

輻射防護實習-

各式X光機操作原理與輻射防護

講員：陳厚語

（輻專師字第0824號）

（醫放字第003360號）

安全檢查設備種類

物品檢查型掃描設備

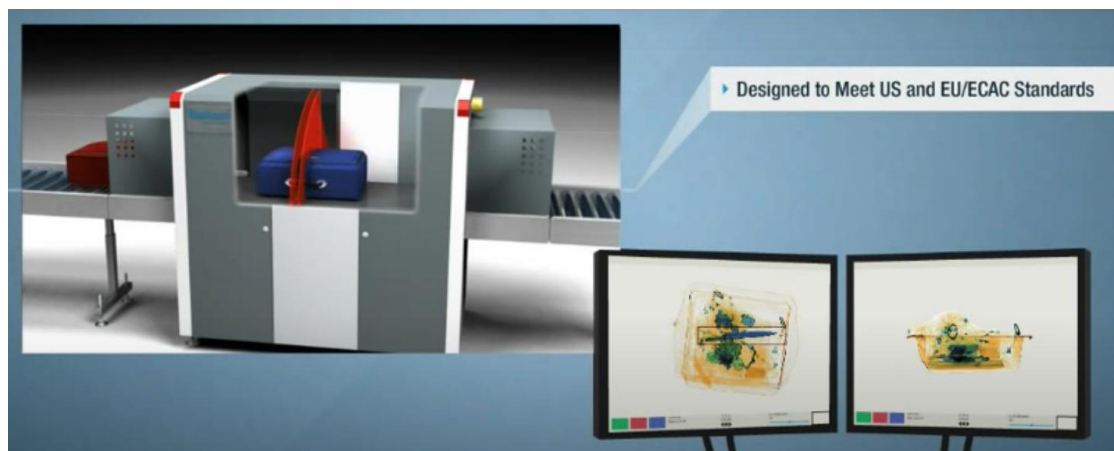
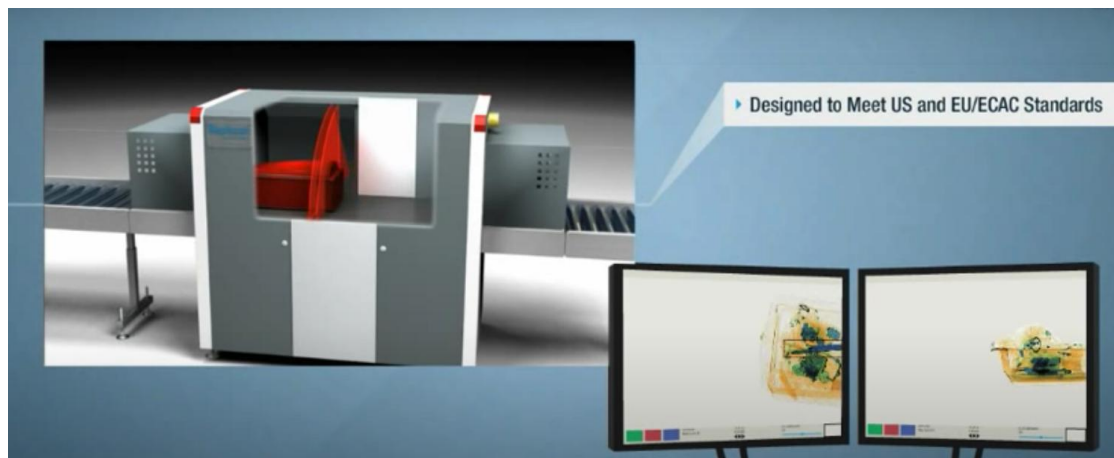
- a. 行李檢查型X光機
 - (1) 單射源型 (2) 雙射源型 (3) 電斷層型
- b. 貨櫃掃描儀原理與輻射防護
- c. 中子掃描儀/中子活化分析掃描儀IGRIS
- d. 手持式X光掃描儀
 - (1) 穿透式X光掃描儀 (2) 背散式X光掃描儀

人體掃描儀

- d. 毫米波人體掃描儀
- e. 紅外線人體掃描儀
- f. X光掃描儀
 - (1) 穿透式X光掃描儀 (2) 背散式X光掃描儀



單射源型-物品檢查X光機



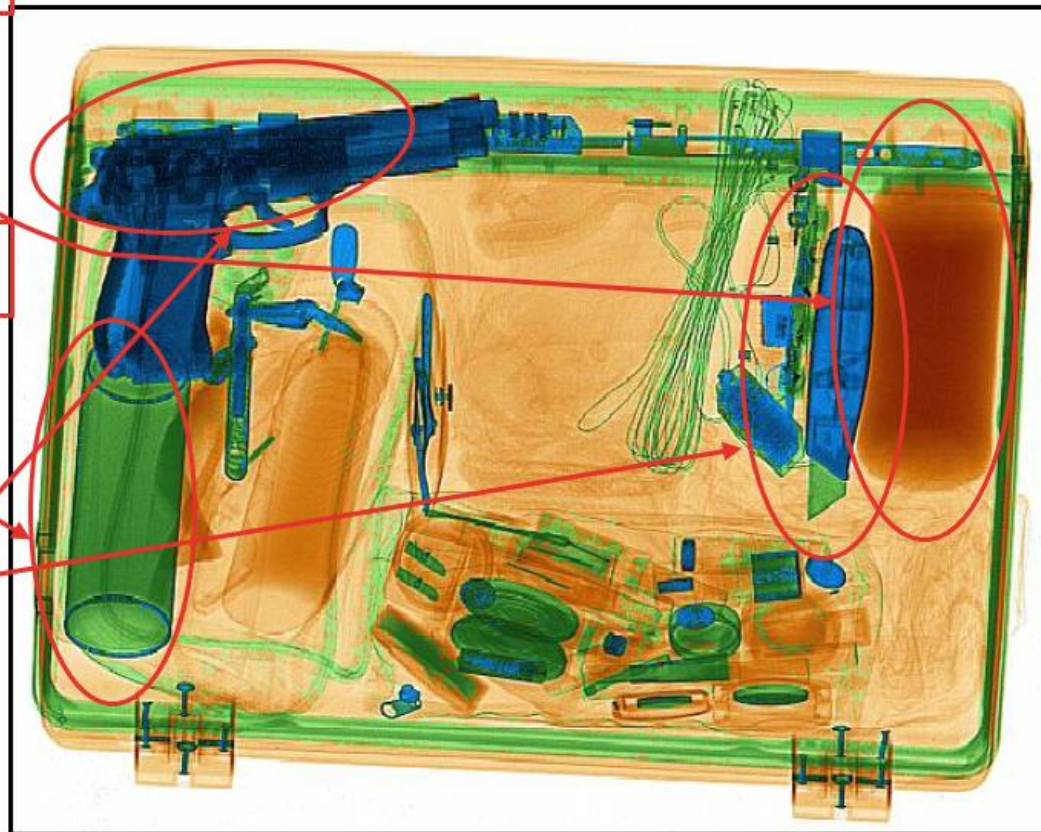
●雙射源型 物品檢查X光機

1. 橘色: 有機物質

2. 綠色: 無機物質

3. 藍色: 金屬物質

4. 黑色: 無法穿透材質



$(Z < 10)$

$(10 < Z < 20)$

$(Z > 20)$

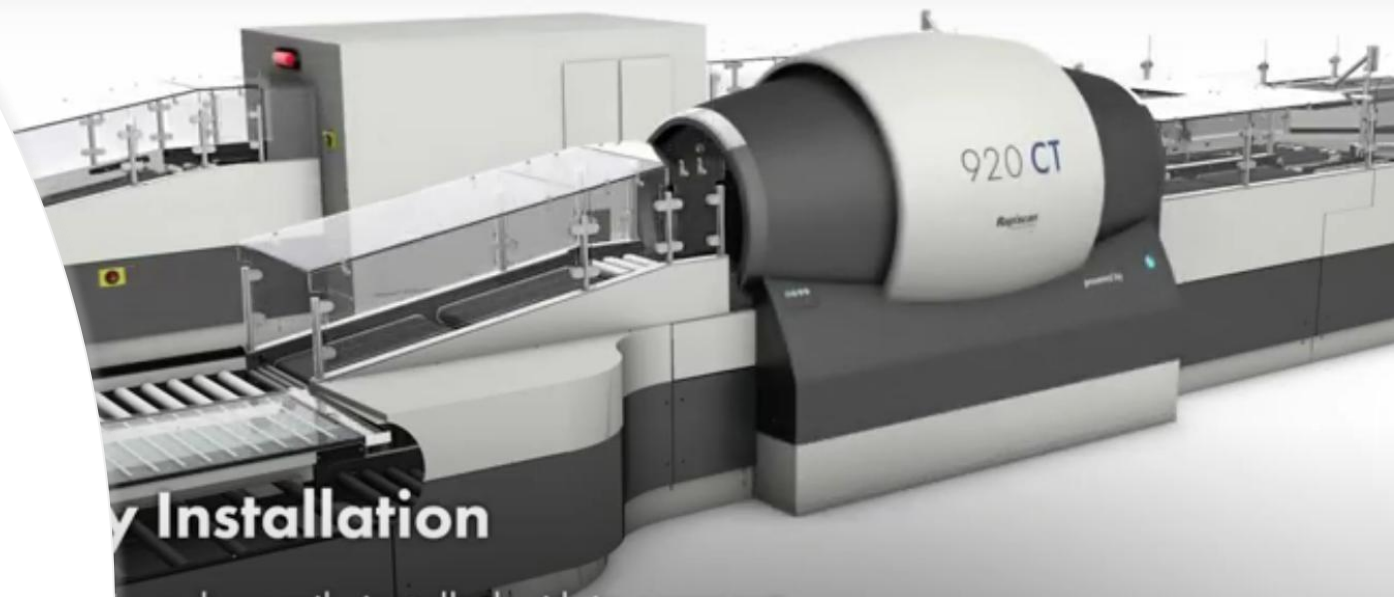
$(mm\ Steel > 30)$

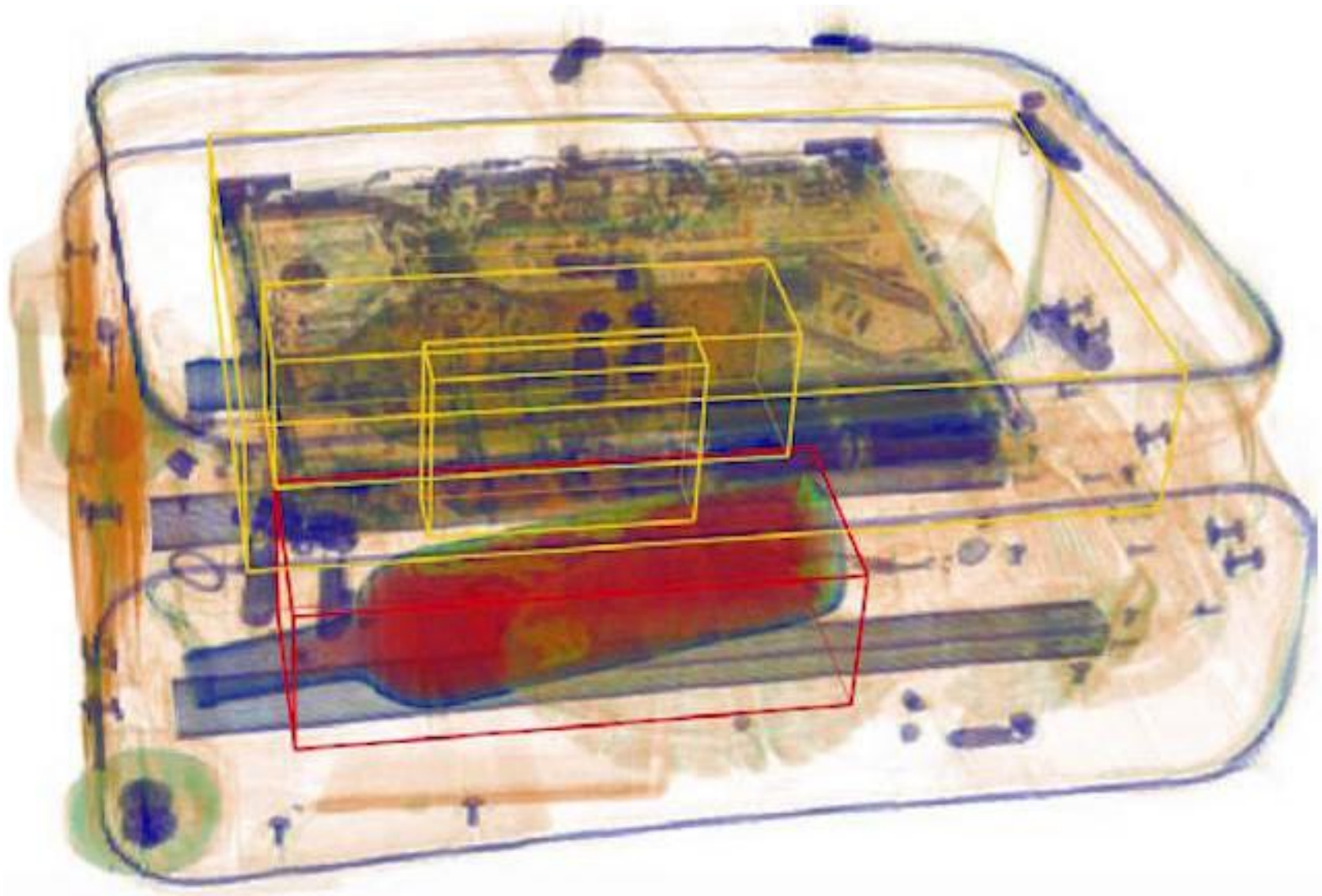
單射源 VS 雙射源

- 單一角度，通常由下往上
- OS WINDOWS, LINUX
- ...
- ...
- ...

- 二種角度，通常由下往上(1)，
以及對側照射(2)
- OS WINDOWS, LINUX
- ...
- ...
- ...

電腦斷層型-物品檢查X光機





SINGLE VS DUAL VIEW VS CT SCANNER

線上教學影片資源

RAPISCAN 920CT 簡介

- <https://www.youtube.com/watch?v=PFOEQKqNOFE>

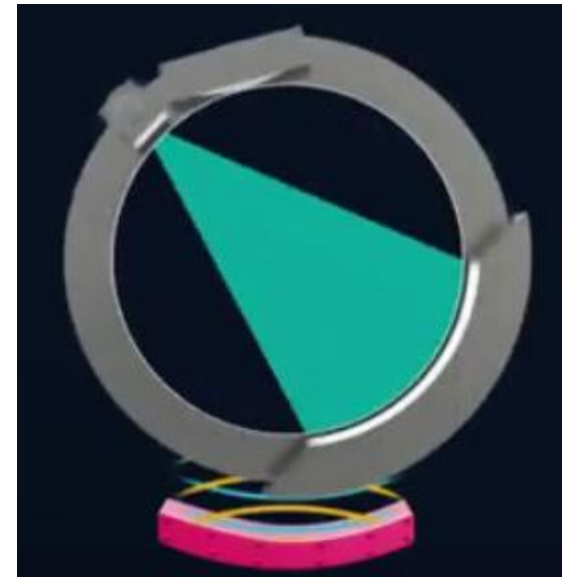
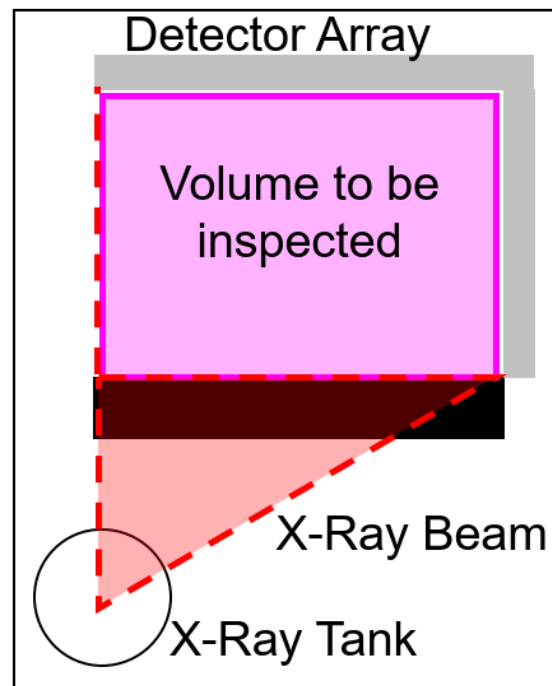
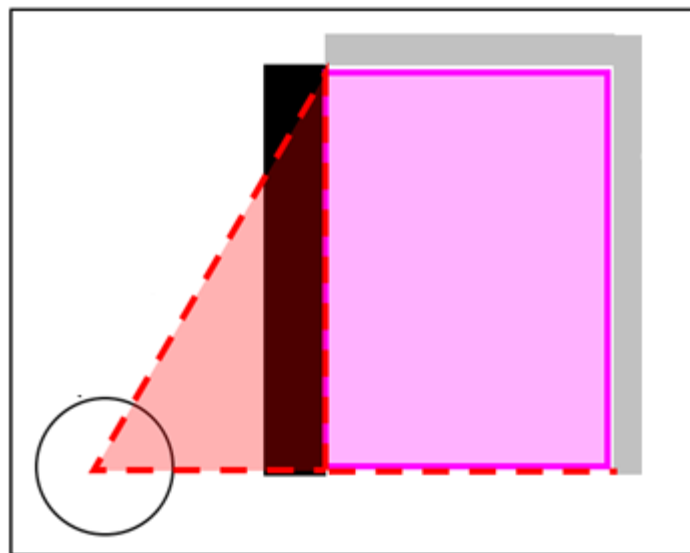
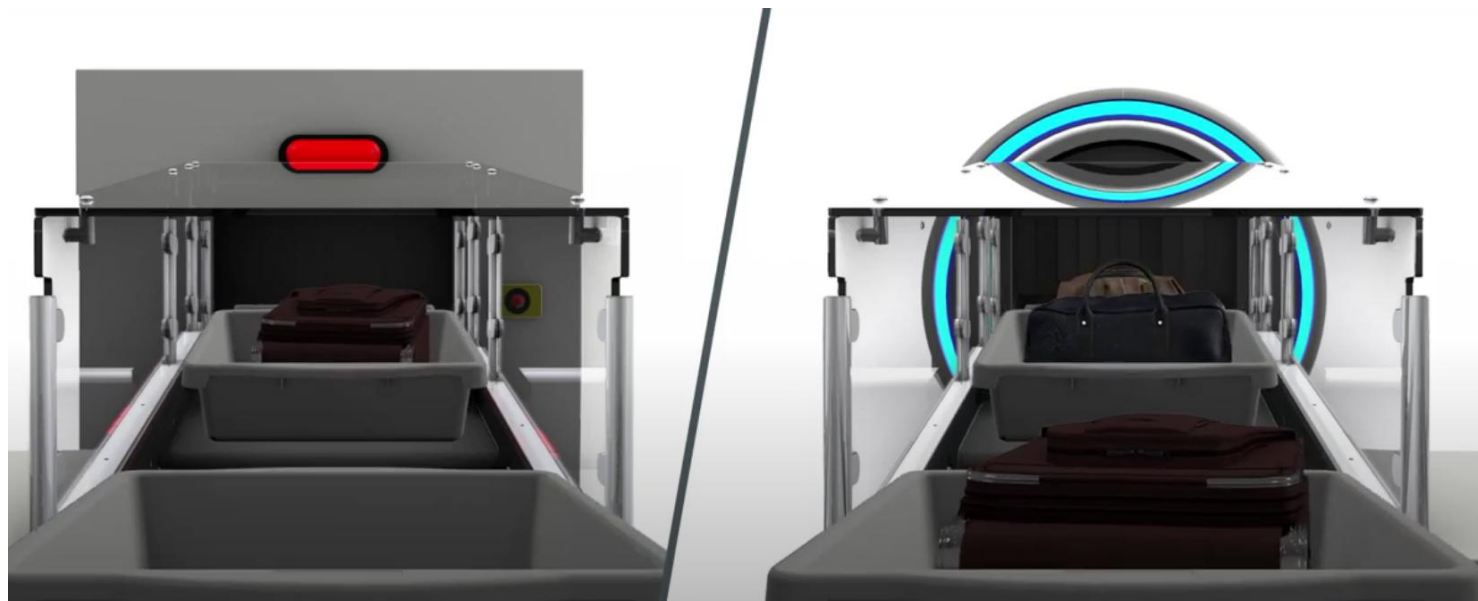
CT操作界面簡介

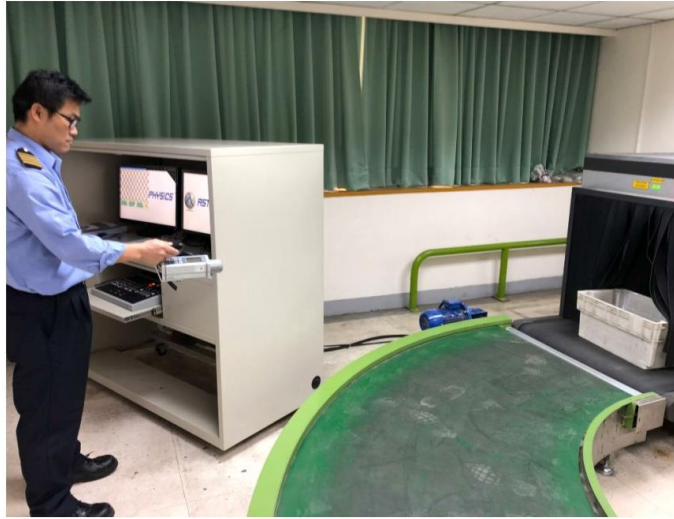
- <https://www.youtube.com/watch?v=g3SLMfGCP60>

AI 人工智慧識別物品

- <https://www.youtube.com/watch?v=UvrkQbMCNnY&t=>

輻射防護





輻射滲漏討論

- 鉛簾失效或暫時失效

鉛簾破損

鉛簾開啟，而X光機繼續執行檢查照射時

- 屏蔽計算不符合人員經常性居佔

X光機外標準不符合人員非管制區標準

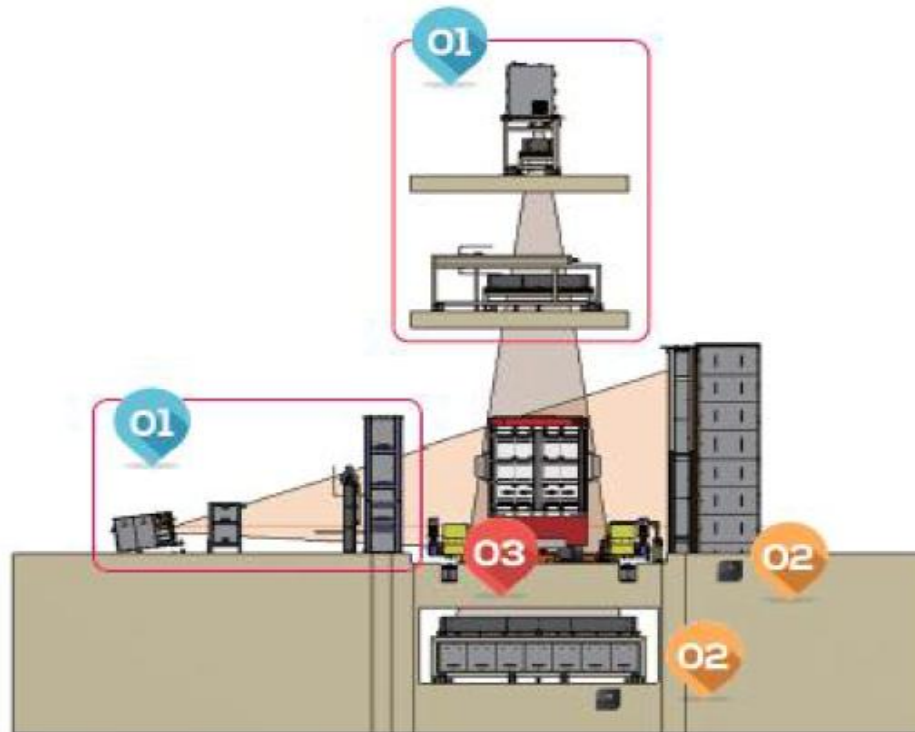
貨櫃掃描儀原理及輻射防護

放射性質偵測門(RPM)

