

轮转胶印机集中供墨系统管路设计及应用

葛力¹, 邢洁芳¹, 刘影¹, 许贵华²

(1. 南京林业大学, 南京 210018; 2. 中闻集团南京印务有限公司, 南京 210000)

摘要: **目的** 研究设计轮转胶印机的集中供墨系统,减少粗放式施工产生的不良现象。**方法** 在流体力学理论上,通过对集中供墨系统的分析,建立油墨黏度、管道直径和长度之间的关系;针对不同颜色油墨的不同黏度、不同管径及泵压值,分别计算出相应的管道长度,并根据现场情况进行合理选择,验证该方法的可行性。**结果** 在实际施工中,红、青、黄和黑色油墨4根管道应并排排列、长度相等,为保证油墨在管道内能够正常输出,实际长度应小于设计长度,并选择4个值中的最小值;结合现场情况及在企业的应用验证,采用管道直径为48 mm的1组数值,其中,黑墨管道设计长度最短,实际施工长度选定为800 m。**结论** 圆形管道层流流体力学模型可以用于集中供墨系统管路的设计,该研究为工厂设计集中供墨系统提供了理论依据,研究成果在生产中取得了一定社会效益和经济效益,可以进一步推广。

关键词: 集中供墨; 油墨黏度; 流体力学; 管路设计

中图分类号: TS803.6 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2015)21-0137-05

Pipeline Design and Application of Centralized Ink Supply System Based on Rotary Offset Machine

GE Li¹, XING Jie-fang¹, LIU Ying¹, XU Gui-hua²

(1. Nanjing Forestry University, Nanjing 210018, China;

2. Zhongwen Group Nanjing Printing Co., Ltd., Nanjing 210000, China)

ABSTRACT: Through research on design of the centralized ink supply system of rotary offset machine, this study provided a theoretical basis for the design of concentrated ink supply pipeline system in factories and reduce of the adverse phenomenon due to extensive production. Based on the theory of hydrodynamic and the analysis of centralized ink supply system, the relationship between the diameter, the length of the pipeline and the ink viscosity was established. The length of the corresponding pipe was calculated respectively according to the different color ink viscosities, different diameters and pump pressure values. The feasibility of this method was confirmed during reasonable choice of pipe length according to the actual situation in practice. In actual construction, four pipes should be arranged side by side in equal length, the actual pipe length should be less than the designed length and the minimum values of the four values should be chosen in order to guarantee the normal transport of ink in the pipe. According to actual situation and verification in enterprise application, one set of values were adopted as follows, i.e., the pipe diameter was 48 mm with the shortest designed length of pipeline for transporting black ink which was set as 800 m during the actual construction. In conclusion, the circular pipeline hydrodynamics model can be applied to the design of the centralized ink supply system. This research provided a theoretical basis for the design of concentrated ink supply pipeline system in factory and achieved certain social and economic benefits in the process of production, and it can be further popularized.

KEY WORDS: centralized ink supply; viscosity of printing ink; hydrodynamics; pipeline design

收稿日期: 2015-04-18

基金项目: 江苏省文化产业引导资金(JSWHCY201244)

作者简介: 葛力(1989—),男,江苏淮安人,南京林业大学硕士生,主攻印刷与包装工程管理。

随着绿色印刷生产要求的提出,集中供墨系统在现代印刷企业中的应用越来越普遍。针对集中供墨系统进行理论研究,能够有效解决供墨过程出现的问题,对于印刷生产有着重要的实践意义。陈宁^[1]对浆体管道输送提出了优化思路,指出了只有管道材料、直径和输送设备相匹配,才能达到能耗最低、保障性高和管理便利的最优化效果。孔珑^[2]和邱清水^[3]对黏性流体在圆形管道中的运动状态进行了概述,运用黏性流动下耦合振动问题的数值方法,模拟了黏性流体的在管道中运行的状态。由于印刷油墨是黏性不可压缩流体,前人的研究对于分析油墨在管道中的运动状态有着重要的参考价值。在实际生产中,由于集中供墨系统采取粗放式施工,泵压力值与管路参数设计不匹配,远近机台出墨口压力悬殊,甚至造成出墨口炸裂喷墨现象。

