

核医学

游金辉 教授 硕士导师

Tel: 0817-2262227

医学影像学系核医学教研室



显像仪器





➤概况

➤照相机

➤SPECT

➤图像融合系统

■SPECT/CT

■PET/CT



- γ 照相机（gamma camera）用于获得人体内放射性核素的**平面**分布图像。
- SPECT（单光子发射计算机断层，Single Photon Emission Computed Tomography）用于获得人体内放射性核素的**三维立体**分布图像。
- 常用的SPECT是以旋转探头的 γ 照相机为**基础**，在性能上加以改进而成。
- 计算机和数字化技术**使核医学显像设备经历了从**模拟到数字，从平面到断层**的变化。



一、概况

- 1951年，美国人Cassen 研制成功扫描机
- 1958年，Anger发明了 γ 相机(Camera)
 - 70年代，我国开始研究 γ 照相机，80年代开始投入临床应用
 - 目前国内有30+台国产相机在运行，世界上仍有3~4万台相机在工作



一、概况

- 1963年Kull研制成功了世界上第一台ECT
- 70年代，X-CT和B超开始用于临床诊断
- 70年代末，80年代初，又研制出了更先进的核医学仪器，正电子发射型计算机断层（PET）



二、 γ 照相机(γ -camera)

(一) 基本结构

— γ 照相机(γ -camera)是一种采用大型晶体、一次成像的核医学仪器

— 由探头、电子学线路及输出装置组成



二、 γ 照相机(γ -camera)

(一) 基本结构

1、探头:

- 探头是 γ 相机的核心
- 它的性能好坏, 决定了整台机器的性能好坏, 也决定了图像质量的好坏
- 由准直器、晶体、光导、光电倍增管组成





二、 γ 照相机(γ -camera)

(一) 基本结构

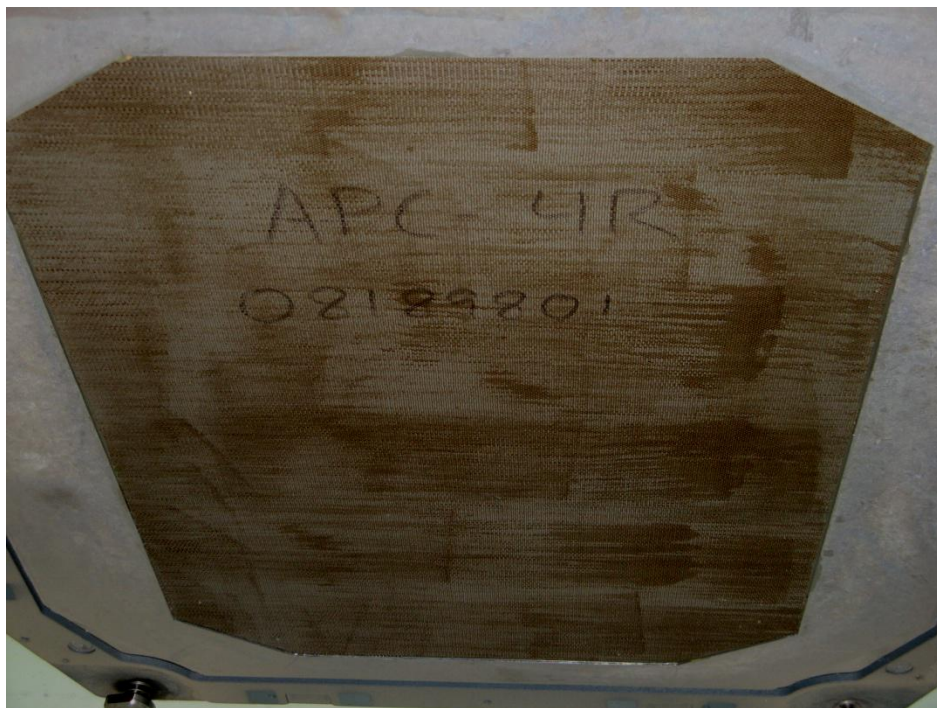
1、探头：

◆准直器：定向准直 孔型 能量 灵敏度

◆晶体：碘化钠[NaI(Tl)]晶体，波长转换器 形状 规格 厚度



二、 γ 照相机(γ -camera)



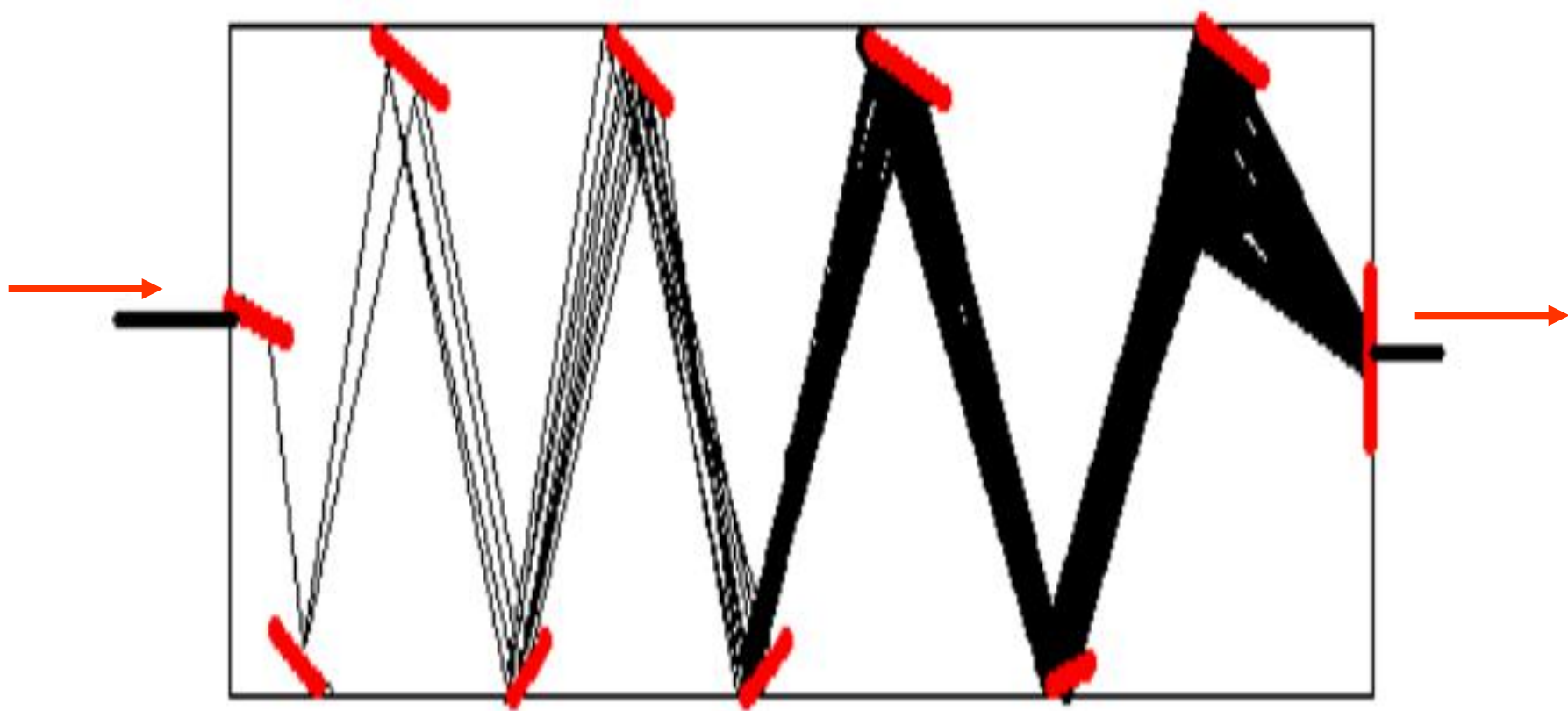
二、 γ 照相机(γ -camera)

(一) 基本结构

1、探头:

- ◆ 光导：硅油，提高光的传输效应，改善光的空间分布
- ◆ 光电倍增管：将收集的信号放大、集中 形状 排列 个数

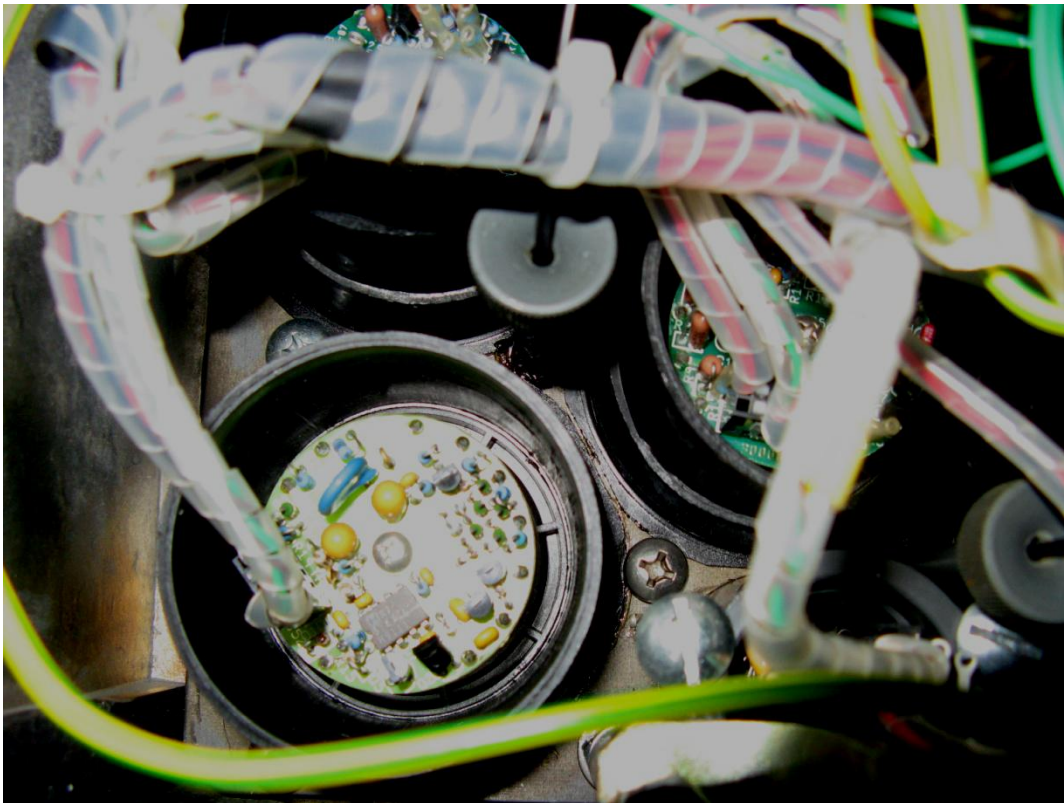




光电倍增管示意图



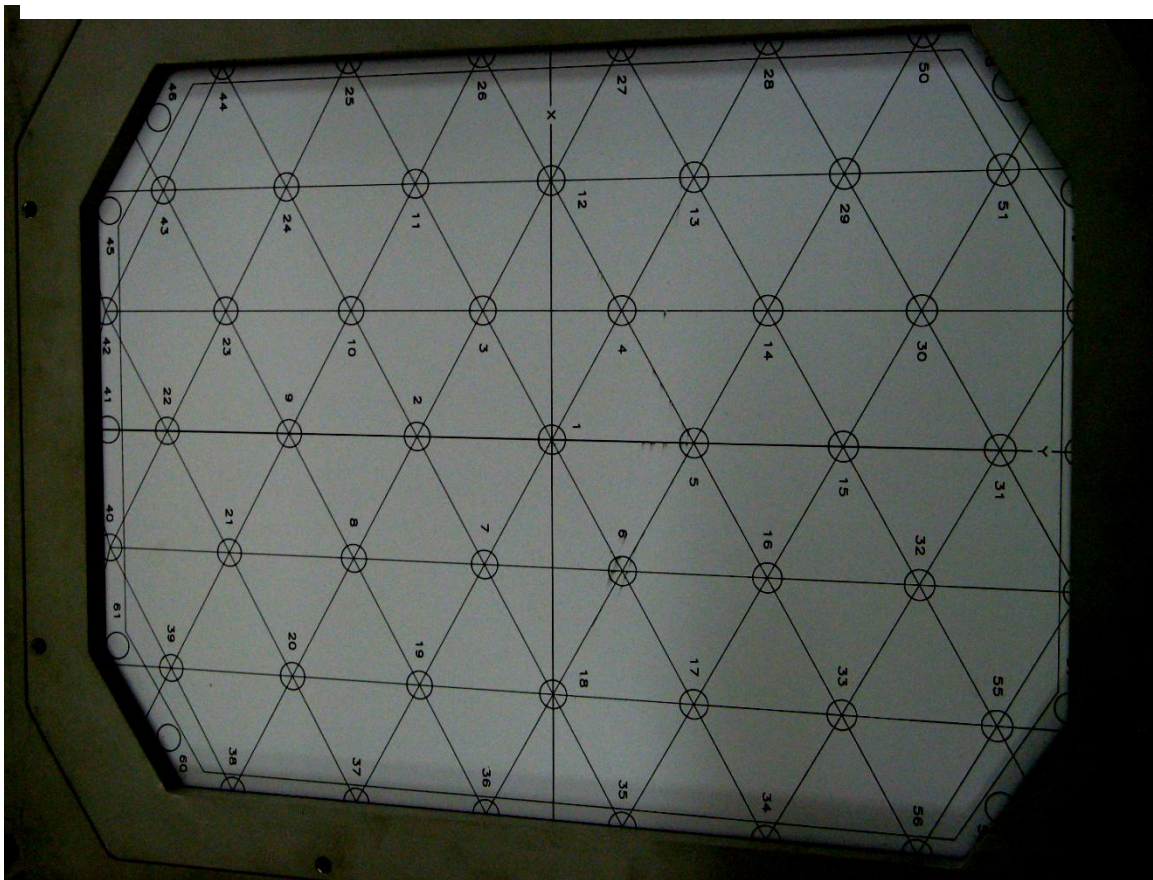
二、 γ 照相机(γ -camera)



二、 γ 照相机(γ -camera)



二、 γ 照相机(γ -camera)



二、 γ 照相机(γ -camera)

(一) 基本结构

2、电子线路

- 放大器：将探头的信号成形和放大，分为前置放大器和后置放大器。



二、 γ 照相机(γ -camera)

(一) 基本结构

2、电子线路

- 单道脉冲高度分析器 (PHA)：用来选择放射性核素的能量和能谱范围，由上、下域和中心构成；上、下域之间为道宽，一般为20%。



二、 γ 照相机(γ -camera)

(一) 基本结构

2、电子线路

- 取样线路：即缓冲库，把探头送来的信号先存起来，然后再分批的输入后面的处理电路，它决定了信号的处理快慢。



二、 γ 照相机(γ -camera)

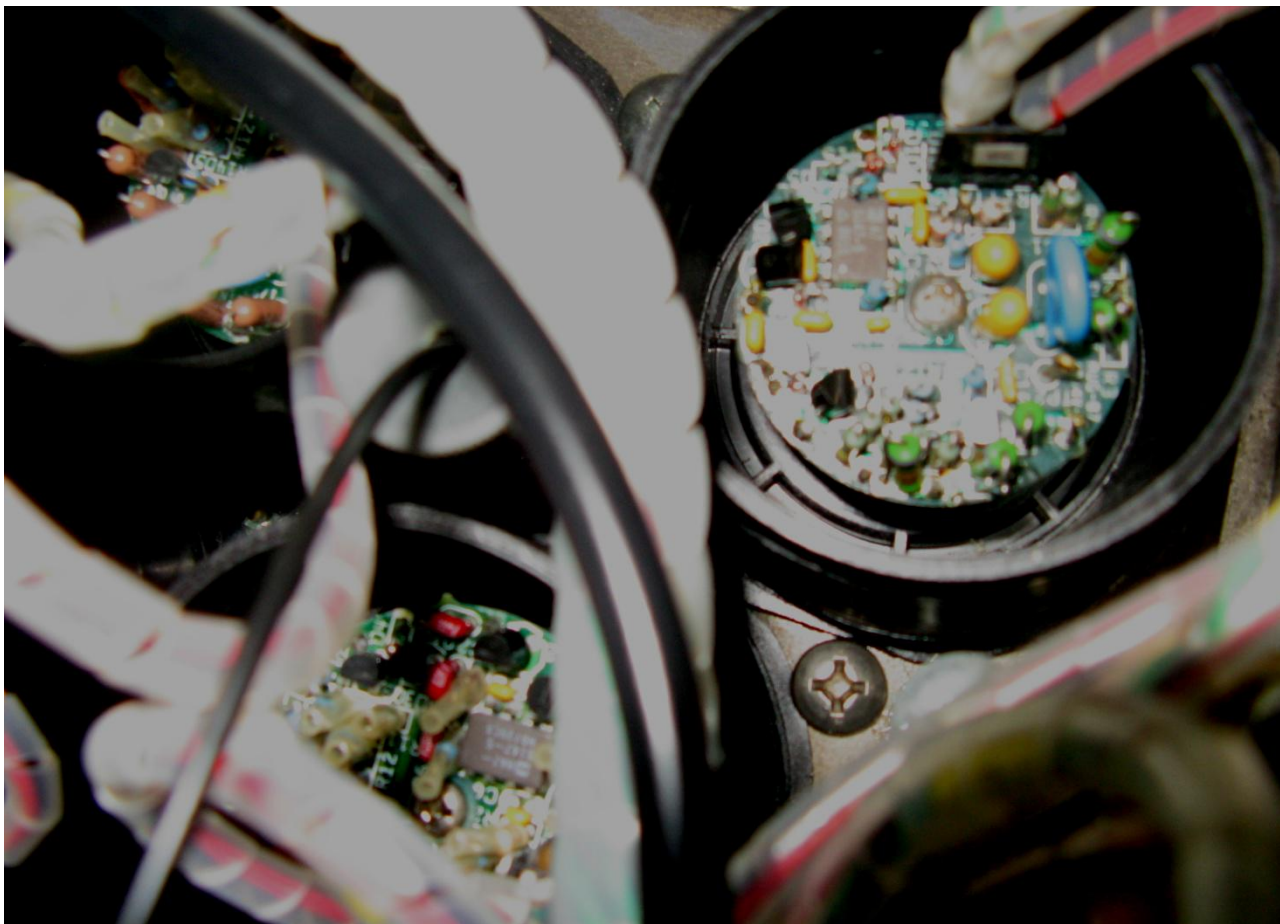
(一) 基本结构

2、电子线路

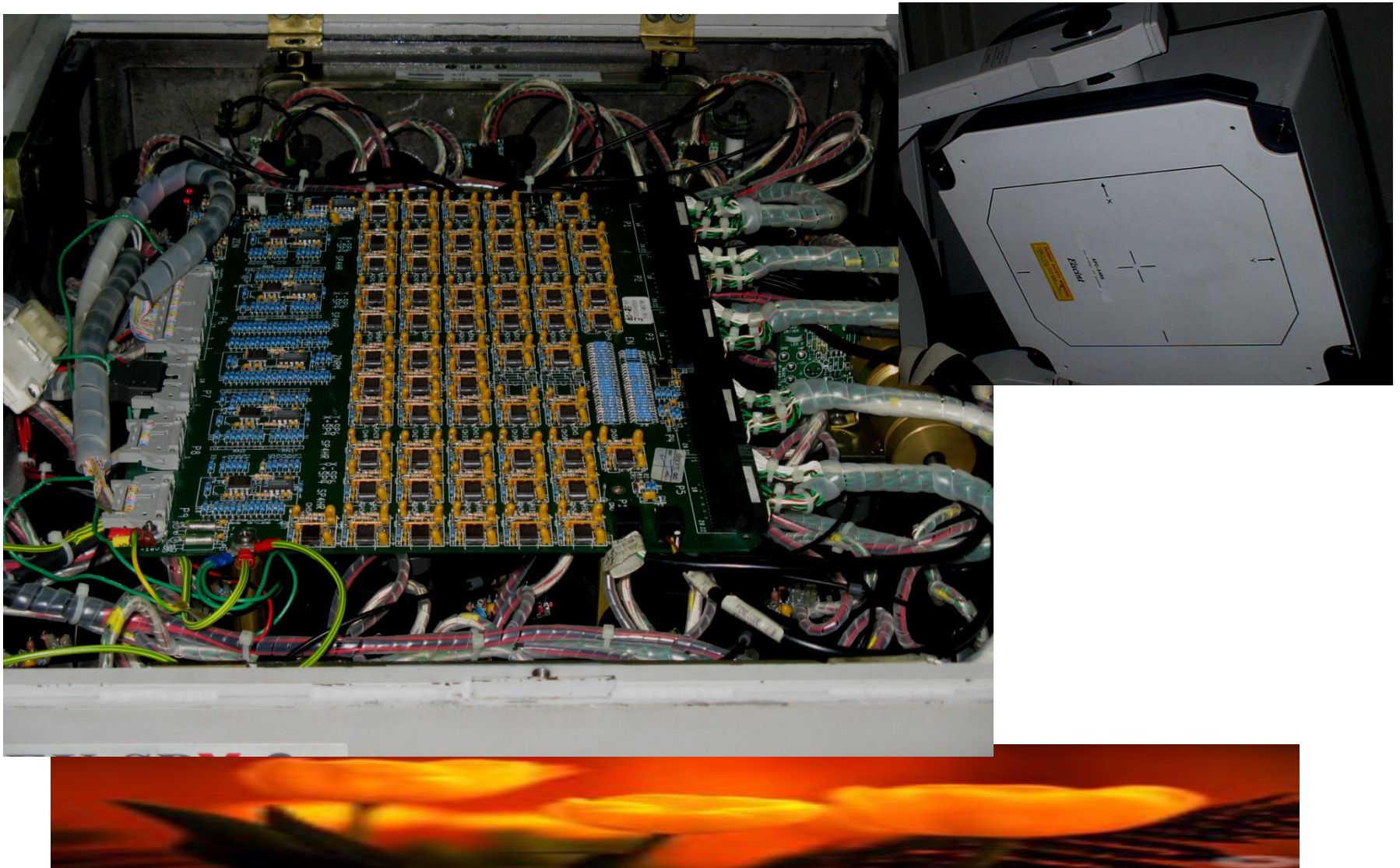
- 均匀性校正电路：由一微处理器来完成，计算机的均匀性校正程序会对原始数据进行实时校正。



