

文章编号 :1009-038X(2001)04-0395-05

水基墨纸张凹印工艺

张逸新, 赵珠兰

(无锡轻工大学 计算科学和信息传播系, 江苏 无锡 214036)

摘 要 :水基油墨是一种环保型油墨,它的使用降低了有机挥发物(VOC)量。水基油墨是由水性高分子乳液、有机颜料、表面活性剂及相关添加剂经化学过程混合而成。从它的组分来看,会产生一些不同于溶剂型油墨的印刷适性。作者研究了纸张在较高湿度环境下的变形特性和润湿规律;水基墨与纸张表面接触时的 pH 值变化对印刷适性的影响。纸内施胶度对水基墨凹印印刷适性的影响等 3 个方面进行了分析研究,从而提出可行的改进方法或对制版、纸张选择等提出一些要求。

关键词 :水基墨;纸张;凹版印刷

中图分类号 :TS801.41;TS827

文献标识码 :A

Study of Water-base Ink/paper Gravure Process

ZHANG Yi-xin, ZHAO Zhu-lan

(Department of Calculation Science and Information Communication, Wuxi University of Light Industry, Wuxi 214036, China)

Abstract : Water-base ink is one of the environment protection inks. When it is used, the VOC will be cut down. It makes our environment safe and hygienic. The Water-base ink is made of water-type high polymer emulsion, organic developer, surfactant and additional agent. The primary solvent is water. When gravure printing with water-base ink on the paper is carried out, the water-base ink printability differs from solvent ink. For the better application, The printability should be studied. Thereby feasible way is expounded. In this article, the following three aspects were considered. First, the paper properties are out of shape and hygroscopic law under the higher dampness environment. Second, acid/base interacts at the paper/ink interface. Third, the influence of internal paper sizing on water base ink printability is considered. By analysing and studying, some method to improve the runnability and printability for water-base ink gravure by the plate making and paper selection was proposed.

Key words : water-base ink; paper; gravure printing

随着绿色环保印刷时代的到来,用水基油墨取代溶剂型油墨是印刷业及油墨制造业必然的变革,也是社会发展的必然趋势。水基墨的使用在很大程

度上改善了周围环境和印刷作业环境。但是,在实际使用中,由于水基墨的主要溶剂为水,使得它在纸质品上进行高质量的凹版印刷会产生一些相应

收稿日期 2000-12-05; 修订日期 2001-04-30.

基金项目:教育部骨干教师计划项目资助课题.

作者简介:张逸新(1956-),男,江苏无锡人,理学硕士,教授.

的问题,诸如纸张吸湿变形、套印不准、光泽度、平滑度、油墨扩散性等印刷适性变化的问题。作者从3个方面对所出现的问题、规律及其影响因素进行了分析研究,以求得出可行的改进方法或指出承印材料、制版、设备等选择要求。

对于精细的印刷品,其印刷质量的好坏与所用的纸张的印刷适性有直接关系。而纸张的印刷适性不是一种固定性的属性,而是纸张应有的特性在不同印刷条件下是否适合于印刷的反映。如在用水基墨进行凹版印刷的条件下,纸张的印刷适性除了涉及到纸张的平滑度、均匀度、白度、可压缩性外,还涉及到吸湿后不易变形等性质。众所周知,纸制品用含有大量水基的水基墨印刷时,纸张会因含水量的变化而产生变形,从而导致套印不准、进纸故障等问题。因此研究纸张在湿度较高环境下的变形特性和吸湿规律是水基墨纸张凹印的主要课题之一[1~3]。

1 水基墨纸张凹印的纸张变形、表面平滑度和墨膜 pH 值变化原理

1.1 水基墨纸张凹印的纸张变形、表面平滑度

凹版印刷是一种接触式印刷,油墨是从凹孔转移到纸张上的,凹版滚筒的凹孔宽度范围约为15~250 μm 。所以,适宜的凹版印刷适性较大程度上取决于承印材料的平滑度、线度稳定性和可压缩性。由于纸张与印版滚筒接触压印前,印版经历了刮墨刀的刮墨作用,凹孔内墨面成凹月面形状而使油墨转移比胶印更复杂。所以,纸张表面凹陷、粗糙等缺陷都影响了此部位油墨的正常转移,产生网点变形或脱墨(白点)。

