

纸面的平滑度特性及不同测定方法的比较

本文介绍了印刷纸面的平滑度特性、这些特性与印刷效果的关系，同时介绍了测定纸面平滑度的不同测定方法。仪器的特性与实验结果表明印刷表面粗糙度仪测定结果与印刷效果相关性最好，应加快在我国的推广应用。

一、 纸的表面平滑度特性

各种印刷纸都应具有良好的表面平滑度，以便在印刷时能和印版达到良好的接触，从而获得清晰的印刷效果。纸面的平滑度特性可分为四种情况⁽¹⁾：1、表面宏观和微观平滑度都好；2、宏观平滑度不好，即存在大面积上的厚度不均匀或起伏不平，但微观平滑度很好；3、宏观平滑度好，但微观平滑度差，即纸面存在影响印刷效果的小麻坑；4、宏观和微观平滑度均不好。这四种情况见图 1-1~图 1-4。对于第一种情况，当然会有良好的印刷效果。对第二种情况，只要印刷中衬以可压缩的衬垫或加一定的印刷压力，便可获得与版面的良好接触，即印刷效果也是良好的。对第三种情况，要实现纸面与版面的良好接触绝非易事，即便是加大印刷压力，只能增加接触面积，但难以获得完全的接触。因为纸张虽为多孔性材料，但可压缩性是有限的。因此这种微观粗糙度对印刷效果至关重要，特别是对凸版和凹版印刷，当纸面凹坑深度达到 2-3 倍墨膜厚度时，凹坑还可能被墨膜填充。如果再深，凹坑便不能被墨膜填充⁽²⁾，因而在印刷区便形成与之大小相应的白斑，显然纸面这种个别的深坑要比为数较多的浅坑对印刷质量危害大得多。而浅坑则要增加印刷的耗墨量，同时增加透印程度。

二、 纸张平滑（粗糙）度仪的发展历史

自 1927 年别克平滑度仪问世以来，空气泄露法平滑（粗糙）度仪便开始用于造纸工业，并随后发展了一系列空气泄露法仪器。如 40 年代问世的本特生粗糙度仪及其在北美的姊妹仪器施菲尔德粗糙度仪，后来于 65 年发展的帕克印刷表面粗糙度仪等。其他类型的仪器也在发展，如光接触式的仪器如 Champan 仪器。近期发展的在线光学测量方法的仪器。还有如 IGT 印刷粗糙度测定装置等。但空气泄露法始终处于统治地位。

所有空气泄露法仪器都具有基本相同的构造，即一个圆形硬质材料制成的表面平滑的圆环作为参比面压向所测纸面。横跨该环采用不同的气压或真空度以保持环内环外有一个恒定的压差。由于纸面不同程度的粗糙不平，纸面和环面之间便存在不同大小的间隙。在一定压差下，间隙越大，通过环面的气流越大，表明纸面越粗糙。如以流速表示，则数值越大，纸面越粗糙，对此种表示结果习惯称之为粗糙度。如以流过一定容积的空气所需的时间表示结果，则数值越大越平滑，对此习惯称之为平滑度。

纸的平滑（粗糙）度，从逻辑上讲，可以用纸面和环面之间的平均间隙表示结果，这个间隙的平均值会预测出印刷时填充单位面积纸面上所有凹坑所需的墨量。但由于纸面的深坑危害最大，所以以间隙的均方根或均立方根表示结果，即对纸面深坑给予更高的加权值，这样和印刷效果之间的相关性会更好。

纸面和测量面之间的平均间隙是可以计算的，当环面较窄并在理想的条件下，可用下式计算：

$$qv = \frac{W \cdot G \cdot \Delta P}{12 \cdot \eta \cdot b}$$

式中：qv 是单位时间的气流体积；W 是测量面的有效长度；G 是纸面和测量环面间气流走向的间隙；ΔP 是横跨测量环面的压差；η 是室温下的空气粘度；b 是测量环面的宽度。

