

乳 脂 X 线 诊 断

徐开桢 唐迪 主编 上海科学技术出版社

# 乳腺 X 线 诊 断

徐 开 堃 唐 迪 主 编

编 者

|               |       |
|---------------|-------|
| 上海第二医学院附属瑞金医院 | 徐 开 堃 |
| 上海纺织工业局第一医院   | 唐 迪   |
| 上海黄浦区中心医院     | 任 时 俊 |
| 上海肿瘤医院        | 施 有 政 |
| 上海新跃仪表厂       | 廉 养 德 |
|               | 黄 伟 立 |

上海科学技术出版社

**乳腺X线诊断**

徐开堃 唐 迪 主编

上海科学技术出版社出版

(上海瑞金二路450号)

新华书店上海发行所发行 上海市印刷三厂印刷

开本787×1092 1/16 印张5 插页52 字数112,000

1980年3月第1版 1980年3月第1次印刷

印数1—6,000

书号: 14119·1428 定价: 2.70元

## 前 言

钼靶X线摄影术是乳癌防治工作上,继 Halsted 乳癌根治手术后的第二个重大进展。六十年代后期,法国 Gros 首先制成钼靶阳极X线机。1973 年上海电子光学技术研究所和上海第二医学院附属瑞金医院试制成功我国第一台钼靶X线机以后,我们几个单位迄今已进行了一万余例乳腺X线摄影。钼靶X线乳腺摄影术对于诊断乳腺肿瘤是一种简便有效的方法,能够发现不少隐性乳腺癌,对于鉴别乳腺的良恶性肿瘤发挥了较大的作用。

本书以钼靶X线摄影为编写重点,比较详细地讨论了乳癌的各种X线表现,并附有X线图片 300 余幅。此外,还简要介绍了静电摄影、乳腺导管造影术和囊肿内气造影术等。

本书正文后附有超声、红外线、同位素等检查方法,虽不属X线诊断范围,但与乳腺疾病的诊断有关,为便于读者联系参考,故作附录列入,分别由上海市肿瘤医院朱世亮医师、上海市纺织工业局第二医院姜宗桥医师和上海市纺织工业局第一医院储绍琳医师编写;乳腺良性病变一章承上海市虹口区中心医院任树桥主任提供宝贵意见及协助编写;乳腺X线摄影的原理与技术一章承上海新跃仪表厂杨新荣主任协助校阅,并提供宝贵意见;在本书编写过程中,还承上海市第六人民医院邹仲教授和上海第二医学院朱大成教授的热情支持,在此一并致谢。

限于水平,书中难免有缺点和错误,希读者给予批评指正,使之日后得以充实提高,渐臻完善。

编 者 1979 年 12 月

# 目 录

## 第一章 乳腺X线摄影的原理及技术

|                |   |                  |    |
|----------------|---|------------------|----|
| 第一节 钼靶X射线的物理基础 | 1 | 第四节 钼靶X线摄影技术     | 8  |
| 第二节 钼靶X射线管的结构  | 4 | 一、固定和加压          | 8  |
| 一、阴极           | 5 | 二、投照位置           | 8  |
| 二、阳极           | 5 | 三、增感屏、X线胶片和暗盒的选用 | 11 |
| 三、钼靶X射线管焦点     | 5 | 四、投照条件           | 13 |
| 四、钼靶X射线管放射窗口   | 5 | 五、暗室处理           | 14 |
| 五、钼靶X射线管管套     | 6 | 第五节 乳腺静电X线摄影术    | 14 |
| 六、钼靶X射线管的真空度   | 6 | 第六节 乳腺导管造影术      | 16 |
| 第三节 钼靶X射线机的结构  | 7 | 第七节 囊肿内气造影术      | 17 |
| 一、电路结构         | 7 | 第八节 报告写法         | 18 |
| 二、投照架          | 7 |                  |    |

## 第二章 正常乳腺

|                  |    |                  |    |
|------------------|----|------------------|----|
| 第一节 乳腺的解剖和生理     | 20 | 四、妊娠期及哺乳期乳腺      | 23 |
| 一、青春期乳腺          | 22 | 五、绝经期乳腺          | 24 |
| 二、性成熟期的乳腺(成人的乳腺) | 22 | 第二节 正常乳腺的X线表现和变异 | 24 |
| 三、非妊娠期乳腺         | 23 | 第三节 正常乳腺的X线分型    | 27 |

## 第三章 乳腺良性病变

|                      |    |              |    |
|----------------------|----|--------------|----|
| 第一节 乳腺增生症            | 30 | 乳腺炎、脂肪坏死     | 34 |
| 一、乳腺小叶增生             | 30 | 第五节 乳腺囊肿     | 36 |
| 1. 腺性小叶增生            | 31 | 一、单纯囊肿       | 36 |
| 2. 囊性小叶增生            | 31 | 二、乳汁潴留性囊肿    | 37 |
| 3. 纤维小叶增生            | 31 | 三、其他类型乳腺囊肿   | 37 |
| 二、硬化性乳腺病             | 31 | 第六节 乳腺良性肿瘤   | 38 |
| 第二节 男性乳腺发育症          | 32 | 一、纤维腺瘤       | 38 |
| 第三节 乳腺炎症             | 32 | 二、脂肪瘤        | 40 |
| 一、急性乳腺炎              | 32 | 三、脂肪纤维腺瘤     | 40 |
| 二、乳腺脓肿               | 33 | 四、导管内乳头状瘤    | 40 |
| 三、乳腺结核               | 34 | 五、血管瘤        | 41 |
| 第四节 导管上皮增生、导管扩张症、浆细胞 |    | 第七节 其他良性乳腺疾病 | 41 |

|                    |    |
|--------------------|----|
| 一、Mondor 综合征 ..... | 41 |
| 二、血肿 .....         | 42 |
| 三、丝虫病 .....        | 42 |
| 四、手术后的乳腺改变 .....   | 42 |

|                      |    |
|----------------------|----|
| 五、石蜡瘤 .....          | 42 |
| 六、乳腺皮肤病变 .....       | 42 |
| 七、胸罩刺激所引起的乳腺改变 ..... | 42 |

