典型输墨系统的性能分析

乔俊伟，焦永志
（上海光华印刷机械有限公司，上海 200436）

摘要：通过5个主要性能指标，对最新的单张纸胶印机输墨系统性能进行分析。特别是在计算着墨率时，考虑到胶印机滚筒缺口的影响，以一个计算示例详细介绍了计算方法。通过列表分析得出了输墨系统设计的一定规律，对掌握胶印机输墨系统最新发展动态，以及对输墨系统的设计开发具有一定借鉴意义。

关键词：单张纸胶印机；输墨系统；性能分析
中图分类号：TS803　**文献标识码**：A　**文章编号**：1001-3563(2013)23-0097-05

Performance Analysis of Typical Inking System

QIAO Jun-wei, *JIAO Yong-zhi*
(Shanghai Guanghua Printing Machinery Co., Ltd., Shanghai 200436, China)

Abstract: The performance of the latest sheetfed offset press inking system was analyzed in five key performance indicators. The plate cylinder and blanket cylinder's gap was taken into account in calculating ink transfer rate, and a calculation example was showed in detail. Some rules of inking system design were obtained, through analysis of five main indicators from selected nine offset press inking system. The purpose was to provide reference for inking system design and keeping tract of the latest developments of offset inking system.

Key words: sheet-fed offset printer; inking system; performance analysis

输墨系统是现代胶印机的一个重要组成部分，其性能直接影响着印刷品质的优劣。为了评价其性能，设计人员和研究工作者给出了着墨系数、匀墨系数、贮墨系数、打墨线数、着墨率等五大静态指标，以及油墨传递过程中响应时间和稳定时间等动态的评价指标[1-2]。尽管已有许多研究人员对各种印刷机的输墨系统进行了静、动态分析[3-10]，但动态分析的仿真计算相对复杂，而在静态指标分析中考虑印刷滚筒缺口对着墨率影响的并不多见。

笔者以常用的静态性能评价指标，对各典型输墨系统逐一进行分析。在计算着墨率时，充分考虑到印版滚筒和橡皮滚筒缺口的影响，并给出了计算示例。通过各输墨系统性能指标的列表分析，得出了胶印机输墨系统设计的一定规律。同时将我国自主研发的EP106型印刷机与国际先进机型的相应指标进行了对比，得出我国胶印机输墨系统设计在各静态指标上均已达到国际先进水平的初步结论。

1　主要性能评价指标

1.1　着墨系数 K_i

着墨系数反映了着墨辊给印版传递油墨的均匀程度，常用着墨部分的墨辊面积之和与印版面积之比表示，其值一般应大于1。着墨系数越大，着墨均匀的程度就越好。

$$K_i = \frac{\pi L \sum d_i}{F_p} \tag{1}$$

式中：L为着墨辊长度；$\sum d_i$为着墨辊直径之和；F_p为印版面积。

1.2　匀墨系数 K_c

匀墨系数反映了匀墨部分把供墨系统所传递来的油墨迅速打匀的能力，常用匀墨部分的墨辊面积之

收稿日期：2013-09-03
基金项目：上海市科学技术委员会项目(13XD1421000)
作者简介：乔俊伟(1973-)，男，山西左权人，工学博士，高级工程师，上海光华印刷机械有限公司总工程师，主要研究方向为印刷机的研发。

和与印版面积之比表示。一般情况下，匀墨系数越大越好。

$$K_i = \frac{\pi L \sum d_i}{F_p} K_c = \frac{\pi L(\sum d_s + \sum d_c)}{F_p} \quad (2)$$

