

静电复印显影技术

L.B.Schein 著

云 之 冷欣新 李祥高 译
苏来泉 程阿宁

天津科技翻译出版公司

内 容 提 要

本书全面和系统地介绍了静电复印技术发展历史、复印机和印字机市场展望、静电复印过程的基本原理和复印机关键部件设计选择,并系统地论述了静电复印显影技术。在第四章双组份显影系统中论述了金属-金属、金属-绝缘体、绝缘体-绝缘体接触带电过程以及色调剂-载体接触带电过程;第五章论述了瀑布显影方法;第六章介绍了绝缘型磁刷显影的实心黑区显影理论;第七章介绍了导电型磁刷显影的无限大导电体理论;第八章论述了单组份显影体系色调剂感应带电、电荷注入带电、接触带电和电晕带电的方法,以及粉体涂镀技术中的带电方法。第九章介绍了导电型、绝缘型磁性和绝缘型非磁性色调剂。第十章论述了液体静电显影理论和液体显影剂特性。全书图文并茂,由浅入深,提供了详实可靠的实验数据和分析,是静电复印显影技术的第一本专著。

本书可供从事静电复印、图象信息处理工程的专业工作者及使用人员、生产制造者和维修人员参考,也可作为大专院校师生教学参考资料或本专业的教材。

静电复印显影技术

L.B.Schein 著

云 之 冷欣新 李祥高 译
苏来泉 程阿宁

天津科技翻译出版公司

(邮政编码: 300192)

新华书店天津发行所发行

三河县科教印刷厂印刷

787×1092 1/32 印张 11.75 字数 240千

1991年5月第一版 1991年5月第一次印刷

印数1—7000册

ISBN 7-5433-0198-9/TP·3

定价: 6.00元

目 录

略语符号表

第一章 导论	(1)
1.1 技术发展史	(3)
1.2 复印机市场	(18)
1.3 印字机市场	(26)
1.4 其它粉体显影的复印技术	(31)
1.4.1 磁化复印技术	(34)
1.4.2 离子复印技术	(37)
第二章 静电复印过程	(40)
2.1 静电复印过程的六个步骤	(40)
2.1.1 充电	(40)
2.1.2 曝光	(44)
2.1.3 显影	(48)
2.1.4 转印	(54)
2.1.5 定影	(56)
2.1.6 清洁	(58)
2.2 实施例	(59)
2.3 子系统的选择	(62)
2.3.1 感光体	(62)
2.3.2 充电	(64)
2.3.3 光源	(64)

2.3.4 显影	(67)
2.3.5 转印	(69)
2.3.6 定影	(69)
2.3.7 清洁	(71)
第三章 显影步骤	(72)
3.1 问题	(72)
3.2 重点	(76)
3.3 概述	(81)
第四章 双组份显影体系中色调剂的带电过程	(90)
4.1 金属-金属接触带电	(92)
4.2 金属-绝缘体接触带电	(94)
4.2.1 争论的问题	(94)
4.2.2 实验和理论上的难点	(98)
4.2.3 其它的金属-绝缘体带电实验	(100)
4.2.4 电子转移理论	(105)
4.2.5 离子转移理论	(107)
4.3 绝缘体-绝缘体接触带电	(109)
4.4 色调剂-载体带电	(113)
4.4.1 表面态理论	(118)
4.4.2 炭黑	(121)
4.4.3 电荷控制剂	(122)
4.4.4 带电量测试方法	(124)
4.5 小结	(131)
第五章 瀑布显影	(133)
5.1 各种显影机理	(139)
5.1.1 浮流法	(139)
5.1.2 接触法	(141)

