

## 纯水型凹印油墨生产技术

黄蓓青, 张复忠, 闫继芳, 徐英杰, 魏先福, 陆丹阳  
(北京印刷学院, 北京 102600)

**摘要:** **目的** 针对生产油墨所用的卧式封闭砂磨机, 研究油墨生产工艺条件, 以生产出质量良好的纯水型凹印油墨。**方法** 考察预分散工艺条件对油墨分散性的影响, 确定所使用的高速叶轮分散机的转速与分散时间; 研究基墨的颜基比、进料速度、研磨次数对油墨质量的影响, 确定生产油墨的研磨条件; 探讨提高水性油墨干燥速度的干燥剂的添加工艺。**结果** 研究表明, 当预分散转速为 1500 r/min, 时间为 30 min, 颜基比为 1 : 1.25, 进料速度的隔膜泵工作气压为 0.2 MPa, 并经过 4 遍研磨的油墨, 其性能较好; 干燥剂应先分散到丙烯酸乳液中, 1000 r/min 的转速下研磨 60 min 制成乳液, 再添加至油墨中, 即可提高油墨的干燥速度, 又不影响油墨的其他性能。**结论** 采用文中的工艺条件生产的纯水型凹印油墨具有良好的分散性和印刷适性, 印刷质量优良。

**关键词:** 纯水型凹印油墨; 生产工艺条件; 分散性

**中图分类号:** TS802.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2017)01-0055-07

### Production Technology of Water-based Gravure Ink

HUANG Bei-qing, ZHANG Fu-zhong, YAN Ji-fang, XU Ying-jie, WEI Xian-fu, LU Dan-yang  
(Beijing Institute of Graphic Communication, Beijing 102600, China)

**ABSTRACT:** The work aims to research the production process conditions of ink regarding the horizontal closed sand mill used to produce ink, so as to produce the water-based gravure ink of good quality. The effects of pre-dispersion process conditions on the ink dispersion were investigated to determine the revolving speed and dispersion time of the high-speed impeller dispersing machine; the effects of binder ratio, feeding speed and grinding times of base ink on the ink quality were studied to determine the grinding conditions of ink. The adding process of drying agent for improving the drying speed of water-based ink was discussed. The results showed that the water-based gravure ink had a good performance when the pre-dispersion speed was 1500 r/min, the dispersion time was 30 min, the binder ratio was 1 : 1.25, the working pressure of diaphragm pump for controlling feeding speed was 0.2 MPa and the ink was ground for four times. The drying agent should be first pre-dispersed in polyacrylic emulsion and then ground into emulsion for 60 min at the speed of 1000 r/min. With the emulsion above added to the ink, it would not affect other performances of the ink while improving its drying speed. The water-based gravure ink produced with the above-mentioned process conditions has good dispersion and printability and excellent printing quality.

**KEY WORDS:** water-based gravure ink; production process conditions; dispersion

纯水型凹印油墨是以水为溶剂制备而成的液体状环保油墨, 其最大特点是不含挥发性有机溶剂, 具有无毒、无刺激性气味等优点, 节能减排, 环境污染小, 近年来逐渐受到人们的青睐, 被广泛应用于绿色包装产业中, 尤其是在环保呼声日益高涨的今天, 已

经成为一种新型的“绿色”印刷耗材, 具有广阔的市场前景<sup>[1-3]</sup>。将实验室成功研发的纯水型凹印油墨<sup>[4-5]</sup>进行产业化, 需要对油墨生产工艺的关键技术进行研究, 以确保生产的油墨质量。

油墨的生产质量主要取决于分散性, 针对凹印油

收稿日期: 2016-07-29

作者简介: 黄蓓青(1965—), 女, 北京印刷学院副教授, 主要研究方向为先进印刷油墨与流变学。

墨生产使用最多的卧式砂磨机,为了得到分散性能良好的油墨,要使砂磨机达到理想的运动形式,这与油墨生产的预分散工艺、研磨基料颜基比(生产基墨时颜料和连接料的质量比)、进料速度、砂磨机的研磨次数密切相关。干燥性是水性油墨亟待解决的问题,为提高水性油墨的干燥性,需要在油墨中添加干燥剂,但干燥剂的加入不能影响油墨的质量,还需要有合适的干燥剂添加工艺。