基于上述原因,为了推广集中供墨系统在印刷企业中的实施与应用,这里基于管道流体力学,通过构建圆形管道流体运输模型,找出胶印轮转印刷机集中供墨系统中油墨黏度、管道直径与长度之间的关系,为工厂设计集中供墨管路系统提供理论依据。

1 油墨流体力学分析

1.1 集中供墨系统

集中供墨系统是通过远程输墨管道对车间内的1台或者多台印刷机进行集中输送油墨的系统^[4]。与系统密切相关的2个问题是油墨黏度选择和管路系统设计。集中供墨系统所用的油墨和一般印刷油墨在黏度上存在一定的差别。要保证油墨能够在输墨管路中正常运行,更需要考虑油墨的流变性能。集中供墨系统采用的是长墨路运输,油墨流变性能要好于一般的印刷油墨,以保证油墨的顺畅运输。油墨管路材质主要采用冷拔无缝钢管,其造价适中,压力范围较宽,管路内径质量好、变径少,外形美观、施工便捷,对油墨的运输阻力小。管道口径、输送距离和泵能够提供的压力值之间存在着一定的数值关系,口径越大、输送距离越短,泵所要提供的压力值越小,反之则越大。由于管道的口径变化和弯头会增加管道油墨的输送阻力,设计时应减少系统管路口径的变化和弯头的使用^[5-7]。

1.2 流体力学分析

集中供墨系统主要考虑的是油墨在管道的流动

情况,油墨的流变性能主要取决于油墨的黏度。由于集中供墨系统一般采用圆形管道进行运输,可以将其作为圆形管道运输的基本物理模型来研究。

在圆形管道运输中,流体分为层流和紊流运动状态。油墨黏度较大,在管道中的流动速度低,输送油墨的管道口径一般选择在50 mm左右。根据雷诺数可以判断,集中供墨中管道油墨流动可以看作是层流,见图1。油墨作层流流动时,由于黏性的作用,在管壁上流体质点的流速为0,流层离开管壁接近管轴时,流速逐渐增加,至圆管的中心流速达到最大值。

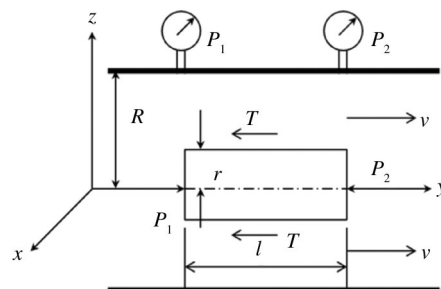


图1 层流空间坐标系

Fig.1 Spatial coordinate system of laminar flow

根据N-S方程式和微元的受力平衡关系建立层流运动常微分方程:

$$\frac{dv_r}{dr} = -\frac{\Delta P r}{2\mu l} \quad (1)$$

式中: μ 为与流体性质相关的比例系数,即流体的动力黏度; l 为管道长度; ΔP 为压强降; r 为管道半径。

由此可知,流体在圆形管道运输中流量 Q 和管道口径 d 、运输距离 l 及管道压力 P 之间的关系式为^[8]:

$$Q = \int_A v_r dA = \int_0^R \frac{\Delta P r}{4\mu l} (R^2 - r^2) 2\pi r dr \quad (2)$$

$$Q = \frac{\pi \Delta P R^4}{8\mu l} = \frac{\pi \Delta P d^4}{128\mu l} \quad (3)$$

1.3 集中供墨管路流量分析

由流体力学基本理论可知,在圆形管道中,流体作为不可压缩的黏性液体,在三通管道中的流量分布关系见图2。即:

$$Q_1 = Q_2 + Q_3 \quad (4)$$

在实际生产中,集中供墨系统往往需要为2~3台或更多的印刷机实现远程供墨,存在多支路油墨的运输问题,见图3和图4。在图3中,从左至右管道输送油墨的颜色分别为黄、品红、青和黑色。

