

借

社区卫生服务专业人员岗位培训系列教材

X 线专业人员培训教材

X XIAN ZHUANYE RENYUAN
PEIXUN JIAOCAI

主编 唐光健 孙永光



北京大学医学出版社

社区卫生服务专业人员岗位培训系列教材

X 线专业人员培训教材

主 编 唐光健 孙永光

编者名单 (以姓氏笔画为序)

刘 霞	北京积水潭医院放射科
孙永光	北京市海淀区医院影像科
李大胜	北京市海淀区医院影像科
胡立斌	北京市海淀区医院影像科
高树明	北京市海淀区医院影像科
唐光健	北京大学第一医院影像科
程克斌	北京积水潭医院放射科
程晓光	北京积水潭医院放射科
燕树林	北京市同仁医院放射科

北京大学医学出版社

X XIAN ZHUANYE RENYUAN PEIXUN JIAOCAI

图书在版编目 (CIP) 数据

X线专业人员培训教材/唐光健 孙永光主编. —北京:
北京大学医学出版社, 2004. 10

(社区卫生服务专业人员岗位培训系列教材)

ISBN 7-81071-687-5

I. 放... II. ①唐... ②孙... III. 放射诊断—技术培训—教材 IV. R814

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 086898 号

X 线专业人员培训教材

主 编: 唐光健 孙永光

出版发行: 北京大学医学出版社 (电话: 010-82802230)

地 址: (100083) 北京市海淀区学院路 38 号 北京大学医学部院内

网 址: <http://www.pumpress.com.cn>

E-mail: booksale@bjmu.edu.cn

印 刷: 北京地泰德印刷有限公司

经 销: 新华书店

责任编辑: 韩忠刚 责任校对: 杜悦 责任印制: 张京生

开 本: 787mm×1092mm 1/16 印张: 10 字数: 248 千字

版 次: 2004 年 10 月第 1 版 2004 年 10 月第 1 次印刷 印数: 1—3000 册

书 号: ISBN 7-81071-687-5/R·687

定 价: 28.00 元

版权所有, 违者必究

(凡属质量问题请与本社发行部联系退换)

《社区卫生服务专业人员岗位培训系列教材》

评审委员会

顾	问	金大鹏	梁万年	
主	任	贾明艳	于小千	潘苏彦
副	主	周东海	蒋保季	
委	员	曾昭耆	南潮	王乐辉
		杨虎	刘颖	朱凤雏
		张广信		

序

2004年全国卫生工作会议指出,建设一支党和人民信得过的卫生医疗队伍,是卫生事业改革与发展取得成功的关键。这支队伍的思想、品德、作风、能力和水平决定着我国卫生事业的未来。

医疗卫生行业联系千家万户,与广大人民群众切身利益密切相关。而我国现状是卫生技术人员匮乏,整体素质不高,在农村和城市社区尤为突出。这将直接影响到卫生事业的可持续发展。

中共中央《关于进一步加强人才工作的决定》,强调要树立人才资源是第一资源观念,卫生战线要把加快卫生人才培养作为保证卫生事业可持续发展的关键因素和基础条件,切实抓好人才培养、吸引和用好三个环节,探索新形势下加快人才培养,特别是农村和城市社区人才培养的新路子。

为了确保北京市社区卫生服务健康可持续发展,提高社区卫生服务团队各专业人员整体素质,在1999年启动的全科医学培训工程以培养全科医师、社区护士和社区防保医师为主的基础上,2004年北京市卫生局决定在海淀区辖区内启动社区中医师、口腔医师、X线、检验、药学、B超、心电图、康复、精神卫生九个社区卫生服务专业岗位人员的岗位培训、考试持证聘任上岗试点工作,社区中医专业岗位培训考试持证聘任上岗试点由北京市中医管理局直接组织实施。

我们组织了九个专业的专家组,深入社区进行调研和论证,相继制订出各专业的“岗位标准”、“岗位培训考试大纲”,并编辑出版“社区卫生服务专业岗位人员培训系列教材”,由北京大学医学出版社正式出版。(中医教材由中央电大出版社出版)

这套系列培训教材打破了传统各专业教材的系统性和完整性,突出了社区卫生服务专业岗位特点,根据社区各专业岗位工作需要和居民的需求,进行内容的整合重组,强调教材的针对性和实用性。具有鲜明社区特色和编写特点,目前我国尚未见到同类教材,它对北京市社区卫生服务各类专业人才培养和社区卫生服务工作健康发展,将起到推动作用,对全国也可能有一定借鉴意义。

