

427153

587
32842;1

成都工学院图书馆
基本馆藏

核工业流线分析

(国外文献摘编)



原子能出版社

第一部分 溶液的 α 放射性测量装置

探头可升降的液体直接计数装置

α 计数是钍测定的最快和最灵敏的方法。它通常包括：在需要时进行样品稀释、精确转移一部分到盘中、蒸发、烧、计数和计算，这些都需要相当精确和费时的手工操作。机械化完成这些操作的装置已用于流线分析（参见HW-29599, HW-37272），但是装置大而复杂。又制造了未经化学和物理处理的钍溶液的流线 α 计数器（参见DP-197, DP-302），这些仪器中用一薄的塑料膜把液体和荧光体隔开，但是由于膜的沾污使本底变化，限制了测量范围。在薄膜和液体之间保持一定的空气隙代替塑料膜，可以保持低本底，不用稀释就能测定宽范围的钍浓度。

理论

在15°C, 760毫米汞柱时, 5.1兆电子伏 α 粒子在干燥空气中的射程是3.6厘米, 在水中射程是0.0013吋。粒子被探测到的条件是:

$$\frac{X}{R_s \cos \theta} + \sum \frac{t_i}{R_i \cos \theta} \leq 1, \quad (1)$$

其中 θ 为射线与液面法线之间的夹角, t_i 为溶液与探测器间第 i 种介质的厚度, R_i 为溶液与探测器间第 i 种介质的 α 射程, S 为代表溶液的面积, X 为 α 粒子的发射点与液面间的垂直距离。

溶液中深度 X 处发射的 α 粒子被记录的部分 f 为

$$f = \frac{1 - \cos \theta_{\max}}{2}, \quad (2)$$

其中 $\theta_{\max}$ 为可探测到的从深度 X 处发射的射线与液面法线间最大的夹角。由式(1), 当 $\theta=0$ 时得到最大厚度为

$$X_{\max} = R_s \left[1 - \sum \frac{t_i}{R_i} \right]. \quad (3)$$

对于浓度为 C , 表面积为 A , α 比放为 S 的同位素的溶液的计数率 r 表示如下

$$r = SCA \int_0^{X_{\max}} \frac{1 - \cos \theta_{\max}}{2} dx, \quad (4)$$

对方程(4)积分得到

$$r = SCA \frac{R_s}{4} \left[\sum \frac{t_i}{R_i} - 1 \right]^2. \quad (5)$$

可见, 计数率正比于 α 粒子在水中的射程。计数率的平方根与 $\sum \frac{t_i}{R_i}$ 的关系是线性的。

设计

装样品溶液的容器是一个不锈钢小盘。装入约 1.5 毫升样品之后，用气缸带动使探头下降，在探头和样品盒之间用聚四氟乙稀“O”型环密封。

计数时，膜与液体之间最小实际间距为 2 毫米。

设计的流线液体 α 计数器与上述实验室计数器相似，但探头是固定的。溶液从底部进入流动样品盒，从刚好在膜平面下面的侧壁流出。溶液进入计数器之前先经过恒定液面装置，使对流动样品盒保持几吋的恒定压头。

由于流动样品盒的设计比较复杂，所以流线 α 计数器比流线 γ 计数器需要更多的维修。

实验结果

1. 对钷溶液本底保持在 10^{-4} 克/升 (60 计数/分) 以下是不难的，采用适当的修正，可以测量 5×10^{-4} 克/升的钷溶液 (300 计数/分)。

2. 样品量在 1.25—1.75 毫升之间，没有发现计数率的明显变化。

3. 改变液面与荧光体间距离测量计数率，证明计数率平方根与空气层厚度的关系与公式 (5) 是符合的。

4. 溶液中硝酸浓度由 0.3N 变到 6.4N 或者硝酸铝浓度由 0 变到 1.2M，都使计数率变化 13%。酸和盐成分的变化都证明计数率与溶液密度成反比。

[摘自“*Anal. Chem.*”, 33, 758(1961)]

溢流式装置

溢流式装置的设计特点

用来测量液体试样中钚含量的两种最灵敏的方法之一是测量钚发射的 α 粒子(参见表1),另一种方法是测量钚发射的17.5千电子伏的X射线。这两种方法都有它们的缺点,前一种方法会受到少量的镅和钷的干扰,除非采用 α 能量分辨方法;而后者,即使采用很高分辨率的 γ 能谱方法,也对裂变产物及其子体的 γ 射线极为灵敏。在后处理厂中, α 测量方法可以在监督钚的所有取样点上应用,而X射线测量方法的应用却受到严格限制,并且需要更复杂的电子设备。

表 1

铀和超铀元素的 α 辐射

同 位 素	Cm ²⁴²	Am ²⁴¹	Pu ²³⁸	Pu ²⁴⁰	Pu ²³⁹	Np ²³⁷	U ²³⁴	U ²³⁵	U ²³⁸	U ²³⁸
平均 α 能量(兆电子伏)	6.0	5.5	5.5	5.2	5.15	4.7	4.7	4.5	4.5	4.2
比放射性(每分蜕变数/克)	7.45 $\times 10^{15}$	7.1 $\times 10^{12}$	3.7 $\times 10^{13}$	5.05 $\times 10^{11}$	1.38 $\times 10^{11}$	1.51 $\times 10^9$	1.35 $\times 10^{10}$	4.75 $\times 10^6$	1.41 $\times 10^8$	7.45 $\times 10^5$

