

王体先 编著



摄影与化学

辽宁科学技术出版社

摄影与化学

王体先 编著

辽宁科学技术出版社

1988年·沈阳

摄影与化学

Sheying Yu Huaxue

王体先 编著

辽宁科学技术出版社出版 (沈阳市南京街6段1里2号)

辽宁省新华书店发行 锦州印刷厂印刷

开本: $787 \times 1092^{1/32}$ 印张: $3^{5/8}$ 字数: 72,000

1988年1月第1版

1988年1月第1次印刷

责任编辑: 黄在中 插图: 王体先

封面设计: 庄庆芳 责任校对: 周文

印数: 1—23,750

ISBN7-5381-0214-0/O.15

统一书号: 13288·61 定价: 0.78元

序 言

《摄影与化学》一书的作者王体先同志，是中国摄影家协会辽宁分会会员和中国新闻摄影家协会会员。

一九六二年他毕业于甘肃教育学院化学系。参加中国人民解放军以后，历任部队军、师、团的参谋、摄影干事、科长、副政委，现任辽宁军区摄影中心经理。几十年来，他不仅在新闻摄影报道和摄影艺术创作上做出很大贡献，而且根据自己在摄影实践和摄影教学中的体会，结合他所学的化学知识，进行了精心地总结与实验。

我有幸拜读了此书的原稿，感到这是一本很好的科普读物。在日常工作中，有些摄影爱好者，甚至有的专业摄影家，只知一般地拍照、冲洗、放大方法，却不懂摄影化学的基本原理，这对从根本上提高摄影与后期制做质量是非常困难的。

此书，正好是从化学的角度，对感光材料的构造、乳剂的光化作用、潜影的形成、显影、停影、定影过程中的化学反应、温度和药剂量对照片色调的影响、减薄和加厚的原理等方面作了深入浅出、明确易懂地阐述。无疑，此书的出版，对我们从事摄影、暗房制做和普及摄影教学的同志，均有重要的参考价值，同时对于摄影事业的发展也是大有裨益的。

希望广大摄影爱好者和专业工作者，借助这一工具书来丰富自己的摄影化学知识，提高我们的研究和实验兴趣，从而拍照和制做出更多更好的艺术作品以及精良的科技照片，为繁荣我国整个的摄影事业做出贡献。

田 原

一九八五年十一月于沈阳

前 言

摄影是一门科学，无论是黑白摄影还是彩色摄影都是光化学学科发展的产物。是靠光化作用把被摄物的形体摄进画面的。摄影同时栖身于艺术与科学两大家族之中。摄影的每个步骤都是化学反应的过程。从胶卷的制作，到拍照、暗房冲洗、加工制作，无一不是进行化学反应的。

我在摄影学习班和辽宁省军区“两用人才”学习班讲课时，学员们提了很多问题。比如，胶卷和相纸的乳剂是哪些物质组成的？为什么胶片和相纸能感光？什么叫潜影？显影和定影的过程都是些什么变化？减薄和加厚是什么原理等，这些问题都急待去解答。

为了回答上述问题，我便根据自己的实践，着手写了这本书。目的是从化学的角度去揭示摄影和暗房制作过程中的奥秘，帮助广大摄影工作者和爱好者更好地了解它、掌握它、运用它，拍照和制作出更多、更好、更美的艺术作品来。

编写中，承蒙中国摄影家协会辽宁分会秘书长田原同志；蔡本源主任；阎文鹗教授；沈阳军区军事摄影协会秘书长王明会，副秘书长舒泽金同志；抚顺市摄影协会理事长张铁元同志；副秘书长张眼亮同志的帮助。特别是在修改过程中，受到了省军区南启祥副司令员、唐明源主任、王成本副主任、袁相武处长的大力支持，更加鼓舞了我写书的信心。初稿写成

后，又在摄影学习班里进行了试讲，受到了学员们的欢迎。在此基础上又进行了修改，并请有关专家、教授对稿中各部分的化学反应进行了鉴定和修改，最后才算完成了这本书。为此，向他们表示衷心地感谢！

