

静电复印及现代普通纸复印机

何其行 何其全 编著

天津大学出版社

内 容 提 要

本书从静电复印原理、技术基础及有关专业知识入手，对代表当今世界复印机发展趋势的现代普通纸复印机进行了全面系统、层层深入的剖析，并针对目前国内进口复印机维修难的问题，汇集了维修工作者的实践经验和大量珍贵的国外技术资料。

本书集理论性、知识性、实用性、资料性于一体，既可作为静电复印机的操作、维修、管理人员的专业技术培训教材和常备参考书，也可供静电复印技术及有关光、机、电专业的研究人员、工程技术人员和院校师生参考。

静电复印及现代普通纸复印机

何其行 何其全 编著

*

天津大学出版社出版
(天津大学内)

河北省邮电印刷厂印刷
新华书店天津发行所发行

*

开本：787×1092毫米1/16 印张：17 3/4 字数：443千字
1989年12月第一版 1989年12月第一次印刷
印数：1—20000

ISBN 7-5618-0058-4

TB·3

定价：7.30元

目 录

第一章 从传统印刷到静电复印技术	(1)
1-1 传统印刷的发明和发展	(1)
1-2 银盐摄影术	(5)
1-3 重氮复印	(6)
1-4 其它复制方法	(7)
1-5 静电复印技术的发明	(9)
第二章 静电复印原理及技术基础	(11)
2-1 静电和静电学基础	(11)
2-2 光电导现象和光电导材料	(13)
2-3 静电复印的光电导体及其特性	(18)
2-4 静电复印的基本过程——卡尔逊法	(26)
2-5 基本过程的各步骤对复印品质的影响	(36)
2-6 静电复印机的发展及其分类	(45)
2-7 现代普通纸复印机	(48)
第三章 现代普通纸复印机基本结构	(51)
3-1 PPC机与EF机结构上的根本区别.....	(51)
3-2 现代PPC机外形特点	(51)
3-3 现代PPC机主机机体特点	(54)
3-4 现代PPC机内部结构的共同特点	(54)
3-5 感光鼓——现代PPC机的“心脏”	(55)
3-6 高压充电系统	(56)
3-7 光学曝光系统	(59)
3-8 图像显影系统	(68)
3-9 输纸转印系统	(75)
3-10 定影固化系统	(82)
3-11 中和清洁系统	(92)
3-12 现代PPC机的辅助系统	(100)
第四章 机械系统——复印机的骨骼和肌肉	(109)
4-1 机械的基本概念	(109)
4-2 复印机机械零部件	(110)
4-3 复印机的传动机构	(122)
4-4 复印机机械运行动态剖析	(126)
第五章 电控系统——现代PPC机的大脑和神经	(131)
5-1 电气元件	(131)
5-2 电子元件	(143)

5-3	复印机电气线路基础	(157)
5-4	复印机控制线路基础	(165)
5-5	复印机典型线路分析	(179)
第六章	整机调整和复印质量鉴定	(193)
6-1	复印机可调部位的一般设置	(193)
6-2	机械调整	(195)
6-3	电气调整	(201)
6-4	复印质量的检验和鉴定	(217)
第七章	现代PPC机故障的综合分析、判断和维修	(228)
7-1	外科诊断——根据复印品判断故障	(228)
7-2	内科诊断——根据机器运行情况判断故障	(235)
7-3	自诊断/模拟功能的运用	(239)
7-4	维修工具	(248)
第八章	PPC机的安装、使用和保养	(251)
8-1	安装的一般要求	(251)
8-2	复印机的正确使用和复印技巧	(252)
8-3	复印机的日常维护和定期保养	(253)
8-4	复印纸基本知识	(256)
附录 I	复印机自诊模拟代码汇编	(259)
附录 II	复印机常用语英汉名词对照	(270)
参考文献	(278)

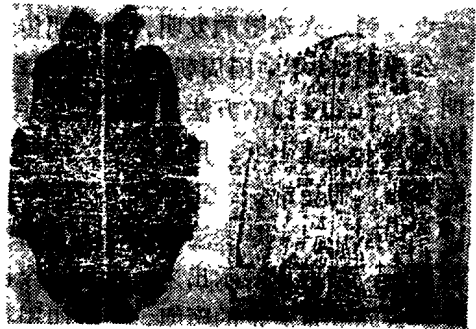
第一章 从传统印刷到静电复印技术

静电复印是利用某些材料的光电导静电特性对被复印稿进行照相，并以复印品形式准确、迅速输出的一门新兴的图文复制技术。自它问世以来，曾被看作是印刷技术中的一个分支，同银盐摄影、重氮复印等经典复制方法一样，都被称为“特殊印刷”或“无压印刷”。后来，这些“特殊印刷”都以自己独特的成象原理和工艺过程逐渐与“传统印刷”分离，形成了各自不同的发展特征和应用范围。银盐摄影被人们广泛用来满足日常生活和生产活动对影像的需求；重氮复印用于工程图纸的复制；而静电复印则在大幅度提高办公效率和信息传递速率上大显身手。静电复印技术保留和体现了传统印刷以及银盐摄影、重氮复印这些复制方法中许多先进的技术特征，同时也延用了它们的许多技术术语以及对复印品质量评价检验的方法。因此，首先介绍一些传统印刷及其它一些复制方法将有助于对静电复印技术的认识和理解。

1-1 传统印刷的发明和发展

被誉为人类“文明之母”的传统印刷术是人类历史上最重要的发明之一。由于它的发明和发展，使人类从愚昧走向开化，从野蛮走向文明，从落后走向进步，从刀耕火种跨入了当今日新月异变化着的科技和信息的新时代。

