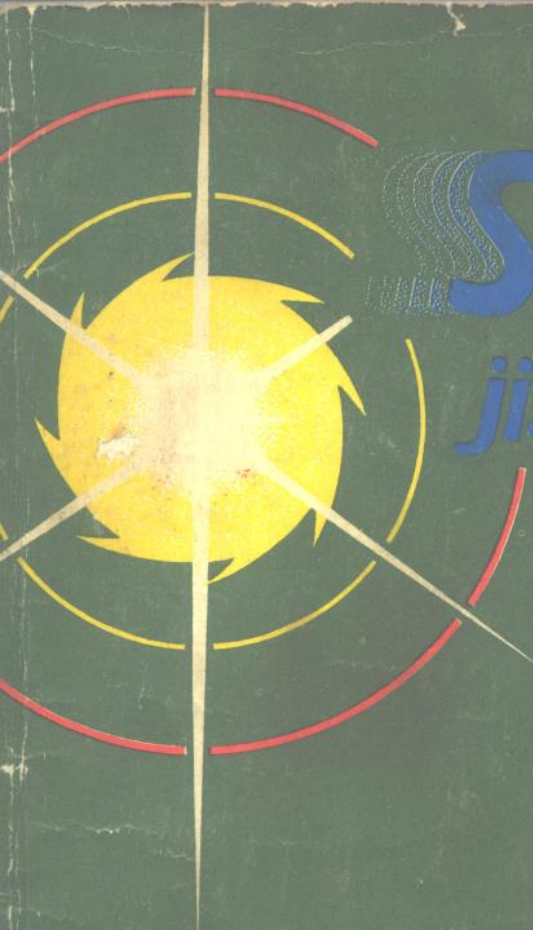




Sheying
jishu yu jifa

摄影技术与技法

中国摄影出版社

DF37/65

摄影技术与技法

韦 彰 徐国兴 编



中国摄影出版社

一九八一·北京

摄影技术与技法

韦 彰 徐国兴 编

中国摄影出版社出版

(北京东城区红星胡同 61 号)

北京一二〇一工厂印刷

新华书店北京发行所发行

开本 850×1168 1/32 印张 3.625

插页: 4 字数: 100,000

1981 年 5 月第 1 版 1981 年 5 月第 1 次印刷

印数: 1—210,000 册

统一书号 8226·1 定价: 0.56 元

目 录

感光材料的性能与使用·····	卢学志(1)
彩色摄影的正确曝光·····	黄次石(15)
滤光器的性能与应用·····	刘国典(27)
暗室加工技法·····	陈石林(40)
怎样放制黑白照片·····	赵 巷(57)
彩色照片放大技巧·····	于祝明(79)
摄影技术集纳·····	徐国兴(99)
后 记·····	(111)

感光材料的性能与使用

卢学志

感光材料所包括的范围很广，除了一般摄影用的感光材料之外，还有应用于电影、电视、印刷、缩微、医学、航空、军事等领域的感光材料。即使一般摄影用的，也有照相用感光材料和制作用感光材料之分。本文所要讨论的只局限于照相用感光材料，当然包括黑白感光材料和彩色感光材料两类。

为了便于理解照相用感光材料的性能，先简单介绍一下感光材料的基本结构。

黑白感光材料的基本结构是将感光乳剂涂布在透明的支持体上。这种支持体目前普遍采用醋酸纤维片基。过去曾用硝酸纤维片基作为支持体，但因硝酸纤维容易燃烧，很不安全，所以后来改用醋酸纤维，不易燃烧，称为安全片基。

感光乳剂由两大主要成分组成，即卤化银和凝胶。卤化银是感光乳剂中的感光物质，它以细小的颗粒状存在于乳剂之中。一般照相用的感光材料乳剂中的卤化银，基本上是含有微量碘化银的溴化银。这种乳剂的感光度比较高。至于一般低感光度的乳剂，则以氯化银（或溴化银）为主，比如暗房制作用的印象纸或放大纸就是这一类。照相用感光材料的乳剂中包含的微量碘化银，能使乳剂的感光度显著提高。但是乳剂中碘化银含量与感光度的提高又不是一个简单的关系。实验证明，当碘化银含量接近 5% 的时候，感光度达到了最高点，再增加碘化银含量，反而导致感光度降低。所以在一般照相用感光材料的乳剂中碘化银含量多在 5% 左右。

