

照相原理

(苏) Б·А·沙什洛夫 著
魏瑞玲 杨蔼宜 王昌厚 译



印刷工业出版社

照 相 原 理

〔苏〕Б. А. 沙什洛夫 著

魏瑞玲 杨蔼宜 王昌厚 译

魏 志 刚 校订

印刷工業出版社

苏联高等和中等教育部
为印刷工艺专业的大学
生出版的教科书（第二
版修订本）

Борис Аполлонович Шашлов

ТЕОРИЯ ФОТОГРАФИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Москва «Книга» 1981

照 相 原 理

〔苏〕Б. А. 沙什洛夫 著

魏瑞玲 杨蔼宜 王昌厚 译

魏志刚 校订

*

印刷工业出版社出版

（北京复外翠微路2号）

一二〇一工厂印刷

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

*

787×1092 毫米1/32 印张：11.125 字数：248千字

1986年11月第一版第一次印刷

印数：1-15,000 定价：2.60元

统一书号：15266·038

中 文 版 前 言

本书是根据苏联图书出版社1981年出版的，B. A. 沙什洛夫著的《照相原理》一书译出的，是苏联印刷学院印刷生产工艺专业的教科书。内容包括照相的光学原理、照相的物理化学原理及照相度量衡学原理三大部分，共分十四章。书中着重叙述了黑白感光材料从潜影到银影的一系列化学加工过程及原理；感光材料的层次特性、光谱特性及结构特性的测定。此外，还简要地介绍了感光材料的构造和制造过程，以及彩色照相过程和彩色感光测定等问题。本书可作为印刷院校的参考教材，对从事印刷技术研究工作的科技人员也有一定的参考价值。

本书第一、二、三、四、五、十一、十二、十三章由杨蔼宜同志译出，第六、七、八、九、十章由魏瑞玲同志译出，第十四章由王昌厚同志译出，全书由魏志刚同志校订。由于译者和校者水平有限，缺点、错误在所难免，恳切希望读者批评指正。

俄 文 版 前 言

本教科书是为印刷学院工艺专业的大学生编写的。它讲述印刷工艺中制作照相版——阴图和阳图，所采用的以银的卤化物为基础的传统照相过程的基本原理。虽然传统照相术的化学原理有其特殊性，而记录图象的一般规律性也适用于其它照相过程。关于非银盐照相术的原理，在图象复制术课程中加以研究。这是照相制版专业大学生要学习的课程。

本书在相当大的程度上作了修改：与专业课新教学计划№1109——《印刷生产工艺学》绪论部分有关的内容作了改动。这个新的教学计划在1975年经俄罗斯社会主义联邦共和国高等院校科研部批准的。在新的教学计划里，加了一门《色彩和彩色复制原理》。因此，与这一内容有关的材料便从大纲和教科书中删去，而大量加入了专讲照相光学的篇章。这就使得那些研究以银的卤化物为基础的照相过程化学原理和讲述感光测定术原理的章节得以扩展。在相当程度上更新了在复制照相术和精确复制细微层次理论中有特殊作用的结构学方面的材料。

教科书的结构有少许改动。其中，将照相术的化学原理从书的序言部分移到了基础部分。

第十四章第二节第四部分的2和3是与 E. B. 柯兹洛娃共同写成的。

作者对给予本书的完成以帮助的同事们表示感谢，他

们是：技术科学博士 Л. Ф. 阿尔丘申、技术科学副博士 A. B. 别兰、技术科学副博士 Л. X. 甘涅夫、技术科学副博士 B. A. 杜佳克、技术科学副博士 B. B. 奥菲采罗夫、讲师 P. M. 瓦罗娃、技术科学副博士 Ю. П. 雅黑莫维奇。

