

# X 线 摄 影 技 巧

X-XIAN SHEYING JIQIAO

主 编 刘春华 张 友  
编著者 (以姓氏笔画为序)  
刘春华 张 友  
陆 毅 宫官中  
审 阅 刘怀军



人 民 军 医 出 版 社

People's Military Medical Publisher

北 京

图书在版编目(CIP)数据

X线摄影技巧/刘春华等编著. —北京:人民军医出版社,  
2002.6

ISBN 7-80157-493-1

I. X… II. 刘… III. X射线检照技术-基本知识 IV. R814.3

中国版本图书馆CIP数据核字(2002)第007502号

人民军医出版社出版

(北京市复兴路22号甲3号)

(邮政编码:100842 电话:68222916)

人民军医出版社激光照排中心排版

三河市印务有限公司印刷

春园装订厂装订

新华书店总店北京发行所发行

\*

开本:850×1168mm 1/32·印张:10.625·字数:269千字

2002年6月第1版 (北京)第1次印刷

印数:0001~4000 定价:25.00元

(购买本社图书,凡有缺、倒、脱页者,本社负责调换)

## 内容提要

本书共十五章,主要包括临床 X 线摄影的基本技术和要求;骨骼系统、呼吸系统、消化系统、循环系统、泌尿系统、软组织等的 X 线摄影技巧和方法;以及气脑和脑室、血管、支气管、椎管和其他器官、部位的 X 线造影摄影技巧和方法等;插图 300 余幅。是一本简明实用、图文并茂的影像学工具书。适于医院、门诊部放射科医师、技师和临床医师工作中参考,亦可供医学院校师生阅读。

责任编辑 杨磊石 罗子铭

# 前 言

X线摄影是临床最常见的检查手段之一,且易被患者所接受,因其涉及内、外、五官、妇儿等科,故临床医生多借助于X线摄影作为诊断手段。这就要求X线技术工作人员要掌握全面知识,运用合适胶片和摄影技巧摄出优质照片,以满足临床需要。本书基于这一目的,力求全面论及各种位置摄影技巧,以期对基层技术人员有所帮助。

本书对X线摄影进行了综述,并着重论述了X线摄影技巧要点和注意事项,内容简明、扼要,条理清楚,重点突出。另外,还参考多种文献资料,介绍了一些近年来的新成果、新方法,并附插图,以适应现代临床的需要。

本书得到中华医学会神经专业专家组成员、中华医学会河北省放射学会主任委员、河北医科大学第二医院医学影像科主任刘怀军教授审阅并给予了大力帮助指导,在此我们表示由衷的感谢。

在本书的编著过程中,尽管我们竭尽全力,但由于水平所限,书中缺点、错漏仍在所难免,敬请读者批评指正。

编 者

2002年1月12日

# 第一章 X 线照片及冲洗技术

## 一、X 线照片种类与性能

常用的医用 X 线胶片属于银盐感光材料中的一种，一般可分为四类。

### (一)一般摄影用 X 线胶片

1. 感蓝胶片 感蓝片是配合发蓝紫色荧光的增感屏使用的色盲片，其吸收光谱的峰值在 420nm，是一种标准感度的通用型 (RX 型) 胶片，适用于大部分的一般摄影使用，性能适中，低灰雾高对比，可使骨骼、空气和造影剂之间对比增强。

2. 感绿胶片(扁平颗粒胶片) 感绿片是一种配合发绿光的增感屏使用的正色片，其吸收光谱的峰值在 550nm。它是将三维卤化银颗粒切割成扁平状，以预期的方式排列，并在乳剂中加入了一层防荧光交叠效应的染料，从而增加了影像的清晰度。

3. 乳腺摄影用正色胶片 这是一种高分辨率、高对比、单层乳剂、对绿色光敏感的乳腺专用胶片。由于采用了扁平颗粒技术，使荧光交叠效应几乎减少到零，可获得极为清晰锐利的图像，皮肤线条影像可得到提高，特别是在乳腺放大摄影上有特色。

