

計數管原理和制造

陈逢爵 任祖武 刘汝森 合編

上海科学技术出版社

前 言

在二十世紀的今天，已进入了原子时代，科学的发展已經达到了惊人的地步，和平利用原子能已經不是人类的愿望，而是在实现中，并且在这方面已取得了巨大的成就。人們已經完全有力量支配原子，使它按照人們的愿望为人类造福，苏联在这方面已做出了傑出的榜样；象原子能发电站的建立、原子能破冰船的建立、示踪原子的被广泛应用于探矿、医疗、工业、农业以及科学研究等等，都明显地說明了这一点。

我們的国家在解放前，由于旧社会制度的关系，其結果在科学技术上大大落后于世界先进水平。解放后我們在党的英明领导下，向科学技术文化进军，特别是党的八大二次会议的決議指出：“使我国工业要在十五年或者更短的时间內，在鋼鐵和其他主要工业产品的产量方面赶上和超过英国；……使我国科学和技术在实现十二年科学发展规划的基础上，尽快地赶上世界最先进的水平。”因此全国人民都在为着这个光荣而艰巨的任务，奋勇前进，追上原子时代，攻克科学堡垒，向科学文化大进军，我們完全有信心和决心去达到这个目标。

一九五八年五月一日起在苏联无私的援助下，我国第一个原子能重水型反应堆及回旋加速器，已开始投入工作，使我国进入了二十世紀的原子时代，使原子能为中国人民服务，使原子能加速我們社会主义的建設。而在利用原子能以及研究原子的各項过程中，是少不了要应用到探测放射电离质点的工具。在測量

电离质点的仪器中,采用充有气体的盖革計数管,来记录电离辐射的方法,是具有二个基本优点:其一,因为計数管对辐射的反应易轉变为可以用普通仪器来度量的电讯号。其二,在于計数管的結構和制造工艺比較简单,因此已得到最广泛的采用。苏联在这方面已取得了很大的成就。

本书介绍計数管的工作简单原理和制造的一般过程,以及它的应用,使讀者能够了解用怎样的工具来測量电离质点。由于我們的学識淺薄,許多专门名詞目前还未統一,因此不免有疏漏的地方,我們希望讀者加以指正。

一九五八年國庆

目 录

前 言

第一章 计数管的工作原理	I
1-1 放射现象.....	1
1-2 计数管的工作原理.....	3
1-3 计数管的类型.....	6
1-4 计数管的工作特性.....	9
第二章 计数管的加工工艺和制造方法	14
2-1 外形结构.....	14
2-2 加工顺序.....	14
2-3 材料选择.....	15
2-4 零件加工.....	16
2-5 封口和退火.....	18
2-6 清洁处理.....	19
2-7 排气操作过程.....	20
2-8 性能测试.....	24
第三章 计数管的应用	27
3-1 使用计数管的基本原理.....	27
3-2 计数管在各方面的应用.....	28
第四章 计数管在制造及使用中的安全问题	36
4-1 安全问题的重要性.....	36
4-2 放射性物质的电离辐射对人体的影响.....	37
4-3 电离辐射的防护.....	39
附录 1. 若干种放射性物质的性质	41
附录 2. 常用计数管特性表	42

第一章 計数管的工作原理

1-1 放射現象

放射現象的發現是十八世紀末科学上的一項重大的發現；也是世界科学发展史上的一件大事。它使人类对原子的認識由外部深入到它的內部，近代科学上的一系列重大的发展是和放射現象的發現分不开的。

在 1896 年法国物理学家貝克勒尔发现鈾的化合物能使放在附近包裹中黑紙里面的底片感光，他由此断定，鈾能不断放射出某种看不見的、穿透力相当强的射綫，这种現象叫天然放射現象。物质的这种性质被称为天然放射性。

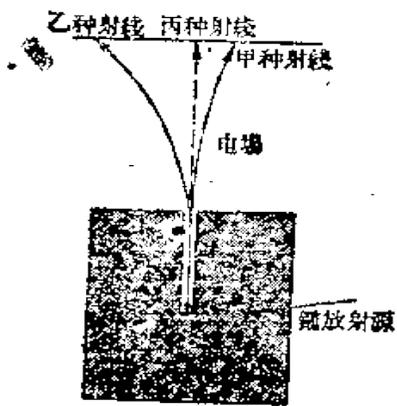
随后，波兰物理学家居里夫人发现了大多数含鈾矿石的放射性强度和矿石的含鈾量成正比。同时又发现有一种瀝青鈾矿的放射性比按其含鈾量計算出的放射性大四倍多。因此她認為在这种瀝青矿中含有比鈾放射性大得多的放射性物质。由这个推論，居里夫妇經過了几年的艰苦工作，从三十吨的瀝青鈾矿中提出了二毫克放射性很强的釷化物，根据化合物的性质，將該元素命名为鐳，并将其填入門捷列夫周期表 98 号元素的定位上。

同时居里夫妇又发现了另一种放射性很强的新元素，为了紀念她的祖国波兰，因此將該新元素命名为釷。后来又經過各国科学家在这方面不断努力，又发现很多新的放射性元素鐳、錒等。

根据现在的理论和实验证明，人们已经很清楚地知道，原子序数在 84 以后的所有元素都具有天然放射性，但是原子序数在 84 以前的某几种元素也同样具有天然放射性。

放射性物质放射出来的到底是些什么东西呢？

要研究这个问题最简便的方法是将镭的放射性物质放入一个有“小井”的铅盒内，见图 1-1，然后再把这个装置放入强电场中，在这里我们可以很清楚地看到由放射性物质放射出的射线，可以很明显地分为三束：



一束偏向负，一束偏向正，一束不受偏转，这样我们就可以知道：一种带正电荷，一种带负电荷，另一种不带电荷。这三种射线依次称为甲种、乙种和丙种射线(或质点)。

图 1-1 镭放射出的三种射线

甲种射线是带有正电荷的高速粒子流，这种粒子叫做甲种粒子。实际上它是氦的原子失去了外圈电子的原子核。甲种射线的速度大约为光速的 $1/20 \sim 1/10$ (即每秒 15,000 公里 ~ 30,000 公里)，这样的速度，只需二秒钟就可绕地球一周。由于甲种射线质量较大，并含有两个正电荷，因此具有极大的电离能力。但是它的体积大，因此穿透能力很小，在空气中每厘米可以产生 3,000 对离子偶而形成一条细密的离子柱。但因其穿透能力弱，差不多用一张薄纸即可将甲种射线挡住。

乙种射线是带有负性质的高速粒子流。实际上这种粒子就是电子。它与甲种射线除电荷性质、质量的不同外，还具有一种特殊的性质，就是它的能级是从零到最高能阶是连续的谱，并不是某一分高而固定的能阶和速度。乙种射线的速度更高，

每秒为 200,000 公里。

丙种射綫是一种具有光速的电磁波,它不带任何电荷,其速度每秒約 30 万公里。丙种射綫的穿透力非常大,如果其他条件一样,它的穿透力与物质的密度成反比。它的射程比甲种、乙种射綫长得多,但是它在行程中所引起的气体电离的机会都比甲、乙两种射綫少得多。

最后我們再来詳細地看一下三种射綫穿过物质在物质中引起的电离过程:

当它們靠近原子核时由于甲种射綫与原子中电子的吸引力,或乙种射綫与原子中电子的排斥力,或丙种射綫把光子傳授給原子中的电子。这样就能使得原子中的某些电子脱离原子,使得原子变成离子。形成带正电荷的原子核和电子的离子偶,这种使物质的原子变为离子的现象叫做电离,射綫的这种作用叫电离作用。

由于放射性原素放射出的三种放射綫对别的原子有电离作用,因此我們可以很方便的利用它来探测放射性原素的存在。测定总的放射性强度,鑑定放射性原素的性质等等。在这里常用的有效而且便利的仪器便是計數管;計數管的基本原理也就是利用放射性元素放出的射綫对气体原子的电离作用。

1-2 計數管的工作原理

計數管的計數作用如图 1-2 所示,接近阳极周围的电场强度很大,任何离子进入此空间时,因碰撞而造成一大批新离子,这些离子电荷被收集在电极上,使得电极上的电位下降,等到电位降落到一定数值后阳极周围的电场减弱不能产生放电,因而使得放电终止。停止放电后,聚集的电荷就从电阻 R 上漏掉,电

計数管原理和制造

場恢复到原有的强度准备第二次計数。这样一次放电就在电阻 R 上产生一次脉冲, 这个脉冲可以輸出到放大系統将其放大, 最后用机械方法将其記錄。

計数管的放电是运用在气体放电特性曲綫前面的一部分, 按放电的区域分, 它是居于湯姆逊

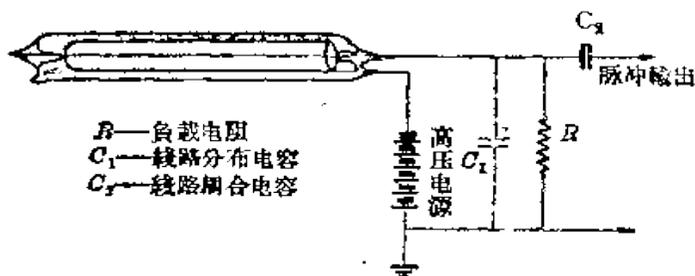
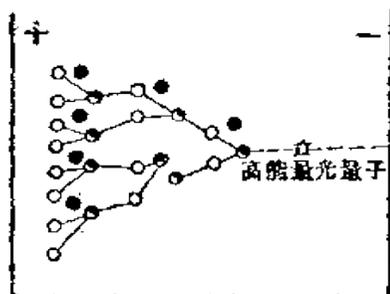


图 1-2 計数管基本电路

放电区。在这一区域的特点是它的放电电压很高, 但其放电电流很小; 同时放电也是非自持的。它的放电是由于气体中原有存在的带电粒子, 对計数管來說是由于放射源放出的射綫电离作用, 而形成了許多原始的带电粒子, 也就是这許多带电粒子在电場中得到能量产生加速运动, 它将和其余的原子发生碰撞电离而形成放电。如果将放射源去掉, 同时也不考虑宇宙射綫的电离影响, 那么放电就会立刻停止。

在非自持放电的情况下, 电子的“繁流”是和下列因素有关:



