

我国原液着色纤维产业技术发展方向与重点任务

李鑫 王玉萍 金剑 李德利 廉志军

原液着色纤维是指在纺丝溶液或熔体中加入着色剂，经纺丝过程得到的有色纤维，也称为无染纤维或纺前染色纤维。原液着色可以省去印染工序，避免产生大量的印染废水，具有突出的环境友好特征。

近 5 年我国原液着色纤维产业快速发展，2014 年原液着色纤维产量达 450 万吨，占化纤总量的 10%，长丝主要是聚酯和聚酰胺 6 纤维，2014 年分别为 330 万吨和 4.3 万吨，短纤主要是聚酯、再生纤维素和聚丙烯腈纤维，2014 年分别为 75 万吨，7.9 万吨和 5 万吨。原液着色纤维年均增长率达到 14%，高于化纤总产量年均 9.2% 的增长率，其中，原液着色聚酯长丝、短纤维平均增长率分别为 12% 和 26%，聚酰胺 6 长丝平均增长 71%，再生纤维素短纤维平均增长 49%。

原液着色纤维在绣花线、缝纫线、车用纺织品、户外纺织品、袜子等产品中用量较大，在工装、窗帘及常规服用纺织品中的应用也日趋广泛。原液着色纤维相关配套产业如颜料、色母粒、加工装备等已实现国产化，具备产业快速发展的基础，并且随着环境资源约束日益严格，原液着色纤维具有广阔的发展空间。

一、原液着色纤维产业技术现状

1. 国外原液着色纤维产业技术现状

1936 年英国的卜内门公司开发原液着色纤维溶液纺丝技术，1946 年英国 ICI 公司申请了以碳黑为颜料的原液着色黑色聚酯纤维专利，20 世纪 60 年代以后，瑞士、德国、美国、日本等先后推出色母粒产品和原液着色纤维。

色母粒是原液着色纤维产业发展的基础和关键。高品质色母粒制造涉及颜料品质与种类，分散剂及其处理工艺，稳定剂，树脂载体等多个方面。

国外公司依靠先进的技术与精细化管理优势，生产的颜料纯度高、粒径小、

粒径分布均匀, 掌控高端纤维级色母粒用颜料市场。德国的研究机构利用微乳液法制备出粒径可控的纳米级颜料, 美国 Sun Chemical 开发的色砂在保证良好分散性的同时, 将颜料含量提高到 90%。国外的颜料检测标准较为完善, 颜料分散性 (BS EN 13900-2005)、热稳定性 (BS EN 12877-2000) 等重要性质都有方法标准。

分散剂及其处理工艺是保证颜料均匀分散的关键, 分散剂要纯度高、耐热性好, 还需要有适宜的极性。霍尼韦尔、巴斯夫、赢创、科莱恩等公司都拥有适合不同类型色母粒应用的分散剂, 非极性分散剂如聚乙烯、聚丙烯蜡, 极性分散剂 EVA 蜡、丙烯酸酯蜡等。为了避免分散剂对化纤制品最终性能的影响, 国外色母粒企业也已着手开发无分散剂的色母粒, 如利用低聚物作为载体成功制备了聚酯用无分散剂的色母粒, 有效改善了力学性能。

国外公司的纤维级色母粒采用专用树脂, 使色母粒具有合适的流动性能, 便于在熔体中分散, 提高纤维中颜料含量。比如用一定分子量的聚酰胺作为载体树脂, 加上颜料和偶联剂制成的色母粒, 可使纤维中的颜料含量大于 3%。

国外色母粒企业的规模和单线产能大、生产过程的自动化程度高, 产品质量稳定、生产过程粉尘排放少, 单条生产线年生产能力通常在万吨以上, 最高达 5 万吨, 美国卡博特公司在天津的工厂年生产高炭黑含量母粒 4.5 万吨。同时, 色母粒的生产厂商根据客户的需求, 利用数字化测色配色技术调配颜色, 满足用户的个性化需求。

原液着色溶液纺丝技术是将着色剂与纺丝液均匀混合后, 在高压作用下将纺丝液通过喷丝板制备出有色纤维。原液着色熔体纺丝技术, 在切片纺装置上, 通常是将色母粒添加到螺杆挤压机中, 与常规切片在挤压机内混合后挤出纺丝。近期开发的新技术是将色母粒熔融后在线添加到常规熔体中进行混合, 然后挤出纺丝。在线添加、高效动态混合是制备高品质原液着色纤维的先进技术, 这种在线添加方式可以在大容量装置的侧线或单个纺位上实施, 装置污染少、颜色更换灵活方便, 德国巴马格、吉玛公司等企业开发出此类技术, 在聚酯熔体直纺装置的年产千吨到几万吨规模的纺丝侧线上生产出高品质色丝。

