

210286

基本館藏



胶片上的画面是怎样出现的

安东诺夫 等著



中国电影出版社

胶片上的画面是怎样出现的

(苏联) 安东·诺夫^{*} 合著
馬尔希列維奇

魏 韵 森 譯
罗 靜 予 校
孟 广 鈞
紀 家 琪 审

中国电影出版社

1958 • 北 京

胶片上的画面是怎样出现的

(苏联) 安东諾夫合著
馬尔希列維奇

魏 韵 森 譯

*

中国电影出版社出版

(北京西单舍饭寺12号)

北京市書刊出版业营业許可証出字第 089 号

財政出版社印刷厂印刷 新华書店发行

*

开本787×1092公厘¹/₃₂•印張1¹/₈ 字数: 38,000

1958年12月第1版

1958年12月北京第1次印刷

印数1—2,200册 定价: 0.22元

統一書号: 15061·56

885015

С. АНТОНОВ
К. МАРХИЛЕВИЧ
КАК ПОЯВЛЯЕТСЯ
НА ПЛЕНКЕ
ИЗОБРАЖЕНИЕ

ГОСКИНОИЗДАТ

МОСКВА

1950

內 容 說 明

本書以理論為主，實踐為輔，敘述影片的洗印加工原理和工藝。書中着重介紹影片的構造及其變黑特性，印片和顯影過程，藥液配方，以及洗印時所使用的機器與儀器。最後特別詳盡地介紹影片的顆粒性問題。

出 版 者 的 話

为了配合目前我国电影事业全面大跃进的形势，并适应各新建制片厂电影技术人员的需要，在国内电影技术专家的著作尚未大量出版发行以前，特选择过去几年来电影局内部发行的摄影、录音、洗印、放映、特技、布景设计以及电影技术通俗读物等方面的翻译书籍十余种，重版发行。内容已经由国内各技术部门的专业人员审核修订，希望能满足各厂技术人员的实际需要。读者对这些书的内容或其他方面有任何意见，请寄交北京西城区舍饭寺12号中国电影出版社电影技术丛书编辑室。

8/A1137/04

目 录

出版者的話	
从摄影机到銀幕	(1)
电影胶片的构造	(3)
潜影是怎样产生的	(5)
潜影是怎样显影出来的	(6)
电影胶片变黑的規律	(9)
显影机的构造	(16)
显影机中胶片的加工	(21)
如何在电影胶片上印正象	(25)
是否可以得到与原来一样的正象拷貝	(34)
照象画面影象上产生顆粒性的原因	(38)
眼睛如何感受及胶片如何表現被摄景物的細部	(41)
眼睛如何感受及胶片如何表現被摄物的顏色	(43)
确定电影正象質量的原則	(44)

从摄影机到银幕

这本小册子的目的，是要使大家明了观众在电影院银幕上所看到的画面，在电影胶片上究竟是怎样得来的。

拍摄电影的胶片，是一条宽35毫米（普通的宽胶片）或16毫米（窄胶片）柔韧的赛璐珞带子。胶片的两侧有着使胶片便于在摄影机中、显影机中及放映机中运行的孔眼——片孔。

胶片的一面涂布着感光的乳剂层，乳剂层是精胶制成的，其中包含着无数微小的结晶体，即溴化银晶体颗粒。

溴化银是银与溴两种化学元素的化合物。在现代的照像术中，照相画面是由于溴化银有感光特性而取得的，因此，涂在胶片感光层上的溴化银乳剂的制造方法是个重要的关键。

摄影时胶片的感光层在光的作用下，产生潜伏的画面（潜影），之所以称它为潜伏的画面，是由于看不见它的缘故，甚至在极度的放大情况下也不能观察到。这种潜伏的画面，是由极微量的金属性的银所构成，这些金属银是溴化银的颗粒经过光的作用离解后形成的。潜伏的画面经过显影药液（显影剂）的作用之后，便变成眼所能见的摄影画面。

