

貯存及管理 放射源指南

中國香港特別行政區
衛生署放射衛生科

二零一九年十月

目錄

序言.....	3
(一) 管理人員的責任.....	5
(二) 風險評估.....	5
(三) 接收放射源.....	6
(四) 標籤放射源.....	6
(五) 貯存放射源.....	7
(六) 核算放射源.....	8
(七) 滲漏測試.....	10
(八) 記錄的保存.....	11
(九) 棄置放射源.....	11
(十) 輻射事故.....	12
參考文獻.....	13
附錄.....	14

定義 (按輻射條例釋義)

「**放射性物質**」指由任何天然或人工的放射性化學元素組成的任何物質，或包含該等元素的任何物質，而其放射性比度，以每克物質計算，超逾 75 貝克勒爾的源放射性化學元素。

「**密封源**」指永久封裝在容器內的放射性物質，而封裝的方式是除非容器損壞，否則該放射性物質或其任何部分不能脫離容器，但封裝方式亦能容許輻射的發射。

序言

這是一份提供有關安全貯存及保管密封放射源的指南。然而，指南內的建議並非凌駕良好的專業判斷。

密封放射源在醫學，工業，科研等廣泛範疇上都有應用。假如沒有妥善地管理這些放射源，引致遺失或被人不適當地處理時，可能會令從業員及公眾受到不必要的輻射照射。若事故涉及高活度放射源，可能會令處理者和公眾受到嚴重的輻射損傷，在極端的情況下，甚至會導致死亡。

一個完善的管理制度能夠把放射源維持於良好的狀態，也便於追蹤及監控放射源的下落。此外，有完善紀錄的程序化管理能為放射源的未來處置帶來更安全，可靠和合乎成本效益的管理方案。而且，完善的管理制度更可大大減低意外和被人惡意取用放射源的風險。因此，提高員工對於放射源管理的警覺及推動安全文化是極為重要的。

請注意，放射性物質的管有者及使用者是受到輻射(管制放射性物質)規例第 303A 章及相關牌照條款所約束。此指南並不能取代以上的法律規定，而遵守這指南的規範也不一定減低持牌人在法律及牌照下的責任。在此考量下，此指南仍可協助您建立和執行一個放射源管理及監控制度。如有疑問，請參考法例及個別牌照的條款。

如需進一步的意見，可通過以下渠道聯絡放射衛生科：

電話: 2886 1551

傳真: 2834 1224

電郵: rhd@dh.gov.hk

地址: 香港西灣河太康街 28 號西灣河健康中心 3 樓

此指南可於以下網頁下載：

https://www.rhd.gov.hk/tc/pdf/guidance_rs_storage_chinese.pdf (中文版)

https://www.rhd.gov.hk/english/pdf/guidance_rs_storage_english.pdf (英文版)

(一) 管理人員的責任

1. 管理人員須承擔所有責任，當中包括計劃、組織、控制、監察及檢討管制措施的責任。
2. 管理人員的責任還包括以下各點：
 - i. 在從事任何與放射性物質有關的活動之前，須進行適當的風險評估。制定應變計劃，以應付可能發生的輻射事故。
 - ii. 為所有劃出的控制區域制訂場地守則，以說明管制使用電離輻射的安排。
 - iii. 委任曾受輻射防護知識培訓的員工為監督人員，以確保所訂立的場地守則能有效地執行。此監督人員需得到輻射管理局的核准以及列名於相關放射性物質牌照的條款中。
 - iv. 確保每位輻射防護監督人員擁有全部受管制密封放射源的清單記錄。
 - v. 保存關於盤點及管制密封放射源的記錄。
 - vi. 協助輻射防護監督訓練放射源使用者。
 - vii. 與輻射防護監督或放射源使用者協調有關採購密封放射源的事宜。
 - viii. 執行接收放射源檢查及滲漏測試。
 - ix. 監察貯存及使用放射性物質的場地。
 - x. 定期審查場所內放射源的貯存及盤點情況並保留適當的審計記錄。
3. 管理人員可諮詢或委任一位適當的輻射防護顧問草擬場地守則、制定監管工作的安排、委任輻射防護監督人員、實施風險評估、制定應變計劃、進行劑量評估以及安排醫學監察項目等。

