

彩色摄影冲洗

原理·技术·品控

运志忠 著

化学工业出版社

·北京·

(京) 新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

彩色摄影冲洗 原理·技术·品控/运志忠著. —北京:
化学工业出版社, 2002.6
ISBN 7-5025-3841-0

I . 彩… II . 运… III . 彩色摄影-洗印-技术
IV . TB88

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2002) 第 033606 号

彩 色 摄 影 冲 洗

原理·技术·品控

运志忠 著

责任编辑: 窦 臻

责任校对: 郑 捷

封面设计: 郑小红

*

化学工业出版社出版发行

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

发行电话: (010) 64982530

<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销

北京市燕山印刷厂印刷

北京市燕山印刷厂装订

开本 850×1168 毫米 1/32 印张 12½ 字数 331 千字

2002 年 7 月第 1 版 2002 年 7 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-3841-0/TQ·1540

定 价: 28.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

**谨以此书献给培养我
成长的母校天津大学和新
华通讯社中国图片社**

运志忠

作者简介



运志忠，1939年生，1965年7月毕业于天津大学化工系染料专业。

原任新华社中国图片社总工程师、技术委员会主任、研究所所长。

三十多年来，一直从事洗印化学、洗印技术及洗印质量的监控工作。在国内率先于1975年实行了现在已被普遍采用的品控方法，并据此写出了《彩色摄影冲洗原理》专著，曾三次印刷，被《经济参考》报列为摄影名著。应新华出版社之邀参编了《摄影配方与药物大全》，参译了《彩色摄影与扩印指南》。并参与编写了《摄影大辞典》和《现代影视技术辞典》。主编了《中直机关洗印工人考工教材》。

柯达公司于20世纪80年代末在我国推出RA-4工艺伊始，其北京办事处多次特邀他赴全国各地共同推广、讲授这一新产品、新工艺的原理及其监控方法与标准。

他作为中国感光学会常务理事、全国照相技术专业委员会主任，多次参加省地市、委部局等举办的专业培训班讲课、产品鉴定，并被中国艺术研究院摄影艺术研究中心等单位特聘为客座教授。

他先后受聘为《中外摄影参考》副主编、《影像科学与实践》常务编委、《影像技术》、《人像摄影》编委及《现代声像档案》顾问、柯达专业摄影师联系网成员等职，写有大量论文，曾获中国感光学会的技术奖。

序

运志忠同志是我国当代摄影化学领域的专家和权威，著述甚丰，贡献良多。现在他又在长期积累的学养和实践经验的基础上推出了一部厚实新著，可喜、可贺、可敬！

我和运志忠同志初识于1978年，那时我们同在“新华社五七干校”劳动。二十多年来，我们经常相约在一起拍照创作，如为李谷一、迪里拜尔、彭丽媛、梁宁、叶英、张艳茹、陈淑芳等名人拍摄了不少生活及演出作品。他的作品不少被用作书刊封面，有的还被选用参加摄影展览。

运志忠同志原为我国历史最悠久、亚洲规模最大的图片机构——新华社中国图片社的总工程师、技术委员会主任、技术研究所所长。早在我国改革开放之初，他就赴美国访问考察。他从事冲洗技术及冲洗工艺的监控工作长达三十多年。由于这一工作处于科技（摄影化学）与艺术（影像的拍摄与评价）的交叉之点，贯以他个人的艰辛努力，理论与技术均得到了厚实的积累，很快便有了多部著作问世。其中《彩色摄影冲洗原理》一出版，便受到了广泛欢迎，就连远在异国的旧金山华人摄影家黄仕光先生也来信赞誉。国内一些有摄影专业的院校将此书作为重要参考书。此书前后三次印刷，达10万册，这对专业书来说，实属可观。该书与他参编的另一著作《摄影配方与药物大全》一起被《经济参考》报列为“摄影名著”。此后他又有一本合译书《彩色摄影与扩印指南》问世。并受中共中央直属机关工人考核委员会委托，作为执行主编完成了《中直机关洗印工人考工教材》的编写。

运志忠同志还主编了《中国感光学会照相技术专业委员会第一届全国学术活动论文集》，参与编写《现代影视技术词典》、《摄影大辞典》。与此同时还发表了大量专业论文和实用技术文章。

