



追溯历史！讲激光打印机技术知识

2006-11-1 作者:lulaby 编辑:王琛

激光技术出现于60年代，真正投入实际应用始于70年代初期。最早的激光发射器是充有氦-氖（He-Ne）气体的电子激光管，体积很大，因此在实际应用中受到了很大限制。70年代末期，半导体技术趋向成熟。半导体激光器随之诞生，高灵敏度的感光材料也不断发现，加上激光控制技术的发展和，激光技术迅速成熟，并进入了实际应用领域。以美国、日本为代表的科研人员，在静电复印机的基础上，结合了激光技术与计算机技术，相继研制出半导体激光打印机。这种类型打印机的打印质量好、速度快、无噪音，所以很快得到了广泛应用。

90年代初，美国惠普公司和日本佳能公司生产的激光打印机，打印速度可达到每分钟8页，打印精度为600DP1。其中惠普公司的分辨率增强技术（Resolution Enhancement Technology）及 PCL 打印机语言，已成为世界标准。激光打印机按其打印输出速度可分为三类：即低速激光打印机(每分钟输出10~30页)；中速激光打印机(每分钟输出40~120页)；高速激光打印机(每分钟输出130~300页)。现在激光打印机仍以惠普、佳能、爱普生占据主要市场，此外，还有利盟(Lexmark)、施乐、松下、理光等系列。近年来我国的联想公司和方正公司也相继生产出了适用的激光打印机，并也占据了一些市场份额。

鉴于激光打印机如今使用非常广泛，但多数用户对于维修及故障排除都不太在行，为使许多同行能更好地了解和使用激光打印机，本人在多年使用中觉得，对于充分了解激光打印机的性质、结构及工作原理等的了解，对于排除激光打印机的故障是有很大帮助的。因此，就将激光打印机的结构、原理等总结如下，供同行们参考。

激光打印机是由激光器、声光调制器、高频驱动、扫描器、同步器及光偏转器等组成，其作用是把接口电路送来的二进制点阵信息调制在激光束上，之后扫描到感光体上。感光体与照相机构组成电子照相转印系统，把射到感光鼓上的图文映像转印到打印纸上，其原理与复印机相同。激光打印机是将激光扫描技术和电子显像技术相结合的非击打输出设备。

它的机型不同，打印功能也有区别，但工作原理基本相同，都要经过：充电、曝光、显影、转印、消电、清洁、定影七道工序，其中有五道工序是围绕感光鼓进行的。当把要打印的文本或图像输入到计算机中，通过计算机软件对其进行预处理。然后由打印机驱动程序转换成打印机可以识别的打印命令（打印机语言）送到高频驱动电路，以控制激光发射器的开与关，形成点阵激光束，再经扫描转镜对电子显像系统中的感光鼓进行轴向扫描曝光，纵向扫描由感光鼓的自身旋转实现。

感光鼓是一个光敏器件，有受光导通的特性。表面的光导涂层在扫描曝光前，由充电辊充上均匀电荷。当激光束以点阵形式扫描到感光鼓上时，被扫描的点因曝光而导通，电荷由导电基对地迅速释放。没有曝光的点仍然维持原有电荷，这样在感光鼓表面就形成了一幅电位差潜像（静电潜像），当带有静电潜像的感光鼓旋转到载有墨粉磁辊的位置时，带相反电荷的墨粉被吸附到感光鼓表面形成了墨粉图像。

当载有墨粉图像的感光鼓继续旋转，到达图像转移装置时，一张打印纸也同时被送到感光鼓与图像转移装置的中间，此时图像转移装置在打印纸背面施放一个强电压，将感光鼓上的墨粉像吸引到打印纸上，再将载有墨粉图像的打印纸上送入高温定影装置加温、加压热熔，墨粉熔化后浸入到打印纸中，最后输出的就是打印好的文本或图像。

