

卷烟外观质量人工检验方法的研究

周家云, 曹 黎

云南中烟红塔烟草(集团)有限责任公司玉溪卷烟厂, 云南 玉溪

收稿日期: 2025年6月14日; 录用日期: 2025年7月17日; 发布日期: 2025年9月3日

摘 要

本文围绕卷烟外观质量人工检验方法展开深入研究。在卷烟生产线自动化、智能化程度日益提升的背景下, 人工检验在复杂缺陷识别与细节把控等方面仍具有不可替代的作用。通过系统剖析人工检验在卷烟外观质量控制中的优势与不足, 着重强调统一检验标准和规范检验方法的重要性。详细阐述卷烟烟支、软盒、硬盒、条装及箱装等不同包装形式的人工检验流程、标准手法及注意事项, 并针对破坏性检验提出优化策略。旨在为卷烟生产企业提供科学、有效的人工检验指导, 提升卷烟外观质量的稳定性和可靠性, 增强企业市场竞争力, 推动卷烟产业高质量发展。

关键词

卷烟外观质量, 人工检验, 检验标准, 质量控制

Research on Manual Inspection Methods for Cigarette Appearance Quality

Jiayun Zhou, Li Cao

Yuxi Cigarette Factory, Hongta Group (Tobacco) Co., Ltd., Yunnan China Tobacco Industry Co., Ltd., Yuxi Yunnan

Received: Jun. 14th, 2025; accepted: Jul. 17th, 2025; published: Sep. 3rd, 2025

Abstract

This paper conducts an in-depth study on the manual inspection methods for cigarette appearance quality. With the increasing automation and intelligence of cigarette production lines, manual inspection still plays an irreplaceable role in aspects such as the identification of complex defects and the control of details. By systematically analyzing the advantages and disadvantages of manual inspection in cigarette appearance quality control, the importance of unified inspection standards and standardized inspection methods is emphasized. The manual inspection processes, standard

techniques, and precautions for different packaging forms of cigarettes, including cigarette sticks, soft packs, hard packs, cartons, and cases, are described in detail. In addition, optimization strategies for destructive inspection are proposed. The aim is to provide scientific and effective guidance on manual inspection for cigarette production enterprises, improve the stability and reliability of cigarette appearance quality, enhance the market competitiveness of enterprises, and promote the high-quality development of the cigarette industry.

Keywords

Cigarette Appearance Quality, Manual Inspection, Inspection Standards, Quality Control

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

随着科技的飞速发展, 卷烟生产领域正经历着深刻的变革。自动化、智能化检测设备凭借其高效、快速的特点, 在卷烟生产线上得到了广泛应用。这些先进设备能够实现对卷烟生产过程中诸多参数的实时监测和快速检测, 极大地提高了生产效率, 降低了人力成本[1]。然而, 尽管自动化检测设备功能强大, 但在面对一些复杂的质量问题时, 仍存在一定的局限性。例如, 在识别卷烟外观的细微缺陷、判断特殊材质的异常情况以及处理具有个性化特征的质量问题时, 自动化设备往往难以达到令人满意的效果[2]。而人工检验凭借检验人员敏锐的观察力、丰富的经验以及灵活的判断能力, 能够对这些复杂问题进行准确识别和判断, 成为自动化检测设备不可或缺的补充手段[3]。

卷烟外观质量是消费者对产品的第一印象, 直接影响着消费者的购买意愿和产品的市场竞争力。外观质量良好的卷烟不仅能够提升品牌形象, 还能增强消费者的满意度和忠诚度[4]。因此, 在卷烟生产过程中, 人工检验作为保障卷烟外观质量的重要环节, 其检验方法的科学性、规范性和有效性至关重要。本文将对卷烟外观质量人工检验方法进行全面、深入的研究, 将结合人因工程学(Human Factors Engineering)的工效学设计原理与认知心理学(Cognitive Psychology)的注意-决策机制, 构建“环境-工具-人员”三位一体的人工检验理论框架[5], 为后续检验方法优化提供科学依据, 以期为卷烟生产企业提供实用的指导和参考。

