

## 数字时代的印刷产业技术

作者：蒲嘉陵

“告别铅与火，走过光与电，进入 0 和 1”是印刷产业技术发展和变化的一个形象的描述，也是当今印刷产业技术发展的一个路线图。目前印刷行业正在经历一场史无前例的技术革命，产业技术基础的迁移将导致产业技术和行业形态发生巨大变化。数字技术、网络技术和新媒体技术为印刷产业技术提供了一个崭新平台，直接印制（即所谓的 CTP）和计算机集成制造（CIM）将成为数字时代印刷产业技术的代表。

### 一、印刷产业技术发展历程的回顾

如果以数字化程度来表征印刷产业技术的发展，大体可以将现代印刷技术的发展其分为三个主要阶段，即，模拟时代、模拟与数字并存的时代和数字时代。这三个时代与本文的标题的三个阶段基本对应，即，模拟时代与“铅与火”对应，模拟与数字并存的时代与“光与电”对应，数字时代与“0 和 1”对应。

以“铅与火”代表的模拟时代要追溯到 11 世纪毕升发明火烧制备的胶泥活字、15 世纪古登堡集成相关技术发明的金属活字和配套印刷机的制作以及相应得印刷工艺，一直到 19 世纪中叶出现的照相腐蚀凹版以及此后发展和完善的照相制版技术、19 世纪后期出现的行铸字机和 20 世纪 20~30 年代出现的照排机技术。照相制版技术的出现开创了印刷制版的光化学时代，使准确再现精细的连续调图像成为可能。利用金属活字及其配套的热排工艺和利用光化学原理的照相制版、文字照排技术成为“铅与火”时代的技术特征，跨越了几个世纪的时间。

“铅与火”的时代在上世纪中叶处于顶峰状态，直到 70 年代电子技术和以计算机为代表的数字技术开始在印刷中得到应用，开始步入衰退期，印刷产业技术进入了以电子分色和（计算机辅助的）照排技术为代表的“光与电”时代。电子分色+激光照排这种图像和文字分离处理的生产技术（也俗称彩色电子印前系统，即，CEPS：Color Electronic Prepress System）成为这个时代印刷产业技术的一个典型代表。CEPS 技术在上世纪 80 年代处于发展的顶峰时期，但是并没有延续很长时间，就被上世纪 80 年代中期开始出现的图文并茂处理和整页输出的计算机到胶片的技术（即，所谓的 CTF 技术）取代。

CTF 技术在上世纪 90 年代步入发展的顶峰，逐渐开始被上世纪 90 年代中期开始进入产业应用的直接制版技术（即，CTP 技术）和随后发展和完善的计算机整合生产技术（CIP：Computer Integrated Production）所取代。CTP+CIP 技术的出现标志着“光与电”时代进入衰退期，印刷产业技术步入以“0 和 1”为代表的数字时代。

如果用市场占有率和时间的坐标进行描述，任何技术的发展过程都可以用“铃铛型”或者“S 型”两大类曲线来表示。当出现竞争对手，而且，对手具有明显优势时，这样的技术呈铃铛形状，即，由发展诱导期（也称为低速期）、高速增长期、饱和期和衰退期构成；当不存在竞争对手或竞争对手没有明显的优势时，呈 S 形状，即，由发展诱导期、高速增长期和平稳发展期构成。CIP+CIP 以前的技术都属于铃铛型技术，尽管其生命的周期有长有短，存在明显的差异。“铅与火”的模拟时代延续了几个世纪，但是 CEPS 和 CTF 技术仅仅只有 20~30 年的生命期。

目前，CTP+CIP 技术的发展曲线是铃铛型还是 S 型取决于是否有与其竞争的对手存在和以“InkonPaper”为特征的纸媒体与其它媒体竞争的结果。就本人的拙见而言，目前还看不到这样的对手，也想象不到还有什么比 CTP+CIP 更具优势的技术（如果还必须使用印版的话）；纸媒体确实面临与其它媒体竞争、产品结构重新调整的局面，但是，业务空间既有减少、也有增加。适合于电子媒体或其它媒体的业务必定会从纸媒体中剥离出去，工具书、报纸、消遣和娱乐类杂志、信息类期刊登等将有很多会以电子媒体、网络媒体、流媒