式中：$\sum d_s$ 为所有硬辊直径之和；$\sum d_c$ 为所有软辊直径之和。

1.3 贮墨系数 K_g

贮墨系数反映了输墨系统积贮油墨自动调节墨量性能的好坏，常用匀墨部分和着墨部分墨辊面积之和与印版面积之比表示。贮墨系数和着墨系数、匀墨系数的关系为：

$$K_g = K_c + K_i \quad (3)$$

贮墨系数越大，自动调节墨量的性能也就越好，同一批印品的墨色深浅越容易保持一致。贮墨系数过大，会造成墨量变化的反应慢，即响应时间过长。

1.4 打墨线数 N

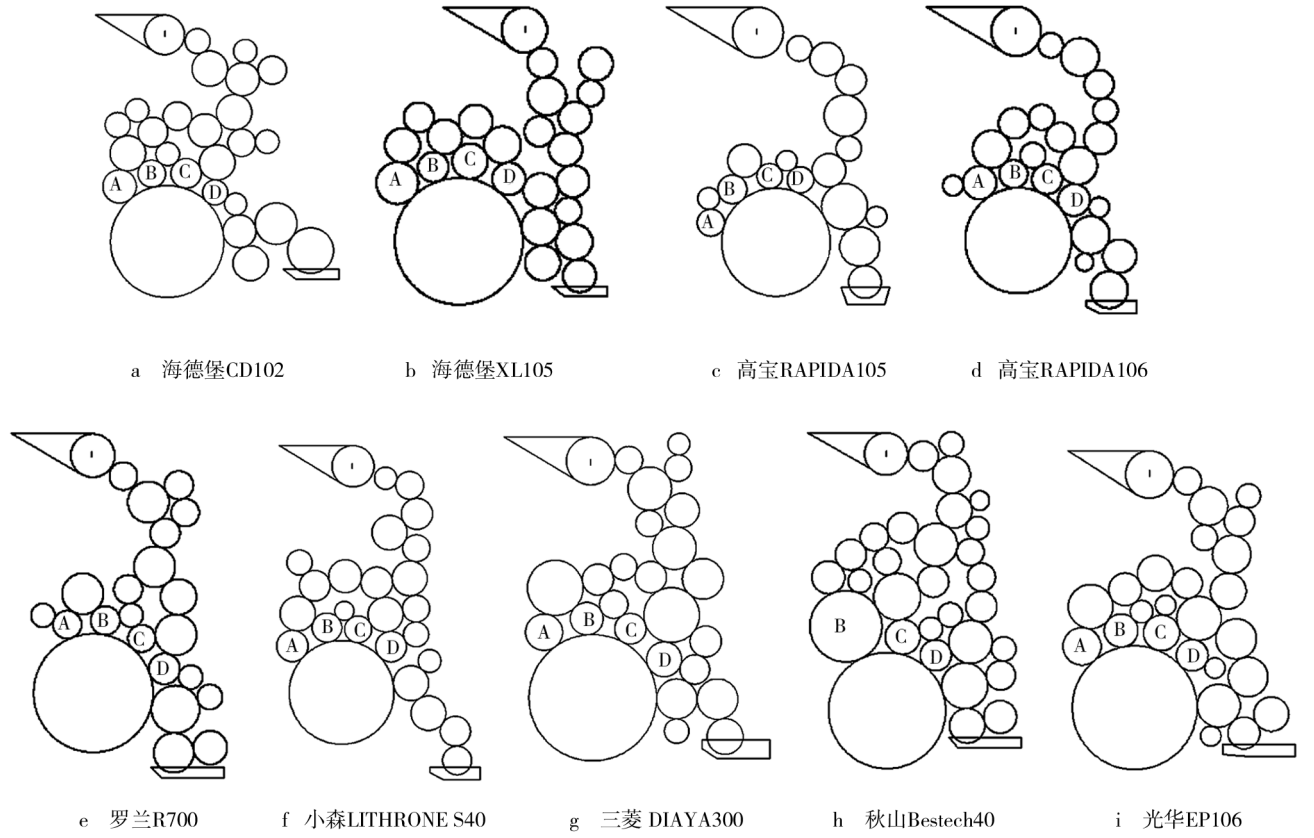
打墨线数反映在匀墨部分进行油墨传递的过程中，油墨层被分割的次数，用墨辊接触线次数表示。打墨线数越大，油墨越易被打匀。