上式表明，空气流量的变化与间隙的立方成正比，所以较大的间隙总会对流量起更大的作用，而这恰恰于对印刷的危害相一致，因而也是测定粗糙度所需求的条件。如果仪器可测得总的空气流量 qv，那么由此计算的间隙大小实际上是纸面和测量环面之间间隙的均立方根。这样便有可能对空气泄露法粗糙度仪按绝对计量单位定标，从而可以把测定结果直接与纤维和填料粒子的大小相比较或与印刷墨膜厚度相比较。

纸张平滑（粗糙）度仪从第一代别克式仪器诞生至今已有 73 年历史了，73 年来空气泄露法仪器在一步步向前发展。表 1 是从大约的时间顺序排列的仪器发展情况：

表 1 空气泄露法平滑（粗糙）度仪在发展过程中主要参数特征变化情况

仪 器	研制 年代	测量环面 宽度 mm	测试压力 kPa	弹 性 衬 垫	表示结果 单 位
别克（Bekk）仪器	1927	13.5	100	有	任意单位
威拉姆斯（Williams）仪器		12.7	210	有	任意单位
葛尔莱·黑尔（Gurly Hill） S-P-S 仪器		5.9	21	无	任意单位
施费尔德（Sheffield）仪器		0.38	100	无	任意单位
本特生（Bendtsen）仪器	1940	0.15	100 500	无	任意单位

帕克印刷表面粗糙度仪 (Parker Print-Surf Roughness Tester)	1965	0.051	500 1000 2000	有硬度不 同的两种	绝对测量 单位
---	------	-------	---------------------	--------------	------------

图 2-1~图 2-4 为 4 种主要仪器的测定原理图 (3.4)。图 3 为网点印刷示意图, 即印刷表面粗糙度仪所模拟的印刷条件。

从表 1 和各仪器原理图中我们可以发现平滑(粗糙)度仪的如下发展趋势:

- 1、测量环面越来越窄, 一直窄到不大于造成印刷危害的纸面最小缺陷。如印刷表面粗糙度仪已窄到最小印刷网点的直径, 这样便可以把造成印刷危害的最小疵漏测定出来。
- 2、测试时纸面和测量环面的压力改进到接近印刷机的印区压力。如印刷表面粗糙度仪设计成几种压力以模拟凸版、胶版和凹版的印刷条件。这几种压力比实际印区压力低一些, 这是因为纸在印刷时通过印区受压的时间比测定粗糙度时受压时间短。
- 3、试样衬垫趋向于硬度接近印刷机上的弹性衬垫, 如印刷表面粗糙度仪提供了模拟凸版印刷的硬垫和模拟胶印、凹版印刷的软垫。
- 4、逐步减少空气透过纸面形成气流导致的测定误差, 如印刷表面粗糙度仪把纸页在有压缩空气中暴露的面积减至最小, 从而把该误差降低到本特生仪器的二十分之一。
- 5、测定结果由间接表示的空气流速发展到以绝对值表示纸面于测量环面的均立方根(μm)。

三、不同平滑(粗糙)度测定方法的比较试验结果

我国造纸工业从 50 年代初便开始采用别克平滑度仪测定纸及纸板的平滑度, 毫无疑问, 该方法对控制我国印刷纸及纸板的平滑度发挥了重要作用, 但日常的检测工作中, 别克平滑度的测定结果与实际印刷效果不一致的情况时有发生。为此, 我们选择了上述 4 种不同平滑度特定的纸样分别用国内外使用广泛的三种不同测定方法做了对比试验。为了验证平滑(粗糙)度测定结果和印刷效果的关系, 我们同时对这 4 种纸样用扫描电子显微镜拍摄了表面微观粗糙度情况以及用 IGT 印刷适性仪印刷了各样的网点印样, 并用显微镜拍摄了印样网点的放大照片以便于目测比较印刷效果, 见表 2 和图 4-1~4-4。

