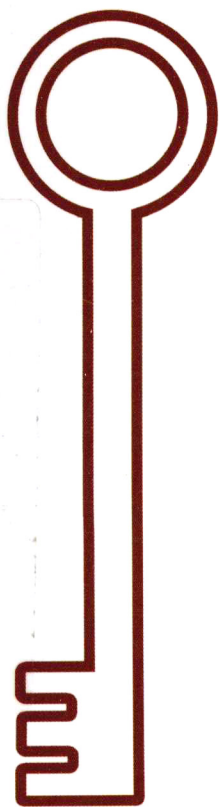


数字印刷实验教程

编 著：孔玲君 姜中敏

主 审：姚海根

SHUZI YINSHUA SHIYAN JIAOCHENG



数字印刷实验教程

编 著：孔玲君 姜中敏
主 审：姚海根

印刷工业出版社

内容提要

本书是针对数字印刷理论教学而系统编写的实验教程，主要内容分为五个部分共计29个实验，即基础认知实验、设备基础应用实验、数字印刷应用实验、研究型基础实验和综合创新型实验。通过系统的实验操作与训练，可以使学生更好地学习、理解和掌握数字印刷的基本原理与技术应用。

本书可作为数字印刷、印刷工程等本专科专业的实验教学用书，也适合从事数字印刷实践操作的工程技术人员阅读。

图书在版编目(CIP)数据

数字印刷实验教程/孔玲君,姜中敏编著.-北京:印刷工业出版社,2010.9

ISBN 978-7-80000-983-9

I.数… II.①孔… ②姜… III.数字技术-应用-印刷-实验-高等学校-教材
IV.TS805.4-33

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第157658号

数字印刷实验教程

编 著:孔玲君 姜中敏

主 审:姚海根

责任编辑:魏 欣

责任校对:郭 平

责任印制:张利君

责任设计:张 羽

出版发行:印刷工业出版社(北京市翠微路2号 邮编:100036)

网 址:www.keyin.cn www.pprint.cn

网 店://shop36885379.taobao.com

经 销:各地新华书店

印 刷:北京通州丽源印刷厂

开 本:787mm×1092mm 1/16

字 数:235千字

印 张:10.5

印 次:2010年9月第1版 2010年9月第1次印刷

定 价:26.00元

I S B N : 978-7-80000-983-9

◆ 如发现印装质量问题请与我社发行部联系 发行部电话:010-88275707

前 言

数字印刷是数字技术和网络技术在印刷业中完美应用的产物，不仅实现了印前作业的数字化，而且实现了印刷作业流程控制的全数字化和印刷输出的数字化。数字印刷作为一项新技术，其成像方式多种多样，而且应用形式和工艺流程也具有不同于传统印刷的特点。随着数字印刷技术和油墨等材料的发展，数字印刷应用层出不穷，新产品、新应用不断得到开发。

为适应数字印刷技术和应用的快速发展，以及印刷行业对数字印刷专业人才的需求，上海理工大学最早开展了数字印刷专业人才的培养，并建成了现代出版印刷国家级教学实验中心。数字印刷专业具有应用型专业的特征，工程应用和实验实践的锻炼在培养学生的技术应用能力和科学研究能力的过程中占有十分重要的地位。这也正是本教材诞生的背景和原因。

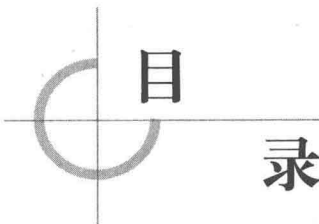
本书共分为五个部分，每一部分包含多个实验项目。第一部分为数字印刷设备的基础认知实验，涉及基于不同成像技术的数字印刷输出设备的工作原理和系统结构及其特点，包括静电照相成像数字印刷系统、激光打印机、喷墨印刷机和热升华打印机等设备。第二部分介绍了数字印刷设备的基础应用型实验，包括数字印刷的前端原稿获取与准备、数字印刷在机拼版操作与应用、数字印刷设备的常规保养、维护、基本操作与高级输出控制等。第三部分为数字印刷的应用实验，主要介绍数字印刷中的可变数据印刷原理和方法。第四部分为研究型的基础实验，是在第二部分实验的基础上开展数字印刷设备的颜色复制性能、设备稳定性及承印材料对印刷复制的影响等多方面的基础研究。第五部分是在第二部分和第三部分实验的基础上，开展各类综合性的创新型实验。

本教材是作者在多年数字印刷专业教育基础上总结和积累的教学成果，以上海理工大学现代出版印刷实验中心的设备为实验对象和背景而展开。在介绍实验方法和实验内容的同时，也介绍了数字印刷设备的相关基础理论知识。实验设备虽然未能涵盖印刷业中使用的所有数字印刷设备，但具有一定的典型性和较好的普遍性。因此，本教材可作为数字印刷、印刷工程等专业的实验教学用书，也可做各类数字印刷专业技术人员的培训教材和参考用书。

