

# 摄影感光理论基础

杰姆斯·希金斯著

中国电影出版社

# 攝影感光理論基礎

T·H·杰姆斯  
(美国) G·C·希金斯 著

刘海生等譯

中国电影出版社

1957·北京

T H JAMES    GEORGE C HIGGINS  
FUNDAMENTALS OF PHOTOGRAPHIC  
THEORY

1 9 4 8

\*

本書根据英国却普曼与霍尔有限公司  
1949年3月第2次印刷本譯出

攝影感光理論基础

T·H·杰 姆 斯    著  
G·C·希 金 斯  
刘 海 生 等 譯

\*

中国电影出版社出版

(北京西单舍饭寺12号)

北京市書刊出版業營業許可証出字第089号

北京外文印刷厂印刷    新华書店发行

\*

開本 850×1168公厘  $\frac{1}{32}$  · 印張 9  $\frac{7}{8}$  · 字數 218,000

1957年4月第1版

1957年4月北京第1次印刷

印數 1—12,000册    定價(11) 2.10元

統一書號：15061·10

## 譯 者 的 話

本書按原名直譯是“攝影理論基礎”，我們考慮到可能有人誤會本書是專談照相方面的問題，其實所講的內容主要是攝影感光原理，並沒有涉及照相工作中的一些具體問題，因此，我們最後決定採用了現在的名稱。

作者是美國柯達研究所的工作人員，原著於1948年出版，蘇聯在1954年曾出版了俄譯本，並作了必要的注解。這次出版的中譯本，除了原作者加的注解外，我們為了便於讀者理解，又請俄文翻譯同志把俄譯本的序言和編譯者所加的注解全部譯出，另外，在必要的地方，中譯者也加了適當的注解。

在翻譯過程中，最感困難的是專門名詞的譯名，我們尽可能地利用中國科學院編譯局編訂的名詞，但在個別情況下，也使用了一些慣用的名詞。

為了供讀者參考，除了每章末原作者列舉的英文參考書以外，我們又把俄譯本的參考書名（附有十號的）也收錄在這裡，統附於各章末尾。為便於讀者查考，我們把中英文名詞作了一份對照表，附錄在書後。

本書譯稿承北京電影學院孫明經、呂錦瓊兩位教授以及彭方新同志抽暇校閱與修訂，一併在此深致謝意。

本書第一、二、三、四、五、六、七、八、十、十一各章統由劉海生同志譯出，第九章由黃兆錕同志譯出，第十二、十三兩章由王慧敏同志譯出，最後第十四章是凌曉君同志翻譯的。

由於譯者水平的限制，可能有譯錯的地方，敬希讀者不吝指教，以便再版時更正。

## 俄 譯 本 序

杰姆斯和希金斯合著的这本书，以相当简明的文字，然而却以相当高的科学水平，叙述了有关摄影过程原理的一切问题（摄影过程各个阶段的物理化学实质和照相画面中影调摹演原理）。虽然原著英文本是1948年出版的，但其内容并未过时，因为这本书所叙述的大部分是一些可以认为是肯定了的理论成果及其阐释。

现有的关于摄影学的著作，例如1942年出版的米斯名著“摄影过程原理”（俄译本于1949年出版）和其他一些专题著作，专供一小部分读者研究；另一方面，有大量关于摄影方面的普通读物，内容庸浅，谈的都是单纯的配方问题，并未涉及摄影过程的物理—化学原理。杰姆斯和希金斯这部著作，在一定程度上是二者兼备的。本书在科学上的精确性完全可以和米斯这样的著作媲美，但在文体上却容易为广大读者所接受。此外，本书还把米斯的著作出版之后有关摄影过程理论方面的成就包括在内。

然而杰姆斯和希金斯的著作并不是没有缺点的。第一个缺点是它没有充分利用苏联学者们的成就，而苏联学者们在这一方面已获得了许多新的重要理论成果。这一缺点已在编译俄译本时得到了部分的弥补，已把苏联学者们的著作附注和引证在书中（主要是近年来的著作），并附在每章末的参考文献中。

本书叙述得相当的不均衡，这是认为作者们写的不够令人满意的第二个缺点。在摄影过程各个阶段的物理化学理论方面，有些章节写得出色，同时书中也有显然不够的地方，这主要是在两