我虽然在一九六二年毕业于甘肃教育学院化学系又从事二十多年的摄影实践，但要写成一本栖身于艺术和科学两大家族之中的读物来，是颇感力不从心的。如有不完善之处，欢迎各位摄影界的前辈、老师和同行们多加批评指正。

王体先

一九八四年写于抚顺市

一九八六年修改于沈阳市

目 录

黑白摄影部分

第一章 胶卷和相纸的化学组成	1
一、胶卷是由哪些部分构成的	1
1. 胶片的构造及功能是什么?	1
1) 保护层是什么物质组成的? 有什么功能?	1
2) 乳剂层是什么物质组成的? 有什么功能?	2
3) 底层是什么物质组成的? 有何功能?	3
4) 片基是什么物质组成的? 有何功能?	3
5) 背面层是什么物质组成的? 有何功能?	4
2. 好的片基必须具备哪些条件?	5
3. 胶片各层有哪些涂布工序?	6
4. 胶卷轴芯是什么物质制成的? 有何 作用?	6
5. 胶卷的保护纸是什么物质制成的? 有什么作用?	6
二、照相纸是由哪些部分构成的? 怎样分类	7
1. 照相纸是由哪些部分构成的? 有何作用?	7
1) 纸基是什么物质构成的? 有何作用?	7
2) 白粉层是什么物质构成的? 有何作用?	7
3) 乳剂层是什么物质构成的? 有何作用?	8
4) 保护膜是什么物质构成的? 有何作用?	9
2. 照相纸怎样按性能、形态、用途分类?	9

3. 怎样使硬性感光纸变软?	10
4. 影响照片调子的因素有哪些?	10
5. 照相纸的耐冲性和宽容度有什么作用?	11
第二章 拍照中胶卷的感光原理及化学反应	12
1. 胶卷在拍照中起什么光化学反应?	12
2. 潜影是怎样形成的? 形成的过程分哪几 步?	13
3. 感光度与乳剂有什么关系?	14
4. 什么叫感光度? 与光圈、速度有什么 关系?	15
5. 如何掌握准确曝光?	16
6. 光源有哪几类? 各有什么作用?	17
7. 潜影衰退的原因是什么? 怎样避免衰退?	17
第三章 显影药的性能及在显影中的反应	19
1. 什么叫显影? 其原理是什么?	19
2. 怎样配制显影液? 应注意哪些问题?	20
3. 配制显影液时应注意哪些问题?	21
4. 各种显影药液都有什么性能?	21
1) 显影剂是什么物质? 有什么性能?	22
2) 保护剂是什么物质? 有什么性能?	24
3) 促进剂是什么物质? 有什么性能?	26
4) 抑制剂是什么物质? 有什么性能?	28
5. 显影药的特性和剂量对显影 的效果有什么影响?	29
6. 显影效果的好坏与哪些条件有关?	30
第四章 停显液的配制及其作用	33
1. 为什么要停显? 有什么作用?	33

2. 怎样配制停显液? 应注意些什么问题?34
3. 停显液有什么性能?34

第五章 定影液的化学组成及性能35

1. 什么叫定影? 怎样配制定影液?35
2. 各种定影液的化学成分及性能是什么?36
 - 1) 定影剂是什么物质? 有什么性能?36
 - 2) 保护剂是什么物质? 有什么性能?37
 - 3) 酸化剂是什么物质? 有什么性能?37
 - 4) 坚膜剂是什么物质? 有什么性能?38
3. 快速定影液怎样配制? 有何用处38
4. 中性定影液怎样配制?39
5. 定影时间多长为好? 定影中有
哪些变化过程?39
6. 定影液的效力为什么会降低? 怎
样鉴定其效力?41

第六章 怎样鉴别底片的正常和薄厚43

1. 正常底片有何特征?43
2. 曝光过度、显影正常的底片有何特征?43
3. 曝光过度、显影也过度的底片有何特征?44
4. 曝光过度、显影不足的底片有何特征?44
5. 曝光不足、显影又不足的底片有何特征?44
6. 曝光不足、显影正常的底片有何特征?44
7. 曝光不足、显影过度的底片有何特征?44