由于这是一项开拓性、创新性工作,系列教材肯定会存在很多缺陷,在试点过程中我们会认真总结经验,倾听各方意见和建议,不断完善教材内容,在全新的社区各类专业岗位培训领域拓展创新,取得更大成绩。

顾问 金大鹏

2004年9月

前 言

在编写这本辅导教材之前，我们对部分社区医院做了一次调查。人数少，任务重，担负着从投照、冲洗胶片到诊断，有时还要对放射设备做维护与简单故障排除的任务，是目前多数社区医院放射医生工作的现状。虽然 X 线设备多较简单，但在社区医院放射科检查的病人却并非都是常见病的病人。针对这种情况与市卫生局的要求，我们编写了这本辅导教材。

在教材中，我们设置了 8 章，将重点放在常规 X 线常见病，如骨与关节、呼吸、循环系统等疾病的诊断上。由于较少开展造影检查，我们将消化道造影、尿路造影放在一章内，并在这一章内对常用造影剂做了较为详细的介绍。从临床实用出发，本书还设置了腹平片的诊断一章，将腹平片的一些异常表现，特别是急腹症的诊断收入章内。在这些章节中，针对社区放射科医生的特点，还写了投照技术与照片的评判的内容。虽然大多数社区医院放射科没有 CT 等现代大型影像设备，但作为放射科医生，常要接触 CT、MRI 的影像材料，这就要求社区医生熟悉这些影像，并对目前影像医学的进展有一定的了解。颅脑的影像诊断及影像新技术的基本概念两章就是为这一目的设置的。在总论一章中，除 X 线的基本理论外，还增加了关于 X 线设备、胶片以及投照等方面较为详细的内容，也是针对社区放射科医生特点的。

总之，我们希望通过这本教材，能够对广大社区放射科医生的学习与提高有所帮助。当然，更高水平的提高还需要参考其他内容更丰富的教科书与论著。

唐光健 孙永光

2004 年 7 月

目 录

第一章 总 论

第一节 X 线的产生与性质	(1)
第二节 X 线成像	(4)
第三节 X 线诊断设备	(10)
第四节 X 线摄影技术概述	(12)
第五节 X 线照片冲洗技术	(19)

第二章 骨骼和肌肉系统

第一节 检查方法的选择	(22)
第二节 骨关节 X 线解剖	(25)
第三节 骨关节病变的基本 X 线征象	(29)
第四节 骨关节创伤	(36)
第五节 骨关节感染和结核	(43)
第六节 椎间盘病变	(52)
第七节 慢性关节病	(53)
第八节 骨与软组织肿瘤	(56)

第三章 呼吸系统

第一节 透视、投照与正常影像解剖	62
第二节 肺与纵隔的基本病变	67
第三节 肺炎	68
第四节 肺结核	71
第五节 支气管扩张	72
第六节 胸部外伤	73
第七节 气胸与胸腔积液	74
第八节 肺肿瘤与纵隔肿块	75

第四章 心脏与大血管

第一节 投照与正常影像解剖	79
第二节 心脏增大与肺血改变	84
第三节 常见心肺疾病	87
第四节 心包疾病	91

第五章 腹平片

第一节 临床应用、投照与正常影像解剖.....	93
第二节 异常气体	95
第三节 异常致密影	96
第四节 软组织异常	98

第六章 造影检查

第一节 造影剂	99
第二节 上消化道造影.....	100
第三节 尿路造影.....	110

第七章 颅 脑

第一节 头颅平片.....	114
第二节 CT 平扫	117

第八章 影像新技术的基本概念

第一节 CT	128
第二节 MRI	132
第三节 DSA	138
第四节 CR 与 DR	140

附录 1 北京市社区卫生服务专业人员岗位标准

附录 2 X 线专业考试大纲

第一章 总 论

第一节 X 线的产生与性质

一、X 线的产生

1. X 线的产生

当 X 线管两极间有高压时，阴极钨丝放散的电子，就获得能量，以高速冲向阳极，由于阳极的阻止作用，使电子骤然减速而产生 X 线。

X 线产生的条件必须具备以下三个条件：

(1) 电子源：钨丝通过电流加热后，即放射出电子。这些电子在灯丝周围形成空间电荷，也称电子云。

(2) 高速电子的产生：灯丝放散出来的电子，能以高速冲击阳极，还必须有两个条件。第一，必须在 X 线管的阴极和阳极间加以高电压，两极间的电位差使电子向阳极加速；第二，为防止电子与空气分子冲击而减速，X 线管必须保持高度真空。

