

# 密封射源的輻射防護特點

- 防止人員接受過量的體外曝露，並防止射源遺失或密封的性能遭受破壞，造成不必要的輻射曝露或污染，甚至攝入體內，造成體內曝露。
- 射源均須管制，並要向原子能委員會申請登記及申請使用執照，操作人員須接受射源操作和輻射防護的訓練。
- 低活度密封射源造成體外劑量不大，不須固定的屏蔽。通常可在無特殊保護情況下使用，但是要預防遺失。
- 高活度射源常固定於設施內使用，有固定屏蔽及防護措施，不易遺失。
- 非破壞檢驗所用射源的活度高且可攜帶，因為工作性質或疏忽緣故，射源遺失機會很大。

# 體外輻射的防護

- 最簡單有效的體外輻射防護方法是**距離**
  - 如：使用長柄鉗取用射源
  - 原因：輻射強度與距離平方成反比
- 為使工作人員降低曝露時間，熟悉工作流程，常受訓練亦可**降低曝露時間**
- **屏蔽**的設計使用，亦可將曝露劑量降至法規許可值



# 密封放射性物質的輻射檢測

- 輻射劑量偵測(射源四週、管制區、監測區)
- 密封放射性物質(設備)擦拭測試(活度測量)
  - 半化期大於30天貝他核種
  - 加馬核種之活度大於3.7MBq
  - 阿伐核種之活度大於370kBq
  - 用於醫療者，每半年執行一次
  - 其他用途者，每年執行一次
  - 毒氣偵檢器用 $^{241}\text{Am}$ ，每3年執行一次
  - 鐳射源的擦拭，應包含氡氣(Rn)洩漏測試
  - 上述射源擦拭測試結果，活度大於**185Bq**，應立即停止使用，並於7日內向主管機關申報
  - 氬-85氣態密封射源或液態閃爍計數器中供校正用密封放射性物質，可免擦拭測試

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第五十四條

# 密封放射性物質擦拭測試及 屏蔽容器外四週之輻射劑量（率）

量子輻射科技有限公司

### 3. 非密封射源

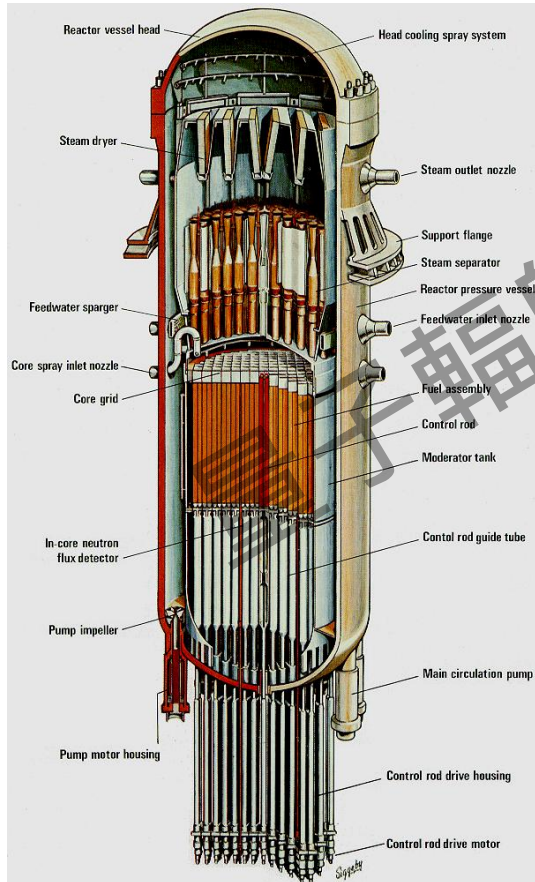
- 液態或氣態射源常不加密封而直接用為示蹤劑，稱為非密封射源。
- 放射性物質直接與周圍環境的介質接觸。
- 非密封射源如使用不當，則有可能造成擴散和污染，因此常選擇使用短半衰期且低活度的核種。