本书的出版得到了刘真教授和作者所在学院领导的关心和支持，在写作过程中也得到了姚海根教授的指导和帮助，在此深表谢意。张泳鸿、陈志青等同学帮助绘制了本书中的有关插图，在此一并表示感谢。

孔玲君

2010年7月



目 录

第一部分 基础认知实验

- 实验一 静电照相数字印刷机系统配置分析 2
- 实验二 激光打印机系统结构分析 17
- 实验三 喷墨印刷设备基础认知实验 24
- 实验四 热成像打印机的基本操作 37
- 实验五 直接成像数字印刷机系统配置分析 43

第二部分 设备基础应用实验

- 实验一 前端原稿获取与准备 50
- 实验二 数字印刷系统的常规应用与维护 56
- 实验三 数字印刷机的安装与使用 63
- 实验四 数字印刷机的校准 76
- 实验五 数字印刷的高级输出控制 83
- 实验六 数字印刷机在机拼版操作 92
- 实验七 喷墨印刷机的保养与故障排查 103

第三部分 数字印刷应用实验

- 实验一 利用常用软件开展可变数据印刷应用 108
- 实验二 复杂可变数据印刷页面制作及其文件格式对比分析 118
- 实验三 利用服务端输出模块开展可变数据印刷 129
- 实验四 利用喷墨打印机开展数码打样 132

第四部分 研究型基础实验

- 实验一 数字印刷机的网点呈色特点分析 142

实验二	色彩管理对数字印刷输出效果的影响	144
实验三	数字印刷质量检测图的设计与应用	145
实验四	数字印刷机双面印刷的颜色差异分析	146
实验五	数字印刷机色彩复制的时间稳定性分析	147
实验六	承印材料对数字印刷复制效果的影响	148
实验七	数字印刷成像技术的对比分析	149
实验八	数字印刷与传统胶印的复制性能对比	150

第五部分 综合创新型实验

实验一	书刊制作及其数字印刷	152
实验二	数字图像印刷复制的材料选择	153
实验三	国画的印刷复制与质量控制	154
实验四	可变数据印刷的应用开发	156
实验五	数字印刷的创新应用	158

参考文献

第一部分

基础认知实验

- 实验一 静电照相数字印刷机系统配置分析
- 实验二 激光打印机系统结构分析
- 实验三 喷墨印刷设备基础认知实验
- 实验四 热成像打印机的基本操作
- 实验五 直接成像数字印刷机系统配置分析

实验一

静电照相数字印刷机系统配置分析

一、基本理论知识

1. 静电照相成像基本原理

静电照相数字印刷机以静电照相成像技术为基本工作原理，把从计算机传来的数字信息通过曝光记录在由光导材料制成的图像载体上，形成静电潜像，并经显影、转印、熔化等工艺把图文信息转移到纸张等承印材料上，从而实现直接印刷复制目的。

静电照相数字印刷包括充电、曝光、显影、转印、熔化、清理六个工艺步骤，如图 1-1-1 所示，每一步骤均会影响最终的复制质量。

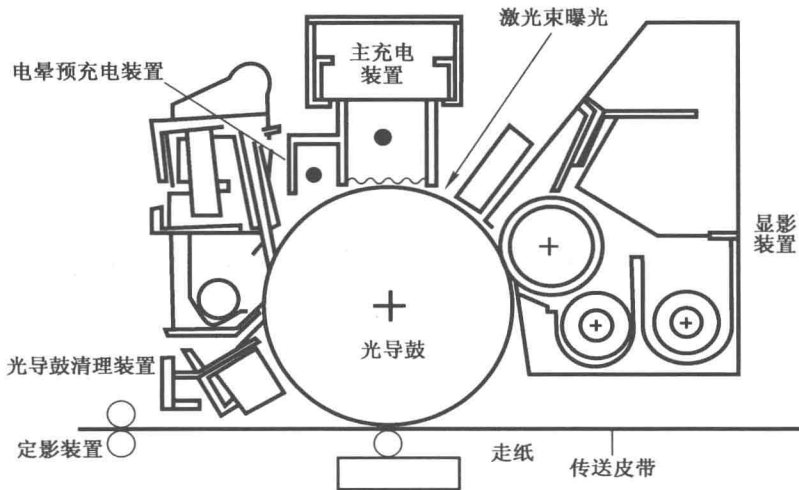


图 1-1-1 静电照相成像复制的六大工艺步骤

(1) 充电。使光导鼓或光导皮带表面带上均匀分布的电荷，这是静电照相成像在光导鼓或光导皮带上形成静电潜像的重要前提。基于电晕导线的电晕放电对光导鼓或光导皮带进行充电是目前最常用的充电方法。为了提高充电质量，使光导鼓或光导皮带上的电荷更加均匀，避免电晕导线被灰尘沾污，有的静电照相数字印刷机在电晕发射装置中放置一丝网。