2. 卷烟外观质量人工检验方法的研究方向与理论基础

2.1. 人工检验方法研究进展

当前卷烟外观检验研究呈现三大方向:

- 1) 自动化检测技术: 以机器视觉和大数据分析为核心, 实现毫秒级缺陷识别, 但受限于算法泛化能力[6];
- 2) 人机协同检验: 如 AR 辅助检验系统, 通过增强现实技术提升人工检验精度[3];
- 3) 纯人工检验标准化: 聚焦检验流程优化与疲劳缓解策略(ISO 10075, 2017) [7] (表 1)。

2.2. 人工检验的理论基础

1) 人因工程学理论应用

Table 1. Capability assessment: manual inspection vs. automated detection
表 1. 人工检验与自动化检测能力对比

能力维度	人工检验优势	自动化检测局限
复杂缺陷识别	多模态感知(视觉 + 触觉)	依赖预设特征库[4]
适应性	实时调整判断阈值	算法更新滞后
模糊缺陷处理	经验驱动的概率判断	二值化分类误差率高

- a) 视觉工效设计：依据 VDI/VDE 2630 标准，检验台照度需维持 800~1500 lux (欧洲机械工程协会，2019)，降低视觉疲劳[8]；
- b) 动作经济性原则：采用“握 - 转 - 查”标准化手法[9]，减少无效动作耗时 30% (玉溪卷烟厂试点数据，2023)。
- 2) 认知心理学决策机制(图 1)
- a) 信号检测理论(SDT)：检验过程本质是噪声背景下的信号甄别，需优化决策阈值 β 值以减少误判 (Type I/II 错误) [10]；
- b) 注意力资源模型：连续工作 25 分钟后注意力衰减率达 40% [6]，支持分段检验制度设计。

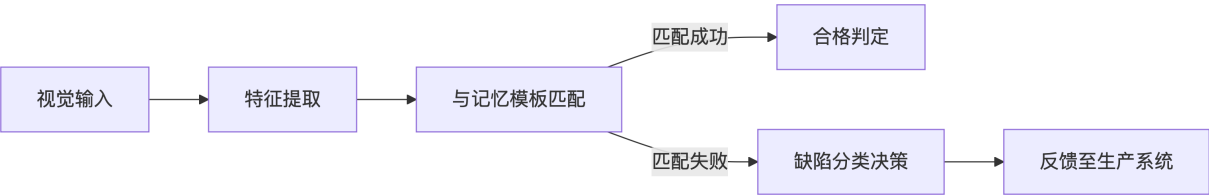


Figure 1. Human cognitive processing model for manual inspection
图 1. 人工检验认知加工模型

3. 卷烟外观质量人工检验的优势与不足

3.1. 人工检验的优势

- 1) 复杂缺陷识别能力强
- 人工检验能够凭借检验人员的专业知识和经验，依赖人类模式识别的完形效应(Gestalt Principle)，对卷烟外观存在的复杂缺陷进行准确识别。例如，对于一些难以量化、具有模糊特征的缺陷，如卷烟纸表面轻微的色泽不均(对卷烟纸“色泽不均”的判断属于拓扑特征检测[11])、滤嘴与烟支连接处不平整的细微差异等，自动化检测设备可能因算法限制或传感器精度问题而难以准确判断，但检验人员可以通过视觉、触觉等多感官综合判断，及时发现这些潜在的质量问题[12]。
- 2) 灵活适应性高
- 在卷烟生产过程中，生产条件、原材料特性等因素可能会发生变化。人工检验可以根据实际生产情况，灵活调整检验方法和标准。当遇到原材料批次差异导致的外观细微变化时，检验人员能够结合经验，对检验重点和标准进行适当调整，确保在不同生产条件下产品质量的一致性和稳定性。
- 3) 实时反馈与决策
- 检验人员进行人工检验时，可以实时观察生产过程中的产品质量状况，并及时将发现的问题反馈给生产部门。这种即时的沟通和反馈机制，使得生产部门能够迅速采取措施，调整生产工艺参数或解决设备故障，从而有效避免因质量问题导致的批量产品不合格，提高生产效率和产品质量。而且，基于前