在水基墨的纸张凹印过程中,由于转印到纸张上的水基墨中的水在纸张内的渗透和分子扩散,使纤维吸水膨胀而产生纤维之间的位移,致使纸张尺寸伸展变化,同时导致表面粗糙度的增加。吸湿变形和表面粗糙度的增加将对水基墨纸张凹印印刷质量产生一定的影响,因此充分掌握纸张的吸湿变形特性及吸湿规律,对减少因这特性而引起的故障具有一定意义。

影响纸张变形的主要因素是纸浆的种类、施胶度和纸浆原料的类型与配比等。例如,草类浆料纤维长度较短,戊糖含量较高,杂细胞较多,纤维结构疏松,其尺寸的稳定性低于木浆。除了纸料对其有影响外,合理的打浆度也对其有影响。适当提高浆料硬度,降低半纤维素含量,采用合适的漂白工艺,加强浆料洗涤,减少杂细胞含量等都可控制成纸的

伸缩率。此外,纸张的变形与纤维壁的厚度、含水量和纸张的加热情况有关。

1.2 水基墨与纸张表面接触时的酸碱反应(pH 值变化)

在印刷过程中,水基墨水相的 pH 值的变化不仅会影响转移到纸面的墨膜中水分的释放和粘滞性改变,而且会影响墨膜的干燥和印刷稳定性。并且水基墨凹版印刷中纸张与水基墨的 pH 值之间的差值越大,这种变化越大。

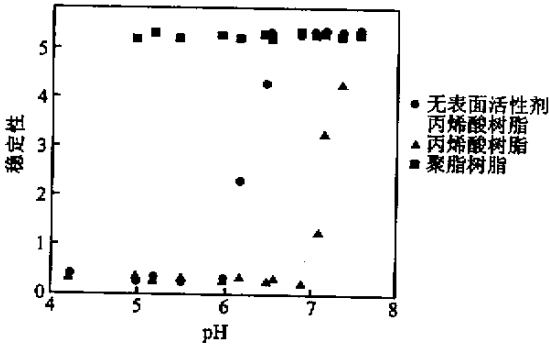
基于水基墨及纸张的组成成分^[3],很容易从实验上验证当将非常薄的一层水基墨涂于纸的表面,墨膜的 pH 值在接触纸面的一秒钟内就发生了改变。pH 值变化的原因是在墨纸的接触瞬间所起的酸碱反应。酸碱反应对油墨在纸张表面扩散有很大影响,进一步讲,能否使油墨溶解/分散时的 pH 值保持稳定是获得良好印刷品必需具备的条件。在使用水基墨时 pH 值一般控制在 8.5~9.5 之间,若超出这个范围,就会影响印刷适性。在印刷过程中,可用 pH 值稳定剂(水基墨助剂)进行调整,保持油墨印刷适性和 pH 值的稳定。

1.2.1 酸碱反应及 pH 值稳定性曲线图 与任何印刷过程相同,纸张凹版印刷的印刷适性好坏关键在于纸张与油墨之间的物理化学反应。湿油墨的扩散、油墨的调整及干燥都直接受这些反应的影响。使用水基墨进行印刷时,水十分容易和包括纤维素、粘接剂以及填充剂等在内的纸的所有成分发生物理反应,这些反应最明显的影响就是纸张的皱折(表面及体积)。另外还有化学作用,其中最显著的是水溶液阶段的 pH 值变化(酸碱反应)。由于含有聚合物(连结料、助剂等)的水基墨通常对 pH 值十分敏感,水相中任何 pH 值的变化都会对油墨的扩散及稳定性产生显著的影响,导致聚合物/色料析出、含水量变化、粘度增加等问题的产生。酸碱反应的过程很快,它受水渗透到纸张内部的速度以及纸向油墨扩散的酸离子两方面的控制。墨膜 pH 值与油墨印刷适性稳定性间关系如图 1 所示。当油墨转移到酸性纸张时,随着油墨在纸张上的扩散和水分的释放,纸面上墨膜的 pH 值会下降到稳定性极限之下,造成油墨印刷适性的不稳定。