凝胶是使卤化银颗粒附着在支持体上的一种介质，对它的要求也是很严格的。凝胶必须能使卤化银颗粒均匀分布，必须在冲洗过程中

保持稳定，并能使冲洗药液迅速渗透。一般照相乳剂用的凝胶是以牛骨为主要原料的动物胶。

感光乳剂除了包含以上两大主要成分之外，常在凝胶中加入微量的化学增感剂，以进一步提高感光度。同时添加适当的光学增感剂，以扩展溴化银的光谱感光范围。为了增加乳剂抵抗机械性应力的能力，还要加硬化剂，也叫坚膜剂。包括以上成分的感光乳剂的涂布厚度，一般不超过 0.02 毫米。

此外，在片基的背面，还涂有一层深颜色的防光晕层，吸收透过乳剂层到达片基的光线，防止这部分光线再反射到乳剂层中，造成光晕现象。

彩色感光材料的结构，与黑白感光材料大同小异。就其基本结构来看，彩色感光材料也是将感光乳剂涂布在透明的片基上，这一点和黑白感光材料是相同的；但是就其感光乳剂的内容来看，两者又有重要的区别。

首先，彩色感光材料不象黑白感光材料那样，只在片基上涂布一层感光乳剂，而是涂布三层感光乳剂，使其重叠在片基上。为什么要涂布三层乳剂呢？这就要从彩色摄影的基本理论说起。目前的彩色感光材料的结构，都是建立在三原色理论的基础之上的。根据三原色理论，客观景物的任何颜色，都是由不同比例的红、绿、兰三种颜色成份合成的。换一句话说，客观景物的任何颜色，也都可以分解成不同比例的红、绿、兰三种成分。因此，我们要想在照片上再现客观景物的颜色，就要在感光材料上分别记录下景物的三原色成份。既然是分别记录，当然就不能记录在一层乳剂上，所以彩色感光材料需要涂布三层乳剂。三层乳剂在职能上是有分工的，要能分别记录景物红、绿、兰三原色成分的一种。这就要对三层乳剂的感色性能做不同的处理。溴化银乳剂所固有的感色性能，也就是说溴化银所能吸收的光线的光谱成分，仅为兰光区，只达到光谱中的 500 毫微米左右。这种感色性能，刚好适合于感兰色层的需要，于是就把它不加处理地作为记录景物兰色成分的乳剂。某些染料可以扩大溴化银乳剂的光谱感光范围，称为增感染料。选择适当的增感染料，分别加到乳剂中，使其光谱吸

收达到 600 毫微米左右的绿光区和 700 毫微米左右的红光区，这样的乳剂就可以分别作为记录景物绿色成分和红色成分的乳剂，或称为感绿色层和感红色层。

三层乳剂的排列顺序，作为照相用感光材料来说，一般都是感兰层在最上面，感绿层在中间，感红层在最下面。这种排列顺序叫正形排列。有些暗房制作用的感光材料，如彩色放大纸，采用倒形排列，即把感绿层或感红层放在最上面，而把感兰层放在最下面。这是由于感绿层显影后所形成的品红染料在表面，使人看起来影象更清晰，或由于感红层显影后所形成的青染料在表面，可以吸收紫外线，保护下面的染料，防止退色现象。

采用正形排列的照相用感光材料，在感兰层的下面有一黄滤色层。其作用就象照相用的黄滤色镜一样，吸收透过感兰层的残余兰光，保护下面的感绿层和感红层免受兰光的干扰。黄滤色层将在冲洗的过程中消失。

对于彩色感光材料来说，防光晕层也是很重要的。目前在市场上出售的国产彩色胶卷，片基背面的防光晕层多数是纯黑色的。这是因为这些胶卷本来是拍电影用的，彩色电影胶片背面的防光晕层涂的是炭黑，而炭黑在冲洗过程中是不易消除的，需要做专门的处理。