2. 我国原液着色纤维产业技术现状

我国从 20 世纪 70 年代开始色母粒研发工作, 80 年代初期引进原液着色纤维的生产技术。当前, 研究开发工作涵盖从着色剂、色母粒、纤维、织造、

整理到终端纺织品整个产业链。

在颜料和染料的合成、精细研磨、表面修饰和应用评价等方面，少数科研机构开展了一些相关工作，一些颜料品种在聚酯纤维上实现了产业化应用，但总体水平距离国际先进水平差距较大。燕山石化等也开发出了色母粒专用树脂，如 LDPE 1120A，但品种很少，目前主要还是选用通用型载体树脂，或选择与纤维基体一致的树脂。色母粒的生产目前普遍采用高速搅拌机对着色剂进行处理，采用双螺杆挤出机造粒的方式进行色母粒的生产，单线能力偏低，约 1000 吨/年，粉尘排放较为严重，产品质量不够稳定。由于颜料分散性、母粒流动性等限制，生产深色、超细旦纤维等品种还比较困难。同时，国产原液着色纤维的色牢度、耐热性、色光等需要较大幅度提升。

为了降低成本，对于原液着色纤维中使用量大的品种，一些研究单位和企业正在开发原液着色聚酯直接聚合技术，如中国纺织科学研究院等将炭黑研磨、调配浆料后，在线添加入管道后进行缩聚，得到炭黑质量分数为 2% 的聚酯切片。

多数企业仍采用母粒混合方法生产原液着色纤维，但在聚酯直纺装置上采用在线添加制备原液着色纤维技术取得了显著进展，达到国际先进水平，中国纺织科学研究院、仪征化纤等开发出高品质黑色、荧光增白等聚酯直纺长丝和短纤维，霞客环保等开发出多种有色短纤维及其有色纱线，并实现了稳定生产。

在颜色管理、配色技术方面，浙江华欣等利用三原色色母粒，采用数字化测配色技术进行配色，实现了多色系聚酯纤维的生产。但总体上，颜色的标准化、一致性还有较大差距。

二、我国原液着色纤维产业发展面临的问题

我国原液着色纤维总体上处于产业快速发展的前期。当前，产业发展也面临一些迫切需要解决的问题。

纤维制造企业目前基本处于按照客户指定颜色生产的状态，单次订单量少，配色过程和生产过渡料比重过高，这些特定颜色的产品一旦形成库存很难再次销售，造成浪费，导致吨成本过高。

环境效益在纤维产品上没有体现，总体上市场处于低价竞争状态，纤维制造企业需要压低母粒价格降低成本，母粒制造企业需要牺牲品质来适应市场竞争，无法保证纤维产品的高品质。

纤维开发与母粒开发脱节，配套产业如载体、分散剂、专用树脂、纺丝油剂等相关滞后，一些技术含量高的新产品开发周期长、投入高，加之市场初期需求量小，大多数母粒和纤维制造企业技术创新能力和意愿不足。

另一方面，熔体纺丝的原液着色聚酯、聚酰胺纤维色光偏暗，缺乏深染、高色牢度等品种，不同批次纤维配色的一致性偏低，造成原液着色纤维及其纺织品处于中低端；形成稳定、批量销售的只有少数几个主导色，黑色丝产量超过三分之二，其余色彩虽然纤维制造企业有上千种的色卡，但绝大多数色彩品种供应周期长，对市场的响应慢，产品的色系不全，无法满足市场要求。

国外色母粒企业的雄厚实力，既提供高品质产品，又为下游用户提供技术支持，同时，借助品牌优势、环保观念等要素，形成了良好的发展态势。当前，我国纤维级色母粒生产企业 30 多家，企业规模还比较小，技术创新能力较为薄弱，尚不具备大企业引领产业发展的条件。因此，只有通过必要的政策引导，发挥企业的技术创新主体作用，形成产学研紧密合作的产业链协同创新体系，产业才有可能尽快走出中低端徘徊的困境，实现产业的快速、良性发展。