第七章 底片过厚的原因及补救办法45

1. 底片过厚的原因是什么?45
2. 怎样用减薄来补救? 其原理是什么?45
3. 怎样减薄? 其配方是什么物质组成的?46

1) 什么是平减? 怎样配制平减液?	46
2) 什么叫比减? 怎样配制比减液?	46
3) 什么叫超比减? 怎样配制超比减液?	47

第八章 底片过薄的原因及补救办法

1. 底片过薄的原因是什么?	49
2. 怎样用加厚来补救? 其原理是什么?	49
3. 怎样配制加厚液? 加厚的方法是什么?	50

第九章 暗房用水的化学处理及水洗

1. 怎样处理暗房用水?	51
1) 什么是软水?	51
2) 什么叫暂时硬水? 怎样使它成为软水?	51
3) 什么叫永久硬水? 怎样变软?	52
2. 为什么要水洗? 水洗不好有什么恶果?	52
3. 冲洗胶卷和照片时怎样水洗?	53
4. 怎样检验水洗的效果?	55
5. 为什么要干燥? 怎样干燥?	55

彩色摄影部分

第十章 彩色胶卷的种类、构造和成色原理

一、彩色胶片的种类有哪几种

1. 什么是彩色负片? 有什么用途?	57
2. 什么是彩色反转片? 有什么用途?	57
3. 什么是彩色中间片? 有什么用途?	58
4. 什么是彩色正片? 有什么用途?	58
5. 什么是一步成像摄影感光片? 有什么用途?	

其成像原理是什么?

二、彩色胶卷的结构和性能及成色原理是什么

1. 彩色负片的结构和性能是什么?	59
2. 彩色负片的成色原理是什么?	61
3. 彩色反转片的成色原理是什么?	63
第十一章 彩色摄影中的基本知识	69
1. 什么叫彩色摄影?	69
2. 什么叫色光?	69
3. 什么叫色觉?	70
1) 色觉的物理基础是什么?	70
2) 色觉的生理基础是什么?	71
4. 什么叫加色效应和减色效应?	72
1) 什么叫加色效应?	72
2) 什么叫减色效应?	73
5. 什么叫色温?色温对彩色摄影有什么影响?	74
第十二章 彩色胶卷的冲洗	76
一、冲洗药液的成分和功能是什么	76
1. 彩色显影液的主要成分有哪些?	76
1) 彩色显影剂有哪几种?各有什么性能?	76
2) “保护剂”是什么物质?有什么性能?	78
3) “促进剂”是什么物质?有什么性能?	79
4) “抑制剂”是什么物质?有什么性能?	79
5) “软水剂”是什么物质?有什么性能?	80
2. 彩色显影液的配方是什么?怎样配制?	80
1) 保定油溶型彩色负片显影液配方是什么?	80
2) 油溶型彩色正片显影液配方是什么?	81
3) 保定油溶型彩色负片配方是什么?	81
4) 水溶型彩色正片显影液配方是什么?怎样配制?	82
5) C—41彩色显影液代用配方怎样配制?	83
3. 漂白液的作用是什么?怎样配制?	83

1) 油溶型彩色片漂白液配方是什么?	83
2) 保定油溶型彩色负片漂白液配方是什么?	84
3) C—41代用配方漂白液是怎样配制的?	84
4) 高反差无毒漂白定影液怎样配制?	84
4. 彩色定影液的作用是什么? 怎样配制?	85
1) 彩色定影的目的和作用是什么? 其主要成分是什么?	85
2) 油溶型彩色负片第一、二定影液怎样配制?	85
3) 油溶型彩色正片 (F—5 式) 定影液怎样配制?	85
4) 保定水溶型正片冲洗时的首次定影液和二次定影液怎样配制?	86
5. 前浴液的作用是什么? 怎样配制?	86
6. 稳定液的作用是什么? 怎样配制?	87
1) 油溶型彩色负片冲洗时的稳定液配方是什么?	88
2) 保定油溶型彩色正片冲洗稳定液配方是什么?	88
7. 润湿液的作用是什么? 怎样配制?	88
二、怎样冲洗彩色胶卷	89
1. 怎样冲洗彩色负片?	89
1) 冲洗彩色 I 型负片有哪些冲洗工序?	89
2) 冲洗的作用是什么?	89
2. 怎样冲洗彩色反转片?	90
3. 怎样冲洗彩色正片?	92
第十三章 彩色照片的制作	93
一、彩色相纸有哪几部分构造	93
二、彩色相纸的成色原理是什么	95
1. 彩色相纸中感红层的成像原理是什么?	96
2. 彩色相纸中感绿色光层的成色原理是什么?	96

