

吕其若

四川美术出版社

1988年·成都

实用底片加工技术

前 言

一张艺术照片的产生，固然需要摄影者前期的艺术构思和创作，同时，也离不开后期的暗房加工技术。

降低胶片乳剂颗粒的大小，选择性能优良的显影液，使用正确的显影技术，是获得理想底片的重要方面。

底片质量的主要因素包括：颗粒细度、影像锐度和影调层次等。因此，本书讨论微粒显影、高清晰度显影，以及显影加工的有关问题，乃是提高黑白底片质量的重要技术课题。

显影加工过程，也就是底片冲洗的全过程，包括显影、停显、定影、水洗、干燥等等。这对于摄影爱好者或摄影工作者来说，重要的有两方面，即理论和实践。理论方面，应了解显影加工所发生的物理——化学作用；实践方面，应了解所用物质的性质及其使用方法。

本书的目的，是想通过简明的论述，引导读者在有一定实践的基础上逐步地和正确地掌握显影加工技术，并使之少走弯路。仅后者这一点，对摄影爱好者也是有益的。

本书首次发表了《实用标准显影计算尺》，它的设计成

功，是作者多年的愿望，相信对读者会有一定参考价值。

本书的部分内容曾在《摄影世界》、《光与影》、《新闻摄影》和《大众摄影》等杂志上发表过，这次重新整理出版。

由于著者水平的限制，试验条件的限制，本书很可能有错误的地方，敬请读者斧正。

吕其若

一九八七年于大连

目 录

前言	(1)
第一章 影像的颗粒	(1)
第一节 影像的构成.....	(1)
第二节 照片的颗粒性.....	(1)
第三节 胶片的微观.....	(2)
第四节 底片的颗粒度.....	(3)
第二章 感光材料的颗粒	(5)
第一节 乳剂的颗粒.....	(5)
第二节 卤化银颗粒的大小.....	(6)
第三章 显影后的颗粒	(9)
第一节 显影过程微观.....	(9)
第二节 显影作用对颗粒性的影响.....	(10)
第三节 显影液的颗粒特性对比.....	(12)
第四节 显影液的选择.....	(12)
第四章 加工方法和条件	(14)
第一节 显影方式.....	(14)
第二节 目视显影法的缺点.....	(15)

第三节	定温定时显影法的优点	(16)
第四节	显影 γ 值	(16)
第五节	底片的质量标准	(17)
第六节	判断显影终点的方法	(17)
第五章	可变因素对显影的影响	(19)
第一节	温度的影响	(19)
第二节	亚硫酸钠的作用及影响	(23)
第三节	碱和pH的影响	(26)
第四节	溴化物离子的影响	(34)
第五节	搅拌的影响	(37)
第六章	显影液的消耗和补充	(39)
第一节	显影液的消耗	(39)
第二节	显影液的补充	(41)
第三节	显影液的补充方法	(42)
第七章	显影液的保存期限和保存方法	(44)
第一节	显影液的保存期限	(44)
第二节	显影液的保存方法	(46)
第八章	微粒显影	(50)
第一节	微粒显影的重要性	(50)
第二节	微粒显影的作用	(51)
第三节	微粒显影的微观	(52)
第四节	微粒显影的条件	(52)
第五节	微粒显影的补偿	(54)
第六节	微粒显影液的特点	(55)
第七节	微粒显影液的种类	(57)
第八节	微粒显影液的渗透性	(57)

第九节 微粒显影液的选择·····	(58)
第九章 微粒显影液配方 ·····	(62)
第一节 常用微粒显影液特性对比·····	(62)
第二节 常用微粒显影液配方·····	(62)
第三节 常用微粒显影液的补充液配方·····	(63)
第十章 常用微粒配方特性及使用方法 ·····	(65)
第一节 超微粒显影液·····	(65)
1、柯达DK—20配方	
2、柯达D—25配方	
第二节 上级微粒显影液·····	(69)
柯达D—23配方	
第三节 中级微粒显影液·····	(72)
1、柯达D—76配方(伊尔福ID—11)	
2、D—76 1:1 冲淡使用	
3、安斯柯A—12配方(苏联H—1)	
第四节 缓冲型中级微粒显影液·····	(77)
柯达D—76d配方	
第五节 P—Q型中级微粒显影液·····	(78)
1、P—Q显影液的优点	
2、伊尔福PQ—FGF配方	
3、伊尔福ID—68配方	
第六节 快速下级微粒显影液·····	(81)
1、柯达DK—76F配方	
2、柯达D—76F配方	
第七节 高反差下级微粒显影液·····	(82)
柯达D—76R配方	
第八节 变通使用的下级微粒显影液·····	(83)
柯达D—72 1:15冲淡使用	