## 1 实验

### 1.1 材料和仪器

实验使用颜料为联苯胺黄、艳红 6BW、酞菁蓝、碳黑、钛白粉,实验使用树脂为丙烯酸树脂 AZR, S-2916, S-2919,实验使用的助剂为分散剂、消泡剂、流平剂、蜡乳液,等,实验使用的溶剂为去离子水。主要仪器:JB2 高速搅拌机(重庆宏达化工机电有限公司)、SMZ 20-1 型卧式砂磨机(重庆宏达化工机电有限公司)、SMB-0.75 篮式研磨机(上海索维机电设备有限公司)、Microtrac S3500 激光粒度分析仪(美国 Microtrac 有限公司)、3 号察恩杯。

### 1.2 测试方法

#### 1.2.1 油墨分散性

油墨的分散性通过其粒径大小及其分布来表征,使用激光粒度分析仪进行测试。文中以 95%油墨分布的最大粒径来表示油墨粒径,粒径分布图横坐标表示粒子大小( $\mu\text{m}$ ),左边纵坐标表示累积分数(%),右边纵坐标表示频度分数(%)。

#### 1.2.2 油墨粘度

使用 3 号察恩杯测量油墨粘度(s)。

#### 1.2.3 油墨干燥性

采用 GB/T 13217.5—2008 测试油墨干燥性,即使用压痕法的方式,使用刮板细度计进行测试,得出油墨的初干性(mm)、彻干性<sup>[6]</sup>(s)。

1) 初干性的测量:在温度为 25℃,相对湿度为(65±5)%的环境中,取适量油墨于刮板细度仪槽的 100 mm 处,迅速刮下,立刻按下秒表,经 30 s 后用一张与刮板细度仪同宽的铜版纸条,其上端与刮板细度仪的上端对准,平贴凹槽上,用另一块刮板迅速刮一下,揭下纸,测量墨迹消失处到 0 mm 处未粘墨迹的长度,即初干性。

2) 彻干性的测量:在温度为 25℃,相对湿度为(65±5)%的环境中,取适量油墨放置于刮板细度仪 100 mm 处(墨量以刮满槽为准),迅速刮下,立刻用一张铜版纸盖在其上,用另一块刮板刮下,从揭下纸开始计时,用手指触摸纸条的 100 mm 处,墨迹不粘

手后结束计时,所用时间则为彻干性。

#### 1.2.4 油墨附着力<sup>[7]</sup>

采用规格为 20 mm×20 mm 的 3M 胶带粘贴在印刷品上,样品下面放一张规格为 10 mm×10 mm 的 100 个面积为 1 mm<sup>2</sup>的方格纸,用大小恒定的力将胶带从塑料表面以 90°的方向撕下,计算剩余油墨所占方格纸格子数目的比例来评价附着力。纯水型塑料凹印油墨的附着力指的是在 BOPP 塑料薄膜上的附着力。

#### 1.2.5 油墨 VOCs 含量

纯水型凹印油墨 VOCs 含量依据 GB 26395—2011 进行测试。

#### 1.2.6 油墨重金属含量

纯水型凹印油墨重金属含量依据 EN 71-3: 2013 进行测试。

#### 1.2.7 油墨最大印刷速度

在普通凹版印刷机上,烘箱温度为 80℃时,印刷品完全干燥不粘连的最快开机速度即为最大印刷速度。

## 2 实验结果与分析

文中的研究方法过程以纯水型凹印塑料青油墨为例进行说明,其他颜色油墨的研究方法相同。

### 2.1 预分散条件对油墨性能的影响

纯水型凹印油墨生产过程的第 1 步就是将原料按一定比例配制的混合物进行预分散,目的是将各种油墨的组分初步的混合,为后续的研磨工序做准备。预分散的时间和速度对油墨的分散性和粘度等性能有一定的影响。

#### 2.1.1 预分散速率

油墨生产时预分散多使用高速叶轮分散机<sup>[8-9]</sup>,采用不同转速分别对同一质量分数的油墨原料进行预分散,预分散时间为 30 min,经过相同研磨条件生产基墨,再添加相同的成膜树脂后配制成墨,分别取样进行油墨分散性和粘度的检测,结果见图 1。

由图 1 可以看出,基墨预分散时随着所采用的高速叶轮分散机转速的增加,生产出油墨的粒径有逐渐变小的趋势,且粒径分布也逐渐变均匀,当转速为 500 r/min 时,95%的油墨粒径分布在 1.53  $\mu\text{m}$  以内,粒径分布范围较宽,粒径分布不均匀,当转速为 2000 r/min 时,95%的油墨粒径分布在 0.51  $\mu\text{m}$  以内,且粒径分布狭窄且均匀。转速从 1500 r/min 开始,油墨粒径减小和粒径分布变窄的趋势减缓,趋于稳定。预分散可帮助连结料对颜料的润湿,为了使油墨具有良好的分散性,要求研磨前连结料应充分润湿颜料<sup>[10]</sup>。颜料和连结料在叶轮高速的