(二) 風險評估

4. 管理人員與輻射防護監督須為每個新設或現有的貯存場所進行風險評估。一般而言，評估的內容包括：
 - i. 找出一些潛在的危險和威脅，並查找引致這些危害的原因
 - ii. 預算危害帶來的影響
 - iii. 考量各種能夠減低威脅及風險的可行方案
5. 採取安全措施以消除或減低評估發現的風險，如有需要可為有關人士提供指引及適當的訓練以減低輻射照射。

6. 管理人員應查找一些有機會令人從一次性照射便達到過量輻射照射的程序，並另設一個後備管制區域，在發生輻射意外或事故時限制其他人士進入受污染範圍。而風險評估須至少每年或在每次發生轉變時進行檢討。

(三) 接收放射源

7. 在接收密封放射源之前，管理人員應先委任一位合適的輻射防護監督。而當放射源到達時，應立即通知負責的輻射防護監督，以確保放射源由始至終都得到適當的處理和監管。
8. 仔細檢查密封放射源的包裝是否有損毀或污染。除了不適合擦拭測試的氣體密封放射源及氚外，輻射防護監督或受過訓練的使用者應在收到放射源時，根據本指南第七部分進行放射源滲漏測試。放射源應存放於一個牌照核准的貯物房或裝置內，並更新輻射防護監督及貯存場所的記錄冊，以登記新密封放射源的資料。

(四) 標籤放射源

9. 所有的密封放射源，不論活度強弱，也應貼上標籤，以減低遺失或未經允許使用的機會。在實際情況許可下，應使用標準顏色及設計的標籤，使有關人士可即時辨認出放射源的資料。
10. 標籤應直接加到密封放射源上。若實際情況不許可，如放射源體積太小，可將標籤加到放射源的貯存容器、裝置或所在地，並設定一些方法來辨認標籤所屬的放射源，例如利用放射源上的序號或在不損害放射源完整性的情況下，於放射源加上一個永久且獨一的識別編號。
11. 標籤應列明以下資料：
 - i. 放射性核素
 - ii. 放射源活度
 - iii. 檢測日期
 - iv. 放射源和容器或裝置的型號及序號
 - v. 尋找輻射防護監督的方法
 - vi. 觸點放射劑量率水平
 - vii. 可移除污染水平
 - viii. 監測日期

- ix. 進行監測的人員名稱
 - x. 意外洩漏或散播時應採取的行動
12. 標籤應採用耐用的物料製造，使其在裝置或貯存容器的可用期限內仍能保持清晰易辨。標籤應貼在容易看到的位置上，貯存地點亦應加上標籤，使核算放射源時易於辨認。
 13. 若打開密封放射源的容器或改變放射源於容器內的位置會導致容器表面的輻射強度有顯著改變的話，此項資料應記在標籤上，使操作者可容易看到。
 14. 電子型式的標籤如條碼再配合可以閱讀的標籤也可使用。此方式可減少人為錯誤及解決放射源體積細小不便標籤的問題。

(五) 貯存放射源

15. 應保持良好的貯存習慣，以避免有人在未經授權下處理密封放射源，並減低放射源破裂、遺失、及意外暴露的風險。
16. 貯存地點、容器和裝置應與個別放射源配合，並且只用作存放放射性物質。在初次使用這些貯存設施前，應先進行輻射及污染監測。隨後，在輻射防護監督的指示下，應定期進行監測。此外，當貯存狀態有轉變而影響了輻射防護條件時，如接收了新的密封放射源或改動防護屏障，也應從新進行監測。
17. 貯存密封放射源的地點應：
 - i. 與已佔用空間分隔或設置於管制區域之內。
 - ii. 採用能減低火災和惡劣天氣破壞的設計。
 - iii. 沒有存放易燃或可燃的物質。
 - iv. 以機械或電子方式鎖上，並定期進行監察。
 - v. 能提供足夠的屏障或利用管制措施使地點外的人士受到的劑量率不會超逾 1mSv/y ，而貯存地點牆外的輻射劑量率也不超逾 $1\mu\text{Sv/h}$ 。
 - vi. 能提供適當的通風設備，以防止放射性物質意外擴散時氣體和蒸汽的積聚。
 - vii. 在當眼處展示警告標誌，並寫有輻射防護監督的名稱及聯絡電話。如有需要，可在貯物房入口處張貼告示，說明房內貯存的放射源以及它們可能引起的危害。
18. 若只存有小量微弱的放射源，這些放射源可貯存在普通貯物房的金屬箱內。