在文字和印刷术发明以前，人类早已有了语言，并且主要靠语言表示意愿和互相沟通。生产力有了一定发展后，光靠语言已不能满足人类各方面的需要。因为语言靠声音向外传播，最远不过一公里即行消失，既不可能长久保存，也不可能留下视觉印象，必然使人类思维活动向更高一级的水平发展受到限制。后来产生了文字。人类最早发现的文字是公元前20世纪巴比伦的汉莫拉比法典。这个法典以象形文字刻在石柱上，共有282条。中国发现的最早文字是公元前16~11世纪的殷商时代的“甲骨文”。图1-1是古人将占卜吉凶的卜辞和生活当中发生的事以文字刻记在龟甲和兽骨上，



龟甲

兽骨

图 1-1 殷商“甲骨文”

后来，在公元3世纪，秦朝大将蒙恬发明了毛笔，用马毛和兔毫做笔头，用竹子做笔杆。这一原始书写工具为后人延用，创造了灿烂的中国文化的瑰宝——汉字书法艺术。

公元前140~87年，也即西汉年间，发明了纸。以作坊形式较大规模造纸的是公元2世纪东汉时期的蔡伦。他用破布、破鱼网、树皮、麻头、丝屑捣烂成浆，捞出压制晾干成纸。图1-2是明代手工造纸的情况。从中可以看出古代造纸的大致工艺过程。这一过程也是当今工业造纸的工艺过程，只是现代在技术上大大地提高了，形成了机械化的大工业造纸。所以后人把蔡伦造纸正式称为“造纸术”。后来中国造纸术传到了朝鲜、日本及西方各国。公元3世纪，中国又出现了用松烟、皮胶熬成的人造墨，比以前用乌鱼吐出的墨汁和炭墨之类的天



图 1-2 手工造纸主要操作示意图

然墨又大大前进了一步。

纸、笔、人造墨的发明，为发明传统印刷术提供了基本条件。

公元前255年中国周朝出现了青泥印章。到公元283~363年的东晋时期，由于造纸术的发明，开始用盖印的方法复制短文，并出现了拓石工艺。这是将短文刻在木板或石头上，把墨涂敷其上，盖上纸，用刷子刷，然后揭下纸，一张雕版印刷品便制成了。这一工艺使古代雕版印刷术初见端倪。正如古语所说 凡有痕迹着于他物皆谓之印，用刷涂泽之称刷。由此，“印刷”二字是表达上述工艺最恰当的词语了。将印刷工艺“着色—加压”这一纯物理过程充分、精辟地表示出来，沿用至今已经成为专用名词了。

到公元6世纪末的隋朝，雕版印刷得到进一步发展。至唐朝开元年间（公元7世纪初）出现的《开元杂报》被专家们认为是世界上最早的报纸，是雕版印刷的珍品（图1-3）。历史记载的唐玄奘用回锋纸雕印普贤佛像又是雕版印刷的一例。公元836年唐文宗曾下令禁止泛滥成灾的雕版印刷的历书。这说明雕版印刷在当时已相当普及。公元868年的唐刻印本《金刚经》，其精美程度令世人叹服。公元971年中国的《大藏经》，雕版13万块，费时212年，印1076部。公元993年雕版印刷《史记》、《汉书》等，都说明雕版印刷的普遍和规模。图1-4是我国古代雕版印刷作坊的情况。

雕版印刷术从公元502年开始传入朝鲜、日本，后又传入越南、菲律宾、柬埔寨、泰国及西方各国。西方最早的雕刻印刷品是在德国发现的《圣克利斯托菲尔》神像，印制年代为1423年，比中国的《金刚经》晚555年。至今，国内外仍袭用前人的雕版印刷术制作工艺印刷品。

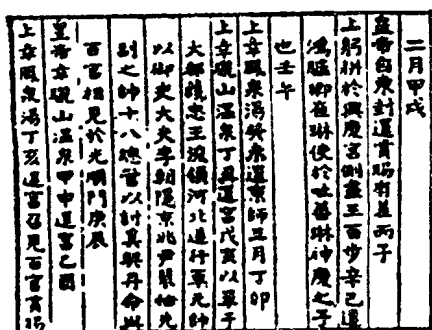


图 1-3 唐初的《开元杂报》



图 1-4 我国古代雕版印刷作坊

公元1041~1048年间，宋代毕升用胶泥制成单个活字，用火烧坚，另用一铁板，将松脂、蜡等涂敷其上，用铁框箍着。然后，用火烤烫铁板使脂蜡熔化，再用铁板将活字压平，待脂蜡冷却凝固后，便制成一块活字版，然后印刷。印刷后，取出活字可再次使用。贮存活字时，按声韵归类，置于木格架中。这种方法无疑较之雕版印刷经济得多，也方便灵活了。现代的活字印刷就是在这一古老活字印刷术的基础上发展而来的。

在毕升活字印刷的基础上，公元1314年元朝的王禛发明了轮排木活字。它以声韵和杂字分别将木活字排列在两个转轮架上。排版捡字时，旋转两侧的转轮字架即可（图1-5），减轻了排字的劳动强度，也提高了排版的速度。

王禛以后，明清两代应用木活字印书广为流行。公元1773年，清乾隆朝廷制做大小木活字253500多个，先后印成《武英殿聚珍版丛书》138部，是我国历史上规模最大的木活字印书。

