

放射性同位素工作的
勞 動 衛 生

六-165

人民衛生出版社

131

做创造性世界工作的
各 國 醫 生

人民卫生出版社

放射性同位素工作的 勞 動 衛 生

衛生宣傳教育工作的資料

C. M. 高羅金斯基 著
Г. M. 帕爾霍敏科

蘇聯醫學科學院院士
A. A. 列塔維特教授 審校

孫本志 博 彥 譯

劉維勤 校

人民衛生出版社

一九五六年·北京

內 容 提 要

目前，放射性同位素日益廣泛地應用於科學技術的各個部門中，因此，預防放射性同位素職業病，是保證工作人員在健康條件下工作的重要的前提。

本書不但闡述了關於放射性同位素對於機體的作用，而最重要的是，在預防放射性同位素的危害方面提出了基本的防護措施。本書適用於放射性同位素工作人員及一般醫師。

С. М. ГОРОДИНСКИЙ и Г. М. ПАРХОМЕНКО

ГИГИЕНА ТРУДА ПРИ РАБОТЕ С РАДИОАКТИВНЫМИ ИЗОТОПАМИ

МАТЕРИАЛЫ
ДЛЯ САНИТАРНО-ПРОСВЕТИТЕЛЬНОЙ
РАБОТЫ

Под редакцией
действительного члена АМН СССР
проф. А. А. ЛЕТАВЕТА

МЕДИЗ-1955-МОСКВА

放射性同位素工作的勞動衛生

開本: 787 X 1092/32

印張: 1 1/16

字數: 20千字

孫本志 博彥 譯

人 民 衛 生 出 版 社 出 版

(北京書刊出版業營業許可證出字第〇四六號)

• 北京崇文區錢子胡同三十六號 •

人民衛生出版社
長 春 印 刷 廠 印刷 • 新華書店發行

統一書號: 14048 • 1069

定 價: (9) 0.20 元

1956年11月第1版—第1次印刷

(長春版) 印數: 1—8,800

序 言

我們党第十九次代表大会关于第五个五年计划的指示中规定：进一步改善和健全劳动条件，进一步降低一般發病率和职业發病率，是工业衛生方面的重要任务。

本書是討論劳动衛生学中的最迫切的問題之一，即是在人工放射性同位素工作中創造健康的劳动条件的問題。由於放射性同位素在很多科学技術部門中日益廣泛的应用，如果不遵守必要的工作規則，就会引起职业病。

在放射性同位素的工作中，工作人員了解放射性同位素对人体作用的方式及其安全操作規則，對於創造健康的劳动条件和预防职业病，是一項最重要的前提。

这本供給医师使用的小冊子里所叙述的材料，可以作为在放射性同位素工作人員中進行衛生宣傳教育的基本材料。这些材料是根据全苏衛生監督局所批准的放射性同位素工作的衛生法規編寫而成的。

目 錄

序言

一、放射性同位素及其对机体作用的一些資料	1
(一) 人工放射性同位素的應用	1
(二) 放射性同位素物理性質的一些資料	1
(三) 放射性同位素對機體作用的方式	6
(四) 放射性同位素對機體作用的一般資料	8
二、最高容許濃度和最高照射級	10
三、人工放射性同位素工作中的防护措施	11
(一) 放射性同位素工作室設備的衛生要求	11
(二) 放射性同位素工作室的清潔保持	13
(三) 放射性同位素的運輸與保存	15
(四) 放射性同位素工作法規與個體防禦方法	16
(五) 醫療預防措施	18
四、对放射性同位素工作人員進行衛生 指導时的教育方法指示	20
五、对使用人工放射性同位素工作 人員的衛生指導大綱	22
附錄 1 β -射線的防护	24
附錄 2 γ -射線的防护	25
附錄 3 以毫克鐳当量表示的 1 毫居里同位素的 γ -射線的放射性表	29

一、放射性同位素及其對機體 作用的一些資料

(一) 人工放射性同位素的應用

使用人工放射性同位素的研究工作，現今日益廣泛地普及到各个科學技術部門中去。

人工放射性同位素最廣泛的應用，是用作示踪原子。放射性同位素在其蛻變的過程中，放射出 β -和 γ -射線的這種特性，是示踪原子方法的基礎，應用專門儀器可以測知這些射線。