● 正离子 ● 原子 ○ 电子

图 1-3 电子繁流图

繁流是指原始带电粒子在电場的作用下, 向电极的运动过程中和气体原子不断的碰撞产生多次电离, 使一个粒子到阳极时变为很多电子, 如图 1-3 所示, 如果其它的因素固定, 电子的增加将随着极間距离的增大而增大。

如将极間距离和其它因素固定, 它和所用的气体因素有关。总的来講, 計数管是运用在气体放电区域的湯姆逊放电区,

但是根据它的特性不同，它的工作区域又可分为四部分，如图 1-4 所示。

(一)电离室区 在此区域内当射线照射到管子内时产生原始电离，此时加在管子两端的电压并不很高。能使原始电离的粒子沿电场方向运动。然而由于能

量不够，由碰撞产生的电离机会很少，所以可以认为此时的原始粒子没有繁衍作用，因此在这区域电流很小，同时它的大小受原始电离的影响。如图 1-4 中甲种射线和宇宙线的电离作用表现了明显不同的结果。

(二)正比区 在此区域内由于电场强度增加，将产生电离碰撞，原始粒子在走向电极的行程中，由于碰撞电离产生了很多新的离子。此时原始粒子有了繁衍作用，也可以说有了“气体放大”作用。但在这个区域内气体放大系数基本上是不变的。因此我们可以利用这段曲线制出正比计数管来区别原始电离能力差别很大的粒子，如甲种射线和乙种射线。

(三)正比极限区 从图 1-4 上可以看出，在这一区域内，甲种射线造成的脉冲大的曲线增加较慢，而宇宙线造成的脉冲小的一条曲线增加较快。因此正比计数的关系被破坏了，管子将逐步地过渡到盖革区。

(四)盖革区 在此区域中，任何射线或放射性微粒都有相同的效应，脉冲大小与原始电离的粒子浓度无关。此时若将电压继续增加时管子将产生自持放电。同时管内电场强度很大，

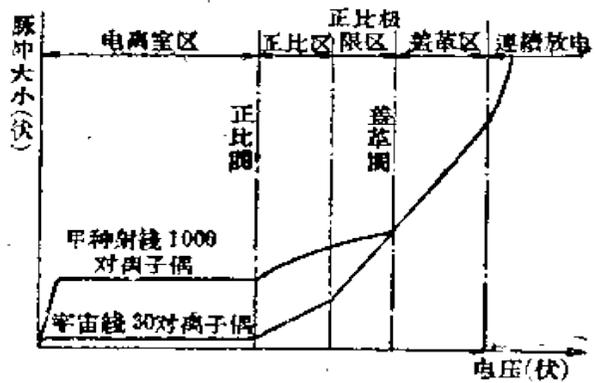


图 1-4 计数管各个区域的工作特性

管子本身的电子离子已足于产生相当大的电离碰撞能量，而外界能量不是主要的，只起着维持放电的作用。

1-3 计数管的类型

计数管按类型可以分为很多种：正比计数管，盖革计数管，闪烁计数管，晶体计数管……等等。

盖革计数管可以分为：自灭计数管和非自灭计数管。自灭计数管按自灭和气体种类分，又可分为卤族自灭式和有机气体自灭式。

这里主要介绍的是盖革计数管中自灭式的计数管。因为这种管子在放射性测量方面最方便，应用也最广。并且由于它在放射性元素放射射线的测量方面，基本上可以满足各种要求。显而易见的，这类管子的发展还颇有前途。最后这类管子目前已在大量生产，讨论起来也能切合实际。

现在我们先来讨论盖革计数管的两种型式：

(一)非自灭计数管 非自灭计数管的原理图见图 1-5。非

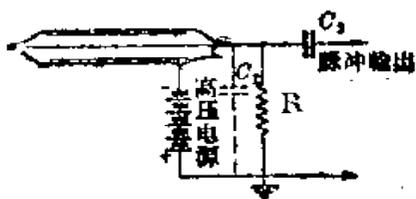


图 1-5 非自灭盖革计数管基本电路
R—负载电阻
C₁—线路分布电容
C₂—线路耦合电容

自灭计数管的放电淬灭原理如下：当原始的电离粒子在电场的作用下向电极移动时，产生碰撞电离。这些电子和离子将要收集到阴极和中心丝阳极上，由于正

离子在阳极周围的空空间电荷效应，就降低了阳极周围的电场强度，使得放电停止。电阻 R 在这里的作用，一方面产生脉冲信号输出，另一方面是控制放电时间。电阻太大，则泄放电荷的时间

太长,将会造成消电离的时间增加,造成计数失灵;如果太小,则放电太快,得不到应有的淬灭。

电阻R在非自灭计数管的应用上是一个很大的矛盾,在应用上希望R长,在非自灭盖革计数管中R要长,一定是增加电阻R,但是如果电阻增大则恢复时间变长,这对管子运用是很不利的。例如C是 10^{-11} 法,R是 10^9 欧,则恢复时间为0.01秒,用这种管子每秒只能计数100次,这对于应用来说是很不利的。

为了克服这一个困难,目前都在电子管线路上想办法,应用电子管熄灭电路来达到降低电阻的要求,一般电路有下列几种:

甲、耐和(Neher)和平格林(Pickering)的淬灭电路

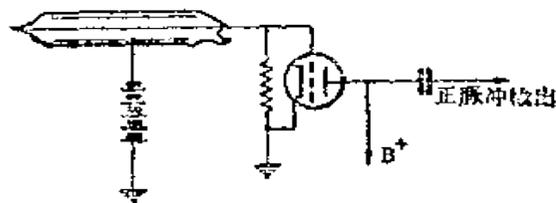


图 1-6 耐和与平格林正脉冲输出淬灭电路

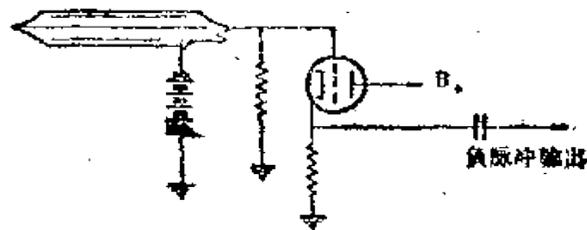


图 1-7 耐和与平格林负脉冲输出淬灭电路

乙、耐和 (Neher) 和哈伯 (Harper) 淬灭电路

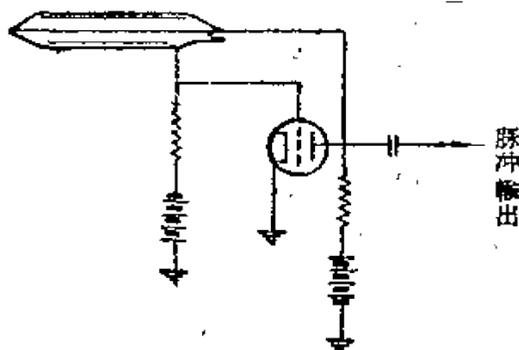


图 1-8 耐和与哈伯淬灭电路

此外还有很多电路,但无论怎样,一般这种电路的时间常数还是在 10^{-4} 秒左右,如果想再降低,困难是很大的。

(二)自灭式計數管 在 1937 年发现了在計數管内充入少量的有机气体时,管子的本身可以淬灭。这种本身能淬灭的管子称为自灭計數管。因为管子本身就有淬灭作用,因此在綫路上就不需要高电阻,因此大大的縮短了恢复时间。一般将它称为“快速的計數管”,这样基本上解决了恢复时间和負載电阻的矛盾。

一般对自灭式計數管有下列要求:

- (1) 計數管要具有很高的效率;
- (2) 計數管要有短的恢复时间;
- (3) 計數管坪要求足够长;
- (4) 計數管的坪要求平坦,斜率小;
- (5) 計數管要具有小的温度系数;
- (6) 管子具有长的工作寿命。

在自灭式的計數管中,鹵素自灭計數管是一个新的发展方向,因为它具有較低的工作电压,寿命长和較大的工作温度范

圖。

自灭式計数管的淬灭原因有下列三种形式:

(1) 正离子空間电荷的靜电淬灭, 也就是前面所說的电阻淬灭。

(2) 崩潰中光子的淬灭, 淬灭气体吸收光子就避免了由惰性气体分子激发产生光子的光电作用, 使阴极不放出光电子。

(3) 正离子撞击阳极的二次电子淬灭。

一般产生二次电子的原因是正离子在电場中获得足够能量, 撞击阴极而使阴极产生二次电子, 若条件适当时, 正离子撞击阴极产生的二次电子能維持放电, 这样就形成連續放电, 这是計数管运用时所不允許的。

通常作为淬灭气体的有机气体的电离电位皆較低, 而用的惰性气体电离电位都比較高, 如氩(Ar)的电离电位是 15.68 伏, 而酒精(C_2H_5OH)的电离电位为 11.3 伏。在氩离子穿引管子时就发生电子轉移, 电子由酒精轉移到氩离子, 因氩离子被中和成为原子, 而酒精离子繼續前进, 然而酒精的离子发生分解。一般在 $10^{-11} \sim 10^{-13}$ 秒之間, 因此它們不全在阴极上轟击电子。

1-4 計数管的工作特性

計数管的工作特性, 一般有起始电压, 坪特性, 温度范围等。应用上希望計数管有低的工作电压、比較大的电压工作区域、高的效率、长的寿命、大的脉冲、短的恢复时间和小的温度系数等等。下面我們將主要特性的影响因素逐一詳細討論, 这不单有理論意义, 就是在实用和生产上也頗有价值。

(1) 起始电压 起始电压与工作电压一般而言希望能够低一些, 这样对电源的供給可以方便得多, 起始工作电压与下列因

素有关:

甲、一般說,自灭計数管的工作电压要比非自灭計数管高一些。自灭和非自灭計数管,其管中惰性气体的压力增加,如图 1-9 所示,其起始电压也加大,自灭計数管除有前面关系外,它的工作电压也随自灭性气体(有机或鹵素气体)的含量增加而加高,但是在自灭計数管中鹵素自灭式要比有机自灭式的工作电压低些。

