

[新材料·新设备·新方法]

DOI:10.3969/j.issn.1005-2895.2022.02.013

热敏纸高速涂布整饰设备

王桂荣¹, 张立²

(1. 上海东海职业技术学院, 上海 200241; 2. 杭州尊涂科技有限公司, 浙江 杭州 310000)

摘要:针对目前热敏纸涂布及整饰设备在适应热敏纸高速生产时存在上料辊涂料易于飞溅、涂层稳定性差及纸幅在运行过程中张力波动大等缺点,笔者基于热敏纸的应用范围及使用特性,阐述了采用新型喷射上料组合刮刀涂布器和帘式涂布器等涂布关键设备可消除涂料飞溅,并保持涂层质量稳定性;阐述了采用真空牵引装置和可控中高软辊压光机来解决纸幅张力波动和提高纸幅表面平滑度。文中所论述的新型高速热敏纸涂布机不仅使热敏纸高速和稳定的运行,而且满足纸幅涂层质量好的要求。

关键词:热敏纸;压光机;组合刮刀涂布器;帘式涂布器;热风循环干燥

中图分类号:TH112;TS735.1 文献标志码:A 文章编号:1005-2895(2022)02-0080-06

Thermal Paper High-Speed Coating & Finishing Equipment

WANG Guirong¹, ZHANG Li²

(1. Shanghai Donghai Vocational and Technical College, Shanghai 200241, China;

2. Hangzhou Top Coating Technology Co. Ltd., Hangzhou 310000, China)

Abstract: In view of the shortcomings of the current thermal paper coating and finishing equipment in adapting to the high-speed production of thermal paper, such as easy splashing of coating of the feeding roller, poor coating stability and large tension fluctuation of paper web in operation, based on the application scope and characteristics of thermal paper, the solution that adopting the key coating equipment such as the new spray feeding combined-blade coater and the curtain coater to eliminate coating splash and maintain coating quality stability was described. The method of solving web tension fluctuation and improving web surface smoothness by using medium vacuum traction device and controllable medium and high soft roller calender was introduced. The described new high-speed thermal paper coater can not only make the high-speed and stable operation of thermal paper, but also meet the requirements of the good coating quality.

Keywords: thermal paper; calender; combined-blade coater; curtain coater; hot air circulation drying

热敏原纸通过多层颜料涂布后,涂料中的功能涂料在热能的作用下显色后成为记录信息的纸张即为热敏纸^[1]。根据用途,热敏纸可分为用于传真机的“传真纸”;用于食品和行李等的“标签纸”,用于POS机、ATM机和便携式终端打印机以及各种彩票、车票、登机牌和心电图等的“打印纸”^[2]。随着热敏纸的应用日益广泛,其品种越发繁多,对加工热敏纸的涂布整饰设备的要求提高了。设备既要适应高速时的稳定运行,又要满足多品种生产,因此,高车速涂布整饰设备的设计和制造具有重要的意义。

1 热敏纸各涂层介绍及作用

热敏纸以原纸(或薄膜)作为基材,在基材表面进行预涂层(底涂层)、热敏发色层、顶涂层(面涂层)和背面涂层的涂布,既提高了热敏纸的发色灵敏度和密度以获得优异的打印清晰度,又可以使热敏纸具有各种防护性能(见图1)。

预涂层(底涂层)的作用是隔离和隔热作用^[3];热敏发色层的作用是遇到加热元件时会显色成文;顶涂层(保护层)的作用是保护热敏涂层不会因为水、油脂、塑料及指印等的影响造成字迹分辨不清或消失;背

