

行政院原子能委員會 委託研究計畫研究報告

建立醫院近接治療射源之校正技術及品保作業程序

計畫編號：932001INER010

受委託機關(構)：國立清華大學

計畫主持人：莊克士

報告日期：中華民國九十二年十一月二十九日

目 錄

	頁次
一、中文摘要	2
二、英文摘要	3
三、計畫目的	4
四、計畫緣起	5
五、執行方法與進度說明	6
六、結論與建議	26
七、參考文獻	27

一、中文摘要

本計畫為支援行政院原子能委員會核能研究所「高強度輻射劑量度量技術之研究與應用」上位計劃之委辦專題研究計畫--針對後荷近接醫療作業，建立醫院近接治療射源之校正技術及品保作業程序。

目前醫院執行後荷近接治療最常用的射源為 ^{192}Ir ，半衰期為73.83天，一般購入之活度約為10 Ci左右。本計畫主要目的在利用醫院現有的醫用游離腔及後荷近接治療機等裝備，先由游離腔對 ^{60}Co 的校正因子找出對 ^{192}Ir （平均能量：380 keV）的校正因子，再依次以量測或計算的方式取得其他的修正因子，以建立醫院現場校正 ^{192}Ir 射源強度的技術，並研究分析不同型態游離腔所得到的量測結果。另本計畫也將與其他的射源強度測量方法：如井型游離腔測量法進行量測比較。

最後，參考國外文獻之建議及國內游離輻射防護法之規定，建立後荷近接治療之品質保證作業程序：包括射源換裝接收程序、每次使用、每日、每月、每年之品保項目，以提昇後荷近接治療之品質與水準。

二、英文摘要

This sub-project is to support the main grand—"Research and application of techniques for the high-dose radiation measurements". The purpose of this sub-project is to establish the technique and procedure for brachytherapy source calibration and quality assurance.

^{192}Ir source is usually used in clinic for brachytherapy. Its half-life is 73.83 days and ordered activity is about 10 Ci. The first step of this sub-project is to obtain the calibration factor of the farmer type ionization chamber for ^{192}Ir (mean energy: 380 keV) in terms of the chamber responses for ^{60}Co standards. Then the other correction factors of chamber and the technique of ^{192}Ir source calibration will be established step by step. In addition, several types of chambers and methods including the well-type chamber calibration method implemented in ^{192}Ir source calibration would be performed and compared with each other.

Finally, the quality assurance procedure of brachytherapy based on the suggestions of important references and regulations of Ionization Radiation Protection issued by Atomic Energy Council will be established. The procedure includes: source renewal, each time of use and quality assurance conducted daily, monthly and annually.

三、計畫目的

在歐美地區， ^{192}Ir 近接治療射源強度的量測方法已被廣泛研究與探討，此外，由於游離輻射防護法的頒布實施，國內許多醫院也已注意到後荷近接治療品質保證的重要性，但國內目前仍缺乏一套完整之品質保證作業程序。因此，建立國內醫院之 ^{192}Ir 近接治療射源強度校正技術，並研擬有關近接治療之品質保證作業程序，以提昇後荷式近接治療劑量投予的準確度，增加腫瘤控制率及降低正常組織副作用率，將是本計畫之執行重點與目標。

九十三年度計畫預定完成之工作項目包括：

1. ^{192}Ir 近接治療射源之現場量測及量測方法之比較。
2. 研擬醫院近接治療劑量之品質保證作業程序。

四、計畫緣起

為配合近接治療射源量測標準之建立工作及醫院放射治療品質保證計畫之實施，將針對醫院現場執行之近接治療射源校正方法與量測技術進行研究探討，同時對於原子能委員會所研擬之「後荷式近接治療設備品質保證技術規範」草案中有關醫院近接治療劑量之品質保證項目，也進行研究及訂定相關之作業程序。本計畫執行時除需使用近接治療設施及相關軟體設備外，並需要充分了解近接治療之執行程序與方法、射源強度之現場量測技術與治療品保程序，相關工作成果將可提供醫院作為執行近接治療品質保證計畫之依據。

五、執行方法與進度說明

1. ^{192}Ir 近接治療射源之現場量測及量測方法之比較

近接治療射源強度係定義在自由空間(Free space) 1 公尺量測位置之參考空氣克馬率(經過室散射及空氣衰減修正), 本計畫針對國內醫院放射腫瘤治療部門使用最普遍之 ^{192}Ir 射源, 分別以下列兩種方法量測射源強度, 並比較兩種方法間的量測差異。

