

无纸热转移机正常运行的影响因素分析

摘要

本论文主要以无纸热转移印染机中的热转移区为研究对象, 首先研究了经过热转印后残留在金属环带上的印浆(简称残物)清除效果及其影响因素, 包括清除效果的因素分析、清除效果的表征、热转印温度和印浆种类对清除效果的影响和印浆添加剂对清除效果的影响。结果表明: 随着温度的升高, 清除率逐渐下降, 随着温度的降低, 清除率逐渐升高。但是并不能只依靠温度的降低来提高清除率。因为热转印就是依靠染料的升华来实现印花的, 若温度降到染料的升华点以下, 则无法实现热转印。

其次通过试验对热转移区进行热量衡算, 包括以下内容: 干燥区带入的热量, 碳化硅远红外通过辊子传给热转印区的热量, 金属环带带出的热量, 印浆中水汽化消耗的热量, 通过保温板带出转印区的热量, 印浆中染料升华消耗的热量共六方面。专用印浆的转移率, 其中的染料升华能对计算染料的升华吸收的热量是必不可少的, 而现有资料难以查到相关数据, 所以做了这部分实验。试验结果表明: 染料黄 TY-54 和红 TR-60 在转印区的有效转移率分别是 52.49%和 44.47%, 相应的升华热分别为: 染料黄 TY-54 的升华热 $\Delta H=82.7808\text{J/g}$, 染料红 TR-60 升华热 $\Delta H=159.0565\text{J/g}$; 无纸机运行阶段(不是升温阶段)所需的功率是 65.59 千瓦, 而热转印区加热板的额定功率是 63 千瓦, 实际消耗功率比额定功率多出 2.59 千瓦。

最后提出了金属环带从热转印区带出的热量回收方案, 并作了粗略的计算。计算结果表明, 通过这样的回收系统回收的热量能够供花型印刷区的干

燥。这些结果可以作为无纸样机改造的参考依据。

关键词：无纸热转印，热量衡算，印浆，转移率，清除率

THE ANALYSIS ON THE FACTOR INFLUENCING PROCESS FOR THE PAPERLESS HEAT TRANSFER PRINTING MACHINE

ABSTRACT

The heat transfer area in paperless heat transfer printing machine is the main research object in this paper. Firstly, the cleaning effect of print paste remained on the ferrule after the heat transfer printing and its influence factors are studied, including analysis of cleaning effect factors, the representation of clearing effect and the influence of the temperature of heat transfer printing, the variety of print paste and print paste additives to clearing effect. The results indicate that the scraping rate decreases as the temperature rise, and the scraping rate rises contrarily as the temperature descends. However, it is unadvisable only to rely on the temperature to improving the scraping rate because the heat transfer printing depends on sublimating of print dyestuffs. If the temperature falls below the sublimating point of print dyestuffs, it is impossible to carry out the heat transfer printing.

Secondly, caloric in the heat transfer area is balanced, including the caloric taken into the dry area, the caloric sent to the heat transfer area by carborundum far-infrared through trolley, the caloric taken away by ferrule, the caloric lost while water boiling away from print paste, the caloric taken away from the heat transfer area through insulating plate and the caloric lost while dyestuff sublimating from the print paste. To study the transfer rate of print paste, the dye sublimating energy is necessary for calculating the caloric absorbed by print dyestuffs while sublimating. But it is difficult to find the

related data from existing datum, so this experiment is carried out. The research results show that the effective transfer rates of disperse dye yellow TY-54 and red TR-60 in the transfer print area are 52.49% and 44.47% respectively. The print dyestuff sublimating calories of the dyestuff yellow TY-54 and red TR-60 is 82.7808j/g and 159.0565j/g respectively; the power is 65.59kw at the running process (not at the calefactive process) of the paperless heat transfer printing machine, the rating power of the hot plate in the heat transfer printing area is 63kw. Therefore, the factual lost power is 2.59kw more than the rating power.

Finally, the recycling project of caloric taken away from the heat transfer printing area by trolley is proposed. The rough calculating result shows the recycling system can provide enough caloric for drying the printing area, which can be referenced while improving the paperless machine.

KEY WORDS: paperless heat transfer printing, heat balance, transfer rate of the dyestuff, scraping rate

原创性声明

本人郑重声明：所呈交的学位论文，是本人在导师的指导下，独立进行研究工作所取得的成果。除文中已经注明引用的内容外，本论文不含任何其他个人或集体已经发表或撰写过的作品成果。对本文的研究做出重要贡献的个人和集体，均已在文中以明确方式标明。本人完全意识到本声明的法律结果由本人承担。

学位论文作者签名：张昕

签字日期：2007年12月18日

学位论文版权使用授权书

学位论文作者完全了解北京服装学院有关保留和使用学位论文的规定，即：研究生在校攻读学位期间论文工作的知识产权单位属北京服装学院。学校有权保留并向国家有关部门或机构送交论文的复印件和磁盘，允许学位论文被查阅和借阅；学校可以公布学位论文的全部或部分内容，可以允许采用影印、缩印或其它复制手段保存、汇编学位论文。

(保密的学位论文在解密后适用本授权书)

学位论文作者签名：张昕

导师签名：王红凤

签字日期：2007年12月18日

签字日期：2007年12月18日

学位论文作者毕业后去向：

工作单位：

电话：

通讯地址：

邮编：

前 言

随着科学技术的进步和人类社会的发展,人们也越来越关注科技带来的生态和经济方面的不良后果。中国是纺织品出口大国,纺织工业在国民经济中占有举足轻重的位置,而印染是纺织工业中重要的一环,要解决印染废水的污染,不能只重视末端治理,而应该是标本兼治,通过工艺革新从根本上解决问题,不产生或少产生废水,走保护环境的路线。

印染属于高耗水和高污染行业,据不完全统计,我国印染行业的年耗水量超过 100 亿吨。印染行业不仅耗水多,而且因其废水成分复杂多变、色度深、碱性大而极难处理。显然,从可持续发展的角度考虑,传统印染业的改革势在必行。热转移印花是 20 世纪 60 年代发展起来的一种印花新工艺,被认为是纺织行业中继活性染料之后最重要的发明和印花工艺史上的一次革命。这种工艺与传统工艺相比,省时 2/5、省厂房和人力 1/3、省水 4/5、降低次品率 2/3^[1]。因此热转移印花一度成为国际性的研究热点,但是这种工艺存在两大缺点:

1. 要使用大量的印花纸,存在间接耗水和水污染问题;
2. 只能用于涤纶织物,应用范围受局限,市场占有率很低(全球平均约 4%)。

为了解决热转印工艺的间接耗水和污染问题,本课题组提出用金属箔替代纸张作热转移基材。经过十几年的研究,现已经形成国际首创的无纸热转印技术体系(以下简称无纸工艺)。无纸工艺不但可免除因造纸和废纸再生所造成的耗水和废水排放问题,而且还能够大幅度降低生产成本(初步估计在 15% 以上),具有十分良好的工业应用前景^[2]。

无纸工艺是在无纸热转移印染机上(以下简称无纸机)实现的,其工艺过程为:环形金属环带(以下简称金属环带)首先在印刷区印上花纹;再移动到热转印区入口与待印织物贴合并同步经过热转印区,在此过程中金属环带上的花纹被转印到待印织物上,在热转印区出口处印花织物与金属环带脱离;金属环带继续向前移动至残物清除和回用区,在此区域金属环带上的残物被清除干净(清除下来的残物待回用),洁净的金属环带继续循环至花纹印刷区,开始新的循环。无纸机就是靠金属环带如此周而复始的循环来实现无纸工艺的^[3]。由此工艺过程可以看出,若要使无纸机良好地运行,需要合理的主机结构,以及符合无纸工艺要求的金属环带材料和接缝性能、热转印区的温度及其稳定性、残物清除效果。尽管目前已经完成无纸样机的试制,但金属环带的循环难以连续,主要原因有二:一是金属环带上的残物清除不理想;二是热转印区的温度难以恒定。

无纸机原有的清墨系统是采用凹版印刷机上常用的刮墨方式,即用金属刮刀刮除金属

板面的残物。目前的清墨情况是局部不干净，不是整个版面不干净（如沿运行方向出现条纹）。这说明刮刀与金属环带接触不均，只要接触着就能清除干净。这应该是刮刀精度不够或金属环带表面不平引起，此外还存在金属刮刀损坏金属板面的现象。要使金属环带长期循环使用，清墨问题必须解决，而且要设法去除金属刮刀，以免由此影响金属环带的使用寿命。

在无纸机中有两处加热源：一是印刷区的印浆干燥系统，干燥温度在 20℃ 和 100℃ 之间可调，通常在 80℃ 下操作；二是热转印区，热转印温度在 180 到 250℃ 之间。金属环带每循环一次，就要经过 40℃——100℃——230℃——40℃ 这样大幅度的温变，在此温变过程中金属环带要吸收和释放大量热量。由此可见，若要保证各区域的温度及其稳定性，必须进行合理的热量衡算，否则有可能出现两种情况：设计功率偏低，难以保证正常运行；设计功率偏高，浪费能源，甚至浪费空间和材料。由于金属环带循环过程从热区带出大量的热，若是不进行回收，那么这些热量就被散失到大气中，造成热源损失，同时又会提高生产成本^[4]。

本论文旨在通过对热转印区的粗略热量衡算，比较深入地分析出热转印区温度不恒定的原因，进而提出改进措施；通过试验研究热转印工艺及印浆种类对金属环带上残物清除效果的影响，并初步试验改进方案，以期为无纸工艺的深入研究提供参考依据。

1. 文献综述

1.1 转移印花

1.1.1 转移印花简介

转移印花是一种无液相介质的干法印花工艺。印花时,先将印花用染料制成色墨(染料和印刷印浆调制而成的印花着色剂),再用印刷的方法,将色墨印刷到转印纸上,这种印上色墨的转印纸被称为花纸,再将花纸正面紧贴被印织物,通过高温加压,使色墨中染料升华为气相,聚集在织物表面,进而渗入纤维内部,此法为升华转移法。实质上可以认为是染料发生热转移的气相染色法;另一种方法为脱膜转移法,就是将花纸紧贴织物,通过高温高压和有机溶剂作用,使花纸上印浆层剥离而转移到织物上的方法;还有一种湿法转移印花工艺,该工艺是将活性染料制成色墨,并通过印刷的方法将色墨印制在经过特殊处理的纸张上制成湿转移花纸,再将此花纸与经碱处理的湿的白棉布相贴并同步经过湿转印机,在湿转移机中纸上的花纹被转移到织物上,带花纹的织物经过十余个小时冷堆反应再皂洗水洗^[5]。

1.1.2 热转移印花的历史与现状

20 世纪 20 年代末和 30 年代初热转移印花技术专利问世,50 年代末出现了工业化热转移印花生产的专利,1968 年已有商业化的转移印花产品出售。对于这种印花方法,发达国家曾寄予很大希望,日本武部猛氏曾预计到 80 年代可以达到印花布总产量的 20.74%。事后证明,非但没有达到这样的比例,反而停滞徘徊。但在我国,由于热转移印花生产方式简单和“上马”容易,非常适合农村经济的发展,因此在 80 年代中期得到了空前发展。无论是从生产规模,还是从生产数量上来看,很可能已处于世界前列^[6]。

至今,热转移印花技术已成为一种较成熟的印花技术,不过这只是对合成纤维织物而言^[7],在棉、毛、麻、丝等天然纤维上进行热转移印花的技术离工业化生产尚有一定的差距。

为了扩展这种印花技术的应用面,研究者仔细分析了合成纤维和天然纤维织物之间

的差异,并在研究开发棉纤维热转移印花时,模拟分散染料热转移印制涤纶纤维的机理,对棉纤维进行一定的处理,以提高它对分散染料的亲和力及向纤维内部的扩散^[4];或印制特殊专用印花纸来实现棉纤维的热转移印花^[6]。

对于提高棉纤维对分散染料的亲和力,国内外采用的主要方法有:纤维素的变性、界面聚合及树脂预处理法^[6]。其中纤维素的变性有日本敷岛纺织公司“Shiki-Uni”法,即苯甲酰氯法。据有关资料介绍,这种方法处理后的棉织物经热转移印花后,得色量和鲜艳度均能达到涤纶织物的水平,且染色牢度优良,但这种方法的缺点是苯甲酰氯的刺激性和腐蚀性较大,而且用量高,因此产生诸如伤害人体,污染空气,腐蚀设备等一系列公害,且工艺复杂,还不是一种理想的处理方法。

界面聚合法:瑞士 Sublistatic 公司、英国 Holliday 公司对此有所研究,美国专利 US302,008(1981)是将二酰氯与在有机溶剂中或在水溶液中加入的二胺类在织物上就地聚合,使纤维改性,其热转移印花的转移率较高。据印度 R. BC Chavan 介绍,采用双酚 A 等的界面聚合法染料最高转移率高达 62%,水洗牢度 2-3 级,但手感较差。树脂预处理法是棉织物热转移印花中最实际、最有效的方法,在印花的同时又获得整理效果,是目前棉织物热转移印花有限工业化的唯一方法,已有大量专利。据 ADR 报道,可用的树脂有二羟基脲、二甲氧基甲基脲、甲氧基甲基密胺,等等。如果在处理液中加入高沸点的聚乙二醇(分子量 200~600),聚乙二醇会作为交联剂,牢牢地固定在纤维上,这样能明显提高染料转移率^[7]。但这种方法仍然存在着缺点,就是印花织物在穿着过程中,会释放甲醛,不符合环保的要求^[9]。

除以上几种主要方法外,还有一些其他的方法。例如:在印度新德里的技术研究所的纺织技术室里,研究开发了一种使用色酚-色基组合物对棉织物进行湿转印的方法,可得到深色和较好的牢度。据称此方法比用活性染料对棉织物进行湿转印的方法有利,即有可能用一类染料转印聚酯棉纺混合物,这方面的进一步研究工作尚在进行中。日本东京农业工艺大学还研究了棉织物用活性分散染料在真空下的热转移印花,但转印后必须汽蒸,以获得最好的效果。埃及开罗国家研究中心的纺织研究部研究了一种新的热转移印花法,即将尼纶 6 织物经分散染料或棉织物经分散-活性染料筛网印花干燥后,作为热转印的基织物,以代替常规用的热转印纸,热转印后,被热转印的尼纶 6 的基织物上可同时获得印花^[10]。

1.2 转移印花分类及其工艺原理

1.2.1 转移印花的分类

目前的转移印花方法大致分为以下三种:

- (1) 热转移, 也称干转移, 主要使用分散染料;
- (2) 脱膜转移印花, 主要使用涂料和热熔树脂;
- (3) 湿法转移印花, 主要使用活性染料、直接染料与酸性染料等。

1.2.2 各类转移印花原理

热转移印花原理:

热转移印花(也叫升华转移印花, 或称升华法)是指经热转移印花纸在热能的作用下将染料转移到织物上的印花工艺过程。它是根据一些分散染料的升华特性, 选择 150℃-230℃内升华的分散染料, 将其与浆料混合制成“色墨”, 再根据不同的设计图案要求, 将“色墨”印刷到转移纸上(这是一种纸, 故称转移纸), 然后将印有花纹图案的转移纸与织物密切接触, 在控制一定的温度、压力和时间(的情况下, 染料从印花纸转移到织物上, 经过扩散作用进入织物内部, 从而达到着色的目的。热转移就是利用分散染料的升华特性, 使用分子量为 250-400、颗粒直径为 0.2-2 微米的分散染料与水溶性载体(如海藻酸钠)或醇溶性载体(如乙基纤维素)、油溶性树脂制成印浆, 在 200-230℃的热转移印花机上热压 20-30 秒, 使分散染料转移到涤纶等合成纤维上。升华法一般经历三个过程: 在转移过程发生前, 全部染料都在纸上的印膜中, 被印花织物和空气隙中的染料浓度为零, 空气隙的大小取决于织物的结构、纱支和转移压力; 在转移过程中, 当纸达到转移温度时, 染料开始挥发或升华, 并在纸与纤维间形成浓度差, 当被印花织物达到转移温度时, 在纤维表面开始了染料吸附, 直至达到一定的饱和值。由于染料从纸到纤维的转移是持续进行的, 其吸附速率取决于染料扩散到纤维内部的速率。为了使染料能定向扩散, 往往在被染物的背面抽真空, 使染料达到定向扩散转移^[11]。升华法在织物的印花环节一般不需要经过湿处理, 可节约能源和减轻处理污水的负荷。

脱膜转移印花法:

脱膜转印纸由底纸、释放膜和印墨三层组成, 释放膜对纸和印墨层有一定粘着力, 热压时, 印墨层表面产生粘着性, 使其对织物的粘着力大于对释放膜的粘着力, 印墨层便从

转印纸上剥离粘附到织物上,然后经汽蒸或焙烘使染料固着在织物上,最后织物经水洗和烘干。

湿转移法的基本原理:

湿转移法是依赖活性染料对棉纤维的亲合力,并在一定压力下,使转印纸上的活性染料定向转移到经碱处理而溶胀的棉织物上,再经一定时间的冷堆反应使染料与棉纤维之间形成化学键,达到固色目的。