剪切之下,随着转速的增加,颜料被连接料润湿得越来越充分,在后续的研磨过程中,连结料对颜料形成更加均匀的分散体系,分散性越好,因而产生的油墨分散性能更佳,粒径分布也更为合理。

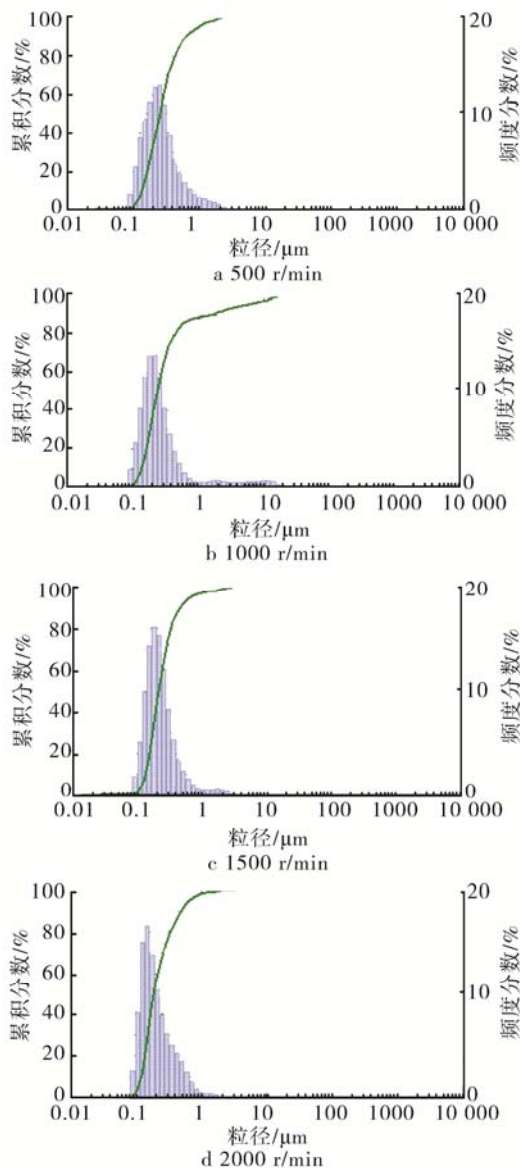


图 1 预分散机的转速对油墨分散性的影响  
Fig.1 The effect of pre-dispersion rate on ink dispersion

不同预分散速度下的油墨粒径和粘度见图 2,随着预分散时所采用的高速叶轮分散机转速增加,生产出油墨的粘度逐步下降,但从 1500 r/min 开始,油墨的粘度趋于稳定。当转速为 500 r/min 时,油墨粘度为 25 s,转速在 1500~2000 r/min 时,粘度接近 20 s。生产油墨的粘度与分散性相关,分散性好的体系的粘度低于分散性差的体系。由图 2 可知,当转速达到 1500 r/min 时,所生产的油墨的粒径可达到 0.51 μm,分散性良好,满足纯水型凹印油墨印刷工艺的要求,因此,可将 1500 r/min 确定为油墨生产预分散时高速叶轮分散机的转速。

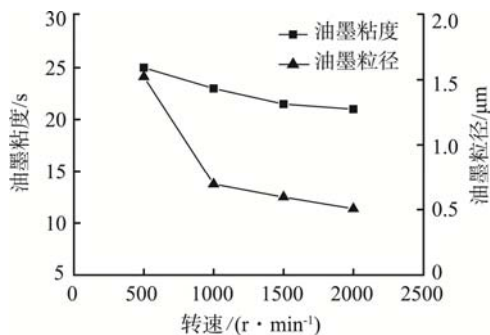


图 2 不同预分散速度下的油墨粒径和粘度  
Fig.2 The particle size and viscosity of ink at different pre-dispersion speed

### 2.1.2 预分散时间

预分散时间对生产油墨的分散性也有较大影响,控制高速叶轮分散机的转速为 1500 r/min,改变预分散时间对同一质量分数的油墨原料进行预分散,经过研磨生产基墨,添加调稀树脂之后配制成墨,分别取样进行油墨粒径分布和粘度的测量,见图 3。

