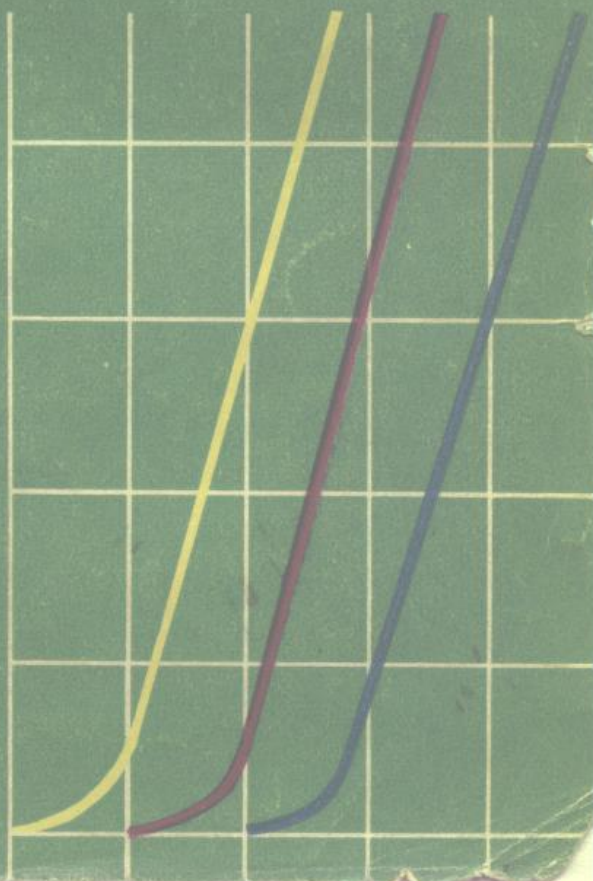


电影胶片工艺基础知识

燃料化学工业部第一胶片厂研究所 编

燃料化学工业出版社



内 容 提 要

书中从黑白胶片和彩色胶片的结构、性能、成象原理说起，系统地介绍了电影胶片的片基制造、乳剂制造、乳剂涂布、胶片整理、分析检验等各个工序的工艺方法、主要设备、生产原理、操作经验等。同时，对胶片乳剂中应用的各种补加剂也作了深入的介绍。本书可作生产感光材料工人同志的培训读物，也可供从事胶片生产和使用工作的技术人员及管理干部学习参考。

电影胶片工艺基础知识

(内部发行)

燃料化学工业部第一胶片厂研究所编

燃料化学工业出版社 出版

(北京安定门外和平北路16号)

燃料化学工业出版社印刷厂 印刷

新华书店北京发行所 发行

开本787×1092¹/₃₂

印张77/8 插页3

字数165千字

印数14,501—19,550

1972年12月第1版

1973年7月第2次印刷

书号15063·内520(化-90) 定价0.61元

毛主席语录

红与专、政治与业务的关系，是两个对立物的统一。一定要批判不问政治的倾向。一方面要反对空头政治家，另一方面要反对迷失方向的实际家。

前 言

经过无产阶级文化大革命的锻炼，胶片工业的广大职工认真学习马克思主义、列宁主义、毛泽东思想，狠批刘少奇一类骗子的反革命罪行和反动谬论，提高了路线斗争觉悟，进一步从政治上、思想上、制度上巩固了毛主席革命路线的领导。在以毛主席为首的党中央的亲切关怀下，广大职工意气风发，斗志昂扬。他们尖锐地指出：“不能只管胶片曲线，不管政治路线”。一定要“用改观统帅攻关，用路线统帅曲线”，要“又红又专，猛攻胶片质量关”，做到“身在暗室，胸怀天下”。革命带动了生产，精神转化为物质。当前，在抓革命、促生产的高潮中，胶片工业的新技术、新品种、新工艺不断涌现。革命和生产呈现一派蓬勃发展的的大好形势。

胶片工业的产品，目前已广泛应用于新闻摄影、电影制片、工业生产、科学研究、航空侦察、医学卫生和人民生活各个领域，直接为阶级斗争，生产斗争和科学实验三大革命运动服务。

