

纯水型凹印油墨及其生产技术探究

颜明霞

新东方油墨有限公司

DOI: 10.12238/jpm.v6i6.8137

[摘要] 在经济持续发展的背景下，化工产业呈现出逐步加快的发展态势。传统印刷采用的不可降解油墨对环境造成了不同程度的损害，伴随着技术的革新，为契合我国的高质量发展政策，纯水型凹印油墨这一新型产品应运而生，有效减轻了化工行业发展对环境的污染。本文聚焦于纯水型凹印油墨的特性及生产工艺展开分析，旨在为相关领域提供理论支撑与决策参考。

[关键词] 纯水型凹印油墨；生产技术；探究

Study on pure water intaglio ink and its production technology

Yan Mingxia

New Oriental Ink Co., LTD.

[Abstract] In the context of sustained economic development, the chemical industry is showing a gradually accelerating trend. Traditional printing using non-degradable inks has caused varying degrees of environmental damage. With technological innovation, to align with China's high-quality development policies, pure water-based gravure ink, a new product, has emerged, effectively reducing pollution from the chemical industry's development. This paper focuses on the characteristics and production processes of pure water-based gravure ink, aiming to provide theoretical support and decision-making references for relevant fields.

[Key words] Pure Water-Based Gravure Ink; Production Technology; Exploration

在我国高质量发展战略的指引下，绿色环保理念已深度融入发展进程，成为核心导向。传统的印刷材料在带来经济效益增长的同时，也引发了不可忽视的生态问题。在这一背景下，为了保障印刷行业的长远发展，加速新型环保印刷技术的普及成为必要之举。基于此，深入开展纯水型凹印油墨及其生产技术的专项研究，对推动产业实现绿色化转型具有战略意义。

一、纯水型凹印油墨的定义与特性

(一) 纯水型凹印油墨的定义

纯水型凹印油墨以纯水为溶剂介质，属于液体油墨，具备无毒、无挥发性刺激气体释放等优点，契合我国日益强化的绿色发展需求，在商品流通包装领域的应用范围较广。油墨技术体系具备动态优化空间，其性能优劣与油砂的分散均匀性密切相关。当前国内油墨生产普遍采用砂磨工艺，通过选用优质颜

填料进行多级研磨处理，可有效保障油墨的成品质地。值得注意的是，干燥性能是制约油墨生产的关键工艺指标，需通过科学配比干燥助剂，在保障产品稳定性的前提下推动技术迭代升级。

(二) 纯水型凹印油墨的特性

1. 分散性

纯水型凹印油墨的分散性是影响其质量的核心指标，能够充分反应颜填料颗粒在连结料中的均匀分布状态。该特性与研磨前原料的润湿效能及初始粒径密切相关：当原料颗粒粒径较大但润湿充分时，可获得更高的分散均匀度。在实际印刷作业中，油墨分散性不足易导致印品出现色相偏差，如文件打印中常见的颜色层次断层现象，不仅降低了印刷设备的产能效率，长期运行还可能加剧印版磨损与机械损耗。

2. 干燥性

干燥性是评价纯水型凹印油墨性能的关键参数，其调控精度直接影响印刷流程的完整性与效率。在实际生产中，需避免油墨干燥速率出现极端偏差：若干燥速度过快，将导致印版表面结膜，引发油墨转移受阻、图文残缺等工艺故障；若干燥速度过慢，则可能造成承印物表面油墨层黏连、叠印不良等质量缺陷。纯水型凹印油墨以水为溶剂介质，受水分子高沸点特性制约，其干燥效率显著低于传统溶剂型油墨。因此，通过配方优化调控干燥速率成为该类油墨研发的核心课题，需结合成膜助剂体系设计与干燥工艺参数匹配，以实现印刷适性与生产效率的协同提升。

3. 耐酸碱性

纯水型凹印油墨需具备稳定的化学耐受性，以确保在接触不同酸碱介质时，其色泽饱和度与物理形态不发生显著变化。在印刷品质量管控体系中，通常采用五级分级标准评估油墨的耐化学腐蚀性能：1级表示油墨在弱酸碱环境下即出现褪色、溶胀等劣化现象，5级则表明其可耐受强酸碱介质侵蚀而保持性能稳定。此外，油墨的表面润湿特性通过调控张力参数实现印迹铺展均匀性，而提升配方体系的酸碱缓冲能力可协同优化其物理化学稳定性，因此，耐酸碱性是衡量油墨环境适应性的核心指标之一。