## 第四章 乳腺恶性肿瘤

|                            |    |
|----------------------------|----|
| 第一节 病因和临床表现 .....          | 43 |
| 第二节 乳腺癌常见的X线表现 .....       | 44 |
| 第三节 乳腺癌的各种X线表现及其病理基础 ..... | 46 |
| 一、完全性表现 .....              | 46 |
| 肿瘤结节突出 .....               | 46 |
| 纤维收缩突出 .....               | 46 |
| 肿瘤周围水肿明显 .....             | 47 |
| 以“恶性钙化”为突出表现 .....         | 47 |
| 二、不完全性表现 .....             | 47 |
| 不完全,可识别的表现 .....           | 47 |
| 不完全,易误诊的表现 .....           | 47 |
| 第四节 乳腺癌的病理类别与X线表现的关系 ..... | 48 |
| 一、非浸润性癌 .....              | 48 |
| 非浸润性导管癌 .....              | 48 |
| 非浸润性小叶癌 .....              | 48 |
| 二、浸润性癌 .....               | 48 |
| 非特殊型浸润性乳腺癌 .....           | 48 |
| (一) 浸润性导管癌伴纤维增生 .....      | 48 |
| (二) 浸润性导管癌较少纤维增生 .....     | 49 |
| (三) “炎症型”癌 .....           | 49 |
| (四) 粉刺样癌 .....             | 49 |

|                   |    |
|-------------------|----|
| 【五】髓样癌 .....      | 49 |
| 特殊型浸润性乳腺癌 .....   | 49 |
| (一) 粘液样癌 .....    | 49 |
| (二) 浸润性小叶癌 .....  | 50 |
| (三) 腺样囊性癌 .....   | 50 |
| (四) 浸润性乳头状癌 ..... | 50 |
| (五) 派杰氏病 .....    | 50 |
| (六) 大汗腺癌 .....    | 50 |
| (七) 囊肿内乳头状癌 ..... | 50 |
| (八) 鳞状细胞癌 .....   | 50 |
| (九) 腺管样癌 .....    | 50 |

|                                  |    |
|----------------------------------|----|
| 第五节 双侧性乳癌、多中心乳癌和转移性乳癌的X线诊断 ..... | 51 |
| 第六节 隐性乳腺癌的X线诊断及其定位方法 .....       | 51 |
| 第七节 妊娠期乳癌 .....                  | 53 |
| 第八节 男性乳腺癌 .....                  | 53 |
| 第九节 乳癌X线诊断的误诊原因 .....            | 53 |
| 第十节 乳癌放射治疗后的X线表现 .....           | 55 |
| 第十一节 乳腺肉瘤 .....                  | 55 |
| 第十二节 手术和活体检查标本的摄片 .....          | 55 |

## 附 录

|                                     |    |
|-------------------------------------|----|
| 一、乳腺X线摄影在乳腺癌普查中的应用 .....            | 57 |
| 二、红外线热图象在乳腺癌诊断中的应用 .....            | 58 |
| 三、液晶热图象 .....                       | 61 |
| 四、超声在乳腺疾患诊断中的应用 .....               | 62 |
| 五、 <sup>32</sup> P在乳腺肿块诊断中的应用 ..... | 66 |
| 六、附表 .....                          | 67 |
| (一) 乳腺良性疾病的X线诊断 .....               | 67 |

|                              |    |
|------------------------------|----|
| (二) 乳腺恶性肿瘤与良性病变的X线鉴别诊断 ..... | 68 |
| (三) 乳腺钙化鉴别诊断 .....           | 68 |
| (四) 乳腺各种类型阴影的鉴别诊断 .....      | 69 |

## 参考文献

## 病例(附照片)



# 乳腺 X 线摄影的原理及技术

## 第一节 钼靶 X 射线的物理基础

在普通 X 射线管中, 当两端加上一定能量的电压时, X 射线管即可产生 X 射线。它是具有不同波长的混合射线, 可分为两类: 一类是连续的包括不同波长的 X 射线, 由这些射线构成连续 X 射线谱或称多色 X 射线谱。当管电压加大时, 不但各不同波长的相对强度一致地增高, 而且波长也逐渐变短, 短波极限值逐渐变小(图 1); 一类是有一定波长的若干 X 射线, 其强度很高, 迭加在连续 X 射线谱上, 称标识 X 射线谱或特征 X 射线谱, 也称单色 X 射线谱。每一元素的标识 X 射线谱都有其严格不变的数值, 它与连续 X 射线谱不同, 改变管电压时, 只能使其强度发生改变, 增高管电压, 可使其强度增高, 而不引起波长

