

用于短射程粒子的外推电离室

Robert Loevinger和John S. pruit

(美国国家标准局辐射研究中心)

绪 言

辐射剂量学常常要涉及到用空腔电离室和布拉格-格林方程来求得吸收剂量。布拉格-格林方程的基本假设是空腔的存在不干扰次级粒子的注量分布。因此合乎逻辑的是设计一个可变尺寸的空腔电离室，然后将测量结果外推到零。一种显而易见的方法是采用可变空气隙平板电离室。这种电离室就叫做“外推电离室”。

现分四个部分介绍。

一、外推电离室历史简介

- 1937: 纽约市荣军医院的G. Failla发明外推电离室，提供了用同一设备测量所有辐射的一种方法；
- 1949: 在 ORNL(橡树岭国立实验室)用于测量胶木和水溶液中的磷-32的表面剂量；
- 1950: Loevinger测量了磷-32平面源，第一次获得了点源周围能谱分布的资料；
- 1951: Tracerlab公司制成 $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$ 眼科敷贴器，并描述了一种锥型刻度用的外推电离室；
- 1952: 英国的Ibrahim和Wilson以及美国的Attix用外推电离室研究布拉格-格林原理，由此导致了Spencer-Attix理论和NBS处的外推电离室；
- 1953: Loevinger描述了一种有四个圆心收集极的外推电离室；
- 1960: Scarboro和Silverman描述了一种可换电极的外推电离室；
- 1962: BRD(美国研究开发局)的Rase和pohlit描述了一种用于高能辐射的标准外推电离室，并且可测定出所有的校正因子；
- 1963: Sape和Cunningham测量了 $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$ 源的中心轴线深部剂量和等剂量曲线；
- 1965: Loevinger和Yaniv用外推电离室测量了高强度X射线束的照射量率；
- 1970: Poston研究了骨骼和组织接触面处的剂量；
- 1975: Manson等人研究了钴-60和高能光子束在人体模型表面处的累积曲线。

这仅仅是我所知道的每个测量领域内的首次测量情况中的几个例子。还有许多人用多种类型的外推电离室重复和扩展了这些测量工作。

二、某些一般性考虑

1) 常用外推电离室的装置原理图如下：

基本要点是用一个深度反馈的静电计使收集极保持在地电位。

2) 利用布拉格-格林原理, 外推电离室可以用来测定吸收剂量。

为了求得空腔中空气的吸收剂量必须知道收集极体积V。

$$V = \Delta d$$

式中A是收集极面积; d是空气隙长度。

$$\text{测量电容: } C_1 = C_f V_f / V_i$$

$$\text{由静电学可知: } C_1 = K A / d$$

如果C₁以pF为单位, 长度量纲为mm, 则K = 8.85 E-3。

$$\text{如果已知d: } V \propto C_f (V_f / V_i) d^2$$

如果测得直径D并求得A;

$$V \propto (C_f)^{-1} (V_f / V_i) D^2$$

如果A和D均未知;

$$\text{令 } y = d / A (= K / C_1)$$

$$\text{令 } d = x - x_0, \text{ x是规尺读数,}$$

$$\text{则 } y = A^{-1} (x - x_0)$$

对于一系列规尺调节值x_i, 计算y_i, 然后用线性回归法求出A和x₀, 因此得出d。

3) 电容量的测量必须十分谨慎, 同时对于小尺寸电极, 电容量的测量是困难的。

例如: 空气隙 d = 1mm,

直径 D = 1 3 10 30 mm

电容量 C₁ = 0.007 0.06 0.7 6 pF

4) 某些问题

①确定沟槽中线的位置可能是困难的;

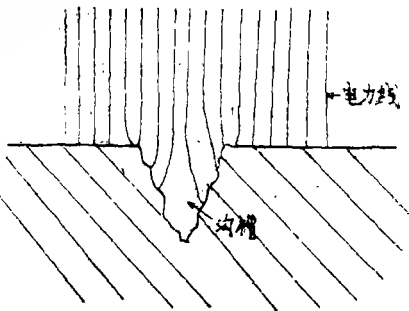
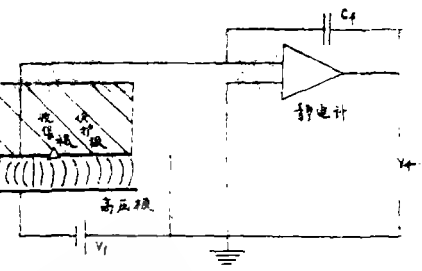
②沟槽的部分体积要计入电离室体积;

