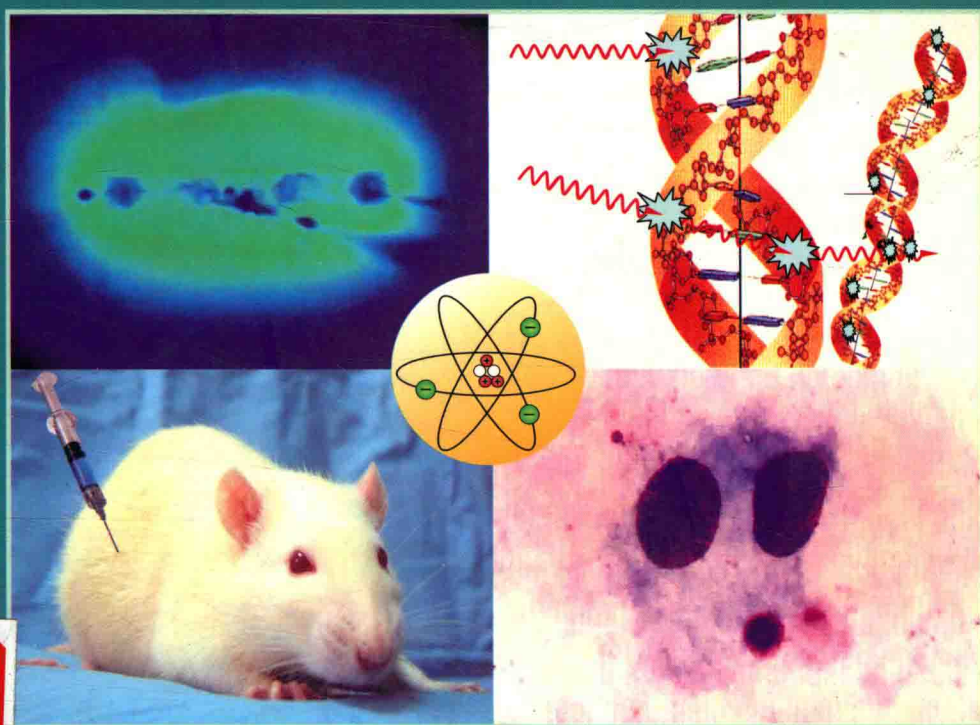


FANGSHE SHENGWUXUE SHIYAN JISHU

放射生物学 实验技术

主编 任东青



5-33



第四军医大学出版社

放射生物学实验技术

主 编 任东青

主 审 郭 鹂

编 者 (按姓氏笔画排序)

王 晋	王 琦	王晓武	方恒虎
任东青	李 静	李予蓉	李康樗
杨文清	张 杰	陈永斌	邵秋菊
金 成	赵 涛	郭万峰	郭国祯
梁 军	曾丽华	曾桂英	谢学军
魏丽春			

第四军医大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

放射生物学实验技术/任东青主编. —西安:第四军医大学出版社,2004.5

ISBN 7-81086-049-6

I. 放… II. 任… III. 放射生物学-实验 IV. R811.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 035505 号

放射生物学实验技术

主 编 任东青

责任编辑 徐文丽 王永春

出版发行 第四军医大学出版社

地 址 西安市长乐西路 17 号(邮编:710032)

电 话 029-83376765

传 真 029-83376764

网 址 <http://press.fmmu.sn.cn>

印 刷 西安力顺彩印有限责任公司

版 次 2004 年 5 月第 1 版 2004 年 5 月第 1 次印刷

开 本 787×1092 1/16

印 张 7.5

字 数 168 千字

书 号 ISBN 7-81086-049-6/R·65

定 价 18.00 元

(版权所有 盗版必究)

前 言

随着 21 世纪科学技术的不断发展,新的放射生物学实验技术不断涌现,为了更好地体现平战结合、军民两用的原则,在新编《放射损伤防治学》教材基础上,我们编写了《放射生物学实验技术》,它既可以作为《放射损伤防治学》的配套教材,又可作为从事放射医学或防原医学研究人员进行科研的参考用书。