在图4中, l_1 为连接机器的支管道长度; l_c 为主管

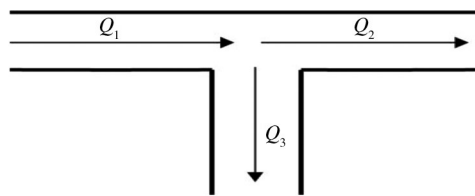


图2 三通管道的流量关系

Fig.2 Relationship of the flow rate in the pipe tee

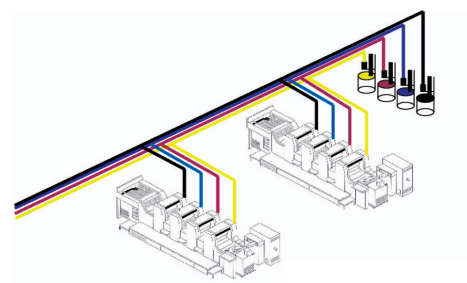


图3 集中供墨系统布局

Fig.3 Layout of the centralized ink supply system

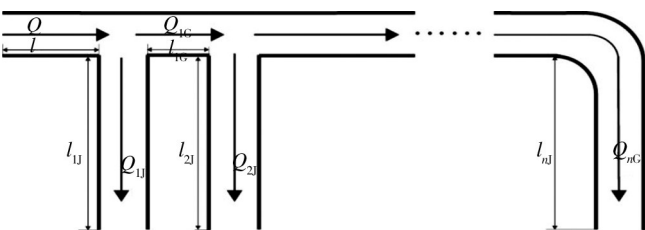


图4 多支路管道的流量关系

Fig.4 Relationship of the flow rate in the multi-branch pipeline

道长度,并且通常选择支管道和主管道等径。据图3的分布原理可得:

$$Q = Q_{1G} + Q_{2J} + Q_{3J} + \cdots + Q_{(n-1)J} + Q_{nG} \quad (5)$$

将式(3)代式(5)化简可得油墨管道压强与长度的一般关系式:

$$\frac{\Delta p}{l} = \frac{\Delta p_{1G}}{l_{1G}} + \frac{\Delta p_{2J}}{l_{2J}} + \cdots + \frac{\Delta p_{(n-1)J}}{l_{(n-1)J}} + \frac{\Delta p_{nG}}{l_{nG}} \quad (6)$$

由于集中供墨管道采用的是内壁足够光滑的冷凝钢管,并且油墨黏度较大,在管道内的流动速度非常缓慢,因此,管道流体阻力损失在此可忽略不计。

2 油墨管道方案设计^[9-12]

2.1 设备与材料

仪器设备与材料:Magnum 4II的高斯卷筒纸轮转胶印机,最高印刷速度为45 000份/h,裁切尺寸为546

mm(533,560,578 mm),最大印刷面积为870 mm × 530 mm;油墨黏度仪;计算机;集中供墨系统(气泵压力为12 MPa、管道油墨流量为15 L/min)。DIC的KL型书刊胶印轮转油墨。由于现场选择单台胶印轮转机采用集中供墨,所涉及的主要问题是解决红、黄、蓝、黑等4根油墨管路的设计问题。

2.2 油墨黏度选择

通过调研可知,在满足印刷质量的前提下,集中供墨所用油墨黏度比传统加墨形式的油墨黏度低,用以增加油墨的流通性,更加方便油墨在管道中的远距离传输。不同色的油墨黏度之间也存在着一定的差异^[13],桃红、天蓝、中黄和黑色油墨,在集中供墨情况下黏度分别为(4.8 ± 0.2),(5.3 ± 0.2),(6.0 ± 0.5),(7.5 ± 0.5)Pa·s;在非集中供墨情况下分别为7.4,7.6,6.6,7.6 Pa·s。

2.3 墨路管道参数计算

1) 在已知泵压、流量条件下,将油墨黏度值代入公式(3),分别求得管道直径和长度之间的关系值(d^4/l),见表1。

表1 管道直径和长度之间的关系值(d^4/l)

Tab.1 Relational values of pipe diameter and length(d^4/l)