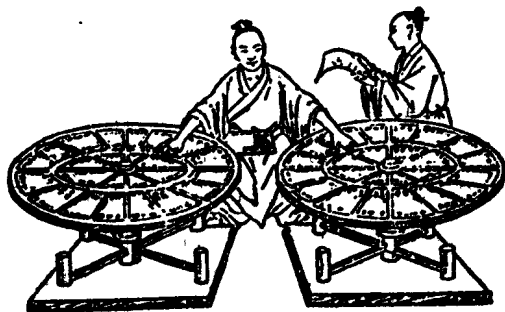
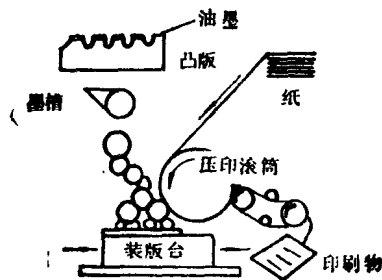


图 1-5 王禛发明的转轮排字架

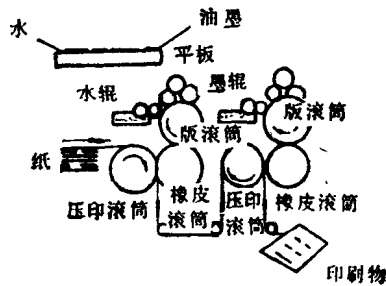
中国的活字印刷术发明以后，很快就传入朝鲜，后又逐渐传入欧洲和世界各国，促进了各国文明的进步。特别值得一提的是德国的谷滕堡。他从1436年开始研究活字印刷，于1445年建立活字印刷所。他用铅锡合金制做活字，并添加铋以增加活字的硬度。为了配合金属活字的使用，他用同金属活字粘附性比水性墨大得多的油性墨，使金属活字划时代地取代了木活字的地位，印刷品的质量和色彩也大为改观。他还制造了能够从事大量生产铅活字的铜字模，控制活字规格也方便多了，比当时我国和朝鲜用翻砂方法铸活字先进得多。另外，他还设计制造了螺旋式手扳印刷机，为印刷走向工厂化、机械化、大作业开辟了道路，成为现代印刷术的创始人。

1589年，谷滕堡创始的现代印刷术由外国传教士带到中国。但由于封建社会的束缚，二百多年未能在我国得到应用，使我国仍停留在落后的雕板和木活字印刷状态，开始大大落后于西方的发展。直至1819年英国人玛利逊第一次用铅活字制成汉文的《圣经》和英国人台约尔1838年制成第一套汉文铅活字以后，加上两次鸦片战争的爆发，才使西方先进的印刷术在中国得到承认和采用。

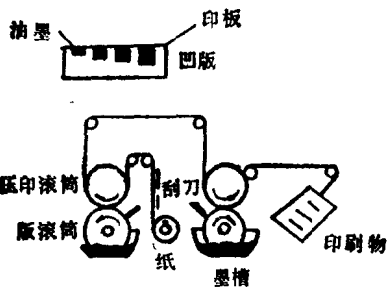
当然，西方现代印刷术在中国获得大规模的采用和发展是在1949年新中国成立以后。下



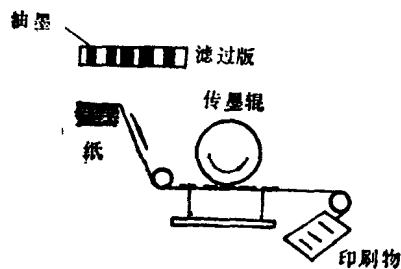
(1)凸版印刷



(2)平版印刷



(3)凹版印刷



(4)滤过版印刷

图 1-6 印刷工艺概略图

列数字表明了这一变化：1979年我国印刷图书量是解放前的39倍；1979年我国印刷机械的制造能力是1949年的848倍；1979年全国已有142家出版社，每年出版图书17212种，总印数达40亿7千万册。目前，我国印刷业比1979年又有极大幅度的提高。如果说世界发达国家的印刷业从编辑、排版、印刷直到装订已进入自动化、全自动化的时代，我国的印刷业可以说进入了机械化、半自动化、自动化的新时期。

现代印刷术从工艺上来讲，仍为凸版印刷、平版印刷、凹版印刷和漏版印刷四种基本的传统工艺方法（图1-6）。现代印刷机械从结构上基本分为平压平式、圆压平式和圆压圆式三种（图1-7）。近年来越来越多地采用的胶印机即是圆压圆式印刷机的一种。图1-6中的第（2）图是胶印机的基本结构。胶印机大多采用静电复印制成氧化锌版装到胶印机的版筒上，并利用水和油墨不相容的道理和版上文字亲墨疏水、空白部亲水疏墨的性质，将图像先转印到橡皮滚筒上，再通过压力滚筒制成印刷品。

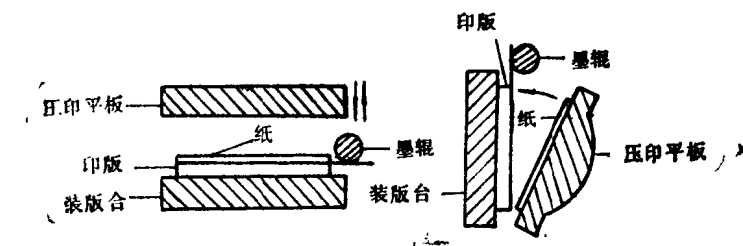
使用胶印机的好处是：原稿制版时可直接制做正像，与静电复印制版结合使印刷小型化、快速且简便，印刷品的质量精美细腻、层次感丰富。现代彩色印刷多采用胶印的方式。图1-8就是大型彩色印刷机的结构示意图，是可一次连续完成六色印刷的现代化的胶印设备。

