

感光材料 生产基本知识

輕工業部輕工業局編



轻工出版社

目 錄

編者的話.....	(3)
一、電影膠片製造工藝概述.....	(4)
二、感光測定.....	(11)
三、膠片的種類及用途、膠片的原料.....	(30)
四、片基製造.....	(37)
五、乳劑製造工藝.....	(44)
六、塗布工藝及膠片整理.....	(57)

感光材料生產基本知識

輕工業部輕工業局編

輕工業出版社

1959年·北京

內 容 介 紹

本書比較系統地闡述了各種感光材料的制造技術，從膠片的品種、用途、曝光測定、原料性能、片基制造、乳劑制備工藝和塗布工藝，直到膠片的整理程序，都作了詳盡的講述。本書文字通俗易懂，深入淺出，可供感光材料工廠技術工人、干部用作業務學習的資料。一般攝影工作者、攝影愛好者要想具備一些有關膠片制造知識的，本書亦可供參考。

感光材料生產基本知識

輕工業部輕工業局編

輕工業出版社出版

北京市前門內大街路

郵政管理局登記證：出字第009號

輕工業出版社印刷廠印刷

新華書店發行

787×1092公厘1/32·2²⁹印張·89,000字

1950年6月 第1版

1950年6月北京第1次印刷

印數：1—2,600 定價：(10) 0.42元

統一書號：15042·714

編 者 的 話

随着我国工农业生产的大跃进，我国感光材料工业正在蓬勃发展，原来一向依赖进口的电影胶片已经能自制供应并且正在着手进行五采胶片的试制生产。

我们知道，感光材料的种类是非常多的，使用范围也非常广泛，据初步统计，这类材料的种类至少在百种以上。

为了便于胶片工厂的广大技术工人、干部学习和参考各种感光材料的生产工艺，我们现在把保定电影胶片厂所编，并经天津摄影器材厂校订改写的学习讲义、予以整理出版。在这里比较系统和全面地阐述了各种感光材料的制造技术，从胶片的品种，用途、感光测定、原料性能、片基制造、乳剂制备和涂布工艺，以及胶片的整理程序都作了讲述。文字内容，浅显易懂，可供感光材料工厂技术工人用作业务学习的资料。一般摄影工作者或摄影爱好者要想具备一些有关胶片制造知识的，本书亦可供参考。

一、电影胶片制造工艺概述

照相感光材料的范围及其分类标准

所谓照相感光材料是指见光能够发生变化,经过适当处理,也就是经过显影定影等化学处理以后,能够得到影象和画面的材料。这类材料的种类是很多的,使用范围也非常广泛,初步统计,这类材料的种类至少已有一百种以上。如果加上不同的花样和不同的使用规格,数目就会更多。比如,硬片(即所谓干板)就有幻灯板、各型光谱板、各型印刷制版用板、天文摄影用板、显微摄影用板、人象板等;软片有电影用各种黑白及彩色胶片、人象软片、印刷制版用软片、X光胶片、航空摄影用彩色和黑白胶片、业余用各种胶卷等;照相纸有不同反差不同色调和不同纸面及色相的各种印象纸放大纸、印放两用纸、文件用复印纸、X光纸、心脏记录纸、地震记录纸等。此外还有供研究各种射线用的核子乳剂等多种。总之品种是很多的,这些都是照相感光材料,有时为了区别晒图用兰图纸和熏图纸等材料。上面所说的各种照相感光材料又叫做卤化银盐感光材料。

全部照相感光材料一般可分为负性与正性两类。照相用硬片、软片和电影底片属于负性材料类。一般说来,这类照相感光材料所得到的影象画面与原来景物的明暗部分恰好相反,而这种材料在使用时是直接用来拍摄景物,包括动的对象在内,因此负性感光材料的感光度一般较高(即感光快)。照相纸、幻灯片和电影正片均属于正性材料类。这类照相感光材料是用来从负性感光材料上的画面复制得到与原来景物一致的画面,既然是复制就不直接与景物打交道,故这类照相感光材料的感光度

