

钅手册

212 科技图书馆《钅手册》翻译组

1972

拿出来时,为了防止意外地受到照射,一个重要的控制措施是,要求工作人员严格遵守沾污监测规则。

钚通过皮肤伤口进入体内是一种比较普遍的摄入途径。尖锐的物件或碎玻璃划破手指或手,这是造成刺伤的最常见的原因。放在密封橱内的工具、金属丝或任何尖锐的物件都是非常危险的东西,特别是在设备或密封橱照明不佳的情况下,这些东西更容易造成危险。据统计,在上述情况下造成皮肤损伤占很大的百分比。因此,移去所有的不必要的设备对保证安全操作是很重要的。

吞食其数量可用生物检验方法测出来的钚,其可能性虽然存在,但却是一种不常见的摄入途径。在开口的通风橱内操作液体溶液或用不适当的方法对处于正压的密封容器开封时,液滴有可能喷溅到嘴里。可以用尽量放低通风橱拉窗和戴面罩的方法减少发生这类事故的可能性。如果嘴唇不小心与沾污的手套接触,或抽烟和吃饭之前手没有进行监测,污染物也可能转移到嘴里。动物实验表明,胃肠道只能吸收约0.014%的可溶性 Pu^{239} ,被吸收的钚约有70%沉积在骨中^[2]。其余部分显然是被水解之后,在2天之内随粪便排出。

完好的皮肤被含钚的腐蚀性溶液沾污后,如不立即清洗或中和,钚将会被吸收。如皮肤受干污染物沾污后仍保持完好,则钚的吸收几乎可以忽略。

实验室的研究表明^[3],皮肤被钚的 HNO_3 溶液沾污后,如不立即去污,将会有高达9%的钚很快地被吸收。如果在测量皮肤沾污后,立即将沾污水平从大于 10^6 衰变/分减少到500衰变/分,则吸收量将减小到初始污染量的1%或更小。

24—2 气溶胶监测方法

由于钚的容许体负荷量和生物致死量非常之低,因此必须采取有效的隔离和控制措施。污染控制监测必须由受过一定训练的人员来进行。

最重要的一种环境污染控制措施是进行气溶胶污染浓度监测。气溶胶的监测结果可用来确定对呼吸器官的防护要求;同时还可用来对原先设计的控制系统的效果进行事后估价。将气溶胶样品监测数据与操作状况联系起来,就能够看出控制方法和控制设备是好是坏的大体趋势。发生污染时,往往能用气溶胶样品监测数据来确定污染控制系统失效的时间。

24—2.1 取样设备

预计经常要操作大量钚的工厂,必须安装一套固定式气溶胶取样系统,以便对工作场所的空气进行连续监测。也需要使用手提式气溶胶取样器来弥补固定式取样系统的不足。当特殊的操作或意外的污染引起局部区域的钚气溶胶浓度超过一般房间的污染水平时,手提式取样器就更有用了。

在放射性气溶胶污染比较严重并且有波动的区域,进行空气连续监测必须同时记录

取样时间。经验证明空气污染可以忽略的地方，只需进行间断取样，或在进行有问题的操作时进行取样。抽吸空气样品的时间由滤材上的放射性水平便于测量而定。进行特殊操作时的取样持续时间不应超过进行此种操作的时间。

用来收集放射性微粒的设备有几种类型。在大工厂中，所用的典型设备是固定式真空取样系统，可移动的取样器，手提式取样器和冲击取样器。固定式真空取样系统由控制泵对装有大量取样盒的管道提供真空，使空气经过装在取样盒内的滤材抽入管道。要标定单位时间内通过每个取样盒的流量。一般都装有流量计和阀门，以便控制单位时间的流量。

可移动的取样器可以安装在一辆容易移动的小车上，它有一个直接与泵或抽气软管末端连接的样品盒。用长软管对污染严重的区域进行取样，这样将可以减小对可移动的取样器的污染。手提式取样器用来作短时间取样。这种取样器的取样流量在短时间内一般可高达每分钟25—50立方呎。冲击取样器有可能做到不收集附着在较轻微粒上的天然氡子体，而只是收集钚气溶胶。在冲击取样器的收集板上一般涂有一层含苯和硅活塞油的溶液，这种溶液干燥后，将留下一层薄薄的油层吸附冲击微粒。

24-2.2 测量技术

测量含钚气溶胶样品的最有效的一种方法是用符合计数器。这种计数器由两个闪烁探测器（一个测 α ，另一个测 β ），两台定标器和有关的电子学设备组成。每个 β 计数器用来打开200微秒宽的门。如在门被打开的期间，有一个 α 计数出现，则定标器上就会显示一个符合计数。另一台定标器记录总 α 计数。因为氦、氡及其子体产生的总 α 计数与符合计数之比是一个相对的常数，所以这一比值的任何增加都是由 α 气溶胶污染引起的。用这种装置，能在取样后大约1小时精确地测出气溶胶的 α 放射性浓度。将样品放置1小时对于衰变掉半衰期非常短的氡子体的贡献是必要的。装置的平均几何效率约为18—20%，本底约为5计数/分。这种装置可监测 2×10^{-13} 微居里/厘米³的 Pu^{239} 污染空气。

在测量室中，不论操作什么类型的样品，均必须遵守几条基本的规则。必须有一个好的样品贮藏设备，以防止丢失样品的标记。在夹取气溶胶样品滤材时必须十分小心，以防止交叉污染和测量装置被污染。