5.1.3	清扫法	(141)
5.1.4	电极源法	(142)
5.2	实验工作	(143)
5.2.1	实心黑区显影	(143)
5.2.2	线条显影	(150)
5.2.3	背景显影	(152)
5.3	理论	(157)
5.3.1	浮流显影	(157)
5.3.2	接触显影	(161)
5.4	小结	(168)
第六章	绝缘型磁刷显影	(169)
6.1	对各种显影机理的定性比较	(173)
6.2	电场	(176)
6.2.1	电荷	(177)
6.2.2	有效介电常数	(186)
6.3	实心黑区显影理论	(195)
6.3.1	中和理论	(195)
6.3.2	场剥离理论	(196)
6.3.3	粉雾显影理论	(203)
6.3.4	平衡理论	(204)
6.3.5	耗尽理论	(211)
6.3.6	“完善”的显影理论	(213)
6.4	实心黑区显影的实验	(215)
6.5	线条显影	(221)
6.6	背景显影	(226)
6.7	改进的方法	(230)
6.8	小结	(231)

第七章 导电型磁刷显影	(234)
7.1 最初的理论设想	(237)
7.2 实验数据及其讨论	(243)
7.3 无限大导电体理论	(251)
7.4 与实验的比较	(255)
7.5 线条显影	(257)
7.6 背景显影	(259)
7.7 小结	(259)
第八章 单组份显影体系中色调剂的带电过程	(260)
8.1 感应带电	(261)
8.2 电荷注入带电	(266)
8.3 接触带电	(270)
8.4 电晕带电	(277)
8.5 粉体涂镀技术中的带电方法	(278)
8.6 其它的带电方法	(278)
8.7 移动电场法	(280)
第九章 单组份显影	(281)
9.1 气溶胶或粉雾显影	(282)
9.2 早期的工作	(288)
9.3 单组份显影的理论	(291)
9.4 导电型色调剂	(297)
9.5 绝缘型磁性色调剂	(302)
9.6 绝缘型非磁性色调剂	(307)
9.7 小结	(310)
第十章 液体显影	(312)
10.1 对材料的要求	(314)

10.1.1	色调剂带电	(314)
10.1.2	液体的性质	(316)
10.2	显影理论	(317)
10.2.1	主要效应	(317)
10.2.2	复杂性	(324)
10.2.3	较好的显影理论	(327)
10.3	色调剂特性	(330)
10.3.1	优化	(330)
10.3.2	确定	(333)
10.4	最近的发展状况	(337)
10.5	小结	(338)
名称索引		(340)

第一章 导 论

静电复印技术是当今在复印机中最广泛应用的一门技术，到20世纪90年代，这门技术有可能成为印字机中的最普遍的技术。本书可望有助于新的同行和正在从事该技术的研究者加深理解这一重要且复杂的技术，尤其是其中最主要的子系统——显影学。

第一章和第二章是为刚接触静电复印技术的初学者而写的。第三章进入本书的主题——静电复印显影技术，在第三章中，列举了各种显影技术，并进行比较。紧接下去的各章阐述了各种显影技术的现行理论及其相关的带电机理。第四章至第七章讨论了双组份显影体系。第八章和第九章论述了单组份显影体系。第十章是液体显影体系。

本章作为导论，首先讲述静电复印技术发展史，并对发展现状和市场状况作出评价。静电复印技术的各个子系统的发展要从1937年卡尔逊(Carlson)的最初构想追溯到今天具体化的技术。静电复印技术打入市场则是以1959年哈罗伊德(Haloid)公司(现称为施乐公司)的第一台自动化复印机为标志的。从那以后，复印机工业发展成了囊括世界上许多大公司年收入达数亿美元的行业。而且，在未来的十几年中，为适应计算机输出设备不断增加的需要，预计静电复印式印字机行业在现有的基础上将发展得更快。

对于静电复印式印字技术来说，潜在的具有市场竞争能力的非击打式印字技术只有两种，即磁化复印技术和离子复印技术。在磁化复印技术中，磁力代替了静电复印技术的静电力。在离子复印技术中，不需要感光体，而采用将离子覆盖在介电质表面上形成潜象的方法。在本章也将论述这两种技术及其他形式的静电复印技术。