一般較低（即感光慢）。由此可見，可謂負性與正性之分主要決定於畫面性質，而它們所應具有的感光度是為了便於使用。當然，這里面還要考慮到其他方面的要求，不過必需說明這種分類法特別是聯系到照相性能時不能絕對化地理解，如在制作電影片的过程中要用一種叫做翻底片的膠片，按畫面性質來看應該屬於負性材料，但它却並不直接與原物打交道，它的感光度也不高，就是一個很明顯的例子。

電影膠片的品種

就整個照相感光材料的品種看來，電影用膠片只能看做是整個照相感光材料中的一小部分，不過它卻是很重要的一部分。這是因為電影膠片是發展電影事業的一項重要物質條件。從我們製造者的觀點看來，由於這種膠片的製造必需滿足電影製片部機械化大量使用的要求，所以製造起來比製造某些其他種類的照相感光材料要困難得多。

電影膠片可以分為黑白電影膠片和彩色電影膠片兩大類，黑白電影膠片主要有這樣一些品種：底片、正片、翻底片、翻正片、聲帶片等，彩色電影膠片主要有底片、正片、反轉翻底片等等，每種膠片當然都有與使用要求相一致的固定性能指標，和保證這些性能指標的特殊構造，這些在以後討論。

電影膠片的物質組成

電影膠片和所有的照相感光材料一樣，都是由支持體和感光層兩部分組成的。別的照相感光材料根據使用對象不同，支持體可以是紙（構成照相紙）、玻璃（構成幻燈板）、或賽璐珞片（構成各種膠卷）等等，而電影膠片的支持體一概用賽璐珞片，我們通常叫它片基。片基有三種：即硝酸片基、二醋酸

片基、和三醋酸片基等。前一种片基見火很容易燃燒故叫做不安全片基；后两种片基不容易燃燒，故叫做安全片基，它們都是用纖維素酯作成的。至於感光层則是一层很薄的明胶膜，里面含有卤化銀。卤化銀包括氯化銀、溴化銀和碘化銀，小顆粒，它們的直徑大致在 $0.0001\sim 0.005$ 毫米範圍內，感光层的形成是把一种叫做感光乳剂的东西塗布在支持体片基上，經凝固干燥后形成的。所謂感光乳剂則是由溶於水中的明胶、卤化銀小顆粒及其他一系列物質作成。因此电影胶片的主要物質組成是：纖維素酯（构成片基）明胶、和卤化銀等。

电影膠片的构造

前面已經提到，电影胶片的片基有三种，这里需要提出的是：不同品种的电影胶片，除了它的乳剂膜的性能有差別以外，乳剂膜的层数也不一样，有的只有一层乳剂膜，有的有两层，有的有三层，加上其他的輔助层，层数就更多，現举例說明如下。

1. 黑白电影正片的构造（图1）：黑白电影正片是用来制作电影放映拷贝用的，它是由一层乳剂层，一层底层，一层

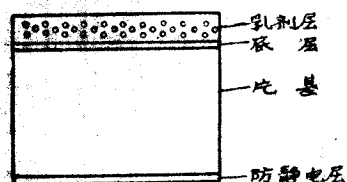


图1

片基，一层防静电层所构成。乳剂层的厚度为 0.012 毫米，它是感光成像用的。底层的功用是使乳剂层能够与片基很牢固的粘附在一起而不致脫离，它的厚度約为 $0.001\sim 0.002$ 毫米，片基是承载乳剂层用的，它可以使胶片具有所需要的机械强度，便於使用，它的厚度为 $0.125\sim 0.14$ 毫米。防静电层是一层透明假漆层，它是使片基背面因摩擦而产生的静电能够流散开来避免产生火花放电現象，以及防止胶片干燥后的捲曲，它的厚度約为