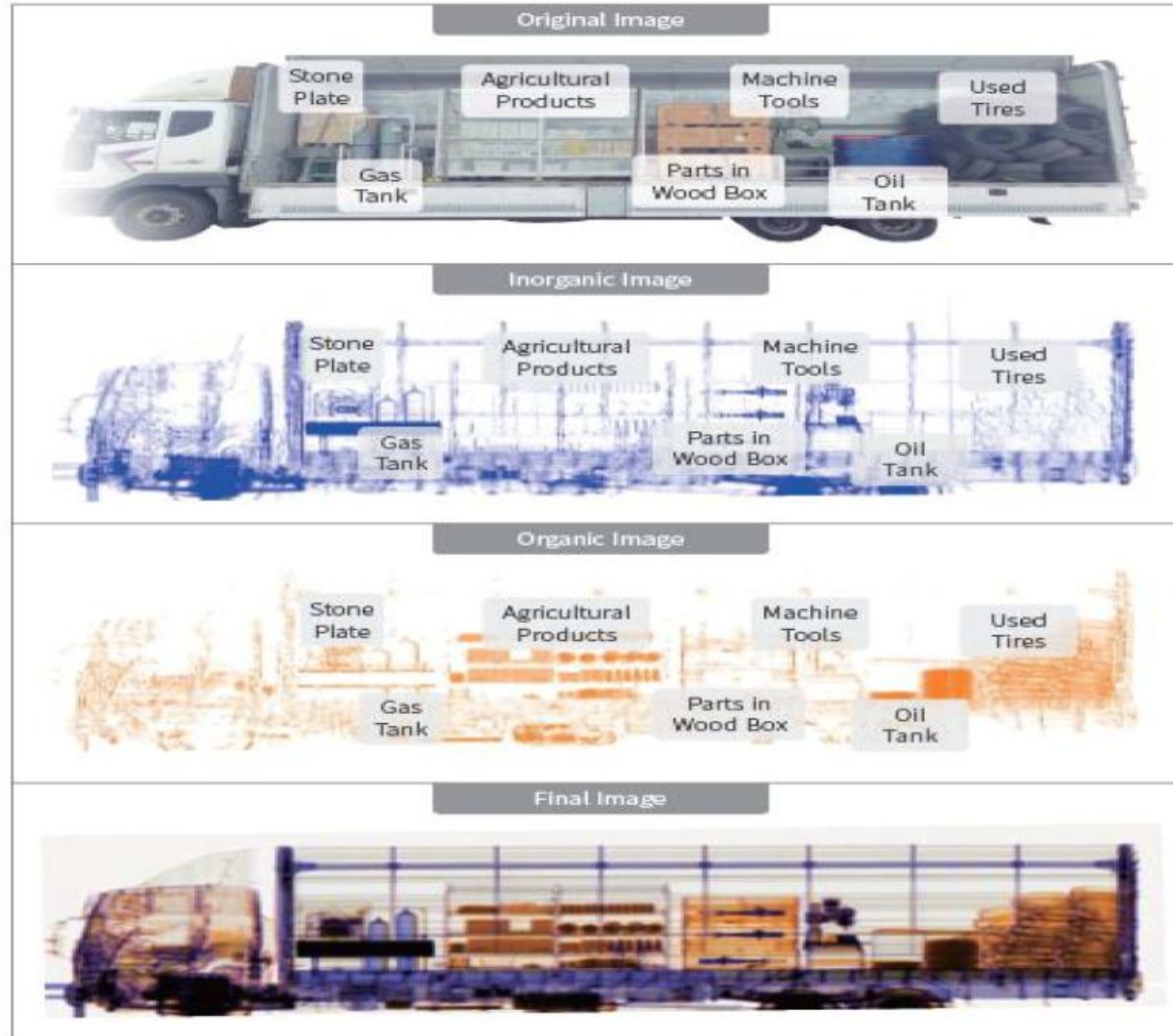


CIS

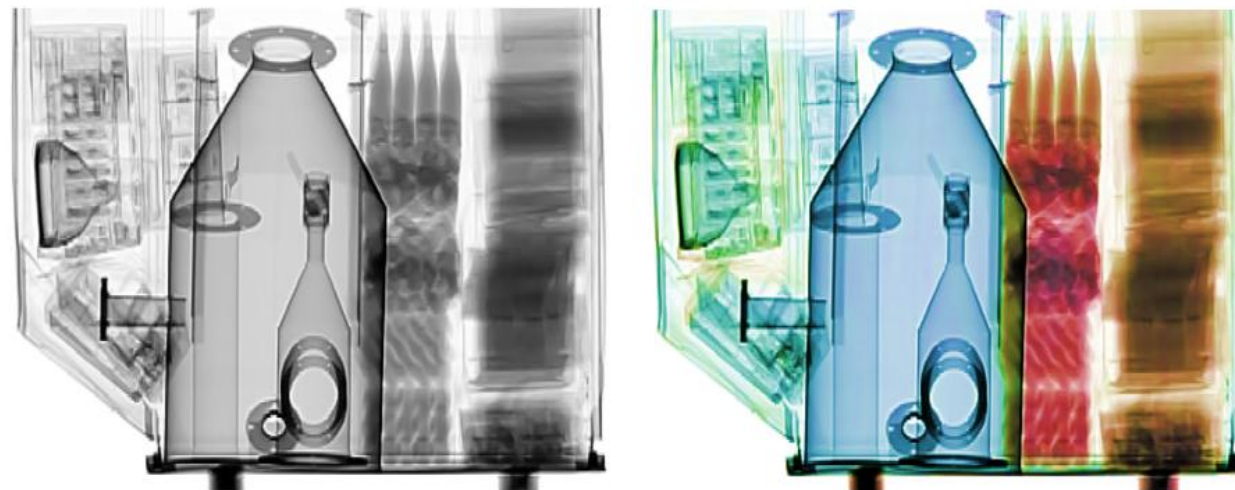
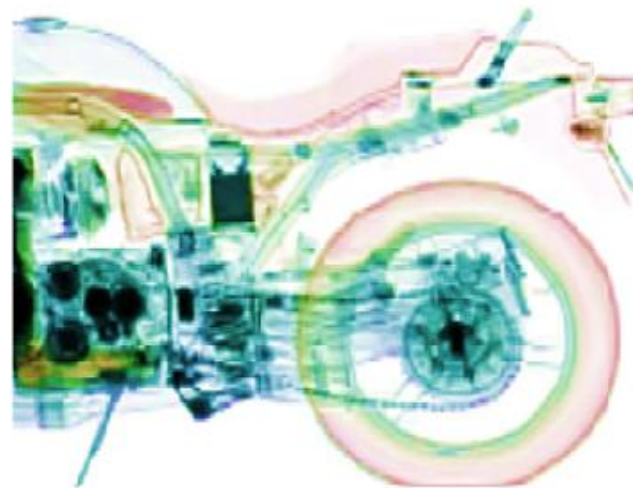
Container Cargo Inspection System



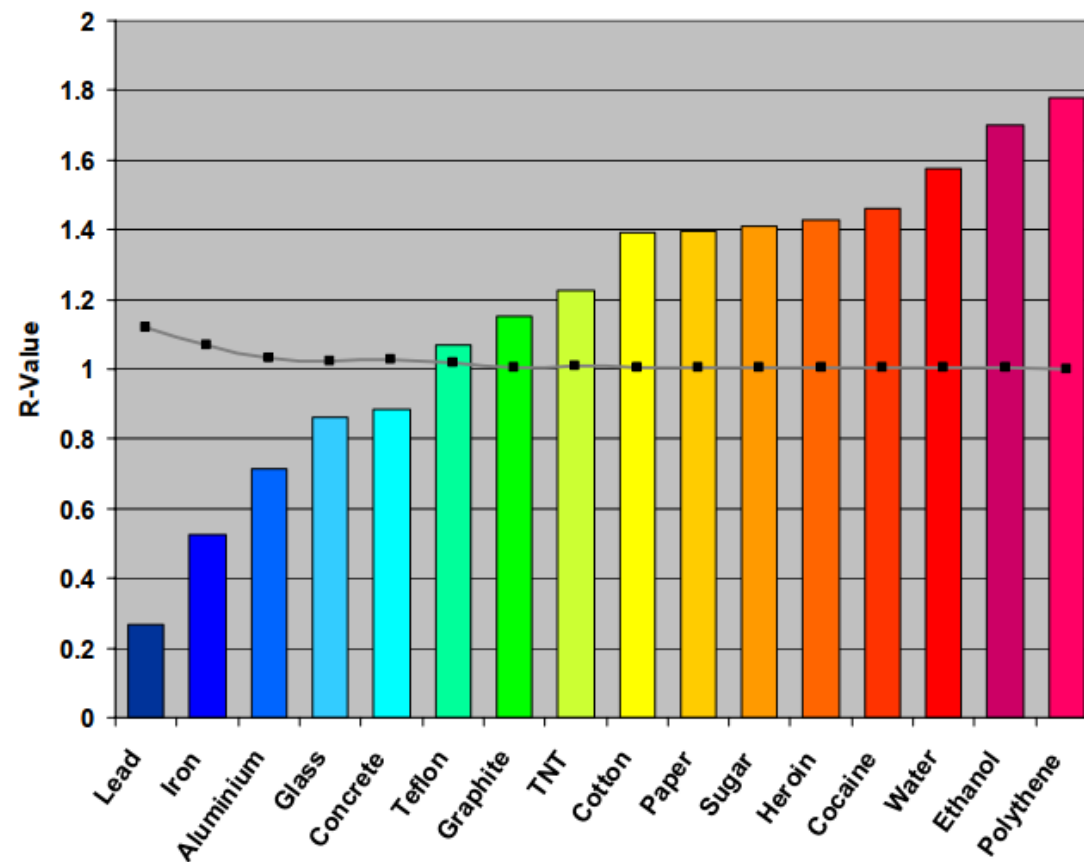
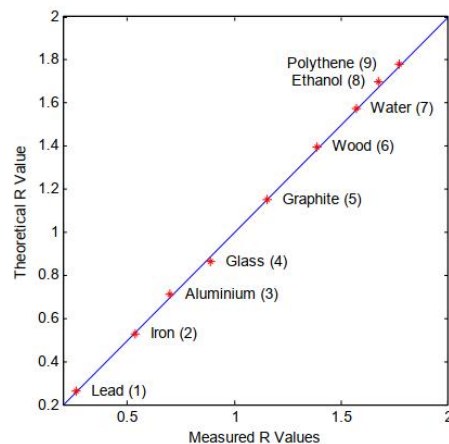
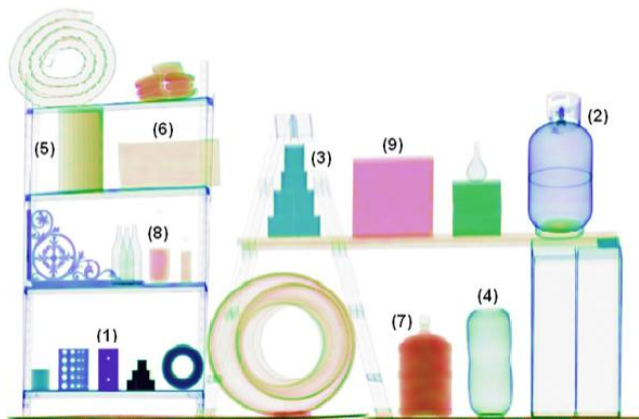
Materials Discrimination







中子合併高能X光掃描儀-物品檢查



中子掃描儀-中子活化分析

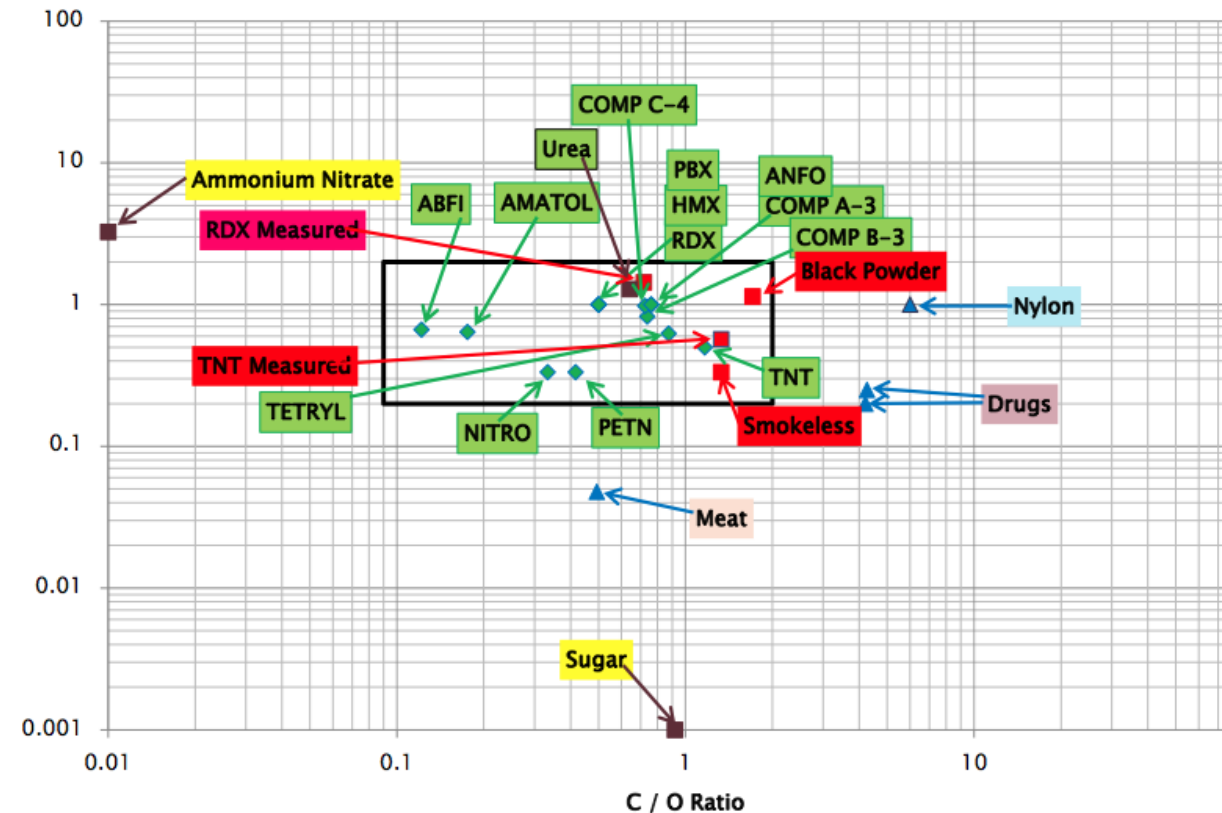
IGRIS

- IGRIS掃描儀背後的技術方法是什麼？
- **Inelastic伽瑪射線成像系統（IGRIS）**將非彈性中子散射技術與相關的粒子飛行時間光譜技術相結合，從而獲得了一種有效而準確的系統，用於檢測和識別爆炸物和違禁藥物。在IGRIS系統中，高能中子是在密封管中子發生器（**STNG**）中產生的，能量為**14.1 MeV**，並從發射源各向同性地發射。每秒大約產生一百萬個中子，這些單元的平均壽命約為**2,000**小時。這些高能中子與容器中元素的原子核反應，以進行分析以產生伽馬射線。可能發生幾種核反應，其中之一是非彈性散射，隨後中子能量損失，並產生能量高達約**7 MeV**的伽馬射線。伽馬射線的能量和數量確定了從中發出它的元素，並從本質上形成了“指紋”，可以始終從中識別出該元素。



IGRIS (INELASTIC GAMMA RAY IMAGING SYSTEM)

Product or System	Elements Detected	Scanning Ability
IGRIS	N, C, O	3-dimensional
Vapor Detectors	None, only vapor pressure of dynamite	None
Conventional X-Ray Systems	None, only High Z versus Low Z materials	None
Dual Energy X-Ray Systems	H	Course 2-dimensional projection of hydrogenous materials
Back Scatter X-Ray Systems	H	Course 2-dimensional projection of hydrogenous materials
Cat Scan	None, only indications of low Z elements	2-dimensional
Thermal Neutron Analysis (TNA)	N	Poor 3-dimensional



中子防護

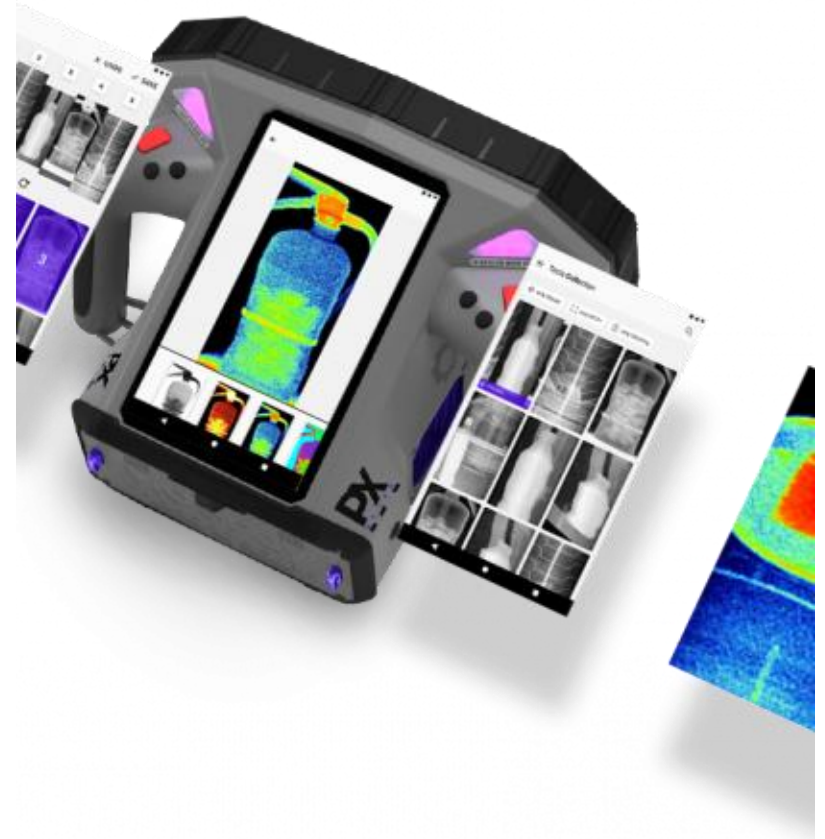
- 中子防護的順序是：
- 中子能量高時，以非彈性散射為主，應該先用重元素快速消耗快中子的能量；對於幾**MeV**以上的中子，可用含重核或中重核的材料，通過非彈性碰撞使其能量迅速降低
- 中子能量中等時，以彈性散射為主，應該用輕元素將中子慢化為熱中子；用含氫材料進一步使其慢化。富含氫核的材料卻可以用來屏蔽中子。**混凝土**或者鑲嵌有**石蠟**層的混凝土比重元素能夠更好的防護中子。屏蔽快中子最有效的元素是氫，常用材料是含氫成分較多的水、石蠟等。
- 中子能量低時，以中子俘獲為主，用鎘、硼**10**等吸收中子。中子防護必然有次生伽瑪射線輻射。利用**B10**或**Li6**等吸收截面大的物質，可使中子能量因原子核反應轉換成帶電粒子的能量，中子則被它們吸收。屏蔽熱中子用中子吸收截面大、俘獲 **γ** 光子能量低的材料，如硼、鋰及其化合物等。某些輕核種，比如**鋰-6**，可以吸收熱中子而不產生次生輻射。

手持式X光機掃描儀-背散射技術

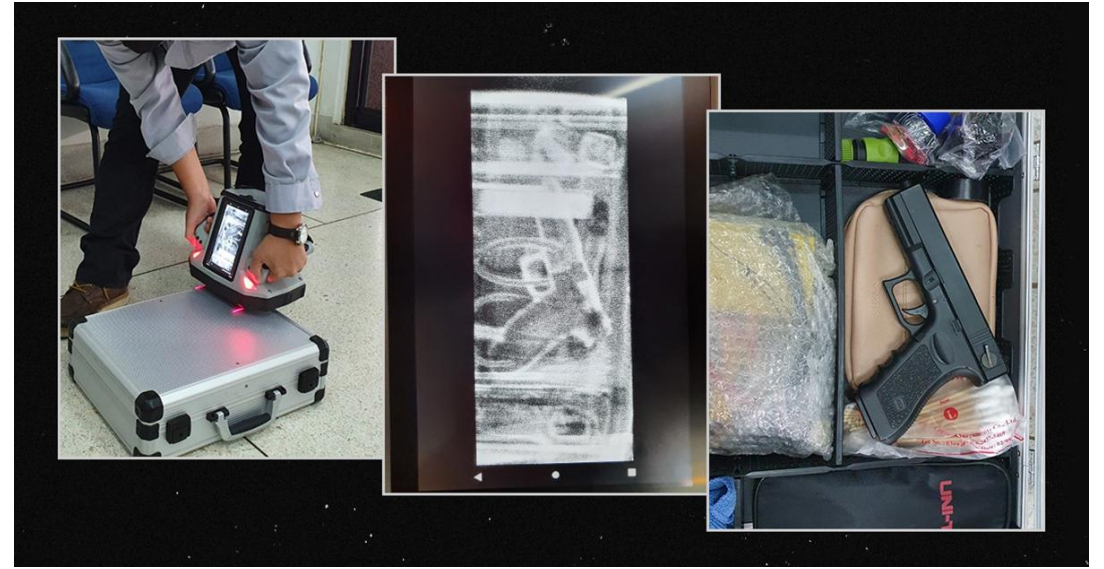
AS&E MINI Z

- BACK-SCATTER 技術原理
- 實測輻射值約
5-10微西弗/小時
- 120kV





VIDERAY PX1 X-ray:140kV



VIKEN HBI-
120,XP
HBI(120keV)
XP(140keV)
Back-scatter技術原理



手持式X光機掃描儀-穿透式

VIDERAY PXT



3DX-RAY



PORTABLE X-RAY + Digital Radiography

Logos STENÓS II



Leonardo DR mini III



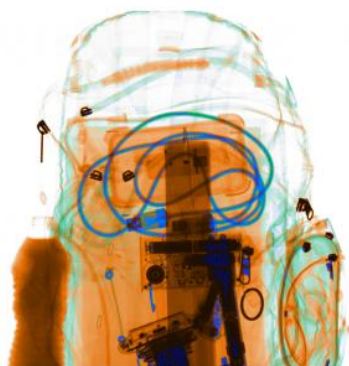
非醫用移動型X光機

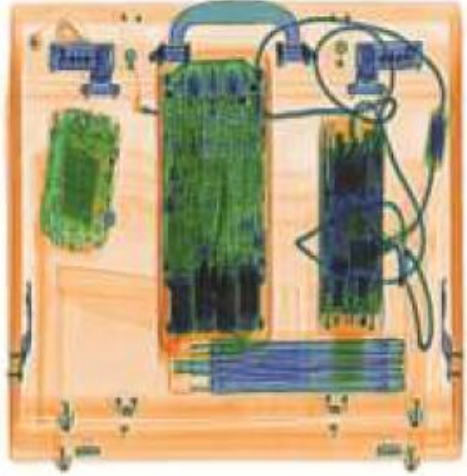
- 安檢用X光機

- 1.X光機主體

- 2.感測板

人員位置在射束後方屏蔽，並遠離一定距離。

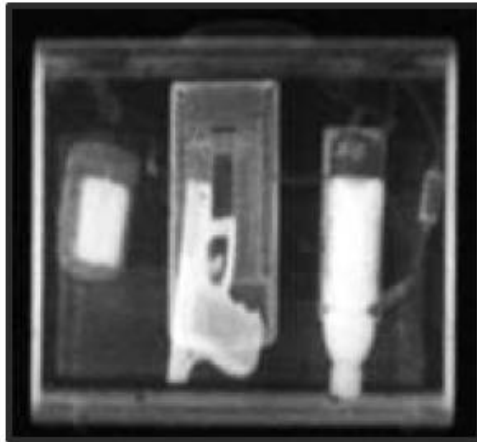
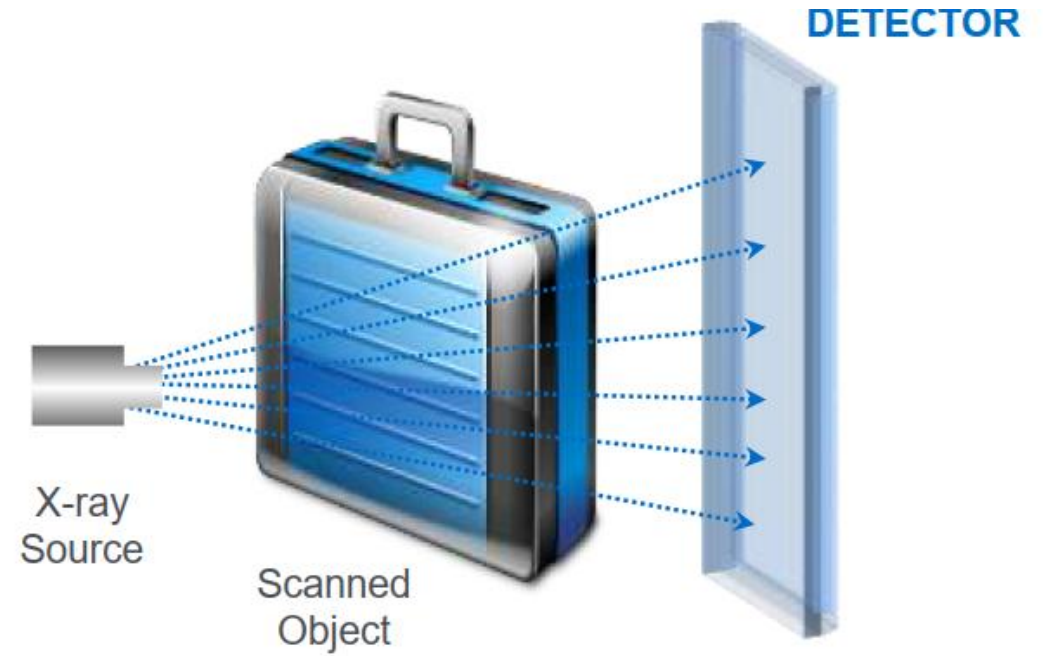