1.2.2 pH 值变化及影响因素

印于纸上的油墨层中 pH 值平衡状态如图 2 所示^[3]。实验中使用两种水基墨,一种为酸值高的, pH 值低;另一种为酸值低的, pH 值高,所使用的纸为 A 型超级压光纸(SCA)。由图 2 可以看出,当与纸表面接触的瞬间,油墨层中的 pH 值发生改变,大约 100

ms 后 ,pH 值变化的速率明显减慢.理论上 ,水基墨与纸接触的瞬间 ,其液体部分就渗入到纸张里.水相与纸的成分之间发生酸碱反应 ,导致 pH 值改变.具体地说 ,水基墨扩散的过程中氢离子释放 ,使 pH 值降低 ,油墨粘度等发生变化 ,从而使油墨渗入纸内的速度变慢 ,这就形成了 pH 值变化的动态特性.



注 ① 表示不稳定 5 表示稳定

图 1 pH 值与稳定性关系图

Fig. 1 Relationship between pH value and slability

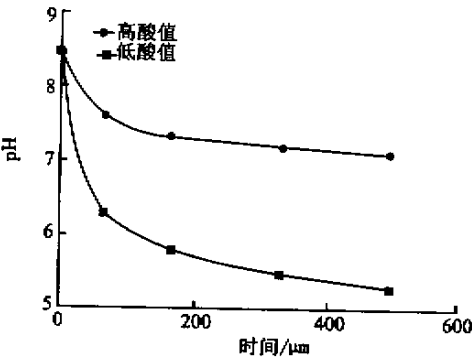


图 2 超级压光纸 (SCA) 上油墨层 pH 值与时间关系图

Fig. 2 The pH value of polymer solution film in contact with SCA paper vs. time

若知道系统中所含无机酸的扩散系数 ,就可估计氢离子渗透到墨层所需的时间 ,墨层的厚度通过号杯量度 (MayBar) 确定.对扩散系数做精确的确定是十分难的 ,同样 ,确切地得出渗透扩散的时间也是很难的.然而 ,油墨层中 pH 值改变所经历的时间大致上与扩散的时间一致.可以用文献 [4] 中引述的 $10^{-5} \text{ cm}^2/\text{s}$ 量级做粗略估计.计算出在 1 s 内 ,渗入 1 μm 油墨层的酸基数目 ,以及氢离子扩散到油墨层所需的时间 ,其结果大约为几毫秒的时间.换言之 ,pH 值变化的速率是由酸离子扩散的数目及时间决定的 ,并且酸离子扩散的数目、速率又取决于水相渗透到纸中的速率和油墨与纸的成分相互作用的速度.总之 ,油墨中的酸离子的扩散基本控制了 pH 值变化的整个过程.再观察一下 pH 值与时

间关系图 ,可知高酸值和低酸值的水基墨所显示的 pH 值与时间曲线有着显著不同.曲线表明 ,油墨中高聚物的酸值越高 ,它的缓冲能力和抵抗 pH 值改变的能力就越大 ,也就更容易保持 pH 值稳定 ,这一点纸张水基墨凹印是很有利的.