收稿日期:2021-12-03;修回日期:2021-12-30

第一作者简介:王桂荣(1965),女,黑龙江肇东人,硕士,主要研究方向为机电一体化。E-mail:3355459818@qq.com

面涂层用于防止溶剂性胶粘剂等渗透到热敏层中,避免引起热敏层污染。

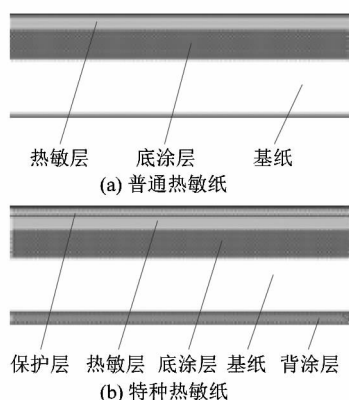


图1 热敏纸各涂层分布

Figure 1 Coating distribution of thermal paper

2 新型高速热敏纸涂布机工艺流程

目前国内主要涂布机制造厂商所生产的普通热敏纸涂布机通常按照如下方式配置:涂布采用辊式上料的刮刀底涂、辊式上料的计量棒涂布的热敏涂层以及用于消除纸张翘曲的辊式背涂(俗称“两正一反”)的方式完成热敏纸的生产,可满足运行车速在 400 m/min 以内的生产需求;新型高速热敏纸涂布机采用喷射上料的组合刮刀涂布器、帘式涂布器和辊式背涂(俗称“四正一反”)的形式,可以实现普通热敏纸和三防热敏纸等多种产品的生产,正常运行车速达到 630 m/min。

新型高速热敏纸涂布机的工艺流程为:

双轴回转放纸架→浮动辊装置→牵引辊装置→刮刀/计量棒组合涂布器(底涂1)→热风循环干燥系统→冷辊牵引装置→刮刀/计量棒组合涂布器(底涂2)→热风循环干燥系统→冷辊牵引装置→软辊压光机→帘式涂布器(热敏层)→热风循环干燥系统→冷辊牵引装置→帘式涂布器(保护层)→热风循环干燥系统→冷辊牵引装置→背涂装置→热回收型循环热风干燥→夹套缸调态→可控中高软辊压光装置→双轴回转复卷架(带自动接纸装置)。

3 热敏纸涂布机设备配置

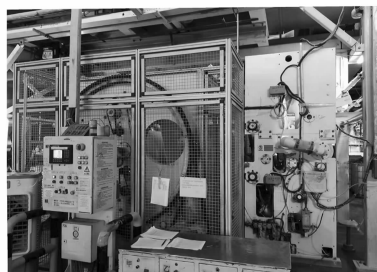
3.1 退纸部和收卷部自动换卷原理

热敏纸涂布机的退卷和收卷装置一般都采用带自

动换卷系统的双轴回转架机构,以适应热敏纸连续生产过程中的换卷接纸操作。如图2所示,回转架有2种形式:通常配置为十字型结构,新型涂布机中采用盘式结构。十字型结构的回转架适合车速在 550 m/min 以下、纸卷直径在 1 300 mm 左右的机外涂布机;而盘式结构适合车速在 550 m/min 以上、纸卷直径大于 1 500 mm 的机外涂布机。盘式回转架的回转驱动装置为齿轮副或链轮链条进行回转驱动;同时,纸卷传动则安装在回转架上与回转架一起回转,保证回转架在涂布机运行和自动换卷过程中更加稳定。



(a) 十字型



(b) 盘式

图2 回转放卷架及自动接纸装置

Figure 2 Unwinder & automatic paper receiving device

对于机外涂布机来说,设置全速自动换卷装置,可以有效保证机外涂布机的连续运行并提高成品率^[4-6]。在新型热敏纸涂布机中除设置气动压辊、气动断纸刀及位置检测等设备外,依据高速和纸卷更换频繁的特点,还设置了纸卷直径自动检测以及换卷实现自动完成的过程,具体步骤及原理:在机外涂布机全速运行时,人工将新纸卷安装在回转架放卷轴并贴上双面胶带和接头位置感光胶带,通过超声波自动检测新纸卷直径并送往 PLC, PLC 根据涂布机的车速和运行的纸卷直径,在光电开关的检测作用下,自动发出信号使回转架转动到位、接纸臂摆动到位及新纸卷加速达到主

机速度,待 PLC 检测到运行中旧纸卷的直径达到设定值时(一般比纸芯外径大一些即可)发出信号,使换卷压辊和断纸刀动作,即完成纸幅从旧纸卷准确无误地切换到新纸卷上,在前述过程中各操作之间具有互锁控制功能,可以确保自动换卷设备的安全运行。整个过程除人工参与装卸纸卷及粘贴胶带等工作外,完全实现换卷功能的自动化运行,具有人工干预少和换卷成功率高的特点。

3.2 涂布部的涂布设备

用于生产热敏纸的涂布装置主要有刮刀/计量棒组合涂布器、帘式涂布器和气刀涂布器等。气刀涂布器在新配置的热敏纸涂布机中已很少采用,主要原因是气刀涂布器对涂料的固含量及黏度和涂布机的运行速度有一定的限制;比较多的采用刮刀/计量棒组合涂布器;而随着车速的不断提高和热敏涂布技术的发展,帘式涂布器也逐渐成为热敏纸涂布的主流设备。