α 粒子在液体中和空气中的射程是很小的(5.1兆电子伏的 α 粒子,在空气中射程为3.6厘米,在水中为0.003厘米),因此被测液体的有效部分仅限于表面层,为了提高灵敏度,最理想的是液体表面和探测器接触,使 α 粒子不至因经过中间介质产生的能量降低而损失掉。但是,接触式测量装置有两个缺点:(1)接触面的 α 沾污是不可避免的,(2)很难均匀而连续地用进入的液体置换薄的接触层,因而不能保证计数率随浓度同时变化。因此,液体表面和探测器之间应有一个空气间隙。由于被测液体对 α 粒子来说是无限厚的,以至离开液面的 α 粒子的能量分布在零到最高放射能量的范围内,所以间隙距离必须小而且恒定。间隙增大会减少达到探测器的 α 粒子的数目,间隙变动会引起计数率的起伏。因为间隙小,需要防止蒸汽或飞溅的液体对探头的浸蚀,否则,将使探测器沾污或损坏。即使加上一个保护层,此保护层同样会受到飞溅液体的沾污,或者由于上面发生凝聚,而变得对 α 粒子不透明。总之, α 测量方法中存在着下面几个需要解决的问题:(1)提供一个大面积的液体试样,其表面层应能连续而均匀地由进入的液体所置换,(2)一个有适当保护的大面积探头,(3)在它们之间保持一个固定的空气间隙,并且避免在探头上或保护膜上造成沾污或凝聚。

一个很适用的探测器是ZnS闪烁计数器。

当 β 粒子入射到探测器的速率大到一定程度,单个 β 粒子造成的小脉冲开始互相迭加起来,能把幅度增大到等于或者大于一个 α 粒子的脉冲,这种现象叫“堆集效应”。如果试样中含有 β 放射性裂变产物,对 α 粒子来说是无限深处的液体将贡献 β 脉冲,而不能产生 α 脉冲,由此增加了出现“堆集”的倾向。所以, β “堆集”淹没 α 脉冲的裂变产物浓度,随液层厚度的减少而增加,只要液层厚度大于0.003厘米。这是另一个设计特点。

其他的设计特点,在很大程度上是由工厂所用的溶液的性质和需要对仪器故障作迅速而简便的修复所决定的。例如,工艺过程是根据混合澄清原理设计的,其混合阶段是将有机相溶液和水相溶液混在一起进行激烈搅动,即使在澄清阶段以后,也不能保证两相完全分开水相里还含有夹带的溶剂微珠,而溶剂里含有水溶液的微珠。

[摘自“Nuclear Power”, 7, 64—8 (1962)]

溢流式装置的结构

仪器采用溢流式样品盒来测量通过此盒流动的液体的放射性。

实践中可能发生的困难是由于扰动或气泡破裂,使小液滴溅到监测器屏上,造成监测器沾污,引起测得的计数率增加。

本发明的目的就是提供一种方法,用以限制液体小滴对监测器屏的沾污。

采用的方法是在液面和监测器的 α 放射性探测屏之间加一个保护膜。最好采用绕在两个转轮上的长带形聚四氟乙烯薄膜。

采用的另一个方法是在液体进入样品盒之前去除液体中的气泡和用V形溢流堰使通过样品盒的液体保持层流。

具体装置见图1。左图为 α 监测器和液体样品盒的剖面图,右图为溢流式样品盒的透视图。

α 监测器1探测液体样品表面的 α 辐射。样品盒2中为含有 Pu^{239} (比放16克/居里,能量5.14兆电子伏)的被测液体。样品盒装在外容器3中。不能期望被测液体是纯净的,水相样

