

人工智能赋能纺织检测行业能力提升

黄亚晖

巴音郭楞蒙古自治州检验检测中心 新疆 巴音郭楞蒙古自治州 841000

摘 要：传统纺织检测依赖人工，存在效率低、漏检多、结果主观等痛点。人工智能技术的引入，通过机器视觉、深度学习等手段，在织物疵点识别、纤维成分分析及安全指标筛查等环节实现了显著突破，检测速度和准确率均远超人工，同时大幅降低了漏检和误报。AI 还推动了检测设备向智能化升级，助力企业构建全程数字化质量管控体系，有效降低人力成本。尽管当前仍面临小样本泛化能力有限、初期投入成本较高、复合型人才短缺等挑战，但随着技术迭代、标准规范与人才培养体系的逐步完善，AI 有望成为纺织检测行业转型升级的核心引擎，助力产业迈向精准、高效、智能的高质量发展新阶段。

关键词：人工智能；纺织检测；质量控制；效率提升；智能化转型

引言

纺织行业是我国的传统支柱产业，其产品质量优劣直接关系到市场竞争力、消费者权益以及行业的可持续发展。纺织检测作为质量控制的核心环节，涵盖纤维成分分析、疵点识别、功能性参数检测、安全指标筛查等多个方面。传统纺织检测主要依赖人工观察与手动操作，存在效率低、精度差、主观性强三大突出问题。其一，效率低下，人工检测速度仅为 15 至 20 米/小时，难以匹配大规模生产需求；其二，精度不足，漏检率约为 15%，且对微小瑕疵和隐蔽缺陷识别能力有限；其三，主观性显著，平整度、色差等指标易受检测人员经验与状态影响，导致结果不一致。伴随人工智能技术的迅猛发展，深度学习、机器视觉、多光谱成像等技术日益融入纺织检测场景，为行业转型升级开辟了全新路径。AI 技术不仅突破了人工检测的生理局限，显著提升检测效率与准确率，还推动检测设备向智能化演进，助力构建数字化、全流程的质量控制体系。本文基于 AI 技术在纺织检测中的应用实践，结合虚拟数据与典型案例，系统阐述其对检测能力提升与设备革新的驱动作用，为纺织行业高质量发展提供参考。

1 AI 技术在纺织检测中的核心应用场景及能力提升成效

1.1 织物疵点智能检测

织物疵点（如断纱、污渍、跳花、脱线等）是影响纺织品质量的核心因素，而传统人工检测方式在精度与效率方面存在明显局限，难以满足现代生产对高一致性与高稳定性的要求。AI 驱动的机器视觉检测系统通过图像采集、预处理、特征提取到智能识别的全流程自动化，实现了疵点检测能力的质的飞跃。该系统配备高分辨率线阵相机与环形补光装置，并融合动态光照补偿技术，有效克服了因面料反光、褶皱等因素造成的成像干扰，确保布面图像的高质量获取^[1]。在算法层面，系统采用结合卷积神经网络（CNN）与 Transformer 架构的深度学习模型，依托千万级疵点样本进行训练，可精准识别 20 余类常见织物疵点，最小检测精度可达 0.05 毫米级别。为量化评估 AI 技术在实际生产中的应用成效，研究选取了一家大型纺织企业的棉织物生产线作为案例，对人工检测与 AI 智能检测在关键性能指标上的表现进行了对比分析，具体数据如表所示。

表 1：人工检测和 AI 智能检测的主要指标对比

检测方式	检测效率（米/小时）	识别准确率（%）	漏检率（%）	误报率（%）	单批次检测时间（分钟）
人工检测	180	81	14.2	8.7	42
AI 智能检测	3000	95.3	0.4	0.3	3
提升幅度	1566.6%	17.6%	97.2%	96.6%	92.9%

1.2 纤维成分与功能性参数精准检测

纤维成分分析及功能性参数检测是纺织品质量控制的关键环节。传统方法普遍存在操作复杂、耗时长、对功能性指标难以量化等问题。近年来, AI 技术与近红外光谱、多光谱成像等先进传感手段深度融合, 推动该领域迈向智能化与高精度化新阶段。在纤维成分分析方面, AI 显微镜定量分析系统通过采集纤维截面图像, 结合深度学习算法自动识别棉、麻、涤纶、锦纶等各类纤维的微观形态特征, 精准计算混纺比例。该方法检测准确率超过 90%, 单次检测时间由传统方法的 14 小时大幅缩短至 30 分钟, 显著提升了效率与一致性。在功能性参数检测方面, AI 驱动的多光谱检测系统实现了遮光率、UPF (紫外线防护系数) 涂层完整性、透气性等关键指标的自动化、量化评估。例如, 在调光窗帘检测中, 系统利用红外光谱差异分析技术, 可自动区分遮光层与透光层, 并精确测量两者的宽度及占比, 将误差控制在 $\pm 0.1\%$ 以内, 远优于人工目视判断; 在防晒服装检测中, AI 系统能快速扫描并识别 UPF 涂层的分布均匀性、破损或缺失区域, 检测效率较传统仪器提升 3 倍以上, 且结果具备良好的可追溯性与可复现性。