乙、起始电压与气体的种类有关,多原子的气体一般要比单原子的气体起始电压高一些。

丙、起始电压和管子的几何尺寸有关,阴极圓筒直径愈大,則起始电压愈高,阳极的直径愈小則起始电压愈低。

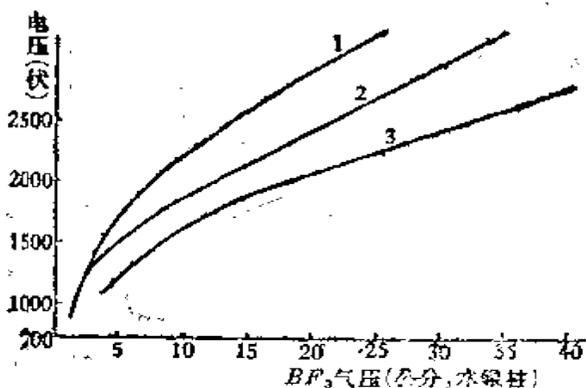


图 1-9 起始电压与充气压力和阴极直径之间的关系
 曲线 1—丙种射綫計数管
 2—质子計数管,阴极直径 5.5 公分、长 22.7 公分
 3—丙种射綫計数管,阴极直径 1 公分、长 3 公分,阳极直径 0.076 公分

(2) 坪的长度和斜率 在应用計数管时,要求坪要有足够长度,同时坪的斜率也不允許太大,对于坪的长度和斜率有影响的因素如下。

甲、負离子的影响,負离子的性质和負离子的数量都对坪的特性有很大的影响,如图 1-10 所示。

乙、真空度的影响,真空度降低則坪斜率变大,如图 1-11 所示。一般在計数管充气时管內的真空度要求达到 10^{-6} 公厘水銀柱高。

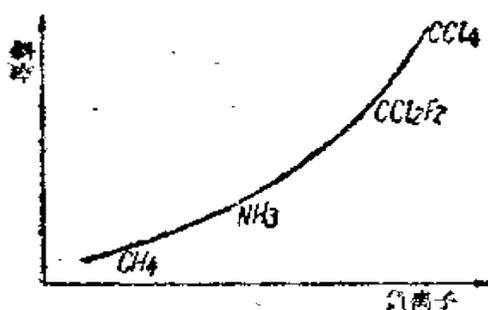


图 1-10 負离子对坪特性的影响

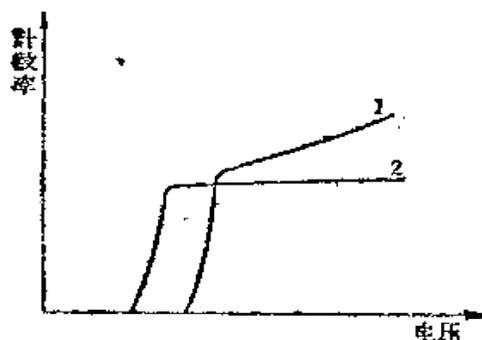


图 1-11 氙密度对計數管坪特性的影响

計數管	充气百分率	坪斜率
1	10公分水銀柱酒精	0.15
2	2公分水銀柱空气	
2	10公分水銀柱酒精	0.025

丙、坪的长度和淬灭气体的成分、性质以及充入惰性气体压力和阴极表面的情况有关，如图 1-12 所示。由图可知淬灭气体太多或太少，对坪长都有不良的影响，只有在一个适当的数值时的坪长方才是最好。

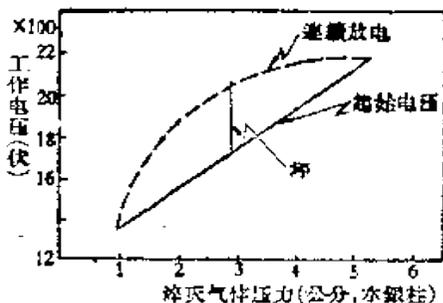


图 1-12 淬灭气体压力对坪长的影响

丁、线路上的负载电阻对坪长也颇有影响，一般是负载电阻愈大则坪也愈长，如图 1-13 所示。由图中可知，要求坪长，则

負載电阻 R 要大，但是若考慮到恢复時間不能太大，則 R 也不能太大。

(3) 計數管的死時間和恢复時間 死時間和恢复時間，其定义如图 1-14 所示，

在死時間时，电离粒子虽然繼續射入計數管中，也不能放电，因此

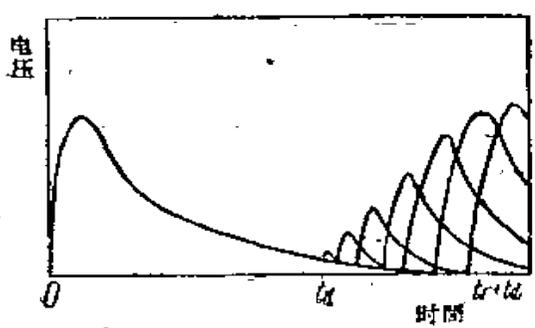


图 1-14 死時間(t_d)和恢复時間(t_d+tr)

关：

甲、管子运用电压增高，阴阳两极間的距離縮小时，管子的死時間和恢复時間都减小。

乙、管子內的单位长度上的正离子空間电荷增加时，則死時間变长。

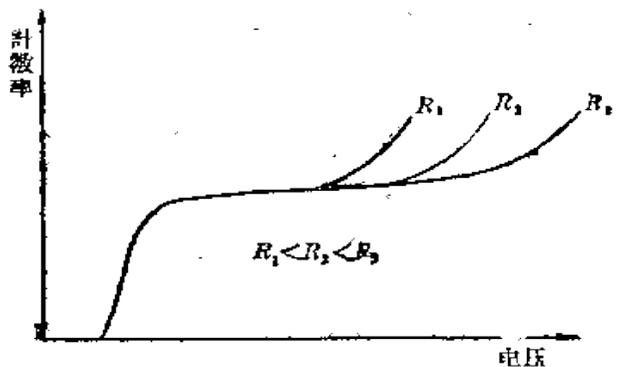


图 1-13 綫路負載电阻对坪特性的影响

此管子在运用时死時間愈短愈好。恢复時間是指在第一次脉冲结束后，第二次脉冲出現时的時間，在管子运用时，也要求其愈短愈好。死時間和恢复時間的长短与下列因素有

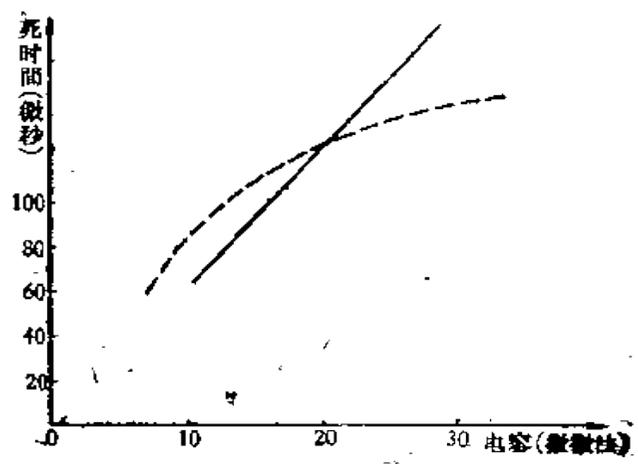


图 1-15 綫路分布电容对死時間的影响

丙、 线路上分布电容减少时, 则死时间也缩短, 如图 1-15 所示。同时如前面所说线路上负载电阻增加, 则死时间也随着增加。

(4) 计数管的效率 计数管的效率是指当粒子进入计数管时, 管子能够产生计数的几率, 要求管子效率高, 一定要管内气体压力大, 和管子的“有效计数面积”^{*}大。

(5) 温度影响 有机气体或其他蒸汽的计数管, 它们对温度的变化是很灵敏的, 温度下降将要产生下列两种情况:

甲、 淬灭气体受温度影响, 而在管内的压力减少, 可使淬灭作用无法完成, 管子将连续放电。

乙、 由于蒸汽受冷凝结在电极的表面上, 使阴阳两极间的通路形成障碍。

温度上升太高, 将导致有机气体的分解, 同时温度的变化也会使坪长变短, 坪的斜率增大。

但是在自灭计数管中卤素自灭式的适应温度变化性能是比较好的, 一般可在 -40°C 和 $+50^{\circ}\text{C}$ 之间运用。

* 有效计数面积是指阴极内径和阳极有效长度的乘积。

第二章 計数管的加工工艺和 制造方法

2-1 外形结构

以鹵素計数管 CTC-8 型为例, 其外形及结构如图 2-1, 阴极用导引綫自一端引出, 阳极固定在阴极軸心位置, 自另一端引



图 2-1 計数管的结构

出。排气完毕后, 在两端装上銅头并焊錫, 即为成品。

2-2 加工顺序

由于各种計数管的性能和要求不同, 其结构上也各有差别。因此每种管子都有其不同的加工工艺。譬如: MCT-17 云母窗計数管, CTC-8 丙种射綫計数管和 CTC-6 乙种射綫計数管, 其加工方法, 就有很多不同的地方。这里选择一种具有代表性的管子——CTC-8 来討論一下, 这样的討論虽不全面, 但是由这一点也可窺見計数管生产的一般情况了。

