

环境温湿度对镀铝纸变形的影响

王辉，张雨豪，万晓霞
(武汉大学，武汉 430072)

摘要：目的 探索环境温湿度对镀铝纸变形的影响规律，获得镀铝纸存储的最佳温湿度范围。**方法** 将3种镀铝纸分别裁成大小不同的2种型号，利用恒温恒湿箱进行纸张变形实验，在各设定温湿度条件下，分别测量吸湿和脱湿过程中大号纸张尺寸和小号纸张的含水量。首先通过环境湿度与纸张尺寸的相关性进行建模分析，获得相对湿度为55%的条件下纸张的标准尺寸，以此计算纸张的伸缩率；其次根据参考套印精度范围计算纸张的伸缩率范围，通过构建纸张伸缩率与湿度关联模型获得湿度范围；然后建立含水量与环境温湿度的关联模型，通过纸张伸缩率与含水量的相关性分析，将湿度范围应用到含水量模型中，最终获得参考套印精度对应的温度范围。**结果** 研究结果表明，在同时满足3种纸张套印精度控制范围条件下，车间温度标准控制范围应为20.4~26.3℃，车间相对湿度标准控制范围应为53.9%~58.0%。**结论** 通过研究环境温湿度对镀铝纸变形的影响，使镀铝纸变形得到良好控制。

关键词：镀铝纸；温度；湿度；纸张变形控制

中图分类号： TB484; **文献标识码：**A **文章编号：** 1001-3563(2018)05-0115-06

DOI： 10.19554/j.cnki.1001-3563.2018.05.022

The Influence of Environment Temperature and Humidity on Deformation of Aluminized Paper

WANG Hui, ZHANG Yu-hao, WAN Xiao-xia
(Wuhan University, Wuhan 430072, China)

ABSTRACT: The work aims to explore the influence of environmental temperature and humidity on deformation of aluminized paper, and obtain the best ranges of storage temperature and humidity of the aluminized paper. Three kinds of aluminized papers were respectively cut into two different sizes, and the paper deformation experiments were carried out by constant temperature humidity chamber. In each setting conditions of temperature and humidity, the sizes of large paper and moisture content of small paper were respectively measured in the process of moisture absorption and dehumidification. First, in order to calculate the paper stretch ratio, the standard paper sizes were obtained in 55%RH conditions through the correlation modeling analysis of environmental humidity and paper size. Second, the range of paper stretch ratio was calculated according to the range of referenced registering accuracy. The humidity range was achieved through constructing the correlation model of paper stretch ratio and humidity. Third, the correlation model was established between water content and environmental temperature and humidity. Finally, through the correlation analysis of paper stretch ratio and water content, the temperature range corresponding to the referenced registering accuracy was gained by applying the humidity range to the water content model. The research results showed that, under the conditions of meeting the control range of registering accuracy of three kinds of papers, the standard control range of the workshop temperature should be 20.4~26.3℃, and the standard control range of relative humidity of the workshop should be 53.9%~58.0%. The deformation of aluminized paper can be well controlled through the study on the influence of environmental temperature and humidity on the deformation of aluminized paper.

KEY WORDS: aluminized paper; temperature; humidity; paper deformation control

收稿日期：2017-09-28

作者简介：王辉（1992—），男，武汉大学硕士生，主攻纸张检测与控制。

通信作者：万晓霞（1965—），女，博士，武汉大学教授、博导，主要研究方向为颜色科学与技术、数字资产管理。

纸张是印刷中重要的承印材料,由于受到环境温湿度以及外在作用力的影响,纸张变形已成为现代印刷行业里不可避免的问题^[1]。随着人们生活水平的提高,人们对于金卡纸、银卡纸和光柱镭射纸等镀铝纸的需求越来越高^[2—3],尤其是在烟包行业^[4]。由于镀铝纸是将光柱膜或特定图案压印到纸张上,镀铝膜与纸基伸缩率不同,纸张极易变形,其中环境温湿度的变化对纸张造成的损耗最为严重,也最难以控制。某一温湿度下,纸张内部含有的固有水分称为纸张的含水量^[5]。纸张伸缩率是指纸张尺寸的增减对原试样尺寸的百分比。环境温湿度改变会引起纸张含水量的变化,造成纸张的变形,从而产生紧边、荷叶边和卷曲等问题^[6],在印刷过程中会造成套印不准^[7],影响印品质量和印刷效率。