而金屬箱應：

- i. 在設計上可減低火災造成的破壞，以及一切在正常或不適當使用情況下造成的損害。
- ii. 沒有存放易燃或可燃的物質。
- iii. 以機械或電子方式鎖上，並定期進行監察。
- iv. 提供適當的屏障以確保金屬箱附近的環境劑量率不會超逾 $1\mu\text{Sv/h}$ 。
- v. 在當眼處展示輻射警告標誌。

19. 在下列的情況下，應加強放射源的管制：

- i. 單一放射源的活度超過附錄表一所列的數值 (D 值)。
- ii. 同一種放射核素的多個放射源共同貯存，總活度超過 D 值。
- iii. 不同放射核素的放射源共同貯存，集合數量 $A_1/D_1 + A_2/D_2 + A_3/D_3 \dots \geq 1$ 。(註：A₁, A₂, A₃, 等為各個放射源的活度，D₁, D₂, D₃, 等為個別放射核素相應的 D 值)。

20. 放射源可按照國際原子能機構定義的放射源分類方法(附錄表二)進行分類，而被歸納為第一類至第三類的放射源，應符合以下附加的保安要求：

i. 第一類放射源

此類放射源必須受到嚴密的保安措施保護，而這些措施需能提供足夠的延誤時間，讓保安人員能及時發現入侵的行為，及有足夠的延誤時間讓保安或警務人員阻截未經授權帶走放射源的行為。

ii. 第二類放射源

此類放射源必須受到嚴密的保安措施保護，而這些措施需能提供足夠的延誤時間，讓保安人員能及時發現未經授權帶走放射源的行為。

iii. 第三類放射源

此類放射源必須受到嚴密的保安措施保護，以防止任何未經授權接觸放射源的行為。

21. 保安措施可包括出入管制，門鎖管制，閉路電視監察，人手監視等，或任何符合以上保安要求的措施。

(六) 核算放射源

22. 設立適當的點算程序，以確保有關人士知悉放射源的擺放位置。所有需點算的密封放射源應至少每六個月清點一次。清點範圍包括：

- i. 確定放射源所在的位置
 - ii. 核實相關的標語及標籤是否存在並且內容準確無誤
 - iii. 檢查貯存地點、容器和裝置是否恰當
23. 每個放射源的記錄都需包含以下資料：
- i. 放射源持有人的名稱及所屬機構
 - ii. 輻射防護監督的資料
 - iii. 接收放射源的日期
 - iv. 放射核素的類別
 - v. 活度及量度活度的日期
 - vi. 放射物質所在的位置
 - vii. 放射源的狀態 (如棄置、全新、不能通過滲漏測試等)
 - viii. 首次 / 接收時的滲漏測試資料
 - ix. 放射源或蘊含放射源的裝置的照片
24. 管理人員應在每個使用場地，為每個密封放射源保留一份相關記錄。而每個輻射防護監督也應為其下所負責的放射源保留各自一份記錄。當安排好清點放射源及 / 或進行滲漏測試的日期，這些資料亦應交予管理人員更新記錄。
25. 對於一些牢固地安裝在機器或其他固定工具上的放射源，需每月檢查一次。但在每次保養或維修時，放射源可能會被影響，所以完成這些程序後，便需要額外的檢查。這些記錄應保存十二個月或以上。
26. 對於一些可攜式放射源或可攜式裝置如濕度 / 密度測量儀或伽瑪射線照相投影器內的放射源，輻射防護監督應每天檢查及作出記錄。至於實驗室內的開放式放射源，更要知悉每個房間存有的放射核素及其放射活度，並需保留所有訂單、接收貨物單據、和貯存及棄置放射物質的記錄。
27. 當發現遺失了或未有妥善貯存及標籤一些已登記的密封放射源時，應即時通知管理人員。
28. 雖然受豁免的密封放射源對公眾做成危險的機會較小，但不論其活度多少，也應採取適當的程序以避免遺失。例如可以實行一些措施限制放射源移離指定地點。若需要移走放射源，也應設立行政措施追蹤放射源的位置。