电影胶片是电影事业最重要的物质基础之一。革命电影直接用于宣传马克思主义、列宁主义、毛泽东思想，传达党中央的战斗号令，它是团结人民，教育人民，鼓舞革命人民斗志的有力武器。当前世界已进入了一个伟大的新时代，全世界革命人民和我国广大工农兵群众，迫切要求通过银幕看到我们伟大领袖毛主席的光辉形象，看到闪烁着毛泽东思想光辉的革命样板戏及我国社会主义革命和社会主义建设所取得的伟大成就。因此，多、快、好省地发展我国胶片工业是胶

1100037

片工人严肃的政治任务，是巩固无产阶级专政的需要，是中国革命和支援世界革命的需要。

毛主席教导我们：“**不是东风压倒西风，就是西风压倒东风，在路线问题上没有调和的余地。**”胶片工业战线上的两个阶级、两条道路、两条路线的斗争，几年来一直是很激烈的。在技术工作领域中，由于修正主义路线的干扰和破坏，一些人对技术知识垄断封锁，压制广大工人群众的积极性和创造性。今天，在毛主席革命路线领导下，最根本的任务是用毛泽东思想武装广大职工头脑，坚持用毛泽东思想挂帅。同时，还必须对广大工人群众进行技术普及教育。一个搞技术垄断，一个搞技术普及，这是两条路线的重要区别之一。同时在新形势下，胶片工业战线又增加了大批生力军，一部份新的领导干部和广大新入厂的复员战士，知识青年，他们迫切需要掌握必要的胶片生产技术。为捍卫毛主席革命路线，为满足工农兵的需要，为适应胶片生产的新形势，我们编写了这本有关胶片工艺生产的通俗技术读物。书中内容以叙述胶片生产工艺过程为主，辅以必要的基础理论知识。

在编写过程中，我们力求用毛主席思想，用唯物辩证法去统帅和分析技术资料。同时本着“**洋为中用**”，“**去伪存真**”的原则，批判地吸取了某些旧感光材料科技资料中的部份内容。并且以发展观点对一些新工艺、新品种、新材料作了简要的介绍。但由于我们的觉悟水平和技术水平所限，一定会有许多缺点错误，望广大读者批评指正。

目 录

前言

第一章 胶片的构造及其性能	1
第一节 胶片构造.....	2
第二节 照相影象形成的基本原理.....	7
第三节 胶片的主要照相性能.....	14
第二章 彩色胶片原理	20
第一节 光的色散与光谱.....	20
第二节 获得彩色影象的色光作用原理.....	23
第三节 多层彩色胶片成象原理.....	32
第四节 染印法和银漂法彩色胶片简介.....	42
第三章 片基制造工艺过程	48
第一节 片基结构和基本性能.....	48
第二节 醋酸片基的主要原料.....	56
第三节 片基生产工艺过程.....	61
第四节 新型片基简介.....	73
第四章 照相乳剂制造工艺过程	79
第一节 乳剂制造的主要原料及其作用.....	79
第二节 乳剂制造的基本过程.....	92
第三节 影响乳剂照相性能的基本因素	101
第四节 乳剂配方分析比较	116
第五章 乳剂中应用的各种补加剂	123
第一节 改善乳剂照相性能的补加剂	123
第二节 彩色成色剂	131

第三节	改善乳剂物理化学性能的补加剂	140
第四节	配制补加剂时的注意事项	147
第六章	乳剂涂布工艺过程	155
第一节	涂布前的乳剂准备工作	155
第二节	涂布工艺	162
第三节	胶片的干燥及收片	178
第四节	涂布过程中产生的弊病及防止方法	182
第七章	胶片成品整理过程	186
第一节	电影胶片的整理过程	186
第二节	整理工艺过程中易产生的弊病及其 防止方法	194
第八章	胶片生产过程中的分析和检验	198
第一节	乳剂制造和涂布过程中的物化分析	198
第二节	感光测定	206
第三节	实用性能检查	235
附图		243

第一章 胶片的构造及其性能

每当在银幕上出现我们最敬爱的伟大领袖毛主席他老人家红光满面、神采奕奕的光辉形象时，我们都会抑制不住内心无限幸福和无比喜悦的激情，同声高呼：“毛主席万岁！毛主席万万岁！”

而当我们进一步想到，这记录着毛主席光辉形象的胶片有我们胶片工人辛勤劳动的成果时，我们又该感到多么自豪啊！这时我们也就更进一步认识到胶片生产的重大政治意义和胶片工人所肩负的光荣职责，从而激励我们为革命而生产更多更好的国产胶片，为伟大领袖毛主席争光，为伟大社会主义祖国争光。