0.001~0.002毫米。

2. 黑白电影底片的构造 (图2)，黑白电影底片是拍摄景物画面用的，它是由一层保护层、二层乳剂层、一层底层、一层片基、一层防静电层所构成。保护层是一层透明的明胶薄层，它的功用是防止乳剂层因摩擦而产生可被显影出来的黑通子(即所谓摩擦灰雾)。感光度较高的片种都需要有这样一层保护层，它的厚度约为

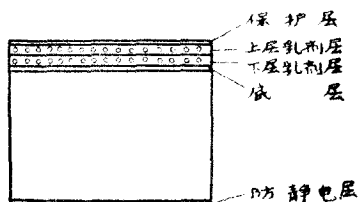


图2

0.001~0.002毫米。上层乳剂层如下层乳剂层都是感光层，是拍摄景物画面用的。上层乳剂层的感光度较高，下层乳剂层的感光度较低。这样安排能使底片的照相性能更好一些。两层乳剂层的总厚度为0.02毫米，底层的情况和功用与正片一样。片基的情况大致也和正片一样，不同的地方是在片基里加有防光量的物质形成灰色片基，而正片的片基则是透明无色的。防静电层也和正片一样，不过一般业余用胶卷和人象软片，不在片基里加入防光量物质，而是在防静电层里加入有颜色的染料。在这种情况下，这一防静电层就被叫做防光量层，当然它仍然有防静电和防卷曲的功用。防光量的目的是使画面上的景物亮点不致模糊不清，这一点对于底片很重要。

3. 彩色电影胶片的构造 (图3)：彩色电影胶片都是由一层保护层、一层黄滤色层、三层乳剂层、一层底层、一层片基、一层防光

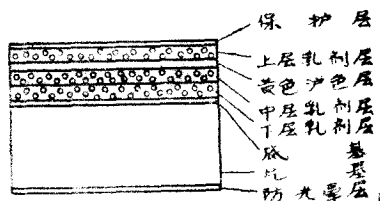


图3

量层所构成。保护层和前面已說过的功用一样。黄滤色层是由小颗粒的金属銀組成的明胶层，它的功用是使中层和下层乳剂层不会感受到兰紫光綫。所以要有三层乳剂层，是为了能分別感受兰光、綠光、紅光、以及在显影以后分別形成不同的顏色，以便表現景物的各种顏色的关系。防光量层加有綠色染料的假漆层。各层的厚度是这样的，保护层 $0.001\sim0.002$ 毫米，上层乳剂层 $0.006\sim0.007$ 毫米，黄滤色层 0.003 毫米。中层乳剂层 $0.0064\sim0.0075$ 毫米，下层乳剂层 $0.0087\sim0.0095$ 毫米，底层 $0.001\sim0.002$ 毫米，片基 $0.125\sim0.14$ 毫米，防光量层 $0.001\sim0.002$ 毫米