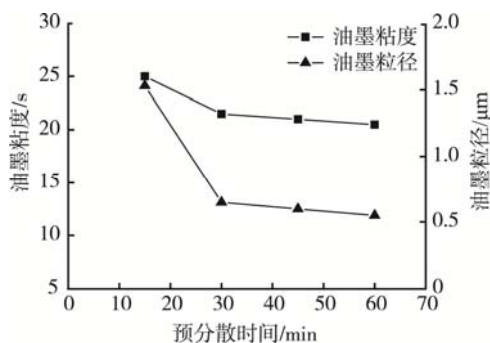


图 3 不同预分散时间对油墨粒径和粘度的影响  
Fig.3 The particle size and viscosity of ink at different pre-dispersion time

从图 3 可以看出,基墨随着预分散时间的增加,油墨的粒径和粘度逐渐减小,但从 30 min 开始,尤其在 45 min 以后,生产的油墨粒径趋于稳定,粘度变化较小,说明油墨分散性达到良好状态。预分散时间决定了连结料对颜料的润湿程度,为了使连结料充分润湿颜料,保证生产油墨的分散性,需要有足够的预分散时间。预分散时间为 30 min 时,可以使生产的纯水型凹印油墨具有良好的分散性。

### 2.2 研磨条件对油墨分散性的影响

将搅拌均匀和充分预分散的料浆放置在砂磨机中进行研磨。研磨是油墨生产的重要过程,其主要目的就是使颜料聚集体分散于连结料中,使之形成细颗粒的分散体,这也是油墨生产的主要目的<sup>[1]</sup>。为了生产分散性良好的油墨,必须使原材料处于最佳研磨状态,并被充分研磨,这与研磨原料的颜基比、研磨时间有关。

#### 2.2.1 颜基比

颜基比是指生产基墨时颜料和连接料的质量比,

不同的颜基比生产的油墨性能差异较大。控制高速叶轮分散机的转速为 1500 r/min, 分散时间为 30 min, 对不同颜基比的基墨进行预分散, 然后用相同研磨条件生产基墨, 再添加相同的成膜树脂后配制成墨, 分别取样进行油墨分散性和粘度的检测, 见表 1。

表 1 不同颜基比对油墨分散性和粘度的影响

Tab.1 The effect of ratio pigment/resin on dispersion and viscosity of ink

颜基比	油墨粒径/ $\mu\text{m}$	粘度/s
1 : 1	1.23	>20
1 : 1.25	0.53	15
1 : 1.5	0.86	16

从表 1 可以看出, 采用不同颜基比研磨生产的油墨的粒径和粘度有较大差别, 这是由于基墨生产实质是将颜料通过研磨的方式分散在连结料中, 分散的过程实际上也是流动过程, 只有达到最佳流动点, 油墨研磨时才能获得有效的剪切作用, 分散才能达到最佳状态。颜基比的改变意味着研磨树脂含量发生变化, 即研磨体系的粘度发生变化, 使得剪切作用也不同<sup>[11]</sup>。为了使生产的油墨有良好的分散性, 应采用最佳颜基比来研磨生产基墨。在该生产条件和使用材料的情况下, 采用 1 : 1.25 的颜基比来研磨生产纯水型凹印油墨, 所得到的油墨粒径和粘度最小, 分别为 0.53  $\mu\text{m}$  和 15 s, 说明分散效果达到最佳。

### 2.2.2 进料速度

在纯水型凹印油墨研磨过程中, 预分散好的混合物通过一个气动隔膜泵被压入研磨腔内, 与研磨介质充分混合, 进而被剪切和打碎, 完成研磨过程。

气动隔膜泵的工作气压决定了研磨机进料的速度, 工作气压越大, 进料速度越快。固定油墨生产的其他条件, 改变气动隔膜泵的工作气压, 即改变研磨机进料速度来研磨生产基墨, 并添加相同的成膜树脂配制成墨, 测试油墨的粒径分布和粘度, 见图 4。

从图 4 可以看出, 随着隔膜泵工作气压的逐渐增大, 即进料速度越来越大, 油墨的分散性越来越差, 进料速度最小时, 95% 的油墨粒径分布在 0.72  $\mu\text{m}$  以下, 而最大进料速度研磨出的油墨, 95% 的油墨粒径分布在 1.68  $\mu\text{m}$  以下, 分散性较差。进料速度越大时, 油墨在砂磨机中被研磨的有效时间就越短, 导致油墨的分散性欠佳, 为了生产分散性良好的油墨, 进料速度不能过高, 即隔膜泵工作气压不能太大。