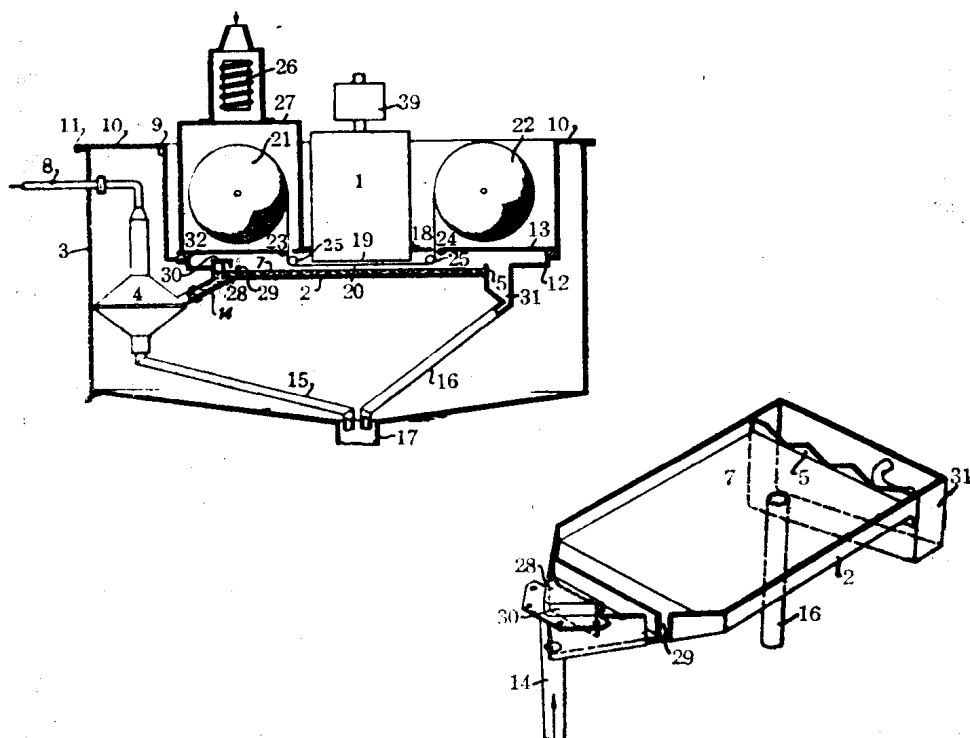


图1 溢流式 α 监测器装置图

品中往往含有夹带的溶剂小滴、空气和固体颗粒物，溶剂样品也往往含有水相小滴、空气和固体物。大颗粒和絮状物在分配容器（图中未表示出）已过滤掉，但在进入 α 测量池之前仍必须分离杂质，因为溶剂小滴会聚集在水相样品表面，如果这些溶剂是放射性的，则将对测得的计数率产生贡献，如果这些溶剂是非放射性的，会吸收水相样品发射的 α 粒子。溶剂样品中的水相小滴会聚集在池的底部，形成“岛屿”，溶剂样品在其周围流动，从而引起几何条件的变化。被测液体通过进口管道8之后进入分离器4，它去除可能积存在样品盒中的物质，之后样品进入样品盒，盒有V形缺口5，因而在正对探测器下面形成一个液池7，池的面积使池壁沾污的 α 放射性达不到探测器，池深度大于 α 粒子在液体中的射程，由溢流堰5在全池建立起层流，防止出现停滞区，保证液体表面平稳更换。由于流量变化改变液面和探测器之间的距离，能引起浓度和计数率之间的比例常数变化，此效应由于溢流堰的特点和流量稳定而得到消除。最好样品盒和分离器每两小时排空2分钟，以排除累积的杂质，排空的方法是打开合并分离器内的阀门（图中未表示出）。

监测器组件安装在长方形不锈钢壳9内，壳9与法兰10配合，法兰10放在外容器的顶法兰11上。

在壳9的底部有一个大圆孔，与法兰32连接，圆板12包括样品盒2，用螺栓固定在法兰32的下面，板13上面固定着探头，用螺栓固定在法兰32的上面，各处都用“O”形密封圈以保证连接气密。

分离器4在入口处用螺栓固定在壳9上，与外容器侧壁上的入口管8和样品池用活动连接。

排空管15和溢流管16集中在下面，排放到外容器底部的漏斗17中。外容器中气压略低于大气压，以防止其中气体溢出。

探头1通过板13上的孔凸出来，通过法兰18用螺栓固定在板13上。探头包括沉积在塑料光导上的ZnS屏，监测水相液流时，屏距液面1厘米，监测溶剂时，因为表面张力小使池中液体深度较小，因而液面距屏1.2厘米。ZnS荧光体通过光导与2吋光电倍增管39耦合，为了保护ZnS屏19，使不受蒸汽和液面气泡破裂造成的飞溅的影响，在液面和ZnS屏之间有聚四氟乙烯薄膜（厚度0.00025吋，相当于1厘米空气），此膜是一个长带（100呎）的一部分，长带绕在两个转轮21和22上，如果屏和液体之间的部分被沾污，可以用清洁部分更换。长带通过板13上缝23，再通过探头前面，之后通过另一个缝24到达收集轮22，22用一个小的交流电机（图中未表示出）驱动。在每个缝下面用一个可转动的杆支撑，更换操作远距离控制，这种操作的次数从根据带长预先调好的总数中减去，当此数减到0时，操作便不再起作用，以避免带子脱开。此带可以供给120次更换，在正常使用中至少可持续一年。

为了刻度仪器，一个标准 α 源均匀地分布在一个板（图中未表示出）上，其面积与ZnS屏相等，可远距离控制移动到液体和屏之间或由此回到远离探测器的原来位置。

空气中水蒸汽冷凝在屏、聚四氟乙烯膜或标准源上，能使屏不灵敏，膜对 α 辐射不透明或者吸收标准源的 α 辐射。所有这些都引起严重的测量误差。为避免此效应，使温度高于溶液样品和环境的清洁干燥空气流过屏和带。在供给轮的罩27上安装电空气加热器26，提供的干燥空气流量为10升/分，热空气先进罩27，通过缝23之后，在膜前流过，最后或者通过排放口或者通过通风口从仪器中排出。

为了减少进入样品池中的气泡，在池的入口附近安装了杆28和下面流通的堰板29，杆28用罩30盖住。气泡被杆28捕获，在罩30之内破裂，之后液流散开，在堰板29下面通过，之后进入样品池。堰29挡住离开罩之后产生的所有气泡，并能改善液体在样品池中的流动特性。

此后，液体平稳地进入样品池，越过三个V形溢流堰进入连着出口管的槽31。V型缺口的尺寸使得流量变化只产生小的液位变化。液体流量500毫升/分，对水相和有机相液流得到的液体深度分别为5毫米和3毫米，此深度能可靠地盖住池底。池底可用聚四氟乙烯薄层复面。这个不浸润的表面防止溶剂液流中水相小滴在池底聚集，因此它们能自由迁移到堰板，然后排出。

[摘自“British Patent”, 984,240]

同时测定镅和钚的双探头测量装置

Pu^{239} 和 Pu^{240} 发射的 α 粒子的能量约5.15兆电子伏， Am^{241} 发射的 α 粒子的能量约5.5兆电子伏，所以只要制成薄源就可以用 α 谱仪达到鉴别的目的，但线上连续制薄源需要有精巧结构的装置。

Pu^{239} 和 Pu^{240} 都发射 γ 射线，但其比分要比 Am^{241} 的主要 γ 射线（59千电子伏，40%）的比分小得多。因此，在原则上采用两个探头就很容易达到鉴别的目的。一个探头用来测量钚和镅的 α 辐射，另一个探头测量镅的 γ 辐射，用已知源进行适当的校准，就可以修正镅对 α 计数的贡献。本报告描述和讨论了根据这种原理制成的测量装置。

探头部分的设计

探头部分的组成主要包括装有被测液流的一个样品容器以及用来分别测量 α 和 γ 射线的两个探头，还有一个标准源系统。用2吋直径的ZnS屏作 α 探头，用直径1吋、厚0.080吋的NaI晶体作 γ 探测器。