4. 照相紙的构造(图4)：照相紙不是电影胶片，它包括印象紙和放大紙等，是由一层保护层，一层乳剂层，一层銀地层和一层紙基构成的。保护层的

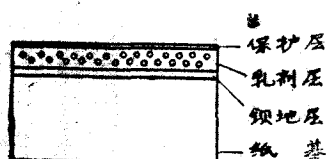


图4

功用主要是使得出的照片可以有亮光，所以如果是布紋紙就可以不要这一层。乳剂层是感光层，銀地层是使紙面白，平坦光滑，

紙基是承載体。在生产过程中，銀地質是另外单独加工的。照相紙的生产一般比較简单，不过也要很好的掌握技术。

制造电影胶片的簡單过程

制造电影胶片主要包括四部分：即片基制作，感光乳剂制作，乳剂塗布及干燥、成品整理等，各过程的簡單情况如下。

1. 制作片基簡單过程：这一过程就是制作电影胶片所需的支持体——片基，它包括制备棉胶液、流延、塗假漆层及底层、干燥、儲存等步骤(图5)。

将原料纖維素酯(硝酸纖維素酯或醋酸纖維素酯)与能溶解

原料的溶剂混合調制成棉胶溶液。經過一次粗过滤，两次細过滤，以除去棉胶液中的大小块状物，然后送到保温槽中，到此棉胶液的制备即告終了。

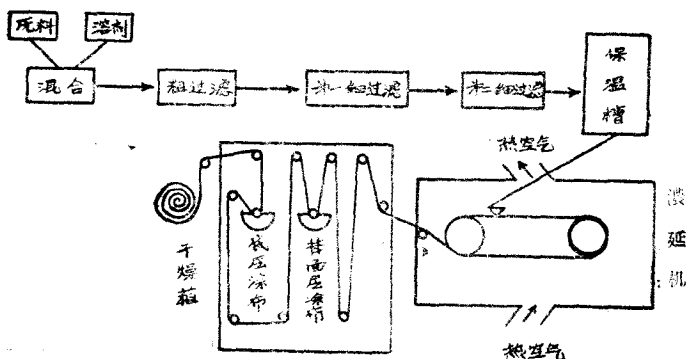
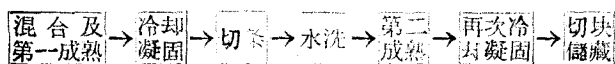


图 5

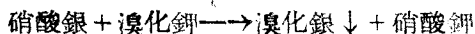
将作好的棉胶液通过管道流入流延机中的鋪流器，然后在轉动的銅带上形成薄膜，通入热空气使溶剂蒸发。此后，从銅带上剝落進入干燥箱，經一段干燥后進行背面假漆层及底层塗布，再經干燥后卷成捲，至此片基的制作即告完成。完成的片基送入倉庫儲藏，供塗布乳剂时使用。

2. 制作照相乳剂简单过程：照相乳剂是供在片基上形成感光膜用的，簡單說來它是卤化銀在明胶中的分散体系——浮悬体。制作乳剂包括混合及第一成熟、冷却凝固、切条、水洗、第二成熟，再次冷却凝固，以及切块儲藏等步驟，这些步驟都是在暗紅灯下進行的。



制作乳剂的第一步手續是将硝酸銀溶液加入到含有过量溴化鉀的明胶溶液中加以混合生成溴化銀顆粒，此时溶液立刻从

透明变成淡黄乳白色，它的反应式为下：



然后加入大量干明胶，并在一定溫度下保持一定時間進行所謂第一成熟。在这一过程中溴化銀顆粒逐漸长大，当到达所需要的顆粒大小时，遂即進行冷却凝固，乳剂就会从液状变成胶冻状。将此胶冻切成小条，并放在低溫流水中進行洗滌，直到胶冻中的过量溴化鉀和生成物硝酸鉀洗尽为止。下一步驟是將这些經過洗滌的乳剂小条（胶冻小条）加溫溶化，加入一定数量的干明胶和其他需要的藥品等，并在一定溫度的条件下保持一定時間進行所謂第二成熟。第二成熟的溫度和時間根据照相性能的需要决定。第二成熟終了再進行冷却凝固，即乳剂又形成胶冻状，然后切块儲存供塗布时使用到此制作乳剂的过程即告終了。

3. 乳剂塗布干燥的簡單过程（图6）：这一过程是将乳剂塗在支持体片基上，經凝固干燥最終形成感光膜。这一过程包括熔化乳剂，加补加物、塗布、干燥等步驟。

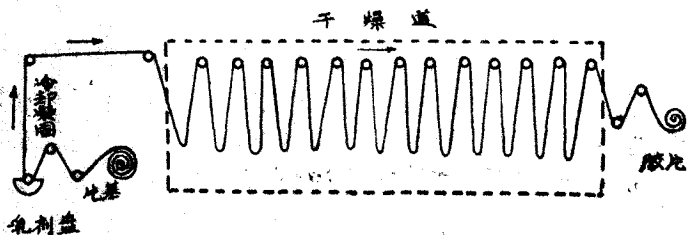


图6

取作好的乳剂先加溫溶化，当乳剂全部溶化以后，順次加入各种补加物，攪拌均匀、过滤、送入保温槽中，再放置一定時間就可开始進行塗布了。

乳剂从保温槽流到涂布机的乳剂盘中。片基在走动中带上乳剂，经过冷凝结或流动的膜，然后经过干燥道，最后形成干燥的乳剂膜并捲成卷，至此片基和乳剂膜已结合在一起形成胶片了。