品名	黏度/(Pa·s)	定值 d^4/l (×10 ⁻⁹)
桃红 KI-651	4.8 ± 0.2	4.077
天蓝 KI-421	5.3 ± 0.2	4.501
中黄 KI-231	6.0 ± 0.5	5.096
黑 KI-801	7.5 ± 0.5	6.370

由表1可以看出,对于某种油墨来说,计算出的 d^4/l 是固定值,也就是说,管道直径和长度之间有某种固定的关系,但是对于不同颜色的油墨该固定值是不一样的。总的说来,管道的口径越大,管道可以铺设的长度就越长,反之越短^[14]。

2) 根据现场经验及市场供给情况选择管道内径范围,通过表1的关系值(d^4/l),计算求得相应的管道长度 l ,见表2。根据表2的数值绘制直方图,见图5。在图5中,从左至右管道输送的油墨颜色分别为品红、青、黄和黑色。

3 分析与讨论

3.1 数据分析

经过对工厂车间的实地考察,考虑印刷机的摆放位置及整个空间的布局,确定储墨罐摆放位置及供墨

表2 管道长度
Tab.2 Length range of the pipeline m

直径/ mm	管道长度			
	桃红	天蓝	中黄	黑
42	763.231	691.334	610.615	488.492
45	1005.794	911.047	804.675	643.74
48	1302.039	1179.385	1041.682	833.346
51	1659.357	1503.043	1327.551	1062.04
54	2085.615	1889.148	1668.574	1334.859

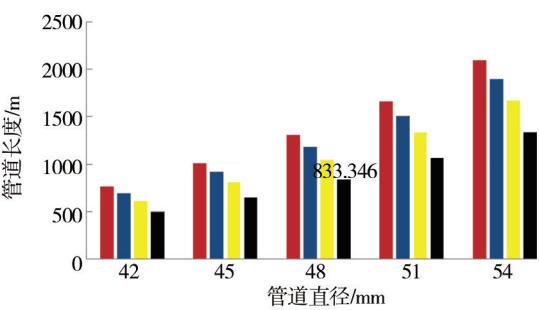


图5 输墨管道长度范围

Fig.5 Length range of the ink pipeline

管道的走向,选择黑墨管道设计长度为833.346 m的1组数值,对应的管道直径为48 mm;而相应的桃红、天蓝、中黄色油墨管道的设计长度分别为1302.039, 1179.385, 1041.682 m。在实际施工中,为了整体布置的需要,4根管道应为并排排列、长度相等。因此,为了保证各色油墨在管道内能够正常输出,实际长度应小于设计长度,并且选择4个值当中的最小值。因此,选择同黑墨管道一致的长度,保险起见合理的选择长度定为800 m,以确保油墨能够输送到各机台机组,各个机台机组依靠支管输送各色油墨。如果管道直径不变,长度选择太短,供墨时由于泵压作用则会发生爆管喷墨现象。

3.2 项目实施

针对人民日报印务中心轮转机的集中供墨问题,将该研究成果用于集中供墨系统的工程改造,通过生产试运行,各项产品指标正常,未发现供墨不足和爆管喷墨现象,能够满足正常印刷生产的需求。实践证明:基于流体力学的圆形管道模型可以运用于集中供墨系统的设计,为印刷企业集中供墨系统的工程设计提供了一定的理论基础,具有一定的推广性。

3.3 经济效益分析

集中供墨与小罐装油墨填充不同,不会产生因用

不尽而浪费油墨的现象;集中供墨系统减少了油墨与空气接触的机会,抑制了油墨内部的溶剂挥发,减少了生产车间的VOC排放量,改善了工人的工作环境。同时,减少了由于油墨内部溶剂挥发而增加油墨黏稠度的机会,保证了印刷油墨的质量;集中供墨系统减少了人工加墨所需的操作时间,降低了印刷工人的劳动强度,提高了工作效率。

公司对集中供墨系统安装前后的年度油墨使用量进行了统计,2012年黑墨和彩墨在无集中供墨的情况下用量分别为60,25 t,2013年在安装集中供墨系统的情况下分别为50,24 t,节约人民币约16万元,效益显著。由此可见,集中供墨系统对于提高印刷企业的社会效益和经济效益均有着重要的意义。