校订者：乌克兰印刷学院制版工艺教研室，鄂木斯克工艺学院印刷生产工艺教研室。

图书出版社 1981年

目 录

第一篇 照相的光学原理.....	(1)
第一章 辐射的一般性能.....	(3)
第一节 引言.....	(3)
第二节 辐射通量.....	(3)
第三节 有效辐射通量.....	(7)
第四节 光通量.....	(8)
第五节 光源的色温.....	(13)
第二章 辐射的转换.....	(17)
第一节 引言.....	(17)
第二节 物体光学性能概述.....	(17)
第三节 布格尔-朗伯特-比尔定律.....	(20)
第四节 光的散射.....	(24)
第五节 光谱转换的概念.....	(30)
第三章 照相对象的视觉认识.....	(32)
第一节 引言.....	(32)
第二节 对色调的认识.....	(32)
一、彩色视觉理论.....	(32)
二、色的分辨.....	(36)
第三节 亮度感觉.....	(39)
一、维别洛-费赫涅洛定律.....	(39)
二、对维别洛-费赫涅洛定律的偏离.....	(44)
第四章 照相对象的光学性质.....	(48)

第一节 引言·····	(48)
第二节 照相对象的阶调特性·····	(49)
一、阶调特性·····	(49)
二、照相对象层次的可分辨性·····	(53)
第三节 照相对象的光谱特性·····	(54)
第四节 照相对象层次尺寸的意义·····	(56)
第五章 光学图象的阶调性质·····	(58)
第一节 引言·····	(58)
第二节 非散射性镜头产生的照度·····	(58)
第三节 镜头内的光散射·····	(61)
第四节 散射光对光学图象阶调的影响·····	(63)
第二篇 照相过程的物理-化学原理 ·····	(67)
第六章 黑白感光材料及照相的过程·····	(69)
第一节 照相感光材料概述·····	(69)
第二节 照相乳剂的制备·····	(76)
一、制备过程·····	(76)
二、乳化·····	(77)
三、第一(物理)成熟·····	(78)
四、过渡过程·····	(81)
五、第二(化学)成熟·····	(81)
六、乳剂在涂布前的处理·····	(85)
第三节 光学增感概述·····	(88)
第四节 潜影·····	(91)
一、乳剂微晶的结构和性能·····	(91)
二、潜影的形成·····	(97)
三、潜影形成的增感过程·····	(101)
第五节 潜影的黑白显影·····	(103)

一、显影概述	(103)
二、显影液的组成和作用	(105)
三、显影过程	(115)
四、显影液配方	(123)
第六节 定影	(132)
第七节 辅助加工过程	(137)
一、减薄	(137)
二、加厚	(142)
第七章 彩色照相过程	(144)
第一节 用多层感光材料和彩色显影 获得彩色影象的概述	(144)
第二节 彩色显影	(149)
第三节 多层彩色片的加工和彩色影象 形成的原理	(157)
第三篇 照相计量学原理	(161)
第八章 积分感光学概论	(163)
第一节 照相计量学综述	(163)
第二节 特性曲线	(166)
第三节 感光材料特性曲线的形状和 摄影影象的层次之间的关系	(168)
第四节 感光测定的数值	(172)
第九章 决定特性曲线位置的因素及其对 感光测定特性的影响	(178)
第一节 感光特性曲线的位置和感光 材料使用条件的关系	(178)
第二节 曝光	(179)
一、辐射的光谱成分	(179)

二、感光材料的照度·····	(180)
第三节 显影·····	(186)
一、显影过程的延续时间和显影液成分·····	(186)
二、显影动力学原理·····	(192)
第四节 密度的类型·····	(203)
一、光密度与银浓度的关系·····	(203)
二、光密度与光束性质的关系·····	(205)
三、漫射密度、单向密度、积分密度和有效密度·····	(207)
第十章 积分感光测定的条件·····	(209)
第一节 关于积分感光测定条件概述·····	(209)
第二节 感光材料的系列曝光·····	(210)
一、感光仪·····	(210)
二、光源·····	(211)
三、曝光方法·····	(215)
第三节 感光样条的显影·····	(218)
第四节 计量密度·····	(220)
第五节 感光度的表示法·····	(225)
一、感光度基准·····	(225)
二、感光度的标度·····	(231)
第六节 黑白感光材料感光测定的一组国家标准·····	(233)
第十一章 分光感光测定术和彩色感光测定术·····	(237)
第一节 分光感光测定术的一般概念·····	(237)
第二节 获取分光敏感度曲线的原则·····	(239)