TRANSMISSION X-RAY

TRANSMISSION

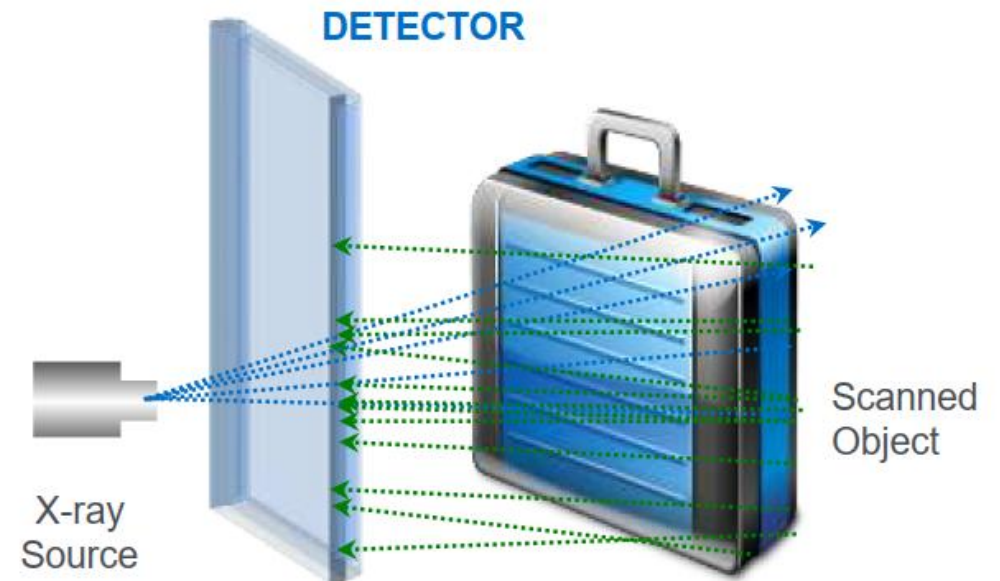
Systems detects by passing a fan beam of X-rays through an object to a detector on the far side.



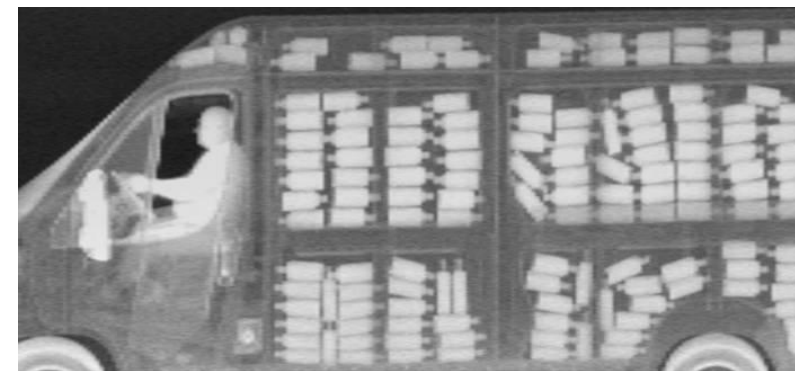
Z BACKSCATTER X-RAY
OF SAME SUITCASE

Z BACKSCATTER

System detects by passing a series of pencil beam X-rays over an object to collect reflected X-rays on a detector on the near side, creating an image that is easier to interpret and understand.



車載型背散檢查X光機



影片介紹 MINI Z

<https://www.youtube.com/watch?v=PxbZJ8-keyo>

3DXRAY

<https://www.youtube.com/watch?v=qvcU8PLEIKE>

ZBV CARGO

<https://www.youtube.com/watch?v=vju1Z0BXAAI>

REXTAR X 示範片

https://www.youtube.com/watch?v=1_VBdLN-qCM

MOBILE X-RAY MEDICAL

<https://www.youtube.com/watch?v=iQXE34j1KTY>

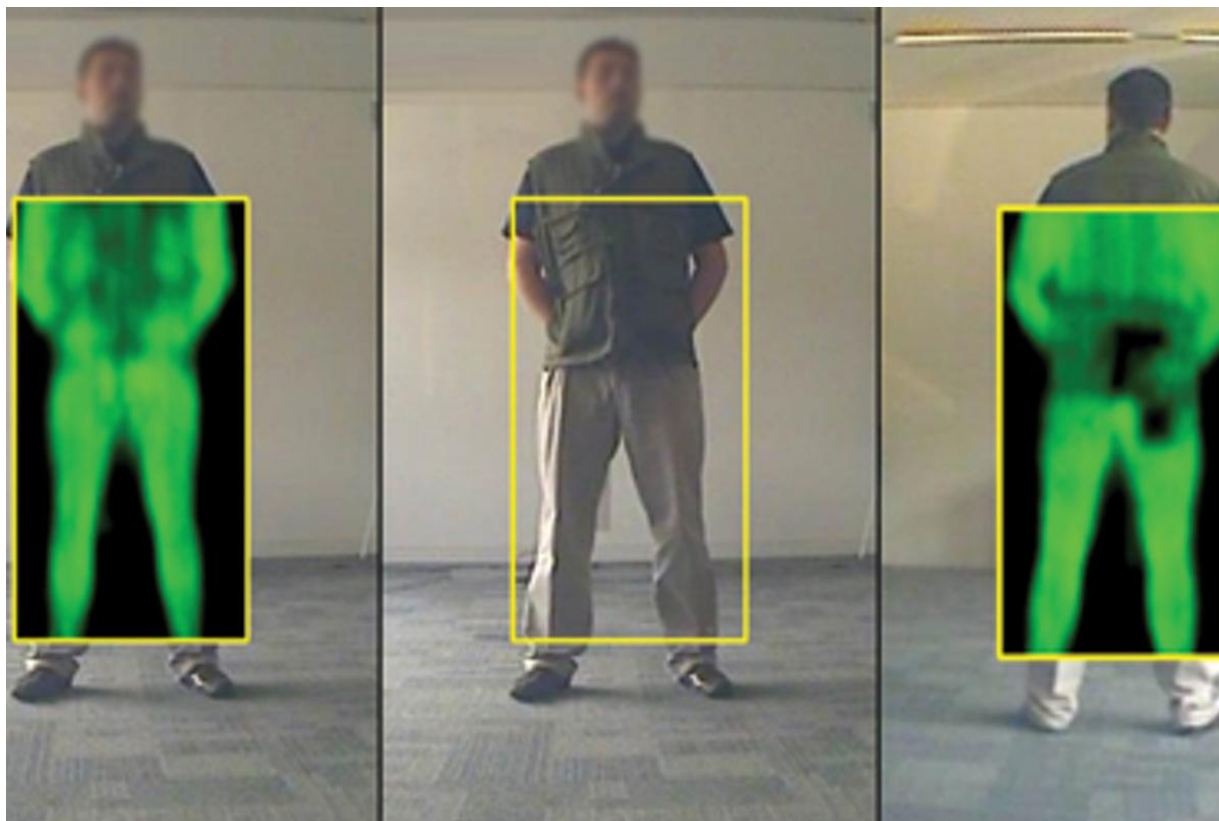
人體掃描儀-毫米波



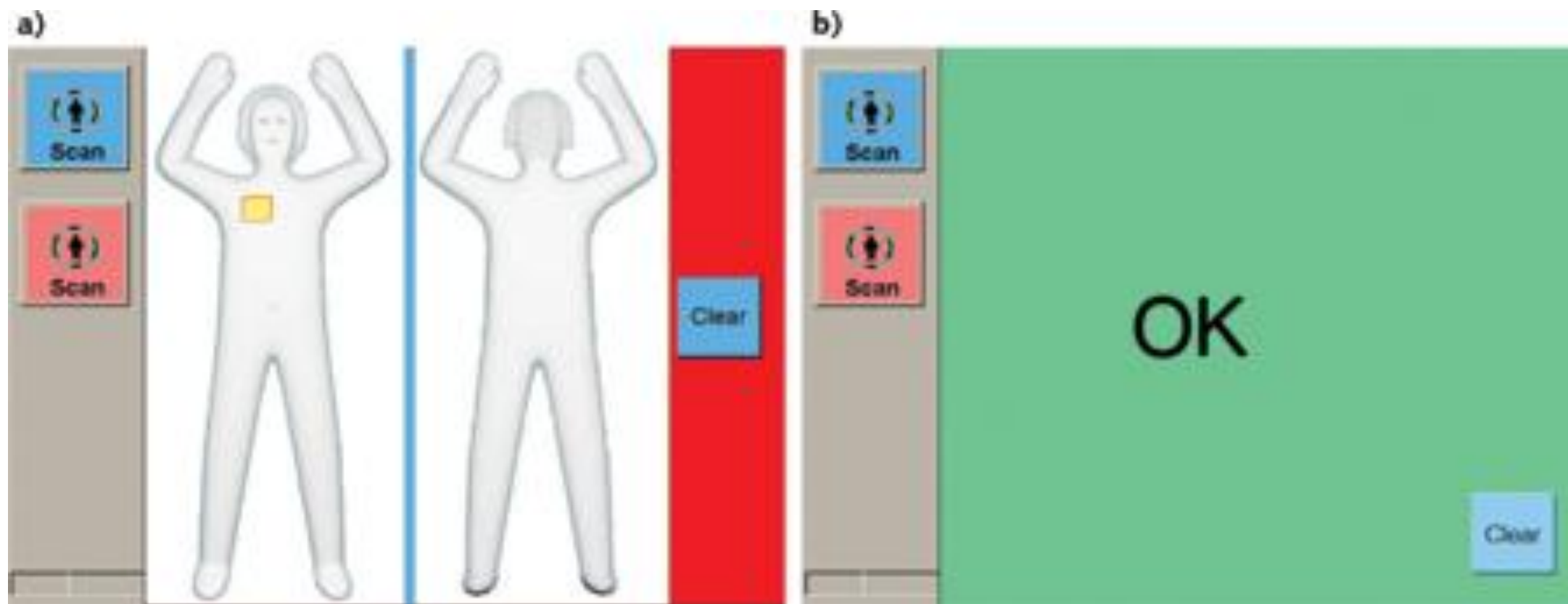
毫米波原理

- 在主動掃描器中，當兩個天線圍繞身體旋轉時，毫米波同時從兩個天線發射。從身體或身體上的其他物體反射回的波能用於建立三維影像，該影像顯示在遠端監視器上以供分析。

人體掃描-毫米波掃描儀



ATP



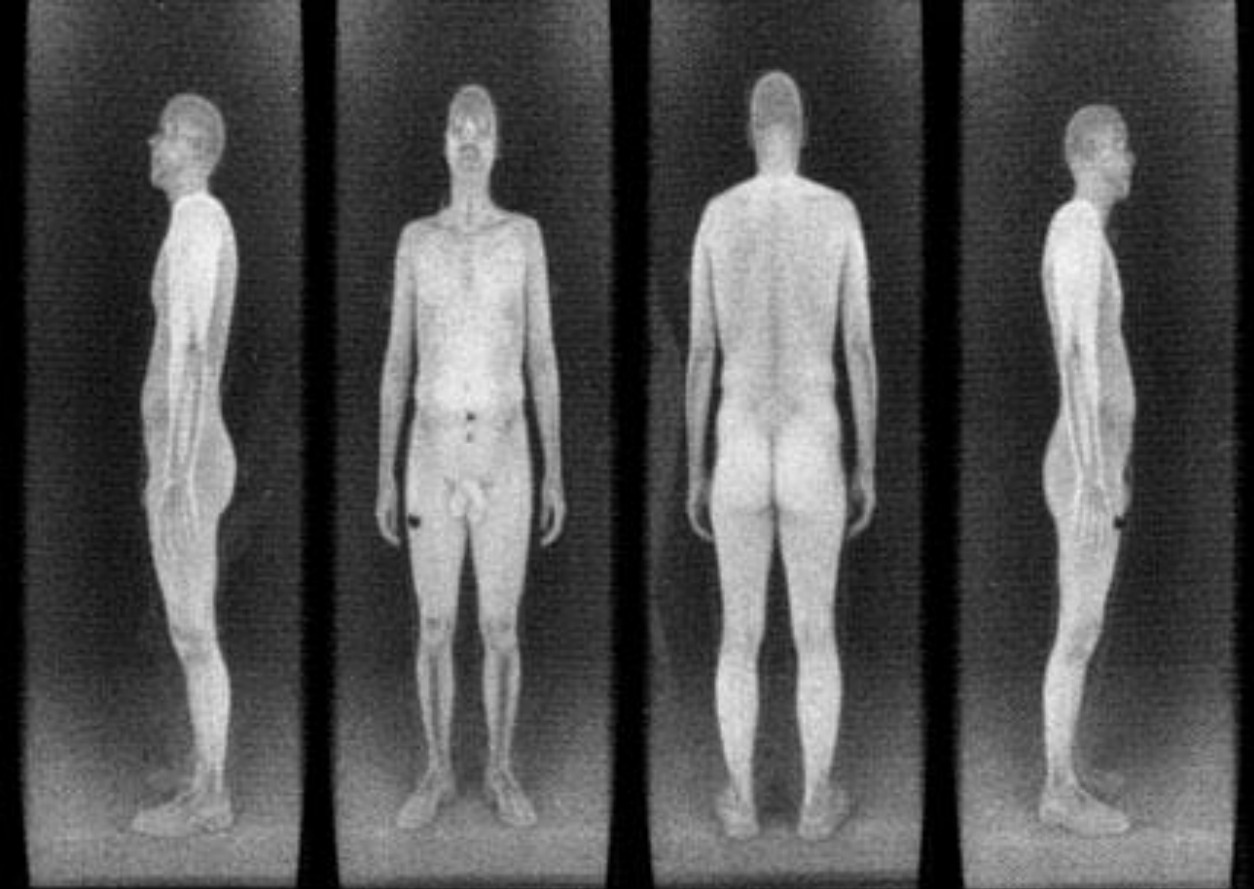
人體掃描儀-紅外線熱傳導

IR 紅外線掃描儀

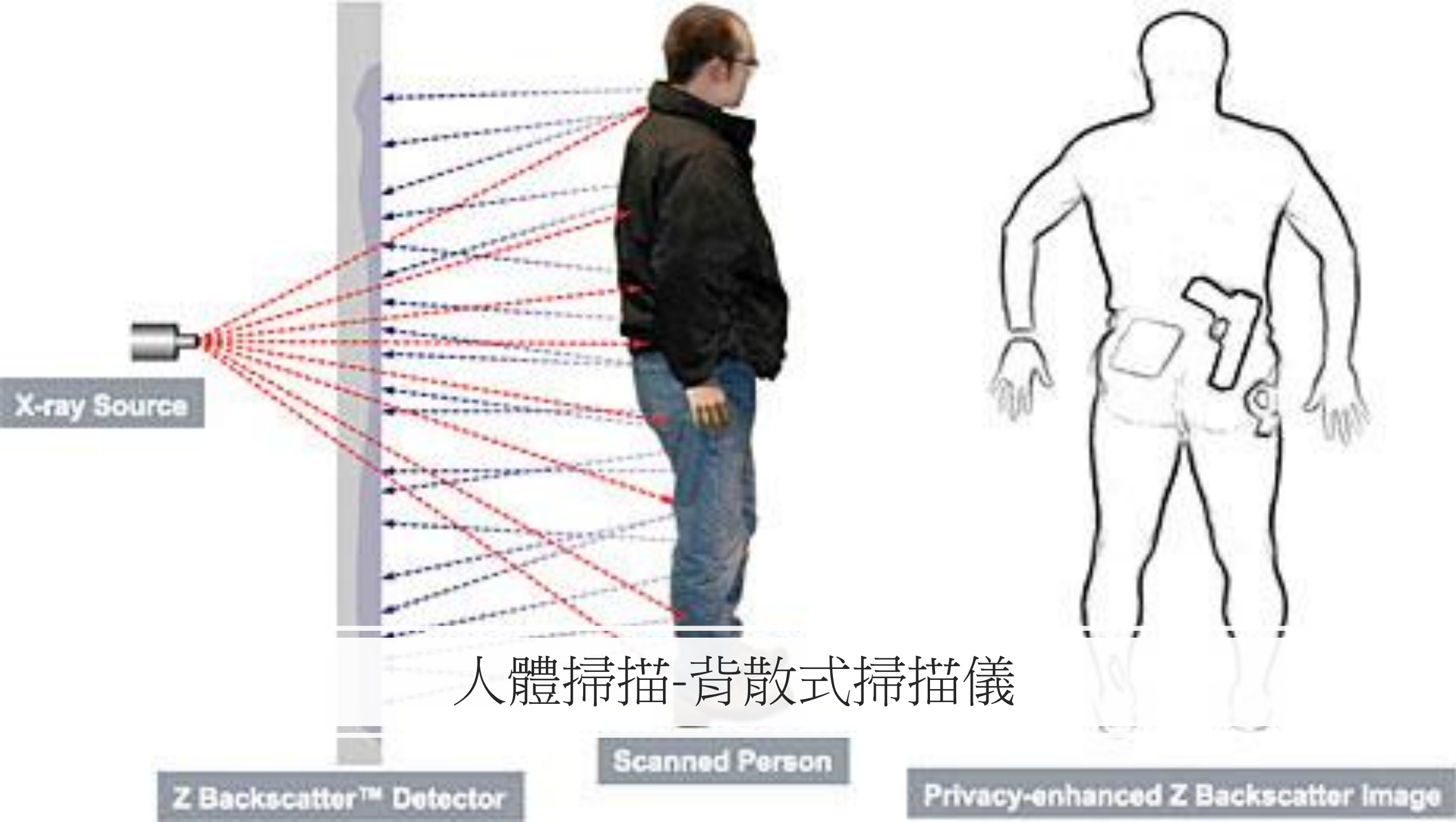


目前市面上以歐系的384X288畫素規格和美系的320X240/640x480畫素規格為主。

人體掃描儀-背散射技術

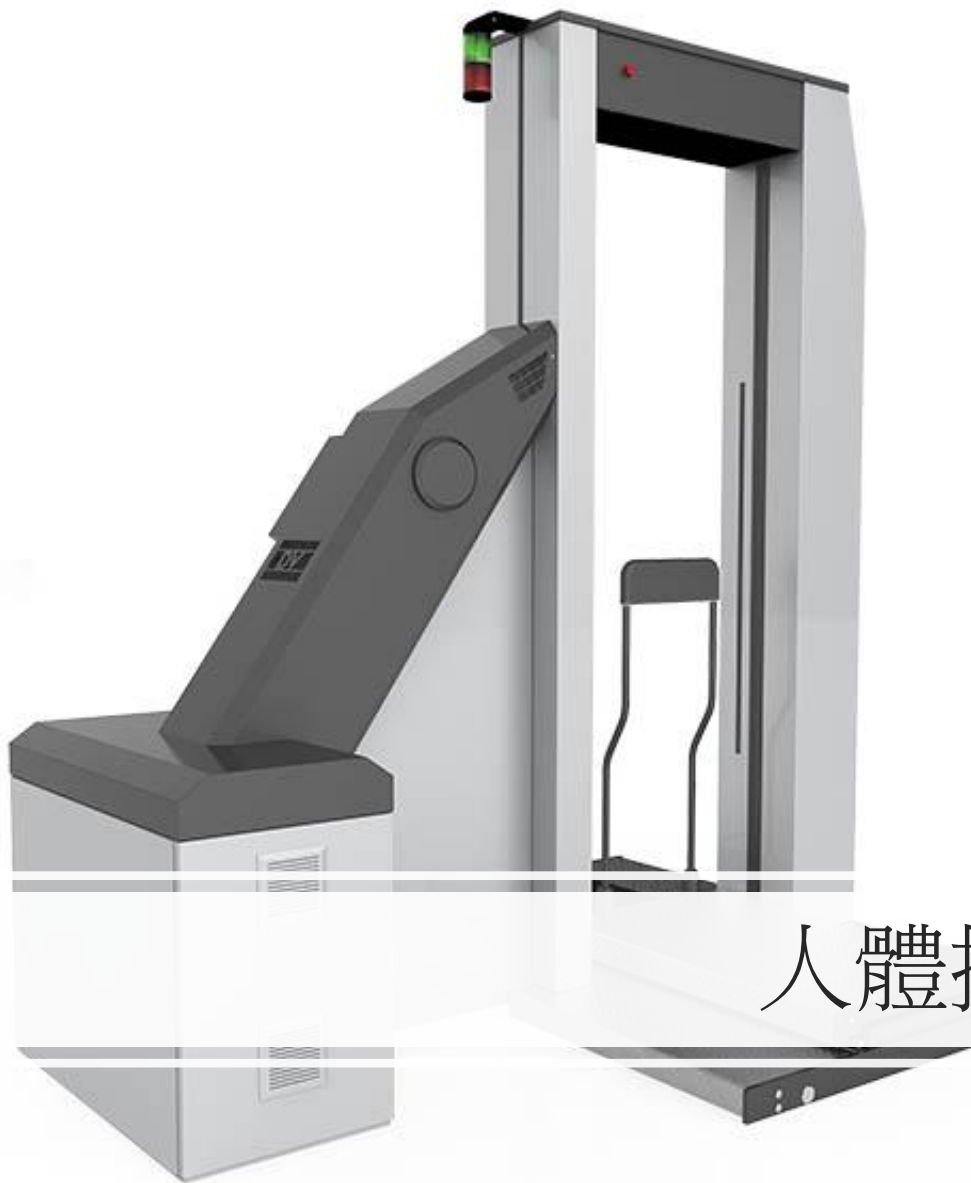


人體掃描-背散式掃描儀



人體掃描-背散式掃描儀

人體掃描儀-穿透式技術

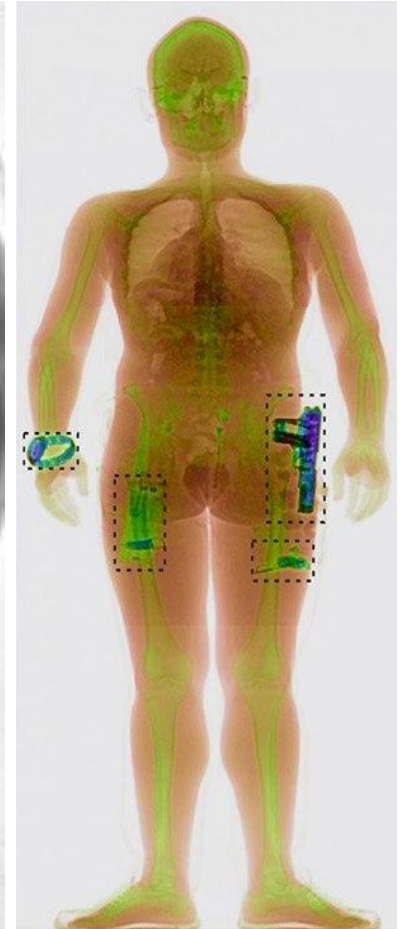


◀ FULL-BODY VIEW
▼ TORSO VIEW



人體掃描儀-X光掃描

人體掃描儀-X 光掃描



人體掃描儀自帶防護艙



輻射防護對策

- 涉及人體掃描非醫療用途照射，操作人員應領有輻射安全證書。
- 應符合 ANSI/HPS 43.17 standard
- 每次掃描輻射劑量為0.25 μSv typical