二、纯水型凹印油墨生产设备体系

1. 预分散处理装置

高速分散机是油墨生产中预分散工序的核心设备，该装置主要由固定容积的分散釜体与锯齿状分散盘构成，通过机械搅拌实现油墨原料的均质化处理。在预分散阶段，高速旋转的分散盘可有效破坏颜料团聚体，使连结料与固体颗粒形成均匀悬浮体系，为后续研磨工序提供符合粒径分布要求的预混浆料。

2. 研磨设备

研磨设备在功能上与食品加工中的粉碎装置类似，通过机械作用对油墨原料进行细化处理以促进分散。国内普遍采用卧式砂磨机，其结构特性可有效抵消重力干扰，显著提升颜料颗粒的研磨细度与均匀性。

3. 包装设备

包装环节作为油墨生产流程的终端工序，承担着产品防护与质量追溯的职能。在完成油墨制备与品质检测后，需经精密过滤系统去除残留颗粒杂质，确保产品符合工业级洁净度标

准。包装设备通过自动化灌装与密封技术，实现油墨产品的标准化封装，同时完成批次信息编码与溯源标签贴附。经质量检验合格并完成包装的成品油墨，可正式进入仓储物流体系，最终进入印刷企业供应链。

三、纯水型凹印油墨的生产技术探究

(一) 预分散工艺对油墨性能的调控

1. 预分散转速

预分散阶段采用高速叶轮分散设备，通过调控机械剪切速率优化油墨原料的初始解聚程度。以固定质量分数的油墨配方为对象，在30分钟预分散周期内，分别设置不同转速进行分散处理，并经统一研磨工艺制备基墨，后续添加同规格成膜树脂完成油墨配制。结果显示：基墨预分散转速与颜料颗粒细化程度呈正比，当转速为500r/min时，95%的颗粒粒径处于1.53 μm 区间，但粒径分布离散度较高；当转速提升至2000r/min时，95%的颗粒粒径集中于0.51 μm 以内，且粒径分布呈现窄峰特征；转速超过1500r/min后，粒径细化速率及分布优化效果趋于平缓。

为确保研磨阶段颜料颗粒的充分解聚，需在预分散阶段通过高速叶轮强制剪切实现连结料对颜料的完全浸润。随着分散机转速的提升，颜料表面被连结料包裹的完整度显著增强，而在后续研磨过程中形成均匀的悬浮分散结构。这种结构优化效应直接反映在油墨的流变特性与粒径分布上，实验数据显示，预分散转速与油墨粘度呈反比，当转速由500r/min提升至1500r/min时，油墨粘度从25s降至20s附近，且转速超过1500r/min后粘度趋于稳定。粒径分析结果表明，转速达1500r/min时，油墨颗粒中位径可稳定控制在0.51 μm 以内，分散性指标符合纯水型凹印油墨的工艺要求。综合分散效果与能耗控制，建议将1500r/min设定为预分散工序的标准转速参数。

2. 预分散时长

预分散时长作为关键工艺参数，直接影响连结料对颜料的浸润效果及油墨分散体系的稳定性。实验固定高速叶轮分散机转速为1500r/min，通过调控预分散时间(0-60min)对同配方油墨原料进行解聚处理，经标准化研磨工艺制备基墨并添加调稀树脂完成制墨。随着预分散时长增加，油墨粒径与粘度呈下降趋势，但当时长超过30min后，粒径分布曲线趋于平缓，粘度波动幅度显著收窄，表明颜料颗粒已实现充分解聚与包覆。

当预分散时长达到45min时,粒径中位值稳定在 $0.52\mu\text{m}$ 以内,粘度值波动范围小于 $\pm 0.5\text{Pa}\cdot\text{s}$,满足纯水型凹印油墨的工艺要求。综合效率与性能考量,建议将30min设定为预分散工序的基础时长参数。

(二) 研磨工艺对油墨品质的调控

研磨工序作为油墨生产的核心环节,其工艺参数配置直接决定产品的最终性能。相关实验表明,原料进给速率与过程质量监控是影响研磨效果的关键变量。针对进给速率,研究人员通过对比不同添加速度下的研磨效能发现:虽然适度提高进给速率可缩短生产周期,但过快的添加会导致颜料颗粒细化不足及成分热解风险。当进给速率超过设备处理阈值时,基墨粒径分布离散度增加,色相稳定性下降。因此需根据原料粘度与设备功率建立动态匹配模型,一般推荐将进给速率控制在设备额定功率的70%-85%区间。与此同时,过程质量监控体系的建立至关重要,通过引入在线粒径检测仪与粘度监测模块,可实时捕捉研磨腔体内物料的流变特性变化,结合批次抽样检测数据构建工艺参数修正模型,这种双轨监控机制既能保障生产效率,又能确保油墨产品的着色力、附着牢度等核心指标符合印刷工艺要求。