在第二章中，虽然讲解了静电复印技术的详细物理过程，但是为了使本章易读，先介绍一些基本知识。图1.1简单地描述了静电复印过程的6个步骤。

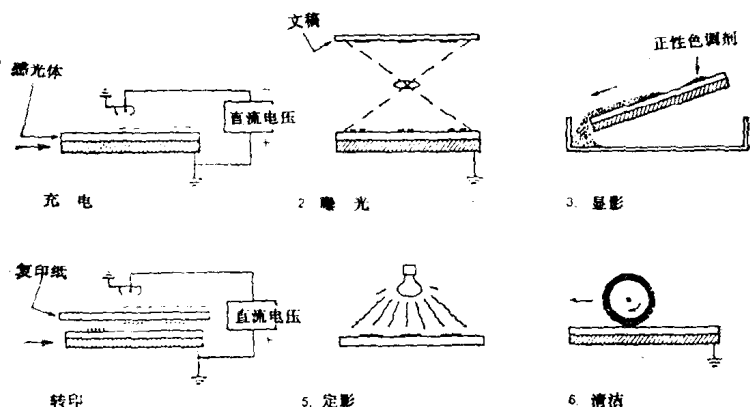


图1.1 静电复印过程六个步骤的简图：充电、曝光、显影、转印、定影、清洁

充电

在无光照条件下，感光体呈现为绝缘体。通过电晕充电方式使感光体表面均匀带电。

曝光

由图象反射的光线(如复印机)，或由激光器产生的光线

(如印字机), 使绝缘性的感光体放电, 形成静电潜象。静电潜象是电荷在感光体表面形成的原物的镜象, 将会转变为可见实象。

显影

带有静电的染色聚合物粒子称为色调剂, 其粒径约为 $10\mu\text{m}$, 将色调剂送到潜象附近, 感光体上电荷所产生的电场使色调剂粒子吸附在潜象上, 使潜象变为可见实象。

转印

利用电晕充电的方式, 让复印纸带上与色调剂电量极性相反的电荷, 使在感光体上显影的色调剂转印到复印纸上。

定影

使复印纸上的色调剂熔化, 将图象永久固定在纸上。

清洁

利用充电器、灯泡使感光体放电, 同时用毛刷和/或刮板清除感光体上剩余的色调剂。

1.1 技术发展史

静电复印技术是查斯特·卡尔逊(Chester Carlson)的发明。卡尔逊是物理学学士, 曾在贝尔(Bell)实验室和P.R玛罗利(P.R.Mallory)公司的专利办公室工作, 他注意到办公人员需要一种简单、廉价的复制各种类型文件的装置。他的物理知识和工作环境为其发展已了解的有关复制过程的知识提供了方便。

在本世纪30年代, 正当卡尔逊在寻求简单的复印装置时, 仅有一种基于银盐照相的直接影印的复印方法, 其工作

周期往往是几天。这种“复印机”只有几个服务中心或大地区法院才有，而复印品还是反转复印品（因为顾客得到的是负象印品），即字母是白色，背景是黑色的。重氮复印法（对涂有重氮化合物的纸光照后，用氨熏法显影成兰图）以及早期的蓝图复印法（对涂有铁盐的纸用紫外线曝光后形成兰底白线复印品）始终属于工程图纸复制范畴。到40年代，另一些有识之士也认识到需要一种较好的复印方法，而且取得了一定的进展，其中包括伊斯特曼·柯达（Eastman Kodak）的影印法，这也是一种基于银盐照相的湿法复印；3M公司的热影印法，该方法是利用原稿吸收光线后所产生的热量对特殊纸显影而得到复印品；吉瓦尔特（Gevaert）和阿格法（Agfa）的扩散转印法也是极化法的前身，在这种方法中，胶片上未曝光的银盐正象扩散到另外的纸张上，通过特殊的化学作用还原成正象。

1937年卡尔逊将两种想法揉和在一起：（1）对带电的绝缘体利用其光导电性，有选择性地放电，形成静电潜象。（2）用带有静电的粉体对潜象进行显影。卡尔逊将光导电性和静电学结合起来是一个非凡的功绩。实际上，人们对于物质静电带电机理的认识还很肤浅，只限于经验性，而且在固体物理学中几乎被人忽视。在卡尔逊发明的那个时期，绝缘体的光导电性是人们尚未研究的一门科学。