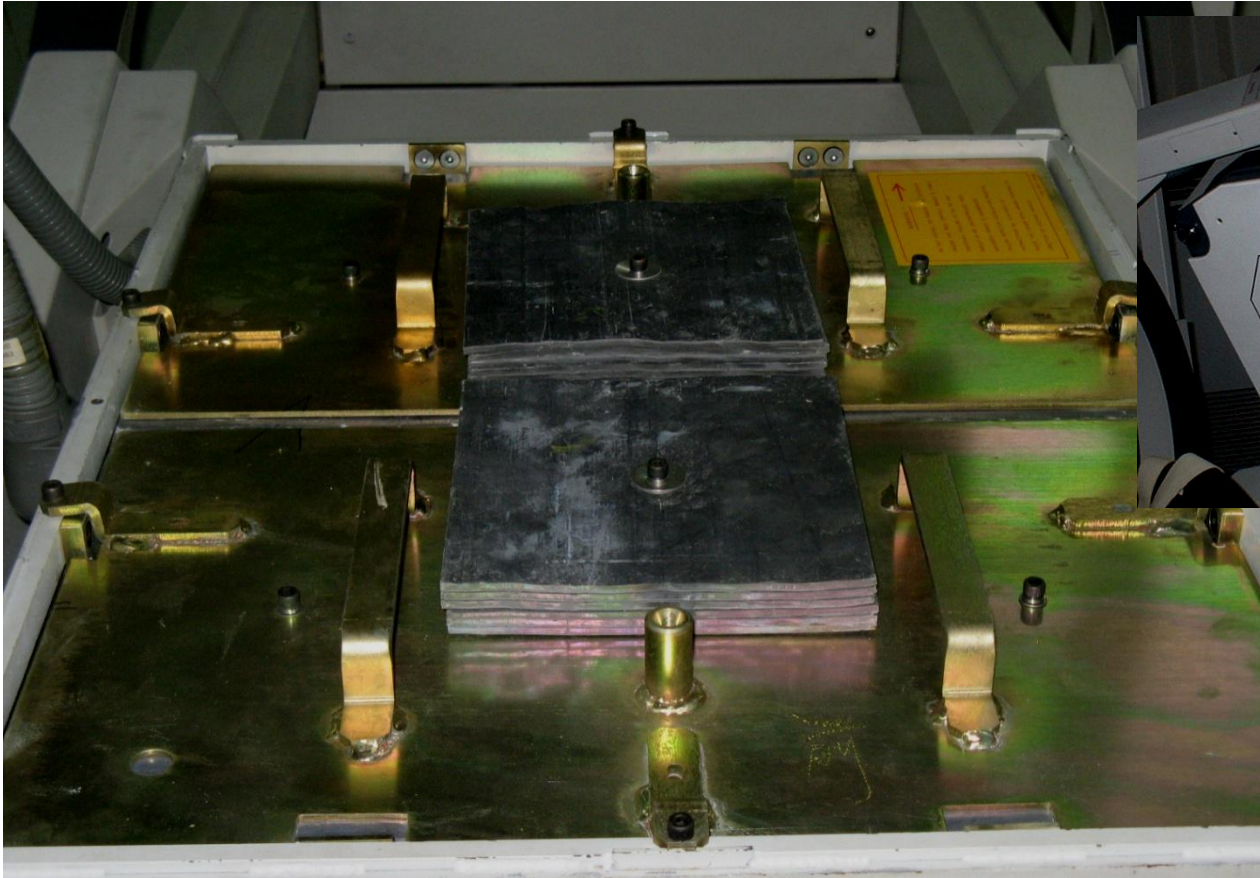
二、 γ 照相机(γ -camera)



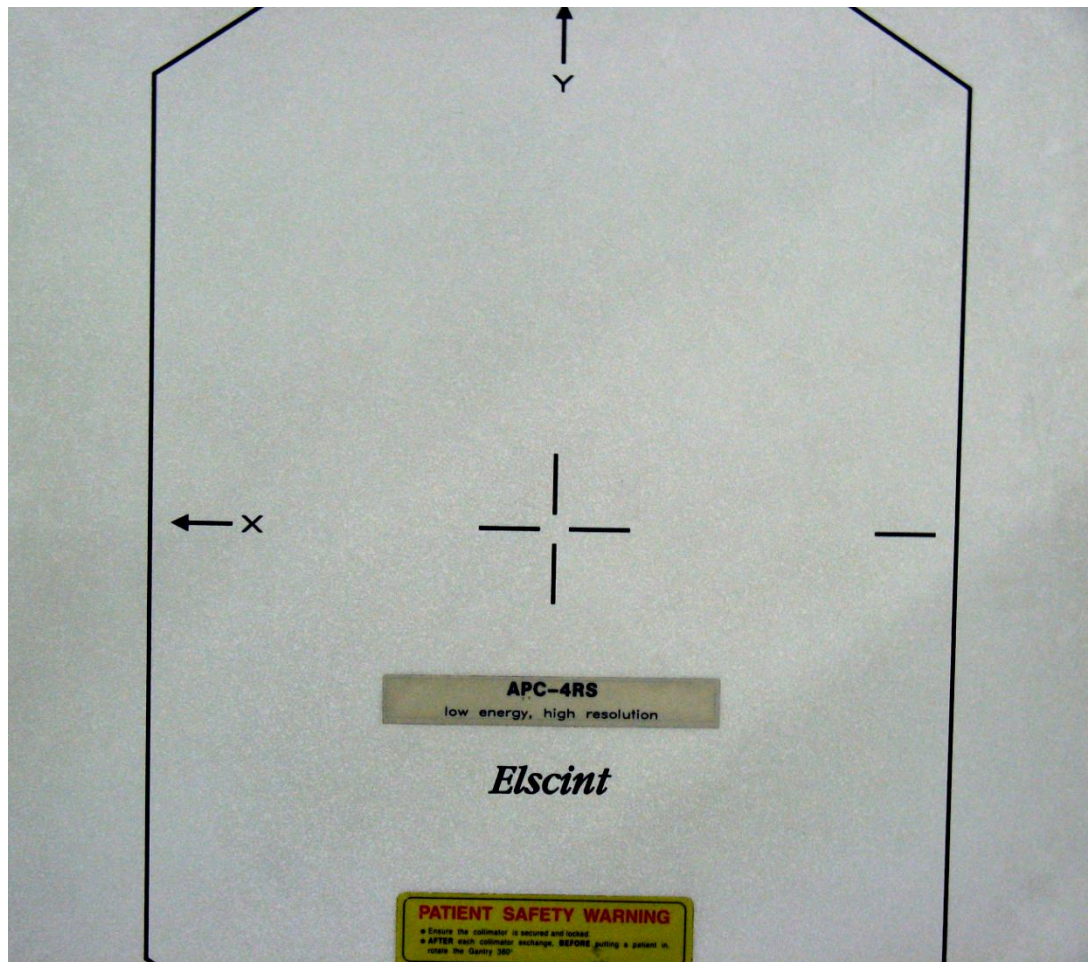
二、 γ 照相机(γ -camera)



二、 γ 照相机(γ -camera)



二、 γ 照相机(γ -camera)



二、 γ 照相机(γ -camera)

(一) 基本结构

3、输出装置:

- 监视器
- 荧光屏
- 显示器
- 照相机
- 打印机.....

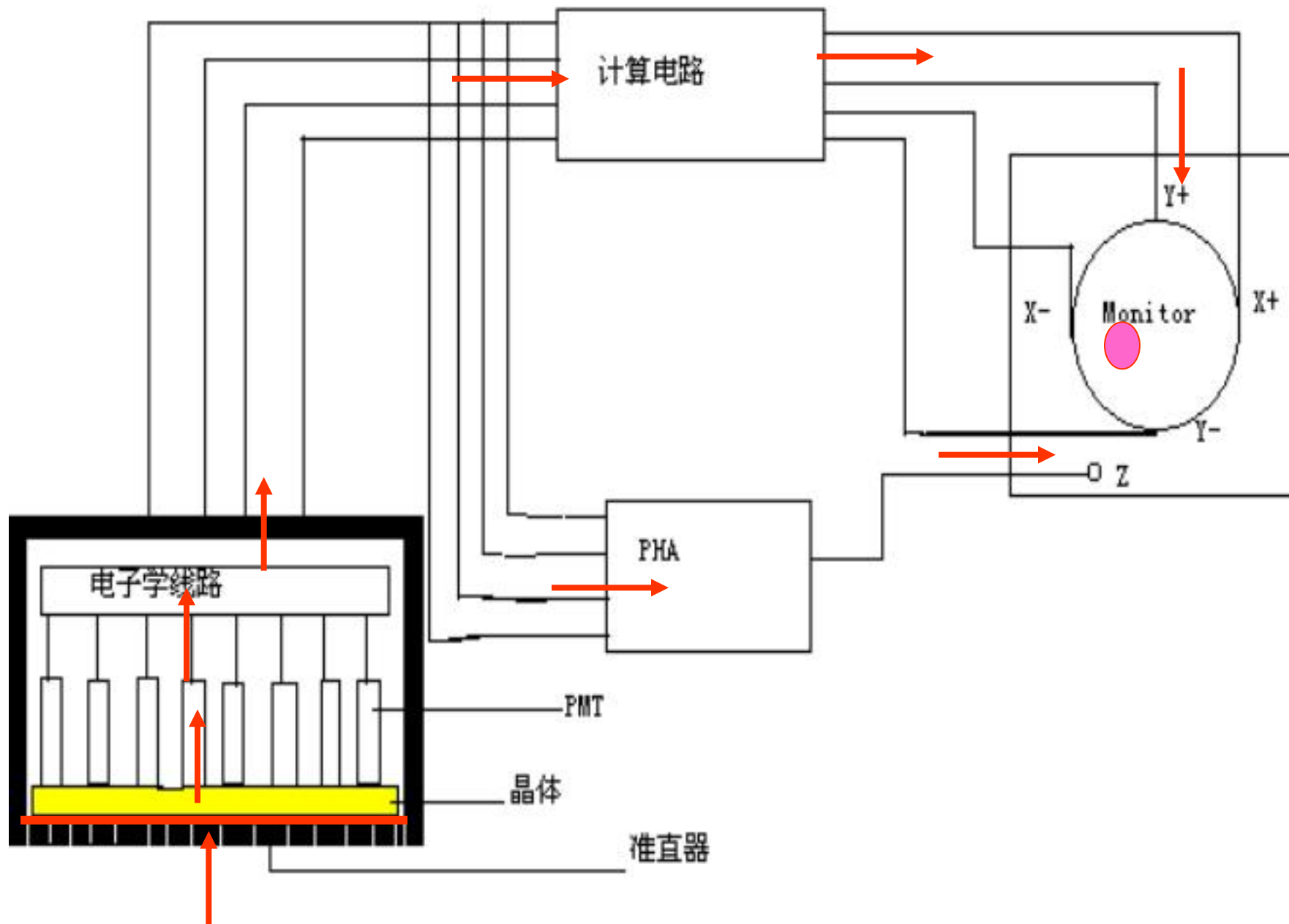


二、 γ 照相机(γ -camera)