1.3 热转移印花的优缺点

热转移印花是无水加工中具有实际意义的一种印染方法,还有一个主要的特点是纸张变形小,转移印花大量应用于服装印刷,其主要优点是:

a 印花图案具有花型逼真、花纹细致、层次清晰及立体感强的特点,转移印花可印制自然风景及艺术性强的图案。

b 可以直接对大小不等、表面不平、形状各异的承印物进行印刷,能够进行局部印花,套色准确、花纹清晰精致,有利于增加花色品种,降低成本^[12]。

c 印花设备具有结构简单、占地小、投资少、经济效率高的特点。由于设备是无张力加工,适合于各种厚薄的印花。工艺简单,生产周期短,可大幅度提高生产效率,也可异地生产许多花色品种的织物。另外,热转移印花后不需后处理即可包装出厂。

d 不存在环境污染问题。由于干法加工,不需水洗、蒸化、烘干等工序,因此无废气和废水排出。

e 热转印产品一般能承受 50℃ 水温的洗涤,可在 200℃ 下反复熨烫,并可干洗、漂白。

f 热转印技术简单、易学,可迅速占领并扩大市场,可大幅度缩短新产品的试制周期^[11]。

热转移印花虽然有不少优点,但也存在一定的局限性和缺点。目前,热转移印花工艺还存在三大不足:其一,因为天然纤维和其他亲水性纤维与热转移印花所用的染料之间没有亲合力,只限于印刷耐高温的一部分合成纤维,如涤纶、锦纶、腈纶和醋酯纤维,而其中只有涤纶最为合适,其他纤维用于热转移印花时其产品的鲜艳度、得色量及牢度等总是美中不足;其二,用纸作热转移印花的基材,并没有从根本上解决环境问题,因为造纸和废纸回收所造成的耗水和污染仍十分严重,虽然通过实践和努力,可以采取少用、复用和

代用等办法,但都不够理想;其三,制版费昂贵,每套版的费用(含版基)为 3000~5000 元人民币,不能适应个性化、小批量、多品种的发展需求^[13]。

1.4 本课题组解决热转移印花缺点的基本思路

1.4.1 实现天然织物热转移印花的基本方法

文献报道的实现天然织物热转移印花的基本思路主要有:1、封住天然纤维的亲水基团;2、利用无毒的膨化剂膨化天然纤维;3、疏水性涂料在天然纤维表面涂膜;4、湿(冷)转移印花。这些方法的最大问题是:或失去天然纤维的良好性能,或达不到优质的印花效果,或不能免除污水的困扰。

本课题组实现天然织物热转移印花的基本思路:1、筛选或改性现有染料,使其符合天然纤维热转移印花的要求,或开发新染料,这种新染料既能一定温度下升华又与亲水性纤维有较强的结合力;2、运用架桥原理,将亲水的纤维与疏水的染料之间建立连接的桥梁。经过多年的探索,终于研究成功具有良好架桥性能的架桥剂及其配套产品。

1.4.2 解决耗水和污染问题的基本方法

热转移印花是将印浆印到纸上,再通过热从纸转印到布上,在这一过程中用到了纸,而造纸就出现了耗水和污染问题,怎样解决呢,课题组提出不用纸,印刷中的媒介由以前的纸变成了金属环带,金属环带是可循环的,这样省水省纸,也减少了对环境的污染。用金属环带替代纸张的思路难以在现有的热转移装备上实现,所以必须开发相应的机器。

1.4.3 无纸热转移印花的染料特点

近年来陆续发现一些染料具有致癌性,如“老三样”中的分散黄 23 号。根据 OKO—Texstandard 100 标准,其中分散黄 1、3 和 9 号、分散橙 3 号、分散红 1、11 和 17 号以及分散蓝 1、3 和 26 号也属禁用的过敏性染料。据说这些染料具有脂溶性,容易被人体皮肤吸收。选择转移印花染料必须对人体安全无害,不能单纯考虑技术和经济因素。目前可用于转移印花的染料见表 1-1^[12]。

热转移印花应用的分散染料,其升华温度应低于纤维大分子的熔点及以不损伤织物强度为原则,对涤纶较为合适的加工温度为 180--210℃,而在此温度范围内,染料发生升

华的品种其分子量大多在 230--270 之间。分子量在此范围的分散染料一般有三类，快染性分散染料：温度在 180℃ 左右就能升华发色，温度再提高，色泽起变化，而且边缘会发生渗化。良好性能的分散染料：温度在 180--210℃ 范围内就能升华发色。发色曲线平坦，上染时温度的影响不大，是转移印花较为适宜的分散染料。迟染性分散染料：在 180--210℃ 情况下染料不可能很好的升华、发色，如提高温度，可以获得良好发色。这类染料上染时对温度的依赖性较强^[4]。

染料	分子量	染料名称	分子量	分子量
01	分 25 5	Disperse Yellow 2	250	250
	分 25 6	Disperse Yellow 3	250	250
	分 25 13	Disperse Yellow 13	250	250
	分 25 14	Disperse Yellow 14	250	250
	分 25 47	Disperse Yellow 47	250	250
	分 25 54	Disperse Yellow 54	250	250
	分 25 59	Disperse Yellow 59	250	250
	分 25 18	Disperse Yellow 18	250	250
	分 25 19	Disperse Yellow 19	250	250
	02	分 25 7	Disperse Orange 7	250
分 25 8		Disperse Orange 8	250	250
分 25 9		Disperse Orange 9	250	250
分 25 15		Disperse Orange 15	250	250
分 25 64		Disperse Orange 64	250	250
分 25 23		Disperse Orange 23	250	250
分 25 25		Disperse Orange 25	250	250
分 25 3		Disperse Orange 3	250	250
分 25 4		Disperse Orange 4	250	250
分 25 12		Disperse Orange 12	250	250
03	分 25 1	Disperse Red 1	250	250
	分 25 2	Disperse Red 2	250	250
	分 25 11	Disperse Red 11	250	250
	分 25 16	Disperse Red 16	250	250
	分 25 17	Disperse Red 17	250	250
	分 25 24	Disperse Red 24	250	250
	分 25 26	Disperse Red 26	250	250
	分 25 27	Disperse Red 27	250	250
	分 25 28	Disperse Red 28	250	250
	分 25 29	Disperse Red 29	250	250

表 1-1 可用于转移印花的染料

根据以上情况，适用于热转移印花的染料应具备以下条件：

a 染料分子量一般不宜超过 350，250—270 之间较为合适。随着热转移印花设备的发展，对染料分子量范围的限制也会进一步缩小。

b 热转移印花的染料必须在 210℃ 以下充分升华、固着在纤维上，并能获得良好的水洗牢度和熨烫牢度。

c 热转移印花的染料受热后能充分升华转变为气相染料大分子，凝聚在织物表面，并能向纤维内部扩散。

d 热转移印花用的染料对热转移纸的亲合力要小，对织物的亲合力要大。

f 热转移印花的染料应具备鲜艳、明亮的色泽。热转移到纤维上的染料色牢度符合穿着要求；热转移到纤维上的染料的色泽鲜艳度好。

以上有些条件是相互矛盾的，例如容易热转移的染料往往水洗牢度较好，但熨烫牢度较差，而熨烫牢度较好的染料却不易热转移；另一方面各种染料的升华点、热转移和扩散性能接近，才符合生产要求^[1]。

1.4.4. 印制热转移纸的色墨

热转移印花用热转移纸的印制,大多数采用凹版印刷和筛网印花的工艺和设备.色墨的组成有染料、载色剂、黏合剂等组成。色墨的制备是将以上三种成分混合后倒入胶体碾磨机或三辊磨料机内研磨,使染料均匀分布在色墨中。

a 载色剂

载色剂的作用是将染料均匀分布在色墨中,并将染料由印刷设备转移到转印纸上的物质.载色剂应具备价廉、无毒、不燃烧的性能.按此要求,以水最相宜。但热转移纸是由纤维素组成,当选用水为载色剂时会使纤维发生膨胀,造成精细花纹的变形,并且因水蒸发得慢,难以高速生产。如选用有机溶剂类载色剂时,虽对纸张变形小,色墨可印制精细花纹,并有适合的挥发度,有利于较高速生产的优点,但有成本较高,又易燃烧的缺点。使用时要严格注意,还可以采用油类载色剂,如高沸点油等,但高沸点油会使染料向转印纸张深处扩散,从而影响了转印纸上的染料向织物上转移的量。

b 黏结剂

黏结剂是控制色墨黏度的物质。黏结剂的用量过少,不能保证色墨的黏度,致使印刷转移纸效果不好,黏结剂用量过大,使染料由转印纸向织物的转移速度减慢,这就造成残留在转移纸上的染料过多,按照使用载色剂的不同,黏结剂应加以分别选择,以水为载色剂时,常用的合成龙胶或羧甲基纤维素为黏结剂;当使用有机溶剂或油类为载色剂时可用乙基纤维素为黏结剂。

目前使用较广的热熔的树脂除聚酯外还有聚酰胺、醋酸乙烯共聚物和聚氨脂等。聚脂热熔胶主要成分是聚脂树脂,聚脂树脂是多元酸。与多元醇进行脂化而得.聚酰胺热熔胶脂粘合力强,韧性、抗低温与尼龙织品亲和力尤佳,适合于制备尼龙转移印花纸,乙烯-醋酸乙烯共聚物熔点低,粘接力强,加入印刷印浆后适用生产转移印花纸,聚氨脂热熔胶主要用于皮革和聚乙烯塑胶胶合。转移印花由于待印织品不同,最好使用适合的热熔胶印浆。

热转移印花(以下简称热转印)的质量很大程度上取决于印浆,目前市场上的热转印印浆大多是溶剂型印浆。溶剂型印浆有污染,而且只能用于涤纶织物,本课题组自行开发的热转印印浆具有两大特性:一是以水作为溶剂,对环境友好;二是应用性广,除涤纶外,也能用于天然纤维及其与涤纶的混纺织物^[6]。

1.5 无纸热转移印花的现状和前景

1.5.1 无纸热转移印花的现状

前面已经提到了热转移印花的研究历史和现状,也涉及了热转移印花的优缺点.热转移印花工艺目前存在的三大不足,正是这三大问题制约了热转移印花工艺的应用范围,也影响了它的进一步发展,若能解决这三大问题,热转移印花不仅能扩大应用范围,而且还能成为真正的清洁印染工艺。因此热转移印花一度成为国际性的研究热点,我院(北京服装学院)从1996年开始了“热转移印花技术的应用研究”,前期在原中国纺织总会的资助下取得了工艺性研究的突破性进展,后期的工程化和产业化研究又得到国家863计划资源与环境专项经费的支持,在2005年底已从原理上实现了“无纸热转移印花工艺”。目前无纸热转移印花机的开发研究工作已经进入样机的改造阶段。

1.5.2 无纸热转移印花的前景

随着人类社会各个领域的技术不断向前发展,这些技术所带来的生态和经济方面的后果也越来越引起人们的关注。近几年来,印染行业发展迅速,相继开发了一系列在生态环保方面颇具发展潜力的工艺技术.然而,由于成本等各方面的原因,大多数印染企业使用的还是传统的印染工艺,传统的印染行业属高耗水、高污染的行业,由于印染废水成份复杂多变、色度大、碱性大、水温水量变化大、COD变化大及BOD极高而处理难度很大,致使印染废水的回用率仅为7%,是全国五个高耗水行业中最底的;其废水排放量约占工业废水总排放量的35%,同时排放的废水又会污染20倍量的水体,要解决印染废水的污染,不能只重视末端治理,应该“标本兼治”,通过工艺革新从根本上解决问题,不产生或少产生废水,才能走可持续发展道路^[17]。目前,北京服装学院的有关无纸热转移印花技术已经取得可喜的成果,相信在不久的将来,无纸印花会成为印染领域的主要方式。

1.6 水幕冷却系统

1.6.1 水幕冷却系统的优点

水幕冷却方法的应用是冷却方法的一次创新,水幕冷却方法具有其它冷却方法无可比拟的优点。

(1) 水幕为板状层流水流落到金属环板表面上, 沿宽向无干扰, 冷却速度大, 冷却能力高, 能充分发挥冷却水的冷却效率, 从而缩短了冷却区长度, 减少了喷头数量, 设备少, 投资少, 且可节水20%~30%。

(2) 水幕冷却出水口沿金属环板宽度方向为连续的整体板片状水流, 故在金属环板的横向冷却基本均匀, 通过调整上、下水幕的流量比例, 可使金属环板的上、下表面及纵、横向冷却都均匀, 从而可提高产品的质量与合格率。

(3) 根据产品工艺要求使每个水幕可改变水流幅度和流量, 控制灵活。

(4) 在装置和系统方面, 每个水幕流量大, 水幕间距大, 便于处理事故和设备检修, 由于设备简化, 占地面积小, 故投资相应较少。

(5) 由于水幕有较大的间距, 形成的冷却系统为间歇冷却, 使金属环板在冷却区反复的淬火——回火, 有利于晶粒的细化、性能的强化, 可进一步挖掘金属环材的内在潜力, 提高经济效益。

(6) 由于水幕冷却装置设备简单, 坚固耐用, 制作方便, 出水口缝隙大, 不易堵塞, 故对于水质要求不严, 一般活循环水即可, 简化了循环水的净化系统, 节省资金。

(7) 在水幕冷却系统中, 大流量水幕与小流量水幕配合使用, 并采用可调水幕, 控制灵活, 以保证冷却速度和金属环板冷却工艺的要求^[9]。

1.6.2 水幕冷却系统分析

水幕冷却系统的主要课题是: 系统的热交换能力, 系统的有关参数的最佳选择, 系统的布置、控制与数学模型。

(1) 水量的影响

日本研究所得的水幕冷却能力与冷却水流量的关系, 以空冷作为基准, 水幕冷却比虹吸管层流冷却具有约两倍的冷却能力, 冷却能力随流量增加而增大, 但并不呈线性增加关系, 而是有一极限值, 故根据条件选择多大流量的水幕, 才能充分发挥其冷却效果是很重要的。

水幕冷却时, 冷却水沿金属环板纵向流动, 既能冲破蒸汽膜, 增加冷却水与金属环板直接接触的机会, 又能发挥冲击后的二次冷却作用。水幕间距大, 水流流动距离长; 水幕安装高度大, 水流对金属环板的冲击力大。因此, 流量、间距和安装高度选取适当, 才能发挥好冷却水的冷却效果。

(2) 喷水强度的影响

水幕冷却时, 单位面积上喷水强度增加, 冷却金属环板时强制对流换热系数亦增加, 应根据具体设计要求的强制对流换热系数确定水幕冷却系统采用的喷水强度。

(3) 冷却水温度的影响

理论与实践表明, 冷却水温度升高, 冷却能力减弱. 金属环板采用控制冷却工艺是提高金属环板综合性能的行之有效的好方法, 正在得到广泛的应用。金属环板由于面积大, 在冷却时, 厚度方向上的热传散距离长, 使其具有复杂的传热特点, 它要求有较大的冷却强度以带走金属环板表面的巨大热量^[21]。

金属环板中心部的热量尽量扩散到表面, 以保证金属环板内部均匀冷却, 且金属环板冷却时, 要求上、下表面及纵、横向的冷却均匀, 以便使金属环板各处具有相同的室温组织, 从而具有相同的机械性能, 总之, 对于金属环板冷却来说, 要求冷却装置具有冷却效率高, 冷却均匀的特点。由前所述, 水幕冷却技术比金属环板以往其它任何冷却技术具有无可比拟的优越性, 国外有些厂家虽对水幕冷却技术进行了研究和应用, 仍有许多问题要完善解决, 国内一些单位也都曾或正在进行水幕冷却技术方面的研究工作, 为了使合理、有效的水幕冷却装置早日完善后大量投入到生产中去, 有必要对水幕冷却技术进行研究, 使它更行之有效地指导生产, 增创效益^[29]。

无纸机上的金属环带也需降温, 前期也采用过水幕冷却方法, 但时有金属环带板面变形甚至脆裂现象发生。这也许是无纸机上金属环带薄而对装置冷却均匀性的要求高, 而我们设计的冷却装置产生的水幕均匀达不到预期要求(或冷却速度太快)所致。由此可见, 若要设计出符合无纸工艺要求的水幕冷却装置, 需要经过细致的计算, 必要时还须进行试验取得相应的设计参数^[22]。

1.7 多维模型

自 50 年代末 Hottel 等人提出辐射换热的区域法模型以来, 目前已有许多辐射换热的计算方法, 常见的主要有: a) 区域法, b) 蒙特卡罗法、扩散近似法, c) 热流法、球形谐波法、离散传递法, d) 离散坐标法等。

这些方法各有优劣, 所能获得的解的精度及详细程度以及网格与流动计算的相容性也不相同^[25]。

1.7.1 区域法

区域法是 Hottel 首先提出的, 该方法实质上是计算表面间辐射交换的净辐射法的一种扩展. 在区域法中, 首先将封闭空腔划分为被称为“区域”的若干体元和面元, 并假定每一区域的温度和辐射物性均匀一致, 然后计算每两个区域之间的直接辐射交换, 最后得到每个区域的净辐射热流. 区域法对无散射的辐射问题有比较好的计算精度, 但它需要计算并储存大量的交换面积参数. 对于尺寸较大的燃烧室, 为了完成任何有实际意义的解, 需要极多的计算时间和内存. 正是由于这个原因, 对于需联立流动和燃烧的辐射传热计算问题来说, 不推荐这种方法^[27].