必须遵守计数器的检验和使用规则，以保证测量装置在其刻度条件下使用。用已知强度的放射源进行重复测量，看其计数率的变化情况，由统计误差公式即可判断这种变化是由仪器不正常引起的还是由放射性衰变的统计涨落引起的。遵守每台仪器的使用规则有助于使仪器的几何效率和测量性能保持不变。

任何时候在环境中均存在一定数量的氡及其子体的天然放射性。氡和氡是天然元素钍和铀的气态衰变产物。这两种气体从大地进入大气，风和雨又使其扩散开来。然而，在一定的气象条件下，这种气体将会停留在所跑出的地面附近，形成所谓氡“云”。这种云可以持续数小时到一整天，其出现的时间间隔可能为一个月到几个月，但在此期间内有时还可以探测到。氡及其子体被吸附在灰尘上，抽取空气样品时这种灰尘也收

集在滤材上。在氡及其子体的放射性较高时，空气的 α 本底浓度可达 2×10^{-10} 微居里/厘米³，这样高的浓度足以掩盖对钍气溶胶浓度的监测。所以，必须待天然放射性衰变掉之后，或者对氡及其子体的影响进行校正之后，才能测出钍的真正浓度。

用符合计数器测定气溶胶钍污染浓度，需经以下两个步骤：

测定门宽 这种测试应定期进行或每次维修后进行。

①用计数器的校准源进行一分钟的符合测量，记录符合计数 N_c 和总 α 计数 N_α 。

②用装置作总 β 测量，计数一分钟，记录总 α 计数 N_α 和总 β 计数 N_β 。在以上二次测量中的总 α 计数 N_α 应当是一样的。

③用下式计算门宽：

$$\Gamma = \frac{N_c}{N_\alpha \times N_\beta}$$

式中 Γ = 以秒为单位的门宽，

N_c = 每秒的符合计数，

N_α = 每秒的总 α 计数，

N_β = 每秒的总 β 计数。

④门宽 Γ 应在180到210微秒之间。

样品测量

①在相同测量条件下分别测量从干净区域取到的3至4个样品，用来确定本底计数率。

②将本底样品的总 α 计数进行平均。

③在与本底样品相同的测量条件下测量可能有污染的样品，其测量条件应使1分钟内的计数达到一定水平。

④为了确定样品每分钟的计数 C_p ，可将样品的总 α 计数减去相同时间内测得的平均本底总 α 计数，再除以测量时间。

对每周工作40小时的职业性照射来说， Pu^{239} 在空气中的最大容许浓度为 2×10^{-12} 微居里/厘米³〔1〕。如果必须在超过空气容许浓度的区域工作，则应佩戴象军用防毒面具那样的呼吸过滤器，以保护呼吸器官。

24-3 人员去污方法

在操作放射性物质时，沾污的可能性总是存在的。如果在沾污后立即处理，并采取正确的处理措施，将会减少钍沾污对人员的危害。在人员被沾污的情况下，要考虑下列几点；在手部受伤的情况下，考虑以下几点就更有必要了。这几点是：

- ①与沾污事故同时发生的损伤的严重性（烧伤、出血、撞击伤等）。
- ②钍溶液的化学成分（酸、碱、有机物）。
- ③沾污的部位和范围，特别要注意沾污部位是否靠近眼、口、鼻和伤口等处。
- ④沾污的皮肤及周围皮肤的状况。

应当懂得,对严重的创伤进行医学处理要优先于考虑去污。但是,当沾污水平很高时,应当考虑先降低沾污水平。如果被钚的强酸或强碱溶液沾污,同样要考虑先降低沾污水平。如果只是被钚沾污,则由沾污造成的辐照剂量并不是一个主要的问题。

对操作放射性物质的人员,要供给足够的人员去污材料,并要进行人员去污训练。一个较好的方法是准备一个个人去污专用箱,箱上标有标记,箱内放有去污器材,将其放在指定的地方。在去污处附近要有水龙头。应由指定的负责辐射防护的人员或单位负责管理去污专用箱。一个去污专用箱应有下列物品:

脱脂棉签
 清洁的纱布
 脱脂棉球和脱脂棉卷
 冲洗管
 薄海绵
 毛刷
 肥皂粉
 绷带
 Na_4EDTA 溶液
 擦鼻纸(1×2吋过滤纸片)
 纸杯(1和4盎司)
 含有羊毛脂和防腐剂的柔和去污剂
 高锰酸钾
 亚硫酸钠
 剪刀
 医用手套
 压舌板
 止血用具
 水
 软袋(作废物处理用)
 擦手油脂

用来对皮肤进行去污的化学试剂要有合适的配方,方具有良好的去污效果。常用的去污化学试剂有:

① Na_4EDTA ——这是一种事先配制好的常用溶液,保存在箱内。将16克含70% EDTA(重量)的 Na_4EDTA 盐溶解在100毫升蒸馏水中,配制成EDTA浓度为10%的溶液。使用时加入少量去垢剂作起泡剂,将有助于使污染物漂离皮肤表面。