把少量人工放射性同位素加到穩定的同位素中，或者把示踪原子加到分子中，就能追蹤原子和分子在各種不同的條件下的活動。

示踪原子方法的應用是多種多樣的。放射性同位素可用來測定合金結構、分子構造、工業上分離物質的檢查，以及作為某種金屬的磨損試驗、研究催化過程和研究植物生活狀態等。

示踪原子方法同樣也在生物學和醫學方面得到了廣泛的應用。把少量放射性同位素導入體內，可以研究物質新陳代謝過程和各種鹽類的吸收、分佈以及自體內排出的過程，還可測定血流的速度、腫瘤的位置等。

此外，放射性同位素在醫學方面還能用來治療各種惡性腫瘤、血液病和其他疾病。

(二) 放射性同位素物理性質的一些資料

放射性學說是物理學中的一個龐大的獨立部分，它的詳

尽叙述可以参阅专门文献。在这本小册子里，提供有关放射性同位素物理性质的一些基本知识，这些知识对于了解放射性同位素对机体的生物学作用方面是非常需要的。

大家都知道，原子是由原子核以及在它周围旋转着的、带有负电荷的基本粒子——电子所组成的。原子核是由质子（带正电荷的粒子）和中子（不带电的粒子）所组成的。

原子核里的质子数决定元素的原子序数。例如，铅的原子核里有 82 个质子，在门捷列夫的周期表里占第 82 号位置。元素的原子量（或元素的整数——质量数）决定于原子核里的质子和中子的总数。

具有同一原子序数而质量数不同的化学元素的原子叫做同位素。同一元素的同位素其质子数相同，而原子核里的中子数是不相同的。

同一元素的同位素在化学性质上几乎是完全相同的。

1934 年约里奥-居里夫妇第一次获得了人工放射性同位素。放射性同位素和稳定的同位素不同，放射性同位素的原子核里中子和质子的组合是不安定的，这样的原子核能自发地蜕变。

目前，几乎在所有的化学元素里都得到了人工放射性同位素。在下表中提出现在广泛应用的某些放射性同位素的物理性质。

当各种人工放射性同位素原子核蜕变时，或只发射 β -射线，或者发射 β -和 γ -射线。

β -射线是运动着的电子流。由表中可以看出， β -粒子在空气里和组织里的射程是取决于粒子的能量。例如，具有 0.15—0.17 MeV（放射性碳— C^{14} 和放射性硫— S^{35} 所放射出的 β -粒子的能量）能量的 β -粒子，在空气里的射程大约是 30cm，在铝

里的射程是 0.15mm，在有生命的組織內的射程是 1mm。

由放射性磷發射出的具有 1.7 MeV 的 β -粒子的射程，在空氣里等於 5.8 m，在鋁里是 3 mm，在有生命的組織內約為 7mm。

當某些同位素在放射性蛻變時，放射出 γ -射綫。 γ -射綫也如同倫琴射綫一樣，是一種電磁波；原子核發射的 γ -射綫和倫琴射綫是不同的； γ -射綫和倫琴射綫一樣，具有很大的穿透力。穿透力是決定於該種同位素的 γ -射綫量子所特有的能量。

從表中可以看出，所列举的放射性同位素中，以下列幾種同位素具有極硬的和穿透力很強的 γ -射綫：鈷 (Co^{60})、鐵 (Fe^{59})、氯 (Cl^{38})、鋅 (Zn^{65})、砷 (As^{76})、鈉 (Na^{24}) 和一些其他的元素。

每種元素都有一定的“半衰期”，即在這一時期內，各該同位素的原子有 50% 蛻變。

某些同位素 (Co^{60} 、 C^{14} 、 Zn^{65} 等) 有很長的半衰期，在評定這些同位素對機體可能發生的生物學作用時，是應該考慮到它們的半衰期的。

為了確定放射性同位素工作對機體的毒性作用問題，了解所規定的物理測量單位是很重要的，因為最高容許劑量和照射級用這些單位來表示。

放射性物質的 β -射綫放射性用居里 (C) 作單位。一居里是放射性物質在 1 秒鐘內有 3.7×10^{10} 個放射性原子發生分裂。1 居里 = 10^3 毫居里 (mC) = 10^6 微居里 (μC)。