### 2.2.3 研磨次数

油墨原材料经过研磨机一次研磨往往不能得到良好的分散效果, 需要多次研磨。将预分散好的浆料通过气动隔膜泵压入研磨腔内进行研磨, 共研磨 4 次, 测试每一遍研磨后的油墨的粒径分布, 见图 5。

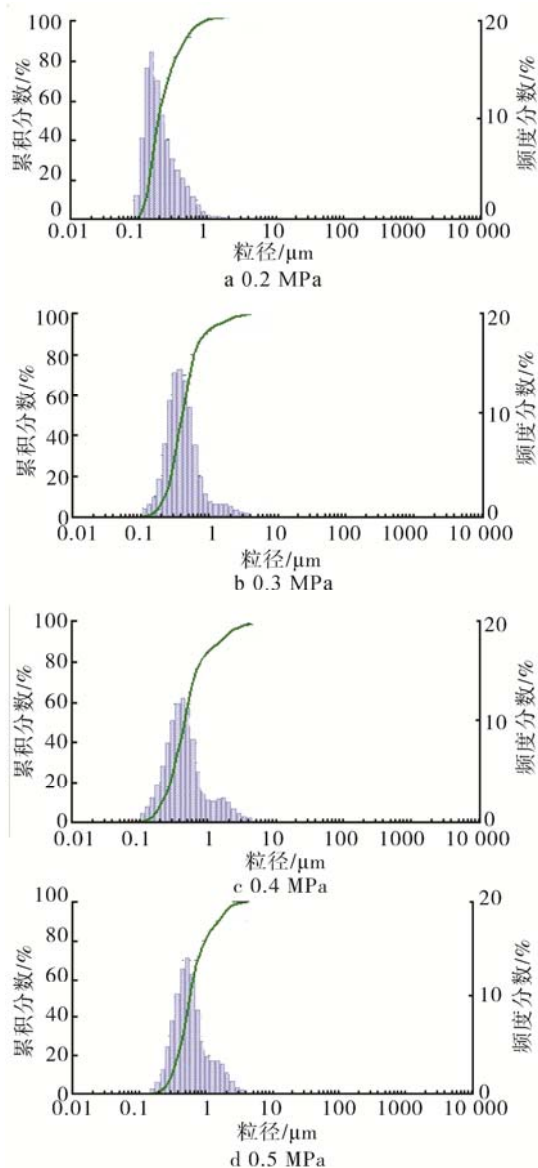


图 4 进料速度对油墨分散性的影响

Fig.4 The effect of feed rate on ink dispersion

由图 5 可以看出, 随着研磨次数的增加, 油墨的粒径逐渐减小, 粒径分布的范围逐渐变窄。研磨次数越多, 油墨原材料被研磨的时间越长, 颜料被连结料分散得越充分, 分散性越好。经过 4 遍研磨后, 95% 的油墨粒径分布在 0.99  $\mu\text{m}$  以下, 分散性良好。

### 2.3 干燥剂添加工艺对油墨性能的影响

纯水型凹印油墨的溶剂是纯水, 水的比热容较大, 挥发速度不及醇类、酯类等有机溶剂, 油墨被转移到承印材料表面时不易干燥, 使得油墨在印刷时印刷机速度较慢, 极大地限制了印刷厂的生产效率, 这也在很大程度上限制了纯水型凹印油墨的研发和推广<sup>[12-14]</sup>。为解决纯水型凹印油墨的干燥性问题, 研制出能提高油墨干燥速度的干燥剂, 该干燥剂为固体粉末<sup>[15]</sup>。