1.2.3 酸碱反应 (pH 值变化) 对印刷适性的影响

显然 ,在水基墨稳定性范围之内 ,pH 值下降一个点 ,将会对油墨在纸张上扩展的特性有影响.为了观察 pH 值对油墨扩散和稳定性的影响 ,文献 [3] 对两种高聚物 :一种是在 pH 值 5~7 范围内变化敏感的改性聚酯 ,另一种是在整个 pH 范围内都敏感的水溶液进行了研究.研究表明 ,丙烯酸树脂对 pH 值在 6~8 以内的改变是敏感的 ,而聚酯对 pH 值改变很宽的范围都不敏感.这说明这些高聚物在涉及到被纸基吸收的问题上表示出十分不同的行为.而且 ,对 pH 变化敏感的高聚物渗入纸张的速度比 pH 变化不敏感的高聚物慢得多.所以 ,目前水基墨中的连结料多采用水溶性丙烯酸共聚树脂.

墨层与纸之间的酸碱反应的动态关系对于油墨在纸制品中的扩散及油墨的稳定性十分重要.当纸张与油墨刚接触的瞬间 ,纸表面仅有有限量的酸物质与油墨层发生反应 ,更多量的酸物质以液相渗入纸中.这种渗透刚开始较慢 ,随着时间增加而加快.这种现象被称为“润湿滞后性”或“渗透滞后性”.这种“滞后性”减慢了酸碱作用 (pH 值变化) 的时间.完全中和墨层所需的酸量取决于墨层厚度 ,就像取决于缓冲剂所起的缓冲能力一样.例如 ,高酸值高聚物将消耗更多纸的酸度.作为水基墨印刷的胶印物——纸张必须具有合适的酸碱度 ,这样才会使油墨的干燥时间适当 ,同时又能适当地阻止纸张对油墨过快吸收 ,从而破坏墨层的光泽度.而且可在油墨配方中加入缓冲剂来改变油墨的扩散性能.

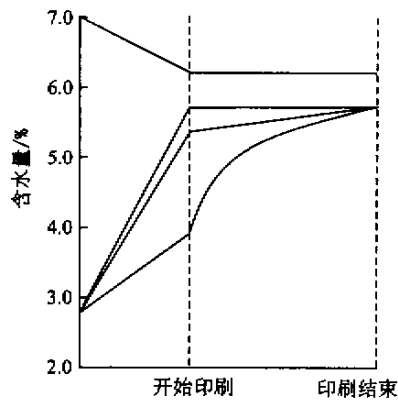
由以上实验可知 ,酸碱反应将使印在纸面的水基墨的 pH 值下降 ,pH 值下降对油墨的纸面扩展和水的释放有很大的影响.而且 pH 值的降低发生得十分快 ,其速率是由从纸张向油墨层扩散的酸离子数目和时间控制的 ;与油墨层接触时 ,纸张中的酸离子产生速率及数量取决于水相渗透到纸中的速率和油墨与纸的成分相互作用的速度 ,且酸碱反应决定于油墨中的水分渗入到纸基中的过程 ;在油墨扩散过程中 ,酸碱反应的影响仅次于掺在油墨中表面活性剂所产生的影响.油墨与纸张的 pH 值相差越大 ,酸碱反应促进油墨扩散就越是有意义.而且油墨的颗粒越小 ,油墨在纸表面的扩散就越快 ;高

聚物中酸值越高,它的缓冲能力和抵抗 pH 改变的能力就越大.

2 纸张变形、表面平滑度与墨膜 pH 变化处理工艺

2.1 单张纸凹印的调湿处理

纸张的变形受很多因素的影响,其实质就在于含水量的变化.为了使纸张的含水量在整个纸面上保持一致,并且与印刷的相对湿度相适应,同时也为了降低纸张对外加环境温湿度的敏感程度,提高纸张尺寸的稳定性.利用纸张吸湿滞后效应^[1],采用调湿处理方法进行解决.由于高湿法采用先让纸张纤维吸收较多的湿分,使纸张得到充分的伸长,然后再降低湿度,使纸张在调湿后获得与车间相同的湿度,这样就能使纸张的吸湿滞后效应更充分地表现出来,以致于在水基墨纸张凹印中,纸张不再吸收过多的水分而伸长,保持相对稳定性(见图 3).所以说,在单张纸水基墨凹印中,使用经高湿法调湿处理的纸张来印刷,在一定程度上减少因纸张吸水变形而引起的印刷故障.