的变化(图 2)。欲使某元素产生标识 X 射线, 必须给予 X 射线管以一定数值的电压, 这个最低电压数值即称为该元素的标识 X 射线谱的最低激发电压。

标识 X 射线具有波长恒定、单色性强、能量高等特点, 是 X 射线摄影最理想和最有效的谱线。

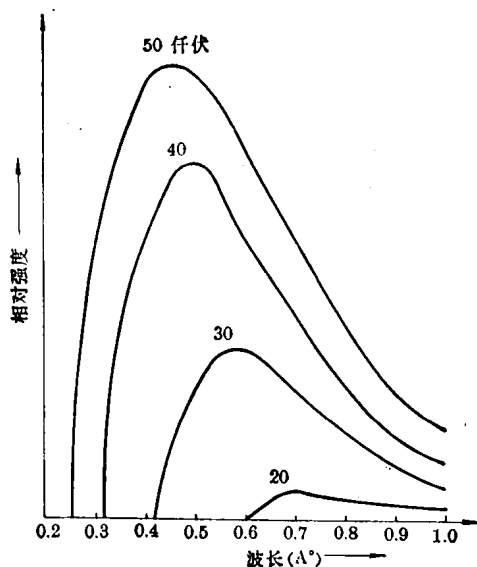


图 1 在不同管电压时的连续 X 射线谱曲线

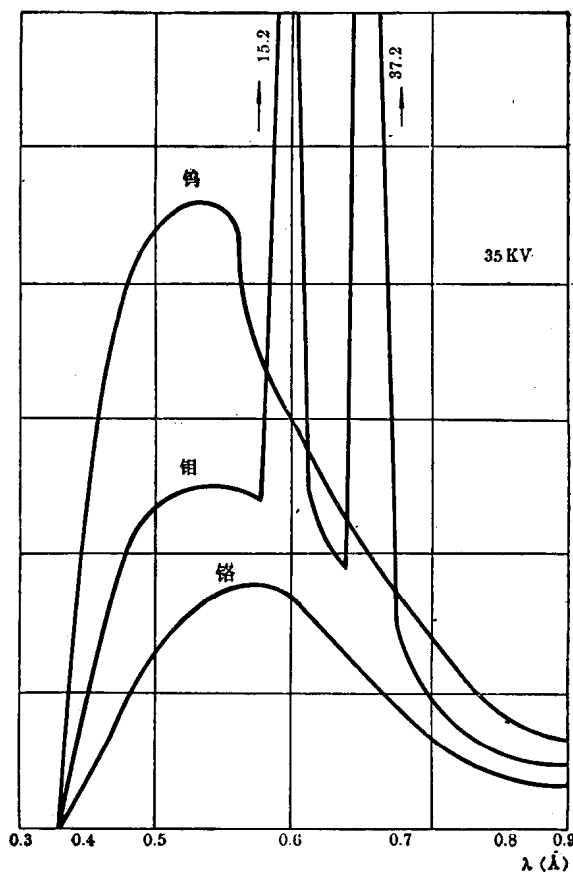


图 2 钼、钌、铬的连续 X 射线谱和标识 X 射线谱

通常应用的钨靶X射线装置所发射的X射线波长约为 $0.08\sim 0.31\text{\AA}$ (相当于40~150仟伏时所产生的X射线),人体各组织对此种波段X射线的透过情况大致可分为三类(表1)。

表1 人体组织对X射线的透过性

| 可透性组织       | 中等透性组织                     | 不透性组织 |
|-------------|----------------------------|-------|
| 气 体<br>脂肪组织 | 结缔组织<br>肌肉组织<br>血 液<br>软 骨 | 骨(钙盐) |

早在1913年,就有人投照过乳腺X线片,试图利用X射线技术进行乳腺疾病的诊断,但所摄X线片缺乏理想的天然对比,不能将乳腺的内部结构及病变细节清晰地显示出来,故未被临床采用和推广。

乳腺组织虽然包括腺体、导管、结缔组织、血管、脂肪组织、皮肤等多种结构,但以上这些软组织的密度都较近似,对X射线的衰减系数没有明显差异,以致所摄的乳腺X线象缺乏层次,对比度差,效果欠佳。

表2 各组织对X射线波长的衰减系数

| 波 长  | 组 织 名 称 |       |       |       |       |
|------|---------|-------|-------|-------|-------|
|      | 水       | 脂肪    | 筋肉    | 血液    | 骨     |
| 0.08 | 0.163   | 0.180 | 0.180 | 0.180 | 0.180 |
| 0.15 | 0.180   | 0.188 | 0.180 | 0.190 | 0.260 |
| 0.20 | 0.214   | 0.193 | 0.190 | 0.200 | 0.270 |
| 0.30 | 0.261   | 0.220 | 0.210 | 0.260 | 0.480 |
| 0.40 | 0.355   | 0.280 | 0.320 | 0.340 | 0.880 |
| 0.50 | 0.501   | 0.380 | 0.450 | 0.490 | 1.650 |
| 0.60 | 0.708   | 0.520 | 0.630 | 0.710 | 2.600 |

X射线的硬度是指X射线的穿透力,它决定于X射线的波长。硬X射线是指波长较短的X射线,因其对一定的物质来说具有较小的吸收系数,也就是衰减系数较小,所以较易透过物质。 $0.08\sim 0.31\text{\AA}$ 波长的X射线,对软组织的穿透力较强,衰减系数小,且不同组织间的差极微,说明其波长过短,性质过

硬。反之,波长较长的X射线,其穿透力较小,即所谓“软X射线”,对物质具有较大的吸收系数,也就是衰减系数较大;且随着波长的增长不同组织间的差也逐渐增大。在实际工作中,各组织间衰减系数差的绝对值愈大,则所得X线片的对比度也愈明显。

从表2的结果表明,不同波长的X射线对同一组织的衰减系数有所不同,且随波长的增长而提高,如能有选择地采用特定波长的X射线投照软组织,将有可能获得满意的效果,也就是说,对软组织投照的成功与否,关键在于入射X射线的质。

1914年莫塞莱发现,当X射线管中阳极材料的原子序数( $z$ )逐渐增加时,相应同一系的标识X射线谱的波长则逐渐变短,而这种波长的改变是连续的逐渐降低的(图3)。它不同于元素周期表中元素的周期性,这也

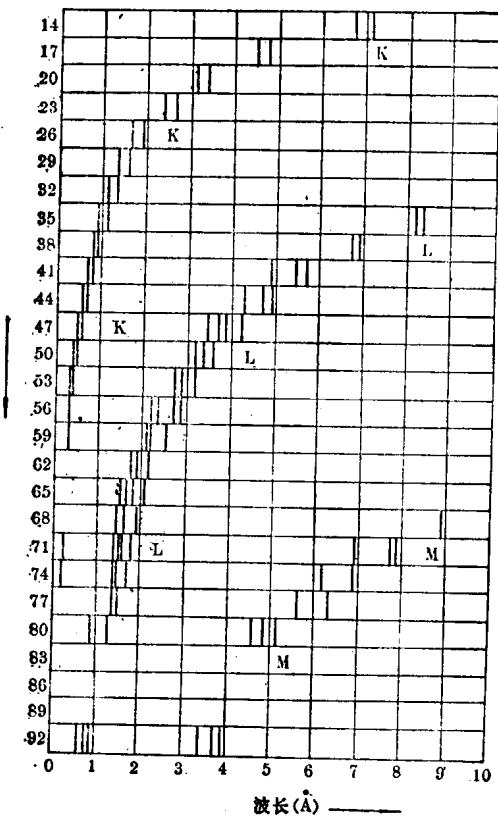


图3 元素的原子序数及其标识X射线谱线波长的关系



说明标识X射线的产生与元素内层电子位置的转换有关。通过大量试验,莫塞莱得出下列公式:

$$\sqrt{\frac{1}{\lambda}} = k(z-s)$$

式中  $k$ ——常数

$z$ ——阳极材料的原子序数

$s$ ——常数

$\lambda$ ——标识X射线谱的波长

对所有元素的同一谱线  $k$  都相同,对不同谱线则常数有所不同。

由于发现了上述规律,掌握了元素的这一物理特性,为X射线技术的发展和提高提供了依据,对X射线的质和量的进一步研究有了明确的目标和方向,为寻找适合软组织投照所需要的具有特定波长的X射线提供了可能。根据莫塞莱定律,已知钨的原子序数为74,所发射的X射线波长太短,提示必须寻找新的材料作为阳极靶面,这种材料的原子序数必定是小于74。

