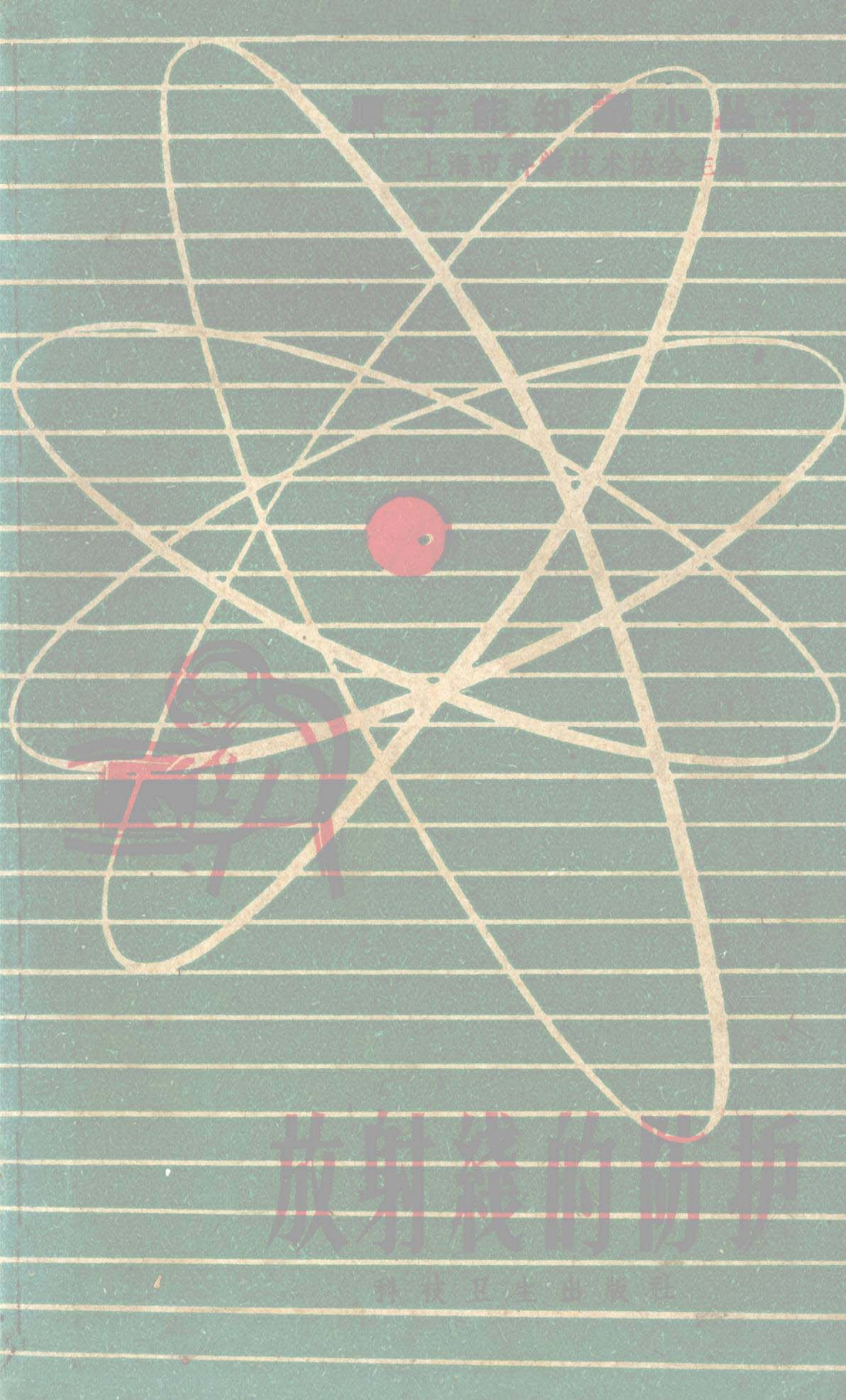


原子能知識小丛书

上海市科学技术协会主编

◎



放射线的防护

科技卫生出版社

目 錄

一、放射綫的防護.....	1
1 放射綫的種類.....	2
2. 放射綫對人體組織的作用.....	4
3. 放射綫的防護原理和防護技術.....	5
(一)外照射的防護.....	5
(二)內照射的防護.....	8
(三)健康檢查制度.....	9
(四)射綫監察器.....	10
4. 廢物處理.....	12
二、巧妙的機械手.....	14
三、附錄.....	17
放射性的單位.....	17
輻射劑量的單位.....	17
怎樣計算安全操作的時間和距離.....	18
最大容許劑量和容許濃度.....	19