在洗印理论方面，运志忠同志将吸附作用的自由力场、电子云及其杂化理论、冲洗液的 pH 值与试剂电场，氧化-还原电位，反应推动力，分子的空间立体形态，空间障碍以及隐色染料（尤以隐色青染料）、消色的概念、Weiss 结合剂等诸多微观理论知识，首先引入到冲洗行业之中，对照相界向微观理论进军起到了启蒙和入门指导的作用。

在工艺的监控方法与冲洗参数标准的探索方面，运志忠同志于 1975 年率先将化学检测与控制条的手段糅为一体，运用于实际工作中，从而使洗印控制有了规范、冲洗参数标准化有了依据，为中国图片社创建了一支专业化的品控队伍和品控规范、体制及模式，提高了胶片、照片的洗印时效，平稳了洗印质量。为中国图片社的洗印监控工作确立信誉度和权威性做出了贡献。

在冲洗套药领域，他曾为柯达、富士、阿克发、好得等国内外公司领衔检测数十余次，被邀请担任主任，为省部局、院院所研制的冲洗套药主持鉴定会达百余次。

在教学培训方面，他受中国感光学会、中国艺术研究院、柯达公司北京办事处等机构的邀请，多次为摄影、扩印类培训班讲课授业，为普及摄影事业的教学工作，付出了大量心血，做出了积极的贡献。

运志忠同志在摄影科普工作方面也做了许多工作，担任了多家杂志的编委，如《影像科学与实践》常务编委、《人像摄影》和《影像技术》编委、《中外摄影参考》副主编、《现代声像档案》顾问等。在学术组织中担任了中国感光学会常务理事及其照相技术专业委员会主任、全国感光材料标准化技术委员会委员、中国艺术研究院摄影艺术研究中心客座教授、柯达公司专业摄影师联系网成员等职务。

鉴于各方面的成绩与贡献，运志忠同志被中国感光科技界的最高机构——中国感光学会授予了技术奖；《光明日报》撰文《运志忠——为大众做专业化的摄影服务》；中央电视台经济台就“影像冲洗的品控”对他进行专题采访；《人像摄影》杂志发表专访文章

《国产彩色摄影套药的现状和前景——访摄影化学高级工程师运志忠》。

现在，运志忠同志虽已退休，但仍常被业内同仁请去解疑释惑，并且时有旧友新交希望他趁闲理绪，再续新篇。这使他感到图片业对理性的与感性的、理论的与实践的、通俗的与实用的技术，仍很需求。因此才萌发了撰写本书的念头。这样做的总体社会效果肯定会比他现在单枪匹马、一家一户地去解决一些太具体的问题更好，更有效。

如今，图片冲洗部门星罗棋布，遍地开花，竞争激烈。竞争的本钱是质量，质量是生命线，是市场的保障。所以现在每个冲洗部门的负责人都已认识到了摄影冲洗的品控工作绝不是可有可无的了，要想生存和发展，就必须抓好冲洗，抓好品控。而品控又是冲洗的核心保障。

以我和运志忠同志二十多年的交往，对他人品的了解和他在理论与技术方面造诣的认知，他的这一“老蚌怀珠”之著定会饱飧读者，开卷得益。由于他已是退休颐养，超然世外，无需再争再竞之人，所以他对我说：现在不想再留“私房钱”了，决定将“箱底”倾囊倒出。为此，他向我讲述了他对新著的构思及全书的铺章设节构架的用意，又拿出文稿征求我的意见。我有机会作为第一读者读后觉得全书所述对于搞洗印的从业人员是正当其用；对于专职摄影的从业人员也可藉此延伸后期制作知识，便于前后沟通，能够更有益于自己的摄影创作；对于准备开拓此业的人员，更是必用之书；对于业余人员，也是必备资料。此书将比他以往之作更加完善，更有针对性、实用性、指导性，可操作性也更强。

我相信这本书的出版对于提高我国彩色摄影冲洗质量与洗印水平会起到积极作用。

世界华人摄影学会名誉顾问
中国华侨摄影学会副会长 方学辉

2002年6月8日于北京

前 言

作者在新华社中国图片社从事了 30 多年洗印化学、冲洗技术及洗印质量监控工作，由于单位所处的得天独厚地位，为职工优先获取最新的行业理论与技术提供了肥田沃土。

作者曾著有《彩色摄影冲洗原理》一书，受到了业内人士的欢迎。虽然已经过去近 20 年，但是直到今天，专门涉足论述彩色摄影冲洗系统原理和指导洗印工作者解决实际问题的专著却很少见到。这对于摄影界中人数最多市场份额也最大的彩色摄影冲洗技术的提高是极为不利的。

