

检测分析在纸质文物保护修复中的辩证作用

——基于字画、古籍案例的讨论

张 瑞

西北工业大学文化遗产研究院 陕西西安

【摘要】多种检测设备进入纸质文物修复现场后，修复方案有了更多的科学依据，但数据增多并不意味着修复方案更加合理。检测的真正作用在于分析病害成因、分辨材料差异、预测不同干预方案的风险系数，并能进行修复后的长期跟踪。本文以长武县博物馆清圣旨与《楚辞集注》古籍两个修复案例为依托，探讨颜料鉴定、纤维分类、纸张厚度、pH 值、色度及碱储量等指标在保护修复方案设计中的数据支撑，并重点剖析了检测应用中存在的过度依赖单一指标、局部取样与原件整体差异，以及重短期成效而轻长期维护等关键问题。文章认为，检测须结合文物三大价值、使用目标和材料反应多种因素进行解读，避免用某一数值代替对整体状态的判断。例如，前人修复痕迹的保留或移除、补纸的选配、脱酸方式改变以及装帧形式的调整，都需要在文物修复三大原则下进行，否则会对文物造成二次损害。因此，修复后有必要建立一套完整的体系，包括对纸质文物的价值定义、病害问题剖析、目的性检测、小范围验证、分步实施到修复后复检，使检测真正成为修复设计依据和长期保存的基础手段，而不只是修复项目的附属环节。

【关键词】传统修复经验；纸质文物；保护修复；检测分析；长期保存

【收稿日期】2026 年 7 月 5 日

【出刊日期】2026 年 8 月 3 日

【DOI】10.12208/j.ssr.20260256

The dialectical role of testing and analysis in the conservation and restoration of paper-based cultural heritage—A discussion based on cases of calligraphy, paintings, and ancient books

Rui Zhang

Institute of Cultural Heritage, Northwestern Polytechnical University, Xi'an, Shaanxi

【Abstract】The incorporation of various analytical instruments into the on-site restoration of paper-based cultural heritage has undoubtedly strengthened the scientific basis for conservation planning. Yet, the mere accumulation of measured data does not automatically give rise to more reasoned decisions in restoration practice. The essential value of testing, rather, resides in its capacity to diagnose deterioration mechanisms, distinguish material differences, estimate the risk levels associated with alternative intervention measures, and enable sustained monitoring after treatment. Drawing upon two specific restoration projects—a Qing-dynasty imperial edict and the ancient manuscript *Chu Ci Ji Zhu* (Collected Annotations to the *Chu Ci*) preserved at the Changwu County Museum—this paper investigates how parameters such as pigment composition, fibre type, paper caliper, pH, colorimetric readings, and alkaline reserve can effectively inform the development of conservation strategies. At the same time, the study draws attention to several practical difficulties that frequently arise in testing applications: over-dependence on a single indicator, mismatches between localized sample data and the overall physical state of the object, and a prevailing inclination towards short-term visible improvements rather than long-term preservation. The paper maintains that the interpretation of test outcomes must be grounded in a holistic perspective that synthesizes the three core values of cultural heritage, the intended functional uses of the object, and the inherent response behaviour of its constituent materials. Only in this way can we avoid reducing a comprehensive condition assessment to a set of isolated numerical figures. For example, choices about whether to retain or remove earlier restoration traces, which repair paper to employ, how to adjust deacidification procedures, or whether to modify the binding format—all these must be made in strict accordance with the three fundamental principles of heritage restoration; otherwise, the

artefact runs a real risk of sustaining secondary damage. Therefore, it is crucial to establish a comprehensive post-restoration system that encompasses value definition, deterioration profiling, purpose-oriented testing, small-scale validation, step-by-step implementation, and re-inspection after treatment. Under such a framework, testing would serve not merely as an ancillary aid, but as a substantive pillar for both restoration design and long-term stewardship of paper cultural relics.