(七) 滲漏測試

29. 除了那些不適合進行擦拭測試的淨氣體放射性物質或氬外，密封放射源應在接收及懷疑有損毀時(如在接觸位置或貯存器具偵測到輻射污染)進行擦拭測試。隨後應根據放射源的類別，設計，使用環境及適用的法例或牌照要求，定時進行擦拭測試。
30. 密封放射源的完整性可利用擦拭測試或其他國際標準如 ISO9978:1992，ISO2919:1999 或一些國家標準如 ANSI N43.6-199 建議的滲漏測試方法來確定。這些測試應由牌照所規定，在輻射防護知識上受過適當訓練的合資格人員進行。
31. 電鍍放射源在進行滲漏測試時，不應直接擦拭其薄膜表面。檢測人員可透過量度貯存容器或一些儀器(如氣相色譜分析裝置)的排氣管道的輻射活度，便可得知放射源是否有滲漏。
32. 包含在屏障或裝置內的密封放射源的完整性，可透過擦拭放射源在損毀時最可能出現污染的地方，來進行檢測及判斷。
33. 由於高活度的放射源會引致高全身劑量或高肢體劑量，檢測人員不應直接接觸這類放射源來進行滲漏測試。取而代之的方法，是利用搖控裝置或一些間接的監察技術，如檢驗排氣管導或一些可能被污染而又可安全進入的地方。
34. 當直接使用擦拭測試於放射源的表面時，如其所測量得到的活度不超過 0.2kBq 或約 5nCi，此放射源可視為通過滲漏測試。
35. 如滲漏測試只可在最可能被放射源污染的地方進行(如第 33 段的情況)，即使測量所得的活度不超過 0.2kBq，亦應定立一些程序去決定放射源是否有滲漏。其中一個方法是定時再進行擦拭測試，觀察其活度是否有上升的趨勢。
36. 若密封放射源不再投入服務，便不需要定期接受滲漏測試。除非有其他輻射安全的考慮，此放射源才需繼續定期進行測試，並應貯存在控制區域及於重新投入服務前進行定期的清點程序。
37. 若放射源貯存在一個對人們不安全或不可進入的地方，如缺乏氧氣或輻射水平極高，有關人員便不需定期為其進行清點及滲漏測試，適當的措施是限制任何人士進入該處範圍及進行輻射污染監察，以確定即使放射源滲漏時也不

致造成污染擴散。

38. 任何不能通過滲漏測試的密封放射源應立即從服務中抽起，並用另外一個容器盛載以避免污染擴散。所有曾接觸滲漏放射源的人士和設備，包括運輸工具及工作場所，都需要進行污染檢查。滲漏的放射源應退回給製造商、交與合資格人士修補、或在輻射管理局書面批准下按指定方法棄置。
39. 滲漏測試的記錄應適當地保存，並包括以下資料：
 - i. 放射源的類別
 - ii. 測試日期和原因
 - iii. 測試方法
 - iv. 測試結果
 - v. 若放射源不能通過測試，已採取的相應的行動
 - vi. 測試人員的姓名和簽署

(八) 記錄的保存

40. 不論放射源是否已被棄置，管理人員亦應保留放射源的記錄，包括其滲漏測試資料，直至有關牌照被輻射管理局註銷。
41. 管理人員須保留放射源於貯存和清點方面的年度審計記錄，保存期為五年。
42. 使用適當的記錄系統，記錄放射源從貯存庫的進出情況。這些記錄應保留至有關放射源按照輻射管理局書面批准下棄置。記錄的準確性應最少每年檢查一次。

(九) 棄置放射源

43. 輻射(管制放射性物質)規例第 303A 章第 9 條說明「除按管理局在一般情況下藉憲報公告批准或在任何個別情況下以書面批准的方法外，任何人不得從任何地方處置或致使或允許從任何地方處置任何放射性廢料」。不再使用的密封放射源或含有密封放射源的裝置應退回製造商棄置。