表 2 4 种纸样不同平滑(粗糙)度的对比试验结果

样品号	样品名称	样品特性	别克平滑度 s	印刷表面粗糙度 μm	本特生粗糙度 ml/s	印刷网点清晰性级

1	100g/m ² 芬兰铜版纸	纸面平整，宏观与微观平滑度均良好	1052	1.44	9	2
2	300g/m ² 英国铸涂卡纸	挺度大，宏观平滑度差，但微观平滑度非常好	35	1.01	12	1
3	120g/m ² 气刀一次涂布铜版纸	涂布匀度较好，纸面虽经高强度超压，但仍残留下互不沟通的大于50um的麻坑	1105	2.60	28	5
4	120g/m ² 气刀一次涂布铜版纸	涂布匀度差，涂后纸面过于粗糙，超压效果又很差，纸面保留着大量互相沟通的麻坑	214	4.15	191	6

注：1、印刷网点清晰性分6级，1级最好，6级最差。

从以上对比试验结果可以看出，印刷表面粗糙度对4种平滑特性的纸样均可测出与印刷效果相一致的结果。而别克平滑度只能对第1和第4种纸样测出与印刷效果相一致的结果，对第2、第3种纸样测定结果与印刷效果明显不符。对第2种纸样测定结果失真的原因是其测定压力过低，不足以把在印刷中可以压平达到与印版良好接触的纸样压平，导致测定结果显著偏低。对第3种纸样测定结果失真的原因是其测量环面过宽，因而纸面虽然存在大量深坑，但因深坑之间互不沟通，（如图1-2所示），不能增加空气流量，导致测定结果显著偏高。本特生粗糙度仪虽然测量环面较窄，对第3种存在大量互不沟通深坑的纸样测定结果没有失真，但因改进不到位，特别是测定压力小，硬衬垫，对第2种纸样，测定结果仍然明显失真。

为全面评价这三种平滑（粗糙）度测定结果与印刷效果的相关性，天津造纸研究所技术人员曾用大量纸样进行了对比试验，对比实验结果见表3。

表 3 不同平滑（粗糙）度测定结果和印刷网点清晰性的相关性

纸样数	涂布印刷纸	涂布印刷纸板
别	37	22
测定方法		
印刷表面粗糙度	0.79	0.72
本特生粗糙度	0.63	0.62
别克平滑度	-0.34	-0.51

表 3 结果与表 2 结果是相符的。印刷表面粗糙度和本特生粗糙度有一个共同优点就是测试速度快，各种纸样均只需几秒钟便测出结果，而别克方法一般需几十秒钟甚至几百秒出结果，工作效率太低。

使用印刷表面粗糙度仪的注意事项，就是因仪器比较精密，需要小心操作和细心维护。一旦环面受到损伤或气流通道堵塞，测定结果便不再准确。此外，该方法对于过于粗糙的纸如别克平滑度仅几秒或十几秒的涂布厚纸和纸板测定结构灵敏度较差。对于这些过于粗糙的纸或纸板别克法和本特生法更适用些。因此印刷粗糙度仪的测定范围上限仅为 6 μ m。

结论：

- 1、除过于粗糙的纸及纸板外，对于各种纸面平滑度特定的纸及纸板，印刷表面粗糙度测定法均可测出与印刷效果具有良好相关性的测定结果，同时测定速度较别克法提高几十倍到上百倍，建议在我国加快推广应用速度，使我国印刷纸的质量尽快得到真实、准确、科学的控制。
- 2、对于表面过于粗糙的纸及纸板，其平滑（粗糙）度可继续采用别克法或本特生法进行测定。

参考资料：

- 1、张景彦等，涂布印刷纸和纸板表面微观特性与印刷适应性的关系 中国造纸学报 1992；11（11）84
- 2、J.R.Parker,etal. Fundamental and Practical Aspects of Air leak Roughness Measurement with Particular Reference to the Parker Print-Surf Roughness

Tester, Tappi Press 1980 Printing & Reprography conference P65

- 3、 M.W. Moore Improvements to the Parker Print-Surf Roughness Tester, copy of paper given to Japan Tappi, Matsuyama, October 1994
- 4、 W. Bichard The inter-relationship among Air-Leak Roughness / Smoothness Methods: a Canadian newsprint study. Pulp & Paper Canada, 1992; 93(6).43