適當的校正或轉換因子來計算有效劑量。如果測量目的是評估人造輻射源對人體的曝露程度是否可以接受(在規定限度內)，則應使用周圍等效劑量。對個人的輻射風險最好用有效劑量表示。手持式偵檢器測得之數值為一般為周圍等效劑量 $H^*(10)$ ，如果要評估有效劑量，則需要獲取職業曝露環境的輻射射質詳細資訊。

表2 ICRP與EURADOS評估不同光子能量時之空氣克馬( $K_a$ )轉換至有效劑量(E)及周圍等效劑量( $H^*(10)$ )轉換至有效劑量(E)之轉換因子<sup>[28,29,41]</sup>

Energy (MeV)	E/ $K_a$ (Sv/Gy)			E/ $H^*(10)$
	ICRP 74	ICRP 116	EURADOS RP 106	EURADOS RP 106
0.01	0.00653	0.0090	0.01	1.00
0.015	0.0402	0.0485	0.04	0.15
0.02	0.122	0.130	0.12	0.20
0.03	0.416	0.423	0.42	0.38
0.04	0.788	0.801	0.79	0.53
0.05	1.11	1.13	1.11	0.66
0.06	1.31	1.33	1.31	0.75
0.08	1.43	1.44	1.43	0.83
0.10	1.39	1.39	1.39	0.84
0.15	1.26	1.25	1.26	0.85
0.20	1.17	1.17	1.18	0.84
0.30	1.09	1.09	1.09	0.83
0.40	1.06	1.06	1.06	0.84
0.50	1.04	1.04	1.04	0.85
0.60	1.02	1.02	1.02	0.84
0.80	1.01	1.01	1.01	0.85
1.00	1.00	1.00	1.00	0.85
1.50	---	0.996	1.00	0.86
2.00	0.992	0.990	0.99	0.87

表3 ICRP評估不同光子能量時之有效劑量(E)轉換至皮膚劑量之轉換因子<sup>[29]</sup>

Energy (MeV)	E (pSv cm <sup>2</sup> )	Skin dose 男 (pSv cm <sup>2</sup> )	Skin dose 女 (pSv cm <sup>2</sup> )	Skin dose男/E (Gy/Sv)	Skin dose女/E (Gy/Sv)
0.01	0.685	1.740	1.950	2.540	2.847
0.015	0.156	1.230	1.300	7.885	8.333
0.02	0.225	0.855	0.894	3.800	3.973
0.03	0.313	0.506	0.531	1.617	1.696
0.04	0.351	0.376	0.392	1.071	1.117
0.05	0.370	0.328	0.340	0.886	0.919
0.06	0.390	0.320	0.328	0.821	0.841
0.08	0.444	0.353	0.360	0.795	0.811
0.1	0.519	0.421	0.429	0.811	0.827
0.15	0.748	0.649	0.658	0.868	0.880
0.2	1.000	0.898	0.910	0.898	0.910
0.3	1.510	1.400	1.410	0.927	0.934
0.4	2.000	1.870	1.880	0.935	0.940
0.5	2.470	2.290	2.300	0.927	0.931
0.6	2.910	2.680	2.660	0.921	0.914
0.8	3.730	3.300	3.270	0.885	0.877
1	4.490	3.800	3.720	0.846	0.829
1.5	6.120	4.650	4.510	0.760	0.737
2	7.480	5.280	5.100	0.706	0.682

國際放射防護委員會(ICRP)分別於1996年、2010年發佈了體外曝露劑量轉換係數相關建議的ICRP 74<sup>[28]</sup>、ICRP 116<sup>[29]</sup>報告，歐洲輻射劑量學組織(European Radiation Dosimetry Group, EURADOS)亦於1999年提出其第106號輻射防護報告(Radiation Protection 106)<sup>[41]</sup>針對環境輻射監測中輻射偵檢器測得之劑量與人員有效劑量間之轉換因子進行分析討論。彙整相關文獻之有效劑量之轉換因子及皮膚劑量轉換因子，列於表2及表3。本計畫將持續以往執行訪查計畫之劑量評估方法，主要以手持式輻射偵檢器測得之周圍等效劑量再考量所訪查偵測之可發生游離輻射設備之作業能量及評估有效能量後，依據相關人員有效劑量之轉換因子將手持式偵檢器測得之空間劑量(周圍等效劑量H\*(10))轉換為人員之有效劑量及手部四肢等價劑量。

將H\*(10)轉換成有效劑量範例：

- 操作60 kVp X光機進行輻射作業，其有效能量約30~35 keV；則其E/H\*(10)約為0.4。

如以AT1121手持式偵檢器進行測量，因其於<60 keV時會高估約1.35倍(能量依存性)；因此人員有效劑量應為：

$$E(\mu\text{Sv/h}) = \frac{\text{偵檢器讀值}(\mu\text{Sv/h})}{1.35} \times 0.4 = \text{偵檢器讀值}(\mu\text{Sv/h}) \times 0.3$$

- 皮膚劑量則為評估出之有效劑量 有效劑量與皮膚劑量之轉換因子(Skin dose/E)。如評估男性工作人員其 Skin dose/E 轉換因子(有效能量約 30~35 keV)約為 1.35。

$$\text{Skin Dose} (\mu\text{Sv/h}) = E(\mu\text{Sv/h}) \times 1.35 = \text{偵檢器讀值}(\mu\text{Sv/h}) \times 0.4$$

- 環境輻射偵測使用偵檢器測得周圍等效劑量  $H^*(10)$ 後， $E/H^*(10)$ 轉換因子一般取0.7~0.85。

#### (4) 風險評估：

本計畫輻射風險分析與評估方法概述如下：

本計畫以手持式輻射偵檢器測得之周圍等效劑量 $H^*(10)$ 再考量所訪查偵測之可發生游離輻射設備之適當轉換因子後評估得合理之人員有效劑量及手部四肢等價劑量。量測之周圍等效劑量與評估之有效劑量將一併紀錄與標示。以皮膚等價劑量與有效劑量的大小來量化輻射健康效應之確定效應與機率效應的風險，並考量操作時之劑量率、操作頻率/時間(調查各設備每週之使用時數)，保守假設人員於操作輻射源設備之工作時間均站在量測之最大劑量位置處進行評估(一般情形工作人員通常在控制機台位置處操作，機台位置處之劑量率均為背景範圍)，以評估出操作特定設備之合理可能且保守之年皮膚等價劑量與年有效劑量，並與現行法規之等價劑量與有效劑量的限度作比較分析。

在機率效應之風險評估上，本計畫對輻射工作人員採用ICRP建議之成年人危險度係數 $4.1 \times 10^{-2}/\text{Sv}$  (ICRP-103)、 $4.8 \times 10^{-2}/\text{Sv}$  (ICRP-60)；對非輻射工作人員採用一般公眾(包括未成年者)之危險度係數 $5.5 \times 10^{-2}/\text{Sv}$  (ICRP-103)、 $6.0 \times 10^{-2}/\text{Sv}$  (ICRP-60)<sup>[1,23]</sup> (表4)，分別評估工作人員與公眾之年有效劑量轉換為癌症標稱危險度之風險。

考量相關文獻結論<sup>[36-39]</sup>，皮膚劑量小於 2 Gy (吸收劑量)或 2 Sv(等價劑量-X ray)，不會發生有害症狀與影響。在確定效應之風險評估上，可保守考量以 ICRP 60 及 103 之劑量限度建議(以等價劑量之劑量限度做規範)，以比較評估工作人員之手部年等價劑量是否超過 500 mSv 為依據，如未超過則視為不會發生確定效應。

表 4 ICRP-60 及 ICRP-103 建議使用之癌症標稱危險度係數<sup>[1,22]</sup>

	ICRP-60	ICRP-103
輻射工作人員	$4.8 \times 10^{-2} / \text{Sv}$	$4.1 \times 10^{-2} / \text{Sv}$
非輻射工作人員	$6.0 \times 10^{-2} / \text{Sv}$	$5.5 \times 10^{-2} / \text{Sv}$

此外，本研究在評估個人年劑量時，乃以合理保守之情形評估，考量以現場調查之操作靜電消除器之輻射工作人員每人每週實際工作時數、每年工作 50 週計算，並保守假設人員於上述工作時間均站在量測之最大劑量位置處進行評估。

#### 5. 檢測及訪查數據之統計分析

本研究計畫針對檢測及訪查之數據結果，依現場之查核項目如設備資訊查核、X 光管球輻射偵測、測試報告查核、X 光室輻射偵測、其它必要檢測及訪查項目等個別項目合格(相符)率及整體合格(相符)率進行統計分析，必要檢測及訪查項目詳列如下：

- (1)門扉上裝有與 X 光機連動之安全連鎖裝置及標準之輻射警示標誌。
- (2)門扉上寫有明顯之「注意 X 射線」或「X 光室」警語。
- (3)距任何可以接近 x 光室之四週障壁外表面 30 cm 處之劑量率最高不超過  $0.5 \mu \text{Sv/hr}$ 。
- (4)管制區防護屏蔽內部表面 30 cm 處及管制區內操作人員或工作人員居佔位置之劑量率最高不超過  $10 \mu \text{Sv/hr}$ 。
- (5)除上述四項必要檢測及訪查項目外，亦針對不同廠牌、型別設備於正常與可能異常使用時之人員劑量與風險評估測試結果進行記

錄與統計分析。

(二) 規劃檢測及訪查數量：

依原能會提供之檢測及訪查名冊，每年至少完成 250 部，二年進行檢測及訪查完成總數約 500 部 (107 年 12 月 31 日前完成 250 部；108 年 12 月 31 日前再完成 250 部，二年完成總數 500 部)。

(三) 蒐集並研析國際相關輻射偵測之偵檢器的特性要求及規定。

本計畫已初步取得 EURADOS 的二份報告 Radiation Protection 106 (1999): Technical recommendations on measurements of external environmental gamma radiation doses 與 Radiation Protection 160 (2009): Technical recommendations for monitoring individuals occupationally exposed to external radiation，此二報告對偵檢器測得之作業量轉換為有效劑量之因子及各種輻射偵檢器之特性要求，以及對職業曝露之監測與評估方法有深入之探討<sup>[41,42]</sup>。本計畫研析上述報告，並對相關要求及規定進行彙整。

(四) 完成常用於非醫用可發生游離輻射設備輻射安全偵測之偵檢器的檢測特性分析與適用性評估。

本計畫彙整國內不同類型/特性之可發生游離輻射設備特性，並藉由現場訪查之機會，調查彙整現有偵測業者接受使用單位委託進行現場輻射安全測試所提出之輻射安全測試報告中所列之輻射偵檢器的特性，蒐集相關偵檢器之原廠特性說明資料，參考國際文獻對相關輻射偵測之偵檢器的特性要求及規定，逐一探討偵測業者使用之不同偵檢器的適用性(如能量範圍、響應時間、角度或方向依存等特性於不同類型可發生游離輻射作業之劑量偵測適用性分析)。

(五) 提出非醫用可發生游離輻射設備職業曝露量測規範建議。

本計畫將於第二年針對國內不同類型/特性之非醫用可發生游離輻射設備提出職業曝露量測規範建議，規範建議中將包括職業曝露量測方法與步驟、使用儀器規格要求、記錄表格等事項。

(六) 提出輻防管制及風險控管之具體建議。

本計畫將彙整計畫全程(105年至108年)之訪查統計分析、風險及劑量評估結果，檢視我國輻防相關法令規定，針對現行管制之可發生游離輻射設備中，對人體影響可忽略者，評估逐步放寬輻防管制(納入豁免)之可行性，並提出輻防管制及風險控管之具體建議。

(七) 至原能會進行工作進度簡報(每年2次)。

本計畫規劃每年至原能會進行2次工作進度簡報，第1次於每年第1季、第二次於第四季進行。

(八) 完成「107至108年度計畫曝露量測規範建立與輻射安全風險評估研究」計畫，並提出結案報告。

依契約書規定之時程，完成計畫規劃之工作項目，並提出結案報告。107年度於107年7月15日前，提送107年度期中報告，107年12月6日前，提送107年度期末成果報告；108年3月15日前，提出108年度期初報告，108年7月15日前，提送108年度期中報告，108年12月6日前，提送108年度期末成果報告。

## 肆、 主要發現與討論

### (一)進度說明

- 107 年 2 月 7 日取得原能會提供之 X 光機設備(包括動物用/獸醫 X 光設備、手持式/移動型 X 光機、X 光管式靜電消除器等)訪查執行名冊。
- 3 月 6 日以電子郵遞帳號，開始寄出檢查通知。
- 3 月 13 日於新竹市國立清華大學化學二館進行本年度訪查人員訓練。參與訓練人員包括原能會輻防處聶至謙先生、吳思穎小姐及清華大學參與本計畫現場實測訪查人員 5 名 (許芳裕、劉衛蒼、陳宗源、陳永泰、黃峰運等)，共計 7 人，利用清華大學化學系之手持式 X 光機設備進行輻射安全訪查之現場偵測訓練。訓練相關照片如圖 4.1。



圖 4.1 針對手持式 X 光機設備現場實測訓練：檢測注意事項講解及實測

- 3 月 14 日由本計畫之主持人至原能會進行本年度第 1 次工作方法與進度簡報。
- 4 月 10 日將手持式偵檢器 AT1121 及電子式劑量警報計 AT3509B 送至清華大學二級標準輻射偵檢儀校正場( $^{137}\text{Cs}$  輻射源)校正。
- 6 月 11 日將手持式偵檢器 AT1103M 送至核能研究所一級標準輻射度量儀器校正實驗室進行校正( $^{241}\text{Am}$  輻射源)。
- 至 6 月 20 日止，已執行完成 146 台 X 光設備輻射安全現場訪查與檢測，包括移動型 X 光機 52 台、靜電消除器 45 台以及動物用 X 光機 49 台 X 光設備。(預定進度：於 6 月 30 日前完成 125 台)。
- 7 月 9 日將 107 年期中報告發文函送至原能會審查。
- 截至 11 月 20 日止，已執行完成 258 台 X 光設備輻射安全現場訪查與檢測，包括移動型 X 光機 86 台(複查 3 台)、靜電消除器 90 台(複查 1

台)以及動物用 X 光機 82 台(複查 8 台)X 光設備；總計 258 台及 12 次複查(270 台次)。(預定進度：107 年完成 250 台)

- 11 月 23 日本計畫之主持人至原能會進行本年第 2 次工作方法與進度簡報。

## (二)檢查結果統計

### (1)檢查區域分布

- 107 年移動型 X 光機檢測台數：86 (複查 3 台)，靜電消除器檢測台數：90 (複查 1 台)；動物用(獸醫)X 光設備檢測台數：82 (複查 8 台)，總計檢測台數：258 (複查 12 台)。各縣市檢測 X 光設備台數之分布列於圖 4.2 及表 4.1，X 光設備檢測率分布示於圖 4.3。

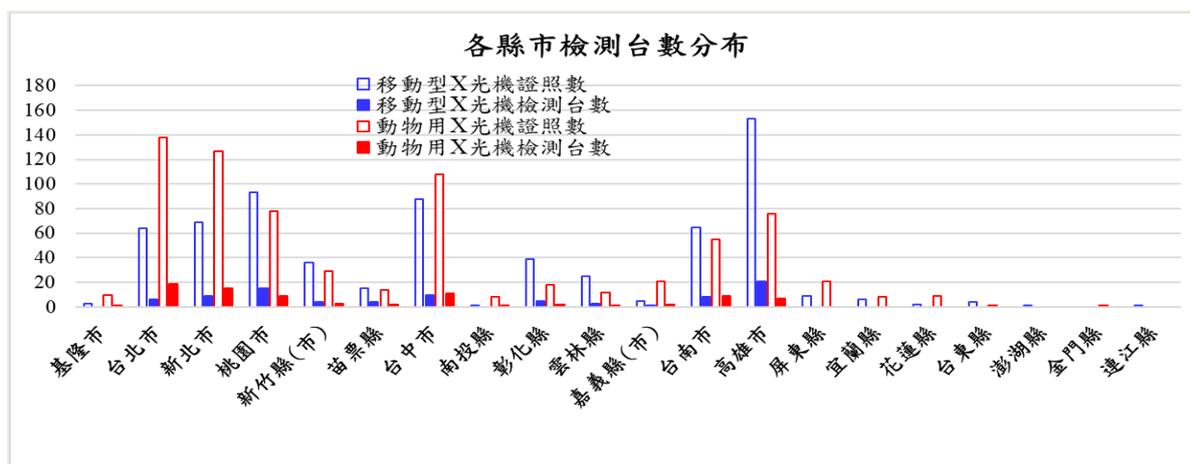


圖 4.2 各縣市檢測 X 光設備台數之分布

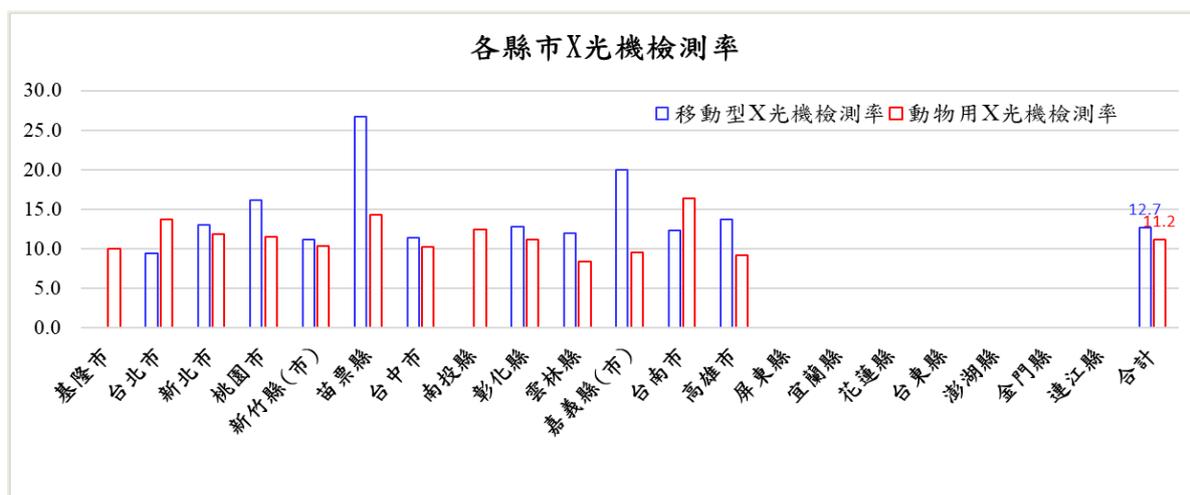


圖 4.3 各縣市 X 光設備檢測率分布

表 4.1. 各縣市檢測 X 光設備台數之分布表

縣市別	移動型 X 光機		靜電消除器		動物用(獸醫)X 光機	
	證照數	107 年 檢測台數	證照數	107 年 檢測台數	證照數	107 年 檢測台數
基隆市	3	0	0	0	10	1
台北市	64	6	1	0	138	19
新北市	69	9	0	0	127	15
桃園市	93	15	7	10	78	9
新竹縣(市)	36	4	6	10	29	3
苗栗縣	15	4	5	15	14	2
台中市	88	10	3	10	108	11
南投縣	1	0	0	0	8	1
彰化縣	39	5	0	0	18	2
雲林縣	25	3	0	0	12	1
嘉義縣(市)	5	1	0	0	21	2
台南市	65	8	12	35	55	9
高雄市	153	21	1	10	76	7
屏東縣	9	0	0	0	21	0
宜蘭縣	6	0	0	0	8	0
花蓮縣	2	0	0	0	9	0
台東縣	4	0	0	0	1	0
澎湖縣	1	0	0	0	0	0
金門縣	0	0	0	0	1	0
連江縣	1	0	0	0	0	0
合計	679	86	35	90	734	82

