

# 计算机 X 光成像仪质量控制考虑\*

侯方源

(中国科学院长春光学精密机械研究所 长春 130022)

**摘要** 计算机 X 光成像仪的输出图像最终成像在胶片或纸上。供放射学专家、医学家分析、诊断。标志 X 光成像仪设计质量的因素很多,本文就主要影响 X 光成像仪设计质量的空间分辨率和 X 光成像仪输出图像的灰度值进行试验检测,从而完成对 X 光成像仪的质量控制。

**关键词** X 光成像仪 空间分辨率 灰度控制直方图

**中图分类号** TH773 **文献标识码** A

## 1 前言

在 X 光成像仪的研制中,如何对其质量进行控制,如何对所研制的仪器进行评价、检测,是设计制造者和使用者关心的问题。

X 光成像仪最后的输出图像可接医用激光相机输出为胶片也可以接激光印字机;激光热敏打字机,输出为纸。X 光成像仪输出胶片的判读和诊断与传统的 X 光片是一样的,所以 X 光成像仪的输出灰度值是一个重要的指标,而输出灰度值与 X 光成像仪的很多组成因素有关。

例如:

- 图像板(IP)对 X 射线的吸收率,IP 板的激励灵敏度。
- 激励光像素面积。扫描激光速度(在 IP 板上的停留时间)。
- X 光曝光 IP 板能量(X 光机的工作电压、电流、时间)。
- 光导纤维的数值孔径,对激励荧光的透过率。
- 光电倍增管(PMT)的量子效率,增益,阳极电流,阳极暗电流。
- 前置放大器增益。
- A/D 转换器灵敏度等。

\* 95 国家自然科学基金资助项目

收稿日期:1999-03-22

修稿日期:1999-06-05

从上述的诸多因素不难看出, X 光成像仪的质量控制, 实质上就是读取过程的最佳化。而读取过程的最佳化, 就是获取读取系统的最佳信噪比。这就不难看出, 灰度值和信噪比是不可分割的。

## 2 空间分辨率探测细节的实验分析

对于 X 光成像仪的空间分辨率和最小探测物体的尺寸大小, 最终还是由辐射医学专家通过在灯箱上观察 X 光成像仪的输出胶片来确定。实际上和传统的 X 光片判读是一样的, 只是前者对观察的面积, 胶片的对比度。多个观察者(311 人)的多次平均结果。

### 2.1 空间分辨率

确定 X 光成像仪的空间分辨率习惯上是用铅板制成的栅条放在 IP 板上, 用 X 光射线曝光(一定合适的剂量), 形成栅条图形读出系统读出。最后形成的胶片, 由多个人员观察读出平均。

### 2.2 探测细节的研究<sup>[1]</sup>

为了进行探测细节的研究, 用厚度为 0.2mm 的 X 光射线照相透明白底片。在  $100 \times 100\text{mm}$  范围内钻上不同直径的孔, 孔的直径从 12.7mm 到 1mm 递减排列, 所钻的孔, 保证没有毛边。如图 1 所示。

在 80KV<sub>p</sub> X 光机的电压下(0.1~0.2mR), 一层胶片给定的 X 射线的对比度大约是 0.25%, 要形成不同的对比度可迭加  $n$  层胶片, 上述孔的排列厚度是递增。如用 1, 2, 3 层形成的对比度结果是 0.25%, 0.50%, 0.75%, 这样就可以形成 X 光成像仪输出的不同灰度值。

