现代仪器分析在纺织品检测中的应用

宋国书

天津华测检测认证有限公司　天津　300300

摘　要：纺织品质量与生态安全直接关乎消费者健康和行业发展，传统检测方法效率低、精度差，已无法适配现代纺织行业高标准管控需求。现代仪器分析技术凭借精准、高效、微量检测的优势，成为纺织品检测的核心手段。本文梳理纺织品检测核心指标与现行行业标准，介绍光谱、色谱、质谱联用等常用仪器技术原理，明确其在纤维成分、生态安全、色牢度、功能性检测中的具体应用，结合三大实操案例剖析技术落地成效，展现现代仪器分析在纺织品质量管控中的价值，为纺织行业检测规范化、高效化发展提供参考。

关键词：现代仪器分析；纺织品检测；成分分析；生态安全；质量管控

引言：随着纺织行业转型升级与消费者健康意识提升，纺织品检测从单一质量把控转向生态安全、功能性、成分合规的全方位管控，国内外相关标准持续升级，对检测精度、效率、灵敏度提出更高要求。传统人工检测依赖感官与化学滴定，误差大、检测周期长，难以识别微量有害物质。现代仪器分析技术实现了从定性到定量、从常量到微量的精准检测，可快速完成纤维鉴别、有害物质筛查、性能指标测定，全面覆盖纺织品检测核心需求，推动纺织品检测向智能化、精准化、高效化转型。

1 纺织品检测核心指标与行业标准

纺织品检测指标体系涵盖纤维成分、生态安全、色牢度、物理性能、功能性五大类，各指标对应不同的检测要求与技术方法。纤维成分检测主要包括定性鉴别与定量分析两方面，需准确识别棉、麻、毛、丝等天然纤维与涤纶、锦纶、腈纶等合成纤维的种类及混纺比例，偏差控制在 ±3% 以内。生态安全检测涉及甲醛、禁用偶氮染料、重金属、邻苯二甲酸酯、全氟化合物、烷基酚聚氧乙烯醚等数十种有害物质，限量要求日益严格，如甲醛含量婴幼儿纺织品不得超过 20mg/kg，禁用偶氮染料限量为 30mg/kg。色牢度检测包括耐水、耐汗渍、耐摩擦、耐光、耐皂洗等项目，需通过标准贴衬织物的沾色与试样变色程度进行评级。功能性检测涵盖抗菌、抗紫外线、阻燃、抗静电、防水透湿等，需依据相应标准进行性能评价[1]。

国内外标准体系为纺织品检测提供了统一的技术依据。我国国家标准 GB 18401《国家纺织产品基本安全技术规范》与 GB 31701《婴幼儿及儿童纺织产品安全技术规范》是强制性安全标准，对甲醛、pH 值、色牢度、禁用偶氮染料等作出明确规定。行业标准 FZ/T 系列覆盖各类纺织产品的检测方法。国际标准方面，Oeko-Tex Standard 100 是全球最具影响力的生态纺织品认证标准，其有害物质检测项目已扩展至 300 余项；ISO、AATCC、ASTM、JIS 等标准体系在纤维成分分析、色牢度测试、功能性评价等领域广泛应用。欧盟 REACH 法规对纺织品中高关注度物质的管控日益严格，美国 CPSIA 则对儿童产品中铅、邻苯二甲酸酯等作出严格限制。标准体系的不断完善推动了检测方法向快速、精准、多指标同步检测方向发展。

2 纺织品检测中常用现代仪器分析技术及原理

2.1 光谱分析技术

光谱分析技术是纺织品检测中应用最广泛的定性分析技术，基于物质对不同波长光的吸收、发射或散射特性差异，实现快速鉴别与成分分析，具备无损、快速、操作简便的优势。傅里叶变换红外光谱（FTIR）是纤维鉴别核心技术，不同纤维的分子结构对应专属红外吸收峰，可快速区分棉、麻、羊毛、涤纶、锦纶等天然与化学纤维；紫外-可见分光光度法多用于定量检测，可测定纺织品中甲醛、重金属离子含量；近红外光谱技术可实现现场快速筛查，无需预处理样品，适用于大批量纺织品初筛；原子吸收光谱则专门用于重金属元素定量检测，灵敏度可达 ppm 级，精准把控重金属残留量，适配生态安全检测需求。

2.2 色谱分析技术

色谱分析技术基于不同物质在固定相和流动相之间的分配系数差异，实现混合物的分离与定量检测，是纺

织品生态安全有害物质检测的核心手段，分离效率高、定量精准。高效液相色谱法（HPLC）适用于高沸点、热不稳定物质检测，常用于纺织品中甲醛、致癌染料、防腐剂的定量测定，检测限低、重复性好；气相色谱法（GC）针对挥发性有机化合物检测，可筛查纺织品中残留溶剂、增塑剂；离子色谱法专门用于阴离子、阳离子检测，测定纺织品中 pH 值、游离卤素含量；色谱技术可实现微量组分精准定量，检出限可达 ppb 级，完全满足纺织品生态安全指标的严苛限值要求，是强制性检测项目的首选技术[2]。