放射綫的防護

趙惠揚

和平利用原子能的科學技術事業就要在我國迅速地發展起來。我們大家要來辦原子能科學，要大量地把放射性同位素使用到工業、農業和醫學方面去。

在使用放射性物質時，就要注意對射綫的防禦。照射到人體上的射綫，如果不超過一定的限度，那是不會產生有害影響的，我們用X射綫透視肺部或拍攝照片之後，並不會感到有什麼影響。不過如果受了過量的射綫照射，或是有過量的放射性物質進入了身體內部，那就會傷害身體，會引起射綫病。所以我們在使用放射性物質，或從事與放射性物質有關的工作時，必須採取防護措施。

一般地說來，因為有了防護措施，所以絕不會受到過量的射綫照射。除非發生了意外事故，才會有這種事情發生。我們從事與放射性物質有關的工作時，只要了解放射性的性質——正像我們必須了解火藥的爆炸性，汽油、酒精之類的易燃性那樣個嚴格地遵守安全操作和防護規程，採取了有效的防護技術，有了健全的醫學監督，從事放射性工作是對身體

沒有損害的。下面就來談談關於放射性防護的一些基本知識。

放射綫的種類

放射性元素放出來的射綫不止一種。如果我們把具有放射性的鐳裝在一個上面有小孔的鉛盒裏面，再將它放在正負兩極之間，就可以發現放出來的射綫分成三束。向陰極偏轉的射綫稱爲 α -射綫（又叫甲種射綫），向陽極偏轉的稱爲 β -射綫（乙種射綫），不受電場影響的稱爲 γ -射綫（丙種射綫）（圖 1）。

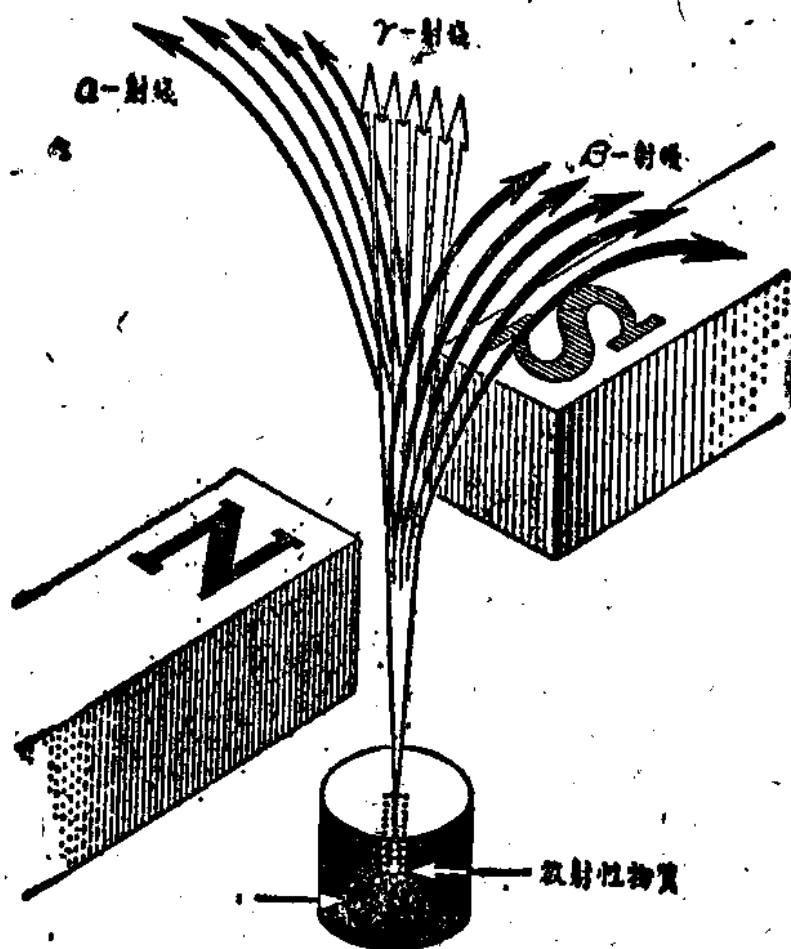


圖 1. 放射性物質放出來的射綫，在強有力的磁極之間，被分裂成爲向左、向前和向右的三種射綫，這就是 α 射綫（又叫甲種射綫）、 β 射綫（又叫乙種射綫）和 γ 射綫（又叫丙種射綫）