放射损伤防治学是一门综合性边缘学科,它的研究内容不仅包含了对核武器杀伤因素所产生的损伤的医学防治,而且包含了其它来源的电离辐射所致损伤的医学防治,内容涉及基础医学、临床医学、预防医学和军事医学等多门学科,是军事预防医学的重要课程之一。《放射生物学实验技术》依托放射损伤防治学所研究的内容与方向,构建了较为完善、实用的实验内容。

编写本书的目的旨在加深读者对《放射损伤防治学》理论知识的理解,通过实验操作加强专业技能的训练,提高从事放射工作人员的实际工作能力,为培养综合型创新人才、锻造其综合素质奠定基础。作为实验技术与指导,本书精心选择了有关放射生物损伤、放射性检测、辐射侦察与放射卫生防护等实验内容,如射线穿透能力与防护实验;受沾染的人员、食品、饮水、药品等的放射性检测;电离辐射对核酸、蛋白、膜结构损伤的检测;电离辐射对细胞周期与细胞增殖能力损伤的检测;辐射敏感组织的病理改变;LD₅₀测定;胚胎毒性实验等,同时还包括肿瘤放射损伤实验,放射性核素的安全操作等。

本书适用于军事医学、预防医学、临床医学、口腔医学、药学、护理等专业的本科和专科教学,也可作为放射医学专业研究生、青年教师培养的技能训练教材。本书内容翔实,各专业在教学中,可根据自身的实际条件,优选组合使用。由于内容涉及面广,难免存在一些缺点和不足,尚须在教学实践中不断修正,敬请各位同仁和广大读者提出宝贵意见。

非常感谢在本书的编印过程中,参与编审、校对和印刷等全体工作人员所付出的辛勤劳动,以及学校训练部教务处给予的大力支持。

编 者
2004 年 4 月

目 录

实验一	电离辐射的穿透性能	1
实验二	γ 射线外照射防护	5
实验三	人体放射性污染的检查	8
实验四	皮肤、伤口放射性污染的消除	14
实验五	食品、药品、水源和卫生防护器材放射性污染的检测及除污染	16
实验六	放射性碘体内分布和稳定性碘的预防效果	19
实验七	氯胺-T 法放射性碘标记血管抑素	22
实验八	急性放射病时外周血白细胞的变化	25
实验九	小鼠脾结节的测定	28
实验十	电离辐射对造血干细胞增殖的影响	30
实验十一	γ 射线照后小鼠尿中牛磺酸排出量的测定	32
实验十二	受照小鼠脾、肠、骨髓 DNA 含量的测定	35
实验十三	细胞 DNA 双链断裂的检测	38
实验十四	电离辐射照后淋巴细胞 HPRT 基因突变率的测定	40
实验十五	电离辐射照后淋巴细胞染色体畸变率的测定	43
实验十六	电离辐射照后淋巴细胞微核率的测定	45
实验十七	γ 射线对脾淋巴细胞周期的影响	48
实验十八	^3H -TdR 掺入法测定受照脾淋巴细胞的增殖能力	51
实验十九	受照肿瘤细胞间期死亡的测定	53
实验二十	受照肠上皮细胞增殖死亡的测定	55
实验二十一	电离辐射诱导淋巴细胞凋亡	57
实验二十二	小鼠肠腺剂量-存活曲线的测定	60
实验二十三	电子线照射对小鼠移植实体瘤生长的抑制作用	64
实验二十四	γ 射线照射对实体瘤生长抑制的观察	67
实验二十五	电离辐射对细胞克隆形成的影响	69
实验二十六	电离辐射对细胞倍增时间的影响	71
实验二十七	受照小鼠组织 SOD 活性和 MDA 含量的测定	73