从这一节关于传统印刷发展历史的回顾及其工艺的简明介绍，可以获得如下几点印象：

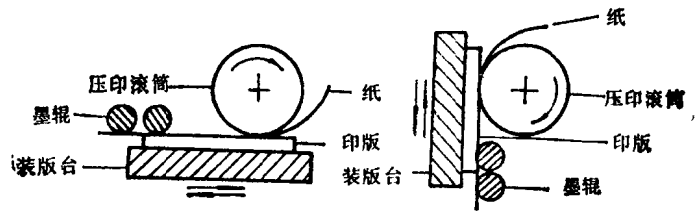
(1)传统印刷的基本方法是一个纯物理过程；

(2)传统印刷本由我们的祖先发明，却在西方得到变革性的发展后又传回到我国，直到目前，印刷的速度、印刷品的质量和工艺水平等方面一些发达国家还大大地先进于我国，这一历史的周折值得我们加以认真地研究；

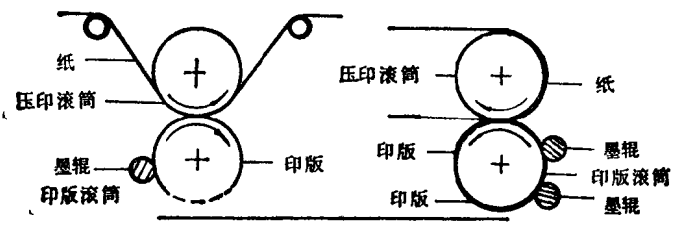
(3)传统印刷还有赖于采用其它学科的新技术新发明才能获得更大的发展和变革，这就是后来银盐摄影、重氮复印直到静电复印技术发明的起因。



(1) 平压平式



(2) 圆压平式



(8) 圆压圆式

图 1-7 印刷机基本结构示意图

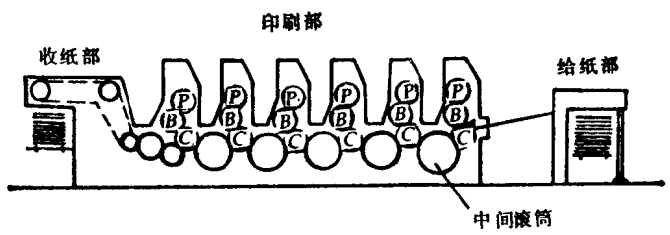


图 1-8 六色印刷机 (其中P为印刷滚筒, B为橡皮滚筒, C为压印滚筒)

1-2 银盐摄影术

银盐摄影术是一种重要的复制技术, 它广泛应用于人们的日常生活、生产活动中, 所以又称做“普通照相”。

早在公元前350年, 古希腊人就发现光线通过小孔可成倒立影象。这一发现被后人所证实并做成暗箱。到16世纪这种“暗箱”技术获得了发展。意大利的D·巴巴罗于1568年在暗箱前加上透镜, 成为照相机的雏型。到1665年捷恩用透镜、暗箱和投影板制成所谓的“轻便相机”。

上述这些发现和创造只不过是一些简单的获得光学影象的装置, 并没有多大的实用价值, 直到后来银盐感光材料的诞生同暗箱技术的结合获得被摄物的永久图像, 才形成了摄影

术

银盐的感光性首先被德国的苏尔茨于1727年发现。它的发现可用下式表示： $\text{AgX} \xrightarrow{\text{遇光}} \text{Ag}$ 微粒 \downarrow +X（卤族元素）。这个发现后为瑞典的C·希尔、英国的维吉坞和大卫等进一步证实。但这些发现都未能将影像固化保留成为现实。1819年英国J·荷塞尔发现大苏打可以溶解卤化银，为以后定影液的发明创造了条件。

法国的J·涅普斯1816年曾制作了6×6"的摄影暗箱，1826年在石板上涂上沥青，放到暗箱里曝光6~10小时，后用 *lavender oil* 显影，影像第一次被固化下来。后又用酸液腐蚀，制成了印刷版。涅普斯被后人称为照相术的鼻祖。

法国的J·达盖尔于1839年用水银蒸汽将曝光后的碘化银进行显影，然后用大苏打洗去未曝光部分进行定影，获得成功。英国的F·泰尔伯特1835年用食盐水对氯化银定影获得成功。于1841年将负片置于感光材料纸上制作正片获得成功。他们也被后人称为照相术的先驱者。

后来随着各种显影定影化学药剂的发明、赛璐璐软片的使用、暗箱技术的提高，正式发展为银盐摄影术。由于这项技术对被摄物的再现性、层次性、变倍性好，以及可以获得高的分辨率，而为印刷业所采用，使印刷制版从手工向照相转移，发生了巨大的变革。

现代的银盐摄影技术同其它新技术的结合在科学研究领域、微观世界、太空探测、军事情报等诸方面有着特殊的应用和贡献。银盐摄影技术也为静电复印技术的发明和发展创造了极好的条件，如美国施乐公司、日本小西六株式会社、日本美能达公司、日本佳能公司等能生产高质量的复印机，其原因在于它们有着雄厚的摄影光学方面的基础。

从这一节的介绍，我们可以看到：

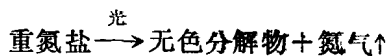
(1) 银盐摄影复制技术基本是一个光化学的过程。

(2) 银盐摄影是近百余年的重大技术发明。但是，由于银资源有限，价格昂贵，成像环节多：成品输出周期长及需要较多的辅助设备，仍不能普遍用于办公室工作中。这也是静电复印技术发明的起因之一。