纸张是由纤维素和半纤维素构成,具有孔隙结构,因此纸张具有良好的吸湿性^[8]。纸张的吸湿性表现为纸张的含水量随空气中的水蒸气含量的变化而变化,即纸张具有从潮湿的空气中吸收水分同时具有向干燥的空气中释放水分的能力,它包括吸湿和脱湿2个方面^[9]。吸湿过程与脱湿过程并不是互逆的关系,而是存在一定的滞后效应^[10],其表现为在某一相对湿度条件下,达到平衡水分后的纸张,在经过吸湿后,重新回到原来相对湿度的环境中,其含水量比原来有所增加;在某一相对湿度条件下,达到平衡水分后的纸张,在经过脱湿后,重新回到原来相对湿度的环境中,其含水量比原来有所减少。由于纸张自身的结构特点,在受到环境温湿度变化时,其横纵2个方向上的变形量是有差异的^[11]。通常情况下,当纤维吸湿后长度方向伸长1%~3%时,其直径膨胀约30%的伸长量^[12],因此对于纸张变形,不仅要考虑吸湿、脱湿2个过程,纸张的横纵向也是必要的考虑因素。文中主要是针对金、银卡纸和光柱镭射纸3种镀铝纸,从吸湿、脱湿2个过程以及纸张横向纵向2个方向探究环境温湿度对纸张变形的影响规律,找出适宜的存储环境。

1 实验

1.1 设备

主要设备:得力8014切纸机,裁切纸张样品;力辰FA2004万分之一分析天平,测量纸张质量;安恒30-204数显标尺,测量纸张尺寸;酷的KH-45A电热恒温鼓风干燥箱,烘干以计算纸张含水量;佳事发LHS-80HC-I恒温恒湿箱,精确控制温度、湿度。

1.2 材料

主要材料:定量为232 g/m²素面转移镭射金卡纸,360 mm×300 mm纸样30张,70 mm×38 mm纸样31张;定量为232 g/m²素面转移镭射银卡纸,360 mm×

300 mm纸样30张,70 mm×38 mm纸样31张;定量为177 g/m²竖纹光柱素面镭射纸,320 mm×264 mm纸样30张,70 mm×38 mm纸样31张。为描述方便,后文以“大纸”表示360 mm×300 mm和320 mm×264 mm纸样,“小纸”表示70 mm×38 mm纸样。

1.3 方案

1.3.1 操作步骤

1) 测定纸张调湿时间。纸张存储环境的改变,会影响纸张含水量的变化,进一步影响纸张尺寸的变化。为了测量纸张在某一环境下的尺寸,需要寻找纸张达到稳定时所需时间,即调湿^[13]时间。温度一定时,纸张调湿时间与环境湿度正相关。同理,湿度一定时,纸张调湿时间与环境温度也正相关,因此在2个极端温度下分别测量相对湿度从40%吸湿至80%所需的调湿时间,取两者最大值即为吸湿时间 $t_{\text{吸}}$,同时测量相对湿度从80%脱湿至40%所需的调湿时间,取两者最大值即为脱湿时间 $t_{\text{脱}}$,具体步骤为:将大纸与小纸样品置于温度为18 °C,相对湿度为40%的恒温恒湿箱中,每0.5 h测量1次样品质量,直至样品质量基本稳定为止,此时将相对湿度调至80%,并开始计时,每0.5 h测量1次样品质量,直至样品质量基本稳定为止,即获得各种尺寸纸张吸湿所需时间,记为 t_1 ;然后温度保持不变,将湿度调回至相对湿度40%,同样每0.5 h测量1次样品质量,直至样品质量基本稳定为止,即获得各种尺寸纸张脱湿所需时间,记为 t_2 。同理,将样品置于参数温度为26 °C,相对湿度为40%的恒温恒湿箱中,分别获得其在该温度条件下的纸张吸湿时间 t_3 和脱湿时间 t_4 ,则 $t_{\text{吸}}=\max(t_1, t_3)$, $t_{\text{脱}}=\max(t_2, t_4)$ 。