新中国的胶片工业经历了从无到有，从小到大，从单品种到多品种的逐步发展过程，同时也充满了两个阶级、两条道路和两条路线的激烈斗争。无产阶级文化大革命彻底摧毁了以刘少奇一类骗子为首的资产阶级司令部，粉碎了他们所推行的反革命修正主义路线。当前在党中央和毛主席的亲切关怀下，在上级的直接领导下，我国胶片工业战线的“斗、批、改”运动正在不断深入发展，广大革命职工狠抓革命，猛促生产，取得了显著的成绩。

随着我国社会主义革命和社会主义建设的不断深入发展，不仅对胶片需要量越来越多，而且对胶片品种和质量也提出了越来越高的要求。当前胶片工业正面临着赶超世界先进水平的光荣历史使命。我们胶片工人就是要学杨子荣那种“专拣重担挑在肩”的英雄气概，树雄心立壮志，一定要使

国产胶片的质量赶上和超过世界先进水平，为适应我国社会主义革命和社会主义建设的需要，为支援世界革命人民的反帝斗争作出贡献。

第一节 胶片构造

胶片是由感光乳剂涂布在片基上而制成的，它的剖面结构如图1—1所示。在一般电影胶片品种中，片基的厚度为0.135毫米，约相当于普通头发丝直径的两倍。乳剂层的厚度则随胶片品种的不同而有较大的差异，一般在5~25微米范围内（1微米等于千分之一毫米），比最薄的印刷用纸还要薄些。虽然乳剂层的厚度通常只占胶片总厚度的十分之一左右，但整个照相过程中的曝光、显影以及影象的最后生成都是在这薄薄的乳剂层中进行的。

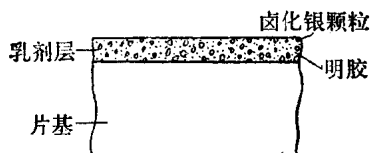


图 1—1 胶片剖面结构示意图

乳剂层的主要成分是照相明胶和卤化银。卤化银是以极微细的颗粒状态均匀地分散在明胶中，明胶起着卤化银颗粒保护体的作用，它是乳剂层的主要成膜物质。乳剂层中卤化银颗粒的形状及其大小分布情况，在很大程度上决定了胶片的照相性能。在一般胶片中，这些颗粒的最大直径约为1~2微米左右。而最小颗粒的大小只有0.1微米左右。这样细小的颗粒，只有在放大到上千倍的显微镜下才能看得清楚。而

胶片之所以能对光发生作用并记录下被拍摄景物的影象，就是因为乳剂层中有这些卤化银颗粒存在的缘故。除了明胶和卤化银颗粒之外，在乳剂层中还往往含有一些微量的补加化学药品，这些药品在乳剂中虽然含量很少，但却能对胶片的照相性能发生极大的影响。

乳剂层虽然具备了特定的照相性能，但它本身却缺乏必要的机械强度，所以必须有一个依附的支持体。胶片中的片基就是起着乳剂层支持体的作用，以加强其物理机械强度。片基本身是一种具有透明、柔软特性和一定机械强度的塑料薄膜，它的特性构成了胶片的主要物理机械性能。目前胶片工业中应用最广泛的是三醋酸纤维素片基，而在一些特殊用途的片种(如航空摄影、卫星摄影及染印法彩色胶片等)中，则要求应用涤纶片基，因为这种片基具有更好的物理机械强度和几何尺寸稳定性。

为了适应涂布乳剂的要求，在片基的正面必须预先涂上一层能和乳剂层粘接得很好的明胶底层，而在片基的背面则涂上一层能防静电和防卷曲的涂层。彩色片用的片基，除了上述涂层外，还需在片基的背面涂上一层为保证彩色画面清晰度所必须的防光晕层。一般情况下，彩色胶片的防光晕层呈绿色或黑色。这些带色涂层在胶片的显影加工过程中都应能很容易地洗去，以保证彩色胶片的透明性。从图1—2中可以看到一般黑白片和彩色片片基的不同外观特征。