有鉴于此，作者将积累了半生的专业知识予以收集、提炼和整理，使之成文，撰写成书，以回报国家，用之社会，答谢朋友。

此书共分三篇，每篇相对独立，彼此又有呼应，既体现了“冲洗原理、实践、检测”的系统性，也为冲洗工作者提供一份完整的技术资料。第一篇较系统地介绍了洗印入门知识和基本理论，是作者为读者特地开辟的一条捷径，有一定的厚重性。第二篇针对目前全世界通用的彩色片种——C-41、E-6 彩色胶片和分别用四种不同的理论、方法冲洗的彩色照片（RA 系列照片、反转照片、银漂法照片、一步成像照片），论述其冲洗工艺、冲洗原理和质量控制方法，重点介绍了冲洗中常易出现的问题、原因和解决办法。本篇是作者半生从事冲洗工艺监控与冲洗理论学习与实践两方面的积累与成果，尽己之学，倾己之囊，全部献给读者。第三篇是冲洗药液的检测与控制方法，并在介绍每一方法之前都对其检测原理作了阐述，为有更高追求的洗印工作者提供方法。

全书包括大量的图表和数据，具有很强的实用性。

由于作者水平有限，错处难免，企盼指正。

顺便在此对为此书的撰写、整理付出了许多辛劳的冯明月、张

艳茹、运耕涛、冯翠霞同志，及好友杜宁、郭红丽、谢建平、黄富华、刘雅琪、但昭葳、谢冰玲、王世儒、丁金英、邓传经、黄仕光、贺贤敏、宋子彬、耿显丽、王维翠、吕伯明、赵伟、逢诗美、宋庆福、柏贵春、涂受群、柳琴、李伟、崔国贤、王连权、李荣久、宋富久、刘丽、刘忠义、庞小华、陈治林以及恩师何耀曾、孔祥龄等多年来所给予我各方面的真挚支持、无私援助与密切合作，深表谢忱。

在此，还要对为此书的出版给予了全力支持的化学工业出版社的有关同志致以深深的感谢。

运志忠

二〇〇二年四月十五日

于北京

目 录

绪论	1
----------	---

第一篇 系统原理篇

第一章 化合物的结构理论	4
第一节 简述	4
第二节 化合物结构理论	7
第三节 共价键的本质	8
第四节 有机物的共轭效应	14
第二章 有机染料发色的近代理论	21
第一节 物质对光的吸收	21
第二节 分子对光的吸收	24
第三节 人眼对光与色的生理判断	27
第四节 分子结构及其发色	29
第三章 潜影	44
第一节 潜影形成的微观过程	44
一、葛尔尼-莫特 (Gurney-Mott) 原理	44
二、吸附催化的解说	49
第二节 潜影过程中的量变到质变	59
第三节 潜影的演变和衰退	60
第四节 乳剂的增感	61
第四章 彩色摄影冲洗原理	66
第一节 彩色显影剂及彩色显影机理 (染料影像的生成)	66
一、显影学说	66
二、显影过程的氧化还原作用	69
三、半波电位与显影能力	77
四、不同显影剂对显影后所形成的染料的影响	86
五、染料形成的过程	86

六、常用彩色显影剂及其用量的互换	98
第二节 彩色显影液中其他成分的作用	99
一、苯甲醇	99
二、保护剂——亚硫酸钠和羟胺	101
三、灰雾及其抑制	106
四、促进剂及其具体作用	115
五、彩色显影液的 pH 值	118
六、彩显液各成分对显影液氧化还原电位的影响	123
第三节 酸性定影液成分的作用	125
一、酸的作用	125
二、保护剂	129
三、定影剂	130
四、影响定影速度的因素	140
第四节 漂白液成分的作用	144
一、漂白液的概念	144
二、赤血盐漂白液	146
三、超加和漂白液	150
第五节 二次定影液成分的作用	153
第六节 水洗	153
第七节 坚膜液成分的作用	158
一、暂时坚膜剂	159
二、永久坚膜剂	160
三、坚膜处理对彩色片保存性的作用	166
第八节 润湿液	167
第九节 干燥及干燥动力学	173
一、物料中所含水分的性质	174
二、干燥曲线与干燥速率曲线	176
三、固体物料干燥的机理	178
四、影响干燥速率的因素	180
五、干燥速率方程式	182
六、恒定干燥条件下的干燥时间	185