2) 测量纸张吸湿、脱湿过程相关数据。经过实验可知,同类纸样的大纸与小纸调湿时间基本一样,均不超过2 h,则 $t_{\text{吸}}=t_{\text{脱}}=2$ h,因此在温度为18~26 °C和相对湿度为40%~80%的范围内的测量时间设定为2 h。吸湿过程:设定恒温恒湿箱温度θ=18 °C,相对湿度H=40%,将3张大纸样和3张小纸样同时置于箱中,首先进行调湿2 h,使纸张样品达到稳定状态,测量大尺寸纸样的横纵向尺寸a和b,以及小尺寸纸样的质量m,然后以相对湿度10%为步长增加湿度值,并测量相应条件下调湿稳定后的大尺寸纸样的横纵向尺寸a和b,以及小尺寸纸样的质量m,直至相对湿度为80%。其中,相对湿度每增加10%,均需要2 h的调湿稳定时间。同理,设定温度步长为2 °C,每次重新取3张大纸样和3张小纸样置于恒温恒湿箱中,依次测量各个湿度条件下调湿稳定后的横纵向尺寸及质量,直至温度调至26 °C结束,共获得5个温度和5个湿度条件下25组吸湿过程数据。其中,每个温度组实验结束后,将所用3张小纸样置于105 °C烘箱中烘干

2 h, 称量得到纸样烘干后质量 m_0 。脱湿过程: 同吸湿过程操作类似, 设定温度步长为 2 °C, 设定相对湿度从 80% 变换到 40% 的递减步长为 10%, 获得相应 5 个温度和 5 个湿度条件下 25 组脱湿过程数据。每个温度组实验结束后, 同样需要将所用 3 张小纸样置于 105 °C 烘箱中烘干 2 h, 称量纸样烘干后质量 m_1 。

1.3.2 数据分析

依据车间工作经验可知, 镀铝纸存储的最佳温湿度通常为温度 24 °C 和相对湿度 55%, 但在实际生产中很难准确控制温湿度, 因此根据套印误差允许范围, 寻找到镀铝纸在车间存储的适宜温湿度范围尤为重要, 文中以相对湿度 55% 条件下的纸张尺寸作为纸张伸缩率计算的标准参考值。实验数据分析整体流程见图 1。

1) 针对镀铝纸吸湿和脱湿 2 个变形过程, 分别在 18, 20, 22, 24, 26 °C 5 种温度下, 建立纸张横纵向尺寸与环境湿度关联模型, 依据模型计算纸张在标准相对湿度 55% 处纸张横纵向尺寸, 以此为标准计算纸

张在 5 种温度下的纸张伸缩率。由于纸张横向伸缩率远大于纵向伸缩率, 因此文中以横向伸缩率作为分析基础, 进一步构建标准温度 24 °C 下的纸张横向伸缩率与环境湿度的关联模型。

2) 根据印刷生产实际的套印误差范围推算纸张的伸缩率范围, 依据步骤 1) 建立的伸缩率与湿度模型即可计算得到对应湿度范围。

3) 由于实验中无法保证同一湿度不同温度的纸张尺寸完全相同, 为保证能够依据步骤 2) 得到的湿度范围计算得到对应的温度范围, 研究探究了纸张伸缩率与含水量相关性分析, 利用纸张伸缩率与含水量之间的高相关性, 将“纸张伸缩率与湿度”模型和“含水量与环境温湿度”模型建立联系。

4) 建立纸张含水量与环境温湿度模型, 依据步骤 2) 计算得到的湿度范围, 获得标准温度 24 °C 下湿度范围对应的含水量范围, 再将计算得到的含水量范围与标准相对湿度 55% 代入该步骤建立的纸张含水量与环境温湿度模型, 即获得最终的温度范围。

