



日本电子写真学会编

静电复印技术 基础与应用

JING DIAN FU YIN JI SHU
JI CHU YU YING YONG

岳佐军 李景德 籍修炎 王 宏 译

武汉测绘科技大学出版社

教 学 参 考 书

静电复印技术基础与应用

日本电子写真学会 编

岳佐军 李景德 籍修炎 王 宏 译

岳佐军 李景德 校

武汉测绘科技大学出版社

内 容 简 介

本书是日本电子写真学会约请日本在静电复印技术方面颇负盛名的58位专家、学者集体编写的一本综合技术书籍,全面和系统地介绍了静电复印技术的理论、过程、设计、材料和评价等各个方面。全书共八章,本书为1~4章,主要介绍电摄影过程、基本理论及各种实用装置。

本书内容比较全面,可供从事静电复印技术及与静电复印技术有关的印刷、照相、缩微、图象信息处理、图象识别、图象记录、计算机外部设备、传真、通讯、X射线照相等专业工作者参考,也可用作大专院校及静电复印技术高、中级专业培训班开设本专业课时的教科书,还可作为静电复印机操作、维修和装配人员自学用参考材料。

静电复印技术基础与应用

日本电子写真学会 编

岳佐军 李景德 籍修炎 王 宏 译

岳佐军 李景德 校

责任编辑 柳建乔

武汉测绘科技大学出版社出版发行

(武汉市珞喻路39号)

湖北省丹江口市印刷厂印刷

787×1092 1/32 15印张 371千字

1990年12月第一版 1990年12月第1次印刷

印数:0001—5000册

ISBN 7-81030-071-71/T·18 定价:5.40元

译者序

在高度信息化的社会，静电复印技术是信息传递和存贮的最重要和最基本的手段之一，它是办公自动化（OA）三大支柱——复印机、通讯设备、计算机——之一。近年来，随着经济和科学技术的不断发展，静电复印技术已从单纯的模拟功能——复印，逐渐向着多功能化——文字和图象处理、自动编辑和修改、分页和后处理等功能推进。另一方面，图象传感器中的图象输入数字化和半导体激光以及LED、LCD阵列中的图象输出数字化，加速了静电复印数字化的进程。静电复印技术的数字化，将与其它OA机器结合，实现综合化、网络化、系统化和彩色化。

1988年，中国复印科学与工程学会代表团应邀参加在日本召开的“Hard Copy 88”国际学术讨论会。会议期间，日本电子写真学会向与会代表推荐了这本书。该书是为了纪念日本电子写真学会创立30周年而编写的，由日本在电摄影学科中颇负盛名的58位专家、学者，在日本电子写真学会出版委员会具体组织下，集体编写而成，并于1988年6月15日出版。这本书可以说是自1938年Carlson发明电摄影原理以来，在静电复印技术方面，全面和系统介绍其理论、过程、设计、材料和评价等方面的一本综合技术书籍。在我国，静电复印技术和工业正处在初期发展阶段，急需学习和引进国外的先进经验和技术。因此，这本书的翻译出版，必将对我国静电复印行业起到一定的促进作用，对提高广大静电复印技术工作者的理论及技术水平，也将产生深远的影响。

全书共八章，本书为1~4章，由下列同志共同完成：王宏（第一章），岳佐军（第二章），籍修炎（第三章），李景德（第四章）。审校工作由岳佐军、李景德承担。限于译校者的水平，错误和不当之处在所难免，敬请广大读者指正。



前 言

当今世界是一个高度信息化的社会，在文件、图样、画像的制作、复印、存贮、传递中，使用文字处理机、个人计算机、复印机、传真机等OA机器业已相当普及，并已从办公室推广到家庭而广泛应用。其中，复印机已占有硬拷贝输出机器用纸总量的80%以上。预计今后其它OA机器用纸量将会增加，但是复印机的总用纸量每年也会持续增长。

现在，复印机主要指的是间接式干式静电复印机（PPC）、重氮复印机以及液体显影的静电复印机，限用在特殊的部门。PPC已从单纯复印的被动功能，增加了彩色化、图象合成、自动编辑、分页成册等创造图象的能力，实现了多功能化。但是由于各种图象传感器的图象输入数字化和半导体激光以及LED、LCD阵列的硬拷贝输出的数字化，静电复印技术迎来了新的竞争和应用新技术的挑战。预计PPC的数字化又将急速地推进和其它OA机器的综合化、网络化、系统化、彩色化，而且随着参加有关电摄影技术研究的人员的不断增加，对电摄影技术知识的需求和应用，已成为一个急需解决的重要课题。

PPC在复印机行业获得最成功的应用，奇怪的是，人们还是经常对其功能和性能不满。不过，在新的功能和材料尚未应用于PPC以前，过多地责难它往往令人感到不安。

为了打破这些壁垒和开辟新的途径，同时为不断增加的与本技术有关的研究者和技术工作者助一臂之力，电子写真学会出版了这本书。它和以前出版的电摄影书籍不同，本书是汇集理论、过程、设计、材料、评价等综合性的书籍，是知识和智慧的结晶。作为学会创立30周年的献礼，由大野理事担任出版委员长，在各位委员、诸位作者的共同努力下，在短期内完成了这本书。在此出版之际，谨向诸位表示感谢，向出版本书的CORONA公司致以谢意。