### (二)多幅相机和激光相机成像胶片

1. 多幅相机成像胶片 也称 CRT 图像记录胶片。适用于 CT、MRI、DSA、ECT 等多幅相机的成像记录。胶片为单面乳剂，背面涂有防光晕层，保证了影像的清晰和细腻，减少荧光物质造成

的影像模糊。

2. 激光相机成像胶片 它分为氦氖激光片(HN 型),吸收光谱峰值为 633nm;红外激光片(IR 型),吸收光谱峰值为 820nm。共同特点是具有极微细的乳剂颗粒,单层涂布,背底涂有防光晕层。激光片的数字成像质量远远高于多幅相机胶片的模拟成像。

### (三)影像增强器记录胶片

1. 荧光电影胶片 由于心血管放射学的发展,对荧光电影成像技术的要求越来越广泛和严格。因此,相应的胶片需要很高的感光度,细腻的影像颗粒。临床应用已有 5 种之多。

2. 荧光屏图像及荧光缩影胶片 此类胶片适用于荧光屏下描准摄影(点片)或体检荧光缩影。乳剂为单面,背面涂有防光晕层,规格分别有 70mm、90mm、105mm 卷片和 100mm×100mm 页片。

### (四)特种胶片

1. 直接反转胶片 利用紫外光源人工复印或通过专用复印机 1 次复印成功,取得与原版 X 线照片质量一样的图像。单层乳剂、蓝底聚酯片基,其感光特性恰与原片相反,为一个倒置的特性曲线,不曝光的部分为全黑。

2. 清洁用胶片 这是一种自动冲洗机辊轮清洁片。每日晨自动冲洗机开机后,均应用 3~5 张清洁片对放置一夜的冲洗机进行清洁。

## 二、X 线胶片结构

直接摄影用 X 线胶片,主要由乳剂层、片基、保护层和底层构成。保护层和底层又称附加层。

### (一)乳剂层

乳剂层主要由卤化银和明胶组成。

1. 卤化银 卤族元素氟、氯、溴、碘与银的化合物,统称卤化

银。这是一种具有感光性能的物质,起着记录影像的作用。其中氯化银(AgCl)、溴化银(AgBr)、碘化银(AgI)都应用于感光材料,只有氟化银因极易溶于水,故实际上不能应用。传统 X 线胶片的感光物质是溴化银加上微量的碘化银,扁平颗粒胶片的感光物质仅为溴化银。

卤化银是胶片产生影像的核心,从胶片制作到曝光、冲洗都是围绕着它进行的。卤化银是以微晶体状态存在,它的感光作用是以每个晶体为单位进行的,胶片记录下来的影像效果是千千万万个微小卤化银晶体感光效果的总和。

在其他相同条件下,晶体颗粒的大小、分布会给影像效果带来影响。X 线胶片卤化银颗粒平均为  $1.71\mu\text{m}$ ,在感光材料中是最大的。①晶体颗粒大,感光度高;②晶体颗粒分布均匀,对比度高,颗粒性好;③晶体颗粒大小不一,宽容度大;④晶体颗粒小,分辨率高。

2. 明胶 各种用于感光材料的卤化银均不溶于水,更不能直接涂布在片基。因此,需要一种胶性物质,以使卤化银晶体处于永久性的悬浮状态,互不接触,并均匀涂布在片基上,这种介质就是明胶。明胶的使用有以下几个特点:

(1)明胶能提高乳剂的感光度。

(2)明胶与银离子相互作用,生成一种不稳定的银胶络合物。明胶加热时,该络合物分解生成了银及硫化银,它们聚集在溴化银晶体的缺陷和位错的部位上,构成了感光中心。感光中心为潜影的形成提供了特殊的部位,成为潜影形成的“催化剂”。

(3)提高胶片感光度的另一原因,是因为明胶是一种吸卤剂,能吸收卤化银在感光时产生的卤原子,以防止卤原子与银原子的重新化合,因而相对地提高了感光度。

(4)明胶是一种保护性胶体。明胶可以包围卤化银晶体,使它们彼此不直接接触,并能均匀涂布在片基上,不沉淀,不结块,保护了未感光卤化银晶体不被显影,保证了影像的层次。