1.3 服装辅料与安全指标智能筛查

服装辅料 (如拉链、铆钉、纽扣等) 中若存在金属残留或有害物质超标, 将直接威胁产品安全。传统 X 光检测设备在面对复杂辅料时易受干扰, 导致误报率居高不下, 影响生产效率。为解决这一问题, AI 多能谱 X 射线检测系统应运而生。该系统采用三能谱分层成像技术 (低能 $< 50 \text{ keV}$ 、中能 $50\text{--}100 \text{ keV}$ 、高能 $> 100 \text{ keV}$), 构建高精度三维密度模型, 可穿透厚度达 8 厘米的织物堆叠层, 精准识别小至 0.1 毫米的金属异物^[2]。同时, 系统依托“合规配饰数字指纹库”, 有效区分正常辅料与异常异物, 显著提升判别准确性。该指纹库基于对 200 余种常见辅料的形状、密度及纹理特征的采集, 通过卷积神经网络 (CNN) 训练形成智能识别模型。在实际检测中, 系统实时比对成像数据与指纹库, 匹配度超过 95% 的辅料将被自动忽略, 仅对未识别或可疑物体触发报警。据某童装企业的实测数据显示, 该系统对金属异物的检出率高达 99.9%, 误报率较传统 X 光机降低 92%, 彻底缓解了因频繁误报导致的产线停机问题。此外, AI 技术还可与电子鼻传感系统融合, 实现对纺织品异味的快速、精准识别, 进一步拓展其在安全与环保指标智能筛查中的应用边界。

2 AI 技术驱动下纺织检测仪器设备的革新方向

2.1 硬件设备的智能化升级

AI 技术推动纺织检测仪器从“半自动”迈向“全智

能”, 在数据采集精度、抗干扰性能及多场景适配性等方面实现全面跃升。一是高精度数据采集模块的革新, 采用 2000 万像素以上的线阵相机与碲化镉 (CdTe) 半导体探测器等核心组件, 能量分辨率低于 1 keV , 可清晰分辨不同材质的异物, 最小检测精度达 0.05 mm 。二是抗干扰硬件结构的优化, 配备 10 mm 厚铅板与 5 mm 钨合金组成的双层屏蔽体系, 屏蔽效率高达 99.99%, 有效隔绝车间电磁干扰; 同时内置半导体制冷系统, 确保设备运行温度稳定在 $\pm 0.5^\circ\text{C}$ 以内, 避免温漂影响检测准确性。三是多场景适应能力显著增强, 检测设备支持一键切换轻薄面料 (如丝绸、蕾丝) 与厚重面料 (如呢料、牛仔) 等模式, 自动调节 X 射线剂量、检测速度及灵敏度, 覆盖从裁片到成衣的全流程检测需求。高端 AI 检针机针对轻薄织物自动降低 X 射线剂量并延长探测器积分时间, 对厚重织物则提升剂量与检测速度, 在保障穿透力的同时兼顾效率, 单件检测仅需 12 秒。

2.2 软件系统的数字化与协同化优化

AI 检测设备的软件系统正朝着“数据驱动 + 全流程协同”方向持续演进, 构建起覆盖全链条的数字化质量管控闭环。一是深度学习模型在轻量化与泛化能力上取得突破, 借助少样本迁移学习技术, 仅需 1-5 个样本即可完成对新型缺陷的模型训练, 标注耗时减少 80% 以上, 有效适配多材质、多款式的纺织品检测场景; 二是建立高效的数据协同与溯源机制, 检测设备通过 OCR 识别与 RFID 联动, 自动绑定面料规格、供应商信息及检测结果, 形成“一布一档”, 并可无缝对接工厂 ERP、MES 系统, 实现检测、记录与追溯的全流程数字化^[3]。三是强化智能决策与工艺优化的联动能力, 软件系统可自动汇总瑕疵率、缺陷类型分布等关键指标, 生成质量分析报告, 并反向驱动织造设备动态调整工艺参数, 达成检测—分析—改进的闭环管理。某纺织企业引入该系统后, 基于数据分析优化织造工艺, 使织物疵点率由 3.2% 降至 0.8%, 生产效率提升 15%。