过去工作的经验已经表明，测量液流的 α 粒子，需要保持探头的清洁。虽然把探头浸泡在溶液中会有更大的灵敏度，但是却把ZnS与放射性溶液之间的薄膜很快污染。况且有必要把一个标准源放入样品液和探头之间。因此，ZnS屏与液面间合适的最小距离约为1厘米；样品容器中溶液的最小深度是5毫米，因为样品容器的壁在测量时很快被污染，所以要求样品容器的壁远离探头，使沾污表面发出的 α 粒子达不到ZnS屏上。假定ZnS屏的直径为2吋，那么样品容器的最小宽度必须为5吋，为了和两个探头相配合，其长度要比5吋更大。探测器部分如图2所示。薄膜是用来防止样品容器内溅出的溶液污染两个探头的。圆形的标准源托盘装在探头和液面之间，两个探头通过托盘上的孔洞“看到”样品溶液。校准仪器时，托盘转过一个90°角，把参考源 Pu^{239} 和 Am^{241} 分别放在ZnS屏和NaI γ 探头的下面。 Am^{241} 源装在铅盘上，校准仪器时铅盘作为样品溶液和探头之间的屏蔽。

仪器刻度系数

装置运算指示部分见图3。

探测器部分的刻度系数如下：

- (1) α 粒子(Pu或Am)：对每毫升溶液，5计数/秒/ 10^5 衰变/分
- (2) γ 射线(Am)：对每毫升溶液，
300计数/秒/ 10^5 衰变/分

采用的 NaI 晶体对 59 千电子伏的 γ 射线具有 30% 的能量分辨率，若用 4 千电子伏的道宽，大约能记录下全部 59 千电子伏 γ 射线闪烁的 20%。

干扰因素

1. 其他 β - γ 射线的干扰

溶液中的裂变产物浓度高达 100 微居/毫升时，ZnS 屏仍然有一个有效的 α 坪。然而，即使采用薄的 NaI 晶体作为 γ 探头，对来自裂变产物的辐射仍然是灵敏的，实际上，在样品溶液和探头之间加一块塑料吸收片，就可以把 β 射线吸收掉，因此只需要考虑 γ 射线的影响。

实验用的裂变产物中，90% 的 γ 射线来自 $\text{Zr}^{95}\text{-Nb}^{95}$ 。实验结果，1 微居/毫升的裂变产物大约相当于 0.7×10^5 衰变/分·毫升的 Am^{241} 。用 Co^{60} 或 Ra 造成的环境本底，1 毫伦/小时相当于 $2 - 2.5 \times 10^4$ 衰变/分·毫升的 Am^{241} 。

可以在 Am^{241} 的 59 千电子伏峰的上部设置一个计数道，用来测量裂变产物浓度或本底的变化，用来补偿仪器的计数。这种设想在本装置中尚未实现。

2. 液体深度变化的影响

液流流量、成分或温度的变化都能引起液体深度的变化。在本装置中，液体深度变化 0.5 毫米，就会引起 α 计数率变化 6%， γ 计数率有相同数量级的变化。

3. 溶液密度变化的影响

样品液流密度的变化可能由于化学成分或温度的变化而引起。 α 计数率与溶液的密度成反比。而溶液的密度对 γ 道没有明显的影响。

4. 探测器中空气温度和压力变化的影响

α 计数率随温度的变化为 $0.4\%/^{\circ}\text{C}$ ，随空气压力的变化为 2% /厘米汞柱。对 γ 道无明显的影响。

5. 薄膜厚度变化的影响

本装置使用的薄膜厚度变化约 10%，不会使 γ 道计数率发生显著变化，却使 α 计数率发生 10% 的变化。这可用选择合适的薄膜的办法来消除。

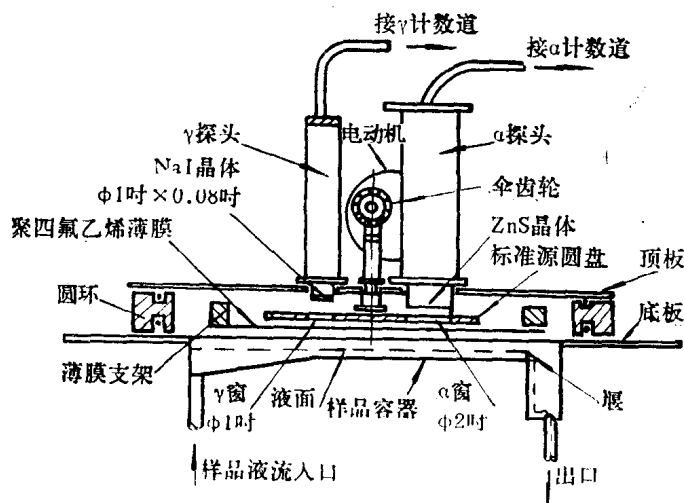


图 2 测量装置

6. Pu^{240} 含量变化的影响

燃耗深度发生变化时, Pu^{240} 含量也发生变化, 所以需要进行刻度校正。

7. U^{237} 的影响

Pu^{241} 以 2×10^{-5} 的分支比通过 α 蜕变生成 U^{237} , 它以 36% 的丰度发射 59 千电子伏的 γ 射线。

开始时, U^{237} 的 γ 辐射率至少是 Am^{241} 的 30%, 而这时 Am^{241} 本身与 Pu^{239} 相比是微不足道的, 随着存放时间加长, U^{237} 的贡献与 Am^{241} 相比就变得相对不重要了。