③电力线在沟槽处可能不是均匀分开的。结论: 对小直径电极D的测量有误差。

5) 当等剂量面是平面时, 外推电离室使用效果最佳。

6) 如果仅做相对测量, 体积V, 面积A和空隙d不必知道。

5) 和6) 的例子: 在薄平面β源上进行相对测量。将平面源函数进行微分后就得到点源函数。沿β粒子全射程积分就给出必须的归一化因子。



7) 用于β粒子源的互易性原理;

大平面收集电极和小源与大平面源和小收集电极的结果相同。

三、β粒子眼科贴敷器在NBS的刻度

$^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$ 眼科贴敷器广泛用于治疗某些眼疾。图1-图3给出了有关眼贴敷器结构、刻度用电离室的简图，以及图4—图6给出了某些实测及理论曲线的资料。刻度步骤如下：
步骤1：用探针电极测定源尺寸。

探针电极直径 $D = 1\text{mm}$ ；
 源距 $Z < 0.5\text{mm}$ ，空气隙 $d < 0.5\text{mm}$ 。在 2mm 间距的点阵上对源进行测量。（如有必要，间隔还可小些）。源的尺寸为电流最大值一半处的直径值。（参见图4,5）
步骤2：确定大收集电极的零刻度

用大电极 $D = 30\text{mm}$ 取代探针电极。将源距调到 $> 100\text{mm}$ 。在规尺的几个刻度位置 x 测量电流 I 。测量结果是线性的：

$$I = m(x - x_0)$$

那么 $d = x - x_0$ 。

步骤3：测定每单位空气隙的电流。

当贴敷器几乎与高压电极相切时，测量空气隙 $d = 0.5, 1, 1.5, 2.0$ 和 2.5mm 时的电流。将电流归一化到标准温度和压强，并进行复合校正。将电流测量结果拟合下列方程式：

$$I/d = (I/d)_0 (1 + \alpha d + \beta d^2)$$

这种方法通常给出近似的拟合。并假定 $(I/d)_0$ 是 $d = 0$ 时的所期望的斜率。

步骤4：由下式计算表面吸收剂量率

$$D_{\text{water}} = (W/e) (\rho A)^{-1} (\bar{s}/\rho)_{\text{air}}^{\text{water}} (I/d)_0 \prod k_i$$

式中： (W/e) 是在环境空气（湿空气）中单位电荷的能量； ρ 是标准条件下空气的质量密度； A 是步骤1中确定的活性面积； $(\bar{s}/\rho)_{\text{air}}^{\text{water}}$ 是水和空气平均质量阻止本领之比； k_i 是如下各项的修正因子：（1）在进口箔中的减弱。（2）水和电极材料之间反射的差别；（3）外推方法中很小的系统误差。