(5)明胶膨胀后具有多孔性,可使较小分子通过。多孔性可使胶片在制作中的水洗工序时,将多余的盐类冲洗掉,在显影加工时,易于影液的渗透。

(6)明胶具有热熔冷凝的性质。

(7)明胶粘性很强,使乳剂牢固地粘着在片基上。明胶参与坚膜作用。

(8)明胶最大的缺点就是性能不稳定。

3. 色素 色素为一种有机染料。不含色素的胶片,其吸收光谱范围大都限制在 500nm 以下的蓝紫区域,X 线胶片的感蓝胶片的吸收光谱峰值在此波长上,无需色素。

多幅相机和激光相机所用胶片(即 CT、MRI、DSA 等使用的胶片)、荧光描准摄影用胶片以及某些稀土增感屏组合使用的感绿片,由于它们感受的是荧光体发出的绿色光,所以需要在胶片乳剂中加入某种色素,以使乳剂的吸收峰值推向绿色波长(550nm)来提高感光度。

## (二)片基

X 线胶片均使用聚酯片基,其特点是熔点高,热稳定性好,弹性高,吸收性小,收缩性低,平整度好,化学稳定性好。但不易与乳剂粘合,静电过大。聚酯片基简称 PET。

## (三)附加层

包括保护层、底层及防光晕层。

1. 保护层 为防止质地柔软的乳剂层的机械损伤,在其表面涂有一层粘性很强明胶,予以保护。

2. 底层(结合层) 为使乳剂层牢固粘附在片基上,在片基表面涂有一层粘性很强的胶体,以防止乳剂层在加工时脱落。因片基表面有憎水性,不易与亲水的乳剂层粘连。

3. 防光晕层(防反射层) 间接摄影用的荧光缩影片、影像增强器记录片、多幅和激光图像胶片的结构中,尚有一层防光晕层,其作用是防止强烈光线从片基反射回去,再次使乳剂层感光,造成

影像的灰雾模糊。

#### (四) 高温快显胶片的特点

1. 涂层 低银薄层。
2. 材料 选用高强度的聚酯片基(PET), 175 $\mu\text{m}$  厚度。

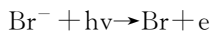
3. 附加剂 为适应自动冲洗技术及自动快速换片技术, 高温快显胶片需加入较多的附加剂, 如: ①能抑制保存中变化的稳定剂; ②高温显影时的有效防灰雾剂; ③保持药膜柔软性的增塑剂; ④能得以高速涂布的表面活性剂; ⑤提高药膜机械强度的坚膜剂; ⑥不致发生火花放电的防静电剂; ⑦增强高速传递性能的润滑剂; ⑧防止药膜表面粘连的毛面剂等等。

### 三、X 线胶片的感光及潜影的形成

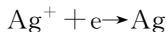
#### (一) 胶片的感光原理

胶片的感光是化学反应的光化学氧化还原反应。

胶片的核心物质卤化银的感光, 是在吸收光量子的能量后, 光子量子激发溴离子, 使其电子能量加大脱离溴离子, 即:



此电子又去还原银离子成为银原子, 即:



#### (二) 潜影的形成

潜影的形成分三步完成。溴化银晶体颗粒的溴离子, 受到光量子的冲击, 释放出若干电子。

这些电子在溴化银晶格内自由移动时, 遇到了感光中心被吸陷, 从而使感光中心带上了负电荷, 这个感光中心就成了陷阱。与此同时, 晶格内游离的银离子, 因为带有正电荷, 于是在静电吸引下被移向感光中心。