第三节	分光敏感度与光谱宽区	
	敏感度的关系·····	(242)
第四节	照相光化通量和光化度·····	(244)
第五节	照相滤色片·····	(246)
第六节	彩色感光测定的原理·····	(250)
第七节	滤色片的应用·····	(252)
	一、概论·····	(252)
	二、获取正确的彩色还原·····	(253)
	三、分色·····	(254)
第十二章	彩色感光材料整体感光测定	
	的原理·····	(256)
第一节	概述·····	(256)
第二节	彩色密度测量原理·····	(257)
	一、两种密度测量·····	(257)
	二、有效密度和颜料的表面浓度·····	(260)
	三、密度的测定原则·····	(262)
第三节	透明彩色感光材料感光测定	
	试验的基本情况·····	(266)
第四节	灰色梯尺的色平衡·····	(267)
第十三章	原稿阶调的照相复制·····	(270)
第一节	阶调还原的一般概念·····	(270)
第二节	阶调还原过程的分解方法·····	(272)
第三节	阶调控制原则·····	(278)
第四节	偏离于维别洛-费赫涅洛定	
	律的结果·····	(281)
第十四章	结构测定·····	(285)
第一节	结构测定概述·····	(285)

第二节 乳剂层中的光漫射·····	(286)
一、概述·····	(286)
二、边界曲线和影象的视觉清晰度·····	(289)
三、空间概念：边界函数、散射函数和 褶积·····	(291)
四、光散射的频率概念·····	(298)
第三节 光晕的形成·····	(319)
第四节 颗粒性·····	(322)
一、照相黑化部分的结构形式·····	(322)
二、颗粒性和颗粒度·····	(323)
三、影响颗粒性和颗粒度的因素·····	(332)
第五节 解象力·····	(334)
一、解象力的测定·····	(334)
二、影响解象力的因素·····	(336)
附录·····	(338)
参考文献·····	(340)

第 一 篇

照相的光学原理

第一章 辐射的一般性能

第一节 引 言

按字意（希腊文 $\varphi\omega\sigma$ 的第二格 $\varphi\omega\tau\sigma\sigma$ —光； $\gamma\rho\alpha\varphi\omega$ —记录）照相术通常是指将形成光学影像的光辐射记录在感光材料上的一种方法。这些感光材料不论对光谱的可见光，还是对紫外线区域均具有敏感性。这不仅为在必要时记录可见光线，同时也为记录不可见的短波辐射提供了可能性。记录光谱长波部分（红外线）的照相材料和方法同样已经产生并得到应用。因此，在照相过程的理论中要研究与光谱广泛范围有关的概念和数值。