(二) 成像原理

放射性药物 $\rightarrow$ γ 射线 $\rightarrow$ 准直器准直 $\rightarrow$ 碘化钠晶体
 $\rightarrow$ 闪烁光 $\rightarrow$ 光电倍增管 $\rightarrow$ 产生不同的响应 $\rightarrow$ 产生
位置信号和能量信号 $\rightarrow$ 启辉位置 $\rightarrow$ 显示器上显示
一个闪烁点 $\rightarrow$ 众多的闪烁点 $\rightarrow$ 一幅图像





二、 γ 照相机(γ -camera)

(三) 图像采集与处理

■数字图像:

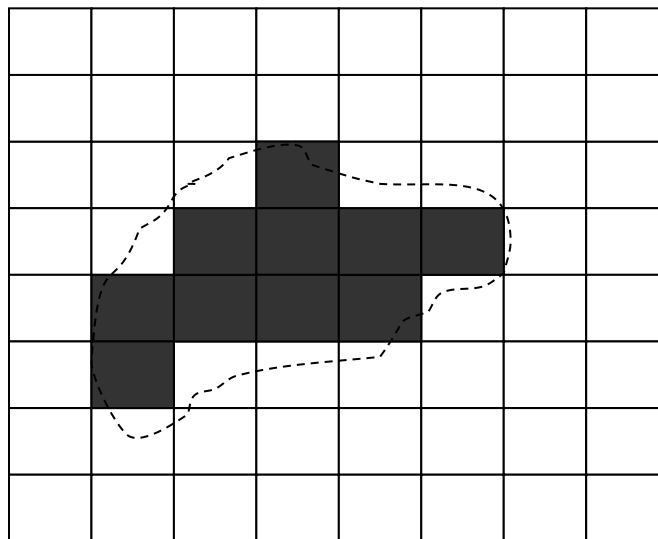
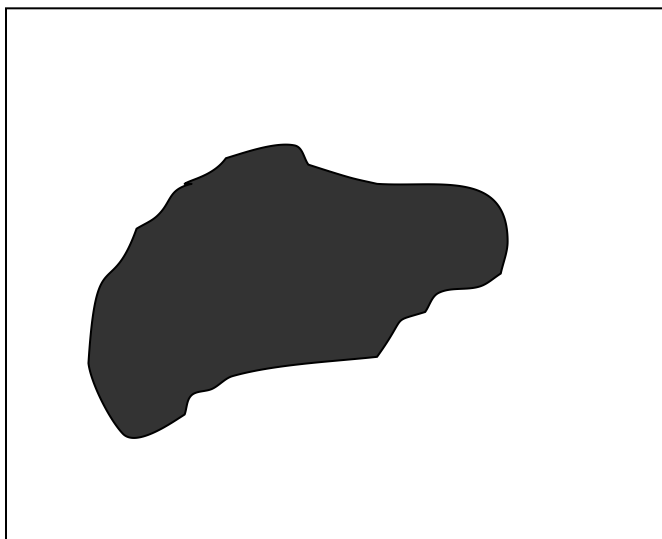
- 现代的 γ 照相机、SPECT和PET都采用的**数字化技术**，采集和处理核医学**信号和图像**。
- 使用**模拟-数字转换器**可以把模拟量转换成数字量。恢复模拟信息要使用**数字-模拟转换器**。
- 图像采集接口**利用模拟-数字转换器将照相机的模拟图像转换为计算机能够理解的数字化图像。



二、 γ 照相机(γ -camera)

(三) 图像采集与处理

图像在计算机中被分割（数字化）为矩形阵列以便保存、提取和处理



Analog Image (left) and Digital Image (right)

二、 γ 照相机(γ -camera)

(三) 图像采集与处理

■数字图像:

- 计算机中数字化图像的矩形阵列即数学中的矩阵。
- 矩阵的每一个单元称为一个像素 (pixel) 。
- 断层图像与立体切片对应，其相应矩阵中的单元称为立体像素。



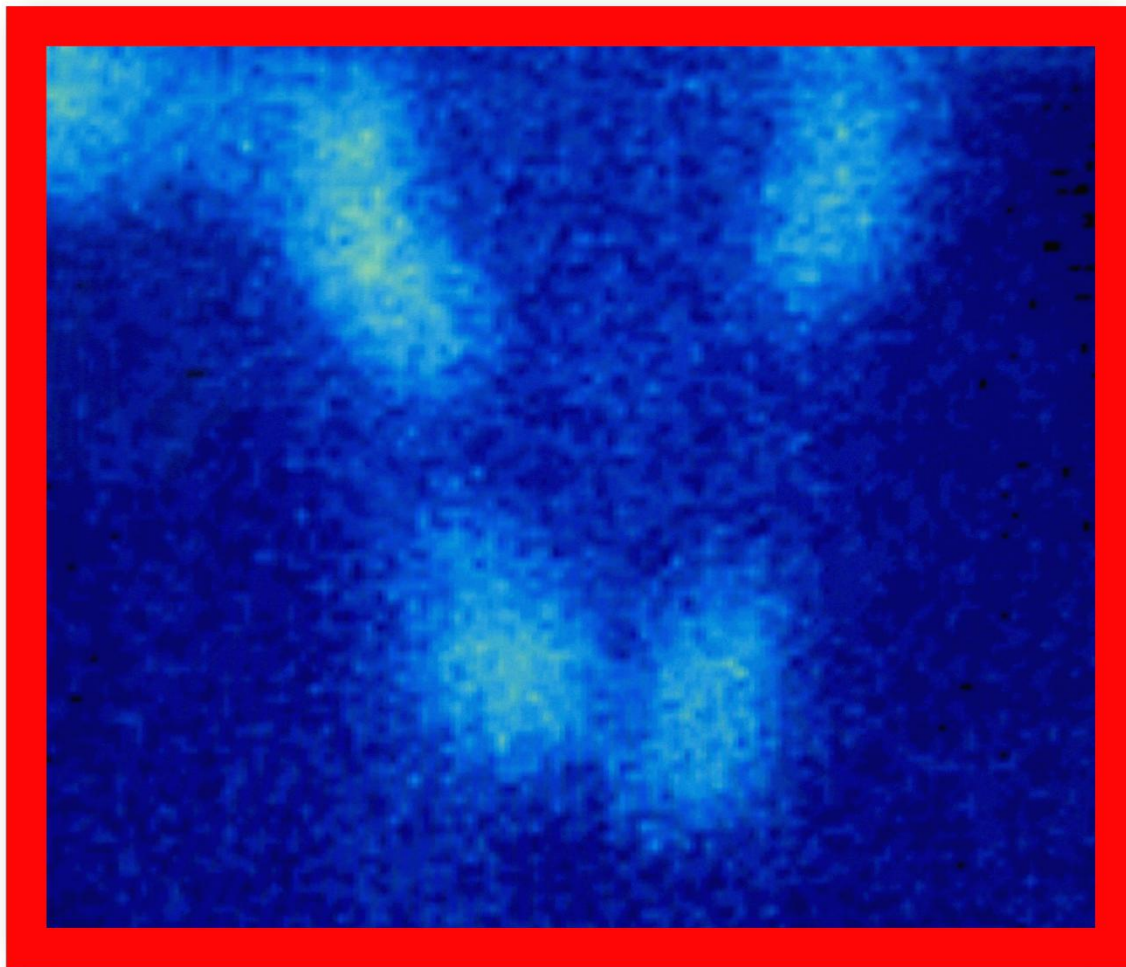
二、 γ 照相机(γ -camera)