3. 彩色相纸中感蓝色层的成色原理是什么?	97
三、怎样制作彩色照片	98
1. 什么叫减色法?	98
2. 什么叫加色法?	98
3. 彩色相纸冲洗药的配方是什么?	99
1) 怎样配制相纸的彩显液?	99
2) 怎样配制冲洗彩色相纸的漂定液?	100
4. EP 2 水剂套药在冲洗彩色相纸的工序中 有哪几步?	100
1) 彩色照片的冲洗工序有哪几步?	100
2) 冲洗彩色照片各工序的作用是什么?	100
5. 怎样防止彩色片褪色?	103

黑白摄影部分

第一章 胶卷和相纸的化学组成

一、胶卷是由哪些部分构成的

胶卷是由感光片、卷轴芯、保护纸构成的。其中，胶片是主要部分，它的组成除了乳剂层和片基这两个部分外，还根据不同的用途在胶片上涂有其它辅助层。按表层和里层顺序为：保护层、上乳剂层、下乳剂层、底层、片基、背面层等。其剖面图如图1。

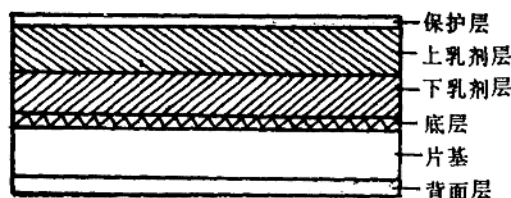


图1 胶片剖面图

1. 胶片的构造及功能是什么？

1) 保护层是什么物质组成的？有什么功能？

胶片最上面的一层叫保护层。也叫保护膜，是明胶构成的，厚度约为1—2微米。 $\{CO-NH-CHR\}$ 。它的功能是防止胶片在摩擦中不致产生伤痕而受损。感光材料的乳剂膜是比较薄嫩的，在使用时与外界物体接触，极易产生摩擦灰雾、黑纹和摩擦划痕等弊病。所以，制造时在乳剂膜面上还要再涂一层极薄而透明的韧性胶质对乳剂膜加以保护。

2) 乳剂层是什么物质组成的？有什么功能？

乳剂层，分上乳剂层和下乳剂层。乳剂是由分散在明胶中的感光物质卤化银 (AgX) 组成的，是胶片中最主要的部分，俗称药膜，也叫感光层。黑白胶片一般是用溴化银 ($AgBr$)、氯化银 ($AgCl$) 或少量的碘化银 (AgI) 颗粒调入透明凝胶，均匀地涂在感光材料承载体上的。它起着感光作用，并决定着感光材料的性能。根据品种不同，厚度约为5—25微米。有的只涂一层乳剂，但大部分都涂有两层乳剂。上层颗粒较粗、感光快；下层颗粒较细，感光慢。这是为了增大胶片的宽容度而采取的措施，以便拍摄时能容纳较大的景物亮度范围。乳剂溴化银的感光度快，氯化银的感光度较慢，碘化银的感光度极弱。如果在溴化银 ($AgBr$) 乳剂中加入少量的碘化银 (AgI) 后，感光的灵敏度要比单用溴化银更高，不但效果好并能减少灰雾的产生。卤化银是以极细微的颗粒状态均匀地分散在明胶中的。这些颗粒的最大直径约1—2微米，最小的只有0.1微米左右。这样细的颗粒，肉眼是看不见的。摄影对胶片中卤化银颗粒的大小，要求越细越好。一些较先进的感光片，如我国的“上海”、“南方”、日本的“富士”等，胶卷乳剂膜中的卤化银颗粒，平均只有0.6微米左右。明胶是乳剂层的成膜物质，起着保证卤化银颗粒的悬浮作用，不使其凝聚和沉淀。另外乳剂中还含