(1)以 0.6 cm^3 游離腔於空氣中(In air)測量

A.儀器與方法

以 PTW N23333 0.6 cm^3 空氣游離腔連接 Capintec 電量計作為游離電荷之偵測儀器, 其讀值將配合大氣壓力計(Barometer)及溫度計之監測值予以溫壓修正。

先於空氣中, 測量距離射源 10 cm 及 20 cm 處, 分別在游離腔含及不含增建帽(Build-up cap)時之游離電流(兩分鐘電量計讀值減去一分鐘電量計讀值)平均值, 並求出室散射修正因子(C_{rs})及射源活度。增建帽材料為 Acrylic, 厚度為 0.546 g cm^{-2} 。

B.量測結果

在射源與游離腔距離(SCD)為 d 時, ^{192}Ir 近接治療射源之空氣克馬率可依下式求得:

$$K(d) = M \times N_K(\text{Ir}) \times C_{rs} \times C_{\text{grad}} \times C_{T,P} \quad (1)$$

其中

K : 射源主輻射線累積空氣克馬率(Integrated air kerma rate due to primary radiation from the source), 單位為 Gy s^{-1}

M : 每秒之電量計讀數(Electrometer reading per second), 單位為 A

N_K : 游離腔對 ^{192}Ir 之空氣克馬校正因子(Air kerma calibration factor for ^{192}Ir) , 單位為 Gy C^{-1}

C_{rs} : 室散射修正因子(Room scatter correction factor)

C_{grad} : 游離腔劑量梯度修正因子(Correction for the dose gradient across the chamber)

$C_{\text{T,P}}$: 溫度、壓力修正因子(Temperature and pressure correction factor)

(A)由參考文獻 15 得知 PTW N23333 游離腔對 ^{192}Ir 射源校正因子 $N_K(\text{Ir})$ 為 ^{60}Co 射源校正因子 $N_K(\text{Co})$ 的 0.987 倍, 而此游離腔的 $N_K(\text{Co})$ 值為 $4.904 \times 10^7 \text{ Gy C}^{-1}$ (核能研究所校正), 所以本實驗使用 $N_K(\text{Ir}) = 4.840 \times 10^7 \text{ Gy C}^{-1}$ 作為該游離腔對 ^{192}Ir 射源的空氣克馬校正因子。

(B)參考文獻 14、15、16 及表 1 數據, 以 20 cm 為參考距離(d_0), 計算室散射修正因子 C_{rs} 如下:

$$M = M_0 \times (d_0/d)^2 + M_{\text{rs}} \quad (2)$$

其中

M : 測量點之電量計讀數

M_0 : 參考點之電量計讀數

M_{rs} : 室散射之電量計讀數

d : 射源至測量點之距離

d_0 : 射源至參考點之距離

$$2.4416 \times 10^{-11} = 0.6094 \times 10^{-11} \times (20/10)^2 + M_{\text{rs}}$$

$$M_{\text{rs}} = 4 \times 10^{-14}$$

$$C_{\text{rs}} = (M - M_{\text{rs}})/M$$

$$= (2.4416 \times 10^{-11} - 4 \times 10^{-14}) / 2.4416 \times 10^{-11}$$

$$= 0.9984$$

表 1. 空氣中測量結果

SCD	With cap (1)	Without cap (2)	平均值 ((1)+(2))/2
10 cm	$2.9487 \times 10^{-9} \text{ C (120 s)}$ $- 1.5027 \times 10^{-9} \text{ C (60 s)}$ $= 2.4100 \times 10^{-11} \text{ A}$	$3.0186 \times 10^{-9} \text{ C (120 s)}$ $- 1.5347 \times 10^{-9} \text{ C (60 s)}$ $= 2.4732 \times 10^{-11} \text{ A}$	$2.4416 \times 10^{-11} \text{ A}$
20 cm	$0.7525 \times 10^{-9} \text{ C (120 s)}$ $- 0.3875 \times 10^{-9} \text{ C (60 s)}$ $= 0.6083 \times 10^{-11} \text{ A}$	$0.7599 \times 10^{-9} \text{ C (120 s)}$ $- 0.3936 \times 10^{-9} \text{ C (60 s)}$ $= 0.6105 \times 10^{-11} \text{ A}$	$0.6094 \times 10^{-11} \text{ A}$