(2) 證照登載之最使用大量與實際持有機台/X 光管數量調查與統計

由於目前 X 光管式靜電消除器之證照管制方式為 1 廠 1 證，並登錄申請之最大持有量(控制器)，而實際使用時一機台可能會裝設數支控制器，

每個控制器則可控制數個 X 光管球；本計畫為使主管機關(原能會)了解各證照實際使用之 X 光管球、控制器與機台數量，故一併調查每張證照實際持有 X 光管/控制器/機台數量，並予以統計，如附錄一。附錄一中，除統計各單位 X 光管式靜電消除器證照登載之最大使用量、實際使用數量外，並列出本計畫於 107 年現場訪查檢測之 X 光管/控制器/機台數量與檢測率。

### (3) 檢測率統計與說明

如前述說明，附錄一中之 107 年 X 光管式靜電消除器檢測率：控制器總數 8146 個，107 年檢測 452 個，檢測率為 5.5 %；機台總數 1990 台，107 年檢測 90 台，檢測率為 4.5 %。移動型 X 光機登錄之使用證照數為 792 台，107 年檢測 86 台，檢測率約為 10.9 %。動物用(獸醫)X 光設備登錄之使用證照數為 915 台，107 年檢測 82 台，檢測率約為 9.0 %。

(4) 現場訪查資料表列如附錄一。

### (三) 現場訪查輻射測試結果

107 年現場訪查輻射測試結果，移動型 X 光機訪查與檢測 86 台，檢測結果 82 台均符合規定，其中有 3 台 X 光機安全連鎖裝置故障可直接照射，1 台測試報告遺失；靜電消除器現場訪查與檢測 90 台，檢測結果 89 台均符合規定，其中 1 台以低能量 AT1103M 手持式 X 光劑量計檢測結果發現屏蔽外有疑似輻射異常情形；動物用(獸醫)X 光機現場訪查與檢測 82 台，檢測結果 75 台均符合規定，其中 7 台安全連鎖裝置故障。

上述(12 台)現場訪查有發現缺失或有輻射異常疑慮之案件均回報原能會輻防處，並於使用單位回報完成改善後，由本計畫訪查人員與原能會人員至現場複驗檢測或文件確認，均已符合相關管制規定。現場訪查有發現缺失或有輻射異常疑慮之案件狀況說明列於表 4.2。

表 4.2 現場檢查輻射測試結果疑似異常彙整表：

編號	類別	異常情形說明	備註
1	移動型 X 光機	移動型 X 光機(XRF)可直接照射，安全連鎖裝置故障。	7 月 24 日複查，安全連鎖裝置正常運作，確認已完成改善。(現場複查 1 次)
2	移動型 X 光機	移動型 X 光機(XRF)可直接照射，安全連鎖裝置故障。	8 月 17 日複查，安全連鎖裝置正常運作，確認已完成改善。(現場複查 1 次)
3	獸醫用 X 光機	安全連鎖裝置故障，屏蔽門未全部關閉仍可照射。	9 月 11 日現場複查，發現仍未改善，請該院續改善。於 10 月 2 日再次複查，確認已完成改善。(現場複查 2 次)
4	獸醫用 X 光機	安全連鎖裝置故障，屏蔽門未全部關閉仍可照射。	9 月 19 日至該院複查，確認已完成改善。(現場複查 1 次)
5	獸醫用 X 光機	安全連鎖裝置故障，屏蔽門未全部關閉仍可照射。	9 月 19 日至該院複查，確認已完成改善。(現場複查 1 次)
6	移動型 X 光機	測試報告資料遺失。	廠商已於 6 月 7 日完成測試報告補作，經補傳文件確認完成。(免現場複查)
7	獸醫用 X 光機	安全連鎖裝置故障，屏蔽門未全部關閉仍可照射。	9 月 12 日至該院複查，確認已完成改善。(現場複查 1 次)
8	獸醫用 X 光機	安全連鎖裝置故障。	10 月 11 日複查，確認已完成改善。(現場複查 1 次)
9	獸醫用 X 光機	安全連鎖裝置故障，不符規定。	10 月 11 日第一次現場複查仍為故障，請該院續改善。11 月 9 日第二次現場複查，確認已完成改善。(現場複查 2 次)
10	靜電消除器	AT1121 量測均為背景值；另以低能量 AT1103M 手持式 X 光劑量計檢測，發現屏蔽外	於 9 月 28 日實施複查，確認已完成改善。(現場複查 1 次)

		有輻射劑量異常情形如下： 實測機台劑量表面 10 公分處 1.52 $\mu$ Sv/h；30 公分處 1.44 $\mu$ Sv/h。	
11	獸醫用 X 光機	安全連鎖裝置故障。	確認該院已於 9 月份向原能會申 請報廢該台 X 光機。(免現場複查)
12	移動型 X 光機	移動型 X 光機(XRF)可直接 照射,X 光機安全連鎖裝 置故障。	10 月 16 日複查, 確認已完成改 善。(現場複查 1 次)

### (三) 輻射劑量檢測結果與風險分析

#### 1. 輻射劑量檢測結果

##### (1) 移動型 X 光機之劑量率結果：

##### (a) 移動型 X 光機於正常作業下之劑量率結果：

107 年檢測合計檢測 86 台，劑量率結果合併統計如圖 4.4 (小樣品) 及圖 4.5 (大樣品)。執行檢測小樣品(1 元硬幣)或大樣品(10 元硬幣)之劑量率結果：表面可接近 10 公分處之淨劑量率最大者(編號 9) 約 15.51  $\mu$ Sv/h (小樣品)，12.91  $\mu$ Sv/h (大樣品)。

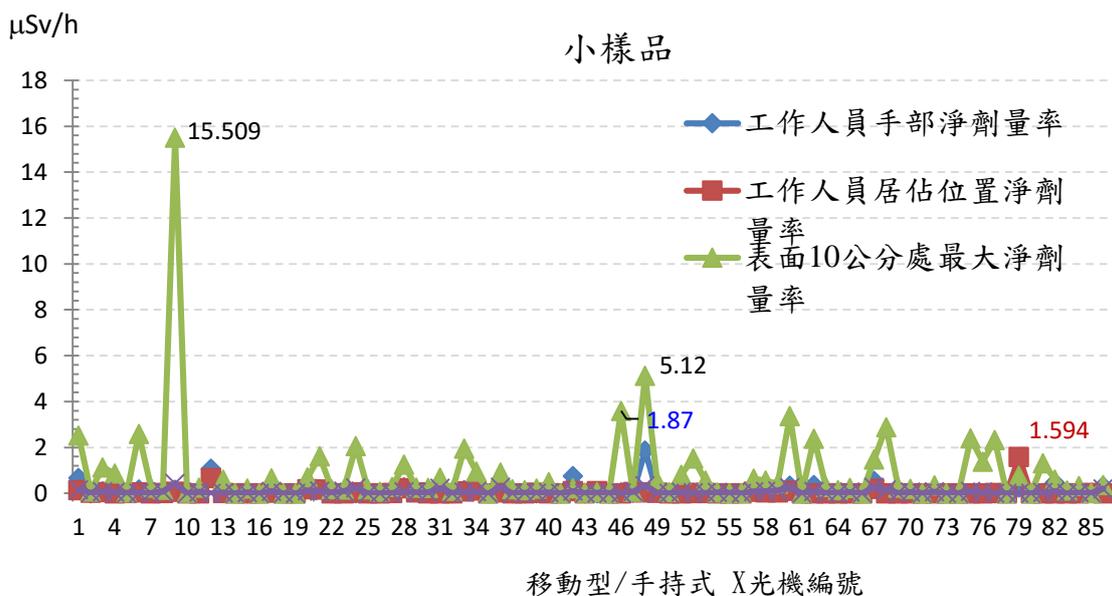


圖 4.4 執行檢測小樣品(1 元硬幣)之劑量率結果

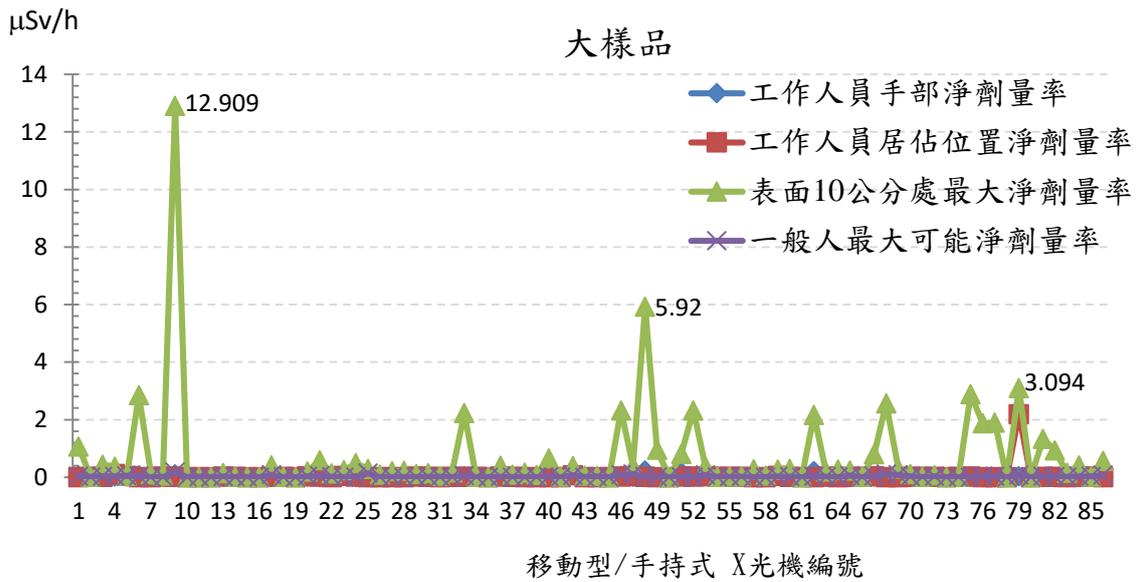


圖 4.5 執行檢測大樣品(10 元硬幣)之劑量率結果

考量每台移動型 X 光機每週平均操作時數(示於圖 4.6)以及上述測得之劑量率結果,評估各 X 光機檢測小樣品(1 元硬幣)及大樣品(10 元硬幣)之合理、保守可能之年劑量結果(示於圖 4.7):工作人員手部最大淨年劑量: 220.5  $\mu\text{Sv}$ (小樣品)(編號 51)、190.5  $\mu\text{Sv}$ (大樣品)(編號 51);工作人員身體最大淨年劑量: 20.7  $\mu\text{Sv}$ (小樣品)(編號 67)、36.0  $\mu\text{Sv}$ (大樣品)(編號 51)。

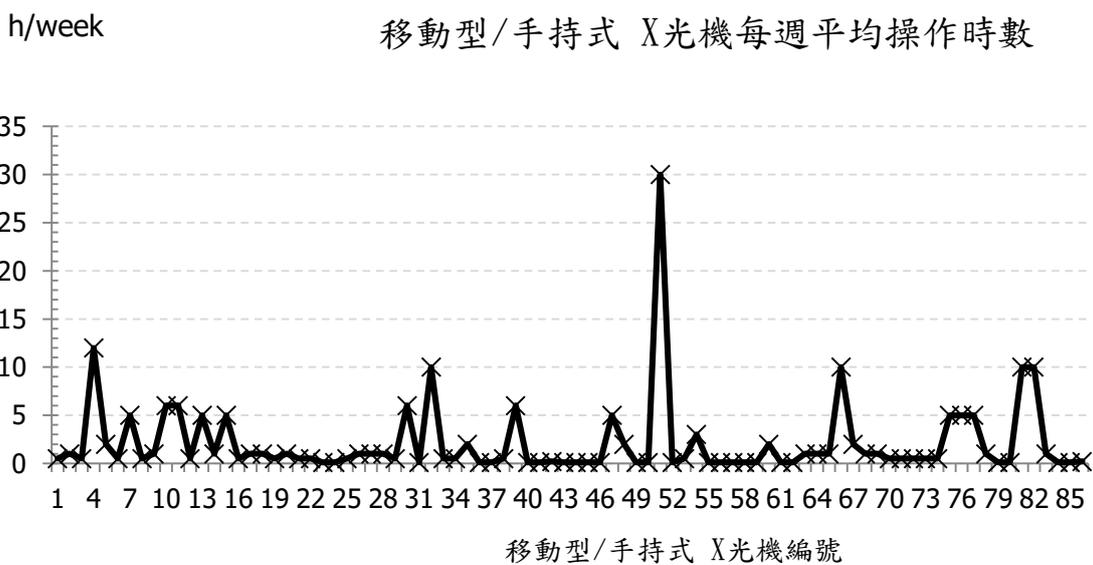


圖 4.6 每台移動型 X 光機每週平均操作時數

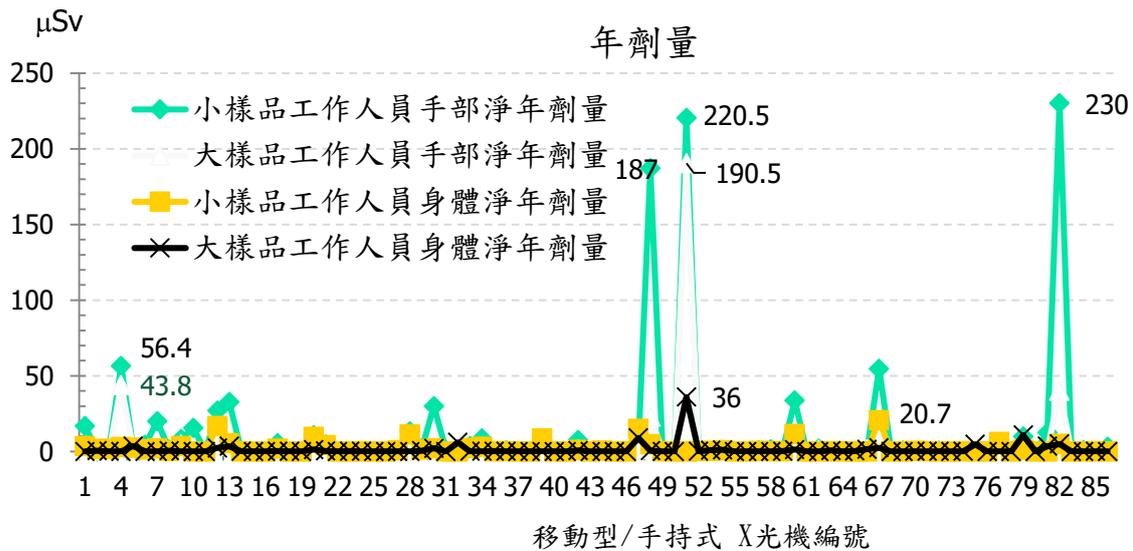


圖 4.7 移動型 X 光機正常作業造成工作人員之年劑量結果

(b) 移動型 X 光機於異常使用情境下之劑量率結果：

測試 86 台移動型/手持式 X 光機異常使用時，模擬其朝向人員身體照射的情況，操作人員手部及身體(居站位置)之劑量為手持式 X 光機之安全連鎖感測器以硬幣遮蔽，朝空曠處進行照射所量測之結果；受照射者之劑量則為手持式 X 光機直接貼緊輻射偵檢器(後方為空曠處)進行照射之偵檢器測量結果(如圖 4.8)。受照射者可能接受之最大劑量率為每秒 680.56  $\mu\text{Sv}$  (編號 65)。一般移動型/手持式 X 光機每次照射時間範圍約為 3~10 秒。