激光打印机工作过程所需的控制装置和部件的组成、设计结构、控制方法和采用的部件会因厂牌和机型不同而有所差别，如：

①对感光鼓充电的极性不同。

②感光鼓充电采用的部件不同。有的机型使用电极丝放电方式对感光鼓进行充电，有的机型使用充电胶辊

网站：<http://www.518168.cn> 电邮：sintec@126.com 电话：027-62820605



(FCR) 对感光鼓进行充电。

③高压转印采用的部件有所不同。

④感光鼓曝光的形式不同。有的机型使用扫描镜 直接对感光鼓扫描曝光，有的机型使用扫描后的反射激光束对感光鼓进行曝光。

不过他们的工作原理基本一样。由激光器发射出的激光束，经反射镜射入声光偏转调制器，与此同时，由计算机送来的二进制图文点阵信息，从接口送至字形发生器，形成所需字形的二进制脉冲信息，由同步器产生的信号控制9个高频振荡器，再经频率合成器及功率放大器加至声光调制器上，对由反射 镜射入的激光束进行调制。调制后的光束射入多面转镜，再经广角聚焦镜把光束聚焦后射至光导鼓(硒鼓)表面上，使角速度扫描变成线速度扫描，完成整个扫描过程。

硒鼓表面先由充电极充电，使其获得一定电位，之后经载有图文映像信息的激光束的曝光，便在硒鼓的表面形成静电潜像，经过磁刷显影器显影，潜像即转变成可见的墨粉像，在 经过转印区时，在转印电极的电场作用下，墨粉便转印到普通纸上，最后经预热板及高温热 滚定影，即在纸上熔凝出文字及图像。在打印图文信息前，清洁辊把未转印走的墨粉清除，消电灯把鼓上残余电荷清除，再经清洁纸系统作彻底的清洁，即可进入新一轮工作周期。

(1) 数据转译：要打印完整的文字、图像，除激光打印机本身的功能外，还必须通过计 算机把要打印 内容，即文字或图像用文字处理软件或图形处理软件，编辑成具有一定格式的计算机语言。其描述的内容都是由计算机编辑软件决定，与激光打印机没有任何关系。当我们选定了打印 机命令，并按下确定打印按钮后，计算机把编辑好的数据通过打印机接口传给打印机，由打印机驱动程序把打印的内容进行解释，并转换成打印机可以识别的语言（也叫打印机语 言），由打印机按照自己的语言打印出已经编辑好的文字或图像。

不同型号的激光打印机，打印语言不同，所使用的驱动程序也不同。当然也有可兼容 的打印机驱动程序。现在生产的激光打印机，普遍采用标准打印语言 PCL5或 PCL6语言。

(2) 数据传送：打印机与计算机之间的通讯传送端口有很多种，比较常见的是"串口" 或"并口"。EP P/ECP (Enhanced Parallel Port / Extended Capabilities Port) 称为增强型/扩展型并口。"串口"由于速度较慢，一般很少采用。其他如 SCSI 接口，因速度快，大都用在较 高档的打印机上。还有的打印机采用视频接口 (VDO) 方式与计算机通讯，通讯方式与其他 接口不同，它传送的不是数据，而是激光束流，速度更快。它的数据是由另外一块"视频转 换卡"来完成，但因它与计算机共享内存，要求计算机有足够的缓存空间。一般印刷排版行 业采用此种接口的打印机较多。有的高档打印机带有多种接口，可同时接多台计算机。现在 生产的很多打印机配备速度更快的 USB 接口。

当打印控制器从计算机接收数据之后，打印机一般采取两种工作方式：一种是把数据 直接送给解释器执行打印，称为"段工作方式"，这种方式工作的打印机不需要很多的缓存 和内存，普通型的打印机多采用此种工作方式。另一种是把传输的数据存储在打印机内部的 硬盘中，待使用时可随时打印出来，也称为"池工作方式"，很多高档打印机使用这种工作 方式。它的优点是当许多用户共享一台打印机时，可同时发出打印命令而不必等待，并可节 省数据通讯传输的等待时间，但其价格也较贵。

激光打印机打印出的文字或图像，如果在放大镜下观察，就会发现文字或图像是由很多的 白点和黑点组成（也叫点阵图形），与普通的点阵式打印效果相似。前者是通过控制激光 束的开与关实现点阵排列，而后者则是通过打印 针击打来实现点阵排列。