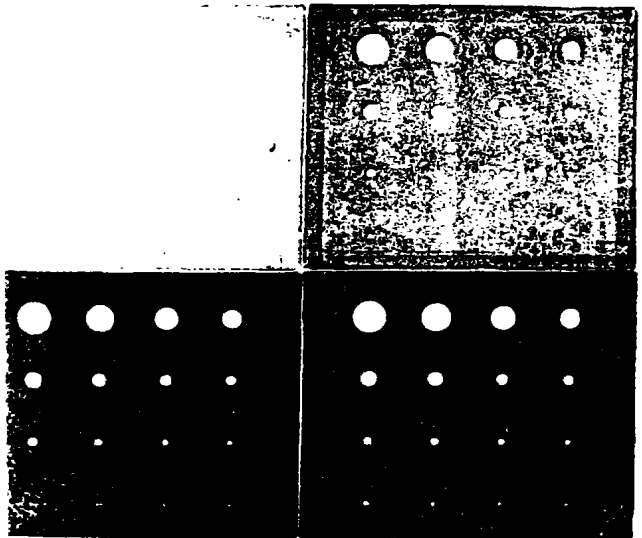


Fig. 1 Photograph of the contrast detail phantom

### 2.3 检查方法

把图像片放在一个暗室点亮的灯箱上, 由观察者观察。观察者看到的实际图像是由图 1 所示的 16 个孔组成的, 排列在小于  $100 \times 100\text{mm}^2$  的正方形面积内, 灯箱四周有防护罩, 观察者不会受到外来光的影响。被观察的胶片刚好稍小于  $100 \times 100\text{mm}^2$ , 这样观察者只能看见的是影像图, 观察距离和时间没有严格的限制, 一般是 60 张/45min, 观察者刚刚能确定的图像细节尺寸, 被所有观察者和观察到的图像面积平均。由观察到的这个特定图像尺寸大小, 就可确定 X 射线曝光物体的尺寸大小。由此可以分析出, 如果 CR 系统的信噪比高, 就意味着观察者探测更小图像细节的可能。通过这个方法就可检查整个系统的各个环节, 使其调试到最佳状态。

## 2.4 对比度试验

根据迭加胶片形成的不同对比度: 0.25%, 0.50%, 0.75% ... (钻孔要严格对齐)。其试验方法和检查方法和 2.3 部分是一样的, 提高对比度, 就提高了探测细节的可能。国外文献称: 探测概率决定于阈值信噪比, 探测概率 50% 时, 阈值信噪比等于 3:1 左右, 探测概率为 100% 时, 阈值信噪比大约为 5:1。

## 3 输出灰度值的控制

CR 系统最终输出图像要通过记录系统成像到胶片上, 它把 CR 输出的数字信号转换模拟电信号, 去对记录激光进行强度调制, 经过扫描记录到胶片上, 胶片的灰度值最终决定于 CR 系统的灰度值。为了说明各个部分的关系, 把国际上通用的激光扫描激励荧光 SLSL, (scanning laser simulated luminescence) 系统工作特性曲线介绍给读者。如图 2 所示。