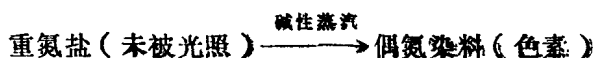
1-3 重氮复印

随着大工业的兴起和基本建设规模的迅速发展，在建筑设计施工、机械设计加工、冶金化工基本设施设备的建设、电子线路设计等方面往往需要大量的图纸，用银盐摄影术来进行大幅面工程图纸的复制因成本太高，是不能允许的。特别是在注重追求利润的西方资本主义国家，对工程图纸复制成本的低廉化要求十分强烈。这样，就产生了用非银盐性感光材料进行复制的技术。在非银盐性感光材料复制技术中发明较早、应用最多的就是重氮复印了。

一般地说，重氮复印是利用光敏性重氮化合物在一定波长的光线照射下分解形成图像，基本也是一个光化学的过程。重氮复印用的光敏性重氮化合物种类较多，成像方法和光化反应的机理也较为复杂。一般的重氮法是利用重氮盐进行光照后分解成无色分解物，即



而未进行光照的重氮盐则与碱性蒸汽发生偶联反应形成偶氮染料，即



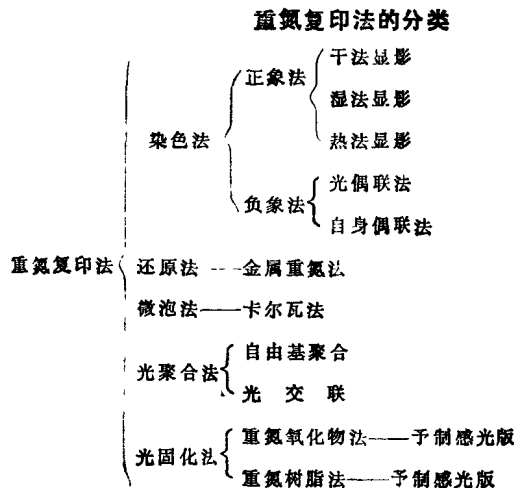
这样，对应于原稿的黑区和白区部分，在重氮盐涂层纸（晒图纸）上就产生了图像反差，碱性蒸汽一般用氨水挥发生成，又称为显影剂或偶联剂。虽然重氮盐的感光度远不如银盐，但其资源丰富、价格低廉、所用设备简单、直接获得正像的优点，用于大型工程图纸的复制中一直没有强大的竞争对手与之伦比，直到近几年大型工程图纸静电复印机的出现才受到了挑战，但在未来的十年中完全被取代的可能性还是不大的，仍是一项正在发展中的技术。

这项技术开始是1884年R·B·West首先用氨基水杨酸的重氮化合物形成图像。1923年德国的Kalle公司发明了干法重氮晒图纸。1927年荷兰Van der Grinten公司发明了湿法重氮晒图纸，名称为“Ocè”。后该公司也改名为“Ocè”公司，成为世界上最著名的晒图纸和晒图机的厂家，生产了多种型号的晒图机。如小型低速机的Ocè 208、214，中速机的Ocè 230、231、232，高速机的Ocè 653、661、671、681等，均为质量优良的晒图机。世界上还有其它许多厂家生产重氮晒图机。我国从50年代就开始研制生产重氮晒图机，天津、上海、北京、武汉等城市都具有相当的生产能力和规模。

从薛德文、张怀玉二同志对重氮复印法的分类表（表1-1）可以看到重氮复印技术的概况。

虽然重氮复印有许多优点，但其成像反差偏小、要求底稿透光率好、对环境污染较大等缺陷难于克服，基本上不适合于办公室小型文件的复制工作。因此，这也是静电复印技术发明的起因之一。

表 1-1



1-4 其它复制方法

还有一些复制方法，或因工艺特殊只用于特种需要的复制，或因成本高不能普遍应用，或因效果差没有得到进一步的发展，等等。下面简单介绍几种。

1-4-1 重铬酸盐法

这种方法也是一种非银盐感光材料复制方法，是用重铬酸钾或重铬酸铵对胶体物质进行光敏处理。在曝光的过程中，重铬酸盐使胶体硬化形成硬化胶体，不再被溶剂溶解；而未曝光的部分则可被溶剂溶解，因而成为凸版成像。用式子表示就是，

重铬酸盐+胶体 $\xrightarrow{\text{光}}$ 被分解的铬盐+硬化胶体(不可溶)

这一方法是印刷当中凸印、凹印、丝印晒版方法的基础。但因重铬酸胶体容易产生“暗硬化”，不能进行较长时间的保存，另外其机械应力差，药膜易受损。因而，这种版不适合工厂大量生产，只能现做现用，因此商品化程度低。

1-4-2 光聚合作用法

这种方法一般是用具有感光性能的合成树脂涂敷在片基上。在曝光过程中，树脂层中受光照射的部分由于光聚合作用特性发生变化，与其它高分子化合物结合在一起，发生感光硬化现象；未曝光部分则不发生硬化，可以用溶剂溶解去除，这样就形成了一张凸版，适用于胶印。后由于合成树脂材料的发展，这种方法制成的凸版可以达到每版50万印张，如果一个中等城市报纸出版发行200万份的话，每天只要4张版即可，制版费用大幅度下降。现在，发达国家报纸印刷大多采用这种合成树脂版，将铅活字完全淘汰，每年节约成千上万吨铅锌锡等金属，使印刷发行周期大大缩短。