显影剂在由于光的影响而形成极为少量的金属银的地方，促使新的大量的溴化银成为金属银，于是眼所能见的画面即由此显现出来。

显影是在黑暗中，或在对该种胶片材料不发生作用的照明下进行的。

拍摄过的胶片，即所谓已曝光而含有潜影的胶片，在进行显影处理时，系将其先通过有着一系列药槽而且盛有药液的显影机器，然后，通过干燥箱来干燥。

胶片由于显影的结果，便获得了由金属银组成的负象，负象的特点是：被摄物体最明亮的部分，变成了最暗黑的部分；而被摄物体最暗黑的部分，却变成了明亮的、透明的部分。这种现象的产生，是由于受光线作用强的地方，显影作用便进行得较强，因而所形成的银便比受光线作用弱的地方多。除去较暗的及较亮的部分以外，底片画面上尚有与被摄物体各部分相适应的各种中间调子的部分，它有着不同程度的中间亮度。

在电影胶片上负象的实例如图1a所示。

电影底片经过显影后，便从显影槽进入定影槽里。在定影槽中，剩余的溴化银，由于定影液的作用便脱离感光层，溶于定影液中。这些剩余的溴化银，主要是存留在胶片上受光线及显影剂作用较弱的地方的。电影胶片定影之后，即具有固定了的负象，再经过流水冲洗的水洗槽，然后再进入干燥箱，烘干之后，即卷绕在片轴上。



(a)

(b)

图1 电影胶片上的负象(a)及正象(b)

电影负象是在专门的一种胶片上摄得的，这种胶片叫做底片。电影底片是不能直接拿它来放映的。必须由它印出画面的正象，获得电影正片，才能放映。因此，便须采用另外一种胶片材料——印正象用的电影胶片。

正象的印制过程如下：底片和正片材料在复杂的印片机中运行时，两片在机上经过刹那间的接触，即完成了印片过程。印片机中印片灯的光线，也正是在这一刹那间透到底片，而在正片材料的感光层上发生作用。于是这个感光层也就产生了与前面所述底片同样的潜影。然后，经过显影、定影、水洗、干燥，最后便得到制成的电影正片。

在印片的过程中，底片上的暗黑部分，只能透过少量的光，显影后在正片上即成为明亮的部分，底片上的明亮部分（透明部分）透过大量的光，在正片上则形成暗黑部分，这样，正片上的形象不仅在形状上与被摄物一样，而且其明暗层次也与被摄物一样：亦即被摄物的光亮部分，在正片上也是光亮的，暗黑部分在正片上亦为暗黑的。正片形象的实例，如图16所示。

将所得到的正象放映在银幕上，观众即可看到与自然界景物一样的画面。

这本小册子将详述从负象到正象的制作过程。首先，让我们来比较详细地了解一下胶片的构造、潜影及其显影过程。

电 影 胶 片 的 构 造

电影胶片是在赛璐珞带上涂布感光乳剂而成，这种赛璐珞带叫做片基。将含有溴化银颗粒的精胶乳剂涂布在片基上面，使其干燥。涂布是先在宽的赛璐珞的长条上进行的，然后再切成一定尺寸的电影胶片，并进行打孔。

在片基与乳剂层之间，有一层极薄的精胶底层，它是事先涂于片基上的，用以使乳剂层与片基粘合。片基厚0.1—0.2毫米，乳剂层厚度约为片基的十分之一，精胶底层又为乳剂层十分之一。胶片的构造见图2。

乳剂层中含有大量的溴化银颗粒，如按上述乳剂层的厚度（约为

0.01毫米)，每一立方厘米即含五千万到五万万顆不規則地、然而平均分布于全部乳剂层中的顆粒。为表示顆粒的大小，通常使用相当小的长度单位——微米（1微米等于0.001毫米），乳剂层顆粒的大小不一，有的不足一微米，有的为数微米。