图中 A 表示纸张调湿到含水量为 3.8%,印刷后的纸张含水量的变化;B 表示纸张调湿到 5.2%,印刷后纸张含水量的变化;C 表示纸张调湿到 5.7%,印刷后纸张含水量的变化;D 为纸张调湿到含水量为 6.2%,印刷后纸张含水量的变化.

图 3 水墨凹印中纸张含水量的变化

Fig.3 The change of the moisture content in water base gravure

纸张的含水量与环境温度有关,它随温度增加而减少,近似直线关系.所以,除了上述调湿处理外,在套印过程中,应使得纸张的含水量变化不超过 $\pm 0.1\%$,否则影响套印的准确性,车间温度的变化以不超过 $\pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$ 为宜.

2.2 纸内施胶度处理

在纸制品上进行水墨凹印,最常见的问题是因水墨含水量高而引起的纸张皱折以及因油墨

与纸张成分变化而引起的不良印刷适性,产生诸如纸张光泽度、平滑度、可压缩性、粗糙度、印刷平整度、印刷密度等的变化.例如,在水基墨凹印过程中,由于纸张纤维吸湿膨胀,纸张表面粗糙度上升.此现象的产生是由于油墨中的水向纸内渗透和水分子的扩散而引起的,而且这两个过程的加快导致纸品应力松弛和纤维膨胀,其实质是与纸的吸湿性大小相关的.纸的吸湿性大小与制浆造纸时的方法有关,由实验知,化学制浆造的纸比机械制浆造的纸有较小的吸湿性.同时,若对磨木浆和化学木浆纤维进行减少纤维膨胀度的处理,也可降低它的吸湿性.而纸内施胶提高纸张的疏水性是另一个降低纸张吸湿变形的有效方法.

内部施胶是将使比表面自由能较低的施胶剂加在纸浆中进行混合,经过胶料沉淀后,均匀分布并附着在纤维表面,形成非极性表面,使暴露于大气的极性纤维表面减少,以提高憎液性能.这是通过减少纤维吸附、降低毛细渗透和平面内扩散速度使其变得更疏水来产生效果的.但是,施胶度要适当,过高的施胶会引起过高的疏水性,从而产生油墨转移问题.

通常用光泽度、粗糙度、平整度、印刷密度等几种外观标准来定量衡量由内部施胶水平值高低而产生的印刷适性变化情况.

未涂布纸是指由抄纸机在受控制情况下进行不同程度的纸内施胶制成的纸,它具有超级压光纸的特性.在用水基墨凹印时,除了添加磨木浆制成特定的纸外,所有的纸都不含磨木浆.实践表明,不含磨木浆的纸张随着施胶度的增高(疏水性增大),其物理特性仅有很小的变化.光滑度与可压缩性都没有变化,虽然表面光滑度随施胶度不断上升而增加,但印刷密度还是持续上升直到胶质含量达到一个相当水平.过了这个临界点,开始随着胶质的继续上升而下降.例如,由化学牛皮纸浆制成的纸随着施胶度的上升,表面平整度仅有轻微的不到 10% 的下降.虽然纸的物理特性只表现出很小的变化,但纸张的印刷适性却有较大的差异.不含磨木浆的纸张的表面光滑度随着施胶度的增长而增长,然而当胶质含量达到一定水平时,纸面的光滑度就随之下降.此外,随着施胶度的提高,印刷平整度(实地印刷的脱墨区域)也有较大的增长.当纸张的疏水性持续上升至超过某一临界点时,由于印刷平整度过高,油墨与纸张的润湿性变差,使得纸面的持续吸湿和油墨的有规律扩散变得不可能,形成较多的空穴(不含磨木浆的纸的空穴数量是含有磨木浆的