实验二十八	受照小鼠血浆与组织 cAMP 和 cGMP 含量的测定	76
实验二十九	受照小鼠组织 NO 含量和 NOS 活性的测定	80
实验三十	γ 射线照射对大鼠行为的影响	85
实验三十一	γ 射线照后大鼠脑动力学的改变	90
实验三十二	γ 射线照后大鼠学习记忆能力的测定	94
实验三十三	小鼠放射性肺炎的病理观察	98
实验三十四	电离辐射胚胎毒性测定	100
实验三十五	小鼠受 γ 射线照后 LD ₅₀ 的测定	104
实验三十六	病例讨论	107
附录	放射性核素的安全操作	110

实验一

电离辐射的穿透性能

目的

了解电离辐射在物质中的穿透性能和不同物质对电离辐射的削弱能力。

内容

一、原理

电离辐射对物质有穿透能力,其穿透能力的大小与电离辐射种类、所带电荷多少及能量大小有关。同时,物质对电离辐射有削弱的性能,削弱能力的强弱与被穿透物质的密度、厚度和组成成分有关。

二、器材

ZC-201 型放射性沾染测量仪(四川建安仪器厂),测量木架(固定架),不同类型的放射源(^{239}Pu α 源、 ^{90}Sr β 源、 ^{137}Cs γ 源),不同厚度的木片、有机玻璃、铝片、铅片等。

三、方法和步骤

(一) ZC-201 型放射性沾染测量仪的使用

1. ZC-201 型放射性沾染测量仪的主要构造 ZC-201 型放射性沾染测量仪由探头、操纵箱和专用铅室组成(图 1-1)。探头为接受射线的装置,内有一个 J-69 型卤素计数管;操纵箱由整形放大和显示记录部分组成。操纵箱面板上有定时开关、启动按钮、转换开关和荧光数码管等显示记录装置(图 1-2),其工作原理如图 1-3 所示。

2. ZC-201 型放射性沾染测量仪用途

①用于测量进入放射沾染区人员甲状腺或尿样中的放射性,并根据测定的数据概略推算进入体内的放射性物质的量,以便确定治疗方案;

②测量饮水、粮食、武器等各种物体表面的放射性沾染程度;

③用于平、战时实验室放射性的测量。

3. ZC-201 型放射性沾染测量仪的调试

①将仪器的转换开关置于“断”位,安装电池或接好电源线(仪器可用 6 节 1.5V 1 号电池,也可用专用电源线,连接民用 220V 交流电源使用)。

②将探头连接于操纵箱面板上的“输入”插座。



图 1-1 ZC-201 型放射性沾染测量仪

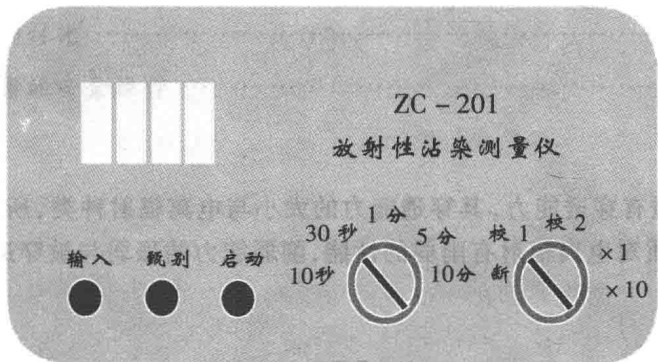


图 1-2 ZC-201 型放射性沾染测量仪面板示意图

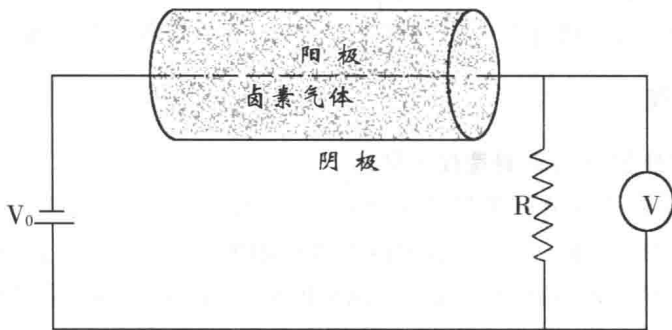


图 1-3 ZC-201 型放射性沾染测量仪工作原理简图

③检测仪器:将转换开关旋到“校 1”位置,然后逐档转换“定时”旋钮和按动启动按钮,数码管应按顺序进行显示。然后,再将转换开关旋到“校 2”位置,依同法逐档转换“定时”旋钮,进行检验。如数码管显示也正常,说明仪器工作正常。