个重要而又复杂的问题上——关于影调摹演主观方面的问题，和在某些章节中关于颗粒测定法的问题。因此，我们把一个次要的钻研不够的、以颗粒结构的画面亮度分布在人眼网膜上的研究结果为理论根据的颗粒测定法删掉了。

此外，在光学增感一章中，增感染料的化学结构是从毫无科学根据的共振原理出发来研究的，所以在俄译本中也已删掉。

最后必须指出，俄译本中所使用的表示光度和照相特性的数值方面的符号和名称，是以 ГОСТ 2653—44 照相感光测定的标准名称表为根据的。在其他方面，则保留作者用的符号和名称。确切些说，也就是保存了俄国科学文献中所使用的相当的符号和名称。

总之，这本书有益于广大的读者们：如从事摄影和洗印业务的科学工作者和工程师们，以及研究摄影的研究生和大学生们。

本书第1—9章和第14章是海茵曼译的，第10—13章是马尔希列维奇译的，第14章（关于增感和减感的一章）译就之后并由列夫高也夫加以编写。

科学院通讯院士契比索夫

## • 序 •

攝影學可以分成好幾種獨立而又多少相互關聯的學科，每一種學科都可以歸納到化學或物理學中的一種專門領域里。例如製造感光層基本上是膠體化學的運用。光在感光層上的作用，是一個包括次級化學與物理過程的光化學過程。把光的效果轉變成可見影象的過程實質上是化學過程。最後，依最初組成影象的光和使影象可被看見的光來評估影象，是屬於物理與心理物理方面的問題。

本書的目的是根據基本化學與物理概念介紹一般的攝影原理。料想讀者都有基本物理與化學知識，但不一定需要專家的專門學識。本書有許多地方避免講述攝影過程原理的發展史以及詳細介紹原始文獻。我們確信這樣可使一般讀者在研究本書中的理論時，節省不少時間與思考，而需要詳細研究任何一專題的讀者，可以從參考每章末所載的參考書獲得豐富的資料。

某些省略處必須加以說明。本書中只討論應用銀鹽的攝影過程。這是超越一切的最重要過程。不用銀鹽的感光材料只作特殊用途，詳述它所涉及的原則，需要占用許多篇幅，而這樣作與它的重要性並不相稱。本書中也不討論鏡頭的設計原理與攝影機的構造，它們都是另外的題目。雖然它們對於照片的攝制有相當的重要性，但卻並不屬於攝影過程的理論範圍以內。最後，本書中並沒有明確地講述彩色攝影。這一部門還需要更多的研究工作，然後才能作令人滿意的討論。省略了討論彩色攝影並沒有重大影響，因為現代的彩色攝影處理方法，主要與黑白攝影過程有關，

而彩色因素只居次要地位。彩色攝影中，潛影的組成與色增感的黑白攝影相同，而兩者的顯影作用，又都是將鹵化銀還原成銀。

最後，著者感謝同人們所給予的幫助。本書的出版，大部分歸功於米斯博士的鼓勵與指導。

T. H. 杰姆斯

G. C. 希金斯



统一书号: 15061·10

价: 2.10 元

## 目 次

譯者的話	
俄譯本序	· 3 ·
序	· 5 ·
第一章 攝影过程概述及術語的定义	1
第二章 感光乳剂	9
第三章 潜影的形成	· 34
第四章 倒數律失效与其他曝光效应	· 55
第五章 显影历程	· 75
第六章 显影液的成分与反应	· 93
第七章 显影的一般动力学	112
第八章 定影与水洗	140
第九章 感光学 I, 曝光与显影	160
第十章 感光学 II, 密度及其測定	175
第十一章 感光学 III, 感光測定数据的意义	188
第十二章 影調摹演的原理	208
第十三章 显影后的影象結構	240
第十四章 增感与减感	270
附录: 中英文名詞对照表	291

# 第一章 攝影过程概述及

## 術語的定义

一般照片的攝制所包括的步驟計有：(1) 在攝影机或其他适当的器械内使感光材料曝光；(2) 將已曝光的材料显影，制成底片；(3) 定影；(4) 水洗与干燥；(5) 通过底片使第二个感光材料曝光；(6) 將第二个感光材料显影，产生正片，然后再定影、水洗和干燥。