电子写真学会会长

江田研一

昭和63年4月

目 录

第一章 电摄影系统概论.....	(1)
§ 1.1 电摄影的历史.....	(1)
一、电摄影原理.....	(1)
二、电摄影发展的过程.....	(4)
三、现代电摄影技术.....	(9)
§ 1.2 电摄影方法的分类.....	(13)
一、从方法上来看分类.....	(13)
二、电摄影的应用.....	(20)
第二章 电摄影过程.....	(24)
§ 2.1 总 论.....	(24)
§ 2.2 充电过程.....	(25)
一、概述.....	(25)
二、电晕充电.....	(25)
三、接触充电.....	(27)
§ 2.3 潜像形成过程.....	(28)
一、概述.....	(28)
二、潜像形成机理.....	(28)
三、曝光方法.....	(29)
§ 2.4 显影过程.....	(30)
一、概述.....	(30)
二、静电潜像的电场构造.....	(31)
三、干式显影法.....	(32)
四、湿式显影法.....	(35)
§ 2.5 转印过程.....	(36)
一、概述.....	(36)
二、静电转印法.....	(36)
三、压力转印法.....	(37)
四、粘附转印法.....	(38)
§ 2.6 定影过程.....	(38)
一、概述.....	(38)
二、各种定影方式概述.....	(39)
三、复印件质量及定影.....	(40)
四、热辊定影的热力设计.....	(41)
§ 2.7 清洁和消电过程.....	(41)

一、概述	(41)
二、各种清洁方式概述	(41)
第三章 电摄影理论	(44)
§ 3.1 静电潜像的形成 (电晕充电和暗衰理论)	(44)
一、电晕充电现象和材料	(44)
二、放电形成的静电图像	(56)
§ 3.2 光导体的电荷输送现象 (光衰理论)	(58)
一、光电导原理	(58)
二、光导体及其光致放电现象	(71)
§ 3.3 静电图像转印	(75)
一、静电图像转印机理	(75)
二、静电转印实施	(80)
§ 3.4 显影理论	(86)
一、总论	(86)
二、显影动力 (显影静电场) 的特性	(87)
三、双组份磁刷显影	(90)
四、反转显影	(94)
五、干式单组份显影	(95)
§ 3.5 色调剂像转印理论	(103)
一、总论	(103)
二、静电转印原理和基本特性	(104)
三、静电转印的要素和转印特性	(107)
四、转印前后的相关技术	(114)
§ 3.6 定影理论	(117)
一、热定影	(117)
二、压力定影	(127)
第四章 电摄影装置	(129)
§ 4.1 充电装置	(130)
一、各种充电装置	(130)
二、高压电源	(133)
§ 4.2 光学系统装置	(134)
一、模拟光学系统	(134)
二、照明方式	(144)
三、数字光学系统	(150)
§ 4.3 显影装置	(159)
一、干法显影	(159)
二、液体显影	(167)

三、图像黑度控制·····	(173)
§ 4.4 转印装置·····	(181)
一、转印方式·····	(181)
二、分离方式·····	(184)
§ 4.5 清洁装置·····	(187)
一、色调剂清除装置·····	(187)
二、色调剂回收处理方法·····	(191)
三、残余图像的消电方式·····	(192)
§ 4.6 定影装置·····	(192)
一、干式色调剂的定影方式·····	(192)
二、湿式色调剂的定影方式·····	(199)
三、小结·····	(201)
§ 4.7 纸张处理装置·····	(201)
一、供纸装置·····	(202)
二、双面复印翻面装置·····	(210)
三、自动输稿器 (ADF) ·····	(212)
四、分页器·····	(216)
五、后处理器·····	(220)
§ 4.8 感光体装置·····	(222)
一、版状感光体·····	(222)
二、带状感光体·····	(225)
三、卷带状感光体·····	(228)
四、鼓状感光体·····	(229)
五、卡盒方式·····	(230)

第一章 电摄影系统概论

§1.1 电摄影的历史

一、电摄影原理

在说明电摄影 (electrophotography) 原理之前, 先就照相, 即光学图像再现过程加以分析, 然后在此基础上探讨电摄影过程的特征。

所谓照相, 就是将物体图像通过光的作用二维地再现到记录媒介物上。这样, 它的基本过程可分为五个部分:

1. 受光体中的光能转变成其它形态;
2. 将入射光的二维分布作为图像信息进行贮存;
3. 通过外界提供的能量, 放大图像信息;
4. 图像还原, 即可视化;
5. 定影, 即通过来自外界的物理化学作用使图像稳定化。

如果将以上五个基本过程结合实际例子来说明, 例如银盐照相, 则

1. 通过光的照射产生光电子, 光成了转变电子的能源;
2. 光电子和感光中心的 Ag^+ 离子结合, 形成潜影核 (记忆);
3. 经过显影使具有潜影核的银盐粒子的银还原并黑化。这时, 放大和还原是同时进行的;
4. 通过定影除去未感光的银盐。

上述基本过程从时间上来看不一定按顺序进行, 而且根据不同情况, 记忆和放大过程有时会有。

表1.1 电摄影法的分类

	潜影形成	图像可视化	方法
A	由于电场的二维分布, 在感光层和介质层上形成光学图像状的模型	潜像有选择地吸附均匀提供的色调剂粒子	卡尔逊方法 (直接法/间接法) 持久内极法 (PIP) 光电介质法 (NP KIP) 同时曝光充电法 (Varian) 光充电法
		从均匀吸附着的色调剂粒子层中进行有选择的迁移 (消除)	Sugaman法 充电显影法 (负像) 松下一步彩色法 电摄影画线法 (EPM法)