1-4-3 热敏法

这是用热敏材料做为涂层，曝光后或发生颜色变化或发生硬化现象。如果涂敷热敏感光层片基用的是不透明片基，一般要求原稿为透明的，这样通过红外辐射光线使其产生变化；如果是透明片基，一般使用不透明原稿即可，但最好黑白反差较大。这样，将原稿和感光片基贴在一起曝光，光线通过感光片基射到原稿黑区，因为黑色吸收光线产生热，使感光层发生变化，后者现在多用于教学投影片的制作上，称作热敏式复印机。

近似于上述热敏方式的还有用于计算机输出打印机和小型便携式打字机上的电热敏打印法。它们是将电信号变为热输出使色带或热敏纸上的热敏材料发生变化实现打印的目的。

1-4-4 光电火花腐蚀法

这种方法是将对原稿扫描的光信号变为电信号，对电信号进行放大整理，再用电信号去

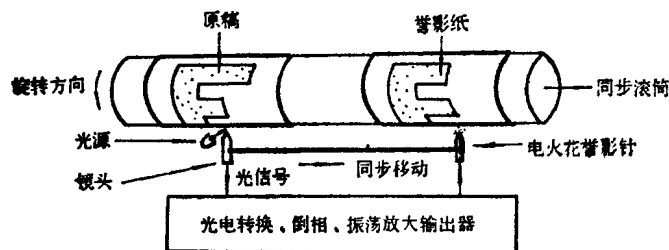


图 1-9 誊影机工作原理示意图

进行尖端放电，用尖端放电所产生的电火花在蜡版或类似于蜡版的誊影纸上腐蚀成同原稿对应的图像。光扫描和电火花腐蚀是通过一个同步滚筒和一套光电转换线路来实现的（见图1-9）。市场上出售的誊影机就是根据上述原理制造的。其结构较简单，成本低廉，但由于所制的版再上油印，

黑白反差和分辨率较低，一般只用于中小学教材、试卷和一些对复印品质量要求不太高的场合。

上述提到的几种方法基本还属于光化学或光—电物理的方法，不是静电复印。只是1938

年C·F·卡尔逊用光电导体复制成功，并由美国哈雷公司（施乐公司前身）制造出静电复印机“Xerox”以来，静电复印技术才正式登上历史舞台。

1-5 静电复印技术的发明

静电复印技术通常指的是卡尔逊发明的 Xerography——“干印术”的基础上发展起来的一门技术，是指利用某些具有光电导特性的材料在静电作用下经曝光从绝缘体变为电的良导体来复制原稿的复制技术。在这项技术发明之前，早在18世纪末至19世纪初人们已经发现有些材料具有光电导性质了，如1876年世界上诞生的第一个半导体器件——硒光电池，即开始了这方面的应用。光电导材料也是一种半导体，利用这种半导体进行复制印刷，既使在卡尔逊创造发明以后的近十年里也没有受到人们的重视。这是一段很有意思的历史，我们不妨摘选胡异、袁国良等同志所撰写的资料和国外的一些资料来加以介绍。

C·F·卡尔逊1906年出生于美国西雅图。他14岁时，当理发师的父亲患有严重的关节炎和肺病，母亲也因肺病长年卧床不起。年幼的卡尔逊不得不挑起抚养双亲、养家糊口的重担。他每日清晨五时起床去商店擦洗橱窗，然后再去上学。下午还要去银行和报社打扫洗刷。星期六得从早上六时起一直忙到晚上六时，一天下来精疲力尽。卡尔逊在念中学时继续干杂工，还到印刷所当过学徒，利用周六和周日到化学实验室工作。卡尔逊先后进入费赛德专科学校和加利福尼亚州理工学院念书，五年后获得物理学学士学位。但欠下了大约1400美元的债务。

后来，他到纽约一家电子公司的专利部门工作，每天要打字、抄发文件，有些图表要送到外面去照相、冲洗等等。繁重复杂的办公室工作使他产生了研究减轻办公室工作人员负担的兴趣。通过不断的探索，终于从理论上证明了静电照相的可能性，并于1937年正式申请了“静电摄影法”的专利权。之后，他在纽约长岛Astoria区租了一间小房做为实验室，以自己微薄的薪水购置试验器材药品。就是在这个实验室里，于1938年10月22日他终于获得了成功。

他是在一块金属板上涂上硫膜，用手帕在上面进行擦试，靠磨擦使硫膜带上电荷，然后将一块上面写着“22/10—1938·Astoria”几个字的玻璃板放到硫膜上，用白炽灯照射3秒钟后，在硫膜上撒上石松子粉。这时奇迹出现了，在硫膜上显出同玻璃板上一样的字。最后他又将蜡纸盖在硫膜上，加热使蜡熔化，冷却后在蜡纸上就留下了永久的图像。虽然开始时的图像质量很差，但这种成像方法是以前从没有过的，既不同于传统印刷，也不同于其它复制方法，而是一个电和光共同作用的过程。卡尔逊当时称之为电摄影。在这里需要补充的是：在卡尔逊之前有几位科学家在自己的专利中对电摄影均有所阐述，但都未获得进一步成功。