【Keywords】Traditional restoration experience; Paper cultural relics; Conservation and restoration; Testing and analysis; Long-term preservation

1 引言

传统的纸质文物修复主要有四大核心步骤，第一步是通过手触和眼观去判断纸张的纤维种类和病害程度；第二步是进行水和浆糊的调试，用毛笔或者排笔调试合适的浓度对纸张进行软化；第三步是修复者运用竹启子，在纸层间进行剥离，再配以染制的补纸进行镶补，俗称“手工揭补”环节。最后一步是“自然阴干”，将修复好的画心贴于裱墙上，凭借对环境温湿度的感知，让其在自然状态下缓慢定型。这几个步骤看似简单，却极其考验修复者的经验以及实操技能^[1-3]。

传统修复在历史的沉淀中，的确形成了一套完整的体系。然而当今对纸质文物保存环境的要求更加复杂，并且具有批量化的保护需求，从技术继承而言，传统修复模式基本都是师徒形式，这是一个显而易见的弊端。从文物的三大价值来看，纸质文物也是具备生命的，是人类历史上创造的物质文化遗存，不可能被再生产、再创造，仅靠修复者经验修复，一旦造成破坏，是不可逆的。并且根据《中华人民共和国文物保护法》（2017）、《馆藏文物修复管理办法》（2020）中文物的设计保护原则，即遵循真实性、规范性、安全性、可逆性、易维护性的适度原则。在实际操作中，对于所选用的材料和工艺，均经过科学评估和验证，确保其符合文物保护的长期需求。因此引进了科学的分析检测技术保证文物修复过程的科学性和安全性^[4,5]。

当前的馆藏纸质文物修复出现两个分歧，一是只依赖传统经验技术修复，资深修复者认为技术和经验过关足以出色的完成所有纸质文物的修复，所谓科学检测只是锦上添花的辅助手段。另一种强调只看数据，经验技术都是一家之言，并不准确。据此，本文结合2个案例，一是长武县博物馆字画修复；二是《楚辞集注》类古籍保存现状以及修复技术路线，通过案例，可以明确科学技术的检测在修复过程中不可替代的重要作用以及与传统修复者经验技术的辩证关系。

2 检测分析在纸质文物修复中的作用

2.1 有助于纸质文物的材料精确分析

纸质文物的材料成分，包括纤维素、木质素、淀粉

等。就纸质本身而言，纤维素是核心物质载体，包括木材、棉、亚麻等植物纤维。纤维素微观结构差异，直接影响纸张力学性能与老化特性。尽管纤维素自身具备一定耐久性，然而出土纸质文物长期受地下土壤酸碱、盐分、微生物等因素影响，不同纤维素降解速度有一定差异，所以需要通过X射线衍射、红外光谱、质谱等现代分析检测技术，精确识别出纸质文物中的各种材料成分，以及其他添加剂和填料等。

纸质文物的成本经过精准确定，更有利于修复者选取匹配的补纸、衬纸，在修复过程中，做到修旧如旧，保证纸质文物的真实性^[6]。

2.2 精准评估纸质文物病害原因

由于纸张材质的不同特性、复杂的保存环境以及不完善的保护修复体系等问题，纸质文物面临酸化、霉变、虫蛀、破损等多重风险，X射线衍射技术，能够精确评估纸张的老化程度；通过质谱技术，可以精确评估纸张的微生物污染程度。通过pH值测试仪，可以判断纸张的酸化数值。

纸质文物病害具有聚集性和叠加特征，纸张的损害也是多种病害因素导致的，因此，即便是凭手触经验感觉纸张强度尚可，也要进行多方面检测，综合判断，不能用单一的数据代表整体病害进行修复方案设计^[7]。

2.3 为纸质文物保护提供监测手段

纸质文物在保存过程中，受温度，湿度，光照等环境因素影响，比如通过红外光谱技术可以监测纸质文物的湿度和温度变化。X射线荧光光谱法（XRF）是一种重要的无破坏分析技术，可以监测纸质文物的污染物增减。现代检测技术可以实时监测环境因素。

只有通过科学的实时监测，研究各种环境对文物损害的影响和劣化机理，综合制定科学有效的保护方案并具体实施保护技术，才能最大限度延长文物寿命^[8]。

3 检测分析在不同修复案例中的应用

3.1 长武县博物馆字画修复——以0894清圣旨为例

长武县博物馆字画原保存环境较差，库区及库房均设有消防、安防系统，但是对库房内部的温湿度、光

照度、紫外线等环境监测设备并未安装，因藏品数量大，库房面积小，藏品无法做到分类保存，整个库房没有温

湿度控制设备，本次所修复的书画集中存放在一口大木箱中（图 1AB）。



图 1A. 0894 清圣旨（一）



图 1B. 0894 清圣旨（二）

在进行后续的修复步骤，如墨色加固，裁剪旧料，揭取背纸、命纸，嵌条、矾画、全色，覆背、上墙挣平，下墙方裁、研背、装杆等修复步骤中，还需要进行科学检测，脱酸，消杀，去除表面污染物等重要程序，因此，检测分析的数据是这些修复步骤最重要的依据。