第九节 表面性微粒显影液·····	(84)
米吐尔两液式	
第十节 高清晰度型微粒显影液·····	(85)
柯达D-96配方	
第十一节 小结·····	(86)
第十一章 高清晰度显影 ·····	(87)
第一节 高清晰度显影的重要性·····	(87)
第二节 高清晰度显影的由来·····	(89)
第三节 高清晰度显影的原理·····	(89)
第四节 高清晰度显影的要素·····	(91)
第五节 高清晰度显影液的特点·····	(94)
第六节 高清晰度显影液的配方·····	(95)
第七节 高清晰度显影液的使用方法·····	(98)
第十二章 显影温度—反差—时间表 ·····	(100)
第一节 等 γ 曲线做法·····	(100)
第二节 常用微粒显影温度—反差—时间表·····	(102)
1. D-76显影温度—反差—时间表	
2. D-76 1:1 冲淡使用显影温度—反差—时间表	
3. D-23显影温度—反差—时间表	
4. D-25显影温度—时间表	
第三节 显影温度—时间图表使用方法·····	(106)
第十三章 定影 ·····	(108)
第一节 停显·····	(108)
第二节 定影的目的·····	(108)
第三节 定影的作用·····	(109)
第四节 定影的速率·····	(110)
第五节 可变因素对定透时间的影响·····	(110)

第六节	定影液的疲竭	(114)
第七节	定影液的寿命	(115)
第八节	定影液的使用定额和保存期限	(117)
第九节	酸性定影液	(118)
第十节	快速定影液	(120)
第十一节	坚膜定影液	(121)
第十二节	定影液的配方	(123)
第十四章	水洗和干燥	(124)
第一节	水洗的目的与要求	(124)
第二节	水洗的速率	(125)
第三节	加快水洗的方法	(128)
第四节	干燥	(131)
第十五章	照相纸的色调和显影液的影响	(133)
第一节	照相纸的色调	(133)
第二节	显影液的影响	(135)
第三节	冷调显影液配方	(136)
第四节	暖调显影液配方	(138)
第十六章	附录	(141)
第一节	显影计算尺	(141)
第二节	常用摄影化学药品表	(142)
第三节	主要参考文献	(151)

第一章 影像的颗粒

第一节 影像的构成

一个普通的底片，如果我们用肉眼观察，看起来它是由均匀的黑色银沉积组成的。银沉积有多少之分，影像有浓淡之别，但看不出组织上有什么不规整之处。

如果我们加以逐步的放大（从显微镜到电子显微镜），就会发现：所看到的银沉积实际是由许许多多形状不相同、分布不均匀、结构不规则的不透明的银颗粒构成的。

我们在底片上所看到的影像，是通过化学显影方法——即用显影剂将曝过光的卤化银颗粒还原成金属银而得到的。

第二节 照片的颗粒性

把普通的底片加以放大，当放大到5—10倍时，从所得的照片中便可以看到，均匀曝光的影像会出现一种不均匀的斑状结构，这种不规则的颗粒结构使人看上去觉得不谐

调，同时也使影像变得粗糙和丧失质感。这种现象就是照片的颗粒性。它是由底片的颗粒度（底片的颗粒度是表示乳剂中颗粒不均匀性的客观量度，因此，它和颗粒性是两个不同的概念）引起的。不过应当指出，我们看到的仅仅是颗粒浓度的无规则变化，而不是所想象的看见了单个颗粒。

照片的颗粒性是一种主观的印象，并无统一标准。但是，粗糙的和不规则的颗粒会损害照片的艺术效果并降低影像质量，使影像的细部消失在颗粒之中。人们不希望出现这种不均匀的颗粒性，这就要求底片应有较低的颗粒度，以保证影像质量。

第三节 胶片的微观

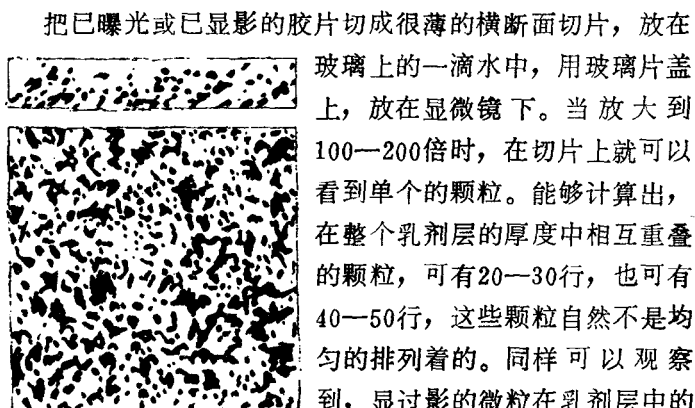


图1.3 影像的横截面
(上)和横平面(下)的显微照相图形

把已曝光或已显影的胶片切成很薄的横断面切片，放在玻璃上的一滴水中，用玻璃片盖上，放在显微镜下。当放大到100—200倍时，在切片上就可以看到单个的颗粒。能够计算出，在整个乳剂层的厚度中相互重叠的颗粒，可有20—30行，也可有40—50行，这些颗粒自然不是均匀的排列着的。同样可以观察到，显过影的微粒在乳剂层中的分布也不是完全均匀的。例如，在某一处银粒比较密集，而另一出则比较稀疏，密集处给人的