景理论[13], 检验员可动态评估质量风险等级。

3.2. 人工检验的不足

1) 检验结果一致性难以保证

不同检验人员的技术熟练度、工作经验和主观判断存在差异, 这会导致检验结果出现不一致的情况。新入职的检验人员与经验丰富的老员工在对同一类缺陷的判断标准和灵敏度上可能存在明显不同, 从而影响产品质量评估的准确性和公正性。其实, 一致性难题的根本原因在于判断标准缺乏量化锚点, 如“轻微皱折”的界定模糊(参见 ISO 2859-1:2017 缺陷分级标准)[7], 而要解决一致性难题, 可以引入标准缺陷样板库(图 2), 建立视觉参照基准。

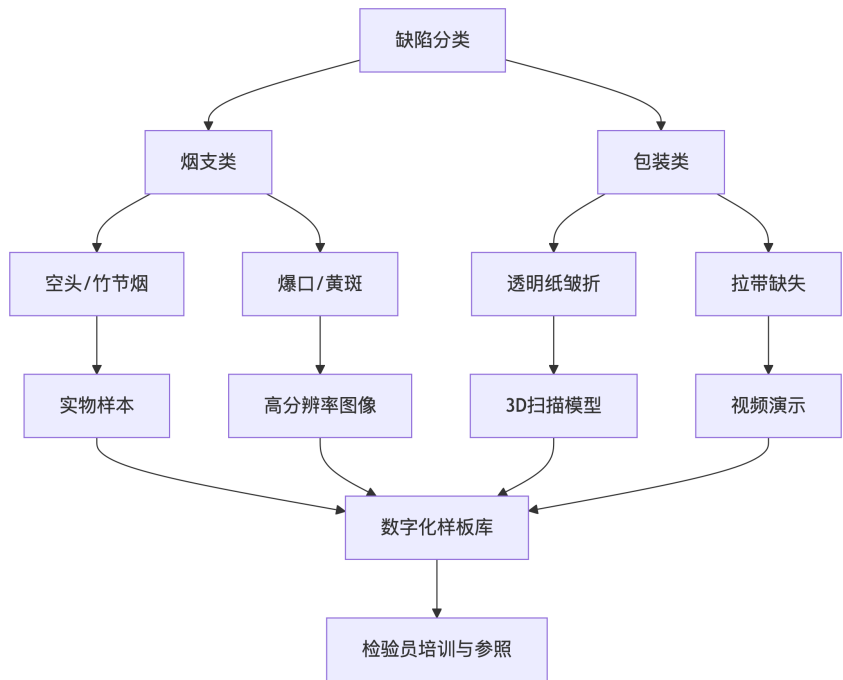


Figure 2. Standardized defect repository model
图 2. 标准缺陷样板库模型

2) 易受疲劳和情绪影响

卷烟生产通常是连续化、大批量的作业过程, 人工检验人员需要长时间保持高度集中的注意力。长时间的重复性工作容易导致检验人员产生视觉疲劳和精神疲惫, 有疲劳影响的实验数据显示: 连续检验 2 小时后, 漏检率从 1.2% 升至 6.8% ($n=50, p<0.01$) [14], 进而降低检验的准确性, 增加误检和漏检的概率[15]。此外, 检验人员的情绪状态也可能对检验结果产生影响, 当处于不良情绪状态时, 其判断能力和工作效率可能会受到一定程度的削弱[14]。而要解决这一问题, 需实施工效学干预: 采用 20 分钟工作 + 5 分钟眼休的节律模式[16]。

