

喷墨技术及应用

作者：蒲嘉陵

喷墨技术是 DRUPA' 04 的一个亮点，在参展厂商、展示内容方面均创历史新高，应用领域基本覆盖了印刷的所有领域，呈现出非常诱人的发展前景。计算机整合生产技术是 DRUPA' 04 展览会的主题，因此，本次展览会也被称为 JDF-DRUPA。有专家预测，喷墨技术将成为下届 DRUPA 展览会的主题，下届 DRUPA 展览会极有可能被称为 Inkjet-DRUPA。

喷墨技术的发展和现状可以用这样一句话来形象地描述，即，小小喷嘴，喷出绚丽多彩的大千世界。目前，喷墨成像已经成为大幅面数字喷绘（印刷）、数字彩色打样、数字印刷、数字照片打印以及家庭和办公室彩色输出系统首选的彩色硬拷贝技术，获得巨大的应用和商业成功。喷墨技术为什么会取得这样的成功？今后会向什么方向发展？是目前印刷界普遍关心的问题。

一、喷墨成像及其特点

喷墨成像系统主要由喷头、受像介质（承印物）和必要的传动控制系统构成，喷头和受像介质之间出于非接触的状态（间距一般在厘米量级），喷头喷射出的细小墨滴直接附着在承印物上，形成可视影像。因此，从广义上讲，喷墨技术与印刷、静电照相一样，属于硬拷贝技术的范畴。

在传统的印刷方法中，成像组件（母版）与承印物处于紧密接触状态，而且母版上的信息不可擦写或改变（这种印版又称为固定印版），影像的形成依靠印版和承印物两者之间的压力，因此，严格意义上讲是一种使用固定母版的有版、有压硬拷贝技术（图 1）。但喷墨印刷不同，成像组件（喷头）与承印物不接触，影像的形成不需要压力也不要母版，是一种无版、无压硬拷贝技术（图 1）。静电照相正好处于两者之间，母版是一种可擦写的介质、母版与承印物之间的距离为毫米量级，依靠电场而不是压力实现影像的形成，是一种使用可擦写母版的无压硬拷贝技术（图 1）。

图 1 常见的硬拷贝成像技术

从上面的描述不难看出，喷墨成像是一种真实意义的非接触、无版的无压硬拷贝技术，必然具有很多有版（包括固定印版和可擦写印版）硬拷贝成像技术不具备的优点。

非接触的特点（而且，喷头与承印物之间的距离可以在厘米量级）使喷墨技术可以在非常厚度范围非常大的介质上成像，也可以在不同表面形貌、甚至非平面的介质上成像，这是其它硬拷贝技术，特别是有压硬拷贝技术完全做不到的。同样，由于非接触的特点，只要油墨与受像介质匹配（不存在亲和性、扩散和干燥等问题），喷墨技术可以在不同种类和机械强度的材质上成像（特别是，“娇嫩”或“疏松”的材质），这也是其他硬拷贝技术难以实现的优点。

无版的特点，使这种技术一开始就必须寻找一种在喷射和不喷射两种状态之间进行切换的控制方法，否则就不可能形成影像。因此，喷墨从其诞生的那一天开始就是一种“彻头彻尾”数字成像技术，命中注定是数字系统必然选择的硬拷贝技术。喷墨技术之所以有得到如此迅猛的发展和广泛的认可，是和其天生的数字“先天血统”和今天数字化革命的“后天环境”分不开的。

二、喷墨成像技术的演变和发展

2-1 喷墨技术的诞生和发展过程

与 11 世纪毕生发明了活字版印刷术，揭开了现代印刷发展的序幕，Carlson 于上世纪的 30 年代末期提出并发明了静电照相成像过程相比，喷墨技术应该是一项年轻的技术。



目前,难以考证是谁最先提出喷墨成像过程,或谁可以接受发明喷墨技术的美誉,但喷墨成像概念的提出应该是在上世纪的60年代,并经历了以下几个阶段的发展历程。

1960年代:出现喷墨成像的概念;

1970年代:出现连续和按需喷射喷墨成像技术和系统;