从卡尔逊的文章中可以清楚地看到，卡尔逊非常熟悉采用带电粉体对静电图象显影的早期实验和专利。例如，他查阅了理彻滕博格（Lichtenberg）到塞冷伊（Selenyi）的带电粉体显影的历史文献。1777年，理彻滕博格摩擦树脂饼后，将尘土撒在上面，能观察到呈现的星状图形。1936年，塞冷

伊论证了一种电子影印记录系统，在该系统中(见图1.2)，通过栅极控制流到绝缘体表面的阴极电流，在绝缘体上“写出”电子图形，再用绝缘性粉体对图象显影(图中的蜡烛用于消除潜象)。

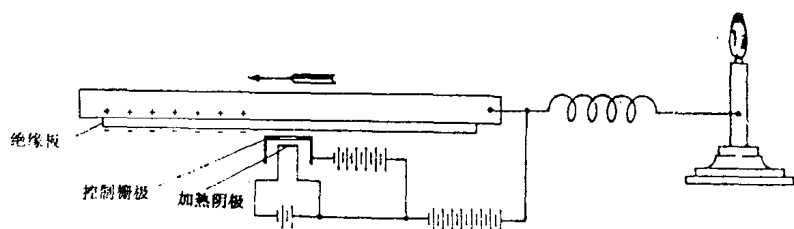


图1.2 塞冷伊的电子影印记录系统

很难说清楚卡尔逊是怎样想起来使用薄层光导绝缘体形成静电潜象的。根据卡尔逊的叙述：“电化学系统所包含的许多难点使查斯特·卡尔逊得出一个结论，电化学系统所需要的相当大的电流与感光体效应所得到的微小电流是不相容的。考虑到感光体作为一个能量控制元素，卡尔逊意识到，通过提高电压，能增加由系统控制的能量。而电化学系统很难达到这一目的。1936年在美国出现的传真扫描静电图象是利用粉体显影法显影的。这是塞冷伊研究成果的实际应用。按照这一思路，卡尔逊在其后来几年中，开始研究在光导性绝缘膜层上形成静电潜象的方法，并由此导致他发明了静电复印技术。”

到1937年，卡尔逊已经设想出他自己称为静电复印技术的方法。1938年10月在奥托·科涅(Otto Kornei)的帮助

下，做出了具体装置。1939年4月申请专利，1942年获专利权。

最初选用的感光体是纯硫，将硫熔化并涂到一张金属板上，然后使其变硬。后来使用较高光敏性的纯蒽薄膜板作为感光体（为使读者清楚此处提到的光敏性，作如下说明，当今用于实验的“纯净蒽”，其量子效率只有现在常用感光体的 10^{-4} 数量级。也就是说，卡尔逊所用的蒽的光敏性至少要低于现在所用感光体的 10^4 倍）。“采用软质材料，如棉制手帕或丝手帕”，对感光体“强烈摩擦”使其带电。另一种方法是將一块透明的导体板与感光体平行放置，在光照条件下，使二者之间加上电压，当撤去光照后，就能使感光体表面充电，然后移走外加电压，再对感光体曝光形成潜象。例如，将感光板放到一台照相机的后面，使原稿图象聚焦在感光体上。用罩有纱布或细目筛网的罐头盒将粉体洒到潜象上使其显影而成为实象。通常选用粉体树脂（为了定影的需要），但也用硬树脂胶、香松树脂胶、普通松香、火漆、染色石松子粉体、滑石粉、炭粉等等。对洒上粉体的感光体板“用微弱气流吹拂，或用喷嘴以适当的气流将感光板上浮着的、没有受到静电力吸附的粉体吹走”。然后精心地将一张纸放到感光板上，用毡块或海棉胶垫压在纸上，使感光板上的粉体图象转印到纸上。为了提高转印效果，可在纸上用一些胶粘剂，如普通水、蜡或其他软性和胶粘性材料。常选用的定影方法是将树脂或蜡融化在纸面上。