银离子与感光中心的电子中和, 形成了中性的银原子, 沉积在感光中心上。

光化学反应不断进行,感光中心的银原子聚集到一定大小时(至少 3~6 个银原子),它就成了显影中心,许许多多显影中心就构成了被照体的潜影。

## 四、增 感 屏

某种物质在紫外线、X 线、电子线等激发下,可将其吸收的能量以可见光形式释放出来,这种现象叫荧光现象。这种能发光的物质叫荧光体。

荧光现象是一个在物质内部进行的能量转换过程,其结果没有物质的变化。

在 X 线摄影中是通过增感屏负载荧光体来获得荧光现象的,即在一张硬纸基上涂上一层发光光谱与 X 线胶片吸收光谱相一致的荧光体,表面再附上一层合成树脂作为保护膜。这种在 X 线激发下,对胶片具有增感作用的器材称为增感屏。

### (一)增感屏的结构

1. 基层 基层相当于胶片的片基。它是利用树脂加工的硬纸板或聚酯塑料板制成的,为荧光体的支持物。

2. 荧光体层 主要组成物是荧光体,它悬浮于一种塑胶体中(如硝化纤维树脂)。此外,还含有一种能保证塑胶弯曲时不致断裂的物质。

荧光体分为两大类,即单纯型(如钨酸钙)和赋活型(如稀土类的荧光体)。其中赋活型由母体、赋活剂和融剂 3 种成分组成。母体是构成荧光体的基本成分(如  $\text{CaS}$ 、 $\text{BaS}$  等),它是荧光体具有种种特性的基础。赋活剂包含在荧光体中形成发光中心并增强其活性物质(如  $\text{Tb}$ 、 $\text{Eu}$  等)。融剂(如  $\text{KCl}$ 、 $\text{NaCl}$ 、 $\text{BaCl}_2$  等)促进母体的结晶化,同时有增加发光效率的作用。

3. 保护层 保护层主要由纤维化合物组成。有 3 个作用:①有助于防止静电现象;②对质脆的荧光体进行物理保护;③表面清

洁时可保护荧光体不受损害。

4. 反射层或吸收层 荧光体在 X 线激发下产生的荧光是向各方面发射的,其中有不少荧光向增感屏背面照射而损失掉。因此,对于高感度增感屏,在基层上涂一层光泽明亮的无机物(如二氧化钛、硫酸钡、氯化镁等),使荧光反射回胶片,提高了发光效率,此层即为反射层。而对于高清晰型增感屏,则在基层上加涂一层吸收物质(如碳黑、有机或无机颜料等),以吸收由荧光体向基层照射的荧光,防止荧光反射到胶片,提高影像清晰度,此层即为吸收层。

胶片暗盒内需两张增感屏,面对胶片粘贴。因此,放在暗盒背面的增感屏荧光体涂布要厚。这是因为,以入射 X 线为 100%,前屏可吸收其能量的 30%,后屏仅吸收 18%,其余为不易吸收的硬线而透过增感屏。因此,为使胶片两面乳剂膜感受同等的照射量,就将后屏的荧光体颗粒做得粗一些,涂得厚一些。此外,有的增感屏还在后屏基层的前面镶入一层极薄的锡箔,以吸收 X 线的散射线。因此,在这种情况下,增感屏前后的使用不得颠倒。

## (二) 增感屏的种类

1. 钨酸钙屏 这是一种自 1897 年开始到现在仍广泛使用的标准通用型增感屏。荧光体为钨酸钙( $\text{CaWO}_4$ ),发射光谱在 350~560nm,峰值在 420nm,与感蓝片组合使用。

根据钨酸钙晶体颗粒的大小,这种屏又分为低速、中速、高速 3 种。

钨酸钙屏的主要缺点是它的 X 线光子的吸收效率和荧光转换效率较低。

2. 稀土增感屏 1972 年增感屏从传统的钨酸钙屏跨入了稀土屏的时代。稀土屏使用的是一种由稀土元素组成的“赋活型”荧光体。所谓稀土元素,是钇系和镧系 15 种元素的总称。稀土屏最大特点是在 X 线激发下发光效率高于钨酸钙屏。