④测量:将需要测量的样本碟送入铅室小抽屉内,将探头的外罩旋下,探头插入铅室上孔。也可用探头直接在沾染部位进行测量,测量时探头应距沾染处 2~3cm(测量 β 放射源沾染时,须去除探头外罩)。根据所测放射性强弱,强者将转换开关置于量程“ $\times 10$ ”位,较弱者置于量程“ $\times 1$ ”位。将定时旋钮置于预定的测量时间上,最后按动“启动”按钮,即进行计数。量程“ $\times 10$ ”位时的计数结果应乘以系数“10”。

4. 注意事项 勿旋动“甄别”旋钮。若使用电池作电源时,仪器长期不用,必须将电池取出,以免电池腐烂,锈蚀仪器。

(二) α 射线穿透力实验

1. 测自然本底 旋下仪器探头上的铝盖,把探头插入固定架的探头孔中。将量程开关置于“ $\times 1$ ”位测量自然本底。

2. 测 α 放射源的放射性 取一个 α 放射源,放于靠近探头窗口的位置,测量1min。记录所得计数率,重复3次,取平均数,减去自然本底,即得放射源的净计数率(次/分,cpm)。

3. 屏蔽实验 在放射源和探头窗口之间放置一张纸,测量1min。将所得计数率减去自然本底,得屏蔽后净计数率。

(三) β 射线穿透力实验

1. 测自然本底 同前(亦可用前面所得的本底计数率)。

2. 测 β 放射源的放射性 取 ^{90}Sr 源一个,旋下铝盖,使正面朝上放入铅室的小抽屉内,将铅室置于实验固定架下。旋下探头外罩,再将探头置于实验固定架铅室的上方3~5cm处,测量1min,记录所得计数率,重复3次,取平均数,减去自然本底,即得 β 放射源的净计数率。

3. 屏蔽实验 在探头和放射源之间,分别叠加木片、有机玻璃、铝片、铅片。对上述不同材料和不同厚度的屏蔽物分别逐一测量,重复3次,取平均数,求得各自的净计数率,并将结果填入表1-1。

(四) γ 射线穿透力实验

1. 测自然本底 将带有铝质外罩的仪器探头固定在铅室上方约3~5cm处,移开附近的放射源,测量1min,得自然本底计数率。

2. 测 γ 放射源的放射性 取 γ 放射源 ^{137}Cs ,正面朝上放于铅室的小抽屉内,推入小铅室内,测量1min,重复3次,取平均数,将所得计数率减去自然本底,得 γ 放射源的净计数率。

3. 屏蔽实验 在铅室与探头之间,分别叠加不同厚度的木片、有机玻璃、铝片、铅片。分别测得各不同材料、不同厚度屏蔽物的净计数率,并将结果填入表1-2。

四、结果与讨论

(一)结果

分别将所测结果填入下列各表。

$$\begin{aligned}\text{净计数率} &= \text{样本计数率} - \text{自然(本底)计数率} \\ \text{计数率(cpm)} &= \text{总计数(次)} \div \text{总测量时间(min)}\end{aligned}$$