② KMnO_4 ——这是将高锰酸钾结晶体溶解在水中制成的饱和溶液。这种溶液应在结晶体溶解完全后才能使用。如果在溶液中存在结晶体时使用,就有擦伤皮肤的危险。

③ NaHSO_3 ——这种溶液如在空气中存放将会失效,所以应在使用时配制成4%的亚硫酸氢钠溶液。

局部皮肤受到沾污时,一般用简单的擦洗法去污。采用下列去污步骤,在大多数情

况下将有良好的去污效果。

①仔细测量后将沾污部位隔离，并检查皮肤表面有无破损。如果在沾污部位发现有损伤或皮肤破损，则应到经过专门训练的医疗单位进行处理。

②用浸有柔和去污液的薄海绵或脱脂棉签擦掉松散的表面污染物。注意不要将污染物扩散到没有沾污的部位。

③用脱脂棉签擦洗皮肤，使之产生大量泡沫。

④用清洁的纱布擦乾皮肤。待皮肤完全干燥后，再检查是否有沾污。

⑤如经检查没有沾污，应涂上优质油脂以防皮肤龟裂。

如果第一次擦洗后去污仍不彻底，则可采用下述方法：

将肥皂粉倒在薄海绵上或软毛刷上擦洗沾污部位，待擦出大量泡沫后，再按前述步骤和注意事项处理。

如果沾污仍然存在，则可采用下列方法：

①配制好10% Na_4EDTA —去垢剂混合溶液。如果发现皮肤有伤口，则应避免使用 Na_4EDTA 溶液。以往的经验表明〔4〕，如在伤口部位使用 EDTA ，将有可能使进入血液的钙量增加。

②按前述去污、监测步骤进行处理。

如沾污仍去不掉，可按下列步骤用 KMnO_4 和 NaHSO_3 去污：

①按前述方法配制高锰酸钾和亚硫酸氢钠溶液。

②用脱脂棉签将高锰酸钾溶液涂在沾污部位，待干燥后再重复涂二、三次或更多次。应注意必须在上一次所涂溶液完全干燥之后再涂下一次。这样处理后，这块皮肤几乎变成黑色。脱脂棉签每次使用之后，要将其扔掉，不能重复使用，以免污染去污溶液。

③用脱脂棉签蘸上亚硫酸氢钠溶液擦洗变黑的皮肤，直到褪掉黑色为止。再用水漂洗掉残余的 NaHSO_3 溶液，待皮肤完全干燥后检查是否还有沾污。

经证明象高锰酸钾和亚硫酸氢钠之类的角质溶解剂具有较好的去污能力，因为它们能溶解掉一些皮肤角质表层。如果采用这种方法仍不能去掉沾污，就要找医生参加制定特殊的处理方案，比如进行外科清创或使用其它角质溶解剂。在适当处理和小心操作的情况下，只要皮肤没有伤口或不会弄破皮肤，可以用相当猛烈的去污方法〔5〕进行较长时间去污。

如果全身受到沾污，可用温水淋浴，并用柔和的去污剂或肥皂去污。必须小心，以防止污染物通过口、鼻等处进入体内。淋浴后，可接着用去除局部皮肤沾污的方法进行去污。

对眼、鼻、嘴的沾污，一种常用的去污方法是用温水或生理盐水注洗。这样的操作绝对不能由未经训练的人员和未经医生嘱托的人进行。只有在医生的指导下，才能用自来水或普通生理盐水以外的其它试剂进行注洗。

对于割伤、创伤、刺伤和擦伤的伤口，无论伤是在伤口皮肤表面还是在皮肤深部数毫米处，都可用伤口计数器〔6〕进行测定。这种灵敏的计数器由直径1.75吋厚1毫米的碘化钠晶体和有关的计数设备组成。晶体的这种尺寸最适合于测量钷发射的17千电子伏X射线。若计数时间为10分钟，则这种晶体的探测极限大约为0.1毫微居里。在怀疑有

沾污的损伤部位移动一个带有小孔的屏蔽体，直到得到最大计数率为止，用这样的方法来确定伤口沾污的位置。这种探测器已经成为保健物理工作者和医生用来确定切除污染组织的部位的重要工具〔7〕。如要施行组织切除手术，医生要仔细考虑钚沾污的数量、伤口的位置，是否影响活动机能等因素之后，才可进行切除。

24—4 生物采样

目前，测定体内钚沉积量的最有效的方法是分析人体排泄物所含钚量。可以收集尿、粪便、痰进行分析，但发现尿钚分析是测量体内沉积量的最方便方法，大概也是最可靠的方法。为了进行常规生物样品分析，从提供样品者和实验室操作的角度来看，收集尿是最实际的。

实验工作已给出了钚的体负荷量与尿钚排泄量之间的时间关系。为了测量体负荷量，将尿样的收集分为24小时一个周期是比较合适的〔8〕。因为收集24小时的总尿样对供尿者来说是不方便的，所以在常规监测中可以用类似24小时的尿样来代替真正的24小时尿样。已经证明：收集睡觉前大约半小时和第二天起床后大约半小时的尿样大致可以合理地代表24小时的总尿样。这对在工作人员家里取样来说是最方便的，只要求有传递和收集尿样的设备。

根据标准人的特征，每天的排尿量大约为1400毫升〔9〕。但实际上，这个数量将随每天的饮水量而变化。实验工作和监测经验表明：钚的排出量并不完全取决于排尿体积，主要取决于摄入钚后的时间。因此排尿体积正常的变化并不显著影响钚的排出量。对常规监测来说，测量的尿样体积应大于500毫升。小于500毫升将是不完全的收集，因此是不适当的。