1.7.2 蒙特卡洛法

蒙特卡洛法作为一种概率模拟方法, 自 Howell 将其引入到辐射传热计算领域中以来, 已有很长的一段历史.

发射、吸收和散射以及边界壁面的发射、吸收和反射过程作概率模拟. 通过概率模拟跟踪每个能束的发射、吸收、散射和反射的情况, 直到吸收为止, 并统计每个微元吸收能束的数目. 蒙特卡洛法避免了区域法计算辐射交换面积过繁琐的多重积分计算, 计算灵活性强, 易于处理较复杂的边界条件, 因此在工程上得到了比较广泛的应用^[2]. 作为一种统计方法, 蒙特卡洛法不可避免地存在一定的统计误差, 其计算结果总是在精确解周围波动, 随着模拟抽样能束数量的增加逐渐接近精确解. 然后, 由于计算机容量和运算速度的限制, 随机抽样能束数量不可能取得很大, 加之计算机进行随机抽样所取得的随机数实际上是一系列伪随机数, 因此进一步提高模拟精度比较困难^[28]. 另外, 蒙特卡洛法的收敛速度较慢, 所产生的统计误差有时也难以估计, 为精确预报燃烧室内的总体性能, 需要大量的计算时间和大量的计算内存, 对于大尺度空间的辐射计算, 将大到难以与流体力学联立求解.

1.7.3 热流法

热流法将微元体界面上复杂的半球空间热辐射简化成垂直于此界面的均匀热流, 使积分变微分形式的辐射传递方程简化为一组有关热通量的线性微分方程, 然后用通用的输运方程求解方法求解.

1.7.4 离散坐标法

辐射传递方程的离散坐标解法是 Chan²drasekhar 研究星际和大气辐射问题时首先提出的, 并被 Lathrp 等人应用于中子传输问题。Love 等人最早将其引入到一维平板辐射换热问题的求解中。最近, T ruelove、Fiveland 和 Jamaluddin 对离散坐标法在三维辐射传热计算中的应用进行了研究。

离散坐标法基于对辐射强度的方向变化进行离散, 将辐射传递方程中的内向散射项用数值积分近似代替, 通过求解覆盖整个的一套离散方向上的辐射传递方程而得到问题的解。通过求解离散方程, 并将其进行适当的数值积分, 即可得各微元体和微元面的辐射换热热量。目前国内有关离散坐标法的研究刚刚起步, 对离散坐标法在炉内辐射传热中的应用作过尝试性的研究, 尽管离散坐标法本身还有一些问题需进一步研究, 但初步的研究结果表明, 由于可很方便地处理入射散射项, 离散坐标法在计算有散射的辐射问题方面要优于现有的其它方法, 且易与流动方程联立求解。因而, 在含散射性介质的系统, 如煤粉燃烧室内流流动、燃烧、传热的模拟中, 离散坐标法将是一种很有发展前途的辐射传热计算模型^[29]。

1.8 计算工程传热学

从1933年英国科学家Thom第一次用手摇计算机完成一个外掠圆柱流动的数值计算以来, 真正应用计算机和数值方法求解流动及传热问题在全世界范围内形成规模, 且得出有益的结果, 大致始于20世纪的60年代。近年来, 随着计算机技术和计算技术的飞速发展, 国外有关科研人员在对数值传热学的实际应用和工程中复杂流动的计算研究取得了许多进步, 特别是工程中换热设备的内部流动和传热耦合问题取得了一定的进展^[33]。同时, 大量的针对传热强化的实验研究工作和复杂流场的可视化研究也取得了大量的研究成果^[34]。英国B. M. Burnside等建立了一个再热锅炉的二维数值计算模型, 通过数值计算和实验研究相结合的方法, 来研究操作条件变化对锅炉流动、温度分布及流动损失等的影响。该锅炉内部结构和工况条件变化十分复杂, 计算过程中分别以R113和正戊烷为工质, 换热表面上取热流密度 q 操作范围为 $20\sim 50\text{kW}/\text{m}^2$, 通过计算锅炉内部介质的流速分布、热流率、传热效率, 固体颗粒的流动速度及分布等参数, 为该锅炉的设计、制造、操作和管理等实际工程应用提供了重要的参考和指导。在国内, 计算流体力学和计算传热学的研究也取得了大量成果和进展^[36]。西安交大的陶文铨教授、清华大学的周力行教授等都在基本

理论和实际应用问题的研究上取得了许多重大成果。华中理工大学的王昌凌、王弘将实体造型理论与导热理论有机结合,根据导热三维温度场数值计算与构型数据分布的特点,采用了颜色纹理法的可视化方案:建立温-色表,用空间二进制矩阵最小单元的灰暗度来产生无级的浓淡阴影变化;描绘出导热三维温度场的色温图;并将每一瞬时的色温图顺序播放出来,从而实现导热三维温度场的动态可视化^[42]。该研究成果为热传导问题的仿真提供了一条有效的途径,数值计算绝不仅为验证理论研究服务,而是要提供应用于工程的工具以及技术手段。重要工程是综合性的,因此必然要求大规模的计算传热学程序系统和集成系统。对这类工程应用专业软件的开发和研制是我国研究人员面临的十分迫切的问题之一,国际上许多大型通用商用专业软件的开发应用,对实际工程问题的研究、设计、优化、管理以及评价都是重要的工具和手段,起到十分有益的作用。同时,国外还在不断加大这类专业软件的开发力度^[45],据称,美国NACA (National Advisory Committee for Aeronautics) 等正在进行的新一代智能化软件工程,称为“人工真实环境(或称人工实际环境)”工程,是计算流体力学、计算机科学、人工智能和仿生学等相结合的产物,代表了计算流体力学和计算传热学专业软件的发展方向。相对而言,我国在拥有自主知识产权的大型商用专业软件开发方面,远远落后于国际先进水平,特别是在计算流体力学和计算传热学的相关专业软件开发方面,一直未能真正形成规模化、规范化、产业化的开发模式。这类软件主要依靠进口国外产品,如常用软件有ANSYS、ADINA、STAR-CD、FLUENT、CFX、CFD等,因而国产软件开发的问题必须予以特别重视。先进的流动测量技术,如激光多普勒(LDV)测速技术、粒子成像速度仪(PIV)成像技术以及各种可视化技术的应用对传热学的发展起到极其重要的作用^[46]。LDV技术具有精度高、测量范围广、可以获得全场流动信息以及浓度分布等特点,是研究流场不可缺少的先进手段之一。作为现代流场测试技术之一,PIV技术可以获得瞬间、全场流动信息,对于流动结构研究极为有益。三维PIV测量技术是PIV技术的发展趋势之一,也是当今PIV技术研究的热点与难点。其它各种场的可视化技术也将不断的发展和完善^[42]。

2 印浆的清除效果及其影响因素研究

前已述及,若要实现无纸机的连续运行,必须清除金属环带上的残留印浆(简称残物)。无纸样机上已经配制相应的设施,它是靠凹版印刷机上的刮墨方式清除金属环带上的残物。这种方式存在两大弊端:一是对版面平整度和光洁度要求很高,否则难以清除干净;二是金属刮刀容易损坏金属环带,影响其使用寿命。因此,必须进行改进。

前人在无纸机调试过程已经意识到,若要达到预期目的需要解决以下问题:1、印浆的干燥。在无纸机上,印浆只有快速干燥才能够保证环带上的花型与要求的达到一致,从而实现花型的转移。在本论文的实验过程中,金属环带上的印浆在热转印前同样需要干燥。实验中金属环带上印浆的湿度必须保持恒定,而且在热转印后金属环带上的印浆需要一定的时间与空气中的湿度达到平衡,这样计算得到的清除率才能够真实的反映印浆清除的难易程度。要保持金属环带上印浆的湿度,需要制备一个恒湿的小环境。可以通过人为的变动对湿度进行调整,使得金属环带上的印浆干燥程度恒定;2、助剂的碳化现象。在热转印过程中,印浆经常会由于高温的关系而碳化,碳化后金属环带上的印浆与环带的结合力加强使得它不易清除。因此,为了使残留于金属环带上印浆比较容易清除同时又不影响上染率的情况下,温度的选择十分重要;3、空气湿度的影响。试验过程中金属环带上印浆的干燥与空气中的湿度有很大的关系,若试验环境中湿度不能保持恒定则对下一步试验中清除下来的印浆量有很大的影响。影响大概有两个方面:第一个是印浆的湿度对清除有一定的影响,印浆的含水量越高,印浆越容易清除。印浆的含水量正是印浆与空气中的水分达到平衡后所含有的水量。第二个是热转印后金属环带上的印浆与空气中的水分达到平衡时所吸收的水分,它的质量对清除率的计算也有很大影响,因此金属环带与空气的平衡需要在恒湿的环境下进行。

总之,印浆的使用工艺主要是温度,这里要说明的是:本文试验没有考虑压力的影响,因为实验室的热转印机不能调压力,但所有试验都是在一个压力下进行的,所以数据之间的相对比较还是可信的。随着热转印温度的提高,清除率逐渐降低,这是因为热转印温度升高,印浆会失去更多的内层水,这样印浆与金属环带之间的结合加强,不利于印浆的清除。还有一个影响清除率的重要原因即助剂的碳化,热转印温度升高,印浆中助剂的碳化现象会更加严重,碳化后印浆与金属环带的接触面会增加,它们之间的结合力(主要是范

德华力) 就会加强, 使得印浆不容易清除。热转印时间增加, 印浆的转移率也会增加, 内层水的损失量变大不利于清除。不同的印浆其结构不同, 因此经过热转印之后, 它的清除效果也会不同, 这里用到的是黄-54、蓝-56、红-60 这三种印浆。

试想, 若能从印浆性能着手, 改善它与金属环带的结合强度, 使其经过数十秒时间的 230℃ 高温后, 也能轻易用水洗掉, 那么清除就比较容易实现。印浆性能不仅与配方有关, 也与印浆中染料的结构有关, 而且在很大程度上还受使用工艺的影响。

本论文主要从两个方面来研究印浆的清除: 一是考虑温度与印浆清除的关系; 二是加入试剂减弱印浆与环带之间的结合力。

2.1 实验部分

2.1.1 试验材料及仪器

表 2-1 试验仪器

仪器名称	规格	生产厂家
自动控温压烫机	QT-1B	浦东电子仪表厂
电热鼓风干燥烘箱	DF205	北京医疗设备二厂
电子天平	AR1140/C	奥豪斯国际贸易有限公司
花辊	试验版	北京新华采印厂

表 2-2 试验药品

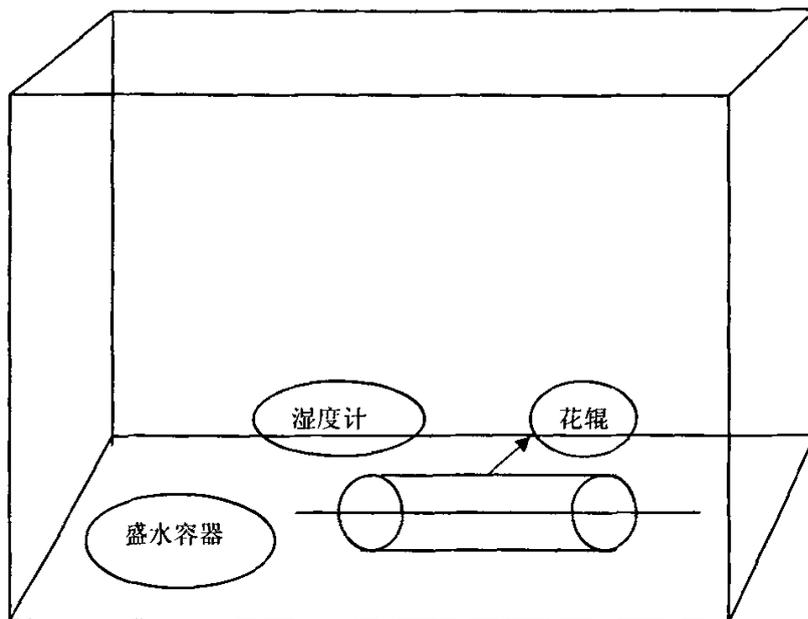
药品名	规格	生产厂家
印浆黄 TY-54	工业纯	北京印月明公司
印浆蓝 TB-56	工业纯	北京印月明公司
印浆红 TR-60	工业纯	北京印月明公司
快干型润湿粉		
剂	工业纯	上海立德精细化工有限公司
粘合剂	工业纯	北京安顺达装饰材料有限公司
FCN	工业纯	杭州仁杉化工有限公司
FDS	工业纯	杭州仁杉化工有限公司

2.1.2 恒湿环境的准备

根据上述分析, 本试验需要在恒湿条件下进行, 为此自制了如图 2-1 所示的密封环境。

在此环境中存放不同截面(水的蒸发面积)的盛水容器, 改变水的蒸发面即可改变

此环境的湿度。



2-1 恒湿环境示意图

2.1.3 试验方法

1) 印浆粘度的调节

此环节主要是调节印浆的黏度，使印浆比较容易刮印到金属环带上；

2) 热转印基材的制作

将印浆用金属刮刀刮到花辊上，在花辊上形成印浆花纹，然后将印浆花纹转印到金属环带上，制成金属热转印基材（以下简称基材），并将其放到恒湿环境中平衡 12 小时；

3) 热转印

调节压烫机温度，将金属环带和白色涤纶布相贴放置于压烫机下，在一定温度下压烫 30s；

4) 残物的清除

用刮刀刮擦残留在转印后并于恒湿环境中平衡一段时间的金属环带表面的印浆；

5) 清除率的表征

如何来衡量印浆的清除的效果？取清除率（ p ）作为清除效果的表征。

定义：热转印后留在金属环带表面上的残物需要通过外力（本文模拟样机采用刮刀刮擦）清除。清除率等于外力清除下来的印浆质量与基材上的印浆质量之比，即清除率的计算公式：

$$p=M/(M_1-M_0) \quad (2-1)$$

(2-1) 式中， M_1 为热转印后金属环带的质量， M_0 为金属环带的质量， p 为清除率， M 为清除下来的印浆质量。

清除率 P 始终是小于 1 的，因为当带有印浆的金属环带经过高温热转印后，印浆中未能在干燥阶段除去的水会在这一阶段蒸发，同时大量染料被升华。

在热转印过程中升华的染料量（包括极少量的蒸发水）称为转移量，本文是通过涤纶布热转印前后质量差 ΔM 来表征转移量。 ΔM 是衡量印浆转移效果的重要因素，它与温度有着密切的联系。实验表明：温度升高，印浆的升华量增加， ΔM 增大；温度降低，印浆的升华量减少， ΔM 减小。因此，在做改变温度的实验中，有必要引入 ΔM ，以此来检验印浆中染料的升华率。

2.1.4 印浆添加剂配方的确定

该部分试验主要是向印浆中加入几种助剂，找寻有利于清除的有效成分及其配比，即添加剂配方。

1) 添加剂的选择

根据拟试验的添加剂种类（因素）及其含量（水平）选择正交表。按照正交表配制添加剂，具体操作：按照正交表称量添加剂，向印浆中边搅拌边逐一加入添加剂成分。

热转印基材的制备、热转印、印浆的刮除、计算清除率方法同上。

2) 验证最佳配方

用最佳配方配制的添加剂加入印浆中调制出新型印浆，然后用新型印浆按照前述的制备基材、热转印、刮擦印浆、计算清除率等步骤进行实验。

2.2 热转印温度和印浆种类对清除效果的影响

表 2-3 TR-54 在 230℃ 热转印的清除数据

M_0	ΔM	M_1	M_2	P
3.8125	0.0035	3.8194	3.8161	0.4720

3.8594	0.0012	3.8630	3.8610	0.5630
3.8393	0.0022	3.8426	3.8410	0.4120
3.8732	0.0020	3.8759	3.8739	0.5710

表 2-4 TR-54 在 220℃ 热转印的清除数据

M_0	M_1	M_2	P
3.8462	3.8535	3.8510	0.7920
3.8118	3.8151	3.8134	0.6880
3.8726	3.8771	3.8754	0.7140
3.7168	3.7227	3.7201	0.6060
3.8886	3.8923	3.8899	0.6150
3.7278	3.7320	3.7298	0.7000

表 2-5 TR-54 在 210℃ 的热转印及清除数据

M_0	M_1	M_2	P
3.7804	3.7874	3.7853	0.6730
3.8462	3.8508	3.8490	0.7140
3.8120	3.8167	3.8138	0.6110

表 2-6 TR-54 在 240℃ 的热转印及清除数据

M_0	ΔM	M_1	M_2	p
3.7165	0.0019	3.7202	3.7177	0.500
3.8724	0.0031	3.8802	3.8763	0.561
3.8391	0.0036	3.8455	3.8415	0.500
3.8453	0.0022	3.8513	3.8480	0.519
3.8589	0.0036	3.8662	3.8619	0.500
3.7271	0.0016	3.7318	3.7279	0.500