如果采用金属钼作为X射线管的阳极靶面,当维持一定的管电流,管电压在20000伏特(20千伏)以下时,只能产生连续X射线谱;如果将电压升高到20100伏特或以上时,则除有连续X射线谱外,同时另有一些谱线产生,位于一定的波长处(图4)构成钼的标识X射线谱。

图4中两个较强的特别高的窄峰分别位于波长为0.63Å及0.71Å处,后者的强度高于前者数倍,当电压再予以加高时,它们的位置及强度的比不发生变化,这两条谱线统称为钼的K系辐射线。波长为0.63Å的是 $K_\alpha$ 辐射,波长为0.71Å的是 $K_\beta$ 辐射; $K_\alpha$ 辐射又可细分为 $K_{\alpha_1}$ 和 $K_{\alpha_2}$ ,其波长相差约0.004Å,这是由于L层中的两个支层 $L_2$ 和 $L_3$ 层跃补K层而产生的辐射。 $K_{\alpha_1}$ 和 $K_{\alpha_2}$ 辐射的强度比为2:1。K系辐射是全部辐射的最强部分,选择性地利用元素的K系辐射是X射线应用技术最有效、最经济、最合理的措

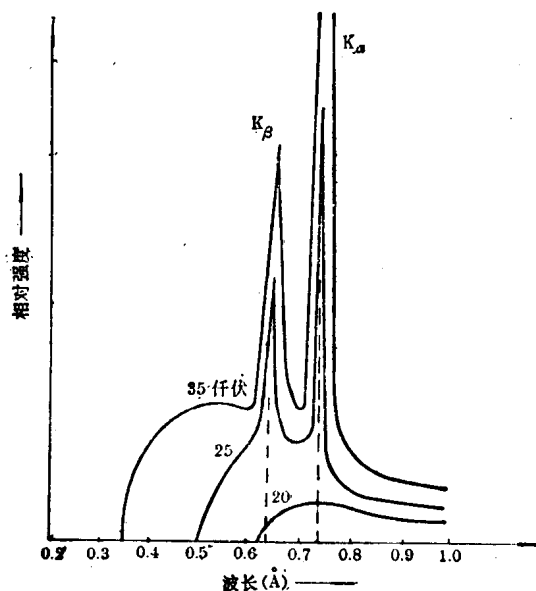


图4 不同管电压时钼靶X射线的强度曲线

施。

钼的原子序数为42,小于钨的原子序数74,它的K系辐射波长为0.632253~0.713543Å,平均为0.71069Å,从表2结果表明,这种波长的X射线是投照软组织较为合适的谱线。若以钼取代钨作为X射线管的阳极靶面材料,给予适当的工作电压,就能获得对软组织投照所理想的软X射线源。

大量实践证明,投照乳腺的最佳波长为0.63~0.90Å之间,因此说明钼靶X射线管所放射的软X射线对乳腺组织投照具有独特的优越性。

几种有关元素的物理性状比较:

表3 几种元素的物理性状

| 元素 | 符号 | 原子序数 | 原子量    | 密度    | 熔点(℃) | 沸点(℃) | 原子间最紧密距离 | 常数所适用的温度(℃) |
|----|----|------|--------|-------|-------|-------|----------|-------------|
| 铍  | Be | 4    | 9.013  | 1.848 | 1277  | 2270  | 2.225    | 20          |
| 铜  | Cu | 29   | 63.54  | 8.96  | 1083  | 2595  | 2.556    | 20          |
| 钼  | Mo | 42   | 95.95  | 10.22 | 2610  | 5560  | 2.725    | 20          |
| 钨  | W  | 74   | 183.86 | 19.30 | 3410  | 5930  | 2.739    | 20          |

表 4 标识发射谱线波长( $\text{\AA}$ )及激发电压(仟伏)

| 元素 | 符号 | 原子序数 | $K_{\alpha}$ 平均 | $K_{\alpha 1}$ | $K_{\alpha 2}$ | $K_{\beta 1}$ | K系激发电压 |
|----|----|------|-----------------|----------------|----------------|---------------|--------|
| 铜  | Cu | 29   | 1.54            | 1.54051        | 1.54433        | 1.39217       | 8.86   |
| 钼  | Mo | 42   | 0.71            | 0.70926        | 0.713543       | 0.632253      | 20.0   |
| 钨  | W  | 74   | 0.21            | 0.208992       | 0.213813       | 0.184363      | 69.3   |

表 5 元素的质量吸收系数

| 元素 | 符号 | 原子序数 | Ag- $K_{\alpha}$<br>$\lambda = 0.5609 \text{\AA}$ | Mo- $K_{\alpha}$<br>$0.7107 \text{\AA}$ | Cu- $K_{\alpha}$<br>$1.5418 \text{\AA}$ | Ni- $K_{\alpha}$<br>$1.6591 \text{\AA}$ | Fe- $K_{\alpha}$<br>$1.9373 \text{\AA}$ | Cr- $K_{\alpha}$<br>$2.2409 \text{\AA}$ |
|----|----|------|---------------------------------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------|
| 铍  | Be | 4    | 0.22                                              | 0.30                                    | 1.35                                    | 1.80                                    | 3.24                                    | 4.74                                    |
| 铜  | Cu | 29   | 26.4                                              | 49.7                                    | 52.7                                    | 65.0                                    | 98.8                                    | 154.0                                   |
| 钼  | Mo | 42   | 70.7                                              | 20.2                                    | 164.0                                   | 197.0                                   | 299.0                                   | 439.0                                   |
| 钨  | W  | 74   | 54.6                                              | 105.4                                   | 171.0                                   | 209.0                                   | 320.0                                   | 456.0                                   |

## 第二节 钼靶X射线管的结构

钼靶X射线机(DGX型软X射线机, 见图5)由电路和机械两部分所组成。电路结构包括钼靶X射线管、高压发生部分和低压控制部分。因钼靶X射线管的特性决定着机器的特点, 故予重点介绍。