体的形式出现；不适合于电子媒体的领域，如包装印刷、商业印刷、建材印刷以及其它特种印刷等等不会有任何变化。本人既不是纸媒体的盲目乐观者，也不是其宿命的鼓吹者。从技术上看，纸媒体与电子媒体（数字媒体、互动媒体）完全是一个互补的关系，各自都有其不可替代的优势领域，产品结构的重新调整完全是因为电子媒体是一个后来者，它必然应该得到本应属于它的那一部分市场。换一个角度，如果先出现的是电子媒体，也许今天人们担心的是电子媒体的相当市场会被纸媒体拿走。

综上所述，CTP+CIP 技术应该是一个呈 S 型特征的“长寿”技术，纸媒体与电子媒体之间的竞争仅仅会导致其平稳期市场占有率的上下浮动，而不会带来毁灭性的结果。

图 1 印刷产业技术发展示意图。图中的曲线是全球范围内发展状态的一个模糊表示，并不是具体的统计数据，只具有参考意义

## 二、印刷产业技术的基础正在发生迁移

与其他媒体技术一样，印刷产业技术建立在产品的处理和加工方式、呈现方式、存储方式和传播方式四个基本要素的基础上。这四个基本要素就好比支撑印刷产业技术这个大楼的四个基石，决定了印刷产业和产业技术的基本属性和特征。

在模拟时代，这四个基本要素可以用模拟流程、物理媒体、仓储存储和交通运输来描述。模拟流程意味着生产、技术以及相关资源和信息的封闭性、孤立性和低自由度；物理媒体意味着资源和空间的高度占有和高成本；仓储存储意味着大空间占有、低存取自由度和效率；交通运输意味着生产、管理和服务在空间和时间上存在不可调和的矛盾。这些特点的加和决定了模拟时代印刷产业是一个受地域限制、提供单一的物理媒体产品和有限服务、只能针对大众化需求的复制加工行业。

在数字时代，这四个要素构建在数字流程、数字媒体、数字存储和网络传输的基础上。数字流程意味着生产、技术以及相关资源和信息的开放性、高度整合和高自由度；数字媒体意味着资源和空间的低度占有和低成本；数字存储意味着高存储密度和高存取效率和自由度；网络传输意味着生产、管理和服务在空间和时间上矛盾的彻底解除。这些特点决定了数字时代印刷产业应该是一个不受地域限制、提供包括纸媒体和其它媒体产品和服务、能够针对包括个性化和大众化在内的所有需求的媒体和服务行业。尽管数字时代印刷产业和产业技术的基本属性和特征还没有完全显露出来，但是我们已经开始品尝这些变化带来的挑战和机遇，例如，按需印刷/出版、电子出版、跨媒体技术、计算机整合生产技术、数字工作流程、CTP 技术、数字印刷技术等等就是典型的代表。

这四个要素的变迁实际上就是我们今天广泛论及的“印刷产业技术革命”的主要内涵，触及印刷产业技术的基础，涉及到印刷产业的方方面面，由此带来的变化一定是全面和彻底的。谁能主动调整 and 适应这些挑战，谁就抓住了发展的机遇和空间，掌握了竞争并获胜的法宝。

## 三、印刷产业技术进入跨媒体时代

如果将原稿和印刷品看成是印刷过程的入口和出口，那么这个入口和出口的口径正在不断拓宽，连接他们的是一个不断繁殖和增长的数字资源。

实际上所有能够数字化或已经数字化的东西都可以成为印刷的“原稿”，需要做的工作仅仅是将他们数字化或转换为标准格式，存放在数字存储媒介或服务器上，成为数字化的资源，供输出使用。输出方式可以多种多样，绝非只是我们熟悉的胶片、印版、样张和印刷品，还可以是互动媒体、电子媒体、网络媒体、流媒体以及其它可能的媒体产品。印刷生产以后可能只需要做两件事，即，（1）制作标准格式的数字资源（数字页面、数字胶片）和（2）将数字资源高质量、高效率、高速度地转换成顾客需要形态的产品。当然，这种产品既可以



是“InkonPaper”的纸媒体产品，也可以是包括互动媒体、电子媒体、网络媒体在内的其他媒体产品，印刷产业技术的跨媒体时代已经到来。

目前，通过便携式阅读器、手机、PDA、（带无线上网功能或模块的）笔记本电脑等等就可以容易地获取和阅读的电子书、电子报、流媒体等等在技术上已取得很大进展并开始得到应用。这将彻底改变我们阅读书报刊和获取信息的途径和方式，当然，也会对这些领域的传统纸媒体行业构成不小的威胁。将有机电致发光器件（OLED）涂布在柔性的金属薄膜或塑料薄膜上形成的柔性显示器或卷帘式显示器，具有互动显示器件的所有优点，同时，兼有显示面积大，可以弯曲，便于携带等优点，有可能成为下一代便携式PDA等设备的主要显示装置（图2a）。电子纸（e-Paper）被认为是最有可能取代传统的纸媒体，成为出版物的主要介质的一种全新媒体。这种媒体结合了纸媒体和互动媒体的优点，外观和物理性质完全如同一张柔软的“InkonPaper”媒体，但可以实现互动显示。尽管目前还处在技术研发阶段，但是其发展前景和可能对纸媒体出版产生的冲击已经触手可及（图2b）。