0894 清圣旨进行了四道科学检测：第一是对纸张酸碱度检测，使用 pH 计检测天、地、中间三个位置取平均值。第二是对纸张光泽度检测，使用光泽度仪检测在空白处进行测试。第三是纸张写印色料溶解性检测，对字画的印章、字口、颜料进行测试，判断纸张表面写

印色料是否脱墨。

第四是病害显微检测，使用高性能显微相机观察文物病害细节，可以清楚确认纸张样品纤维结构，自然老化絮化现象，机械切断痕迹，纤维老化程度，根据可判断的纤维样本分析，纸张纤维为棉纤维，整体成分较纯，无外来杂纤混入。从而绘制精准的病害图，用于修复保护设计和该字画的档案留存（图 2）。

根据检测分析的各项数据以及修复者娴熟的修复技术（例如裁剪，托纸，固色等），两者结合完成纸质文物的最终修复（图 3AB）。



图 2 0894 清圣旨检测分析病害图

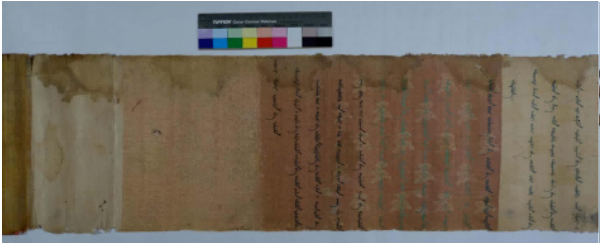


图 3A 0894 清圣旨（修复前）



图 3B 0894 清圣旨（修复后）

3.2 古籍修复——以《楚辞集注》八卷、辩证二卷、后语六卷为例

《楚辞集注》是早期重要刊本之一，海内孤本，刻印精良，是研究《楚辞》传播与宋元时期福建地区刻书业发展的珍贵实物并且入选《第一批国家珍贵古籍名录》。因此，该古籍具有非同一般的价值，一旦修复不得当，造成不可逆的伤害，会导致孤本消失。

因此，进行全面的检测用于识别古籍的材料构成，

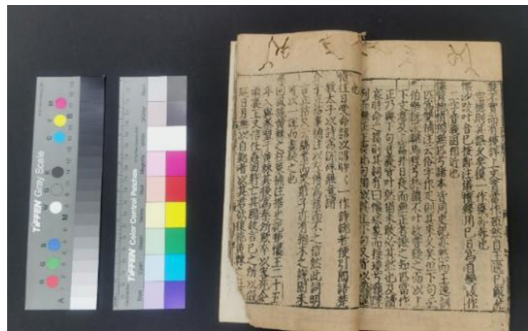


图 4A 《楚辞集注》（一）

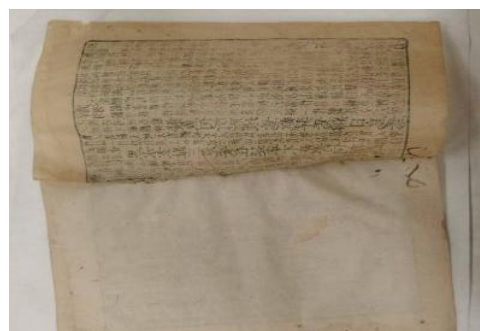


图 4B 《楚辞集注》（二）

如果想要对这本古籍进行更精确的判断，要进行厚度检测，确定书叶和补纸匹配度；pH 值检测，确保所选补纸酸碱度达标；监测修复前后书叶的酸碱度；纤维检测，确定书叶纸张种类；以及补纸纸张种类；确定配纸匹配度；书叶、补纸白度、色度检测确定纸张色调