2.3 质谱及联用技术

质谱及联用技术是目前纺织品检测中灵敏度最高、定性最准确的技术，将色谱的高效分离能力与质谱的精准定性能力结合，可实现复杂基质中微量有害物质的精准识别与定量。气相色谱-质谱联用技术（GC-MS）是禁用偶氮染料、多环芳烃、有机磷阻燃剂检测的标准方法，先通过气相色谱分离复杂组分，再经质谱精准定性分子结构，避免假阳性结果；液相色谱-质谱联用技术（LC-MS）适用于热不稳定、难挥发有害物质检测，可精准测定纺织品中残留农药、致敏染料；质谱技术检出限低至 ppb 级，可排除基质干扰，精准识别微量违禁物质，是纺织品生态安全检测的权威技术，广泛用于仲裁检测与疑难样品分析。

2.4 其他专用分析仪器

除主流光谱、色谱、质谱技术外，纺织品检测还配套多种专用分析仪器，针对性满足特殊性能与指标检测需求，完善检测技术体系。扫描电子显微镜（SEM）可观察纺织品纤维表面形貌、截面结构，鉴别超细纤维、再生纤维，分析磨损、染色均匀性；万能材料试验机专门测定纺织品拉伸强度、撕裂强度、耐磨性能等力学指标，量化使用性能；色差仪、分光测色仪用于色牢度、色差检测，客观评定纺织品染色均匀性与色牢度等级；导热系数测定仪、抗菌性能测试仪、紫外防护系数测试仪，专门针对功能性纺织品专项性能检测；各类专用仪器操作简便、针对性强，与主流仪器技术互补，全面覆盖纺织品检测全项指标，提升检测效率与全面性。

3 现代仪器分析在纺织品检测中的具体应用

3.1 纺织品纤维成分与纯度检测

纤维成分与纯度检测是纺织品基础检测项，核心是鉴别纤维种类、测定混纺比例，杜绝虚假标注，现代仪器分析实现了快速、精准、无损检测。傅里叶变换红外光谱技术无需破坏样品，通过特征吸收峰快速区分天然纤维与化学纤维，3-5 分钟即可完成定性鉴别，适用于各类面料、纱线、成衣检测；对于混纺纺织品，结合近红外光谱与化学计量学方法，可精准测定棉/涤纶、羊毛/锦纶等混纺比例，误差控制在 1% 以内，远优于传统化学溶解法；扫描电子显微镜可辅助鉴别异形纤维、再生纤维素纤维，判断纤维纯度，排查掺杂掺假问题；仪器检测无需复杂样品预处理，大幅缩短检测周期，同时实现无损检测，保留样品完整性，适配大批量抽检与成品检测需求。

3.2 纺织品生态安全与有害物质检测

生态安全与有害物质检测是纺织品强制性检测核心，现代仪器分析可精准筛查微量违禁物质，满足国家与国际生态标准管控要求。高效液相色谱法精准测定纺织品中甲醛含量，检出限低至 0.1mg/kg，符合 GB 18401 标准限值要求；GC-MS 联用技术是禁用偶氮染料检测的标准方法，可筛查 24 种禁用芳香胺，检出限达 0.5mg/kg，避免致癌染料残留；原子吸收光谱、电感耦合等离子体质谱（ICP-MS）精准测定铅、镉、汞、砷等重金属含量，灵敏度达 ppb 级；紫外分光光度法快速测定 pH 值，离子色谱法检测游离卤素，全方位覆盖生态安全指标；仪器检测可同时完成多组分筛查，避免传统方法漏检、误检问题，切实保障消费者健康安全。

3.3 纺织品色牢度及染色性能检测

色牢度是纺织品核心使用性能指标，反映染色牢固程度，直接影响产品质量与使用体验，现代仪器实现客观、量化检测，替代传统人工目视评定。分光测色仪、色差仪精准测定纺织品染色均匀性、色差大小，量化评定染色质量，避免人工目视误差，客观判定产品等级；耐摩擦、耐水洗、耐光色牢度检测结合色差仪，测定色牢度前后色差变化，依据标准判定色牢度等级，结果精准可追溯；高效液相色谱法可分析染料成分，鉴别染料种类，排查禁用致癌染料，同时测定染料残留量；对于褪色、沾色问题，可通过仪器分析染料与纤维结合状态，查找染色缺陷原因；仪器检测结果客观、重复性好，为纺织品染色工艺优化、质量提升提供数据支撑，推动生产工艺改进[3]。