图2 柔性 OLED 显示器和基于电子纸的电子书的例子

广义地讲，印刷、出版以及其它相关的媒体产业实际上都属于以提供内容和相关服务的产业，丰富、充足的内容和专业化的服务是这个产业生存和发展的基础。在数字化和网络化不断扩大和深化的今天，印刷、出版等媒体产业掌握了庞大的数字资源（图像、文字、数据、资料、-----），这些信息资源每天都在不断产生、积累和增长，而且由网络与其它公共和专业信息资源、数据库连接成为一个庞大数字资源库。如何有效管理和利用这样一个数字资源，使其成为媒体产业的一个产生利润的资产是印刷、出版等媒体产业面临的一个现实问题，也是新的业务增长和发展的空间。本人经常将这样一种资源与目前富油国的石油资源相比较。这些国家的富有完全建立在石油资源的基础上，“他们一手把住石油管道的龙头，一手张开收钱。源源流出的石油和不断涌进的金钱创造了这些国家的财富”。但是石油是不可再生的资源，用之即失，保守地估计也不过再有60~70年的时间就将枯竭，而媒体产业拥有的数字资源却是一个不断繁殖和增长的资源，而且，可以重复使用，属于永久性资源。“一手出售资源，一手张开收钱”的时代注定会到来，也许已经悄悄地来到了我们的身边，只是我们还没有察觉到而已。

图3

印刷生产以后可能只需要做两件事，即，（1）将原信息转换为标准格式的数字资源和（2）将数字资源高质量、高效率、高速度地转换成顾客需要形态的产品，其核心是一个不断繁殖和增长的网络化数字资源，为印刷、出版等媒体产业提供了新的业务增长和发展空间。

#### 四、完整的市场覆盖

纸媒体作为一种信息载体本身所具有的优势和印刷技术在大量复制方面所具有的高速、高质量和廉价的优点赋予了印刷技术强劲的生命力，使其在经过几世纪的变迁、在新媒体不断出现和激烈竞争中依然宝刀不老、经久不衰。实际上，纸媒体已经成为了现代文明社会不可分割一个重要组成部分，将其称为“纸文化”有非常充足的理由。

从技术的观点来分析，高速的优势实际上来自粘稠状态的油墨在压力作用下能够准确附着在印版图纹表面并准确地转移到纸张或其它物理载体上的特点；高品质的优势在很大程度上是由印刷方法容易实现高分辨力的特点所赋予的，印刷方法可以非常容易实现2500dpi以上的分辨力，但是电子媒体却非常困难；廉价的优势源于油墨和纸张本身成本低廉、印版可以反复使用和大量复制的特点，大量复制可以将与制版相关的成本分摊到尽可能多的印刷品中，使每一张印刷品分摊的制版成本得到有意义的稀释。也是这些特点，赋予了





使用印版、压力、油墨和纸张（或其它物理媒介）纸媒体超常的生命力，也决定了印刷是一种针对大众化市场的媒体技术。换言之，有版印刷是不可能覆盖印刷数量非常少，甚至是极短版的市场领域（图 4）。尽管随着数字化、计算机整合生产技术和设备自动化程度的不断提升，印刷短版化发展趋势一直在不断推进过程中，但这并没有从根本上改变有版印刷大众化市场定位的基本属性。长期以来，印刷极少、甚至极短版的市场一直是有版印刷技术不能覆盖的一个空缺。历史上，这个市场主要是由幅面和质量都不太高的轻印刷，或质量和速度都不高的复印和打印，或打样（包括模拟打样和数字打样）来填充，一直没有得到很好的解决。极短版领域的个性化市场一致处于“有行（需求）无市（规模）”的状态。