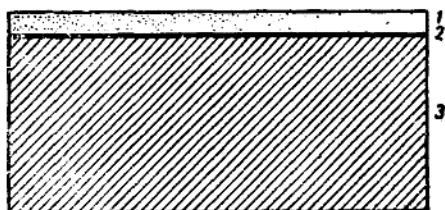


图2 胶片的横断面

1. 含溴化銀顆粒的感光乳剂层
2. 精胶底层
3. 赛璐珞片

乳剂顆粒的显微照相如图3所示。

除精胶底层及乳剂层之外，胶片还含有其它起輔助作用的各层：保护层——預防乳剂层的表面受到损伤；防光暈层——預防发生光暈（預防非常亮的被摄物的模糊現象，如：燃点着的灯泡）。乳剂层同样可以由两层或两层以上相互重叠的乳剂层所組成，例如：多层涂布的彩色胶片，便有三个乳剂层。

在片基上进行涂布之前，于乳剂中加入各种物質，这类物質对于电影胶片的质量，有极重要的功用。增感剂即为其中之一，它是一种成分十分复杂的化学物質，使乳剂能对各种顏色的光綫发生感光作用，因此对制造电影底片的乳剂有极为重要的意义。溴化銀多半是对光谱中的藍色光段和紫色光段发生作用，因此，不含有增感色素（增感剂）的胶片，不可能得到令人滿意的彩色影調的画面，因为被摄物的顏色，

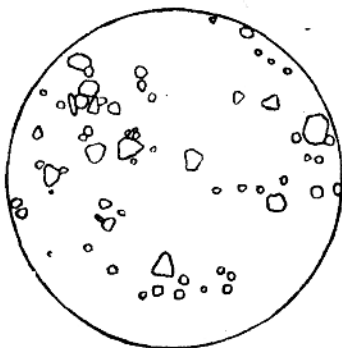


图3 乳剂经过放大后的显微照相。溴化銀顆粒的大小不一，其中有几顆可清楚地看出正确的結晶形

掉藍色及紫色以外，尚有綠色、黃色及其他顏色。增感色素則能在不同程度上使乳劑對全部可見光譜發生感光作用。

在乳劑中也使用堅膜劑（增加乳劑層的堅固性）、穩定劑（使乳劑的照相性能得以持久）以及另外一些化學物質。乳劑的合成，以及在片基上塗布乳劑，與其後的乾燥過程，都是複雜的技術過程，它要求感光材料製造廠在進行生產時，遵守極其精確的規範（條件）。

潛影是怎樣產生的

精膠中的混合物與其它特殊加入的物質，對潛影的產生有着巨大的作用。這些混合物被精膠所包圍，形成溴化銀的結晶顆粒，稱之為感光核心。在這些核心所散布着的地方，當攝影的時候，光綫便在乳劑的顆粒上起作用，正如前面所指出的，在顆粒中便形成極少量的金屬銀——這些銀的胚胎便是後來顯影的核心。顯影也正是在這些地方開始，然後逐漸擴展，遍及全部受過光的顆粒。

拍攝所得的潛影，一般說來不能長久保存；曝過光的膠片應盡速顯影，因為潛影經過一個時間便會變弱。同時，當貯藏條件不好，以及膠片的性能不好時，潛影的損失，可能是非常之快的。外景隊從來不把未經顯影的底片保留在身邊，而利用空運、鐵路及其他運輸工具，儘快地把曝光過的膠片，運到製片廠進行加工。

然而，大家知道，也曾經有過長時期保存了未經顯影的潛影的事實，其中最令人驚奇的，是安德萊北極探險隊的事件：干板在冰里存放了30余年之久，然後採用了特殊的顯影液，經過極慎重的顯影而得到令人滿意的一些底片。

也有這種情況：當拍攝時照明條件不好，所產生的潛影便十分微弱。

為此曾經花費了很多力量尋找加強潛影的方法，這個任務業已被實現。加強潛影的一些方法，大家都知道，即是讓曝光過的膠片經過水銀蒸氣，水銀蒸氣凝聚於潛影上，便加強了潛影。也可以利用均勻的弱光，照在膠片表層以加強潛影，但是，所有這些方法只能對潛影作些許的加強。所以只有在感光乳劑的製造過程中，使其照相特性達