通常的X射线管阳极为钨靶, 而钼靶X射线管则由钼制成。由于钼与钨的物理性状不同, 故钼靶X射线管与钨靶X射线管的结构也有所区别。

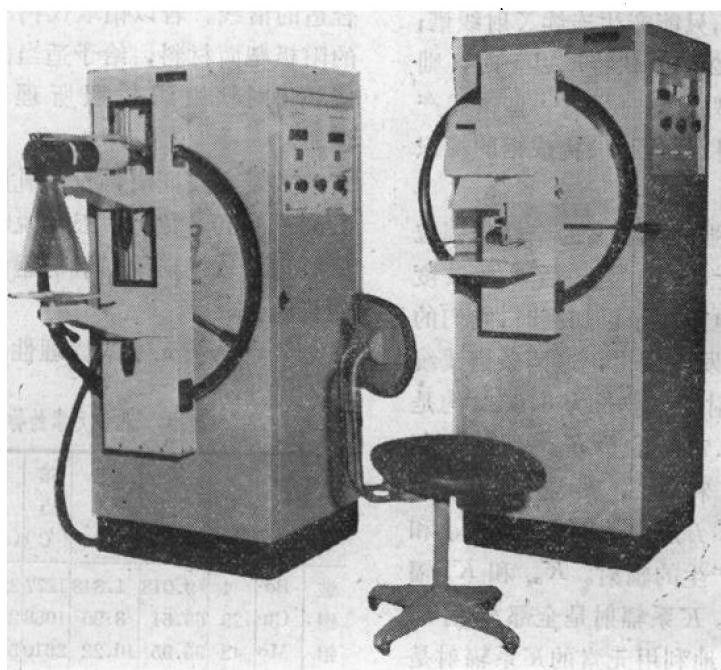


图 5 钼靶X射线机

## 一、阴极

阴极是发生电子的部分,其结构可分两部分,一是产生电子的灯丝,另一部分为聚焦电子的阴极头。灯丝电阻约0.5~2.0欧姆(加热情况下),加热电压为6伏特,电流为4.5安培。

## 二、阳极

阳极是产生X射线的场所,其基本结构有三:

(一) 阳极靶 系静止阳极,靶面材料为钼片。当高速电子撞击靶面时,其动能绝大部分转变为热能,仅约0.8%转为X射线能,因此靶面中心的温度很快升高。由于钼的熔点较低,仅2610°C(钨的熔点达3410°C)(表3)。故必须加强散热措施,提高热容量,以避免靶面熔化或烧毁。钼的K系辐射激发电压较低,仅需高于20千伏(而钨需69.3千伏),工作电压低则产热量低,阳极的热负荷也相对较小,则是钼的有利因素之一。

(二) 阳极头 钼的熔点较低,导热性能也不够高,而铜的导热率大,热容量较高,因此阳极头选用无氧铜制成,两者结合,即可获得需要的X射线谱,又有良好的导热性能。同时,阳极头的直径与通常的X射线管相比有较大程度的放大,因而能够接受较高的管电流,以保证在正常负荷情况下能安全有效地工作。

(三) 阳极罩 在阳极端设有金属罩,一方面用以阻挡二次电子,同时亦可吸收散乱射线。罩上有两个开口,轴上的开口是阴极电子束的通道,侧面的开口是X射线的出口。

## 三、钼靶X射线管焦点

焦点的大小是考核X射线管质量的主要指标之一,它直接影响透视或摄片效果。要使清晰度高,则一定要焦点小;但焦点的大小与X射线管的负荷容量和光学性质有关。焦

点小了,X射线管的容量必然随之减小,这样要得到满意的X线片,必定要较长的曝光时间,而在实际工作中,要受多种因素所限制。

钼靶X射线管之所以采用线焦点,是因为在有效焦点面积同样大小的情况下,线焦点比圆焦点的负荷容量要大得多。线焦点灯丝的螺旋线,在阳极上形成长方形焦点,阳极面取19°倾斜角,因而有效焦点面则近似正方形,约为实际焦点面积的 $\frac{1}{3}$ (图6)。实际焦点面积大,对散热是有利的;有效焦点面积小,对透视或摄片是优越的。

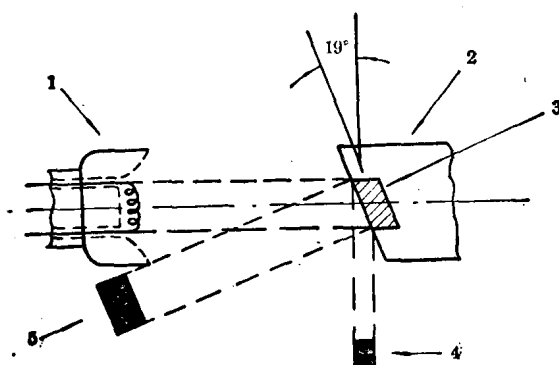


图6 线焦点X射线管的阳极切角与焦点的关系

DGX型软X射线机配用的钼靶X射线管的焦点为1.2×1.2毫米。

## 四、钼靶X射线管放射窗口

为避免软X射线被X射线管的外壳(玻璃壳)所吸收,在X射线束的出口处,需采用对X射线吸收系数较小的材料制成放射窗口。目前大致有以下几种措施:

(一) 铍窗 铍属轻元素,原子序数较小( $z=4$ ),对钼的K系辐射的质量吸收系数仅为0.30,它可使钼靶发射的K系辐射透过率达95%,且铍的强度较高(表3),是较为理想的窗口材料。由于铍的质量吸收系数较低,各不同波长的X射线均可透过,在窗外需设滤波装置,常用钼和铝的薄片作为滤片,以最后获得具有一定波长的软X射线源。

但因铍具有一定毒性,受热而产生的铍蒸气对人体危害很大,这乃是美中不足之处。

(二) 轻质玻璃窗 由硼酸锂铍制成的林德曼玻璃,对钼的 $K$ 系辐射透过率为88%,次于铍窗,国外多采用此材料作为放射窗口,但因其不耐潮湿,对X射线管的真空度和寿命均有一定影响,如果在其表面覆盖保护层,则会影响软X射线的透过率。实践证明,轻质玻璃窗的质量不及铍窗,且其摄片效果也差,故不宜采用。

(三) 钼窗 前面已经介绍,铍窗对软X

射线的吸收率小,使靶面发射的X射线能最大程度地透出窗外,但在窗外需经滤波方能获得需要的单色谱线。根据元素的真吸收(光电吸收或荧光吸收)现象,以及一些有关元素的物理性状(表3~5),用钼片取代铍片,作为钼靶X射线管的放射窗口是可行的,其理由是:钼的强度较高,能承受一定压力;钼的 $K$ 系吸收限波长为 $0.61977\text{\AA}$ ,刚好位于钼的标识X射线 $K_{\alpha}$ 的前方;能将大部分 $K_{\beta}$ 辐射滤掉,所得的基本上是单色的 $K_{\alpha}$ 辐射, $K_{\alpha}$ 与 $K_{\beta}$ 之强度比约为600:1(图7)。