1.5 着墨率 U

着墨率（或称油墨供给率）反映了每根着墨辊的着墨量大小，直接影响印版上墨层的均匀程度。着墨率按照每根着墨辊供给印版的墨量占印版上的总墨量的百分比计算。

2 典型机型的输墨系统简图

各个生产厂家不同机型的墨辊排列各不相同，因此其输墨系统的特性也各不相同。文中列举了德国海德堡公司的 CD102 和 XL105、高宝公司的 RAPIDA105 和 RAPIDA106、罗兰公司的 R700，日本小森公司的 LITHRONE S40、三菱公司的 DIAMOND3000、秋山公司的 Bestech40 和上海光华公司最新推出的 EP106，共 9 种典型机型的输墨系统（见图 1）。这些机型均是各公司的代表机型，其中 XL105，RAPIDA106 和 EP106 均是近两年推出的代表各公司最高技术水平的先进机型。



a 海德堡CD102　b 海德堡XL105　c 高宝RAPIDA105　d 高宝RAPIDA106

e 罗兰R700　f 小森LITHRONE S40　g 三菱 DIAYA300　h 秋山Bestech40　i 光华EP106

图 1 9 种典型机型的输墨系统

Fig. 1 inking system

3　着墨率 U 的计算实例

输墨系统的重要评价指标着墨率 U，通常是建立多元一次方程组进行计算求得的。油墨在传递过程中遵循容量不变原则，简单地说就是各接触点的入口和出口处的油墨总量（墨层总厚度）相等，见图 2。其中，a，b 分别表示入口处两辊墨层厚度，c，d 分别表示出口处两辊墨层厚度，则有 $a+b=c+d$。为了简化计算，假设油墨转移率 f 为 0.5，即 $c=d$，因此，油墨转移可用 $c=d=0.5(a+b)$ 来表达[1]。

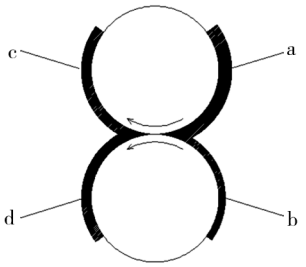


图 2　容量守恒示意

Fig. 2 Sketch map of volume conservation

着墨辊与印版滚筒在滚筒有效面上接触对滚时，也可按油墨转移率 $f=0.5$ 计算，而当着墨辊处于印版滚筒缺口处时，由于不存在接触对滚的条件，着墨辊上的油墨并没有转移到印版上，着墨辊仍然保持原来的墨层厚度。假设图 3 所示的印版滚筒有效面积与圆周面积之比为 x，最终传递到纸张上的墨层厚度为 h_0，印版滚筒转一圈为一个印刷周期，那么，与着墨辊 A 对滚之前印版滚筒有效面上的墨层厚度为 $2h_0$，在一个印刷周期内的平均墨层厚度应为 $2xh_0$；与着墨辊 A 对滚之后印版滚筒有效面上的墨层厚度为 $3h_0$，在一个印刷周期内的平均墨层厚度应为 $3xh_0$。着墨辊 A 的平均墨层厚度 h_a 由 2 部分组成：其一，是相对于印版滚筒有效面积部分的墨层厚度 $3h_0$，其所占比例为 x；其二，是相对于印版滚筒非有效面积部分的墨层厚度 h_1，其所占比例为 $(1-x)$。由此着墨辊 A 的平均墨层厚度可用公式(4)表示为[11-12]：

$$h_a=3xh_0+(1-x)h_1 \tag{4}$$

式中：x 为印版滚筒有效面积与圆周面积之比；h_0 为纸张上的墨层厚度；h_1 为 A 辊与印版滚筒接触点入口处的平均墨层厚度。

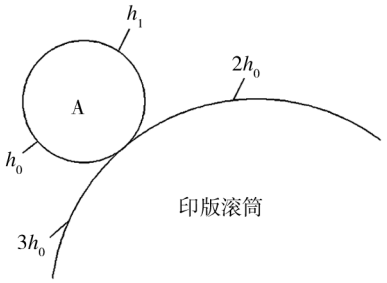


图 3　A 辊墨层厚度示意

Fig. 3 Roller ink-thickness diagrammatic sketch

以海德堡 CD102 输墨系统为例，计算着墨辊 A，B，C，D 的着墨率。对该输墨系统而言，墨斗中的油墨由墨斗辊带出，经过传墨辊、串墨辊传送到墨辊 Ⅰ，Ⅱ。墨辊 Ⅱ 将油墨分成两路，分别经过一系列墨辊传递到着墨辊 A，B，C，D 后，最终将油墨传递到印版滚筒上。以 $X_i(i=1,2,3,\cdots,26)$ 分别表示各接触点入口处和出口处的墨层平均厚度，见图 4。