(3) 电子的骤然减速：高速电子的骤然减速，是阳极阻止的结果。此时电子的一部分能量转换为 X 线。因为阳极需要承受高速电子的冲击，所以靶物质（焦点面），一般都是用高原子序数、高熔点的钨制成。阳极的作用有两个，阻击高速电子；完成高压电路的回路。

2. X 线的放射方式

高速电子在钨靶上丢失能量时，有两种不同的放射方式产生出 X 线，即连续放射和特性放射。

(1) 连续放射：当高速电子接近原子核时，电子（带负电荷）由于受核电场（正电荷）的吸引，而偏离原来的方向。在方向改变时，电子因丢失能量而减速。此时电子所丢失的能量，直接以光子的形式放射出去。这样产生的 X 线为连续放射。连续 X 线的能量，决定于①电子接近核的情况；②电子的能量；③核电荷。

(2) 特性放射：特性 X 线是高速电子冲击靶物质内层轨道电子而产生的。一个常态的原子经常处于最低能级状态，也就是说，它永远要保持其内层轨道电子是满足的。如果从钨原子移去一个电子，就会造成这个原子有剩余的正电荷，而成为正离子。原子在恢复正常状态时，K 层电子空位常由 L 层电子补充，这是因为 L 层电子比 K 层电子的能量多。当电子从 L 层转换到 K 层时，将把多余的能量作为 X 线光子放出，这种放射就称为 K 特性放射。

在 X 线诊断能量范围内，70kVp 以下不产生 K 特性 X 线；80~150kVp K 特性 X 线占 10%~28%；150kVp 以上特性 X 线减少。

二、X 线的性质

1. X 线的本质

(1) X 线的本质：X 线本质是一种电磁波。它与无线电波、可见光、 γ 射线一样都具有一定的波长和频率。由于 X 线光子能量大，可使物质产生电离，故又属于电磁波中的电离辐射。

(2) X线的二重性：X线与其它电磁波一样，具有波动和微粒的二重性。X线的波动主要表现在以一定的波长和频率在空间传播；它的微粒性主要表现为光子形式在辐射和吸收时具有能量、质量和动量。波动和微粒二重性是X线的客观属性，在不同条件下属性表现的侧重点会有所不同。如X线在传播中发生的反射、干涉、衍射等现象，突出表现了它的波动性；而在与物质作用发生能量交换时，又突出了微粒性的表现。

2. X线的特性

(1) 物理效应：体现为穿透性、荧光作用、热作用、干涉、衍射、反射、折射作用、电离作用。

(2) 化学效应：感光作用、着色作用。

(3) 生物效应：生物细胞在一定量的X线照射下，可产生抑制、损伤、甚至坏死。

三、X线产生的效率与强度

1. X线产生的效率

产生X线所消耗的总能量与阴极电子能量之比，称作X线发生效率。

例如，在X线诊断领域内，当管电压为100kV，靶物质为钨(W)原子序数是74时，X线产生的效率则为0.8%，而88.2%则为产生的热量。

2. X线强度

(1) X线强度的定义：X线强度是垂直于X线束的单位面积上，在单位时间内通过的光子数和能量的总和，即线束中的光子数乘以每个光子的能量。在实际应用中，常以量与质的乘积表示X线强度。量是线束中的光子数，质则是光子的能量（也称穿透力）。连续X线波谱中每条曲线下的面积表示连续X线的总强度。

(2) 影响X线强度的因素

靶物质：在一定的管电压和管电流下，放射量的多少决定于靶物质。靶物质的原子序数越高，产生X线的效率就越高。X线管选用钨或钨合金作为靶物质。

管电压(kVp)：X线光子的能量，取决于冲击电子的能量大小，而电子的能量又由管电压kVp来确定。所以，管电压决定产生X线最大能量的性质。

管电流(mA)：管电压的大小并不决定X线的质。但是在管电压一定下，X线强度决定于管电流。因为管电流愈大，冲击阳极靶面的电子数愈多，产生的X线光子数就多。

高压波形：X线发生器产生的高压都是脉动式的。由于不同的整流方式，如单相全波、三相六脉冲、三相十二脉冲、变频发生器等，所产生的高压波形的脉动率有很大区别。而X线光子能量取决于X线的最短波长，也即决定于管电压的峰值。当整流后的脉动电压越接近峰值，其X线强度越大。