匹配度；补纸老化前后撕裂度检测，确定补纸性能、加固效果、纸张性能稳定性；补纸老化前后抗张强度检测；确定补纸性能、加固效果、纸张性能稳定性。

修复者充分了解书叶纤维形态，书叶纸张表面（透射光）；各类补纸纤维形态和表面反射光（图 5ABCD）。



图 5A 《楚辞集注》书叶纤维形态



图 5B 《楚辞集注》纸张表面（透射光）



图 5C 《楚辞集注》补纸纤维形态

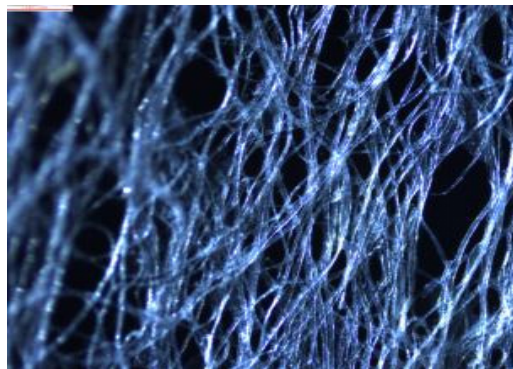


图 5D 《楚辞集注》纸张表面（反射光）

根据检测数据和图像,资深修复者明确了该古籍的修复难点和材料选择,进行四眼装帧成功复原。

4 检测分析应用中需要关注的问题

4.1 用单一检测数据代替对整体状态判断

科学检测分析包括厚度,酸碱度,纤维检测,色度检测,补纸老化前后抗张强度检测;病害因素检测等。每一步检测都是对纸质文物不同的特性进行更精准的判断,只考虑纸张强度而忽略酸化程度,会导致其后续破裂甚至碎成齏粉。只考虑纸张的色度进行衬纸选择而忽略纸张的纤维成分,则使得文物修复后失去真实性,违反了文物修复的原则。

4.2 取样分析与原件整体的差异性

为了保证纸质文物的完整性并遵守最小干预的原则,大多数的检测分析都是在取样或局部几个点位进行检测,现代化的检测工具,基本上可以反馈准确的分析数据,但是依然要关注整个文物不同部分的差异性,结合局部和整体分析修复设计方案才是科学辩证的修复方式。

4.3 只关注修复过程,忽略长期保存

检测分析作为修复过程中的手段,修复者应注意该流程不仅是修复中的一个环节或阶段性的任务。由于纸质文物的特性,保存环境的影响是非常关键的。这就意味着,在修复前,修复后,进行数据对比时,也要持续对文物后续保存情况进行定期检查,建立完整的体系,包括对纸质文物的价值定义、病害问题剖析、目的性检测、小范围验证、分步实施到修复后复检,使检测真正成为修复设计依据和长期保存的基础手段,而不只是修复项目的附属环节。这也打破了传统修复经验导致的单一继承性,满足当代大量纸质文物修复的需求,科学的体系,成功修复过程,可以更加方便各地区同类型文物的借鉴和参考。

5 结语

综上所述,科学的检测分析引进,完全替代修复者长期的经验和技能,而是为修复者提供更真实有力的数据支撑,例如清圣旨和《楚辞集注》,检测分析不仅展示了精准的病害状态,也让修复者对修复材料的选

择更加精准。修复后形成令人信服的过程数据图像留存,也便于后来的修复者学习和利用。

然而,检测分析的数据,需要修复者根据修复经验和文物整体情况综合判断。单一的数据并不代表文物状态,单一的点位数据也无法代替整体的修复需求。

纸质文物的保护修复目的在于延长其寿命,而不在于单纯修复某一个任务。利用检测分析完成修复后,更应该关注文物留存的状态,控制和影响环境因素,做到实时监测和检测。只有将修复者娴熟的修复技艺和经验与科学的检测结合起来,才能突破修复技术的局限性,实现纸质文物保护的标准化和科学性。

参考文献

- [1] 卢秀善. 纸质文物保护修复中传统与现代技术对比分析[J]. 收藏与投资, 2022(12).
- [2] 纸寿千年,手护分毫:探秘中国纸质文物修复的技艺传承与现代革新
- [3] 古代典籍类纸质文物的保护与修复——基于中华传统“补纸缀缝”技艺视角[J]. 中外文旅交流, 2025(18).
- [4] 徐珊. 现代分析检测技术在纸质文物保护研究中的应用[J]. 东方收藏, 2024(4).
- [5] 杨林玫. 循古法,守初心,赋新能——国家珍贵古籍《楚辞集注》修复记
- [6] 肖爱心. 古籍修复档案系统框架设计[J]. 兰台内外, 2026(19).
- [7] 陈征. 现代科学技术在古字画保护和修复中的运用[J]. 收藏, 2024(1).
- [8] 游丽霞. 浅析无棣县博物馆馆藏字画文物的修复和保护[J]. 中国民族博览, 2022(15).

版权声明: ©2026 作者与开放获取期刊研究中心(OAJRC)所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。

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



OPEN ACCESS