1980年代:出现热气泡喷墨技术和系统;

1990年代:喷墨技术在技术上不断完善和应用领域不断扩大;

1990年代末到21世纪初:随着产业基础向数字化方向的迁移,喷墨技术的应用领域得到不断扩大,并开始出现专业化趋向,主要有针对强调使用方便和面维护的彩色市场(如,家庭和办公室数字彩色输出终端)、重视影像质量的彩色市场(如,数字照片打印系统、数字彩色打样系统等等)和强调速度和质量平衡的市场(如数字印刷、室内和室外彩色喷绘、大幅面喷绘以及织物等特殊介质的喷绘)等等。

也有人将喷墨技术的发展和應用分为三个阶段。第一个阶段主要是喷墨技术的诞生以及在包装的标注和打码(产品批号、生产日期等等)方面的应用,这样一个应用在上世纪80年代达到高潮;第二个阶段是喷墨设备(特别是彩色喷墨)大面积进入家庭和办公室,并开始在印刷领域得到应用,在时间上应该处在上世纪的80到90年代;目前,喷墨技术正在进入它的第三个发展阶段,即在技术上不断成熟和应用领域、市场份额急剧扩大的阶段。也有人将喷墨的应用粗略分为工业应用和桌面应用两大类。尽管不同的市场应用对喷墨技术的要求并不完全相同,但喷墨成像过程主要由以下三个基本部分构成,即,墨滴产生、扫描成像和受像干燥。

2-2 墨滴的产生

墨滴产生是喷头的最主要组成部分,由油墨供给系统和墨滴产生系统构成。油墨供给系统保证按照设定压力(静压),向喷墨腔输送油墨。墨滴产生系统实际上是一种脉冲压力产生系统,即,按照一定的工作频率(数字脉冲)在喷墨腔内产生一个脉冲压力(动压),将油墨从喷嘴“挤压”出去,形成墨滴。脉冲压力的产生主要有压电晶体振荡、热气泡、静电吸引等几种方法,但目前常用的主要有压电晶体振荡和热气泡两种。

压电晶体振荡主要利用压电晶体在电场作用下变形的特点(通常利用的有伸缩和剪切两种变形),在喷墨腔内部空间产生一个体积变化,由此产生的压力将油墨从喷嘴“挤压”出去,实现墨滴的喷射。因为压电晶体振荡与油墨没有任何关系,这种墨滴产生方式对油墨的物化性质没有特殊要求,可以适合水基、溶剂、紫外等不同油墨的喷射,但这种压电晶体振荡器件相结构复杂,器件小型化比较困难(直接影响喷嘴的集成度),价格比较昂贵。热气泡则利用设置在喷墨腔内的微型热电阻在加热时(由电脉冲控制)温度升高,使热电阻表面的油墨溶剂气化(温度可以超过3000C)产生的气泡,由此产生的压力将油墨从喷嘴“挤压”出去,形成墨滴。因为墨滴的喷射涉及油墨的高温气化过程,所以热气泡喷墨要求油墨性能在高温下稳定,而且组成“纯净”,不在热电阻表面产生“焦化”(分无机和有机焦化两种)。热气泡喷墨器件结构简单,小型化相对容易(可以实现较高的喷嘴集成度),价格比较便宜。

墨滴产生过程在喷墨技术中占有非常重要的地位,不管采用哪种墨滴产生方法,一般都要求所产生的墨滴尺寸稳定,能够准确地控制。对二值喷墨系统,要求所产生的墨滴尺寸恒定不变,对可灰阶喷墨系统则要求不同大小的墨滴能够按照控制信号准确、稳定地控制。墨滴的大小与喷嘴尺寸(开口大小)有密切关系,直接影响喷墨成像系统的一级分辨力(即,由喷头器件的物理尺寸决定的分辨力)。尽管最终影像的分辨力还与油墨与受像介质相互作用有关,但一般情况下,300dpi的分辨力要求墨滴尺寸不超过80pl,600dpi不超过40pl,1200dpi不超过4pl,2400dpi不超过2pl。(注:1pl=10-12升)。为了减少墨滴尺寸,实现高精细彩色成像的要求,喷嘴的尺寸也在不断减小,目前高分辨力喷头的喷嘴尺寸已经在



