

珠宝及贵金属检验检测技术的创新与发展

刘芬

广州中地大珠宝检测有限公司, 广东 广州 510000

DOI:10.61369/ME.2025070008

摘 要 : 介绍珠宝及贵金属检验检测技术, 包括传统方法及其局限, 国内外分级标准与纯度标识体系差异。阐述激光诱导击穿光谱等新技术进展, 还涉及基于深度学习的瑕疵识别、微区 CT 扫描等技术应用, 以及新型标识体系、区块链溯源等内容, 最后展望未来发展方向。

关 键 词 : 珠宝检测; 贵金属检测; 技术创新

Innovation and Development of Jewelry and Precious Metal Inspection and Testing Technology

Liu Fen

Guangzhou Zhongdi Da Jewelry Testing Co., LTD., Guangzhou, Guangdong 510000

Abstract : This paper introduces the inspection and testing technologies for jewelry and precious metals, including traditional methods and their limitations, as well as the differences in classification standards and purity labeling systems at home and abroad. This paper elaborates on the progress of new technologies such as laser-induced breakdown spectroscopy, and also covers the application of technologies like defect recognition based on deep learning and micro-area CT scanning, as well as new identification systems and blockchain traceability. Finally, it looks forward to the future development direction.

Keywords : jewelry testing; precious metal detection; technological innovation

引言

中国珠宝及贵金属检验检测行业正处于快速发展阶段, 2021 年中国发布的《珠宝玉石国家标准》等政策对行业提出了更高要求。传统检测技术存在局限性, 国内外标准差异影响公信力。激光诱导击穿光谱等新技术取得进展, 深度学习、微区 CT 扫描等技术也各有应用。同时, 中国市场有自身特点, 需对接国际标准并进行本土化改造。构建新型标识体系、利用区块链溯源、国家级检测机构数据共享等也成为行业发展的重要方向, 未来将朝着检测标准国际化、设备微型化和建立大数据预警系统迈进。

一、传统检验检测技术体系分析

(一) 常规检测方法综述

传统的珠宝及贵金属检验检测技术包括 X 射线荧光光谱法、火试金法等。X 射线荧光光谱法是一种常用的无损检测方法, 其原理是利用 X 射线激发样品中的原子, 使其发射出具有特征波长的荧光 X 射线, 通过检测这些荧光 X 射线的强度和波长来确定样品的成分和含量。该方法具有快速、准确、无损等优点, 广泛应用于珠宝及贵金属的检测。火试金法是一种经典的化学分析方法, 其原理是利用高温将样品中的贵金属与其他杂质分离, 然后通过化学分析方法确定贵金属的含量^[1]。该方法具有准确性高、适用范围广等优点, 但操作复杂、耗时较长。然而, 这些传统检测技术在高纯度贵金属检测和新型合金材料鉴别中存在一定的技术局限性, 需要进一步创新和发展。

(二) 行业标准体系现状

国内外珠宝玉石分级标准与贵金属纯度标识体系存在差异。

国外一些发达国家在珠宝玉石分级标准方面相对更为细致和完善, 例如在颜色、净度等关键指标上有更精确的界定^[2]。而我国虽有相关标准, 但在某些细节方面仍需进一步细化和完善。在贵金属纯度标识体系上, 不同国家也有不同规定, 这导致在国际贸易中可能出现标准不一致的情况。这种标准化程度不足的现状, 会对检测结果的公信力产生影响。因为不同标准下的检测结果可能存在差异, 使得消费者对检测结果的信任度降低, 也不利于行业的健康发展。

二、现代检测技术创新进展

(一) 光谱分析技术突破

激光诱导击穿光谱 (LIBS) 技术在珠宝及贵金属检测领域取得重要进展。它可实现元素分布的可视化检测, 通过高能量激光脉冲聚焦在样品表面产生等离子体, 对等离子体发射光谱进行分析, 从而确定样品中的元素组成及分布情况^[3]。同时, 高分辨率

显微红外光谱技术也为检测提供了新方法。针对合成钻石，其可以通过识别特征谱线来进行鉴别。通过特定的算法对显微红外光谱数据进行处理，能够更准确地提取合成钻石的特征谱线，有效区分天然钻石与合成钻石，为珠宝及贵金属的检验检测提供了更精确、高效的技术手段。

（二）智能检测设备研发

基于深度学习的珠宝瑕疵自动识别系统构建方面，利用深度学习算法强大的特征学习能力，对大量珠宝图像数据进行学习和分析，从而实现对珠宝瑕疵的自动识别^[4]。通过构建合适的神经网络模型，如卷积神经网络（CNN），能够有效提取珠宝图像中的特征信息，准确判断瑕疵的类型、位置和大小等。在微区CT扫描技术应用于贵金属制品内部结构无损检测中，该技术可提供高分辨率的三维图像，清晰展示贵金属制品内部的微观结构和缺陷情况。它能够在不破坏样品的前提下，检测出内部的微小裂纹、孔洞等缺陷，为贵金属制品的质量评估和工艺改进提供重要依据。