第二篇 现行冲洗篇

第一章 彩色显影的主反应与副反应	188
------------------------	-----

第一节	彩色照相材料中所采用的成色剂	188
第二节	彩色显影的主反应和副反应	191
第二章	彩色负片对杂吸收的校正及其与彩色	
	正像吸收峰之间的对应关系	198
第一节	彩色负片对杂吸收的校正——Mask（色罩）的应用原理	198
第二节	彩色负片与彩色正片的增感峰和吸收峰之对应关系	205
第三章	彩色负片 C-41 的冲洗技术	207
第一节	C-41 的冲洗工艺	207
第二节	C-41 的冲洗原理	210
第三节	C-41 冲洗的质量控制	214
第四节	C-41 冲洗中常见问题及解决办法	218
第四章	彩色反转片 C-6R 及 E-6 的冲洗技术	220
第一节	C-6R 及 E-6 的冲洗工艺	220
第二节	C-6R 及 E-6 的冲洗原理	225
	一、首显	225
	二、第一次水洗	234
	三、反转程序	235
	四、彩显	237
	五、调整（预漂）	241
	六、漂白	243
	七、定影	244
	八、第二次水洗	245
	九、最后浴（最后稳定浴）	245
第三节	彩色反转片的迫冲	246
第四节	C-6R 及 E-6 冲洗的质量控制	250
第五节	C-6R 及 E-6 冲洗中常见问题及解决办法	256
第五章	彩色照片超快速 RA 系列的冲洗技术	262
第一节	RA 系列的冲洗工艺	262
	一、柯达 RA 系列的感光材料冲洗工艺	262
	二、柯达 RA 系列 RT 冲机冲洗的补充率	262
	三、低使用率冲机冲洗液的防氧化措施	262
	四、RA 系列冲洗操作的小结	265

第二节	RA 工艺的冲洗原理	267
一、	彩显液	267
二、	漂定液	272
三、	超级稳定（或水洗）	284
第三节	RA 冲洗的灰雾问题	291
第四节	RA 冲洗的质量控制	294
第五节	RA 冲洗中常见问题及解决办法	299
第六节	彩色影像保存时的退色原因	301
第六章	彩色反转照片 R-3 的冲洗技术	303
第一节	R-3 的冲洗工艺	303
第二节	R-3 工艺的冲洗原理	304
第三节	R-3 冲洗的质量控制	306
第四节	R-3 冲洗中常见问题及解决办法	309
第七章	银漂法彩色照片 P-3X 的冲洗技术	310
第一节	P-3X 的冲洗工艺	310
第二节	P-3X 工艺的冲洗原理	312
一、	显影	312
二、	水洗 I	312
三、	漂白	312
四、	水洗 II	314
五、	定影	314
六、	最后水洗	314
第三节	P-3X 冲洗的质量控制	314
第四节	P-3X 冲洗中常见问题及解决办法	316
第八章	彩色照片一步成像	320

第三篇 药液控制篇

第一章	彩显液的分析方法	324
第二章	定影液的分析方法	340
第三章	漂白液的分析方法	346
第四章	漂定液的检测方法	355
第五章	富士漂定液漂定能力的检测	356

第六章 坚膜液、稳定液的分析方法 358

第七章 首显液的分析方法 362

第八章 对已冲洗完毕的成品彩色画面
最终产品指标的分析方法 372

主要参考文献 380

绪 论

自从照相术发明 163 年以来，其自身经历了不断的深化、扩大、变革、完善、升华、延伸，现今已然渗到人类社会一切活动之中，已成为不可或缺的影像记录手段。

摄影行业由三个环节组成，一是感光材料（胶片、相纸等）的制造，二是拍摄，三是冲洗。本书专门介绍第三个环节——冲洗，阐述清楚为什么一经冲洗就能出影像？是怎么出的影像？如何才能冲洗出优质的影像？