目前生产的胶片从大的方面可以分成黑白胶片和彩色胶片两大类。在黑白胶片上最后生成的影象只有黑白亮度的差别，而在彩色胶片上最后生成的影象则和原景物一样，除亮度差别外，还有颜色的差别。在这两类胶片中由于用途及照相

特性的不同，又可以分成正片和底片两大类型。底片是用来直接拍摄景物，它经过曝光和显影加工以后，在胶片上所生成影象的黑白亮度正好和原景物黑白亮度相反，这种影象常被称为负象，所以有时也称底片为负片。正片通常是被用来从底片的负象复制正象用的，正片上所生成的影象正好和底片的黑白亮度相反，这样就获得了正好与原景物黑白亮度一致的正象了。

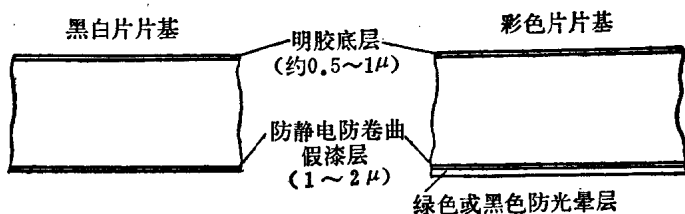


图 1-2 黑白片片基和彩色片片基结构比较

黑白胶片和彩色胶片在性能上有很大的区别，反映在胶片结构上也有很大的不同，黑白胶片都属于单层结构类型，而彩色胶片则是属于多层结构类型。这些胶片的不同结构特点可以举例说明如下。

黑白电影正片和黑白电影底片的剖面结构大致相同，一般都由单层乳剂和片基所组成。但这两种胶片的照相性能却绝然不同，这不仅是由于乳剂层厚度不同引起的，更主要是

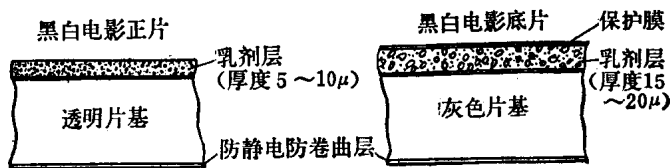
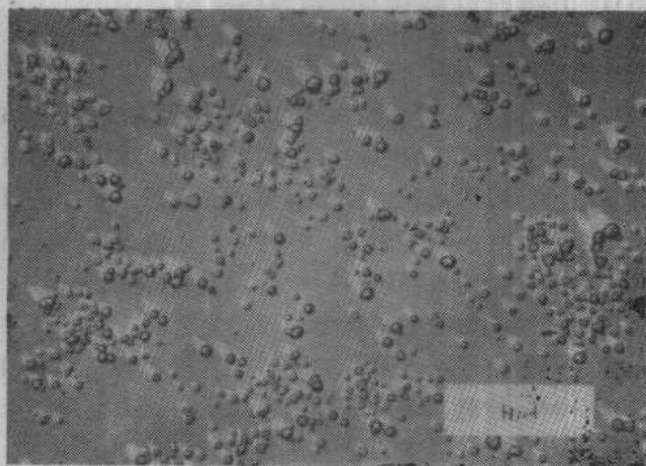


图 1-3 黑白电影正片和黑白电影底片结构比较

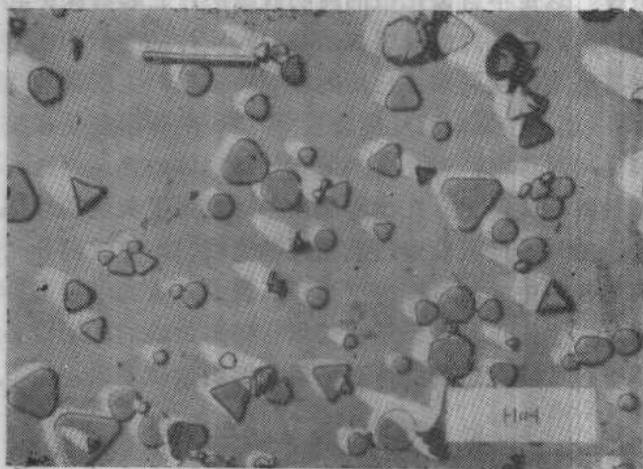
由于乳剂本身性能各不相同所决定的。

正片乳剂层中的卤化银颗粒细小均匀，一般尺寸只有0.2微米左右，这种乳剂总的来说对光线作用的敏感度较低，特别是它主要是对可见光中的兰光发生作用，而对绿光和红光则很不敏感，所以也称这种乳剂为色盲乳剂。底片乳剂层中的卤化银颗粒大小很不均匀，总的来看远较正片卤化银颗粒为大，最大颗粒的直径可达1—2微米左右(见图1—4)。底片乳剂层对光线作用的敏感程度远较正片为高，它不仅对兰紫光敏感，同时由于在乳剂中加入了一种称之为光学增感剂的有机化合物，使乳剂对可见光中的绿光和红光也同样十分敏感，所以也称底片乳剂为全色性乳剂。