結束
問題與討論



移動型X光機輻射防護

- 醫療用X光機
- 法規規定應距離一般人1.8米以上
- 每次照射劑量大約為5-20微西弗
- 使用鉛屏風
- 必須有醫療需求，且不便行動





牙科型X光機

- 讓不便行動病人或不易安撫病人可順利完成診斷影像
- 或有特殊治療病人(如根管治療)可以無需移動至攝影室



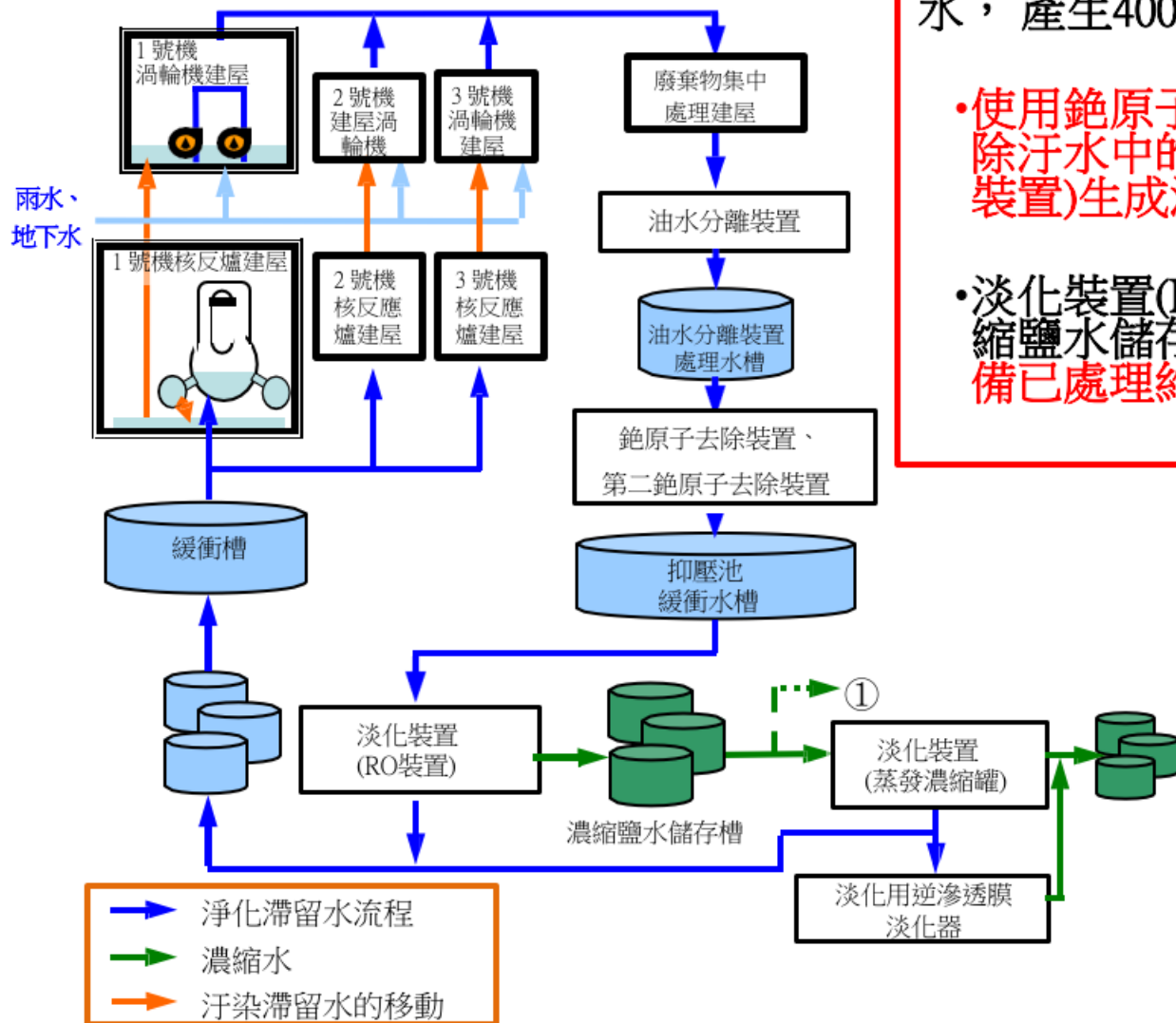
醫用移動型X光機

讓無法行動病人有例行性診斷追蹤(如ICU病人或手術中病人)

放射性廢棄物處理技術 及輻射防護

認識日本東電後續廢液處理

汗水處理的概要



伴隨著流入福島第一核電廠各建屋的雨水・地下水，產生400m³/天的汗水。

•使用銫原子去除裝置以及第二銫原子去除裝置去除汗水中的銫原子，更進一步利用淡化裝置(RO裝置)生成淡水，作為核反應爐的冷卻水

•淡化裝置(RO裝置)的濃縮鹽水約32萬m³儲存於濃縮鹽水儲存槽。另外到目前為止多核種去除設備已處理約3萬m³的濃縮鹽水。(11/19現在)

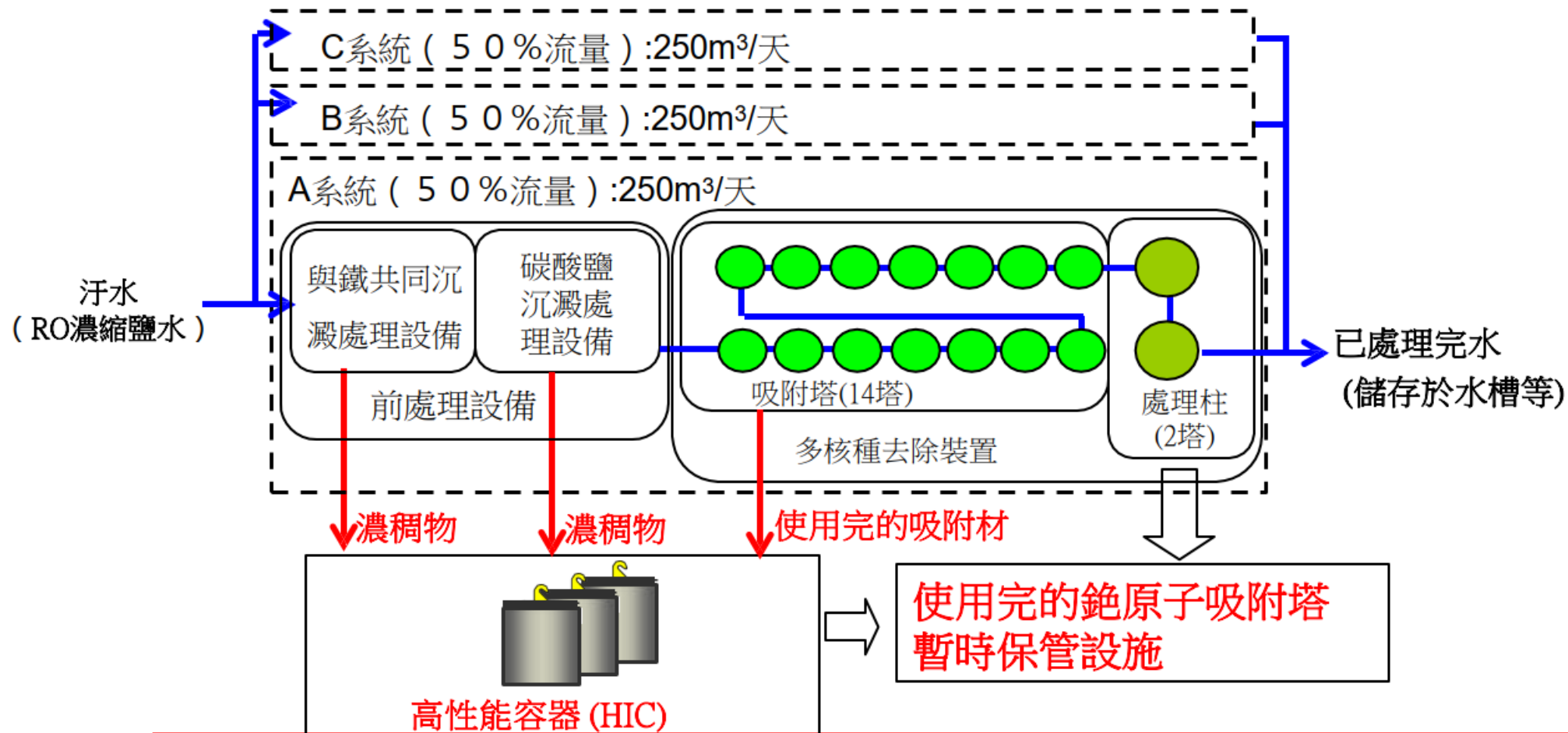
① 淡化裝置
濃縮鹽水

多核種去
除裝置

處理水儲存槽

現有多核種去除設備的概要

- 輸送汙水(RO濃縮鹽水)至前處理設備・多核種去除裝置去除放射性物質。
 - 部分廢棄物、濃稠物以及吸附塔內使用完的吸附材運送至高性能容器(HIC)。
 - 收放規定量廢棄物的HIC、使用完的鈉原子吸附塔運送至暫時保管設施中儲存。
- 另外，處理柱內使用完的吸附材與處理柱一起運送至暫時保管設施中儲存。



現有多核種去除設備面臨之課題等 (1)

■ 廢棄物生成量

現有設備的廢棄物生成量估計一年約 $2,300\text{m}^3$ (HIC約800個)中，前處理設備(與鐵共同沉澱・碳酸鹽沉澱處理)所產生的濃稠物占95%。

廢棄物	廢棄物生成量(一年)※	廢棄物生成量比例 (%) ※
濃稠物 (與鐵共同沉澱・碳酸鹽沉澱處理)	約 $2,200\text{m}^3$	95%
使用完的吸附材	約 100m^3	5%
合計	約 $2,300\text{m}^3$	100%

※ 預想規劃中，運轉2系統 ($500\text{m}^3/\text{天}$) 多核種去除設備的生成量。
依照目標處理水的特性，實際運轉的生成量與書面記載量不同。



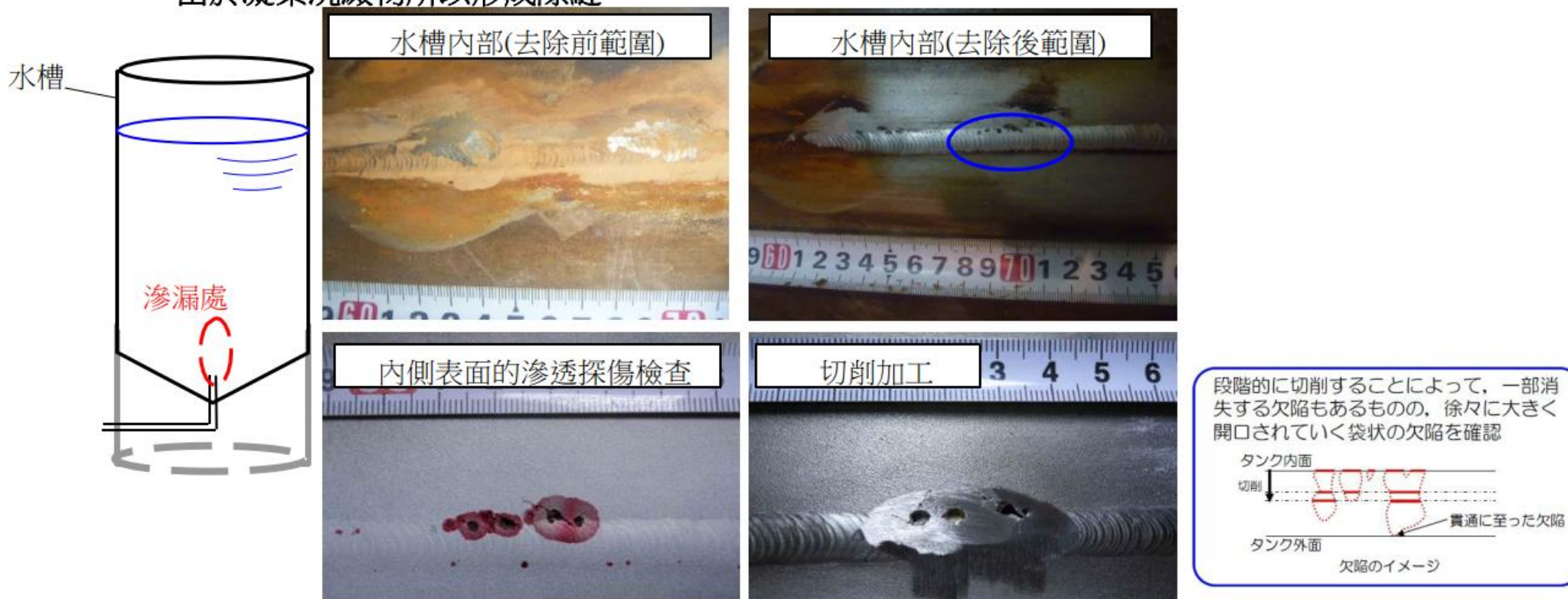
從減少廢棄物的觀點來看，不採用根據與鐵共同沉澱・碳酸鹽沉澱處理來去除放射性物質的處理方法，並且開發與現有多核種去除設備同等以上的去除方法是必要的。

現有多核種去除設備面臨之課題等（2）

■耐腐蝕性

現有的多核種去除設備主要為SUS316L，結合以下要因，分批處理槽的隙縫間發生腐蝕，以至於破裂滲漏。

- 汗水中含有來自海水的氯離子
- 於前處理設備注入化學藥劑次氯酸等（現在已停止注入次氯酸）
- 由於凝集沉澱物所以形成隙縫



由於汗水中含有來自海水的氯離子，在選定材料時需考慮耐腐蝕性的內襯材料，所以選定耐腐蝕性高的雙項不鏽鋼等。

現有多核種去除設備面臨之課題等（3）

■現有多核種去除設備的去除效能

現有設備的去除效能評鑑結果如下。

- 在已處理完水中，作為去除目標對象的62核種(氚除外)放射能濃度，皆在公告濃度範圍以下
請參閱「（參考）匯整A系高溫試驗中去除功效的判定」
- 與目標處理水比較，主要核種Sr-90的放射能濃度已降低至1/100,000,000程度
- 關於Co-60、Ru-106(Rh-106)、Sb-125(Te-125m)、I-129全部都微量檢出
 - ✓證實在實驗試驗中透過使用活性碳系列的吸附材，可去除這些核種至檢出範圍值以外。

「（ ）內為達到放射性平衡的核種」

核種可能以膠體狀型態存在

高性能多核種去除設備的開發概要（1）

➤ 透過過濾器・吸附材處理作為去除流程中的主體來減少廢棄物生成量。

現有多核種去除設備透過注入化學藥劑於前處理(與鐵共同沉澱、碳酸鹽沉澱處理)產生95%廢棄物量。主因是由於廢棄物型態為含有水份的濃稠物。以透過過濾器・吸附材將放射性物質吸附濃縮，達到減少廢棄物生成量作為目標。

另外根據前處理設備的簡化，形成被動元件為主體的設備結構，提高可靠性。

➤ 提高去除效能

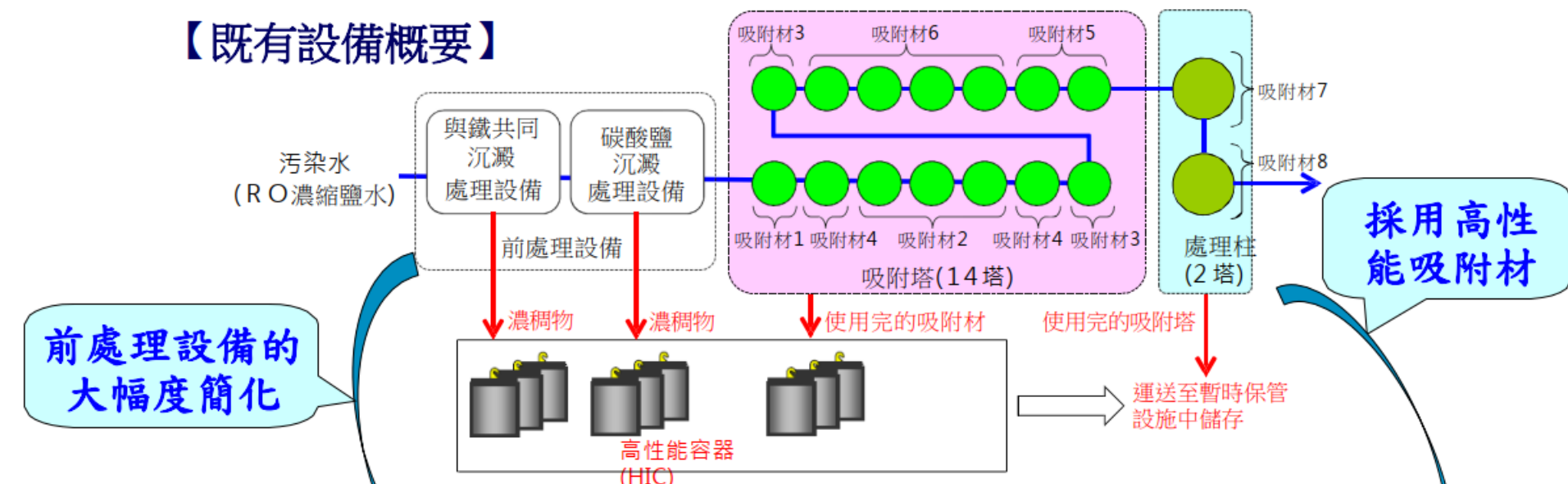
現有多核種去除設備中，根據前處理可將主要核種Sr 99%去除。高性能多核種去除設備相當於前處理的去除效能，再加上為了處理更高濃度的汗水(RO濃縮鹽水)開發必須擁有去除效能的新過濾器・吸附材處理技術及實行驗證。

➤ 關於耐腐蝕性

由於汗水中含有來自海水的氯離子，所以高性能多核種設備選定的材料需考量腐蝕性。

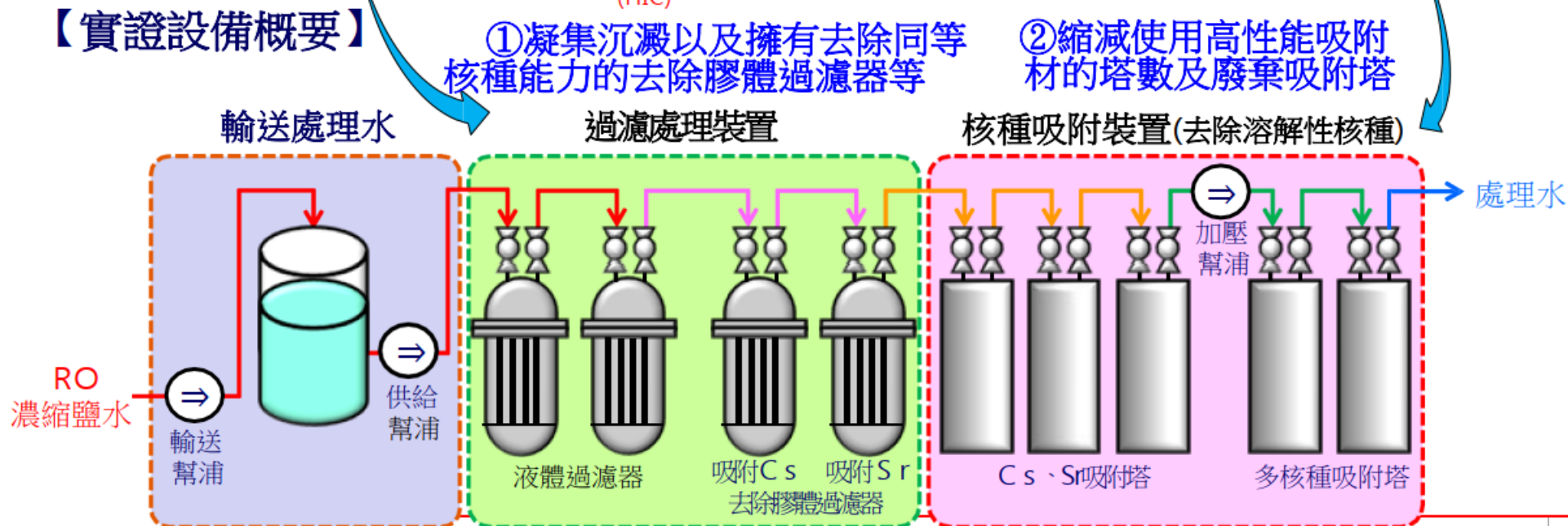
設計理念的整合

【既有設備概要】



前處理設備的
大幅度簡化

【實證設備概要】



※ 上圖為程序模式化後所表示出的流程，實際塔數為過濾器8塔、吸附塔15塔。

<https://today.line.me/tw/v2/article/9kOBEr>

(法新社東京13日電) 福島核電廠核子事故發生至今已逾10年，日本政府終於決定將超過100萬噸的核電廠內含輻射廢水排放入海，引發激烈爭議。福島核廢水排放入海恐需費數十年才能完成，以下為相關整理。

●日本要排放的核廢水是什麼？

2011年311大地震引發的海嘯，破壞了福島第一核電廠，東京電力公司每天引100立方公尺的海水進行冷卻，雨水及地下水，都是受輻射汙水。

東電採用規模龐大的抽水及過濾系統「先進液體處理水」，過濾掉水中絕大部分的輻射物質。東電在福島一水槽，目前已存放125萬噸處理過的核廢水，但預料2

●什麼是氚？排入海的核廢水有無害？

氚 (tritium) 是一種氫放射性同位素，專家表示只有在極大量情況下才會危害人體。氚有多種實際用途，包括製造核武、醫學用的生物顯影劑或逃生口標誌等須在黑暗中發光的物品等。

日本一般核電廠產生的含氚水排放入海時，標準值是每公升不超過6萬貝克。東京電力在排放前會先把核廢水用海水稀釋百倍以上，每公升含氚量將不到1500貝克，是日本境內標準的1/40。

各國對氚的容許值不同，以飲用水含氚上限值來看，世界衛生組織 (WHO) 標準則為每公升1萬貝克。因此，日本排放入海標準約WHO提出國際標準的1/7。

日本經產省2019年規劃排入海洋或蒸發後排放進大氣等核廢水解決方案，國際原子能總署 (IAEA) 去年表示兩種方式「技術上均可行」。國際原能署署長葛羅西 (Rafael Mariano Grossi) 說：「核電廠的廢水排放入海司空見慣，不是什麼新鮮事，這不涉醜聞。」

天然放射性廢棄物-原能會案例

• 一、緣起

中國金屬化工股份有限公司(下稱中金公司)金山廠座落於新北市金山區

五湖里南勢湖 29 號，84 年 5 月向和協機構購置，主要進口含天然放射性物質之鈦鐵礦為原料，以硫酸法製造二氧化鈦，其產品廣泛應用於油漆、塗料、造紙、油墨、塑膠、橡膠及陶瓷等工業。由於我國環保法規管制日趨嚴格，民眾環保意識抬頭，加上生產成本提高，降低其競爭力，導致金山廠自民國 88 年元月停工迄今，廠房現已呈廢墟狀態。

天然放射性物質及其衍生廢棄物

(一) 原料：越南進口鈦礦砂約 2,954 噸，表面劑量率約每小時 0.36 微西弗（ $0.36\mu\text{Sv/hr}$ ）。

(二) 設備：溶解槽 2 只，表面劑量率約 $0.1436\mu\text{Sv/hr}$ ；原礦廢酸沉降槽 2 只，表面劑量率約 $3.986\mu\text{Sv/hr}$ 。

(三) 其他可能含衍生廢棄物之管路、閥門或機具等，其表面劑量率大於每小時 0.12 微戈雷，或對一般人所造成之個人年有效劑量大於 1 毫西弗者，不得外釋或轉作其他用途。偵測紀錄如附件一。