以鹵素計数管 CTC-8 型为例, 其加工过程, 即如图 2-2 所示。

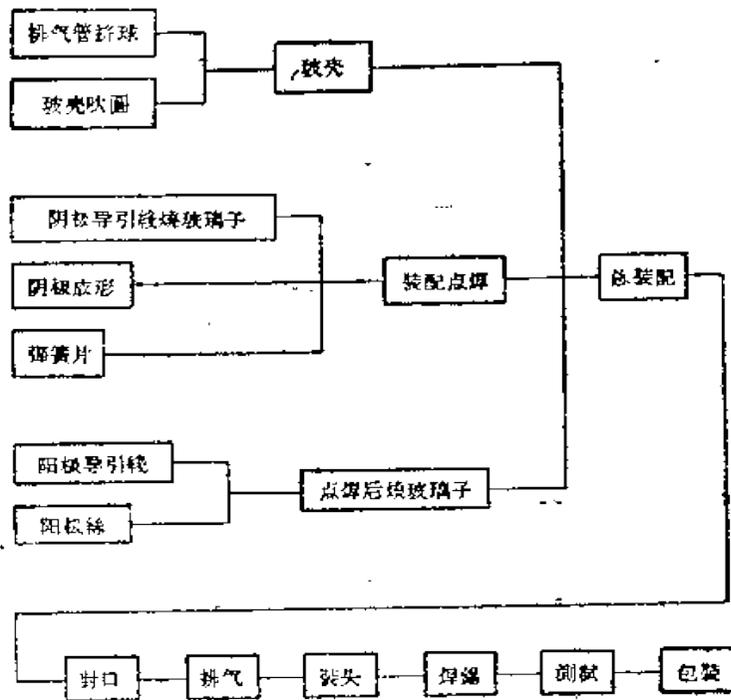


图 2-2 计数管加工过程图

2-3 材料选择

玻璃： 因为所充入管子的溴，对于软玻璃有浸蚀作用，故要求管子有很好的稳定性，必定要维持有恒定的溴含量，否则就会很快的丧失自灭能力，故采用硬料玻璃比较合适。

金属： 因为电极引出线要与硬料玻璃封接，又要与溴不起作用，所以应该采用钨丝或钼丝。

阴极材料的选择，着眼点仍要求与溴不起作用，故一般采用 1 为 18 世 9 (苏联编号为 1 X18H 9) 不锈钢皮，因为这种不锈钢皮，主要是含铬量达 17~20%，含镍量达 8~11%，既有很好的防锈防腐的性能，并且还有很好的延展性，其厚度为 0.1 公厘较适宜，这样可以减少对能量的吸收。

用于固定阴极位置的彈簧片,就可利用阴极的边料,既照顧到不影响管子的性能,又利用廢料节约了成本。

阴极絲材料經常用的有两种,选取的标准,仍需与溴不起作用的,一种是細鎢絲直徑約 0.17 公厘,另一种便是 0.6~0.7 公厘直徑的鎳鉻絲。假如用鎳鉻絲,因为直徑較粗,同时塑性也比較好,所以只要在阳极絲的一端,打一个鈎子,便可穩妥在軸心位置,但鎢絲較細,无法打鈎子,可以在絲端燒一个玻璃珠,又因为鎢絲可能松下来,那么可用一个約五、六圈的彈簧絲埋藏一些預应力,当鎢絲松下来时,仍可由彈簧的彈力將鎢絲拉直,同样可以固定阳极絲在軸心位置,那么这个彈簧絲的材料选择,便有些困难,碳素和普通鋼絲,是要与溴起作用的,不銹鋼絲又难获得,不得不仍选用适当規格的鎢絲,可是彈性較差一些。

2-4 零件加工

第一个部件

玻璃壳是由玻璃管拉断吹圓的,因其熔点較高,采用氧氫火焰。

排气管也是用玻璃管割断,并且挤球、吹洞、和将里面系住阳极絲的一端燒成圓孔、大小只容許阳极絲串过。

玻璃壳与排



图 2-3 玻璃零件加工的情形

气管熔接在一起，便成为一个部件，准备装配。玻璃加工见图 2-3 所示。

第二个部件

阴极还不是无缝的不锈钢管，而是将不锈钢皮用手工卷成圆筒，用点焊机点焊而成。

弹簧片是用压模来加工的。

阴极导引线钨丝用剪丝机来下料。

为保证玻璃与金属的密封性，阴极导引线必须先烧玻璃珠，

对玻璃珠的要求是呈金黄色，无气泡，玻璃表面不发僵。

阴极装配成形后，就将阴极弹簧片以及导引线，用点焊机点焊组成一个部件。见图 2-4 所示。



图 2-4 阴极点焊装配情形

第三个部件

阳极导引线的加工方法和阴极导引线的加工方法相同。

阳极丝须先拉直，然后下料。

将阳极导引线和阳极丝用点焊机点焊接牢，然后在导引线上烧玻璃子，便成第三个部件。

再将三个部件进行总装配，在阳极引出的一端封口，经过排气、抽气灌气以后，就装铜头焊锡，并进行测试，符合技术条件的就可使用，否则作为废品处理。

2-5 封口和退火

对玻璃加工应着重在冷炸和小漏气两方面去要求，至于外形匀整与否，还在其次，因为終究还不影响管子的质量，随着操作同志的熟练程度的提高是容易做到的。

假如玻璃加工退火不好，有应力的管子在排气車上发生炸裂，特别是在预充溴气以后，便要影响管子的质量，（見排气操作过程），事实上在玻璃应力方面，一定要設法叫它基本上消除，一般所选的玻璃退火的温度应该使应力能在10~15分鐘内降到原来数值的5%，如果再增加退火时间，对大量生产是不合算的，因此应该考虑使玻璃的温度比退火温度稍微高一点，来縮短退火时间，但也須防止温度过高，造成零件变形与氧化过甚。

另外从退火温度降到正常温度时，退火的快慢也有很大关系，因为从退火温度降到正常温度如果很快的冷却，在玻璃中又可能有新的应力产生，一般这一段温度区域是560~300°C，在这一段温度范围内力求超过10分鐘，而在300°C以下，即或摆在空气中冷却，可以说没有什么大问题了。

关于小漏气，一般是产生在玻璃与玻璃封接的地方，玻璃燒的不太熔和玻璃子上有偃的现象，失去了粘性，慢性漏气则主要产生在玻璃与金属熔接的地方，也就是引线的玻璃子，燒的不黄而是发黑，和連續的气泡，以至形成真空度不高。

所有这些都严重的影响了产品的质量，再說克服冷炸和小漏气是电真空事业起碼的和基础的条件之一，一定要引起重視。

玻璃管燒封的长、短能直接影响管子的全长，倘阳极絲玻璃子燒黄的部位，不能刚好是在封口公差范围之内，單純的只顧封口尺寸，便难保証不产生慢性漏气的现象，同时單純的迁就玻璃

子燒黃部位,又可能超出封口公差,故應該采用量具來使阳极絲全長保證封口全長,而封口全長保證管子全長,在互相配合的條件下給予一定的公差,这样就克服了管子有長有短的現象,而減少了因為尺寸不符合技術條件所造成的廢品,也就是提高了合格率。

另外,封口時一定要注意將阳极絲放在軸心位置,否則將帶來不良的後果。

2-6 清洁处理

電真空事業基礎條件之二,便是零件的清潔處理,這可以分兩方面來講:

環境衛生,這要求在廠區周圍力求減少灰塵飛揚,多種樹木草皮,在生產車間四周更應該如此,在車間里面要求每天拖地板一次,每周大掃除擦門窗一次,進出車間必須換鞋,和在進出的門口放置棕墊,用來擦掉鞋底上的泥土。

零件本身的清潔處理,要求在零件金屬表面上已經沾污上的脏東西必須徹底的把它清洗干淨,在處理以後又必須保證不再沾染上脏東西,故在處理時所用的器皿和工具一定要干淨,在裝配時台面和工具也一定要力求清潔,並且一定要帶上干淨的手套。

在處理時所用的清潔劑和操作手續方面,在達到清潔的條件下,還應該考慮到節約和簡化。

零件處理的方法:

玻壳——因為玻壳所用的玻管一般都是從玻璃廠剛剛拉來的,所以只須用清水刷洗一下,烘干備用便可以了,對要求特別高的,可以將玻壳浸泡在重鉻酸鉀溶液里四小時以上,再用清水

刷洗, 蒸餾水冲洗, 烘干备用。

不銹鋼皮阴极——裁剪下料以后, 燒氫一次, 主要是要求在这溫度下退火回軟, 其次是将表面清洁处理一下, 然后卷成圓筒; 用1克分子氫氧化鈉溶液煮5~10分鐘, 用清水冲洗, 再用王水浸洗, 清水刷洗, 氫水中和, 最后用蒸餾水煮开一, 二次烘干备用。

导引綫鎢絲一般处理是: 下料以后, 先煮碱水, 烘干, 燒氫, 燒好玻璃子以后, 再用蒸餾水煮开一次, 烘干备用。

彈簧片在下料以后, 先用碱水煮开, 清水冲洗, 再浸在稀酸里中和, 清水冲洗, 最后蒸餾水煮开一次, 烘干备用。

阳极絲的导引綫鎢絲的处理, 下料后先煮碱水, 烘干, 燒氫, 准备点焊用。

阳极絲如用銀鎢絲, 則在下料之后, 先与导引綫点焊在一起, 然后同彈簧片处理的方法一样, 在燒好玻璃珠以后, 最后用蒸餾水煮开一次, 烘干备用, 如用鎢絲, 則同导引綫一样处理。

2-7 排气操作过程

操作的順序如下:



排气系統見图 2-5 及图 2-6。此系統管子在充气时是在排气車上按比例来配合不同的气体, 所以适用性很广, 但是車子的結構也比較复杂。如果在大量生产中, 采用先配合好的气体然后充气, 那么这个系統还可以大大簡化。

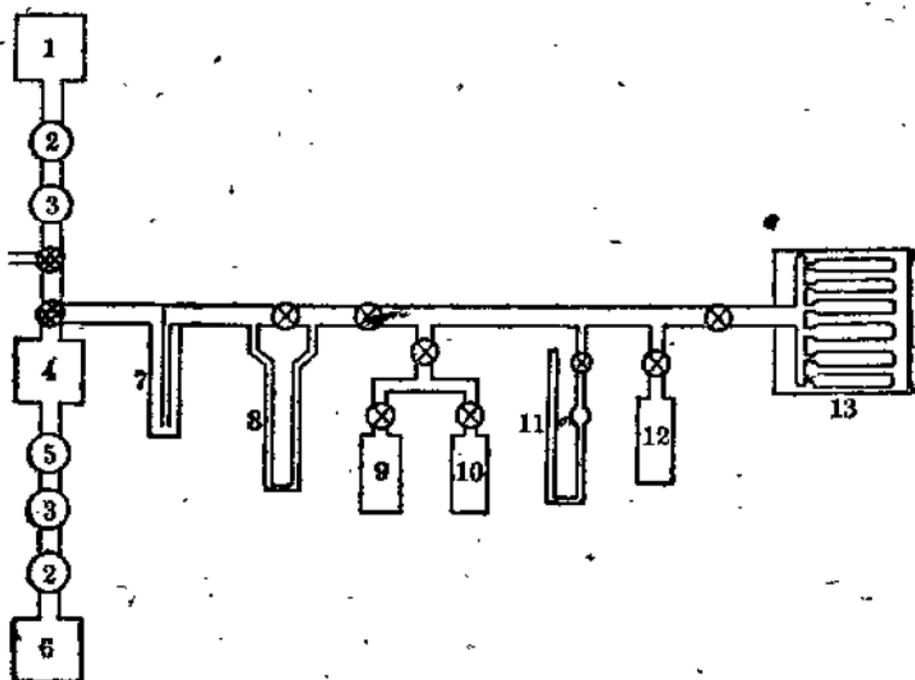


图 2-5 排气系统

- 1.大泵 2.软管 3.砂胶管 4.油扩散泵 5.五氧化二磷管
 ⊕机械泵 7.冷凝阱 8.油压力计 9、10.瓶气(氢氧化钠氯化钙)
 11.水银压力计 12.汞管 13.烘箱 ⊗三通凡而 ⊙二通凡而