结论

钚与裂变产物的比值超过 10^5 衰变/分·毫升钚比 1 微居/毫升裂变产物时, 测量误差是 10%。

钚浓度小于 10^5 衰变/分·毫升时, 这种方法不适用。

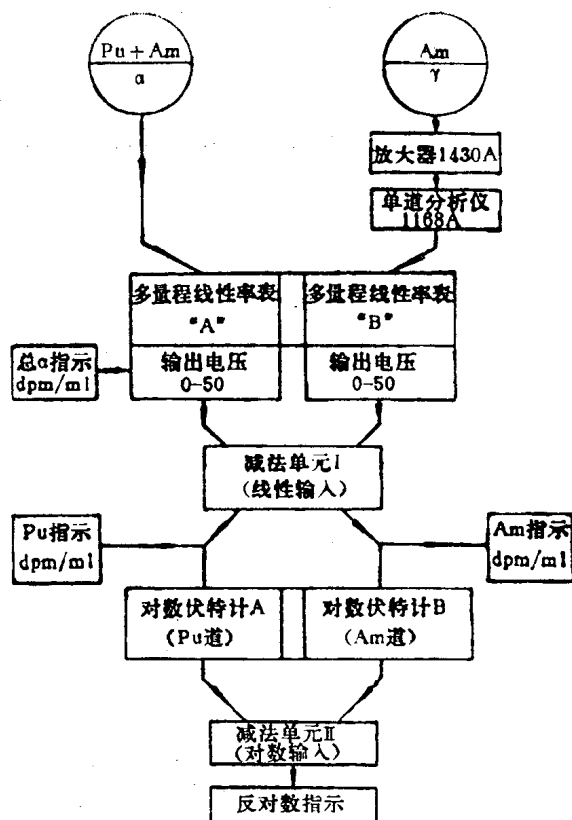


图3 运算指示系统方块图

鼓輪式裝置

鼓輪式裝置的早期設計

儀器包括閃爍探測器、液體取樣機構和儀器校準裝置，如图4所示。

在 ZnS 屏前厚度為 1 毫克/厘米²的塑料薄膜上塗一層很薄的鋁或金避光層。ZnS 通過較長的有機玻璃光導與光電倍增管耦合，這樣光電倍增管與溶液有一定的屏蔽。

用一轉動鼓輪把一薄層樣品溶液帶到緊靠熒光屏處，鼓輪下面浸在被測溶液中。這是嚴格控制測量幾何條件的有效方法。調節鼓輪的轉速可以使鼓輪上的液體厚度比 α 射程稍大一些，以使計數與液層厚度的少量變化無關。這種取樣方法還可降低溶液中 β 和 γ 射線的作用，這是因為熒光屏對大部分溶液受到取樣鼓輪的屏蔽。

校準用 α 源固定在轉盤上，此盤的一部分用標準源覆蓋，另一部分打通，這樣溶液可照射熒光屏，為了使甄別曲線與溶液的相同，校準源做成厚源，用 α 放射性材料與塑料的溶液鑄成塑料片作為校正源，上面加蓋一層吸收膜，以補償到屏的不同距離。

圓盤以每秒一周的速度轉動，使探頭交替測量樣品和校準源。通過凸輪驅動的觸點的控制，使樣品脈沖和校準源脈沖分別在兩個計數率計內計數，兩個計數率計的輸出信號供給比值記錄儀。因為校準源和溶液的甄別曲線相同，所以儀器工作點的變化得到完全補償。結果，無論是連續工作還是間斷工作，儀器刻度的變化都保持在 $\pm 1\%$ 之內，而且對閾值調節要求不嚴格。

放大、甄別部分固定在探頭上，用低電容短線連接。放大器增益為 30，甄別閾固定在 15 伏，調節高壓使 0.25 兆電子伏的 α 脈沖剛好計數。電纜傳輸脈沖的幅度是 1—3 伏。計數率計時間常數為 200 秒。標準道計數率計量程固定在 500 計數/秒。

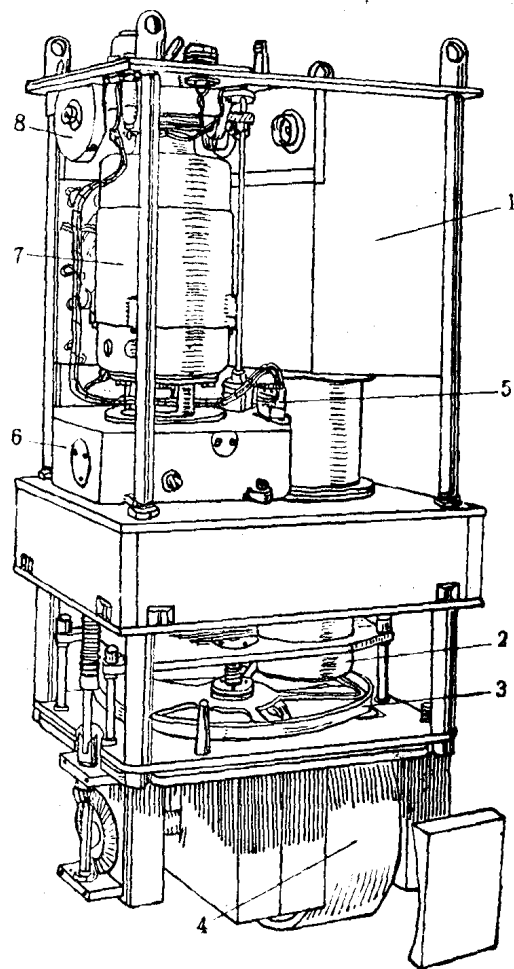


图4 液体样品闪烁 α 计数器透视图

1——光电倍增管单元；2——筒内为下端与ZnS屏接触的光导；3——有 α 标准源的转盘；4——取樣鼓輪；5——控制記數道的凸輪動作觸點；6——驅動轉盤和鼓輪的齒輪箱；7——驅動電機；8——轉盤脫離電機傳動時調節轉盤位置的手輪。

浓度为 10^{-4} 居里/升的 4—5 兆电子伏的 α 放射性溶液造成 1 计数/秒。样品道计数率计是多量程的。

定期测量本底时，使转盘脱离电机传动，用仪器顶部的手轮调节转盘的位置，使转盘上的光板部分挡住探头。

此仪器也可以用于有一定 β 和 γ 放射性的溶液。 β - γ 脉冲的堆积程度决定于仪器的分辨时间。ZnS 荧光脉冲的上升时间约 0.1 微秒，荧光衰减时间常数约 1 微秒。一般光电倍增管阳极电路的时间常数 RC 也选为 1 微秒比较适合。这时选择适当工作点可使 10^7 β 脉冲/秒产生的噪声刚好达到甄别阈。