(C) C_{grad} 值依參考文獻 15 查得 SCD = 10 cm 時為 1.006 , SCD = 20 cm 時為 1.001。

(D) 環境溫壓條件：21 、 756.5 mmHg , 所以溫壓修正因子 $C_{T,P} = 1.001$ 。

(E) 所以在 SCD = 10 cm 處 , ^{192}Ir 射源之空氣克馬率可由(1)式求得：

$$\begin{aligned}
 K(10 \text{ cm}) &= M \times N_K(\text{Ir}) \times C_{rs} \times C_{\text{grad}} \times C_{T,P} \\
 &= 2.4416 \times 10^{-11} \text{ A} \times 4.840 \times 10^7 \text{ Gy C}^{-1} \times 0.9984 \times 1.006 \times 1.001 \\
 &= 1.188 \text{ mGy s}^{-1}
 \end{aligned}$$

(F) 最後 , ^{192}Ir 射源之參考空氣克馬率(K_{ref})可由下式計算得知：

$$\begin{aligned}
 K_{\text{ref}} &= K(10 \text{ cm}) (\text{mGy s}^{-1}) \times (10/100)^2 \\
 &= (1.188 \times 0.01 \times 3600) \\
 &= 42.77 \text{ mGy h}^{-1}
 \end{aligned}$$

(2) 以井型游離腔(Well type chamber)測量

A. 儀器與方法

以 PTW 33004 200 cm³ 井型游離腔連接 Keithely 電量計作為游離

電荷之偵測儀器，其讀值將配合大氣壓力計(Barometer)及溫度計之監測值予以溫壓修正。

B. 量測結果

使用井型游離腔量測 ^{192}Ir 射源之參考空氣克馬率公式如下式：

$$K_{\text{ref}} = N_{K\text{-ref}} \times C_{T,P} \times M_{\text{max}} \times K_{\text{ion}} \quad (3)$$

其中

$N_{K\text{-ref}}$ ：井型游離腔參考空氣克馬率校正因子(Reference air kerma rate calibration factor)，單位為 $\text{Gy h}^{-1} \text{m}^2 \text{A}^{-1}$

$C_{T,P}$ ：溫度與氣壓修正因子

M_{max} ：井型游離腔最大量測電流(Maximum measured ionization current value with the well type chamber)，單位為 A

K_{ion} ：游離腔收集效率因子之倒數(Reciprocal of the ion collection efficiency factor A_{ion})，游離腔收集效率因子 A_{ion} 定義如下：

$$A_{\text{ion}} = \frac{4}{3} - \left(\frac{1}{3} \cdot \frac{Q_1}{Q_2} \right)$$

Q_1 及 Q_2 分別為游離腔在 300 V 及 150 V 工作電壓下之收集電荷

(A)本實驗中，PTW 33004 井型游離腔之參考空氣克馬率校正因子，係利用經過德國 PTB 國家標準實驗室校正之 ^{192}Ir 射源校正而得，其值為 $9.154 \times 10^5 \text{ Gy h}^{-1} \text{m}^2 \text{A}^{-1}$ 。

(B)在 21 °C，756.5 mmHg 溫壓條件下， $C_{T,P}$ 修正值為 1.001。

(C)井型游離腔 A_{ion} 值為 0.998，所以 K_{ion} 修正值為 1.002。

(D)由實驗值得到井型游離腔之最大量測電流 M_{max} 為 45.418 nA。

(E)綜合以上數據，可計算得知 ^{192}Ir 射源之參考空氣克馬率(K_{ref})為 41.70 mGy h^{-1} 。

比較(1)、(2)節之量測實驗，可得到以 0.6 cm^3 游離腔於空氣中測量結果，較原廠提供之射源參考空氣克馬率 42.34 mGy h^{-1} 高 1%，而以井型游離腔測量結果則較原廠提供資料小 1.5%。兩種方法量測射源參考空氣克馬率之差異為 2.5%，在量測不確定度 3%範圍內，顯示量測比對結果一致。

2. 研擬醫院近接治療劑量之品保作業程序

2.1 目的：

對設備功能與操作品質做持續不斷的監測，保證正常運作，並維持臨床恆定的治療品質，確保整體劑量不確定度不超過給予劑量百分之五的要求，以提高病患治癒率及確保輻射安全。

2.2 基本精神：

提供精確且安全的劑量投予及正常的機器運作，使癌症病患得到精確的治療，提升病兆控制率，降低副作用。

2.3 儀器設備：

- (1) Farmer 游離腔、井型游離腔及電量計。
- (2) 輻射偵檢器。
- (3) 溫度計。
- (4) 大氣壓力計。
- (5) 標準尺(120 cm)。
- (6) 數位碼錶(解析度 0.01 s)。
- (7) 虛擬射源。

- (8)射源活度測試架。
- (9)射源位置檢查尺。
- (10)Kodak 驗證用底片(12 x 14 in., Ready Packed)。
- (11)標準長米尺(解析度 1 mm)。
- (12)洗片機、顯影劑、定影劑。
- (13)棉花棒×6、99.99%酒精。
- (14)塑膠試管×6 支。
- (15) γ -計數器。
- (16)可攜式射源容器。
- (17)記錄簿。