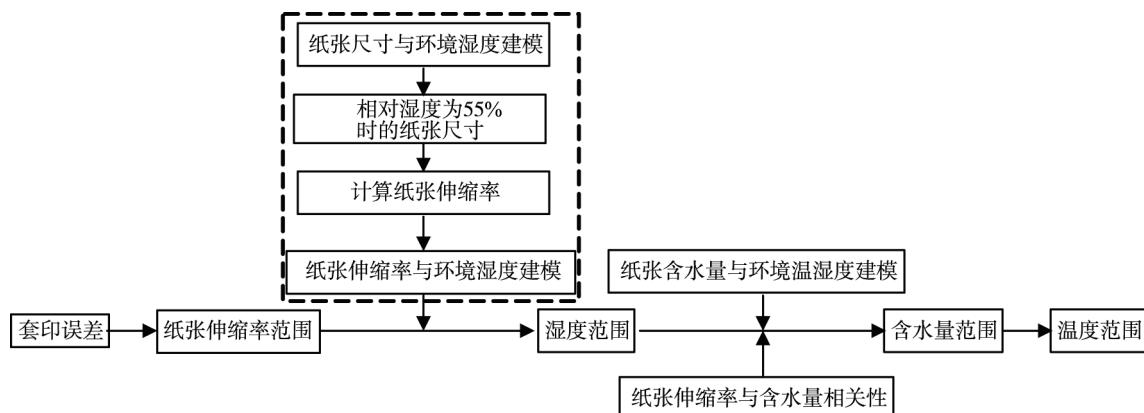


图 1 数据分析流程
Fig.1 Flow chart of data analysis

2 结果与讨论

依据实验数据分析结果可知, 3 种纸张实验数据的变化趋势基本一致, 文中选用具有代表性的金卡纸为例进行数据处理与分析。

2.1 纸张尺寸与环境湿度关系分析

在 5 种温度下, 建立纸张吸湿与脱湿过程中尺寸与环境湿度关联模型。如图 2a 所示, 在吸湿过程中, 不同温度的折线均随湿度升高呈上升趋势, 在相对湿度较低时 (40% ~ 60%), 折线斜率平缓, 在相对湿度较高时 (60% ~ 80%), 折线斜率陡增。说明在同一温度条件下, 纸张的横向尺寸随湿度的升高而增加, 湿度越高, 变化速率越快。由图 2b 可以得出, 不同温度的折线均随相对湿度升高呈上升趋势, 在相对湿度为 50% ~ 70% 时, 折线斜率比较一致且均较小; 当相

对湿度小于 50% 和大于 70% 时, 折线斜率出现小幅下降。说明在同一温度条件下, 纸张的纵向尺寸随相对湿度的升高而增加, 并且变化速率较慢。

脱湿过程中, 由图 3a 可以得出, 不同温度的折线均随相对湿度降低呈下降趋势, 并且斜率随湿度降低而略微减小。说明在同一温度条件下, 纸张的横向尺寸随相对湿度的降低而减小, 湿度越低, 变化速率略微变慢。由图 3b 可知, 不同温度的折线均随相对湿度降低呈下降趋势, 斜率较小。说明在同一温度条件下, 纸张的纵向尺寸随相对湿度的降低而减小, 并且变化速率小于横向尺寸变化速率。

纸张横纵向变形情况的差异是由于纸张吸湿方式不同造成的, 纸张是由纤维构成, 纸张横纵向即为纤维横纵向。纸张横向尺寸的增大是由于纸张吸水, 纤维与纤维间的水分增多, 纤维的排布变得疏松; 而纸张纵向尺寸的增大是由于纸张吸水, 纤维本身因润

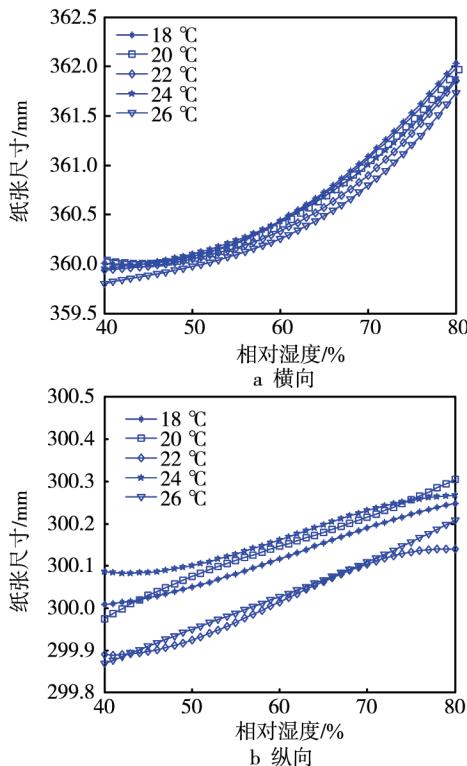


图2 金卡纸吸湿过程横向和纵向尺寸随湿度变化的关系
 Fig.2 The relationship of horizontal and vertical sizes changing with humidity in the process of moisture absorption of gold card paper