因此，必须对光能辐射加以研究*，其中包括对光的性质加以研究。这样做不仅从实践的观点是正确的，而且还因为这可以对照相记录中产生的现象提供一个比较完整的概念。

第二节 辐 射 通 量

辐射性能通过总功率及其在光谱中的分布（亦即按波长或频率）表现出来。

辐射能的功率 ϕ 叫作辐射通量，并用瓦特及其分数和倍数单位来度量。依据能量吸收装置——光电管、温差电偶、电阻辐射测热器的反应来进行辐射通量的测量。根据

* 光谱的光域指 $10 - 3.4 \times 10^8 \text{ nm}$ 范围内的电磁辐射。

光电管或温差电偶所提供的电流强度来衡量辐射功率的大小。电阻辐射测热器就是靠吸收辐射能引起的热现象使电阻产生的变化而动作的。

往往不采用辐射通量，而采用由它派生的、表示它在物体表面和空间分布状况的一些量更为方便(表1-1)。

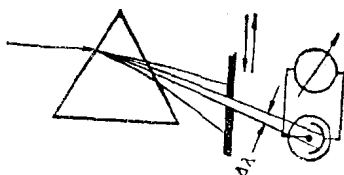


图1-1 测量光谱分布辐射通量示意图

表1-1 能量单位及光量单位

量 及 其 标 志		量的物理含义	测定公式及单位	
能 量	光量		能量单位	光量单位
能量发光强度 (辐射强度) I°	发光强度 I	辐射通量 Φ (光通量 F) 的空间密度, 在 I 的范围内, 一定方向上的通量值	$I^{\circ} = \frac{d\Phi}{d\omega}$ (W/sr)	$I = \frac{dF}{d\omega}$ (cd或lm/sr)
能量照度 (照射度) E°	照度 E	被辐射(被照明)物体面积 Q^{**} 上的表面通量密度	$E^{\circ} = \frac{d\Phi}{dQ}$ (W/m ²)	$E = \frac{dF}{dQ}$ (lx或lm/m ²)
能量曝光量 H°	曝光量 (照明量) H	辐射能 W° (光能 W) 表面密度	$H^{\circ} = E^{\circ} t$ $= \frac{W^{\circ}}{Q}$ (W·s/m ²)	$H = Et$ $= \frac{W}{Q}$ (lm·s/m ² 或 lx·s)
能量发光度 (辐射密度) R°	发光度 R	发射体(发光体)面积上的辐射通量 Φ (光通量 F) 表面密度	$R^{\circ} = \frac{d\Phi}{dQ}$ (W/m ²)	$R = \frac{dF}{dQ}$ (lm/m ²)

续上表

量 及 其 标 志		量的物理含义	测定公式及单位	
能 量	光量		能量单位	光量单位
能量亮度 (辐射亮度) B^e	亮度 B	一定方向上, 发射体 面积上辐射强度 I^e (发 光强度 I) 的表面密度	$B^e = \frac{dI^e}{dQ \cdot \cos \alpha}$ $W / (m^2 \cdot sr)$	$B = \frac{dI}{dQ \cdot \cos \alpha}$ $lm / (m^2 \cdot sr)$

* Sr 为球面度。

** 此处用字母 Q 来标志面积 (以取代 S)，符号 S 留作标志感光材料的感光度之用。

为测量辐射通量的光谱分布, 采用一种能够得出光谱的叫作光谱仪的仪器(图1-1)。借助一条狭窄的缝隙从光谱中分割出一小段 $\Delta\lambda$, 并将其射向测量装置。通过缝隙的光束的功率, 随着缝隙宽度的减小而下降。可见, 对缝隙来说, 有一个可以进行测量的极限宽度, 这个极限宽度与测量装置的灵敏度有关。显然, 只能对光谱某一有限间距 $\Delta\lambda = \lambda_1 - \lambda_2$ 的辐射通量进行测量。我们用 $\Delta\Phi_\lambda$ 来标志这个辐射通量, 此处符号 λ 指的是所取间距内的平均波长, 而符号 Δ 说明, 所测量的仅是总辐射通量的一部分。测出 $\Delta\lambda$, 可得出比值

$$\frac{\Delta\Phi_\lambda}{\Delta\lambda} = \varphi_\lambda. \quad (1-1)$$

式中: $\Delta\lambda$ ——波长间距 $\lambda_1 - \lambda_2$;

φ_λ —— $\Delta\lambda$ 间距内辐射通量的平均值。

数值 φ_λ 叫作辐射通量的光谱强度(光谱密度)。随着间距 $\Delta\lambda$ 的减小, 光谱强度接近于单色光辐射通量的值。但任何时候也得不到这个数值, 因为不可能分割出无限小的光