光栅图像是一种视频数字图像，需要打印机中的光栅转换器把视频数据进行光栅化处理，转换成打印机使用的点阵图像打印，所谓光栅图像是由独立的点所组成的图像。如报纸上印的或电视屏幕上显示的图像就是光栅图像。

激光打印机的点阵排列是由二进制数据组成的方阵控制，每个点对应一个二进制数位，由运算控制器控制激光器向感光鼓表面射出一束激光，称为"曝光"，被曝光的"点"称为"像素点"。要打印一个文字或一幅图像，需要很多的"像素点"组成。因此，单位面积内像素点的数目越多，打印的分辨率就越高。如果一个激光扫描装置，沿感光鼓轴向水平表面，射出每英寸300个点，并且感光鼓由主电机带动按照1/300分匀速旋转，那么，激光打印机就能以每平方英寸300×300DPI的分辨率打印出文字或图像。现在，高档的激光打印机的输出精度可以达到2400DPI。由像素点形成点阵图像，还要经过声光调制器、高频驱动器、扫描器同步器和光学系统共同完成。

(1) 声光调制器

大家知道，电视机接收到的图像和声音是由电视台将声光信号调制为电信号发射出来的。电视机接收到电信号再经过解调，还原成图像和声音。激光打印机激光器射出的光束也载有数据信息，这些信息的转换过程也类似于电视机信息传递过程。只是此过程是由声光调制器转换的。声光调制器的调制频率可达30MHz左右，特性稳定，因此大多数的激光打印机都采用这种调制器。声光调制器的工作原理是利用声光效应所产生的布喇格衍射的特点，实现对激光束传播方向的控制。激光束欲完成图文信息的映像任务，必须用图文信息进行调制，恰如电视台将图像及声音信号调制到无线电波上去，方能在电视机中解调出图像与声音信号一样。

声光调制器的工作原理，是利用声光效应产生布喇格衍射，若在玻璃及晶体等超声媒质中产生超声波，便将引起周期性的折射率变化，而成为相位型衍射栅，光栅常数等于超声波波长，当激光束射到超声媒质中时，激光束即产生衍射，衍射光的强度及方向会随超声波的频率及强度而变化，即为声光效应。

当向玻璃或晶体发射超声波而产生反射，由入射角折射的光线传播而形成相位变化的衍射光栅，光栅常数等于超声波的波长 λ 。如果激光束射入超声媒体中，激光束就会产生衍射，衍射光的强度和方向随超声波的频率和强度的变化而变化，这就是声光效应。根据波干涉的加强条件，入射光和衍射光的方向满足布喇格方程：

$$\theta_i = \theta_d = \theta_B$$

$$\sin \theta_B = \lambda / 2A = \lambda f / 2v \quad (v = fA)$$

式中： θ_i ：入射光与超声波面的夹角； λ ：光在介质中的波长； θ_d ：衍射光与超声波面的夹角； A ：超声波波长； θ_B ：布喇格角； f ：超声波频率。 θ_B 很小时， $\sin \theta_B \approx \theta_d$ ，则方程可简化为： $\theta_i = \theta_d = \theta_B = \lambda f / 2v$ ，当衍射光和入射光的夹角为 α 时，则： $\alpha = \theta_i + \theta_d = 2\theta_B = \lambda f / v$ 。式中 α 为偏转角，它与超声波的频率成正比。改变超声波频率 f ，就可以改变偏转角 α ，从而达到控制激光束方向的目的。

按布喇格衍射理论，当超声波维持一种频率的高频信号时，入射的激光束除产生一条0级光外，还产生一条1级衍射光。0级光控制同步器和高频信号的起停，1级衍射光对感光鼓曝光形成像素点。

布喇格衍射在超声波只有一种高频信号时入射的激光束除产生未偏转的0级光外，尚产生一条1级衍射光，声光调制器在改变光束的传播时，还使0级及1级光的强度随调制信号而变化，若有若干个不同的高频正弦波被加到换能器上，则能产生若干条衍射光，称这种现象为多频衍射。在激光打印机中，高频驱动电路的作用，即是产生多个高频正弦波信号，供声光调制器使用。典型的高频信号源，可产生9个高频信号，经声光器件产生9条衍射光。这9条高频信号频率应稳定，波形失真小，在相加电路中相加到一起送往换能器时，需各个频率的信号相互影响小，不产生畸变，以便保证经衍射后的衍射光有较好的线性。