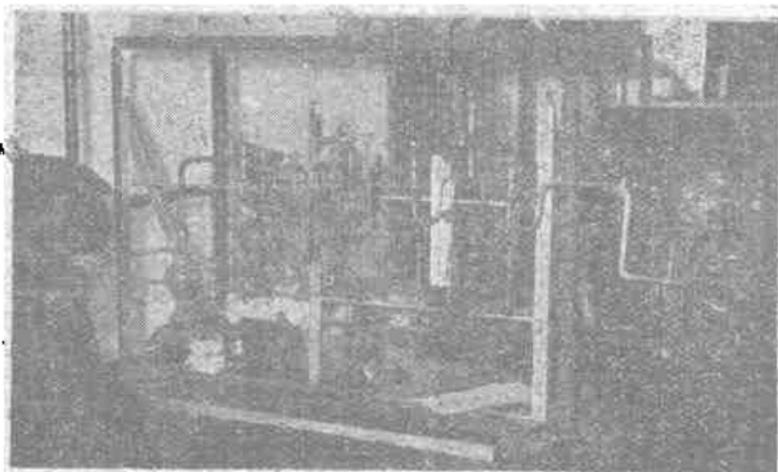


图 2-5 排气用真空系统

操作上的一些關鍵問題：

試漏的目的，在於防止封口時還有個別的燈管封接不好，而漏檢上車，以至影響整車，通過試漏以後，這一點顧慮就減少了。

烘箱退火。是補救封口退火之不足，再說大面積退火，對永久應力來講，也能得到比較徹底的消除，可以解決了炸的問題。

玻璃去氣：普通硬料玻璃，烘箱溫度一般可以偏高一些，約 $400\sim 450^{\circ}\text{C}$ 視玻璃料不同而各異。

預充氣：以CTC-8型為例，一般預充溴氣，起碼維持四小時，至於預充的目的，在於防止玻璃和金屬對正式灌進去的溴的吸收，以至改變了含量，而直接影響了特性的惡化，因此預充在一定的溫度條件下，預先讓玻璃和金屬充分的吸收，便有可能長時間維持正式灌氣的相對含量，倘預充的溫度或時間不夠，也同樣不能達到這個目的。

如果在預充之後，才發現小漏，或者炸管子，以致於系統冷炸，再想挽救管子，也是徒然，這時管子內部已染上一片片的黃色溴化物，即或燒燈封窩下來，這些臟東西嚴重的影響了特性，那怕一車好幾十只管子，只要有一只管子發生炸裂，便要使全部管子報廢，這個問題的嚴重性可想而知。

抽高真空：一般真空度要求為 10^{-6} 公厘水銀柱高，至少不得低於 10^{-5} 公厘水銀柱，否則管子特性便有影響，至於如何獲得高真空，除去油擴散泵和機械泵起主要作用而外，如何去維護高真空系統，也是萬萬不能忽略的，維護方面應該注意的幾點：

(1) 擦凡而油 例如新系統一般要空抽一、二天，真空度才能提高，既然高了以後，擦凡而油要定期擦，因為即或擦洗一只凡而，要抽到原來的真空度，也只需要抽幾小時，擦時頂好用薄綢布擦，不宜用棉花擦，這樣可以避免短的纖維夾在凡而中間，

引起空气絲，或是落入系統內，成为放气的来源。

(2) 使用压缩空气接管 在燒接管子和气体瓶时，一定要利用压缩空气来吹风，倘是用嘴吹，将带来严重的后果，将有不易抽尽的白色气体，就是空抽三、五个小时，也将仍是不断的放气，直接的影响了真空度（估計人嘴里的呵气，除去水分而外，还有复杂的有机物）。所以一定要避免用嘴吹。

(3) 五氧化二磷要經常換 油扩散泵和机械泵中間的五氧化二磷管子，也一定要經常換洗，尤其是当湿度較大的夏秋气候，最好里面再除掉五氧化二磷而外，再放些氫氧化鈉和氯化鈣，常換是能帮助提高真空度的。

(4) 打气体瓶內的鈎子（即封接口） 倘在上系統之前能打掉，可以用处理过的玻璃棒来打，倘接在系統上打，一般是放进一段鉄元，外面用磁铁来吸着打鈎子，这时應該小心鉄元便是一个很好的放气来源，所以可以用玻管将这段鉄元封在里面，处理一下玻管的外表面，便杜絕了一个放气来源。

(5) 使用冷阱 使用时间，應該是在用油扩散泵已抽高之后，在使用真空計之前約 20 分鐘，加上冷阱，这时真空度可以提高 1~1/2 个数量級，也就是发挥了冷阱的作用，否則加上的時間太早，或是加上去的時間太短，对真空度的提高，都是沒有多大的帮助。

測量真空度的仪器，可采用冷阴极电离真空計，因为冷阴极灯泡可以采用不与溴气起作用的金属做电极，其他如皮氏真空計測量的量程太短；如用热阴极电离真空計，則溴气可能很快的损坏了热絲。

真空度是电真空事业的基础，應該給予充分的注意。

純化溴：正式充溴之前，一定要用冷阱和热水反复使溴由

液态变为固态再变为气态,純化数次,用以抽去其中所溶解的杂气,以保証瀝到管子內面的溴的純洁度。

正式充气:充气量一定要求准确,因为溴的相对含量相当微小,总共不到一公厘水銀柱高的压力,因此便需用一个油压力計,并且用精确度为百分之一公厘的讀数显微鏡来測量,这样庶可准确的灌气。灌氖气或氩气时因压力較大,仍用水銀压力計,但需在水銀面上加一些矽油,避免水銀与溴起作用而影响真空度。

充气完毕后,便可試样,倘特性符合要求,在平衡約一小时上下,便整車燒管封离,再装上管头,焊好錫,便进行測試。

对溴气的防护問題,可以采用氯化鈣、鎘、矽胶等来吸收,以減輕对机械泵的腐蝕,和通风的办法,来維持空气的新鮮。

2-8 性能測試

計数管的測試項目,主要是測量开始計数的电压,和在一定

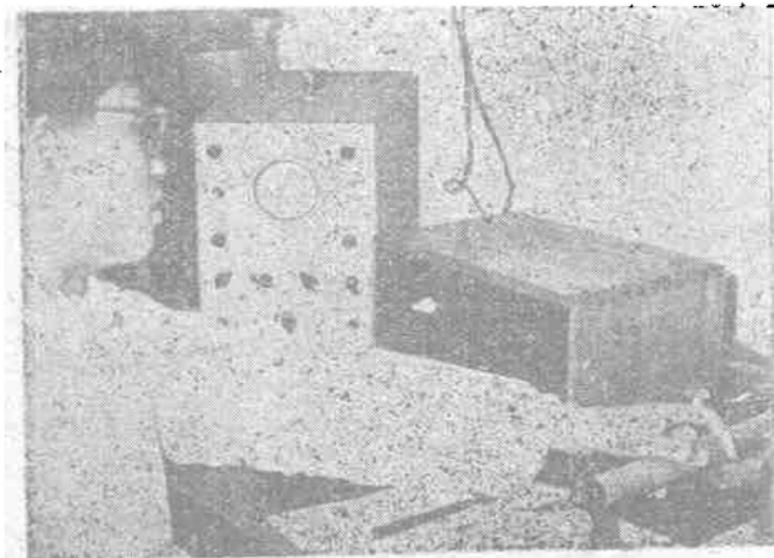


图 2-7 計数管开始計数电压的測量

的斜率条件下的最小坪长，用以保证使用的工作电压。外形尺寸可以100% 檢驗，其他如温度特性要求，管头牢固性的扭力矩，有效計数面积等等則可以每月或每批抽檢。

測量开始計数电压：是用示波器看管子的盖革脉冲，其脉冲高度約为0.6~1.0 公厘时，所加于管子的电压数值。其測量見图 2-7 所示。

測量坪特性：其特性曲綫如图 2-8 所示，計数率隨电压增

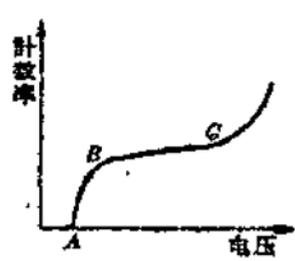


图 2-8 特性曲綫

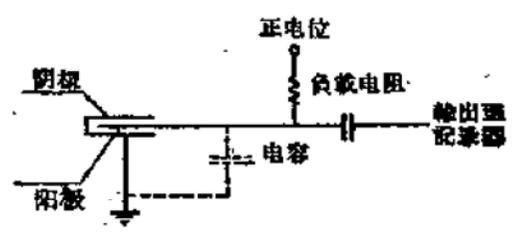


图 2-9 盖革計数器接綫法

加而增加，A 点为启动电压，BC 段即为坪区，各种型号的計数管，在一定的斜率的条件下，坪区不得少于若干伏特，其盖革計数器接綫法如图 2-9 所示，其測量見图 2-10 所示。