# 放射性同位素的產生與來源

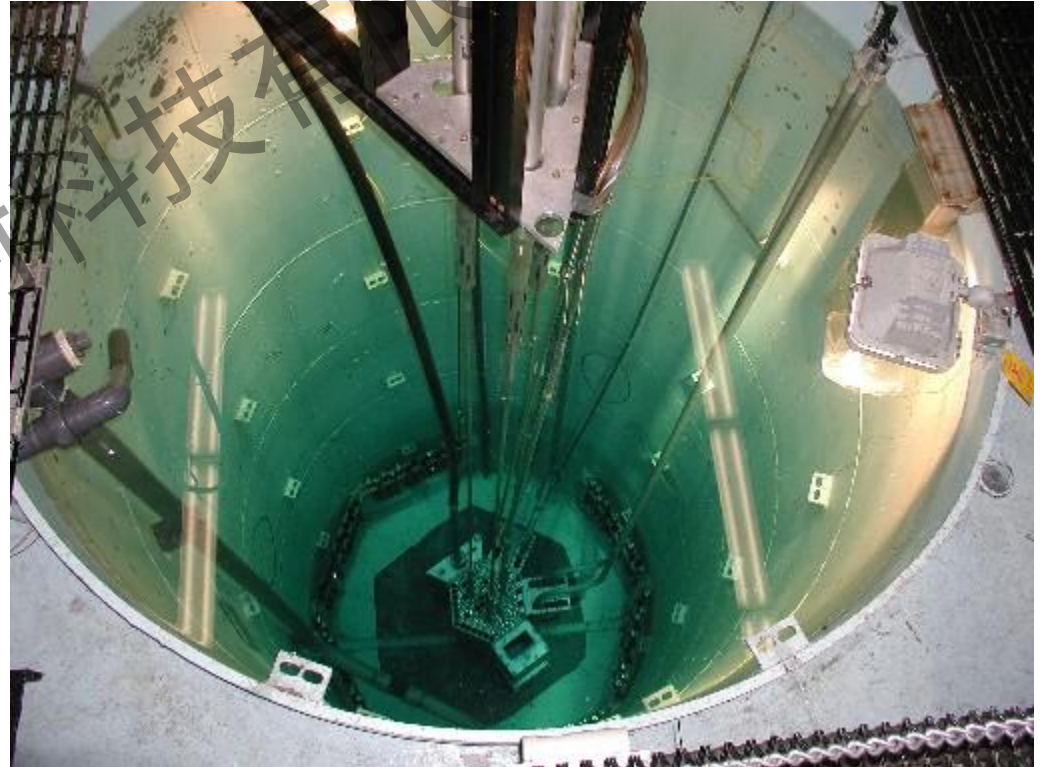
- 放射性同位素生產：**核反應器**中的高通量的中子。在核反應器中(Reactor)，中子用來活化生成放射性元素。來自核反應器的典型的生成物如銨 (Tl) -201、鈷60。
  - 中子碰撞反應： $^{31}\text{P}(n,\gamma)^{32}\text{P}$ ,  $^{98}\text{Mo}(n,\gamma)^{99}\text{Mo}$
  - 核分裂產物： $^{235}\text{U}(n,\text{ff})^{99}\text{Mo}$ ,  $^{131}\text{I}$
- 粒子加速器(Accelerator)可人工製造放射性同位素。粒子碰撞反應如 $^{18}\text{O}(p,n)^{18}\text{F}$ ,  $^{124}\text{Xe}(p,\alpha n)^{123}\text{I}$ 等。