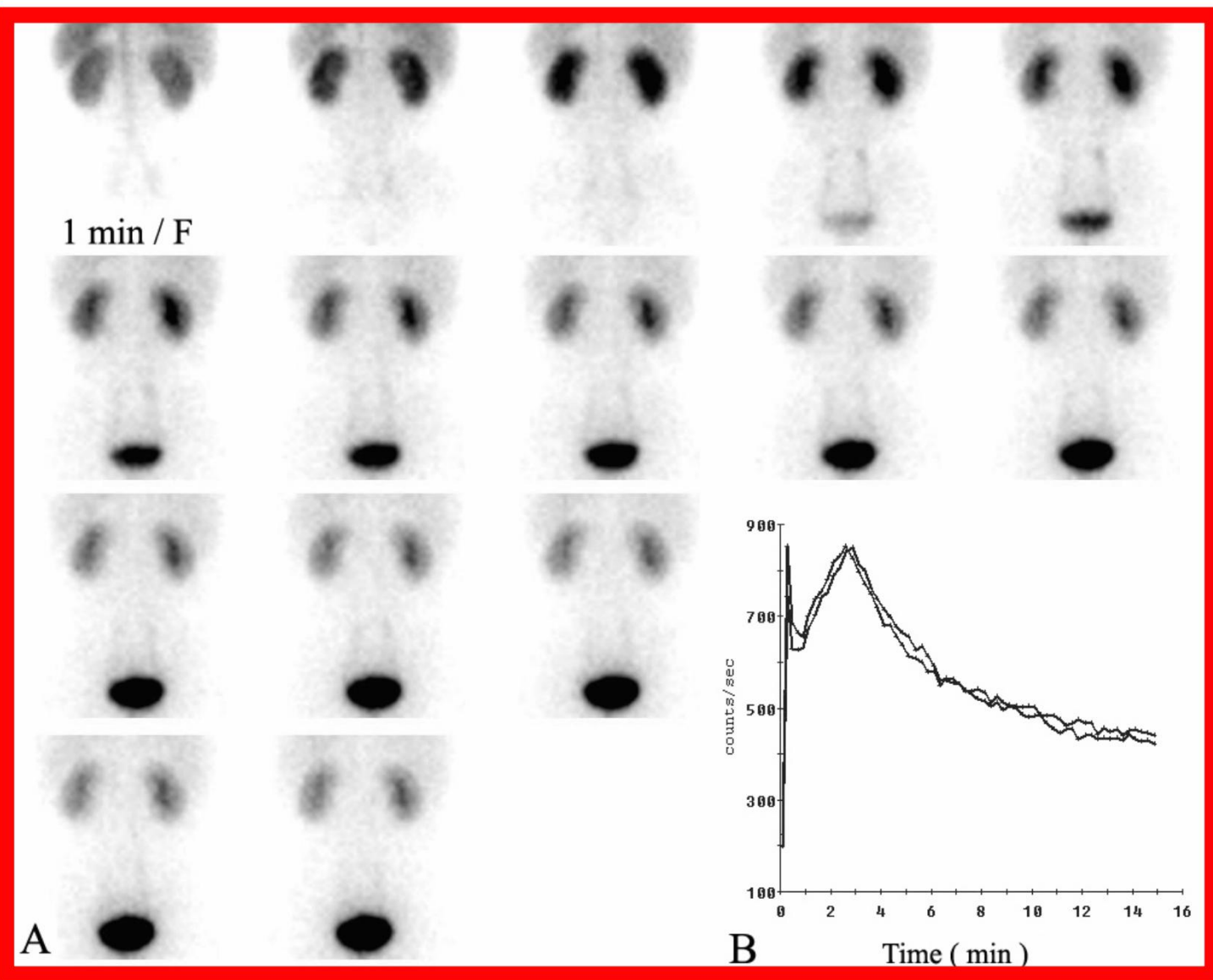
(三) 图像采集与处理

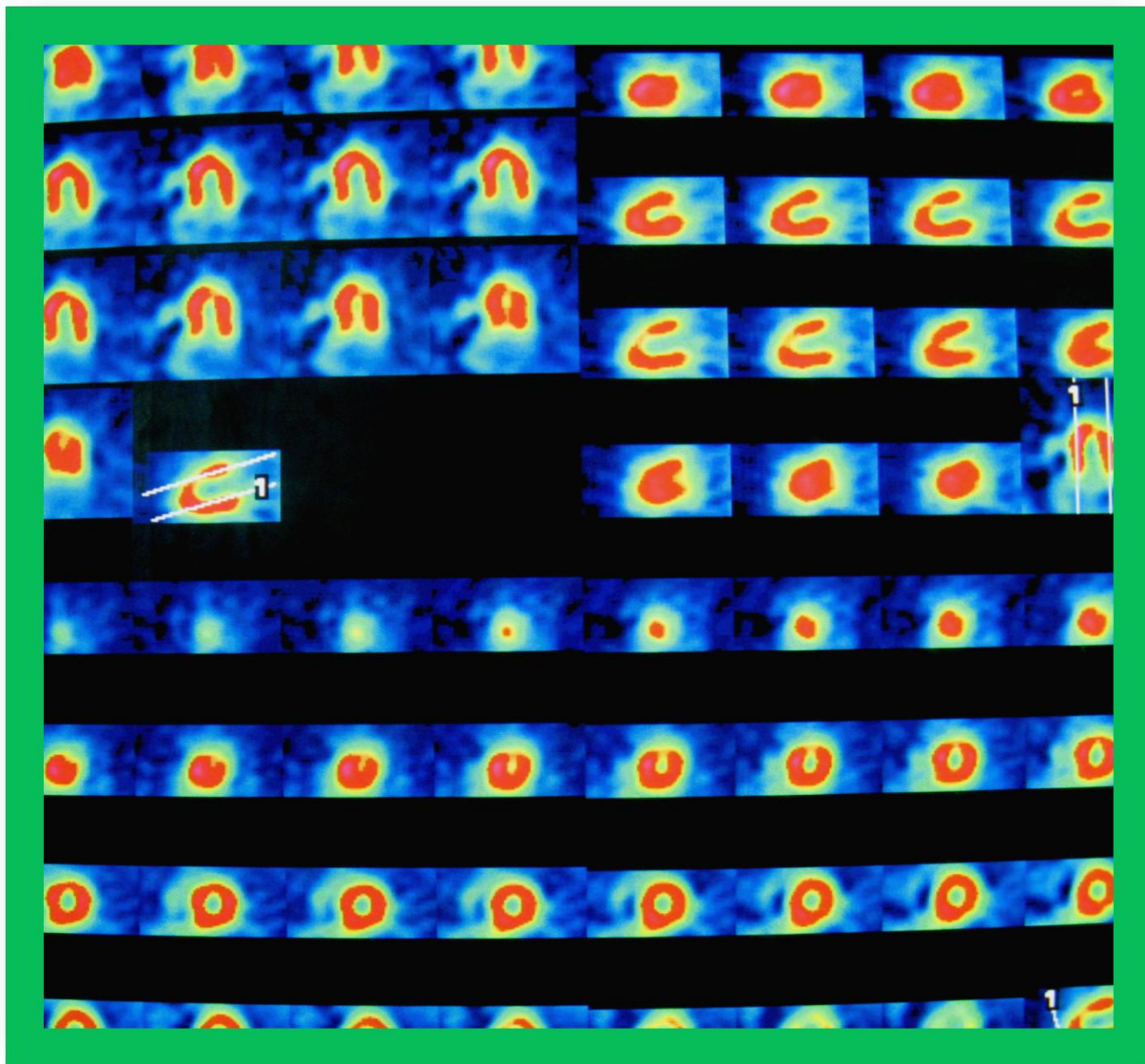
■图像采集：

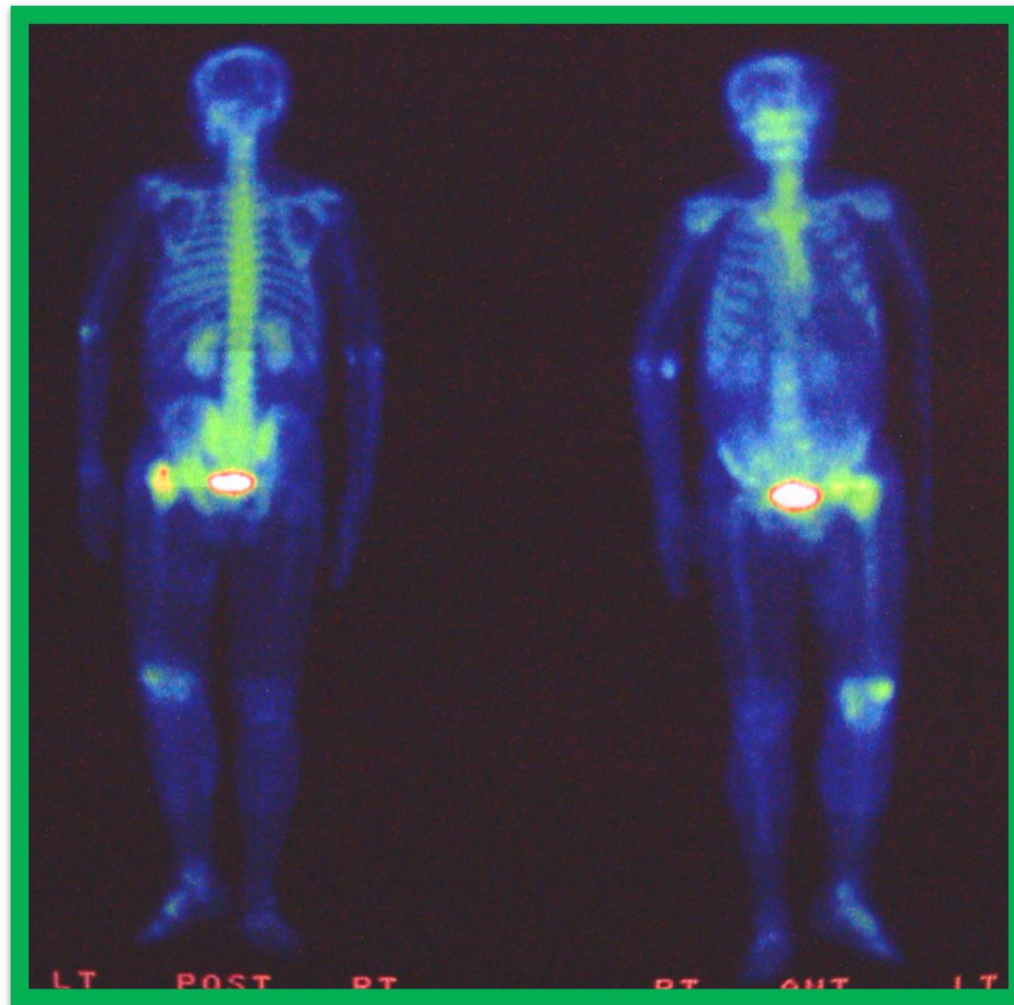
- 图像采集方式有静态采集、动态采集、多门控动态采集、全身显像采集等。











二、 γ 照相机(γ -camera)

(三) 图像采集与处理

■图像的存储和显示：

- 计算机采集到的图像以文件的形式存入磁盘或其它存储设备。
- 文件中还包括其它有用的资料，如图像采集日期和时间、病人姓名、病历号等。
- 常用的文件格式有DICOM (Digital Imaging and Communication in Medicine) 格式、Interfile格式和厂家专用格式。



二、 γ 照相机(γ -camera)

(三) 图像采集与处理

■图像的存储和显示：

➤在数字化图像中，像素的坐标代表放射性核素分布的位置，像素的数值是探测到的放射性计数，计数值与放射性核素分布在对应位置的浓度成正比。

➤为了把数字化的图像矩阵显示出来，必须建立计数和亮度的关系，或计数和色彩的关系，这种关系在核医学计算机中统称为色表（color table）。



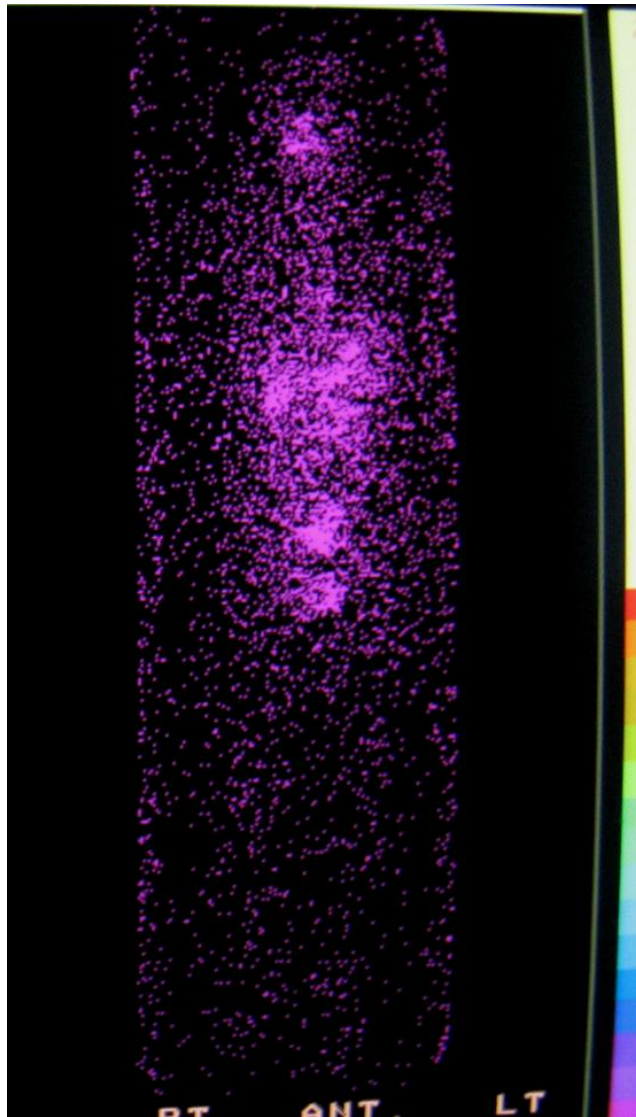
二、 γ 照相机(γ -camera)