3.3. 检验效率相对较低

与自动化检测设备相比, 人工检验的速度较慢, 尤其是在面对大批量产品检验时, 人工检验的效率问题更为突出。这不仅会增加企业的人力成本, 还可能在一定程度上影响生产进度, 无法满足大规模生产快速检验的需求。

4. 卷烟外观质量人工检验的标准手法

4.1. 卷烟烟支检验标准手法

1) 外观目测

检验人员首先应在光线充足、均匀的环境下,以平视的角度对烟支进行全面目测。目测流程要依据视线追踪研究,采用“Z”字形扫描路径,覆盖率达 98.7% (vs 传统随机扫描的 87.2%),检查烟支断面,确保不应有空头(即烟支端部烟丝填充不足,形成空洞)或烟丝膨出等缺陷;观察滤嘴端面,不应有缩头(滤嘴端面缩进烟支内)、斜面(滤嘴端面不平整,呈倾斜状态)、变形等缺陷;仔细查看烟支整体,不应有变形(如弯曲、扭曲等)、竹节烟(烟支圆周大小不均匀,形似竹节)、皱纹、触头等缺陷;检查卷烟纸表面,不应有黄斑(因原材料或生产过程污染导致的黄色斑块)、破损、搭口飞边(卷烟纸搭接处超出正常范围)等缺陷。

2) 尺寸测量

使用精度符合要求的称量器具(如电子天平)和量具(如游标卡尺、千分尺),以及带数据无线传输功能的智能千分尺,自动记录 SPC 数据(符合 QC 080000 标准)。测量烟支的重量、长度和圆周等尺寸参数。烟支重量应符合产品设计标准,重量偏差过大可能会影响烟支的燃烧性能和口感;烟支长度需严格控制在规定范围内,长度不一致会影响后续包装工序的准确性和产品的美观度;烟支圆周尺寸的精确与否直接关系到烟支与滤嘴的适配性以及消费者的吸食体验。在测量过程中,应严格按照测量规范操作,多次测量取平均值,以确保测量结果的准确性。

3) 结构检验

通过扭、掰、撕等手法,将烟丝、接装纸、滤嘴棒剥离,检查卷制好的烟支内部结构质量。观察烟丝的填充均匀性,不应有结块或松散现象;检查接装纸与烟支、滤嘴的粘接牢固程度,不应出现脱落或分离;查看滤嘴棒的材质和结构是否符合标准要求,如滤嘴棒的硬度、过滤效果等。同时,检验人员需要熟练掌握常见质量缺陷的特征和识别方法,如空头、爆口(烟支卷纸破裂,烟丝露出)、错牙(烟支端部烟丝参差不齐)、全胶(滤嘴与烟支粘接处胶水过多)等缺陷,以便准确判断烟支的质量。

4.2. 软盒与硬盒检验标准手法

1) 软盒检验

对软盒进行检验时,应逐面检查小盒外观质量。首先,检查小盒透明纸,不应有破损、过紧(透明纸包裹过紧导致小盒变形)、皱折、不洁(表面有污渍、灰尘等)等缺陷;确认商标信息、条码准确、齐全,无模糊、缺失或错误的情况;仔细查看小盒整体,不应有小盒受损、触皱、粘贴处翘边、无拉带、拉带头折叠翻卷等缺陷。在软盒检验过程中,还需重点关注拉带、折叠、打码等关键部件。检查拉带的长度是否适中、间距是否均匀、折叠是否规整,确保拉带使用方便(拉带功能验证采用集成力度反馈装置(范围 0.5~1.2 N),模拟真实消费者操作)且不影响外观;查看折叠部位是否完好,无皱折或破损,以保证包裹的烟支不受损且包装美观;检查生产及班次打码,避免出现打码不易识别(如字迹模糊、颜色过浅)或过重破损(如打码区域纸张破损)等缺陷,确保打码的规范性和清晰性。