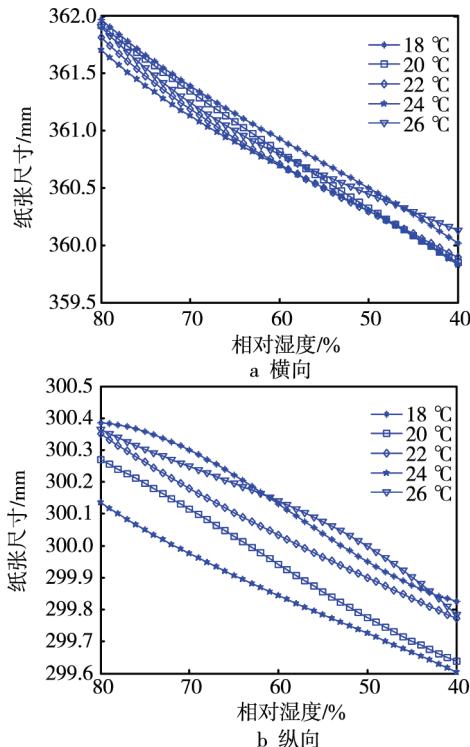


图3 金卡纸脱湿过程横向和纵向尺寸随湿度变化的关系
 Fig.3 The relationship of horizontal and vertical sizes changing with humidity in the process of dehumidification of gold card paper

胀而伸长，然而纤维本身的伸缩性有一定限度，当润胀达到一定程度时，纤维的伸缩就会变得困难，所以

当相对湿度大于70%时，纵向的伸长速率降低。纤维长度方向的伸长量小于直径方向的伸长量，所以纸张的横向尺寸变化要大于纵向尺寸变化，并且横向变化量约是纵向变化量的3~10倍。

2.2 纸张伸缩率与环境湿度关系分析

1) 计算相对湿度为55%时纸张尺寸。通过实际车间经验知镀铝纸存储标准环境温度为24℃，相对湿度为55%，因此伸缩率需要以相对湿度55%为标准求解。通过上述纸张尺寸与环境湿度模型获得拟合函数：

$$a = g(H) = P_1 H^3 + P_2 H^2 + P_3 H + P_4 \quad (1)$$

式中： a 为纸张尺寸； H 为环境相对湿度； P_1, P_2, P_3, P_4 为拟合系数。根据式(1)令函数自变量 $H=55\%$ 计算得到 a 的值，即相对湿度55%下的纸张尺寸。

2) 计算纸张伸缩率。根据相对湿度55%下纸张尺寸计算得到纸张伸缩率。伸缩率公式为：

$$\Delta = (l - l_{\text{标}}) / l_{\text{标}} \quad (2)$$

式中： Δ 为纸张伸缩率； l 为纸张变形后的尺寸； $l_{\text{标}}$ 为纸张在相对湿度55%下的标准尺寸。

3) 建立纸张伸缩率与湿度关联模型。根据2.1节纸张尺寸与环境湿度模型可知纸张变形主要是横向变形，纸张横向尺寸变化远大于纵向尺寸变化。由于纸张标准存储温度为24℃，因此应在24℃纸张横向上建立伸缩率与环境湿度关联模型。

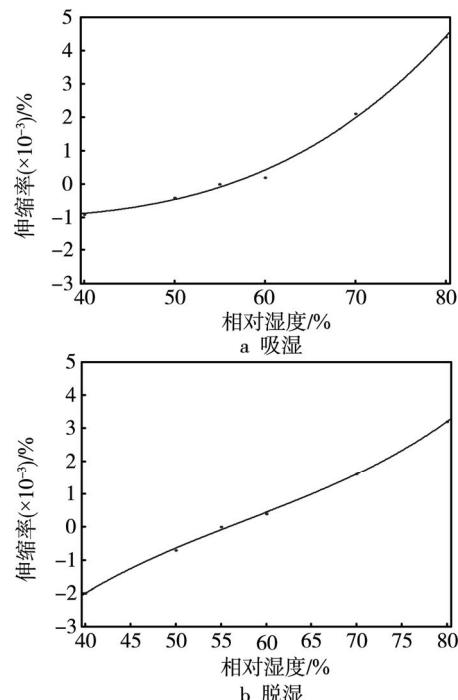


图4 24℃金卡纸吸湿和脱湿过程伸缩率随湿度变化的关系

Fig.4 The relationship of stretch ratio changing with humidity in the process of moisture absorption and dehumidification of gold card paper at 24℃