四、X线与物质的相互作用

X线与物质的相互作用形式有：相干散射、光电效应、康普顿效应、电子对效应、光核反应等。X线诊断领域，主要涉及光电效应和康普顿效应。

1. 光电效应

X线与物质相互作用时，X线光子能量全部给予了物质原子的壳层电子。获得能量的电子摆脱原子核的束缚，成为自由电子。而X线光子则被物质的原子吸收。这一过程称为光电效应。

2. 光电效应在X线摄影中的实际意义

(1) 光电效应不产生有效的散射，对胶片不产生灰雾。

(2) 光电效应可增加射线对比度。X线影像的对比,产生于不同组织的吸收差异,这种吸收差别愈大,则对比度愈高。

(3) 在光电效应中,因光子的能量全部被吸收,这就使病人接受的照射量比任何其它作用都多。为了减少对病人的照射,在适当的情况下,要采用高能量的射线。

3. 康普顿效应

康普顿效应也称散射效应或康普顿散射。它是X线诊断能量范围内,X线与物质相互作用的另一种主要形式。当一个光子击脱原子外层轨道上的电子时,入射光子就被偏转以新的方向散射出去。光子的能量一部分作为反跳电子的动能,而绝大部分是作为光子散射。

在摄影中所遇到的散射线,几乎都是来自这种散射。因为散射吸收是光子和物质相互作用中的主要形式之一,所以在实际工作中我们无法避免散射线的产生,而只能想办法消除或减少它的影响。

4. 相互作用效应产生的几率

在诊断X线能量范围内,相干散射占5%,光电效应占70%,康普顿效应占25%。它们之间的相互比率将随能量、物质原子序数等因素的改变而变化。就人体而言脂肪和肌肉的原子序数要低于骨骼。常用对比剂碘和钡属于高原子序数的元素。脂肪和肌肉除在很低的光子能量外,散射作用是主要的;对比剂的原子序数高,以光电效应为主;骨骼的作用形式,在低能量时主要是光电作用,而在高能量时则变为主要是散射作用。

总之,X线和物质的各种相互作用都有它的重要性,就X线摄影而言,各种作用的结果,都造成了X线强度的减弱,这是X线影像形成的基本因素。

五、X线对人体的危害与防护

1. X线对人体的危害

辐射损伤是一定量的电离辐射作用于机体后,所引起的病理反应。它分为急性放射损伤和慢性放射损伤。X线照射到生物体时,与机体的细胞、组织、体液等物质相互作用,引起物质的原子或分子的电离,机体内某些大分子结构,甚至细胞结构受到损伤。而且,会引起一系列继发作用。当导致器官水平的障碍乃至整个机体水平的变化时,便可出现放射损伤的体征和症状。

单个或小量细胞受辐射损伤可出现随机性效应,而大量细胞受到破坏时,则导致非随机性效应。

2. X线防护原则

X线防护的目的,在于防止发生有害的非随机性效应,并将随机效应的发生率限制到认为可以接受的水平。X线的防护原则是:

建立剂量限制体系:包括辐射实践的正当化、防护水平最优化、个人剂量限值等三条基本原则。

建立防护外照射的基本方法:①缩短受照时间、增大与射线源的距离、屏蔽防护;②固有防护为主与个人防护为辅的原则;③X线工作者与被检者防护兼顾;④合理降低个人受照剂量与全民检查频率。

3. 我国放射卫生防护标准

(1) 我国放射卫生防护标准(GB4792-84)制定特点

采用了ICRP1977年26号出版物中综合防护原则及剂量当量限值。将辐射实践正当化、放射防护水平最优化、个人剂量当量限值作为放射防护的综合原则,避免以剂量当量限值或

最大允许剂量当量为惟一指标。辐射照射做到在可以合理达到的尽可能低的水平之下。

(2) 放射工作人员的剂量当量限值

防止非随机性效应的影响：眼晶体 150mSv/年 (15rem/年)，其它组织 500mSv/年 (50rem/年)。

防止随机性效应的影响：全身均匀照射时，为 50mSv/年 (5rem/年)；

在一般情况下，连续三个月内一次或多次接受的总剂量当量不得超过年剂量当量限值 (50mSv) 的一半 (25mSv)。

(3) 对公众的个人剂量当量限值

对于公众个人所受的辐射照射的年剂量当量应低于下列限值：全身：5mSv (0.5rem) 单个组织或器官：50mSv (5rem)。

(4) 对被检者的防护：①提高国民对放射防护的知识水平；②正确选用 X 线检查的适应证；③采用恰当的 X 线质与量；④严格控制照射野；⑤非摄影部位的屏蔽防护；⑥提高影像转换介质的射线灵敏度；⑦避免操作失误，减少废片率和重拍片率；⑧严格执行防护安全操作规则。

