

4点 原点外的各点分别位于由 UFOV中心至边缘的 0.4及 0.8倍视野处 对各个不同影像位置所准直的⁶⁷Ga源,需通过不同光电峰能窗采集 用于图像采集的象素尺寸不大于 2.5mm 对相机的两个能窗,每点采集得到两帧图像:一帧用 93keV 光电峰,另一帧用 300keV 光电峰 对于有三个以上能窗的相机,还要采集 184keV 光电峰上的影像 在每个光电峰影像上,每个峰值象素至少应采集 1000计数。

2.5.4 计算和分析

计算光电峰影像上每个测量点自 x 及 y 轴方向上的计数中心位移 分析某一光电峰影像时,将每个光电峰影像的最大计数象素置于矩形感兴趣区(ROI)中。矩形 ROI的象素大小约为所分析图像计数剖面图 FWHM 的 4倍。每个图像分别在 y 轴上叠加,以确定 x 轴方向的计数剖面图;在 x 轴上叠加,以确定 y 轴方向的计数剖面图。按照下述方法找出每个图像在 x 或 y 轴方向的计数剖面图的计数中心点。最大象素位移采用 2.1.4 中描述的毫米象素准确校正方法,转换成毫米单位。

2.5.4.1 计数中心点的测定方法

每个光电峰计数剖面图在 x 和 y 轴向上计数中心点的大小按照下述方法计算 在整合 x 和 y 轴的计数剖面上找出最大计数象素,利用下式计算计数中心点:

$$L_j = \sum_{i=1}^n (X_i \times C_i) \sum_{j=1}^n C_j \quad (3)$$

L_j : 在能窗 j 处计算的计数中心位置, j 可为 1 2或 3; X_i : 在第 i 个位置 x 或 y 轴计数剖面图的象素; C_i : 在 X_i 或 Y_i 位置的计数; $\sum_{j=1}^n C_j$: 以最大计数剖面象素为中心的奇数计数剖面象素的总和。

准确的奇数象素将根据计数剖面的 FWHM 和象素大小而定。此象素总和中的最小象素数应包括左右两侧的半最大计数。

在能窗 i 和 j 间的位移 D_{ij} 即为:

$$D_{ij} = |L_i - L_j| \quad (4)$$

最大位移即为最大的 D_{ij} 值

2.5.5 报告格式

多窗空间配准度以所测定的 9点在 x 或 y 轴上光电峰计数中心的最大位移来表示 该测试方法以毫米为单位,精确度为 0.1mm

单晶体闪烁相机测试方法: 次级标准

中山医科大学第一附属医院核医学科(广州, 510080) 岳殿超译 陈盛祖* 审校

摘要: 这是 NEMA 标准的第 3 部分。包括: ① 单晶体闪烁相机空气中固有计数率特性测试方法; ② 单晶体闪烁相机散射情况下系统计数率特性测试方法; ③ 单晶体闪烁相机 75kcp/s 的固有空间分辨率测试方法; ④ 单晶体闪烁相机 75kcp/s 的固有泛源均匀性测试方法; ⑤ 单晶体闪烁相机有或无散射状态下系统空间分辨率测试方法; ⑥ 单晶体闪烁相机系统平面灵敏度测试方法; ⑦ 单晶体闪烁相机探头屏蔽性能测试方法。

关键词: 单晶体闪烁相机 计数率特性 系统性能 NEMA 标准

3.1 空气中固有计数率特性

用衰变源的方法测试计数率性能, 报告观察到的 20% 计数丢失率和最大计数率。这

两个参数均未考虑散射。由此, 观察曲线可得出相应的输入计数率

3.1.1 测试条件

* 中国医学科学院肿瘤医院核医学科(北京, 100021)

测试所用的核素为 ^{99m}Tc 若用其它核素测试需分别报告

能窗设在光电峰 20% 中心处 在低计数率状态下进行寻峰,测试过程中操作者不能用手动方式重新调整能峰 相机测试要在第 1.3.3 节所述正常状态下进行。

3.1.2 测试设备

最大计数率需在晶体上安装 UFOV 测定环

源放置在图 3-1 所示的铅容器内 (面对相机晶体的) 开口盖上 6mm 的铜板 源的强度达到输入的计数率高于观察计数率翻倍的计数率。

体受辐射的区域扩展至 UFOV 的最小范围 必须注意: 要将散射降至最低

记录每个测试点的开始时间 (t_i) 和所用时间 (Δt_i), i 表示数据测试点的序号。

以第一数据开始采集时间为起点来记录测试时间 每个记录点 C_i 至少采集 100 000 计数,采集时间可为 10 秒,或 100 000 (选取采集时间较长者)。