常规取样的频率应当与工作人员受照射的情况以及生物样品分析方法的灵敏度相适应。当用噻吩甲酰三氟丙酮(TTA)萃取法和电沉积方法〔10〕分析尿钚时，可达到0.05衰变/分的灵敏度。按此灵敏度，将有可能在摄入钚后90天测出1%最大容许体负荷量(0.04微居里)的沉积量，在摄入钚后一年测出3%最大容许体负荷量的沉积量，摄入钚后五年测出8%。对有可能长期摄入钚而受到慢性照射的工作人员，建议其采样频率取为90天，以便能够测出低于1%最大容许体负荷量的沉积量。对于非正式钚操作区的工作人员或不常进入钚操作区的人员，每年取一个尿样就足够了。假设摄入钚发生在年初，则一年取一个尿样就可以测出3%最大容许体负荷量的沉积量。对于不是从事操作钚的人员以及虽然进入钚处理工厂但不进行操作的人员，每五年取一次尿样就足够了。按此时间间隔取样，则测量下限为0.05衰变/分的尿钚分析方法可测出8%最大容许体负荷量的沉积量。

在发生钚照射事故时，有必要进行专门取样。如果可能摄入了大量的钚，则应取事故后第一次排出的尿。第一次排尿所排尿量一般为100毫升到250毫升，最好在事故后2小时立即取样，这样将可以显示是否有钚摄入。事故后立即取的尿样只能给出摄入量大小的一种指示，以及决定是否需要进行促排治疗，以减少钚在体内的长期沉积量。要详

细研究体内铀的沉积量, 需要完全收集24小时尿样, 这样才能可靠地估算出体负荷量。

发生事故后还可利用鼻孔中的垢物来指示是否摄入了铀。将Whatman 41号滤纸裁成 1×2 吋的纸片, 缠在脱脂棉签上即可做成一个满意的鼻擦。这种鼻擦可以展平、弄乾、测量。常用的方法是: 用水或盐溶液将鼻擦弄湿, 从每个鼻孔中收集乾垢物。如果鼻垢物的沾污水平在每分钟几百个衰变以上, 则表明很可能有一定数量的铀进入了体内, 而且可以通过尿铀分析测出。可惜的是, 经验表明鼻孔的沾污水平和体负荷量之间没有任何可靠的关系。

24-5 体内铀沉积量的估计

人体排泄物的放射性强度可用来检查和估计铀在人体内的沉积量。这种方法已建立了多年, 至今仍然是监测铀在体内沉积量的最灵敏的方法。Langham^[8]对可溶性铀进入血液的最简单情况确定了一个体负荷量与尿铀、粪铀排出量的经验关系式。

Langham将Pu(IV)柠檬酸盐静脉注射到若干人体内, 得到下列尿铀和粪铀排出量的普遍关系式^[8]。

$$E_u = 0.002 t^{-0.74} \quad (24.1)$$

$$E_f = 0.0063 t^{-1.09} \quad (24.2)$$

($t > 0.5$ 天)

式中, t 是注射铀后以天为单位的时间; E_u 和 E_f 分别为尿铀和粪铀日排出量, 以注射剂量的百分数表示。这两个普遍关系式系用大约1700天的观测数据建立的。假定铀不论以什么方式进入体内, 上述二式均可描述血液循环系统中铀的日排出量。图24-1表示Langham得出的铀的日排出量与摄入后的时间的关系。对公式进行积分, 将给出在某一时期内排出的铀量占体负荷量的总份额。

然而, 工作人员实际受照射的方式, 很可能不是摄入可溶性铀直接进入血液循环系统。摄入可以通过数种途径当中的一种。此外, 铀的化学和物理状态有许多种, 这又会影响铀吸收进入血液的速度和比例, 从而影响铀的日排出量。关于铀吸收进入血液的速度和比例, 与铀的化学状态、摄入方式、铀进入体内后化学状态的可能变化等因素的关系了解得很少。许多事故照射例子的研究明确表明, 根据测得的日排出量, 采用可溶性铀的计算公式进行估算, 由此得到的总体负荷量是不正确的。在受照射后隔了一段长时间测量周围血液中的铀含量表明: 估算的总体负荷量、血液中的铀含量和铀排出量之间的关系也与上述公式不符^[11]。

Healy^[12]提出了一个阐明铀排出量的方法, 下面分别就尿铀、粪铀、血铀作一简述。Healy的方法假设在体内存在一个铀的蓄积器官, 单位时间内铀从蓄积器官进入血液的百分比数为一个常数, 在任一时刻, 存留在这蓄积器官中的铀量用下式表示:

$$Q = Q_0 \exp(-\lambda t) \quad (24.3)$$

式中, λ 是任一时间 t 的清除速率, 它包括溶解和吸收到血液的部分以及由其它方式清除的部分。在蓄积器官中的铀转移到血液中的比例为 λ_1 , 故 t 时刻转移到血液中的铀量为:

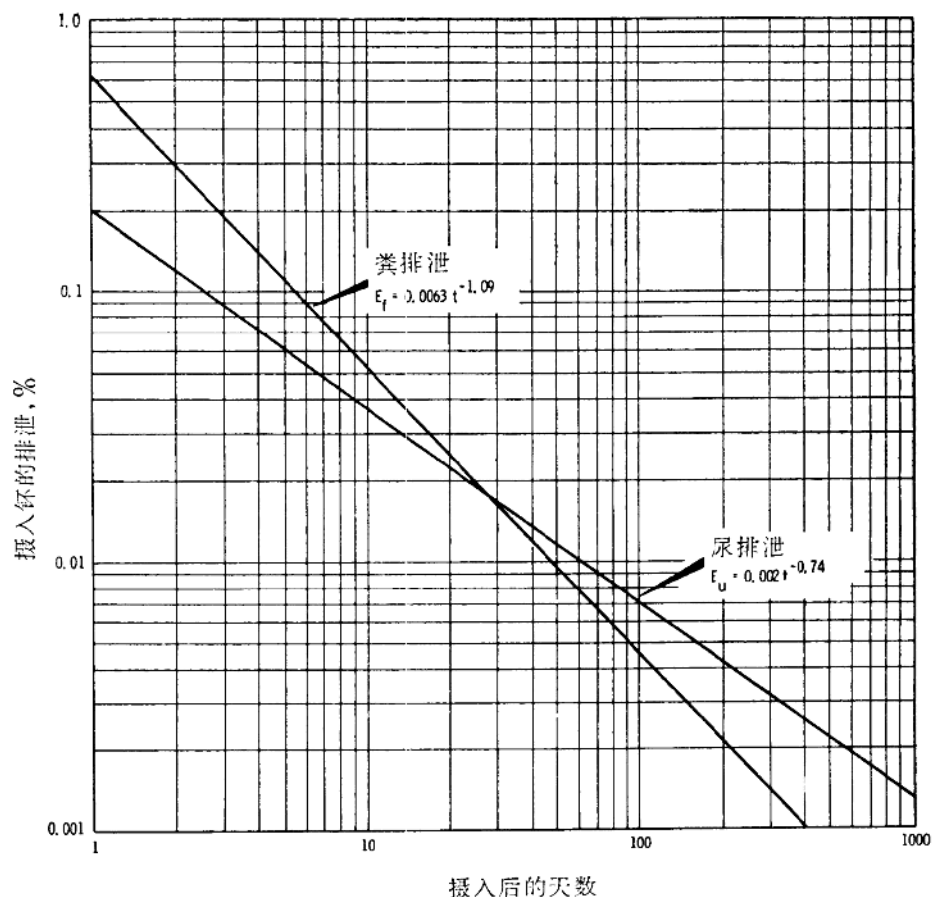


图24.1 尿和粪便对可溶性铯的排泄的速率

$$a = \lambda_s Q_0 \exp(-\lambda t) \quad (24.4)$$

方程(24.1)表示每次摄入到达血液内的铯的排出速率。因此，总的排出速率就是历次摄入铯的排出速率的总和。为了描述蓄积器官内不可溶性铯进入血液内的总铯量从尿中的排泄情况，可推广(24.1)式得出下式：

$$E_u = 0.002 \lambda_s Q_0 \int_0^R e^{-\lambda t} (R-t)^{-0.74} dt \quad (24.5)^*$$

在推导上述公式时，用铯吸收到血液后的时间代替(24.1)式中的摄入铯后的时间， R 是铯最初进入蓄积器官到收取尿样之间相隔的时间。由于(24.5)式不能积分，故将一些特定的 λ 、 R 、 t 值代入展开的级数中，级数展开项取到允许误差范围内为止。某些取定的 λ 和 R 值对应的积分值给在表24.1和图24.2中。

* 此式积分上限应为 $R-1$ ——译者注。

利用(24.2)式可导出计算粪钚日排出量的类似公式如下:

$$E_f = 0.0063 \lambda, Q_0 \int_0^{R-1} e^{-\lambda t} (R-t)^{-1.09} dt \quad (24.6)$$

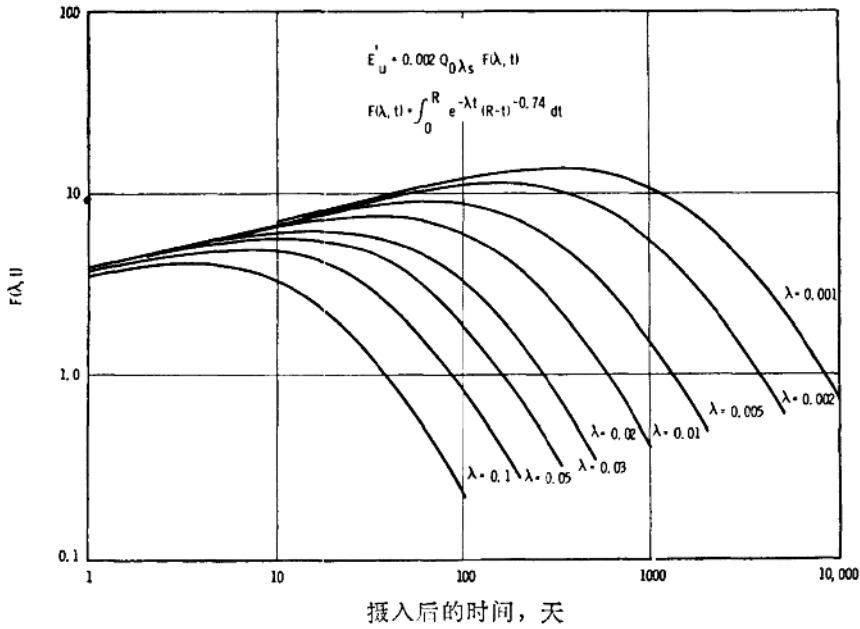


图24.2 不溶性钚沉积物从尿中的排泄^{[12]*}

表24.1 特定的λ和R值对应的 $\int_0^R e^{-\lambda t} (R-t)^{-0.74} dt$ * 积分值

R, 天	λ, 天 ⁻¹						
	0.1	0.05	0.02	0.01	0.005	0.002	0.001
10	3.3	4.8	6.0	6.5	6.7	6.8	6.9
20	2.0	3.9	6.1	7.2	7.7		
50	0.72		5.0	7.3		9.8	10
100	0.22	0.86	3.0	6.0	8.7	11	12
200		0.27		3.6	7.2	11	12
500			0.34	1.3		9.1	13
1000				0.40	1.6	5.5	11
2000					0.48		6.6
5000						0.61	2.4