4. 成品整理的简单过程：涂布干燥后所得到的胶片，每卷宽为1.4米左右、长为310米，成品整理的任务就是要改变它们的几何尺寸和形状，如电影胶片就得裁切成宽35毫米或其他尺寸的长条，并在两边打上齿孔，才能符合电影制片之用，而且还要挑出有毛病的部分，好的成品则需要包装起来，故这一过程包括切片、打孔、检查、包装等步骤。

塗好而干燥好的胶片：先经过裁切机切成35毫米宽的长条，每大卷大约可以裁切成32条，在裁切的同时，先对胶片做初步检查，记下有毛病的各条，裁切完毕进行打孔，打孔以后根据裁切阶段记下来的有毛病的片卷单独进行检查挑出有毛病的胶片。这些挑出的胶片就是废品或另作处理，好的胶片就进行包装，先包一层红纸，然后包黑纸，最后装入片盒，封口、送入仓库。

至此，电影胶片的制造即告完成。

二、感 光 测 定

光、光强、照度、曝光量

光是能量的一种。古时候，人们把光线解释成一股微小的颗粒，以直线的方向从光源发射到各个方向。在1800年以后，物理学家发觉，对于很多光学现象，用这种解释很难说得通，所以就发展了一种波动学说，把光线看作一种波动。

光强表示光源的强度，单位为烛光，即某种标准的鲸脂蜡

做成的蜡烛燃着时的光强。这是一个古老的单位，现代采用的光强单位虽然相同，但是用标准电灯代替蜡烛，这样的标准就更精确一些。

照度即照射在一个表面上的光的强度。

照度可以烛光来表示，即光强为一烛光，距离在一公尺处所受到的照度，即取为单位照度：烛光米。

烛光米又称勒克司。

曝光量：

在一定的时间内在被照射表面上所受到的照明量：

$$H = E \times t$$

H：曝光量

E：照 度

t：时 间

曝光量的单位为烛光米、秒或勒克司、秒。即单位时间（1秒）内在照度为1个烛光。米的表面上对所受的曝光量。

感 光 测 定

感光材料的特点是在光线的作用下会发生一种光化学变化，通过冲洗加工的过程这种变化得以加强，显出在我们的眼前。譬如通过照相机使得胶片对着某种景物进行曝光，在一般的情况下，通过曝光在感光材料上所产生的光化学变化是不可能觉察的。可是经过冲洗以后我们就可以在胶片上得到一种黑白的影像。

各种不同的感光材料，在光线作用下，所起的变化是不相同的。通过冲洗加工过程所得的结果也就不同。譬如我们用电影正片在印片机印刷电影拷贝，加工以后可以得到令人满意的影片。可是若在同样条件下，我们取航空片来制作电影拷贝，

雖然我們使用相同的設備和加工過程，但是結果將是一片模糊。同樣我們也不能用電影正片來代替航空片進行航空攝影。

各種感光材料所以在光的作用下經受不同的光化學變化，而且在沖洗加工以後得出不同的結果的原因是因為他們具有不同的照相性能。照相性能直接決定了感光材料的用途，例如，在進行X光綫攝影時使用X光膠片；進行新聞攝影則用高感光度底片等等。

感光測定的目的就是用科學的方法衡量感光材料的照相性能。

大家都知道，感光材料在曝光，顯影加工以後所起的最顯著的變化是各種不同程度的變黑。由於感光材料的變黑的特性是直接與其照相性能連系的，也是在感光材料上形成各種不同影像的根本原因，所以有必要加以熟悉。