甲種射綫是帶正電的粒子流，相當於氦原子核，它的原子量是 4，帶有兩個正電荷。甲種射綫的穿透力很弱，一張紙就可以阻擋它的透過。乙種射綫是帶負電的高速電子流，它的穿透力比甲種射綫大得多，可以穿過鋁箔。丙種射綫是光子流，是電磁輻射，它的波長短，穿透能力最強，可以穿透很厚的金屬（圖 2）。

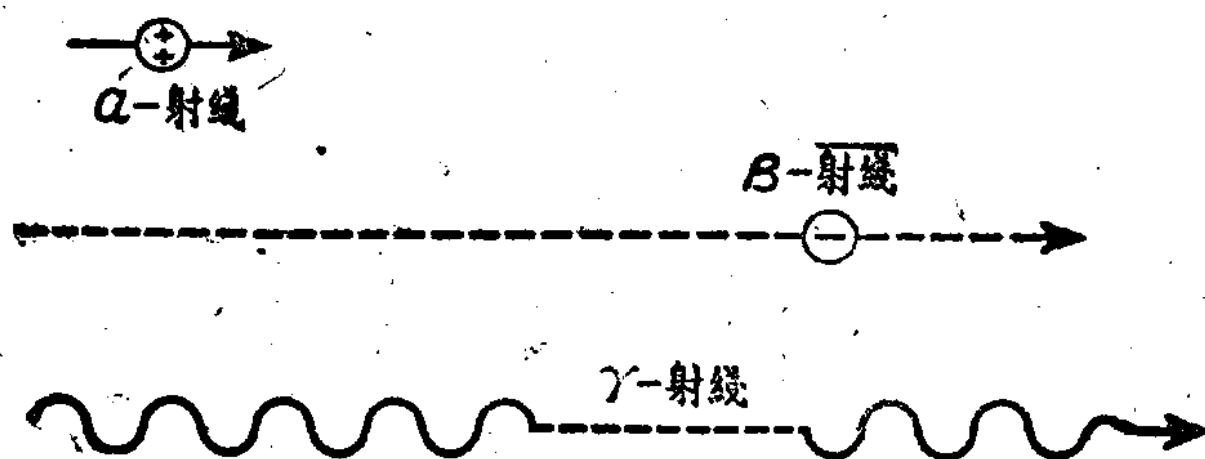


圖 2. α 射綫能貫穿空氣達 10 公分
 β 射綫能貫穿空氣達 20 公尺
 γ 射綫能貫穿空氣達數百公尺

放射綫對人體組織的作用

放射綫對於人體組織的作用，過量的照射會破壞細胞或組織的正常結構。細胞受到過量的照射，就可能延緩細胞的分裂，使染色體斷裂，產生遺傳方面的變異。

人體受到過量的照射，就可以引起放射病，人會感到疲倦，體重減輕，頭痛，並且有嗜睡或失眠，淋巴球和白血球減少，食慾減退，噁心，嘔吐，腹瀉等症狀；病勢再持續就有皮膚發炎，脫毛，脫髮，潰瘍，便血，口咽炎等現象發生。

妊娠的婦女受到放射綫的過量照射會引起早產、流產、畸胎或死胎。

放射綫的晚期效應可誘致白血病、再生障礙性貧血、紅血球增多症、骨髓瘤病及白內障的發生。

放射綫的危害作用是長期的、慢性的、潛伏的、累積的，我們不注意防護，不知不覺會受到它的危害，等到症狀已經出現，危害已經造成。因此凡是應用放射性同位素或經常接觸放射綫的工作人員，必須提高警惕，加強防護。

放射線的防護原理和防護技術

放射性同位素放出的射綫都可以引起物質的電離，對機體有一定的危害作用。放射綫種類不同，引起電離密度的差異及使用方法不同，對機體危害的程度也就不一致。放射性同位素在體外存在作為放射源時，對機體起危害作用的主要是丙種射綫。放射性同位素經過呼吸道、消化道、皮膚、粘膜等處進入機體內，就是作為內放射源時，對機體起危害作用的主要是甲種射綫和乙種射綫。

外照射的防護

我們先談一下對外照射的防護。

甲種射綫的粒子是帶兩個正電荷的氦原子核 (${}^4_2\text{He}^{2+}$)，它的速率為每秒鐘 20,000 公里左右(圖 3)，它的電離密度大、射程短、穿透力弱，因此防護問題