(2) 曝光。根据数字文件传来的信息，控制激光器或发光二极管产生的光照射到光导

鼓或光导皮带上，曝光形成静电潜像。根据系统特点的不同，曝光区域可能是图文区域，也可能是非图文区域。对于写黑系统而言，图文区域曝光而释放电荷，光导鼓表面的非图文区域的电荷表示成像结果（形成静电潜像），与原文档的非图文区域对应。对于写白系统而言，页面上的非图文区域曝光而释放电荷，图文区域的电荷仍留在光导鼓表面形成静电潜像，与页面中的图文区域相对应。

(3) 显影。也称为输墨，即墨粉颗粒被光导鼓或光导皮带表面的静电潜像吸引，产生可见的墨粉图像。

(4) 转印。墨粉从光导鼓或光导皮带表面转移到纸张等承印物上。转印前需在纸张等承印物的背面充电，使其带有与墨粉极性相反的电荷。墨粉的转印包括直接转印和间接转印两种工艺。直接转印是指墨粉直接从光导鼓或光导皮带转移到纸张等承印物上；间接转印则需借助于中间的一个转印滚筒或转印皮带，墨粉先转移到中间载体上，再由中间载体转移到纸张等承印物上。

(5) 熔化。通过加热和加压组合措施或辐射熔化技术使墨粉图像永久性地固定在纸张上，此时墨粉颗粒熔化并与纸张表面黏结。

(6) 清理。放电消除光导鼓或光导皮带表面的剩余电荷，同时清除光导鼓或光导皮带表面未转移的残留墨粉。放电处理可通过光线作用和电晕充电等方式完成，通常也称为预充电；残留墨粉则常采用旋转刷或处于吸力作用下的刮刀等机械方式进行擦除，并输送到特殊的墨粉舱经处理后使用。经清理后的光导鼓或光导皮带表面就恢复为初始状态，即表面呈电中性状态，也不再带有墨粉。

经过上述六步成像工艺后就完成了一个印张页面的印刷，并可进入下一页面的印刷。

2. 静电照相数字印刷机的结构与系统设计

静电照相数字印刷机的结构和系统设计必须与静电照相复制技术的六大工艺环节所依赖的物理效应相匹配，同时还要考虑到输纸、收纸和印后加工等辅助功能。

(1) 印刷单元及其构成

无论是单张纸多色胶印机或卷筒纸多色胶印机，印刷部分都采用了单元设计的基本思想，即每一个印刷单元（又称色组）都具有完备的功能，包含润版、输墨和转印等必须部件，负责一种主色（或专色）的印刷。各印刷单元的功能各自独立，但又相互连接在一起，需要印多少种颜色就配置多少个印刷单元。柔性版印刷机和凹版印刷机的设计思想与胶印机类似，也采用单元设计概念，然而由于印刷工艺的不同，印刷单元包含的部件会有差异。

静电照相数字印刷机与多色胶印机等传统印刷设备类似，采用多色墨粉或油墨叠印的方法复制产生彩色图像。虽然有少量的静电照相数字印刷机具备超过四色复制的能力，但是目前大多数彩色静电照相数字印刷机仅提供四色套印功能。静电照相数字印刷借用了传统印刷机的单元设计思想，每一主色（或专色）的印刷由一个印刷单元来完成，但由于静电照相数字印刷采用了不同于传统印刷机的复制原理和工艺步骤，其印刷单元中包含的部件必然不同于传统印刷机，而是与静电照相复制技术所包含的六大工艺环节相匹配。典型的彩色静电照相数字印刷机的印刷单元如图 1-1-2 所示。

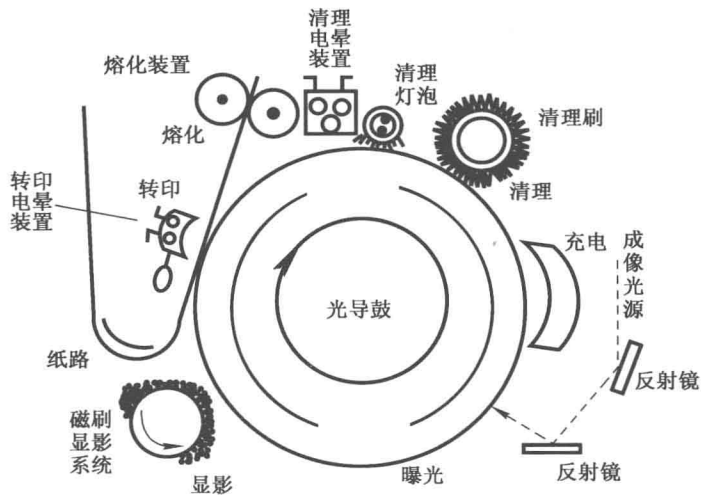


图 1-1-2 彩色静电照相数字印刷机印刷单元实例

由图 1-1-2 可知，彩色静电照相数字印刷机的一个印刷单元应包含光导鼓或光导皮带及各子系统部件，包括充放电装置及其控制子系统、成像光源控制与曝光成像装置、显影装置与控制子系统、转印装置与控制子系统、熔化装置及其控制子系统、清理装置与控制子系统。大多数子系统部件的控制功能集成在主电路板上，与计算机的协调配合完成相应操作。