测试在上一个测试点计数率下降 10 kcps 时即刻开始 最后,测试点 (n -th) 在观察计数率低于 4 kcps 时采集

3.1.4 计算和分析

由下式算出每点的观察计数率 (OCR_i):

$$OCR_i = \frac{(C_i - N_{bkg} \times \Delta t_i \times \ln(2))}{21672 \times \{1 - \exp[-(\Delta t_i) / 21672 \times \ln(2)]\}} \quad (5)$$

21672 表示 ^{99m}Tc 半衰期的秒数,所有测试时间或所得的分数以秒为单位。

由下式算出每点的输入计数率 (ICR_i):

$$ICR_i = OCR_i \times \exp[(t_n - t_i) / 21672 \times \ln(2)] \quad (6)$$

20% 计数丢失的观察计数率用线性插值法由下列等式最靠近的两点求出:

$$OCR = 0.8 \times ICR \quad (7)$$

说明: 等式 (5) 用于标定 (计算校正本底的观察计数率) 每个测量点 t_i 的开始时间

当测试在高计数率状态时,测试持续时间影响小或无影响 就是说,比如在 150 kcps 计数时,在测试的数秒时间内, ^{99m}Tc 的衰变变化很小 然而,当计数率接近 4 kcps,如果采集了 100 000 计数,测试时间超过 25 秒,在此期间 ^{99m}Tc 衰变率大致为 0.1%。

等式 (5) 通过采集的计数中扣除大致的本底计数,然后根据指数法则标定数据 这样所得的观察计数点标定了每个计数点开始时间的计数,即 OCR 为即时测定点源的计数 (无本底)。

等式 (6) 简单地将最后点 (计数最低点) 的测试外推至计数率最高点。这是合乎情理

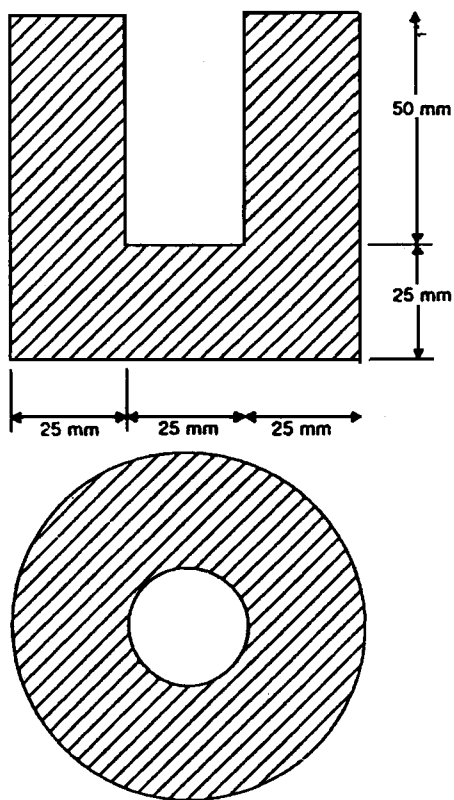


图 3-1 用于测试计数率的铅屏蔽容器

3.1.3 测试步骤

测出本底计数率 N_{bkg} 建议采集 10 分钟。盛源的铅容器放置在探头前的适当位置,使准直的放射线集束于 UFOV 中心,而且晶

的,因为在低于 400 kcps 计数率时死时间只是百分比的问题 这种相对误差来自外推,但并没放大(即总是同一个百分比)。

最大影响至多来自本底测试,故测试时要保持本底变异最小。

3.1.5 报告格式

最大观察计数率、20% 丢失观察计数率及观察计数率 输入计数率曲线作为次级标准报告出来

3.1.6 技术说明

本测试非常耗时,约需两天。替代方法是用经过仔细校正的铜板,并参照下述文章:

1. "A New Approach to NEMA Scintillation Camera Count Rate Curve Determination." by E. M. Geldenhuys et al. JNM Vol. 29, No. 4, April 1988, p538.
2. "Spectral Changes Affect Intrinsic Count Rate Tests." by Stephen I. Breen/Trevor D. Craddock. JNM Vol. 31, No. 12, December 1990, p2074.