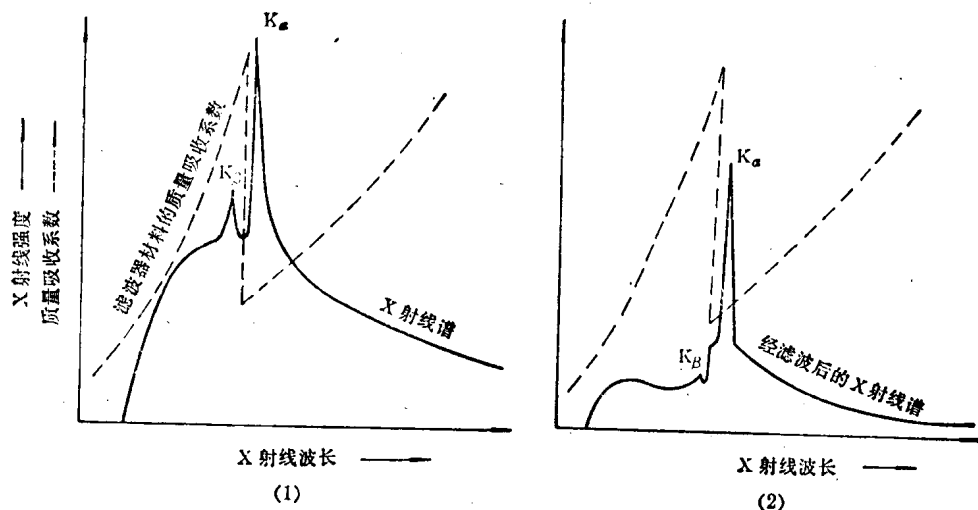


图7 钼窗的滤波作用(示意图)

钼对其本身 $K_{\alpha}$ 的质量吸收系数为20.2,大于铍的质量吸收系数,致使钼的 $K_{\alpha}$ 辐射强度受到一定损失,其损失量的大小与钼窗的厚度成正比例,经实验及临床应用结果,钼窗的厚度为0.04~0.05厘米比较适当,这样厚度的钼窗对 $K_{\alpha}$ 辐射所致的能量损失可在工作电压上给予适当补偿,在同样投照对象下,钼窗X射线管较铍窗增加1~2千伏即可得到相同效果,这一数值对钼靶X射线管的负荷容量来说是完全能够胜任的。

## 五、钼靶X射线管管套

系油浸全密封防电击式,阳极接地,X射线管固定于管套内,其间充满变压器油,这

样,既保护了X射线管,又防止及消除泄漏的散射线,同时又有可靠的绝缘性能,还有冷却X射线管的作用,在一定程度上提高了X射线管的热容量。由于钼靶X射线管的阳极头直径较大,不但增加了本身的导热性能,同时与油层的接触面亦明显增加,阳极靶面的熔解曲线因而上升,X射线管的使用规格曲线也随之提高。

## 六、钼靶X射线管的真空度

X射线管工作的稳定性主要决定于X射线管的真空度,也是考核X射线管质量的基本因素之一。钼靶X射线管除管内排气因素外,因其窗口有特殊要求,窗口材料的强度及

焊接的密封性能等均需有严格的工艺保证, 合格的X射线管的真空度应在 $10^{-6}$  毛左右。

### 第三节 钼靶X射线机的结构

欲使钼靶X射线管产生X射线, 必须供给一定的能量(系由高压发生器供给); 供给量的多少, 则由精确的控制部分承担; 为适应特定组织的投照要求, 配有专用的投照装置。

#### 一、电路结构

钼靶X射线机(DGX型软X射线机)的电路结构分高压发生和低压控制两部分, 其原理与通常的X射线机基本相似。

##### (一) 高压发生部分

1. 高压变压器: 其特点为电压较高、功率较小, 为单相交流, 一端接地。输入电压: 0~220 伏特, 50 周, 容量为 2 千伏安; 输出电压: 0~35 千伏峰值(脉动直流); 电流: 40 毫安。

2. 整流器: 高压经相应的整流电路而变成单向的脉动直流, 选用四管(硅堆)桥式全波整流。

3. 灯丝变压器: 属降压变压器, 安装在高压油箱内。输入电压: 220 伏特; 输出电压: 6 伏特, 5 安培。

4. 高压电缆: 因投照架在工作时需作多种角度的旋转, 配用的电缆既要有足够的耐压数值, 又具有良好的柔软性。

(二) 低压控制部分 由控制及调整两部分元件和电路组成, 主要安装在控制面板和元件底板上, 外界电源通过调整及控制与高压部分及其附属装置相连接, 而形成运转的整体。

机器的正常运转常依赖于各类型的继电器来完成, 只有对高压电路能有效地控制, X射线才能在额定时间内产生或切断。DGX型软X射线机采用晶体管限时器, 限时范围为 0.04~6.2 秒, 其中分 23 档。

为有效地防止X射线管过载, 对输出电流与曝光时间建立安全联锁装置, 输出毫安分 I、II 二档。I 档最高为 40 毫安, 限时范围为 0.04~2.0 秒; II 档最高为 15 毫安, 限时范围为 0.04~6.2 秒。

#### 二、投照架

DGX 型软X射线机的有关规格尺寸均以我国妇女的特点而设计的。

(一) 升降立柱 置中心位置时, 适合于中等身材病员投照; 根据身长不同的需要, 可予升降, 上下行程 40 厘米, 中途可任意定位。

(二) 旋转底板 为适应两侧乳腺及各种不同投照位置及角度的需要, 底板可绕其轴线回转  $\pm 180^\circ$ , 并可作多种角度定位。

(三) 活动压迫架 供乳腺组织加压用, 上下行程 8 厘米, 可任意定位, 遇特殊需要可拆卸。

(四) 焦片距 乳腺组织经加压后, 厚度明显减小, 平均约 3~5 厘米, X线片的中心与边缘曝光量的均匀度对焦片距的要求不高, 以经济角度论, 焦片距应尽量缩短。由于空气对软X射线有较明显的吸收作用, 可招致强度衰减, 故焦片距不宜太长。为保证X线片有适当的显明度, 焦片距不宜过短, 经反复试用后, DGX 型软X射线机的焦片距固定为 35 厘米。