II偵檢器度量

請參考：輻射度量課程

- 常用的輻射偵檢器
 - ATOMTEX AT-1121
 - Inspector

輻射防護器材

- 鉛衣
- 鉛板

個人輻射防護

- 呼吸器

偵檢器原理

輻射偵檢器

- **1.充氣式偵檢器 (INSPECTOR)**
 - 游離腔型、比例型、蓋格型
- **2.半導偵檢器**
 - 矽 (Si)
 - 鍺 (Ge)
 - 銻化鎘 (CdTe)
- **3.閃爍偵檢器 (ATOMTEX AT1121)**
 - 有機：液態閃爍偵檢器等
 - 無機：固態碘化鈉（鉀）晶體等
- **4.劑量計**
 - 人員：Li6F + Li7F（被動型）、矽（主動型）
 - 環境：CaF2 + Li7F

輻射偵測器

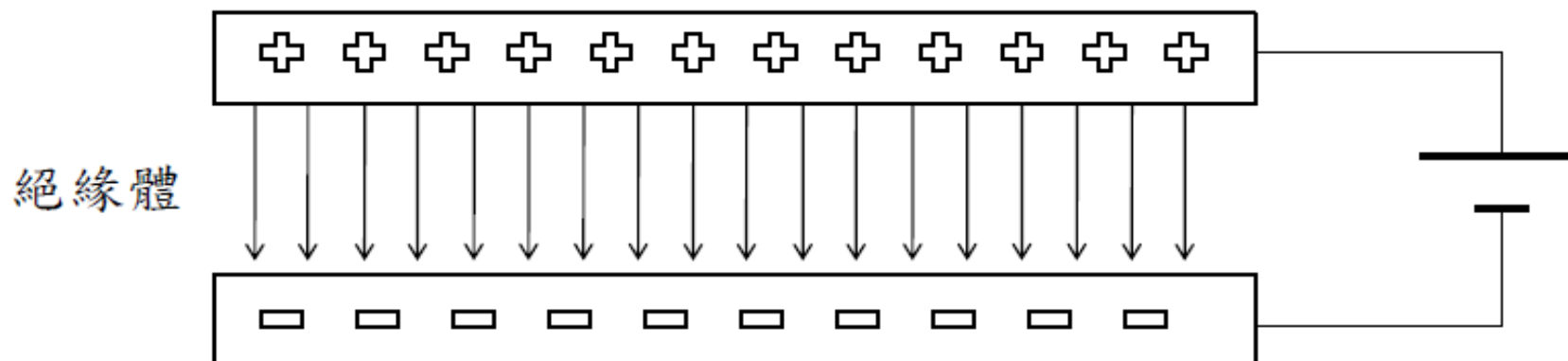
偵檢器	作用機制	輸出訊號	偵檢種類
充氣式偵檢器			$\alpha, \beta, \gamma, \chi$
游離腔	游離	平均電流	$\alpha, \beta, \gamma, \chi$
比例型	游離	電壓脈衝	$\alpha, \beta, \gamma, \chi$
蓋格型	游離	電壓脈衝	$\alpha, \beta, \gamma, \chi$
半導體偵檢器	電子-電洞	電壓脈衝	$\alpha, \beta, \gamma, \chi$
閃爍體偵檢器	激發；光子；電子	電壓脈衝	$\alpha, \beta, \gamma, \chi$
熱發光劑量計	激發；光子；電子	電壓脈衝	β, γ, χ

充氣式偵檢器

基本操作原理

1. 充氣式偵檢器

- 像一顆電容
- 在腔管內產生一個游離電子電所需約 20~45 電子伏特

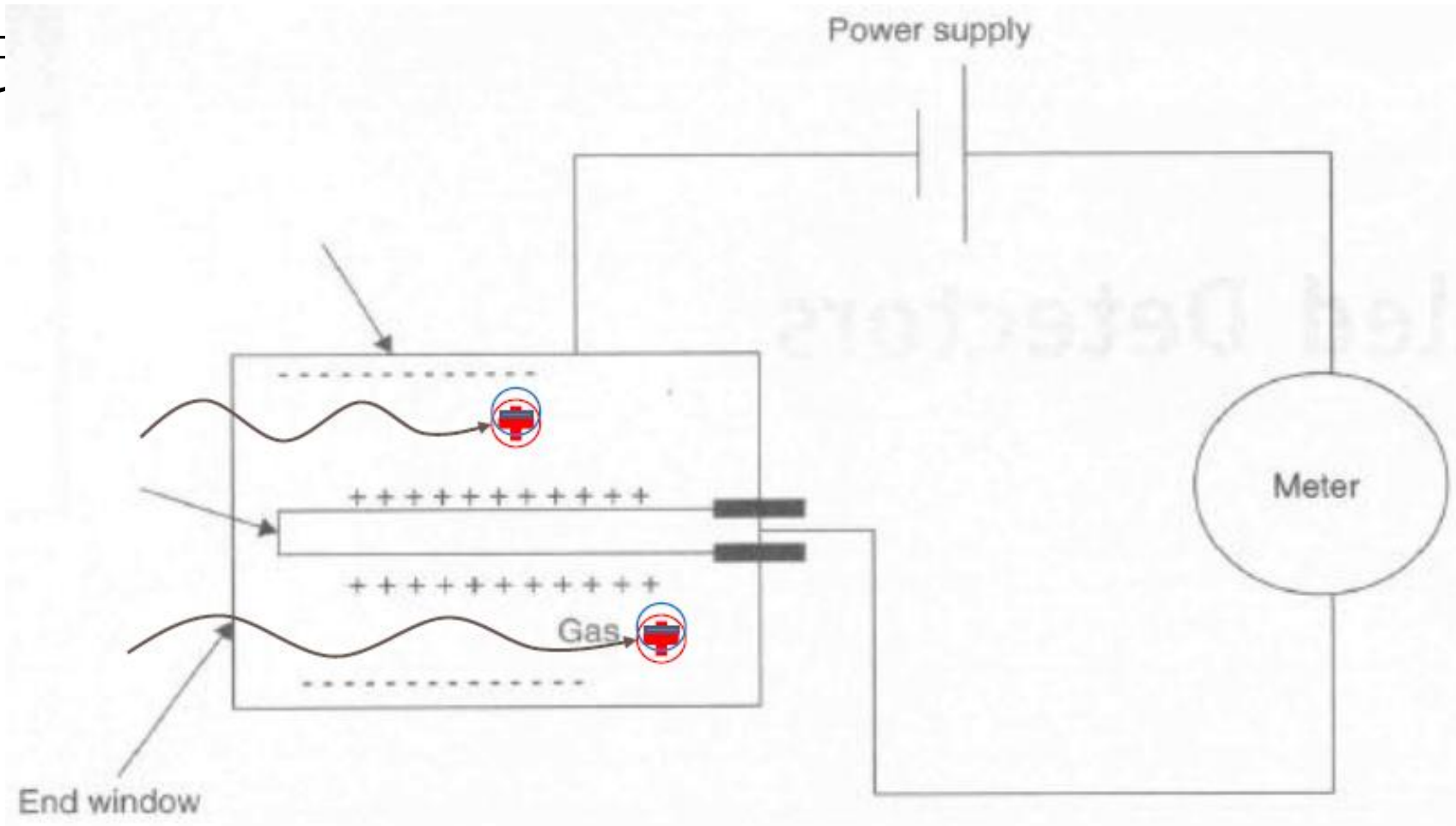


$$Q = C \cdot \Delta V$$

2. 充氣式偵檢器

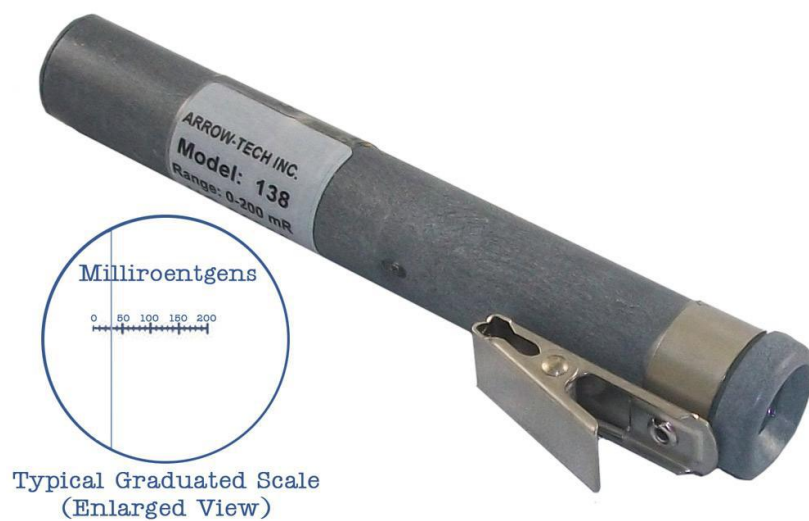
- 電池
- 電荷收集器（充氣式偵檢器）

充氣

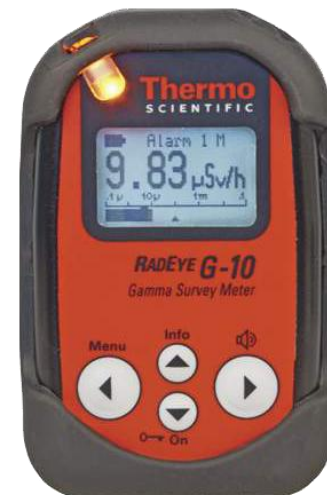


圖：充氣式偵檢器工作原理示意圖

游離腔(筆型劑量器)



蓋格偵檢器(Geiger)



其它



比例計數器



實際應用—空浮收集



項 目	游離腔	比例計數器	蓋革偵檢器
偵測對象	α, β, γ, X	α, β, γ, X	α, β, γ, X
適用範圍	高劑量率	皆可	低劑量率
充氣氣體	空氣	P-10 (90%氬+10%甲烷)	氬、氫
工作高壓	50-500	250-600	400-1000
氣體增幅	無	有 (10^2-10^4)	有 (10^6-10^8)
陽極	金屬絲	不鏽鋼絲	鎢絲
抑止	不需	不需	外加電路或高電阻
輸出形式	電流式(多)脈衝式(少)	脈衝式	脈衝式
輸出訊號	0-1 mV	0-100 mV	0-10 V
電流意義	與入射劑量率成正比	—	—
脈衝意義	—	脈衝高度與粒子能量 成正比，脈衝數與粒 子數成正比	脈衝數與入射粒子 數成正比
鑑別器	不需	需要	不需
劑量靈敏度	較差	高	高
準確度	高	高	較差
能譜分析	可(脈衝式)，但很少用	可(主要用途)	否
手提偵檢器	可	可(固定式較多)	可

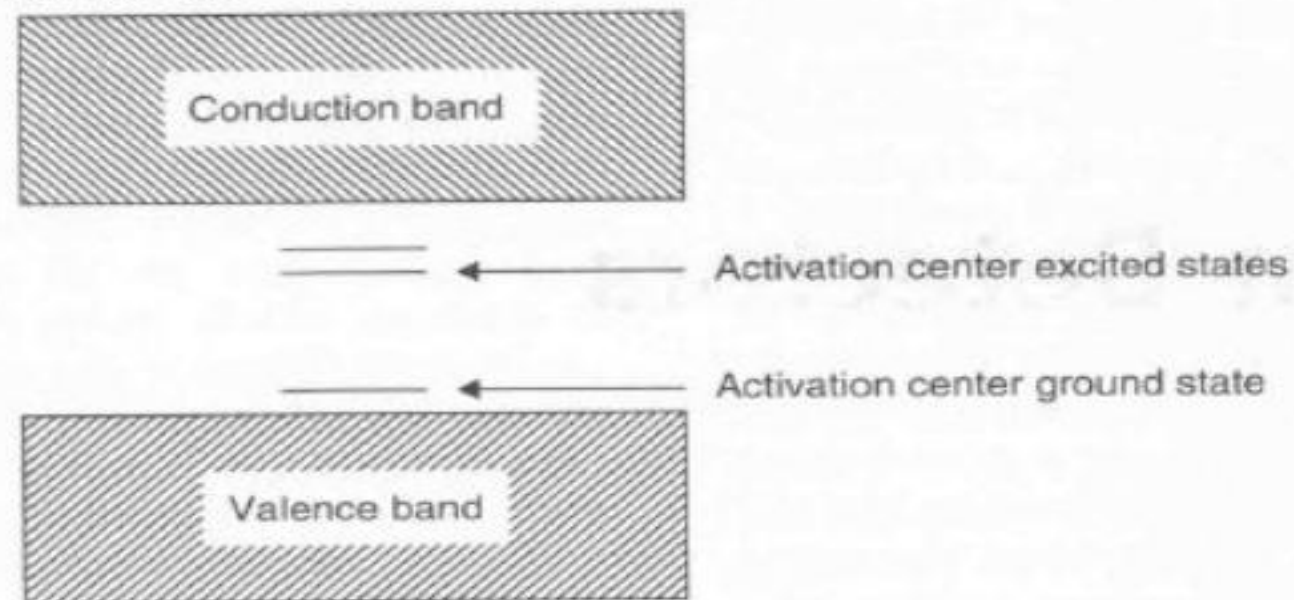
閃爍體偵檢器

閃爍

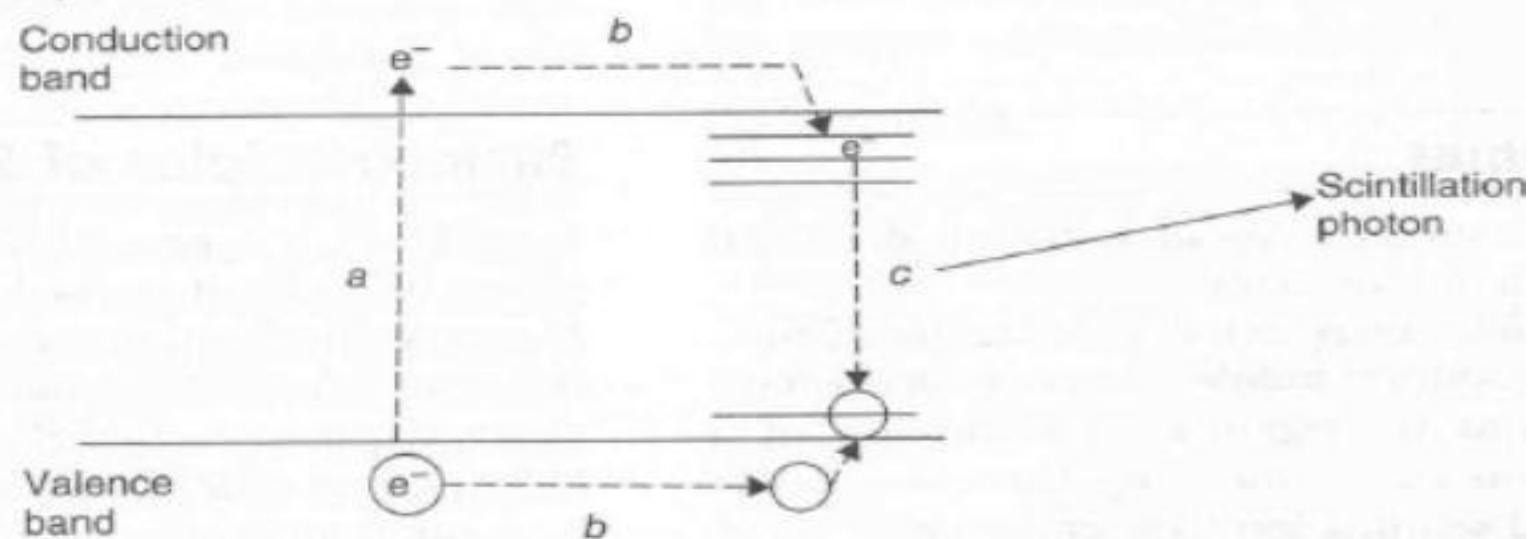
1. 碘化鈉（鉍）閃爍晶體（NaI(Tl)）

- 晶體：無機閃爍晶體（alkali halide）
- 碘化鈉（鉍）晶體：摻雜比例約在0.1~0.5%
- 活化能區：鉍不純物
- 合適偵測能區：低能加馬輻射
- 物理特性：透明狀晶體、易脆、易潮解（hygroscopic）
- 高產光率：產光範圍325 ~ 550 nm
- 消失時間（decay time）：230 ns
- 閃爍光效率：~13%
- 缺點：易潮解、低能量解析度

a) Delocalized bonding



b) Scintillation process



圖：碘化鈉（鉍）閃爍體晶體能帶示意圖

Table 8.3 Properties of Common Inorganic Scintillators

	Specific Gravity	Wavelength of Max. Emission	Refractive Index	Decay Time (μ s)	Abs. Light Yield in Photons/McV	Relative Pulse Height Using Bialk. PM tube	Reference:
Alkali Halides							
NaI(Tl)	3.67	415	1.85	0.23	38 000	1.00	
CsI(Tl)	4.51	540	1.80	0.68 (64%), 3.34 (36%)	65 000	0.49	78, 90, 91
CsI(Na)	4.51	420	1.84	0.46, 4.18	39 000	1.10	92
Li(Eu)	4.08	470	1.96	1.4	11 000	0.23	
Other Slow Inorganics							
BGO	7.13	480	2.15	0.30	8200	0.13	
CdWO ₄	7.90	470	2.3	1.1 (40%), 14.5 (60%)	15 000	0.4	98–100
ZnS(Ag) (polycrystalline)	4.09	450	2.36	0.2		1.3 ^a	
CaF ₂ (Eu)	3.19	435	1.47	0.9	24 000	0.5	
Unactivated Fast Inorganics							
BaF ₂ (fast component)	4.89	220		0.0006	1400	na	107–109
BaF ₂ (slow component)	4.89	310	1.56	0.63	9500	0.2	107–109
CsI (fast component)	4.51	305		0.002 (35%), 0.02 (65%)	2000	0.05	113–115
CsI (slow component)	4.51	450	1.80	multiple, up to several μ s	varies	varies	114, 115
CeF ₃	6.16	310, 340	1.68	0.005, 0.027	4400	0.04 to 0.05	76, 116, 117
Cerium-Activated Fast Inorganics							
GSO	6.71	440	1.85	0.056 (90%), 0.4 (10%)	9000	0.2	119–121
YAP	5.37	370	1.95	0.027	18 000	0.45	78, 125
YAG	4.56	550	1.82	0.088 (72%), 0.302 (28%)	17 000	0.5	78, 127
LSO	7.4	420	1.82	0.047	25 000	0.75	130, 131
LuAP	8.4	365	1.94	0.017	17 000	0.3	134, 136, 13
Glass Scintillators							
Ce activated Li glass ^b	2.64	400	1.59	0.05 to 0.1	3500	0.09	77, 145
Tb activated glass ^b	3.03	550	1.5	~3000 to 5000	~50 000	na	145
For comparison, a typical organic (plastic) scintillator:							
NE102A	1.03	423	1.58	0.002	10 000	0.25	

^afor alpha particles

^bProperties vary with exact formulation. Also see Table 15.1.

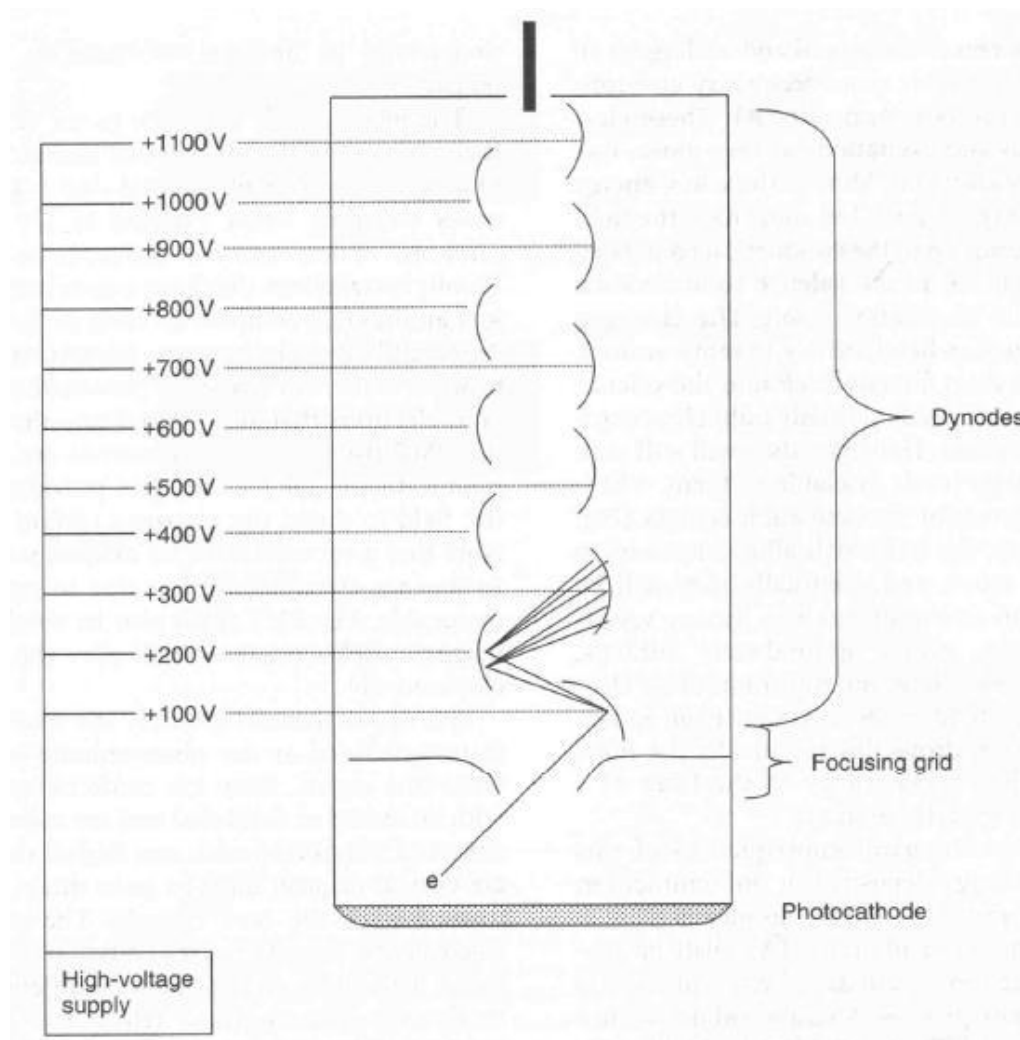
閃爍偵檢器-基本原理(2)

- 光電倍增管（ **Photomultiplier tube; PMT** ）
 - 光陰極（ photocathode ）
 - 光陰極材料： K_2CsSb 、 Na_2KSb ；鹼金屬化合物、鈉-鉀-銻-銨）
 - 聚焦柵（ focusing grid ）
 - 代鈉倍極（ dynodes ）：通常一個PMT含9~12個代鈉倍極
 - 高壓系統：供應PMT工作使用

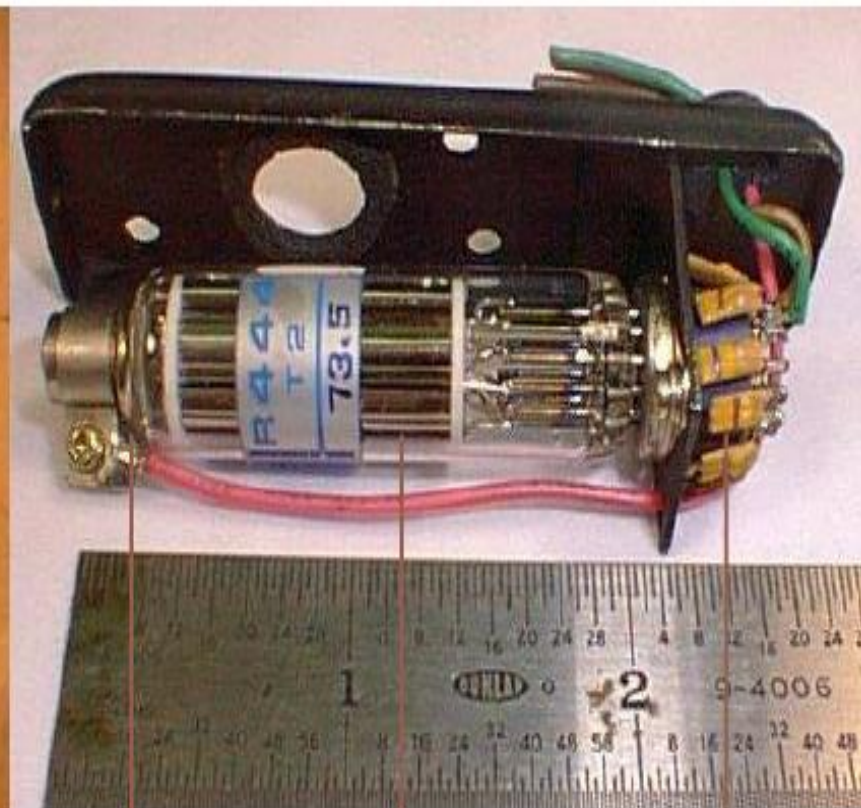
註：閃爍偵檢器系統裡的「高壓」非常重要，如果高壓有1%變化的話，將導致輸出脈衝大小10%的變化。