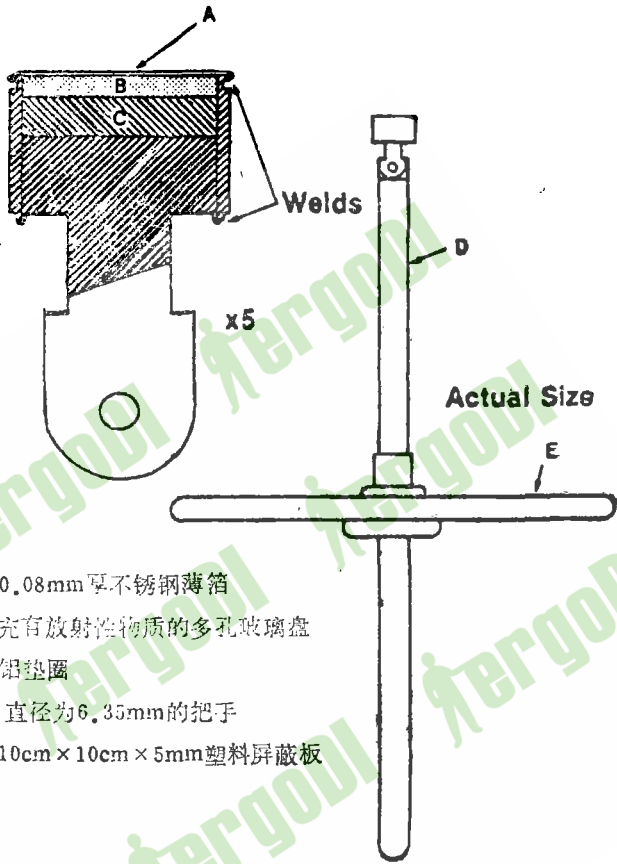


图1 典型眼敷贴器剖面图

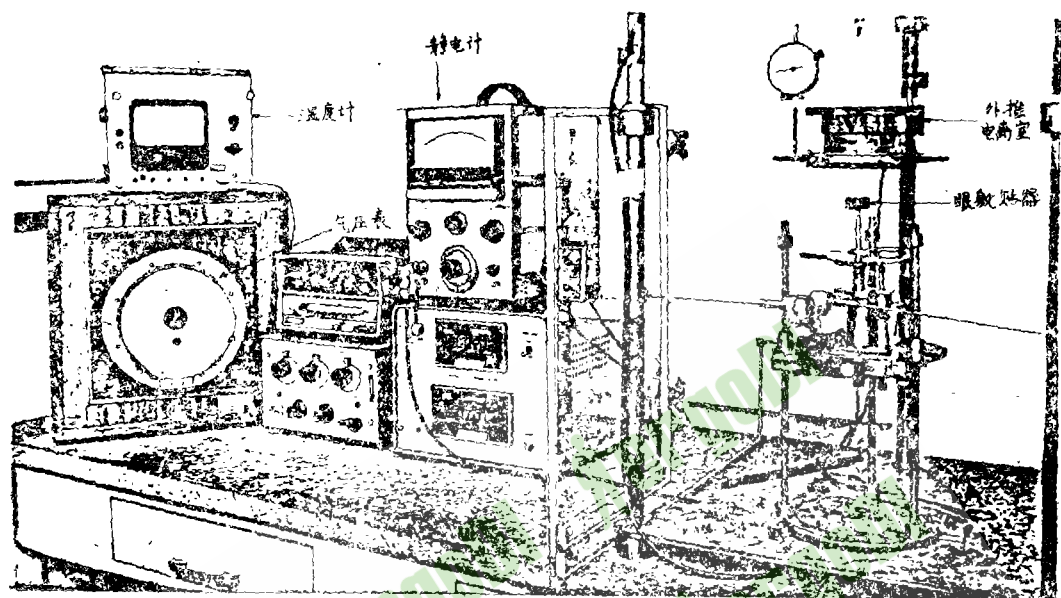


图2 完整的刻度装置

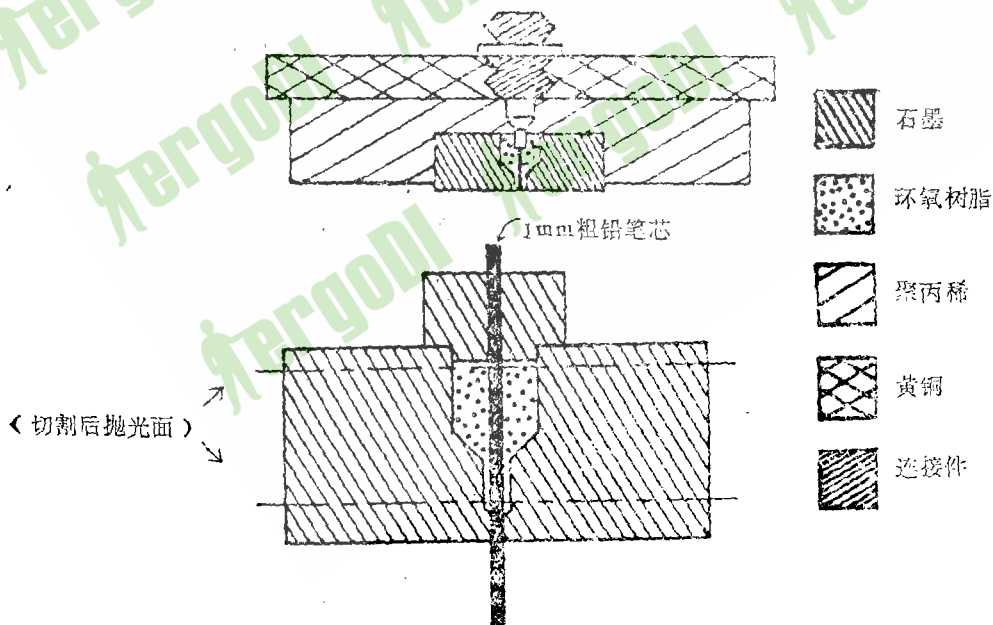


图3 1mm直径的收集极和装配方法

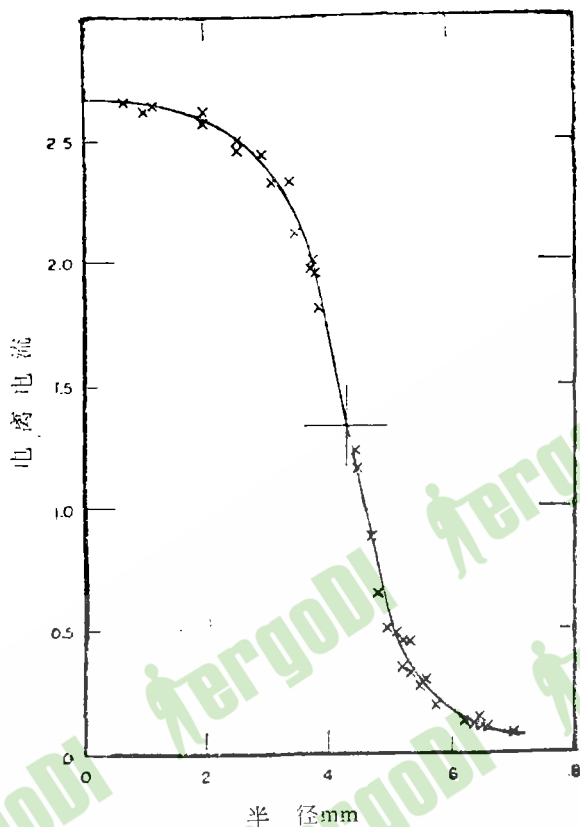