续表1.1

	潜 影 形 成	图 像 可 视 化	方 法
B	在相同电场中(感光性)由色调剂粒子充电量的二维分布构成光学图像状的模型	在相同的电场中色调剂粒子有选择地迁移(消除)	光电泳动法(PEP) 粒子迁移法(PM) 充电显影法(正像) Manifold法

通常被称作电摄影的图像还原记录法过程,通过分类整理可得到表1.1.它有多种变化形式,而它们的共同之处就是前面五个基本过程中(1)的能量转变产生光电子,(2)的记忆依靠电能进行,(3)的放大过程类似银盐的情况,不仅物质质量放大,也包含能量放大。这三点是相同的。下面举一个具有代表性的电摄影方法——卡尔逊法的例子作以详细说明。

卡尔逊法由(1)向感光板提供均匀的电荷——充电,(2)用光学图像照射感光板——曝光,(3)对充电和曝光形成的静电潜像用粉末着色使其可视化——显影,(4)着色的粉末(称之为色调剂)图像转移到最后的记录介质上——转印,(5)转印色调剂图像融附在记录介质上——定影,共五个过程构成。(1)的充电过程是通过在感光体表层电晕放电产生离子,使离子吸附在感光体表层上,在感光层内产生 $5 \sim 10 \times 10^6 \text{ V/cm}$ 左右的高电场。然后以(2)的曝光手段用图像光源照射,这时感光层内产生与入射光子数成正比的光电子(空穴)。光电子由于高电场的作用而分离,并在感光层内作纵向移动(横截感光层)。感光层表面对于基板来讲通常保持 $500 \sim 1000 \text{ V}$ 的高电位,但是由于上述的光电子(空穴)的移动,感光层内的电荷分布就会发生变化,即表面电位降低。表面电位的降低量是与光电子(空穴)的数量以及移动距离成正比的,后者作为感光层光导体的特性而依赖于电场的强度。一个好的光导体其光电子(空穴)在曝光临近结束时,即表面电位接近0时,它能从横截感光层到达基板。总之,无论效率高低,由于光学图像照射的原因,感光层表面电位会降低,而它的降低量和入射光子数以及光电子(空穴)移动距离成一定的比例,在感光体上形成二维分布的表面电位图像,即静电潜像。

上述过程中我们首先讲到了(1)变换、(2)记忆、(3)放大这三个基本过程(也可将它们看作基本功能),虽然最初的充电与图像信息没有很大的直接关系,但随着后面光电子(空穴)的分离,移动对形成潜像起了重要的作用。虽然不增强电场,但在一般的光导体中,由于Dember效应—电子和空穴的扩散距离不同,产生分极。通过观测电动势,电位是有变化的,尽管其变化程度很小。因此,我们可以把充电过程看成在潜像形成过程中起了增感的作用。在实际应用中,除特殊情况外,一般不经过充电就不会形成可以还原的潜像。

(1)的能量变换大致过程理所当然是光电子—空穴对的生成过程。已生成的电子—空穴对在能量变换过程中不再结合,它们之间被分割成一定的距离,落入深陷阱。这种状态如果让其维持下去的话,那么负载图像信息的光量子能量就会转变成电位能,即电子的(电荷量) $\times$ (移动距离)的状态,从而形成记忆。在实际使用时,记忆时间是从曝光开始直到显影结束这段时间。但是,如果是在曝光的同时就能形成可视图像的话,就无需记忆功能了。有关(3)的放大过程,它是在电摄影的两个过程中产生,肯定是一个光量子能量可以产生电子(空穴)。光电子在其高电场中的移动具有转变静电电位能的效应,没有电场时,它的电位能量是很小的。在卡尔逊(直接式和间接式)复印法中,由于电晕充电产生的

高电场可以得到较高的放大率，这种效应Goren称之为能量放大，其放大率的实际值可以举例说明。例如，介电常数 $k=7$ ，厚度 $d=50\text{ }\mu\text{m}$ 的感光层上，如果电荷数用 c 来表示，那么它就进行 $\sigma=8\times 10^{11}\text{ e}/\text{cm}^2$ 电荷密度充电，在这基础上再以平均能量 0.5 eV 的光量子照射 8×10^{11} 个 $/\text{cm}^2$ 。光电子（空穴）的平均移动距离如果以感光层厚度的 $1/2$ 来计算的话，那么表面电位的初始值 $V_0=1046\text{ V}$ 在曝光后将降低一半，这对静电能量将减少 $\Delta E=\sigma V_0/4$ ，变成 $2.092\times 10^{14}\text{ eV}/\text{cm}^2$ ，它是入射光量子能量 $8\times 10^{11}\times 0.5\text{ eV}/\text{cm}^2$ 的 523 倍。

电摄影中另一个放大过程是在显影过程中产生的。如果要求出这时的放大率，必须首先了解吸附在色调剂粒子中的黑色物质，比如：要掌握与碳原子数的入射光子数成比率的总放大率，当然其中也包括上述的能量放大率，因此把显影过程的放大率看成是用能量放大率除总放大率的值。根据概算，总放大率为 $10^6\sim 10^7$ 左右，仅次于银盐的总放大率值。