人们对影像的“冲洗”多少存有一点神秘感，但实际上它一点也没有神秘之处。这里的关键之点是，在制造感光材料时故意在感光物卤化银的晶体上布下一些对光线最为敏感的零星的小小的“区域”，因为只有这些小小“区域”才能被拍照按快门时瞬间进入相机镜头的光线感光（不是卤化银晶体或胶片“全面”感光），因此这些小小的“区域”被称为“感光中心”。拍照后，胶片上的所有感光中心（即小小的“区域”）在进入镜头之内的光线作用下，立体尺寸便随之扩大。这种扩大了了的感光中心，被称为潜影，即凭眼睛是看不见的潜在的影像。这是感光中心的第一次“放大”。潜影也称潜影中心、显影中心。潜影的作用非常重要，所谓的神秘之点就是潜影。

冲洗的任务就是通过选定的有还原性的化学物质，将潜影（即显影中心）立体尺寸再进一步地扩大到能被眼睛看得见（程度）的可视影像，故将这种能显现影像的化学处理程序称为显影，这是感光中心的第二次“放大”。能使潜影（显影中心）扩大为可视影像的化学物质，称为显影剂。显影剂所在的溶液叫做显影液。此时，感光了的卤化银晶体全部转化为金属银，影像就此生成。若为黑白感光材料，最终的影像也就是由这些金属银所构成。若是彩色感光

材料，在彩色显影处理后，会同时生成金属银的黑白和染料的彩色两类影像。由于最终要求的是彩色影像，因此还需将金属银的黑白影像从胶片中除掉，将染料影像保留。染料影像即彩色影像。同时生成金属银和染料两类影像的化学处理程序，叫做彩色显影，简称彩显。

除掉混于彩色影像中的黑白金属银影像及在拍照时胶片未曝光部位的卤化银，是漂白和定影两道冲洗程序的任务。

漂白的含义是将黑白金属银影像进行化学氧化为银离子，并重新将其转化为卤化银。起这种氧化作用的物质称为漂白剂；使银离子重新转化为卤化银的物质叫做重卤剂。含有氧化剂及重卤剂的溶液叫做漂液，这种处理程序叫做漂白。

由于氧化并重新卤化所生成的卤化银不溶于水，故仍会保留在胶片中，致使彩色影像无法放出“光彩”来。但硫代硫酸盐能与这些卤化银产生化学反应，从而将卤化银转化为易溶于水的银络合物，于是这些混于彩色影像中的卤化银便会从胶片中溶脱出去。至此，彩色影像才在画面中被固定住。将不溶于水的卤化银转化为可溶性的银络合物的物质叫做定影剂，含有定影剂的溶液叫做定影液，这种处理程序叫做定影。

彩色影像是由金属银的黑白影像引发并“放大”而来，是感光中心的第三次“放大”。

简单表述这三次放大即：感光中心 $\xrightarrow{\text{一级放大}}$ 潜影（显影中心） $\xrightarrow{\text{二级放大}}$ 金属银的黑影像 $\xrightarrow{\text{三级放大}}$ 染料的彩色影像。胶片是这样得到影像的，相纸也是以同样的道理与技术得到影像的。

彩色摄影的冲洗技术发展至今，已处于“超快速”阶段，例如 C-41RA 工艺冲卷只用 6'30"，RA-4 工艺洗照片仅用不到 4min 即可完成；20 世纪 70 年代初至 80 年代末为“高温快速”阶段，例如 C-41 工艺冲卷要用 24'15"，EP-2 工艺洗照片要用 8'30"；这个阶段之前则为“常温”冲洗阶段，例如 C-22 工艺冲卷要用 50min，EPC 工艺洗照片要用 1h7min 才能完成。到目前为止冲洗工序也由

原来的七道简化为二道（照片）（以上所述均不含水洗及干燥工序）。原先对环境有污染的冲药也已被淘汰，现在冲药的 COD（化学耗氧量）和 BOD₅（生物耗氧量）均符合环保要求。现时的冲卷洗照片只用 10min 即可完成，冲药已不构成污染，而且冲洗成本很低，如此快速、质高、价廉的影像品种，其面对的市场空间必定是广阔无限的。即使是这样好的局面，感光界泰斗埃德温·兰德博士对于银盐影像技术的评价却是“仍处于石器时代”，可见其发展空间还非常大。