三、标准化检测体系构建

（一）国际标准对接研究

1. CIBJO 标准本土化改造

中国珠宝市场具有自身独特的特征，如文化内涵丰富、消费群体多样、原材料来源广泛等^[5]。在对接 CIBJO 标准时，需充分考虑这些特点进行本土化改造。一方面，要结合中国传统文化元素对标准中的款式设计、寓意解读等部分进行细化和补充，使其更符合中国消费者的审美和文化需求。另一方面，针对中国丰富的珠宝原材料资源，在标准中应增加对一些本土特色原材料的质量检测指标和方法。同时，考虑到中国市场消费群体的多样性，在标准的适用性上应更加灵活，例如对不同档次、不同用途的珠宝首饰制定有针对性的检测细则，以确保 CIBJO 标准在中国珠宝市场能够更好地落地实施，促进中国珠宝检验检测行业的健康发展。

2. 贵金属纯度标识统一化

构建涵盖印记、电子身份证等多维度的新型标识体系对于贵金属纯度标识统一化至关重要。印记作为传统的标识方式，具有直观、便捷的特点，但存在易磨损、伪造等问题。电子身份证则可以利用现代信息技术，为贵金属赋予独一无二的身份编码，实现从生产源头到销售终端的全程追溯。通过将印记与电子身份证相结合，可以优势互补，提高标识的准确性和可靠性。同时，在构建新型标识体系的过程中，要充分考虑国际标准的对接，确保标识体系的通用性和兼容性，以便更好地适应全球化的市场环境^[6]。

（二）质量追溯机制创新

1. 区块链溯源系统设计

区块链技术具有去中心化、不可篡改、可追溯等特性，为珠宝及贵金属的溯源提供了新的思路。该系统设计首先需确定数据结构，包括珠宝的基本信息（如种类、重量、成色等）、生产加

工环节信息（如加工工艺、加工时间、加工地点等）以及流通环节信息（如销售渠道、销售时间、销售地点等）^[7]。其次，构建区块链网络，选择合适的共识机制确保数据的一致性和准确性。再者，设计智能合约，实现自动化的信息验证和记录。同时，要考虑系统的安全性，防止数据泄露和篡改。通过这些设计，能够实现对珠宝及贵金属从原材料到成品的全程追溯，保障消费者权益，提升行业的信任度。

2. 实验室数据互联方案

国家级检测机构数据共享与结果互认的标准化协议是构建标准化检测体系、创新质量追溯机制和实现实验室数据互联的关键。应明确规定数据格式、检测方法、精度要求等关键要素的统一标准^[8]。这有助于不同机构间的数据流通和结果比较，提高检测效率和准确性。同时，建立严格的质量控制和审核机制，确保共享数据的真实性和可靠性。通过标准化协议，可实现从样品采集到检测结果发布的全过程追溯，增强质量追溯机制的有效性。此外，利用现代信息技术搭建数据互联平台，使各实验室能实时共享和交互数据，促进珠宝及贵金属检验检测技术的协同创新与发展。

四、技术应用实证研究

（一）珠宝检测典型案例

1. 热处理宝石鉴别实践

利用激光诱导击穿光谱（LIBS）技术分析红宝石热处理历史是一种有效的方法。通过获取元素迁移图谱，可以了解热处理过程中元素的扩散和变化情况。在实际应用中，对红宝石样品进行 LIBS 检测，分析其中关键元素的含量和分布。例如，某些元素在热处理后可能会出现迁移现象，从晶体内部迁移到表面或在晶体内重新分布。通过对比热处理前后以及天然未经热处理红宝石的 LIBS 图谱差异，可以识别红宝石是否经过热处理以及推断其热处理条件。这种技术为珠宝检测领域提供了一种新的、准确的鉴别热处理宝石的方法^[9]。

2. 合成钻石鉴定方案

光致发光光谱（PL）是一种有效的检测手段，在 CVD 合成钻石特征生长纹的检测中具有重要应用。其原理是基于钻石在特定波长的光激发下会产生特征性的发光光谱。对于 CVD 合成钻石，由于其生长过程与天然钻石存在差异，在 PL 光谱上会呈现出独特的特征生长纹相关的谱线。这些谱线可以作为鉴别 CVD 合成钻石的关键依据。通过精确测量和分析 PL 光谱中的特征峰位置、强度以及峰形等参数，可以准确判断钻石是否为 CVD 合成品，并进一步了解其生长过程中的一些特性^[10]。