# 放射性同位素的產生與來源

## 核能發電核反應器(爐)



## 研究型小功率核反應器(爐)



# 放射性同位素的產生與來源

自屏蔽體

迴旋加速器

熱鉛室

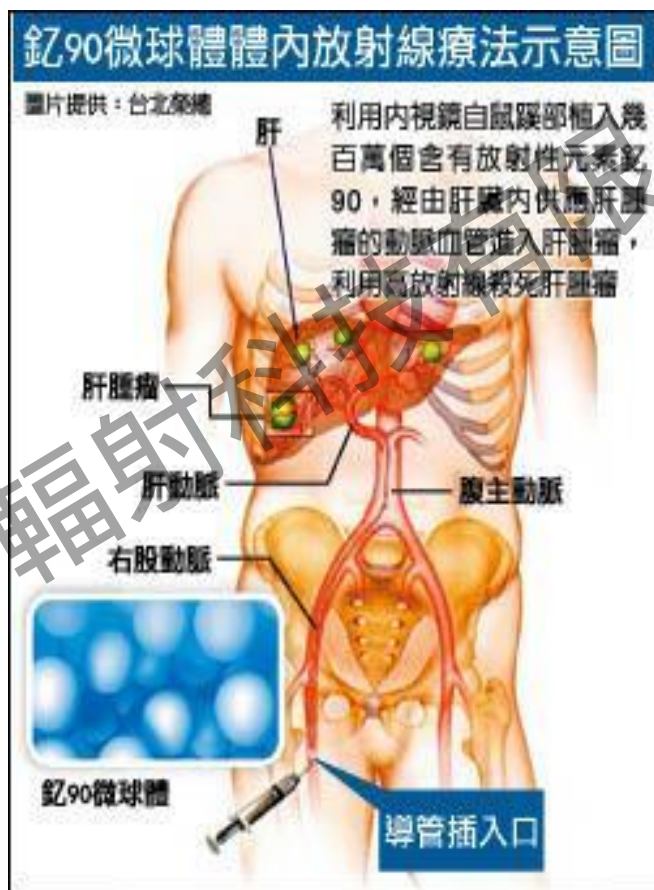
量子輻射科技有限公司

放射藥物合成器

# 非密封射源的應用-醫用

類	別	應	用	常用同位素或設施
診	1. 放射診斷	腦、胸、腹、手、腳、頭骨、胃腸、血管、脊椎等檢驗(解剖組織性診斷)。		一般 x 光或電腦斷層攝影。
	2. 骨骼密度測定 (bone densitometry)	測定 BMC (bone mineral content) 骨礦物質含量的測定，特別是 Ca 含量。		$^{153}\text{Gd}$ ， $^{125}\text{I}$ ，x 光檢驗。
	核子醫學診斷： 1. 體內檢查 (in vivo diagnosis)	生理功能性診斷： 1. 造影檢查，如肝、腎、骨、心臟、腦等掃描造影檢查。 2. 非影像檢查，如甲狀腺攝取、血容量、腎小球過濾率等。		$^{99\text{m}}\text{Tc}$ ， $^{131}\text{I}$ $^{67}\text{Ga}$ ， $^{123}\text{I}$ ， $^{201}\text{Tl}$ ， $^{18}\text{F}$ 等 SPECT 與 PET 造影診斷。
斷	2. 體外或試管檢查 (in vitro diagnosis)	放射免疫分析 (RIA)：測定蛋白質、賀爾蒙、維他命、酵素、藥物、病毒等 ( $10^{-9}$ - $10^{-6}\text{g}$ )。		$^{125}\text{I}$ 。
治	電子或其他粒子射線	腫瘤治療		電子或其他粒子加速器、反應器等
	1. 密封射源 (sealed source)	1. 遠隔治療：腫瘤治療或癌症治療。 2. 近接治療：各種腫瘤。 3. 內植治療：各種腫瘤。		$^{60}\text{Co}$ ， $^{137}\text{Cs}$ 。 $^{60}\text{Co}$ ， $^{137}\text{Cs}$ ， $^{192}\text{Ir}$ ，管與針等。 $^{125}\text{I}$ ， $^{192}\text{Ir}$ ， $^{252}\text{Cf}$ 等。
	2. 非密封射源 (unsealed source)	內部治療 (示蹤劑) 技術應用： 卵巢癌 ( $^{32}\text{P}$ )，甲狀腺癌 ( $^{131}\text{I}$ )，肝癌 ( $^{90}\text{Y}$ )。		$^{32}\text{P}$ ， $^{131}\text{I}$ ， $^{90}\text{Y}$ ， $^{67}\text{Cu}$ ， $^{188}\text{Re}$ ， $^{211}\text{At}$ 等。
療		硼中子捕捉療法-腦瘤。		$^{10}\text{B}$ 。