(三) 图像采集与处理

■图像的存储和显示：

➤图像显示的灰度级和颜色数与色表的大小有关，在24位的色表中，三元色各用八位二进制单元，能显示256灰度或256种颜色。





二、 γ 照相机(γ -camera)

(三) 图像采集与处理

■图像处理：应用非常广泛

➤定量分析

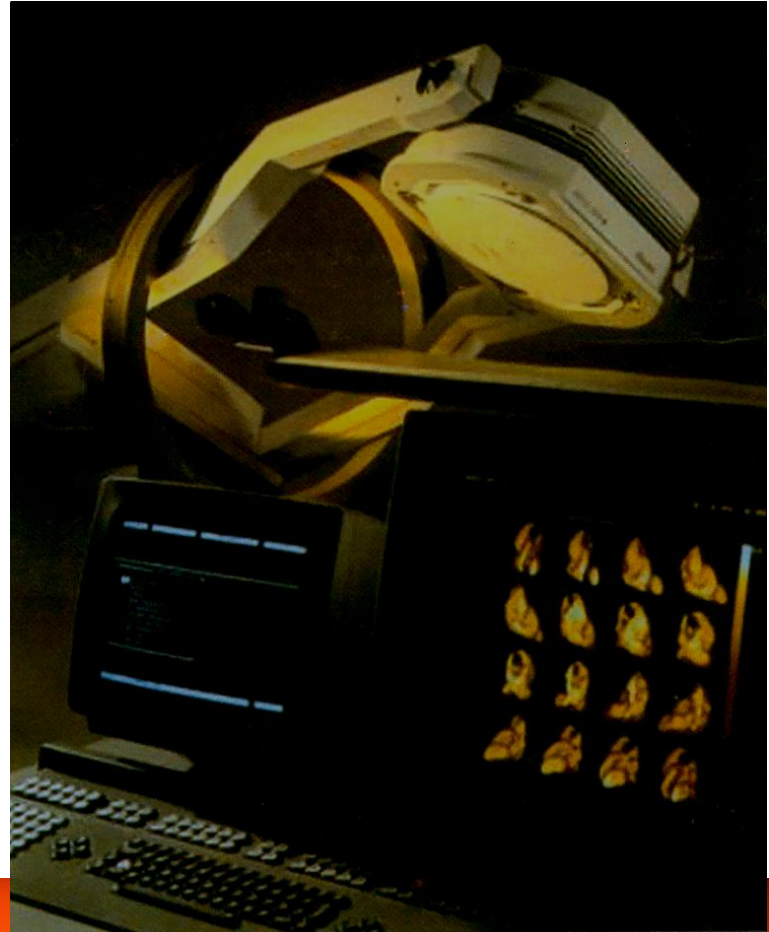
➤图像滤波

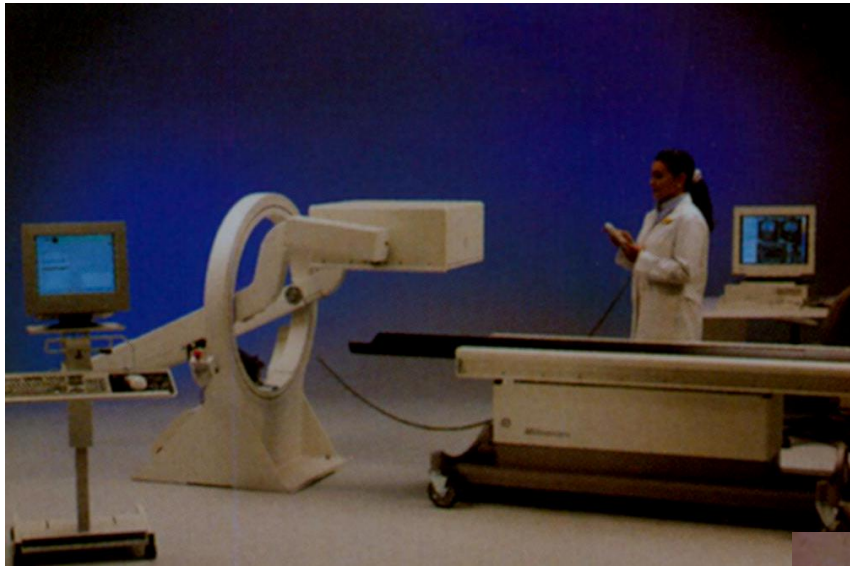
➤图像融合

➤.....



三、SPECT





SPX-6



三、 SPECT

1.单光子的概念:

- 经过 β -衰变的原子核处于激发态，在回到基态时，多余的能量以光子的形式放出。
- 产生的光子是单方向的、单个的，这就是单光子的由来。



三、SPECT

1. SPECT的基本结构:

- 现代SPECT多是以旋转 γ 照相机为基础，加上计算机构成。
- 与常规 γ 照相机相比，某些方面有所改进。
- 具有断层功能，也提高了平面显像性能。
- 具有机架运动功能，全身显像功能。



三、SPECT

2. SPECT的原理:

➤投影（projection）采集

- SPECT探头装在旋转支架上，围绕病人旋转。
- 旋转过程中，准直器表面总是与旋转轴平行。
- 多数情况下，旋转轴与病人头脚方向平行。



三、SPECT

2. SPECT的原理:

➤投影（projection）采集

- 根据需要从某一角度开始，在预定时间内采集投影图像，然后旋转一定角度，在同样时间内采集下一幅投影图像。
- 如此重复，直到旋转180度或360度停止。



三、SPECT

2. SPECT的原理:

➤重建断层

- 从投影数据经过适当的计算得到断层图像称为**重建**（reconstruction）。
- 重建图像有多种方法，如迭代法、滤波反投影法等。



三、SPECT

2. SPECT的原理:

➤重建断层

- SPECT的成像原理与x-CT是相同的，它要用图像重建的方法得到断层图像。
- 由已知不同方向的放射性投影值求物体内部各点放射性的分布称图像重建。



三、SPECT

2. SPECT的原理:

➤重建断层

- 在数字图像中，图像单元的大小、每一个图像单元的计数都不是连续的模拟量，而是用二进制单位比特（bit）表示的数字量。
- 图像可划分成许多小的方块或单元。



三、SPECT

2. SPECT的原理:

➤重建断层

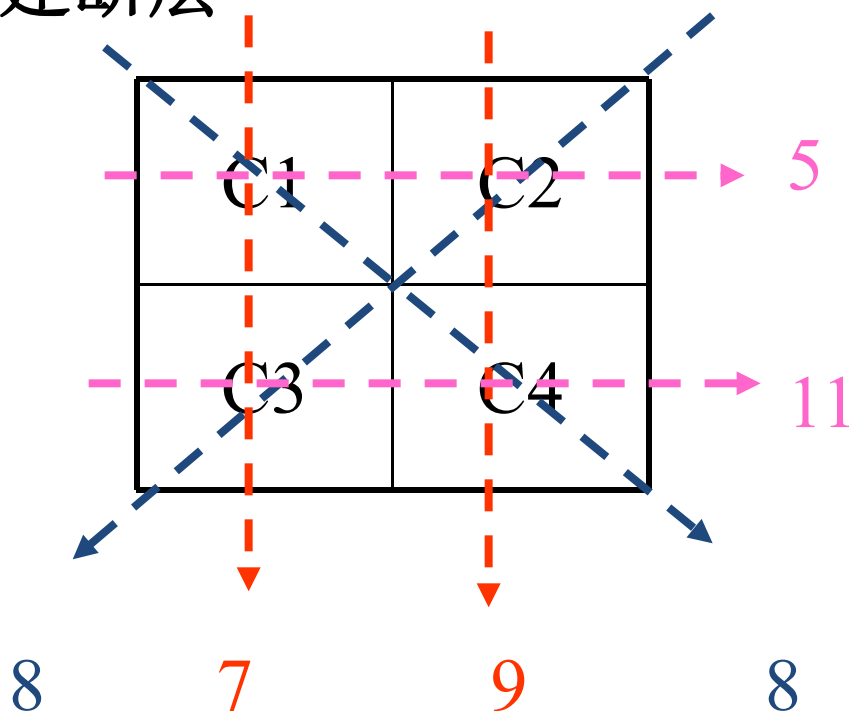
- 常用图像矩阵： 64×64 、 128×128 、 256×256
- 显然，知道了图像矩阵中每一个单元的值，一幅图像的性质也就知道了。