电摄影的方法如表 1.1 所示，除卡尔逊方法之外，还有多种方式，其中几种方式已实用化了。由于篇幅有限，本书只能割爱，但对重要的东西本书在后半部将作专门介绍。另外，目前已经有很多文献也作了分析，读者若有兴趣，可以参照有关文献。这里我们就几种典型的电摄影法按照前面讲到的五个基本过程列表作以说明。

表 1.2 代表性的电摄影法的基本过程分析

	(准备)	变 换	贮 存	放 大	再 现	(转印)	定 影
静电复印法 通 用	光照射前的电晕充电或同时加以电场	以光照射图像的光量子能转变成光激发的载流子能	贮存以静电电位的二维分布（图像）	静电电位能对光量子能的放大	很多情况都是根据着色粒子的分布图像进行再现	将着色粒子的图像转印到纸等物质上	着色粒子熔融或浸透吸附于记录介质中
卡尔逊方法	直接法（电子照相）	对感光层进行电晕充电	产生光电子（空穴）	以感光体上表面电位的变化表示图像模型	光生载流子在电场中的迁移产生电位变化剂	吸附带电着色粒子——色调剂	（热）融着
	间接法（静电印刷术）	同 上	同 上	同 上	同 上	色调剂粒子图像转印到纸上	同 上
PIP法 （持久内极）	用透明电极对感光板加一电场法	同 上	对光生载流子的俘获、引起分极图像模型	同 上	同 上	同 上	同 上
PM法 （粒子迁移）	对感光层进行电晕充电	在感光性粒子中注入具有载体的介质	具有电荷分布的二维排列的粒子	带电荷粒子的迁移使电位能变化	溶解介质引起粒子迁移	带色粒子的迁移产生图像	再现的同时清除无用的粒子
PEP法 （光电泳动）	（对感光液体进行电晕充电）加一电场	同 上	同 上	同 上	电场作用使粒子迁移产生图像	透明电极上的粒子图像转印到纸上	（热）融着
光起电法 （光充电法）	—	产生光电子空穴对	载流子的扩散产生分极图像模型	由扩散产生分极静电能（无放大）	吸附带电着色微粒粒子	—	浸透附着在感光层内

电摄影方法的特点如前所述，由于电场的作用，可以得到高放大效应，它仅次于银盐所给予的高感光度，但是和银盐相比较，图像质量不及银盐。有关这个问题，本庄等提出用

A. Rose的DQE (Detective Quantum Efficiency) 概念进行分析和考察,不仅感光度,还包括加进SN比的DQE也是很重要的。详细情况,不作具体说明,这里我们仅就显影引起的电摄影的有效感光度降低以及图像质量比不上银盐的根本原因在于显影等问题作以简单的说明。作为电摄影的实际应用例子的复印机,其图像质量不好的原因还有光学系统问题和转印问题。因此,要提高复印机的图像复印质量,还要相应地解决光学系统和转印系统的问题。显影引起的图像质量乃至实际感光度下降的问题,正如本庄指出的是因为色调剂粒子的直径分布以及(电荷量 q /质量 m)荷质比的分布变成了干扰。举例说明,若设现行的色调剂的值为 $\frac{q}{m}$ 的 $1/10$,而且色调剂粒子的平均直径是 $1\text{ }\mu\text{m}$,这种色调剂进行显影就比较容易理解。假如再有适当的显影方法,用现行 $1/10$ 的潜像电位,能得到同一密度,而且粒子引起的干扰也会很小,理应能提高图像质量。

除了图像质量外,电摄影法的灰度性能和动态范围(最大密度宽度)也比银盐照相低劣,这是因为银盐能将不同的感光度层次进行重叠,或者将不同的感光度层次混合在一起,使灰度和动态范围得到改善,这在普通的电摄影法中无法实现。电摄影法最主要的应用为什么是复印机呢?这是因为,彩色化最关键的问题一是成本,二是上述二个问题谈及的图像质量。

电摄影——特别是它的干式间接方式的卡尔逊法,从实用来讲,它可以压倒所有非银盐照相法。其理由主要有以下几个方面:

1. 工艺规程采用物理性的,即可逆性的,因此,其感光体可反复使用,而且不使用液体化学药品。
2. 它的感光度仅次于银盐,而且图像质量也仅次于银盐。
3. 处理过程迅速——即刻性(银盐显影需要花费一定的时间)。
4. 能在普通纸上进行复印,利用率高,复印单价便宜。
5. 潜像形成与可视图像再现这两个功能和感光体及显影材料是分开的,因此,材料设计的自由度高(PEP法要求粒子具有这两个功能)。
6. 充电过程是在图像曝光和分离前进行的(电荷保持机能),机械设计的自由度高。

二、电摄影发展的过程

电摄影中卡尔逊法是采用与其它别的光电现象不同的一种新的图像形成方法。在1965年出版发行的《电摄影》一书中,Schaffert还没有给电摄影下过定义。到了1973年,利用固体的光电现象形成图像的研究范围开始明朗化,井上曾给电摄影作过以下的定义:

“以光作为图像信息的媒介,利用固体内的光电现象及后续工艺过程进行图像形成的图像过程。光电现象包括光导电、光起电力、光极化、光记忆、光电介质、光磁性等。”