到高度的感光度，才有实际意义。

潜影可以利用各种方法显影。物理显影法的过程是：将曝过光的胶片在显影前先进行定影，结果便使全部的溴化银溶解，而在乳剂层中，只剩下潜影胚胎，即剩下为肉眼所完全看不到的金属银的微小分子。经过这样“处理”的胶片，再利用特殊的显影液来显影。这种显影液，还在其配制的时候，即已形成了金属银的微粒。这些微粒就会在定影过的乳剂层上聚集在有潜影胚胎的地方。这样经过一段相当慢的技术过程才能得到正常的（然而比一般为弱的）目所能见的影像。但是物理显影的方法在照象当中并不常使用，主要是在特殊情况下才使用。

化学显影法在电影胶片加工方面，是一种广泛采用的方法，这个方法，下面有比较详细的叙述。

潜影是怎样显影出来的

如果把曝过光的胶片，放入显影液中，则显影液很快即渗进乳剂层，把它浸透，乳剂层也就显著地膨胀起来。显影的效果，通常不是立刻能够察觉的；可是胶片却迅速地开始变黑，这正表示了金属银的形成。影像首先在曝光最强的地方出现，然后逐渐地及于别的地方，最后出现在那些受光能作用最弱的地方。过了一些时候，显影的地方也就越来越多，不仅那些光亮部分中新的细部出现了，就是中间调子部分及暗黑部分的细部也出现了。在适当的时间内，便应该结束显影，否则就会产生灰雾。出现灰雾的原因是不含有潜影微粒的颗粒被显现出来了，其结果胶片表面将普遍而平均地变灰，这种变灰便使全部画面起了灰雾。不太严重的灰雾，在正常的显影时间中也会形成，但是，它并不显著地影响画面。

显影过程一般只有数分钟，如果用强力的显影剂，甚至可以将一个过程，在一秒钟之内就结束，这也就是说，胶片在显影液中刚刚沾湿，便即刻把它拿出，胶片便已显影完毕。电影胶片加工时，并不采用这种快速的显影法，因为用这个方法，不象缓慢显影的方法那样能够得到具有高度质量的画面。

显影物質是一切显影剂中的主要組成部分。米吐尔和对苯二酚是比較普遍使用的显影物質。这两种物質經常是同时使用。由于显影物質和溴化銀相互作用的結果，溴便脱离銀与显影物質起化学反应。剩下的金属銀即构成影像。为了使显影物質能够迅速地发生作用，便需要加入促进剂。最常使用的就是鈉砵（不是食用的碳酸氢鈉，而是普通工业用的碳酸鈉或碳酸鉀），同样也可用硼砂和苛性砵做促进剂。此外显影剂中也要加入保护性的物質，一般是加入亚硫酸鈉，保护显影液不被空气氧化。在显影过程中，亚硫酸鈉也是不可缺少的。最后應該談一下显影剂中附加的防止灰霧的物質，它能显著地减少灰霧，这种物質就是溴化鉀。

显影过程的內在的变化，也就是說，溴化銀分子和显影剂中各成分的相互作用，是肉眼不能直接观察到的。这种內在的变化，只能用化学分析及一般化学試驗方法来进行了解。个别乳剂顆粒，其显影的外部情景，是能够看見的。

用显微镜观察，可以看出曝光过的顆粒的显影情况。显影不是即刻在它的全部表层上开始，而是如前面所說的，是在一定的点上或一些点上，亦即在含有潜影胚胎的显影核心上开始。顆粒的显影（即使溴化銀变为金属銀），是从显影核心上开始，逐漸地扩大到顆粒的各个方向，最后，便及于顆粒的全部。在这样的情况下，顆粒便失去其正确的結晶形状（在某些显影条件下，顆粒的形状仍可保存）。

在电影摄影机上加一显微镜头，給显影过程作动态摄影，是一件特別有趣的事情。第一位进行这个拍摄的人是斯大林奖金获得者苏联科学院通訊院士克·維·奇毕索夫教授。在下面引用的他的話中，可看出他当时观察显微影片时所得到的印象。

“放映在銀幕上成为奇觀的画面是：显影的整个情景經放大之后，可以看到活跃的情况。原来，显影时顆粒是不安定的，从个别的顆粒中噴射出金属銀的“火焰”。金属銀在迅速形成，同时又遇到有彈性的精胶的阻力，这便是顆粒发生振动的“原因”。