在一定的條件下，把等於 1 毫克鐳 (毫克鐳當量) 的 γ -射綫單位作為 γ -射綫的放射性單位。任一試劑的點源，在距離 1 cm 遠的空氣里，1 小時內產生相當於 8.35 倫琴的物理劑

某些人工放射性同位素的物理性質*

同位素 名稱	半衰期	放射線種類	能 量(MeV)		1 毫居里強度等 於毫克鐳當量數	β-粒子的射程		
			β-粒子	γ-量子		空氣層(m)	水層(mm)	鉛層(mm)
${}^6\text{C}^{14}$	5.7—10 ³ 年	β-	0.156 0.15	—	—	約0.3	0.5	0.15
${}^7\text{N}^{13}$	9.93分	β ⁺ , γ	0.92 1.2	0.28	0.74	3.8	6.0	1.9
${}^{11}\text{Na}^{24}$	14.8小時	β-, γ	1.39	1.38 2.758	1.58	4.5	7.3	2.3
${}^{15}\text{P}^{32}$	14.3天	β-	1.79	—	—	6.0	9.8	3.0
${}^{16}\text{S}^{36}$	87.1天	β-	0.17	—	—	0.3	0.5	0.15
${}^{17}\text{Cl}^{38}$	37分	β-, γ	1.1 2.8 5.0	1.63 2.15	1.11	14.0	22.3	7.0

$^{59}\text{Fe}^{28}$	46天	β^{-}, τ	0.26 0.46	1.1 1.3	0.79	0.85	1.35	0.426
$^{60}\text{Co}^{27}$	5.08年	β^{-}, τ	0.3	1.17 1.3	1.6	0.56	0.8	0.28
$^{61}\text{Cu}^{29}$	3.3小時	β^{+}	0.94	—	—	2.6	4.0	1.3
$^{65}\text{Zn}^{30}$	250天	β^{+}, τ	0.36 0.15	1.118	0.33	0.85	1.35	0.426
$^{76}\text{As}^{33}$	26.8小時	β^{+}, τ	1.2; 2.4 (β^{-}) 0.9; 3.0 (β^{+})	0.5 1.2 1.17	0.27	9.5	15	5.0
$^{82}\text{Br}^{35}$	33.9小時	β^{-}, τ	0.465	0.547 1.35 0.787	1.8	1.2	1.87	0.59
$^{124}\text{Sb}^{51}$	60天	β^{-}, τ	0.4; 0.6 1.5; 2.3	0.66 1.72	1.41	5.4	8.5	2.7
$^{131}\text{I}^{53}$	8天	β^{-}, τ	0.6 0.25	0.364 0.08	0.5	1.57	2.4	0.77

* 關於放射性同位素半衰期和輻射能量的資料，是從 В. Джемелов 和 С. Петрович 在“Успехи физических Наук”雜誌 1950 年第十一卷第四期上所發表的原子核的表上摘錄下來的。

量率，其 γ -射綫強度叫做1毫克鐳當量。倫琴(r)是 γ -射綫(也是倫琴射綫)的物理劑量單位，在0°C，標準氣壓下，用倫琴射綫照射空氣使之完全電離，每1立方厘米受照容積，形成一靜電單位的電荷(陰電荷及陽電荷)。根據全蘇標準(OCT) 7623。

附註：把全部放射能完全應用在電離作用上叫完全電離作用。

包括單位時間的物理劑量叫物理劑量率。 γ -射綫的物理劑量率通常用每小時倫琴(倫琴/小時)、每分倫琴(倫琴/分)、每微倫琴(微倫琴/秒)等來表示。

(三) 放射性同位素對機體作用的方式

當放射性同位素侵入體內或使人體受到外部照射時，對於工作人員能夠引起危害的作用。在上述兩種情況下，同位素的作用均與它們在蛻變時發射出的 β -和 γ -射綫的能量有關。

在一切操作過程中，當空氣中可能受到粉末、氣體或蒸氣狀態的放射性同位素污染時，這些物質都有由呼吸侵入肺內的危險。同樣，也能經口吞嚥一些物質並通過消化道侵入體內。在這種情況下，同位素的吸收是由它們在水和弱酸中的溶解度，以及其他的一些條件來決定的。

用嘴藉吸移管不小心地吸取放射性溶液時，以及用污染的手吃飯或吸煙時，大量的放射性同位素能侵入胃內。當手、臉及其他部位被放射性同位素污染時，放射性同位素能夠直接侵透到血液里去。