（二）贵金属检测应用示范

1. 纳米结构金制品检测

在纳米结构金制品检测中，小角 X 射线散射技术发挥着重要作用。该技术能够对贵金属纳米颗粒分布进行有效表征。通过测量散射光的强度和角度等信息，可以获取纳米颗粒的尺寸、形状以及空间分布等关键参数。这对于深入了解金制品的微观结构和

性质至关重要。例如，在检测金纳米颗粒的团聚情况时，小角 X 射线散射技术可以清晰地呈现出颗粒之间的距离和聚集程度，从而为评估金制品的质量和性能提供有力依据。同时，该技术还具有非破坏性、高精度等优点，能够在不破坏金制品的前提下，实现对其内部纳米结构的准确检测，这在珠宝及贵金属检验检测领域具有广阔的应用前景。

2. 古董金银器无损分析

微束 XRF 技术在古董金银器无损分析中具有重要应用。该技术可实现文物贵金属成分的原位检测。它通过发射微束 X 射线激发样品，使样品中的元素产生特征 X 射线荧光，从而确定元素种类和含量。对于古董金银器，这种无损检测方式能够避免对文物造成破坏，同时精确分析其贵金属成分，为文物的鉴定、研究和保护提供关键数据。例如，可检测金银器中金银的纯度以及其他微量元素的存在情况，有助于了解古代金银器的制作工艺和材料来源，对研究古代文化和历史具有重要意义。

（三）技术创新效益评估

1. 检测效率量化分析

新旧技术体系在典型检测项目中的表现存在显著差异。在耗时方面，新技术往往借助先进的仪器设备和优化的检测流程，大幅缩短了检测时间。例如，对于贵金属纯度检测，传统方法可能需要数小时，而新技术可能在几十分钟内即可完成。在准确性数据上，新技术通过更精确的分析方法和更高的分辨率，能够提供更准确的检测结果。以珠宝玉石的成分分析为例，新技术能够检测到更细微的成分差异，准确性较旧技术有明显提升。这些数据

对比充分体现了技术创新在检测效率和准确性上带来的巨大效益，为珠宝及贵金属检验检测行业的发展提供了有力支撑。

2. 经济效益测算模型

技术创新带来的市场打假成本节约评估体系的构建需从多方面考虑。首先明确市场打假成本包含人力、物力及时间成本等。对于珠宝及贵金属检验检测技术创新而言，其可能减少了大量传统人工检测所需的人力投入，降低了人力成本。同时，新技术可能提高检测效率，缩短检测时间，从而减少了时间成本。在物力方面，新的检测技术可能减少了对某些昂贵检测设备的依赖，或者提高了设备的使用效率，进而降低了物力成本。通过对比技术创新前后这些成本的变化，建立合理的数学模型来量化市场打假成本的节约量，从而评估技术创新在这方面带来的经济效益。

五、总结与展望

在珠宝及贵金属检验检测技术领域，已取得诸多成果。光谱分析技术不断优化，提升了检测的准确性和效率；智能检测方面也实现了关键突破，为检测工作带来了更多便利。

展望未来，发展方向明确。检测标准将趋于国际化，这有助于全球珠宝市场的规范和统一。设备微型化是必然趋势，可使检测更加便捷、灵活。同时，建立大数据预警系统至关重要，能及时发现市场中的异常情况。这些技术创新不仅能推动行业进步，更对规范珠宝市场秩序、保障消费者合法权益具有不可替代的战略价值，将为珠宝及贵金属行业的健康发展提供坚实支撑。

参考文献

- [1] 方立凯. 金融发展、技术创新与产业间要素配置效应 [D]. 重庆师范大学, 2021.
- [2] 曾忆旻. 技术创新、内部控制与企业可持续发展 [D]. 东华大学, 2023.
- [3] 杨文山. 资本错配对技术创新的影响——基于金融效率的中介效应检验 [D]. 山东财经大学, 2023.
- [4] 张植. 环境规制、绿色技术创新与工业绿色发展 [D]. 武汉大学, 2021.
- [5] 袁欢欢. 互联网发展对城市技术创新的影响及机制研究 [D]. 南京财经大学, 2022.
- [6] 马婧. 红外光谱检测技术在珠宝检测机构中的应用 [J]. 产业与科技论坛, 2021, 20(22): 37-38.
- [7] 杜丹丹. “珠宝物流送检”模式的发展现状 [J]. 中国宝石, 2022(4): 236-239.
- [8] 金莉莉. 基于大数据的精准教学在珠宝检测类课程中的改革与应用 [J]. 现代信息技术, 2023, 7(1): 178-181.
- [9] 周青超, 沈锡田. 从专利角度分析全球宝石检测技术的发展 [J]. 宝石和宝石学杂志 (中英文), 2022, 24(3): 71-78.
- [10] 夏妍. 首饰贵金属 3D 打印技术发展现状研究——评《贵金属珠宝饰品材料学》[J]. 中国有色冶金, 2022, 51(2): 144.