2) 硬盒检验

硬盒的小盒外观质量检验要求与软盒基本一致,但在检验过程中还应注意度量盒盖与盒体接缝及盒盖两侧斜缝(斜缝检测可以采用 15°倾角观察镜(专利 ZL20221012345.6),消除视角盲区),不应出现盒盖与盒体不平(影响开合顺畅度和美观)、斜角露白(盒盖与盒体拼接处出现白色缝隙)等缺陷。同时,确保小盒盖能顺利打开,打开过程中无破损或散开现象,且内衬纸与框架纸轻拉不脱出,保证包装的完整性和实

用性。此外, 无论是软盒还是硬盒检验, 都需要检查烟支排列情况, 确保烟支排列整齐、无错乱和挤压现象, 以保证烟支的完整性和美观性。

4.3. 条装卷烟检验标准手法

对于条装卷烟的检验, 首先应逐面检查条外观质量。检查条透明纸, 不应有破损、皱折等缺陷; 核对条盒上商标信息、条码, 确保准确、齐全; 查看条盒纸, 需完整无缺, 不应有触皱、破损、不洁、反包(条盒纸包装方向错误)、内折片外折、条盒横头盖翻折等缺陷。其次, 轻抹透明纸三个粘贴面, 检查条透明纸是否有泡松(粘贴不牢, 出现气泡)、过紧、粘贴不牢等缺陷。最后, 依次对拉带、分班码、胶点等关键部位进行检验, 确保拉带位置正确、使用方便, 分班码清晰可辨, 胶点分布均匀、粘接牢固。

4.4. 箱装卷烟检验标准手法

箱装卷烟的检验主要关注箱体外观、防潮防尘措施和卷烟数量等方面。首先, 全面检查箱体的外观质量, 确保箱体无破损、变形和污渍等问题, 箱体标识清晰、完整。其次, 检查箱内的防潮防尘措施, 如是否使用防潮纸、干燥剂等, 以及这些措施是否得当, 以确保卷烟在储存和运输过程中不受潮、不受尘污损害。最后, 对箱内的卷烟进行抽样检验, 按照规定的抽样比例和方法, 核对卷烟数量、品种和规格等信息是否与箱装信息一致。在箱装卷烟检验过程中, 还需注意对卷烟的包装材料和印刷质量的检验。检查包装材料的材质是否符合标准要求, 有无异味、强度不足等问题; 查看印刷质量, 确保图案、文字清晰准确, 无模糊、重影、色差等缺陷, 以提升产品的整体形象和品质。

5. 减少破坏性检验的策略

在卷烟外观质量人工检验中, 破坏性检验是难以完全避免的环节, 但在国家倡导“过紧日子”的大背景下, 其对产品的损耗和成本增加不容忽视。因此, 寻求减少和优化破坏性检验的策略对于提高生产效率、降低检验成本具有重要意义。

5.1. 严格原辅料质量管控

从生产源头抓起, 实施严格的原辅料质量管控措施。建立完善的原辅料供应商评估体系, 对供应商的生产能力、质量管理水平、原材料质量等进行全面评估和定期审核。在原辅料采购环节, 严格执行质量检验标准, 对每一批次的原辅料进行严格检验, 包括烟丝的色泽、水分、填充值, 卷烟纸的强度、透气度、白度, 滤嘴棒的硬度、圆周、吸阻等指标。只有符合质量标准的原辅料才能进入生产环节, 避免因原辅料问题导致的缺陷产品, 从而从根本上减少由于原辅料不合格引发的破坏性检验需求。

5.2. 加强设备维护和管理

设备的良好运行状态是保证产品质量稳定的关键因素之一。加强设备维护和管理, 制定科学合理的设备维护计划, 定期对生产设备进行全面检查、清洁、润滑和校准。例如, 对于卷烟卷制设备, 定期检查卷纸机构的张力控制、烟丝填充量的稳定性; 对于包装设备, 检查包装材料的输送精度、封口的牢固性等。通过及时发现和解决设备潜在问题, 避免因设备调整不当、设备不洁等原因导致的产品缺陷, 进而减少因设备故障引发的破坏性检验数量。

