论坛与资讯

复合片材柔性版印刷的关键因素

严美芳，董天波

(1. 上海理工大学，上海 200093；2. 上海紫泉标签有限公司，上海 201108)

摘要： 针对目前复合片材柔性版印刷工艺，结合印刷设备、印刷油墨以及承印材料等要素，系统地分析了印前和印刷过程质量影响要素。通过对生产实际的分析与研究表明，影响复合片材的卫星式柔性版印刷质量的主要因素是张力控制、压力调节及 UV 油墨干燥控制。

关键词： 复合片材；柔性版印刷；关键因素

中图分类号： TS805；TS802 **文献标识码：** A **文章编号：** 1001-3563(2012)01-0122-04

Key Factors of Flexographic Printing for Composite Sheet

YAN Mei-fang, *DONG Tian-bo*

(1. University of Shanghai for Science and Technology, Shanghai 200093, China; 2. Shanghai Ziquan Label Co. Ltd., Shanghai 201108, China)

Abstract: The factors influencing flexo printing quality of composite sheet products were analyzed and summarized from the whole printing process, including prepress, printing process, press, printing ink, and printing material. Analysis and practical production showed that the main factors influencing product quality are tension control, pressure adjustment, and drying control of UV ink.

Key words: composite sheet; flexographic printing; key factor

柔性版印刷作为一种绿色环保的印刷工艺，应用范围越来越广泛。近年来，随着科学技术的不断更新和人们对食用品的卫生、安全意识的不断加强，采用柔性版印刷工艺的复合片材用于食用品的软管包装已成为一种趋势。这类软管的基材一般是一种以高分子材料 EAA(乙烯丙烯酸共聚物)或 PE(聚乙烯)为正反面、铝箔为内基的复合材料[1]，俗称铝塑材料和全塑材料，其制作方式由原来的先制管后印刷变成了先印刷后制管，基本替代了牙膏等膏体包装的锡质管。

相对于其他印刷方式，复合片材柔性版印刷在软管印制上更据优势，因为此类产品图案的特点主要是鲜艳的实地色块和流畅的线条及文字组成。由于铝塑复合片材的表面和全塑片材的表面是 PE 或 EAA 高分子材料，属于非吸收材料，其印刷适性与塑料薄膜基本相似，但在印刷工艺、印刷设备和印刷油墨上有其一定的要求。

1 复合片材的印刷要求

1.1 表面特性及表面处理

复合片材属于非吸收性材料，表面致密、光洁，是一种惰性表面。其表面一般为聚乙烯或乙烯丙烯酸共聚物，比表面能都相对偏低，如聚乙烯仅为 2.9×10^{-2}～3.0×10^{-2} J/m^2。承印材料的表面张力低，油墨的转移率就不理想，表面光滑、无毛细孔存在，油墨层不易固着或固着不牢固，第一色印完后，容易被下一色叠印的油墨粘掉，使图案及文字不完整，造成缺陷。

为了使印刷油墨和复合用的胶黏剂在塑料薄膜表面具有良好的润湿性和黏合性，要求复合片材的表面张力达到一定的标准，否则就会影响油墨和胶黏剂在其表面的附着力和黏合性，从而影响印刷品和复合产品的质量。比如聚乙烯薄膜的表面张力要求达到 3.8×10^{-2} N/m 以上，所以，与塑料薄膜印刷的要求

收稿日期： 2011-01-08

作者简介： 严美芳(1965－)，女，上海人，硕士，上海理工大学副教授，主要研究方向为印刷材料与印刷适性。

一样，复合片材在印前也须作表面处理，使其表面张力在 $3.8\times10^{-2}\sim4.2\times10^{-2}$ N/m 之间。

由于柔性印刷是轻压印刷，必须使用很小的压力，如果印刷压力过大会造成印版变形，甚至损坏印版，又因片材和印版是直接接触的，所以，对复合片材表面性能有一定的要求。如果复合片材表面厚度不均匀，表面起皱，两端松紧度不一致，将会造成印刷成品率下降，表面问题严重的就会损坏印版，大大增加印刷成本。在实际生产过程中有很多印刷废品的产生就是因为片材的质量问题而造成的，因此，印刷厂家应该选购高质量的复合片材原料并在印前做相应的检测，严把质量关，以提高成品率。

1.2　印刷设备

相对于塑料薄膜，用于软管印制的复合片材成本较高，为使印刷成品质量得到保证，对柔性版印刷机的要求比普通的柔印产品高，需要整体稳定性高、印刷质量控制便捷、印刷速度快、产品品种更换灵活性高以及整机印刷效率出众的设备。