(五) 球管套架 固定X射线管管套用。X射线管远端向上倾斜  $5^\circ$ , 使X射线管窗口中心对准摄片台中心偏外侧。

(六) 摄片台 配用  $5 \times 7$ " X线片, 装卸简便, 特殊情况下可予拆卸, 按需要选用X线片的尺寸及调整焦片距。

## 第四节 钼靶X线摄影技术

一张优质的乳腺X线片,应将乳腺的全部结构(包括皮肤、乳头、乳晕、导管、腺体、结缔组织、脂肪、血管等)和病变的大小、形态、部位等显示出来。要达到这一效果,不但要有质量良好的钼靶X射线装置,在很大程度上则取决于投照技术是否正确适当,因此,必须严肃、认真、细致、熟练地操作。

### 一、固定和加压

乳腺位于前胸胸骨两侧胸大肌的表面,呈半球形,基底部直径约8~10厘米。若以后前位投照,则乳腺组织与很厚的胸廓相重叠,其结构及病变的细节不可能清楚地显示出来;如以切线位投照,又因乳腺的高度仅3~5厘米,基底部呈圆盘形,亦难以将全部结构及病变细节显示。因此,按乳腺的自然形态投照,效果不佳,必须采取相应措施,才能提高投照效果。实践证明,使用压迫器压紧和固定后再行投照是较为理想的办法,其优点为:(1)将原来的圆盘形或圆锥形组织加压成厚度较均匀的扁平组织,有利于X射线的穿透,X射线的穿透量可相对地均匀。(2)加压固定后,可避免位置移动而造成形象模糊。(3)加压固定后显示面积相对增大,可提高乳腺组织及病变细节的显示效果。(4)加压固定后,乳腺与X线片及增感屏三者紧贴,可提高感光效果及细致结构显示的清晰度。但加压固定也存在一定的缺点。当加压后会使病变的位置、大小、形态发生改变。最大的缺点是乳后间隙显示不够满意,当病变部位较深或与胸壁有粘连者,X线片上常不能全部显示,且有被漏检的可能。操作时,除力求乳腺组织更多地显示外,并应根据病变的具体情况 and 特点,纠正病人体位和姿势,或调整投照架的角度及方向,尽量使病变部位投照到X线片上。

乳腺经加压固定,曝光前应作仔细检查,除斜位外,乳头应处于切线位置;若有偏斜,应纠正至满意为止。同时应避免乳腺皮肤产生皱褶,因皮肤皱褶的影像很易与皮肤局限性增厚相混淆,对老年病人尤应注意。

乳腺组织愈薄,相对清晰度愈高,因此应力求加压至最小厚度。但对疑为恶性肿瘤或肿块较大、质地较硬者,则加压不宜过重。不应片面追求摄片效果或要求两侧厚度一致,而可利用投照条件予以弥补,避免因加压过重而促使肿瘤扩散转移或增加病人痛苦。

### 二、投照位置

常以侧位为主,根据需要,可加摄轴位、斜位或其他特殊位置。两侧乳腺有其一定的对称性,当发生病变后,对称性可受到影响和破坏,因此宜常规投照两侧,以资比较。

**侧位** 乳腺大体呈半球形,两侧外上向腋窝突出称腋尾,因此外上腺体组织较多。侧位投照,能较全面地显示,操作亦较方便,大部分病变均可在侧位片上检出,故侧位被列为常规投照位。投照时,先将暗盒插入摄片台的暗盒槽内,外缘与摄片台平齐。病人取坐位或立位,面对机器,暴露前胸,投照左乳时,旋转底板向右回转90°,调整升降立柱至乳腺在摄片台中心,左乳置于摄片台与压迫器之间,外侧胸廓靠紧摄片台外缘,启动压迫器,自右向左加压固定乳腺,即可选择投照条件,进行曝光。投照右乳时,旋转底板向反方向回转180°,操作方法、步骤与左乳相同。X线均自内侧向外侧投照,有时可按病变所在部位决定投照方向,如病变位于内侧,则可使X线自外向内投照,其目的是使病变靠近X线片,以提高显示病变的效果,防止失真(图8)。

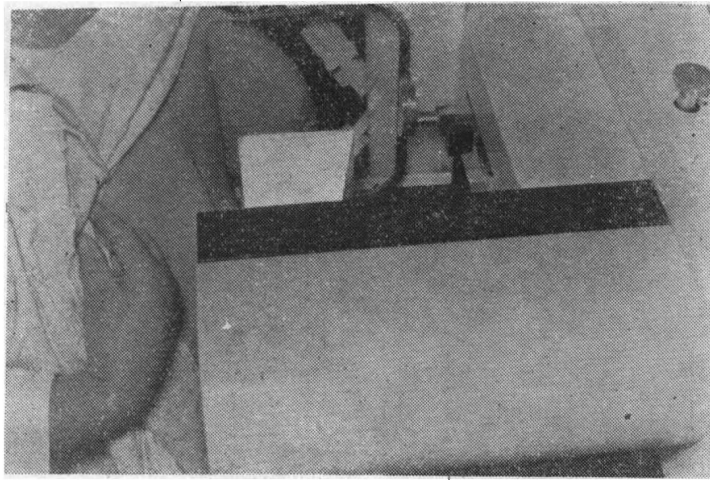


图8 侧位投照法

理想的侧位X线片，乳头应处在切线位上，若有偏斜，致使乳头、导管与腺体相互重叠，影响显示效果，甚至易将乳头阴影误认为病变，所以操作时必须注意。老年病人皮肤较松，乳腺悬垂，腺体组织常集中于下缘，加压的同时，另一只手将乳腺托起，可使腺体组织移向前上方，有利于腺体组织较均匀的分布，同时可避免因乳腺悬垂而不能在X线片上显示乳腺全貌。

符合要求的乳腺X线片，均应有统一的明确的标记，习惯以投照单位及投照日期置于乳腺的外上方，X线编号及左或右置于乳腺的外下方，有这样统一的标记，可避免左右上下混淆，对诊断和定位有一定价值。

**轴位** 轴位亦称头足位或上下位，为较常用的投照位置之一，可增加病变的检出率和病变细节的显示效果，特别适宜于病变位于乳腺内侧者。一般情况下，乳腺腺体以外侧较多，内侧的病变在侧位片上易与外侧的腺体相重叠，影响细致结构的显示。而轴位摄片则可避开外侧的腺体，可获得较满意的效果。轴位投照可帮助临床定位，例如临床触诊阴性，侧位片上见乳头后上方有软组织块影，这时单凭侧位片就无法确定病变位于内上还是外上，若加摄轴位片，则可给予定位。