显然，彩色静电照相数字印刷机的核心部分由多个印刷单元构成。考虑到静电照相数字印刷机通过数字方式控制各印刷单元完成印刷复制工作，因此数字印刷机必须配置一台计算机，该计算机所产生的成像信号将分配到各印刷单元。

此外，从整机的角度来看，彩色静电照相数字印刷机还应包含套印精度控制、双面印刷机构控制、色彩测量和控制、输纸和收纸控制等系统部件。有的静电照相数字印刷机还可配置裁切、装订等印后加工部件。另一方面，数字印刷机是基于数字控制的设备，且必须为用户提供一定的操作和参数设置权限，需配有合理的人机操作界面，因此大多数数字印刷机都在随机配置的计算机中提供多种对话框，供人机交互设置。

(2) 印刷单元排列方式

① 顺序排列

从系统功能发挥、设备制造成本、子部件运动的传递和转换、设备占用空间和结构紧凑性等角度考虑，彩色静电照相数字印刷机内多个印刷单元的排列方式可分为顺序排列和卫星排列两种形式。

顺序排列的含义是印刷单元沿直线方向依次排列，与单张纸胶印机色组排列类似，有时也称为直线排列，占用空间较大，纸张沿直线方向顺序通过各印刷单元。印刷单元顺序排列时，系统的结构设计、套印控制、走纸机构和走纸精度控制等相对容易。

印刷单元顺序排列通常有两种设计方案，一种为顺序排列非集中转印，另一种则为顺序排列集中转印。

顺序排列非集中转移系统的墨粉像通常从成像滚筒直接转移到纸张表面，纸张依次经

过多个转印间隙。图 1-1-3 是佳能公司早期的彩色静电照相数字印刷机 CLC 1000。这是一台双面、带一定印后加工功能的彩色数字印刷机。

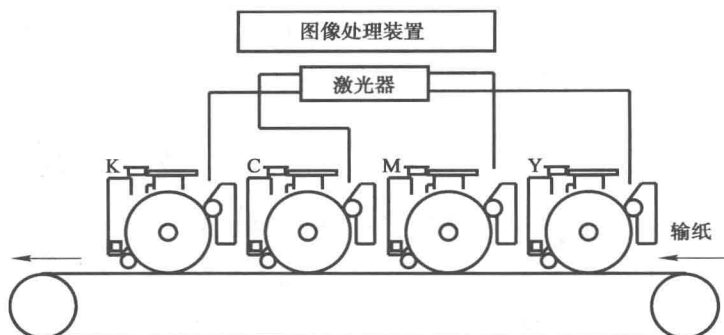


图 1-1-3 印刷单元顺序排列实例

由图 1-1-3 可知，CLC 1000 数字印刷机的每一印刷单元的结构相同，分别用于印刷青、品红、黄、黑四色墨粉图像。每一印刷单元由光导鼓、充电器、输墨装置、熔化装置和清理装置等组成，四个印刷单元依次按黄、品红、青、黑印刷色序排列。由激光器发出的激光束通过八面旋转镜组成的光学系统反射后依次分解为 4 束，分别对青、品红、黄、黑四个印刷单元的光导鼓建立静电潜像，即四个印刷单元共用一个激光器。该数字印刷机采用直接转印工艺，墨粉熔化装置处于转印皮带的下方，完成单面印刷的纸张由同一装置清理和放电，清除纸张表面的残留电荷。该系统还配备了纸张翻转机构、表面整饰装置和自动分页功能等。

顺序排列集中转移系统往往先将墨粉像转移到中间载体（滚筒或皮带），在中间载体上印刷成青、品红、黄、黑四色墨粉像，最后印刷效果的建立类似于移印，纸张走过由两个压印滚筒组成的转印间隙，使四色墨粉像从中间滚筒或中间皮带上转移到纸张上，此时纸张只需一次经过转印间隙，如图 1-1-4 所示。