图4和图5是显微照相，表示个别顆粒的显影情况，以及显微电影上的几个順序画面，它是克·維·奇毕索夫所攝得的。

近年来，由于放大五万倍电子显微镜的发明（一般的显微镜只



图4 乳剂颗粒群显影的顺序阶段(1,2,3,4)

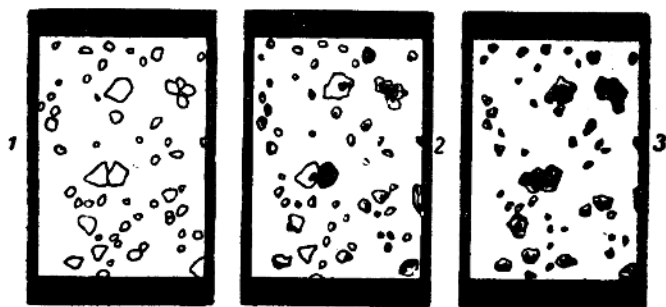


图5 显微电影中表示显影过程的三个顺序画面(1,2,3)

能放大两千倍)，科学就更深入地探悉了乳剂颗粒显影过程的奥秘。由电子显微镜所摄得的画面可以看出，被显影的颗粒群不是聚在一起，而是由混乱的线条组成，就象海草一样。同样也发现，在特殊的十分微粒性的乳剂的情况下，每一颗小颗粒，在显影后即转化为一条金属银的细线。

用照象化学方法加工电影胶片时，显影过程非常复杂而且工作困难，因为所成的影象，是由各种不同程度的变黑部分所组成：最暗的、较暗的、灰的、明朗的、几乎透明的等等。这种变黑的层次，应正确地表现出被摄物各部分亮度的层次。

下面，我们就来谈谈，在光的作用下感光层变黑的规律，以及其事后的显影问题。

电影胶片变黑的规律

讀者已經知道：胶片感光层受光的作用愈大，显影后，該层变黑的程度，也就愈大。照相科学的重要成就之一，并且使其得以位于精密的科学底行列中，即是不仅从質量方面研究了光在感光层上的作用，而且也从数量的一方面进行了研究。

首先，就質量方面来談談。假設一条电影胶片在其不同的部分上，給以不同的曝光，并将其标明为第1段，第2段……第9段，讓第9段曝光最强（或者在各段使用同一照明强度的情况下，使这一段曝光時間最长），使第8段曝光較弱（或時間較短），以后各段依此类推（逐段递减）。这条胶片經過显影加工之后，其形状即如同图6所示。

如果把上述現象作量的測定，来建立一种規律，并称之为“变黑定律”，亦即要确定变黑程度与引起这种变黑的曝光量之間的数量关系，那末，就需要測量变黑程度的值及曝光量的值，并用数字来表示。

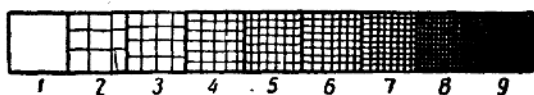


图6 感光带上密度递增的9个阶段（1至9）

光綫照在感光带的感光层上的多寡称为曝光量。

假設把光源的强度定为一烛光。在照象学及电影学中將白熾灯泡用作光源，这种白熾灯泡有一定的构造，并在一定的电力条件下发热，而放出一定强度的光。假如在距离一烛光灯泡一米远的地方，安置一个与光束的方向成垂直的任何表面，又假設这个表面就是感光层的表面，則它将受到一定的照明强度，換句話說，这个表面上就有了一定的照度，照度的单位，在光学中被称为勒克斯（米烛光）。假設我們是在上述条件下，使这个表面曝光一秒鐘。那么，曝光量（即感光层所受的照明数量）便等于一个秒-米-烛光。