在初期的实验中, 直接将干燥剂加入纯水型凹印

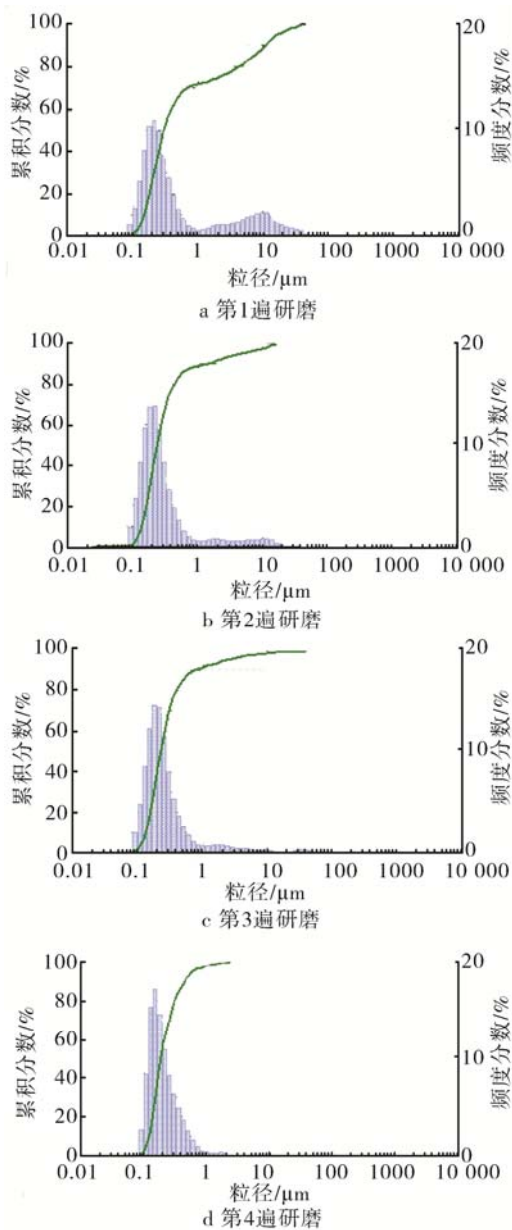


图 5 研磨次数与油墨粒径分布的关系

Fig.5 The relationship between particle distribution and grinding times

油墨中，所制备的干燥剂密度非常小，同时颗粒度很小，使其表面能较高，干燥剂非常容易漂浮在油墨表面，不能与油墨体系互溶，因此，将干燥剂粉末加至含有表面活性剂的水性丙烯酸乳液中。由于干燥剂是固体粉末，加入后极易使油墨粒径变大，油墨转移性能变差，从而影响油墨的印刷质量。为了使干燥剂能很好地分散在油墨体系中，需要探讨其添加方式及工艺。

### 2.3.1 干燥剂添加方式

采用 2 种方式将干燥剂加至丙烯酸乳液：采用搅拌机将干燥剂分散在丙烯酸乳液中，分散时间为 30 min；对预分散的干燥剂乳液采用篮式研磨机研磨

30 min，转速为 1000 r/min。将 2 种方式制备的干燥剂乳液加入油墨中，测试油墨粒径分布，见图 6。

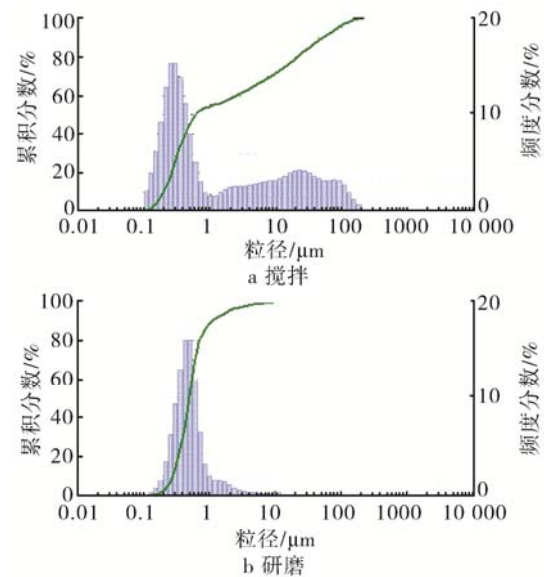


图 6 不同干燥剂添加方式的油墨粒径分布

Fig.6 The particle distribution of ink of different adding method

由图 6a 可以看出，在油墨中添加仅仅采用搅拌方式制备的干燥剂乳液，会造成油墨颗粒大，95%的粒径分布在 88 μm 以下，严重影响印刷质量，油墨转移性能差。由图 6b 可以看出，在油墨中添加采用研磨方式制备的干燥剂乳液，95%的粒径分布在 8.4 μm 以下，颗粒明显减小，满足凹版印刷油墨转移的要求，可保证印刷质量。这是因为研制的干燥剂是固体粉末，仅仅用搅拌机将其与乳液混合，只能使乳液润湿干燥剂，干燥剂聚集体并没有得到很好的分散，必须在有效的剪切力作用下，即通过研磨，才能使干燥剂在油墨中有良好的分散性。

### 2.3.2 研磨时间

采用研磨方式分散干燥剂，与颜料分散类似，其分散性也与研磨时间有关。对预分散的干燥剂乳液采用篮式研磨机研磨，转速为 1000 r/min，测试不同研磨时间所制备的干燥剂乳液的粒径分布，见图 7。