在新型涂布机中,涂布部的涂布设备采用喷射上料的组合刮刀涂布器、帘式涂布器和新型 LAS 背涂涂布器。组合刮刀涂布器用于热敏纸的 2 次底涂层(隔热层)涂布,其中第 1 次用刮刀涂布以消除原纸横幅定量差,第 2 次计量棒涂布实现均匀的隔热层,以节约涂料,降低成本;帘式涂布器用于热敏纸的热敏层和保护层(顶涂)涂布;新型 LAS 背涂涂布器用于热敏纸背面涂布。

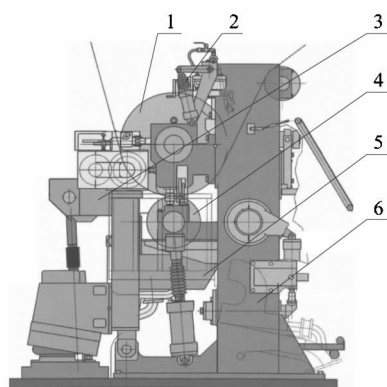
3.2.1 刮刀/计量棒组合涂布器

组合刮刀涂布器包含供料系统、涂布系统、计量装置和现场控制系统等。供料系统即涂料制备系统,包含涂料储存罐、供料槽、供料泵、压力筛和除气器等;涂布系统包含上料装置、背辊及喷雾等;计量装置包括刮刀架、刮刀横梁、横幅涂布量调节装置以及计量棒和传动装置等;现场控制系统则集合在一个现场控制箱内,主要用于控制涂布器各动作元件的现场操作,如刮刀梁、上料系统的脱开和闭合、刮刀的夹紧和松开。

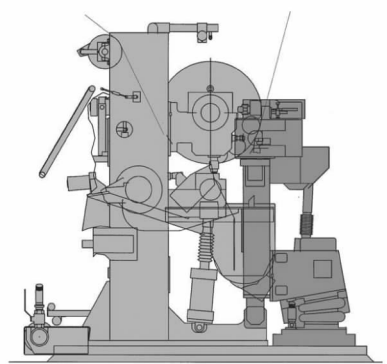
根据上料方式的不同分为辊式上料组合刮刀涂布器和喷射上料刮刀涂布器。喷射上料适用于中高车速涂布机,辊式上料适用于中低速涂布机。在新型热敏纸高速涂布机中采用喷射上料代替辊式上料,以避免在高速情况下上料辊在转移涂料时引起涂料飞溅和涂料中出现气泡,造成环境污染并对涂层质量产生影响。

1) 图 3(a)所示为辊式上料组合刮刀涂布器^[7-8],其背辊直径为 $\varnothing 700$ mm,上料辊直径为 $\varnothing 300$ mm,背辊和上料辊表面均包覆具有一定弹性和耐腐蚀性的耐磨橡胶,以增大纸幅与背辊之间的摩擦力以及涂料与上料辊之间的结合力,保证涂布的顺利进行。

2) 图 3(b)所示为喷射上料刮刀涂布器,背辊直径同样为 $\varnothing 700$ mm,只不过与辊式上料相比,喷射上料属于无接触柔和上料形式,避免涂料产生破坏。将计量泵作用下的涂料通过多管进入由一对唇板围合成的混合腔内,在涂料压力的作用下沿唇板缝隙冲出并喷向涂布纸幅,完成喷射上料。这对唇板可以气动开合,唇板缝隙为 1~2 mm,唇板倾斜角度可以在 $0^\circ \sim 45^\circ$ 范围内调整。喷射上料与辊式上料相比,涂层质量明显提高。喷射上料系统如图 4 所示。