彩色感光材料的乳剂与黑白感光材料的乳剂的第二大区别在于，彩色乳剂中除了卤化银之外，还有成色剂。成色剂在显影的过程中将形成染料，从而产生颜色。由于三层乳剂的任务不同，所以成色剂也不同。感兰层乳剂中是黄成色剂，显影后形成黄染料；感绿层乳剂中是品红成色剂，显影后形成品红染料；感红层乳剂中是青成色剂，显影后形成青染料。彩色乳剂中的黄、品红、青三种成色剂不是任意挑选的，而是由于黄、品红、青三种颜色是兰、绿、红三原色的补色。换一句话说，也就是兰与黄、绿与品红、红与青两两色光相加都是白色，这就叫互为补色。彩色乳剂中的黄、品红、青成色剂本身是不具有感光能力的，它们借助于卤化银的感光作用，在显影的过程中相应地形成染料，从而组成彩色影像。一旦彩色影像形成，由卤化银还原而成的黑色银粒就成为不必要的，所以在冲洗过程中被清除。因此，在彩

色感光材料的乳剂中，最后形成彩色影像的是成色剂，而不是卤化银，卤化银只不过起桥梁的作用。这是彩色感光材料与黑白感光材料的重大区别。

(一)特性曲线

讨论感光材料的性能，应该首先从特性曲线谈起。而要了解特性曲线的含义，又要先搞清楚几个基本概念。

曝光——感光乳剂吸收光线，使卤化银发生变化，产生潜影，叫做曝光。曝光后感光乳剂产生的潜影是不可见的，只有通过显影才能显现出来。

显影——使乳剂中已经感光的卤化银还原成金属银，叫做显影。还原后的金属银是黑色颗粒状，组成影像。

灰雾——在正常显影的过程中，有些未曝光的卤化银颗粒也被还原，均匀地分布在底片上，叫做灰雾。

密度——乳剂中感了光的卤化银经过显影还原成黑色的银粒，堆积起来的银粒能阻挡光线的通过，以阻光率的对数值表示阻挡光线的的能力，叫做光学密度，简称密度。投射光的强度与透射光的强度的比值叫阻光率。

明确了以上几个基本概念，就可以讨论感光材料的特性曲线了。特性曲线是如何形成的呢？我们已经知道，密度的大小归根到底是由曝光量的多少决定的。假如曝光量很小，小到不足以使感光乳剂中的卤化银产生潜影，则显影后底片上只有一层均匀的灰雾，密度一般在0.1到0.2之间。如果曝光量逐渐加大，大到一定的程度，卤化银开始产生潜影，显影后底片上就会出现大于灰雾的微量的密度。在此阶段内，曝光量的增加和密度的增加还不成比例，曝光量增加的多，而密度增加的少，底片上的密度处于缓慢增加的阶段。如果曝光量继续加大，大到某一个数量的时候，就达到了一个新的起点，此后曝光量的增加与底片上密度的增加成正比例，或叫线性关系。进入此阶段以后，曝光量和密度按比例地增加，将维持一个相当长的过程，这一过程是感光乳剂最重要的阶段。但是这一过程是有限度的，当密度增加

到一定数量的时候，曝光量与密度的关系又进入了第三个阶段。在此阶段，密度的增加又逐渐缓慢下来，直到感光乳剂中的卤化银已完全还原成银粒，形成了最大密度。此后曝光量再增加，密度也不会增加了。

我们把上述的曝光量与密度的关系体现在坐标纸上，以曝光量的对数值为横座标，以密度为纵坐标，然后把曝光量与密度的变化关系连成一条线，如图1所示，这就是感光材料的特性曲线。图中A点以下是灰雾。A点是特性曲线的起点。AB段是曲线的第一阶段，也叫曲线的足部。BC段是

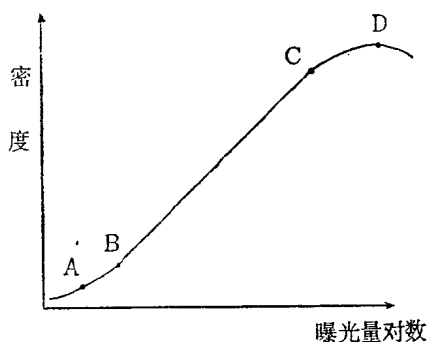


图 1

曲线的第二阶段，也叫曲线的直线部，这是曲线最重要的部分。CD段是曲线的第三阶段，也叫曲线的肩部。D点达到了最大密度。

特性曲线所表现的曝光量与密度的关系，是通过显影来实现的，所以显影对特性曲线有重要的影响。可以说特性曲线既取决于感光乳剂的性质，也取决于显影。显影的进程对曲线的形状和位置有重要作用。为了说清楚这一点，需要分析一下显影的过程。