这就是用来表示曝光量的单位。假如照亮一个表面使其照度为一个勒克斯，曝光时间不是一秒而是十秒的话，则曝光量将为10个秒-米-烛光。有一种仪器叫做感光计，用它可以准确地使感光片上各相邻级段在长短不同的照明时间下得到曝光，而且可以准确的知道（靠仪器本身的构造）每一级段所得到的曝光量。还有另外一种结构不同的感光计，各级段的曝光时间完全一样，而用一种简单的方法来使感光片各级段受到不同的曝光量。这个方法是：在感光片上放一块玻璃做的标准级谱（即光楔），上有从明到暗具有一定间差的透光级段。知道了这块级谱上各个级段的透光率，就可以计算出处在各该级段下的感光片所受的不同照度；然后，知道了照明时间，就可以求出感光片上各个级段的曝光量。

这样，感光片上各级段的曝光量，即可用数字（以秒-米-烛光计）正确地表示出来。在感光计中曝光而显影过的胶片，叫做感光带，而其各个级段，则称为感光带的级段。

现在，应该阐明如何测量感光带上各级段变黑的情况。首先，要说明变黑的量或程度叫做光学密度。光学密度的单位是以不透光度的对数值来表示的。这就是说：在光线通过一层具有阻光作用的物体时，当它的输出光量（即所透过的光量）等于投射到这层上的光量的十分之一时，它的透光率就是 $1/10$ ；这个透光率的倒数就是它的不透光度，于是又得出不透光度等于10，10的对数值等于1，由此说明上述情况之阻光物体的光学密度值就是1。如果我们设想将每层密度各为1的两层重合在一起，那么这两层的光学密度总计为二，这样重叠的两层只透过百分之一的光线，因为第一层透光十分之一，第二层为十分之一的十分之一，即是百分之一。同样，在密度等于三的时候它的透光率当然是 $1/1000$ 。一般照象底片的光学密度没有超过3的。照象底片上最浓部份的密度由2到3，而电影底片的密度则是由1到2。显然，中间的密度值是用小数表示的，例如，光学密度等于1的时候，我们可以认为是两个每层密度为0.5之和，那么两层之中每一层的透光率又是多少呢？根据这两层的密度为1，我们已知其总的透过率等于 $1/10$ ，而这两层中单层与单层透光率的乘积既然等于 $1/10$ 那么其中每一层的透过率便应大约等于 $0.31/10$ 。

虽然，用光学密度值或透光率，都可能以相等的效果来表示变黑的程度，但是在理論上与实际工作中，一般地都采用光学密度值。用一种称为密度計的特殊仪器来测量光学密度，既简单又迅速，测量感光带上的一个級段的密度，仅仅需三、四秒鐘。

根据上述，讓我們用具体的例子来说明变黑法則的本質。

用一段胶片，在感光計中曝光，从而得到一条感光带，然后，将它在一定的条件下进行显影加工，最后，将所得到的各个級段的光学密度，加以测量，并将各級段的曝光量及其相应的光学密度記載在表格之內，例如：

級 段 号 数	1	2	3	4	5	6	7	8	9
曝光量（以秒—米—烛計）	0.12	0.25	0.50	1	2	4	8	16	32
光 学 密 度 值	0.18	0.22	0.38	0.60	0.90	1.20	1.56	1.84	1.95

所得的两排数字，表示出曝光量及光学密度間的相互关系。然而，从表上不能馬上看出依据曝光量而引起的密度变化的特征。因此，为了表示它們之間相互的关系，便利用一般数学上的方法，来构成图表（图7）。

先繪出两根坐标軸，一为垂直綫，一为水平綫，在水平綫上，画出均匀的間隔分度，并在分度的旁边，标上曝光量。这些曝光量的值，是根据上列表格的記載标上去的，一般都是按倍数增加（根据感光計的构造而定）。

在垂直軸上也按間隔分度标上光学密度值，然后，就可以开始画曲线了。

先試以曝光量等于4秒—米—烛的来作为例子。在横坐标上找到与这个曝光量相适应的一点，引上一条垂直綫。然后，在縱坐标上找到密度1.2的一点（密度1.2和4秒—米—烛的曝光量相适应），引伸一条橫綫与所引伸的直綫相交叉。于是，我們就会得到一个M点。这个M点的位置，即表示出曝光量及密度之間的相互关系。用同样的方法，来做出成对的曝光量与密度值的其余的各个点。

然后，将交叉的一些点連結成一条曲线。这个曲线即称为胶片的