

# 测试胶版印刷纸掉毛掉粉的新方法

## *Two Kinds of Novel Methods to Measure the Linting and Dusting of Offset Paper*

刘俊杰(Liu Junjie) 编译

掉毛掉粉一直是胶版印刷纸的一个难题。从纸页表面上脱落的粉尘和细小纤维颗粒会吸附到印刷胶毯上。这些掉毛颗粒最终会破坏印刷图像。清洗印刷胶毯既浪费金钱又浪费时间,所以,印刷商迫切需要解决掉毛掉粉问题。由于掉毛掉粉问题的存在,预测印刷机上纸张表面松动或结合较弱的颗粒脱落趋势的方法就很重要。本文介绍了 STFI 改进的测定胶版印刷纸掉毛掉粉趋势的 2 种不同方法。与传统 IGT 测试方法相比,这 2 种方法容易操作,更可靠,且与印刷车间的结果相一致。

### 1 掉毛掉粉的定义

掉毛掉粉是用来描述胶版印刷过程中纸页表面上松动和结合较弱的颗粒脱落趋势的术语。掉毛是与纸和浆的性质和印刷条件有关的纤维脱离现象。粉尘是纸页表面上的游离纤维、细小纤维或造纸颗粒(填料、纤维碎片)。这些游离纤维、细小纤维和颗粒比较容易脱落,并在印刷后堆积到印刷胶毯上。结果会损坏某处的印刷质量,这时必须停止印刷并进行清洗。此清洗过程既繁重又昂贵。纸张掉毛趋势对印刷车间的印刷效率有重要影响,尤其是对大量印刷的报纸类产品。大量多色印刷操作中掉毛问题成为客户抱怨的原因。

因此,开发可预测印刷机上纸张表面松动或结合较弱颗粒脱落趋势的方法非常重要。

### 2 掉毛的复杂性

尽管如此,依然没有完全掌握产生掉毛问题的原理,因为掉毛是一个复杂的过程。一般认为掉毛是由于纸张表面油膜破裂张力与内部纤维结合力的联合作

用产生的结果。当外部作用力超过纤维内部的结合力时,纤维则从纸页表面上剥离下来。从纸页表面剥离的物质还包含几乎没有细纤维化的纤维、非纤维物质(木射线细胞、导管、蔗糖等)、纤维碎片、细小纤维和碎纤维。

不能认为掉毛只是一个抄纸问题。印刷机的变量对纸张掉毛也有一定影响,必须严格控制印刷机的变量。此领域的一些早期研究结果表明,印刷机的许多变量比纸张本身更容易造成产生掉毛现象。不同类型的印刷机或不同材质的毛毯、油墨、水、印刷板等的变化,经常辨别不清毛毯上掉毛堆积是纸的原因还印刷参量的原因。当时还没有与胶版印刷条件变化相匹配的实验室测试,而且印刷机本身就是一个变量。换句话说为了测试纸页性能,必须对其进行印刷,但这也只适用于胶版印刷纸的测试,大规模工业印刷非常昂贵并且非常复杂。

### 3 传统 IGT 测试方法的不足

起毛是印刷性能的另一术语,表示纤维、纤维团的剥离或在个别情况下发生的分层现象,即纸张表面大范围面积被均匀拉起。起毛容易发生在压区出口处,这时的油墨抗分裂能力和由此产生的垂直纸张表面的应力超过纸张表面的局部强度。起毛会造成产生掉毛现象,但这种起毛倾向更加明确且容易理解。目前,普遍使用 IGT 印刷适性仪以模拟印刷过程的方式来测量纸张的掉毛程度。抗掉毛能力即表面强度是在指定条件下出现掉毛现象的最低印刷速度。这种测试方法较快且容易实施。但用视觉来判断结果,会存在一定的主观性。需要同一个人完成同一批样品的所有试验,否则结果会不准确。2 个人测试同一种纸样,可能得到相同的样品等级,但每个纸样的准确值都不

同。

此外，在四色印刷过程中，纸幅要经过 4 个印刷压区。进入每个印刷压区的纸张表面都不同于经过其他压区的表面。第一压区的纸张表面是没有经过处理的干燥表面。按照惯例，纸张表面上松动或结合较弱的颗粒会在此压区脱落。由于纸张的每个表面都含有一定量的松动物质，第一压区是粉尘在橡胶毯上堆积最多的印区。用传统的 IGT 表面强度测试方法评价多色印刷中的掉毛掉粉趋势有一定的局限性，并且与工业印刷的相关性较差。