光電倍增管(

1T)



光電倍增管 (PMT)



閃爍晶體

光電倍增管

信號輸出

□ 自動加馬計數儀(auto gamma counter)



圖：井型式的閃爍計數儀「自動加馬計數儀」系統

□ 貝他閃爍計數儀(beta counter)

- ▶ 液態閃爍計數儀(Beta-counter)，其檢體測試形式可為液體（有機溶劑閃爍介質）或固體（固態閃爍介質）檢體。
- ▶ 原理是利用閃爍介質吸收了放射性能量後會發射低能光子。再收集光子數量，而對檢體中特定物質作定量分析。



其他輻射防護器材

輻射防護器材





鉛眼鏡

0.5mm 鉛當量



鉛衣架



鉛屏風



性腺防護



鉛圍裙



生殖腺防護

生殖器官的理想保護選擇

各種尺寸兼適用

易穿脫設計

1.0mm 鉛當量

鉛手套

超彈性手套設計提供您舒適的手感

無縫表面可完全阻擋輻射

好穿易脫不卡手

偵測器輻射度量操作

輻射偵檢器

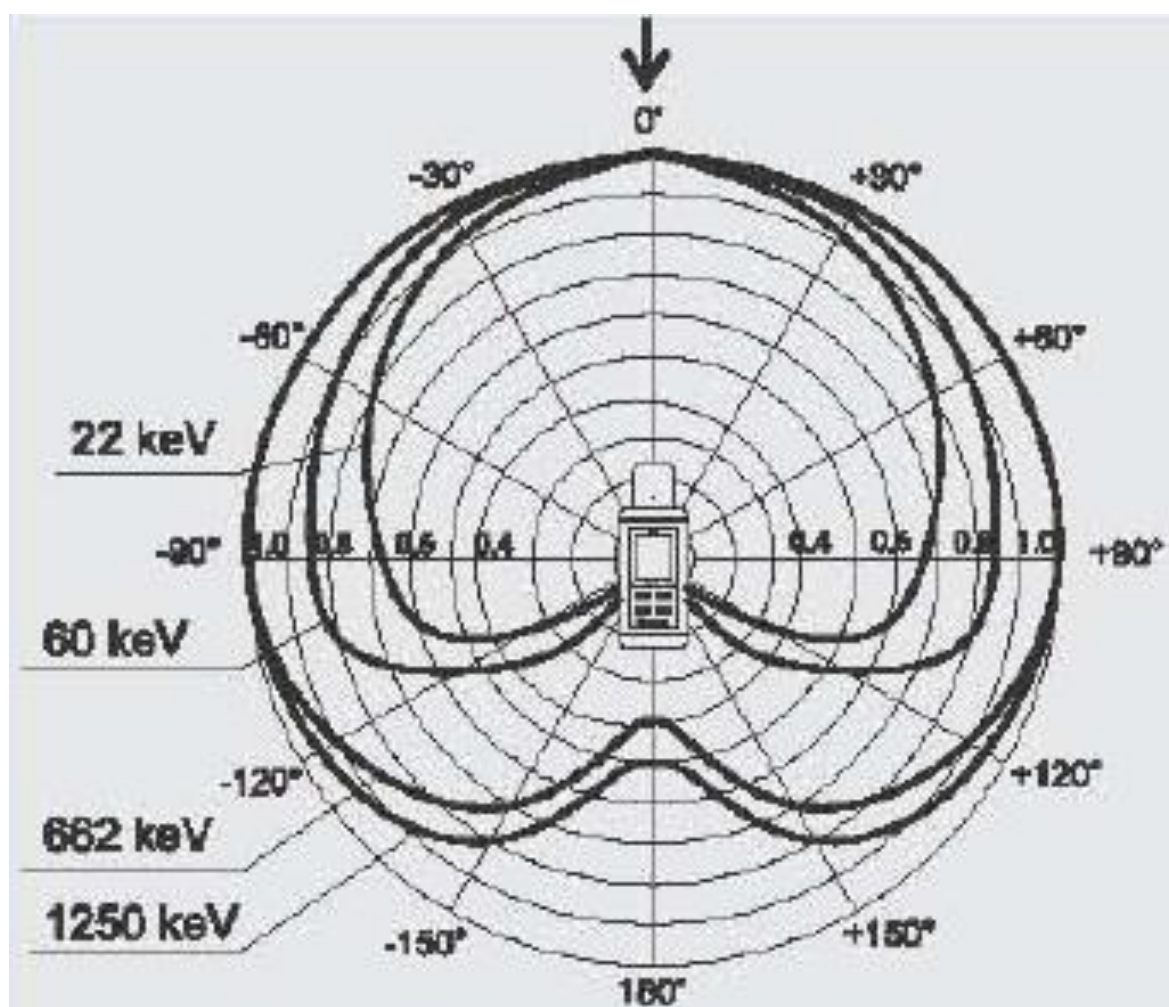
- ▶ 比較游離腔蓋革管與閃爍體偵測器特性：



輻射偵檢器選擇重點

- 準確度：
 - 指儀器的讀數與真正的劑量率之比值（校正因子＝劑量率/讀數）真正的劑量率由標準射源計算或由標準游離腔標定射源於某距離之劑量率，儀器讀數與真正劑量率越接近越佳。
- 再現性：
 - 儀器對固定的輻射強度在相同的條件下，讀數之比較，讀數越接近越好

- 角度依存性：
 - 偵檢器幾何形狀不同（非圓形），在不同角度上亦會產生儀器讀值之差異，因此，在偵測時須注意儀器度量位置，尤其有開窗偵檢器，如窗不能正對輻射源方向，讀數會明顯偏低。一般輻射儀器的角度依存性 $0^{\circ}-45^{\circ}$ 最好在 $\pm 20\%$ 內。
- 對非偵測輻射的反應：
 - 有些偵檢器度量只針對某一種輻射，因此，對於不想度量的輻射最好沒有反應如偵測X or γ -ray最好對中子沒有反應，測中子的最好對光子不要有反應



**Normal dosimeter anisotropy
for horizontal plane**

實作：輻射度量步驟

依偵檢器操作手冊，開機後待穩定後再進行測量。

- 1.執行偵測前應先檢查儀器功能是否完善、充電是否正常，校正日期是否合於規定。
- 2.檢查時偵檢器應盡可能接近材料表面，並以掃描方式全面偵測為佳。
- 3.偵測時在每個測量點停留時間，需依所使用儀器之反應時間而定，蓋格偵檢器10秒以上，碘化鈉偵檢器3秒以上。
- 4.完成一個材料量測後將平均值記錄於紀錄表內。

實作：注意事項

- 若測量時儀器顯示劑量偏高，則需停留在該點，觀察劑量變化情形，並以平均值為依據，判斷結果及處理方式。
- 行李X光機法規規定值為表面5cm處應小於 $5 \mu\text{Sv/h}$ ，但管制區外應小於 $0.5 \mu\text{Sv/h}$ ，若X光機外即為管制區外，如可能造成人員輻射劑量，必要時應適時拉大管制區範圍。

問題與討論：

- 游離腔蓋革管與閃爍體偵測器偵測結果？
- 距離遠近對讀值影響？
- 屏蔽厚度對讀值影響？
- (+)測量不同角度對讀值影響？
- 其它

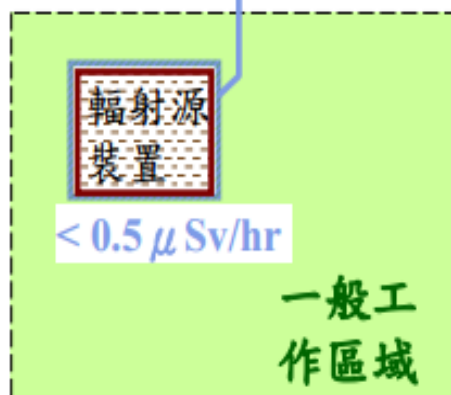
作業場所管制區?非管制區?

案例1

輻射工作場所

管制區

輻射工作場所
(管制區)

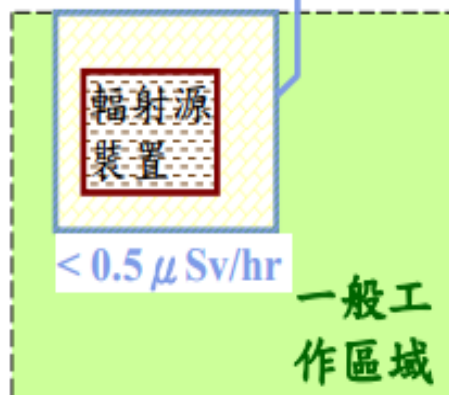


部份登記類裝置，如
ECD、XRF(不涉及維
修、拆移輻射源)

案例2

輻射工作場所

管制區 (圍籬、房間)

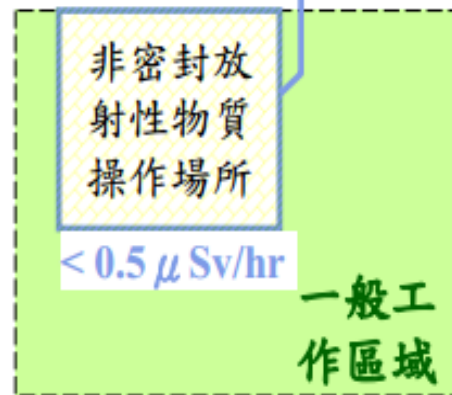


動物X光機、照射器...等

案例3

輻射工作場所

管制區 (圍籬、房間)



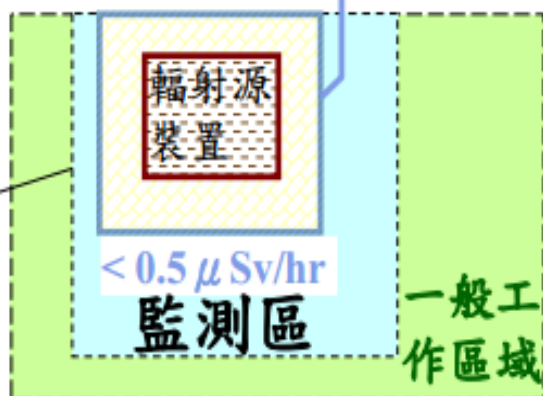
放射性同位素實驗室

案例4

輻射工
作場所
(管制區
+
監測區)

輻射工
作場所

管制區(大區域)



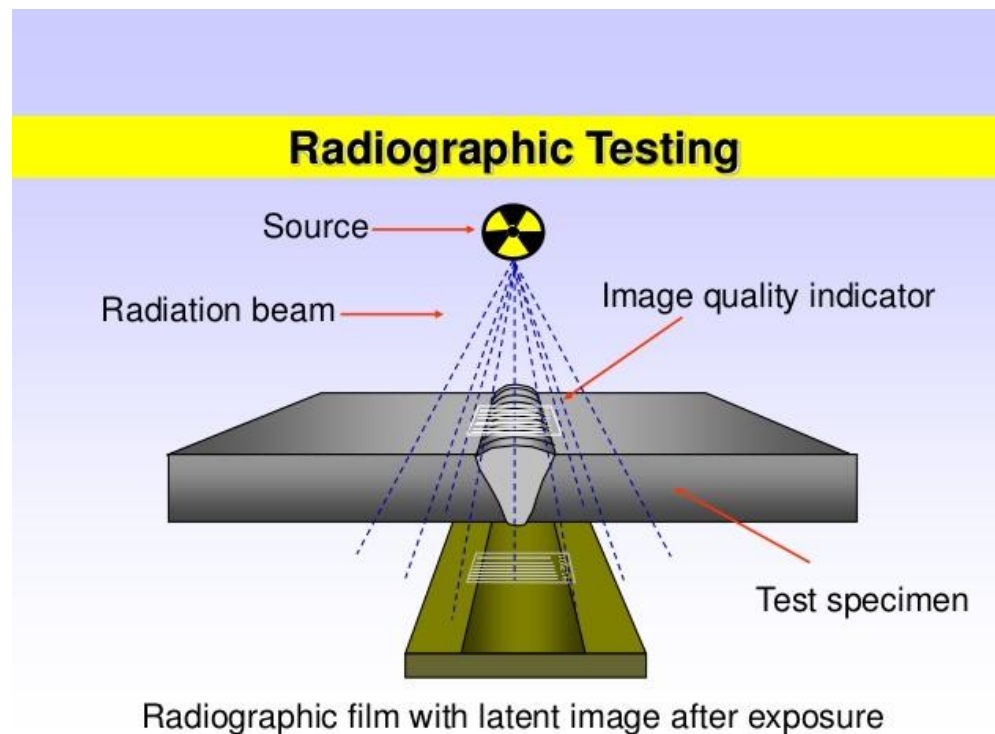
加馬強輻射源輻射偵測及輻射防護

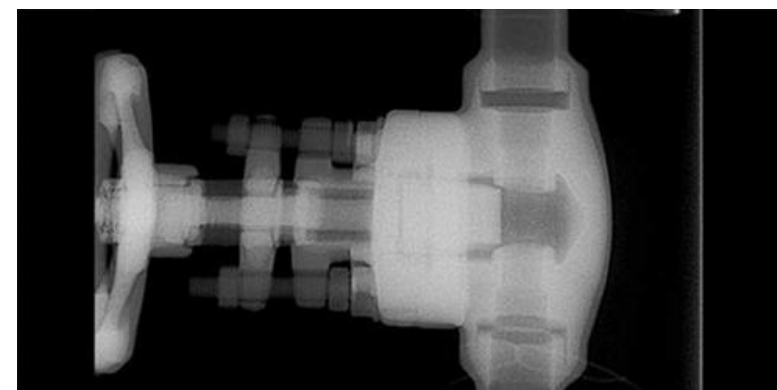
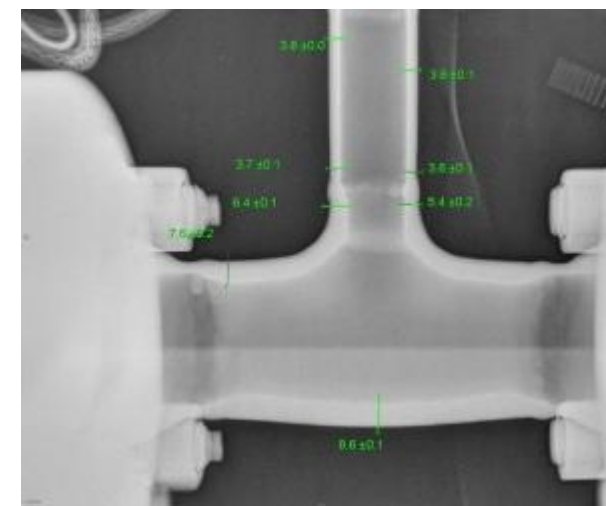
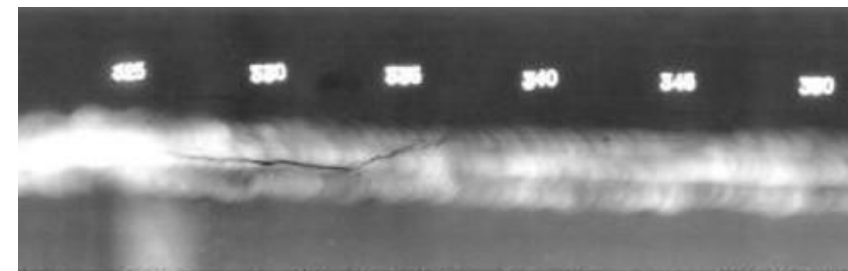
應用例

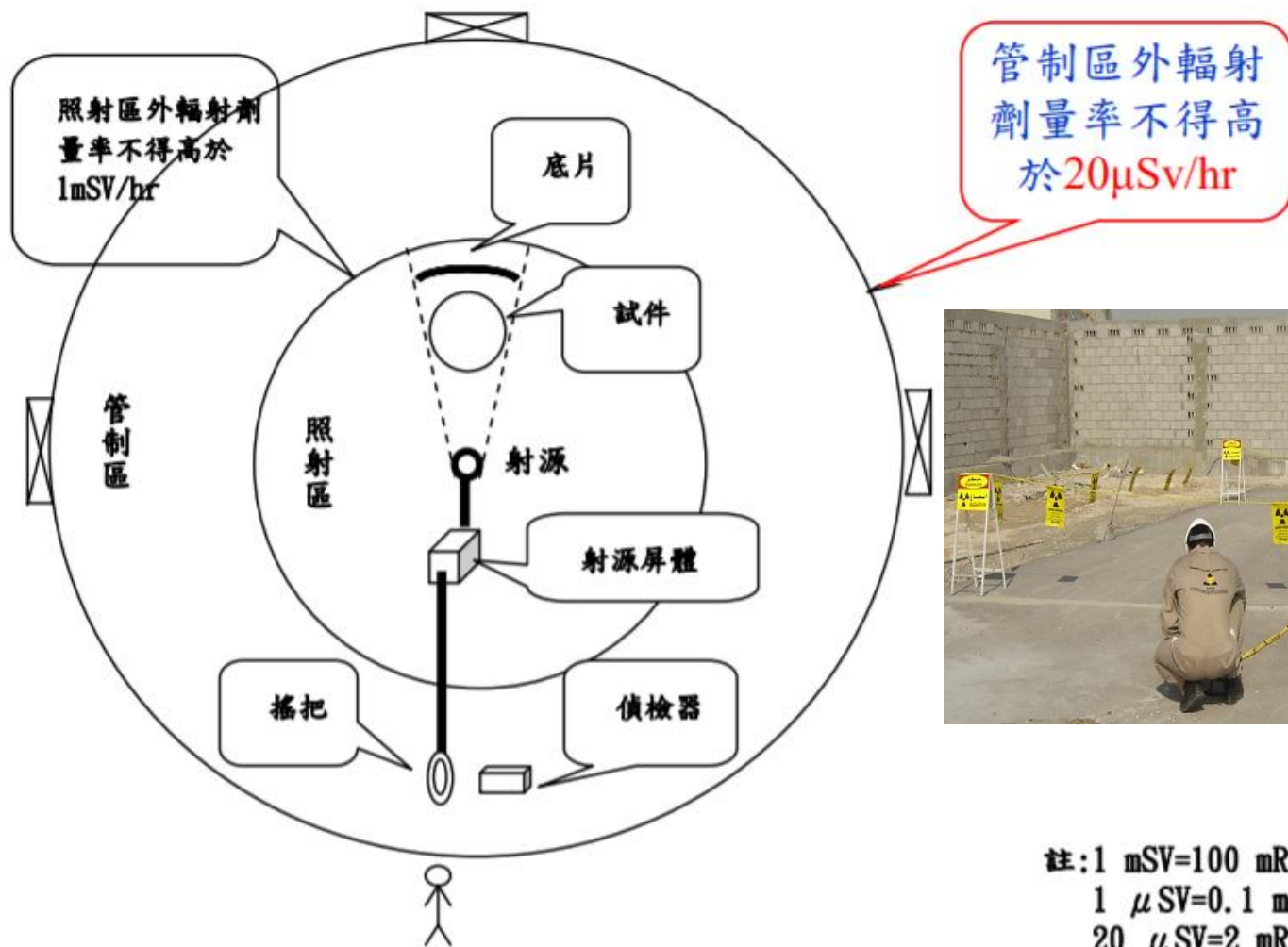
▶ 放射檢驗照相



- ▶ 作業前必須規劃管制區及照射區。現場應實施管制非相關人員進出。







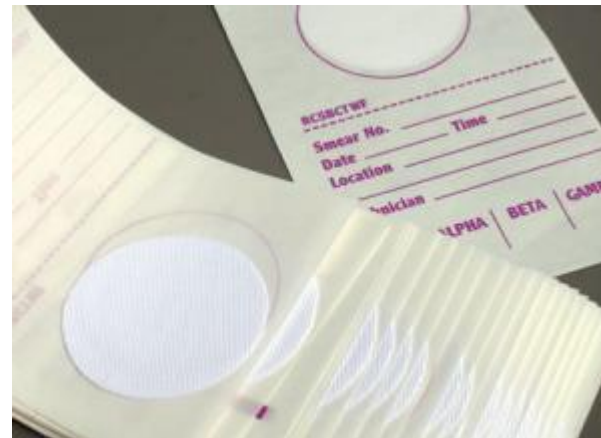
註:1 mSV=100 mR
1 μSV=0.1 mR
20 μSV=2 mR

輻射汚染偵測

應用操作例

▶ 採樣—使用標準拭紙(Smear)

- 1.在疑似污染表面以拭紙取約10cm*10cm面積採集擦拭污染物。
- 2.置入低背景計器計讀盤計讀。
- 3.任何可接觸之表面阿伐污染每 100 平方公分(cm^2) 不超過 2 貝克(Bq)
貝他/加馬則每 100 平方公分(cm^2) 不超過 4 貝克 (Bq)



作業場所輻射偵測

▶ 一、固定型放射性物質或可發生游離輻射設備場所平面圖及屏蔽規劃內容：

(一)放射性物質或可發生游離輻射設備之位置描述及透視圖。

(二)場所四周之狀況（含樓上、樓下）描述。

(三)場所四周屏蔽材料及厚度。

(四)主射束照射方向。

(五)各進出大門位置。

(六)鉛玻璃位置及鉛厚當量；無此規劃者免。

(七)進出大門應安裝安全連鎖之位置。

(八)進出大門應張貼輻射警示標誌及裝置警示燈之位置。

(九)使用時之輻射劑量之描述或屏蔽計算過程。

(十)其他相關防護措施。

▶ 二、移動型放射性物質或可發生游離輻射設備場所規劃內容：

(一)放射性物質或可發生游離輻射設備之使用場所及場所四周描述。

(二)主射束照射方向之描述。

(三)使用時之輻射劑量之描述或屏蔽計算過程。

(四)設有可移動式鉛防護屏蔽者，並應註明屏蔽之鉛厚當量或其他相關防護措施。

- ▶ 三、醫用治療之放射性物質或可發生游離輻射設備，應於治療室中設置監視器及緊急停止等裝置。
- ▶ 四、高強度輻射設施之使用場所，應設置警報器、監視器、急停裝置及安全連鎖裝置。
- ▶ 五、移動型放射性物質或可發生游離輻射設備經常在同一地點使用者，應視為固定型。
- ▶ 六、醫用之可發生游離輻射設備，於同一治療室或 x 光室裝置兩部或兩部以上，各設備間應置有切換開關。放射性物質不得於同一治療室或 x 光室裝置兩部或兩部以上。

輻射安全測試報告

名 稱	廠 牌	型 號	序 號	備 註
X 光 機				
X 光 管				
最大管電壓_____kVp；最大管電流_____mA；最長照射時間_____秒				

五、測試項目：(合格項目請打「V」、免驗項目劃)

一般規定	☒1. 備有本設備之操作手冊。 ☒2. 備有適當之鉛防護圍裙。 ☒3. 門扉上裝有與 X 光機連動之安全連鎖裝置。 ☒4. 門扉上裝有標準之輻射示警標誌並有 X 光室或輻射管制區等警語。 ☒5. X 光室外門上裝有輻射警示燈，並與輻射連動。 (若 X 光機因原廠設計輻射警示燈無法與輻射連動，則輻射警示燈應與安全連鎖連動。) ☐6. 錐體尖端照射區域之 X 光照野直徑不大於 7.6 cm。(無錐體者免驗) ☒7. 靶至皮膚距離在最高管電壓為☐50kVp(含)以上不小於 18cm。 ☐50kVp 以下不小於 10cm。 ☒8. 有用射柱全部永久過濾片： ☐在管電壓為 70kVp(含)以下時，不小於 1.5mmAl_{eq.}。 ☒在管電壓為 70kVp 以上時，不小於 2.5mmAl_{eq.}。 (加鋁套筒/未加鋁套筒之比值： /)
------	---