[摘自“*Proc. I. E. E.*” Part II, 98, 762(1951)]

鼓轮式装置的改进

基本原理

一个水平放置的鼓轮在盛有有机相或水相被测液体的槽内转动，鼓轮表面带上来一薄层被测液体，厚度约 200—300 微米。ZnS (Ag) 荧光屏在鼓轮上方，距鼓轮上表面 7 毫米，用来探测鼓轮表面液层的 α 放射性强度。

装置结构

见图 5。装置中有一个操作选择圆板，它有三个工作位置：转到“测量”位置时，圆板上的孔洞对准探头，使探头测量鼓轮表面的液层；转到“校检”位置时，圆板的装有固体 α 源的扇形部分对准探头，使探头测量校准用的 α 源，用来校验仪表；转到“沾污”位置时，圆板的无源扇形部分对准探头，探头测量本身的沾污程度。

ZnS 粒度 5—10 微米，颗粒表面涂一层极薄的 (<0.5 微米) 硅酮。这种颗粒在有机玻璃底板上只铺一层，用一种抗硝酸的特殊粘合剂 (20% 硅酮清漆在二甲苯中的溶液) 粘合之后再盖上一层 3.8 微米厚的聚酯树脂薄膜，膜上涂 0.1 毫克/厘米² 的金层。在液面和荧光屏之间吹

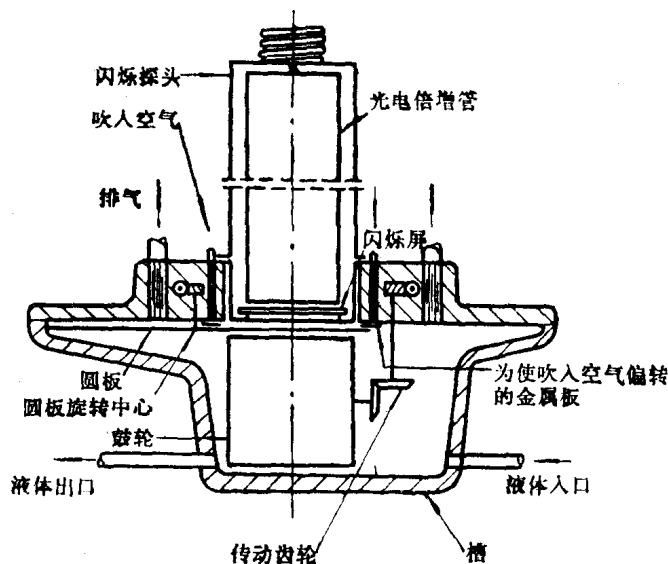


图 5 鼓轮式 γ 监测器剖视图

入干燥空气以防止酸气腐蚀荧光屏和水蒸汽在薄膜上凝聚。鼓轮停转时要停止吹气，以防止鼓轮表面干涸，因为这样再恢复工作时会浸润性不好，这时圆板应转到“沾污”位置。

计数器的主要特性

根据不同测量要求，装置分大小两种（见表2）。

表2

規 格 性 能	小 分 析 器	大 分 析 器
无探头装置的外尺寸 (毫米)	350×270×240高	440×400×350高
带探头装置的外尺寸 (毫米)	350×270×450高	440×400×550高
鼓輪尺寸 (毫米)	Φ60×58	Φ180×120
鼓輪轉速 (轉/分)	15	15
在槽內底部的全部容量 (厘米 ³)	50	50
进口流量 (升/时)	60	60
空气吹拂流量 (升/时)	180	600
閃烁体面积 (厘米 ²)	8	50
甄別閾 (伏)	α 的最大脉冲幅度 6	α 的最大脉冲幅度 6
計数效率 (計数/秒/毫克/升)	4	25
灵敏度下限 (毫克/升)	1—2	0.3
最大β放射性强度 (計数/升)	50	10

与其他方法比较

见表3。

表3

方 法	优 点	問 題
制固体源	可測 α 能譜	設備复杂
測垂直液面	簡單	不易获得均匀薄液层
測水平液面	簡單	需要严格控制流量
直接接触式	灵敏度高	易污染
鼓輪式	液层厚度变化不影响效率， 可减少和消除槽底溶液的 β, γ 干扰	裝置較复杂

与实验分析数据比较

见表4。

表 4

监 测 点	测 量 次 数	平均值 $\bar{x}$	标准偏差 σ	变化系数 $\sigma/\bar{x}\%$	90%测量的 极 限	高斯型 分 布
第一循环萃取的有机相	177	1.024	0.0469	4.6	0.960及1.105	非
第一循环残液的水相	204	1.002	0.0314	3.1	0.950及1.055	非
第一循环原始水相	228	0.985	0.0319	3.2	0.935及1.030	非

表 4 中 x = 计数器读数/实验室分析数据。

仪器使用情况

1958年在马库尔工厂使用了第一台, 1964年安装了三台, 至1966年总共安装了十六台, 其工作情况如表 5。

存在问题

1. 被测液体的 β 和 γ 放射性不能过强。
2. 鼓轮表面上累积的 α 放射性物质在测量过程中会被被测液洗下, 所以累积过高时会影响低水平液体的测量, 因而需要定期用硝酸清洗。

表 5

监 测 点	实际 工作 时间 (小时)	由于 进行 系统 清理 而延 误的 时间 (小时)	由于损坏所延误的时间 (小时)					負 載 系 数 (%)
			記 录 器	电 子 仪 表	鼓 空 拂 輪 气 系 和 吹 統	循 环 泵	总 計	
第一循环萃取有机相	14100	100	6	63	49	11	129	98.4
第一循环萃残水相	13400	102	6	2	40	24	72	98.7
第一循环原始水相	14100	95	6	3	19	3	31	99.1