从图 7 可以看出，随着研磨时间的增加，干燥剂乳液的分散性越好，研磨时间为 15 min 时，分散性很差，95%的粒径分布在 40 μm 以下，且粒径分布范围较宽；经过 60 min 的研磨后，95%的粒径分布达到 3.67 μm 以下，已经接近生产油墨的粒径分布。研磨时间越长，分散剂被分散得越充分，分散性越好。将经 60 min 研磨的干燥剂乳液加入油墨体系中时，与油墨有良好的互溶性。

## 2.4 生产油墨的主要性能

根据上述研究结果，采用最佳生产工艺生产出纯

水型凹印油墨,测试其性能。黄、品、青、黑、白的纯水型塑料凹印油墨的初始粒径分别为 1.5, 2, 0.8, 2.5, 2  $\mu\text{m}$ , 粘度为 20~25 s, 初干性分别为 10, 11, 10, 11, 10 mm, 彻干性为 70 s, 附着力为 90%~100%, 最大印刷速度为 120 m/min, VOC 和重金属排放均符合标准;黄、品、青、黑、白的纯水型水松纸凹印油墨的初始粒径分别为 1.5, 2, 0.8, 2.5, 2  $\mu\text{m}$ , 粘度为 12~15 s, 初干性分别为 12, 11, 11, 11, 10 mm, 彻干性为 70 s, 附着力为 100%, 最大印刷速度为 150 m/min, VOC 和重金属排放均符合标准。可以看出,采用文中的生产工艺生产出的纯水型凹印油墨性能良好,印刷速度较快,能满足凹版印刷要求,且油墨无 VOC、重金属,属于环保油墨,可在我国包装

印刷行业全面推广,彻底改变我国目前凹版印刷产生大量 VOC 的现状。

### 3 结语

根据上述研究,针对实验室研制成功的纯水型凹印油墨的配方,利用现有的油墨生产设备,得到以下结论:为了生产出性能良好的纯水型凹印油墨,首先应控制高速叶轮分散机转速为 1500 r/min,对基墨浆料进行预分散,时间为 30 min,基墨的颜基比为 1:1.25;然后对基墨采用卧式砂磨机进行研磨,控制进料速度的隔膜泵工作气压为 0.2 MPa,经过 4 遍研磨即可;干燥剂可用来提高纯水型凹印油墨的干燥性,先用搅拌机将其预分散至丙烯酸乳液中,然后用篮式研磨机在转速为 1000 r/min 下研磨 60 min 制备成干燥剂乳液,最后添至油墨中;所生产的纯水型凹印油墨性能良好,可满足凹版印刷的要求。

#### 参考文献:

- [1] 贾春江. 水性油墨在凹版印刷中的应用研究[J]. 包装学报, 2011, 3(1): 32—35.  
JIA Chun-jiang. Research on the Applying of Water-Based Ink in Rotogravure Printing[J]. Packaging Journal, 2011, 3(1): 32—35.
- [2] 邓普君. 凹印基础知识[M]. 北京: 印刷工业出版社, 2008.  
DENG Pu-jun. Basic Knowledge of Gravure Printing[M]. Beijing: Printing Industry Press, 2008.
- [3] 周震. 印刷油墨[M]. 北京: 化学工业出版社, 2006.  
ZHOU Zhen. Printing Ink[M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2006.
- [4] 凌云星, 薛生连. 油墨组成与配方[M]. 北京: 印刷工业出版社, 2010.  
LING Yun-xing, XUE Sheng-lian. The Composition and Formulation of Ink[M]. Beijing: Printing Industry Press, 2010.
- [5] 霍彦东. 水性油墨用丙烯酸酯树脂的改性研究进展[J]. 信息记录材料, 2014, 15(3): 49—55.  
HUO Yan-dong. Research Progress of Modified Acrylate Resin for Waterborne Ink[J]. Information Recording Materials, 2014, 15(3): 49—55.
- [6] 齐晓堃, 周文华, 杨永刚. 印刷材料及适性[M]. 北京: 印刷工业出版社, 2008.  
QI Xiao-kun, ZHOU Wen-hua, YANG Yong-gang. Printing Materials and Printability[M]. Beijing: Printing Industry Press, 2008.
- [7] 王能友. 墨膜附着力的检测[J]. 丝网印刷, 2005(1): 22—23.  
WANG Neng-you. Test on Ink Film Adhesion[J]. Screen Printing, 2005(1): 22—23.
- [8] 王能友. 包装漆膜附着力的检测与分析[J]. 中国包装业, 2005(4): 52—53.  
WANG Neng-you. Test and Analysis on the Packaging Film Adhesion[J]. China Packaging Industry, 2005(4):