* 图24.2和表24.1式中积分上限应为R-1——译者注。

如果钚是被吸入的, 则有些钚就停留在上部支气管系统内, 由于纤毛作用这些钚将会输送至咽部被吞嚥掉, 这样将往往引起粪钚排出量增高。因此, 只有待支气管和肺上部完全清除了这些钚之后, 才能应用 (24.6) 式。

循环血液系统中的钚量可以用类似的方法确定。静脉注射钚后, 循环血液中的钚量满足下列指数函数:

$$R_B=0.29 t^{-1.3} \tag{24.7}$$

计算钚由体内蓄积器官至血液中的转移率对研究体内总沉积量来说是很有意义的。按推导(24.5)式的类似方法, 由(24.7)式可得出下列公式:

$$R_B=0.29 \lambda, Q_0 \int_0^{R-1} e^{-\lambda t} (R-t)^{-1.3} dt \tag{24.8}$$

(24.6)和(24.8)式的积分值见表24.2和24.3, 以及图24.3和24.4。

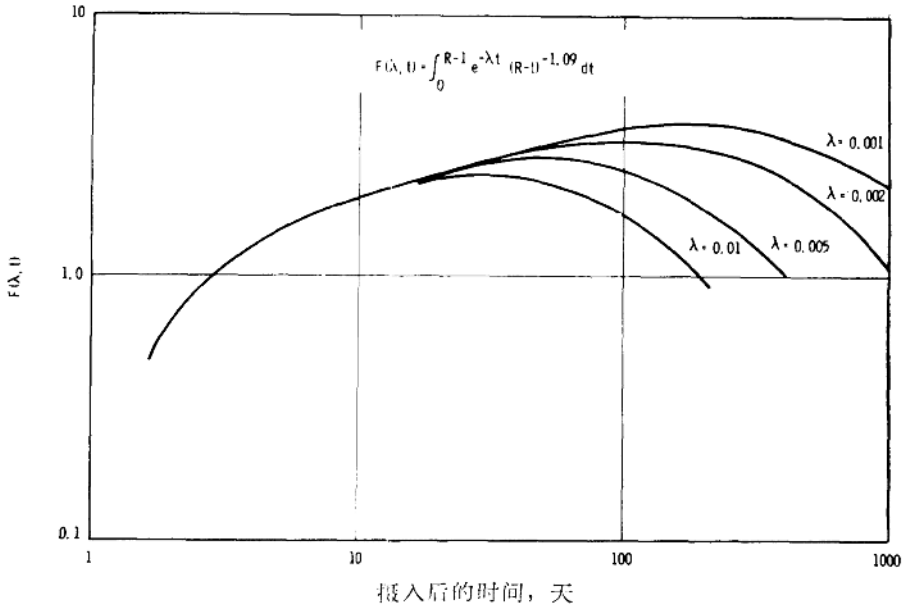


图24.3 不溶性钚沉积物从粪中的排泄^[12]

表24.2 特定的λ和R值对应的 $\int_0^{R-1} e^{-\lambda t} (R-t)^{-1.09} dt$ 积分值

R, 天	λ, 天 ⁻¹				R, 天	λ, 天 ⁻¹			
	0.01	0.005	0.002	0.001		0.01	0.005	0.002	0.001
10	2.0	2.0		2.1	200	0.94	1.9		
20		2.4			500			2.1	3.1
50	2.3		3.1	3.2	1000			1.0	2.2
100	1.7	2.5		3.5	2000				1.0