[摘自“Nucl. Appl.”, 6, 56—62 (1969)]

铝带式装置

本仪器的功能是周期地和自动地监测相当低水平的工艺过程液流中的 α 放射性。

仪器把样品放到压了坑的铝带上，烘干，测量并记录放射性。用过的铝带收集在箱内，定期由操作人员排空（见图6）。

仪器准备用于 Purex 流程的 2AW, 2DW 液流，安装在取样廊中取样柜旁边。

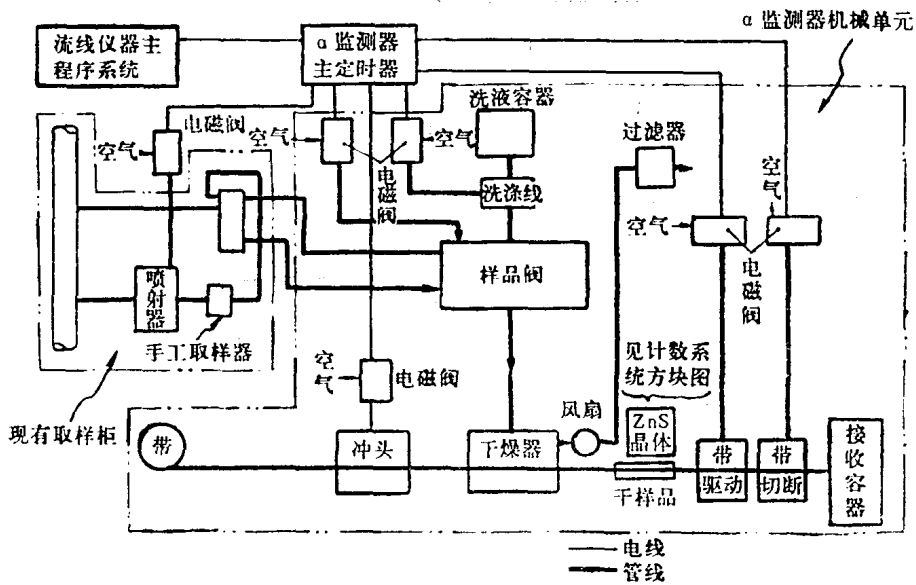


图6 流线 α 监测器取样系统方框图

〔摘自HW-41525〕

接 触 式 装 置

硫化锌队式装置

以前试制的仪器（見 DP-197）是 用 来 探 测 冷 却 水 中 的 非 常 低 水 平 的 α 沾 污 的。与 此 不 同，这 里 试 制 的 仪 器 是 用 来 测 量 相 当 高 水 平 的 工 艺 流 的 α 放 射 性 的。

监 测 器 与 以 前 的 仪 器 类 似，本 工 作 的 直 接 目 标 是 防 止 与 液 流 接 触 的 荧 光 体 的 沾 污，使 仪 器 在 放 射 性 于 很 大 范 围 内 波 动 时 仍 可 适 用。

最 终 目 的 是 试 制 装 有 校 正 和 检 查 设 备 的 样 机。

实验部分

1. 实 验 用 的 监 测 器 如 图 7 所 示。

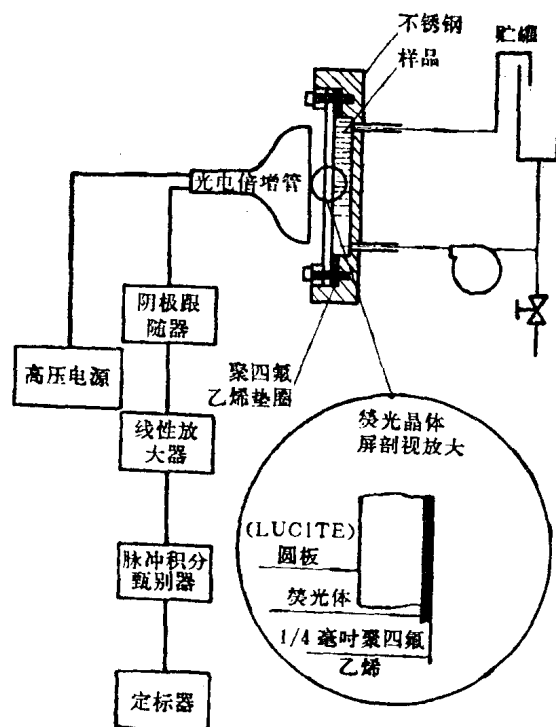


图 7 实 验 用 监 测 器

图 中 还 表 示 出 有 关 的 电 子 学 和 水 力 学 线 路 的 方 框 图。

荧 光 体 底 板 是 在 一 种 有 机 玻 璃 上 蒸 发 一 层 丙 烯 酸 树 脂，直 径 $6\frac{1}{4}$ 吋，上 面 涂 有 ZnS 部 分 的 直 径 是 $4\frac{3}{4}$ 吋， ZnS 面 密 度 约 15 毫 克 / 厘 米²。上 面 盖 有 0.00025 吋 厚 的 聚 四 氟 乙 烯 膜，用 涂 在 荧 光 体 周 围 环 形 区 域 的 硅 树 脂 薄 层 固 定。此 屏 组 件 与 一 个 聚 四 氟 乙 烯 垫 圈 用 螺 栓 固 定 在