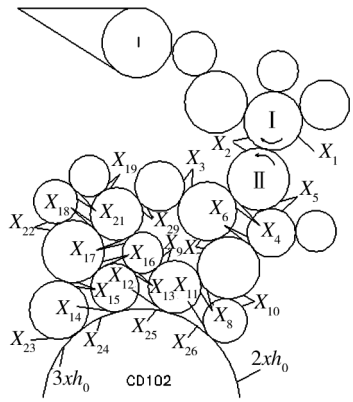


图 4　海德堡 CD102 输墨系统

Fig. 4 Heidelberg CD102 inking system

设纸张上的墨层厚度 $h_0=1$，印版滚筒有效面积与圆周面积之比为 $x=0.755$，则经着墨辊上墨后，印版滚筒上墨层平均厚度为 $3xh_0=2.265$。印版滚筒与橡皮滚筒对滚传墨后墨层平均厚度为 $2xh_0=1.51$。

根据油墨在各墨辊间传递的情况分别建立各接触点处的平均墨量厚度方程为：

$$2X_2=X_1+X_5;\ 2X_3=X_7+X_{20};2X_4=X_2+X_3;\ 2X_5=X_4+X_6;\ 2X_6=X_5+X_{10};2X_7=X_4+X_6;2X_8=X_7+X_9;\ 2X_9=X_{12}+X_{13};\ 2X_{10}=X_8+X_{11};\ 2X_{13}=X_{16}+X_{17};\ 2X_{15}=X_{22}+X_{23};\ 2X_{16}=X_{14}+X_{15};2X_{17}=X_9+X_{20};\ 2X_{18}=X_{16}+X_{17};\ 2X_{19}=X_{18}+X_{21};\ 2X_{20}=X_3+X_{19};\ 2X_{21}=X_{19}+X_{22};\ X_{22}=X_{18}+X_{21};\tag{5}$$

着墨辊与印版滚筒接触点处的平均墨层厚度方程为：

$$X_{11}+X_{26}=2xh_0+X_{10};\ X_{12}+X_{25}=X_8+X_{26};\ X_{14}+X_{24}=X_{13}+X_{25};\ X_{23}+3xh_0=X_{15}+X_{24};\ X_{11}=X_{26}+(1-x)X_{10};\ X_{12}=X_{25}+(1-x)X_8;\ X_{14}=X_{24}+(1-x)X_{13};\ X_{23}=3xh_0+(1-x)X_{15} \quad (6)$$

共组成了一个 26 元一次方程组。用行列式方式通过计算机编程求解，可得各接触点处墨层平均厚度分别为：

$X_1=5.0324$；$X_2=4.2774$；$X_3=3.3695$；$X_4=3.8235$；$X_5=3.5224$；$X_6=3.2214$；$X_7=3.5224$；$X_8=3.2678$；$X_9=3.0133$；$X_{10}=2.9204$；$X_{11}=2.5729$；$X_{12}=2.963$；$X_{13}=3.0636$；$X_{14}=2.9882$；$X_{15}=3.0362$；$X_{16}=3.0122$；$X_{17}=3.1149$；$X_{18}=3.0636$；$X_{19}=3.0636$；$X_{20}=3.2165$；$X_{21}=3.0636$；$X_{22}=3.0636$；$X_{23}=3.0089$；$X_{24}=2.2377$；$X_{25}=259.2368$；$X_{26}=2.1623$ (7)

根据着墨率的定义，分别计算 A，B，C，D 辊的着墨率。

总着墨量为 $3xh_0-2xh_0=0.755$，A 辊着墨率为 $(3xh_0-X_{24})/0.755=3.62\%$，B 辊着墨率为 $(X_{24}-X_{25})/0.755=9.99\%$，C 辊着墨率为 $(X_{25}-X_{26})/0.755=40.38\%$，D 辊着墨率为 $(X_{26}-2xh_0)/0.755=46.01\%$。

