

Improvement and innovation of surface treatment technology of special paper

Kuangrong Xu

Kingdecor (Zhejiang) C., Ltd., Quzhou, Zhejian, 324022, China

Abstract

With the continuous expansion of specialty paper applications, surface treatment technology has become a critical factor in enhancing product performance. This paper systematically explores improvement and innovation pathways for specialty paper surface treatment technologies, focusing on two key aspects: optimization of traditional processes and functional coating development. By refining conventional techniques such as coating, calendering, and sizing, the physical properties and surface uniformity of paper are significantly improved. Additionally, functional coatings with water/oil resistance, antibacterial preservation, and conductive responsiveness are introduced to broaden application scenarios. Through equipment upgrades and process adaptability optimization, this research promotes the advancement of surface treatment technologies toward intelligent and efficient development.

Keywords

special paper; surface treatment technology; functional coating

特种纸表面处理技术的改进与创新

徐匡荣

浙江夏王纸业有限公司, 中国 · 浙江 衢州 324022

摘 要

随着特种纸应用领域的不断拓展,其表面处理技术成为提升产品性能的关键环节。本文系统探讨了特种纸表面处理技术的改进与创新路径,重点从传统工艺优化与功能化处理技术两方面展开研究。通过改进涂布、压光、施胶等传统工艺,提升纸张的物理性能与表面均一性;同时引入防水防油、抗菌保鲜、导电响应等功能化涂层,拓展特种纸的应用场景。结合设备升级与工艺适配性优化,推动表面处理技术向智能化、高效化方向发展。

关键词

特种纸; 表面处理技术; 功能化涂层

1 引言

特种纸因其优异的性能和广泛的应用领域,在高端印刷、食品包装、医疗器材及电子器件等行业中发挥着重要作用。表面处理技术作为提升特种纸功能性与适用性的关键环节,直接影响其光泽度、印刷适性、防水抗菌等核心性能。因此,探索更加高效、环保且具备多功能性的表面处理技术,具有重要的现实意义和应用价值。

2 传统表面处理技术的优化路径

2.1 涂布工艺的改进

涂布工艺是特种纸表面处理中的关键环节,直接影响纸张的平滑度、光泽度及功能性。近年来,涂布均匀性的提升成为工艺优化的重点方向。传统涂布方式在涂层厚度控制

和分布均匀性上存在局限,难以满足高端产品对表面质量的严苛要求。为解决这一问题,新型涂布头结构设计逐步推广,如气刀式、刮刀式及喷嘴式涂布头,可根据纸张基材特性与涂料流变性进行动态调节,提升涂层的一致性。同时,高精度计量系统的引入,使得涂布量控制更加精细,误差范围显著缩小,尤其在高速生产线上,可有效减少因涂布不均导致的纸张瑕疵和性能波动。在涂料方面,环保压力推动水性涂料和生物基粘合剂逐步替代传统溶剂型材料。水性涂料挥发性有机物(VOCs)排放大幅降低,生物基粘合剂则利用可再生资源合成,不仅减少对石化原料的依赖,还可在保持良好涂布性能的同时实现更优的成膜性与附着力。这些改进措施已在部分特种纸生产企业中得到应用,涂布纸的表面质量与功能稳定性均有明显提升。

2.2 压光与整饰工艺的精细化控制

压光与整饰工艺在特种纸生产中承担着提升表面光泽、平滑度及整体质感的关键作用。随着纸张应用需求的精细化发展,传统压光设备在调节精度与工艺适配性方面逐渐暴

【作者简介】徐匡荣(1985-),男,中国江西上饶人,本科,助理工程师,从事特种纸的研发和生产研究。

露出不足。多段可控压光系统的引入,为实现更高效、精准的表面整饰提供了技术支撑。该系统通过分段施压与独立温控,使压光过程可根据纸张克重、含水率及用途进行动态调整,避免了整体压光中压力分布不均导致的表面缺陷。实际运行数据显示,采用多段压光后,纸张表面光泽度可提升10%以上,平滑度波动范围明显收窄,尤其适用于对表面质量要求严苛的高端艺术纸和标签纸生产。

温控与压力调节的协同优化是提升压光效果的关键因素之一。在压光过程中,辊筒温度的精确控制有助于改善纸张表面纤维的塑性变形能力,增强光泽形成效果;而压力的分级调节则可避免过度压榨导致的纸张变薄或结构损伤。在实际生产中,部分企业已通过集成传感器与自动控制系统,实现压光温度与线压力的实时反馈调节,提升了工艺稳定性与产品一致性。