10 微米以下，墨滴尺寸已经降到 1pl，甚至亚 pl（即，零点几个 pl）。提高分辨力的另外一个有效途径是通过喷嘴集成排列和扫描控制，由这种方式得到的分辨力增益称为二级分辨力。这将在下一节中重点介绍。

2-3 扫描成像

扫描成像部分主要是墨滴向受像介质上的喷射和不喷射两种状态的控制，以及实现受像介质整个幅面成像的扫描方法两个方面。在喷射和不喷射状态的控制方面，主要有连续喷射型和按需喷射型两种。

在连续喷射型中，不管墨滴是否向受像介质喷射，喷墨腔中脉冲压力始终处于不间断的工作状态（按照一定的工作频率），即，墨滴始终通过喷嘴在向外喷射，但在喷嘴的附近有墨滴带电、偏转和捕获装置，对墨滴向受像介质的喷射状态进行控制（喷射控制信号加在偏转电极或带电电极上）。不需要到达受像介质的墨滴被捕获并通过油墨供给系统被送回到喷墨腔，需要到达受像介质上的墨滴将借助偏转装置产生的偏转电场越过捕获装置，到达受像介质，形成影像。因此，连续喷射型喷墨头除了墨滴供给系统和产生系统外，还必须有墨滴带电、偏转和捕获装置，结构复杂，喷头的体积不可能做得很小，而且要求油墨必需具备导电性（墨滴带电要求），器件昂贵。因为脉冲压力始终处于工作状态，墨滴产生速度可以非常高，单嘴墨滴产生速度可以达到每秒钟数十万滴的工作频率。

与连续喷射不间断的墨滴产生不同，按需喷射只需要在图像部位才喷射，因此，喷射信号（脉冲信号）直接加在压电晶体振荡器或加热电阻上，也不要复杂的带电、偏转和捕获装置，对油墨是否导电也没有要求。因此，相对于连续喷射喷头，按需喷射喷头有结构简单、小型化容易、价格相对便宜的特点。热气泡喷墨系统尤其如此，非常适合于制作高喷嘴集成密度的喷头，以满足质量和速度的要求。因为脉冲压力处于间歇工作状态，墨滴产生速度相对较低，单嘴墨滴喷射速度一般在每秒一万滴以下。

由于单个喷嘴覆盖区域非常有限，为了提高喷墨系统的成像速度，一般都需要将喷头做成多喷嘴集成的喷头。喷嘴的集成度与喷头器件的复杂程度有关，压电晶体喷头的集成度一般不高，单色单列喷嘴集成度一般很少超过 200dpi，热气泡喷头集成度相对较高，单色单列喷嘴的集成度可以达到 1200dpi，甚至更高。为了在相同的单列喷嘴集成密度下实现更高的喷嘴空间排列密度，一般采取两列喷嘴交错排列或喷嘴单元倾斜排列的方法（图 2）。

图 2 不同喷嘴空间集成排列方式示意图。

另外，还可以通过控制扫描的方式，实现二次分辨力的提高。例如，通过多次交错扫描的方式，可以在一定范围内实现二次分辨力的提高（图 3）。但是，这种通过多次扫描获取更高分辨力的方法以损失整体成像速度为代价，而且，提高的极限由喷嘴尺寸对应的一级物理分辨力所决定。

图 3（例）用 600dpi 集成度的喷头实现 2400dpi 分辨力的多次交错扫描示意图。

提高喷嘴集成密度也是提高喷墨系统成像速度的重要途径。尽管热气泡墨滴产生速度并没有压电晶体，特别是连续喷射型的高，但是由于热气泡喷嘴的集成度可以大大高于压电晶体的喷嘴集成度，因此，在墨滴的整体产生速度上，依然占有优势。例如，目前报道的压电晶体喷头的墨滴喷射速度一般在每秒钟 500 万滴左右，但是，热气泡喷头每秒钟已经超过 3000 万滴。单从喷嘴墨滴产生速度来看，每秒产生数百万滴，甚至数千万滴墨滴（每一个墨滴对应一个像素）确实是一个非常高的速度，但现实中的喷墨系统似乎并没有显示出与之一致的成像速度。例如，大幅面喷绘系统的速度目前一般处于每小时数百平方米的水平，桌面系统的速度也不超过每分钟几张 A4 的水平。分析其原因，主要是单个喷头能够覆盖的