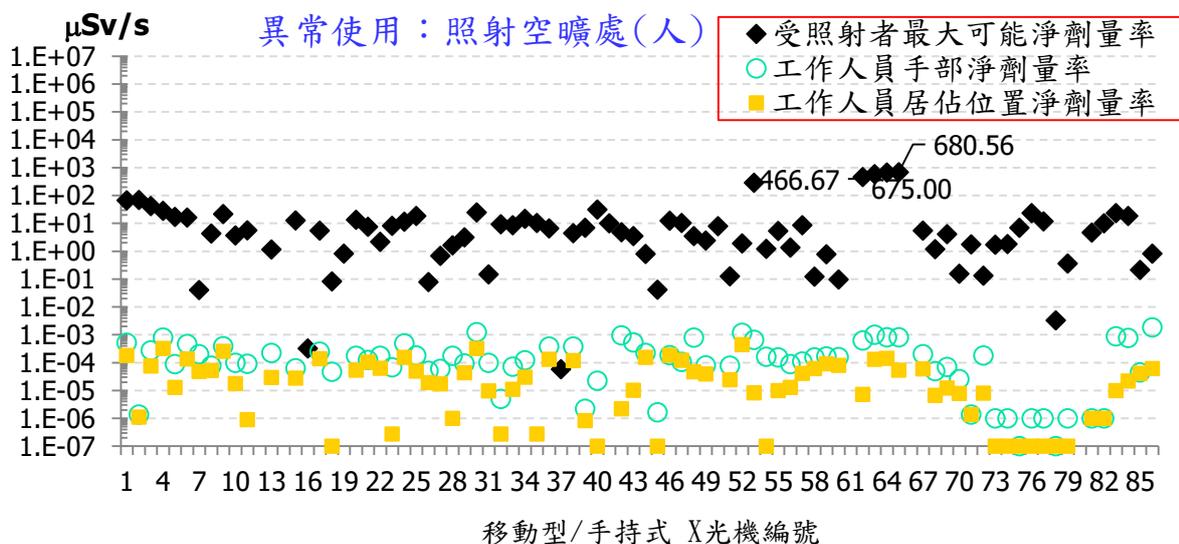


圖 4.8 移動型/手持式 X 光機異常使用時(模擬其朝向人員身體照射的情況)，受照射者之劑量、操作人員手部及身體(居站位置)之劑量結果

(2) X 光管式靜電消除器於正常作業下之劑量率結果：

107 年合計檢測 90 台，劑量率結果合併統計如圖 4.9。表面可接近 10 公分處、人員居站位置以 AT1121 檢測值，結果全部均為背景範圍。以 AT1103M 檢測值，結果(扣除背景)如下：各 X 光管式靜電消除器屏蔽表面 10 公分處測得之最大劑量率(1.873  $\mu\text{Sv/h}$ )發生在編號 41(但其距屏蔽表面 30 公分處之劑量率為 0.483  $\mu\text{Sv/h}$ ，小於 0.5  $\mu\text{Sv/h}$ ，符合管制規定)；編號 46 之表面 10 公分處測得之最大劑量率為 1.514  $\mu\text{Sv/h}$ ，其屏蔽外 30 公分處劑量率為 1.434  $\mu\text{Sv/h}$ ，超過 0.5  $\mu\text{Sv/h}$ ，疑似屏蔽外輻射劑量異常，列為追蹤複查機台。

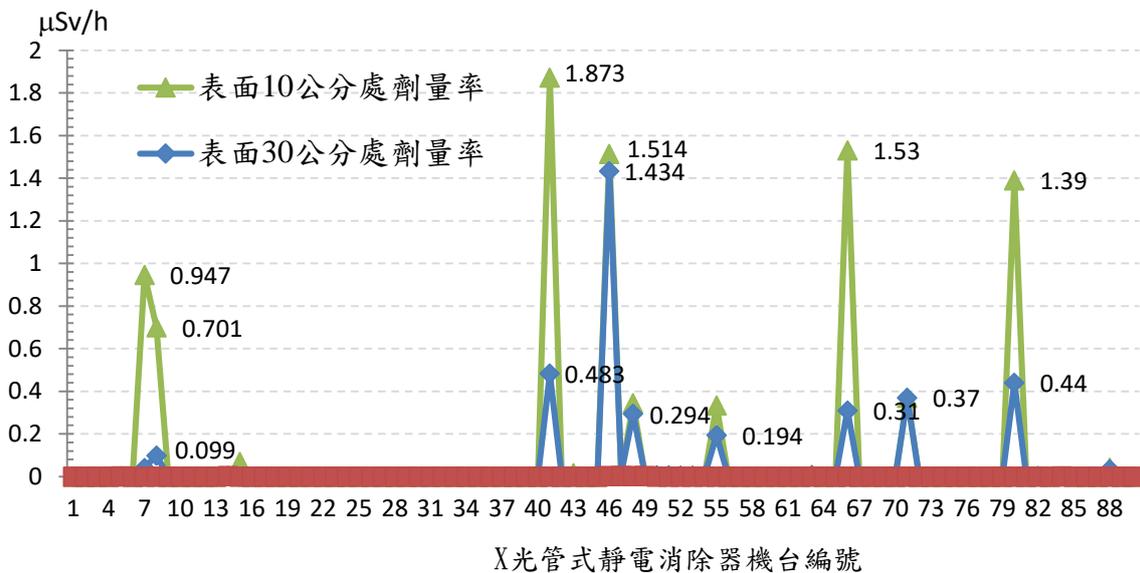


圖 4.9 以 AT1103M 檢測 X 光管式靜電消除器於正常作業之劑量率結果(107 年)

考慮每部機台之作業時間後評估之靜電消除器可能造成人員之年劑量結果如圖 4.10，(含疑似屏蔽外輻射劑量異常部分) 工作人員可能接受之最大年劑量，分別以表面可接近 10 公分處、表面可接近 30 公分處，及人員居站位置之 AT1103M 檢測值計算，評估之淨年劑量結果均小於 0.1 mSv，分別為 93.65 mSv、71.70 mSv 及 0.15 mSv。因靜電消除器之操作電壓範圍僅在 10 kVp 左右，其有效能量將小於 10 keV，如以 10 keV 光子(在肌肉組織之直線

衰減係數 $\mu$ 約為  $5.36 \text{ cm}^{-1}$ ，平均自由路徑 mean free path 或平均射程約為  $1/\mu = 0.187 \text{ cm}$ 來考量，其所造成之影響範圍僅約自人體表面至深度約 0.2 公分內之皮膚，即其可視為主要對表淺部位之皮膚造成影響，故將測得之最大年劑量 93.65 mSv (表面可接近 10 公分處)視為人員之皮膚(四肢)年等價劑量，此劑量乃保守假設人員於操作靜電消除器之工作時間均站在量測之最大劑量位置(機台表面 10 公分)處(一般情形工作人員通常在控制機台位置處操作，機台位置處之劑量率均為背景範圍)進行評估之年劑量結果。

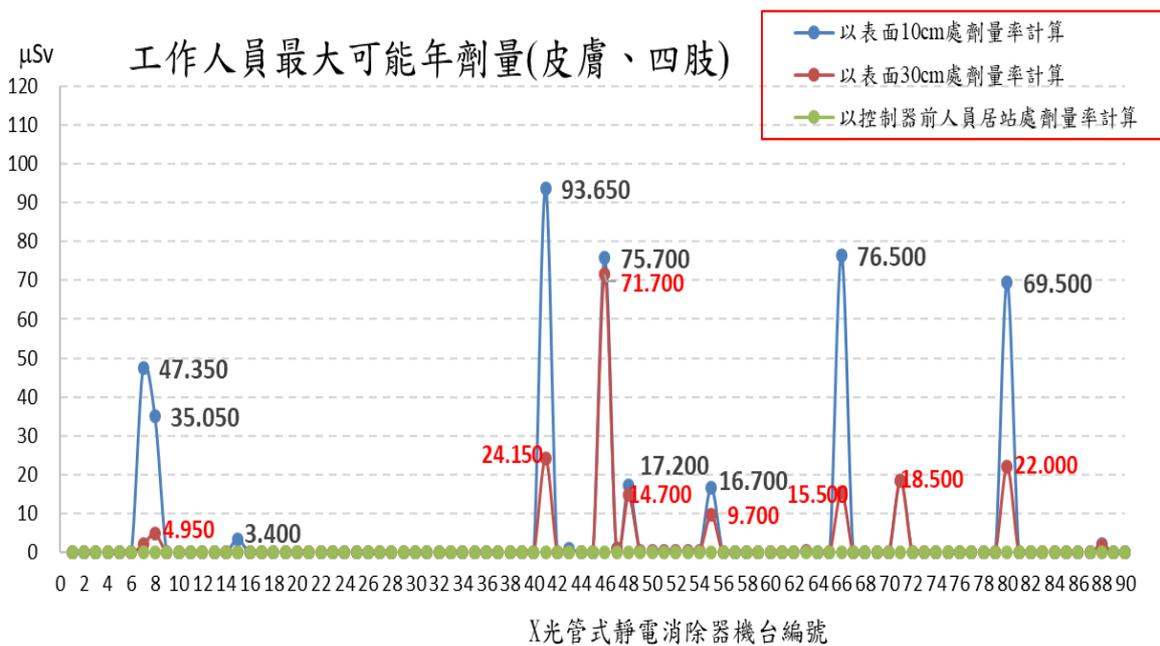


圖 4.10 考慮每部機台之作業時間以及利用 AT1103M 檢測 X 光管式靜電消除器，於正常作業之劑量率結果後評估其可能造成人員之年劑量結果(107 年)

靜電消除器設備於 105 年至 106 年亦有進行訪查，納入 105 年至 106 年訪查之 284 台結果，連同本年 107 年一併彙整(共 374 台)之結果示於圖 4.11 及圖 4.12。以 AT1103M 檢測值結果如圖 4.11，105 年發現有 12 台，106 年發現有 15 台，107 年發現有 1 台，三年合計 28 台有疑似屏蔽外輻射劑量異常情形。考慮每部機台之作業時間後評估之靜電消除器可能造成人員之年劑量結果如圖 4.12，(含疑似屏蔽外輻射劑量異常部分)可能造成之最大年劑量為 20.999 mSv/y(約 21.0 mSv/y)。因靜電消除器之操作電壓範圍僅在 10 kVp 左右，其有效能量將小於 10 keV，如以 10 keV 光子(在肌肉組織之直線衰減係數 約為  $5.36 \text{ cm}^{-1}$ ，平均自由路徑 mean free path 或平均射程約為  $1/$

=0.187 cm)來考量，其所造成之影響範圍僅約自人體表面至深度約 0.2 公分內之皮膚，即其可視為主要對表淺部位之皮膚造成影響，故將測得之最大年劑量 21.00 mSv 視為人員之皮膚(四肢)年等價劑量，此劑量乃保守假設人員於操作靜電消除器之工作時間均站在量測之最大劑量位置(機台表面 10 公分)處進行評估，保守評估之靜電消除器可能造成輻射工作人員操作機台造成之年劑量結果(105 至 107 年)分布列於表 4.3。

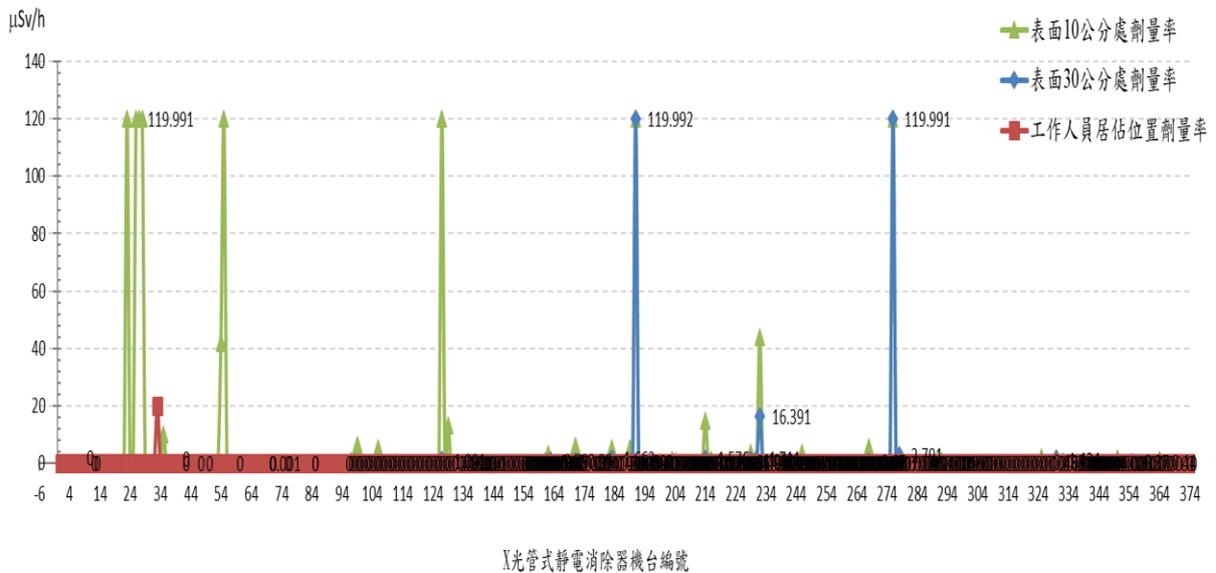


圖 4.11 以 AT1103M 檢測 X 光管式靜電消除器於正常作業之劑量率結果 (105-107 年)

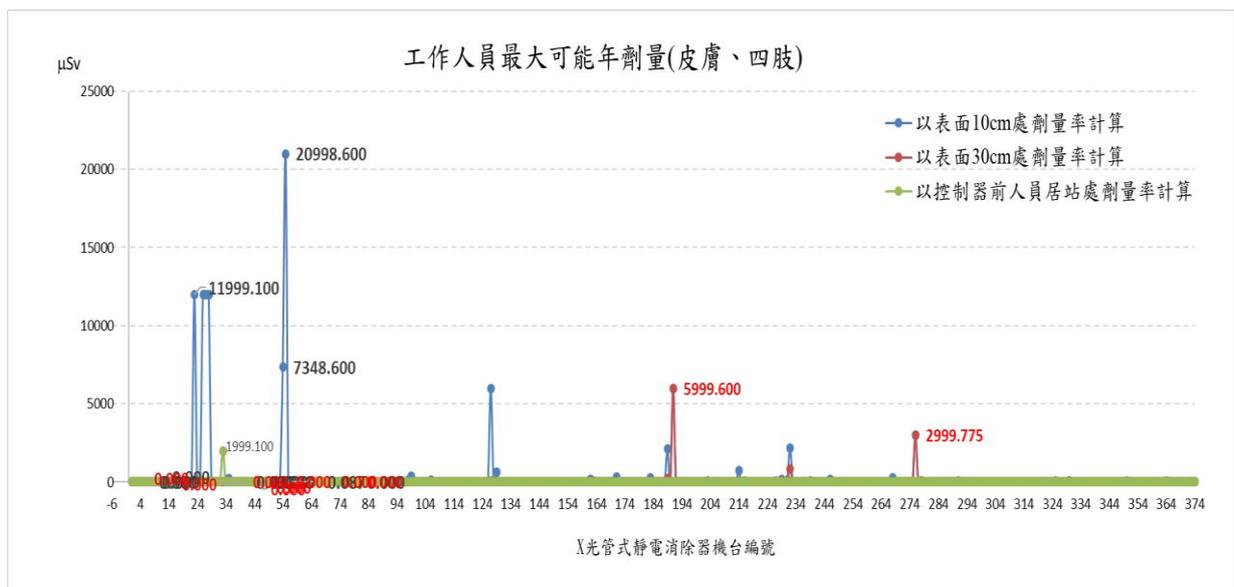


圖 4.12 考慮每部機台之作業時間以及利用 AT1103M 檢測 X 光管式靜電消除器，於正常作業之劑量率結果後評估其可能造成人員年劑量結果(105-107 年)

表 4.3 於 105 至 107 年訪查評估之 374 台靜電消除器可能造成輻射工作人員操作機台造成之皮膚年劑量結果分布(假設人員於操作靜電消除器之工作時間均站在量測之最大劑量位置：機台表面 10 公分處，一般情形工作人員通常在控制機台位置處操作，機台位置處之劑量率均為背景範圍)

年劑量範圍	靜電消除器數量	備註(劑量: mSv)
< 0.1 mSv	359	< 0.1 mSv
0.1~ 1 mSv	6	0.102, 0.119, 0.241, 0.250, 0.406, 0.820
1~50 mSv	9	1.999, 3.000, 6.000, 7.349, 11.999, 11.999, 11.999, 11.999, 20.999 (max.)