3 AI 技术推动纺织检测行业发展的机遇与挑战

3.1 行业发展机遇

AI 技术为纺织检测行业带来了三大关键发展机遇: 其一, 推动行业检测标准的统一与升级。AI 检测具备客观性、高精度和结果可复现等优势, 有助于建立科学、一致的检测标准体系, 有效克服传统人工评定中存在的主观偏差, 从而提升我国纺织产品在国际市场的质量认可度与竞争力。其二, 显著降低企业运营成本。AI 检测大幅减少了对人工质检的依赖, 单条生产线所需质检人员由原来的 10 人缩减至 2 人, 人力成本降低约 80%, 为企业实现降本增效提供了有力支撑^[4]。其三, 加速产业

数字化转型进程。AI 检测在运行过程中持续生成高质量数据,为纺织企业在工艺优化、供应链协同、产品创新等方面提供坚实的数据基础,助力行业从传统规模化生产向智能化、数据驱动型制造模式转型升级。

3.2 行业面临挑战

尽管 AI 技术在纺织检测中已展现出良好应用成效,但仍面临以下三方面主要挑战:首先,小样本缺陷场景下的泛化能力有限。现有 AI 模型在面对新型复合材料、小批量定制面料或罕见疵点类型时,适应性和识别准确率仍有待提升。其次,初期投入成本较高。智能 AI 检测设备的采购价格通常为传统检测设备的 3 至 5 倍,对资金有限的中小企业构成一定门槛。最后,标准体系与人才储备尚不完善。目前行业内缺乏统一的 AI 检测系统技术规范和数据接口标准,同时兼具纺织工程背景与人工智能技能的复合型人才严重短缺,制约了技术的规模化推广与深度应用。

4 对策建议与未来展望

4.1 对策建议

针对当前纺织检测行业在 AI 应用中面临的挑战,提出以下三条对策建议:一是强化技术研发与迭代升级。鼓励企业与高校、科研机构共建联合实验室,聚焦小样本学习、跨材质泛化检测等关键技术瓶颈,加快研发轻量化、低成本的 AI 检测解决方案,有效降低中小企业引入 AI 技术的门槛。二是加快行业标准与规范体系建设。由行业协会牵头,制定统一的 AI 纺织检测系统技术指标、数据格式与接口标准,推动检测数据在不同平台和设备间的互通互认,构建标准化、可扩展的技术生态体系。三是加强复合型人才培养。推动高校与企业深化产教融合,设立纺织工程与人工智能交叉学科方向,同时面向在职人员开展 AI 技能专项培训,系统性弥补既懂纺织又通 AI 的复合型人才缺口。

4.2 未来展望

展望未来,AI 与纺织检测的深度融合将呈现三大趋势:一是多技术协同驱动智能升级。通过融合数字孪生、物联网(IoT)、5G 与 MEC(多接入边缘计算)等

前沿技术,构建“疵点预判—设备预警—工艺优化”一体化的全链条智能管控系统,将检测响应延迟压缩至 50 毫秒以内,充分适配高速生产线的实时需求。二是检测维度持续拓展。检测范围将从传统的外观瑕疵、成分分析,逐步延伸至舒适性、环保性、功能性等个性化、高附加值指标,推动定制化 AI 检测方案的研发与落地。三是行业渗透率显著提升。随着 AI 检测技术日趋成熟、成本不断下降,其应用将从大型龙头企业向广大中小企业普及,助力整个纺织行业迈向“精准检测、数据驱动、智能优化”的高质量发展新阶段。

5 结语

AI 技术依托深度学习、机器视觉、多光谱成像等核心手段,在织物疵点识别、纤维成分分析及安全指标筛查等领域实现了显著突破,不仅将检测效率提升逾百倍,准确率更突破 99%,大幅超越传统人工与常规检测方法。与此同时,AI 还驱动检测设备在硬件精度、抗干扰性能以及软硬件协同能力等方面实现智能化升级,构建起覆盖全流程的数字化质量管控体系,为纺织企业降低运营成本、优化生产工艺提供了关键支撑。尽管当前纺织检测行业仍面临技术泛化能力有限、投入成本较高、专业人才匮乏等挑战,但随着技术持续迭代、行业标准逐步完善以及人才培养体系不断健全,AI 有望成为推动该领域转型升级的核心引擎。未来,纺织检测将由被动响应式检测迈向主动智能预警,从孤立的单点检测进化为贯穿生产全链条的系统化管控,从而为纺织产业的高质量发展和全球竞争力提升奠定坚实基础。

参考文献

- [1] 张鸿昊. 数字图像处理技术在纺织检测中的应用[J]. 化纤与纺织技术,2025,54(11):54-56.
- [2] 陈亮,狄敏,张洪梅,等. 人工智能技术在纺织检测中的应用研究[J]. 标准科学,2025,(S1):233-236.
- [3] 瞿菁霞,钱薇薇. 现代纺织检测技术的现状及发展展望[J]. 纺织报告,2024,43(11):15-17.
- [4] 马斌. 纺织服装材料性能提升与检测技术革新[J]. 化纤与纺织技术,2024,53(09):69-71.