4. X 线屏蔽防护

屏蔽就是在射线源与人员之间设置一种能有效吸收 X 线的屏蔽物，从而减弱或消除 X 线对人体的危害。

(1) 铅当量：为便于比较各种防护材料的屏蔽性能，通常以铅为参照物，把达到与一定厚度的某屏蔽材料相同的屏蔽效果的铅层厚度，称为该屏蔽材料的铅当量。单位以 mmPb 表示。

(2) 主防护与副防护：主防护，即对原发射线照射的屏蔽防护。副防护，即对原发射线不直接照射，而受散射射线或漏射线照射的屏蔽防护。X 线诊断机房的主防护应有 2mm 铅当量的厚度；副防护应有 1mm 铅当量的厚度。

第二节 X 线成像

一、X 线信息影像的形成与传递

1. X 线信息影像的形成与传递

X 线透过被照体时，由于物体的吸收、散射而减弱，透射线仍能按原方向直进作用在某种接受介质上，从而形成了可见的 X 线影像。如果把被照体作为信息源，X 线作为信息载体，那么，X 线诊断的过程就是一个信息传递与转换的过程。

X 线信息影像的形成与传递分为五个阶段。

第一阶段：X 线对三维空间的被照体进行照射，从而取得载有被照体信息成分的强度不均匀分布。此阶段信息形成的质与量，取决于被照体因素（原子序数、密度、厚度）和射线因素（线质、线量、散射线）等。应当指出，X 线影像是在此阶段形成的，只是不能为肉眼识别，将其称为 X 线信息影像。

第二阶段：将不均匀的 X 线强度分布，通过接受介质（增感屏-胶片系统、荧光屏影像增强器系统、电影等等）转换为二维的光强度分布。如果以增感屏-胶片系统作为接受介质，那么这个荧光强度分布传递给胶片形成银颗粒的分布（潜影形成），再经显影加工处理成为二维光学密度的分布。此阶段的信息传递转换功能取决于荧光体特性、胶片特性及显影加工条

件。此阶段是把不可见的 X 线信息影像转换成可见密度影像的中心环节。

第三阶段：借助看片灯，将密度分布转换成可见光的空间分布，然后投影到视网膜。此阶段信息传递的质量，取决于看片灯亮度、色光、观察环境以及视力。

第四阶段：通过视网膜上明暗相间的图案，形成视觉的影像。

第五阶段：最后通过识别、判断做出评价或诊断。此阶段信息传递取决于医师的学历、知识、经验、记忆和鉴别能力。

X 线摄影目的，就是掌握和控制 X 线影像形成的条件，准确大量的从被照体中取得有用的信息，并真实地转换成可见影像。其中有两个关键，一是当 X 线通过被照体时，究竟以多大程度把客观的信息准确地传递出来；二是从信息接受介质来讲，又以何种程度把信息真实地再现成可见影像。

2. X 线照片影像的形成

X 线透过被照体时，由于被照体对 X 线的吸收、散射而减弱，透射线仍按原方向直进（散射射线不形成影像），作用于屏-片系统，经显影加工后，则形成了密度不等的 X 线照片影像。

X 线照片影像的形成，是利用了 X 线具有的穿透、荧光、感光等特性，以及被照体对 X 线吸收差异的存在。

概括地讲，构成照片影像的五大要素是：密度、对比度、锐利度、颗粒度及失真度，前四项为构成照片影像的物理因素，后者为构成照片影像的几何因素。

二、照片影像密度

1. 照片影像密度的概念

当照片置于观察器上时，可以看到一幅黑白相间的影像。人们把这种黑化程度称为照片影像的密度或黑化度。确切地讲，当入射光强度为 I_0 ，透射光强度为 I ，则透光率为 I/I_0 ，阻光率为透光率的倒数 I_0/I 。密度即是阻光率以 10 为底的对数。

$$D = \text{Log}_{10} I_0 / I$$

人眼对影像密度的识别范围在 0.25~2.0 之间，此即诊断密度范围，借助强度灯可以提高识别高密度影像的能力。

2. 影响照片密度的因素

（1）照射量：在正确曝光下，照射量与密度成正比，但在曝光过度或不足时，相对应的密度变化小于照射量变化，这说明影像密度的大小取决于照射量因素，还决定于胶片对其照射量的反应特性。