静电复印技术的最终发明应当归功于卡尔逊的勤奋和坚持不懈的努力。在他的实验获得成功以后的几年间，先后20多家机器公司拒绝与他合作发展这项技术。有人还把卡尔逊设计的简易复印机称之为“粗糙的玩具式器具”，丝毫不感兴趣。卡尔逊专程到俄亥俄州哥伦布市的Battle纪念学院表演了他的发明，Battle纪念学院勉强同意与他合作发展该项技术。此时，卡尔逊一贫如洗，还不得不向亲友借贷来维持他的研究工作。直到1947年纽约州罗彻斯特市的一家名叫Haloid company的小公司同他携手合作，并于1949年研制出世界上第一台硒板静电复印机产品，1950年开始在市场上出售，使静电复印技术从实验室走上了实用的

阶段。

静电复印技术的发明是印刷史上的一次重大突破，是静电应用史上的一个壮举，是电摄影术历史上最光辉的一页。自此以后的40年里，静电复印技术的发展改变了全世界办公室工作的落后面貌和传统观念，一个新的现代办公的概念在人们的生活中逐步形成和发展。

第二章 静电复印原理及技术基础

顾名思义，静电复印技术是在静电学的基础上建立的。为了发明新的摄影方法，卡尔逊曾以极大的热情钻研静电学，并在此基础上论证了利用静电进行复制的可靠性。因此，有必要先把静电的基本常识作为学习静电复印技术的基础介绍。

2-1 静电和静电学基础

2-1-1 静电在自然界中广泛存在

自然界中的静电现象司空见惯，如电闪雷鸣就是自然界中大规模的静电放光现象。日常生活中的静电现象也不乏其例，如用化学梳梳理头发会发出噼啪的响声；用高分子材料制成的家用电器极易吸附空气中的灰尘。据说苏联一个计算机研究所里，男人上机时计算机工作正常，而女人上机时却信息混乱、错误百出。经检查计算机没有毛病，后来查出，这是因为女职工穿一种尼龙布拉吉。这种衣料同人体或其它物体接触摩擦极易产生静电，从而干扰计算机的工作。

自然界和日常生活中的静电现象引起了物理学家的注意。他们对静电产生的原因、性质、规律进行研究和探索，结果形成了静电学，并在此基础上进一步对动电进行探索，形成了电子工程学科，并给人们的生活带来了巨大利益。

2-1-2 静电的产生

产生静电的最简单实验是用毛皮摩擦橡胶棒或用丝绸摩擦玻璃棒，使其能吸引纸屑、毛发等轻小物体。这说明一种物体同另一种物体摩擦可以产生静电。人类发现这一现象虽然已有两千多年的历史，但真正称呼电（electricity）却是在1650年由沃耳特·查耳顿开始的。后来又发现物体带电时具有相互吸引或相互排斥的现象，进而产生了正负电的概念。威尔彻在1759年发表了摩擦带电序列。他考察了该序列中的物质，发现如果使其中的两种物质互相摩擦，那么在带电序列中位置靠前的带正电，位置靠后的带负电。这是一个很重要的发现。1779年出现的伏打学说认为，摩擦带电是由接触效应产生的，摩擦仅仅是增加接触点。他验证了金属带电序列为 $\oplus\text{Zn}$ 、 Pb 、 Sn 、 Fe 、 Cu 、 Ag 、 $\text{Au}\ominus$ 。后来还出现了许多带电序列学说，为静电起电的实际应用开辟了道路。与此同时，许多天才的科学家，如安培、欧姆、亨利、法拉弟以及楞次等都为电学理论的丰富和建立作出了贡献，使人类对电的认识和研究前进了一大步。但是，各种各样学说的出现，也使静电产生机理的争论持续至今。总之，摩擦是静电产生的最基本方式，是较能为人普遍接受的一种认识。

2-1-3 静电的基本性质

静电的最一般性质有：

(1)一切电现象都与电荷的存在相关。一个物体获得电荷或电荷在这个物体上的非平衡聚集，就可以说这个物体已经带电。当电荷存在于空间时，它的周围产生电场。电荷与电荷之间通过电场互相作用。

(2)所有电荷都有正、负极性之分。相同极性的电荷互相排斥，相反极性的电荷互相吸引。这为大量的实验证明。

(3)同性电荷电量相加，其电量增大；异性电荷电量相加，其电量减小。正、负电荷的量相等，其代数和为零，正、负互相抵消。这时，物体既不带正电，也不带负电，呈中性。这种现象称为“电中和”。在静电复印技术中这是一个非常重要的概念。例如，静电复印机往往在清洁单元设置清洁高压充电和清洁灯，其作用就是使转印后的鼓表面残余电荷被相反极性的电荷中和，或是通过鼓基到大地与大地中和，以使鼓进入下个复印过程时不带电。因此，清洁高压和清洁灯也称做中和高压和中和灯。又如复印纸在复印机走纸的过程中或受到机内静电场的影响感应起电或与机体的摩擦产生静电，往往被纸路上的机体所吸引，使走纸受到阻滞，这是复印机卡纸的一大原因。复印机一般在纸路上设置一些导电刷等使复印纸产生的静电荷泄逸而失去带电性，使走纸正常。另外，如何使复印纸具有较高的抗静电能力也是复印纸生产厂家的课题之一。

(4)电荷既不能消灭也不能创生，它们只不过从一个物体移到另一个物体上，或是从物体的一部分转移到另一部分，或是正、负电荷的相持，这就是著名的电荷守恒定律。对于人类来说，大地是最大的电容器，不是物体与物体之间交换电荷，就是物体与大地交换电荷，而大地是最大的电荷库。

(5)静电和动电的相互存在不是孤立地、绝对的，而是依靠某种条件互相转化。静电可以转化成动电，动电也可以转化成静电。正电荷在电场里有从高电位向低电位流动的态势，负电荷则有从低电位向高电位流动的态势，带电体在一定条件下，例如用导线同大地连接，静电就可以变成电流。电流就是电荷的移动所形成。反之，电流在某种条件下也能变为静电，如复印机充电高压就是从动电（电源）通过高压静电发生器变为高压静电的一个实例。