图4 沿敷贴器表面，测得的电离电流与距电流分布中心点距离的关系曲线

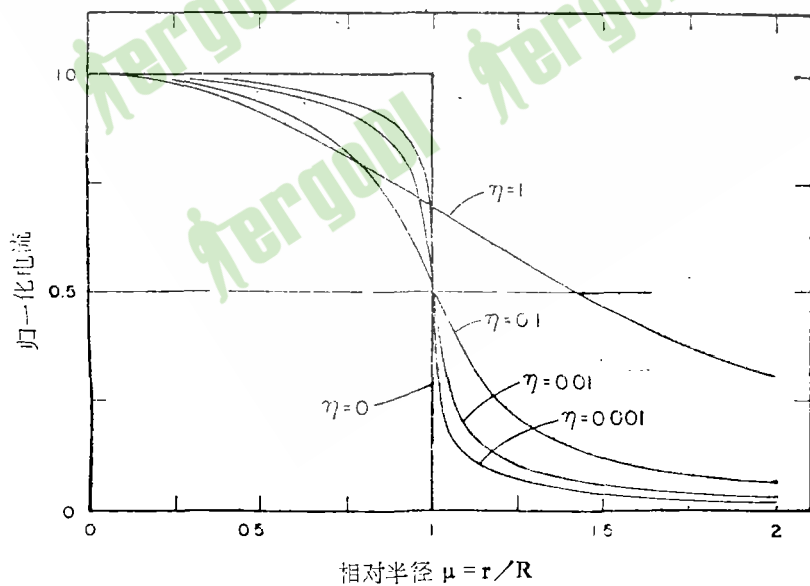


图5 不同源距时的理论电流图 ($\eta = 2/R =$ 源距/空腔半径)

不确定性的估计值(%)

仪表类

每离子对的平均能量

阻止本领比

外推曲线斜率

外推修正

反散射修正

减弱修正

源表面积

综合不确定性(平方和法)

总不确定性(综合值×2)