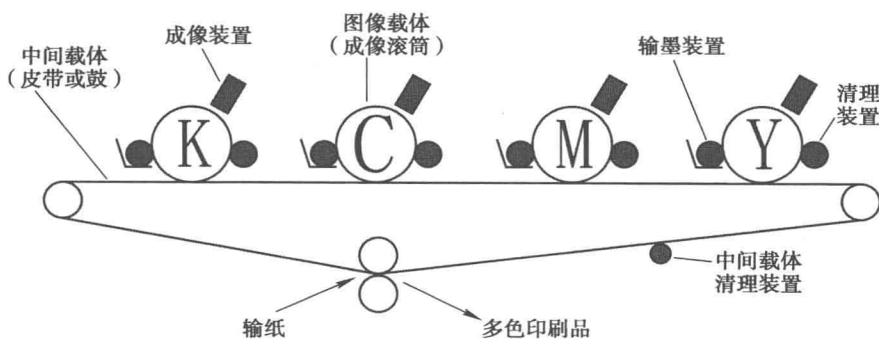


图 1-1-4 顺序排列集中转移示意图

② 卫星式排列

卫星式排列指各印刷单元依次沿转印滚筒的周向排列，为此要求采用直径较大的转印

滚筒，其主要优点是与印刷单元顺序排列的数字印刷系统相比机器结构更紧凑，安装占用空间小。

图 1-1-5 给出了四个印刷单元卫星排列的彩色数字印刷系统结构示意图，每一个印刷单元配有一个中间转印滚筒，即采用间接转印工艺。四个中间滚筒与转印滚筒组成四个转印间隙，纸张沿圆周方向依次通过这四个转印间隙。

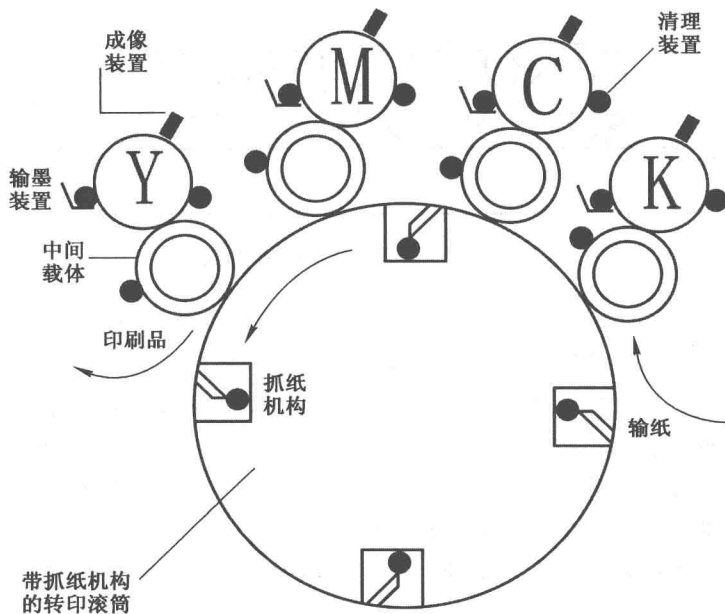


图 1-1-5 印刷单元卫星式排列示意图

说明：印刷单元无论采用顺序排列还是卫星排列方式，对其他数字印刷技术同样适用，并非是静电照相数字印刷机的专利。

(3) 多次通过系统与一次通过系统

彩色印刷通过青、品红、黄、黑四色墨粉或油墨的叠加呈色或并列呈色来实现，传统印刷如此，数字印刷也不例外。现有的静电照相成像数字印刷机一般需经历四次或更多次的输墨。多次输墨必然要求系统多次成像。但多次成像不一定要配备多个成像装置，而是可以由一个成像装置或多个成像装置来完成。

考虑到成像装置的生产成本较高，为了降低系统的整体生产成本，满足不同层次的用户需求，有些静电照相数字印刷机采用一个成像装置与多个输墨装置配对使用，这同时也可以使系统的整体结构安排更紧凑。成像装置与输墨装置的不同配对使用将导致彩色数字印刷机的系统结构差异。

① 多次通过系统

纸张多次走过同一转印间隙的彩色数字印刷系统称为多次通过系统。多次通过系统的显著特点是每一个印刷单元不是独立存在的，每一色共享同一个成像滚筒和成像装置，印刷一色走纸一次，多色印刷时纸张多次经过同一个转印间隙。

图 1-1-6 演示了一个结构设计很有特色的多次通过彩色静电照相数字印刷机的内部结构。其输墨装置（显影装置）设计成圆盘形结构，四色墨粉暗盒沿圆周均匀分布，即四个输墨装置集中在一个圆盘上。随着圆盘的转动，四色墨粉依次转移到光导鼓表面。转印间隙由光导鼓与转印滚筒组成，转印鼓上有抓纸机构，使纸张保持在相同的位置上，转印滚筒每旋转一周就完成一种主色的转印。

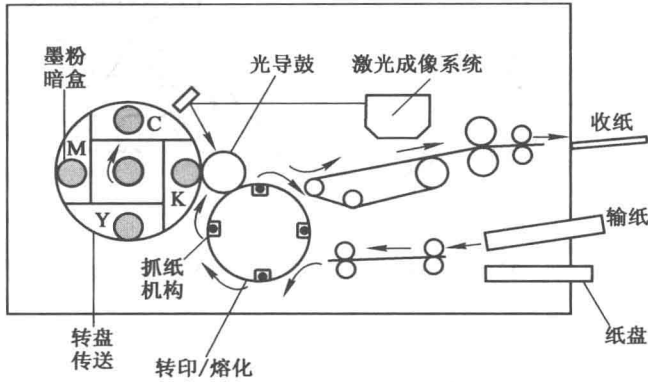


图 1-1-6 佳能 CLC 300 的圆盘输墨机构多次通过示意图

图 1-1-7 是另一种多次通过系统的典型结构，其图像载体设计成光导皮带的形式，输墨装置沿垂直方向排列，墨粉从光导皮带转移到大直径中间滚筒，转印间隙由中间滚筒与转印滚筒组成。