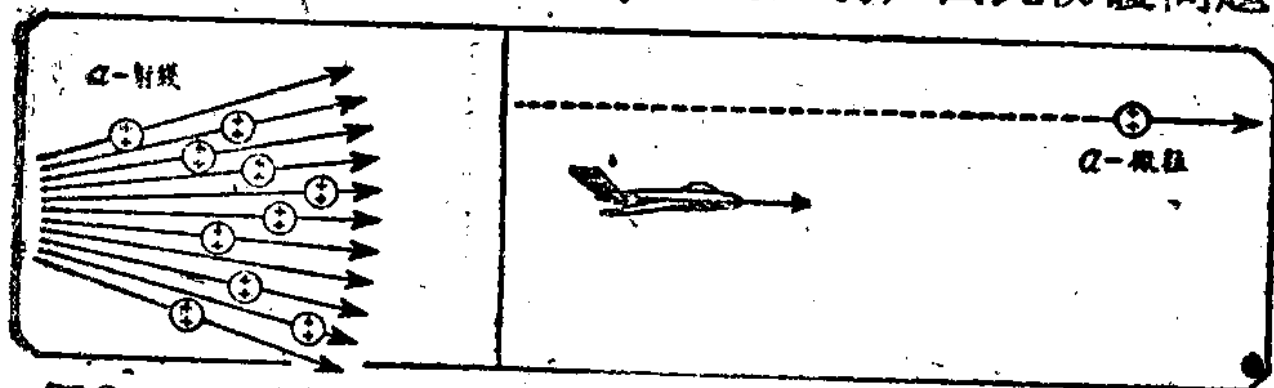


圖 3. α 射綫是由運動極為迅速的帶正電荷的質點組成，它的速度每秒鐘 20,000 公里，比現代噴氣式飛機快 7 萬多倍。

很容易解決，衣服和手套就足夠防護它的外照射。

乙種射線的粒子是一個帶負電荷的電子，它的速率達每秒 200,000 多公里（圖 4），它的電離密度為 α -粒子的 $1/800$ 左右。乙種射線和物質作用時，除引起電離之外，還發生散射和軀致輻射。（快速的 β -粒子射擊到物質的原子核，速度突然停止，它的能量可以轉變為電磁輻射的形式，就產生軀致輻射。）因此在對乙種射線的外防護時，除考慮它在物質中的最大射程之外，還要考慮到它引起的散射和軀致輻射。乙種射線引起軀致輻射所損失的能量，與它的能量和吸收物質的原子序數有關。對於質量輕的吸收物質，如生物組織、鋁、玻璃、木料等只有在乙種射線的粒子能量非常大時引起的軀致輻射才有實際意義。對於質量重的吸收物質，在乙種射線的粒子能量比較小時已能產生比較多的軀致輻射。因此，為了防止產生過多的軀致輻射，應當採用質量輕的物質防護乙種射線。如果將乙種射線的放射源放