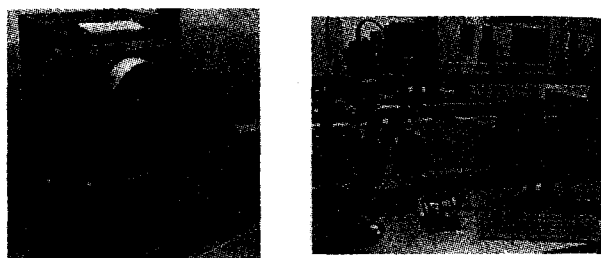
很明显，测定并快速分析纸张掉毛掉粉趋势的方法对于造纸生产者非常重要，这不但是纸厂的质量控制手段，而且还是研究开发的手段。

#### 4 两种测试掉毛掉粉趋势的新方法

##### 4.1 STFI 掉毛掉粉测试仪(LPT)

###### 4.1.1 测试原理

将纸样放在 IGT 印刷适性仪上，并将覆盖着掉毛测试油墨薄膜的钢盘压在纸页上(见图 1a)。然后，在一定加速度下进行印刷，接着用立体显微镜的 CCD 照相机拍下印盘的照片(图 1b)。将印盘分成与照片一一对应的 20 部分。分析照片并计算纸张表面脱落的颗粒数量。计算在特定速度下从纸页表面脱落的掉毛数量作为测试结果，每部分对应的特定速度取决于末端速度。可以根据印刷压力、印刷速度、加速度和油墨黏度来调节仪器。这样就可以模拟许多不同的印刷情况。



(a) 润湿和印刷

(b) 图像的捕获与分析

图 1 利用 CCD 拍摄的 LPT 分析

###### 4.1.2 判定标准

STFI 掉毛掉粉测试与 IGT 表面强度测试方法步骤相同。唯一不同的是还需要检测印盘。利用相机拍

照来检查印盘以确定脱落的颗粒。拍照观察印盘上从纸张表面脱落的颗粒。白色的颗粒与黑色的背景产生强烈的对比，所以在黑色印盘上很容易分析脱落的颗粒。由于印盘开始 4 部分和最后 2 部分的加速度不是直线，因此，省略对这几部分的分析。只分析大范围掉毛的 5-18 段的图像。分析程序辨别出图像中的 4 种组分为：小颗粒、颗粒、纤维和纤维团。判定标准如下：

周长  $> 2 \text{ mm}$ ，直角  $< 0.3$ ，本身较长的物质称为纤维。

面积  $> 0.3 \text{ mm}^2$  或周长  $> 2 \text{ mm}$  并且直角  $> 0.3$  的物质为纤维团。

面积  $> 0.02 \text{ mm}^2$  但  $< 0.3 \text{ mm}^2$  的物质为颗粒。

其他物质为小颗粒。结果用颗粒数/cm<sup>2</sup> 表示。

##### 4.2 纤维起毛测试仪(FRT)

20 世纪 90 年代初，STFI 开发了一种纤维起毛测试仪。纤维起毛定义为纸张经过润湿、干燥以及随后转移到薄辊上时从纸张表面上隆起的纤维数量和大小。用这种方法可以了解表面纤维间掉粉引起的抗湿结合力(湿拉毛)的信息。关掉润湿器，同样可以测定干拉毛强度。

###### 4.2.1 测试原理

用一定量的水润湿纸张，接着用 IR-加热器进行干燥。利用 CCD 照相机连续不断地记录薄辊上弯曲纸样的纤维起毛数量和粗糙度，见图 2。

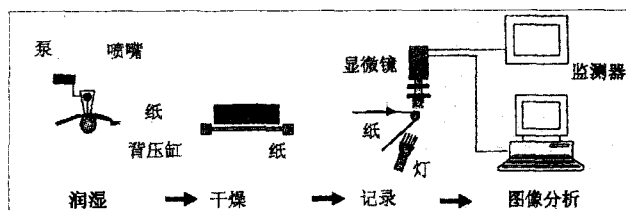


图 2 不同处理阶段的纤维起毛原理分析图，包括润湿、再干燥以及纸张弯曲、记录和图像分析

纸张经过润湿和干燥后，其表面结构发生不同的变化。根据长纤维起毛和短纤维起毛 2 种变化用 FRT 来评价纸样。长纤维只有一端与纸面结合，但有  $> 0.1 \text{ mm}$  长的纤维悬于纸页表面，短纤维则沿着自身长度水平附着在纸面上，悬空长度  $< 0.1 \text{ mm}$ 。相对较长的自由端使得长纤维发生起毛问题，用总长度(mm)表示(见图 3)。