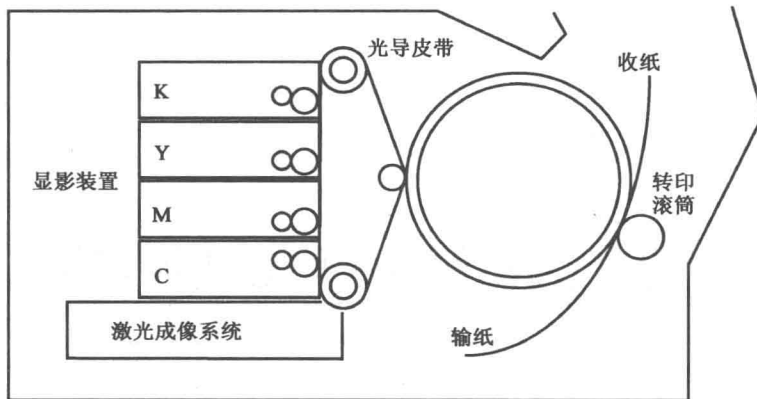


图 1-1-7 日立 BeamStar 的输墨装置垂直排列多次通过示意图

图 1-1-8 演示了柯尼卡公司与惠普公司联合推出的 Matsuchita 多次通过系统结构和工作原理示意图。该系统采用直接转印工艺，同时也采用输墨装置垂直排列系统结构设计方案，四色输墨装置沿光导鼓周向排列。由于墨粉从输墨装置直接转移到光导鼓，再从光导鼓转印到纸张，因而结构更简单，设备生产成本也因此而降低。

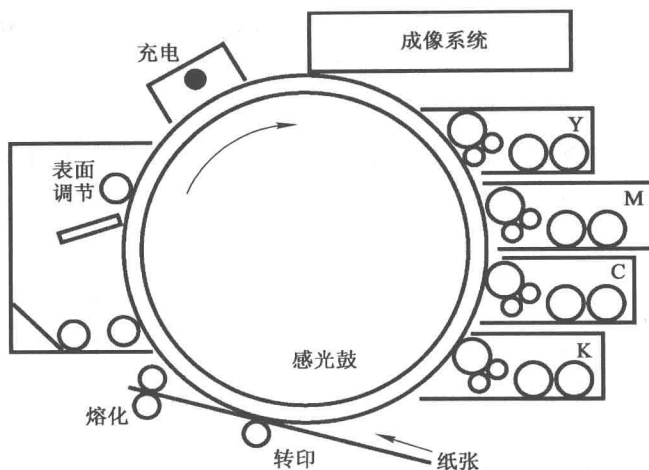


图 1-1-8 Matsuchita 的输墨装置垂直排列多次通过示意图

② 一次通过系统

如果一个成像装置与一个输墨装置配对使用，则彩色静电照相数字印刷机的工作效率可大大提高，而且纸张不必反复走过由转印滚筒（或转印皮带）与中间滚筒（或成像滚筒）组成的间隙，一次走纸就完成全部分色内容的转印。具有此类系统结构设计特点的数字印刷系统称为一次通过系统。在该系统中纸张可能只需要通过一个转印间隙，也可能需要走过多个转印间隙。例如，前文提到的佳能 CLC 1000 虽然只包含一个激光器，但激光束通过特有的光路系统分解成了四束，因而该彩色数字印刷机仍包含四个成像装置，纸张一次走纸通过多个转印间隙而完成各分色内容的印刷，因此属于一次通过系统。

一次通过系统的印刷单元通常布置成顺序排列方式，但也有个别系统采用卫星排列方式。一次通过系统的特点是每一个印刷单元都包含成像、输墨和清理装置，甚至还可能包含中间滚筒，比如前文中图 1-1-4 演示的就是带中间转印皮带的一次通过系统；图 1-1-9 给出的则是顺序排列无中间滚筒的一次通过系统示意图。

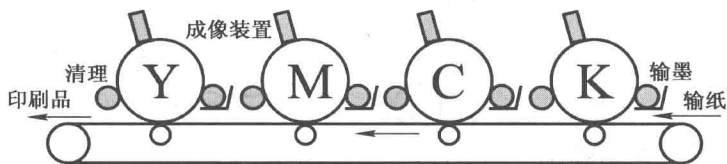


图 1-1-9 无中间滚筒的一次通过系统示意图

3. 输纸机构

大多数静电照相数字印刷机对纸张等承印物有一定的要求，包括纸张的质量、重量、幅面和表面特性等。对于数字印刷机而言，除了考虑不同承印物的适用性外，还必须考虑设计合理的输纸机构、收纸机构和双面印刷处理能力，以保证页面准确定位和良好的重复精度，以及正反两个印刷面的套准，避免产生过大的位置偏差。