必须说明上述测试指标方法的来源

3.2 散射情况下的系统计数率特性

衰变源用于测定系统计数率特性。测试须报告两个参数: 20% 丢失观察计数率和最大计数率 所有参数在诱导散射下测试 作出观察 输入计数率曲线。

3.2.1 测试条件

测试所用核素为 ^{99m}Tc 。若用其它放射性核素则应分别报告。

能窗设在 20% 光电峰中心。在低计数率条件下寻峰,在测试过程中不能用手动方式重新调整能峰。相机测试要在第 1.3.3 节所述的正常状态下进行。

3.2.2 测试设备

本测试要用低能准直器。源为液体填充于图 3-2 所示的圆盘容器中。源的强度达到

输入的计数率高于观察计数率翻倍所需的强度。源放置在塑料圆柱模型中,大小如图 3-2 所示

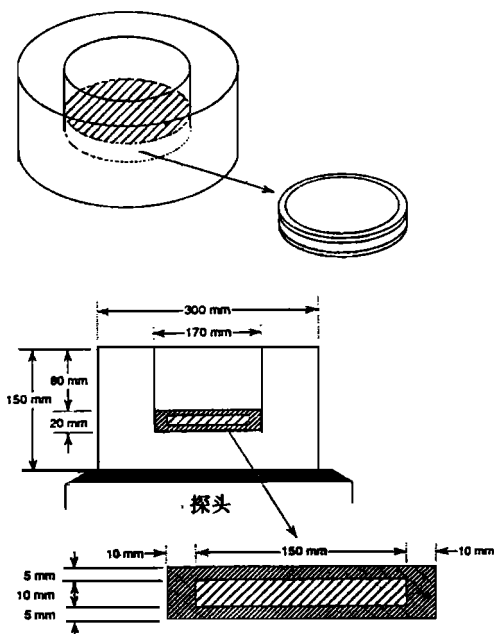


图 3-2 用于测试有散射计数率性能模型

3.2.3 测试步骤

探头置于可见到 50mm 厚塑料底盘的模型处。模型与准直器面的间距不超过 20mm,模型位于 UFOV 中心。

开始测试前,要先测本底计数 N_{bkg} 记录每个计数点测试的开始时间 (t_i) 和所用时间 (Δt_i), i 表示数据测试点的序号。

以第一数据开始采集时间为起点来记录测试时间。对于每个数据点 (C_i) 至少要采集 100 000 计数。数据采集 10 秒或 100 000 (选取采集时间较长者)。

测试在上一个测试点计数下降 10 kcps 时即刻采集。最后测试点 (n -th) 在观察计数率低于 4 kcps 时采集。

3.2.4 计算和分析

由下式算出每点的观察计数率 (OCR_i):

$$\text{OCR} =$$

$$\frac{(G - N_{\text{bg}} \times \Delta t) \times \ln(2)}{21672 \times \{1 - \exp[-(\Delta t) / 21672 \times \ln(2)]\}} \quad (8)$$

21672表示^{99m}Tc半衰期的秒数,所有测试时间或所得的分数以秒为单位。

由下式算出每点的输入计数率(ICR):

$$ICR = OCR_0 \times \exp\left\{-(t_0 - t_i) / 21672 \times \ln(2)\right\} \quad (9)$$

20%计数丢失的观察计数率采用线性插值法由下式列等式按线性插值法在最靠近的两点求出:

$$OCR = 0.8 \times ICR \quad (10)$$

3.2.5 报告格式

最大观察计数率、20%丢失观察计数率及散射下观察计数率输入计数率曲线作为次级标准报告出来。

3.3 75 kcps的固有空间分辨率

固有空间分辨率测试时计达 75 kcps,并按照第 2.1节的步骤及格式,将平均 FWHM和平均 FWTM作为次级标准报告。

3.4 75 kcps的固有泛源均匀性

固有泛源均匀性测试时计达 75kcps,并按照第 2.4节步骤及格式将 CFOV和 UFOV的积分及微分均匀性作为次级标准报告。

3.5 有或无散射状态下系统空间分辨率

作为次级标准,应测试有或无散射状态下的系统空间分辨率,并以线性扩展函数的 FWHM和 FWTM的形式表达

3.5.1 测试条件

测试所选用的放射性核素应为准直器已设定的。通过 20%对称能窗或多个窗口时,计数率不超过 20kcps

3.5.2 测试设备

测试设备需包括两个毛细管,内径小于或等于 1.0mm,长度大于 30mm 另外,100mm和 50mm厚的聚乙烯散射板大小应

能覆盖 UFOV。100mm厚板可用两块 50mm板组成。

3.5.3 测试步骤

毛细管内充满所需放射性核素 其中一条毛细管位于距系统准直器面的 100mm处,且顺着测试的相应 x或 y轴的直径。

毛细管垂直方向的数字分辨率应小于或等于 0.1 FWHM,平行方向的数字分辨率应不大于 30mm 每个线性扩展函数峰点的计数至少为 10 000

用第 2.1.4节方法测试落在 CFOV内所有线性扩展函数象素的 FWHM和 FWTM;首先测 x方向,然后测 y方向。

用另一个毛细管,每个轴向再测一次;仍放置在距离准直器面 100mm处,且平行于第一个管,间距为 50mm 该测试仅用于校正每象素的毫米数。单一毛细管再用聚乙烯散射板重复测试一次 毛细管仍位于距准直器面的 100mm处并夹在 100mm厚前散射板和 50mm后散射板间。

3.5.4 计算和分析

用测得的每象素毫米校正因子,将 FWHM和 FWTM测试结果由象素转换成毫米,近似平均“散射”下 x及 y轴向的测试结果

3.5.5 报告格式

作为次级标准报告出在 CFOV内,在有或无散射下,FWHM和 FWTM的系统固有空间分辨率。同时注明所用准直器及放射性核素

3.6 系统平面灵敏度

系统平面灵敏度指某一采集平面对平行于该面放置的特定平面源的灵敏度 系统平面灵敏度的测试依赖准直器的类型、窗宽、光子能量源的形状及其它因素。

系统平面灵敏度针对每个准直器,且以 counts/(min° MBq)或 counts/(min° μCi)形式报告。

3.6.1 测试条件

测试所选用的放射性核素应为准直器已设定的。通过 20% 对称能窗或多个窗口时,计数率不超过 20k cps

3.6.2 测试设备

测试所需设备包括一套 1~ 5ml 的注射器、校正后的活度仪、直径为 100mm 的塑料平盘 (petri plastic)

3.6.3 测试步骤

塑料注射器内放射源的强度要用剂量仪准确地测定,然后源经注射器注入直径为 10mm 的封口塑料盘内,溶液深约 3mm

用活度仪再测一次注射器,读出的计数减原始读数,得到制备时盘内的活度。

校正方法应遵从 NRC Regulatory Guide 第 10.8 节中规定的有关方法或参考 NIST 可示踪的放射源的方法用相应的半衰期校正。

制备的平盘置于近中心视野内,在离准直器面 100mm 的面上,无散射物质存在

准确测试影像系统记录的每分钟计数。关闭视野均匀性校正装置或任何其它改变计数的装置。

3.6.4 计算和分析

将测试时的活度 (单位为 MBq 或 μ Ci) 除以测试的每分钟计数率,得到系统平面灵敏度

3.6.5 报告格式

作为次级标准,报告出 counts/(min \cdot MBq 或 μ Ci) 值。注明所用放射性核素及准直器的类型

3.7 探头屏蔽性能

屏蔽泄漏是指放置在离探头 10cm 处的

源穿过其屏蔽,报告时以 counts/(min \cdot MBq) 或 counts/(min \cdot mCi) 的形式。

3.7.1 测试条件

报告 ^{99m}Tc 和相机最大设计能量的屏蔽缝隙。当源放置在适合特定能量准直器前 10cm 处时,通过 20% 对称能窗的计数率不能超过 10k cps

测定穿透屏蔽的计数率时,要装上相机和特定的准直器。

3.7.2 测试设备

本测试设备包括图 2-4 所示的放置源的容器和适合特定能量的准直器,装有源的容器应完全充满液体

3.7.3 测试步骤

源放置在容器内。用特定能量准直器显示源,在至少采集 10 000 计数及记录采集时间后,记录计数率。

源在探头周围 10cm 处移动。沿探头两侧及后方移动,以找出最大计数的位置。在这个部位采集直至源加上本底的计数率大于本底的 3 个标准差,即泄漏计数和本底计数之和大于本底计数平方根的 3 倍。

测试屏蔽泄漏时,注意源的康普顿散射至探头面

3.7.4 计算和分析

计算屏蔽泄漏百分数,报告出数值

$$\text{屏蔽泄漏} = \frac{\text{最大屏蔽计数率}}{\text{准直器计数率}} \times 100 \quad (9)$$

3.7.5 报告格式

作为次级标准,分别报告出 ^{99m}Tc 和探头设计最大能量核素的屏蔽泄漏。注明所用准直器

(收稿日期: 1996-11-25)