从图1—3中还可以看到，在电影底片的结构中还多了一层保护膜，这是不含卤化银的纯明胶涂层，它起着保护乳剂层的作用。因为底片的敏感程度高，在胶片的生产和使用过程中，其乳剂层受到摩擦作用的影响而极易产生所谓的“摩擦灰雾”，而直接影响胶片的质量。保护膜的作用就是在胶片生产和使用过程中，避免乳剂层和外界物体的直接接触，以防止这种弊病的产生。在电影底片中还应用了灰色的片基，这种带色的片基能吸收透过乳剂层的光线，不使这部分光线反射回乳剂层中去，可减少“光晕”现象，有利于提高影像的清晰度。电影正片由于是直接用于银幕放映的，所以必须采用不带色的高度透明的片基，以免影响放映效果。



电影正片



电影底片

图 1—4 电影正片和电影底片卤化银颗粒的显微照片

至于彩色胶片的结构，远较黑白胶片为复杂。在一般彩色胶片中，最少得有三层不同感光性能的乳剂层，同时每一层在拍摄、显影加工后所生成的影象颜色也各不相同。一种

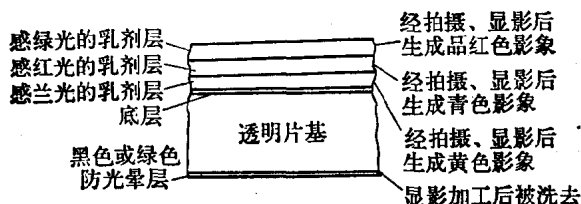


图 1—5 一种彩色正片的结构图

典型的彩色正片的结构如图1—5所示。而在一些彩色底片的结构中，乳剂涂层共有5~6层，再加上乳剂涂层间的明胶隔层及保护层等辅助涂层，全部涂层数可达9~10层之多。关于彩色胶片的结构及原理将在下一章中详细介绍。

第二节 照相影象形成的基本原理

从分析胶片的结构中，我们已经知道乳剂层中卤化银颗粒的存在是使胶片对光线具有敏感作用的最基本因素，而照相影象的形成正是由于卤化银颗粒一系列变化的结果。

卤化银颗粒为什么会在光线的作用下引起变化呢？它又是如何在照相过程中变为照相影象的呢？

为了了解卤化银变化的原因，有必要先了解一下卤化银颗粒的结构特点。

卤化银是氯化银、溴化银和碘化银的总称。因为氯、溴、碘等元素具有相似的化学性能，在化学上被统称为卤素，所以这些元素和银的化合物就被统称为卤化银。以典型的溴化

银为例，它是由溴离子和银离子相化合而形成的结晶颗粒。

溴化银的晶体结构和氯化钠（食盐）的晶体结构相同，都为正立方型结构，其中带正电子的银离子（ Ag^+ ）和带负电子的溴离子（ Br^- ）按一定的规律排列着，这种有规则的排列在晶体化学上称为点阵结构，图1—6表示了溴化银晶体结构示意图。这是溴化银的理想晶体结构，在结构中银离子和溴离子的结合处于一定的平衡状态。