2.4 品保測試頻率與項目：

依對治療品質影響的程度與測試項目的變動性可分成：新機接收測試、每日、每月、射源更換時及年度校正測試。

(1)新機接收測試：

項次	測試項目	要求標準	檢查結果
1	裝療管線與配件檢查	功能正常	
2	輻射安全測試	正常	
3	區域監測	正常	
4	射源強度校正	$\pm 5\%$	
5	射源停留位置準確性測試	$\pm 1 \text{ mm}$	
6	射源停留時間準確性測試	$\pm 1 \text{ s/min}$	
7	射源速率測試	符合規格	
8	擦拭試驗	符合法規	
9	機頭輻射洩漏測試	符合法規	

(2)每日檢查：時間約十分鐘。

項次	測試項目	要求標準	檢查結果
1	輻射安全系統檢查：警示燈、監視系統、通話系統、安全連鎖（含門、緊急停止與暫停）	正常	
2	射源參數確認	正常	
3	裝療管線完整性檢查	正常	
4	射源強度確認	$\pm 5\%$	
5	射源停留位置準確性測試	$\pm 1 \text{ mm}$	
6	射源停留時間準確性測試	$\pm 1 \text{ s/min}$	
7	治療完畢後之輻射偵測	符合法規	

(3)每月檢查：時間約二至三小時。

項次	測試項目	要求標準	檢查結果
1	輻射安全系統檢查：警示燈、監視系統、通話系統、安全連鎖（含門、緊急停止與暫停）	正常	
2	射源參數確認	正常	
3	裝療管線完整性幾檢查	正常	
4	射源停留位置準確性測試	$\pm 1 \text{ mm}$	
5	射源停留時間準確性測試	$\pm 1 \text{ s/min}$	
6	射源速率測試	$\pm 1 \text{ s}$	
7	備用電池測試	正常	

(4)射源更換時檢查：時間約二至三小時。

項次	測試項目	要求標準	檢查結果
1	輻射安全系統檢查：警示燈、監視系統、通話系統、安全連鎖（含門、緊急停止與暫停）	正常	
2	射源強度校正	±5%	
3	射源停留位置準確性測試	±1 mm	
4	射源停留時間準確性測試	±1 s/min	
5	射源速率測試	符合規格	
6	擦拭試驗	符合法規	
7	射源參數輸入與確認	正常	

(5)年度校正測試：時間約二至三小時。

項次	測試項目	要求標準	檢查結果
1	射源強度確認	±5%	
2	射源停留位置準確性測試	±1 mm	
3	射源停留時間準確性測試	±1 s/min	
4	輻射安全系統確認	正常	
5	裝療管線完整性檢查	正常	
6	區域監測	符合法規	
7	擦拭試驗	符合法規	

2.5 各項檢查執行步驟：

(1)裝療管線與配件檢查

A.目的：確保裝療管線與配件連結之通暢。

B.測試工具：目視檢查。

C.實施頻率：新機接收測試、每日檢查、每月檢查、年度校正測試。

D.步驟：

a.取任一常用裝療管，目視檢查其長度及有無破損。

b.將裝療管與 Indexer 連接，並鎖住。

c.驅動射源，以測試射源運行結果。

E.要求標準：功能正常。



(2)輻射安全測試

A.目的：確保人員安全及輻射屏壁符合法規要求。

B.測試工具：輻射偵檢器。

C.實施頻率：新機接收測試、年度校正測試。

D.步驟：

a.取任一常用裝療管接上 1 號射源輸出管。

b.鎖住裝療管。

c.輸出射源以測試治療室輻射防護屏蔽能力。

E.要求標準：符合法規要求。



(3)區域監測

- A.目的：確保治療室內輻射監測能力。
- B.測試工具：區域偵檢器。
- C.實施頻率：新機接收測試、年度校正測試。
- D.步驟：
 - a.取任一常用裝療管接上 1 號射源輸出管。
 - b.鎖住裝療管。
 - c.將射源輸出。
 - d.以攝影機觀察治療室內及控制室內區域監測器紅燈閃爍情形。
- E.要求標準：正常。



(4)射源強度校正

- A.目的：確保射源強度準確性。
- B.測試工具：井型游離腔。
- C.實施頻率：新機接收測試、每日檢查、射源更換時檢查、年度校正測試。
- D.步驟：

- a.取一支氣管裝療管接上 1 號射源輸出孔。
 - b.鎖住裝療管。
 - c.輸出射源。
 - d.以井型游離腔測量射源參考空氣克馬率。
- E.要求標準： $\pm 5\%$ 。