(1) 输纸与收纸

数字印刷系统在成像、输墨和转印时都需要把计算机描述的逻辑页面转换为物理页面，这些操作均在理想的二值化平面上展开。在复制过程中，数字印刷系统把纸张等承印物的坐标原点按照系统认定的二值化平面的坐标原点来处理。因此，当纸张的实际坐标原点与系统认定的坐标原点不一致时，即使成像结果对系统来说是正确的，但转移到纸张上后就会产生差异。

保证理想二值化平面的坐标原点与纸张坐标原点一致的重要措施就是设计合理的输纸机构，要求纸张以均匀的速度前进，左右不能摇摆。在实际生产中，为了降低设备的生产成本，绝大多数黑白或彩色数字印刷机都靠左、右两个导向轮定位纸张的直线走纸方向。

HP Indigo 静电照相数字印刷机采用了与胶印机类似的输纸机构，具有较精确的输纸机构和定位精度。HP Indigo 静电照相数字印刷机配备了由递纸、前规和侧规等机构组成的输纸装置，纸张通过分纸机构从纸堆分离出来后，在输纸机构的控制下平稳而准确地输送到定位部件，然后使用真空吸气带式 and 传送带式递纸机构及测双张机构（包括超声波与机械测双张方式）进行送纸。由于前规和侧规机构的存在，纸张偏位的可能性较小，因为纸张的叼口位置已经由前规机构确定下来，纸张的侧边位置由侧规决定，纸张到达前规并实现前后方向定位后，再通过侧规定位纸张的左右方向，由于水平轴和垂直轴都已准确定位，从而使得纸张不仅走纸平稳，而且定位准确。

收纸装置与印刷质量无关，其承担的任务也与输纸装置不同。卷筒纸印刷机的收纸载体通常仍为卷筒。单张纸数字印刷机的收纸机构没有胶印机复杂，但它同样也具有基本的齐纸功能。有些静电照相数字印刷系统在收纸端也可能配备印后加工等表面整饰机构。

(2) 双面印刷

静电照相数字印刷机一般都具备双面印刷功能，其实现方法也多种多样，这取决于系统的目标应用领域和生产成本。

图 1-1-10 给出了双面印刷的一个典型设计实例。该设计方案采取的方法是在纸张的第一面印刷完成后使承印物翻身，并再次输送到同一印刷单元。为此，数字印刷机需配备专门的纸张翻转机构，且要求在系统中配置临时存储已印好一面的纸张的装置（临时收纸装置），由纸张翻转机构使纸张翻转到另一面，并再次输纸以实现另一面的印刷。

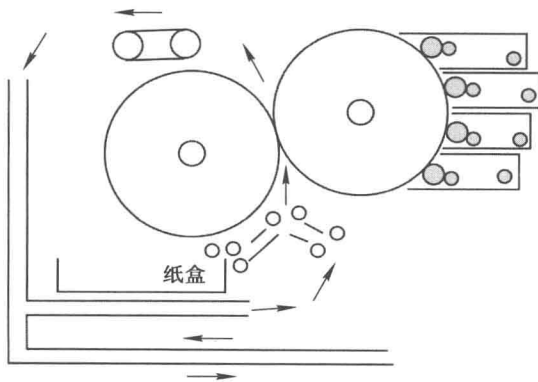


图 1-1-10 双面印刷纸张翻身结构例子

建立双面印刷的第二种方法较简单，那就是两个印刷单元反向输墨，布置成如图 1-1-11 所示的结构。假定第一个印刷单元在纸张正面印刷，则对于同一纸张反面的印刷在第二个印刷单元上实现，而该印刷单元的输墨方向刚好与前一个印刷单元相反，且它与前一个印刷单元在同一数字印刷系统中，这种处理方法通常用于高生产率的双面印刷系统。

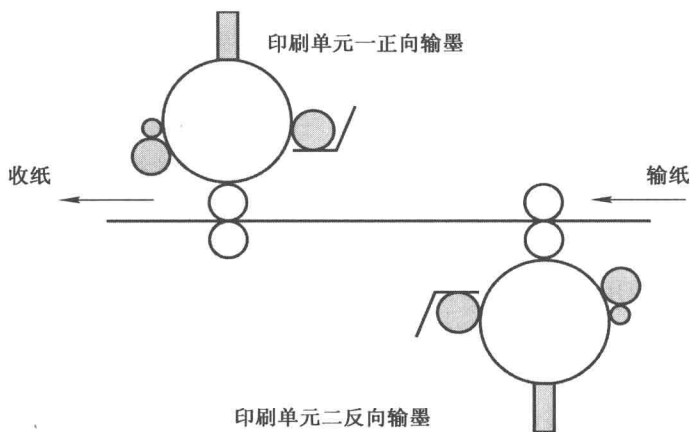


图 1-1-11 反向输墨实现双面印刷示意图

在单张纸静电照相数字印刷机中，以正、反两面的页面坐标原点定位误差通常较大，检查时以页码为参考基准，只要将正、反面印有页码的纸张对着光线观察，就很容易发觉位置偏差。