三、产业技术发展方向与重点任务

高品质、高功能、低能耗和低排放是新一代化学纤维产业技术的发展方向，也是原液着色纤维的发展方向。在高品质方面，重点是提升纤维和纺织品的色彩鲜艳度、色牢度、均匀性，性能和功能的均匀性、稳定性和安全性；在高功能方面，重点是开发超细旦和抗菌、抗静电、阻燃等功能性原液着色纤维；在低能耗和低排放方面，重点是开发新型高效、安全着色剂，提高母粒的颜料含量，开发着色剂高效、精确的在线添加技术，开发高效混合技术提升单线产能等。

还需强调，多色彩的原液着色纤维制备与应用具有典型的小批量、多品种特征，实现柔性制造与个性化定制是产业技术的重要发展方向。不同色彩品种的快速、自动切换技术和装备，多组分精确配比、分散技术，色彩的标准化、数字化及其供应链管理等，是产业技术发展的重点。

随着碳交易、环境保护税等一系列环保政策法规的出台，“十三五”将成为我国原液着色纤维产业发展的关键机遇期。原液着色纤维产业发展是一个系统工程，需要根据产业发展总体要求，系统规划技术路线图，突破一批关键核心技术，构建从着色剂到终端纺织品的完整产业技术创新链，在产业链各环节

和典型的终端应用领域形成高水平的示范、引领，构建出产业可持续发展的技术创新支撑体系，形成中国原液着色纤维体系在国际上的整体竞争优势，保障产业良性发展。

1. 提升产业技术水平

以聚酯、聚酰胺和再生纤维素纤维等为重点品种，突破高比例颜料、颜料与功能粉体的分散与稳定技术，色母粒流变性质调控与专用树脂制备技术，纺丝熔体/原液中的高比例在线添加与动态分散技术，多功能原液着色聚酯连续聚合技术等，开发出高品质色母粒及其专用颜料、分散剂和专用树脂，提升纤维色牢度和色彩鲜艳度，开发出超细旦、深染、多功能复合的新一代原液着色纤维。

针对原液着色纤维的应用，重点开发短纤维色纱色彩均一性控制技术，纯纺与混纺纺织品的整理技术等，色彩的数字化技术，典型织物结构纺织品色彩仿真技术，突出原液着色纤维的特点与优势，在典型应用领域开发出高端纺织品。

2. 建立完善标准与技术规范体系

重点建立色浆、色母粒和原液着色纤维的产品品质标准，针对黑色-灰色系列等市场用量较大的品种建立颜色标准体系，建立完善从色母粒到纺织品的评价检测方法标准；建立典型品种原液着色纤维制造、纺织品开发与应用的技术规范，避免因纺丝油剂、整理助剂和加工工艺不匹配造成损失，保证产品的品质、降低企业生产和下游使用的成本、风险。

3. 提升产业链协同创新水平

以重点企业为基础，通过产业技术创新联盟方式，建立从色母粒、纤维、纱线、面料到终端产品完整的产业链、技术创新链。

先期以现有用量大的原液着色纤维品种为基础，建立从色母粒到纺织品的标准和技术规范体系，提升产品的品质和标准化水平，在工装等典型领域中实现高水平应用示范。同时，以终端应用为牵引，产业链各环节企业开发专用母粒、纤维和纺织品，形成快速响应的创新链和供应链，不断拓展高端应用领域。

通过建立联盟或行业的标准、认证和吊牌体系，保证产品品质，提高原液着色纤维产品和产业链各环节重点企业的市场认可度，提升产业链整体水平。

4. 建设完善原液着色纤维产业技术创新公共服务平台

建设、完善技术创新公共服务平台，为新产品开发、市场规范等提供服务，加快产业整体水平的提升，实现可持续发展。

（1）关键共性技术开发：建设柔性化的中试试验线、工业化单元机等手段，为产业化技术开发提供硬件条件和人才服务，加快技术开发速度、降低开发成本。

（2）质量分析与评价：重点针对色母粒分散性、有害物质含量等，原液着色纤维及其纺织品的色彩均匀性、色差、色牢度和稳定性等品质指标进行检测与问题分析。

（3）高效率、低成本配色方案与加工工艺：重点是纤维的色母粒配色和纺丝工艺，不同规格短纤维色纱、面料的配色方案与评价等。

（4）产品的标准化、数字化与互联网服务：为研究机构、企业提供母粒、纤维、纱线和纺织品的标准实物样卡，利用互联网平台提供数字化的色彩数据库、产品数据库，加快新产品的应用和产业链的快速响应。