投照时，投照架处于正位，暗盒的安装和病人的姿势与侧位摄片相同。启动升降立柱使摄片台至投照侧乳腺下缘的皱褶处，投照侧胸壁紧靠摄片台外缘，使乳腺置于暗盒之上，启动压迫器，自上向下压紧并固定乳腺，这时乳头应在切线位上，否则应调整升降立柱的高低至满意为止。此投照方法属常规检查，亦适宜于病变位于乳头下方者。若病变在乳头之上，则应将旋转底板回转 $180^\circ$ ，X线自下向上投照(图9)。

**轴位投照**，对乳腺皮肤较松、乳腺悬垂者较易操作，对青年或腺体密实者，则显示范围较侧位片少。投照时，应考虑到腋尾，病人体位宜稍有倾斜，如投照左乳时，胸廓向左转 $10^\circ\sim 15^\circ$ ，投照右乳时，则应向左转体相同角度。

轴位投照亦应有统一的明确的标记，以便与侧位片相区别。内外侧的标记同样应有严格的要求，否则就无法达到定位的目的。习惯以投照单位及投照日期置于乳腺外侧，以X线编号及左或右置于乳腺内侧。

**斜位** 此种投照位置虽较少应用，但在某种情况下加摄斜位片可提高病变的检出率及病变的显示效果。曾有报导，用一种投照位置普查乳癌其发现率为90%，两种投照位置的发现率为94%，三种投照位置的发现率





图9 轴位投照法

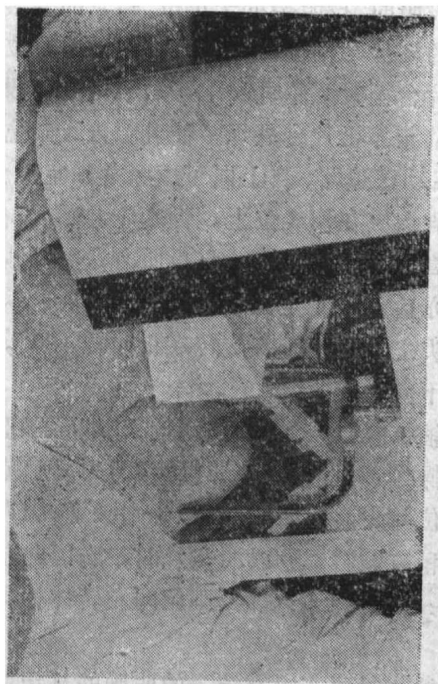


图10 斜位投照法

可达 95%。斜位投照对于靠近胸壁的肿瘤检出率较高,显示亦较满意。青年病人,因腺体较密实,肿瘤与腺体相互重叠,侧位或轴位投照有时均不能将肿瘤显示。若采用斜位投照,将肿块转至切线位上,避开密实的腺体,以皮下脂肪组织与肿瘤形成对比,则可提高显示病变的效果。

斜位投照是在侧位及轴位的基础上进行的,具体方法和操作步骤基本相同,仅病人体位作不同角度的倾斜,或以机器投照架旋转不同角度进行投照。其倾斜或旋转角度的多少及投照方向均应根据病变的所在部位而定。所摄斜位片,乳头不在切线位上,较易与其他投照位置相区别。乳头的影象常重叠在腺体阴影之中,必须予以鉴别,以免误认为异常阴影(图 10)。

**外侧部乳腺投照位** 将外侧部乳腺包括腋部组织置于暗盒和摄片台之上,病人身体向检查一侧倾斜,同侧肩部撑开使上臂下垂,病人可将对侧的手紧握摄片台,以支持身体重心。压迫器应紧靠肋骨及肱骨头,同时应防止出现皮肤皱褶,如机器的球管头能向投照一侧倾斜  $10\sim 15^\circ$ ,则更佳。这种投照位置的优点是能够更多地包括外侧乳腺组织和腋部组织(图 11)。

**腋下位** 此种投照位置,虽不是直接投照乳腺,但对鉴别诊断具有一定价值。当疑有乳腺恶性肿瘤腋窝淋巴结转移或需要了解腋下淋巴结有否肿大时,加摄腋下位则很有必要。腋下位摄片可显示出肿大淋巴结的数量、大小和密度,不但有助于正确诊断,并为临床制订治疗方案提供依据,对估计预后亦





图 11 外侧部投照法

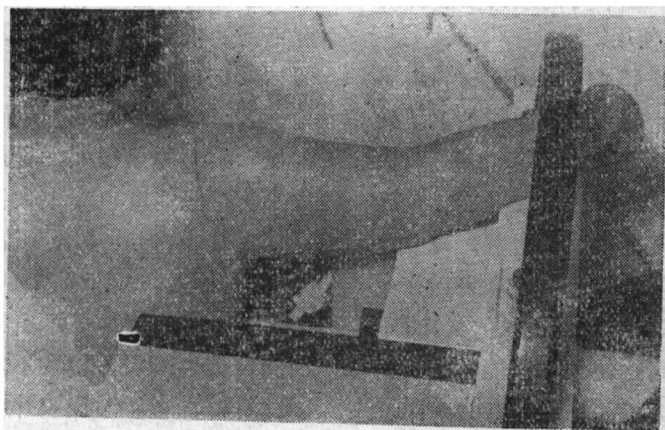


图 12 腋下位投照法

有一定帮助。部分副乳或副乳有病变者，如采用侧位或斜位片，则往往显示不够满意，而腋下位投照则常可获得良好效果。

腋下位投照不需加压，且压迫器有碍于操作，故应予以拆卸。投照方向宜以后前位，病人面对摄片台，启动升降立柱使摄片台的中心与腋窝相平，投照侧前肩紧靠摄片台，上臂外展  $90^\circ$ ，投照条件应较投照乳腺为高(图 12)。

### 三、增感屏、X线胶片和暗盒的选用

**增感屏** 一般认为，使用增感屏所摄的X线片，不如不用增感屏所摄的X线片质量好，且增感速度愈快，其清晰度愈差。但不用

增感屏，虽摄片质量较好，可是必须增加X射线的照射量，而增加照射量，对病人有一定损害；且曝光时间过长，散射线增加，还会增加X线片的灰度，影响摄片质量，曝光时间长，又会加重机器的负荷。根据医学上的特点，应以最少的曝光时间，最小的照射量，获得良好质量的X线片为要求，因此认为还是使用增感屏较为合理。

由于投照乳腺系采用软X射线源，工作电压又较低，若以通常方法使用前后两屏，则因前屏的荧光物质及其支持物都要吸收一定的X射线能量，以致到达X线片及后屏的X射线能量大大减弱，这是很不经济的。为了减少能量消耗，充分合理地利用软X射线源，