稀土增感屏又分两类:一是发光光谱在蓝紫色光区(峰值

420nm),需与感蓝片组合使用的增感屏;一是发光光谱在黄绿色光区(峰值 550nm),需与感绿片匹配的增感屏。现时最常用的稀土屏为氟氯化钡/铕(蓝光)屏和硫氧化钆(绿光)屏。

### 3. 特殊增感屏

(1)超清晰型增感屏:适用于远端四肢关节摄影,观察微细的骨纹理影像。

(2)高电压摄影用增感屏:适用于 120kV 以上高电压摄影。充分利用穿透性很强的 X 线,而且为提高高电压摄影的像质特点,减少散射线的影响,该屏加有一层很薄的铅合金箔。

(3)同时多层增感屏:以 2mm、5mm 或 10mm 为间隔,在同一个多层暗盒内,有 3~7 层增感屏,用于同时多体层摄影。这种增感屏各有不同的增感率。

(4)感度补偿型增感屏:这是一种比常规增感屏尺寸长得多,由不同感度的荧光体组合而成的增感屏。它用于全身脊柱造影、上下肢全长摄影、血管造影等。

(5)乳腺摄影专用增感屏:为减少照射剂量,同时保证影像质量,现以单层乳剂胶片与单张软线增感屏组合使用的方法,将照射剂量减少到 1/5~1/30,最近又将单层微粒可塑型稀土屏专用于乳腺摄影。

(6)连续摄影用增感屏:这是一种用于快速连续换片装置中的增感屏。特点是增感率高。同时为适应胶片在装置中的高速传递,其表面的物理强度高,防静电性能好。

### (三)增感屏性能

1. 增感作用 增感屏的增感作用常以增感率表示。

(1)增感率:增感屏的最大作用在于提高 X 线对胶片的感光效应,这种作用的大小,以增感率的大小来衡量。在照片上产生同等密度为 1.0 时,无屏与有屏所需照射量之比,称为增感率,也称增感倍数或增感因数,即:

$$f = \frac{t_0}{t}$$

式中  $f$  为增感率,  $t_0$  为无屏照射量,  $t$  为有屏照射量。

然而,在实际摄影中,有无增感屏变换的机会是极少的,而频繁变换的是在不同种类的增感屏之间。因此,现在多采用增感速度(或感度)的概念,即增感屏之间增感率的比较。一般以增感率为 40 的中速钨酸钙屏为 100,其余各种增感屏均以产生相同密度 1.0 的感度与其比较。如氟氯化钡稀土屏的感度为 400~500,增感倍数为钨酸钙屏的 4~5 倍。

影响增感屏的因素有两项:增感屏的发光效率与屏结构的影响。

增感屏的发光效率( $\eta$ ):

$$\eta = \eta_a \cdot \eta_c \cdot \eta_t \cdot \eta^f$$

$\eta_a$ : X 线吸收效率;  $\eta_c$ : 荧光转换效率;  $\eta_t$ : 荧光传递效率;  $\eta^f$ : 屏-片匹配效率。

① X 线吸收效率( $\eta_a$ ): 荧光体不同,屏的 X 线吸收效率不同。在 X 线摄影的能量范围内,钨酸钙的 X 线吸收效率最低,稀土屏荧光体的 X 线吸收效率普遍较高,其中硫氧化钆屏的 X 线吸收效率最高,溴氧化镧次之,氟氯化钡再次之。X 线吸收效率高,则发光效率也高。

荧光体不同,吸收峰值的激发能量不同,即增感屏在某一特定能量的 X 线激发下,吸收效率急速上升。

荧光体不同,管电压特性不同。钨酸钙屏的感度受管电压影响不大,而稀土屏的管电压特性表明 70kV 以上感度明显增强。

② 增感屏的荧光转换效率( $\eta_c$ ): 荧光的产生是荧光体在 X 线激发下,将高能量 X 线光子转换成低能量可见光的过程,荧光转换效率高,屏的增感率也高。