2.3 施胶技术的优化与功能拓展

施胶技术在特种纸生产中直接影响纸张的表面强度、耐破度及吸墨性能,是决定其印刷适性与物理性能的重要工艺环节。传统工艺中,表面施胶与内部施胶往往独立进行,难以形成协同效应。近年来,通过优化两者的配合比例与施胶顺序,逐步实现功能互补。表面施胶主要增强纸张表层的致密性和抗磨损性,而内部施胶则提升纤维间的结合强度,二者协同作用可有效改善纸张的整体机械性能与表面响应特性。新型施胶剂的引入进一步推动了这一工艺的升级,如氧化淀粉、聚乙烯醇(PVA)、阳离子淀粉及新型合成聚合物等材料的应用,显著提升了纸张的干湿强度与吸墨均匀性^[1]。采用复合施胶工艺后,纸张的表面强度提高15%以上,吸墨速度更易控制,适用于高精度印刷需求。此外,部分功能性施胶剂还可赋予纸张一定的防水、防油或抗菌性能,拓展了特种纸的应用边界。在施胶过程中,施胶剂的渗透深度与分布均匀性成为影响效果的关键因素,部分企业通过改进施胶辊结构与控制施胶浓度,使施胶层更均匀稳定。这种技术优化不仅提升了特种纸的使用性能,也为后续表面处理工艺提供了更优质的基材基础。

3 功能化表面处理技术的创新应用

3.1 防水防油处理技术的创新

防水防油处理技术是提升特种纸在严苛环境条件下使用性能的重要手段,近年来在材料与工艺层面均实现了显著创新。疏水性纳米涂层的开发成为该领域的重要突破,通过在纸张表面构建纳米级疏水层,显著提升了其对水和油类物质的抵抗能力。这类涂层通常采用二氧化硅、氧化锌或氟硅烷类材料,借助溶胶-凝胶法或喷涂工艺实现均匀覆盖,不仅保持纸张原有手感与透气性,还能在微观层面形成稳定防护屏障。经纳米涂层处理的特种纸接触角可提升至120°以上,具备良好的防渗透性能,已在食品包装、医疗记录纸等领域逐步推广应用。与此同时,出于对环保法规与健康安全

的考量,传统含氟类疏水剂的使用受到限制,推动环保型氟替代材料的研发与应用。生物基或可降解疏水剂,如改性植物油、脂肪酸衍生物等,逐渐成为替代方案。这些材料在降低环境污染的同时,仍能维持一定的防水防油效果,部分产品已在中低端应用场景中实现商业化使用。

3.2 抗菌与保鲜功能涂层的应用

抗菌与保鲜功能涂层的应用正成为特种纸高端化发展的重要方向,尤其在食品包装与医疗用纸领域展现出显著的技术价值。银离子因其广谱抗菌性和稳定性,被广泛用于纸张表面处理,通常通过浸渍、喷涂或原位生成技术负载于纤维表面,形成持久抗菌层。壳聚糖作为天然多糖材料,具备良好的生物相容性与可降解性,近年来在环保型抗菌涂层中受到重视。其通过交联或复合改性方式增强在纸张表面的附着能力,不仅抑制细菌生长,还能在一定程度上延缓食品腐败。在实际应用中,抗菌涂层已成功用于一次性食品包装纸、医用敷料纸及手术记录纸等产品,有效降低微生物污染风险。测试数据显示,经处理的纸张对大肠杆菌、金黄色葡萄球菌的抑菌率可达99%以上,且在常温储存条件下保持抗菌效果稳定。此外,部分保鲜型涂层还具备调节气体交换、抑制乙烯释放的功能,进一步延长食品保质期。

3.3 导电与响应型表面材料的发展

导电与响应型表面材料的发展为特种纸在智能电子与高端包装领域的应用提供了新的技术路径。导电聚合物作为近年来研究较为成熟的功能性材料,已在电子纸等柔性显示器件中实现初步应用。这类材料如聚苯胺(PANI)、聚吡咯(PPy)和聚(3,4-乙烯二氧噻吩)(PEDOT)具有良好的导电性与环境稳定性,可通过涂布或印刷方式附着于纸基表面,形成轻薄且柔性的导电层。部分电子纸产品已采用纸基导电涂层作为电极或信号传输层,在弯曲、折叠等复杂形变条件下仍能保持稳定性能,为柔性电子器件的低成本制造提供了可行方案。与此同时,温敏、光敏等响应型材料的应用正在推动特种纸向智能包装方向拓展。温敏材料如相变蜡与热致变色聚合物可随温度变化改变颜色或导电状态,用于包装内的温度监测;光敏材料则在紫外或可见光照射下触发响应,具备防伪或环境感知功能。这些材料已在部分高端食品、药品包装中开展测试,能够通过颜色变化或电信号反馈反映产品储存条件是否异常。

4 特种纸表面处理设备与工艺的协同优化

4.1 特种纸表面处理设备的技术升级与智能化发展

涂布设备的技术升级是提升特种纸表面处理质量与生产效率的关键环节。近年来,高速涂布机的广泛应用显著提高了单位时间内的产能,同时对配套干燥系统提出了更高要求。节能干燥系统通过优化热能利用方式,如采用红外加热与热风循环相结合的复合干燥技术,使涂层在短时间内均匀固化,减少因干燥不均导致的涂层开裂或气泡缺陷。从实际