黑块的感觉，稀疏处给人的空白的印象。这种不均匀的分布就造成了影像的不规则的颗粒结构。

应当注意，这种结构不仅是由个别颗粒和颗粒结块分布在与表面垂直的横截面上重叠的结果，而且也是由颗粒和颗粒结块分布在与表面平行的横平面上所产生的图形。图1.3表示了这种图形。

第四节 底片的颗粒度

颗粒度是胶片——也是底片的一个非常重要的特性。

底片颗粒度取决于：

1、乳剂的固有特性

胶片固有的颗粒度随着乳剂的类型而不同。一般当所有其他因素恒定时，乳剂的颗粒度随着感光度的增加而增加。感光度越高，颗粒性越差。高速乳剂在放大到十倍时颗粒性就很明显，而中速乳剂在放大到十倍时颗粒性仍然不十分明显。

2、曝光量

曝光量应该维持在最低，使底片的密度保持得低一些。因为高密度会增加颗粒度。对于大多数的黑白胶片来说，颗粒度随着密度的增加而增加，颗粒度与密度的平方根约成正比，曝光过度对影像的颗粒度有不良影响。因此，在影调得到良好还原的条件下，曝光量应尽可能地少一些。

3、显影液的性能

选择优良配方和正确使用显影液是非常重要的，因为显影液的性能是决定底片颗粒度的最重要的因素之一。

4、加工条件

显影时的加工条件对颗粒度也有密切关系。为使所选的显影液达到最佳的结果，必须仔细控制显影时间和显影温度，并根据这些条件准确地调节到能够获得正确的 γ (格玛)值。对于黑白底片来说，由于颗粒度的对数值随着反差系数对数值成线性地增加，所以底片的显影 γ 应控制在较低的数值上。

从电子显微照片可以看出，延长显影时间和增加光量都使显影颗粒增加，并都使显影颗粒的外貌变形增大。

另外，冲洗时如果某些药液的温度较高，而其它药液温度较低，由于明胶的初期网状结构，颗粒性会有些增加，因此宜使所有药液温度相接近。

第二章 感光材料的颗粒

第一节 乳剂的颗粒

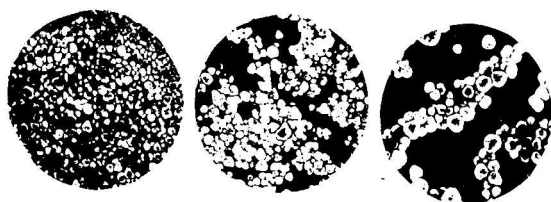
感光乳剂是由悬浮于明胶层中的无数细微的卤化银（负性乳剂大多为溴化银和少量的碘化银）晶体（颗粒）组成的。

对经曝光之后的卤化银来说，大颗粒比小颗粒能较多地分解出金属银。为了得到一定的光学密度，具有较大晶体颗粒的乳剂比具有小晶体颗粒乳剂需要较少的曝光量。这就是说，乳剂中晶体颗粒愈大，它的感光度就愈高；反之，感光度愈低，乳剂中的颗粒就愈细。因此，微晶的平均尺寸，乃是乳剂的重要特性之一。

不同大小的卤化银颗粒的电子显微镜照片见图2.1。

胶片颗粒度的大小，不仅决定于溴化银晶体的平均大小，而且也决定于它们在乳剂层中分布得是否完全均匀。因为我们所看到的颗粒并非单个的颗粒，而是许多银粒不均匀的分布结果。

这种分布的不均匀性是和个别银粒以及产生这些银粒的溴化银晶体的大小有关。个别的微粒愈大，颗粒性也愈大。因此，溴化银晶体的大小与颗粒度有直接关系。



a、较细颗粒

b、中等颗粒

c、较粗颗粒

图2.1 卤化银颗粒的电子显微照片

由此可以得出结论：普通放大时颗粒性的现象同晶体的大小有关——晶体越大，颗粒性也越大；晶体分布得越均匀，颗粒性就越小。

乳剂颗粒的大小与胶片其它性能之间的关系见下表。

表2.1 乳剂颗粒的大小与胶片其它性能的关系

乳剂颗粒 平均分布 大小	耗银量	感光度 S	最高密度 D _{max}	灰雾 D ₀	宽容度 L	反差 系数 γ	解像力 R	所得影 像颗粒
大	多	高	大	较大	大	小 (反差 较低)	低	粗
小	少	低	小	小	小	大 (反差 较高)	高	细