以上各步驟的原理，將于本書后面各章里詳細加以討論。但是如果在开头先概略地討論这些步驟，并明确本書中常用的某些術語的定义，这就可以更便于介紹原理。

### 感 光 材 料

普通的感光層是由包含在一層凝膠内的無数細微鹵化銀晶体（顆粒）所組成<sup>①</sup>。图1.1(a)所示是显微镜下一种典型感光材料中一些顆粒的形狀。

顆粒与凝膠的組合常被称为感光乳剂，或简称乳剂。实际上它并非真正的乳剂，但这一術語，在攝影文献中沿用已久，已根深蒂固，如果在这里試行更正，并没有絲毫用处。在本書中，凡指感光層时，仍用“乳剂”兩字。

最普遍应用的鹵化銀是掺入或不掺入少量碘化銀的溴化銀。但某些慢性感光乳剂只含有氯化銀，有的却是含有氯化銀与溴化

<sup>①</sup> 下文中，細微鹵化銀晶体將称为乳剂的細微晶体（简称細微晶体）——俄譯本注。

銀的混合物。

在乳劑用來攝影以前，先塗布在適當的支持體上，如果所需要的是軟片，它的支持體就是一張硝酸纖維或醋酸纖維薄片。如

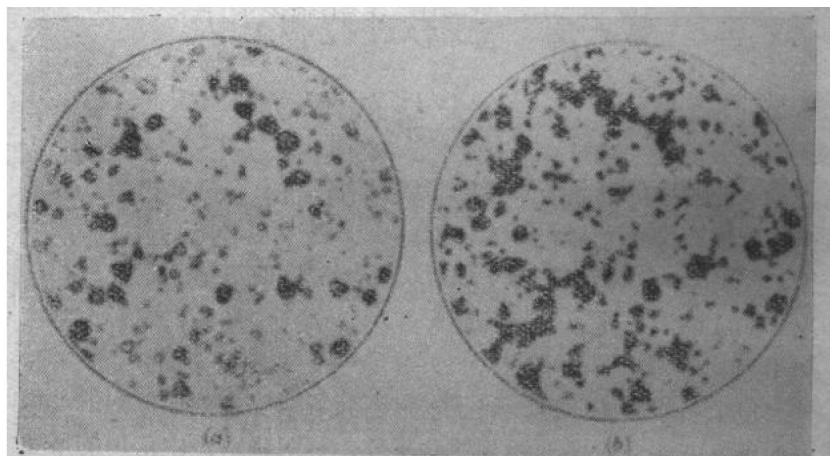


图1.1 未显影与已显影顆粒的显微照片。放大倍数为1,125倍。

(a) 典型感光乳剂的未显影顆粒。(b) 同样的顆粒在曝光和显影后的情况。

果需要的是照相紙，它的支持體就是一張經過適當上膠的紙。如果需要的是干板，那么，乳劑就塗布在玻璃上。其他的支持體可应用于特殊用途中。

## 潜 影

产生攝影效应的任何光，必須被感光材料吸收<sup>①</sup>。在普通實踐中，乳劑的外表，除曝光過度外，并不能看到任何足以显示攝影效应的变化。但已曝光的乳劑中含有一個不可見的光的影象的

① 这一原理来自光化学第一定律，根据这一定律，光能的吸收，是任何光化学反应的必經的首要阶段。光化学第一定律是能量不灭定律的結果，这一立陶宛是律定的物理化学家格罗图斯在 1818 年發現的——俄譯本注。

潜影，经过显影剂的作用，就可变成可见的银影。

## 显 影

显影之所以可能，是因为有些化学试剂在和未曝光的卤化银起反应以前先和已曝光的卤化银起反应，在相当短的时间内把已曝光的卤化银还原成金属银。因此显影剂只不过是一种还原剂，它有区别地先和已曝光的颗粒起反应。显影剂被用在有能促进或调和反应作用的某些其他成分的溶液中。这种溶液常简称为显影液。

在显微镜下检视已显影的影象，可以看到它是由许多微细金属银粒组成，如图1.1(b)所示。这幅图和图1.1(a)中所示为乳剂的同一部分，但已经曝光与显影。其中大部分的银粒都是一个卤化银颗粒被显影的结果，但有些部分的银粒显然是由两个或两个以上的卤化银颗粒紧密地聚合而成。

## 灰 雾

如果把显影过程继续到相当长的时间，全部卤化银（已曝光和未曝光的）都会还原为金属银。甚至在正常的显影中，有些未曝光的颗粒也可能被还原，有些银粒可能均匀地沉积在乳剂上，或者两者都可能发生。这种无选择性与普通不希望有的作用，形成照相灰雾，形成的银常称为灰雾银。