(5)射源停留位置準確性

A.裝療管長度測試

- a.目的：確保裝療管長度在設定長度的誤差範圍內。
- b.測試工具：射源位置校正尺。
- c.實施頻率：新機接收測試、每日檢查、每月檢查、射源更換時檢查、年度校正測試。
- d.步驟：
 - (i)取射源更換專用導管接上 1 號射源輸出孔。
 - (ii)鎖住導管。
 - (iii)接上射源位置校正尺。
 - (iv)將尺內塑膠長條抽出。

(v)設定射源長度為 1500 mm。

(vi)驅動射源，待射源回收後進入治療室內，記錄尺內短塑膠棒尾端位置。

(vii)再用長塑膠棒將短棒往前推進，重複步驟(v)、(vi)二次，分別記錄短塑膠棒尾端位置。

e.要求標準： ± 1 mm。



B.射源停留位置準確性測試

a.目的：確保射源停留位置之準確性。

b.測試工具：Kodak 驗證片、射源停留位置校正架、標準長米尺。

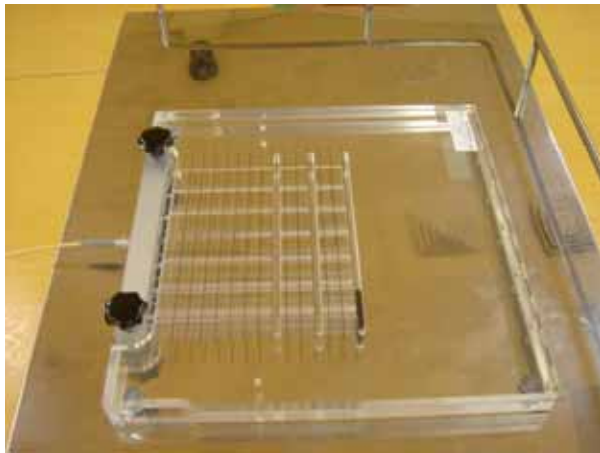
c.實施頻率：新機接收測試、每月檢查、射源更換時檢查、年度校

正測試。

d. 步驟：

- (i) 取一支氣管裝療管接上 1 號射源輸出孔。
- (ii) 鎖住導管。
- (iii) 接上射源停留位置校正架。
- (iv) 打開上層壓克力蓋板，將 Kodak 驗證片平放於片夾內，蓋上蓋板，固定底片。
- (v) 射源停留間隔為 3 cm，至少停留四個位置，以 Step sizes 為 3 mm、5 mm、10 mm 三種治療模式進行測試。
- (vi) 驅動射源，進行曝露。
- (vii) 沖洗底片，以米尺檢視射源間隔。

e. 要求標準： ± 1 mm。



(6)射源停留時間準確性測試

A.目的：確認射源在治療位置之停留時間，確保劑量投予之準確性。

B.測試工具：數位碼錶，解析度至 0.01 s。

C.實施頻率：新機接收測試、每日檢查、每月檢查、射源更換時檢查、年度校正測試。

D.步驟：

a.取任一裝療管插入 1 號射源輸出孔。

b.鎖住裝療管。

c.任選一位置，設定治療時間為 60 s 並輸出射源。

d.注意監視螢幕，當射源到達治療位置時，立即按下碼錶開始計時，待治療結束時迅速按下停止鈕，以測試射源 1 min 治療時間之準確性。

E.要求標準： ± 1 s/min。



(7)射源速率測試

A.目的：確保射源傳輸之順暢性，降低射源傳輸過程中使正常組織接受的多餘劑量。

B.測試工具：數位碼錶，解析度至 0.01 s。

C.實施頻率：新機接收測試、每月檢查、射源更換時檢查。

D.步驟：

a.取任一裝療管插入 1 號射源輸出孔。

- b.鎖住裝療管。
- c.設定治療位置於第一位置及設定治療時間為 60 s 後，輸出射源。
- d.於監視螢幕上，當射源啟動離開 Intermediate safe 時，立即按下碼錶開始計時，待射源到達第一位置時再迅速按下停止鈕，以測試射源之傳輸速率(S)， $S = \text{裝療管長度} \div \text{計測時間}$ 。
- E.要求標準：與規格相符。