(3) 動物用(獸醫)X 光機劑量(率)結果：

107 年合計檢測 90 台動物用(獸醫)X 光機之劑量率(以 AT1121 檢測)結果如下：

(a) 正常使用時，於檢查室外之輻射工作人員劑量率結果

動物用(獸醫)X 光機現場訪查與檢測 82 台，每台 X 光機單次檢查之檢查室外工作人員居佔位置與手部劑量率大部分均小於 0.5  $\mu\text{Sv/h}$ ，少部分會大於 0.5  $\mu\text{Sv/h}$ ，但小於 10  $\mu\text{Sv/h}$  (編號 2, 42, 60, 69；均為可移動型，有規劃管制區，工作人員會在管制區內操作 X 光機)，如圖 4.13，個別動物用 X 光機每年累積照射秒數統計如圖 4.14 (有 3 台操作時間較長，分別為編號 11：動物牙科 X 光機(單張照射時間達數秒)、編號 22：動物 CT 掃描儀及編號 54：動物 CT 掃描儀)。

考慮每部機台之作業時間評估之工作人員之淨年劑量結果示於圖 15，其中編號 2：移動型動物牙科 X 光機、編號 22：動物 CT 掃描儀、編號 54：動物 CT 掃描儀、編號 60：移動型動物 X 光機。工作人員身體最大淨年劑量 0.073  $\mu\text{Sv}$  發生在編號 54：動物 CT 掃描儀，工作人員手部最大淨年劑量 0.066  $\mu\text{Sv}$  發生在編號 54：動物 CT 掃描儀及編號 60：移動型動物 X 光機。

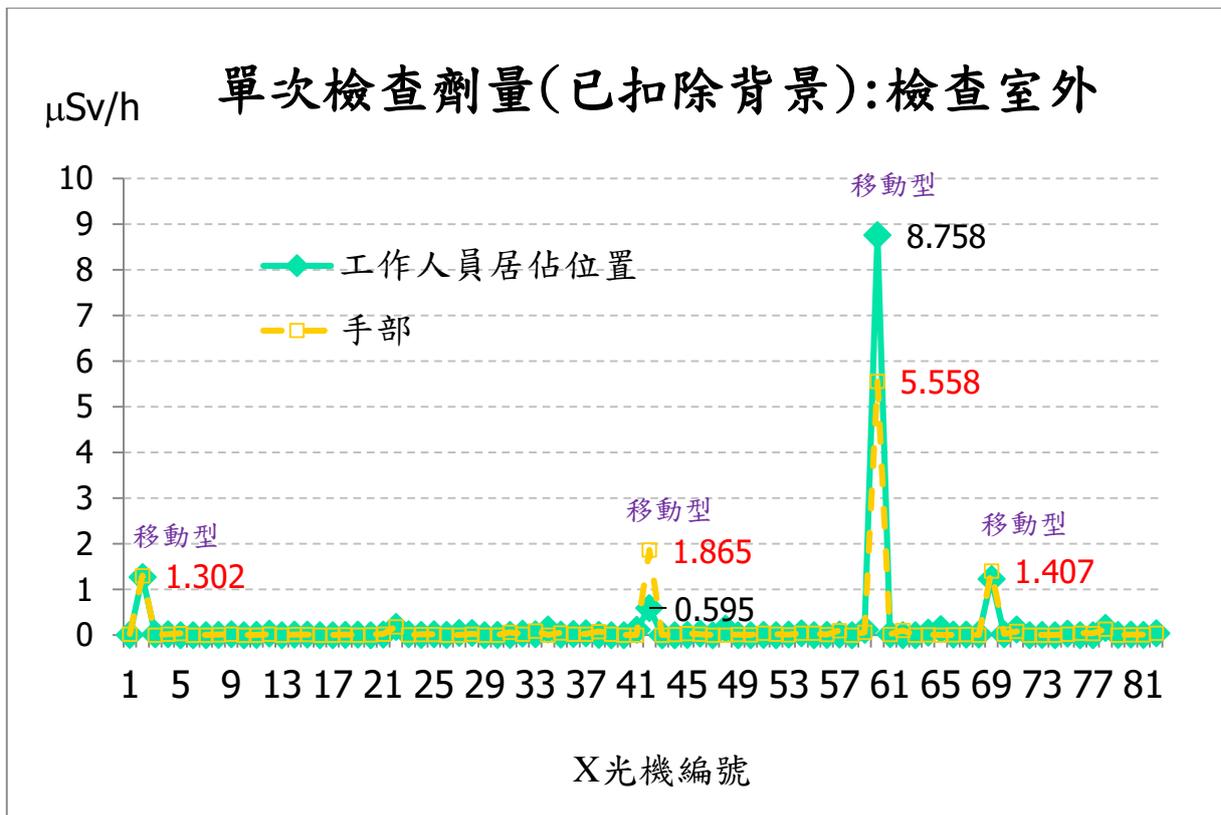


圖 4.13 每台 X 光機單次檢查之檢查室外工作人員居佔位置與手部淨劑量率 (已扣除背景)檢測結果

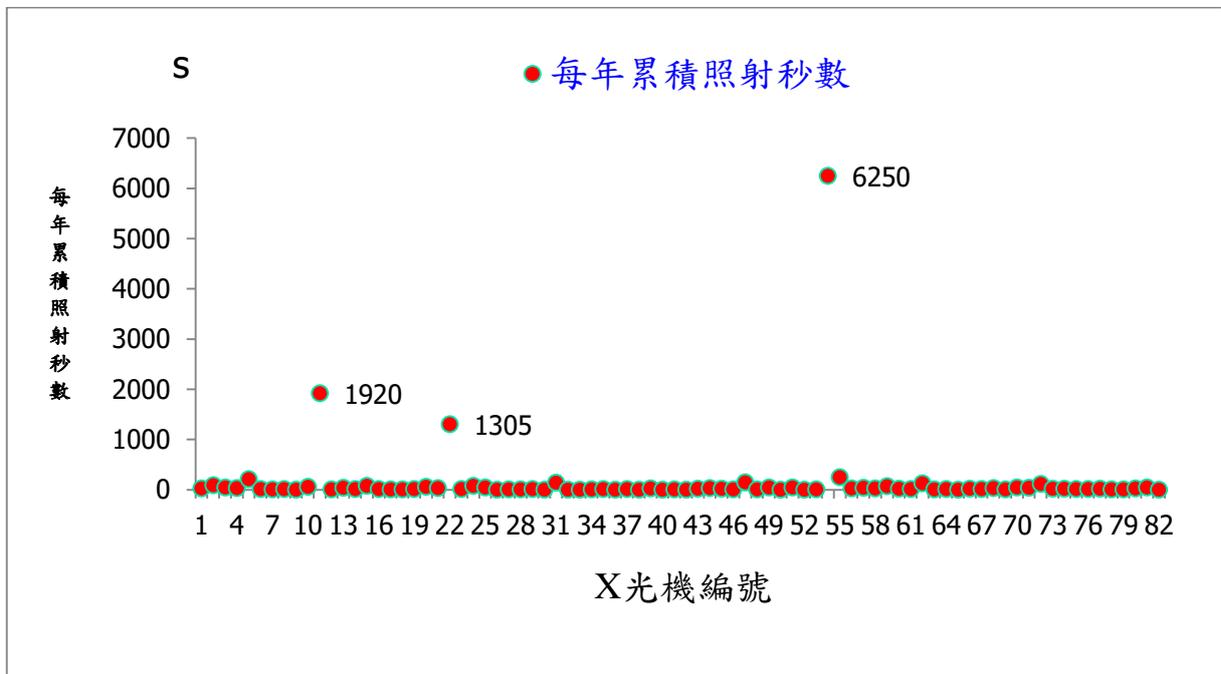


圖 4.14 個別動物用 X 光機每年累積照射秒數

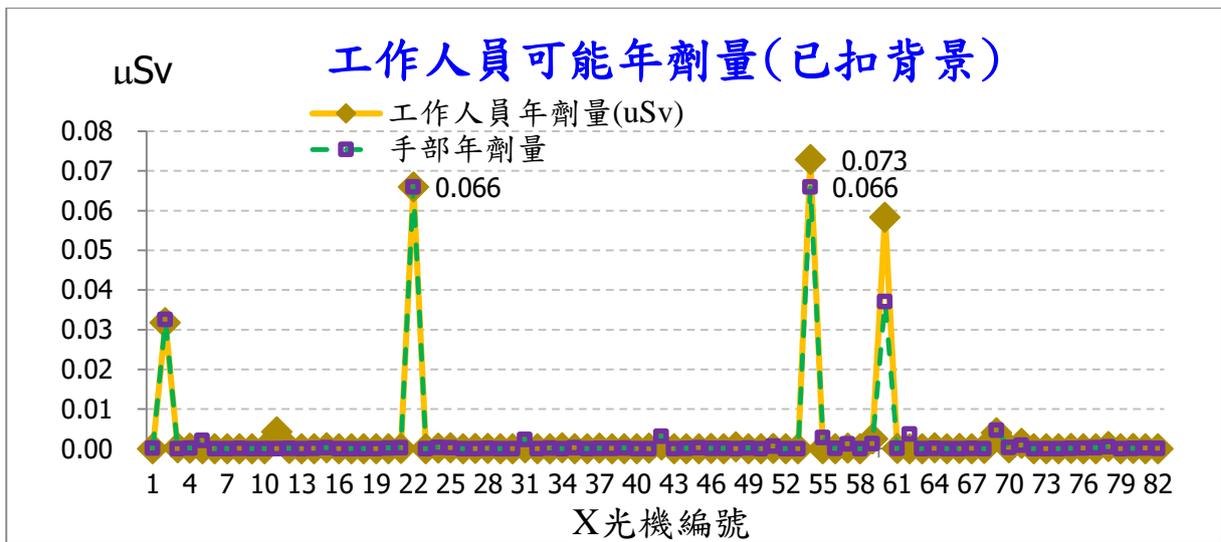


圖 4.15 考慮每部機台之作業時間以及正常作業之劑量率結果後，評估操作動物用(獸醫)X 光機可能造成工作人員之淨年劑量結果(已扣背景)

(b) 考量檢測時，協助照相者在檢查室內有/無穿鉛衣之劑量率結果

本計畫訪查之動物用 X 光機進行單次檢查之檢查室內協助者位置(距照射中心 50 公分處)淨劑量結果示於圖 4.16，考量不同動物醫院對每隻動物檢查之照相次數(每隻照 1~2 次)及每次照相的時間，評估出各動物用 X 光機進行每隻動物照相造成協助者之淨累積劑量結果，示於圖 4.17。手部最大值為 3.893  $\mu\text{Sv}$ (編號 11：動物牙科 X 光機，其單張照射時間達數秒)，其餘 X 光機均不超過 1.0  $\mu\text{Sv}$ ，大部分均小於 0.1 uSv；協助者居站於距桌面照野中心 50 公分處且有穿鉛衣之最大身體劑量小於 0.038 uSv，無穿鉛衣之最大身體劑量約為 1.351 uSv。

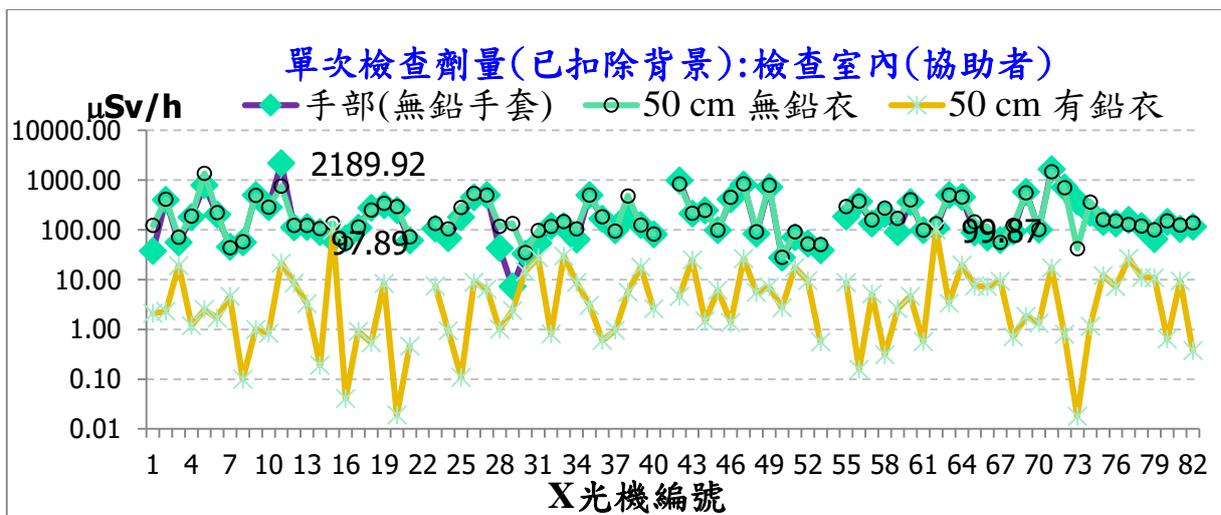


圖 4.16 動物用 X 光機進行單次檢查之檢查室內協助者淨劑量率結果

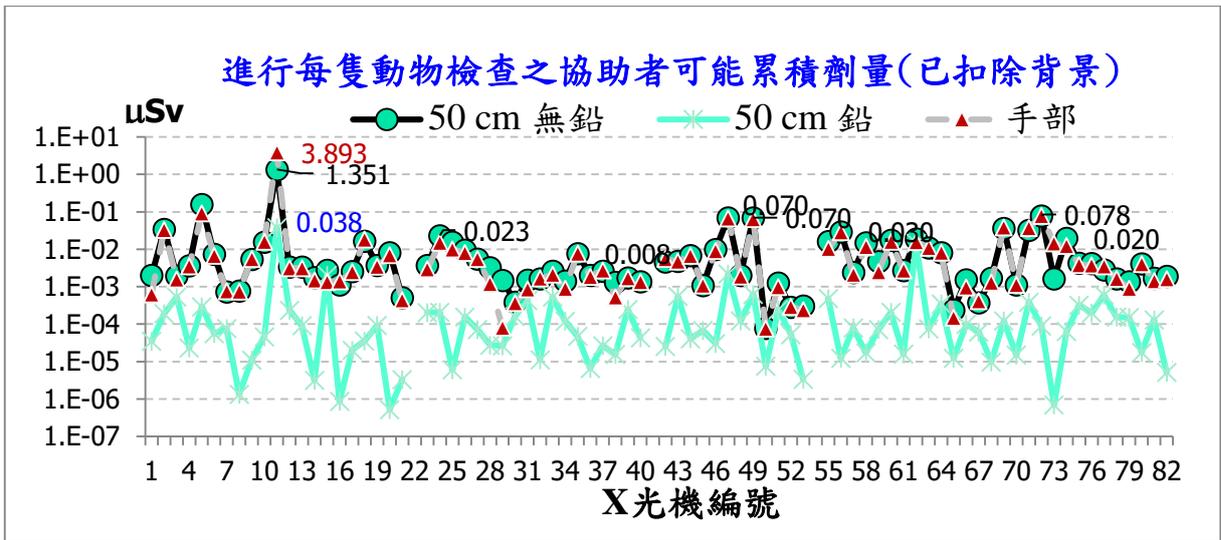


圖 4.17 各動物用 X 光機進行每隻動物照相造成協助者之淨累積年劑量結果

針對各別動物用 X 光機，考量協助者均為同一人及個別動物醫院每年平均照射動物數量，及每次照相的時間，其於檢查室內協助動物照相造成之年累積劑量結果(已扣背景)，示於圖 4.18，手部最大值約為 1.168 mSv (編號 11：動物牙科 X 光機，其單張照射時間達數秒)；協助者居站於距桌面視野中心 50 公分處且有穿鉛衣之最大身體淨年劑量為 11.48 uSv (編號 11)，無穿鉛衣之最大身淨體年劑量為 405.29 uSv (編號 11)。

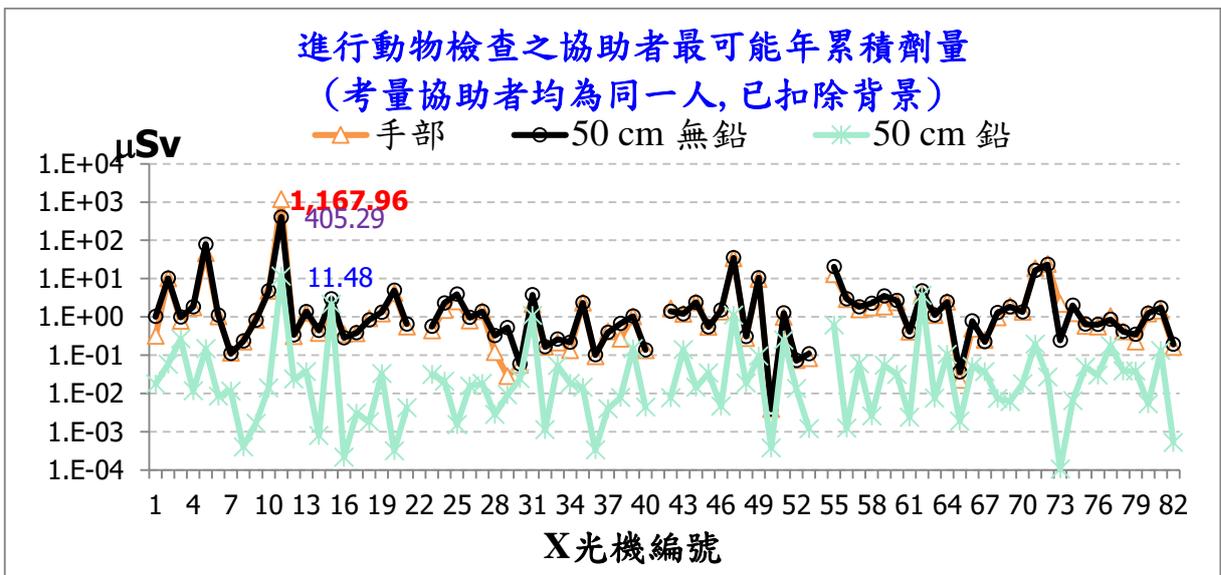


圖 4.18 針對各別動物用 X 光機，考量協助者均為同一人，其於檢查室內協助動物照相造成之年累積劑量結果(已扣背景)

## 2. 空間劑量與人員有效劑量之轉換因子

考量輻射作業之工作人員，多以面向輻射源之作業方式，故在評估劑量轉換因子(將偵檢器測得之  $H^*(10)$  轉換為有效劑量  $E$ )時，可以前後(AP)照射為主要方向考量。彙整 ICRP 74、ICRP 66 及 EURODOS RP106 之 AP 方向的劑量轉換因子，AP 照射方向之不同能量光子的克馬( $K_a$ )-有效劑量( $E$ )轉換因子  $E/K_a$  及周圍等效劑量-有效劑量轉換因子  $E/H^*(10)$ ，以及 AP 照射方向之每單位通量不同能量光子的有效劑量( $E$ )與皮膚器官劑量(男女不同)之器官劑量轉換因子  $\text{Skin dose 男}/E$  及  $\text{Skin dose 女}/E$  之使用範例說明如下。

以操作 60 kVp X 光機進行輻射作業為例，其有效能量約 30~35 keV；則其  $E/H^*(10)$  約為 0.4。如以 AT1121 手持式偵檢器進行測量，(偵檢器如有能量依存性需另行修正)；因此人員有效劑量應為：

$$E(\mu\text{Sv/h}) = \text{AT1121偵檢器讀值}(\mu\text{Sv/h}) \times 0.4$$

皮膚劑量則為評估出之有效劑量與皮膚劑量之轉換因子( $\text{Skin dose}/E$ )的乘積。如評估男性工作人員其  $\text{Skin dose}/E$  轉換因子(有效能量約 30~35 keV)約為 1.35，則皮膚劑量為：

$$\text{Skin Dose}(\mu\text{Sv/h}) = E(\mu\text{Sv/h}) \times 1.35 = \text{AT1121偵檢器讀值}(\mu\text{Sv/h}) \times 0.54$$