# 釷90選擇性體內肝腫瘤放射治療



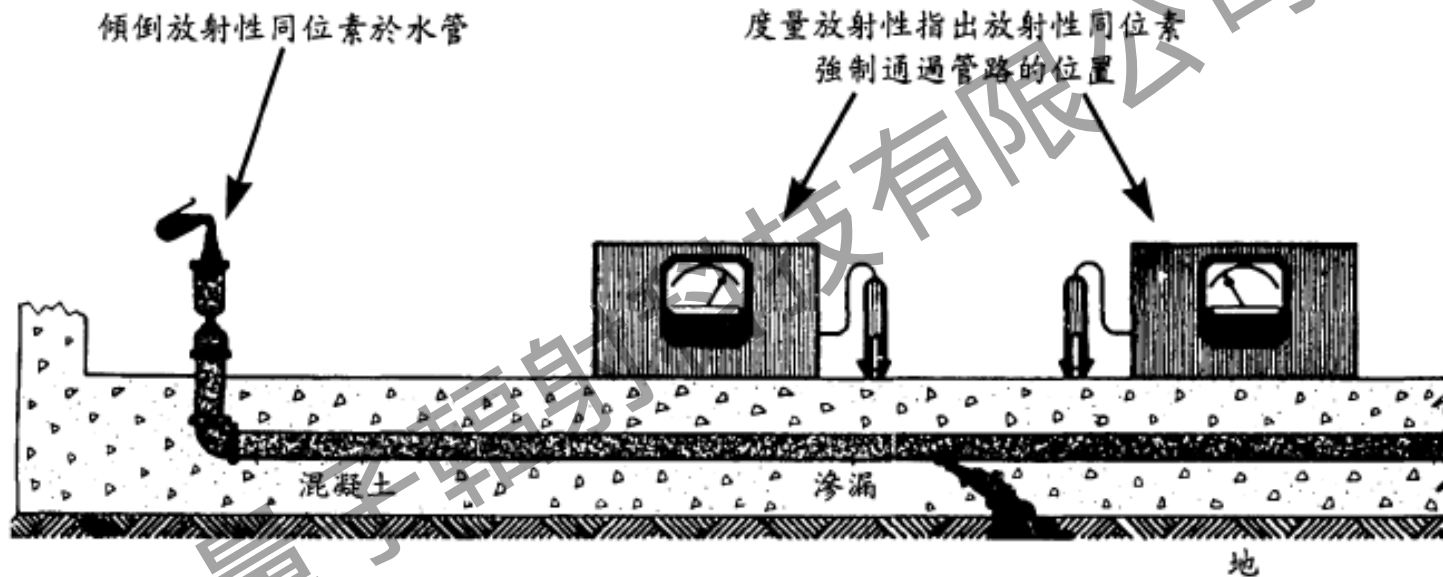
# 醫療院所常見非密封型射源

**Table 1**  
**Relevant Physical Data for Radionuclides Commonly Used in Nuclear Medicine**

Radionuclide	Type of decay <sup>a</sup>	Principle emissions (keV)	Half-life	Half-value thickness (cm)		Production process
				Water	Lead	
Gallium-67	EC	$\gamma$ 93, 185, 300	78.3h	4.7	0.07	Zinc-68 (p, 2n) Gallium-67
Krypton-81 m	IT	$\gamma$ 190	13s	5.0	0.06	Generator, daughter of Rubidium-81
Technetium-99 m	IT	$\gamma$ 141	6.02h	4.5	0.03	Generator, daughter of Molybdenum-99
Indium-111	EC	$\gamma$ 173, 247	67.3h	5.1	0.07	Cadmium-112 (p, 2n) Indium-111
Iodine-123	EC	$\gamma$ 159	13h	4.6	0.04	Tellurium-124 (p, 2n) Iodine-123
Iodine-131	Beta	$\beta$ 606 $\gamma$ 364	8.05d	6.3	0.25	Nuclear Fission
Xenon-133	Beta	$\beta$ 346 X 30-36 $\gamma$ 81	5.25d	3.9	0.01	Nuclear Fission
Thallium-201	EC	X 68-82 135, 167	73h	4.3	0.03	Thallium-203 (p, 3n) Lead-201 → Thallium-201

<sup>a</sup>EC - Electron Capture    IT - Isomeric Transition

# 非密封射源的應用-工業



經由同位素在塔槽管路中的流動路徑與現象，可以計測工廠流體的流率、質量平衡、流體分布、漏泄(如應用的 $^{85}\text{Kr}$ 、 $^{41}\text{Ar}$ 、 $^{133}\text{Xe}$  與 $^{79}\text{Kr}$ 等測定氣體管路的漏泄位置)、短路、旁路、反應槽的混合效率、滯留時間、腐蝕與表面現象、程序控制的動力變數、零件磨損度與通風設備的效率等。(游離輻射防護薈萃-輻射防護協會)