当纸页表面的纤维网络与水及热量接触时会引起

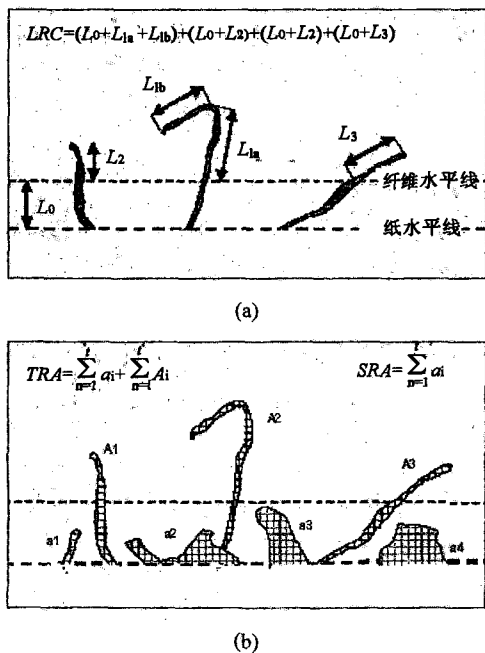


图3 识别和测量离开纸张表面的纤维(3a)及粗糙化的测量原理(3b)

表面结构的变化。这些变化产生2种不同的影响,即变粗糙和纤维起毛。通过测量4个参数来描述2种不同的影响,即:LRC—长纤维起毛量,描述纤维起毛程度的参数,为表面处理后从表面隆起的所有纤维的总测量长度;SRA—短纤维起毛面积,描述表面粗糙度增大的参数,即从纸页表面脱落的颗粒总面积,因为它们的长度小于0.1 mm,这些颗粒不能称为纤维;TRA—总的起毛面积,即所有起毛纤维的总面积,包括从纸张表面隆起但不能称为纤维的颗粒;Q—纤维量,证明为纤维的数量,即长度 > 0.1 mm 的颗粒。

#### 4.2.2 测试步骤

将试样切成宽4.0 cm,长度不小于10 cm的窄条。把普通压感复印纸粘贴到窄条末端,保证测试更加有效,因为FRT测试需要较长的试样,这样才能达到实际需要的测试面积。

将试样放置在FRT测试仪上,其纵向为测试方向。用一定量的水(6.0 g/m<sup>2</sup>)润湿试样。润湿后的试样用标准温度110℃的IR-加热器进行干燥。随后把试样转移到薄辊上面,用CCD照相机记录起毛纤维和粗糙度。大约拍摄100张照片。

## 5 结果与讨论

### 5.1 STFI掉毛掉粉测试(LPT)

Marcus Backstrom 的报告中绘出了细小掉毛颗粒(面积小于0.02 mm<sup>2</sup>)与印刷速度的关系图。随着淀粉添加量的增加,只有较少的细小颗粒从纸张表面剥离下来。每吨纸加入1 kg AKD和2 kg 淀粉同样会减少掉毛现象。添加4 kg/t和添加6 kg/t 淀粉的纸张的掉毛程度是相同的(图4)。

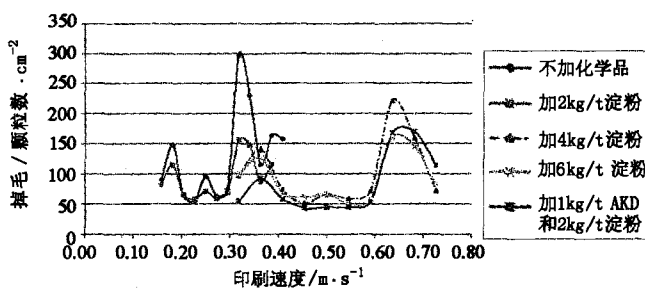


图4 LPT测试中细小颗粒从添加淀粉的DSF纸张中剥离的关系图

从表面剥离的颗粒数量(面积大于0.02 mm<sup>2</sup>且小于0.3 mm<sup>2</sup>)也随着淀粉添加量的增加而下降(图5)。表面强度随淀粉的加入量有所提高,因此,减少了掉毛掉粉现象。

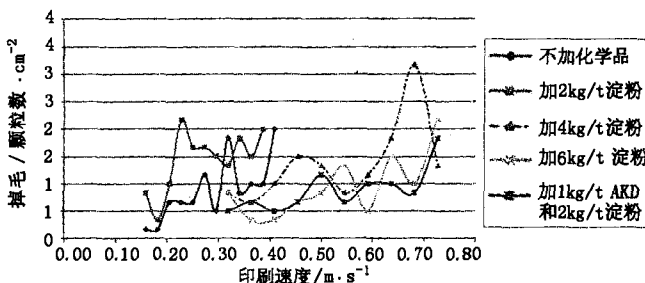


图5 LPT测试中颗粒从添加淀粉的DSF纸页中的剥离关系图

从 Marcus Backstrom 研究结果中发现,LPT是对新闻纸掉毛倾向的IGT表面强度测试方法的改进。此方法还提供了起毛前后纸面结构变化等大量信息。STFI-LPT建立在IGT测试基础上,但不是检测试样的开始起毛端,而是利用图像分析相关的颗粒面积覆