采用喷墨、静电照相以及其它成像原理的无版数字印刷方式的出现和在技术上的不断完善，使这样一个状态正在得到彻底解决。因为不使用印版（或使用可以重复使用的“印版”），所以无需制版，也没有与制版相关的成本投入，无版数字印刷的印数与单页成本之间没有依存关系，印刷 1 张、1 百张、1 万张、---的单页成本基本完全一样。因此，无版数字印刷最适合极短版的个性化需求市场，正好填充了有版印刷不可能覆盖的市场领域。显然，无版数字印刷与有版印刷在市场定位上完全是互补关系，而不是竞争关系。实际上，直到今天我们才有足够的信心可以说，印刷技术已经可以提供从极短版到任意版长的完整市场覆盖。

图 4 有版印刷和无版数字印刷的市场覆盖

#### 五、CTP+CIP 是印刷产业技术数字化的一个终极目标

从上面的论述中还可以清楚地看出，有版印刷是针对大众化需求的最佳方法，也是印刷媒体几个世纪经久不衰的关键所在，而计算机直接制版技术（CTP）和计算机整合生产技术（CIP）是有版印刷技术发展的必然归宿，同时也是数字时代印刷产业技术的重要标志。

CTP 技术实现了数字页面（数字胶片）向印版的直接转换，省去了 CTF 技术中必须使用胶片以及配套环节的麻烦，在效率、质量、成本等方面明显优于 CTF 技术。因此，CTP 取代 CTF，成为下一代印刷技术的主流是印刷产业技术发展的一个必然。

整合生产涉及硬件和软件两个层面，经历了从局部到整体的发展过程。整合首先从印前生产环节开始，逐步扩展到印刷、印后，最终实现了印刷生产全过程的整合。从 CEPS 时代图像和文字必须分离处理到 CTF 时代图文并茂处理可以看成为一种整合，但这种意义的整合还仍然是局部的和不全面的。我们今天谈论的整合是更具普遍意义和大范围的整合，不仅涉及到印刷生产的整合，而且还涉及到管理，甚至商务层面的整合。任何一个计算机整合印刷生产系统都必须具备信息的流动、存储、执行、监控、分析和反馈的功能以及相应的通道、空间和机制，数字技术、网络技术和设备的高度自动化为实现大范围的整合提供了前所未有的技术平台。

图 5 是一个没有实现计算机整合生产的 CTF 系统的示意图，各个生产环节之间通过物理媒体（胶片、印版、样张、印品）连接，相关的数据和信息不能直接获取，当然也不可能直接共享，只有通过适当手段对这些媒体携带的信息进行测试和转换后才能对相关的设备和工艺参数进行调整和控制。从信息系统的角度来看，这种生产系统是典型的“孤岛系统”。

图 5 孤岛系统：各生产环节依靠物理媒体间接连接，数据和信息不能直接共享

图 6 是一个与图 5 对应的计算机整合生产系统的示意图，各生产环节之间通过网络连接成为了一个整体，每一个环节产生的数据、信息都可以在系统中实现无缝流动、存储、执行、监控、分析和反馈。实际上，多数情况下，印前处理可以产生和提供其后生产环节需



要的设备 and 工艺设置、调整 and 控制的参数，这些数据和信息在系统中直接共享 and 执行将极大缩短准备时间、提高生产效率、减少浪费 and 人为错误。

图 6 整合系统：各生产由数字网络连接成为一个整体，数据和信息可以直接共享

一个高度整合的印刷生产系统一定是一个数字化和网络化程度极高的系统，也是一个庞大且复杂的信息系统。在这个系统中，可能同时存在产品、控制、管理、商务等四大信息流。印刷生产系统，实际上其它媒体生产系统也一样，是能够使其产品在销售之前完全按照数字方式存在的生产系统。如何建立并管理和运行好这样一个庞大的信息系统既是技术发展的必然，也是技术挑战的所在，同时，也是企业竞争力的一个重要标志，开源节流的潜在空间。大家熟悉的 CIP3/PPF 和其后的 CIP4/JDF 以及各种各样的数字工作流程，都是计算机整合生产技术发展过程中出现的阶段性成果。CIP4 不但已经具备了实现设备、系统和工艺设置 and 控制的标准数据格式，而且还具备了它们运行状态信息和管理信息系统的功能，已经初步展示了从客户到订单、计划、设计、因前、印刷、印后、发货、结算 and 管理的全流程管理功能。

一个高度整合的生产系统也可以是一个跨地域、甚至跨国别的生产和服务系统，每一台设备、系统、工厂，甚至一家公司、集团只不过是这个庞大系统中的一个节点，在任何一个节点上都可以产生、获取、利用、共享 and 执行系统中的所有资源和信息，提供跨地域甚至国别的生产和服务。跨国界印刷在成本和效率上已经成为可能。跨国界印刷 PAB (Printing Across Boarder) 是近两年刚刚形成的一个非常活跃的国际性组织，负责研究、讨论 and 交流跨地域、国界印刷面临的标准以及技术上的问题，从一个侧面反映了这个领域的活跃程度。