(8)擦拭試驗

- A.目的：確保射源無輻射洩漏污染，確保人員輻射安全。
- B.測試工具：沾 99.99%酒精之棉花棒及背景棉花棒各三支。
- C.實施頻率：新機接收測試、射源更換時檢查、年度校正測試。
- D.步驟：
 - a.取沾 99.99%酒精之棉花棒。
 - b.對 Indexer 接孔 1、2 及 3 進行擦拭。
 - c.將擦拭棉花棒及背景棉花棒分別用 γ -計數器計讀，扣除背景棉花棒讀值後，即得輻射洩漏之讀值。
- E.要求標準： $< 5 \text{ nCi}$ 。





(9) 機頭輻射洩漏測試

A. 目的：確保機頭的輻射防護，降低人員因洩漏輻射所造成的曝露。

B. 測試工具：輻射偵檢器。

C. 實施頻率：新機接收測試、更換射源測試。

D. 步驟：

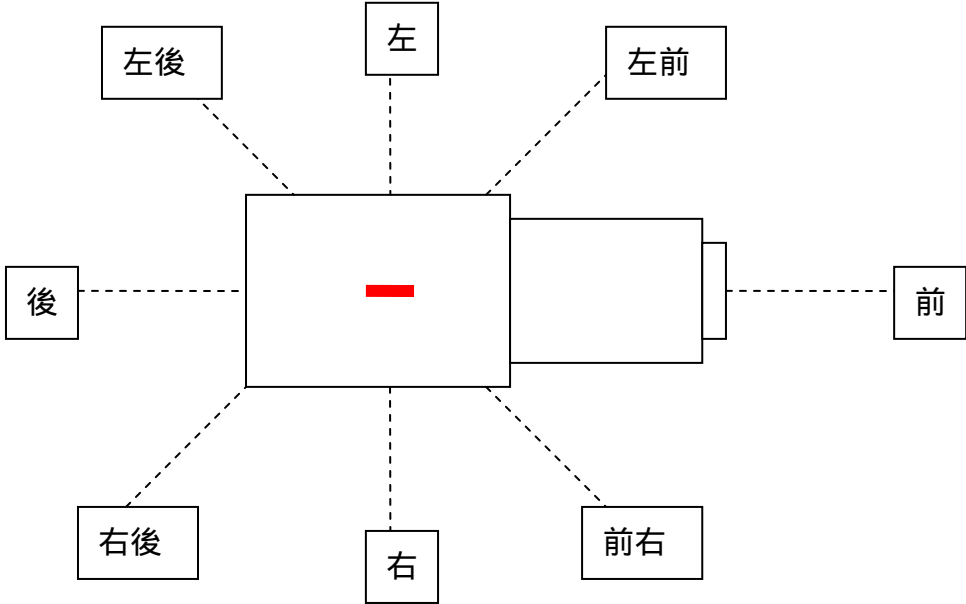
a. 取用輻射偵檢器。

b. 以機頭為中心，距射源一公尺處，偵測六面十四點位置之輻射曝露率。

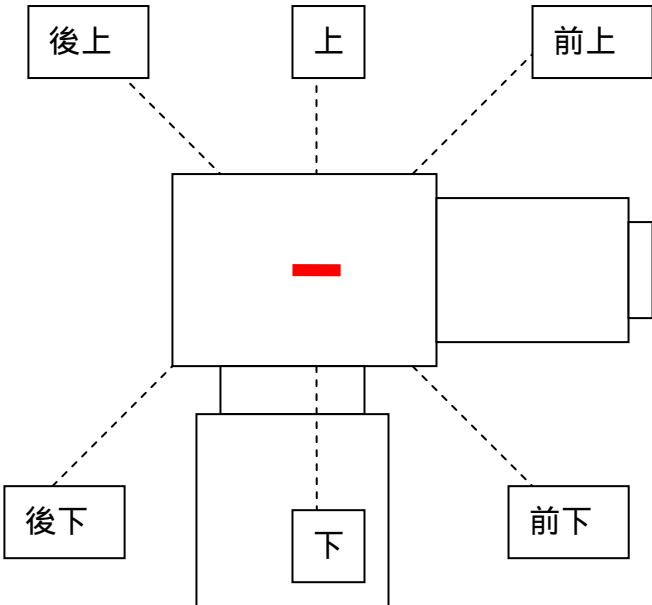
E. 要求標準：單點 $< 10 \text{ mR h}^{-1}$ ，平均 $< 2 \text{ mR h}^{-1}$ 。