另外,在物理化学辞典中,电摄影的定义是这样写的:“利用光电现象制成电荷潜像,再根据色调剂的静电吸附、染料的电解发色、树脂的凝结,而制成图像的照相方式。”

前者的定义是根据光电现象的例子下的,而后者则是根据静电潜像可视化的方式下的。现在研究开发的主要对象可以分成包括电子摄影的卡尔逊法和其它的普通电摄影法,在这里我们主要以卡尔逊法的发展过程作以阐述。

1. 创业时期(1938~1959年)

卡尔逊 (Carlson) 1930年毕业于加利福尼亚理工学院物理系, 当时由于不景气, 先在纽约干了好几种职业, 最后在P. R玛罗尼公司的专利部供职, 为那些申请专利的人和公司日夜打字和书写有关材料。那时他就设想有一台不采用化学方法, 而用物理手段进行完全干燥复印的快速正确的复印机。为此, 他寻找了许多有关文献, 其中有一篇Selenyi撰写的关于静电记录的论文引起他的极大注意。当时卡尔逊曾考虑过, 能否利用光电导进行曝光, 将拷贝的所有东西变成静电模型, 再在它们的上面吸附上粉末——形成图像, 然后将图像转印到纸上。1938年10月, 卡尔逊进行了实验并取得成功。到1940年, 卡尔逊已将图像制作过程实现了自动化, 直到申请专利为止, 他一直在构思复印机的原型。但是在长期的研究过程中, 卡尔逊明白, 光凭他一个人来开发复印机是不可能的。尽管他花了不少功夫, 但是, 没有一个企业能够判断他的发明可以进行工业化生产。就这样, 他的发明被耽搁了好几年。

在一个偶然的场合, 卡尔逊将自己的发明详细地讲给了前来玛罗尼公司申请专利的巴泰尔研究所的R. W. Dayton博士, 博士认为卡尔逊的发明极有价值。这对卡尔逊来说是一个转机。他的发明以后在巴泰尔研究所由R. M. Schaffert为主继续进行研究, 当时是1944年。从1946年开始, 哈罗伊特公司对此项研究给予了资助。

巴泰尔研究所为了使卡尔逊法实用化, 对关键技术进行了研究改进。这些关键技术包括: 高感光度的非晶形硒感光版, 多种干式的双组份显影法, 均匀充电方式, 色调剂图像用电晕转印在纸上, 热板定影法, 感光体清洁法等。1948年, 哈罗伊特公司和巴泰尔研究所在美国光学学会的年会上展示了它们的试制产品并取得了成功。

Carlson发明的复印法是通过以下六个基本顺序得以实现的, 这种复印法被命名为Zero graphy: ①用电晕充电敏化光电导体, ②曝光形成静电图像, ③用细微粉末显影潜像, ④将墨粉图像转印到纸或其他材料上, ⑤图像定影, ⑥清洁感光体以便再次使用(用食盐粉末进行)。这六个重要复印顺序是卡尔逊法的基本顺序, 是卡尔逊发明实用化必不可少的。

1950年, 哈罗伊特公司首次展示了XEROX MODEL I型复印机。它是一台手动复印机, 要用可以多次使用的非晶形硒版, 并装有充电及显影装置、摄影和加热定影装置。尽管是一台手动复印机, 但由于它能复印胶版印刷机的胶印版而发挥出巨大的威力。

用单纯的硒在铝版上进行真空镀膜制成的感光版同卡尔逊用的硫和蒽相比, 硒的感光度分别高出它们8400倍和2800倍, 从而可以得到鲜明的图像。但硒也有缺陷, 由于它的感色性能对于蓝色文字的再现性差, 而且感光体的硬度低, 容易产生伤痕。后来, Mengli和Bixby及Paris制成了用硒合金进行蒸镀的感光鼓, 不仅提高了感光度, 而且在长波长可见光区中的感色性能也有了改进, 同时感光体具有耐热、耐磨损等优点。与此同时, 还发表了许多有关非晶形硒感光体的真空蒸镀条件和光电导性以及感色性等技术文献, 硒作为一种实用的感光体受到了人们的重视。

在非晶形硒感光体的充电法方面, Walkup发明了一种能均匀充电的电晕线式充电器, 并改良发明了色调剂图像转印到纸上的转印法。与此同时, 瀑布显形、磁刷显影、毛刷显影、热板定影、红外定影、压力定影、毛刷清洁等都相继发明和有了改进。另外, 根据树脂色调剂的双组份显影, 选择适当的摩擦、充电序列, 能分别得到带正电荷的色调剂和带负电荷的色调剂。用它们进行反转显影, 能很容易得到正像转正像, 负像转正像。这些关键技术的发明为Carlson发明全自动复印机作了技术准备。1959年, 施乐公司推出了装有镜头移动扫描光学系统的施乐914复印机, 它不仅能复印单张纸, 而且还能复印书本、杂志, 能将彩色

原稿复印成黑白稿，复印速度为6张/分。至此为止，间接式静电复印机（PPC）问世了。

在这以前，1954年RCA发明了使用涂有光电导性的氧化锌树脂分散层感光纸的直接式静电复印法（电子照像）。

电子照像机（EF）其感光体和转印纸是使用同一张染料增感的氧化锌纸，用负电晕充电。图像曝光后，产生的静电潜像用磁刷显影法或液体显影法显影成色调剂图像，然后干燥定影，得到复印品。它是卡尔逊法的派生，也属于卡尔逊复印法。