区域与成像幅面之间的差异所致。大多数实际应用的幅面都非常大,有的甚至有 7~8 米宽(大幅面喷绘),即便是喷嘴集成度很高的喷头也覆盖不了如此宽大的幅面,往往需要喷头进行往返扫描运动才能完成整个幅面的成像,这极大地限制了喷墨系统速度的发挥。为了解决这样一个问题,目前在幅面不太宽(如, A4 幅面)、分辨力要求不高的应用中(如,可变数据数字印刷系统),通常采用几个喷头组合的方式,使组合喷头完全覆盖整个印刷幅面,避免了喷头往返扫描运动,成像速度大大提高。采用这种方式的数字印刷系统的速度都在每分钟 1 千张以上,有的甚至超过每分钟 2 千张。

2-4 受像与干燥

为了顺利将油墨从细小的喷嘴(喷嘴直径一般在 40 微米以下)喷射出去,喷墨系统使用的油墨都是低黏度油墨,固含量一般都非常低,而且,为了降低黏度,一般不加任何高分子连接剂。因此,在呈色剂、溶剂和添加剂三个基本组分中,溶剂是绝对大组分的成份。水基墨依然是目前最主要的油墨,其中的溶剂组分是高纯度水,起溶解/分散和承载呈色剂的作用。为了能够非常好地溶解在水中,呈色剂一般都采用阴离子染料(即,分子结构上带有羧酸和/或磺酸基团的染料)。为了获得优秀的图像质量,要求墨滴附着在受像介质上后,溶剂水能够非常快速地渗透/扩散到受像介质中,保证足够的干燥速度,否则会出现“流淌”现象(在受墨量高的多色叠加高密度区域尤其如此),也不能够进行后续操作;同时,要求染料分子不能随溶剂水渗透/扩散,必须被有效地固定在受像介质的表面,以保证足够的色浓度和分辨力。为此,受像介质一般都采用与油墨配套的受像层,受像层主要由金属氧化物颗粒(如,二氧化钛)、亲水性高分子连接剂和其它添加剂构成。金属氧化物颗粒表面具有很多亲电基团(正离子性基团),能够与染料分子的阴离子产生类似化学键强度的相互作用,从而使染料分子难以在受像层中移动,而且,能够牢固固定在受像层表面(图 4)。实际上,由于染料分子与受像介质之间的这种强相互作用,染料分子的颜色特性也会受到一定程度的影响。另一方面,亲水涂层由保证了溶剂水能够在涂层中快速渗透/扩散,保证了油墨足够的干燥速度(图 4)。由于这个原因,目前大多数喷墨系统都需要使用专用的受像介质,否则难以保证影像质量和干燥性能。这一特点在很大程度上限制了喷墨技术的发展和应用,实际上,在通用介质上成像已经成为喷墨技术发展的一个主要方向。

图 4 油墨与受像介质的相互作用示意图。红色代表染料分子,水青色代表溶剂水。

纳米颜料墨的出现在很大程度上缓解这种局面,在一定程度上实现了受像介质的通用。纳米颜料墨既保证颜料颗粒足够细小,不会造成喷嘴堵塞,同时,由于尺寸的“巨大”(与染料分子相比)又难以在受像介质中渗透/扩散,从而保证颜料颗粒能够停留在受像介质表面,而且,颜料颗粒的颜色特性与受像介质没有本质的联系。因此,只要能够保证溶剂水快速渗透/扩散的受像介质都可以使用,受像介质的限制大大降低。有机溶剂油墨的出现和使用,使承印物的选择范围进一步扩大,这种油墨的成像和干燥不依赖与受像介质的相互作用,一般需要高温加热干燥。很多溶剂墨对高分子受像介质有一定的溶解或溶胀作用,据称呈色剂可以在一定程度上“嵌入”受像介质的表面结构,呈色剂的附着强度因此得到大幅度提高。