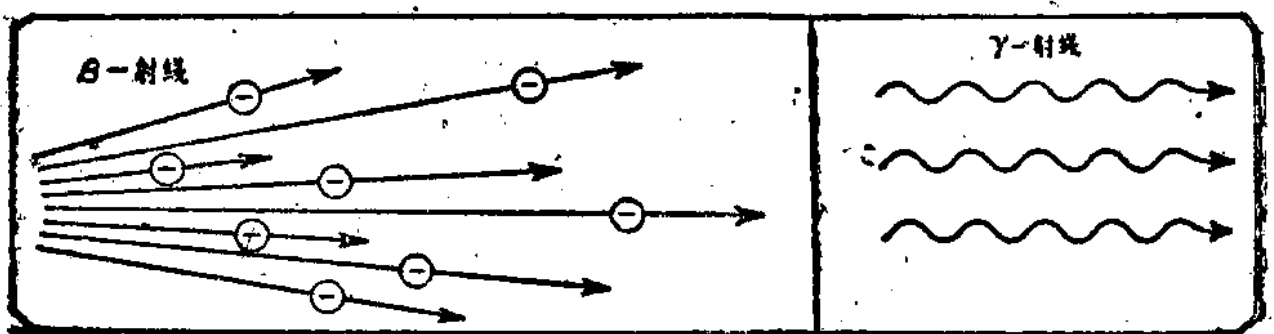


圖 4. β 射線是些電子（負電荷），速度每秒鐘 200,000 公里。 γ 射線是一種波長很短的電磁波，每秒鐘的速度和光速相同（300,000 公里）。

在鉛罐裏，在鉛罐裏應當鋪一層鋁一類的輕金屬，來防止輻射。鋁的厚度應該大於乙種射綫在其內的最大射程。

丙種射綫是一種光子流，它不帶電，速率為每秒 300,000 公里(圖 4)。光子通過物質時，只是它的數目逐漸減少，而剩餘的光子速度不變。丙種射綫穿透力很強，任何厚度的物質只能將其強度減弱，而不能將其全部吸收，也就是說，丙種射綫沒有最大射程。所以在考慮到對丙種射綫防護時，只要求將其劑量降低到容許劑量範圍以內。目前國際規定的每天容許劑量為 0.05 倫琴(倫琴的解釋，見附錄“輻射劑量的單位”)。

丙種射綫的放射源的強度，當它的放射源為點狀時，劑量強度和放射源的放射強度和照射時間成正比，和距離的平方成反比。因此減少照射時間，增大放射源的距離，可使劑量減小。利用縮短時間和增大距離來對付丙種射綫的防護的辦法有一定的意義。我們進行實際操作時，一方面在操作前做好一切準備，熟練操作，來減少所需要的時間；一方面應該採用遠距離操作工具，延長距離。例如假使丙種射綫源是 100 毫克鐳當量，那末安全距離就是 3.5 米。在這樣的距離下，可以工作整個工作日。離開這個射綫源 2 米遠，允許不超過 2 小時的工作；離開射綫源 0.5 米遠，便只允許 15 分鐘左右的工作了。

在這樣的距離下，工作人員所受到的輻射綫量不超過最大的允許數值。

但是在實際工作中，有時不可能單純依靠縮短時間和延長距離來達到防護目的，否則將使時間過短或距離過長而無法工作。因此還應加用防護屏進行防護。常用在防護丙種射綫的材料是原子序數高、密度大的物質，例如鉛、混凝土、泥土等(圖5)。同時還可以查防護手冊中防護丙種射綫的表格，就能夠很方便而且相當準確的查出所需的防護物質的厚度。

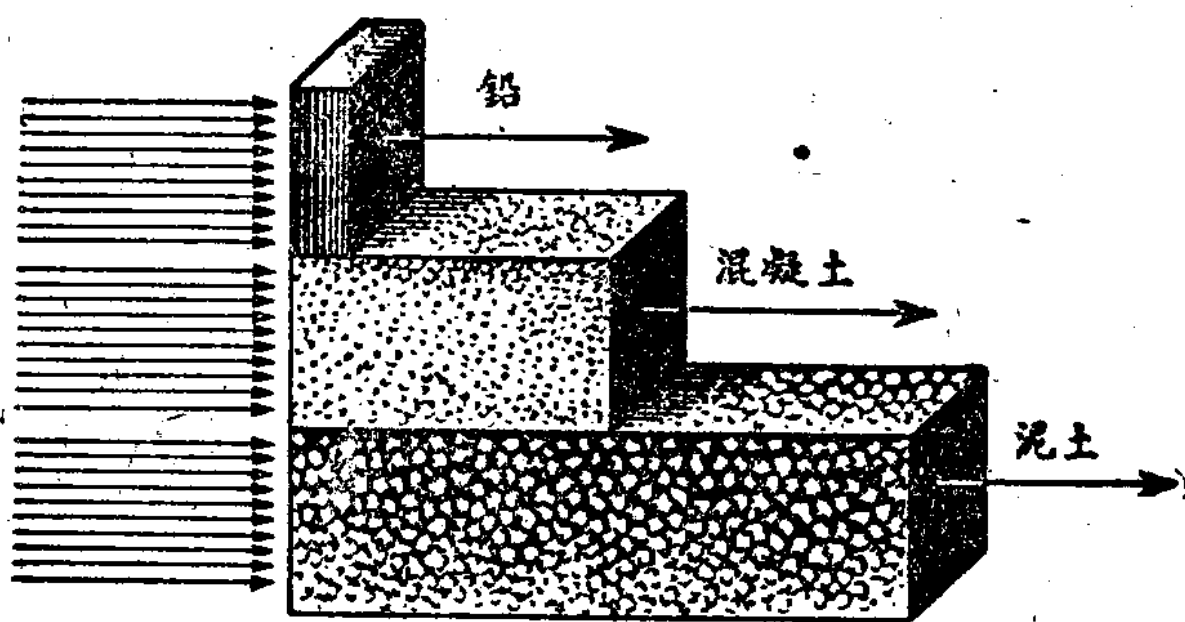


圖5. γ 射綫的穿透性最強，所以爲了防護人體不受它的影響，要用相當厚的鉛板來阻隔。要把這種射綫減弱爲十分之一，鉛層厚度須達5公分，混凝土層爲20—30公分，泥土層爲50—60公分。