#### 六、数字印刷技术牵引按需市场的形成和发展

从上面的论述可以看出，(无版)数字印刷是提供个性化需求纸媒体产品的最佳方法，是印刷产业发展的另一个崭新空间，也是实现按需印刷生产和服务的关键。

数字印刷从上世纪 90 年代初期开始出现，已经经历了十多年的发展历程，目前主要集中在喷墨和静电照相两种成像系统上，在技术上已经日趋完善，产品质量基本上可以覆盖低档到高档的所有产品市场，产品幅面可以从一个厘米到几米、甚至十米，承印物范围也远远超过了有版印刷。单页成本与印数基本无关，能够实现可变信息印刷(相邻两张印刷品可以完全不一样)是无版数字印刷的区别于有版印刷的典型特征，所以无版数字印刷在短版，特别是极短版的个性化市场具有极大的成本和效率优势，完全不同于有版印刷。从本质上看，所有这些优点都要归功于数字印刷成像系统无版、无压和非接触的成像原理。

一个完整的数字印刷系统应该由数字资源、数字网络、数字印刷机和联机的按需印后加工设备构成。数字资源通过网络传送到数字印刷机，完成数字形态向物理形态的产品转化后，再通过联机的按需印后加工设备完成必要的印后处理和加工。联机的按需印后加工设备是实现按需生产和服务的另外一个关键。一个完整意义的数字印刷每相邻的两张印刷品、杂志、书籍可能都不一样(包括内容、材质、尺寸和加工要求等等)，因此，联机的印后加工设备必须能够按照最终产品的要求，按照前端的指令，对设备的参数和状态进行快速自动调整，否则，难以满足按需生产的要求。

这样一个网络化的数字印刷系统就可以构成一个覆盖一个地区、国家甚至全球的按需印刷生产和服务系统，完全可以实现在顾客需要的地点、时间，制作并提供所需要的产品和服务。按需市场的特点体现在完全个性化(数量极少且品种繁多、各不相同)、地域分布广、交货期短(24 小时以内)等三个方面，完全不同于大众化市场，必须采用完全不同的业务和运行模式。业务网点(门市)围绕生产服务中心分布，同时，充分利用网络进行业



务交易和传递的卫星型结构被认为是一种有效的模式（图 7）。业务网点配置有网络终端，也可能还有数字印刷系统，主要负责接收和传送业务，当然也可以进行必要的处理和生产；生产服务中心配置有完整的数字印刷系统、生产操作人员和送货系统，主要负责业务处理、生产和产品配送。不同的区域可以通过几个或更多的这样的星群结构进行覆盖（图 7 中的 A 和 B 两个星群可以认为覆盖了两个不同的区域），不同的星群结构之间用网络进行连接，在结构上有一点类似于今天的蜂窝式移动电话网络。

图 7

卫星型结构的业务网络和生产后中心构成的按需生产和服务系统。图中，A 和 B 两个红色大圆圈表示任意两个覆盖不同地域的生产服务中心、蓝色小圆圈表示生产服务中心所处地域的业务网点、绿色表示网络

按需印刷、出版以及相关服务是一个正在蓬勃兴起的市场，具有巨大的发展空间和潜力。实际上人们的需求本来就应该是一个个性化的，按需是任何市场最自然的特征，但是到目前为止我们的生产技术不能提供这样的产品和服务，以至于“按需”这种最自然的需求被扼杀了。今天，网络化的数字印刷技术提供了按需生产和服务的可能，开始重新唤醒按需的需求，引导市场的形成。正是在这种强大动力的推动下，数字印刷在过去几年中每年都以两位数的速度发展，并开始在传统印刷的所有领域得到广泛应用，成为最为诱人的一个新的增长点。

#### 结束语

“0 和 1”时代给印刷产业技术带来的变化是全面和彻底的，触及了印刷产业技术的基础，波及到印刷产业的方方面面。变化已经是正在发生的一个客观事实，而且在不断深化和扩大。适应和调整面临巨大的挑战和困难，但孕育了无限的商机和发展的空间。变化时期的游戏规则已经不再是“强者生存”，而是“适者生存”。希望这篇文章能够帮助“适者”看到可能停靠的码头，登上拓荒的彼岸。