感光乳剂在曝光的时候，由于各个部位接受光线数量的不同，卤化银颗粒感光的数量也不同。这不论是通过感光仪曝光或实际照相都是如此。我们把曝光后的感光材料放入显影液中进行显影。在开始的阶段，乳剂各个部位已感光的卤化银颗粒开始还原成银粒，普遍形成银粒的堆积，产生密度。但是随着时间的推移，乳剂中已感光卤化银数量多的部位，显影进度加快，银粒堆积增多，密度也就逐渐增大，于是感光多的部位和感光少的部位之间就形成了密度差。这种密度差也叫做反差。随着显影的继续进行，不仅各个部位的密度相应地增加，而且各个部位之间的密度差也会逐步加大。这一趋势一直延续到全部已感光的卤化银颗粒都还原成银粒为止。这时高密度部位达到了最大

值，密度差也就达到了最大值。此后如果继续显影，就会使更多的未感光卤化银颗粒还原成银粒，从而灰雾增大，反而导致密度差的减小。由此可见，在正常的显影范围内，显影的过程既是密度增加的过程，也是反差增加的过程。

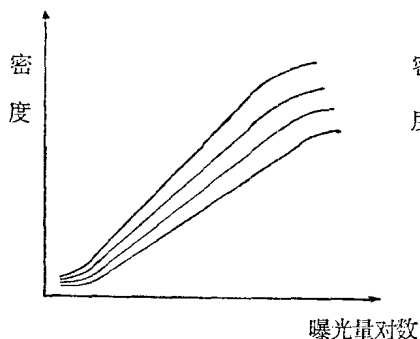


图 2

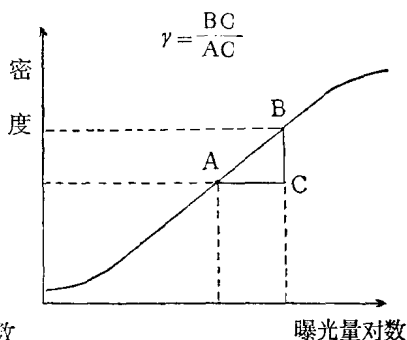


图 3

以上所分析的显影过程，可用一组逐渐变化的特性曲线来表示，如图 2。图中每一条曲线都表示一定的显影程度。而具体的表示方法，则以特性曲线的直线部分的斜率为标准。斜率的计算如图 3 所示，在直线部分任取 A B 两点，然后以 A B 两点间的密度差与曝光差相比，其比值就代表斜率。由于密度差与曝光差的比值的含义，实际上是表示底片所反映景物反差的程度，所以又叫做反差系数，以一个希腊字母 γ (格玛) 作为符号。又因为斜率的形成和显影有直接关系，一般都以斜率表示显影的程度，所以也叫显影格玛。

我们实际工作中的正常显影，通常都不是充分的显影。因为充分显影所形成的密度差，即反差，大于制作用的感光材料(如放大纸)所要求的曝光差，所以显影需要适可而止。一般适可而止的标准是显影格玛达到 0.6 到 0.7 之间。一旦确定了标准的显影格玛，也就控制了显影程度，这就为确定感光材料的感光度提供了基础。

(二)感 光 度

感光度是感光材料所具有的感光能力的标志。过去各个国家都有

自己的表示方法。后来有些方法逐渐被淘汰，主要保留了两种表示方法：一种是美国标准协会的 ASA 制；另一种是德国标准协会的 DIN 制。这两种表示方法曾长期并存，被广泛采用。很多感光材料同时标出这两种感光度数字，比如写作 ASA100/21DIN。近年来，国际间对感光材料的感光度的表示方法，进一步取得了一致的意见，在 ASA 制和 DIN 制的基础上，统一为国际标准感光度，于 1980 年起开始实行。下面就介绍一下国际标准感光度的规定和表示方法。

国际标准感光度规定了三个条件：第一，以比灰雾密度高 0.1 作为起点密度，也就是说，在特性曲线上以比灰雾密度大 0.1 的一点，当作实际可用的密度的起点；第二，选择曝光量为 1.3 的一点，作为计算点；第三，特性曲线上曝光量为 1.3 的一点的密度必须比起点密度大 0.8。以上条件如图 4 所示。满足了以上三个条件以后，就可以计算感光度了。