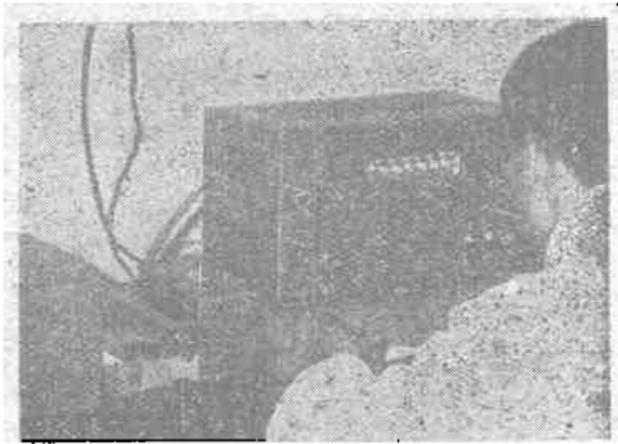


图 2-10 計数管坪特性測量

关于放射源的选择,一般用钴⁶⁰ (Co^{60}) 同位素,是取它所辐射的两种射线,使用较广,半衰期亦比较适中为 5.3 年,而且价格也比较便宜。

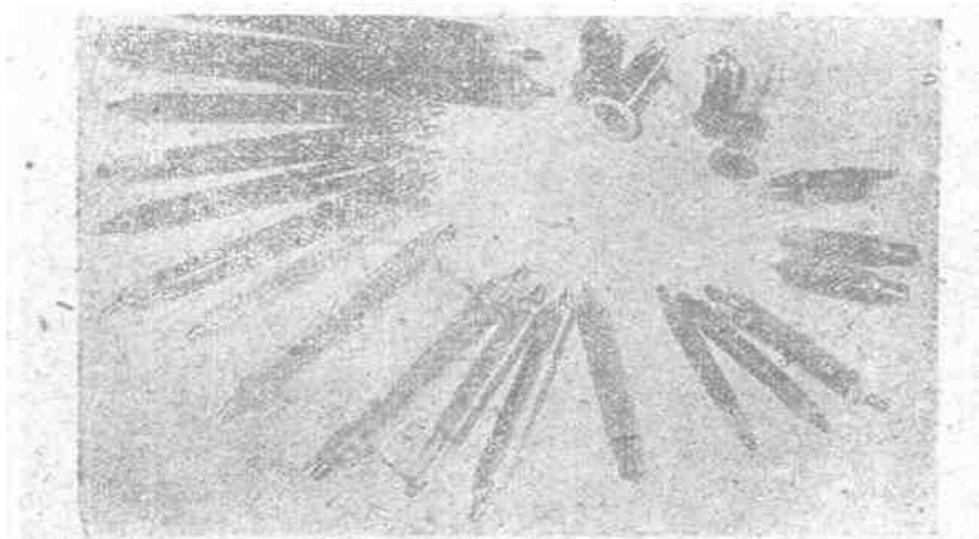


图 2-11 几种国产的計数管

在使用时应注意防护问题,视放射源的强度如何,置于适当厚度的铅室内,使射线绝大部分被铅所吸收,不用时需将小窗盖牢,避免散射在空气中。另外,必需移动时,切忌用手去拿放射源,必需用夹钳夹,室内需经常通风,墙壁需光滑,便于经常擦洗,地也必需每天用水擦洗。图 2-11 为几种国内生产的計数管。

第三章 計数管的应用

3-1 使用計数管的基本原理

在前两章中，我們已經比較詳細地講述了計数管的工作原理和其一般的生产过程，現在本章准备来粗略討論一下計数管在研究部門和技术部門各方面的应用。

計数管一般是不能单独运用，必須配合有一定的放射源和适当的脉冲記錄設備，对放射源的要求要看使用时的情况而定。脉冲記錄設備現在一般采用的是三十二位或六十四位电子定标器，但是近数年来，由于綫路上的不断改进和十进計数管的出現，这类設備也改进了不少。

由于利用計数管能测出放射性物质放出射綫的强度，决定放射性物质的剂量和射綫穿过物质时强度的变化。利用上述特性，我們可以应用于以下几方面：

- (1) 作为测量和控制的仪器；
- (2) 作为农业、冶金、医疗探测放射示踪原子存在的位置和它們剂量的工具；
- (3) 作为放射性强度的指示仪器。

在使用計数管时應該注意到下面的两个問題：

(1) 放射源的选择 各种計数管都有它自己一定的特性，因此在使用它时必需配合一定的放射源和与其相适应的脉冲記錄設備。如果放射源已預先确定，而且无法更換，則必需選擇适当

的管子。例如：需要測量甲种射綫时，因其穿透能力很弱，此时就必需采用很薄的云母窗口高效率的計数管，否則因管壁的吸收作用，将无法測量此种射綫的存在。乙种射綫的穿透能力也不够强，在使用計数管測量此种射綫时，也必需考虑到管壁厚度的影响。除了射綫的穿透能力之外，在选用計数管时还应考虑到放射源的强度和計数管的量程是否能互相配合、放射源放出射綫的能量、計数管的死時間和恢复時間以及計数管的效率等因素。如在使用飞机探測放射性元素的矿物时，因射綫穿过了相当厚的地层射綫的强度已經很弱，因此一般都采用多只高灵敏度的計数管。在使用放射性碘于甲状腺瘤的病人，指示出甲状腺正常組織和癌組織的差别，在这里測量和决定放射性碘在甲状腺內的剂量，最好是用針状計数管。在測量氫的同位素氚时，它具有很弱的乙种射綫放射，很容易被物质所吸收，所以測量此种射綫时，必需将此种同位素以气体的形态直接引入到測量仪器的灵敏体积中去。

(2)使用計数管时必须注意到安全問題 在使用計数管时，必须有放射源存在。我們知道人体受到过量射綫的照射，是非常有害的。为了避免放射性物质放出射綫对人体的危害，因此在使用計数管时对安全問題必須加以注意。在这里一方面要对职工加强安全教育，一方面加强防护設備，并訂出一套完整的安全操作方法。至于安全問題，我們在下一章再作詳細的討論。

3-2 計数管在各方面的应用

(1)工业技术部門 利用計数管測定放射性原素的存在和它放射出的射綫强度，我們可以制成一些工业上的自动控制和測量仪器。这些仪器可以应用于下列几方面：

甲、冶金上的应用：冶金工厂可以利用计数管来测量高炉内衬砌砖层的毁坏情形。它的方法是先將放射性同位素按照耐火砖层的厚度放在各个不同的地点上。根据在高炉外面计数管测得的放射性同位素射线强度的变化，我们就可以决定炉内某一衬层毁坏的情况。同时也可以利用上面的原理来研究高炉底砖层的毁坏情况，它的方法和上面的差不多，預先把装有各种放射源的瓶，放在炉底不同的深度内。根据炉渣或鑄鉄内放射性物质的出现，就可以判定炉底砖层某一层毁坏的情形。在这里也可以把计数管放在高炉的基脚下进行检查，由于计数管测量得到的射线强度的减低曲线，我們也可以算出炉底的毁坏情况。

乙、液面高度的测量 工业上常需要知道容器内液体的高度，最方便的方法是直接测量，但是在直接测量上有时会遇到很大困难，甚至于成为不可能的事。例如在高压的蒸汽锅炉内，压力很大，温度很高，直接测量很不方便。但是如果利用计数管配合适当的放射源，我們就能很简便的测出容器内液面的高低。

利用计数管测量容器内液面的高低，一般有下面两种方法：

一种如图 3-1 所示，在液面上放有一个浮着的小盒子，盒子内面放有适当强度的丙种射线放射源，它放射出的丙种射线强度，由一个计数管固定在容器上面来测量。液面升高，放射源到计数管的距离减小，射线的强度增大；相反则射线的强度减小。因此我們从外面计数管测得的射线强弱，就可以判定容器内面的液面高低。

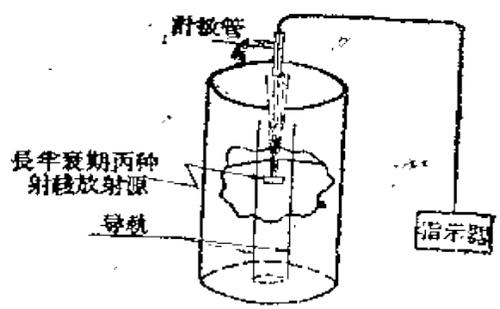


图 3-1 液面高度计之一

另一种方法如图 3-2 所示；两种射线放射源和計数管各放在容器的一边，两种射线很容易穿过容器内液体上面的空间进入計数管，如果要穿过液体进入計数管其强度必须大大地降低。液面愈高，穿过液体进入計数管射线的强度也就愈小。由外面指示器上放射源放出的射线强度变化，我们可以很方便地判定容器内面的液面高低。

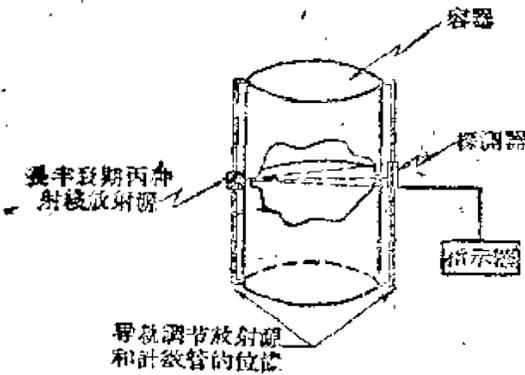


图 3-2 液面高度計之二

化，我們可以很方便地判定容器內面的液面高低。

利用計数管配合一定的放射源，我們还可以制成产品自动记录器、厚度計、密度計、两种射线探伤器、长途輸油管的自动控制器等仪器。

这些仪器一般說有下面三个优点：

- (一) 不和产品直接接触；
- (二) 不损坏产品；
- (三) 可以連續測定、便于自动控制。

(2) 农业部門 計数管在今天已广泛地运用在农业研究中，并且还在不断地发展。使用計数管配合示踪原子研究植物的吸收养料过程，肥料、农药对植物的生长影响，都取得了很大的成就。利用它可以改善田间管理、改进施肥方法，对提高农作物的生产水平有很大帮助。

甲、研究施肥对农作物生长的影响 磷是生长所必需的一种元素，对植物施用磷肥可以提高它的收获量。使用計数管同时利用磷的放射性同位素作为磷肥，我們可以很方便的研究磷肥被植物的吸收情况。例如我們在所施的磷肥中，加入一些磷的

放射性同位素磷³² (P³²), 等到植物將磷吸收后, 再分离出植物中所含的磷, 測定它的放射性强度, 我們可以相当准确地决定磷肥的利用率。

如果把放射性磷的顆粒磷肥埋在植物根旁的土里, 可以发现在植物的根遇到磷肥顆粒后, 在十到二十分鐘內, 叶子上面就有放射性磷出現。用計數管測出叶子上面的放射性强度, 我們可以估計出磷肥的吸收速度。同时利用計數管也可以測定磷肥在地里不同的分布对植物的影响。