## 定 影

显影以后，未被还原的卤化银在定影液中被溶解掉。这种溶液中的主要成分是硫代硫酸盐，通常为硫代硫酸钠（海波）或硫代硫酸铵。

## 底片与正片

平常的感光材料，经曝光与显影后，产生底片，底片上景物

的光亮与阴影值与实物相反。为了获得正象，需要通过底片使另一感光材料（常与第一个材料的特性不同）曝光，然后再经过显影、定影、水洗与干燥。

## 密 度

光的摄影效果是从可显出的影象来测量的，而已显现的影象又可按它的阻光能力来计算。最直接的量度为透光率或阻光率。前者用比率  $I_t / I_0$  表示， $I_t$  为透射光强度， $I_0$  为投射光强度因此透光率就是透过材料的投射光的一个分数。阻光率就是透光率的倒数，即  $I_0 / I_t$ 。

在一般用途中，多用阻光率的常用对数作为计量已显出的影象的手段。阻光率的对数值称为已显出的影象的光学密度、摄影密度、或简称密度（密度的更完整的定义参照第十章）。摄影光学的创始者赫特和德里菲尔德首先应用了密度这一名词。应用它的原因，一部分是由于对数标的便利，一部分也由于在某种条件下，密度和每单位面积上已显影银量之间存在着的关系。从下面的论述中就可了解到这种关系。

如果把一層在透明片基上的已显影银粒置于一个光源前，则使透射光强度减弱到投射光强的  $1/m$ 。如果把第二个完全相等的银粒層与第一層重迭起来，那么，透射光强就减弱到  $(1/m)^2$ ，因为第二層和第一層一样，阻挡住同一分数量数的投射在它上面的光。要是用  $n$  層，光强就减弱到  $(1/m)^n$ 。

假如把每单位体积含有  $n$  个大小一致的颗粒的已显影的乳剂切成  $n$  層，而每一層只有一个颗粒的厚度，那么，事实上便成为  $n$  个重迭層。单个颗粒吸收或阻挡投射光的分数  $b$ ，则每一層上的透射光强为这一層上投射光的  $1-b$ ，全部  $n$  層所透射光强为  $(1-b)^n$ 。因为  $b$  极小， $(1-b)^n$  量可以由  $e^{-nb}$  量近似的代替。因此阻光率等于  $e^{nb}$ ，而密度为  $D = nb \cdot \log 10 e = 0.434nb$ 。当

每一个銀粒的大小都几乎均匀时，密度約与單位体积中的这种銀粒的数目成正比。

### 特性曲綫

当乳剂曝光的光的照度与光的性質保持稳定不变时，攝影效应（显影所得的密度）就随着曝光时间的延長而增加，直到一定限度为止。反之，如果把时间与光的性質保持稳定不变，攝影效应也在一定限度内随着曝光的光照度而增加。密度与曝光量之間的关系，普通用特性曲綫表示，它也叫做 H & D 曲綫，因为它是由赫特与德立菲尔<sup>①</sup>首先采用的。这种曲綫是将密度对照曝光量对数画出的；其中曝光量  $E$  决定于照度  $I$  及作用时间  $t$  的乘积  $It$ 。图 1.2 为特性曲綫的典型形状。

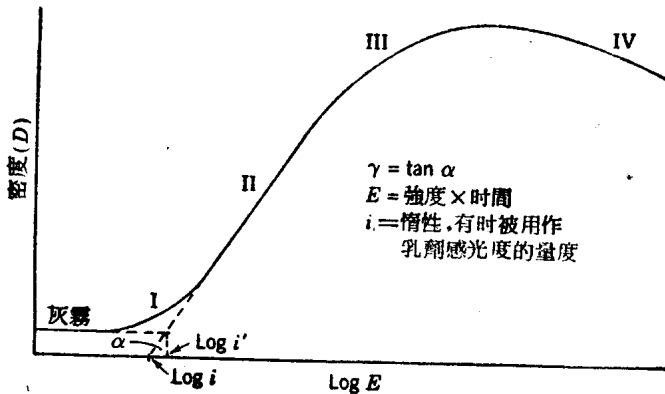


图 1.2 感光乳剂的特性曲綫。I，趾部；II，直綫部；III，肩部；IV，反轉部。

特性曲綫可以大体分成四部分：趾部（I）、直綫部（II）、肩部（III）与反轉部（IV）。趾部有时被称为曝光不足部分，可

① Hurter 和 Driffield。

是它的上部对摄影很有用。直线部是密度随着曝光量的对数直线地增加的部分。在某些特性曲线中，这部分极长，但在其他曲线中可能极短，或几乎不存在。肩部是曝光过度部分，在这里增加曝光量，只能稍微增加密度。曲线从此弯离直线，向曝光量轴斜倾，最后与它平行。肩部以外为反转部，在这里增加曝光量，实际上显影所得的密度反而减少。