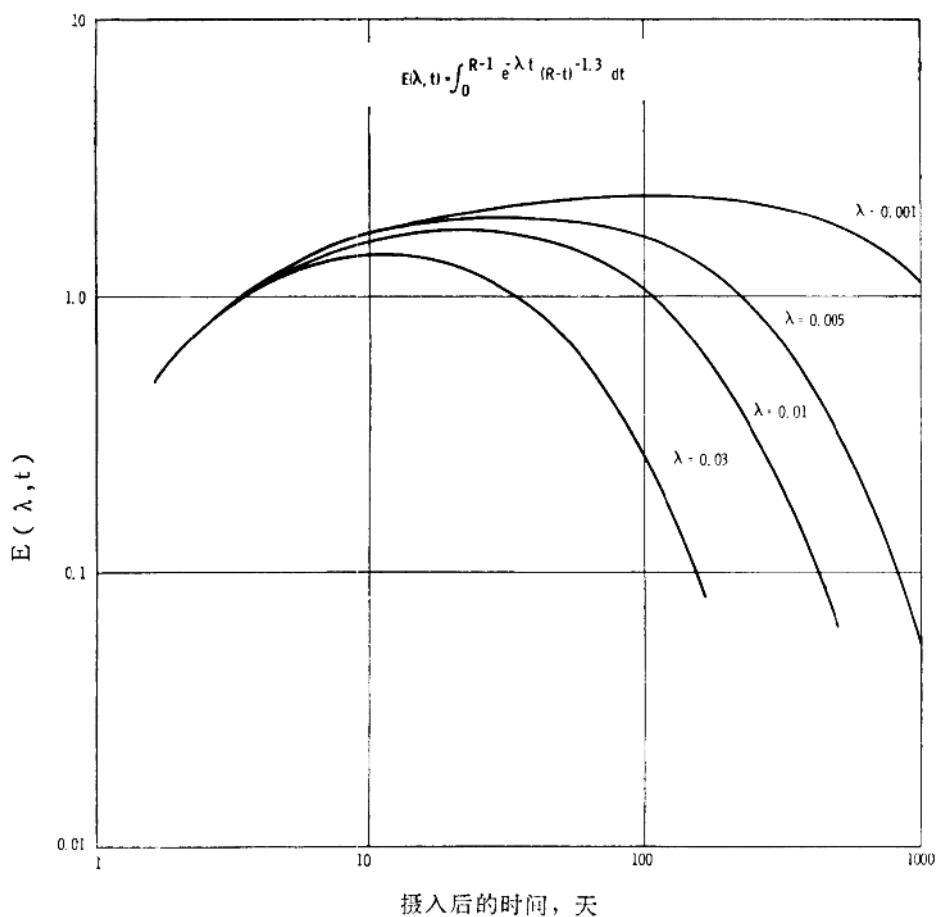


图24.4 不溶性钚沉积物转移到血液后在血液中的存留量^[12]

表24.3 特定的 λ 和 R 值对应的 $\int_0^{R-1} e^{-\lambda t} (R-t)^{-1.3} dt$ 积分值

R, 天	$\lambda, \text{天}^{-1}$			R, 天	$\lambda, \text{天}^{-1}$		
	0.01	0.005	0.001		0.01	0.005	0.001
10	1.6	1.6	1.7	200	0.49	1.1	
20		1.8		500	0.06		1.8
50	1.5		2.2	1000		0.06	1.2
100	1.1	1.6	2.3	2000			0.47

上面的一些公式可用来估算常数 λ 。由图24.2、24.3、和24.4中找出满足实验数据的一条曲线，这条与实验数据符合得最好的曲线就给出了常数 λ 。这条曲线还给出了最大日排出量和受照射后长时间内日排出量的下降速率。不论摄入方式如何，有些铯通常将立即被溶解，铯的排泄速率迅速下降正好表明了这一点（见图24.5）。铯的日排出量曲线迅速下降之后，接着变平或上升，其特征如同受到铯慢性照射一样（见图24.5）。如果假设不可溶性铯积载物对铯排泄量的影响可以忽略，则可用（24.1）式来处理早期的尿铯排泄数据。然后从实际测得的数据减去（24.1）式处理早期尿铯排泄数据的计算结果，则图24.2中与差值符合得最好的曲线就给出了最有代表性的 λ 值。

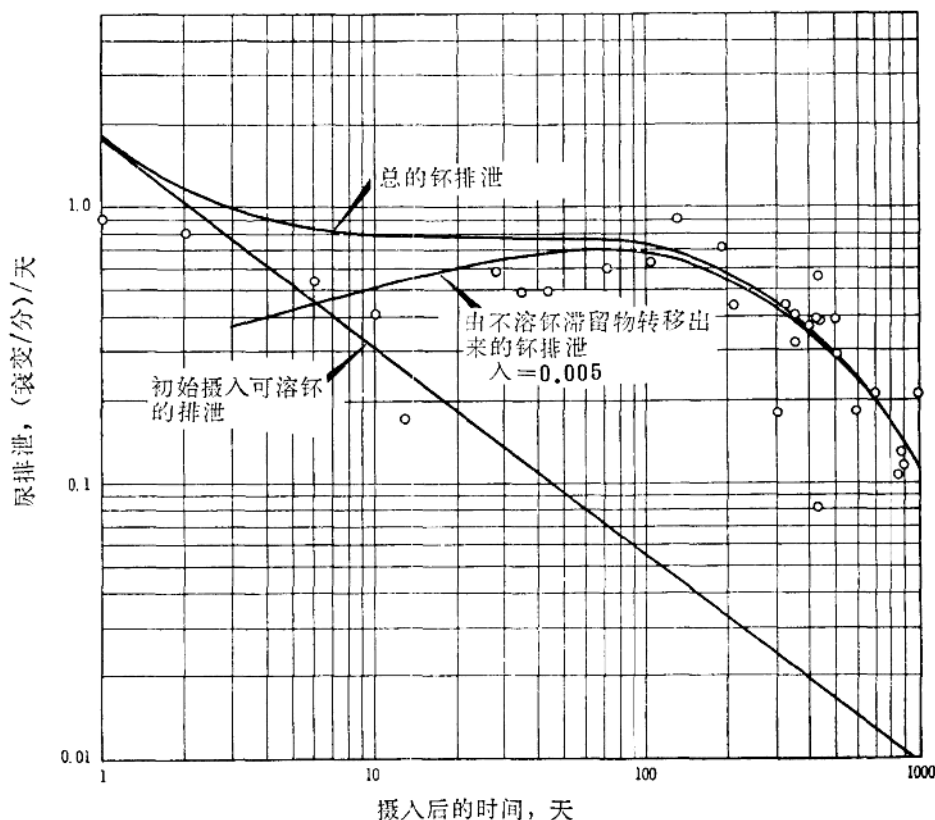


图24.5 吸入铯后尿铯的排泄

对许多具有明显体负荷量的人员的观察表明，仍有必要进一步研究和改进估算铯的总沉积量的方法。体内沉积有不可溶性铯积载物的情况与沉积有可溶性铯的最简单的情况一样，随摄入铯后的时间的增加，用上述方法估算的体负荷量将存在显著误差。肺模型对不溶性铯沉积物给出了一个半衰期，即铯溶解进入血液的速率。在有明显体负荷量的情况下，不可溶性铯沉积物的表观半衰期随摄入铯后的时间的增加而增加，这样就使