从静电变为动电的最多最常见的事例要属带电体在空气中的放电现象，这是静电特有的现象，也是静电产生危害或变害为利的最重要方面，因此，静电学将静电的放电摆在很重要的地位加以研究。

当带电体中电荷聚积达到临界值时，将寻找最捷途径和最有利条件向外释放。最捷途径往往是带电体曲率最大且最凸出的地方，因此，通常称为“尖端放电”，如图2-1所示。另外，电极间的空气被电离而具有一定的导电性更有利于带电体放电。这时，空气介质被击穿，放电大规模进行，有时在一瞬间完成。如果电极中间有固体介质，往往也会将固体介质击穿。如复印机的充电器两端的硬塑盒，往往被高压丝的凸出部分放电击穿。被击穿的塑料迅速碳化而降低绝缘能力，使放电变得更容易。放电往往伴随有光，这是放电时能量释放的一种形式。根据放电发光的条件、状态和程度，分为暗流、辉光放电、弧光放电、电晕放电和火花放电等。电晕放电是辉光放电中的一种稳定形式。非稳定方式一般是由于带电体周围空气的电离所产生的自由电子和离子又去碰撞附近的分子，使它产生新的自由电子和离子，

形成类似于雪崩的过程，并发展为大规模火花放电。而电晕放电则使这种电子离子雪崩局限在带电体附近的区域，形成肉眼可见的“光晕”，并使产生的离子沿电场方向稳定移动。复印机的高压静电充电通常都采用这种电晕放电形式。它采用一根0.06~0.10（一般0.06）mm细的金属线，平行放置于鼓面之上并保持一定的距离，如图2-2所示。该金属线要求具有一定的张紧度，且不能有任何凸起部分。这样，当高压充电时，暗室中就可以看到沿着金属线有一层“光晕”出现，仔细听还有“滋滋”声。光电导体从电晕放电产生的离子获取电荷改变表面电位。如果金属丝有凸起的小结（图2-3），这个过程将受到破坏而失去稳定性，不但不能获得良好的复制品，往往还会转变成火花放电而使鼓面遭到强大电流的击穿。此外，高压的充放电还受到周围温度、空气干湿度等条件的影响。这在以后的章节中将涉及到。

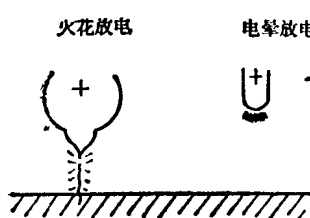


图 2-1 火花放电与电晕放电

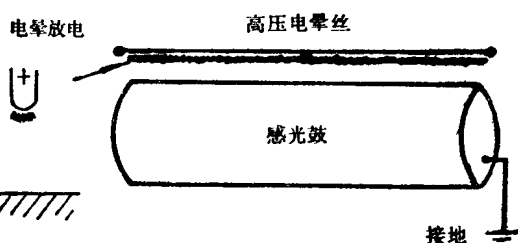


图 2-2 复印机中的电晕放电

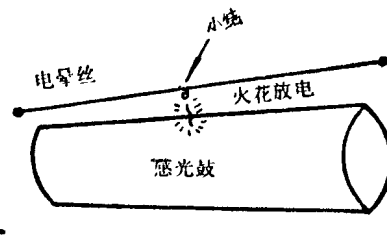


图 2-3 火花放电使鼓面击穿

2-1-4 静电的危害及静电的应用

当讲到静电的时候，往往联想到静电的危害性，这是因为人们常受其危害的缘故。如闪电能将房屋和森林击毁燃烧，静电高压通过人身形成回路变为电流的时候可以击伤人，火花放电可以引燃易燃性气体、液体和固体粉尘碎屑，运油罐车剧烈的振荡可以使油液产生电荷分离聚积，到一定程度时会引起爆炸，飞机或汽车高速运行与空气的摩擦产生的静电往往使乘客遭到电击，静电造成照相底片上的斑痕、计算机记录仪工作不正常等。

为了防止静电的危害，人们想出各种方法和措施，如油罐车用铁链拖地或用导电橡胶制作汽车或飞机的轮胎；用屏蔽罩使一些电器避免静电的干扰；添加抗静电剂以防止某些材料的带电等等。许多工业发达国家还制定相应的管理办法控制产生静电条件，如湿度管理、通风管理等。

在防止静电危害的同时，人们又将静电变害为利，应用于各个方面。如工业静电集尘、静电分选、静电喷涂、静电植绒、静电起电等。静电集尘是改变工业废气对环境污染的有效措施。静电喷涂过去用于喷漆，现在广泛用于涂层。最近我国的自行车厂家一改过去喷漆工艺，而为静电喷涂塑料工艺，使色泽、稳定、粘附力、耐磨和耐冲击性方面都有大幅度提高。静电起电机因为能获得百万伏以上的超高压，所以多用于原子反应堆的加速器等方面。静电复印也是静电应用中的一个极为典型的例子。

2-2 光电导现象和光电导材料

某些材料在暗处具有较高的内阻，是电的绝缘体，经光照射时，内阻明显下降，如果这时有一电场施加其上，就会呈现导电性。这一现象被称为“光电导现象”。具有这种现象和性质的材料被称为“光电导材料”

为什么这些材料受光照射时内阻降低，从绝缘体变为导体？这些材料对不同波长的光