三、SPECT

2. SPECT的原理:

➤ 重建断层



三、SPECT

2. SPECT的原理:

➤重建断层

- 由已知的投影值可以列出三组方程

水平方向: $C1+C2=5$ $C3+C4=11$

垂直方向: $C1+C3=7$ $C2+C4=9$

斜位方向: $C1+C4=8$ $C2+C3=8$

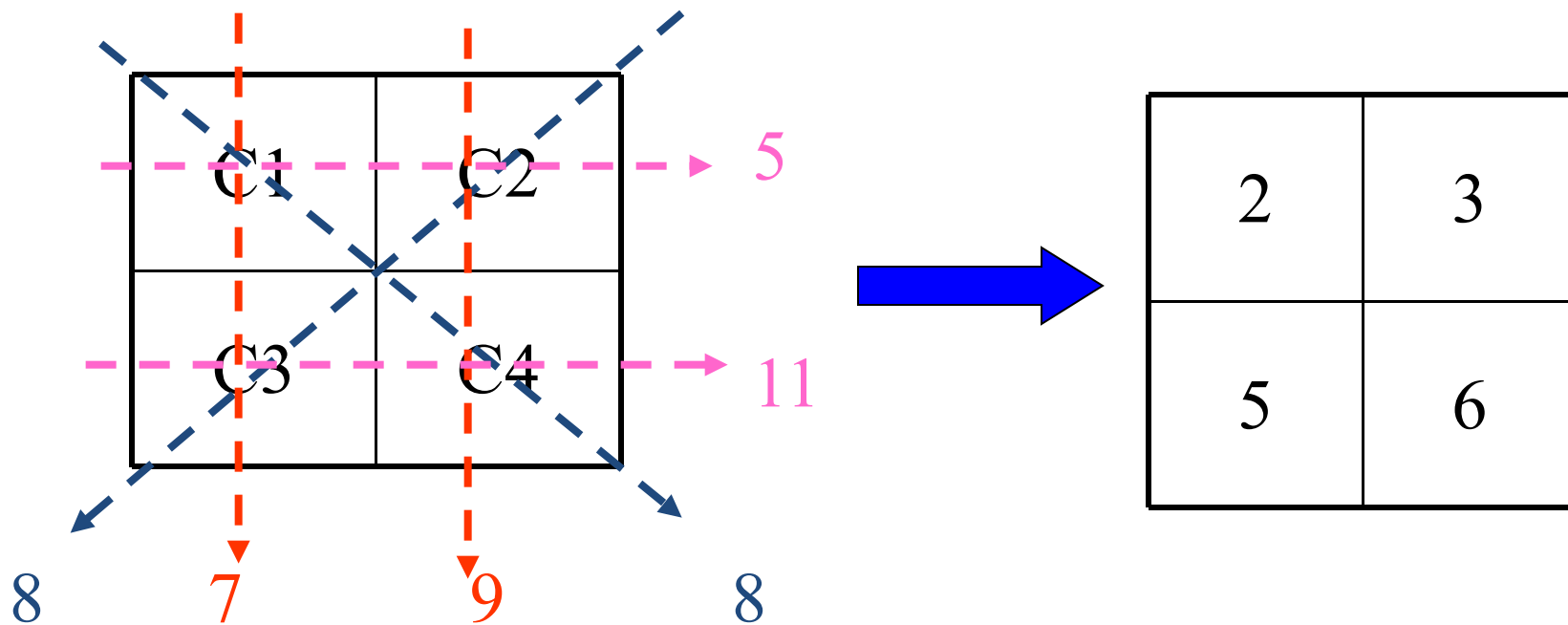
- 解上面三组方程得: $C1=2$, $C2=3$, $C3=5$, $C4=6$ 。将结果代入矩阵中, 计算投影值与测量投影值完全一样。



三、SPECT

2. SPECT的原理:

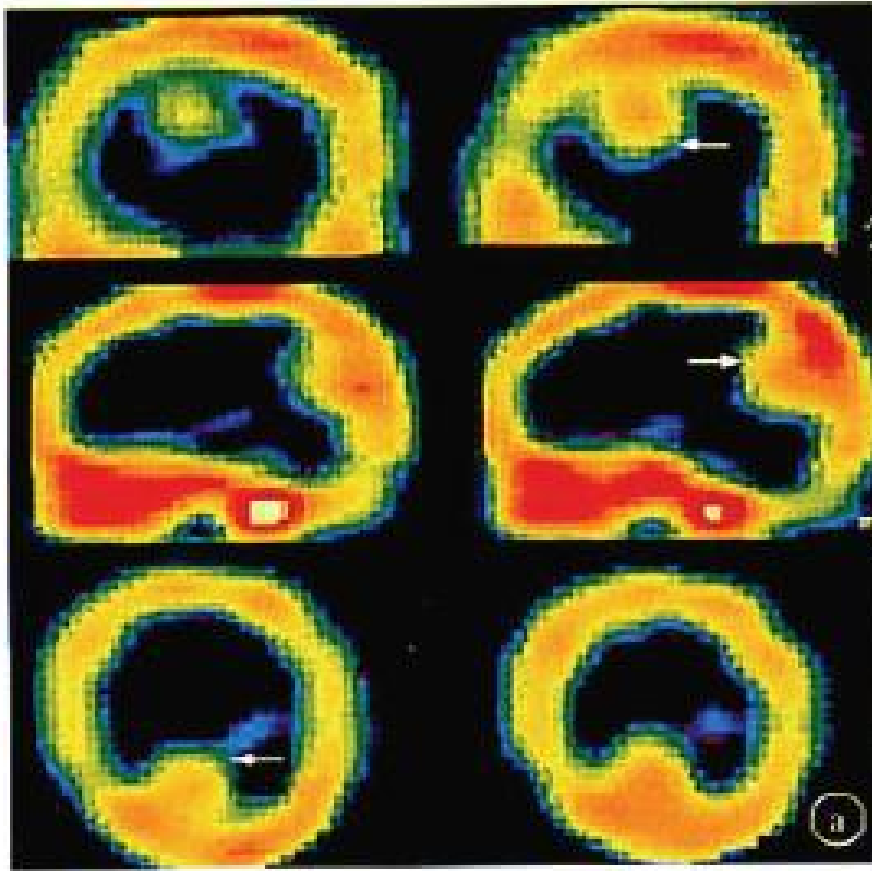
➤重建断层



三、SPECT

3、SPECT与X线CT的异同

	SPECT	X-CT
成像技术	计算机断层	计算机断层
图像重建方法	FBP	FBP
射线源	放射性核素	阴极射线管
射线性质	γ 射线	X射线
射线入射方式	体内穿出体外	体外穿过人体
成像参数	放射性活度	衰减值
成像剂量	γ 光子部分能量	大光子量
图像质量	结构粗糙	细微清晰
空间分辨率	低于X-CT	好
各自优势	功能/代谢/形态	形态结构
临床价值	功能诊断	形态学诊断



四、SPECT/CT



四、SPECT/CT

SPECT/CT由**SPECT**和**CT**结合而成，两者轴心一致，共用一个扫描床，这样就使得在一次检查中就可采集同一部位的功能图像和解剖图像，进而实现图像的融合。



四、SPECT/CT

SPECT/CT融合显像

- 解剖成像与功能成像的优势相结合
- 同时提供病变的解剖结构与功能代谢信息
- 对肿瘤进行精确定位
- 在鉴别肿瘤良恶性、探测复发或转移、评价治疗效果等方面具有独特优势



四、SPECT/CT

SPECT/CT融合显像

- SPECT/CT中的CT还可为SPECT提供衰减和散射校正数据
- 提高SPECT图像的视觉质量和定量准确性



四、SPECT/CT



四、SPECT/CT



- 符合成像系统
- 全能量衰减校正
- 定位CT
- FDG
- Tc-99m
- 同机图像融合系统
- 全身肿瘤



五、PET/CT

- PET: 正电子发射计算机断层成像(positron emission tomography)

- PET也是利用示踪原理来显示体内的生物代谢活动



五、PET/CT

PET不同于其它核医学成像技术的重要特点：

- 放射性示踪剂：正电子核素所标记的药物

- ✓常用正电子核素： ^{18}F 、 ^{11}C 、 ^{15}O 、和 ^{13}N 等，
组成人体元素的同位素，核素置换，不会改变其
原有的生物学特性和功能，因而能更客观准确地
显示体内的生物代谢信息



五、PET/CT

PET不同于其它核医学成像技术的重要特点

- 技术：符合探测技术

- ✓用符合探测替代准直器，使原本相互制约的灵敏度和空间分辨率都得到较大提高。



五、PET/CT

符合探测技术得益于湮灭光子对的两个特性：

- 两个光子沿着直线反方向飞行
- 它们都以光速向前传播，几乎同时到达在这条直线上的两个探测器。此时，PET系统就记录一个符合事件（coincidence event）。

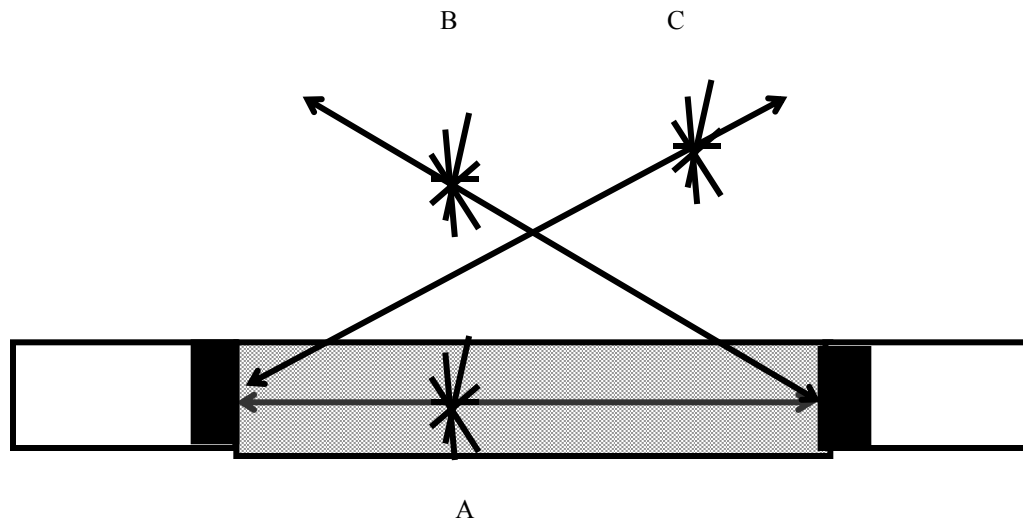


五、PET/CT

- 正电子在体内移动大约1mm后和负电子结合发生湮灭反应，正负电子消失并同时产生两个能量相等（511keV），方向相反的 γ 光子，被PET探头内两个相对应的探测器分别探测到。
- 在两个探测器探测到光子后就可以确定体内放射性药物的分布投影，然后进行图像重建确定体内药物的分布状况。