二、实验目的

1. 掌握静电照相复制工艺的基本工作原理。
2. 了解静电照相成像数字印刷机的内部基本结构及其系统配置特点。
3. 了解静电照相数字印刷机的输纸机构设计、定位精度特点及其与传统印刷机设计上的区别。

三、实验要求

1. 要求学生熟悉静电照相数字印刷机内部各部件的基本功能。
2. 要求学生能简要描绘出实验设备的印刷单元排列方式。
3. 要求学生能描绘出实验设备的输纸机构及其双面印刷机构设计简图。

四、实验设备与材料

施乐 DocuColor 6060 静电照相成像数字印刷系统，如图 1-1-12 所示。

五、实验步骤

1. 打开施乐 DocuColor 6060 数字印刷机的舱门，观察图 1-1-13 中所标示的各个按钮和机器部件。

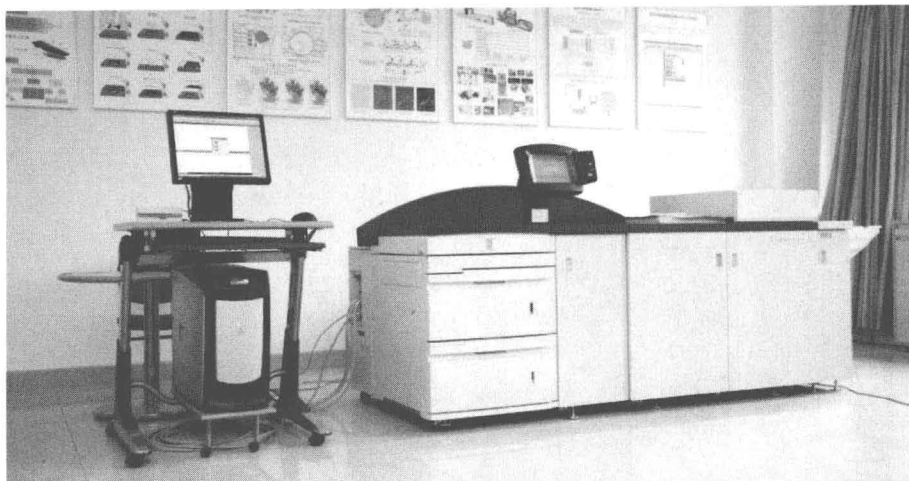


图 1-1-12 DocuColor 6060 数字印刷机

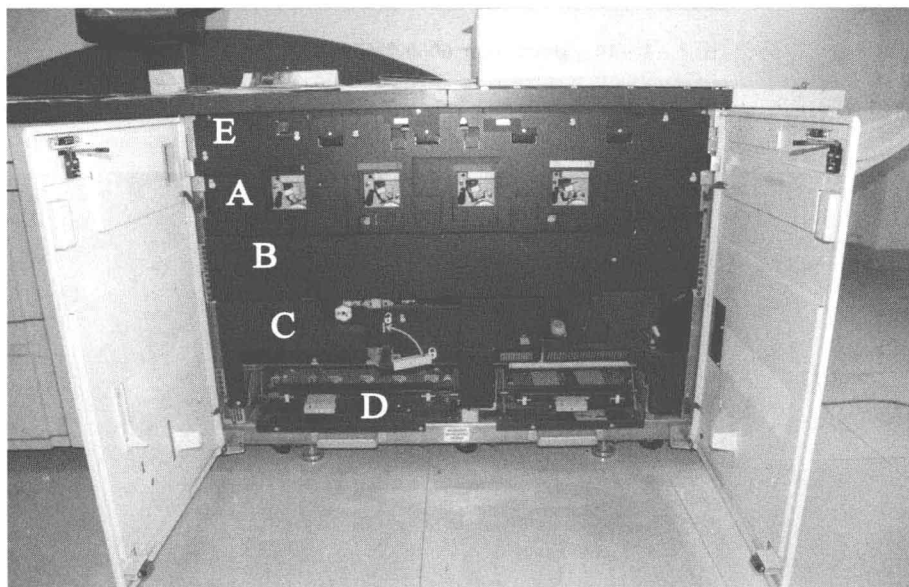


图 1-1-13 DocuColor 6060 数字印刷机成像部分

图 1-1-13 中，E 处的红色按钮为成像部分的电源开关；A 区为四组成直线型排列的印刷成像单元，从左至右分别为黑、青、品红、黄四个色组；B 区为转印带部分；C 区为纸路部分，包括转印和定影部分；D 区为双面印刷的纸张回路。在打开机器任何一个舱门后，绿颜色的旋钮或扳手都是可以旋转或可移动的部件。

2. 将转印及定影部分的机构安全锁逆时针旋转至“开锁”的位置，如图 1-1-14 所示，将整个部件拉出。