# 放射實驗室使用之放射性同位素

**Table 15.2** Radiological data for radionuclides encountered in laboratories

Radionuclide	Decay mode	Principal emission energy (MeV) (beta energies are maximum energies)	Half-life (hours, h; days, d; years, y)	1st tenth-value layer (mm, Pb) <sup>a</sup>	Annual limit of intake <sup>b</sup> (MBq)
<sup>32</sup> P	$\beta$	$E_{\beta}$ 1.71	14.3 d	range 6000 air 6.5 mm perspex	6
<sup>33</sup> P	$\beta$	$E_{\beta}$ 0.249	25.4 d	range 460 air 0.5 mm perspex	14
<sup>22</sup> Na	$\beta^+$ , EC	$E_{\beta}$ 0.546, $E_{\gamma}$ 1.275, 0.511	2.60 y	37	6
<sup>24</sup> Na	$\beta$	$E_{\beta}$ 1.392, $E_{\gamma}$ 1.369, 2.754	15.0 h	59	38
<sup>45</sup> Ca	$\beta$	$E_{\beta}$ 0.257	163 d	range 480 air 0.5 mm perspex	7
<sup>35</sup> S	$\beta$	$E_{\beta}$ 0.167	87.4 d	range 240 air 0.3 mm perspex	142
<sup>125</sup> I	EC	$E_{\gamma}$ 0.035, $E_{X\gamma}$ 0.030 ave.	60.1d	0.06	1.3
<sup>3</sup> H	$\beta$	$E_{\beta}$ 0.0186	12.4 y	range 47 air <1 mm perspex	1111
<sup>14</sup> C	$\beta$	$E_{\beta}$ 0.156	5730 y	range 220 air 0.3 mm perspex	34
<sup>51</sup> Cr	EC	$E_{\beta}$ 0.320, $E_X$ 0.005	27.7 d	7	526
<sup>59</sup> Fe	$\beta$	$E_{\beta}$ 0.467, $E_{\gamma}$ 1.099, 1.292	44.5 d	44	6
<sup>65</sup> Zn	$\beta^+$ , EC	$E_{\gamma}$ 1.115 (chiefly)	244 d	42	5
<sup>36</sup> Cl	$\beta$	$E_{\beta}$ 0.710 (chiefly)	$3 \times 10^5$ y	range 2000 air	
	$\beta^+$ , EC			2.2 mm perspex	3

<sup>a,b</sup>Footnotes as in Table 15.1.

# 非密封放射性物質的輻射防護



體內曝露的防護:

放射性物質侵入體內的途徑有：  
飲食、呼吸、皮膚吸收、傷口侵入。因此，體內曝露的防護方法就是避免食入、減少吸入、增加排泄、避免在污染地區逗留。此外還要加強場所除污的工作，以減少人員體內污染的機會。

# 輻射安全作業守則



張貼輻射安全作業守則  
緊急應變(意外事故)程序

張貼作業場所平面圖

# 非密封放射性同位素 輻射安全作業守則

- 1、嚴禁在放射性物質操作場所**飲食、吸煙、存放食物或施用化妝品**。
- 2、不可用**嘴或吸管吸取放射性物質**。操作時應戴橡膠或PVC手套及實驗衣工作服，以避免皮膚污染，並須依使用核種輻類別及能量作適當之屏蔽。
- 3、工作人員**皮膚如有外傷時**應避免從事放射性作業，如必須工作時應將傷口妥善包紮，以免接觸到放射性物質。人員工作時應配戴個人佩章。
- 4、使用或處理**具揮發性或有昇華性之放射性物質**或廢料時，須在各放射性專用實驗室的氣櫃中操作。（此抽氣設備應定期更換濾材，並校驗抽氣流量及測試濾除或吸附效率。）
- 5、實驗所產生之**放射性廢棄物應按規定分類收集及處理**，尤其是放射性廢液須存放於專用塑膠桶中，嚴禁將廢液傾倒入水槽內。（實驗後產生之放射性廢料必須立處理，盛裝容器須有足夠之屏蔽能力且標示明確）。
- 6、操作放射性物質實驗時，桌面上及襯盤內要**鋪上吸水紙以防止污染**，液體樣品應置於不易傾倒及破損容器內。
- 7、工作人員應**經常檢查手、衣服及鞋子是否有污染**，工作完畢後應把雙手徹底洗淨，並應偵測工作場所(如實驗桌檯面、地面、水槽等處)及本身是否有輻射污染，若發現有任何污染狀況時即應立即進行除污。
- 8、實驗過程中若不慎攝入放射性同位素，或發生與放射性同位素有關之身體傷害時，**即應通知輻射防護人員處理**。