4 性能对比与分析

通过计算，对文中所列 9 种典型输墨系统的主要性能指标汇总见表 1。

表 1 典型输墨系统的主要性能参数

Tab.1 Main parameters of typical inking-system

	匀墨系数	着墨系数	贮墨系数	打墨线数	A 辊着墨率/%	B 辊着墨率/%	C 辊着墨率/%	D 辊着墨率/%
海德堡 CD102	5.22	1.37	6.59	22	3.62	9.99	40.38	46.01
海德堡 XL105	4.52	1.47	5.99	16	1.03	2.07	5.8	91.1
高宝 RAPIDA 105	2.96	1.32	4.28	11	0.03	0.44	6.35	93.85
高宝 RAPIDA 106	4.16	1.56	5.72	15	7.93	6.83	39.83	45.4
罗兰 R700	4.06	1.29	5.35	15	1.72	24.73	34.37	39.18
小森 S40	5.33	1.52	6.85	18	6.75	7.44	29.59	56.21
三菱 DIAYA 300	4.88	1.38	6.26	18	3.62	9.99	40.38	46.01
秋山 Bestech40	6.62	1.58	8.2	27		25.48	25.79	48.73
光华 EP106	4.75	1.49	6.23	19	4.05	9.97	40.19	45.79

由表 1 可以看出，这些主要性能指标中，匀墨系数普遍在 4 以上，其中秋山 Bestech40 最高为 6.62，高宝 RAPIDA105 最低为 2.96；着墨系数普遍在 1.3 以上，其中秋山 Bestech40 最高为 1.58，罗兰 R700 最低为 1.29；贮墨系数普遍在 5.0 以上，秋山 Bestech40 最高为 8.2，高宝 RAPIDA105 最低为 4.28；打墨线数普遍在 10 以上，Bestech40 最高为 27，高宝 RAPIDA105 最低为 11。

与国际公认的代表世界先进水平的 XL105 和 RAPIDA106 胶印机相比，EP106 的着墨系数为 1.49，介于后两者的 1.47 和 1.56 之间；匀墨系数为 4.75，优于后两者的 4.52 和 4.16；贮墨系数为 6.23，优于后两者的 5.99 和 5.72；打墨线数为 19，优于后两者的 16 和 15。

单张纸胶印机的着墨辊数量一般为 4 根，着墨辊 A，B，C，D 的着墨率虽然各有不同，但基本具备如下特征：C 辊和 D 辊着墨率之和一般在 75% 以上，平均为 85% 左右，起到将油墨传递到印版上的主要作用；B 辊着墨率一般小于 25%，平均在 10% 左右，除了传递一定的油墨到印版上，起到补充上墨的作用以外，更多的是将 C，D 辊传递到版面上的油墨打匀；A 辊一般小于 8%，平均在 4% 左右，其上墨作用进一步减弱，主要功能是将油墨进一步打匀。

海德堡最新机型 XL105 的着墨率分配情况与高宝 RAPIDA105 比较接近，其 D 辊的着墨率约为 91% 左右，而高宝最新机型 RAPIDA106 却改变了 RAPIDA105 单根着墨辊接近 94% 的分配情况，采用了 C，D 两辊的着墨率之和为 85% 左右的着墨率分配。这充分体现了各公司在不同阶段对着墨率分配情况的各自理解和不断探索。对此，笔者的理解是仅靠一根

着墨辊提供超过 90% 以上的着墨率，并不能够很好地满足包装印刷，特别是大墨量满版实地印刷的需要，还需要充分利用另外 3 根着墨辊的 C，B 和 A 的上墨作用。因此，EP106 给出了自己的解决方案：C，D 两辊着墨率之和为 86% 左右，起主要上墨作用；B 辊补充提供 10% 左右的墨量，同时起到将油墨打匀的作用；A 辊进一步补充提供 4% 左右的墨量，并进一步将版面上的墨层打匀；经过多次上墨，并逐步打匀，确保足量、均匀的油墨经橡皮滚筒转移到印品上，满足大多数印刷需要。