表 1-1 β 射线穿透力实验结果

物质厚度 (cm)	净计数率(cpm)			
	木片	有机玻璃	铝片	铅片
0.3				
0.9				
1.2				

表 1-2 γ 射线穿透力实验结果

物质厚度 (cm)	净计数率(cpm)			
	木片	有机玻璃	铝片	铅片
0.3				
0.9				
1.2				

(二)讨论

比较 α 、 β 、 γ 射线对各种不同物质和不同厚度屏蔽物的穿透能力。

思考题

- 1. 电离辐射的穿透力受哪些因素影响？
- 2. α 、 β 、 γ 射线的穿透能力和电离本领有什么不同？为什么？
- 3. 物质密度和厚度对电离辐射穿透能力有什么影响？为什么？

(王晓武)

实验二

γ 射线外照射防护

目 的

加深理解时间、距离、屏蔽等在 γ 射线外照射防护中的意义。

内 容

一、原理

对 γ 射线外照射的防护主要有三项原则：即缩短在辐射场的停留时间；加大与放射源之间的距离；采取有效的屏蔽防护。对于辐射 γ 射线的点状放射源来说，在其空气和周围物体对射线的吸收和散射可以忽略时，某一点上的辐射强度与距离的平方成反比。其公式为：

$$\frac{d_1^2}{d_2^2} = \frac{I_2}{I_1}$$

距离为 d_1 处的辐射强度为 I_1 ，距离为 d_2 处的辐射强度为 I_2 。就屏蔽防护而言， γ 射线辐射强度的减弱，取决于屏蔽物质的密度和厚度。物质的密度越高，屏蔽效果越好。增加屏蔽物质的厚度，辐射强度亦随之减弱。通常将辐射强度减弱至原来一半时所需屏蔽物质的厚度称为半减弱层（半削弱层）。

二、器材

ZC-201 型放射性污染测量仪、测量台、铅室、铅砖、土砖、木块、铅片、盛水的有机玻璃盒、 ^{226}Ra 源一个。

三、方法和步骤

1. 安装测量装置 安装好测量台，取一块 $10\text{cm} \times 10\text{cm} \times 5\text{cm}$ 体积的顶部有直径为 5mm 小孔和四周侧壁中央各有直径为 3mm 小孔的铅室，放于测量台的中央。将 ZC-201 型放射性污染测量仪的探头固定在测量台的延长柄上，并使探头中心对准延长柄同方向上铅室侧壁小孔的中央，使探头表面至铅室顶部中央孔的垂直距离为 19cm （图 2-1）。

2. 测量自然本底和放射源辐射强度 测量未放入镭放射源时的本底计数率。然后，用长柄镊从铅罐中取出镭放射源，迅速而准确地放入铅室顶部中央小孔内，并用一块 $10\text{cm} \times 10\text{cm} \times 2.5\text{cm}$ 铅块将放射源封闭屏蔽，此时， ^{226}Ra 所放出的 γ 射线可以从铅室四周侧壁的小孔放出。测量不加任何屏蔽物时，距铅室顶部中央小孔的垂直距离 19cm 处的放射性计数，测量 3 次，求出其平均计数率和净计数率。