☐6. 備有限制有用射柱大小之☐錐體；☐準直儀。

☐7. 準直儀光闌指示燈光照射範圍一致。(應小於靶至檯面距離之 2%，無光闌指示燈者、乳房攝影用 X 光機及乳房攝影用 X 光機（巡迴車）免實施本項測試。)

輻射安全測試報告

六、X 光管之輻射偵測：

請註明測量點及距靶一公尺處最高滲漏輻射空氣克馬值：「小於 0.87mGy/h(0.87mSv/h)」

七、X 光室之輻射偵測：

測定條件_____kVp_____mA_____sec	
☐ 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 X 光室四週障壁外表面 30cm 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)。

X 光室及周圍環境平面圖（測得之劑量平均值請註明於圖上相關位置）

倘因部分特殊醫療需要，病患無法至 X 光室內接受檢查，需使用移動型功能於診療台上進行檢查，則醫療院所需另備置移動式鉛屏風，並加做以下測試：

測定條件_____kVp_____mA_____sec
☐ 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)。

X 光機偵測場所平面圖（測得之劑量平均值請註明於圖上相關位置）

請測量人員居佔距靶 180cm 處之劑量率，使用鉛屏風時請測量鉛屏風後之劑量率。

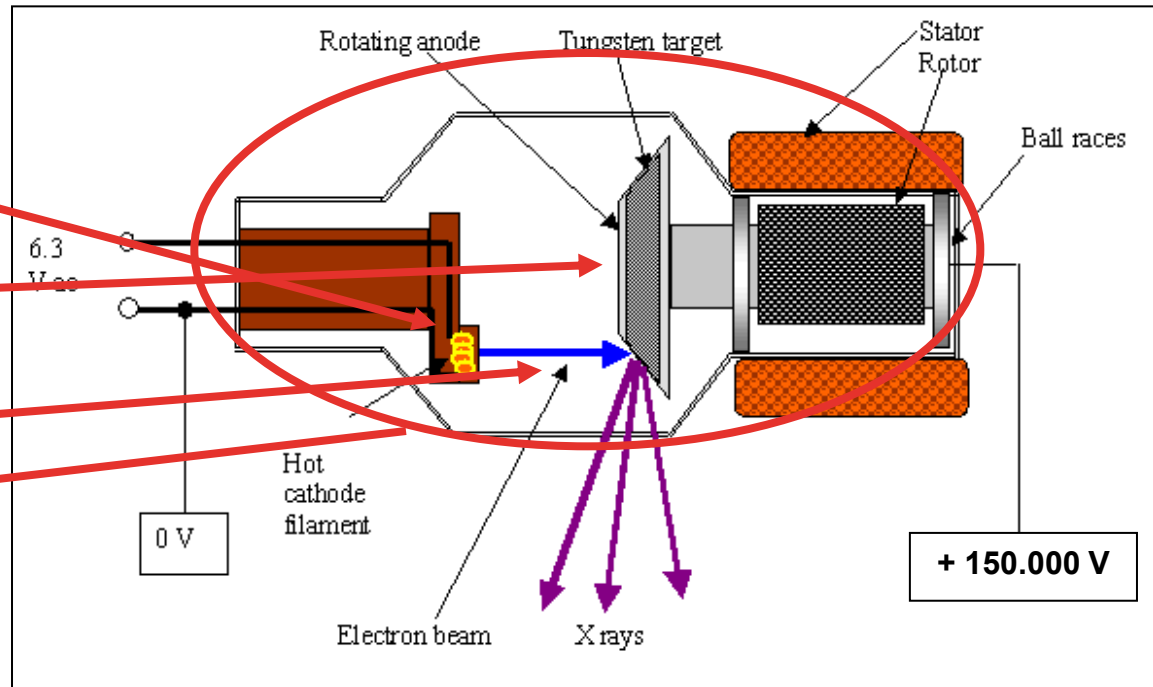
相關醫用型X光機國際測試法規

- ▶ **IEC-60601-1-3** Medical electrical equipment –
Part 1-3: General requirements for basic safety and essential performance –Collateral Standard: Radiation protection in diagnostic X-ray equipment
- ▶ **IEC-61223-3-4** Evaluation and routine testing in medical imaging departments –Part 3-4: Acceptance tests –Imaging performance of dental X-ray equipment

行李X光機原理及輻射防護

X-RAY TUBE

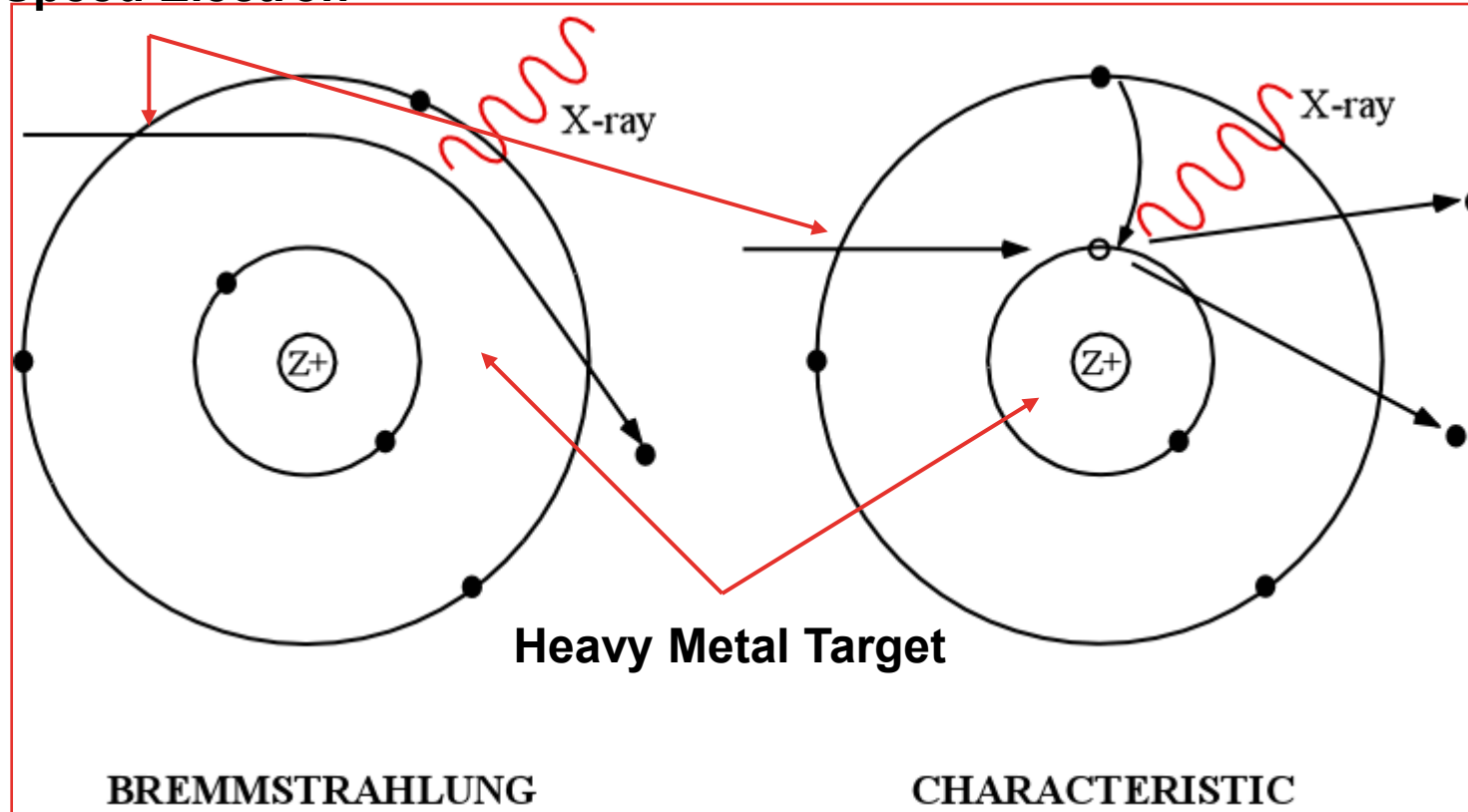
- Hot filament (cathode)
- Tungsten target (anode)
- Electron Beam
- Vacuum



X-ray production

X-RAY PRODUCTION

High Speed Electron



BREMMSTRAHLUNG

CHARACTERISTIC

Electron



X-ray photon + heat

1 5 10390600 10397600 2 4 3

3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13

2
1
104
Modello: (Scegliere: A/B/C/D)

TAVOLA: 1040 11 15 1000 1000

104. Tabella riassuntiva dei componenti
elettromeccanici e idraulici
24-07-2010

Disegnato: MB Visto: Pieno

GILARDONI
Tavoia 2 completam

2									
1									
016	Motivazione			Proprietà	Esclusiva	Diritto	Approvazione		
	Codice SP			Codice SP					
TITOLO - DATA		L. 07.07.15 L. 0000 - 1000		Severissimo dispendio economico L. 0007.05.15 Nella legge comparata L. 0000.00000000					
N.B. Tutte le spese di lavoro sono a carico del cliente e a carico		Indicazione di stato superiore (L. 0000 - L. 0000)		Trattamento superiore					
DATA	DESCRIZIONE	MB	MB	Peso netto kg	Stato	1 : 5			
24-07-2010	Tavoia 2 completamente I A			Lavorazione		0	Peso		
GILARDONI		Tavoia 2 completamente I A		Ceduto gruppo n°		10416600		Ceduto disegno n°	
Maurizio Lodi		Maurizio Lodi				37068000			