生产情况来看,高速涂布与节能干燥的匹配使用,不仅缩短了干燥时间,还降低了单位能耗,提升了整体工艺的稳定性与经济性。

智能控制系统的引入进一步增强了涂布过程的可控性,借助传感器与自动化算法,系统可实时采集涂布量、涂料粘度、环境温湿度等关键参数,并据此动态调整涂布速度与涂料供给量,确保涂层厚度的一致性^[2]。部分企业已在生产线上集成在线检测与反馈控制模块,实现对涂布精度 $\pm 1\text{g/m}^2$ 以内的控制水平。

4.2 压光设备的结构优化与工艺适配性提升

压光设备作为特种纸生产过程中实现表面整饰与性能提升的关键装置,其结构优化对纸张表面质量的精细化控制具有重要影响。结构优化方面,柔性压光辊的应用成为当前设备改进的重要方向,柔性压光辊因其良好的弹性特性,能够在不破坏纸张内部结构的前提下,实现对纸张表面更均匀的压力分布,从而有效提升表面致密性与平滑度。同时,柔性辊与热压光技术的结合进一步强化了压光效果。在热压条件下,纸张纤维的塑性增强,有利于形成更加均匀、致密且光滑的表面层,显著提升纸张的光学性能与印刷适性。

现代压光设备普遍配备了智能温控与压力调节系统,以提升工艺适配性。温度控制方面,通过内置电加热或油加热系统,可实现辊面温度的精确调节,通常控制在 $80\sim 140^{\circ}\text{C}$ 范围内,以满足不同纸种对热压条件的差异化需求。压力调节则采用液压或气压伺服控制系统,能够根据纸张克重、含水率及目标光泽度参数,实现线压力的动态调整,避免因压力过高造成纸张变薄、强度下降等质量问题^[3]。为进一步提升产品质量的一致性,部分先进生产线已实现压光工艺与前端涂布、干燥等工序的联动控制。通过数据集成与工艺协同,系统可根据实时生产参数自动调整压光参数,从而确保各工艺环节的匹配性与稳定性。

5 表面处理技术的具体应用

高档艺术纸对表面光泽度与印刷适性的要求极为严苛,直接影响其在高端出版、画册印刷等领域的应用效果。为提升其表面质量,生产企业普遍采用多段可控压光与高精度涂布相结合的工艺。通过柔性压光辊与温控系统的配合,使纸张在受热状态下获得更均匀的塑性变形,从而提升光泽一致性。同时,采用纳米级涂料与高精度计量系统进行表面涂布,使涂层分布更加均匀,显著改善油墨吸收性与色彩还原

能力。实际测试数据显示,经过优化处理的艺术纸光泽度可达 70° 以上,印刷网点还原精度提高10%以上,满足高端印刷对细节表现的高标准要求。

医疗用纸在临床诊断、手术记录及一次性医疗用品中广泛应用,其表面处理需兼顾生物相容性与书写、打印性能。为满足这一需求,部分企业采用壳聚糖类天然抗菌材料进行表面改性处理,不仅具备良好的抑菌性能,同时减少对皮肤与黏膜的刺激。此外,通过控制施胶剂种类与涂布量,在提升纸张湿强度的同时,避免了传统化学助剂可能引发的过敏反应。例如,某品牌医用敷料包装纸通过优化表面处理工艺,使其在接触皮肤时无刺激、无残留,并在高温灭菌条件下仍能保持结构稳定。这类处理方式已在多家医疗机构的无菌包装与记录用纸中实现批量应用,具备良好的临床适应性。

食品包装纸的表面处理重点在于抗菌性与阻隔性能的协同提升,以确保食品安全并延长保质期。当前,部分企业采用银离子负载涂层或植物提取物改性处理技术,在纸张表面构建长效抗菌层,对常见致病菌如大肠杆菌、金黄色葡萄球菌的抑菌率可达95%以上。同时,通过引入疏水性材料如改性淀粉或纳米二氧化硅,增强纸张对油脂与水汽的阻隔能力,使其适用于油脂类食品包装。

6 结语

特种纸表面处理技术的持续改进与创新,已成为提升产品附加值与拓展应用领域的重要推动力。从传统工艺的精细化优化,到功能化涂层的引入,再到设备与工艺的协同升级,各项技术进步在提升纸张表面性能、拓展其功能性方面发挥了关键作用。涂布均匀性的提升、压光工艺的精准控制、施胶技术的功能延伸,为特种纸在光泽、强度、吸墨性等方面提供了稳定保障;抗菌、防水、导电等功能性涂层的应用,则进一步拓宽了特种纸在食品、医疗、电子等高端领域的适用边界。随着环保要求的提高与智能制造的发展,特种纸表面处理技术将向绿色化、智能化与多功能集成方向演进,推动行业迈向更高水平的技术融合与产业协同。

参考文献

- [1] 党鹏程.交联型聚乙烯醇表面施胶剂的合成及其对特种纸的增强作用研究[D].陕西科技大学,2023.
- [2] 牟成.数字印刷技术对特种纸适印性的影响机理研究[J].华东纸业,2025,55(05):16-19.
- [3] 唐继春,武伟伟,付克诚.高平滑特种纸用工业造纸毛毯的研制[J].产业用纺织品,2023,41(02):19-22+43.