2) 扫描器

要使经过声光调制器后的激光束在感光鼓上产生文字或图像，激光束需要完成横向和纵向两个方向的运动，不能依靠激光器运动来实现，因为由光电器件运动而带来的振动会影响激光束的精度。所以激光打印机的激光器采用固定式结构，而由一个多面旋转的反射镜来完成激光束横向扫描，依靠感光鼓的旋转实现纵向扫描。

欲使经调制后的激光束在感光鼓上产生文字与图像，尚应完成横向（沿打印纸行的方向）及纵向两个方向运动。纵向运动是依靠感光鼓的旋转来完成，而光束的横向运动则由扫描器来完成。按工作方式扫描器分声光式、电光式、检流计式及转镜式等。鉴于转镜式扫描器有扫描角度大、分辨率高、光能损耗小及结构简单等优点，而被广泛用于激光打印机中。为了减少多面镜旋转时产生的非线性误差，转镜的几何精度的误差及转镜驱动电动机转速不稳等，引起的纵向间距和字符的轨迹不均匀等缺点，一般在扫描器中还装有一个同步信号传感器。此传感器是使用布雷格衍射产生的0级光，不产生偏转，从而经多面转镜反射后具有照射位置固定的特点，将其作为同步信号，用来控制高频信号发生器的起停，可保证扫描间距一致，消除上述误差。

为使扫描器产生的扫描光束集成规定的大小，并在感光鼓上进行匀速直线运动，应采用较好的光路系统。光路系统根据透镜处于扫描器的前后位置，分物镜前/后型两种形式，由于物镜后型在扫描较大图形时失真严重，很少采用。物镜前型扫描线较直，但亦有失真，由于后来生产的激光打印机中，采用多个透镜组合在一起的广角聚焦镜，焦距为300mm，多面转镜的物距为37mm，失真度仅为0.0011%，已能完全满足激光成像的要求。

激光打印机用的多棱扫描器（镜），一般有二面镜、四面镜、六面镜三种，由扫描电机带动旋转，完成横向的扫描运动。它是保证激光打印机打印精度的关键部件。扫描器完成横向扫描的原理为：我们设定MN为扫描器的一个镜面。当入射激光束射到MN面的A点上时，若入射角为 θ_i ，则反射光束以反射角 θ_d 反射出来， $\theta_i = \theta_d$ ，当MN转过一个角度 φ ，而入射光束方向不变，则反射光束转过 2φ ，也就是反射光束以MN的两倍角旋转。如果P为反射光点在感光鼓的一端，而P1为反射光点，在感光鼓的另一端就完成了对感光鼓的横向扫描，当然扫描器的旋转速度是极快的，所以P~P1之间也形成很多的反射激光束点。当主电机带动感光鼓旋转，同时也完成纵向扫描的反射激光束点，就这样最终完成文字或图像的点阵排列。

(3) 同步器

扫描器在扫描电机的带动下飞速旋转，由于扫描电机旋转时产生的非线性失真及扫描器几何精度的误差，会引起纵向间距和字符轨迹不均匀。在扫描系统中，装有一个同步信号传感器，同步传感器利用布雷格衍射产生的0级光不发生偏转的性质，经过扫描器（镜）反射后，照射同步传感器的吸收窗转换为同步信号，用它来控制高频信号发生器的起停，从而保证扫描间距的一致，消除误差。

(4) 光学系统

为使扫描器反射产生的激光束，聚集形成规定大小的光点，消除光束传播过程中的漫射，需要用一组光学透镜对光束进行调制，提高扫描精度。它包括：弧面透镜、球面透镜、反射镜。这组透镜只有将激光束校正失真度为0.1%，才能满足激光成像的技术要求。

激光打印机是精密的机械系统，它利用光、电、热的物理、化学原理通过相互作用输出文字或图像，这些复杂的过程都由一个电子控制系统来实现，称为电子显像系统。“静电成像”的理论是美国人卡尔逊首先提出的，因此也称为卡尔逊法。或称为放电成像法。基本过程可分为充电、曝光、显影、转印、定影、清洁、消电7个步骤，其中5个步骤是围绕电子显像系统进行的。