上 視 圖



右 側 圖



(10)輻射安全系統檢查：警示燈、監視系統、通話系統、安全連鎖(含門、緊急停止與暫停

A.目的：確保人員在治療過程中之輻射安全。

B.測試工具：目視檢查。

C.實施頻率：每日治療檢查、每月檢查、射源更換時檢查、年度校正測試。

D.步驟：

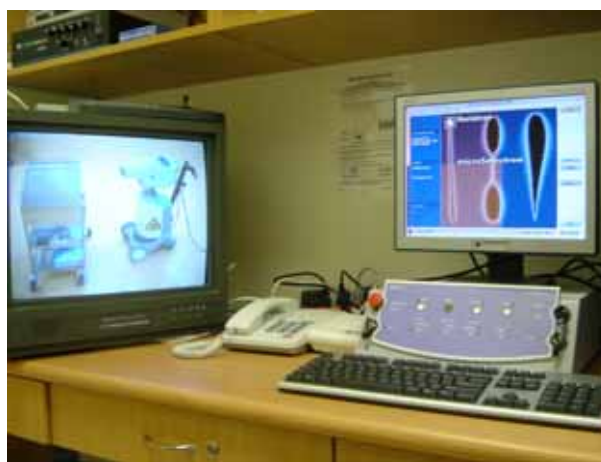
a.開啟電源。

b.檢查監視系統及通話系統。

c.進入治療室，任取一裝療管，接上治療孔 1。

d.出治療室，關閉治療室防護門。

e.設定治療時間為 60 s。



f.檢查治療室門口警示燈。

g.治療中壓下控制室內紅色緊急停止與暫停鍵，檢查射源是否回到機器內。

h.再啟動射源，手持輻射偵檢器，於治療中打開治療室防護門，觀察射源是否收回，以檢查門聯鎖開關是否正常。

E.要求標準：運作正常。

(11)射源參數確認

A.目的：確保每次治療射源參數之準確性。

B.測試工具：目視檢查。

C.實施頻率：每日治療檢查、每月檢查、射源更換時檢查。

D.步驟：

a.開啟電源。

b.從螢幕上核對射源參數。

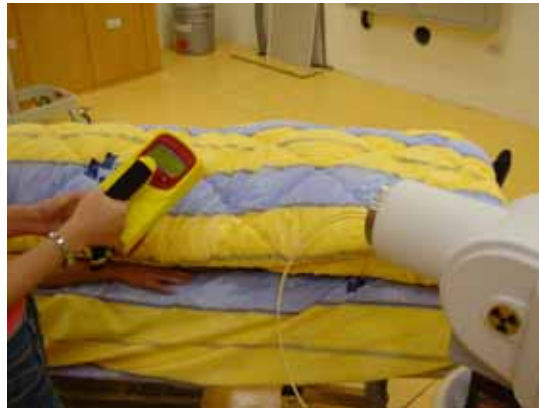
E.要求標準：與治療計畫系統相同。



(12)治療完畢後之輻射偵測

A.目的：確認每次治療完成後，射源沒有遺留在病患體內。

- B.測試工具：輻射偵檢器。
- C.實施頻率：每日治療檢查。
- D.步驟：
 - a.取用輻射偵檢器。
 - b.在病患治療位置偵測有無輻射劑量。
- E.要求標準：背景值。



(13)備用電池測試

- A.目的：確保在電力中斷時，近接治療儀仍具有回收射源之功能。
- B.測試工具：手動檢查。
- C.實施頻率：每月治療檢查。
- D.步驟：
 - a.Beam on。
 - b.在 Beam on 過程中關閉近接治療儀電源。
 - c.觀察射源是否自動收回至 Main Safe 內。
- E.要求標準：正常。

六、結論與建議：

針對醫院放射腫瘤治療部門而言，測量 ^{192}Ir 近接治療射源之參考空氣克馬率，最常用的兩種方法為以 0.6 cm^3 游離腔於空氣中測量及以井型游離腔測量。其中第一種方法所需設備較簡單，為一般放射治療部門用於校正 ^{60}Co 遠隔治療機或直線加速器劑量之 0.6 cm^3 Farmer 型游離腔即可，但此方法主要之缺點為射源與游離腔距離之相對位置較難掌握，導致重複性較差。第二種方法則需添購井型游離腔，始可獨立作業，此型游離腔若對 ^{192}Ir 射源有專屬性，則準確度可大幅提高。此兩種方法在國外醫院使用的經驗均已相當成熟，在本計畫的量測比對結果亦極為一致。

此外，本計畫彙整國外文獻建議及國內游離輻射防護法相關規定，完成醫院近接治療劑量品保作業程序之研擬，可作為未來國內醫院擬訂近接治療品質保證計畫及實際執行品保作業之參考。