所謂“黑”就是把光綫給阻擋住了，而黑的程度也就是阻光率，在感光測定上稱阻光率的對數為密度。

如以： F_0 代表投射光量

F 代表透射光量。

D 代表密度

$$\text{則： } D = \log \frac{F_0}{F}$$

亦即密度為投射光通量和透射光通量之比的對數。

若投射光量為透射光量的十倍則密度為 1。

若投射光量為透射光量的百倍則密度為 2。

上述密度的概念適用於一般膠片及干板，因為在膠片和干板上的“黑”影的作用就是使從膠片後面投射到膠片上，透過膠片投射到人的眼睛上的光量減少，也就是說問題發生在投射光和透射光之間，所以一般稱之為透射密度。

在常見的另一种感光材料—照相紙方面情况就不同了，我們观察照相紙上的画面是依靠反射光綫的，所以照相紙上“黑”影的作用就是阻擋反射到我們眼睛里的反射光綫，因此我們采用了所謂反射密度的概念亦即投射光量和反射光量的比的对数。

$$D = \log \frac{F_0}{F}$$

D: 反射密度

F_0 : 投射光量

F: 反射光量

感光仪和密度計

取一条胶片，分成若干格，在每一个格子上施以不同的曝光，逐漸增加曝光量，簡示如下图 7

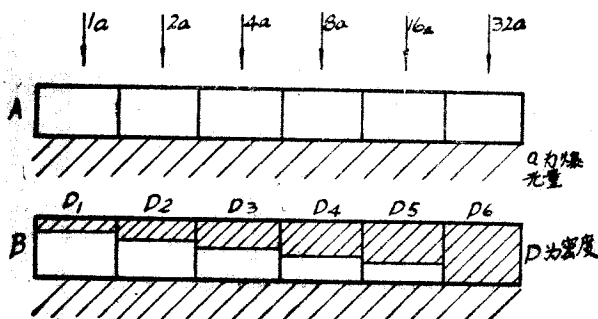


图 7

经过显影、定影、水洗、干燥以后我們就得到如B所示的密度不同的格子，測量这些不同点处的密度值，再比較測定的結果和所施曝光量之間的关系，就可以了解这种胶片的照相性

能的主要指标，这也是感光测定最基本的过程。

1. 感光仪 为了进行上图A所示的曝光，必须使用感光仪，感光仪一般分为调时式和调光式二种。

根据下列公式： $H = Et$

H: 曝光量

E: 照度

t: 时间

为了对于一块胶片的的不同部分进行一系列不同的曝光，我们可以在固定的照度下，进行长时间逐渐增长的曝光，这就是调时式感光仪的原理。但是我们也可以在固定的曝光时间下，逐渐增加照度进行一系列曝光，这就是调光式感光仪的原理。

(1) 调时式感光仪的基本结构是在一个标准光源和试验片之间装有一个旋盘或一个旋鼓。使用旋盘时在盘上沿着半径有一系列不同弧度的开口，若使圆盘以固定的速度旋转，从光源出发透过圆盘的光线在沿着半径线各点上就会给予不同时间的曝光。使用旋鼓时，光源处于旋鼓的内部，在旋鼓上沿着长轴方向有一系列不同高度的开口，当旋鼓旋转时，从光源出发透过旋鼓的光线在沿着与长轴平行的线上可以给出不同时间的曝光。

(2) 调光式感光仪有一个标准光源，曝光时间是固定不变的，利用一个落帘式的快门，光线从光源出发，先经过一个级谱，再投射到欲试验的胶片上。

级谱又称光楔为透明的胶片或玻璃片，上面有石墨或银微粒所构成的密度，级谱是分成一格一格的，每一格上面的密度是逐渐增加的。每一格的密度差为0.10~0.30。

由于级谱在感光仪中是置于光源和胶片之间，所以就將胶片上各点所受的曝光量产生有规律的变化。