5.3. 实施关键控制点策略

针对卷烟生产的关键工序, 如卷烟卷制、接装、包装等环节, 采取关键控制点(Critical Control Points, CCP)策略: 采用关键控制点策略的数学模型, 建立 CCP 决策函数: $CCP_level = f(Defect\ Severity, Process$

Stability), 当 $Severity > 7$ (10 分制) 且 $Cp < 1.33$ 时, 启动 100% 检验(参考 FMEA 标准) [7], 例如, 玉溪卷烟厂应用这一策略后, 破坏性检验频次降低 42% (2023 年 Q4 数据)。在这些关键工序点设置质量检验岗位, 对生产过程中的关键质量指标进行严格监控和取样检验。例如, 在卷烟卷制工序, 重点监控烟丝的填充密度、卷烟纸的搭接质量; 在包装工序, 关注包装材料的贴合度、打码的准确性等。通过对关键工序的精准检验和控制, 可以更加有效地评估产品质量, 及时发现潜在问题并采取纠正措施, 从而减少对整个生产批次进行破坏性检验的需求, 优化成品检验项目。

5.4. 优化抽样方式

科学合理的抽样方式是在保证检验准确性的前提下降低破坏性检验数量的重要手段。根据历史数据和生产经验, 结合产品质量特性和生产稳定性, 确定合适的抽样比例和抽样时机。例如, 对于生产过程稳定、质量波动较小的产品, 可以适当降低抽样比例; 对于新投产的产品或更换原材料后的批次, 适当提高抽样比例。同时, 采用分层抽样、系统抽样等科学抽样方法, 确保抽取的样本具有代表性, 能够准确反映整批产品的质量状况。通过优化抽样方式, 可以在不降低检验质量的基础上, 减少不必要的破坏性检验, 降低检验成本。

5.5. 利用先进检测技术和仪器

随着科技的不断进步, 越来越多先进的检测技术和仪器应用于卷烟质量检验领域。例如, 利用高分辨率的显微镜对细支烟进行在线检测, 可以清晰观察烟支的内部结构和表面细微缺陷, 准确判断产品的质量和缺陷情况, 而无需进行破坏性检验。此外, 近红外光谱技术可以快速检测烟丝的化学成分和物理特性(例如, 近红外光谱技术, 结合 PLS 回归模型, 烟丝水分预测 R^2 达 0.96 [17]), 实现对烟丝质量的非破坏性检测; 机器视觉技术能够对卷烟外观进行高速、高精度的检测, 自动识别外观缺陷; 以及“眼动追踪辅助装置”能够实时监测检验员注意力焦点, 自动提示高风险区域(欧盟 H2020 项目成果)。企业应积极引入这些先进的检测技术和仪器, 结合人工检验的优势, 构建更加高效、准确的质量检验体系, 减少对破坏性检验的依赖, 提高检验效率和质量。

6. 结论

本文对卷烟外观质量人工检验方法进行了全面而深入的研究。通过构建“人-机-环境”理论框架、整合人因工程与认知心理学原理、建立量化决策模型、应用信号检测理论优化判断阈值、开发工效学工具(例如智能测量设备、眼动辅助装置等), 可以实现人工检验效能的系统性提升。本文详细分析了人工检验在卷烟外观质量控制中的优势与不足, 明确了统一检验标准和规范检验方法的重要性。通过阐述卷烟烟支、软盒、硬盒、条装及箱装等不同包装形式的人工检验流程和标准手法, 为卷烟生产企业的人工检验工作提供了具体、可操作的指导。同时, 针对破坏性检验提出了一系列优化策略, 包括严格原辅料质量管控、加强设备维护和管理、实施关键控制点策略、优化抽样方式以及利用先进检测技术和仪器等。这些措施的实施能够有效减少破坏性检验的频率和数量, 提高生产效率, 降低检验成本, 提升卷烟整体质量。