第二节 卤化银颗粒的大小

感光乳剂晶体颗粒的大小，根据品种的不同，可在很大

范围内变化，从直径十分之几微米起一直到光学显微镜的可见限度以下。

颗粒的形状在外表上可能大有不同，最普通的为扁平的片状，轮廓有三角形、六角形，也有的呈细长的针状，还有些乳剂也含有几乎是圆球状的晶体。

颗粒大小普通用“相当于圆的直径”来表示。更令人满意的方法是使用可在显微镜中直接看到的投影面积的办法，或专用总面积或总体积表达。我们所说的数字是前者。

在胶片上干燥的感光层的厚度大约为 5—25 微米，一般多在 10 微米左右。在这样薄薄的一层感光层里，每平方毫米约有 50 万—500 万的晶体。种类不同的乳剂其晶体的大小也不同。

例如，高感光度的负性材料颗粒直径在 2 微米左右；低感光度的正性材料颗粒直径在 1 微米上下，有些品种（如超微粒干版和核子乳剂）在 0.1 微米以下。一般市售乳剂的颗粒很少超过 5 微米，平均直径为 0.5 微米。

典型感光材料的颗粒大小见表 2.2。

表 2.2 典型感光材料的颗粒大小（平均）

干板或胶片	直径 (μ)
高分辨率胶片	0.048
电影正片	0.30
正型胶片	0.63
微粒胶片	0.79
人像胶片	0.88
高速胶片	1.09
X 光胶片	1.71

乳剂中大小颗粒的分配曲线见图2.2。

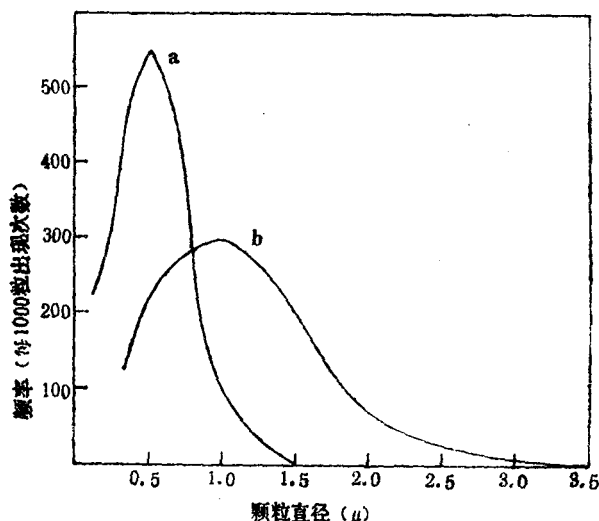


图2.2 乳剂中大小颗粒的分配曲线

a ——低感光度的乳剂由比较细小的晶体组成，并且晶体的直径多半是0.5微米。

b ——高感光度的乳剂晶体直径可达3.5微米，频率的最大数值为1微米。

事实上，在放大照片上经常出现的颗粒并不是由于单个颗粒尺寸过大而引起的。从表2.2中可以看出，它们在实际上是微小的，单个的颗粒即使放大到20倍也看不出来，因此，并不会引起这样的效果。粗颗粒现象是由明显的颗粒聚集引起的，这将在下一章叙述。

第三章 显影后的颗粒

第一节 显影过程微观

用扫描电子显微镜观察，在实用显影体系中，颗粒显影很象一个发泡的过程。显影之初，是在颗粒表面的某一个中心点开始（颗粒可能鼓起1—2个疱），随后逐渐地普及整个颗粒（这个颗粒便很快地同时鼓起许多疱），最后形成了一个银粒（于是这个颗粒外表上看起来便成了一颗“烂菜花”）。

这一定的中心点，是由辐射曝光所产生的潜影的作用决定的。这种显影中心（或者是一个影像中心，或者是一个灰雾中心）在许多颗粒上同时发生并不断增长，最后使颗粒被逐渐地还原成金属银。所形成的银粒的形状，与原来的卤化银颗粒很不相同（实际上是在鼓疱的同时也就失去它原来的形状），这是因为还原银的出现改变了颗粒的外形。

由于显影的继续发展，两个相邻颗粒的还原银，在它们的相近处互相伸展并互相连接起来，形成了一个大的不规则