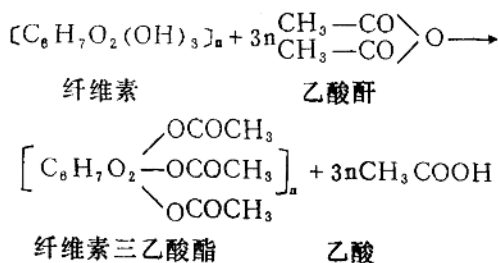
有一些极其微量的其它药品。对照相性能起着很大的影响。如感色性、稳定性和坚膜性等。

3) 底层是什么物质组成的? 有何功能?

底层也叫结合膜。是感光片中位于乳剂层和片基之间的一层明胶液或高分子树脂的薄膜, 它是由明胶和少量的片基溶剂组成的, 主要是苯丁树脂和醋丁树脂, 厚约 1 微米。片基溶剂的功能是把片基表面溶蚀成凹凸不平的形状, 从而使乳剂通过明胶的粘性, 牢固地粘附在片基上。它的主要作用是增强乳剂膜对片基的附着力, 使乳剂膜在冲洗过程中不致脱落。

4) 片基是什么物质组成的? 有何功能?

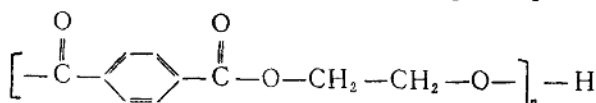
片基是感光乳剂的载体。是由纤维素三乙酸酯或涤纶制成的透明薄膜。合成的化学反应:



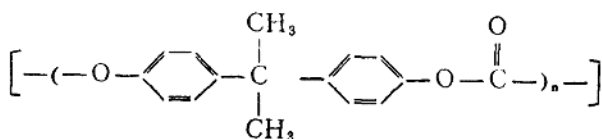
天然纤维素的主要组成是葡萄糖基 ($\text{C}_6\text{H}_7\text{O}_2(\text{OH})_3$), 葡萄糖基中的三个羟基 ($(\text{OH})_3$), 可以和醋酐反应生成醋酸纤维素酯。三个羟基中的氢原子全部被醋酐的三个乙酰基 ($-\text{COCH}_3$) 所取代, 可得纤维素三乙酸酯。为了克服脆性, 使醋酸含量由 62.5% 降到 60% 后才符合要求。尔后再溶解在二氯甲烷 (CH_2Cl_2) 和 15% 的甲醇 (CH_3OH) 的混合液里, 体积比为 9 : 1, 可得到粘稠的棉胶液。为了增加片基

的韧性再加入增塑剂、磷酸三苯酯和邻苯二甲酸二丁酯，经过搅拌、过滤和恒温处理后，让棉胶液进入流延机去流延成片基。片基进入干燥箱干燥后，再涂布上乳剂，干燥后按要求可切制成各种规格的胶卷。135胶卷片基厚度为0.135毫米，120胶卷厚度为0.120毫米；照相散页片约为0.21毫米。

我国目前所生产的感光片基除了三醋酸纤维素安全片基外，还使用聚酯片基（涤纶片基）和聚碳酸酯片基等新材料。涤纶片基的化学结构是： $\text{HO}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{O}-$



对苯二甲酸乙二醇酯（缩聚）



聚碳酸酯

涤纶片基的柔软性好、机械强度高，还具有低温下不易发脆、收缩性小、几何尺寸稳定、片基薄而透明等特点。缺点是不易粘附乳剂，易产生静电。

5) 背面层是什么物质组成的？有何功能？

背面层也叫防光晕膜。除了涂有防光晕层外，还涂有防静电卷曲层，统称为背面层。它的作用有三点：一是防光晕。胶片在曝光时被摄对象中的闪光物体（灯、火、耀点）的强光线，通过乳剂层时，未被完全吸收，到达片基后被片基反射，使一部分光线又折回乳剂层，以致在影象的周围形成光晕。为了防止光晕现象的产生、片基背面涂有绿、黑色或