表 2-3, 2-4, 2-5, 2-6 为黄 54 在不同温度下, 压烫 30s, 然后进行清除得到的数据。可以看到随着温度的上升, 残留于金属环带上的印浆越来越难除去。在温度为 240℃ 时, 清除率只有 50%, 与 210℃ 的清除率相比大约下降了 15%。热转印温度越高印浆越难除去,

但是温度越低印浆的转移率也会降低,此时转印的花型就会比较浅。这是因为热转移印花就是依靠印浆的升华来实现印花的,所以温度降低,印浆的升华量减小花型变浅,在选择热转印的温度时,要考虑分散染料的升华点,热转印的温度需高于其升华点。

表 2-7 TB-56 在 210℃ 的热转印及清除数据

M_0	ΔM	M_1	M_2	p
3.8725	0.0012	3.8798	3.8778	0.8490
3.8088	0.0009	3.8190	3.8170	0.8540
3.8586	0.0008	3.8645	3.8629	0.9070
3.7262	0.0009	3.7320	3.7305	0.6980
3.7166	0.0004	3.7209	3.7193	0.7780
3.7795	0.0026	3.7846	3.7842	0.8720

表 2-8 TB-56 在 220℃ 的热转印及清除数据

M_0	ΔM	M_1	M_2	p
3.8823	0.0023	3.8903	3.8876	0.6040
3.8583	0.0012	3.8645	3.8636	0.6600
3.7800	0.0008	3.7846	3.7826	0.8080
3.8723	0.0006	3.8763	3.8758	0.5140
3.8089	0.0012	3.8153	3.8135	0.4780

表 2-9 TB-56 在 230℃ 的热转印及清除数据

M_0	ΔM	M_1	M_2	p
3.7180	0.0020	3.7260	3.7240	0.1330
3.8388	0.0010	3.8472	3.8450	0.1770
3.8817	0.0014	3.8870	3.8844	0.1110
3.8585	0.0015	3.8658	3.8641	0.1430
3.8270	0.0011	3.7334	3.7308	0.1840

表 2-10 TB-56 在 200℃ 的热转印及清除数据

M_0	ΔM	M_1	M_2	p
-------	------------	-------	-------	---

3.7796	0.0004	3.7872	3.7853	0.8770
3.8725	0.0008	3.8830	3.8811	0.9420
3.8092	0.0009	3.8172	3.8158	0.8940
3.8648	0.0008	3.8732	3.8711	0.6510
3.7169	0.0012	3.7255	3.7233	0.8910

表 2-11 TB-56 在 240℃ 的热转印及清除数据

M_0	ΔM	M_1	M_2	P
3.7186	0.0013	3.7286	3.7258	0.1670
3.8818	0.0011	3.8943	3.8895	0.0390

表 2-7, 2-8, 2-9, 2-10, 2-11 为蓝-56 在不同温度下, 压烫 30s 后清除得到的数据。随着温度的升高, 清除率逐渐降低。与黄-54 相比蓝-56 的清除率随温度的变化较明显, 在 230℃ 的时候已经很难清除下来, 此时清除率只有 14% 左右, 温度再升高几乎不可清除。

由于蓝-56 的粘度较低, 故在进行试验的时候加入了粘合剂以调节它的浓度。由试验结果可以看出温度在 220℃ 以下时, 清除效果比较好, 因此推测粘合剂对印浆的清除有一定促进作用。在第二部分的正交试验中, 会将其作为一个因素来考察其对清除所起到的作用。

表 2-12 TR-60 在 200℃ 的热转印及清除数据

M_0	ΔM	M_1	M_2	p
3.7174	0.0003	3.7191	3.7183	0.8890
3.7379	0.0007	3.7394	3.7388	0.8890
3.9237	0.0006	3.9262	3.9253	0.9380

表 2-13 TR-60 在 210℃ 的热转印及清除数据

M_0	ΔM	M_1	M_2	p
3.7423	0.0007	3.7431	3.7426	0.6670
3.8552	0.0006	3.8564	3.8558	0.8330
3.7902	0.0005	3.7926	3.7918	0.8130

表 2-14 TR-60 在 220℃ 的热转印及清除数据

M_0	ΔM	M_1	M_2	p
-------	------------	-------	-------	---

3.8072	0.0002	3.8086	3.8082	0.6000
4.0071	0.0005	4.0085	4.0077	0.8330
3.8682	0.0007	3.8696	3.8694	0.7500

表 2-15 TR-60 在 230℃ 的热转印及清除数据

M_0	ΔM	M_1	M_2	p
3.8713	0.0013	3.8722	3.8717	0.7500
3.9227	0.0004	3.9236	3.9231	0.7500
3.8835	0.0002	3.8857	3.8849	0.4290

表 2-12, 2-13, 2-14, 2-15 为红-60 在不同温度下, 压烫 30s, 然后进行清除得到的数据。与之前的两组试验数据相似, 随着温度的升高清除率逐渐降低。此试验同样加入了粘合剂以调节其黏度。在 230℃ 时, 红-60 较黄-54 和蓝-56 清除率并没有下降太多。可见粘合剂的加入确实有利于印浆的清除。

2.3 印浆添加剂对清除效果的影响

2.3.1 实验意义

如果只是改变热转印的条件, 并不能够达到基材进行连续性印刷的条件, 残留于金属环带上的印浆量较多。印浆与金属环带的结合与界面化学中的“固体表面污垢的去除”模型相似, 因此, 设想通过向印浆中加入表面活性剂来降低印浆与金属环带界面的自由能, 使得印浆容易润湿, 然后脱离金属环带表面, 达到印浆清除的效果。

2.3.2 表征

这部分实验同样需要一个表征清除率的物理量, 取与上部分实验相同的表征量 (p)。

M_0 为金属环带的质量, M_1 为刮印上印浆后金属环带质量, M_2 为热转印后金属环带和残留的印浆的质量, ΔM 为清除下来的印浆质量。 $P = \Delta M / (M_2 - M_0)$ 。本部分试验是向印浆中加入试剂找出有利于清除的有效成分及其配比, 所用到的试剂有立德粉 (L 表示)、粘合剂 (N 表示)、以及两种含氟表面活性剂 F_{CN} 、 F_{DS}

表 2-16 正交设计方案的因素及水平

水平	因素(%)			
	立德粉	黏合剂	F _{cs}	F _{ps}
1	0.50	0	1	0
2	0.20	1	0.50	0.50
3	0	2	0	1

表 2-17 正交实验的方案及结果

蓝色	A	B	C	D	清除率
1	1	1	1	1	0.140
2	1	2	2	2	0.750
3	1	3	3	3	0.556
4	2	1	2	3	0.667
5	2	2	3	1	0.286
6	2	3	1	2	0.610
7	3	1	3	2	0.375
8	3	2	1	3	0.091
9	3	3	2	1	0.810
K ₁	1.449	1.185	0.844	1.239	
K ₂	1.563	1.127	2.227	1.735	
K ₃	1.276	1.976	1.217	1.314	
k ₁	0.483	0.395	0.281	0.413	
k ₂	0.521	0.376	0.742	0.578	
k ₃	0.425	0.659	0.406	0.438	

表 2-18 立德粉对清除率的影响

0	0.2	0.5
0.425	0.521	0.483

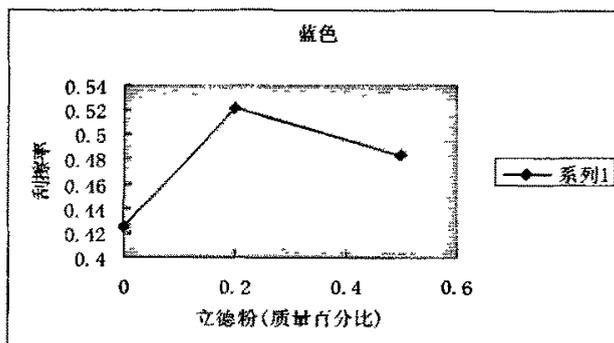


图 2-2 立德粉的质量百分比与刮擦率的关系

由图可以看出当立德粉的质量百分比为 0.2%时, 对刮擦最有利, 此时由于表面活性剂的润湿性能, 印浆与金属环带的界面自由能最有利于润湿。(以下最佳点均为此情况)

表 2-19 粘合剂对清除率的影响

0	1	2	2.5
0.395	0.376	0.659	0.627

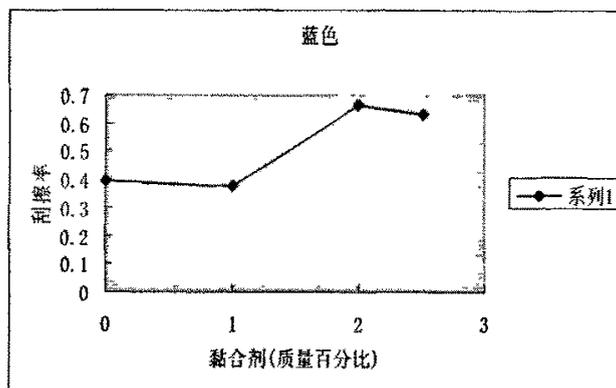
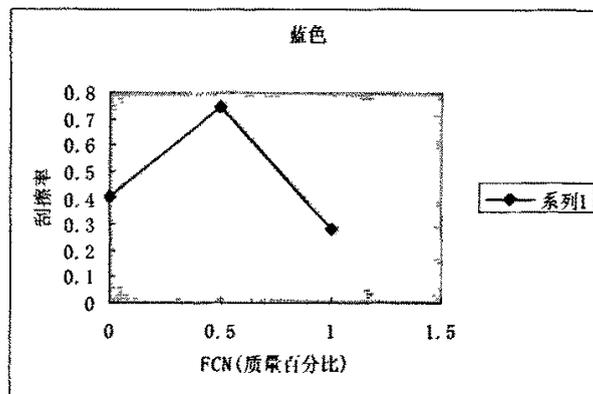


图 2-3 粘合剂对清除率的影响曲线

上图为粘合剂的质量百分比与清除率的关系曲线。由图可以看出当粘合剂的质量百分比为 2%时, 最有利于清除。但是 2%是一个端点, 不能作为极值点, 故在后面补了一个点。在 2.5%这个点的清除率低于 2%的清除率, 因此可以确定当粘合剂的质量百分比为 2%时最有利于清除。

表 2-20 F_{CN} 对清除率的影响

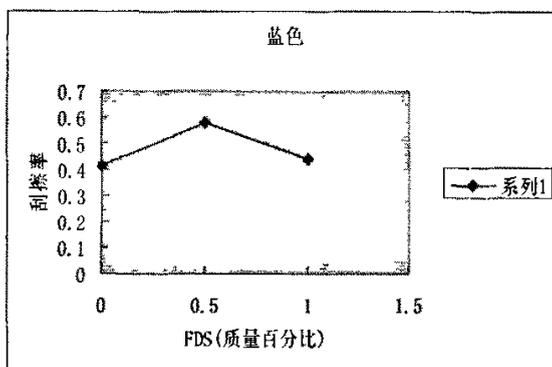
0	0.5	1
0.406	0.742	0.281

图 2-4 F_{CN} 对清除率的影响曲线

当 FCN 的质量百分比为 0.5% 时，印浆的清除率取得最大值。

表 2-21 F_{BS} 对清除率的影响

0	0.5	1
0.413	0.578	0.438

图 2-5 F_{BS} 对清除率的影响曲线

当 FDS 的质量百分比为 0.5% 时，清除率取得最大值。

由以上四个关系曲线可以得出结论，对于蓝 56 来说，最有效的添加剂成分及其配比（即最佳配方）为，立德粉：0.2%，粘合剂：2%，FCN：0.5%，FDS：0.5% 时，清除率取得最大值。用以上配方做试验得到 $p=75\%$

按以上印浆黄 54 的添加剂配方的正交试验如下：

表 2-22 正交设计方案的水平及因素

水平	因素(%)			
	立德粉	黏合剂	F1	F2
1	0.5	0	1	0
2	0.2	1	0.5	0.5
3	0	2	0	1

表 2-23 正交实验的方案及结果

黄色	A	B	C	D	刮擦率
1	1	1	1	1	0.857
2	1	2	2	2	0.600
3	1	3	3	3	0.857
4	2	1	2	3	0.778
5	2	2	3	1	0.800
6	2	3	1	2	0.774
7	3	1	3	2	0.714
8	3	2	1	3	0.900
9	3	3	2	1	0.692
K ₁	2.314	2.349	2.531	2.349	
K ₂	2.352	2.1	2.07	2.088	
K ₃	2.306	2.323	2.371	2.535	
k ₁	0.771	0.783	0.844	0.783	
k ₂	0.784	0.7	0.69	0.696	
k ₃	0.769	0.774	0.79	0.845	

表 2-24 立德粉对清除率的影响

0	0.2	0.5
0.769	0.784	0.771

对于黄-54, 当立德粉的质量百分比为 0.2% 时, 刮擦取得最佳效果。

表 2-25 粘合剂对刮清除率的影响

0	1	2
0.783	0.7	0.774

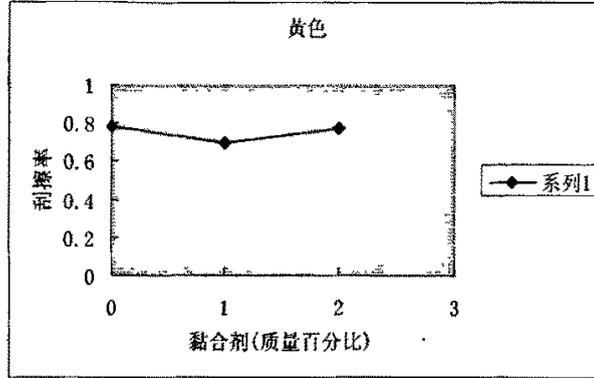
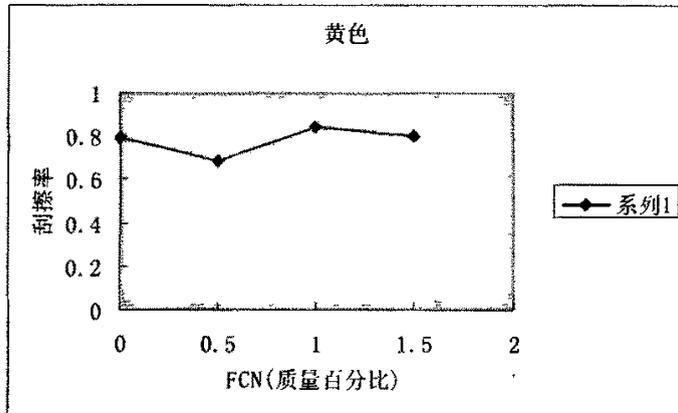


图 2-6 粘合剂对清除率的影响曲线

由图可以看出, 粘合剂对黄-54 的影响甚微。若实验结果的误差在可信的范围内时, 比较此曲线与粘合剂对蓝色清除率的影响曲线可以看出, 印浆的结构对清除率有很大的影响。

表 2-26 F_C 对印浆清除率的影响

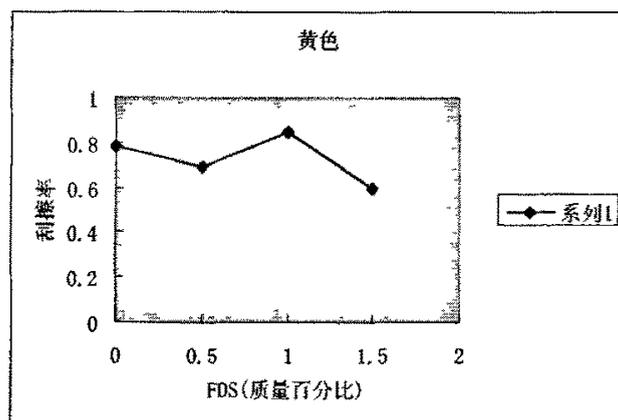
0	0.5	1	1.5
0.79	0.69	0.844	0.802

图 2-7 F_C 对印浆清除率的影响曲线

当 FCN 的质量百分比为 1% 时, 印浆的清除取得最佳的效果。

表 2-27 F_{DS} 对印浆清除率的影响

0	0.5	1	1.5
0.783	0.696	0.845	0.594

图 2-8 F_{DS} 对印浆清除率的影响曲线

由以上四个关系曲线可以得出结论, 对于黄-54 来说, 最有效的添加剂成分及其配比 (即最佳配方) 为, 立德粉: 0.2%, 粘合剂: 0, FCN: 1%, FDS: 1% 时, 最有利于清除. 按照以上配比做试验的 $p=76.9\%$ 。

按以上印浆红-60 的添加剂配方的正交试验如下:

表 2-28 正交设计方案的水平及因素

水平	因素 (%)			
	立德粉	黏合剂	F1	F2
1	0.5	0	1	0
2	0.2	1	0.5	0.5
3	0	2	0	1

表 2-29 正交实验方案及结果

红 色					刮擦 率
	A	B	C	D	
1	1	1	1	1	0.556
2	1	2	2	2	0.500
3	1	3	3	3	0.941
4	2	1	2	3	0.429
5	2	2	3	1	1
6	2	3	1	2	0.800
7	3	1	3	2	0.857
8	3	2	1	3	0.316