(1) 充电

感光鼓表面光导体材料在不见光的情况下为绝缘体，呈中性状态，不带有任何电荷。要实现在光导体表面的"静电潜像"，必须在光导体表面进行充电，使之荷电。只有这样，当激光束扫描到光导体上时，光导体被曝光的点导通，形成光束点阵。点阵电荷与基体导通形成"电位差潜像"，当感光鼓旋转到与显影磁辊相切位置时，把磁辊上载有与光导体表面电荷属性相反的墨粉吸引到感光鼓表面，从而在感光鼓上显现出墨粉图像。

欲使感光鼓能按照图文信息吸附上碳粉，应先对硒鼓进行充电，充电电极是一根与感光鼓轴平行的钨丝，其上带有5~7kV的直流高压，当硒鼓表面与钨丝非常接近时，周围的空气被电离产生电晕放电，使感光鼓带上了电荷。电压的正负由钨丝所带的电压决定，若光导材料为硒碲合金时，则充正电，感光鼓旋转一周后使整个表面均被充电。

激光打印机对感光鼓充电的方法，因机型不同而采用的具体充电方法也有不同，但充电原理基本一致，都是采用直流高压的电晕放电对感光鼓表面充电。

早期生产的激光打印机采用电极丝及栅网复合的结构充电的较多，现在新型激光打印机大部分采用充电胶辊（FCR）对感光鼓充电。当高压发生器送到电极丝一个高压电后，电极丝与栅网之间形成一个强电场，并释放出电晕。使电极丝与感光鼓之间的空气发生电离，空气离子向感光鼓表面迁移，使光导体（感光鼓）表面充满电荷。这种方法能使光导体（感光鼓）表面荷电均匀，但同时也产生大量的负离子（臭氧）。臭氧聚集到一定量时，对人体是有害的。如佳能早期产品LBP-SX、ST型，惠普公司的早期产品HP2、3和日本生产的松下KX6500，联想LJ6L、LJ6P等机型均采用此方法充电。

现代生产的激光打印机大部分都采用充电辊充电，由于采用接触式充电方式，不需要很高的充电电压，且没有臭氧产生，但由于电离尘的积存，增加了对感光鼓的磨损，也会有充电不均匀的现象。

(2) 扫描曝光

就像我们用笔在纸上写字一样，扫描曝光的工具是用激光束在感光鼓上进行"书写"曝光，这幅文字或图像是不可见的，这就是我们所说的"静电潜像"。

当硒鼓表面经过钨丝电极时，其表面被充上正电，光导层与底基的界面感应出负电。当激光光束中有光部分照到硒鼓表面的某个区域时，称为曝光。经曝光后的地方电阻率明显地降低，表面的正电荷与界面的负电荷便中和消失，由于硒碲合金颗粒之间具有良好的绝缘性能，未经曝光的表面正电荷仍保持不变，即形成一层静电潜像。

扫描曝光就是利用感光鼓表面光导材料的光敏性质。当光导体受到激光束扫描照射后，被光照的部分与感光鼓导电层导通使电荷消失，没有被光照射的部分仍保持充电电荷，这样就形成一幅电位差图像，也可以理解为对感光鼓的"消电"过程。消电过程，光导体表面的电位是在变化的，这个电位变化对打印质量影响很大。

在对感光鼓表面充电时，随着电荷在感光鼓表面的积累，电位也不断升高，最后达到"饱和"电位，就是最高电位。表面电位会随着时间的推移而下降，一般工作时的电位都低于这个电位，这个电位随时间自然降低的过程，称之为"暗衰"过程。感光鼓经扫描曝光时，暗区（指未受光照射部分的光导体表面）电位仍处在暗衰过程；亮区（指受光照射部分的光导体表面）光导层内载流子密度迅速增加，电导率急速上升，形成光导电压，电荷迅速消失，光导体表面电位也迅速下降。称之为"光衰"，最后趋缓。



从理论上说光衰越快越彻底越好，实际上很难达到。剩余残留电位的高低就会影响打印质量，如残余电位过高，将会出现打印“底灰”现象。一幅静电潜像形成后，还必须经过如下所述的“显影”过程才能转换成墨粉图像。