卡尔逊单独工作到1944年，在此期间他进一步发展了上述复印方法，并取得了第一台自动复印机〔图1.3〕的专利。如图所示，开机后鼓状感光体转动，先经过充电刷使表

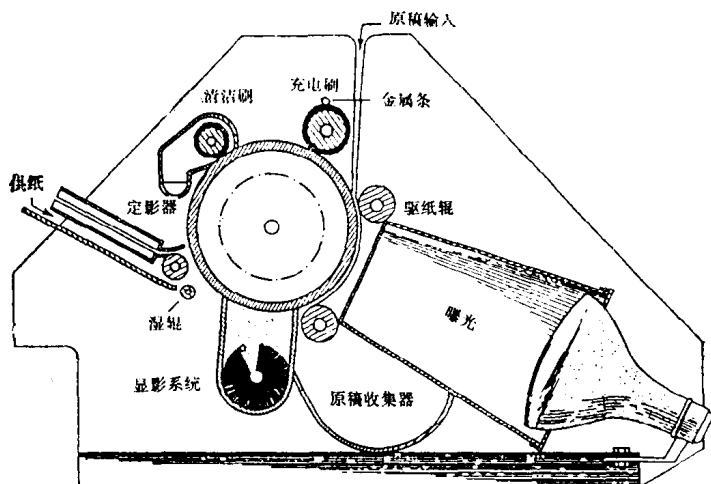


图1.3 查斯特F.卡尔逊发明的第一台自动复印机

面均匀带电。充电刷是由绒毛辊与金属条构成，金属条能泄放掉任何电荷。原稿从垂直的狭缝进入机内与光源前面的感光体相接触实现对原稿曝光，原稿曝光后感光体表面形成静电潜象，然后原稿与感光体分开落进原稿收集器。在显影系统中，毛刷转动使粉体粒子漂浮起来，与静电潜象电荷极性相反的粒子被吸附到感光体上，从鼓的 $1/4$ 圆周处供纸，先到湿辊（便于转印），再到感光体上将粉体图象转印到纸上，转印后的纸张经过定影器定影后排出机外，即得到复印品。定影器是两块加热片。感光体转印后，用毛刷清洁，再重复上述过程。从 1940 年开始，卡尔逊争取人们对其发明在商业化方面的支持，他曾与 20 多家有名的公司接触，如 RCA、理明格通·兰德公司 (Remington Rand)、GE 公司、伊斯特曼·柯达公司、IBM 公司等等，但是都没有获得成功。直到 1944 年卡尔逊与巴特尔·梅莫利亚尔 (Battelle Memorial) 研究所

达成专利权协议，并在罗兰·谢飞特（Roland Schaffert）领导下对这种复印方法进行深入研究。时隔不久，在纽约罗彻斯特的一个名为哈罗伊德的小公司里有一位名叫约翰·迪索尔（John Dessauer）的研究室主任向该公司总裁乔·威尔逊（Joe Wilson）推荐了登在《无线电新闻》上关于卡尔逊静电复印的一篇文章（当时哈罗伊德公司在照相和影印照相纸经销方面公开与柯达公司及影印公司竞争）。威尔逊与迪索尔决定将公司投注于此种新的复印技术中，并在1946年与巴特尔研究所签订了协议。哈罗伊德与美国军方（军方有兴趣将此技术应用在军事照相应用方面）的资金推进了这项技术的进步。这种进步表现在1948年10月，巴特尔研究所和哈罗伊德公司联合在迪喀尔特（Detroit）召开的美国光学学会年会上第一次公开发表这种静电复印过程，当时命名为施乐复印法（Xerography）其含意是“干法复印”，此词源于希腊文。