然而一定的感光材料经标准显影后，所得的密度并不单纯地由曝光量的值来决定，而在某种程度内，常常决定于  $I$  与  $t$  的个别数值。如果用高光强的光作短时间曝光，或用低光强的光作长时间曝光，那么，所得的结果和用中等光强的光作中等时间的曝光所得的结果比较，虽然两者的  $It$  乘积都相等，但两个结果都不同，这种现象称为倒数值律失效。因此，以密度对照固定的光强和变动的曝光时间画出的特性曲线，通常和以密度对照变动光强和固定的曝光时间所获得的特性曲线不相重合。

### 反 差 系 数 ( $\gamma$ )

在特性曲线的直线部分，密度的变化与曝光量对数的变化成正比，密度用下列方程式求出：

$$D = \gamma (\log E - \log i) \quad (1.1)$$

在此方程式中， $\log i$  是延长直线，与  $\log E$  轴切割的一点（参照图 1.2）、 $\gamma$  为比例因数，即直线的斜度。 $\gamma$  的数值，在数字上等于角  $\alpha$  的正切。

$\log i$  有时被用来计量乳剂的感光度。如果灰雾相当大，就用适当的灰雾值校正，或用相当于在直线上等于灰雾密度的  $\log E$  数值代替  $\log i$ 。在图 1.2 中，这点由  $\log i'$  表示。这种体系中的实际感光度数值用  $1/i$ （或  $1/i'$ ）或它的某种倍数表明，如果  $i$  的数值减小，感光度的数值就增大。第十一章中将讨论另一个更



精密的和在許多方面更为有效的感光度测定方法。但为了解这一方法，以及在这里列举的較簡單的方法，都必須具有关于特性曲綫的知識。

特性曲綫既取决于感光乳剂的性質，也取决于显影过程。不同的乳剂，它們的特性曲綫的形狀与位置可能有极大的差別。显影时间与温度，显影液的成分以及进行显影的方法等，对于决定曲綫的形狀与位置都各有其重要作用。图 1.3 表示的一組特性曲綫是只改变显影时间而不改动其他因素所得到的。从图中可以看到，反差系数随显影时间增加。因此反差系数有时被称为显影因数。

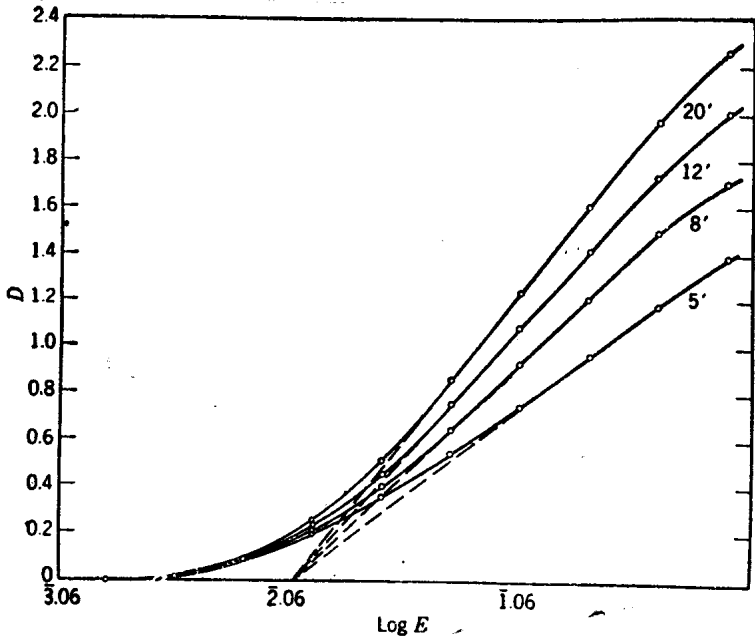


图 1.3 随显影时间而变化的一组特性曲綫。