4 结语

通常来说,为确保油墨的顺畅运输,轮转胶印机集中供墨系统所用油墨较原来油墨的黏度低、流变性好。在圆形管道中流动的油墨属于层流,可以通过使用N-S方程式和微元的受力平衡关系建立层流常微分方程来进行研究。输墨管道对于某种指定的油墨来说,其设计的管道直径和长度之间呈一定的比例关系,这种比例关系随油墨黏度的不同而不同。管道的口径越大,管道可以铺设的长度就越长,反之越短。如果管道直径不变,长度选择太短,供墨时由于泵压作用则会发生爆管喷墨现象。在黑墨、桃红、天蓝和中黄色油墨中,黑墨管道设计长度最短,施工中以合理的黑墨管道长度为准,确保油墨能够顺利输送到各机台机组。生产中采用集中供墨系统能够节约成本、改善环境、降低劳动强度。

参考文献:

[1] 陈宁. 关于浆体管道输送设计优化的探讨[J]. 有色金属设计, 2011(2): 12—14.
CHEN Ning. Discussion on Design Optimization of Slurry Pipeline Transportation[J]. Nonferrous Metals Design, 2011 (2): 12—14.

[2] 孔珑. 工程流体力学[M]. 北京: 中国电力出版社, 2014.
KONG Long. Engineering Fluid Mechanics[M]. Beijing: Chinese Power Publishing House, 2014.

[3] 邱清水. 输流管道在粘性流动下耦合振动问题的数值方法研究[D]. 成都: 四川大学, 2003.
QIU Qing-shui. The Numerical Methods Research of Coupled Vibration of Viscous Flow Fluid-Conveying Pipes[D]. Chen-du: Sichuan University, 2003.