Journal of Management Education 35(1) 1-12

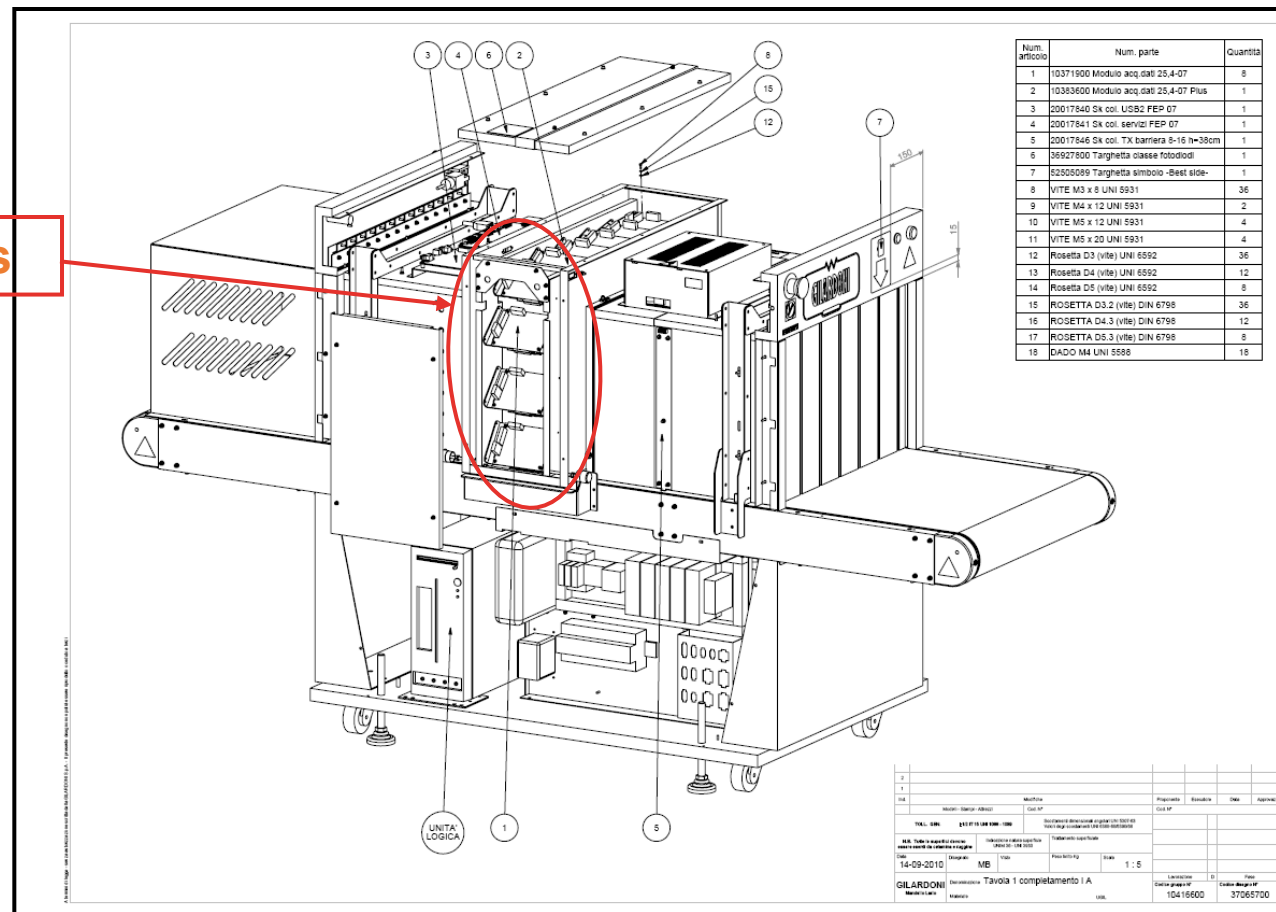


X光機影像接收板/雙能量

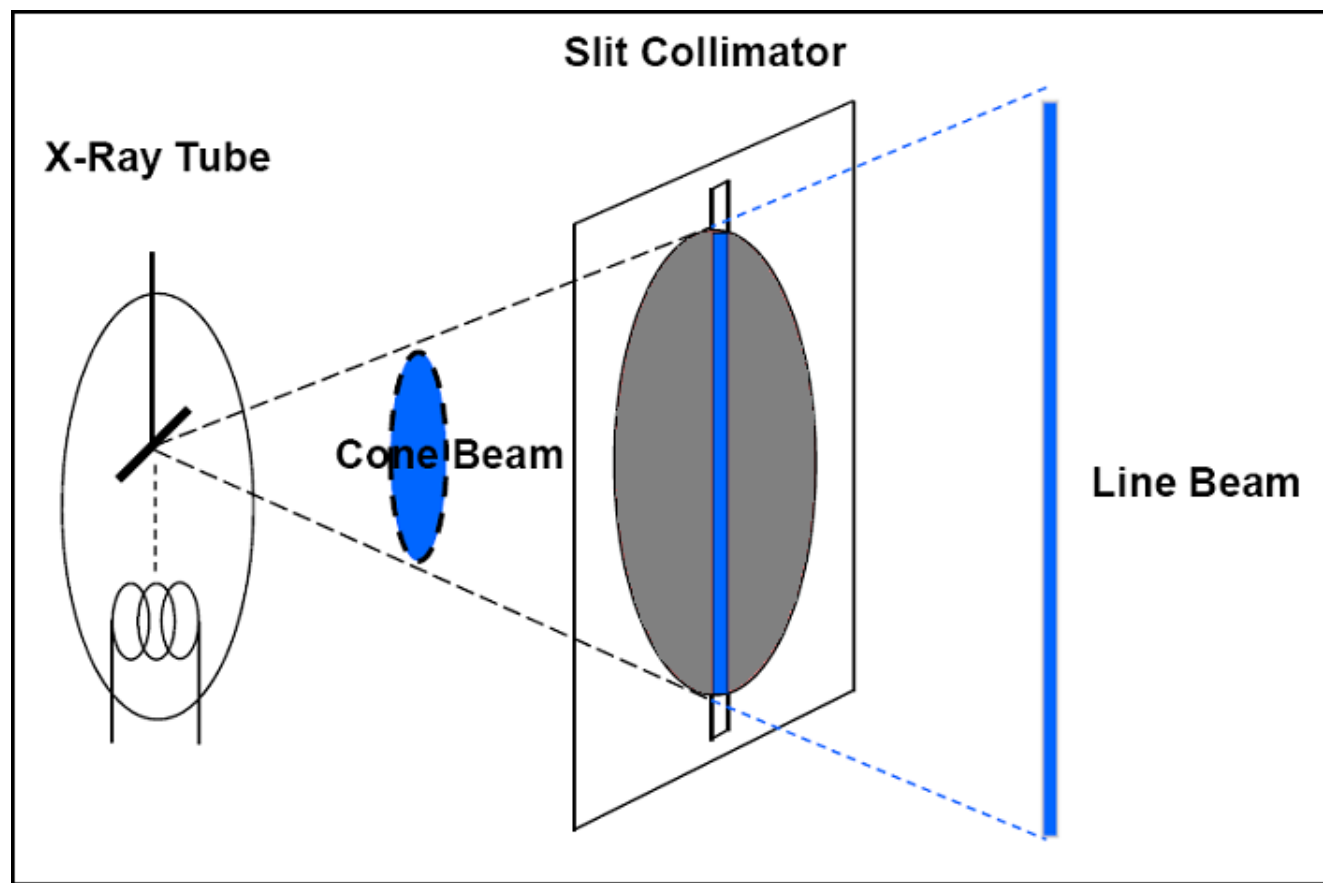
Data acquisition modules

1. Low Energy Arrays

2. High Energy Arrays



射束幾何關係

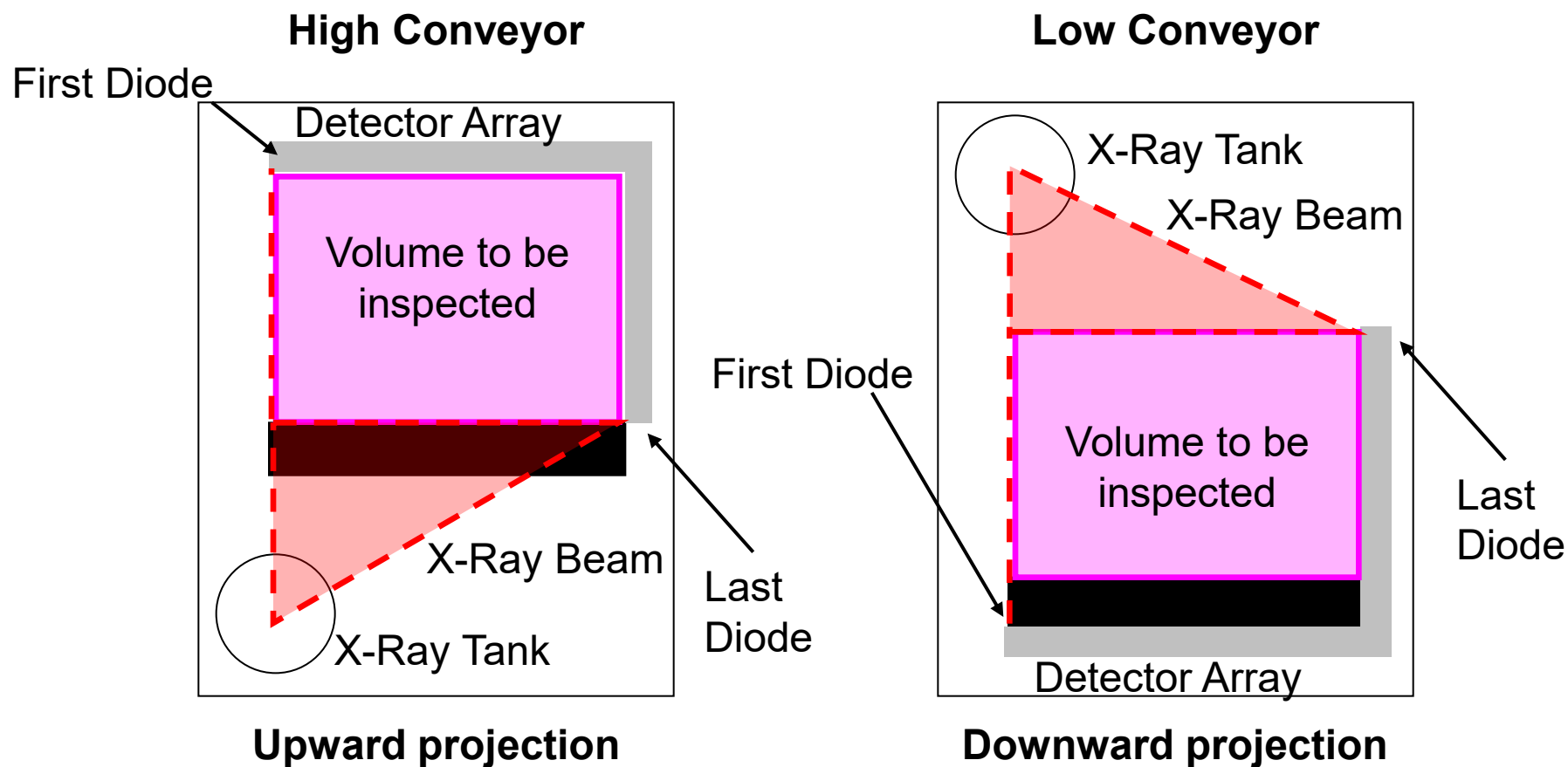


Beam collimation to obtain small point source

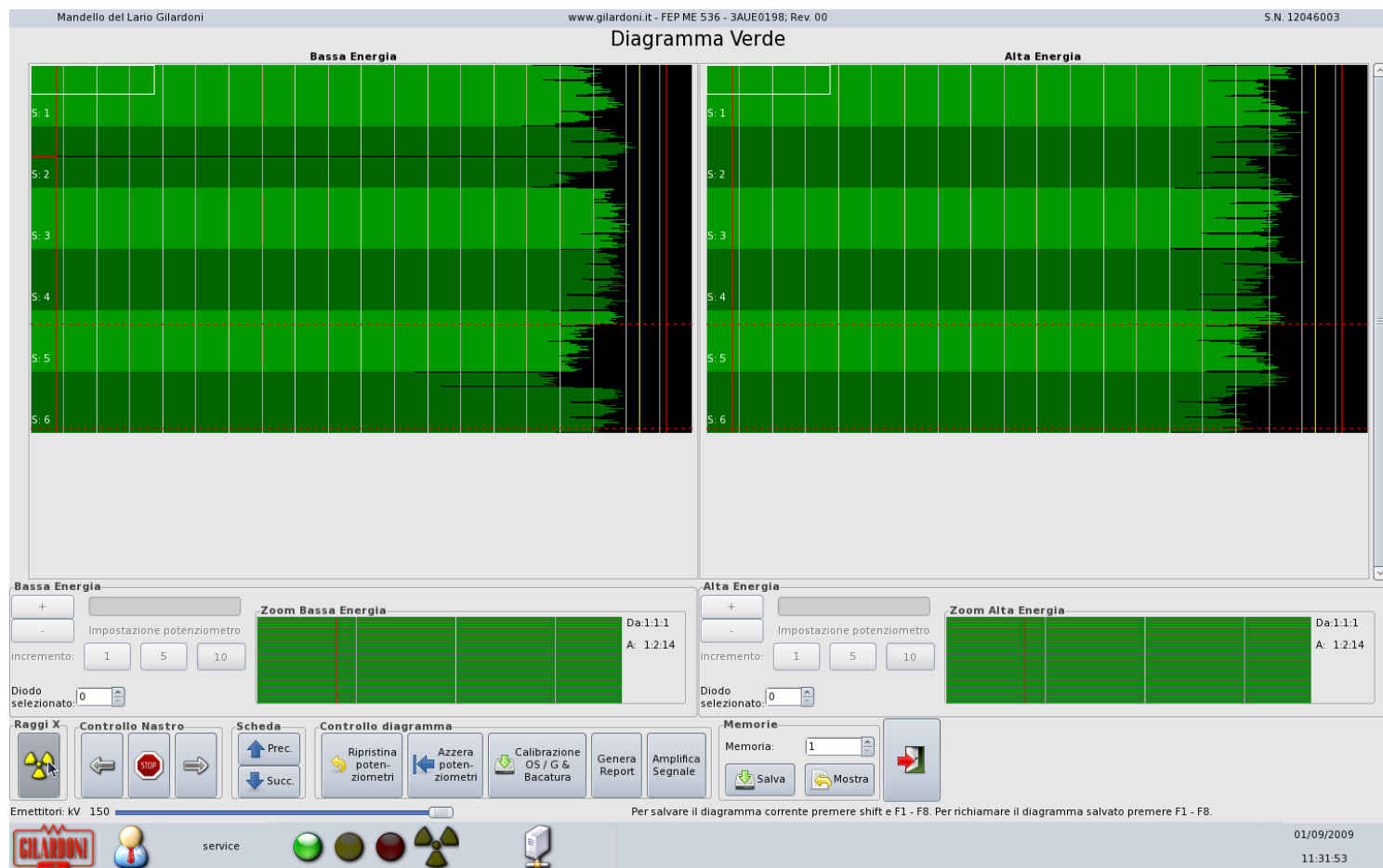


Sharp Image

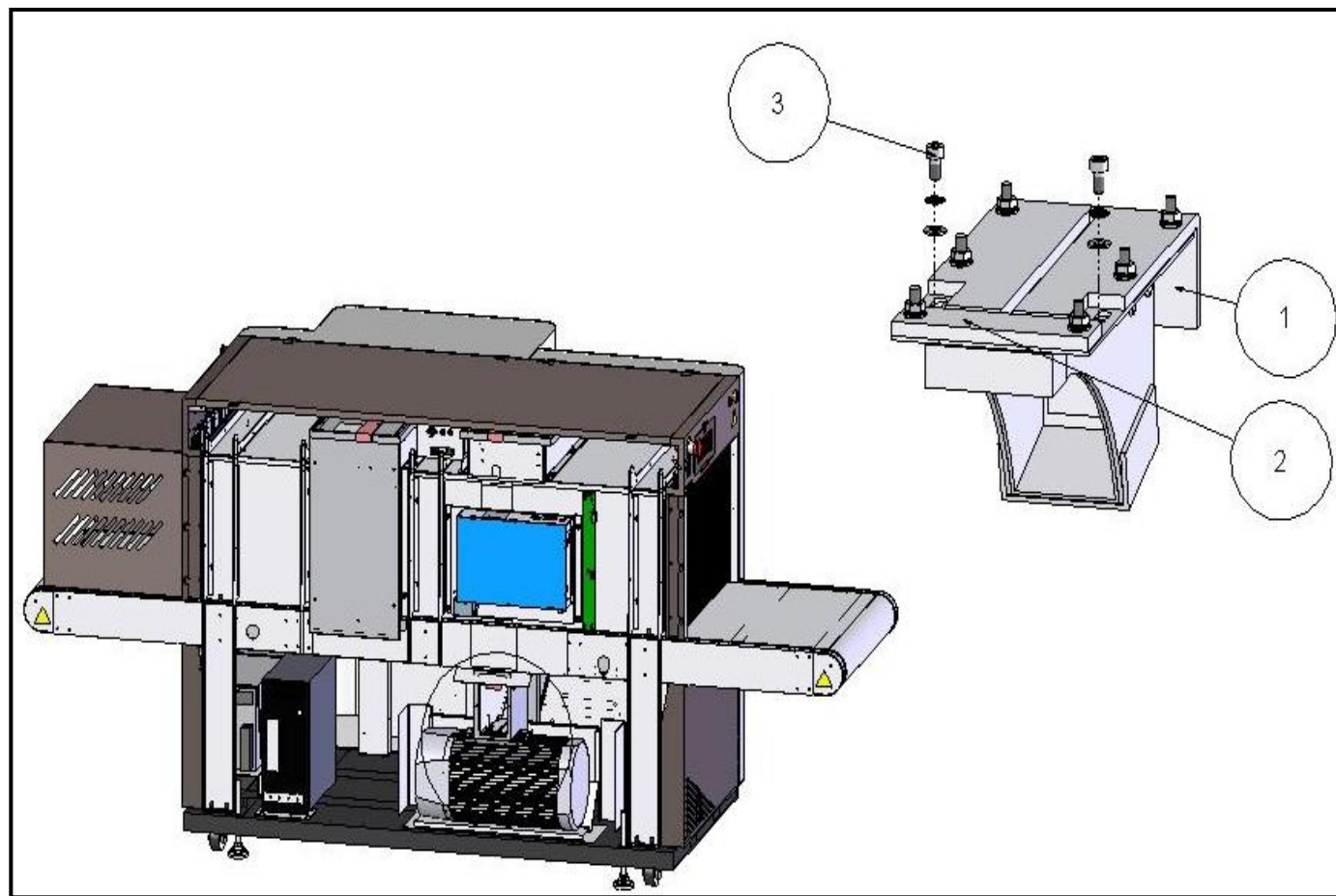
射束幾何關係/高輸送帶/低輸送帶



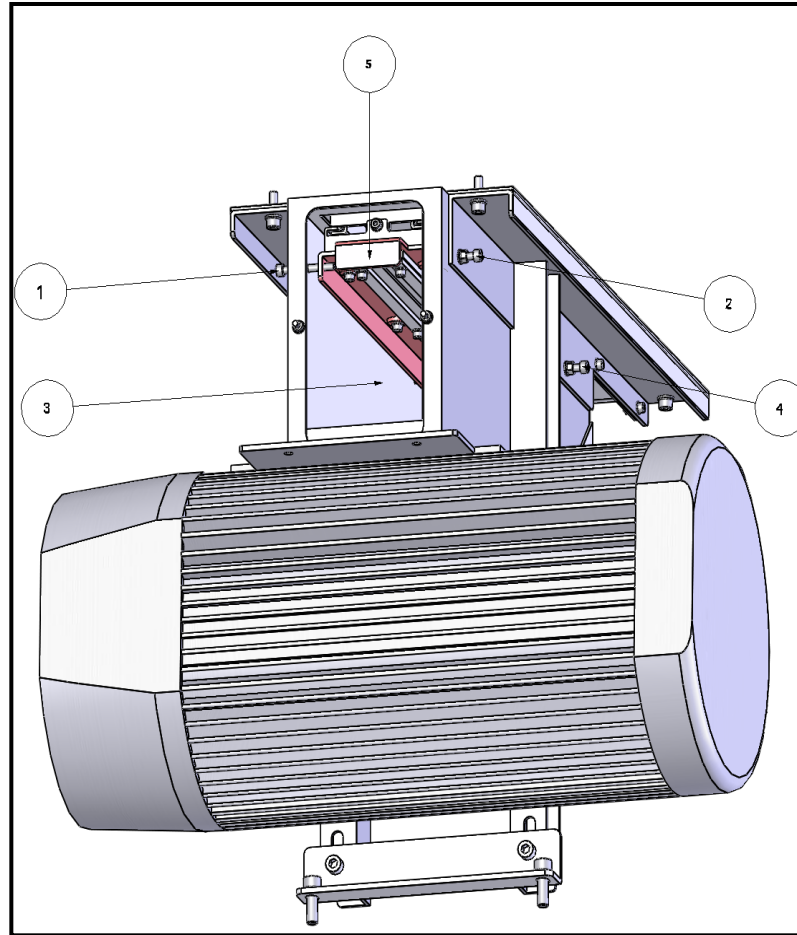
射束強度修正



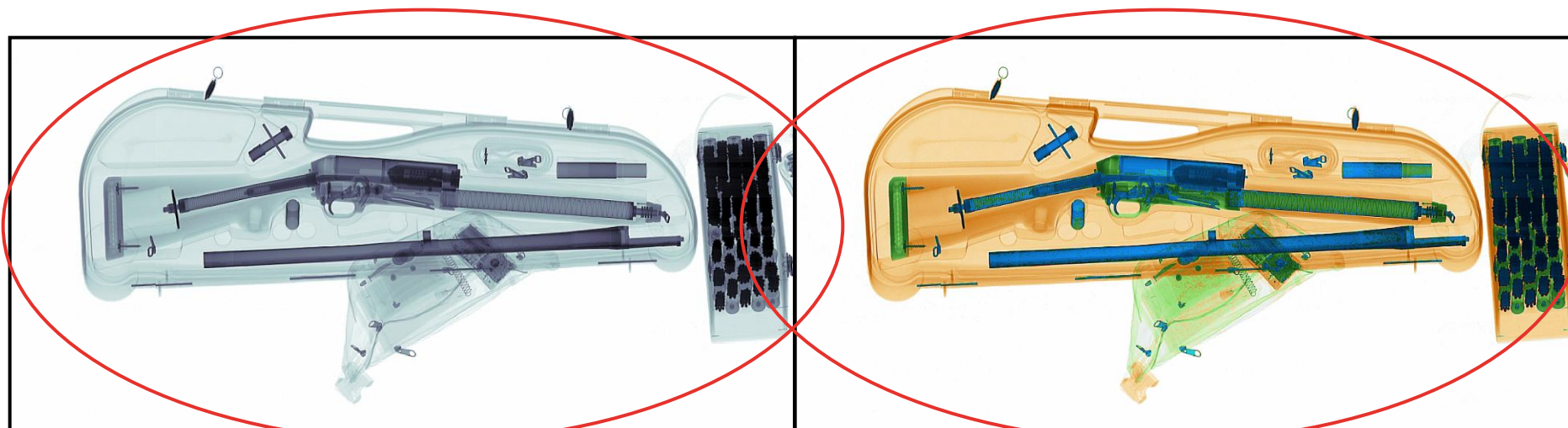
射束限制器-射束修正



MONOBLOCK



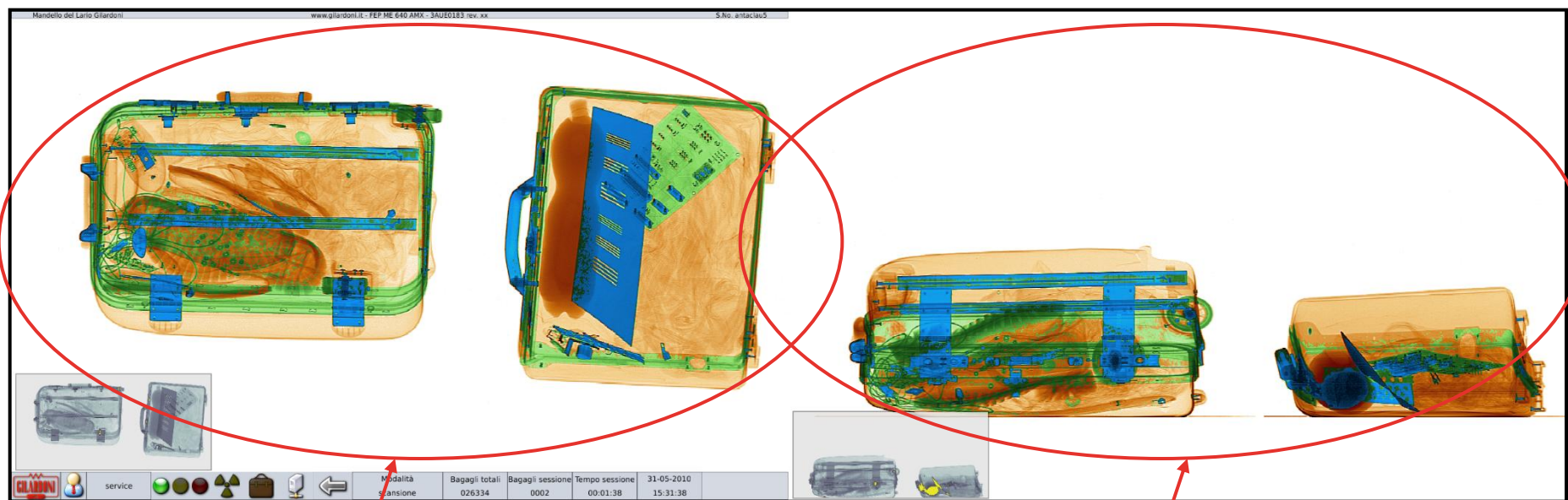
黑白影像/彩色影像



B/W Image: morphologic information

Color Image: functional information

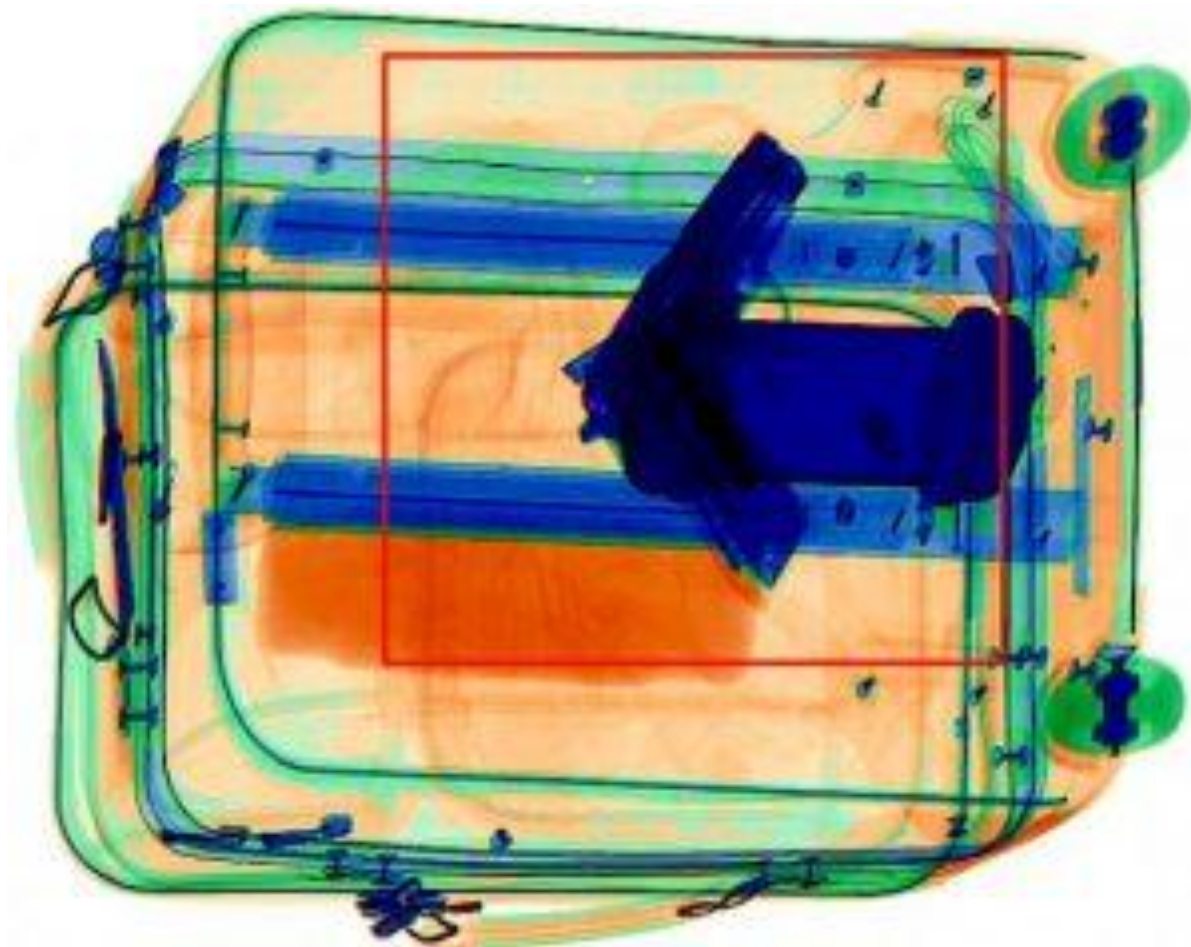
雙角度



Vertical image

Horizontal image

例:單射源影像斜角照射 (加拿大VOTI)



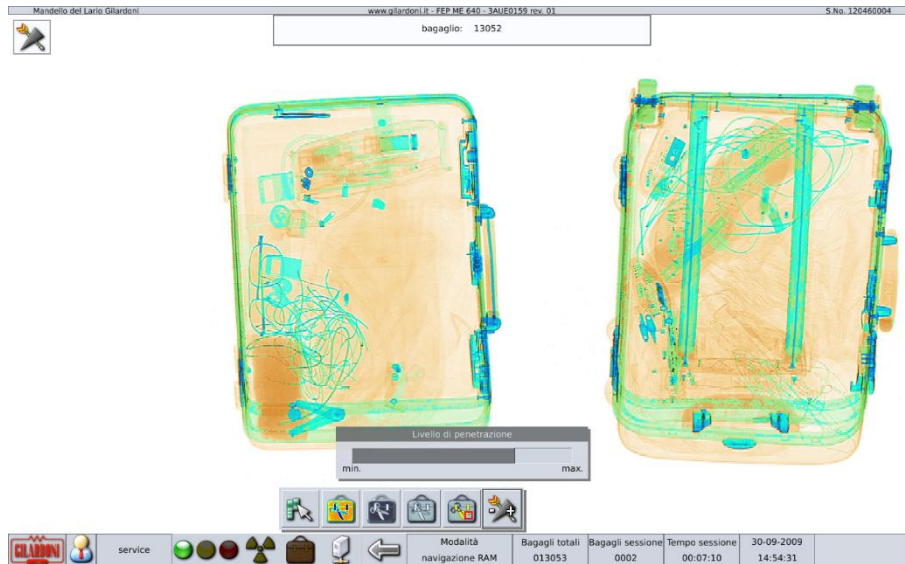
影像後處理

- Edge Enhancement: increase object contour
- Optimal Contrast: best combination of color level in the image



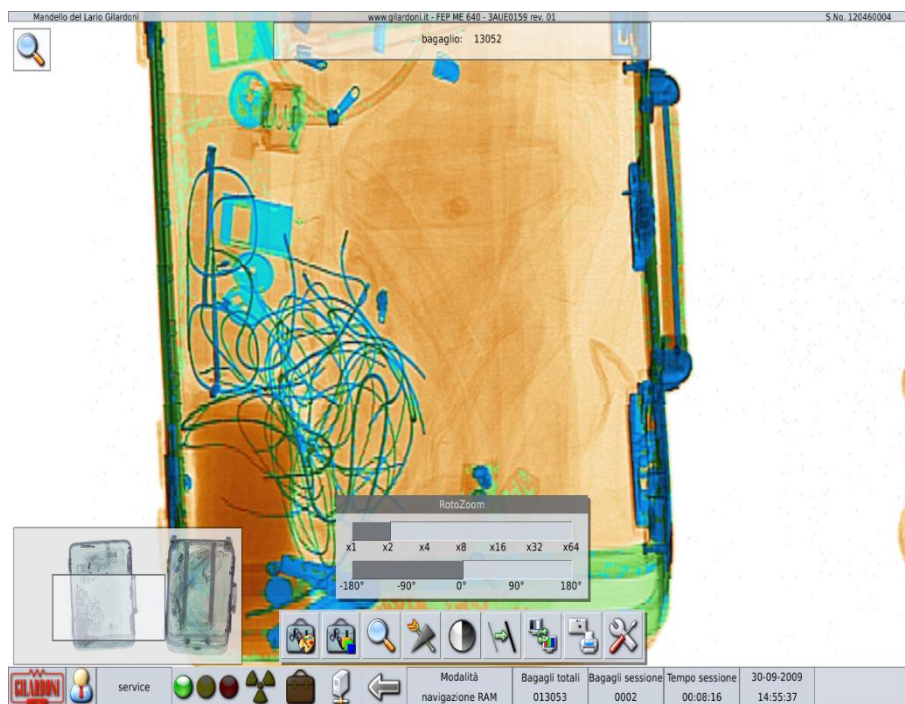
影像後處理

- High Penetration, Low Penetration and Variable Penetration
- Allow changing of the penetration level in the image to better appreciate high density material, low density material or mixtures



影像後處理

- Zoom: Step-by-step, continuous, roto-zoom up to x64



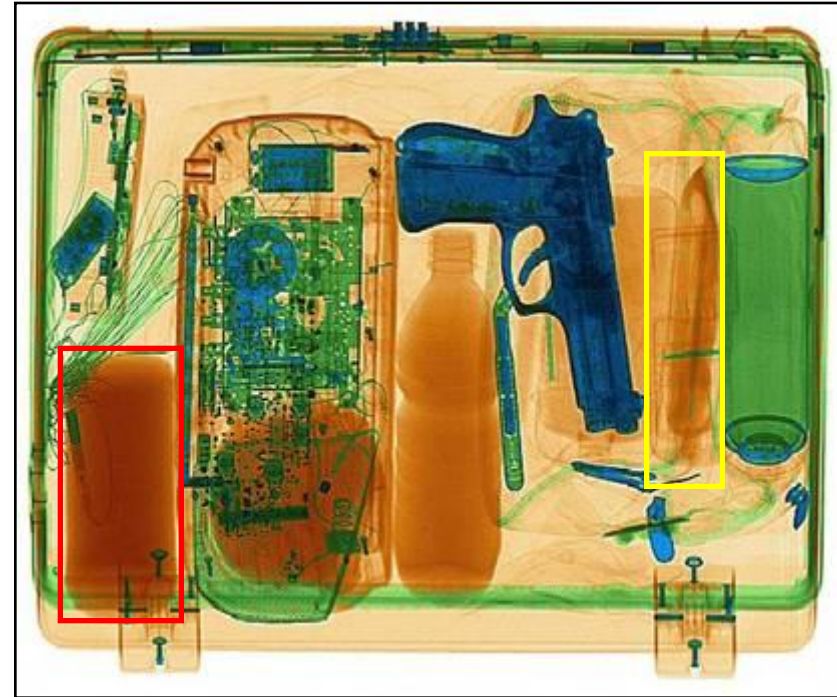
影像後處理

- Energy stripping: organic only – inorganic only – metallic only – combinations



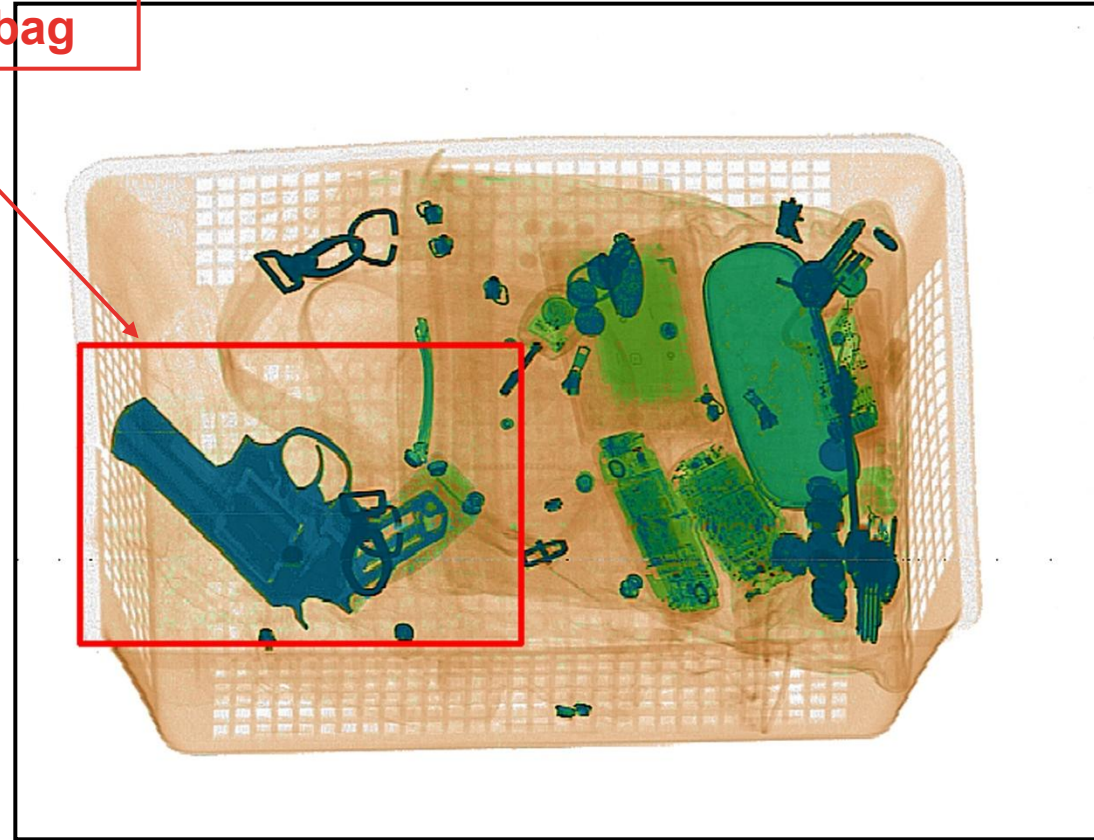
OPTIONAL SOFTWARE – ADS

- Advanced Detection Software:
 - Explosive Detection Support (Red Square);
 - Narcotic Detection Support (Yellow Square).



OPTIONAL SOFTWARE – TIP

**Fictional Threat
Image in a real bag**



OPTIONAL SOFTWARE – TIP

- Improve the detection capability in the checkpoint;
- Avoid opening of 10% bags (EU Regulation 300/2008);
- Raise the operators' Attention Threshold.