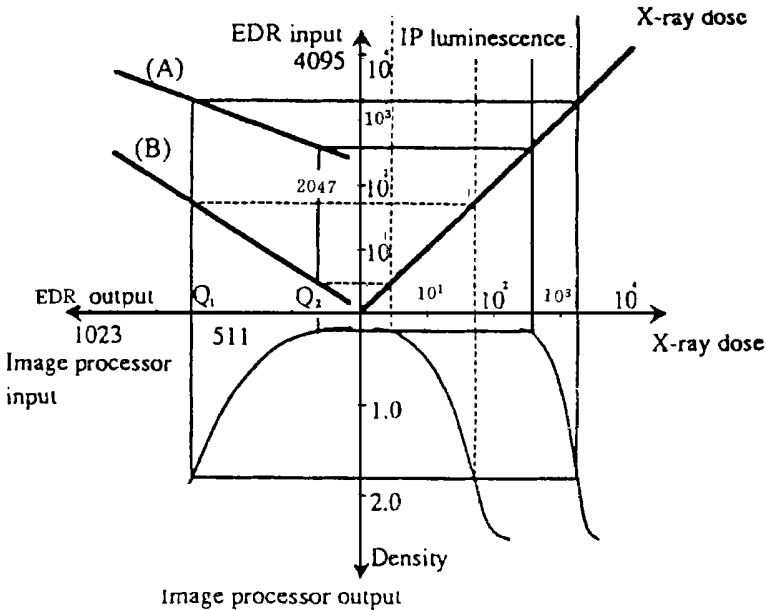


Fig. 2 Operating characteristics of the SLSL system

图中第一像限是 X 曝光量 (mR) 与光激励荧光强度的相对关系。实际上就是 IP 板的特性。其动态范围大于  $1:10^4$ , 这就意味着 IP 板适应宽范围的 X 射线曝光。在第二像限, 坐标纵轴表示与光激励荧光辐射相一致的输入计算机的电信号 (数字信号) 和给胶片记录的输出电信号之间的关系 (计算机的输入信号与计算机输出电信号之间的关系)。

辐射探测器 (PMT) 的灵敏度和动态范围调节到曝光值而存储图像的曝光范围即数字信号是符合 X 射线照相曝光条件的宽范围要求。例如第一像限中的曲线 A, B 分别表示较高的曝光值/窄的曝光范围和低的曝光值/宽的曝光范围。这个例子是在计算机中利用不同的处理条件完成的, 使传输信号拥有相同的范围。数字信号的处理如对比度, 空间频率的提高等, 都

能在这一步完成。如曲线 A 处理成直线形灰度等级, 曲线 B 是 S 形的输出灰度等级。

第三像限, 它表示记录胶片特性, 要求与记录激光光源波长相匹配, 精细的粒度和宽的曝光宽容度, 能精确可靠地再生数字信号。

第四像限, 它表示总的再生复制曲线形成的总特性曲线, 即胶片密度作为 X 射线曝光曲线的函数。

在光屏-胶片照相系统中, 只有一个复制曲线可以被利用, 由于光屏-胶片照相机灵敏度和动态范围的组合是固定的。假设光屏-胶片相机的组合设计成曝光曲线 A。在第四像限中右边曲线可成为固定复制曲线, 它就不能适合任何其他曝光条件, 但在 SLSL 系统中, 能有几个复制曲线, 因为胶片的灵敏度和动态范围是计算机调节完成的, 第四像限左边曲线只是其中一个例子, 它是被调制成曝光曲线 B 的样子。十分清楚, 与传统的光屏-胶片相机比较, 在图像复制范围方面, SLSL 系统要宽的多, 灵活的多。

在 CR 系统中, 影响输出灰度值的因素很多, 例如调节 X 射线曝光量, IP 板吸收 X 射线的量子效率, IP 板的激励激光能量, 光学系统收集效率, PMT 阴极量子效率等。你的设计要使 CR 系统达到比目前相同条件下, X 射线照相低数倍的 X 射线剂量成像, 而输出像质, 空间分辨率, 分辨细节都比传统的 X 胶片成像好。

#### 参 考 文 献

- 1 Minoru sonoda M S. Radiation physics, 1983, 148(11): 833838
- 2 Gerety B. Physical and phychophysical analysis of laser readout conditions for imaging plates in computed radiography Proc SPIE, 1990, 1232: 2629

## Image Quality Controlling for Computer Radiography

HOU Fang-Yuan

(Changchun Institute of Optics and Fine Mechanics,  
Chinese Academy of Sciences, Changchun 130022)

#### Abstract

This paper analyses detection means of spatial resolution and contrast for computed radiography, with the aid of histogram means improved the image quality.

**Key words:** Radiography, Spatial resolution, Contrast, Histogram, Grey level control

侯方源 男, 1940.12.20 出生, 副研究员, 硕士生导师, 1966年毕业于太原工学院无线电技术专业。在中科院长春光机所工作至今, 先后参加了六五、七五、八五国家重大攻关课题, 目前承担九五国家自然科学基金课题, 是图像板读取装置课题负责人。