图4中正值说明纸张尺寸伸长,负值说明纸张尺寸收缩。拟合后得到函数表达通式:

$$n = \varphi(H) = q_1 H^3 + q_2 H^2 + q_3 H + q_4 \quad (3)$$

式中: n 为纸张横向伸缩率; H 为环境相对湿度; q_1, q_2, q_3, q_4 为拟合系数。

2.3 确定环境湿度控制范围

由于印刷工序单的套印精度要求不能超过 0.15 mm, 金卡纸上机尺寸为 738 mm, 得到金卡纸允许最大伸缩率为 $\pm 0.000\ 203$ 。将该值代入拟合表达式(3)中, 得到允许湿度边界值。由于相对湿度大于 55% 时, 纸张吸湿, 所以湿度最大边界值由吸湿拟合方程算出, 小于相对湿度 55% 时则由脱湿拟合方程算出。由此得到金卡纸相对湿度范围为 [53.886%, 58.0422%]。按照上述方法也可获得银卡纸的相对湿度范围为 [52.1074%, 58.2672%], 竖纹光柱镭射纸的相对湿度范围为 [52.8402%, 60.5309%]。取 3 种纸张湿度范围的交集即为 3 种纸张存储的最佳湿度范围, 因此, 在保证套印精度的前提下, 车间相对湿度标准控制范围约为 53.9%~58.0%。

2.4 纸张伸缩率与含水量相关性

在纸张变形实验中, 由于无法保证不同温度下纸张尺寸完全相等, 所以实验数据不能表明纸张伸缩率与温度的关系。对于获得的湿度范围, 由于不确定纸张伸缩率与含水量的关系, 因此无法将湿度范围直接应用到含水量模型中。这时通过纸张含水量与纸张伸缩率之间的皮尔逊积矩相关系数^[14]来间接推导出伸缩率与温度的关系, 其相关系数 r 见表 1。由表 1 可知相关系数 r 均大于 0.8, 说明纸张含水量与纸张伸缩率有较好的相关性。

表 1 纸张含水量与纸张伸缩率相关系数 r

Tab.1 Correlation coefficient r between paper water content and paper stretch ratio

纸张类别	吸湿		脱湿	
	横向	纵向	横向	纵向
金卡纸	0.98	0.85	0.99	0.96
银卡纸	0.98	0.83	0.98	0.97
竖纹纸	0.94	0.90	0.97	0.856

2.5 纸张含水量与环境温湿度关系分析

建立纸张含水量与环境温湿度关联模型:

$$M = f(\theta, H) = \sum_{i=0}^m \sum_{j=0}^n a_{ij} \theta^i H^j \quad (4)$$

式中: M 为纸张含水量; θ 为环境温度; H 为相对环境湿度; a_{ij}, b_{ij} ($i=0, 1, \dots, m$) ($j=0, 1, \dots, n$) 为待定参数; m, n 为多项式的最高阶次。将纸张含水量数据用 Matlab 处理软件^[15]进行多项式拟合, 当选择 4 阶多项

式拟合时 ($m=n=4$), 拟合优度最好。对表 2 分析可知, 对于金卡纸吸湿与脱湿过程的多项式拟合, SSE (和方差) 和 RMSE (均方根) 均接近于 0, 说明拟合结果与原始数据契合度高, 拟合结果较好; R-square (确定系数) 和 Adjust R-square (校正后确定系数) 均接近于 1, 说明拟合模型选择较准确, 数据预测较成功。

表 2 金卡纸吸湿过程拟合优度
Tab.2 Fitting goodness of moisture absorption process of gold card paper