紫外干燥油墨的出现和使用从根本上解放了喷墨成像必须使用配套受像介质的限制,可以在除了空气和水的材质上成像,而且,油墨在紫外灯的照射下瞬间固化,生产效率大幅度提高。紫外油墨主要由呈色剂、低聚物、单体和光引发剂构成,没有溶剂,属于 100%固含量的油墨,因此,干燥过程不涉及溶剂的渗透或挥发。这种油墨可以在纸张、纸板、塑料、玻璃、陶瓷、金属上成像,使喷墨成像的承印物得到革命性拓展,远远超过其他任何硬拷贝技术的承印物。在一些喷墨市场,如高档和中档平板大幅面喷绘市场,紫外喷墨技术已经成为主导,很多使用油性和溶剂喷墨的厂商都开始转向使用紫外喷墨技术。当然,



紫外喷墨也不全都是优点，也有弱点，如，紫外油墨价格相对较高、紫外光源（高功率）会产生臭氧、紫外油墨还有一些残留异味、紫外光源老化需要定期更换等等。这些不利因素会多多少少地给紫外喷墨技术的优点打一些折扣。

三、喷墨在家庭和办公室彩色输出终端领域的应用

这个领域的应用多数以个人电脑的彩色输出终端的形式出现，对质量和速度要求都不是很高，但是要求使用方便、免维护，而且，系统紧凑、价格便宜。为了满足这些要求，一般都采用热气泡喷墨系统，将喷头和墨水做成一体件，类似于激光印字机的一体化的色粉盒。目前市场上销售的这类喷墨设备主要是 A4 幅面的设备，体积非常小巧、紧凑，价格也很便宜，几百元到 1~2 千元的都有。

这个领域可能的竞争对手主要有色带热转移和彩色静电照相系统两种，前者基本上可以满足以上所有技术要求，但后者比较困难，特别在系统紧凑和价格方面难以满足。目前，市场上销售的静电照相的数字彩色打印机都是比较“大型”和昂贵的系统，按照共享配置还可以，难以实现每台个人电脑都配一台。实际上，目前市场上的大多数静电照相数字彩色打印机的价格都远远超过个人电脑的价格，已经不是“马和鞍”的简单关系。

四、喷墨在高质量彩色市场的应用

这个领域主要有数字照片打印系统和数字彩色打样两个应用，都注重彩色质量，对分辨力有比较高的要求，但是，对成像速度的要求一般不高。

4-1 数字彩色照片打印技术

随着数字照相机的不断普及，照相已经与照片，特别是使用传统彩色银盐胶卷和相纸的照片实现了完全分离，目前完全没有必要将每一张照片都按照彩色银盐照片的方式进行输出，人们往往是照得多，但“洗印”成彩色硬拷贝照片的少。数字彩色照片打印正是为数字相机拍摄的数字影像向彩色硬拷贝影像（彩色照片）转换的一种应用。这种系统的幅面要求不大，一般在 A4 及以下即可（这已经大大超出了目前银盐彩色照片常规的幅面范围），但是对彩色质量和分辨力要求极高。这也是刺激喷墨系统墨滴尺寸不断减小的一个主要驱动力。表 1 是某一家主要的喷墨系统制造商报道的墨滴尺寸和分辨力的变化情况。

表 1 某家公司报道的墨滴尺寸以及分辨力变化的年表

* 注：1pl = 10⁻¹² 升。

目前，在世界范围内，精细喷墨系统已经达到稳定产生和准确在受像介质上放置 2~1pl 尺寸的墨滴的水平，一级分辨力可以达到 2400dpi，输出影像的精细程度已经非常接近传统的彩色银盐照片，而且价格要便宜得多，还可以基本做到随时制作，也不产生生产污染。例如，（日本）佳能公司推出的 i990 喷墨打印机喷嘴的单列物理集成密度已经达到 1200dpi，可以实现 4800dpi（横向）x2400dpi（纵向）的分辨力。该公司 02 年在日本市场推出的 PIXUS