纸的两倍),在小空穴区域液态油墨难以流入及形成实地墨层区,这种缺陷以“龟纹”呈现出来(所以一旦出现这种“龟纹”,则说明此时油墨在纸面上的扩散已处于不良状态),从而使印刷密度显著下降。很显然,当纸张变得疏水性极强时,也就是纸内施胶度超过一定的适可范围时,水基油墨在纸张表面的分布就会十分不平整,导致图像质量极差。

通过对印刷品的实地区域进行仔细观察可定性地得出如下结论:在纸内施胶度较高时,不仅加网区域存在缺陷,而且脱墨处也变形了,这表明纸基的表面胶质覆盖不均匀,造成此缺陷的原因来自于纸的润湿性差,水基墨在疏水性高的纸表面上铺展不均匀。此问题可通过改变油墨在纸张上的动接触角来调整。含有磨木浆的纸具有以下性质:显著的纤维膨胀,低的印刷密度。

2.3 墨膜 pH 变化处理

对水基墨与纸张表面接触时的酸碱反应,应作如下工艺处理:

- 1) 选择 pH 值相近的纸张与水基油墨;
- 2) 选择含有酸值较高的高聚物构成的水基油墨,因为它的缓冲能力和抵抗 pH 改变的能力比酸值较低的大;
- 3) 选择含有对 pH 敏感的高聚物构成的油墨,因其渗入纸张的速度比对 pH 不敏感的高聚物慢得多。
- 4) 在水基墨凹印中,酸碱性的对颜料或油墨显色有一定的影响,因此一般选择耐酸耐碱的油墨。
- 5) 为了提高干燥速度,在制版时,要求印版的

深度比溶剂型的版子浅些,设计精度要高些。

3 结 论

综上所述,为了获得良好的印刷特性及印刷质量,纸张、油墨特性及印刷条件必须协调。如果能取得它们各自的最佳状态,那么在纸张上进行水基墨凹印的印刷质量可以与溶剂型油墨凹印相比。从以上研究分析可以得出单张纸水基墨凹版印刷的工艺要点:首先,从纸的角度来说,要选用无磨木浆的纸,同时采用对纸进行内部施胶的纸张,达到印刷纸张具有一定程度的疏水性。然而,当疏水性超过某一值时,印刷质量的退化会非常快,即油墨扩散厉害、图像失真、印刷密度降低等,因此必须控制好,不可超过这一临界值。控制好印刷环境的温湿度变化,相对湿度保持在 55%~60% 以及 18~20℃ 的温度,温度变化在 $\pm 3^{\circ}\text{C}$ 。在进行印刷之前,用高湿法调湿,以减少纸张在印刷过程中的含水量变化。其次,从纸张与油墨接触时所发生的酸碱反应的角度来说,纸张与油墨之间酸碱反应会使大量的水渗入到纸基中,为了减少纸张变形,在印刷过程中,在允许范围内尽量使纸张与油墨的 pH 值接近些,即用碱性纸印时,油墨的 pH 值多半控制在 9 左右。同时使用颗粒小的油墨,这样对油墨在纸张上扩散有利。除此之外,为了提高干燥速度,在制版时,要求印版的深度比溶剂型的版子浅些,设计精度要高些。

参考文献:

- [1] 董明达,王城. 纸张与油墨的印刷适性[M]. 北京:印刷工业出版社,1993.
- [2] AUERBACH R, HRUZEWICZ J N, SPRYCHA R. Impact of ink paper interactions on printability of aqueous publication gravure inks. Part III: acid/base interaction at the paper/ink Interaction[M]. New York:TAGA,1996. 143~159.
- [3] JOHN SERAFANO, NICK TRIANTAFILLOPOULOS, MICHAEL BUSCHE. The influence of internal paper sizing on water base ink printability[M]. New York:TAGA,1996. 159~170.
- [4] HARNED H S, OWEN B B. The physical chemistry of electrolyte solutions[M]. New York:Reinhold Book Corporation,1958. 803.

(责任编辑:李春丽)