(十) 輻射事故

44. 當發現遺失放射源或放射源被盜取、或清單上的記錄與現狀不符，使用者應即時通知輻射防護監督，再轉告管理人員。管理人員應立即將事故向警方及輻射管理局報告。後者報告若以口頭進行，便應在四十八小時內書面通知輻射管理局。此外，管理人員需要在所有的使用地點、運送路線及收集點進行正式的搜索。
45. 對於一些涉及病人在進行醫學護理期間出現的不尋常現象，有關人士應根據牌照條款規定來處理。如發生輻射洩漏或其他牽涉放射性物質而可引致任何人的安全或健康受到或可能受到不利影響的事故，管理人員在知悉事故的事實後，應盡快向輻射管理局報告。同時，管理人員應啟動應變計劃，以防止事故造成更大的破壞及減低輻射污染的擴散。

參考文獻

1. DOE 1999. DOE G 441.1-13. Sealed Radioactive Source Accountability and Control Guide, dated 04-15-99. Department of Energy, US.
2. DOE G 441.1-1B, Radiation Protection Programs Guide for Use with Title 10, Code of Federal Regulations, Part 835, Occupational Radiation Protection; Chapter 15 “Sealed Radioactive Source Accountability and Control; Department of Energy, US. (2007).
3. Control of radioactive substances, Ionizing Radiation Protection Series No 8, Health and Safety Executive Information Sheet, UK (2001).
4. Fact Sheet on Sealed Radioactive Source Management, IAEA.
5. JSP 392: Instructions for Radiation Protection, Chapter 25 “Storage and accounting for radioactive materials”, Ministry of Defence, UK.
6. JSP 392 – Radiation Safety Handbook – Volume 2, Leaflet 9 – Storage, accounting and leak testing of radioactive material, Ministry of Defence, UK (2008).
7. Code of Practice for the Security of Radioactive Source, Radiation Protection Series No. 11, Australian Radiation Protection and Nuclear Safety Agency, January 2007.
8. International Atomic Energy Agency, Categorization of radioactive sources, IAEA-TECDOC-1344, Vienna (2003).
9. ISO 9978:1992, International Standard Radiation Protection – Sealed radioactive sources - Leakage test methods.
10. ISO 2919:1999, International Standard Radiation Protection – Sealed radioactive sources - General requirements and classification.
11. ANSI (American National Standards Institute) 1977. Sealed Radioactive Sources, Classification. ANSI N43.6-1977. New York.

附錄

表一 危險放射源活度 (D 值)

放射性核素	D 值 活度水平 (GBq)
鎳-241	60
鎳-241/ 鈹	60
鐳-109	20, 000
銻-137	100
鐳-252	20
鈷-57	700
鈷-60	30
錒-244	50
釷-153	1, 000
銻-68	700
金-198	200
碘-125	200
碘-131	200
銻-192	80
鐵-55	800, 000
氦-85	30, 000
鋁-99	300
鎳-63	60, 000
鈾-103	90, 000
磷-32	10, 000
鈾-238	60
鈾-239/ 鈹	60
鈾-210	60
鉅-147	40, 000
鐳-226	40
鈳-106 (銻-106)	300
硒-75	200
銻-90 (銻-90)	1, 000
鐳-99m	700
鈾-204	20, 000
銻-170	20, 000
氫氣 (H-3)	2, 000, 000
鐳-169	300

表二 以活度比例將放射源分類

類別	活度比例 (A/D) ⁺
1	$A/D \geq 1000$
2	$1000 > A/D \geq 10$
3	$10 > A/D \geq 1$
4	$1 > A/D \geq 0.01$
5	$0.01 > A/D > \text{豁免值}/D$

⁺註：

A 是一個放射源或一組放射源（包括同位素）結集的總活度，以 GBq 為單位；

D 是列舉在表一第二欄的數值，以 GBq 為單位。

放射性核素的 D 值是一個活度水平，當放射源的活度達到這個水平，將會被列為危險放射源。放射源的類別主要取決於其活度與 D 值的比例 (A/D)。