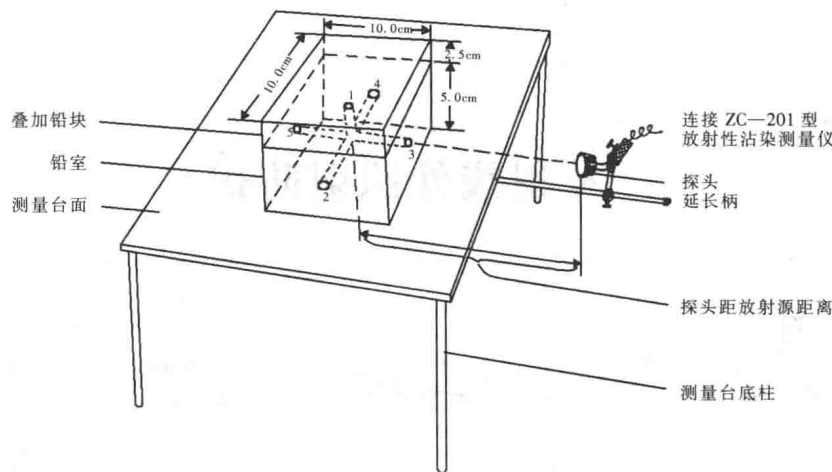


图 2-1 测量装置示意图

3. 不同种类屏蔽物的防护效果 在探头表面距放射源中心为 19cm 时，于铅室侧壁孔前方分别放置厚度相同的木块、土砖、铅砖、盛水的有机玻璃盒等，分别测量各自的放射性计数，测量 3 次后求出净计数率，填入表 2-1 中。

4. 不同厚度铅片对 γ 射线的吸收 利用上述装置，依次进行如下测量：

(1)在探头表面至放射源的距离为 19cm 时，测量不加铅片时的计数率，求出净计数率。在铅室侧壁中央孔前方依次叠加厚度为 3mm 的铅片，共 5 片，每加一片测量 3 次计数率，求净计数率，将结果填入表 2-2。

(2)在半对数坐标纸上做出铅片厚度 - 净计数率曲线，求出净计数率减弱至原来一半时所需要铅片的厚度，此厚度(mm)即为铅对 ^{226}Ra γ 射线的半削弱层厚度。

5. 不同距离对 γ 射线的防护效果

(1)当探头表面至放射源中心的距离为 24cm(实际距离为 25cm)，不加任何屏蔽物质时，测量其放射性计数，求出净计数率。

(2)当探头表面至放射源中心的距离为 49cm(实际距离为 50cm)，不加任何屏蔽物质时，测量其放射性计数，求出净计数率。

(3)根据不同距离所测得的净计数率，按公式 $\frac{d_1^2}{d_2^2} = \frac{I_2}{I_1}$ 计算，验证平方反比定律。

四、结果和讨论

把上述各实验结果填入下列各表，讨论外照射防护原则，利用屏蔽物等措施的防护效果。

表 2-1 不同种类屏蔽物的防护效果

屏蔽物	计数率(cpm)			平均净计数率(cpm)
	1	2	3	
无屏蔽				
木 块				
土 砖				
铅 砖				
盛水有机玻璃盒				

(自然本底计数率 ____ cpm)

表 2-2 不同厚度铅片对 γ 射线的吸收

铅片厚度 (mm)	计 数 率 (cpm)			平均净计数率 (cpm)
	1	2	3	
0				
3				
6				
9				
12				
15				

(自然本底计数率 ____ cpm)

表 2-3 距离对 γ 射线的防护效果

距离 (cm)	计 数 率 (cpm)			平均净计数率 (cpm)
	1	2	3	
25				
50				

(自然本底计数率 ____ cpm)

思考题

- 1. 对 γ 射线外照射的防护主要有哪些措施？阐述它们的理论依据？
- 2. 半削弱层的定义？有何实际意义？为什么不同物质会有不同的半削弱层？

(赵 涛)

实验三

人体放射性沾染的检查

目的

学会人员体表沾染检查的方法,熟悉 70 型辐射仪和 FFS06 型辐射仪的使用。

内容

一、原理

核事故或核爆炸形成的放射性落下灰(雨),可以造成地面、物体和人员体表的放射性沾染。为了保障人员健康,对通过沾染区或在沾染区停留过的人员,均应及时进行体表沾染检查。在伤员分类卡上标明沾染的部位及程度,供医疗后送使用。超过战时沾染限值者,必须进行洗消处理,直至达到限值以下为止。