③ 荧光体的传递效率( $\eta_t$ ): 增感屏发出的荧光,在达到胶片之前存在一个传递过程。其荧光由于在屏中的散射和吸收造成一定

程度的损失。这种损失越小荧光传递效率也就越高。

④增感屏发光光谱与胶片吸收光谱的匹配效率( $\eta_f$ ):增感屏在 X 线激发下均产生荧光,但不同的荧光体发出的光谱范围却不同。这中间存在着一个屏的发射光谱与胶片吸收光谱相匹配的问题。如果匹配得当,胶片才能获得自身应有的最大感光度。

(2)增感屏结构的影响:增感屏的结构及制作工艺,在一定程度上也影响着增感作用:①增感屏荧光体的颗粒大,增感率高;②增感屏中的结合剂使用量大,对荧光吸收小,增感率高;③增感屏支持体台纸的荧光反射率高,增感率高;④增感屏荧光体涂布厚度的增加,在适当数值下可提高增感率。

## 2. 增感屏对影像效果的影响

(1)影像对比度增加:使用增感屏所获得的照片对比度,永远高于无屏的照片影像。

(2)影像清晰度降低:照片影像的清晰度,由于增感屏的使用而大为降低,这是增感屏使用的最大弊端,其原因如下:

①荧光体的光扩散:增感屏中荧光体的涂布是有一定厚度的,且本身呈晶体颗粒状态,这就使得 X 线光子在荧光体层内的吸收点到胶片有一定距离,产生的荧光向各方向扩散,保护膜的涂布又加大了这一距离。

②增感屏与胶片的密着状态:增感屏需要粘贴在暗盒中与胶片组合使用。这存在一个增感屏与胶片密着状态对影像清晰度的影响问题。组合使用必然导致影像清晰度下降,原因是增感屏与胶片无论密着得多么良好,荧光体与胶片毕竟有一定距离,导致荧光的进一步扩散。密着(接触)程度不佳,就更加重了影像锐利度的下降;其次是增感屏表面不是绝对平滑的,因此,增感屏各点与胶片距离也就难以相等。

③X 线斜射效应:在 X 线摄影中,当 X 线倾斜射入屏片系统时,就会在胶片乳剂膜的两面分别记录下前后两屏上错开的影像,整个照片就会出现模糊。当 X 线中心线倾斜角度增大,前后增感

屏发光点的错开幅度增大,胶片前后乳剂层合成密度分布出现双峰状的大幅度移行。当 X 线垂直射入屏片系统时,则不出现上述斜射现象和效应。

(3)影像颗粒性变差:当人们肉眼观察 X 线照片时,会看到一定量的颗粒,它们不是乳剂中单个银颗粒或增感屏荧光体颗粒组成,而是一些在一定区域内大量集中的不规则的颗粒。这些有颗粒聚集的区域,称做斑点(噪声)。它反映着影像颗粒性的好坏。照片斑点由量子斑点、屏斑点及胶片颗粒性三要素构成。

## 五、医用胶片扁平颗粒技术

### (一)增感屏-胶片体系成像中的制约因素

增感屏的使用大大降低了屏-片体系的信息传递功能,这是屏-片体系成像过程中的第一个制约因素。人们为了减少被照体的辐射剂量,当然希望有高感度增感屏的出现。但是,又将因此带来照片斑点的弊端。降低影像的颗粒性,这是屏-片系成像过程中的第二个制约因素。

1. 导致屏-胶体系信息传递功能下降的原因 增感屏荧光体对胶片产生的多焦照射;屏-片密着不良;荧光交叠效应的影响;X 线斜射效应的影响。这 4 种现象导致了屏-片体系中信息传递功能下降,照片影像灰雾度增加,失真度加大。

2. 导致照片斑点出现的原因 X 线照片斑点的产生由量子斑点、屏结构斑点及胶片颗粒性三要素构成,其中量子斑点在使用高感度增感屏或高电压摄影技术中尤为突出。

所谓量子斑点,即 X 量子统计涨落在 X 线照片记录上的反映。X 量子冲击到某种介质的受光面上,会像雨点一样激起一个随机的图案,没有任何力量可以使它们均匀地分布在受光面上。使用高感度增感屏或应用高电压摄影容易出现照片斑点,就是因为入射光子数大为减少,从而加重了单位面积上 X 线光子数