如考量以本計畫所執行現場量測之靜電消除器能量為 10 kVp (10 keV 以下)， $E/H^*(10)$  約為 1，男性工作人員其  $\text{Skin dose}/E$  轉換因子約為 2.54，如以 AT1121 測得之劑量評估人員有效劑量與皮膚劑量應為：

$$E(\mu\text{Sv/h}) = \text{AT1121偵檢器讀值}(\mu\text{Sv/h}) \times 1$$

$$\text{Skin Dose}(\mu\text{Sv/h}) = E(\mu\text{Sv/h}) \times 2.54 = \text{AT1121偵檢器讀值}(\mu\text{Sv/h}) \times 2.54$$

如考量動物用 X 光機之能量為 100 kVp (有效能量約 40 keV)，以 AT1121 手持式偵檢器進行測量， $E/H^*(10)$  約為 0.53，男性工作人員其  $\text{Skin dose}/E$  轉換因子約為 1.071，則人員有效劑量及皮膚劑量應為：

$$E(\mu\text{Sv/h}) = \text{AT1121偵檢器讀值}(\mu\text{Sv/h}) \times 0.53$$

$$\text{Skin Dose}(\mu\text{Sv/h}) = E(\mu\text{Sv/h}) \times 1.071 = \text{AT1121偵檢器讀值}(\mu\text{Sv/h}) \times 0.57$$

## 3. 輻射安全風險評估結果

### (1) 移動型/手持式 X 光機之輻射安全風險評估

移動型/手持式 X 光機正常作業可能造成人員之最大淨年劑量約為 36.0  $\mu\text{Sv}$  ( $\ll 1 \text{ mSv/y}$ )；手部最大淨年劑量約為 220.5  $\mu\text{Sv}$  ( $< 1 \text{ mSv/y}$ )。考慮其機率效應與確定效應之影響如下：

機率效應風險：

	ICRP-60	ICRP-103
輻射工作人員	$=4.8 \times 10^{-2} / \text{Sv} \times 36.0 \mu\text{Sv}$ $=1.73 \times 10^{-6}$	$=4.1 \times 10^{-2} / \text{Sv} \times 36.0 \mu\text{Sv}$ $=1.48 \times 10^{-6}$

在確定效應之風險評估上，工作人員之最大手部皮膚年等價劑量約為 0.22 mSv  $\ll 500 \text{ mSv}$ ，故判斷為不會發生確定效應。

考慮偵檢器之劑量轉換因子  $E/H^*(10)$ ，則最大年劑量(編號 51)約為  $36.0 \mu\text{Sv/y} \times 0.4 = 14.4 \mu\text{Sv/y}$ 。機率效應風險將更低。考慮偵檢器之劑量轉換因子  $\text{Skin dose}/E$ ，工作人員之最大手部皮膚年等價劑量約為  $0.22 \text{ mSv} \times 0.54 = 0.12 \text{ mSv} \ll 500 \text{ mSv}$ ，判斷確定效應仍為不會發生。

移動型/手持式 X 光機若異常操作(直接照射人體)，可能造成人員之最大劑量率約為 680.6  $\mu\text{Sv/s}$  (0.68 mSv/s)，如被照射 10 秒，則造成之有效劑量約 6.8 mSv。考慮其機率效應與確定效應之影響如下：

機率效應風險：

	ICRP-60	ICRP-103
受照射者如為： 輻射工作人員	$=4.8 \times 10^{-2} / \text{Sv} \times 6.8 \text{ mSv}$ $=3.26 \times 10^{-4}$	$=4.1 \times 10^{-2} / \text{Sv} \times 6.8 \text{ mSv}$ $=2.79 \times 10^{-4}$
受照射者如為： 非輻射工作人員	$=6.0 \times 10^{-2} / \text{Sv} \times 6.8 \text{ mSv}$ $=4.08 \times 10^{-4}$	$=5.5 \times 10^{-2} / \text{Sv} \times 6.8 \text{ mSv}$ $=3.74 \times 10^{-4}$

在確定效應之風險評估上，工作人員之最大手部皮膚年等價劑量約為 6.8 mSv  $\ll 500 \text{ mSv}$ ，故判斷為不會發生確定效應。

考慮偵檢器之劑量轉換因子  $E/H^*(10)$ ，則被照射 10 秒，則造成被照射者之有效劑量約為  $6.8 \text{ mSv} \times 0.4 = 2.72 \text{ mSv}$ ，機率效應風險將更低。考慮偵檢器之劑量轉換因子  $\text{Skin dose}/E$ ，被照射者之最大手部皮膚年等價劑量約為  $6.8 \text{ mSv} \times 0.54 = 3.67 \text{ mSv} \ll 500 \text{ mSv}$ ，判斷確定效應仍為不會發生。

## (2) 靜電消除器之輻射安全風險評估

本計畫以 AT1123 偵檢器(可測 10 keV 以下低能量 X 光之偵檢器)將測得之最大年劑量 93.65  $\mu\text{Sv}$  (約 94  $\mu\text{Sv}$ ) 視為人員之皮膚(四肢)年等價劑量，則考量 ICRP-60 及 ICRP-103 之皮膚組織加權因數均為 0.01，故換算來自皮膚(四肢)之有效劑量貢獻約為 0.94  $\mu\text{Sv}$ ；其機率效應與確定效應之影響判斷如下：

機率效應風險為：

	ICRP-60	ICRP-103
輻射工作人員	$=4.8 \times 10^{-2} / \text{Sv} \times 0.94 \mu\text{Sv}$ $=4.51 \times 10^{-8}$	$=4.1 \times 10^{-2} / \text{Sv} \times 0.94 \mu\text{Sv}$ $=3.85 \times 10^{-8}$
非輻射工作人員	$=6.0 \times 10^{-2} / \text{Sv} \times 0.94 \mu\text{Sv}$ $=5.64 \times 10^{-8}$	$=5.5 \times 10^{-2} / \text{Sv} \times 0.94 \mu\text{Sv}$ $=5.17 \times 10^{-8}$

在確定效應之風險評估上，工作人員之最大手部年等價劑量約為 94  $\mu\text{Sv} < 0.1 \text{ mSv} \ll 500 \text{ mSv}$ ，故亦判斷為不會發生確定效應。

因 AT1123 偵檢器可測 10keV 以下低能量 X 光，可測得靜電消除器之散射輻射劑量，而 AT1121 則無法測得讀值，故本計畫直接以 AT1123 測得之最大年劑量 94  $\mu\text{Sv}$  視為人員之皮膚(四肢)年等價劑量作為風險評估而不另考慮偵檢器之劑量轉換因子的作法。

## (3) 動物用(獸醫)X 光機之輻射安全風險評估

(a) 正常使用時，工作人員之年劑量在背景劑量範圍，故不會增加機率效應風險，亦不會發生確定效應。

(b) 考量檢測時協助照相者在檢查室內有/無穿鉛衣之輻射安全風險：

動物用 X 光機進行一隻動物照相造成協助者之淨累積劑量結果，手部最大值 3.893  $\mu\text{Sv}$  (絕大部分均小於 1  $\mu\text{Sv}$ )，協助者居站於距桌面照野中心 50 公分處且有穿鉛衣之最大身體劑量 0.04  $\mu\text{Sv}$ ，無穿鉛衣之最大身體劑量約為 1.4  $\mu\text{Sv}$ ，遠小於 1  $\text{mSv}$ 。(人員接受 1 張胸腔 X 光檢查約累積 20  $\mu\text{Sv}$  之有效劑量) 換算協助者之機率效應風險為：

	ICRP-60	ICRP-103
有穿鉛衣	$=4.8 \times 10^{-2} / \text{Sv} \times 0.04 \mu\text{Sv}$ <b><math>=1.92 \times 10^{-9}</math></b>	$=4.1 \times 10^{-2} / \text{Sv} \times 0.04 \mu\text{Sv}$ <b><math>=1.64 \times 10^{-9}</math></b>
無穿鉛衣	$=6.0 \times 10^{-2} / \text{Sv} \times 1.4 \mu\text{Sv}$ <b><math>=8.4 \times 10^{-8}</math></b>	$=5.5 \times 10^{-2} / \text{Sv} \times 1.4 \mu\text{Sv}$ <b><math>=7.7 \times 10^{-8}</math></b>

考量協助者均為同一人及個別動物醫院每年平均照射動物數量，其於檢查室內協助動物照相造成之年累積劑量，手部最大值約為 1.17 mSv (絕大部分均小於 0.1 mSv)；協助者居站於距桌面照野中心 50 公分處且有穿鉛衣之最大身體淨年劑量為 11.48 uSv，無穿鉛衣之最大身體淨年劑量為 405.29 uSv。(人員接受 1 張胸腔 X 光檢查約累積 20 uSv 之有效劑量)換算協助者之機率效應風險為：

	ICRP-60	ICRP-103
有穿鉛衣	$=4.8 \times 10^{-2} / \text{Sv} \times 11.48 \mu\text{Sv}$ <b><math>=5.51 \times 10^{-7}</math></b>	$=4.1 \times 10^{-2} / \text{Sv} \times 11.48 \mu\text{Sv}$ <b><math>=4.71 \times 10^{-7}</math></b>
無穿鉛衣	$=6.0 \times 10^{-2} / \text{Sv} \times 405.29 \mu\text{Sv}$ <b><math>=1.54 \times 10^{-7}</math></b>	$=5.5 \times 10^{-2} / \text{Sv} \times 405.29 \mu\text{Sv}$ <b><math>=1.41 \times 10^{-7}</math></b>

考慮偵檢器之劑量轉換因子 E/H\*(10)，如考量動物用 X 光機之能量為 100 kVp (有效能量約 40 keV)，以 AT1121 手持式偵檢器進行測量，E/H\*(10) 約為 0.53，男性工作人員其 Skin dose/E 轉換因子約為 1.071，則人員有效劑量及皮膚劑量應為：

$$E(\mu\text{Sv/h}) = \text{AT1121偵檢器讀值}(\mu\text{Sv/h}) \times 0.53$$

$$\text{Skin Dose}(\mu\text{Sv/h}) = E(\mu\text{Sv/h}) \times 1.071 = \text{AT1121偵檢器讀值}(\mu\text{Sv/h}) \times 0.57$$

考量協助者為飼主(僅協助一隻動物照相)，則協助照相者之有穿鉛衣之最大年有效劑量約為  $0.038 \mu\text{Sv} \times 0.53 = 0.02 \mu\text{Sv}$ ，沒有穿鉛衣之最大年有效劑量約為  $1.351 \mu\text{Sv} \times 0.53 = 0.72 \mu\text{Sv}$ ，二者機率效應風險均將變得更低。考慮偵檢器之劑量轉換因子 Skin dose/E，被照射者之最大手部皮膚年等價劑量約為  $3.893 \mu\text{Sv} \times 0.57 = 2.22 \text{mSv} \ll 500 \text{mSv}$ ，判斷確定效應仍為不會發生。

考量協助者均為同一人，則協助照相者之有穿鉛衣之最大年有效劑量約為  $11.48 \mu\text{Sv} \times 0.53 = 6.08 \mu\text{Sv}$ ，沒有穿鉛衣之最大年有效劑量約為

$405.29 \mu\text{Sv} \times 0.53 = 214.8 \mu\text{Sv}$ ，二者機率效應風險均將變得更低。考慮偵檢器之劑量轉換因子 Skin dose/E，被照射者之最大手部皮膚年等價劑量約為  $1.168 \text{ mSv} \times 0.57 = 0.67 \text{ mSv} \ll 500 \text{ mSv}$ ，判斷確定效應仍為不會發生。

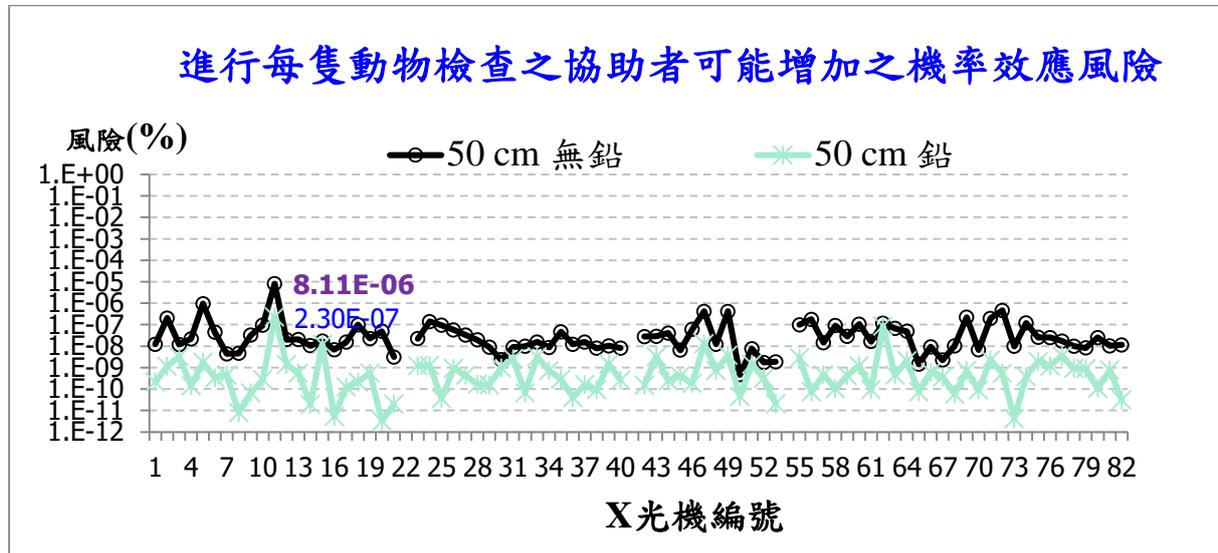


圖 4.17 進行每隻動物檢查之協助者可能增加之機率效應風險

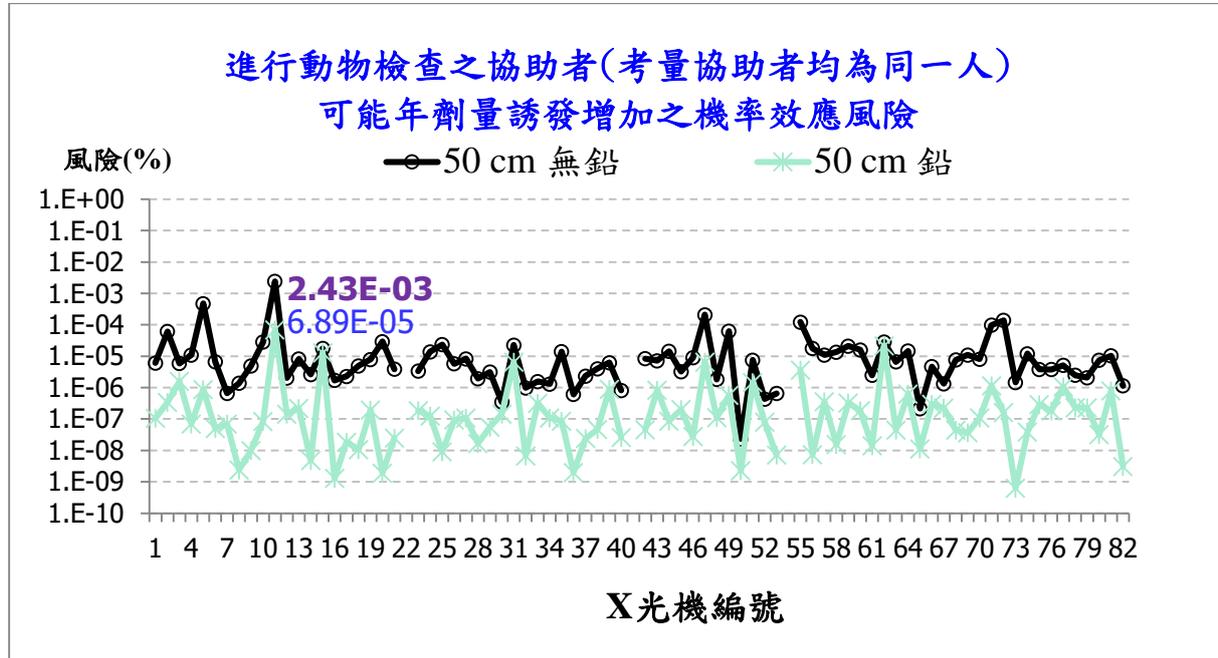


圖 4.18 進行動物檢查之協助者(考量協助者均為同一人)可能年劑量誘發增加之機率效應風險

雖然協助在檢查室內協助照相者有穿鉛衣接受的劑量不高(協助每隻動物接受照相，等同於是協助者自己接受了不到 1 張胸腔 X 光檢查的有效劑量)，但若沒有穿鉛衣，則接受之劑量會增加 35 被左右；基於輻射防護合理抑低之精神，因在檢查室內沒有穿鉛衣接受之劑量仍相當高於有穿鉛衣接受之劑量，因此建議協助者於檢查室內協助動物接受照相檢查時，仍應穿著適當之鉛衣等屏蔽衣物。

#### (四) 常用於輻射安全偵測之輻射偵檢器特性

本計畫彙整國內不同類型/特性之可發生游離輻射設備特性，藉由現場訪查之機會，調查彙整現有偵測業者接受使用單位委託進行現場輻射安全測試所提出之輻射安全測試報告中所列之輻射偵檢器的特性，蒐集相關偵檢器之原廠特性說明資料彙整如表 4.4。彙整 107 年計畫抽樣訪查之國內可發生游離輻射設備類型包括移動型/手持式 X 光機、X 光管式靜電消除器以及動物用(獸醫)X 光機等，下列就以訪查之不同類型可發生游離輻射作業之測試報告中，偵測業者常使用之輻射偵檢器類別及其適用性說明如下。