(a) 辊式上料



(b) 喷射上料

1—背辊;2—边缘喷雾;3—计量装置;4—上料辊;5—上料盘;6—上料装置。

图 3 组合刮刀涂布器

Figure 3 Combined-blade coater

3) 计量装置包含刮刀架和刮刀梁以及横幅涂布量的调节螺杆等。刮刀通过气胎或气缸夹紧或松开,

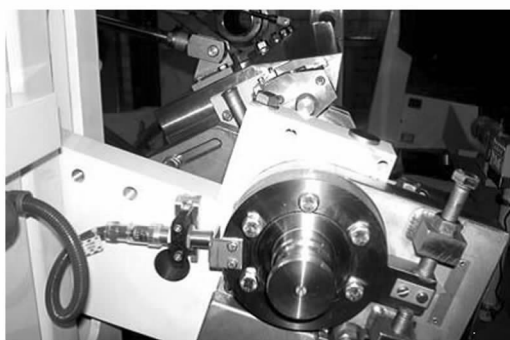


图4 喷射上料系统
Figure 4 Jet feeding system

并固定在刮刀架上;刮刀分为硬刮刀和软刮刀,实际生产中多采用软刮刀。刮刀的调整分为刮刀角度调整和横幅涂布量调整,刮刀角度在伺服电机和精密蜗轮蜗杆的作用下,完成绕刮刀尖在 $8^{\circ} \sim 40^{\circ}$ 的范围内转动;横幅涂布量通过微调差动螺杆实现横幅涂布量均匀分布,微调螺杆的间距为50 mm。与刮刀接触的支撑方式有硬支撑和软支撑,硬支撑为刚性移动块,移动块在微调螺杆的作用下前后移动,实现横幅涂布量的改变;软支撑为一根气囊,气囊固定在移动块内,微调螺杆调节移动块实现横幅涂布量均匀,同时改变气囊压力可以实现整幅涂布量的改变。该系统在新型高速热敏纸涂布机底涂涂布中的应用结果表明,使用软支撑的新型计量系统,更容易适应涂料黏度的变化,使刀片具有更好的弹性和加压均匀性,能够适应原纸横幅厚度(定量)以及背辊和刮刀片磨损等引起的涂布量改变,实现稳定的运行性能。

4) 在刮刀/计量棒组合涂布器中,涂料通过上料辊或喷射上料装置将超量的涂料转移到纸幅上,最后通过刮刀或计量棒进行计量。计量棒一般安装在全幅宽度的塑料或橡胶的支撑棒床上,计量棒棒床上安装有子棒座用于固定计量棒,计量棒下方设有清洁水槽起到润滑计量棒的作用,清洁水压力为0.01~0.20 MPa;计量棒的侧面设有计量棒夹紧补偿气胎,防止计量棒跳动和清洁水流出,气胎压力范围为0.01~0.20 MPa;计量棒床底部设有加压气胎,用于控制涂布量,压力范围为0.01~0.20 MPa。一般情况下,气压增大涂布量减少,气压减小涂布量增加。计量棒直径为 $\varnothing 13.65$ mm,由单独电机传动,转动方向与背辊及纸幅

运行方向相反,通过变频器调节速度。

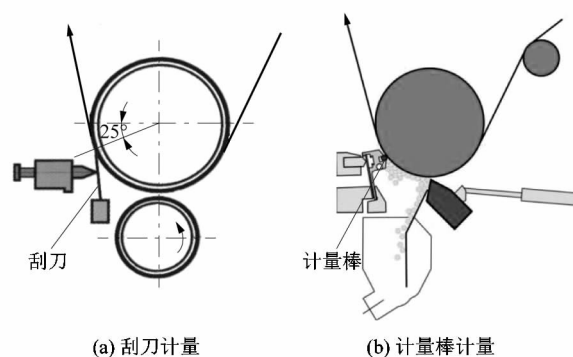


图5 2种计量系统
Figure 5 Two metering system

3.2.2 帘式涂布器

帘式涂布^[9-10]是一种非接触式涂布,涂料从分配器喷嘴中连续不断地流出“预计量”的薄膜,该薄膜型液体在接触到移动的预涂纸幅前为自由下落运动,此时的涂料薄膜呈幕帘状。这里的“预计量”薄膜指的是送到帘涂模头用于涂布在纸幅上的涂料已经预先精确计量而没有过量的涂料的情况。自由下落的幕帘在一定距离(通常在100~300 mm)内获得了扩展性的流动,以合适的速度沉积在纸页上形成涂层,整个涂布过程区分为幕帘成形区、幕帘流动区和幕帘冲击区等,如图6所示。

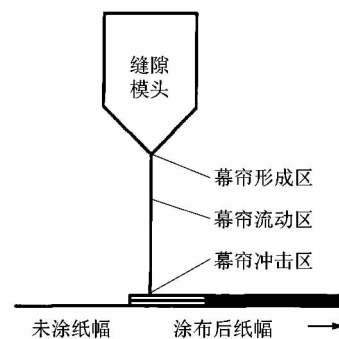


图6 帘式涂布过程
Figure 6 Curtain coating process

帘式涂布器根据涂层的多少或涂料的不同功能可分为单层和多层帘式涂布,如图7所示。根据幕帘的成形过程又区分为狭缝式帘式涂布和坡流式帘式涂布。帘式涂布器包含帘式模头、背辊、移动装置、真空箱、舱外涂布及起帘接料盘、吹风管和计量泵等部件。