的不均匀分布。

### (二) 扁平颗粒胶片对荧光交叠效应的解决

扁平颗粒胶片是将感光乳剂颗粒切割成扁平状,受光面积大,且散射效应减少。更重要的是,扁平颗粒胶片内加有一种品红染料,以吸收可能产生交叠效应的荧光,它可以降低大约 50% 的荧光交叠效应,从而增加影像清晰度。

### (三) 扁平颗粒技术对量子斑点的解决

扁平颗粒胶片必须与相对应发绿光的增感屏匹配相辅相成。硫酸钡增感屏有很高的 X 线吸收效率,以及荧光转换效率。因此,可以把极少的 X 线光子转换成大量荧光,使照射到胶片单位面积上的荧光光子数并不减少,而且更加均匀,从而减少了量子斑点的产生。

### (四) 扁平颗粒胶片的特点

1. 提高影像锐利度 光采集容量提高,可获得最大光吸收。采用荧光交叠效应的控制技术,减少影像模糊。扁平颗粒可大大减少散射光。

2. 提供制作非对称性屏-片体系的可能性 由于扁平颗粒乳剂采用了荧光交叠效应的控制技术,允许前层感光乳剂与后层乳剂光学匹配要求下降,使之出现另一突破性技术,即使用不同感光特性的非对称性屏-片体系的出现,为获得胸部大信息量的照片影像提供了条件。

3. 提供了在快速冲洗系统中使用的可能性 扁平颗粒技术的诞生突破了自动冲洗技术 90s 限制的禁区,提供了 45s 全程的快速冲洗系统。原因是:扁平颗粒表面积增大,使之更容易接触显影液和定影液,提高显影、定影速率。扁平颗粒胶片改变了传统胶片含有溴、碘化银乳剂,而以单纯溴化银做为感光乳剂。溴化银晶体比溴碘化银更易溶解,也就更易被显影。允许使用显影增强剂,提高了显影液的吸收力,并减少了显影的诱导期。预前期硬化的扁平颗粒,在快速冲洗系统中有更大的可靠性。

## 六、显影

### (一) 显影的定义

显影是将胶片感光后形成的潜影,转换成可见银影的化学反应过程。

显影方法有两种:一种是物理显影,即把显影液中的银离子作为还原银来源的显影方法;一种是化学显影,即把感光乳剂中的银离子作为还原银来源的显影方法。实际应用的全部为化学显影。

### (二) 显影液组成

对感光卤化银具有适当还原作用的溶液,称为显影液。通常显影液包括显影剂、保护剂、促进剂、抑制剂和溶剂等 5 种成分。

#### 1. 显影剂

(1) 分类:显影剂分为无机显影剂和有机显影剂,X 线照片冲洗全部用有机显影剂。

(2) 显影剂化学结构与显影剂作用的关系:有机显影剂大多属于芳香族化合物,其化学结构与显影作用有很大关系。

① 具有使潜影显影能力的芳香族化合物,必须具备 2 个羟基( $-OH$ )或 2 个氨基( $-NH_2$ );或是 1 个羟基和 1 个氨基。一般将这 2 个基团称为“显影基”。

② 在苯的衍生物中,显影基应为对位或邻位的显影剂才具有显影能力,而间位化合物不具有显影能力。

③ 对位结合的显影剂,显影作用大于邻位结合的显影剂。

④ 氨基( $-NH_2$ )中的氢原子被烷基置换,显影剂的显影能力增强。

⑤ 苯环上的某些氢原子被羟基、烷基、卤素原子等置换,也不影响其显影性能。

⑥ 含有 2 个羟基( $-OH$ )的显影剂,在 pH 值较大时,显影作用增强,在 pH 值较小时,几乎无显影作用,如对苯二酚。