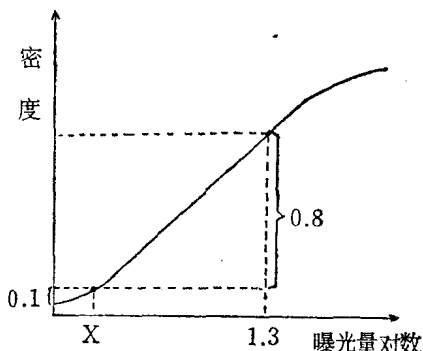


图 4

$$\text{感光度} = \frac{0.8}{\text{起点密度的曝光量}(x)}$$

算出的感光度数字，可以有两种表示方法，即算术数字和对数数字的表示方法，比如写作 ISO100/21。实际上和 ASA 制、DIN 制数字是一样的。

国际标准感光度也规定了感光测定时的曝光条件，光源应该是日光色温 (5500K)，曝光时间应在 1/20—1/80 秒之间。显影液应为 M、Q 系统的显影液 (即米得尔、海得尔系统的显影液)。

测定彩色感光材料的时候，如果三层乳剂的曲线不一致，则应按照上下两条曲线的平均数计算。

还应该指出的是，感光材料所标出的感光度既然是在一定显影程

度的条件下计算出来的，那么在实际使用的时候，我们的显影程度就要和测定的要求相一致，这样感光度数字才是一个实用的数字。如果我们的显影程度低于或高于规定的程度，也就是说，显影格玛低于0.6或高于0.7，则感光材料的实际感光度必定低于或高于标出的感光度数字。我们再用原来标出的感光度作为计算曝光的标准，一定会造成曝光不足或曝光过度的现象。

从另一个方面来看，我们既然了解了感光度是一个相对的数字，它随着显影程度的变化而变化，那么在必要的时候，我们就可以有意识地用控制显影程度的办法来改变感光度。比如，在低照度条件下照相，可以用延长显影的办法来提高胶卷的感光度；又如在面对强反差景物的时候，可以用缩短显影的办法来降低胶卷的感光度，以达到降低景物反差的目的。

(三)宽容度与反差性

宽容度的含义是指感光材料所能正确反映景物亮度差的范围。由于前提是正确反映，所以实际上是指感光材料特性曲线的直线部分。但又不是指直线部分本身，因为感光材料记录景物的亮度差范围取决于特性曲线直线部分的长短，还取决于特性曲线的斜率。当特性曲线直线部分不变的情况下，斜率愈高，或者说反差愈大，则宽容度愈小。反之斜率愈低，或者说反差愈小，则宽容度愈大。因此确切地说，宽容度是指特性曲线直线部分所对应的曝光差，也就是直线部分在曝光量对数座标轴上的一段投影。如图5所示。

我们说感光材料要正确反映景物的亮度差，一定要用特性曲线的直线部分，这是因为只有在直线部分，曝光量的增加和密

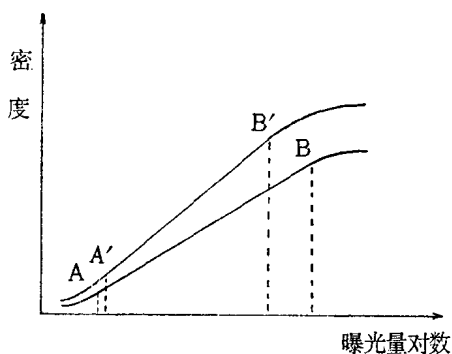


图 5

度的增加才成正比例。但是在实际拍照片的时候，却往往需要用特性曲线的足部。把景物阴影部分中的层次用斜率比较低的曲线足部来表现，效果是很好的。所以我们除了关心感光材料的宽容度之外，还要关心从起点密度到最大密度的总曝光量记录范围。特别是其中的低密度部分，即曲线的足部部分。

虽然各种感光材料有不同的反差性，可是我们可以通过控制显影使其达到相同的斜率，只不过所需要的显影时间不同而已。反差性强的感光材料只要显影很短时间就可达到 0.6—0.7 的显影格玛，而反差性弱的感光材料则需要较长的时间。