盖率、数量和大小来评价印盘上的颗粒。此方法可以测试试样的干湿 2 种抗掉毛能力。

## 5.2 纤维起毛测试(FRT)

Lepoutre P 的研究表明,胶版印刷中,水对内部纤维的扩散是纤维间结合力减弱的主要原因。简单地说,就是印刷过程对纸张表面产生 2 种影响。首先,与纸张表面结合较弱的纤维被剥离,纤维的一端从结构中分离。纤维被剥离的长度和程度就是纤维起毛的程度。如果这些纤维早在印刷过程中就已起毛,那么在随后压区纤维被剥离的几率可能就会增加,产生掉毛现象。其次,结合力比上面提到的纤维稍强一点但还是相对较弱的纤维会继续黏附在纸张表面上。但有些纤维的润胀会干扰印刷质量,增加表面粗糙度和降低印刷光泽度。还包括较短的突出纤维产生的干扰。使用一种可以提供纸张表面结构变化的信息并定量分析这些客观变化的测试方法非常重要。

用下面的参数来描述表面特性。研究和说明纤维起毛与掉毛之间的关系。

$$LRC = 2.5 \sum_{n=1}^i (L_0 + L_i) \quad (1)$$

$$TRA = 2.5 \left( \sum_{n=1}^i a_i + \sum_{n=1}^i A_i \right) \quad (2)$$

$$SRA = 2.5 \sum_{n=1}^i a_i \quad (3)$$

式中:  $L_0$ —纸张水平线到纤维水平线之间的距离,为 0.1 mm;

$L_i$ —纤维水平线到纤维尽头的测量长度;

$A_i$ —纤维面积,即长度 < 0.1 mm 的颗粒面积;

$a_i$ —纤维水平线以下的颗粒面积。

每张照片上都有宽 4 mm 的纸页。通常,每条试样都会拍摄 100 张照片,相当于 400 mm 的研究长度。为了规范结果为 1 m 的长度,记录和测试面积要乘以 2.5 的系数。

掉毛倾向指数定义:

$$LPT = 2.5 \frac{Q}{LRC} \sum_{n=1}^i (L_0 + L_i)$$

式中:  $Q$ —被证实为纤维的数量;

$LRC$ —纤维起毛数量;

$L_0$ —纸张水平线到纤维水平线的距离,0.1 mm;

$L_i$ —纤维水平线到纤维尽头的测量长度。

众所周知,印刷中的掉毛问题主要由纸张表面结构中松动或结合较弱的颗粒引起的。一般情况下,松动颗粒在第一压区就已经脱离纸张表面。由于纸张在第一压区已被润湿,随后印刷段中的掉毛现象更决定于表面湿强度。纸张表面上的松动颗粒在纤维起毛仪上没有记录。由于这些颗粒在纸样转到薄辊上时已经从表面脱落,因此,图像分析中没有记录。

过去的研究表明,利用纤维起毛方法研究第一压区后的压区掉毛问题会比较准确。掉毛倾向指数(LPT)比用 LRC 预测的印刷中新闻纸掉毛趋势更加可靠。如果用 LPT 值代替 LRC 值作为纤维起毛的测量结果,那么胶毯上掉毛覆盖范围与纤维起毛之间的相关系数( $R^2$ )则会从 0.49 提高到 0.65。

然而,使用起毛仪,无法记录纸张表面上的松动颗粒,而且这些颗粒在第一压区就已经松动。松动颗粒在纸样移向薄辊的弯曲过程中离开纸面,所以,在图像分析中没有这些颗粒的记录。因此,在多色印刷中使用起毛测试方法研究后续压区的掉毛现象是正确的。还可以进一步发展此方法,这样图像分析就能捕捉到飞散的颗粒。

## 6 结论

STFI-LPT 方法是与新闻纸掉毛倾向有关的 IGT 表面强度测试法的发展。此方法还提供了起毛前后的纸张表面结构变化等大量信息。

FRT 方法可用来测量某些印刷性能,尤其是掉毛、粗糙化、起泡或表面状况。由于润湿、干燥和弯曲都会削弱纤维间最弱的结合力,因此,可以评价掉毛程度。剥离的纤维越长,纤维起毛的程度越大。另一方面,多色印刷时利用纤维起毛方法测量后续压区的掉毛情况比较准确。

与传统的 IGT 表面强度测试方法相比,这 2 种新方法更加可靠,并且与印刷车间的结果一致。

## 7 未来的预测

由于中国木材纤维的缺乏,将来会使用非木材植物纤维,尤其是竹子、蔗渣、麦秆、芦苇等生产不同质量的印刷纸。这些新开发的表面强度测试方法非常适合非木材纤维含量高的胶版印刷纸。

(责任编辑:马忻)