9	3	3	2	1	0.200
K_1	1.997	1.842	1.672	1.756	
K_2	2.229	1.816	1.129	2.157	
K_3	1.373	1.941	2.798	1.686	
k_1	0.666	0.614	0.557	0.585	
k_2	0.743	0.605	0.376	0.719	
k_3	0.458	0.647	0.933	0.562	

表 2-30 立德粉对清除率的影响

0	0.2	0.5
0.458	0.743	0.666

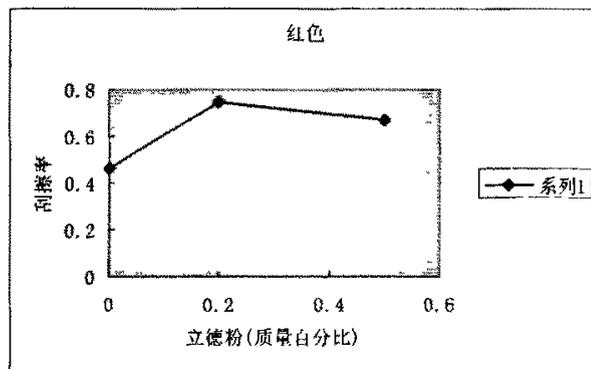


图 2-9 立德粉对清除率的影响曲线

表 2-31 粘合剂对清除率的影响

0	1	2
0.614	0.605	0.647

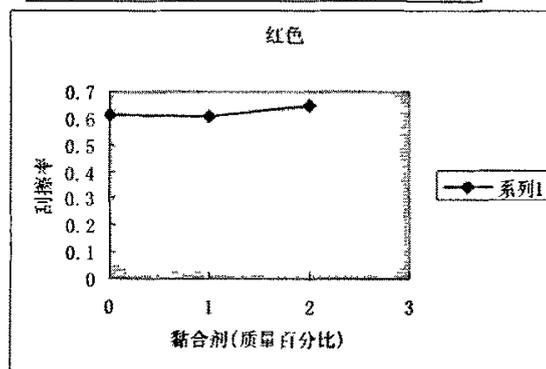


图 2-10 粘合剂对清除率的影响

该曲线基本持平,说明了粘合剂对红-60 印浆的清除效果基本上没有什么影响,表面活性剂在固体表面没有任何的影响,说明了粘合剂并不能够润湿红-60 印浆和金属环带的界面。

表 2-32 FCN 对清除率的影响

0	0.5	1
0.933	0.376	0.557

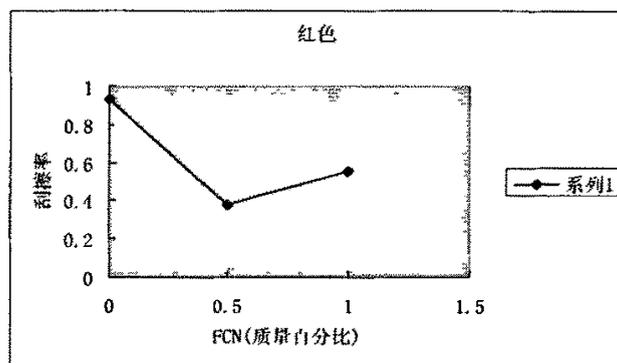


图 2-11 FCN 对刮擦率的影响

此曲线在 0 点时,刮擦率取得最大值说明 FCN 不能很好的润湿红-60 与金属环带的界面,即 FCN 对红-60 的印浆的刮擦没有太大的作用。

表 2-33 FDS 对印浆刮擦率的影响

0	0.5	1
0.585	0.719	0.562

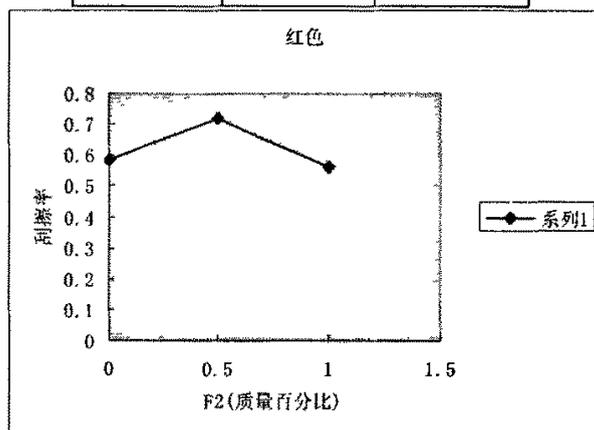


图 2-12 FDS 对印浆清除率的影响

由以上四个关系曲线可以得出结论,对于红-60 来说,最有效的添加剂成分及其配比

(即最佳配方)为, 立德粉: 0.2%, 粘合剂: 2%, FCN: 0, FDS: 0.5%时最有利于清除。按照以上配比做试验的 $\rho=91.7\%$ 。

2.4 小结

总结以上试验, 随着温度的升高, 清除率逐渐下降; 随着温度的降低, 清除率逐渐升高, 但是并不能只依靠温度的降低来提高清除率。因为热转印就是依靠染料的升华来实现印花的, 若温度降到染料的升华点以下, 则无法实现转印。一般染料的升华温度在 200°C 左右, 当热转印的温度高于 230°C 时, 印浆中的助剂极易碳化, 碳化后印浆很难除去。因此热转印的温度选择 200°C 较合适。

在研究试剂的用量对清除的影响时蓝-56、黄-54、红-60 分别得出了一组添加剂配方, 分别为: 立德粉: 0.2% 粘合剂: 2% FCN: 0.5% FDS: 0.5%; 立德粉: 0.2% 粘合剂: 0 FCN: 1% FDS: 1%; 立德粉: 0.2% 粘合剂: 2% FCN: 0 FDS: 0.5%。对比这 3 个配方可以看出立德粉在这 3 组配比中, 它的质量百分比一直是 0.2%; 在第二组配比中粘合剂的质量百分比是 0, 该曲线趋于一条直线但是并非一条直线, 在 1 这个点时清除率竟然取得了最小值, 之后随着质量百分比的增加清除率又有所回升, 在 2 这个点时清除率与 0 这个点的清除率基本持平。基于以上现象, 在这个曲线上反映出了试验的误差, 因为在第一部分试验中已经证实粘合剂的加入对清除很有利, 在这 3 组配比中其它的试剂的用量虽然存在误差但是取值还算合理。

3 热量衡算

正如前言所述,影响无纸工艺正常运行的主要因素之一,是能否保证无纸机各区域的温度及其稳定性,为了便于分析,这里将现有无纸样机的工艺原理再叙述一遍:

通过凹版印刷的方式将花纹印制在环行金属钢带上(以下简称金属环带):带有完整花纹的环带与待印的布相贴同步经过热转印区,在此过程中金属环带上的花纹被转印到布上,完成布的印花,在热转印区的出口处,金属环带与花布分离,花布去成品筐,金属环带去残物清除区;在残物清除区,金属环带上的残物被清除并回收(待用),洁净的金属环带进入印刷区的入口,开始新的循环,金属环带由此周而复始的循环,实现了无纸工艺(见图 2-1)。

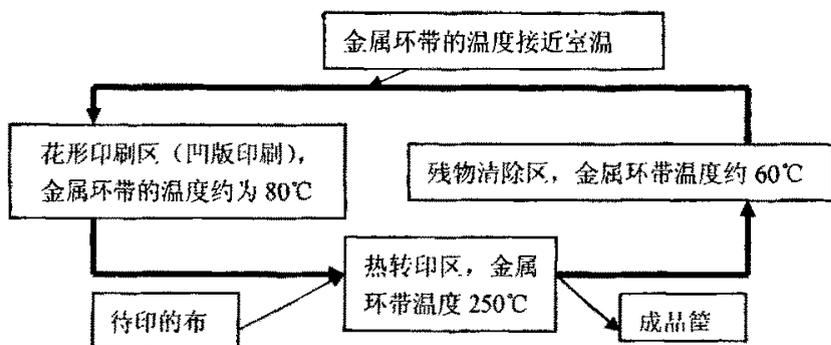


图 3-1 无纸工艺流程示意图

现在的无纸样机上有两处热源:一是花形印刷区的热风干燥系统,采用自制风机,通过电热管加热吸入的空气;二是热转印区,采用碳化硅远红外加热板,通过热辐射的方式加热 45 根滚轮,滚轮旋转将热量带给金属环带。这里要说明的是,本次计算不考虑通过滚轮之间缝隙直接辐射传给金属环带的热量,因为缝隙很小,且距离较远(150cm),虽然辐射不受空气阻隔,但空气不纯(有大量杂质),辐射热量难以直达金属环带。由于印刷区的干燥系统温度不高,比较容易达到热量的平衡,而热转印区温度高达 250℃,且体系比较复杂,见图 3-1,所以本论文的衡算区域为热转印区。

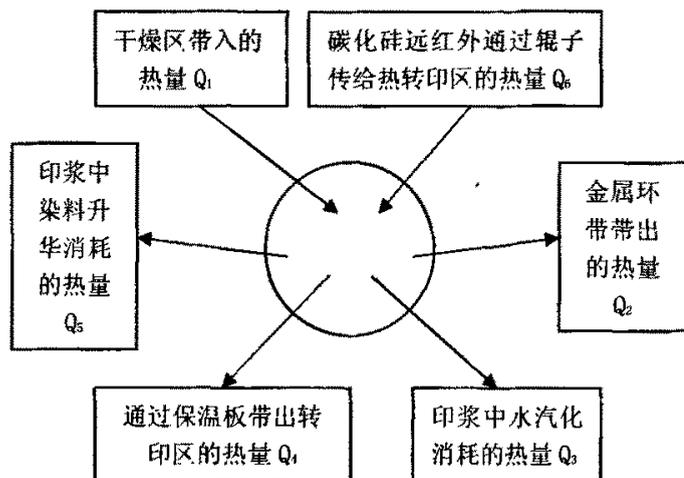


图 3-2 热转印区的热流内容及其方向示意图

本论文的热量衡算是为分析无纸样机热转印区温度难以恒定的原因而展开的,主要目的是找出原因,为改善现状提供一些依据,并非要达到理想状态,因为考虑改造成本,尽可能保留原有装备,只要找出原因,知道下一台机器应该如何设计即可,至于本样机只要能够基本正常运行,能证明无纸工艺的可行性,也能让业内人士明白:尽管还存在一些不足,但这些不足在新机器的设计中完全能够解决。鉴于此考虑,本文的衡算仅对图 3-2 所示的体系,且是粗略估算。

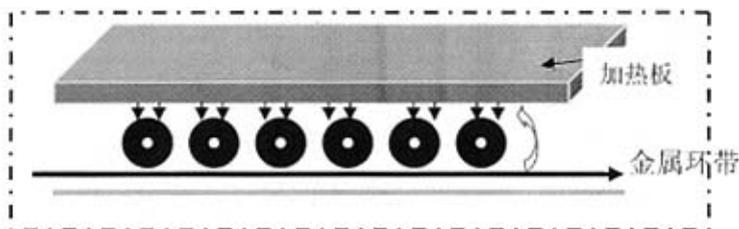


图 3-3 加热体系示意图

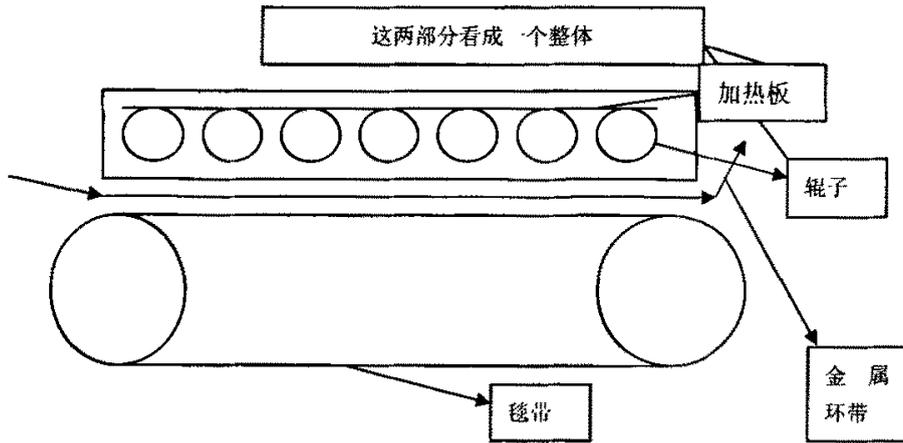


图 3-4 无纸热转印机转印部分假设模型图

3.1 几点假设

鉴于本文的计算是定位在无纸样机的改善而做粗略估算,为便于计算将复杂的加热系统简单化,做如下假设:

1. 由于两个相邻的辊子边缘最近的距离是 2 毫米, 辊子半径 50 毫米, 所以相邻的辊子中心距是 102 毫米, 距离恒定, 金属环带从一个辊子中心到另一个辊子中心需要的时间是 0.204 秒, 时间很短, 所以可以看成金属环带在热转印区的温度是恒定的;
2. 辊子和加热板的距离恒定, 所以辊子和金属环带接触点的温度恒定;
3. 从以上两点可以进一步假设: 把加热板和辊子看成一个整体加热元件, 类似平板压烫机。

根据以上假设, 以下计算只考虑滚轮下表面(即与金属环带接触表面)温度, 没有考虑碳化硅远红外向滚轮之间以及滚轮旋转等因素。

3.2 热平衡计算涉及的相关符号及其计算式

符号定义:

- $Q_2 - Q_1$ 金属环带带出的热量和干燥区带入的热量之差
 Q_3 印浆中水汽化消耗的热量
 Q_4 通过保温板带出转印区的热量
 Q_5 印浆中染料升华消耗的热量
 Q_6 整体加热元件传给热转印区(金属环带)的热量

平衡计算式如下:

$$Q_5 = (Q_2 - Q_1) + Q_3 + Q_4 + Q_5$$

$$Q_2 - Q_1 = C_{\text{铁}} n_{\text{铁}} (T_2 - T_1)$$

$$Q_4 = (t_1 - t_4) / [(b_1 / \lambda_1 s) + (b_2 / \lambda_2 s) + (b_3 / \lambda_3 s)]$$

$$Q_3 = C_{\text{水}} m (373 - T_3) + \Delta H_{\text{水}} n_{\text{水}}$$

$$Q_5 = m * \Delta H$$

3.3 热平衡计算的数据准备

3.3.1 已知数据

1. 金属环带的厚度 $l_{\text{金属环厚}} = 0.23 * 10^{-3} \text{m}$
2. 热转印区金属环带的长度 $l_{\text{转金属环长}} = 5.74 \text{m}$
3. 热转印区金属环带的宽 $l_{\text{转金属环宽}} = 1.00 \text{m}$
4. 保温层的厚度 $l_{\text{保温}} = 78.34 * 10^{-3} \text{m}$
5. 保温层中铁板的厚度 $l_{\text{保温厚}} = 0.60 * 10^{-3} \text{m}$
6. 滚直径 $R_{\text{滚}} = 0.10 \text{m}$
7. $\lambda_1 \lambda_3$ 铁板的导热系数 $67.00 \text{j/m}^2 \cdot \text{k} \cdot \text{s}$
8. λ_2 石棉的导热系数 $0.22 \text{j/m}^2 \cdot \text{k} \cdot \text{s}$
9. $C_{\text{铁}} = 460.00 \text{j/kg} \cdot \text{C}$
10. 金属环带的速度是 $30 \text{m/min} = 0.50 \text{m/s}$
11. $\rho_{\text{铁}} = 7.80 * 10^3 \text{kg/m}^3$
12. $t_1 = 250 \text{C}$ —— 内层铁板与石棉接触处的温度
13. $t_4 = 25 \text{C}$ —— 外层铁板与石棉接触处的温度
14. 保温板宽 $h_{\text{宽}} = 0.50 \text{m}$
15. 热转印区上面保温板的面积 $U_1 = 5.74 * 1.1 = 6.314 [\text{m}^2]$
16. U_2 是保温层的面积: $U_2 = 2 * 5.74 * 0.5 + 2 * 0.5 * 1.1 + 6.314 = 13.15 [\text{m}^2]$
17. 100°C 时水的 $\Delta H_{\text{水}} = 40.64 \text{kJ/mol}$
18. $M_{\text{水}} = 18.00 * 10^{-3} \text{kg/mol}$
19. $c_{\text{水}}$ —— 液态时水的比热 $4.19 * 10^3 \text{j}/(\text{kg} \cdot \text{k})$
20. 保温层中石棉的厚度 $l_{\text{石棉}} = 77.14 * 10^{-3} \text{m}$
21. 印浆的量按照 0.01kg/m^2 来计算

3.3.2 通过计算得到的基本数据有

1. 热转印区中金属环带的面积 $U_{\text{转金属环带}}=6.31\text{m}^2$
2. 1s 金属环带走过的面积是 $U_1=0.5*1=0.50[\text{m}^2]$
3. 金属环带一秒钟在转印区走过的面积是 $U_{\text{环}}=0.5*1=0.50[\text{m}^2]$
4. 金属环带在转印区走过一秒钟印浆的量是 $m_{\text{印浆}}=0.01*0.50=5.00*10^{-3}[\text{kg}]$
转印区中水占印浆的 60% 计算.
5. 1s 金属环带走过的体积是 $v_1=U_{\text{环}}*1_{\text{厚}}=0.50*0.23*10^{-3}=1.15*10^{-4}[\text{m}^3]$
6. $Q_2-Q_1=C_{\text{环}}n_{\text{环}}(T_2-T_1)=1.15*10^{-4}*7.8*10^3*460*(250-70)=74.27[\text{kJ/s}]$
7. 转印区中水的量是 $m_{\text{环水}}=5.00*10^{-3}*60\%=3.00*10^{-3}[\text{kg}]$