既然不同反差性的感光材料可以达到相同的斜率，那么还有什么区别呢？对于我们使用者来说，主要的区别在于曲线足部的形状。一般来说，反差性强的感光材料的曲线足部都比较短，起点密度以上很快就进入直线部分；反差性弱的感光材料的曲线足部都比较长，起点密度以上有一个密度缓慢增加的阶段，再进入直线部分。两者比较起来，在实际应用中，足部短的损失景物阴影部分的层次，而足部长的对我们更为有利。

(四) 分 辨 率

分辨率或叫解像力，表示乳剂分辨影像细部的能力，是感光材料的重要性能，也是感光材料质量的重要标志。目前用每毫米可以分辨出多少条线作为标准。常用的方法是通过镜头拍照一张画有各种平行线条的图案测试表，显影后的底片用显微镜进行检查，找出感光材料分辨本领的数据。由于是通过镜头测试感光材料的分辨率，所以镜头本身的分辨率必须明显高于感光材料才行。一般都用专门设计的镜头，其分辨率达到每毫米 300 条线以上。感光材料的分辨率与乳剂的锐度和颗粒度有直接关系。

(五) 锐 度

锐度也叫边缘锐度，是构成影像清晰的重要因素。下面我们通过具体事例来解释什么叫锐度。

假定我们用一把刀锋紧紧压住感光材料乳剂的一部分，然后使乳剂曝光，显影后进行仔细观察，就会发现刀锋边缘的影象并不是突然终止的，而是有一个逐渐变化的过程。如果用显微密度计进行测量，并用坐标纸标出，就会得出一条密度与刀锋距离变化的曲线。这条曲线的斜率就是锐度的主要根据，斜率愈高，锐度愈好。感光材料的锐度取决于乳剂的厚度和卤化银的浓度，此外显影因素对锐度也有很大的影响。

(六) 颗粒性

我们在前面已经讲过，乳剂中的卤化银感光以后，经过显影还原成银粒，银粒堆积起来组成影象。如果我们观察经过放大的影象，就会发现银粒的排列是很不均匀的，这种使人看来不均匀的感觉就是颗粒性造成的。

过去曾提出过很多测量颗粒性的办法，但都有主观性和相对性。目前对于颗粒性客观标准的统一认识，就是均方根颗粒度，简称 rms 。目前各种感光材料的均方根颗粒度的数字在 5—50 之间。现将分级标准开列于后：

45、50、50以上	很粗
33、36、39、42	粗
26、28、30	略粗
21、22、24	中等
16、17、18、19、20	细
11、12、13、14、15	很细
6、7、8、9、10	非常细
5、5以下	极细

(七) 感色性

感色性是属于黑白感光材料的概念。我们在前面已经讲过，乳剂中的溴化银颗粒，就其本身的感色性能来说，只能吸收可见光谱中 400 毫微米到 500 毫微米的一段，即光谱的三分之一左右，或叫兰光

区。凡是只具有溴化银乳剂的原始感色性能的这种感光材料，叫做盲色性感光材料。

如果在溴化银乳剂中加入一定的光学增感剂，使其光谱感光范围扩展到 600 毫微米左右，达到绿光区，即包括可见光谱的三分之二，这种感光材料就叫做分色性感光材料。

如果在溴化银乳剂中再加入适当的光学增感剂，使其光谱感光范围扩展到 700 毫微米左右，达到红光区，也就是包括可见光谱的全部，这种感光材料就叫做全色性感光材料。

目前照相用的黑白感光材料基本上都是全色性感光材料；而暗房制作作用的黑白感光材料，则大多数是盲色性感光材料。

(八) 色 温

色温是属于彩色感光材料的概念。我们在生活中都会有如下的体验，同一个物体，在日光下和在灯光下观看，颜色表现不一样。这是因为日光和灯光所包含的光谱成分不同。我们要求彩色照片能正确地反映客观景物的颜色，而彩色感光材料在控制色彩平衡方面，要同时适应不同光源的光谱成分又有很大的困难，于是彩色感光材料就从乳剂的制造上分成了两类：一类适应日光的光谱成分，叫做日光型彩色感光材料；一类适应灯光的光谱成分，叫做灯光型彩色感光材料。