当初采用磁刷显影法的产品销售了很多，但是，由于色调剂在工作过程中产生飞扬，所以改用了液体显影。

液体显影EF的特点是：①机械结构小巧，适合速度低、成本低的机器使用，质量信誉较高。②由于使用了染料增感的氧化锌感光纸，复印品有底色、份量重，图像密度低，但层次丰富、清晰度高。③液体显影中所用的异序元素对人体有害，当时没有引起注意。由于液

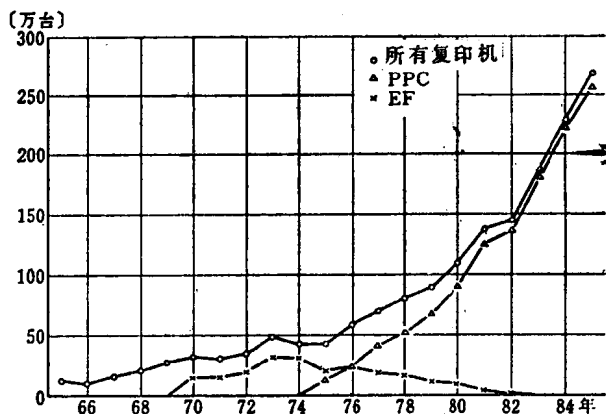


图 1.1 复印机产量(日本) [出处：通产省生产动态统计] 以代替X射线胶片。但是，由于银盐照相高感光度和超微粒技术的迅速发展，要求高清晰度、高鲜明度、高密度和图像层次丰富的领域，包括彩色，硒感光体不可能成为主要产品，只限于特殊用途。与此相反，在复印领域却迅速得到普及，图 1.1 是1958年以后日本生产的复印机数量。

从1950年下半年至60年代初的复印机主要是重氮式。虽然EF用的液体显影有异序元素臭味，但无论何种原稿，它都能复印，且层次丰富，能长期保存，同时机器体积小，复印速度快，操作简单，价格低，所以大都用作办公用复印机。因此到了60年代后半期到70年代初，它的产量要占其它形式复印机的一半以上。

图 1.2 是表示静电复印机向小型轻量化转变的情况，图中的曲线是由根据复印速度÷复印机重量得出这个公式的最小值连接

体显影具有操作简单、可靠性强、价格低等特点，因此在小型低速复印机中被普遍采用。

2. 竞争发展时期（1960~1979年）

电摄影从发明开始就给人带来了很大的用途，它可以替代印刷和银盐照相。比如，缩微阅读复印、胶版印刷用的版，直接式电摄影印刷、复印机等许多复印印刷领域都可以用电摄影替代。此外，硒感光体能感受X射线，可

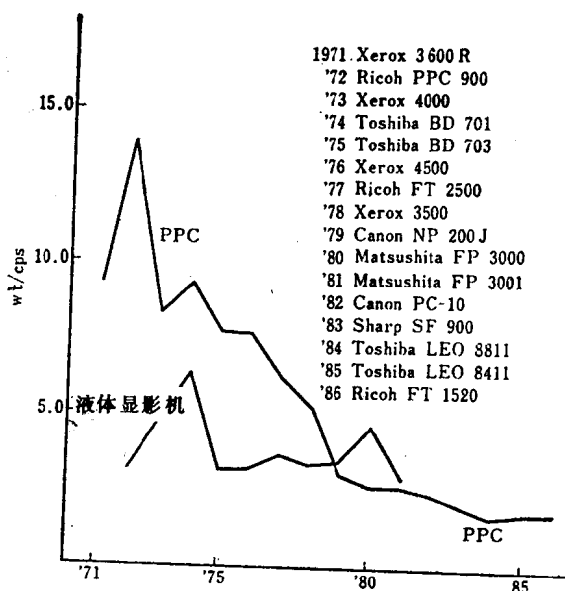


图 1.2 静电复印机小型轻量化变迁(1971~1987)

起来的，产品以每年各公司推出的新产品为标准。小型化技术，首先是在每分钟复印30张的中高速机上推广的。随后，每分钟复印15张的低速机的小型化技术也有了迅速发展。从这个图中可以明显地知道，EF的结构装置没有PPC那样复杂，因此小型轻量是它的一个特点。但是随着PPC小型轻量化技术的迅猛发展，到了1978年PPC的小型轻量化已超过了EF，同时由于EF的异序元素气味问题，EF很快被PPC取代。