七、參考文獻

1. B. M. Coursey, L. J. Goodman, D. D. Hoppes, R. Loevinger, W. L. McLaughlin, C. G. Soares and J. T. Weaver, "The needs for Brachytherapy Source Calibration in the United States," Nucl. Instr. and Meth. in Phys. Res. A312, 246 (1992)
2. J. F. Williamson and R. Nath, "Clinical Implementation of AAPM Task Group 32 Recommendations on Brachtherapy Source Strength Specification," Med. Phys. 18(3), 439 (1999)
3. L. Bueermann, H. M. Kramer, H. Schrader and H. J. Selbach, "Activity Determination of ^{192}Ir Solid Sources by Ionization Chamber Measurements Using Calculated Corrections for Self-absorption," Nucl. Instr. and Meth. In Phys. Res. A 339, 369 (1994)
4. M. J. Rossiter, T. T. Williams and G. A. Bass, "Air Kerma Rate Calibration of Small Source of ^{60}Co , ^{137}Cs , ^{226}Ra and ^{192}Ir ." Phys. Med. Biol. Vol.36, No.2, 279 (1991)
5. T. P. Selvam, K. N. G. Rajan, P. S. Nagarajan, P. Sethulakshmi and B. C. Bhatt, "Monte Carlo Aided Room Sactter Studies in the Primary Air Kerma Strength Standarditation of a Remote Afterloading ^{192}Ir HDR Source," Phys. Med. Biol. 46, 2299 (2001)
6. D. Baltas, K. Geramani, G. T. Ioannidis, K. Hierholz, B. Rogge, C. Kolotas, K. Muller-Sievers, N. Milickovic, B. Kober and N. Zamboglou, "Comparison of Calibration Procedures for ^{192}Ir High-Dose-rate Brachytherapy Sources," I. J. Radiation Boil. Phys. Vol.43, No.3, 653 (1999)
7. F. Verhaegen, E. Van Dijk, H. Thierens, A. Albers and J. Seuntjens, "Calibration of Low Activity ^{192}Ir Brachytherapy Sources in Terms of Reference Air Kerma Rate with Large Volume Spherical Ionization Chambers," Phys. Med. Biol. Vol.37, No11, 2071 (1992)
8. R. Nath, L. L. Anderson, G. Luxton, K. A. Weaver, J. F. Williamson, A. S. Meigooni, "Report of AAPM Radiation Therapy Committee Task Group 43 : Dosimetry of Interstitial Brachytherapy Sources," American Association of Physicists in Medicine by the American Institute of Physics (1995)
9. M. J. Woods, M. J. Rossiter, J. P. Sephton, T. T. Williams and S. E. M. Lucas,

- “¹⁹²Ir Brachytherapy Sources : Calibration of the NPL Secondary Standard Radionuclide Calibrator,” Nucl. Instr. And Meth. in Phys. Res. A312, 257 (1992)
10. J. T. Weaver, T. P. Loftus and R. Loevinger, “Calibration of Gamma-Ray-Emitting Brachytherapy Sources,” NIST Special Publication 250-19 (1988)
 11. S. J. Goetsch, F. H. Attix, D. W. Pearson and B. R. Thomadsen, “Calibration of ¹⁹²Ir High-Dose-Rate Afterloading Systems,” Med. Phys. 18 (3), 462 (1991)
 12. S. J. Goetsch, F.H. Attix, L. A. Dewerd and B. R. Thomadsen, “A New Re-entrant Ionization Chamber for the Calibration of Iridium-192 High Dose Rate Sources,” I. J. Radiation Oncology Biol. Phys. Vol.24, 167 (1992)
 13. D. Baltas, K. Geramani, G. T. Ioannidis, K. Hierholz, B. Rogge, C. Kolotas, K. Müller-Sievers, N. Milickovic, B. Kober and N. Zamboglou “Comparison of Calibration Procedures for ¹⁹²Ir High-Dose-Rate Brachytherapy Source,” Int. J. Radiation Oncology Biol. Phys. Vol. 43, No 3, 653 (1999)
 14. G. P. Glasgow, J. D. Bourland, P. W. Grigsby, J. A. Meli and K. A. Weaver, “A Report of AAPM Task Group No.41 Remote Afterloading Technology,” American Association of Physicists in Medicine by the American Institute of Physics (1993)
 15. G. Ezzell, “Evaluation of Calibration Technique for The MicroSelectron HDR,” Mould RF Brachytherapy 2, Proceedings Brachytherapy Working Conference 5th International Selectron Users (1989)
 16. I. M. Hwang, “Nucletron MicroSelectron Source Renew Acceptance Test-The Experience in NCKUH,” Therapeutic Radiology and Oncolog; 3, 239 (1996)
 17. F. M. Khan, The Physics of Radiation Therapy. 2nd Edition, U.S.A. Williams&Wilkins, 428-444 (1994)