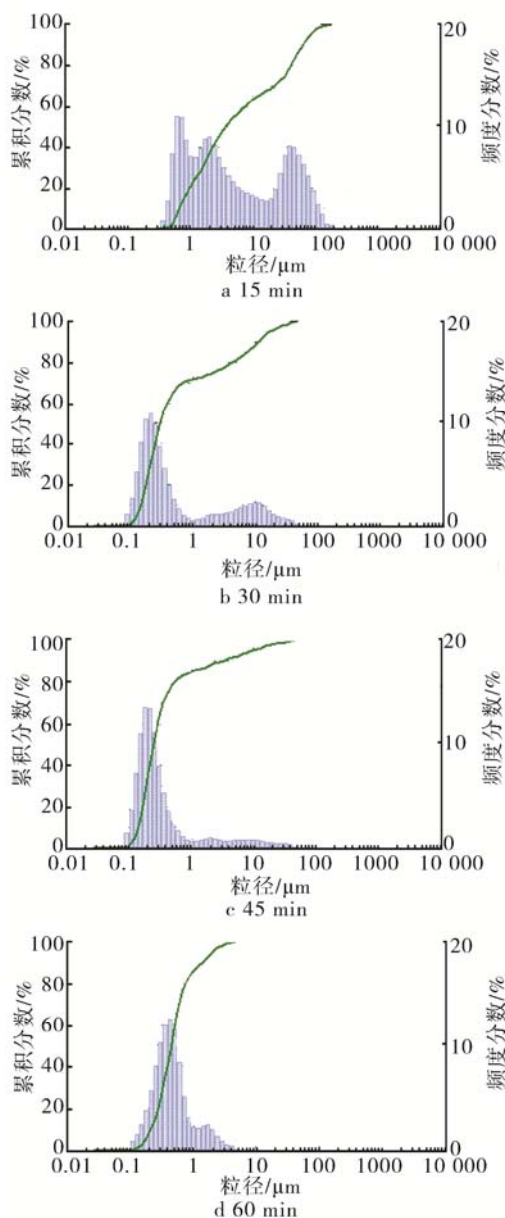


图7 研磨时间对干燥剂分散性的影响

Fig.7 The effect of grinding time on drying agent dispersion

- 52—53.
- [9] 王新城. 影响油墨附着牢度的因素[J]. 丝网印刷, 2005(3): 30—32.  
WANG Xin-cheng. Factors Effecting Adhesion of Screen Printing Ink[J]. Screen Printing, 2005(3): 30—32.
- [10] 凌云星, 薛生连. 油墨技术手册[M]. 北京: 印刷工业出版社, 2009.  
LING Yun-xing, XUE Sheng-lian. Printing Ink[M]. Beijing: Printing Industry Press, 2010.
- [11] 李荣兴. 油墨[M]. 北京: 印刷工业出版社, 1986.  
LI Rong-xing. Printing Ink[M]. Beijing: Printing Industry Press, 1986.
- [12] 李风华, 王肖伟. 浅谈水性油墨[J]. 印刷世界, 2006(11): 24—25.  
LI Feng-hua, WANG Xiao-wei. A Primary Analysis of Water-Based Ink[J]. Printing World, 2006(11): 24—25.
- [13] 李霞. 高光泽水性上光油的研究[D]. 西安: 西安理工大学, 2006.  
LI Xia. Research on High Gloss Water-Based Varnish [D]. Xi'an: Xi'an University of Technology, 2006.
- [14] 陈跃涛. 塑料水性凹印油墨的研究[D]. 北京: 北京印刷学院, 2007.  
CHEN Yue-tao. Study of Water-Based Gravure Ink for Plastic[D]. Beijing: Beijing Institute of Graphic Communication, 2007.
- [15] 徐英杰, 张复忠, 魏先福, 等. 水性凹印油墨用温控微胶囊型干燥剂效能研究[J]. 北京印刷学院学报, 2013(6): 31—33.  
XU Ying-jie, ZHANG Fu-zhong, WEI Xian-fu, et al. The Efficiency of Temperature Control Microcapsule Drying Agent Applies to Water-Based Gravure Ink[J]. Journal of Beijing Institute of Graphic Communication, 2013(6): 31—33.