(三) 包装工艺对油墨品质的影响

随着绿色制造理念的深化,包装技术的生态化转型已成为油墨产业升级的关键环节。传统包装材料中广泛应用的聚氯乙烯因含氯单体及增塑剂迁移问题,引发了严重的环境污染争议,企业必须转向可降解或可回收包装体系。在功能层面,包装密封性对油墨稳定性具有显著影响,当包装气密性低于 $0.02\text{mL}/(\text{m}^2\cdot 24\text{h}\cdot\text{atm})$ 时,油墨中的挥发性有机组分含量将增加15%-20%,导致颜料颗粒团聚风险提升,并可能引发树脂交联度异常。这种理化性质变化会直接削弱油墨的转移效率与色域饱和度,使印刷品出现阶调断层及网点扩大率超标等缺陷。因此,现代油墨包装需构建“材料生态性-结构密封性”双控体系,通过采用铝箔复合膜与真空充氮工艺,可有效抑制油墨体系的热氧老化进程。

(四) 干燥剂添加工艺对油墨特性的影响

纯水型凹印油墨以纯水为溶剂介质,由于水的比热容显著高于醇类/酯类有机溶剂,导致其挥发速率明显降低。在印刷过程中,油墨转移至承印物表面后,水分残留会引发干燥滞后现象,迫使印刷机速降至常规工艺的40%-50%,直接制约生产

效能。为突破该技术难题,研发团队研发了专用复合型固体干燥剂,通过表面活性位点与水分子形成氢键络合,加速油墨层内自由水的脱附过程。在前期实验中,直接向纯水型凹印油墨中添加干燥剂时发现,由于干燥剂粉末的粒径与密度较小,干燥剂颗粒在油墨体系中常常会出现浮聚现象。为改善相容性,研发团队将干燥剂粉末预先分散于含非离子型表面活性剂的水性丙烯酸乳液中,然而该步骤导致油墨粒径增幅达30%-45%,引发油墨转移率下降15%-20%。为解决此问题,采用两段式分散工艺:首先通过机械搅拌(300r/min)进行30分钟预分散,随后以篮式砂磨机进行30分钟研磨处理,最终使干燥剂颗粒值控制在较小的适当范围以内,有效抑制了油墨流变性能的劣化。

采用机械搅拌法直接制备的干燥剂乳液,因缺乏有效的剪切分散作用,导致干燥剂聚集体在油墨体系中仍保持较大粒径,显著降低了油墨的转移效率,引发印刷网点丢失率增加。而经砂磨机研磨处理的干燥剂乳液,通过机械剪切力可使干燥剂颗粒细化至 $8.4\mu\text{m}$,符合凹版印刷对油墨粒径的工艺要求。由此可见,仅依靠搅拌作用仅能实现干燥剂表面的润湿,而研磨工艺可使颗粒分散度提升3个数量级,从而保障油墨印刷的色密度与阶调再现性。

总结

综上所述,在印刷领域内,以往利用石油类溶剂制备油墨,致使有毒物质进入自然环境,对生态安全构成威胁。在此背景下,纯水型凹印油墨的诞生成为历史演进的必然。生产纯水型凹印油墨时,需依据其分散度、干燥特性及耐酸碱性能,严格遵循预分散、研磨、干燥剂添加与包装等工艺流程和相关技术,以保障产品性能达标,契合凹版印刷需求。

[参考文献]

- [1]曾庆鹏.HJ371-2018《环境标志产品技术要求凹印油墨和柔印油墨》内容解读[J].塑料包装,2020.
- [2]钱武胜.励志前行,共同应用好塑凹水性油墨[J].包装前沿,2020.
- [3]环境标志产品技术要求凹印油墨和柔印油墨[J].塑料包装,2020.

作者简介:颜明霞,出生年:1987-11,性别:女,民族:汉族,籍贯:嘉兴桐乡,职务:研发部经理,职称:工程师,学历:本科,研究方向:工程技术、油墨研发。