但是，在進行放射性同位素的工作中，通過呼吸器官把放射性物質吸入體內，這是放射性同位素侵入體內的所有可能的方式中最危險的一種方式。

很多放射性同位素都能有選擇地儲存在體內的一里。例如，放射性鈷存留在造血器官以及腎上腺和腎臟里；放射性磷主要集聚在骨骼里；放射性碘集聚在甲狀腺里。因此，儲積同位素的器官經常遭受到照射，照射的延續時間取決於各該化學元素的同位素由體內排出的速度，和各該化學元素的同位素的半衰期。

外部照射和內部照射不同，前者在消除放射源以後，放射作用便停止。

機體受外部照射時，穿透力小的（幾 mm） β -射綫停留在皮膚的表層。雖然如此，強的 β -射綫同樣能引起皮膚和眼睛的疾患。

許多放射性同位素所發射出來的 γ -射綫有很高的能量，例如 Co^{60} 、 Na^{24} 等，在外部照射的情況下，這種射綫能穿透到組織的深部。

非常明顯，進入體內同位素的量或外部照射時的照射劑量，是決定放射性同位素作用的決定因素之一。只有在放射性物質的量或照射劑量超過最高容許標準時，才能對機體發生危害作用。

放射性物質對機體作用的性質決定於以下幾個因素：(1) 射綫的種類和能量以及放射性物質的半衰期；(2) 侵入體內的方式；(3) 侵入體內同位素的量或外部照射的劑量；(4) 同位素在體內的分佈、蓄積以及自體內排出的特性；(5) 機體的個別感受性。

應當指出，當大量放射性同位素侵入體內時，其中某些放射性同位素（如 Br、I、重金屬等）除了像放射源具有電離作用外，還可由於其本身的化學性質，對機體的生活機能引起某種影響。

(四) 放射性同位素對機體作用的一般資料

人工放射性同位素能引起急性和慢性的疾病。

在進行放射性同位素工作的實驗室內，只有在運輸等工作中發生意外事故，或是嚴重違反了安全規則時，由於放射性同位素的超量照射，或把放射性同位素吸入(或吞嚥)體內，才可能發生急性放射病。

放射性同位素長期侵入體內，或經常地在超過最高容許劑量的外部照射的條件下工作，以及在上述二者共同作用的條件下，能引起機體生活機能各個過程的損壞，並能使工作人員的健康狀態呈病理的發展趨勢。

最初可以發現神經系統方面的損壞，主要是高級神經活動的損壞。出現敏感、嗜眠或失眠、多汗、頭痛、記憶力減退及全身虛弱等現象。同時，在某種情況下，出現消瘦、四肢疼痛、以及各種感覺異常。通常這種現象被診斷為衰弱症。當進行檢查時，可發現有紅色皮膚划紋現象、腱反射增強並且不對稱、四肢遠側部位的感覺性損壞。對神經系統的作用也表現在心臟血管系統的變化方面(心動徐緩、血壓過低)。

在慢性作用的早期階段，可以發現造血方面的變化，這些變化是電離輻射作用的最經常和最重要的標誌。

機體造血系統對電離輻射作用的反應，主要是正常的造血機能受到抑制。

血液方面的變化，表現在白血球生成的破壞，而首先是淋巴球生成的破壞。起先出現一時性淋巴球增多，然後淋巴球就減少了；同時，顆粒狀白血球數量降低，白血球減少症在發展。白血球變質(核濃縮、溶解等)、網狀血球和血小板數量的增高(隨著這種增高代之而產生的就是網狀細胞和血小板數

量的減少)同樣也都屬於電離輻射作用的早期症象。

紅血球數和血色蛋白百分比的降低開始較晚，是按照色素過多性貧血進行的，它的特征是血色指數高。電離輻射的後期的症狀有：出血性綜合病症(瘀血斑、出血)、流血時間延長以及血液凝結性降低等。

但是，正常造血機能的嚴重損壞，只有在電離輻射長期作用的條件下，以及在大劑量照射的情況下才能發生。

當及時發現血液變化的早期症狀時，採取適當的治療，造血機能可以完全得到恢復。

婦女從事這種工作，甚至在稍微超過最高容許劑量的工作條件下，也能引起卵巢月經週期的破壞。在月經來潮前幾天甚至前一週出現病變，這些病變通常是骶骨部和下腹部有強烈的痛疼。在停止接觸放射性物質後，上述病變就會消失。