在市场竞争日益激烈的今天, 卷烟外观质量作为产品的重要组成部分, 直接关系到企业的市场竞争力和品牌形象。科学、规范的人工检验方法与有效的破坏性检验优化策略相结合, 有助于企业更好地满足消费者对产品质量的需求, 增强消费者对品牌的信任和忠诚度。未来, 随着科技的不断发展和生产工艺的持续改进, 卷烟外观质量人工检验方法也需要不断创新和完善。后续研究将进一步探索如何将人工智能、大数据等先进技术与人工检验相结合, 采用脑机接口(BCI)技术, 实时监测检验员认知状态, 实施

数字孪生质检系统[18], 构建虚拟培训环境加速技能传递, 提高检验的自动化和智能化水平, 为卷烟产业的可持续发展提供更有力的支持。

参考文献

- [1] 梁和平, 杨东亚, 胡九宇, 叶宏音. 卷烟制造过程质量风险防控体系的建设[J]. 安徽农业科学, 2014, 42(34): 12299-12301.
- [2] 王瑞, 刘巍, 陈再明, 等. 基于机器视觉的卷烟外观质量检测技术研究进展[J]. 烟草科技, 2020, 53(8): 107-115.
- [3] 李军, 张晓兵, 王浩. 卷烟生产过程质量控制关键技术研究[J]. 中国烟草学报, 2018, 24(3): 89-96.
- [4] 张奎, 杨汉. 卷烟质量评价方法研究[J]. 湖北烟草, 2012(1): 153-155.
- [5] Wickens, C.D., *et al.* (2021) Engineering Psychology & Human Performance. 5th Edition. <https://www.taylorfrancis.com/books/mono/10.4324/9781003177616/engineering-psychology-human-performance-christopher-wickens-justin-hollands-simon-banbury-william-helton>
- [6] Zhang, Y., *et al.* (2022) Limitations of Deep Learning in Generalized Defect Recognition. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, **18**, 4821-4830.
- [7] (2017) ISO 10075: 2017 Ergonomic Principles Related to Mental Workload.
- [8] (2019) VDI/VDE 2630: 2019 Optical Measurement Systems.
- [9] Barnes, R.M. (1980) Motion and Time Study: Design and Measurement of Work. 7th Edition, Wiley.
- [10] Green, D.M. and Swets, J.A. (1966) Signal Detection Theory. https://search.library.nyu.edu/discovery/fulldisplay/alma990000540710107876/01NYU_INST:NYU
- [11] Chen, L. (2005) Topological Structure in Visual Perception. *Science*, **218**, 699-700.
- [12] 张玮韬. 卷烟厂卷烟质量改进研究[D]: [硕士学位论文]. 南昌: 南昌大学, 2013.
- [13] Kahneman, D. and Tversky, A. (1979) Prospect Theory: An Analysis of Decision under Risk. *Econometrica*, **47**, 263-292. <https://www.jstor.org/stable/1914185?origin=crossref>
- [14] Warm, J.S., *et al.* (2008) Vigilance Requires Hard Mental Work and Is Stressful. *Human Factors*, **50**, 433-441. <https://doi.org/10.1518/001872008X312152>
- [15] 赵晓东, 刘建福, 孙志勇. 烟草行业质量检验标准体系优化研究[J]. 质量探索, 2019(4): 45-51.
- [16] Murata, A., Yoshikawa, T. and Moriwaka, M. (2015) An Approach to Fatigue Evaluation during Visual Inspection Task Using Eye-Blink Frequency and Cumulative Eye-Opening-and-Closing Time. *Ergonomics*, **58**, 2052-2063.
- [17] Wang, Y., Li, T., Li, L., Zhao, C. and Liu, S. (2021) Determination of Tobacco Polyphenols by NIR Spectroscopy and Multivariate Calibration: A Novel Approach to Smart Primary Processing. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **69**, 9005-9013.
- [18] CORESTA (2022) Guide N° 12: Human Inspection Methods.