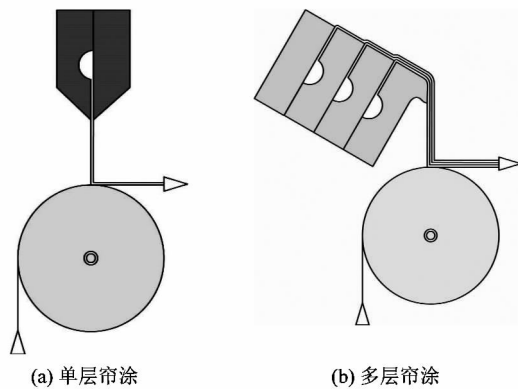


图7 帘式涂布器

Figure 7 Curtain coater

3.2.3 背涂装置

纸幅在涂布干燥后,纸幅中水的质量分数为3.5%~4.0%左右。需要通过LAS背涂装置在纸幅背面涂布一定量的水分或淀粉胶乳,再经过包覆干毯的夹套缸(热缸或冷缸)装置进行熨平调态处理;将单面涂布干燥后由于内应力引起的纸幅翘曲加以消除的同时使纸幅表面保持良好的平整状态。

背涂装置包括上料辊、转移涂布辊、气动压辊及涂料槽等。上料辊是亲水性的橡胶辊,转移涂布辊为陶瓷网纹辊,压辊为铝合金辊或包胶辊。上料辊与转移涂布辊之间设有调节机构,根据生产需要使两辊中心线呈交叉或平行状态,实现横幅涂水量不同的目的。纸幅在压辊与转移涂布辊之间通过,通过压辊可以调节纸幅在涂布转移辊上的包角,实现涂布量的改变。

为适应热敏纸涂布机的背涂涂料的特性,要求LAS辊式涂布器的压辊与转移涂布辊接触以实现涂布均匀和消除翘曲,因此将背涂装置的气动压辊更换成大直径的包胶辊(包胶材料采用硅胶辊)。实际使用效果证明这一改型配置具有很好的背面涂布适应性。

3.3 烘干部的干燥设备及干燥器形式

3.3.1 干燥器

在高速热敏纸涂布整饰设备中,将众多的干燥器呈水平形式布置,并在每组干燥系统的进纸端和出纸端设置真空牵引装置,其目的是保证涂布后的纸幅在极小张力的作用下进行烘干涂料。利用平衡式干燥箱的上、下喷嘴与纸幅张力之间形成平衡,保证纸幅不会与喷嘴产生擦碰和抖动,造成涂层破坏;在整个干燥过

程中高速热风对纸幅进行冲击干燥,并保持直线的运行状态,大大提高了干燥效率。

3.3.2 热风循环干燥系统

热敏纸涂布机干燥循环热风的加热介质有电、油、蒸气和燃气等^[11],比较经济的是蒸气热交换器或燃气热交换炉2种方式。蒸气热交换器加热会受蒸气压力的限制,加热后的空气温度在150~160℃,而燃气加热为即热型换热系统,热效率高,加热后的空气最高温度能达到500℃。由于热风循环系统内不需要配置热交换器,管道压力损失较小,因此所配用的循环风机功率可以适当减小。在热风循环系统中相应设置有排潮风机,考虑到排除的热空气温度较高,为此利用排潮排出的高温空气对补充的新空气进行预热,以节约能耗^[12-15]。

基于以上考虑,新型高速涂布生产线的热风循环系统采用互平衡式气翼干燥器;在每次涂布后分别水平布置4~6只干燥箱,相邻干燥箱之间不设置空隙以减少热空气损失;每套热风循环系统设有单独热回收装置,同时在涂布背辊后配置远红外干燥器对涂布后的纸幅进行穿透式加热,以减少涂料的迁移,提高涂层质量。

3.4 压光机

为了实现热敏纸表面平滑度的要求,高速热敏纸涂布机一般配置有可控中高的软压光机,型式有单压区两辊压光机、双压区三辊压光机和双压区四辊压光机。在热敏层涂布前一般布置一套单压区两辊压光机,而在收卷前则布置一套双压区三辊压光机或双压区四辊压光机。