##### 1. 移動型/手持式 X 光機 (X 光能量在 50 kV~100 kV)

輻射安全測試報告中使用之輻射偵檢器包括：(廠牌/型號)  
(1) ATOMTEX/ AT1121、(2) GRAETZ/ X5CEX、(3) THERMO/ RADEYE-B20-ER、(4) AUTOMESS/ 6150AD；其前量測光子能量範圍分別為 15 keV~ 10 MeV、40 keV~ 1.3 MeV、60 keV~ 30 MeV、60 keV~ 1.3 MeV，四者均能用於移動型/手持式 X 光機之劑量測量，前二者之量測能量範圍可低於 50 keV，故效能較後二者佳。除能量範圍外，在使用上亦須考量測量之劑量率範圍，四種偵檢器中以 ATOMTEX/ AT1121 量測之劑量率可達 10 Sv/h，適用性最廣泛。

##### 2. X 光管式靜電消除器

輻射安全測試報告中使用之輻射偵檢器包括：(廠牌/型號)  
(1) ATOMTEX/ AT1103M；107 年抽樣訪查之國內 X 光管式靜電消除器業者之輻射安全測試報告中所列之輻射偵檢器均為 AT1103M，此偵檢器使用能量範圍 5~160 keV，可勝任於偵測 10 kV 左右之 X 光管式靜電消除器。

##### 3. 動物用(獸醫)X 光機

輻射安全測試報告中使用之輻射偵檢器包括：(廠牌/型號)  
(1) ATOMTEX/ AT1121、(2) VICTOREEN/ 451P-DE-SI-RYR、(3) THERMO/

RADEYE-B20-ER、(4)AUTOMESS/ 6150AD；其前量測光子能量範圍分別為 15 keV~ 10 MeV、25 keV 以上、60 keV~ 30 MeV，三者用於動物用(獸醫)X 光機之劑量測量均能測得劑量信號，使用最廣泛者仍為 ATOMTEX/ AT1121(量測之劑量率可至 10 Sv/h，適用性最廣泛)。

表 4.4 國內偵測業者常使用之輻射偵檢器及相關特性列表

偵測儀器廠牌	偵測儀器	儀器類型	可偵測之輻射	使用能量範圍	測量範圍	主要應用
ATOMTEX	AT1103M	閃爍偵檢器 (NaI(Tl))	x-ray 及 low energy $\gamma$ -ray	5~160 keV	50 nSv/h~ 100 $\mu$ Sv/h	● 監控低能量及低強度之 X-ray
SE	INSPECTOR	蓋格偵檢器	$\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$ 及 $I^{125}$	A < 2 MeV $\beta$ < 16 MeV $\gamma$ < 10 keV	0.01 $\mu$ Sv/h ~ 1mSv/h	● 針對低能量的 $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$ 有高偵測效率
POLIMASTER	PM1610	蓋格偵檢器	X-ray 及 $\gamma$ -ray	48 keV~ 30 MeV	0.01 $\mu$ Sv/h ~ 10 Sv/h	● 適合偵測脈衝輻射及監測放射性實驗室
ATOMTEX	AT1121	塑膠閃爍偵檢器	$\beta$ 、 $\gamma$ 及 x-ray	15 keV~ 10 MeV	50 nSv/h ~ 10 Sv/h	● 診斷型 X 光機、核醫、放射治療、核子工程、緊急輻射等之劑量量測
GRAETZ	X5CEX	蓋格偵檢器	$\gamma$ 及 x-ray	40 keV~ 1.3 MeV	10 nSv/h ~ 20 mSv/h	● 主要用於個人防護劑量偵測
THERMO	RADEYE PRD-ER	閃爍偵檢器 (NaI(Tl))	$\gamma$ -ray (high sensitivity)	60 keV~ 30 MeV	0.01 $\mu$ Sv/h ~ 100 mSv/h	● 主要用來偵測受輻射污染之物品或尋找射源
VICTOREEN	451P-DE-SI-RYR	游離腔	$\gamma$ 、 $\beta$ 及 X-ray	$\beta$ > 1 MeV $\gamma$ 、X-ray > 25 keV	0~50 mSv/h	● 監測輻射人員工作區域之劑量
VICTOREEN	450P	蓋格偵檢器	$\gamma$ 、 $\beta$ 及 X-ray	$\beta$ > 1 MeV $\gamma$ > 25keV	0~50 mSv/h	● 適合偵測滲漏輻射及散射輻射
AUTOMESS	6150AD	蓋格偵檢器	$\gamma$ 、 $\beta$ 及 X-ray	60 keV~ 1.3 MeV	0~10 mSv/h	● 主要用於個人防護偵測、偵測受輻射污染之物品或尋找射源

## (五) 輻防管制之具體建議

### 1. 考量檢測結果提出輻防管制之具體建議

考量檢測結果，107 年移動型/手持式 X 光機訪查與檢測 86 台，檢測結果 82 台均符合規定，其中有 3 台 X 光機安全連鎖裝置故障可直接照射，1 台測試報告遺失；靜電消除器現場訪查與檢測 90 台，檢測結果 89 台均符合規定，其中 1 台以低能量 AT1103M 手持式 X 光劑量計檢測結果發現屏蔽外有疑似輻射異常情形；動物用(獸醫)X 光機現場訪查與檢測 82 台，檢測結果 75 台均符合規定，其中 7 台安全連鎖裝置故障。上述(12 台)現場訪查有發現缺失或有輻射異常疑慮之案件均回報原能會輻防處，並於使用單位回報完成改善後，由本計畫訪查人員與原能會人員至現場複驗檢測或文件確認，均已符合相關管制規定。

本研究在評估個人年劑量時，乃以合理保守之情形，保守假設人員於操作 X 光機台時均站在量測之最大劑量位置處進行評估。評估結果發現移動型/手持式 X 光機正常作業可能造成人員之最大淨年劑量約為  $36.0 \mu\text{Sv}$  ( $\ll 1 \text{ mSv/y}$ )；手部最大淨年劑量約為  $220.5 \mu\text{Sv}$  ( $< 1 \text{ mSv/y}$ )。移動型/手持式 X 光機若異常操作(直接照射人體)，可能造成人員之最大劑量率約為  $680.6 \mu\text{Sv/s}$  ( $0.68 \text{ mSv/s}$ )，如被照射 10 秒，則造成之有效劑量約  $6.8 \text{ mSv}$ 。因此，針對移動型/手持式 X 光機應特別重視使用程序及作業管控，重視輻射源管理，避免發生異常使用於對人體照射的情形。

對 X 光管式靜電消除器而言，本計畫於前期 105 至 106 年計畫之檢測結果發現約有 9.5% 之異常情形(發生原因主要為屏蔽門使用時間久，造成偏斜或屏蔽不佳所致)，可能致使人員接受之劑量略增，雖然造成之人員劑量與風險均在可接受範圍且仍低於法規限值，但考量對輻射作業合理抑低之管制，使異常情形之發生率能有效降低，已建議應持續對靜電消除器進行訪查與檢測；本年度已完成大部分使用單位的抽樣訪查，現場訪查時也一併宣揚輻射防護與輻安的相關資訊，因此今年 X 光管式靜電消除器檢測 82 台結果發現，僅一台有疑似輻射異常情形發生，異常比率降至約 1.2%，足見持續訪查的確提升了輻防管制與輻射安全效能、減少了異常狀況的發生率。納入 105 年至 106 年訪查之 284 台結果，連同本年 107 年一併彙整(共 374 台)之結果，三年合計 28 台有疑似屏蔽外輻射劑量異常情形，三年整體之異常比率約 7.5%。此外，105 年至 106 年在現場訪查檢視 X 光管式靜電消除器之測試報告，僅

約近半數的偵測業者使用可測低能量(約 10 keV 以下)的 AT1103M 偵檢器，有近四成仍使用 AT1121 與 GM 偵檢器；而於 107 年發現偵測業者使用適合的(如 AT1103M)偵檢器的比例已大幅增加，甚至使用單位本身亦有購置可測低能量(約 10 keV 以下)的偵檢器，供廠區內有輻射疑慮時偵測使用。

關於輻防管制之具體建議，除了建議 108 年仍應持續對 X 光管式靜電消除器進行抽樣現場訪查外，對移動式/手持式 X 光機及動物用(獸醫)X 光機而言，今年度發現的主要問題為安全連鎖裝置故障或遭移除(合計有 10 件)，也建議於 108 年持續關注相關 X 光機設備之安全連鎖裝置功能是否正常之檢測。

#### (六) 工作進度簡報(每年 2 次)

107 年 3 月 14 日本計畫之主持人至原能會進行本年(107 年)第 1 次工作方法與進度簡報。11 月 23 日本計畫之主持人至原能會進行本年第 2 次工作方法與進度簡報。

## 伍、(107 年)結論

本計畫之 X 光機現場訪查與輻射安全檢測，截至 11 月 20 日止共計已完成 258 台(複查 12 台)，包括移動型 X 光機 86 台(複查 3 台)、靜電消除器 90 台(複查 1 台)以及動物用(獸醫)X 光機 82 台(複查 8 台)。檢測結果: 移動型 X 光機訪查與檢測 86 台，檢測結果 82 台均符合規定，其中有 3 台 X 光機安全連鎖裝置故障可直接照射，1 台測試報告遺失；靜電消除器現場訪查與檢測 90 台，檢測結果 89 台均符合規定，其中 1 台以低能量 AT1103M 手持式 X 光劑量計檢測結果發現屏蔽外有疑似輻射異常情形；動物用(獸醫)X 光機現場訪查與檢測 82 台，檢測結果 75 台均符合規定，其中 7 台安全連鎖裝置故障。；上述(12 台)現場訪查有缺失或有輻射異常疑慮之案件均回報原能會輻防處，並於使用單位回報完成改善後，由本計畫訪查人員與原能會人員至現場複驗檢測或文件確認，均已符合相關管制規定。

本計畫廣泛蒐集國際相關文獻與資料，深入研析與建立適合之輻射風險評估方法，分析彙整常用於非醫用可發生游離輻射設備輻射安全偵測之偵檢器的檢測特性與適用性，此外，依據現場訪查與實測劑量結果之統計分析及考量可能發生異常情況所導致人員劑量所評估之風險結果，進一步對現行管制之可發生游離輻射設備輻射源提出輻防管制及風險控管之具體建議；107 年之具體成果包括完成論文投稿共 2 篇、培育研究生 2 人參與研究計畫、完成研究成果報告，供主管機關日後對可發生游離輻射設備管理的參考。

本計畫主持人已於 3 月 14 日及 11 月 23 日至原能會進行 107 年二次工作方法與進度簡報。綜合而言，本計畫依據契約書規訂之方法與要求進行，符合原規劃之進度與成果需求。

## 陸、 參考文獻

- [1] The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 103, 2007.
- [2] IAEA Safety Standards Series No. SSG-11: Radiation Safety in Industrial Radiography, Specific Safety Guide. International Atomic Energy Agency (IAEA), Vienna, 2011.
- [3] IAEA Safety Standards Series No. GSR-Part3: Radiation Protection and Safety of Radiation Sources: International Basic Safety Standards, General Safety Requirements. International Atomic Energy Agency (IAEA), Vienna, 2014.
- [4] 行政院原子能委員會，放射性物質與可發生游離輻射設備及其輻射作業管理辦法(2012.01.16)。
- [5] 許芳裕，行政院原子能委員會委託研究計畫期末成果報告：102年登記類可發生游離輻射設備之輻射安全檢查作業與研究計畫，102年11月。
- [6] 許芳裕，行政院原子能委員會委託研究計畫期末成果報告：可發生游離輻射設備之輻射安全風險分析，103年11月。
- [7] 許芳裕，行政院原子能委員會委託研究計畫期末成果報告：104年可發生游離輻射設備之輻射安全風險分析，104年11月。
- [8] 許芳裕，行政院原子能委員會委託研究計畫105年期末成果報告：105-106年度計畫曝露量測規範建立與輻射安全風險評估研究，105年11月。
- [9] Safety Code 34: Radiation Protection and Safety for Industrial X-ray Equipment. Healthy Environments and Consumer Safety Branch (Canada), 2003.
- [10] Portable X-ray Fluorescence Analyzers Certification Information and Examination Preparation Booklet. Natural Resources Canada (NRCan), Government of Canada, Version 3, December 2010.
- [11] Operator of Guidance on the safe use of handheld XRF analysers. The Society for Radiological Protection (UK), September 2012.
- [12] Paul Lopez & Helena Solo - Gabriele, XRF Safety Manual with Operating Instructions. Civil, Architectural & Environmental Department, College of Engineering, July 2006.
- [13] Wisconsin Chapter DHS 157- Radiation Protection Regulatory Guide: Guidance for Portable Gauges or XRF Devices. Department of Health Services, Radiation Protection Section, WISREG - 1556, Vol. 1, Rev. 2, May, 2010.

- [14] XRF X-Ray Radiation Protection Program. The University of Southern Maine (USA).
- [15] Innovative Technology Summary Report: Portable X-Ray Fluorescence Spectrometer, OST Reference #1790, U.S. Department of Energy, December 1998.
- [16] IEC 62495 – Nuclear instrumentation Portable X-ray fluorescence analysis equipment utilizing a miniature X-ray tube, International Electrotechnical Commission (IEC), April 2011.
- [17] Radiation Safety relating to veterinary medicine and animal health technology in California, California Veterinary Medical Board, 2012.
- [18] SSI FS 2000:5, The Swedish Radiation Protection Institute's Regulations and General Advice on Practice with X-rays in Veterinary Medicine, Swedish Radiation Protection Institute, 2000.
- [19] STUK GUIDE ST 8.1, Radiation Safety in Veterinary X-ray Examinations, Radiation and Nuclear Safety Authority, Finland, 2012
- [20] Test Protocols for Parts 2 – 5 of Radiation Guideline 6, Registration requirements & industry best practice for ionizing radiation apparatus used in diagnostic imaging, NSW Environment Protection Authority, Australia, June 2000.
- [21] AAPM Report no.25, Report of Task Group-12. Protocols for the radiation safety surveys of diagnostic radiological equipment, Published for the American Association of Physicists in Medicine by the American Institute of Physics, May 1988.
- [22] Radiation Protection in Dentistry, NCRP Report no. 145, (National Council on Radiation Protection and Measurements, Bethesda, MD, 2003).
- [23] The 1991 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 60, 1991
- [24] 行政院原子能委員會，非醫用登記類可發生游離輻射設備輻射安全測試報告。
- [25] 行政院原子能委員會，醫用診斷型 X 光機測試報告。
- [26] 行政院原子能委員會，醫用移動型 X 光機測試報告。
- [27] 行政院原子能委員會，醫用牙科型 X 光機測試報告。
- [28] International Commission on Radiological Protection, Conversion Coefficients for use in Radiological Protection against External Radiation. ICRP Publication 74, 1996
- [29] International Commission on Radiological Protection, Conversion Coefficients for Radiological Protection Quantities for External Radiation Exposures, ICRP Publication 116, 2010.

- [30] International Commission on Radiological Protection, Compendium of Dose Coefficients based on ICRP Publication 60, ICRP Publication 119, 2012.
- [31] UNITED NATIONS, Sources and Effects of Ionizing Radiation (Report to the General Assembly), Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR), UN, New York, 2000.
- [32] World Health Organization, Health risk assessment from the nuclear accident after the 2011 Great East Japan Earthquake and Tsunami based on a preliminary dose estimation, WHO Press, Geneva (Switzerland), 2013.
- [33] IAEA Safety Standards Series No. RS-G-1.7: Application of the Concepts of Exclusion, Exemption and Clearance, Safety Guide. International Atomic Energy Agency (IAEA), Vienna, 2004.
- [34] 行政院原子能委員會，靜電消除器、離子佈植機測試報告。
- [35] 行政院原子能委員會，非醫用許可類可發生游離輻射設備輻射安全測試報告。
- [36] Balter, S., Hopewell, J.W., Miller, D.L., Wagner, L.K, Zelefsky, M.J., Fluoroscopically guided interventional procedures: A review of radiation effects on patients' skin and hair. *Radiology* 254 2 (Feb. 2010) 327-341.
- [37] International Commission on Radiological Protection, 2000. Radiopathology of skin and eye and radiation risk. ICRP Publication 85, Pergamon Press, Oxford (2000).
- [38] [https://rpop.iaea.org/RPOP/RPoP/Content/InformationFor/HealthProfessionals/5\\_InterventionalCardiology/erythema.htm](https://rpop.iaea.org/RPOP/RPoP/Content/InformationFor/HealthProfessionals/5_InterventionalCardiology/erythema.htm)
- [39] International Commission on Radiological Protection (ICRP), ICRP Statement on Tissue Reactions / Early and Late Effects of Radiation in Normal Tissues and Organs - Threshold Doses for Tissue Reactions in a Radiation Protection Context. ICRP Publication 118, 2012.
- [40] STUK GUIDE ST 8.1, Radiation Safety in Veterinary X-ray Examinations, Radiation and Nuclear Safety Authority, Finland, 2012.
- [41] European Radiation Dosimetry Group (EURADOS), Technical recommendations on measurements of external environmental gamma radiation doses. *Radiation Protection* 106, 1999.
- [42] European Radiation Dosimetry Group (EURADOS), Technical recommendations for monitoring individuals occupationally exposed to external radiation. *Radiation Protection* 160, 2009.