静电复印机的另一个重要课题，就是复印机速度的高速化。图1.3显示了高速化的发展动向。

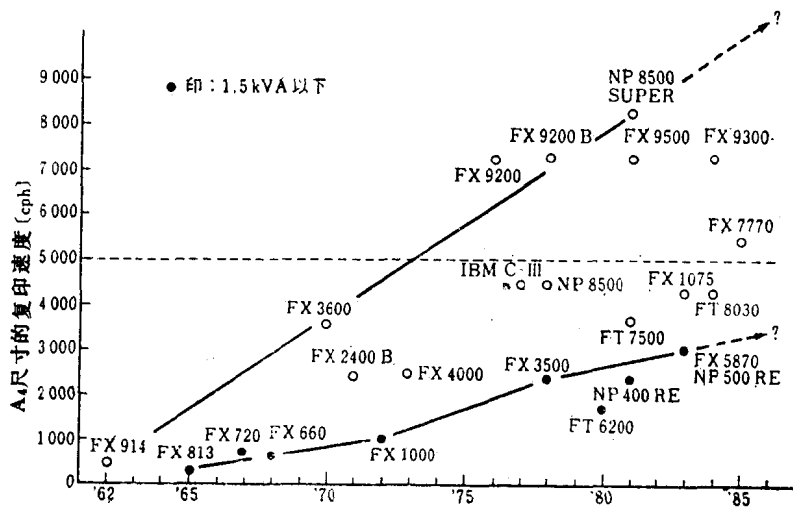


图 1.3 PPC高速化动向

1959年推出的施乐914复印机，每分钟复印速度为6张，1970年施乐3600的复印速度为每分钟60张，1974年施乐9200的复印速度为120张/分钟，1977年日本佳能公司推出采用记忆曝光方式的NP-X复印机每分钟可复印135张。从此，复印机进入了一个新颖的印刷领域。

PPC在复印印刷领域中不断朝小型轻量化、高速化、高质量化、高可靠性、低噪音化、无公害化方面改进，逐步取代了重氮复印机和EF机，以至于到了1980年初PPC完全成了静电复印机的代名词。以下就PPC发展的主要技术及发展过程作以简单的说明。

(1) 光学系统 从1971年到1987年固定式原稿台和移动式原稿台的复印机所采用的变倍光学系统的新产品数量如图1.4和1.5所示。小型低速的原稿台移动式复印机和变倍光学系统是1980年开始使用的，它是按照缩小、放大、变焦这样一个顺序发展起来的，而原稿台固

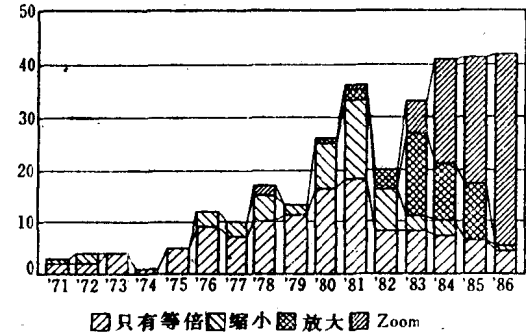


图 1.4 固定式原稿台

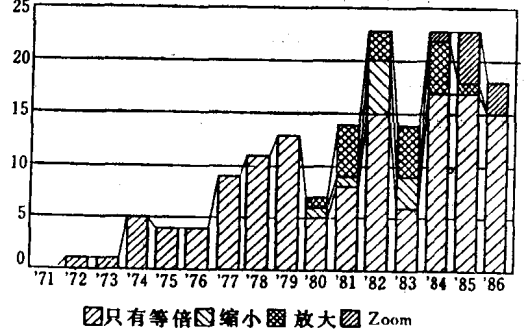


图 1.5 移动式原稿台

定式复印机的缩小机构则在很早就已采用了。放大功能首先是在施乐9200复印机上开始使用的。1979年,理光P500和美能达EG301复印机首先使用了对PPC小型轻量化具有重要意义 的自聚焦镜头阵列。

(2) 感光体 PPC所使用的感光体分硒、硒合金、氧化锌、硫化镉、OPC(有机光导体)等,其形状可分为鼓状、带状、纸片状。图1.6表示了每年新型号的复印机所使用的感光体情况。使用氧化锌感光体的复印机是在70年代开始的,由于在耐用性方面还存在着问题,因此很快就被硒鼓所取代。但是,由于氧化锌具有高像质的特点,因此在印刷领域具有特殊的用途。另外,硫化镉感光体在NP过程(新过程)中大量使用,到了80年代后期OPC代替了硫化镉。70年代的复印机的感光体主要是使用硒鼓,通过添加砷、碲、氯等形成的合金化

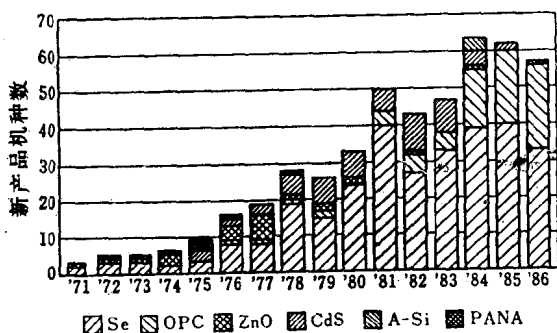


图 1.6 PPC感光体动向

感光体,在耐热和耐刷性方面有了很大的突破,并随着感光鼓的小直径化技术的发展,在低速机和高速机中广泛使用。1970年,IBM I型和1975年Ekuta Prnter 100型中首次使用了OPC感光体。在这之后,功能分离型的OPC因无公害和具有任意选择感色性而引起人们重视,随着OPC的耐用性和高灵敏度研究的进一步深入,同时OPC鼓的直径也小型化。从70

年代后半期开始,OPC感光鼓开始在低速机中广泛使用。

Spear在1970年报道过有关非晶硅感光体的高光导电性及载流子输送性能,认为硅感光体无公害、经久耐用,而且感光波长可达到近红外波长,因为能用作复印机和半导体激光打印机的感光体而引起人们的重视。虽然对硅感光体实用化的开发比较活跃,而且还发表了许多专利、文献,但是在70年代,硅感光体还是未能完全达到实用化。