（2）管电压：由于作用于胶片的 X 线感光效应与管电压 n 次方成正比。所以当胶片对其响应处于线性关系时，密度的变化则与管电压的 n 次方成比例。管电压从 40~150kVp 时， n 的变化从 4 降到 2。所以，使用低电压技术摄影时，管电压对照片密度的影响要大于高电压技术。高电压摄影时，摄影条件选择的通融性要大；低电压摄影时，管电压选择要严格，宽容度小。

（3）摄影距离：X 线强度的扩散遵循反平方定律。所以，作用在胶片上的感光效应与摄影距离平方成反比。

（4）增感屏-胶片系统：在 X 线摄影中，增感屏与胶片组合使用，其相对感度高，影像密度大。

（5）被照体厚度、密度：照片密度随被照体的厚度、密度增高而降低。人体除肺脏以

外，各脏器的密度大体接近于 1。肺脏不能单以厚度来决定其吸收程度，这是因为肺脏的吸气程度不同，从而对照片密度的影响也不同。肺的吸气位与呼气位摄影要获得同一密度影像，X 线量相差 30%~40%。

(6) 照片冲洗因素：X 线照片影像密度的变化，除上述因素之外，与照片的显影加工条件有密切关系。如显影液特性、显影温度、冲洗机的显影液、定影液的补充量等等。

3. 适当密度的定义

符合诊断要求的照片密度，应适当且层次丰富。一张照片影像的最低密度部分，不低于人眼能辨别的最低密度；而影像密度高的部分又能清晰地显示出细节来，这样的照片密度就是适当的，其密度范围在 0.25~2.0 之间。

三、X 线照片影像的对比度

1. 对比度的概念

X 线摄影学中对比度的概念十分重要，它是形成 X 线照片影像的基础。这中间涉及了三个基本概念：

(1) 射线对比度：X 线到达被照体之前不具有任何的医学信号，它是强度分布均匀的一束射线。当 X 线透过被照体时，由于被照体对 X 线的吸收、此时即形成了 X 线信息影像。

(2) 胶片对比度：射线对比度所表示的 X 线信息影像，是不能为肉眼所识别、只有通过某种介质的转换才能形成可见的影像，如 X 线照片影像，这个转换介质可以是胶片或屏片体系。那么，X 线胶片对射线对比度的放大能力，即称为胶片对比度。它取决于胶片的最大斜率 (γ 值) 或平均斜率。

(3) X 线照片对比度：X 线照片上相邻组织影像的密度差，称为照片对比度。照片对比度依存于被照体不同组织吸收所产生的射线对比度，以及胶片对射线对比度的放大结果。

2. 影响照片影像对比度因素

(1) 被照体本身因素：照片对比度是射线对比度被胶片放大的结果，射线对比度又是生物体对 X 线吸收的结果，而这种差异又取决于物质的吸收能力，即与物质的原子序数、密度、厚度和 X 线波长有关。

1) 原子序数：在诊断放射学中，被照体对 X 线的吸收主要是光电吸收，特别是使用低 kVp 时。光电吸收随物质的原子序数的增加而增加。人体骨骼由含高原子序数的钙、磷、氧组成。所以骨骼比肌肉、脂肪能吸收更多的 X 线，它们之间也就能有更高的对比度。

2) 密度：组织密度愈大，X 线吸收愈多。人体除骨骼外，其它组织密度大致相同。肺就其构成组织的密度来讲与其它脏器相似，但肺在具有生命力时，是个充气组织。气体与血液、肌肉的吸收比例为 1:1 000，因此，肺有很好的对比度。

3) 厚度：在被照体密度、原子序数相同时，就其本身的因素来说，照片对比度为厚度所支配。如胸部的前后肋骨阴影与肺部组织形成的对比度不一样，原因是后肋骨厚于前肋骨。另外，当组织出现气腔时，也能造成组织厚度的差别。因为空气对 X 线几乎没有吸收，在软组织中出现空腔就等于组织厚度变薄。

(2) 射线因素

1) 线质：照片对比度的形成实质，是被照体对 X 线的吸收差异。不取决于 X 线波长，但被照体本身的因素即不能人为的改变，只好由外界因素去调整。

2) 线量：一般认为 X 线量对照片没有直接影响。但因为增加了线量就增加了密度，使照片上密度过低的部位对比度好转。也可以反过来，密度过高，把线量适当减少，也可以使