柔印印刷设备必须配置电晕处理装置，在印前对复合片材表面通过高压电荷放电处理，以解决复合片材表面密度高，表面张力低，油墨很难附着及印迹牢度的问题[2]；同时，需要印刷设备具有精确的张力数控系统，以保证套印精度及印刷的顺利进行。从软管印制的特点及安全卫生角度考虑，一般都采用 UV 油墨印刷。为使印迹及时干燥，印刷设备的印刷各色组需要配有 UV 干燥固化系统，所以一般采用卫星式柔性版印刷机(如 TLC-250-8C＋1F 轮转卫星式柔版印刷机)。

1.3　印刷油墨

柔性版印刷虽属于凸版印刷方式，但其供墨方式对油墨的要求一是低粘度，二是快干燥[3]。根据复合片材的特性，一般选用紫外线干燥(UV)油墨印刷。UV 油墨整个固化体系为无溶剂体系，几乎是 100％的无溶剂配方，消除了 VOC 物质对印刷产品的侵蚀破坏和对人体损伤，也避免了环境污染[4]。相对于水基型柔印油墨、溶剂型柔印油墨而言，在印刷过程中，UV 油墨不会因 pH 值的变化或溶剂的挥发而引起粘度的波动，比较稳定，但由于其组成的特点粘度偏高且具有一定的屈服值，所以在卫星式轮转机印刷时，应先让机器空转 5～10 min，使 UV 油墨和网纹辊、印版得到充分的亲和，提高 UV 油墨的转移性能。同时，需要操作工经常性地用墨刀在墨槽里进行搅拌(俗称“打墨”)，来调节油墨的粘度、降低屈服值，增加油墨的流动性能，以保证整个印刷过程中油墨能顺利转移。

2　复合片材印刷的印前控制

根据柔性版印刷工艺的特点，在印前要进行印刷工艺的可行性分析，在色彩运用方面要尽量做到以下几个方面。

在充分体现设计创意和满足色彩再现的前提下，尽量减少印刷色数，色数越多则越浪费原材料，并且给印刷过程也带来困难；尽量采用专色来弥补四色的不足，这样就节省了原材料；在考虑到整体色彩再现时，如果某一深颜色同时具有网线和实地，则要分别制成两块版，因为在柔性版印刷工艺一般要求先印网线再印实地；若为线条或文字稿，要求黑度一致。在层次运用方面尽量要做到：高光和暗调区层次变化要少；尽量不要使用 0～100％的渐变层次，以免高光处绝网，暗调处变成实地。

在将样稿交给制版部门制版前，须完成修正样稿等前期准备工作。当拿到客户提供的样稿时，要仔细分析设计人员的设计着重点，进行相应的工艺调整，首先确定主要画面和辅助画面。一般产品的品牌标识、产品的背景图案等为主要画面，而辅助画面一般为产品的文字介绍、产品成分标注等。根据工艺特点，对 2 个或者 2 个以上需要陷印、对接的颜色进行适当的扩大或者缩小处理；同时，确定产品颜色的色数和色序排列。柔性版的色序安排比较灵活，在决定印刷色序时，不能孤立考虑某一因素，要对产品的具体要求进行分析，以达到最佳的印刷色序[5]。如先印网线、其次印实地，再印金最后上光；先印辅助画面、再印主要画面；有些产品的墨色较深，受网纹辊传墨量的限制达不到墨层厚度要求时，可用另一印刷单元再将此色重印一次。

另外，在印前还需进行网纹辊的配置工作。参照每个颜色的色强度等因素，对各个颜色机组进行网纹辊配置工作，并在打样时对其作最终调整，将色彩还原至最佳状态。在柔性版印刷中网纹辊直接决定着供墨量的大小、关系着印刷质量。网纹辊是柔性版印刷机的心脏，是由它控制着墨层至印版的转移，不但控制油墨的存储量并使之传递均衡，而且最终控制印刷质量的优劣和一致性。选定了网纹辊的线数后，还要在同一线数网纹辊中进行 BCM 值的比较。网纹辊网穴容积 BCM 是指网纹辊单位表面积可容纳的油墨

的总量，是网纹辊容积的标准计量单位。相同的BCM其载墨量相同，而相同网线数、相同深度的网穴其载墨量不一定相同，因为载墨量还与网穴的形状有关，这样才会做到选择更合理，配置的网纹辊色彩还原更接近原稿颜色。对复合片材的印刷一般配有不同的网纹辊，其线数从250～800线/英吋，BCM值从3.0～12.0 cm^3/cm^2 不同的网纹辊，在生产过程中一般都根据表1来选择。

表1 网纹辊的的线数与BCM

Tab.1 The line and BCM for anilox roller

印版图案	网纹辊线数/lpi	网纹辊的BCM/($cm^3 \cdot cm^{-2}$)
大块实地	250～400	12.0～8.0
文字、线条	400～500	8.0～5.0
网线、渐变	550～800	5.5～3.0