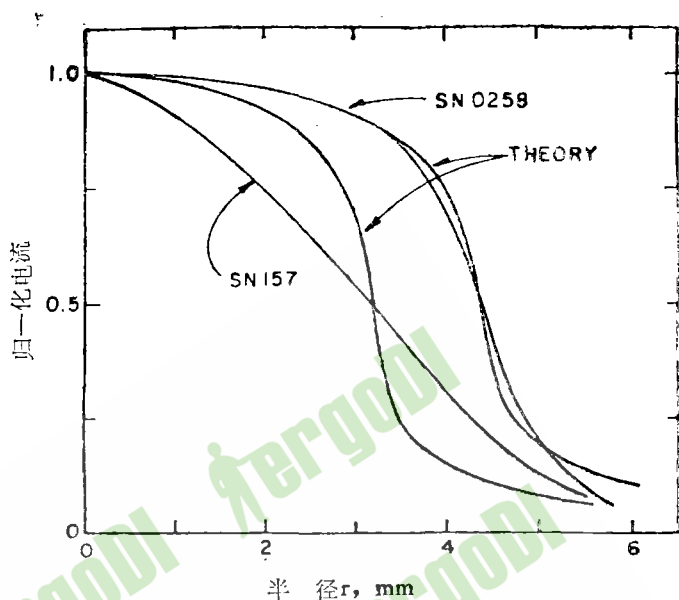


图6 实测的电流图

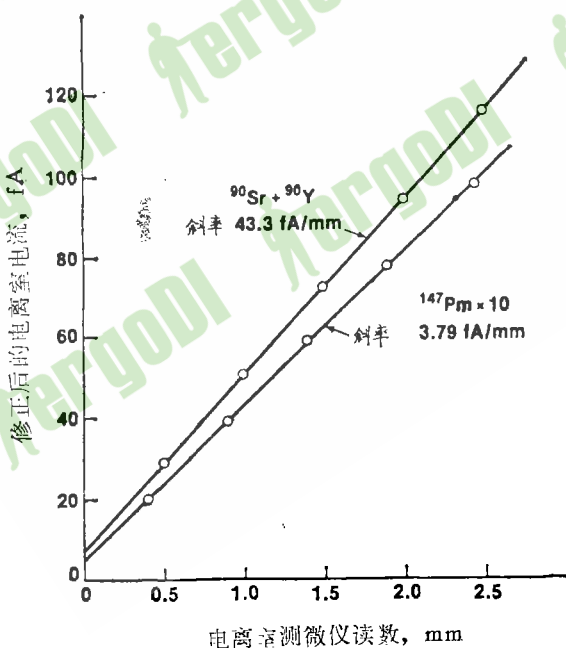


图7 典型的外推曲线

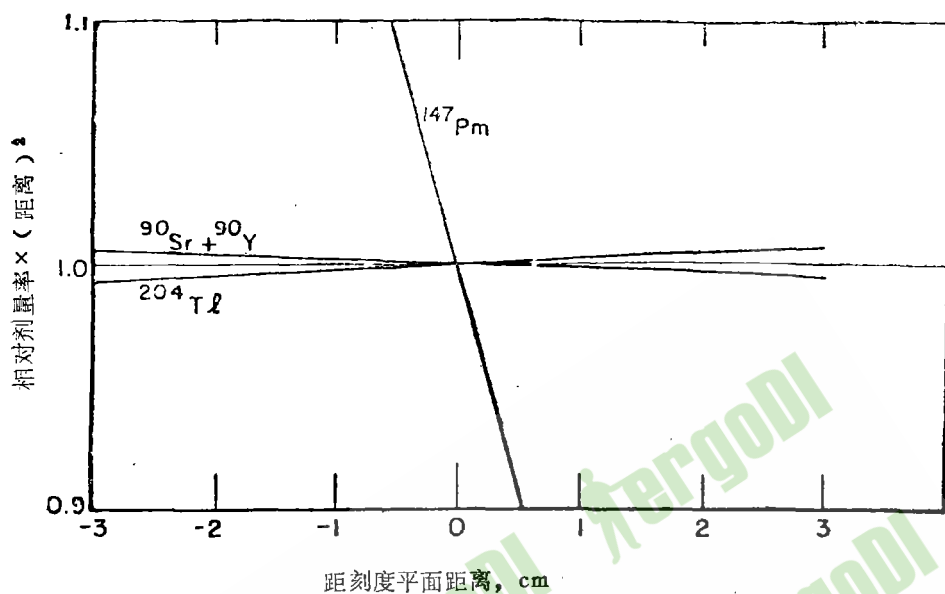


图8 剂量率与距离的关系

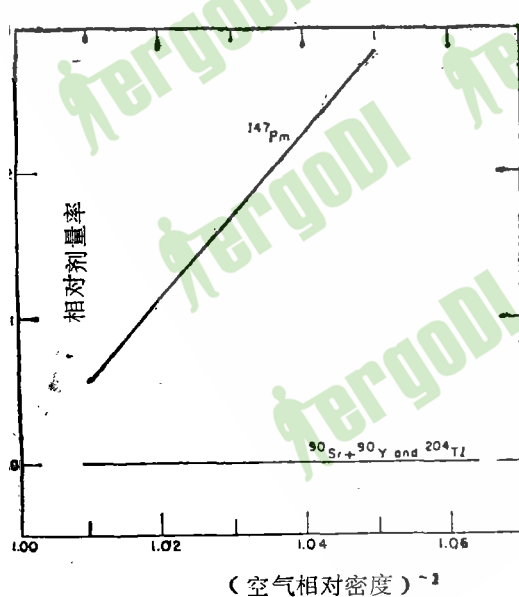


图9 剂量率随空气密度的变化关系

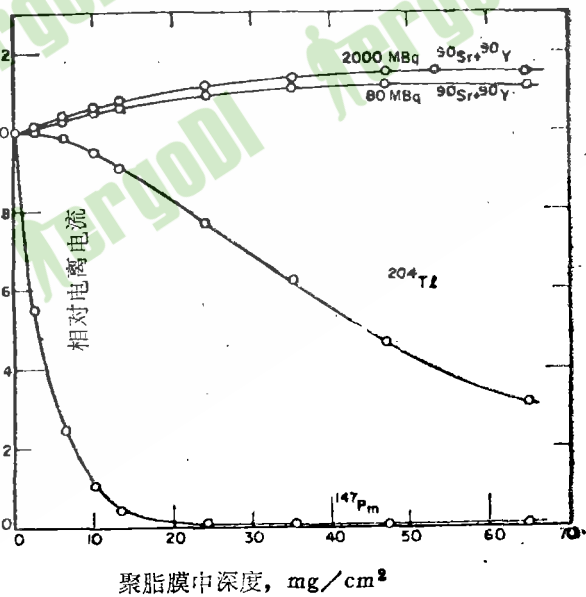


图10 电离电流与深度的关系

四、PTB外推电离室在NBS的应用

PTB外推电离室是由PTB的Bohm所研制。NBS的复制品由PTW, Freiburg制造。该电离室在NBS用来测定某些β粒子源在一定距离处在水和组织中的吸收剂量。然后用这些剂量率来刻度辐射探测器。

用图7—图11示出有关某些实际应用的数据。

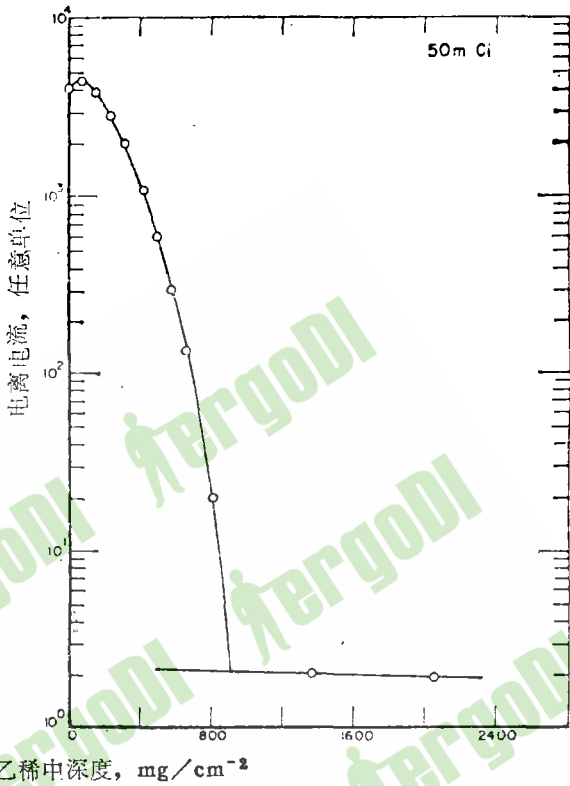


图11 电离电流与深度关系(⁹⁰Sr + ⁹⁰Y源)

(朱志贤译并整理)

(上接封三)

- | | | |
|-----|---|------------------|
| 633 | 单独或以混合氧化物形式吸入后大鼠对 ²³⁹ Pu和 ²⁴⁴ Cm的肺廓清和移位 | K. Rhoads等 |
| 641 | 为清除成年鼠或幼年鼠的铀比较胃内或腹膜内给予DTPA的治疗效果 | M. F. Sullivan等 |
| 667 | 隔墙和邻近建筑对室内宇宙射线介子照射量率的影响 | K. Fujitaka等 |
| 661 | 荷兰建筑材料中放射性的推荐标准 | W. F. Passchier等 |
| 665 | 人体组织样品中的Np—237 | D. W. Eford等 |
| 667 | 荧光和AguaSol—α计数特性的比较; 液闪的利用 | V. L. Spate等 |
| 672 | 在低水平辐射照射后用幼稚浓缩的染色体外测量对人体淋巴细胞的损伤 | H. D. Maillie等 |