对比度增高。

3) 散射线：由 X 线管放射出的原发射线，照射到人体及其它物体时，则产生许多方向不同的散射线，它使照片的整体发生灰雾，影响照片对比度。一张好的照片必须对所产生的灰雾尽力预防及清除。

(3) 照片因素

1) 增感屏：使用增感屏可以减少散射线，提高照片对比度。

2) 胶片对比度：胶片对射线对比度的放大能力，就是胶片对比度。胶片对比度大，照片影像对比度高。

3) 冲洗技术：经 X 线照射的胶片，只有经过冲洗才能显示出黑白影像来。因此，冲洗技术直接影响着照片对比度。

(4) 看片灯：看片灯的亮度、颜色以及照射野也影响着对比度。

我们可以把上述影响对比度的因素归纳为三大因素：射线对比度、胶片对比度、灰雾度。射线对比度与胶片对比度均高，则照片对比度高。前两者任何一方或两方对比度都低，照片对比度低。

四、散射线及其消除

1. 散射线的产生

X 线影像的形成是利用了 X 线的直进性，而 X 线对人体照射时，所产生的散射线只能是一个使 X 线影像细节模糊不清的因素。散射线对照片对比度的损害，在于使照片出现灰雾。这些散射线几乎全部来自康普顿散射。

2. 散射线含有率及其影响因素

透过被照体作用在胶片上的 X 线量，是自 X 线管发出的被人体组织减弱的直进的原射线与散射线之和。散射线在作用于胶片上的全部射线量中所占比率，称为散射线含有率。

3. 影响散射线含有率的因素

(1) 管电压：散射线含有率随管电压的升高而加大。此外，散射线光子能量，也因原发射线能量（管电压）增加而增加。而且，原发射线能量越大，所产生的散射线光子的散射角越小，与直进的形成影像的原发射线越靠近，如此散射线对照片对比度产生灰雾的机会也越大。

(2) 被照体厚度：在相同管电压及照射野下，散射线含有率则随被照体厚度的增加而大幅度增加。被照体厚度产生的散射线对照片影像效果的影响。要比管电压产生的影响大得多。

(3) 照射野：照射野是产生散射线的最主要因素，当照射野增大时，散射线含有率大幅度上升。

4. 散射线的消除

(1) 减少和消除散射线的方法

1) 减少散射线的发生：利用 X 线束限制器；在能穿透照射部位的前提下，选择较低管电压的方法，可减少散射线的发生。

2) 减少到达胶片的散射线量：利用加大被照体与胶片距离、使用金属后背盖的暗盒和使用滤线栅等方法，可减少到达胶片的散射线量。

3) 相对抵消作用在胶片上的散射线效果。

五、X 线照片影像的锐利度

1. 锐利度的概念

照片上两个相邻的 X 线吸收不同的组织影像，其境界明了的程度，也即两部分影像密度的转变是逐渐的还是明确的程度。

模糊度是锐利度的反义词，也称不锐利度。它表示从一个组织的影像密度，过渡到相邻的另一组织影像密度的幅度，它以长度（mm）量度，即锐利度公式中 H 值。上述两密度移行幅度越大，其边缘越模糊。当两个相邻影像的密度移行幅度（模糊度） $H \geq 0.2\text{mm}$ 时，人眼就会感到影像的模糊。

2. 影响照片锐利度的因素

（1）几何模糊

凡经过 X 线的减弱，而构成的被照体影像，均是由被照体本影及本影以外的被照体半影构成。半影的产生导致影像的模糊。

由于几何投影关系，半影的产生取决于 X 线管焦点尺寸、被照体-胶片距离，以及焦点-胶片距离三大要素。在 X 线投影过程中，照片影像由此三大要素产生的模糊度，称为几何模糊。

1) X 线管焦点尺寸与半影：X 线管焦点尺寸越大，半影也越大，影像锐利度越差。

2) 阳极效应：由于阳极面的倾斜角度，从 X 线管阳极端 X 线强度及有效焦点尺寸均小于阴极端，这种效应称为阳极效应，或焦点的方位特性，故阳极端影像锐利度大于阴极端。

3) 焦点-胶片距离：焦点-胶片距离越大，则 X 线束越趋向平行，半影也就越小。在 X 线摄影中不可能无限制加大焦点-胶片距离，因 X 线强度依反平方定律减弱。因此，在实际摄影中应根据不同部位的具体要求，并保证因半影所产生的模糊度，低于人眼所能识别的标准的情况下确定摄影距离。