內照射的防護

放射性同位素經過呼吸道、消化道、皮膚、粘膜

等地方進入機體裏面，作為內放射源時，對機體的損害是嚴重的。內照射以甲種射綫威力最大，因為它的電離程度最強；乙種射綫次之。所以在實際操作過程中，應嚴格地禁止放射源進入人的機體內或者沾污皮膚的表面。

在有放射性氣體或粉末的環境下工作時，一定要戴具有濾過性能的口罩，一切操作都應在通氣櫥裏進行。

在放射性物質沾污的環境下工作時，除配戴防塵面具或“花瓣”面具外，還要穿特製的防護衣服（圖6）。蘇聯的特製氣衣為ПГ-1和ПГ-2型，可以防止大量的放射性物質進入工作人員的呼吸道內，同時也可以預防放射性物質沾污身體的表面。

在放射性同位素實驗室裏，絕對不許吸煙，吃食物，飲水等。

在使用放射性同位素時，必須戴橡皮手套；嚴格禁止用口接觸使用過放射性同位素的儀器，絕對不得用口吸取放射性溶液。

健康檢查制度

從事放射綫的工作人員應該有嚴格的健康檢查制度。在參加工作以前要由醫師全面的檢查，來決定是不是適合從事放射綫工作。在參加工作以後也要定期的進行全身體格檢查。各期的檢查結果都應