说明: Q_1 —环带从干燥区出来后带入热转印区的热量。kj/s

Q_2 ——环带从热转印区带出时的热量。kj/s

金属环带从干燥区出来进入转印区时的温度 70°C ，出热转印区时的温度 250°C 。

Q_3 ——通过保温板从转印区散发到空气中的热量，单位 kj/s

b_1, b_2 是保温板内外层铁板的厚度

b_3 是保温板中间填充物石棉的厚度

$\Delta H_{\text{水}}$ ——水在 100°C 时的相变焓 kj/mol

印浆中的水出干燥区刚进入转印区时温度是 70°C 。

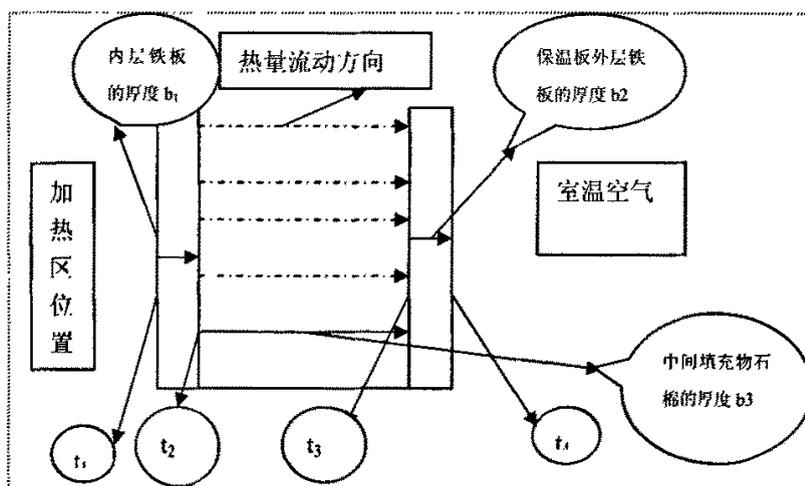


图 3-5 保温板的结构示意图

在图 3-5 中

t_1 是保温层内侧和加热区接触处的温度， $^\circ\text{C}$

t_2 是保温层内侧和石棉接触处的温度， $^\circ\text{C}$

t_3 是保温层外侧和石棉接触处的温度， $^\circ\text{C}$

t_4 是保温层外侧和室温空气接触处的温度, $^{\circ}\text{C}$

要对热转印区域进行热量衡算, 在得到了基础数据以后, 下一步就应该对公式中不容易得到的数据进行测量, 染料的转移率和染料的升华热就是不好计算, 也难以查到, 只有通过实验测量得到, 得到了转移率和升华热后, 染料上染需要吸收的热量才能够计算, 下面就是针对染料的升华率及其升华热展开相关的试验研究工作。

3.4 专用印浆的转移率及其影响因素研究

3.4.1 实验原材料和仪器

材料: 棉布, 北京第三印染厂; 涤纶, 市售; 承印板, 上海宝山钢铁集团研究院

仪器设备: 压烫机, DHC2-1, 北京怡德精品有限公司; FA1004 电子天平, 上海糖科天平; 花辊, 北京新华彩印厂; 刮刀, 市售; 烧杯和玻璃棒, 市售

原料: 印浆, 北京印月明印染新技术有限公司

3.4.2 实验

- 1) 将金属环板剪成 $7.98\text{cm} \times 6.95\text{cm}$ 制成承印板;
- 2) 将承印板洗净干燥;
- 3) 精称承印板 W_1 (准确到小数点后三位);
- 4) 用玻璃棒取少量印浆涂于花辊上;
- 5) 用刮刀轻轻地刮花辊, 使得印浆均匀得涂到花辊的花纹中;
- 6) 将花辊上的花纹压印到承印板上;
- 7) 将带有花纹的承印板风干, 制成热转印板;
- 8) 精称热转印板 W_2 ;
- 9) 将热转印板与白布相贴放入压烫机, 在一定温度下压烫一定时间;
- 10) 精称压烫后的热转印板 W_3 ;

3.4.2.1 印浆转移率的测定和计算

定义转移率的计算公式: 转移率 $Z = \frac{\text{转印掉的染料量}}{\text{承印板上的染料量}} = \frac{(M_2 - M_3)}{(M_2 - M_1)} \times 100\%$ 。

表 3-1 温度、时间和织物对印浆黄 TY-54 转移率(%)的影响

时间(s)	温度(℃)									
	180		190		200		210		220	
	棉	涤	棉	涤	棉	涤	棉	涤	棉	涤
10	23.36	22.22	25.10	25.95	26.81	41.57	29.58	42.13	30.61	48.53
15	32.82	23.89	34.55	34.81	37.18	43.78	37.74	51.25	52.79	55.63
20	46.57	35.63	53.57	39.11	53.76	46.81	53.84	58.19	54.49	60.96
25	48.29	37.30	53.69	41.18	54.74	47.05	55.81	60.93	57.67	73.73
30	53.43	39.94	55.53	43.75	56.38	50.22	56.46	70.98	58.88	74.18

注: 承印板材质为软磁合金

表 3-2 温度、时间和织物对印浆红 TR-60 转移率(%)的影响

时间(s)	温度(℃)									
	180		190		200		210		220	
	棉	涤	棉	涤	棉	涤	棉	涤	棉	涤
10	14.29	15.73	23.57	27.78	26.94	27.03	28.78	31.12	34.87	35.29
15	15.29	17.29	26.82	28.52	29.21	31.24	34.44	36.15	44.47	48.65
20	41.94	27.03	42.50	32.00	43.50	38.92	44.56	58.57	45.00	57.14
25	50.86	49.23	51.95	51.25	52.48	51.67	55.63	59.61	58.57	60.00
30	55.56	55.00	65.85	55.82	66.52	65.91	68.06	68.10	69.11	69.17

注: 承印板材质为软磁合金

表 3-3 温度、时间和织物对印浆蓝 TB-56 转移率(%)的影响

时间(s)	温度(℃)									
	180		190		200		210		220	
	棉	涤	棉	涤	棉	涤	棉	涤	棉	涤
10	23.33	40.45	26.34	48.00	28.81	51.67	31.76	55.00	35.00	62.63
15	27.59	41.34	35.71	48.89	38.00	51.92	34.29	57.50	38.89	63.67
20	29.23	47.27	38.10	52.48	39.23	52.53	41.62	59.09	50.00	64.17
25	35.38	50.00	41.76	52.69	45.48	52.67	48.00	57.26	52.60	65.45
30	50.14	51.79	51.00	53.00	53.36	54.17	55.63	66.52	58.33	68.75

注：承印板材质为软磁合金

染料的结构：

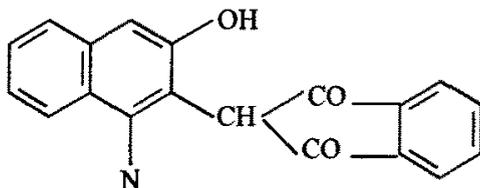


图 3-6 染料黄 TY-54 的结构式

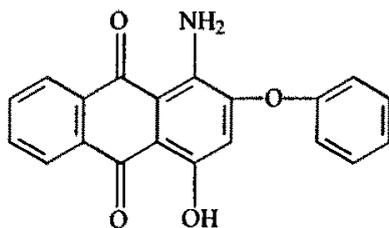


图 3-7 染料红 TR-60 的结构式

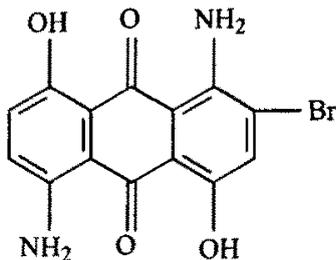


图 3-8 染料蓝 TB-56 的结构式

3.4.3 讨论

1. 表 3-1 到表 3-3 数据显示，无论是涤纶还是经架桥剂处理的棉，温度和时间对它们转移率的影响规律是一致的，即随着温度的升高和时间的延长，热转移率都增加；

2. 本实验中，选取了实验温度 180℃--220℃，原因是经实验发现 180℃之前染色，上染率低，超过 220℃染色，布料手感明显发硬。为了描述方便，在本实验中，小于 200℃（含）时的温度定义为低温区，大于 200℃时的温度定义为高温区；

3. 由于在低温区涤纶的膨胀松散程度不够，染料不易进入涤纶纤维，出现了在涤

纶上的转移率比在棉上的转移率低的现象(印浆黄 TY-54 在 180℃任何温度, 190℃和 200℃20 秒(含)以后, 印浆红 TR-60 在 180℃—200℃20 秒(含)以后)。同时, 在低温区, 也出现了在涤纶上的转移率大于棉的情况(印浆黄 TY-54 在 190℃—200℃, 时间 10 秒和 15 秒, 印浆红 TR-60 在 180℃—200℃10 秒和 15 秒, 印浆蓝 TB-56 在 180℃—200℃温度内, 任何时间), 这可能是时间短的情况下, 涤纶纤维之间的空隙小, 染料由于惯性力的作用, 大面积附着在涤纶纤维表面, 所以在涤纶上的转移率比在棉上的要高, 在高温区时, 在涤纶上的转移率明显高于在棉上的, 因为这时涤纶膨胀松散程度大, 染料比较容易进入纤维内部, 所以转移率比棉上高;

4. 从以上三个表对比可以看出, 表 3-2 和表 3-3 在温度低时间短的条件下, 涤纶的转移率都高于棉, 而在表 3-1 中, 在温度低时间短的条件下, 涤纶的转移率有低于棉的情况, 这种不同点可能是由于它们的结构造成的, 图 3-7 染料红 TR-60 和图 3-8 染料蓝 TB-56 结构相似, 它们都含有蒽醌结构, 而图 3-6 染料黄 TY-54 是杂环结构。

表 3-4 相同的材质, 不同的印浆在棉布上转移率(%)的比较

温度	时间(s)	印浆		
		黄 TY-54	红 TR-60	蓝 TB-56
180	10	23.36	14.29	23.33
180	20	46.57	41.94	29.23
180	30	53.43	55.56	57.14
190	10	25.10	23.57	26.34
190	20	53.57	42.50	38.10
190	30	55.53	65.85	65.00
200	10	26.81	32.94	28.81
200	20	53.76	42.90	39.23
200	30	56.38	64.52	66.36
210	10	29.58	34.78	31.76
210	20	53.84	43.17	58.62
210	30	56.46	68.06	72.63
220	10	30.61	40.87	35.00
220	20	54.49	45.00	60.00
220	30	58.88	73.68	73.33

从表 3-4 可以看出, 蓝 TB-56 比红 TR-60、黄 TY-54 在一定温度和一定时间条件下, 转移率大部分要高, 偶尔出现低的情况可能是: 一. 涂抹花辊上的印浆不均; 二. 从染料的升华曲线上看出, 他们的升华温度点不同导致的。

表 3-5 热转移材质对转移率(%)的影响

温度	时间(s)	印浆蓝 TB-56		
		软磁合金	马口铁	荧罩板
180	10	40.45	44.44	24.44
180	20	47.27	56.00	36.13
180	30	51.79	57.43	51.43
190	10	48.00	45.41	27.08
190	20	52.48	56.15	36.67
190	30	53.00	58.57	53.08
200	10	51.67	47.14	33.33
200	20	52.53	58.57	42.71
200	30	54.17	60.56	56.88
210	10	55.00	48.71	40.00
210	20	59.09	58.14	45.84
210	30	66.52	62.24	61.72
220	10	62.63	50.00	42.50
220	20	64.17	61.85	46.11
220	30	68.75	64.52	67.42

注: 印浆为 TB-56 (蓝); 织物为纯涤纶

对表 3-5 一种印浆在不同板材上的转移率可以看出: 在一定温度和一定转移时间条件下, 马口铁要比软磁合金、荧罩板上的转移率大部分要大, 但温度在 210℃ 和 220℃ 时, 在软磁合金上的转移率就比其他两种板材转移率高, 可能的原因是马口铁在温度低时相对其它两种导热好, 转移率就高, 软磁合金在 210℃ 以后转移率比其他两种要高, 这和金属的内部结构有关。荧罩板要比其它两种板在 220℃, 30s 时转移率大, 但数据波动比较大, 规律性不强。

总之, 从表 3-1 到表 3-5 所列的数据可以看出, 随着温度的升高和时间的延长, 转移率也相应的增加. 但存在一个这样的温度和时间点, 数值增加的小, 基本不变, 原因是无

论哪种织物都有饱和度,当达到这个饱和度时,染料也就不在上染,从而转移率也变化不大了,但是在几个不同的温度和不同的时间数据出现或者偏大或者偏小的现象,原因可能是温度太低时,有的印浆印到花辊上的量太少的缘故,其次刮刀在花辊上刮的不均匀,因为不可能保证每次涂抹的量和均匀程度都是一样的,再有就是因为温度太高对印浆中的助剂也可能有一定的影响。

3.5 三种染料的升华性能分析

染料的升华是固态直接变成气态的过程,从染料的升华图上可以直接看出升华温度,本实验采用热重和差热分析两种办法来获取染料的升华温度和升华热。

3.5.1 黄 TY-54 染料的热分析(TG-DTA)

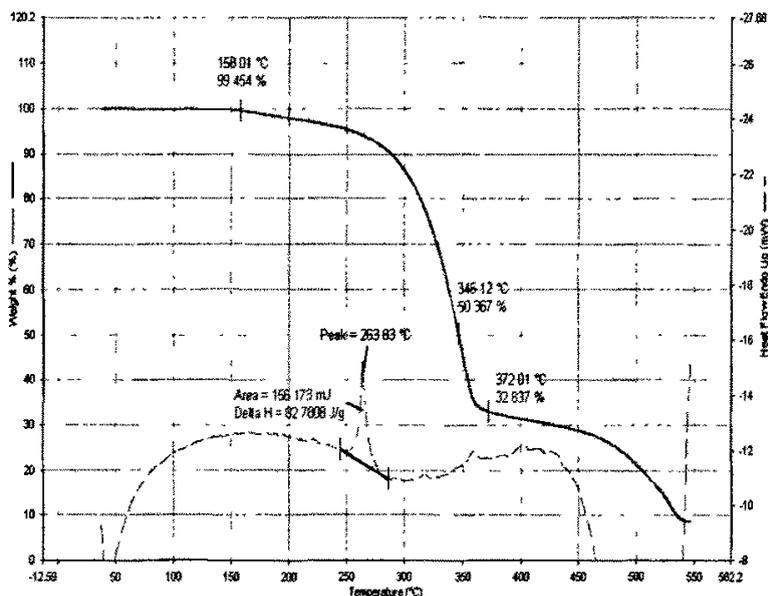


图 3-9 黄 TY-54 差热-热重曲线

图 3-9 为黄 TY-54 差热-热重曲线。

从图 3-9 的 TG 曲线可清楚地看出染料黄 TY-54 热失重变化的情况。温度 158.01℃ 以前主要是没到染料的升华点,染料的质量基本没变,所以曲线呈直线状态,到 158.01 开始失重,表明这时温度已经到染料的升华点。从 DTA 曲线来看,在 263.83℃ 出现一个吸热峰,可能的是由染料分子的侧链和主链的分解造成的。由图上得到的数据 $\Delta H=82.78\text{ J/g}$ 。

3.5.2 红 TR-60 染料的热分析(TG-DTA)

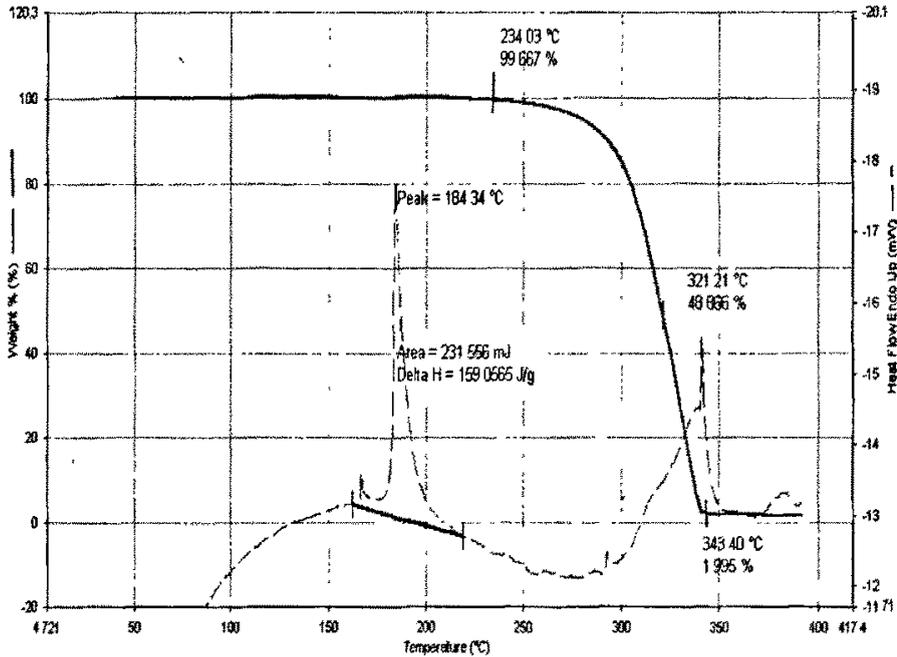


图 3-10 红 TR-60 差热-热重曲线

图 3-10 为红 TR-60 差热-热重曲线。

从图 3-10 的 TG 曲线可清楚地看出染料红 TR-60 热失重变化的情况。温度 234.03℃ 以前主要是没到染料的升华点，染料的质量基本没变，所以曲线呈直线状态，到 234.03℃ 以后迅速失重，表明这时温度已经到染料的升华点。从 DTA 曲线来看，在 184.34℃ 和 321.21℃ 各出现一个吸热峰，可能的是由染料分子的侧链和主链的分解造成的，在 343.40℃ 时，曲线基本不变呈直线，说明其中染料已经升华完毕。由图上得到染料的升华热为 $\Delta H=159.06\text{J/g}$ 。