参数	SSE ($\times 10^{-6}$)	R-sqaure	Adjusted R-square	RMSE
吸湿	11.14	0.9989	0.9974	0.001 056
脱湿	8.358	0.9991	0.9977	0.000 914 2

金卡纸吸湿与脱湿过程含水量与环境温湿度关系模型在三维坐标系中形成的曲面见图 5。曲面从 $H=80\%$, $\theta=18\text{ }^\circ\text{C}$ 处向 $H=40\%$, $\theta=26\text{ }^\circ\text{C}$ 处逐渐下降, 且在 H 轴方向上的下降速率远大于 θ 轴上的下降速率, 说明湿度对纸张变形的影响大于温度对其的影响。

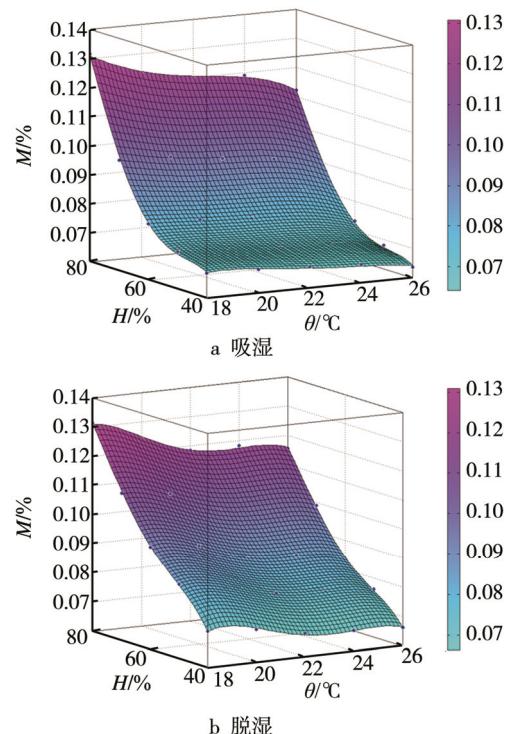


图 5 金卡纸吸湿和脱湿过程含水量拟合曲面
Fig.5 Fitting surface of water content in the process of moisture absorption and dehumidification of gold card paper

2.6 确定环境温度控制范围

由于纸张含水量与纸张伸缩率高度相关, 因此可以将湿度范围应用到含水量模型中。首先确定含水量范围, 将标准温度 $24\text{ }^\circ\text{C}$ 和相对湿度边界值代入含水量模型中得到对应的含水量值, 即相对湿度为 58.0422% 时, 对应含水量为 7.74%; 相对湿度为

53.886%时, 对应含水量为 9.05%。然后确定温度范围, 由于上述获得的含水量范围实际上反映的是纸张伸缩率的范围, 因此将金卡纸所获得的含水量与相对湿度为 55%代入含水量模型中得到对应的温度值即为金卡纸的温度范围[20.4412, 26.2970]。按照上述方法也可获得银卡纸的温度范围为[19.1028, 26.2970], 竖纹光柱镭射纸的温度范围为[17.9574, 26.8066]。取 3 种纸张温度范围的交集即为 3 种纸张存储的最佳温度范围, 因此, 在保证套印精度的前提下, 车间温度标准控制范围约为 20.4~26.3 °C。

3 结语

镀铝纸在横向上的变形远大于纵向上的变形。同时, 由于车间湿度波动范围大于温度波动范围, 相对湿度对镀铝纸变形的影响大于温度对镀铝纸变形的影响。文中 3 种镀铝纸在套印误差允许范围内, 获得车间温度标准控制范围为 20.4~26.3 °C, 车间相对湿度标准控制范围为 53.9%~58.0%。在环境温湿度对纸张变形影响方面进行了一些尝试性实验, 在数据处理上进行了一定创新, 但仍存在一些问题有待研究。文中仅在镀铝纸方面进行相关规律性的探究, 有一定的局限性, 后期可以在普通白卡纸和铜版纸等其他类型纸张方面进行相关研究。

参考文献:

- [1] 陈建明, 吴敏仪. 纸张的变形初探[J]. 造纸科学与技术, 2003, 22(6): 98—100.
CHEN Jian-ming, WU Min-yi. Discussion on the Deformation of Paper[J]. Paper Science & Technology, 2003, 22(6): 98—100.
- [2] 王雪芳, 黄文静. 金银卡纸的制造及其印刷适性[J]. 印刷质量与标准化, 2009(3): 60—62.
WANG Xue-fang, HUANG Wen-jing. Manufacture of Gold and Silver Cardboard and Its Printing Suitability [J]. Printing Quality & Standardization, 2009(3): 60—62.
- [3] 刘琴, 方晖, 闫蒙蒙. 镭射镀铝卡纸适性分析[J]. 印刷质量与标准化, 2016(4): 17—22.
LIU Qin, FANG Hui, YAN Meng-meng. Analysis on the Printability of Laser Paper Backed Foil[J]. Printing Quality & Standardization, 2016(4): 17—22.
- [4] 徐清. 烟包用纸与烟标印刷[J]. 上海包装, 2010, 12(6): 38—41.
XU Qing. Cigarette Packaging Paper and Cigarette Label Printing[J]. Shanghai Packaging, 2010, 12(6): 38—41.
- [5] 干英俊. 浅析影响纸张含水量的主要因素[J]. 印刷杂志, 2001(2): 48—49.
GAN Ying-jun. Analysis of the Main Factors Affecting the Water Content of Paper[J]. Printing Field, 2001(2): 48—49.
- [6] 徐成林. 环境温湿度对纸张的影响[J]. 印刷技术, 2013(10): 41—42.
XU Cheng-lin. The Influence of Environment Temperature and Humidity on the Paper[J]. Printing Technology, 2013(10): 41—42.
- [7] 刘建刚. 平版胶印套印不准故障浅析[J]. 现代工业经济和信息化, 2013(8): 84—86.
LIU Jian-gang. Analysis on Misregister of Offset Lithography[J]. Modern Industrial Economy and Informationization, 2013(8): 84—86.
- [8] 陈秀玉. 纸张的吸湿性对胶版印刷的影响[J]. 广东印刷, 2012(3): 40—42.
CHEN Xiu-yu. Effect of Paper Hygroscopicity on Offset Printing[J]. Guangdong Print, 2012(3): 40—42.
- [9] 潘振明, 高金花. 谈谈纸张存储使用中的平衡水分[J]. 印刷杂志, 2002(1): 52—53.
PAN Zhen-ming, GAO Jin-hua. Analysis the Balance of Moisture Used in Paper Storage[J]. Printing Field, 2002(1): 52—53.
- [10] 张梅英. 纸张变形及控制方法[J]. 印刷技术, 2009(11): 51—52.
ZHANG Mei-ying. The Paper Deformation and Control Method[J]. Printing Technology, 2009(11): 51—52.
- [11] 闫凤娟. 胶印过程中纸张不同区域横纵向变形量的研究[J]. 包装工程, 2017, 38(1): 204—207.
YAN Feng-juan. Transverse and Longitudinal Deformation of Different Areas of Paper in the Offset Printing Process[J]. Packaging Engineering, 2017, 38(1): 204—207.
- [12] 郭献军. 卷筒纸印刷纸张变形测量方法的研究[J]. 包装工程, 2012, 33(23): 120—123.
GUO Xian-jun. Investigation of Printing Web Deformation Measurement[J]. Packaging Engineering, 2012, 33(23): 120—123.
- [13] 栾存富. 纸张含水量与调湿处理[J]. 印刷世界, 2000(3): 7.
LUAN Cun-fu. Paper Moisture Content and Humidity Treatment[J]. Printing World, 2000(3): 7.
- [14] 张宇镭, 党琰, 贺平安. 利用 Pearson 相关系数定量分析生物亲缘关系[J]. 计算机工程与应用, 2005, 41(33): 83—86.
ZHANG Yu-lei, DANG Yan, HE Ping-an. Quantitative Analysis of the Relationship of Biology Species Using Pearson Correlation Coefficient[J]. Computer Engineering and Applications, 2005, 41(33): 83—86.
- [15] 梁原. 基于 MATLAB 的数字图像处理系统研究[D]. 长春: 长春理工大学, 2008.
LIANG Yuan. The Research of Digital Image Processing Based on Matlab[D]. Changchun: Changchun University of Science and Technology, 2008.