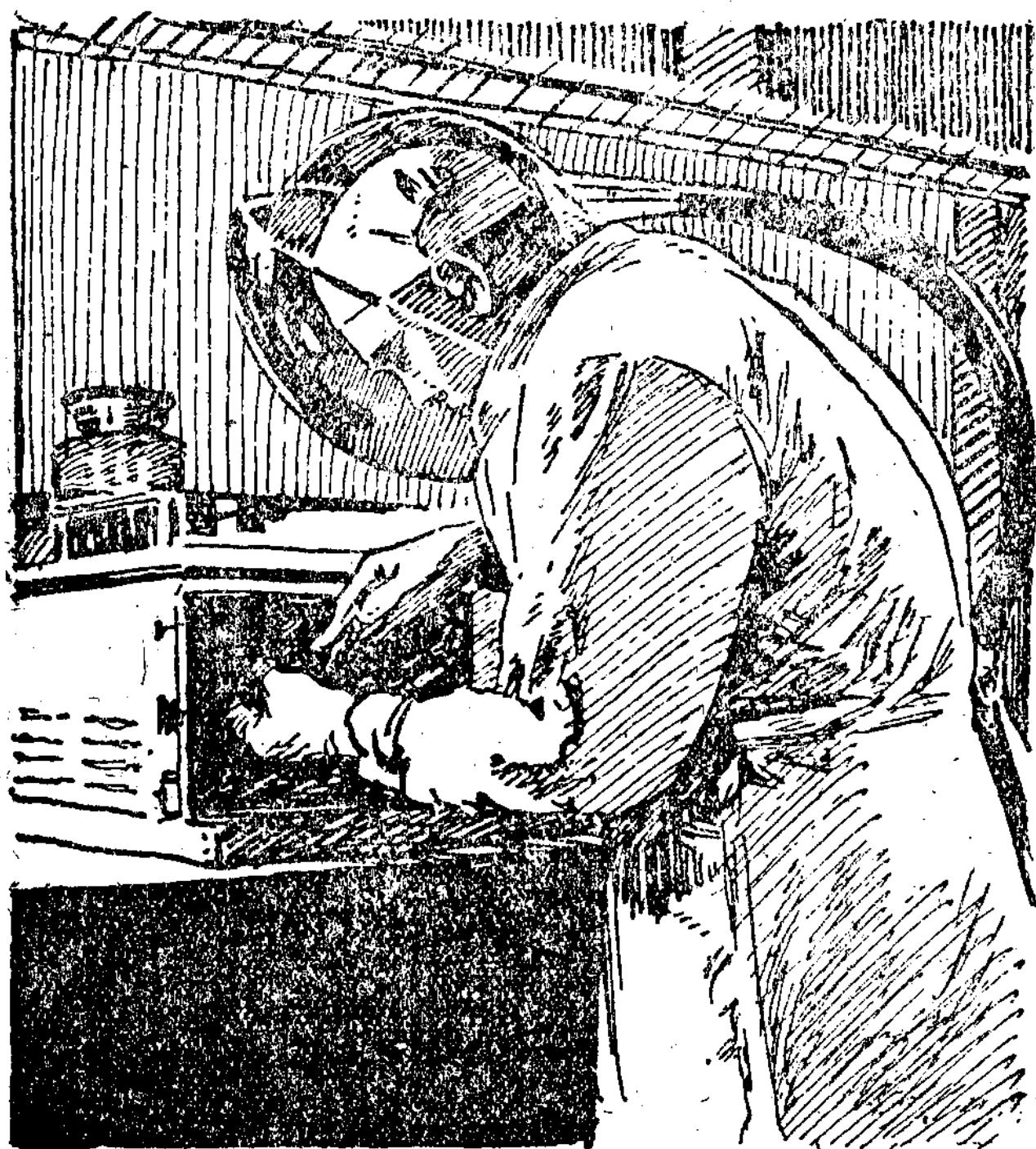


圖6. 這是工作人員穿着防護衣在工作的情形。這種防護衣接有送風裝置，可以長時間工作。

詳細的記錄在有關的簿子上。

射綫監察器

從事放射綫的工作人員，在工作地點還要配帶個人劑量儀、膠片佩章或袖珍劑量儀，進行劑量監

督，及時了解所受的射綫劑量。

這種劑量儀和膠片佩章等防護用的射綫監察器有很多種(請參看本叢書探測射綫的工具一書)。劑量儀是一種驗電器，可以做成自來水筆的形狀，作為射綫監察器，帶在身上很方便，可能受到過量照射的工作人員，身上帶着袖珍劑量儀，可以隨時看出他所受到的劑量。

至於膠片佩章那更是輕便而實用。這種膠片佩章就是X射綫用的底片做成的。照相底片上有一層能感光的薄膜(叫乳膠)，而放射綫能够使這種乳膠“感光”，經過顯影就變黑。X射綫的照相底片對放射綫比較靈敏，所以就用它來做測量射綫的佩章。工作人員把這種佩章帶在身上，經過一定的時間，顯影後在底片上就會顯出黑色。根據黑色的程度，可以看出射綫的劑量。