附錄一、國內使用靜電消除器各單位證照申請之最大持有量及實際持有之 X 光管數量及檢測率

編號	證照號碼	單位名稱	縣市					107 年				
				申請量(控制器)	X 光管球總數量	控制器總數量	機台總數	X 光管球檢測數	控制器檢測數	機台檢測數	控制器檢測率 (%)	機台檢測率 (%)
1	登設字 2008626 號	中華映管股份有限公司(龍潭廠)	桃園市	2000	1186	1126	155					
2	登設字 2008636 號	群創光電股份有限公司(T3 廠)	苗栗縣	1000	144	144	64					
3	登設字 2008640 號	友達光電股份有限公司(龍科廠)	桃園市	1200	779	534	128					
4	登設字 2008642 號	中華映管股份有限公司(楊梅廠)	桃園市	200	46	45	14					
5	登設字 2008644 號	群創光電股份有限公司 B 廠	台南市	1000	853	733	153	156	136	15	18.6	9.8
6	登設字 2008651 號	瀚宇彩晶股份有限公司台南科學園區分公司	台南市	350	306	196	51	58	40	10	20.4	19.6
7	登設字 2008652 號	群創光電股份有限公司 C 廠	台南市	71	2	2	2					
8	登設字 2008653 號	友達光電股份有限公司(台中廠)	台中市	3500	2943	2187	480	97	61	10	2.8	2.1
9	登設字 2008668 號	凌巨科技股份有限公司(二廠)	苗栗縣	15	7	7	7					
10	登設字 2008669 號	友達光電股份有限公司桃園分公司(龍潭廠)	桃園市	500	414	248	98					
11	登設字 2008680 號	友達光電股份有限公司(三廠)	新竹市	300	1	1	1					
12	登設字 2008684 號	凌巨科技股份有限公司(八德廠)	桃園市	400	133	119	43					
13	登設字 2008694 號	友達光電股份有限公司桃園分公司(華亞廠)	桃園市	2000	1182	481	181	38	32	10	6.7	5.5
14	登設字 2008706 號	奇美電子股份有限公司樹谷分公司	台南市	800	374	361	90					
15	登設字 2008709 號	群創光電股份有限公司 A 廠	台南市	250	132	132	33	70	64	10	48.5	30.3
16	登設字 2008710 號	群創光電股份有限公司(T1 廠)	苗栗縣	1000	460	261	75	115	53	15	20.3	20.0
17	登設字 2008712 號	友達光電股份有限公司(L5 廠)	新竹市	150	143	81	21	55	38	10	46.9	47.6
18	登設字 2008796 號	立景光電股份有限公司	台南市	2	2	1	1					
19	登設字 2008835 號	群創光電股份有限公司 F 廠	高雄市	1000	375	142	48					

20	登設字 2008872 號	群創光電股份有限公司 D 廠	台南市	1200	584	376	88						
21	登設字 2009027 號	台灣大日印光罩科技股份有限公司	新竹市	5	2	2	1						
22	登設字 2009220 號	美商蘋果電子股份有限公司台灣分公司	桃園市	200	17	10	8						
23	登設字 2009330 號	群創光電股份有限公司(T2 廠)	苗栗縣	800	442	436	61						
24	登設字 2009816 號	智晶光電股份有限公司	苗栗縣	10	1	1	1						
25	登設字 2010102 號	友達光電股份有限公司(后里廠)	台中市	2500	616	284	97						
26	登設字 2010509 號	住華科技股份有限公司南科廠	台南市	20	13	6	6						
27	登設字 2010659 號	和鑫光電股份有限公司(南科廠)	台南市	10	63	27	6						
28	登設字 2011223 號	台灣積體電路製造股份有限公司(十二廠四期/五期)	新竹縣	20	4	4	4						
29	登設字 2012256 號	台灣積體電路製造股份有限公司(十五廠)	台中市	100	1	1	1						
30	登設字 2013717 號	財團法人工業技術研究院	新竹縣	5	2	2	1						
31	登設字 2013799 號	群創光電股份有限公司(L6 廠)	高雄市	800	174	114	39	52	28	10	24.6	25.6	
32	登設字 2013819 號	友達光電股份有限公司桃園分公司(台南廠)	台南市	120	75	75	27						
33	登設字 2014337 號	凌巨科技股份有限公司新竹廠	新竹縣	50	8	7	5						
總 數				21578	11484	8146	1990	641	452	90	5.5	4.5	

附錄二、107 年檢測紀錄表列資料（移動型 X 光機 86 台，複查 3 台；X 光管式靜電消除器 90 台，複查 1 台；動物用 X 光機 82 台，複查 8 台，總計 258 台，複查 12 台）

(一)移動型 X 光機 (檢查 86 台，複查 3 台)

編號	日期	單位	區域	證號	檢查員 1	檢查員 2
1	3 月 20 日	中華鍋爐協會	桃園市	登設字 2013181 號	劉衛蒼	陳永泰
2	3 月 20 日	華聿股份有限公司	桃園市	登設字 2014509 號	劉衛蒼	陳永泰
3	3 月 20 日	台灣桃園農田水利會	桃園市	登設字 2013227 號	劉衛蒼	陳永泰
4	3 月 22 日	亞太環境科技股份有限公司	高雄市	登設字 2013935 號	劉衛蒼	陳宗源
5	3 月 22 日	豐億鋼鐵有限公司	高雄市	登設字 2011950 號	劉衛蒼	陳宗源
6	3 月 22 日	國立科學工藝博物館	高雄市	登設字 2013037 號	劉衛蒼	陳宗源
7	3 月 30 日	大甲永和機械工業股份有限公司	台中市	登設字 2014100 號	劉衛蒼	陳永泰
8	3 月 30 日	新萊應材科技有限公司	台中市	登設字 2006844 號	劉衛蒼	陳永泰
9	3 月 30 日	新萊應材科技有限公司	台中市	登設字 2011085 號	劉衛蒼	陳永泰
10	4 月 10 日	榮剛材料科技股份有限公司	台南市	登設字 2013008 號	劉衛蒼	黃峰運
11	4 月 10 日	榮剛材料科技股份有限公司	台南市	登設字 2013009 號	劉衛蒼	黃峰運
12	4 月 10 日	榮剛材料科技股份有限公司	台南市	登設字 2012626 號	劉衛蒼	黃峰運
13	4 月 10 日	榮眾科技股份有限公司(新營廠)	台南市	登設字 2013499 號	劉衛蒼	黃峰運
14	4 月 10 日	金盛興銀樓有限公司	台南市	登設字 2013075 號	劉衛蒼	黃峰運
15	4 月 11 日	國立台灣歷史博物館	台南市	登設字 2014180 號	劉衛蒼	黃峰運
16	4 月 11 日	三藝塑膠顏料有限公司	台南市	登設字 2012563 號	劉衛蒼	黃峰運
17	4 月 11 日	興固實業有限公司	台南市	登設字 2013292 號	劉衛蒼	黃峰運
18	4 月 13 日	常廣股份有限公司	台中市	登設字 2013352 號	劉衛蒼	陳永泰
19	4 月 13 日	巨大機械股份有限公司	台中市	登設字 2013067 號	劉衛蒼	陳永泰
20	4 月 13 日	三衛金屬工業股份有限公司	台中市	登設字 2014020 號	劉衛蒼	陳永泰
21	4 月 13 日	志豐金屬有限公司	台中市	登設字 2010627 號	劉衛蒼	陳永泰
22	4 月 17 日	昶瑞電子材料股份有限公司	桃園市	登設字 2013692 號	劉衛蒼	陳永泰
23	4 月 17 日	阿爾發金屬化工股份有限公司	桃園市	登設字 2013767 號	劉衛蒼	陳永泰
24	4 月 17 日	廣樵實業股份有限公司	桃園市	登設字 2012817 號	劉衛蒼	陳永泰
25	4 月 17 日	台耀化學股份有限公司	桃園市	登設字 2012933 號	劉衛蒼	陳永泰
26	4 月 20 日	長春石油化學股份有限公司(苗栗廠)	苗栗縣	登設字 2012624 號	劉衛蒼	陳永泰
27	4 月 20 日	長春石油化學股份有限公司(苗栗廠)	苗栗縣	登設字 2012243 號	劉衛蒼	陳永泰
28	4 月 20 日	宏邦資源回收行	苗栗縣	登設字 2012828 號	劉衛蒼	陳永泰
29	5 月 3 日	廣達電腦股份有限公司	桃園市	登設字 2013145 號	劉衛蒼	陳永泰
30	5 月 3 日	元成機械股份有限公司	桃園市	登設字 2014341 號	劉衛蒼	陳永泰

31	5月3日	中央造幣廠	桃園市	登設字 2009327 號	劉衛蒼	陳永泰
32	5月3日	中央造幣廠	桃園市	登設字 2013099 號	劉衛蒼	陳永泰
33	5月7日	榮廣實業有限公司	苗栗縣	登設字 2010606 號	劉衛蒼	陳永泰
34	5月17日	冠崴機械股份有限公司	桃園市	登設字 2013436 號	劉衛蒼	陳永泰
35	5月17日	義美食品股份有限公司南崁廠	桃園市	登設字 2013545 號	劉衛蒼	陳永泰
36	5月17日	台灣萬騰榮先進科技材料股份有限公司	桃園市	登設字 2012916 號	劉衛蒼	陳永泰
37	5月17日	忠忠有限公司	桃園市	登設字 2007616 號	劉衛蒼	陳永泰
38	5月22日	正大鐵工廠股份有限公司	高雄市	登設字 2013275 號	劉衛蒼	陳宗源
39	5月22日	唐榮鐵工廠股份有限公司	高雄市	登設字 2012483 號	劉衛蒼	陳宗源
40	5月22日	唐榮鐵工廠股份有限公司	高雄市	登設字 2012274 號	劉衛蒼	陳宗源
41	5月22日	唐榮鐵工廠股份有限公司	高雄市	登設字 2013677 號	劉衛蒼	陳宗源
42	5月22日	永記造漆工業股份有限公司	高雄市	登設字 2013777 號	劉衛蒼	陳宗源
43	5月23日	博淳金屬企業股份有限公司	高雄市	登設字 2008345 號	劉衛蒼	陳宗源
44	5月23日	中鋼機械股份有限公司	高雄市	登設字 2013358 號	劉衛蒼	陳宗源
45	6月5日	銓化企業有限公司	新北市	登設字 2002084 號	劉衛蒼	陳宗源
46	6月5日	庭聖有限公司	新北市	登設字 2010625 號	劉衛蒼	陳宗源
47	6月5日	新光鋼鐵股份有限公司	新北市	登設字 2014250 號	劉衛蒼	陳宗源
48	6月8日	大曜科技股份有限公司	新北市	登設字 2013263 號	劉衛蒼	陳宗源
49	6月20日	盟創科技股份有限公司	新竹縣	登設字 2013042 號	劉衛蒼	陳宗源
50	6月20日	喬鼎資訊股份有限公司	新竹縣	登設字 2010083 號	劉衛蒼	陳宗源
51	6月20日	盟立自動化股份有限公司	新竹縣	登設字 2012444 號	劉衛蒼	陳宗源
52	6月20日	德泰科技股份有限公司	新竹縣	登設字 2014403 號	劉衛蒼	陳宗源
53	7月12日	台灣中油股份有限公司煉製研究所	嘉義市	登設字 2012384 號	劉衛蒼	陳宗源
54	7月13日	台塑石化股份有限公司	雲林縣	登設字 2013709 號	劉衛蒼	陳宗源
55	7月13日	台塑石化股份有限公司	雲林縣	登設字 2013273 號	劉衛蒼	陳宗源
56	7月13日	台塑石化股份有限公司	雲林縣	登設字 2013274 號	劉衛蒼	陳宗源
57	7月24日	詠晟科技股份有限公司	彰化縣	登設字 2013457 號	劉衛蒼	陳永泰
58	7月24日	詠晟科技股份有限公司	彰化縣	登設字 2013456 號	劉衛蒼	陳永泰
59	7月24日	阡曜實業股份有限公司	彰化縣	登設字 2012758 號	劉衛蒼	陳永泰
60	8月17日	鳳璋精密機械工業股份有限公司	彰化縣	登設字 2011684 號	劉衛蒼	陳永泰
61	18月17日	泰城珠寶銀樓	彰化縣	登設字 2013956 號	劉衛蒼	陳永泰
62	8月23日	社團法人中華民國工業安全衛生協會	高雄市	登設字 2013184 號	劉衛蒼	陳宗源
63	8月31日	三普環境分析股份有限公司	台中市	登設字 2013803 號	劉衛蒼	陳宗源
64	8月31日	三普環境分析股份有限公司	台中市	登設字 2013573 號	劉衛蒼	陳宗源

65	8月31日	三普環境分析股份有限公司	台中市	登設字 2013574 號	劉衛蒼	陳宗源
66	9月4日	研華股份有限公司(汐止二廠)	新北市	登設字 2002627 號	劉衛蒼	陳永泰
67	9月4日	日揚環境工程有限公司	新北市	登設字 2012496 號	劉衛蒼	陳永泰
68	9月5日	中嘉金屬企業有限公司	台北市	登設字 2010230 號	劉衛蒼	陳宗源
69	9月5日	中嘉金屬企業有限公司	台北市	登設字 2010561 號	劉衛蒼	陳宗源
70	9月5日	吉鴻電子股份有限公司	台北市	登設字 2004492 號	劉衛蒼	陳宗源
71	9月27日	中國鋼鐵股份有限公司	高雄市	登設字 2011540 號	劉衛蒼	陳宗源
72	9月27日	中國鋼鐵股份有限公司	高雄市	登設字 2012281 號	劉衛蒼	陳宗源
73	9月27日	中國鋼鐵股份有限公司	高雄市	登設字 2012280 號	劉衛蒼	陳宗源
74	9月27日	中國鋼鐵股份有限公司	高雄市	登設字 2013182 號	劉衛蒼	陳宗源
75	9月27日	捷博科技股份有限公司	高雄市	登設字 2013048 號	劉衛蒼	陳宗源
76	9月27日	捷博科技股份有限公司	高雄市	登設字 2013413 號	劉衛蒼	陳宗源
77	9月27日	捷博科技股份有限公司	高雄市	登設字 2013414 號	劉衛蒼	陳宗源
78	9月27日	金長成銀樓	高雄市	登設字 2014021 號	劉衛蒼	陳宗源
79	9月27日	上上銀樓	高雄市	登設字 2014090 號	劉衛蒼	陳宗源
80	9月27日	高雄市金銀珠寶商業同業公會	高雄市	登設字 2011523 號	劉衛蒼	陳宗源
81	10月4日	國立台灣大學	台北市	登設字 2013618 號	劉衛蒼	陳宗源
82	10月4日	國立台灣大學	台北市	登設字 2013620 號	劉衛蒼	陳宗源
83	10月16日	全國公證檢驗股份有限公司	台北市	登設字 2014186 號	劉衛蒼	陳宗源
84	10月19日	安東貿易股份有限公司	新北市	登設字 2013314 號	劉衛蒼	許芳裕
85	10月19日	興麥管件股份有限公司	新北市	登設字 2013351 號	劉衛蒼	許芳裕
86	10月19日	台灣日立金屬股份有限公司	新北市	登設字 2013766 號	劉衛蒼	許芳裕
R-M1	7月24日	新萊應材科技有限公司(複查)	台中市	登設字 2006844 號	劉衛蒼	陳永泰
R-M2	8月17日	宏邦資源回收行(複查)	苗栗縣	登設字 2012828 號	劉衛蒼	陳永泰
R-M3	10月16日	吉鴻電子股份有限公司(複查)	台北市	登設字 2004492 號	劉衛蒼	陳宗源

## (二) X 光管式靜電消除器 (檢查 90 台，複查 1 台)

編號	日期	單位	區域	證號	檢查員 1	檢查員 2
1	3月19日	友達光電公司(L5 廠)	新竹縣	登設字 2008712 號	劉衛蒼	陳永泰
2	3月19日	友達光電公司(L5 廠)	新竹縣	登設字 2008712 號	劉衛蒼	陳永泰
3	3月19日	友達光電公司(L5 廠)	新竹縣	登設字 2008712 號	劉衛蒼	陳永泰
4	3月19日	友達光電公司(L5 廠)	新竹縣	登設字 2008712 號	劉衛蒼	陳永泰
5	3月19日	友達光電公司(L5 廠)	新竹縣	登設字 2008712 號	劉衛蒼	陳永泰
6	3月19日	友達光電公司(L5 廠)	新竹縣	登設字 2008712 號	劉衛蒼	陳永泰
7	3月19日	友達光電公司(L5 廠)	新竹縣	登設字 2008712 號	劉衛蒼	陳永泰
8	3月19日	友達光電公司(L5 廠)	新竹縣	登設字 2008712 號	劉衛蒼	陳永泰