3.5.3 蓝 TB-56 染料的热分析(TG-DTA)

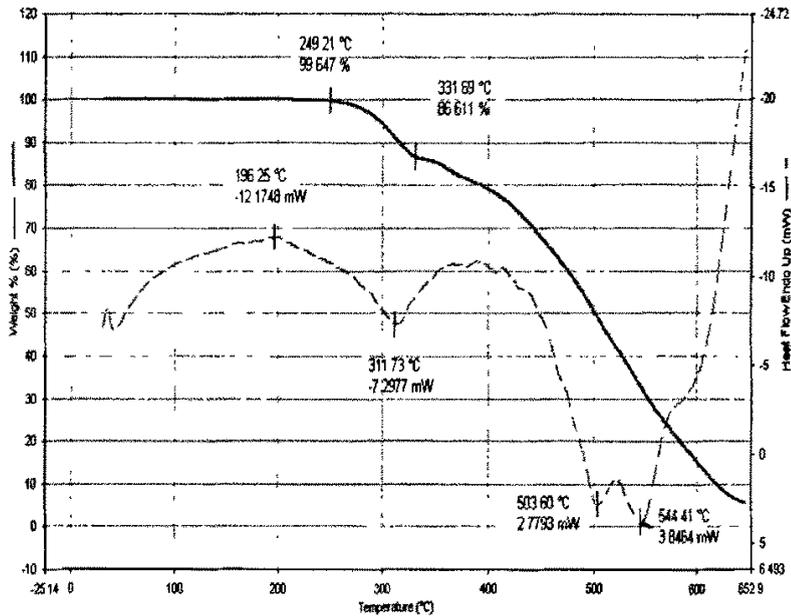


图 3-11 蓝 TB-56 差热-热重曲线

图 3-11 为蓝 TB-56 差热-热重曲线

从图 3-11 的 TG 曲线可清楚地看出染料蓝 TB-56 热失重变化的情况. 温度 249.21°C 以前主要是没到染料的升华点, 染料的质量基本没变, 所以曲线呈直线状态, 到 249.21°C 以后迅速失重, 表明这时温度已经到染料的升华点. 从 DTA 曲线来看, 在 196.25°C 出现一个吸热峰, 可能的是由染料分子的侧链和主链的分解造成的, 在 311.73°C 和 544.41°C 时, 出现两个不明显的放热峰. 因为曲线基本不变呈直线, 说明其中染料已经升华完毕. 图 3-11 上的曲线表明, 在热转印温度范围内没有明显的吸热峰, 也没有具体的升华热.

3.6 小结

在染料没到到达升华点之前, 随着温度的升高和时间的延长, 得到的转移率也越来越大; 不同的材质对转移率也有影响, 但效果变化不是很明显; 在涤纶上的转移率比在棉上的转移率要大, 原因是染料与涤纶的亲合力大于纯棉; 相对本试验来说, 提高温度比延长时间对转移率的提高效果明显.

在测三种染料的升华图时, 测得的数据有可能有误差, 分析如下: 一. 升温速率太快导致数据不准; 二. 在染料升华开始以后, 氮气没有把升华的气体都吹出去, 导致实验有误差; 三. 在染料测升华之前, 研磨和干燥的时间短, 导致颗粒大并且没有干燥彻底.

3.7 热平衡计算部分

3.7.1 染料升华需要消耗的热量计算

3.7.1.1 红 TR-60 的升华热

由测得的染料红 TR-60 升华温度-升华热图可得 $\Delta H=159.06\text{ j/g}$

已知前面计算过的一秒钟金属环带在热转印区走过的面积是 0.50 m^2 ，印浆的量是 $5.00 \times 10^{-3}\text{ kg}$ ，依据转移率得到的实验结果得知：

转移掉的印浆量为 $44.47\% \times 5.00 \times 10^{-3} = 2.22 \times 10^{-3}\text{ [kg]}$ ，

其中染料的量为 $2.22 \times 10^{-3} \times 10\% = 2.22 \times 10^{-4}\text{ [kg/s]}$ 。

由此可以计算得到染料升华消耗的热能为

$Q_{\text{红}}$ ——单位时间印浆转印升华吸收的热量，单位 j/s

$$\begin{aligned} Q_{\text{红}} &= m_{\text{红}} \cdot \Delta H_{\text{红}} \\ &= 0.222 \times 159.06 \\ &= 35.31\text{ [j/s]} \end{aligned}$$

3.7.1.2 黄 TY-54 的升华热

由测得的染料黄 TY-54 的升华温度—升华热曲线可得 $\Delta H_{\text{黄}}=82.78\text{ j/g}$

已知前面计算过的一秒钟金属环带在转印区走过的面积是 0.50 m^2 ，印浆的量是 $0.50 \times 10 = 5.00 \times 10^{-3}\text{ [kg]}$ ，依据转移率实验结果得知：

转移掉的印浆量 $52.79\% \times 5.00 \times 10^{-3} = 2.64 \times 10^{-3}\text{ [kg]}$ ，

其中染料的量是 $2.64 \times 10^{-3} \times 10\% = 2.64 \times 10^{-4}\text{ [kg/s]}$

由此计算得到染料升华消耗的热能为

$$\begin{aligned} Q_{\text{黄}} &= m_{\text{黄}} \cdot \Delta H_{\text{黄}} \\ &= 0.264 \times 82.78 \\ &= 21.85\text{ [j/s]} \end{aligned}$$

根据以往的经验，进行热量衡算有两种染料单位质量吸收的热量不一样，要选择吸收热量高的那种染料，红 TR-60 比黄 TY-54 的升华热高，选 $Q_{\text{红}}$ 数值时要选红 TR-60 的。

3.7.2 热平衡计算

$$Q_2 - Q_1 = C_{\text{铁}} n_{\text{铁}} (t_2 - t_1) = 1.15 \times 10^{-4} \times 7.8 \times 10^3 \times 460 \times (200 - 70) = 53.34 \times 10^3 [\text{j/s}]$$

Q_1 —环带从干燥区出来后带入热转印区的热量, j/s

Q_2 ——环带从热转印区带出时的热量, j/s

$$\begin{aligned} Q_1 &= (t_1 - t_4) / \left[\left(l_{\text{钢铁厚}} / \lambda_1 U_A \right) + \left(l_{\text{钢铁厚}} / \lambda_2 U_A \right) + \left(l_{\text{石棉}} / \lambda_3 U_A \right) \right] \\ &= (160 - 25) / \left[\left(6 \times 10^{-4} / 67 \times 13.154 \right) + \left(6 \times 10^{-4} / 67 \times 13.154 \right) \right. \\ &\quad \left. + \left(77.14 \times 10^{-3} / 0.22 \times 13.154 \right) \right] \\ &= 5.06 \times 10^3 [\text{j/s}] \end{aligned}$$

Q_3 通过保温板带出转印区的热量

$$\begin{aligned} Q_3 &= C_{\text{水}} m (373 - T_3) + \Delta H_{\text{水}} n_{\text{水}} \\ &= 4.1868 \times 10^3 \times 3.0 \times 10^{-3} \times (373 - 343) + 40.637 \times 10^3 \times 3.0 / 18 \\ &= 7.15 \times 10^3 [\text{j/s}] \end{aligned}$$

Q_4 印浆中水汽化消耗的热量

由以上计算出来的数据可求出一秒钟加热板通过辊子传给热转印区的热量是:

$$\begin{aligned} Q_6 &= (Q_2 - Q_1) + Q_3 + Q_4 \\ &= 53.34 \times 10^3 + 7.15 \times 10^3 + 5.06 \times 10^3 + 35.31 \\ &= 65.59 \times 10^3 [\text{j/s}] \end{aligned}$$

由加热板说明书得到加热板额定功率是 $63 \times 10^3 \text{j/s}$ 。根据以上计算可知, 当热转印区温度达到工艺要求值并恒定后实际消耗的功率比额定功率高出:

$$65.59 \times 10^3 - 63 \times 10^3 = 2.59 \times 10^3 [\text{j/s}]$$

3.7.3 小结

本章的研究表明, 无纸样机运行过程会出现温度不恒定的主要原因是: 1、实际消耗的功率大于加热板的额定功率; 2、热转印区两侧墙板与履带之间存在约 30cm 的空间, 而且这一空间因履带运行难以设置保温, 由此也会散失大量的热能; 3、计算时没有考虑从毯带带出的热量。因此, 实际消耗的热能远远大于上述计算的值, 超出额定功率很大。

为此提出以下改进设想: 1. 加大加热板的额定功率, 使其能够达到转印区消耗功率或者略大些; 2. 因履带运行难以设置保温, 所以我想在履带边缘安装防磨毛刷, 这种毛刷不仅有一定的保温作用而且还具有较强的耐磨性 (比如羊毛制作的毛刷), 只有这样才能保

证毛刷既保温又可以维持比较长久的使用时间；3、因为毯带出热转印区后热量有散失，所以考虑在机器下面安装一个保温罩，以防止毯带带走热量，保温罩可以和热转印区相通，这样毯带散失的热量也会到热转印区；4. 改进原有的保温设施，比如加厚保温层，或选择更好的保温材料，或保温装置设置得更加严密，也就是说要通过改善保温设施来减少由此散失的热量。

4 余热回收

4.1 余热回收的目的意义

在无纸样机的开发初期主要考虑无纸工艺是否从原理上行得通,没有考虑能耗问题。前期研究已经充分证明了无纸工艺的可行性,目前已进入无纸样机的改造和优化阶段。由于能量对我国的发展乃至全世界的可持续性发展都非常重要,而且能耗还会影响生产成本,所以无纸样机的改造时势必要将降低其运行时的能耗问题列入议事日程。

上一章的计算和分析已经说明,无纸样机的能耗主要是在热转印区,散失热能的途径有以下几条:1、通过已有的保温板散失的热量,大约为 7.15×10^3 [j/s]; 2、由金属环带带出的热能,大致是 82.52×10^3 j/s; 3、毯带带出的热量(由于有些参数难以得到,所以本文为做计算),估计也有几百至上千 [j/s]; 4、两侧墙板与履带之间缝隙(约 30cm)散失的热量,这部分热量估计会高达 10^4 [j/s]。

本文建议从以下两个方面着手来考虑降低热能消耗的问题:1、正如上一章所述通过改进保温措施来减少热能的散失;2、由于金属环带自身带出的热量取决于热转印出口的温度,而热转印区温度(约 200°C)是不能变的,在此温度下金属环带自身具有的热能达 82.52×10^3 j/s,是相当可观的,若是不采取措施它将白白浪费,不仅如此,而且还得设法降温,降温就得消耗费用和资源。

试想一下:若能够将金属环带所携带的这部分热量回收,用于热转印区的保温或用于花型印刷区的干燥系统,其意义是显而易见的。为此,设想了如图 4-1 所示的热量回收方案,并对此进行了必要的估算。

总体思路是,把金属环带的能量通过冷风(室温)从下面往上吹,这样的结果可以达到冷风的温度升高,再通入干燥区,达到能量的循环利用,金属环带的温度可以降到 50°C ,正好达到容易清除的温度。

4. 2 过程说明

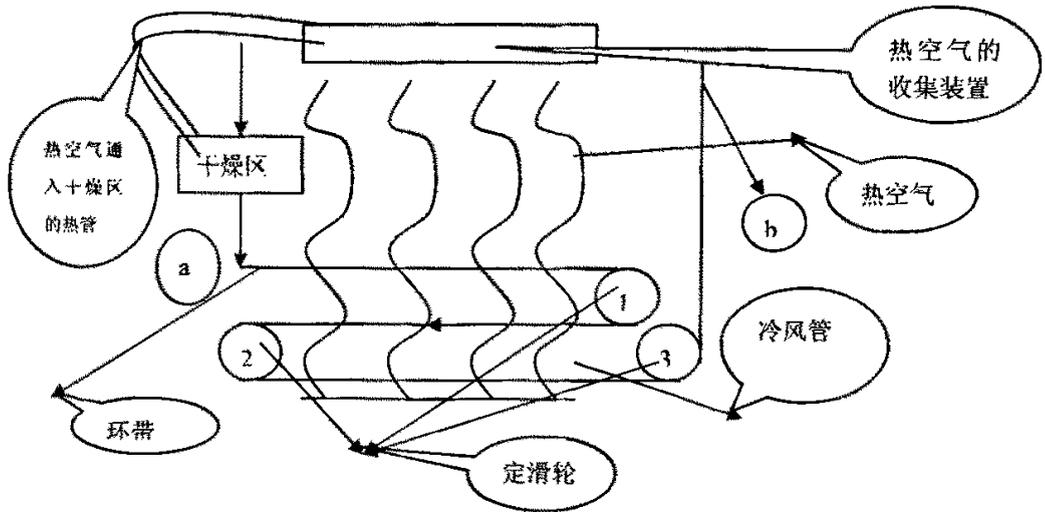


图 4-1 余热回收装置示意图

图 4-1 的过程说明：金属环带从 a 点进入热转印区，到滑轮 1 经过滑轮 2 再到滑轮 3 一直到 b 点，为了节省空间，采用金属环带蛇型弯曲在热转印区下方，在滑轮 2 和 3 之间有冷风管向上吹冷风来冷却金属环带，热风经过金属环带升温以后在热转印区的旁边向上，在热转印区上方有一个热空气收集装置，把收集到的热空气带入干燥区，用于干燥进入转印区前的印浆。

假设离开热转印区的环带温度为 200°C ，环带的最大运行速度为 $30\text{m}/\text{min}$ ，环带带出的热量为 $Q_6\text{j}/\text{s}$ 。若采用冷空气来降温，那么使环带温度在有限距离内降到 50°C ，用来冷却环带的空气能升温到多少度？节省了多少焦耳的热量？

假设 1 秒钟金属环带走过的距离 F ， $F=30/60=0.5\text{m}/\text{s}$

滑轮 1 到滑轮 3 之间的距离 12 米，那么从滑轮 1 到滑轮 3 所用时间是 $12/0.5=24$ 秒

求长度为 F 长的金属环带从 200°C 降到 50°C 放出的热量为

$$Q_6 = (\rho_{\text{金属}} * l_{\text{环}} * l_{\text{环}} / M_{\text{金属}}) C_{pm} (473 - 323) \quad (1)$$

(1) 式中： C_{pm} ——金属环的定压摩尔热容 $460\text{j}/(\text{kg} * ^{\circ}\text{C})$

假设为了把 F 长的金属环带降到 50°C ，这时空气吸收的热量 Q_7 ，

则 $Q_6 = Q_7$

$$Q_7 = n_{\text{空气}} * (T_7 - 293) * C_{p\text{空气}} \quad (2)$$

(2) 式中： $T_7 = Q_7 / (n_{\text{空气}} * C_{p\text{空气}}) + 293$

$C_{p\text{空气}}$ ——空气的定压摩尔热容 $25.29\text{j}/(\text{mol} * \text{K})$

M ——空气平均分子量 29g/mol

T_s ——冷空气和环带接触后，到达干燥区时的温度 K

空气密度 $\rho = 1.29 \times 10^3 \text{g/m}^3$

由(1)式和(2)式联立，可得：

$$T_s = (\rho_{\text{金属环}} \cdot l_{\text{宽}} \cdot l_{\text{厚}} \cdot l_{\text{长}} / M_{\text{金属环}}) C_{pm} (200-50) / (n_{\text{气}} \cdot C_{p, \text{气}}) + 293 \quad (3)$$

已知 $\rho_{\text{铁}} = 7.8 \times 10^3 \text{kg/m}^3$

金属环带的厚度 $l_{\text{金属环厚}} = 0.23 \times 10^{-3} \text{m}$

热转印区中金属环带的宽 $l_{\text{热金属环宽}} = 1.00 \text{m}$

金属环带的 $C_{pm} = 460 \text{J}/(\text{kg} \cdot ^\circ\text{C})$

金属环带中的组成复杂，但大部分为铁，所以按照铁的分子量进行计算，即 $M_{\text{金属环}} = 56$

选用的鼓风机的鼓风量为 $1.83 \text{m}^3/\text{s}$

那么空气换成单位时间摩尔数是 $1.83 \times 1.29 \times 10^3 / 29 = 81.58 \text{mol/s}$

由(3)式计算得：

$$\begin{aligned} T_s &= (7.8 \times 10^3 \times 1 \times 0.5 \times 0.23 \times 10^{-3}) \times 460 \times 150 / (81.58 \times 25.29) + 293 \\ &= 323 \text{ [K]} = 50 [^\circ\text{C}] \end{aligned}$$