不锈钢壳体上，构成样品盒。光电倍增管直径5吋。

聚氟四乙烯膜必须仔细检查以防止上面有小孔，使得液体沾污荧光体。屏组件装入监测器与试验溶液接触，才能最后确定是否能用。

2. 标定。实验用的监测器首先用最高到 10^6 蜕变/分·毫升的一系列标准溶液刻度，结果如图8所示。

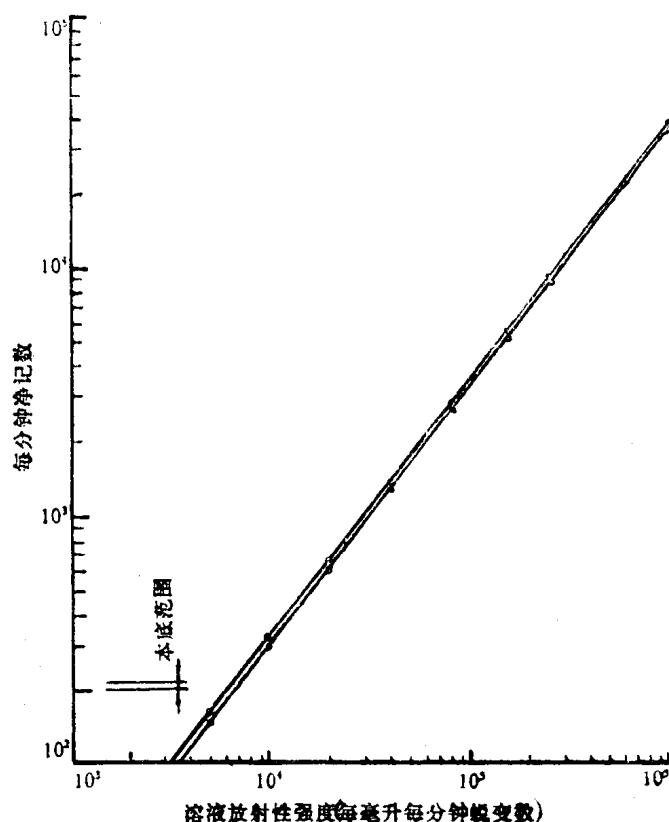


图8 校准曲线

样品盒用 10^6 蜕变/分·毫升的放射性溶液预处理。

○——按放射性递增顺序测得； ●——按放射性递减顺序测得。

图中下面一条曲线是按放射性增加的溶液顺序得到的。最大放射性溶液在监测器中停留两小时之后，按放射性降低的溶液顺序得到图中上面一条曲线。

上述标定之后最大放射性溶液在监测器中停留六天，然后按放射性降低的溶液顺序测得的刻度曲线与以前的没有明显不同。

由此得出结论，不管测量之前监测器接触了什么样放射性溶液，监测器测量试验溶液的放射性的误差可以小于 $\pm 10\%$ 。

3. 本底。监测器由于聚四氟乙烯膜吸附钚盐而沾污。但是，如果用预计以后使用中的最大放射性溶液预先处理仪器的样品盒，则这种沾污造成的本底可以保持稳定，预处理稳定的本底计数约为预处理溶液造成的总计数的 1% ，图8中指出的本底计数的范围就是用这种方法得到。

用 10^6 蜕变/分·毫升的放射性溶液预处理之后，再用高达 $10N$ 的硝酸冲洗小室，本底降

低不到10%。

用几种放射性溶液预处理样品盒得到的本底计数见表 6。

表 6

溶 液 比 放 (蜕变/分·毫升)	本 底 計 数 溶液总計数
10^0	0.6%
1.5×10^7	2.5%
1.5×10^8	1.5%

监测器样机

图 9 是改进设计的样机的剖面图。光电倍增管组件即探头装在一个外壳之中，外壳的前端用有机玻璃 (Lucite) 窗密封，外壳上的法兰盘用来和装监测器的手套箱上的孔相连接，因此，探头在手套箱沾污区的外面，可以在没有特殊防护措施时拆换。

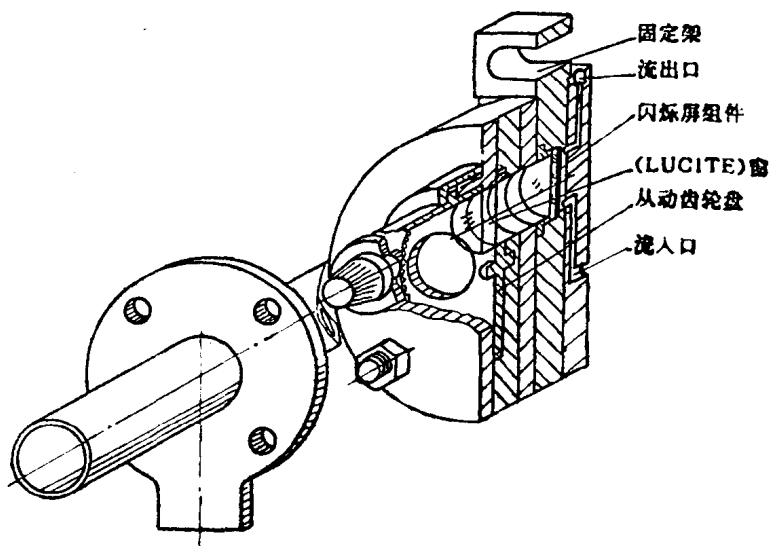


图 9 探测器样机

在探头和闪烁屏组件之间有一个齿轮驱动的圆板，它在三个不同的工作位置时，光电倍增管对准盘三个不同的扇形部分。第一个扇形部分上有一个圆孔，使光电倍增管可以“看到”闪烁屏。第二个扇形部分是光板，用以使光电倍增管和所有光源隔离。第三个扇形部分上有一个小屏和已知放射性的溶液。

闪烁屏组件的制备与实验用的监测器的类似，荧光体的面积约 11 厘米²，为实验用的监测器的1/10。屏组件容易拆换：关闭入口阀并排空样品盒，圆板转到第二个位置使光电倍增管蔽光，拧开四个螺钉，把装有屏组件的固定架从监测器中取出，装上新屏组件再装到监测器中。