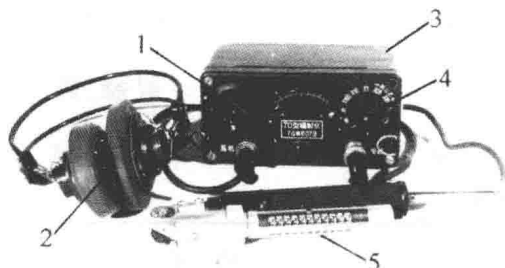
二、仪器介绍及使用

(一)70 型辐射仪

1. 用途

- (1) 用于测量地面辐射级;
- (2) 发现和测量人体与各种物体表面的放射性沾染程度;
- (3) 确定水和其它液体中是否有放射性物质。

2. 构造 70 型辐射仪(国营第七五九厂)由操纵箱、探头和耳机组成(图 3-1,图 3-2)。



1. 电池盒 2. 耳机 3. 操纵箱
4. 量程开关 5. 探头

图 3-1 70 型辐射仪

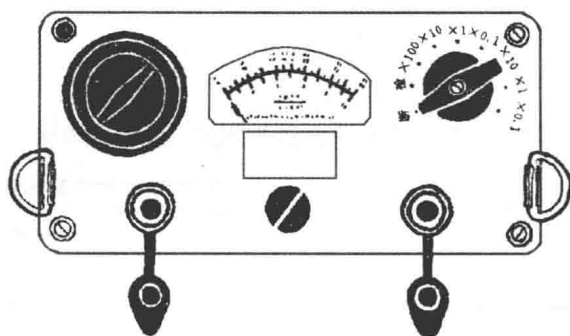


图 3-2 70 型辐射仪面板示意图

3. 仪器测量范围及读数(表 3-1)

表 3-1 70 型辐射仪的测量范围及读数

测量内容	射线接受部位	测量范围	量 程	读数位置	单 位
地面辐射级	电离室 (不加探头)	0.02 ~ 200 伦/时	丙 $\begin{cases} \times 100 \\ \times 10 \\ \times 1 \\ \times 0.1 \end{cases}$	微安表 中间一行	伦/时
β 射线 沾染程度	探头内 计数管	0.1 ~ 1 000 千蜕变数/ 分·厘米 ²	乙 $\begin{cases} \times 10 \\ \times 1 \\ \times 0.1 \end{cases}$	微安表 最下一行	千蜕变数/ 分·厘米 ²
γ 辐射 沾染程度 (弱辐射级)	探头内 计数管	0.04 ~ 40 毫伦/时	乙 $\begin{cases} \times 10 \\ \times 1 \\ \times 0.1 \end{cases}$	微安表 最上一行	毫伦/时

4. 操作步骤

(1)装电池:电池应负极朝下安装。

(2)校验仪器:

①将转换开关拨到“检”档,表盘指针偏转应超过红线刻度(若低于红线刻度则说明电池电压不足,须更换电池)。

②接上探棒和耳机插头,将探头外罩定位记号“ Δ ”对准“丙”,量程开关拨到“乙 $\times 0.1$ ”;取出校验源(铯-137),将探头接近校验源,此时指针应偏转一定角度,耳机应有嗒嗒响声,说明仪器正常,可进行测量。

(3)测量方法:

①测量地面辐射级:将量程开关扭到“丙 $\times 100$ ”,如指针不偏转,再将量程开关依次旋转到“丙 $\times 10$ ”、“丙 $\times 1$ ”或“丙 $\times 0.1$ ”;此时表针指示的中间一行读数乘以量程数(即量程开关的位置),即得到该地面的辐射级。

②测量 β 射线沾染程度:接上探棒和耳机插头,拉开探棒,并把相邻的两节旋紧,将探头扭成所需角度。根据测量要求,选择好探头外罩定位记号“ Δ ”和量程开关的位置。当测量弱的 β 射线沾染时,探头外罩定位记号“ Δ ”指在“乙₁”上,量程开关依次旋转“乙 $\times 10$ ”、“乙 $\times 1$ ”、“乙 $\times 0.1$ ”;测量结果为表针指示的最下一行读数乘以量程数,即得到此物体表面的实际沾染程度。当测量强的 β 射线沾染时(即“乙 $\times 10$ ”量程上,读数超过最大刻度数值时),将探头外罩定位记号“ Δ ”指到“乙₂”上,量程开关置“乙 $\times 10$ ”,而不宜置于“乙 $\times 1$ ”和“乙 $\times 0.1$ ”,物体表面的沾染程度为表针指示最下一行读数乘以量程数再乘以 10(因乙₂的测量结果为乙₁位时的 10 倍)。