當放射性物質侵入體內時（尤其是長半衰期的物質和自體內排泄緩慢的物質），放射性同位素放射作用的各種症狀能長時期存在，並且由於積蓄着放射性物質，可能出現全身狀態的週期性惡化。

大劑量的電離輻射能引起皮膚病。

在輕的情況下，出現皮膚發紅、發痒、發燒，有時出現水泡和輕微的腫脹，經過2—3週皮膚變色並脫皮。在嚴重的情況下(大劑量)，皮膚反應出現較早(4—7天)，皮膚變紅，腫脹也比較劇烈，並且很痛，形成帶有青紫陰影的水泡。在這種情況下，癒合後皮膚萎縮並且有深的色素沉着。嚴重灼傷時，發生深的壞死。在某種情況下，隨着皮膚嚴重的急性壞死的同時，有骨骼的壞死。

癒合需要經過很長的時間(幾個月甚至幾年)，通常還需施行手術。由於在超過最高容許劑量的條件下長期工作的結

果，能發生皮膚和皮膚附屬物的慢性病變，如皮膚干燥、毛髮脫落、指甲變脆。

個體對電離輻射作用的感受性是不同的。機體的反應是決定於性別、年齡、過去是否受過感染或挫傷以及神經系統的狀態等。

在開始接受工作時，或進行定期的健康檢查時，應當考慮所有的這些情況。

二、最高容許濃度和最高照射級

為了預防放射性同位素對工作人員的危害作用，避免超過最高容許劑量，以及不使空氣里的放射性物質超過最高容許濃度是非常重要的。

如果不超过最高容許標準，即使長期進行放射性物質的工作，對於健康仍是無害的。因此就需規定外部照射的最高容許劑量，空氣中放射性物質的含量標準以及對工作面、設備、工作服及手的污染標準。用專門的劑量計可以測定 β -和 γ -射線的強度、空氣中放射性物質的含量以及工作面被放射性物質污染的程度。 γ -射線的外部照射最高容許劑量每天等於0.05倫琴， β -射線的外部照射最高容許劑量每天等於0.05倫琴物理當量。

工作室空氣中粉塵、蒸氣和氣體狀態的放射性同位素的含量，只允許有很小的濃度。空氣中放射性同位素的最高容許濃度不應超過 10^{-11} 居里/升。

在使用同位素的實驗室內，若能執行現行的規則，那麼對工作面、設備和手的污染可以達到最小的程度。因此，衣服、工作面、儀器和手所受到的非固着性的（即容易從表面清除）污染級（利用刷洗的方法測量放射性的改變），可能減少

为零。

三、人工放射性同位素工作中的防護措施

在苏联,有关应用放射性同位素的工作中,实行一系列的特殊防护措施。当遵照这些措施进行放射性同位素的工作时,对于健康没有损害。

为了根本解决放射性同位素危害作用的預防問題,应当实行綜合性的衛生技術、衛生保健和医療預防措施。

正确的組織放射性同位素的工作,和遵守个人衛生規則,在預防職業病方面起着重要的作用。

从劳动衛生学的观点上看,必須合理組織放射性同位素的工作,即工作人員的身体不准受到过多的外部照射,防止吸入、吞嚥放射性物質,以及防止放射性物質經由皮膚侵入体内。

(一) 放射性同位素工作室設備的衛生要求

放射性同位素的各項工作,必須在單獨的工作室內進行(基本放射化学工作室、實驗室和計數器室)。在这些工作室內,通常不应当進行与放射性物質無关的其他工作。

進行放射性同位素的工作,当 γ -射綫同位素的量少於0.1毫克鐳当量时,或 β -射綫同位素的量少於1毫居里时,可以在普通的工作室內進行。但是,应当在單獨的試驗台上操作,並須遵守以下的各項措施。

在选择放射性同位素工作的實驗室时,除考慮到符合普通化学實驗室的要求外,还应当注意放射性物質污染工作室的可能性。所以,必須事先考慮到在發生意外的洒落、溢出或噴濺放射性物質时,容易清除这些物質的可能性。为此,工作