3.4 功能性纺织品专项性能检测

随着功能性纺织品市场扩大，专项性能检测需求持续提升，现代仪器分析可精准量化各类功能性指标，保障产品功效达标。抗菌纺织品通过抗菌性能测试仪，依据国家标准测定抑菌率、杀菌率，精准评定抗菌性能，区分抗菌等级；阻燃纺织品借助垂直燃烧仪、氧指数测

定仪，测定燃烧速度、氧指数，判定阻燃等级，符合消防与安全标准；抗静电纺织品通过电阻率测试仪、静电电位测试仪，测定表面电阻率、静电衰减时间，量化抗静电效果；防紫外纺织品通过紫外防护系数测试仪，测定 UPF 值，评定紫外防护等级；各类专用仪器精准量化功能性指标，避免虚假宣传，规范功能性纺织品市场，推动行业高质量发展。

4 实际检测案例分析

4.1 案例一：红外光谱法快速鉴别纺织纤维成分

本次检测样品为市场抽检的针织面料，商家标注为 100% 纯棉，需通过仪器检测核实纤维成分与纯度。检测选用傅里叶变换红外光谱仪，样品无需预处理，直接裁剪小块平整面料置于检测台，设置扫描范围 4000-400cm^{-1}，扫描次数 32 次，3 分钟内获取红外光谱图。将检测光谱与标准纤维光谱库比对，发现样品光谱在 1730cm^{-1} 处出现涤纶特征吸收峰，与纯棉标准光谱存在明显差异，判定样品为棉/涤纶混纺面料。进一步通过近红外光谱定量分析，测定混纺比例为棉 65%、涤纶 35%，与标注成分严重不符。该案例证明红外光谱法可快速、无损鉴别纤维成分，精准排查成分虚假标注问题，检测效率远高于传统化学溶解法，适合大批量市场抽检。

4.2 案例二：高效液相色谱法检测纺织品中甲醛含量

本次检测样品为婴幼儿棉质服装，依据 GB 18401-2010《国家纺织产品基本安全技术规范》，婴幼儿纺织品甲醛含量需 ≤ 20mg/kg，采用高效液相色谱法检测。样品裁剪后经蒸馏水水浴萃取，提取甲醛成分，经衍生化处理后，采用高效液相色谱仪检测，色谱柱选用 C18 柱，流动相为甲醇-水混合溶液，流速 1.0mL/min，检测波长 360nm。绘制标准曲线定量计算，测得样品甲醛含量为 12.6mg/kg，符合婴幼儿纺织品安全标准。平行检测 3 次，相对标准偏差（RSD）为 1.2%，检测精密度高、重复性好。该案例表明高效液相色谱法灵敏度高、定量精准，可满足婴幼儿纺织品等低限值甲醛检测需求，是生态安全检测的常规可靠方法[4]。

4.3 案例三：GC-MS 联用技术检测禁用偶氮染料

本次检测样品为深色牛仔面料，依据 GB/T 17592 标准，采用 GC-MS 联用技术检测禁用偶氮染料，筛查 24 种禁用芳香胺。样品经还原裂解处理，释放芳香胺成分，经液液萃取、浓缩净化后，注入 GC-MS 联用仪。气相色谱柱选用 DB-5 毛细管柱，程序升温控制分离，质谱采用电子轰击离子源，全扫描模式定性，选择离子监测模式定量。检测结果显示，样品中检出联苯胺，含量为 32.5mg/kg，超出标准限值（ ≤ 20mg/kg），判定为不合格产品。GC-MS 联用技术可精准定性定量，排除基质干扰，避免假阳性结果，是禁用偶氮染料仲裁检测的首选方法，有效拦截有害纺织品入市，筑牢生态安全防线。

结束语

现代仪器分析技术彻底革新了纺织品检测模式，从传统人工粗放检测转向精准、高效、微量的智能化检测，全面覆盖纤维成分、生态安全、使用性能、功能性四大核心检测领域，为纺织品质量管控、行业规范发展提供了硬核技术支撑。未来随着仪器技术持续升级，智能化、微型化、现场化将成为发展趋势，纺织品检测效率与精度将进一步提升，推动纺织行业向绿色、安全、高质量方向持续发展。

参考文献

[1] 王青芳, 解锡明. ”双碳” 目标下纺织品检测技术的绿色革新与智能化发展 [J]. 印染助剂,2025,42(12):1-9.

[2] 方蕊. 纺织品服装中有害化学物质的限定及其检测中现代仪器检测技术的应用 [J]. 福建轻纺,2023(10):46-48.

[3] 李武, 岑端绳, 熊相民. 纺织服装检测中现代仪器检测技术的应用 [J]. 鞋类工艺与设计,2023,3(6):9-11.

[4] 茅文良, 朱子龙, 厉潮锋, 等. 纺织品中烷基酚聚氧乙烯醚测定偏差的分析 [J]. 印染,2024,50(6):75-78.