在巴特尔研究所加入到研究卡尔逊方法的10年期间里，创造了许多基础性的发明，使自动复印机得以实现。例如，毕克思麦（Bixby）发现利用真空镀膜方法将非晶形硒蒸镀在铝板上，可得到比硫或蒽的光敏性高得多的光导性绝缘体。硒的专利权限限制了竞争者的出路，直到后来发明了一些新的感光体才打开了局面。在巴特尔研究所还发明了电晕充电装置，此装置取代了卡尔逊的摩擦充电方式。韦尔卡波（Walkup）发明了栅控电晕装置，这种装置大大地减小了由于充电过分引起感光体破坏的现象。韦尔卡波和威兹（Wise）发明了瀑布显影方法。在瀑布显影法中载体和色调剂两种粉体混合在一起，其中载体粒子比色调剂粒子大得多。经

过精选的载体和色调剂的表面材料能使大部分色调剂都带上同一极性的电荷（即全都带上正性电荷，或全部带上负性电荷），由此与载体产生静电吸附。载体带着吸附的色调剂瀑布式地流过静电潜象，使色调剂沉积在潜象上。谢飞特发明了静电转印方法，他在普通纸的后面进行电晕充电，由此将色调剂吸到纸上。这些发明构成了第一台自动复印机的心脏。这就是1959年哈罗伊德公司（现施乐公司）推出的世界上第一台自动复印机914型的核心技术。其所以称为914，是因为该机复印品幅面为 9×14 英寸，该机印速为7张/分。这台复印机引起了一场办公室的革命，如今人们已经很难想象在办公室里没有复印机该怎样工作。

在静电复印机问世的早期阶段里，首要的问题是开拓有市场的产品，因而获得了很多经验性的信息，但不适于作为研究报告发表在科学杂志上。直到1965年才出现了关于静电复印技术的具有权威性的两部书，一本是罗兰德·谢飞特编著的《静电复印技术》^{*}，另一本是约翰·迪索尔和哈罗尔德·克拉克（Harold Clark）编著的《施乐复印法及其相关过程》。这两本书都提到了当时人们对静电复印技术的两个有趣的看法：第一，一小部分人（有时称这些人为“静电复印技术研究者”）凭着客观的直觉，认为静电复印技术的各个子系统都存在着重要的参量。第二，人们难于承认这种复杂的方法是复制文件的最好方法。当时人们进行了广泛的研究（当然现在仍在继续），以寻求其它不同的，或者更简便的，或者不太昂贵的一些方法，但未获得成功。凡是自认为有新的想法能简化

• 译注：1986年的中译本为《电摄影》。

静电复印方法的人们应该读一读上面提到的两本书，或者读一下1.4节的小结。可以说，这是先驱者走过的路。

从某种意义上讲，914型复印机有一点不符合卡尔逊的设想，即914型复印机不是一台价格上便宜的机器。但是市场解决了这个问题，不用卖复印机，实行对外复印，顾客只对复印品付费。这一卓越的举动使复印品价格降低到一般办公室能接受的水平。

在本世纪50年代到60年代之间，最先开展静电复印技术研究的公司有：施乐、伊斯特曼·柯达、IBM和RCA等。对于施乐公司最急需的是改进技术，因此许多学科都逐渐应用到子系统的研究中。促使伊斯特曼·柯达公司进行研究的原因是，他们认为静电复印技术会对他们的影印法，甚至可能对银盐照相法构成威胁。尽管柯达公司没有公开过他们的研究规模，但显而易见早在50年代中期就开始了研究。柯达公司在60年代进行了各种工程模式的研究，但直到1976年才正式向市场推出一种产品。造成这种拖延的部分原因可能是没有发现能比影印法更加简单，成本更低的方法。IBM公司对静电复印技术的兴趣，从某种意义上来说是需要给计算机配置快速印字机。与施乐公司相比，人们对IBM公司的关注要少得多。IBM公司也是50年代和60年代初开始研究的，在这个时期，他们在一些典型的单组份显影系统和有机光导体方面开展研究。RCA公司则研究了称为直接法的另一种复印方法。在这种方法中，感光体作为纸张上的涂层，省去了转印和清洁步骤，避开了晒的专利。这种利用涂层纸复印的方法，是将氧化锌(ZnO)感光体材料与粘合剂混合后，薄薄地涂到纸上作为感光复印纸。以下各公司都生产过直接复