乙、根外追肥的研究 用計數管配合磷的放射性同位素磷³² 我們可以研究根外施肥的情况。研究方法如图 3-3 所示。研究

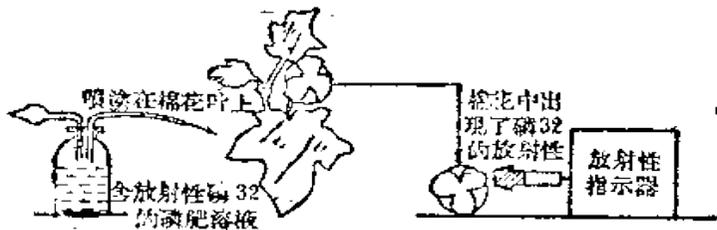


图 3-3 在棉桃中根外追肥示意图

証明: 在棉桃成熟的时期根不吸收肥料。如果將磷肥洒在棉叶上, 用計數管可以探出在很短的時間內棉株中就有放射性磷出現, 这就証明磷肥是被棉株很好的吸收了。現在事实証明, 在棉花的叶子上施磷肥, 磷肥可以很快的被吸收送到棉花的花蕾中。这样就可以防止棉子脫落, 而大大的增加棉花的产量。

丙、研究植物的光合作用 光合作用——植物的碳营养, 是一种复杂的生物成长过程之一。应用放射性同位素示踪原子的方法, 对光合作用的各个阶段的重要地方都获得了一定程度的了解。在这方面計數管也有很大的貢獻。

利用計數管測定天然生长条件中植物的光合作用和放射性

元素碳¹⁴ (C¹⁴) 的数量, 已经确定了在高山上植物光合作用强度在一昼夜中的特性, 这些植物在不同的时期中光合作用生成物质和成分的变化以及在光合作用时温度对于植物吸收碳的新陈代谢作用的影响。

利用计数管对于植物在光合作用过程中碳¹⁴ 的变化道路综合分析, 得到这样一个结论: 除形成碳水化合物和包括基本光化学反应的主要过程外, 还有其它碳的变化过程, 在其过程中影响着二次光化学反映。在这些反应中, 藍的短波光綫起着特殊的作用。

此外, 运用计数管还可以研究植物根部的活动情况, 农业药品的分布和它的作用检查。总之, 在这方面计数管的运用, 正随着放射性同位素在农业上运用的增加而日益增加。

(3) 地质勘探和考古学上的运用:

甲、利用计数管探矿 一般对放射性元素矿产的探测, 最方便的方法是采用多只计数管组成的高灵敏度放射性矿产探测器。它的基本原理是利用计数管来测定地下放射性元素放出的射綫强度, 从而计算出地下放射性元素的含量。这种仪器可以

安装在飞机上、汽车上, 也可以制成轻便的形式由人来携带, 因此它们的适用范围很广, 飞机探矿简单的原理如图 3-4 所示。在我国这样辽阔的土地上, 在今天利用迅速可靠的飞机探矿不仅有可能而且也是完全必要的。

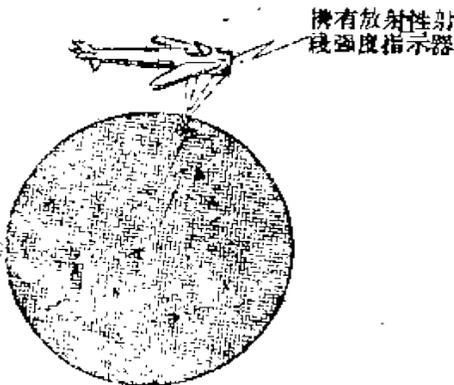


图 3-4 飞机探矿

乙、考古学上的时鐘

計数管可以作为地质学和考古学上的时鐘，这里我們只准备来談一下考古学上应用它来計算時間的方法。放射性碳¹⁴的半衰期为六千多年，我們可以利用它的衰减期与放射强度来計算考古学上的時間。碳¹⁴是宇宙射綫中的中子穿过大气层时，碰撞空气中的氮核发生核反应而生成的。宇宙射綫从古到今不断地照射到地球上，这个过程一直未曾中断过。所以碳¹⁴的产生也是不断的。同时放射性碳¹⁴又在不断地放出乙种射綫而蜕变；最后使得在大气中由宇宙射綫中中子产生的碳¹⁴和在大气中由于蜕变而减少的碳¹⁴，达到一定的数量后相互平衡。在大气中的碳¹⁴与氧化合生成放射性的二氧化碳，通过光合作用碳¹⁴进入了植物体中，动物吃了植物，碳¹⁴又从植物体中轉移到了动物体中，因此在活的动物体中放射性碳¹⁴与非放射性碳的含量保持与大气中相同的比例。如果动物死亡，它与外圍的交往作用停止，原来在生物体中的碳¹⁴得不到新的补充，只有經常不断地蜕变而减少。現在我們已确知碳¹⁴的半衰期为六千六百三十年，它放射的乙种射綫能量为0.155兆电子伏特，这里可以看出它放射的乙种射綫能量是很低的，要測量碳¹⁴放射性的强度，尤其是經過长时期衰减的碳¹⁴放射性强度，一定要用薄窗口的云母窗計数管。若动物的死亡時間愈长，則剩下的放射性碳¹⁴含量愈少，因此我們完全可以在古生物的遺骸中根据其中放射性碳¹⁴的含量計算出它的死亡年代。运用这种方法可以測定在一千年至二万五千年的生物死亡遺骸。

(4)医学上的运用 应用計数管配合适当同位素示踪原子，可以研究脑的新陈代謝，甲状腺的机能，血液循环以及有机体内磷的代謝过程。現在我們先来討論一下磷在人体内分布过程的研究。磷是在人体内不可缺乏的元素之一，但是磷究竟分布在

人體內的那些部分呢？如果不用計數管，研究起來頗為困難，相反如果我們使用計數管，再配合上磷放射性的同位素來研究磷在人體內的分布是相當方便的。方法是先注射一些含有放射性磷的溶液進入人體內，在血液中我們就可以發現有磷的放射性存在，但只要經過三分鐘或者更短一些，血液中的放射磷含量就減少了五分之四。再經過半小時後這些放射性磷有很多已經由血液轉移到人體的骨骼組織中去了。同樣我們也可以發現腦也在不斷地吸收磷。這些結果對營養和治療都有很大的好處。

用放射性鈉配合計數管可以研究人體中血液循環的速度。其方法把含有放射性鈉的生理食鹽水從人體的一側肘前靜脈注入，用計數管測定它到達對側手的時間。所獲得的結果相差頗大，一般在注射後約十七秒後，計數管便深知放射性鈉已到達另一只手中。如果擤住呼吸，這個時間會延長到二十三秒鐘，如果在做過劇烈運動之後，這個時間會減少到十三秒；從這個實驗我們可以很清楚地看出各種條件對循環速度的影響。

同時我們也可以用上面的方法來檢查心臟的工作情況。從手臂注入含有放射性鈉的生理食鹽水，然後在緊靠心臟的地方放一只計數管來探測射線的強弱。當含有放射性鈉的血液從靜脈進入心臟右部，計數管的計數率會很快的增加，一般正常的心臟歷時約一秒鐘增至最大，此後含有放射性鈉的血液進入肺部，計數率會很快的下降。再過二至四秒後，從肺部再回到心臟的左部，計數率又慢慢地增加，然後再降低到零。從計數管得到的放射性強度和時間關係的曲線，可以算出心臟的唧血量。正常的心臟所得到的曲線是相似的，如果心臟有病，曲線的形狀會有很大的變化。用這種方法，可以探出一些別的方法無法探出的心臟疾病。

(3)防护放射性危害的应用 应用計数管可以很方便的测出工作地区的放射性射綫的强度，因此可以判断工作地区是否安全。利用这个原理我們可以制出放射性强度指示器如实验室用的携带式輻射計……等。这类仪器种类很多，应用也很广。这些仪器在原理总不外乎是利用計数管的計数率隨射綫的强度而增加，从計数率的增加我們可以很方便的决定放射綫的强度。这些设备是在原子反应堆和同位素的物理、化学实验中是很必要的。

由于今天核子物理学突飞猛进的发展，放射性同位素在国民經济中的广泛应用，測量放射性必需工具之一——計数管的用途也隨之而日益增加。新的測量仪器、新的特种計数管日有出現。

第四章 計数管在制造及使用中的安全問題

4-1 安全問題的重要性

在我們社会主义制度的社会里,工人已不再是被剝削者,而是我們社会的主人。因此劳动保安的問題,已經为政府劳动保护条例所規定,每一个厂矿企业都必須在組織上、思想上以及物質上尽量做到改善劳动条件,以保証安全生产。

从計数管的使用方面說来,它是作为一个測量放射性强度的探测器。由于在制造过程中就必需需要与放射性物質相接触,特别是大量程的計数管,在鑑定管子性能的測試过程中,需要剂量較大的放射源。因此在計数管的制造上,除了应当注意电真空企业所必須具有的电的、机械的以及化学的安全措施外,还必須特別重視对于放射性物質的防护問題,亦就是說要在經常与放射性物質必不可少的接触情况下,確保工作人員使不受放射綫伤害。这是一个比較现实且重要的問題,因为放射性伤害往往不易在短時間內显示。受了伤害还不易察覺,而且人体所受到射綫的剂量是有累积的性質。經常操作放射綫的工作者,假如不注意防护的話,那末一旦超过了限額的照射剂量,就会使人体机能損害。相反地如果严格的执行安全操作規則,并且有一定的防护措施,那末在長時間的工作中也不会伤害人体。

4-2 放射性物質的电离輻射对人体的影响

在第一章中我們已經說过,放射性物質輻射的射綫,一般有三种:即甲种射綫、乙种射綫及丙种射綫。甲种射綫是带有两个正电荷的氦原子所組成,乙种射綫是高速度的电子流,丙种射綫則是不带电荷而具有光速的电磁波。