体负荷量的估算变得更加复杂。为了更精确地估计铈的总体负荷量，必须深入进行研究，以确定铈排出速率随时间的变化关系。

24-6 促排治疗方法

用乙二胺四醋酸钙盐和二乙烯三胺五醋酸三钠钙盐之类的螯合剂促使铈从尿和粪便排出^[13-15]，目前已成为意外摄入铈后一种有效的治疗方法。用EDTA促排时，尿排出铈的速率约增大10倍。用DTPA时，增大45到120倍。

意外摄入铈后的促排治疗经验表明，促排后的铈排量增加倍数对某个人来说是相对不变的，并不随摄入铈后的时间而变化。然而铈排量增加的倍数与刚开始促排治疗前观察到的排出速率有直接关系。在所有已观察过例子中均发现，在开始摄入铈后的几天或几年期间，上述规律都是正确的。因为人的铈排出速率在摄入铈后迅速地减小，所以最有利的促排治疗时期是摄入铈后立即进行处理，因为这时排出速率最大（见图24.5）。

曾对一例进行过长时间促排治疗的研究^[13]。在7个月内用CaEDTA进行间断治疗，治疗方法是在7个月内分别静脉注射71天，口服21天。静脉注射治疗的具体过程是每天注射2次，连续5天，间断2天。为了确定疗效和估计体负荷量，可以间断较长的时间。口服治疗过程是每天2次，每次2克，连续5天；以后每日口服4次，每次1克CaEDTA肠衣片。延长促排治疗时间，疗效不减。在间断几天后排出速率下降到未经治疗前所观察到的水平。

使用CaDTPA的经验表明，用它加速铈的排出比用CaEDTA有效得多。长期用DTPA促排治疗的研究^[14,15]表明，用它可以排除数量显著的铈。然而，在整个疗程中疗效逐渐降低。促排治疗50周后，DTPA的疗效大约减少到初始疗效的20%。曾观察到用DTPA进行治疗其延期疗效很好。一次给药能在其后的三周内增加铈的排出量。因此，间断给药依然有效。每周给药2次，每次1克，连续治疗三周，间歇三周后再重复进行治疗。为了观察疗效，必要时可间歇5周后再重复进行治疗。在1年内实际治疗时间为22周，给予的DTPA总剂量为43克。粪铈排出量的间断测量表明，其数量为尿铈排出量的10%或更小。用DTPA治疗一年其总的疗效是排出了估计的总体负荷量的8%。在不进行治疗的情况下，排出这样多的铈量需要2.5年的时间。

每天口服1克水合DTPA三钠钙盐胶囊，将使尿铈排出量增大3到19倍，粪铈排出量增大2到16倍^[15]。目前还没有获得关于长期口服DTPA的疗效资料。比较起来口服DTPA的效果比静脉注射DTPA的效果要差得多，但有时仍可达到接近于静脉注射EDTA的疗效。

EDTA和DTPA的毒性研究^[16]，还不很广泛，主要还局限于用小动物进行研究以及用非常低的药物剂量进行临床研究。因此，只有在熟悉这种治疗方法的医生直接指导下，才能用这些螯合剂进行促排治疗。

参 考 资 料

1. NBS Handbook 69, Maximum Permissible Body Burdens and Maximum Permissible Concentrations of Radionuclides in Air and Water for Occupational Exposure, U. S. Gov't. Printing Office, Washington, D. C., June 5, 1959.
2. M. H. Weeks et al., HW-30437, 1954.
3. M. H. Weeks et al., HW-30232, 1953.
4. R. H. Wilson et al., HW-66309, 1960.
5. R. H. Wilson, HW-42030, 1956.
6. W. C. Roesch et al., 2nd Geneva Conference, Vol. 23, pp. 142-143, 1958.
7. F. Swanberg, Jr., et al., J. Occupational Med. 6 (4) : 174 (1964).
8. W. H. Langham, Am. Ind. Hyg. Assoc. Quart., 17 : 305 (1956).
9. Recommendations of the International Commission on Radiological Protection; Report of Committee II on Permissible Dose for Internal Radiation (1959), Pergamon Press, London, 1960.
10. L. C. Schwendiman et al., HW-22680, 1951.
11. R. H. Wilson, HW-44341, 1956.
12. J. W. Healy, Am. Ind. Hyg. Assoc. Quart., 18 : 261 (1957).
13. J. C. Bugher et al. (Eds.), Medical Sciences, Progress in Nuclear Energy, Series VII, Vol. 2, pp. 105-113, Pergamon Press, New York, 1959.
14. W. D. Norwood, J. Occupational Med., 4 : 130 (1962).
15. W. D. Norwood, Treatment of Plutonium Deposition in Humans with DTPA. Effectiveness of Long-Term Administration and Oral Administration, in Proceedings (of the) Thirteenth International Congress on Occupational Health, U. S. Executive Committee of the Thirteenth International Congress on Occupational Health, New York, 1961.
16. J. F. Fried et al., Atompraxis, 5 : 1 (1959).