(3) 显影法 属于双组份显影法中的瀑布式显影法最初是在施乐914复印机中被采用的,到了1975年前后,施乐的中高速复印机基本都采用了这种显影方式。富士施乐X-2100复印机的显影方式是采用Paddle(叶片)显影法,由于此种显影法体积大且较复杂,因此不适用于小型复印机。磁刷显影法刚开始由于显影剂的耐用性明显存在着不少缺点,后来通过对双组份显影剂中的载体涂层及电荷控制稳定性方面的研究,使显影剂的使用寿命、控制色调剂飞扬及耐湿性能方面有了很大的提高。同时,显影器的小型化也得以解决,它可以适用于小直径的感光鼓使用,并很快在从低速机到高速机中推广使用。

双组份显影剂具有色调剂电荷控制方便的特点,并能得到稳定的高图像质量。由于能选用微粒化载体,在高温高湿上也能稳定充电,防止色调剂飞扬等载体材料,优化选择载体涂层用树脂、色调剂树脂等等,所以能复印出高密度、高质量的图像,目前PPC已多半采用这种材料。

1971年推出了使用导电性单组份显影剂的VHS型复印机,后来美国3M公司通过改进又推出了VQC型单组份显影剂复印机。单组份显影剂和双组份显影剂最大的区别在于,单组份显影剂毋须调换载体,而且显影器更加小型化,因此对于单组份显影剂的研究也就更加深入。利用绝缘性的单组份显影剂的跳跃显影法、BMT显影法、FEED显影法不久就进入了实用阶段,但由于它们不适于彩色化,所以又开始对非磁性单组份显影剂进行了研究,并

已实用化。

(4) 清洁 施乐813小型复印机当时采用卷带清洁法,考虑的主要是小型化。但是由于其使用寿命低,调换频繁,清洁装置本身体积大,因此目前已不再使用,而改用毛刷清洁装置。大型高速复印机首先使用毛刷清洁的是施乐914复印机。目前在使用感光鼓的PPC中主要是使用小型化、高使用寿命的刮板清洁装置。1970年施乐4000和佳能NP1100复印机率先使用这种刮板清洁装置,前者的色调剂再循环系统就可以使用刮板清洁。

(5) 定影 将转印在转印纸上的色调剂图像固定在纸上的定影方式最初是用热板定影筒进行加热熔融的,这种方式容易使复印机产生卡纸而引起燃烧,目前已不再使用。在定影方法上,1965年Cassano发明了热辊定影,1966年Legar发明了闪光定影,Shelfo发明了压力定影。图1.7是表示每年新产品所采用的多种定影方法。热板定影法最初曾使用过,到了80年代后就基本上不再使用了。压力定影法定影机构本身体积大,重量较重,而且定影以后,图像就成了有光泽的光滑面,纸张稍有折皱色调剂就很容易脱落。尽管其缺点很多,但是此种定影法具有不需要预热开机即可使用的长处,到了70年代后半期和80年代前半期,压力定影已逐步实用化了。从图中可知,热辊定影是复印机的主要定影方法。热辊定影在最初使用时由于色调剂有时会残留在热辊上,产生纸张背面和图像污染、引起重印,后来友野用流变学显影法、Seanor用表面化学显影方法,有条件地选择色调剂树脂,可以有效地防止重印现象。以后又发明了压着转印定影法。所谓压着转印定影,就是使具有粘接性的树脂带,压向并转印感光体上的色调剂图像,再用热辊将粉末图像转印到复印纸上。奥西公司的1800就是采用此种定影法,定影像质较好。

从1960年到70年代,PPC和EF的竞争很激烈。与此同时,卡尔逊法的基本过程和理论也不断改进和完善,新材料的开发和应用也迅速发展。到了70年代末,人们通过对PPC的今后发展动向预测认为:

在高度信息化社会中,PPC将朝着更加小型化、数据化方向发展,它将以高像质、高速度的方式来担负图像输入输出的任务。

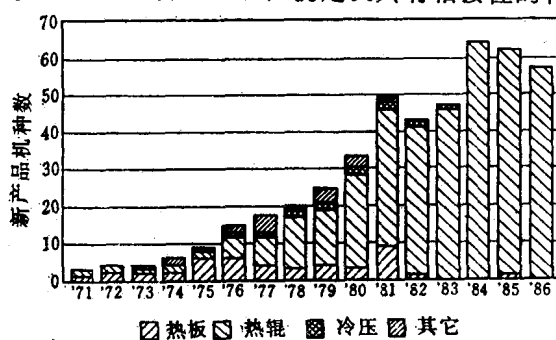


图 1.7 定影方式的变迁

三、现代电摄影技术

80年代的电摄影是伴随着高度信息化社会的发展而登场的,它主要担负文献、图像信息的复制、印刷及图像输出领域的主要技术。其技术发展动向为:

①小型化 开发高可靠性小型轻量化的PPC,使PPC的使用对象从小型企业事业单位向个人、普通家庭渗透。

②多功能化 今后用户对PPC的要求不仅仅是单纯的复印,而且要求具有图像合成、将复制品装订成册等多种功能,并能主动地创造某种图像。

③数字化 随着图像处理技术、AI(人工智能)技术的广泛使用,在不久的将来将出现具有制作文献及图像功能的高可靠性及网络终端功能的数字化复印机、数字化彩色复印机和智能型复印机等。