③测量弱的 γ 射线沾染(即弱辐射级):接上探棒和耳机插头,探头外罩定位记号“ Δ ”对准“丙”位,量程开关位置依次选用“乙 $\times 10$ ”、“乙 $\times 1$ ”或“乙 $\times 0.1$ ”;实际测得的辐射级为:表针指示的最上一行读数乘以量程数。

(4)人员体表沾染检查:两手掌心向下,两脚分开与肩同宽,从右肩开始过头顶和身体两侧检查一周(图 3-3a)。然后令被检者两臂自然下垂,两腿并拢并向左转,从左后颈部开始,先测腹面躯干两侧及两下肢,再测背面躯干及两下肢,最后测前胸(图 3-3b)。



图 3-3 人员体表污染检查的顺序

检查中探头窗口要对准被测体表,窗口距体表 1~3cm,以每秒 30~50cm 速度移动探头,同时监听耳机中的“嗒嗒”声。在“嗒嗒”声密集处,探棒停留 0.5~1min,待电表指针稳定后读数。注意读取头颈部、双手和服装重点部位(如肩背部、腋窝、臂部、裤脚、鞋等)的污染程度,与战时污染程度参考控制值比较,决定是否需要洗消。

对伤病员进行洗消时,应就着伤员的体位进行,不可勉强让伤员站立、转身等。

本实验要求同学以人体模型为对象,模拟对人员的污染检查。

(二)FFS06 型辐射仪

1. 用途 FFS06 型辐射仪(国营第七五九厂),用于检测放射性污染,确定污染边界和污染地域等级,测量人员及各种物体表面放射性污染程度等,为有关部门提供放射性污

染信息。

2. 构造 仪器由探头电路、稳压电路、DC-DC 变换电路、电池电压监测电路、控振电路、键盘、显示器、单片机系统等部分组成(图 3-4,图 3-5)。



图 3-4 FFS06 型辐射仪

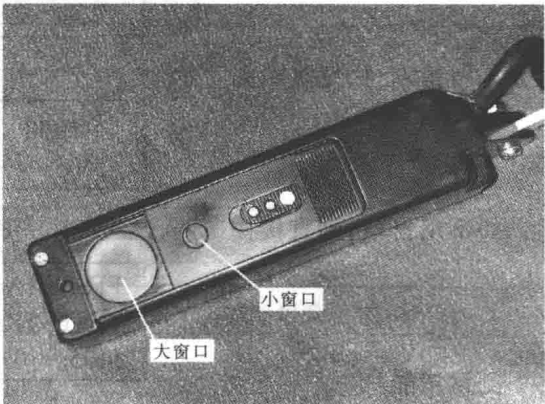


图 3-5 FFS06 型辐射仪的探头

3. 使用操作 主机面板上包括六个按键，一个显示两行，每行十六个字符的点阵液晶显示器,通过操作右面的四个键来控制仪器的工作方式和预置所需参数。

按仪器背面的电池装放示意图装好电池，打开仪器电源，仪器开始对关键器件进行自检,显示如下：

Testing.....
Battery.....PASS
Testing.....
80C31.....PASS
Testing.....
DS12887.....PASS

Testing.....
27C128.....PASS
Testing.....
GJ6401.....PASS
Testing.....
J405.....PASS

当被检测器件工作正常时,将显示：

Testing.....
XXXX.....PASS

当被检测器件出现故障时,将显示：

Testing.....
XXXX.....ERROR

在 GJ6401 自检时，检测通过时蜂鸣器将鸣叫一声，等待按键键入，进入下一项 J405 的自检,按右三任意键进入下一项,显示如下：

Want Test J405?
YES NO