4) 被照体-胶片距离：当焦点尺寸、焦点-胶片距离固定时，半影则随被照体-胶片距离的增大而加大。反之被照体越靠近胶片，半影就越小，影像也就越锐利。

综上所述，在 X 线摄影中要随时考虑到几何模糊因素给影像质量带来的影响。为此要求：①被照体（或病变一侧）尽可能贴近胶片；②尽可能使用小焦点；③尽可能使用较大的焦点-胶片距离，其中选择小焦点是最为重要的。

（2）移动模糊

在 X 线摄影过程中，X 线管、被照体及胶片三者应保持静止。若其中有一个因素发生移动，影像必然出现模糊。产生移动的原因有两种：①设备移动；②被照体移动。被照体移动又分两类：①生理性移动，如呼吸、心脏搏动、胃肠蠕动、痉挛等。其中只有呼吸移动可以通过屏息暂时加以控制，余下不受控制；②意外性移动，如体位移动，它可以设法人为控制。移动使照片影像产生更大模糊，因为除了几何模糊之外，还要加上因移动因素产生的更大半影。

（3）增感屏-胶片系统的模糊

荧光体的光扩散，增感屏与胶片的密着不良，荧光交迭效应，X 线斜射效应。

（4）照片影像的总模糊度

照片影像的模糊度涉及许多因素，其中主要是几何模糊、移动模糊、屏-片系统的模糊三大要素。照片影像的总模糊度是以上各种模糊的最终效果。在影像总模糊的因素中，最大模糊是移动模糊，其次是几何模糊。总模糊度大于单一系统的模糊度，而小于它们的算数和。

六、X 线照片影像的颗粒度

1. 定义

当靠近照片观看时，人们会发现整幅图像是由许许多多的小的密度区域（颗粒）组成的。由于它们的组合便形成了影像，这种粗糙或砂砾状效果叫颗粒性，其物理测定值为颗粒度。

2. 影响颗粒性的因素

影响影像颗粒性的因素最为重要的有四种：X 线量子斑点（噪声）、胶片卤化银颗粒的尺寸和分布、胶片对比度、增感屏荧光体尺寸和分布。

七、X 线照片影像的放大与变形

1. 影像放大与变形的概念

X 线照片影像形成的物理条件，构成了一幅有层次的黑白相间的图案，而影像的形态则取决于 X 线投影过程中的几何关系。在 X 线投影过程中，如果被照体影像与实际物体具有同样的几何形态，只有几何尺寸的改变时，称为影像的放大。若同时又有形态上的改变，称为变形。影像放大与变形的程度，总称为失真度。

2. 影像的放大

焦-片距与物-片距，是影响影像放大的两个主要因素。当焦-片距一定时，物体影像放大就决定于物-片距。物-片距越远，影像放大就愈大；如果物-片距保持不变，焦-片距越近，影像放大也就越大。

3. 影像的变形

照片影像的变形，是同一被照体的不同部位，产生不等量放大的结果。一般地说，对影像大小的判断是比较容易的，它可以通过放大率的计算得出结论。然而，影像形态的判断却比较困难，因为人体组织本身的形态就是各种各样，而且不断变化。即便是同一组织，也可因中心射线、该组织以及胶片三者位置的变化，而显示出不同的形态。

变形的类型：放大变形、位置变形、形状变形。

4. 变形的控制

影像的放大与变形是受 X 线投影过程中几何条件的控制，即取决于中心线（焦点）、被照体、胶片三者间位置的关系。所以，为防止影像的严重变形，应遵循以下几个原则：①被照体平行胶片时，放大变形最小；②被照体接近中心线，并尽量靠近胶片时，影像的位置变形最小；③一般地说，中心线射入点应通过被检部位，并垂直于胶片时，影像的形状变形最小。

八、X 线摄影条件的选择

1. 摄影条件选择的基本因素

(1) 管电压的选择

在实际选择管电压时，必须考虑到管电压与 X 线照片影像形成的如下关系：

- 1) 管电压表示着 X 线的穿透力。
- 2) 管电压控制着照片影像对比度。
- 3) 管电压升高，摄影条件的宽容度增大。
- 4) 高电压摄影，在有效地消除散射线的情况下，信息量和影像细节可见度增大。

(2) 管电流与摄影时间

由于 X 线管容量的限制，管电流的选择不能是任意的，必须从 X 线管规格表中找出对