3 印刷过程中的关键参数控制

目前软管复合片材主要的印刷设备是TLC-250-8C+1F轮转卫星式柔版印刷机，配有八色组全UV和上光UV，分8个印刷单元和1个上光单元[6]。该机器的压印滚筒的筒直径为1.6 m，最大印刷幅宽250 mm，最小印刷间隔3.175 mm，使用UV油墨印刷，版筒均为抽出式结构，更换方便，其结构见图1。

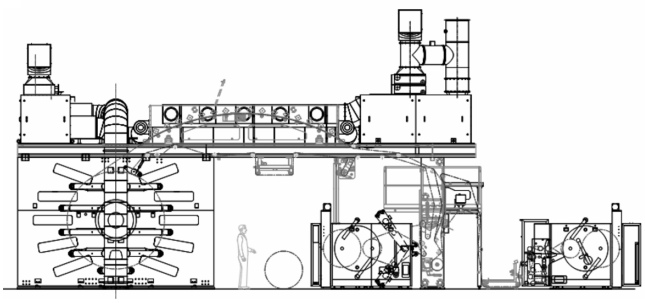

图1 TLC-250-8C+1F印刷机结构

Fig.1 The structure diagram of TLC-250-8C+1F printer

印刷生产时的主要流程是：上片材卷料→走料→调整纠偏装置→安装印版辊→调节印版辊；承印辊之间的压力调整→电晕处理→压印→调整张力→套准印版→UV油墨固化→上光→UV上光油固化→除静电→收卷。

复合片材的柔性版印刷工艺与铜版纸、不干胶纸等的柔性版印刷工艺基本相同，但由于片材较厚，总厚度在300 μm左右，单位重量较大，并且又是PE复合材料，所以与一般的纸张和不干胶纸、卡纸等相比，张力控制和印刷压力控制尤为关键，一旦印刷时张力控制不好或各个印刷色组印刷压力调节不当就会造成套印误差，而且难以控制和调整。

3.1 张力的控制

复合片材印刷中，张力控制的准确性决定着印刷的套印质量和成品总体质量，当然决定张力值大小的因素还有很多，包括生产环境的改变、片材制造厂商的不同、片材的厚度宽度的不同、印刷设备的不同等。在实际操作中需要掌握各种片材和各种设备的性能及构造，摸索出适当的张力控制范围，并在正常生产时调整最佳的张力值。

卫星式柔印机的张力系统分为4个部分：解卷部分、印刷进料部分、印刷出料和收卷部分，其张力大小有一定的差异。在实际操作中，适当的张力，可使复合片材卷料处于拉直、绷紧状态，同时还可改善片材在制造过程中产生的两边松紧不一、表面起皱、不平整和“荷叶边”等现象。张力的控制一般根据复合片材的厚度和拉伸变化范围，解卷部分的张力应略小，一般为印刷出料张力的80%，印刷出料部分的张力应大些，是印刷进料张力的120%，收卷部分张力值与解卷部分张力值一般是相同的。复合片材的厚度一般为275～300 μm，在实际印刷中，其张力值的设定范围一般是印刷出料为300 N，印刷进料部分为360 N，收卷部分张力值与解卷部分张力值一般为290 N。

3.2 压力的控制

柔性版印刷压力的调节是保证产品质量的另一个关键因素。每次产品印刷前都必须重新调整网纹辊、印版辊和压印辊之间的压力。印刷压力的调节需要操作人员平时经验的积累和操作手法的规范、统一。印刷压力的调节主要包括网纹辊与印版辊的压力和印版辊与压印辊之间的压力2个方面。

柔印追求的是“吻压”，即轻压力印刷。操作工首先调整网纹辊对版辊的压力，沿调节丝杆方向调整两者之间的距离，网纹辊朝版辊方向靠，直至印版完整地全部着墨；其次调整版辊与压印滚筒的距离，观察印样中网点增大的情况，酌情细调两辊间隙，使网点增大最小；最后再次微调网纹辊，由于第一次调整网纹辊时目测的依据是印版是否完全着墨，因此，一般而言压力总是偏大些，此时就要将网纹辊同版辊的间隙调大一些，只要保持印版上不断墨就行。如此即可认定三辊调节基本到位，可以锁定三辊相对位置。在保证印刷合压状态下，印版与网纹辊之间的间隙应是

印版厚度＋双面胶厚度－0.01 mm，印版与承印物之间的间隙应是印版厚度＋双面胶厚度＋承印物厚度－0.01 mm，以确定上述 2 个压力。在此过程中，一定要注意保持操作面与传动面的同步性，保证两端同时地平均地增加压力；同时，检查片材上印刷的网线、网点是否清晰，图案文字是否完整，实地是否发白、发虚等问题，并针对这些问题，略微调整印版辊与压印辊之间的压力，以达到符合质量要求的印刷品。相对薄膜材料印刷而言，复合片材的印刷压力应略微大一些，以避免复合片材厚度不匀而造成图文再现不佳的缺陷。在实际操作中，一般将印刷压力调整到实地边缘隐约再现有压力框为佳。