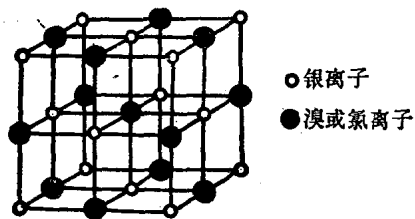


图 1—6 溴化银或氯化银的点阵结构

但是实际上，乳剂中的卤化银颗粒由于受到乳剂制造过程中配方、工艺条件各方面因素的影响，无论从晶体外形和晶体内部结构来看，都和理想晶体有差别。例如我们在显微镜下所看到的卤化银颗粒可分别呈三角形、六角形或圆形。同时在实际晶体的内部结构中，也分别存在一定的不完整性。这些不完整性可以分为两类，一类属于物理上的不完整性，另一类则是化学上的不纯洁性。物理上的不完整性是指点阵中的缺陷和位错。例如点阵中的银离子或溴离子可能自原来的位置上发生迁移，而在它不应该存在的地方出现，这就称为点阵缺陷。图1—7表示了点阵中这种缺陷的示意图。还有一种情况是晶体点阵中的某一区域内有一些离子的位置与正常的位置发生了不同距离的偏离，从而使晶体发生

一定的畸变，这种现象在晶体化学上称作晶体的位错，如图1—8所示。化学上的不纯洁性则是指卤化银晶体结构中，不

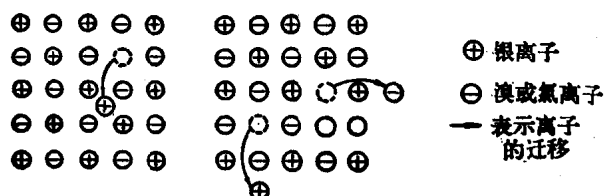


图 1—7 卤化银晶体点阵中缺陷示意图

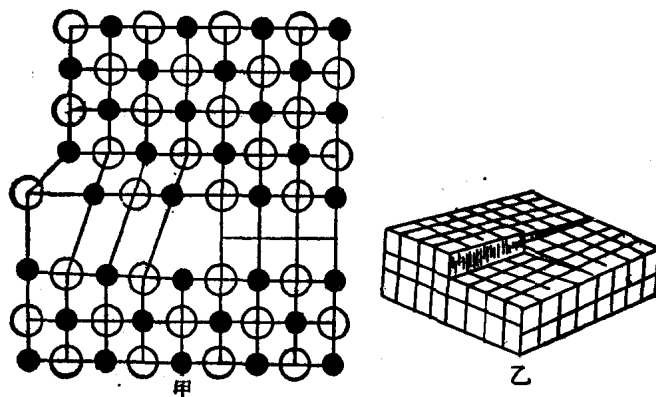


图 1—8 晶体结构中位错示意图

甲、表示局部点阵距离发生偏移

乙、表示一种螺旋形位错造成晶体的畸变

仅有正常的银离子和溴离子的质点，而且掺入了少量的杂质，如已被还原的金属银或硫化银的微细质点。总之，实际卤化银颗粒中存在的这种物理和化学的不完整性，破坏了理

想晶体中所固有的平衡，形成了晶体结构中的薄弱环节。这就是乳剂中卤化银颗粒所以能在光线作用下发生变化的内在因素。在摄影学理论中把卤化银颗粒中的金属银、硫化银质点，以及点阵缺陷和位错的存在，称作感光中心。光线对卤化银颗粒的作用，就是首先从感光中心处打开缺口，而使整个颗粒发生变化的。

平常我们可以看到，将胶片直接曝晒于日光下时，胶片乳剂层的颜色会逐渐变深而发黑。这就是由于光线能量的作用，使卤化银颗粒中有较多的银离子被还原成金属银质点，而金属银处于极微细状态时是黑色的。卤化银受光线作用而发生的分解程度，是和光线的强弱及照射时间的长短成正比关系的。即：照射的光线愈强、时间愈长，这种分解程度就愈显著；反之，照射的光线愈弱、时间愈短，这种分解程度就愈不明显。

照相过程就是利用了光线能使卤化银发生分解变化的这一特性。当然，在实际摄影过程中，被拍摄对象所反射出来的光线是通过摄影机的镜头和快门才能到达胶片上。由于拍摄时间的短暂（一般情况下快门速度为五十分之一秒或百分之一秒）和镜头光圈大小的限制，实际作用于胶片上的光量是有限的，远不如直接曝晒时所受光线作用那么强烈。由于所作用光线比较弱，只可能使卤化银颗粒中分解出很少一部分金属银来，从而形成了人眼暂时还不能直接看见的潜伏影象，我们把这种曝光后形成的潜伏影象简称为潜影。

这种潜影可以通过进一步化学处理的方法，使它变为可见的影象，这就是拍摄后胶片的显影加工过程。在显影过程中，由于化学还原作用的结果，使感光后已发生部分分解的