除了個人隨身帶的射綫監察器外，對於一個工作地點的射綫的強度的測量，也可用劑量儀來探測。這種劑量儀碰到射綫過量時，就會自動發出警報，我們就可以及時處理。

總的說來，我們既然發現和利用了原子能，毫無問題，我們就有辦法來控制它，確保從事原子能工作者的健康和安

廢物處理

放射性實驗室的廢物往往帶有或多或少的放射性，如果處理不當，就會影響工作人員和附近居民的健康。

放射性廢物可以分氣體、液體、固體三類。

氣體的廢物一般是由通風櫥排出，為避免使周圍居民及環境受到污染，排出的氣體應先經過過濾；排氣口應高出屋頂（圖 7）。

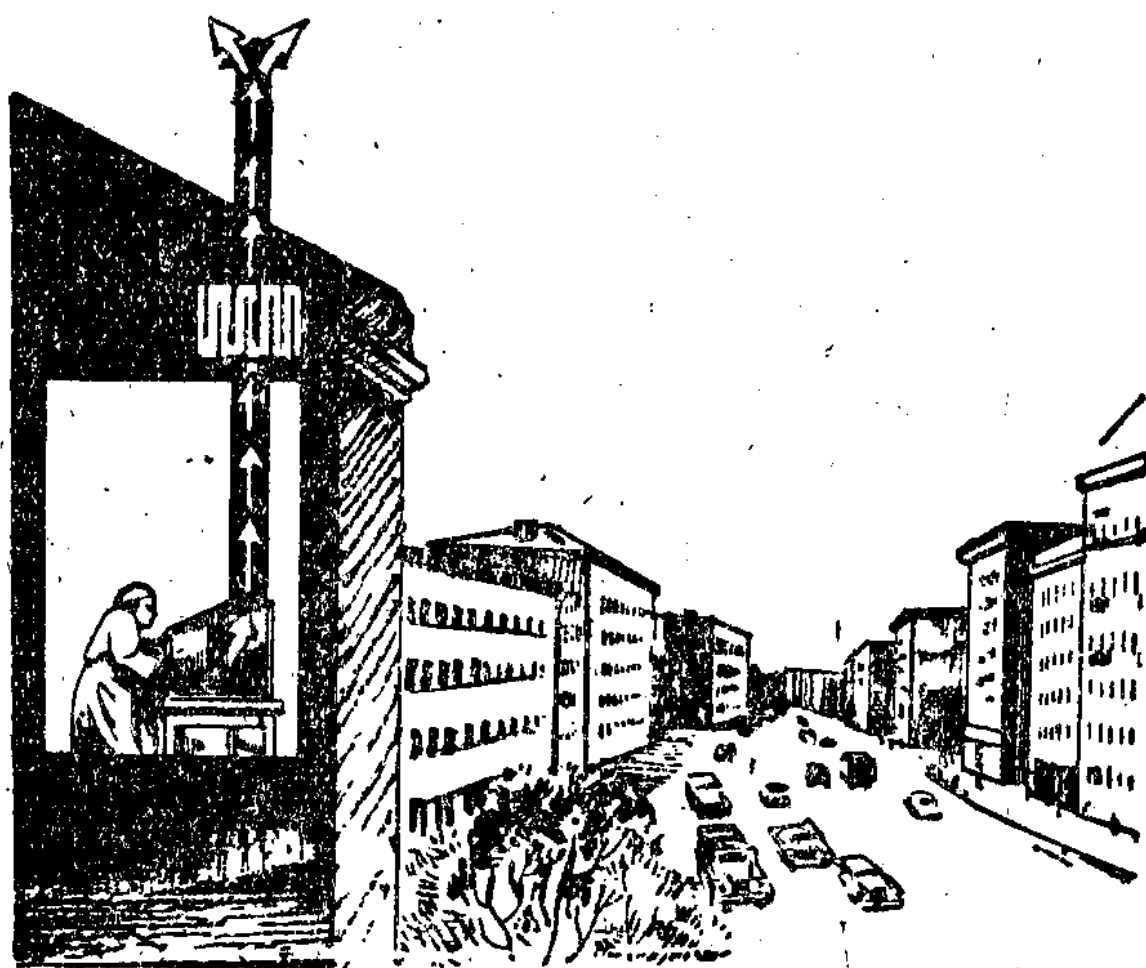


圖 7. 排出的氣體先經過過濾。

液體的廢物是病人、試驗動物的排泄物，剩餘的放射性溶液等。處理的方法是沖淡到容許範圍以內，再由下水道排出；或者放置 8—10 個半衰期以後由下水道排出，或者將放射性液體過濾後（過濾材料可用木炭、離子交換樹脂等）由下水道排出。

固體的廢物如動物屍體、放射性標本等，最好的處理方法是集中焚燒，然後埋在專門的地方。焚燒時應該注意使焚燒爐密閉，從煙筒排出的氣體要先經過過濾，其他的方法是放在適當的深度及容器裏埋在專門的地方；或者放置 8—10 個半衰期以後按照一般廢物處理。

* * *

以上簡單的介紹了放射線的防護問題。我們對放射線不能疏忽大意，警惕是需要的，但不必懼怕。合理的使用、注意防護、採取嚴格的防護措施是完全可以預防放射線的損害的。



巧 妙 的

在進行與原子能有關的實驗時，除了採用各種防護方法和遠距離工具以外，科學家想出了一個好辦法，把一切放射性物質、試劑、實驗工具和儀器，全部放進一間密室裏，上下四周有很厚的混凝土牆，放射綫不能透過。坐在實驗室外的人，通過反射鏡或者特殊的“鉛玻璃”窗，仍舊能够看清楚室內的一切。密室裏安裝着一對“機械手”，它基本上是一種很複雜而精密的電動槓桿，一端在室內，一端通過厚牆面伸到室外，由實驗人員的手握着(圖8)。人

機 械 手

手怎樣動，“機械手”跟着照樣動，真可說是非常“稱心如意”。“機械手”不只能夠模倣手腕的上下移動、擺左擺右、推前推後，工作人員也能夠隨心所欲的使它沿着任何軸向着旋轉。最巧妙的是“機械手”前端的鐵鉤，它能模倣實驗人員手指的動作。因此它可以代替人手來握住試杯傾出試劑，把短棒插進孔洞，或者搖動把手。此外，它還可做許多細巧的動作，象做擦火柴的動作，甚至還可以把室內台子上的一根針拾起來。