(3) 显影

把光导体表面形成的“静电潜像”，经过“显影”显示出墨粉图像，这个过程称之为“电子显影”。显影工作是由显影器完成，其作用是将静电潜像变成可见图像。显影是利用物质间电荷同性相斥、异性相吸的原理完成的。

显影器中装有铁粉及碳粉，经摩擦后铁粉带正电，碳粉带负电，这样铁粉被碳粉包围而吸附了碳粉的铁粉又被永久磁铁吸附，形成类似于毛刷似的一层铁粉与碳粉混合物。当硒鼓表面从这层磁刷下经过时，碳墨粉因带负电而被吸到硒鼓表面仍保持着正电的部分，形成了可见的碳粉图像。搅拌器的作用，是使铁粉与碳粉摩擦带电。

感光鼓表面的“静电潜像”电荷与显影墨粉所带的电荷极性相反，当感光鼓与携带墨粉的磁辊靠近到一定的距离时，墨粉即被吸引，或者说是墨粉跳跃到感光鼓表面而形成“墨粉图像”，也称为跳动显影。注意：激光打印机感光鼓曝光后表面“静电潜像”的电荷呈负极性，而墨粉所带电荷为正极性。显影单元的墨粉传递是这样完成的。

当墨粉在粉盒内被搅拌器搅拌均匀后，墨粉由掺杂的载体运载并被磁辊内的永久磁芯吸附到磁辊外表面上，这时墨粉不显极性。当磁辊载着墨粉旋转并与墨粉刮板相切，与之摩擦时，使墨粉带上正电荷。墨粉在墨粉刮板和磁场作用下，在磁辊表面上形成很薄且分布均匀的墨粉雾。墨粉刮板还起到限制墨粉量的作用，使墨粉不致吸附过多。

前面提到，感光鼓残留电位是打印产生“底灰”的重要原因，解决的办法是在磁辊套上加上适当的交、直流“偏压”，以抵消墨粉过量的传递。显影偏压有两个作用，适当调节显影偏压，一是防止产生“底灰”，二是调整打印浓度。实际应用中，“打印浓度”调节旋钮就是调节显影偏压。如惠普、佳能、爱普生、联想的一些激光打印机机型都有此旋钮。但打印浓度的提高也意味着分辨率的降低，因为过多的墨粉在定影后会影影响分辨率。

现在新生产的激光打印机一般都带有“分辨率增强方式（RET）”。通过RET方式，可以填充斜线或弧线“点阵空穴”的缺陷，RET对横、竖向点阵不起作用。它有三种方式：①轻度（Light）；②中度（Medium）；③深度（Dark）。RET可以结合打印浓度的选择打印出精美的文字或图像，也称为平滑技术。不同设置，打印出样张上的标志块不同。

显影磁辊：显影磁辊是运载墨粉的重要部件。永久磁芯是不旋转的，它的作用是利用磁性吸附墨粉到磁辊表面。磁辊表面喷有一层粗糙的石墨层，使之与墨粉刮板形成电于空穴而利于墨粉传递。当载有墨粉的磁辊旋转出刮板位置时，磁辊表面的墨粉除带有电荷外，由于磁场的作用力使之形成“磁穗”，也就是“墨粉雾”，对磁辊外套施加偏压，使磁穗有秩序的排列起来。磁辊“隔套”的作用是控制磁辊表面磁穗与感光鼓之间的有效吸引距离，有利于提高墨粉“跳动显像”。

墨粉：激光打印机使用的墨粉是单组分墨粉，投影方法的原理类似于NP复印机，也就是NP法。“单组分墨粉”并非没有载体，因为没有载体，墨粉就无法运载。它是将“载体”粉化成细微颗粒与墨粉混合，超细墨粉的颗粒应小于10nm。不同型号的激光打印机由于曝光强度及显影偏压的不同，所用的墨粉也不同，不能随意代用，不同机型同等质量的墨粉“载体”含量不同。也有一部分打印机使用无磁性墨粉。

欢迎赐稿！武汉新特光电有限公司编辑整理。