[4] 王乔, 荣华阳. 胶印机墨量的自动控制[J]. 今日印刷, 2008

- (9):50—52.
- WANG Qiao, RONG Hua-yang. Automatic Control of the Amount of Offset Presses Ink[J]. Print Today, 2008(9):50—52.
- [5] 赵子君,季明文. 基于开物2000组态软件实现高速大容量数据采集[J]. 测控技术, 2004, 23(10):50.
- ZHAO Zi-jun, JI Ming-wen. Actualization of High-Speed and Large-Capacity Data Acquisition Based on Controx 2000 Configuration Software[J]. Surveying and Mapping Technology, 2004, 23(10):50.
- [6] 李保强. 探析集中供墨技术[J]. 今日印刷, 2004(2):70—73.
- LI Bao-qiang. Analysis of the Concentrated Ink Technology[J]. Print Today, 2004(2):70—73.
- [7] 潘杰. 现代印刷机的集中供墨系统[J]. 设备材料, 2003(205):52—54.
- PAN Jie. Concentrated Ink System of the Printing Press[J]. Equipment and Materials, 2003(205):52—54.
- [8] 胡敏良,吴雪茹. 流体力学[M]. 武汉:武汉理工大学出版社, 2011.
- HU Min-liang, WU Xue-ru. Hydromechanics[M]. Wuhan: Wuhan University of Technology Publishing House, 2011.
- [9] 何成. 长距离矿浆管道输送过程检测与控制关键技术的研究[D]. 长沙:湖南大学, 2014.
- HE Cheng. Research on Detecting and Control Key Technologies In Long-distance Slurry Pipeline Transportation[D]. Changsha: Hunan University, 2014.
- [10] 于治福,田晓里. 高浓度黏稠物料的管道输送特性讨论[J]. 煤矿机械, 2010(6):81—83.
- YU Zhi-fu, TIAN Xiao-li. High Concentration of Thick Material Characteristics of Pipeline Transportation Discussions[J]. Coal Mine Machinery, 2010(6):81—83.
- [11] 陶平凯. 基于ANSYS FLOTRAN的管道输送参数优化[J]. 金属矿山, 2012(11):43—45.
- TAO Ping-kai. Pipe-Conveying Parameters Optimization Based on ANSYS FLOTRAN[J]. Metal Mine, 2012(11):43—45.
- [12] 刘昕. 胶版印刷工艺原理[M]. 北京:印刷工业出版社, 2005.
- LIU Xin. The Principle of Offset Printing Technology[M]. Beijing: Graphic Communications Press, 2005.
- [13] 李永强. 如何理解和掌握印刷油墨的流变性[J]. 印刷世界, 2012(9):43—48.
- LI Yong-qiang. How to Understand and Grasp the Printing Ink Rheology[J]. Print World, 2012(9):43—48.
- [14] 王铁力. 大颗粒浆体管道输送阻力计算模型的验证[J]. 水力采煤与管道运输, 2014(4):4—6.
- WANG Tie-li. A Validation of the Calculation Model of Large Grain Slurry Pipeline's Transportation Resistance[J]. Hydraulic Coal Mining & Pipeline Transportation, 2014(4):4—6.
- +++++
- (上接第136页)
- [7] 田亮,罗宇,王阳. 基于遗传算法优化BP神经网络的TIG焊缝尺寸预测模型[J]. 上海交通大学学报, 2012, 47(11):1690—1696.
- TIAN Liang, LUO Yu, WANG Yang. Prediction Model of TIG welding Seam Size Based on BP Neural Network Optimized by Genetic Algorithm[J]. Journal of Shanghai Jiaotong University, 2012, 47(11):1690—1696.
- [8] 屈薇薇,尚丽平,李晓霞,等. 基于数据拟合和主成分分析的多组分PAHs神经网络定量分析[J]. 光谱学与光谱分析, 2010, 30(10):2780—2783.
- QU Wei-wei, SHANG Li-ping, LI Xiao-xia, et al. The Quantitative Analysis of Polycomponent PAHs by Neural Network Based on Data Synthese and Principal[J]. Spectroscopy and Spectral Analysis, 2010, 30(10):2780—2783.
- [9] TZENG D Y, BERNIS R S. A Review of Principal Component Analysis and Its Applications to Color Technology[J]. Color Research & Application, 2004, 29(2):104—110.
- [10] FAIRMAN H S, BRILL M H. The Principal Components of Reflectances[J]. Color Research & Application, 2005, 30(2):84—98.
- [11] 吴江,黄富荣,黄才欢,等. 近红外光谱结合主成分分析和BP神经网络的转基因大豆无损鉴别研究[J]. 光谱学与光谱分析, 2013, 33(6):1537—1541.
- WU Jiang, HUANG Fu-rong, HUANG Cai-huan, et al. Study on Near Infrared Spectroscopy of Transgenic Soybean Identification Based on Principal Component Analysis and Neural Network[J]. Spectroscopy and Spectral Analysis, 2013, 33(6):1537—1541.
- [12] 周丛丛,李洁,张晓光,等. 基于人工神经网络的聚合物驱提高采收率预测[J]. 大庆石油地质与开发, 2008, 27(3):113—116.
- ZHOU Cong-cong, LI Jie, ZHANG Xiao-guang, et al. Prediction for Polymer Flooding Based on Artificial Neural Network[J]. Petroleum Geology & Oilfield Development in Daqing, 2008, 27(3):113—116.
- [13] WANG Yong, XU Hai-song. Spectral Characterization of Scanner Based on PCA and BP ANN[J]. Chinese Optics Letters, 2005, 3(12):725—728.
- [14] 刘春艳,凌建春,寇林元,等. GA-BP神经网络与BP神经网络性能比较[J]. 中国卫生统计, 2013, 30(2):173—176.
- LIU Chun-yan, LING Jian-chun, KOU Lin-yuan, et al. Performance Comparison between GA-BP Neural Network and BP Neural Network[J]. Chinese Journal of Health Statistics, 2013, 30(2):173—176.
- [15] 罗戎蕾,刘绍华,苏晨. 基于遗传算法的BP神经网络服装销售预测方法[J]. 北京邮电大学学报, 2014, 37(4):39—43.
- LUO Rong-lei, LIU Shao-hua, SU Chen. Garment Sales Forecast Method Based on Genetic Algorithm and BP Neural Network[J]. Journal of Beijing University of Posts and Telecommunications, 2014, 37(4):39—43.