吸收的热量是： $Q = (7.8 \times 10^3 \times 1 \times 0.5 \times 0.23 \times 10^{-3}) \times 460 \times 150 = 6.19 \times 10^4 \text{J}$

通入干燥区的热空气温度是 50°C ，干燥区需要的温度是 70°C ，所以只需要把热空气的温度再提高 20°C 就可以达到干燥区的温度条件，节省了原来把室温空气加热到 50°C 这部分热量。

考虑到冷空气和金属环带之间能否充分的进行传热，所以通过以下式子来验证从滑轮 1 到滑轮 3 一共 12 米的距离，时间是 24 秒能充分进行传热。

$$P = X \cdot U \cdot \Delta T$$

P 对流传热速率 W

X 空气平均对流传热系数 $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$

U 传热面积 m^2

Δt 两种物体接触表面的平均温差， $^\circ\text{C}$

t 两种物体接触表面的平均温度， $^\circ\text{C}$

金属环带进入回收系统时温度 200°C ，出回收系统时温度 50°C ，所以粗略计算平均温度是 $(200+50)/2=125^\circ\text{C}$ ，冷空气的平均温度按照 25°C 。

取空气的平均对流传热系数 $60 \text{W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ ，传热面积 $U = 1 \times 0.5 = 0.5 \text{m}^2$

$$\Delta t = 125 - 25 = 100 [^{\circ}\text{C}], \quad P = 60 * 0.5 * 100 = 3 * 10^3 [\text{w}]$$

计算结果表明：金属环带温度和冷空气的温度最后都达到 50℃，传递 $6.19 * 10^4 \text{J}$ 热量需要 20.60s，小于 24s。这一结果能够从理论上说明从滑轮 1 到滑轮 3 可以将金属环带从 200℃ 降到 50℃，但是在实际生产中可能会有出入，实际设计时需要结合试验。

5 总结和展望

对印浆的清除实验中可以看出：随着温度的升高，清除率逐渐下降；随着温度的降低，清除率逐渐升高，但是并不能只依靠温度的降低来提高清除率。因为热转印就是依靠染料的升华来实现印花的，若温度降到染料的升华点以下，则无法实现转印。一般染料的升华温度在 200℃左右，当热转印的温度高于 230℃时，印浆中的助剂极易碳化，碳化后印浆很难除去，因此热转印的温度选择 200℃较合适。

在研究试剂的用量对清除的影响时，TB-56、TY-54、TR-60 分别得出了一组添加剂配方，分别为：立德粉：0.2%，粘合剂：2%，FCN：0.5%，FDS：0.5%；立德粉：0.2%，粘合剂：0，FCN：1%，FDS：1%；立德粉：0.2%，粘合剂：2%，FCN：0，FDS：0.5%。对比这 3 个配方可以看出立德粉在这 3 组配比中，它的质量百分比一直是 0.2%；在第二组配比中粘合剂的质量百分比是 0，该曲线趋于一条直线但是并非一条直线，在 1 这个点时清除率竟然取得了最小值，之后随着质量百分比的增加清除率又有所回升，在 2 这个点时清除率与 0 这个点的清除率基本持平。基于以上现象，我认为在这个曲线上反映出了试验的误差，因为在第一部分试验中已经证实粘合剂的加入对清除很有利，在这 3 组配比中其它的试剂的用量虽然存在误差但是取值还算合理。

无纸样机运行过程出现温度不恒定的原因主要是：1、实际消耗的功率大于加热板的额定功率；2、热转印区两侧墙板与履带之间存在约 30cm 的空间，而且这一空间因履带运行难以设置保温，由此也会散失大量的热能；3、计算时没有考虑从毯带带出的热量。因此，实际消耗的热能远远大于上述计算的值，超出额定功率很大。

在专用印浆的转移率实验中总结如下：染料没到达升华点之前，随着温度的升高和时间的延长，得到的转移率也越来越大；不同的材质对转移率也有影响，但效果变化不是很明显；在涤纶上的转移率比在棉上的转移率要大，原因是染料与涤纶的亲合力大于纯棉；相对本试验来说，提高温度比延长时间对转移率的提高效果明显。

在测三种染料的升华图时，测得的数据有可能有误差，分析如下：一、升温速率太快导致数据不准；二、在染料升华开始以后，氮气没有把升华的气体都吹出去，导致实验有误差；三、在染料测升华之前，研磨和干燥的时间短，导致颗粒大并且没有干燥彻底。

在热回收中金属环带温度和冷空气的温度最后都达到 50℃，传递 6.19×10^4 j 热量需要 20.60s，小于 24s。这一结果能够从理论上说明从滑轮 1 到滑轮 3 可以将金属环带从 200

℃降到 50℃，但是在实际生产中可能会有出入，实际设计时需要结合试验。

经过近一年的论文工作，对无纸样机改进的必要性和改进方案有了比较具体的思路：

1. 在清除印浆过程中，要保持染料在升华的前提下，温度控制要尽可能的低，这样有利于残留印浆的清除；在配方上应该适当的增加些添加剂，有利于目前在清除印浆中存在的困难；在实际中，清除率从理论上来说当然 100%最好，从已经计算的清除率数据上看还相差很远，所以下一步要考虑能否通过使用其他类型的表面活性剂来增加清除率，或者通过改变刮刀的材质来改善清除效果。

2. 从热平衡的计算结果可以看出，保温板散失了不少的热量。为了减少热量的损失，可以加厚保温层，或者把保温层中的材料石棉换成保温性能更好、更耐用的材料；在热转印区两侧墙板与履带之间存在约 30cm 的空间，这部分难以保温，设想在履带边缘安装防磨毛刷，这种毛刷不仅有一定的保温作用而且还具有较强的耐磨性（比如羊毛制作的毛刷），只有这样才能保证毛刷既保温又可以维持比较长久的使用时间；在考虑毯带带出的热量散失时，应该考虑在机器下面安装一个保温罩，以减少毯带带走的热量，保温罩可以和热转印区相通，这样从毯带散失的热量也会回到热转印区中；金属环带从热转印区出来的温度是一定的，所以带走的热能是一定的，但可以考虑将其回收利用，从而降低能量的消耗，虽然在回收这章对能量有了一定的回收计算，但在实际生产中还不能保证能够象计算那样得到完全节约的理想状态，可以在设计下一台机器时加大冷风量，再延长和冷空气接触的时间。冷空气升高到 50℃后，再经过一个空气加热装置，在装置出口处用热电偶测热空气的温度，使热空气温度达到干燥系统的温度要求。

6 参考文献

- [1] 王红凤. 无纸热转移印花技术. 印染, 2003(8):33~34.
- [2] 宋心远, 沈煜如编著. 新型染整技术. 中国纺织出版社, 1999, 263~266.
- [3] 肖刚, 王景国. 染料工业技术 北京:化学工业出版社, 2004.
- [4] Park I J, Lee S B, Choi C K, et al. Surface properties and structure of poly (perfluoroalkylethylmeth-acrylate)[J]. Colloid Interface Sci., 1996, 181(1):284-288.
- [5] 周震, 武兵. 印刷印浆的配方设计与生产工艺[M]. 化学工业出版社, 2004年1月 20-45页.
- [6] 阎素斋, 李文信. 特种印刷印浆[M]. 化学工业出版社, 2004年5月 286-297页366-377页.
- [7] 北京锅炉厂译锅炉机组热力计算标准方法. 北京:机械出版社, 1973.
- [8] 秦国庆. 金属环板水幕冷却装置的研制(硕士论文). 北京科技大学, 1990.
- [9] 王雅勤. 锅炉燃烧室传热计算方法的研究. 河北电力技术, 1986(2):6~16.
- [10] 化工部染料工业科技情报中心, 化工产品手册-染料. 北京:化学工业出版社, 1983, 126.
- [11] 冯俊凯等. 锅炉原理与计算. 北京:科学出版社, 1987.
- [12] 李永兴, 陈春元, 孙家庆. 电站锅炉炉膛出口温度计算方法的研究与改进1 动力工程, 199216(12).
- [13] 刘林华. 锅炉传热计算方法的发展状况. 动力工程, 200111(20).
- [14] 时钧, 汪家鼎. 化学工程手册(上册)[M]. 北京:化学工业出版社, 1996.
- [15] 大连理工大学化工原理教研室. 化工原理(上册)[M]. 大连:大连理工大学出版社, 1993.
- [16] 化工部化学工程设计技术中心站编. 化工单元操作设计手册(上册)[M]. 北京:化学工业出版社, 1989.
- [17] 杨锦宗编. 染料的分析与剖析[M]. 北京化学工业出版社, 1987, 299-323.
- [18] 范雪荣, 张海泉. 纯棉针织物的热转移印花研究[J]. 印染, 1996, 21(1):14-17.
- [19] 林文漪, 杨彬, 周力行. 多重网格法在燃烧室内流场数值模拟中的应用[J]. 工程热物理学报, 1994, (2).

- [20] 李勇, 周力行. $K-\epsilon$ -PDF 两项湍流模型和台阶后方气粒两相流动的模拟 [J]. 工程热物理学报, 1996, (2).
- [21] 周力行. NO_x 生成湍流反应率数值模拟的进展[J]. 力学进展, 2000, (1).
- [22] 周力行, 廖昌明, 陈涛. 强旋气-粒两相湍流的统一二阶矩封闭模型[J]. 工程热物理学报, 1994, (3).
- [23] 聂建虎, 陶文铨, 王秋旺. 具有复杂结构的换热器出水管段内湍流的数值模拟 [J]. 西安交通大学学报, 2000, (5).
- [24] 刘继平, 聂建虎, 严俊杰, 等. 复杂区域流动换热问题的一种新的网格处理方法[J]. 西安交通大学学报, 1999, (5).
- [25] 王昌凌, 王弘. 导热三维温度场的科学计算可视化研究[J]. 华中理工大学学报, 1997, (6).
- [26] 郑友取, 樊建人, 查旭东, 等. 切向燃烧锅炉炉内 NO_x 生成的数值模拟[J]. 动力工程, 2000, (3).
- [27] 倪浩清. 工程湍流模式理论综述及展望[J]. 力学进展, 1996, (2).
- [28] 李会雄, 周芳德, 陈学俊. 管内湍流漩流的数值计算[J]. 应用力学学报, 1994, (2).
- [29] 朱松林, 朱方元. 三维复杂区域对流换热问题的控制方程及计算[J]. 航空动力学报, 1998, (3).
- [30] J G Neevel, H C A van Beek, H H I Den Ouden and B van de Graaf, Photo-oxidation of Azo Dyes in the Presence of Biacetyl and Oxygen, JSDC, 1990, 106(5-6):176~180.
- [31] 张启寿编. 对传热系数 K 的探讨[J]. 安庆师范学院学报(自然科学版).
- [32] Weinmager V. The Condensation of Dicylopentadienyliron with Aromatic Diazonium Salts [J]. J Am Chem Soc. 1955. 77:3012—3014.
- [33] Rosenblum M. The Structure and Chemistry of Ferrocene IV Intraannular Resonance Effects [J]. J Am Chem Soc. 1959. 81:4530—453.
- [34] 程立新, 杨杰辉. 换热设备防结垢技术进展[J]. 石油化工设备, 2000, (4).
- [35] 杨善让, 徐志明. 换热设备的污垢与对策[M]. 科学出版社, 1997.
- [36] Umeda, M.; Niimi, T.; Haahimoto, M. Jpn. J. Appl. Phys. 29, 2746(1990)
- [37] Law, K. Y. Chem. Rev. 93, 262(1993).

- [38] Loutfy, R. O.;Menzel, E. R. J. Am. Chem. Soc. 102, 4967(1980).
- [39] Chen, H. Z. Wang, M.;Feng, L. X.;Yang, S. L. J. Polym. Sci. 3, 1165(1993).
- [40] Bruce Prakinson. On the efficiency and stability of photo electrochemical devices, Acc. Chem. Res., 1984, 17:431-437.
- [41] 陈红艳. 热转印印刷工艺的发展现状[J]. 今日印刷 2007 年 02 期.
- [42] 王红凤, 邓璇, 胡君曼. 热转印水性印浆在涤棉织物上的应用性能[J]. 北京服装学院学报, 2005 年.
- [43] P. W. Cunliffe. Influence of Temperature and Humidity on Fading, JSDC, 1956, 72:330~332.
- [44] 周震. 印刷印浆[M] 化学工业出版社 2002 年 5 月, 节选自 190-191 页.
- [45] L M G Jansen, I P Wilkes, D C Greenhill and F Wilkinson, Quenching by Oxygen of Excited Stated of Dyes on Cotton Investigated with Diffuse Reflectance Laser Flash Photolysis and Singlet Oxygen Detection. JSDC, 1998, 114(11):327~332.
- [46] 张福田. 分子界面化学基础[M]. 上海科学技术文献出版社, 2006 年 6 月.
- [47] C.H. Giles and R. B. Mckay, The Light fastness of Dyes: a Review, Text Res J, 1963, 33: 571-572.
- [48] E. U. 施林德尔等著. 马庆芳等译. 换热器设计手册. 第三卷换热器的热设计与流动设计. 北京机械工业出版社 1988.
- [49] surfactant science and technology[M]. 2006 年 12 月 7 日, 349-367 页.
- [50] Hans Jurgen. Butt, Karheinz Graf, Michael Kappl physics and cheMistry of interfaces[M].
- [51] 马毓义译. 锅炉机组热力计算标准方法. 北京: 机械出版社, 1957.
- [52] Alps Electric Co. Ltd. Tokyo. Japan Study of High Definition Full Color IMaging To Plain Paper by TherMal Transfer Printing[M] 2003.

致谢

在写论文的过程中,在王老师的精心指导和帮助下,我的论文得以顺利的完成.首先,向王老师致以最诚挚的感谢。

王老师对工作严谨的态度,渊博的知识,对课题专研的态度对我的影响最大,使我获益很多,在做实验以及写论文的过程中,老师不仅给予了我所需要的专业知识,而且还教育我们如何做人,如何面对未来的社会要保持良好的心态。人生中能够有一盏指引自己向前的路灯是一件值得欢喜的事情,我很庆幸我能够遇到王老师。

其次还要感谢今年毕业的本科师弟师妹们,服装系的刘为朋友他们给予了我很大的帮助,还有好多对我有帮助的老师和同学们,谢谢你们。

时光荏苒,两年半的研究生学习阶段并不像想象的那么长,如今,我答辩的时刻即将来临。此时此刻,心情复杂,难以言表:为如何圆满完成这阶段最后的学业而紧张压抑,为即将走向另一个校园或者走向繁复的社会而兴奋激动,为即将告别熟悉的校园与亲切的导师而伤感留恋,为远离来自四海又将走向五湖的同学们而离愁落寞……在完成我的研究生学业即将答辩的同时,我也总结了我这两年半的学业过程中的一些感受与体会。

在研究生学习过程中,我深刻体会到,一个好的老师是学生一生的财富。导师渊博的学识,独特、创新的思路,尽善尽美、谨慎务实的工作态度都深深的影响了我,虽然偶尔会有争论,但每每争论后我从内心不得不服。一定要学会独立思考,这是她经常教导的,也是我个人深有体会的,在学好专业理论的基础上,还要勤动脑筋,敢有自己独到的 idea,不断培养发现新问题,分析问题及解决问题的能力。

但与此同时,我觉得在学习的过程不能太依赖导师(我可能在这方面做得还不够,但最后我体会到了)她只是在大方向提出一些意见,至于具体的工作是需要自己去做的,也只有这样才培养了独立解决问题的能力。当然也不要指望师弟师妹们,他们没有义务帮你,如果帮上忙了也要表示感谢。刚开始做实验时,发现师妹们都没有涉及自己研究的内容,我觉得有些无助与不平衡,为什么别的同学都有人帮助,而自己却只能孤军奋战,现在回过头来,发现当时想法真的很幼稚。

做实验是我研究生期间很重要的一个方面,毕业论文的完成也是在实验数据的基础上,分析出试验结果很重要,但实验的过程也给了我很多很多,不仅提高了实践动手能力,也教会了我严谨细致的态度,培养了我的耐心与毅力。

当然,研究生阶段学业是关键的部分,但我认为在端正学习态度、学习专业理论、学

会学习方法的同时还要提高自身综合素质，比如学会如何做人、如何与人交往，学会如何管理自己、管理时间，学会如何表达自我等，这些对于我来说，也都视为必修课，我也抓住每个可能的机会去锻炼，最终目的只有一个，那就是不要给自己的研究生生活留下一点遗憾。或许我还没做到，但不管怎样，我一定会再接再厉。

攻读学位期间发表的学术论文

1. 张昕, 王红凤. 无纸热转印工艺专用印浆的转移率及其影响因素研究[J]
毛纺科技(中文核心期刊, 已录用)