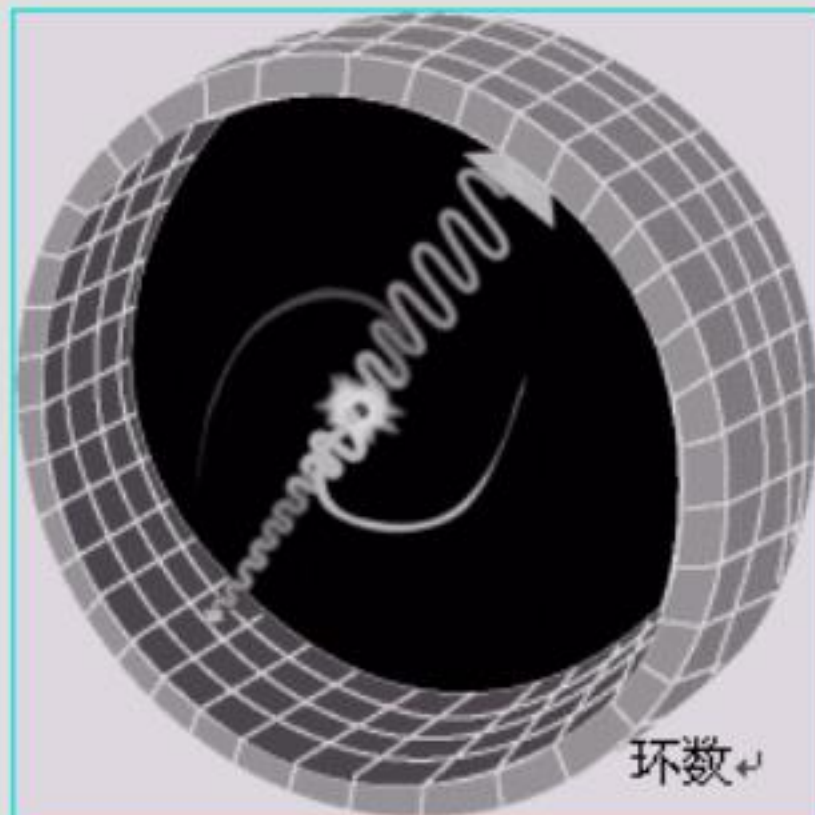


五、PET/CT



coincidence detection





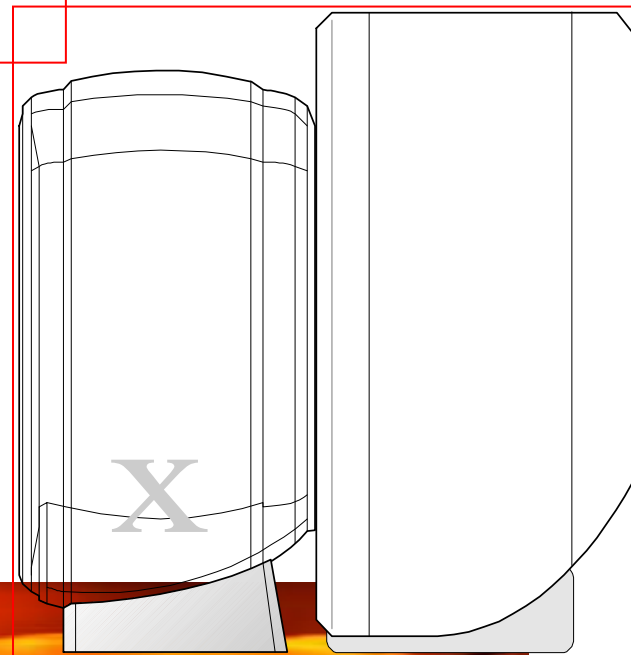
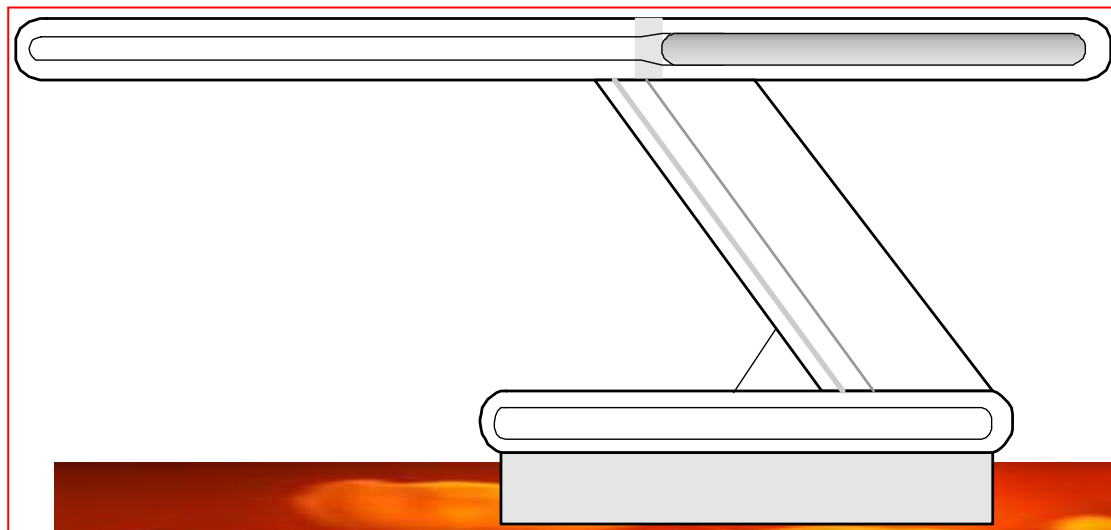
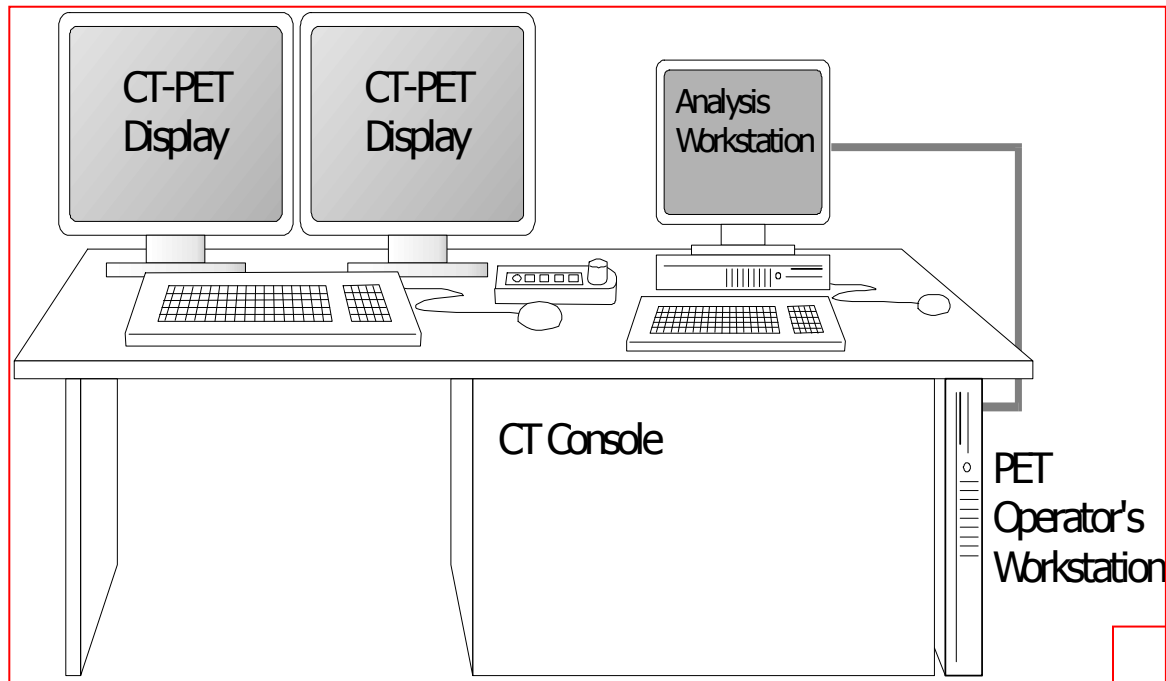
五、PET/CT

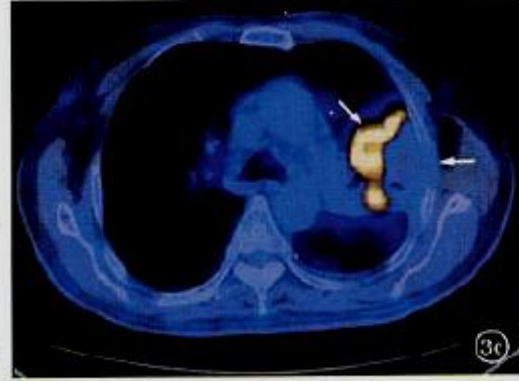
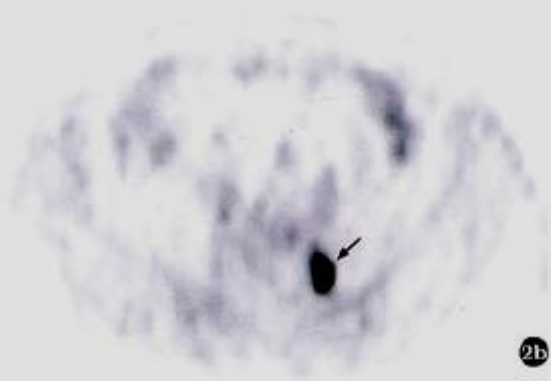
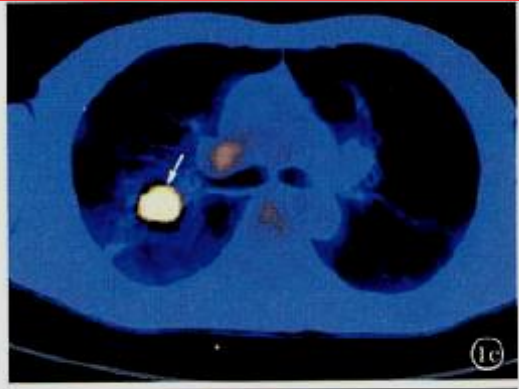


- 第三代一体化机架
- 1英寸NaI晶体
- FDG
- 具备所有螺旋CT功能
- 全身肿瘤

GE PET/CT——Discovery VI







价
格



Infinia Hawkeye II

超高档全功能型第二代 SPECT/CT



Millennium VG Hawkeye

全功能型 SPECT/CT



Millennium MG

临床实用型双探头 SPECT



Millennium MPR

临床普及型单探头 SPECT

价
格

Discovery ST16/LS16 (Cardiac)

— 临床科研型



Discovery ST8/LS8 (2D, 3D)

— 全功能型



Discovery ST4/LS4 (2D, 3D)

— 临床应用型



Discovery ST4/LS4 (RT, 3D)

— 肿瘤专用型



Discovery CTAC

— 临床实用型



Infinia^{VC} Hawkeye II — 临床经济型

性 能

其它常用核医学仪器



其它常用核医学仪器

➤ 医用核素活度计

- ◆ 是一个工作在饱和区的**电流电离室**
- ◆ 其特点是几何探测效率高，可测量各种核素产生的电离电流。
- ◆ 使用活度计时，要注意几何因素的影响。





其它常用核医学仪器

➤液体闪烁计数器

- ◆主要用于测量低能 β 射线

- ◆有两个主要特征

 - ✓液体作为闪烁体

 - ✓符合电路



其它常用核医学仪器

➤ 体外 γ 射线测量仪器

◆ 测量样品 γ 射线计数的典型装置是配备井型闪烁探测器的 γ 计数器

◆ 井型探测器的几何条件接近 4π ，探测效率较高，易于用铅屏蔽探测器，降低本底计数。





其它常用核医学仪器

➤体内 γ 射线测量仪器

◆测量人体内有关器官中的放射性核素发出的 γ 射线，从而评价脏器的功能。所使用的仪器称为
脏器功能测定仪。



其它常用核医学仪器

➤体内 γ 射线测量仪器

◆由于器官的大小、形状、距离等因素各不相同，应根据不同的器官设计和选用不同的准直器。

◆常用于器官功能测量的准直器有单孔圆柱型准直器和单孔张角型准直器。





思考题

- γ 照相机、SPECT、SPECT/CT三者有何联系与区别？
- SPECT与PET的成像原理有何不同？
- 何谓图像融合？有何临床意义？