I 系列热气泡喷墨打印机可以稳定喷射 2pl 体积的微小墨滴，分辨力达到 4800dpi，而且已经开发出了更微小墨滴（1-picoliter，喷嘴尺寸 10 微米或更小）的技术，一级分辨力可以达到 2400dpi。据称，目前墨滴尺寸还在进一步降低，在不远的将来，稳定产生和准确放置亚 pl 体积的墨滴（即，零点几个 pl 体积的墨滴）将成为现实，这对目前的彩色银盐照相市场将构成致命的挑战。今后，数字影像将有更多的输出技术可以选择，精细喷墨技术就是最有可能的选择，不再仅仅只是彩色银盐胶片和相纸。照相市场这个蛋糕由富士、柯达、阿格发和柯尼卡等有限的几家公司垄断和瓜分的时代已经逐渐开始远离这个世界，很多新的竞争者将加入到这个行列。

这个领域与喷墨成像可能形成竞争的技术是染料热转移成像。染料热转移成像在



色域方面优于喷墨成像，而且可以实现可变阶调成像，能够在物理分辨力不高的条件下获得近似连续调的影像质量。但这种系统目前还必须使用专用承印物，如果需要在普通纸上成像，则必须使用复杂的中介受像介质和专用的热转移装置，系统会变得复杂、昂贵。因此，喷墨成像在这个领域的优势显而易见。

4-2 数字彩色打样技术

数字彩色打样不仅要求彩色硬拷贝系统具有与实际印刷相似或更大的色域和高分辨力，而且，要求彩色和图像质量稳定可靠。目前主要有彩色银盐成像、彩色静电照相、染料热转移成像和喷墨成像四大系统，但后两者市场占有率最高，发展前景最好。

染料热转移成像的数字打样系统（如，柯达公司的 Approval 系统）有色域宽、彩色饱和度大、可以实现专色（包括金属色）和在实际印刷用纸上成相（但，需要使用专用的中介受像介质和热转移设备）的优点，在高档彩色打样领域，特别是包装印刷的彩色打样领域占据重要地位，但设备价格和耗材价格都非常昂贵，运行成本高，市场占有率不是很高。相比之下，喷墨技术具有设备和耗材成本低的优点，而且分辨力和彩色质量还在不断提高，受像介质的限制也在不断缓解，已经成为数字彩色硬拷贝打样系统最主要的成像技术。目前，喷墨数字彩色打样系统的分辨力还不算非常高，一般不超过 1200dpi，但由于采用混合加网方式，彩色样张的质量还是非常高，在视觉效果上可以与实际印刷品相比拟。如果使用更高分辨力的喷墨系统，喷墨数字彩色打样的质量应该还会得到进一步提高。

由于要求与实际印刷品完全一样，数字彩色打样硬拷贝系统除了必须满足上述技术要求外，还必需进行严格的彩色管理。如果这些要求都能够得到满足，上述几种硬拷贝数字打样系统输出的彩色样张都能与实际印刷品很好的匹配。例如，（日本）富士胶片公司在 DRUPA' 04 展览会上，将 5 种不同输出方式输出的样张（喷墨的有 Epson 公司的 Stylus

Pro10600 和 Pro4000，银盐（连续染料影像）热显影转移的有富士胶片公司的 Final Proof，静电照相（色粉影像）的有富士施乐公司的 Color

DocuTech）与实际印刷品并列展示，基本看不出任何差异，彩色效果“完全”一样。这表明，只要经过适当的彩色管理，在数字硬拷贝彩色打样领域的“所见即所得”已经成为现实。

五、喷墨在数字印刷领域的应用

数字印刷目前主要有静电照相（色粉）和喷墨成像（染料、颜料）两个主流系统，应用领域已经开始覆盖所有专业印刷领域，从可变数据、出版物、个性化样本、直邮印刷到包装印刷、商业印刷、标签印刷、商标印刷，甚至防伪印刷等特殊应用领域。