由于乙种射綫的穿透能力較低,故不能深入人体皮肤。甲种射綫虽然具有較强的破坏結構的能力,但是它的射程短,一般只能造成局部的照射,防护比較容易。最严重的是丙种射綫,它具有强大的穿透能力,能够深入人体内部。这些輻射綫对人体的伤害影响,大概如下:

輻射綫在穿过組織时所引起的作用,可能是一种刺激作用,但是絕大部分却引起了暫时的或永久性的破坏。剂量微弱的丙种射綫,就能抑制胸綫核酸的合成,这种核酸是染色体分裂物中期的重要成分,引起核酸新陈代謝发生障碍的化学变化,其电离輻射作用能对細胞引起刺激、破坏或死亡的特性。

此外在細胞內的蛋白質分子和水,受到电离輻射后,蛋白質溶液就凝固,其外表和加热后凝固完全一样。但是它們有显明不同点,就是加热后凝固的蛋白質可以用一些物理化学的方法使之再溶;但是放射后凝固的蛋白質是不可逆轉的沉淀物。电离放射对細胞蛋白質的影响,不但是了解它直接效应的基礎,也是了解它間接作用的基礎:蛋白質被照射后产生的毒素已被証实,这种毒素的藥理作用与組織胺相似,它被称为类組織胺物质(II质),但这并不是唯一的毒素。身体的水受到电离放射的作用就产生过过氧化氫和其他氧化剂,这样可以导致繼发毒素的形成和产生使酶不活动的作用。

同样电离放射能使染色体破裂, 結果引起染色体轉位, 染色体的破裂; 大都能在几分鐘內癒合, 而在癒合前发生轉位, 这种作用在生殖器官方面最显著, 由于轉位而引起的染色体突变会造成不育。电离辐射作用, 也能引起因子突变, 不过这种作用是潜伏性的, 要在几代后才能发觉。

造血机构是最易于被电离辐射作用所破坏, 由于辐射作用是潜伏与积累作用的, 而且各种造血組織的敏感性不同, 各人的敏感性也有着差别, 人体的血液經过了統計及研究后, 对下列数值大概可以認為是正常的:

- 白血球.....4000~12,000立方毫米。
- 紅血球..... 3.5~6.5 百万/立方毫米。
- 淋巴球.....20%~40% (白血球中的百分数)。
- 顆粒白血球.....55%~80% (白血球中的百分数)。

我們看到这些数值的变动是很大的, 因此, 要发现由照射所引起的血液景象的变化, 必須知道在开始使用放射性物質之前的血液图式, 常常 (不少于每月一次) 进行血液分析以及考虑一切对血液景象有影响的因素。

总的說来; 小量放射所产生的慢性放射綫病大致可分成如下二类:

- (1) 由于穿透性放射的全身照射或局部照射:
 - 一、全身照射的損害为血性惡液质 (貧血, 紫斑, 白血病)。
 - 二、局部照射的損害为癌, 局部潰瘍, 癩痕, 白內障。
- (2) 由于穿透力弱的放射綫照射:
 - 一、皮肤疾病 (萎縮, 脫毛, 潰瘍, 癩)。
 - 二、眼的白內障。

4-3 电离輻射的防护

为了確保工作人員的安全，必須从下面几方面采取措施。

(1) 必須教育每个工作人員，在思想上要有足够的重視，而且能够明确的了解放射伤害的危害性及防护常識。从事使用或操作放射性物質的工作人員，由于接触的經常性以及放射伤害的潜伏性而往往产生了麻痺大意及无所谓的思想，这种想法是錯誤的，并且是非常危險的，必須及时糾正。应当了解到重視防护不仅是对个人負責，而且是对生产負責，对国家負責。当然我們也要防止由于明确了放射性伤害的危害性后，产生盲目的恐惧心理。如果我們真的認識了保安問題，并按照安全操作规程严格执行，那么我們是可以完全避免放射性的伤害的。

(2) 从組織上采取措施来保證安全，訂出切实可行的規章或制度，严格貫徹执行，其原則大概如下：

- a. 實驗室或操作室門口應該悬挂“閑人莫入”的通告。
- b. 每一个工作人員进入正在使用着放射性制品的房間时，应当穿上工作衫，当他轉入低放射性或无放射性的地点时，先把工作衫脫下，每一个工作人員必須应用外科式样的橡皮手套，还应该戴上指示他所得到的輻射总剂量的仪器。
- c. 有任何危險性的一切操作，都应该預先用非放射性材料作詳尽“演习”所采用的放射性材料應該預先測量。每一个工作人員都应当不断地注意自己的保护设备的效率，無論对外部照射或沾染，均禁止超过容許剂量的照射。在空气中如沾染稍稍超过容許濃度而須完成迫切的工作时，必須使用防毒面具。在使用放射性粉末

时,也必須使用防毒面具,在放射性制品撒散或噴濺时应立即进行全部的清洗工作。

- d. 在实验室内禁止保存、調制和吃食物。
- e. 在使用着放射性制品的房間里,禁止抽烟。
- f. 禁止用口将放射性溶液吸入吸管,吹制玻璃的工作只应该在不使用放射性同位素的房間里进行。
- g. 工作后留下来的固体和液体材料应遵守一切必要的預防措施,将其从实验室排除。
- h. 遇到大的輻射剂量,吞嚥或吸入放射性制品或落到皮肤上时,应该立即将事故通知领导人員和专门医生。
- i. 在工作結束之后,每一个工作人員应该檢查所有自己仪器的放射性,把它整理好,清洗掉放射沾染,并各归原位。
- j. 在离开工作室之前,工作人員应该測量自己双手的放射性,并仔細地清洗掉放射性沾染,鞋子和上装也应加以檢查,在很多場合必須沐浴。
- k. 放射性同位素应该保存在上鎖的保險柜里,应该准确登記同位素从它們的获得到它們从实验室排除的全部經過。
- l. 仔細地搜索可能被同位素沾染的地方,并完全清洗房間,应每星期进行;不少于一次。
- m. 电离輻射的容許照射剂量为每天0.05倫,每周的照射总剂量不得超过0.3倫。

如果能够按照上述的規定来执行,那么可以完全保証长期从事此項工作人員的安全。

附录 1 若干种放射性物质的性质

同位素及化学符号	半衰期	放射的形式	放射能 (百万电子伏)		获得的方法
氢 ³ H ³	12.5年	β	0.0185	γ —	锂 ⁶ Li ⁶ (n, α)
碳 ¹⁴ C ¹⁴	5700年	β	0.156	—	氮 ¹⁴ N ¹⁴ (n, p)
钠 ²⁴ Na ²⁴	14.8时	β, γ	1.4	2.8	钠 ²³ Na ²³ (n, γ)
磷 ³² P ³²	14.3日	β	1.7	—	硫 ³² S ³² (n, p)
硫 ³⁵ S ³⁵	87.1日	β	0.168	— ¹	氯 ³⁵ Cl ³⁵ (n, p)
钾 ⁴² K ⁴²	12.4时	β, γ	3.58	2.1	钾 ⁴¹ K ⁴¹ (n, γ)
钙 ⁴⁵ Ca ⁴⁵	180日	β	0.26	—	钙 ⁴⁴ Ca ⁴⁴ (n, γ)
铬 ⁵¹ Cr ⁵¹	26.5日	γ	—	0.32	铬 ⁵⁰ Cr ⁵⁰ (n, γ)
铁 ⁵⁹ Fe ⁵⁹	45日	β, γ	0.46	1.3	铁 ⁵⁸ Fe ⁵⁸ (n, γ)
钴 ⁶⁰ Co ⁶⁰	5.3年	β, γ	0.31	1.3	钴 ⁵⁹ Co ⁵⁹ (n, γ)
锌 ⁶⁵ Zn ⁶⁵	250日	β, γ	0.32	1.1	锌 ⁶⁴ Zn ⁶⁴ (n, γ)
砷 ⁷⁶ As ⁷⁶	26.8时	β, γ	3.04	1.7	溴 ⁷⁵ As ⁷⁵ (n, γ)
溴 ⁸² Br ⁸²	34时	β, γ	0.465	1.35	铷 ⁸¹ Br ⁸¹ (n, γ)
锶 ⁸⁹ Sr ⁸⁹	55日	β	1.5	—	锶 ⁸⁸ Sr ⁸⁸ (n, γ)
银 ¹¹⁰ Ag ¹¹⁰	225日	β, γ	1.3	1.4	银 ¹⁰⁹ Ag ¹⁰⁹ (n, γ)
锑 ¹²⁴ Sb ¹²⁴	60日	β, γ	2.37	2.04	锑 ¹²³ Sb ¹²³ (n, γ)
碘 ¹³¹ I ¹³¹	8日	β, γ	0.595	0.337	
铯 ¹³⁷ Cs ¹³⁷	33年	β	0.52	—	铀核裂变
铯 ¹³⁴ Cs ¹³⁴	2.3年	β, γ	0.66	0.79	铯 ¹³³ Cs ¹³³ (n, γ)
镧 ¹⁴⁰ La ¹⁴⁰	40.4时	β, γ	1.4	1.63	镧 ¹³⁹ La ¹³⁹ (n, γ)
铟 ¹⁷⁰ In ¹⁷⁰	127日	β, γ	0.98	0.084	铟 ¹⁶⁹ In ¹⁶⁹ (n, γ)
钽 ¹⁸² Ta ¹⁸²	117日	β, γ	1.0	1.32	钽 ¹⁸¹ Ta ¹⁸¹ (n, γ)
钨 ¹⁸⁵ W ¹⁸⁵	74日	β	0.43	—	钨 ¹⁸⁴ W ¹⁸⁴ (n, γ)
铱 ¹⁹² Ir ¹⁹²	70日	β, γ	0.67	0.6	铱 ¹⁹¹ Ir ¹⁹¹ (n, γ)
金 ¹⁹⁸ Au ¹⁹⁸	2.7日	β, γ	0.97	0.4	金 ¹⁹⁷ Au ¹⁹⁷ (n, γ)
铊 ²⁰⁴ Tl ²⁰⁴	2.7年	β	0.8	—	铊 ²⁰³ Tl ²⁰³ (n, γ)

(n, p)……核反应中吸收中子并放出质子的简短表示。
 (n, γ)……表示吸收中子并放出 γ 量子。
 (n, α)……表示吸收中子并放出 α 粒子。