综上所述，EP106 输墨系统的各主要评价指标均与国际先进水平相当，并且在某些指标方面具有独特的优势。另外需要指出的是，秋山 Bestech40 仅有 3 根着墨辊，采用了独特的大直径着墨辊，其中最大直径的着墨辊的直径为 184 mm，其展开面积占最大印刷有效面积的 81% 以上。对消除鬼影、减少墨辊杠、提高墨色均匀性等均有一定好处。其不足之处是对辊的耐磨性能要求较高，因此制造成本也较高。

5　结语

在分析市场上有一定代表性和影响力的 9 种典型输墨系统基础上，通过对 5 个主要性能指标的分析，结合 CD102 机型输墨系统的计算实例，给出了详细的着墨率计算方法。通过对 9 种典型输墨系统的主要性能指标列表分析，得到了主要性能指标的一定规律，对掌握单张纸胶印机输墨系统的最新动态有一定参考价值。

通过对比分析，可以看出我国自主研发的 EP106 型输墨系统在各主要性能指标上均达到国际先进水平，对进一步提高我国胶印机输墨系统的设计水平有积极的借鉴意义。

参考文献：

[1] 冯昌伦. 胶印机的使用与调节[M]. 北京：印刷工业出版社，1993.
FENG Chang-lun. The Use and Adjustment Offset Press [M]. Beijing：Printing Industry Press，1993.

[2] 张海燕. 印刷机设计[M]. 北京：印刷工业出版社，2006.
ZHANG Hai-yan. The Design of Printing Machine[M]. Beijing：Printing Industry Press，2006.

[3] 乔俊伟. 动态仿真技术在胶印机输墨系统设计中的应用[J]. 印刷杂志，2009(3)：54-56.
QIAO Jun-wei. Dynamic Simulation Technology in Offset Inking System Design[J]. Printing Field，2009(3)：54-56.

[4] 张海燕，刘振龙，柏子游. 基于无向图的胶印机输墨系统研究[J]. 包装工程，2007，28(5)：51-53.
ZHANG Hai-yan，LIU Zhen-long，BO Zi-you. Research of Offset Press Inking System Based on Undirected Graph[J]. Packaging Engineering，2007，28(5)：51-53.

[5] 柏子游，刘振龙，张海燕. 胶印机输墨系统仿真模型研究[J]. 包装工程，2007，28(2)：83-85.
BO Zi-you，LIU Zhen-long，ZHANG Hai-yan. Study on Simulation Model of Inking System[J]. Packaging Engineering，2007，28(2)：83-85.

[6] 武吉梅，武秋敏. 印品墨层厚度的一致性仿真分析[J]. 包装工程；2006，27(3)：62-64.
WU Ji-mei，WU Qiu-min. Research on Consistency of Ink Film Thickness of the Offset Printing[J]. Packaging Engineering，2006，27(3)：62-64.

[7] 路菲，张海燕，刘琳琳. 胶印机输墨系统动态着墨率研究[J]. 轻工机械. 2011，29(2).
LU Fei，ZHANG Hai-yan，LIU Lin-lin. Study on the Dynamic Ink Transfer Rate of Offset Printing Inking System[J]. Light Industry Machinery，2011，29(2).

[8] 柏子游，刘士伟. 胶印机墨辊动态仿真模型研究[J]. 包装工程，2004，25(3)：159-160.
BO Zi-you，LIU Shi-wei. Study on Dynamic Simulation Model of Offset Print Inking Roller[J]. Packaging Engineering，2004，25(3)：159-160.

[9] 张海燕，张伟. 胶印机输墨系统设计的计算机仿真研究[J]. 包装工程，2003，24(5)：51-53.
ZHANG Hai-yan，ZHANG Wei. Computer Simulation Research on Inking System Design of Offset Press[J]. Packaging Engineering，2003，24(5)：51-53.

[10] ジョン・マクフィー. 平版印刷の基礎理論(第 1 卷，印刷メガニズム)[M]. 山崎雅彦，译. 东京：财团法人印刷朝陽会，2002.

[11] MACPHEE J. Fundamentals of Lithographic Printing：Mechanics of Printing[M]. Pennsylvania：GATF Press，1998.