采用色粉的静电照相系统最具魅力的优势在于，干法（不用任何液体）和依靠静电场的物理成像过程，可以在广泛的承印物表面形成高质量的影像，无论在供应商数量、市场占有率，还是在印刷质量方面仍然处于优势地位；采用染料或颜料喷墨的数字印刷系统，特别是采用紫外喷墨和颜料喷墨技术的数字印刷系统在印刷幅面以及油墨和承印物的多样化方面远远超过静电照相系统，甚至超过其它任何一种印刷方式，可以在除了空气和水以外的几乎所有平面和非平面介质上成像，包括各种纸张、纸板、塑料、金属、玻璃、陶瓷等等，将对静电照相系统构成巨大的挑战。

另外，采用线阵列组合喷头的数字印刷系统在速度上的优势得到全面施展，可以达到每分钟两千页以上的输出速度，而且，单页成本也是目前最低的。实际上，线阵列组合喷头、紫外喷墨和颜料喷墨、低单页成本和更大承印物的选择范围也是今天喷墨数字印刷技术发展的亮点和前途所在，是与其它成像系统竞争的“本钱”。

六、喷墨在数字彩色喷绘领域的应用



目前，包括所有室内和室外展示、促销、招贴、广告、海报在内的大幅面印刷主要由丝网印刷、胶印和喷墨成像三种方式制作。但后者是完全数字的无版、无压系统，既没有制版的麻烦和成本，也不产生生产污染（但，溶剂油墨需要配置溶剂蒸汽的排放/回收装置），承印物的范围也非常广泛，也没有最低印数的限制，非常适合于今天迅猛发展的短版和个性/按需大幅面印刷市场。正因为这些特点，目前喷墨在大幅面印刷，特别是宽幅彩色市场上呈现出“一花独秀”的局面，最具发展潜力。从发展趋势来看，喷墨系统有可能将前两者完全挤出这个应用领域。

大幅面印刷是一个广阔的市场，有人将其形象地表述为“由四个墙壁和一个屋顶划分的所有室内和室外应用市场”，包括各种大幅面展示、大型表面包覆产品（如，汽车、建筑的外墙包覆喷绘产品）、商店促销印刷品、海报、广告、招贴、宣传品等等。有报道估计，目前这个应用领域的全球市场规模超过 35.8 亿平方米，非常庞大。这个市场是质量和速度要求相平衡的典型市场，一般并不要求很高的分辨力，目前运行的多数系统都在 600dpi 左右（当然，在技术上完全还可以做得更高），速度一般在每小时数百平方米，有的已经接近每小时 1000 平方米，据称在不远的将来可能会出现每小时 3000 平方米的高速系统。

到目前为止，水基墨喷墨和以纸张为基础的承印物占据了大幅面喷绘的主要市场份额，但是，这个市场的结构正在发生剧烈变化，水基墨喷墨和纸基的承印物正在快速失去市场，溶剂墨喷墨和紫外墨喷墨的比重正在急速扩大。从环保、生产效率和承印物的适应性来看，紫外喷墨可能会成为今后大幅面彩色市场的主流。

七、结束语

喷墨技术由于其先天的无版、无压和数字成像的特点，加之其自身技术的不断完善和今天数字化外围环境的充足养分，呈现出极其强劲的发展势头。喷墨成像在技术上已经可以实现非常高的分辨力，而且，系统工作稳定可靠，完全满足所有高档应用的要求。颜料喷墨和紫外喷墨技术可以在除了空气和水以外的柔性、刚性以及平面和非平面的所有材质上直接成像，承印物范围之广乃其它硬拷贝技术可以比拟。喷墨技术拥有的超大幅面宽容度的特点（小到厘米幅宽的成像应用和大到 7~8 米幅面的大型喷绘成像应用）也是其它硬拷贝技术所望尘莫及的独特优势。正是这些得天独厚的优点，使喷墨技术在今天数字化发展的浪潮中得到无限的生机和发展动力，有望成为一种最基本和主要的彩色数字硬拷贝技术，在印刷以及相关的各个应用领域得到广泛应用。