9	3月19日	友達光電公司(L5廠)	新竹縣	登設字 2008712 號	劉衛蒼	陳永泰
10	3月19日	友達光電公司(L5廠)	新竹縣	登設字 2008712 號	劉衛蒼	陳永泰
11	3月21日	群創光電公司(L6廠)	高雄市	登設字 2013799 號	劉衛蒼	陳宗源
12	3月21日	群創光電公司(L6廠)	高雄市	登設字 2013799 號	劉衛蒼	陳宗源
13	3月21日	群創光電公司(L6廠)	高雄市	登設字 2013799 號	劉衛蒼	陳宗源
14	3月21日	群創光電公司(L6廠)	高雄市	登設字 2013799 號	劉衛蒼	陳宗源
15	3月21日	群創光電公司(L6廠)	高雄市	登設字 2013799 號	劉衛蒼	陳宗源
16	3月21日	群創光電公司(L6廠)	高雄市	登設字 2013799 號	劉衛蒼	陳宗源
17	3月21日	群創光電公司(L6廠)	高雄市	登設字 2013799 號	劉衛蒼	陳宗源
18	3月21日	群創光電公司(L6廠)	高雄市	登設字 2013799 號	劉衛蒼	陳宗源
19	3月21日	群創光電公司(L6廠)	高雄市	登設字 2013799 號	劉衛蒼	陳宗源
20	3月21日	群創光電公司(L6廠)	高雄市	登設字 2013799 號	劉衛蒼	陳宗源
21	3月31日	友達光電公司(台中廠)	台中市	登設字 2008653 號	劉衛蒼	黃峰運
22	3月31日	友達光電公司(台中廠)	台中市	登設字 2008653 號	劉衛蒼	黃峰運
23	3月31日	友達光電公司(台中廠)	台中市	登設字 2008653 號	劉衛蒼	黃峰運
24	3月31日	友達光電公司(台中廠)	台中市	登設字 2008653 號	劉衛蒼	黃峰運
25	3月31日	友達光電公司(台中廠)	台中市	登設字 2008653 號	劉衛蒼	黃峰運
26	3月31日	友達光電公司(台中廠)	台中市	登設字 2008653 號	劉衛蒼	黃峰運
27	3月31日	友達光電公司(台中廠)	台中市	登設字 2008653 號	劉衛蒼	黃峰運
28	3月31日	友達光電公司(台中廠)	台中市	登設字 2008653 號	劉衛蒼	黃峰運
29	3月31日	友達光電公司(台中廠)	台中市	登設字 2008653 號	劉衛蒼	黃峰運
30	3月31日	友達光電公司(台中廠)	台中市	登設字 2008653 號	劉衛蒼	黃峰運
31	4月30日	群創光電(B廠)	台南市	登設字 2008644 號	劉衛蒼	陳宗源
32	4月30日	群創光電(B廠)	台南市	登設字 2008644 號	劉衛蒼	陳宗源
33	4月30日	群創光電(B廠)	台南市	登設字 2008644 號	劉衛蒼	陳宗源
34	4月30日	群創光電(B廠)	台南市	登設字 2008644 號	劉衛蒼	陳宗源
35	4月30日	群創光電(B廠)	台南市	登設字 2008644 號	劉衛蒼	陳宗源
36	4月30日	群創光電(B廠)	台南市	登設字 2008644 號	劉衛蒼	陳宗源
37	4月30日	群創光電(B廠)	台南市	登設字 2008644 號	劉衛蒼	陳宗源
38	4月30日	群創光電(B廠)	台南市	登設字 2008644 號	劉衛蒼	陳宗源
39	4月30日	群創光電(B廠)	台南市	登設字 2008644 號	劉衛蒼	陳宗源
40	4月30日	群創光電(B廠)	台南市	登設字 2008644 號	劉衛蒼	陳宗源
41	4月30日	群創光電(B廠)	台南市	登設字 2008644 號	劉衛蒼	陳宗源
42	4月30日	群創光電(B廠)	台南市	登設字 2008644 號	劉衛蒼	陳宗源
43	4月30日	群創光電(B廠)	台南市	登設字 2008644 號	劉衛蒼	陳宗源
44	4月30日	群創光電(B廠)	台南市	登設字 2008644 號	劉衛蒼	陳宗源

45	4月30日	群創光電(B廠)	台南市	登設字 2008644 號	劉衛蒼	陳宗源
46	7月31日	群創光電(A廠)	台南市	登設字 2008709 號	劉衛蒼	陳永泰
47	7月31日	群創光電(A廠)	台南市	登設字 2008709 號	劉衛蒼	陳永泰
48	7月31日	群創光電(A廠)	台南市	登設字 2008709 號	劉衛蒼	陳永泰
49	7月31日	群創光電(A廠)	台南市	登設字 2008709 號	劉衛蒼	陳永泰
50	7月31日	群創光電(A廠)	台南市	登設字 2008709 號	劉衛蒼	陳永泰
51	7月31日	群創光電(A廠)	台南市	登設字 2008709 號	劉衛蒼	陳永泰
52	7月31日	群創光電(A廠)	台南市	登設字 2008709 號	劉衛蒼	陳永泰
53	7月31日	群創光電(A廠)	台南市	登設字 2008709 號	劉衛蒼	陳永泰
54	7月31日	群創光電(A廠)	台南市	登設字 2008709 號	劉衛蒼	陳永泰
55	7月31日	群創光電(A廠)	台南市	登設字 2008709 號	劉衛蒼	陳永泰
56	8月1日	瀚宇彩晶	台南市	登設字 2008651 號	劉衛蒼	陳永泰
57	8月1日	瀚宇彩晶	台南市	登設字 2008651 號	劉衛蒼	陳永泰
58	8月1日	瀚宇彩晶	台南市	登設字 2008651 號	劉衛蒼	陳永泰
59	8月1日	瀚宇彩晶	台南市	登設字 2008651 號	劉衛蒼	陳永泰
60	8月1日	瀚宇彩晶	台南市	登設字 2008651 號	劉衛蒼	陳永泰
61	8月1日	瀚宇彩晶	台南市	登設字 2008651 號	劉衛蒼	陳永泰
62	8月1日	瀚宇彩晶	台南市	登設字 2008651 號	劉衛蒼	陳永泰
63	8月1日	瀚宇彩晶	台南市	登設字 2008651 號	劉衛蒼	陳永泰
64	8月1日	瀚宇彩晶	台南市	登設字 2008651 號	劉衛蒼	陳永泰
65	8月1日	瀚宇彩晶	台南市	登設字 2008651 號	劉衛蒼	陳永泰
66	8月29日	群創光電(T1廠)	苗栗縣	登設字 2008710 號	劉衛蒼	陳宗源
67	8月29日	群創光電(T1廠)	苗栗縣	登設字 2008710 號	劉衛蒼	陳宗源
68	8月29日	群創光電(T1廠)	苗栗縣	登設字 2008710 號	劉衛蒼	陳宗源
69	8月29日	群創光電(T1廠)	苗栗縣	登設字 2008710 號	劉衛蒼	陳宗源
70	8月29日	群創光電(T1廠)	苗栗縣	登設字 2008710 號	劉衛蒼	陳宗源
71	8月29日	群創光電(T1廠)	苗栗縣	登設字 2008710 號	劉衛蒼	陳宗源
72	8月29日	群創光電(T1廠)	苗栗縣	登設字 2008710 號	劉衛蒼	陳宗源
73	8月29日	群創光電(T1廠)	苗栗縣	登設字 2008710 號	劉衛蒼	陳宗源
74	8月29日	群創光電(T1廠)	苗栗縣	登設字 2008710 號	劉衛蒼	陳宗源
75	8月29日	群創光電(T1廠)	苗栗縣	登設字 2008710 號	劉衛蒼	陳宗源
76	8月29日	群創光電(T1廠)	苗栗縣	登設字 2008710 號	劉衛蒼	陳宗源
77	8月29日	群創光電(T1廠)	苗栗縣	登設字 2008710 號	劉衛蒼	陳宗源
78	8月29日	群創光電(T1廠)	苗栗縣	登設字 2008710 號	劉衛蒼	陳宗源
79	8月29日	群創光電(T1廠)	苗栗縣	登設字 2008710 號	劉衛蒼	陳宗源
80	8月29日	群創光電(T1廠)	苗栗縣	登設字 2008710 號	劉衛蒼	陳宗源

81	10月2日	友達光電(華亞廠)	桃園市	登設字 2008694 號	劉衛蒼	陳永泰
82	10月2日	友達光電(華亞廠)	桃園市	登設字 2008694 號	劉衛蒼	陳永泰
83	10月2日	友達光電(華亞廠)	桃園市	登設字 2008694 號	劉衛蒼	陳永泰
84	10月2日	友達光電(華亞廠)	桃園市	登設字 2008694 號	劉衛蒼	陳永泰
85	10月2日	友達光電(華亞廠)	桃園市	登設字 2008694 號	劉衛蒼	陳永泰
86	10月2日	友達光電(華亞廠)	桃園市	登設字 2008694 號	劉衛蒼	陳永泰
87	10月2日	友達光電(華亞廠)	桃園市	登設字 2008694 號	劉衛蒼	陳永泰
88	10月2日	友達光電(華亞廠)	桃園市	登設字 2008694 號	劉衛蒼	陳永泰
89	10月2日	友達光電(華亞廠)	桃園市	登設字 2008694 號	劉衛蒼	陳永泰
90	10月2日	友達光電(華亞廠)	桃園市	登設字 2008694 號	劉衛蒼	陳永泰
R1	9月28日	群創光電(A廠)(複查)	台南市	登設字 2008709 號	劉衛蒼	陳永泰

(三)動物用(獸醫)X光機(檢查 82 台，複查 8 台)

編號	日期	單位	區域	證號	檢查員 1	檢查員 2
1	3月13日	超群動物醫院	新竹縣	登設字 1005742 號	劉衛蒼	黃峰運
2	3月13日	築心動物醫院	新竹市	登設字 2014047 號	劉衛蒼	黃峰運
3	3月13日	築心動物醫院	新竹市	登設字 2013758 號	劉衛蒼	黃峰運
4	3月16日	劍橋動物醫院	台北市	登設字 2007375 號	劉衛蒼	陳宗源
5	3月16日	楊動物醫院	台北市	登設字 2009252 號	劉衛蒼	陳宗源
6	3月16日	尼古拉動物醫院	台北市	登設字 2012506 號	劉衛蒼	陳宗源
7	3月28日	弘愛犬貓專科醫院	台北市	登設字 2000447 號	劉衛蒼	黃峰運
8	3月28日	不萊梅特殊寵物專科醫院	台北市	登設字 2013476 號	劉衛蒼	黃峰運
9	3月29日	皇家動物醫院	台北市	登設字 2014130 號	劉衛蒼	黃峰運
10	4月24日	春天動物醫院	台中市	登設字 2000412 號	劉衛蒼	陳宗源
11	4月24日	全國貓醫院	台中市	登設字 2013200 號	劉衛蒼	陳宗源
12	4月24日	全邑動物醫院	台中市	登設字 2014263 號	劉衛蒼	陳宗源
13	4月24日	毛導動物醫院	台中市	登設字 2011743 號	劉衛蒼	陳宗源
14	4月25日	冠生動物醫院	台中市	登設字 2000884 號	劉衛蒼	黃峰運
15	4月25日	英國皇家動物醫院	台中市	登設字 2002534 號	劉衛蒼	黃峰運
16	4月25日	凡賽爾賽鴿動物醫院	台中市	登設字 1000285 號	劉衛蒼	黃峰運
17	4月25日	諾德動物醫院	台中市	登設字 2000464 號	劉衛蒼	黃峰運
18	4月27日	瑞慶動物醫院	台南市	登設字 1006677 號	劉衛蒼	陳宗源
19	4月27日	亞太動物醫院	台南市	登設字 2011917 號	劉衛蒼	陳宗源
20	4月27日	友愛動物醫院	台南市	登設字 2008967 號	劉衛蒼	陳宗源
21	4月27日	中美獸醫院和緯院	台南市	登設字 2009221 號	劉衛蒼	陳宗源
22	4月27日	中美獸醫院和緯院	台南市	登設字 1019387 號	劉衛蒼	陳宗源

23	4月30日	豪斯動物醫院	台南市	登設字 2013082 號	劉衛蒼	陳宗源
24	4月30日	仁美動物醫院	台南市	登設字 1011944 號	劉衛蒼	陳宗源
25	5月1日	慈愛動物醫院小北分院	台南市	登設字 1018530 號	劉衛蒼	陳宗源
26	5月1日	惠群動物醫院	台南市	登設字 2011916 號	劉衛蒼	陳宗源
27	5月8日	小野菊動物醫院	新北市	登設字 2013029 號	劉衛蒼	陳永泰
28	5月8日	伯特利動物醫院	新北市	登設字 2013538 號	劉衛蒼	陳永泰
29	5月8日	北大奇緣動物醫院	新北市	登設字 2009212 號	劉衛蒼	陳永泰
30	5月10日	寵物當家動物醫院	彰化縣	登設字 1004776 號	劉衛蒼	陳永泰
31	5月10日	慧光動物醫院	彰化縣	登設字 2012096 號	劉衛蒼	陳永泰
32	5月10日	波比寵物專科診所	苗栗縣	登設字 1014290 號	劉衛蒼	陳永泰
33	5月10日	全民動物醫院	苗栗縣	登設字 1026985 號	劉衛蒼	陳永泰
34	5月15日	設想動物醫院	桃園市	登設字 2010433 號	劉衛蒼	陳永泰
35	5月15日	牧羊人動物醫院	桃園市	登設字 2013386 號	劉衛蒼	陳永泰
36	5月15日	圓霖動物醫院南崁分院	桃園市	登設字 2008763 號	劉衛蒼	陳永泰
37	5月15日	樂福動物醫院	桃園市	登設字 2013908 號	劉衛蒼	陳永泰
38	5月29日	中山動物醫院	台北市	登設字 2008146 號	劉衛蒼	陳永泰
39	5月29日	中山動物醫院	台北市	登設字 2008197 號	劉衛蒼	陳永泰
40	5月29日	台北動物醫院	台北市	登設字 2000809 號	劉衛蒼	陳永泰
41	5月29日	日健動物綜合醫院	台北市	登設字 2013400 號	劉衛蒼	陳永泰
42	5月30日	維康動物醫院	台北市	登設字 2013993 號	劉衛蒼	陳永泰
43	5月30日	樂沛動物醫院	台北市	登設字 2004298 號	劉衛蒼	陳永泰
44	5月30日	大湖動物醫院	台北市	登設字 2003179 號	劉衛蒼	陳永泰
45	5月30日	納嘉動物醫院	台北市	登設字 2012610 號	劉衛蒼	陳永泰
46	6月12日	翰林獸醫院	新北市	登設字 2002386 號	劉衛蒼	陳永泰
47	6月12日	佳佳獸醫院	新北市	登設字 2008589 號	劉衛蒼	陳永泰
48	6月12日	提姆沃克動物醫院	新北市	登設字 2001195 號	劉衛蒼	陳永泰
49	6月12日	德欣動物醫院	新北市	登設字 2011479 號	劉衛蒼	陳永泰
50	6月27日	貝恩動物醫院	台北市	登設字 2013862 號	劉衛蒼	許芳裕
51	6月27日	太僕動物醫院	台北市	登設字 2012681 號	劉衛蒼	許芳裕
52	6月27日	德心動物醫院	台北市	登設字 2013645 號	劉衛蒼	陳永泰
53	7月5日	東尚動物醫院	基隆市	登設字 2010181 號	劉衛蒼	陳宗源
54	7月12日	國立嘉義大學獸醫學院附設動物醫院	嘉義市	登設字 2012998 號	劉衛蒼	陳宗源
55	7月12日	國立嘉義大學獸醫學院附設動物醫院	嘉義市	登設字 2007562 號	劉衛蒼	陳宗源
56	7月12日	佑安動物醫院	雲林縣	登設字 1004123 號	劉衛蒼	陳宗源
57	7月20日	大敦寵物醫院	台中市	登設字 2010423 號	劉衛蒼	陳宗源
58	7月20日	吉美動物醫院	台中市	登設字 2014359 號	劉衛蒼	陳宗源

59	7月20日	佳群動物醫院	台中市	登設字 2001231 號	劉衛蒼	陳宗源
60	7月30日	德洲動物醫院	高雄市	登設字 2013488 號	劉衛蒼	陳永泰
61	7月30日	柏林動物醫院	高雄市	登設字 1010480 號	劉衛蒼	陳永泰
62	7月30日	世全動物醫院	高雄市	登設字 2004497 號	劉衛蒼	陳永泰
63	7月30日	一嘉動物醫院	高雄市	登設字 2012809 號	劉衛蒼	陳永泰
64	8月10日	向陽動物醫院	桃園市	登設字 2011997 號	劉衛蒼	陳永泰
65	8月10日	大禾動物醫院	桃園市	登設字 2011802 號	劉衛蒼	陳永泰
66	8月10日	大台北動物醫院	桃園市	登設字 2012721 號	劉衛蒼	陳永泰
67	8月10日	惟心動物醫院	桃園市	登設字 2012064 號	劉衛蒼	陳永泰
68	8月14日	宏誠動物醫院	新北市	登設字 2014103 號	劉衛蒼	陳永泰
69	8月14日	宏誠動物醫院	新北市	登設字 2012633 號	劉衛蒼	陳永泰
70	8月14日	獐獐加動物醫院	新北市	登設字 2011145 號	劉衛蒼	陳永泰
71	8月14日	青青動物醫院	新北市	登設字 1004827 號	劉衛蒼	陳永泰
72	8月17日	心愛動物醫院	南投縣	登設字 2007690 號	劉衛蒼	陳永泰
73	8月23日	捷飛達動物醫院	高雄市	登設字 2009762 號	劉衛蒼	陳宗源
74	8月23日	仁集動物醫院	高雄市	登設字 2002592 號	劉衛蒼	陳宗源
75	8月23日	悅生動物醫院	高雄市	登設字 1004330 號	劉衛蒼	陳宗源
76	9月11日	喜樂地動物醫院	桃園市	登設字 1004736 號	劉衛蒼	陳永泰
77	9月12日	小森林動物醫院	新北市	登設字 2014082 號	劉衛蒼	陳永泰
78	9月12日	頑皮動物醫院	新北市	登設字 2013933 號	劉衛蒼	陳永泰
79	9月12日	集賢愛生動物醫院	新北市	登設字 2014010 號	劉衛蒼	陳永泰
80	9月12日	毛孩子動物醫院	新北市	登設字 2002634 號	劉衛蒼	陳永泰
81	9月19日	南京太僕動物醫院	台北市	登設字 2013173 號	劉衛蒼	陳宗源
82	9月19日	新亞動物醫院	台北市	登設字 2010023 號	劉衛蒼	陳宗源
R-A1	9月11日	設想動物醫院(複查)	桃園市	登設字 2010433 號	劉衛蒼	陳永泰
R-A2	9月12日	翰林獸醫院(複查)	新北市	登設字 2002386 號	劉衛蒼	陳永泰
R-A3	9月19日	中山動物醫院(複查)	台北市	登設字 2008146 號	劉衛蒼	陳宗源
R-A4	9月19日	中山動物醫院(複查)	台北市	登設字 2008197 號	劉衛蒼	陳宗源
R-A5	10月2日	設想動物醫院(複查)	桃園市	登設字 2010433 號	劉衛蒼	陳永泰
R-A6	10月11日	大敦寵物醫院(複查)	台中市	登設字 2010423 號	劉衛蒼	陳宗源
R-A7	10月11日	吉美動物醫院(複查)	台中市	登設字 2014359 號	劉衛蒼	陳宗源
R-A8	11月9日	吉美動物醫院(複查)	台中市	登設字 2014359 號	劉衛蒼	陳宗源