在新型高速热敏纸涂布机配有2套单压区可控中高软辊压光机^[16],分别布置在帘式涂布和收卷前。软辊采用耐高压的包胶辊,可以通过调节油压对每个区施加不同的压力来控制辊的中高量,实现分区可调的目的;硬辊为表面镀硬铬的冷硬合金铸铁辊,硬辊和软辊上、下布置;下辊通过一对柱塞油缸实现加压和快速脱辊的功能;压光机采用单独电机变频驱动。

3.5 纠偏装置及真空辊

真空辊主要由旋转的辊体和固定的芯轴组成,辊芯上设有扇形腔,在实际使用时包覆在辊体上的纸幅包角与真空腔的扇形腔对应;辊体上加工有规则排布

的通孔,通孔直径为 $\varnothing 4$ mm,辊体表面包胶或包不锈钢网,以增大纸幅在辊体上的吸附力。真空腔通过管道与专用抽真空风机连接,真空度大小通过调节风机转速实现。

高速热敏纸涂布机在帘式涂布器和热风循环干燥系统前、后各设置有真空辊牵引装置^[17],如图8所示。在帘式涂布过程前后设置真空辊的目的是避免纸幅张力变动引起纸幅拉伸从而影响涂布量的稳定;而在干燥系统进、出端设置真空辊的目的是使纸幅在干燥过程中的张力尽可能小以避免纸幅收缩。



图8 真空辊装置

Figure 8 Vacuum roller

4 结论

结果表明,随着国产喷射上料组合刮刀涂布器、帘式涂布器和真空牵引辊及可控中高软辊压光机等关键涂布整饰设备的成功开发和应用,较好地解决了热敏纸涂布机在高速生产中易出现涂层不稳定、涂料飞溅等缺陷,对热敏纸涂布生产线高速稳定的运行提供了可靠的保证,较大幅度满足了市场对热敏纸的品种及质量的要求,对热敏纸高速涂布整饰设备的发展起到较好的推动作用。

参考文献:

- [1] 王际德. 热敏纸发展近况和推进建议[J]. 中华纸业, 2010, 31(12): 45-48.
- [2] 李臻. 热敏纸市场概况[J]. 中国造纸, 2015, 34(1): 56-60.
- [3] 李月娟. 浅谈热敏纸技术及发展方向[J]. 中国科技信息, 2011(9): 148-150.
- [4] 王澍, 张立, 虞槽梁. 国产机外高速涂布机自动接纸装置[C]//首届中国造纸装备发展论坛论文集. 焦作: 中国轻工机械协会, 2010: 408-413.
- [5] 杨树忠. 热敏纸生产线的设备配置及运行效果[J]. 中华纸业, 2018, 39(4): 41-53.
- [6] 赵英. 纸张涂布如何实现自动接纸[J]. 中国造纸, 2012, 31(11): 71-73.
- [7] 李景刚. 自动刮刀涂布头的特性及原理[J]. 湖南造纸, 1995(3): 12-14.
- [8] 严杰, 高蓝, 尤德贤. 国产高速组合刮刀涂布器[J]. 轻工机械, 2008, 26(1): 11-13.
- [9] 孙军, 刘金刚. 帘式涂布中幕帘稳定性的影响因素[J]. 中国造纸, 2009, 28(6): 63-66.
- [10] 李强. 帘式涂布中几个问题的分析及处理[J]. 中华纸业, 2012, 33(12): 64-66.
- [11] 王际德, 李臻, 刘志浩. 无碳复写纸及热敏纸的高速涂布中试报告[J]. 中国造纸, 2004, 23(10): 29-31.
- [12] 王良桥, 张振雄. 新型涂布热风干燥系统的开发应用[J]. 中华纸业, 2017, 38(2): 23-26.
- [13] 霍金龙. 浅谈非接触干燥及其节能方式[J]. 中国造纸, 2010, 29(12): 71-73.
- [14] 黄少清. 漂浮干燥在涂布机干燥系统中最佳化应用[J]. 中国设备工程, 2017(6): 34-36.
- [15] 王良桥, 文中. 燃气燃烧器热风系统在高速涂布机中的运用[J]. 造纸科学与技术, 2009, 28(6): 34-36.
- [16] 诸葛宝钧. 新型可控中高超级压光机[J]. 中华纸业, 2001, 22(11): 35-36.
- [17] 张立, 王澍, 张毅嘉. 特种涂布纸的涂布整饰设备[J]. 中华纸业, 2013, 34(18): 12-16.