3.3　干燥性能的控制

复合片材印刷的另一大关键因素是印迹的及时、彻底干燥。虽然干燥快是 UV 油墨的一大特性，但其干燥必须在紫外线的辐射下实现。目前，常用的紫外固化光源主要包括汞蒸气灯、金属卤化物镓灯、铁灯等 UV 灯。UV 灯 3 个关键参数是：UV 辐射度（或密度）、光谱分布（波长）、辐射量（或 UV 能量），故在选用 UV 灯管时，应考虑这 3 个参数，使料带上的油墨层的干燥性适合印刷的要求，使印刷作业能顺利进行。UV 灯管的主要特性是光谱能量分布不同，在特定的波长内表现各异，可以应用不同的墨色干燥。汞灯、镓灯、铁灯不同的 UV 波长能量分布见图 2。

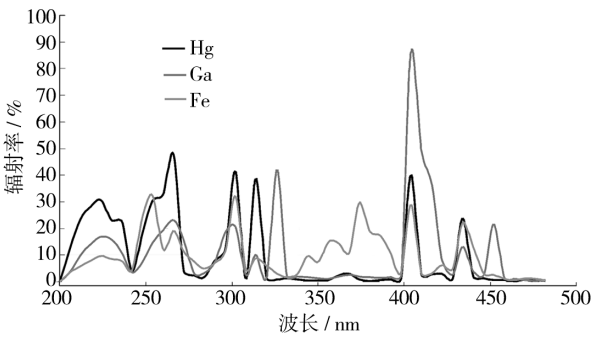

图 2　UV 灯波长能量分布

Fig. 2 UV lights wavelength energy distribution

图 2 中显示，汞灯的辐射波长在固化段 254～420 nm 范围内，除 300～400 nm 之间辐射能量有缺损外，其他波段的紫外线较丰富、能量辐射也较均匀；铁灯的 UV-A 长波穿透力较强，多用于 UV 白墨等比较厚的墨层干燥；汞灯比较常用，但在开启后需要预热几分钟，使灯管内的汞完全气化，以达到完整的光谱输出，避免因 UV 油墨固化不好而造成印刷品的粘连。

总之，为提高 UV 油墨的固化效率，避免印刷品产生返粘、背面蹭脏、有异味及墨层牢度不够等现象产生，应做到以下几个方面：根据油墨的组成特点选择相应的 UV 灯管；提高输出功率；减少灯管与物体的距离；调整对应聚合物的适用光谱；光引发剂的选择及用量应合理；同时，考虑到所有化学及物理方面的影响因素，最大的是氧气含量对 UV 光辐射到物体表面时的影响，即减少周围氧气含量，使 UV 油墨在惰性环境下彻底固化。

4　结语

为得到优质的复合片材柔性版印刷品，在印前要进行可行性分析，根据产品的特点，确定相应的柔印工艺；在印刷过程中，除对复合片材的表面处理外，根据复合片材的厚度、印刷速度及产品特点来合理地确定印刷张力和压力。

参考文献：

[1]　金银河. 柔性版印刷[M]. 北京：化学工业出版社，2003.
JIN Yin-he. Flexo Printing[M]. Beijing：Chemical Industry Press，2003.

[2]　严美芳. 印刷材料与印刷适性[M]. 北京：化学工业出版社，2007.
YAN Mei-fang. Printing Materials & Fitness[M]. Beujing：Chemical Industry Press，2007.

[3]　周春霞，王纳新. 柔印——包装印刷领越中得优势印刷方式[J]. 包装工程，1997，18(2)：6－8.
ZHOU Chun-xia，WANG Nai-xin. Flexo Printing－more Advantage in the Packaging Pringting Areas[J]. Packaging Engineering，1997，18(2)：6－8.

[4]　杨祖彬. 包装印刷设计中印刷材料的选择问题[J]. 包装工程，2006，27(1)：256－258.
YANG Zhu-bing. Printing Materials are Selected in Design for Packaging Pringting[J]. Packaging Engineering，2006，27(1)：256－258.

[5]　冯瑞乾. 印刷原理及工艺[M]. 北京：印刷工业出版社，1999.
FENG Rui-quan. Printing Technology Principle[M]. Beijing：Pringting Industry Press，1999

[6]　周冰. 上海新闵太阳机械有限公司——产品详细信息. www. taiyo-kikai. com.
ZHOU Bin. Shanghai Taiyokikai Co. LTd－Product informations www. taiyo-kikai. com.