光源不同的光谱成分用什么来表示呢？就用色温来表示。顾名思义，色温一词表明颜色和温度有关系。如果我们用一块标准黑色金属，使其燃烧发光，我们就会发现，随着温度的升高，光线中所包含的光谱成分也会发生变化。温度愈高，则短波光线的成分愈多。我们用燃烧发光的黑色金属的绝对温度（即摄氏温度加 273）的数字来表示光线的光谱成分，就是色温，符号是 K。日光的平均色温为 5500K。摄影灯光的标准色温为 3200K。目前日光型彩色感光材料就是平衡于 5500K 的光源，灯光型彩色感光材料就是平衡于 3200K 的光源。

(九) 倒易律失效

从理论上说，感光乳剂通过曝光所产生的变化，只与总的曝光量

有关，而与光线的强度和曝光的时间无关。也就是说，不论是光线很强而曝光时间很短，或光线很弱而曝光时间很长，只要总曝光量不变，都会使乳剂产生相同程度的潜影。这就叫倒易效应。但实际情况是，当光线弱到一定程度，或曝光时间短到一定程度时，乳剂的感光能力会有明显下降。这种现象叫做倒易律失效。

倒易律失效因乳剂的性质不同而有相当的差别。但总的来说，对黑白感光材料的影响不大，除非在某些极端的曝光条件下才会碰到这个问题，如用千分之一秒以上快门的时候。但是对于彩色感光材料来说，问题就大一些。因为彩色感光材料有三层乳剂，而三层乳剂的倒易律失效情况就不一定一致。因此有些供专业用的高质量彩色感光材料，就有长曝光型(L型)和短曝光型(S型)之分，以1/50秒或1/10秒为限，分别适应在弱照度下和强照度下照相的需要，以达到最好的色彩平衡效果。

(十)平衡染料的有害吸收

这是一个彩色感光材料所特有的问题。我们已经知道，彩色感光材料的三层乳剂中的成色剂，在显影后将分别形成黄、品红、青三种染料，从而组成彩色影象。从理论上说，这三种染料的光谱吸收曲线应该是很理想的，即黄染料只吸收蓝光，品红染料只吸收绿光，青染料只吸收红光。但实际上并非如此，这些染料往往也能吸收相当一部分相邻光区的光线，这就干扰了三层乳剂的色彩平衡，因此叫做染料的有害吸收。

为了解决这个问题，前一阶段采取的办法是，以带色成色剂显影后自动形成与有害吸收相反的色罩的办法，来平衡有害吸收形成的相对密度。这种色罩是橙红色的，也就是有些冲洗后的彩色底片上普遍带有一层橙红色的原因。

近年来又采取了一种新的办法来解决这个问题。七十年代发展起来的Ⅱ型彩色感光材料，乳剂中采用显影抑制型成色剂，简称DIR成色剂。这种成色剂在显影过程中形成染料的时候，释放一种显影抑制剂，能抑制邻层卤化银颗粒的显影，同时也就抑制了邻层染料的形成。

这种抑制邻层显影的作用，和本层染料的有害吸收刚好达到平衡。这种办法在理论上叫做层间效应。层间效应不但可以平衡染料的有害吸收，同时可以加强边缘锐度，对提高影象的清晰度有好处。

(十一)规格型号

感光材料的规格型号是很多的，如果加以分类的话，从不同的角度有不同的分法。

1. 以尺寸分，适应不同规格的照相机。计有：

110 型 画面 13×17 毫米

126 型 画面 24×24 毫米

135 型 画面 24×36 毫米

120 型 画面 6×4.5 、 6×6 、 6×9 厘米

页 片 $2\frac{1}{4} \times 3\frac{1}{4}$ 、 4×5 、 5×7 、 8×10 吋

2. 以感光度分，计有：

慢速片 感光度在 ISO50/18 以下

中速片 感光度在 ISO64/19—125/22 之间

快速片 感光度在 ISO160/23—320/26 之间

特快片 感光度在 ISO400/27 以上

3. 黑白感光材料以感色性分，计有：

盲色片

分色片

全色片

4. 彩色感光材料以适应光源色温分，计有：

日光型片

灯光型片

混合型片

5. 此外彩色感光材料还有：

长曝光型片

短曝光型片

专业型片