# 非密封放射性同位素 輻射安全作業守則

- 9、操作人員應符合**資格**（經過相關訓練或測驗合格持有人員劑量佩章者）。
- 10、凡盛裝或儲存放射性物質之一切器具及操作器材，以及放射性物質操作場所或區域，均要用**輻射專用標籤**加以標示，不可使用代號或其他符號，以免他人誤用或誤入（放射性物質貯存場所及盛裝放射性物質之容器，應有適當輻射警示標誌與警語，並註明放射性物質的資料）。
- 11、使用放射性物質時，務必確實將使用情形登記在“放射性同位素**進出帳料紀錄表**”上，列入統計管制。
- 12、非密封放射性同位素實驗室須管制專屬專用，現場並備有**場所平面圖**，放射性物質之貯存場所或放置**儲櫃應上鎖**，其鑰匙應由專人保管。
- 13、在各專門從事非密封放射性同位素操作區內每次實驗後（或每週）要確實執行偵檢及清理工作（例如使用蓋格偵檢器或 smear test 偵測工作檯面或地面是否有污染並記錄之，經常保持操作環境之整潔並有專人管理等），並在各項登記簿上登記使用狀況。若有未按規定登記及偵檢者，必須取消其操作資格。
- 14、放射性物質移動的次數及空間越少越好，如需移動請盛入容器內以確保安全。
- 15、管制區內應配置經過定期校正之**輻射偵檢器**。
- 16、非密封放射性同位素操作管制區內須自行訂定**緊急意外事故處理程序**，且將其重點、聯絡人、聯絡電話等資料張貼告示於該管制區明顯易見之處。
- 17、輻射防護人員每季應進行安全檢查，檢查紀錄(詳附件二)存檔備查三年。

# 非密封放射性物質 輻射安全測試報告

1	放射性物質作業場所已依「輻射工作場所管理與場所外環境輻射監測作業準則」第五條規定及評估報告為適當之圍離(管制)，進出口處應有適當之輻射示警標誌與警語。
2	輻射安全作業守則及意外事故處理程序，已張貼於放射性物質作業場所明顯處。
3	放射性物質之貯存場所、盛裝容器、清洗水槽及受污染之裝備，應有適當輻射示警標誌與警語，貯存場所及盛裝容器並應註明放射性物質之名稱及其物理、化學性質。
4	放射性物質之貯存場所(櫃)應上鎖，其鑰匙應由專人保管。
5	放射性物質之操作檯(桌)或放射性物質處理皿，均應襯以吸水紙，液體樣品應置於不易傾倒及破損之容器內。
6	<input type="checkbox"/> 備有專用貯存槽，做為收集俟處理放射性廢液之用(偵測及處理紀錄應留存備查)。 <input type="checkbox"/> 備有專用水槽，做為傾倒放射性廢液或清洗放射性污染器皿，且廢液經由密閉管道導入收集槽、污水排放系統或污水下水道(偵測及處理紀錄應留存備查)。
7	放射性廢料桶應具有防治污染擴散之設計(例如腳踩式)，桶內並襯以無孔之塑膠袋。
8	操作可能空浮或揮發性放射性物質之作業場所，經評估如應使用抽氣櫃及濾器組，應依規定定期執行流量及濾器組效率測試，且有關測試結果符合申報單位輻射安全評估報告之設計要求。
9	作業(貯存)場所不得有飲料、食物、香煙、化粧品、檳榔、口香糖等非必要物品。
10	比照本會依游離輻射防護法第三十二條公告之年度偵測項目，進行偵測，偵測結果應符合法規及申報單位訂定之管制基準(新申請案免驗本項目)。 <b>【原能會發證前現場檢查人員請就輻射劑量率部分進行抽測】</b>



# 善用屏蔽

